Поведение материалов в сильных полях

Лопатин В.В.
Профессор каф. ТЭВН

Распределение учебного времени

Лекции	36часов
Лабораторные занятия	18часа
Практические занятия	18часа
Всего аудиторных занятий	**72часов**
Самостоятельная (внеаудиторная) работа	108часов
Общая трудоемкость	**180часов (6 кредитов)**

Экзамен в 10семестре

Литература

Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. Высшая школа 1986.(Лань 2003)

Киттель. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1989.

Павлов П.В. Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М., ВШ, 2000

Воробьев Г.А., Похолков Ю.П., Королев Ю.Д., Меркулов В.И. Физика диэлектриков. Область сильных полей. ТПУ, 2003, -244 с.

Мотт Н., Девис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.: Мир, т.1,2. 1982

Фистуль В.И. Физика и химия твердого тела. Учебник для Вузов в 2х томах. М., Металлургия, 1995.

Тареев Б.М. Физика диэлектрических материалов. Энергоиздат 1982.

Рез И.С., Поплавко Ю.М. Диэлектрики, их основные свойства и применение в электронике. –М.: Радио и связь, 1989.

Сканави Г.И. Физика диэлектриков (область слабых полей). М.: Гостехиздат, 1949.

Сканави Г.И. Физика диэлектриков (область сильных полей). ГИФМЛ, 1958.

Техника высоких напряжений. Под редакцией Кучинского Г.С. Энергоатомиздат С.П-г., 2003, - 606 с.

Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Искровой разряд. М.: Изд-во МФТИ, 1997, - 320 с.

Базелян Э.М., Ражанский И.М. Искровой разряд в воздухе. Наука 1988.

Королев Ю.Д., Месяц Г.А. Физика импульсного пробоя газов. Наука 1991.

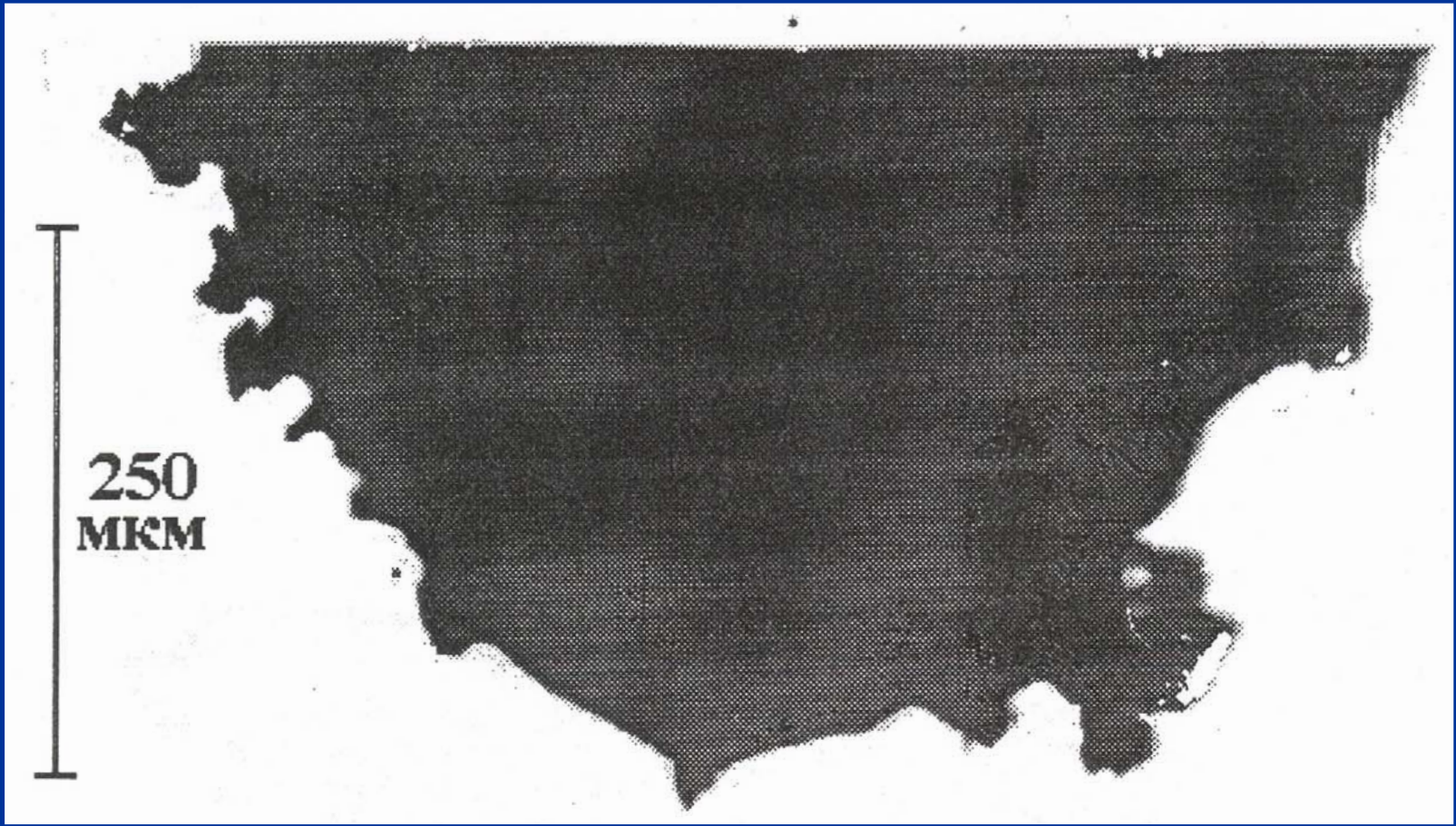
Лозанский Э.Д., Фирсов О.Б. Теория искры. Атомиздат 1975.

Орешкин П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков. Высшая школа 1977.

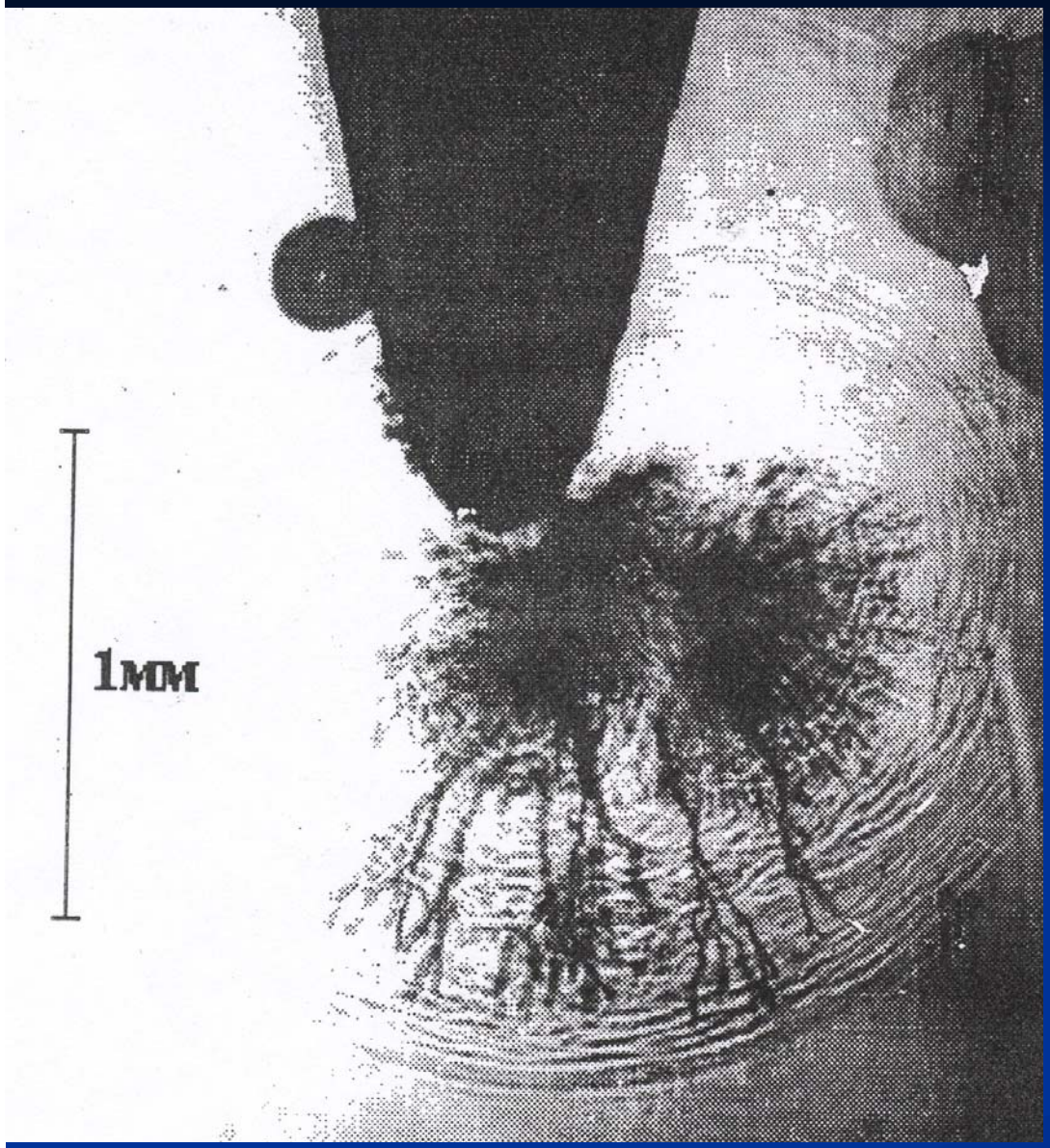
ОРУ ПС 220 кВ

Силовой трансформатор 500 кВ

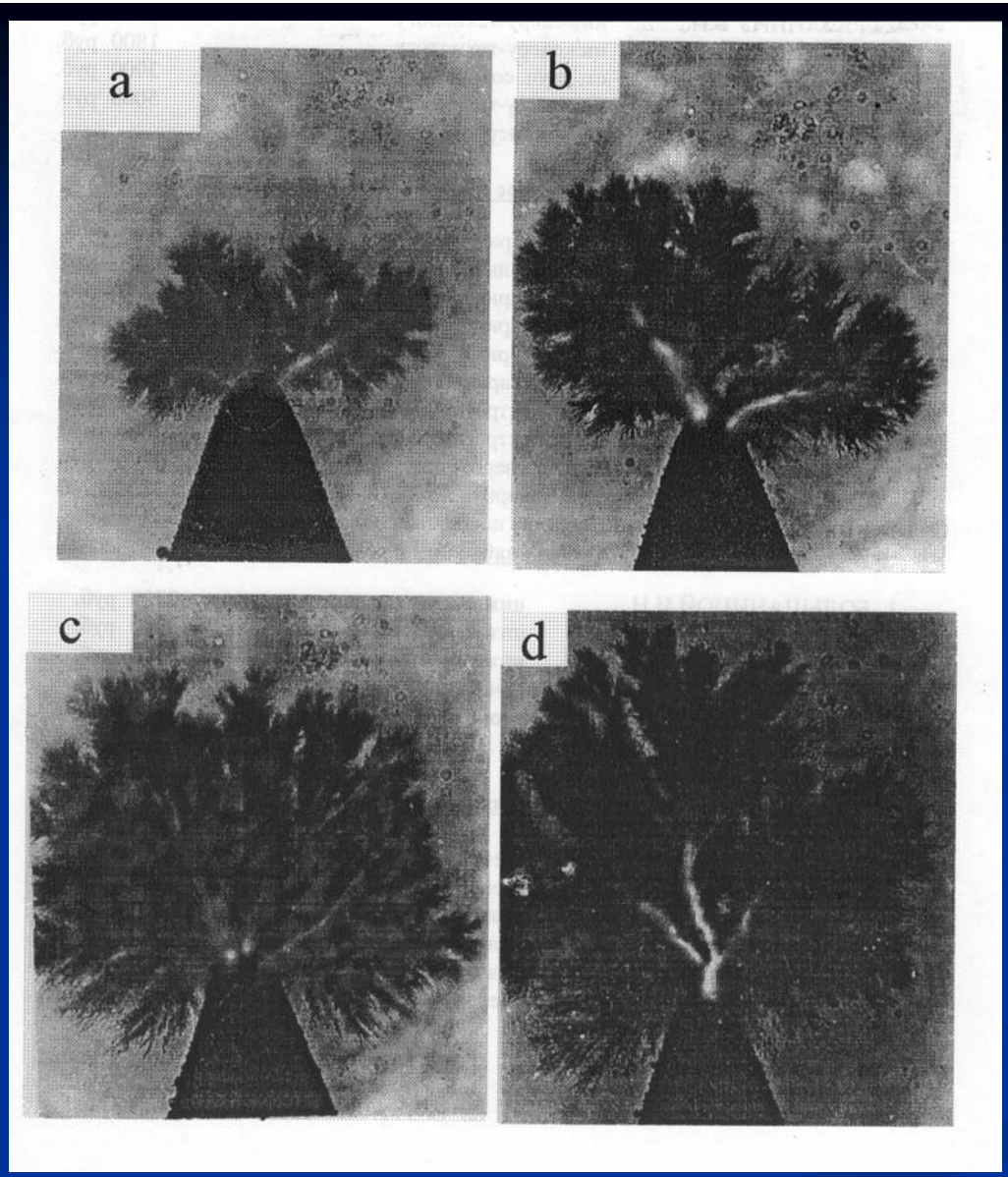
ПС 500 кВ, отключение шунтирующего реактора 33 МВА, длина дуги ~30 метров



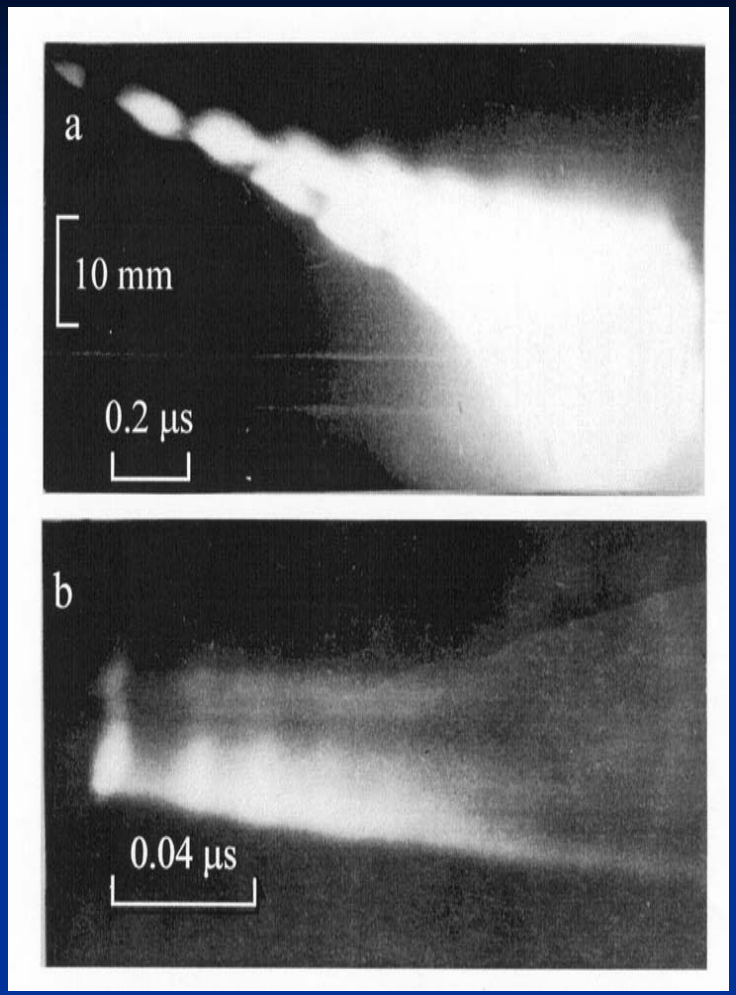
Инициирование разряда в воде
U=27 кВ, t =1,2 мкс , t_{exp}=1 нс

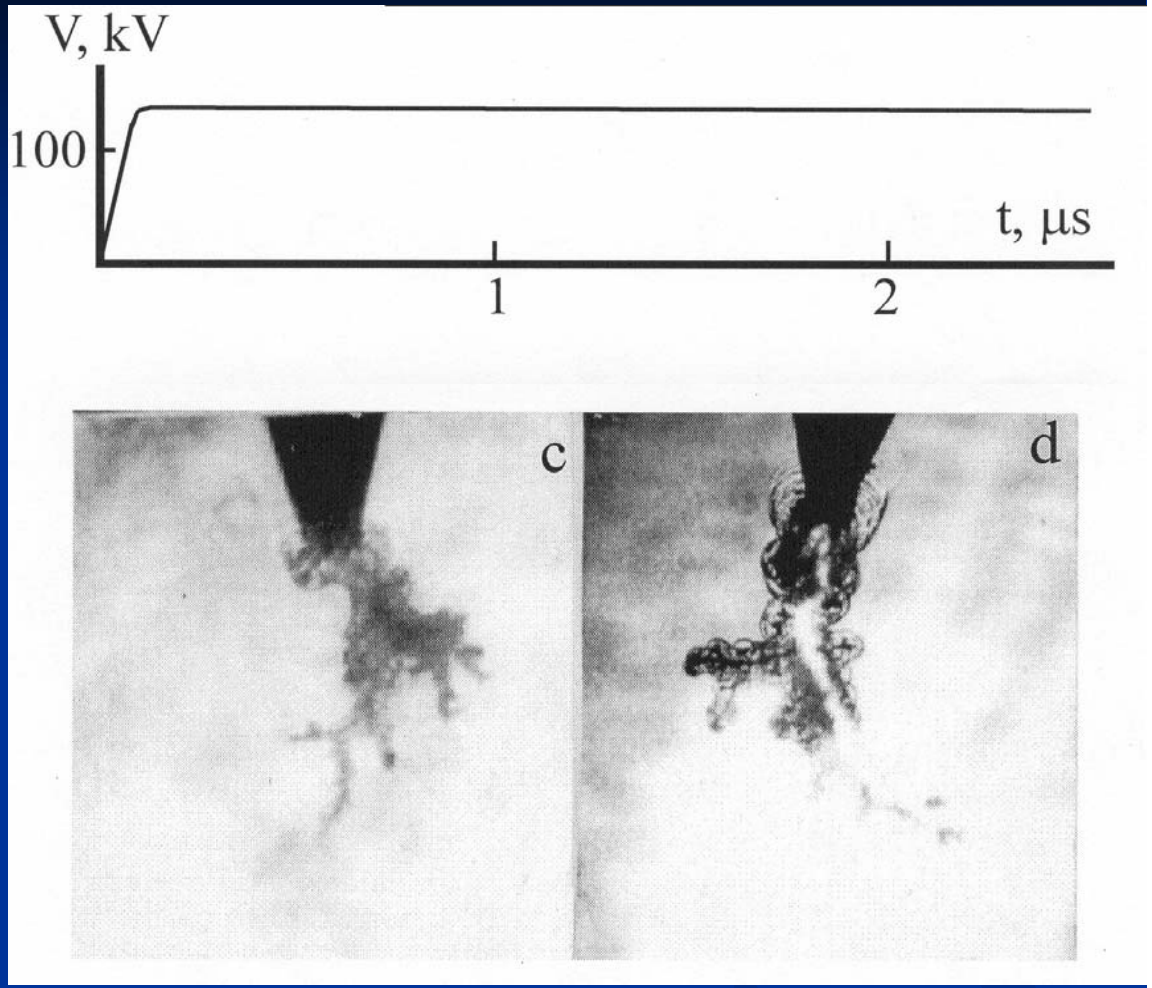


Развитие разряда
U=30 кВ, t =1,2 мкс, t_{exp}= 1 нс



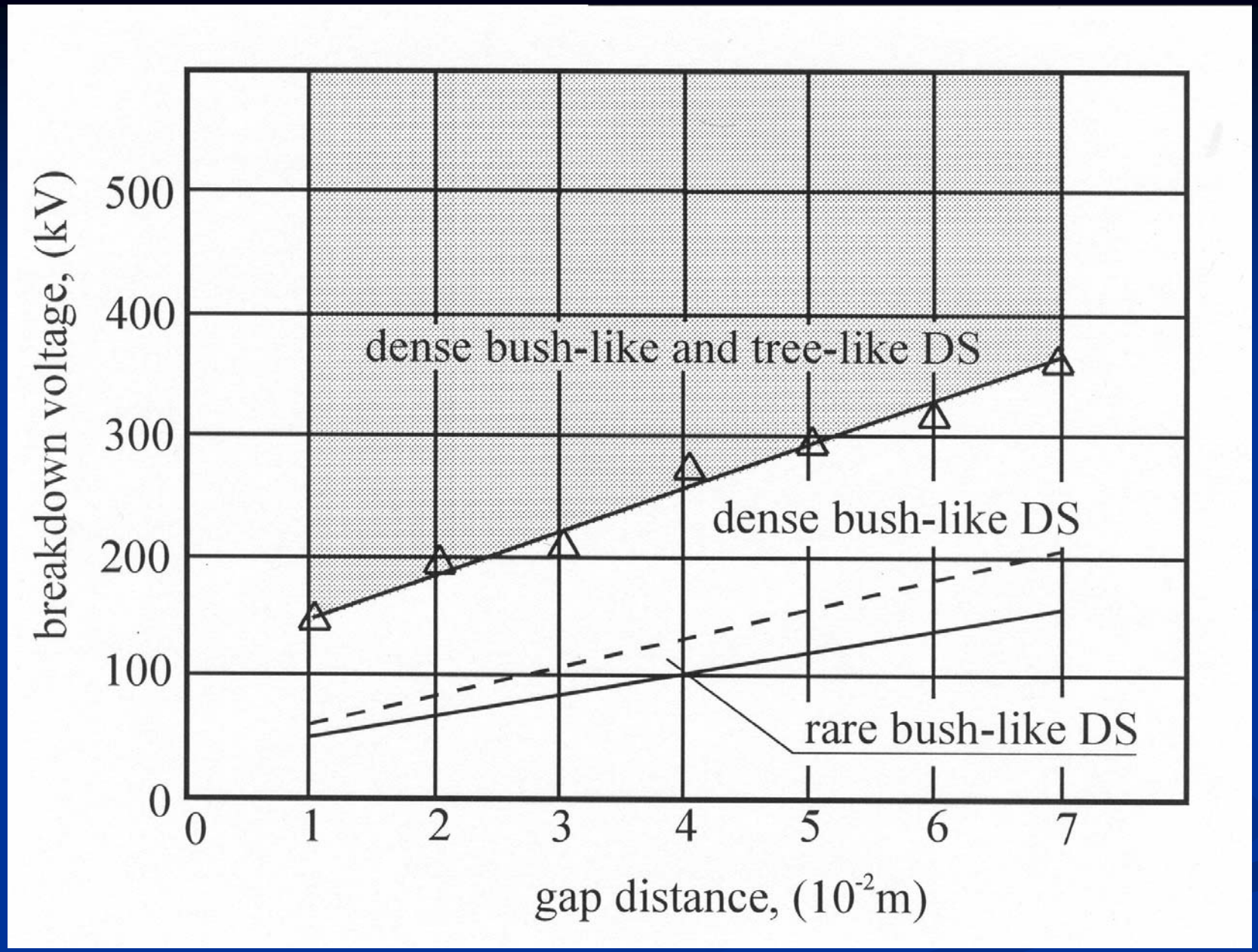
Развитие разряда при положительной полярности острия U=160 кВ, R=650 мкм, расстояние 2,5 см
a – t=0,1; b – 0,15; c – 0,2; d – 0,35 мкс





Отрицательное острие R=168 мкм, U=120 кВ, промежуток 4,6 см, вода

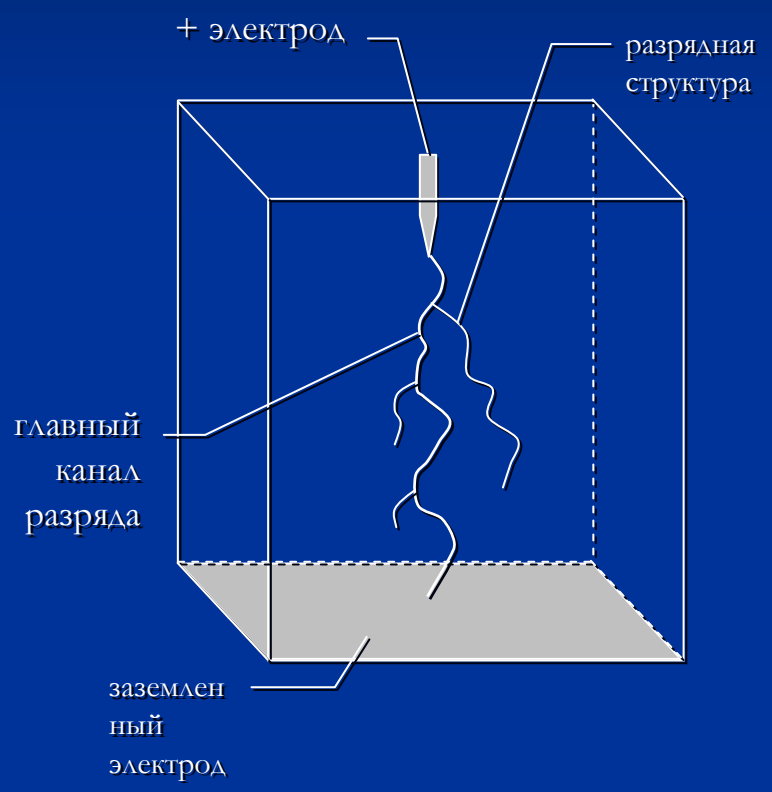
a, b – фоторазвертка канала; c, d - t_{exp} = 50 нс, t = 0,25 мкс and 0,4 мкс.



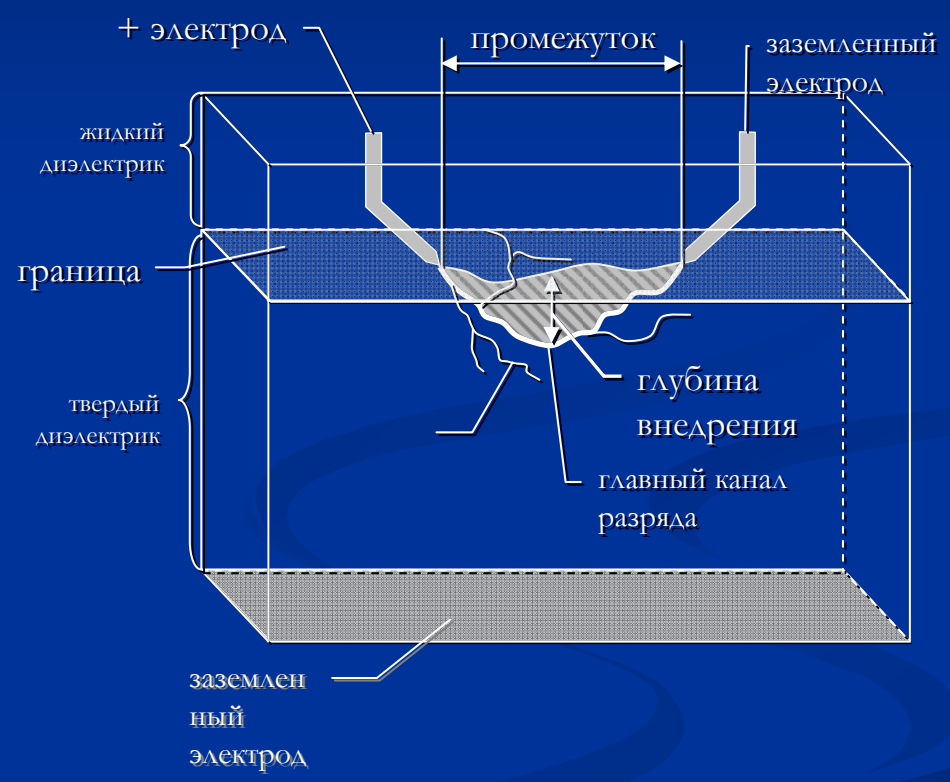
Условия для различных типов разрядных структур

Модель разряда

Электродные системы и область моделирования



Электроды острие- плоскость



Электроды острие- острие

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНИЦИИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ РАЗРЯДНОГО КАНАЛА

Вероятность роста канала в направлении $\vec{n}$

$$\omega_n = \alpha\,\theta(E_n - E_c)E_n^{\,2}$$

α коэффициент скорости роста

E_c критическая напряженность поля для роста разрядных каналов

E_n проекция напряженности электрического поля в направлении $\vec{n}$

$\theta(x)$ ступенчатая функция Хевисайда ($\theta(x)=1$, при $x>0$ и $\theta(x)=0$ при $x0$)

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В ДИЭЛЕКТРИКЕ

Распределение потенциала электрического поля φ

$$\nabla(-\varepsilon\cdot\nabla\varphi) = \rho/\varepsilon_0$$

ρ суммарная объемная плотность свободных зарядов в диэлектрике и разрядных каналах

ε_0 и ε абсолютная и относительная диэлектрические проницаемости

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЗАРЯДА

Плотность зарядов в объеме диэлектрика

σ удельная проводимость диэлектрика

ρ_V объемная плотность зарядов

$$\frac{\partial \rho_V}{\partial t} = \nabla(\sigma \nabla \varphi)$$

Плотность заряда вдоль канала

γ погонная проводимость разрядного канала

l координата вдоль канала

E_l проекция напряженности электрического поля на направление канала

ρ_l линейная плотность заряда вдоль канала

$$\frac{\partial \rho_l}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial \ell}(\gamma \cdot E_l)$$

Погонная проводимость каналов

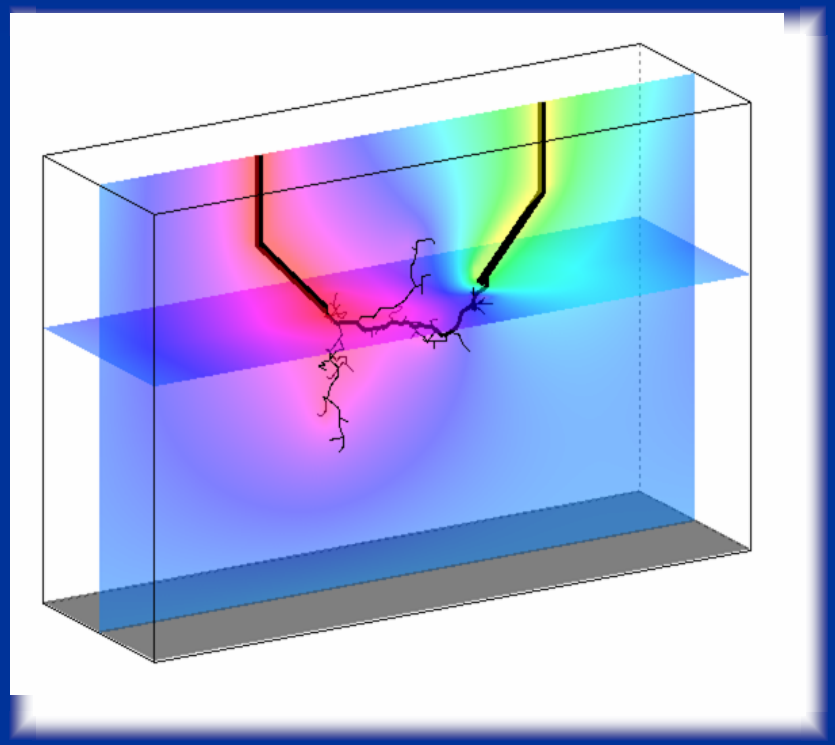
χ и ξ коэффициенты возрастания и убывания проводимости соответственно

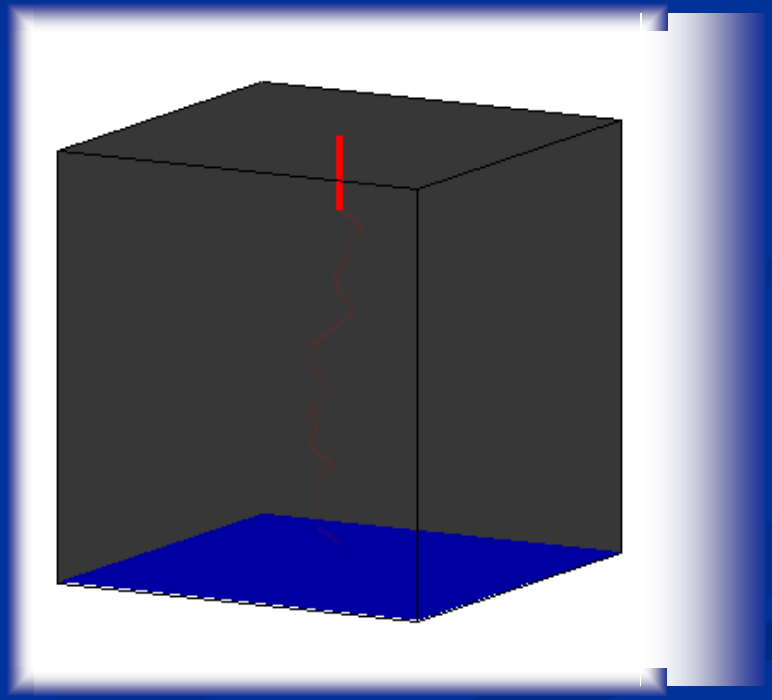
γ_0 начальная проводимость

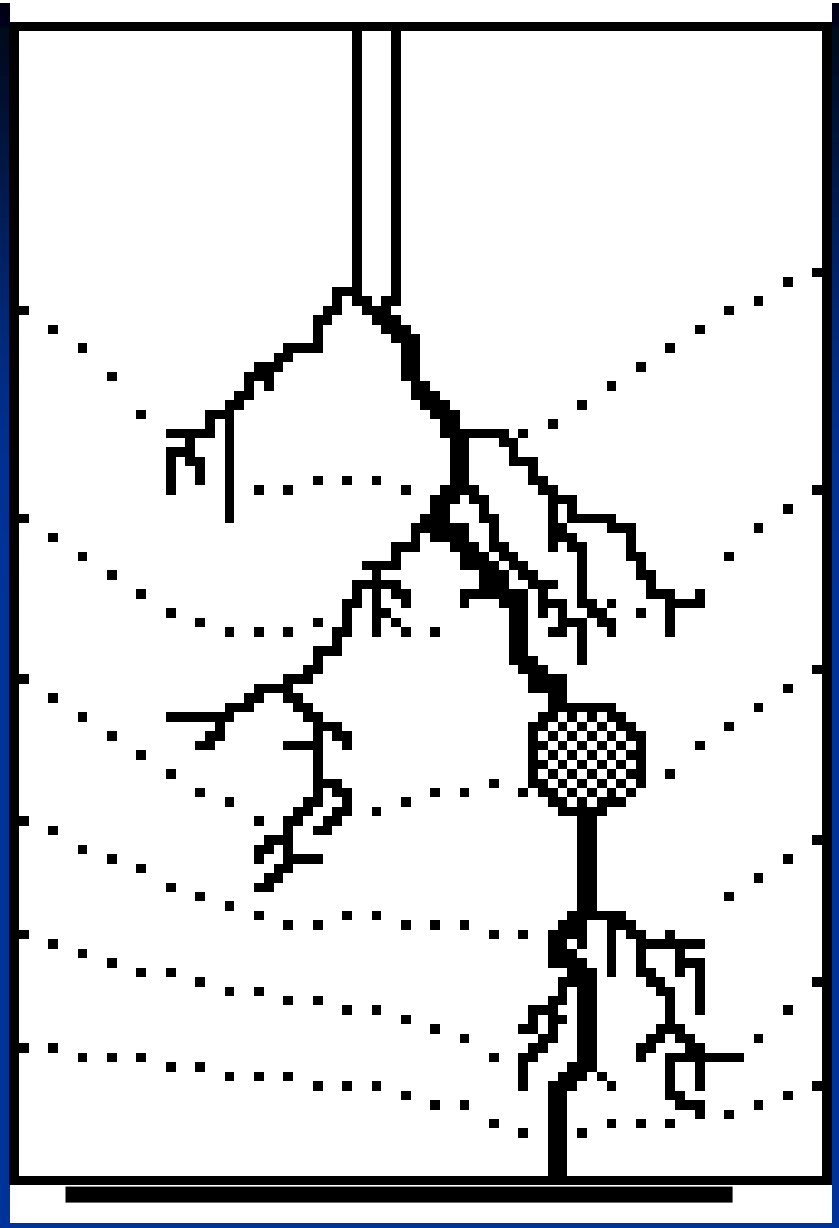
$$\frac{\partial \gamma}{\partial t} = \chi \cdot \gamma \cdot E_l^2 - \xi \cdot \gamma$$

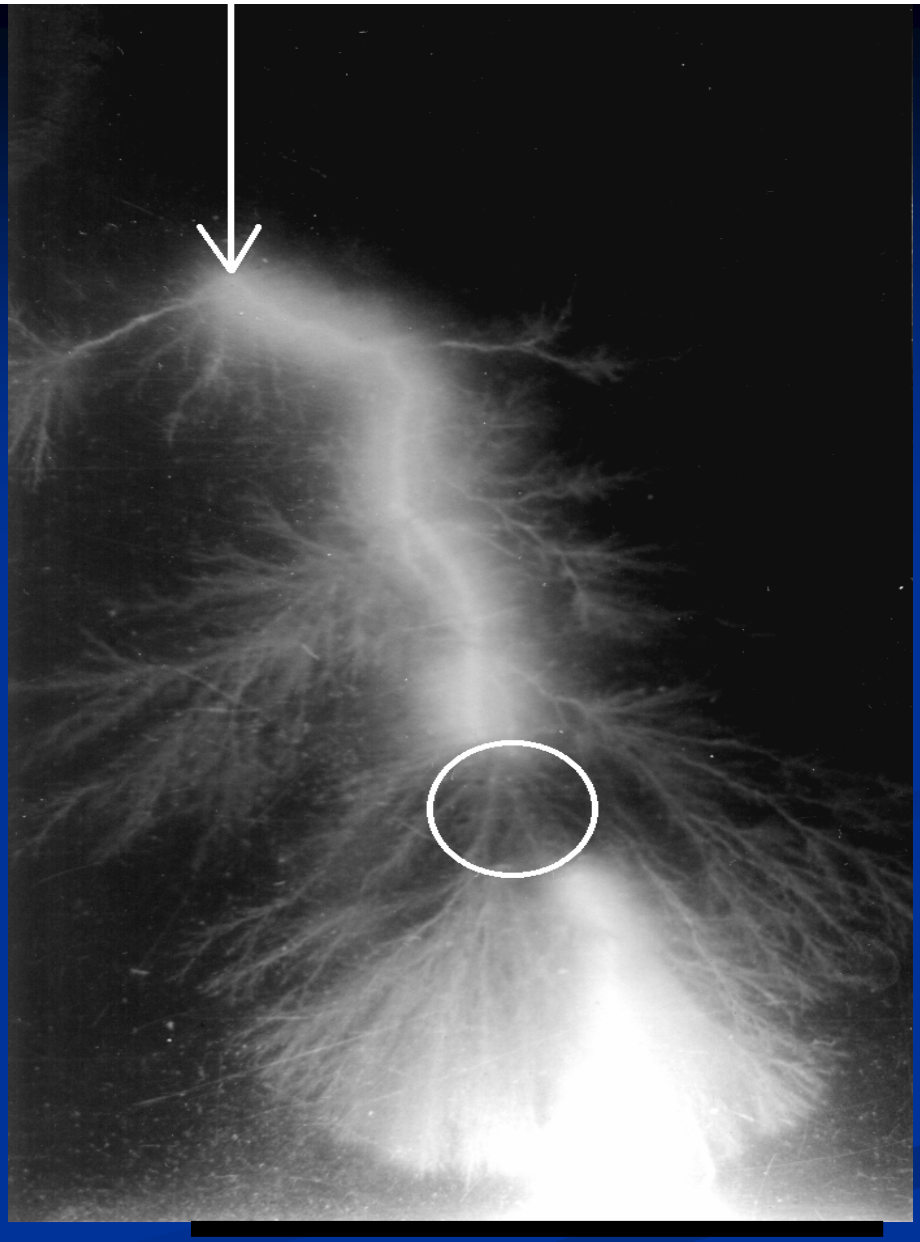
РАЗВИТИЕ РАЗРЯДА В ДИЭЛЕКТРИКЕ

Самосогласованное решение этих уравнений позволяет определять распределение потенциала и зарядов, управляющих развитием разряда

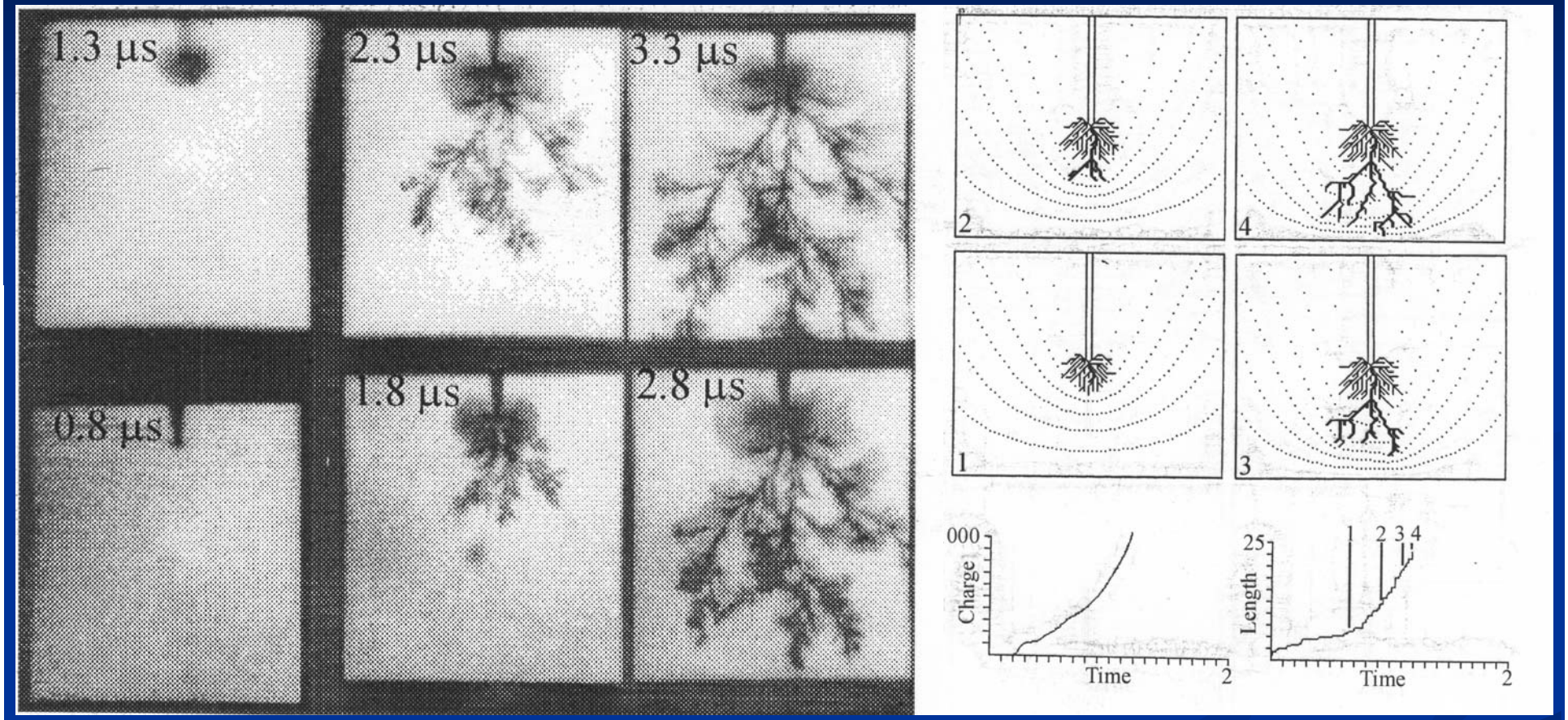




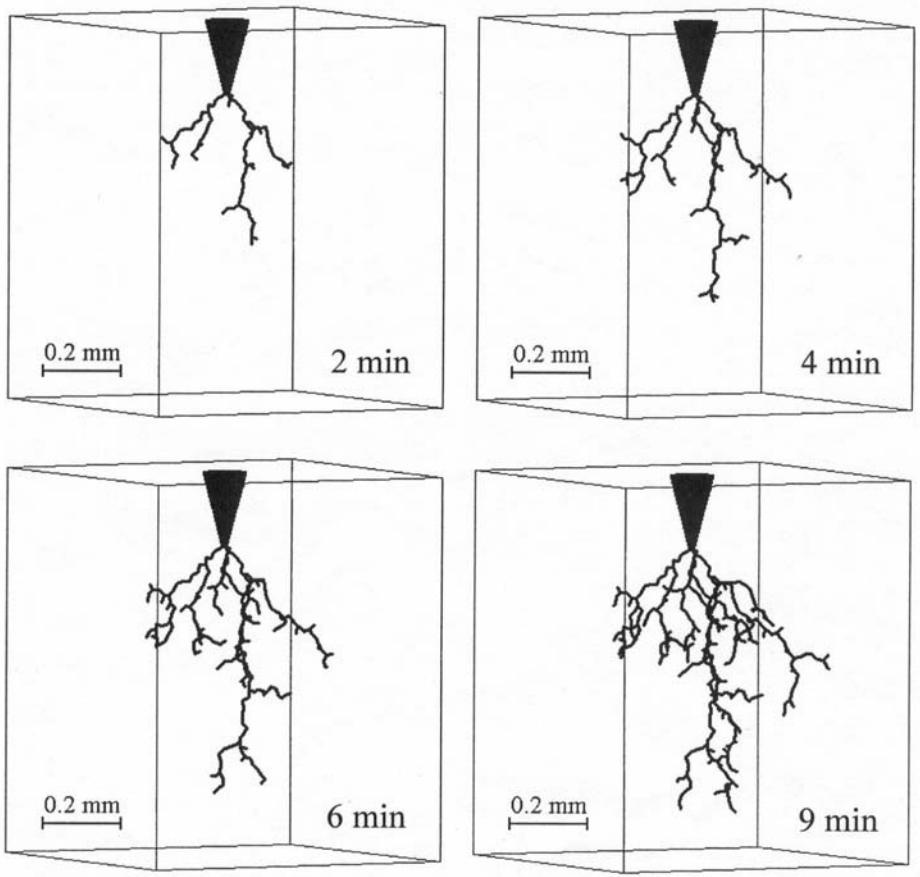


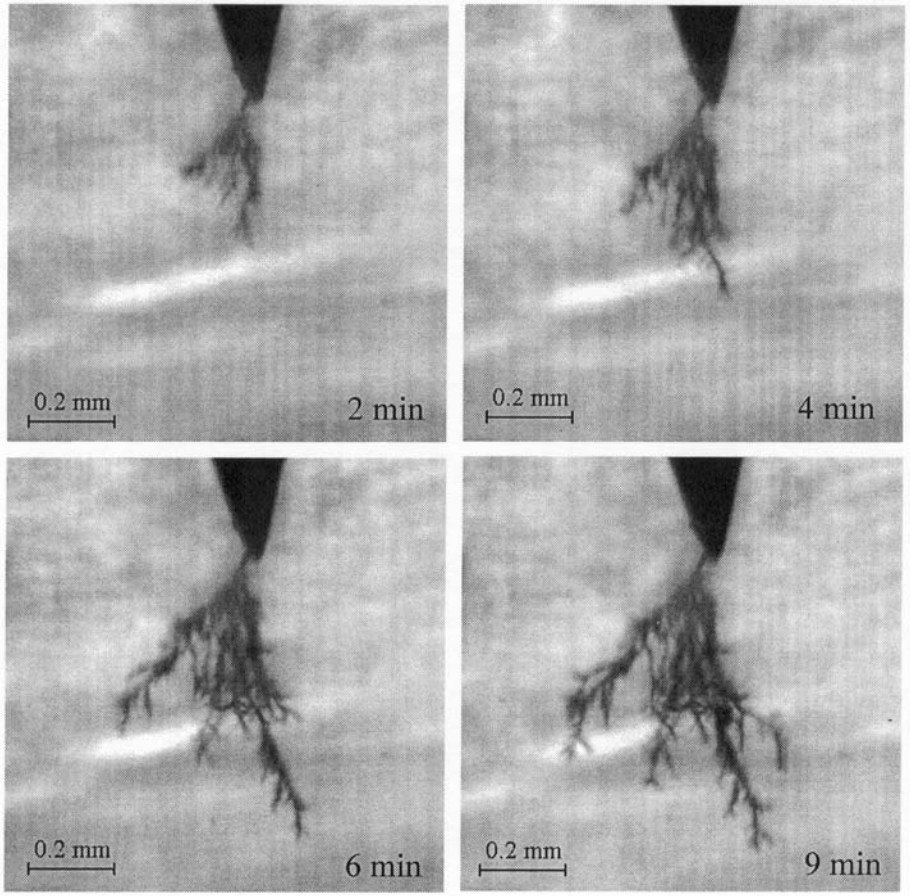


Траектория разряда в глицерине с проводящим включением (углерод)



Развитие разряда положительной полярности в масле, U=350 кВ





Рост дендрита в полимере