

Книга 8. Метод Кирлиан. Часть 6. Газовый разряд.

Колтовой Николай Алексеевич, koltovoi@mail.ru,

Все книги на сайте: Koltovoi.nethouse.ru, Книги постоянно обновляются.

Если не удастся скачать книги с сайта, то они могут быть высланы по электронной почте.
Москва, 1 июня 2017

Глава 1. Режимы. Выбор оптимального режима регистрации свечения. 6-2

- 1.1 Напряжение пробоя газа.
- 1.2 Свечение при постоянном напряжении.
- 1.3 Влияние скорости нарастания импульса на возникновение разряда.
 - 1.3.1 Зависимость разряда от скорости нарастания импульса.
 - 1.3.2 Возникновение рентгеновского излучения при наносекундных импульсах.
- 1.4 Двухпараметрическая регистрация изображений (напряжение и частота).
 - 1.4.1 Зависимость типа разряда от напряжения и частоты.
 - 1.4.2 Зависимость напряжения пробоя воздуха от частоты.
 - 1.4.3 Зависимость болевых ощущений от частоты.
 - 1.4.4 Регистрация свечения при различных значениях напряжения и частоты.
- 1.5 Оптимальный выбор частоты при регистрации снимка.
- 1.6 Оптимальный выбор напряжения при регистрации снимка.
- 1.7 Зависимость радиуса короны разряда от приложенного напряжения.
- 1.8 Оптимальный выбор атмосферы.
- 1.9 Получение разряда с длинными стримерами.
- 1.10 Зависимость разряда от давления воздуха и расстояния между электродами.
- 1.11 Спектральные свойства свечения.
- 1.12 Интерпретация цветного изображения короны свечения.

Глава 2. Разряд в газе при атмосферном давлении. 6-83

- 2.1 Различные типы разряда.
- 2.2 Зависимость типа разряда от напряжения.
 - 2.2.1 Начальный режим нарастания тока.
 - 2.2.2 Режим насыщения, $U > U_1$.
 - 2.2.3 Режим возбуждения молекул воздуха, $U > U_2$.
 - 2.2.4 Образование лавин $U > U_3$.
 - 2.2.5 Режим стримерного разряда, $U > U_4$.
 - 2.2.6 Искровой пробой, $U > U_5$.
 - 2.2.7 Дуговой пробой, $U > U_6$.
 - 2.2.8 Силовые линии в пространстве между электродами.
- 2.3 Способы управления формой разряда.
- 2.4 Литература по физике газового разряда.

Глава 3. Зависимость разряда от влажности воздуха. 6-119

- 3.1 Зависимость напряжения пробоя от влажности воздуха.
- 3.2 Разряд во влажном воздухе.
- 3.3 Огни Святого Эльма.
- 3.4 Электростатическое распыление.

Глава 5. Динамика свечения, зависимость интенсивности свечения от времени. 6-143

- 5.1 Динамическая ГРВ. Временной интервал до 1 минуты.
- 5.2 Динамика свечения в течение длительного периода времени.

Глава 6. Регистрация величины тока во время разряда. 6-152

- 6.1 Пульсирующий режим коронного разряда.

Колтовой Н.А. Газовый разряд. Москва. 2017.

Глава 1. Режимы. Выбор оптимального режима регистрации свечения.

Особенность исследований методом Кирлиан состоит в том, что исследования проводятся не при каких-то одних фиксированных значениях параметров, а в широком диапазоне изменения параметров:

- напряжение 1,5-200кВ,
- ток 0,15 мка-25Ма,
- частота 100Гц-250мГц,
- период 0,001-10 сек,
- время экспозиции 30мкс-250сек,
- длительность импульса 30мкс-17мс,
- время нарастания напряжения <1мксек-3мс.

В 1976 году в журнале Science был опубликован отчет о исследованиях метода Кирлиан (частично спонсируемый Министерством обороны США). В нем приводились результаты шестилетних исследований группы ученых под руководством Уильяма Эйдсона (**William Eidson**) профессора физики Дрексельского университета (Drexel University). Исследовался вопрос нестабильности получаемых результатов, и определения условий получения наилучших результатов. Было выделено **25 факторов**, оказывающих влияние на формирование изображения разряда (напряжение импульса, скорость нарастания напряжения, частота импульсов, время экспозиции, состав атмосферных газов, атмосферное давление, сила давления пальца на стекло, угол наклона пальца к стеклу, влажность кожи, толщина кожного покрова, электрическое сопротивление кожи, психическое напряжение человека, типа используемой пленки для регистрации).

1976-Pehk John. O., Kyler, Harry J., and Faust, David L. "Image Modulation in Corona Discharge Photography". **Science** 15 October 1976. v.194. №4262, p.263-270.

Параметры, влияющие на форму разряда:

1-Характеристики подаваемого импульса напряжения:

- напряжение,
- длительность импульса,
- частота подаваемых импульсов,
- полярность импульсов,
- скорость нарастания фронта импульса,
- частота высокочастотных колебаний напряжения в импульсе,
- время экспозиции,

2-Характеристики окружающей среды:

- влажность атмосферы,
- состав окружающей атмосферы,
- атмосферное давление,
- температура,

3-Характеристики объекта:

- влажность поверхности объекта,
- рельефность поверхности объекта,
- наличие грязи на поверхности объекта,

4-Характеристики условий регистрации:

- величина давления объекта на электрод,
- тип используемой фотопленки для регистрации,
- угол, под которым палец касается электрода.

Обычно на электрод подаётся высокое переменное напряжение от 1 до 40 киловольт с частотой 200-15.000 Герц.

1.1 Напряжение пробоя газа.

Разряд в газе возникает, если напряжение между электродами превышает некоторое значение, называемое напряжением пробоя. Для сухого воздуха ориентировочно напряжение пробоя составляет 30кВ/см.

На самом деле возникновение пробоя определяется не напряжением между электродами, а напряженностью поля в зазоре. А напряженность поля зависит от многих параметров, расстояние между электродами, радиус кривизны электродов, и т.д.

Параметр	Увеличение параметра	Напряжение пробоя
Расстояние между электродами	Увеличение расстояния	увеличивается
Атмосферное давление	Увеличение давления	увеличивается
Влажность	Увеличение влажности	уменьшается
Частота	Увеличение частоты	уменьшается
Неоднородность поля	Увеличение неоднородности	уменьшается
Радиус кривизны электрода	Уменьшение радиуса кривизны	уменьшается
Температура	Повышение температуры	уменьшается
Солнечный свет	Увеличение освещенности	уменьшение
Инертные газы	Увеличение инертных газов	уменьшается

-Напряжение пробоя воздуха в однородном поле составляет 30кВ/см.

-Напряжение пробоя воздуха в неоднородном поле составляет 9кВ/см.

Расстояние между пластинами,мм/ Пробивное напряжение, кВ

1-----	4,5
2-----	8,0
3-----	11,3
4-----	14,4
5-----	17,4
6-----	20,3
7-----	23,2
8-----	26,1
9-----	28,9
10-----	31,7
20-----	59,6
30-----	87,0
40-----	114
50-----	140
100-----	266

Материал/ Епр, кВ/мм

Воздух сухой	2
Воздух влажный	0,1 и, возможно, ниже
Дерево сухое	4
Парафин	25
Плексиглас	18
Полистирол	30
Полиэтилен	40
Резина	20
Слюда	100
Стекло	25
Этиленвинилацетат = ЭВА = сэвилен	33-35
Фарфор электротехнический	20
Фибра (картон)	5
Фторопласт-4 (Ф4, РТФЕ)	25
Эбонит	25

1.2 Свечение при постоянном напряжении.

Свечение объектов может возникать и при постоянном (а не переменном) напряжении, например,огни Эльма.

При подаче постоянного напряжения на объект свечение возникает два раза, при включении (на переднем фронте импульса) и при выключении (на заднем фронте импульса).

Моноимпульсный режим так же можно рассматривать как режим возбуждения при постоянном напряжении. В этом случае исследуется зависимость формы разряда от формы импульса (быстрое нарастание и быстрый спад, быстрое нарастание и медленный спад, медленное нарастание и быстрый спад, медленное нарастание и медленный спад).

При постоянном напряжении скользящие разряды не образуются, так как отсутствуют емкостные токи через диэлектрик. При выпрямленном (пульсирующем) напряжении скользящие разряды возникают так же, как и при переменном.

1972-Dennis R. Milner (1924-2011) University of Birmingham (UK).

1996-Санкин Г.Н. Тесленко В.С. Исследование электрического разряда в воздухе с капиллярным электролитическим электродом. Письма в Журнал Технической Физики. 1996. т.22. №24. с.49-53.+ исследования проводились при постоянном напряжении.
 1996-Sankin, G.N., Teslenko, V.S. Study of an electrical discharge in air with a capillary electrolytic electrode. (1996) Technical Physics Letters, 22 (12), p.1020-1022.

1980-Тэнэссеску Ф. Крамарюк Р. Электростатика в технике. Пер. с рум. М. Энергия. 1980. 57с.+

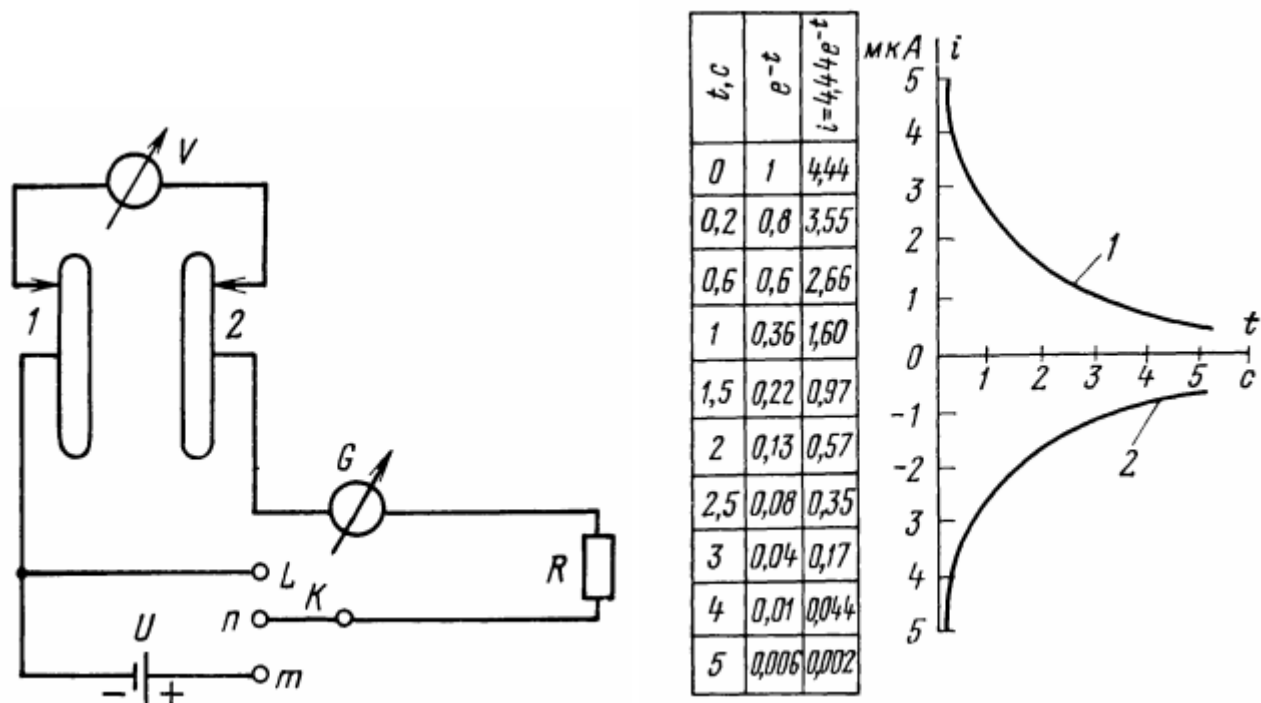


Рис. 1-2-1. Схема установки: 1,2-металлические диски, G-гальванометр, U-источник напряжения, K-коммутатор, R-нагрузочный резистор, V-вольтметр. Переходный ток заряда (1) и разряда (2), площадь поверхности электрода 5м², расстояние между электродами 2мм, сопротивление резистора R=5x10⁷ Ом.

Дальневосточная государственная академия путей сообщения.

1998-Новиков Г.П. Воропаев С.Ф. Рапорт И.В. Визуализация объектов методом Кирлиановской фотографии в высоковольтном постоянном поле. Бюллетень научного сообщества Дальневосточная государственная академия путей сообщения. 1998. №3. с.97-98. Исследованы особенности Кирлиановский фотографии в высоковольтном постоянном поле. Определен порог получения качественных кирлиановских фотографий и достигнута их удовлетворительная воспроизводимость при выходной мощности 1,352 вт в стационарном режиме, и при 3,3375 вт в импульсном режиме.

1.3 Влияние скорости нарастания импульса на возникновение разряда.

1.3.1 Зависимость разряда от скорости нарастания импульса.

Для свободного электрона в газовой среде существует определенная длина свободного пробега. Чем меньше давление газа, тем больше длина свободного пробега. В воздухе при атмосферном давлении длина свободного пробега электрона составляет 1мкм. Ври внешнем воздействии нарастающим внешним полем электрон начинает двигаться с ускорением. Чем больше скорость нарастания внешнего поля (крутизна импульса), тем больше ускорение, и тем больше энергии успеет набрать электрон до момента столкновения. При очень крутых фронтах

1нс электрон набирает достаточно энергии для того, чтобы при столкновении с молекулами возникло рентгеновское излучение.

При возрастании частоты импульсов уменьшается длительность импульсов, и возрастает крутизна фронта импульса. А при возрастании крутизны фронта усиливается разряд в газе.

При большой длительности импульса (пологий фронт) ионы и электроны успевают достигнуть плъца и поверхности стекла.

При кратковременном приложении напряжения, когда время приложения напряжения сопоставимо со временем развития пробоя, процесс пробоя изменяется с изменением пробивного напряжения по сравнению с ситуацией медленно нарастающего напряжения.

Вначале требуется некоторое время для достижения статического пробивного напряжения, затем требуется время на появление первого эффективного электрона, с которого начинается развитие пробоя, и затрачивается какое-то время на формирование канала разряда. Разрядное напряжение оказывается связанным с предразрядным временем, и эта зависимость называется **вольт-секундной характеристикой** изоляционного промежутка.

Время для возникновения разряда (предразрядное время, время запаздывания пробоя) складывается из времен:

T1-время запаздывания, связанное с ожиданием первого свободного электрона, способного ионизировать газ в промежутке, статистическое время запаздывания,

T2-время формирования разряда, время от момента появления начального электрона до пробоя. В равномерных электрических полях, где самостоятельный разряд возникает одновременно по всей длине искрового промежутка, время формирования очень мало и составляет примерно 10-8с.

Крутизна фронта нарастания импульса влияет на интенсивность свечения. Из этого следует, что при увеличении частоты импульсов будет увеличиваться интенсивность свечения, так как с увеличением частоты импульсов возрастает крутизна фронта импульса.

Чем больше скорость нарастания напряжения, тем при меньшем напряжении возникает разряд в газе. Зависимость интенсивности свечения от крутизны фронта импульса можно объяснить тем, что в ионизированном газе происходят различные релаксационные процессы. Если импульс нарастает медленно, то отдельные возбужденные молекулы успевают релаксировать. При быстром нарастании напряжения молекулы не успевают релаксировать, о образуется сразу большое количество возбужденных молекул, и интенсивность свечения сильная.

При импульсе напряжения 100 кВ с крутизной переднего фронта 10⁹ В/с в разрядном промежутке 1см с воздухом атмосферного давления будет наблюдаться искровая форма разряда. В случае 10¹¹-10¹² В/с (при всех остальных равных условиях) преимущественно диффузного типа с незавершенными искровыми каналами. В последнем случае начинают наблюдаться совершенно новые газоразрядные явления, такие как «убегание электронов» и генерация рентгеновского излучения мягкой и средней жесткости (Бойченко А.П.).

У строчного трансформатора от телевизора очень крутые импульсы (частота генерации 15,625 мГц, длительность импульса 12мкс). При его использовании получают **стримерные разряды** независимо от частоты.

У автомобильной катушки плавные синусоидальные импульсы. При ее использовании получают **диффузный разряд** независимо от частоты.

Рассмотрим случай однородного поля (плоский конденсатор) с расстоянием между пластинами 1см. Определим характерные времена:

-t1 время за которое положительные ионы долетят до электрода (первая критическая частота),

-t2 время, за которое свободные электроны долетят до электрода.

Скорость движения свободных электронов составляет 10⁷ см/сек, а скорость движения ионов составляет 10⁵ см/сек. Время пролета межэлектродного промежутка (1см) составляет для электрона 10⁻⁷ сек, а для ионов 10⁻⁵ сек.

Частица	Скорость дрейфа	Время пролета	Частота
Электрон	10в7 см/сек	10в-7 сек	40мГц
Положительный ион	10в5 см/сек	10в-5 сек	0,4мГц

1976-Pehek John. O., Kyler, Harry J., and Faust, David L. "Image Modulation Corona Discharge Photography". Science 15 October 1976. v.194. №4262, p.263-270.

Анализируется влияние влажности у поверхности пальца на формирование коронного разряда. На величину короны так же влияет скорость нарастания напряжения.

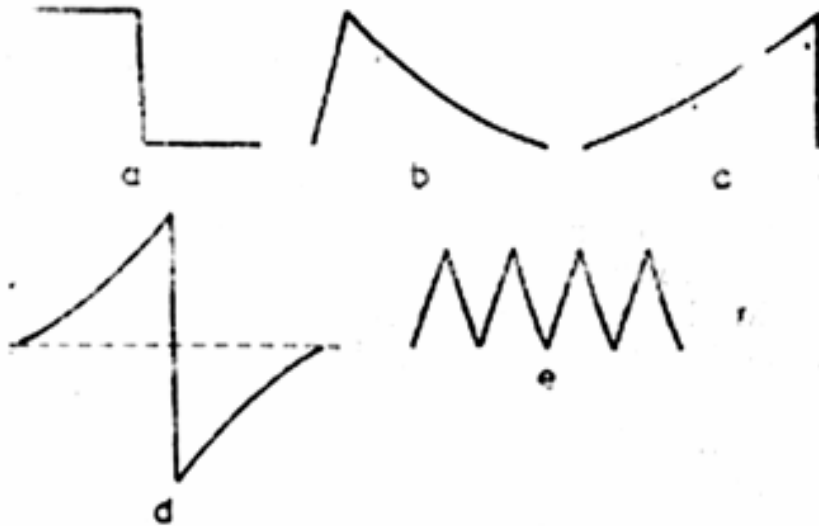


Рис. 1-3-1. Различные формы импульсов при регистрации свечения.

$$X_c = \frac{1}{2\pi F C}$$

Рис. 1-3-2. Зависимость сопротивления конденсатор X (в Омах), от F-частоты (в герцах) и от емкость конденсатора C (в фарадах).

$$i_c = C \frac{\Delta V_c}{\Delta t}$$

Рис. 1-3-3. Ток через конденсатор пропорционален емкости конденсатора, и скорости изменения напряжения (поля внутри конденсатора). На самом деле это формула для тока, протекающего по проводам, соединенным с конденсатором. Реального пролета электронов между пластинами конденсатора не происходит.

Следовательно, чем больше скорость нарастания импульса, тем больше ток течет через конденсатор (между пальцем и электродом).

1.3.2 Возникновение рентгеновского излучения при наносекундных импульсах.

Материалы находятся в Книге 5. Часть 10. Ядерный синтез в природе. Параграф 2.5.

Синхронностримерный барьерный разряд.

Курчатовский Институт

Медведев Дмитрий Дмитриевич.

Петяев Василий Александрович.

2013-Петяев Василий Александрович. Плазмохимическая обработка полимерных материалов плазмой однородного наносекундного барьерного разряда. Диссертация кандидата физико-математических наук. Москва. Курчатовский Институт. 2013.+ Показано, что при уменьшении длительность фронта до величин порядка 1мкс наблюдается новая форма барьерного разряда **синхронностримерный барьерный разряд**. Данная форма разряда наблюдалась ранее и даже имеет ряд практических применений, связанных с генерацией озона, но несмотря на это детальные исследования данной формы разряда не проводились, в том числе не исследован механизм синхронизации стримеров разряда. Фотографические исследования единичного импульса разряда показали, что он имеет неоднородную (филаментарную) пространственную структуру. На осциллограмме тока отсутствуют характерные для классического барьерного разряда отдельные разнесенные во времени импульсы тока, соответствующие перекрыванию стримерами разрядного промежутка, вместо них на осциллограмме тока виден быстрый и мощный импульс, то есть стримеры проходят и перекрывают разрядный промежуток практически синхронно. Причем ток в данном типе разряда продолжает течь после пробоя, то есть плазменные каналы продолжают существовать. Показано, что данный эффект вызван механизмом ультрафиолетовой синхронизации стримеров излучения энергичных фотонов, которые излучаются в стримере (или еще в первичной электронной лавине) и производят фотоионизацию в прилегающих областях, и тем самым не только инициируют рост стримера по направлению к катоду, но и ведут к образованию первичных лавин, а далее и стримеров в соседних областях электродной системы.

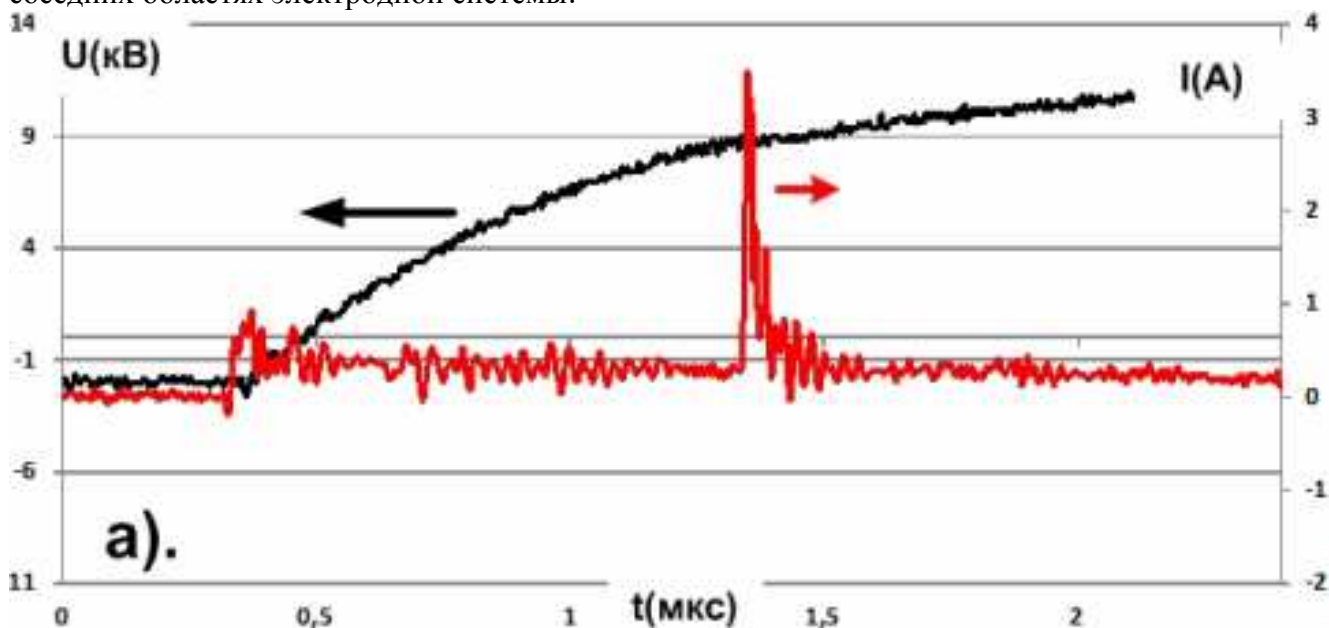


Рис. 1-3-4. Осциллограмма тока и напряжения барьерного разряда в воздухе с длительностью фронта импульса напряжения 2,3мкс.

2007-Медведев Д.Д. Устройство для генерации озона при помощи импульсного барьерного разряда. Патент 2357921. 2009.+

2012-Медведев Д.Д. Неравновесные плазмохимические процессы в переходных импульсно-периодических разрядах в газах и жидкостях: Диссертация кандидата физико-математических наук. Москва. 2012.

2012-Медведев Д.Д., Петяев В.А., Татеосов Д.В., Материалы 31-го заседания Всероссийского научно-прикладного семинара "Озон и другие экологически чистые окислители. Наука и технологии". М. МГУ. 2010. с.153-161.

1.4 Двухпараметрическая регистрация изображений (напряжение и частота).

1.4.1 Зависимость типа разряда от напряжения и частоты.

Санкт-Петербургский Государственный Университет, Физический факультет, Кафедра оптики.
Майоров Всеволод Александрович.

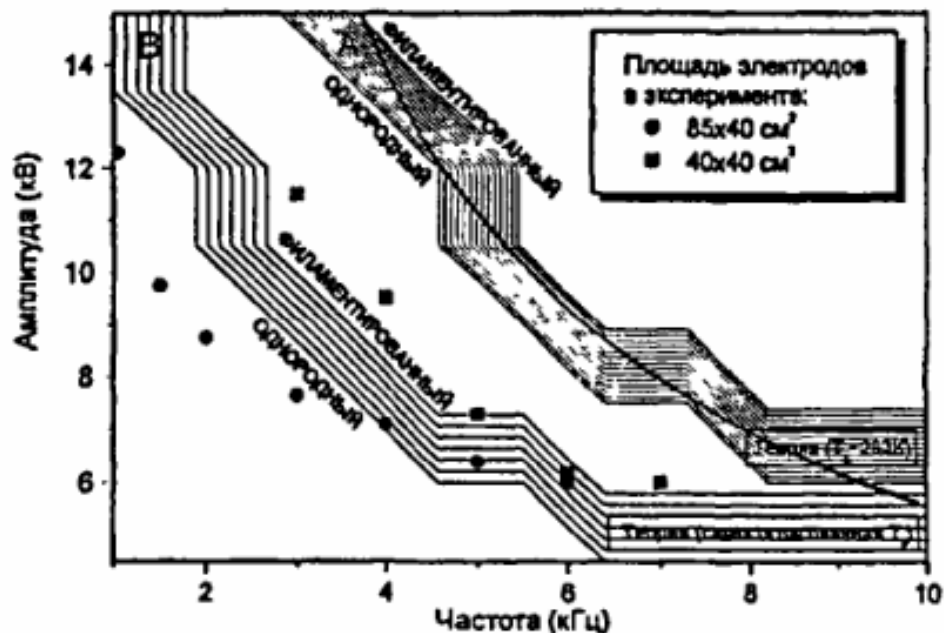


Рис. 1-4-1. Области однородного (таунсендовского) и неоднородного (филаментированного) разряда в азоте в зависимости от частоты и напряжения.

2003-Golubovskii Yu.B., Maiorov V.A., Behnke J.F., Tepper J. Lindmayer M. Study of the homogeneous glow-like discharge in nitrogen at atmospheric pressure. J. Phys. D: Appl. Phys. 37 (2004). P.1346-1356.

2004-Майоров В.А. Моделирование физических процессов в разряде, контролируемом диэлектрическими барьерами, при атмосферном давлении. Диссертация кандидата физико-математических наук. СПб. 2004.

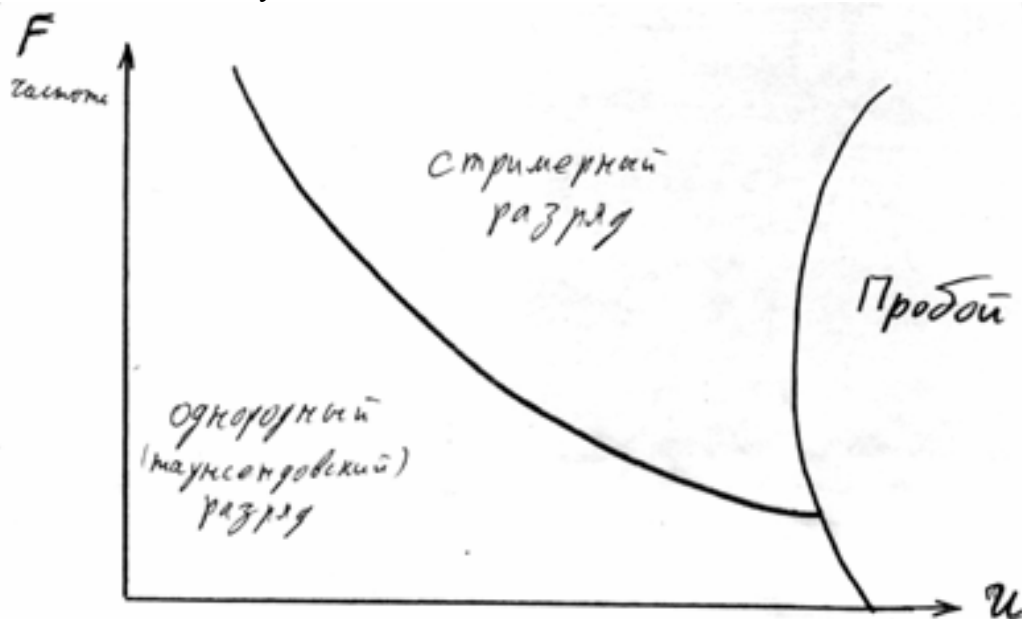


Рис. 1-4-2. Различные типы разряда.

1.4.2 Зависимость напряжения пробоя воздуха от частоты.

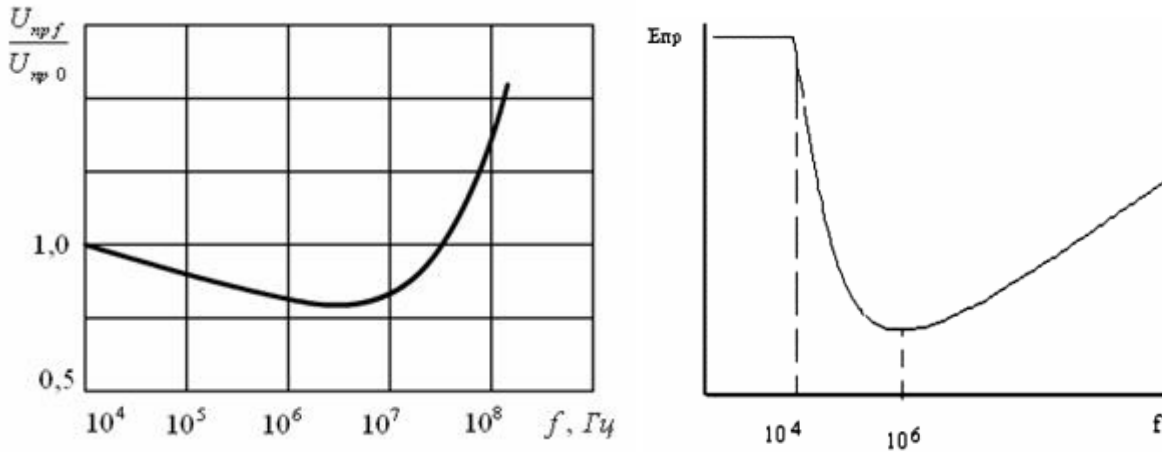


Рис. 1-4-3. Отношение пробивного напряжения воздуха при заданной частоте к пробивному напряжению при постоянном токе в зависимости от частоты. Отсюда следует, что оптимальная частота равняется 10МГц.

Зависимость напряжения пробоя от величины разрядного промежутка.

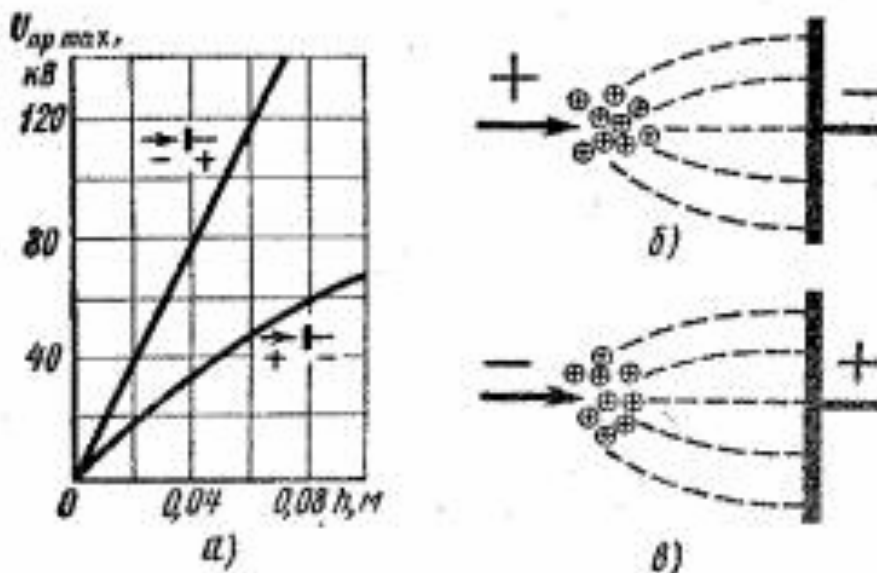


Рис. 1-4-4. Зависимости пробивного напряжения воздуха от расстояния между электродами в неоднородном поле (а) и модель объемного заряда в разрядном промежутке при положительной (б) и отрицательной (в) полярности на игле.

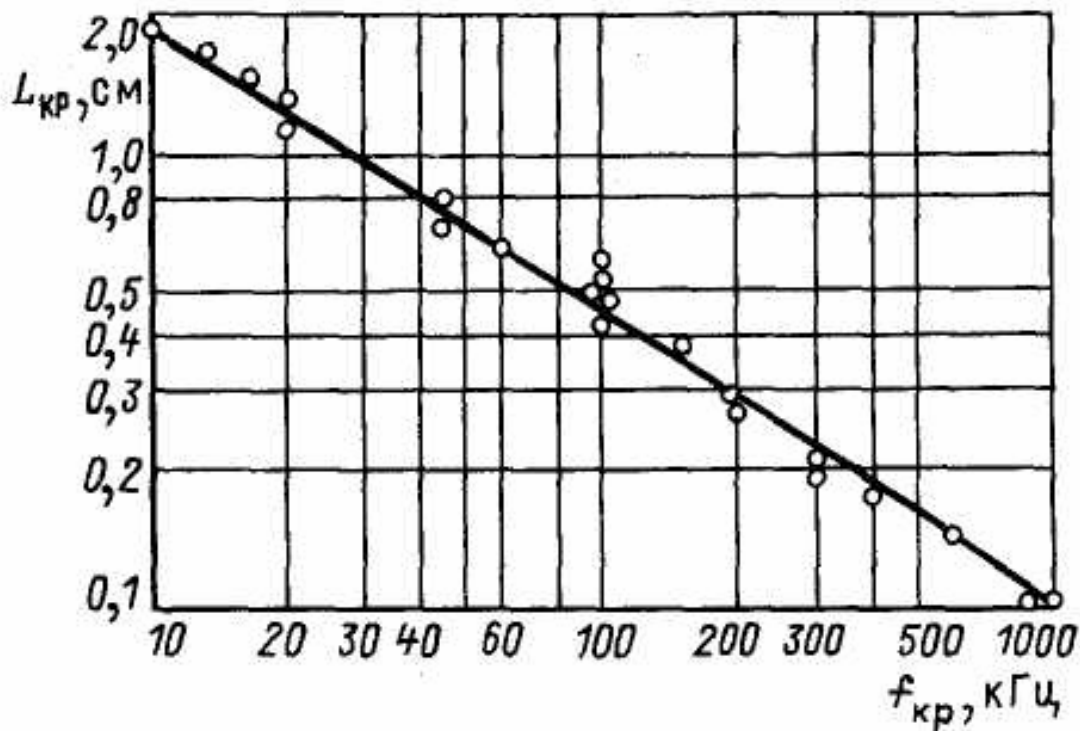


Рис. 1-4-5. Зависимость критической длины промежутка со слабонеоднородным полем от критической частоты (воздух при нормальных условиях).

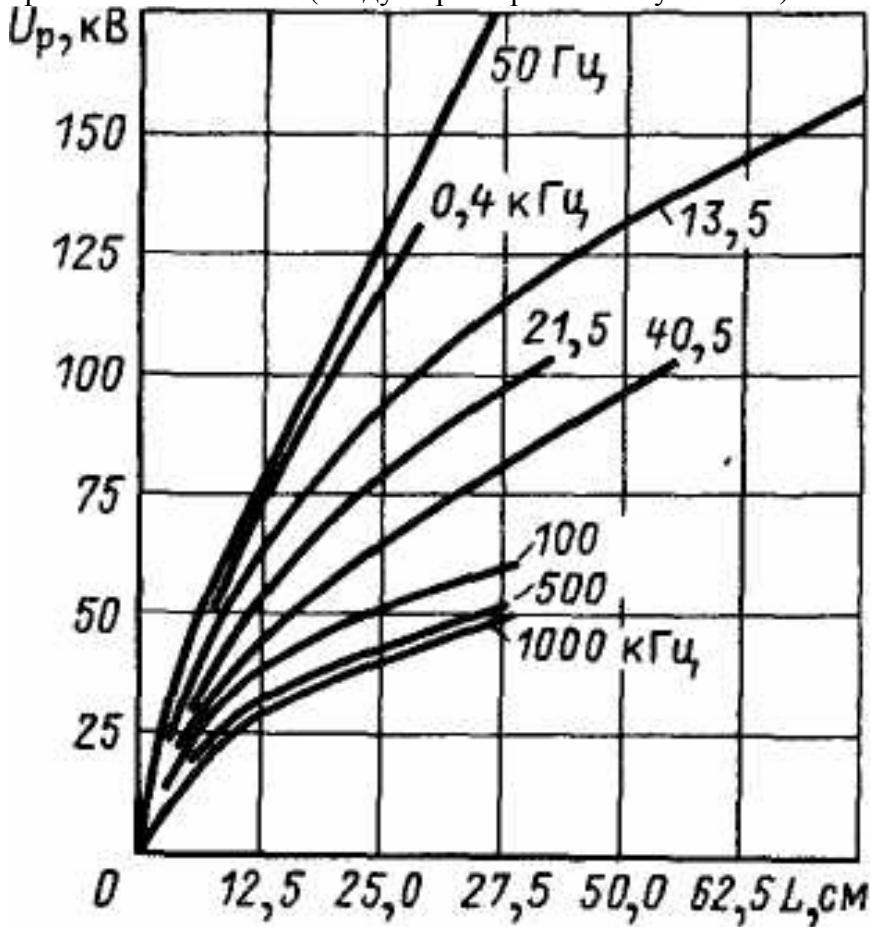


Рис. 1-4-6. Разрядные напряжения воздушных промежутков стержень-плоскость (нормальное атмосферное давление).

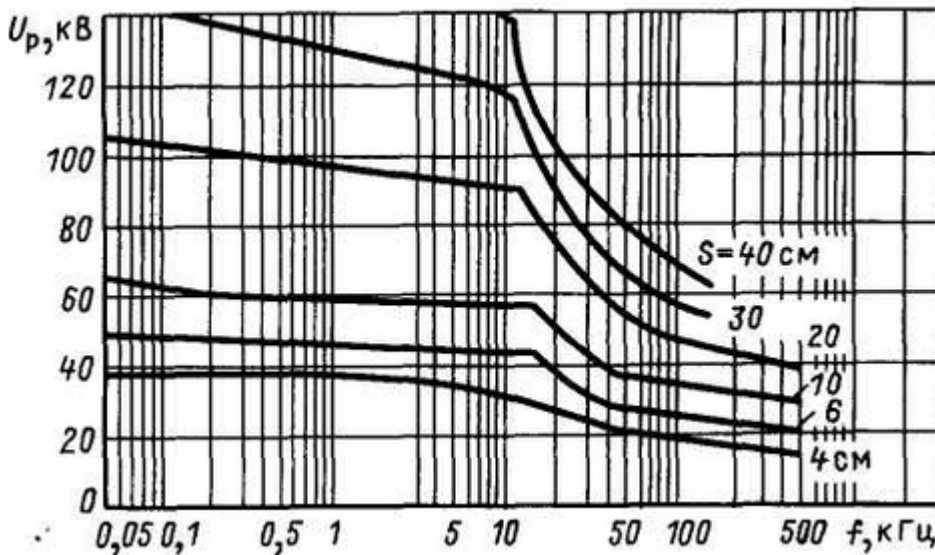


Рис. 1-4-7. Разрядные напряжения воздушных промежутков стержень-плоскость в зависимости от частоты.

Наименьшее пробивное напряжение промежутков с неоднородным полем равно начальному напряжению возникновения короны.

Из полученного графика следует, что чем выше напряжение, тем на большем расстоянии от пальца будет выполняться условие возникновения пробоя воздуха, условие возникновения электронных лавин.

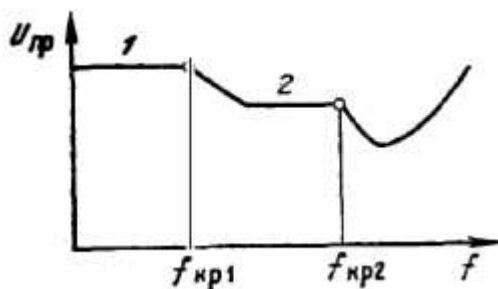


Рис. 1-4-8. Зависимость напряжения пробоя от частоты.

На кривой зависимости пробивного напряжения от частоты наблюдаются две критические частоты: $f_{кр1}$ и $f_{кр2}$. При этих частотах начинается уменьшение пробивного напряжения с увеличением частоты. Наличие критических частот связано с особенностями образования объемного заряда в газовом промежутке при высоких частотах. При напряжении промышленной частоты 50 Гц и выше вплоть до определенного значения амплитудные значения пробивных напряжений газовых промежутков практически равны пробивным напряжениям при постоянном напряжении (горизонтальный участок 1). Ионы, образовавшиеся благодаря ударной ионизации в один из полупериодов напряжения, в течение этого же полупериода успевают дойти до электродов и в следующий полупериод процесс начинается при отсутствии объемных зарядов. С увеличением частоты часть ионов уже не успевает пройти весь промежуток и их количество с каждым полупериодом возрастает, что ведет к усилению поля и, следовательно, к снижению пробивного напряжения при частоте $f_{кр1}$. При дальнейшем увеличении частоты механизм разряда еще более усложняется. При определенной частоте не только ионы, но и электроны не успевают пересечь весь газовый промежуток, создается возможность кумулятивной ионизации электронами при их колебательном движении в промежутке, что ведет к дальнейшему снижению пробивного напряжения при частоте $f_{кр2}$.

При первой критической частоте и более высокой происходит накопление положительных ионов, так как подвижность электронов существенно выше ионов, а количество отрицательных ионов меньше, чем положительных. Наряду с процессом накопления объемного заряда происходит и процесс его диффузии. При уменьшении пробивного напряжения увеличивается время, необходимое для накопления заряда, что способствует его диффузии. При определенной частоте наступает равновесие между этими процессами. Поэтому с увеличением частоты выше критической снижение пробивного напряжения происходит до определенной частоты, начиная с которой пробивное напряжение не зависит от нее вплоть до наступления второй критической частоты, соответствующей кумулятивной ионизации электронами. Этой частоте соответствует горизонтальный участок 2. **Снижение пробивного напряжения при частотах выше второй критической также происходит до определенной частоты, выше которой происходит рост пробивного напряжения с повышением частоты.** В этом диапазоне частот длительность полупериода напряжения настолько мала, что некоторые электроны за это время не успевают осуществить ни одного акта ионизации. Для повышения вероятности ионизации необходимо повысить напряжение и тем самым увеличить скорость электронов, чтобы они успевали пройти расстояние, необходимое для ударной ионизации.

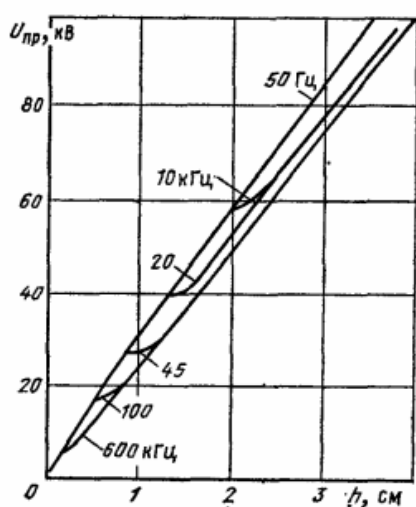


Рис. 1-4-9. Напряжения пробоя в зависимости от величины разрядного промежутка при различных частотах. Поле однородное, давление атмосферное.

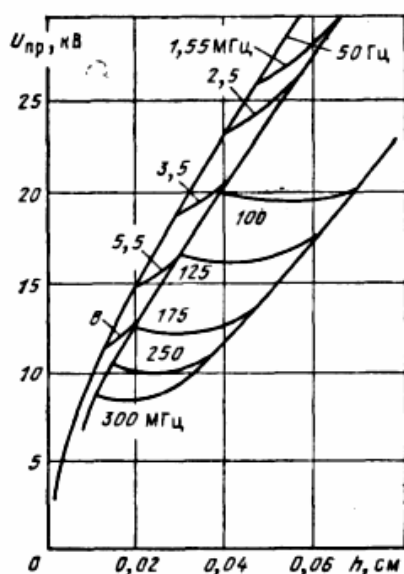


Рис. 1-4-10. Напряжение пробоя для воздуха в зависимость от величины разрядного промежутка в области сверхвысоких частот. Поле однородное, давление атмосферное.

Из графиков следует, что в однородном электрическом поле значения первой и второй критических частот (точки излома кривых на рисунках) уменьшаются с увеличением длины разрядного промежутка. Длина разрядного промежутка, начиная с которой происходит уменьшение пробивного напряжения, называется критической.

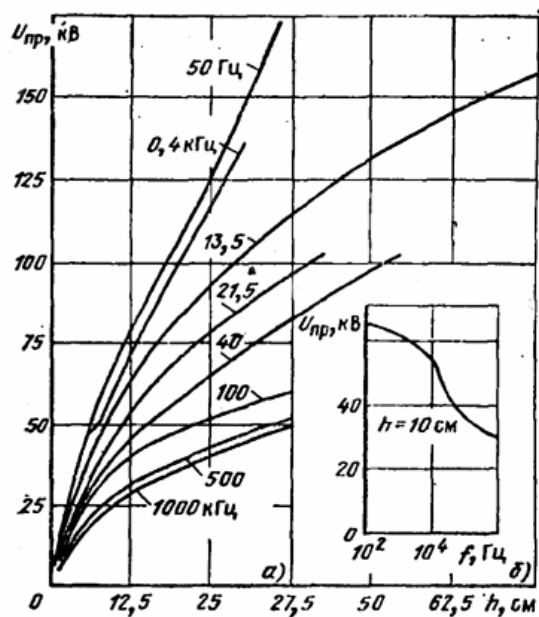


Рис. 1-4-11. Напряжение пробоя при разряде в воздухе (стержень-плоскость) в зависимости от величины разрядного промежутка при разных частотах (а), и в зависимости от частоты (б).

В сильнонеоднородных полях, где пробоем предшествует коронный разряд, а затем возникновение стримерного канала с образованием интенсивных объемных зарядов, критические частоты существенно меньше, а пробивное напряжение снижается значительно по сравнению с соответствующим напряжением промышленной частоты 50 Гц.

1986-Справочник по электротехническим материалам. Под ред Ю.В. Корицкого. 1986. т.1.

Поверхностный разряд. Если электрическое поле в межэлектродном пространстве однородное, то пробоем может произойти в любом месте и при самом высоком напряжении. Если же в однородное поле внести твердый диэлектрик, то электрический разряд произойдет в воздухе по поверхности твердого диэлектрика и, при прочих равных условиях, при более низком напряжении. В данном случае разрядное напряжение U_p будет зависеть от ряда факторов и, в первую очередь, от физико-химических свойств твердого диэлектрика, состояния поверхности образца и расположения ее относительно силовых линий поля, влажности воздуха, формы и частоты приложенного поля, плотности прилегания электродов к твердому диэлектрику и расстояния между ними.

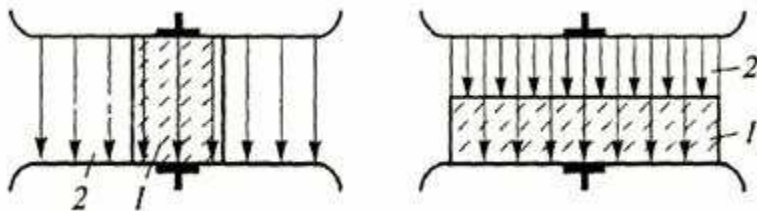


Рис. 1-4-12. Распределение линий вектора E в электроизоляционной конструкции, состоящей из твердого диэлектрика (1) и воздуха (2): а - силовые линии поля направлены параллельно, б - перпендикулярно относительно границы раздела диэлектриков.

Кривые зависимости U_p от расстояния L между электродами в однородном и неоднородном электрическом полях в зависимости от природы твердого диэлектрика (величины диэлектрической проницаемости ϵ и удельной поверхностной электропроводности

gs) представлены на рисунке. Из рисунка видно, что с увеличением расстояния между электродами U_p возрастает неодинаково у твердых диэлектриков различной химической природы. Самое высокое U_p наблюдается при разряде вдоль поверхности неполярных твердых диэлектриков молекулярного строения. У полярных диэлектриков U_p ниже, чем у неполярных, и тем ниже, чем больше ϵ и g_s твердого диэлектрика и меньше его краевого угол смачивания. У диэлектриков ионного строения, кривые 3 и 4), которые содержат ионы щелочных металлов и поэтому имеют более высокую поверхностную электропроводность, U_p еще ниже, чем у полярных диэлектриков молекулярного строения. Особенно значительно U_p снижается при плохом прилегании электродов к поверхности твердого диэлектрика (кривая 5). В этом случае электрическое поле в межэлектродном пространстве становится более неоднородным, в результате разрядное напряжение снижается.

Установлено, что на поверхности твердого диэлектрика образуется сплошная или прерывистая пленка сконденсировавшейся из воздуха влаги толщиной от мономолекулярного слоя и более, которая нарушает однородность поля, и поэтому U_p снижается. В данном случае электрический разряд фактически происходит в неоднородном поле. При этом чем больше электропроводность водяной пленки, тем ниже U_p .

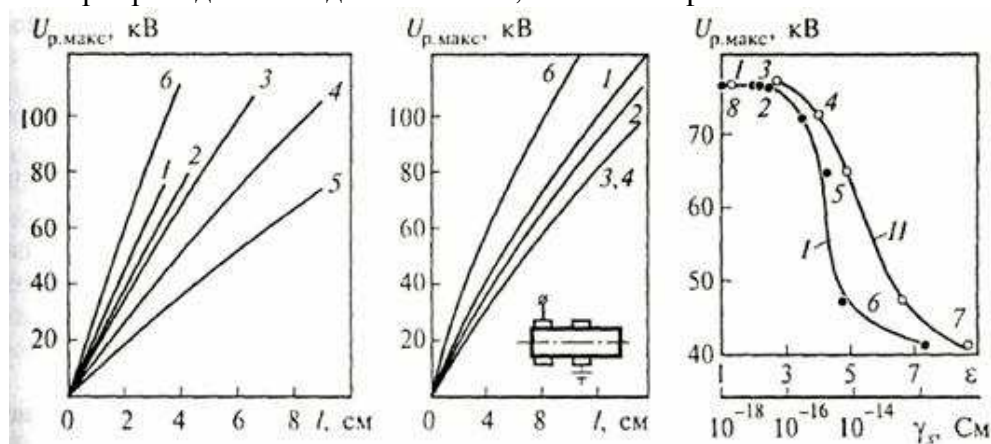


Рис. 1-4-13. Зависимость разрядного напряжения U_p в воздухе по поверхности диэлектриков от расстояния L между электродами в однородном поле (а) и неоднородном поле (б) и от величины диэлектрической проницаемости ϵ (I) и удельной поверхностной электропроводности γ_s (II) твердого диэлектрика (в):

а, б - диаметр образцов 50мм; 1 - парафин, 2 - бакелит, 3 - фарфор, 4 - стекло, 5 - фарфор и стекло при плохом контакте электродов, 6 - воздушный промежуток;

в - электроды плоскопараллельные с закругленными краями, диаметр образцов 45мм, высота 30мм, $T=20^\circ\text{C}$; У - ПТФЭ, 2-ПЭ, 3-ПС, 4-ПММА, 5-винипласт, б - древесина, 7-гетинакс, 8-воздушный промежуток.

Если поверхность твердого диэлектрика сильно шероховатая и содержит трещины, то в этих местах образуются воздушные микрозазоры, которые оказываются включенными последовательно с твердым диэлектриком. Из-за разных значений диэлектрической проницаемости воздуха и твердого диэлектрика напряженность поля в микрозазорах повышается и, достигнув начальной напряженности, вызывает ионизацию воздушных включений. Ионизация, в свою очередь, становится дополнительным фактором усиления неоднородности поля и снижения U_p . На снижение U_p оказывают влияние и другие факторы. Известно, что в воздухе всегда имеются свободные положительные и отрицательные ионы. Поэтому на поверхности твердых диэлектриков даже в очень сухом воздухе образуется слой ионов одного знака, а над ним, в воздухе - слой ионов противоположного знака. Под действием приложенного напряжения эти ионы вместе с ионами воды смещаются к противоположно заряженным электродам, участвуя в формировании объемных зарядов. На величину образующихся у электродов объемных зарядов влияет не только поверхностная электропроводность, но и длительность воздействия напряжения. При коротких импульсах и высоких частотах ($f > 50$ кГц) успевают сместиться малое число ионов, поэтому электрическое поле искажается слабо, и, следовательно, U_p снижается незначительно.

1.4.3 Зависимость болевых ощущений от частоты.

Если увеличивать напряжение, то при достижении некоторой величины наступает болевая граница. Но если увеличивать одновременно и напряжение, и частоту, то эта граница не чувствуется.

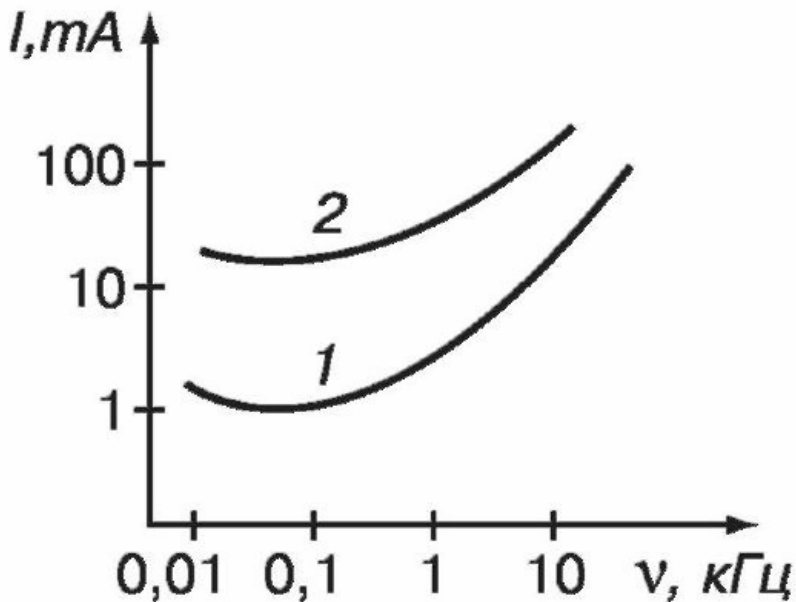


Рис. 1-4-14. Зависимость среднего значения порога осязаемого тока (1) и порога неотпускающего тока (2) от частоты на участке «предплечье-кисть» для среднего мужчины.

На частотах свыше 100 кГц раздражающее действие переменного тока полностью прекращается. Это связано прежде всего с тем, что на таких частотах воротные процессы ионных каналов не успевают срабатывать и внутриклеточный состав не изменяется. Основным первичным эффектом в этом случае является тепловое воздействие.

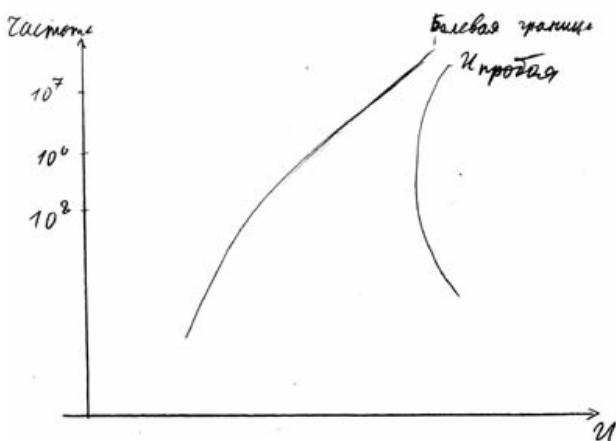


Рис. 1-4-15. Зависимость напряжения пробоя и болевой границы от частоты.

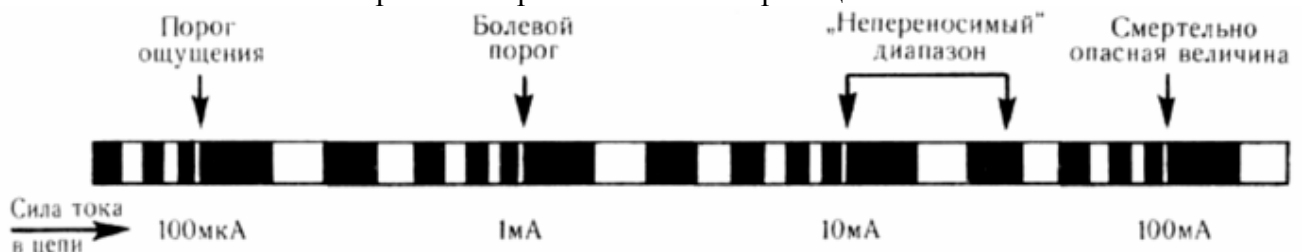


Рис. 1-4-16. Физиологические эффекты воздействия электрическим током с частотой 50 Гц.

1.4.4 Регистрация свечения при различных значениях напряжения и частоты.

При каждой фиксированной частоте желательно регистрировать свечение при различных напряжениях. Таким образом, для получения полной информации об объекте вместо одного снимка желательно получить целую серию снимков, полученных при различных частотах и напряжениях. При определенном напряжении и частоте свечение принципиально меняет свой характер. Характерные частоты для каждого объекта индивидуальны.

Увеличение напряжения, частоты, времени экспозиции приводит к увеличению размеров короны свечения, при этом вклад самого объекта в формирование разряда снижается, информация о состоянии организма искажается. Поэтому для диагностики необходимо использовать оптимальные импульсы (достаточные, чтобы развился разряд, но **минимальные по значению**).

Описание эксперимента. Идеальная картинка получается при минимальном токе разряда, когда при минимально возможном напряжении при подборке частоты начинался разряд. Затем, снижением длительности самого импульса (на той же частоте) можно добиться минимального тления. Рабочая частота менялась от 400кГц до 1мГц. Амплитуда напряжения меняться от 0.5кВ до 15кВ.

2002-Баркалов А.В. Щевелев М.И. Ащеулов А.Ю. (Воронеж, ВГПУ) Сравнительный анализ кирлиановских изображений твердотельных объектов. Конф. СПб. 2002. с.67-68.+

Регистрировалась площадь свечения от металлического цилиндра с помощью прибора «Корона ТВ». В качестве рабочих режимов были выбраны следующие: напряжение 12кВ, частота 1024Гц.

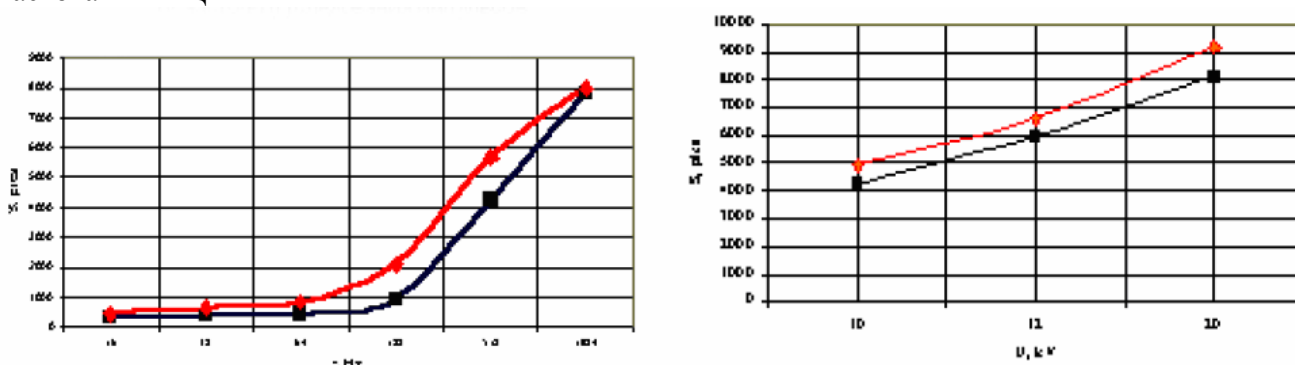


Рис. 1-4-17. Зависимость площади свечения от частоты (слева) и напряжения (справа).

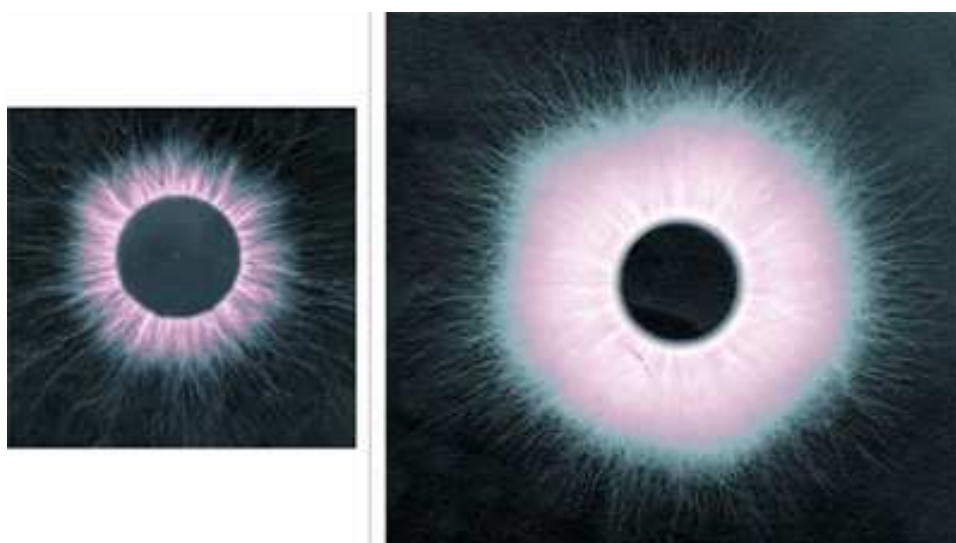


Рис. 1-4-18. Свечение тест-объекта при различных параметрах генератора (Игнетьев Н.К.).
а) $U = 12 \text{ кВ}$, $F = 50 \text{ Гц}$, $t = 0,1 \text{ сек}$, б) $U = 16 \text{ кВ}$, $F = 100 \text{ Гц}$, $t = 0,5 \text{ сек}$.

2005-Andreas Esteban de la Plaza. Brazil.

<http://webspaces.webring.com/people/gl/lemagicien/kfpage/falseimage/falseimage.html>

<http://webspaces.webring.com/people/gl/lemagicien/kfpage/kfgallery/gal.html>

2003-de la Plaza, A. Andy's (Le Magicien) Kirlian photography. 20/11/03.

Регистрация свечения проводилась с помощью Кирлиан-камеры собственной разработки, на основе высоковольтного высокочастотного генератора. Используемые напряжения от 15 до 30кв. Чем больше время накопления, тем ярче корона свечения.

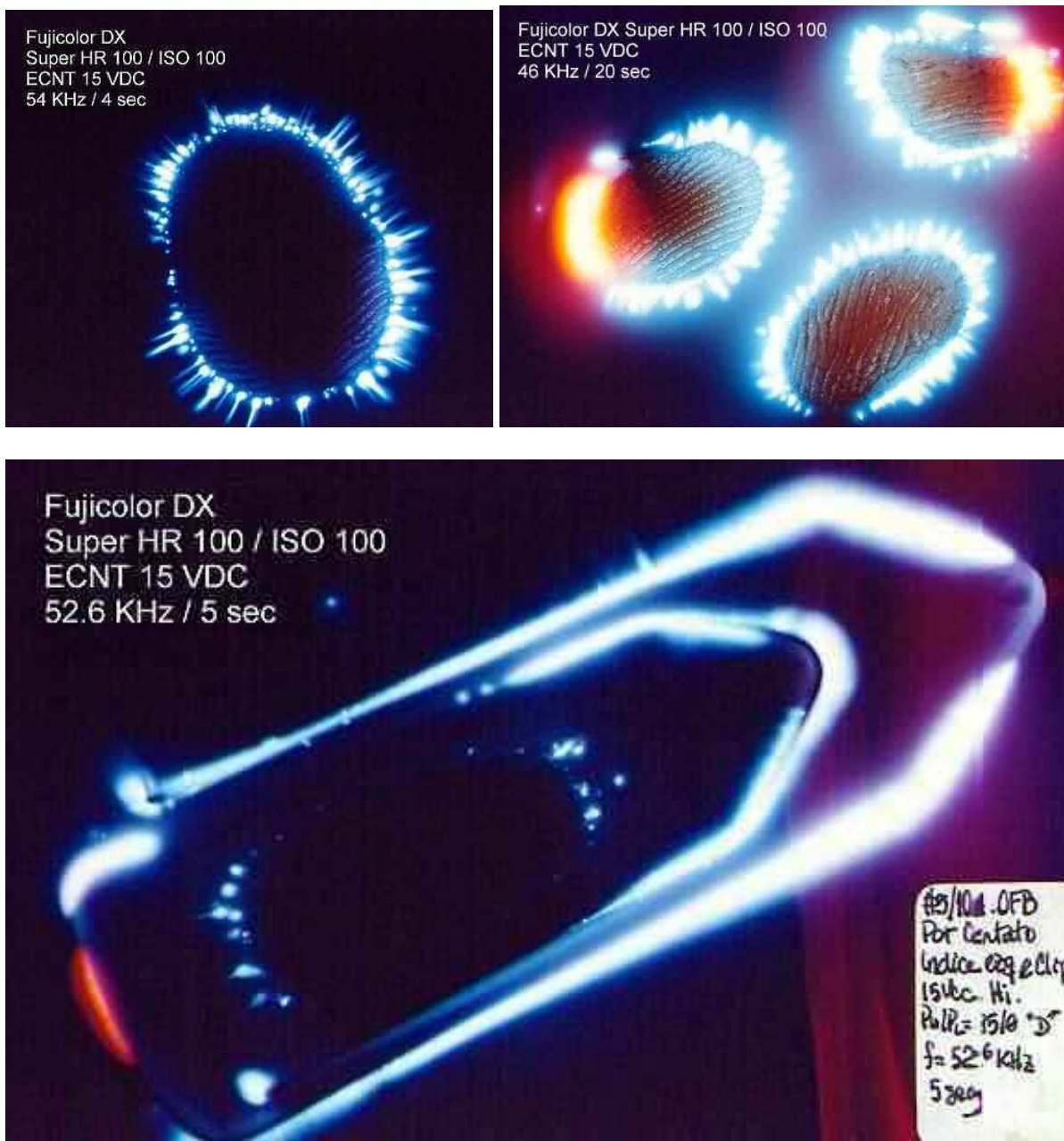


Рис. 1-4-19. Свечение, зарегистрированное при напряжении 15кВ.

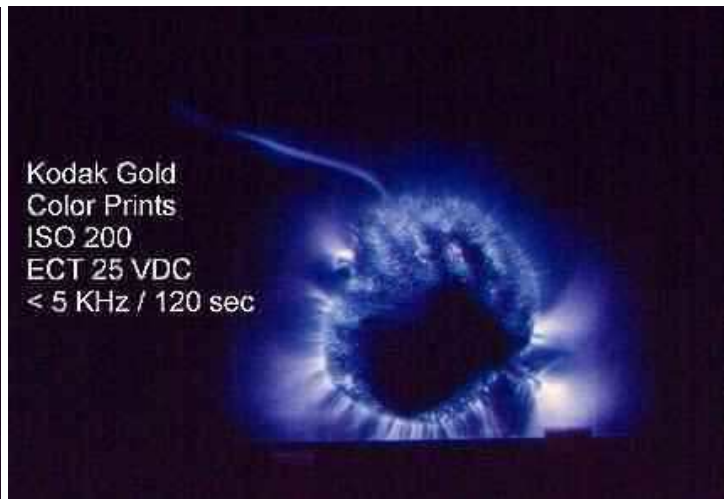
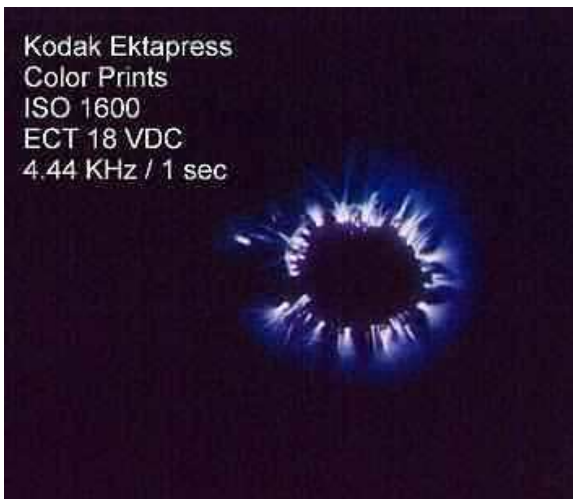
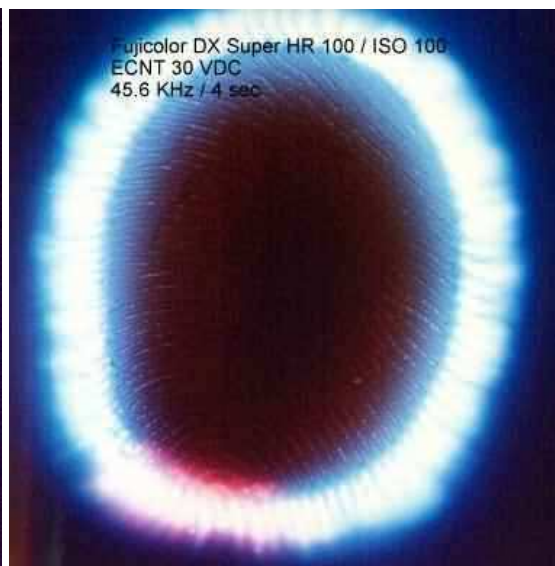
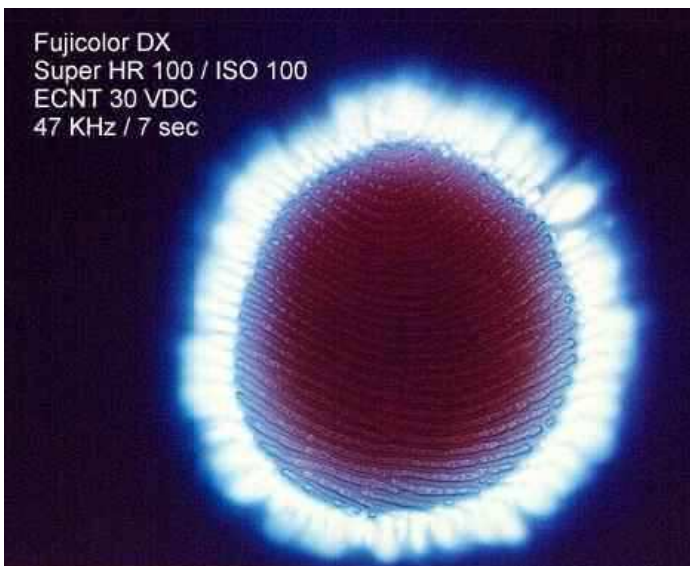
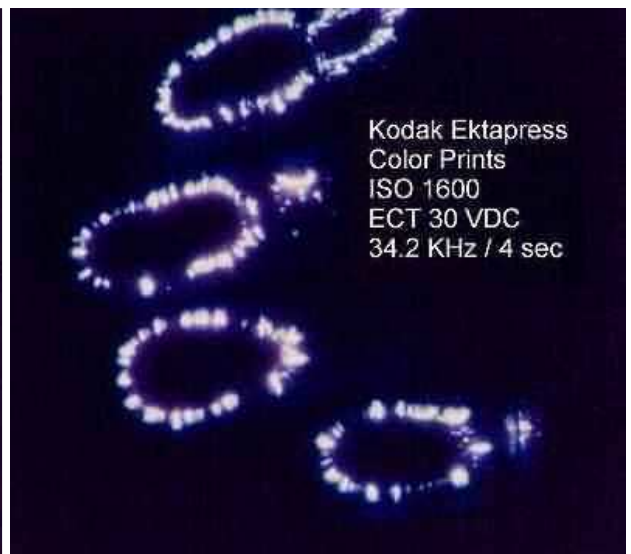
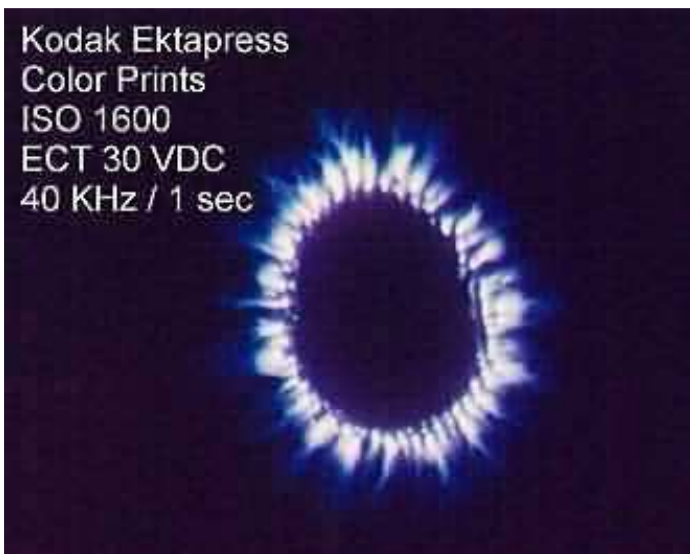


Рис. 1-4-20. Изображения зарегистрированные при напряжении 18 и 25кВ.



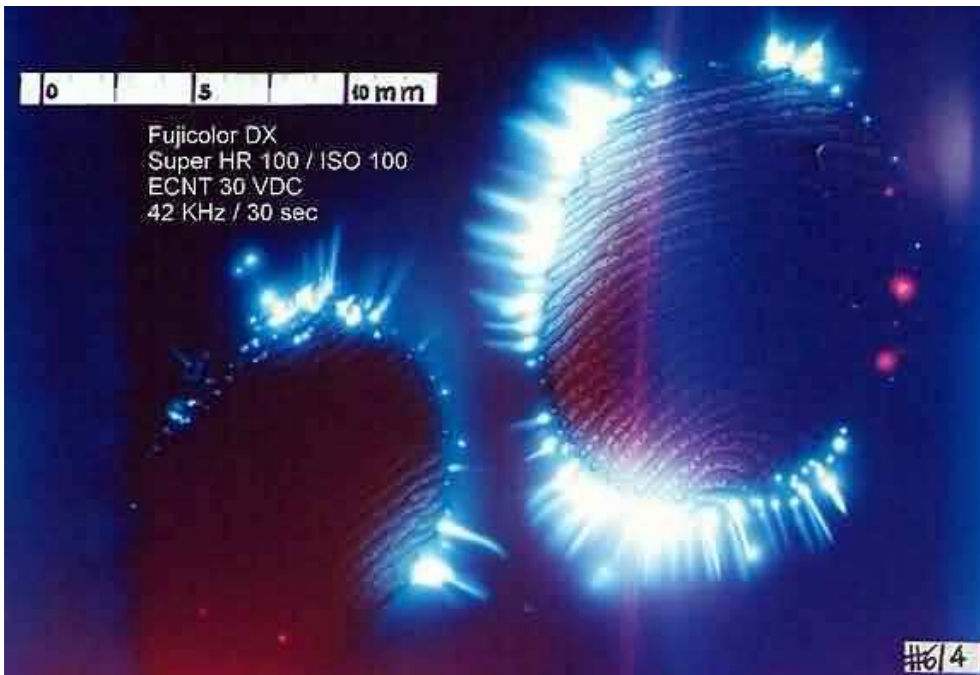


Рис. 1-4-21. Изображения, зарегистрированные при напряжении 30кВ.

2014-Cosmedtech.ru, сайт «электроника в косметике и медицине».

<http://www.cosmedtech.nm.ru/index.htm>

Приведены схемы Кирлиан-устройств и Кирлиановские снимки. Съемка производилась на черно-белую фотобумагу. Цвет подбирался в программе Photoshop 7.0 максимально похожим на реальный цвет.

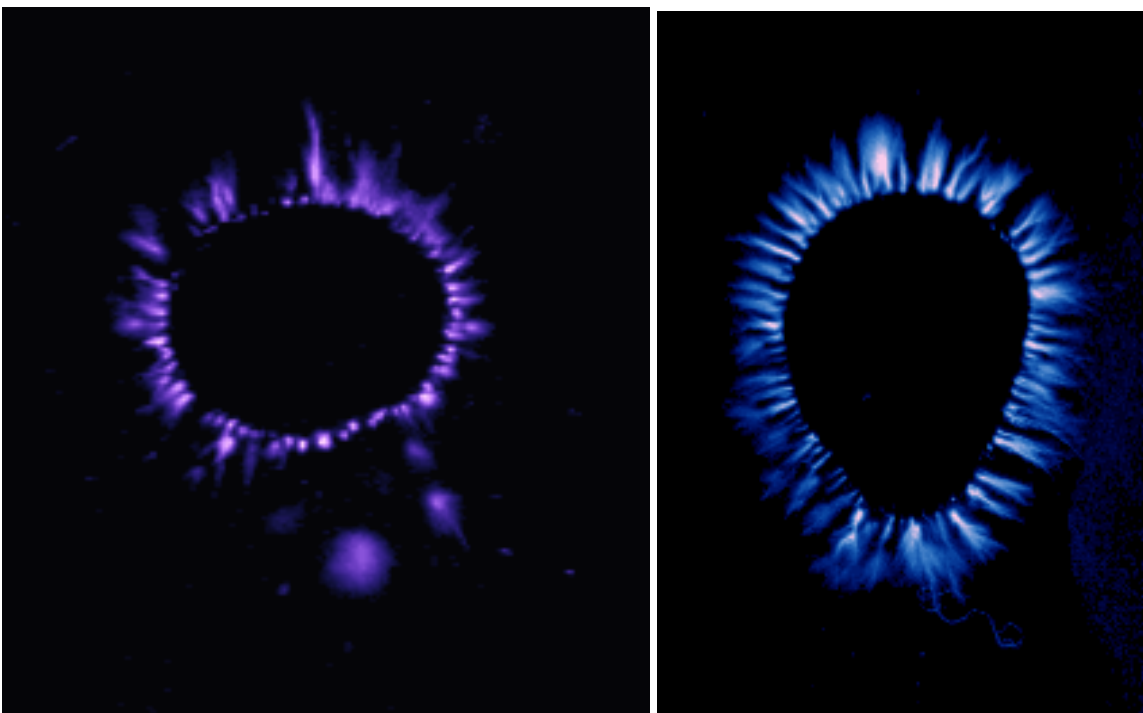


Рис. 1-4-22. Снимки при постоянном напряжении +25кВ, выдержка 3 сек.

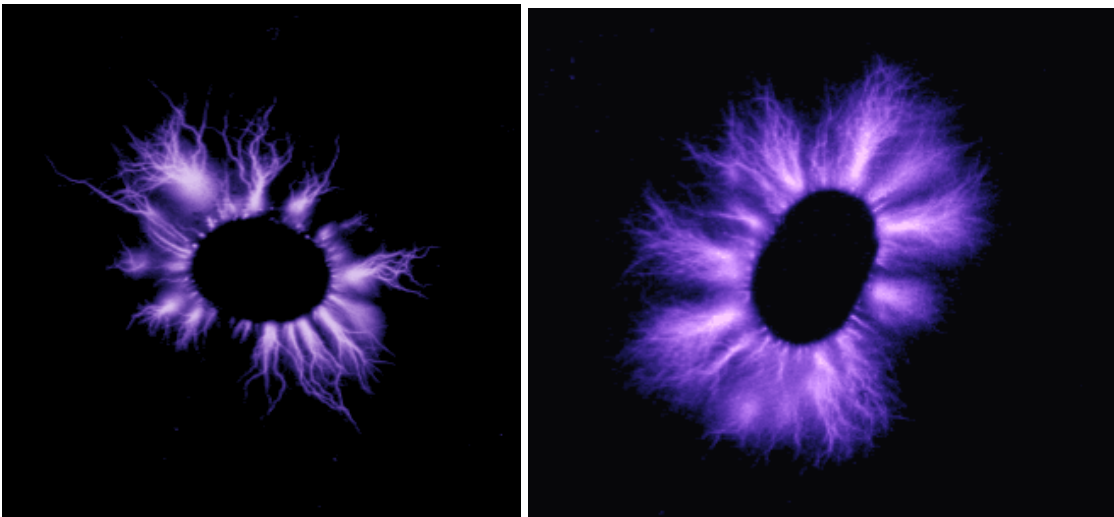


Рис. 1-4-23. Параметры регистрации: $U=50\text{kV}$, $F=22\text{kHz}$, выдержка 0,5 и 1 сек.

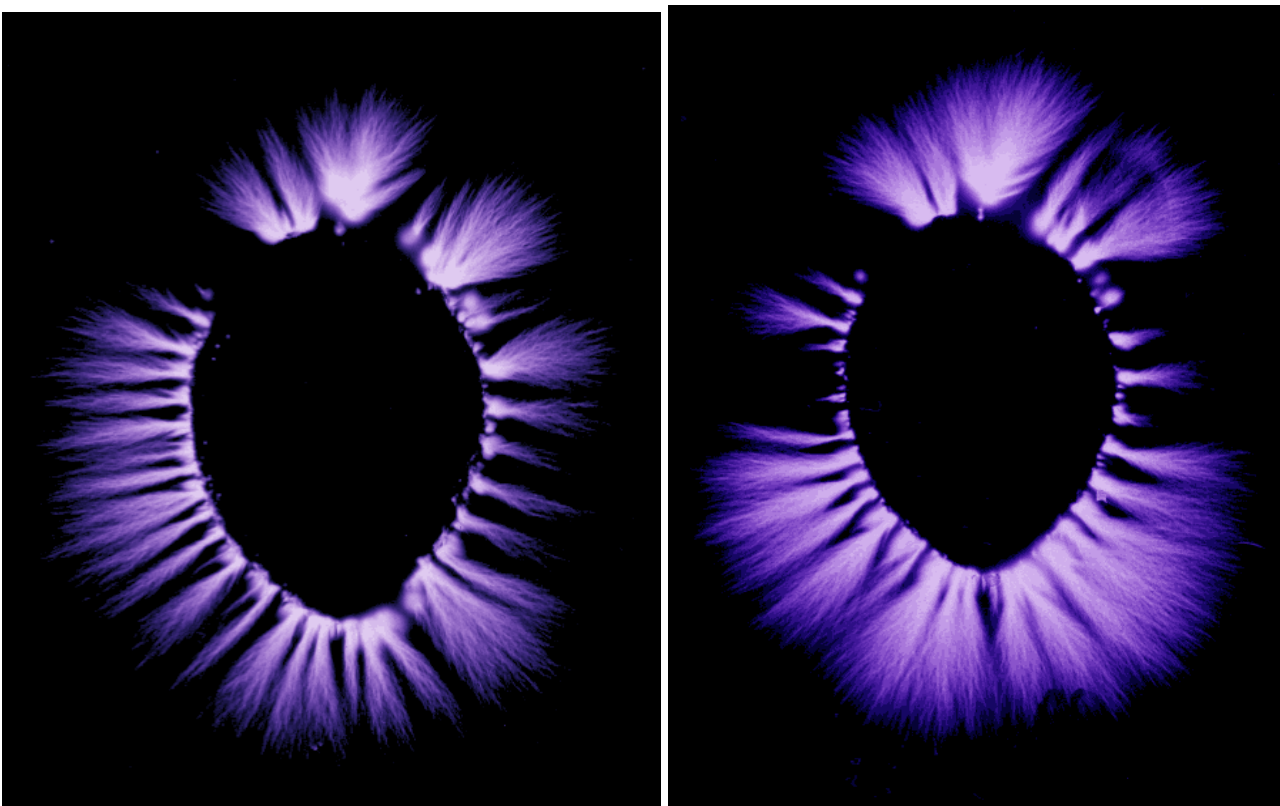


Рис. 1-4-24. Параметры регистрации: $U=30\text{kV}$, $F=150\text{kHz}$, выдержка 0,5 и 1 сек.

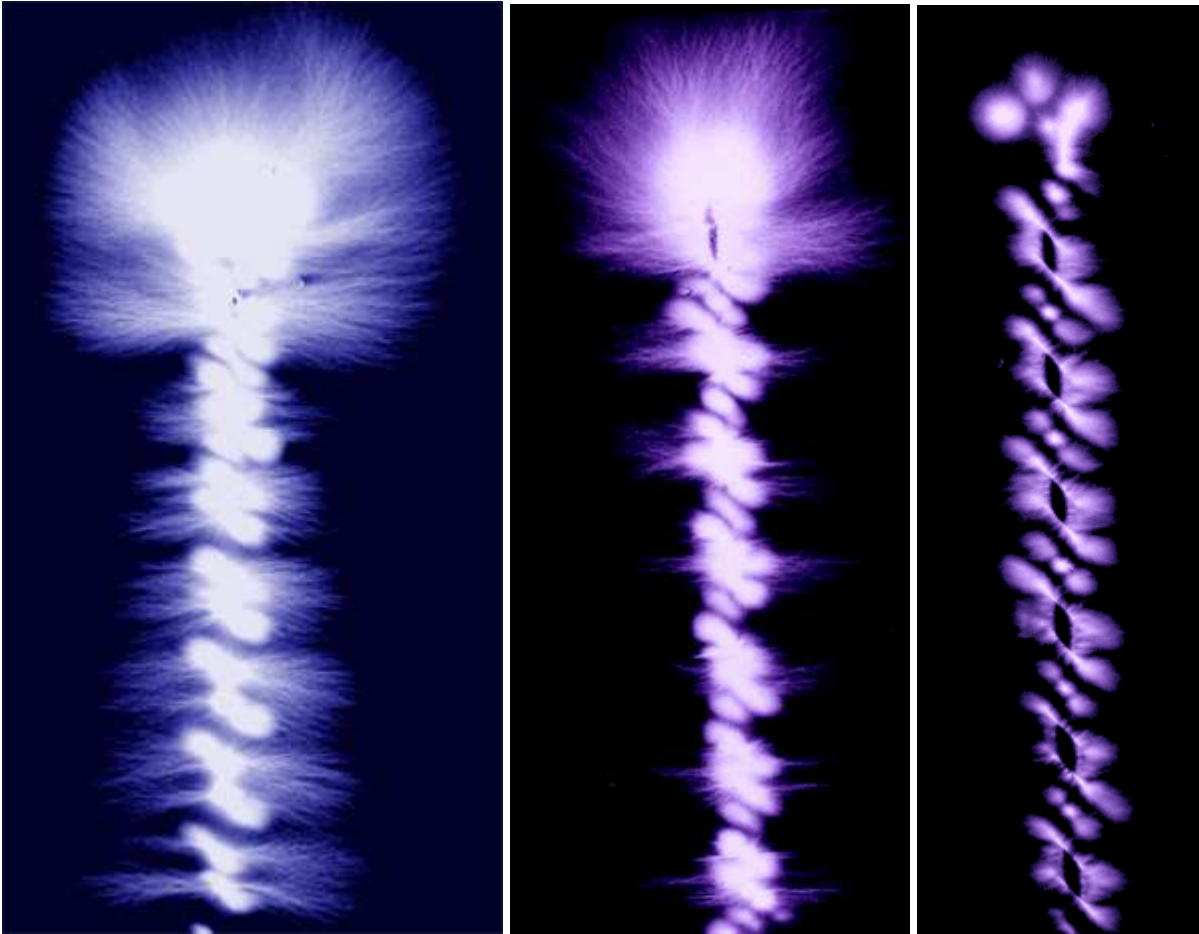


Рис. 1-4-25. Кирлиановский снимок бура для перфоратора. Режимы съемки:
1-30кВ, 150кГц, 3 сек.// 2-30кВ, 150кГц, 0,5 сек.// 3-50кВ, 22кГц, 0,5 сек.

1977-USA, Rochester Institute of Technology, RIT Scholar Works.

1977-Robert S. Suba, An Analysis of Kirlian Electrophotography. Dissertation. Rochester Institute of Technology, 1977.+

Финансирование работ осуществлялось ЦРУ (Central Intelligence Agency),

Консультировал William A. Tiller (Stanford University),

Консультировал Nile Root (Biomedical photography department at RIT)/

1990-Root N. More on Kirlian photography. *Journal of biological Photography*. 1990. Jan. 58(1): p.28-29.

Проводил регистрацию свечения при напряжениях 10, 20, 30кВ, при частотах 1, 50, 100Гц.

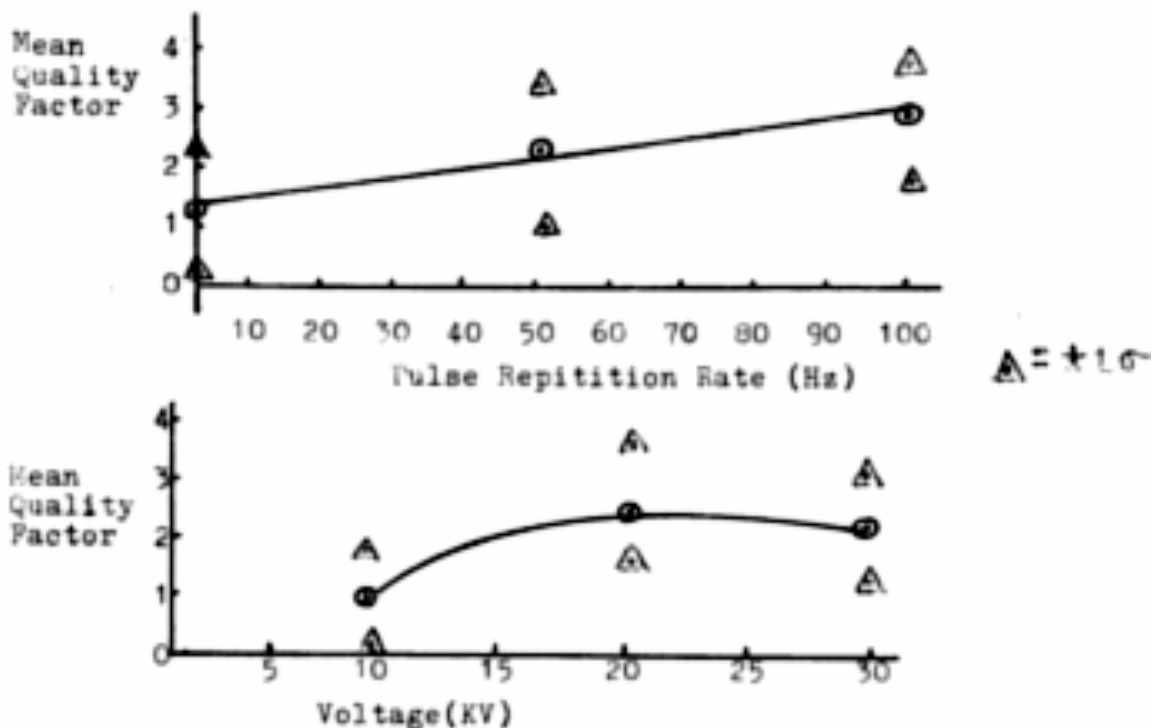


Рис. 1-4-26. Зависимость качества регистрации от частоты и напряжения.

1.5 Оптимальный выбор частоты при регистрации снимка.

- Свечение объектов обычно регистрируется при высоких частотах порядка 100 кГц.
- Возможна регистрация свечения при постоянном высоком напряжении. При подаче постоянного напряжения интенсивные разряды происходят только в момент подачи напряжения.
- Обычно устойчивое свечение регистрируется в диапазоне частот от 200 Гц до 6 кГц.

Прежде всего необходимо отметить, что при реализации эффекта Кирлиан возбуждение осуществляется пачками импульсов. При этом имеются следующие характеристики режима возбуждения:

- 1-напряжение импульса,
- 2-длительность одиночного импульса,
- 3-частота повторения импульсов в пачке импульсов,
- 4-длительность пачки импульсов.

Например, «ГРВ камера» имеет следующие характеристики:

- длительность импульса 3-5мкс,
- частота следования импульсов 1024Гц (частота строчной развертки видеокамер стандарта PAL)
- длительность пачки импульсов 0,1, 1, 2, 32 сек.

Обычно режим подачи импульсов задается следующими параметрами:

- 1-напряжение 20-100кВ.
- 2-длительность одиночного импульса-100 мксек/ частота заполнения 1-10кГц,
- 3-длительность серии импульсов 0,1-2 мсек,
- 4-время между двумя сериями импульсов, 20мсек/ частота пачек импульсов 50Гц,
- 5-время экспозиции, длительность воздействия импульсами 1 сек,

При периоде равном 0,01с (100 Гц) и при длительности импульса 0,00001с основная частота такой последовательности составит 10 КГц.

Если пачка импульсов заполняется (формируется) с помощью высокочастотного генератора, то длительность одиночного импульса связана с частотой задающего генератора, и равна половине периода. Длительность фронта импульса равняется половине длительности импульса. В характеристиках Кирлиан-камеры указывают либо частоту высокочастотного генератора (частоту заполнения) либо длительность импульса.

Частота	100кГц	200кГц	1 мГц
Длительность периода колебаний	10 мкс	5 мкс	1 мкс
Длительность импульса, микросекунд	5 мкс	2,5 мкс	0,5 мкс
Длительность фронта импульса, мкс	2,5 мкс	1,25 мкс	0,25 мкс

Для катушек зажигания АМ это время нельзя уменьшить менее 100-150 мкс поскольку их собственная резонансная частота около 6-7 кгц. Для катушек с ферритовым сердечником ширина импульса может быть уменьшена до 10-15мкс. Такие катушки применяются в приборах Короткова.

От частоты импульсов зависит форма стримеров. Кирлиан С.Д. отмечал, что при низких частотах фотографии получаются грубоватые, с толстыми стримерами, а при высоких разрядах стримеры очень тонкие и красивые. Если длительность импульса короткая (высокая частота), то стримеры получаются тонкими. Если импульс имеет большую длительность, то стримеры получаются размытыми. За время длительности импульса электроны испытывают больше столкновений, и стример размывается.

В обычном режиме регистрации частота постоянная, выбрана из опытов оптимальной и никак не зависит от объекта изучения. На самом деле желательно иметь возможность подстраивать частоту разряда в зависимости от объекта изучения, находиться с ним в резонансе. Это позволит получить принципиально новую информацию об объектах исследования.

Возникновение фантомной (удаленной) части листа возникает только при определенной частоте в области 8-12 мГц и при определенной скважности импульсов.



Рис. 1-5-1. Оциллограмма сигнала с генератора в установке Кирлиана С.Д.

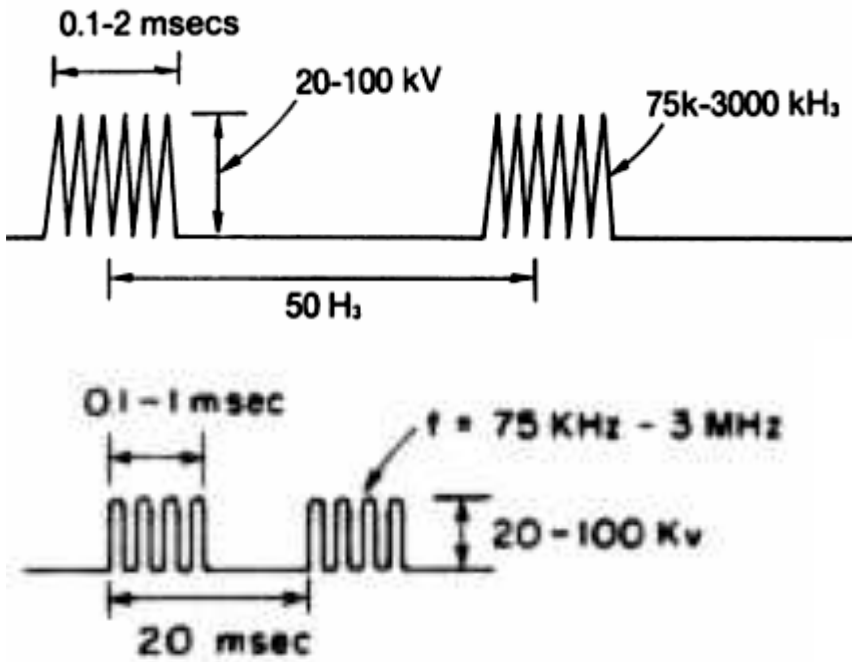


Рис. 1-5-2. Осциллограмма напряжения на Кирлиан-камере.

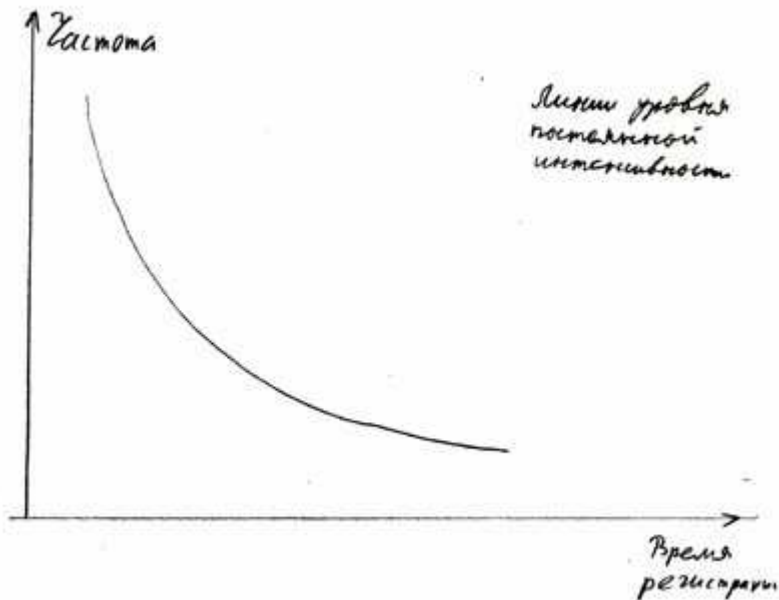


Рис. 1-5-3. Зависимость длительности регистрации от частоты следования импульсов.

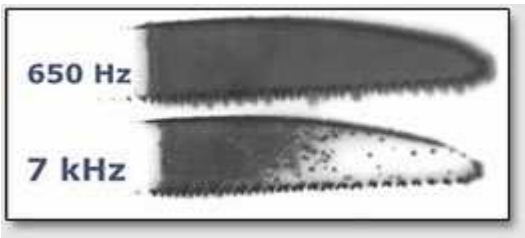


Рис. 1-5-4. Свечение металлического ножа при разных частотах.

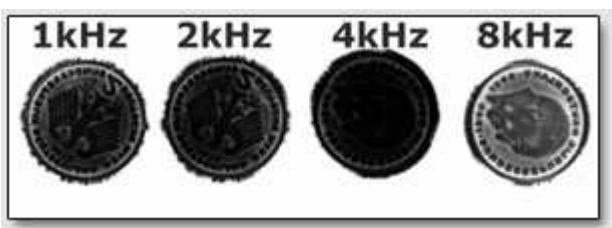


Рис. 1-5-5. Изображения, полученные при различных частотах.

Вопрос: при каком напряжении возникает разряд в газе является довольно сложным. Это напряжение определяется многими параметрами:

- состояние кожи пациента, влажностью воздуха,
- крутизной фронта импульса от генератора,
- напряжение генератора.

Для электрода на основе стекла свечение наблюдается начиная с частоты 200Гц. Максимальная частота составляет 15-20кГц в зависимости от материала и напряжения. Между нижней и верхней границей имеются две интересные области: первая 650 Герц, вторая 7000Гц. При низкой частоте, по-видимому, играет большую роль проводимость объекта, которая однородна, металл. При высокой частоте проводимость объекта не играет важной роли, а на первый план выступает собственное магнитное поле объекта, которое, как видно, неоднородно, и не находится в прямой связи с электрической проводимостью. При исследовании объекта целесообразно исследовать зависимость свечения от частоты.

Стримеры развиваются с большой скоростью $\sim 10^8$ см/сек и проходят зазор за несколько наносекунд. Электроны в проводящем канале рассеиваются примерно за 40 нсек, в то время как тяжелые и медленно движущиеся ионы остаются в течение нескольких микросекунд.

2015-Игнат Игнатов (Болгария)

В экспериментах использовались четыре частоты электрического тока-6, 12, 15, 24 кГц. Как показали исследования, контуры ГРВ-свечения при 12 кГц и 15 кГц однородны. Контур ГРВ-свечения при частоте 6 кГц составляет 55 % от контура при 15 кГц, а при 24 кГц-всего 15 % от контура при 15 кГц, что важно для дальнейшего анализа и идентификации снимков.

2015-Игнатов И. Мосин О.В. Газоразрядное свечение биологических объектов и воды.

Ling Y. Wei. Engineering Department, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada N2L 3G1
1976-Ling Y. Wei. Lichtenberg figures of corona discharge at low frequencies. Electrical Journal of Applied Physics. 11/1976.

Изучался коронный разряд от металлического электрода на частотах до 40 кГц. Анализировались рисунки Лихтенберга. Длина и плотность стримеров уменьшается с увеличением частоты. При низких частотах катодные(+) стримеры более интенсивным, чем анодных(-) стримеров, в то время как при высоких частотах наоборот. При одинаковом времени разряда, более короткие импульсы создают сильные растяжки, чем длинные.

Взаимосвязь частоты и интенсивности свечения.

Увеличим частоты импульсов в два раза. При фиксированном времени регистрации будет зарегистрировано в два раза больше разрядов. Следовательно интенсивность свечения возрастет в два раза.

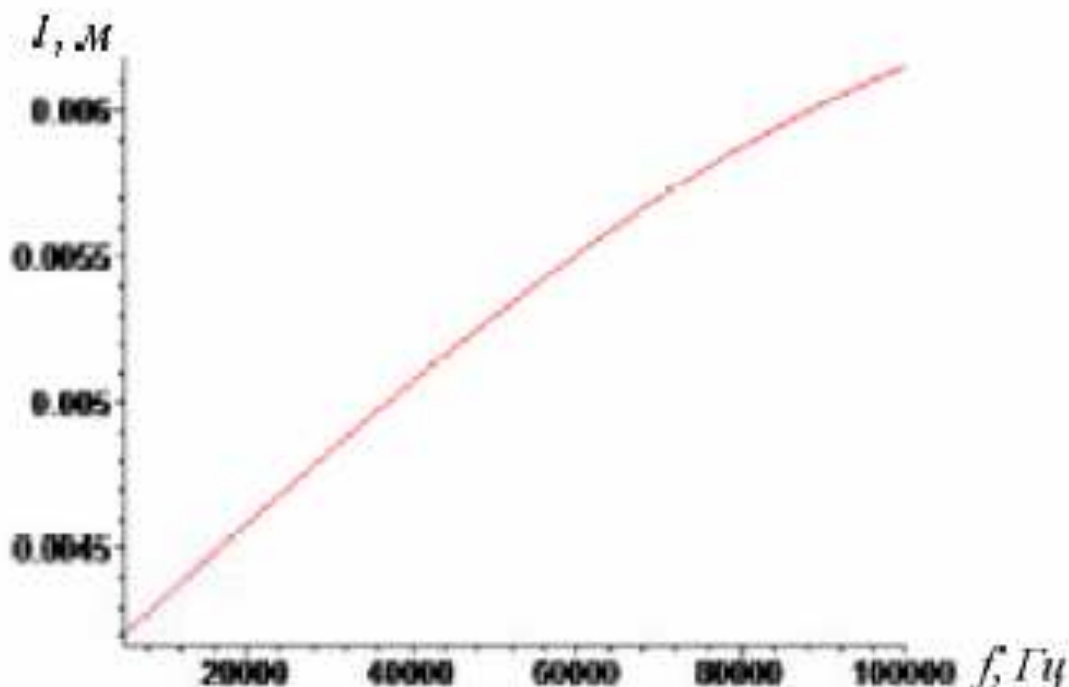


Рис. 1-5-6. Зависимость диаметра свечения капли дистиллированной воды от частоты.

2011-Билинский И.И. Павлюк А.А. Кныш Б.П. Исследование характеристик газоразрядной визуализации изображений жидкофазных объектов. Вестник ВПУ. 2011. №5(98). с.178-183.

-Начиная с 4-5МГц, стример приобретает весьма специфический вид.

-Начиная с 9-10МГц стример становится факелом, который длинным не бывает.

Уменьшение пробивного напряжения с ростом частоты объясняется искажением поля, обусловленным образованием объемных зарядов в газе вследствие различной подвижности положительных ионов и электронов. Ионизация газа и прорастание электронных лавин происходит лишь в те промежутки времени, когда мгновенное значение напряжения превосходит порог ионизации U . При снижении напряжения до уровня ниже порогового, ионизация прекращается и начинается рассасывание образовавшегося объемного заряда в межэлектродном пространстве. Скорость рассасывания определяется скоростью дрейфа ионов в направлении к катоду. На высоких частотах время полупериода настолько мало, что ионы не успевают нейтрализоваться на катоде. Накопление объемного положительного заряда увеличивает напряженность электрического поля, что облегчает дальнейшую ионизацию и снижает напряжение пробоя.

В области еще более высоких частот продолжительность полупериода изменения поля становится соизмеримой со временем формирования электронных лавин. Поэтому для полного развития и завершения процесса ударной ионизации необходимо повысить напряжение на электродах.

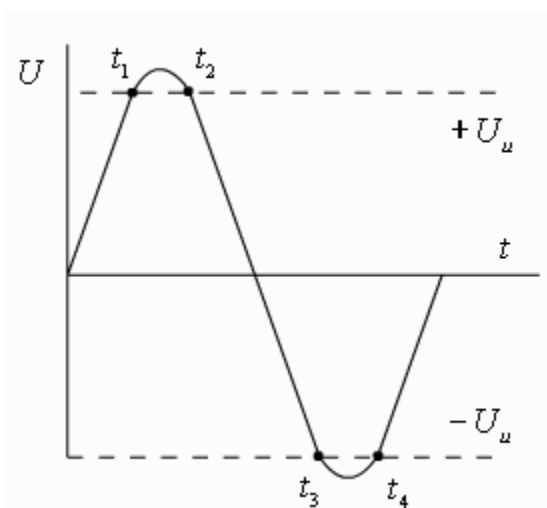


Рис. 1-5-7. Диаграмма, поясняющая особенности ионизации газа в переменном поле.

1937-Luft H. Arch. Elektrotechn. 1937. 31. p.93.

Он исследовал пробивное напряжение для случая электродов острие-плоскость. При 370кГц пробивное напряжение уменьшилось по сравнению со значением при 50Гц для промежутка 3см на 46%.

1934-Muller F. Arch. Electrotechn. 1934. 28. p.341.

Он установил существование критической длины промежутка. При 110кГц критическая длина промежутка составляет 0,45см, а при 995кГц равна 0,09см. При критической длине промежутка происходит накопление в промежутке положительных зарядов.

1967-Колечицкий Е.С. (МЭИ, Москва) Исследование коронного разряда на частотах выше 10 кГц. Электричество. 1967. №7. с.59-63.+ При повышении частоты происходит изменение структуры чехла короны. Чехол приобретает дискретное строение. На положительной полярности корона имеет вид длинных тонких каналов с плотностью тока несколько ампер на 1см². На отрицательной полярности свечение сосредоточено у провода.

2000-Бесхлебный Сергей Игнатьевич. Оптические и электрические исследования одноэлектродного ВЧ разряда в воздухе в диапазоне частот 0,15-1,5МГц. Диссертация кандидата физико-математических наук. Хабаровск. 2000. 142с.

Электропроводность кожи улучшается с увеличением частоты. При изучении электропроводности биологических объектов обнаружили, что их сопротивление на высоких частотах ($\sim 10^7$ Гц) гораздо меньше, чем на низких. На рисунке представлена зависимость сопротивления мышечной ткани от частоты (кривая дисперсии). Дисперсия электропроводности обычно наблюдается в интервале частот $10^2 \div 10^8$ Гц. Наличие дисперсии импеданса для живых тканей обусловлено тем, что при низких частотах (как и для постоянного тока) на величину электропроводности значительное влияние оказывает макроструктурная поляризация в тканях. По мере увеличения частоты поляризационные явления сказываются всё меньше и меньше. При изменении частоты от 25 МГц до 9 ГГц удельное сопротивление скелетной мышцы снижается в 10 раз).

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

1977-Сердюк А.М. Взаимодействие организма с электромагнитными полями как с фактором окружающей среды. Киев: Наукова думка, 1977. 208 с.

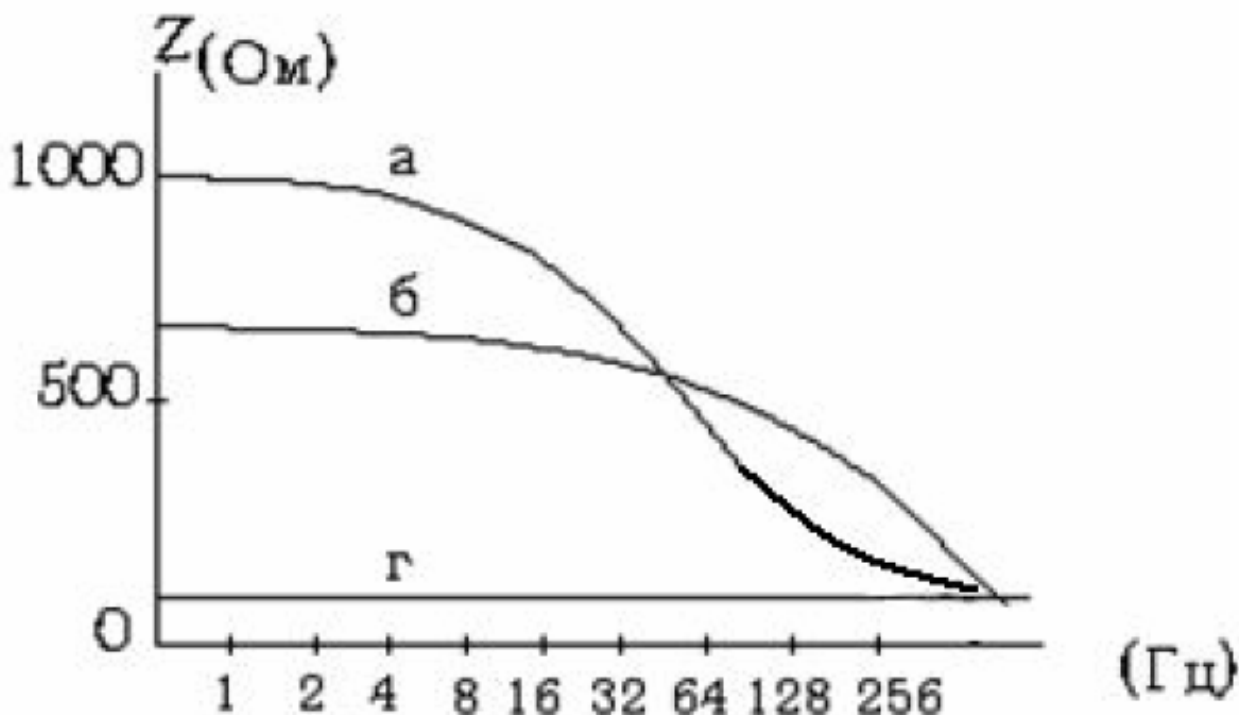


Рис. 1-5-8. Зависимость сопротивления мышечной ткани от частоты.

Следовательно чем больше частота, тем больший ток течет от заземляющего электрода на руке к пальце, и сильнее свечение.

Скин эффект. При высоких частотах ток распространяется по поверхности объекта. В 1893 году Тесла пропустил через своё тело электрический ток напряжением в миллион Вольт при частоте 200 кГц. При этом тело его светилось в темноте и казалось охваченным языками голубоватого пламени. Для примера приведем толщину скин-слоя для медного проводника: 50Гц-9,3мм, 10кГц-0,7мм, 100кГц-0,21мм, 1МГц-66мкм, 10МГц-21мкм.

Изменение свойств эфира при высоких частотах. Мишин Александр Михайлович в своих исследованиях показал, что чем выше частота, тем более плотным и жестким становится эфир. Следует учитывать, что в каждом подпространстве электромагнитная волна имеет свою уже не «электронную» вихревую структуру. Возмущения и волны в макроскопических подпространствах проявляют себя в нашем Мире в виде фликкер-шумов. Выбросы фликкер-шумов-это НЛО, шаровые молнии, полтергейст и другие аномальные явления. 2014-Мишин А.М. Начала высшей физики. 2014.

2011-Коломиец Р.А. Биотехническая система на основе эффекта Кирлиан для анализа жидкофазных объектов. Диссертация кандидата технических наук. Винница. 2011.а+ Проведены исследования низкочастотного и высокочастотного генераторов для газоразрядной визуализации, проанализированы преимущества и недостатки обоих вариантов. Показано, что низкочастотный генератор для газоразрядной визуализации более удобен в работе, потребляет меньше мощности и дает возможность анализировать спектр разрядного тока, в отличие от высокочастотного генератора, единственным существенным преимуществом которого является крайне малая глубина проникновения электрического поля в среду и возможность проведения исследований объектов in vivo.

Зависимость площади свечения от частоты, резонансные частоты.

Проведем следующий эксперимент. Будем плавно изменять частоту следования импульсов от минимально возможной до максимально возможной. При этом будем анализировать структуру короны и площадь свечения. Возможны различные варианты эксперимента.

1-площадь не зависит от частоты. Это маловероятно, либо выбран слишком узкий диапазон частот (который определяется свойствами генератора), либо недостаточная точность измерений.

2-Унимодальное распределение. Спектр имеет единственный максимум при какой-то частоте. Это означает, что свечение определяется одним физическим процессом. Данная частота является оптимальной.

3-Полимодалное распределение. Спектр имеет несколько максимумов. Это означает, что имеет место несколько различных физических процессов, и для регистрации каждого из них необходимо производить измерения на определенной частоте.

Корона наблюдается не при всех частотах, но лишь в некоторых полосах, различных для разных приборов. Например, первая полоса 800-1200 Гц. Вторая около 4000 Гц.

Эксперимент. Устанавливается начальная частота 400 кГц и какое-то среднее значение напряжения питания выходных каскадов. При прикладывании пальца к рабочему месту начинался разряд. Затем снижается напряжение до почти исчезновения разряда. Затем начинаем увеличивать частоту и на определенных частотах появлялся устойчивый разряд, вызванный скорее всего явлением резонанса в выходной цепи. В диапазоне от 400 до 1000 кГц удавалось выловить не менее дюжины таких частот. Когда попадал на такую частоту, то либо снижал дальше напряжение, либо уменьшал длительность импульса. И только в таком случае появлялась четкая структура пальца с определенным рисунком и характерными точками, которые очень хорошо выделялись на цветной пленке.

Резонансные частоты электрической схемы генератора.

При некоторых частотах может возникать повышение мощности на выходе генератора, и усиление свечения, независимое от объекта исследования.

Резонансные частоты газов.

В воздушной среде, окружающей палец, имеются микрокапельки пота, который представляет собой раствор соли в воде. Джон Канзиус (John Kanzius) показал, что раствор NaCl-H₂O с концентрацией от 1 до 30%, когда его облучают направленным поляризованным (polarised radiofrequency) ВЧ излучением с частотой, равной резонансной частоте раствора, порядка 13,56 МГц, при комнатной температуре начинает выделять водород, который в смеси с кислородом, начинает устойчиво гореть. При наличии искры водород воспламеняется и горит ровным пламенем, температура которого, как показывают эксперименты, может превышать 1600 градусов Цельсия.

Резонансная частота объекта исследования.

Чем меньше длительность импульсов, тем шире спектр, так как последовательность импульсов представляет собой совокупность гармонических составляющих. А чем шире спектр, тем выше вероятность возникновения резонанса с объектом.

Наибольшая интенсивность наблюдалась при совпадении частоты генератора прибора с низшими гармониками Биологически Активных Частот (БАЧ) и низшими гармониками резонансных частот воды в жидкокристаллической форме.

При проведении исследований методом Кирлиан можно добиться биологического резонанса между энергией силового источника и изучаемым объектом. Так как при диагностике сравнивались данные, полученные на устройствах с разными рабочими частотами, то возникали

трудности с повторяемостью результатов. Различия частотных характеристик источников высокочастотных колебаний, являются причиной низкой повторяемости таких значимых результатов, как обнаружение болезни или фиксация эффекта фантомного листа. Как правило, только при использовании кирлиановских систем, которые генерируют резонирующие с изучаемыми биологическими объектами частоты, можно получить изображения, позволяющие диагностировать начало болезни.

Для получения эффекта фантомного листа также используются в несколько ином плане принципы биологического резонанса. Вместо генерирования частот, резонирующих с физическими атомами листа, исследователи стремятся резонансно стимулировать атомы эфирного шаблона листа. Хотя эфирная структура существует в более высоком диапазоне частот, чем физическая материя, эфирные поля способны влиять на поведение элементарных частиц, например электронов. Формирование изображения в кирлиановской системе основано на явлении коронного разряда и фиксации на пленке следов прохождения электронов вокруг заземленного объекта. Вызывая изменения в путях перемещения электронов вокруг фотографируемого предмета, кирлиановский метод использует эфирно стимулированные электроны, чтобы получить отпечаток контура эфирного тела листа.

В удачно полученном изображении фантомного листа электроны отклоняются силовыми линиями резонансно активизированного эфирного поля, подобно тому, как частицы распыляемой краски прилипали бы к невидимому человеку, делая его видимым. Иными словами, фантомный лист-это изображение стимулированных электронов, отражающее пространственную структуру эфирной матрицы. Чтобы воспроизвести этот феномен, необходимо иметь кирлиановский силовой источник для генерирования энергии такой частоты, которая резонансно возбуждает эфирное тело. Частоты энергий, применяемых в кирлиановских исследованиях, не идентичны собственным частотам эфирного тела, но состоит из нижних обертонов или октав частот этих высших вибрационных энергий.

2005-Обнинск, Сергей Волков и Владимир Ланских.

Исследовалось свечение объектов при возбуждении импульсами с высокой частотой, которая промодулирована низкой частотой. Для получения данного эффекта использовалась модулированная высоковольтная импульсная последовательность с частотой модуляции 50-100Гц. При эксперименте результат появился в связи с использованием маломощного трансформатора и внешней наводки (модуляции).



Рис. 1-5-9. Свечение листа на резонансной частоте. (2005-Уваров В.В. Точка опоры.)

1991-Позднякова Разия Зайдуловна, Манукян Левон Мамиконович, Либеров Анатолий Ильич, Нечаев Александр Валентинович, Малышева Надежда Борисовна. (Москва, Поликлиника №78, Москва) Способ экспресс-диагностики. Патент **1811373**. 1993.+ Сравнивают изображения, полученные при регистрации свечения пальцев левой руки **при возбуждении на различных частотах**. При совпадении нарушений в структуре короны свечения на разных частотах диагностируют заболевание. В работе использовался аппарат АГРД-2.

Газовый разряд при сверхвысоких частотах (СВЧ).

-При частотах более 1МГц коронный разряд переходит в факельный разряд. В этом случае картины свечения становятся гораздо более интересными и информативными.

-При частотах более 100МГц свечение не регистрируется, по-видимому, инерционностью диполей диэлектрика на сверхвысоких частотах и уменьшением длины свободного пролета электронов.

1891-Никола Тесла исследовал разряд между двумя электродами при высоких частотах в воздухе при атмосферном давлении. Он обнаружил пять форм разряда.

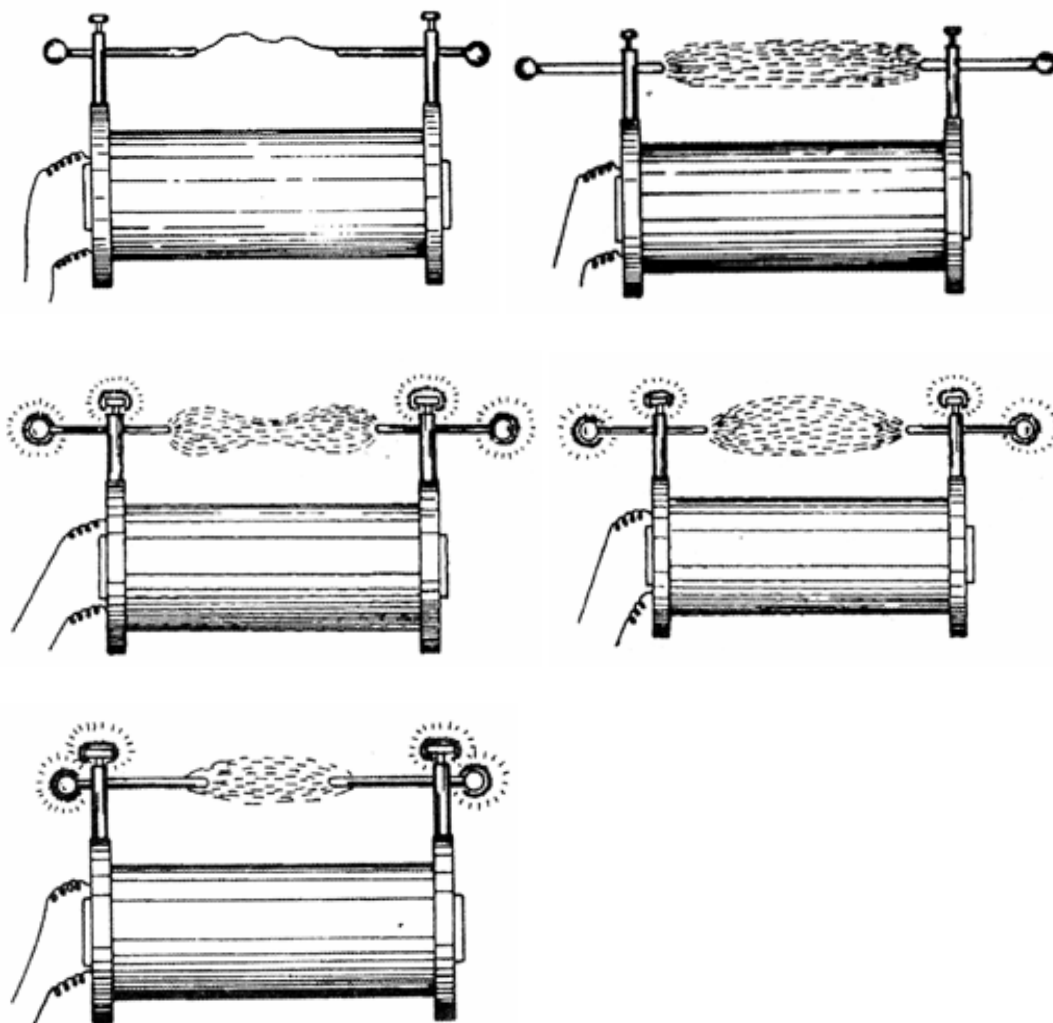


Рис. 1-5-10. Пять форм высокочастотного разряда.

1-слабый очень чувствительный разряд в виде тонкой нити. Даже дыхание воздействует на нее. При движении потоков воздуха она дрожит и извивается. Это в слчае высокой частоты и слабого тока в первичной обмотке.

2-При увеличении тока разряд утолщается и становится сильнее, пока, при некоторых условиях, не возникает белая дуга с открытым пламенем, толщиной 15мм. Она довольно горячая, характеризуется отсутствием высокого звукового сигнала, который сопровождает менее мощные разряды. При таком разряде частота не должна быть очень большой, при определенном соотношении емкости, самоиндукции и частоты. При сопротивлении катушки 10ком частота была 12кГц. В этом случае через катушку проходит максимальный ток.

3-При возрастании частоты появляется текучий разряд. На всех концах появляются свободно текущие потоки. Когда напряжение очень высокое, они появляются всегда, даже если частота низкая. Жля большой катушки с сопротивлением 67ком потоки появились на частоте 100Гц.

4-При боле высоких чатотах, или при сведении контактов, возникает дождь маленьких серебряных искр, или пучет очень тонких серебряных нитей посреди мощного потока. Каждая искра соответствует одному колебанию. Дождь искр, когда они проходят сквозь тело, вызывает некоторые неудобства.

5-Если еще повысить чатоту то катушка не дает искр только на очень малых расстояниях, и возникает новый тип разряда. Нет искр, даже если в поток поместить руку.

Помещая различные диэлектрики между электродами, можно наблюдать красивые разряды. Если электроды расположены достаточно близко, то между ними возникает пляшущая искра. Если между электродами поместить тонкую эбонитовую пластинку, то искра моментально гасится и разряд приобретает форму яркого круга диаметром в несколько дюймов.

Если электроды разведены так, что искры между ними нет. Если поместить между ними кусок стекла, то возникает разряд от электродов к стеклу в виде светящихся потоков.

Это выглядит так, будто эти потоки проходят сквозь диэлектрик.

В действительности потоки образуются возбужденными молекулами воздуха. Когда нет диэлектрика, бомбардировка слишком слабая, чтобы быть видимой. Когда помещается диэлектрик, индукция сильно увеличивается, кроме того, отраженные молекулы воздуха наталкиваются на препятствие и бомбардировка становится такой сильной, что потоки светятся.

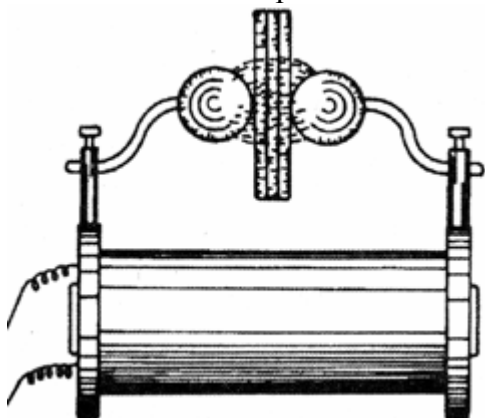


Рис. 1-5-11. Диэлектрик в зоне разряда.

Чем выше диэлектрическая проницаемость помещенного между контактами диэлектрика, тем более мощный эффект мы имеем. Благодаря этому появляются потоки, обладающие очень высокими потенциалами, даже если толщина стекла будет достигать 5см. Но кроме нагрева от бомбардировки, несомненно, происходит нагрев и в диэлектрике, причем в стекле он сильнее, чем в эбоните. Это происходит за счет большей диэлектрической проницаемости стекла, вследствие чего, при одинаковой разности потенциалов оно поглощает большее количество энергии, чем эбонит. Это равносильно тому, как если бы к батарее присоединить медный и оатунный провод одинаковых размеров. Медный провод, хотя он и лучший проводник, нагреется сильнее, поскольку пропустит больший ток.

Через некоторое время стекло прогревается, разряд проходит насквозь и принимает форму дуги.

Если между электродами вводится пластина изолирующего материала, то при разряде она притягивается к ближайшему электроду. Это возникает из-за электризации.

1949-Pim J.A. Journ. Inst. Electr. Enf. 1949. 96. p.315.

Он исследовал зависимость пробивного напряжения от частоты для плоскопараллельных электродов. Оказалось, что при увеличении расстояния между электродами до некоторой величины пробивное напряжение возрастает, а при достижении некоторого критического значения начинает уменьшаться.

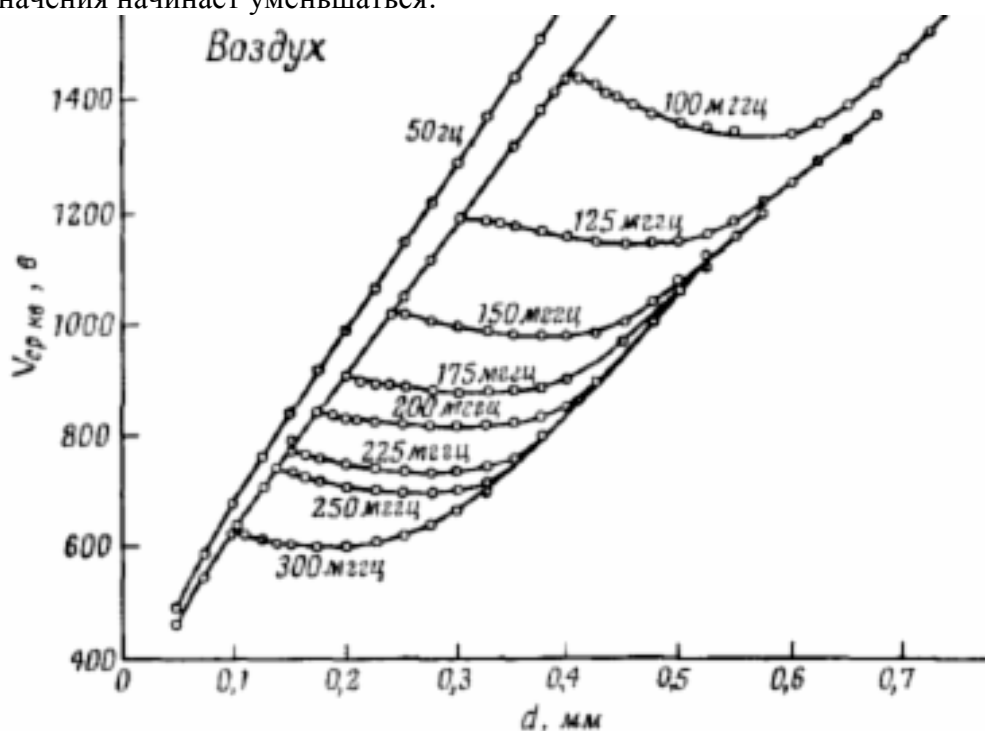


Рис. 1-5-12. Зависимость напряжения пробоя от расстояния между электродами при различных частотах. Чем выше частота, тем меньше напряжение пробоя.

1973-Адаменко В.Г., Жарый Е.В. К вопросу о формировании изображения на СВЧ. Электронная техника. 1973. Серия 1. Вып.5. с.127-129.

В работе использовались радиоимпульсы амплитудой 300В и длительностью 10мкс с несущей частотой в 650МГц и частотой повторения импульсов 50Гц. Вместо фотоэмульсионного слоя на диэлектрическую подложку наносился люминофор. Авторы показали отсутствие изображения при данных режимах возбуждения разряда, объясняя это инерционностью диполей диэлектрика на СВЧ и уменьшением времени пролета электронов в разрядном промежутке, величина которого в эксперименте не превышала 10 мкм. В качестве сравнения ими было получено изображение на том же люминофоре и режимах возбуждения с несущей частотой заполнения импульсов в 300кГц. На основании полученных результатов, авторами был сделан вывод о верхней частотной границе получения изображения, то есть, частоте изменения поля высокой напряженности до 650 МГц.

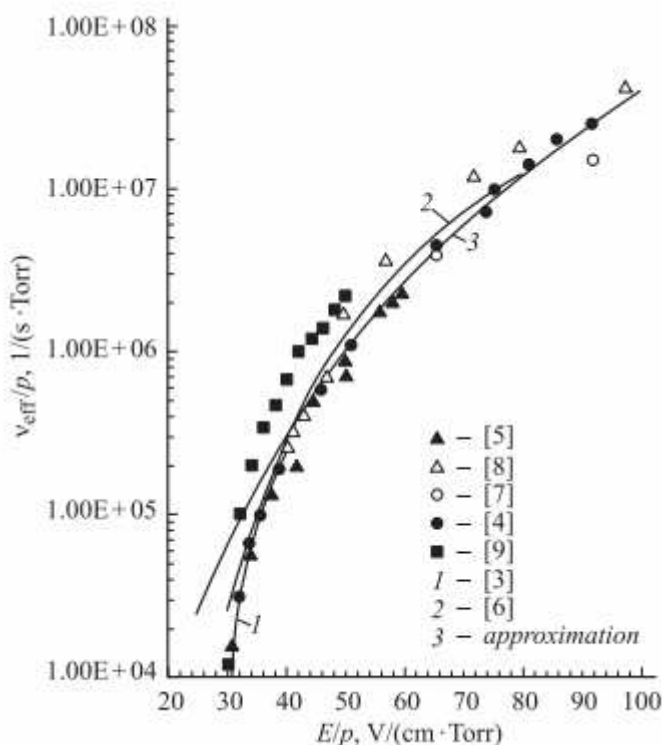
1980-Баньковский Н.Г., Ганичев Д.А., Коротков К.Г. О возможности формирования фотографических изображений с помощью СВЧ электрических полей. Труды ЛПИ им. Калинина. 1980. №371. с.49-51.

Для выяснения возможности получения изображения на галогенсеребряном фотоматериале при высоких частотах ими был проведен ряд экспериментов с электромагнитными полями трехсантиметрового и восьмимиллиметрового диапазонов (на частотах 10 и 37 ГГц соответственно). В первом случае непосредственно в волновод вводилась фотопленка, к которой прижимались различные предметы-металлические, диэлектрические, а также часть листа растения. Пленка располагалась перпендикулярно вектору напряженности электрического поля, величина которого у объекта составляла около 10 кВ/см при частоте его изменения 10 ГГц и 2,5 кВ/см-при 37 ГГц. Длительность импульсов СВЧ лежала в пределах 0,5-1 мкс, а их скважность 2000-3000. Общее время экспонирования составляло 15-17 мин.

При исследовании в диапазоне восьмимиллиметровых волн объекты различной электрической природы, а также листья растений укреплялись на эмульсионной стороне негативной фотопластинки, которую помещали в светонепроницаемый бумажный конверт и устанавливали в фокусе СВЧ линзы. Во всех вариантах экспериментов на фотопленке после проявления получался темный контур экспонируемого предмета, а в случае листа-часть структуры прожилок.

2000-А.И.Бабарицкий и др. Импульсно-периодический СВЧ-разряд как катализатор химической реакции. ЖТФ. 2000, т.70, №11. с.36-41.

2006-Александров А.Ф., Бычков В.Л., Грачев Л.П., Есаков И.И., Ломтева А.Ю. Ионизация воздуха в околокритическом электрическом поле. Журнал Технической Физики. 2006. Т.76. В.3. с.38-43. Рассматривается СВЧ разряд в воздухе среднего и высокого давления.



Рс. Эффективная частота ионизации в воздухе в зависимости от давления и величины электрического поля.

1.6 Оптимальный выбор напряжения при регистрации снимка.

Для возникновения разряда в газовой среде одним из важнейших параметров является величина градиента поля. Величина градиента поля определяется двумя параметрами: величиной напряжения между электродом и объектом, и расстоянием между поверхностями электрода и объекта. В каждом конкретном приборе расстояние между поверхностью пальца и электродом определяется толщиной диэлектрической прокладки, расположенной между пальцем и электродом. Если в два раза уменьшить толщину прокладки, то та же самая картина свечения будет наблюдаться при вдвое меньшем напряжении.

-При повышении напряжения условия возникновения разряда (перепад напряжения) действуют на большем удалении от пальца, поэтому стримеры становятся длиннее.

-При повышении напряжения увеличивается ток, протекающий через газовый разряд, поэтому стримеры становятся более яркими и толстыми.

Таким образом получаем, что при повышении напряжения корона увеличивается в размере и усиливается яркость короны.

Необходимо учитывать следующий момент. Усиление тока короны сопровождается усилением свечения. При этом имеется в виду общее количество излучаемых фотонов. Но так как основная доля излучения расположена в УФ области, то усиление свечения в видимой области (в области которую регистрирует цифровая камера) может быть незначительным.

Интенсивность свечения пропорциональна напряжению. При низком напряжении свечение не возникает, при повышении напряжения разряд имеет флуктуационный характер. При высоком напряжении происходит пробой диэлектрика, и существенно изменяются характеристики объекта (пальца). На самом деле имеет большое значение не сама величина подаваемого напряжения, а величина напряженности поля, градиент. Эта величина определяется как величина напряжения, деленная на величину зазора между заземленным объектом и вторым электродом (толщиной разделительной диэлектрической пластины). Уменьшение толщины пластины в два раза эквивалентно увеличению напряжения в два раза. Использование очень тонких пластин нежелательно в связи с высокой вероятностью пробоя.

При малых напряжениях, недостаточных для инициации коронного разряда, весь ток течёт через пятно прямого контакта пальца.

Напряжение, при котором возникает разряд в газе зависит от многих параметров:

- состояние кожи пациента, влажностью воздуха,
- крутизной фронта импульса от генератора,
- частота генератора.

Можно условно разделить приборы на низковольтные (до 30 кВ) и высоковольтные (30-120кВ). Это связано с тем, что при напряжении свыше 30кВ вступает в действие рентгеновский фактор, в частности, при применении Д'Арсонваля на напряжениях свыше 30кВ, даже ощущения человека становятся другие.

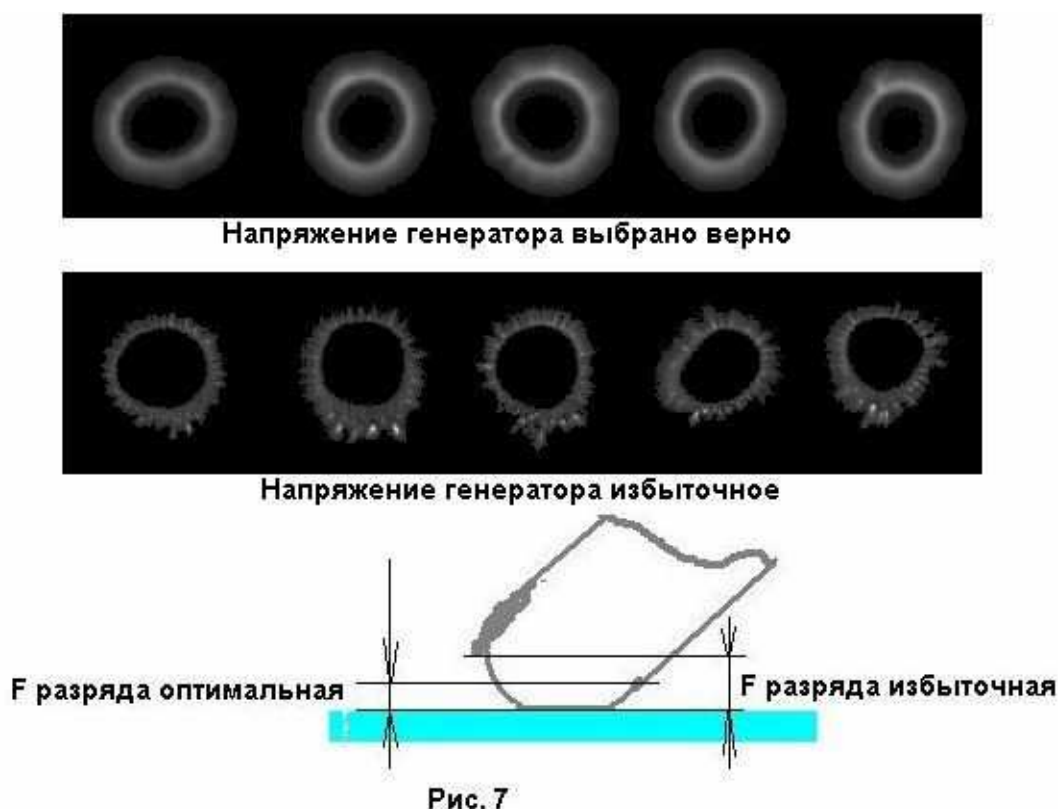


Рис. 1-6-1. Выбор оптимального напряжения разряда.

Если выбрано напряжение больше оптимального, то на той стороне пальца, которая противоположна ногтю, и которая образует более малый угол наклона с поверхностью электрода, образуются более длинные выбросы.

Вокруг пальца неоднородно, и необходимо выбрать режим регистрации так, чтобы попасть в среднюю точку кривой преобразования количества зарегистрированного света в степень почернения снимка. В этом режиме достигается максимальная чувствительность к неоднородности поля пальца. На электрод подается импульс положительной полярности (на пальце минус).

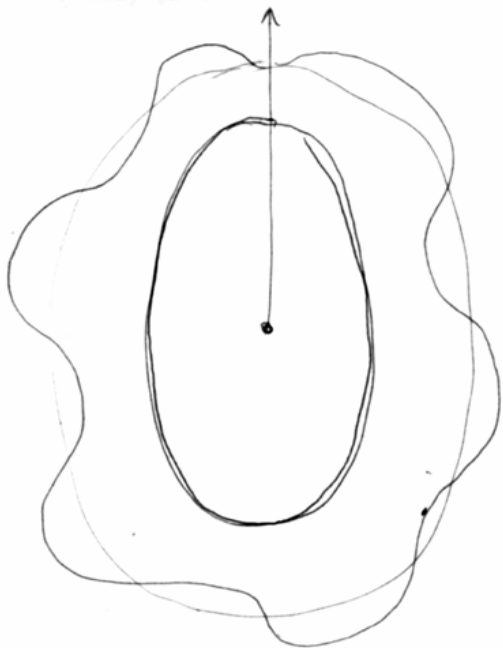


Рис. 1-6-2. Неоднородность поля вокруг пальца.

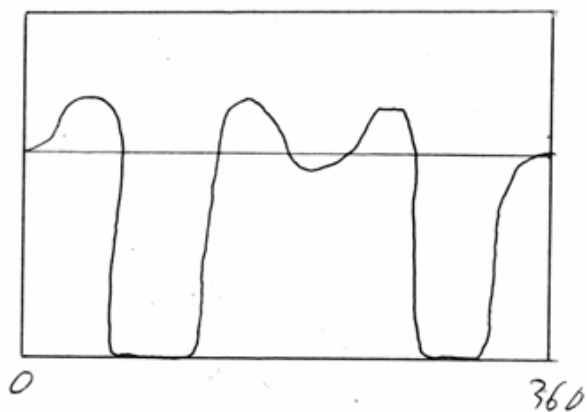
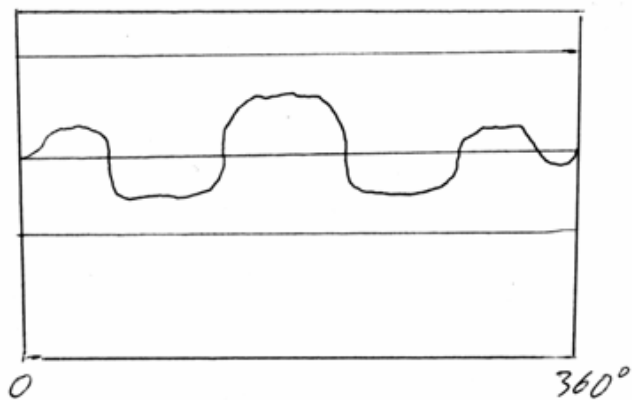


Рис. 1-6-3. Развертка сигнала вдоль кривой по границе пальца.

-Количество зарегистрированного света пропорционально количеству разрядов, которые возникли во время процесса регистрации, и интенсивности разрядов.

-Интенсивность разрядов пропорциональна величине напряжения импульсов.

-Количество разрядов пропорционально количеству импульсов, поступивших за время регистрации. Если увеличить частоту импульсов в два раза, то при фиксированном времени регистрации будет зарегистрировано в два раза больше разрядов. Следовательно, интенсивность свечения возрастет в два раза. Для увеличения интенсивности свечения необходимо увеличивать частоту генератора и время экспозиции. На самом деле определяющим является следующий параметр: число импульсов, поступающий на объект за время экспозиции. Этот параметр определяется как произведение частоты генератора на время экспозиции.

-Количество поданных импульсов пропорционально частоте подачи импульсов и длительности регистрации.

Таким образом, получаем, что количество зарегистрированного света (количество фотонов) E определяется формулой: $E=CxUxFxT$, где C -некоторая константа, U -напряжение импульсов (10кВ), F -частота подачи импульсов (1кГц), T -длительность регистрации (1сек). За время регистрации происходит от 30 до 5000 единичных разрядов. Количество зарегистрированных фотонов так же пропорционально суммарной мощности разряда за время регистрации (произведение величины тока на время регистрации).

Длительность регистрации существенным образом влияет на картину короны свечения.

1-при очень короткой длительности регистрируются только отдельные стримеры ($<0,01$ сек). При коротком времени регистрации на регистрирующую систему поступает очень мало фотонов, и изображение является малоинформативным.

2-при короткой длительности регистрируются структура короны (1сек), высокая информативность. Наибольшая информативность проявляется при длительности регистрации от 0,1 до 10 сек.

3-при большой длительности регистрируется корона получается в виде сплошного облака (>10 сек), малая информативность. При длительном времени регистрации происходит различные процессы:

-происходит усреднение картины и пропадает тонкая структура изображения. При очень длительной регистрации происходит пересвет фотопленки (камеры) и информативность изображения уменьшается.

-происходит изменение состояния исследуемого объекта в результате действия первых импульсов, и регистрируется не мгновенное состояние объекта, а измененное состояние.

1-Регистрация на фотоноситель. Время регистрации определяется суммарной длительностью импульсов за время засвечивания пленки. Время регистрации определяется длительностью включения генератора импульсов. При моноимпульсном режиме время засветки определяется длительностью одного импульса.

2-Регистрация на видеокамеру. Время накопления определяется режимом работы кадровой развертки. В стандартном телевизионном сигнале время регистрации одного кадра составляет 40мсек, что соответствует 25 кадрам в секунду.

3-Регистрация на цифровой фотоаппарат. Время регистрации определяется выдержкой, которая установлена в цифровой камере. Время регистрации определяется как суммарное время импульсов за время выдержки.

Регистрация на фотопленку.

Рассмотрим регистрацию моноимпульсного разряда на пленку различной чувствительности при фиксированном напряжении.

-При регистрации на пленку с очень высокой чувствительности даже при возбуждении одним импульсом будет получаться пересвет и равномерное кольцо.

-При регистрации на пленку очень низкой чувствительности даже большого количества импульсов будет недостаточно для получения изображения.

-При регистрации на пленку средней чувствительности при малом количестве импульсов будет очень слабая корона, а при большом количестве импульсов будет пересвет. Для каждого значения напряжения существует некоторое оптимальное количество импульсов, при котором корона будет иметь среднюю интенсивность, и будет неоднородной.

Степень неоднородности короны будет зависеть от величины напряжения. Чем выше напряжение, тем сильнее будет проявляться неоднородность короны.

1-один импульс, малое напряжение очень тоненькое еле заметное кольцо,

2-несколько импульсов, высокое напряжение широкое яркое кольцо.

Алгоритм вывода прибора в оптимальный режим.

Настройка параметров напряжение-длительность регистрации. Длительность регистрации изменяется путем изменения времени регистрации при фиксированной частоте импульсов.

1-Фиксируем некоторую величину напряжения импульсов и выбирает длительность регистрации тока образом, чтобы интенсивность свечения имела среднее значение. При малой длительности будет очень слабая корона, при большой длительности будет пересвет.

2-При заданной длительности регистрации изменяем напряжение таким образом, чтобы была наиболее четко видна структура кольца (разрывы в отрицательной короне). При малом напряжении будет очень слабая корона, при очень высоком напряжении будет пересвет.

3-При выбранном напряжении производим подстройку длительности регистрации.

Настройка параметров частота-длительность.

Если у прибора имеется возможность изменять (регулировать) частоту импульсов, то производится настройка параметров частота-длительность.

1-Фиксируем некоторую частоту. Выбираем длительность регистрации такой, чтобы интенсивность короны была средней.

2-При фиксированной длительности регистрации выбираем частоту такой, чтобы структура короны была наиболее четкой.

3-Производим подстройку длительности регистрации при фиксированной частоте.

1999-Коротков К.Г. Исследовалась зависимость качества изображения, получаемого ГРВ камерой, от количества накопленных кадров. При анализе параметров суммарного изображения в зависимости от количества суммированных одиночных картин было установлено, что при $n < 4$ параметры суммы зависят от количества одиночных изображений, далее эта зависимость прекращается. Это свидетельствует о том, что при малой выборке доминирующими являются стохастические неповторяющиеся процессы, и характер суммарной картины оказывается квазислучайным, а после определенной величины выборки ее размер перестает сказываться на виде суммы. Отметим, что этот вывод, строго говоря, однозначно применим только к развитой в данной работе программно-аппаратной методике. Для фотопроектирования при увеличении числа последовательных суммирований начинают играть роль особенности характеристической кривой засветки данного фотоматериала, **поэтому выявление оптимального диапазона частот и экспозиций должно производиться экспериментально для каждого конкретного фотоматериала.**

1999-Коротков К.Г. Разработка научных основ и практическая реализация биотехнических измерительно-вычислительных систем анализа газоразрядного свечения, индуцированного объектами биологической природы. Диссертация доктора технических наук. СПб., 1999.

Регистрация короны свечения с помощью прибора «Корона ТВ» при напряжении 50кВ, частоте 22кГц, в режиме 2500 импульсов положительной полярности при различном времени накопления.

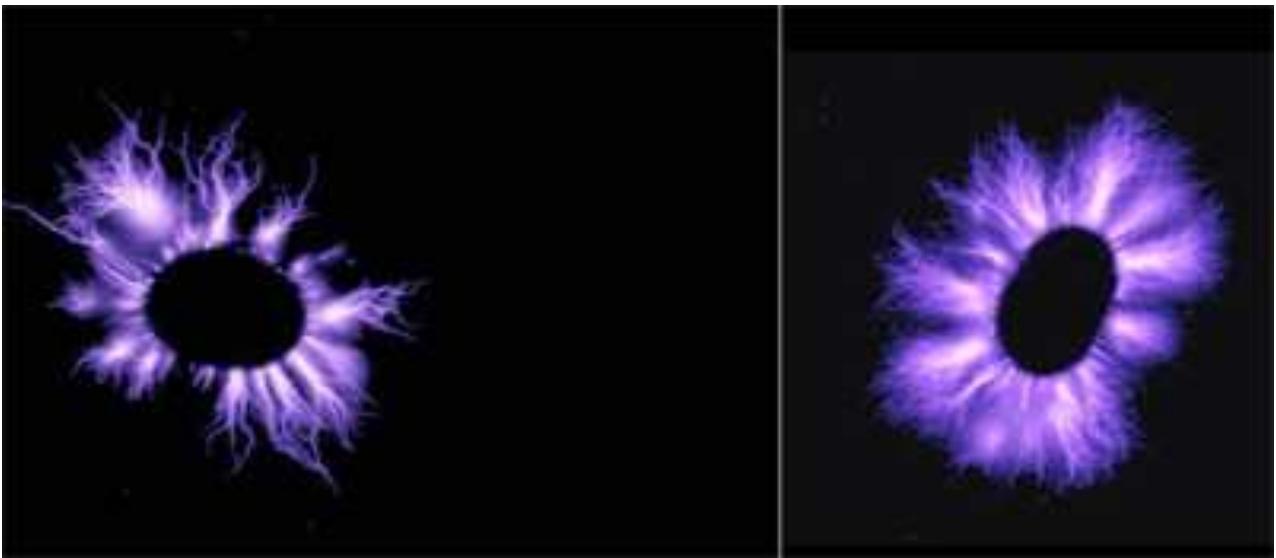
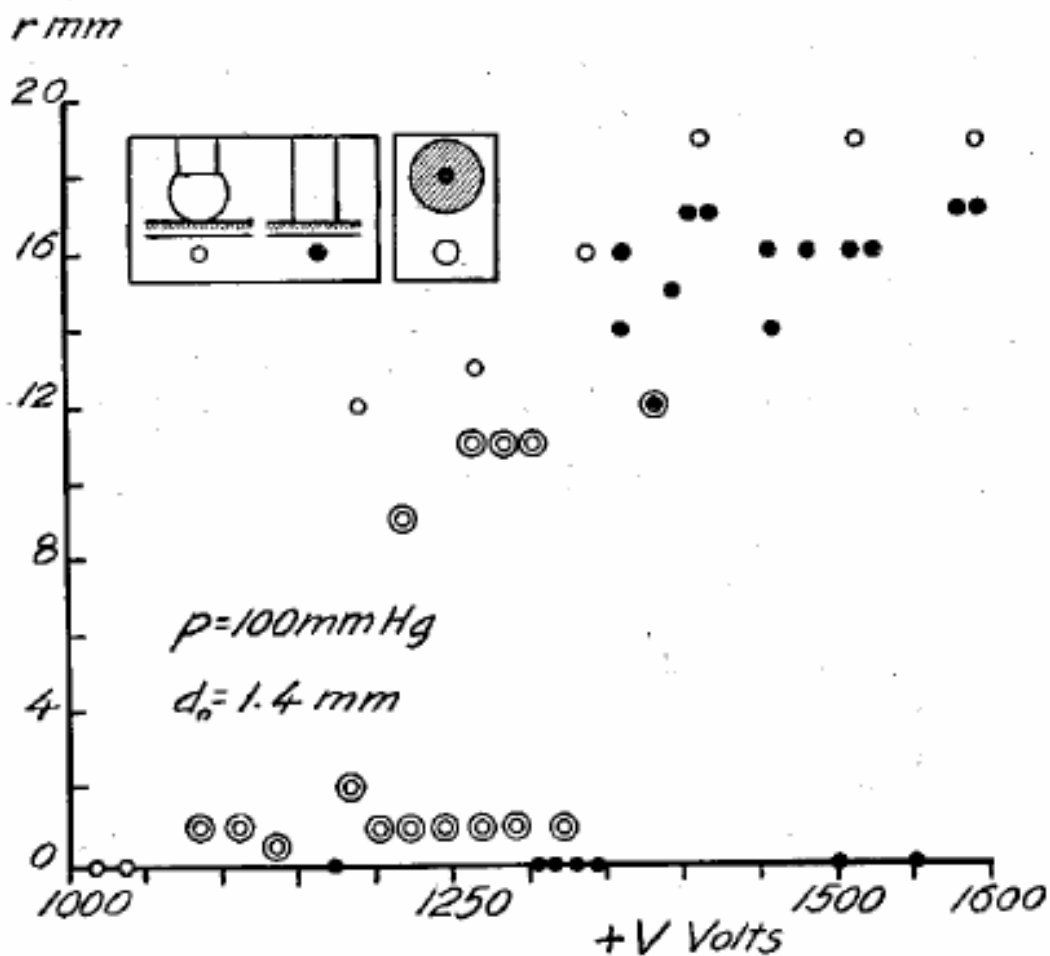


Рис. 1-6-4. Корона свечения при выдержке 0,5 и 1 сек.

1.7 Зависимость радиуса короны разряда от приложенного напряжения.

При увеличении напряжения до некоторого критического значения происходит постепенное увеличение размера области, в которой происходит разряд. При дальнейшем увеличении напряжения происходит образование длинных узких интенсивных стримерных каналов. Возникновение таких каналов означает возникновение искрового разряда.



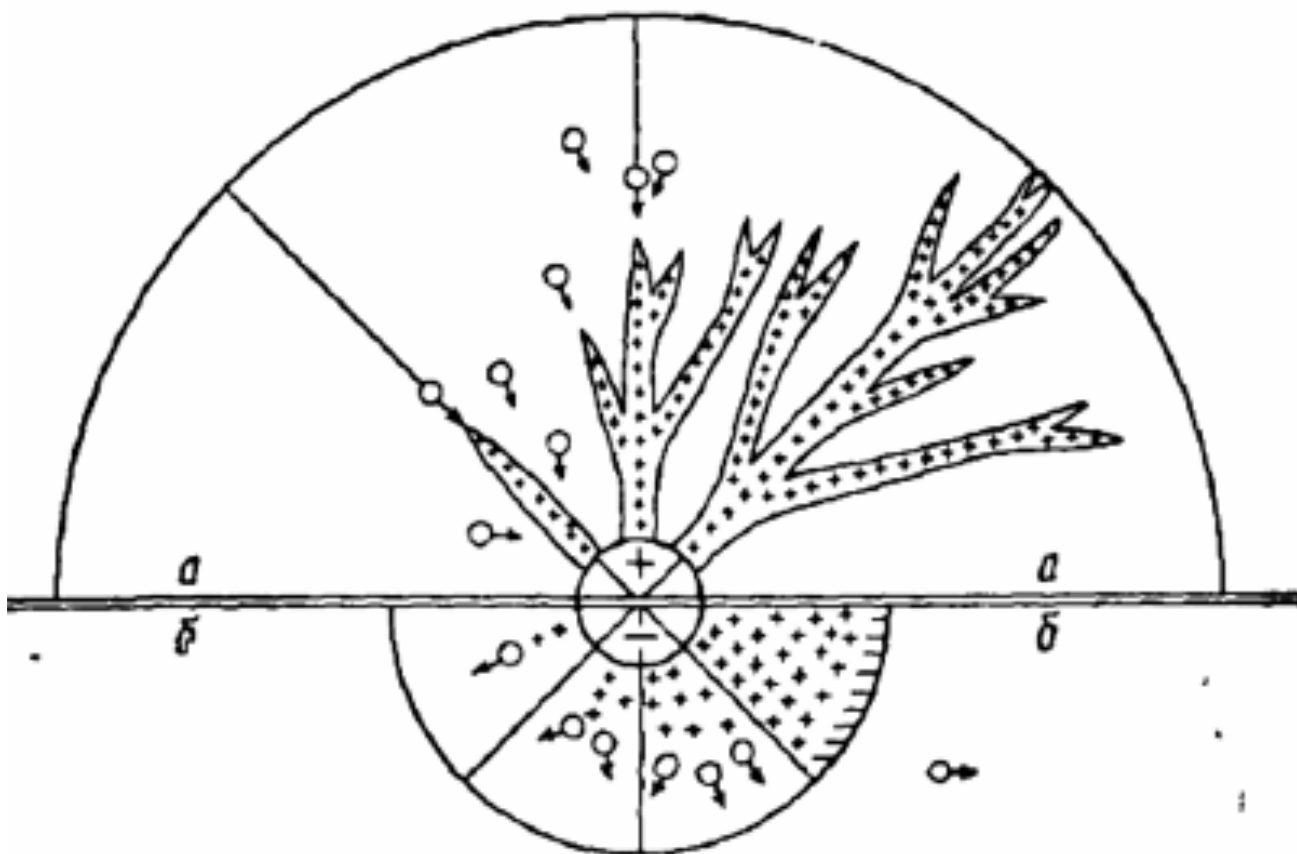


Рис. 1-7-1. Схема образования фигур Лихтенберга. А-при положительных разрядах, В-при отрицательных разрядах. Кружки со стрелками обозначают электроны.

1919-Pedersen P.O. «On the Lichtenberg Figures. **Part I.** Preliminary Investigation» Vidensk. Selsk. Math. fys. Medd. V.I, no.11. Copenhagen (February 1919).+

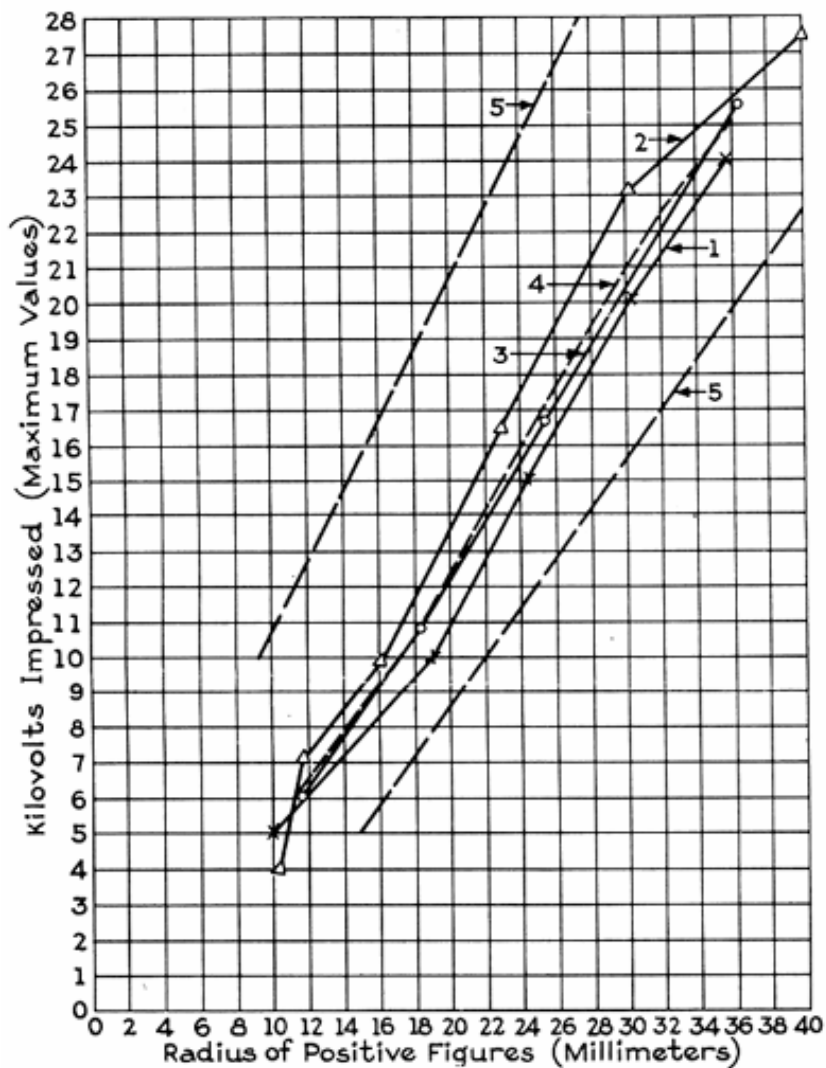


Рис. 1-7-2. Калибровочная кривая. При изменении напряжения от 5 до 25кВ радиус разряда изменяется от 10 до 30мм.

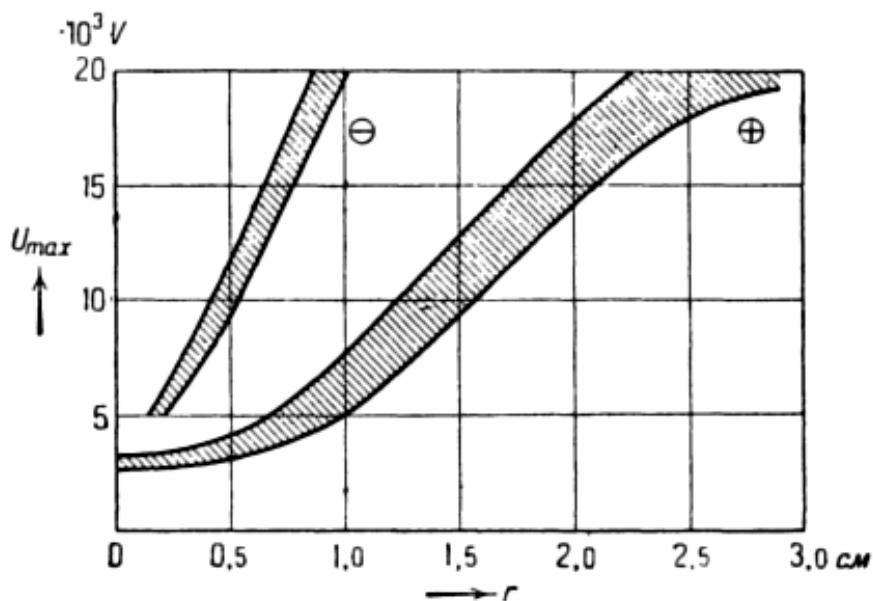


Рис. 1-7-3. Зависимость радиуса скользящего разряда на положительном и отрицательном электродах от напряжения. Острие на стеклянной пластине толщиной от 0,1 до 2 см.

1924-Peters J.F. "The Klydonograph". Electrical World. 1924. 19 April. V.183, p.769-773.

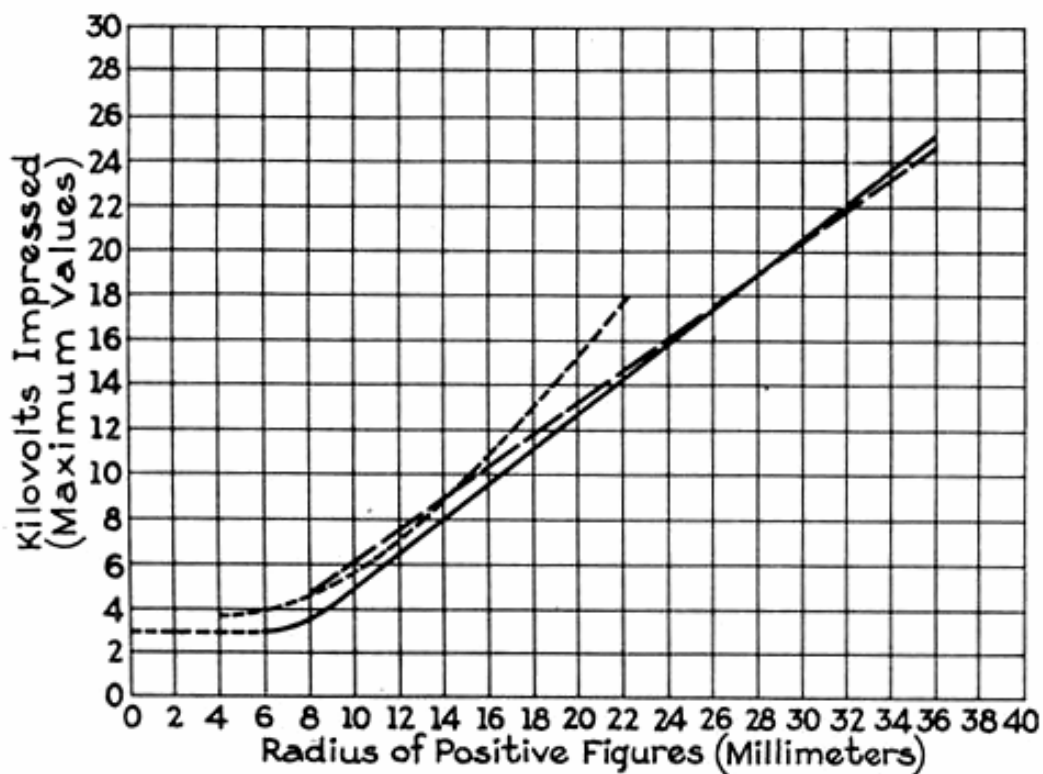


Рис. 1-7-4. Зависимость радиуса свечения от напряжения.

1927-Everett S. Lee and C.M. Foust. General electric review schenectady, New York.

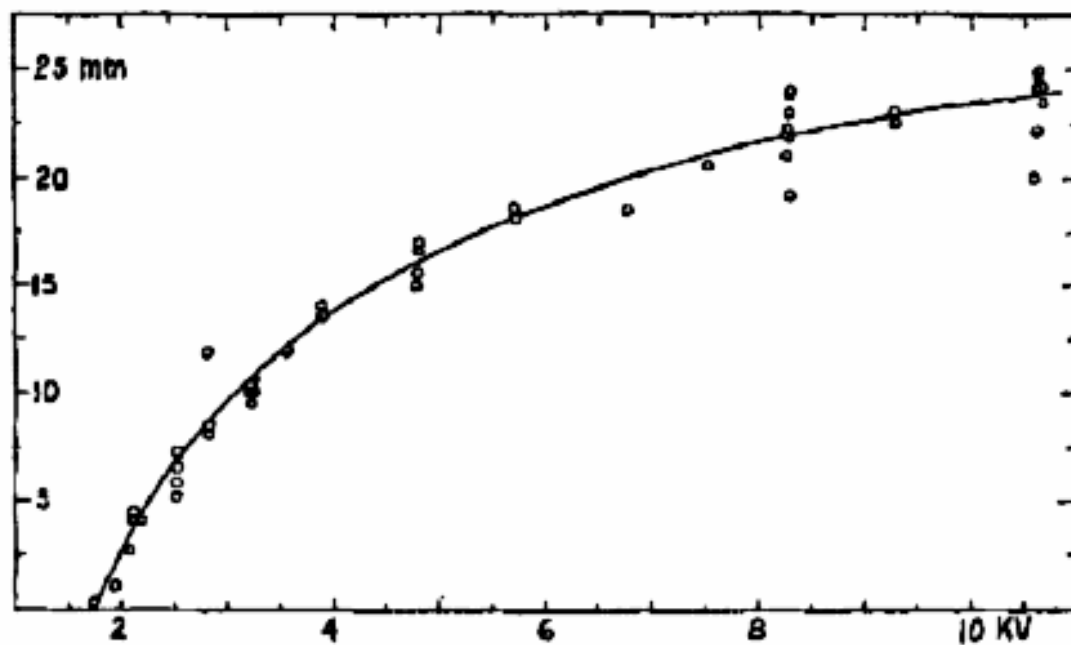


Рис. 1-7-5. Зависимость диаметра фигуры Лихтенберга от величины приложенного напряжения, при положительном напряжении, на стеклянной пластине толщиной 1,7мм, диаметр электрода 1,6мм.

1945-Zeleny John. Variation of Size and Charge of Lichtenburg Figures with Voltage. American Journal of Physics, 1945. v.13. Issue 2. p.106-109.+

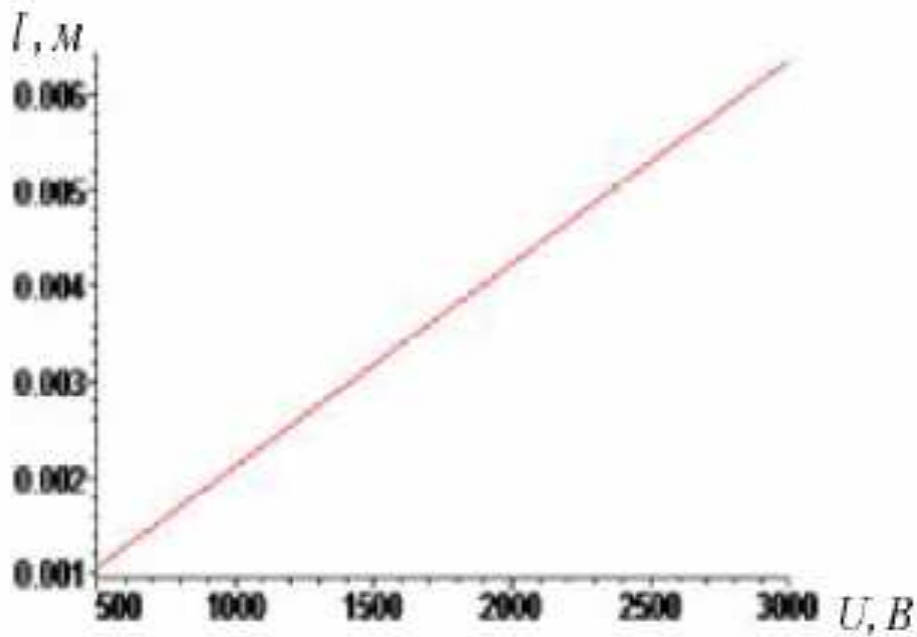


Рис. 1-7-6. Зависимость диаметра свечения капли дистиллированной воды от напряжения.

2011-Билинский И.И. Павлюк А.А. Кныш Б.П. Исследование характеристик газоразрядной визуализации изображений жидкофазных объектов. Вестник ВПУ. 2011. №5(98). с.178-183.

Зависимость площади короны от напряжения и времени накопления сигнала.

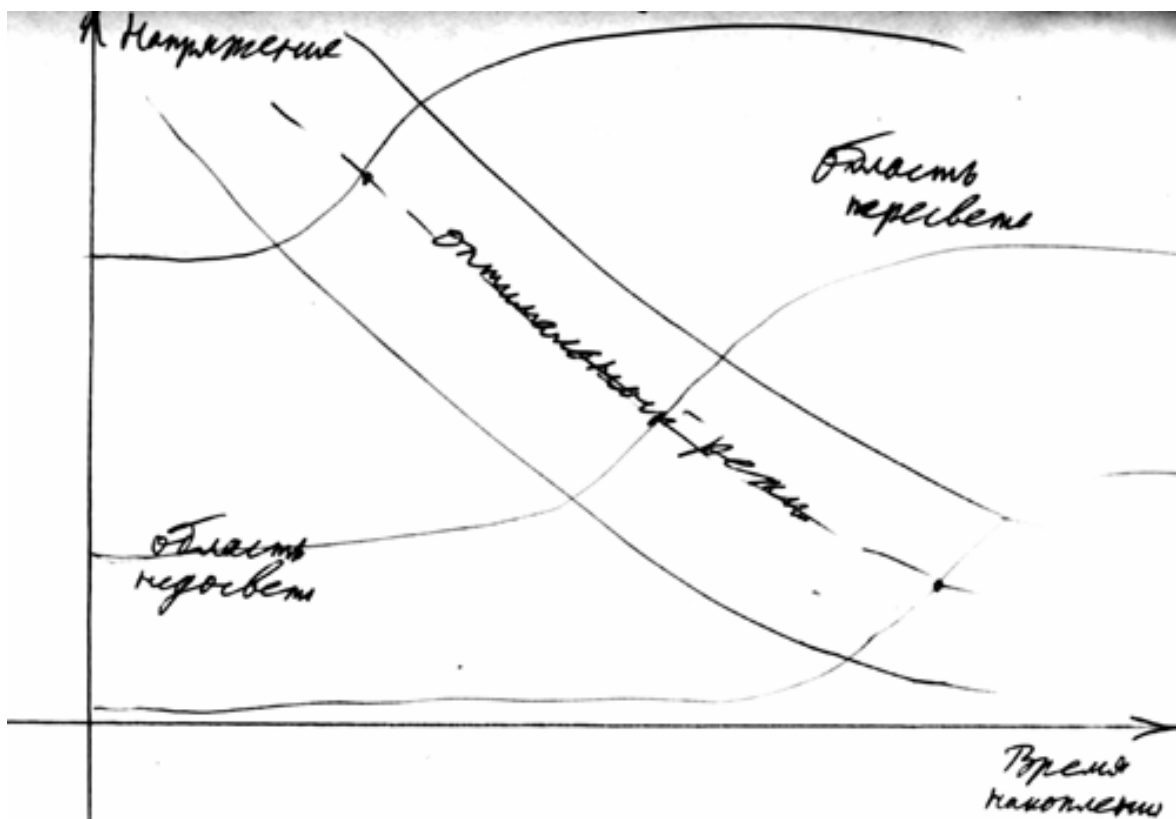


Рис. 1-7-7. Выбор оптимального напряжения для регистрации свечения.

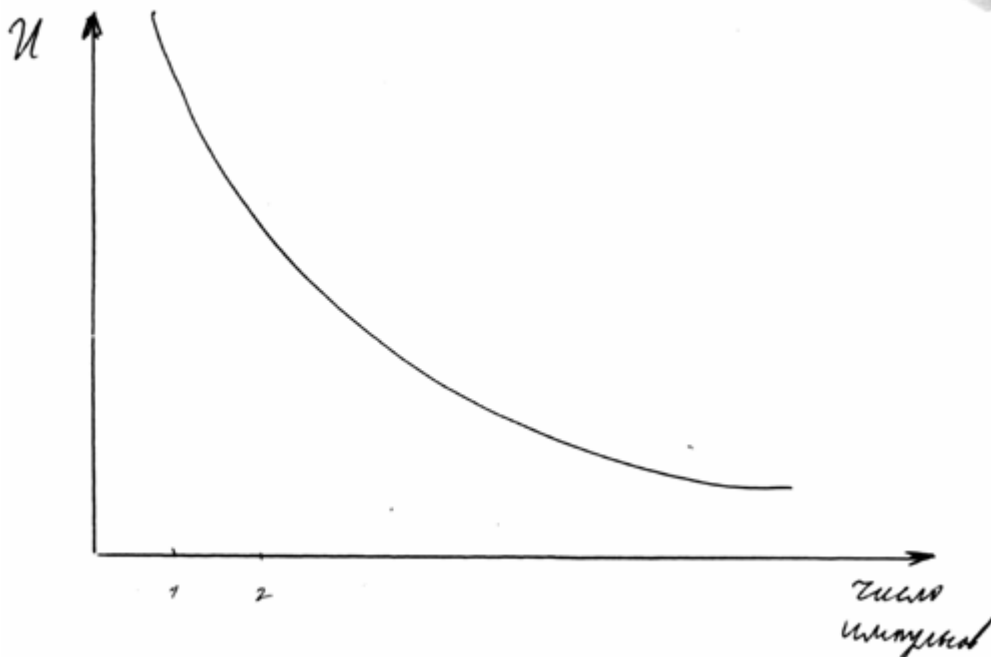


Рис. 1-7-8. Линия постоянной яркости короны в зависимости от напряжения и количества импульсов разряда.

1.8 Оптимальный выбор атмосферы.

Давление атмосферного воздуха и температура (комнатная) существенно не влияют на картину свечения. При съемках в одинаковых условиях короны свечения хорошо воспроизводимы.

Состав солей в жидкости организма характеризует его здоровье. У человека, через поры кожи испаряются разные вещества, имеется микроатмосфера. Каждый из нас пахнет по-особому, выделяет что-то. Если создать переменное электрическое поле около поверхности тела, то возникнет разряд. Фотография даёт электролюминесцентную картинку тех веществ, которые мы выделяем.

В электроположительных газах (воздух, азот, водород и др.) вид газоразрядных фигур различается не очень сильно, в то время как введение электроотрицательных добавок (например, CCl_4) вызывает кардинальное изменение всей фигуры: резкое уменьшение размера и подавление «тонкой структуры» изображения. В атмосфере азота они более ярче выражены, чем просто в воздухе, не говоря уже об аргоне.

Для инертных газов величина энергии ионизации довольно большая ($\text{Ue}-25$, $\text{Ne}-23$, $\text{Ar}-17$, $\text{Kr}-15$, $\text{Xe}-13$). Поэтому электроны в энергичном при фиксированном напряжении пролетают большое расстояние, и картина имеет большой размер.

1890-F.J. Smith. Inductoscript. Proceedings of the Physical Society of London, 1890. Volume 11, Issue 1, p.353-356.+

Проводилась регистрация разряда при различных газах. Наилучшие результаты получились при наполнении рабочего объема кислородом. В вакууме регистрация не происходила. При повышении температуры регистрация происходила более быстро, но качество результирующей картинки не изменялось.

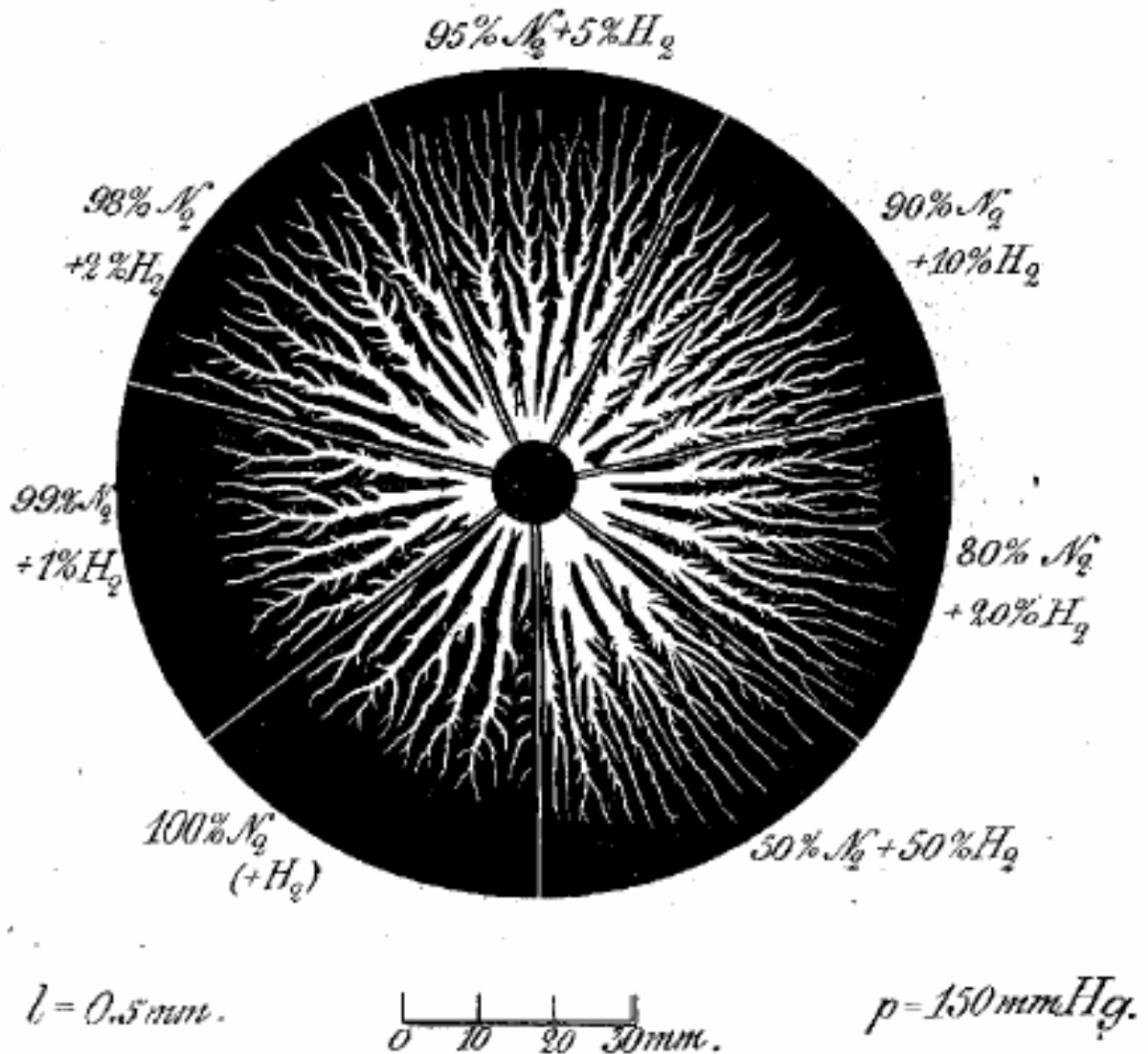


Рис. 1-8-1. Зависимость величины разряда **положительного** электрода от состава газовой среды, смесь водорода и азота.

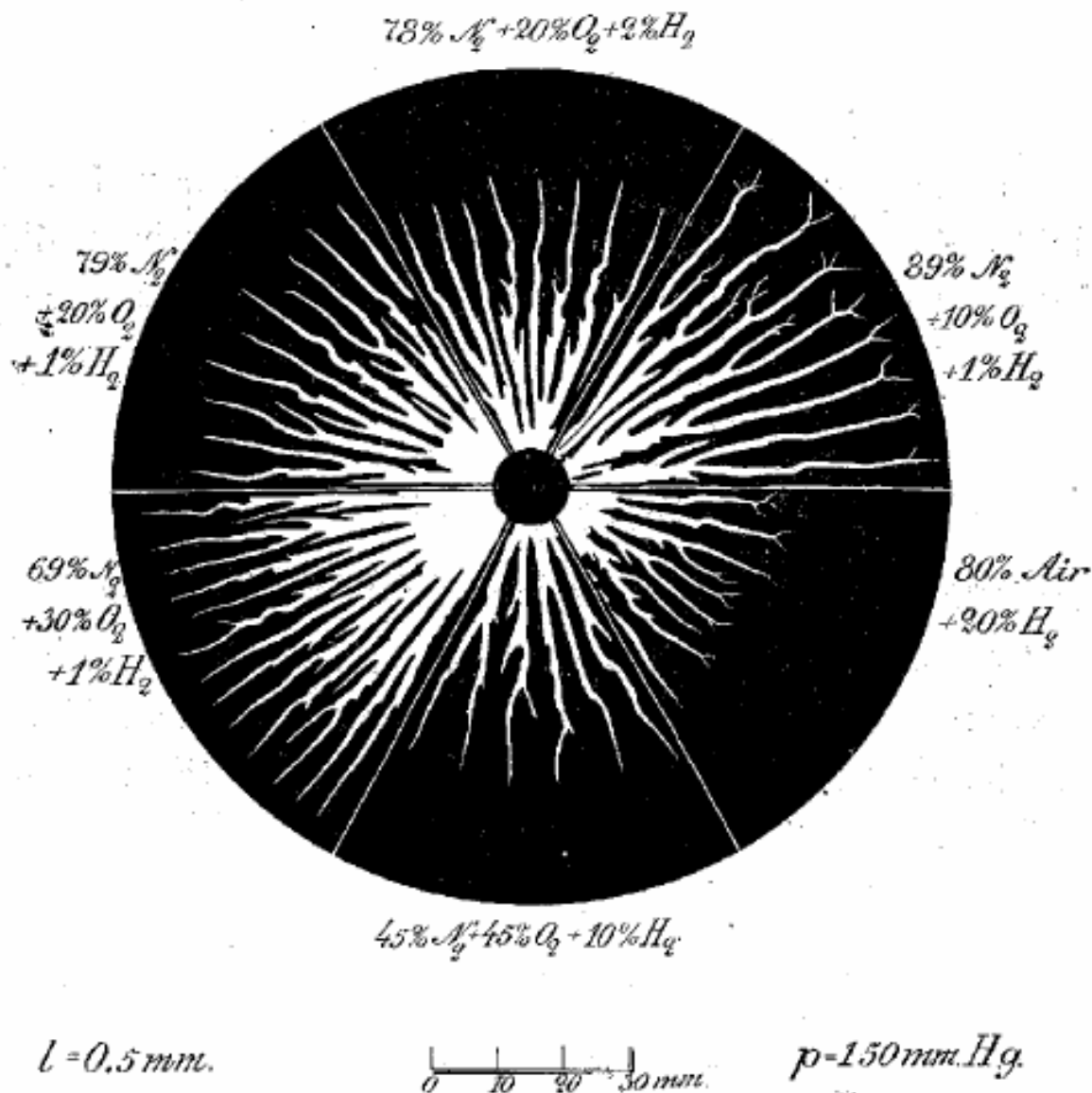


Рис. 1-8-2. Зависимость величины разряда положительного электрода от состава газовой среды, смесь водорода, кислорода и азота.

1919-Pedersen P.O. «On the Lichtenberg Figures. **Part I.** Preliminary Investigation» Vidensk. Selsk. Math. fys. Medd. V.I, No. 11. Copenhagen (February 1919).

1939-Merrill, F.H. and Artur von Hippel, The Atomphysical Interpretation of Lichtenberg Figures and Their Application to the Study of Gas Discharge Phenomena, Journal of Applied Physics. 1939. V.10. Issue.12. p.873-887.+ Они исследовали образование фигур Лихтенберга на фотографических пластинках в различных газах при различных давлениях. Исследования показали, что фигуры образуются от света, излучаемого разрядом, и что характер фигур определяется природой окружающего газа. В **электроположительных газах** (не поглощающих электроны) (воздух, азот, водород и др.) вид газоразрядных фигур качественно идентичен. Введение **электроотрицательных добавок** (поглощающих электроны) (кислород, хлористый углерод, фреон- CCl_2F_2) вызывает резкое уменьшение размера и подавление "тонкой структуры" изображения. Это связано с тремя основными процессами: поглощением иницирующих медленных электронов, что препятствует развитию электронных лавин; поглощением вторичных электронов, рожденных в лавине; искажением электрического поля за счет отрицательных ионов.

1941-Rogowski W., Martin O., Thielen H., Arch. Elektrotechn. 1941. 51. p.424.

Они исследовали фигуры Лихтенберга, полученный при коротких импульсах напряжения длительностью 10в-8сек в воздухе, водороде, азоте и кислороде. Они обнаружили следы отдельных электронных лавин,двигающихся от отрицательного электрода.

1952-White H.J. Trans. A.I.E.E. 1952. 71. 1. p.326.

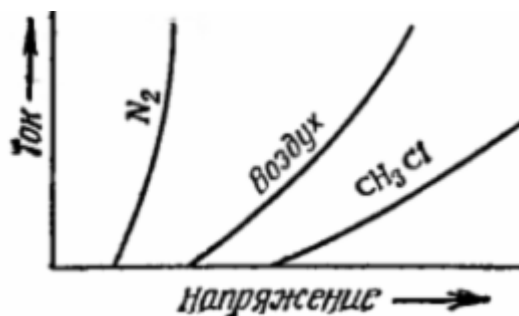


Рис. 1-8-3. Зависимость тока от напряжения для различных газов при коронном разряде. Воздух имеет характеристики средние между азотом и кислородом.

1981-Инюшин Виктор Михайлович, Киреева Лидия Андреевна. Способ получения изображения биологических объектов. Патент **1027681**. 1983.+ Биообъект через светофильтр экспонируют на фотопленку, расположенную в газовой среде, после чего фотопленку проявляют, отличающийся тем, что, с целью повышения информативности о физиологическом и биоэнергетическом состояниях биообъекта, в качестве газовой среды **использован водород**.

1999-Коротков К.Г. Проводилось исследование разряда при различном составе воздуха с помощью эвакуированной камеры.

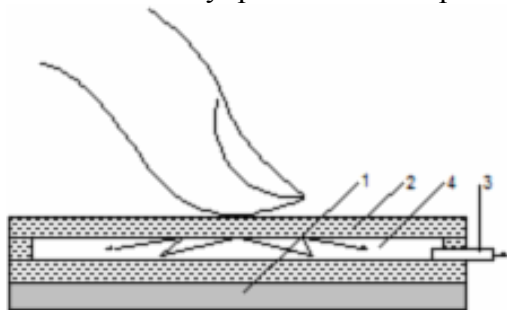


Рис. 1-8-4. Схема проведения эксперимента с эвакуированной камерой. 1-оптическое окно ГРВ прибора; 2-стеклянная камера; 3-патрубок для откачки воздуха и напуска газов; 4-вакуумный разрядный промежуток.

На оптическое окно ГРВ прибора 1 устанавливается устройство, состоящее из плоских оптических стекол 2, вакуумно плотно склеенных с зазором 1мм. Патрубок 3 служит для откачки воздуха и напуска газов. Величина зазора была подобрана путем количественного сопоставления контраста и яркости ГРВ-граммы тест-объекта при варьировании зазора от 0.55 до 1.5мм при обработке в ГРВ программах. Оптимальными оказались зазоры 0.8-1мм. Давление газов поддерживалось в пределах 1000-2000 ПА. Использовались воздух, азот, аргон. Разряд развивался полностью в замкнутой полости 4, потенциалы зажигания зависели от величины давления и сорта газа в соответствии с кривой Пашена.

Применение эвакуированной камеры полностью исключает физический контакт объекта с областью разряда, в частности, устраняет влияние влажности объекта и окружающего атмосферного воздуха. При этом характер ГРВ-граммы качественно не меняется (хотя площадь засветки увеличивается) и все особенности топографических неоднородностей ГРВ-грамм сохраняются.

1999-Коротков К.Г. Разработка научных основ и практическая реализация биотехнических измерительно-вычислительных систем анализа газоразрядного свечения, индуцированного объектами биологической природы. Диссертация доктора технических наук. СПб. 1999.

2005-Шибков Л.В. Шибкова В.М. Разряд в смесях инертных газов. М. Физматлит, 2005.

2006-Иванов Илья Петрович, Ульяновск.

руководитель ИТГ «Солярис», директор Центра «Солярис» при УлГУ,
научный сотрудник НИТИ им.С.П.Капицы УлГУ.

Абдулов Игорь Игоревич, школьник.

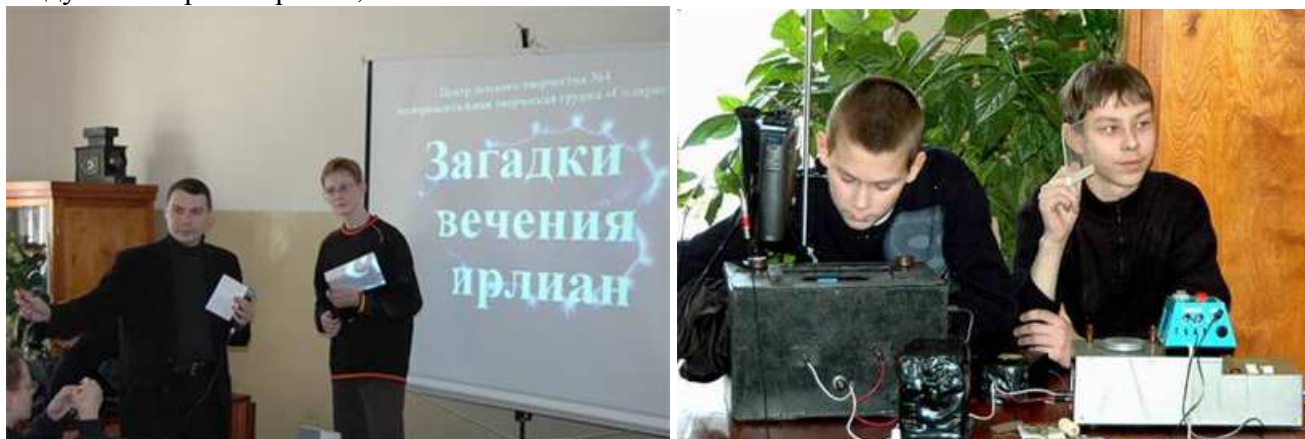


Рис. 1-8-5. Работа на приборе.

Загадку свечения Кирлиана пытаются раскрыть юные ученые из экспериментальной творческой группы "Солярис". О своих достижениях они поведали журналистам на открытом заседании Академии наук, состоявшемся в музее "Народное образование Симбирской губернии в 70-80-х гг. XIX века" 14 марта. Сама группа "Солярис", объединяющая учащихся лицея физики, математики и информатики №40 при УлГУ, существует с 2006 года. Руководит ей педагог дополнительного образования Илья Иванов. Ребята продемонстрировали работу сконструированного ими прибора "Кирлиан-камеры АЭС-1". Эксперименты проводились с помощью Кирлиан-камеры ГРВ-компакт, и с помощью самодельных камер Кирлиан. При регистрации свечения пальца в различной газовой среде использовалась ГРВ-компакт камера, в которой под крышку к пальцу по трубке запускался газ.

Основываясь на исследованиях свечения Кирлиан, можно предложить:

1) Использовать в ГРВ приборах свечение биологических объектов в атмосфере аргона. Это позволит понизить величины используемого напряжения, а значит, деструктивное воздействие на объект, увеличить время воздействия, уменьшить чувствительность фотоприёмника, приведёт к снижению отрицательного воздействия на живой объект и исследователя озона, окислов азота и других веществ, продуктов различных плазмохимических реакций, образующихся при свечении в воздушной атмосфере. Для практической реализации данного метода достаточно осуществить незначительную модификации выпускаемых сейчас ГРВ приборов, связанную с герметизацией их рабочей области и возможностью её продувания тем или иным газом.

2) Особенности свечения объектов в CO₂ необходимо учитывать при анализе любых ГРВ грамм живых объектов: тёмные участки, разрывы свечения могут быть обусловлены не только изменением электрических и эмиссионных характеристик объекта вблизи этих участков, но и повышенным выделением ими CO₂, присутствие которого подавляет основные линии и полосы свечения.

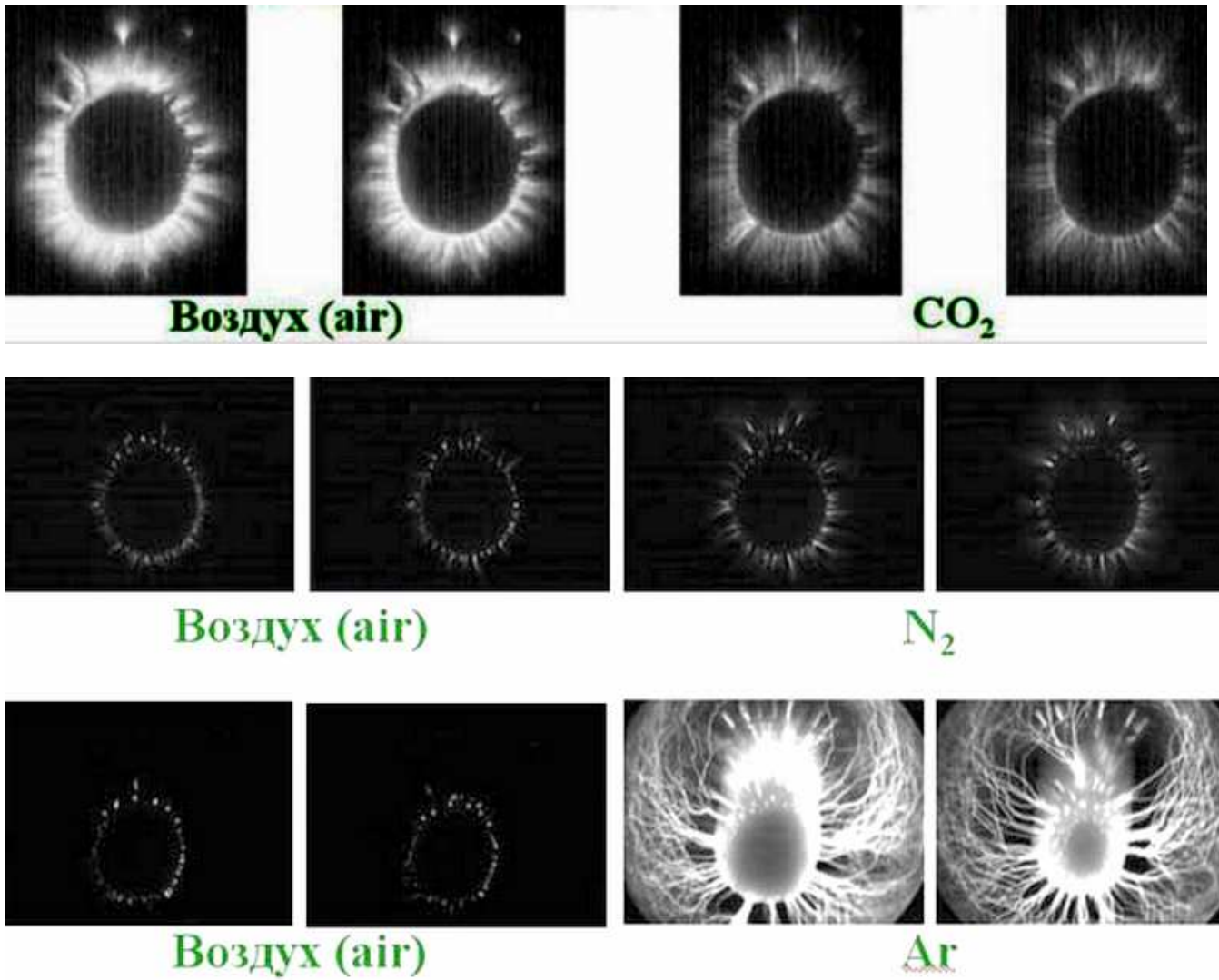


Рис. 1-8-6. ГРВ-граммы пальца в среде различных газов. Интервал между двумя снимками 3сек.



Рис. 1-8-7. Герметичная газовая Кирлиан-камера ГГКК-1.

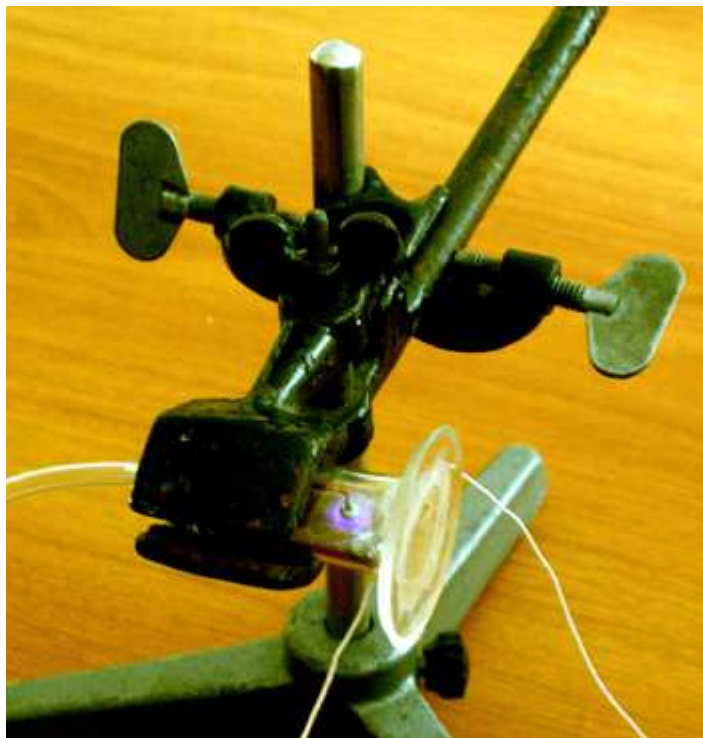


Рис. 1-8-8. Проточная газовая камера ПГКК.

2006-Абдулов И.И., Алтынбаев Е.В., Бабич А.Ю., Иванов И.П., Котович И.А., Тишкин Э.Ю., Тюрин С.С. Исследование зависимости спектра свечения Кирлиан от химического состава объекта и окружающей его газовой атмосферы. Конф. СПб. 2006.

2007-Абдулов И.И. Иванов И.П. Перспективы практического применения результатов исследований свечения Кирлиан. 2007.

2014-Ms. Maria Prantsidou, Ph.D in Physical Chemistry at the Plasma Chemistry lab of Prof. J. Christopher Whitehead, University of Manchester. 2014.



Рис. 1-8-9. Барьерный разряд в атмосфере аргона на влажном диэлектрике.

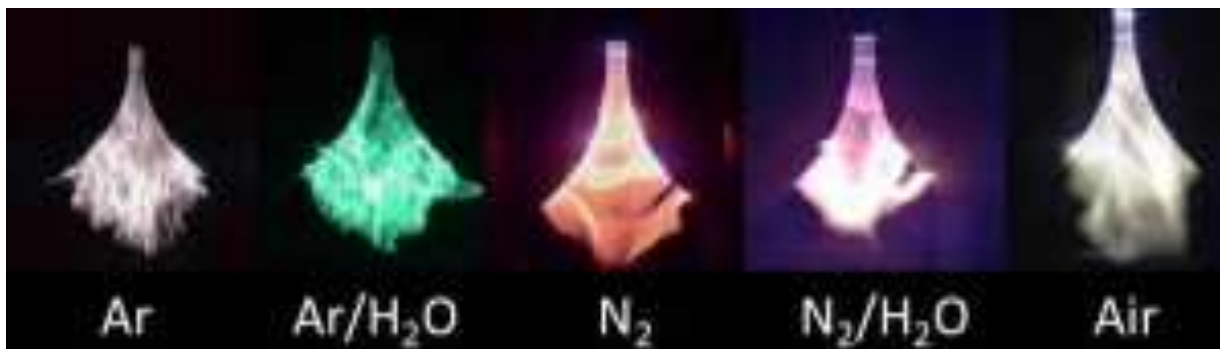


Рис. 1-8-10. Цвет стримеров в различной газовой среде.

1.9 Получение разряда с длинными стримерами.

Очень эффектными являются снимки свечения, на которых стримеры имеют большую длину. Для возникновения разряда при значительном удалении пальца от поверхности диэлектрика (2-5мм) и получения длинных стримеров необходимо выполнение следующих условий:

- 1-увеличение напряжения,
- 2-понижение давления газа,
- 3-регистрация разряда в атмосфере аргона.

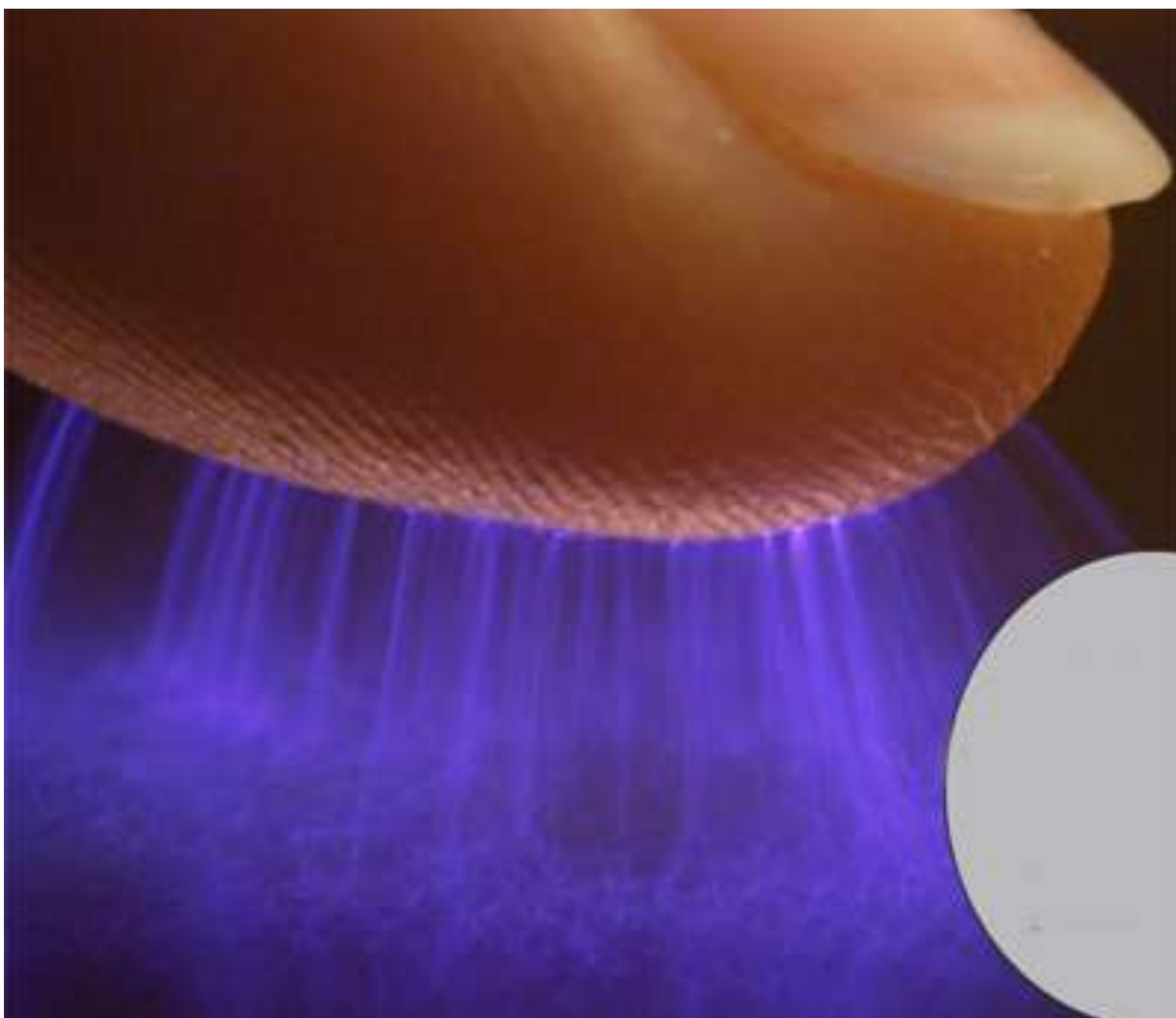


Рис. 1-9-1. Свечение пальца.

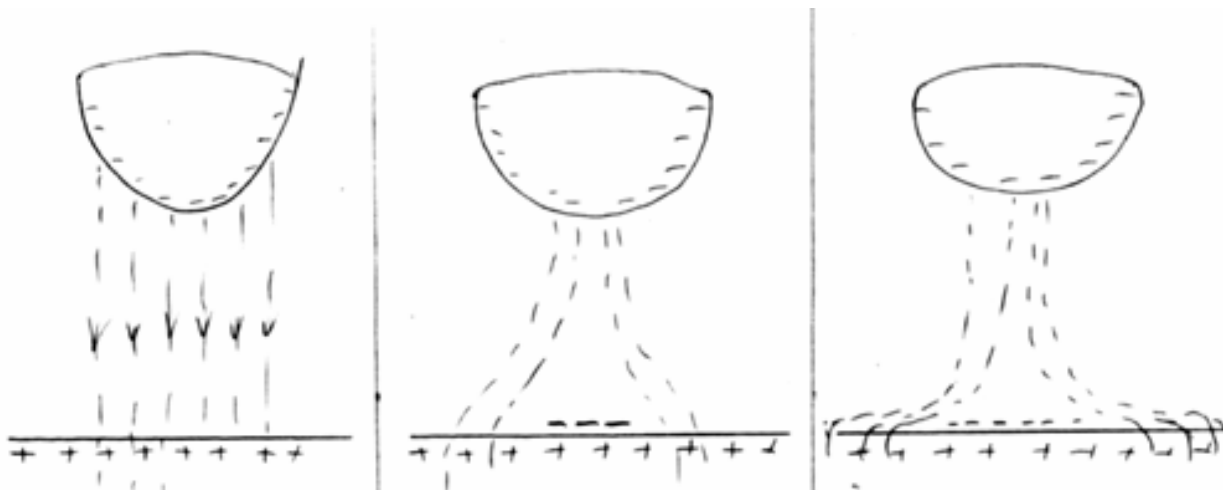


Рис. 1-9-2. Динамика развития разряда в атмосфере аргона.

2006-Абдулов И.И., Алтынбаев Е.В., Бабич А.Ю., Иванов И.П., Котович И.А., Тишкин Э.Ю., Тюрин С.С. Исследование зависимости спектра свечения Кирлиан от химического состава объекта и окружающей его газовой атмосферы. Конф. СПб. 2006.

Проводились исследования свечения в различных газовых средах. Наиболее существенное изменение формы ГРВ-грамм наблюдалось в атмосфере аргона. Испытуемый при этом чувствовал более сильное действие тока на палец, чем при съёмке в воздухе и других газах. Особенностью свечения Кирлиан в аргоне является существенное увеличение размера скользящего разряда вокруг объекта при неизменном напряжении высоковольтного источника. При исследовании металлических объектов в изготовленной герметичной газовой Кирлиан камере размер скользящего разряда вокруг них при заполнении камеры аргоном увеличивался с 1мм. до 5мм, т.е. в 5 раз.

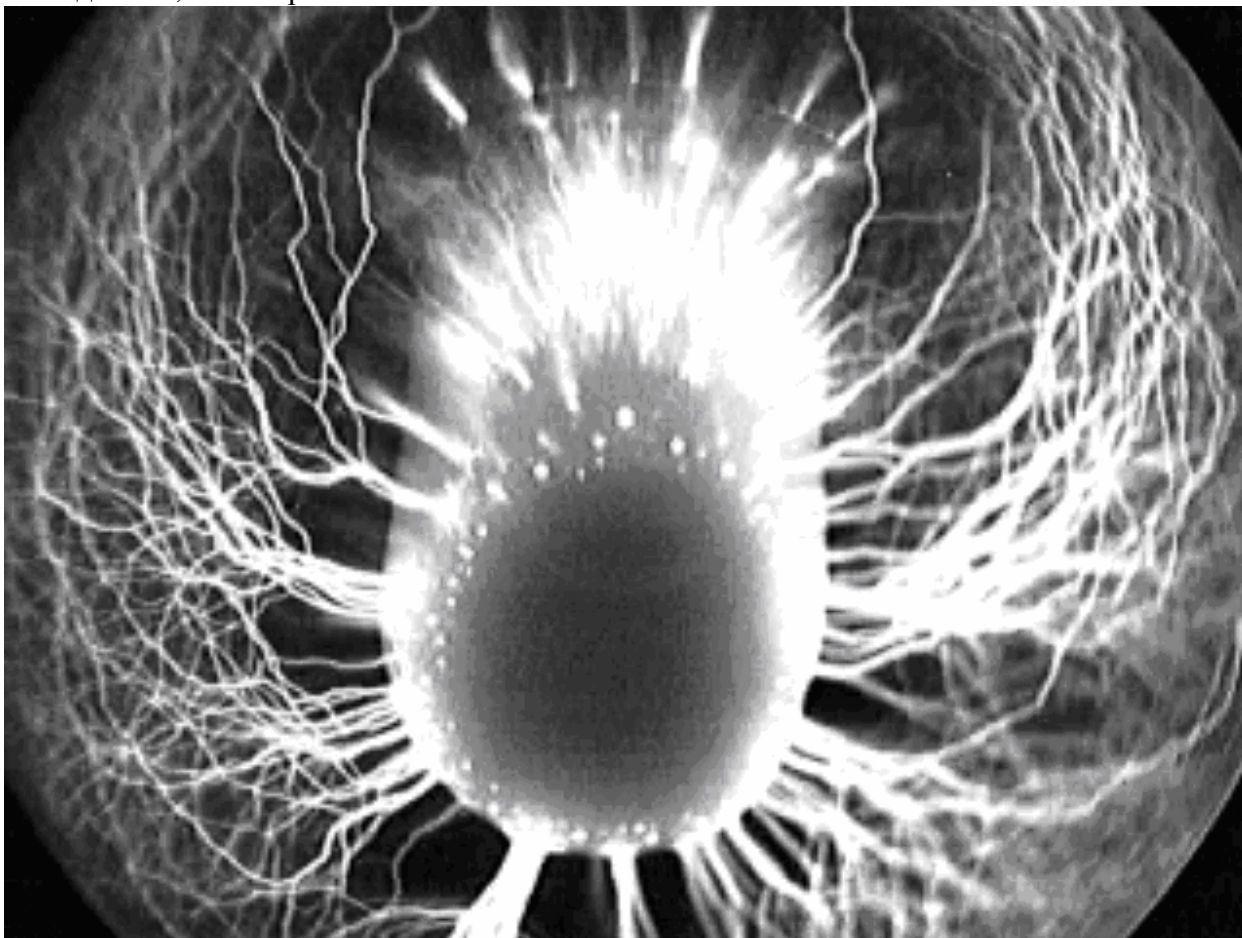


Рис. 1-9-3. Снимок свечения пальца в среде аргона. 2006 год.



Рис. 1-9-4. Снимок сделан Manfred Kirschner, Germany. 1975 год.

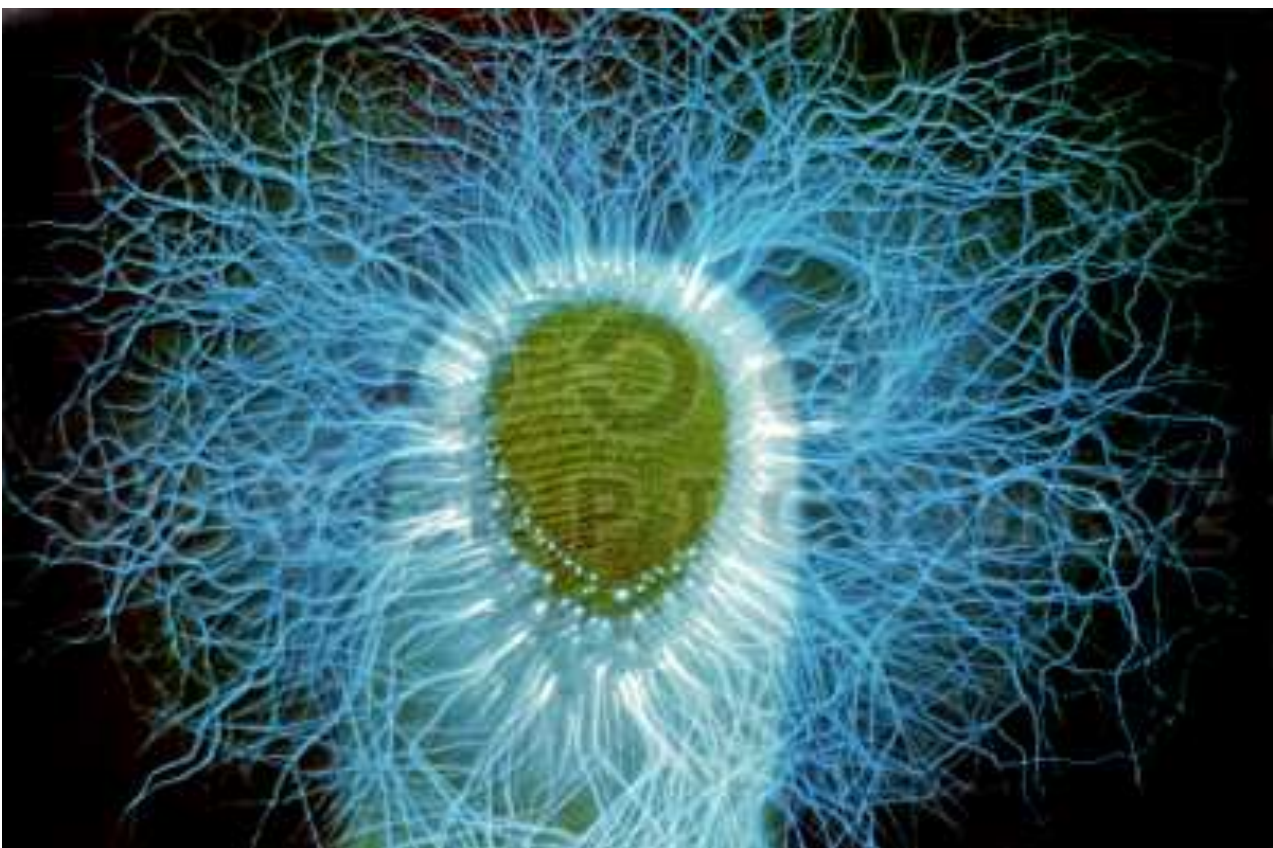


Рис. 1-9-5. Снимок сделан Manfred Kirschner, Germany. 1982 год.

Очень низкую электрическую прочность имеют инертные газы (неон, аргон и др.), а также пары натрия и ртути. Поэтому их широко применяют в газоразрядных приборах, в декоративных лампах. Длина стримера может достигать десятков сантиметров.

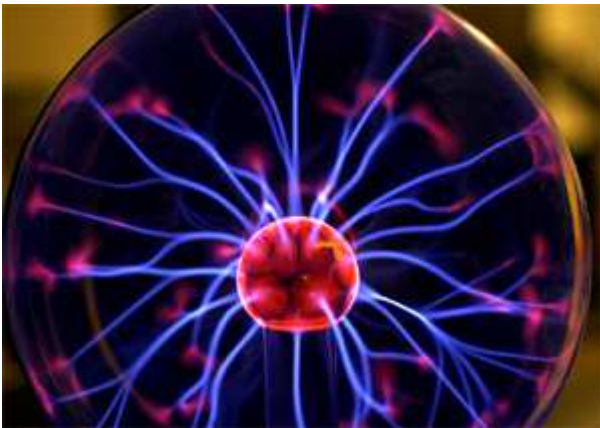


Рис. 1-9-6. Разряд в инертном газе.

1.10 Зависимость разряда от давления воздуха и расстояния между электродами.

- 1-Эффект Кирлиан в вакууме не наблюдается.
- 2-Тесла в 1892 году показал, что газовая среда (например, воздух) по мере разряжения превращается из изолятора в проводник, причем чем ниже давление, тем легче газ пропускает электричество.
- 3-При понижении давления увеличивается длина свободного пробега электронов в газе. Электрон набирает большую скорость и энергию. Вероятность возникновения разряда возрастает.
- 4-При повышении давления уменьшается длина свободного пробега электронов в газе. Следовательно соударение происходит с меньшей энергией.
- 5-При пониженном давлении и повышенной влажности свечение желтеет.
- 6-При повышении давления интенсивность линий ультрафиолетовой части спектра снижается, а интенсивность линий видимой части спектра возрастает.

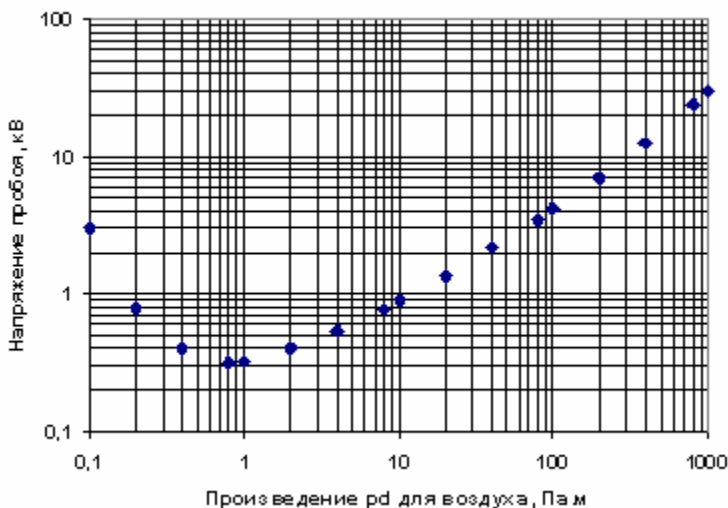


Рис. 1-10-1. Зависимость напряжения пробоя от давления и расстояния между электродами. Закон Пашена определяет зависимость напряжения пробоя газового промежутка с однородным полем от произведения давления газа на расстояние между электродами.

Для воздуха минимум пробивного напряжения составляет **300 В** и он достигается вблизи $p \cdot d \sim 1$ Па·м. При давлении 0.1 МПа (1 атм) минимум соответствует размеру межэлектродного промежутка **10 мкм**.

При малых давлениях расстояние между частицами достаточно велики, следовательно мала вероятность столкновения, следовательно мало развита ударная ионизация. При некоторой величине давления начинается рост пробивного напряжения, т.к. расстояние между молекулами уменьшаются, соответственно уменьшается длина свободного пробега заряженной

частицы и снижается вероятность процессов ударной ионизации за счет малой величины энергии набираемой свободной частицей за время свободного пробега.

Электрическая прочность снижается при уменьшении расстояния.

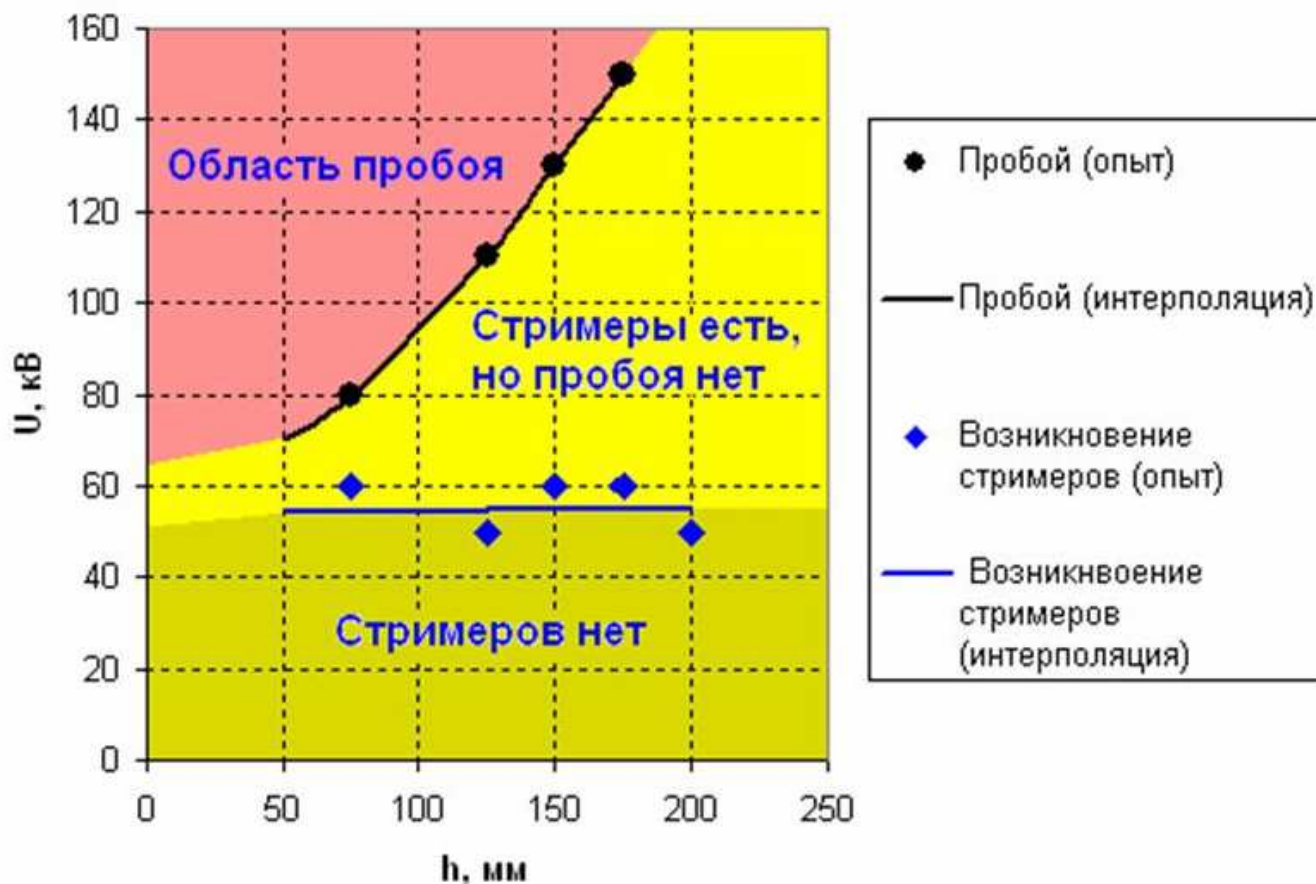


Рис. 1-10-2. Напряжение пробоя и напряжение возникновения стримеров. Зависимость от межэлектродного расстояния h . Система сфера-плоскость, радиус сферы 2,5мм.

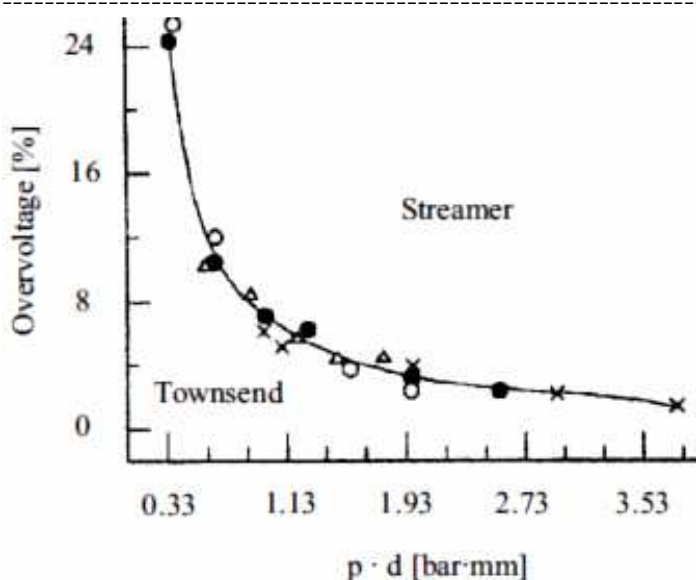


Рис. 1-10-3. Зависимость типа разряда в газе от перенапряжения и параметра $P \cdot D$, где P -давление. D -расстояние между электродами. Ниже кривой происходит Тоунсендовский (лавиновый) разряд, выше кривой происходит стримерный разряд.

1998-Yu. D. Korolev and G. A. Mesyats, "Physics of pulsed breakdown in gases", UROPress, (1998).



Рис. 1-10-4. Области таунсендовского и стримерного разрядов. С увеличением Pd растет число электронов в лавине, и поэтому необходимо меньшее перенапряжение.

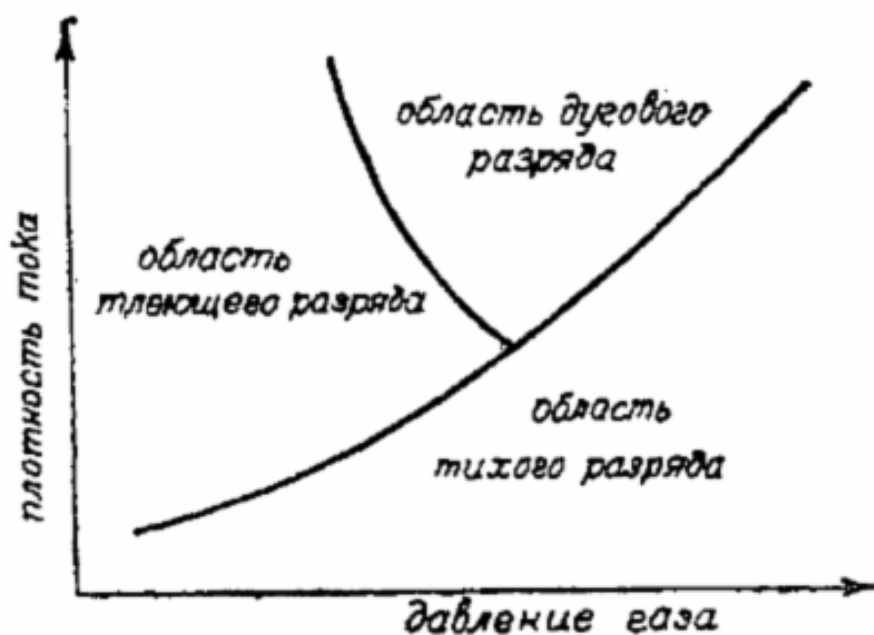


Рис. 1-10-5. Зависимость типа разряда от давления и плотности тока.

1777-Георг Лихтенберг исследовал зависимость радиуса разряда от давления, и обнаружил, что с уменьшением давления размер разряда увеличивается.

1898-**J. A. McClelland**. On the figures produced on Photographic plates by electric discharges. Cambridge. Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, Mathematical and Physical Sciences 1898. v.9. p.522-524.+

Положительный разряд производил более четкий и большой размер изображения. Исследовалась зависимость формы разряда от давления воздуха. При понижении давления происходит возрастание площади и положительного и отрицательного разрядов. При самом низком давлении разряд распространился на всю пластину. При повышении давления при положительном разряде уменьшаются ветвистые линии, а при отрицательном разряде образуется небольшой круг без структуры.

1939-F.H. Merrill and A. von Hippel A.R., "The atomphysical interpretation of Lichtenberg figures and their application to the study of gas discharge phenomena", Journal of Applied Physics. 1939. vol.10, p.873-887. Исследовался разряд при различных давлениях, от 5мм ртутного столба до 30 атмосфер. Разряд развивается в три этапа: основной разряд, искра, обратный разряд. Добавление четыреххлористого углерода и эксперименты с фреоном показали решающее

влияние электроотрицательных компонент. Они оказывают подавляющее воздействие на развитие коронного разряда.

1940-Praetorius G., Arch Elektrotechn. 1940. 34. p.83

Он исследовал форму фигур Лихтенберга от положительных и отрицательных разрядов в воздухе при пониженных давлениях и при давлениях до 20атм. Он определил зависимость среднего радиуса фигур от приложенного напряжения и давления газа.

1965-Кирлиан С.Д. разрабатывал различные приспособления для регистрации свечения при пониженном давлении, откачивался воздух из зазора, в котором возникал разряд.

1979-Dumitrescu I. (Румыния) так же разрабатывал различные приспособления для регистрации свечения при пониженном давлении.

1989-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. Для получения (визуального наблюдения или регистрации на фотоэмульсии) изображений объектов различной природы с помощью разряда в газе использовали:

-газ низкого давления 10⁻²-10⁻⁵мм рт. ст. и межэлектродное расстояние 10-150мм;

-атмосферное давление и узкий газоразрядный промежуток 50-250 мкм.

2014-Stepanyan S.A., Starikovskiy A.Yu., Popov N.A. Starikovskaia S.M. A nanosecond surface dielectric barrier discharge in air at high pressures and different polarities of applied pulses: transition to filamentary mode. Plasma Sources Science and Technology Volume 23 Number 4.

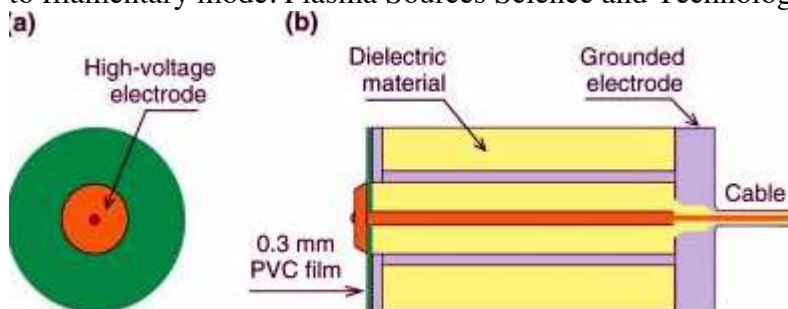


Рис. 1-10-6. Схема установки, красный-электрод высокого напряжения диск диаметром 20мм, фиолетовый-заземленный электрод, желтый и зеленый-диэлектрик.

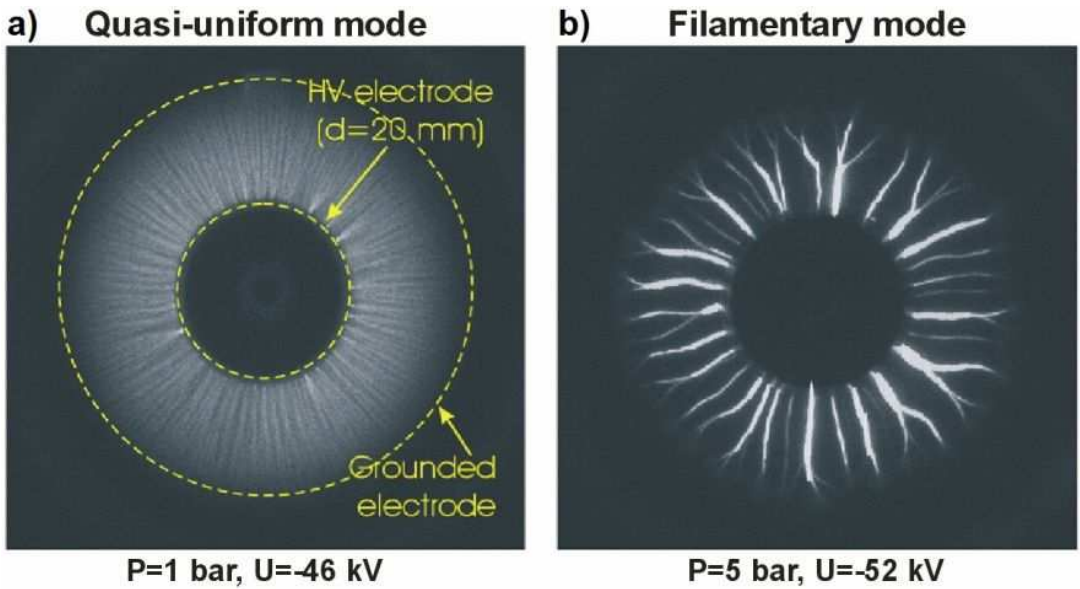


Рис. 1-10-7. Структура скользящего разряда при обычном и при высоком давлении.

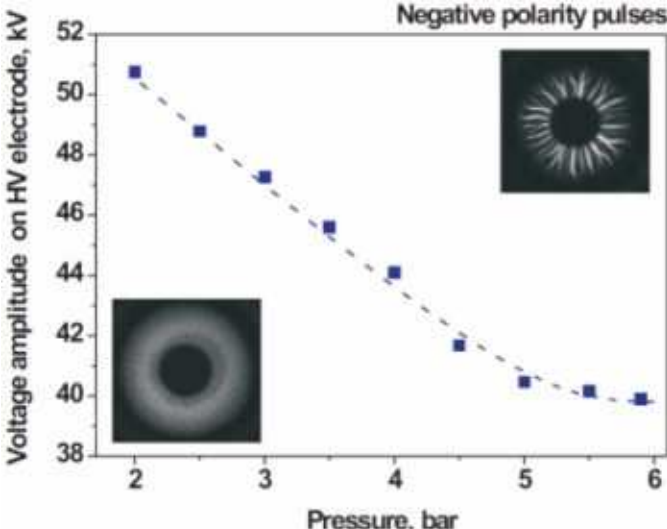


Рис. 1-10-8. Зависимость напряжение перехода из однородной формы разряда в нитевидную от давления. Выше кривой имеет место нитевидный разряд. Ниже кривой имеет место однородный разряд. (Шкала давлений 1бар=1атмосфер).

Снижение пробивного напряжения при сверхвысоких частотах наблюдается в широком диапазоне давлений. При этом при уменьшении давления газа критическая длина промежутка остается примерно постоянной.

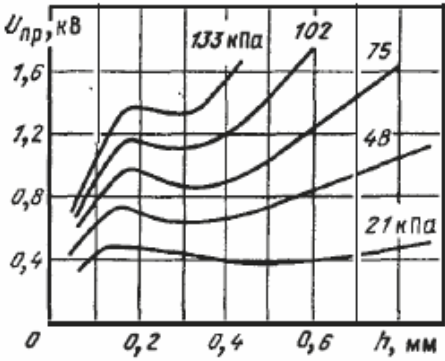


Рис. 1-10-9. Пробивные напряжения воздушного промежутка в зависимости от его длины при 200 МГц и различных давлениях воздуха. Однородное поле. Цифры у кривых указывают давление воздуха.

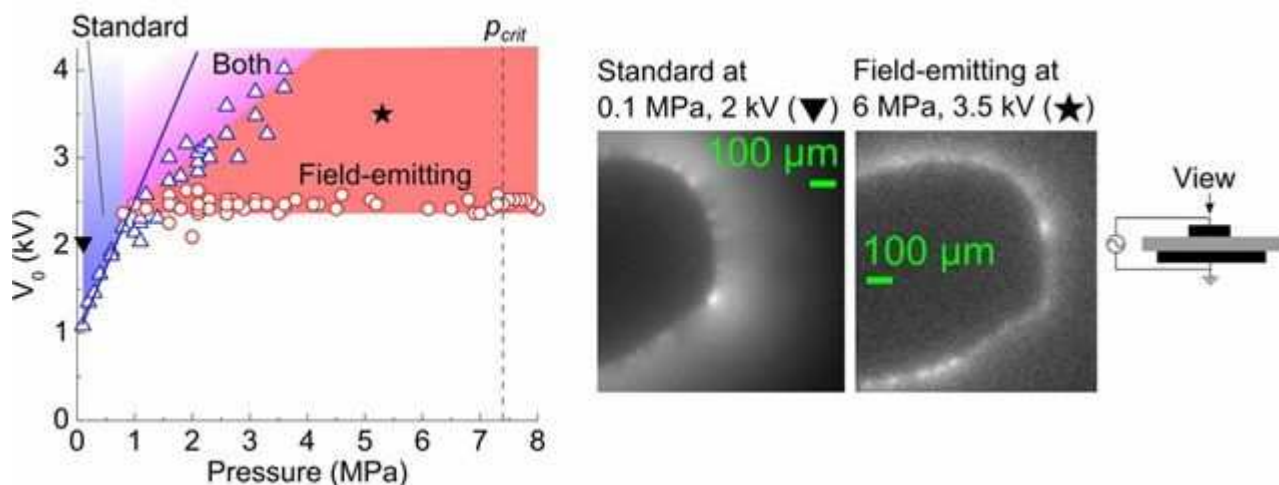


Рис. 1-10-10. Два типа барьерного разряда в атмосфере углекислого газа при различных давлениях.

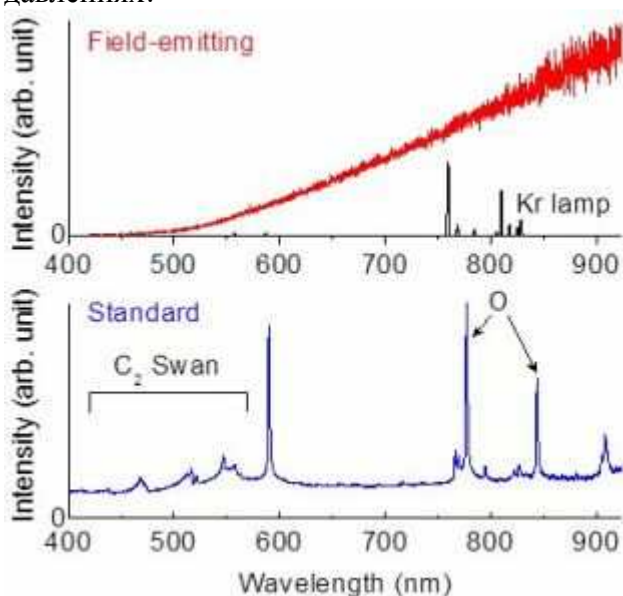


Рис. 1-10-11. Различие спектров излучения в случае стандартного и полевого разрядов.

2014 David Z Pai¹, Sven Stauss and Kazuo Terashima. Surface dielectric barrier discharges exhibiting field emission at high pressures. *Plasma Sources Science and Technology*. 2014. v.23. №2.

Зависимость газового разряда от температуры.

1998-Suehiro, Junya; Hari, Masanori; Sumiyoshitani, Satoru; Akazaki, Satoru. Modes and Characteristics of Corona Discharge in High-Temperature Air. *Electrical Engineering in Japan*. May/June 1988, Vol. 108. Issue 3, p.10-21.

2005-Abdel-Salam, M.; Allen, N. L. Onset voltage of positive glow corona in rod-plane gaps as influenced by temperature. *IEE Proceedings--Science, Measurement & Technology*. Sep 2005, Vol. 152. Issue 5, p.227-232.

2011-Leštinská, Lenka; Martišovitéš, Viktor; Machala, Zdenko. Corona discharge as a temperature probe of atmospheric air microwave plasma jet. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*. Dec 2011, Vol. 112. Issue 18, p.2779-2786.

1.11 Спектральные свойства свечения.

1.11.1 Спектр излучения при разряде.

Спектры излучения (флуоресценции) газов.

Спектр водорода: линии серии Бальмера-656 (красная), 486 (голубовато-зеленая), 434 (сине-фиолетовая), 410, 397, 388, 383 нм.

Спектр кислорода: красно-оранжевая линия, зеленая линия и фиолетовая линия.

Спектр азота: 467, 434, 406 нм.

1983-Зайдель А.Н. Атомно-флуоресцентный анализ. Ленинград. Химия. 1983. 127с.

Энергия ионизации различных молекул воздуха:

C2-11,2эВ, O2-12,1эВ, H2O-12,6эВ, H (водород)-13,6эВ, NO2-12,9эВ, CO-14,1эВ, CO2-14,4эВ, N2-15,5эВ, H2-15,6эВ.

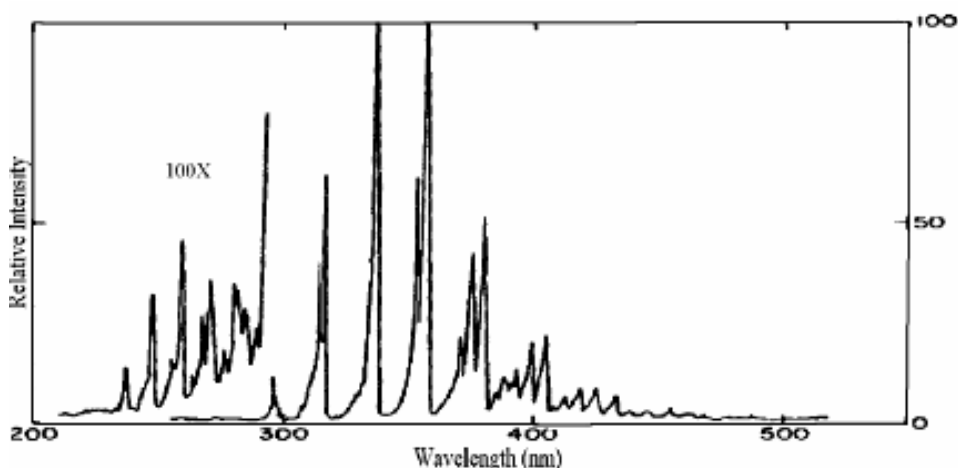


Рис. 1-11-1. Спектр свечения коронного разряда полученной фирмой OFIL (USA).

В работах конца 70-х и 80-х годов, проводились исследования мощных импульсных газовых лазеров. Скользящий разряд использовался для эффективной ионизации газа в межэлектродном пространстве и (или) создания плазменных электродов. Было замечено, что при использовании в качестве поверхности органического материала (лавсан, гетинакс и т.д.) улучшается однородность разряда и увеличивается мощность луча лазера. Были получены спектры обычного искрового и скользящего по поверхности органического диэлектрика разрядов при одинаковом удельном энергокладе. Было обнаружено, что в области вакуумного ультрафиолета интенсивность спектральных линий в случае скользящего разряда на порядок выше.

1975-Дашук П.Н., Челноков Л.Л., Ярышева М.Д., Характеристики скользящего разряда по поверхности твердых диэлектриков применительно к высоковольтным коммутаторам. «Электронная техника», сер. 4. «Электровакуумные и газоразрядные приборы», 1975, №6, с.9.

В работе исследовался спектр излучения скользящего разряда.

1975-Дашук П.Н. Сергеенкова Е.П. Спектроскопические исследования характеристик скользящего разряда в стримерной и искровой стадиях. Всес. Семинар по физике газовых лазеров. Новосибирск. 1975. с.154.

1998-Дашук П.Н. Кулаков С.Л. Чистов Е.К. Восстановление спектра рентгеновского излучения скользящего разряда наносекундного диапазона. Письма в Журнал Технической Физики. 1998. т.24. №7. с.39-44.+

1976-Grum, F., Costa, L.F. Spectral emission of corona discharges. (1976) Applied Optics, 15 (1), p.76-79.

1978-Андреев С.И., Зобов Е.А., Сидоров А.Н. Метод управления развитием и формированием системы параллельных каналов скользящих искр в воздухе при атмосферном давлении. Прикл. мех. и техн. физика. 1978. №3. с.38-44.

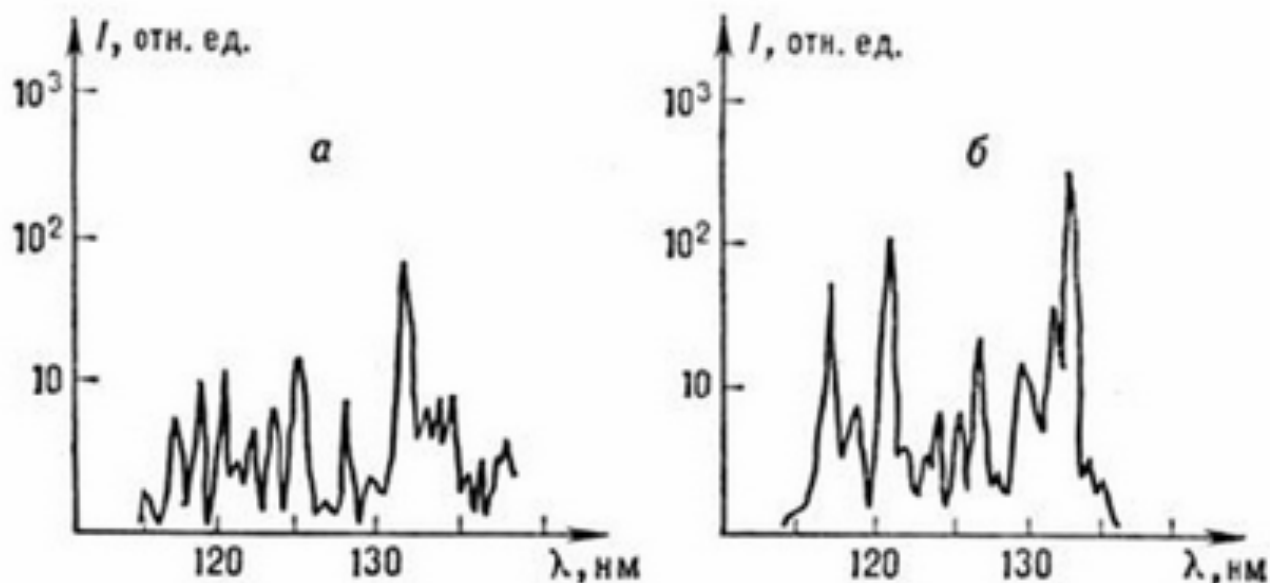


Рис. 1-11-2. Спектр излучения электрических разрядов в азоте при атмосферном давлении, а-искровой разряд между вольфрамовыми электродами, б-скользящий разряд по поверхности лавсановой пленки.

1984-Зарослов Д.Ю., Кузьмин Г.П., Тарасенко В.Ф., Скользящий разряд в CO₂ и эксимерных лазерах. «Радиотехника и электроника», 1984, т.29, вып.7, с.1217.

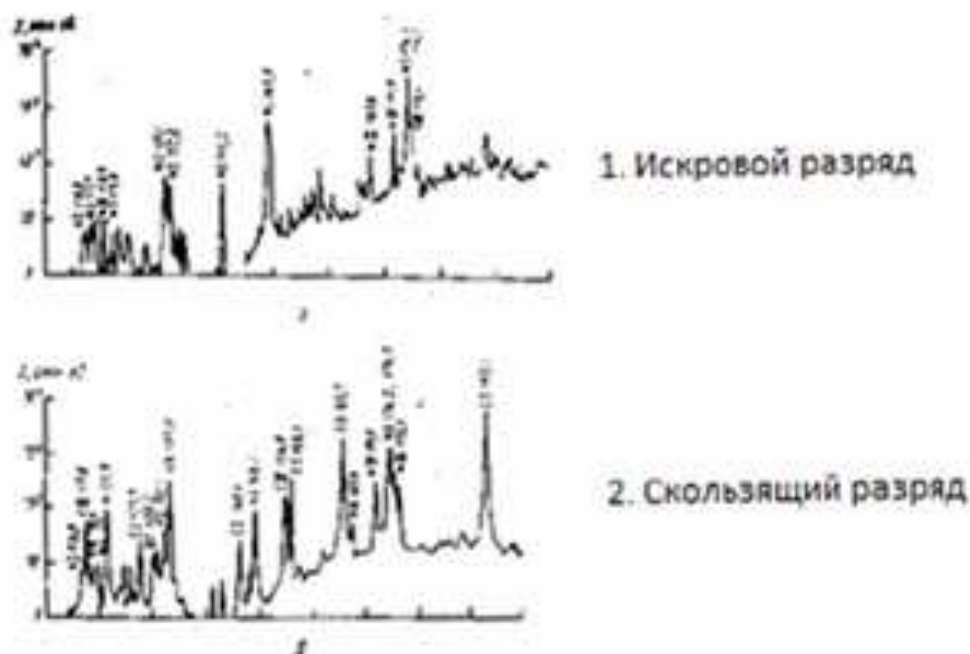


Рис. 1-11-3. Спектр искрового и скользящего разряда в азоте.

1988-Брынзалов П.П. и др., Азотный лазер на основе скользящего по поверхности диэлектрика разряда. «Квантовая электроника», 1988, т.15, №10, с.1971.

1995-Казанцев Сергей Анатольевич. Источник линейчатого спектра на основе высокочастотного разряда. СПбГУ. 1995.

Характер свечения газов и паров-наполнителей в отрицательной и положительной области разряда:

- воздух-голубая, красная,
- натрий-белая, желтая,
- кислород-желкто-белая, лимонно-желтая с розоватым оттенком у основания,
- азот-голубая, красновато-желтая,
- водород-светло-голубая, розовая,
- углерод-зеленовато-белая, белая,
- двуокись углерода-голубая, белая.

1971-Кноль М., Эйхмейхер И. Техническая электроника. т.1. Физические основы электроники. Вакуумная техника. М.: Энергия, 1971. 472 с.

2013-Zhiqiang Liu, Tie Liu, Xinyu Miao, Wei Guo, Shoujie He (China) Experimental research on spectral intensity of needle-plate corona discharge. Journal of Physics:ConferenceSeries 418 (2013). P.1-6.+

Разряд проводился при атмосферном давлении между электродом диаметром 0,1мм (катод, отрицательный заряд) и анодом в виде медного диска диаметром 65мм. Подавалось постоянное напряжение от 0 до 60кВ. Зарегистрирован основной пик свечения азота N₂ на длине волны 337,1 нм.

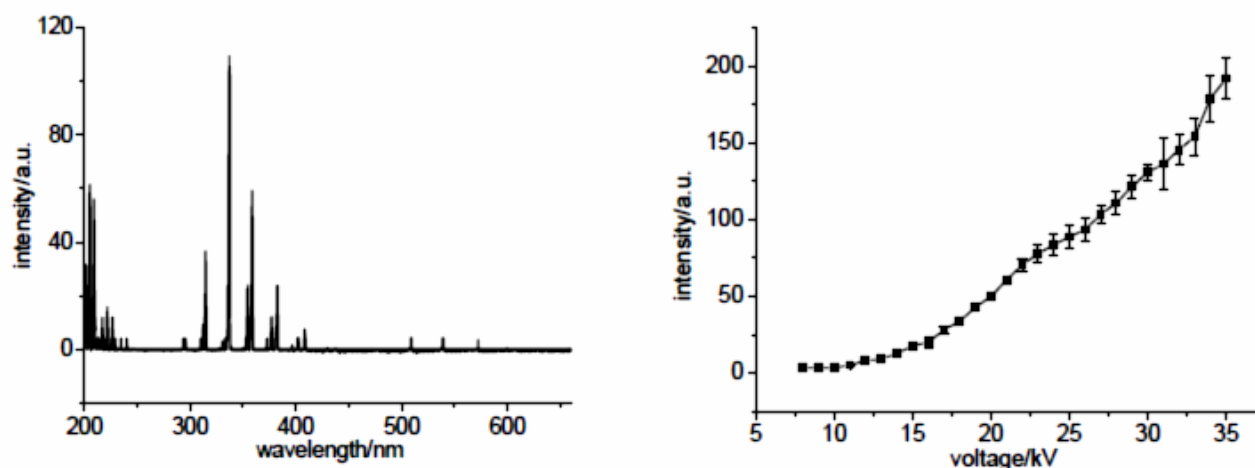


Рис. 1-11-4. Спектр разряда и зависимость интенсивности свечения от напряжения.

2009-Латфуллин Денис Фатбирович. (Москва, МГУ, физический факультет, кафедра молекулярной физики) Импульсный скользящий поверхностный разряд в газодинамическом потоке. Диссертация кандидата физико-математических наук. Москва. 2009.

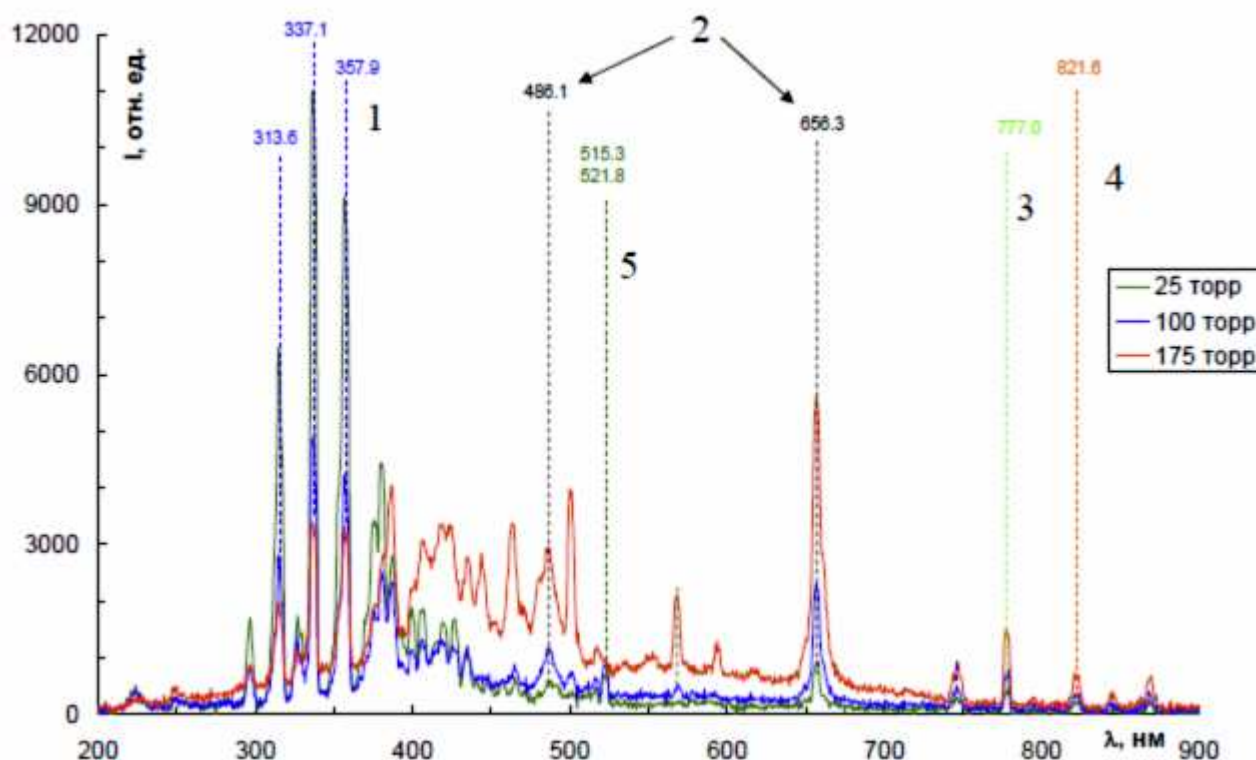


Рис. 1-11-5. Спектр скользящего разряда в воздухе: 1-линии второй положительной системы азота, 2-линии атома водорода, 656,3нм, 486,1нм, 3-атомарный кислород, 777нм, 4-атомарный азот, 821,6нм.

2011-М. Yousfi, N. Merbahi, J.P. Sarrette, O. Eichwald, A. Ricard, J.P. Gardou, O. Ducasse and M. Benhenni. Non Thermal Plasma Sources of Production of Active Species for Biomedical Uses: Analyses, Optimization and Prospect. book edited by Reza Fazel-Rezai.

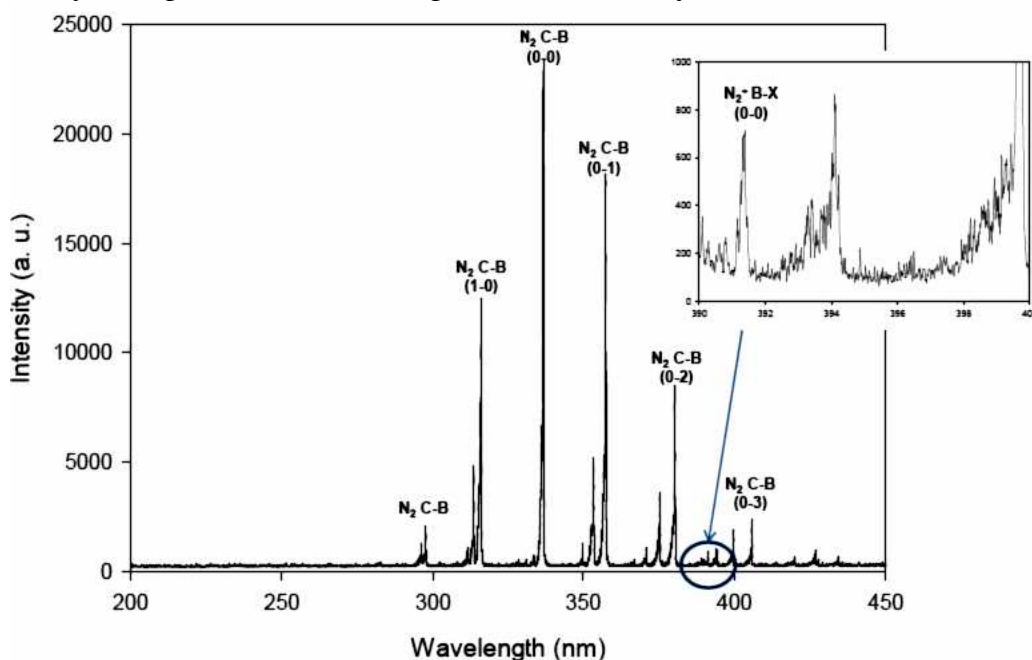


Рис. 1-11-6. Спектр газового разряда в воздухе. Основной вклад вносит излучение молекул азота.

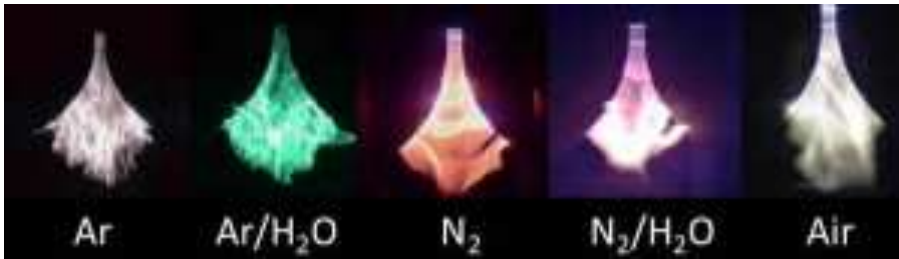


Рис. 1-11-7. Цвет стримеров в различной газовой среде.

Ar*	Kr*	F*	Xe*	ArCl*	ArF*	KrCl*	KrF*	XeI*	Cl*	XeBr*	Br*	XeCl*	I*	XeF*
126	146	157	172	175	193	222	248	253	259	282	289	308	342	354

Рис. 1-11-8. Длины волны излучения (нм) при разряде в различных газах.

1.11.2 Спектр излучения при регистрации Кирлиановского свечения.

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.

Спектр свечения (цвет) вокруг пальца может определяться химическими веществами, которые содержатся в выделяемой жидкости (пот). Например, если в пламя свечи внести кристаллик соли, то пламя окрасится в желтый цвет. Аналогично, если пот содержит повышенное содержание соли, то свечение станет желтоватым.

Разряд сопровождается электромагнитным излучением широкого спектра: радиоволны различного диапазона, инфракрасные, световые и ультрафиолетовые лучи. В высоковольтном же разряде имеется еще и рентгеновское излучение, возникающее при торможении ускоренных электронов в электродах.

Корона на положительном электроде имеет вид голубовато-белой оболочки, покрывающей весь электрод. Корона на отрицательном электроде представляет собой красноватые пучки. Пучки распределены равномерно по поверхности из-за отталкивания одноименно заряженных пучков.

При регистрации свечения на цветную пленку осуществляется воздействие излучения на три светочувствительных слоя, обладающих различной спектральной чувствительностью. Как правило это синяя, зеленая и красная компонента излучения.

При визуальном наблюдении корона светится фиолетовым светом. Это объясняется тем, что в спектре свечения короны преобладает УФ компонента.

Из анализа спектра газового разряда следует, что синий цвет (486нм) и красный цвет (656 нм) создаются атомами водорода, которые образуются из молекул воды, окружающих палец.

1949-Кирлиан С.Д. Цвет свечения зависит от того места, в котором проводится регистрация. Кожа над областью сердца дает глубокий синий, подмышки зеленоватый синий и бедра оливковые тона.

1968-Инюшин В.М. Казахстан.

Была создана установка для исследования спектральных характеристик высокочастотного разрядного свечения. Спектры органических веществ отличаются от спектров живых организмов. Пики от живых организмов изменяются по интенсивности и смещаются по длине волны. Аспирантка Инюшина Федорова Н.Н. сняла на этой установке колебания интенсивности кирлиановского свечения листьев табака в течение суток на одной длине волны. Эта кривая совпала с кривой изменения электрического поля Земли.

1974-Инюшин Виктор Михайлович, Борхсениус Владимир Сергеевич, Киреева Лидия Андреевна. Способ получения изображения биологических объектов. Патент **512452**. 1976.+ Для повышения четкости получаемого изображения между биообъектом и фотоэмульсией помещают **светофильтр, выделяющий УФ часть спектра**.

1968-Шуйский Н.Н. работал с Инюшиным В.М., и установил, что по спектрограмме разряда можно диагностировать лучевое поражение животных небольшими дозами рентгеновского излучения.

1974-Boyers, David G. The colors in Kirlian photography, fact or artifact? 1974.

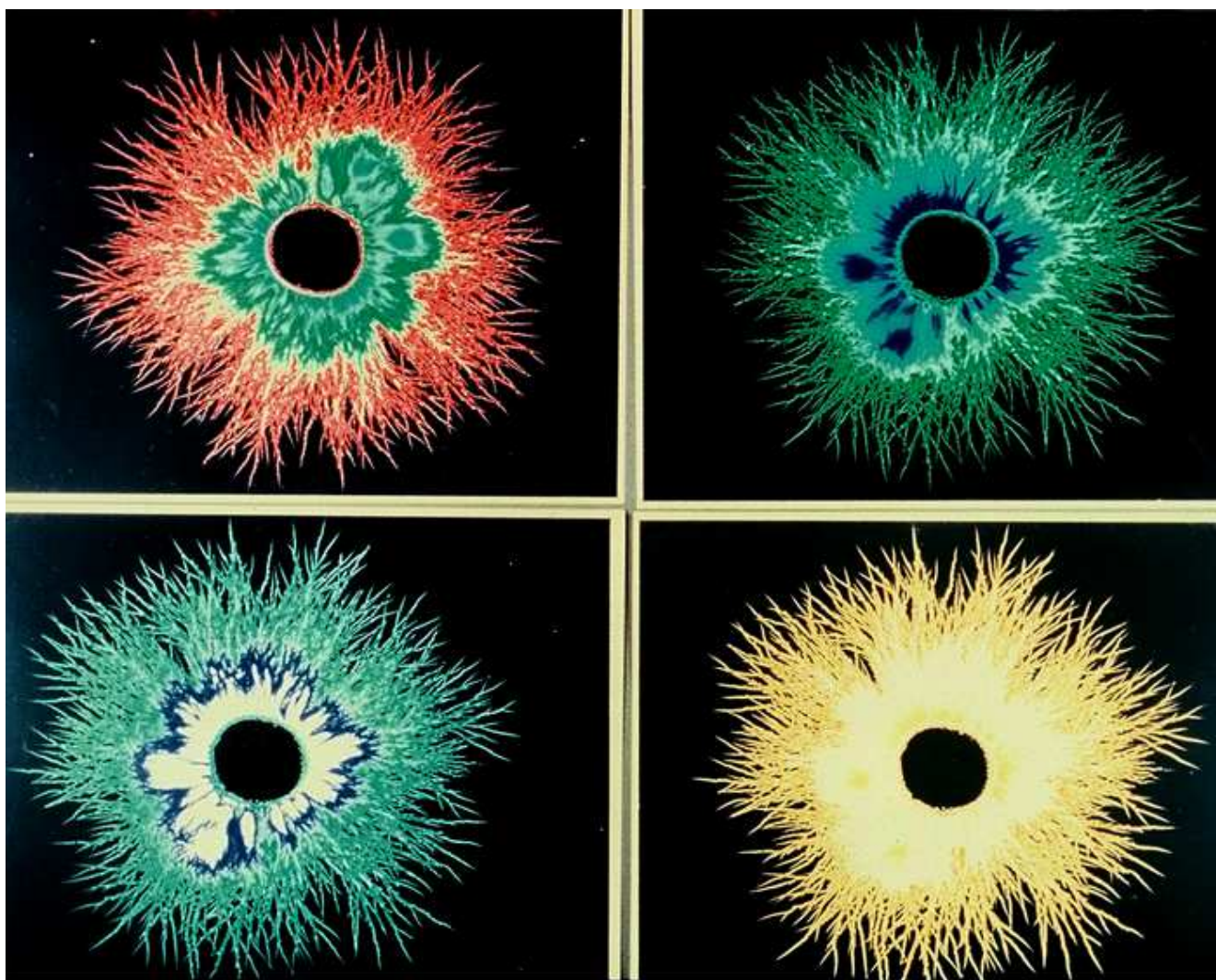


Рис. 1-11-9. Снимки свечения, полученные с использованием различных светофильтров. Telma Moss.

1988-Коротков К.Г.

Коротков К.Г. исследовал спектр излучения при свечении. Было установлено, что спектр излучения поверхностного разряда в воздухе состоит в основном из молекулярных полос второй положительной системы азота. Основная часть спектра лежит в области ближнего ультрафиолета, при этом захватывая синюю и красную часть видимого спектра. Спектры, полученные от разных объектов, отличались только интенсивностью линий.

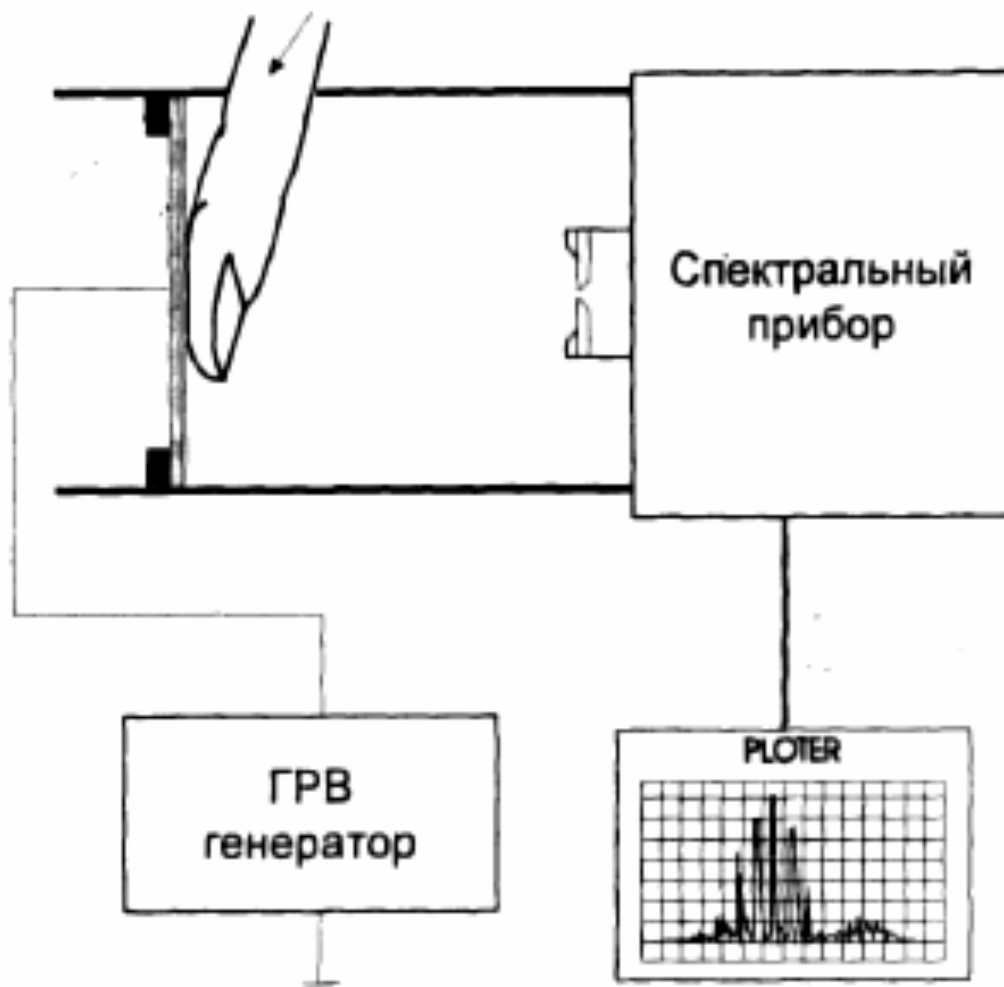


Рис. 1-11-10. Схема установки.

1988-Гудакова Г.З. Галынкин В.А. Коротков К.Г. Исследование спектральных характеристик газоразрядного свечения микробиологических культур. Журнал прикладной спектроскопии. 1988. т.49. №3. с.412-417.

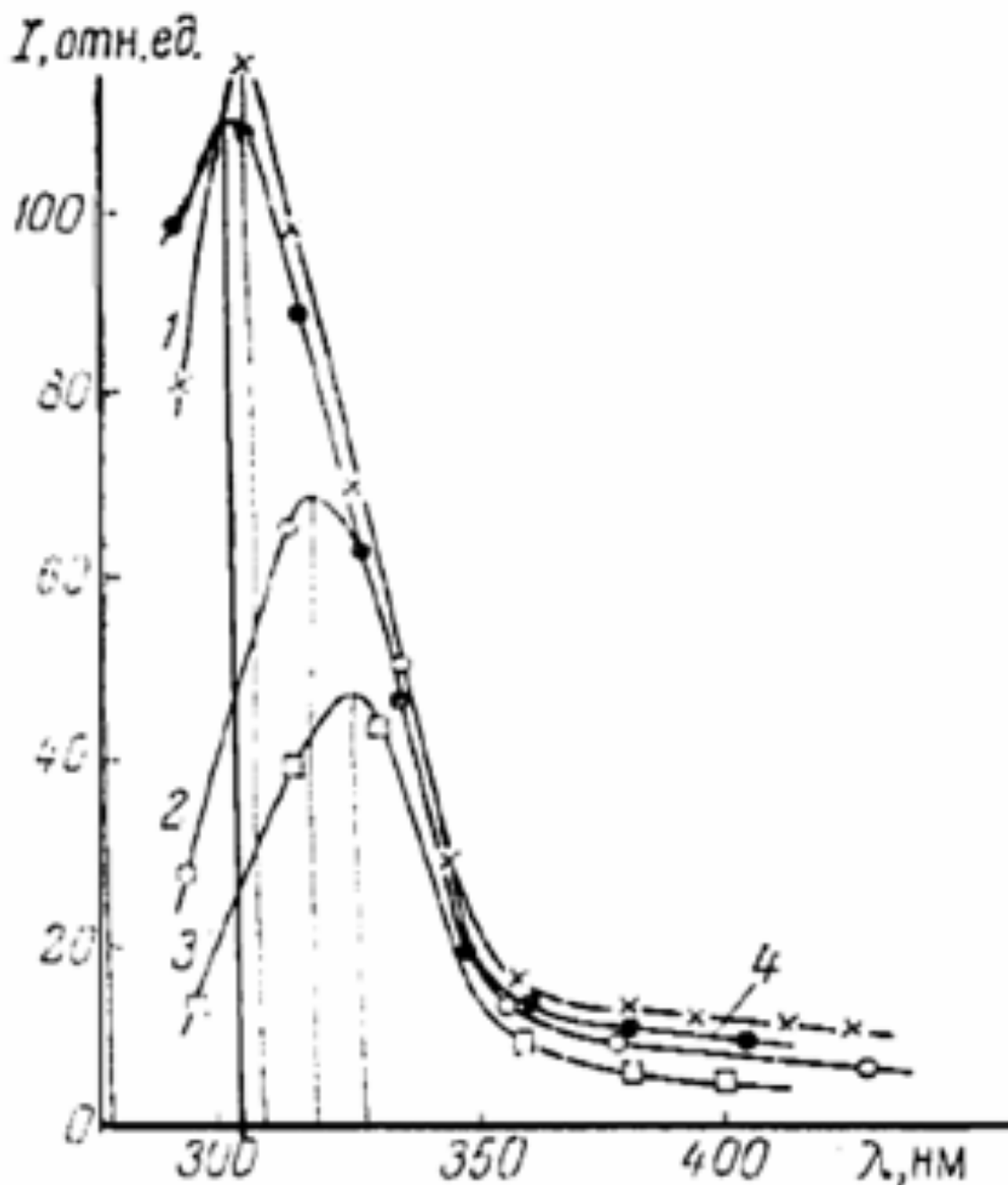


Рис. 1-11-11. Спектр свечения листа растения при различном содержании свободной жидкости.

1991-Протасевич Е.Т. Обработка спектра СВЧ-разряда. Сибирский физико-технический журнал. 1991. вып.3. с.94-98.

1993-Протасевич Е.Т. Простейшая спектроскопия холодной неравновесной плазмы. Оптика атмосферы и океана. 1993. т.6. №8. с.950-961.

1996-Санкин Г.Н. Тесленко В.С.

Световое излучение, соответствующее спектральному составу растворенного вещества в поре, может возникать преимущественно на отрицательном электроде.