

Метод Кирлиан. Часть 5. Фигуры Лихтенберга.

Колтовой Николай Алексеевич

koltovoi@mail.ru , Все книги на сайте: Koltovoi.nethouse.ru,

Москва-Смоленск
2017

Электронный математический и медико-биологический журнал
«Математическая морфология»

1.0 Введение. 5-3

1.1 Лихтенберг Г.К. 5-9

1.2 Регистрация разрядов с помощью порошка. 5-12

1.3 Регистрация разрядов на фотопластинке. 5-16

1.4 Российские исследования фигур Лихтенберга. 5-60

1.5 Фрактальный анализ фигур Лихтенберга. 5-61

1.6 Определение скорости распространения разряда. 5-62

1.7 Влияние магнитного поля на образование фигур Лихтенберга. 5-62

1.8 Фигуры на полированной поверхности, фигуры дыхания (breath figures). 5-63

1.9 Электрические фигуры. 5-70

1.9.1 Электрические фигуры дыхания.

1.9.2 Кольца Пристли.

1.10 Теневые фигуры, Shadow figures. 5-83

1.11 Различные способы регистрации разряда. 5-85

1.11.1 Различные способы регистрации разряда.

1.11.2 Регистрация разряда на пленке.

1.11.3 Регистрация разряда с помощью жидких кристаллов.

УДК 537.523

Колтовой Н.А. Метод Кирлиан. Фигуры Лихтенберга. Часть 5. - Москва-Смоленск: Электронный математический и медико-биологический журнал "Математическая морфология", 2017. 95 с. - 121 Илл.

Аннотация. Описывается история открытия фигур Лихтенберга. Описываются различные исследования, посвященные изучению зависимости фигур Лихтенберга от различных факторов. Приводится библиография работ, посвященных исследованиям фигур Лихтенберга в России и за рубежом.

Koltovoi N.A. Kirlian Photography. Lichtenberg Figures. Part 5. - Moscow-Smolensk: Electronic mathematical and biomedical journal "Mathematical morphology" 2017. 95 p. - 121 Fig.

Abstract. Describes the history of the discovery of Lichtenberg figures. Describes various studies on the dependence of the Lichtenberg figures on various factors. Contains a bibliography of works devoted to studies of Lichtenberg figures in Russia and abroad.

1.0 Introduction. 5-3

1.1 Lichtenberg, G. K. 5-9

1.2 Check discharges by means of a powder. 5-12

1.3 Registration of discharges on the photographic plate. 5-16

1.4 Russian study of Lichtenberg figures. 5-60

1.5 Fractal analysis of Lichtenberg figures. 5-61

1.6 Determination of the propagation velocity of the discharge. 5-62

1.7 Effect of magnetic field on the formation of Lichtenberg figures. 5-62

1.8 Figures on the polished surface, shape breath (breath figures). 5-63

1.9 Electric figure. 5-70

1.9.1 Electrical figures of breath.

1.9.2 Rings Priestley.

1.10 Shadow figures, Shadow figures. 5-83

1.11 Different ways of registration of the discharge. 5-85

1.11.1 the Various ways of registration of the discharge.

1.11.2 Registration of the discharge on film.

1.11.3 check the discharge using liquid crystals.

1.0 Введение.

В литературе встречаются различные термины, близкие по содержанию:
-фигуры Лихтенберга (Lichtenberg figures),
-пылевые фигуры (dust figures),
-электрические фигуры (electric figure).

В зависимости от способа визуализации выделяют следующие типы фигур:
-Lichtenberg figure dust, визуализация фигур путем напыления на поверхность,
-Dust figures, dust images, визуализация фигур с помощью напыления порошка,
-Breath figures, фигуры дыхания, roric figures, figures roriques, hauck-figuren, Moser's images, molecular impressions, визуализация фигур с помощью дыхания.
-Lichtenberg figure photographic, регистрация фигур с помощью фотобумаги.

В зависимости от различных условий можно выделить различные типы фигур Лихтенберга.

Размерность фигур:

-3D это фигуры, образуемые в трехмерном пространстве в результате объемного разряда.
-2D это фигуры, образуемые на плоской поверхности,
-1D это прибор, который регистрирует разряд на движущейся рулонной бумаге.

Тип разряда:

1-объемные разряды (стримеры), которые образуются в результате движения электронов в газовой среде над плоским электродом. Эти разряды не оставляют след на плоском электроде. Засветка фотопленки осуществляется фотонами, испускаемыми в момент разряда.
2-поверхностные разряды, которые образуются в результате движения электронов по поверхности плоского электрода. В результате на поверхности формируется рельеф заряженных следов, которые проявляются при нанесении частиц на поверхность.

Скользкие искровые разряды, имея высокую температуру канала (несколько тысяч градусов), обжигают поверхность диэлектрика, оставляя на ней, после снятия напряжения, след-трек.

Среда, в которой происходит разряд:

-разряд в газе,
-разряд в жидкости,
Разряд в твердом теле.

Источник высокого напряжения:

-постоянное высокое напряжение, Лейденские банки (Leyden Jar),
-переменное высокое напряжение, трансформатор Тесла,
-Катушка Румкорфа, -Wimshurst machine.

Знак разряда:

-подается разряд постоянного напряжения одного знака (Лейденская банка),
-подается разряд переменного напряжения (трансформатор Тесла).

Форма электрода:

-тонкая проволока,
-цилиндр,
-сфера.

Наличие контакта электрода с поверхностью:

-есть контакт электрода с регистрирующей поверхностью,
-нет контакта с электрода с регистрирующей поверхностью.

Нанесение порошка для регистрации разряда на поверхности:

- порошок наносится до производства разряда. В этом случае для образования фигуры имеет значение взаимодействие порошка с самим разрядом.
- порошок наносится после производства разряда. В этом случае порошок отображает результирующее распределение разряда по поверхности.

Способ фиксации:

- фигуры, полученные при фиксированном положении электрода. Фигуры имеют симметричную форму в виде круглых разрядов. Этот способ применяется при изучении свойств разряда,
- фигуры, полученные путем перемещения электрода по поверхности. Получаются фигуры различной формы. Этот способ применяется при создании художественных фото с помощью электрических разрядов.

Цветные или черно-белые:

- черно-белые, при регистрации на фотопластинке, при использовании одного порошка,
- цветные, красный свинцовый сурик (окрашивает в красный цвет отрицательные заряды) и порошок серы (окрашивает в желтый цвет положительные заряды).

Задачи, решаемые при исследовании фигур Лихтенберга:

- регистрация (фиксирование) фигур Лихтенберга,
- исследование зависимости формы разряда от знака приложенного постоянного напряжения,
- исследование зависимости размера разряда от приложенного напряжения,
- зависимость формы и размера разряда от состава газовой среды и от давления,
- зависимость разряда от формы и размеров электродов,
- регистрация зависимости тока разряда от времени.

Различные методы регистрации разрядов:

	Лихтенберг	Кирлиан
Диэлектрик	Фигуры Лихтенберга, на раннем этапе	Прибор Ауроскоп
Фотопластина	Фигуры Лихтенберга на позднем этапе	Стандартный метод Кирлиан
Видеокамера		ГРВ-камера

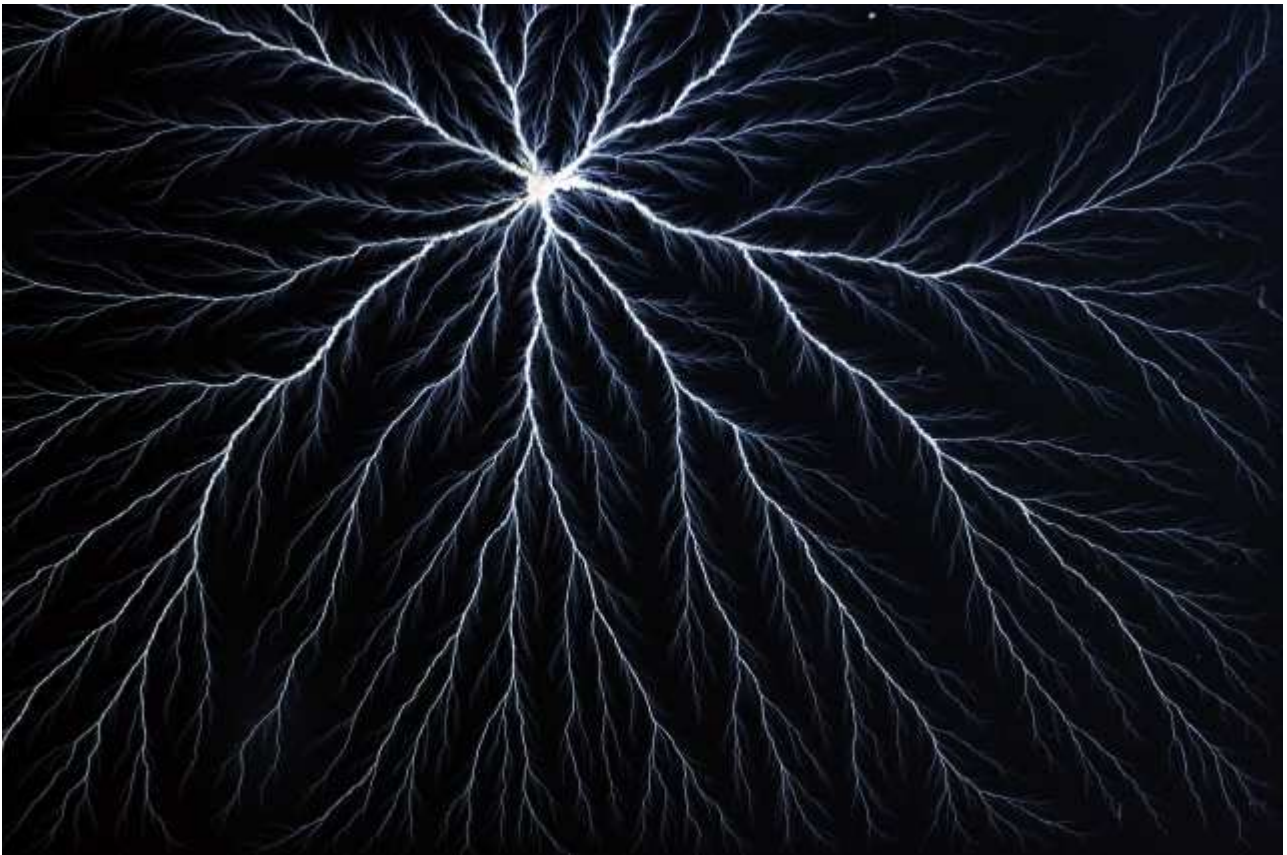
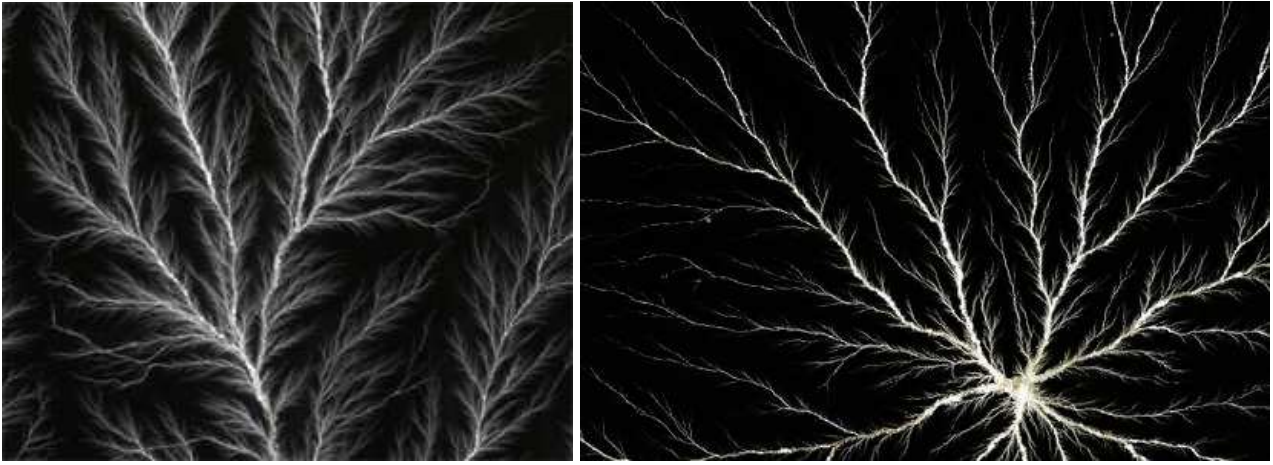
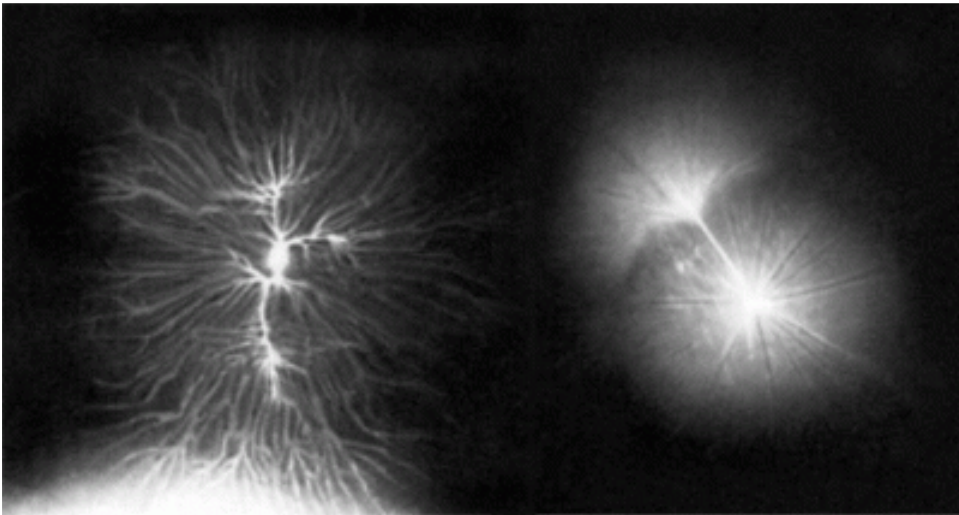


Рис. 1-0-1. Фигуры Лихтенберга.



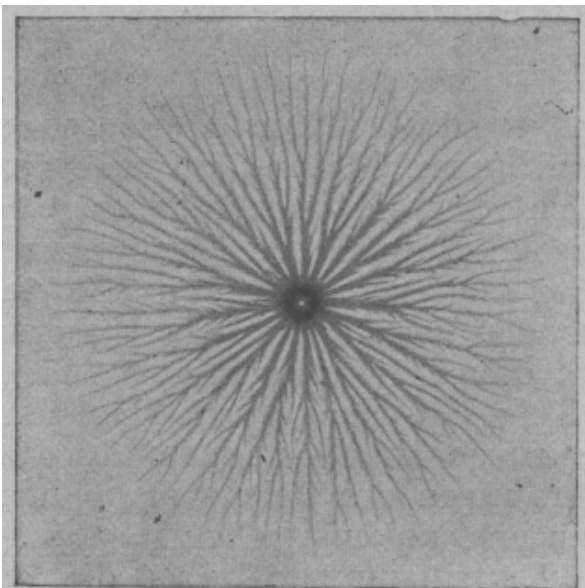
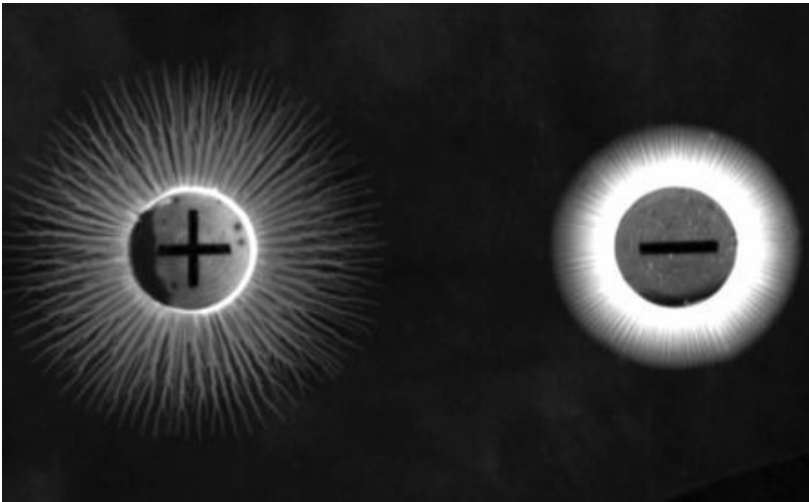
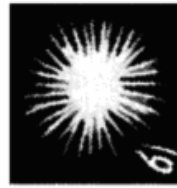
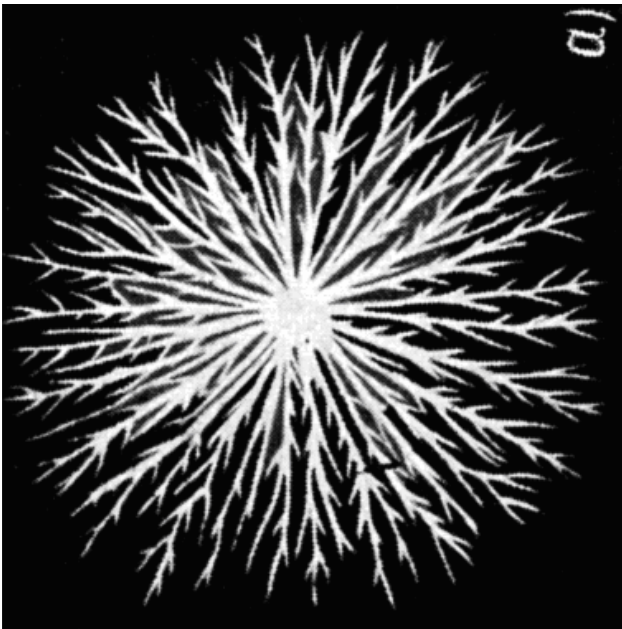


Abb. 3. Positives Klydonogramm
(Lichtenberg'sche Figur).

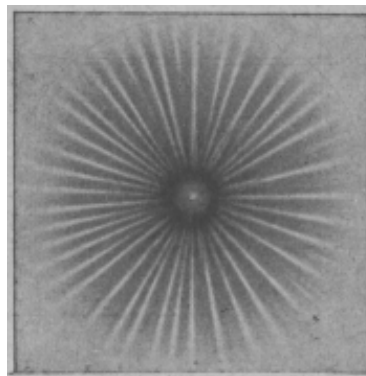


Abb. 4. Negatives
Klydonogramm.

Рис. 1-0-2. Снимки положительного (слева) и отрицательного (справа) разрядов.

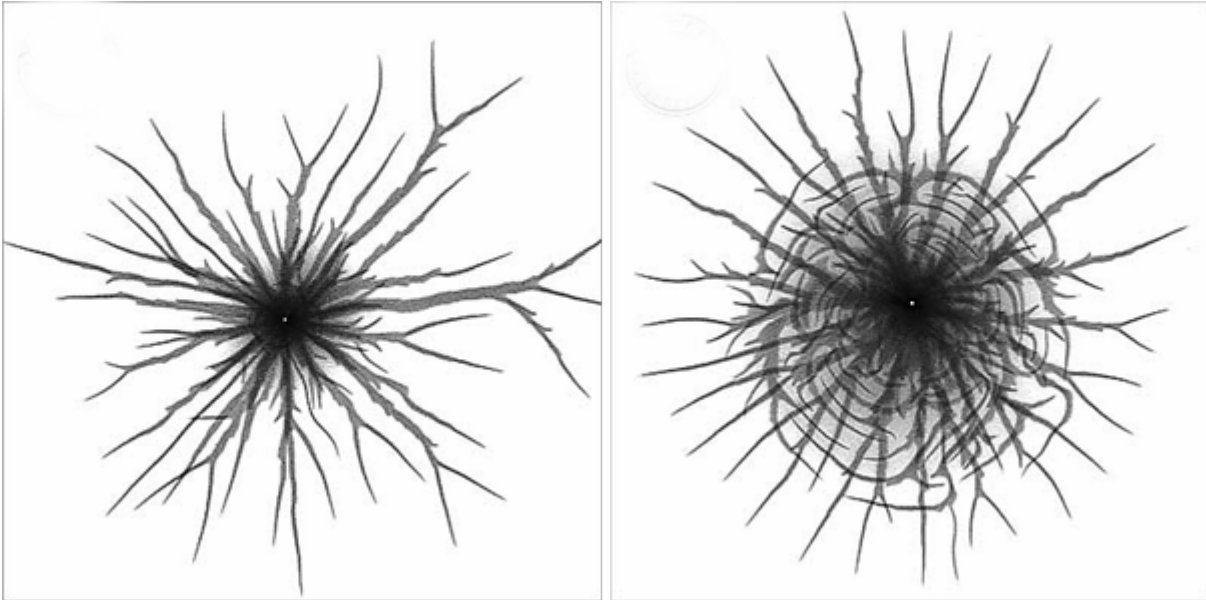


Рис. 1-0-3. Одиночный отрицательный и положительный импульс (фотографии Том Уртон на аппарате Verograph, 2002).

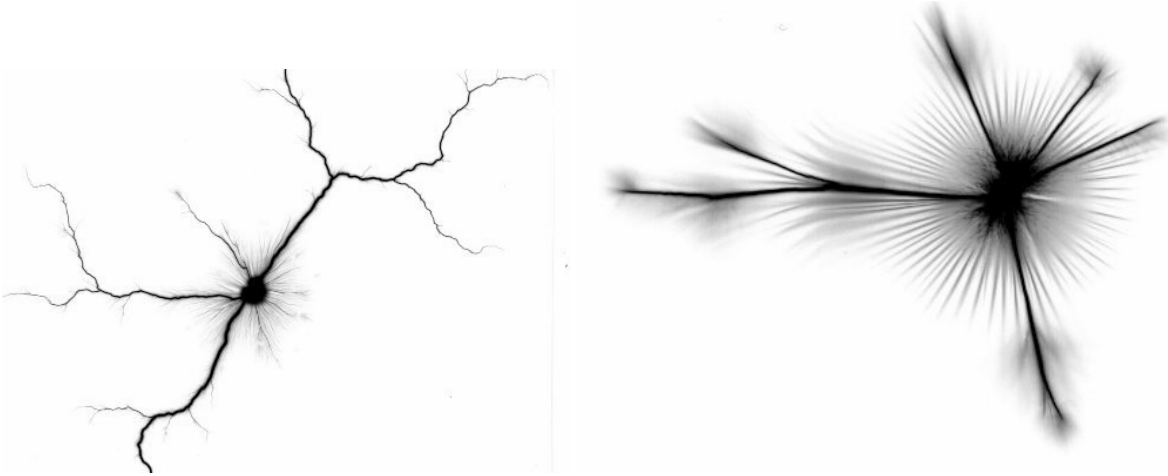


Рис. 1-0-4. Снимки положительного (слева) и отрицательного (справа) разрядов.

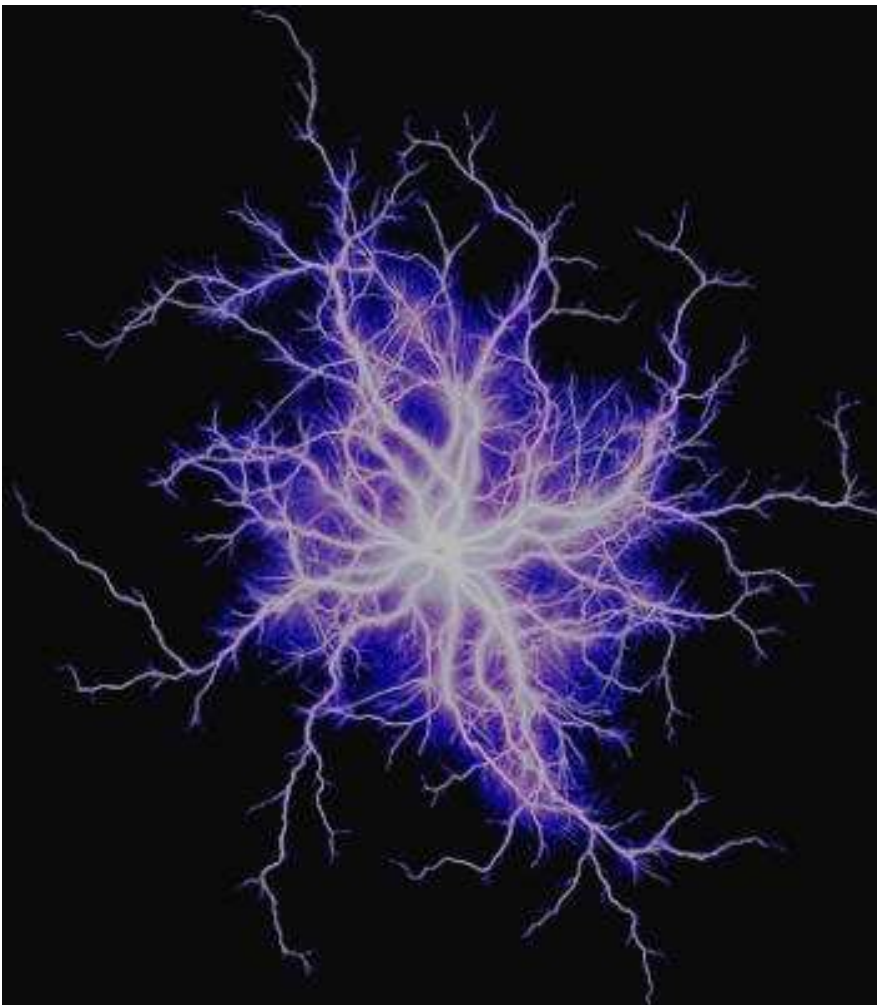


Рис. 1-0-5. Фотографии разрядов.

Cesare Bonesana-Beccaria, Marquis of Gualdrasco and Villareggio (1738-1794), итальянский криминалист, правовед, политик, юрист. В 1755 году он становится членом Royal Society of London и публикует несколько статей по электричеству в *Phil. Trans.*



Рис. 1-0-6. Beccaria G.

Giambatista Bessaria (1716-1781), профессор физики в Турине (Италия) в 1748 году.

1753-Bessaria G. *Dell'elettricismo artificiale e naturale*. 1753.

1753-Beccaria G. *Dell'Elettricismo Naturake ed Artificiale*. 1753.

Эта работа была переведена на английский язык в 1776 году.

1.1 Лихтенберг Г.К.

1774-Алессандро Вольта (итальянский физик) изобрел электрофорную машину.

1777-Лихтенберг Георг-Кристоф (Georg Christoph Lichtenberg) (1742-1799) немецкий ученый.



Рис. 1-1-1. Георг Лихтенберг.

Профессор Геттингенского Университета Лихтенберг, изучая электрические разряды на покрытой порошком поверхности изолятора (запыленной эбонитовой пластине), наблюдал образование различных фигур. В дальнейшем эти фигуры были зафиксированы на фотопластинке и получили название “фигур Лихтенберга” (Lichtenberg figures). 3 мая 1977 года он сообщил о своем открытии в Royal Society of Science of Gettingen. 21 февраля 1778 г. Лихтенбергом был сделан публичный доклад, озаглавленный "О новом методе исследовать движения электрического флюида». Фигуры Лихтенберга это картины распределения искровых каналов, образующиеся на поверхности твёрдого диэлектрика при скользящем искровом разряде. В искровых каналах сильного разряда возникают высокие давления и температуры,

которые деформируют поверхность диэлектрика, запечатлевая на ней фигуры Лихтенберга. В слабых разрядах фигуры Лихтенберга соответствуют избирательной поляризации диэлектрика, и их можно сделать видимыми, посыпая поверхность диэлектрика специальным порошком либо проявляя фотопластинку, подложенную во время разряда под слой диэлектрика. Фигуры Лихтенберга вблизи анода и катода резко различаются по внешнему виду, поэтому по ним можно установить, от какого из этих электродов развивались искровые каналы (полярность искрового разряда).

История открытия. Для изучения электрических явлений Лихтенберг создал большое электрофорное устройство. Оно состояло из изолированного металлического диска диаметром 2 метра. Устройство позволяло производить электрические разряды длиной 40 см. Комната, в которой он обрабатывал металлическую пластину, была очень пыльной. Весной 1777 года, после некоторого перерыва в опытах, на металлической пластине скопилось много пыли. Но что было очень странно, пыль была распределена по поверхности пластины не равномерно, а в виде звезд. Когда он стер пыль, фигуры возникли вновь. Тогда он провел эксперимент, подавал на металлический диск разряды от лейденской банки. На пластине стали появляться различные фигуры.

-Он обнаружил, что может передать эти фигуры непосредственно на бумагу, по сути, изобрел электростатическую печать. Для этого он покрывал лист черной бумаги клейкой пастой, и прикладывал к пылевой фигуре. Так ему удалось получить несколько копий одной фигуры.

-Он разработал способы управления формы, и создавая различные фигуры, и обрамляя их под стеклом, он делал потрясающие картины.

-Он обнаружил, что фигуры от положительного разряда имеют звездчатую форму, а от отрицательного разряда - округлую форму.

-Для визуализации фигур он испробовал различные порошки: пыль, сахарную пудру, порошки серы и канифоля, янтаря, киноварь, *Isorodum*, пшеничную муку, металлические опилки, и т.д.

-Он исследовал разряд при пониженном давлении, и обнаружил, что фигуры увеличиваются в размере.

-Он изобрел устройство для регистрации атмосферного электричества. Устройство состояло из вращающегося цилиндра, покрытого смолой. Металлический электрод перемещался вдоль цилиндра и регистрировал разряды. Таким образом он изобрел клидонограф.

Его открытие послужило толчком к проведению большого количества экспериментов, которые проводились с целью выяснения природы электричества.

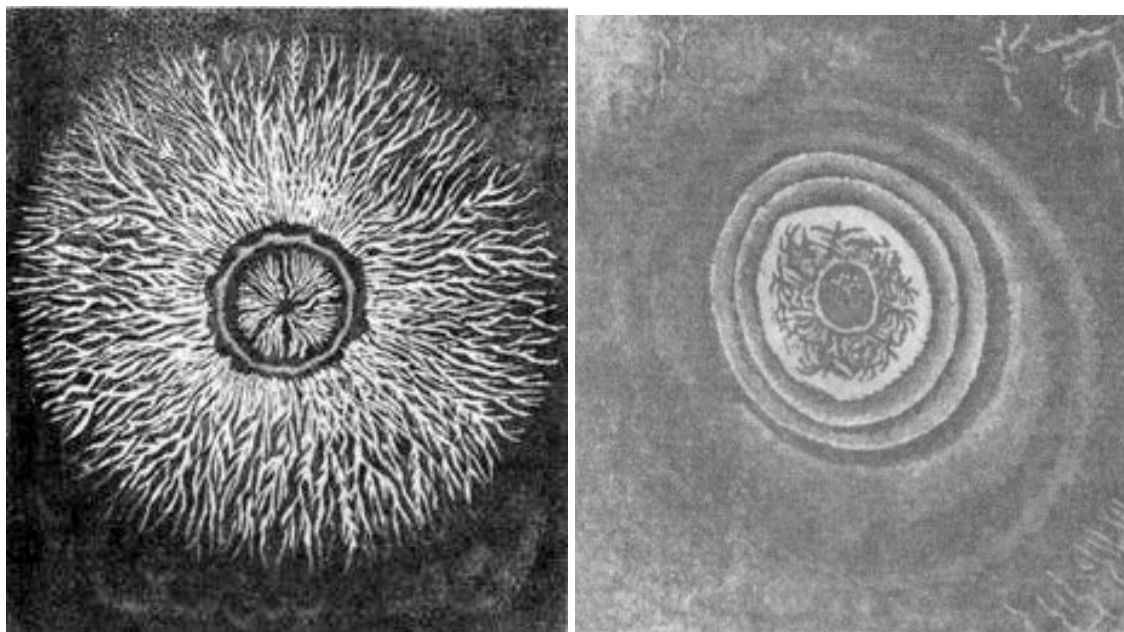


Рис. 1-1-2. Снимки положительного (слева) и отрицательного (справа) разрядов. Снимки Лихтенберга. 1777.

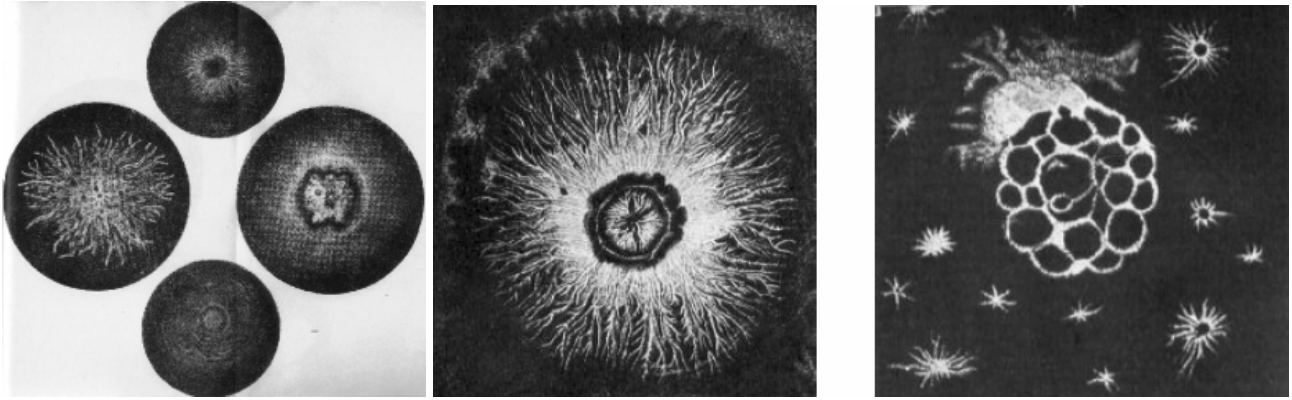


Рис. 1-1-3. Фигуры Лихтенберга. 1777.



Рис. 1-1-4. Лихтенберг использовал разряды для создания картин.

1777-Lichtenberg, Georg Christoph. *De Nova Methodo Naturam Ac Motum Fluidi Electrici Investigandi* (Concerning the New Method Of Investigating the Nature and Movement of Electric Fluid). *Göttinger Novi Commentarii*, Göttingen, 1777.

1778-Lichtenberg, G.C. "Super nova methodo motum ac naturum fluidi electrici investigandi" *Soc. Reg. Sc. Gottingensis*, 1778, T.8, p.168-180.

1779-Lichtenberg, G.C. *Commentatio posterior*. *Commentationes Soc. Reg. Sc. Gott. Classis mathematicae* T.1. p.65-79. 1779.

1779-G.C. Lichtenberg. *Zweite Abhandlung über eine neue Methode, die Natur und die Bewegung der elektrischen Materie zu erforschen*. *Ebd., Class. Math. tom. I, ad annum 1778, S.65 (1779) (Pup 56)*.

1.2 Регистрация разрядов с помощью порошка.

1779-Cavallo Tiberius (Кавалло Тиберийус) (1749–1809), неаполитанский физик, работавший с 1771 г. в Лондоне, член Лондонского королевского общества и Королевской академии наук в Неаполе. В своей книге «Полный трактат по электричеству, в теории и на практике», отметил, что, что частицы порошка электрифицируются, если их встряхивают в льняном мешочке и поэтому способны проявлять фигуры Лихтенберга.

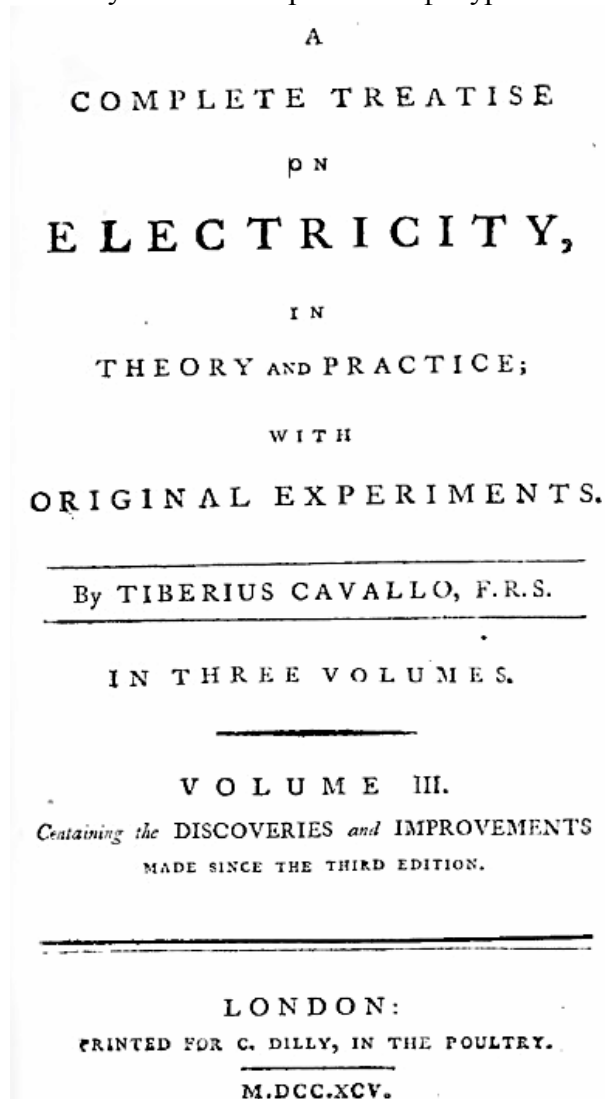


Рис. 1-2-1. Титульный лист книги Т.Кавалло «A complete treatise on electricity, in theory and practice» («Полный трактат по электричеству, в теории и на практике»).

1779-Cavallo T. Abhandlungen von der theoretischen und praktischen von der Elektrizitat. Leipzig. 1779.

1780-Cavallo Tiberius, An account of some new experiment in electricity, with the description and use of two new electrical instruments, Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1780. January 1. 70. p.15-29.+

1786-Jean Andre de Luc (Жан Андре де Люк) (1727-1817), член Лондонского королевского общества, профессор геологии Гёттингенского университета. В 1786 году исследовал при помощи фигур Лихтенберга пути утечки электрических разрядов.

1786-Jean Andre de Luc, *Idees sur la Meteorologie*, 2 Vols., Londres, p.1786-1787.

1797-J.A. de Luc. *Neue Igeen uber die Meteorologie*. S.405. Berlin u. Leipzig. 1797.

1787-Abraham Bennet (1749-1799), английский священник, изобрел электрометр с расходящимися золотыми листочками. Описал фигуры Лихтенберга.

1787-Bennet, Abraham. Description of a new Electrometer. Philosophical Transactions of the Royal Society of London., 1787. Vol. 77, Part I, S. 26-34.

1789-Abraham Bennet. New Experiments in Electricity. Derby. John Drowry. 1789. 141 pages.

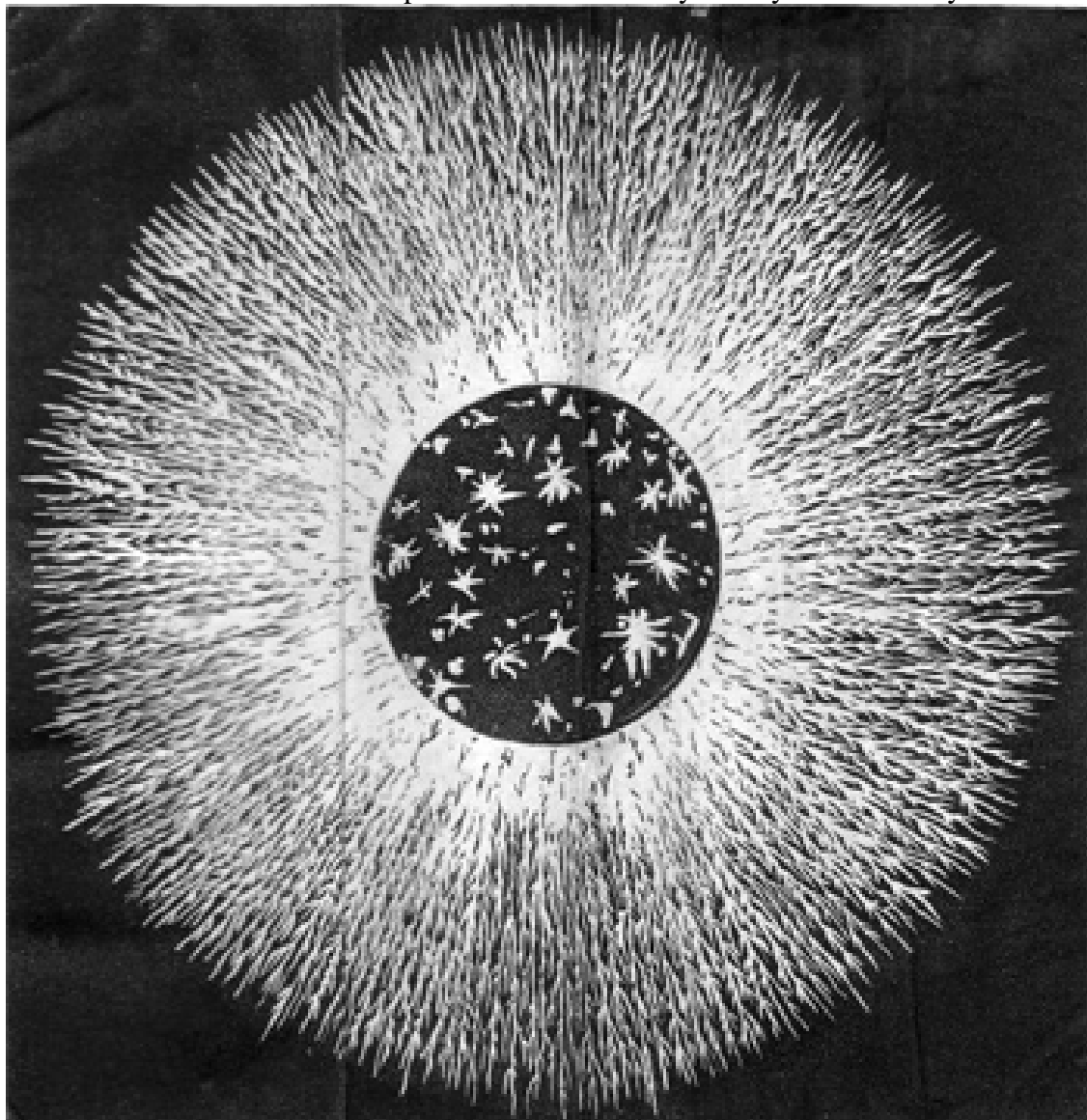


Рис. 1-2-2. Фигура Лихтенберга.

1790-Troostwyk, A. Paets van., C.R.T. Krayenhoff (1790). Ueber die Lichtenbergischen Figuren auf dem Elektrophor. In. Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte von einigen Liebhabern dieser Wissenschaften, Band. 4, 4. St., S.357-395.

1800-Aldini, Elektrische Versuche von Aldini, zusammengezogen aus den Annali di Chimica, d. S. Brugnatelli, V.13, p.135-154.

1800-Aldini, G (1800) Gilb. Ann. 4. p.419.

1800-Gilb. Annalen der Physik., 1800. V.3. 4 (1800) p.419.

1802-supposed to be caused by electricity. Schelver, F. J. Voigt Mg. 4 (1802) 1-, 197-.

1805-Sartorius, G. C. Voigt Mg. 10 (1805) 454-.

1817-Fiedler, BKG (1817) Gilb. Ann. 55. p.119.

1823-Fiedler, BKG (1823) Gilb. Ann. 74. p.213.

1828-Beudant, F, Hachette, J, Savart, F (1828) Ann. de chim. phys. 37. p.319.

1842-Френсис Рональдс, (Francis Ronalds) (1788-1873) суперинтендант Метеорологической обсерватории в Лондоне.



Рис. 1-2-3. Френсис Рональдс.

Он использовал открытие Лихтенберга для регистрации интенсивности атмосферного электричества. Он подсоединил вращающийся с помощью часового механизма разрядник своего прибора, названного им "**Электрографом**", к громоотводу. **Разряды регистрировались на диске, покрытом смолой.** Фигуры Лихтенберга, возникавшие на диске и проявленные **порошковым красителем**, изменялись в зависимости от интенсивности разрядов. Время образования фигур можно было контролировать по помещенным по краям диска обозначениям часов.

1842-Encyclopaedia Britannica. Edinburgh, 1842. V.8. p.661.

Цветные фигуры Лихтенберга, использование разноцветных порошков.

Цветные фотографии создавались с помощью порошка сурика (красный цвет) и серы (желтый цвет). Фигуры Лихтенберга можно наблюдать в домашних условиях. Для этого необходимо оторвать липкую ленту от пластмассовой подложки и посыпать поверхность смесью двух порошков черного копировального и коричневого из частиц корицы. Отделение ленты вызывает электризацию пластмассовой поверхности. Положительно заряженные каналы притянут к себе черные частицы, а периферийные участки с отрицательным зарядом притянут коричневые частицы.

1788-Вилларси М. (M. de Villarsy, von Villarsy) английский химик, предложил проявлять фигуры Лихтенберга двухкомпонентной порошковой смесью, включавшей красный свинцовый сурик (minium, Pb_3O_4) и зеленовато-желтую серу (carnine, lycorodium, sulphur), (red lead and flour sulphur). При напылении этого порошка через отверстия мешка из муслиновой ткани частицы серы приставали к участкам, несущим положительный заряд, окрашивая их в желтый цвет, а частицы сурика к отрицательно заряженным участкам, окрашивая их в красный цвет. Порошки Вилларси использовались для проявления фигур Лихтенберга в течение многих десятилетий.

1788-Voigt's Magazine. 1788. Vol. 5. №4. P.176.

1788-Villarsy. Magazin f. d. Neueste aus Physik u. Naturgesch. 1788. Band. 5. s.176.

1789-Dt. in. Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, Band. 5 (1789), 4. St., S.176f.

1788-Anzeige über ein neues elektrisches Experiment von Villarsy. In. Journal Général de France, N°9, 19 Janvier 1788, S. 34f.

1788-de Villarsy, Journal General de France, 1788. no.9, p.34-35.

1899-Armstrong and H. Stroud. "Electric Movement in Air and Water, with Theoretical Inferences".
Second Ed. London. 1899.

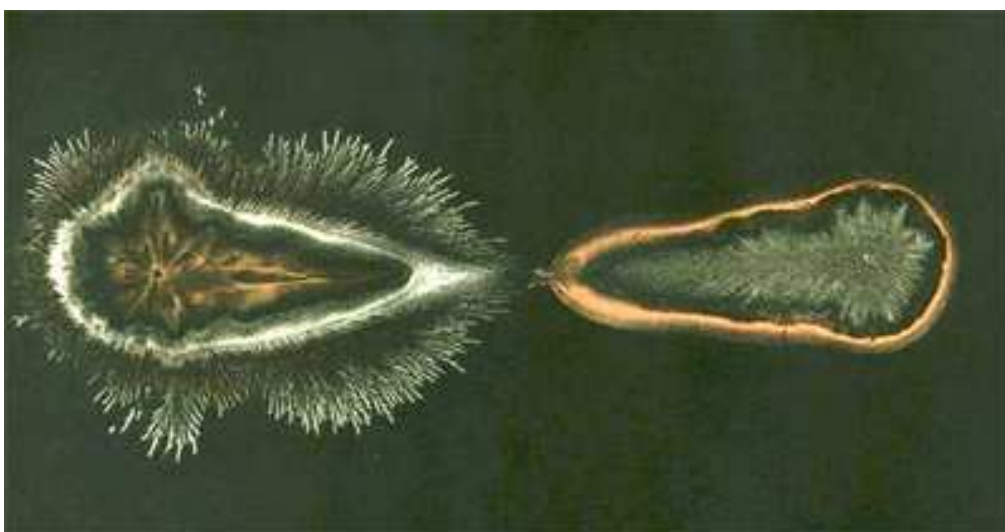
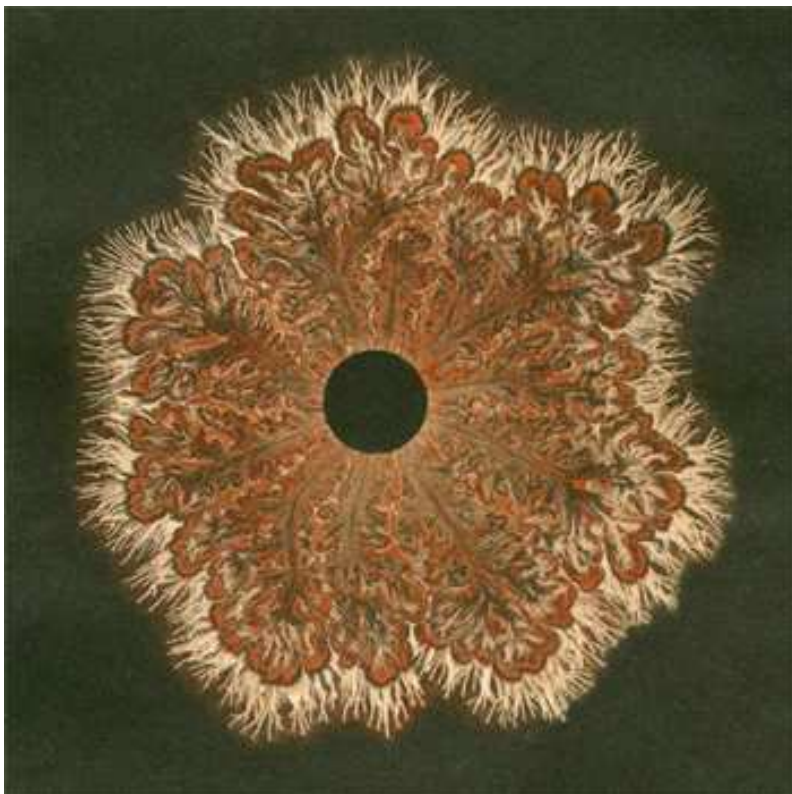


Рис. 1-2-4. Цветные фотографии разрядов, фигуры 12 и 8.

1900-Бюркер К. (Burker K.) заменил порошки Вилларси, издавна использовавшиеся для проявления фигур Лихтенберга, смесью серы, ликоподия и какого-либо органического пигмента, например кармина, ультрамарина или киноvari.
(carnine, lycopodium, sulphur).

1900-Burker K. A ternary powder mixture for producing electrical dust images /Annalen des Physik. 1900. (4) Band. 1. p.472-482.

1900-Burker K. Uber ein Dreipulvergemisch zur Darstellung elektrischer Staubfiguren. Annalen des Physik. 1900. (4). 1. p.474-482.

1900-Burker, K. A. Ps. 1 (1900) 474-.

1974-Y. Hane, M. Kosaki and K. Horii, Color Lichtenberg figures in liquid nitrogen, Paper of Tech. Mtg on Electr. Discharges, IEE Japan, ED-74-8, 1974, (in Japanese).

1.3 Регистрация разрядов на фотопластинке.

1830-Луи Жак Манде Дагера (Louis Jacques Mande Daguerre) (1787-1851) французский художник, установил, что электрический разряд оказывает на светочувствительную фотопластинку, обработанную йодом или сирийским асфальтом такое же действие, как и получасовое действие света. Он вводит понятие электрической жидкости.

В письме Жозефу Ньепсу, одному из основателей фотографии, от 29 февраля 1832 г. он сообщает: «Я проводил несколько опытов с электрической жидкостью, но погода в это время была неблагоприятна, и вещества не имели той чувствительности. Я убедился, что электрическая жидкость действует совершенно так же, как и свет. Пластинки, обработанные йодом, и другие пластинки, обработанные сирийским асфальтом, будучи подвергнуты действию электрической жидкости, посредством сильного разряда оказались после этого в таком же состоянии, как если бы я подверг их действию света в продолжение получаса»

1841-Abria J.J. (1841) Pogg. Ann. 53. p.589.

1841-Е. Becquerel, Sur les rayonnements chimiques qui accompagnent la lumiere solaire et la lumiere electrique, Bibl. Universelle Geneve, Nouvelle Serie, 33 (1841) p.400.

1842-B. Silliman, Jr. and Win. H. Goode, A daguerreotype experiment by galvanic light, American Journal of Science and Arts, 43 (1842) p.185.

1843-figures analogous to Moser's images. Morren, A. C. B. 16 (1843) 1803-.

1843-formation by spark. Masson, A. C. B. 16 (1843)762-.

1844-Majoechi A. Ms. G. 16 (1844) 43~5 280-.

1849-Sénarmont, H (1849) C. R. 29. p.750.

1849-Wiedemann G. Uber das elektrische Verhalten krystallisirter Körper. Poggendorff's Annalen. 76. p.404-412. 1849.

1849-Wiedemann G. (1849) Pogg. Ann. 76. p.404.

1885-Wiedemann G. Die Lehre von der Electricitat, V.4-2, Vieweg, Braunschweig, 1885, m 761.

1851-Беккерель Александр Эдмон (Alexandre Edmond Becquerel) (1820-1891), французский физик.



Рис. 1-3-1. Александр Беккерель.

Совместно с сыном произвел много исследований над электричеством и фосфоричностью, часть их находится в его большом сочинении. «Свет» («La lumiere, ses causes et ses effets», Париж, 1867-1868, 2 тома).

Он регистрировал фигуры разрядов с помощью фотопластинки. Он подвергал дагерротипную пластину точечному электрическому разряду и проявлял скрытое изображение парами ртути.

1851-on plate glass. Broun, J. A. (vi Adds.) Ph. Mg. 1 (1851) 43-.

1853-Th. Du Moncel. Исследовал электрический разряд.

1856-Bottger R. Pogg. A. 98 (1856) 170-.

1857-Grove W.R. Philosophical Magazine. 13 (1857) 63-.

1959-Nedden H.M. C. zur. Dingier 154 (1859) 278-, 365-; 15*5 (1860) 295-.

1860-Oppel J.J. (1860) Jahresber. d. phys. Ver. Frankfurt a. M.

1858-**Феддерсен (Feddeisen V.)** (1832-1918) немецкий физик, досконально изучил характер и условия возникновения электрических искр и, в частности, подтвердил на опыте правильность формулы Томсона. Длительность же искры оказалась равной миллионным долям секунды. На фотографиях искр чётко виден колебательный затухающий характер разряда. Он рассматривал изображение искрового разряда лейденской банки во вращающемся зеркале, фотографируя эти изображения. Он установил, что «в электрической искре имеют место попеременно противоположные токи» и что время одного колебания «увеличивается в той мере, как возрастает корень квадратный из электризуемой поверхности», т.е. период колебаний пропорционален корню квадратному из емкости, как это и следует из формулы Томсона.

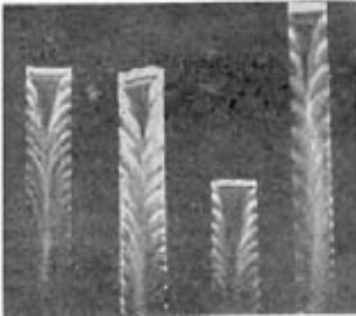


Рис. 1-3-2. Вид искры во вращающихся зеркалах, полученный в эксперименте Феддерсена, для подтверждения колебательного характера искрового разряда. 1862 г.

1860-**Раймонд-Луи-Гастон Планте (Gaston Plante)** (1834-1889) профессор физики в Париже, бывший ассистент Александра-Эдмона Беккереля, исследовал фигуры Лихтенберга.



Рис. 1-3-3. Гастон Планте.

Он изобрел устройство – механический предшественник современного генератора Маркса. При помощи этого генератора, состоящего из свинцово-кислотной электрической батареи (прообраза свинцово-кислотного аккумулятора), системы конденсаторов, которые при помощи вращающегося механического переключателя соединяли их последовательно-параллельно, он получал высоковольтное напряжение. В книге «The Storage Of Electrical Energy», описывающей его опыты периода 1859–1879. Планте описал получение разрядных фигур (фигур Лихтенберга) при разряде системы конденсаторов через воздушный зазор.

1860-Reitlinger E. исследовал фигуры Лихтенберга.

1860-Reitlinger, E (1860) Wiener Ber. 41. p.358.

1860-E. Reitlinger, Zur Erklrung der Lichtenbergschen Figuren, Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, 41 (1860) p.358-376.

1861-Reitlinger, E (1861) Wien. Ber. 43. p.25.

1861-E. Reitlinger Vorlaufige Note uber Lichtenberg'sche Figuren in verschiedenen Gasen, Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, 43-II (1861) p.25-26.

1862-E. Reitlinger and F. Kraus, Uber Brande's elektrochemische Untersuchungen, Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien, mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, 46-2 (1862) p.367.

1862-Reitlinger, E, Krauss, F (1862) Wiener Ber. 46. p.367.

1880-Reitlinger, E, Wächter, F (1880) Ebenda 82. p.180.

1881-Reitlinger, E, Wächter, F (1881) Wied. Ann. 12. p.590.

1881-Reitlinger, E (1881) Wiener Ber. 83. p.677.

1881-Reitlinger E. Wachter Fr. Ueber Disgregation der Electroden durch positive electricitat und die erklarung der lichtenberg'schen figuren. 1881. p.591-610.+

1862-Crookes William исследовал катодные лучи.

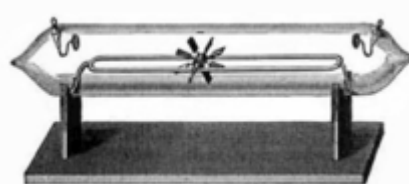
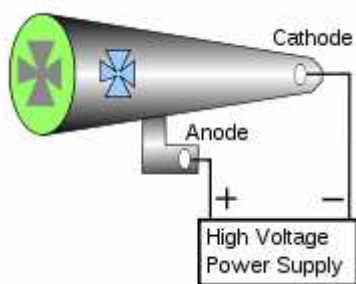
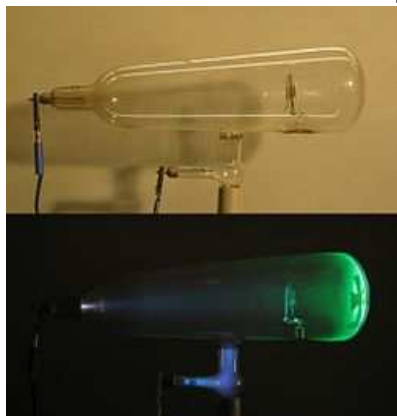


Рис. 1-3-4. Трубки Крукса.

1878-Crookes, William (December 1878). "On the illumination of lines of molecular pressure, and the trajectory of molecules". Phil. Trans. 170. 135-164.

1862-Willigen, V.S. M. van der. Amst. Vs. Ak. 14 (1862) 286-.

1862-Willigen, V.S. (1862) Versl. Akad. Amsterdam 14. p.286.

1862-Buttel, P. Pogg. A. 117 (1862) 302-.

1862-Rood O.N., On the study of the electric spark by the aid of photography, American Journal of Science and Arts, II-33 (1862) 219.

1862-Rood, ON (1862) Sill. Journ. (2) 33. p.219.

1864-Rood, ON (1864) Sill. Journ. (2) 38. p.361.

1865-Poggendorf, J.C. (1865) Pogg. Ann. 126. p.63.

1868-Poggendorf, J.C. (1868) Pogg. Ann. 133. p.152.

1866-A.V. Waltenioien. Uber den Lullinschen Versuch und die Lichtenbergschen Figuren. Poggendorff's Annalen. 128. p.589-609. 1866.

1866-Waltenhofen, A. von. Wien Sb. 53 (1866) (Ab. 2) 665-.

1868-Rollmann, W (1868) Pogg. Ann. 134. p.605.

1869-Kundt, A (1869) Pogg. Ann. 136. p.612.

1869-Kundt A., Ueber eine noch nicht beobachtete elektrische Staubfigur, Poggendorff's Annalen. Phys., 136 (1869) 612. Пылевые круги Кундта (Kund's dust circle, figures). Если электрод перегорел, то на слое порошка появляется круг.

1869-Bezold, W (1869) Münchener Ber. 2: p.145.

1869-Bezold, W (1869) Münchener Ber. 2: p.371.

1870-Bezold, W (1870) Pogg. Ann. 140: p.541.

1870-Bezold, W (1870) Pogg. Ann. 140: p.145.

1870-Bezold W.V. Untersuchungen über elektrische Staubfiguren. Poggendorff's Annalen. 140. p.145-159. 1870.

1870-Bezold W.V. Untersuchungen über die electricische Entladung. Poggendorff's Annalen. 140. p.541-552. 1870.

1870-Bezold W.V. Über die Zerlegung einer Entladung in Partialentladungen. Poggendorff's Annalen. 140. p.559-560. 1870.

1871-Bezold, W (1871) Pogg. Ann. 144: p.337.

1871-Bezold W.V. Über das Bildungsgesetz der Lichtenbergschen Figuren. Poggendorff's Annalen. 144. p.337-363, 526-550. 1871.

1874-Röntgen, WC (1874) Ebenda 151: p.226.

1880-Bezold W.V. Über Lichtenbergschen Figuren und elektrische Ventile. Wied. Ann. 11. p.787-795. 1880.

1897-Bezold W.V. Über die Untersuchung elektrischer Drahtwellen mit Hilfe von Staubfiguren. Wied. Ann. 63. p.124-131. 1897.

1880-Bezold, W (1880) Wied. Ann. 11: p.787.

1884-Bezold, W (1884) Wied. Ann. 21: p.401.

1897-Bezold, W (1897) Wied. Ann. 63: p.124.

1870-A.W.Wright, Sill. Journ. (2) Band. 49, S. 381. 1870.

1870-E.W. Blake. A Method of Producing, by the Electric Spark, Figures Similar to Those of Lichtenberg. American Journal of Science and Arts. (2). 49. p.289-294. 1870.

1870-Blake, EW (1870) Sill. Journ. (2) 49: p.289.

1870-Karrass, T (1870) Ebenda 140: p.161.

1870-Peterin, J (1870) Wiener Ber. 62: p.679.

1872-Schneebelij H, Ziir. Vjschr. 17 (1872) 35-.

1875-Schneebeli, H (1875) Carls Rep. 11: p.403.

1872-Chekhovlch, K. A. [1872] (xn)

1873-Douliot, i. J. de Ps. 2 (1873) 260-

1873-Kuhn, M. Carl Epm. 9 (1873) 341-.

1875-Peters, A. A. Ps. C. 156 (1875) 403-; 158 (1876) 174-. (Poggendorff's Annalen)

1876-in space. Lonimet, E. C. J. Erlang. Ps. Md. S. Sb. 8 (1876) 142-.

1873-Mach, E, Fischer, A (1873) Ebenda 149: p.421.

1875-Mach, E, Wosyka, J (1875) Ebenda 156: p.407.

1879-E. Mach and S. Doubrava, Beobachtungen fiber die Unterschiede der beiden elektrischen Zustände, Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien, 80 (1879) p.331.

1880-Mosc. S. Sc. Bil. 39 [No. 2] (1880) 59-.

1880-E. Mach und S. Doubrava. Beobachtungen über die Unterschiede der beiden electricischen Zustände. Wied. Ann. 1880. 9. p.61-76.

1874-Antolik, K (1874) Pogg. Ann. 151: p.127

1874-Antolik, K (1874) Ebenda 151: p.127.

1875-Antolik, K (1875) Ebenda 154: p.14.

1875-K. Antolik, Das Gleiten elektrischer Funken, Poggendorff's Annalen. Phys., 154 (1875) p.14.

1878-Antolik, K (1878) Wied. Ann. 3: p.483.
 1882-Antolik, K (1882) Wied. Ann. 15: p.475.
 1882-Antolih, K. A. Ps. C. 15 (1882) 475-. (Poggendorff's Annalen)
 1882-(Antolik's.) Aht, A. (xh) Orv. Term. Ets. 7 (1882) {Term. Szak) 155-.
 1882-K. Antolik. Uber neue electricische Figuren und uber aas Gleiten electricischer Funken. Wied. Ann. 15 p.475-491. 1882.
 1883-Antolik, K (1883) ZS. d. elektrot. Ver. Wien 1: p.228.
 1884-Antolik, Lum. Elect. 11 (1884) 310-.

1876-В руководстве по фотографии, изданном в Санкт-Петербурге в 1876 г. упоминается о возможности визуализации электрических разрядов с использованием фоторегистрирующих материалов.

1876-Rosicky W. (1876) Wiener Ber. 73: p.629.

1881-Villari, E. Bologna Ac. Sc Mm. 3 (1881) 663-; 4 (1882) 395-.
 1882-Bauer, K. L. VA. Ps. C. 16 (1882) 368. (Poggendorff's Annalen)
 1883-Ollver J. Lodge. (University College, Liverpool) On Lord Rayleigh's Dark Plane. Nature 1883. July 26. p.297-299.+
 1883-V. Dvorak, Ueber einige Versuche mit statischer ElectricitY/t, Wied. Annalen des Physik. 19 (1883) p.323.
 1883-Dvořák, V (1883) Wied. Ann. 19: p.323.

1884-Comptes Rendus des Seances de l'Academie des Sciences, 99 (1884) p.959.
 1884-W. Thomson, Mathematical and Physical Papers, V.2, University Press, Cambridge, 1884, p.168.

1885-The Electric Discharge and Spark Photographed Directly without an Objective. Scientific American. 1885. april 4. vol.19. p.7713-7714.+

1865-**Bertin**, профессор Strassburg University, руководил исследованиями электрических разрядов. Он решил сфотографировать электрический разряд. Но фотографический процесс был не очень совершенным, и не удалось получить удовлетворительных результатов. В 1884 году он встретился с известным производителем **F. Ducretet**, с которым он собирался использовать для регистрации желатино-бромидный (gelatino-bromide) процесс. К сожалению, он умер прежде, чем эти эксперименты были начаты, и не смог увидеть реализацию своего проекта. Г-н Ducretet не отказываться от идеи, он построил нужный аппарат, и получили некоторые результаты.

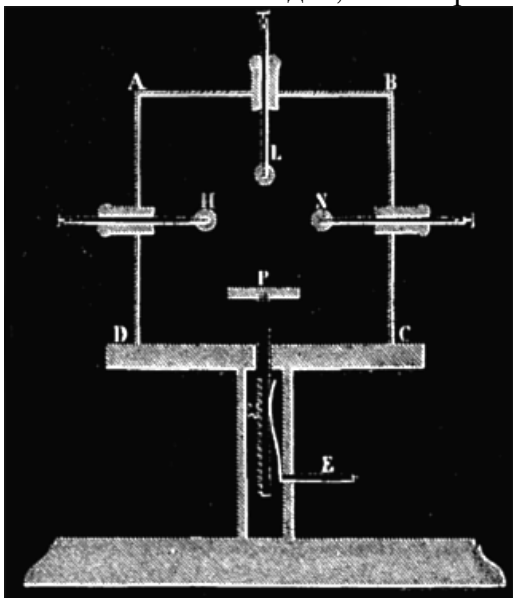


Рис. 1-3-5. Устройство для регистрации разрядов.

Устройство состоит из стеклянного корпуса ABCD, установленного на эбонитовой пластине. В верхней части корпуса и с боков сделаны отверстия для электродов. В центре стола закреплена медная стойка, на которой могут быть установлены различные диски (металлический, диэлектрический). Высоту стойки можно регулировать. В качестве батарей использовались батареи из бихромата калия. Батареи могли производить ток напряжением 10в, сила тока 15 ампер. С помощью индукционной катушки (машина Гольца, Holtz machine) создавалось высокое напряжение. При разряде создавалась искра длиной 8 дюймов (20см).



Рис. 1-3-6. Разряд между двумя электродами, отрицательный электрод слева, положительный электрод справа.

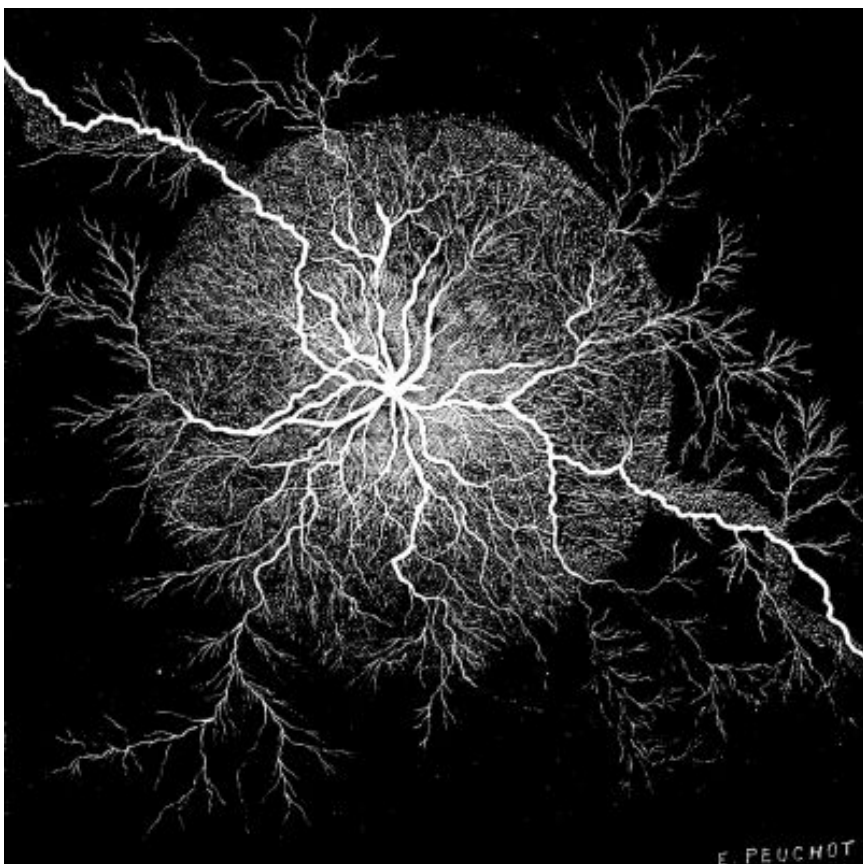


Рис. 1-3-7. Фигура Лихтенберга.

Для получения фигуры Лихтенберга использовался металлический диск, на который поместили эбонитовый диск того же размера. Сверху располагалась фоточувствительная пластинка, эмульсионный фотослой расположен сверху. Сверху с фотопластинкой контактировал второй электрод в виде шара.

1880-Эжен Адриан Дюкре (**Eugène Adrien Ducretet**) (1844–1915), французский физик.



Рис. 1-3-8. Эжен Дюкре.

В 1880-1884 он записывал на фотографическую пластинку следы электрических разрядов. Результаты его исследований размещены в Парижском музее искусств и ремесел под названием «Effluves et étincelles électriques obtenues directement sans objectif».

1884-Ducretet E. предложил использовать для визуализации разряда светочувствительные пластины, это так называемый фотографический метод регистрации.

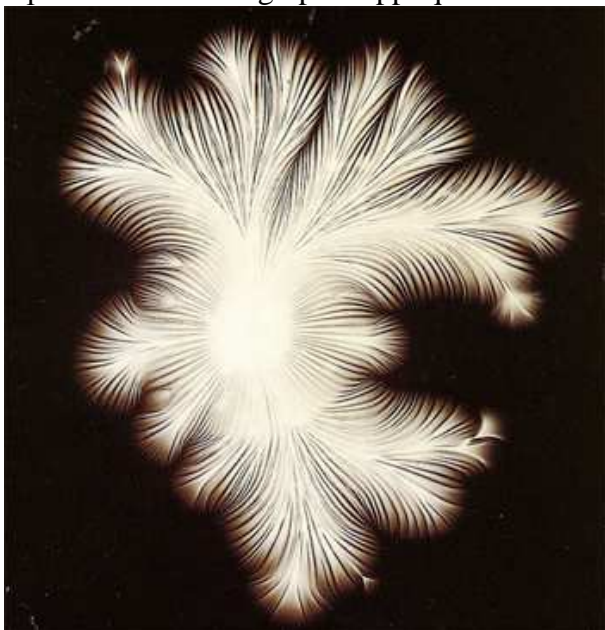
1884-Ducretet, E (1884) C. R. 99: p.959

1885-Ducretet, E (1885) Lum. élect. 15: p.159

1885-Ducretet E., photographies d'étincelles électriques, 14 x 11 cm, 1885.

1880-Энтье-Леопольд Трувелло (Etienne Leopold Trouvelot) (Leopold Truvelo) (1827-1895), французский художник и астроном. Он показал, что фигуры Лихтенберга можно получать на фотографической бумаге. Он помещал фотопластинку на заземленную металлическую пластину и подвергал ее воздействию точечного электрического разряда от катушки Румкорфа или от Wimshurst machine. Электрод касался эмульсионной стороны пластинки. При обычном проявлении пластинки на ней воспроизводились фигуры Лихтенберга. Эти фигуры иногда называют **Trouvelot figures**.

в 1880 г. он получал «фигуры Трувелло» (фигуры Лихтенберга) при помощи катушки Румкорфа или машины Вимшурста (Wimshurst machine). Результаты своих экспериментов он опубликовал в работе «La Photographie appliquée à l'étude de l'étincelle électrique».



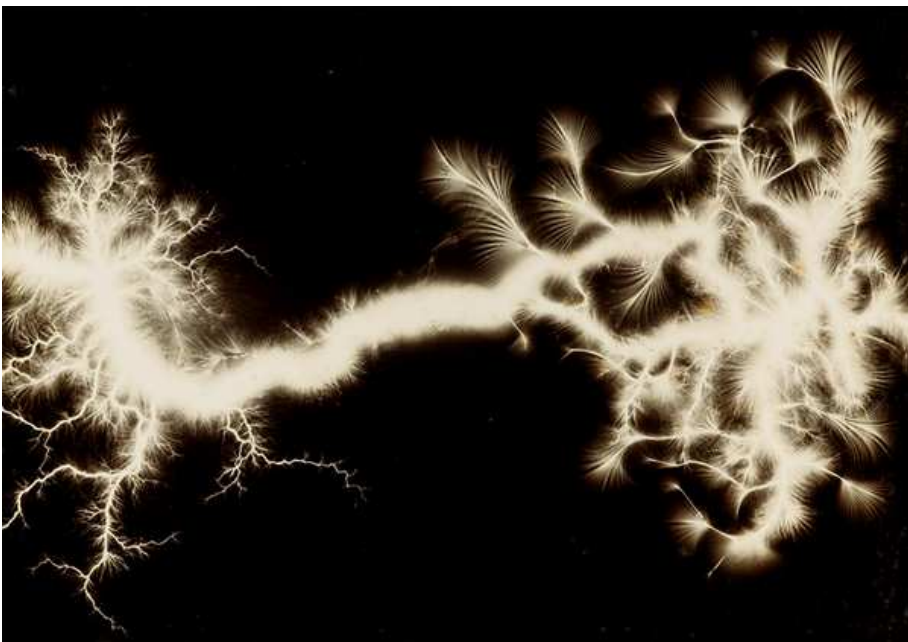
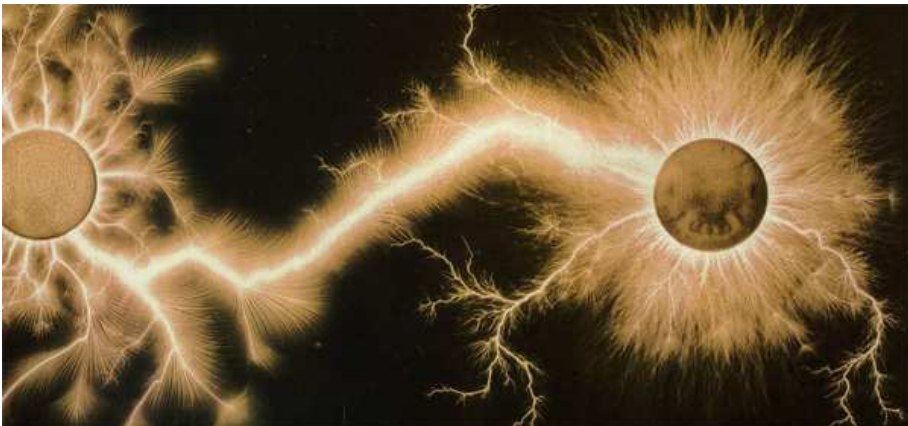


Рис. 1-3-9. Фигуры Трувелота (Trouvelot figures).

1888-Trouvleet, E.T. "Sur la forme des decharges electriques sur les plaques photographics," La Lumiere Electrique, 1888, v. 30. p.269-273.
1888-Trouvelot, EL (1888) C. R. 107: p.684
1889-Trouvelot, EL (1889) C. R. 108: p.346

1887-K. Wesendonck. Untersuchungen uber Buschelentladungen. Wied. Ann. 30. p.1-50. 1887.
1887-Wesendonck, K (1887) Wied. Ann. 30: p.1.
1887-Cechovic, K. Bs. Ps. C. S. J. 19 (Ps.) (1887) 39-; J. dePs. 7(1888) 275.

1888-Дж. Браун (Broun J.) английский ученый, (Belfast, UK), зарегистрировал фигуры Лихтенберга на фотобумаге.

Он помещал фотопластинку на заземленную металлическую пластину и подвергал ее воздействию точечного электрического разряда. При обычном проявлении пластинки на ней воспроизводились фигуры Лихтенберга.

1888-Brown, J. "On figures Produced by Electric Action on Photographic Dry Plates," Phil. Mag. 1888, Series 5, v. 26, issue 163. p.502-505.
1888-Brown, J (1888) Phil. Mag. (5) 26: p.502.

1888-Hallwachs W. Wied. Ann. 1888. 33. p.301. Он обнаружил, что цинковая пластинка, освещаемая ультрафиолетовыми лучами от дуговой лампы, заряжается положительно, из-за испускания фотоэлектронов.

1888-Latschinow, D (1888) Journ. d. russ. chem. phys. Ges. (2) 20: p.41.

1888-Philosophical Magazine. 1888. V.26. p.502.

1888-La Lumiere Electrique. 1888. V.30. p.269.

1889-G. Sieben, Experimentaluntersuchungen fiber elektrische Figuren auf lichtempfindlichen Platten, Sitzungsberichte der kSniglichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Jg. 1889-1, 395.

1889-Gothard, E (1889) Eders Jahrb. f. Phot. 3: p.111.

1889-Hübl, A, Obermayer, A (1889) Wiener Ber. 98: p.419.

1890-Lepel, F (1890) Wied. Ann. 39: p.361.

1890-Joly, J (1890) Proc. Roy. Soc. London 47: p.67.

1892-Alan Archibald Campbell Swinton (Алан Арчибальд Кэмпбелл Суинтон) (1863–1930), инженер-электрик из Шотландии.



Рис. 1-3-10. Swinton A.

Он использовал фотографию для регистрации странных и тонких узоров, создаваемых с помощью электрического разряда конденсатора при прямом контакте электрода с фотографической пластиной. Фотопластинка состоит из стеклянной пластины, покрытой фоточувствительным слоем (бромид серебра в желатине). С обратной стороны фотобумаге помещалась фольга. Сила разряда регулировалась таким образом, чтобы он не выходил за край фотопластинки. Если размер фольги меньше размера фотопластинки, то заряд не

распространяется за пределы границ фольги. На заседании Британской ассоциации в 1892 г. он демонстрировал фотографии электрических разрядов, полученные без фотоаппарата. Изображения формировались при разряде конденсатора на поверхности обычной сухой фотографической пластины, состоящей из стеклянной подложки с нанесенным поверх слоем бромида серебра в желатине. На оборотной стороне пластины был расположен металлический электрод (фольга). «Силу» разряда конденсатора регулировали таким образом, чтобы он охватывал всю пластину, не затрагивая ее краев.

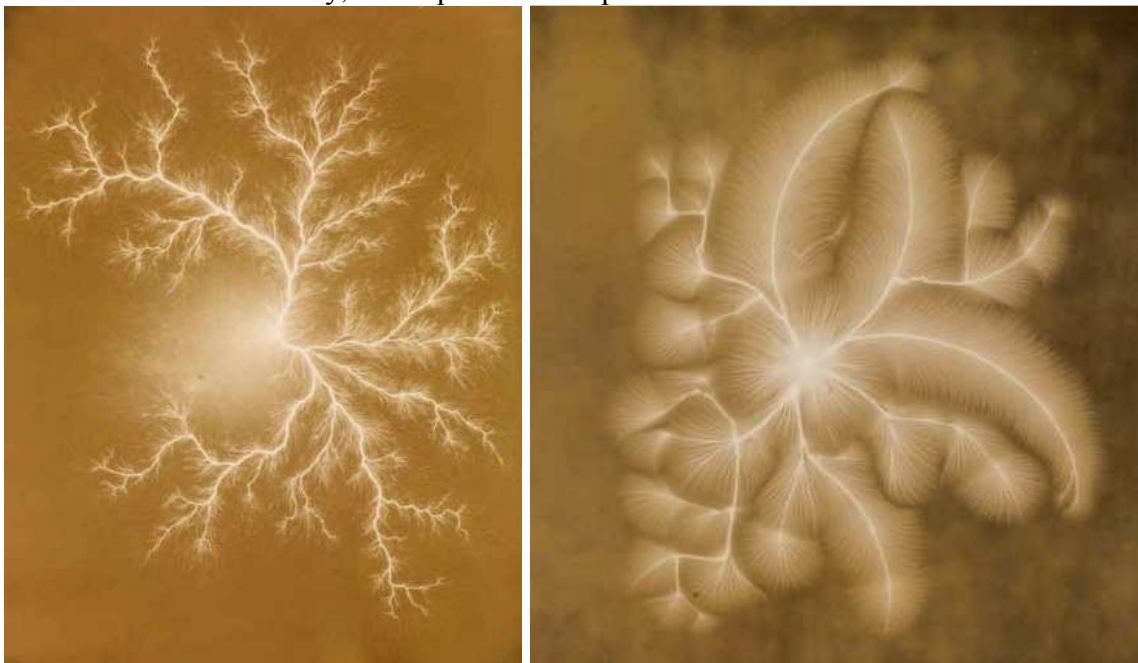


Рис. 1-3-11. Положительный (слева) и отрицательный (справа) разряд.

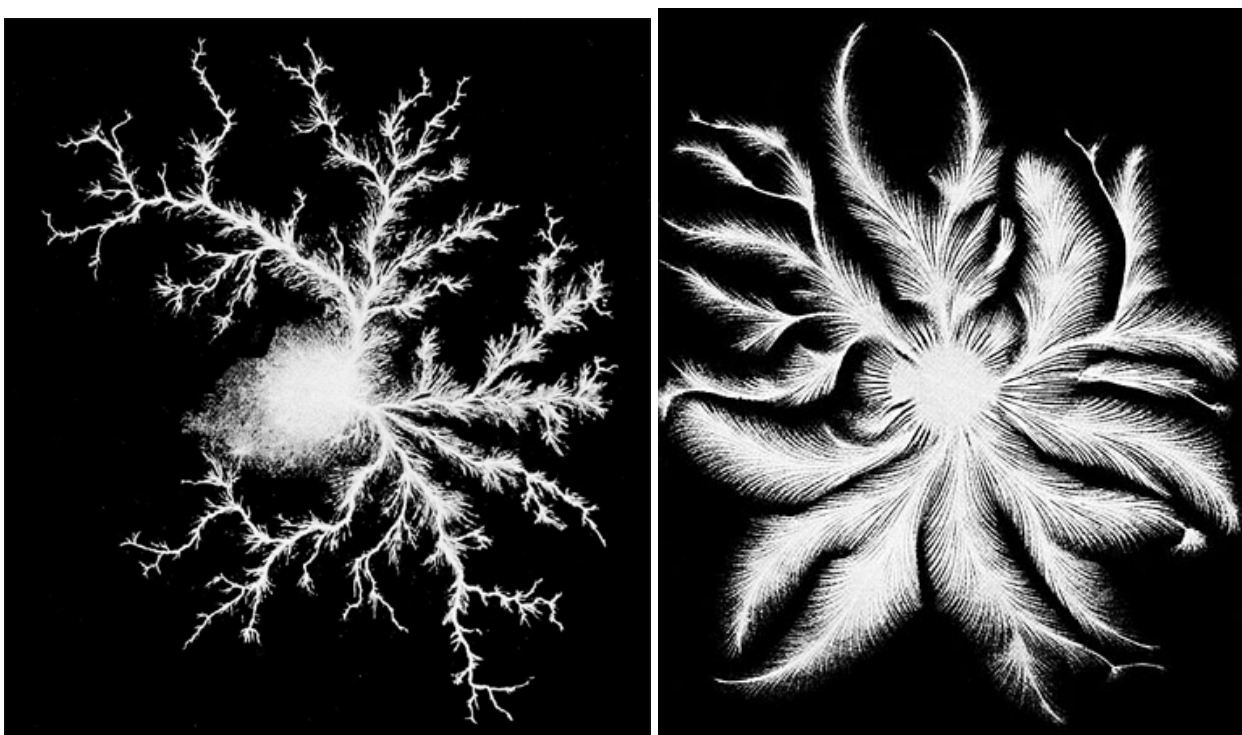


Рис. 1-3-12. Положительный (слева) и отрицательный (справа) разряд.

1892-Section A of the British Association, at its Edinburgh meeting in 1892.

1892-reported in the Electrical Review for August 26. 1892.

1898-A.A.C. Swinton. The Action of Electric Discharges on Photographic Plates. Nature 58, 151. (16 June 1898).+

1895-S.P. Tnosirson. On the Cause of the Difference in Lichtenberg's Dust-Figures. Preliminary Note. Proc. Roy. Soc. London. 58. p.214-215. 1895.

1896-Sommer, J. CasopiS 25.(1896) 246-; F Schr. Ps. (1896) (Ab. 2) 442-.

1896-Walter E. Woodbury. Photographing electrical discharges. Popular Science Monthly. 1896. Volume 49. July. p.305-307.+

1896-Friedländer, J (1896) Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbefl., Berlin 75: p.119.

1896-Woodbury W.E. Photographing Electrical Discharges. Popular Science Monthly. 1896. V.49. July.

1892-Lord William George Armstrong (Уильям Джордж Армстронг) (1810-1900), английский исследователь, издал прекрасную книгу с цветными иллюстрациями фигур Лихтенберга.



Рис. 1-3-13. George Armstrong.

В 1892 году он, используя индукционную катушку Румкорфа, дающую 18-дюймовую искру, указал на сосуществование двух противоположных течений в движениях электроэнергии. В 1897 г. он опубликовал иллюстрированную монографию «Electric Movement in Air and Water», в которой обсуждалась фигуры, полученные с помощью электрического разряда на фотографических пластинах. В 1899 г. вышла из печати следующая его книга «Electrical Discharge Experiments» содержащая большое количество цветных изображений фигур Лихтенберга, образующихся при электрических разрядах.

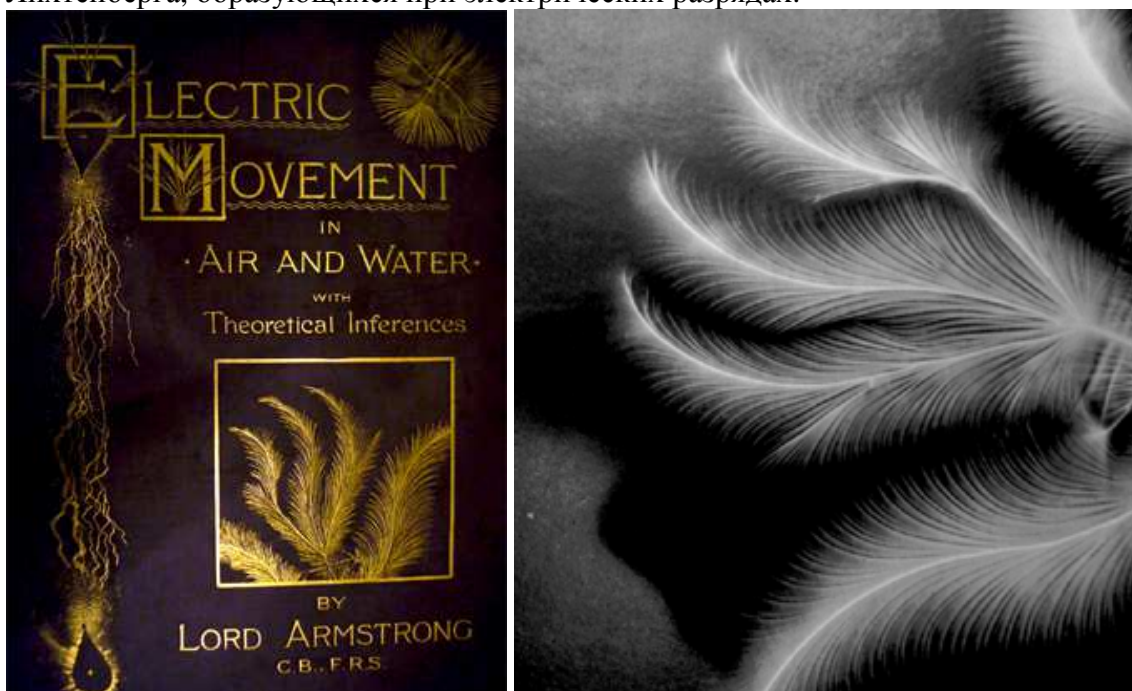


Рис. 1-3-14. Обложка книги и фотография разряда.

1897-Armstrong W.G. "Electric Movement in Air and Water, with Theoretical Inferences". London. 1897.+
1899-Armstrong W.G. «Electrical Discharge Experiments». 1899.

1895-1898-Martin F. Expansion produced by electric discharge. Proc. Cambr. Phil Soc. 1895-1898. 9. p.11-16.

1895-Quincke, G (1895) Berl. Ber.

1910-G. Quincke. Über elektrischer Staubfiguren auf Isolatoren und durchgehende, reflektierte, sekundäre und ruckläufige elektrische Strahlen. Annalen des Physik. (4). 32. p.91-147, p.889-940. 1910.

1915-Quincke, G (1915) Elster-Geitel-Festschrift.

1898-Август Теплер (August Joseph Ignaz Toepler) (1836-1912),



Рис. 1-3-15. Август Теплер.

Максимилиен Теплер (Toepler Maximilien) (1870-1960) сын, немецкий физик, занимался исследованием фигур Лихтенберга, визуализацией потоков (шлиерен фотографией).

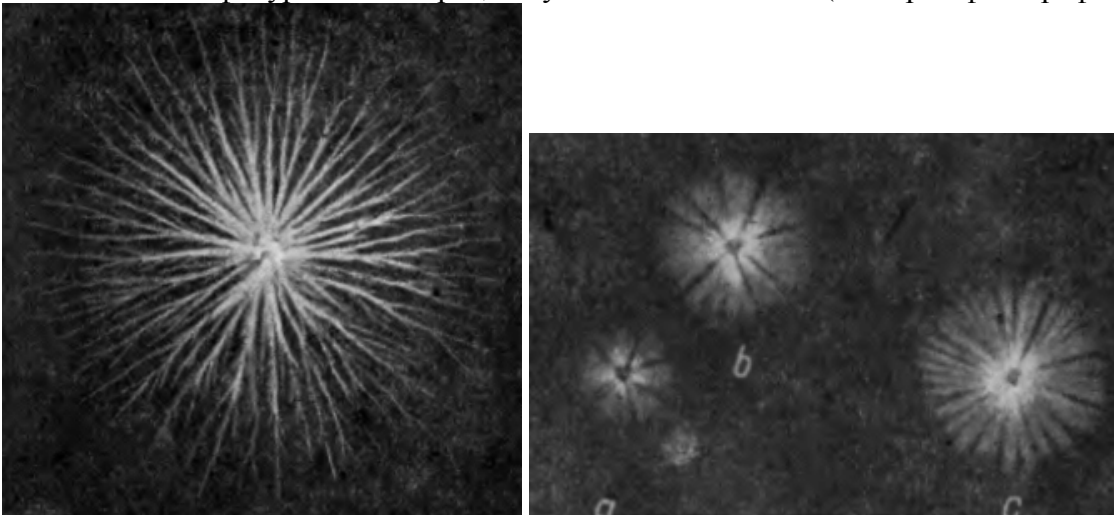


Рис. 1-3-16. Скользящий разряд на положительном электроде (слева) и на отрицательном электроде (справа). (а)-малое напряжения, и медленное возрастание напряжения, (в)-среднее напряжение и средняя скорость возрастания напряжения, (с)-высокое напряжение и высокая скорость нарастания напряжения.

При спадании напряжения с высокой скоростью над главной разрядной фигурой появляется меньшая по размерам разрядная фигура, которая соответствует другому знаку острия, чем для главного разряда («фигура обратного разряда»). Это происходит потому, что уменьшение напряжения на острие идет значительно быстрее, чем на заряженном пограничном слое. При очень высоких ударных напряжениях возникают вторичные разрядные фигуры («обратные ступени»).

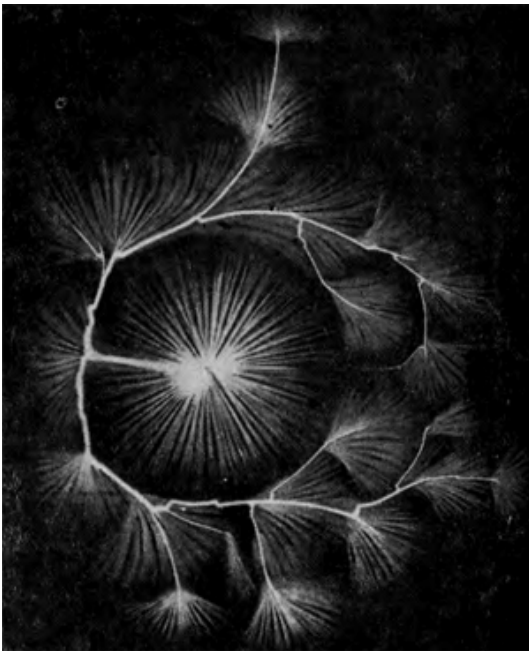


Рис. 1-3-17. Скользящий разряд на отрицательном электроде при высоких напряжениях с образованием обратных фигур.

1868-Toepler, A (1868) Pogg. Ann. 134: p.215.

1874-Toepler, A (1874) Carls Rep. 10: p.215.

1898-Toepler, M (1898) Wied. Ann. 66: p.1061.

1898-M. Toepler, Ueber gleitende Entladung langs reinen Glasoberflächen, Wied. Annalen des Physik. 66 (1898) 1061.

1906-Toepler, M (1906) Ann. d. Phys. (4) 21: p.193.

1906-M. Toepler, Zur Kenntnis der Gesetze der Gleitfunkenbildung, Annalen des Physik. Ser., 4, 21 (1906) 193-222.

1908-Toepler, M (1908) Ann. d. Phys. (4) 25: p.745.

1907-Toepler, M (1907) Phys. ZS. 8: p.743.

1917-Toepler, M (1917) Ann. d. Phys. (4) 53: p.217.

1917-M. Toepler. Über den inneren Aufbau von Gleitbuscheln und die Gesetze ihrer Leuchtfäden. Annalen des Physik. (4). 53. p.217-234. 1917.

1920-Toepler, M (1920) Phys. ZS. 21: p.706.

1921-Toepler, M (1921) Archiv für Elektrotechnik. 10: p.157.

1921-Toepler, M (1921) Phys. ZS. 22: p.59.

1921-Toepler, M (1921) Phys. ZS. 22: p.78.

1921-Toepler, M (1921) Archiv für Elektrotechnik. 10: p.157.

1921-Toepler, Max. "Laws of Creepage Phenomena," Archiv für Elektrotechnik, Sept. 10, 1921, v.10, p.157-158.

1921-M. Toepler, Über die physikalischen Grundgesetze der in der Isolatortechnik auftretenden elektrischen Gleiterscheinungen, Archiv für Elektrotechnik. 10 (1921) p.157.

1921-M. Toepler. Archiv für Elektrotechnik. Band. 10, (1921) p.166.

1921-Toepler Max. Zeitschrift für Physik. 22. 59 и 78. 1921.

1925-Toepler Max. Archiv für Elektrotechnik. 14. 305. 1925.

1926-17. 61 и 389. 1926.

1927-549 и 563 1927.

1932-26. 429. 1932.

1932-Toepler Max. Elektrotechn. Z. 53. 1219. 1932.

1897-Blümel, A (1897) Verh. d. D. Phys. Ges. 16: p.174.

1898-Pflaum, H (1898) Korrespondenzblatt d. Naturforscher-Ver. Riga 40: p.1.

1898-Lehmann O. Die elektrischen Lichterscheinungen oder Entladungen, Knapp, Halle, 1898.
1898-Lehmann O. (1898) Die elektrischen Lichterscheinungen.

1899-Fommt L. A. Ps. C. 69 (1899) 479-. (Poggendorff's Annalen)

1897-Thomas Burton Kinraide (1864-1927), исследователь из Бостона (США). Занимался фотографированием фигур Лихтенберга. Сделал более 500 фотографий.

<http://www.electrotherapymuseum.com/Kinraide.htm>



Рис. 1-3-18. Томас Кинраид.

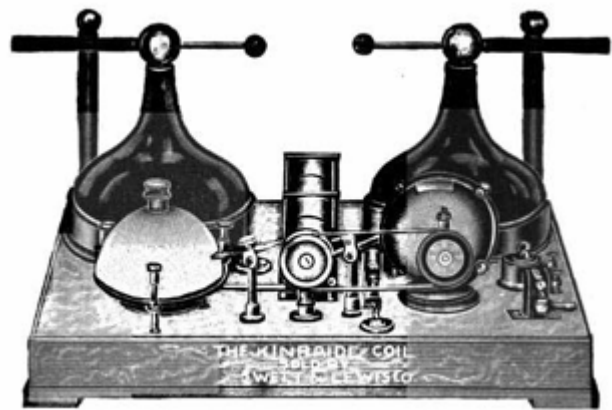


Рис. 1-3-19. Трансформатор разработки Кинраида (Kinrade Coils).

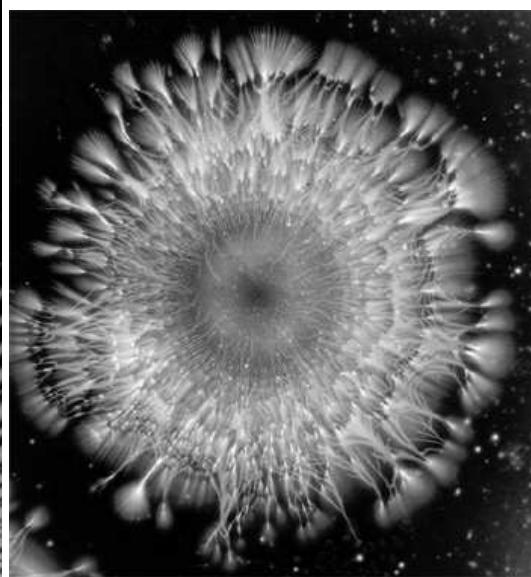
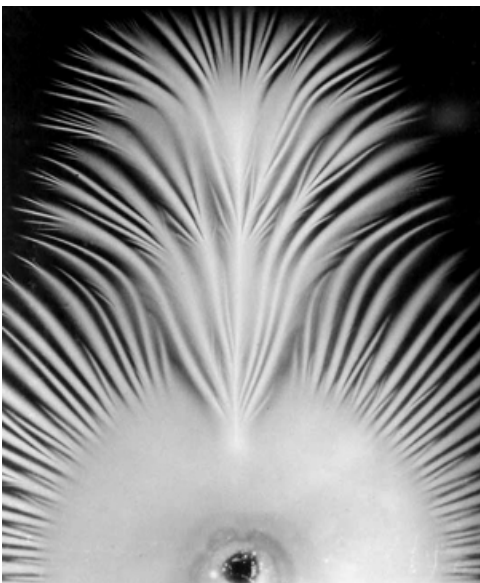


Рис. 1-3-20. Фотографии разряда.

1904-Kinrade T.B. Portable high frequency device and vacuum tube stand. Patent 774759. 1904.

1998-John A. McClelland (1870-1920), профессор физики в University College Dublin, UK.



Рис. 1-3-21. John A. McClelland.

В Cavendish Laboratory он проводил исследования воздействия электрического разряда на фотографическую пластинку. 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.

Для выяснения природы разряда помещались различные пленки между электродом и фотопластинкой. При использовании тонкой пластинки слюды фигура положительного разряда стала лишь немного меньше. При использовании стеклянной пластины размер фигуры немного увеличился, скорее всего, из-за рассеивания света. Тонкая эбонитовая пластинка полностью блокировала свечение. В экспериментах регистрировалось свечение монет.

1898-J.A. McClelland. Photographic Plates by Electric Discharges. (Cambridge Philosophical Society), Nature, 16 May 1898, 58 p.142. (June 9. p.142.)

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.+

1898-McClelland, BJA (1898) Nature 58: p.142.

1921-McClelland, J.A., & McHenry, J.J. (1921). Uncharged nuclei produced in moist air by ultra-violet light and other sources. Proceedings of the Royal Dublin Society, 16, p.282-303.

1930-Nolan, J.J., & Nevin, T.E. (1930). The effect of water vapour on the diffusion coefficients and mobilities of ions in air. Proceedings of the Royal Society, London, 127, p.155-174.

1899-Przibram Karl (1878-1973) Wien, Austria.



Рис. 1-3-22. Karl Przibram, 1925.

1899-Przibram, Karl (1899) Wiener Ber. 108: p.1161.

1904-Przibram, K (1904) Wien. Ber. IIa 113: p.1315.

1904-Przibram, K (1904) Wiener Ber. 113: p.439.

1907-Przibram, K (1907) Wiener Ber. 116: p.557.

1912-Przibram, K (1912) Wiener Ber. 121: p.2163.

1918-Karl Przibam, Einpolige elektrische Figuren und Elektronenaffinitait, Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien, 127-Iia (1918) 395.

1918-Przibam, K (1918) Wiener Ber. 127: p.395.

1919-Przibam, K (1919) Wiener Ber. 128: p.1203.

1919-Przibam, K (1919) Phys. ZS. 20: p.299.

1919-K.Przibam. Über die Elektrischen Figuren. Zeitschrift für Physik. XX, S.299 (1919).

1920-Przibam, K (1920) Phys. ZS. 21: p.480.

1920-Przibam, K (1920) Wiener Ber. 129: p.151.

1920-Karl Przibam. Form und Geschwindigkeit. Ein Beitrag zur allgemeinen Morphologie. Naturwissenschaften. 6. Februar 1920, Volume 8, Issue 6, p.103-107.

1926-Przibam, K, Kara-Michailova, E (1920) ZS. f. Phys. 2: p.297.

1927-Karl Przibam. Die Elektrischen Figuren. Handbueh der Physik, 1927. vol.14. P.391-404.

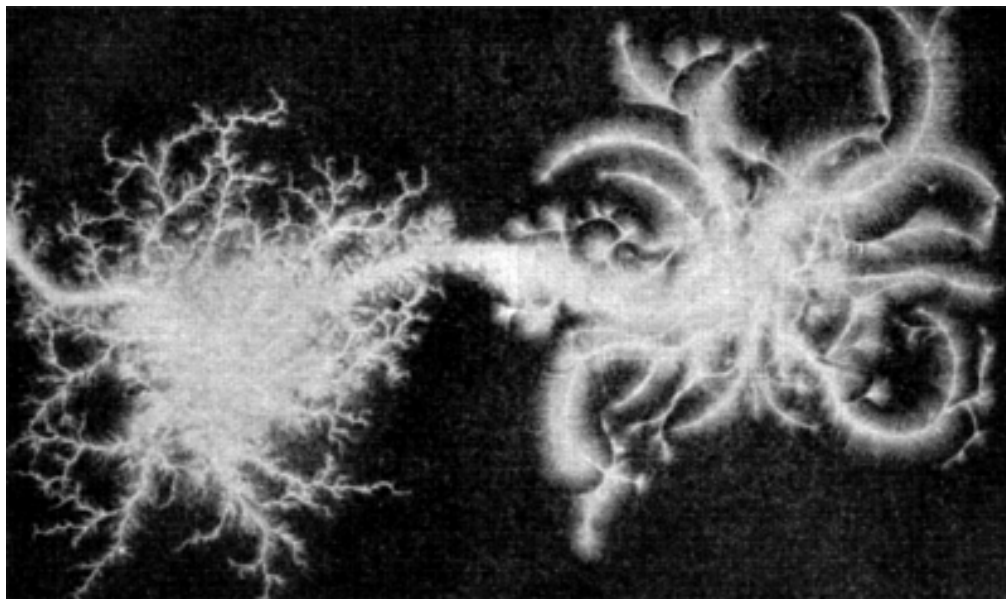


Рис. 1-3-23. Регистрация электрической искры, слева положительный полюс, справа отрицательный полюс. Фотография получена Д. Деви при регистрации разряда от катушки Румкорфа.

Humphry Davy (Гемфри Дэви) (1778-1829) английский физик, химик. В 1808-1809 годах описал дуговой электрический разряд между двумя угольными стержнями, соединенными с полюсами мощной электрической батареей из 2 тысяч гальванических элементов.

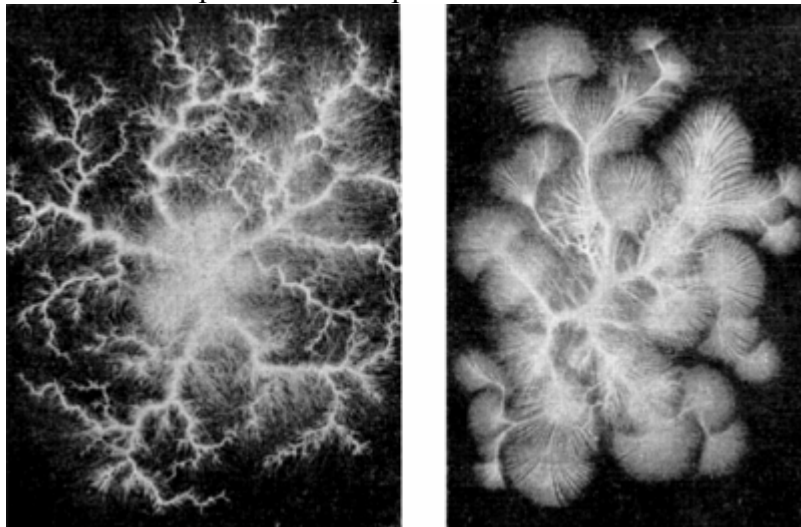


Рис. 1-3-24. Разряд от положительного и отрицательного электродов. Фотографии получены Лангумье.

XX-й век.

- 1900-Schaffers, W (1900) C. R. 130: p.897.
1900-Knoblauch, BE (1900) Phys. ZS. 2: p.165.
1901-Haen, P (1901) Bull, de Belge.
1901-Heen, P (1901) Bull, de Belge.
1901-Weber, RH (1901) Ann. d. Phys. (4) 6: p.96.
-

1905-Deeks W.A. USA. Исследовал статические и высокочастотные разряды, регистрируемые на фотопластинке, покрытой черной бумагой.

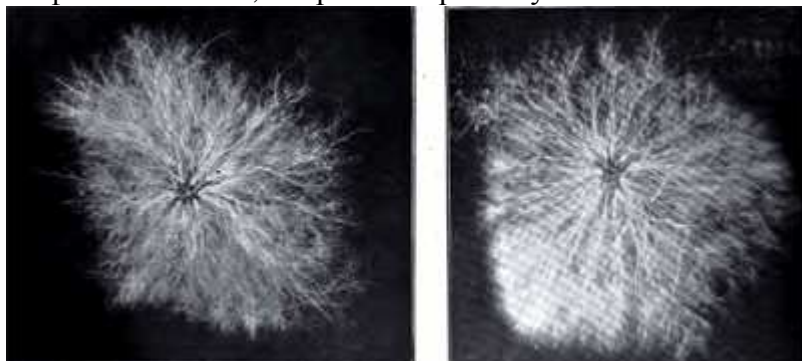


Рис. 1-3-25. Снимки положительного (слева) и отрицательного (справа) разрядов.

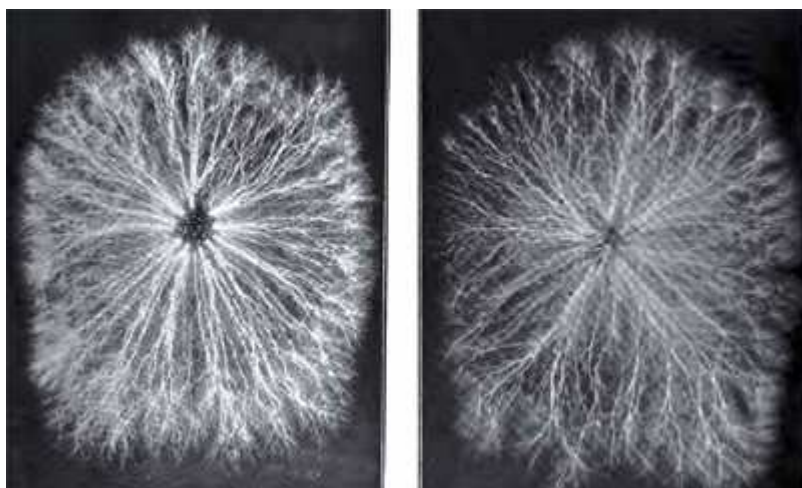


Рис. 1-3-26. Разряд, полученный с помощью трансформатора Дарсонваля и Тесла.

1905-Deeks W.A. Illustrative effects of static and high-frequency sparks. Fifteenth Meeting of the American Electro-Therapeutic Association. New-York. September 20. 1905. 173-180.+
<http://www.electrotherapymuseum.com/2009/SparkIllustrations/index.htm>

- 1903-Vgl. z. B. St. Jellinek. Elektropathologie. Stuttgart. 1903.
1906-J.M. Eder, Ausführliches Handbuch der Photographie, V.I-2-Photochemie, 3rd edn., Knapp, Halle, 1906, p.409.
1908-M. Escu. Über den Vorprozess und die Verzögerung bei der Funkenentladung. Diss. 1908. 57.p.
1909-Cluckers, R (1909) Bull, de Belge.
1910-Porter Alfred W. Electrical discharge over photographic plate. Nature. 1910. march 31. vol.83. issue 2109. p.142-143.+
-

- 1911-Francis E. Nipher. Disruptive discharge of electricity through flames. Proceedings of the American Philosophical Society. Vol. 50, No. 200 (Jul. Aug., 1911), p.397-403.
1912-Arpi, R (1912) Ark. f. Mat., Astron. och Fys. 8: p.14.
1916-Hansen K. Photographie elektrischer Entladungen. E.T.Z. 1916. 37. p.610-611.
-

1917-Yoshida U. Figures produced on Photographie Plates by Electric Discharges. Mem. Kyoto, V.II, p.105 (1917).

1917-Yoshida U. (1917) Mem. Kyoto 2: p.105.

1921-Yoshida U. and Tanaka G. Mein. Kyoto Imp. University. V.V, No.2, p.145-152, 1921.

1921-Yoshida U., Tanaka S. (1921) Mem. Kyoto 5: p.145.

1917-Mikola S. опубликовал фотографии Лихтенберга. Он получал фотографии прямо на фотографической пластине. Фотографии отличаются большой четкостью.

1917-S. Mikola. Untersuchungen uber die Lichtenbergschen Figuren und uber die Strahlung des Kondensators. Zeitschrift fur Physik. 18. p.158-168. 1917.

1917-Mikola, S (1917) Phys. ZS. 18: p.158.

1919-Pedersen Peder Olaf (Педер Олаф Педерсон) (1874-1941), датский физик, академия наук Дании, Копенгаген.

В работе исследовался метод регистрации электрического разряда на фотобумаге. Отмечалось, что в вакууме разряда не происходит. Рассматривается два типа разрядов

-pure discharge-одиночный разряд, моноимпульсный,

-impure (mixed) discharge, когда подается несколько импульсов чередующейся полярности, многоимпульсный разряд.

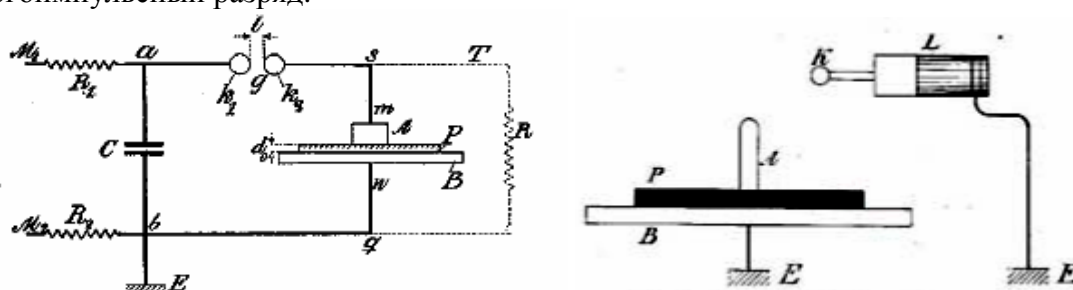


Рис. 1-3-27. Схема устройства для получения фотографий разряда на бумаге. А-металлический стержень, Р-фотографическая бумага, В-металлическая пластина с заземлением.

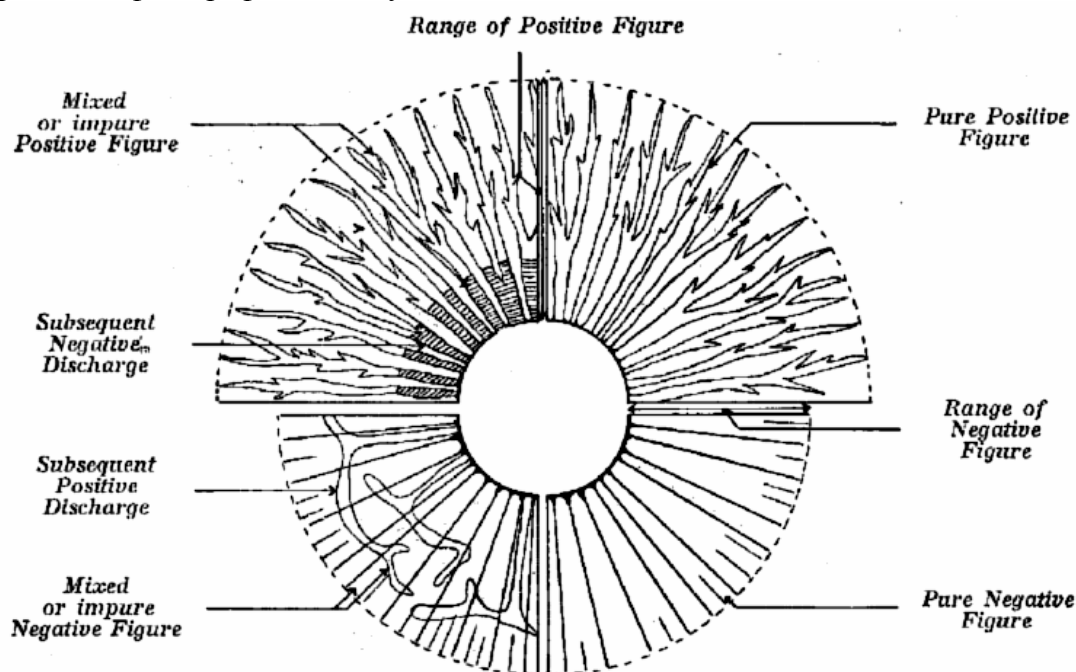


Рис. 1-3-28. Строение положительного разряда (сверху) и отрицательного разряда (снизу).

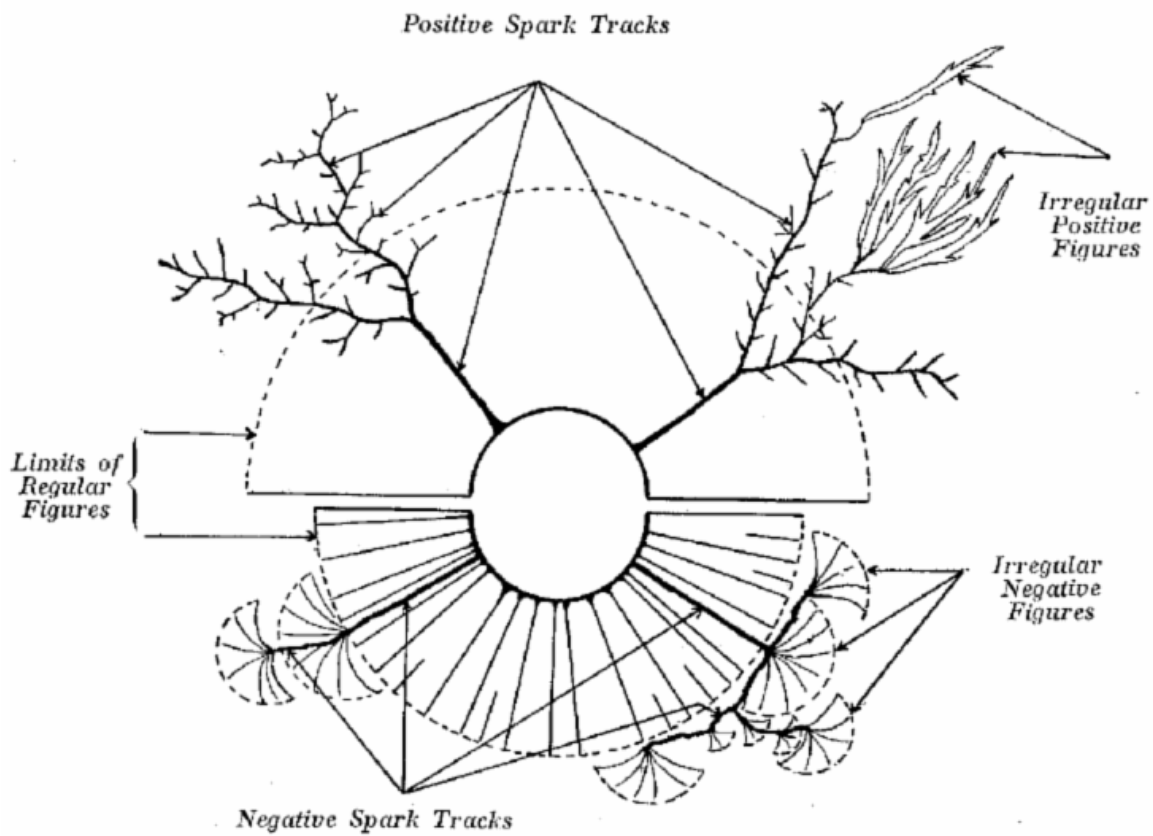


Рис. 1-3-29. Пример строения сложного разряда.

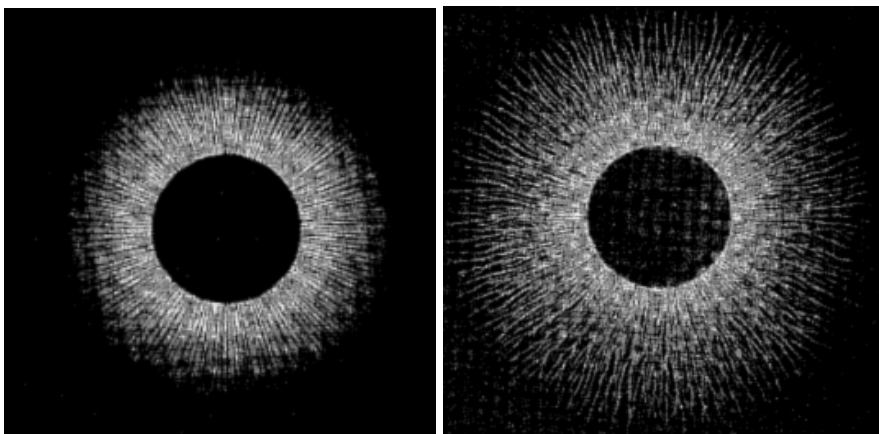


Рис. 1-3-30. Свечение моноимпульсного положительного разряда (слева) и многоимпульсного разряда (справа).

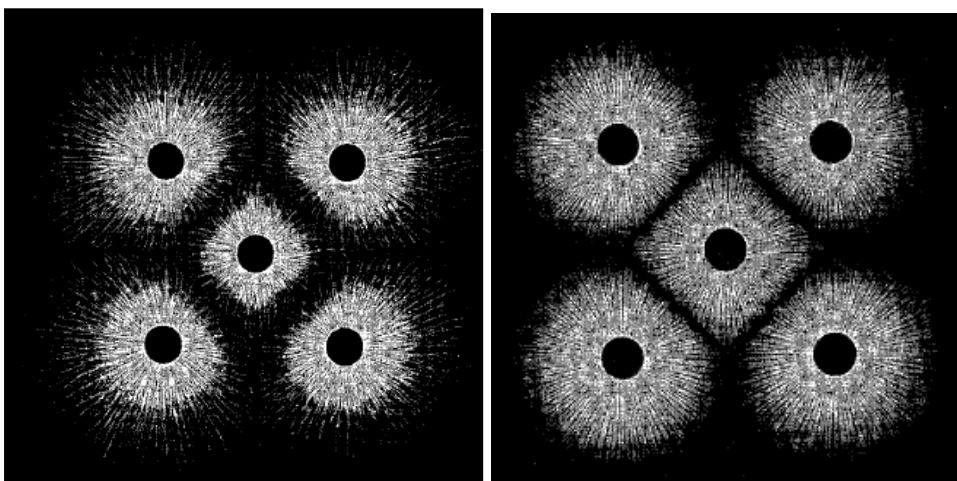


Рис. 1-3-31. Свечение пяти положительных электродов.

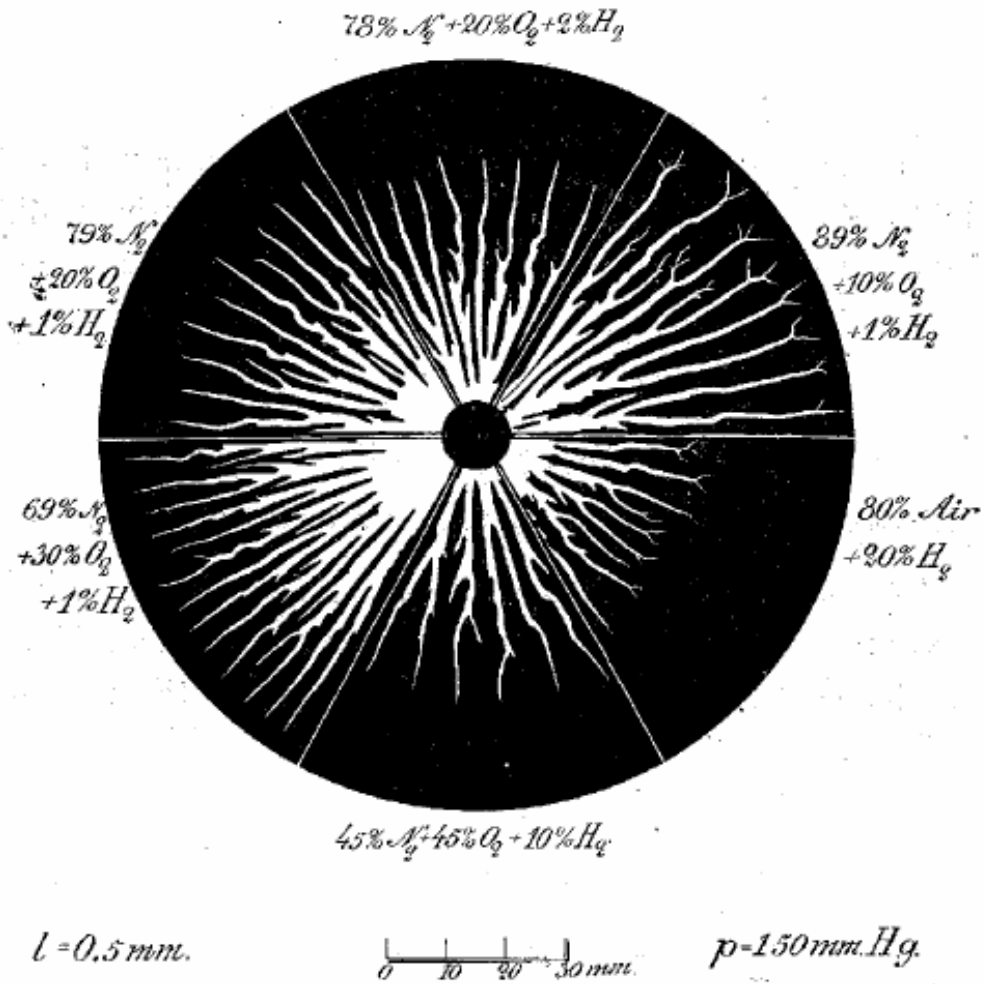


Рис. 1-3-32. Зависимость величины свечения от состава газовой среды.

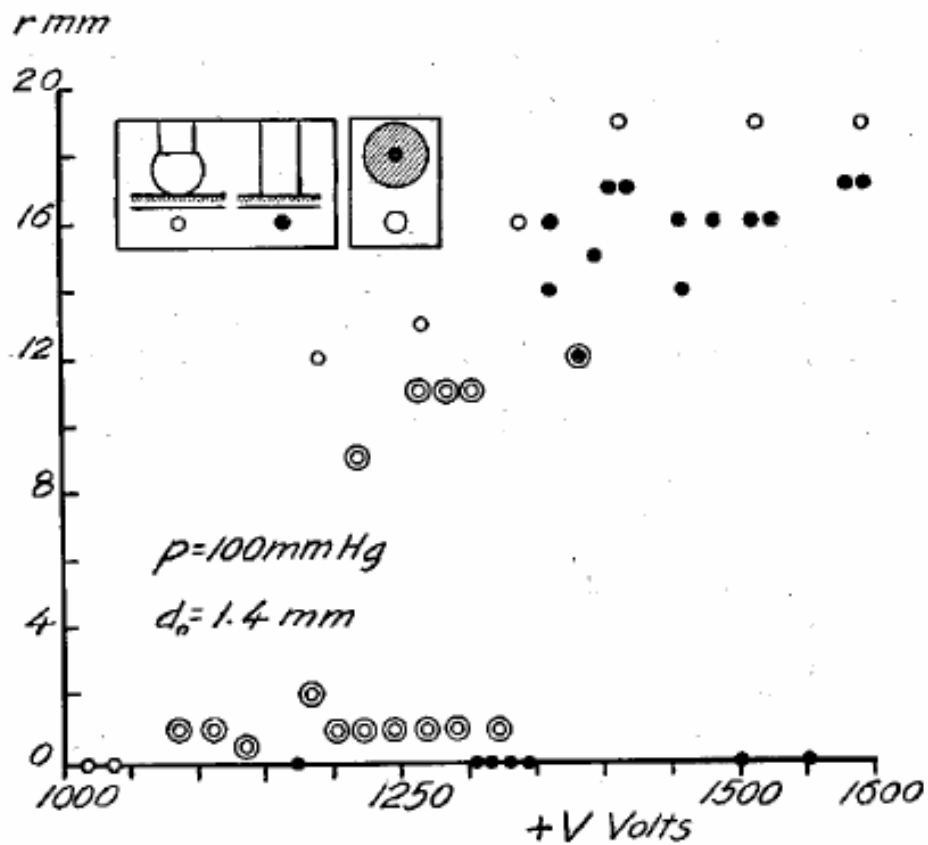


Рис. 1-3-33. Зависимость радиуса разряда от напряжения.

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

1919-Bei den negativen Staubfiguren ist zu unterscheiden zwischen der Grenze der bestäubten Figur und der sie umgebenden „staubfreien Zone“. Pedersen, PO (1919) Danske Vedensk. Selsk. math. fys. Meddel. 1: p.11.

1921-P.O. Pedersen, "Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Lichtenbergschen Figuren und ihre Verwendung zur Messung sehr kurzer Zeiten", Ann. Physik, vol. 69, p.205-230 1922

1922-Pedersen, P.O. (1922) Ann. d. Phys. 69: p.205.

1922-Pedersen P.O. "On the Lichtenberg Figures" **Part II.** V.IV, no.7, Copenhagen 1922. referred to as L.F. I and L.F. II respectively.+

1922-Pedersen, P.O. "On Lichtenberg Figures," Pamphlet, 2 parts, 1919-1922, Host & Son, Copenhagen.

1922-P. O. Pedersen. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Lichtenbergschen Figuren u.s.w. Annalen des Physik. (4) 69, 205-230, 1922.

1922-Pedersen P.O. "Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Lichtenbergschen Figuren und ihre Verwendung zur Messung sehr kurzer Zeiten". Annalen des Physik. (IV) Band. 69, p.205-230, 1922.

1928-Pedersen P.O. "Ingeniøren", p.201-209, 1928. "Danmarks Naturvidenskabelige Samfunds Skrifter", A. No.18, Copenhagen 1928.

1929-Pedersen P.O. On the Lichtenberg figures. **Part III.** The positive figures. Phys. Ber. S.1929. 138 pages.+

1920-Artur Robertn Von Hippel (Артур Роберт фон Гиппель) (1898-2003), американский ученый. Он исследовал фигуры Лихтенберга. Electrical Engineering Department, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts. USA.

В эксперименте на острие, которое соприкасалось с фотопластинкой, подавался импульс с длительностью фронта 0,5мксек, и длительностью 28мксек. При низких давлениях газа при обеих полярностях наблюдается общее засвечивание, которое вызвано рядом последовательных накладывающихся друг на друга электронных лавин. С увеличением давления газа свыше 50 мрт. ст. в воздухе расплывчатая туманность превращается в прерывающуюся фигуру, форма которой зависит от знака напряжения на острие. Он исследовал длину разряда в зависимости от величины напряжения и атмосферного давления.

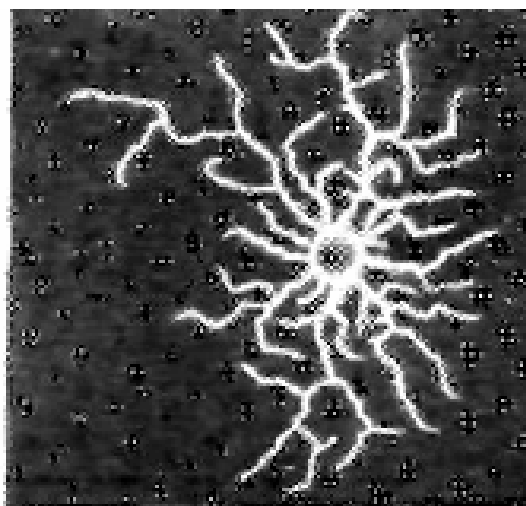
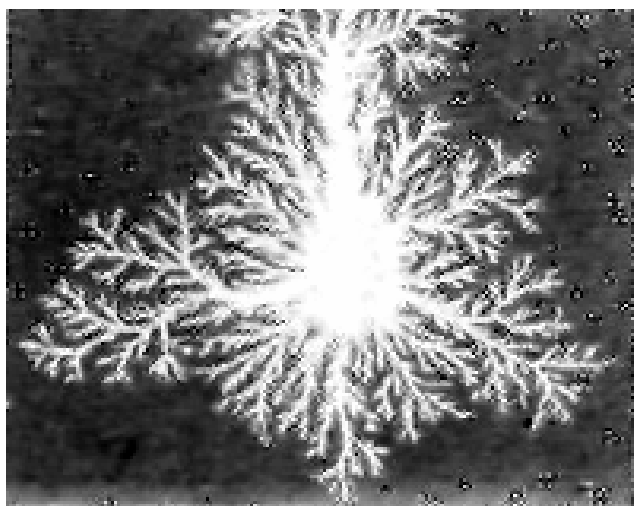


Рис. 1-3-34. Фигуры Лихтенберга, 1-положительный импульс, 30атм, 30-кВ, 2-отрицательный импульс, 31атм, 50кВ.

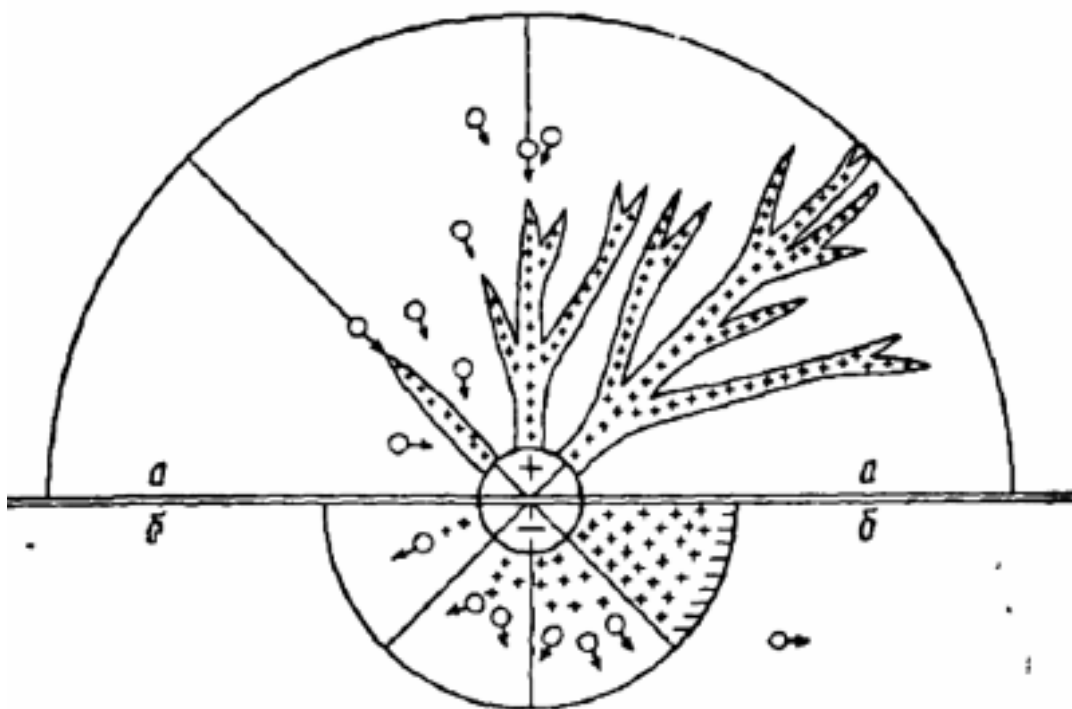


Рис. 1-3-35. Схема образования фигур Лихтенберга. а-при положительных разрядах, б-при отрицательных разрядах. Кружки со стрелками обозначают электроны.

Первичные электроны вблизи положительного электрода ускоряются растущим полем, в результате в каналах возникших электронных лавин остаются положительные объемные заряды. Они усиливают поле и вызывают новые лавины, которые удлиняют и разветвляют канал.

С отрицательного электрода электроны попадают в уменьшающееся поле. Остающийся за ними положительный объемный заряд ослабляет поле в радиальном направлении и создает тангенциальную составляющую, которая расширяет область ионизации. Отрицательная фигура достигает своих конечных размеров, когда напряженность поля на ее границе упадет до значения, меньшего напряженности, необходимой для эффективной ионизации.

По мере увеличения напряжения (при постоянном давлении) размеры фигуры увеличиваются до тех пор, пока при достижении некоторого напряжения от фигуры не начнет развиваться узкий интенсивный стримерный канал. Возникновение этого стримера означает начало развития искрового разряда.

1933-**A. von Hippel**, Zeits. I. Physik. U80, 19 (1933)

1935-Ergebnisse der exakten Naturwiss. 14. 79 (1935).

1939-Merrill F.H. and **Artur von Hippel**, "The Atom-physical 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.+ Исследовалось 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. 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** (воздух, азот, водород и др.) вид газоразрядных фигур качественно идентичен. Введение **электроотрицательных добавок** (например, CCl_4 -четырёххлористый 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.

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.

1951-Gyorgy Kepes. Lichtenberg figures. A.R. Hippel. 1951.

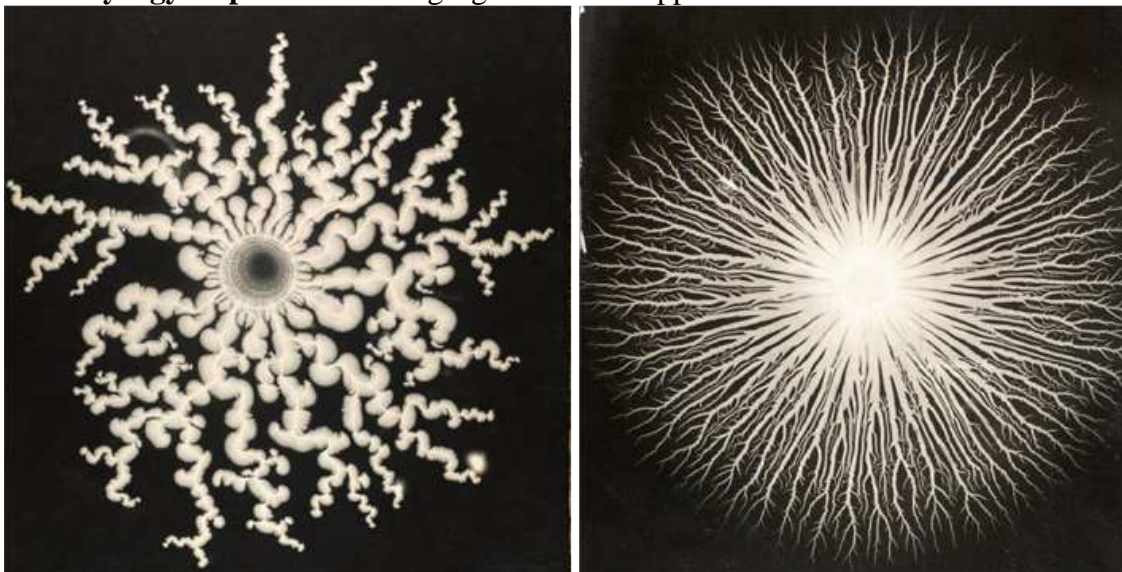


Рис. 1-3-36. Фигуры Лихтенберга.

1920-Rubens, H (1920) ZS. f. Phys. 1: p.11.

1922-Kara-Michailova, E (1922) Wiener Ber. (IIa) 131: p.155.

1922-Trey, F (1922) Phys. ZS. 23: p.193.

1922-Stark, J, Friedrichs, W (1922) Wissensch. Veröff. des Siemens-Konzern 2: p.208.

1924-Джон Петерс (Peters John Findley) (1884-1969) американский инженер-электрик, изобрел **клюднограф (klydonograph)** (волнозаписыватель) устройство для измерения высоковольтного напряжения. Этот прибор представлял собой конденсатор, между стержневым и плоским электродами которого помещен диэлектрический слой, покрытый фоточувствительной эмульсией. В начале работы проводился калибровочный эксперимент.

На находящемся в неравномерном электрическом поле фоточувствительном материале, обращенном эмульсией к стержневому электроду, после подачи на электроды высокого напряжения образуется латентное (скрытое) изображение. Это изображение затем проявляют и фиксируют при помощи традиционных процедур фотографической обработки. В результате на фотоматериале образуются изображения разрядных фигур, вид и размеры которых зависят от полярности и амплитуды приложенного напряжения, крутизны фронтов импульсов высокого напряжения. Определялось соответствие между величиной напряжения и диаметром разряда. Петерс начал свои исследования в 1904 году в компании Westinghouse Electric. Он получил медаль Эдисона за вклад в создание основ проектирования трансформаторов, за его изобретение Klydonograph, за его вклад в военные компьютеры, и для его подготовки молодых инженеров.



Рис. 1-3-37. Джон Петерс.

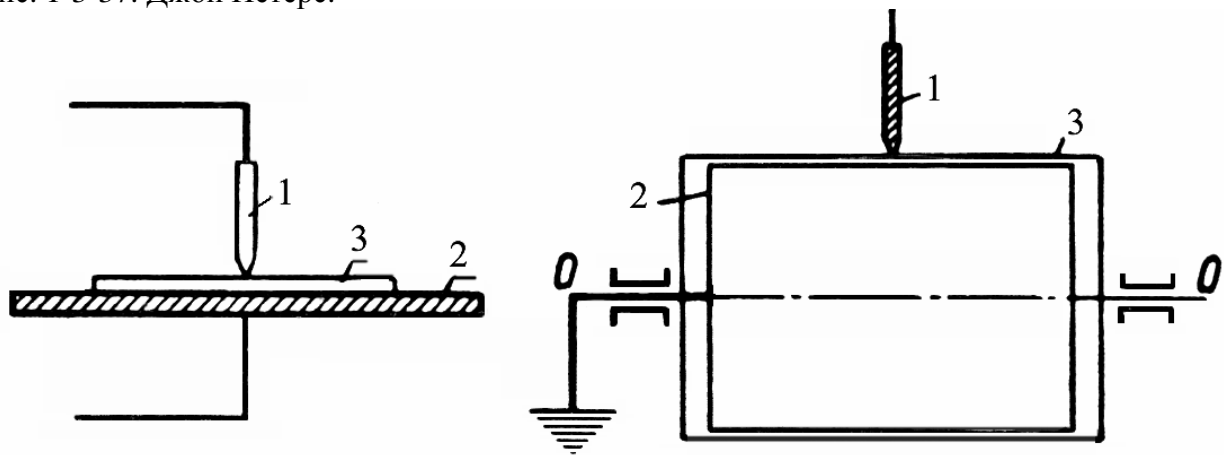


Рис. 1-3-38. Схема прибора Клидонограф, 1-стержневой электрод, 2-плоский электрод, 3-диэлектрический слой покрытый фоточувствительной эмульсией.

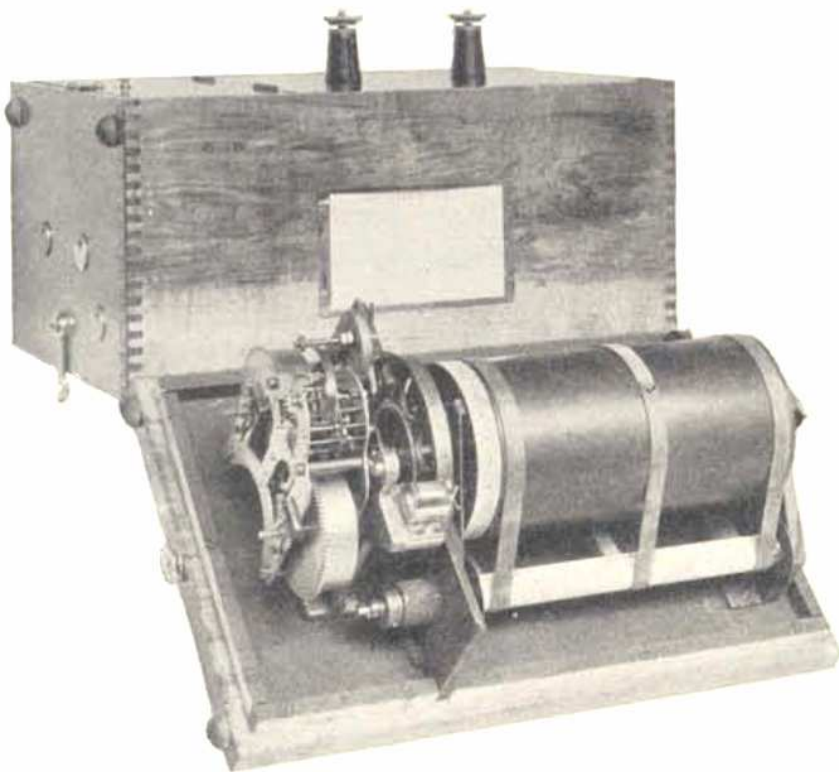


Рис. 1-3-39. Внешний вид прибора Клидонограф.

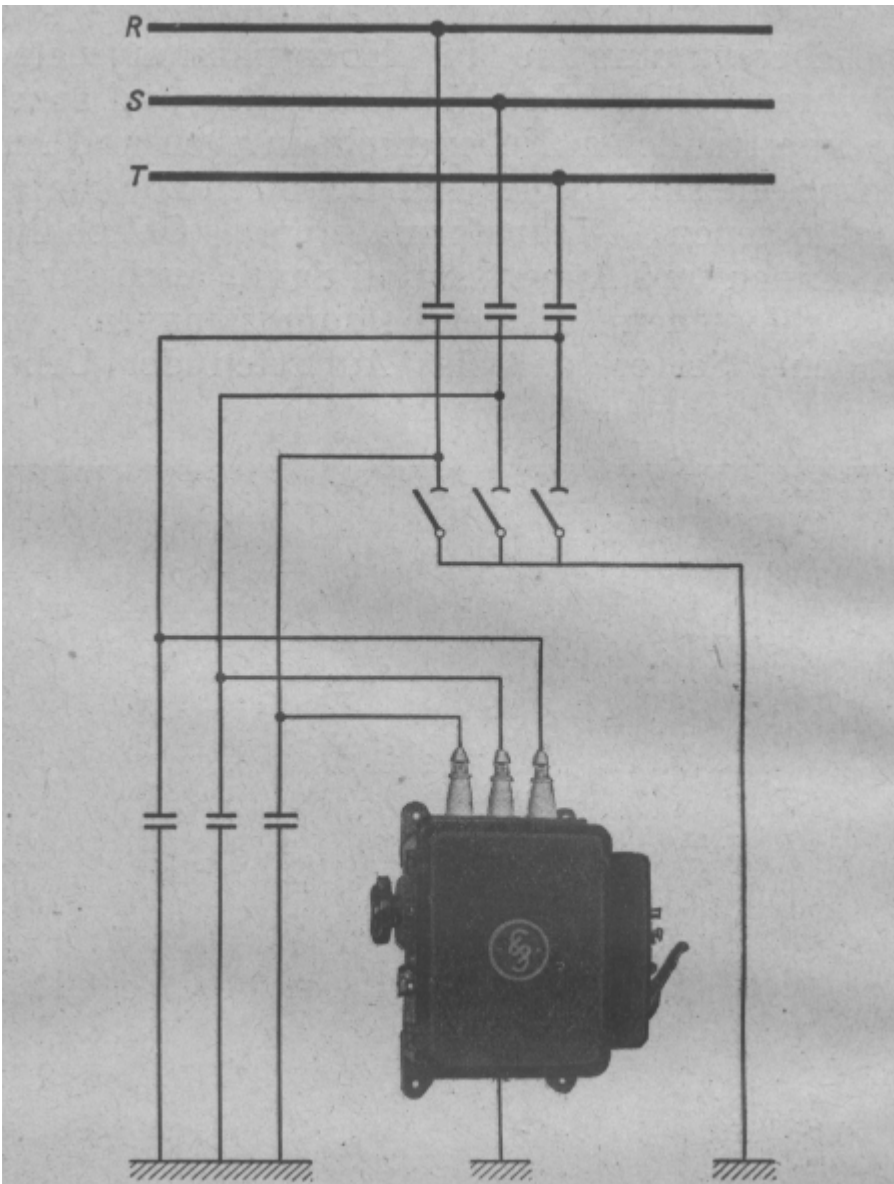
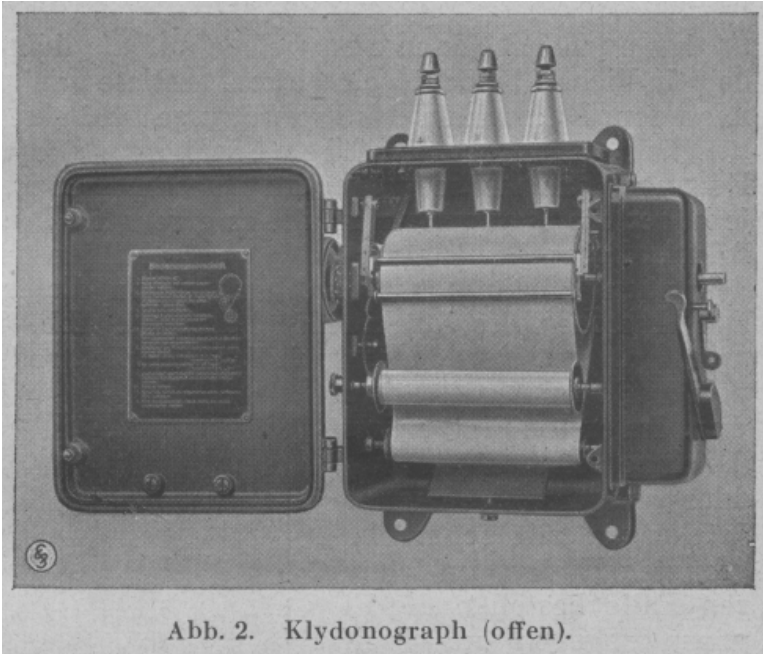


Abb. 5. Schaltbild eines eingebauten Klydonographen.

Рис. 1-3-40. Прибор клидонограф.

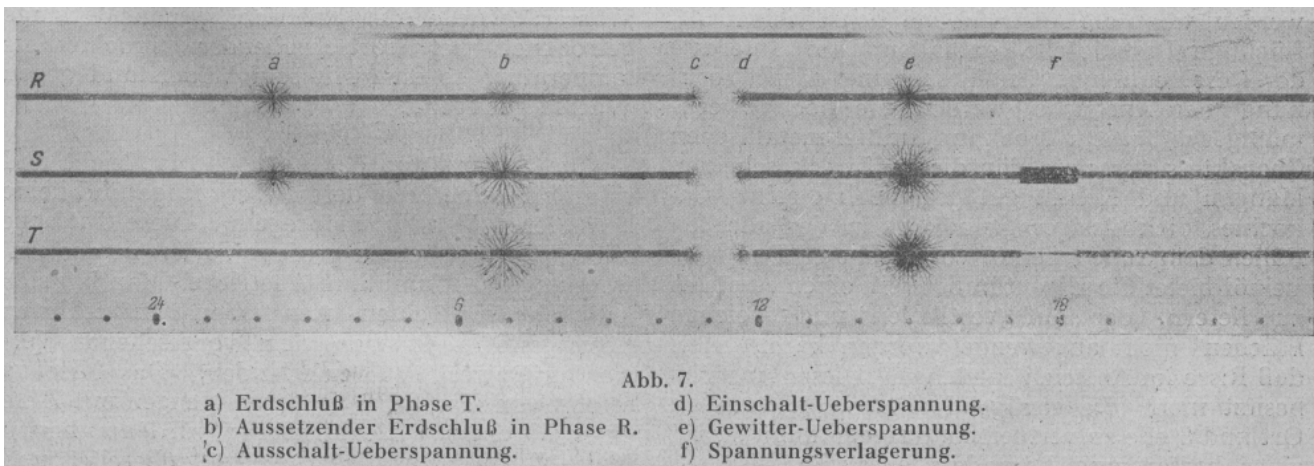


Рис. 1-3-41. Пример записи результатов прибором клидонограф.

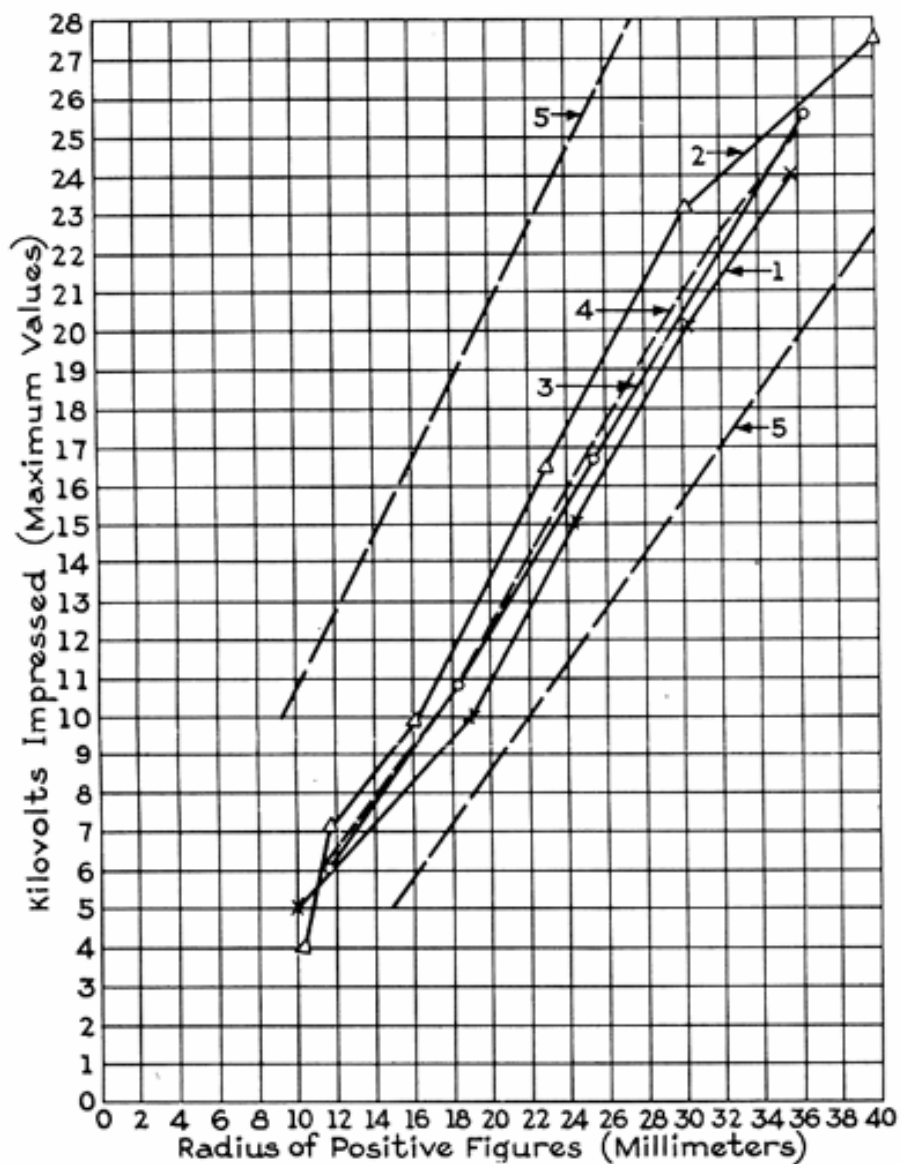


Рис. 1-3-42. Калибровочная кривая. При изменении напряжения от 5 до 25кВ радиус разряда изменяется от 10 до 30мм.

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

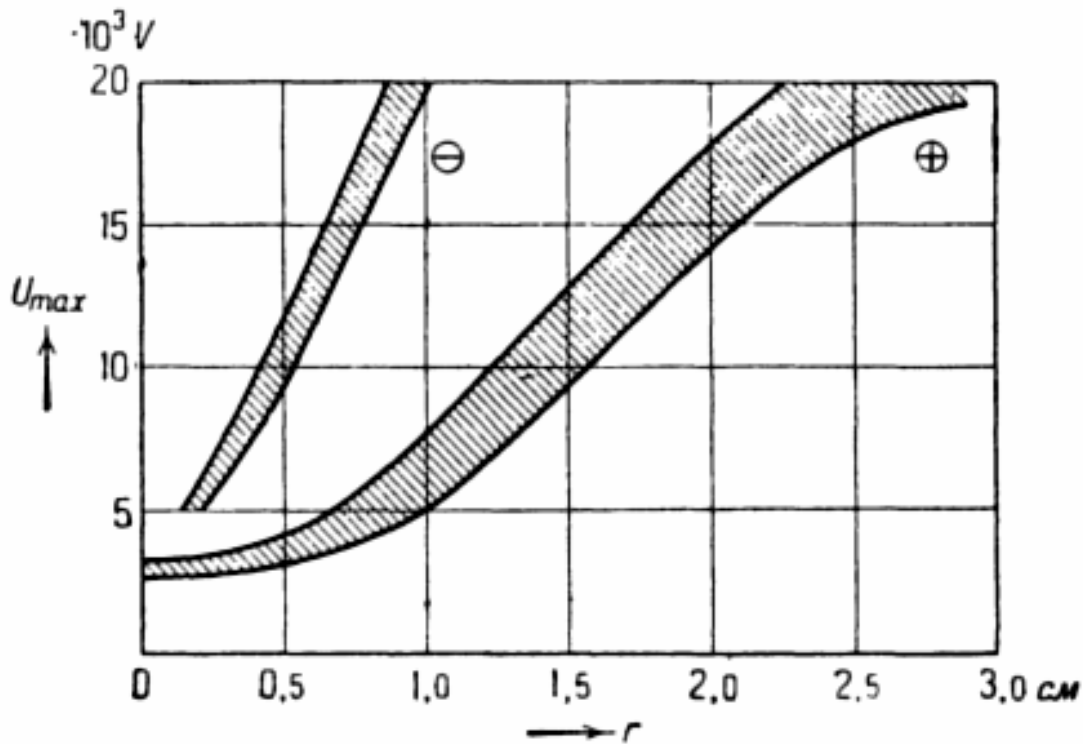


Рис. 1-3-43. Зависимость радиуса скользящего разряда на положительном и отрицательном электродах от напряжения. Острие на стеклянной пластине толщиной от 0,1 до 2 см.
 1931-Franck J. Messentladungsstrecken. Berlin. Julius Springer. 1931.
 1964-Central Station Engineers of the Westinghouse Electric Corporation. Electrical Transmission and Distribution Reference Book. East Pittsburgh, Pennsylvania. 1964

1927-General Engineering Laboratory, General Electric Company

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

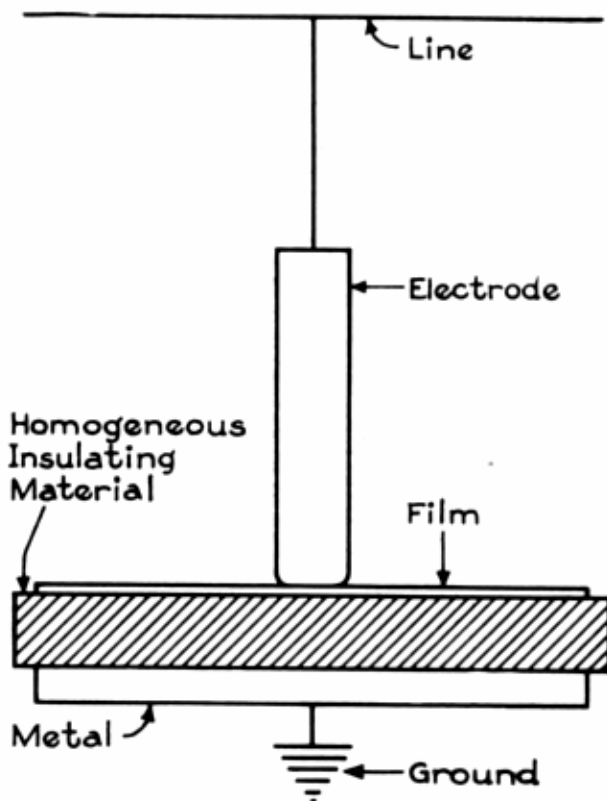


Рис. 1-3-44. Схема установки.

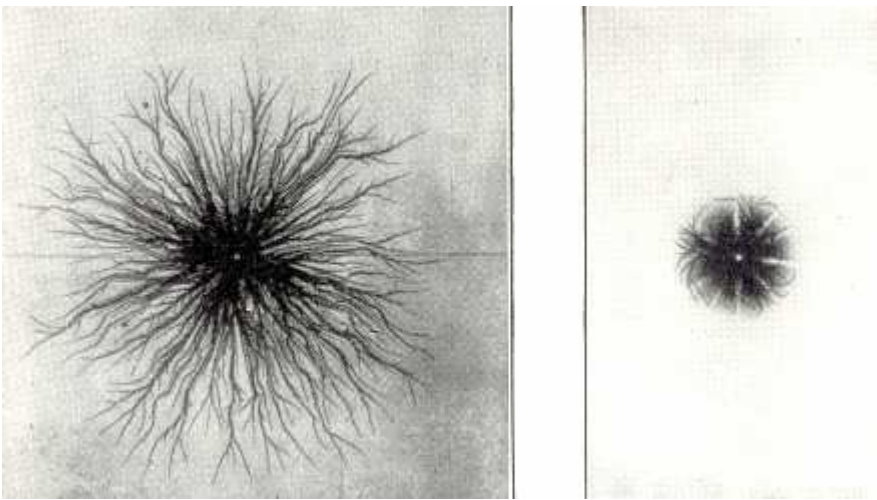
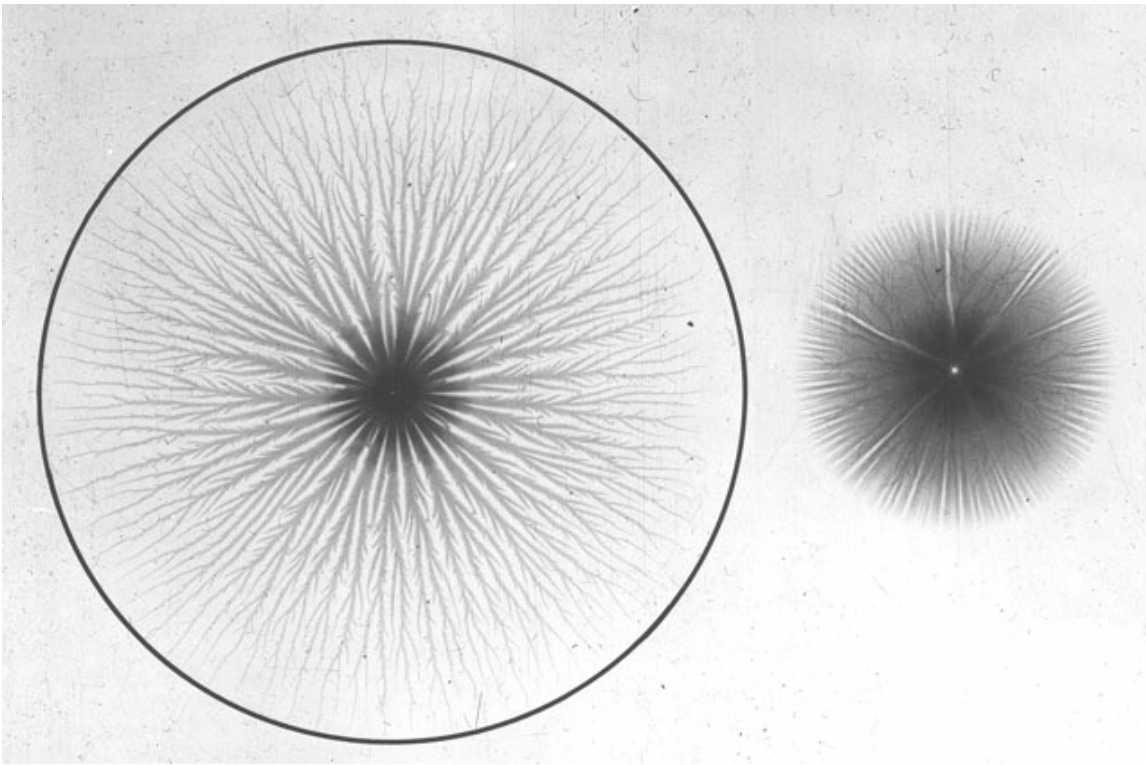


Рис. 1-3-45. Положительный (слева) и отрицательный (справа) разряд напряжением 20кВ.

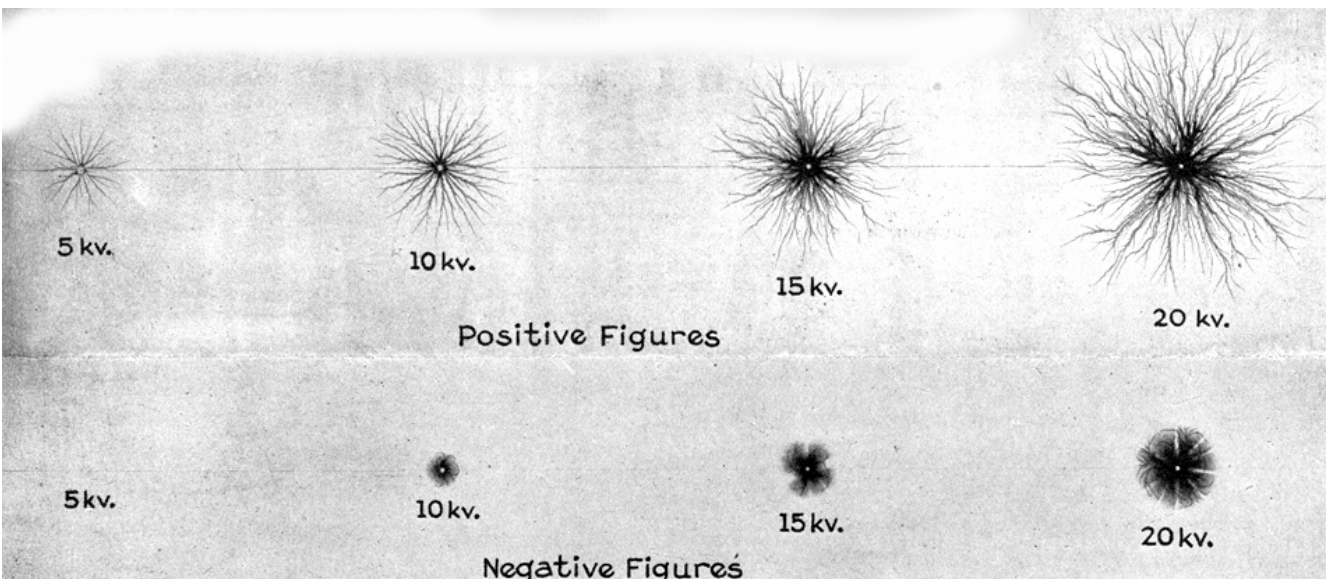


Рис. 1-3-46. Фигуры Лихтенберга, полученные при различных напряжениях.

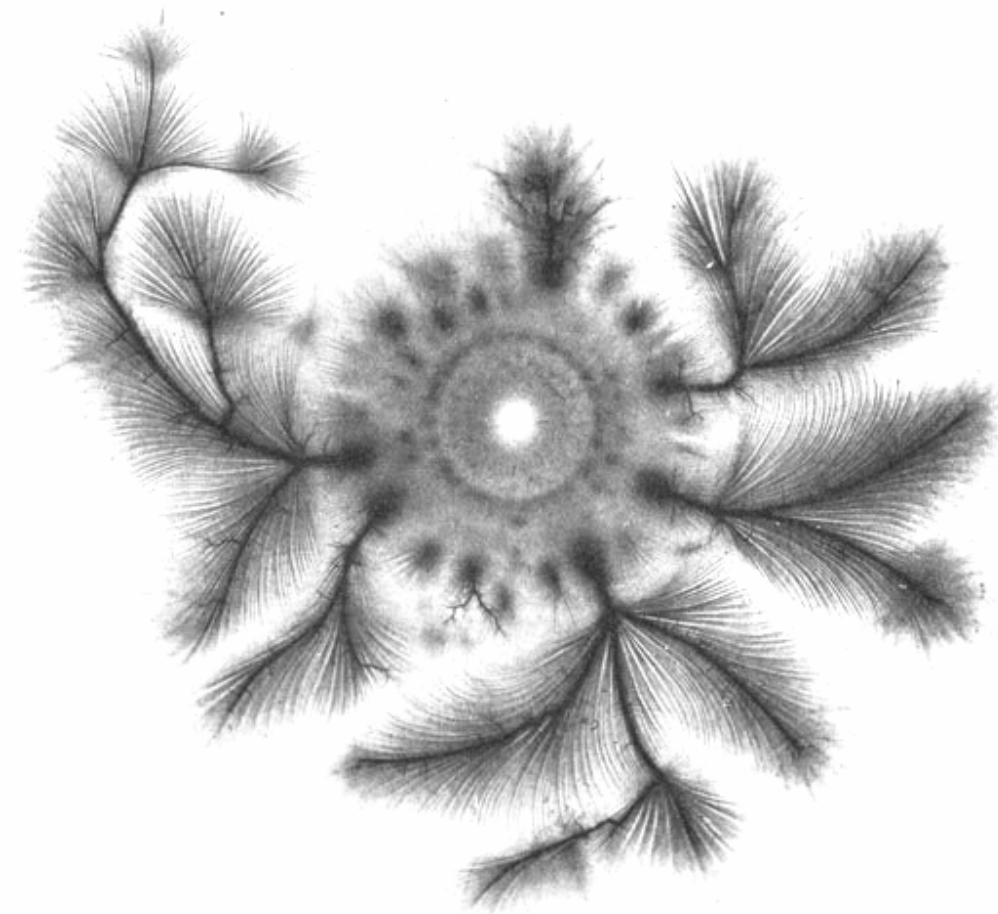
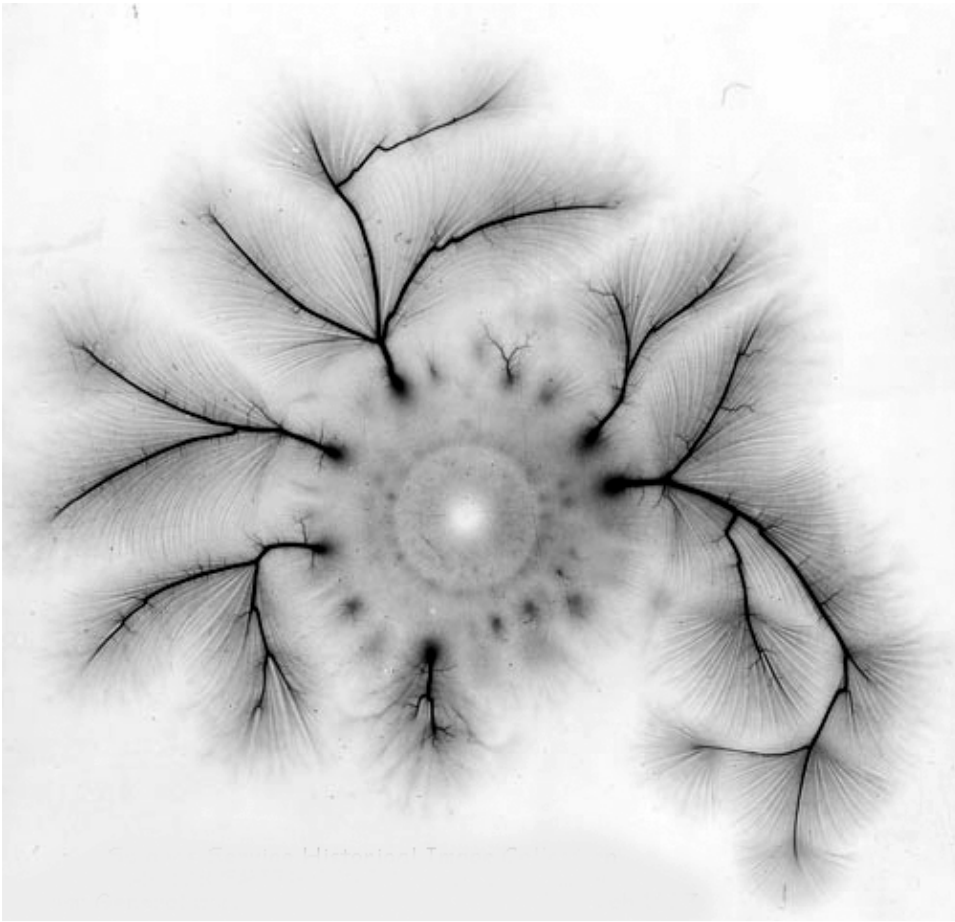


Рис. 1-3-47. Фигура Лихтенберга полученная с помощью сферического электрода.



Рис. 1-3-48. Фигура Лихтенберга от электрода в виде полусферы.
General Electric Review. Vol. 30, no.3, page 135, March 1927.

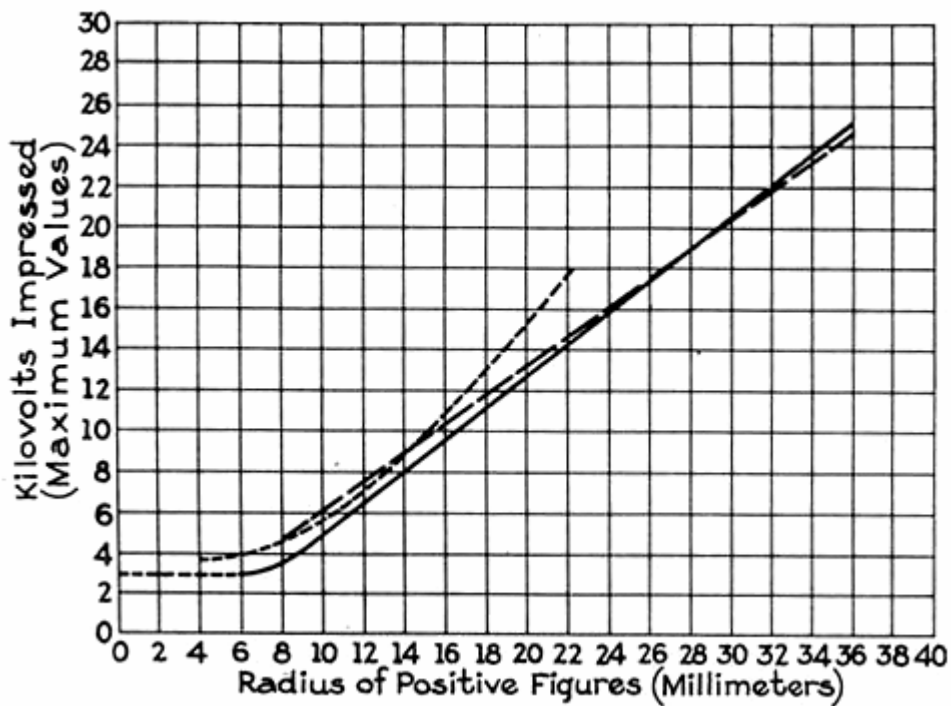


Рис. 1-3-49. Зависимость радиуса свечения от напряжения.

1927-Frontispiece: Different Types of Lichtenberg Figures. General Electric Review-V.30, no.3, page 135, March 1927. p.122-123.

1927-Everett S. Lee and C. M. Foust " Transactions of the American Institute of Electrical Engineers" p.339-348, 1927 and "Gen. Elec. Review" V.30, p.135-145,1927.

1931-C. M. Foust, General Electric Review: Instruments for Lightning Measurements (Includes Klydonograph and Lichtenberg Figures), Volume 34, #4, April, 1931, p.235-246.

1924-Peek F.W. "High-voltage Phenomena," Journal Franklin Institute, Jan. 1924, v.197, No.1, p.1-44.

1924-S. Mochizuki, On the surface discharge of electricity on insulating materials, J. Inst. Electr. Eng. Japan, 44 (1924) 1058 (in Japanese).

1925-Deutsch, W (1925) Ann. d. Phys. (4) 76: p.729.

1925-Wood R.J.C. "Transactions of the American Institute of Electrical Engineers". p.961-968, 1925.

1925-H. Ollivier, Figures electriques sur plaques photographiques et argentures sur paraffine, Proces-Vervaux et Resumes des Communications, Societe frangais de physique, no.218 (1925) 83.

1925-Krauss, HP (1925) Phys. Rev. (2) 25: p.585.

1925-Ollivier, H (1925) Bull. soc. franç. de phys. 218: p.835.

1926-Terada, T, Nakaya, U, Yumoto, K (1926) Scientific Papers of the Institute of phys. and chem. Research, Tokyo 4: p.129.

1926-Gorbatscheff, K (1926) Phys. ZS. 27: p.79.

1926-McEachron K.B. "Measurement of Transients by Lichtenberg Figures". "Transactions of the American Institute of Electrical Engineers", October 1926. v.45. p.934-939.

1926-Muller H. Mitteil. d. Hermsdorf Schomburg Isolatoren G.m.b.H., Heft 27, p.813-829, 1926.

1927-Muller-Hillebrand "Siemens Zeitschr." 7, p.547 551, 605-612, 1927.

1927-H. Geiger and K. Scheel (Eds.), Handbuch der Physik, V.14-Elektrizitätsbewegung in Gasen, Springer, Berlin, 1927, Ch. 8, p.391.

1928-Dillard E.W. 1. C. p.1122-1124, 1928.

1928-Hemstreet J.G. and Eaton J.R.1. c., p.1125-1131, 1928.

1928-Philip Sporn. 1. C., p.1132-1139, 1928.

1928-Sneloff N.N. 1. C., p.1140-1147, 1928.

1929-Beck E. "The Electric Journal", p.591-595, 1928. p.50-53, 1929.

1925-Cox J.H. and Legg J.W. The Klydonograph and Its Application to Surge Investigation. Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, June, 1925. v.44. p.857-870.

1927-Cox J.H., McAulay P.H. and L. Gale Huggins: 1. C. 1927. p.315-329,

1927-Cox J.H. 1. c. 1927. p.330-338,

1928-Lewis W.W. "Transactions of the American Institute of Electrical Engineers" p.1111-1121, 1928.

1950-Lewis W.W. "The Protection of Transmission Systems Against Lightning", John Wiley & Sons, 1950.

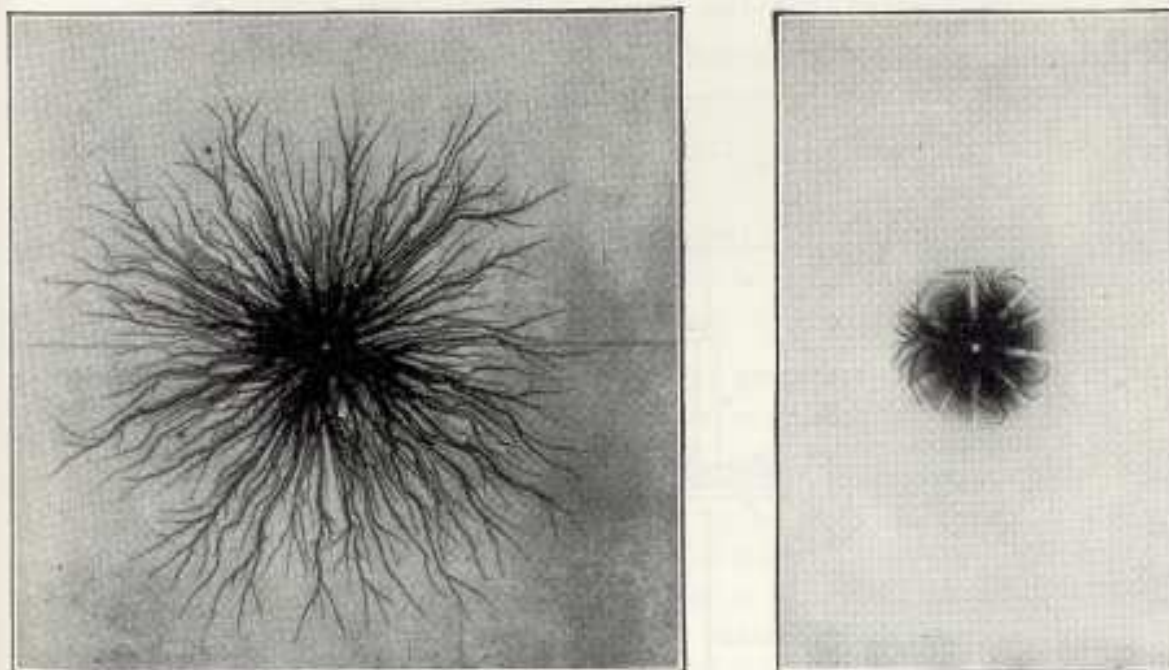


FIG. 3-2. Positive and negative photographic Lichtenberg figures produced by positive and negative surge voltages of same magnitude and wave shape.⁹

Рис. 1-3-50. Фигуры Лихтенберга.

1928-Tadasi Itoh, Hokkaido University, Japan.

1928-Tadasi Itoh. Electric Discharge Figure on Dielectric Plate at Low Pressure of Air. Proc. Imp. Acad., IV, No.1 (Jan. 1928). P.16-19.

1928-Tadasi Itoh. Radial Electric Discharge Figure on Dielectric Plate at Low Pressure of Gas~Memoirs of the Faculty of Eng. Hokkaido Imp. Univ. I, No.5 (June, 1928), p.237-297 with 15 Pl.

1928-Tadasi Itoh. Parallel Striated Figure of Electric Discharge on Dielectric Plate at Low Pressure of Air. Proc. Imp. Acad., IV, No.6 (June, 1928), p.286-289.

1929-Tadasi Itoh. Rectification of High Tension Alternating Current by Means of a Striated Discharge Circuit. Proc. Imp. Acad., V, No.1 (Jan., 1929), p.5-8.

1929-Tadasi Itoh. Radial and Parallel Striated Electric Discharge Figure on Dielectric Liquid. Proc. Imp. Acad., V, No.1 (Jan., 1929). P.9-11.

1929-Tadasi Itoh. On the Motion of the Dielectric Liquid Accompanying the Striated Discharge Figure. Proc. Imp. Acad., V, No.1 (Jan., 1929). P.12-14.

1930-Tadasi Itoh. Oscillographic Studies of Striated Electric Discharge. Journal of Faculty of Science, Hokkaido Imp. Univ., Ser. II, V.I, No.1 (Sept., 1930), p.57-65 with 5 Pl.

1931-Tadasi Itoh. Further studies on the striated electric discharge figure. Journal of Faculty of Science, Hokkaido Univ. 1931. ser. II. Vol.1. No.2. P.77-86.+ В работе определялась скорость распространения стримера при разряде, получена скорость 100км/сек.

1931-U. Shinohara, Study on the impulse corona, IEE of Japan, vol. 51, p.738-750. 1931

1932-U. Shinohara, Study on the impulse corona, IEE of Japan, vol. 52, p.218-227. 1932

1940-Praetorius G. Archiv fur Elektrotechnik. 34. 83. (1940).

1941-W. Rogowski, O. Martin and H. Thielen, Anfangsvorgaenge bei Lichtenbergschen Figuren, Archiv fur Elektrotechnik. 35 (1941) p.424.

1931-E. Hutchisson and F. B. Morgan. An Experimental Study of Kundt's Tube Dust Figures. Phys. Rev. 37, 1155. Published 1 May 1931.

1931-H. Staack, Untersuchungen fiber die Gesetzmässigkeiten elektrischer Gleiterscheinungen auf Isolatoren in Transformator S1, Archiv fur Elektrotechnik. 25 (1931) 607.

1934-M.O. Jørgensen, "Experimental Investigations Regarding the Applicability of Lichtenberg Figures to Voltage Measurements", Danmarks Naturvidenskablige Samfund, Denmark, 1934.

1934-Pleasant J.G. Electr. Eng. 1934. 53. 300.

1934-Andre Breton. L'image, telen qu'elle se product dans Fecriture automatique, in Minotaure, No.5. 1934. p.10.

1937-A. Breton, L'Amour fou, Paris, Gallimard, 1937, rééd. 1964, p.25.

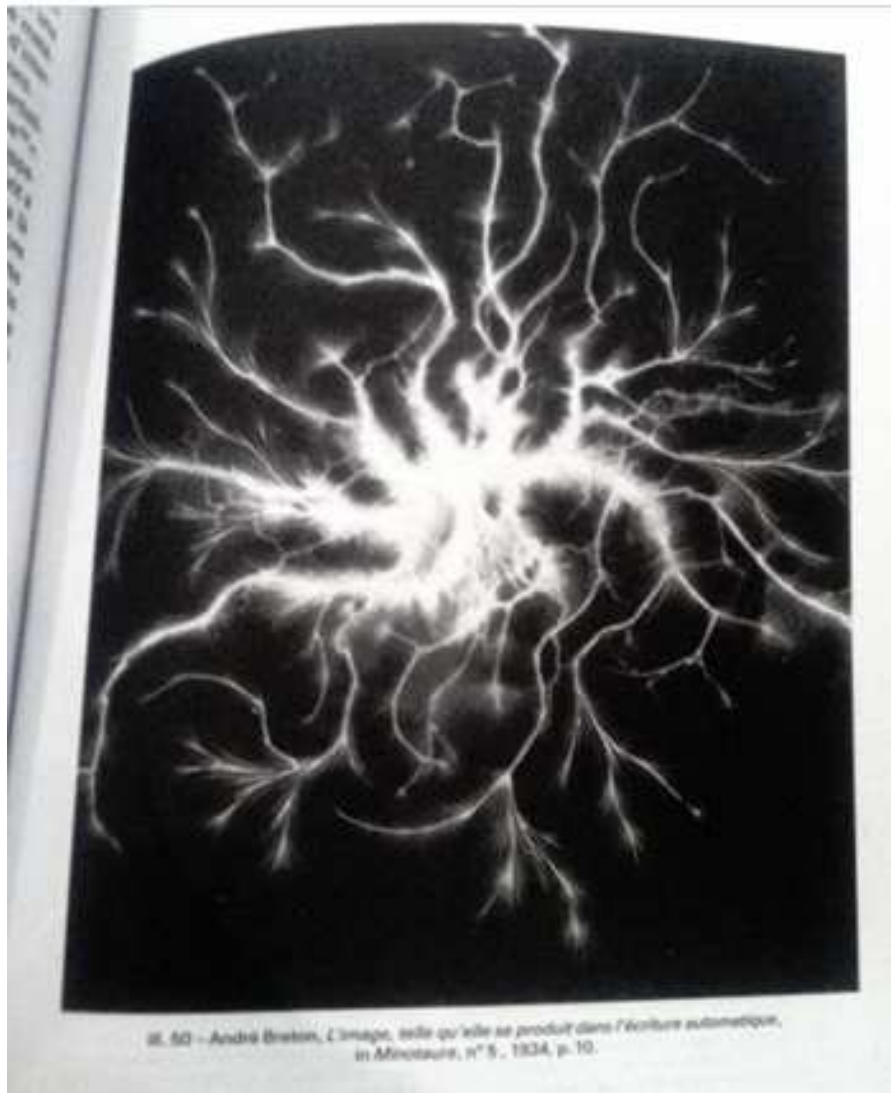


Рис. 1-3-51. Фигура Лихтенберга.

1939-Loeb Leonard Benedict, Department of Physics, University of California, Berkeley, California, USA.

Nasser Essam,

Hudson Gilbert G.

1939-L.V.Loeb, Basic processes of Electrical Discharge in Gases, New York: John Wiley & Sons Inc., 1939.

1941-Loeb L.V. Meek J.M. The mechanism of the electric spark. Oxford. Clarendon Press. 1941.

1950-Леб Л. Основные процессы электрических разрядов в газах. М. Л. Гостехиздат. 1950.+

1959-Nasser E., Der raumliche Entladungsaufbau im ungleichförmigen Feld bei positiver Spitze in atmospherischer Luft, Archiv fur Elektrotechnik. 44 (1959) 157.

1959-Nasser E., Zeitliche Entladungsentwicklung im ungleichförmigen Feld bei positiver Spitze in atmospherischer Luft, Archiv fur Elektrotechnik. 44 (1959) 168.

1961-Hudson G.G. Loeb L.B. Streamer mechanism and main stroke in the filamentary spark breakdown in air as revealed by photomultipliers and **fast oscilloscope methods**. Physical Review. 1961. v.123. Issue 1. p.29-43.+
 1961-L.B. Loeb, R.G. WEsrzao, H. C. Huang. Streamer Mechanism in Filamentary Spark Breakdown in Argon by Fast Photomultiplier Techniques. Physical Review. 1961. v.123. Issue 1. p.43.
 1963-Nasser E. Loeb L.B. Impulse Streamer branching from Lichtenberg figure studies. Journal of Applied Physics. 1963. v.34. Issue 11. p.3340-3348.+

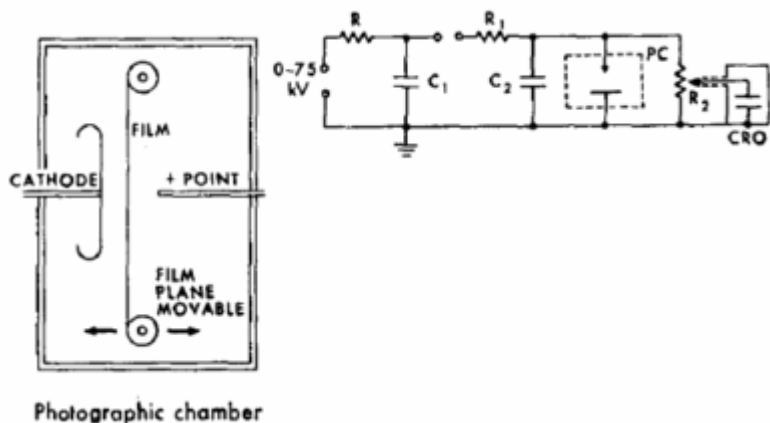


Рис. 1-3-52. Схема установки.

1965-Loeb L.B. Electrical Coronas, Their Basic Physical Mechanisms. University of California Press. Berkeley. 1965. 694 pages.
 1971-Nasser E. Fundamentals of Gaseous Ionisation and Plasma electronics. Wiley, 1971.

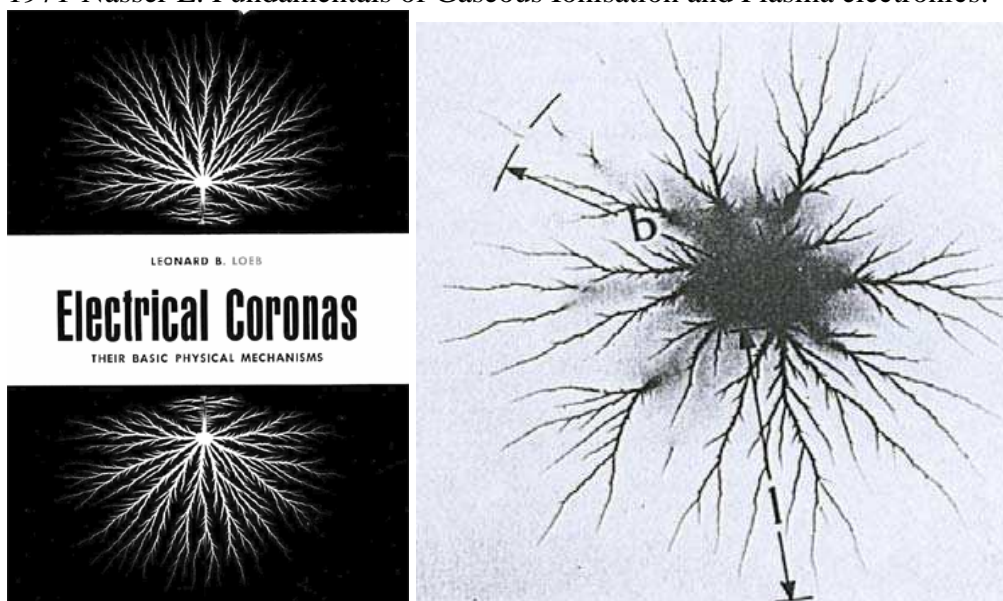


Рис. 1-3-53. Обложка книги и фотография разряда.

1945-**John Zeleny**, Yale University, New Haven, Connecticut, USA.

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

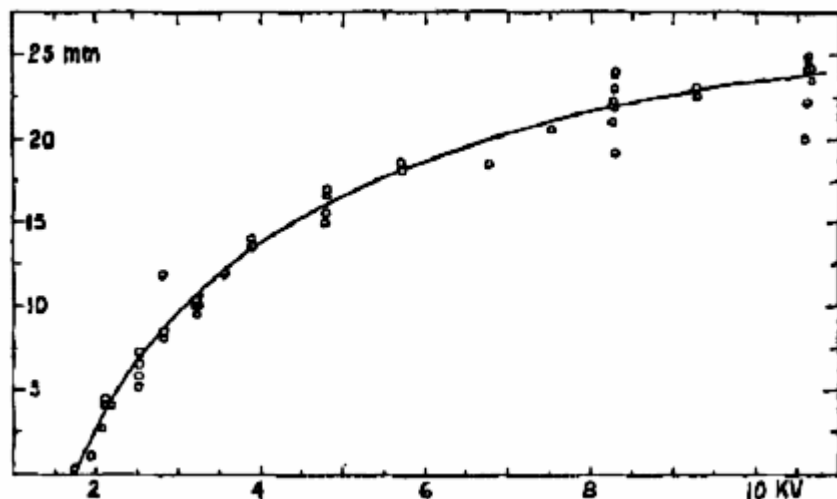


Рис. 1-3-54. Зависимость диаметра фигуры Лихтенберга от величины приложенного напряжения, при положительном напряжении, на стеклянной пластине толщиной 1,7мм, диаметр электрода 1,6мм.

1953-J. M. Meek and J. D. Craggs, *Electrical Breakdown of Gases* (Oxford, 1953), 215-222;

1953-S. Fujitaka and Y. Fujita, "The silicon klydonograph", *Inst. of Inds. Sci.*, no.5, p.131-134 1953. Univ. of Tokyo

1956-G.Chr. Lichtenberg, *Über eine neue Methode, die Natur und die Bewegung der elektrischen Materie zu erforschen (Lichtenbergsche Figuren)*, Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, no.246, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig. 1956.

1956-H. Pupke (Hrsg.): „Über eine neue Methode, die Natur und die Bewegung der elektrischen Materie zu erforschen" von Georg Christoph Lichtenberg. Herausgegeben in neuer deutscher Übersetzung von H. Pupke, Schluß-Redaktion R. Zaunick. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 246. Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig. 1956.

1958-Gross, Bernhard. "Irradiation effects in Plexiglas," *Journal of Polymer Science*. 1958. 27(115), p.135-143.

1958-J.S.T. Looms. Electrical discharge between coaxial electrodes. *Nature*. March 8. 1958. vol.181. no.4610. p.696-697.+

1959-E. Nasser, "Zeitliche Entladungsentwicklung im ungleichförmigen Feld bei Positiver Spitze in atmosphärischer Luft", *Archiv. für Elektrotechnik*, vol. 44, p.168-176 1959.

1959-E. Nasser, "Die zeitliche Entwicklung positiver Entladungskanäle längens der Oberfläche von Isolierfilmen", *Archiv. für Elektrotechnik*, vol. 44, p.455-462 1959.

1960-Мик Дж., Крэгс. Дж. Электрический пробой в газах /ГИИЛ. М., 1960. 605с.

1964-W. Promies: *Georg Christoph Lichtenberg in Selbstzeugnissen und Bilddokumenten*. Rowohlt Taschenbuch Verlag (1964)

1972-W. Promies: *G.C.L., Schriften und Briefe, Band III*, Hanser-Verlag Munchen 1972

1974-W. Promies: *G.C.L., Schriften und Briefe, Kommentarband zu Band III*, Hanser-Verlag Munchen 1974, S. 12

1968-F.H. Mautner, *Lichtenberg*, Walter de Gruyter, Berlin, 1968.

1972-G.Chr. Lichtenberg, *Schriften und Briefe, 4 Vols.*, Hanser, Miinchen, 1972--1975.

1972-Takahashi (Hashishes) Yuzo.

Department of Electrical Engineering, Chuo University, Kasuga 1-13-27, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan.

Department of Electrical Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, Nakamachi 2-24-16, Koganei, Tokyo 184 Japan.

1972-Y. Takahashi, Partial discharge in liquid nitrogen and deterioration of plastics by the partial discharge, Transactions of the Institute of Electrical Engineers. Japan, 92-A (1972) 497 (in Japanese).
 1974-Y. Takahashi, Deterioration of insulating plastics by partial discharge in liquid nitrogen, Proc. 5th Int. Cryogenic Eng. Conf., Kyoto, 1974, GII.
 1977-Y. Takahashi, Uber Lichtenbergsche Figuren bei Kryo-Temperaturen, Sci. Electr., 23 (1977) 66.
1979-Takahashi Yuzo. "Two Hundred Years of Lichtenberg Figures," Journal of Electrostatics, 1979. February. Volume 6. Issue 1. p.1-13.+
 1990-Yuzo Takahashi, Hitoshi Sumida, Hiroyuki Fukai, Xianggang Ji, Shigeo Kobayashi. "Discharges that occur when a grounded object approaches an electrified insulating surface", Journal of Electrostatics, 1990. v.24, p.185-196.

1973-M. Chiba, T. Kouno and S. Hoh, Surface discharge in liquid nitrogen, Transactions of the Institute of Electrical Engineers. Japan, 93-A (1973) 215 (in Japanese).
 1973-M. Chiba, T. Kouno and S. Hoh, Surface discharge in liquid nitrogen, Trans. Inst. Electr. Eng. Japan, 93-A (1973) 215 (in Japanese).
 1975-M. Chiba, T. Kouno and S. Hoh, Surface discharges in insulating gases and liquid nitrogen, Proc. Int. High Voltage Symp., Zurich, 1975, p.405.
 1996-Chiba M. Kumada A. Hidaka K. Kouno T. Fundamental Characteristics of surface streamer development in air. Trans. IEE Japan. Vol.116-A. Nov. 1996. p.999-1004.
 2002-Chiba M. Study about the developing mechanism of surface discharge on the solid dielectrics. Dissertation. Tokyo University. Japan. 2002.
 2010-Chiba M. Propagation of surface leader discharge in atmospheric air. **Dissertation.** 2010.+

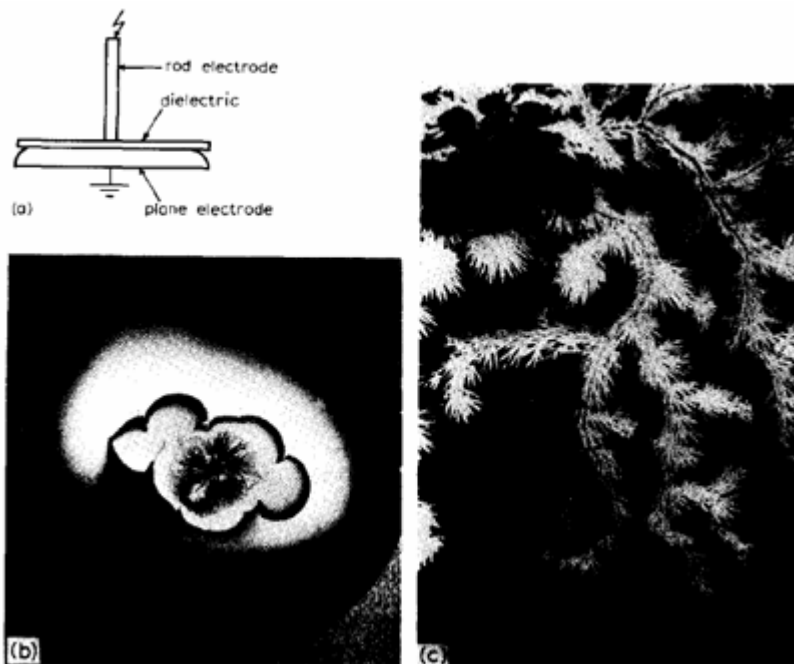


Рис. 1-3-55. а-схема установки, в-отрицательный заряд(-25кВ), с-положительный заряд (+20кВ).

1973-A. Kawashima and S. Fukuda, "A method for observing Lichtenberg figure using high-speed image-converter cameras", Rev. Sci. Inst., vol. 44, p.1142-1143 1973
 1976-N. Ando, T. Kashima and F. Numajiri, Investigation into space charge in d.c. XLPE cable by dust figure method, Paper of Tech. Mtg on Electr. Insulating Materials, IEE Japan, 1976, EIM-76-49 (in Japanese).

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. Journal of Applied Physics. 1976. V.47. Issue 10. p.4437-4441.+
 Изучался коронный разряд от металлического электрода на частотах до 40кГц. 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.

1979-Bruce R. Benwood, Paul A. LaChapelle (Eastman Kodak Company) Electrophotographic apparatus with improved corona charging. US 4228480 A. 1973.

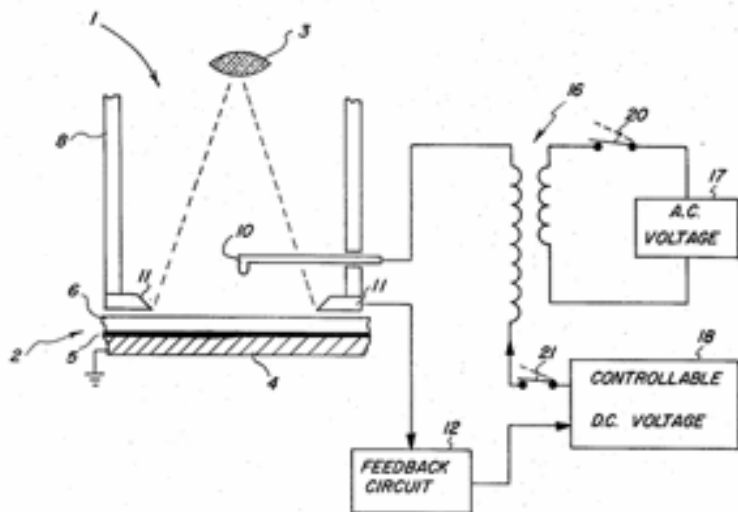


Рис. 1-3-56. Схема установки.

Mark de Payrebrune, Canada.

1983-Payrebrune M. Experimental Morphology of Lichtenberg Figures. Master's thesis. **Dissertation.** McGill University Montreal, 1983.

1984-Mark de Payrebrune: Experimental Morphology of Lichtenberg Figures. Thesis, Master of Engineering, Faculty of Graduate Studies and Research, Department of Electrical Engineering, McGill University, Montreal, Quebec, Canada, January 1984.

1988-Peter Brix. Lichtenberg und die schweren Ionen.+

2005-Martin Kemp. (University of Oxford, UK) Georg Lichtenberg visualized a new branch of science. Nature. (16 June 2005). V.435. no.7044. p.888.+

1985-Anders A. Lichtenberg figures on dielectrics in gases and in vacuum., Beit. Plasmaphysics. 1985. V.25. Issue 4. P.256-258, 234. (p.315-328)

1996-Resnik BI, Wetli CV. Lichtenberg figures. Am J Forensic Med Pathol. 1996; 17: p.99-102.

2000-Yves Domart, M.D., Emmanuel Garet, M.D., Lichtenberg Figures Due to a Lightning Strike". New England Journal of Medicine, Volume 343:1536, November 23, 2000, Number 21, Images in Clinical Medicine.

2014-Bert Hickman What are Lichtenberg figures, and how do we make them?

<http://capturedlightning.com/frames/lichtenbergs.html>

1999-Xu Weijin, Weng Ming, Zheng Dexiu. Новое применение фигур Лихтенберга. Diangong dianneng xijishu. Adv. Technol. Elec. Eng. And Energ. 1999. 18. №1. p.36-39.

2003-Sakamoto N. Kuninaka Y., Ueno H., Nakayama H. Local corona behavior and creeping discharge on (needle-dielectric, semiconductor) composite electrodes // Electrical Engineering in Japan. 2003. 1: T.145. p.1-9.

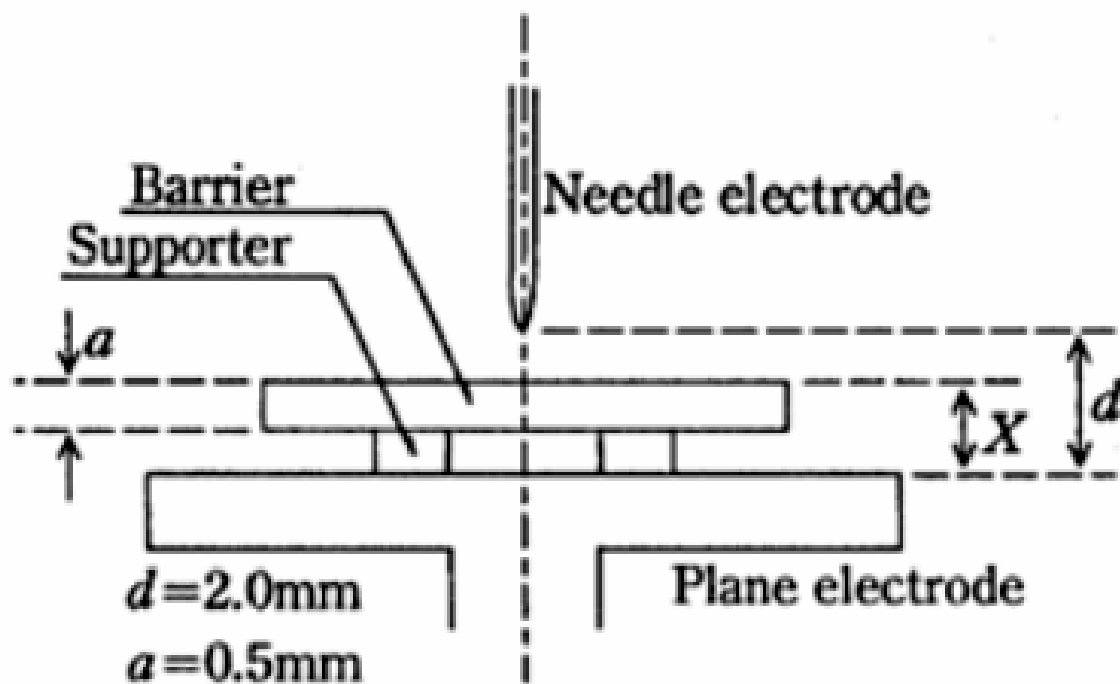


Рис. 1-3-57. Схема установки.

2004-Ben Lerner.

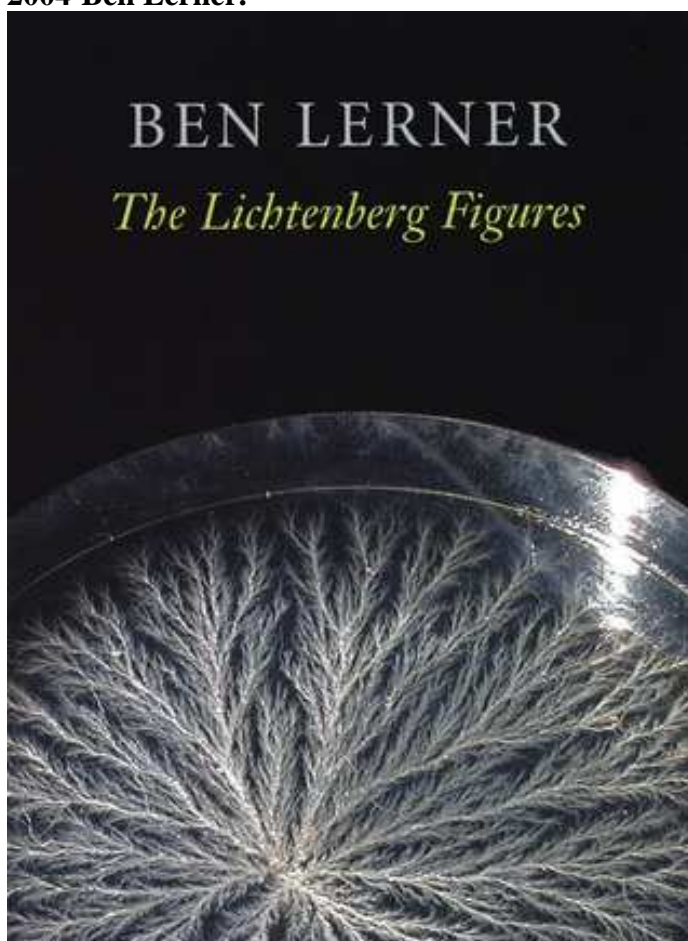


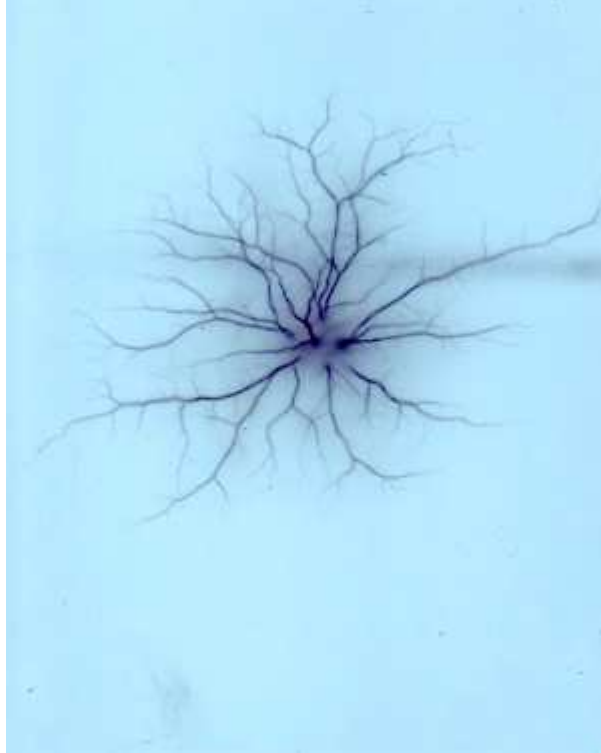
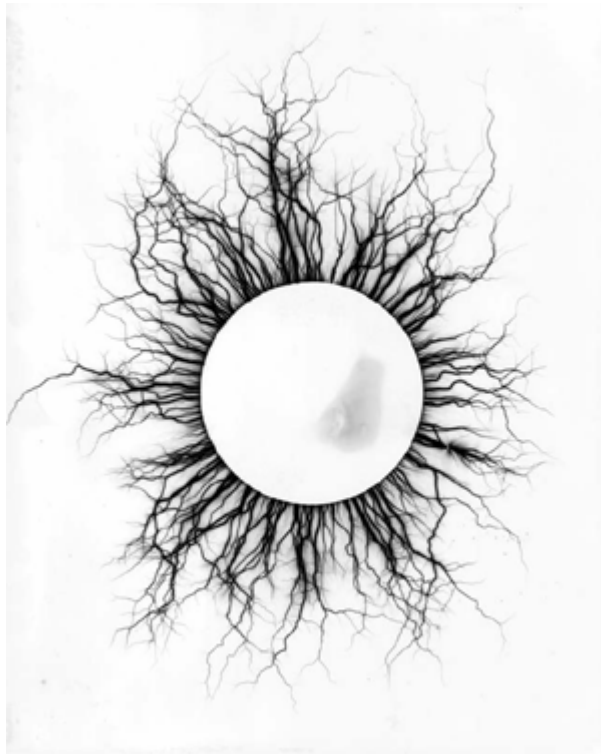
Рис. 1-3-58. Обложка книги. Книга стихов, содержит 52 сонета.

2004-Ben Lerner. The Lichtenberg Figures. Copper Canyon Press. 2004. 53 pages.

2005-Jeft Behary, Daniel Cuscela. The Century Electrotherapy Museum.

Jeft Behary занимается фотографированием разрядов.

<http://www.electrotherapymuseum.com/KInspired.htm>



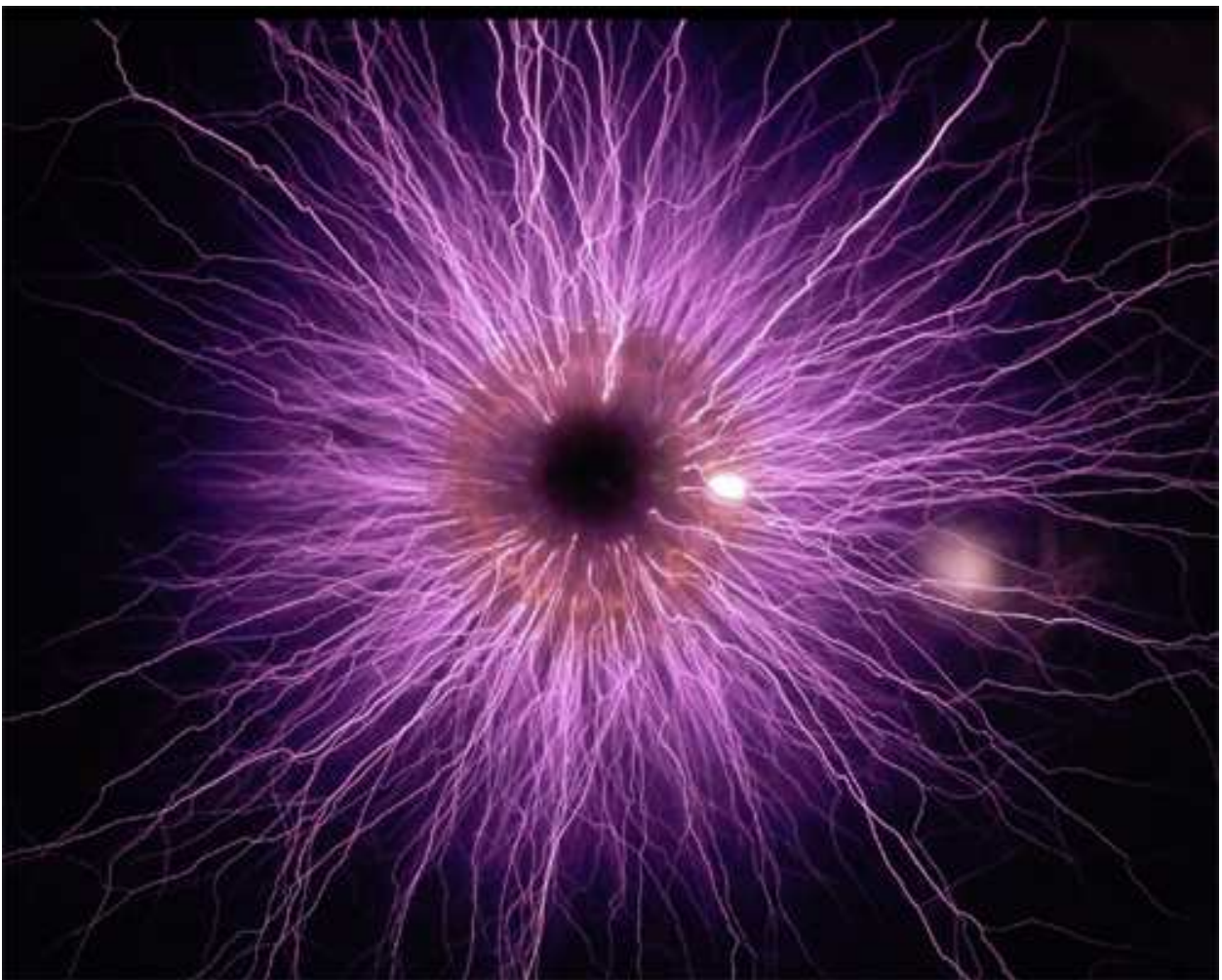
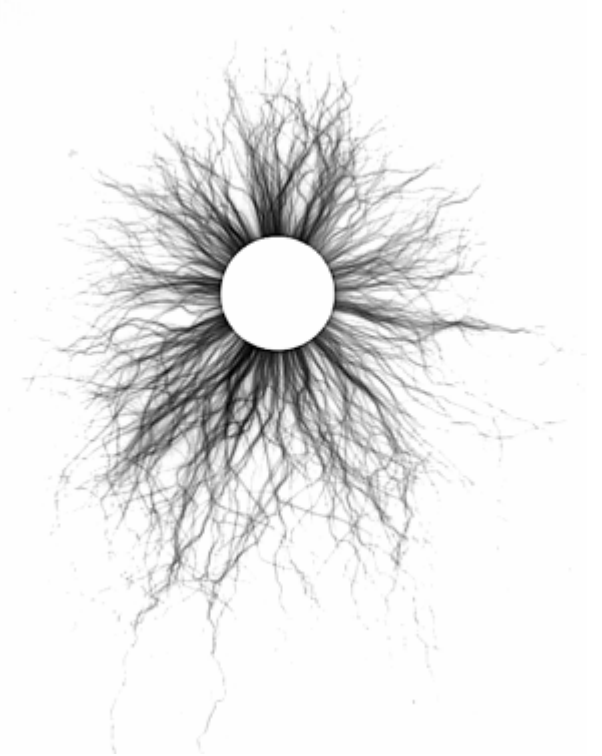
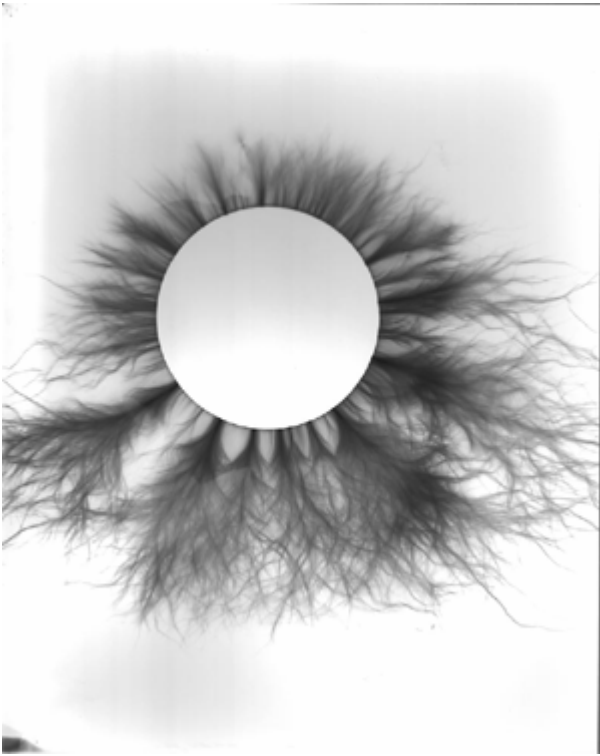


Рис. 1-3-59. Фотографии разрядов.

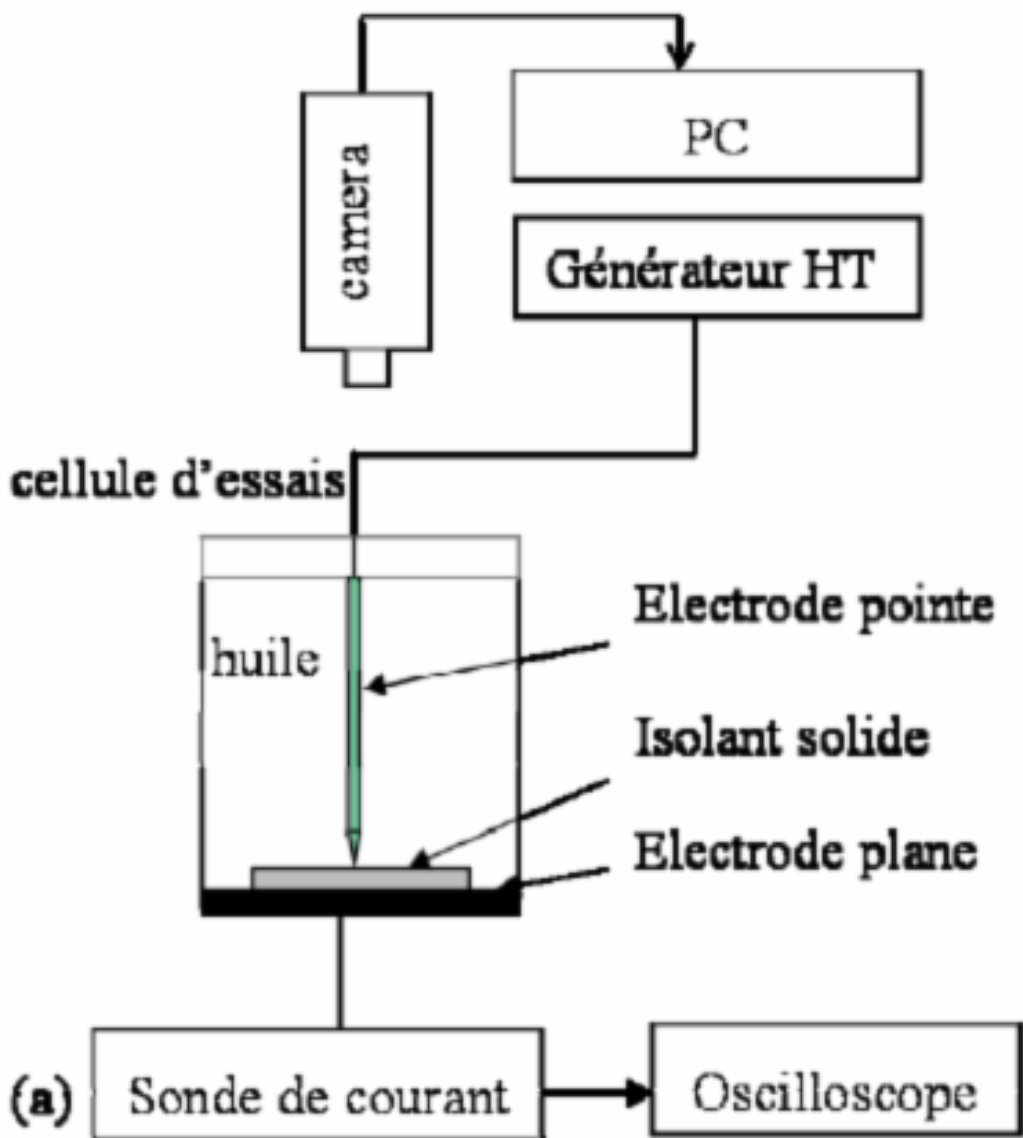


Рис. 1-3-60. Схема установки.

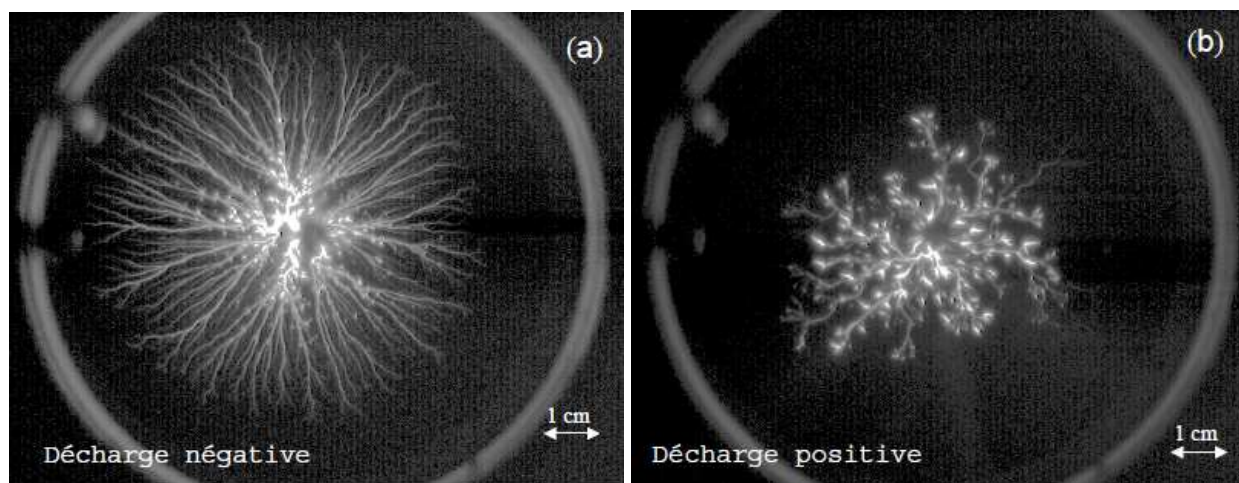


Рис. 1-3-61. Изображение отрицательного (а) и положительного (в) разрядов при напряжении 40кВ.

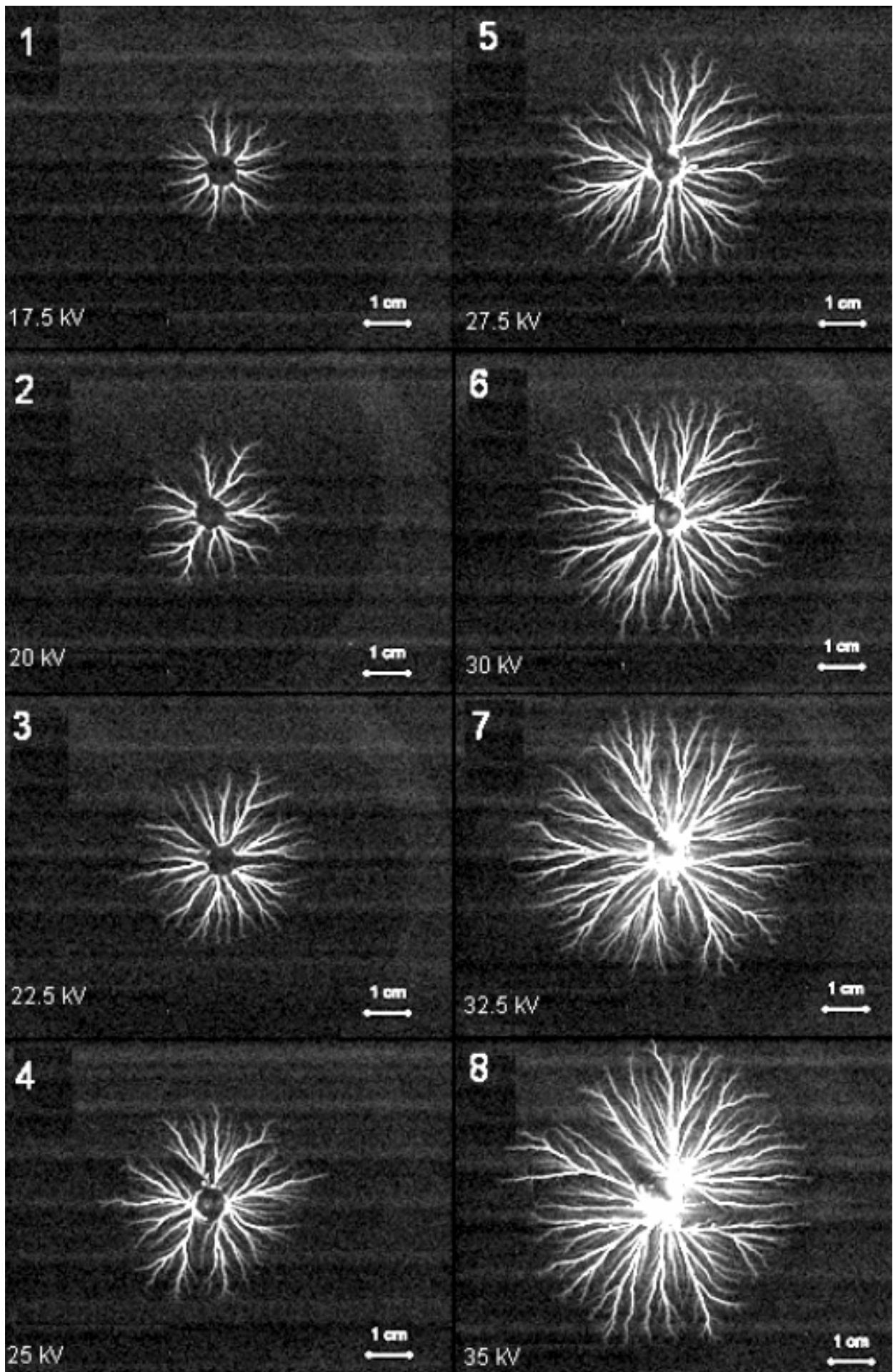


Рис. 1-3-62. Изображение разрядов при различных напряжениях от 17,5 до 35 кВ.

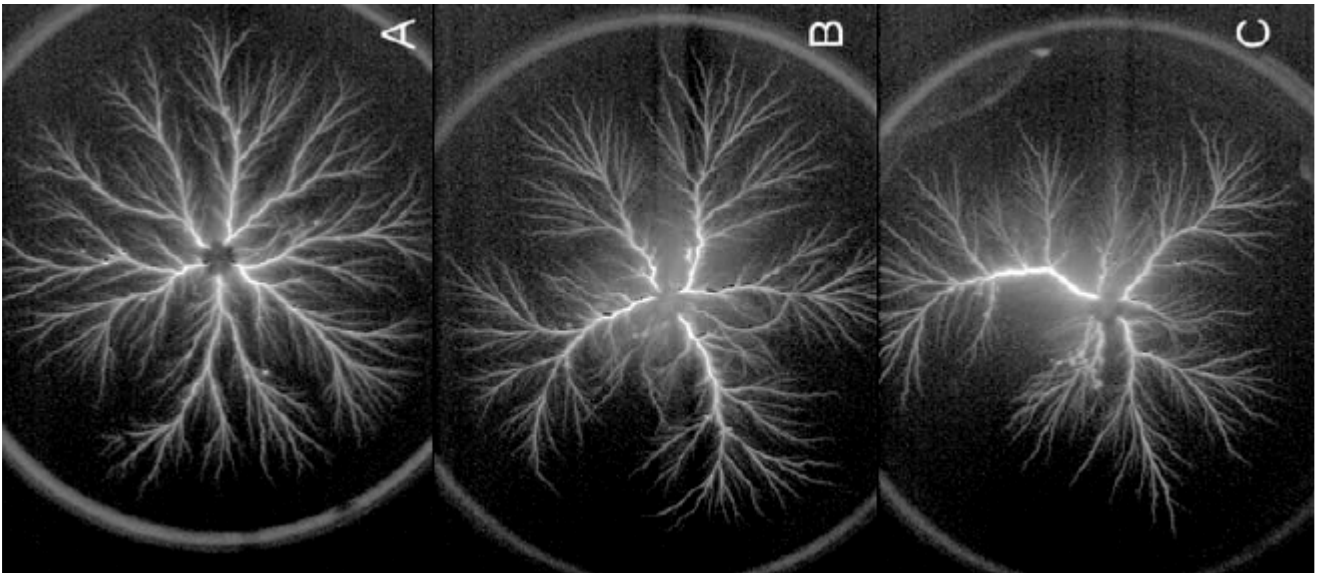


Рис. 1-3-63. Форма разрядов при больших напряжениях, А-2мм, 46кВ, В-10мм, 54кВ, С-20мм, 60кВ.

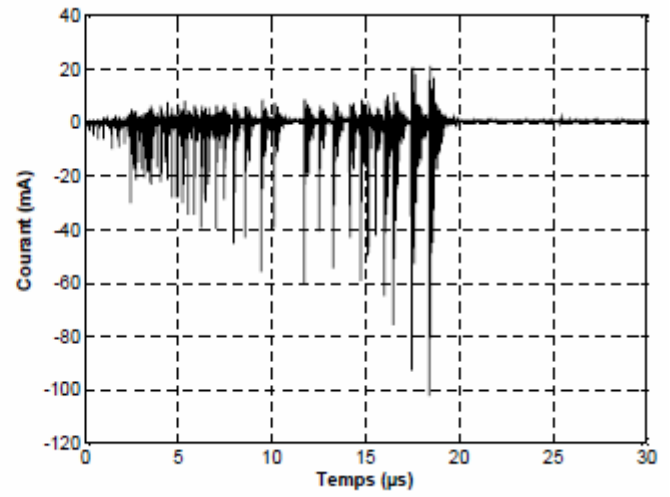
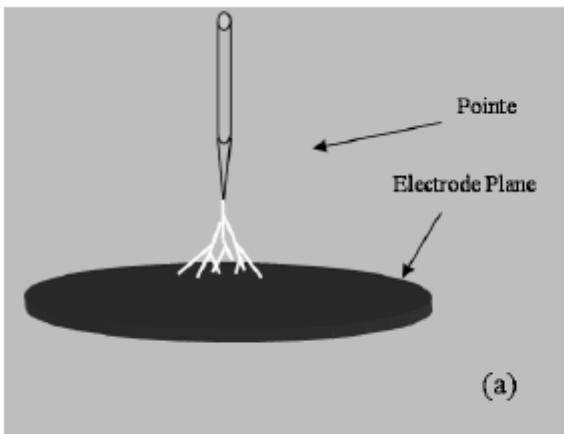


Рис. 1-3-64. Пульсации тока при разряде при напряжении 30кВ.

2014-Chandrakant Dwivedi, Nitesh Agrawal (Electrical & Electronics Engineering CIET, Raipur, India) Kirlian images applied for study of partial discharges.

Исследуется применение метода Кирлиан для обнаружения изменений в изолирующих материалах при воздействии частичных разрядов. В эксперименте тонкие полиэфирные листы были испытаны при различных градиента напряжения и длительности разряда.

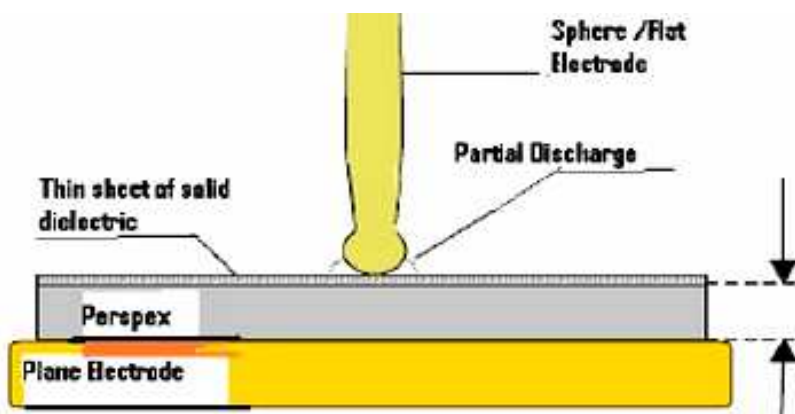
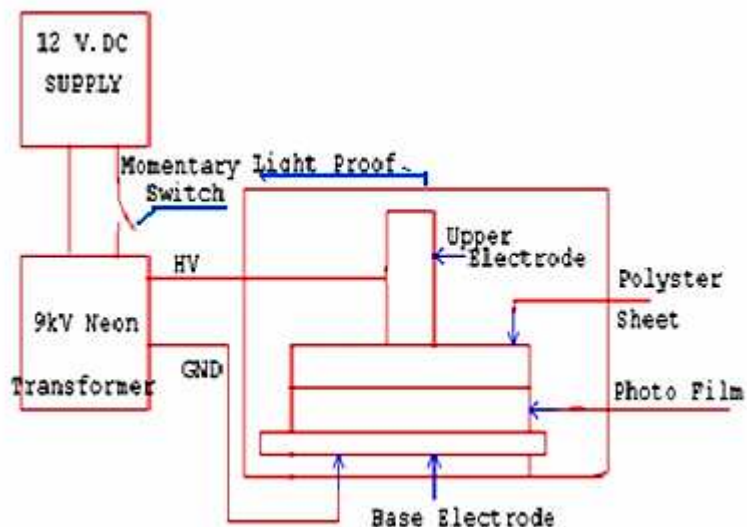


Рис. 1-3-65. Схема установки.

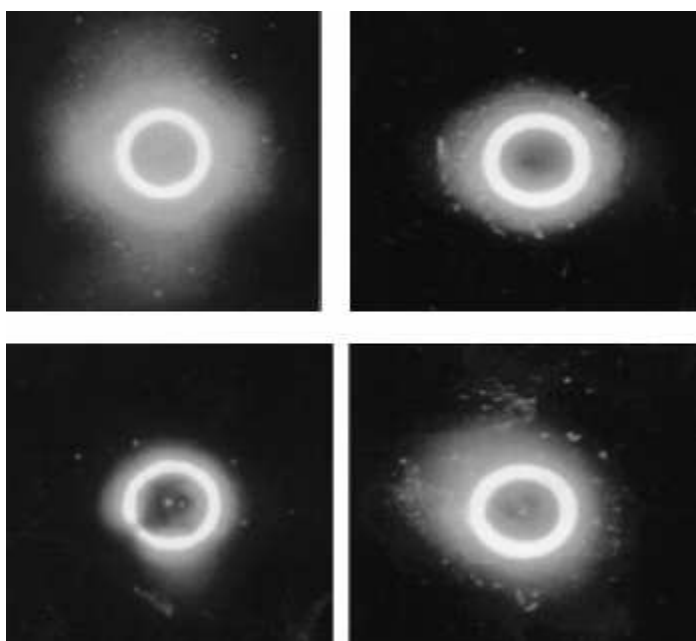


Рис. 1-3-66. Снимок разряда.

1.4 Российские исследования фигур Лихтенберга.

1927-**Киселев А.П.** Прибор для определения формы кривой напряжения в цепи при помощи фигур Лихтенберга. Патент 9226. 1927. Если к светочувствительной стороне фотографической пластинки, противоположная сторона которой всеми точками соприкасается с заземленной металлической пластиной, подвести напряжение посредством находящегося на ней штифта, то вокруг него образуется своеобразная фигура, называемая фигурой Лихтенберга. При этом положительная полуволна напряжения дает на фотографической пластинке фигуру, резко отличающуюся по характеру от фигуры, получаемой от отрицательной полуволны, а диаметр фигуры как положительной, так и отрицательной, довольно точно соответствует по своей величине-величине амплитуды волны. Таким образом, по характеру и величине фигуры Лихтенберга можно судить о величине и знаке волны напряжения.

1948-**Кондрашев С.Н.** Способ электрической разведки полезных ископаемых при помощи заземленных электродов. Патент **73058**. 1948. Способ электрической разведки полезных ископаемых при помощи заземленных электродов, отличающийся тем, что, с целью исследования распределения как сопротивления, так и диэлектрической постоянной почвы, в качестве приемного устройства применяют клидонограф с двумя электродами, присоединенными к двум одинаковым независимым источникам электрических импульсов, которые присоединены к двум заземленным электродам, расположенным симметрично по отношению к третьему электроду, соединенному с пластиной клидонографа с тем, чтобы по различию фигур Лихтенберга у обоих электродов можно было судить о степени неоднородности среды.

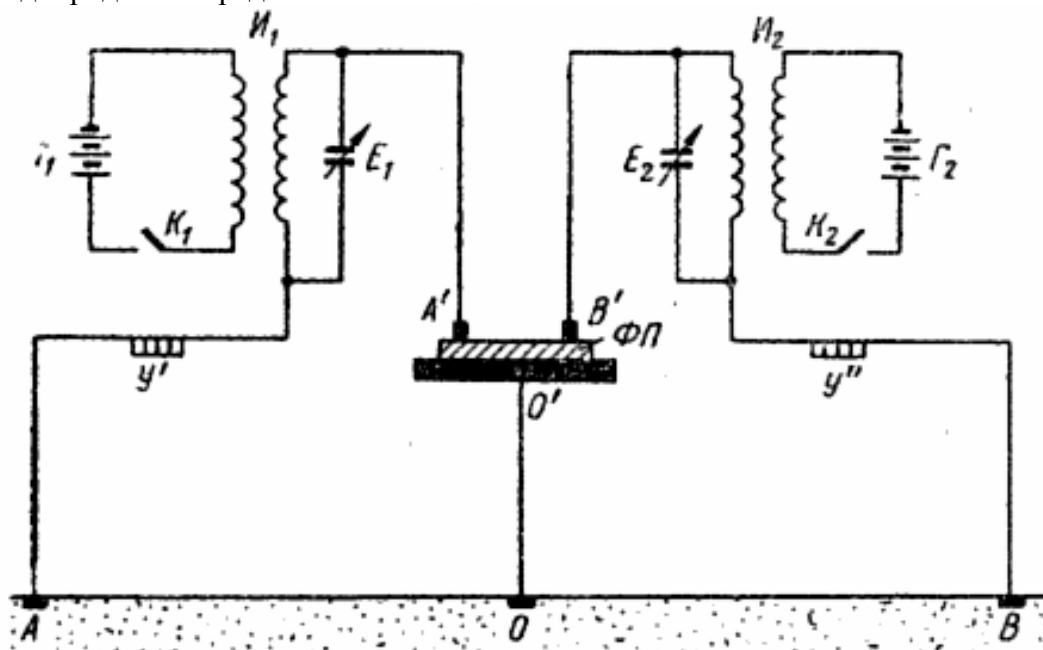


Рис. 1-4-1. Схема устройства.

1963-**Комельков В.С.** Мейлихов Е.З. Рост отрицательных фигур Лихтенберга в наносекундном интервале времени. Журнал Технической Физики. 1963. т.33. №8. с.943-944.+

1964-**Комельков В.С.** Мейлихов Е.З. Образование отрицательных фигур Лихтенберга в течении наносекундного импульса. Журнал Технической Физики. 1964. т.8. с.704-705.

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.

1982-**Крыжановский Л.Н.** Электростатическая индукция и электрофор в опытах XVIII в. Электричество. 1982. №4. с.60-62.

1993-Крыжановский Л.Н. Фигуры Лихтенберга, или ксерография в XVIII в. Электричество. 1993. №10. с.75-77.+

2000-Немировский Е.Л. Изобретение Иоганна Гуттенберга. Из истории книгопечатания. Технические аспекты. М. Наука. 2000. 659с. История книгопечатания, регистрация электроразрядов.

1.5 Фрактальный анализ фигур Лихтенберга.

1982-Sawada Y. et al.//Phys. Rev. Lett. 1982. v.26A. p.3557.

1984-L. Niemeyer, L. Pietronero, and H.J. Wiesmann, "Fractal Dimension of Dielectric Breakdown". Physical Review Letters. 1984. Issue 12. p.1033-1036.

1985-Fujimori S. Electric discharge and fractals. Japanes Journal of applied physics. 1985. 24912). P.1198-1203.

1986-Family F., Zhang Y.C., Vicsek T.// J. Phys. 1986. v.19a. p.L733.

1991-Femia N., Lupo G., Tucci V. Fractal characterization of Lichtenberg figures: a numerical approach. Proc. of the XX Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases. Piza, 1991. P.921-922.

1992-Петров Н.И. Петрова Г.Н. Моделирование ветвления и искривления каналов пробоя диэлектриков. Письма в Журнал Технической Физики. 1992. т.18. вып.3. с.14-18.+

1992-Кухта В.Р. Лопатин В.В. Носков М.Д. Фрактальная модель трансформации разрядных структур в диэлектриках. Письма в Журнал Технической Физики. 1992. т.18. вып.19. с.71-73.+

1995-Кухта В.Р., Лопатин В.В., Носков М.Д. Применение фрактальной модели к описанию развития разряда в конденсированных диэлектриках. Журнал Технической Физики. 1995, т.65, вып.2, с.63-75.+

1993-N.Femia, L.Niemeyer, V.Tucci. Fractal characteristics of electrical discharges: experiment and simulation. Journal of physics D. Applied Physics. 1993. 28. p.619-627.

1994-Дворкович А.В. Евтюхин Н.В. Марголин А.Д. Шмелев В.М. Фрактальные режимы электрогорения тонких полимерных слоев. Хим. Физика. 1994. т.13. №6. с.111.

1995-J.Sanudo, J.B.Gomes, F.Castano, A.F.Pacheco, Fractal dimension of Lightning discharge. Nonlinear processing in geophysics. 1995. 2. p.101-106.

1997-Акишин А.И. Фрактальный характер явлений при электрическом пробое радиационно-заряженных диэлектриков. ФХОМ, 1997, №3, с.17-21.

1998-Kudo K. Fractal Analysis of Electrical Trees. IEEE Trans. El. Ins., 1998, v.5, №5, p.713.

1999-T. Ficker. Electrostatic discharges and multifractal analysis of their Lichtenberg figures. Journal of Physics D: Applied Physics. 1999. Volume 32 Number 3. p.219-226.+

2006-Brian Clay Graham-Jones "The Fractal Nature of Lightning: An Investigation of the Fractal Relationship of the Structure of Lightning to Terrain". a thesis submitted to the Department of Mathematics in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, Florida State University, College of Arts and Sciences, 2006.

1.6 Определение скорости распространения разряда.

Скорость движения разряда в молнии примерно 300км/сек.

1925-Heymans, Paul, and Frank, N.H. "Method of Measurement of Time Intervals of 10^{-7} to 6.7×10^{-11} Seconds," Physical Review, June, 1925, v. 25. p.865-869.

1925-Heymans, P, Frank, NH (1925) Phys. Rev. (2) 25: p.865.

1931-Tadasi Itoh. Further studies on the striated electric discharge figure. Journal of Faculty of Science, Hokkaido Univ. 1931. ser. II. Vol.1. No.2. P.77-86.+

В работе определялась скорость распространения стримера при разряде, получена скорость 100км/сек.

1934-Pleasant J.G. Electr. Eng. 1934. 53. p.300.

Он исследовал скорость стримеров при образовании фигур Лихтенберга. Значения скорости колебалось в пределах от 2×10^6 до 3×10^7 см/сек. При этом скорости образования фигур от положительных разрядов были больше, чем в случае отрицательных разрядов.

1.7 Влияние магнитного поля на образование фигур Лихтенберга.

1844-John Peter Gassiot (1797-1877), английский физик.

1844-он проводил исследование разрядов. Он показал, что искровой разряд отклоняется в магнитном поле.

1928-Carl Edward Magnusson (Карл Эдвард Магнуссон) (1872-1941) профессор University of Washington, USA.

Он исследовал фигуры Лихтенберга. Он регистрировал разряды на поверхности пластины, посыпанной порошком серы, и на фотопластине. Он размещал фотопластинки в магнитном поле для изучения влияния магнитного поля на движение ионов искры. В февральском выпуске университетской газеты за 1932 год было написано, что он опроверг теорию европейских ученых о том, что положительные ионы проектируются из положительного электрода и образуют узоры. С помощью магнитного поля он показал, что все происходит как раз наоборот.

Он исследовал воздействие на форму фигур Лихтенберга сильных магнитных полей до 10000гаусс. При магнитном поле, перпендикулярном пластине, фигуры деформируются в спираль. Изгиб происходит более быстро в случае «отрицательных» фигур, у которых наблюдается рост кривизны с увеличением расстояния от центра.

1928-Magnusson C.E., "Lichtenberg Figures," in Journal of the American Institute of Electrical Engineers, 47 (1928), p.828-835;

1930-Magnusson C.E. Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. 49. p.756. (1930).

1932-Magnusson C.E. Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. 51. p.117. (1932).

1932-Carl Edward Magnusson. Electric discharge. University of Washington. 1932.

1968-Uhlig P. Maan J.C. Wyder P. Spatial Evolution of filamentary Surface Discharges in High Magnetic Field. Physical Review Letters. Volume 63. Number 18. 30 October. 1968.

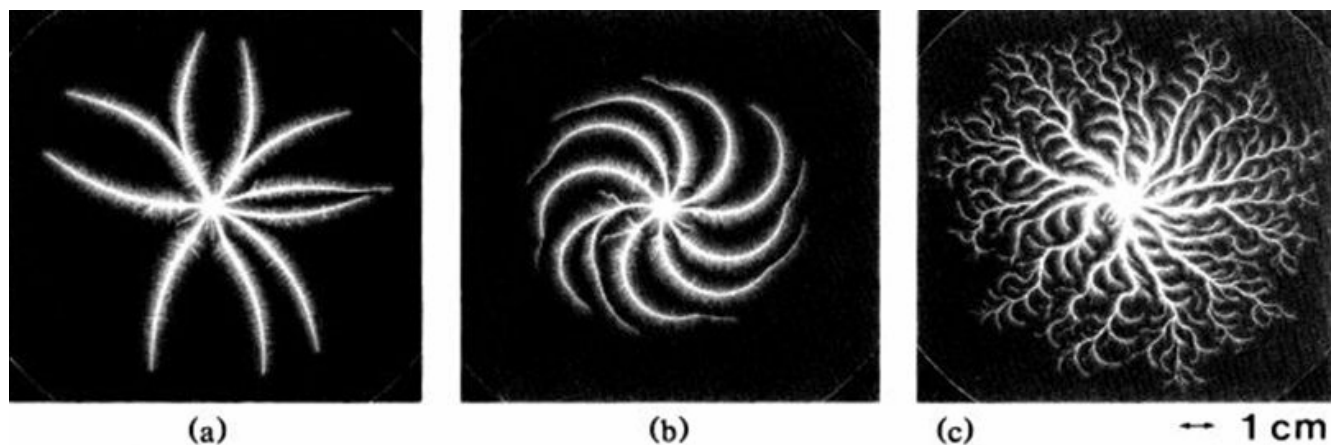


Рис. 1-7-1. Фигуры разрядов на поверхности в среде азота (N₂) при атмосферном давлении при различных значениях магнитного поля. (a)-B=0 Т, (b)-D=5Т, (c)-B=12Т, для точечного отрицательного электрода. Напряжение 10кВ. Длительность разряда 500нс. Диэлектрик-фольга Mylar толщиной 100мкм.

1.8 Фигуры на полированной поверхности, фигуры дыхания (breath figures).

Методы визуализации разряда от различных объектов.

	электрод	монета	палец
Дыханием		1842 Karsten G.	
Тонер	1777 Лихтенберг Г.		1990 Прибор Ауроскоп
Фотобумага 1830-Дагер	1851 Беккерель А.	1878 Лачинов Д.А.	1882 Наркевич-Йодко

Электрические фигуры (electric figures).

Название	Название	Год	Автор	Объект	Проявление	Поверх
Кольца Пристли	Pristley ring	1766	Pristley	электрод		металл
Фигуры Лихтенберга	Lichtenberg figures	1777	Lichtenberg	электрод	порошок	диэлект
Фигуры Лихтенберга	Lichtenberg figures	1851	Bekkerel	электрод	фото	фотопл
Пылевые фигуры	Dust figures	1876	Holtz			полиров
Теневые фигуры	Shadow figures	1881	Holtz			
Фигуры дыхания, Фигуры росы	Breath figures, Roric figures			плоский	дыхание	полиров
Кирлиан фотографии	Kirlian photo	1882	Наркевич- Йодко	рука	фото	фото
Кирлиан фотографии	Kirlian Photo	1969	Адаменко	объект		полимер

Электрические фигуры (electric figures), фигуры дыхания (breath figures), фигуры росы (roric figures, figures roriques), hauck-figuren, Moser's images, molecular impressions. Невидимые фигуры, которые образуются при контакте некоторого объекта с полированной поверхностью под действием света, тепла или электричества. Фигуры проявляются под действием дыхания, в результате конденсации микрочастиц пара на поверхности. Эффект усиливается под действием солнечного света, тепла и электрического разряда.

Roric figures (фигуры росы, по латыне «рого» означает роса), или **breath figures** (фигуры дыхания) фигуры, которые появляются на полированной поверхности (стекло, слюда) если к поверхности прислонить некоторый объект. Дополнительно на приложенный объект производится воздействие светом, теплом, или разрядом. Фигуры становятся видны, если дыхнуть на поверхность.

Рассмотрим некоторые эксперименты:

-положим монету на зеркало и оставим на некоторое время на солнце. Если через некоторое время монету аккуратно убрать, и подышать на поверхность, то появится четкое изображение монеты.

-на полированную серебряную пластину положим окрашенную в черный цвет стеклянную пластину, на которой нацарапан некоторый рисунок, и выставим на несколько дней на солнечный свет. Через несколько дней на поверхности серебряной пластины появится изображение.

-вместо серебряной пластины можно использовать полированную пластину гранита. Через пол часа на поверхности гранита появится изображение.

Одно из объяснений состоит в изменении свойств поверхности при контакте с другим объектом, но изображения появляются и при отсутствии контакта, когда объект находится на некотором расстоянии от поверхности.

Другое объяснение состоит в том, что от объекта исходит тепловые лучи, которые воздействуют на поверхность. Но изображение появляется на нескольких поверхностях, расположенных стопкой.

Отсюда следует, что причиной возникновения скрытого изображения является некоторый тип излучения, которое имеется у различных объектов и обладает высокой проникающей способностью.

Можно проследить следующую цепочку взаимосвязанных явлений:

- фигуры Лихтенберга,
- электрические фигуры дыхания,
- фигуры дыхания,
- контактная фотография.

Общими эффектами среди различных проявлений разряда на поверхности являются следующие:

- на поверхности образуются заряженные следы от каналов стримерных разрядов,
- поверхностные заряды, вызванные воздействием УФ излучения стримеров.

При визуализации распределение зарядов на поверхности выявляется с помощью порошка или дыхания.

Фигуры дыхания.

1709-Francis Hauksbee.

1709-F. Hauksbee, Physico-Mechanical Experiments on Various Subjects. Containing an Account of Several Surprising Phenomena Touching Light and Electricity, Producibile on the Attrition of Bodies. London, 1709. 194p. Он провел первые эксперименты по исследованию разрядов.

1749-Dissertation sur la Glace. Paris. **De Mairan** заметил, что при образовании инея на стекле происходит проявление скрытого изображения, линий, не видимых глазу. Для проверки этой идеи Carenaf зимой 1814 года он очистил четыре панели окна своего дома мелким песком, потирая два из них с круговым движением, третий в прямых сверху донизу, и четвертое место в диагональных линий. На следующий день, и на нескольких последующих дней иней образовался на линиях или бороздах, образовавшихся при трении.

1863-Charles Tomlinson, On the Motion of Vapours toward the Cold (о движении паров к холодному). Lecturer on Physical Science, King's College School, London.

Повторил опыт **Dr. Wood**, исследовал конденсацию паров камфоры в бутылке.

1875-С. Tomlinson. On Lightning Figures. Nature. (6 May 1875). V.12. no.288. p.9-11.+

1837-Draper John William (1811-1882) американский физик, исследовал Roric Figures которые возникали на стекле или другой полированной поверхности. Он описал следующий эксперимент. На холодную поверхность стекла, или лучше полированную поверхность металлического зеркала положить монету. Дыхнуть на монету один раз и аккуратно удалить. Если затем на дыхнуть на поверхность, то появится разноцветное изображение. Это изображение будет сохраняться в течении нескольких дней после того, как убрали монету. Он открыл и описал эффект **miser's images** или **roric figures**.

1837-John William Draper. Experiments on Solar Light. Journal of the Franklin Institute. 1837. 19. p.469-479.

1837-John William Draper. 1837. 20. p.38-46. p.114-125. p.250-253.

1840-Draper J.W. Philosophical Magazine. September. 1840.

1842-Moser Ludvig (Мозер) из Кенигсберга (Konigsberg) в июле 1842 года сделал сообщение во Французской академии через M. Regnault, в котором он сообщал, что когда два тела расположены близко друг от друга, то они получают невидимый отпечаток друг друга. Если объект находится около полированной поверхности, то на поверхности образуется невидимый отпечаток объекта. Под действием пара (дыхания) происходит проявление этого образа. Если тупой палочкой провести по поверхности стекла или любой полированной поверхности, то при дыхании на поверхности проявляется изображение.

Он исследовал формирование изображения предмета на полированной поверхности, когда объект находится достаточно близко к поверхности, но нет контакта с поверхностью.

Он регистрировал скрытое изображение, когда объект находится на поверхности пластины с йодитом серебра в темной комнате.

1842-Moser M. The Journal of the Academy of Sciences of Paris. 18th of July 1842.

1843-Ludvig Moser. On Vision and the Action of Light on all bodies. Scientific Memories. 1943. 3. p.422-461.

1843-Moser. Some remarks on invisible light. Scientific Memoties. 1843. 3. p.461-464.

1843-Moser. On the power which light possesses of becoming latent. Scientific Memories. 1843. 3. p.465-472.

1843-Moser. Sur les images que se formant sur la surface d'une glace ou de tout autre corps poli, et reproduisent les contours d'un corps place tres-pres de cette surface, amis sans contact immediate. Annales de Chimie. 1843. 7. p.237-239.

1840-Hunt Robert (1807-1887), английский исследователь.



Рис. 1-8-1. Robert Hunt.

Hunt провел следующий эксперимент. Он положил золотую, серебряную, бронзовую и медную монеты на нагретую полированную медную пластину. После охлаждения пластины монеты удалили, и обработали парами ртути. В местах, где были расположены монеты, появились изображения. В порядке убывания четкости изображения получились золотая, серебряная, бронзовая, медная. При воздействии в течение ночи он получил четкие изображения структуры древесины, которая была расположена на расстоянии 12мм от поверхности регистрирующей пластины. Он отмечал, что черные вещества оставляют самые сильные отпечатки. Он назвал этот эффект **термографией**.

-Он проводил эксперименты для образцов из различных металлов, золото, серебро, медь, бронза. Использовались пластины из различных металлов и стекла.

-Он обнаружил, что наиболее эффективное формирование скрытого изображения происходит в случае, если используются различные металлы, например, образец из золота или платины помещается на полированную медную или серебряную пластину.

-Он обнаружил, что чем больше масса объекта, тем более четкое изображение получается.

-Он проводил эксперименты с электрическим разрядом. Регистрировал изображения, получающиеся при пропускании заряда через монету, расположенную на металлической поверхности.

-Он помещал между медной пластинкой и монетой различные цветные стекла для изучения влияния различных частей спектра излучения. Красное стекло ухудшало изображение, оранжевое стекло немного ухудшало изображение, кварцевое стекло не влияло на изображение.

-Проявление скрытого изображения осуществлялось с помощью дыхания, парами ртути, парами йодита.

1840-Hunt R. Philosophical Magazine. October. 1840.

1841-Hunt R. Manual of Photography. 1841.

1844-Hunt R. Research on Light. 1844.

1852-Hunt R. Photography. Переиздание 1852 года. Глава-V. «Thermography».

1854-Robert Hunt. A Manual of Photography. Fourth edition. London. 1854.

Mr. Rauch получал изображения под действием солнечного света на пластины из меди, цинка, серебра, бронзы. Это так называемые фигуры Рауха (Rauch's images).

Breguet, французский часовщик, обнаружил, что маркировка сделанная на внешней поверхности часов, проявилась на внутренней поверхности часов.

1851-Pinaud, (1851) La Lumière 1: p.118.

1857-Niepce de Saint Victor обнаружил появление изображения на бумаге, пропитанной бромидом серебра, при контакте с листом бумаги, мрамором, мелом, пером, хлопком.

1888-Hallwachs W. обнаружил, что цинковая пластинка, освещаемая ультрафиолетовыми лучами (от дуговой лампы) заряжается положительно, за счет испускания фотоэлектронов.

1888-Hallwachs W. Wied. Ann. 1888. 33. p.301.

1892-Aitken John. 1892-3 Proc. R. Soc. Edinburgh 20. 94.

1893-Aitken John. (1893) Edinb. V. S. P. 20 (1895) 94-.

1896-Н. Becquerel обнаружил, что радиоактивные соли создают изображение на фотопластинке при отсутствии света.

1911-Aitken John. (Ardenlea, Falkirk). Breath Figures. Nature. (June 15. 1911). v.86. no.2172. p.516-517.+

1913-Aitken John. (1839-) Breath Figures. Nature. (February 6, 1913). V.90. no.2258. p.619-621.+

1893-W.T. Thiselton-Dyer. F.J. Allen. Dust Photographs. Nature. (9 February 1893). V.47. no.1215. p.341-342.+

1898-Oswald H.Latter. Breath-Figure of Spider's Web. Nature. (17 November 1898) v.59. no.**1516**. p.55.+

1902-Consult Chwolson, O. D., 'Lehrbuch der Physik' (1902).

1903-G.J. Parks. Philosophical Magazine. 4. p.240-253. (1902).

1903-G.J. Parks. Philosophical Magazine. (6), 5. p.517. (1903).

Lord Rayleigh (Рэлей), английский физик.

1911-Lord Rayleigh. Breath Figures. Nature. (May 25. 1911). v.86. no.**2169**. p.416-417.+

1912-Lord Rayleigh. Breath Figures. Nature. (December 19. 1912). v.90. no.**2251**. p.436-438.+

1911-J.W. Giltay. Breath Figures. Nature. (29 June. 1911). V.86. No.**2174**. p.585.+

1911-George Craig. (Glasgow). Breath Figures. Nature. (6 July. 1911). V.87. no.**2175**. p.10.+

1921-C.V. Raman. The colors on Breathed-on Plates. Nature. (4 August 1921). V.107. no.2701. p.714.

1923-T.J. Baker. A permanent Image on Clear Glass. Nature. (2 June 1923). V.111. no.**2796**. p.743.

1957-R.T. Spurr, J.G. Butlin. Breath Figures. Nature. (8 June 1957). V.179. no.**4571**. p.1187.

1990-B.J. Briscoe, K.P. Galvin. (Dept. of Chem. Eng., Imperial Coll., London, UK) Breath Figures. 1990. J. Phys. D: Appl. Phys. 23 p.1265-1266.+

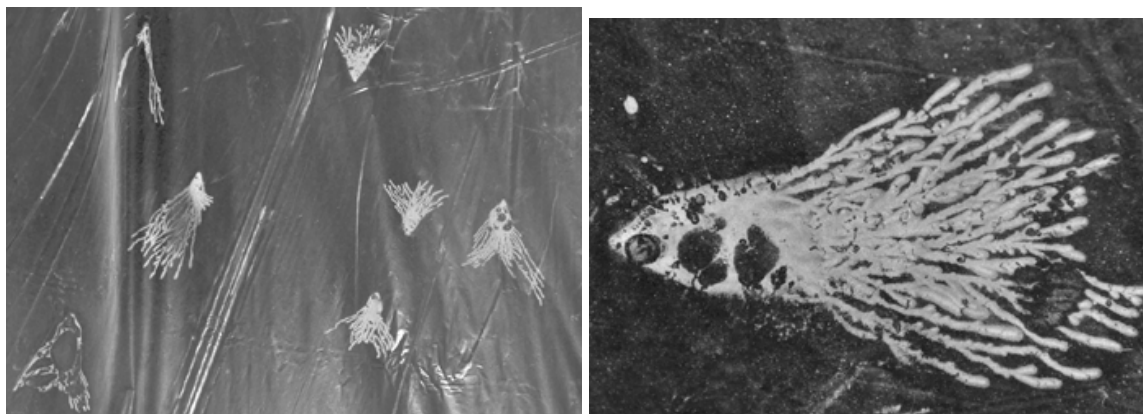


Рис. 1-8-2. Пылевые фигуры, которые возникли в пыльной комнате на нейлоновой пленке.

Наймарк Елена Борисовна (1964-), д.б.н., в.н.с., с 1993 года работает в Палеонтологическом институте РАН, лаборатория древнейших организмов (зав. Лабораторией Розанов А.Ю.).



Рис. 1-8-3. Наймарк Е.Б.

Своей самой удивительной находкой она считает каменную плиту, которая за 15 лет лежания в шкафу покрылась очень тонким идеально ровным слоем пыли. Чтобы разглядеть на камне окаменелости трилобитов того же цвета и текстуры, что и сама порода, их обычно покрывают тонким слоем магнеевой пыли. Но такое ровное напыление, как от хранения в шкафу, нам так и не удалось воссоздать потом, как мы ни старались. И под этим идеальным напылением стали прекраснейшим образом видны все самые мельчайшие трилобитики, которые на этой плитке отпечатались. Там нашлось около 3 тысяч экземпляров, включая самые ранние стадии их развития. И это было удивительно, до этого никто не находил настолько полные возрастные

серии для этой группы трилобитов. И благодаря одной этой плитке, покрытой пылью и пролежавшей в шкафу 15 лет, она написала монографию и несколько статей.

2001-Наймарк Е.Б. Эволюционная биогеография ископаемых морских беспозвоночных: Модель и примеры. Диссертация доктора биологических наук. М. 338с.

-Александр Владимирович Марков, Елена Наймарк. Эволюция. Классические идеи в свете новых открытий.

2015-Наймарк Е.Б. Путь к разгадке Кембрийского взрыва. Интервью Ольги Орловой с Еленой Наймарк. «Троицкий вариант» №23(192), 17 ноября 2015 года.

1990-Валдманис Я.Я. Калнинь Т.К. Клявиня А.П. Лубане М.С. Биофизическое воздействие на мелкодисперсные структуры частиц. Экологические аспекты фоновых полей окружающей среды. Материалы семинара. 16-17 окт. 1990. Саласпилс. ИФ Латв. ССР. 1990. с.51-61.

1947-Леммлейн Г.Г. (Институт кристаллографии АН, Москва) Обнаружение сверхтонкого рельефа кристаллической грани методом росы. Доклады АН СССР. 1947. т.58. №9. с.1939-1943.+ Исследовалось строение плоской кристаллической грани кристалла SiC. Регистрация проводилась в отраженном свете. Регистрировалась интерферограмма между чистой поверхностью и полупосеребренным плоским стеклом. Более информативная картина получена со слегка запотевшей поверхности грани. Конденсация поров воды осуществлялась незначительным охлаждением кристалла или просто дыханием. Капельки воды по законам капиллярности преимущественно конденсируются в отрицательных элементах рельефа, в данном случае во входящем угле ступенек тончайшей штриховки граней. После испарения капель или протирания кристалла, при повторении опыта они вновь возникают строго на тех же местах, той же формы и размера.

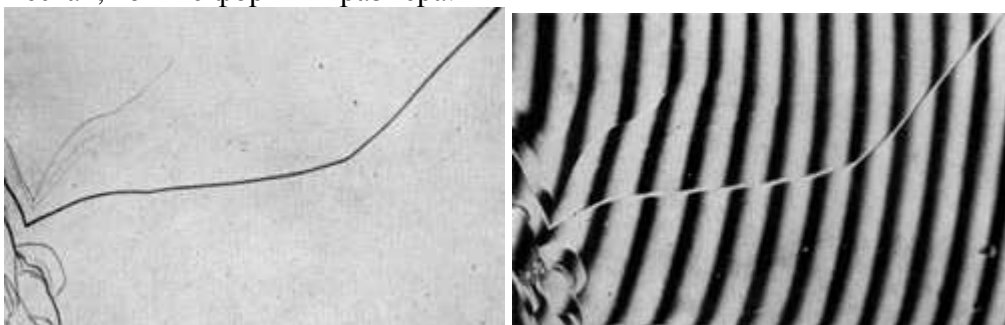


Рис. 1-8-4. Грань кристалла, полученная в отраженном свете и методом интерференции.

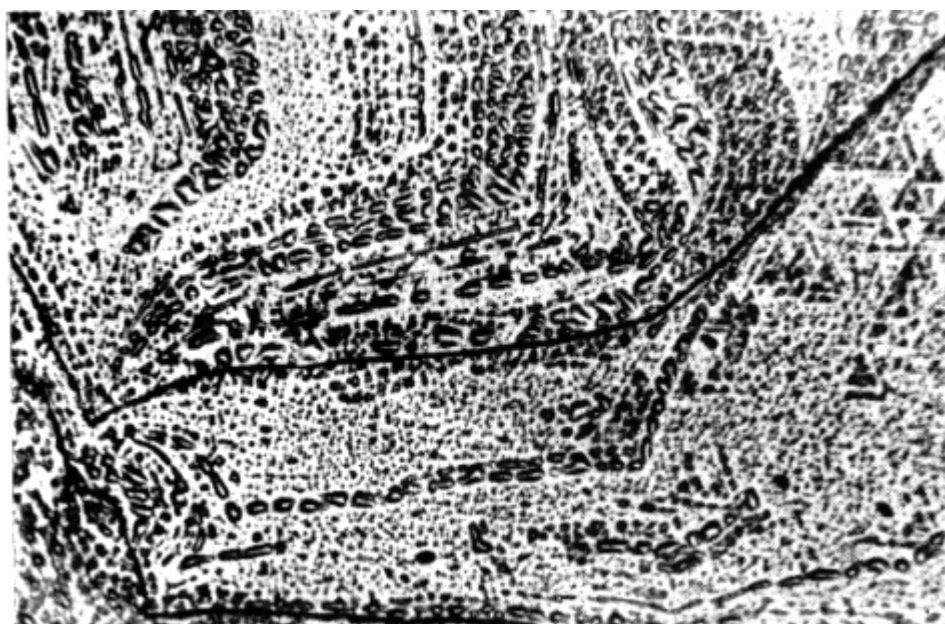


Рис. 1-8-5. Грань кристалла, полученная методом росы.

US 3795443 A, 05.03.74.

US 4126711 A, 21.11.78.

DE 3820023 A1, 29.12.88.

Патент США f-3374768, кл. 118-637, 1967.

Литвинов Виктор Евгеньевич. Московский полиграфический институт.

1988-Бадалов Михаил Ефремович, Литвинов Виктор Евгеньевич, Макальский Леонид Михайлович. Способ проявления электростатического изображения. Патент **1587463**. 1990. Изобретение относится к способу проявления скрытого электростатического изображения. Проявление осуществляют в камере 1, где создают пересыщенный пар красителя. В момент перехода насыщенного пара красителя (например, паров йода) в состояние пересыщенности снимают защитный слой со скрытого зарядного изображения. Элементы зарядного изображения служат центрами (ядрами) конденсации. Пересыщенный пар красителя конденсируется на элементах изображения и, тем самым, визуализирует его.

1989-Дружинин Аркадий Евгеньевич, Литвинов Виктор Евгеньевич. Способ проявления скрытого электростатического изображения пересыщенными парами красителя. Патент **1734069**. 1991. Изобретение относится к электрографии, а именно к технике проявления скрытого электростатического изображения парами красителя при достижении ими состояния перенасыщения над скрытым изображением. Пары красителя осаждают на зарядовом изображении. Перед осаждением или одновременно с ним формируют электрическое поле.

1994-Стейплз Филип Эрик, Лайма-Маркес Луис (Уотермарк Имеджинг Лтд., AU) Способ и устройство для проявления электростатических изображений. Патент **2137169**. 1999. Способ проявления скрытого электростатического изображения включает образование тумана из жидкости, перемещение тумана к месту проявления по дугообразной траектории, пропускание тумана между проявляющим электродом и записывающим элементом, между которыми создают электрическое поле, и удаление неиспользованного тумана из места проявления. Способ осуществляют с помощью устройства для проявления электростатических изображений. Устройство может содержать средство для отделения капель тумана с размерами в заданном диапазоне и удаления капель с размерами за пределами заданного диапазона, а также средство для удаления неиспользованного тумана из места проявления. Обеспечивается использование проявляющих систем на водной основе, в которых проявление осуществляется при движении капель.

1.9 Электрические фигуры.

1.9.1 Электрические фигуры дыхания.

Электрические фигуры дыхания (breath figures) и пылевые фигуры (dust figures), образуются на полированной поверхности объекта после воздействия разрядом. Видимыми эти фигуры становятся под действием конденсированной влаги (дыхание) или под действием пыли.



Рис. 1-9-1. Пылевые фигуры от положительного и отрицательного круглого электрода.

1842-Петер Теофил Рисс (Peter Theophil. Riess) (1805-1883) немецкий физик, занимался исследованиями разрядов. Он наблюдал некоторое подобие фигур Лихтенберга на слюдяной пластине, подвергнутой воздействию **точечного искрового разряда**. Фигуры появлялись в том случае, если пластину подносили ко рту и дышали на нее. Но если стекло очистить в кипящей азотной кислоте и промыть в аммиаке, или использовать платиновую фольгу очищенную с помощью горючего газа, или полученные путем разделения свежее сколы слюды, то под действием искры никаких фигур не возникает. Он пришел к выводу, что искра распространяется по микрочастицам жира или органического вещества, которые имеются на поверхности. Свои наблюдения он описал в книге «Учение об электричестве от трения»,

В 1842 г. аналогичным образом получали изображения монет и медалей, которые помещали на стекло, установленное на заземленном металлическом диске. Монетам сообщали электрический заряд. Если на стекло подышать, туманное изображение появлялось на тех местах, которые контактировали с поверхностью монеты. Рисс объяснял это осаждением мельчайших капель воды на заряженных участках. Он пробовал воспроизвести этим способом и шрифтовые знаки, приводя в контакт со стеклом наэлектризованный пуансон. Он пытался также проявлять еле видные изображения, присыпая их порошковым красителем. Подобные изображения впоследствии получили наименование **фигур дыхания (breath figures)**.

Fizeau считал, что большинство поверхностей слегка покрыты жиром или органическим веществом, и что оно передается при контакте или при близком расположении объектов. Известно, что пары ртути гораздо лучше оседают на загрязненной поверхности, чем на чистой.

DIE LEHRE
VON DER
REIBUNGSELEKTRICITÄT.

VON

PETER THEOPHIL RIESS

DR. PHIL., PROFESSOR, ORDENTL. MITGLIEDE D. K. AKADEMIE D. WISSENSCH.
ZU BERLIN, MITGLIEDE D. PHYS.-ÖKON. GES. ZU KÖNIGSBERG, D. GES. NATUR-
FORSCH. FREUNDE ZU BERLIN, D. SOC. D. SCIENC. NAT. DU CANTON DE VAUD
UND D. PHYSIK. VEREINS ZU FRANKFURT.

ERSTER BAND.

MIT SIEBEN KUPFERTAFELN.

BERLIN,
BEI AUGUST HIRSCHWALD.

1853.

Рис. 1-9-2. Обложка книги.

1842-Reiss P.T. Electricische Hauchfiguren. in Repertorium der Physik. Translated in Archives de l'Electricite. 1842. p.591.

1846-Riess P.T. "Über elektrische Figuren und Bilde," Annalen der Physik und Chemie. 1846. Volume 145. Issue 9. p.1-44.

1846-Riess P.T. Pogg. Ann. 1846. 69: p.1.

1853-Riess P.T. Die Lehre von der Reibungs Electricitat. B. 1853. v.2. p.221-224.

1853-Riess P.T. Reibungselektricität. Band. 1-2. Berlin 1853.

1853-Riess P.T. Die Lehre vonder Reibungselektricitat, V.2, August Hirschwald, Berlin, 1853, p.203.

1861-Riess P.T. Pogg. Ann. 1861. 114: p.193.

1842-Gustav Karsten (Густав Карстен) (1820-1900), немецкий физик, Berlin. Germany.

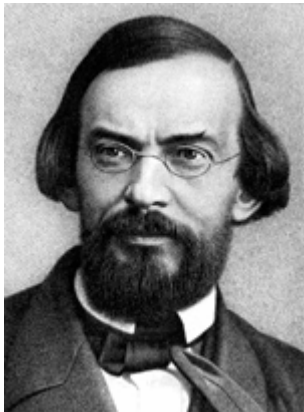


Рис. 1-9-3. Густав Карстен.

Он получал «электрические фигуры дыхания» при подаче разрядов от электрической машины на монету, расположенную над стеклянной пластинкой, под которой располагался плоский заземленный электрод. Скрытое изображение монеты на стеклянной пластинке можно было сделать видимым, подышав на пластинку.

Он помещал монету на стеклянную пластину и подавал на нее несколько **искр от электрической машины**. Если после этого подышать на стекло, то было видно изображение монеты. Он назвал эти фигуры «**electrical breath figures**». Видоизмененный эксперимент. Под монетой вместо одной толстой пластины он расположил десять тонких пластин. Затем проявляют дыханием эти поверхности. Оказывается, что изображение появилось на всех поверхностях. Однако, чем ниже расположена поверхность, тем более слабое изображение получается.

1842-G. Karsten, Ueber elektrische Abbildungen, Poggendorff's Annalen. Phys. 1842. V.57. p.492.

1843-G. Karsten, Poggendorff's Annalen, v.58., p.115.

1843-G. Karsten. On certain Delineations produced by Electricity. The annals of electricity, magnetism and chemistry, and guardian of experimental science. Januar 1843. p.454-456.+

1845-G. Karsten, Poggendorff's Annalen, v.60. p.1,

1846-G. Karsten. Poggendorff's Annalen, v.61. p.569.

1922-Baker T.J. Breath figures. Philosophical Magazine. 1922. 6th series. V.44. p.752-765.

1859-Waideles. Poggendorff's Annalen.

1890-Croft W.B. (Winchester College) Исследовал фотографирование с помощью электрического разряда.

1890-Croft W.B. Breath Figures. Proceedings of the Physical Society of London. 1890. v.11. Issue 1. p.346-353.+

1892-Croft W.B. Breast Figures. Nature. (22 December 1892). V.47. no.1208. p.187-188.+

1892-Croft W.B. **Breath Figures (Фигуры дыхания)**. Philosophical Magazine. 1892. Series 5. V.34. Issue 207. p.180-186.

1893-Croft W.B. Dust Photographs and Breath Figures. Nature. V.47. no.1216. p.364. (16 February 1893).+

1928-Шеленьи П., профессор Будапештского университета, проявлял порошком электростатическое изображение на электронно-лучевой трубке.

1930-Y. Toriyama, Dust figure in liquid insulator (Part I), J. Inst. Electr. Eng. Japan, 1930. 49 p.1184 (in Japanese).

Mr. C.A. Seely (New York) поместил изображение круга в складки чувствительной бумаги, и положил это на несколько дней в книгу. Через несколько дней рисунок проявился на различных листах. При этом на более удаленных листах иногда изображение получалось более четким.

1950-Барщевский Б.У. Лавренчик В.Н. Электрографический способ получения изображений. Патент 90693. 1950. Предлагаемый электрографический способ позволяет получить изображение без применения какого-либо источника света и фотоматериалов. Сущность электрографического способа получения изображений рельефных металлических предметов заключается в том, что для получения изображений указанных предметов, их помещают на пластинку из диэлектрика с гладко полированной поверхностью и заряжают до относительно высокого потенциала. После зарядки металлический предмет заземляют, а затем удаляют с поверхности диэлектрика. На месте, где находился предмет, образуется скрытое (невидимое глазом) электрографическое изображение. Превращение скрытого изображения в видимое производится посыпанием места, где образовалось скрытое изображение, мелкодисперсным порошком, состоящим из канифоли или легкоплавких смол. После стряхивания избытка порошка на диэлектрической пластине остается изображение металлического предмета. Закрепление порошкового изображения осуществляется путем нагрева пластинки до плавления порошка с последующим ее охлаждением.

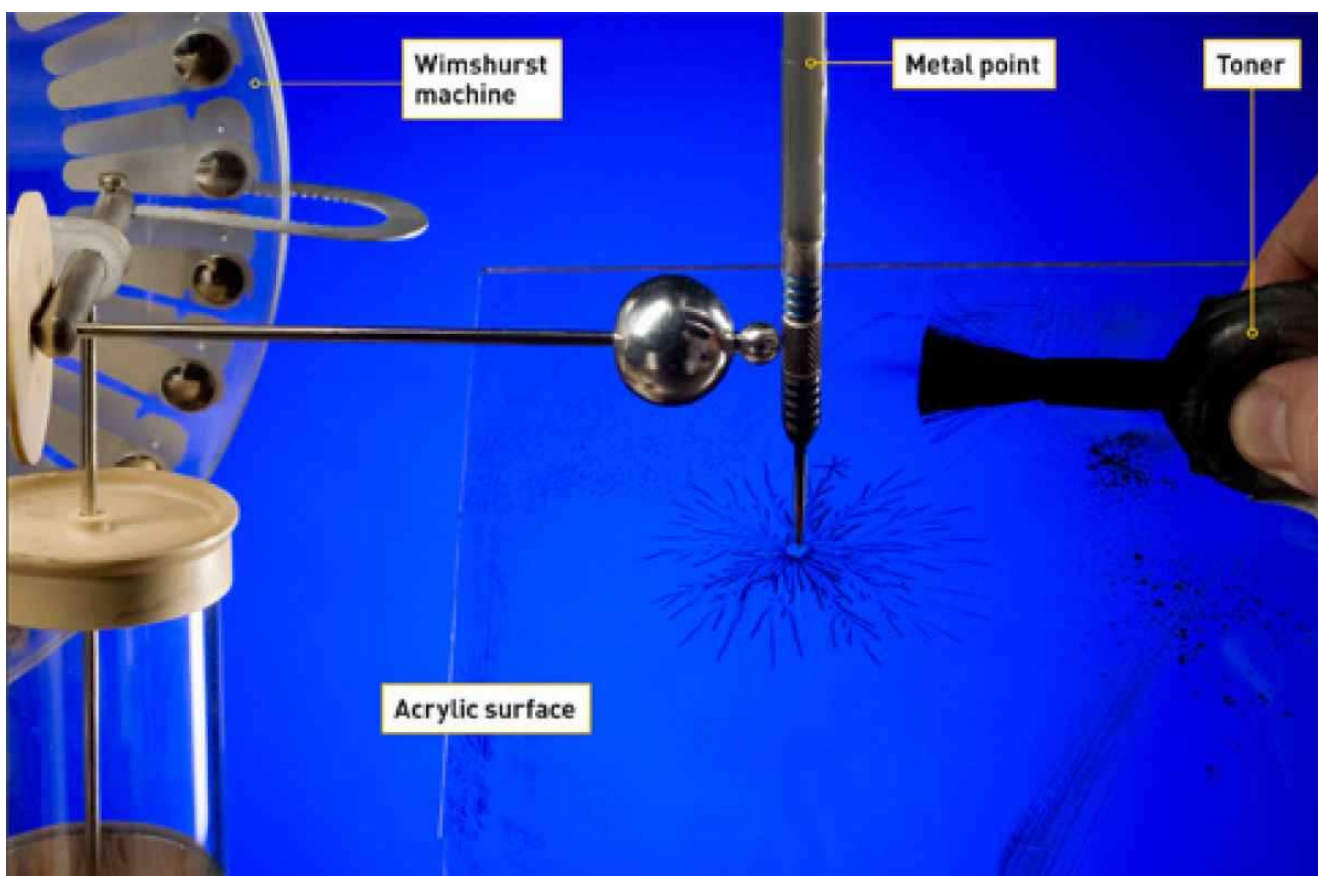


Рис. 1-9-4. Как создать фигуру Лихтенберга.

1.9.2 Кольца Пристли.

1751-Franklin Benjamin (1706-1790), американский исследователь, наблюдал кольца от разряда на металлической поверхности. Он экспериментировал с электрическими разрядами, изобрел громоотвод.

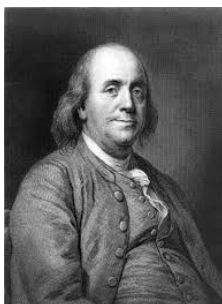


Рис. 1-9-5. Benjamin Franklin.

1746-В одной из своих поездок в Бостон Франклин случайно наткнулся на представление, устроенное приехавшим из Шотландии неким доктором Спенсером. Его «электрические фокусы» произвели большое впечатление на Франклина, которому захотелось найти объяснение увиденным явлениям. Заинтересовавшись электрическими явлениями, и решив заняться их изучением, он написал об этом в Англию своему другу, члену Лондонского королевского общества Коллинсу, который вскоре прислал ему специальную стеклянную трубку для получения электричества с описанием, как ею пользоваться.

Письмо Франклина от 1751. Опыты для выявления новых свойств электрической жидкости. Подвесьте к первичному проводнику пулю на проволоочном крючке, а ниже пули на расстоянии около полдюйма поместите светлый кусок серебра, на который должны проскакивать искры. Теперь начинайте вращать колесо, через несколько минут (если искры ударяются все время в одно и то же место) на серебре образуется голубоватое пятно, по цвету напоминающее часовую пружину. На светлом куске железа так же образуются пятна, но другого цвета. Создается впечатление, что железо как будто заржавело. На золоте, латуни и олове мне не удалось обнаружить каких-либо следов. Но характер следов на серебре и железе не зависит от того, из какого материала сделана пуля, будь то свинец, латунь, золото или серебро. На серебряной пуле тоже остается небольшое пятно, как и на пластинке под ней.

Benjamin Franklin spark surface glass plate magical pictures.

1758-B.Franklin. Brief von der Elektrizitat. S. 129. Leipzig. 1758.

1904-Benjamin Franklin. The works of Benjamin Franklin. V.VII Letters and Misc. Writings 1775-1779. 1904. <http://oll.libertyfund.org/titles/2613>

1956-Франклин В. Опыты и наблюдения над электричеством Перевод с английского В.А.Алексева, М.: Издательство АН СССР, 1956 г., 271с.+ (стр.91-92).

1996-I. Bernard Cohen. Benjamin Franklin's Science. 1996.

1766-Priestley Joseph (Джозеф Пристли) (1733-1804), английский исследователь и ученый. Бирмингем, Англия.



Рис. 1-9-6. Priestley Joseph.

Пристли начал заниматься наукой после того, как познакомился с Бенджимином Франклиным, когда тот был в Лондоне в 1765 году. При разряде (искра от электрода) на полированной металлической поверхности образовывались в результате окисления много цветных концентрических кругов (Priestley's rings). Три концентрических кругов иногда делались одним разрядом. Из этого эксперимента доктор пытается объяснить некоторые чрезвычайные воздействия молнии, и, в частности то, что называется **волшебные кольца**. 13 июля 1766 года он наблюдал образование кругов при разряде на латунную пластину. В книге «История и современное состояние электричества, с оригинальными опытами», вышедшей в 1767 году он описал возникновение колец (**Priestley's ring**), получающихся при электрическом разряде на металлической поверхности.

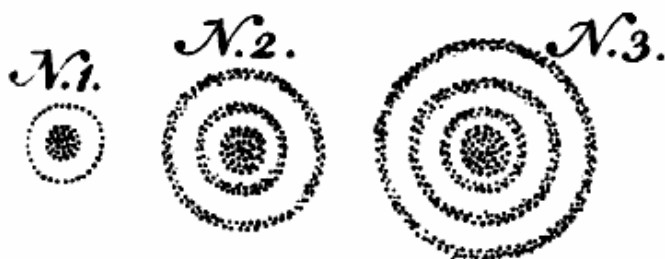


Рис. 1-9-7. Образование кругов на гладкой металлической пластине при разряде, эрозия катода.

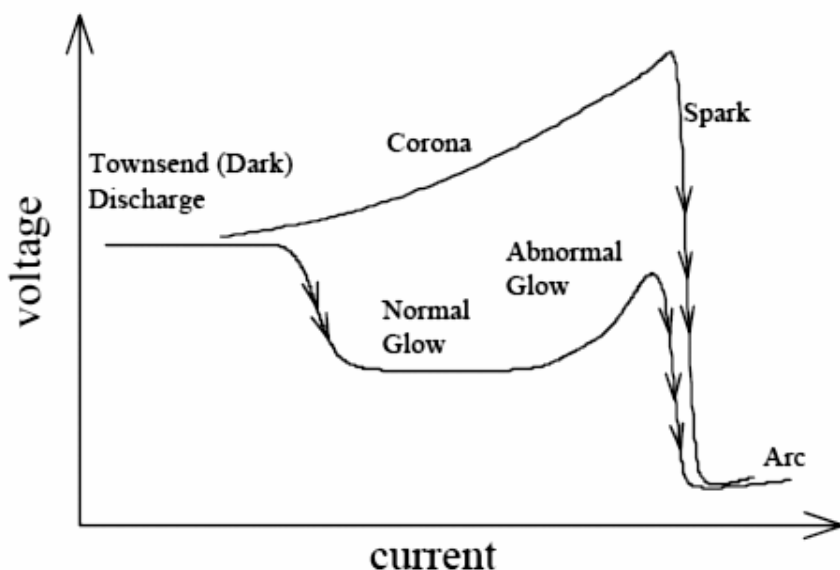


Рис. 1-9-8. Вольт амперная характеристика электрического разряда при атмосферном давлении (верху) и при низком давлении (внизу).

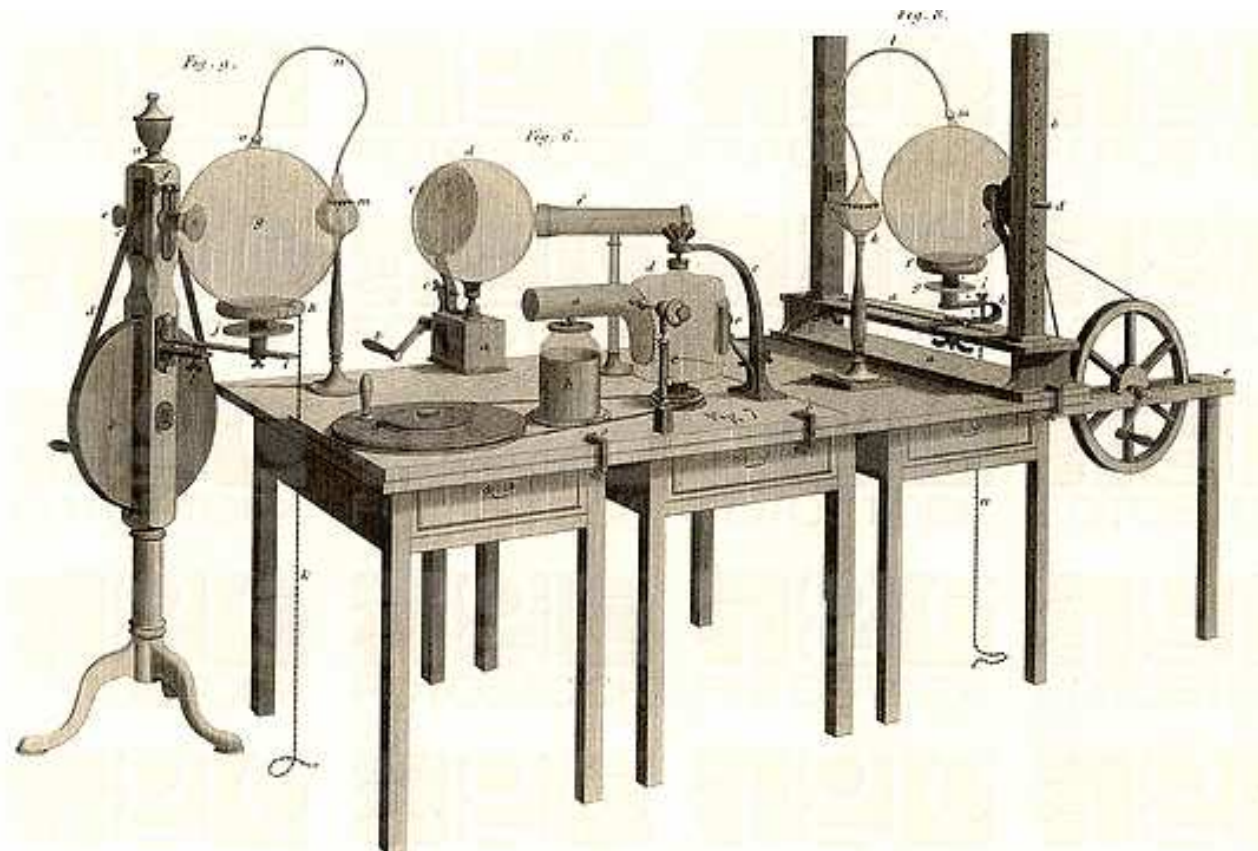
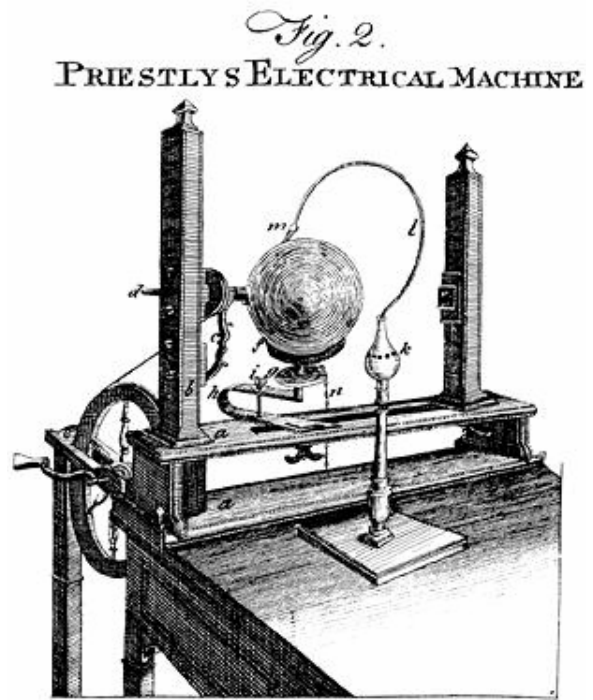
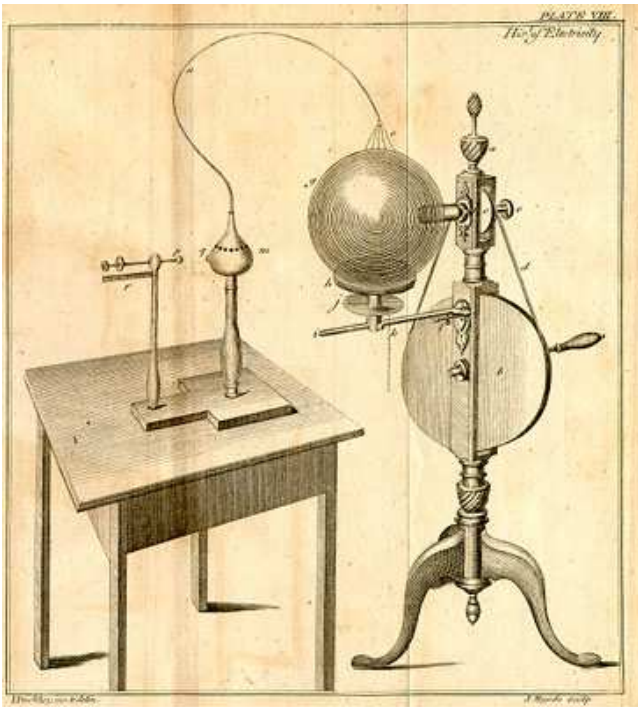


Рис. 1-9-9. Электрическая машина Пристли для генерации и накопления электрического заряда.

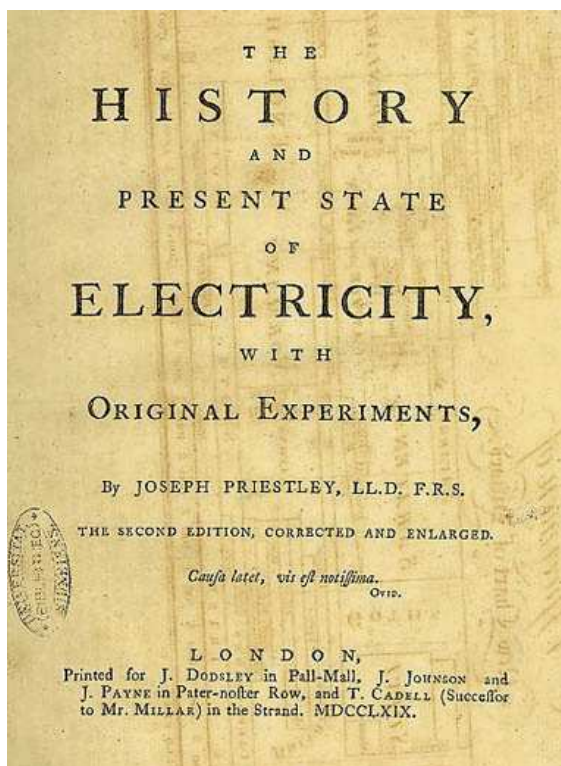


Рис. 1-9-10. Обложка книги.

1767-Priestley, Joseph. The History and Present State of Electricity, with original experiments. London: Printed for J. Dodsley, J. Johnson and T. Cadell, 1767. 720 pages.

<https://archive.org/stream/historyandprese00priegoog#page/n46/mode/2up>

1768-Joseph Priestly. An account of Rings consisting of all the prismatic colours, made by electrical explosions in the surface of pieces of metal. Report the Royal Societi in March 1768.

1768-Account of Dr. Priestley's New Experiments. Benjamin Franklin Papers. 1768. Thu, Mar 10. v.15. p.068b.

1771-J. Priestley, Histoire de l'Electricite. Traduite de 'Anglois avec de Notes critiques, 3rd ed. Paris: Herissant, 1771.

1972-Priestley, J (1772) Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Elektrizität.

1772-J. Priestley, Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Elektrizität, nebst eigenthümlichen Versuchen. Nach der zweyten und verbesserten Ausgabe aus dem Englischen übersetzt und mit Anmerkungen begleitet von D. Johann Georg Krünitz. Berlin und Stralsund: Gottlib August Lange, 1772.

1773-R.E. Schofield, The Enlightenment of Joseph Priestley. A Study of His Life and Work from 1733 to 1773. University Park, PA: The Pennsylvania State University, 1997.

1775-J. Priestley, Experiments and observations on different kinds of air (in three volumes). London: J. Johnson, 1775.

1775-J. Priestley, "Experiments on the circular spots made on pieces of metal by large electrical explosions," in The History and Present State of Electricity with Original Experiments, Third Edition, V.II. London, 1775, p.260-276.

1775-J. Priestley, "Experiments on the effect on the electrical explosion discharged through a brass chain, and other metallic substances," in The History and Present State of Electricity with Original Experiments, Third Edition, V.II. London, 1775, p.277-307.

1775-J. Priestley, "Experiments in which rings, consisting of all the prismatic colours, where made by electrical explosions on the surface of metals," in The History and Present State of Electricity, v.II. London, 1775, p.329-335.

1775-J. Priestley, The History and Present State of Electricity with Original Experiments, 3rd ed., 2 Vols., London, 1775.

1970-J. Priestley, Autobiography of Joseph Priestley (with an Introduction by Jack Lindsay, and Memoirs written by Himself). Bath, UK. Adams & Dart, 1970.

1952-Mr. Grove W.R. назвал изображения, получаемые на полированной поверхности, **molecular impression**, он получал их на бумаге. Он наблюдал отпечатывание изображений на коже рыбы (форель). В темноте изображение не отпечатывалось. Он проводил эксперимент путем размещения бумаги с вырезанными буквами между стеклянными пластинами, снаружи помещал листы фольги от Лейденского устройства, и в течении нескольких секунд воздействовал электрическим зарядом **от катушки Румкорфа**. Затем он дышал на внутренние поверхности стекла и наблюдал изображения букв. Буквы так же появлялись при травлении фтористоводородной кислотой.

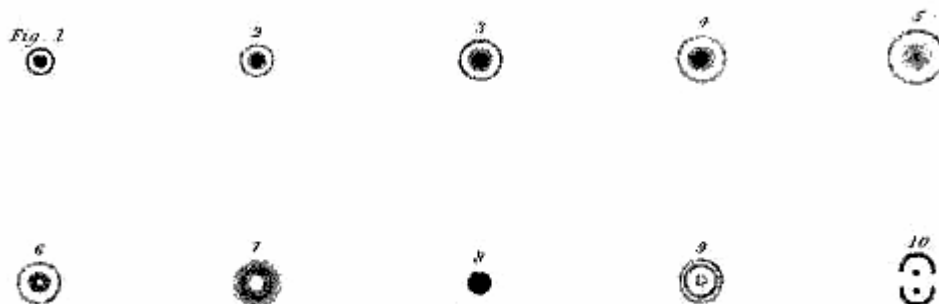


Рис. 1-9-11. Фигуры по полированной поверхности при разряде.

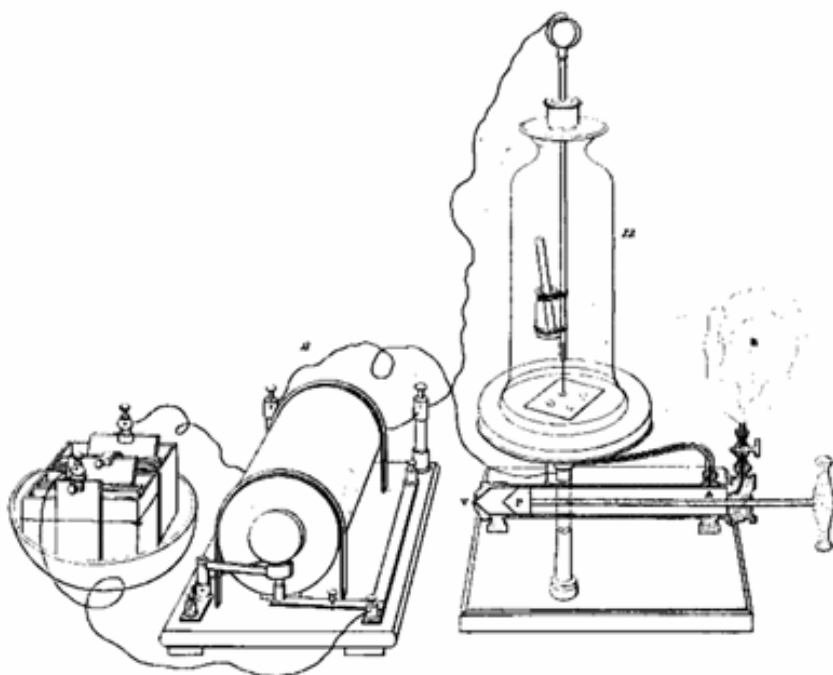


Рис. 1-9-12. Схема установки.

1852-W.R. Grove. On the electro-Chemical Polarity of Gases. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1952. V.142. p.87-101.

1990-Benjamin Alfred (Альфред Бенджамин) Audio-Visual Department, Orthopaedic Hospital, Los Angeles, California, USA.

Для диагностики злокачественных опухолей использовал ячейку, состоящую из металлического электрода, диэлектрического покрытия, на которое была наложена черная бумага и стеклянная пластинка. Поверх с помощью шприца наносился тонкий слой жидкого кристалла. Палец испытуемого накладывается прямо на стеклянную пластинку с жидким кристаллом. У пациентов, имеющих злокачественные опухоли, по сравнению со здоровыми людьми наблюдаются резкие изменения в цвете, величине короны и в структуре поля.

1990-Benjamin A: Differential reactions of normal and pathological cells to liquid voltage-sensitive crystals: application to the pre-screening of cancer patients. Vortrag, 2nd International Conference for Medical and Applied Bioelectrography, London, März/April 1990.

2011-A. Benjamin. Kirlian Photography with the use of "Voltage-sensitive Liquid Crystals" A new Technique.+

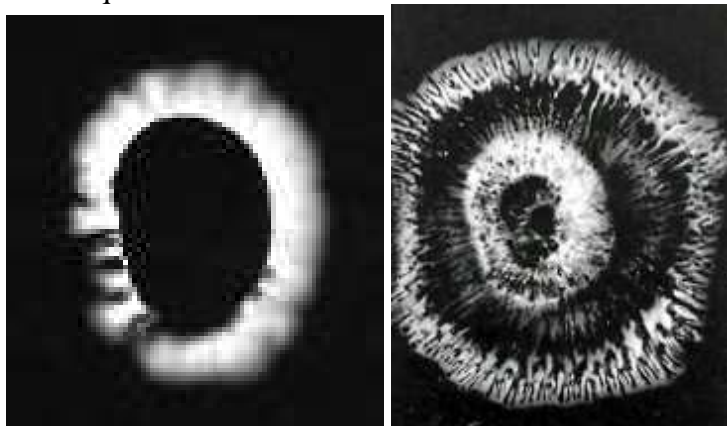


Рис. 1-9-13. Обычное Кирлиановское изображение, и Кирлиановское изображение, зарегистрированное с помощью холестерических жидких кристаллов.

1992-Shang Wan-Li and Wang De-Zhen. Concentric-Ring Patterns in a Helium Dielectric Barrier Discharge at Atmospheric Pressure. Chinese Physics Letters Volume 24 Number 7.

2012-Dong Lifang, Liu Liang, Wang Yongjie, Yue Han, Li Xinchun. Spatiotemporal correlation between microdischarges in concentric ring pattern in dielectric barrier discharge at atmospheric pressure. Physics of Plasmas (Impact Factor: 2.25). 06/2012; 19(6).

2003-Gurevich E. L., Zanin A.L., Moskalenko A.S., Purwins H-G. (Institut für Angewandte Physik, Corrensstrasse 2/4, D-48149 Muenster, Germany) Phys. Rev. Lett. 91, 154501, 2003.

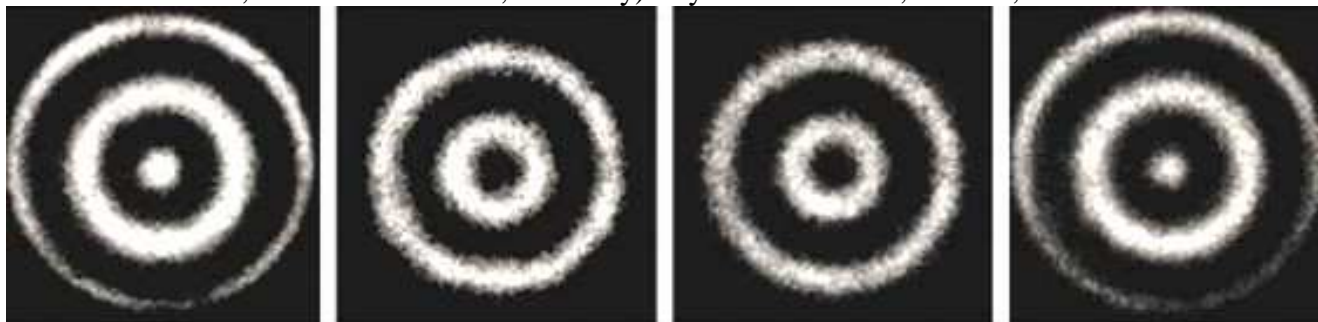


Рис. 1-9-14. Кольцевые структуры, возникающие при разряде в атмосфере азота.

2006-Stollenwerk L., Amiranashvili Sh., Boeuf J.P., Purwins H.G. Measurement and 3D Simulation of Self-Organized Filaments in a Barrier Discharge. Phys. Rev. Lett. 2006. Vol. 96. p.255001.

При повышении напряжения в плазме равномерного разряда наблюдается неустойчивость. На первом этапе происходит формирование колец (полых цилиндров) в течении нескольких периодов. Изначально однородный разряд расслаивается, создавая систему концентрических колец. Затем происходит распад колец и формирование нитей.

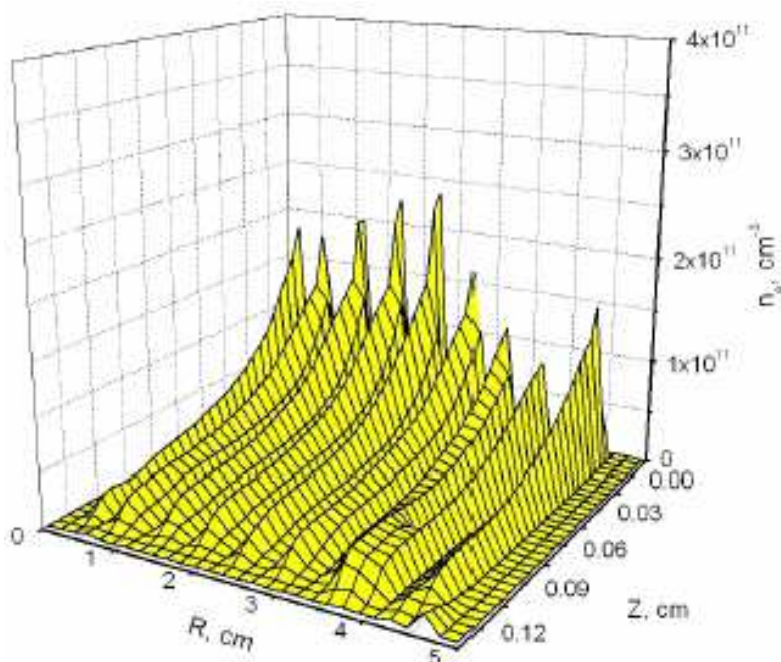


Рис. 1-9-15. Пространственное распределение концентрации электронов после пробоя, образование колец.

2011-Шкуренок Иван Алексеевич (МГУ) Моделирование разрядов высокого давления в инертных газах. Структурирование плазмы разрядов постоянного тока и барьерных разрядов. Диссертация кандидата физико-математических наук. Москва. 2011.



Рис. 1-9-16. Схематическое изображение развития ионизационных процессов в промежутке с большим перенапряжением (наносекундный интервал времени).

При развитии разряда на первом этапе происходит развитие самотормозящейся лавины. При быстром размножении электронов создается столь высокая плотность зарядов, что при их разделении (электронов и положительных ионов) создается поле, близкое к основному. Благодаря этому происходит торможение электронной лавины, и она достигает критической величины.

На втором этапе происходит выталкивание электронов из лавины, достижение самотормозящейся лавины, появление двух боковых самотормозящихся лавин. И так далее.

2014-Фирма Research Media & Cybernetics, USA.

http://www.rmcybernetics.com/projects/DIY_Devices/homemade_kirlian_photos.htm

Регистрация колец при исследовании Кирлиан.

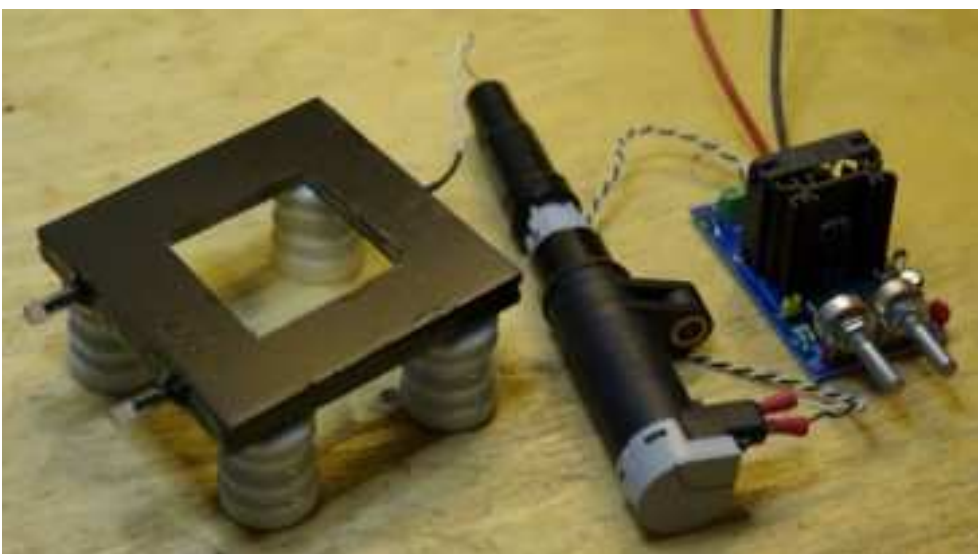
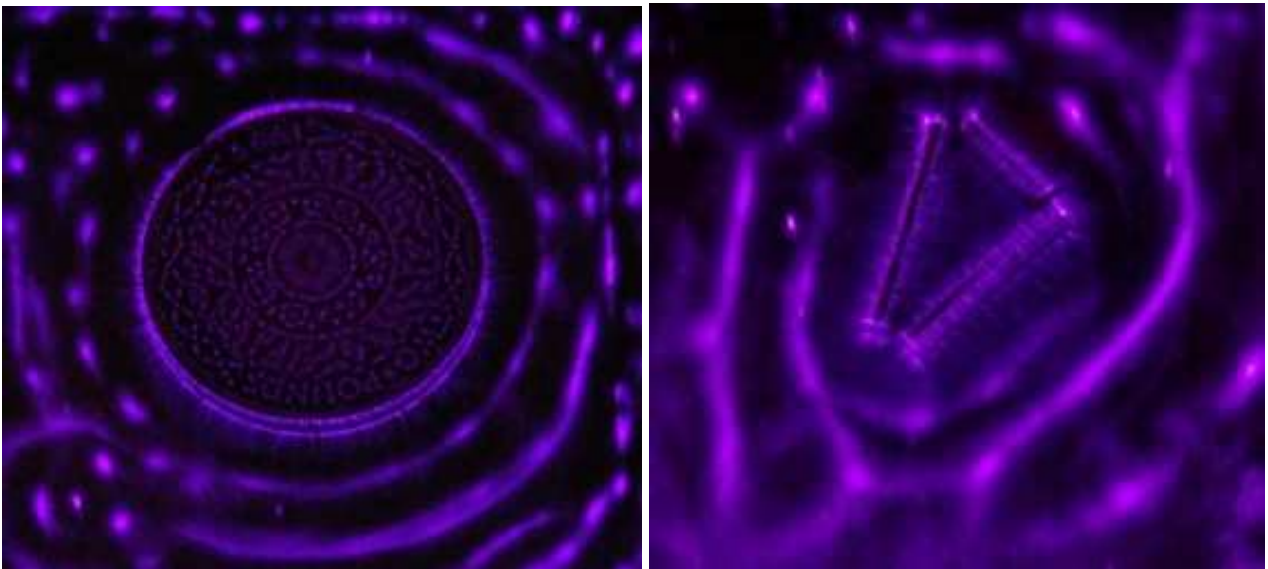
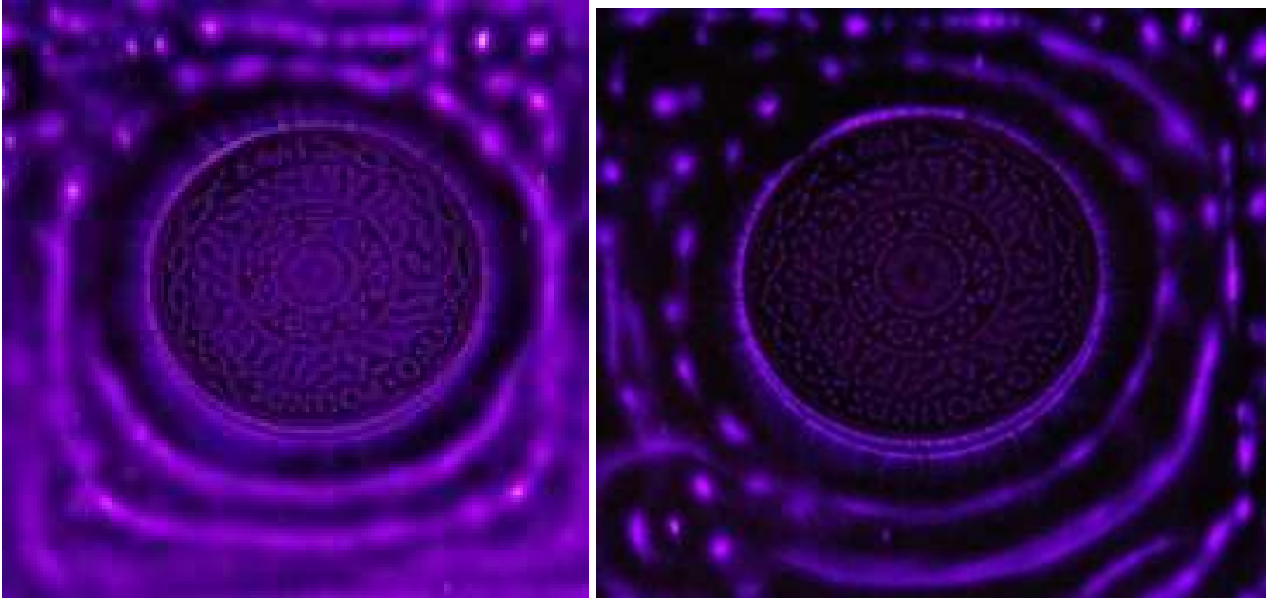


Рис. 1-9-17. Кольцевые структуры при разряде и устройство для регистрации разряда.



Рис. 1-9-18. Кольцевые структуры (четыре уровня), полученные при регистрации разряда вокруг пальца. Регистрация осуществлялась с помощью прибора А-скан.

1.10 Теневые фигуры, Shadow figures.

1876-W. Holtz, Berlin, Germany.

Профессор В. Хольц из Берлина выявил существование нового класса электрических явлений, которые называются в честь первооткрывателя электрические Shadow-фигур (теневые фигуры). Они были описаны в трудах Gettingen Gesellschaft der Wissenschaften,

1875-Holtz, W (1875) Pogg. Ann. 156: p.493.

1875-Holtz, W (1875) ZS. f. d. ges. Naturw. (2) 46: p.460.

1876-W. Holtz, Ueber die polarelektrische Attraction suspendirter Theilchen in Fliissigkeiten, fiber eine neue Art elektrischer Figuren und iiber ein merkwuendiges Rotationsphinomen, Poggendorff's Annalen. Phys., 7 (1876) p.490.

1876-W. Holtz, Ueber elektrische Figuren in festen Isolatoren, Poggendorff's Annalen. Phys., 159 (1876) p.638.

1880-Holtz, W (1880) Göttinger Nachr.

1880-W. Holtz, Ueber elektrische Figuren pulverartiger KSrper in isolirenden Fliissigkeiten und eigenthiimliche polarunterschiedliche Anhufungen beidex unter dem Einfluss strSmender Elektricitat, Mittheilungen aus dem naturwssenschaftchen Verelne von Neu-Vorpommern und Riigen in Greisfeld, 12 (1880) p.55.

1881-S.P.T. Holtz's Electrical Shadows. Nature. 09 June. 1881. 24, p.130-131.+

1905-W. Holtz. Uber die Lichtenbergschen Figuren und ihre Entstehung. Zeitschrift fur Physik. 1905. 6. p.319-328.

1906-W. Holtz. Zur Darstellung Lichtenbergschen Figuren in Vorlesungen. Zeitschrift fur Physik. 7. p.162-163. 1906.

1905-Holtz W. (1905) Phys. ZS. 6: p.319.

1881-Righi, Augusto (Padua, Italy) (1850-1920) исследовал эффект электрической тени (electric shadows). Этот эффект можно рассматривать как прообраз изобретение ксерокса.

1881-Righi, A (1881) Mem. di Bologna (4) 2: p.555.

1882-Righi, A (1882) Mem. di Bologna (4) 3: p.461.

1888-Righi A. Bm. B. Ac. Line. Band. 4 (1888) (Sem. 2) 350-.

1883-Thompson Silvanus P. Electric Shadows. Nature. December 13. 1883. 29, p.156-157.+

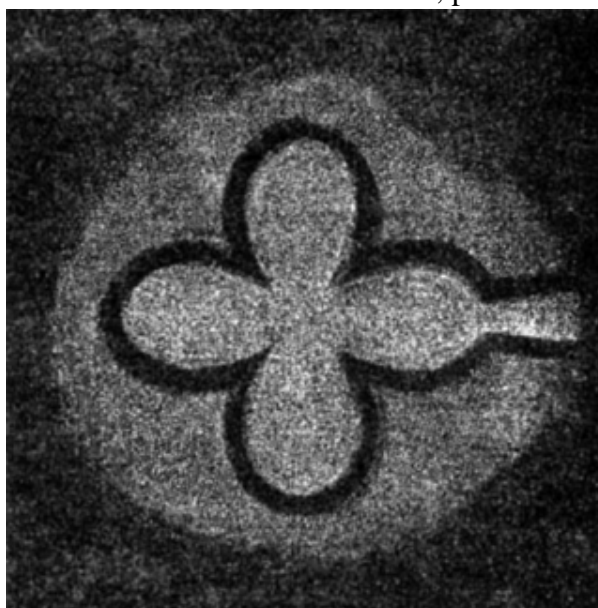
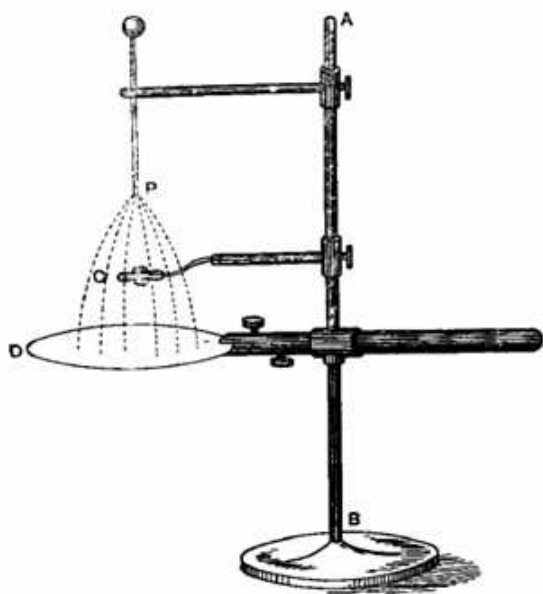


Рис. 1-10-1. Схема установки и полученное изображение.

1890-Thompson, S.P. (1890) Elektrot. ZS. 11: p.122.

1895-Thompson, S.P. (1895) Proc. Roy. Soc. London 58: p.214.

1898-Thompson, S.P. Light Visible and Invisible. Nature 31 March 1898, 57, p.506-507.+

1884-W.F.Smith. Electric Shadows. Nature. 17 January. 1884. 29. p.260-261.+

Он повторил опыты, произведенные Righi и Thompson. Он получил тень от разряда над объектом на эбонитовой пластине, которая используется для получения фигур Лихтенберга.



Рис. 1-10-2. Полученное изображение.

1884-Electric Shadows. Scientific American 17, 05 April. 1884. 6881 (1884).

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

Дополнительная информация находится в Книге 5. Часть 11. Треки. Параграф 5.6.2 Катодные лучи.

1.11 Различные способы регистрации разряда.

1.11.1 Различные способы регистрации разряда.

Для регистрации фигур Лихтенберга на фотобумаге применяется специальный прибор клидонограф (klydonograph).

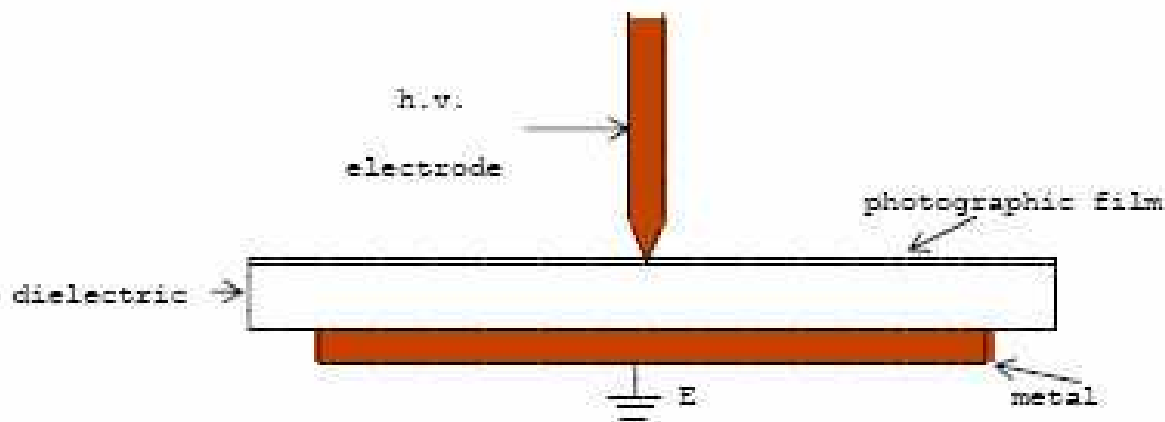


Рис. 1-11-1. Схема прибора клидонографа.

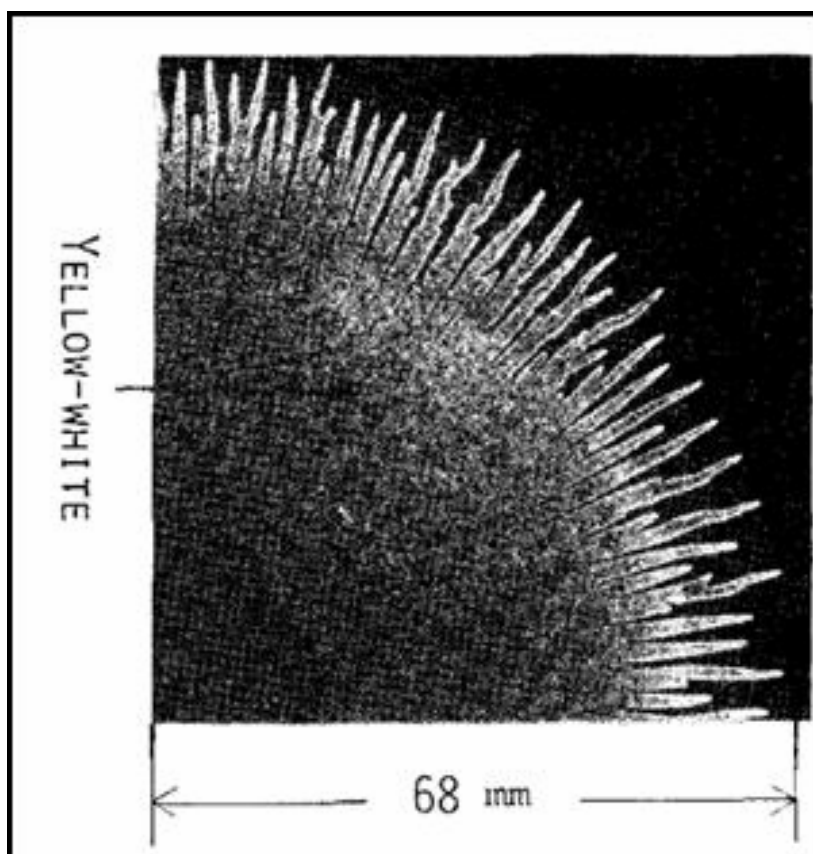


Рис. 1-11-2. Регистрация разряда с помощью фигуры Лихтенберга.

2009-Sobota A., Lebouvier A., Kramer N. J., van Veldhuizen E. M. Speed of streamers in argon over a flat surface of a dielectric / J. Phys. D: Appl. Phys. 2009 г. 42.

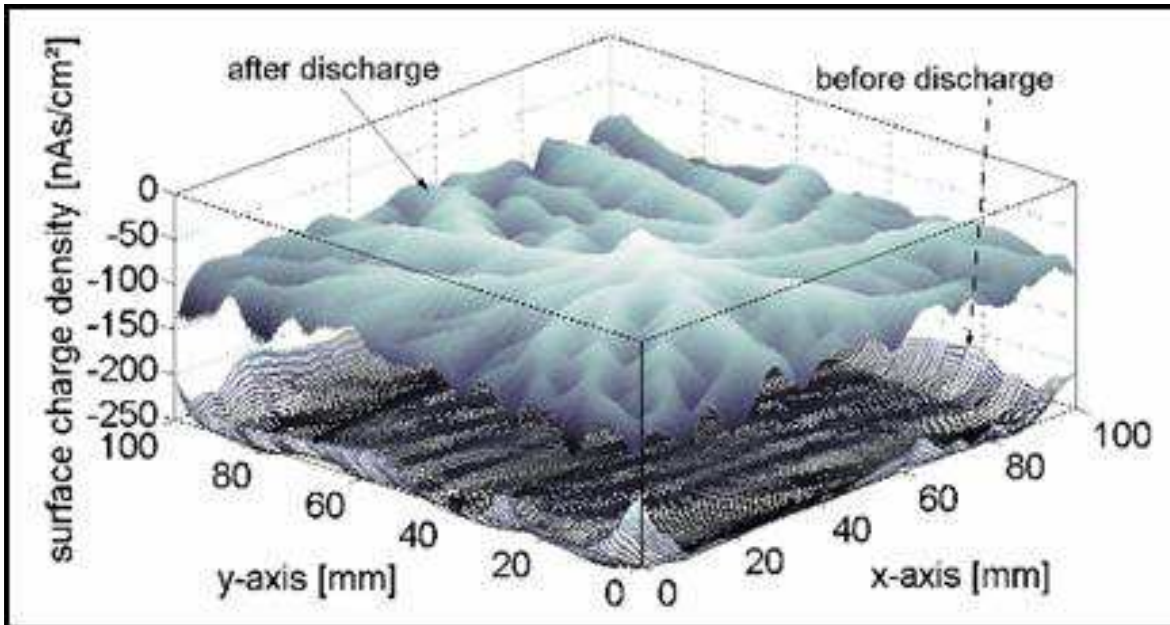


Рис. 1-11-3. Регистрация разряда с помощью электростатического вольтметра.
 2001-Mueller L. Feser, K. Pfendtner, R. Fauser, E. Experimental investigation of discharges for charged plastic or plastic-coated materials // Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), 2001, Annual Report. Conference on. — 2001.

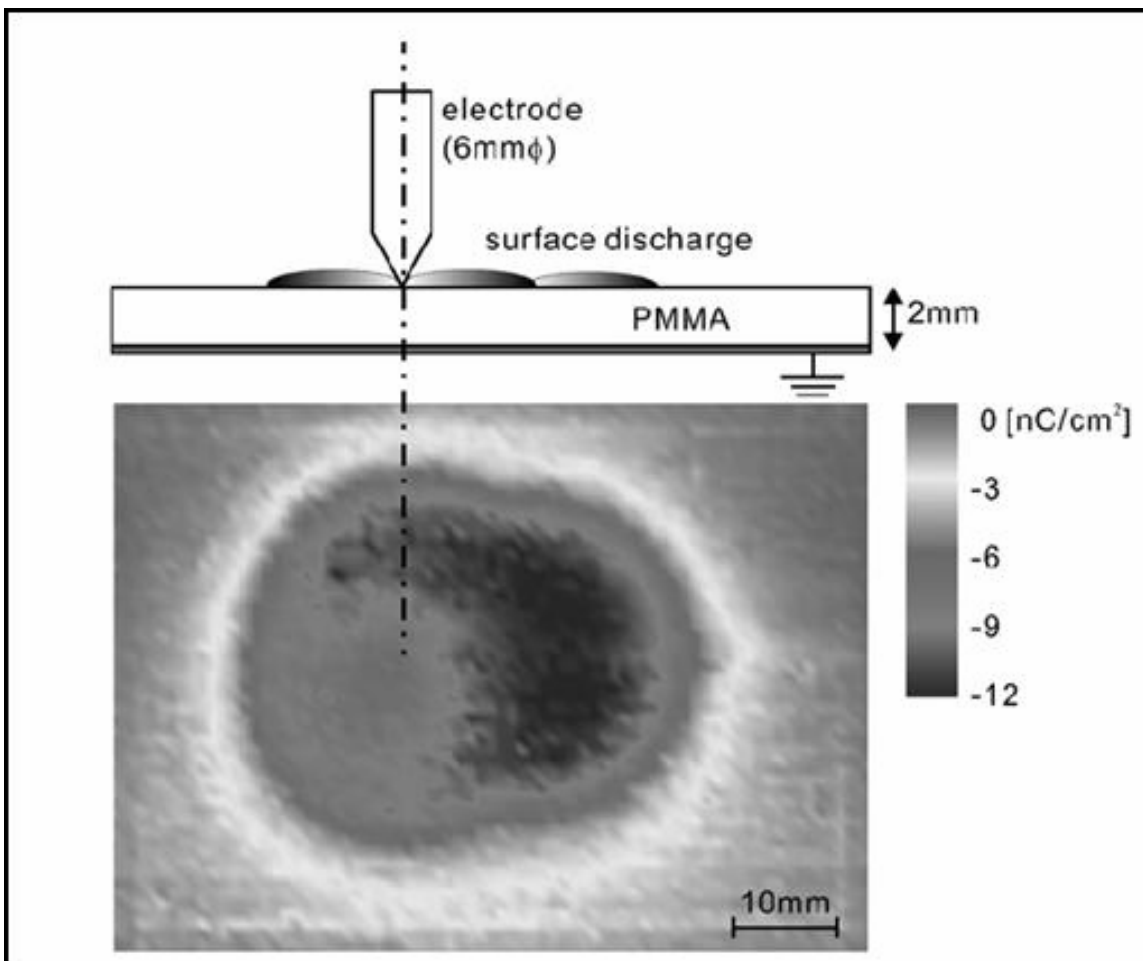


Рис. 1-11-4. Регистрация разряда с помощью датчика Покейльса.
 1998-Kumada A., Chiba M. and Hidaka K. Potential distribution measurement of surface discharge by Pockels sensing technique // Journal of Applied Physics. 1998 г. 6 : Vol. 84. p.3059-3065.

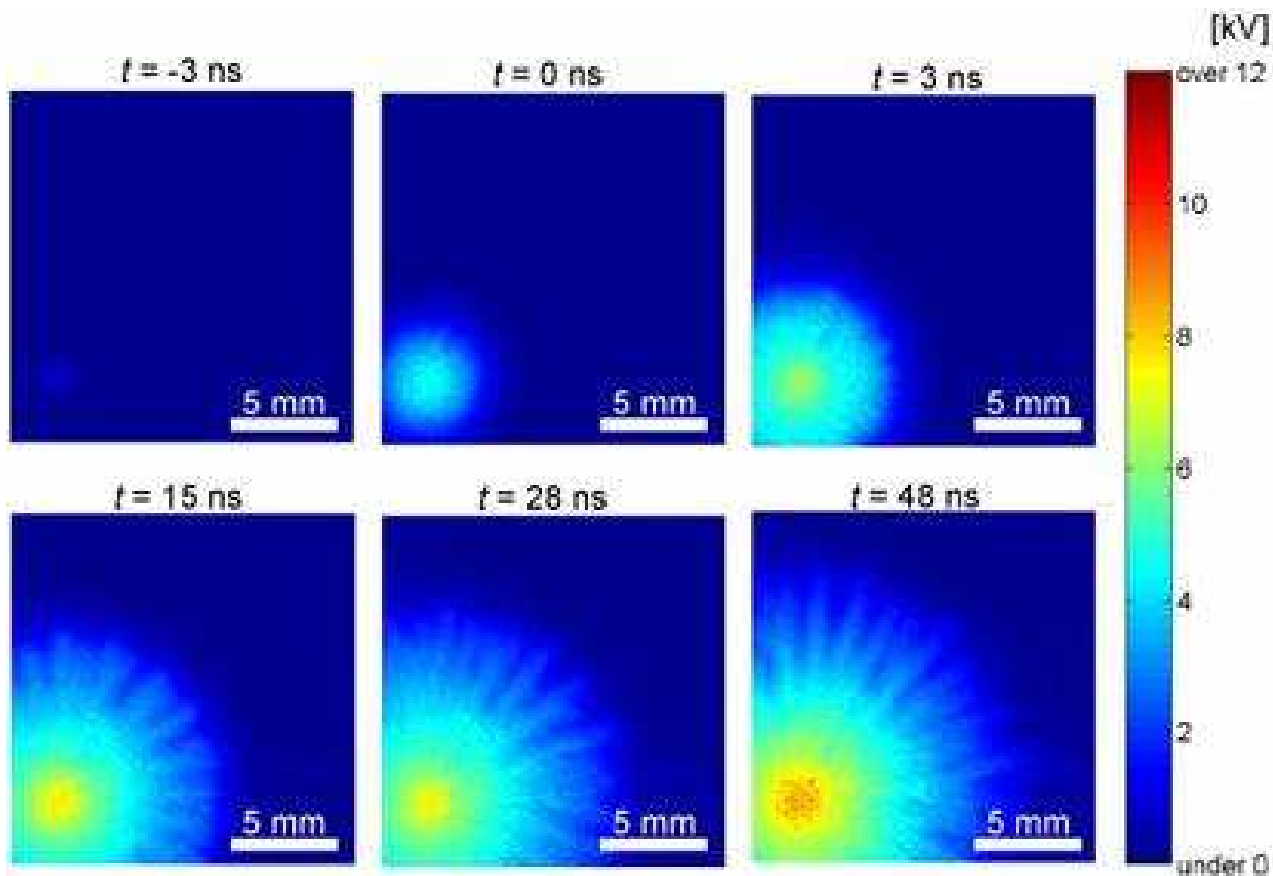


Рис. 1-11-5. Регистрация разряда на поверхности с помощью тепловизора.

Регистрация разряда с помощью камеры Вильсона.

1920-Чарльз Томсон Вильсон (Charles Thomson Rees Wilson)(1869-1959), шотландский физик, разработал камеру для регистрации следов (треков) заряженных частиц. В честь изобретателя камера называется камерой Вильсона (пузырьковая камера, искровая камера, туманная камера). Принцип действия камеры использует явление конденсации перенасыщенного пара: при появлении в среде перенасыщенного пара каких-либо центров конденсации (в частности ионов, сопровождающих след быстрой заряженной частицы) на них образуются мелкие капли жидкости. Эти капли достигают значительных размеров и могут быть сфотографированы.

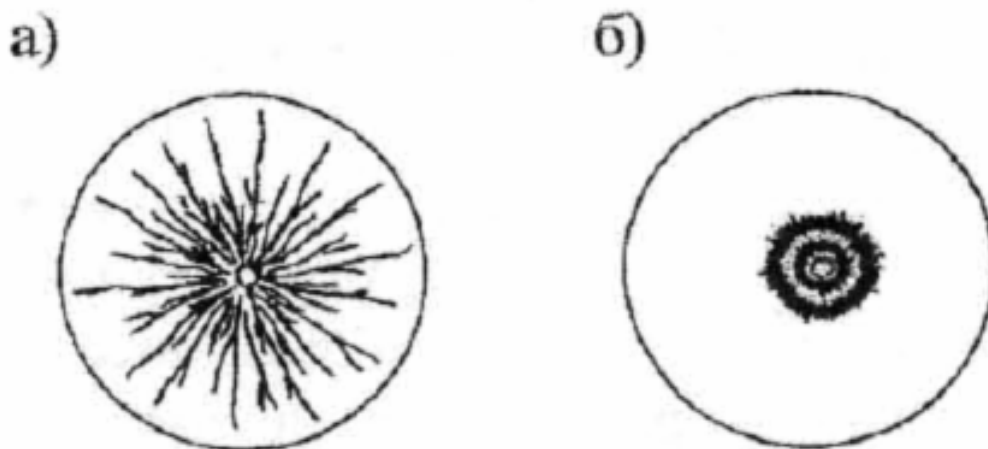


Рис. 1-11-6. Регистрация импульсного разряда с помощью камеры Вильсона, а-положительный импульс, б-отрицательный импульс.

1927-Вильсон был награжден Нобелевской премией по физике «за метод визуального обнаружения траекторий электрически заряженных частиц с помощью конденсации пара».

Регистрация свечения на различных материалах.

1897-Джозеф Уилсон Свен (Swan J.W.) (1828-1914) английский химик, известный своими изобретениями в области фотографии.

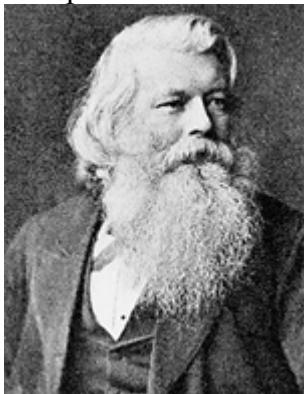


Рис. 1-11-7. Джозеф Свен.

В 1897 г. заметил, что вязкие смолы, будучи подвергнуты воздействию электрического разряда, твердеют, образуя на поверхности некоторое подобие фигур Лихтенберга. Он также установил, что фигуры эти, образовавшиеся на поверхности твердых смол, могут быть проявлены нагреванием даже по прошествии нескольких месяцев. Использовал Свен и проявление скрытых электростатических изображений порошковыми красителями.

1897-Swan J.W. Stress and other effects produced in resin and in a viscid compound of resin and oil by electrification /Proceeding of the Royal Society. 1897. V.62. p.38-46.

1897-Swan J.W. (1897) Proc. Roy. Soc. London 62: p.38.

1945-A. Morris Thomas. The British Electrical and Allied Industries Research Association. Greenford. Middlesex. UK.

1945-A. Morris Thomas. Electric Discharge on a Dielectric Surface (Lichtenberg Figures). Nature. 13 October 1945. V.156. p.451.+ Разряд регистрировался на полимерной пластине (фенолформальдегид) при напряжении 10кВ. Для регистрации фигур разряда необходимо использовать материал, который является твердым и хрупким при обычной температуре, но размягчается при более высокой температуре. Например, разогретая смола наливается на чистую стеклянную пластину тонким слоем. При застывании смолы образовывался тонкий слой. При воздействии напряжением 10кВ изображение следов разряда не появилось. Тогда пластинку немного нагрели не доводя смолу до размягчения. В этом случае на поверхности при разряде появился след в виде фигуры Лихтенберга. В этот момент нагревание прекращали, иначе при размягчении смолы след пропадает.

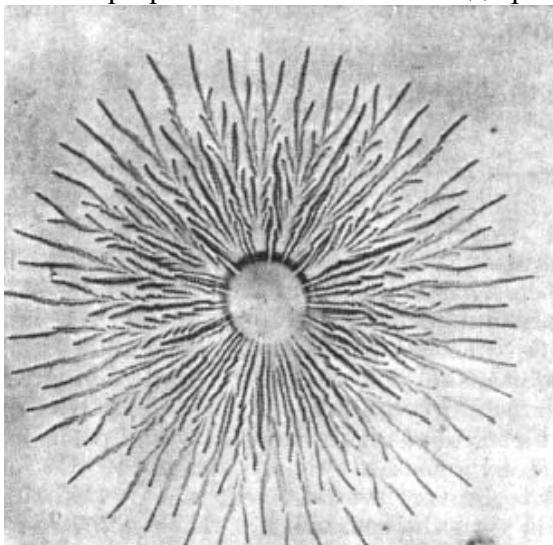


Рис. 1-11-8. Зарегистрированный разряд.

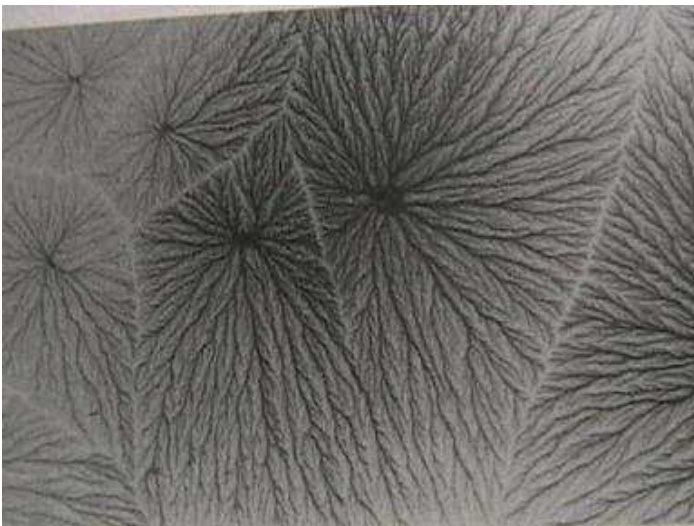


Рис. 1-11-9. Фигуры Лихтенберга, записанные на поверхности изолятора из акрила под действием импульса с напряжением мощностью в тераватт.

1969-Адаменко В.Г. занимался регистрацией газоразрядного свечения различными способами:
-на фотопленке,
-на люминесцентном экране,
-на электростатической бумаге,
-на термографических пластинках.

1969-Адаменко В.Г. Автоэлектронная эмиссия живых организмов/ Вопросы биоэнергетики. Алма-Ата: КазГУ, 1969. В работе совсем не использовались фотографические материалы, поэтому полученные изображения не идентичны, но напрямую связаны с фотографиями Кирлиан. Изображения, полученные данными методами, содержат такие признаки, как внешний ореол, стримеры, и другие детали, не присутствующие в стандартных фотографиях или электростатических копиях. В первом эксперименте фотографическая бумага случайно отсутствовала между изолятором и заземленным объектом. На участке, где был размещен объект, медная монета, на пластмассовом изоляторе была ясно видна круглая область молочного цвета. В последствии эксперимент был неоднократно повторен. После многих испытаний, очень хорошие изображения типа Кирлиан были получены на поверхности пленок ацетатцеллюлозы, полиметилметакрилата, сортового стекла, канифоли, льняного масла и ряда других материалов. Для получения изображений использовалось высокочастотное электрическое поле высокого напряжения, которое создавалось генератором фиксированной частоты 12 кГц. Напряжение с генератора было повышено до 30 кВ.

Он полагал, что основным носителем информации о биологическом и психофизиологическом состоянии живых организмов являются электроны и считал кирлиановские снимки прижизненным электронным изображением, получаемым в отличие от электронного микроскопа не в вакууме, а при атмосферном давлении или в газе низкого давления. Ему удалось получить кирлиановские изображения **не только на фотоплёнке, но и на люминесцентном экране, на электростатической бумаге, даже на термографических пластинках.**

1976-Адаменко В.Г. Гулидов А.А. Черенкевич С.Н. Получение изображений объектов на электростатической бумаге с помощью эффекта Кирлиан. Конф. Алма-Ата. 1976.

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

1982-Кожаринов В.В. Исследование электроразрядного метода визуализации и разработка средств неразрушающего контроля материалов и изделий. Диссертация кандидата технических наук. Минск, 1982. 222с.

1986-Кожаринов В.В., Зацепин Н.Н., Домород Н.Е. Электроразрядный метод визуализации. Минск: Наука и техника, 1986. 134с.

Журавлев Олег Анатольевич,
Кислецов Александр Васильевич,
Кусочек александр павлович,
Муркин Андрей Леонидович.

1988-Журавлев О.А. Кислецов А.В. Кусочек А.П. Муркин А.Л. (Куйбышевский авиационный институт им. Акад. с.П. Королева) Способ визуализации поверхностных электроразрядных процессов. Патент **1562833**. 1990.+ Образующиеся газодинамические процессы и зарядовый рельеф на поверхности диэлектрической подложки визуализируют диэлектрическим мелкодисперсным порошком, который наносят тонким слоем на поверхность диэлектрической подложки до подачи напряжения.

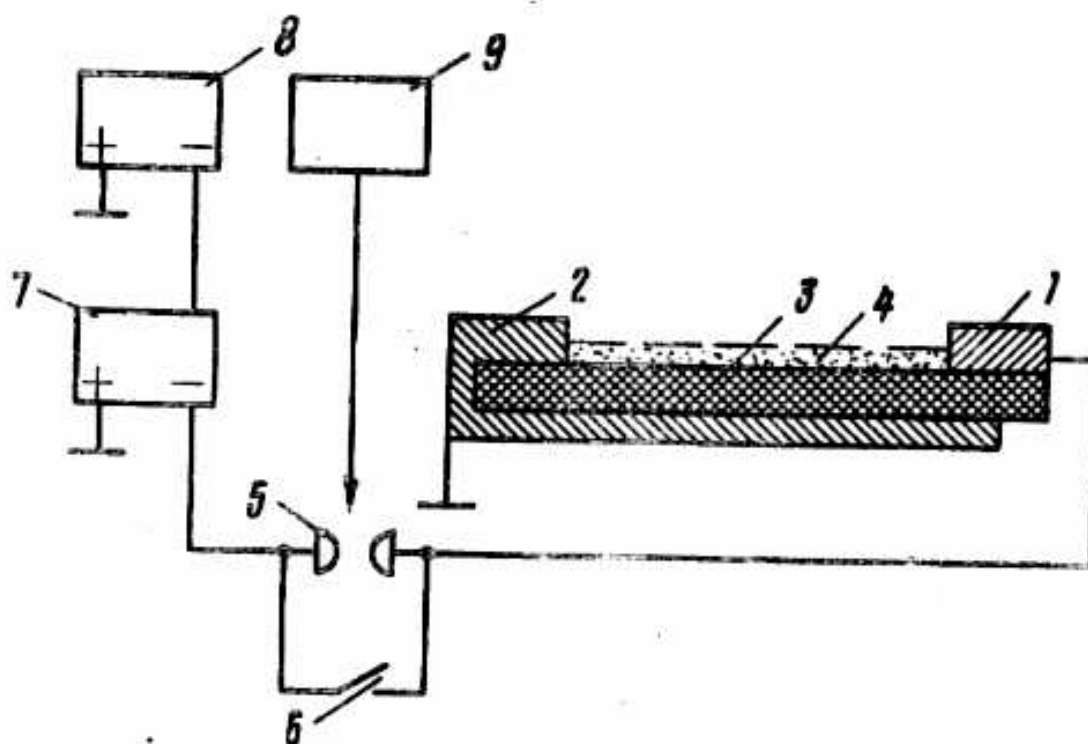


Рис. 1-11-10. Схема установки, 1-высоковольтный электрод, 2-заземленный электрод, 3-диэлектрическая подложка, 4-мелкодисперсный электрический порошок, 5-разрядник, 6-ключ, 7-емкостный накопитель энергии, 8-регулируемый источник высокого напряжения, 9-блок запуска разрядника.

При замкнутом ключе начинают повышать напряжение на источник с напряжения. Возникающие при этом ионизационные волны обуславливают появление поверхностных разрядов на диэлектрической подложке. В поле этих зарядов частички порошка приобретают поверхностный экранирующий заряд противоположного знака. В результате этого кулоновские силы и сопутствующие разрядным процессам волны давления вызывают перераспределение порошка в соответствии с образовавшимся на поверхности диэлектрической подложки разрядным рельефом. В устройстве используют целлофановые и полиамидные диэлектрические пленки толщиной 40мкм-2мм с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon=3-5$. Так же используют стеклянные шарики диаметром 20-100мкм в качестве мелкодисперсного диэлектрического порошка. Межэлектродный промежуток равен 12см, используемое напряжение равно 20кВ.

Терентьев Леонид Александрович (1945-) Евпатория, преподаватель. (СПбГУ экономики и финансов)

<http://www.proza.ru/avtor/terentiev45&book=1>

1995-Терентьев Л.А., Пономарев Л.Е. Способ регистрации кирлиан эффекта. Патент **95114045**. 1997. Способ регистрации Кирлиан-эффекта, включающий размещение исследуемого объекта, например пальцев рук, на плоскую среду и возбуждение высоковольтного импульса на электроде, отличающийся тем, что получают изображение распределения напряженности электрического поля вокруг объекта на непроводящем материале, например на бумаге, с **предварительно напыленным** на нее слоем диэлектрического порошка.

1965-Водяной электрод Кирлиана С.Д. При регистрации поверхностного разряда с криволинейной поверхности Кирлиан С.Д. использовал водяной электрод. Фотопленка прикладывалась к регистрируемой поверхности. На соединенный с генератором электрод в виде спицы с изолированной рукояткой прикрепляется пропитанный содовым раствором ватный тампон. Им смачивается тыльная сторона фотопленки, и увлажненный участок становится водяной обкладкой (водяным электродом). По краям пленка оставляется сухой, чтобы искра не попала на регистрируемый объект. Получается идеально облегающая обкладка, и четкие снимки.

1.11.2 Регистрация разряда на пленке.

University College of North Wales. Bangor. Gwynedd. UK.

1977-Е.А. Baum, T.J. Lewis, R. Toomer, "Decay of electrical charge on **polyethylene films**", Journal Physics D: Applied Physics, 1977. v.10, no.4, p.487-497.+

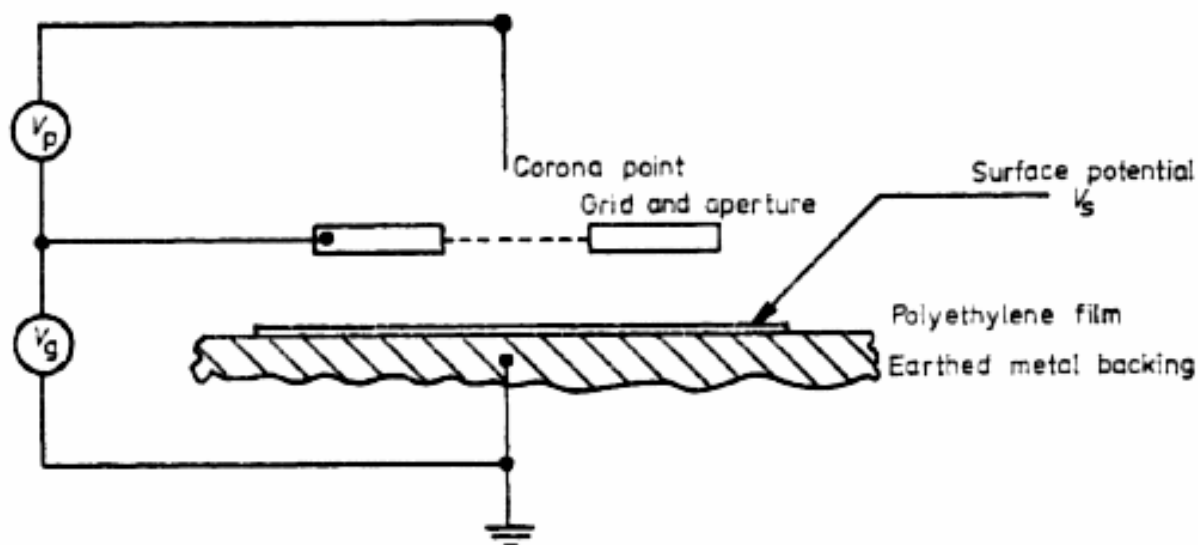


Рис. 1-11-11. Схема установки.

1979-Opalinski, John, (Джоном Опалинский) (Canada) "Kirlian-Type Images and the Transport of **Thin-film Materials** in High Voltage Corona Discharges", Journal of Applied Physics. Toronto. Jan 1979. Volume 50, Issue 1, p.498-504.+ В отличие от стандартного метода получения изображений на фотопленке рассматривается метод получения изображений на тонких пленках из различных материалов. В случае жирной пленки происходит образование капель на поверхности пленки. Изображения хорошего качества были получены на пленках ацетатцеллюлозы, полиметилметакрилата, сортового стекла, канифоли, льняного масла и других материалов.

Оказалось, что при достаточно больших выдержках (порядка нескольких минут) практически на любом диэлектрике (стекле, полиметилметакрилате, засвеченной фотопленке и т.д.) можно получить вполне различимое и проработанное в деталях газоразрядное изображение объектов с развитым рельефом поверхности.

1980-Резников М.А., Пермяков В.В., Федорова Л.Н. Электротопографическая чувствительность термопластического слоя. Фототермопластика. 3-я Всесоюз. Конференция по бессеребряным и необычным фотографическим процессам. Вильнюс, 1980. с.146-148.

1994-Резников М.А. (Товарищество с ограниченной ответственностью «Инженерная фирма» Украина) Способ диагностики состояния организма. Патент **94012892**. 1996.+ Способ диагностики состояния организма человека с помощью эффекта Кирлиан заключается в поочередной регистрации разрядных стримеров кончиков пальцев человека и оценке величины стримеров. В качестве регистрирующего материала используется **термопластический полимер**, а оценку величины и количества стримеров производят в точках классической акупунктуры.

1985-S. Kobayashi, T. Kouno, S. Matsumoto, Y. Takahashi, and H. Saito, "Discharges on electrified polymer surface", Proc. 2nd Int. Conf. ESP, 1985. p.1039-1044.

1990-T. Oda and Y. Ito, "Studies on electrostatic surface discharges on corona charged polymer surfaces", IEEE Trans. Ind. Applicat., 1990 v.26, p.656-661.

1991-T. Oda and Y. Sakai, "Studies on very high speed electrostatic surface discharge between an earthed electrode and a charged film", Conf. Rec. 1991. IEEE-IAS Annu. Meeting, p.686-691.

1994-T. Oda and Y. Sakai, "Fast electrostatic discharges between a charged thin dielectric film and a spherical electrode with and without dielectric coating", IEEE Trans. Ind. Applicat., 1994. v.30, p.595-601.

2001-Довгялло А.Г., Жиженко Г.А., Кудрявцева М.А. О применении органических тонкопленочных регистрирующих сред для решения задач электроразрядной диагностики. Дефектоскопия, 2001, №8, с.83-88. Для получения электроразрядных изображений полей дефектов предложен новый класс тонкопленочных органических недорогих систем, отличающихся нечувствительностью к видимому свету, высокими чувствительностью и разрешением, отсутствием операций проявления и закрепления изображений. Приведен ряд конкретных примеров использования тонкопленочных слоев и композиций на их основе для регистрации электроразрядных изображений.

1.11.3 Регистрация разряда с помощью жидких кристаллов.

1971-M. Sone and Y. Toriyama, Discharge figures by liquid crystal, Paper of Technical Meeting on Electrical Discharges, IEE Japan, ED-71-13, 1971 (in Japanese).

1974-Mototaka Sone, Kazuhisa Toriyama, Yotso Toriyama. Liquid crystal Lichtenberg figure, J. Applied Physisc Letters, 1974. V.24. No.3. p.115-117.+

1974-M. Sone, K. Toriyama, K. Hayakawa, and Y. Toriyama, "Analysis of discharge figure recorded due to liquid crystal film", IEE of Japan, 1974. vol. 94-A, p.523-529.

1990-Benjamin Alfred (Альфред Бенджамин) Audio-Visual Department, Orthopaedic Hospital, Los Angeles, California, USA.

Для диагностики злокачественных опухолей использовал ячейку, состоящую из металлического электрода, диэлектрического покрытия, на которое была наложена черная бумага и стеклянная пластинка. Поверх с помощью шприца наносился тонкий слой жидкого кристалла. Палец испытуемого накладывался прямо на стеклянную пластинку с жидким кристаллом. У пациентов, имеющих злокачественные опухоли, по сравнению со здоровыми людьми наблюдаются резкие изменения в цвете, величине короны и в структуре поля.

1990-Benjamin A: Differential reactions of normal and pathological cells to liquid voltage-sensitive crystals: application to the pre-sreening of cancer patients. Vortrag, 2nd International Conference for Medical and Applied Bioelectrography, London, März/April 1990.

2011-A. Benjamin. Kirlian Photography with the use of "Voltage-sensitive Liquid Crystals" A new Technique.+

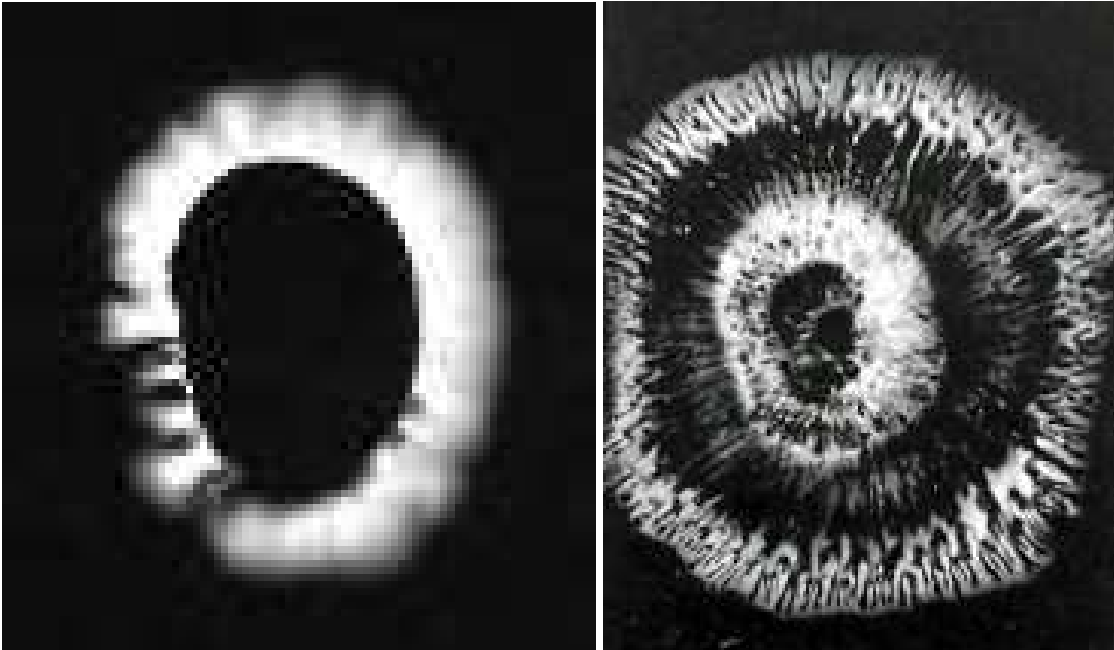


Рис. 1-11-12. Обычное Кирлиановское изображение, и Кирлиановское изображение, зарегистрированное с помощью холестерических жидких кристаллов.

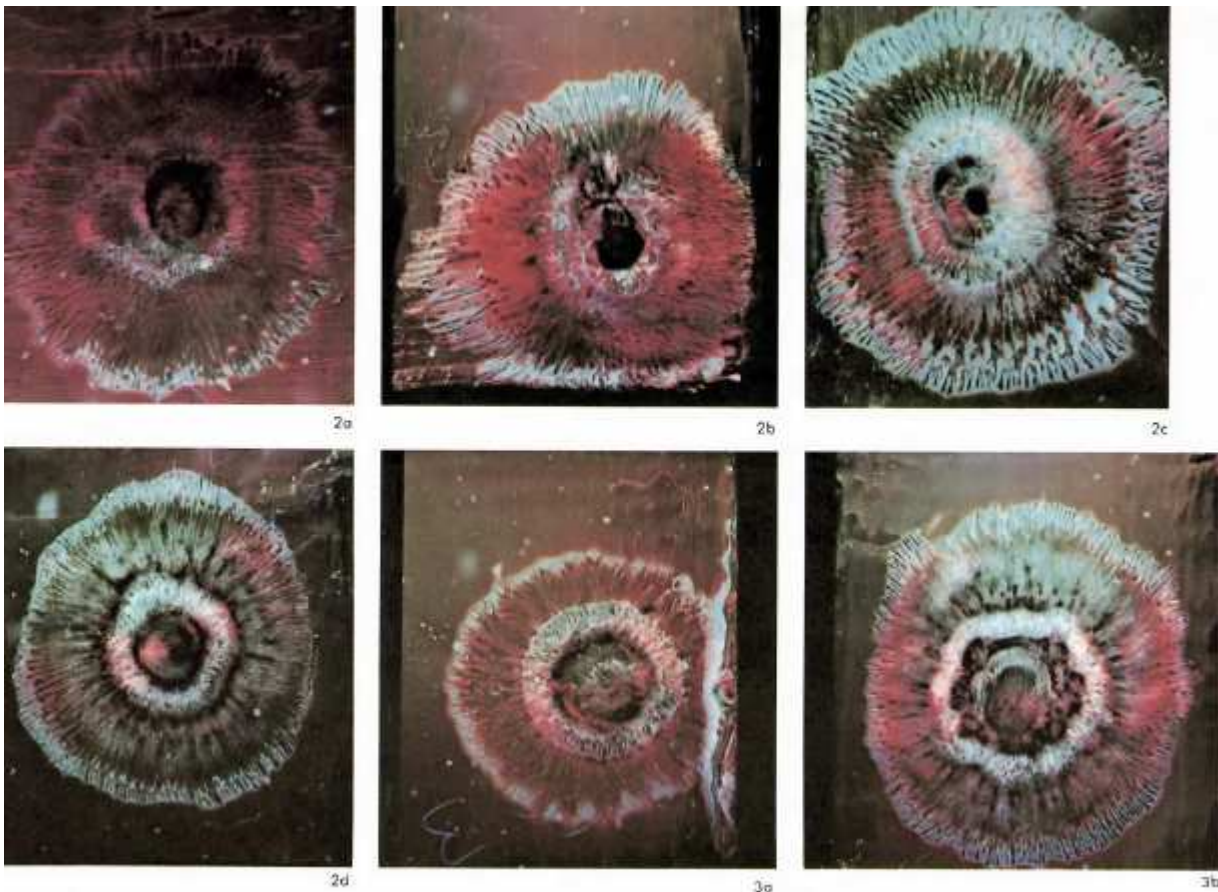


Рис. 1-11-13. Кирлианогаммы, зарегистрированные с помощью жидких кристаллов. 2а-до гипноза, 2в-в состоянии гипноза, 2с-гипноз, рука гипнотизирующего на пациенте, 2д-после гипноза, 3а-пациент с диабетом до гипноза, 3в-тот же пациент в состоянии частичного гипноза.

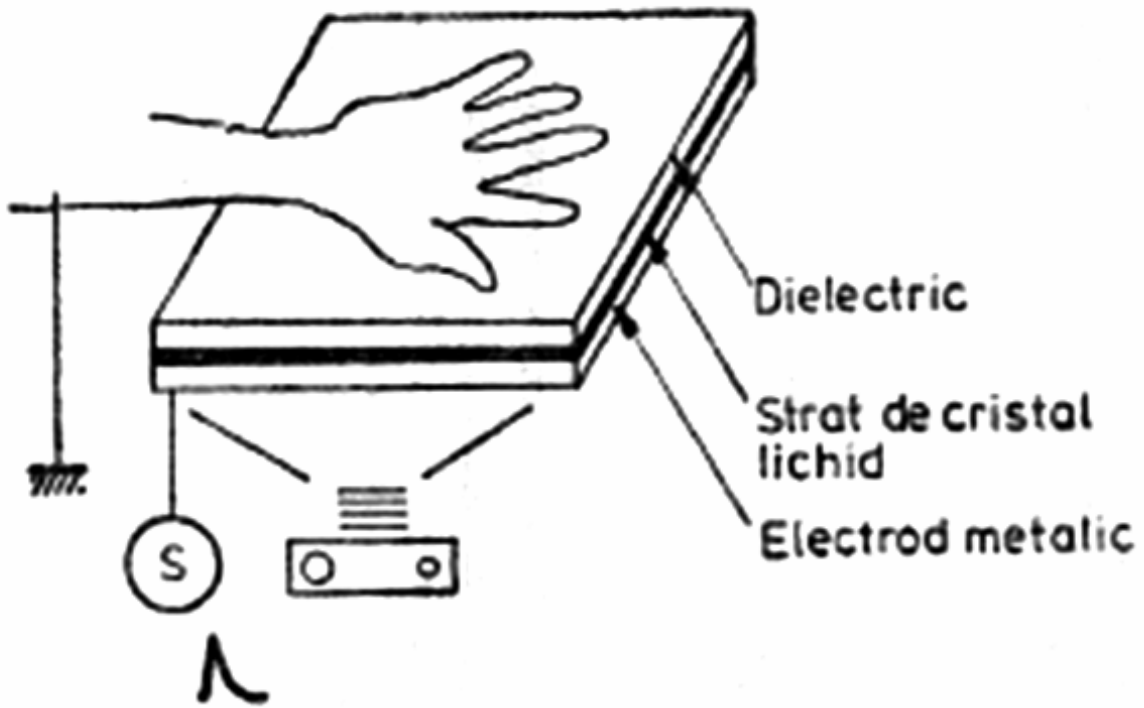


Рис. 1-11-14. Регистрация свечения с помощью жидких кристаллов.
