



Лекция 6. Некогерентные источники света для медицинских применений

Губарев Ф.А.

Светодиоды, используемые в медицине

Первые применения датчиков на основе светодиодов касаются измерения CO_2 , O_2 , нитрата (NO_3^-), pH и водяного пара. В последних работах светодиоды использовались для возбуждения флуоресценции в микрожидкостных устройствах для:

- зондирования газов
- определения ионов тяжелых металлов
- анализа наркотиков и токсинов
- обнаружения питательных веществ в окружающей среде
- мониторинга биохимических и биологических опасностей

Свет, испускаемый светодиодами не когерентен, то есть фотоны многих волновых частот света колеблются в разных направлениях. Когерентный свет создается лазерами и представляет собой пучок фотонов (почти как частицы световых волн), которые имеют одинаковую частоту и находятся на одинаковой частоте.



Светодиоды в биологии и медицине

Обнаружение природных нитратов

Аммоний

Аммоний являются важным питательным веществом и промежуточным продуктом в цикле азота в водной системе. Высокая концентрация аммония может привести к обогащению питательных веществ в водных организмах и вызвать истощение кислорода, вызвать проблемы токсичности и препятствовать росту или воспроизведению организмов. Аммоний, как первичная основа, нейтрализующая кислотность в атмосфере, также может принести щелочные загрязняющие вещества в пресную воду. Обычные методы обнаружения и анализа ионов аммония включают фотометрию, флуоресценцию, хемилюминесценцию и электрохимию. Среди этих методов флуоресценция популярна благодаря своей высокой чувствительности. Комбинация с восстановителями, такими как сульфит, 2-меркаптоэтанол или н-ацетилцистеин (НАС), ортофталевый альдегид, (ОРА) широко применяется для обнаружения аммония и аминокислот, поскольку ОРА дает высокие флуоресцентные производные изоиндола. ОРА демонстрирует лучшую селективность и чувствительность к аммонии при сочетании с сульфитом натрия вместо 2-меркаптоэтанола. Добавление сульфита к ОРА устраняет возможные помехи от растворенных аминокислот, первичных аминов и других солей. Такие комбинации сульфит-ОРА оказались надежными для измерения аммиака в сточных водах, эстуарине или прибрежной зоне.

Светодиоды в биологии и медицине

Обнаружение природных нитратов

Аммоний

Традиционно измерения аммония проводятся не на месте из-за размера и сложности используемых инструментов. Сегодня для портативного и недорогого полевого мониторинга часто требуется упрощенное устройство на основе микрочипов, такое как система микро анализа (μ -TAS). Автоматический недорогой, μ -TAS может делать быстрый анализ и потреблять только небольшое количество реагента. В результате множество таких μ -TAS были разработаны для медицинских, химических, биологических и экологических областей с тех пор, как светодиоды привлекли внимание исследователей в аналитической области. Известны устройства для определения концентрации аммония в дождевых и речных водах и измерения влияния pH, скорости потока растворов, а также концентрации ОРА-реагента, сульфитных солей и фосфатных солей. Устройства, как правило, используют УФ-светодиод (~ 365 нм) в качестве источника возбуждения, интегрировано с системой обнаружения флуоресценции и второстепенным полосовым фильтром. При возбуждении на длине волны 365 нм аммоний реагирует с ОРА на кристалле с Na_2S с образованием флуоресцентного изоиндольного производного, которое излучает флуоресценцию в фиолетовом диапазоне (~ 425 нм).

Светодиоды в биологии и медицине

Нитрит и нитрат

Смертельная доза нитрита для человека, которая относительно высока по токсичности, составляет около 22 мг на килограмм веса человека. Нитриты в мясе иногда могут взаимодействовать с продуктами разложения аминокислот с образованием канцерогенных нитрозаминов. Большая часть потребляемого человеком нитрита происходит от потребления нитрата растительного происхождения, что может быть связано с высоким уровнем удобрения нитратов. Zhang et al. разработали автоматическую газофазную молекулярно-абсорбционную спектрометрическую (GPMAS) систему для обнаружения нитрита и общего нитрата в образцах окружающей среды. Система включает в себя источник света UVLED (~ 255 нм), трубку газового потока из ПВХ и встроенный PD-усилитель для измерения интенсивности проходящего света. По сравнению с детекторами, используемыми в других GPMAS, комбинация UV-LED/PD является более компактной и надежной. Для измерения нитрита готовый NO_2 продувается потоком воздуха в детектор УФ-светодиода-PD для измерения величины поглощения газа. Затем абсорбированный газ восстанавливают до нитрита с кадмиевой колонкой для полной проверки содержания нитратов.

¹ Zhang M, Zhang Z, Yuan D, Feng S, Liu B. An automatic gas-phase molecular absorption spectrometric system using a UV-LED photodiode based detector for determination of nitrite and total nitrate // Talanta, 84(2), 443–450, 2011.



Светодиоды в биологии и медицине

Фосфор

Будучи важным питательным веществом для фитопланктона в водных системах, фосфор в чрезмерной концентрации может вызвать аномальный рост водорослей в озерах и прибрежном море и привести к эвтрофикации или даже красной волне. Поскольку фосфор при концентрациях более 20 мкг/л может ускорить эвтрофикацию, наименьшая определяемая концентрация фосфора должна быть в диапазоне нескольких мкг/л. Известные портативные системы впрыска микропотока строятся на основе излучения красных светодиодов (~650-660 нм) для обнаружения молибденового синего, продукта восстановления желтого молибдена. Как молибденовый синий, так и молибденовый желтый образуются путем реакции ортофосфата, наиболее биодоступной формы фосфора, с молибдатом в кислой среде. Lyddy-Meaney и др. разработали компактную систему анализа потока впрыска с системой подачи газа и давления и красный светодиод (~650 нм) для морфологического картирования поверхности. Система позволяла быстро определять следовые и ультра-следовые количества фосфора в виде фосфата, содержащего воду, с точностью 0,1 мкг/л.

² Lyddy-Meaney A.J., Ellis P.S., Worsfold P.J., Butler E.C., McKelvie I.D. A compact flow injection analysis system for surface mapping of phosphate in marine waters // *Talanta*, 58(6), 1043–1053, 2002.

Обнаружение биохимических и биологических опасностей

Аминокислота

Спектр поглощения аминокислот достигает 490 нм, а флуоресцеиновый изотиоцианат (FITC) имеет пик спектра возбуждения/излучения 495 нм/520 нм. Исходя из этих характеристик, были реализованы несколько устройств. Сэндвич-микрочип с прямым контактирующим оптическим волокном и нанесенным синим светодиодом (470 нм) с полной волной с половинным максимумом (FWHM) 30 нм для возбуждения флуоресценции. Изомер FITC I использовали для маркировки аминокислот, а для излучения флуоресценции и блочного возбуждения использовался фильтр излучения 520 нм с 30 FWHM. Li et al. разработал компактный лазерно-индуцированный детектор флуоресценции (LIF) с интегрированными стеклянными микрочипами с оптическим волокном для анализа аминокислот с маркировкой FITC. Hsieh и Chen разработали метод, который комбинировал капиллярный электрофорез (CE) и светодиодную флуоресценцию (LED-IF) для анализа основных аминокислот в чае. Используя 0,5% полиэтиленоксид (ПЭО) и капилляр 60 см, шестнадцать производных нафталин-2,3-дикарбоксальдегид-аминокислот были обнаружены через 16 мин с помощью фиолетового светодиода (~410 нм). Эффективность разделения аминокислот зависит от длины капилляра и концентрации ПЭО.

³ Li H.F., Lin J.M., Su R.G., Uchiyama K., Hobo T. A compactly integrated laser-induced fluorescence detector for microchip electrophoresis // *Electrophoresis*, 25(12), 1907–1915, 2004. ⁷



Обнаружение биохимических и биологических опасностей

Аминокислота

Применение светодиодов достигает наномолярной точности для большинства аминокислот при соотношении сигнал/шум равном трем. Аналогичная точность получается с помощью источника лазерного излучения, однако устройство CE-LED-IF намного дешевле, чем лазерное оборудование. Светодиоды являются привлекательными источниками света для CE, за исключением того, что свет от светодиодов расходится. Поэтому фокусировка их света на небольшой капиллярной колонне относительно затруднительна.

Токсичный газ

Сульфид водорода (H_2S) является легковоспламеняющимся и ядовитым, может выделяться в результате разложения растений и животных. H_2S часто можно встретить в канализации, в подземных водах, на целлюлозных заводах, нефтегазоперерабатывающих заводах и различных промышленных процессах. Ощущается концентрация от 1 ppb до 0,1 ppm с характерным запахом, подобным гнилым яйцам. Krier и др. сообщили о модуле среднего инфракрасного светодиода, работающем на частоте 3800 нм. Пиковый спектр излучения электролюминесценции модуля совпадает с полосой поглощения H_2S , которая имеет сильное поглощение вблизи 3750 нм. Таким образом, эти светодиоды подходят для обнаружения H_2S .

⁴ Krier A., Sherstnev V.V., Gao H.H. A novel LED module for the detection of H_2S at 3.8 μm // J. Phys. D: Appl. Phys., 33(14), 1656, 2000.

Обнаружение биохимических и биологических опасностей

Рибофлавин

Рибофлавин, более известный как витамин В2, представляет собой желто-оранжевое твердое вещество. Он передает цвет мочи человеку, который его принимает. Один из методов определения рибофлавина основан на определении флуоресценции, индуцированной голубым светодиодом (~467 нм), при проведении анализа рибофлавина в моче. В исследовании зафиксированы концентрации рибофлавина в образцах мочи в течение 9 ч после приема таблетки витамина В. Концентрация рибофлавина, который быстро проходила организм и выводилась в течение 3,5 часов, уменьшалась почти экспоненциально. Авторы [5] предположили, что исследование может быть полезным для фармацевтических исследований, поскольку количество принимаемого лекарственного средства может быть определено даже после определенного периода времени, если можно установить взаимосвязь концентрации лекарственного средства в моче и применимого времени дозирования. Метод не только позволяет точно анализировать рибофлавин в образцах мочи, но также может быть применен к любым соединениям, возбуждаемым при ~ 467 нм.

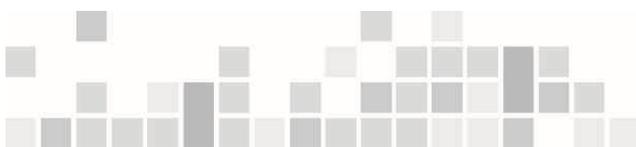
⁵ Su A.K., Lin C.H. Determination of riboflavin in urine by capillary electrophoresis– blue light emitting diode-induced fluorescence detection combined with a stacking technique // J. Chromatogr. B, 785(1), 39-46, 2003.

Обнаружение биохимических и биологических субстанций

Рост куриных яиц

Стабильно развивающиеся, от 9 до 12-дневные оплодотворенные куриные яйца отбираются и используются для производства вакцин против гриппа путем инъекции вируса в яйца, которые затем инкубируются в течение двух-трех дней. К сожалению, оплодотворенные яйца могут развиваться дольше или даже умереть. Значительная опасность для здоровья может возникнуть, если эти непригодные яйца смешаны с обычными яйцами при производстве вакцин. Изготовителю придется отказаться от вакцинного запаса и в итоге добиться значительных финансовых потерь. Обычным способом устранения неподходящих яиц является макроскопический осмотр при освещении свечами, который является трудоемким и затратным. Чтобы снизить себестоимость продукции, Kimura et al. разработали неразрушающий тест, который использует видимую и ближнюю инфракрасную спектроскопию для определения соответствующих длин волн для обнаружения неподходящего яйца. Выбранные источники света: красный (635 нм) и желтый (585 нм) светодиоды использовались в паре с фотодиодами.

⁶ Kimura K, Nakano K, Ohashi S, Takizawa K, Nakano T. LED measurement for development of a non- destructive detector of unsuitable chicken eggs in influenza vaccine production // Biosyst. Eng. 134, 68-73, 2015.



Обнаружение биохимических и биологических субстанций

Свежесть рыбы

Паккит и др. разработали колориметрический датчик и измерительное устройство с двумя желтыми светодиодами (~590 нм) и фотодетектором для оценки свежести рыбы. Устройство использует иммобилизованный химически реактивный краситель, который состоит из 2% мас. зеленого бромокрезолола (БЦЗ), чувствительного к рН красителя. Датчик может превратиться в химический штрих-код на упаковке для мониторинга свежести рыбы в режиме реального времени. Краситель изменяет цвет при взаимодействии с летучими азот-содержащими летучими соединениями, которые возникают при порче рыбы. Изучение характеристик датчика и его реакции на аммиак показали, что устройство, чувствительное к летучим аминам, линейно реагирует на концентрацию газообразного аммиака в диапазоне от 0 до 15 частей на миллион. Отклик датчика хорошо коррелирует с картинами роста бактерий на образцах рыбы, которые включают треску и некоторые другие употребляемые в пищу виды.

⁷ Pacquit A., Lau K.T., McLaughlin H., Frisby J., Quilty B., Diamond D. Development of a volatile amine sensor for the monitoring of fish spoilage // Talanta, 69(2), 515–520, 2006.



Обнаружение биохимических и биологических субстанций

Токсин

Ботулизм - смертельное пищевое отравление, вызванное ростом бактерий на неправильно стерилизованных консервах и других консервированных продуктах. Чрезвычайно токсичные и легкие в производстве, ботулинические нейротоксины (BoNT) могут представлять угрозу биологической войны. Sun и соавторы [8] сообщили о переносном и быстром устройстве для обнаружения BoNT. Это устройство с зарядовой связью (CCD, устройство на основе интегральной технологии, которое может воспринимать свет и преобразовывать сигнал-изображение в цифровую форму), интегрировано с пространственным светодиодным осветителем с высокой яркостью и длиной волны 450-680 нм, на основе светодиодов синего цвета (450 - 495 нм), зеленого (492-550 нм), красного (610-650 нм) и белого (440-680 нм). Этот детектор на базе ПЗС позволяет одновременно обнаружить 30 образцов. Светодиоды с высокой яркостью и множественными длинами волн усиливают детектор, сокращая время экспозиции и допускают множественные возбуждения флуорофоров без необходимости изменения полосы возбуждения.

⁸ Sun S, Francis J, Sapsford KE, Kostov Y, Rasooly A. Multi-wavelength spatial LED illumination based detector for in vitro detection of botulinum neurotoxin // Activity. Sens. Actuators B: Chem., 146(1), 297-306, 2010.



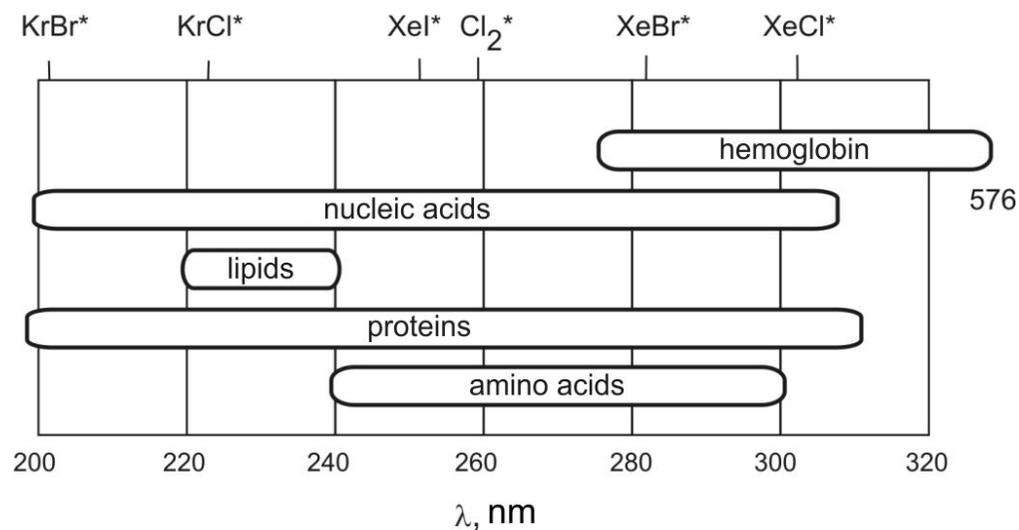
Мощные УФ и ВУФ эксилампы

1. **Что такое эксилампа?**
2. **Принцип действия**
3. **Конструкции**
4. **Применения**

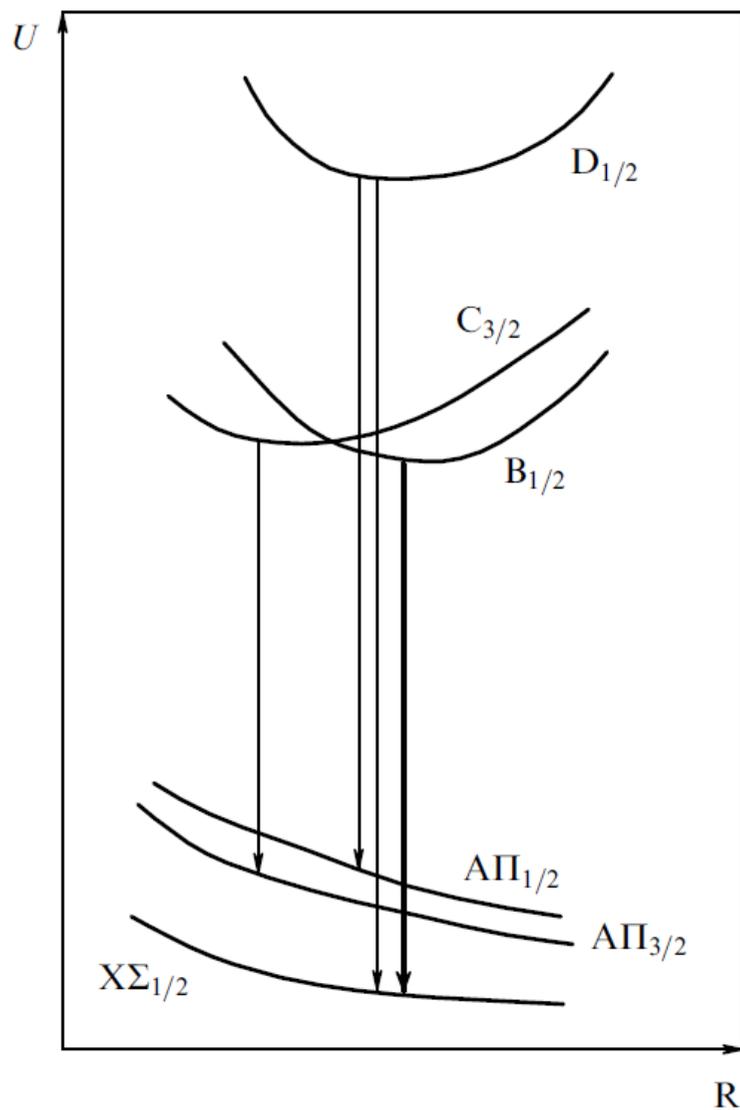


| Область применения Application fields | Примеры применения Examples |
|--|---|
| Микро- и оптоэлектроника Micro- and optoelectronics | Фототравление поверхностей Фотоосаждение пленок Изменение физических и химических свойств поверхностей пленок Photo-etching of surfaces Photodeposition of coatings; Change in physical and chemical properties of surfaces, films |
| Фотохимия: управление фотохимическими реакциями Photochemistry: photochemical reactions control | Изучение ВУФ-фотостабильных веществ Технологии очистки вод Фотосинтетические реакции Актинометрия Study of VUV photo stable substances Water disinfection technology Photosynthetic reaction Actinometry |
| Аналитическая химия Analytical chemistry | Фотоочистка электродов Разложение аналитических проб Приборы для спектрального анализа Photo cleaning electrodes Instruments for spectral analysis Decomposition of analytical samples |
| Фотобиология Photobiology | Фоторегуляция жизнедеятельности микроорганизмов, вирусов, живых клеток, растений, животных Photoregulation microorganisms, viruses, live cells, plants, animals |
| Фотомедицина Photomedicine | Лечение кожных заболеваний Косметические операции Skin diseases management Cosmetic surgery |

Области применения эксиламп



Переходы эксиплексных и эксимерных молекул



| Inert gas (R) | Halogen atom (Y) | Wavelength of transitions of RX* molecules, nm | | | |
|---------------|------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | D _{1/2} → X _{1/2} | B _{1/2} → X _{1/2} | C _{3/2} → A _{3/2} | B _{1/2} → A _{1/2} |
| Ne | F | 106 | 108 | 110 | 111 |
| Ar | F | 185 | 193 | 203 | 204 |
| Ar | Cl | | 175 | | 195 |
| Ar | Br | | 165 | 172 | 183 |
| Kr | F | 220 | 248 | 275 | 272 |
| Kr | Cl | 200 | 222 | 240 | 235 |
| Kr | Br | | 207 | 222 | 228 |
| Kr | I | | 190 | 195 | 225 |
| Xe | F | 264 | 351 | 460 | 410 |
| Xe | Cl | 236 | 308 | 345 | 340 |
| Xe | Br | 221 | 282 | 300 | 325 |
| Xe | I | 203 | 253 | 265 | 320 |

| R ₂ [*] , Y ₂ [*] | Wavelength, nm |
|---|----------------|
| Ar ₂ [*] | 126 |
| Kr ₂ [*] | 146 |
| Xe ₂ [*] | 172 |
| F ₂ [*] | 158 |
| Cl ₂ [*] | 259 |
| Br ₂ [*] | 289 |
| I ₂ [*] | 342 |



Table 1. The maxima of the emission bands of excimer (X_2^* , Rg_2^*) and exciplex (RgX^*) molecules obtained in inert gases, halogens and mixtures $Rg-X_2$ [1, 2]

| Инертный газ / Inert gas (Rg) | | He | Ne | Ar | Kr | Xe |
|---------------------------------|-----------|-------|--------|---------------|---------------|---------------|
| Галоген Halogen (X_2) | λ | 74 нм | 83 нм | 126 нм | 146 нм | 172 нм |
| | F | – | 108 нм | 193 нм | 248 нм | 354 нм |
| | Cl | – | – | 175 нм | 222 нм | 308 нм |
| | Br | – | – | 165 нм | 207 нм | 282 нм |
| | I | – | – | – | 190 нм | 253 нм |

E. Sosnin, V. Tarasenko. Excimer lamp as a perspective photonic instrument // Biophotonics. 49 (1), 60-69, 2015.

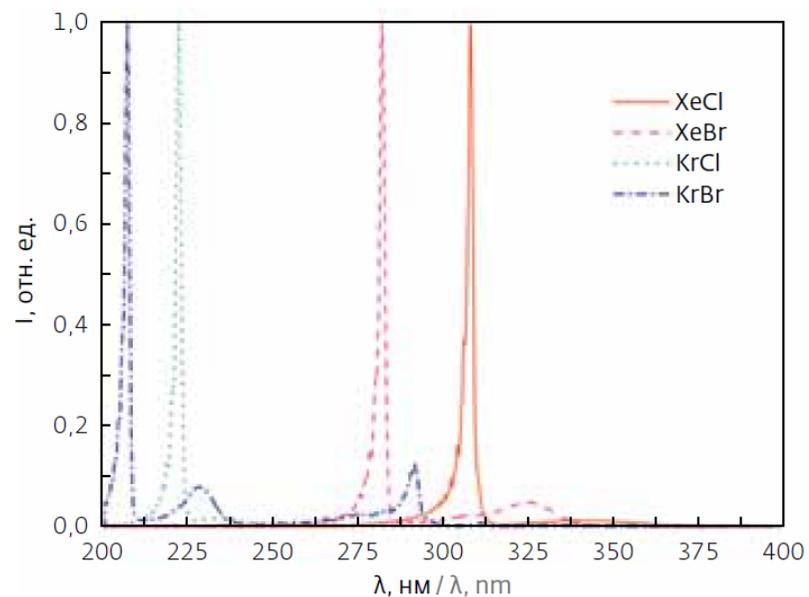
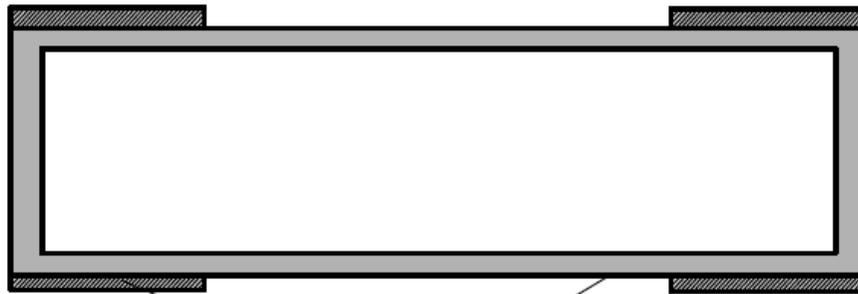


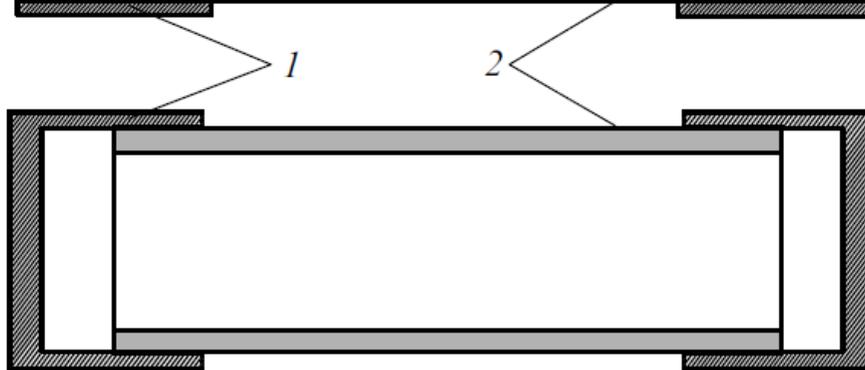
Рис.1. Спектры излучения эксциламп барьерного разряда на основе галогенидов инертных газов [5]

Fig. 1. Spectral wavelength of barrier discharge rare-gas-halogen excimer lamps [5]

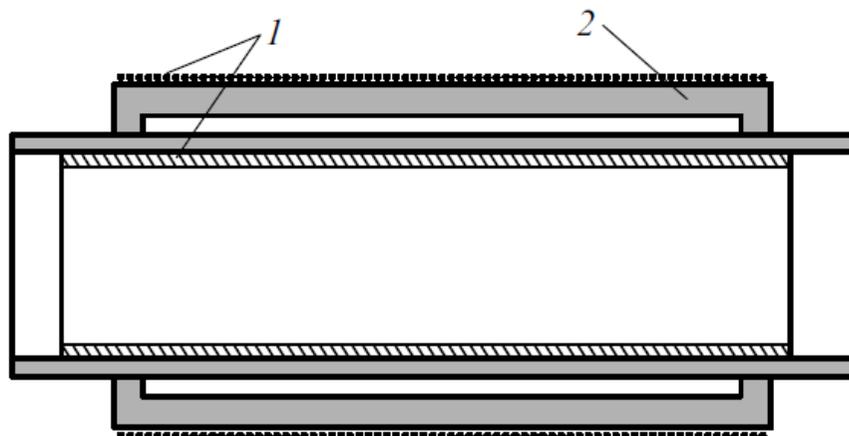
Эксилампы



Эксилампа
тлеющего разряда

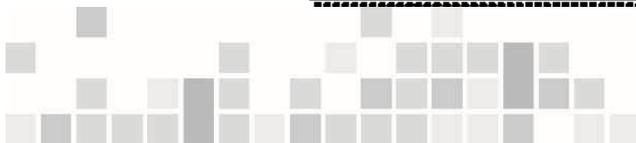


Эксилампа
емкостного разряда



Эксилампа
барьерного разряда

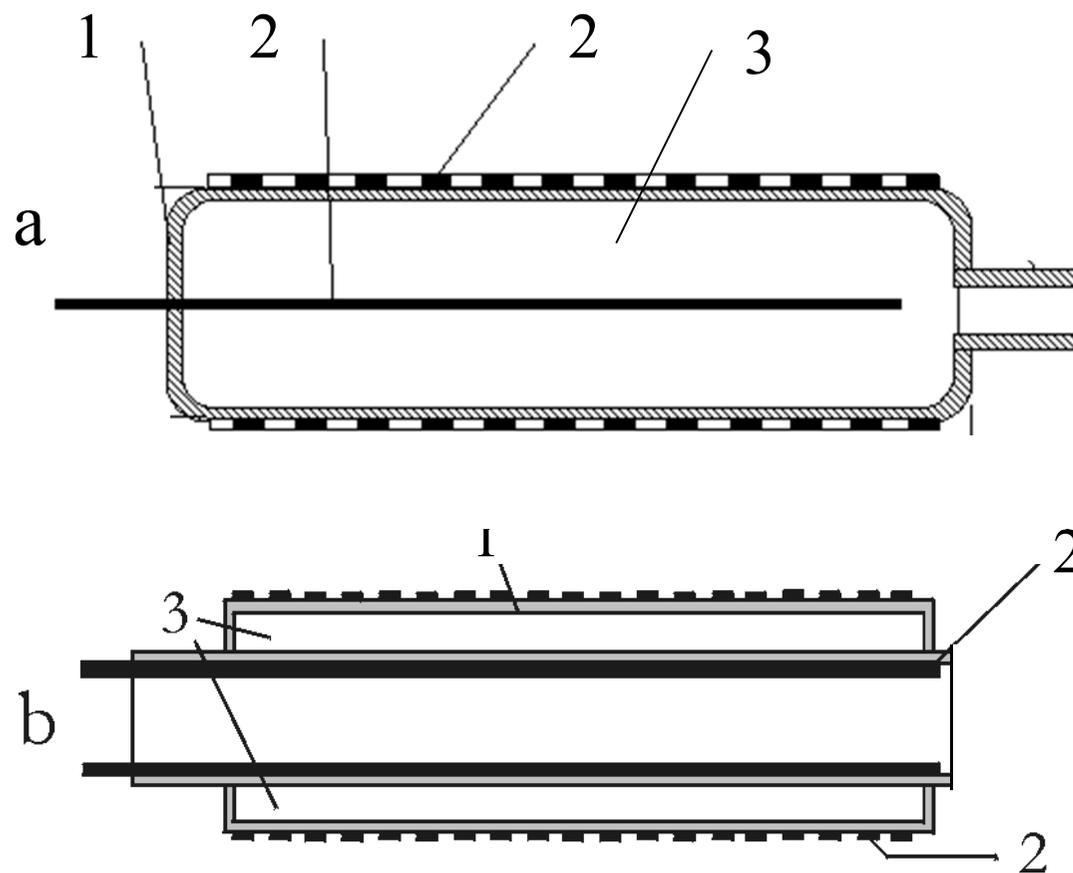
1 - электроды, 2 - колба



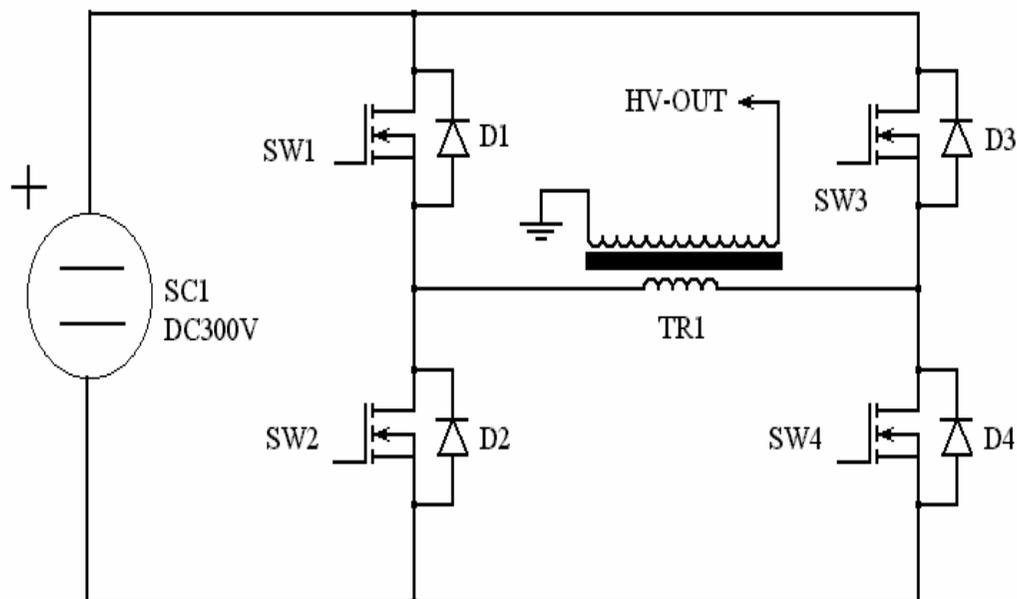
Одно - и двух барьерные Хе₂* эксилампы

Одно (а) и двух барьерная (б) эксилампа:

1 - кварцевая колба;
2 - электроды;
3 – газоразрядный объем.



Источник питания

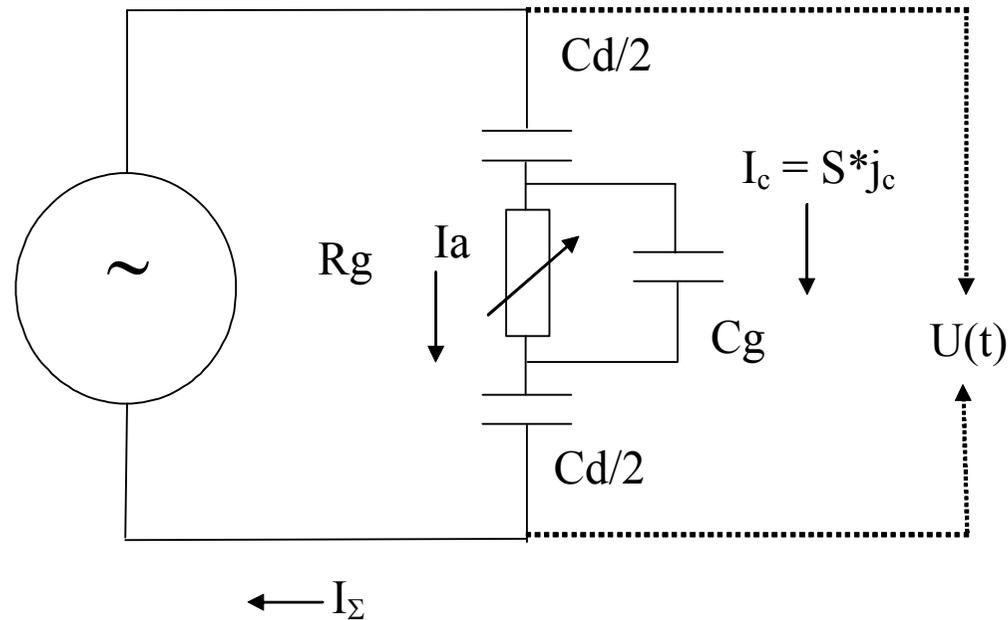


- Выходная мощность: до 1,5 k W
- Длительность импульса: 0,5 - 2 μ s
- Биполярный и униполярный режим

Принципиальная электрическая схема биполярного импульсного генератора.



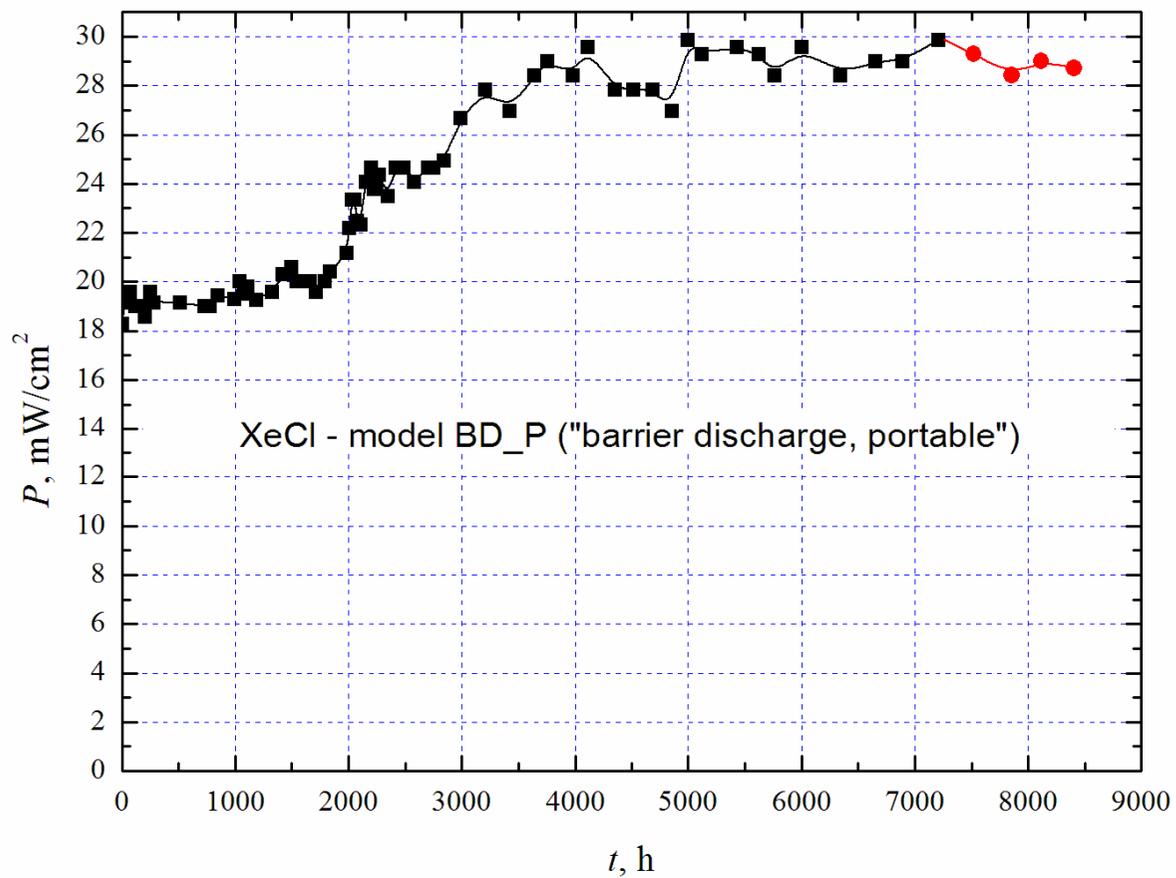
Эквивалентная электрическая цепь



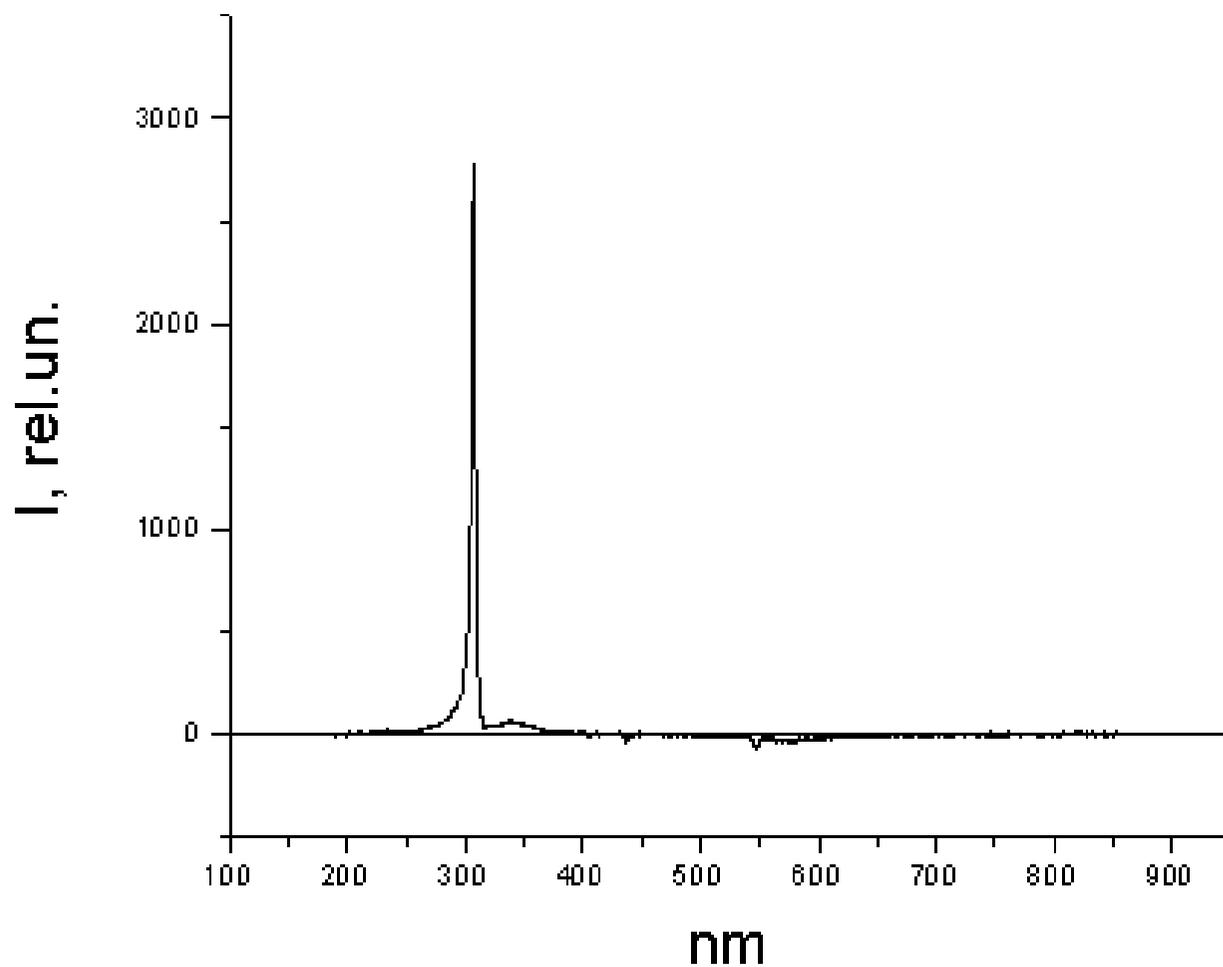
$U(t)$ - напряжение генератора, C_d - емкость диэлектрического барьера, емкость C_g - газового зазора, R_g - сопротивление газоразрядной плазмы, I_Σ - общий ток, I_a - активная часть тока, I_c - ток смещения



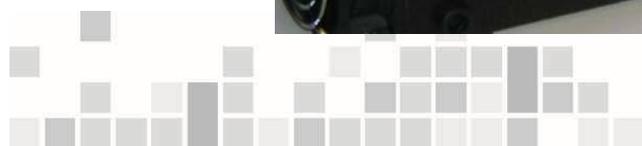
Зависимость излучения ХеСl-эксилампы от времени работы



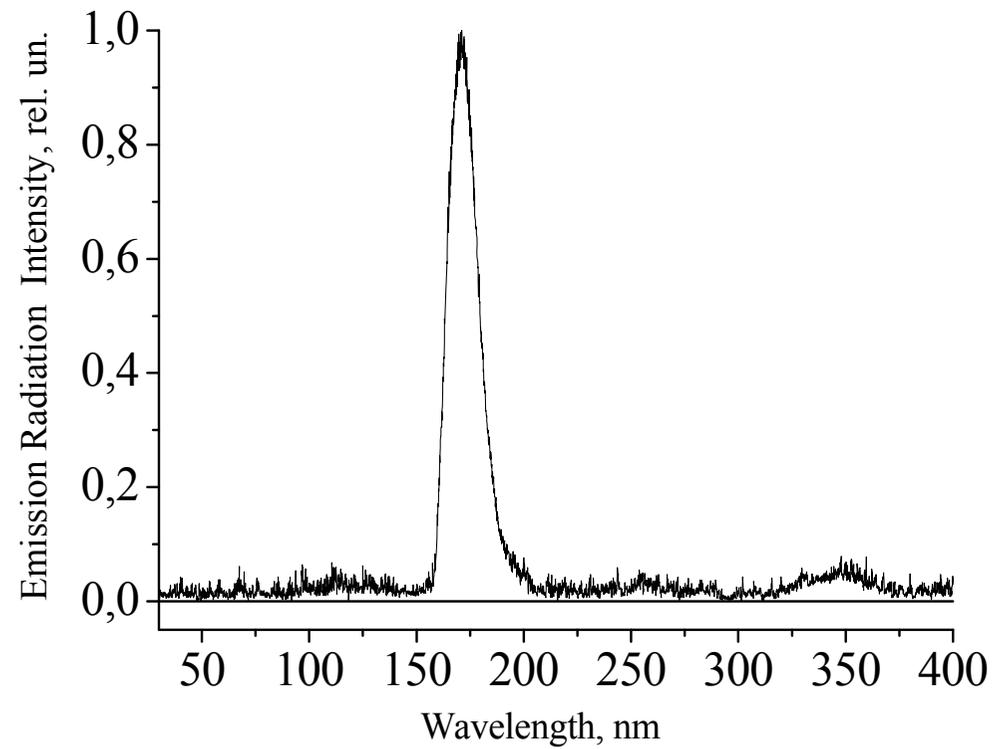
Спектральная полоса ХеСІ - эксилампы барьерного разряда



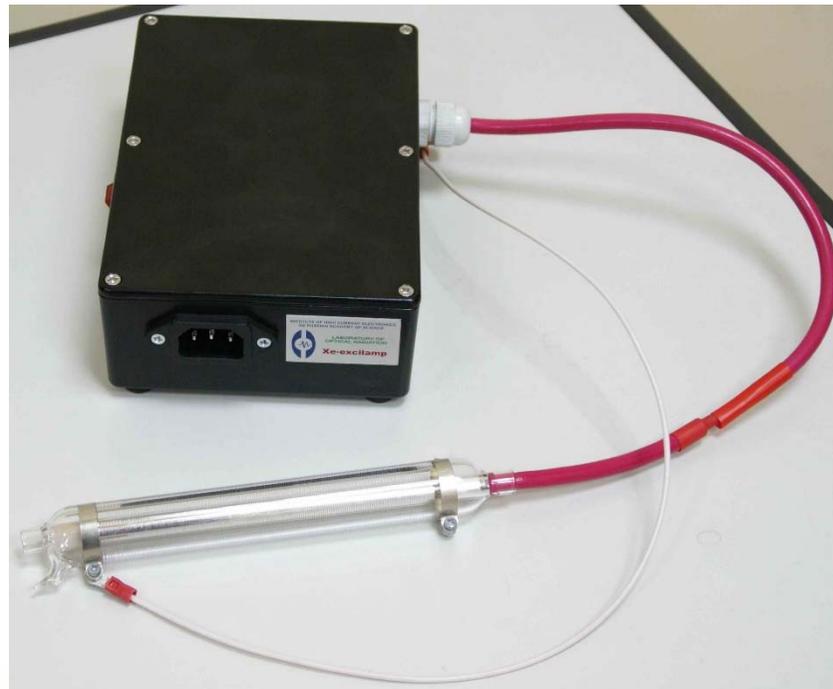
ХеВr -эксилампы, 1 Вт



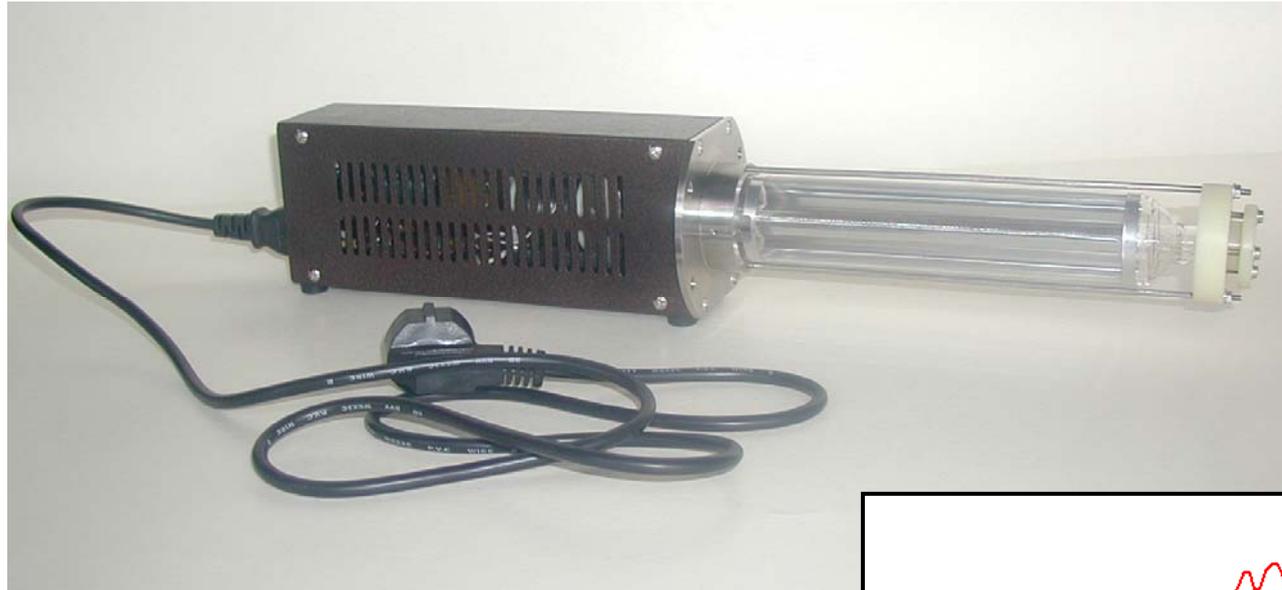
Спектр Хе-лампы при давлении 180 торр



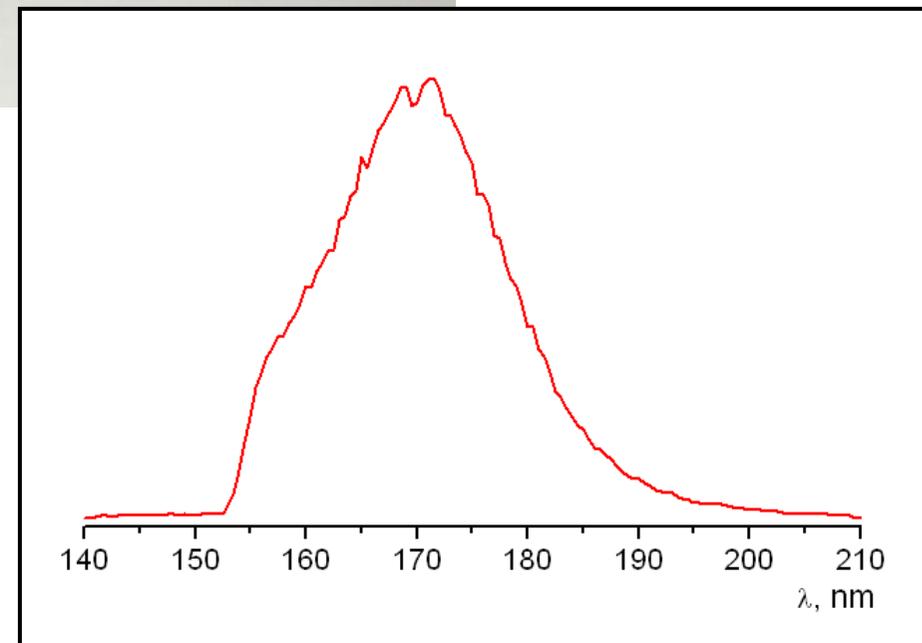
Хе₂ эксилампы



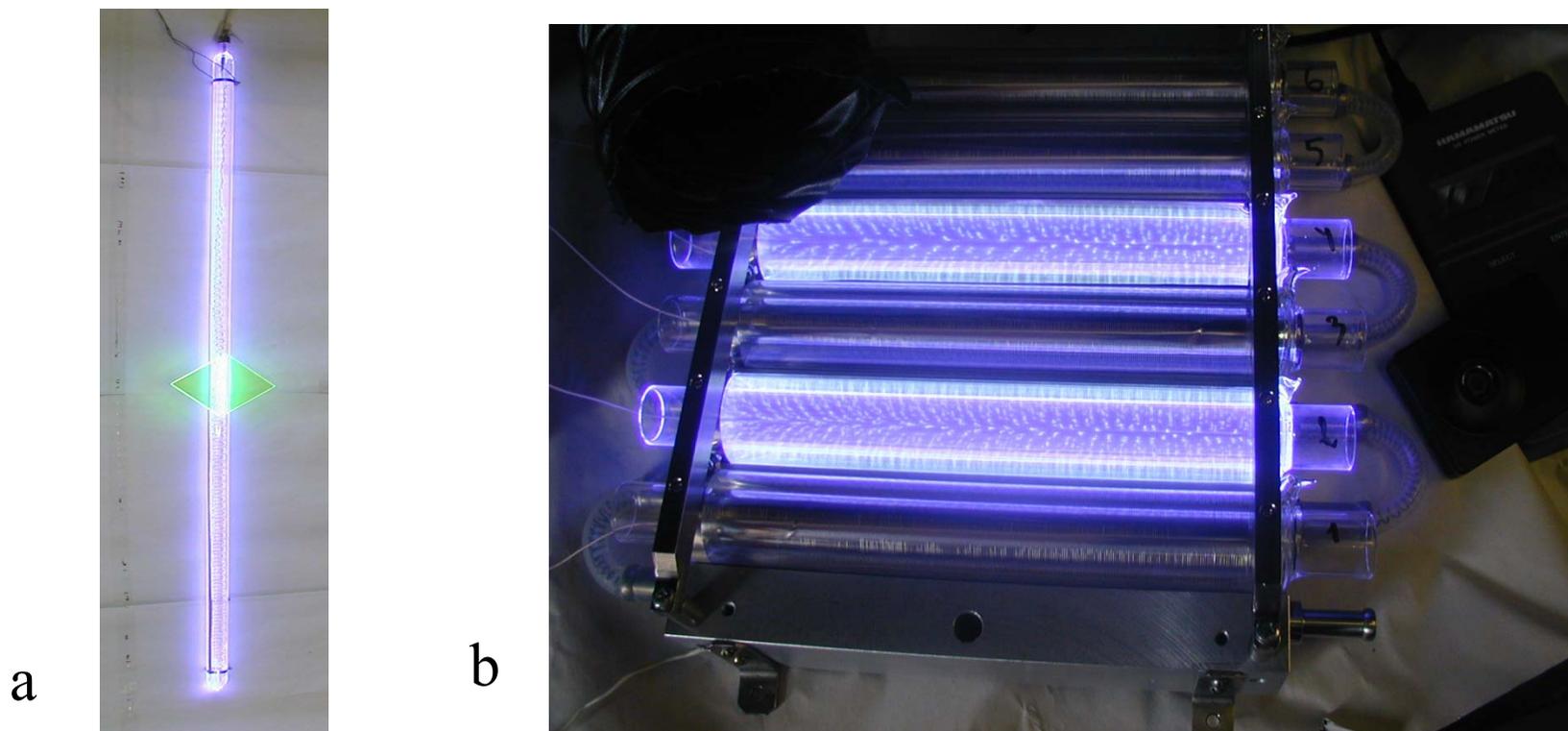
ВУФ эксилампы



Газовая смесь - Хе + Кг
Р - 1,5 Вт
Размер источника питания
200x82x50 мм
Излучатель - $\varnothing 30 \times 200$ мм



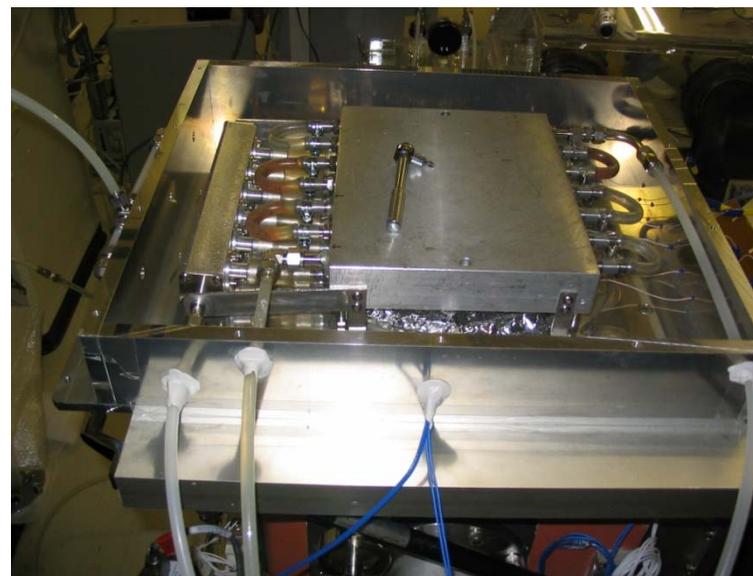
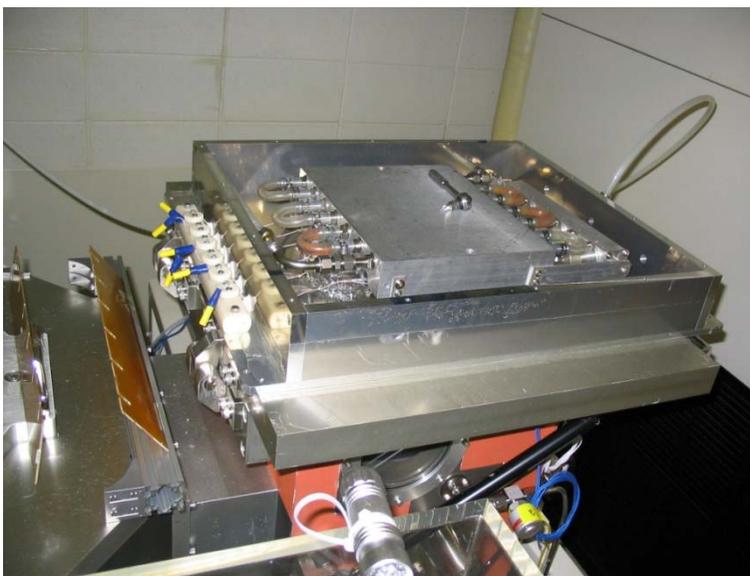
Одно- и двух барьерные Хе₂* эксилампы



Одно (а) и двухбарьерные (б) Хе₂* лампы в работе



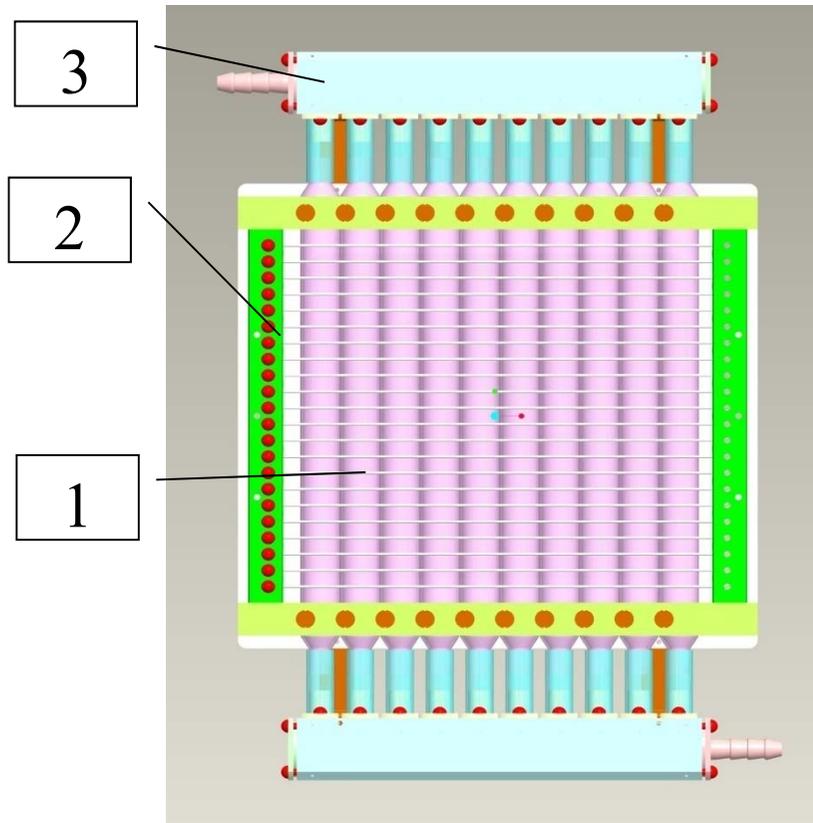
Xe_2^* эксилампы с высокой мощностью излучения



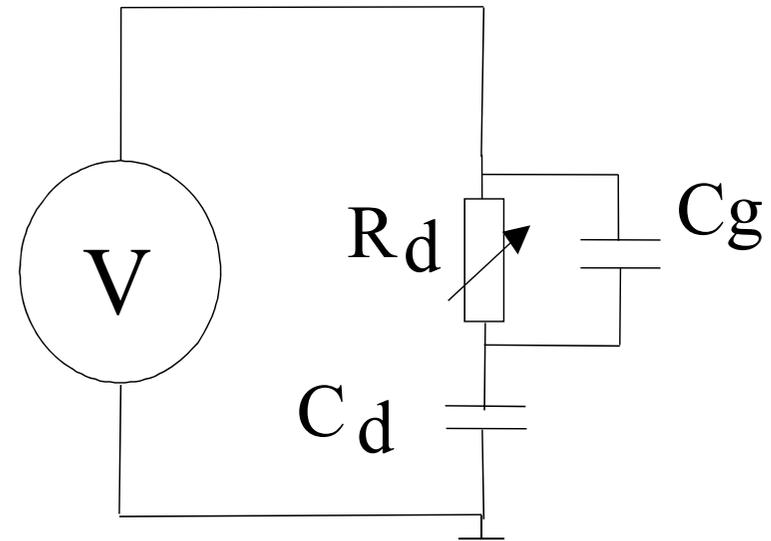
Однobarьерные Ar_2^* и Kr_2^* эксилампы без электродов



Конструкция и эквивалентная схема

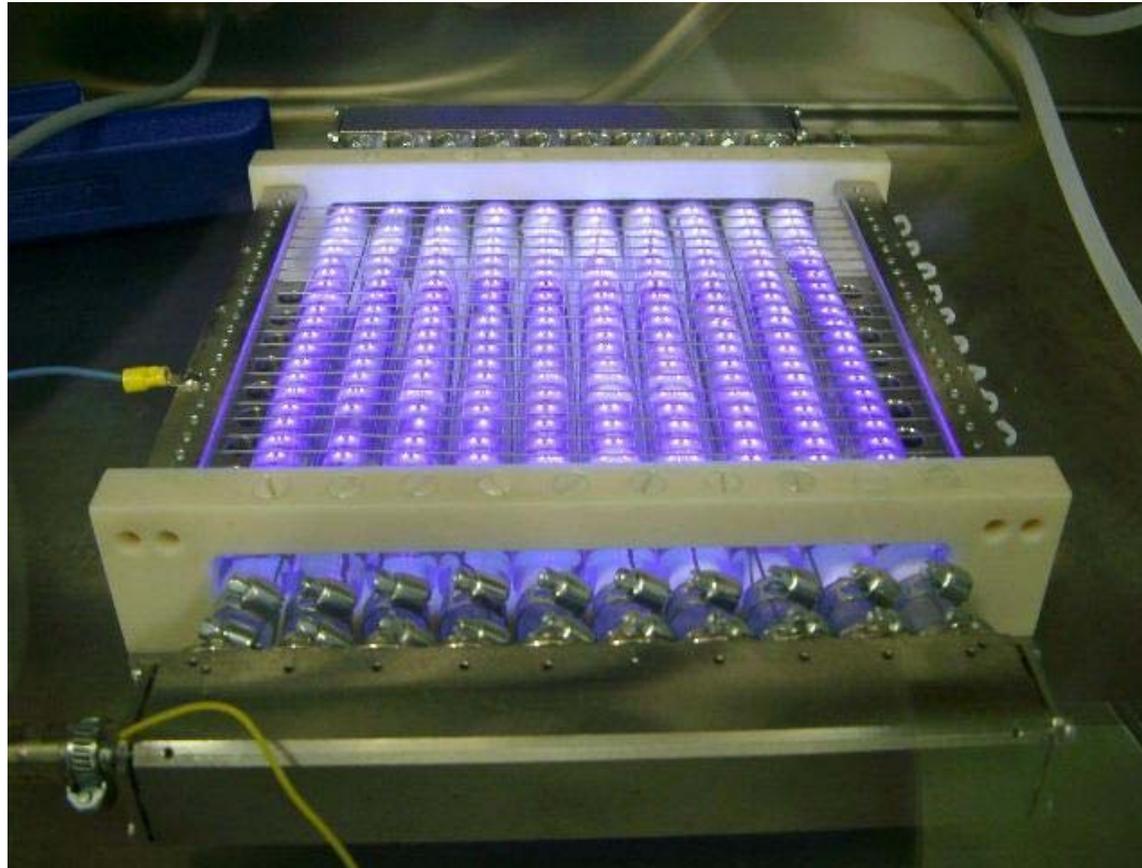


1 - кварцевые трубки; 2 - проводной катод;
3 - порт потока воды

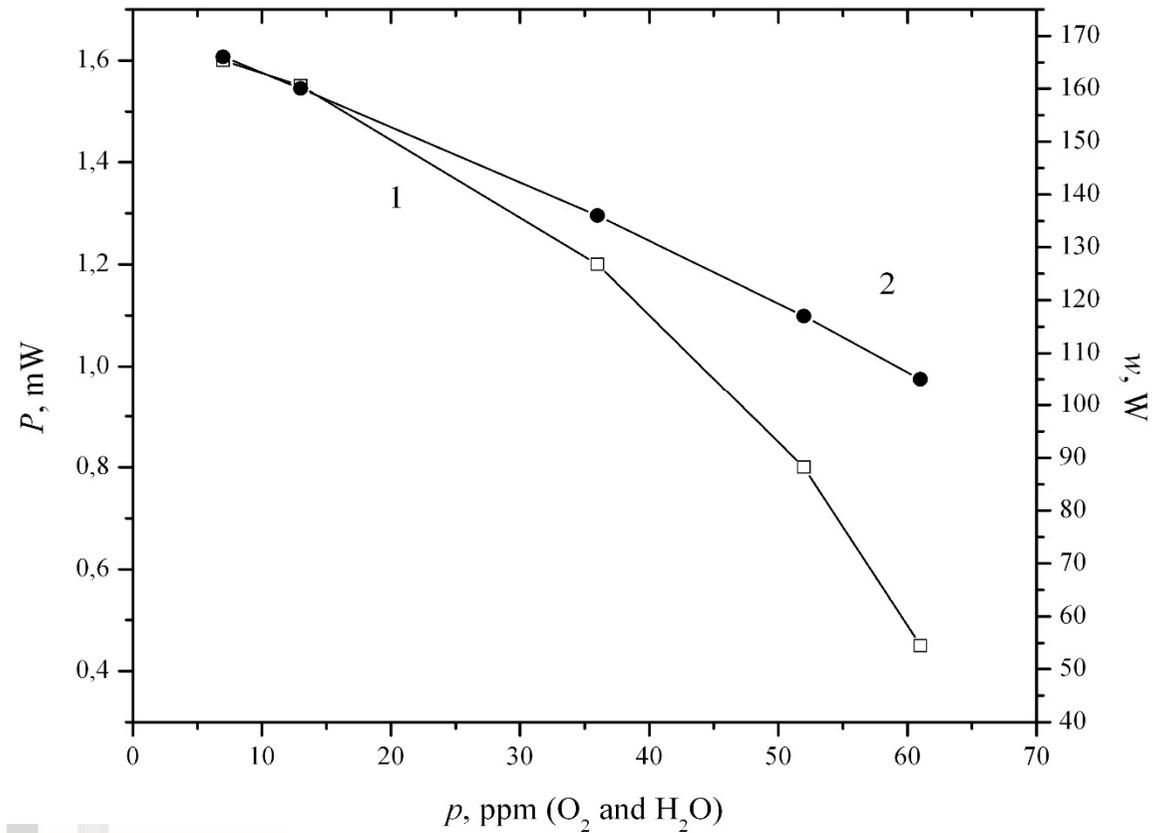


Эквивалентная электрическая цепь:
 V - генератор,
 C_d - емкость диэлектрического барьера,
 C_g - газовая щель,
 R_d - сопротивление газоразрядной плазмы.

Ar₂, Kr₂ - эксилампы высокой средней мощности



Мощность излучения 172 нм (1) и мощность накачки (2) в зависимости от концентрации O_2 и H_2O



Эксилампы емкостного разряда

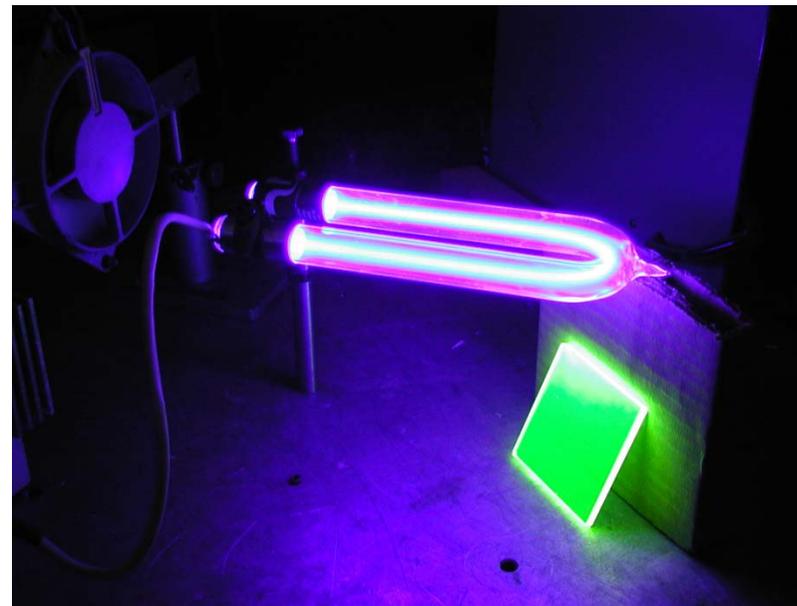
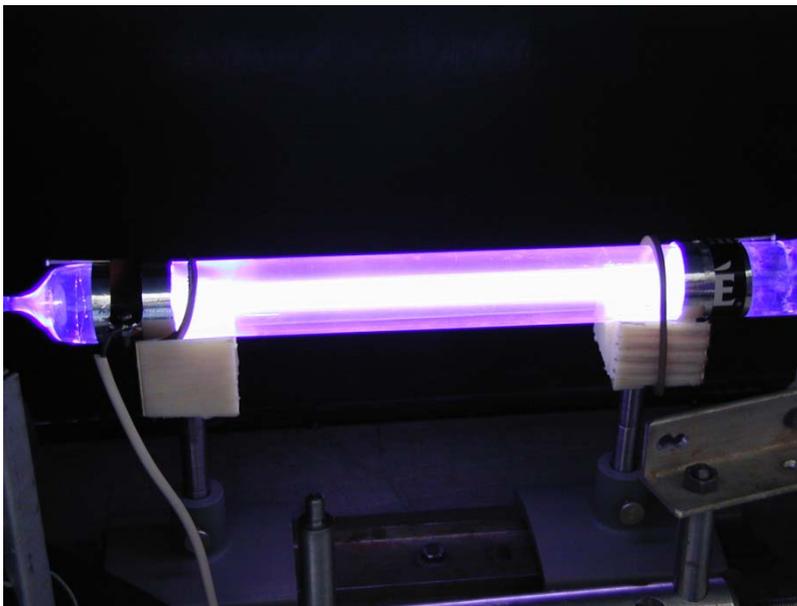


Схема эксилампы емкостного разряда. 1 - источник питания, 2 - разрядный объем, 3 - электроды.

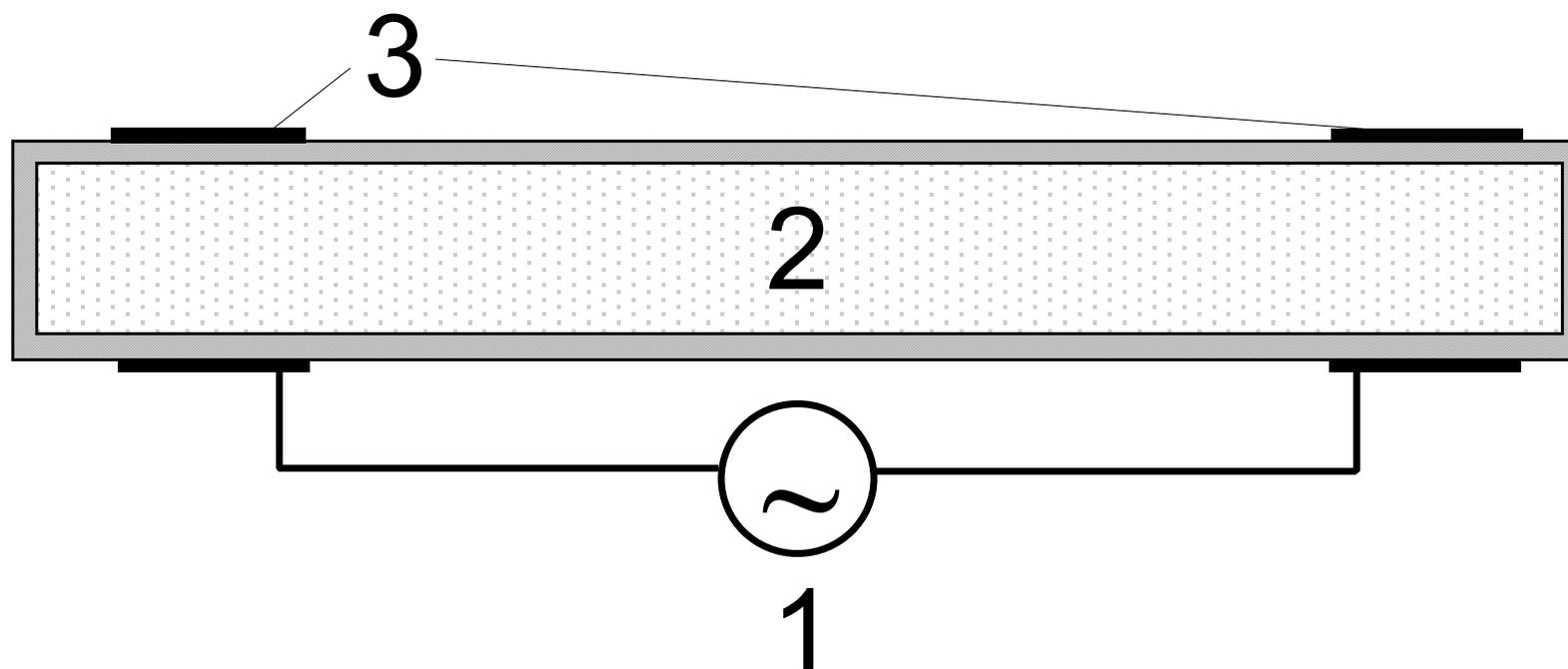
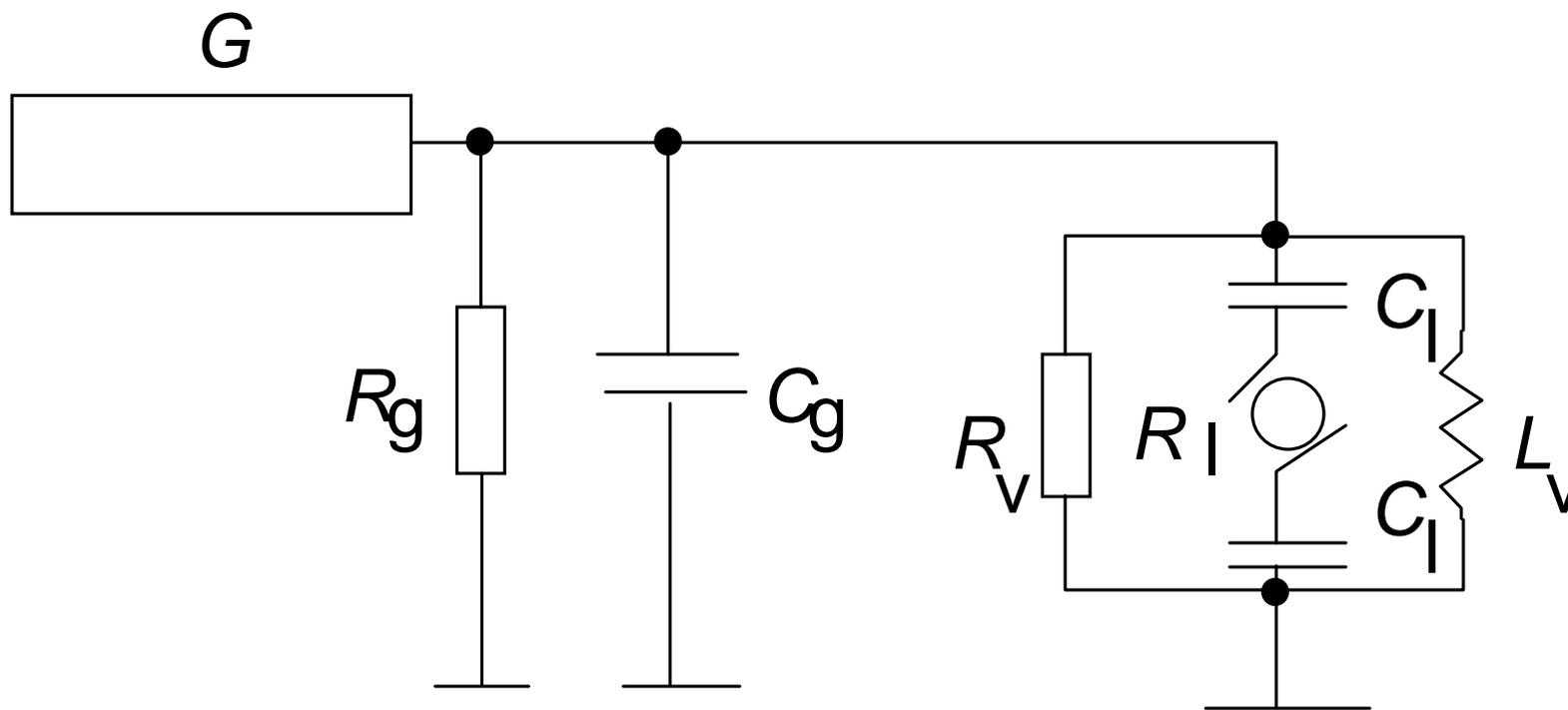
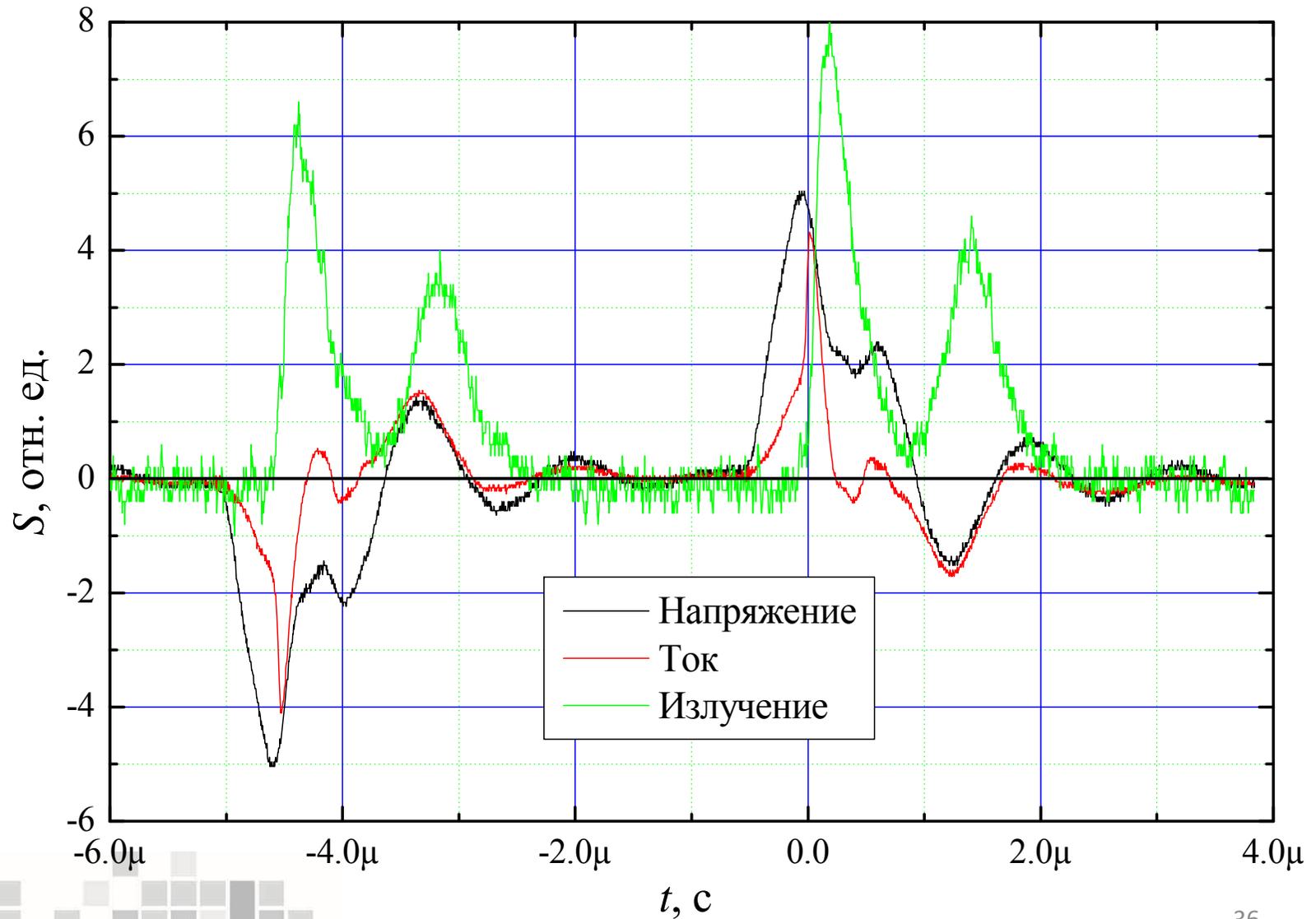


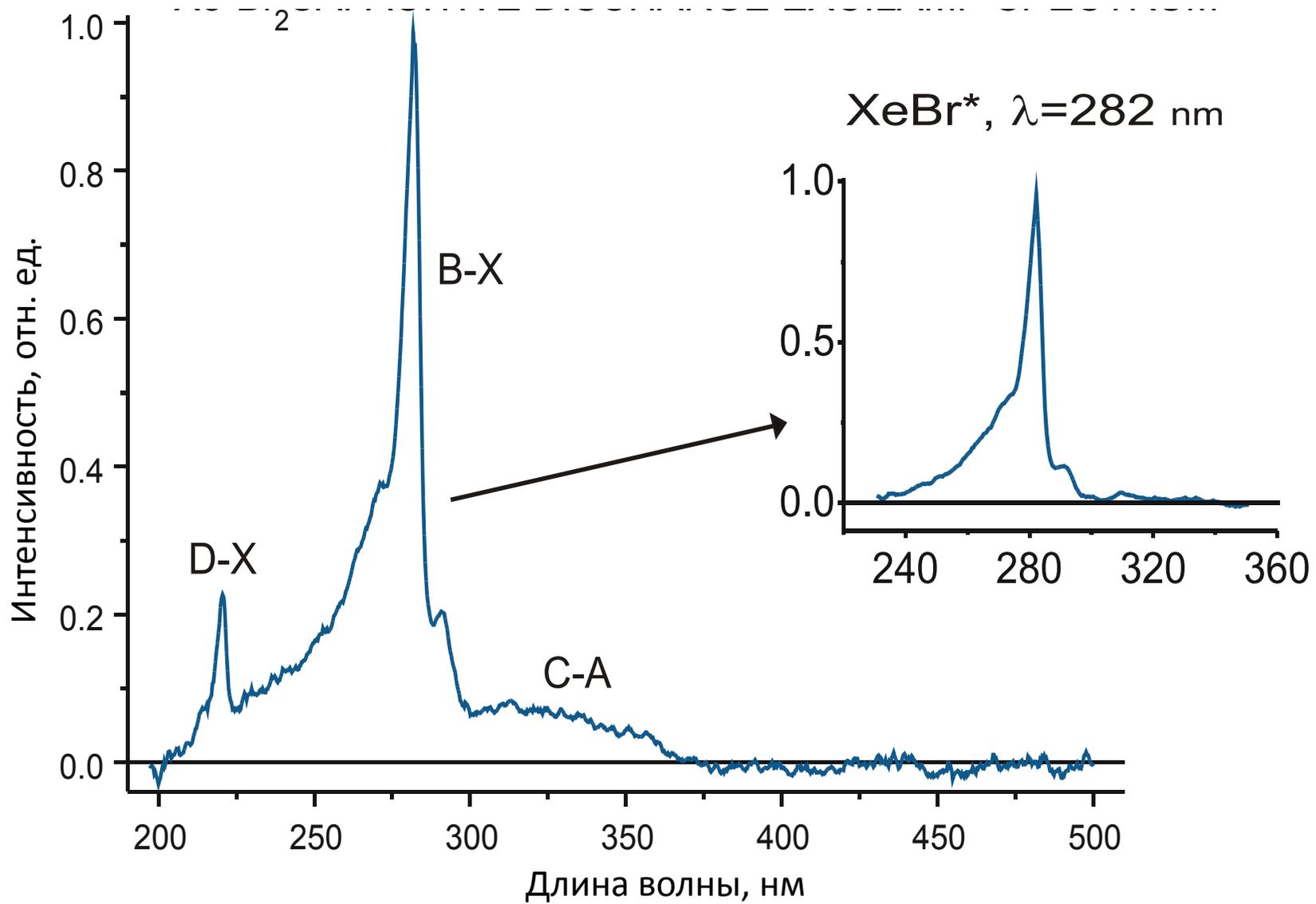
Схема накачки эксилампы емкостного разряда: G - внешний импульсный генератор; C_g - конденсаторная банка (2-5 нФ); C_1 - емкость диэлектрической стенки; R_1 - сопротивление зазора эксилампы; R_v и L_v - элементы внешней схемы.



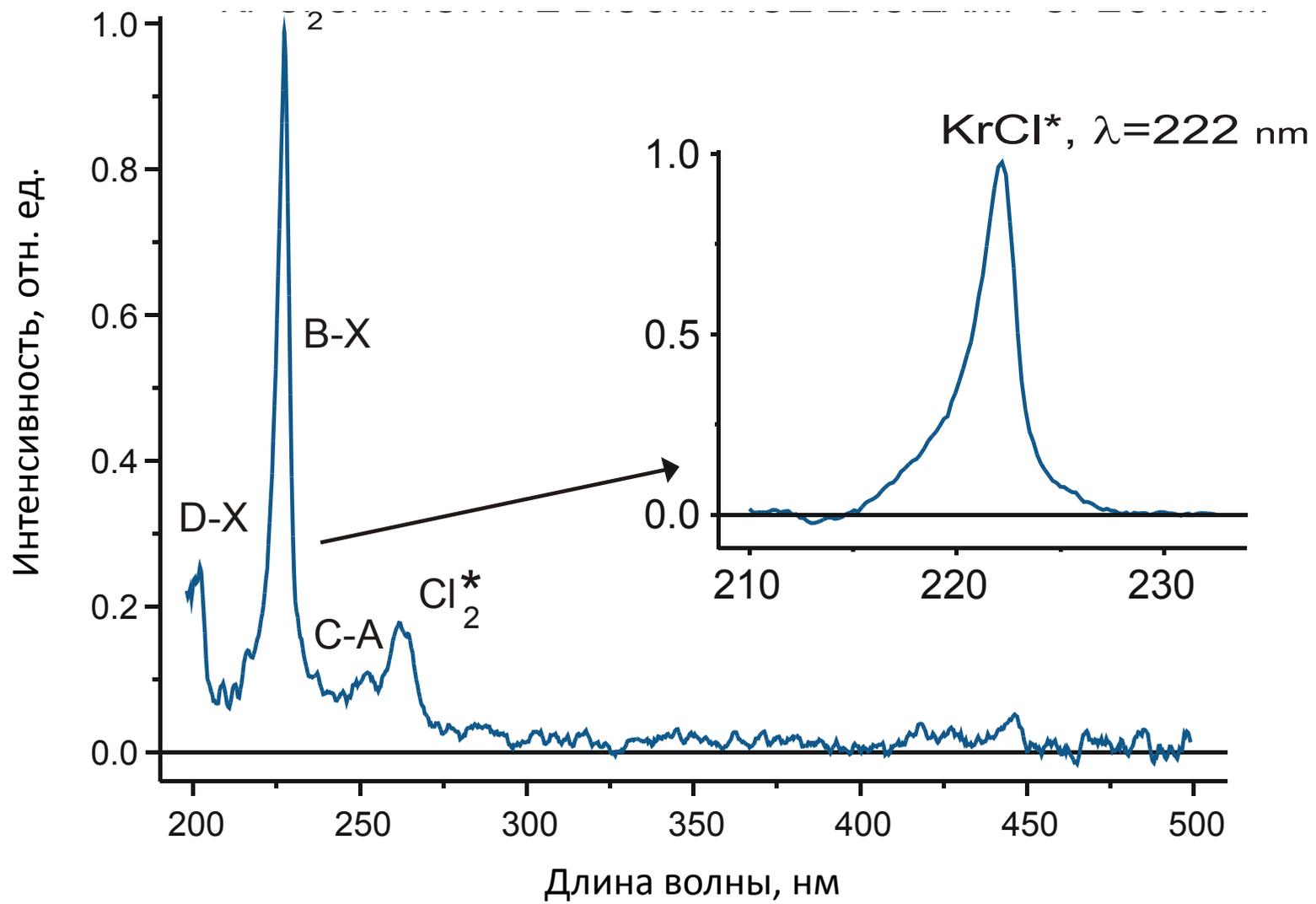
Осциллограммы импульсов тока и напряжения и импульсов излучения ХеСl-эксилампы.



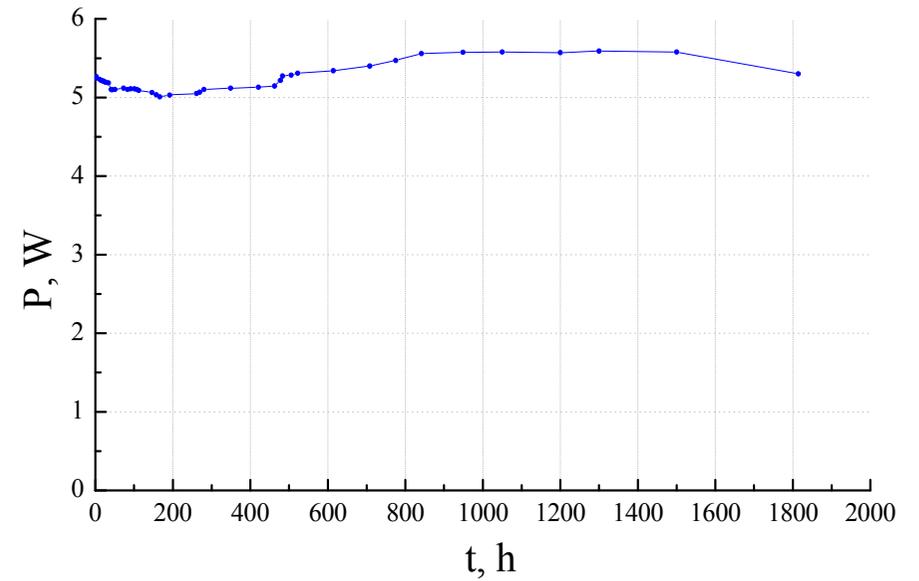
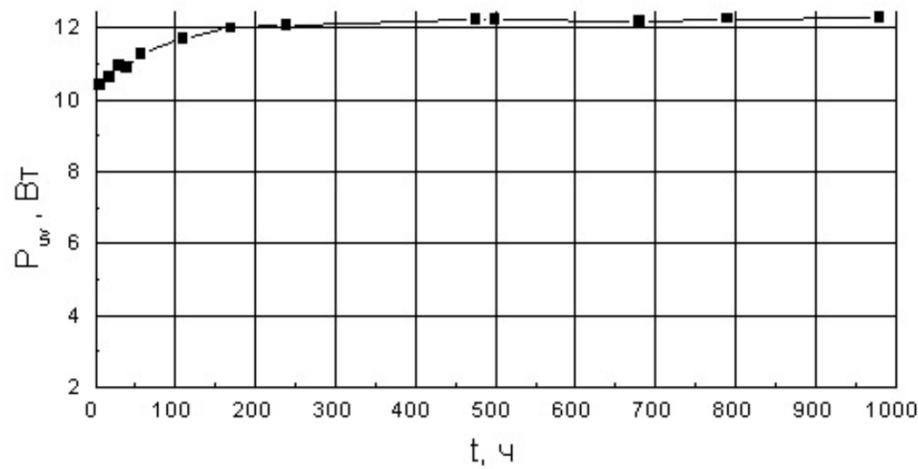
Спектр излучения Хе-Br₂ эксиламп емкостного разряда



Спектр излучения Kr-Cl₂ эксиламп емкостного разряда



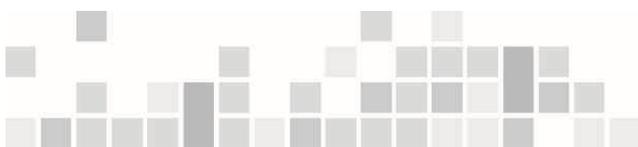
Срок службы XeBr и KrCl эксилламп емкостного разряда



ХеСІ –эксилампа емкостного разряда, мощность 7 Вт



Эксилампы двух барьерного разряда:
XeCl (308 нм), XeBr (282 нм), XeI (253
нм), KrCl (222 нм), KrBr (206 нм), Xe₂
(172 нм)

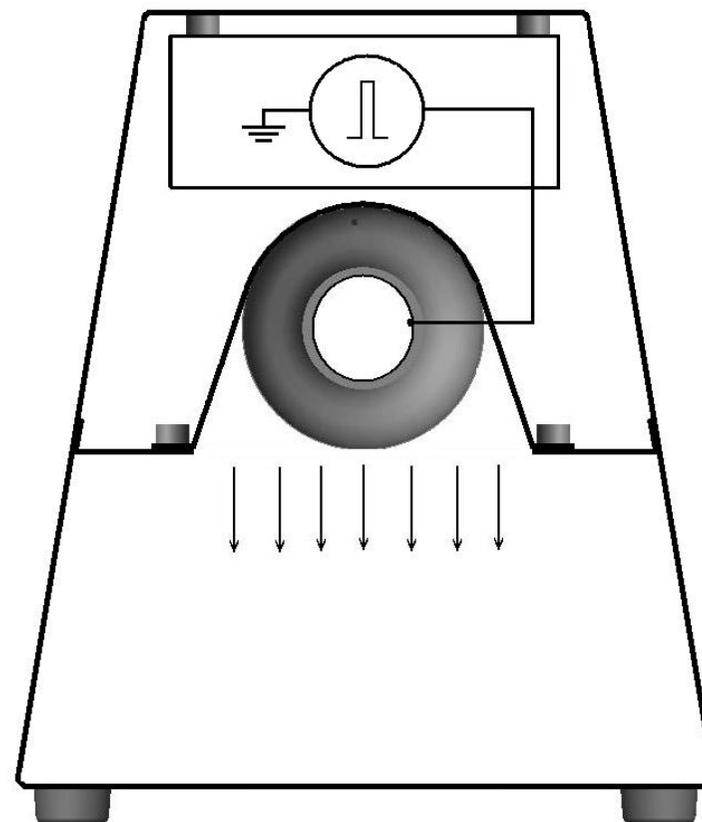
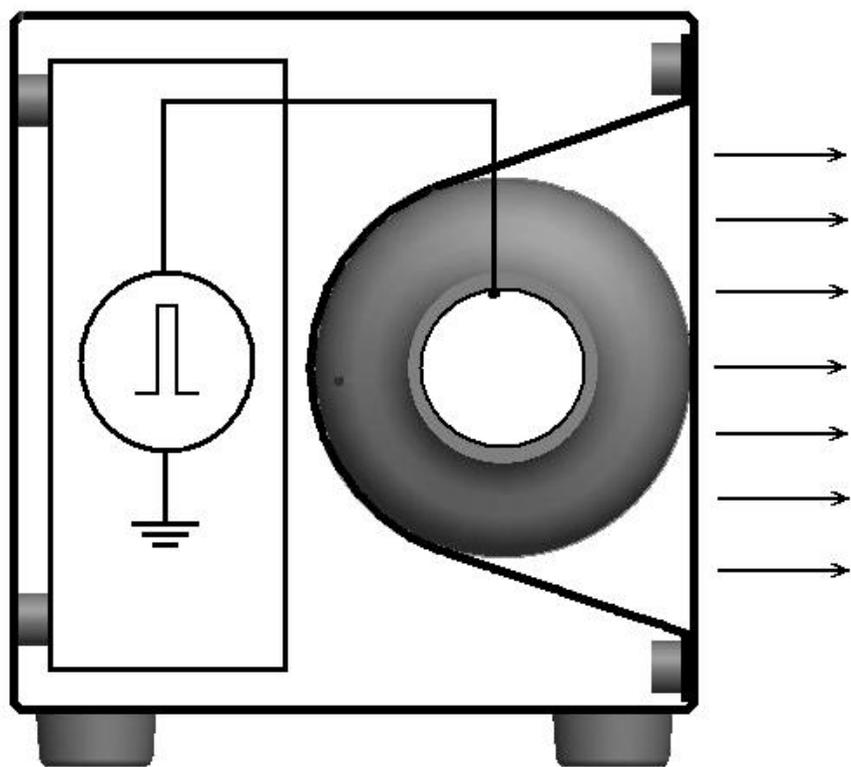


ХеСІ - эксилампа (308 нм, 4 Вт)



Длина*ширина*высота 360x100x100 мм

Эксилампы



Барьерный разряд ХеСl-эксилламп, 10 Вт



KrCl-еэксиллампа барьерного разряда ($\lambda \sim 222 \text{ nm}$)

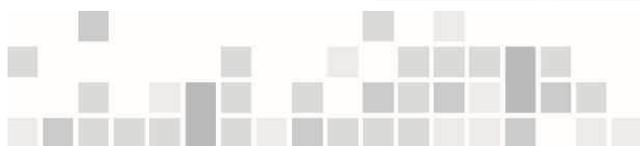
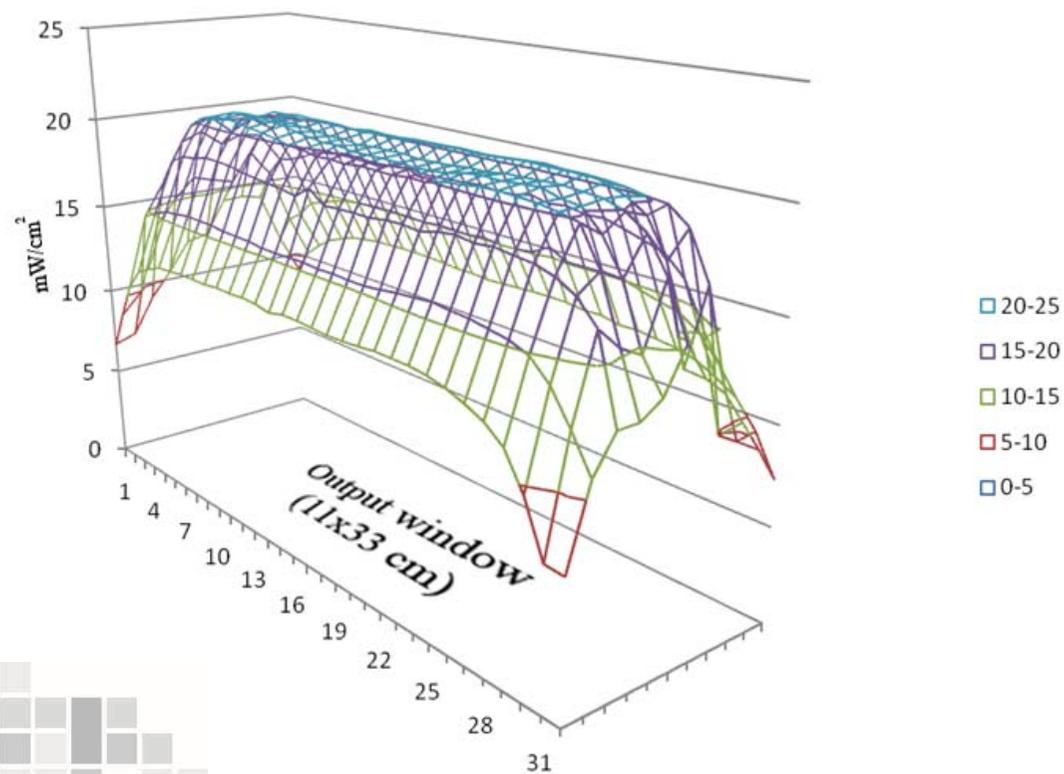
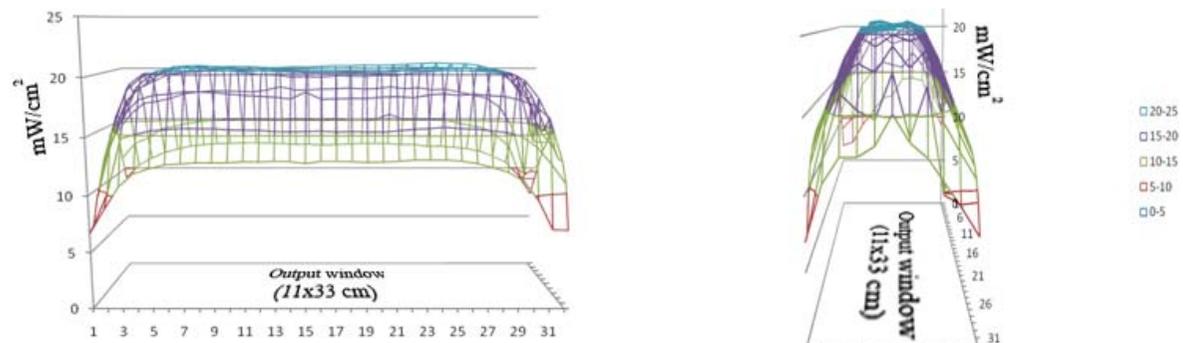


Фото эксилампы для
бесконтактной УФ-очистки воды



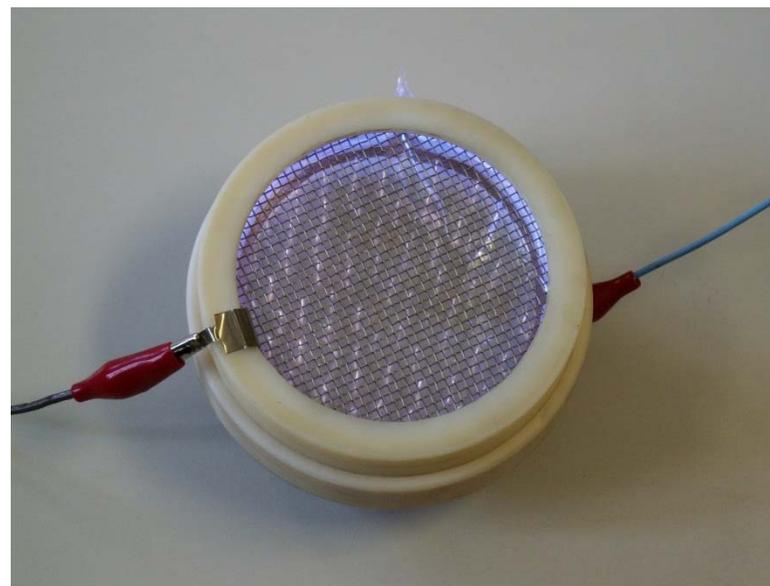
Распределение выходного излучения на расстоянии 5 мм от выходного окна (KrCl-excilamp)



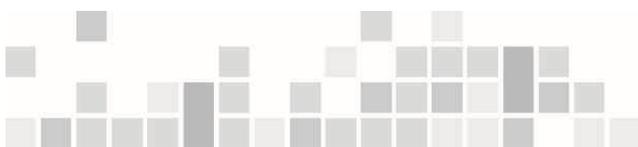
Фотография эксилампы с
плоским электродом
диаметром 6 см



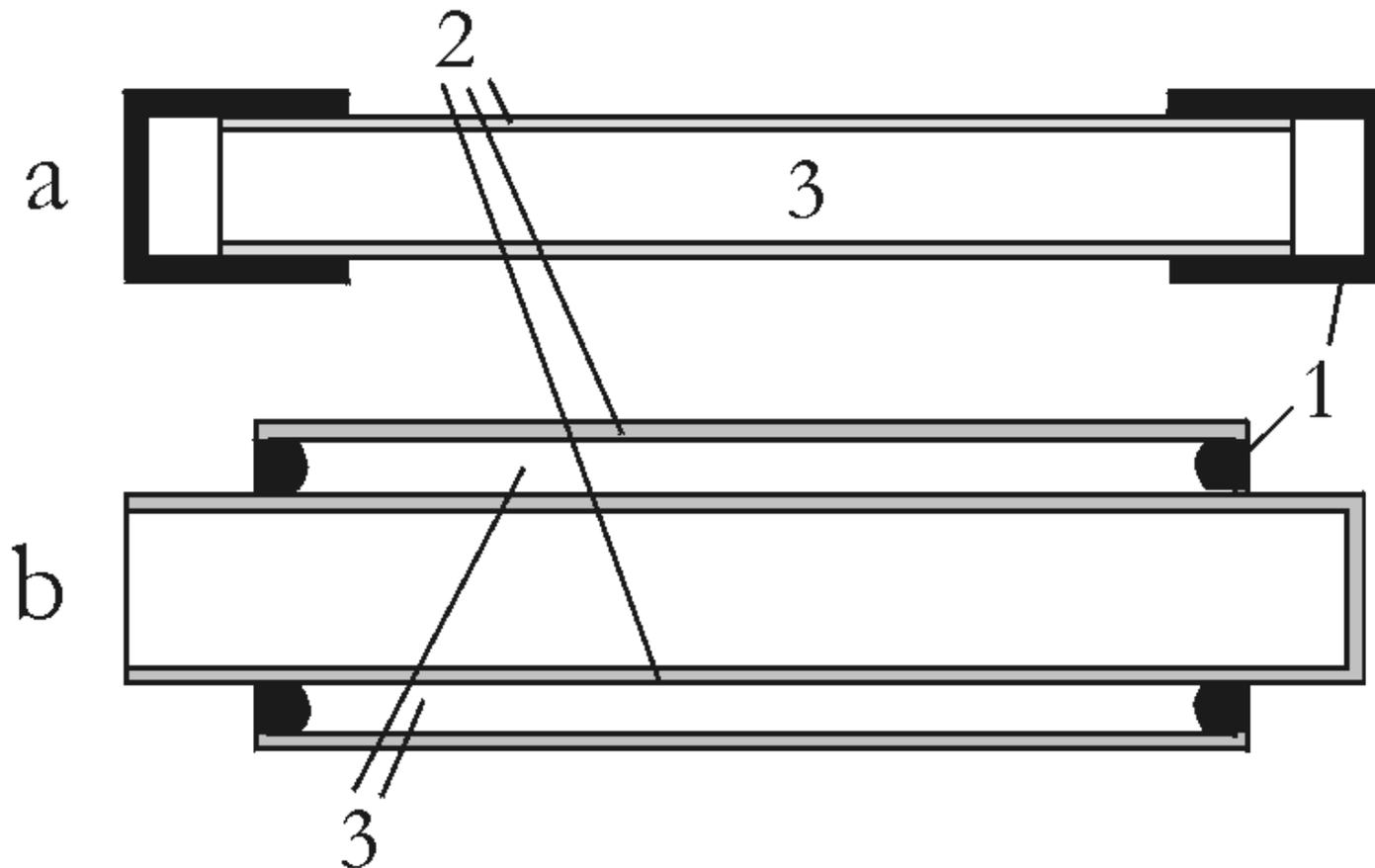
Эксилампы с плоскими
электродами диаметром 8 см.



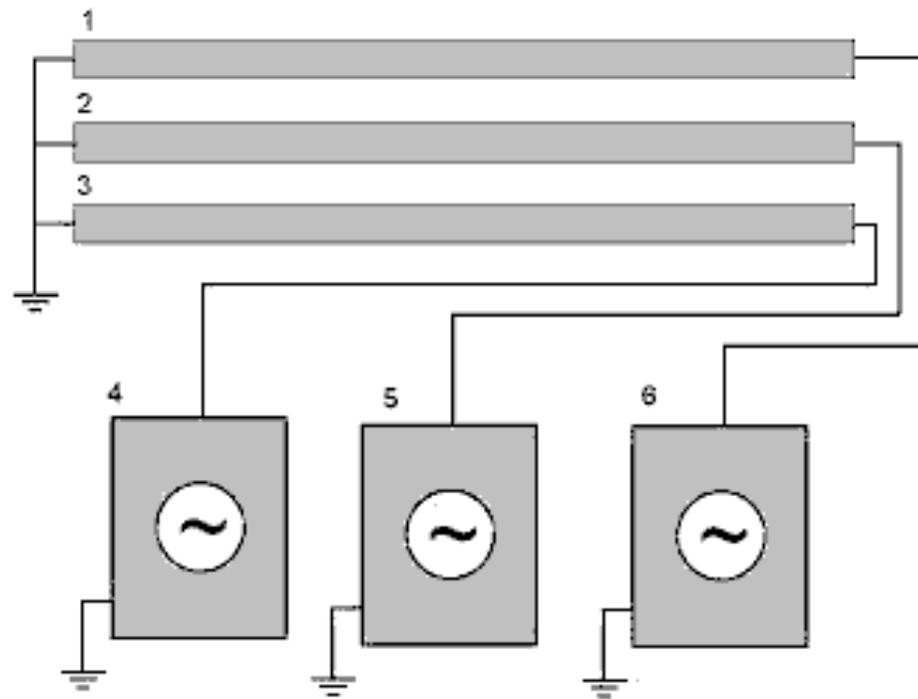
Эксилампы тлеющего разряда



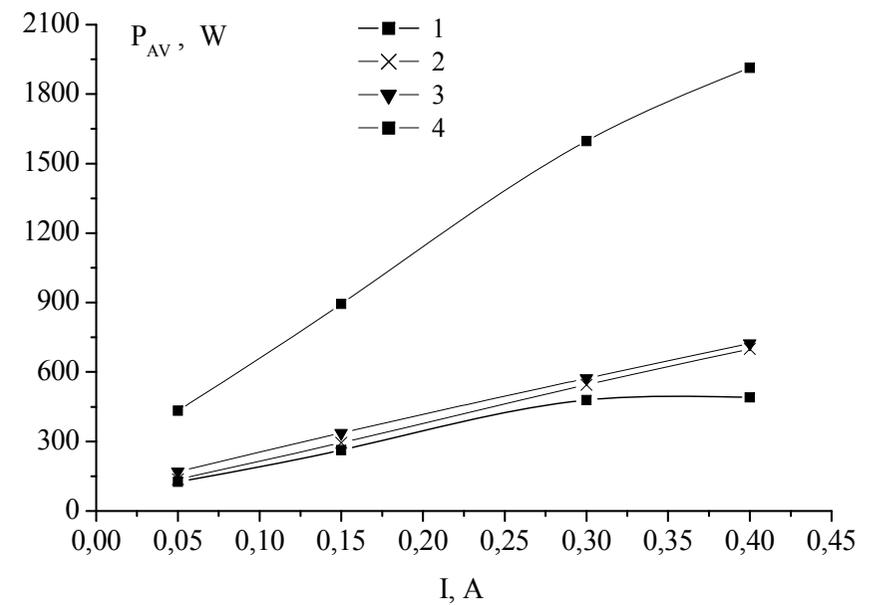
Принципиальная схема цилиндрических (а) и коаксиальных (б) эксиламп. Электроды (1), кварцевые трубки (2) и область разряда (3) обозначены.



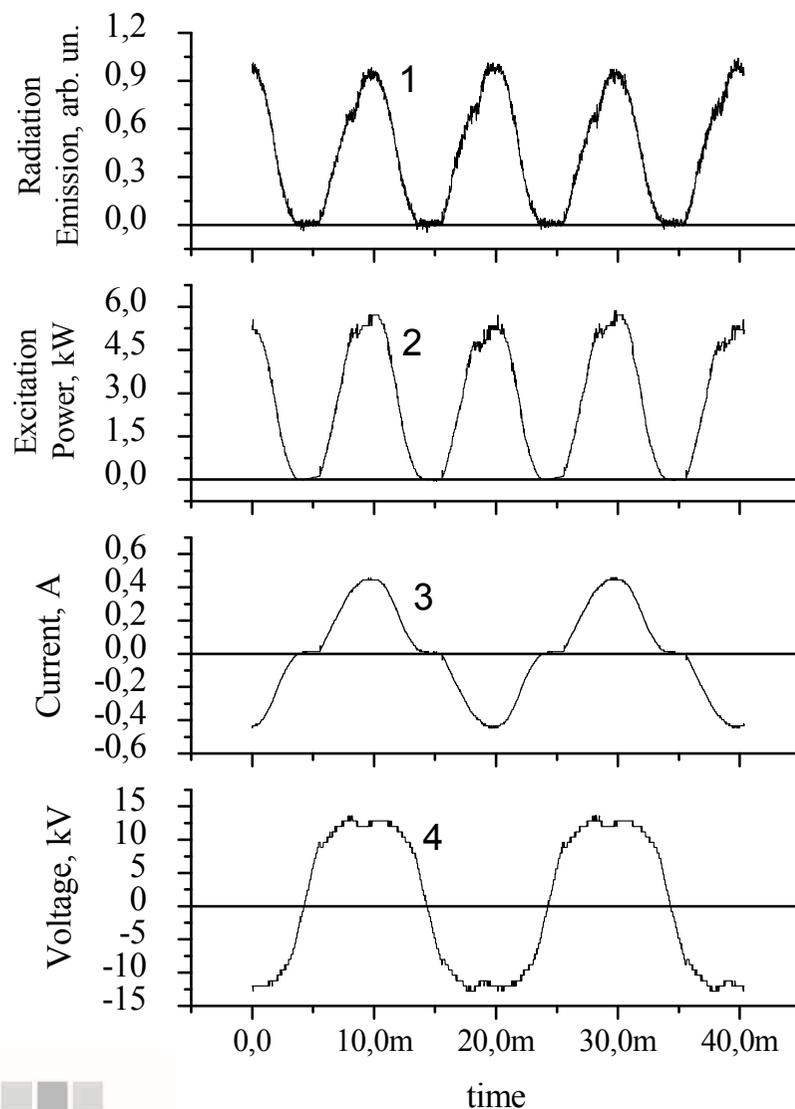
Блок-схема подключения модулей эксилампы к блокам питания. 1, 2, 3 - модули эксилампы; 4, 5, 6 - блоки питания.



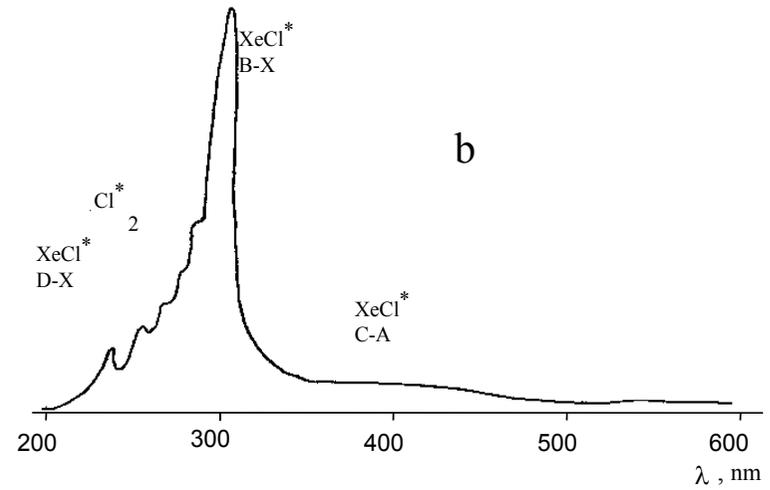
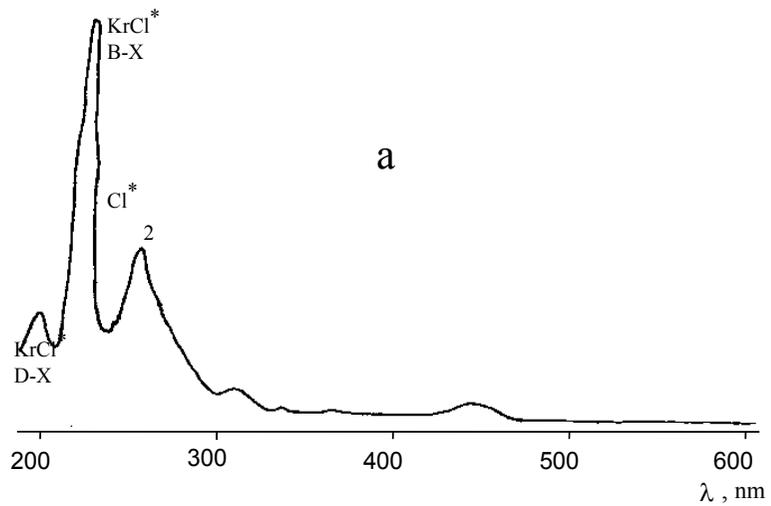
KrCl – эксилампа большой МОЩНОСТИ



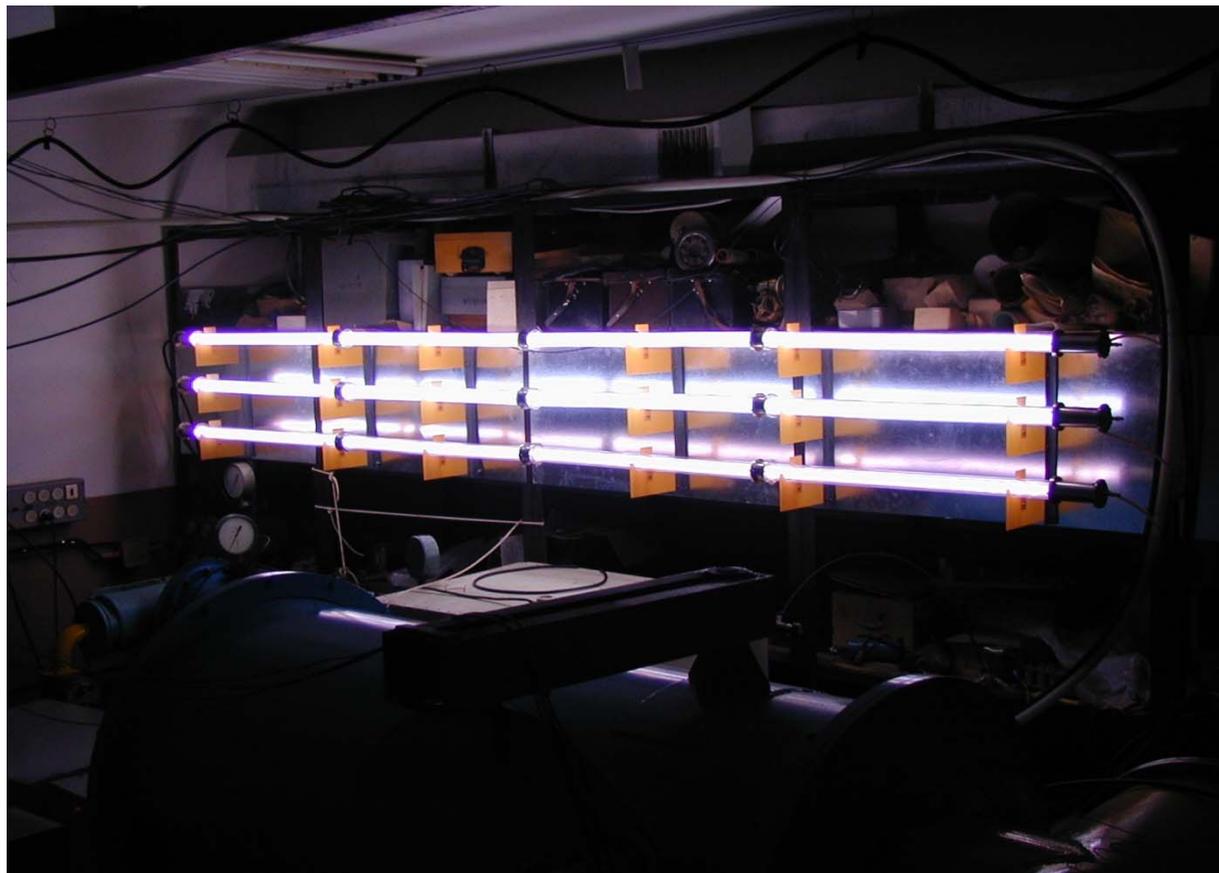
Осциллограммы излучения (1), тока (3), напряжения (4) и расчетной кривой мощности возбуждения (2) эксилампы KrCl_2 , возбуждаемой тлеющим разрядом на одну ветвь).



Спектр излучения эксилампы тлеющего разряда для смесей Kr-Cl₂ и Xe-Cl₂

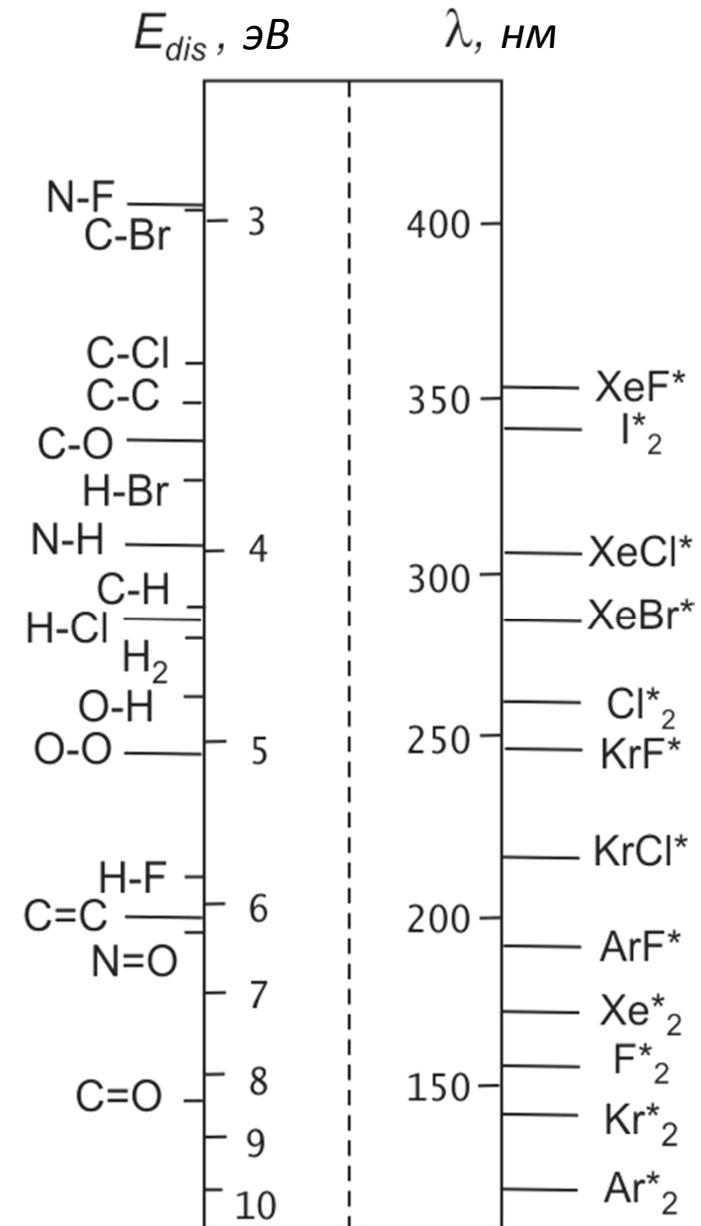


KrCl (1.9 кВт) или
XeCl (1.1 кВт) - эксилампы



Применение эксилламп

- Фотоиндуцированная очистка поверхности.
- Нанесение осадочных пленок.
- Фотохимия растворов, диссоциация вредных твердых и жидких отходов.
- Фотобиология, фотомедицина.
- Дезинфекция и очистка воды.
- Линейные флуоресцентные лампы, лампы в копировальных аппаратах и сканерах.
- Обезвоживание газа и конверсия с помощью эксиллампа Xe_2^* (исследование продолжается).



Реакторы



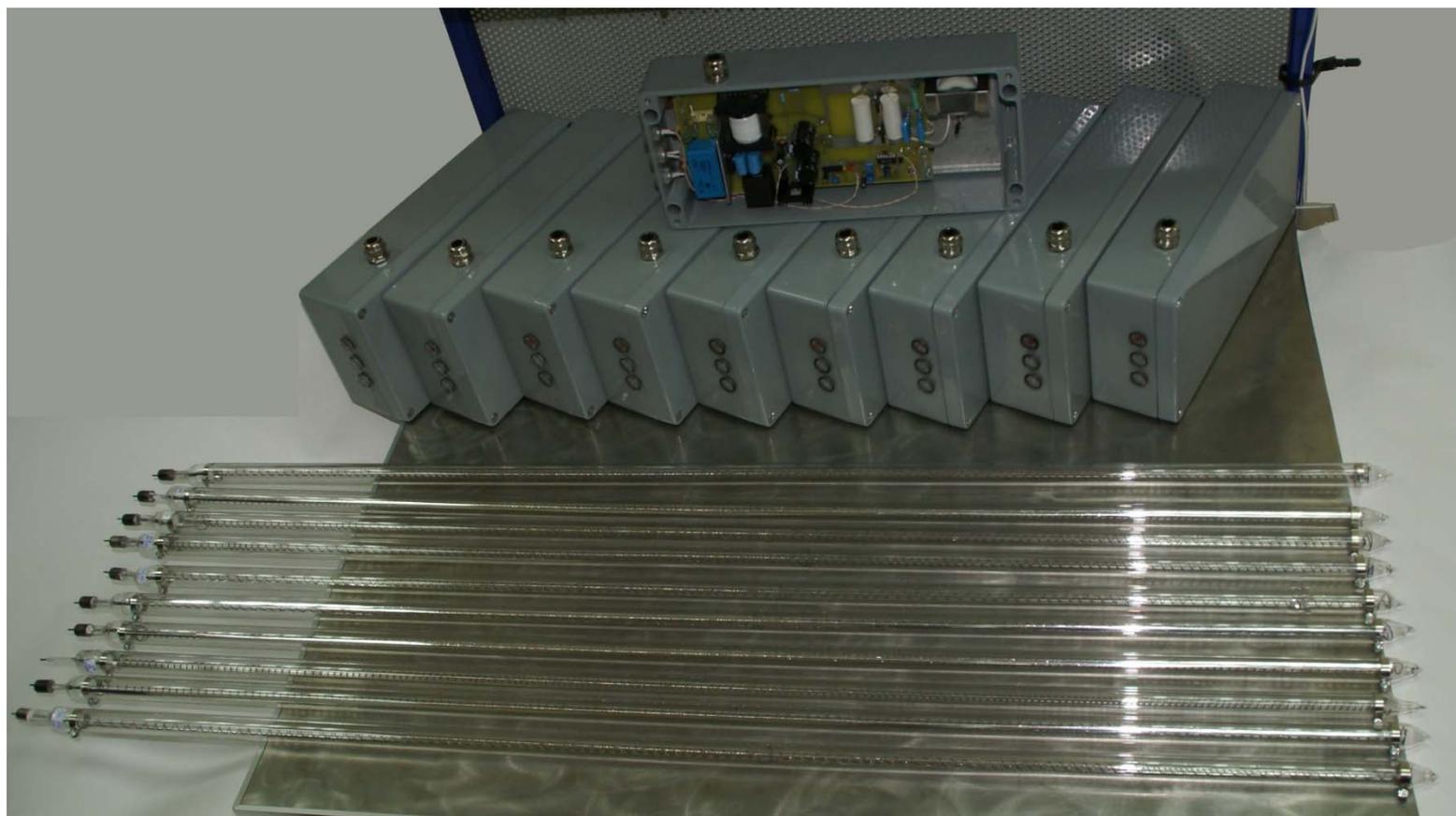
Малый реактор с одним излучателем Xe_2



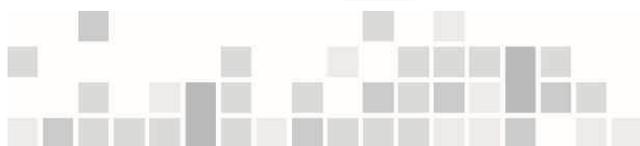
Малый реактор с одним излучателем Xe_2



Десять источников питания и десять излучателей Хе₂-эксиламп (172 нм)



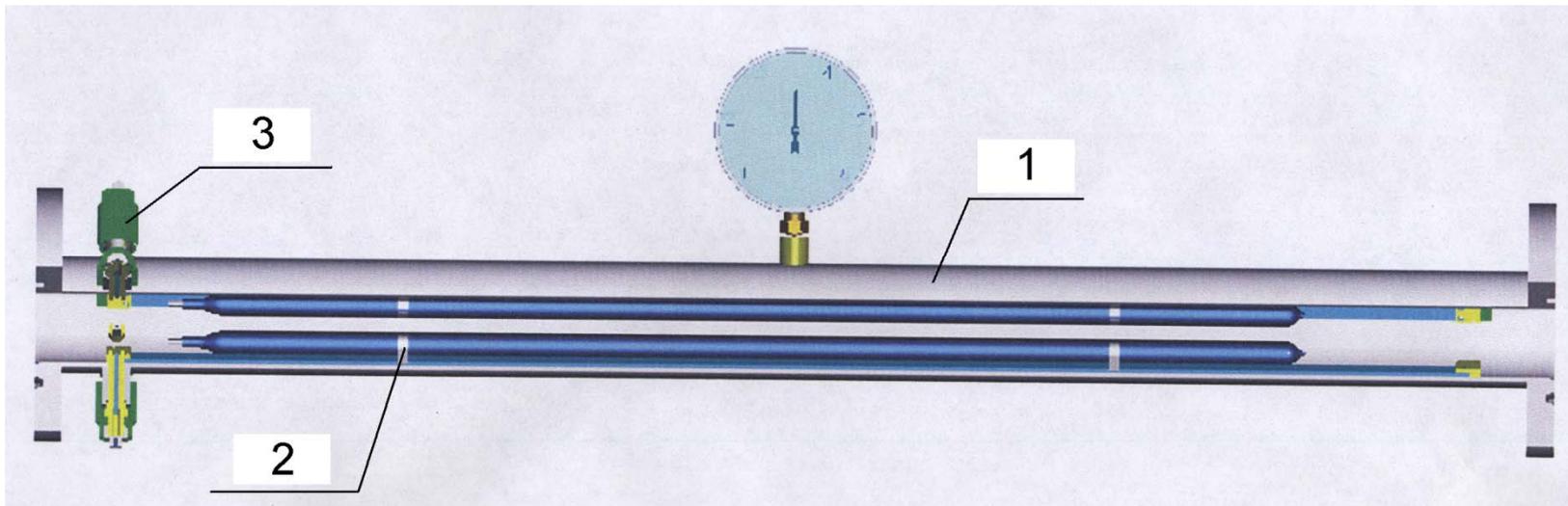
Реактор



Обезвоживание газа



Реактор с четырьмя излучателями Xe_2



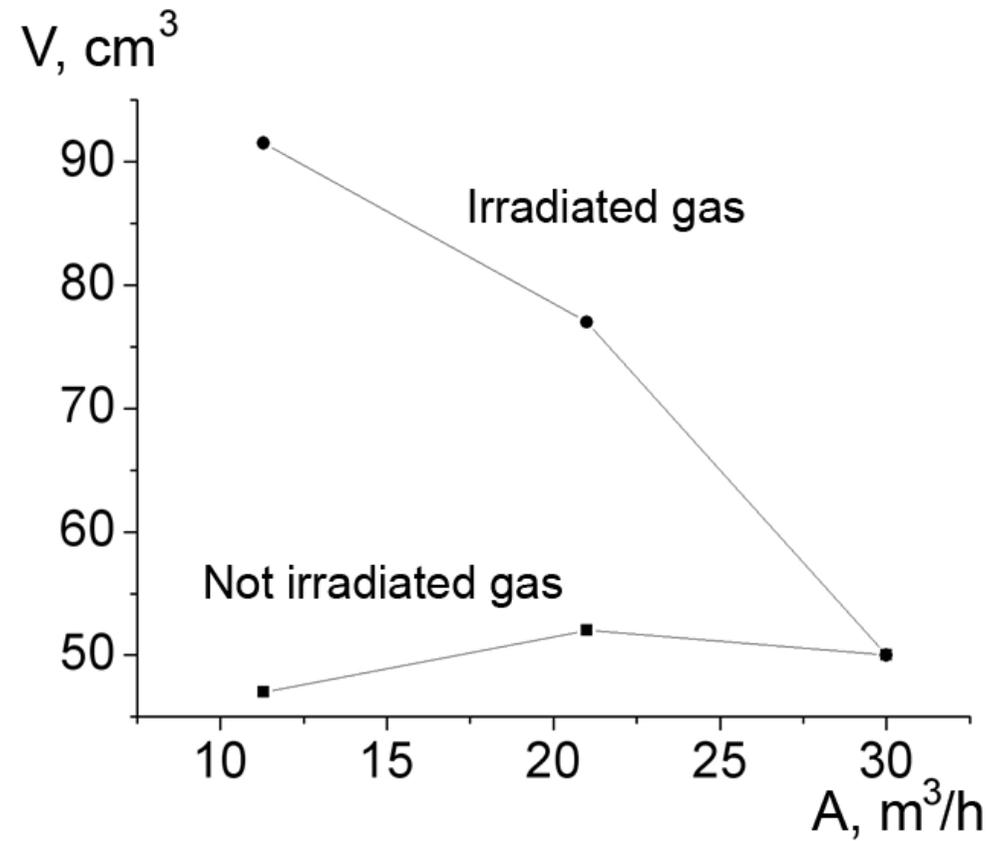
Исследование газового поля излучателя Xe_2



Контроллер параметров



Зависимость выхода конденсата от газового потока



Предложение об использовании
эксимерных ламп для определенных
сортов бумаги и подлинности
банкнот и в других областях



Взаимодействие излучения ХеВr- эксилампы с различной бумагой

Электрическая лампа



ХеВr – эксилампа (282 нм)



Влияние излучения эксилампы на банкноты (юань)

Обычная лампа



ХеВr - эксилампа

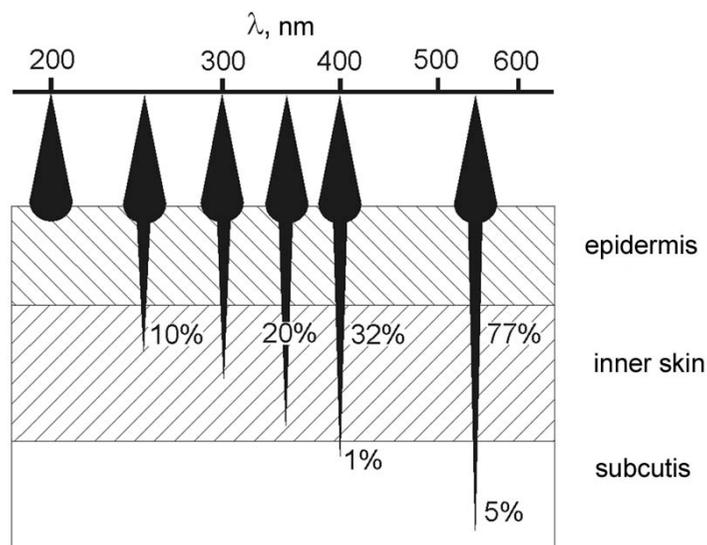


ХеСІ-эксилампа (308 нм)

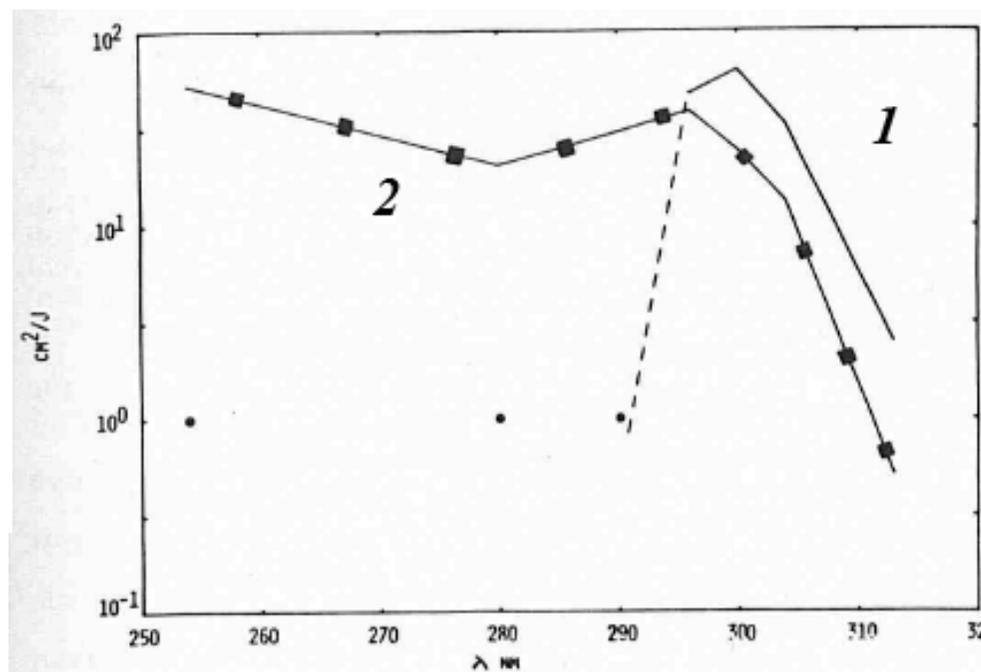


Размер: 230x80x80 мм, вес - 700 г, плотность
излучения - до 100 мВт/см², частота работы - 97 кГц.

Фотолечение заболеваний кожи (общие принципы)



Глубина проникновения излучения в кожу человека с различной длиной волны



Спектры действия УФ-излучения на псориаз с максимумом от 296 до 313 нм (1) (*J.A. Parrish, K.F. Jaencke, "Action spectrum for phototherapy of psoriasis", J. Invest. Dermatol. vol. 76, pp. 359–362, 1981*) and for erythema (2)



Лечение псориаза эксилампами

До лечения



После 10 дней лечения



V.S. Dmitruck, E.A. Sosnin, I.A. Obgol'tz, The first narrow-band XeCl-excilamp application for complex psoriasis curing, Proc. SPIE, 6263, 316-321. (2006)



Результаты обработки с помощью ХеСІ-эксилампы на расстоянии 50 см от источника излучения: а) до облучения, б) после восьми сеансов лечения.



Результаты лечения пациента № 6 с помощью ХеСІ-эксилампы на расстоянии 30 см от источника излучения от 45 до 120 секунд: а) до облучения; б) после четырех сеансов лечения; в) после восьми сеансов сессий.



Результаты лечения пациента № 7 с помощью ХеСІ-эксилампы на расстоянии 30 см от источника излучения, время 45 секунд: а) до облучения, б) после четырех сеансов лечения, в) после восьми сеансов лечения.

Adieva Y.R., Ponomarev S.V., Gubarev F.A., Sosnin E.A.
 Psoriasis treatment efficiency with XeCl-excilamp //
 Information Technologies in Science, Management,
 Social Sphere and Medicine (ITSMSSM 2016)

Excilamps для дезинфекции

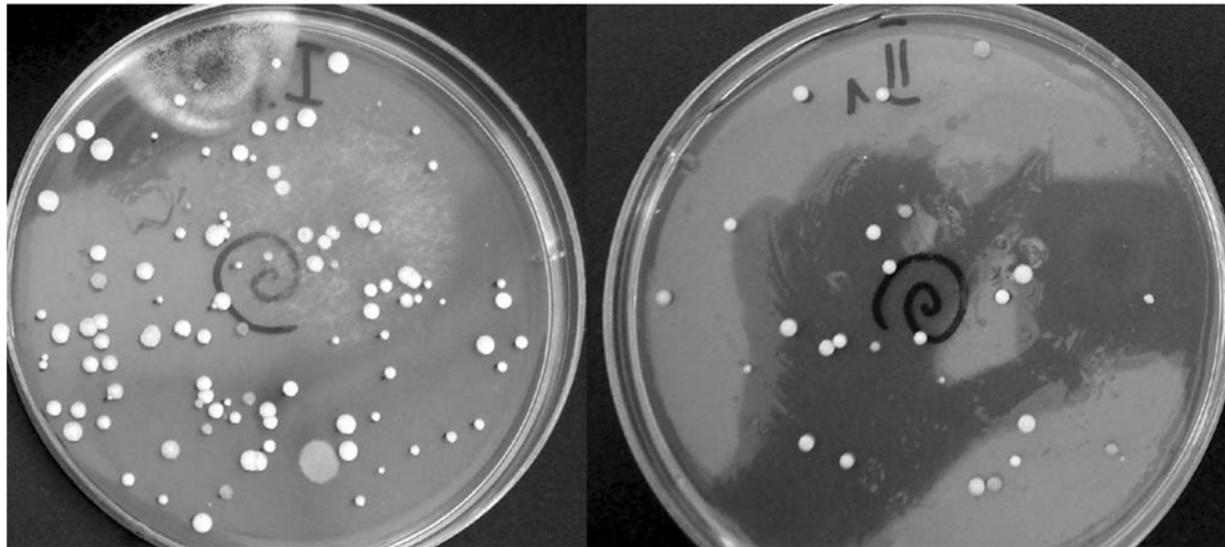
Стерильная комната для
микробиологического
исследования с
использованием ртутные
лампы низкого давления



Во время антимикробных
тестов.



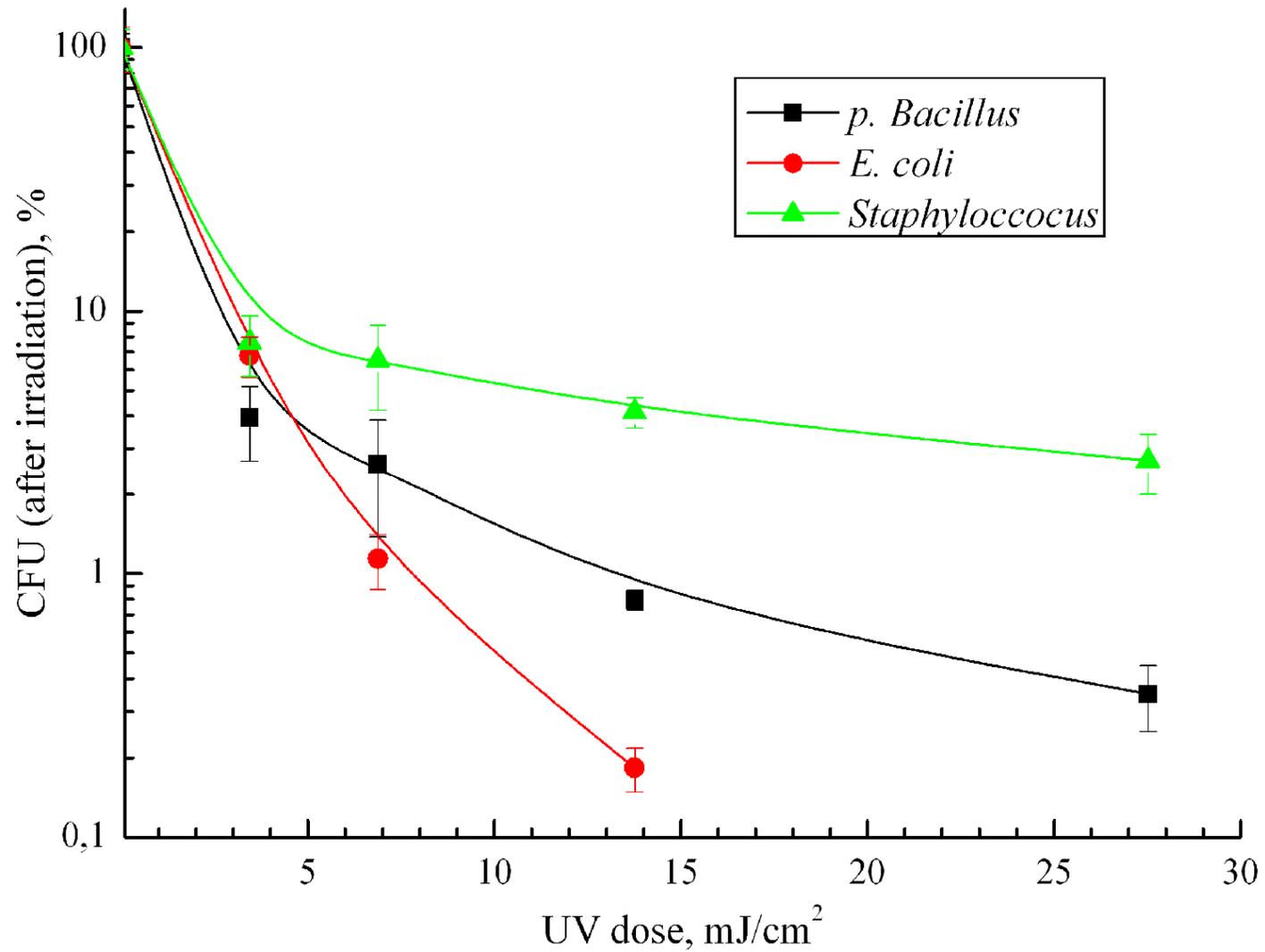
Использование эксиламп для дезинфекции классных комнат дает возможность увеличить число школьников (студентов) в классах. Эффективность бактерицидного облучения оценивается по степени общего микробного загрязнения воздуха. Время работы выбиралось таким образом, чтобы система воздухозаборника перекачивала объем воздуха, соответствующий объему помещения. После обработки воздуха рециркулятор снова делал посевы. Эффективность обработки оценивалась несколько раз в период с сентября по апрель. В воздухе обнаружены микроорганизмы, характерные для загрязнения воздуха: сарцины, стафилококки, микрококки, фертильные стержни, плесень. Во всех случаях обработка воздуха приводила к уменьшению микробного загрязнения с 42 до 90%.



Фотографирует микробные колонии до (слева) и после (справа) рециркуляции воздуха на основе ХеВr-эксилампы



УФ-инактивация различной инокулированной поверхности,
проводимая с различными УФ-дозами ХеВr-эксилампы.

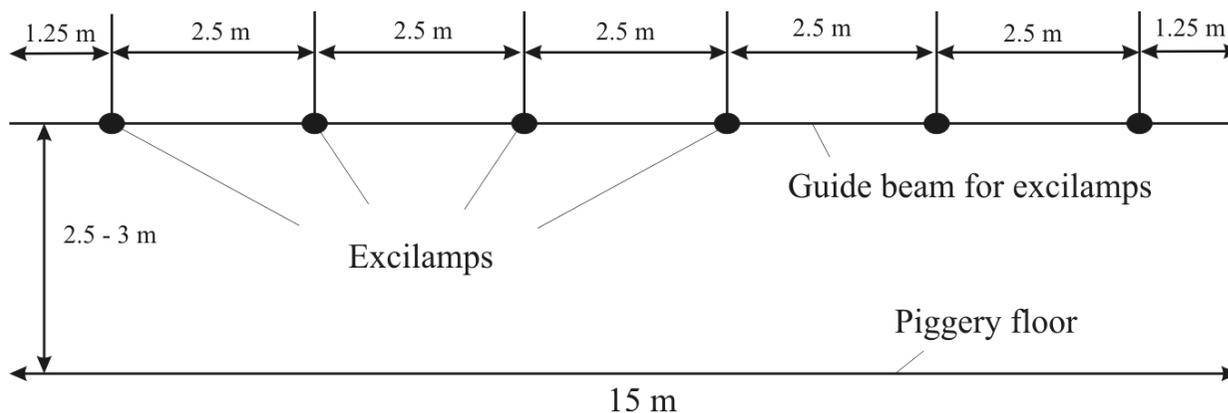


Эксилампы в сельском хозяйстве. Животноводство.

Животные в комплексах животноводства проводят весь жизненный цикл в закрытом помещении, чтобы предотвратить распространение эпидемических заболеваний. В то же время они лишены солнечного света, включая коротковолновый солнечный УФ (290-320 нм), который стимулирует физиологическую активность животных в естественных условиях с помощью сложных фотохимических и физиологических реакций. Облучение эксилампами обеспечивает хорошие физиологические состояния и беременность выведенных белых мышей. Небольшие дозы облучения снижают смертность новорожденных поросят более чем в два раза, что показывает перспективность применения эксиламп в животноводстве.



Фотография белой мыши с выводком. Лоза во время беременности подвергалась воздействию ИФ излучения.



Расположение эксиламп для облучения 25-30 животных

E.A. Sosnin et. al. Proc. SPIE 9810, International Conference on Atomic and Molecular Pulsed Lasers XII, 98101K (December 15, 2015)

Эксилампы в сельском хозяйстве. Растениеводство.



Рост льна: УФ-облученные семена (левый ряд) и необлученные семена (правый ряд);
Животноводческое хозяйство Кривошеино, Томская область, 2013 г. Region, 2013



**Спасибо за
внимание!**

