

Томский политехнический университет

М.А. ШУСТОВ, Е.Т. ПРОТАСЕВИЧ

**ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНАЯ
ФОТОГРАФИЯ**

Томск-1999

УДК 533.9:004.14+537.523.3

Шустов М.А., Протасевич Е.Т. **Электроразрядная фотография.** – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 1999. – 244 с. 100 экз.

Обобщены и подробно рассмотрены с единых позиций вопросы формирования изображений при газоразрядном методе визуализации. Дано качественное объяснение физических процессов, происходящих при электроразрядной фотографии. Описана техника газоразрядной визуализации: источники высокого напряжения, таймеры, ячейки для экспонирования, а также рассмотрены оптические и электрические способы и устройства для регистрации электрических разрядов. Описаны области практического применения электроразрядной фотографии.

Рассчитана на студентов, научных и инженерно-технических работников, занимающихся прикладными проблемами газоразряда и использования электроразрядных явлений.

Табл. 10. Илл. 78. Библ. 176. Прилож. 6.

Рецензент –
доктор физико-математических наук,
профессор *Ю.Д. Копытин*

ISBN 82-7825-035-9

Ш 160 412 0000

© М.А. Шустов, Е.Т. Протасевич, 1999

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. Исторический экскурс	8
ГЛАВА 2. Физические основы электроразрядной фотографии	19
2.1. Основные сведения по физике газового разряда	20
2.2. Роль паров воды при газоразрядной фотографии	28
ГЛАВА 3. Генераторы и источники высокого напряжения	40
3.1. Высоковольтные генераторы ударного возбуждения	40
3.2. Высоковольтные генераторы незатухающих колебаний	61
3.3. Генераторы модулированных колебаний	70
3.4. Высоковольтные источники постоянного тока	74
ГЛАВА 4. Техника электроразрядной визуализации	76
4.1. Экспериментальные установки с использованием токов высокой частоты ..	78
4.2. Высоковольтные электроразрядные установки постоянного тока	80
4.3. Ячейки и устройства для экспонирования	84
4.4. Электроды и их разновидности	89
ГЛАВА 5. Вспомогательная техника, оборудование и материалы для электроразрядной фотографии	93
5.1. Коммутирующие и ключевые элементы ..	93

5.2. Индикаторы переменных электрических полей высокого напряжения	98
5.3. Таймеры	115
5.4. Фотографические материалы для регистрации свечения газового разряда ...	128
5.5. Приборы для документальной регистрации оптической информации	134
ГЛАВА 6. Применение электроразрядной фотографии в дефектоскопии твердых тел	140
ГЛАВА 7. Применение электроразрядной фотографии в медицине и биологии	156
ГЛАВА 8. Специальные области применения электроразрядных методов	186
Заключение	190
Литература	192
Приложения:	210
<i>Приложение 1:</i> Отечественные высоковольтные мощные низкочастотные транзисторы	210
<i>Приложение 2:</i> Фотографические показатели черных белых фотобумаг общего назначения	214
<i>Приложение 3:</i> Основные модели и характеристики сканеров	218
<i>Приложение 4:</i> Основные характеристики цифровых фотоаппаратов	222
<i>Приложение 5:</i> Техника безопасности при выполнении работ по электроразрядной визуализации	224
<i>Приложение 6:</i> Вспомогательный библиографический указатель публикаций по электроразрядной фотографии	227

ВВЕДЕНИЕ

В современной научно-технической и популярной литературе имеется большое количество публикаций, посвященных вопросам газоразрядной визуализации. При их рассмотрении значительное внимание уделяется истории возникновения и разработки метода его реализации, известного более как "*Кирлиан-эффект*", а также приводится описание физических факторов (порой экзотических) по использованию газоразрядной фотографии в науке и технике.

В настоящее время различают три основных направления в развитии газоразрядной визуализации:

а) *лавинная*, основанная на разрядах при малых межэлектродных расстояниях (менее 1 мм) и атмосферном давлении;

б) *поверхностная*, в основе которой заложено получение и расшифровка фигур *Лихтенберга*, образующихся при скользящем по поверхности диэлектрика разряде;

в) *вакуумная* – когда изображение исследуемого объекта при пониженном давлении газа переносится на специальный люминесцентный экран.

Несмотря на некоторую общность перечисленных направлений газоразрядной визуализации, эти направления различаются между собой как по характеру физических процессов, так и по аппаратуре, необходимой для их реализации.

Цель настоящей работы – дать читателям определенное представление о методе лавинной газоразрядной визуализации и описать простейшие схемы для его практического осуществления.

В дальнейшем вместо данного сочетания слов мы будем говорить просто о газоразрядной фотографии.

В предлагаемой работе рассмотрены преимущественно вопросы, связанные с основами физики газоразрядных процессов, происходящих при формировании изображения

исследуемых объектов. Подробно изложены методические вопросы и описана необходимая аппаратура для реализации газоразрядной фотографии. Приведены схемы устройств, разработанных самими авторами и прошедших успешную проверку на практике.

Под газоразрядной фотографией мы будем понимать процесс переноса на регистрирующий материал изображения исследуемого объекта, который осуществляется в слаботочном газовом разряде, когда фотобумагу (или заменяющий её регистрирующий материал) размещают между двумя электродами, один из которых одновременно является исследуемым объектом.

В первой главе дана историческая справка о создании и развитии метода газоразрядной фотографии. Отмечается исключительно важная роль белорусского ученого Я.О. Наркевича-Йодко и супругов С.Д. и В.Х. Кирлиан (Россия) в разработке и совершенствовании метода.

Глава 2 посвящена описанию электроразрядных процессов, сопровождающих процесс переноса изображения на регистрирующий материал. Особое внимание уделяется характеристикам разряда во влажном воздухе.

В главе 3 дано упорядоченное по основным способам получения описание генераторов и источников получения высокого напряжения. Это генераторы: ударного возбуждения, незатухающих колебаний, модулированных колебаний, и, наконец, высоковольтные источники постоянного тока. Приведены практические схемы генераторов, в том числе разработанных самими авторами.

В главе 4 описана техническая сторона реализации метода газоразрядной фотографии. Приведены и систематизированы особенности экспериментальных установок переменного и постоянного тока, подробно рассмотрены вопросы технологии получения и применения электродов.

В 5-ой главе даются сгруппированные справочные сведения по вспомогательной технике, оборудованию и материалам, используемых для электроразрядной регистрации. Представленные схемы устройств, как правило, неизвестны широкому кругу читателей и, в ряде случаев, публикуются впервые.

В главе 6 приведены примеры использования электроразрядной фотографии в дефектоскопии твердых тел. Показана перспективность использования рассматриваемого метода в различных областях науки и техники.

Глава 7 полностью посвящена описанию использования метода газоразрядной фотографии в медицине и биологии.

В заключительной 8-ой главе рассмотрены узкоспециальные вопросы применения электроразрядной фотографии в ряде областей науки и техники.

В приложениях приведены справочные данные вспомогательного значения, без которых, тем не менее, монография выглядела бы менее фундаментальной.

Идея написания книги принадлежит М.А. Шустову. Аннотация, введение, заключение и глава 2 написаны Е.Т. Протасевичем, остальное: главы 1, 3-8, а также приложения – М.А. Шустовым.

Как и всякий материал, являющийся принципиально новым, книга не может не содержать отдельных недостатков. Мы будем крайне признательны читателям, приславшим свои пожелания и критические замечания по адресу:

Россия, 634050, г. Томск-50, Аб. ящ. 763.
Протасевичу Евгению Трофимовичу
E-mail: etp@mail.ru etp99@chat.ru
Шустову Михаилу Анатольевичу
E-mail: shustov@mail2000.ru
michail_shustov@mail.ru m_shustov@chat.ru

ГЛАВА 1. ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС

Последнее десятилетие XIX века ознаменовалось бурным фейерверком больших и малых изобретений и открытий в области электротехники, медицины, строения атома. Фейерверк живет мгновенья, его свет не оставляет следов во времени. Яркие изобретения и открытия порою освещают жизнь всем последующим поколениям.

По-видимому, концентрация питательного бульона, в котором "варились" ученые и изобретатели конца минувшего XIX столетия, достигла своей критической отметки. Не связанные ранее в единое целое, разрозненные идеи, мысли, сомнения, в буквальном смысле парящие в воздухе и роящиеся в головах разных по национальности, вероисповеданию, убеждениям людей выкристаллизовались неповторимыми друзьями самоцветов. Зачастую неотличимо близкие изобретения практически одновременно в муках, борьбе и сомнениях рождались в воспаленных умах чудачков-изобретателей, отшельников-ученых, аскетов, подвижников, авантюристов...

В полной мере всё вышесказанное относится к истории создания электроразрядной фотографии. А история эта развивалась следующим драматическим образом.

Уникальные свойства высоковольтного электрического разряда были выявлены сразу после того, как в США хорват (в отечественных изданиях – серб) *Никола Тесла* (*Nikola Tesla*, 1856-1943) в 1891 году создал первые генераторы высокой (по тем временам) частоты. "*Тесла*" – в переводе с сербского означает "топор, тесак". Острым, как лезвие тесака был ум *Никола Теслы*, бывшего сотрудника изобретательно-внедренческого кооператива, говоря языком

нынешнего дня, другого видного изобретателя – американца *Томаса Алва Эдисона* (*Thomas Alva Edison*, 1847-1931).

21 февраля 1891 года, а затем и 11 июля того же года журнал "*Electrical World*" опубликовал основополагающие статьи *Никола Теслы*, в которых излагались "явления переменных токов весьма *высокой частоты*" [1-3]. И хотя частоты эти были даже в понимании того времени не столь уж высокими (десятки, может быть даже сотни *килогерц*), исторически это название прочно укоренилось в связи с применением аппаратов высокого напряжения и органически присутствует в настоящей монографии. Для сравнения: с помощью оригинальных вибраторов, получивших впоследствии имя изобретателя, немецкий физик *Генрих Рудольф Герц* (*Heinrich Rudolf Hertz*, 1857-1894) еще в 1888 году получал колебания частотой от 5 до 50 *МГц*.

25 апреля 1891 года *Никола Тесла* получил патент на свое изобретение – резонансный трансформатор [4] (рис. 1 [3]). В этом приборе использовалось уже известное в ту пору явление ударного возбуждения связанных и настроенных в резонанс контуров [3].

Трансформатор *Теслы*, дошедший практически без изменений до нынешних дней (рис. 1, 13-27), имел две хорошо изолированные и индуктивно связанные между собой обмотки. Низковольтная обмотка присоединялась к выходным зажимам катушки *Г. Румкорфа* с параллельно включенными лейденскими банками (конденсаторами) [3]. Напряжение, создаваемое на зажимах катушки, заряжало лейденские банки до момента пробоя разрядника. В результате возникал колебательный разряд лейденских банок через первичную обмотку трансформатора. Во вторичной повышающей обмотке, настроенной посредством распределен-

ной емкости обмотки в резонанс с первичной, возникали высокочастотные колебания. Вторичная обмотка (высокого напряжения), выполненная тонким изолированным проводом, была меньшего диаметра и обычно вставлялась в первичную. Трансформатор был погружен в масло и не имел сердечника: при высокочастотных колебаниях в нем возникали бы чрезмерные потери на перемагничивание [5].

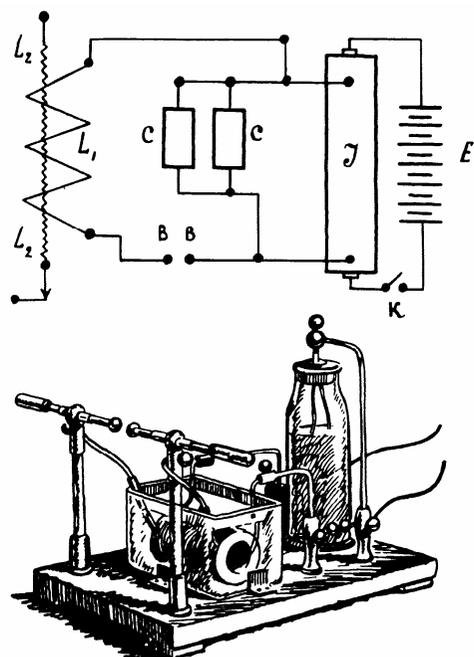


Рис. 1. Схема и общий вид резонансного трансформатора Николая Теслы:

E – источник постоянного тока; I – катушка Г. Румкорфа; BB – искровой разрядник; CC – батареи лейденских банок; $L1$, $L2$ – первичная и вторичная ка-

тушки индуктивности K – механический прерыватель (выключатель)

Резонансный трансформатор конструкции Теслы позволял достаточно просто получать напряжение до миллиона вольт и выше частотой от нескольких десятков до сотен килогерц при ничтожно малом токе.

Следует отметить, что у Николая Теслы были свои предшественники. Схематическое изображение будущего трансформатора появилось еще в 1831 году в работах иностранного почетного члена Петербургской Академии Наук английского физико-химика Майкла Фарадея (Michael Faraday, 1791-1867) и, год спустя, американского физика Джозефа Генри (Joseph Henry, 1797-1878) [5-7]. Независимо друг от друга они открыли явление самоиндукции – явление, которое легло в основу электротехники. Несколько позже, в 1842 г. Джозеф Генри установил колебательный характер разряда конденсатора.

Через пять лет после открытия Фарадея, в 1836 году ирландский физик Николас Каллан (1799-1864) изобрел индукционную катушку. Еще через пару лет это изобретение повторил американский изобретатель Чарльз Пейдж. История же сохранила для нас имя немецкого механика Генриха Румкорфа (1803-1877). Катушки Г. Румкорфа, изобретенная в 1852 году, предназначались для получения искрового разряда во вторичной цепи при прерывании постоянного тока в первичной [7, 8].

30 ноября 1876 году русский ученый Павел Николаевич Яблочков (1847-1894) получил патент Франции 115793 на систему "дробления света". От источника постоянного тока через прерыватель устройство П.Н. Яблочкова было способно преобразовывать (трансформировать) напряжение [5]. В 1882 г. на Всероссийской промышленно-художественной выставке в Москве препаратор МГУ Иван Филиппович Усагин (1855-1919) демонстрировал свою установку для питания любых приемников тока от одного источника

электроэнергии через индукционные катушки (трансформаторы).

В 1882 г. *Л. Голяр* и *Э.Д. Гиббс* получили патент на конструкцию трансформатора с разомкнутым сердечником. Братья *Джон* и *Эдуард Гопкинсоны* два года спустя запатентовали в *Англии* трансформатор с замкнутым сердечником [7].

Еще через десять лет американский профессор *Илайю Томсон (Elihu Thomson, 1853-1937)* предложил резонанс-трансформатор, подобный трансформатору *Теслы* [3, 9, 10]. Кроме того, он установил, что в колебательном контуре, присоединенном параллельно электродам электрической дуги, возникают незатухающие (в отличие от генератора *Теслы*) колебания [3]. В этом же 1892 году *И. Томсон* совместно с *Эдвином Хьюстоном (E.J. Houston, 1847-1914)* создали *Thomson-Houston Electric Company*, затем объединившуюся с *Edison Company* в *General Electric Company* [11].

В последующие годы *Никола Тесла* предложил до полусотни других конструкций высокочастотных трансформаторов, осцилляторов (генераторов) высокой частоты, как правило, отличающихся видом разрядника [7, 12-14].

Искровой генератор с несколькими связанными контурами был изобретен в начале 1900 г. немецким физиком *Карлом Фердинандом Брауном (Karl F. Braun, 1850-1918)*, лауреатом *Нобелевской* премии 1909 года (совместно с *Г. Маркони*) [3, 15].

В 1889 г. *Илайю Томсон* построил генератор высокой частоты, на котором он провел серию экспериментов по воздействию высокочастотных токов на человеческий организм [3].

Почти одновременно с *Томсоном* в 1890-1891 г.г. *Никола Тесла* исследовал явление свечения в разреженных газах и накаливание твердых тел в быстропеременном электрическом поле; физиологическое действие токов вы-

сокой частоты. Он показал безвредность для человеческого организма напряжений высокого напряжения [7].

На своих демонстрационных лекциях-опытах в *Лондоне* и *Париже* в 1892 году *Никола Тесла* с немалым и неизменным успехом показывал публике свечение собственного тела в токах высокой частоты, вызывал свечение безэлектродных вакуумированных ламп от руки [16].

На несколько месяцев позже *Никола Теслы*, но совершенно независимо от него французский физиолог *Жак Арсен Д'Арсонваль (Jacques D'Arsonval, 1851-1940)* предложил метод электротерапии импульсным током высокой (100...500 кГц) частоты малой мощности и высокого (20...40 кВ) напряжения [17, 18]. В начальных стадиях исследований *Ж.А. Д'Арсонваль* применял источники быстропеременных токов с частотой до 5 кГц, затем перешел на токи *Тесла* (20-30 кГц) [7].

Отметим, что в отечественной энциклопедической литературе советского периода наряду с именем *Ж.А. Д'Арсонваля*, как автора и первооткрывателя метода высокочастотной электротерапии, называется имя видного русского физиолога *Николая Евгеньевича Введенского (1852-1922)*. Тогда же, в 1891 году белорусский ученый *Яков Оттонович Наркевич-Йодко (Якуб Атонавіч Наркевіч-Ёдка, 1847-1905)* использовал генератор токов высокой частоты для лечения парализованных и нервноболевых [19, 20]. В экспериментах он использовал электрические поля напряженностью порядка 30 кВ/см. В качестве источника высокого напряжения применялась катушка *Г. Румкорфа*.

В это же время *Я.О. Наркевичем-Йодко* были получены первые электроразрядные снимки биологических объектов, называемые ныне "кирлиановской" фотографией по имени супругов *С.Д. и В.Х. Кирлиан (Семена Давидовича и Валентины Хрисанфовны Кирлиан, г. Краснодар)*, повторно открывших в 1949 г. (по другим данным – в 1939 г.) возможность съемки свечения биологических материалов в высокочастотном поле дарсонвалевского генератора [19].

В 1893 году *Никола Тесла* сообщил о том, что наблюдал теневые изображения на пластинках [7]. В исследовании свойств высокочастотного разряда высокого напряжения он установил по меньшей мере *пять* его разновидностей и выделил *три* вида излучения: видимое, "абсолютно черное излучение" (ультрафиолетовое) и "совершенно особые лучи", дававшие отпечатки на металлических экранах (пластинках). Как утверждал он сам "тенеобразное изображение, вызванное этими лучами, проникает сквозь непрозрачные предметы, позволяет "видеть" предметы, находящиеся в непрозрачных ящиках" [6].

Как знать, если бы в распоряжении *Никола Тесла* были не металлические, а фотографические пластинки, а его генераторы имели простейший выпрямитель переменного тока, имя *Тесла* называлось бы в числе первооткрывателей электроразрядной фотографии и лучей *Рёнтгена*. Немецкий физик, лауреат *Нобелевской* премии 1901 года, *Вильгельм Конрад Рёнтген* (*Wilhelm Konrad Röntgen*, 1845-1923), исследуя прохождение электрического тока через газы, открыл в 1895 году лучи, названные впоследствии его именем.

В связи с действием электрического разряда на фотографические материалы стоит упомянуть, что первые опыты по воздействию электрических разрядов на светочувствительный материал относятся к 1830-1832 годам. Тогда в экспериментах французского художника *Луи Жака Манде Дагера* (*Louis Jacques Mande Daguerre*, 1787-1851) было установлено, что электрический разряд оказывает на фотопластинку, обработанную йодом или сирийским асфальтом такое же действие, как и получасовое действие света. В руководстве по фотографии, изданном в *Санкт-Петербурге* в 1876 г. упоминается о возможности визуализации электрических разрядов с использованием фоторегистрирующих материалов [21].

В 1898 году на Пятой фотографической выставке в *Петербург* демонстрировались многочисленные электрографические снимки медалей, монет, листьев растений, человеческих рук, полученные *Я.О. Наркевичем-Йодко* [19].

Следует отметить, что столетие назад электрографические снимки делали также чешский физик *Б. Навратил*, американец *Ф. Нифер*, немец *В. Цанек* [22]. В *Бразилии* первая электрофотографическая (электроразрядная) камера была создана в 1904 году католическим священником отцом *Ланделем де Моура* (*Landel de Moura, Porto Alegre (RS), Brazil*).

Примерно 40 лет спустя, в 1939 году чешские ученые *С. Прэт* и *Дж. Шлеммер* повторили работы *В. Цанека* и *Ф. Нифера* и высказали предположение об ионной природе излучения, не исключая, однако, неизвестного вида радиации, которая может сопровождать разрядный процесс [22].

В 1945 году профессор *МГУ Г.В. Спивак* и его сотрудники показали, что в условиях искрового разряда при атмосферном давлении можно получать изображения металлических предметов [23-26]. Наконец, в 1949 году *С.Д. Кирлиан* впервые получил авторское свидетельство на «высокочастотную» фотографию. В качестве источника высоковольтного высокочастотного напряжения он применил видоизмененный им резонансный трансформатор *Тесла*, работающий в импульсном режиме [22].

По-разному сложились судьбы изобретателей и первооткрывателей: имя *Никола Тесла*, автора свыше 800 изобретений, известно ныне всему миру, в его честь названа единица магнитной индукции – *Тесла*. Имя *Ж.А. Д'Арсонваля* сохранилось в веках в названии используемых им аппаратов и изобретенного им метода электротерапии. О опытах и заслугах *Я.О. Наркевича-Йодко* стало известно совсем недавно [19, 22].

Фотографии *Никола Тесла* и *Я.О. Наркевича-Йодко* приведены на рис. 2; *С.Д. Кирлиана* – на рис. 3.

Метод "кирлиановской" фотографии из России широко распространился по всему миру: его используют в США, Канаде, Мексике, Бразилии, Аргентине, Португалии, Испании, ФРГ, Великобритании, Дании, Франции, Финляндии, Индии, Японии, Новой Зеландии, Болгарии, Румынии, Польше, Чехии, Казахстане, Литве, Эстонии, Белоруссии, на Украине.

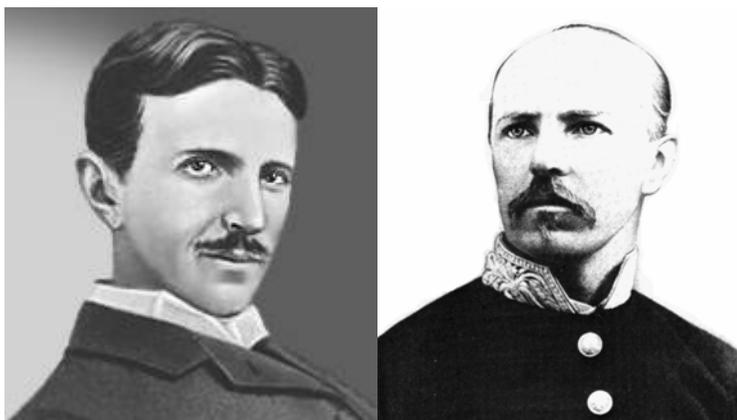


Рис. 2. Фотографии Николая Теслы и Я.О. Наркевича-Йодко (1888 г.)

В 1976 году ученые разных стран объединились в международную ассоциацию для изучения эффекта Кирлиан (The International Kirlian Research Association *IKRA*), реорганизовавшуюся в 1987 г. в Международный Союз Медицинской и Прикладной Био-Электронграфии (IUMAB), регулярно проводятся Международные конференции и симпозиумы по «эффекту Кирлиан».

За рубежом наиболее известны работы по применению электроразрядной фотографии в медицине Питера Мандела (*Peter Mandel, Wiesloch, Германия*), профессора Ньютона Оливьеры Милхоменса (*Newton Oliveira Milhomens Filho, São Luís (MA) – Curitiba (PR), Бразилия*), Джузеппе Амбро-

сини (*Giuseppe Ambrosini, Италия*), профессора Калифорнийского университета Тельмы Мосс (*Thelma Moss, CA, США*).

В настоящее время этот метод используют в повседневной практике во многих городах России: Москве, Петербурге, Краснодаре, Томске, Новосибирске, Хабаровске.

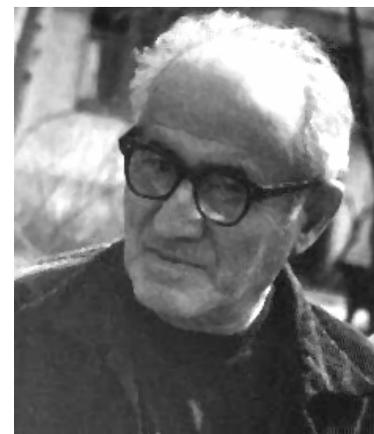


Рис. 3. Фотография С.Д. Кирлиана

В бывшем Советском Союзе и постсоветской России по электроразрядной фотографии были защищены, по меньшей мере, три кандидатские диссертации – В.Г. Адаменко, В.В. Кожариновым, К.Г. Коротковыми одна докторская (К.Г. Коротковым). [27-29].

По своей структуре аппараты для электроразрядной визуализации за вековую историю существования не претерпели заметного изменения. Они традиционно состояли и состоят из генератора высокой частоты (от искровых до полупроводниковых генераторов), модулятора (при необходимости) и разрядного электрода (от газоразрядной вакуумированной трубки Г. Гейслера до наполненных при пониженном давлении инертным газом ламп) [27-33].

Итак, для реализации метода электроразрядной фотографии обычно применяют:

1. Источник высокого напряжения 1...100 кВ (постоянный, переменный, импульсный ток, пакеты и цуги импульсов, модулированные и немодулированные колебания с частотой до сотен мегагерц, чаще – до 100 кГц).

2. Измерительную ячейку преимущественно конденсаторного типа, обеспечивающую однородное распределение электрического поля в пределах поверхности регистрации при отсутствии объекта изучения.

3. Визуализирующую среду (фотографические негативные или позитивные цветные или черно-белые регистрирующие материалы, экраны с люминофором и т. д.).

4. Средства документальной регистрации (фото-, кино-, видеотехнические устройства, электронно-оптические преобразователи, самопишущие потенциометры и пр.).

5. Автоматизацию съема и обработки экспериментальных данных (ПЭВМ, аппаратурная и программная обработка).

Электроразрядные методы исследования могут быть использованы:

– В дефектоскопии для изучения диэлектрических характеристик листовых материалов органического и неорганического происхождения различной плотности и толщины: для исследования характера неоднородностей (микрорельефа) поверхности листовых диэлектрических и, опосредовано, с использованием промежуточного диэлектрического носителя, токопроводящих материалов.

– Для диагностики состояния биологических объектов: динамического контроля уровня психоэмоциональной напряженности; контроля изменения состояния человека при применении медикаментозных средств и словесных внушений; для диагностики патологии внутренних органов; установления локализации особых токопроводящих областей и точек на теле человека (биологически активных точек (БАТ); зон Г.А. Захарьина – У. Геда); получения рисунка папиллярных узоров.

ГЛАВА 2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ФОТОГРАФИИ

Для лучшего представления метода электроразрядной фотографии рассмотрим основные физические процессы, происходящие при электрическом разряде в межэлектродном промежутке. Ионизация такого воздушного промежутка при малых расстояниях между электродами к настоящему времени исследована еще недостаточно хорошо. На наш взгляд, существует три основных причины, препятствующие изучению разрядных процессов в таких условиях.

Во-первых, в зависимости от характера исследуемого объекта (являющегося частью живой или неживой природы) существует большой разброс состава газовой смеси, выделяющейся в процессе ионизации между электродами, что влияет на повторяемость результатов измерений.

Во-вторых, свойства и параметры газового разряда определяются в значительной степени такими внешними факторами, как характеристики ионизирующего излучения (частота, длительность, напряженность и пр.), так и состоянием поверхности электродов, когда в качестве одного из них служит исследуемый объект.

В-третьих, на практике существует ограниченное число технических приложений, в которых используется пробой воздуха при атмосферном давлении при малых расстояниях между электродами. По этой причине разряд такого типа исследуется неохотно, и публикаций по разрядам данного типа в отечественной и зарубежной литературе немного.

Рассмотрение процесса ионизации воздушного промежутка необходимо начать с некоторых представлений из физики газового разряда.

2.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ФИЗИКЕ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА

Под электрическим пробоем следует понимать процесс превращения непроводящего вещества (в рассматриваемом контексте – воздуха) в проводник в результате приложения к нему достаточно сильного электрического поля [34]. Первичным и определяющим элементом пробоя является электронная лавина.

В общем случае ионизованный газ представляет собой плазму с радиусом *Дебая* r_D , который значительно меньше линейных размеров области ионизации l :

$$r_D = \sqrt{T_i / 4\pi n e^2} \approx 500 \sqrt{T_i / n} \ll h, \quad (1),$$

где T_i – температура ионов плазмы, как наименьшая из T_e и T_i , в эВ; n – плотность плазмы в см^{-3} ; r_D и h – в см, e – элементарный заряд.

Плазма состоит из заряженных частиц: положительных и отрицательных ионов и электронов. Её характерной особенностью является квазинейтральность зарядов, т. е. $N^- = N^+ = n$. Здесь $N^- = n + N_i^+$ – плотность отрицательно заряженных частиц, N^+ и N_i^+ – плотности положительных и отрицательных ионов; n_e – плотность электронов плазмы.

При атмосферном давлении практически у всех типов разряда получается слабоионизованная плазма, в которой частота столкновений электронов ν_{ea} и ионов ν_{ia} с атомами и молекулами много больше частоты их столкновений друг с другом, т. е.

$$\nu_{ea} \gg \nu_{ei}; \quad \nu_{ee}; \quad \nu_{ia} \gg \nu_{ii}, (m_e / M_i) \nu_{ei}, \quad (2),$$

где M_i – масса ионов.

Средняя плотность положительных и отрицательных ионов в нижней атмосфере составляет $N_0 = 300 \text{ см}^{-3}$. Если принять число заряженных частиц в отдельных лавинах за 10^5 - 10^6 см^{-3} (на самом деле эти значения сильно завышены), то размеры дебаевского радиуса приближаются к 1 мм. В этом случае выполнение условия (1) нарушается, поскольку расстояние между электродами при электроразрядной фотографии получается меньше радиуса *Дебая*. По этой причине более корректно при рассмотрении электроразрядной фотографии употреблять термин "электрический разряд", а не "плазма". Под электрическим разрядом в газах понимают прохождение электрического тока через газовую среду, сопровождающееся изменением состояния газа (за счет его ионизации).

В [23] на основе известных соотношений по теории газового разряда рассмотрено движение заряженных частиц при атмосферном давлении воздуха в переменном электрическом поле (частота порядка $10 \text{ кГц} \dots 1 \text{ МГц}$) для воздушного зазора $0,01 \dots 0,1 \text{ мм}$ в присутствии диэлектрика. Перечисленные условия являются оптимальными с точки зрения эффективности реализации газоразрядной фотографии. По этой причине нет смысла дублировать такое рассмотрение. Остановимся лишь только на некоторых принципиальных моментах.

На заряженную частицу в электрическом поле действует сила eE (где e – заряд электрона), которая сообщает ей ускорение eE/m_e или eE/m_a , соответственно для электрона с массой m_e или иона с массой m_a .

Скорость электрона может быть рассчитана по формуле:

$$v = 5,93 \cdot 10^7 \sqrt{\varepsilon[\text{эВ}]} \text{ см/с}, \quad (3)$$

а скорость частицы с относительной атомной массой A –

$$v = 1,38 \cdot 10^6 \sqrt{\varepsilon[\text{эВ}]/A} \text{ см/с.} \quad (4)$$

Так как разряд в малых газовых промежутках можно считать стационарным, и электрон на своем пути испытывает множество столкновений, то потери энергии при столкновениях примерно равны кинетической энергии электрона, получаемой им на длине свободного пробега. Скорость нарастания энергии электрона в осциллирующем поле при учете одних лишь упругих столкновений ($E = E_a / \sqrt{2}$) равна [35]:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = (\Delta\varepsilon_E - \Delta\varepsilon_{\text{уп}}) v_m = \left[\frac{e^2 E^2}{m(\omega^2 + v_m^2)} - \frac{2m}{M} \varepsilon \right] v_m, \quad (5)$$

где v_m – частота столкновений электронов с тяжелыми частицами (здесь индексы у m и M опущены).

В свою очередь, частота столкновений зависит от давления и температуры [36]:

$$v_m \cong v_{ea} = 0,63 \cdot 10^{-8} n_g \left(\frac{T_e}{0,026} \right)^{1/2}, \quad (6)$$

где n_g – плотность воздуха, определяющая давление p ($p = nkT$).

В установившемся режиме существует баланс между энергией, получаемой электроном от поля и теряемой им при столкновениях. Величина кинетической энергии, приобретаемой заряженной частицей между столкновениями, зависит от соотношения E/p , поскольку её ускорение пропорционально E , а расстояние, на котором оно происходит, $l \sim 1/p$.

Из экспериментов известно, что газ (воздух) в области разряда является слабоионизированным и неравновесным, т. е. выполняется соотношение:

$$T_e > T_i \sim T_g. \quad (7)$$

Здесь T_g – температура газа.

Поскольку температура является характеристикой плазмы, подчиняющейся максвелловскому распределению, то в нашем случае, когда речь идет о разряде, и это распределение нарушается, имеет смысл говорить только о средней энергии заряженных частиц, а не об их температуре.

В обзоре [37] рассмотрены и обобщены публикации различных авторов, касающиеся формирования изображений разнообразных предметов в электромагнитных полях высокой напряженности. Анализ фотографий показывает, что изображения слагаются из отдельных точек, каждая из которых является результатом засветки фотоматериала и формируется за счет воздействия на фотоматериал локальной электронной лавины. Эта лавина развивается при достаточно высокой напряженности электрического поля из отдельных участков исследуемого объекта благодаря наличию фоновых заряженных частиц или электронов, эмитированных с поверхности объекта. Время жизни электронной лавины составляет 10^{-7} - 10^{-8} с, так как в процессе ее развития на диэлектрической поверхности носителя накапливается отрицательный заряд, который экранирует электрическое поле в области лавины и тем самым снижает его напряженность до величины, недостаточной для дальнейшего развития разрядного процесса.

Таким образом, первичным и основным элементом сложного процесса разряда является электронная лавина,

которая развивается в газе под действием электрического поля.

В простейшем случае действие такой лавины можно представить следующим образом. Под действием электрического поля электрон приобретает энергию и, когда его энергия превышает потенциал ионизации, электрон ионизует молекулу газа, теряя при этом энергию. В результате ионизации образуются уже два медленных электрона, которые, ускоряясь полем, производят также ионизацию других молекул, что приводит к появлению уже четырех электронов и т. д.

Рассмотренный процесс наблюдается независимо от того, является ли поле постоянным или переменным. Другими словами, перемещаются ли электроны в определенном направлении (от катода к аноду) или совершает колебательные движения в такт изменения переменного электромагнитного поля.

Развитие лавины тормозят потери энергии электронов при столкновениях, что отражено в выражении (5), и потери самих электронов. Последнее обстоятельство может привести к обрыву цепной реакции размножения электронов. Цепная реакция, в свою очередь, зависит от многих факторов, в частности, от рода газа, давления и пр.

В физике газового разряда существует понятие *потенциала зажигания*. Эта величина соответствует напряжению, при котором происходит пробой разрядного промежутка. Потенциал зажигания зависит от рода газа, материала катода, давления p и длины разрядного промежутка d . Экспериментальные кривые изменения потенциала зажигания, зависящие от произведения pd , обычно называются кривыми *Пашена*. На рис. 4. приведена типичная кривая *Пашена* для воздуха.

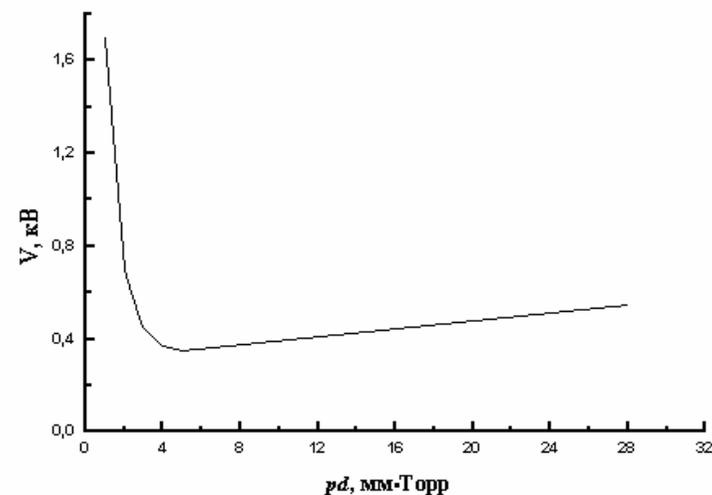


Рис. 4. Кривая *Пашена* для воздуха

Однако в [38] экспериментальным путем обнаружено, что при пробое малых разрядных промежутков, подобных тем, что используются при электроразрядной фотографии, начальный участок кривой *Пашена* претерпевает значительные искажения. Поскольку эти результаты имеют прямое к нам отношение, остановимся на их анализе подробнее.

Эксперименты были выполнены на установке, позволяющей получать искровые разряды между двумя плоскими электродами, выполненными из стали, при приложении к ним постоянного электрического поля. Межэлектродное расстояние h менялось от 0,007 до 1 мм с точностью 0,001 мм. Рабочие поверхности стальных электродов имели чистоту поверхности с величиной среднего стандартного от-

клонения профиля, не превышающей 0,8 мкм от средней линии. Давление воздуха в разрядном промежутке было постоянным и составляло приблизительно 760 Торр. Результаты измерений приведены на рис. 5 в виде зависимости $E_{np}=f(h)$.

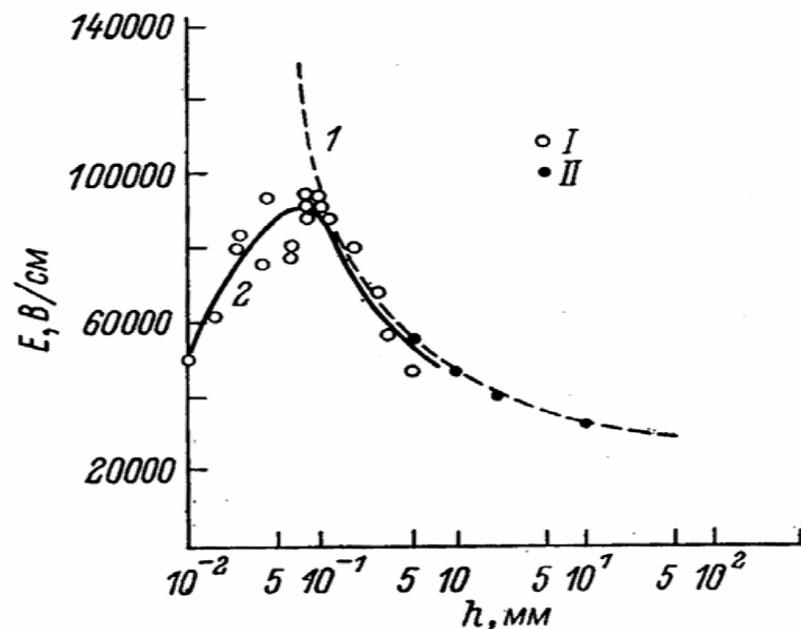


Рис. 5. Зависимость напряженности пробоя от величины газового промежутка

I – экспериментальные данные [38],

II – для плоских электродов [39]

Из рис. 5 видно, что зависимость напряженности, вызывающей пробой E_{np} , от величины пробойного промежутка h , имеет максимум напряженности при $h \approx 0,1$ мм.

Авторы работы [38] впервые качественно объясняют характер изменения кривой $E_{np}=f(h)$ на основе ряда положений квантовой механики, а именно, за счет эффекта Шоттки и "туннельного" эффекта.

Сущность эффекта Шоттки заключается в уменьшении работы выхода электронов из твердого тела под влиянием внешнего ускоряющего их электрического поля.

Далее авторы [38] рассмотрели процесс ионизации молекул с учетом эффекта Шоттки и показали, что вероятность ионизации молекул газа под действием электрического поля выше, чем при таунсендовской ионизации. При этом максимальное значение вероятности ионизации происходит не при бесконечно большой напряженности поля, а при некотором конечном его значении.

Явление туннельного эффекта приводит к появлению новых процессов образования заряженных частиц на катоде и в межэлектродном промежутке. В числе таких процессов авторы [38] называют автоионизацию молекул газа и автоэлектронную эмиссию. Далее следует вывод, что при рассмотрении пробоя малых промежутков помимо таунсендовских процессов участвуют также и квантовомеханические процессы, которые являются определяющими при рассмотрении электроразрядной фотографии.

Очевидно, что характер ионизации в межэлектродном пространстве значительно усложняется при работе с объектами, являющимися частью живой природы (человек, растения, животные), поскольку на процессы ионизации начинают оказывать сильнейшее внимание продукты органики и выделяющаяся влага (вода).

2.2. РОЛЬ ПАРОВ ВОДЫ ПРИ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ФОТОГРАФИИ

В работе [40] исследованы процессы эмиссии электронов во влажном воздухе при атмосферном давлении. Токи эмиссии были зарегистрированы только в неоднородных электрических полях у катода, и их величина зависела от влажности воздуха. Авторы полагают, что наблюдаемая в таких условиях автоэлектронная эмиссия обусловлена усилением поля у катода вследствие образования двойного электрического слоя. В [23] произведена качественная оценка влияния адсорбированных дипольных молекул воды на распределение тока автоэлектронной эмиссии по поверхности катода в зависимости от распределения поля у его поверхности. Расчетным путем показано возможное образование заметного тока автоэлектронной эмиссии из-за усиления поля примерно на два порядка у поверхности электродов по причине образования двойных электрических слоев на микровыступах в уже приложенном поле напряженностью до 1 МВ/м .

Для проверки данного предположения в [23] был поставлен следующий изящный эксперимент. В качестве источника неоднородности электрического поля использовались листья растений, которые размещались в зазоре между электродами. По мнению авторов, это позволило без изменения внешних условий эксперимента, в частности, температуры и относительной влажности окружающей среды, в течение короткого времени изменять влажность воздуха непосредственно вблизи электродов. Такое предположение основано на факте, что в процессе жизнедеятельности свежего листа у его поверхности создается относительная влажность воздуха, близкая к 100%, которая затем по мере

увядания листа стремилась к влажности окружающего воздуха.

Свежесрезанный лист растения размещался между электродами разрядного устройства. Само устройство помещалось в светонепроницаемой камере напротив входной щели монохроматора люминесцентной установки. Это позволяло регистрировать спектры излучения разряда в ультрафиолетовой и видимой областях и контролировать интенсивность свечения электроразрядных процессов в коротких разрядных промежутках на избранных длинах волн (в пределах спектральной области, которая могла быть выделена монохроматором). При регистрации спектра ширина входной щели монохроматора *МДР-4* не превышала $0,1\text{-}0,2 \text{ мм}$. Результаты измерений огибающей спектра приведены на рис. 6. Из рис. 6 отчетливо следует, что при снижении относительной влажности воздуха со 100% до 90% (кривые 1 и 3), т. е. на 10% наблюдается сдвиг максимума огибающей спектра излучения приблизительно на 20 нм , сопровождающийся изменением интенсивности излучения. Повторное увлажнение листа возвращает максимум огибающей в начальное положение ($\lambda \approx 312 \text{ нм}$).

По мнению авторов работы [23], зарегистрированный экспериментально сдвиг максимума огибающей (с $\lambda = 312 \text{ нм}$ до $\lambda = 332 \text{ нм}$) объясняется увеличением энергии электронов, вырываемых из электрода, вследствие усиления электрического поля за счет образования двойного электрического слоя из дипольных молекул воды. Далее из их расчетов следует, что важнейшей особенностью разряда в рассматриваемых условиях является существенная роль автоэлектронной эмиссии, интенсивность которой, с одной стороны, определяется эффектом *Шоттки*, т. е. снижением работы выхода электрона из материала электрода в элек-

трическом поле высокой напряженности, а, с другой стороны, туннелированием электронов. Вклад последнего явления в образовании электроразрядного изображения возрастает по мере уменьшения расстояния между электродами.

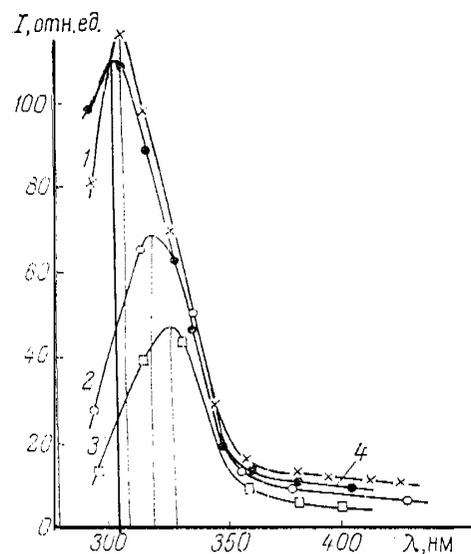


Рис. 6. Огибающие спектров свечения листа растений при различном содержании свободной жидкости

1 – свежесрезанный лист; 2, 3 – через 30 и 60 минут после срезки; 4 – после увлажнения [23]

Не умаляя главенствующую роль приэлектродных процессов при реализации метода газоразрядной фотографии, мы хотели бы обратить внимание читателей на то, что присутствие в разряде молекул воды приводит не только к образованию двойного электрического слоя, но и вызывает протекание в разряде большого количества плазмохимических реакций (свыше двухсот). Эти реакции влияют и на

развитие электронных лавин, и на качество изображения исследуемого объекта.

Кроме того, утверждение, что основной вклад в спектр излучения разряда во влажном воздухе вносят возбужденные молекулы азота и воды [23], является недостаточно корректным. В настоящее время накоплен определенный опыт при изучении разрядов в условиях переменной влажности воздуха [41, 42] и его, видимо, также желательно использовать при рассмотрении газоразрядных процессов в малых межэлектродных промежутках.

Представленное объяснение сдвига огибающей максимума огибающей спектра излучения (см. рис. 6) при изменении относительной влажности воздуха со 100% до 90% вряд ли можно считать исчерпывающим, поскольку оно учитывает лишь влияние двойного электрического слоя, состоящего из дипольных молекул воды.

Обратимся еще раз к рис. 6. Строго говоря, максимум излучения, приведенный на кривой 4, приходится в первоисточнике [23] не на 312, а на 306 нм. В пределах стандартной погрешности спектральных измерений аналогичное утверждение справедливо и для максимума, показанного на кривой 1. Другими словами, при относительной влажности воздуха, близкой к 100%, наиболее интенсивным является излучение на длине волны $\lambda \approx 306$ нм. Исследование газового разряда во влажном воздухе указывает на то, что излучение на $\lambda \approx 306,4$ нм принадлежит гидроксилу *ОН*. Это предположение прекрасно согласуется с тем, что при относительной влажности воздуха порядка 100% происходит интенсивная диссоциация молекул воды с образованием гидроксила *ОН*.

Для понимания природы диссоциации молекул воды обратимся к рис. 7, на котором представлены зависимости

доли энергии, теряемой электронами по различным каналам электрон-ионного взаимодействия [43]. Расчеты выполнены в предположении максвелловской функции распределения электронов по энергиям. Из рис. 7 видно, что при температуре электронов $T_e \leq 1,5$ эВ разложение молекул воды определяется в основном колебательным возбуждением.

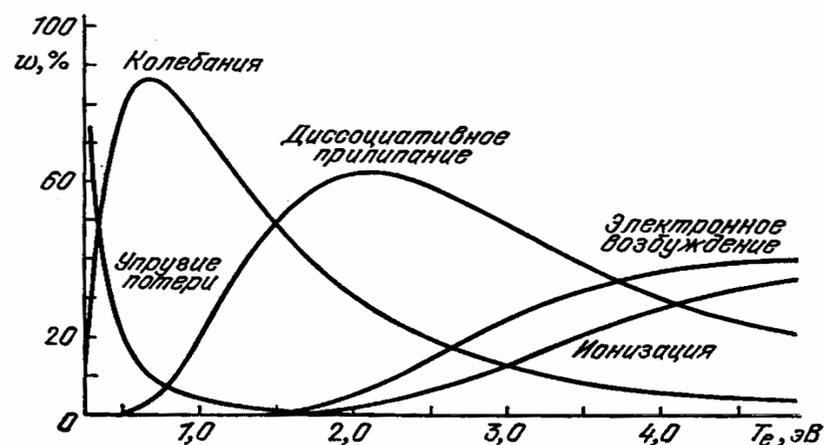
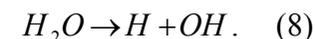


Рис. 7. Распределение энергии, теряемой электронами в H_2O по различным каналам возбуждения [43]

В [43] рассмотрен следующий механизм разложения молекул воды через колебательно-возбужденное состояние:

- ◆ возбуждение электронами нижних колебательных уровней H_2O ;
- ◆ заселение высоко-возбужденных состояний в процессе VV -релаксации;
- ◆ химические реакции, определяющие процесс разложения молекул воды, осуществляются по нераз-

ветвленному цепному механизму, инициируемому диссоциацией:



Таким образом, максимум огибающих спектра разряда при 100% относительной влажности воздуха на рис. 6 хорошо согласуется с протеканием реакции (8).

Из экспериментов по изучению высокочастотного разряда во влажном воздухе также известно [41, 42], что по мере уменьшения относительной влажности воздуха в спектрах излучения исчезают линии, принадлежавшие продуктам диссоциации молекул воды, и все более отчетливо регистрируется спектр азота, характерный для сухого воздуха. В этом отношении результат, представленный на рис. 6, не является исключением. При уменьшении относительной влажности воздуха до 90% максимум огибающей спектра излучения приходится на $\lambda \approx 332$ нм. С учетом погрешности измерений здесь, видимо, следует говорить о длине волны не 332, а 337,1 нм, который принадлежит уже азоту, а не гидроксилу OH .

Проведенное рассмотрение процесса диссоциации молекул воды в газовом разряде полностью не отрицает роль двойного электрического слоя, состоящего из дипольных молекул воды на поверхности исследуемого объекта, однако указывает на существенную роль объемных процессов, протекающих в межэлектродном зазоре. Кроме того, продукты разложения молекул воды влияют и на величину потенциала зажигания.

Укажем еще на одно важное обстоятельство, которое необходимо принимать во внимание при рассмотрении физико-химических процессов, сопровождающих электроразрядную фотографию. Повышенная влажность воздуха определяется не только метеоусловиями, но и характером исследуемого объекта (от листа растения до отдельных ор-

ганов человека), поверхность которого содержит в том или ином виде влагу (в частности, пот). И здесь в газоразрядных процессах наряду с разложением молекул H_2O большую роль играют свойства разряда, изменяющиеся под влиянием повышенной влажности воздуха.

В [41, 42] экспериментальным путем показано, что в высокочастотном разряде при относительной влажности воздуха ($\varphi_{отн} \cong 95-98\%$) образуется холодная неравновесная плазма, у которой газовая температура T близка к комнатной, а температура электронов T_e не превышает $0,2 \text{ эВ}$ (или 2000 K). На рис. 8 показаны кривые изменения этих температур в зависимости от относительной влажности воздуха φ . Видимо, аналогичное охлаждение всех компонент газового разряда происходит и при изучении живого объекта (или же исследовании его физиологического состояния). Человек, как правило, слабо реагирует на электрические разряды при правильном выборе режима их работы. На его коже не остаются следы ожога, что позволяет использовать метод электроразрядной фотографии при работе с биологическими объектами. Это обстоятельство является косвенным подтверждением, что мы имеем дело с "холодными" заряженными и нейтральными частицами.

Выше отмечалось, что реализация метода электроразрядной фотографии происходит в слаботоочном режиме (ток менее 1 mA). Выполнение этого требования является непременным условием при работе с живыми организмами. В противном случае возможно протекание необратимых процессов. Величина тока в разряде напрямую связана с температурой заряженных частиц (точнее с их средней энергией). При этом, чем больше ток, тем выше температура. Применительно к высокочастотному разряду это обстоятельство отражено на рис. 9.

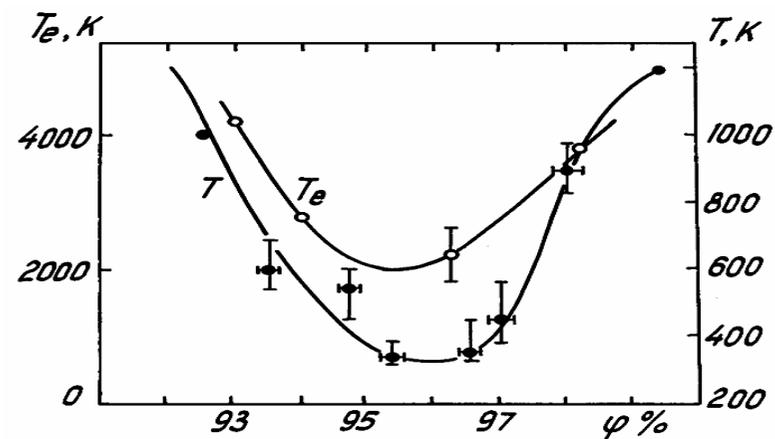


Рис. 8. Зависимость газовой температуры T и температуры T_e от относительной влажности воздуха

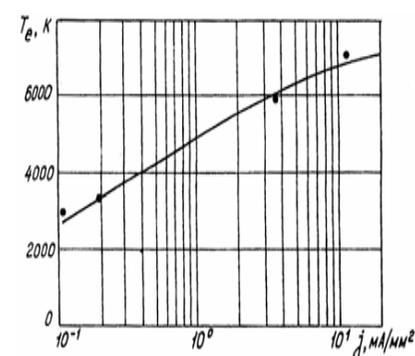


Рис. 9. Изменение температуры электронов при разряде во влажном воздухе в зависимости от плотности разрядного тока

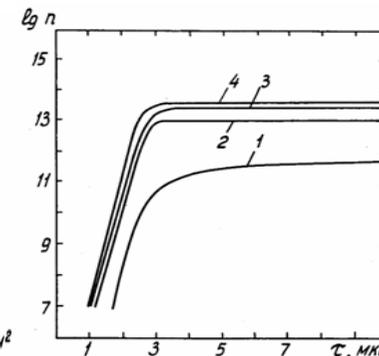


Рис. 10. Зависимость плотностей ионов и электронов от времени, полученные при пониженном давлении: 1 - $[O_2^-]$; 2 - $[O_2^+]$; 3 - $[N_2^+]$; 4 - n_e

Плотность заряженных частиц зависит от длительности ионизирующего воздействия. Электроны, как правило, "нагреваются" быстрее. На рис. 10 представлены расчетные зависимости изменения плотности заряженных частиц от длительности импульса высокочастотного излучения. Из рис. 7 видно, что спустя 2-3 мкс от начала процесса ионизации концентрация частиц остается практически постоянной.

Аналогичным образом изменяется и энергия заряженных частиц. Однако электроны в разряде нагреваются значительно быстрее, чем ионы (рис. 11).

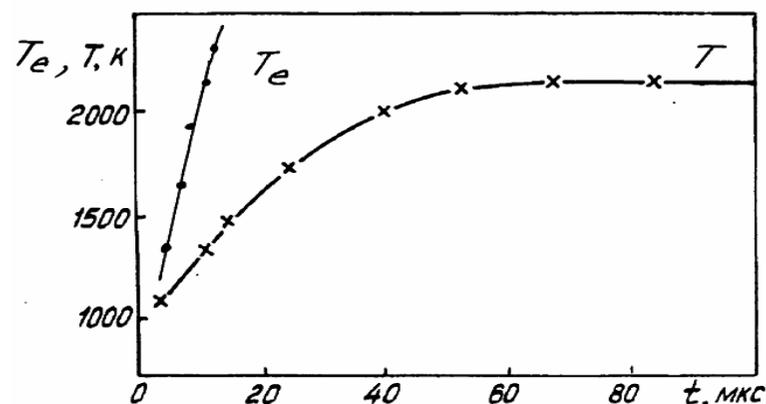


Рис. 11. Газовая температура T и температура электронов T_e как функция длительности действия ионизирующего излучения
 $f=2,4 \text{ ГГц}$, $P=200 \text{ Вт}$, $\tau_u = 1,50-1,75 \text{ мс}$,
 $F=300 \text{ Гц}$ (частота повторения импульсов)

Большую сложность представляет описание и моделирование плазмохимических процессов в разряде. Грубая оценка показывает, что в зависимости от условий экспери-

мента число плазмохимических реакций во влажном воздухе может превысить две сотни. В их число входят как прямые, так и обратные реакции. Анализ плазмохимических процессов выходит за рамки нашего исследования. При необходимости его можно найти в работах [41, 42]. Отметим лишь, что на сложную картину плазмохимических процессов оказывает заметное влияние также испарение в разряде воды и конденсация на заряженных частицах водяного пара. Наряду с существованием в разряде отрицательных ионов молекулярного кислорода O_2^- происходит также образование и накопление ионов OH^- , обладающих значительным дипольным моментом. Наличие радикала OH отчетливо регистрируется в спектре разряда (см. рис. 6). И когда речь идет об образовании двойного электрического слоя и об усилении электрического поля, то необходимо также принимать во внимание действие ионов гидроксила OH^- .

Опыты показывают [42], что при атмосферном давлении и значениях относительной влажности воздуха, равной 95-98%, в разряде сохраняется также электронная компонента, как это показано на рис. 12.

Таким образом, из изложенного следует, что вряд ли представляется возможным при рассмотрении газоразрядных процессов все сводить только к явлению автоэлектронной эмиссии или эффекту Шоттки, как это сделано в более ранней монографии [23]. Видимо, при газоразрядной визуализации поверхности твердых тел и живых объектов в разрядах протекают совершенно разные физические процессы. Общим для них лишь является свечение воздуха. В первом случае преобладают эффекты, рассмотренные в [23], а во втором — проявляется специфика разряда во влажном воздухе, описанная выше. Опыт работы с углеводородами дает основания полагать, что характер процессов,

протекающих в разряде с их участием, аналогичен тем, что наблюдается во влажном воздухе.

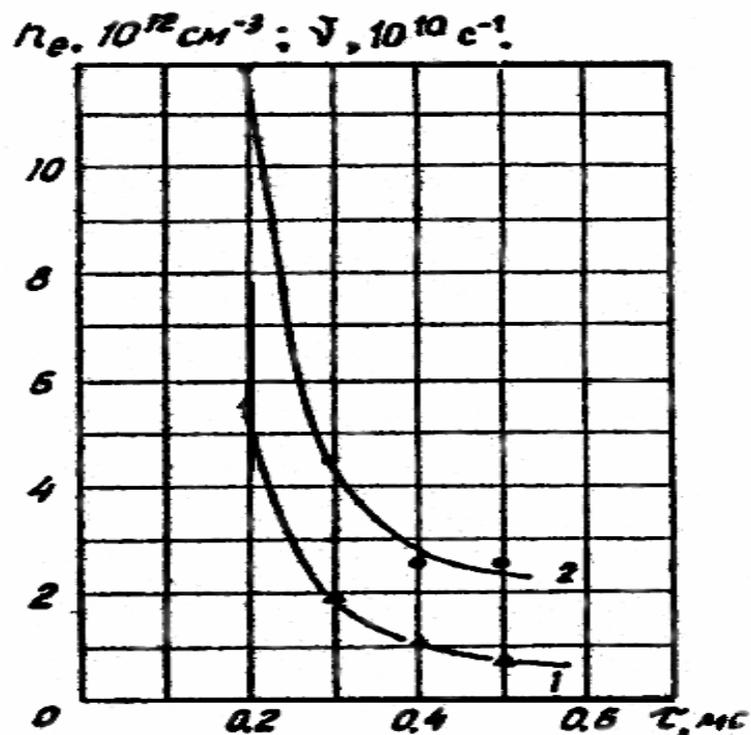


Рис. 12. Характеристики плазмы при относительной влажности воздуха, равной 96,5%

На наш взгляд, весьма дискуссионным представляется рассмотрение вопроса, каким именно образом происходит регистрация изображения в газоразрядной фотографии. В [44] предполагается, что существующие неоднородности электрических полей в межэлектродном пространстве стимулирует перенос (по направлению нормали) к поверхно-

сти исследуемого объекта влаги (или иных реагентов), которая осаждается затем на противоположном электроде. Этот процесс, видимо, усиливается за счет зарядки отрицательными ионами (и электронами) регистрирующей пленки (фотобумаги и пр.). В [45] показано, что скорости конденсации (а затем и коагуляции) водяного пара (и капель воды) определяется квадратом напряженности электрического поля E^2 . Это обстоятельство хорошо объясняет причину формирования изображений металлических предметов во влажном воздухе [44].

Что касается газоразрядного фотографирования живой ткани, то испарение влаги с поверхности растений или кожи человека приводит к уменьшению парциального давления водяного пара у поверхности исследуемого объекта, что приводит к перегонке влаги из более глубоко лежащих слоев на поверхность, т. е. способствует осушению поверхности объекта. Одновременно испарение влаги вызывает дополнительное охлаждение поверхности исследуемого объекта, в результате чего живое существо не получает ожог.

При электроразрядной фотографии на фотобумаге регистрируется чаще всего не сами объекты исследований (например, пальцы рук), а ореолы от них. Видимо, это вызвано тем, что сопротивление кожи в месте контакта с электродом оказывается больше, чем сопротивление воздушного промежутка электрод - наружная поверхность пальцев. В результате этого напряжение пробоя непосредственно через кожу оказывается выше, чем напряжение пробоя воздуха. А поскольку поверхности прижатых к электроду пальцев имеют в поперечном сечении квазиовальную форму, то по мере увеличения расстояния от электрода до поверхности пальцев, видимо, существует минимальное значение напряжения пробоя, который и регистрируется на фотобумаге в виде ореола вокруг пальцев испытуемого (см. например, рисунки к главе 7).

ГЛАВА 3. ГЕНЕРАТОРЫ И ИСТОЧНИКИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

3.1. ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ УДАРНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

3.1.1. Промышленные аппараты для дарсонвализации

Применение для лечебных целей переменного тока высокой частоты (100-200 кГц), высоко напряжения (десятки и сотни киловольт) и небольшой силы (тысячные доли ампера) носит название дарсонвализации (по имени автора метода Д'Арсонваля) [46].

Первые аппараты для дарсонвализации представляли собой искровые генераторы сильно затухающих колебаний частотой 100-150 кГц, (общая дарсонвализация) и 200-500 кГц (местная дарсонвализация). Искровые генераторы для менее мощных аппаратов, какими являются аппараты для местной дарсонвализации, выполнялись по схеме с молоточковым прерывателем, в более мощных аппаратах для общей дарсонвализации применялись искровые генераторы с неподвижными разрядниками [17].

Принципиальная схема аппарата Д'Арсонваля [46] представлена на рис. 13. Источник высокого напряжения заряжает конденсаторы C . При достижении определенного напряжения, в искровом промежутке F проскакивает искра, и в цепи $CLCF$ возникает серия затухающих колебаний. В качестве источника тока для зарядки пластин конденсаторов применяют трансформаторы, дающие напряжение до 10-15 кВ. Катушка самоиндукции делалась больших размеров с тем, чтобы в ней можно было поместить человека.

Для получения более высоких напряжений (сотни киловольт) пользуются резонансным трансформатором, представляющим собой малый соленоид с большим количеством витков, один конец которого подключается к катушке самоиндукции колебательного контура (рис. 14) [46].

Емкость вторичного контура состоит из собственной емкости катушки и емкости между катушкой и землей. Емкость и самоиндукцию подбирают так, чтобы получить резонанс с колебаниями, возникающими в основном контуре.

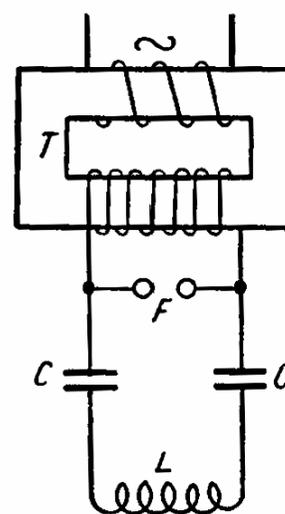


Рис. 13. Схема аппарата Д'Арсонваля

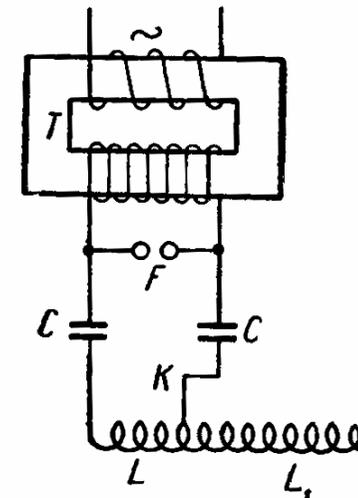


Рис. 14. Схема аппарата Д'Арсонваля с резонансным трансформатором

В 40-х годах производство искровых аппаратов было прекращено [17].

Для местной дарсонвализации в 40-50-х годах использовался аппарат *ДМП-5*, представляющий собой искровой генератор высокой частоты и высокого напряжения.

Этот аппарат (рис. 15) состоит из индукционной катушки 4 с прерывателем 3, двух конденсаторов 2, резонансного трансформатора 1, реостата б, подключенного параллельно первичной катушке резонансного трансформатора, переключателя 5 на 127 и 220 В и выключателя 7 [46].

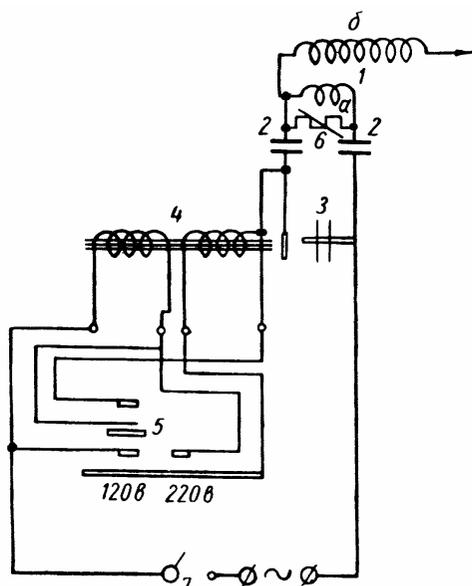


Рис. 15. Схема портативного аппарата для местной дарсонвализации (*ДМП-5*)

Благодаря прерывателю (вибратору) цепь катушки периодически подключается к источнику питания [46]. При размыкании конденсаторы 2 заряжаются, а при замыкании разряжаются на первичную катушку *a* резонансного транс-

форматора, которая вместе с конденсаторами 2 и реостатом б составляют колебательный контур. В последнем возникают высокочастотные колебания. Такие же колебания, но значительно большего напряжения возникают во вторичной катушке б резонансного трансформатора. Свободный конец вторичной катушки соединяется со специальным электродом для дарсонвализации.

Мощность, потребляемая аппаратом, составляла 30 Вт, длина волны генерации – 3 200 м, ток в цепи большого (электрод – земля) – 18 мА, длина искры между концом провода для электрода и землей – не менее 25 мм [46].

В 1953 г. в Государственном институте курортологии и физиотерапии был разработан образец лампового аппарата для местной дарсонвализации. Аппарат представляет собой генератор с самовозбуждением, работающий на частоте 150 кГц и создающий импульсно-модулированные колебания с длительностью импульса около 100 мкс и частотой следования 100 Гц [17]. Позднее *Московский* завод ЭМА начал выпуск разработанного *ВНИИМП* электронно-лампового аппарата для местной дарсонвализации «*Искра-1*». Основные технические данные этого аппарата: частота генератора – 110 кГц ± 7,5%; длительность модулирующих импульсов 100 мкс; частота следования импульсов 50 Гц; питание от сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 220 В +5%/-15%; мощность, потребляемая от сети, не превышала 80 Вт, габаритные размеры 430x397x155 мм; масса не более 9 кг.

Аппарат представлял собой генератор высокочастотных импульсно-модулированных колебаний на двойном генераторном тетраде *ГИ-30*, с огибающей, по форме близкой и «колоколообразной» [17].

В 1967 г. во ВНИИМП была закончена разработка лампового аппарата для общей дарсонвализации «Вихрь-1». Основные технические данные этого аппарата: частота высокочастотных колебаний $440 \text{ кГц} \pm 2,5\%$; длительность импульсов высокочастотных колебаний 20-30 мкс; частота следования импульсов 100 Гц; максимальное импульсное напряжение на выходе аппарата 20 кВ; питание от сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 127 В с отклонениями от +15% до -25% и 220 В с отклонениями от +10% до -15%; мощность, потребляемая от сети, не превышает 500 Вт; габаритные размеры аппарата 480x540x860 мм; масса аппарата 60 кг [17].

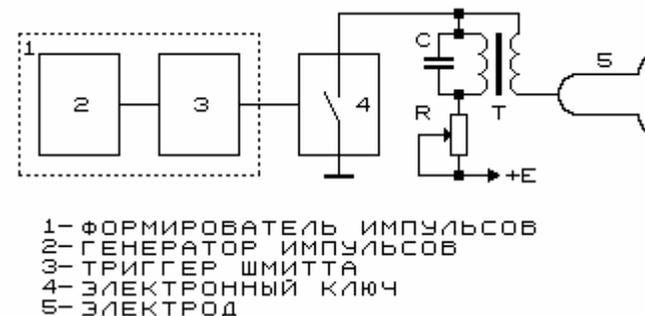
Устройства 80-90 г.г. для местной дарсонвализации конструкции Б.Г. Гурьянова (Таллиннский политехнический институт) рассмотрены на рис. 16-18.

Аппарат [47] содержит генератор импульсов, подключенный к формирователю импульсов на триггере Шмитта (рис. 16).

Сигнал регулируемой длительности, снимаемый с выхода триггера, поступает на электронный ключ, выход которого соединен с контуром ударного возбуждения. В качестве электронного ключа использованы последовательно включенные высоковольтные мощные транзисторы типа КТ809, КТ824, КТ812, КТ704 (максимальный импульсный ток – 1...5 А, напряжение пробоя эмиттер-коллектор – 500...1000 В).

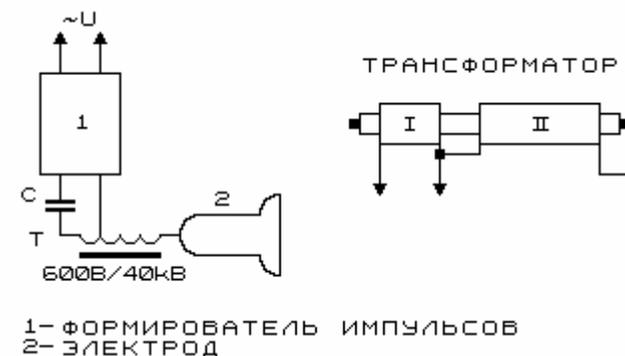
Вторичная (высоковольтная) обмотка выходного трансформатора, первичная (низковольтная) обмотка которого используется как резонансный колебательный контур ударного возбуждения, подключена к лечебному электроду – газонаполненной стеклянной трубке. Выходная мощность

генератора (выходное напряжение) плавно регулируется потенциометром.



**Рис. 16. Генератор высоковольтного напряжения
Б.Г. Гурьянова по А. с. 1102612**

Другая конструкция Б.Г. Гурьянова [48] также содержит формирователь импульсов, подключенный через конденсатор к обмотке трансформатора (автотрансформатора), к выходу которого подключен лечебный электрод (рис. 17).



**Рис. 17. Генератор высоковольтного напряжения
по А. с. 1143427**

Автотрансформатор (рис. 17) состоит из двух последовательно соединенных однослойных катушек с каркасом из диэлектрического материала. Внутри каркаса помещен сердечник из магнитомягкого (ферромагнитного) материала. Первичная обмотка колебательного контура, образованного индуктивностью первичной обмотки и конденсатором, периодически возбуждается короткими импульсами, амплитуда которых достигает 600 В , а период следования составляет $0,01\text{ с}$. На выходе трансформатора формируются серии затухающих синусоидальных колебаний продолжительностью около 50 мсек . Амплитуда выходного сигнала – до 40 кВ .

Третий генератор высоковольтного напряжения, используемый для дарсонвализации [49], имеет перестраиваемый генератор управляющих импульсов (мультивибратор), к выходу которого подключено реле (рис. 18).

Мультивибратор формирует пакеты импульсов с экспоненциально изменяющейся частотой следования (десятки Гц). Устройство содержит также выпрямитель сетевого напряжения, подключенный к умножителю напряжения. На выходе умножителя формируется напряжение в 600 В . Контакты реле периодически подключают цепочку последовательно включенных потенциометра и конденсатора к умножителю напряжения и первичной (низковольтной) обмотке выходного трансформатора.

Вторичная (высоковольтная) обмотка соединена с газоразрядным электродом. В качестве контактов реле используется геркон. Устройство не имеет гальванической связи с сетью, однако, надежность его работы невысока в связи с использованием контактной группы, работающей при повышенном напряжении.

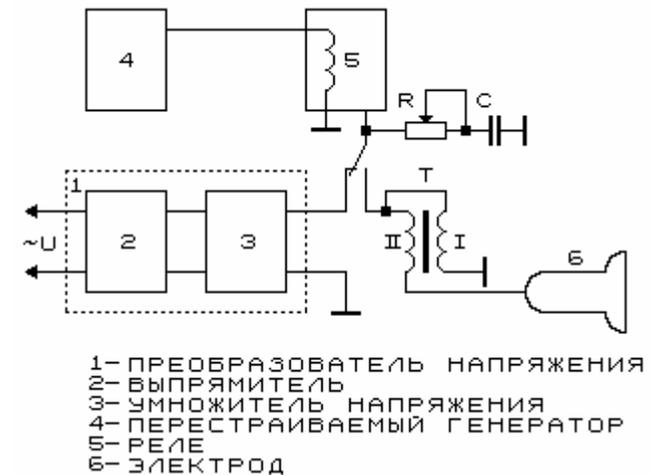


Рис. 18. Генератор высоковольтного напряжения для дарсонвализации по А. с. 1153929

3.1.2. Другие виды генераторов ударного возбуждения для получения высоковольтного напряжения

Исходя из традиционно сложившейся практики использования в целях газоразрядной визуализации генераторов высокого напряжения, получаемого ударным возбуждением первичной обмотки (контура) высоковольтного трансформатора, типичная схема подобных генераторов может быть представлена в виде: источник питающего напряжения, выпрямитель (при необходимости), времязарядная RC-цепочка, элемент с S-образной вольтамперной характеристикой, трансформатор. В качестве нелинейного элемента используют газовые разрядники, имеющие мак-

симально высокий *к.п.д.*, тиристоры, динисторы, их аналоги. Мощность, подводимая к первичной (низковольтной) обмотке трансформатора, пропорциональна значению CU^2 , где C – емкость времязарядного конденсатора, U – напряжение пробоя нелинейного элемента.

На рис. 19-21 представлены типовые схемы генераторов высокого напряжения с ударным возбуждением. В первой из схем (рис. 19) использован релаксационный прерыватель тока – релейный коммутатор времязарядной цепи [50, 51]. В начальный момент времени ток от источника питания протекает через резистор $R1$ и обмотку реле $L1$.

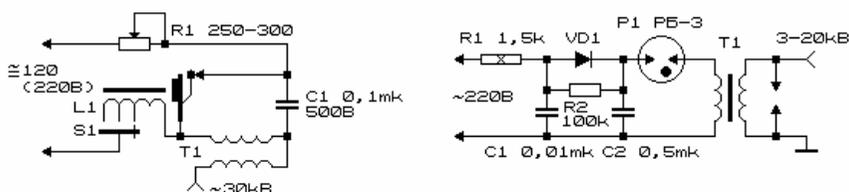


Рис. 19, 20. Схемы генераторов высоковольтных импульсов с ударным возбуждением контура

Подвижный сердечник реле и закрепленная на нем контактная группа втягиваются, контакты размыкаются. В результате конденсатор $C1$ заряжается малым током через последовательно соединенную цепочку $R1$, первичную (низковольтную) обмотку трансформатора и обмотку реле $L1$. Тем временем сердечник реле возвращается в исходную позицию, подключая обмотку реле к источнику питания, одновременно замыкая конденсатор $C1$ на первичную обмотку трансформатора. В результате во вторичной обмотке трансформатора наводится быстро затухающие во времени высокочастотные колебания высокого напряжения. Частота

колебаний определяется резонансными свойствами трансформатора.

Трансформатор выполнен на диэлектрической (эбонитовой, резиновой или стеклянной) трубке длиной 120 мм наружным диаметром 5-6 мм с внутренним отверстием 1-1,5 мм. Внутри трубки продет сердечник из луженого медного провода. На середину трубки вначале в 4-12 слоев, разделенных диэлектрическими прокладками, намотана высоковольтная обмотка шириной 40 мм. В каждом ряду – 130-160 витков провода ПШД или ПЭШО диаметром 0,1...0,12 мм. Поверх этой обмотки через изолирующую прокладку намотана низковольтная обмотка – 7-8 витков провода ПЭ диаметром 0,75-0,8 мм при длине намотки 30 мм. Центральный медный стержень одновременно является выходным электродом трансформатора. Вся конструкция заключена в чехол и залита парафином. Настройка прибора заключается в регулировке прерывателя тока и настройки контура в резонанс подбором емкости конденсатора. Длина искры "на землю" должна составлять 25...30 мм.

Вторая конструкция устройства подобного назначения выполнена на газовом разряднике $PБ-3$ (рис. 20) [52]. Конденсатор $C2$ заряжается пульсирующим напряжением через диод $VD1$ и резистор $R1$ до напряжения пробоя газового разрядника. В результате пробоя газового промежутка разрядника конденсатор разряжается на первичную обмотку трансформатора, после чего процесс повторяется. В итоге на выходе трансформатора формируются затухающие импульсы высоковольтного напряжения амплитудой до 3...20 кВ. Трансформатор выполнен на ферритовом сердечнике $M400НН-3-8x100$ мм. Первичная обмотка содержит 20 витков провода $MГШВ$ 0,75 мм с шагом намотки 5...6 мм.

Вторичная обмотка содержит 2400 витков рядовой намотки провода ПЭВ-2 0,04 мм. Первичная обмотка намотана поверх вторичной через фторопластовую прокладку 2x0,05 мм.

Третий генератор (рис. 21) выполнен на динисторах [53]. По своей структуре генератор полностью подобен описанному выше генератору [52]. Всё отличие заключается в замене газового разрядника парой последовательно включенных динисторов – аналогов газового разрядника.

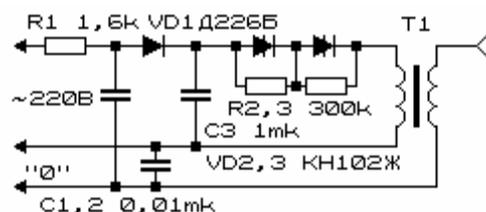


Рис. 21. Генератор высоковольтных импульсов на динисторах

Следует отметить, что *к.п.д.* такого аналога и коммутируемые токи заметно ниже, чем у оригинала, однако динисторы более доступны и более долговечны. Трансформатор также выполнен на ферритовом сердечнике 400НН диаметром 10 мм и длиной 100 мм. Первичная обмотка содержит 50 витков провода ПЭВ-2 0,8 мм. Вторичная обмотка имеет 8000 витков провода ПЭВ-2 0,09 мм. Конструкция залита парафином и заключена в экран из медной фольги.

Аппарат "ТОН", выпускаемый Саранским заводом "Лайме" [54], предназначен для местного лечебного воздействия токами надтональной частоты в форме радиопульса различной интенсивности и образующегося при

этом ионизированного воздуха в условиях физиотерапевтических кабинетов. Принципиальная электрическая схема прибора представлена на рис. 22 [54]. Устройство состоит из генератора ударного возбуждения, содержащего конденсаторы С4...С6, импульсный трансформатор, корректирующую индуктивность L1 и тиристор VS1.

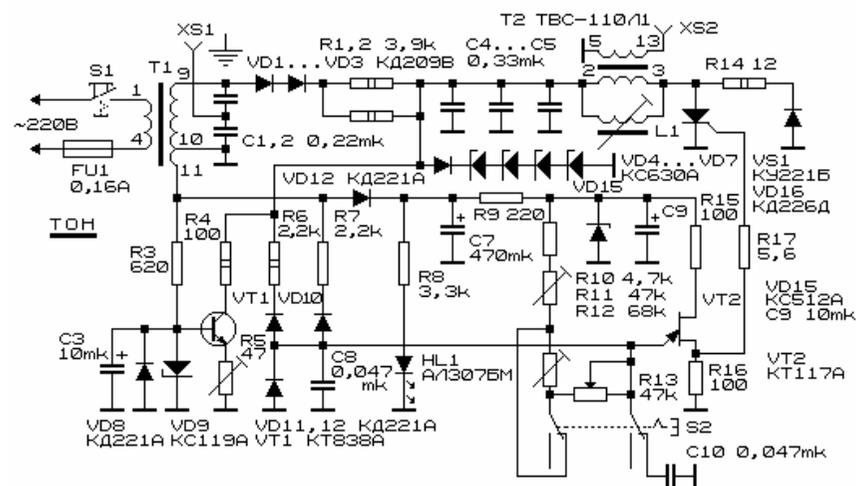


Рис. 22. Принципиальная схема аппарата "ТОН"

На однопереходном транзисторе VT2 (KT117А) собран задающий генератор. Транзистор VT1 обеспечивает разряд постоянным током конденсаторов С4...С6, стабилитроны VD4...VD7 уменьшают влияние изменения питающего напряжения на амплитуду выходных импульсов. Конденсаторы С1, С2 являются фильтрами радиопомех.

При переключении переключателя S1 напряжение с вывода 9 вторичной обмотки трансформатора Т1 в положительный полупериод поступает на конденсаторы С4...С6 и

заряжает их до уровня напряжения стабилизации стабилизаторов VD4...VD7. В это время разрядный транзистор VT1 заперт, а задающий генератор на транзисторе VT2 заблокирован открытым диодом VD13.

В отрицательный полупериод напряжение на конденсаторах C4...C6 начинает линейно уменьшаться, что обеспечивается транзистором VT1. Задающий генератор на однопереходном транзисторе VT2 формирует одиночный импульс, открывающий тиристор VS1. В результате в колебательном контуре, состоящем из конденсаторов C4...C6 и первичной обмотки трансформатора T2 (ТВС-110Л1) создается затухающий колебательный процесс с частотой 44 кГц, который трансформируется во вторичную обмотку импульсного трансформатора.

Изменяя момент включения тиристора VS1 с помощью потенциометра R13, можно плавно регулировать амплитуду выходных импульсов от 0 до 20 кВ (переключатель S2 в положении "М") и от 0 до 40 кВ (переключатель S2 в положении "Б").

3.1.3. Специальные генераторы для получения фотографий по методу "Кирлиан"

Следует сразу отметить, что термин "специальные", используемый в заголовке, недостаточно корректен в той связи, что рассматриваемые ниже генераторы изначально были ориентированы для получения, преимущественно, электроразрядных фотографий. В то же время ничто не мешает использовать эти генераторы в медицинских целях (дарсонвализация, токи надтональной частоты), либо в качестве, например, высокочастотных искровых дефектоско-

пов, искровых течеискателей, озонаторов, источников высоковольтного напряжения.

На рис. 23, 24 показаны принципиальные электрические схемы генераторов, специально предназначенных для получения изображений в поле токов высокой частоты. Авторы этих разработок неизвестны, поэтому генераторы обозначены по территориальному признаку, откуда поступили эти схемы. Номиналы элементов, не отмеченные на схеме, неизвестны.

"Вильнюсский" генератор (рис. 23) содержит трансформаторный блок питания, сложную коммутируемую времязадающую RC-цепочку, тиристорный ключевой элемент, высоковольтный высокочастотный трансформатор, схему управления тиристорным ключом и реле времени (на схеме не показано).

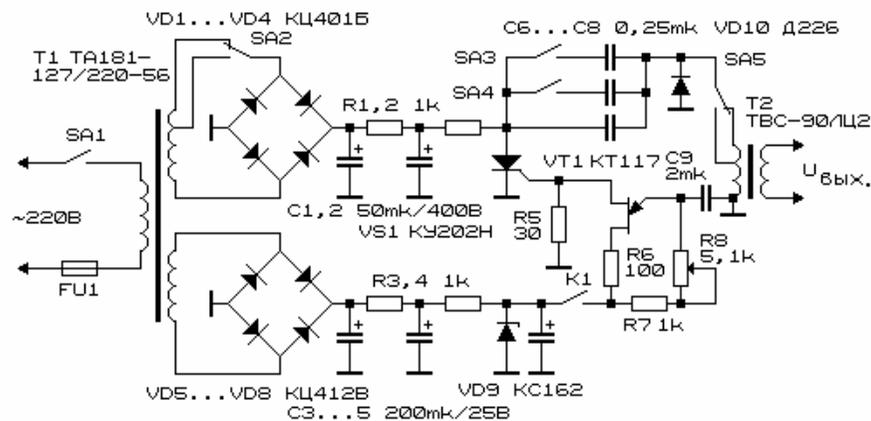


Рис. 23. Генератор высоковольтных импульсов для "кирлиановской" фотографии на тиристоре

Напряжение порядка 300 В, снимаемое с мостового выпрямителя и фильтра, через резистор R2 заряжает конденсатор(ы) C6...C8. Низковольтное напряжение порядка 9...15 В, снимаемое со второго мостового выпрямителя и фильтра, поступает на параметрический стабилизатор напряжения, выполненный на стабилитроне КС162. Стабилизированное напряжение подается через контакты реле (или тумблер) на генератор управляющих импульсов, выполненный на однопереходном транзисторе VT1 КТ117А,В. Частота следования импульсов задается потенциометром R8. Экспозиция задается таймером, выполненным на микросхеме КР1006ВИ1 при типовом ее включении. На выходе таймера включено реле РЭС-22.

Параметры генерируемых выходных сигналов в достаточно широком интервале варьируются переключением ключей SA2...SA5. В качестве силового трансформатора использован трансформатор ТА181-127/220-56. Выходной высоковольтный трансформатор выполнен на основе телевизионного трансформатора строчной развертки ТВС-90ЛЦ2. В качестве первичной обмотки использовано 20+10 витков провода ПЭЛ диаметром 1,0 мм. На выходе устройства генерируются импульсы напряжением 15...30 кВ частотой 50...150 кГц и частотой модуляции 20...120 Гц.

"Таллинско-Краснодарский" генератор (рис. 24) содержит задающий блокинг-генератор управляемой частоты на транзисторе МП42, времязадающую цепочку R4C3, тиристорный ключ и высоковольтный повышающий трансформатор.

Генератор отключают тумблером SA1. Частота повторения управляющих импульсов задается потенциометром R1; амплитуда – R3.

Генераторы (рис. 25-27) разработаны нами для получения высокочастотных высоковольтных импульсов и предназначены для получения фотографий по методу "Кирлиан".

Генератор [55, 56] состоит из удвоителя напряжения, релаксационного генератора ударных импульсов и повышающего трансформатора.

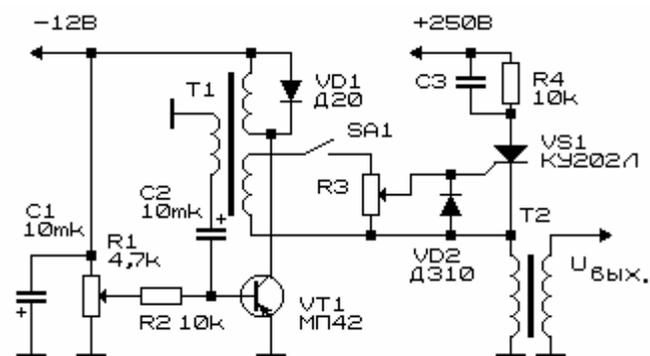


Рис. 24. Генератор для получения "кирлиановских" фотографий на тиристоре

Удвоитель напряжения выполнен на диодах VD1, VD2 (рис. 25) и конденсаторах C1, C2; конденсаторы C1...C3 и резистор R1 образуют зарядную цепочку. Параллельно конденсаторам C1...C3 подключен газовый разрядник на 350 В и последовательно включенная ему обмотка повышающего трансформатора.

Как только уровень постоянного напряжения на конденсаторах C1...C3 превысит значение напряжения пробоя газового столба разрядника, конденсаторы разряжаются через обмотку повышающего трансформатора; генерируется высоковольтный импульс. Элементы схемы подобраны

так, что частота формирования импульсов близка к 1 Гц. Конденсатор С4 предназначен для предотвращения попадания сетевого напряжения на выходной зажим прибора.

Высоковольтный трансформатор выполнен на диэлектрической трубке с внешним диаметром 8 мм и длиной 150 мм, внутри которого расположен медный электрод диаметром 1,5 мм, соединенный с незаземленным выводом трансформатора [57]. Намотанная вначале вторичная обмотка содержит 3...4 тыс. витков провода ПЭЛШО 0,12 в 10...13 слоев (длина намотки слоя виток к витку – 70 мм), пропитанных клеем БФ-2 с межслойной изоляцией из политетрафторэтилена. Первичная обмотка содержит около 20 витков провода ПЭВ 0,75, пропущенного через кембрик из поливинилхлорида.

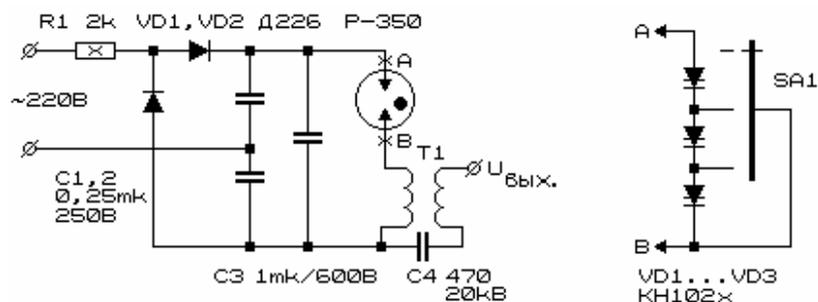


Рис. 25. Генератор импульсов высокого напряжения с использованием газового разрядника или заменяющих его динисторов

В качестве высоковольтного трансформатора можно использовать выходной трансформатор строчной развертки телевизора (с удаленной низковольтной обмоткой, взамен которой намотано около 20 витков провода ПЭВ 0,75 в

кембрике); трансформаторы электронных зажигалок, ламп-вспышек, катушек зажигания и др.

Газовый разрядник P-350 может быть заменен переключаемой цепочкой динисторов KH102, что позволит ступенчато изменять выходное напряжение [57]. Для равномерного распределения напряжения на динисторах рекомендуется подключить к каждому из них резистор сопротивлением 300-500 кОм.

Технические характеристики генератора:

Напряжение на выводе устройства – 15 кВ.

Длина искры "на землю" – 10...15 мм.

Напряжение питания – 220 В, 50 Гц.

Габаритные размеры:

генератора – 92x80x60 мм;

трансформатора – длина 160 мм, диаметр 40 мм.

Генератор импульсов для ударного возбуждения первичной обмотки высоковольтного трансформатора может быть выполнен и по схеме, приведенной на рис. 26.

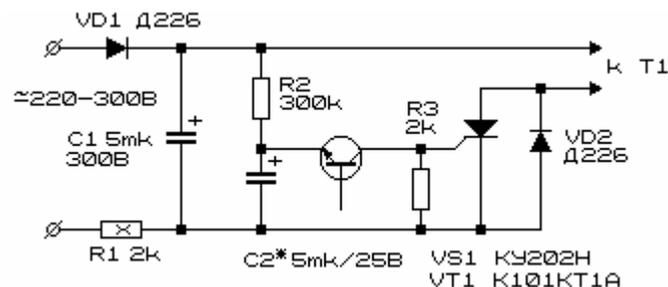


Рис. 26. Генератор высоковольтных импульсов с использованием тиристора

В схеме использован лавинный транзистор *K101KT1* (либо его заменяющий динистор), а также тиристор *KU202H*. Для повышения надежности работы схемы (рис. 26) параллельно тиристорному подключен защищающий его диод *VD2* (встречное подключение).

Устройство (рис. 27) состоит из блока питания, управляющего (задающего) релаксационного генератора импульсов, тиристорного ключа и высокочастотного трансформатора [32, 58].

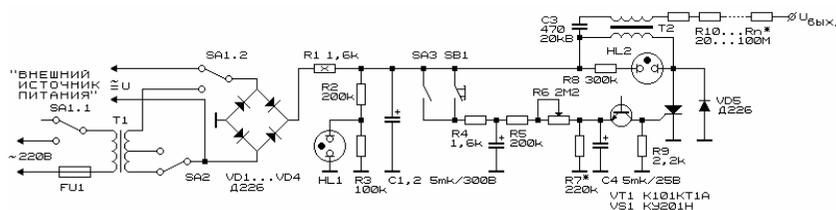


Рис. 27. Высоковольтный генератор с таймером

В блок питания входят силовой трансформатор и однополупериодный выпрямитель. Предусмотрена возможность питания устройства от преобразователя напряжения (300 В). Релаксационный генератор импульсов выполнен на биполярном лавинном транзисторе *VT1*. Сопротивлением нагрузки генератора являются резистор *R9* и управляющий переход тиристора *VS1*. RC-элементами, определяющими характер генерации, являются резисторы *R4...R7* и конденсаторы *C2, C4*. Нагрузкой тиристорного ключа является обмотка высокочастотного трансформатора *T2*. К его повышающей обмотке через цепочку резисторов *R10...Rn* подключен рабочий электрод (металлическая пластинка, стеклянная пластинка с прозрачным токопроводящим слоем двуокиси олова или т. п.).

Генератор может работать в режимах непрерывной генерации или разового пуска. В режиме разового пуска при кратковременном замыкании кнопки *SB1* конденсатор *C2* заряжается до напряжения порядка 300 В. Последующий разряд конденсатора *C2* происходит через резисторы *R5...R7*, одновременно заряжается конденсатор *C4*. Когда напряжение на его обкладках достигает значения напряжения пробоя биполярного лавинного транзистора, происходит пробой транзистора *VT1* и разряд конденсатора *C4* через биполярный лавинный транзистор на сопротивление нагрузки (резистор *R9* и управляющий переход тиристора *VS1*). В результате, низковольтная обмотка трансформатора *T2* оказывается подключенной к конденсатору *C1*, происходит разряд конденсатора на указанную обмотку, при этом в повышающей обмотке трансформатора формируются высокочастотные высоковольтные колебания затухающей амплитуды, частота колебаний определяется LC - значением эквивалентного колебательного контура, а характер затухания – добротностью катушки индуктивности (с учетом шунтирования последней сопротивлением нагрузки).

Поскольку тиристор после разряда конденсатора *C1* вновь возвращается в исходное (запертое) состояние, а конденсатор *C1* заряжается вновь через резистор *R1*, следующий импульс от релаксационного генератора импульсов снова запускает схему генерации высоковольтных импульсов. Генерация происходит до тех пор, пока не разрядится конденсатор *C2*. Частота следования импульсов ударного возбуждения по мере разряда конденсатора понижается от единиц *Гц* до долей *Гц*. Скорость разряда конденсатора (время работы генератора управляющих импульсов) можно изменять, варьируя значением резистора *R6*. В режиме "Непрерывная генерация" включают тумблер *SA3*. В

этом случае частота следования управляющих импульсов не изменяется во времени и задается изменением сопротивления потенциометра R6. Устройство при этом целесообразно включать в сеть через реле времени (например, фотореле).

В качестве трансформатора T1 можно использовать любой силовой трансформатор с соотношением числа витков обмоток 1:1. Вместо трансформатора T2 может быть использован выходной трансформатор строчной развертки от телевизионного приемника, например, TBC-110ЛА4, с магнитопровода которого удаляют низковольтную обмотку. Взамен удаленной наматывают другую обмотку, содержащую около 20 витков медного провода диаметром 0,5...0,7 мм, продетого в кембрик для обеспечения надежной изоляции между высоковольтными и низковольтными цепями.

Неоновая лампа HL1 предназначена для индикации включения прибора, HL2 – для индикации генерации.

Техническая характеристика устройства:

Напряжение на выходе трансформатора: 5...20 кВ.

Частота управляющих импульсов: ед. - доли Гц.

Режим генерации – непрерывный или разовый пуск.

Время экспозиции при разовом пуске – 5...15 с.

Габаритные размеры – 190x90x55 мм.

Источник питания – сеть 220 В, 50 Гц, либо преобразователь напряжения на 300 В (постоянный ток).

При использовании данного схемного решения появилась возможность задания экспозиции в режиме разового пуска без усложнения схемы, само устройство может быть использовано при работе в полевых условиях.

3.2. ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ НЕЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ

Промышленные аппараты для воздействия токами надтональной частоты

Ультратонотерапия, или лечение током надтональной частоты, была предложена в 60-х годах Д.А. Синицким [30, 59]. При местной дарсонвализации используют токи повышенной частоты (100...500 кГц) напряжением 20...40 кВ, подводимые к телу при помощи вакуумированных газоразрядных электродов. Для ультратонотерапии применяют токи менее раздражающего действия на порядок более низкой частоты (22 кГц) и напряжения (3...5 кВ) [59].

Генератор Д.А. Синицкого [30] в оригинале содержал выпрямитель, генератор синусоидальных электромагнитных колебаний надтональной частоты на пентоде и выходной каскад на лучевом тетраде. Выходной каскад был нагружен на колебательный контур-трансформатор с высоковольтным выходом, к которому подключался полый электрод из кварцевого стекла, наполненный разреженным газом. Для работы устройства в непрерывном или импульсном режиме и установления желаемой длительности пакетов электрических колебаний генератор содержал манипулятор с RC-ячейкой самогашения колебаний.

В работе устройство Д.А. Синицкого [31] генерировало коронный разряд с регулируемой паузой между пачками колебаний высоковольтного напряжения. Амплитуда колебаний достигала в пределах 1...3 кВ при частоте 21...23 кГц. Длительность паузы между пачками колебаний выбиралась от непрерывного их следования до величины, много меньшей, чем длительность пачки колебаний.

Высокочастотный физиотерапевтический аппарат для лечения током надтональной частоты «Ультратон», разработанный Всесоюзным научно-исследовательским институтом медицинского приборостроения [60], предназначен для местного лечебного воздействия высокочастотным током (рис. 28).

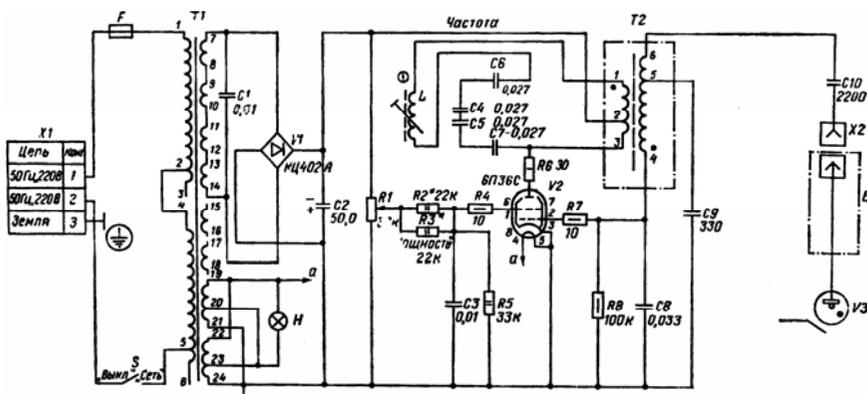


Рис. 28. Принципиальная электрическая схема аппарата «Ультратон»

Имея много общего с аппаратом для местной дарсонвализации «Искра-1» по применяемым электродам и методике проведения процедур, аппарат «Ультратон» отличается от него частотой и формой колебаний и большей величиной выходного тока. Воздействие током надтональной частоты не вызывает таких неприятных субъективных ощущений, как разряды при местной дарсонвализации.

Основные технические данные аппарата: частота высокочастотных колебаний $22 \text{ кГц} \pm 7,5\%$; выходная мощность плавно регулируется от нуля до $10 \text{ Вт} \pm 20\%$; питание

от сети переменного тока напряжением 220 В с допустимыми отклонениями $+5\%/-10\%$ от номинала; потребляемая мощность не более 80 Вт ; габариты $350 \times 255 \times 145 \text{ мм}$; масса не более $6-7 \text{ кг}$ [17, 60].

Аппарат представляет собой источник высокочастотных колебаний с выходным напряжением, достигающим $4,5 \text{ кВ}$, подаваемых на стеклянный заполненный неонем электрод.

Основными действующими факторами при лечении током надтональной частоты являются синусоидальный высокочастотный ток, а также тихий искровой разряд, возникающий в области контакта электрода с тканями пациента. При этом выделяется тепло и образуется незначительное количество озона и окислов азота. В результате воздействия электрода с тканями усиливается кровообращение, стимулируются нейротрофические и обменные процессы, снимается болевой синдром, что нормализует функциональное состояние подлежащих тканей и значительно улучшает самочувствие пациента [60].

Аппарат «Ультратон» (рис. 28) представляет собой генератор синусоидальных колебаний на лучевом тетроде 6П36С и имеет высоковольтный выход (по А. с. 167014). Лечебное воздействие током надтональной частоты осуществляется посредством стеклянных газоразрядных электродов различной формы, имеющих металлический цоколь для фиксации их в электрододержателе. При проведении процедур высокое напряжение с выхода аппарата (около 5 кВ) подается на цоколь электрода с помощью подключаемого к аппарату высоковольтного провода [60].

По достижении величины напряжения, достаточной для возникновения тлеющего разряда, газ в полости элект-

трома ионизируется и становится проводником высокочастотного тока. На тело человека ток попадает через конденсатор, обкладками которого являются ионизированный газ и проводящие ткани человека в области контакта с электродом; далее цепь замыкается через распределенную емкость человека на землю. Воздействие через диэлектрик (стекло) дает возможность ограничить протекающий ток до величины, не вызывающей неприятных ощущений и повысить электробезопасность процедуры [60].

Использование в генераторе трехконтурной колебательной системы позволяет получить необходимое тепловое воздействие на электродах с различной площадью рабочей поверхности. Аппарат имеет выключатель сети и ручку регулировки выходной мощности, выведенные на лицевую панель. Примененная в аппарате схема регулировки обеспечивает близкую к линейной зависимость выходной мощности от положения ручки регулировки мощности, а плавный способ регулировки дает возможность установить необходимую выходную мощность при любом электроде [60].

Аппарат "Ультратон-АМП-2 ИНТ" был разработан АОЗТ "ИНТАЛ-ОРГ" (г. Бийск Алтайского края) для воздействия в лечебных целях токами надтональной частоты по методу ультратонотерапии, введенному в физиотерапевтическую практику Д.А. Синицким (А. с. 614796) [18, 61].

Аппарат (рис. 29) имеет следующие технические характеристики: эффективное значение выходного напряжения 0,2-3,5 кВ (0,5-3 кВ); частота синусоидального выходного напряжения 22 ± 3 кГц; потребляемая мощность при питании от сети переменного тока напряжением 220 ± 22 В частотой $50 \pm 0,5$ Гц до 40 Вт; максимальная выходная

мощность – 5 Вт; масса аппарата (в комплекте) не более 600 г. Устройство имеет режим модуляции выходного напряжения несущей частоты 22 кГц низкой частотой 100 Гц.

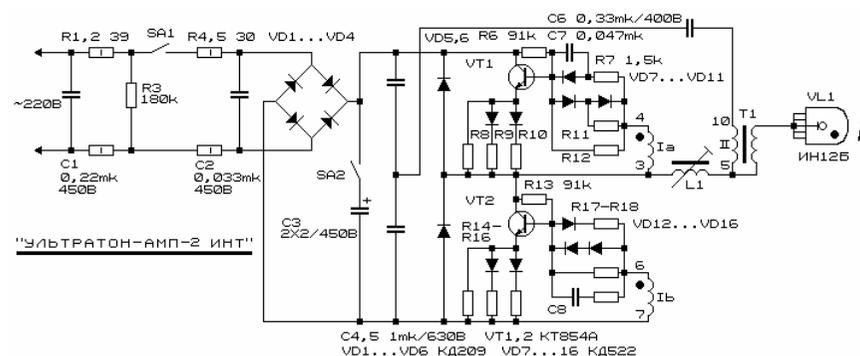


Рис. 29. Принципиальная схема аппарата "Ультратон-АМП-2 ИНТ"

Прибор имеет бестрансформаторное питание. Генератор устройства выполнен по двухтактно-мостовой схеме на двух транзисторах *KT854A*. В качестве электрода использована газонаполненная индикаторная лампа *ИН12Б*. В схеме предусмотрены особые меры по обеспечению выходного сигнала строго синусоидальной формы. Это требование обусловлено необходимостью максимально снизить помехи, генерируемые при работе аппарата. Однако, при эксплуатации устройства (при возникновении разряда) форма выходного высокочастотного сигнала резко отличается от синусоидальной, т. к. нагрузкой генератора, как правило, является комплексное сопротивление, имеющее ярко выраженную нелинейную вольтамперную характеристику.

Для получения высокочастотного высоковольтного напряжения, поддающегося метрологическому контролю,

В.В. Кожариновым и др. (г. Минск) [23] был использован высокостабильный задающий генератор синусоидального напряжения на базе промышленного ГЗ-7А с выходным напряжением от 0 до 30 В на нагрузке не ниже 1 кОм. Диапазон рабочих частот генератора сигналов видеочастоты ГЗ-7А составлял 20 Гц...10 МГц.

К генератору был подключен линейный выходной каскад усиления мощности, выполненный на двух лампах-пентодах типа ГУ-50, включенных параллельно. Максимальная выходная мощность каскада достигала 40 Вт.

Ниже (рис. 30-33) приведены другие несложные схемы аппаратов для съемки свечения объектов в поле токов высокой частоты (получения фотографий свечения биологических и абиологических объектов, реализации “кирлиановской фотографии” или, говоря точнее, фотографии по методу Наркевича-Йодко – Кирлиан).

Генераторы собраны из доступных типовых элементов и способны работать как от автономных (аккумуляторы), так и от сетевых блоков питания с дозировкой продолжительности воздействия [33].

Устройство (рис. 30) выполнено на *p-n-p* транзисторе VT1 KT837M, установленном на теплоотводящей пластине из меди или алюминия. Генератор собран по традиционной схеме с индуктивной обратной связью, образуемой частью обмотки трансформатора T1. Регулирование выходной мощности (выходного напряжения) осуществляется потенциометром R1 за счет изменения тока базы транзистора VT1.

Питание генератор может получать как от аккумуляторной батареи напряжением 12,6 В (облегченный режим работы) или 24 В, так и от сетевого блока питания.

Возможный вариант реализации сетевого блока питания для генераторов на транзисторах структуры *n-p-n* приведен на рис. 31.

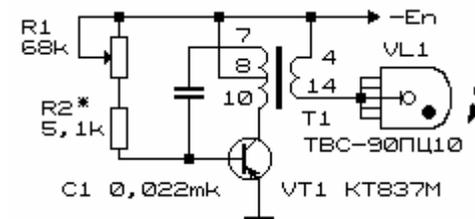


Рис. 30. Генератор для фотосъемки в поле токов высокой частоты с газонаполненной лампой - электродом

Блок питания обеспечивает работу аппарата при пониженном (15 В) и повышенном (25 В) напряжении (переключатель SA2), имеет переключатель-выключатель SA1 рода питания (от сети или от аккумулятора), коммутатор включения-выключения модуляции SA3, позволяющий питать генератор пульсирующим напряжением с диодного моста (при сетевом питании).

Для индикации выходной (подводимой) мощности предусмотрен элемент индикации – лампа накаливания EL1 (2,5 Вx0,29 А). В целях упрощения схемы этот элемент может быть исключен. Если необходима количественная оценка потребляемого устройством тока, взамен лампы накаливания следует включить миллиамперметр на ток до 300 мА.

Питание генератора, выполненного на транзисторе структуры *p-n-p* (рис. 30) может осуществляться от блока питания (рис. 31) со сменой полярности включения полупроводниковых элементов и электролитического конденсатора.

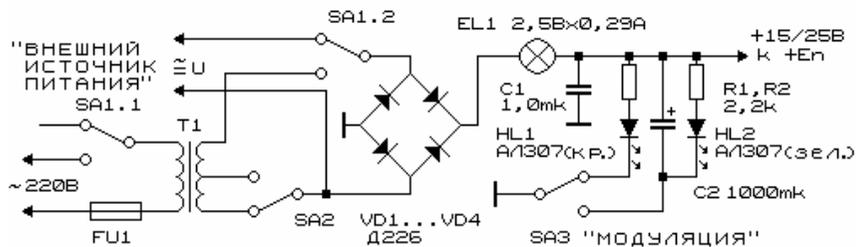


Рис. 31. Источник питания генераторов высоковольтных импульсов

Вариант генератора на транзисторе *n-p-n* структуры (*KT805AM*) приведен на рис. 32. Питание устройства осуществляется от регулируемого стабилизатора напряжения 6...25 В, выполненного на микросхеме *DA1 K142EH5A(B)*. Режим модуляции в схеме не предусмотрен.

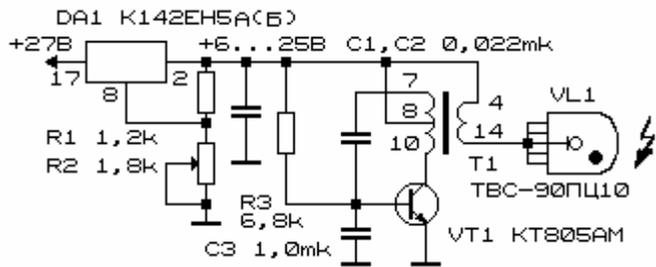


Рис. 32. Генератор высоковольтных импульсов с регулируемым выходным напряжением

Наиболее совершенным является генератор, изображенный на рис. 33. Генератор имеет таймер, позволяющий дозировать время процедуры от нескольких *секунд* до нескольких *минут*, допускает эксплуатацию как в непрерывном режиме, так и в режиме импульсных посылок высоко-

вольтных импульсов регулируемой длительности, предусматривает возможность наложения дополнительной модуляции пульсирующим током частотой 100 Гц.

Отметим, что более подробно генераторы модулированных высокочастотных колебаний для получения высокого напряжения рассмотрены ниже в п.п. 3.3. При необходимости внешний модулирующий сигнал низкой частоты может быть подан на базу управляющего транзистора VT1.

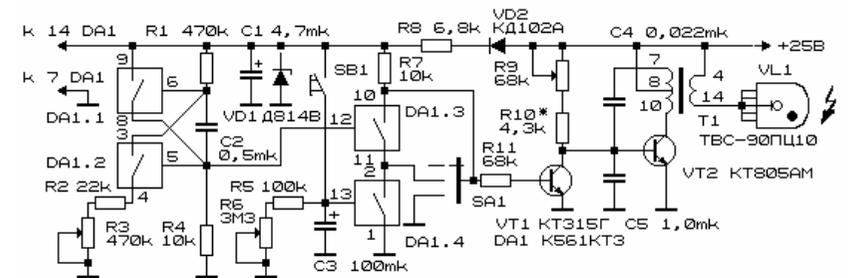


Рис. 33. Модулируемый источник высоковольтного высокочастотного (48 кГц) напряжения с таймером

Модулятор и таймер устройства выполнен на микросхеме *DA1 K561KT3*. На элементах микросхемы *DA1.1* и *DA1.2* собран мультивибратор с регулируемым периодом/частотой следования импульсов (потенциометр *R2*); на элементе *DA1.4* выполнен таймер (запуск кнопкой *SB1*, задание экспозиции – потенциометр *R6*). Транзисторный коммутатор *VT1*, управляемый элементами *DA1.3* и *DA1.4* и переключателем *SA1*, подключен к переходу эмиттер-база транзистора *VT2*, на котором собран генератор высоковольтных импульсов.

Во всех схемах использован выходной трансформатор строчной развертки *TBC-90ПЦ10*. Рабочая частота генера-

торов порядка 48 кГц , выходное напряжение до $6...8 \text{ кВ}$. Мощные транзисторы и микросхему стабилизатора напряжения необходимо установить на теплоотводящие пластины. Потребляемый генераторами ток не превышает 300 мА . В качестве электродов могут быть использованы газонаполненные индикаторные и иные лампы VL1 (однополярное подключение), например, *ИН12Б* с неоновым наполнением. Высокочастотный ток при этом модулируется шумовой компонентой газового разряда.

3.3. ГЕНЕРАТОРЫ МОДУЛИРОВАННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Для экспериментов по электроразрядной фотографии перспективным представляется применение генераторов высокого напряжения специальной формы (модулированных высоковольтных колебаний). Использование таких генераторов позволит оптимизировать условия съемки объектов исследования применительно к их индивидуальным особенностям, сформировать практически любую мыслимую форму выходного сигнала. Хотя в доступной литературе по применению электроразрядной фотографии генераторы подобного типа не описаны, авторы сочли необходимым, по меньшей мере, упомянуть о таковых генераторах и подчеркнуть их прогрессивность.

Немногочисленные управляемые генераторы униполярного высокого напряжения описаны в монографии [62].

Обобщенная блок-схема генераторов модулированных высоковольтных колебаний приведена на рис. 34 [62].

Такие генераторы способны воспроизводить заданную форму модулирующего сигнала при обеспечении стабильности его амплитудно-временных параметров в процессе

3.4. ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ИСТОЧНИКИ

эксплуатации при изменении сопротивления нагрузки и внешних условий.

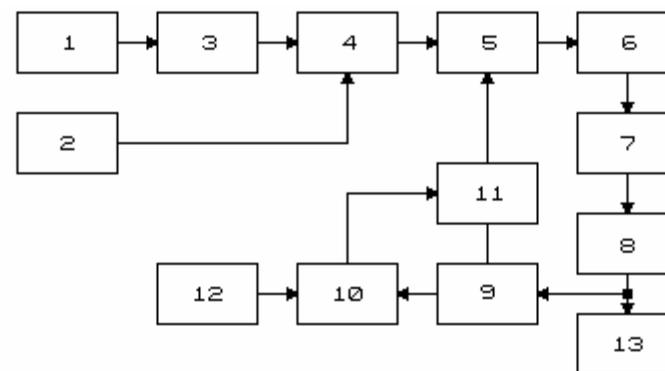


Рис. 34. Блок-схема генератора модулированных высоковольтных колебаний:

1 – сеть переменного тока; 2 – сеть постоянного тока; 3 – преобразователь переменного тока в постоянный; 4 – блок управления; 5 – мощный управляемый инвертор; 6 – блок повышения переменного напряжения; 7 – выпрямитель; 8 – фильтр; 9 – схема измерения высокого напряжения; 10 – схема сравнения; 11 – усилитель сигнала рассогласования; 12 – опорное напряжение; 13 – нагрузка

Большинство из приведенных в монографии [62] генераторов способно вырабатывать модулированное в полосе частот $0...5 \text{ кГц}$ напряжение до $50...60 \text{ кВ}$ при токе нагрузки $1...2 \text{ мА}$. Применение для модуляции частот свыше $5...20 \text{ кГц}$ ограничено отсутствием соответствующей элементной базы. Следует отметить, что ряд генераторов высокого напряжения, описанных ранее, можно отнести к модулируемым с жестко заданной формой выходного сигнала.

ПОСТОЯННОГО ТОКА

Высоковольтный источник питания постоянного тока используется для создания высокого напряжения 30...35 кВ при токе нагрузки до 1 мА [63].

Блок питания (рис. 35) [63] состоит из выпрямителя сетевого напряжения на диодном мосте VD1, конденсатора фильтра С1 и высоковольтного полумостового автогенератора на микросхеме DA1 (K1182ГГ3). Микросхема DA1 преобразует выпрямленное сетевое напряжение в высокочастотное (30...50 кГц). Трансформатор Т1 служит для создания напряжения на обмотках управления L1, L3 и для гальванической развязки высоковольтной обмотки от сети.

Выпрямленное сетевое напряжение поступает на микросхему DA1, стартовая цепочка R2-C2 запускает автогенератор микросхемы. Цепочки R3-C3 и R4-C4 задают частоту автогенератора. Резисторы R3 и R4 стабилизируют длительность полупериодов частоты генерируемых импульсов. Выходное напряжение повышается обмоткой L4 трансформатора и подается на умножитель напряжения на высоковольтных конденсаторах C7...C12 и диодах VD2...VD7. Выпрямленное напряжение подается на нагрузку через ограничительный резистор R5.

Конденсатор сетевого фильтра С1 рассчитан на рабочее напряжение 450 В (K50-29), С2 – любого типа на напряжение 30 В. Конденсаторы С5, С6 выбирают в пределах 0,022...0,22 мкФ на напряжение не менее 250 В (K71-7, K73-17). Конденсаторы умножителя С7...С12 – КВИ-3 на напряжение 10 кВ. Возможна замена на конденсаторы ряда K15-4, K73-4, ПОВ и другие на рабочее напряжение свыше 10 кВ.

Высоковольтные диоды VD2...VD7 – типа КЦ106Г (КЦ105Д). Ограничительный резистор R5 – типа КЭВ-1. Его

можно заменить тремя резисторами типа МЛТ-2 по 10 МОм. В качестве трансформатора используют телевизионный строчный трансформатор. Высоковольтную обмотку оставляют, остальные удаляют, и на их месте размещают новые обмотки. Обмотки L1, L3 содержат 7 витков провода ПЭЛ 0,2 мм, а обмотка L2 – 90 витков того же провода [63].

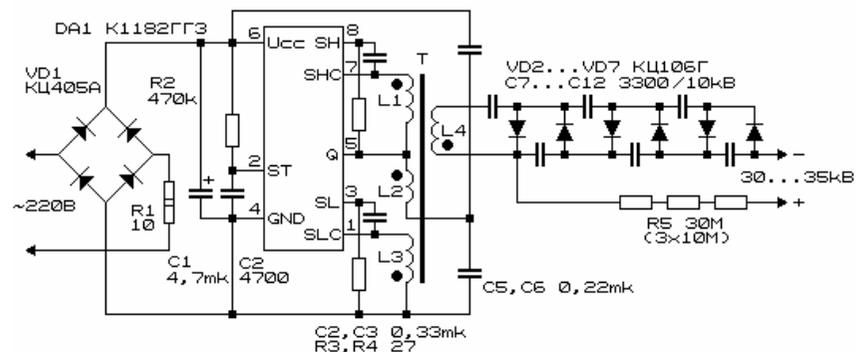


Рис. 35. Высоковольтный источник питания постоянного тока

Отметим, что приведенная выше схема (рис. 35) при исключении из нее высоковольтного выпрямителя – умножителя напряжения может быть использована для генерации незатухающих периодических высоковольтных колебаний частотой 30...50 кГц.

В свою очередь, любой из описанных ранее генераторов (источников) высоковольтного высокочастотного напряжения может быть реорганизован в источник постоянного высоковольтного напряжения включением на его вы-

ходе выпрямителя (выпрямителя - умножителя напряжения). Основной проблемой такого способа получения высоковольтного напряжения постоянного тока является дефицитность высоковольтных полупроводниковых диодов, работающих на частотах свыше 1 кГц . В этой связи даже в наши дни в этих целях широко используют вакуумные или газонаполненные выпрямительные приборы.

На рис. 36 приведены типовые схемы умножителей напряжения, обобщенные в сборнике [64].

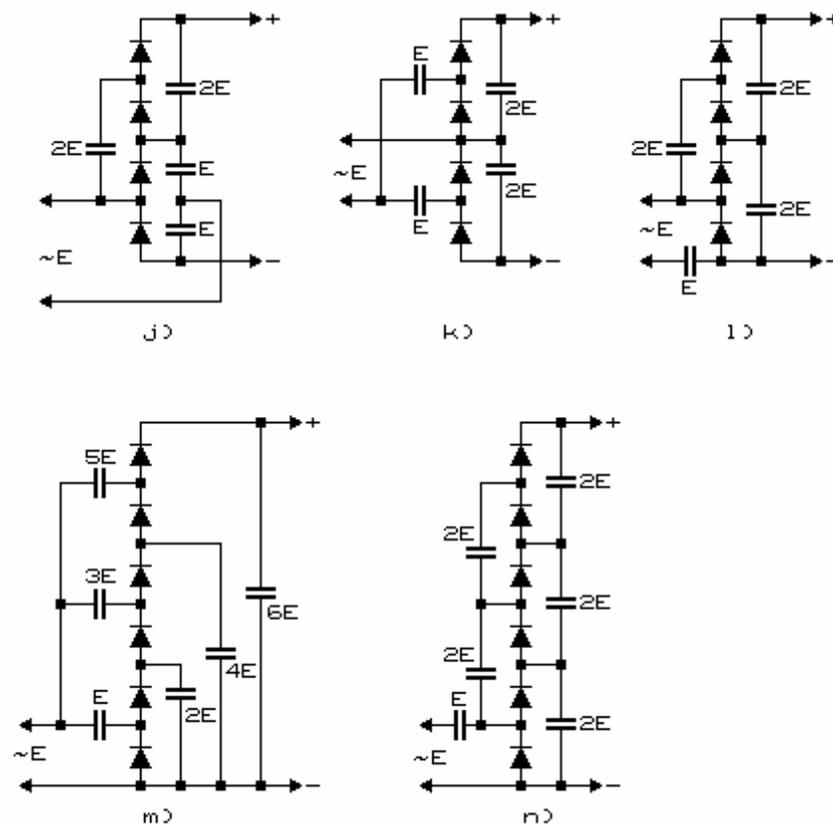
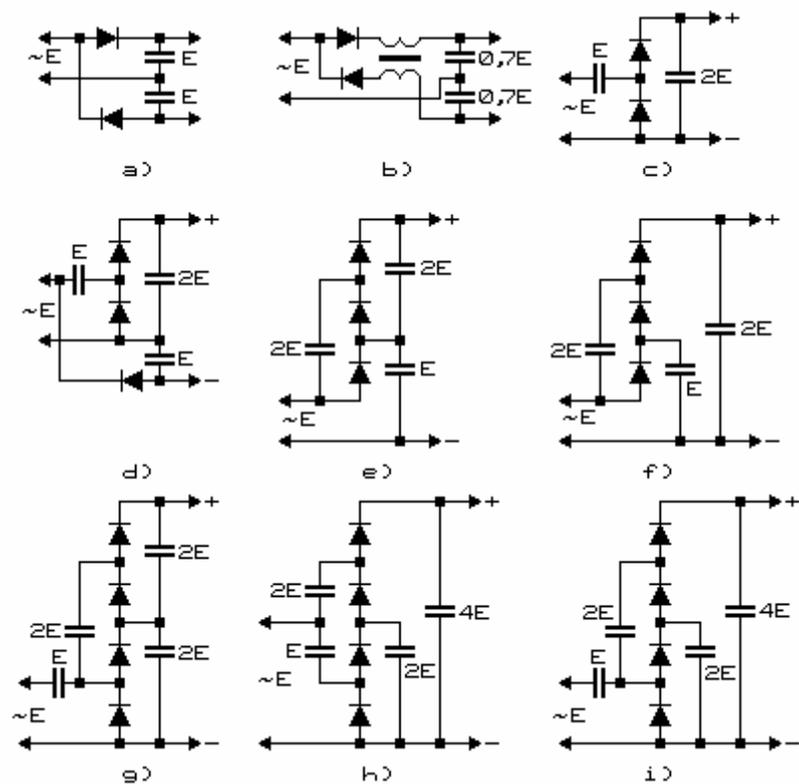


Рис. 36. Типовые схемы умножителей напряжения

Расчет параметров схем умножения напряжения и характеристик элементов, в них используемых, приводится в специализированной литературе [62, 65-67].

ГЛАВА 4. ТЕХНИКА ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Устройства для газоразрядной визуализации позволяют получать фотографические изображения свечения поверхности предметов в поле токов высокой частоты (метод газоразрядной визуализации).

Принцип действия таких устройств основан на регистрации свечения газового разряда, возникающего в диэлектрическом зазоре, составным элементом которого, как правило, является объект исследования. При подведении к одному из электродов высоковольтного напряжения (от 1 до 100 кВ) высокой частоты (1 кГц...100 МГц) и приближении к нему заземленного токопроводящего предмета (объекта), между электродом и предметом возникают электрические разряды, сопровождаемые свечением воздушной среды (диэлектрической прослойки).

Спектр излучения разряда определяется химическим составом газовой среды и, следовательно, меняется во времени. Состав газовой среды в существенной мере зависит, особенно для объектов биологического происхождения, от набора и соотношения газообразных ингредиентов, выделяемых биологическим объектом в процессе жизнедеятельности. Пространственное распределение микроканалов пробоя диэлектрического (межэлектродного) промежутка отвечает картине распределения минимальной электрической прочности среды, размещенной в межэлектродном пространстве.

Таким образом, интенсивность и спектральный состав излучения при газовом разряде, его интенсивность и топографические признаки (локализация, частота разрядных

линий, густота пробоев) несут информацию об объекте исследований.

Для документальной регистрации информации в промежутке между электродом и объектом исследования размещают фотографический материал, причем, для исключения дополнительной засветки от внешних источников света, процесс экспонирования производят в темноте или при неактивном красном освещении, либо фотоматериал размещают в светонепроницаемой диэлектрической камере.

При использовании прозрачного токопроводящего электрода возможна динамическая регистрация газоразрядных процессов при съемке через тыльную поверхность электрода кино- или видеокамерой.

Электрический ток между электродом и объектом исследования возникает за счет емкостной связи, при этом возможны два варианта экспонирования.

Вариант I. С гальванической связи с "землей". Объект исследования (листовой материал, его срез, спил) помещают между пластинами конденсатора, одна из обкладок которого соединена с выходным зажимом устройства, а вторая – заземлена.

Вариант II. Без гальванической связи с "землей", заземленным предметом – псевдооднопольное подключение. Для возникновения разряда достаточно поднести к электроду руку, ладонь, палец.

Как в том, так и в другом случаях ток через исследуемый объект при правильной постановке эксперимента обычно не превосходит 1 мА, что практически неощутимо.

Для оптимизации распределения градиента электрического поля и регулирования разрядного тока рекомендуется высоковольтный электрод покрывать тонкой однородной

диэлектрической пленкой или ультрамелкоячеистой сеткой (полиэтилен, полистирол, полипропилен, тетрафторэтилен, полиэтилентерефталат и т. п.). Толщина пленки должна составлять десятки микрон (подбирается экспериментально, в зависимости от величины выходного напряжения высоковольтного генератора).

4.1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОКОВ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Опираясь на опыте многолетних исследований в области газоразрядной визуализации, *С.Ф. Романием* и *Н.В. Беломестных* (г. Краснодар) [68, 69] на основе ставшего классическим аппарата *С.Д. Кирлиан* был создан оригинальный газоразрядный диагностический аппарат. Этот аппарат предназначался для получения на фотоэмульсии *Кирлиан*-фотографий подушек пальцев рук человека с целью оперативной медицинской диагностики.

Электрическое поле высокой напряженности все так же, как и в прототипе, создавался с помощью импульсного высоковольтного генератора, являющегося составной частью прибора. Выходное напряжение генератора представляло собой последовательность затухающих по экспоненциальному закону радиоимпульсов, частота следования и амплитуда которых регулируются соответствующими органами управления [69].

Сервисные устройства прибора позволяют индцировать в виде трехзначного кода частоту посылок высоковольтных импульсов и впечатывать во время экспозиции специальный код в газоразрядный снимок. Кроме того, возможно с точностью до одной посылки высоковольтного импульса осуществлять подачу высокого напряжения на электрод. Это позволяет добиться высокой повторяемости

результатов газоразрядного фотографирования при работе с высокочувствительными фотоматериалами и избежать субъективных ошибок оператора, осуществляющего диагностику [69].

Конструктивно прибор (рис. 37) выполнен в виде блока прямоугольной формы с установленным на его верхней крышке электродом [68]. Этот электрод, при необходимости (отсутствии специального помещения), помещается в светонепроницаемый контейнер, позволяющий в условиях нормальной освещенности проводить фотографирование.

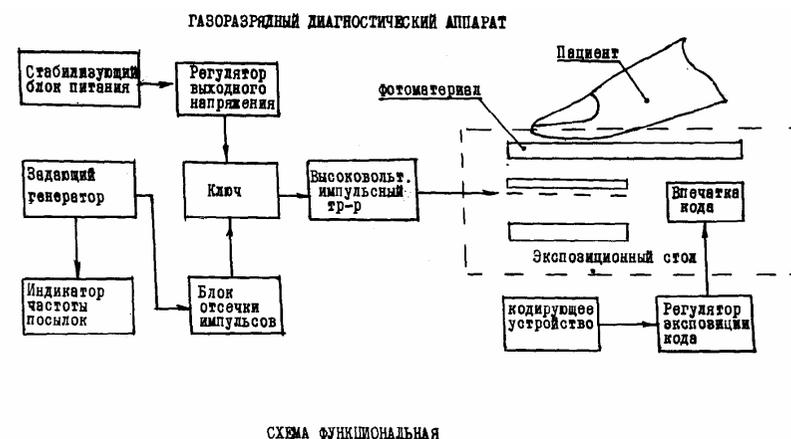


Рис. 37. Газоразрядный диагностический аппарат (г. Краснодар)

Прибор состоит из задающего генератора с индикатором частоты посылок, который через блок отсечки управляет тиристорным блоком, (ключом). Ключ разряжает накопительную емкость на импульсный высоковольтный трансформатор с коэффициентом трансформации 200. При этом накопительная емкость запитывается от стабилизиро-

ванного блока питания через регулятор выходного напряжения.

Импульсы высокого напряжения подаются на защищенный слоем диэлектрика толщиной 1 мм электрод, в котором расположены люминесцентные индикаторы кода. Код трехзначного индикатора устанавливается кодирующим устройством, а время печати кода в фотоматериал – с помощью соответствующего регулятора экспозиции.

Технические характеристики:

Амплитуда высоковольтного импульсного напряжения – 0,2-25 кВ;

Частота следования импульсов – 0,65-3,0 кГц;

Частота заполнения затухающих по экспоненциальному закону импульсов – 250 кГц;

Диапазон отсечки импульсов, штук за экспозицию (предусмотрен режим $\times 10$) – 1-9999;

Количество значащих цифр в коде – 3;

Размер экспонируемого поля – 100x150 мм;

Габаритные размеры прибора: – 250x200x45 мм;

Вес прибора – 3,0 кг;

Питание: сеть переменного тока частотой 50 ± 2 Гц напряжением 220 ± 10 В;

Потребляемая мощность, не более 30 Вт.

4.2. ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫЕ УСТАНОВКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Измерительная установка [21, 70]: предназначена для контактного исследования поверхности твердых тел – макроструктуры и микролокальных полей напряжений полупроводниковых монокристаллов, текстуры поликристаллических агрегатов. Внешний вид фрагмента измерительной

установки приведен на рис. 38 [21]. В состав установки входит источник постоянного напряжения (пробойная установка АИМ-90 производства завода "Мосрентген"). Ее характеристики: выходное напряжение – от 0 до 90 кВ; ток нагрузки – до 10 мА, погрешность установки по напряжению – 5 %.

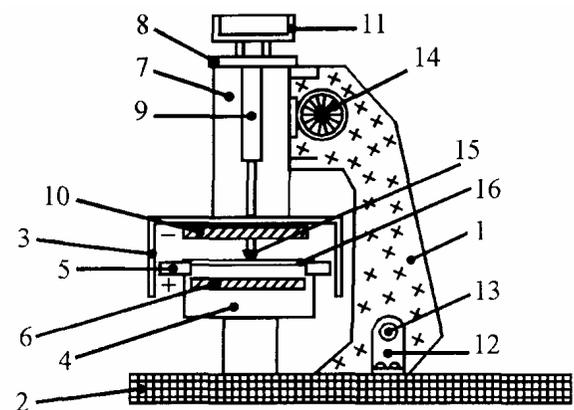


Рис. 38. Измерительный блок:

1 – кронштейн тубуса; 2 – станина из текстолита; 3 – экран верхней обкладки конденсатора; 4 – опора нижней обкладки конденсатора; 5 – опорное кольцо; 6 – нижняя обкладка конденсатора; 7 – тубус; 8 – крышка тубуса; 9 – индентор; 10 – верхняя обкладка конденсатора; 11 – чашка индентора; 12 – ушики тубуса; 13 – ось кронштейна; 14 – вал кримальеры; 15 – корундовая игла; 16 – пластина исследуемого материала

На поверхность пластины исследуемого материала в жидком виде наносят нитроцеллюлозную пленку толщиной 2...4 мкм. После сушки образец помещают на подставку из

фторопласта в поле плоского конденсатора так, чтобы поверхность пленки была обращена к положительной обкладке конденсатора, т. е. вниз. Образец нагружают индуктором – грузом от 10 до 50 г, после чего ячейку закрывают защитной заземленной сеткой. Напряжение, подаваемое на измерительную ячейку, меняют от 1 до 9 кВ. Начальное напряжение экспонирования определяется экспериментально по первому "проскоку искры" в межэлектродном промежутке; затем напряжение уменьшают до исчезновения пробоя. Образец экспонируют в электрическом поле 5 минут, затем после 30...60 сек перерыва производится повторное пятиминутное экспонирование.

После экспонирования пластину исследуемого материала вместе с нанесенной нитроцеллюлозной пленкой обрабатывают в 20% водном растворе *NaOH* или *KOH*. Время травления (25 минут) и концентрацию раствора подбирают экспериментально. Растворитель диффундирует по границе пленка – твердое тело и селективно растворяет места разрушенных областей пленки. После высыхания щелочи, ее микрокристаллы ориентируются под действием объемного заряда пленки, образуя картины декорирования [70].

После промывки образца в дистиллированной воде, его сушат в термостате при 30°C в течение часа. Поверхность материала вместе с нитроцеллюлозной пленкой изучают под микроскопом *МБС-2* (увеличение от х8 до х56) или на металлографическом микроскопе *МИМ-8* (увеличение до х1200).

Несколько по-иному работает система формирования изображения с использованием высоковольтного генератора [71] (рис. 39). Устройство содержит высокочастотный

генератор, сигнал с которого через трансформатор поступает на выпрямитель и систему электродов. Металлический электрод покрыт слоем диэлектрика.

Схема имеет также устройство ручного и автоматического управления – реле времени, на вход которого поступает сигнал, пропорциональный напряжению на выходном электроде. Это реле срабатывает тогда, когда выходной сигнал достигает заданного значения, после чего высокочастотный генератор отключается.

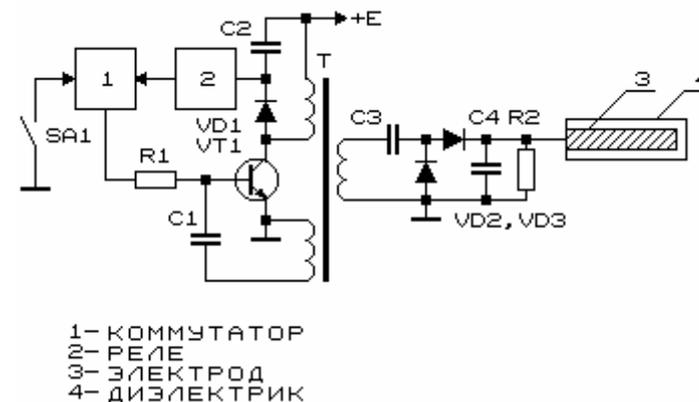


Рис. 39. Схема формирования изображения с использованием высоковольтного генератора по заявке Японии 1-38500

Изображение на поверхности диэлектрического покрытия образуется за счет электризации частичек пыли на следе (ноги). "Электростатический" способ регистрации можно преобразовать в электроразрядный, изъяв из схемы высоковольтный выпрямитель.

4.3. ЯЧЕЙКИ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЭКСПОНИРОВАНИЯ

В серии ранних изобретений *С.Д. Кирлиан*, относящихся к 1957-1960 г.г. (заявленных в 1950-1952 г.г.) большое внимание уделялось технике экспонирования фотографических материалов, ячейкам для экспонирования [72-78].

В соответствии с А. с. 106401 [72] фотоматериал располагали между электродом высокочастотной цепи, образующим обкладку конденсатора, и подлежащей съемке поверхностью объекта. Для одновременной съемки нескольких сторон объекта исследования фоторегистрирующий материал предполагалось размещать между этими сторонами и электродом.

В целях повышения качества снимков *С.Д. Кирлиан* увлажнял фотоматериал со стороны, противоположной светочувствительному слою, токопроводящей жидкостью (водой, раствором соды), после чего прижимал к нему один из электродов высокочастотной цепи и производил съемку разряда [73].

Для изучения поверхности цилиндрических объектов конденсаторная обкладка могла быть выполнена в виде гибкой винтовой пружины, охватывающей экспонирующий объект по контуру [74]. В целях равномерного облегания экспонируемого объекта конденсаторную обкладку предлагалось выполнять из засвеченной и проявленной фотопленки [75] (т. е. однородной диэлектрической прослойки).

Проблемой первых лет практической электроразрядной фотографии было получение изображений с рельефных предметов. Для обеспечения равных времен экспонирования при высокочастотной фотосъемке рельефных объектов *С.Д. Кирлиан* предложил использовать ролик, имеющий

форму, зависимую от конфигурации объекта и обеспечивающий его съемку последовательно участок за участком [76].

Для получения увеличенного изображения объекта и передачи изображений через перегородку между объектом и фотографическим материалом устанавливают диафрагму, помещая ее в вакуумную трубку с отверстием, прикрытым пластинкой из кристаллического материала. В качестве второй обкладки согласно А. с. 118135 предлагалось использовать светящийся под действием электронов экран, одновременно заменяющий фотоматериал [77].

В целях упрощения передачи изображения при получении увеличенных изображений объектов были использованы обкладки с различной величиной действующих участков, помещенные в вакуумную трубку при давлении $3 \cdot 10^{-3}$ - $8 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. Одна из обкладок, имеющая меньший действующий участок, выполнялась поворотной и была снабжена гнездами для размещения наблюдаемых объектов [78].

Из современных технических решений конструкций разрядного конденсатора, ячеек и иных приспособлений для съемки можно перечислить изобретения [79-81 и др.], в достаточной степени отраженные в монографии [23].

К.Г. Коротковым и *С.В. Хмыровым* (Ленинградский политехнический институт) [82] использовалась ячейка, схематически показанная на рис. 40. При подаче на электрод *I* высоковольтного напряжения любого вида (постоянное, синусоидальное 50 Гц или высокочастотное до 100 кГц) в зазоре *8* возникает газовый разряд. Разряд носит импульсный характер и вызывает засвечивание материала *2* (пленки типа *Микрат*, *МЗ-3*, *РТ-1*, фотобумага). Специаль-

ное устройство позволяет осуществлять перематку пленки и оперативно менять объекты исследования. Калиброванные прокладки 3 вырезают из тефлона разной толщины, а при зазорах, превышающих 700 мкм, – из текстолита.

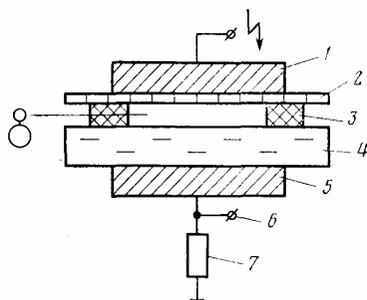


Рис. 40. Вид экспериментальной ячейки [82]:

1, 5 – металлические электроды; 2 – фотографический материал; 3 – калиброванная диэлектрическая прокладка с окном; 4 – объект фотографирования; 6 – точка подключения входа осциллографа; 7 – измерительный резистор; 8 – межэлектродный зазор

В дальнейшем *К.Г. Коротков и Н.Д. Кожевников* [83, 84] усовершенствовали устройство для регистрации газоразрядного свечения биологических объектов и метод съема информации. Верхний слой диэлектрического материала (рис. 41) содержит микроканалы и отделен от металлического электрода прозрачной пластинкой; металлический электрод имеет в центре отверстие, к которому подведен световод. К металлическому электроду подведен один из полюсов высокочастотного высоковольтного генератора, второй его полюс через "земляной" провод за счет емкостной связи соединен с объектом исследования, образуя замкнутую цепь. При включении источника высокого на-

пряжения и при приложении к поверхности диэлектрической пластинки объекта исследования, например, пальца, возникает электрический разряд. Свечение разряда через световод поступает на регистрирующее устройство.

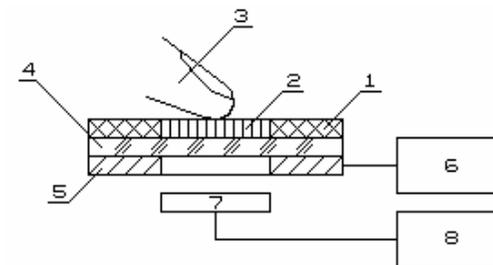


Рис. 41. Схема устройства для регистрации газоразрядного свечения [83]:

1 – диэлектрическая пластина; 2 – микроканалы в диэлектрической пластине; 3 – исследуемый объект, 4 – прозрачная пластина; 5 – электрод; 6 – генератор высокого напряжения; 7 – световод; 8 – регистрирующий прибор

Устройство для лавинной газоразрядной визуализации высокочастотных электрических разрядов [37] показано на рис. 42.

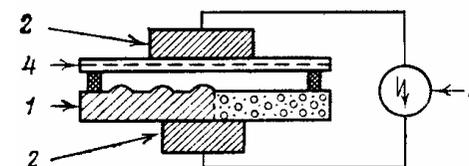


Рис. 42. Принципиальная схема устройства для лавинной ГРВ [37]:

1 – исследуемый объект, 2 – металлический электрод, 3 – источник напряжения, 4 – диэлектрическая пластина – носитель изображения (фотоматериал)

Блок-схема устройства для съемки биологических и абиологических объектов в поле токов высокой частоты представлена на рис. 43 [56].

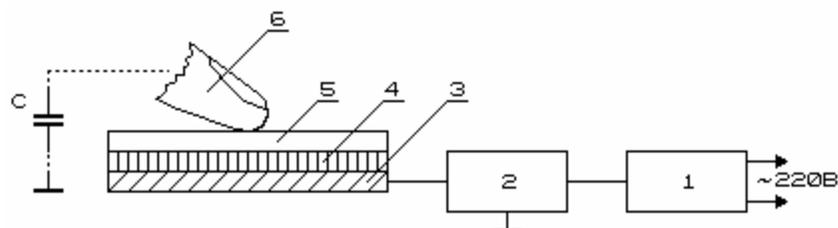


Рис. 43. Блок-схема устройства для съемки объектов в поле токов высокой частоты [56]:

1 – формирователь импульсов; 2 – высокочастотный трансформатор; 3 – металлический или прозрачный токопроводящий электрод; 4 – диэлектрическая прокладка; 5 – фоторегистрирующий материал; 6 – объект съемки

В качестве электрода использована металлическая пластина или, если предполагается документальная регистрация свечения на видео- или фотокамеру, прозрачный токопроводящий электрод на основе слоя SnO_2 , нанесенного на стеклянную основу.

Диэлектрическая прокладка выполнена из прозрачного материала – полиэтилентерефталат, политетрафторэтилен, полиэтилен и т. п. Толщина материала определяется экспериментально (порядка десятков микрон при подводимом напряжении до 10-15 кВ). В качестве фоторегистрирующего материала используют стандартные негативные или позитивные черно-белые или цветные фотобумаги, пластинки, пленки.

Разработанные Л.Н. Баукиной и Л.А. Всеволожским в Тверском государственном университете способ регистрации при исследовании по методу Кирлиан и устройство для его осуществления [85] предназначено для использования в эргономике, биологии, медицине и сельском хозяйстве. Устройство (рис. 44) содержит последовательно соединенные генератор высоковольтных высокочастотных импульсов, высоковольтный электрод, объект исследований (участок тела человека или животного) широкополосный преобразователь импульсов разрядного тока в напряжение, а также многодиапазонный измеритель напряжения.

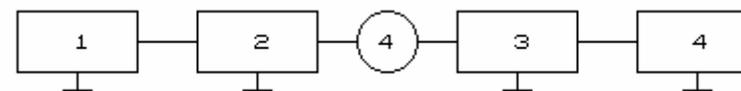


Рис. 44. Блок-схема устройство для исследований по методу Кирлиан:

1 – генератор высоковольтных высокочастотных импульсов; 2 – высоковольтный электрод; 3 – объект исследований; 4 – преобразователь импульсов разрядного тока в напряжение; 5 – измеритель напряжения

Диагностическую информацию [85] получают путем измерения суммарной мощности импульсов разрядов тока в одном или нескольких участках частоты спектра.

4.4. ЭЛЕКТРОДЫ И ИХ РАЗНОВИДНОСТИ

Для дарсонвализации применяют специальные вакуумные или конденсаторные электроды. Последние представляют собой стеклянные трубки с разреженным возду-

хом [46]. Внутрь трубки впаян металлический стержень, а полость трубки наполнена инертным газом (неоном) под давлением 10-15 мм рт. ст. или иным газом.

В полости электрода при прохождении через такую трубку тока возникает тлеющий газовый разряд, в результате которого электрод (в зависимости от наполнения) начинает светиться лилово-голубым цветом [86]. При приложении электрода к коже или слизистой оболочке создается своеобразный конденсатор, одной обкладкой которого является газ в трубке, а другой – тело человека. Между обкладками конденсатора возникает высокочастотный электрический разряд. Интенсивность и раздражающее действие этого разряда будут зависеть от выходной мощности, а также расстояния электрода от поверхности тела.

При тесном контакте электрода с кожей или слизистой оболочкой возникает «тихий» искровой разряд, который почти не вызывает никакого раздражающего действия. Если отдалять электрод от поверхности тела, то интенсивность искрового разряда увеличивается и усиливается его раздражающее действие. В отдельных случаях за счет концентрации заряда на конце электрода искровой разряд может оказать прижигающее действие.

Диэлектриком в конденсаторных электродах служит стекло, одной обкладкой является проводящий слой воздуха в трубке, второй – пациент. Новые электроды обычно дают фиолетовое свечение. Со временем они стареют, становясь либо "жесткими", либо, наоборот, "мягкими". В первом случае речь идет об увеличении вакуума, во втором – об его уменьшении. Жесткий электрод характеризуется зеленоватым, иногда чуть заметным свечением, мягкий – дает красное свечение [46].

Газ-наполнитель в зависимости от степени разрежения и наличия других газов определяет цвет свечения лампы: неон – оранжево-красный, розовый; аргон – фиолетовый; гелий – бледно-зеленый и фиолетовый; водород – светло-голубой и т. д. [33].

Окраска свечения отрицательной области разряда и положительного столба у разных газов и паров-наполнителей приведена в табл. 1 [87].

Таблица 1. Характер свечения газов и паров-наполнителей

Газ	Окраска свечения отрицательной области разряда	Окраска свечения положительной области разряда
Аргон	Голубая	Фиолетовая
Кадмий	Красная	Зеленовато-синяя
Гелий	Бледно-зеленая	Фиолетовая до желтовато-розовой
Калий	Зеленая	Зеленая
Воздух	Голубая	Красноватая
Натрий	Белая	Желтая
Неон	Оранжевая	Ярко-красная
Ртуть	Желто-белая	Зеленоватая
Кислород	Желто-белая	Лимонно-желтая с розовым оттенком у основания
Азот	Голубая	Красновато-желтая
Таллий	Зеленая	Зеленая
Водород	Светло-голубая	Розовая
Углерод	Зеленовато-белая	Белая
Двуокись углерода	Голубая	Белая

Изготовление прозрачных электродов

На основании метода, изложенного в [88], нами отработан простой способ получения химически инертных, визуально прозрачных, износостойчивых, омичных контактов на основе SnO_2 .

На стеклянную подложку методом термического испарения при давлении 10^{-4} мм рт. ст. наносился слой олова. Затем, при необходимости получения растровых, гребенчатых или иных фигурных электродов на микроскопе БМИ-1 иглой из стали *IX18H9T*, имеющей радиус закругления 0,2 мм, наносился растр в виде змейки с шагом 1,5 мм и длиной линейного участка 15 мм. После тщательного удаления металлических стружек и возможных перемычек, образец помещался на термостатированную поверхность из алюминия и прогревался на воздухе до температуры 550-600°C в течение 20-30 минут. До прогрева пленка имела металлический зеркальный блеск и была непрозрачной (масса навески 10 мг, расстояние лодочка (испаритель) – подложка в установке *УВР-2* составляла 16 см). После отжига пленка была прозрачна в видимой области спектра. Сопротивление участка пленки, содержащего SnO_2 , при измерении на цифровом омметре *Щ-34* составляет $\sim 10^5$ Ом при наложении электродов прибора на расстоянии 1 см друг от друга.

Сопротивление межэлектродной изоляции, измеренное электрометром типа *TR-1501* при подаче напряжения до 30 В через сопротивление изоляции на вход прибора, составило 10^{11} - 10^{12} Ом. Электроды по химическим свойствам не отличались от подложки: не вступали во взаимодействие с атмосферой, не растворялись в кислой или щелочной среде. Аналогично могут быть получены прозрачные токопроводящие покрытия на основе CdO [88], In_2O_3 и ряда других материалов.

ГЛАВА 5. ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ФОТОГРАФИИ

5.1. КОММУТИРУЮЩИЕ И КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Для импульсного возбуждения низковольтной обмотки повышающего трансформатора и пропускания больших токов в момент, когда напряжение в цепи превысит определенное значение, используют управляемые и неуправляемые коммутирующие элементы: газовые (ионные) разрядники, динисторы, тиристоры, транзисторы, электровакуумные лампы и др. элементы.

В ионных разрядниках используют свойства *дугового разряда, искрового разряда и, реже, тлеющего разряда*. Наиболее широко применяется дуговой разряд, характеризующийся низким падением напряжения в разрядном промежутке и большими токами. В низковольтных разрядниках (до 500 В) при приложении напряжения выше напряжения пробоя или равного ему возникает сначала тлеющий разряд, который быстро переходит при дальнейшем повышении напряжения в дуговой. В высоковольтных разрядниках сначала возникает искровой разряд, который также переходит в дуговой при условии достаточно мощного источника тока или большой разряжающейся емкости [89-91].

На рис. 45 изображены основные разновидности ионных разрядников. Разрядники – обычно двухэлектродные, реже трехэлектродные приборы, выполняют в стеклянном или в металлокерамическом оформлении. В ионных разрядниках обычно используют активированные электроды: оксидированный или торированный вольфрам, никель, по-

крытый калием или барием, сплавы вольфрама, никеля и окиси бария (*ВНБ-3*) или молибдена и вольфрама. Применяются также чистые металлы: вольфрам, нержавеющая сталь, молибден, алюминий. В качестве наполнения в ионных разрядниках служат чистые инертные газы или их смеси, водород, воздух, кислород в смеси с водяными парами или углекислым газом [89-91].

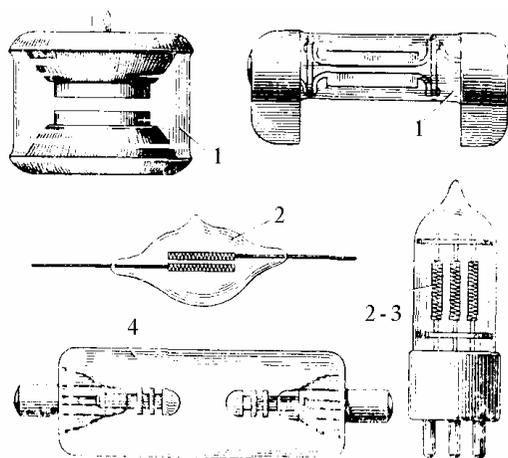


Рис. 45. Конструктивные особенности ионных разрядников

1 – с плоскими электродами; 2 – с электродами в виде биспирали; 3 – трехэлектродный разрядник; 4 – с электродами сложной конфигурации (наконечники – литые чашечки).

Важнейшие параметры ионных разрядников: напряжение пробоя ($75-20\ 000\ В$); допустимый ток разряда (от сотых долей до $1000\ А$) или энергия разряда; сопротивление изоляции; допустимое время разряда или длительность импульса; допустимое число пробоев (до 10^7) или время

работы. Параметры, определяющие общую работоспособность прибора: время запаздывания зажигания и время установления электрической прочности прибора [89-91]. Основные характеристики разрядников [92] приведены в табл. 2.

Таблица 2. Основные характеристики распространенных газовых разрядников

Тип	Разрядное напр., V	Пропускная способность		Конструкция
		$I^-, A/сек$	$I_{имп}, \kappa A$	
<i>P-350</i>	350 ± 40	3/2	1,4-1,5	Стеклянная трубка с двумя ножевыми контактами
<i>PБ-280</i>	280 ± 30	30/10	3,2-3,4	Бариевый, стеклянная колба с цоколем электролампы
<i>P-35</i>	350 ± 40	15/10	2,5	Стеклянная трубка с двумя ножевыми контактами и одним средним цилиндрическим контактом
<i>PВ-500</i>	500 ± 100	3/2	1,2-1,4	Пластмассовый корпус с ножевыми контактами
<i>УР-500</i>	500 ± 100	0,2/10	0,9-1,1	Угольные пластины с диэл. прокладкой
<i>ИР-xx</i> , где <i>xx</i> – 0,2; 7,0; 10; 15; 20	<i>xx</i> – разрядное напряжение, κB	Не ограничена	–	
<i>P-4</i>	76 ± 2	0,1/10	0,25	Газонаполненный малогабаритный в стеклянной колбе с выводами
<i>P2M</i>	1500 ± 200	3/10	3,0	Металлостеклянный корпус, два электрода
<i>P64</i>	750 ± 150	30/1,5	1,0	Металлокерамический корпус

Полупроводниковые переключатели электрического тока – динисторы, тиристоры, силовые транзисторы при незначительных внутренних потерях способны управлять большими мощностями, подводимыми к нагрузке.

Тиристоры – приборы, обладающие двумя устойчивыми состояниями: состоянием низкой проводимости (проводимость отсутствует, прибор закрыт) и состоянием высокой проводимости (проводимость близка к нулю, прибор открыт) [93]:

Основные представители класса тиристоров [93]:

- *диодные* тиристоры (динисторы), имеющие два вывода (анод и катод), управляемые путем подачи на электроды напряжения с высокой скоростью его нарастания или повышения приложенного напряжения до величины, близкой к критической;
- *триодные* тиристоры, трехэлектродные элементы, управляющий электрод которых служит для перевода тиристора из закрытого состояния в открытое;
- *тетродные* тиристоры, имеющие два управляющих электрода;
- *симметричные* тиристоры – симисторы (семисторы), имеющие пятислойную структуру.

Диодные тиристоры (динисторы), ассортимент которых не очень велик, различаются, главным образом, максимально допустимым постоянным прямым напряжением в закрытом состоянии. Так, для динисторов типов *КН102А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И (2Н102А...И)* значения этих напряжений составляют, соответственно, 5, 7, 10, 14, 20, 30, 30, 50 В при обратном токе не свыше 0,5 мА. Максимально допустимый постоянный ток в открытом состоянии для этих полупро-

водниковых приборов равен 0,2 А при остаточном напряжении в открытом состоянии 1,5 В.

Характеристики некоторых высоковольтных низкочастотных тиристоров приведены в табл. 3.

Табл. 3. Отечественные высоковольтные тиристоры средней мощности ($U_{обр} > 300 В$)

Тип прибора	Управление		Выключенное состояние		Включенное состояние	
	$U_{упр}, В$	$I_{упр}, мА$	$U_{обр}, В$	$I_{обр}, мА$	$U_{пр}, В$	$I_{пр}, А$
<i>КУ201К,Л</i>	6	100	300	5	2	2
<i>КУ202К,Л</i>	5	100	300	10	2	10
<i>КУ202М,Н</i>	5	100	400	10	2	10
<i>2У205А</i>	3	150	400	5	2	2
<i>2У205Б</i>	3	150	600	5	2	2
<i>2У205В</i>	3	150	800	5	2	2
<i>2У207Д,Е</i>	10	300	300	5	2,5	10
<i>КУ210В</i>	40имп	7000	400	5	–	2000имп
<i>КУ210Б</i>	40имп	7000	500	5	–	2000имп
<i>КУ210А</i>	40имп	7000	600	5	–	2000имп
<i>2У211О...С</i>	8	5000имп	500	4	–	20
<i>2У211К...Н</i>	8	5000имп	600	4	–	20
<i>2У211Д...И</i>	8	5000имп	700	4	–	20
<i>2У211О,П</i>	8	5000имп	800	4	–	20

Характеристики мощных тиристоров, симисторов и других элементов приведены в многочисленной справочной литературе, см., например, [65, 94-96].

Транзисторы – трех- или более электродные полупроводниковые приборы, работающие (применительно к технике получения высоких напряжений) в ключевом режиме: включено/выключено. Преимуществом транзисторов перед динисторами и тиристорами является то, что эти приборы малоинерционны. К недостаткам транзисторов следует отнести малую коммутируемую мощность (малые

коллекторные токи, малая мощность, рассеиваемая транзистором).

В связи с постоянно обновляющимся ассортиментом мощных высоковольтных транзисторов и хроническим отставанием изданий справочной литературы, авторы сочли уместным привести в *приложении 1* характеристики современных силовых кремниевых транзисторов.

Среди перспективных полупроводниковых приборов следует упомянуть высоковольтные мощные полевые транзисторы, созданные специально для использования в источниках питания. Это быстродействующие полевые ключевые транзисторы со статической индукцией – приборы с вертикальным нормально-закрытым каналом *n* - типа, работающие при прямом смещении на затворе. Такие транзисторы (*КП752, КП753, КП810, КП946, КП948, КП953...961* и им подобные, в том числе зарубежные аналоги) предназначены для использования в высокочастотных высоковольтных (до 1,3 кВ) источниках вторичного электропитания и других быстродействующих ключевых устройствах.

5.2. ИНДИКАТОРЫ ПЕРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

При работе с источниками высокого напряжения актуален вопрос индикации электрических полей высокой напряженности – в целях соблюдения правил техники безопасности и качественной экспресс-оценки уровня поля.

Наличие электрических полей низкой и высокой частоты высокой напряженности можно индицировать при помощи простейших индикаторов – газоразрядных источников оптического излучения (неоновых ламп и др. прибор-

ров). Чувствительность подобных приборов, как правило, невысока, поскольку любой газонаполненный источник света начинает неярко светиться, когда падение высокочастотного напряжения на его электродах превысит 65...90 В.

Индикатор электрических и магнитных полей (рис. 46) предназначен для взаимонезависимой индикации переменных электрических и магнитных полей [97].

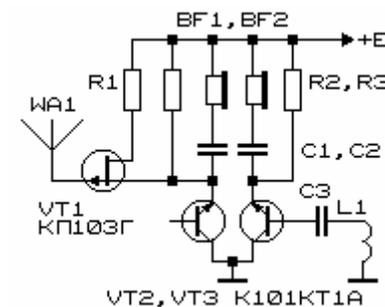


Рис. 46. Индикатор электрических и магнитных полей на микросборке K101KT1A

Индикатор электрических полей содержит релаксационный генератор импульсов, выполненный на биполярном лавинном транзисторе (транзистор микросборки *K101KT1A*) и управляемый электронным ключом на основе полевого транзистора (*КП103Г*), к затвору которого подключена антенна. Для задания начальной точки (срыва генерации в отсутствие индицируемых электрических полей) используются резисторы R1 и R2. Особенностью схемы является то, что биполярный лавинный транзистор включен в инверсном режиме с отключенной (оборванной) базой.

При наличии переменного электрического поля или перемещении предметов, несущих электростатические за-

ряды, на антенне и, соответственно, управляющем элементе электронного ключа – затворе полевого транзистора появляется сигнал переменного тока, что приводит к изменению электрического сопротивления участка исток-сток полевого транзистора с частотой модуляции. В соответствии с этим релаксационный генератор начинает генерировать пакеты модулированных импульсов, в телефоне (*ТОН-1*, *ТОН-2* или т. п.) будет прослушиваться звуковой сигнал.

Чувствительность устройства определяется геометрическими размерами антенны, а также типом используемого полевого транзистора,

Индикатор магнитных полей выполнен на основе релаксационного генератора импульсов, работающего в ждущем режиме. В качестве активного элемента генератора импульсов использован второй транзистор микросборки *K101КТ1А*; нагрузкой генератора является высокоомный головной телефон (один из его излучателей). Сигнал переменного тока, снимаемый с индуктивного датчика магнитного поля через переходной конденсатор, подается на базу биполярного лавинного транзистора, не связанную по постоянному току с другими элементами схемы ("плавающая" рабочая точка). В режиме индикации переменного магнитного поля напряжение на управляющем электроде (базе) биполярного лавинного транзистора периодически изменяется, соответственно изменяется и напряжение лавинного пробоя коллекторного перехода транзистора, частота и продолжительность генерации. Чувствительность индикатора определяется параметрами индуктивного датчика.

Техническая характеристика индикатора:

Чувствительность (дальность обнаружения токонесущего провода напряжением 220 В, 50 Гц) – 15-20 см.

Антенна: стальной штырь – 300х3 мм.

Напряжение источника питания – 9 В.

Средний потребляемый ток индикатора электрических полей – 100 мкА (режим молчания); 20 (режим индикации).

Габаритные размеры – 70х50х22 мм.

Масса – 150 г.

Компактный индикатор электрического поля [98] предназначен для индикации постоянных и переменных электрических полей и может быть использован для обнаружения токонесущих конструкций, поиска скрытой проводки, индикации превышения предельно допустимого уровня напряженности электрических полей.

Индикатор выполнен на основе резистивного делителя напряжения, составным элементом которого является полевой транзистор, сопротивление исток-сток которого определяется потенциалом управляющего электрода (затвора) с подключенной к нему штыревой (полосковой или иной) антенной. К резистивному делителю напряжения подключен релаксационный генератор импульсов на биполярном лавинном транзисторе, работающий в ждущем режиме. Уровень начального напряжения, подаваемого на релаксационный генератор импульсов (порог срабатывания), устанавливается потенциометром.

При отсутствии входного сигнала сопротивление исток-сток полевого транзистора составляет несколько сотен Ом и напряжение, снимаемое с движка потенциометра на питание релаксационного генератора импульсов, недостаточно для обеспечения работы генератора. При появлении сигнала на управляющем электроде полевого транзистора сопротивление исток-сток последнего возрастает пропорционально уровню входного сигнала до единиц-сотен кОм, в связи с чем напряжение, подаваемое на релаксационный генератор импульсов, увеличивается до величины (порядка

8 В и более), достаточной для возникновения релаксационных колебаний, частота которых определяется произведением $R4C1$.

Второй индикатор электрических полей (рис. 47) отличается от описанного выше только тем, что сопротивление нагрузки ($R3$) релаксационного генератора импульсов является составной частью резистивного делителя. Это позволяет индицировать переменные электрические поля с меньшим уровнем напряженности.

Для предотвращения пробоя управляющего перехода полевого транзистора в схему введена защита (при отключении источника питания цепь затвор-исток закорочена). Для повышения уровня громкости звукового сигнала в схему введен усилитель на биполярном транзисторе $VT3$.

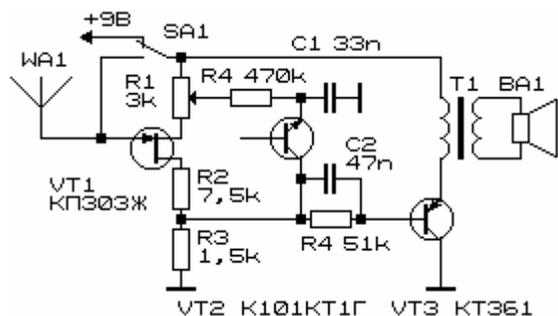


Рис. 47. Индикатор электрического поля с защитой входной цепи

Сопротивление нагрузки (головные телефоны) может быть включено взамен резистора $R3$. В этом случае необходимость в использовании элементов $VT3$, $R4$, $C2$, $T1$, $BA1$ отпадает, а разъем, в который включаются головные теле-

фоны, для снижения габаритных размеров устройства, может одновременно служить и выключателем питания.

Потребляемый устройством ток составляет при: а) отсутствии сигнала – $0,6 \text{ мА}$; б) наличии сигнала – до 5 мА . Дальность обнаружения токонесущего провода 220 В , 50 Гц при длине штыревой антенны $10 \text{ см} - 10 \dots 100 \text{ см}$.

Для повышения надежности индикаторов их антенны должны быть изолированы.

Индикатор переменного электрического поля предназначен (рис. 48) для оценки напряженности низкочастотных (до 200 кГц) электрических полей и индикации превышения предельно допустимого уровня напряженности переменного электрического поля [99].

Индикатор состоит из антенны, истокового повторителя, широкополосного усилителя, детектора, порогового устройства, мультивибратора, телефона.

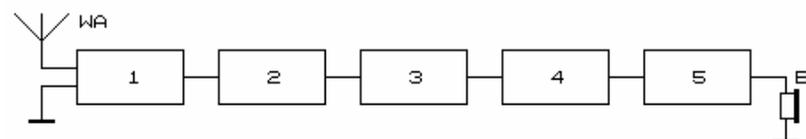


Рис. 48. Индикатор переменного электрического поля частотой до 200 кГц :

1 – истоковый повторитель; 2 – широкополосный усилитель; 3 – детектор; 4 – пороговое устройство; 5 – мультивибратор.

Пороговый индикатор переменного электрического поля работает следующим образом: наводимый в антенне сигнал переменного электрического поля через истоковый повторитель поступает на вход широкополосного усилителя. Для варьирования порога срабатывания устройства в

усилитель введен регулятор коэффициента передачи. Усиленный сигнал через детектор поступает на вход порогового устройства, нагруженного на мультивибратор. При превышении уровнем сигнала порога срабатывания устройства включается мультивибратор и в телефоне раздается звуковой сигнал.

Устройство выполнено на 4 микросхемах серии 284, 159, 122, в качестве источника питания использована батарея элементов 3336, в качестве телефона – телефонный капсюль *ТОН-2*.

Техническая характеристика индикатора:

Частотный диапазон – до 200 кГц.

Напряжение питания – 4...9 В.

Потребляемый ток – не более 10...15 мА.

Дальность обнаружения токнесущего провода 220 В, 50 Гц – 20...120 см.

Антенна: штыревая – 300 мм; пластинчатая – 105x65 мм².

Габариты – 108x96x32 мм; масса – 280 г.

Простой индикатор постоянных и переменных электрических полей (рис. 49) может быть собран с использованием в качестве регулируемого внешним электрическим полем делителя напряжения – резистора R1 и канала полевого транзистора [100, 101]. В качестве управляемого генератора использован генератор импульсов на микросхеме *K122ТЛ1*.

В нагрузку генератора для индикации включены высокоомные головные телефоны типа *ТОН-1* (*ТОН-2*). При наличии внешнего постоянного и переменного электрического поля сигнал, наводимый на антенну, поступает на управляющий электрод полевого транзистора (затвор), что

вызывает модуляцию сопротивления канала полевого транзистора. В итоге падение напряжения на делителе напряжения изменяется, что в свою очередь, вызывает появление генерации с изменяющейся частотой (появление пакетов импульсов).

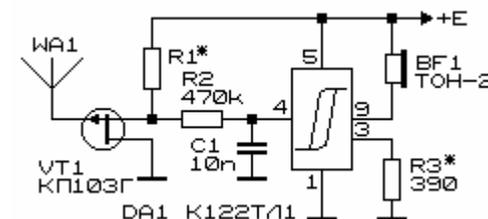


Рис. 49. Индикатор постоянных и переменных электрических полей

Для питания индикатора используется источник напряжения 7...11 В. Потребляемый устройством ток составляет ед. мА.

Для бесконтактной индикации уровня низкочастотных электрических полей могут использоваться индикаторы "фазы" на неоновых лампах (см. выше).

Индикаторы, используемые для индикации "фазы", наличия высокого напряжения, известны уже несколько десятилетий. Обычно в состав индикатора входят последовательно включенные щуп-жало отвертки, ограничитель тока – резистор сопротивлением 0,47...1 МОм с малой емкостью между подводящими электродами (резисторы типа *ВС-0,5*, *МЛТ-1,0*, *МЛТ-2,0*), неоновая лампа и сенсорная площадка. При однополярном подключении отвертки к токнесущему "фазовому" проводнику и касании пальцем сенсорной площадки неоновая лампа светится, сигнализи-

руя о наличии высокого напряжения. Напряжение, которое можно контролировать подобным индикатором, составляет 90...380 В, реже от 70 до 1000 В при частоте тока 50 Гц.

Длительное время считалось, что заменить неоновую лампу другим элементом индикации невозможно. Действительно, емкостной ток, протекающий от источника переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 100...400 В через цепь индикации и тело человека на "землю" при эквивалентной емкости тела человека около 300 нФ (экспериментальная оценка авторов), составляет 10...40 мкА, что на два порядка ниже величины тока, необходимого для свечения светодиодов. Тем не менее, используя специальные схемные решения, можно использовать для индикации "фазы" светодиоды, пьезокерамические и электродинамические излучатели и другие индикаторы [102].

Оценим величину мощности, потребляемой неоновой лампой при ее непрерывном свечении: при напряжении на лампе 100 В и разрядном токе 10...40 мкА подводимая мощность составляет 1...4 мВт. Значение подводимой мощности оказывается достаточным, чтобы обеспечить свечение светодиодных индикаторов, однако, поскольку напрямую обеспечить необходимую величину тока невозможно, требуется использование своеобразных "трансформаторов времени", позволяющих получить не непрерывное свечение индикатора, а импульсное, с сохранением значения подводимой мощности.

Этим требованиям вполне отвечают релаксационные генераторы импульсов, работающие по принципу накопления и кратковременного сброса энергии. В подобных генераторах происходит периодический заряд конденсатора от слаботоочного источника тока до напряжения пробоя порогового элемента, и последующий разряд на низкоомную

нагрузку – светодиод. Разрядный ток при этом достаточен, чтобы вызвать яркую вспышку светодиода.

Итак, это устройство должно содержать накопительный конденсатор, имеющий малый ток утечки и рабочее напряжение, превышающее напряжение пробоя порогового элемента и пороговый элемент. К пороговому элементу предъявляются следующие требования: небольшой ток утечки при напряжении ниже пробойного и малое сопротивление при пробое. Таким условиям отвечают лавинные транзисторы и их аналоги.

Индикатор "фазы" (рис. 50) содержит ограничитель тока, выпрямитель, выполненный по мостовой схеме, и релаксационный генератор импульсов. Генератор импульсов собран на лавинном транзисторе микросборки K101KT1 структуры *n-p-n* (либо K162KT1 структуры *p-n-p* также при инверсном включении).

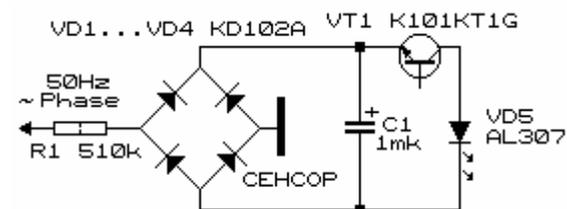


Рис. 50. Индикатор "фазы" на релаксационном генераторе импульсов

Напряжение переключения (пробоя) лавинного транзистора – около 8 В. Частота вспышек светодиода при напряжении сети 220 В близка к 3 Гц. При увеличении емкости бумажного или электролитического конденсатора С1 (с малой утечкой) яркость вспышек повышается со снижением частоты вспышек.

Минимальное напряжение, которое позволяет обнаружить подобный индикатор, составляет 45 В. Частота вспышек снижается при этом до 0,3 Гц. Для сравнения: индикаторы на неоновых лампах позволяют индицировать напряжения не ниже 65...90 В.

На рис. 51 приведена схема индикаторной отвертки, выполненной на низковольтном аналоге неоновой лампы [103, 104]. При монополярном подключении отвертки к "фазе" (и касании пальцем сенсорной площадки отвертки) через электрическую цепь отвертки на "землю" протекает емкостной ток. Он создает падение напряжения на последовательно включенных элементах цепи. На диодном мосте, в диагональ которого включен мостовой релаксационный генератор импульсов, появляется напряжение. Его величина достаточна для возникновения релаксационных колебаний: происходит периодический (с частотой 2-3 Гц при 220 В) разряд конденсаторов на светодиод HL1.

Для индикации напряжения постоянного тока или для повышения яркости свечения индикатора HL1 может быть использован выносной щуп, подключаемый к индикаторной отвертке со стороны сенсорной площадки (см. рисунок). При этом могут быть реализованы следующие варианты подключения: при неполном включении штекера в гнездо последовательно с выносным щупом включается диод VD5; при полном включении штекера диод VD5 отключается (шунтируется); в окне заглушки штекера, соответственно, изменяется надпись (с "-" на "~"). Как вариант, в разрыв цепи (точка "а") могут быть включены светодиоды HL2, HL3 (рис. 51а); в этом случае необходимость в использовании диода VD5 отпадает.

При непосредственном подключении индикаторной отвертки к источнику контролируемого напряжения воз-

можна индикация напряжений от 10 до 300 В и выше при частоте тока до 1 кГц (определяется свойствами диодов VD1...VD5).

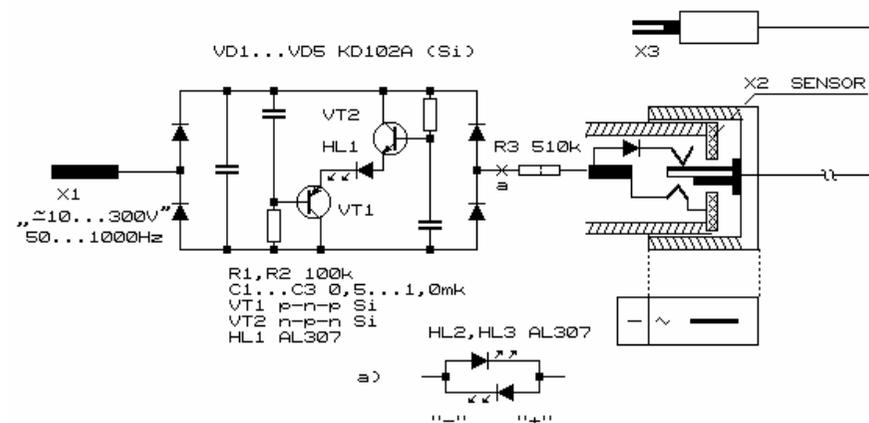


Рис. 51. Индикатор "фазы", напряжения постоянного и переменного тока

В качестве диодов VD1...VD4 могут быть использованы низковольтные слаботочные диоды. Падение напряжения на элементах моста не превышает 10 В. В качестве диода VD5 может быть использован слаботочный диод (цепочка диодов), предельное обратное напряжение которого в 1,5...2 раза превышает максимальную величину контролируемого напряжения. Для контроля высокочастотных цепей (до 100 В) используют высокочастотные диоды.

Многочисленные варианты реализации безбатарейных индикаторов электрических полей, индикаторов "фазы" на лавинных транзисторах, тиристорах, динисторах, их полупроводниковых аналогах приведены в работе [102].

Отсутствие звуковой индикации не позволяет использовать простейшие индикаторы-пробники в условиях, когда визуальный контроль затруднен.

На рис. 52 представлена схема индикатора "фазы" и переменных электрических полей со светозвуковой сигнализацией [102]. Устройство содержит два генератора импульсов на КМОП - микросхеме, первый из генераторов определяет длительность и частоту следования световых вспышек и звуковых посылок, второй – частоту звука. Поскольку в процессе зарядки конденсатора С2 устройство потребляет на несколько порядков меньший ток, чем в режиме индикации, оно, фактически, работает по описанному ранее принципу "включено/выключено". Для защиты микросхемы от возможных перегрузок по напряжению использован стабилитрон VD6.

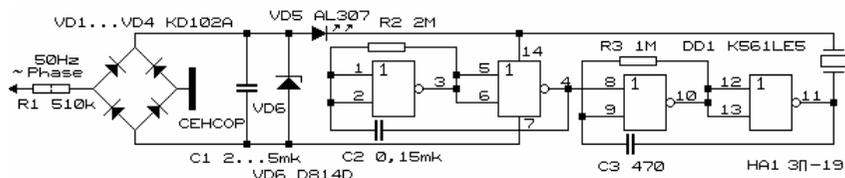


Рис. 52. Индикатор "фазы", переменных электрических полей со светозвуковой сигнализацией на КМОП - микросхеме

В качестве светодиодов схем (рис. 50-52) могут быть использованы АЛ307, АЛ336 и другие индикаторы, которые отбирают по максимальному свечению при минимальном токе. Поскольку падение напряжения на элементах схем (исключая резистор R1) определяется напряжением пробоя порогового элемента (8 В и более), в схемах могут быть использованы низковольтные радиоэлементы (кремниевые

диоды и транзисторы с малыми обратными токами *n-p* переходов), конденсаторы с малыми токами утечки.

Индикаторы позволяют проверять наличие напряжения на токонесущих элементах, превышающие 45...50 В (при частоте 50 Гц); индицировать наводки; оценивать качество заземления и возможность его использования; проверять наличие напряжений на трубах отопления и т. д.

Устройства (см. выше) можно использовать и в цепях с повышенной частотой, например, для индикации напряжения частотой 400 Гц. Следует учитывать, что емкостной ток через тело человека возрастает пропорционально частоте тока. Чувствительность индикаторов легко понизить включением высокоомных делителей напряжения, неинверсным включением лавинных транзисторов, подключением стабилитронов и их цепочек и другими методами.

Индикаторы типа приведенных на рис. 50-52 реагируют на излучение генератора (рис. 29) с расстояния 28 см. Для сравнения: высокочувствительная неоновая лампа МН-3 начинает светиться в 15 см от генератора.

Индикатор электрического поля (рис. 53) может быть использован для поиска скрытой проводки, поиска электрических цепей, находящихся под напряжением, индикации приближения к зоне высоковольтных проводов, наличия переменных или постоянных электрических полей высокой напряженности.

В устройстве использован заторможенный генератор светозвуковых импульсов на аналоге инжекционно-полевого транзистора (VT2, VT3) [105]. При отсутствии электрического поля высокой напряженности сопротивление исток-сток полевого транзистора VT1 невелико, транзистор VT3 закрыт, генерация отсутствует. Ток, потребляемый устройством, составляет единицы...десятки мкА.

При наличии постоянного или переменного электрического поля высокой напряженности сопротивление исток-сток полевого транзистора VT1 возрастает, устройство начинает вырабатывать светозвуковые сигналы. Так, если в качестве антенны использован вывод затвора транзистора VT1, индикатор реагирует на приближение сетевого провода на расстояние порядка 25 мм.

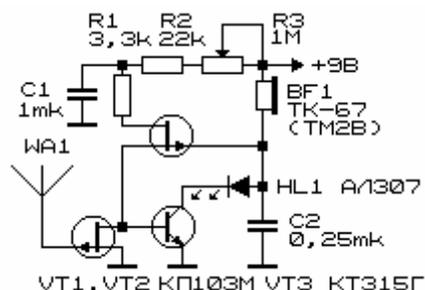


Рис. 53. Индикатор электрического поля на аналоге инжекционно-полевого транзистора

Потенциометром R3 регулируют чувствительность устройства, резистор R1 задает длительность светозвуковой посылки, конденсатор C1 – частоту их следования; конденсатор C2 определяет тембр звукового сигнала.

Для повышения чувствительности в качестве антенны может быть использован отрезок изолированного провода, телескопическая антенна. В последнем случае параллельно переходу исток-затвор транзистора VT1 следует подключить стабилитрон или высокоомный резистор.

Светозвуковой индикатор фазы выполнен (рис. 54) на основе релаксационного генератора импульсов (транзисторы VT1, VT2) [106]. В качестве времязадающего конденса-

тора использован пьезокерамический излучатель BQ1. Для световой индикации в его разрядную цепь включен светоизлучающий диод HL1.

Устройство работает следующим образом. При однополярном подключении X1 к контролируемой токнесущей цепи и касании сенсорной площадки X2 через индикатор протекает ток порядка долей миллиампера, что сопоставимо или менее соответствующих значений для традиционных пробников.

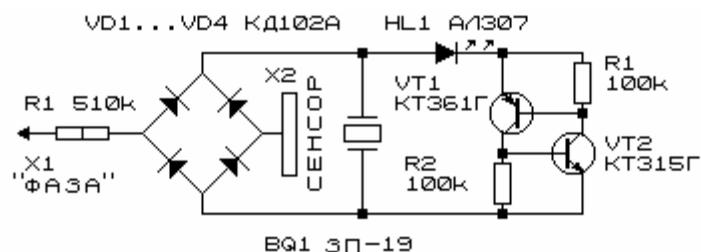


Рис. 54. Светозвуковой индикатор "фазы"

На релаксационный генератор импульсов через диодный мост VD1...VD4 подается напряжение питания. Времязадающий элемент BQ1 заряжается. Когда напряжение на нем превысит напряжение пробоя аналога динистора (VT1, VT2), произойдет мгновенный сброс запасенной энергии на светоизлучающий диод HL1. Одновременно со вспышкой света будет слышен звуковой сигнал (щелчок), генерируемый пьезокерамическим излучателем. Процесс заряда-разряда продолжается до тех пор, пока индикатор не будет отключен от контролируемой цепи.

Для повышения громкости звуковой индикации излучатель желательно разместить в резонирующем объеме. Если необходимости в звуковой индикации нет, пьезоке-

рамический излучатель можно заменить конденсатором емкостью $0,02...0,5 \text{ мкФ}$. С увеличением емкости этого конденсатора яркость вспышек света возрастает.

Индикатор может быть использован для индикации переменного тока напряжением $40...380 \text{ В}$ частотой до 1 кГц , и, при использовании более высокочастотных диодов VD1...VD4 – дистанционно – более высокие частоты.

На рис. 55 представлена схема безбатарейного светозвукового индикатора переменного электрического поля повышенной частоты, выполненного на несимметричном мультивибраторе (транзисторах структуры $p-n-p$ и $n-p-n$). При наличии высокочастотного (низкочастотного) электрического поля достаточной напряженности через ограничивающий ток резистор и диодный мост протекает выпрямленный ток. Конденсаторы схемы заряжаются, устройство начинает генерировать короткие световые вспышки и звуковые импульсы (щелчки), частота которых возрастает с ростом напряженности электрического поля.

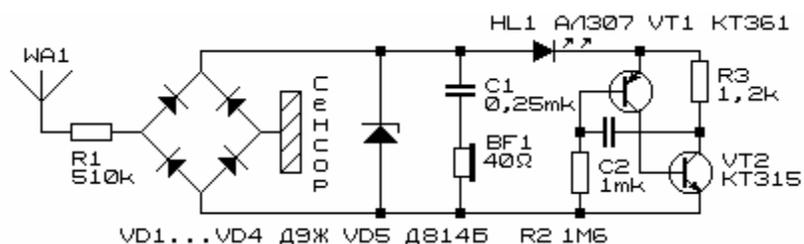


Рис. 55. Безбатарейный светозвуковой индикатора переменного электрического поля повышенной частоты

Устройство способно дистанционно регистрировать наличие высокочастотных полей высокой напряженности (излучений передатчиков, строчных трансформаторов и т. д.).

В заключение темы краткого обзора по приборам для индикации относительного уровня переменных и постоянных электрических полей стоит указать, что существует по меньшей мере два метода, позволяющие проверить наличие высоковольтного напряжения и оценить его величину без наличия каких бы то ни было измерительных приборов. Эти методы условно можно причислить к "искровым". В первом из них высоковольтный электрод (при соблюдении правил техники безопасности) подносят к заземленному корпусу прибора и по наличию искры и ее длине определяют величину напряжения: примерно 1 кВ в расчете на 1 мм искры. Метод допустимо использовать, если есть уверенность в том, что источник высоковольтного напряжения при подобном испытании не будет поврежден.

Второй метод – к высоковольтному электроду (с соблюдением правил техники безопасности) подносят жало отвертки, имеющей надежную изоляцию. После отведения жала отвертки от электрода, за ним тянется искра, по длине которой можно косвенно судить о величине высокого напряжения. Отметим, что "искровые" методы могут применяться лишь при тестировании источников высокого напряжения (не свыше 30 кВ), имеющих высокое внутреннее сопротивление и малый (до 1 мА) ток короткого замыкания.

5.3. ТАЙМЕРЫ

Для обеспечения воспроизводимых результатов экспериментов актуален вопрос обеспечения равных экспозиций регистрирующих материалов. Решить эту проблему можно при использовании дозаторов времени – таймеров. Ниже приведены схемы и описания таймеров, разработанных нами.

На рис. 56 таймер устройства выполнен на транзисторе VT1. При кратковременном нажатии на кнопку "Пуск" SB1 транзистор VT1 открывается, и положительная обкладка конденсатора C2 оказывается подключенной через сопротивление канала полевого транзистора к положительной шине питания; отрицательная обкладка конденсатора через цепочку резисторов R1...R3 оказывается подключенной к общей шине. Происходит заряд конденсатора, в процессе которого транзистор VT1 остается открытым.

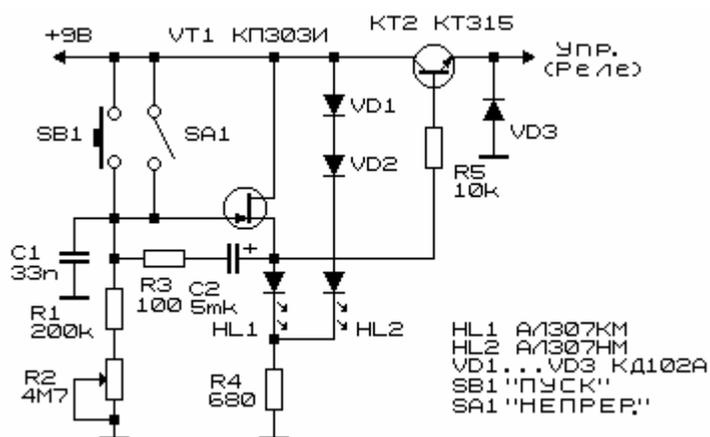


Рис. 56. Схема аналогового таймера на полевом транзисторе

Напряжение на выходе таймера (исток полевого транзистора) примерно равно напряжению питания. Светодиод HL1 красного цвета индицирует работу таймера. По мере заряда конденсатора C2 транзистор VT1 закрывается, светодиод HL1 гаснет, начинает светиться светодиод HL2 зеленого цвета, индицирующий готовность таймера к работе.

На транзисторе VT2 выполнен ключевой элемент, предназначенный для коммутации реле, включение-выключе-

ние ключевого элемента осуществляется через резистор R5 подачей высокого или низкого уровня напряжения, соответственно. Выходной ток – до 30...50 мА. Диод VD3 предназначен для подавления колебательных переходных процессов при индуктивной нагрузке.

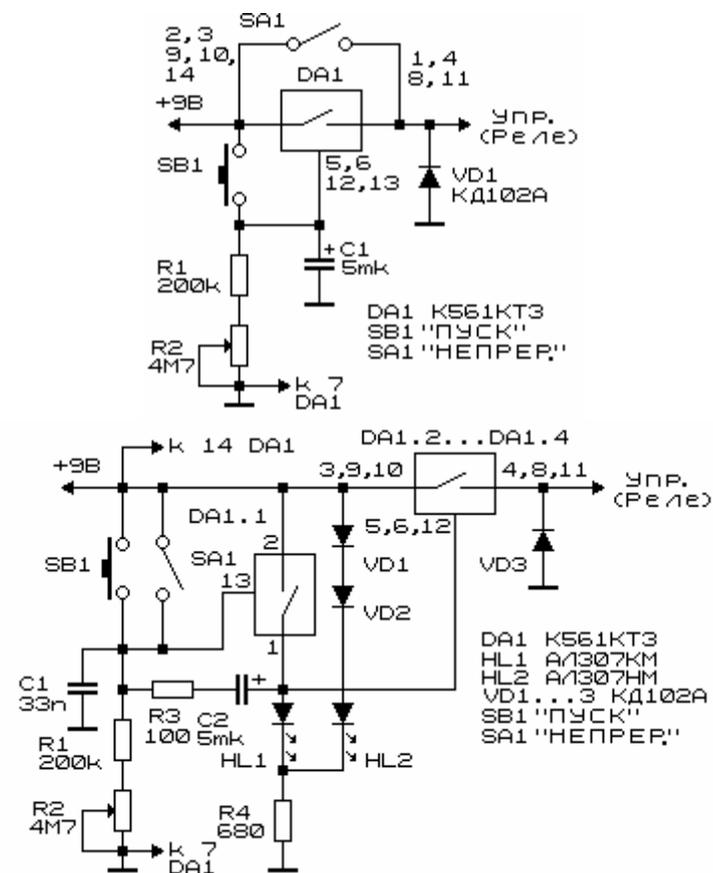


Рис. 57. Аналоговые таймеры на КМОП - коммутаторах с максимальным током нагрузки 40 и 30 мА, соответственно

Наиболее простая схема таймера с максимальным током нагрузки 40 мА представлена на рис. 57. Пределы установки экспозиции во всех схемах (рис. 56, 57) одинаковы.

На рис. 57 (нижняя половина) показан таймер на КМОП-коммутаторе DA1 K561KT3 с максимальным током нагрузки до 30 мА. Таймер собран по схеме [107], дополненной индикатором включения-выключения устройства.

Потенциометром R2 устанавливают время экспозиции. Интервалы времени работы таймеров можно изменять заменой емкости (переключением) электролитического конденсатора. Режим непрерывной работы устройств (ручное управление) во всех схемах задается тумблером SA1.

Устройство, показанное на рис. 58, позволяет выполнять функции таймера и автоматически отключает нагрузку при коротком замыкании [108].

Автовыключатель нагрузки работает следующим образом: при кратковременном нажатии кнопки SB1 конденсатор C1 заряжается от источника питания через резистор R1. Одновременно срабатывает ключ (ключи) КМОП-коммутатора, обеспечивая тем самым включение мощного транзистора VT1. Если переключатель SA1 разомкнут, устройство работает по схеме таймера. Конденсатор C1 разряжается через цепочку параллельно ему включенного резистора R3 и потенциометра R2. Когда конденсатор C1 разрядится, устройство самостоятельно отключится от источника питания и отключит нагрузку.

Если переключатель SA1 замкнут, работа таймера заблокирована. КМОП-коммутатор автоблокируется подачей на управляющий вход (входы) напряжения высокого уровня через диод VD2, резисторы R4, R5. Схема защиты источника питания от короткого замыкания нагрузки выпол-

нена на транзисторе VT2 и работает следующим образом. При работе устройства в штатном режиме транзистор VT2 закрыт и не влияет на работу других элементов схемы. При коротком замыкании в нагрузке ток через диод VD2 не протекает, транзистор VT2 оказывается подключенным к конденсатору C1, на его базу поступает отпирающее смещение через резисторы R5, R6. Происходит разряд конденсатора C1 и отключение устройства. Резистор R4 ограничивает начальный бросок тока при разряде конденсатора C1.

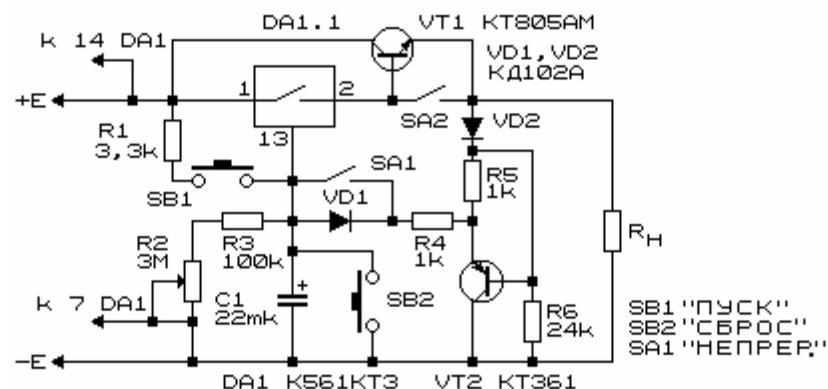


Рис. 58. Таймер-автовыключатель нагрузки

Таймер обеспечивает выдержку времени из расчета 100 мкс (сумма сопротивлений R2 и R3) на 1 секунду, т. е. от 1 до 30...33 секунд. Увеличить время выдержки на 1-2 порядка можно увеличением номиналов R2, R3, C1.

Максимальный ток нагрузки определяется типом используемого транзистора VT1, наличием теплоотвода. Неиспользуемые ключи коммутатора можно подключить параллельно задействованному ключу, либо использовать в

трех подобных взаимонезависимых схемах автовыключения нагрузки. Переключатель SA2 может быть включен при малых (до 10 мА на ключ) токах нагрузки. При токах нагрузки до 40 мА можно исключить из схемы транзистор VT1. В этом случае все ключи КМОП-коммутатора DA1 следует включить параллельно.

Устройство работает в диапазоне питающих напряжений 5...15 В и, даже, при 4 В. Отключить устройство можно нажатием кнопки SB2. В отключенном состоянии автовыключатель потребляет ток до единиц-долей мкА.

Таймер со светодиодной индикацией прошедшего времени показан на рис. 59. Устройство выполнено на поликомпараторной микросхеме DA1 A277D (K1003ПП1)

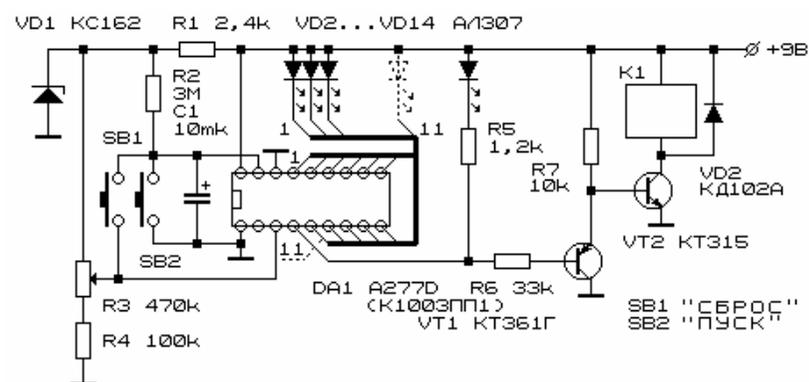


Рис. 59. Таймер со светодиодной индикацией истекшего времени

После включения питания таймера следует нажать кнопку SB1 "Сброс". На конденсаторе C1 установится напряжение высокого уровня, на 11 выводе микросхемы DA1 установится напряжение низкого уровня. Светодиод VD14

светится, сигнализируя о готовности прибора к работе. Транзистор VT1 открыт и шунтирует управляющий переход выходного транзистора VT2. Реле K1 обесточено. При нажатии на кнопку SB2 "Пуск" конденсатор C1 мгновенно разряжается. Заряд конденсатора C1 сопровождается плавным повышением напряжения на нем. Соответственно степени зарядки конденсатора поочередно высвечиваются светодиоды VD2...VD14. До тех пор, пока не включится последний из светодиодов VD14, на 11 выводе микросхемы DA1 будет поддерживаться напряжение высокого уровня. Следовательно, транзистор VT1 закрыт, а VT2 – открыт, реле включено и контактами управляет работой внешней нагрузки, например, высокочастотного генератора.

Потенциометром R3 можно плавно варьировать пределы интервалов времени, вырабатываемых таймером. Скорость переключения светодиодов при этом также изменяется. Ступенчато интервалы времени работы таймера, как и во всех остальных случаях, можно изменять переключением емкости электролитического конденсатора.

Представленные выше таймеры просты по конструкции, но обладают одним достаточно существенным недостатком. Стабильность интервалов времени, вырабатываемых таймерами, невелика и заметно меняется при изменении окружающей температуры или напряжения питания. Значительно стабильнее работают таймеры на цифровых логических микросхемах (цифровые таймеры).

На рис. 60 приведена схема цифрового таймера, выполненного на специализированной микросхеме K176ИЕ18. Задающий генератор таймера собран на внешнем навесном транзисторе VT1, работающем совместно с входящим в состав микросхемы логического КМОП - элемента. Рабочая

частота генератора плавно изменяется потенциометром R2. Диапазон интервалов времени – 1...50 с. Внутренние делители частоты генератора обеспечивают деление исходной частоты в 2^{14} раз. Запуск генератора осуществляется нажатием кнопки SB1 "Пуск". Когда по истечении заданного временного интервала на выводе 6 микросхемы появится напряжение низкого уровня, сработает транзисторный ключ VT2 и отключит реле K1.

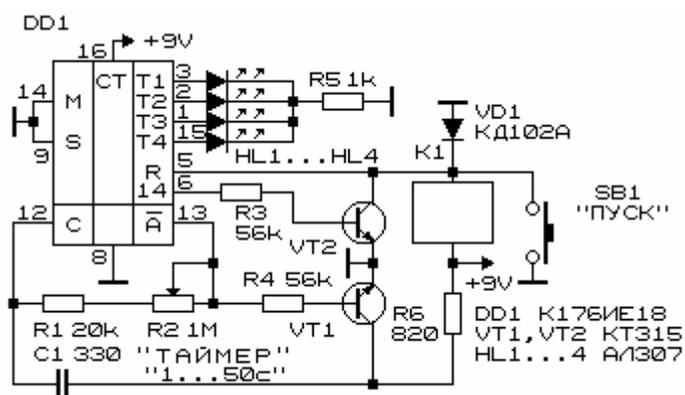


Рис. 60. Цифровой таймер на специализированной микросхеме K176IE18

Светодиоды HL1...HL4 предназначены для индикации работы таймера и качественной (по скорости их поочередного переключения) оценке времени заданной экспозиции. Без ущерба для работы элементы индикации (светодиоды HL1...HL4), а также резистор R5 могут быть исключены из схемы.

Второй цифровой таймер, выполненный на специализированной микросхеме K176IE12 с внешним задающим генератором, показан на рис. 61.

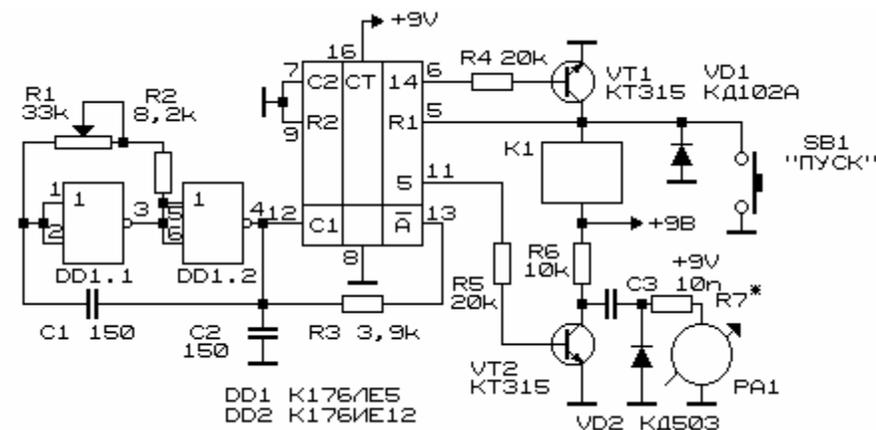


Рис. 61. Цифровой таймер на специализированной микросхеме K176IE12 с внешним задающим генератором

Особенностью схемы является то, что в ней применен аналоговый (конденсаторный) частотомер, выполненный на элементах VT2, VD2, C3, R7 и стрелочном индикаторе PA1. Частотомер позволяет визуально оценивать заданный интервал времени.

Таймеры применяют не только для задания экспозиций при работе генераторов высокой частоты или при проявлении экспонированных в поле токов высокой частоты материалов. При черно-белой или цветной фотопечати для выбора оптимальных экспозиций также зачастую используют таймеры.

Известно, что количество фотохимически измененного вещества пропорционально произведению энергетической экспозиции (произведения энергетической освещенности на время облучения) на квантовый выход фотолиза. Для достижения равного фотографического эффекта в пределах

выполнения закона взаимозаменяемости это произведение должно быть неизменным [109-111].

При фотопечати для получения оптимальной передачи элементов и деталей изображения опытным путем на пробных оттисках подбирают время экспонирования и/или интенсивности светового потока (энергетической освещенности). Цветная трехцветная фотопечать утраивает продолжительность процесса оптимизации условий экспонирования, кроме того, требуется ручная переустановка светофильтров. При смене сорта фотобумаги или масштаба изображения (измерения расстояния от источника света до фотобумаги) процесс оптимизации приходится выполнять заново.

На рис. 62, 63 приведена схема устройства для цветной фотопечати, позволяющего автоматизировать процесс получения фотографических снимков. Отличительной особенностью излучателя света является то, что используется не точечно-объемный полихромный излучатель (лампа накаливания) со сменными светофильтрами, а равномерно распределенные по площади (объему) цепочки маломощных излучателей света. В качестве таковых используются миниатюрные лампы накаливания, либо разноцветные светоизлучающие диоды. Необходимые спектральные характеристики излучателей света с раздельным управлением обеспечиваются окраской их баллонов или индивидуальными пленочными абсорбционными светофильтрами.

Процесс экспонирования фотоматериала происходит одновременно во времени дозированным включением излучателей света различного спектрального состава. Это существенно снижает затраты времени, ранее расходуемого на поочередное экспонирование при последовательной смене светофильтров. Одновременно снижаются массога-

баритные показатели фотоувеличителя, и обеспечивается равномерность распределения светового потока по площади экспонируемого материала.

Таймер устройства выполнен на КМОП - коммутаторе *K561КТ3* (микросхема DA1). На рис. 62 показан базовый элемент одного из трех каналов управления источником света. На рис. 63 – полная схема устройства. При нажатии на кнопку SB2 “Пуск” (рис. 63) напряжение высокого уровня (+9 В) через разделительные диоды одновременно поступает на управляющие входы трех каналов КМОП - коммутатора. Времязадающие электролитические конденсаторы заряжаются. После отпускания кнопки SB2 “Пуск” (рис. 63) напряжение высокого уровня поддерживается на управляющих входах каналов коммутатора до тех пор, пока времязадающие конденсаторы не разрядятся на параллельно им подключенные резистивные элементы (потенциометр R1 – рис. 62 и потенциометр R1 и резистор R2 – рис. 63). До тех пор, пока эти конденсаторы не разрядятся, замкнутые ключи коммутаторов соединяют цепи управления транзисторов с положительной шиной питания. Таким образом, транзисторы на период разряда конденсаторов остаются открытыми. Реле, включенные в коллекторную цепь этих транзисторов, своими контактами подключают к источнику питания лампы накаливания или светодиоды. Время экспонирования по каждому из каналов регулируется в пределах от долей до сотен секунд.

Индикация включенного состояния источника света осуществляется светодиодами (разноцветными) по каждому из каналов (рис. 62). Сброс (одновременное обнуление заряда на времязадающих конденсаторах) производится, при необходимости, кратковременным нажатием кнопки SB1 “Сброс” (рис. 63). Кнопками SB1 (рис. 62) можно раз-

дельно во времени запускать каждый из трех источников излучения.

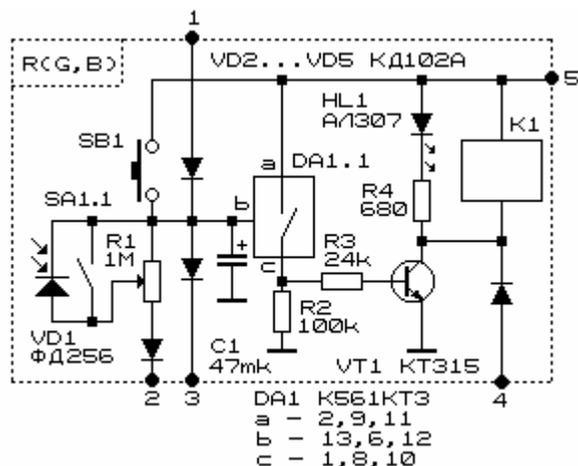


Рис. 62. Базовый элемент каналов управления работой таймера

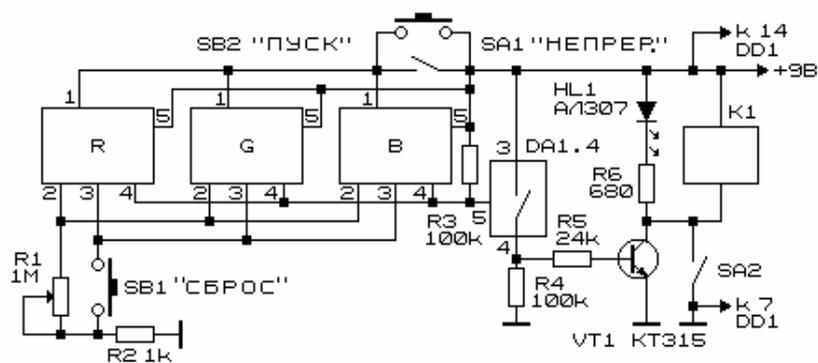


Рис. 63. Таймер для RGB – печати

Переключатель SA1 (рис. 62) в замкнутом состоянии отключает автоматику. Время экспозиции по каждому из каналов осуществляется регулировкой потенциометра R1 (рис. 62), и по всем каналам одновременно и пропорционально – потенциометром R1 (рис. 63). При размыкании контактов переключателя SA1 (рис. 62) параллельно части потенциометра R1 (рис. 62) каждого из каналов оказывается подключенным фотодиод, сопротивление которого зависит от уровня освещенности: чем больше интенсивность светового потока, тем меньше сопротивление фотодиода, тем быстрее разряжается конденсатор времязадающей цепи. Для того чтобы обеспечить избирательность реакции каналов управления источниками света на спектральное распределение падающего на приемную площадку светового потока, перед каждым из фотодиодов установлены индивидуальные миниатюрные пленочные светофильтры. Потенциометрами R1 (рис. 62, переключатель SA1 разомкнут) устанавливают диапазон изменения параметров RC-времязадающих цепей на изменение интенсивности светового потока.

Управление лампой подсветки производится через диоды схемы совпадений, катоды которых подключены к коллекторам транзисторов каждого из каналов. До тех пор, пока задействован хотя бы один из источников света (RGB – красный – R, желтый – G, синий – B), на управляющем входе КМОП - коммутатора DA1.4 (рис. 63) напряжение близко к нулю, ключ коммутатора разомкнут, цепь управления реле включения лампы подсветки обесточена. При отключении ключей DA1.1...DA1.3 напряжение на управляющем входе ключа DA1.4 (рис. 63) возрастает до 9 В, ключ замыкается, отпирая транзистор VT1 (рис. 63). Включается реле K1 (рис. 63), обеспечивая подключение лампы

подсветки. Постоянный режим работы этой лампы устанавливается переключателем SA2 (рис. 63); непрерывный режим одновременного свечения всех (RGB) ламп устройства задается переключателем SA1 (рис. 63).

Светофильтры для ламп накаливания и светодиодов могут быть изготовлены на цветном термоструйном принтере при печати на прозрачную лавсановую пленку типа *FilmJet Color "Print-on Graphic"* или *"Print-on Image"*. Оптимальные оттенки цветовой гаммы и оптическую плотность светофильтров синтезируют на ПЭВМ при использовании графического редактора *Adobe Photoshop 3.0...5.0* или иных, ему подобных. Баллоны слаботочных ламп накаливания можно также окрасить спиртовым раствором смеси разноцветных паст шариковых ручек.

Устройство потребляет от источника питания ток порядка $3 * I_{реле} + 30 \text{ мА}$, где $I_{реле}$ – рабочий ток реле. В качестве коммутирующих элементов могут быть использованы слаботочные реле с надежной гальванической развязкой цепей высокого и низкого напряжения (при сетевом питании источников оптического излучения).

5.4. ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ СВЕЧЕНИЯ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА

Основными материалами для регистрации электро-разрядных процессов в коротких газовых промежутках при атмосферном давлении являются галогеносеребряные эмульсии [23]. В монографии [112] сообщается об успешном применении для этих целей практически всех существующих галогеносеребряных фотоматериалов – позитивных и негативных, черно-белых и цветных фото- и кинопленок, высокоразрешающих фотопластинок для оптиче-

ского диапазона, пластинок для ядерных исследований, рентгеновских пленок, фототехнических и "микратных" пленок, фотобумаги. Имеются данные об использовании для газоразрядной фотографии электрографических и радиографических пластинок, электростатической бумаги, бессеребряных фотоматериалов (диазопленок, везикулярных материалов) [23].

Для регистрации излучений из ближней УФ - области спектра (300-400 нм) могут быть использованы фотографические материалы, специально для этих целей не предназначенные. В табл. 4 приведены результаты измерения разрешающей способности фотографических материалов при экспонировании последних в УФ - области спектра [113].

Табл. 4. Разрешающая способность фотографических материалов, линий/мм, при варьировании спектрального состава при экспонировании

Тип фотопленки	Длина волны источника излучения, нм			
	313	365	405	Дневной свет
<i>Фото-32</i>	270	180	150	130
<i>Фото-250</i>	160	110	95	70
<i>Изопанхром-18</i>	350	280	240	210
<i>Изопанхром-24</i>	115	100	90	60
<i>УФШ</i>	240	210	180	–
<i>УФ-4</i>	440	365	230	–

Чувствительность УФ - материалов при экспонировании в спектральной области 302-390 нм при варьировании

температуры окружающей среды от 173 до 293 K изменяются линейно в соответствии с выражением [114]:

$$S_{0,2}, \% = 0,3413T, \text{ где}$$

S – абсолютная величина светочувствительности 0,2 при 293 K, % (при 293 K – 100%); ($D = D_0 + 0,2$); T – температура, K.

Характеристики фотографических материалов общего назначения приведены в табл. 5-8 [115-124].

Табл. 5. Фотографические показатели черно-белых негативных пленок общего назначения [115, 116]

Тип фото-пленки	Светочувствительность, ед. ГОСТ				Оптич. плотн. вуали	Фотогр. ширина	Разрешающ. способность, лин/мм
	Ном-наль-ная, 100%	За светофильтром, %					
		ЖС-18	ОС-14	КС-14			
Фото-32	32	45	15	2	0,08	1,8	200
						1,5*	150*
Фото-64	64	45	20	2	0,10	1,6	150
						1,5*	110*
Фото-125	125	45	20	2	0,12	1,6	110
						1,5*	100*
Фото-250	250	50	20	3-8	0,16	1,5	100
						1,5*	90*

Отметим, что в справочной литературе разных лет издания [115-124] свойства одних и тех же фотографических материалов могут существенно отличаться, что обусловлено сменой требований ГОСТ к определению характеристик фотоматериалов, изменению условий обработки, изменением ГОСТ на сами материалы.

Табл. 6. Фотографические показатели черно-белых позитивных (МЗ-3Л) и обращаемых (ОЧ) фотопленок [115, 117]

Тип фото-пленки	Светочувствительность ед. ГОСТ	Кэф-фициент контр.	Оптич. плотность вуали	Максим. оптич. плотность	Разреш. способн. лин/мм	Предел оптич. сенс., нм
МЗ-3Л	2,8-5,5	2,8-3,2	0,04	3,0	100-108	–
ОЧ-50	50	1,1-1,6	–	1,9	100	660
ОЧ-200	200	1,2-1,6	–	1,8	82	660-720

Примечание: старое название фотопленок ОЧ – ОЧ-45 и ОЧ-180. Свойства кинопленок ОЧ-50 и ОЧ-200 примерно соответствует свойствам фотопленок (табл. 6).

Табл. 7. Фотографические показатели цветных негативных (ДС-4, ЦНД, ЦНЛ) и обращаемых (ЦО) фотопленок [115]

Тип фото-пленки	Светочувст. ед. ГОСТ		Баланс светочувств., не более	Кэфф. контрастности (K)	Баланс К для средн. и нижн. слоя	Сумм. ОПВ и маски за светофильтр.	Фотографическая ширина	Разреш. способн л/мм
	но-мин	общая						
ДС-4	50	–	2,2	0,7-0,85	0,12	–	1,2	68
ЦНД-32	32	32-64	2,3	–	0,13	0,3-1,1	1,05	58
ЦНЛ-32	32	32-50	–	–	0,10	0,3-1,1	0,9	58
ЦНЛ-64	64	50-100	2,2-2,4	–	0,13	0,3-1,1	1,5	63-90
ЦНЛ-90	90	80	2,2	–	0,12	0,3-1,3	0,75-1,3	62
ЦО-25	25		1,8	1,8-2,2	0,3			70
ЦО-32Д	32		1,3-1,8	1,8-2,2	0,3			60
ЦО-64	64		2,0	1,9-2,4	0,3			70
ЦО-100Л	100		1,6	1,4-1,7	0,3			53
ЦО-200Л	200		1,6	1,4-1,7	0,3			50

Примечание: пленки с индексом *Д* – для дневной фотосъемки ($T_{цв.} = 5500 K$); *Л* – для съемки при свете ламп накаливания ($T_{цв.} = 3200 K$).

Характеристики фотографических материалов для промышленных и научных целей приведены в табл. 8 [115, 120].

Табл. 8. Фотографические показатели фототехнических пленок, н – несенсибилизированные [91]

Тип фото-пленки	Светочувствит. ед. ГОСТ	Коэфф. контр.	Оптич. плотн. вуали	Максим. оптич. плотн.	Разреш. способн. лин/мм	Предел оптич. сенсibil., нм
<i>ФТ-10</i>	10-22	1,3	0,07	2,0	100	н
<i>ФТ-11</i>	16-32	1,0	0,07	1,8	100	550-580
<i>ФТ-12</i>	65-130	1,0	0,09	2,2	73	650-680
<i>ФТ-20</i>	4-11	2,2	0,07	3,0	100	н
<i>ФТ-22</i>	>8	2,2	0,07	3,0	100	650-680
<i>ФТ-30</i>	1-2	3,4	0,06	3,0	116	н
<i>ФТ-31</i>	8-12	3,4	0,05	3,0	116	550-580
<i>ФТ-32</i>	16-32	3,2	0,07	3,0	116	650-680
<i>ФТ-41</i>	0,5-1,0	4,5-5,5	0,05-0,06	3,0	195-240	550-580
<i>ФТ-111</i>	1,8	10	0,10	3,6	170	560-580
<i>ФТ-112</i>	3,5	9	0,10	3,6	70	680
<i>ФТФ-2</i>	30	3,7	0,08	3,0	100	600
<i>ФТФ-3</i>	30	3,7	0,08	3,0	100	600
<i>ФТ-ФН</i>	60*	5	0,10	3,0	100	560-600
<i>ФТ-ПК</i>	с-4-10 ж-0,4-1,0	0,55-0,70 1,4-1,6	0,08	–	75	–

* – светочувствительность на уровне изменения оптической плотности 0,85; во всех остальных случаях – 0,2.

Фототехнические пленки выпускают на триацетатцеллюлозной основе, пленки с индексом *П* (например, *ФТ-10П*) – имеют полиэтилентерефталатную основу.

Во всех приведенных в таблицах показателях показаны усредненные по большой выборке значения, полученные при использовании стандартизированных, определенных *ГОСТ* условиях экспонирования, обработки, измерения. Фактические значения показателей могут существенно отличаться от серийных для различных партий и сроков полива, условий хранения, экспонирования, обработки и т. д.

Фотографические бумаги общего назначения

Фотографические бумаги общего назначения предназначены для получения фотоотпечатков с негативов контактным или проекционным способом печати [115]. Характеризуются относительно низкой светочувствительностью, возможностью достижения высокой контрастности, высокой вуалеустойчивостью, малой зернистостью. Фотобумаги классифицируются по:

- ◆ назначению (методу печати) – для *контактной, контактной и проекционной, проекционной печати*;
- ◆ структуре поверхности – *гладкая, структурная* (бархатистая, зернистая, тисненая);
- ◆ характеру поверхности – *глянцевая, полуматовая, матовая*;
- ◆ массе основы – *тонкая* (135 г/м^2), *полукартон* (190 г/м^2), *картон* (220 и 235 г/м^2);
- ◆ цвету основы – *белая, окрашенная*;
- ◆ виду основы – *на бумаге-основе с баритованным покрытием, с полимерным покрытием, на гибкой основе* других видов (ткани, полимерные материалы и т.п.);

по контрастности – *мягкая, полумягкая, нормальная, контрастная, особоконтрастная*; по тону изображения – *нейтрально-черная, тепло-черная, черно-коричневая, зеленая*; по формату – *листовая, рулонная*.

В зависимости от состава светочувствительного слоя фотографические бумаги различают: *бромсеребряные, хлорсеребряные, хлорбромсеребряные, йодобромсеребряные, йодохлорбромсеребряные*. Технические и фотографические показатели черно-белых фотобумаг общего назначения приведены в *приложении 2* [115].

Параметры цветных фотобумаг не приводятся в той связи, что последние годы отечественные материалы и способы их обработки практически полностью вытеснены более конкурентоспособными зарубежными.

5.5. ПРИБОРЫ ДЛЯ ДОКУМЕНТАЛЬНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Для документальной фиксации процессов, происходящих в межэлектродном пространстве, применяют приборы регистрации оптической информации: микрофотометры, микроскопы, фото- и кинокамеры, цифровые фотоаппараты, видеокамеры, сканеры.

Двухлучевой регистрирующий микрофотометр *ИФО-451* (рис. 64) предназначен для регистрации на бумажном носителе координатного распределения плотностей почернения фотографических пластинок, пленок, спектрограмм, рентгенограмм, электрограмм и т. п. Одновременно на экране прибора можно визуально наблюдать увеличенный в 20 раз участок исследуемого объекта.

Микрофотометр можно использовать для сканирующего исследования электроразрядных фотографий "на просвет".

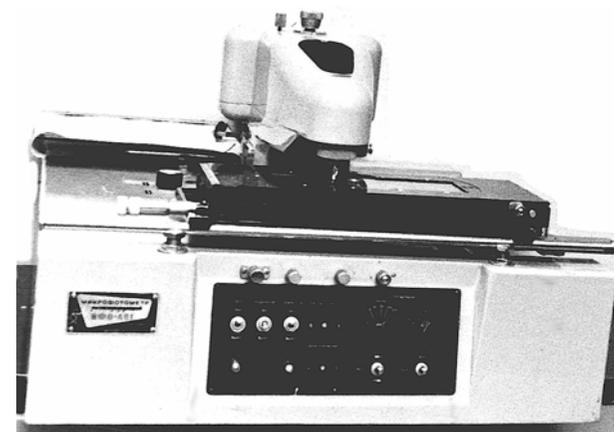


Рис. 64. Внешний вид двухлучевого регистрирующего микрофотометра *ИФО-451*

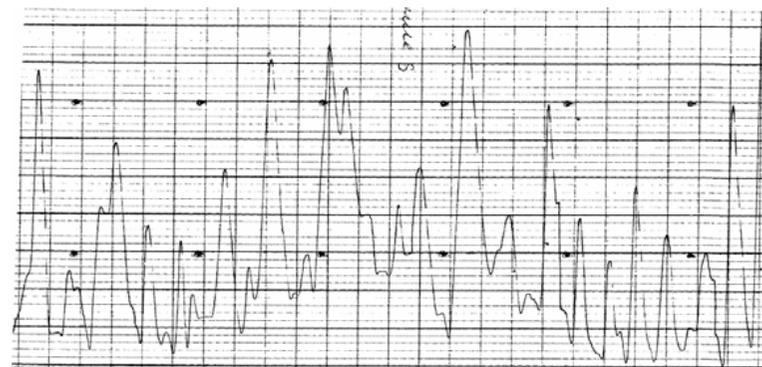


Рис. 65. Координатное распределение оптических плотностей сечения электроразрядной фотографии пальца руки

На рис. 65. приведен пример съемки на микрофото-метре ИФО-451 координатного распределения оптических плотностей сечения электроразрядной фотографии пальца руки. Пики на рисунке соответствуют гребешкам папиллярного узора.

Сканеры и цифровые фотоаппараты

Автоматизировать и существенно облегчить процесс ввода изображений для последующей обработки результатов на ПЭВМ позволяет использование сканеров и цифровых фотоаппаратов, а также соответствующего программного обеспечения ввода, обработки отсканированного (отснятого) материала. Попутно отметим, что для этих целей могут быть использованы также цифровые видеокамеры, однако эти устройства пока остаются экзотикой в связи с отсутствием эффективных программ сжатия аудиовизуальной информации и экономичных быстродействующих накопителей информации большой емкости.

Основной характеристикой сканеров является значение оптического разрешения, обычно выражаемое в количестве различимых точек на дюйм (*dpi – dots per inch*). Интерполяционное разрешение позволяет за счет ПЭВМ-обработки искусственно повысить разрешающую способность, но реальному объекту изображение отвечать не будет.

Сканеры для ввода черно-белого или цветного изображения подразделяются на ручные, барабанные (настольно-протяжного типа) и планшетные. Последние наиболее предпочтительны, но менее доступны по цене. Сканеры настольно-протяжного типа считывают информацию с листовых материалов, протягивая лист между двух бара-

банов. Такие сканеры не могут быть использованы для съема информации с объемных предметов (возможно использование лишь качественных ксерокопий или фотографий). Ручные сканеры стоимостью от 40 US\$ – черно-белые, до 100 US\$ – цветные позволяют получать изображения приемлемого качества.

Недостаток сканеров ручного типа – узкая полоса сканирования (как правило, до 12...13 см с возможностью "склеивания" крупногабаритных изображений из двух половинок). Обычно черно-белые ручные сканеры с оптическим разрешением 300 *линий на дюйм* (около 12 *линий на миллиметр*) применяют для сканирования изображений небольшого формата. При большем разрешении качество изображения выигрывает ненамного, зато заметно возрастает объем графического файла (пропорционально квадрату увеличения разрешения). Для сравнения: разрешающая способность при печати на бумаге среднего качества не превышает 7...8 *линий/мм*.

Другой недостаток ручных сканеров малоустраним: неравномерность скорости протяжки сканера, перекосы изображения, разрывы строчек, сморщивание или, напротив, растяжение изображения, накладывает заметные ограничения на пользователя сканера: при работе с ручным сканером необходима повышенная аккуратность и навык.

Сканеры обычно сопровождаются лицензионной программной поддержкой, чаще всего работающей в среде *Windows*. Графические редакторы типа *Adobe Photoshop 3.0...5.0*, *PhotoFinish 3.0 (4.0)* и др. позволяют вводить изображение со сканера (рис. 66, 67) и, при необходимости, редактировать или обрабатывать его.

Полученное черно-белое (256 градаций серого или без промежуточных градаций черно-белое) или цветное изо-

бражение достаточно просто отредактировать в графическом редакторе.

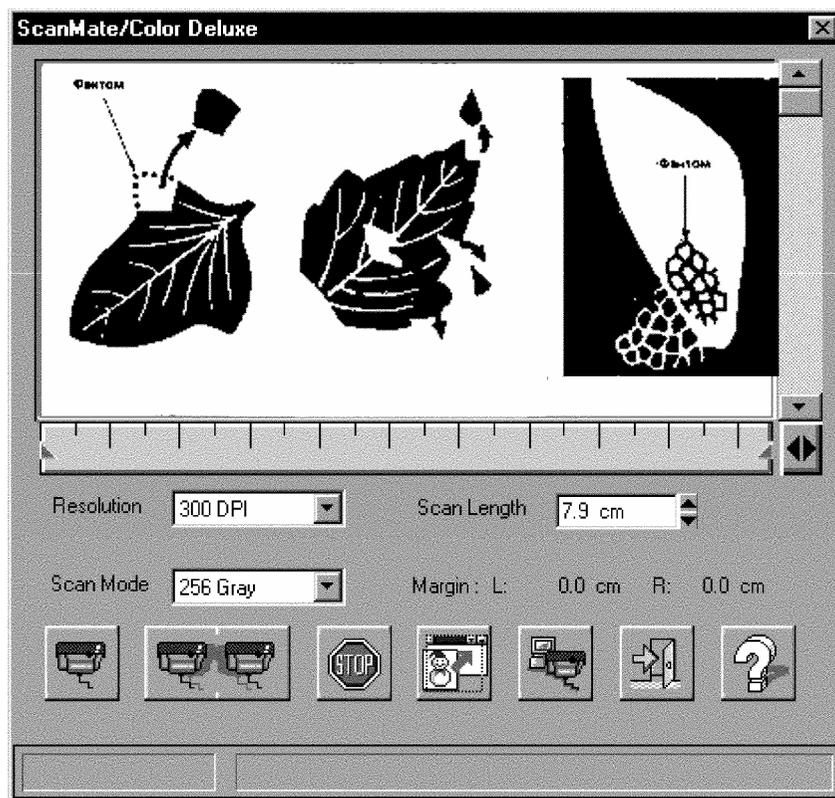


Рис. 66. Внешний вид сканируемого изображения при использовании ручного сканера типа *ScanMate/Color Delux 3200*

Программа обработки позволяет: выбрать оптимальную яркость и цветопередачу, использовать специфические процедуры обработки изображения и фильтры, позволяю-

щие подавить шумы, выделить изображение объекта с максимально возможной четкостью.



Рис. 67. Внешний вид сканируемого изображения при использовании планшетного сканера типа *Genius ColorPage-Vivid*

Характеристики современных моделей сканеров и цифровых фотоаппаратов приведены в приложениях 3 и 4.

ГЛАВА 6. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ФОТОГРАФИИ В ДЕФЕКТОСКОПИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

В 1945 году профессор МГУ Г.В. Спивак и его сотрудники показали, что в условиях искрового разряда при атмосферном давлении можно получать изображения металлических предметов [22-26]. В дальнейшем Г.В. Спиваком и соавт. [23-26] были проведены исследования механизма формирования электроразрядных изображений и при пониженном давлении. Они обратили внимание на то, что при повышении крутизны фронта импульсов, подаваемых на электроды, и уменьшении их длительности качество получаемых электроразрядных изображений микрорельефа одного из электродов заметно улучшается.

Уменьшение размытия плотности канала положительных ионов происходило, по мнению исследователей [23-26], за счет радиальной диффузии; повышение крутизны фронта импульсов обеспечивало более сильный начальный ток, обуславливающий более плотный пространственный заряд и сильный «стягивающий» эффект.

При достаточно большой крутизне фронта импульса авторами работ [22-26] обнаружено рентгеновское излучение. Подобное явление на начальной стадии развития разряда отмечалось также в работах [23, 125, 126].

В экспериментах К.Г. Короткова и С.В. Хмырова [82] по газоразрядному фотографированию поверхности твердого тела при атмосферном давлении показано, что газоразрядные фотографии, полученные при синусоидальном напряжении 50 Гц и использовании в качестве объекта 4 (рис. 40) полированной стеклянной пластинки, имеют следующие характерные особенности (рис. 68):

1. Засвечивание пленки возникает при определенной величине напряжения, равной или превышающей напряжение появления импульсов тока разряда.

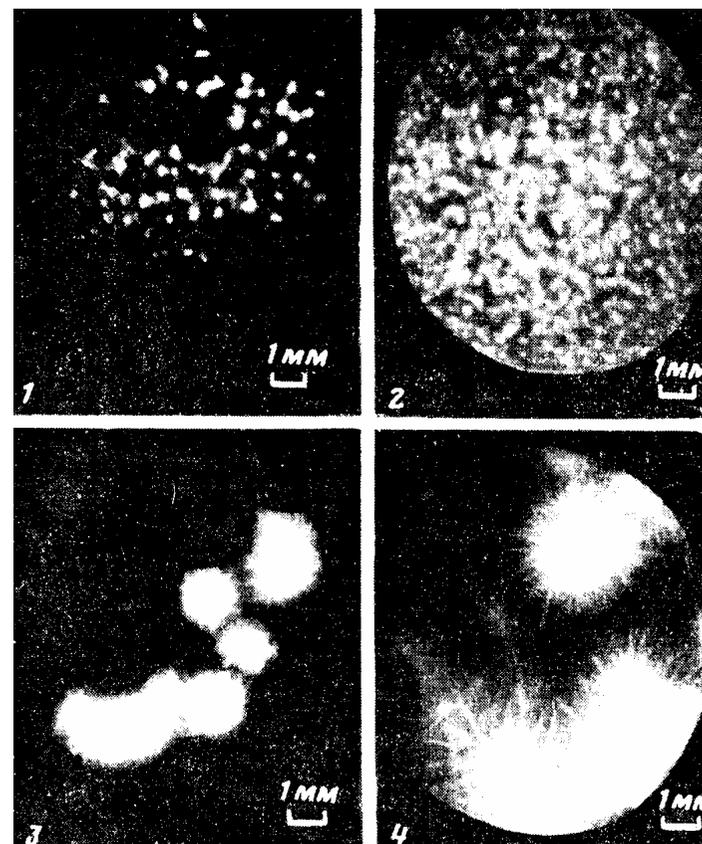


Рис. 68. Засвечивание пленки *Микрат-200* при переменном напряжении частотой 50 Гц
Межэлектродное расстояние: 1, 2 – 10; 3 – 700; 4 – 2200 мкм. Амплитуда напряжения: 1 – 6, 2 – 7, 3 – 8, 4 – 13,5 кВ; выдержка: 1 – 0,182; 2 – 0,127; 3 – 0,471; 4 – 0,126 с

2. Засвечивание пленки имеет вид отдельных круглых пятен, параметры которых зависят от величины зазора, амплитуды напряжения и экспозиции. При нулевом зазоре засвечивания пленки не наблюдается.

3. Диаметр пятен засвечивания увеличивается с ростом ширины зазора (рис. 68), причем при зазорах порядка сотен *мкм* пятна приобретают «звездообразный» характер. Экспериментальная зависимость диаметра пятен *D* от ширины зазора *b* может быть выражена эмпирической формулой:

$$D = A b^n$$

где *A* и *n* – константы. В рассматриваемом случае при $0,04 \text{ мм} \leq b \leq 3,2 \text{ мм}$; $A = 0,85 \pm 0,085$, $n = 0,27 \pm 0,025$ (*D* и *b* – в *мм*).

4. С ростом напряжения увеличивается число пятен на единице площади до их полного слияния; в ряде случаев появляется равномерная фоновая засветка. Диаметр пятен при этом практически не изменяется.

5. Увеличение экспозиции приводит к слабому росту числа пятен при неизменном диаметре.

6. Число пятен засвечивания существенно меньше числа импульсов тока, проходящих за время экспонирования.

7. При подаче выпрямленного напряжения любой полярности характер засвечивания качественно не изменяется.

8. Наблюдается хорошая воспроизводимость диаметра пятен засвечивания от ширины зазора; однако распределение пятен по поверхности оказывается различным даже для снимков, сделанных последовательно один за другим в одинаковых условиях.

9. При использовании в качестве объектов других диэлектриков или металлов характер засвечивания сохраня-

ется (в работе [127] приведены газоразрядные фотографии гладких металлических поверхностей при микронных зазорах).

Приведенные результаты позволяют указать на процессы, лежащие в основе формирования газоразрядных фотографий [82]:

1. Газоразрядные фотографии формируются в результате попадания на фотографический материал электронных лавин, прямолинейно распространяющихся в межэлектродном промежутке, или ионов, образованных этими лавинами, а также светового излучения разряда.

2. В случае гладких поверхностей лавины развиваются из случайных точек разрядного промежутка; при наличии у поверхности геометрического или потенциального рельефа – из точек с наибольшей напряженностью электрического поля. Таким образом, газоразрядные фотографии отображает распределение электрического поля над поверхностью объекта.

3. По мере увеличения расстояния между объектом и фотографической пленкой выше некоторой величины, зависящей от природы пленки и объекта, от вида и амплитуды подаваемого напряжения, состава газовой среды в зазоре и т. п., качество газоразрядных фотографий ухудшается, по-видимому, за счет размытия областей перенесенного заряда.

В работе [37] (рис. 69, 70) произведен анализ трех основных видов газоразрядной визуализации (*ГРВ*): при атмосферном давлении и малых (меньше миллиметра) межэлектродных промежутках, ограниченных хотя бы с одной стороны диэлектриком («лавинный» разряд, «лавинная» *ГРВ*); при атмосферном давлении и газовом разряде, сколь-

зующем по поверхности диэлектрика («поверхностная» ГРВ); при пониженном давлении газа (10^{-2} - 10^{-3} мм рт. ст.) и относительно больших (порядка сантиметров) разрядных промежутках ("вакуумный" разряд, «вакуумная» ГРВ).

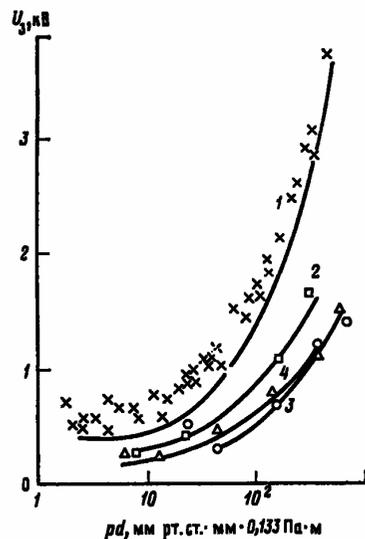


Рис. 69. Зависимость напряжения зажигания лавинного разряда от параметра pd для различных газов

1 – воздух, 2 – азот, 3 – аргон, 4 – гелий; сплошные линии – соответствующие данным газам кривые Па-шена [125, 128]

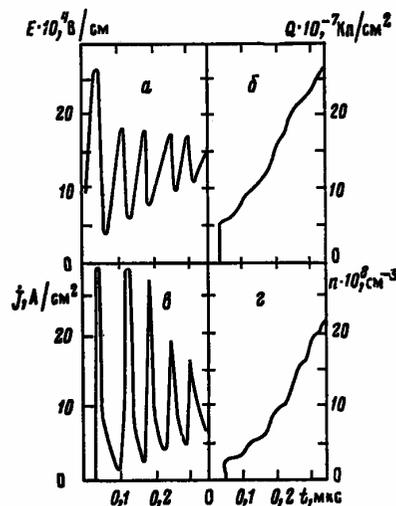


Рис. 70. Временные характеристики разрядного процесса при линейно возрастающем напряжении

Кривые получены методом математического моделирования: напряженности электрического поля (а), заряда, накапливающегося на поверхности диэлектрической пластинки (б), плотности разрядного тока (в), концентрации ионов (г)

Результаты анализа полученных денситограмм негативных электроразрядных изображений модельных дефектов при изменении толщины диэлектрика в зазоре между электродами от 0,2 до 0,8 мм (с шагом 0,2 мм) резюмированы следующим образом [129]:

1. При увеличении толщины диэлектрика значительно уменьшается фоновая подсветка (при одинаковой оптической плотности негативного изображения модельного дефекта) на участках, где нет модельных дефектов. За счет этого повышается контрастность электроразрядных изображений модельных дефектов.

2. Уменьшается резкость изображения края модельного дефекта при увеличении толщины диэлектрической подложки фотоматериала.

3. В режиме стабильного разряда по всей длине модельного дефекта (паза) с увеличением толщины диэлектрической подложки фотоматериала возрастает оптическая плотность негативного электроразрядного изображения.

Для исследования поверхности полупроводниковых материалов на однородность *Н.Н. Лебедевой и др.* [130] был разработан метод регистрации неоднородностей в высокоомных и фоточувствительных полупроводниковых пластинах, основанный на явлении стабилизации газового разряда высокоомным электродом. Если в плоской газоразрядной ячейке один из электродов выполнен в виде полупроводниковой пластины, то ток в ячейке распределится по всей площади электрода, вызывая равномерное свечение газового разряда. Отсутствие шнурования обеспечивается распределенным сопротивлением полупроводникового электрода. Интенсивность свечения газа пропорциональна

току разряда. Локальное изменение сопротивления полупроводникового электрода приводит к локальному изменению тока и свечению газового разряда.

Для визуализации неоднородностей высокоомных полупроводников [130] использовалась ячейка, в которой на обеих свободных поверхностях полупроводниковой пластины осуществляются плазменные контакты. Полупроводниковая пластина диаметром 20...60 мм и толщиной 0,3...1,5 мм с двух сторон отделена от прозрачных электродов на основе SnO_2 на стекле тонкими газоразрядными зазорами толщиной 20...120 мкм. Газовое наполнение ячейки – воздух при давлении 60...600 Торр. При подаче на электроды напряжения, превышающего напряжение зажигания, по обе стороны от полупроводниковой пластины зажигается разряд. Через один из электродов и диэлектрический газовый зазор полупроводник может освещаться фотоактивным светом, что приводит к росту тока через систему и усилению свечения разряда.

Напряжение зажигания разряда в воздухе при давлении 120 Торр и зазоре 40 мкм составляло 360 В [130]. Свечение разряда по всей поверхности электрода наблюдается при токе порядка 0,1 мА. В связи с тем, что ток и свечение разряда зависят от локально выраженных характеристик полупроводника, эти индивидуальные особенности будут отображены как неоднородности свечения газового разряда. Линейное разрешение регистрируемой поверхностной неоднородности оценивается значением 10...15 линий/мм и определяется шириной газового зазора. Этот метод пригоден для испытания полупроводниковых пластин, удельное сопротивление которых при толщине ~1 мм находится в интервале 10^5 - 10^9 Ом*см. Нижний предел значения удельного сопротивления определяется условием стабилизации

разряда по всей поверхности полупроводника, верхний – необходимостью обеспечения достаточной яркости свечения разряда.

Дефектоскоп *ДИВ-1* создан для контроля диэлектрических материалов и композиций на их основе и состоит из генератора высоковольтных радиоимпульсов, разрядно-оптического преобразователя и усилителя выходного сигнала со стрелочным индикатором и блоком питания [23, 131]. Дефектоскоп позволяет контролировать качество, например, стеклопластиковых конструкций на металлической подложке. Так, при толщине стеклопластика 6 мм удалось уверенно определить непроклеи между слоями с раскрытием 0,15 мм и площадью свыше 0,1 мм². Экспериментально установлено [23, 132], что метод электроразрядной визуализации позволяет оценить процентное содержание связующих веществ в наполнителях с точностью до ±5% [23, 131]. Снабжая дефектоскоп дополнительными устройствами для сканирования (например, [23, 133, 134]), обработки информации и обратной связи, можно автоматизировать контроль данным методом.

Для неразрушающего контроля формы и состояния поверхности электропроводящих изделий, обнаружения объемных дефектов диэлектриков и несплошностей в магнитно-жидкостном звукопроводе при ультразвуковой дефектоскопии *В.В Кожариновым* [23] был использован метод электроразрядной визуализации. В работах [23, 72, 112, 135] показана принципиальная возможность контроля состояния поверхности металлических изделий (в том числе покрытых оптически непрозрачным диэлектриком [72]) описанным выше методом. Кроме традиционных приспособлений для фотосъемки объектов в поле токов высокой

частоты [23, 76] были созданы модификации старых и варианты новых устройств, позволяющих получать увеличенные [78, 80, 136, 137] электроразрядные изображения; без общего затемнения [79]; изображения микрорельефа поверхности объектов сложной формы [74].

Визуальное наблюдение картины свечения микрорельефа поверхности кроме использования прозрачных электродов (кювет с электролитом, токопроводящих стеклов), электродов с электролюминесцентным покрытием и т. п., возможно за счет применения специальной конструкции [23, 138]. Устройство [23, 138] имеет корпус из оптически непрозрачной пластины с микроканалами, заполненными инертным газом при пониженном давлении и размещенными нормально к поверхности пластины. Для герметизации микроканалов корпус покрыт оптически прозрачной диэлектрической пленкой. На этой пленке со стороны, обратной по отношению к контролируемой поверхности, имеется прозрачное токопроводящее покрытие.

Для получения изображения микрорельефа устройство помещают на поверхность контролируемого изделия и подключают прозрачное токопроводящее покрытие и контролируемое изделие к источнику напряжения. При попадании микроканалов на участок с поверхностным дефектом возникает свечение инертного газа в соответствующих микроканалах. Благодаря малости объемов микроканалов и низкому давлению в них возможно значительное снижение напряжения, необходимого для зажигания разряда в микроканалах. За счет изолированности микроканалов исключается распространение свечения газа на соседние участки, повышается разрешающая способность [23, 138].

В работе [44] совсем не использовались фотографические материалы, поэтому полученные изображения не идентичны, но напрямую связаны с фотографиями *Кириlian*. Изображения, полученные данными методами, содержат такие признаки, как внешний ореол, стримеры, и другие детали, не присутствующие в стандартных фотографиях или электростатических копиях.

В первом эксперименте фотографическая бумага случайно отсутствовала между изолятором и заземленным объектом. На участке, где был размещен объект, медная монета, на пластмассовом изоляторе была ясно видна круглая область молочного цвета.

В последствии эксперимент был неоднократно повторен. После многих испытаний, очень хорошие изображения типа *Кириlian* были получены на поверхности пленок ацетатцеллюлозы, полиметилметакрилата, сортового стекла, канифоли, льняного масла и ряда других материалов.

При достаточно больших выдержках (порядка нескольких *минут*) практически на любом диэлектрике (стекле, оргстекле, засвеченной фотопленке и т. д.) можно получить вполне различимое и проработанное в деталях электроразрядное изображение, например, монет и других объектов с развитым рельефом поверхности [23, 28]. По мнению *В.В. Кожаринова* это происходит за счет переноса вещества и тепловых процессов в разряде.

Для получения изображений [44] использовалось высокочастотное электрическое поле высокого напряжения, которое создавалось генератором фиксированной частоты 12 *кГц*. Напряжение с генератора было повышено до 30 *кВ* трансформатором с карбонильным сердечником. Питание на генератор подавалось в импульсном режиме только на время экспозиции. Нижний электрод (электрод высокого

напряжения) – квадратная пластина нержавеющей стали. Поверх этого электрода был размещен изоляционный материал и заземленный объект исследования – в верхней части конструкции. В целях безопасности всю конструкцию покрывало большое листовое стекло. Колебания высокого напряжения прикладывались только в течение коротких интервалов времени – 0,5 мс с частотой повторения 50 Гц за время экспозиции. Время экспозиции изменялось от 1 до 250 с в зависимости от условий эксперимента. Напряжение, контролируемое осциллографом, было строго синусоидальным по форме. Это напряжение быстро стремилось к нулю в сильно затухающих колебаниях. Текущая же форма волны была зачастую сильно искажена. Диапазон напряжений в опытах изменялся от 20 до 30 кВ, а разрядный ток от 10 до 25 мА [44].

Метод исследования поверхности твердых диэлектрических и полупроводниковых веществ в постоянном электрическом поле без применения фотографического материала в отечественных работах был использован *В.А. Ермаковым* и *С.В. Рудневым* [21, 70]. В качестве регистрирующей среды, отображавшей все нюансы электроразрядной картины, использовалась нитроцеллюлозная пленка. Экспонирование образца производилось в постоянном электростатическом поле плоского конденсатора с одновременным приложением механической нагрузки (рис. 38).

Радиографическое декорирование (РД) применяется для контроля состояния поверхности, выявления собственных и наведенных дефектов, изучения особенностей распространения излучений и распределения полей различной природы в поглощающих средах [21, 139-142]. Для реализации РД используют пороговые (физические, химические

или комбинированные) регистрирующие системы, работающие в точке неустойчивого равновесия. Среднестатистически устойчивое отклонение внешнего дестабилизирующего фактора (регистрируемого воздействия) за пределы порога регистрации вызывает, таким образом, необратимый или обратимый отклик регистрирующей системы. Регулирование параметров регистрирующей среды, смещающих точку неустойчивого равновесия, а также системы фильтров, селективно или неизбирательно отсекающих или выделяющих интересующих исследователя фрагментов спектрально-амплитудной характеристики источника излучения, позволяет в широких пределах управлять процессом регистрации.

Физический вариант реализации метода основан на использовании плоскопараллельных электроразрядных ячеек, внутри которых расположен регистрирующий материал (например, нитроцеллюлозная пленка, вакуумноиспаренный слой неорганического вещества – металла, окисла металла, галогенида тяжелого металла, систем на их основе) и объект исследования, препарированный соответствующим образом. Приложение критического поля к электроразрядной ячейке вызывает локальные микроразрядные процессы, которые отображаются на регистрирующем материале.

Интенсивность, частота и локализация этих разрядов отвечает индивидуальному распределению физических полей, присущих объекту исследования. Последующая усиливающая обработка регистрирующего материала, выполняемая при необходимости и включающая стадию оптического, термического или электроразрядного усиления, либо обработку в растворах или парах проявителей, позволяет отчетливо выделить слабовыраженные участки картины РД.

Анализ картин *РД* включает *ПЭВМ*-обработку изображений, выполняемую по специально разработанным алгоритмам. В целях повышения информативности при проведении анализа картин *РД* предложено производить сопоставление сканированных образов исходного (исследуемого) объекта и полученной с него реплики (картины *РД*). Оптическое сканирование наиболее корректно передает изображение, отвечающее видимому диапазону длин волн (визуальному представлению объекта). Реплика с объекта, полученная физическим или химическим методом регистрации (картина *РД*) отвечает, преимущественно, распределению внутренних физических полей объекта, поэтому сопоставительный анализ того и другого изображений позволяет четко идентифицировать вид и характер дефектов. Последующая *ПЭВМ*-обработка изображений дает детальную информацию об объекте исследования.

Методом оптического сканирования системы оригинал-реплика (картины *РД*) изучены образцы конструкционных материалов и полуфабрикатов производства полупроводниковых приборов, образцы твердых вольфрамкобальтовых сплавов, высокотемпературной сверхпроводящей керамики, горных пород и т. д.

Метод может быть использован также для исследования динамики деструктивного воздействия излучения на материалы, изучения характера распространения пучков излучения в поглощающих средах.

Послойное изучение образцов с применением описанного выше метода позволило осуществить трехмерный анализ объекта исследования на распределение в нем различного рода несовершенств и дефектов структуры и текстуры. Анализ системы оригинал-реплика в пределах одного слоя, но с варьированием продолжительности актинич-

ного воздействия на объект исследования позволяет контролировать динамику происходящих в нем превращений.

Полученные данные обычно сравнивают с эталонным (реперным, исходным или промежуточным) состоянием исследуемой среды и анализируют по следующим признакам:

1. Координатная привязка к определенным точкам-ориентирам (в том числе, например, к так называемым биологически активным точкам).
2. Процесс преобразования объекта наблюдения во времени (динамика отделения или поглощения газовой фазы).
3. Контроль характера отклика промежуточной среды (газового состава, окружающего исследуемый объект). К контролируемым параметрам относится: интенсивность свечения, спектральные особенности разрядного процесса, их флуктуации во времени и пространстве.

Для съема данных вместо плоской измерительной ячейки могут использоваться:

1. Точечные перемещаемые на строго заданном удалении от исследуемой поверхности электроды (сканирующие измерения).
2. Многоточечные равноудаленные электроды-сканеры и мультиэлектродные сканирующие системы.
3. Радиографические регистрирующие ячейки химического и электрохимического типа, наносимые на поверхность объекта исследования.

Перспективным в плане дальнейшего совершенствования метода представляется использование аналогов масс-спектрометрического и хроматографического анализов с

применением мультикапиллярных систем непрерывного отбора проб газовой среды, находящейся в непосредственном контакте с исследуемой поверхностью. Для отвода газовой среды от поверхности объекта исследования могут быть использованы воздухопроводы (крупнокапиллярные структуры), либо эффект увлечения газовой среды направленным потоком заряженных частиц (электрополевой капиллярный эффект).

Иницирование в каждом отдельно взятом капилляре электрического разряда через индивидуальные ограничители токов короткого замыкания и контроль отклика по электрическому току на нагрузочном сопротивлении (сопротивлениях) с регистрацией интенсивности и спектрального состава свечения газовой среды, позволяет контролировать динамику газового обмена исследуемой поверхности с окружающей внешней средой. В модельных и исследовательских целях для изучения отклика системы могут быть использованы тестирующие воздействия внешних факторов дозированной интенсивности.

Электроразрядно-кристаллизационный метод исследования поверхности твердых тел

Электроразрядно-кристаллизационный метод (*ЭРКМ*) является доступным и относительно экспрессным методом анализа состояния поверхности твердых тел. *ЭРКМ* позволяет выявлять: микрополиэдрическое строение монокристаллов, зональность, стержневую неоднородность, наличие включений или вторых фаз, области напряженных состояний, границы между фазами, интерстиционные границы, скрытые царапины и трещины [21, 143].

ЭРКМ успешно апробирован на образцах полупроводниковых материалов (арсенид галлия, кремний); высоко-

температурной сверхпроводящей керамики; твердых вольфрамо-кобальтовых сплавов *ВК-6*; *ВК-8*; керамики; горных пород.

Для диагностики поверхностных слоев контролируемого материала используется процесс кристаллизации из пересыщенного раствора. Тонкий слой раствора индицирующего состава наносят непосредственно, либо через тонкую непроницаемую и неактивную прокладку на поверхность исследуемого материала.

Управление уровнем чувствительности индицирующего состава осуществляется приложением однородного, регулируемого по напряженности, постоянного электрического поля. Суперпозиция индивидуального распределения электрического поля, сформированного над поверхностью исследуемого материала и обусловленного неоднородностью пространственно-объемного распределения его физико-химических свойств, с однородным внешним полем предопределяет развитие кристаллизационных процессов (скорость кристаллизации, размеры, форму, ориентацию кристаллического осадка).

В качестве индицирующего состава используют водные, спиртовые и иные растворы органических и неорганических соединений, в частности, водные растворы галогенидов щелочных металлов. Управление скоростью кристаллизации и размером кристаллического осадка (разрешающей способностью *ЭРКМ*) может быть осуществлено варьированием температуры индицирующего состава.

ПЭВМ - или визуально-микроскопический анализ распределения микрокристаллов и картин радиографического декорирования по геометрическому, структурному, текстурному или иным признакам позволяет объективно судить о характере, рассредоточении, виде и специфике дефектов подстилающей (контролируемой) поверхности.

ГЛАВА 7. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ФОТОГРАФИИ В МЕДИЦИНЕ И БИОЛОГИИ

Электроразрядные методы визуализации физических полей биологических объектов на протяжении более чем ста лет, начиная с опытов *Я.О. Наркевича-Йодко*, используют в диагностических целях.

В технике медико-биологических исследований метод может быть применен [144]:

- для оценки уровня психоэмоциональной напряженности, динамики ее во времени, в том числе при реакции на тестирующие воздействия;

- оценки лабильности нервной системы, эмоциональной восприимчивости субъекта к предъявляемым стимулам;

- при изучении и закреплении условных рефлексов, частичного или полного восстановления или регенерации утраченных функций;

- для активизации процессов обучения, закрепления трудовых, игровых или иных навыков;

- для диагностики патологических процессов, протекающих в организме, в частности для диагностики опухолей, динамики их развития, влияния на ход излечения медикаментозных и немедикаментозных факторов;

- для очистки поверхности кожи, оздоровления и омоложения кожи за счет усиления обменных процессов в поверхностных и приповерхностных ее слоях, способствующих регенерации тканей и улучшающих отвод продуктов распада;

- при реализации новых методов корректирующего воздействия на организм, в том числе в псевдомонопольном или дистанционном режимах воздействия;

- для исследования процессов жизнедеятельности растений, живых организмов различного уровня организации.

Фотографическую регистрацию свечения биологических объектов, помещенных в высокочастотное поле, часто используют для экспресс-оценки их состояния, уровня психоэмоциональной напряженности, динамики этих показателей в результате или ходе словесных установок, приеме лекарственных препаратов, действию тонизирующих или седативных средств и стимулов.

Метод широко применим и для идентификации индивидуальных признаков человеческого тела: особенностей папиллярных узоров, шрамов, дефектов кожного покрова, распределения по поверхности кожи биологически активных точек, иных сугубо индивидуальных признаков.

Фотографический снимок свечения участка тела, например, подушки пальца руки или даже его фрагмента, несет комплексную информацию о характерных чертах объекта исследования – от локальных, точечных признаков (папиллярные узоры, шрамы, царапины и трещины на поверхности кожи), до состояния внутренних органов человека на момент регистрации электрофотограммы, его психоэмоциональном состоянии, состоянии психического здоровья, приеме психотропных препаратов и их относительной концентрации.

Еще в конце XIX века *Я.О. Наркевичем-Йодко* была установлена корреляция между степенью тяжести болезни человека и характером электрического разряда [19]. На электрофотограмме у тяжелобольных изображение на снимке практически отсутствовало, но в дальнейшем, по мере выздоровления, характер изображения заметно менялся – количество искр (разрядов) и их интенсивность возрастали. В этих же экспериментах было показано, что в первые

часы после смерти человека интенсивность разрядов резко идет на убыль, что может служить критерием для определения перехода смерти клинической в физиологическую.

В экспериментах, проведенных в Институте клинической и экспериментальной медицины *СО АМН* (ныне Институт общей патологии и физиологии человека, *г. Новосибирск*), было показано, что для практически здоровых людей характерна высокая интенсивность свечения, целостность короны свечения, разветвленная форма стримеров [145]. У лиц, имеющих функциональные и патологические нарушения в органах и системах, на высокочастотных фотографиях наблюдалось снижение интенсивности свечения, появление сегментарной недостаточности, стрессовых колец дегенеративных точек и других феноменов свечения. В серии экспериментов *Н.К. Игнатьевым* [145] было установлено, что психоэмоциональное напряжение, спонтанно или произвольно вызванное, коррелирует с характером изменения картины свечения.

При осуществлении электроразрядной фотографии биологических объектов одним из электродов конденсатора электроразрядной ячейки является объемный электрод сложной конфигурации с индивидуальными особенностями диэлектрических свойств эпидермиса. Причиной изменения характера высокочастотного электрического разряда между биологическим объектом или его органом и вторым электродом конденсатора через диэлектрическую прослойку, в состав которой может входить фоторегистрирующий материал, могут являться, по представлениям разных авторов:

- электролюминесценция (автоэлектронная эмиссия, автоионная эмиссия);
- электрический разряд в газовой среде переменного состава, определяемого динамикой и компонентным

составом потожировой среды, отделяемой кожным покровом;

- сублимация потожирового вещества с поверхности кожного покрова при поверхностном (скин-эффект) его разогреве в поле токов высокой частоты в соответствии с конфигурацией папиллярных узоров, расположением выходов протоков потожировых желез, биологически активных точек, папиллом; образовании активных радикалов, способствующих формированию каналов пробоя диэлектрического зазора;
- неаддитивное взаимодействие токов высокой частоты с совокупностью индивидуальных физических полей биологических объектов с возникновением характерного свечения.

Известно, что кожа человека содержит сосочковый и сетевидные слои, имеет волосяные луковицы, сальные и потовые железы, гладкие мышцы, пигментные клетки, нервные окончания, кровеносные капилляры и т. д. Наружный кожный покров (эпидермис) представляет собой многослойный плоский ороговевший эпителий. Толщина кожного покрова достигает 1...4 мм. На коже ладоней гребешки, образованные сосредоточением соединительно-тканых слоев сосочков, образуют папиллярные узоры. Протоки сальных и жировых желез выходят между гребешками, секрет, ими отделяемый, смазывает кожу, придавая ей эластичность. Потовые железы (их протоки) открываются на поверхность кожи в виде поры: на 1 см² кожи приходится до тысячи потовых желез.

В существенно меньшем объеме исследованы свойства так называемых особых, биологически активных точек.

В монографии Д.М. Табеевой [146] приведены следующие электрические характеристики этих точек:

- по данным румынских исследователей *J.E. Dumitrescu* и *V. Nicolau* активное сопротивление кожного покрова в местах локализации биологически активных точек составляет 250 ± 20 кОм, вне мест их локализации – превышает 300 кОм. Электрическая емкость этих же участков кожи составляет, соответственно $0,5 \pm 0,02$ мкФ и менее 0,1 мкФ.
- по данным отечественных исследователей сопротивление в месте локализации биологически активной точки составляет 200 ± 40 кОм, вне нее – превышает 1...2 МОм.

Обычно размер таковой точки лежит в пределах от 0,2 до 5 мм, сужаясь во время сна и расширяясь в состоянии бодрствования, или, более того, эмоционального возбуждения, до 10 мм [146]. При заболевании диаметр точки может достигать нескольких сантиметров, причем электропроводность этой зоны возрастает. Считается, что биологически активные точки, число которых только на пальцах рук превышает несколько десятков, несут достаточно полную и объективную информацию о состоянии внутренних органов человека (принцип "голографического" отображения свойств объекта в целом по их частному (фрагментарному) представлению). Причем, каждому органу отвечает свой набор или совокупность биологически активных точек. Известна даже довольно широко распространенная компьютеризированная методика экспресс-определения патологии внутренних органов по электрическим характеристикам биологически активных точек (метод *Р. Фолля – В.С. Гой-*

денко, г. Москва, ЦОЛИУВ) и его многочисленные модификации.

Усредненное по поверхности кожи электрическое сопротивление (активное) при частоте 0,1 Гц и площади электрода ~ 1 см² достигает 1 МОм и снижается до 200-300 кОм при увеличении площади электрода до 12-16 см² [147]. Обработка поверхности кожи наждачной бумагой 00 и смачивание электролитом прокладок снижает электрическое сопротивление кожи в тех же условиях (см. выше) на два порядка, в то время, как просто смачивание электролитом прокладок снижает сопротивление лишь на полпорядка [147].

Электрическая емкость кожи на частоте 100 Гц уменьшается при снижении площади электродов с 12 до 4 см² с 0,16 до 0,05 мкФ, и с ростом частоты до 10...100 кГц понижается на несколько порядков [147].

В табл. 9 приведена частотная зависимость электрического сопротивления кожи, консервированной различными методами, в зависимости от срока консервирования [148].

При интенсивном потоотделении, связанном с работой, эмоциональным напряжением, активное электрическое сопротивление кожи на постоянном токе линейно снижается от 2 МОм при интенсивности потоотделения 30 г*м⁻²*ч⁻² до 200 кОм при 70 г*м⁻²*ч⁻² [149].

Относительная диэлектрическая проницаемость кожного покрова с ростом частоты по сетке частот 25, 50, 100, 200, 1000 МГц снижается, соответственно, до значений 150, 100, 75, 57, 44 [150].

Комплексная диэлектрическая проницаемость интактной и прижизненно травмированной (на следующий день после травмы) составляет, соответственно, $44,68 \pm 0,46$ и

40,73±0,96; через месяц хранения – 34,7±0,66 и 26,3±0,91 [151].

Табл. 9. Частотная зависимость усредненного электрического сопротивления консервированной кожи, $\kappa\text{Ом}$

Метод консервирования	Сроки консервирования, месяц.	Частота измерения, $\kappa\text{Гц}$					
		5	50	100	300	500	800
Свежая кожа	–	8,460	7,240	5,650	4,060	2,530	1,510
Кожа, замороженная в растворе Рингер-Локка с 15% глицерина	1	4,850	3,883	2,977	2,147	1,520	1,190
	2	4,720	3,773	2,990	2,273	1,667	1,197
	3	4,050	3,303	1,983	2,645	1,507	1087
Кожа, консервированная без криопротектора	1	5,920	5,134	3,975	2,916	2,134	1,565
	2	6,106	4,938	3,847	2,747	2,150	1,544
	3	5,175	4,310	2,744	3,440	2,053	1,988
Кожа, консервированная после частичного обезвоживания	1	7,980	6,665	5,430	3,977	2,435	1,535
	2	7,878	6,519	5,113	3,768	2,566	1,663
	3	6,659	6,369	3,200	4,381	2,256	1,492

Глубина L_e , на которой происходит ослабление электрического поля биологической тканью или иным материалом в $e=2,718$ раз, определяется выражением:

$$L_e = (\lambda / 2\pi) \sqrt{(\varepsilon') \sin \delta / 2},$$

где λ – длина волны, ε' – комплексная диэлектрическая проницаемость; δ – угол диэлектрических потерь.

Из приведенной формулы следует, что глубина проникновения электрического поля в вещество зависит от частоты.

Электрические и иные характеристики кожного покрова в диапазоне 43-10000 МГц приведены в табл. 10 [152] (σ – удельная электропроводность; ε – относительная диэлектрическая проницаемость).

Табл. 10. Зависимость коэффициента отражения R и глубины проникновения L_e от длины волны и электрических параметров кожи.

σ , См/м	Длина волны электромагнитного излучения, λ									
	7 м		1 м		40 см		20 см		3 см	
	R	L_e	R	L_e	R	L_e	R	L_e	R	L_e
0,01	0,81	5 м	0,76	2,5 м	0,75	2 м	0,74	2 м	0,73	2 м
0,1	0,83	50 см	0,75	40 см	0,75	40 см	0,74	30 см	0,73	30 см
1,0	0,93	10 см	0,81	4 см	0,79	4 см	0,76	4 см	0,73	3 см
10,0	0,99	2 см	0,95	7 мм	0,90	7 мм	0,86	4 мм	0,74	3 мм
100,0	0,99	8 мм	0,98	3 мм	0,97	2 мм	0,96	2 мм	0,89	0,5 мм
ε	97		54		52		49		40	

Как уже отмечалось ранее, электропроводность кожного покрова зависит от интенсивности потоотделения (газоотделения); которое, в свою очередь зависит от температуры самой кожи, ее функционального состояния. Так, с 1 м^2 поверхности кожи выделяется углекислого газа и поглощается кислорода по $100 \text{ см}^3/\text{час}$ при нормальной (20°C) температуре воздуха и состоянии покоя [152]. Эта величина существенно зависит от температуры воздуха: при

повышении температуры до $30^{\circ}\text{C} - 230 \text{ см}^3/\text{час}$; при $35^{\circ}\text{C} - 320 \text{ см}^3/\text{час}$ [152].

Регистрацию потоотделительного рефлекса используют для оценки уровня нервно-эмоционального напряжения, умственной и физической работоспособности, дифференциальной диагностики ряда заболеваний [153, 154].

В работах *В.Х. Шпунта* (Физико-технический институт им. *А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург*) [155] показано, что кожа человека обладает типичными для полупроводников и диэлектриков свойствами, в частности, это:

- 1) наличие вольтамперных характеристик (*ВАХ*) S-и N-типа;
- 2) экспоненциальный закон увеличения проводимости от температуры;
- 3) фотостимулированная проводимость;
- 4) фотоиндуцированная ЭДС;
- 5) яркая фотолюминесценция при фотовозбуждении;
- 6) четко выраженный край оптического поглощения (соответствующий энергии $3,6 \text{ эВ}$);
- 7) температурный коэффициент смещения края полосы оптического поглощения, равный $2,3 \cdot 10^{-4} \text{ эВ/К}$, (что совпадает, например, с температурным изменением ширины запрещенной зоны алмазоподобных неорганических полупроводников).

Яркой особенностью *ВАХ* кожи являются хорошо выраженные участки N-образной формы [155]. На рис. 71 на *ВАХ* отчетливо видны характерные участки с отрицательным дифференциальным сопротивлением: *а)* электрод – точечный, прикладывался к предплечью правой руки; электрод общий большой площади – помещался в ладони левой руки. Измерения проводились при импульсах тре-

угольной формы, длительностью 50 с , период следования 100 с . Полярность показана относительно общего электрода; *б)* расположение и конструкция электродов такие же, как на рис. 71*а*. Измерение проводилось при трех импульсах пилообразной формы длительностью 50 с , следовавших друг за другом через 200 с . Видно, что *ВАХ* (кривая 1) имеет три характерных участка: *ОА* – высокоомный, *BC* – низкоомный и соединяющий их участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением *AB*. $V_{\text{пп}}$ и $I_{\text{пп}}$ – пороговые значения напряжения и тока, при которых происходит прямой переход кожи из *ОА* в *BC*. Полярность импульсов также показана относительно общего электрода. Видно, что через 200 с (кривые 2 и 3) *ВАХ* кожи хорошо восстанавливается по своей форме [155].

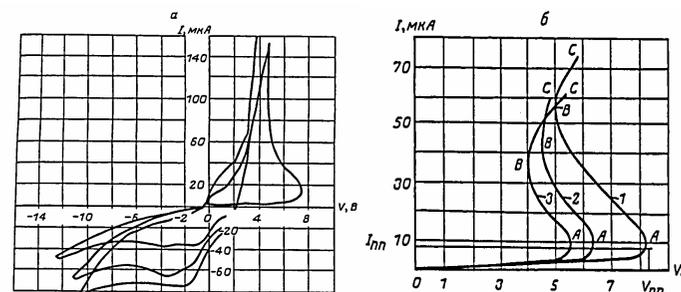


Рис. 71. Вольтамперные характеристики кожи человека, измеренные двухзондовым методом [155]

На основании экспериментального материала, полученного при исследовании двухзондовым методом, выявлены следующие особенности *ВАХ* кожи [155]:

1. *ВАХ* имеет S-образную форму (рис. 71, *а, б*), по форме напоминающую *ВАХ* диноистора.

2. *ВАХ* состоит из трех характерных участков (рис. 71, б): высокоомного, низкоомного и соединяющего их участка с отрицательным дифференциальным сопротивлением.

3. Переход из высокоомного состояния в низкоомное происходит при пороговых значениях напряжения и тока, которые находятся в пределах 4-10 В и 5-20 мкА, соответственно.

4. Переключение носит обратимый характер и уже через 200 с *ВАХ* приобретает форму, близкую к исходной.

5. Эффект обратимого переключения происходит только при отрицательной полярности, относительно точечного электрода.

6. При пропускании электрического тока в направлении, соответствующем отрицательной полярности относительно точечного электрода, *pH* кожи под электродом увеличивается.

7. При положительной полярности импульса относительно точечного электрода эффект обратимого переключения не наблюдается даже при напряжениях, значительно превышающих пороговые значения. (В этом случае пробой все же может осуществиться, но при значениях токов, превышающих 100 мкА. Однако такое переключение сопровождается долго не заживающей раной и является необратимым).

8. При обратимом переключении наблюдается эффект диффузии материала точечного электрода под кожу (этот эффект наблюдался при электроде из серебра).

9. На отдельных аномальных точках кожной поверхности эффект переключения не был обнаружен.

Исследование четырех- и трехзондовым методом *дополнительно* показало, что [155]:

10. Нелинейные процессы в поведении *ВАХ* обусловлены электрическими свойствами объемов кожи под точечными электродами. Поэтому общий вид *ВАХ* практически не зависят от расстояния между электродами.

11. *ВАХ* живой ткани под кожей линейна.

12. Сопротивление ткани под кожей $R_T = r_n * L_{34}$, где r_n – сопротивление одного погонного сантиметра живой ткани под кожей; L_{34} – расстояние между электродами 3 и 4, см,

13. $r_n = (80-100)$ Ом/см (оценка справедлива только для предплечья руки).

14. *ВАХ* кожи под общим электродом, когда поверхность контакта с кожей достаточно велика и равна нескольким квадратным сантиметрам, всегда линейна, и угол ее наклона соответствует сопротивлению 3-5 кОм.

Коллективом сотрудников *В.Х. Шпунта* обнаружен ряд *новых*, неизвестных ранее *закономерностей* в электрических свойствах живой ткани [155]:

– впервые получены и исследованы динамические вольтамперные характеристики S- и N-типа кожи человека;

– при отрицательной полярности напряжения на коже при соответствующих пороговых значениях тока и напряжения осуществляется обратимой пробой;

– при положительной полярности напряжения электрический пробой не происходит даже при $V > V_{mn}$;

– обнаружены процессы диффузии серебра в кожу человека при переключении;

– выявлены новые характерные особенности точек акупунктуры, которые отличают их от точек плацебо, показано, что между точками акупунктуры имеется сильная внутренняя электрическая связь;

– показано, что в организме человека возможен еще один – безнервный – способ передачи информации, структурным элементом которого являются щелевые контакты;

– обнаружены эффекты памяти кожи человека на прохождение электрического тока.

Установлено *два типа* таких эффектов [155]:

1) местный эффект памяти заключается в изменении электрической проводимости кожи в месте воздействия электрическим током, и это изменение сохраняется в течение $10-10^3$ с;

2) общий эффект памяти заключается в том, что при локальном воздействии электрическим током происходит изменение проводимости кожи вне зоны воздействия, и это изменение может сохраняться в течение длительного времени (10^2-10^5 с).

Практическое применение в психофизиологических исследованиях электроразрядная фотография находит для определения уровня психоэмоциональной напряженности.

Для этого приспособление для съемки устанавливают на теле человека, предварительно измерив значение диэлектрической проницаемости поверхностного участка кожи и подобрав диэлектрическую проницаемость светопрозрачного основания съемочной камеры равной измеренному значению [156]. Толщину прозрачного электропроводящего слоя вычисляют по формуле: $d = d_0[1+0,15\varepsilon_k]$, где ε_k – измеренное значение диэлектрической проницаемости рабочего участка кожи; d_0 – начальная толщина покрытия, выбранная из условия равномерного свечения при минимальной интенсивности разряда, мм. Уровень эмоциональной напряженности определяют затем по характеру свечения, его специфике.

Коллективом сотрудников – наследников и продолжателей работ *С.Д. Кирлиан* под руководством *Н.В. Беломестных* [157] были проведены эксперименты по влиянию местного периферического кровообращения, центральной нервной системы, потоотделения, напряжения мышц, физического состояния рогового слоя кожи на *Кирлиан-изображения* подушек пальцев рук человека. Также получены опытные данные по оценке состояния растений при действии низких температур

В многочисленных опытах [157] были определены возможности метода электроразрядной фотографии в оценке слабых энергетических воздействий на организм человека, состояний оператора; получены изображения *БАТ* здоровых и больных людей, определены размеры этих точек, получены результаты по диагностике ряда заболеваний.

Для получения (визуального наблюдения или регистрации на фотоэмульсии) изображений объектов различной природы с помощью разряда в газе *Н.В. Беломестных* и *В.Ю. Самсыгин* [158] использовали:

- 1) газ низкого давления $10^{-2}-10^{-5}$ мм рт. ст. и межэлектродное расстояние 10-150 мм;
- 2) атмосферное давление и узкий газоразрядный промежуток 50-250 мкм.

При экспериментах во втором режиме использовали разряд, возникающий между плоскими электродами, а также скользящий разряд, образующий на фотоэмульсии засветку по периметру объекта – стримеры. Один или оба электрода были покрыты слоем диэлектрика [159].

Установлено [159], что при изменении функционального состояния биологического объекта меняется картина его изображения. Отмечена чувствительность разрядной

картины свечения живых объектов к действию на них различных физико-химических факторов [160-162].

Акульшин В.С. и Беломестных Н.В. [163, 164] ввели шестибальную систему качественной обработки негативов, а именно:

0 – отсутствие на негативе видимой границы руки оператора;

1 – наличие на негативе точечной границы руки;

2 – наличие на негативе точечной границы и единичных стримеров, формирующихся по периметру руки;

3 – наличие точечной границы и групповых стримеров, отдельно различимых;

4 – наличие сплошных отдельно различимых стримеров вокруг руки оператора;

5 – наличие плотной засветки, при которой стримеры отдельно не различаются.

В экспериментах [163] по бальной системе оценивали каждый негатив и определяли его средний балл.

С использованием скользящего разряда *Н.В. Беломестных и В.Ю. Самсыгиным* [158] проведены наблюдения над группой больных с диагнозами: церебральный арахноидит – 7 больных, остеохондроз – 11 больных, полиартрит – 9 больных, ишемическая болезнь сердца – 7 больных. Больные получили курс лечения лазерной терапией. В работе был использован гелий-неоновый лазер *ЛГ-75* с длиной волны излучения $0,63 \text{ мкм}$ и мощностью 10 мВт . Воздействие осуществляли в непрерывном режиме, время воздействия на одну биологически активную точку составляло 30 с . Облучению подвергались точки или зоны с измененными электрофизиологическими характеристиками. Фоновые исследования проводили перед началом лечения и затем до

процедуры и после ее окончания, а также в конце курса лечения. У больных фотографировали подушечки пальцев левой и правой руки путем наложения одновременно всех пальцев одной руки на электрод в трехкратной повторности. Использовали фотопленку *ФТ-41* чувствительностью $0,7 \text{ ед.}$, время экспозиции при фотографировании – 3 с , время проявления пленки – 1 мин , проявитель стандартный *СТ-1*.

Отмечены особенности структуры стримеров, образующихся вокруг пальцев, при различных заболеваниях по сравнению с нормой [158]. Получены резко выраженные изменения картин после воздействия лучом лазера в момент обострения болезни. Менее выражена реакция на воздействие вне обострения, особенно в конце курса лечения. У больных отмечено наличие качественно разной картины, получаемой с левой и правой руки, названной нами асимметрией. Наблюдения в динамике при проведении курса лечения показали, что асимметрия при полиартрите и церебральном арахноидите исчезает в среднем с шестой процедуры, а при остеохондрозе сохраняется.

В зависимости от тяжести остеохондроза наблюдали частичные изменения картины свечения на некоторых пальцах. Увеличение сплошности стримеров отмечено в среднем до $70\text{-}60\%$ при лечении остеохондроза, в случае с полиартритом при хорошей эффективности лечения эта характеристика достигает 100% значения. Наблюдали увеличение плотности засветки стримеров в динамике лечения с 1 по 5 процедуры при полиартрите, в дальнейшем эта характеристика не менялась. Отмечено увеличение длины стримеров с 1 по 5 процедуры при лечении церебрального арахноидита, а в дальнейшем уменьшение после воздействия [158].

В дальнейшем *Н.В. Беломестных и сопр.* [165] предложили расширить возможности метода *Кирлиан* с использованием других характеристик разряда. Учитывались: интегральная светимость объектов, а также спектральные характеристики объектов в разряде в видимой области излучения, радиочастотном и звуковом диапазонах. Одновременно производилась фотосъемка объекта и измерение импеданса объектов с помощью метода одиночного импульса. В цепи разряда осуществлялось измерение тока или напряжения зажигания.

С помощью *Кирлиан*-метода *Н.В. Беломестных* и *Е.Т. Зыряновой* [165] удалось увидеть биологически активные точки и зарегистрировать их на фотоматериале. В эксперименте эти точки предварительно были найдены из замеров сопротивления. Были получены изображения точек *чжубинь*, *цзяо-синь*, *инь-гу* меридиана почек здорового и больного человека (почечнокаменная болезнь). Отмечено, что у человека, занимающегося йогой, точки правильной округлой формы, имеют размеры в диаметре до 1,5 мм. У человека, считающего себя здоровым, точки имели форму круга с сегментами. У больного с почечнокаменной болезнью *БАТ* представляла собой уже не точку, а зону. Намечающаяся сегментность в точке здорового человека выражена у больного сформированными отдельными структурами. Зона имела размеры до 5-7 мм.

Полученные данные позволяют считать метод газоразрядной визуализации перспективным для объективизации эффективности слабых энергетических воздействий, а также для оценки функциональных состояний [158].

Основные представления об информативной значимости газоразрядных фотографий пальцев рук и ног человека (рис. 72, 73) были развиты в начале 70-х годов немецким

врачом *Путером Манделем* (г. Вислох, ФРГ). Он высказал предположение, что параметры свечения пальцев связаны с текущим состоянием акупунктурного канала, начальные или конечные точки которого находятся на этом пальце [84, 166, 167].

На основе данных по обследованию более чем 200000 пациентов *П. Мандель* составил карты топографической диагностики физиологического состояния по характеристикам свечения. Мандель назвал этот процесс топографией для энергетического диагноза конечных точек. Название выбрано им потому, что двадцать подушечек пальцев соответствуют стольким же конечным точкам меридианов в классическом иглоукалывании и такому же количеству точек, что используются при электроукалывании по *Р. Фоллю* (*Reinhard Voll*) [84, 166, 167].

Пример такой карты для мизинца руки приведен на рис. 72.

Диагностика и терапия, проведенная на тысячах больных, показала, что при использовании "энергетического диагноза конечных точек" по методу *П. Манделя* с помощью газоразрядных фотографий позволяет определять [166]:

- общее энергетическое состояние;
- терапевтические показания;
- наличие результата терапевтического воздействия;
- необходимость повторения такого воздействия.

П. Мандель предложил также классификацию физиологических типов по общему виду газоразрядных фотографий. Однако эту классификацию нельзя признать удовлетворительной [84]: *во-первых*, названия типов – эндокринный, токсический и дегенеративный – вызывают опреде-

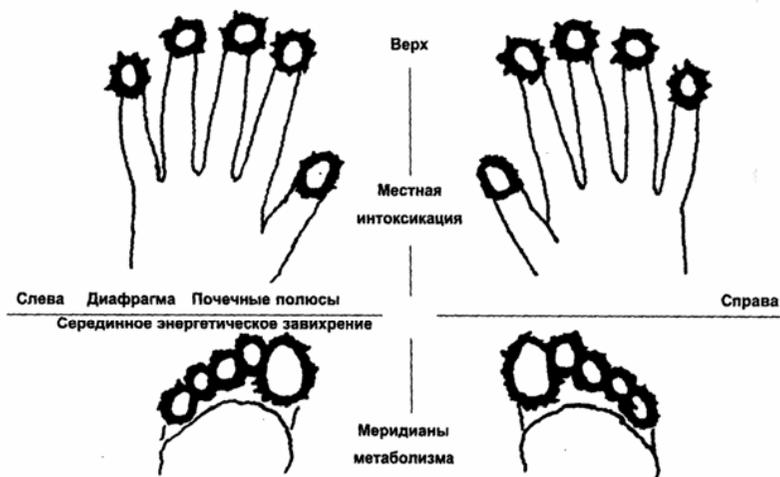


Рис. 72. Изображение подушечек пальцев по Питеру Манделю



Рис. 73. Электроразрядные изображения пальцев ног по Питеру Манделю

ленные ассоциации, никак не связанные с описываемым типом; во-вторых, практика показывает, что необходимо выделить как минимум четырех типов фотографий, а в ряде случаев и более. Поэтому К.Г. Коротков и С.К. Савельев [84] предложили обозначать различные типы буквами латинского алфавита – *K, R, L, N*, созвучными фамилии исследователей Кирлиан. Каждому из этих типов ставится в соответствие определенное психофизиологическое состояние организма пациента.

В работе К.Г. Короткова и С.К. Савельева [84] рассмотрена классификация информативных признаков "кирлиановских" изображений пальцев рук человека и определены основные системы координат для описания этих изображений. На рис. 74 приведена общая схема проведения эксперимента методом газоразрядной визуализации [84]. Для обработки данных в структуру комплексного биофизического эксперимента включена стадия автоматизированной количественной обработки изображений [84, 166]. Изображение (рис. 75) вводилось в ПЭВМ при помощи сканера или телекамеры.

Как правило, на фотоматериале запечатлеваются следы каналов электронно-ионных лавин коронной стадии скользящего поверхностного разряда в системе электродов острове – плоскость. Разряд может развиваться от поверхности практически любого объекта, помещенного в систему электродов [84].

Основные условия развития разряда: объект должен быть включен в цепь протекания электрического тока разряда, а вдоль поверхности диэлектрика, закрывающего один из электродов, создан продольный компонент электрического поля высокой напряженности. Развивающийся в

импульсе напряжения газовый разряд служит как бы усилителем сверхслабых эмиссионных процессов, протекающих на поверхности объекта, и в то же время поверхностное распределение разрядных каналов зависит от топографии электрофизических характеристик объекта. Фотография, фиксирующая изображение этого разряда, представляет собой сложную двумерную фигуру, геометрические параметры которой несут информацию о характеристиках объекта [84].

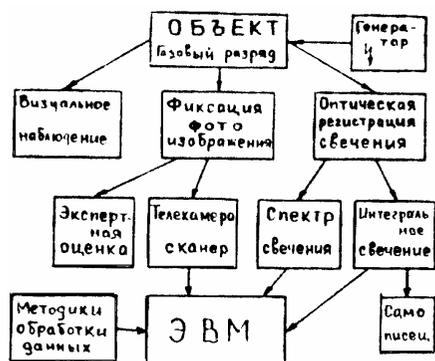


Рис. 74. Общая схема обработки информации при газоразрядной визуализации

Изображения *K-mun* [84] характеризуются плотной ровной короной, в идеале равномерно распределенной вокруг центрального овала, при этом каждый разрядный канал заканчивается характерным венчиком. Любые размытия, неоднородности, выбросы этой короны, а в особенности отдельно расположенные пятна, являются диагностиче-



Рис. 75. Пример карты Питера Манделя для оценки состояния по кирлиановским фотографиям

скими признаками и свидетельствуют о наличии воспалительного очага в конкретном органе или системе организма, определяемом в соответствии с картами *Манделя*. *K-mun* [84] присущ людям сангвинического типа, с устойчивой нервной системой, нормальной психикой. Такие люди в соответствии с восточными представлениями характеризуются равномерным распределением энергии по каналам. Величина короны пропорциональна силе энергетики человека и флуктуирует в соответствии с циркадными и энергетическими ритмами организма. Однако отмеченные выше феномены в *K*-типе являются устойчивыми признаками и воспроизводятся со 100%-ной повторяемостью.

R-mun излучения [84] характеризуется разорванным изображением на газоразрядных фотографиях, представляющим собой серию отдельных разрядных протуберанцев, хаотично распределенных вокруг центрального овала. На изображении этого типа гораздо сложнее выделить специфические феномены, коррелирующие с локализованным воспалительным процессом.

L-mun излучения [84] характеризуется либо полным отсутствием свечения пальцев, либо отдельными веерообразными выбросами. Излучение как бы блокируется организмом, прорываясь в отдельных точках. Подобные пациенты, как правило, характеризуются наличием выраженных патологических процессов и сильным угнетением всей энергетики, что может проявляться как на органном, так и на системном уровнях. Данный тип излучения встречается относительно редко.

N-mun излучения [84] на первый взгляд очень похож на *K-mun*, однако отличается неразветвленными, штриховыми каналами. Это отличие является принципиальным,

так как *N-tin* в основном присущ небиологическим объектам.

К.Г. Коротков [84] отмечает, что тот или иной тип излучения может характеризовать не всю картину излучения в целом, а отдельные ее сегменты, связанные с конкретными системами, как правило, носящими общефункциональный характер, например, нервной, лимфатической, эндокринной.

Приведенная выше классификация является основой для исследования энергоинформационных взаимодействий методом газоразрядной фотографии. Описанный в работе *К.Г. Короткова* и *С.К. Савельева* [84] подход определяет возможность количественной обработки изображений газоразрядной визуализации и соответственно включения этих изображений в практику научного эксперимента.

Почетный президент *Бразильской ассоциации кирлианогрaфии* ("*Associação Brasileira de Kirliangrafia*") профессор *Ньютона Милхоменс* в 1968 году на основе советской модели создал собственные модификации аппаратов для электроразрядной фотографии. За последующие 30 лет он разработал свой стандарт диагностики патологии внутренних органов. Метод *Ньютона Милхоменса* изложен в 6 монографиях, написанных на португальском языке (см. приложение б). В числе этих монографий: "*Fotos Kirlian - Como Interpretar*", "*O Modelo Energético do Homem*".

На рис. 76 приведены фотографии профессоров *Ньютона Милхоменса*, *Питера Манделя* и *Константина Короткова*. Пример диагностики по *Ньютону Милхоменсу* приведен на рис. 77.

Основываясь на представлениях *П. Манделя* о проекциях органов и систем в ауре пальцев рук и ног человека, в клинике Института клинической и экспериментальной ме-

дицины *СО АМН СССР* (г. Новосибирск, ныне Институт общей патологии и физиологии человека) был разработан и апробирован метод топической диагностики органов по высокочастотному свечению пальцев рук и ног. Это позволяло эффективно выявлять функциональные нарушения (до появления клинических признаков) и патологические процессы в органах и системах [145].



Рис. 76. Фотографии профессоров *Ньютона Милхоменса* (Бразилия), *Питера Манделя* (Германия), *Константина Короткова* (Россия)

Опыты *Н.К. Игнатьева* [145] показали, что для практически здоровых людей характерна высокая интенсивность свечения, целостность короны свечения, разветвленная форма стримеров. У лиц, имеющих функциональные и патологические нарушения в органах и системах, на высокочастотных фотографиях наблюдалось снижение интенсивности свечения, появление сегментной недостаточности, стрессовых колец, дегенеративных точек и других феноменов свечения.

После биоэнерговоздействия операторов-целителей на

пациентов, у последних повышалась интенсивность свечения разряда. Происходило значительное уменьшение либо исчезновение сегментной недостаточности и других феноменов свечения, что свидетельствует, вероятно, о восстановлении полевого энергетического статуса пациентов [145]. Положительные изменения в картине свечения сохранялись у пациентов спустя две недели (срок наблюдения) после 10-дневного цикла лечения.

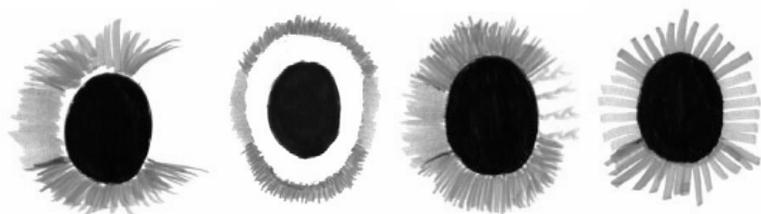


Рис. 77. Диагностика по Ньютону Милхоменсу

Состояние (слева направо): депрессия, эгоцентризм, восстановительный процесс, интоксикация [www.kirlian.com.br]

Аналогичные результаты были получены после 20-минутного внутривенного облучения крови пациентов светом гелий-неонового лазера ЛГН-111 [145]. Эффект энергетической "накачки" отмечался после каждого из 6 сеансов лазерной терапии больных ишемической болезнью сердца. Изменение картины свечения коррелировало с объективными клиническими и биохимическими показателями и субъективными ощущениями больных.

В серии экспериментов *Н.К. Игнатьева* [145] установлено, что психоэмоциональное напряжение, спонтанное или произвольно вызванное, коррелирует с характерным изменением картины свечения.

Опыты с использованием гипомагнитной камеры [145] со степенью экранировки 600 раз выявили изменения кар-

тины свечения. У одних людей (примерно 50%) отмечалось повышение интенсивности свечения и восстановление нормальной картины свечения; у других (40%), напротив, наблюдалось ухудшение картины свечения, причем выявлялись органы и системы, подверженные функциональному напряжению, в остальных (10%) случаях реакция не была отчетливо выражена.

На рис. 78 в качестве примера приведены полученные нами фотографии свечения пальцев рук шести человек, полученные методом электроразрядной визуализации.

В экспериментах, проводимых в *Казахском* госуниверситете (г. *Алма-Ата*) под руководством доктора биологических наук профессора *В.М. Инюшина* [168, 169], для оценки состояния биологических объектов использованы последовательно включенные генератор высокочастотного поля, газоразрядный безэлектродный индикатор поля токов высокой частоты, световод из диэлектрического (полимерного) материала, фотодетектор, усилитель постоянного тока и регистрирующий прибор.

При поднесении газоразрядного индикатора (лампы) к заземленному биологическому объекту возникает свечение, которое через световод подается на фотодетектор и последующие каскады [168, 169]. Было установлено, что интенсивность свечения лампы изменяется при приближении ее к разным участкам кожного покрова и напрямую зависит от состояния организма.

Принципиально новым и полезным свойством разработки [168, 169] является то, что параметры свечения не зависят от степени прижатия датчика к поверхности биологического объекта. Высокая стабильность свечения, по мнению авторов разработки, обусловлена постоянством

газового состава газа-наполнителя. Вместо световода может быть использован монохроматор.

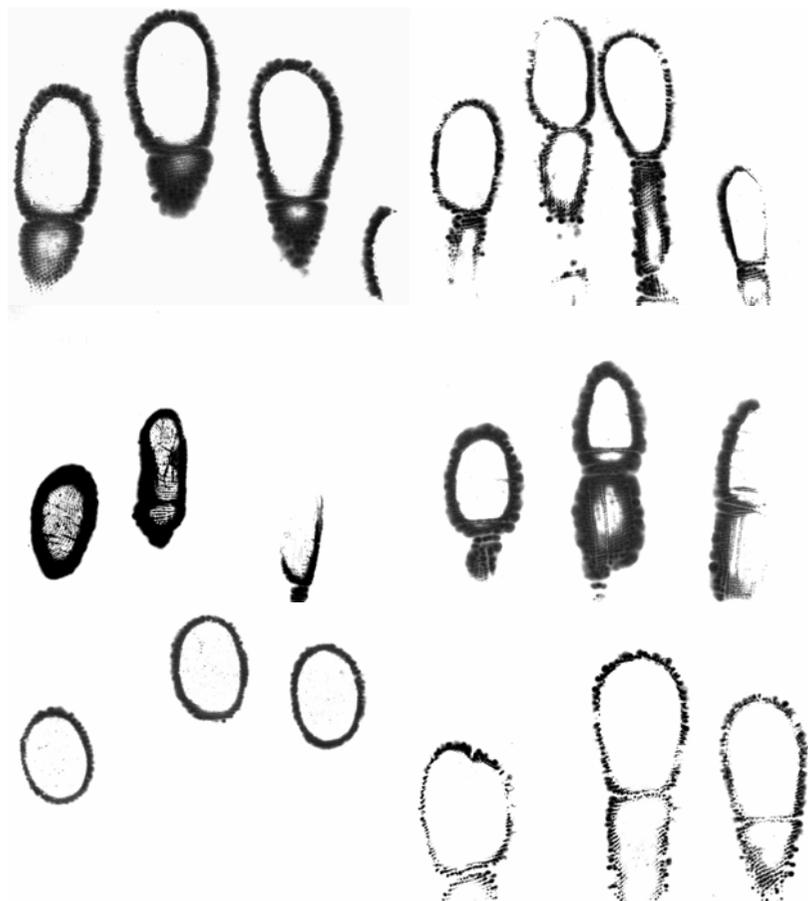


Рис. 78. Электроразрядные фотографии свечения пальцев рук

Похожего назначения установку, предназначенную для оперативного контроля утомления оператора в автома-

тизированных системах управления, создали в 1980 году в Институте технической кибернетики *АН БССР*. Для экспресс-оценки психофизиологического состояния человека достаточно было положить руку на газоразрядную камеру.

Достаточно оригинальный способ постфактум визуализации отпечатка пальцев руки в тлеющем разряде был защищен авторским свидетельством *СССР* № 1168198 [170]. Полимерный материал, несущий скрытый след руки, помещают в прикатодную (2 см от катода) область камеры, заполненной шестифтористой серой. К конденсаторной ячейке прикладывают напряжение, определяют напряжение пробоя (~1,6 кВ), по которому оценивают давление в камере порядка 80 Па, после чего это давление поддерживают на заданном уровне. Экспонирование материала производят в тлеющем газовом разряде при напряжении 2,4 кВ и токе 4 мА в течение 5 минут. После извлечения полимерной пленки следы хорошо видны невооруженным глазом.

При получении изображения тканей пародонта посредством токов высокой частоты [171] для обеспечения высокочастотного разряда между зубом или десной и приемной частью, были использованы конденсаторные обкладки и фотоматериалы. Конструкция крепилась на внутренней поверхности стоматологической оттисковой ложки. Оттисковая ложка с заполняющей ее массой были выполнены из диэлектрических материалов.

Для визуализации (наблюдения, фотографирования) кожного покрова при использовании низковольтного напряжения были предложены электролюминесцентные ячейки [172]. Ячейка была выполнена на основе стеклянной

пластинки-подложки, поверх которой были последовательно нанесены: прозрачный электрод PbO_2 , слой люминофора – ZnS , полупроводниковый слой In_2S_3 толщиной 100 нм. К полупроводниковому слою In_2S_3 прикладывают объект съемки (палец). К прозрачному электроду и пальцу подключают переменное напряжение амплитудой 30 В и частотой 20 кГц. В результате протекания электрического тока и возникающих микрозарядов люминофор светится. Визуальное наблюдение свечения и фотосъемку узоров папиллярных линий наблюдают со стороны стеклянной подложки.

Для повышения яркости свечения на 50% взамен слоя In_2S_3 используют Cu_2S толщиной 10 нм, а частоту переменного тока регулируют (подбирают) в пределах 200 Гц...200 кГц [173].

Электроразрядную фотографию можно применять в онкологии – для диагностики злокачественных опухолей. В 1969 году хирург, профессор *Р.С. Степанов* и *С.Д. Кирлиан* обнаружили, что электроразрядные изображения здоровой и пораженной злокачественной опухолью ткани заметно отличаются [22].

В октябре 1987 г. в бразильском журнале "*Revista do Hospital das Forças Armadas*" была опубликована статья "*Кирлианографическая диагностика онкологических заболеваний*".

Альфред Бенджамин (США) для диагностики злокачественных опухолей использовал ячейку, состоящую из металлического электрода, диэлектрического покрытия, на которое была наложена черная бумага и стеклянная пластинка. Поверх с помощью шприца наносился тонкий слой жидкого кристалла. Палец испытуемого накладывался прямо на стеклянную пластинку с жидким кристаллом. У

пациентов, имеющих злокачественные опухоли, по сравнению со здоровыми людьми наблюдаются резкие изменения в цвете, величине короны и в структуре поля.

Иоанн Думитреску (Румыния), диагностирует некоторые злокачественные опухоли, делая «высокочастотные» снимки точек акупунктуры. Для сравнения: у здоровых людей эти точки себя в этом смысле никак не проявляют [22].

В 1982 г. *В. Мангана* и *Н. Захариади* (Греция) использовали «высокочастотную» фотографию для ранней диагностики психических заболеваний [22].

При съемке электрических зарядов различных участков кожи на цветную фотопленку, она будет по-разному засвечена. Например, в зоне сердца отпечаток окрасится в интенсивный синий цвет, предплечья – в зеленовато-голубой, бедра – в оливковый. В равных условиях съемки присущий каждому участку цвет повторяется. Но при внезапных эмоциональных переживаниях (боль, страх) цвет зоны на «высокочастотной» фотографии изменяется [22], что может быть использовано для индикации уровня психоэмоциональной напряженности и для диагностики патологии внутренних органов.

Г. Рудакова и *Л. Кукуй* (Инженерный медико-биологический центр) получили очень важные данные при исследовании фигур *Лихтенберга* на пробах крови больных на разных стадиях выздоровления после острого инфаркта миокарда. По мере того как состояние пациента улучшалось, разрастались и фигуры, их параметры резко менялись в сторону увеличения. По свечению определяется также степень биологической активности лекарств, можно узнать об их пригодности, например, после длительного хранения [174]

Кандидат биологических наук *П. Гаряев* (Институт химической физики *РАН*) обнаружил, что их свечение листьев растений можно получить и без газового разряда. Нет необходимости использовать электроды, высокочастотные генераторы – лист растения с удаленными фрагментами необходимо поместить на фотопластинку, которая применяется при ядерных исследованиях, и продержать на ней несколько дней. Она засвечивается слабым излучением растительной ткани, а в зоне выреза возникают даже четкие фантомные изображения жилок [174].

Кандидат сельскохозяйственных наук *Б. Марченко* (*Брянский* технологический институт) с помощью метода газоразрядной визуализации определяет степень взаимного влияния деревьев разных пород в лесной чаще. Моделью лесонасаждения служат их побеги, расположенные на расстояниях, которые удобны для получения кирлиановского снимка, но пропорциональны тем же, что и между деревьями. Таким способом и изучаются их взаимные дистантные влияния, реализуемые через излучения [174].

ГЛАВА 8. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫХ МЕТОДОВ

Достаточно мало распространенный метод электроискровой (электротермический) регистрации информации обеспечивает получение факсимильных копий на специальных материалах под действием электрического сигнала, сила тока которого пропорциональна оптической плотности оригинала [175]. В электроискровых аппаратах основой узла записи является игла. При подаче на нее электрического сигнала между иглой и барабаном – держателем материала для копии возникает искровой разряд, с помощью

которого на этом материале и воспроизводится изображение. Происходящая в этих материалах электротермическая реакция приводит к образованию почернения с оптической плотностью, соответствующей оригиналу. Полученная копия является позитивной, она имеет масштаб оригинала и не требует фотохимической обработки. При электротермическом (электроискровом) методе записи применяются специальная электротермическая бумага и электроротапленка.

Электротермическая бумага *ЭТБ* имеет трехслойную структуру: верхний слой – светло-серый, близкий по своим свойствам к диэлектрикам, средний имеет темный цвет и состоит из графита с хорошей электропроводностью, а нижний – бумажная основа. Прикладываемое к такой бумаге высокое напряжение вызывает пробой верхнего слоя, а происходящая при этом электротермическая реакция приводит к образованию почернения с оптической плотностью, пропорциональной силе тока, поданного на записывающую головку. Электротермическая бумага типа *ЭТБ-2* толщиной $8 \cdot 10^{-5}$ м имеет разрешающую способность до 7 линий/мм [175].

В электроротапленках «*Искра-1*» и «*Искра-2*» и им подобных материалах в местах разряда остаются отверстия, копирующие изображение на оригинале. Регистрирующий материал представляет собой однослойную пленку, плотно прикатанную к бумажной подложке с электропроводящим слоем, и применяется для получения трафаретных и офсетных печатных форм, а также копий на обычной бумаге или кальке.

При помощи электрического поля коронного разряда на поверхности керамических изделий может быть создано изображение из покрывного слоя стекла. Процесс осуществ-

вляется путем зарядки частиц глазури потоком ионов короны и последующего осаждения их на поверхности изделий силами поля. Слой глазури закрепляется отжигом, или, если осаждаются расплавленные частицы глазури, охлаждением [176].

Электроразрядный (электроискровой) метод используют также для электроэрозионной обработки поверхности материалов и изделий. Для получения высокого напряжения используют зависимые релаксационные или высокочастотные тиратронные генераторы импульсов, вырабатывающие несимметричные знакопеременные импульсы напряжения продолжительностью менее 0,1 мс при скважности более 10. Мощность генераторов – от десятков Вт до нескольких кВт [89, Т. 4].

Перечислим вкратце не описанные выше возможные области использования электроразрядной фотографии [22, 23]:

- диагностика минералов и горных пород: в экспериментах *В.И. Михалевского* и *Г.С. Франтова* (г. Ленинград) установлено, что изображения медно-никелевой и магнетитовой руд имеют четкие различия, что позволяет использовать метод газоразрядной фотографии в геологии для экспресс-анализа образцов [22];
- криминалистическая экспертиза машинописного или рукописного текста на предмет выявления различного рода подчисток, приписок, допечаток текста, в том числе, если они выполнены на одной и той же пишущей машинке, но с различной силой удара; восстановление вытравленных записей даже тогда, когда они замаскированы химически индифферентными

красителями – эксперименты *А.Ф. Аубакирова* (г. Алма-Ата) [22];

- контроль распределения магнитного поля у поверхности объекта с использованием вакуумной колбы с люминесцентным экраном и днищем, выполненным из немагнитной пластины, армированной стержнями из магнитомягкого материала. На поверхность пластины наносится магнитный порошок, который распределяется в соответствии с напряженностью магнитного поля. С обратной стороны исследуемого объекта-электрода находится источник упругих колебаний (ультразвуковой пьезопреобразователь), позволяющий достигать более полного соответствия распределений магнитного порошка и напряженности магнитного поля у поверхности объекта исследований. Такая колба позволяет получать увеличенные электроразрядные изображения распределения магнитного поля [23];
- обнаружение микротрещин с шириной раскрытия более 0,1 мм и микронеровностей того же порядка на внутренней поверхности осесимметричных отверстий и труб диаметром 5-7 мм, что позволит получать полную топографию дефекта на внутренней поверхности отверстий и труб малого диаметра, спрогнозировать их разрушение, определить рельеф стыковочных отверстий и произвести паспортизацию контроля [23].
- контроль сплошности магнитно-жидкостного звукопровода при ультразвуковой контактной дефектоскопии [23].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, из проведенного рассмотрения и нашего скромного опыта использования газоразрядной фотографии можно сделать следующие выводы:

1. Хотя метод газоразрядной фотографии известен давно (свыше *ста* лет), тем не менее он не получил широкого распространения. Для этого есть несколько объяснений. Метод достаточно громоздок в исполнении, для его реализации необходима разработка специальной аппаратуры. Существуют определенные трудности и в однозначной интерпретации некоторых полученных результатов. Однако выпуск и внедрение новых полупроводниковых элементов в значительной мере упрощает решение задачи аппаратного обеспечения метода.
2. Метод применим для исследований объектов как живой, так и неживой природы. В частности, он может быть использован для проверки качества промышленных изделий и при диагностике в медицине или биологии. Широкому внедрению метода в обоих случаях препятствует недостаточный опыт его применения.
3. Довольно поверхностно изучены физико-химические процессы, лежащие в основе метода газоразрядной фотографии. Не исследованы ни динамика

роста электронных лавин, ни условия их формирования, ни состав газовой смеси, образующейся в межэлектродном пространстве. Полностью отсутствует какая-либо информация о характеристиках разряда. Все это ограничивает возможности практического использования метода газоразрядной фотографии.

4. Необходимо продолжение исследований, направленных на улучшение четкости изображения с учетом физико-химических процессов, протекающих в разряде малых промежутков. Нужна разработка и внедрение системы визуального и автоматизированного контроля изображения, ПЭВМ-методов ее однозначной интерпретации.
5. Метод нуждается в дальнейшем изучении и развитии. В частности, желательно привлечение современного математического аппарата для более полного описания физико-химических процессов, лежащих в основе реализации метода с тем, чтобы более полно выяснить его потенциал.

В заключение мы надеемся, что в результате наших представлений метода газоразрядной фотографии и описания способов его реализации на практике у читателей возникнет желание модернизировать метод в целях его совершенствования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Tesla N.* Phenomena of alternating current of very high frequency // *Electrical World*. – 1891. – V. 12. – № 8.
2. *Tesla N.* Experiments with alternate currents of high potential and high frequency // *J. Amer. Instn. Electr. Engng.* – 1892. – Febr.
3. *Родионов В.М.* История радиопередающих устройств. – М.: Наука, 1969. – 212 с.
4. U.S. Patent 454622 / *N. Tesla*. – 25 April, 1891.
5. *Цверева Г.К.* Никола Тесла. – Л.: Наука, 1974. – 212 с.
6. *Ржонсницкий Б.* Никола Тесла. – М.: Молодая гвардия. – 1959. – 222 с.
7. *Веселовский О.Н., Шнейберг Я.А.* Очерки из истории электротехники. – М.: МЭИ, 1993. – 252 с.
8. *Bouwers Dr.A.* Elektrische Höchstspannungen. – Berlin: Verlag von *Julius Springer*, 1939. – 334 s.
9. U.S. Patent 500630 / *E. Thomson*. – 18 July, 1892.
10. *Thomson E.* Dynamical induction at high potential and frequency // *Electr. Rev.* – 1892. – V. 30.
11. The *GSP Multimedia Encyclopedia. CD-ROM-Versia 1.24*, 1996. – 614 Mb.
12. U.S. Patent 514168 / *N. Tesla*. – Заявлен 02.08.1893. Оpubл. 06.02.1894.
13. U.S. Patent 568180 / *N. Tesla*. – Оpubл. 22.09.1896.
14. Brit. Patent 20981 / *N. Tesla*. – 1896.
15. *Braun F.* Über die Erregung stehender elektrischer Drahtwellen durch Entladung von Kondensatoren // *Ann. Phys.* – 1902. – Bd. 8.
16. *Tesla N.* On light and other high frequency phenomena. A lecture // *La Lumière élect.* – 1893. – V. 49. – P. 340.
17. *Ливенсон А.Р.* Электромедицинская аппаратура. – М.: Медицина, 1981. – 344 с.
18. *Гавинский Ю.В.* Ультратонотерапия. – Бийск, 1993. – 72 с.
19. *Грыбкоўскі В.П., Гапоненка В.А., Кісялёў У.М.* Прафесар электраграфіі і магнетызму: *Якуб Наркевіч-Ёдка*. – Мінск: Навука і тэхніка, 1988. – 70 с.
20. *Decrespe M.* La vie et les oeuvres de *M. De Narkiewicz-Iodko*. – Paris: *Chamuel* Editeur, 1896.
21. *Ермолаев В.А., Похолков Ю.П., Шустов М.А., Исмаилова О.Л., Азикова Г.И., Руднев С. В.* Радиогрaфия и радиогрaфические ячейки. – Томск: Изд. РИО "Пресс-Интеграл" ЦПК ЖК, 1997. – 224 с.
22. *Адаменко В.Г.* Сто лет спустя... // *Техника-молодежи*. – 1983. – № 11. – С. 49-52.
23. *Кожаринов В.В., Зацепин Н.Н., Домород Н.Е.* Электро-разрядный метод визуализации. – Минск: Навука и тэхніка, 1986. – 134 с.
24. *Спивак Г.В., Лукацкая Р.А.* О втором предельном случае электронной оптики // *ДАН СССР. Сер. физика*. – 1948. – № 3. – С. 375-378; Электронно-оптические эффекты при атмосферном давлении // *Вестн. Моск. ун-та*. – 1948. – № 4. – С. 37-46.
25. *Спивак Г.В., Столярова Е.Л.* Электронно-оптические эффекты при развитии плазмы // *Журн. техн. физики*. – 1948. – Т. 18. – № 3. – С. 279-288.
26. *Спивак Г.В., Лукацкая Р.А.* Электронная микроскопия малого увеличения при наличии газа атмосферного и пониженного давления // *Изв. АН СССР. Сер. физика*. – 1951. – Т. 15. – № 4. – С. 434.
27. *Адаменко В.Г.* Исследование механизма формирования изображений, получаемых с помощью высокочастотного электрического разряда. Дисс... канд. физ.-мат. наук // *Минск*, 1975. – 140 с.

28. *Кожаринов В.В.* Исследование электроразрядного метода визуализации и разработка средств неразрушающего контроля материалов и изделий. Дисс... канд. техн. наук // Минск, 1982. – 222 с.
29. *Коротков К.Г.* Исследование физических процессов, протекающих при газоразрядной визуализации объектов различной природы. Автореф. дисс. ... канд. физ.-мат. наук // Л., ЛПИ, 1982.
30. А. с. 167914 СССР. МКИ H05G, НКИ 21g. Аппарат для физиотерапевтического лечения / *Д.А. Синицкий* // Открытия. Изобретения. – 1965. – № 3. – С. 36.
31. А. с. 614796 СССР. МКИ A61N 1/06. Способ лечения гнойно-воспалительных заболеваний / *Д.А. Синицкий* // Открытия. Изобретения. – 1978. – № 26.
32. *Шустов М.А.* Генератор для получения "кирлиановских" фотографий // Радиолобитель. – 1991. – № 9. – С. 14.
33. *Шустов М.А.* Аппараты для ультратоновой терапии // Радиолобитель. – 1998. – № 7. – С. 23-24.
34. *Протасевич Е.Т.* Словарь - справочник по физике и диагностике газового разряда. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 1999. – 82 с.
35. *Райзер Ю.П.* Физика газового разряда. – М.: Наука, 1992. – 536 с.
36. *Гинзбург В.Л.* Распространение электромагнитных волн в плазме. – М.: Наука, 1967. – 684 с.
37. *Баньковский Н.Г., Коротков К.Г., Петров Н.Н.* Физические процессы формирования изображений при газоразрядной визуализации («эффекте Кирлиан») // Радиотехника и электроника. – 1986. – Т. 31. – № 4. – С. 625-643.
38. *Зотов В.М., Зотов Н.М.* Основные причины возникновения разряда в малых газовых промежутках // Журн. техн. физики. – 1980. – Т. 50, вып. 4. – С. 716-719.
39. *Ретер Г.* Электронные лавины и пробой в газах. – М.: Мир, 1968. – 208.
40. *Чернышов В.А., Пантюхов С.Т., Позднякова С.А. и др.* Усиление автоэлектронной эмиссии с холодного катода во влажной среде. – В кн.: Электрофизические свойства диэлектриков. – Смоленск, 1975. – С. 35-38.
41. *Протасевич Е.Т.* Холодная неравновесная плазма газового разряда // Теплофизика высоких температур. – 1989. – Т. 27, вып. 6. – С. 1206-1218.
42. *Protasevich E.T.* Cold nonequilibrium plasma. Generation, Properties, Application. – Cambridge: Cambridge Intern. Science Publishing, 1999. – 280 p.
43. *Русанов В.Д., Фридман А.А., Шолин Г.В.* Физика химически активной плазмы с неравновесным колебательным возбуждением молекул // Успехи физических наук. – 1981. – Т. 134, вып. 2. – С. 185-235.
44. *Opalinski J.* Kirlian-type images and the transport of thin-film materials in high-voltage corona discharges // J. Appl. Phys. – 1979. – Vol. 50. – № 1. – P. 498-504.
45. *Григорьев В.П., Протасевич Е.Т.* Использование электромагнитного излучения и плазмы для решения экологических проблем. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 1998. – 204 с.
46. *Рубин Л.Р.* Физические методы исследования и лечения в стоматологии. – М.: Медгиз, 1955. – 253 с.
47. А. с. 1102612 СССР. МКИ A61N 1/32. Устройство для местной дарсонвализации / *Б.Г. Гурьянов* // Открытия. Изобретения. – 1984. – № 26.

48. А. с. 1143427 СССР. МКИ А61N 1/32. Устройство для местной дарсонвализации / Б.Г. Гурьянов // Открытия. Изобретения. – 1985. – № 9.
49. А. с. 1153929 СССР. МКИ А61N 1/32. Устройство для дарсонвализации / Б.Г. Гурьянов // Открытия. Изобретения. – 1985. – № 17.
50. Самойликов К. Искровой течеискатель // Радио. – 1954. – № 1. – С. 45.
51. Александров Н.Г., Прохоров В.А., Чмутов К.В. Современные электронные приборы и схемы в физико-химическом исследовании. – М.: Химия, 1971. – 496 с.
52. Станкевич А., Михайленко В., Назаренко Н. ВЧ - искровой дефектоскоп // Радио. – 1973. – № 1. – С. 25.
53. Силиньш Ю.А. Искровой течеискатель // Приборы и техника эксперимента. – 1975. – № 5. – С. 242-243.
54. Аппарат для воздействия токами надтональной частоты "ТОН". Паспорт. – Саранск: Завод "Лайме".
55. Информационный листок / Томск. межотрасл. террит. центр НТИ и пропаганды. Томск, 1987. – 122-87: Искровой течеискатель / Сост. М.А. Шустов. – [4] с.
56. Информационный листок / Томск. межотрасл. террит. центр НТИ и пропаганды. Томск, 1987. – 74-87: Устройство для съемки объектов в поле токов высокой частоты / Сост. М.А. Шустов. – [4] с.
57. Шустов М.А. Электронные ловители радиоактивной пыли // Радиолобитель. – 1993. – № 8. – С. 16-17; 1994. – № 9. – С. 16-17.
58. Информационный листок / Томск. межотрасл. террит. центр НТИ и пропаганды. Томск, 1990. – 245-90: Высокочастотный генератор для получения фотографий по методу "Кирлиан" / Сост. М.А. Шустов. – [4] с.
59. Фрейлих В.М., Гавинский Ю.В. Зональная и пунктирная ультратонотерапия. Практическое пособие. – Барнаул: АГМУ, 1997. – 67 с.
60. Викторов В.А. Аппарат для лечения током надтональной частоты ТНЧ-10-1 «Ультратон». – Проспект ЦБНТИ "Медпром". – М.: Наука, 1981. – 8 с.
61. АООТ "Алтайский приборостроительный завод "РОТОР". Физиотерапевтический аппарат "Ультратон-АМП-2 ИНТ". Руководство по эксплуатации АМП 151.000 РЭ, 1996. – 24 с.
62. Молотов П.Е., Медников М.А. Высоковольтные модулированные униполярные генераторы. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1974. – 168 с.
63. Шинкаренко В. Высоковольтный блок питания // Радиолобитель. – 1999. – № 6. – С. 25.
64. Горошков Б.И. Радиоэлектронные устройства: Справочник. – М.: Радио и связь, 1985. – 500 с.
65. Шульгин О.А., Шульгина И.Б., Воробьев А.Б. Справочник по полупроводниковым приборам. Справочник на компакт-диске. Т. 1. Справочник по отечественным и зарубежным полупроводниковым приборам: транзисторам, тиристорам, диодам, оптоэлектронным приборам'98. – Version 1.01. – М.: Laser Art, 1997. – 530 Мб.
66. Кантор В.М. О расчете схем выпрямителей с умножением напряжения // Радиотехника. – 1960. – № 5.
67. Векслер Г.С. Расчет электропитающих устройств. – Киев: Техніка, 1978. – 208 с.
68. А. с. 1715316 СССР. МКИ А61В 5/16. Устройство для психофизиологических исследований / С.Ф. Романий, В.В. Бурманов // Открытия. Изобретения. – 1992 – № 8.
69. Романий С.Ф., Беломестных Н.В. Прибор по методу Кирлиан // Нетрадиционные виды энергетики и про-

- блемы энергоинверсии: Регион. научно-теорет. конф.: Тез. докл. – *Краснодар*, 1989. – С. 72-75.
70. А. с. 1228003 СССР. Способ исследования поверхности образцов полупроводниковых и диэлектрических материалов / *В.А. Ермолаев, С.В. Руднев*. – Заявлено 04.06.1984; Опубл. 30.04.1986 // Открытия. Изобретения. – 1986. – № 16.
71. Заявка *Японии* 1-38500. МКИ А61В 5/10. Устройство для воспроизведения следа ноги / 15 авг. 1989.
72. А. с. 106401 СССР. НКИ 57b, 12a. Способ получения фотографических снимков различного рода объектов / *С.Д. Кирлиан* // Открытия. Изобретения. – 1957. – № 6. – С. 115.
73. А. с. 108099 СССР. НКИ 57b, 12₀₁. Способ получения фотографических снимков различного рода объектов по А. с. 106401 / *С.Д. Кирлиан, В.Х. Кирлиан* // Открытия. Изобретения. – 1957. – № 8. – С. 102.
74. А. с. 108088 СССР. НКИ 57b, 12₀₁. Конденсаторная обкладка для осуществления способа по А. с. 106401 / *С.Д. Кирлиан* // Открытия. Изобретения. – 1957. – № 8. – С. 101-102.
75. А. с. 108090 СССР. НКИ 57b, 12₀₁. Конденсаторная обкладка для осуществления способа по А. с. 106401 / *С.Д. Кирлиан* // Открытия. Изобретения. – 1957. – № 8. – С. 102.
76. А. с. 108092 СССР. НКИ 57b, 12₀₁. Способ получения фотографических снимков различного рода объектов по А. с. 106401 / *С.Д. Кирлиан* // Открытия. Изобретения. – 1957. – № 8. – С. 102.
77. А. с. 118135 СССР. НКИ 57b, 12₀₃. Способ получения фотографических снимков различного рода объектов по А. с. 106401 / *С.Д. Кирлиан* // Открытия. Изобретения. – 1959. – № 4. – С. 55-56.
78. А. с. 125850 СССР. НКИ 21g, 37₀₁. Устройство для получения увеличенных изображений / *С.Д. Кирлиан, В.Х. Кирлиан* // Открытия. Изобретения. – 1960. – № 3. – С. 20.
79. А. с. 581450 СССР. МКИ G03B 41/00. Устройство для фотографирования объектов / *А.Д. Кравцов, Е.Н. Перепелкин, А.К. Петровский* // Открытия. Изобретения. – 1977. – № 43. – С. 118-119.
80. А. с. 787979 СССР. МКИ G01N 27/84, G01R 33/12. Устройство для визуализации магнитного рельефа на поверхности объекта по А. с. 634185 / *В.В. Кожаринов, Е.Н. Перепелкин, А.Г. Довгялло* // Открытия. Изобретения. – 1980. – № 46. – С. 211.
81. А. с. 1096602 СССР. МКИ G03G 17/00. Устройство для высокочастотного фотографирования электрических неоднородностей объектов с гладкой поверхностью / *А.В. Дубина, Н.Е. Домород, В.В. Кожаринов* // Открытия. Изобретения. – 1984. – № 21. – С. 145.
82. *Коротков К.Г., Хмыров С.В.* Фотографирование поверхности твердого тела посредством газового разряда при атмосферном давлении // Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр. – 1982. – Т. 27, вып. 2. – С. 131-134.
83. А. с. 1664286 СССР. МКИ А61В 5/16. Устройство для регистрации газоразрядного свечения биологических объектов / *К.Г. Коротков, Н.Д. Кожевников* // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 27.
84. *Коротков К.Г., Савельев С.К.* Энергоинформационные характеристики кирлиановских фотографий // Известия вузов. Сер. Приборостроение. – 1993. – Т. 36. – № 6. – С. 37-42.

85. А. с. 1690678 СССР. МКИ А61В 5/05. Способ регистрации при исследовании по методу Кирлиан / Л.Н. Баукина, Л.А. Всеволожский // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 42.
86. Шеметило И.Г., Воробьев М.Г. Современные методы электро- и светолечения. – Л.: Медицина, 1980. – 200 с.
87. Кноль М., Эйхмейер И. Техническая электроника. Т. 1. Физические основы электроники. Вакуумная техника. – М.: Энергия, 1971. – 472 с.
88. Петров Ю.П., Манаевский М.А. Прозрачные электропроводные покрытия из высокодисперсных окислов металлов // Приборы и техника эксперимента. – 1978. – № 1. – С. 226-228.
89. Автоматизация производства и промышленная электроника. В 4-х т. Гл. ред. А.И. Берг, В.А. Трапезников. – Т. 1. – М.: Советская энциклопедия, 1962. – 524 с.
90. Капцов Н.А. Электрические явления в газах и вакууме. 2 изд., – М.-Л., 1950.
91. Власов В.Ф. Электронные и ионные приборы. – М., 1960.
92. Грызлов А.Ф. Справочник связиста. – М.: Высшая школа, 1985. – 168 с.
93. Вишневский А.И., Руденко В.С., Платонов А.П. Силовые ионные и полупроводниковые приборы. – М.: Высшая школа, 1975. – 343 с.
94. Замятин В.Я., Кондратьев Б.В., Петухов В.М. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник. – М.: Радио и связь, 1988. – 576 с.
95. Григорьев О.П., Замятин В.Я., Кондратьев Б.В., Пожидаев С.Л. Тиристоры: Справочник. – М.: Радио и связь, 1990. – 272 с.

96. Чебовский О.Г., Моисеев Л.Г., Сахаров Ю.В. Силовые полупроводниковые приборы. Справочник. – М.: Энергия, 1985. – 400 с.
97. Информационный листок / Томск. межотрасл. террит. центр НТИ и пропаганды. Томск, 1988. – 122-88: Индикатор электрических и магнитных полей / Сост. М.А. Шустов. – [4] с.
98. Информационный листок / Томск. межотрасл. террит. центр НТИ и пропаганды. Томск, 1989. – 242-89: Компактные индикаторы электрических полей / Сост. М.А. Шустов. – [4] с.
99. Информационный листок / Томск. межотрасл. террит. центр НТИ и пропаганды. Томск, 1987. – 68-87: Пороговый индикатор переменного электрического поля / Сост. М.А. Шустов. – [2] с.
100. Информационный листок / Томск. межотрасл. террит. центр НТИ и пропаганды. Томск, 1988. – 188-88: Генераторы на микросхемах К122ТЛ1, К122УД1 и К284УЭ1А / Сост. М.А. Шустов. – [4] с.
101. Шустов М.А. Индикатор электрического поля // Радиолобитель. – 1992. – № 3. – С. 37.
102. Шустов М.А. Индикаторы "фазы" на современной элементной базе // Радиолобитель. – 1995. – № 3. – С. 26-27.
103. Шустов М.А., Шустов А.М. Безбатарейный светодиодный индикатор фазы // Автоматика, телемеханика и связь. – 1998. – № 4. – С. 39.
104. Schustow M.A., Schustow A.M. LED-Spannungsindikator ohne Batterie // Funkamateuer. – 1997. – Bd. 46. – H. 11. – S. 1313.
105. Шустов М.А. Генераторы импульсов на аналогах инжекционно-полевых транзисторов // Радиолобитель. – 1997. – № 4. – С. 33-34.

106. *Шустов М.А., Шустов А.М.* Светозвуковой индикатор фазы // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1998. – № 4. – С. 23.
107. *Цаков М.* Электронен ключ с интегралната схема 4066 // Радио, телевизия, електроника. – 1990. – № 2. – С. 18.
108. *Шустов М.А.* Автовключатель нагрузки // Радиолюбитель. – 1999. – № 5. – С. 30. *Shustov M.A.* Automatic load switch and timer // Electronics World. – 1999. – Vol. 105. – № 9 (1761). – P. 776.
109. *Шустов М.А., Захаров Ю.А.* Светочувствительность фотографических систем // Журн. научн. и прикладн. фотогр. и кинематогр. – 1979. – Т. 24, вып. 4. – С. 299-301.
110. *Шустов М.А., Захаров Ю.А.* Связь закона взаимозаменяемости с производением $H\Phi_{\phi}$ // Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр. – 1979. – Т. 24, вып. 6 – С. 450-452.
111. *Шустов М.А., Захаров Ю.А.* Взаимосвязь некоторых характеристик фотораспада неорганических соединений // Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр. – 1985. – Т. 30, вып. 1. – С. 24-27.
112. *Dakin H.S.* High-Voltage Photography. – San-Francisco, 1975. – 79 p.
113. *Давыдкин И.М., Ломаченкова Т.А.* Разрешающая способность и частотно-контрастные характеристики фотографических материалов в $УФ$ - области спектра // Ж. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр. – 1981. – Т. 26, вып. 1. – С. 58-60.
114. *Лейбзон С.А., Уварова В.М., Барцевский Б.У., Шеберстов В.И., Шпольский М.Р.* Зависимость светочувствительности фотопленок от температуры при экспонировании $УФ$ - излучением // Ж.научн.и прикл. фотогр. и кинематогр. – 1973. – Т.18, вып. 6. – С. 469-471.
115. *Журба Ю.И.* Краткий справочник по фотографическим процессам и материалам. – М.: Искусство, 1990. – 352 с.
116. *Гурлев Д.С.* Справочник по фотографии (фотосъемка). – Киев: Тэхника, 1989. – 319 с.; (Светотехника и материалы), 1986. – 368 с.; (Обработка фотоматериалов), 1988. – 335 с.
117. Краткий справочник фотолобителя / Сост. и общ. ред. *Н.Д. Панфилова и А.А. Фомина.* – М.: Искусство, 1987. – 368 с.
118. Фотокинетика. Энциклопедия. Под ред. *Е.А. Иофиса.* – М.: Советская энциклопедия, 1981.
119. *Веденов А.Н.* Малоформатная фотография. – Л.: Лениздат, 1959. – 687 с.
120. *Фомин А.В.* Общий курс фотографии. – М.: Легкая индустрия, 1975. – 312 с.
121. *Бунимович Д., Фомин А.В.* Справочник фотографа. – М.: Легкая индустрия, 1970.
122. *Гороховский Ю.Н., Баранов В.* Свойства черно-белых фотографических пленок. Сенситометрический справочник. – М.: Наука, 1970.
123. *Иофис Е.А.* Кинофотопроцессы и материалы. – М.: Искусство, 1980.
124. *Крауш Л.* Фотографические материалы. – М.: Искусство, 1971.
125. *Мик Дж., Крэгс Дж.* Электрический пробой в газах. – М.: ГИИЛ, 1960 – 605 с.
126. *Лойко Т.В.* Регистрация энергичных электронов при электрических разрядах микросекундной длительности в воздухе атмосферной плотности // Журн. техн. физики. – 1980. – № 2. – С. 392-393.
127. *Boyers D., Tiller W.* Corona discharge Photography // J. Appl. Phys. – 1973. – V. 44. – № 7. – С. 3102.

128. Грановский В. Л. Электрический ток в газе. Установившийся ток. – М.: Наука, 1971.
129. Кожаринов В.В., Зацепин Н.Н., Домород Н.Е. Некоторые особенности получения изображений поверхностных дефектов электроразрядным методом визуализации // Дефектоскопия. – 1985. – № 3. – С. 86-87.
130. Лебедева Н.Н., Саламов Б.Г., Орбух В.И., Нагиев В.М. Газоразрядная визуализация неоднородностей высокоомных полупроводников // Приборы и техника эксперимента. – 1994. – № 5. – С. 166-170.
131. Романий С.Ф., Карамушко В.А. Дефектоскоп импульсный высокочастотный ДИВ-1 // Дефектоскопия. – 1981. – № 11. – С. 76-80.
132. Романий С.Ф., Черный Э.Д. Высокочастотный способ контроля диэлектрических материалов // Дефектоскопия. – 1979. – № 5. – С. 47-51.
133. А. с. 721743 СССР. Устройство для сканирования при дефектоскопии изделий / С.Ф. Романий // Открытия. Изобретения. – 1980. – № 10. – С. 170.
134. А. с. 742857 СССР. Катающаяся разрядно-оптическая обкладка / С.Ф. Романий // Открытия. Изобретения. – 1980. – № 23. – С. 234.
135. Кожаринов В.В. Электроразрядный метод визуализации и диагностики газоразрядных процессов высокого давления // Изв. АН БССР. Сер. физ. - техн. наук. – 1990. – № 4. – С. 91-95.
136. А. с. 783682 СССР. Устройство для визуализации магнитного рельефа на поверхности объекта / Е.Н. Перепелкин, В.В. Кожаринов // Открытия. Изобретения. – 1980. – № 44.
137. А. с. 662900 СССР. МКИ G03В 41/00. Устройство для получения увеличенного изображения объектов // В.Г. Адаменко, В.Х. Кирлиан, С.Д. Кирлиан // Открытия. Изобретения. – 1979. – № 18. – С. 195.
138. А. с. 1003005 СССР. Устройство для визуализации электрических неоднородностей плоских объектов электрическим полем / В.В. Кожаринов, Н.Е. Домород // Открытия. Изобретения. – 1983. – № 9. – С. 200.
139. Шустов М.А., Ермолаев В.А. Исследование картин радиографического декорирования методом оптического сканирования // Методы и средства измерений физических величин: Третья Всероссийская научно-техническая конференция: Тезисы докл., – 17-18.06.1998. – Нижний Новгород: НГТУ, 1998. – Ч. III. – С. 7.
140. Ермолаев В.А., Шустов М.А. Электрорадиографический метод исследования поверхности твердых тел // Датчики электрических и неэлектрических величин (Датчик-95): II Междунар. конф.: Тез. докл., – 18-20.12.1995, – Барнаул: АГТУ, 1995. – С. 135-136.
141. Ermolaev V.A., Shustov M.A. Comparative radiographical registration of physical fields local nonhomogeneous // Conference on Precision Electromagnetic Measurement (CPEM'96): Thesis of Report. – Section THP1-10. – 17-20 June 1996. – Germany, Braunschweig: PTB, 1996. – S. 569.
142. Yermolayev V.A., Shustov M.A. Control of surface states of dielectric and semiconductors materials by method of radiographical decoration // Actual problem of measuring technique ("Measurement-98"): International Conference: Thesis of Report. – Section 3. – 7-10 September 1998. – Ukraine, Kyiv: KPI, 1998.
143. Yermolayev V.A., Shustov M.A. The electrodischarged-crystallized method of solid body surface research // Actual Problems of Electronic Instrument Engineering Proceeding (APEIE-98): 4th International Conference: Thesis of Re-

- port. – Volume 1. – September 23-26, 1998. – *Novosibirsk: NSTU*, 1998 (engl.); Том. 15. – С. 11 (рус.).
144. *Ермолаев В.А., Шустов М.А.* Электроразрядная визуализация физических полей биологических объектов // Биоэлектросенсорика и научные основы культуры здоровья на рубеже веков: Междунар. конф.: Тезисы докл., – 26-29.11.1996. – М.: *МНТОРЭС*, 1996. – С. 92-94.
 145. *Игнатъев Н.К.* Изучение биоэнергетики человека и топическая диагностика органов с помощью метода *Кирлиан* - фото // V Регион. научно-технич. семинар по ноосферным взаимодействиям (Ноосферные взаимодействия и народная медицина): Тез. докл., – 26-27.11.1991, – *Томск: СибНИЦ АЯ*, 1991. – С. 54-55.
 146. *Табеева Д.М.* Руководство по иглорефлексотерапии. – М.: Медицина, 1982. – 560 с.
 147. *Тукшаитов Р.Х., Новошинов Г.П.* О полном межэлектродном сопротивлении тела биооператоров и его эквивалентной схеме // Медицинская техника. – 1970. – № 3. – С. 25-30.
 148. *Делевский Ю.П., Бондаренко Н.С.* Изменения электропроводности кожи, консервированной замораживанием с предварительным частичным обезвоживанием // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1969. – № 2. – С. 54-59.
 149. *Антропов Г.А., Смирницкий Н.С.* Методика пересчета величин электрического сопротивления кожи в весовые значения потоотделения // Вопросы физиологии в гигиене. – М.: Б. и., 1975. – С. 40-45.
 150. *Сердюк А.М.* Взаимодействие организма с электромагнитными полями как с фактором окружающей среды. – *Киев: Наукова думка*, 1977. – 208 с.
 151. *Гребенникова Н.В.* К вопросу о дифференциальной диагностике прижизненных и посмертных ссадин кожи человека // Современные вопросы судебной медицины и экспертной практики. – *Ижевск: Б. и.*, 1975. – С. 43-44.
 152. *Родзин В.И., Семенцов Г.В.* Основы экологического мониторинга (инженерные задачи рационального природопользования) / Под ред. *Н.Г. Малышева*. – *Таганрог: ТРТИ*, 1988. – 260 с.
 153. *Слинько П.П.* Исследование регуляции потоотделения у операторов. – *Киев: Ин-т кибернетики*, 1978. – 56 с.
 154. *Слинько П.П.* Потоотделение и проницаемость кожи человека. – *Киев: Наукова думка*, 1973.
 155. *Шпунт В.Х.* Динамические электрические свойства кожи человека // Медицинская техника. – 1997. – № 4. – С. 38-48.
 156. А. с. 1255105 СССР. МКИ А61В 5/05. Способ определения уровня эмоциональной напряженности / *М.П. Андрашюнене, Ю.П. Коршунов, В.А. Мяшко* // Открытия. Изобретения. – 1986. – № 33.
 157. *Беломестных Н.В.* Применение метода *Кирлиан* для диагностики биологических объектов // Нетрадиционные виды энергетики и проблемы энергоинверсии: Регион. научно-теорет. конф.: Тез. докл. – *Краснодар*, 1989. – С. 66-67.
 158. *Беломестных Н.В., Самсыгин В.Ю.* Оценка функциональных состояний человека и реакций на слабые энергетические воздействия с помощью метода *Кирлиан* // Нетрадиционные виды энергетики и проблемы энергоинверсии: Регион. научно-теорет. конф.: Тез. докл. – *Краснодар*, 1989. – С. 69-71.
 159. *Кирлиан С.Д., Кирлиан В.Х.* Фотографирование и визуальное наблюдение при посредстве токов высокой частоты // Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр. – 1961. – Т. 6, вып. 6. – С. 397-403.

160. *Инюшин В.М.* О биологическом действии красного цвета. – *Алма-Ата: КазГУ*, 1967.
161. *Инюшин В.М., Федорова Н.Н.* Вопросы биоэнергетики // *Материалы научно-методического семинара. – Алма-Ата: КазГУ*, 1969.
162. *Лидоренко Н.С., Кирлиан С.Д., Пивоваров О.Н., Скоков Ю.В., Беломестных Н.В.* Особенности и перспективы диагностики биообъектов с помощью «эффекта *Кирлиан*» // *Психологическое состояние человека и информативность БАТ кожи: Конф.: Тез. докл. – Киев*, 1979.
163. *Акульшин В.С., Беломестных Н.В.* Исследование состояний операторов с помощью метода *Кирлиан* // *Нетрадиционные виды энергетики и проблемы энергоинверсии. Новые идеи и гипотезы: Регион. научно-теорет. конф.: Тез. докл. – Краснодар: КДНУТ*, 1990. – С. 164-168.
164. *Акульшин В.С., Беломестных Н.В.* Поиск закономерностей в оценке состояния оператора при его лечебном воздействии на человека посредством метода *Кирлиан* // *Нетрадиционные виды энергетики и проблемы энергоинверсии: Регион. научно-теорет. конф.: Тез. докл. – Краснодар*, 1989. – С. 67-68.
165. *Беломестных Н.В., Зырянова Е.Т.* Визуализация БАТ посредством метода *Кирлиан* // *Нетрадиционные виды энергетики и проблемы энергоинверсии: Регион. научно-теорет. конф.: Тез. докл. – Краснодар*, 1989. – С. 68-69.
166. *Паньямента Нереш Ф.* Цветопунктура для детей. – *СПб: Питер Паблишинг*, 1998. – 160 с.
167. *Мандель П.* Диагностика по энергетически терминальным точкам. – *Syntesis Verlag Kosmo-Medizin. – Bd. 1*, 1995.
168. А. с. 1102562 СССР. МКИ А61В 5/00, G03С 5/00. Устройство для оценки состояния биологических объектов / *В.М. Инюшин, Ю.А. Лазарев, С.П. Кабанов, Н.Н. Федорова* // *Открытия. Изобретения. – 1984. – № 26.*
169. А. с. 601651 СССР. МКИ G03В 41/00. Устройство для регистрации свечения объектов в токах высокой частоты / *В.М. Инюшин, И.Б. Беклемишев, В.П. Глушко, В.А. Семькин, Н.Н. Федорова* // *Открытия. Изобретения. – 1978. – № 13. – С. 172.*
170. А. с. 1168198 СССР. МКИ А61В 5/00. / *Ч.М. Джуварлы, П.В. Леонов, А.З. Алиев, А.Г. Гасымов.* Способ выявления отпечатка пальцев на полимерных материалах / *Открытия. Изобретения. – 1985. – № 27.*
171. А. с. 278020 СССР. НКИ 30b 21/02. МКИ А61С 19/00. Устройство для получения изображения тканей пародонта посредством токов высокой частоты / *В.С. Радченко* // *Открытия. Изобретения. – 1970. – № 25. – С. 83.*
172. А. с. 797657 СССР. МКИ А61В 5/10. Электролюминесцентная ячейка / *Г.М.Б. Абдуллаев, Э.Г. Эфендиев, Р.Г. Джагунов, Р.А. Якубов* // *Открытия. Изобретения. – 1981. – № 3. – С. 9.*
173. А. с. 942684 СССР. МКИ А61В 5/10, G09F 13/22. Электролюминесцентная ячейка / *Г.М.Б. Абдуллаев, Э.Г. Эфендиев, Р.Б. Шафизаде, А.М. Касумов* // *Открытия. Изобретения. – 1982. – № 26. – С. 16.*
174. *Орлов В.* Супруги *Кирлиан* не просчитались // *Техника-молодежи. – 1993. – № 6. – С. 62-63.*
175. *Иванов Р.Н.* Репрография (Методы и средства копирования и размножения документов). – М.: Советское радио, 1977. – 384 с.
176. *Бут А.И.* Электроглазурирование и новая технология производства облицовочных плиток // *Строительная керамика. Информац. технич. сборник. – 1960. – № 1 (5).*

Приложение 1: Отечественные высоковольтные мощные низкочастотные транзисторы
($U_{кэ} \geq 300 \text{ В}$)

Тип транзистора	Структура	P_k max, Вт	$f_{гр>}$ МГц	$U_{кэ}$ max, В	$U_{эб}$ max, В	I_k max, А (имп.)	$I_{к0}$ <, мА	$h_{21б}$	S_k < $n\Phi$
КТ704А	<i>npn</i>	15	4	500/1кВ	4	2,5(4)	5	10-100	-
КТ704Б	<i>npn</i>	15	4	400/700	4	2,5(4)	5	10-100	-
КТ704В	<i>npn</i>	15	4	300/500	4	2,5(4)	5	10-100	-
КТ710А	<i>npn</i>	50(70)	-	3000	5	5(7,5)	0,3	>3,5	-
2Т713А	<i>npn</i>	50	1,5	2500	6	3	1	5-25	-
КТ715А	<i>npn</i>	75	1	5000	-	2(2)	1	>15	-
2Т718АБ	<i>npn</i>	200	-	400/300	-	10(12)	2	>20	-
КТ809А	<i>npn</i>	40	3	400	4	3(5)	3	15-100	270
КТ812А	<i>npn</i>	50	>1	700**	7	8(12)	5	5-30	100
КТ812Б	<i>npn</i>	50	>1	500**	7	8(12)	5	5-30	100
КТ812В	<i>npn</i>	50	>1	300**	7	8(12)	5	10-125	100
КТ824А	<i>npn</i>	50	1	400	7	10(17)	5	>15	65
КТ824Б	<i>npn</i>	50	1	350	7	10(17)	5	>15	65
КТ826А	<i>npn</i>	15*	>6	700	5	1	<2	10-120	<25
КТ826Б	<i>npn</i>	15*	>6	700	5	1	<2	5-300	<25
КТ826В	<i>npn</i>	15*	>6	700	5	1	<2	5-120	<25
КТ828А	<i>npn</i>	50	1	800	5	5(7,5)	10	>4	-
КТ828Б	<i>npn</i>	50	1	600	5	5(7,5)	10	>4	-
КТ834А	<i>npn</i>	100	>1	500	8	15(20)	3	60-1250	-
КТ834Б	<i>npn</i>	100	>1	450	8	15(20)	3	60-1250	-
КТ834В	<i>npn</i>	100	>1	400	8	15(20)	3	60-1250	-
КТ838А	<i>npn</i>	50	3	1200**	5-7	5(7,5)	<1	>4	170
КТ839А	<i>npn</i>	50	5	1500	5	10	<1	>5	240
КТ840А	<i>npn</i>	60	>8	400	5	6	<3	10-60	<300
КТ840Б	<i>npn</i>	60	>8	350	5	6	<3	>10	<300
КТ841А	<i>npn</i>	3(50*)	>25	600	5	10(15)	<3	12-45	<300
КТ841Б	<i>npn</i>	3(50*)	>25	600	5	10(15)	<3	12-45	<300
КТ841В	<i>npn</i>	3(50*)	>25	400	5	5(10)	<3	12-45	<300
КТ842А	<i>npn</i>	3(50*)	>20	300	5	5(10)	<1	>15	250
КТ845А	<i>npn</i>	40*	>4,5	400**	4	5(7,5)	<3	15-100	<45
КТ846А	<i>npn</i>	12,5(250и)	7	1500**	-	5(7,5)	<1	>5	<200
КТ847АБ	<i>npn</i>	125*	>15	650**	8	15(25)	<5	8-25	<200
2Т848А	<i>npn</i>	35*	3	400**	7	15(4)	<3	>20	-
КТ850Б	<i>npn</i>	25	>20	300	5	2(3)		>20	<35
КТ851Б	<i>npn</i>	25	>20	300	5	2(3)		>20	<35
КТ854А	<i>npn</i>	60	>10	600	5	10(15)	<3	>20	200
КТ854Б	<i>npn</i>	60	>10	400	5	10(15)	<3	>20	200
КТ855А	<i>npn</i>	40	>5	250	5	5(8)	<0,1	>20	200
2Т856А	<i>npn</i>	75	>20	1000	5	10(12)	5	10-30	100
2Т856Б	<i>npn</i>	75	>20	800	5	10(12)	5	10-60	100
2Т856В	<i>npn</i>	75	>20	600	5	10(12)	5	10-60	100
КТ856А1	<i>npn</i>	50	>20	600	5	10(12)	5	10-60	100
КТ856Б1	<i>npn</i>	50	>20	600	5	10(12)	5	10-60	100
КТ858А	<i>npn</i>	60*	>10	400	6	7(10)	<1	>10	-
КТ859А	<i>npn</i>	40*	>10	800	10	3(4)	<1	>10	-
2Т862А	<i>npn</i>	70	>30	250(450)	5	15(30)	5	10-100	300
2Т862Б	<i>npn</i>	50	>30	250(450)	5	15(25)	5	10-100	300
2Т862В	<i>npn</i>	50	>30	350(600)	5	10(15)	3	12-50	200
2Т862Г	<i>npn</i>	50	>30	400(600)	5	10(15)	3	12-50	200
2Т867А	<i>npn</i>	100	25	200(300)	7	25(40)	3	12-100	400
КТ868А	<i>npn</i>	70*	>8	900	5	6(8)	3	10-60	100
КТ868Б	<i>npn</i>	70*	>8	750	5	6(8)	3	10-100	100
КТ872А	<i>npn</i>	100*	7	700(1500)	6	8(15)	1	>5	125
КТ872Б	<i>npn</i>	100*	7	700(1500)	6	8(15)	1	>5	125

Приложение 1 (окончание): Отечественные высоковольтные мощные низкочастотные транзисторы ($U_{кз} \geq 300 В$)

Тип транзистора	Структура	P_k max, Вт	$f_{гр} >$ МГц	$U_{кз}$ max, В	$U_{эб}$ max, В	I_k max, А (имп.)	$I_{к0} <$, мА	$h_{21б}$	$S_k < n\Phi$
КТ872В	npn	100*	7	700 (1200)	6	8 (15)	1	>5	125
КТ878А	npn	2 (100)	33	900	6	30 (60)	3	12-50	500
КТ878Б	npn	2 (100)	33	800	6	30 (60)	3	12-50	500
КТ878В	npn	2 (100)	33	600	6	30 (60)	3	12-50	500
2Т882А	npn	1 (10)	20	400	6	1 (2)	0,1	>15	50
2Т882Б	npn	1 (10)	20	300	6	1 (2)	0,1	>15	50
2Т883А	ppp	1 (10)	>20	350	5	1 (2)	0,1	>25	70
2Т884А	npn	1 (15)	10	800	5	2 (5)	0,2	>25	60
2Т884Б	npn	1 (15)	10	600	5	2 (5)	0,2	>25	60
КТ885А	npn	150	25	400	5	40 (60)	1	12	200
КТ885Б	npn	150	25	500	5	40 (60)	1	12	200
КТ886А1	npn	75	>3	1400	7	10 (15)	-	6-25	-
КТ886Б1	npn	75	>3	1000	7	10 (15)	-	6-25	-
КТ886А1-5	npn	75	>3	1400	7	10 (15)	-	6-25	-
КТ886Б1-5	npn	75	>3	1000	7	10 (15)	-	6-25	-
КТ887АБ	ppp	3 (75)	15	700/600	5	2 (5)	-	20-120	-
КТ888АБ	ppp	0,8 (7)	15	900/600	7	0,1 (0,7)	-	30-120	-
КТ890А	npn	120	-	350	5	5 (20)	1	350-650	200
КТ890БВГ	npn	120	-	350	5	5 (20)	1	350-500	200
КТ890А1Б1	npn	60	-	350	5	20	1	>200	200
2Т891А	npn	150	20	350**	7	40 (60)	2	50	400
КТ892А	npn	175*	-	400	5	15 (30)	-	300	-
КТ892Б	npn	175*	-	350	5	15 (30)	-	300	-
КТ892В	npn	175*	-	300	5	15 (30)	-	300	-
2Т897А	npn	3 (150)	10	350	5	20	0,25	400	-
КТ898АБ	npn	1,5 (125)	10	350/200	5	20	0,25	400	-
КТ8107А	npn	100	7	1500	6	8 (15)	-	>2,25	-
КТ8107Б	npn	125	7	1500	6	5 (7,5)	-	>2,25	-
КТ8107В	npn	50	7	1500	6	5 (8)	-	8-12	-
КТ8109А	npn	80	7	350	5	7 (10)	-	150	-
КТ8109Б	npn	80	7	300	5	7 (10)	-	150	-
КТ8112А2	npn	100	5	1500	-	8 (10)	-	1,7	-
КТ8112Б2	npn	100	5	1500	-	8 (10)	-	1,7	-
КТ8117А	npn	100	4	500	5	10 (15)	-	10	-
КТ8118А	npn	50	15	900	5	3 (10)	-	10-40	-
КТ8120А	npn	60	20	650	5	8 (16)	-	10	-
КТ8121АБ	npn	75	4	700/600	5	4 (8)	-	8-60	-
КТ8124АБ	npn	60	10	400	5	7 (15)	-	10	-
КТ8124В	npn	60	10	330	5	7 (15)	-	10	-
КТ8126А	npn	2 (80)	4	700	9	8 (16)	-	6-30	-
КТ8137А	npn	1,4 (40)	4	700	9	1,5 (3)	-	8-40	-
КТ8144АБ	npn	175	5	800/600	8	25 (40)	-	38-55	-
КТ8146АБ	npn	150	-	800/600	-	15 (20)	-	38-53	-
КТ8147АБ	npn	100	5	700/500	-	10 (20)	-	40-51	-
КТ8156АБ	npn	1,5 (60)	-	330	6	8 (15)	-	-	-
КТ8170А	npn	40	4	400	0,5-3	1,5	1	8-40	35
КТ8170Б1	npn	40	4	300	0,5-3	1,5	1	8-40	35
КТ8225А	npn	155	-	500	5	15	0,1	300	-

* (или в скобках) – на радиаторе

** (или в скобках) – в импульсе

Приложение 2: Фотографические показатели черно-белых фотобумаг общего назначения [115]

Тип фотобумаги	Контрастность	Светочувствительность	Полезный интервал экспозиции	Максимальная оптическая плотность для бумаг, не менее					
				гладкой			Тисненой		
				глянцевой	полуматовой	матовой	глянцевой	полуматовой	Матовой
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Бумаги фотографические черно-белые</i>									
«Унибром»,	Мягкая	8-15	Не менее 1,4	1,80	1,30	1,25	1,45	–	–
«Березка», «Нева»	Полумягкая	8-15	1,2-1,3	1,80	1,30	1,25	1,45	1,20	1,20
	Нормальная	8-15	1,0-1,1	1,80	1,30	1,25	1,45	1,20	1,20
	Контрастная	5-10	0,8-0,9	1,80	1,30	1,25	1,45	1,20	1,20
	Особоконтрастная	2-5	Не более 0,7	1,80	1,30	1,25	1,45	1,20	1,20
«Бромэкспресс»	Мягкая	30-45	1,3-1,5	1,90	1,45	1,35	–	–	–
	Нормальн.	30-45	1,0-1,2	1,90	1,45	1,35	–	–	–
	Контрастн.	15-25	0,8-0,9	1,90	1,45	1,35	–	–	–
«Фотобром»	Полумягкая	5-20	1,2-1,3	1,80	1,30	1,25	1,40	1,20	1,20

	Нормальная	5-20	1,0-1,1	1,80	1,30	1,25	1,40	1,20	1,20
	Контрастная	5-20	0,8-0,9	1,80	1,30	1,25	1,40	1,20	1,20
	Особо контрастная	2-5	Не более 0,7	1,80	1,30	1,25	1,40	1,20	1,20
«Новобром»,	Полумягкая	5-15	1,2-1,3	1,80	1,30	1,25	1,40	1,20	1,20
«Снежинка»	Нормальная	5-15	1,0-1,1	1,80	1,30	1,25	1,40	1,20	1,20
	Контрастная	5-15	0,8-0,9	1,80	1,30	1,25	1,40	1,20	1,20
«Бромпортрет», «Самшит»	Мягкая	3-15	1,4-1,7	1,80	1,35	1,25	1,40	1,20	1,20
	Полумягкая	3-15	1,2-1,3	1,80	1,35	1,25	1,40	1,20	1,20
	Нормальная	3-15	1,0-1,1	1,80	1,35	1,25	1,40	1,20	1,20
«Бромпортрет», «Самшит»	Контрастная	5-15	0,8-0,9	1,80	1,30	1,25	1,40	1,20	1,20
	Мягкая	3-15	1,4-1,7	1,80	1,35	1,25	1,40	1,20	1,20
	Полумягкая	3-15	1,2-1,3	1,80	1,35	1,25	1,40	1,20	1,20
	Нормальная	3-15	1,0-1,1	1,80	1,35	1,25	1,40	1,20	1,20
	Контрастная	3-15	0,8-0,9	1,80	1,35	1,25	1,40	1,20	1,20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
«Контаб-ром»	Полумягкая	0,8-2,0	1,2-1,3	1,80	–	1,25	1,40	–	–
	Нормальная	0,8-2,0	1,0-1,1	1,80	–	1,25	1,40	–	–
	Контрастная	0,8-2,0	–	–	–	1,25	1,40	–	–
«Йодоконт»	Мягкая	Не менее 0,2	Не менее 1,4	1,80	–	1,25	1,40	–	1,20
	Полумягкая	Не менее 0,2	Не менее 1,2-1,3	1,80	–	1,25	1,40	–	1,20
«Фотоконт»	Полумягкая	Не менее 2,0	1,2-1,3	1,80	–	1,25	1,40	–	1,20
	Нормальная	2,0	1,0-1,1	1,80	–	1,25	1,40	–	1,20
	Контрастная	0,5	0,8-0,9	1,80	–	1,25	1,40	–	1,20
	Особоконтрастная	0,3	Не более 0,7	1,80	–	1,25	1,40	–	1,20
«Монохром»	Нормальная	4-8	1,0-1,2	1,85	–	1,25	–	–	–
«Фототкань ФТ-1»	Нормальная	8-15	1,0-1,1	–	1,2	1,1	–	–	–
	Контрастная	5-10	0,8-0,9	–	1,2	1,1	–	–	–
<i>Бумаги фотографические черно-белые высшей категории качества</i>									
«Унибром»	Мягкая	11-15	Не менее 1,4	1,85	1,50	1,35	1,50	–	–

«Нева»	Полумягкая	11-15	1,2-1,3	1,85	1,50	1,35	1,50	–	–
	Нормальная	11-15	1,0-1,1	1,85	1,50	1,35	1,50	–	–
	Контрастная	7-10	0,8-0,9	1,85	1,50	1,35	1,50	–	–
	Особоконтрастная	4-7	Не более 0,7	1,85	1,50	1,35	1,50	–	–
«Новобром»	Полумягкая	7-12	1,2-1,3	1,85	1,40	1,30	1,50	1,40	1,30
	Нормальная	7-12	1,0-1,1	1,85	1,40	1,30	1,50	1,40	1,30
	Контрастная	7-12	0,8-0,9	1,85	1,40	1,30	1,50	1,40	1,30
«Бромпортрет»	Мягкая	5-10	1,4-1,7	1,85	1,40	1,30	1,50	1,40	1,30
	Полумягкая	5-10	1,2-1,3	1,85	1,40	1,30	1,50	1,40	1,30
«Контаб-ром»	Нормальная	5-10	1,0-1,1	1,85	1,40	1,30	1,50	1,40	1,30
	Полумягкая	1,0-2,0	1,2-1,3	1,85	–	1,30	1,50	–	–
	Контрастная	1,0-2,0	0,8-0,9	1,85	–	1,30	1,50	–	–

Приложение 3: Основные модели и характеристики сканеров (*dpi* – точек на дюйм)

Модель сканера	Разрешение, <i>dpi</i>		Разр. <i>bit</i>	Формат	Интерф., подключ.	Примечание
	оптическое	интерполяц.				
1	2	3	4	5	6	7
AGFA						
SnapScan	300x600	2400	24	A4		планшетный
SnapScan si Classic (Full)	400x800	2400	30	A4		планшетный, 2,4 D
SnapScan 310	300x600		30	A4	SCSI-2	планшетный
SnapScan 1200P	600x1200	9600	30	A4		FotoLook
SnapScan 1212P (U)	600x1200	9600	36	A4	(U)-USB	FotoLook
SnapScan 1236S	600x1200	9600	36	A4	SCSI	FotoLook
StudioStar	600x1200	2400	30			планшетный, 2,65 D
Argus	600x1200	3600	36			планшетный, 3,0 D
DuoScan	1000x2000	4000	36			планшетный, 3,3 D
DuoScan T1200	600x1200	3600	36	A4		слайд-модуль, 3,0 D
Horizon Ultra	1200x2000	2540	36	A3		планшетный, 3,2 D
SelectScan Plus	10-8000		48	A4		планшетный, 3,7 D
CANON						
CanoScan 2700F						сканер для пленок
EPSON						
FilmScan 200 BiDi	1200		30			слайд-сканер
EPL-3000	300					
EPL-5500	600					
EPL-9000	600					
GT-5000	300	2400	24	A4	SCSI	цветной планшетный

GT-8000	800		24		SCSI	цветной планшетный
GT-8500	300					
GT-9000	600	2400	24		SCSI	цветной планшетный
GENIUS						
Quick Photo	200x400					цветной, слайды/фотогр. 4x6 дюйм.
Color Page Mobile	300x300		24	A4		протяжной цветной
Color Page Live	300x600		30			цветной
Color Page Office	300x600		24			цветной
EasyScan 256	800		16			ч/б 256 оттенков, ручн.
ScanMate Portable	400	1600			LPT	цветной ручн.
ScanMate Delux 3200	800	3200	24			цветной ручн.
ColorPage Vivid	300x600	4800	30	A4	LPT	цветной планшетный
ColorPage Vivid Plus	300x600	4800		A4		цветной планшетный
ColorPage View Pro (II)	600x1200	9600				цветной планшетный
ColorPage CS	300x1200	4800	24	A4	SCSI	цветной планшетный
ColorPage-HR	600x1200	9600				цветной планшетный
ColorPage-HR5	600x1200	9600	30	A4		цветной планшетный 1,7 млрд цвет.
HOWTEK						
ScanMaster 2500	600x1200	4800	36			планшетный, 3,4 D
ScanMaster 7500 Pro		5000	36	A2		барабанный, 3,8 D
ScanMaster D4500-RGB		4000	36			барабанный, 3,8 D
HP						
ScanJet 3P	300/1200			A4		Автоподача страниц, серый
ScanJet 4S	300			A4		цветной
ScanJet 4P	300/1200		8/24	A4		8 - сер., 24 - цв.

1	2	3	4	5	6	7
ScanJet 4C	600/2400		30	A4		цветной планшетный
ScanJet 5S Color	300x600	1200		A4		протяжного типа, листовые оригиналы
ScanJet 5P Color	300x1200	1200		A4		протяжного типа, листовые оригиналы
ScanJet 4100C	600x1200		36	A4	USB	цветной планшетный
ScanJet 5100C	600x1200		30	A4	LPT	цветной планшетный
ScanJet 6000P	300x600		30			суперплоский
ScanJet 6100C	600x1200		30	A4		цветной 1 млн цв., планшетный
ScanJet 6200C	1200		36	A4	USB, SCSI	цветной
LOGITECH						
ScanMan Color 2000	400x800				LPT	цветной ручной
MICROTEK						
ScanMaker 330	300	4800		A4		
SlimScan	300x600				USB	
MUSTEK						
TwainScan	800		24		LPT	цветной ручной
Paragon 600 N						
Paragon 600 CD	600	4800			SCSI	цветной планшетный
Paragon 800 SP	400x800	6400				планшетный
Paragon 1200 SP (Pro)	1200					
ScanMaker E3	300/600		24			цветной
ScanMaker 2HR	1200		24			цветной
ScanExpress 1200 CP	300x600		36	A4	EPP	цветной планшетный
ScanExpress 6000 P (SP)	300x600	4800	30	A4	LPT	цветной планшетный
ScanExpress 12000 P	600x1200	9600	30	A4	LPT	планшетный
ScanExpress 12000 SP	600x600	9600	30	A4	SCSI	планшетный
ScanExpress 12000 SP Pro	600x1200	9600	36	A4	SCSI	планшетный

PRIMAX						
Colorado Direct	4800		30	A4	LPT	
Colorado D600	600x600		30		LPT	
MediaStrom 9600 Direct	600x1200		30		LPT	
MediaStrom 9600 Profi	600x1200		30		SCSI	
MediaStrom 19200 Profi	600x1200	19200	10/30	A4	SCSI-2	10 - сер., 30 - цв.
UMAX						
Astra 610	300	4800			LPT/SCSI	цветной планшетный
Astra 1220P	600x1200		36		LPT/EPP/ ECP	цветной планшетный, 2,8 D
Astra 1220U	600x1200		36		USB	цветной планш., 2,8 D
Astra 1220S	600x1200		36		SCSI-2	цветной планш., 2,8 D
Astra 2400S	600x2400		36		SCSI-2	
PowerLook 2000	2000x1000		36	A4		цветной планшетный, 3,3 D
PowerLook	1200x600		36	A4		цветной планшетный, 3,3 D
Mirage D16L	1600x800		30	A3		цветной планшетный, 3,0 D
Gemeni D16	1600x800		30	A4		цветной планшетный, 2,8 D
SuperVista S12	1200x600		33	A4		цветной планшетный, 2,5 D
Vista S6E	600x300		24	A4		цветной планшетный, 2,5 D

Приставки, расширяющие возможности сканеров: HP LaserJet Companion (сканирующая приставка к лазерному принтеру HP) (copy/fax/file/read capabilities to HP LaserJet Printers); GENIUS ColorPage-HR5 Pro = HR5 + адаптер для сканирования слайдов; UMAX UTA-3A слайд-адаптер для Astra1220P/S/U; UMAX UTA-2400 слайд-адаптер для Astra2400S, полноформатный; UMAX ADF-2400 автоподачик документов для Astra2400S.

Приложение 4: Основные характеристики цифровых фотоаппаратов

Модель	Разрешение, пикс.		Разр <i>bit</i>	Кад- ров	LCD- дис- плей, дюйм	Примечание
	миним.	максим.				
AGFA						
ePhoto 307	320x240	640x480	24	36/72		ОЗУ 2 Мб
ePhoto 780	640x480	1024x768	30		1,8	ОЗУ 2 Мб
ePhoto 1280	1024x768	1280x960	30		2,0	ОЗУ 4 Мб
ePhoto 1680	1280x960	1600x1200	30		2,0	ОЗУ 4 Мб
ActionCam	1528x1148		24			SCSI-2
StudioCam	4500x3648					SCSI-2, макс. опт. плотн. 3,0D
CANON						
Canon PowerShot 350	320x200	640x480			1,8	ОЗУ 2 Мб
EPSON						
PC500	640x480		24	30/60		16,7 млн. цв., JPEG, ОЗУ 2...6 Мб, RS232, 142x53x81 мм, 300 г, вспышка
PC600	1024x768					RS232C, NTSC/PAL
HP						
HP PhotoSmart Digital Camera						

KODAK						
DC50	756x504		24	7-22		ОЗУ 1...5 Мб
DC120	1280x960		24	22		
DC210						
DCS 420	1524x1012		36	110		жесткий диск 130 Мб
DCS 460	3060x2024		36	27		жесткий диск 130 Мб
OLYMPUS						
Camedia C-420L	640x480				2	2 Мб, ТВ-выход
Camedia C-820L	640x480	1024x768			+	ТВ-выход
Camedia C-1000L	1024x768				1,8	масшт. х3, выход на принтер
C-1400L (1400XL)	1284x1024					
PHILIPS						
ESP2	640x480			100	+	4 Мб, ТВ-выход
POLAROID						
PDC-2000	800x600	1600x1200		40 Мб		SCSI-2, вспышка, чувств. 100 ед. ASA
SONY						
Photo DSC-F1	640x480				+	ИК

Приставки, расширяющие возможности цифровых фотоаппаратов: жесткий диск *PCMCIA TYPE III* для *AGFA ActionCam* – емкость 130 Мб (хранение до 114 кадров в упакованном формате).

Приложение 5: Техника безопасности при выполнении работ по электроразрядной визуализации

Экспериментальные работы, связанные с получением электроразрядных фотографий, сопряжены с использованием источников высокого высокочастотного напряжения, а также токсичных и аллергенных химических реактивов для обработки фотографических материалов. В этой связи особое внимание при выполнении подобных работ следует обращать на технику безопасности.

Для работы экспериментальную технику размещают в сухом проветриваемом затемненном помещении (типа фотолаборатории). В помещении не должно находиться заземленных предметов (батарей отопления, водопроводных труб, посторонних приборов и оборудования), с которыми возможен контакт человека даже без непосредственного соприкосновения. Для подсветки следует использовать фотофонарь красного цвета, желательно закрытый листом органического стекла.

Для обработки фотоматериалов готовят растворы и ванночки для проявителя, фиксажа, промывки отпечатков по рецептурам, традиционно приводимым в фотографической справочной литературе.

Генератор высокого напряжения располагают таким образом, чтобы полностью исключить возможность одновременного касания высоковольтного электрода и заземленных предметов. При экспонировании испытуемый не должен приближаться телом, руками или ногами к заземленным предметам и металлическим конструкциям, проводам.

Для обеспечения максимального тока короткого замыкания не свыше 1 мА между выходом генератора и рабочим

электродом обязательно должен быть включен ограничивающий ток резистор (цепочка последовательно соединенных высоковольтных резисторов), либо газонаполненный прибор (см., например, [33, 57]), либо то и другое вместе.

Провод, соединяющий высоковольтный генератор и рабочий электрод соединяют отрезком провода в высоковольтной изоляции минимальной длины.

Не допускается попадание влаги и пыли (особенно токопроводящей) внутрь устройства. Также не разрешается эксплуатация прибора в условиях повышенной влажности, при наличии токопроводящего пола, запыленности воздуха. В помещении для проведения экспериментов не разрешается курить, принимать пищу. При проведении работ в лаборатории должно быть не менее двух человек

При установке приборов и оборудования, хранившегося в не отапливаемых складских помещениях при пониженной температуре, в отапливаемое помещение для исключения ухудшения диэлектрических свойств изоляции вследствие конденсации атмосферной влаги на конструкционные элементы, включение устройства возможно только после 3-4-часового прогрева при комнатной температуре.

Перед началом работы следует произвести внешний осмотр установки, убедиться в отсутствии механических или иных повреждений, следов гари и других визуально различимых неполадок. При появлении в процессе эксплуатации установки запаха гари, озона, окислов азота, установку следует отключить.

Генератор высоковольтных импульсов, размещенный в диэлектрическом корпусе, желательно питать от сети через разделительный трансформатор.

Конструкция трансформатора должна предусматривать пространственное разделение обмоток, т. е., либо размещение их на двух каркасах, либо на общем каркасе с перегородкой. Перегородка должна быть не вставленная, а монолитная, т. е. каркас с перегородкой должен быть литой либо прессованный. Возможно также применение общего каркаса без перегородки, но при этом должны быть приняты меры, исключающие возможность западания витков вторичной обмотки к виткам сетевой обмотки (межслойная изоляция с загибами по краям), и трансформатор должен быть подвергнут вакуумной пропитке, желательна, эпоксидными компаундами [17]. Этот трансформатор должен иметь защиту от короткого замыкания. Защита может быть обеспечена либо с помощью предохранителя, либо за счет большого внутреннего сопротивления трансформатора.

Работы с химическими реактивами и растворами необходимо выполнять в хорошо проветриваемом помещении. Во избежание непосредственного соприкосновения рук с растворами при обработке фотоматериалов необходимо пользоваться пинцетами, зажимами и т. п., работать в резиновых перчатках, напальчниках. Перед и во время проявления (после каждого увлажнения проявителем) следует промывать пальцы 0,2%-ным раствором соляной кислоты, или 1%-ным раствором уксусной кислоты, или в растворе для прекращения проявления – кислотом останавливающим раствором. Перед работой рекомендуется смазать руки защитным кремом, после работы – тщательно вымыть руки мылом [115].

Приложение 6: Вспомогательный библиографический указатель публикаций по электроразрядной фотографии

1. А. с. 106401 СССР. НКИ 57b, 12_a. Способ получения фотографических снимков различного рода объектов / С.Д. Кирлиан // Открытия. Изобретения. – 1957. – № 6. – С.115.
2. А. с. 108088 СССР. НКИ 57b, 12₀₁. Конденсаторная обкладка для осуществления способа по А. с. 106401 / С.Д. Кирлиан // Открытия. Изобретения. – 1957. – № 8. – С.101-102.
3. А. с. 108090 СССР. НКИ 57b, 12₀₁. Конденсаторная обкладка для осуществления способа по А. с. 106401 / С.Д. Кирлиан // Открытия. Изобретения. – 1957. – № 8. – С.102.
4. А. с. 108092 СССР. НКИ 57b, 12₀₁. Способ получения фотографических снимков различного рода объектов по А. с. 106401 / С.Д. Кирлиан // Открытия. Изобретения. – 1957. – № 8. – С.102.
5. А. с. 108099 СССР. НКИ 57b, 12₀₁. Способ получения фотографических снимков различного рода объектов по А. с. 106401 / С.Д. Кирлиан, В.Х. Кирлиан // Открытия. Изобретения. – 1957. – № 8. – С.102.
6. А. с. 118135 СССР. НКИ 57b, 12₀₃. Способ получения фотографических снимков различного рода объектов по А. с. 106401 / С.Д. Кирлиан // Открытия. Изобретения. – 1959. – № 4. – С.55-56.
7. А. с. 125850 СССР. НКИ 21g, 37₀₁. Устройство для получения увеличенных изображений / С.Д. Кирлиан, В.Х. Кирлиан // Открытия. Изобретения. – 1960. – № 3. – С.20.
8. А. с. 278020 СССР. НКИ 30b 21/02. МКИ А61С 19/00. Устройство для получения изображения тканей пародонта посредством токов высокой частоты / В.С. Радченко // Открытия. Изобретения. – 1970. – № 25. – С. 83.
9. А. с. 360599 СССР / А.Е. Кравцов, М.А. Резников // Открытия. Изобретения. – 1972. – № 36.
10. А. с. 573792 СССР. МКИ G03G 13/06. Способ визуализации электрического поля произвольной конфигурации / М.А. Горяев, Ю.Д. Пименов // Открытия. Изобретения. – 1977. – № 35. – С. 157.

11. А. с. 581450 СССР. МКИ G03B 41/00. Устройство для фотографирования объектов / *А.Д. Кравцов, Е.Н. Перепелкин, А.К. Петровский* // Открытия. Изобретения. – 1977. – № 43. – С. 118-119.
12. А. с. 601651 СССР. МКИ G03B 41/00. Устройство для регистрации свечения объектов в токах высокой частоты / *В.М. Инюшин, И.Б. Беклемишев, В.П. Глушко, В.А. Семькин, Н.Н. Федорова* // Открытия. Изобретения. – 1978. – № 13. – С. 172.
13. А. с. 635451 СССР. МКИ G03B 15/00. Устройство для получения изображений / *Б.С. Агаронов, А.Х. Зейналлы, Н.Н. Лебедева, Л.Г. Парицкий, О.М. Сресели* // Открытия. Изобретения. – 1978. – № 44.
14. А. с. 662900 СССР. МКИ G03B 41/00. Устройство для получения увеличенного изображения объектов // *В.Г. Адаменко, В.Х. Кирлиан, С.Д. Кирлиан* // Открытия. Изобретения. – 1979. – № 18. – С. 195.
15. А. с. 721743 СССР. Устройство для сканирования при дефектоскопии изделий / *С.Ф. Романий* // Открытия. Изобретения. – 1980. – № 10. – С. 170.
16. А. с. 742857 СССР. Катающаяся разрядно-оптическая обкладка / *С.Ф. Романий* // Открытия. Изобретения. – 1980. – № 23. – С. 234.
17. А. с. 783682 СССР. Устройство для визуализации магнитного рельефа на поверхности объекта / *Е.Н. Перепелкин, В.В. Кожаринов* // Открытия. Изобретения. – 1980. – № 44.
18. А. с. 787979 СССР. МКИ G01N 27/84, G01R 33/12. Устройство для визуализации магнитного рельефа на поверхности объекта по А. с. 634185 / *В.В. Кожаринов, Е.Н. Перепелкин, А.Г. Довгялло* // Открытия. Изобретения. – 1980. – № 46. – С. 211.
19. А. с. 813280 СССР. Частотный преобразователь электрического напряжения / *А.Е. Скачков, И.С. Лавров, К.Г. Коротков*. – № 4567645; заявл. 09.04.79.
20. А. с. 960614 СССР. МКИ G01N 27/62, G03B 41/00. Способ дефектометрии объектов в высокочастотном электрическом поле / *Н.Н. Зацепин, В.В. Кожаринов* // Открытия. Изобретения. – 1982. – № 35. – С. 161.
21. А. с. 1003005 СССР. Устройство для визуализации электрических неоднородностей плоских объектов электрическим полем / *В.В. Кожаринов, Н.Е. Домород* // Открытия. Изобретения. – 1983. – № 9. – С. 200.
22. А. с. 1059538 СССР. МКИ G03D 17/00. Способ получения изображений электрических неоднородностей плоских объектов / *В.В. Кожаринов* // Открытия. Изобретения. – 1983. – № 45. – С. 195.
23. А. с. 1080113 СССР. Устройство для высокочастотного фотографирования электрических неоднородностей объектов / *Н.Н. Зацепин, Н.Е. Домород, В.В. Кожаринов* // Открытия. Изобретения. – 1984. – № 10. – С. 167.
24. А. с. 1096602 СССР. МКИ G03G 17/00. Устройство для высокочастотного фотографирования электрических неоднородностей объектов с гладкой поверхностью / *А.В. Дубина, Н.Е. Домород, В.В. Кожаринов* // Открытия. Изобретения. – 1984. – № 21. – С. 145.
25. А. с. 1102562 СССР. МКИ A61B 5/00, G03C 5/00. Устройство для оценки состояния биологических объектов / *В.М. Инюшин, Ю.А. Лазарев, С.П. Кабанов, Н.Н. Федорова* // Открытия. Изобретения. – 1984. – № 26.
26. А. с. 1103071 СССР. Устройство для обнаружения дефектов на внутренней поверхности осесимметричных отверстий и труб / *Е.Л. Гинзбург, Н.Е. Домород, В.В. Кожаринов и др.* // Открытия. Изобретения. – 1984. – № 26.
27. А. с. 1120159 СССР. Способ измерения шероховатости электропроводящих изделий / *Е.Л. Гинзбург, Н.Е. Домород, В.В. Кожаринов и др.* // Открытия. Изобретения. – 1984. – № 39.
28. А. с. 1241181 СССР. МКИ G03G 17/00. Устройство для фотографирования газового разряда от жидкофазных объектов в электрическом поле высокой напряженности / *В.А. Галынкин, Г.З. Гудакова, С.В. Колесников, К.Г. Коротков*. – № 3778883; Заявл. 06.08.84; Оpubл. 30.06.86/ // Открытия. Изобретения. – 1986. – № 24. – 2 с.
29. А. с. 1255105 СССР. МКИ A61B 5/05. Способ определения уровня эмоциональной напряженности / *М.П. Андрашюнене*,

- Ю.П. Кориунов, В.А. Мяшко // Открытия. Изобретения. – 1986. – № 33.
30. А. с. 1290120 СССР, МКИ G01M 3/40. Способ контроля герметичности изделий / Н.Г. Баньковский, К.Г. Коротков. – № 3700558; Заявл. 15.02.84; Оpubл. 15.02.87. // Открытия. Изобретения. – 1987. – № 6. – 2с.
31. А. с. 1322900 СССР. Ионизационный детектор / К.Г. Коротков. – № 3945460; Заявл. 19.08.85.
32. А. с. 1324005 СССР. МКИ G03B 41/00. Устройство для фотографирования в электромагнитных полях высокого напряжения / Н.Е. Домород // Открытия. Изобретения. – 1987. – № 26.
33. А. с. 1377813 СССР. Способ определения физиологического состояния биологического объекта / В.А. Галынкин, Г.З. Гудакова, А.И. Жерновой, К.Г. Коротков. – № 3780663; Заявл. 06.08.84; Оpubл. 29.02.88. // Открытия. Изобретения. – 1988. – № 9.
34. А. с. 1378814 СССР. МКИ А61В 5/00. Устройство для исследования излучения биологических объектов в высокочастотном электромагнитном поле / О.А. Семенов // Открытия. Изобретения. – 1988. – № 9.
35. А. с. 1456047 СССР. МКИ А01D 33/08. Способ отделения клубней картофеля от камней и почвенных комков / К.Г. Коротков, В.А. Павлык, В.М. Кудрявцев. – № 4200324; Заявл. 24.02.87; Оpubл. 07.02.89. // Открытия. Изобретения. – 1989. – № 5. – 4 с.
36. А. с. 1561066 СССР. МКИ G03G 17/00. Устройство для фотографирования газового разряда жидкофазных объектов в электрическом поле высокой напряженности / Г.З. Гудакова, В.С. Евчук, К.Г. Коротков, Л.М. Кукуй, Ю.В. Попов, А.М. Шаранов. – № 4423602; Заявл. 11.05.88; Оpubл. 30.04.90. // Открытия. Изобретения. – 1990. – № 16. – 3 с.
37. А. с. 1664286 СССР. МКИ А61В 5/16. Устройство для регистрации газоразрядного свечения биологических объектов / К.Г. Коротков, Н.Д. Кожевников. – № 4736898; Заявл. 11.07.89; Оpubл. 23.07.91. // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 27.
38. А. с. 1690678 СССР. МКИ А61В 5/05. Способ регистрации при исследовании по методу Кирлиан / Л.Н. Баукина, Л.А. Всеволожский // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 42.
39. А. с. 1715316 СССР. МКИ А61В 5/16. Устройство для психофизиологических исследований / С.Ф. Романий, В.В. Бурманов // Открытия. Изобретения. – 1992 – № 8.
40. Патент 3743881 США. МКИ H01J 17/16. / P.R. Blaszyk // Оpubл. 3 июля 1973.
41. Патент на изобретение 2141250 РФ, МКИ А61В 5/05. Способ определения энергоинформационного состояния биологического объекта // К.Г. Коротков, С.А. Короткина, Л. Лехтомаки (РФ). – № 97121704; Заявл. 18.12.97; Оpubл. 20.11.99. // Открытия. Изобретения. – 1999. – № 32. – 4 с.
42. Положительное решение по заявке РФ 96110649 от 05.06.96. Устройство газоразрядной визуализации изображения / К.Г. Коротков, В.А. Минкин, А.И. Штамм.
43. Положительное решение по заявке РФ 97121698 от 13.01.98. Способ определения энергоинформационного воздействия тестируемого объекта на вещество в жидкой фазе / К.Г. Коротков, Л. Лехтомаки, И.Т. Розин.
44. Адаменко В.Г. Автоэлектронная эмиссия живых организмов // Вопросы биоэнергетики. – Алма-Ата: КазГУ, 1969.
45. Адаменко В.Г. Живые детекторы // Техника-молодежи. – 1970. – № 8.
46. Адаменко В.Г. Загадки высокочастотной биоэлектроники // Техника-молодежи. – 1974. – № 10. – С. 55-57.
47. Адаменко В.Г. Исследование механизма формирования изображений, получаемых с помощью высокочастотного электрического разряда. Дисс... канд. физ.-мат. наук // Минск, 1975. – 140 с.
48. Адаменко В.Г. Лучи жизни // Техника-молодежи. – 1973. – № 7.
49. Адаменко В.Г. Сто лет спустя... // Техника-молодежи. – 1983. – № 11. – С. 49-52.
50. Адаменко В.Г. Таинственные огни // Техника-молодежи. – 1988. – № 1. – С. 22-23.

51. Адаменко В.Г., Инюшин В.М., Кирлиан С.Д., Кирлиан В.Х // Вопросы биоэнергетики. – Алма-Ата: КазГУ, 1969.
52. Акульшин В.С., Беломестных Н.В. Исследование состояний операторов с помощью метода Кирлиан // Нетрадиционные виды энергетики и проблемы энергоинверсии. Новые идеи и гипотезы: Регион. научно-теорет. конф. : Тез. докл. – Краснодар: КДНУТ, 1990. – С. 164-168.
53. Акульшин В.С., Беломестных Н.В. Поиск закономерностей в оценке состояния оператора при его лечебном воздействии на человека посредством метода Кирлиан // Нетрадиционные виды энергетики и проблемы энергоинверсии: Регион. научно-теорет. конф.: Тез. докл. – Краснодар, 1989. – С. 67-68.
54. Балакишин В.Н., Тивков А.М., Фельдман В.И. О механизме визуализации включений в диэлектриках с помощью газового разряда // Дефектоскопия. – 1983. – № 2. – С. 43-46.
55. Баньковский Н.Г., Коротков К.Г. Изучение физики газоразрядной визуализации // Письма в "Журн. техн. физики". – 1982. – Т. 8, вып. 4. – С. 216-220.
56. Баньковский Н.Г., Коротков К.Г. Основные особенности поверхностной газоразрядной визуализации при пониженном давлении. – Л., 1980. – Ленинградский политехн. ин-т. – Деп. в ВИНТИ № 5288–80. – 45 с.
57. Баньковский Н.Г., Коротков К.Г. Работа выхода поверхности при совместной адсорбции атомов двух элементов в условиях равновесия // Физика твердого тела. – 1978. – Т. 20, вып. 4. – С. 1248-1250.
58. Баньковский Н.Г., Коротков К.Г., Петров Н.Н. Физические процессы формирования изображений при газоразрядной визуализации («эффекте Кирлиан») // Радиотехника и электроника. – 1986. – Т. 31. – № 4. – С. 625-643. РЖФ 1986. – Реф. 8Л787.
59. Баньковский Н.Г., Коротков К.Г., Солодухина В.А., Шигалев В.К. Некоторые особенности формирования газоразрядных изображений объектов при пониженном давлении // Журн. техн. физики. – 1980. – Т. 50. – № 10. – С. 2015-2017.
60. Барташевич Р.А., Жиженко Г.А., Кожаринов В.В. Тонкопленочные регистрирующие покрытия для электроразрядного метода визуализации // Дефектоскопия. – 1993. – № 7. – С. 76-78.
61. Беломестных Н.В. Применение метода Кирлиан для диагностики биологических объектов // Нетрадиционные виды энергетики и проблемы энергоинверсии: Регион. научно-теорет. конф.: Тез. докл. – Краснодар, 1989. – С. 66-67.
62. Беломестных Н.В., Зырянова Е.Т. Визуализация БАТ посредством метода Кирлиан // Нетрадиционные виды энергетики и проблемы энергоинверсии: Регион. научно-теорет. конф.: Тез. докл. – Краснодар, 1989. – С. 68-69.
63. Беломестных Н.В., Самсыгин В.Ю. Оценка функциональных состояний человека и реакций на слабые энергетические воздействия с помощью метода Кирлиан // Нетрадиционные виды энергетики и проблемы энергоинверсии: Регион. научно-теорет. конф.: Тез. докл. – Краснодар, 1989. – С. 69-71.
64. Берд К., Томпкинс П. Секреты жизни растений. – Лондон-Нью-Йорк, 1973.
65. Битнер В.В. В область таинственного. – СПб, 1907.
66. Брандт И., Михайлов В., Кожемякин А. Биорезонансная терапия информационным кристаллом (КОБРА-терапия). – Хабаровск: Хабаровский центр психического здоровья, 1997. – 19 с.
67. Буадзе О.А., Коротков К.Г., Ратман П.А. Изучение влияния гербицида 2,4-Д на растительный организм с последующим защитным эффектом витамина В-2 методом поверхностной газоразрядной визуализации (эффект Кирлиан) // Сообщения АН ГССР. 1989. – Т. 135. – № 1. – С. 193-196.
68. Бундзен П.В., Загранцев В.В., Колодий О.В., Коротков К.Г., Масанова Ф.М. Новая технология прогнозирования психической готовности спортсменов в олимпийском спорте // Вестник спортивной медицины России. – М., 1999. – № 3 (24). – С.13.
69. Буртов Я.Л., Скурский А.Н., Беркаль Р.М. Установка для высоковольтной фотографии // Конф., посвященная 80-летию С.Д. Кирлиан: Тез. докл. – Краснодар, 1978.
70. Величко В.Я., Коротков К.Г. Обнаружение фазовых переходов металл-полупроводник методом газоразрядной визуализации

- зации // Труды Ленинградского политехн. ин-та. – 1983. – № 397. – С. 61-63. РЖФ 1984. – Реф. 9Н59.
71. *Ветвин В.В., Гаевская М.В., Коротков К.Г.* Опыт применения эффекта *Кирлиан* в гомеопатии // Парапсихология и психофизика. – 1994. – № 4 (16). – С. 35-43.
72. *Виленская Л.* Светящиеся фантомы // Техника-молодежи. – 1974. – № 10. – С. 52-55.
73. *Галашин Е.А., Фок М.В.* // Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр. – 1972. – Т. 17, вып. 5. – С. 359.
74. *Грибковский В.П., Гапоненко О.А., Киселев В.Н. Яков Оттонович Наркевич-Ёдка* // Весці АН БССР. Сер. фіз.-мат. навук. – 1985. – № 5.
75. *Грыбкоўскі В.П., Гапоненка В.А., Кісялёў У.М.* Прафесар электраграфіі і магнетызму: *Якуб Наркевіч-Ёдка*. – Мінск: Навука і тэхніка, 1988. – 70 с.
76. *Гудакова Г.З., Галынкин В.А., Коротков К.Г.* Исследование характеристик газоразрядного свечения микробиологических культур // Журнал прикл. спектроскопии. – 1988. – Т. 49. – № 3. – С. 412-417.
77. *Гудакова Г.З., Галынкин В.А., Коротков К.Г.* Исследование фаз роста культур грибов рода *S. quilliermondy* методом газоразрядной визуализации (эффект *Кирлиан*) // Микология и фитология. – 1990. – Т. 2. – № 2. – С. 174-179.
78. *Гурвиц Б.Я., Крылов Б.А., Коротков К.Г.* Использование метода газоразрядной визуализации для разработки нового подхода к ранней диагностике онкологических заболеваний // Медицинские компьютерные системы: Международная конференция по биомедицинскому приборостроению "БИОМЕДПРИБОР – 98": Тез. докл. – Москва, 1998. – С. 106-107.
79. *Дежкунова С.В., Сырец О.Ф., Довгялло А.Г. и др.* Несеребряные фотоматериалы для электроразрядного метода выявления поверхностных дефектов // Дефектоскопия. – 1986. – № 4. – С. 53-57.
80. *Довгялло А.Г. и др.* // Неразрушающие методы и средства контроля: IX Всес. научно-техн. конф.: Тезисы докл. Минск, 1981. – Секция Д. – С. 154-157.
81. *Домород Н.Е., Кожаринов В.В.* // Весці АН БССР. Сер. Фіз.-тэхн. н. – 1986. – № 1. – С. 87-91. РЖФ 1986. – Реф. 8Г226.
82. *Домород Н.Е., Кожаринов В.В.* Применение метода изображений для расчета электростатических полей в присутствии двухслойного диэлектрика. – Минск, 1984. – 13 с. – Рукопись предст. Редколл. ж-ла «Изв. АН БССР. Сер. физ. - техн. наук». – Деп. в ВИНТИ 2 июля 1984. – № 5071-84.
83. *Домород Н.Е., Кожаринов В.В., Храповицкий В.И. и др.* О влиянии влажности окружающей среды на характер электроразрядных процессов в коротких воздушных промежутках // Журн. техн. физики. – 1987. – Т. 57, вып. 2. – С. 264-267.
84. *Донцов В.И.* Биоэнергетика человека: Энциклопедия. – М.: Наука, 1994. – 144 с.
85. *Дубров А.П., Пушкин В.Н.* Парапсихология и современное естествознание. – М.: СП "Соваминко", 1989. – 280 с.
86. *Дульнев Г.Н., Полонников Р.И.* Информационно-измерительный комплекс "Эниотрон" // Известия вузов. Сер. Приборостроение. – 1993. – Т. 36. – № 6. – С. 35-36.
87. *Думитреску В.* // Румынские горизонты. – 1977. – № 8. – С. 38.
88. *Ермолаев В.А., Похолков Ю.П., Шустов М.А., Исмаилова О.Л., Азикова Г.И., Руднев С.В.* Радиография и радиографические ячейки. – Томск: Изд. РИО "Пресс-Интеграл" ЦПК ЖК, 1997. – 224 с.
89. *Ермолаев В.А., Шустов М.А.* Электрорадиографический метод исследования поверхности твердых тел // Датчики электрических и неэлектрических величин (Датчик-95): II Международ. конф.: Тез. докл., – 18-20.12.1995, – Барнаул: АГТУ, 1995. – С. 135-136.
90. *Ермолаев В.А., Шустов М.А.* Электроразрядная визуализация микронеоднородностей поверхности твердых тел // Физико-химические процессы в неорганических материалах: Международная конференция: Тезисы докл., – Ч. 2. – 06-09.10.1998. – Кемерово: КемГУ, 1998. – С. 133-134.
91. *Ермолаев В.А., Шустов М.А.* Электроразрядная визуализация физических полей биологических объектов // Биоэкстрасенсорика и научные основы культуры здоровья на рубеже ве-

- ков: Междунар. конф.: Тезисы докл. – 26-29.11.1996. – М.: МНТОРЭС, 1996. – С. 92-94.
92. Ермолаев В.А., Шустов М.А. Электроразрядно-кристаллизационный метод исследования поверхности твердых тел // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП-98): IV Международная научно-техническая конференция: Труды. – Том. 15. – 23-26.09.1998. – Новосибирск: НГТУ, 1998. – С. 11.
93. Иванов Э.В., Шестерин И.С., Тамбиев А.Х., Телитченко М.М. Применение высокочастотного генератора на базе строчной развертки для изучения свечения биологических объектов в высокочастотном разряде // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. – 1970. – № 1. – С. 117-118.
94. Иванов Э.В., Шестерин И.С., Телитченко М.М. // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. – 1971. – № 6. – С. 133.
95. Игнатъев Н.К. Изучение биоэнергетики человека и топическая диагностика органов с помощью метода Кирлиан – фото // V Регион. научно-технич. семинар по ноосферным взаимодействиям (Ноосферные взаимодействия и народная медицина): Тез. докл., – 26-27.11.1991, – Томск: СибНИЦ АЯ, 1991. – С. 54-55.
96. Информационный листок / Томск. межотрасл. террит. центр НТИ и пропаганды. Томск, 1987. – 74-87: Устройство для съемки объектов в поле токов высокой частоты / Сост. М.А. Шустов. – [4] с.
97. Информационный листок / Томск. межотрасл. террит. центр НТИ и пропаганды. Томск, 1990. – 245-90: Высокочастотный генератор для получения фотографий по методу "Кирлиан" / Сост. М.А. Шустов. – [4] с.
98. Инюшин В., Воробьев Н., Шуйский Н., Федорова Н., Гибадуллин Ф. О биологической сущности «эффекта Кирлиан». – Алма-Ата, 1968.
99. Инюшин В.М. Концепция биоплазмы. – Алма-Ата: КазГУ, 1978.
100. Инюшин В.М. О биологическом действии красного цвета. – Алма-Ата: КазГУ, 1967.
101. Инюшин В.М. Элементы теории биологического поля. – Алма-Ата: КазГУ, 1978. – 97 с.
102. Инюшин В.М., Ильясов Г.У., Непомнящих И.А. Биоэнергетические структуры – теория и практика. – Алма-Ата: Казахстан, 1992.
103. Инюшин В.М., Инюшина Т.Ф. К изучению некоторых свойств электрохемилуминесценции растений, животных и человека // Труды Московского общества испытателей природы. – Т. 39. – Сверхслабые свечения в биологии. – М.: Наука, 1972. – С 107-109.
104. Инюшин В.М., Федорова Н.Н. Вопросы биоэнергетики // Материалы научно-методического семинара. – Алма-Ата: КазГУ, 1969.
105. Кирлиан В.Х., Кирлиан С.Д. В мире чудесных разрядов. – М.: Знание, 1964. – 40 с.
106. Кирлиан С.Д., Кирлиан В.Х. Фотографирование и визуальное наблюдение при посредстве токов высокой частоты // Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр. – 1961. – Т. 6, вып. 6. – С. 397-403.
107. Кирлиан С.Д., Скоков Ю.В., Беломестных Н.В. и др. Перспективы использования высокочастотных изображений для диагностики состояния биологических объектов // Конф., посвящ. юбилею С.Д. Кирлиан: Тез. докл. – Краснодар, 1979. – С. 47-48.
108. Киселев В. Опередивший время // Техника-молодежи. – 1983. – № 11. – С. 46-49.
109. Климовский И.И. Тайны умирающих листьев // Энергия. – 1986. – № 6. – С. 78-87.
110. Кожанов Е.В., Лемешко Б.Д., Скляр А.А., Уланов В.М. К вопросу о вуалирующем действии электрического поля на фотографические слои // Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр. – 1980. – Т. 25, вып. 1. – С. 55-56.
111. Кожаринов В.В. Анализ основных процессов, происходящих в воздушном зазоре при неразрушающем контроле изделий электроразрядным методом визуализации. – Минск, 1982. – 14 с. – Ин-т прикл. физики АН БССР. – Деп. в ВИНТИ 29 июня 1982. – № 3549-82.

112. *Кожаринов В.В.* Исследование электроразрядного метода визуализации и разработка средств неразрушающего контроля материалов и изделий. Дисс... канд. техн. наук // *Минск*, 1982. – 222 с.
113. *Кожаринов В.В.* Приближенный метод расчета электростатических полей. – Минск, 1984. – 12 с. – Рукопись предст. Редколл. ж-ла «Изв. АН БССР. Сер. физ. - техн. наук». – Деп. в *ВИНИТИ* 2 июля 1984. – № 5067–84.
114. *Кожаринов В.В.* Распределение потенциала между заряженным шаром и многослойной диэлектрической средой с металлической подложкой. – Минск, 1982. – 19 с. – Ин-т прикл. физики АН БССР. – Деп. в *ВИНИТИ* 29 июня 1982. – № 3540-82.
115. *Кожаринов В.В.* Электроразрядный метод визуализации и диагностики газоразрядных процессов высокого давления. – Изв. АН БССР. Сер. физ. - техн. наук. – 1990. – № 4. – С. 91-95.
116. *Кожаринов В.В., Домород Н.Е.* Анализ закономерностей распределения напряженности электрического поля при неразрушающем контроле изделий электроразрядным методом визуализации. – Минск, 1982. – 18 с. – Ин-т прикл. физики АН БССР. – Деп. в *ВИНИТИ* 29 июня 1982. – № 3550-82.
117. *Кожаринов В.В., Зацепин Н.Н.* К вопросу о возможности неразрушающего контроля методом визуализации низкоэнергетического излучения // Использование современных физических методов в неразрушающих исследованиях и контроле: Всес. конф. по прикл. физике: Тезисы докл. *Хабаровск*, 1981. – Ч. 3. – С. 18-19.
118. *Кожаринов В.В., Зацепин Н.Н.* Распределение электрического поля у поверхности электрода с модельным дефектом. – Изв. АН БССР. Сер. физ. - техн. наук. – 1983. – № 4. – С. 104-109. *РЖФ* 1984. – Реф. 6А412.
119. *Кожаринов В.В., Зацепин Н.Н.* Экспериментальное исследование модельных дефектов в электромагнитных полях высокой напряженности // Дефектоскопия. – 1983. – № 11. – С. 7-10.
120. *Кожаринов В.В., Зацепин Н.Н., Домород Н.Е.* Некоторые особенности получения изображений поверхностных дефектов электроразрядным методом визуализации // Дефектоскопия. – 1985. – № 3. – С. 86-87. *РЖФ* 1985. – Реф. 10А301.
121. *Кожаринов В.В., Зацепин Н.Н., Домород Н.Е.* Применение роликовых электродов в неразрушающем контроле изделий электроразрядным методом визуализации // Изв. АН БССР. Сер. физ. - техн. наук. – 1985. – № 3. – С. 92-96.
122. *Кожаринов В.В., Зацепин Н.Н., Домород Н.Е.* Формирование электроразрядных изображений поверхностных дефектов. – Изв. АН БССР. Сер. физ. - техн. наук. – 1984. – № 1. – С. 89-92. *РЖФ* 1984. – Реф. 10Л763.
123. *Кожаринов В.В., Зацепин Н.Н., Домород Н.Е.* Электроразрядный метод визуализации. – Минск: Наука и Техника, 1986. – 134 с. *РЖФ* 1986. – Реф. 6Г394К.
124. *Коротков К.Г.* Изучение свойств разряда при формировании газоразрядных изображений поверхности // Труды Ленинградского политехн. ин-та. – 1980. – Вып. 371. – С. 51-54.
125. *Коротков К.Г.* Исследование влияния зарядового пятна диэлектрической поверхности на траекторию электронов лавинного разряда диэлектриком // Труды Ленинградского политехн. ин-та. – 1985. – Вып. 412. – С. 67-70.
126. *Коротков К.Г.* Исследование физических процессов, протекающих при газоразрядной визуализации объектов различной природы. Автореф. дисс. ... канд. физ.-мат. наук // Л., ЛПИ, 1982.
127. *Коротков К.Г.* Кирлиан эффект – новый современный научный инструмент для изучения характеристик психофизиологии и сознания человека путем исследования ауры // Парапсихология и психофизика. – 1997. – № 1. – С. 108.
128. *Коротков К.Г., Крашенюк А.И., Крашенюк С.В.* Энергоинформационный эффект гирудотерапии // Пятая научно-практическая конференции Ассоциации гирудологов России: Материалы. – СПб., 1997. – С. 83-89.
129. *Коротков К.Г.* О возможности выявления микронеровностей объектов при фотографировании с экрана газоразрядной трубки // Журн. научн. и прикл. fotogr. и кинематогр. – 1980. – Т. 25, вып. 5. – С. 374-376.

130. *Коротков К.Г.* Применение метода газоразрядной визуализации (ГРВ) для экспресс-диагностики и мониторинга состояния биологических объектов (БО) // Медицинские компьютерные системы: Международная конференция по биомедицинскому приборостроению "БИОМЕДПРИБОР – 98": Тез. докл. – Москва, 1998. – С. 104-106.
131. *Коротков К.Г.* Применение метода газоразрядной визуализации (эффект *Кирлиан*) для экспресс-диагностики биологических объектов // Медицинские информационные системы. – Таганрог, 1990. – Вып. 2 (IX).
132. *Коротков К.Г.* Применение метода газоразрядной визуализации для экспресс-диагностики биологических объектов // Человеко-машинные системы и комплексы принятия решений: Всес. научно-технич. конф.: Тез. докл., – май 1989. – Таганрог: ТРТИ, 1989. – С. 140.
133. *Коротков К.Г.* Разработка научных основ и практическая реализация биохимических измерительно-вычислительных систем анализа газоразрядного свечения, индуцированного объектами биологической природы. Автореф. дисс. ... докт. техн. наук // С-Пб., СПбГЭУ, 2000. – 32 с.
134. *Коротков К.Г.* Регистрация биополевого воздействия. Эффект *Кирлиан*. Медицинские информационные системы. – Таганрог, 1993. – Вып. 5 (XII). – С.21-23.
135. *Коротков К.Г.* Регистрация энергоинформационного взаимодействия газоразрядным датчиком // Биомедицинская информатика и эниология. – Сборн. статей / Под ред. *Р.И. Полонникова, К.Г. Короткова.* – С-Петербург, 1995. – С. 197-206.
136. *Коротков К.Г.* Свет после Жизни. СПб.: Изд-во «Текст», 1994. – 264 с. Перевод (англ.): *Korotkov Konstantin.* Light after Life. – NY: Backbone Publishing Company, 1998. – 191 p.
137. *Коротков К.Г.* Экспериментальные исследования активности сознания человека после смерти // Сознание и физическая реальность. – 1996. – Том 1. – № 1-2. – С. 103-108.
138. *Коротков К.Г.* Экспресс-диагностика биологических объектов методом ГРВ // Экоэнергетика, биоэнергетика, здоровье человека – 90: Труды междунар. конф. – Сочи, 1991. – С. 15.
139. *Коротков К.Г.* Эффект *Кирлиан*. СПб.: Изд-во «Ольга», 1995. – 218 с.
140. *Коротков К.Г., Баньковский Н.Г.* Экспериментальное исследование характеристик разряда в узком зазоре, ограниченном диэлектриком // Труды Ленинградского политехн. ин-та. – 1985. – Вып. 412. – С. 64-68.
141. *Коротков К.Г., Баньковский Н.Г., Ганичев Д.А.* О возможности формирования фотографических изображений с помощью СВЧ электрических полей // Труды Ленинградского политехн. ин-та. – 1980. – Вып. 371. – С. 49-51.
142. *Коротков К.Г., Баньковский Н.Г., Солодухина В.А., Шигалев В.К.* Некоторые особенности формирования газоразрядных изображений при пониженном давлении // ЖТФ. – 1980. – Т. 50. – № 10. – С. 2015-2017.
143. *Коротков К.Г., Величко В.Я.* Обнаружение фазовых переходов металл-полупроводник // Труды ЛПИ. – 1983. – № 397. – С. 36-40.
144. *Коротков К.Г., Ветвин В.В., Гаевская М.В.* Опыт применения эффекта *Кирлиан* в гомеопатии и парапсихологии // Парапсихология и психофизика. – 1994. – № 4 (16). – С. 35-42.
145. *Коротков К.Г., Гурвиц Б.Я.* Диагностика онкологических заболеваний методом ГРВ // Фундаментальная наука и альтернативная медицина: Международный Симпозиум: Тез. докл. – Пуццо, 1997. – С. 103.
146. *Коротков К.Г., Гурвиц Б.Я.* Различие характеристик газоразрядного свечения плазмы крови // Фундаментальная наука и альтернативная медицина: Международный Симпозиум: Тез. докл. – Пуццо, 1997. – С. 111.
147. *Коротков К.Г., Гурвиц Б.Я., Крылов Б.А.* Новый концептуальный подход к ранней диагностике рака // Сознание и физическая реальность. – 1998. – Том 3. – № 1. – С. 50-58.
148. *Коротков К.Г., Дульнев Г.Н.* Метод газоразрядной визуализации в профилактической медицине // Второй национальный Конгресс по профилактической медицине: Труды. – С-Петербург, 1995. – С. 9.

149. *Коротков К.Г., Крашенюк А.И.* Метод газоразрядной визуализации – новый научный инструмент в гирудотерапии // Пятая научно-практическая конференции Ассоциации гирудологов России: Материалы. – СПб., 1997. – С. 77-82.
150. *Коротков К.Г., Крылов Б.А., Белобаба О.И.* Алфавит признаков описания *Кирлиан*-изображений // Автоматизация проектирования: Межвузовский научн.-техн. семинар: Тез. докл. – СПб.: СПИТМО, 1998. – С. 19.
151. *Коротков К.Г., Крылов Б.А., Кузнецов А.Л.* Исследование процесса формирования изображений при ГРВ // Автоматизация проектирования: Межвузовский научн.-техн. семинар: Тез. докл. – СПб.: СПИТМО, 1998. – С. 18.
152. *Коротков К.Г., Кузнецов А.Л.* *Кирлиановский* фантом: новый этап понимания // Сознание и физическая реальность. – 1997. – Т. 2. – № 1. – С. 83-89.
153. *Коротков К.Г., Кузнецов А.Л.* Модель интерференционных пространственно-полевых структур в биологии // Биомедицинская информатика и эниология. – Сборн. статей / Под ред. Р.И. Полонникова, К.Г. Короткова. – С-Петербург, 1995. – С. 33-49.
154. *Коротков К.Г., Малышев В.П.* Применение метода газоразрядной визуализации для анализа физического и психологического состояния человека // Безопасность и экология С-Петербурга / Тез. научн. – практ. конф., СПбГТУ. – СПб., – 1999. – С. 51-54.
155. *Коротков К.Г., Малышев В.П.* Экспресс-диагностика физического и психологического состояния человека с помощью метода газоразрядной визуализации // Экология, здоровье, безопасность / Матер. научн. – практ. конф. – СПб., – 1998. – С. 12-13.
156. *Коротков К.Г., Минкин В.А., Савельев С.К., Федоров С.И.* Аппаратно-программное обеспечение метода газоразрядной визуализации // Биомедицинская информатика и эниология. – Сборн. статей / Под ред. Р.И. Полонникова, К.Г. Короткова. – С-Петербург, 1995. – С. 206-210.
157. *Коротков К.Г., Павлык А.А.* Чувствительное устройство автоматического отделителя твердых компонентов картофельного вороха // Применение микроэлектроники и робототехники в сельском хозяйстве: Труды Всесоюзной конференции. – М. – Рига, 1985. – С. 3.
158. *Коротков К.Г., Ратман П.А., Гоголадзе Г.И.* Экспериментальная установка для исследования применения метода поверхностной газоразрядной визуализации (эффект *Кирлиан*) // Изв. ЛЭТИ. – 1991. – Вып. 428. – С. 83-88.
159. *Коротков К.Г., Савельев С.К.* Энергоинформационные характеристики кирлиановских фотографий // Известия вузов. Сер. Приборостроение. – 1993. – Т. 36. – № 6. – С. 37-42.
160. *Коротков К.Г., Хмыров С.В.* Фотографирование поверхности твердого тела посредством газового разряда при атмосферном давлении // Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр. – 1982. – Т. 27, вып. 2. – С. 131-134.
161. *Коротков К.Г., Минкин В.А., Савельев О.К., Федоров С.И.* Аппаратно-программное обеспечение метода газоразрядной визуализации // Биомед. информатика: Сборн. Трудов. – СПб, 1995. – С. 206-210.
162. *Коротков К.Г., Попечителей Е.П.* Контроль состояния ребенка с помощью комплекса регистрации газоразрядных изображений пальцев рук // «Проблемы инструментальной оценки состояния с помощью компьютерных систем» / Науч. прак. конф. – Москва, – 1999. – С. 57-59.
163. *Кравцов А.Е.* // Предельные свойства фотографических регистрирующих сред: Всес. конф.: Тез. докл. – Черноголовка, 1979. – С. 45.
164. *Кравцов А.Е., Пина В.И., Резников М.А., Фок М.В.* О природе электрочувствительности фотографических эмульсионных слоев // Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр. – 1977. – Т. 22, вып. 3. – С. 186-195.
165. *Кравцов А.Е., Резников М.А., Фок М.В.* К вопросу о действии электрического поля на фотографические слои // Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинематогр. – 1981. – Т. 26, вып.1. – С. 68-70.
166. *Крашенюк А.И., Коротков К.Г.* Концепция энергоинформационных болезней человека // SIS-99: Proc. International Congress. – St. Petersburg, 1999. – P. 29-31.

167. *Крыжановский Л.Н.* Фигуры *Лихтенберга*, или ксерография в... XVIII в. // *Электричество*. – 1993. – № 3. – С. 75-77.
168. *Крыжановский Л.Н.* Электростатическая индукция и электрофор в опытах XVIII в. // *Электричество*. – 1982. – № 4. – С. 60-62.
169. *Лебедева Н.Н., Саламов Б.Г., Орбух В.И., Нагиев В.М.* Газо-разрядная визуализация неоднородностей высокоомных полупроводников // *Приборы и техника эксперимента*. – 1994. – № 5. – С. 166-170.
170. *Лидоренко Н.С., Гудков Л.А., Котельников В.А., Пивоваров О.Н.* // Конференция, посвященная юбилею *С.Д. Кирлиан*: Тез. докл. – М.: *ВНИИТ*, 1979.
171. *Лидоренко Н.С., Кирлиан С.Д., Пивоваров О.Н., Скоков Ю.В., Беломестных Н.В.* Особенности и перспективы диагностики биообъектов с помощью «эффекта *Кирлиан*» // Психологическое состояние человека и информативность *БАТ* кожи: Конф.: Тез. докл. – Киев, 1979.
172. *Лысков В.Н., Магулан В.И., Кружкин К.А.* Фотографирование физиологических объектов в токах высокой частоты. – *Кишинев*, 1962.
173. *Марченко Ю.Ю., Игнатьев Н.К., Алтайский И.П.* Феномен угасания электробиолюминесцентного свечения в зоне биолокационной аномалии // *Парапсихология и психофизика*. – 1992. – № 1. – С. 56.
174. *Михалевский В.И., Франтов Г.С.* О возможности выявления наименьших неровностей при фотографировании в поле токов высокой частоты // *Журн. научн. и прикл. fotogr. и кинематогр.* – 1967. – Т. 12, вып. 4. – С. 302-303.
175. Некоторые вопросы биодинамики и биоэнергетики в норме и патологии. Стимуляция лазерным излучением. – *Алма-Ата*, 1972.
176. *Орлов В.* Супруги *Кирлиан* не просчитались // *Техника-молодежи*. – 1993. – № 6. – С. 62-63.
177. От эффекта *Кирлиан* к биоэлектрографии // Под редакцией *К.Г. Короткова*. – СПб.: Изд-во «*Ольга*», 1998. – 340 с.
178. *Паньямента Нереш Ф.* Цветопунктура для детей. – СПб: *Питер Паблишинг*, 1998. – 160 с.
179. *Погорельский М.В.* Электрофотосфены и энергография как доказательство существования физиологически полярной энергии. – СПб, 1899.
180. Полное руководство по фотографии. – СПб, 1876.
181. *Резников М.А.* // Предельные свойства фотографических регистрирующих сред: Всес. конф.: Тез. докл. – *Черноголовка*, 1979. – С. 43.
182. *Резников М.А.* Локальная пересенсибилизация фотоэмульсионного слоя в электрическом поле // Процессы усиления в фотографических системах регистрации информации: Всес. конф.: Тез. докл., 28-30.09.1981. – Минск: БГУ, 1981. – С. 109-111.
183. *Романий С.Ф., Беломестных Н.В.* Прибор по методу *Кирлиан* // Нетрадиционные виды энергетики и проблемы энергоинверсии: Регион. научно-теорет. конф.: Тез. докл. – *Краснодар*, 1989. – С. 72-75.
184. *Романий С.Ф., Карамушко В.А.* Дефектоскоп импульсный высокочастотный *ДИВ-1* // *Дефектоскопия*. – 1981. – № 11. – С. 76-80.
185. *Романий С.Ф., Черный Э.Д.* Высокочастотный способ контроля диэлектрических материалов // *Дефектоскопия*. – 1979. – № 5. – С. 47-51.
186. *Серебренникова Л.В., Деграф Э.Д., Брандт И.Л., Бобров А.Н., Хан С.Г.* Контроль динамики лечебного биоэнерговоздействия с помощью электронографии, электропунктуры, лабораторных исследований и биолокации // К механизмам паранормальных явлений. – *Томск: СибНИЦ АЯ*, 1993. – Ч. 2. – С. 94-97.
187. *Сливков И.Н.* Электроизоляция и разряд в вакууме. – М.: Атомиздат, 1972.
188. *Фельдман В.И., Пивоваров О.Н., Курсевич П.А.* // Теплофизика высоких температур. – 1982. – Т. 20. – № 1. – С. 25.
189. *Фок М.В.* // Предельные свойства фотографических регистрирующих сред: Всес. конф.: Тез. докл. – *Черноголовка*, 1979. – С. 41.

190. Франтов Г.С., Михалевский В.И. Элементы методики и техники фотографирования в поле токов высокой частоты // Вопросы биоэнергетики. – Алма-Ата: КазГУ, 1969.
191. Шишина Ю. Тайнопись светящихся иероглифов // Наука и жизнь. – 1974. – № 8. – С. 74-80.
192. Шустов М.А. Аппараты для ультратоновой терапии // Радиолобитель. – 1998. – № 7. – С. 23-24.
193. Шустов М.А. Генератор для получения "кирлиановских" фотографий // Радиолобитель. – 1991. – № 9. – С. 14.
194. Шустов М.А. Парадоксальные физические эксперименты и их интерпретация // Сб. материалов по нетрадиционным аспектам естествознания. – Томск: СибНИЦ АЯ, 1992. – Вып. 1. – С. 82-95.
195. Электрографические снимки // Нива. – 1896. – № 29. – С. 740.
196. Alexandrova R., Korotkov K., Filippova N., Dolinina L., Lubeeva O. The use of GDV method for evaluation the patients' state and estimate effectivity of a complex way of treatment, including acupuncture // Medical Acupuncture and Related Techniques ICMART: International Symposium: Abstracts. – Urmala, 1999. – P. 4-5.
197. Aura Awareness: What Your Aura Says About You // Jennifer Baltz (Editor), C.E. Lindgren (Editor). Published 1997.
198. Boyers D., Tiller W. Corona discharge Photography // J. Appl. Phys. – 1973. – Vol. 44. – № 7. – P. 3102.
199. Bienefeld-Ammerman U. Kirlian – Acupunktüre. Methode A. Lerner. C.E.K. Informatic GmbH, 1995.
200. Bundzen P., Kolodiy O., Korotkov K. Prospects of using the gas discharge visualisation technique in the process of preparation of elite athletes // SIS-99: Proc. International Congress: Proceedings. – St. Petersburg, 1999. – P. 17-18.
201. Bundzen P., Korotkov K., Kolodiy O., Balandin V., Zagrantsev V., Mashianova T., Massanova F. New technology of the athletes psycho-physical readiness evaluation based on the gas-discharge visualisation method in comparison with battery of // SIS-99: Proc. International Congress: Proceedings. – St. Petersburg, 1999. – P. 19-22.
202. Capturing the Aura: Intergrating Science, Technology and Metaphysics // C.E. Lindgren (Editor). Published 1999.
203. Chouhan R.S., Rajaram P. Electrographic Images in Cervical cancers // Proceedings of the 6th International Congress on Psychotronic Research. – Zagreb, 1986.
204. Chouhan R.S., Rajaram P., Srinivasa Rao A. A theoretical Model for electrographic Image Modulation in cancers // Proceedings of 6th International Congress on Psychotronic Research. – Zagreb, 1986.
205. Chouhan R.S., Rajaram P., Anusuya. Bio electrography – a non invasive technique for screening and monitoring cancers. A study on carcinoma cervix // Proceedings of the International Uro Gynaecological Association annual meeting. – Ljubljana, 1987.
206. Cope Freeman N. // Physiol. Chem. and Phys. – 1980. – Vol. 12. – № 4. – P. 337.
207. Dakin H.S. High-Voltage Photography. – San-Francisco, 1975. – 79 p.
208. Decrespe M. La vie et les oeuvres de M. De Narkiewicz-Iodko. – Paris: Chamuel Editeur, 1896.
209. Doskočil J., Chudaček I. Zobrazování předmětů elektrikum vybojem // Jemná mech. a opt., 1979. – № 12. – S. 349-355.
210. Dumitrescu W. Electronography. – Bucurest, 1977.
211. Dumitrescu I.F., Kenyon J. Electrographic Imaging in Medicine and Biology. Neville spearman, Suffolk, 1983.
212. Duplessis Yvonne. Биолюминесцентные вариации на пальцах и листьях в соответствии с цветом // V International conference on Psychotronics research. Application of Psychotronics in practice. II Sektia: Psychotronika a biologia. – Bratislava: IAPR, Dom techniky CSVTS, 1983. – P. 174-180.
213. Eidson W., Fanst D., Kyler H. et al. IEEE and ERA Spec. Session Presented at "Electro-78". – N.Y.: Pergamon Press, 1978.
214. Emboden W., Moss T., Hubacher, J. Plant Tumors as seen through Kirlian Photography // Osteopathic Physician. – 1976. – Vol. 43.
215. Ermolaev V.A., Shustov M.A. Comparative radiographical registration of physical fields local nonhomogeneous // Conference on Precision Electromagnetic Measurement (CPEM'96): Thesis of

- Report. – Section *THPI-10*. – 17-20 June 1996.– *Germany, Braunschweig: PTB*, 1996. – S. 569.
216. Griff L.C., Konikiewicz L.W., Moyer K. Bio electrography in Cancer Detection // *Penn Med.* – 197?. –Vol. 86.
 217. Hubacher J. Kirlian photography. Used studies of cancerous versus Normal rates, 1974 (unpublished).
 218. Kippner & Krippner. *The Kirlian Aura*. – N.Y.: Anchor Books, 1976.
 219. Kolmakow S., Hanninen O., Korotkov K. and Kuhmonen P. Gas discharge visualization system (*CrownTV*) applied to the study of non-living biological objects // *J. Pathophysiology*. – 1998. – V. 5. – P. 55.
 220. Kolmakow S., Hanninen O., Korotkov K.G., Bundzen P.V. Gas discharge visualization technique and Spectrophotometry in detection of field effects // *Mechanisms of Adaptive Behavior / Abstracts Int. Symp.* – *St. Petersburg*, 1999. – P. 78.
 221. Korotkov K. *Aura and Consciousness – New Stage of Scientific Understanding*. – *St.Petersburg: St.Petersburg division of Russian Ministry of Culture, State Publishing Unit “Kultura”*, 1998. – 270 p.
 222. Korotkov K. *BEO GDV Technique – advanced scientific tool to study Biological Subjects* // *Proc. 2nd International A.Gurwitsch Conf.* – *Moscow*, 1999. – P. 19.
 223. Korotkov K. *Der Kirlian-Effect – Direct nach dem Tode eines Menschen* // *Parapsychologie in Russland: Kongre? in Neuss bei Dusseldorf vom 9-10 September 1995*. – H. 23.
 224. Korotkov K. *GDV technique – the experience after three years of practice* // *SIS-99: Proc. International Congress.* – *St. Petersburg*, 1999. – P. 43-44.
 225. Korotkov K. *Menneskelig aura: Kirlian effekt* // *Impuls. (Denmark)*. – 1997. – № 2. – P. 28-33.
 226. Korotkov K. *New conception of space fields of biological objects* // *Dialog mit dem Universum: Kongre?.* – *Dusseldorf*, Okt. 1995. – H. 54.
 227. Korotkov K., Kaariainen P. Gas discharge visualisation technique applied to the study of a physical stress among sportsmen // *J. Pathophysiology*. – 1998. – V. 5. – P. 53.
 228. Korotkov K., Korotkov A., Korotkina S. *New Kirlian Current Device for the Investigation of Human State*. In: *Kirlian 2000. The Proceedings of the Third Int. Conf. of Medical and Applied Bioelectrography*. (April 19-21, 1996, *Helsinki, Espoo, Finland*, 1996. – P. 58.
 229. Korotkov K., Lehtomaki L., Kaariainen P. *Stress diagnosis and monitoring with new computerized “Crown-TV” device* // *J. Pathophysiology*. – 1998. – Vol. 5. – P. 227.
 230. Korotkov K., Polonnikov R. *GDV data conversion and compression on the basis of analysis of fractal dynamics* // *SIS-99: Proc. International Congress.* – *St. Petersburg*, 1999. – P. 26-27.
 231. Korotkov K., Popechitelev E. *GDV technique application for testing bio – correctors* // *SIS-99: Proc. International Congress.* – *St. Petersburg*, 1999. – P. 46
 232. Korotkov K., Savolainen H. *Experimental Investigation of a human Body Energy-and-Information activity after death*. In: *Kirlian 2000. The Proceedings of the Third Int. Conf. of Medical and Applied Bioelectrography*. (April 19-21, 1996, *Helsinki, Espoo, Finland*, 1996. – P. 59-61.
 233. Korotkov K.G. *Kirlianography research in Brasil* // *SIS-99: Proc. International Congress.* – *St. Petersburg*, 1999. – P. 80-82.
 234. Korotkov K. *Kirlian effect development in Russia – results, ideas, equipment*. In: *Kirlian 2000. The Proceedings of the Third Int. Conf. of Medical and Applied Bioelectrography*. (April 19-21, 1996, *Helsinki, Espoo, Finland*, 1996. – P. 46-54.
 235. Korotkov K., Kouznetsov A. *The theory of morphogenetic Synergization of Biological objects and the phantom leaf effect*. In: *Kirlian 2000. The Proceedings of the Third Intern. Conf. for Medical and Applied Bioelectrography*. (April 19-21, 1996, *Helsinki, Espoo, Finland*, 1996. – P. 55-57.
 236. *Kirlian Photography Bibliography (Psi Center Directories Ser.)* // *Rhea A. White*. Published 1987.
 237. *Kirlian Photography Bibliography* // *Rhea A. White* (Editor). Published 1988.
 238. Kuznetsov A., Korotkov K., Krylov B. *BEOGDV – image recognition system* // *SIS-99: Proc. International Congress.* – *St. Petersburg*, 1999. – P. 47-48.

239. *Lichtenberg G.Ch.* Über eine neue Methode, die Natur und die Bewegung der elektrischen Materie zu erforschen, *Ostwalds Klassiker der exakten Naturwissenschaften* Nr. 246, Akadem. Verlagsgesellschaft Geest Portig, *Leipzig*, 1956.
240. *Lichtenberg G.Ch.* Schriften und Briefe, 4, *Carl Hanser Verlag, Munchen*, 1967, 1972.
241. *Mallikarjun S.* Kirlian Photography and the Detection of Cancer. *IKRA conference, New York*, 1979. – P. 1-2.
242. *Mandel P.* Energy Emission Analysis. New Application of Kirlian Photography for Holistic Medicine. – Synthesis Publishing Co., *W. Germany*, 1986.
243. *Narkevich-Jodko M. de.* Compte Rendu d'une conference sur les experiences d'electricite par report a la physiologie tenue a Florece le 1893 par le chev Fraduction. *Nice*, 1984. – P. 1717.
244. *Nasser E.* Fundamentals of Gaseous Ionisation and Plasma electronics. – *Wiley*, 1971.
245. *Oldfield Harry* (Contributor), *Coghill Roger.* The Dark Side of the Brain: Major Discoveries in the Use of Kirlian Photography and Electrocrystal Therapy. Published 1991.
246. *Opalinski J.* Kirlian-type images and the transport of thin-film materials in high-voltage corona discharges // *J. Appl. Phys.* – 1979. – Vol. 50. – № 1. – P. 498-504.
247. *Payrebrune M.* Experimental Morphology of Lichtenberg Figures. Master's thesis. – *McGill University Montreal*, 1983.
248. *Pratt S., Schlemmer J.* Electronography // *J. Biol. Photo. Assoc.* – 1939. – V. 7. – P. 145-148.
249. *Pruman R.* О низкочастотных электромагнитных полях, земном излучении и эффекте Кирлиан // *Земные поля и их влияние на организм: Междунар. симпоз.: Тез. докл.*, – 4-7.07.1996. – *Таллинн*, 1996.
250. *Schilder H.J.* Farbfotos mit 32 000 Volt // *Das Mag. der Techn.* – 1976. – № 2. – S. 44-47; 82-83.
251. *Shah Jasvant Manilal.* Preventing Heart problems by Kirlian Photography and Gems Therapy. Published 1996.
252. *Shimizu K., Endo H., Matsumoto G.* Visualisation of electric fields around a biological body // *IEEE Trans. Biomed. Engng.* – 1988. – V. 35. – P. 296-302.
253. *Snellgrove Brian.* The Unseen Self: Kirlian Photography Explained. Published 1996.
254. *Thathachari Y.T., Pushpa S.* // *Biol. J.* – 1977. – Vol. 17. – № 3. – P. 302.
255. The Energies of Consciousness: Explorations in Acupuncture, Auras, and Kirlian Photography. Acupuncture, and Western Hemisphere Conference on Kirlian Photography. Published 1975.
256. *Yermolayev V.A., Shustov M.A.* The electrodischarged-crystallized method of solid body surface research // *Actual Problems of Electronic Instrument Engeneering Proceeding (APEIE-98): 4th International Conference: Thesis of Report.* – Volume 1. – September 23-26, 1998. – *Novosibirsk: NSTU*, 1998. – P. 414.

Публикации на иностранных языках
(без полных выходных данных):

1. *Cattaneo Alberto Eduardo.* La Medicina Energética y La Foto Kirlian. (исп.).
2. *Davis Mikol.* Rainbows of Life: The Promise of Kirlian Photography. Galaxies of Life: The Human Aura in Acupuncture and Kirlian Photography (Social Change Series).
3. *Gennaro L., et al.* Kirlian Photography Research and Prospects.
4. *Iovine John.* Kirlian Electrophotography: Data Package Kirlian Photography: A Hands-On Guide.
5. *Iovine John.* Kirlian Photography: A Hands-On Guide.
6. *Johnson Kendall L.* Photographing the nonmaterial world.
7. *Johnson Kendall L.* The living aura: radiation field photography and the Kirlian effect.
8. *Konikiewicz Leonard W.* Bioelectrography, a new method for detecting cancer and monitoring body physiology.
9. *Milhomens Newton.* A Mente – Uma Energia Cósmica. (португ.).
10. *Milhomens Newton.* Esoterismo, Parapsicologia, Psicologia. (португ.).
11. *Milhomens Newton.* Fotos Kirlian – Como Interpretar. (португ.).
12. *Milhomens Newton.* O Misticismo à Luz da Ciência. (португ.).
13. *Milhomens Newton.* O Modelo Energético do Homem. (португ.).

www.unityplaza.com/kirlian

14. *Milhomens Newton*. Vida, Universo e Mente. (португ.).
15. *Moss Thelma*, Ph. D. Body Electric: a Personal Journey into the Mysteries of Parapsychological Research, Bioenergy and Kirlian Photography. (англ.).
16. *Piers Anthony*. Kirlian Quest.
17. Psychoenergetic Systems: The Interaction of Consciousness, Energy and Matter // *Stanley Krippner* (Editor).
18. *Rabinowitz Lee, Steiner*. Psychic Self-Healing for Psychological Problems.
19. *Tramonte Alfredo S*. El Efecto Kirlian. (исп.).

Краткий список WEB-pages
по электроразрядной фотографии
(всего свыше 5000 ссылок):

www.advancedsciences.org/science/pg70.htm
www.astartespiritcrafts.com/kir.html
www.awarinst.com/kirlianBK.htm
www.b-com.co.uk/fullspectrum/profile.htm
www.cebunet.com/kirlian/coil.htm
www.cebunet.com/kirlian/ecameras.htm
www.colorpuncture.com/schedule.html
www.crystalinks.com/kirlian2.html
www.cutcat.com/page5.1.html
www.igas.org/science/pg18.htm
www.infoasis.com/people/colorpuncture/mandel.html
www.infoasis.com/people/colorpuncture/whatis.html
www.kirlian.com.br/hingII3.htm
www.kirlian.net/kirlian_index.htm
www.kirlian.org/kirlian.htm
www.netins.net/showcase/abclife/ABCmindpower.html
www.synergy-co.com/kirlian.html
www.tcom.co.uk/hpnet/potm27.htm
www.the-strange.com/kirlian.html
www.triune-being.com/kirlian_photography.htm

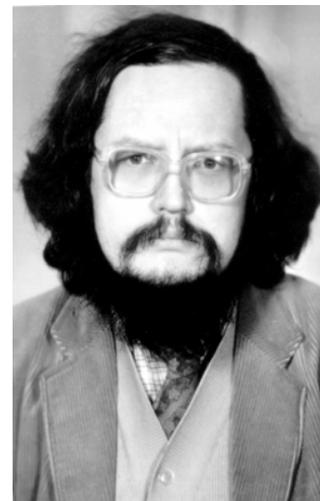
Михаил Анатольевич Шустов
Евгений Трофимович Протасевич

Электроразрядная фотография

Компьютерный набор и верстка
М.А. Шустова



Подписано к печати 07.07.99 г.
Формат 60x84/16. Бумага Госзнак № 1.
Плоская печать. Усл.печ. л. 14,18. Уч.-изд.л. 12,88.
Тираж 100 экз. Заказ № . Цена свободная.
ИПФ ТПУ. Лицензия ЛТ № 1 от 18.07.94 г.
Типография ТПУ. 634034, Томск, пр. Ленина, 30.



Шустов Михаил Анатольевич. Родился в 1952 году. В 1975 году окончил физико-технический факультет *Томского* политехнического института. Защитил кандидатскую диссертацию по фотохимии галогенидов тяжелых металлов. В 1993 году избран членом-корреспондентом Международной Академии энергоинформационных наук. В настоящее время – старший научный сотрудник *Томского* политехнического университета.

Область научных интересов: среды и способы регистрации информации, ПЭВМ-методы ее обработки, нетрадиционные вопросы естествознания, радиоэлектроника. Автор свыше 270 статей и тезисов докладов, 2 монографий, 16 изобретений, 18 п. л. газетных публикаций.



Протасевич Евгений Трофимович. Родился в 1943 году. В 1967 году окончил *Томский* институт радиоэлектроники и электронной техники, по специальности – радиоинженер. Ныне – профессор *ТПУ*, доктор физико-математических наук, член *Нью-йоркской* Академии Наук, член Международной Академии Творчества, член Международной Академии Наук по экологии и безопасности жизнедеятельности, автор 22 монографии и более двухсот публикаций в советской, российской и зарубежной печати.

Область научных интересов – газовый разряд, физика и химия плазмы, электронные пучки и ускорители, радиофизика, атмосферное электричество, геофизика, метеорология, экология, биофизика, психология, онкология и искусствоведение.