

Метод Кирлиан.

v.4.0

Колтовой Николай Алексеевич

koltovoi@mail.ru

Москва

2015

Глава 9. Фигуры Лихтенберга.

- 9.1 XVIII-й век, Лихтенберг Г.К. 2
- 9.2 XIX-й век. 11
- 9.3 XX-й век. 28
- 9.4 Российские исследования фигур Лихтенберга. 57
- 9.5 Цветные фигуры Лихтенберга. 59
- 9.6 Фрактальный анализ фигур Лихтенберга. 60
- 9.7 Определение скорости распространения разряда. 61
- 9.8 Влияние магнитного поля на образование фигур Лихтенберга. 62
- 9.9 Фигуры на полированной поверхности, фигуры дыхания (breath figures). 63
- 9.10 Кольца Пристли. 70
- 9.11 Современные приборы на основе использования тонера. 74
 - 9.11.1 Прибор A-SCAN" ("А-СКАН"). 74
 - 9.11.2 Прибор Ауроскоп (Auroscope). 77
 - 9.11.3 Изучение изображений, полученных с помощью Ауроскопа. 79

9.1 XVIII-й век, Лихтенберг Г.К.

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:

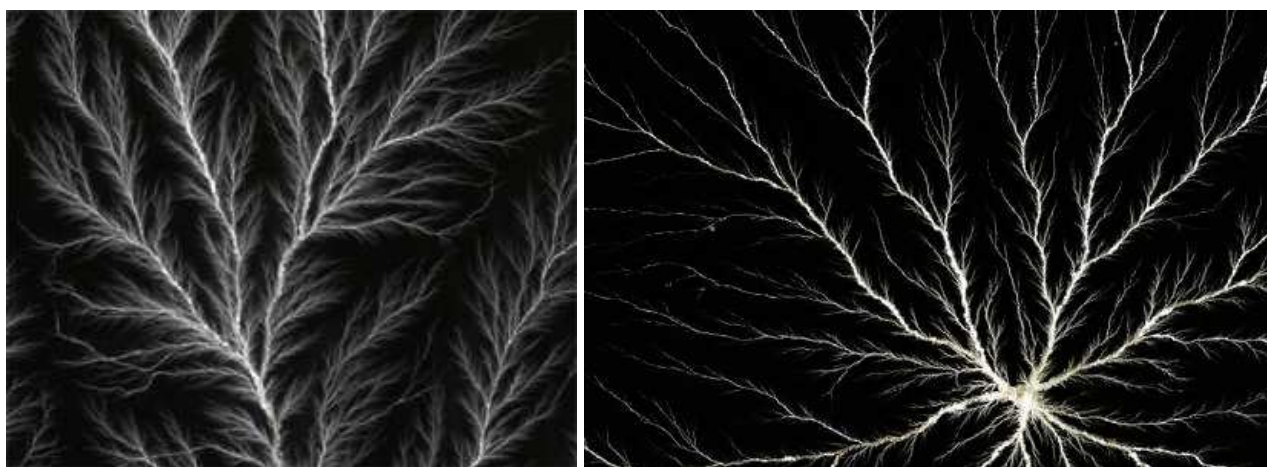
- фигуры, полученные при фиксированном положении электрода. Фигуры имеют симметричную форму в виде круглых разрядов. Этот способ применяется при изучении свойств разряда,
- фигуры, полученные путем перемещения электрода по поверхности. Получаются фигуры различной формы. Этот способ применяется при создании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



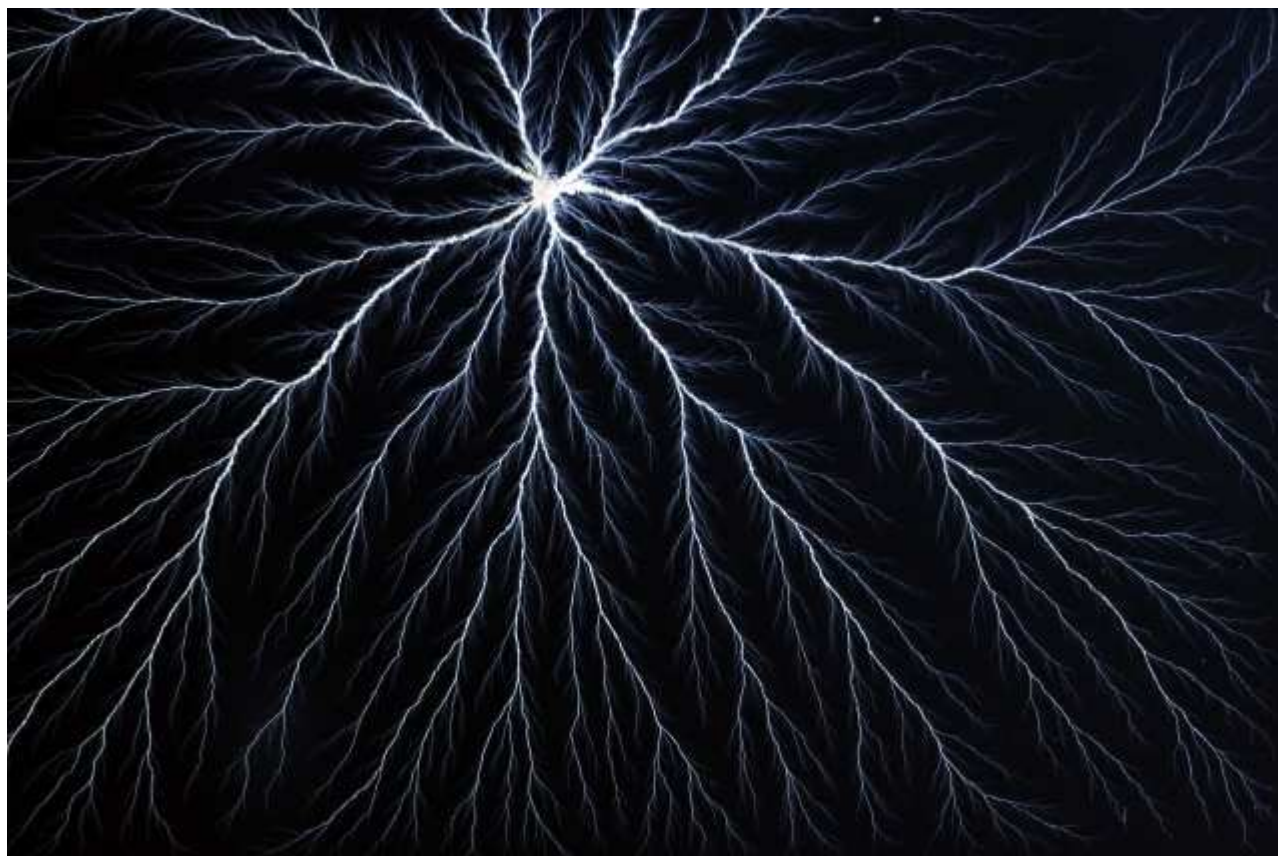
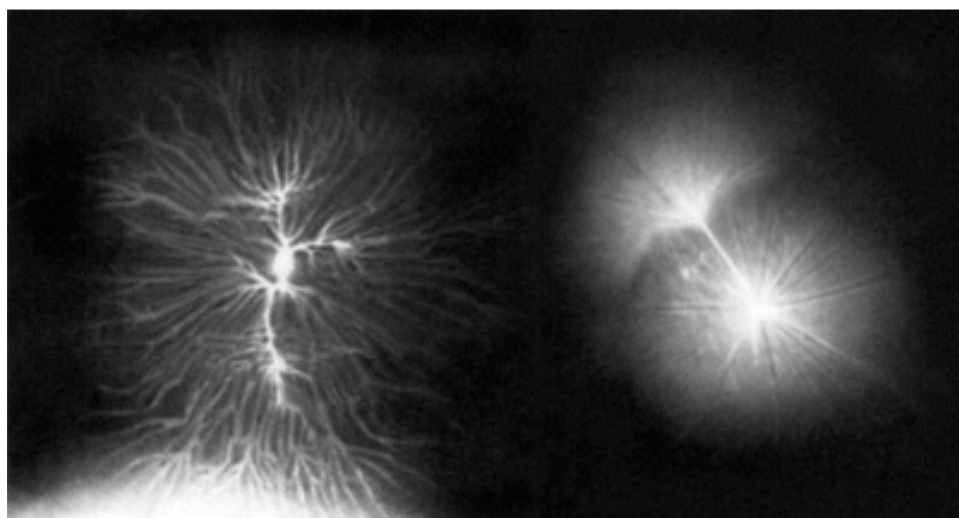


Рис. 9-1-1. Фигуры Лихтенберга.



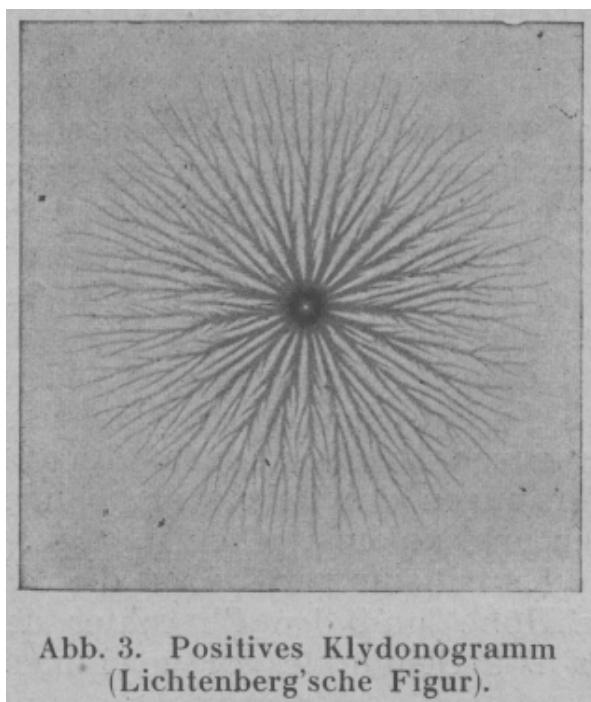
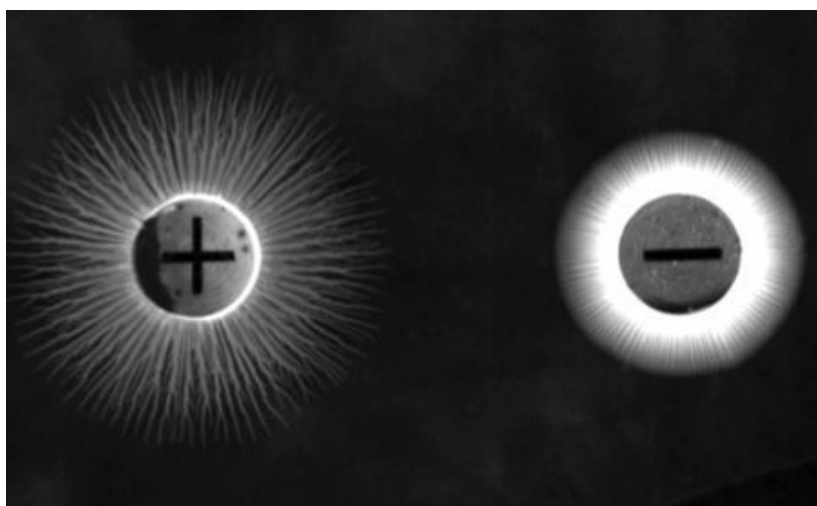
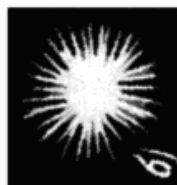
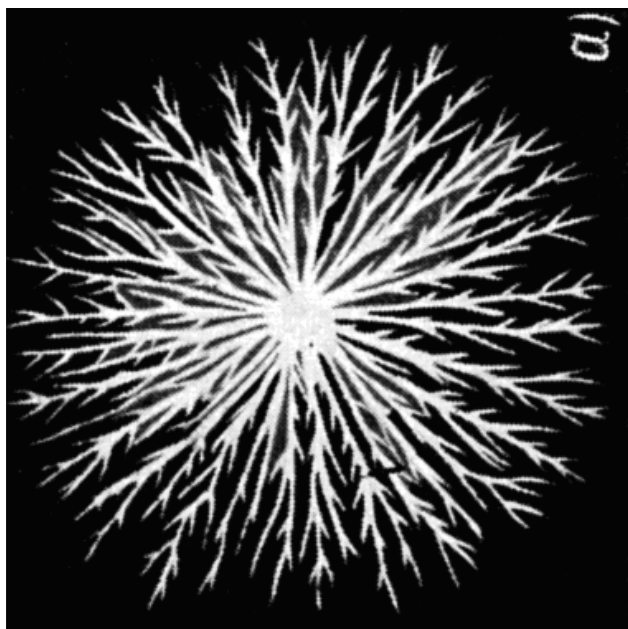


Abb. 3. Positives Klydonogramm
(Lichtenberg'sche Figur).

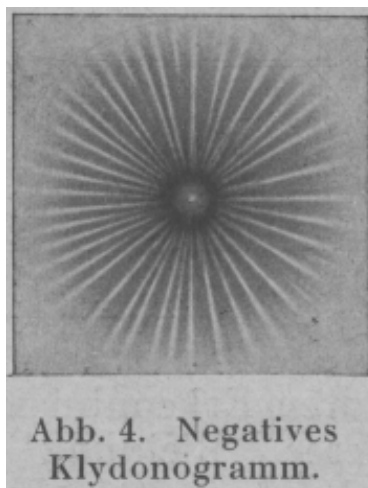


Abb. 4. Negatives
Klydonogramm.

Рис. 9-1-2. Снимки положительного (слева) и отрицательного (справа) разрядов.

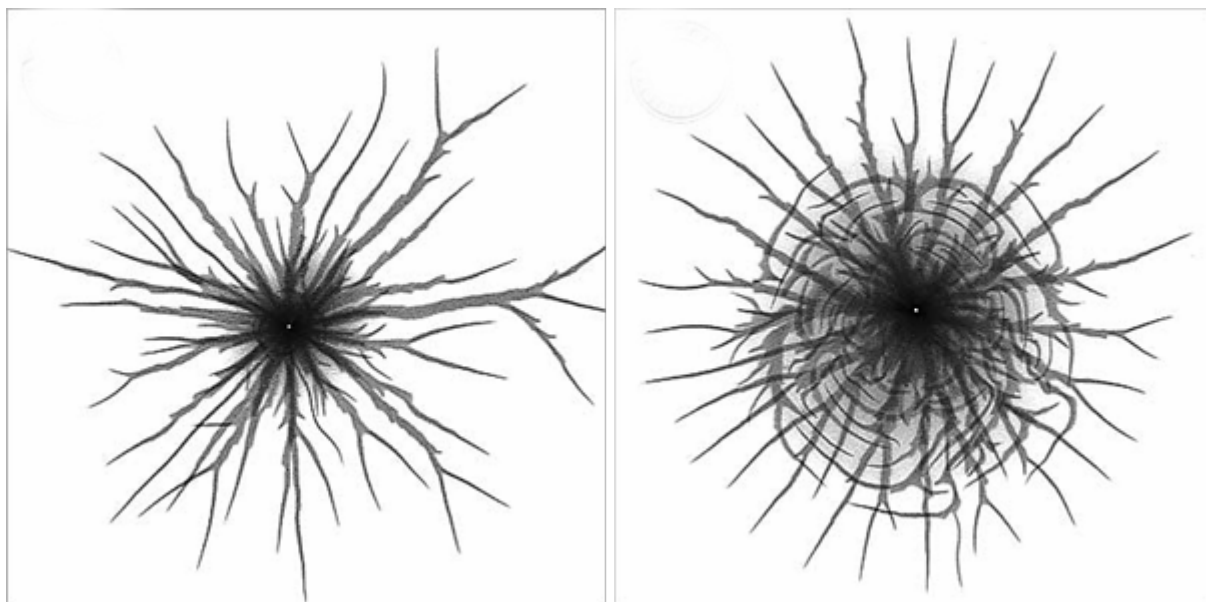


Рис. 9-1-3. Одиночный отрицательный и положительный импульс (фотографии Том Уртона на аппарате Verograph, 2002).

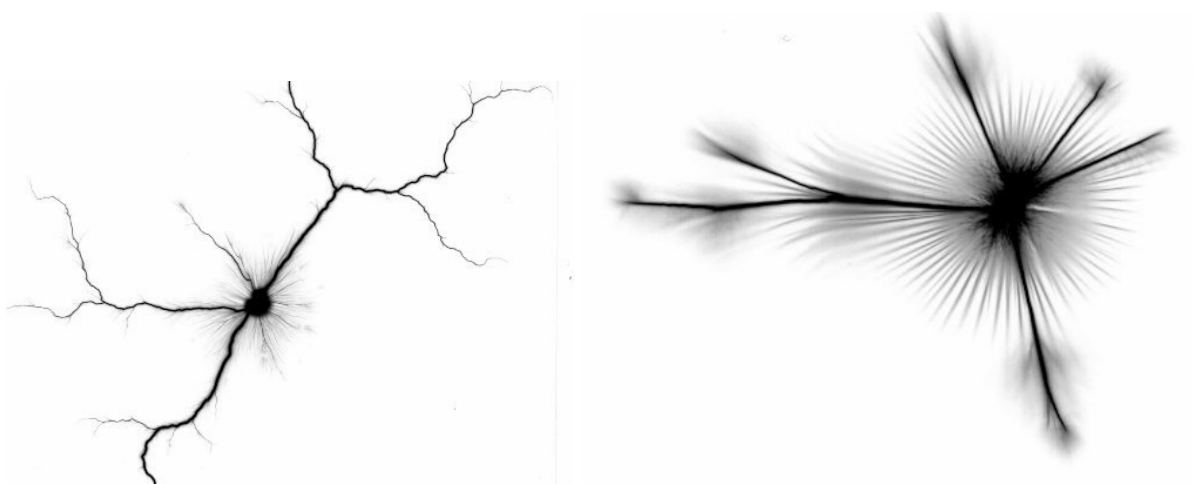


Рис. 9-1-4. Снимки положительного (слева) и отрицательного (справа) разрядов.

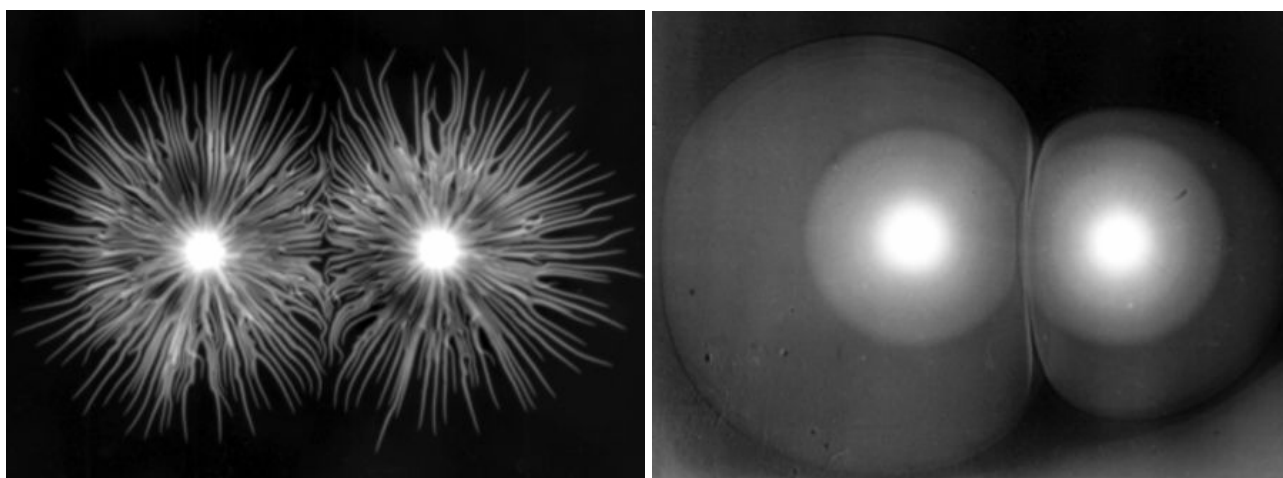


Рис. 9-1-5. Фигуры Лихтенберга двух положительных и двух отрицательных электродов.

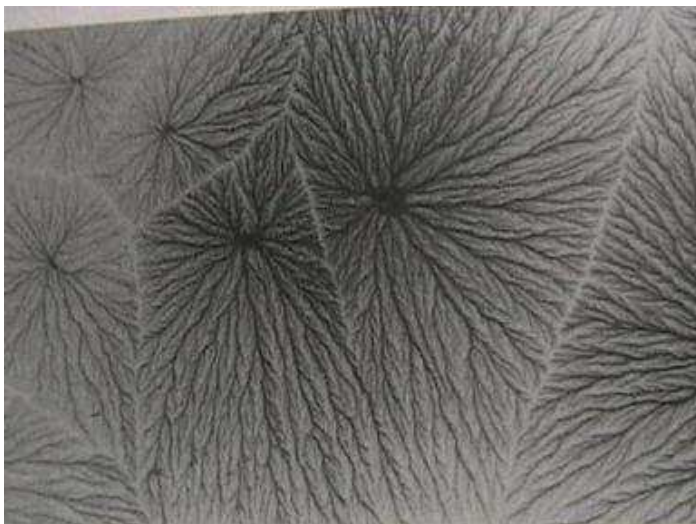


Рис. 9-1-6. Фигуры Лихтенберга, записанные на поверхности изолятора из акрила под действием импульса с напряжением мощностью в тераватт.

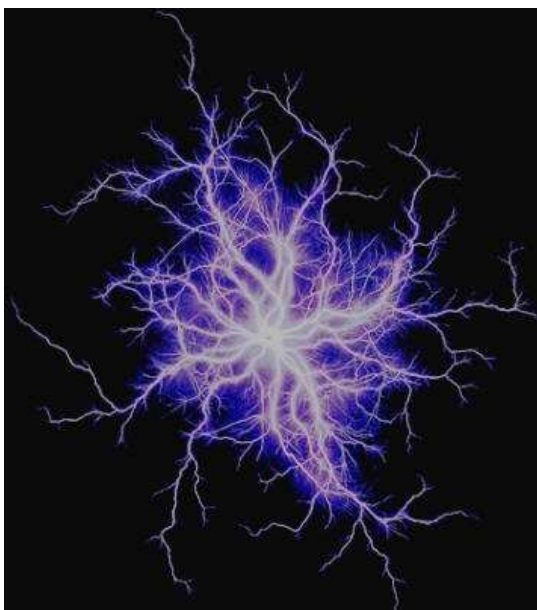


Рис. 9-1-7. Фотографии разрядов.



Рис. 9-1-8. 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 1777 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 (поляриность 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 40см. Комната, в которой он обрабатывал металлическую пластину, было 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 прислонял к пылевой фигуре. Так ему удалось получить несколько копий одной фигуры.

-Он разработал способы управления формы, и создавая различные фигуры, и обрамленная 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, *Isoropodium*, 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.

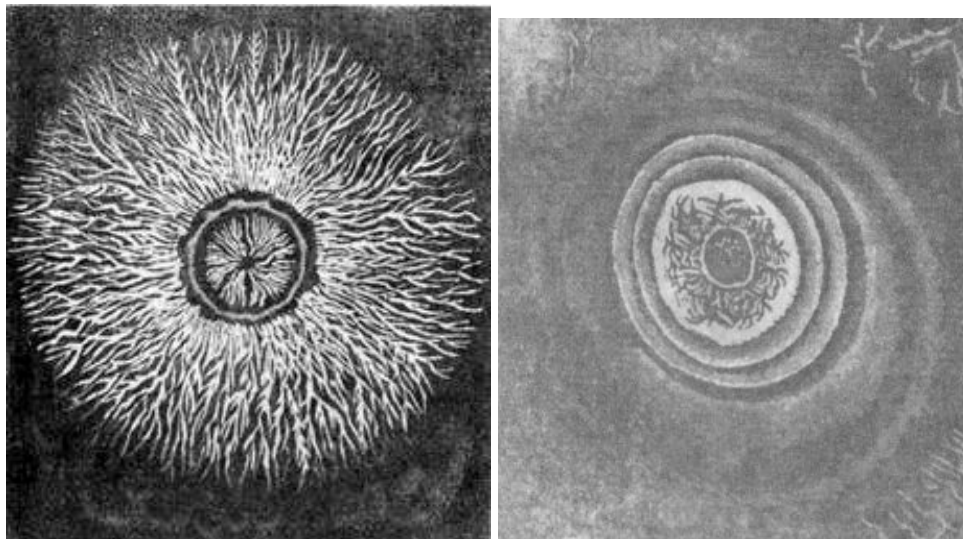


Рис. 9-1-9. Снимки положительного (слева) и отрицательного (справа) разрядов. Снимки Лихтенберга. 1777.

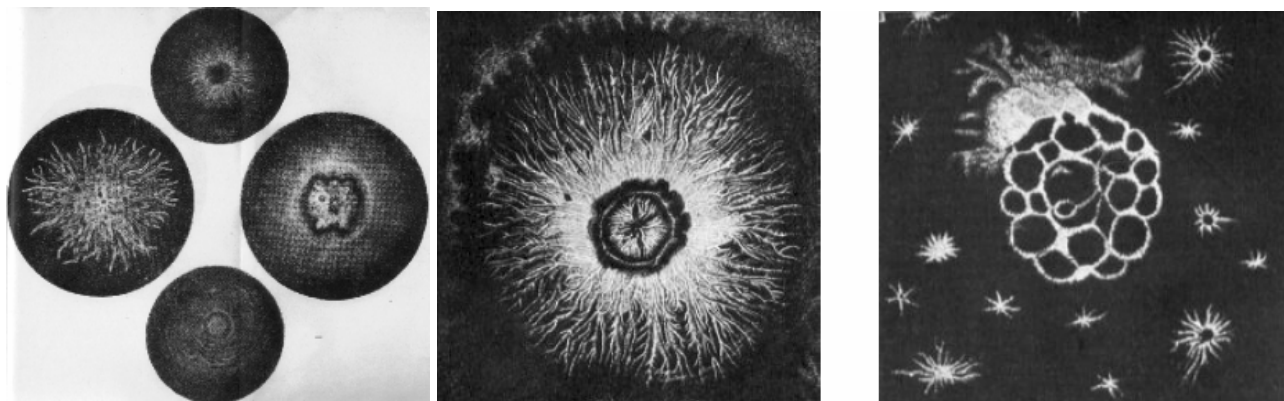


Рис. 9-1-10. Фигуры Лихтенберга. 1777.



Рис. 9-1-11. 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).

1753-Beccaria, G (1753) Dell' Eletticismo artificiale e naturale.

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 (1727-1817), Idees sur la Meteorologie, 2 Vols., Londres, p.1786-1787.

1797-J.A. de Luc. Neue Ideen über 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 Druery. 1789. 141 pages.

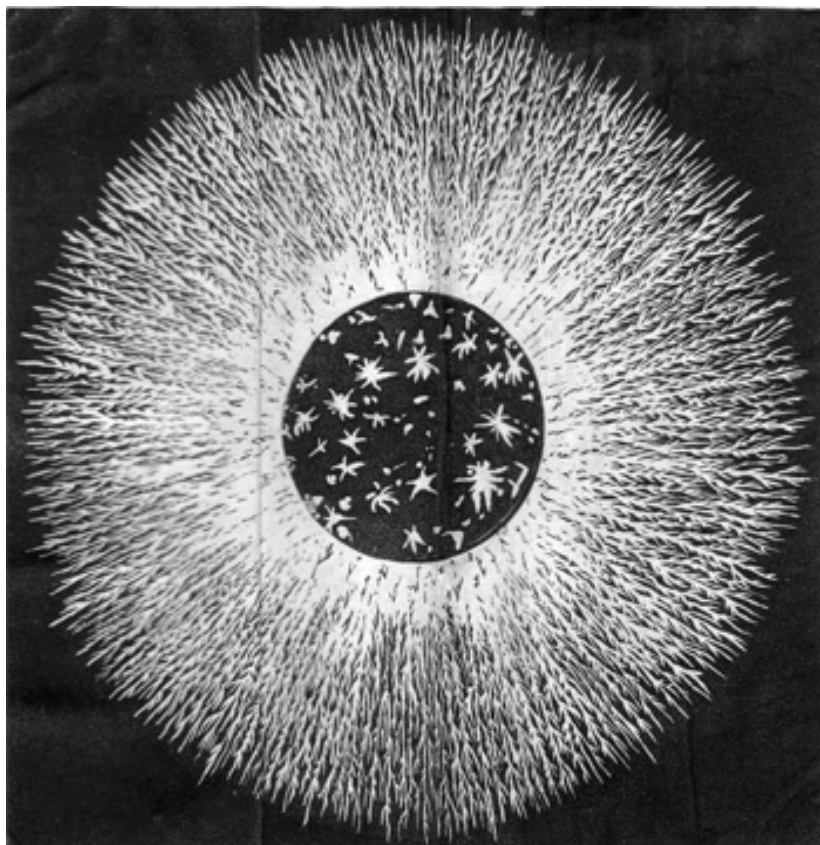


Рис. 9-1-12. Фигура Лихтенберга.

1788-Вилларси (de Villarsy, von Villarsy) английский химик, предложил проявлять фигуры Лихтенберга двухкомпонентной порошковой смесью, включавшей красный свинцовый сурик (minium, Pb₃O₄) и зеленовато-желтую серу (carnine, lycorodium, 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-de Villarsy, Journal General de France, 1788. no.9, p.34.

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

1788-Anzeige über ein neues elektrisches Experiment von Villarsy. In. Journal Général de France, N°9, 19 Janvier 1788, S. 34f. Dt. in. Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, Band. 5 (1789), 4. St., S.176f.

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.

9.2 XIX-й век.

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.

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.

1841-Abria, JJ (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.

1842-Френсис Рональде, (Francis Ronald) (1788-1873) суперинтендант Метеорологической обсерватории в Лондоне, 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.

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 Elektricität, V.4-2, Vieweg, Braunschweig, 1885, m 761.

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



Рис. 9-2-1. 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).

1851-Александр-Эдмон Беккерель, французский физик. Он регистрировал фигуры разрядов с помощью фотопластины. 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-fixing, etc. Grove, W. R. Ph. Mg. 13 (1857) 63-.
1859-Nedden, H. M. C. zur. Dingier 154 (1859) 278-, 365-; 15*5 (1860) 295-.
1860-Oppel, JJ (1860) Jahresber. d. phys. Ver. Frankfurt a. M.

1860-Раймонд-Луи-Гастон Плантэ (Gaston Plante) (1834-1889) профессор физики в Париже, исследовал фигуры Лихтенберга.



Рис. 9-2-2. Гастон Планте.

1860-Reitlinger E. исследовал фигуры Лихтенберга.
1860-Reitlinger, E (1860) Wiener Ber. 41. p.358.
1860-E. Reitlinger, Zur Erklrung der Lichtenhergschen 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 Vorläufige Note über 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, Über 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 erklärung der lichtenberg'schen figuren. 1881. p.591-610.+

1862-Crookes William исследовал катодные лучи.

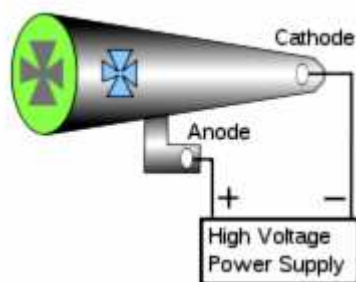


Рис. 9-2-3. Установка для наблюдения катодных лучей.

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, JC (1865) Pogg. Ann. 126. p.63.

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

1866-A.V. Walteniiien. Über 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 electrische 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. Bll. 39 [No. 2] (1880) 59-.
 1880-E. Mach und S. Doubrava. Beobachtungen über die Unterschiede der beiden electrischen 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. Über neue electrische Figuren und über aas Gleiten electrischer 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.

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 Getttingen 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 merkwuirdiges Rotationsphnomen, 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.

1905-W. Holtz. Ueber 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.

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

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-.

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.

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

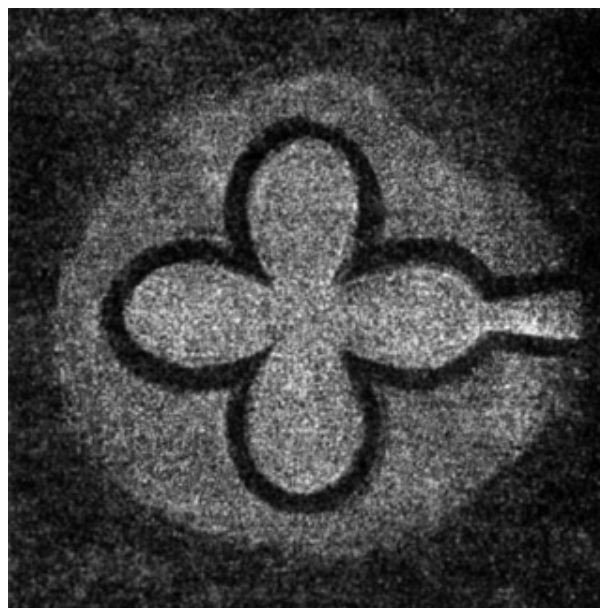
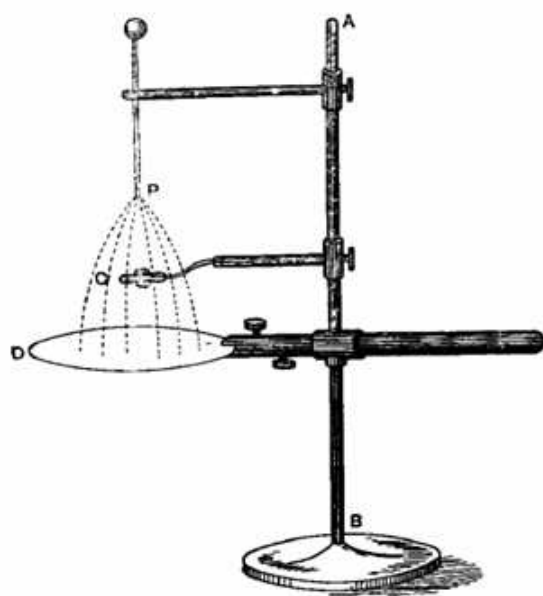


Рис. 9-2-4. Схема установки и полученное изображение.

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-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.

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. 9-2-5. Полученное изображение.

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

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.

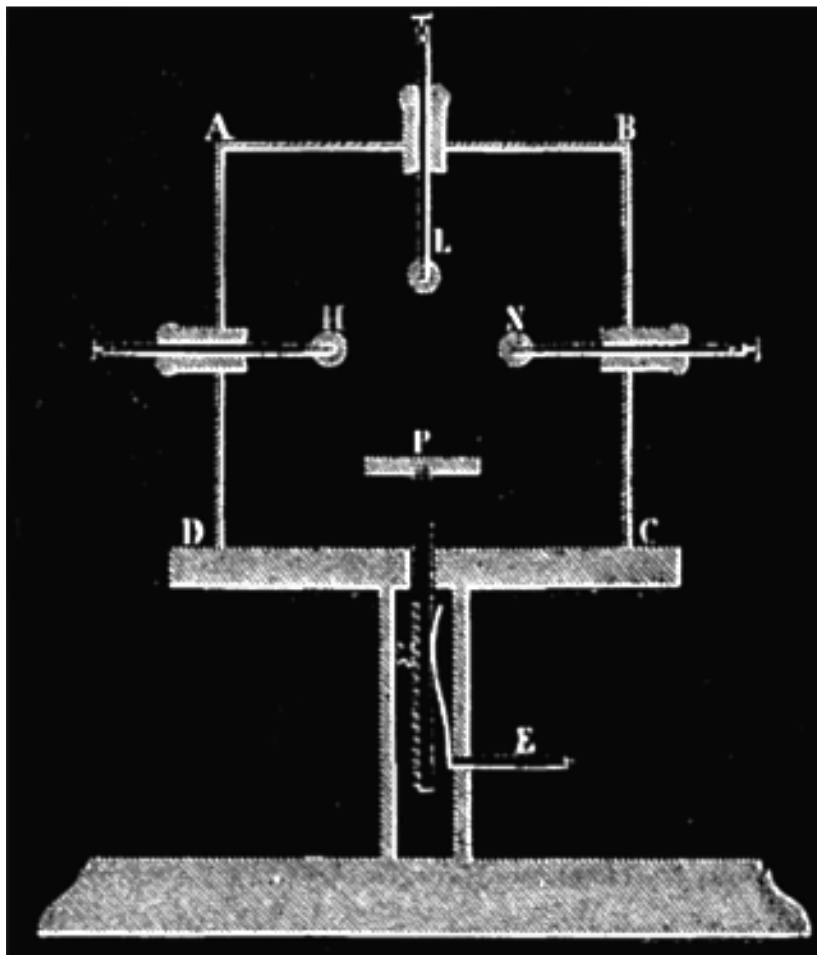


Рис. 9-2-6. Устройство для регистрации разрядов.

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).

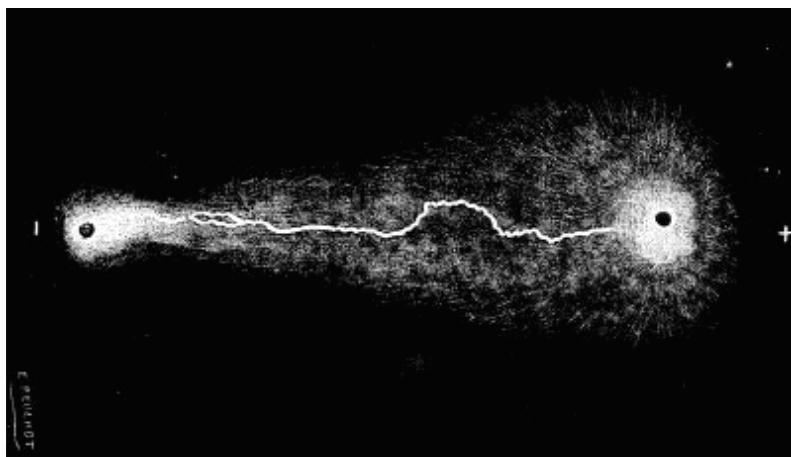


Рис. 9-2-7. Разряд между двумя электродами, отрицательный электрод слева, положительный электрод справа.

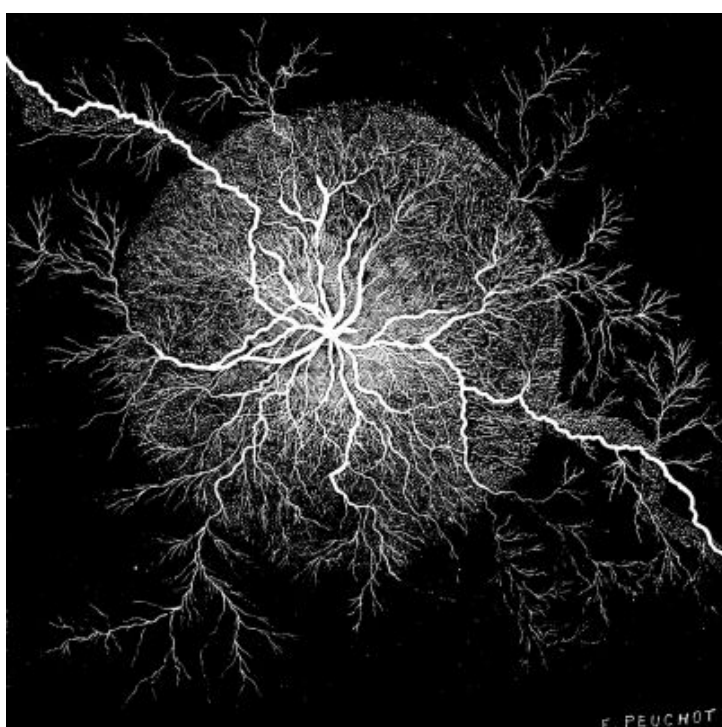


Рис. 9-2-8. Фигура Лихтенберга.

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.

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

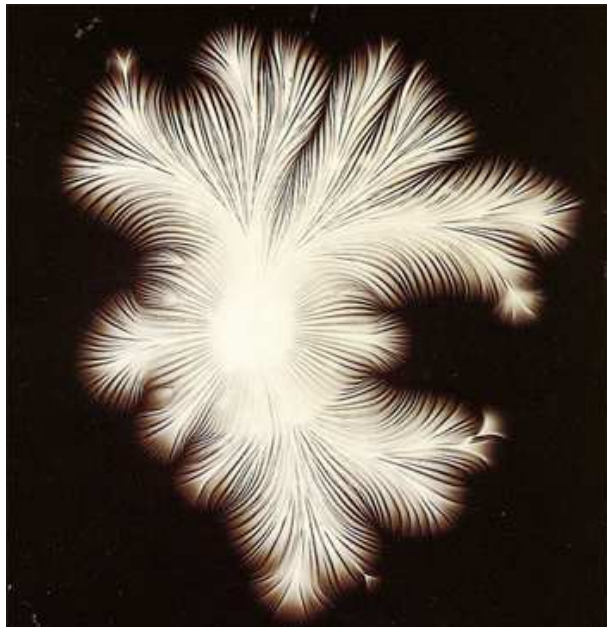
1885-Ducretet E., photographies d'étincelles électriques, 14 x 11 cm, 1885.

1887-K. Wesendonck. Untersuchungen über 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-Энтье-Леопольд Трувело (**Etienne Leopold Trouvelot**) (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**.



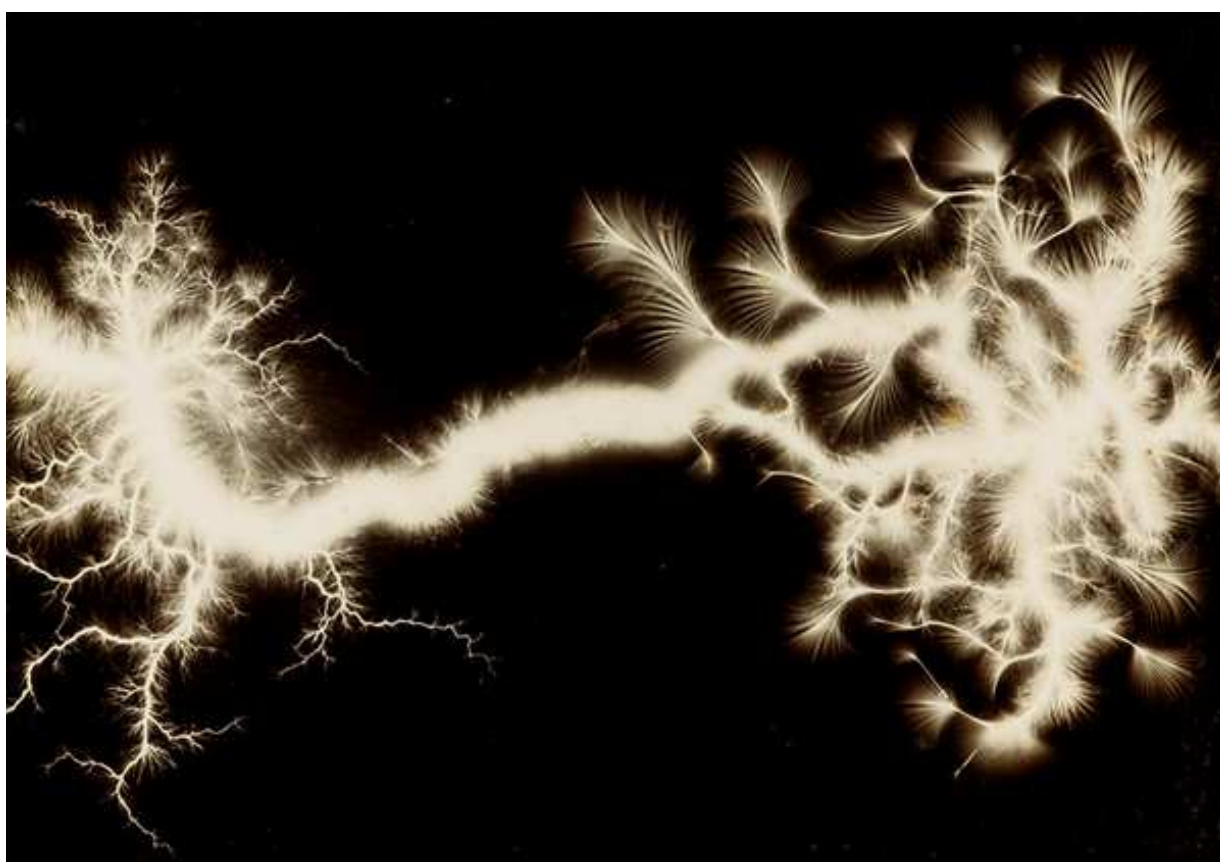
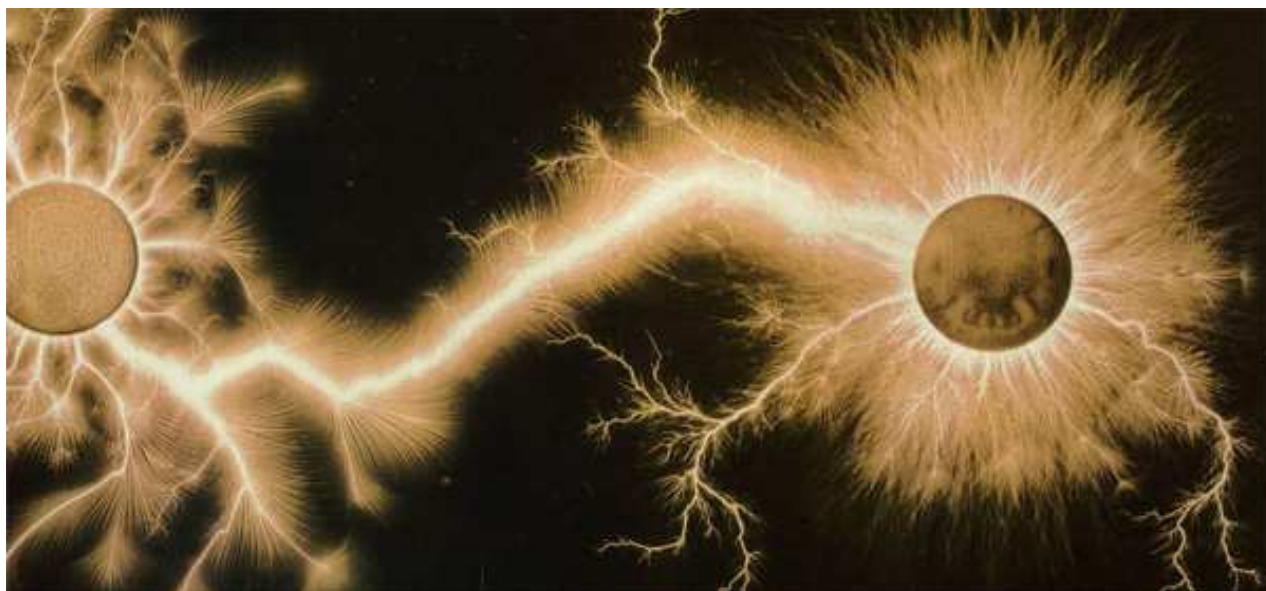


Рис. 9-2-9. Фигуры Трувелота (Trouvelot figures).

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

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

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-Кэмпбелл-Суинтон (Alan Archibald Campbell-Swinton) (1863-1930) London.

Он использовал фотографию для регистрации странных и тонких узоров, создаваемых с помощью электрического разряда при прямом контакте электрода с фотографической пластиной. Фотопластина 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 фотопластины. Если размер фольги меньше размера фотопластины, то заряд не распространяется за пределы границ фольги. В 1892 году на заседании Британской Ассоциации (British Association) он продемонстрировал снимки электрических разрядов.

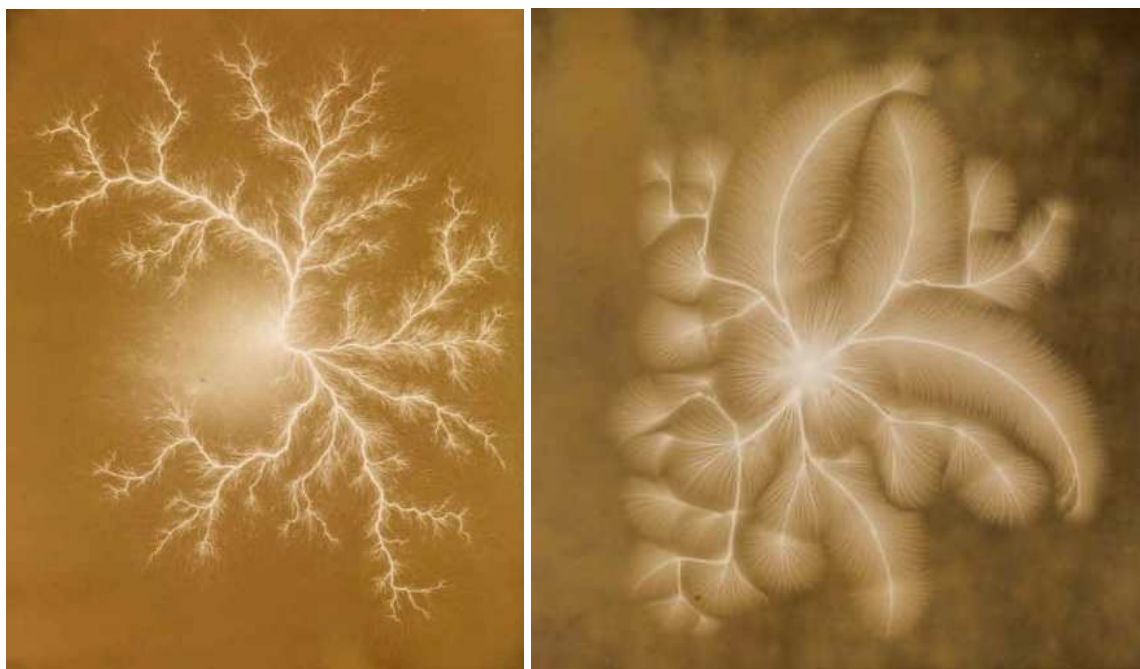


Рис. 9-2-10. Положительный (слева) и отрицательный (справа) разряд.

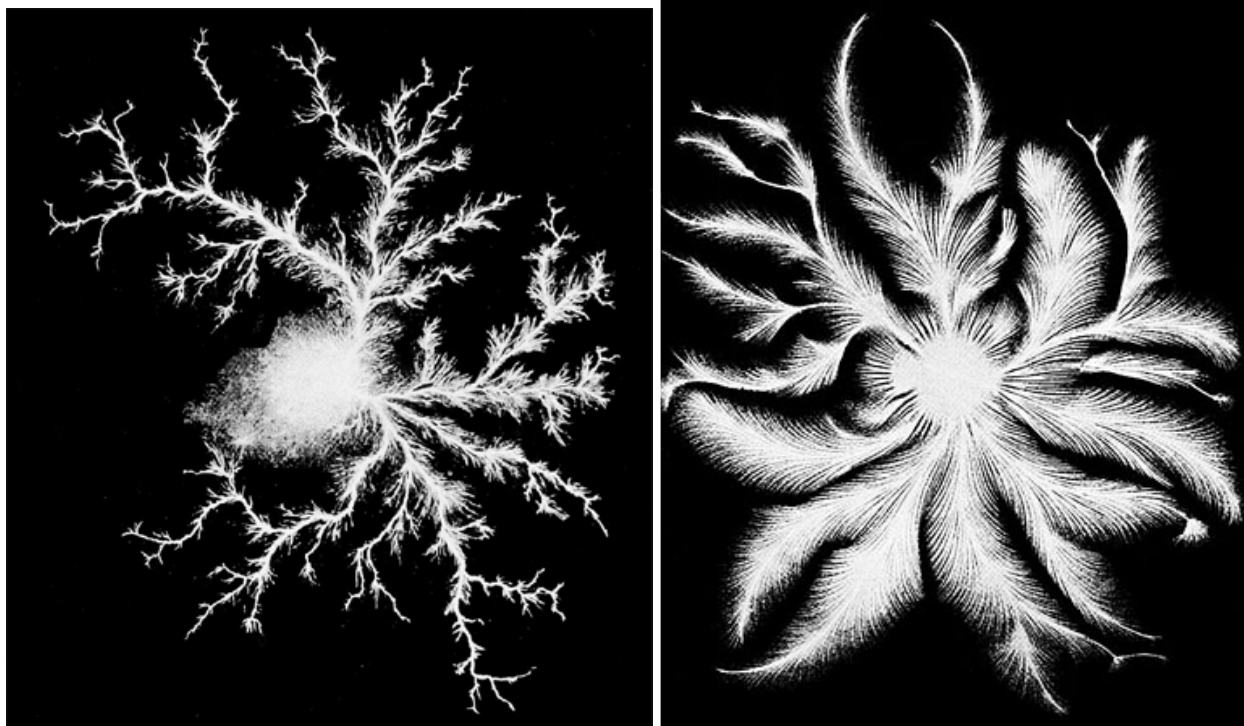


Рис. 9-2-11. Положительный (слева) и отрицательный (справа) разряд.

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-; Fschr. 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. Gewerbebl., Berlin 75: p.119.

1897-Джозеф Уилсон Свен (Swan J.W.) (1828-1914) английский химик, известный своими изобретениями в области фотографии, 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, JW (1897) Proc. Roy. Soc. London 62: p.38.

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

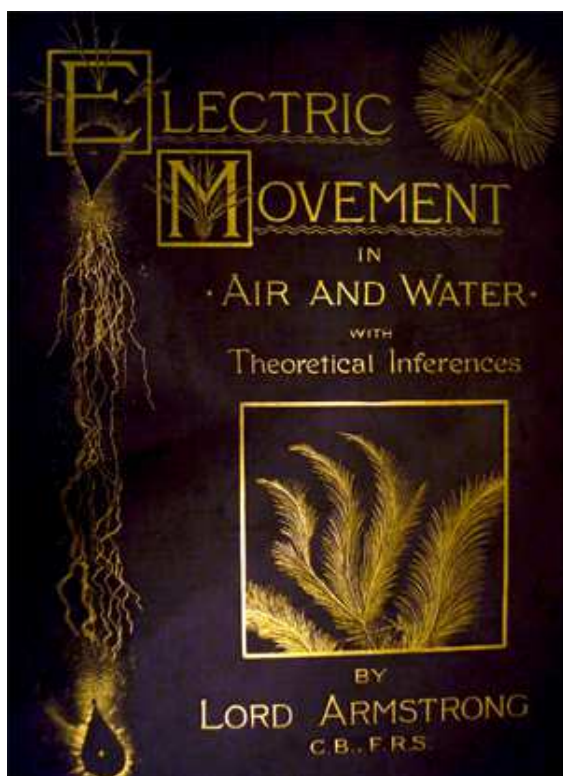


Рис. 9-2-12. Обложка книги и фотография разряда.

1897-Armstrong W.G. "Electric Movement in Air and Water, with Theoretical Inferences". London. 1897.+

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

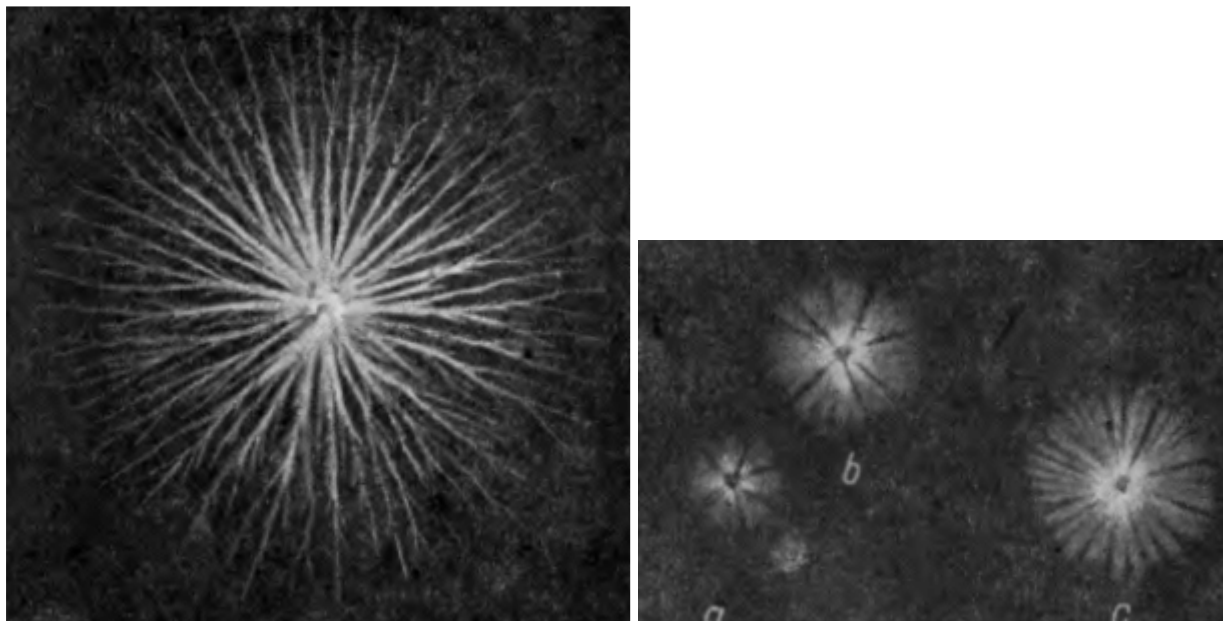


Рис. 9-2-13. Скользящий разряд на положительном электроде (слева) и на отрицательном электроде (справа). (а)-малое напряжения, и медленное возрастание напряжения, (в)-среднее напряжение и средняя скорость возрастания напряжения, (с)-высокое напряжение и высокая скорость нарастания напряжения.

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»).

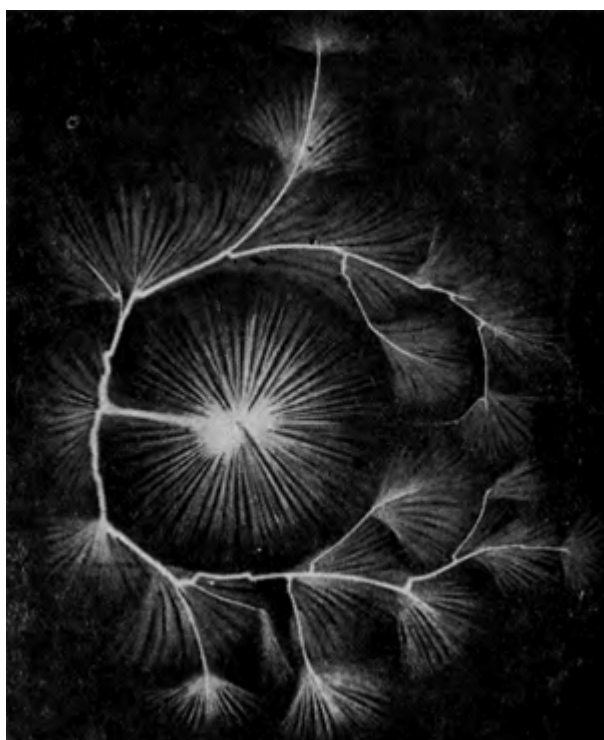


Рис. 9-2-14. Скользящий разряд на отрицательном электроде при высоких напряжениях с образованием обратных фигур.

- 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) Arch. f. Elektrot. 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) Arch. f. Elektrot. 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.

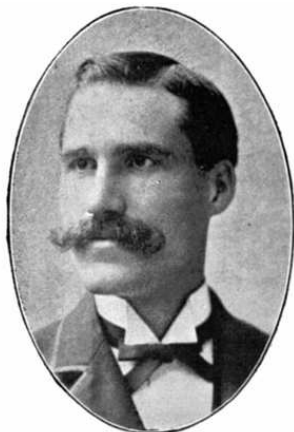


Рис. 9-2-15. Томас Кинраид.

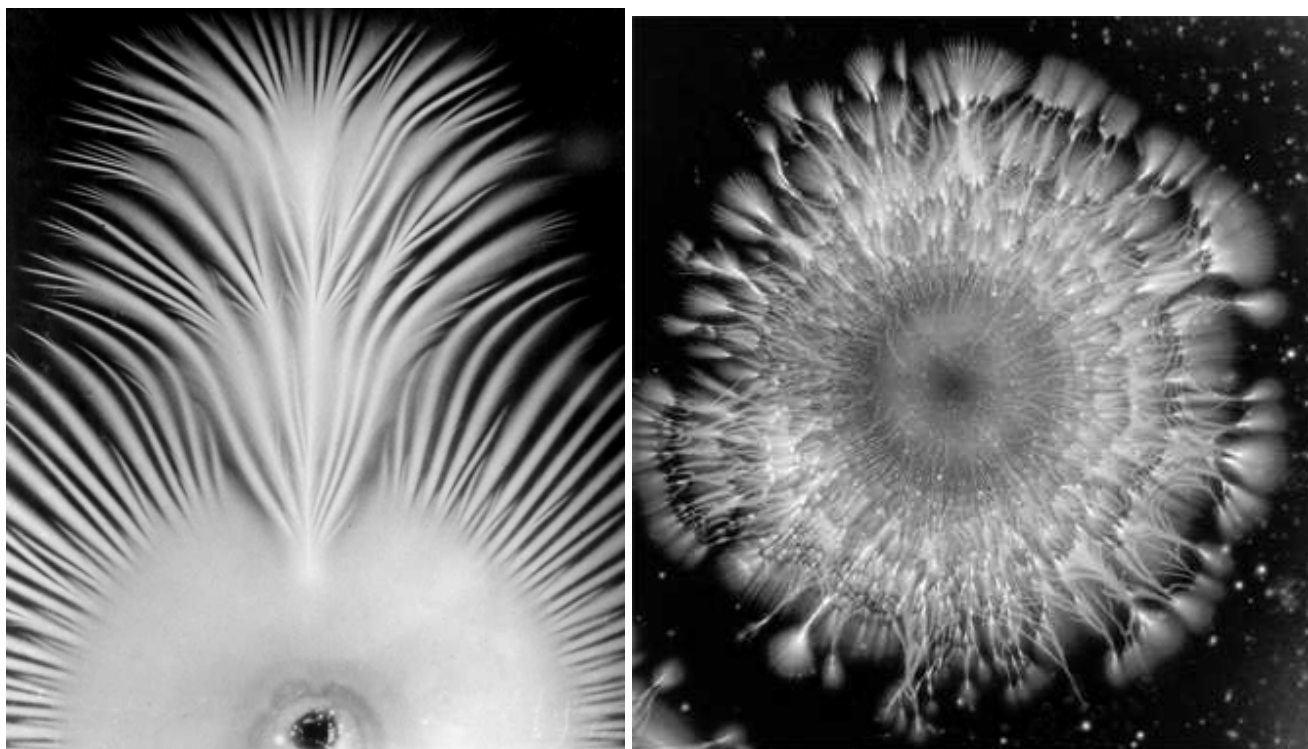


Рис. 9-2-16. Фотографии разряда.

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



Рис. 9-2-17. 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. 9-2-18. Karl Przibram, 1925.

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

1904-Przibram, K (1904) Wien. Ber. Ila 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 Przibram, Einpolige elektrische Figuren und Elektronenaffinität, Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien, 127-Ia (1918) 395.
 1918-Przibram, K (1918) Wiener Ber. 127: p.395.
 1919-Przibram, K (1919) Wiener Ber. 128: p.1203.
 1919-Przibram, K (1919) Phys. ZS. 20: p.299.
 1919-K.Przibram. Über die Elektrischen Figuren. Zeitschrift für Physik. XX, S.299 (1919).
 1920-Przibram, K (1920) Phys. ZS. 21: p.480.
 1920-Przibram, K (1920) Wiener Ber. 129: p.151.
 1920-Karl Przibram. Form und Geschwindigkeit. Ein Beitrag zur allgemeinen Morphologie. Naturwissenschaften. 6. Februar 1920, Volume 8, Issue 6, p.103-107.
 1926-Przibram, K, Kara-Michailova, E (1920) ZS. f. Phys. 2: p.297.
1927-Karl Przibram. Die Elektrischen Figuren. Handbuch der Physik, 1927. vol.14. P.391-404.

9.3 XX-й век.

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 киновари.

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

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

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.

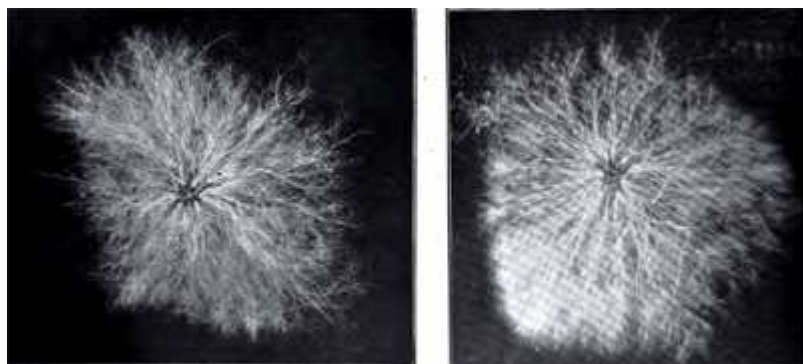


Рис. 9-3-1. Снимки положительного (слева) и отрицательного (справа) разрядов.

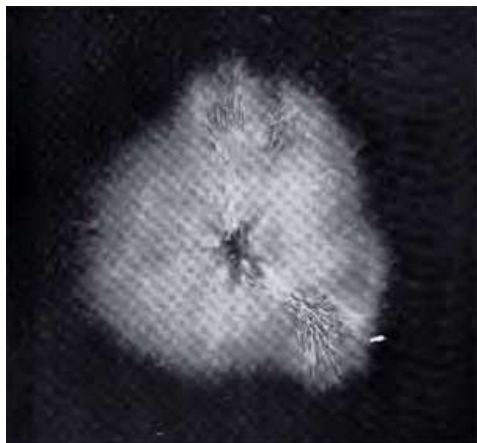


Рис. 9-3-2. Статически индуцированный разряд.

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.

<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-U. Yoshida. 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-U. Yoshida and G. Tanaka. 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 über die Lichtenbergschen Figuren und über die Strahlung des Kondensators. Zeitschrift für Physik. 18. p.158-168. 1917.

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

1919-Pedersen Peder Olaf, 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.

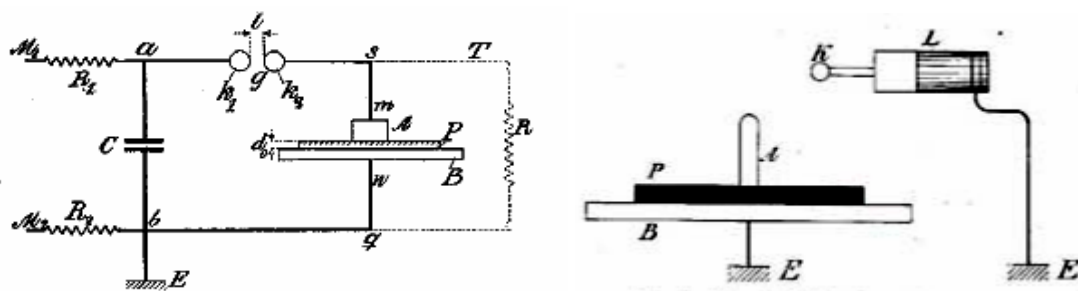


Рис. 9-3-3. Схема устройства для получения фотографий разряда на бумаге. А-металлический стержень, Р-фотографическая бумага, В-металлическая пластина с заземлением.

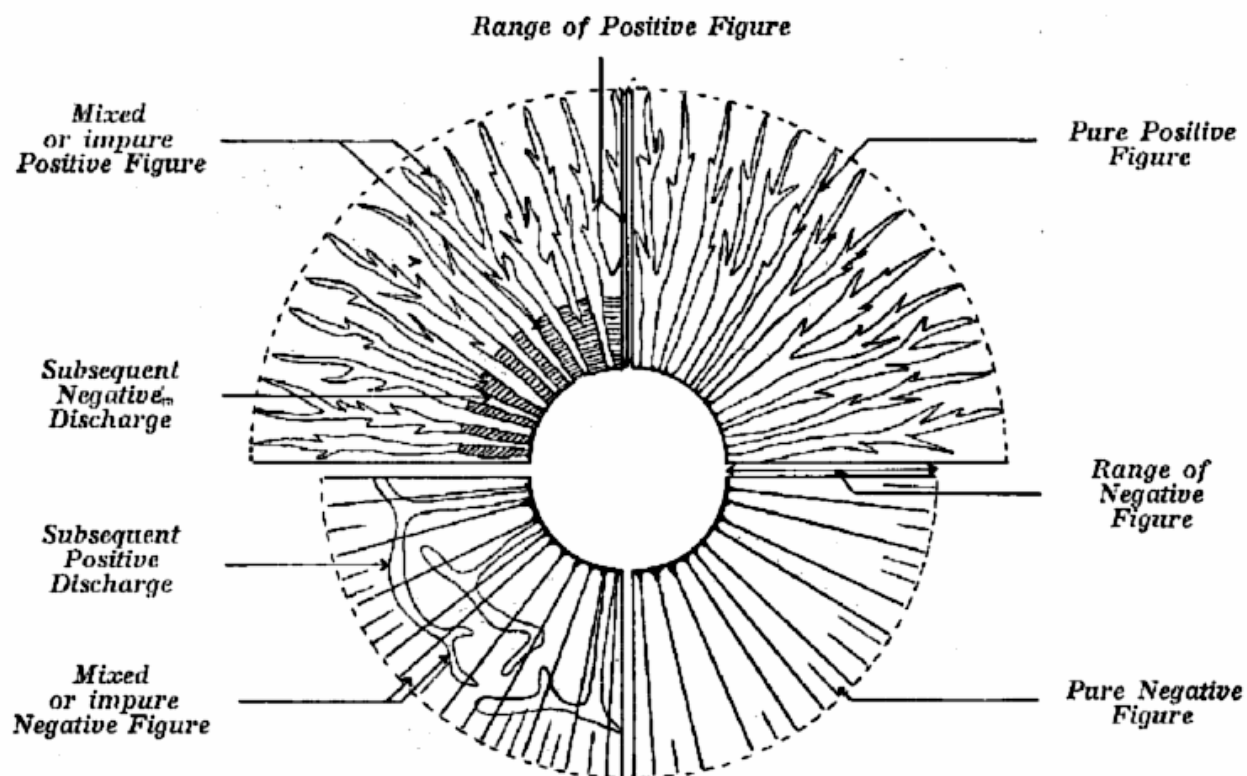


Рис. 9-3-4. Строение положительного разряда (сверху) и отрицательного разряда (снизу).

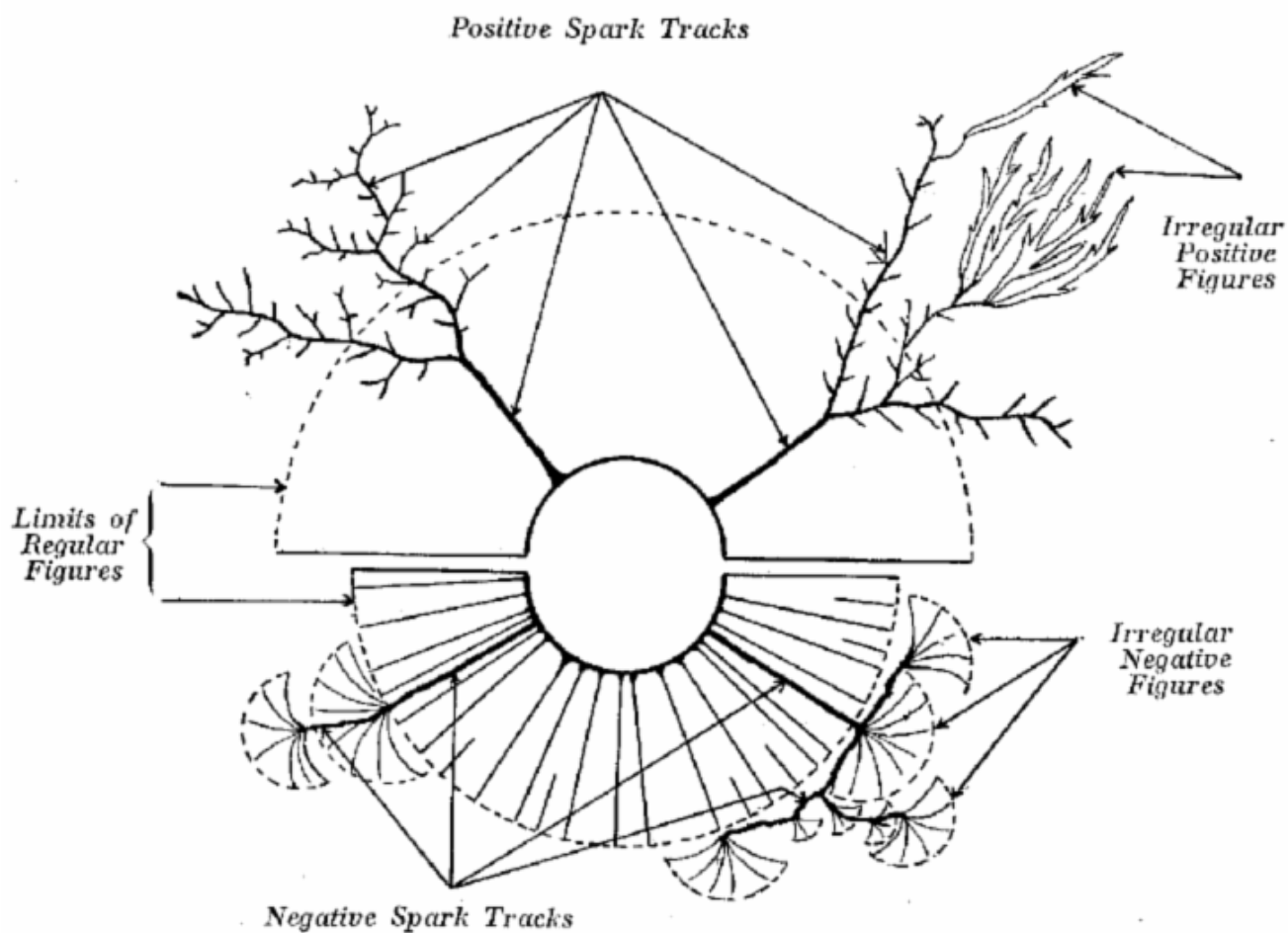


Рис. 9-3-5. Пример строения сложного разряда.

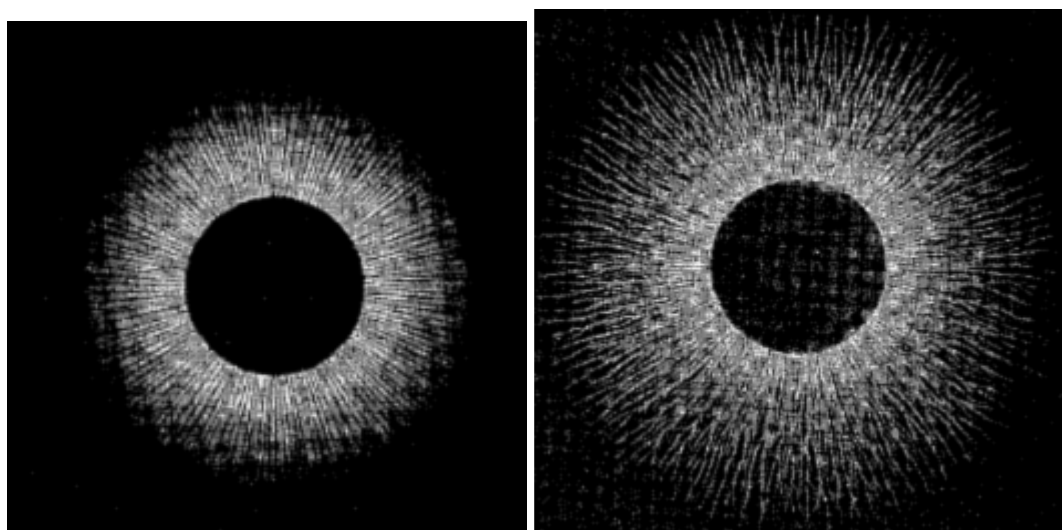


Рис. 9-3-6. Свечение моноимпульсного положительного разряда (слева) и многоимпульсного разряда (справа).

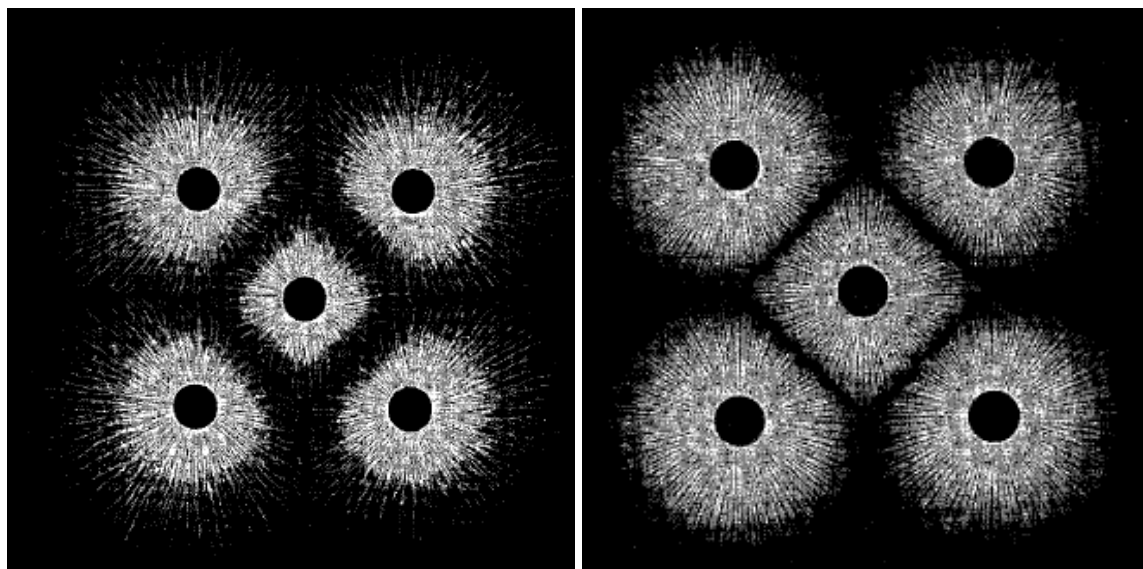


Рис. 9-3-7. Свечение пяти положительных электродов.

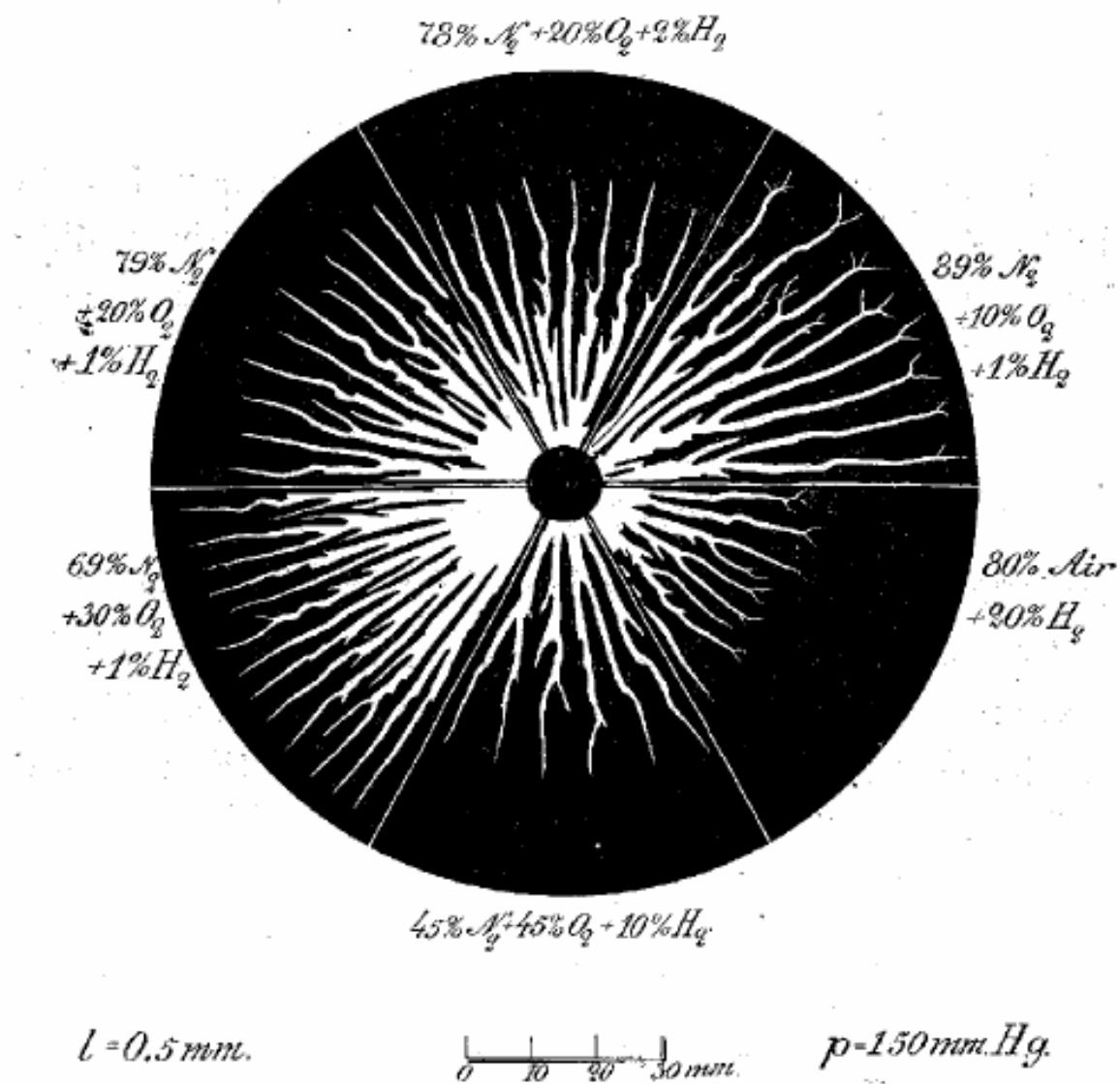


Рис. 9-3-8. Зависимость величины свечения от состава газовой среды.

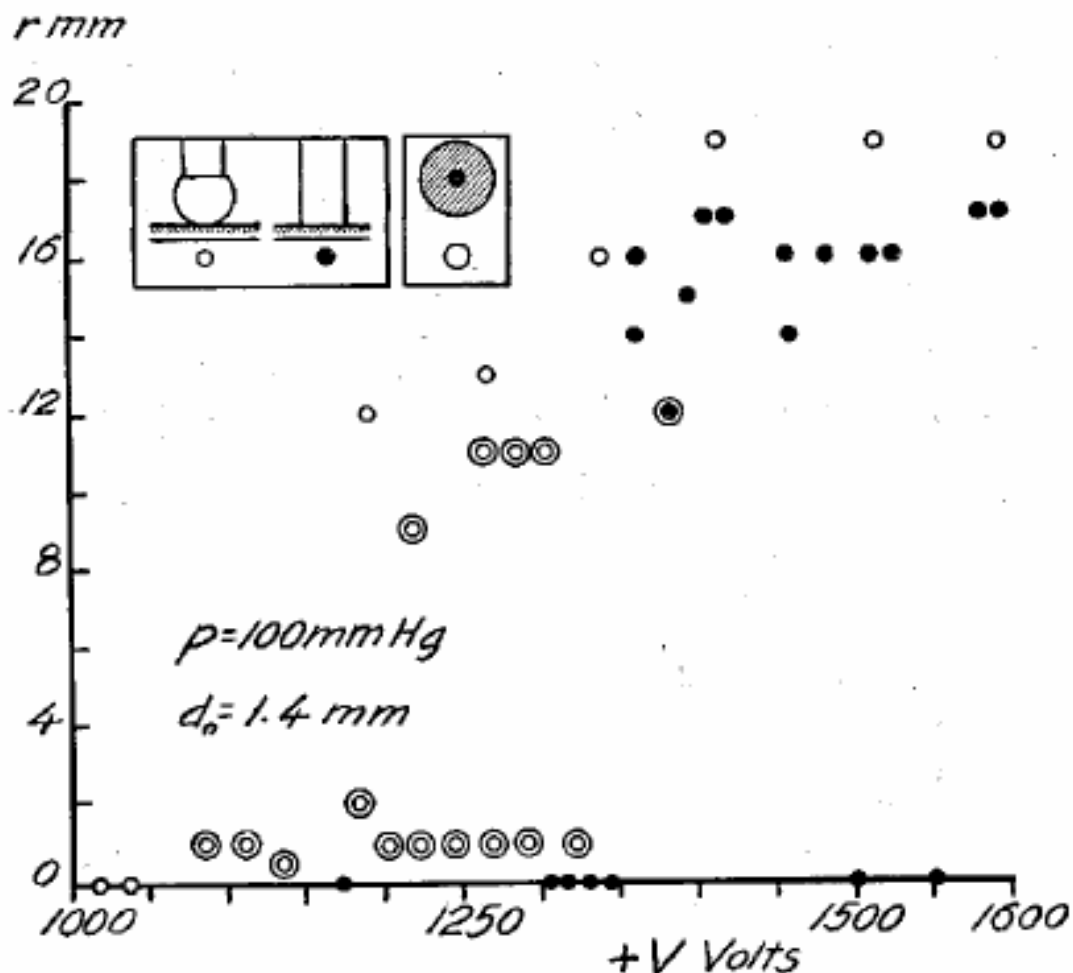


Рис. 9-3-9. Зависимость радиуса разряда от напряжения.

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, PO (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, 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 м рт. 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.

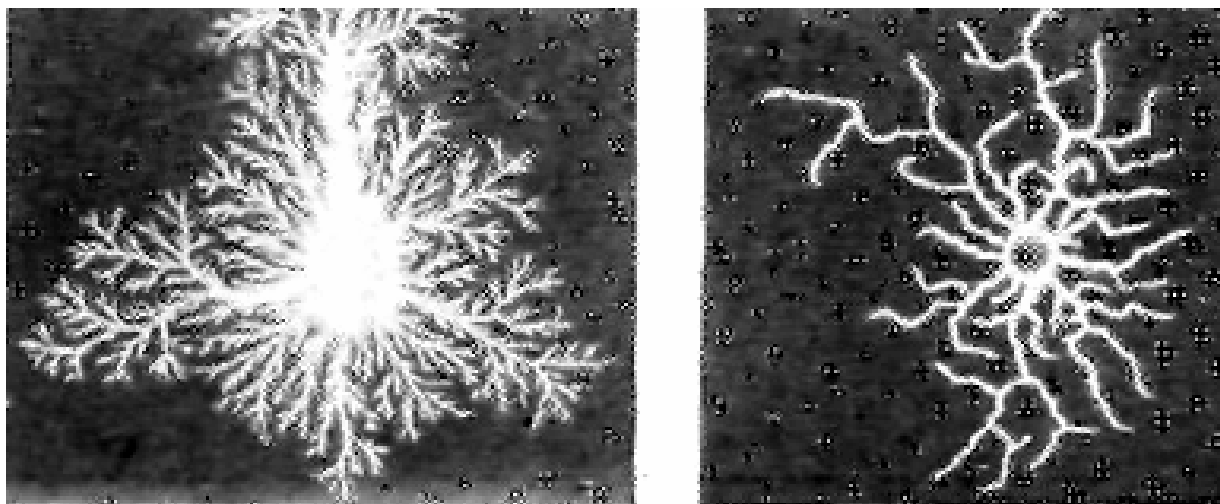


Рис. 9-3-10. Фигуры Лихтенберга, 1-положительный импульс, 30атм, 30-кВ, 2-отрицательный импульс, 31атм, 50кВ.

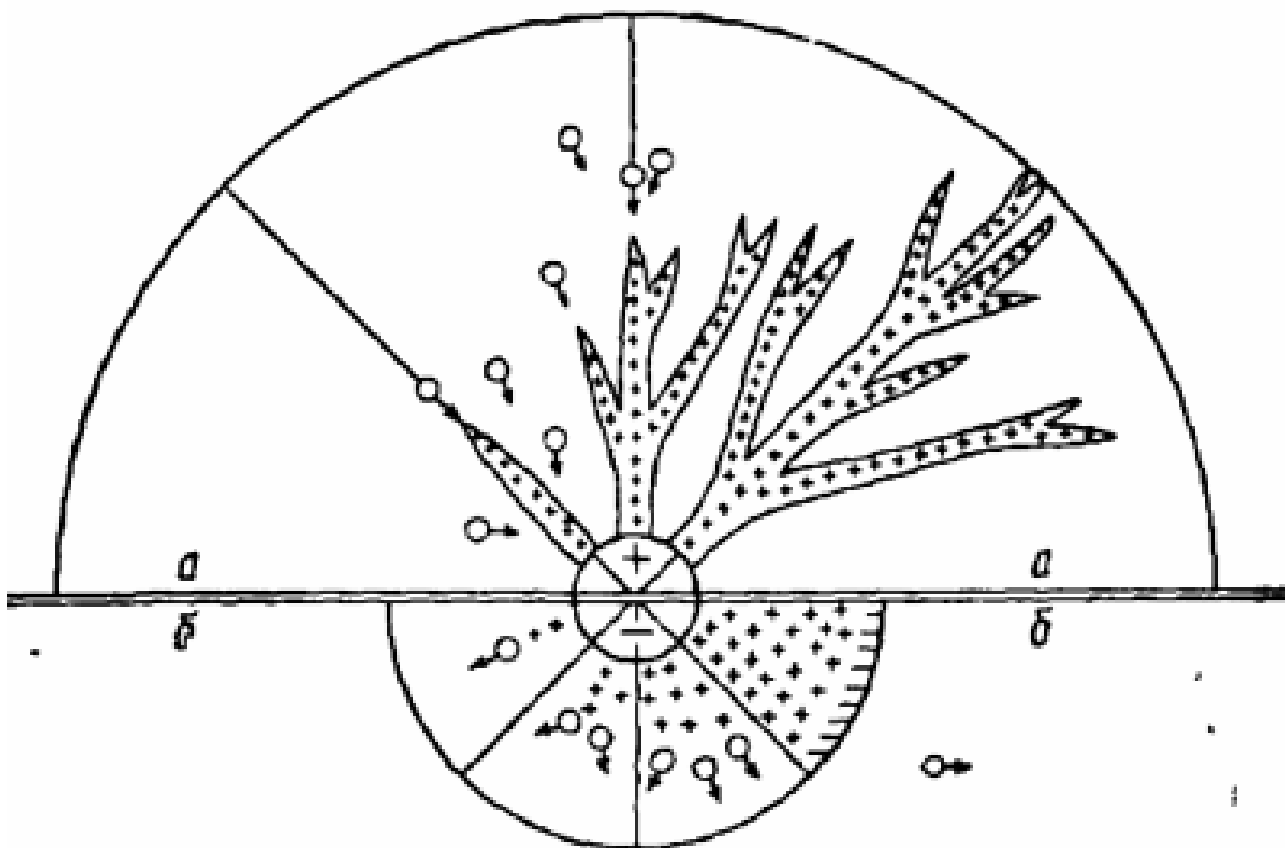


Рис. 9-3-11. Схема образования фигур Лихтенберга. А-при положительных разрядах, В-при отрицательных разрядах. Кружки со стрелками обозначают электроны.

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 Atomphysical Interpretation of Lichtenberg Figures and Their Application to the Study of Gas Discharge Phenomena," Journal of Applied Physics. 1939. V.10. Issue 12. p.873-887.+

Они исследовали образование фигур Лихтенберга на фотографических пластинках в различных газах при различных давлениях. Исследования показали, что фигуры образуются от света, излучаемого разрядом, и что характер фигур определяется природой окружающего газа. 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, CCl₄-четырёххлористый углерод, фреон-CCL₂F₂) 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.

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

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

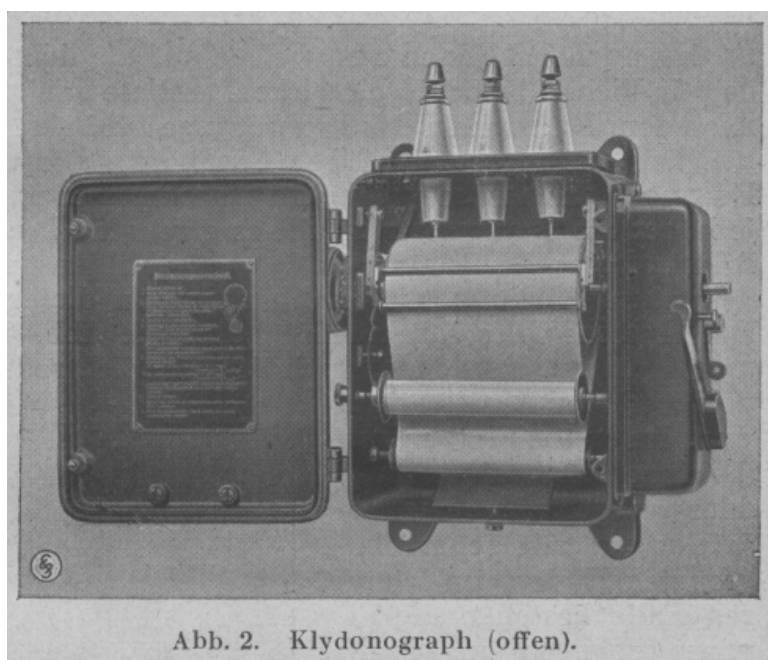
1922-Trey, F (1922) Phys. ZS. 23: p.193.

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 **кливонограф (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. Определялось соответствие между величиной напряжения и диаметром разряда. Д. 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 подготовку молодых инженеров.



Рис. 9-3-12. Джон Петерс.



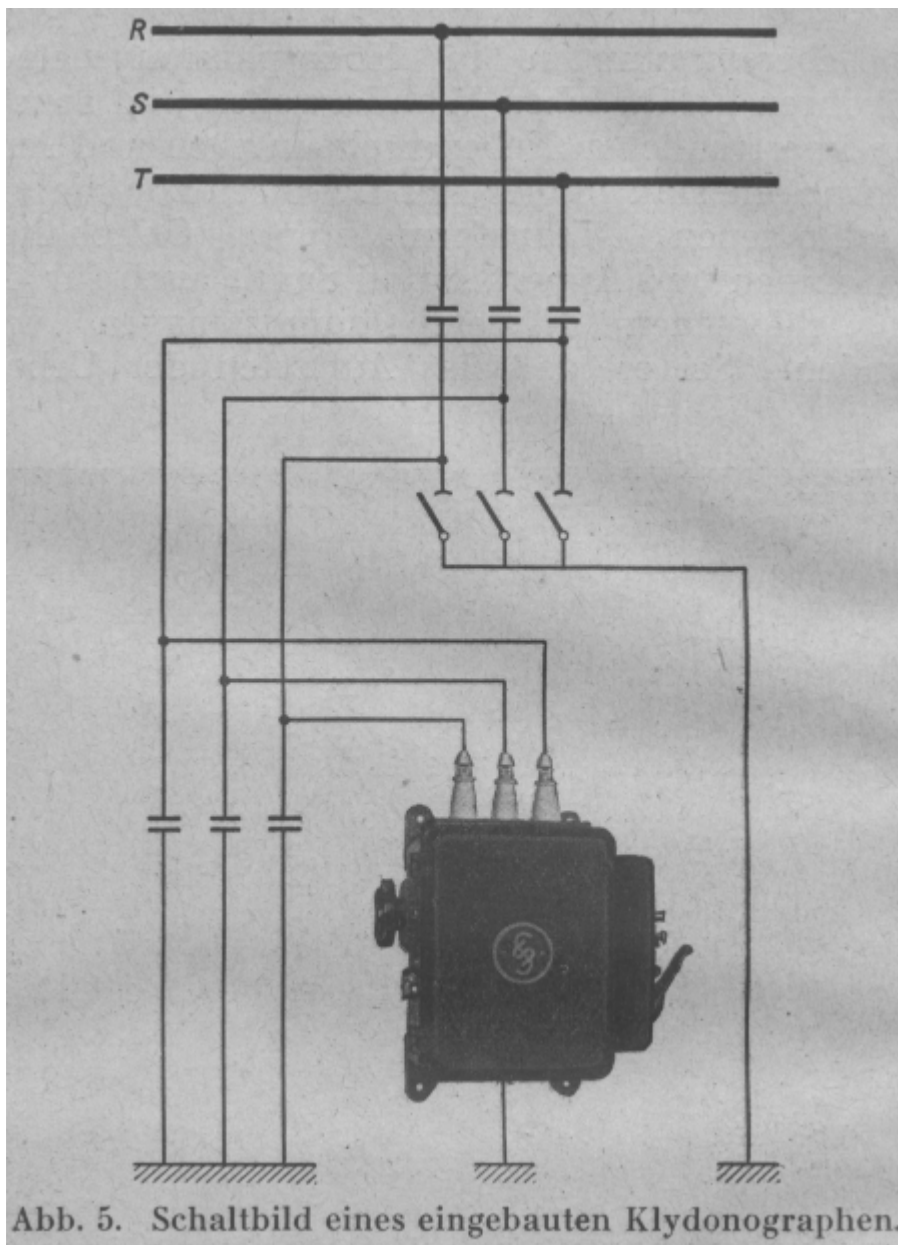


Рис. 9-3-13. Прибор клидонограф.

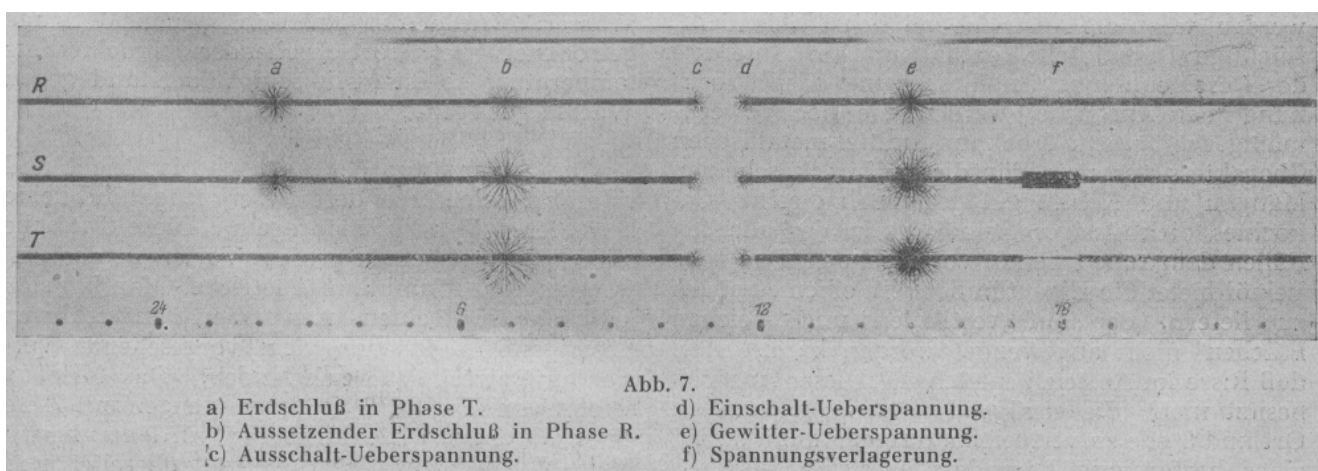


Рис. 9-3-14. Пример записи результатов прибором клидонограф.

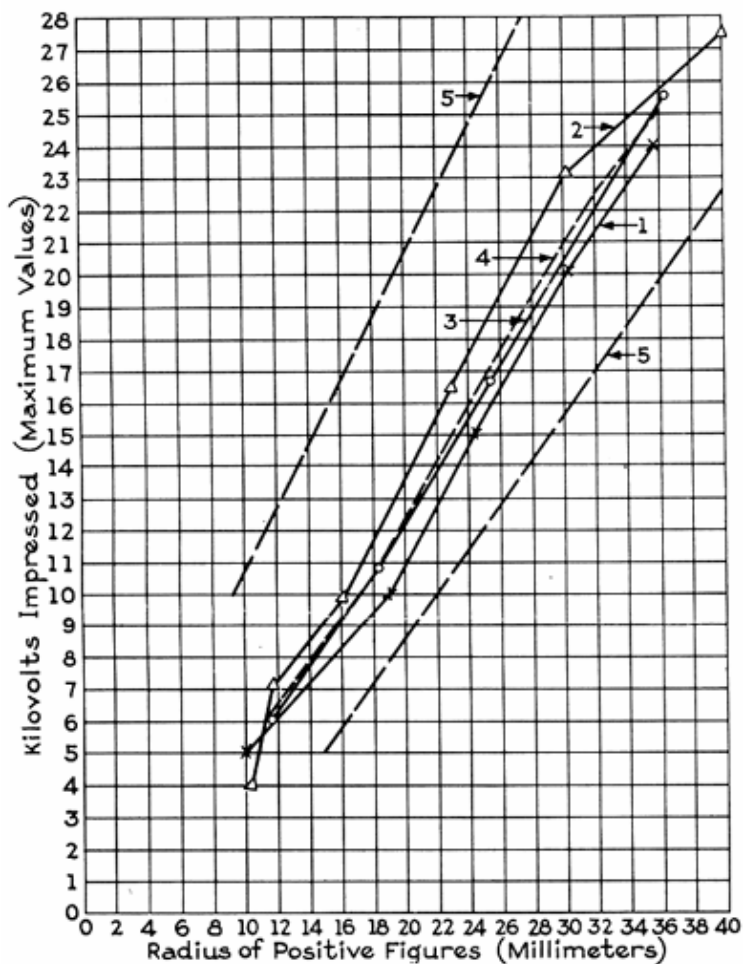


Рис. 9-3-15. Калибровочная кривая. При изменении напряжения от 5 до 25кВ радиус разряда изменяется от 10 до 30мм.

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

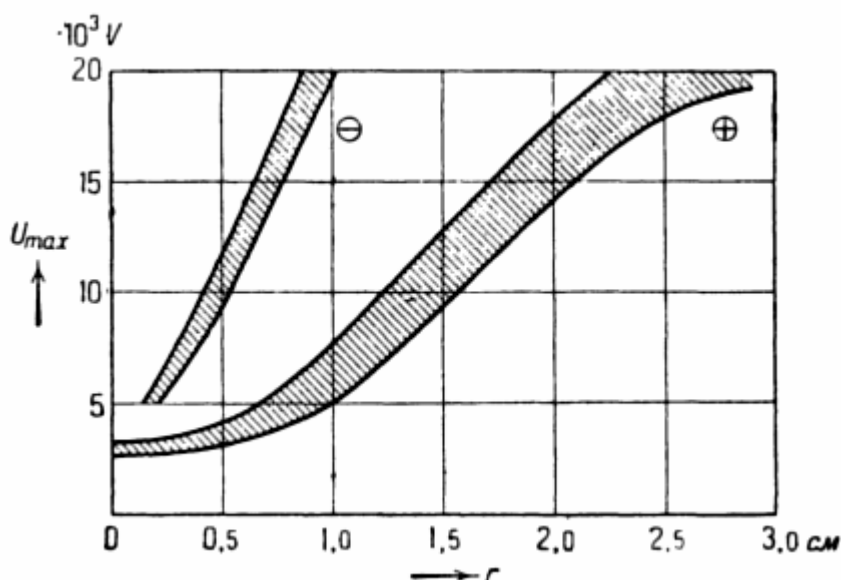


Рис. 9-3-16. Зависимость радиуса скользящего разряда на положительном и отрицательном электродах от напряжения. Острие на стеклянной пластине толщиной от 0,1 до 2 см.

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

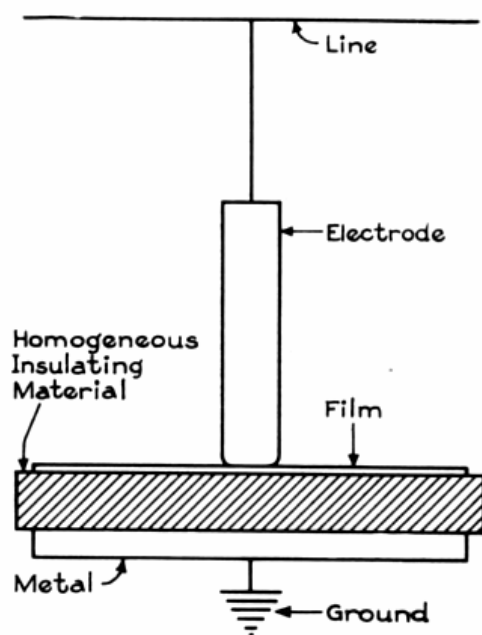
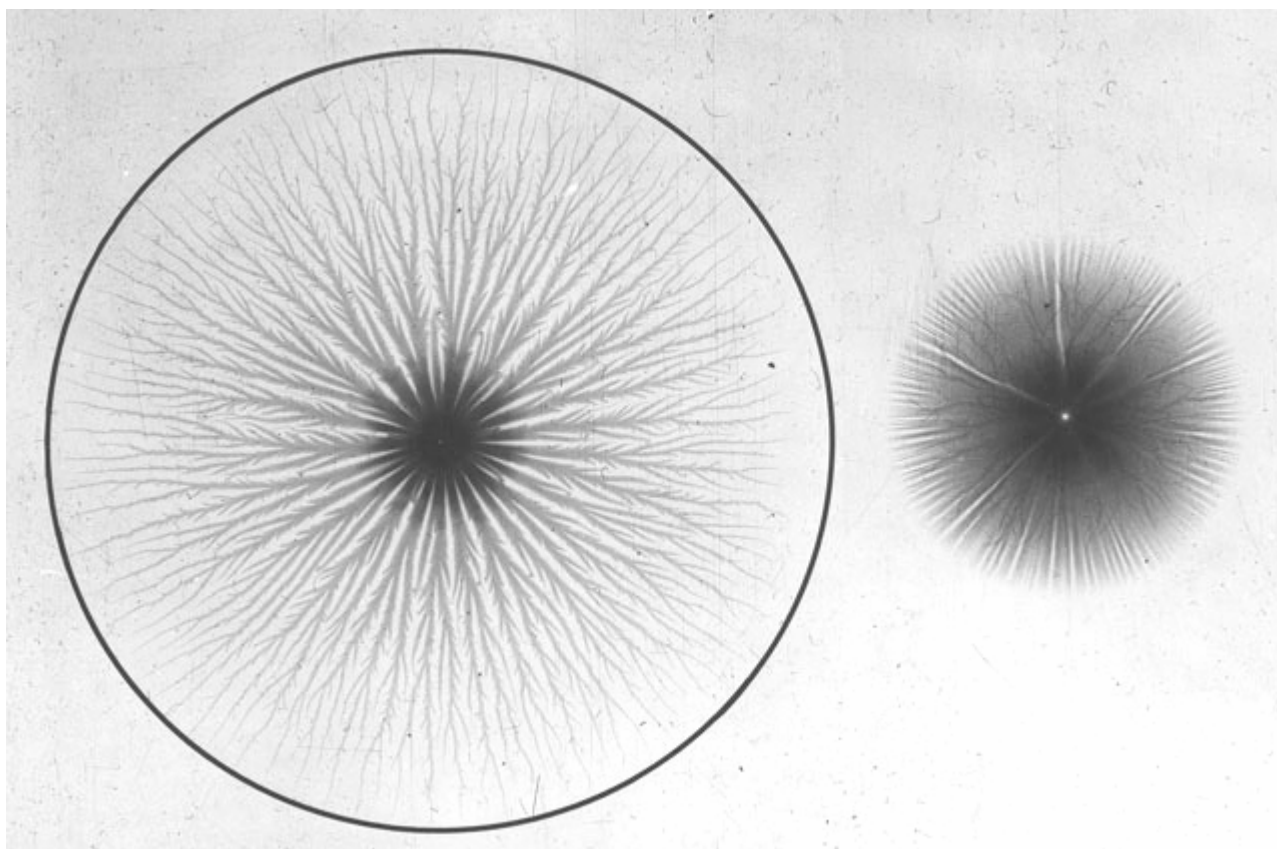


Рис. 9-3-17. Схема установки.



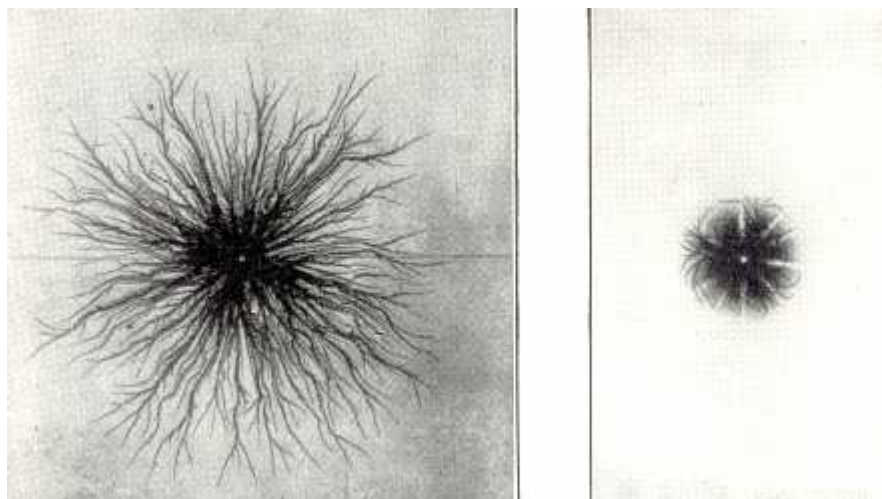


Рис. 9-3-18. Положительный (слева) и отрицательный (справа) разряд напряжением 20кВ.

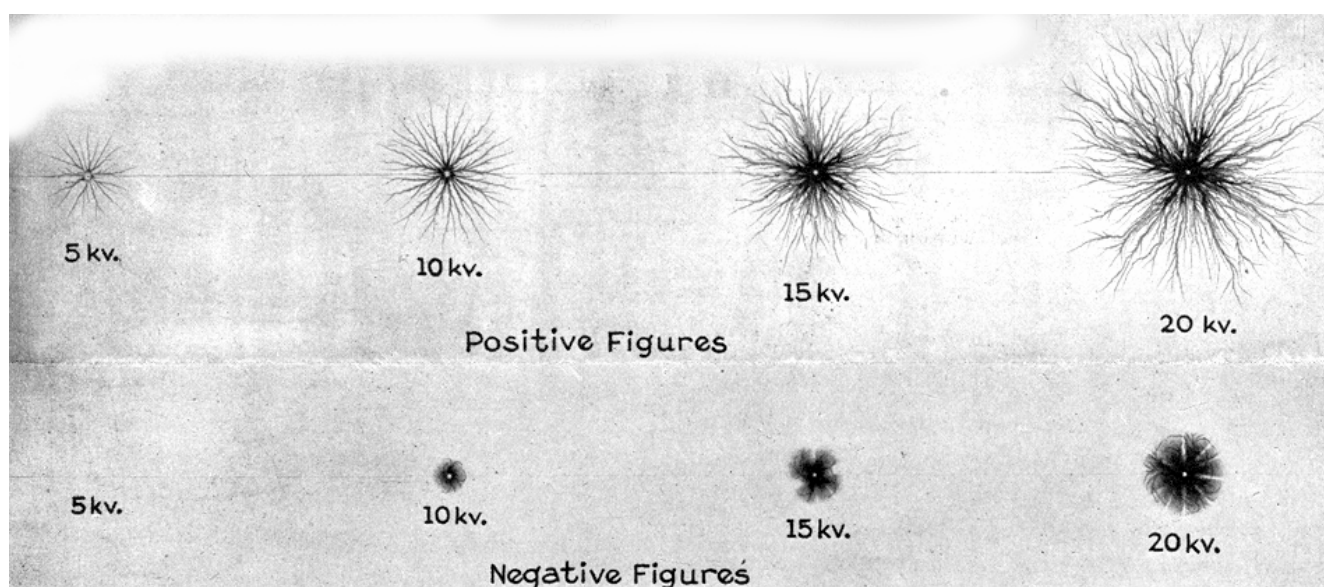


Рис. 9-3-19. Фигуры Лихтенберга, полученные при различных напряжениях.

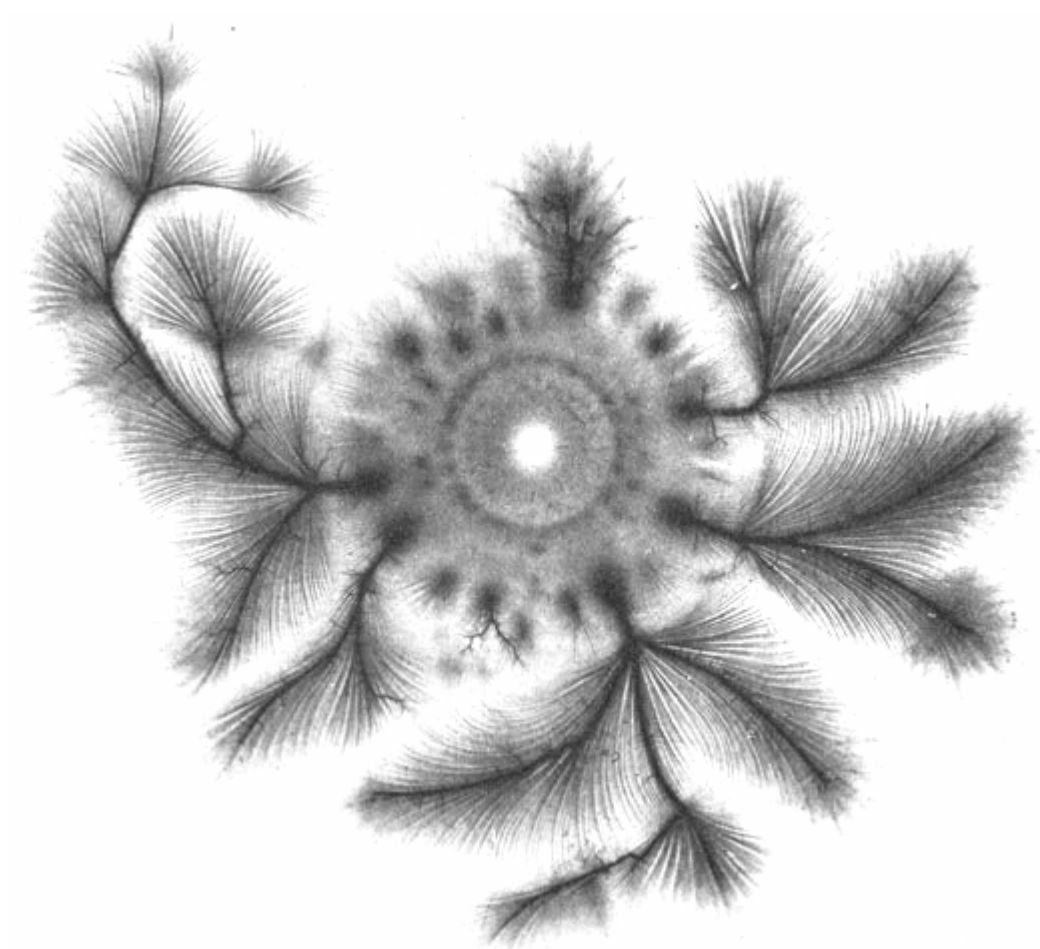
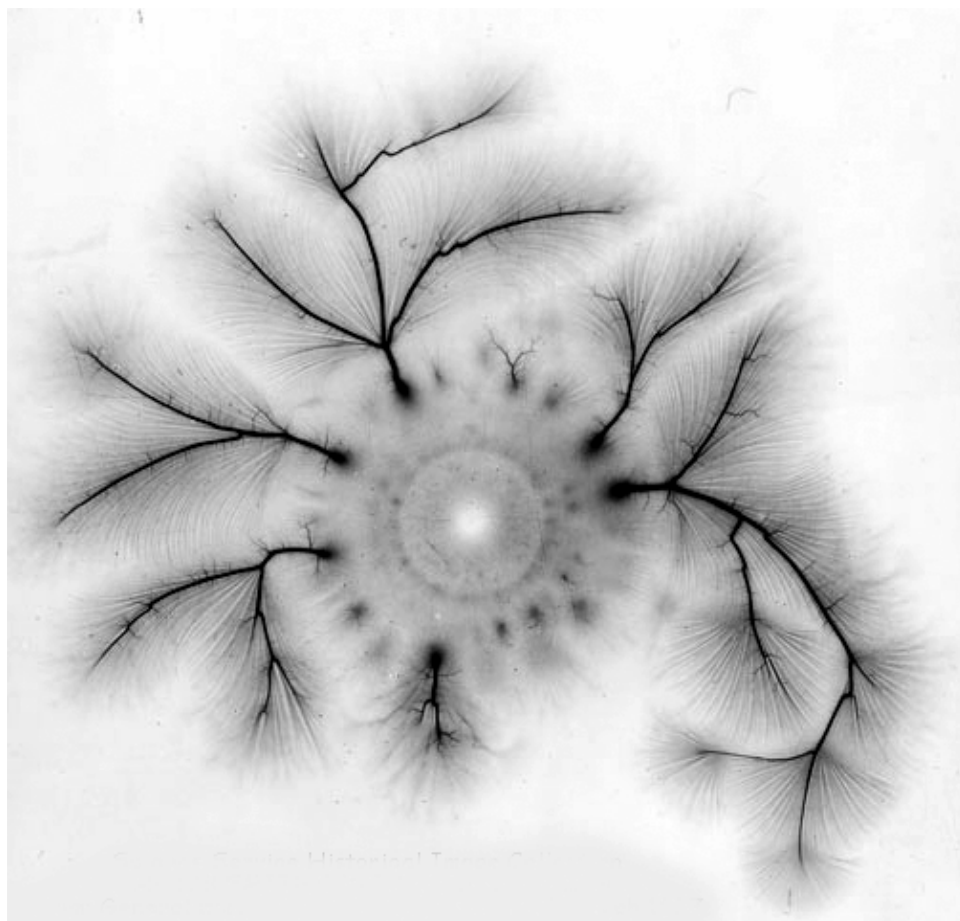


Рис. 9-3-20. Фигура Лихтенберга полученная с помощью сферического электрода.
General Electric Review-Vol. 30, no.3, page 135, March 1927.

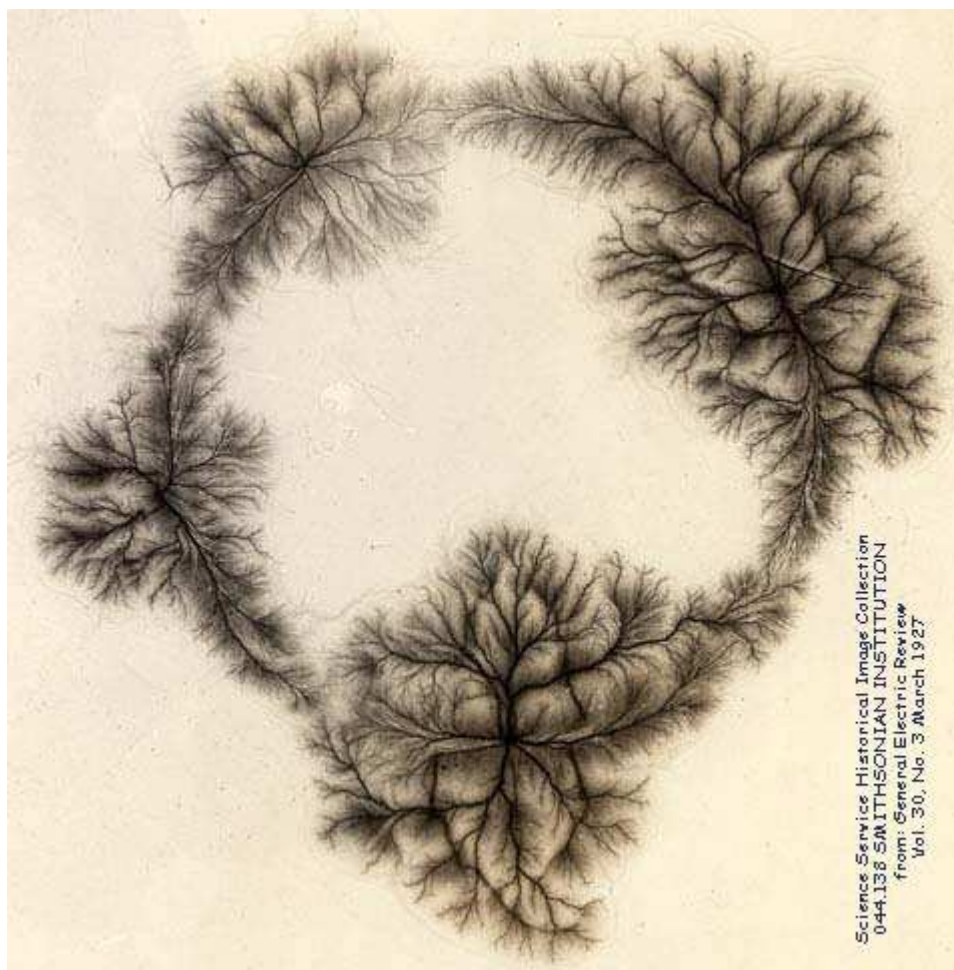


Рис. 9-3-21. Фигура Лихтенберга от электрода в виде полусферы.
General Electric Review-Vol. 30, no.3, page 135, March 1927.

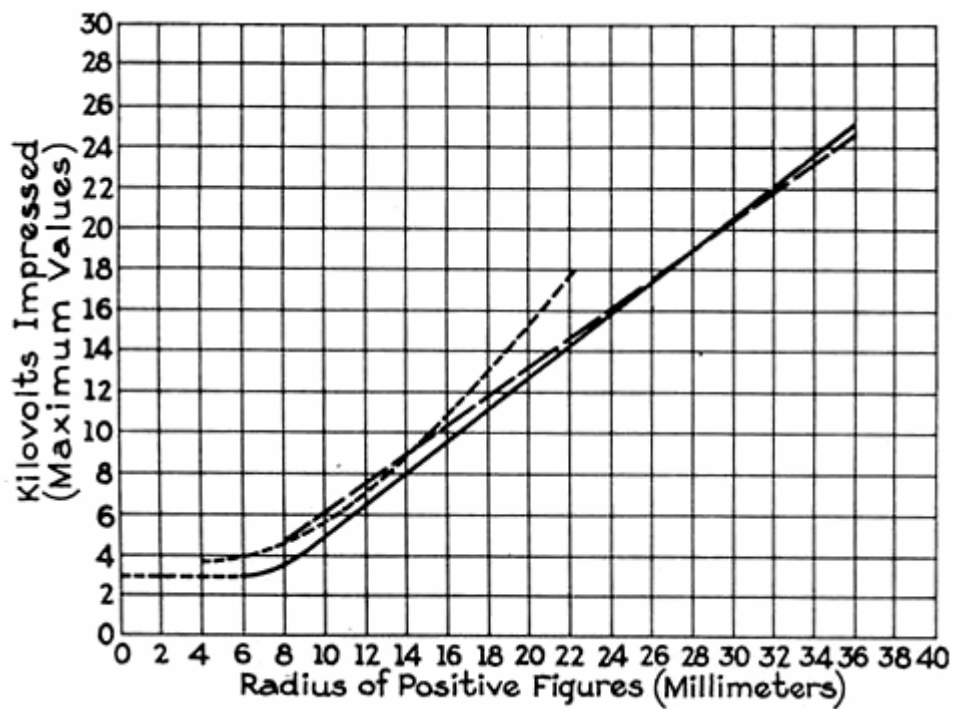


Рис. 9-3-22. Зависимость радиуса свечения от напряжения.

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.

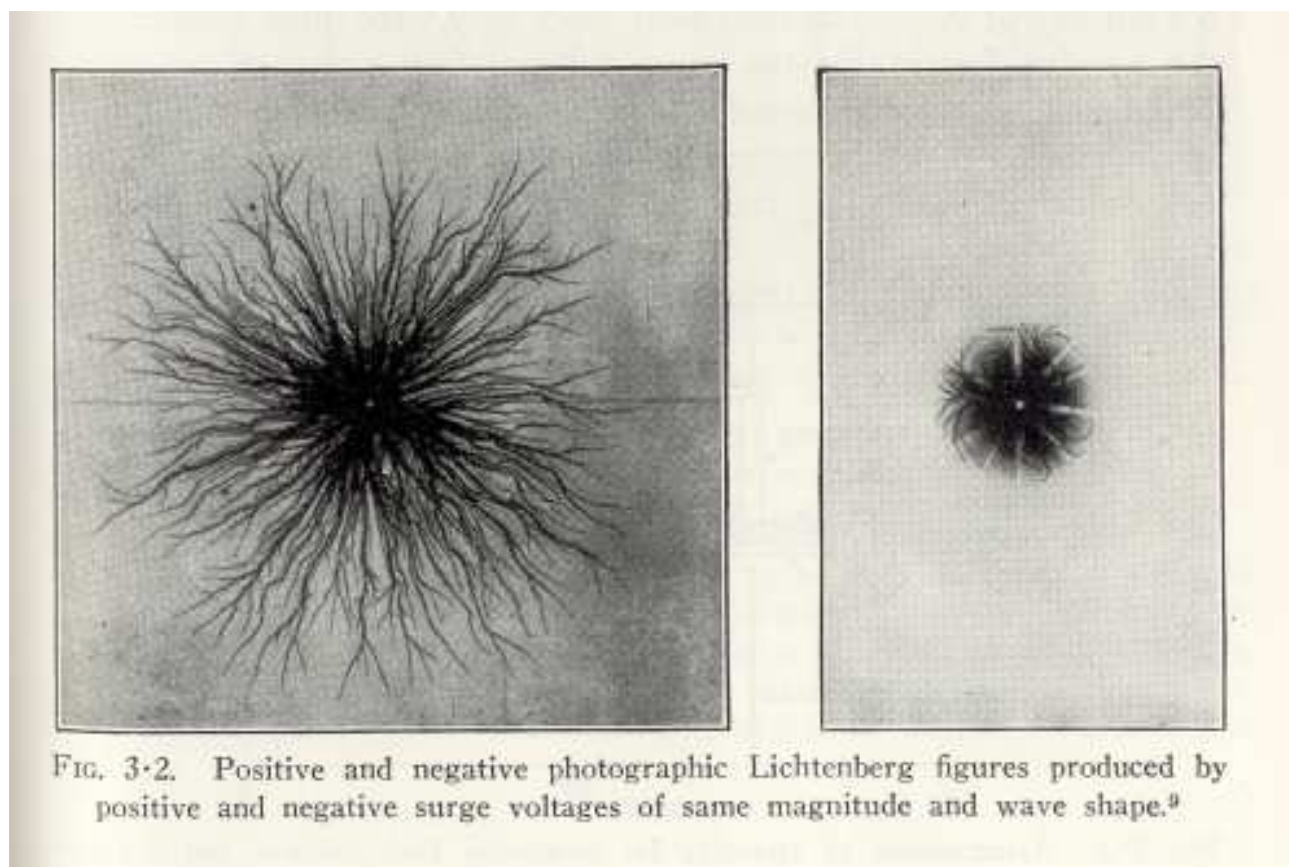


FIG. 3-2. Positive and negative photographic Lichtenberg figures produced by positive and negative surge voltages of same magnitude and wave shape.⁹

Рис. 9-3-23. 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
 1939-F.H. Merrill and A. von Hippel, "The atomphysical interpretation of Lichtenberg figures and their application to the study of gas discharge phenomena", Journal of Applied Physics. 1939. vol.10, p.873-887.
 1940-Praetorius G. Archiv fur Elektrotechnik. 34. 83. (1940).
 1941-W. Rogowski, O. Martin and H. Thielen, Anfangsvorgainge 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 Gesetzmaissigkeiten elektrischer Gleiterscheinungen auf Isolatoren in TransformatorS1, 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, telle qu'elle se produit dans l'écriture automatique, in Minotaure, No.5. 1934. p.10.
 1937-A. Breton, L'Amour fou, Paris, Gallimard, 1937, rééd. 1964, p.25.

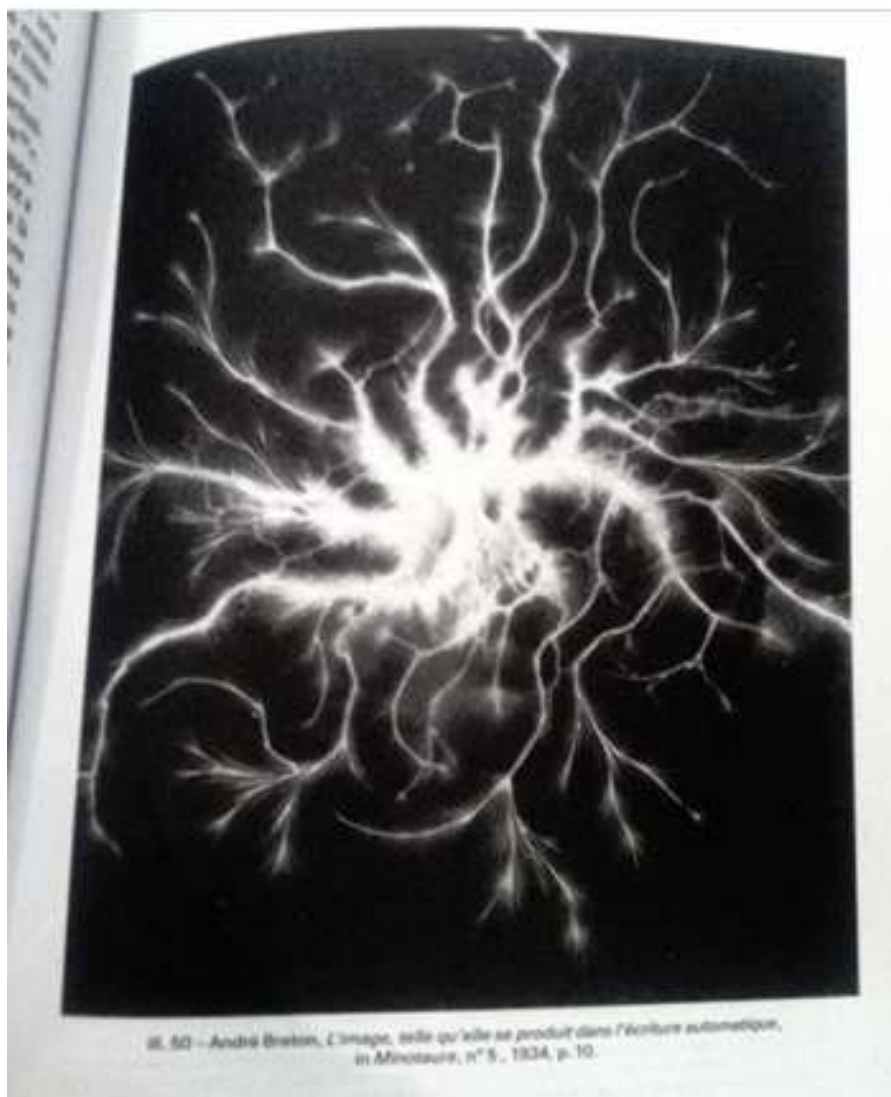


Рис. 9-3-24. Фигура Лихтенберга.

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.+

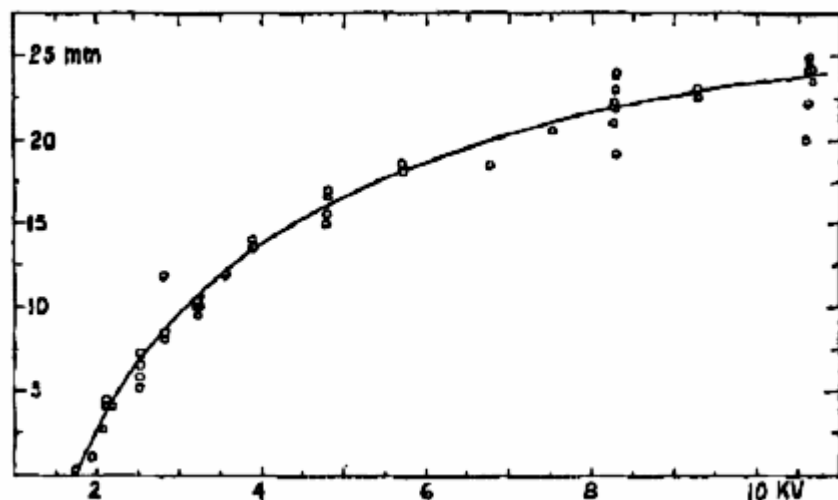


Рис. 9-3-25. Зависимость диаметра фигуры Лихтенберга от величины приложенного напряжения, при положительном напряжении, на стеклянной пластине толщиной 1,7мм, диаметр электрода 1,6мм.

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

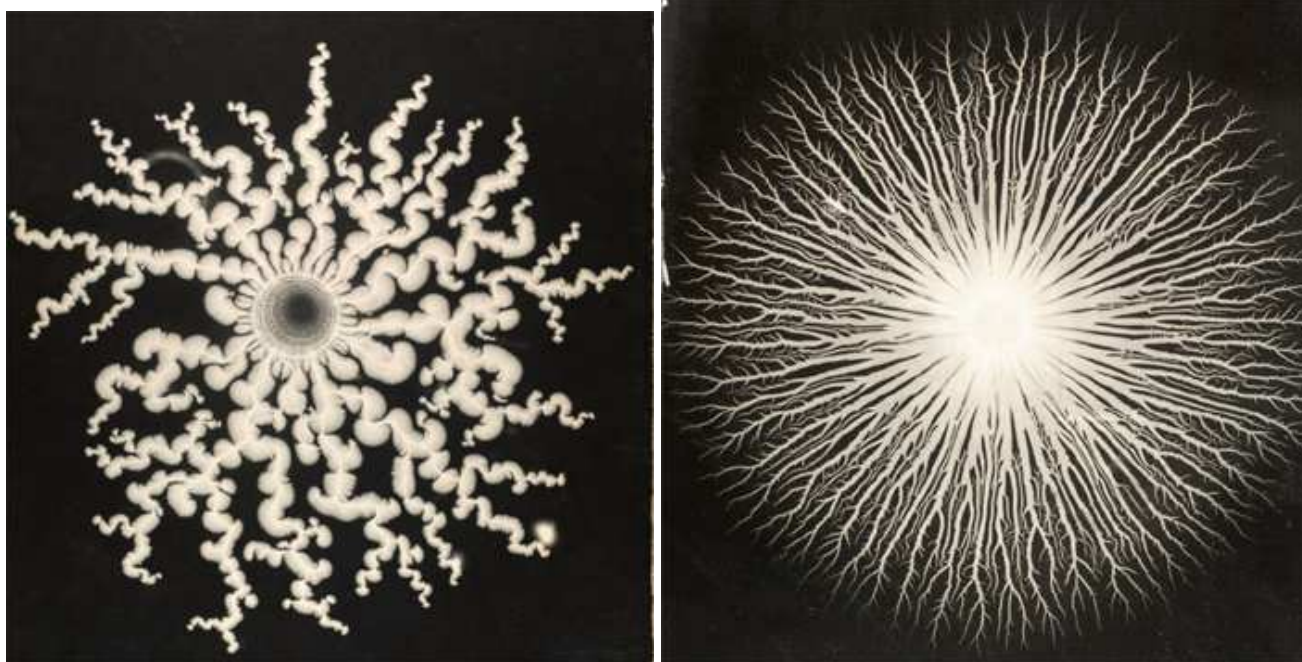


Рис. 9-3-26. Фигуры Лихтенберга.

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 Entladungsanläufe längs 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.

1959-Loeb Leonard Benedict, Department of Physics, University of California, Berkeley, California, USA.

Nasser Essam,

Hudson Gilbert G.

1941-Loeb L.B. 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 atmosphärischer Luft, Archiv für Elektrotechnik. 44 (1959) 157.

1959-Nasser E., Zeitliche Entladungsentwicklung im ungleichförmigen Feld bei positiver Spitze in atmosphärischer Luft, Archiv für 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. Weisz, 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.+

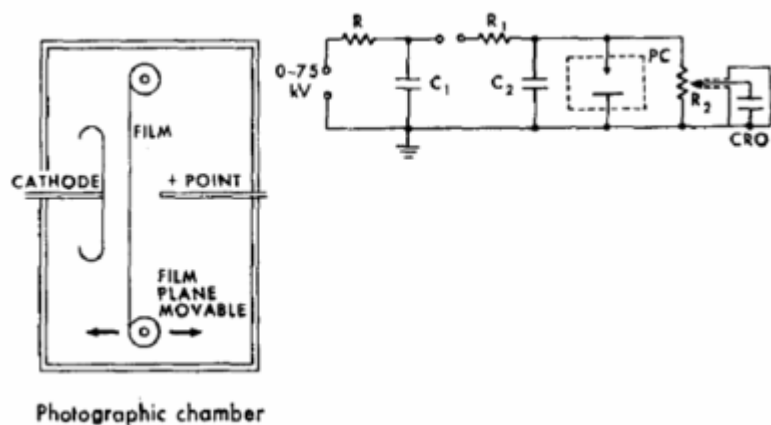


Рис. 9-3-27. Схема установки.

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.

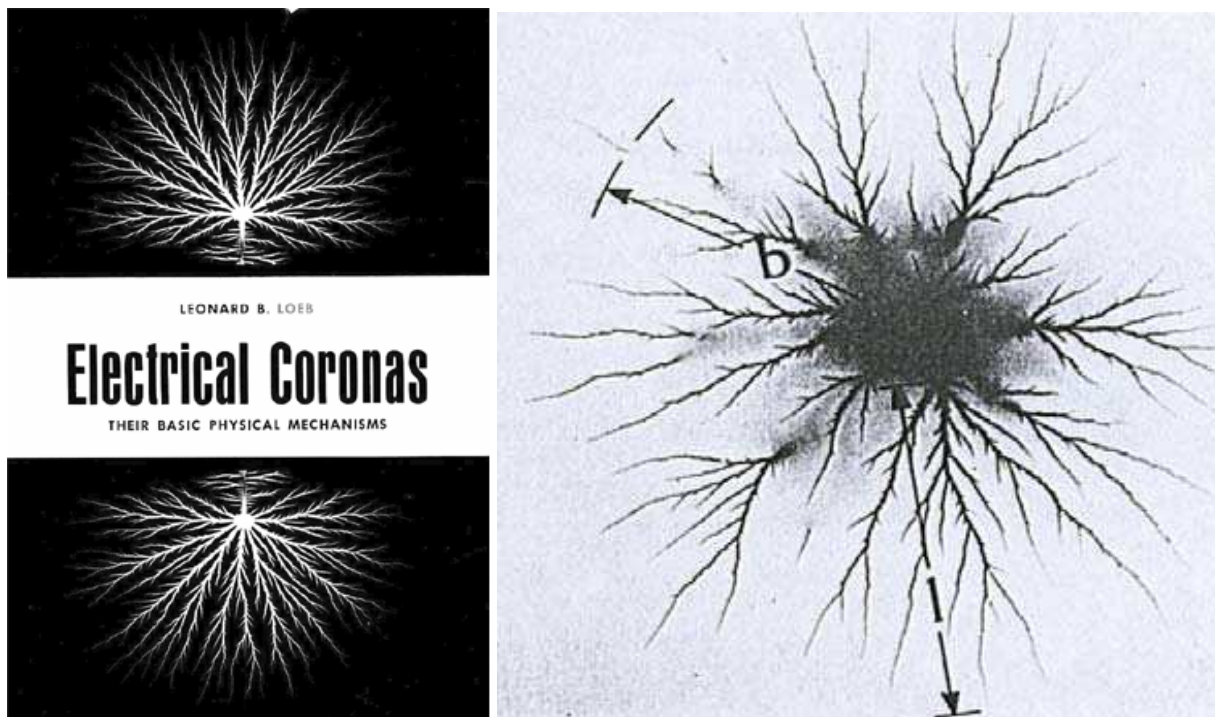


Рис. 9-3-28. Обложка книги и фотография разряда.

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

1965-Chester F. Carlson, "History of Electrostatic Recording," in John H. Dessauer and Harold E. Clark, eds., Xerography and Related processes (London-New York, 1965), 15-49.

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.+

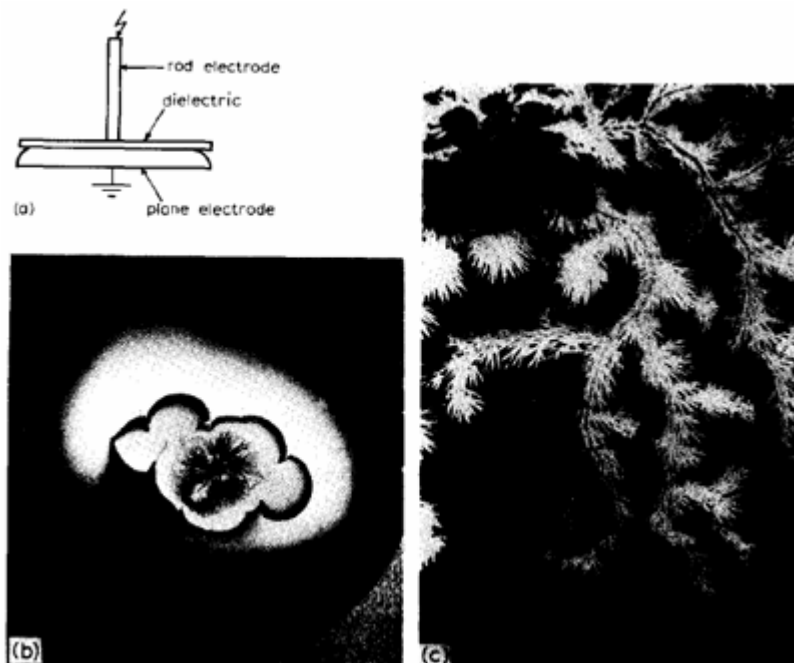


Рис. 9-3-29. а-схема установки, в-отрицательный заряд(-25кВ), с-положительный заряд (+20кВ).

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.

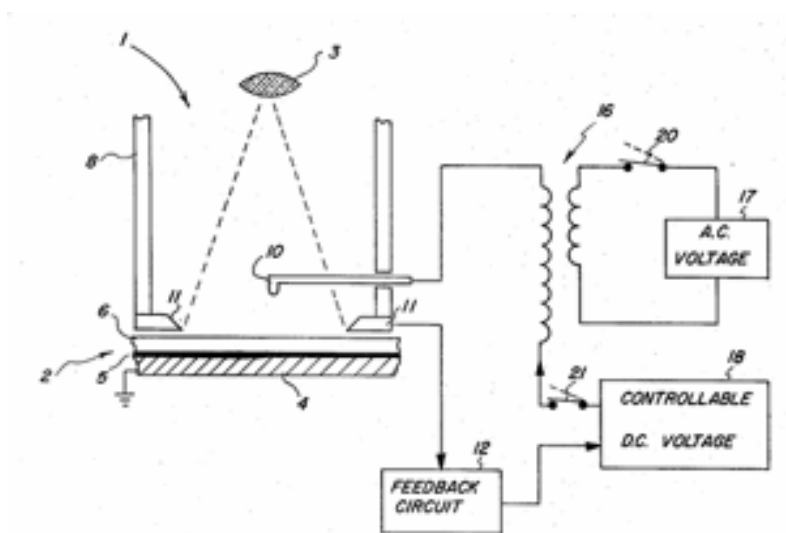


Рис. 9-3-30. Схема установки.

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.

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>

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.+

2004-Ben Lerner.

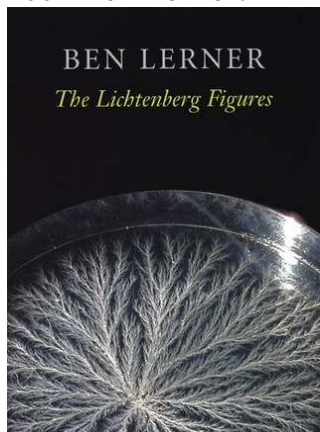


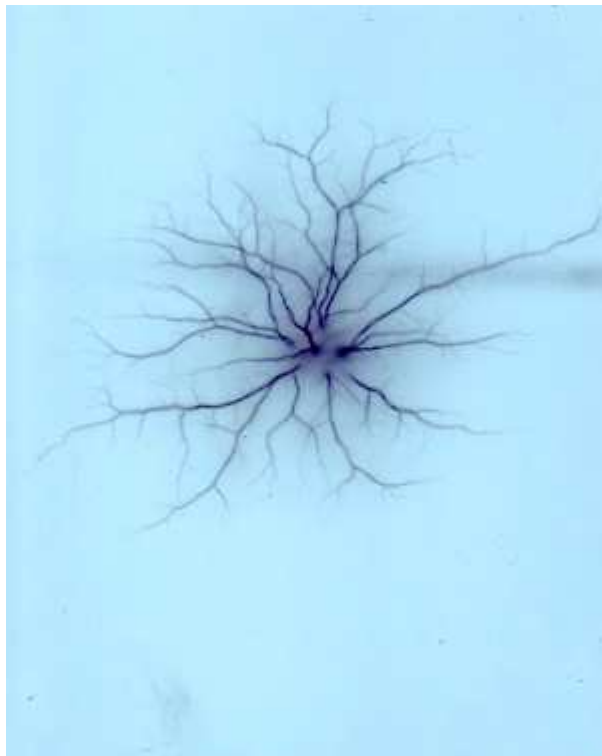
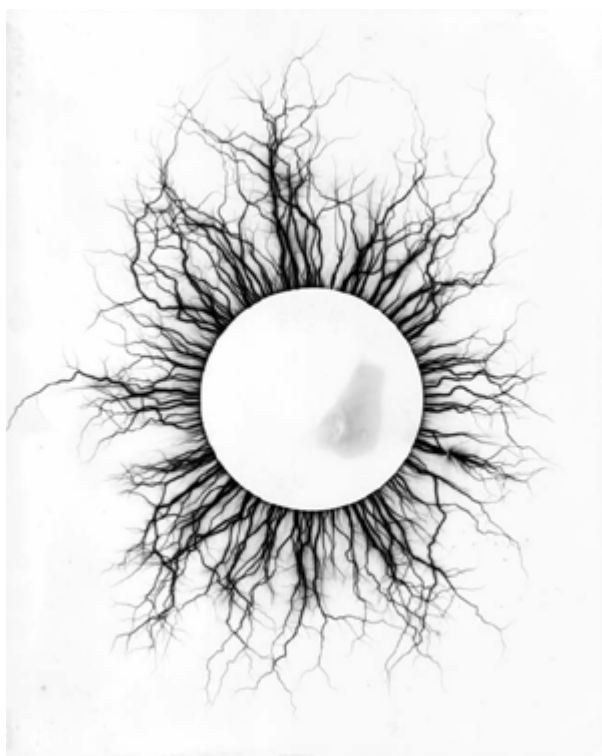
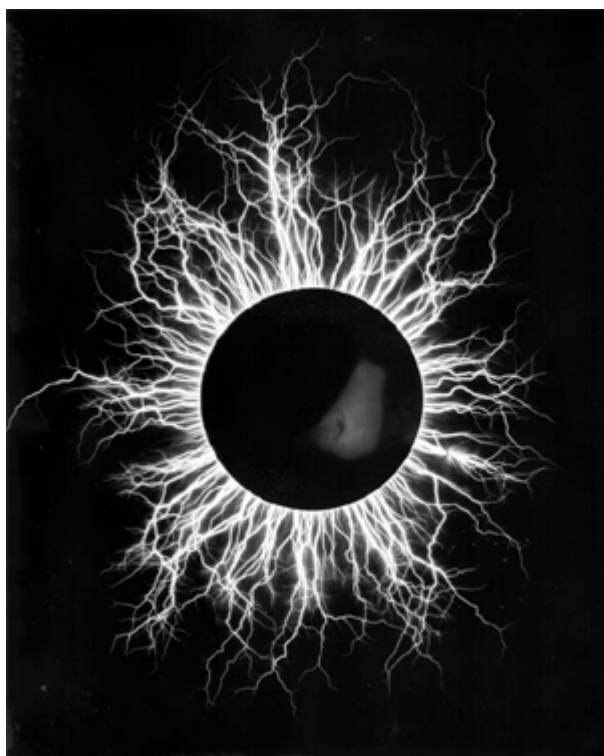
Рис.9-3-31. Обложка книги. Книга стихов, содержит 52 сонета.

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>



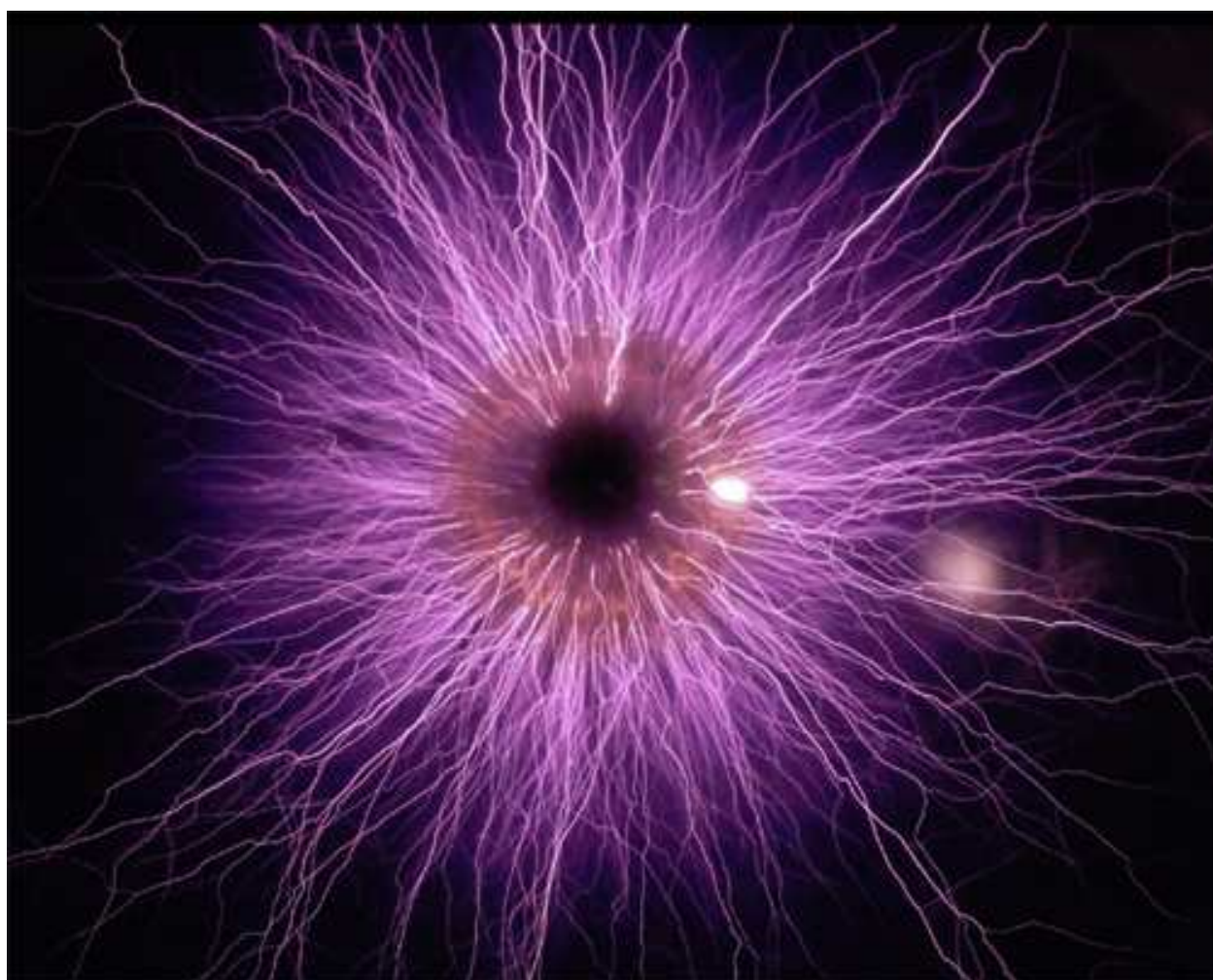
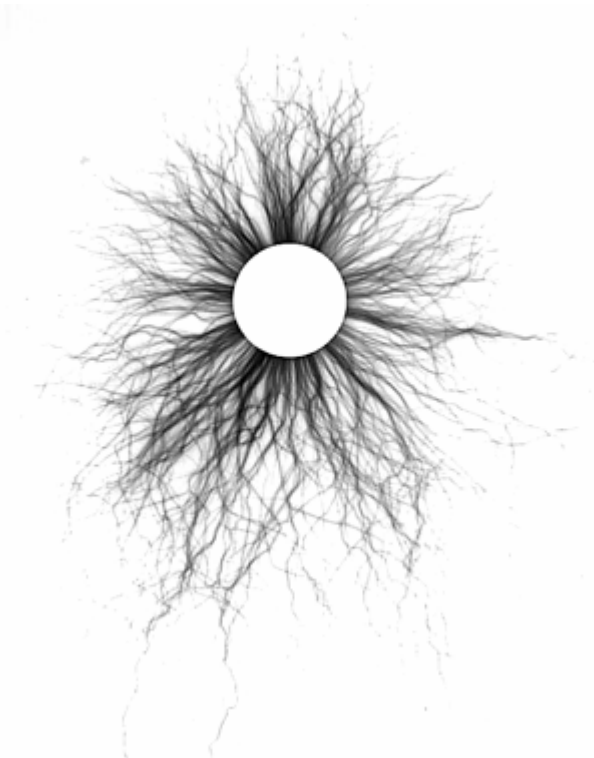
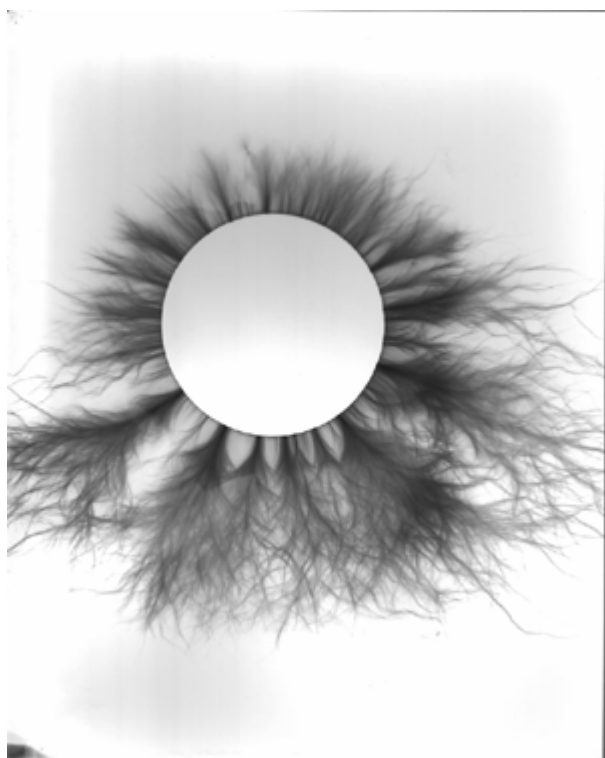


Рис. 9-3-32. Фотографии разрядов.

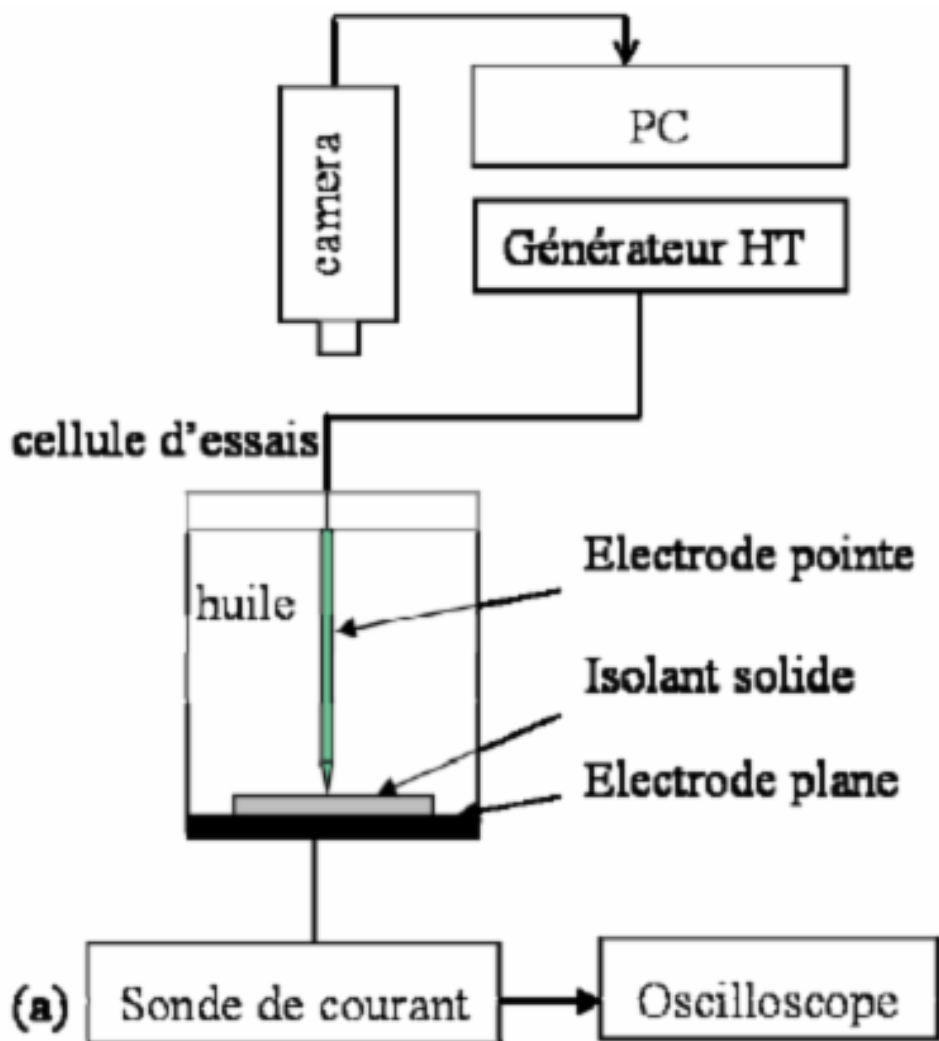


Рис. 9-3-33. Схема установки.

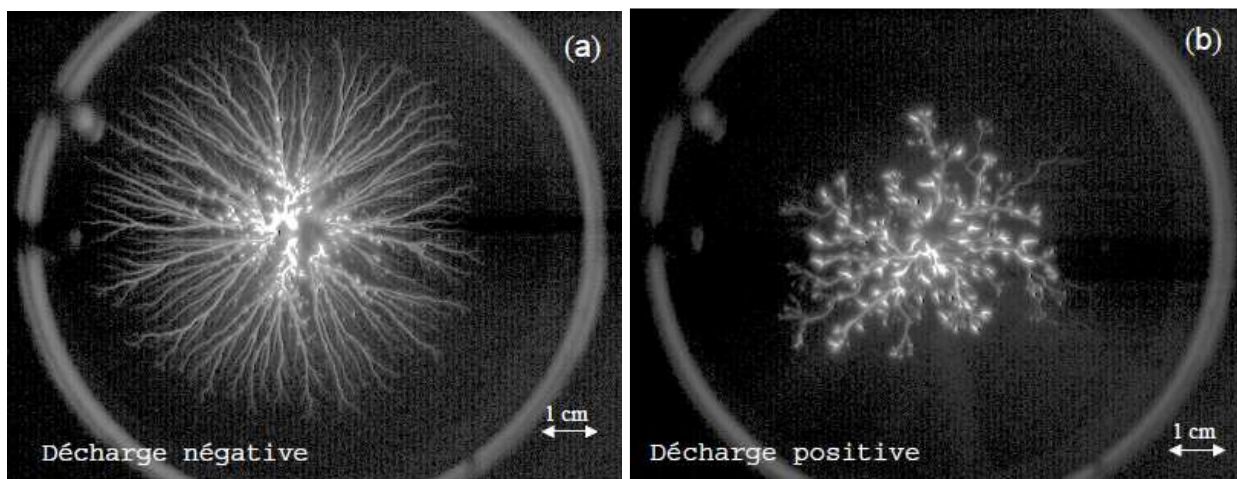


Рис. 9-3-34. Изображение отрицательного (а) и положительного (в) разрядов при напряжении 40кВ.

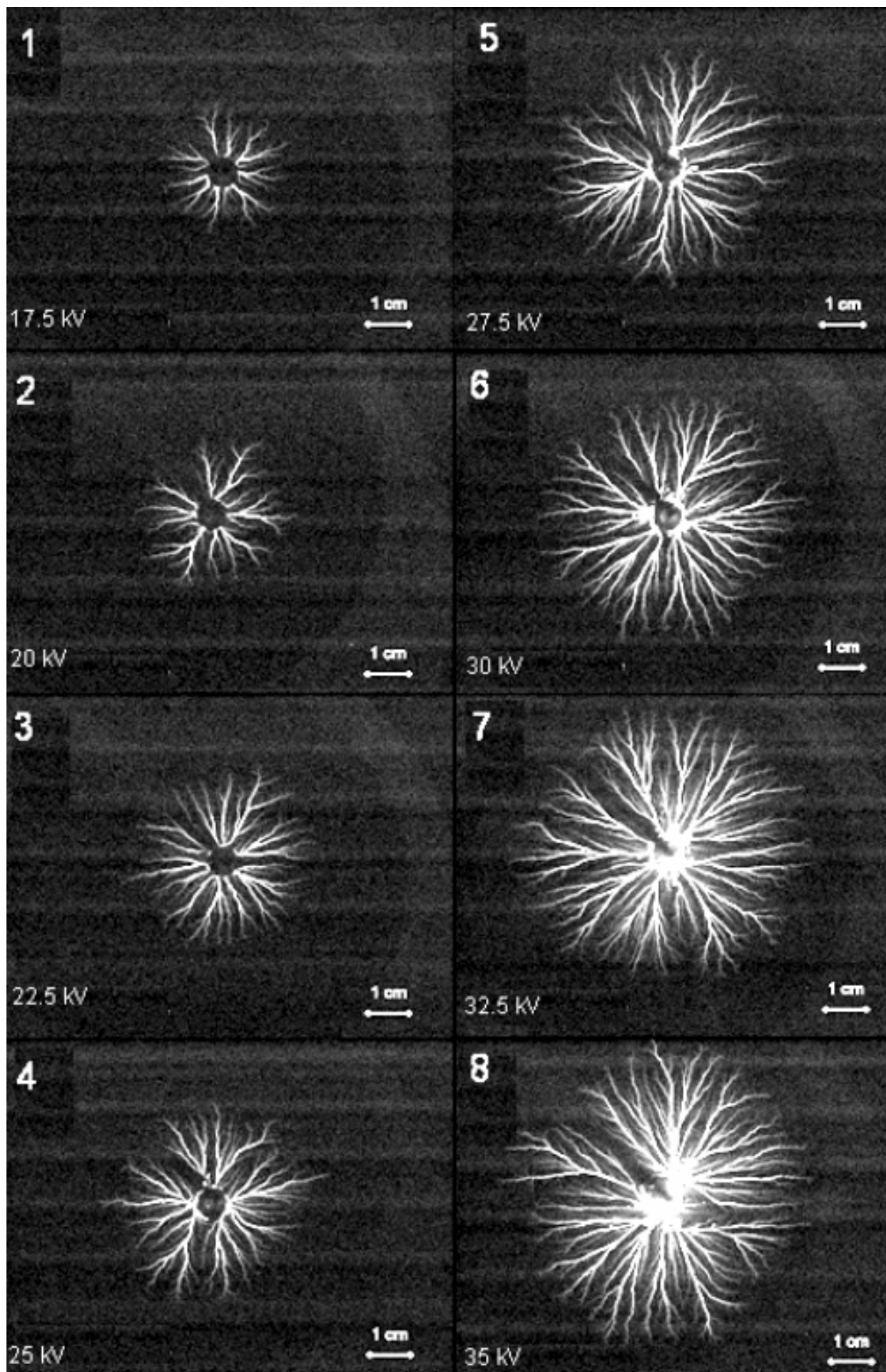


Рис. 9-3-35. Изображение разрядов при различных напряжениях от 17,5 до 35 кВ.

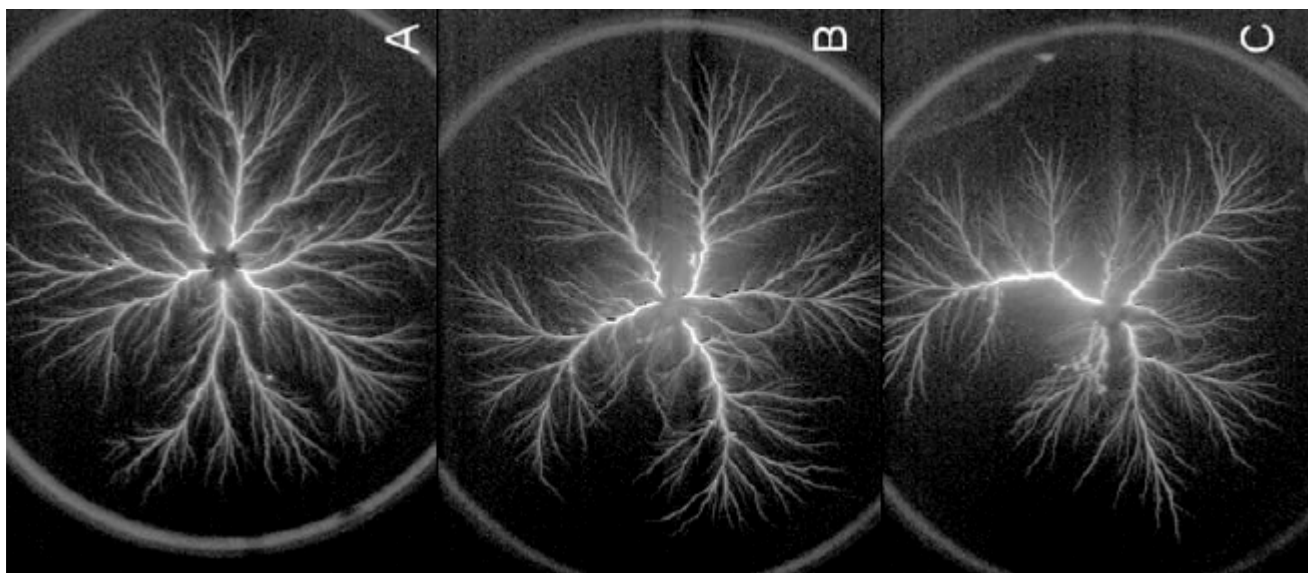


Рис. 9-3-36. Форма разрядов при больших напряжениях, А-2мм, 46кВ, В-10мм, 54кВ, С-20мм, 60кВ.

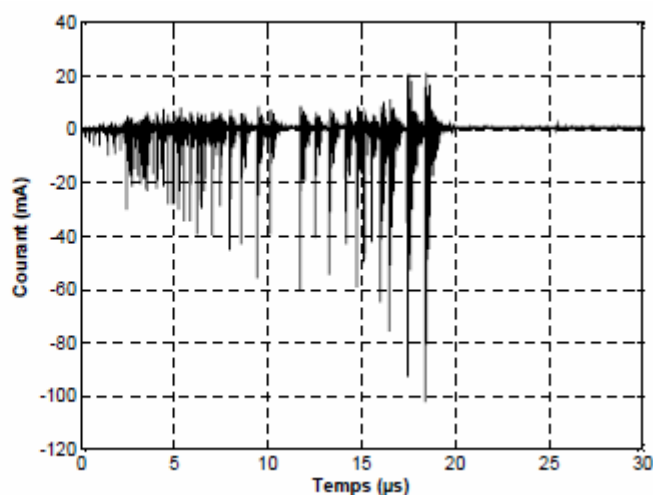
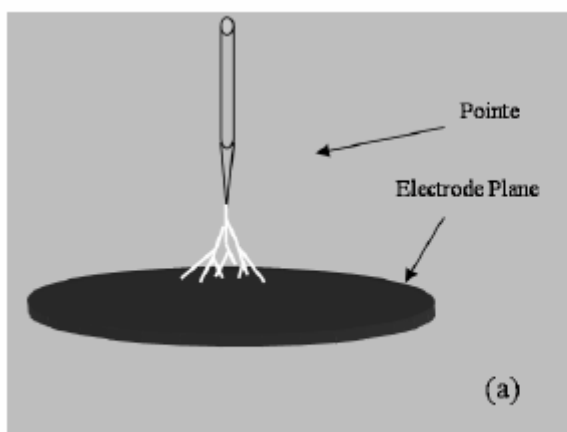


Рис. 9-3-37. Пульсации тока при разряде при напряжении 30кВ.

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.

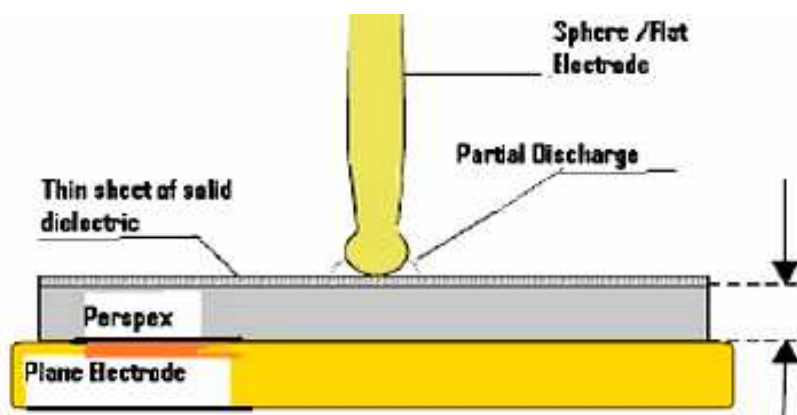
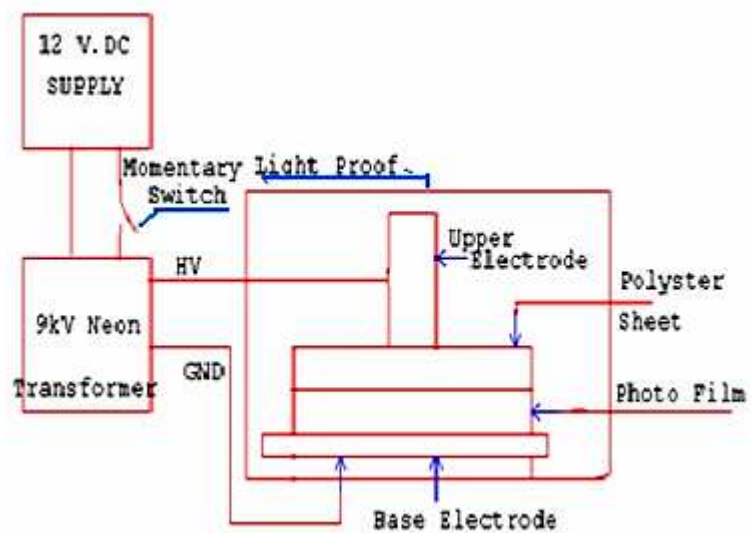


Рис. 9-3-38. Схема установки.

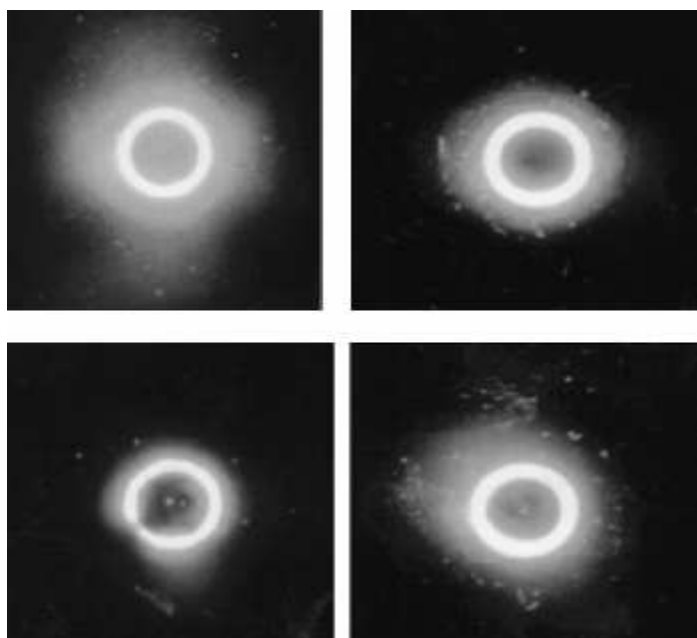


Рис. 9-3-39. Снимок разряда.

9.4 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.

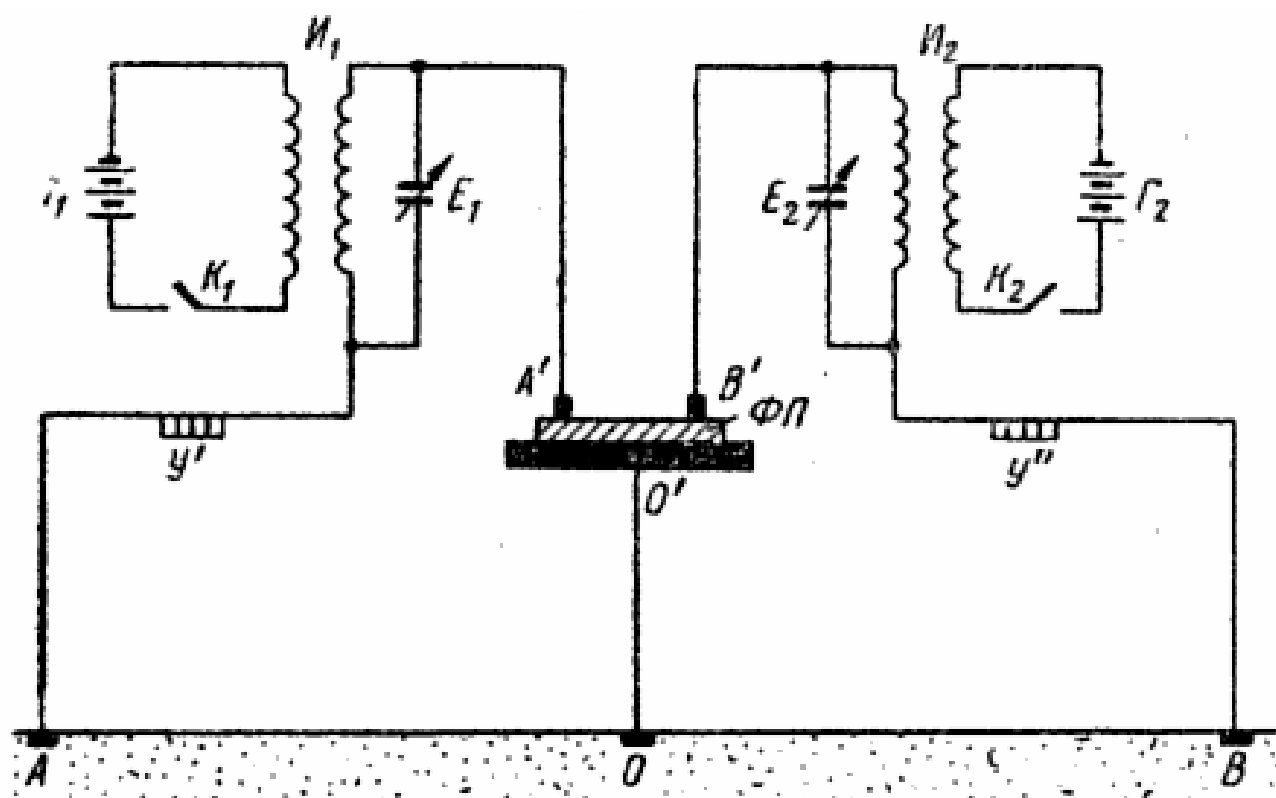


Рис. 9-4-1. Схема устройства.

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

1964-V.S. Komelkov and E. Z. Meilikhov, "Growth in negative Lichtenberg figure in the nanosecond time range", Sov. Phys. Tech. Phys., 1964. vol. 8, p.704-705.

1978-Андреев С.И. Зобов Е.А. Сидоров А.И. ПМТФ. 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. №3. с.75-77.

2012-Бойченко А.П. Галогенсеребряная клидонография веерообразных стримеров барьерного разряда в воздухе атмосферного давления. Современные проблемы физики, биофизики и информационных технологий. Всерос. заочной науч. практ. конф. Краснодар: Краснодарский ЦНТИ, 2012. с.249-256.

9.5 Цветные фигуры Лихтенберга.

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 (de Villarsy, von Villarsy) английский химик, предложил проявлять фигуры Лихтенберга двухкомпонентной порошковой смесью, включавшей красный свинцовый сурик (Pb_3O_4) и зеленовато-желтую серу (carnine, lycorodium, sulphur, sulfur). 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-de Villarsy, Journal General de France, 1788. no.9, p.34.

1788-Anzeige über ein neues elektrisches Experiment von Villarsy. In: Journal Général de France, N°9, 19 Janvier 1788, S. 34f. Dt. in: Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, Band. 5 (1789), 4. St., S.176f.

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

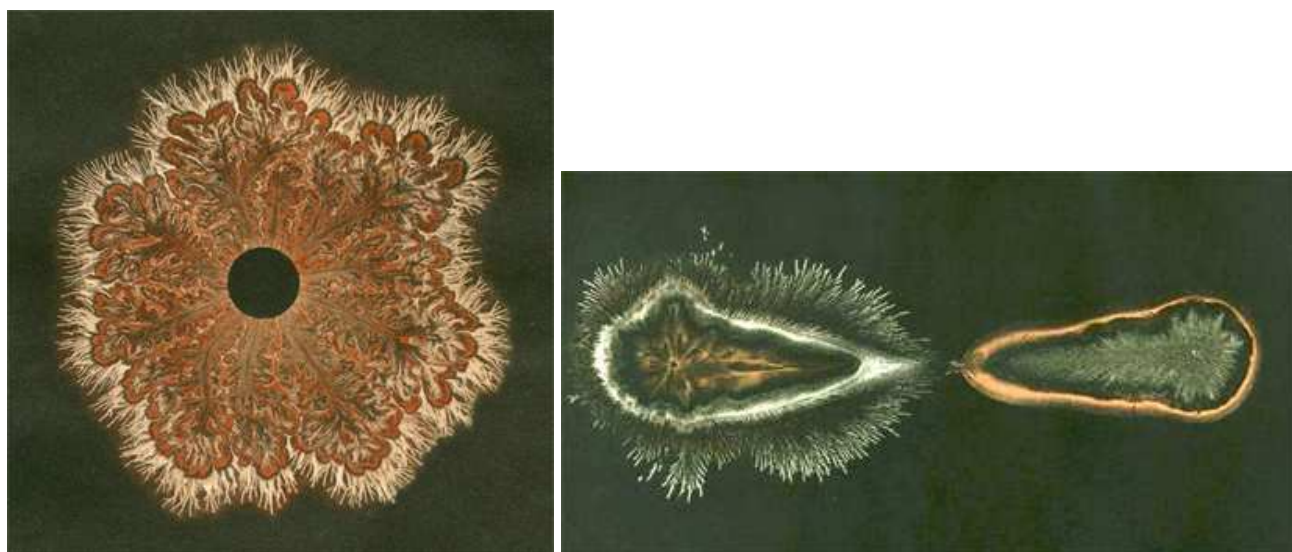


Рис. 9-5-1. Цветные фотографии разрядов, фигуры 12 и 8.

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).

9.6 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. V.Issue 12. p.1033-1036.

1985-Fujimori S. Electric discharge and fractals. Japanes Journal of applied physics. 1985. 24(12). 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-"The Fractal Nature of Lightning: An Investigation of the Fractal Relationship of the Structure of Lightning to Terrain" by Brian Clay Graham-Jones, 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.

9.7 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-Pleasants 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.

9.8 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 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.

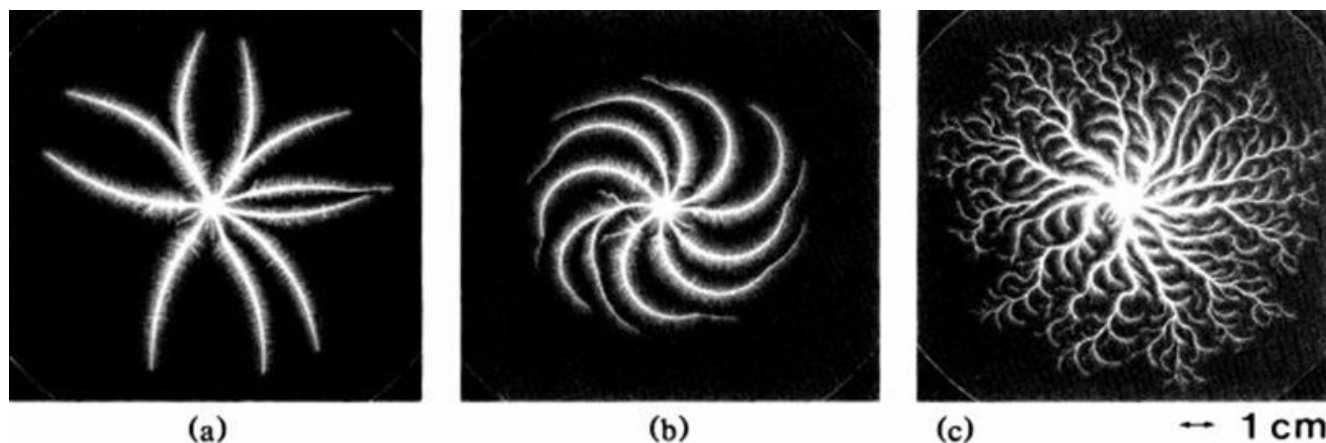


Рис. 9-8-1. Фигуры разрядов на поверхности в среде азота (N_2) при атмосферном давлении при различных значениях магнитного поля. (a)- $B=0$ Т, (b)- $D=5T$, (c)- $B=12T$, для точечного отрицательного электрода. Напряжение 10кВ. Длительность разряда 500нс. Диэлектрик-фольга Mylar толщиной 100мкм.

9.9 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.		
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-figures, 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 «того» 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 исходят 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.

1709-Francis Hauksbee.

1709-F. Hauksbee, Physico-Mechanical Experiments on Various Subjects. Containing an Account of Several Surprising Phenomena Touching Light and Electricity, Producing 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-C. 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. В 1840 году он описал этот эффект в журнале Philosophical Magazine. Он описал следующий эксперимент. На холодную поверхность стекла, или лучше полированную металлическую поверхность положить монету. Дыхнуть на монету один раз и аккуратно удалить. Если затем на дыхнуть на поверхность, то появится изображение монеты. 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 из Кенигсберга (Konigsberg) в июле 1842 года сделал сообщение во Французской академии через М. Regnaul, 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.

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

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 forment 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.

1852-Hunt R. 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 течении 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**.

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

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.

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 J. 1892-3 Proc. R. Soc. Edinburgh 20. 94.

1893-Aitken, J. [1893] Edinb. B. S. P. 20 (1895) 94-.

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

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

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.+

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-W.J. Russell. The Formation of definite Figures by the deposition of Dust. Nature. (9 april 1903). V.67. no.**1745**. p.545-546.+

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.

1973-Y. Murooka and S. Koyama, "Nanosecond surface discharge study by using dust figure techniques", J. Appl. Phys., 1973. vol. 44, p.1576-1580.

1973-S. Koyama and Y. Murooka, "The study of surface discharge phenomena with us rectangular pulses (A comparison of dust figure and Lichtenberg figure techniques)", IEE of Japan, vol. 93-A, p.375-381 1973.

1990-Y.Murooka, K.Hidaka. Theoretical studies on nanosecond surface discharge phenomena observed using Lichtenerg figure method. Archiv fur Elektrotechnik. 1990. 74. p.163-173.

2001-Murooka Y. Takada T. Hidaka K. Nanosecond surface discharge and charge density evaluation. Part 1. Review and experiments. IEEE Electrical insulation Magazine. Mar. 2001. vol.17. p.6-16.

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.+

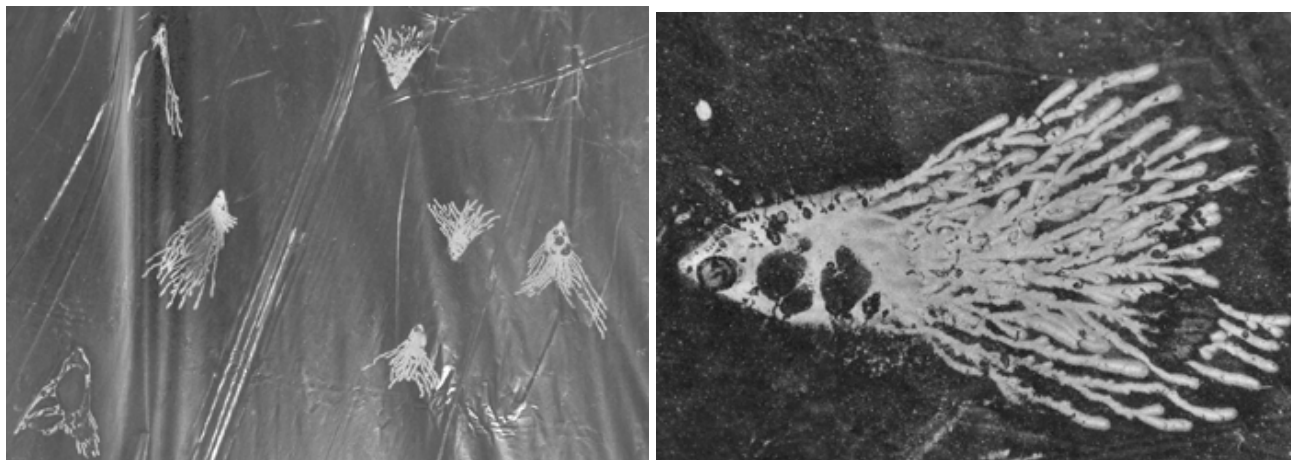


Рис. 9-9-1. Пылевые фигуры, которые возникли в пыльной комнате на нейлоновой пленке.

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. 9-9-2. Пылевые фигуры от положительного и отрицательного круглого электрода.

1842-Петер Т. Рисс (Peter T. Riess) 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 горячего газа, или полученные путем разделения свежие 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.

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.

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 еще видные изображения, присыпая их порошковым красителем. Подобные изображения впоследствии получили наименование **фигур дыхания (breath figures)**.

1842-Reiss P.T. Elektrische 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 von der Reibungselektricitat, V.2, August Hirschwald, Berlin, 1853, p.203.

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

1842-G. Karsten, Berlin. Germany.

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 располагают десять 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, Poggeudorf '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. Januart 1843. p.454-456.+

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

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

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

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.

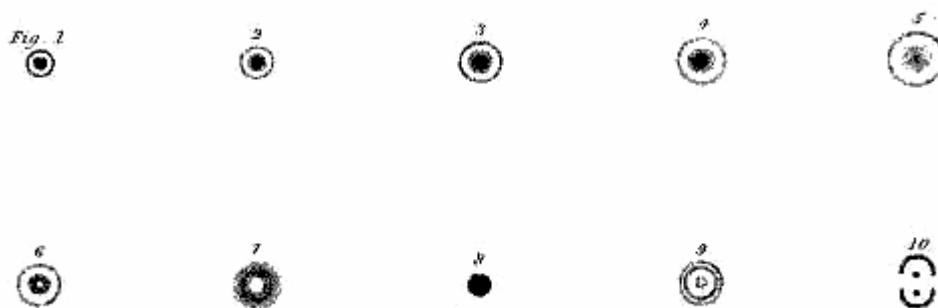


Рис. 9-9-3. Фигуры по полированной поверхности при разряде.

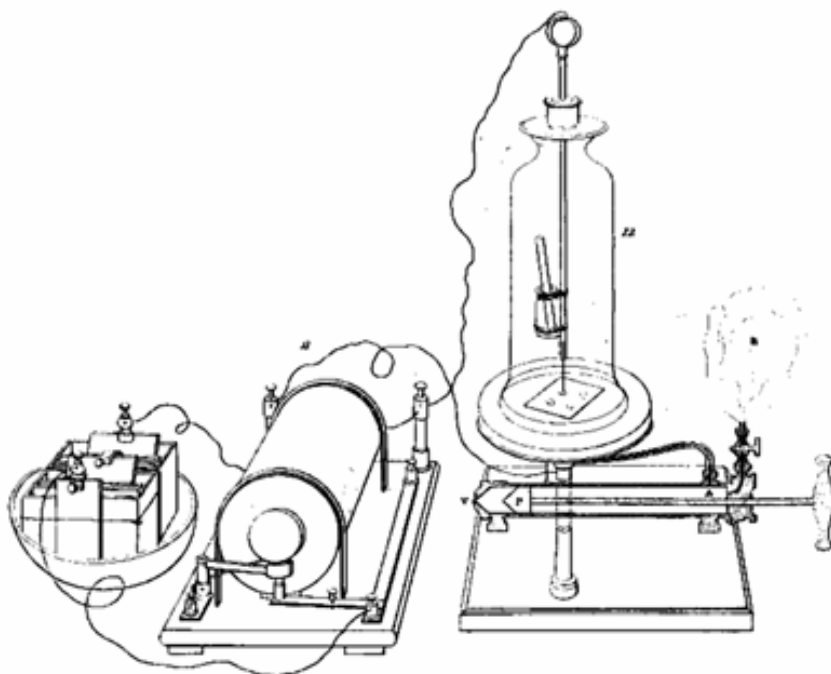


Рис. 9-9-4. Схема установки.

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.

1859-Waideles. Poggendorf'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).+

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.

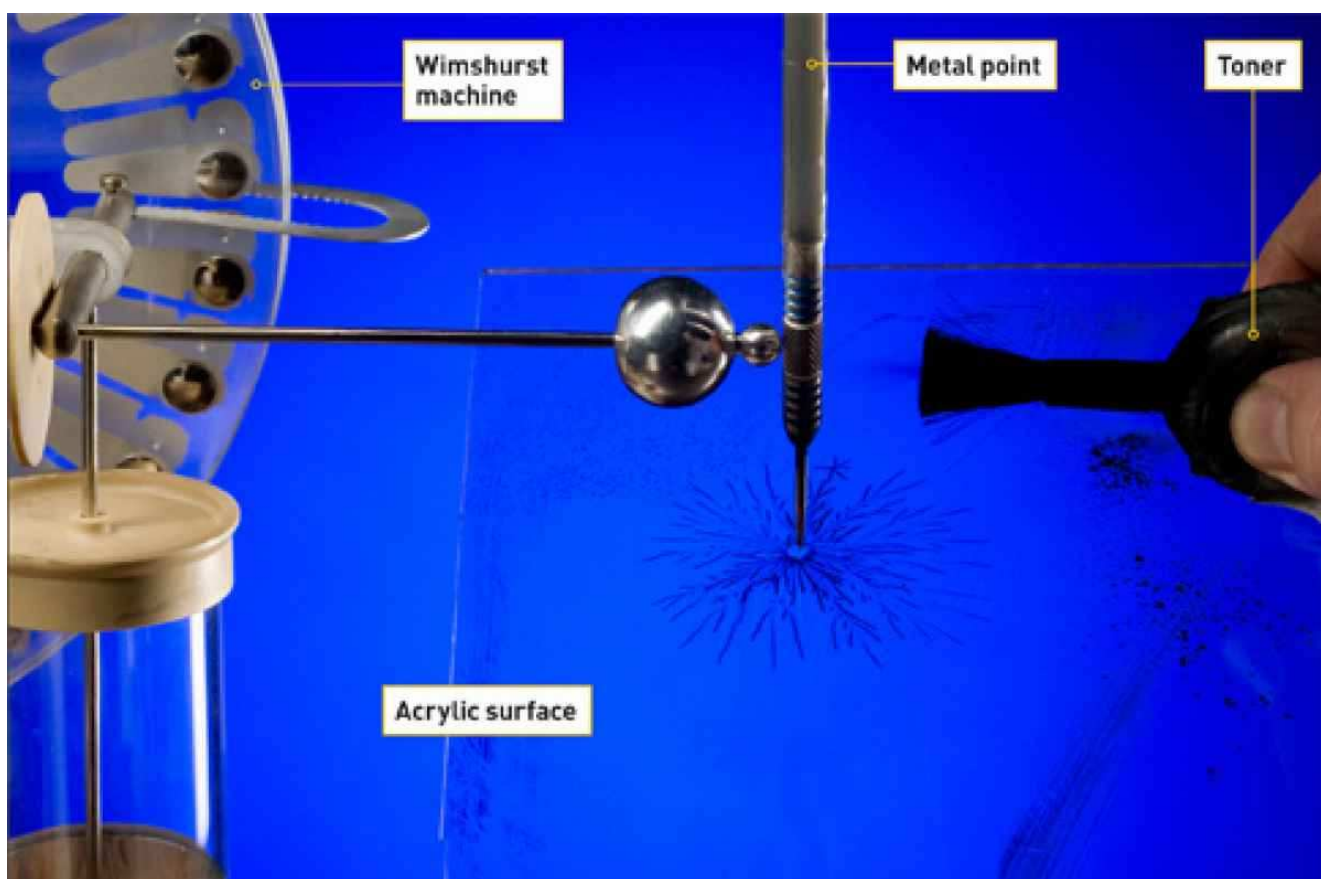


Рис. 9-9-5. Как создать фигуру Лихтенберга.

9.10 Кольца Пристли.

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

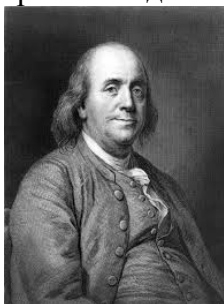


Рис. 9-10-1. Benjamin Franklin.

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>

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

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



Рис. 9-10-2. 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 электричества, вышедшей в 1767 году он описал возникновение колец (**Priestley's ring**), получающихся при электрическом разряде на металлической поверхности.

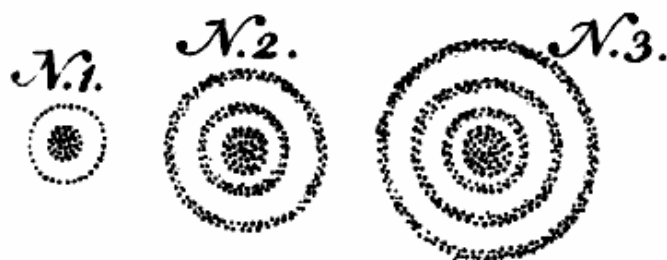


Рис. 9-10-3. Образование кругов на гладкой металлической пластине при разряде, эрозия катода.

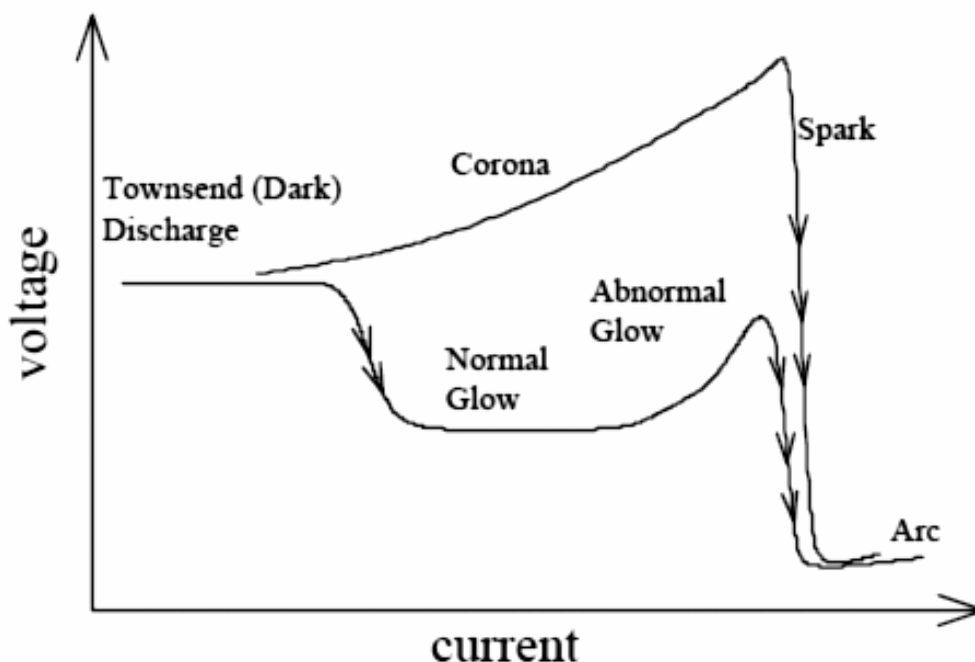


Рис. 9-10-4. Вольт амперная характеристика электрического разряда при атмосферном давлении (верху) и при низком давлении (внизу).

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.

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-screning 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.+

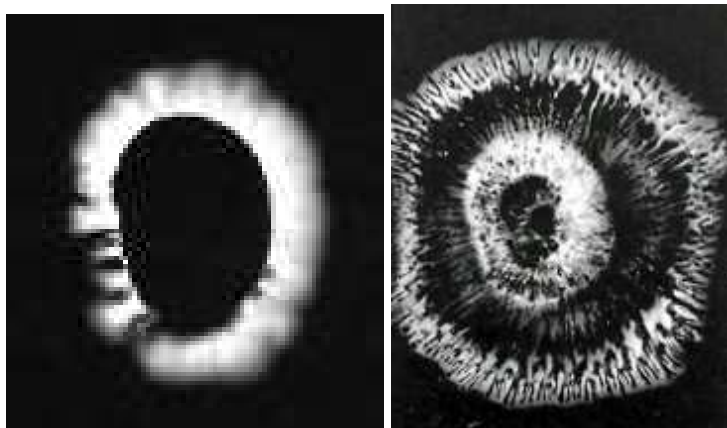


Рис. 9-10-5. Обычное Кирлиановское изображение, и Кирлиановское изображение, зарегистрированное с помощью холестерических жидких кристаллов.

2014-Фирма Research Media & Cybernetics, USA.

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

Регистрация колец при исследовании Кирлиан.

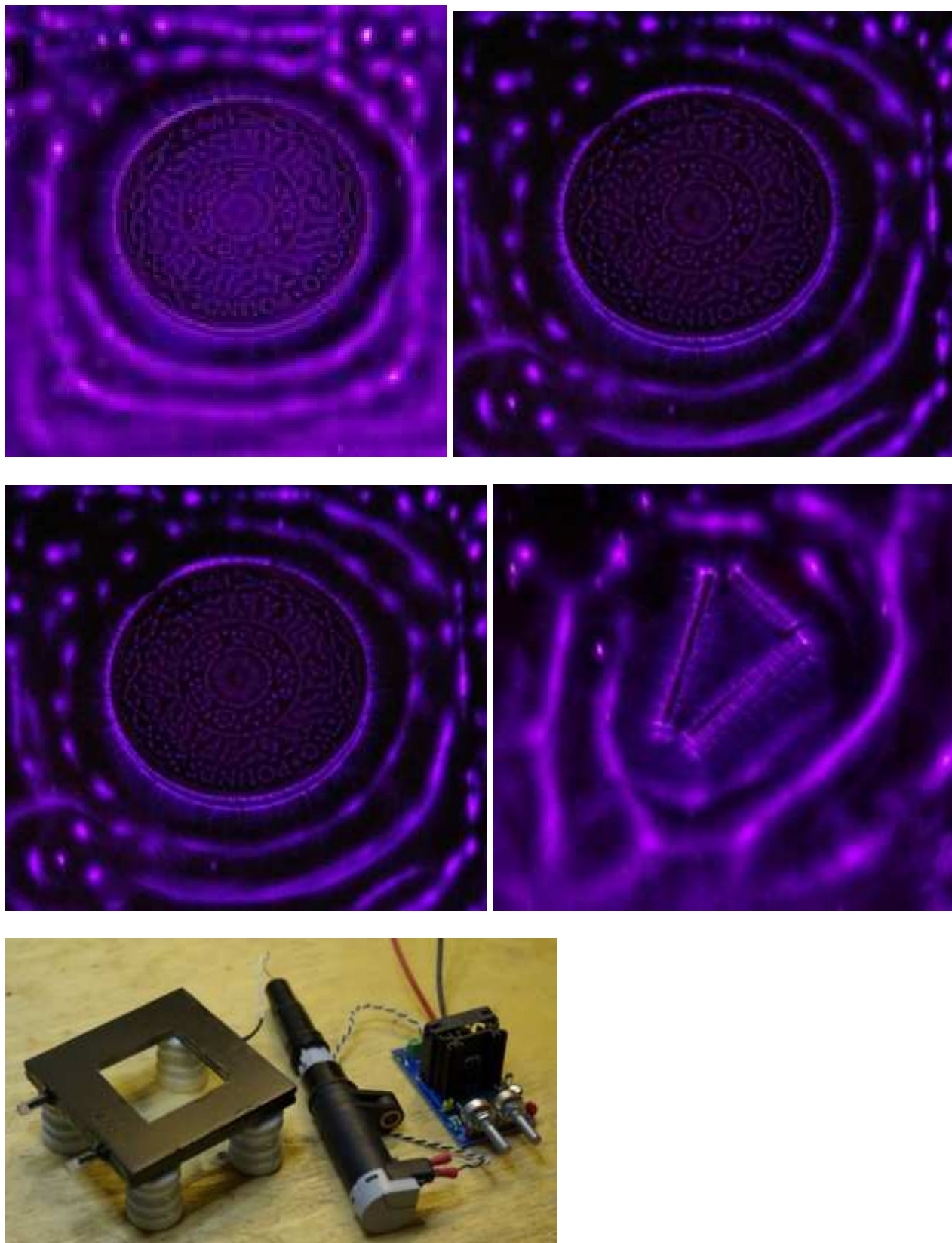


Рис. 9-10-6. Кольцевые структуры при разряде и устройство для регистрации разряда.

9.11 Современные приборы на основе использования тонера.

9.11.1 Прибор А-СКАН" ("А-СКАН").

2013-Фирмой A-Scan разработан портативный регистратор ауры дл экспресс диагностики
А-скан модель BT-09, Aura Register.

<http://www.wedjat.ru/index.php?newsid=1863>

<http://www.mindmachine.ru/a-scan/index.htm>

Прибор А-СКАН регистрирует электромагнитные поля человека с помощью токов низкой частоты и способен регистрировать три электромагнитных поля, окружающих физическое тело человека. Тестируемый палец ставится на контактную пластину, коротким нажатием кнопки проводится электрический разряд. Проявляется снимок с помощью специального тонера, распыскиваемого из баллончика (баллончика с тонером хватает на 700 отпечатков). Из баллончика с тонером наносится тонер на пластину и проявляется отпечаток.

Интерпретация снимка основана на знаниях классической медицины о диагностической оценке физического состояния того или иного органа, диагностических схемах, использующих биологически активные точки пальцев рук, являющиеся началами и концами меридианов классической акупунктуры, знания о психосоматических связях. Снимок получается графическим, и нет ничего проще, чем интерпретировать его по диагностическим схемам.





Рис. 9-11-1. Прибор **A-Scan** модель **BT-09**. Стоимость 9.900 руб.

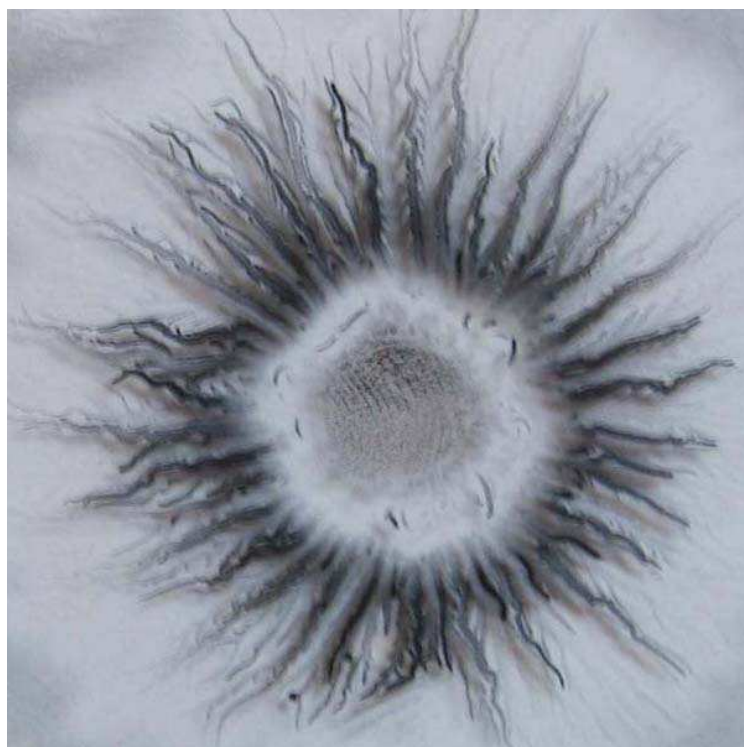


Рис. 9-11-2. Пример регистрации разряда.

МЕРИДИАН КРОВООБРАЩЕНИЯ



Рис. 9-11-3. Карта для интерпретации зарегистрированного разряда.



Рис. 9-11-4. ГРВ камера MICRO. В комплект поставки входят:

1. Прибор для регистрации ЭМП (электромагнитных полей) А-СКАН модель ВТ-09-1 шт.
2. Электродные пластины-2 шт.
3. Соединительный шнур-1 шт.
4. Набор для экспресс-диагностики №1 (эфирного поля)-1 шт.
5. Тонер-1 шт.
6. Руководство пользователя с диагностическими схемами-1 шт.

9.11.2 Прибор Ауроскоп (Auroscope).

Auroscop разработан **Мосягиным Сергеем**, Запорожская обл. г.Энергодар.

<http://mudro.at.ua> <http://auroscope.ru>

Критерии обработки описаны Кадыровым С.К. (2000).

Ауроскоп можно изготовить на основе электронной газовой зажигалки и распылителя тонера. Регистрация производится на поверхности CD-ROM.

1. Берём зажигалку в одну руку так, чтобы пальцы касались металлической пластины на ней.
2. Другую руку ставим на компакт диск так, чтобы пальцы были равномерно распределены по его поверхности (иначе биополе пальцев будут накладываться). Пальцы не должны касаться непосредственно металлической пластины.
3. Кратковременно (не более 1 сек.) нажимаем на кнопку зажигалки. Всё, отпечаток сделан (а вы даже ничего и не почувствовали). Для удобства можно делать не все пальцы сразу, а каждый по очереди.
4. Берём распылитель и, нажимая на его бока, получаем поток воздушно-тонерной смеси, исходящий из трубочки. Этот поток направляем на поверхность компакт-диска. Понемногу начнёт проявляться отпечаток биополя. Распыляем тонер до тех пор, пока отпечаток каждого пальца не станет отчётливо виден.

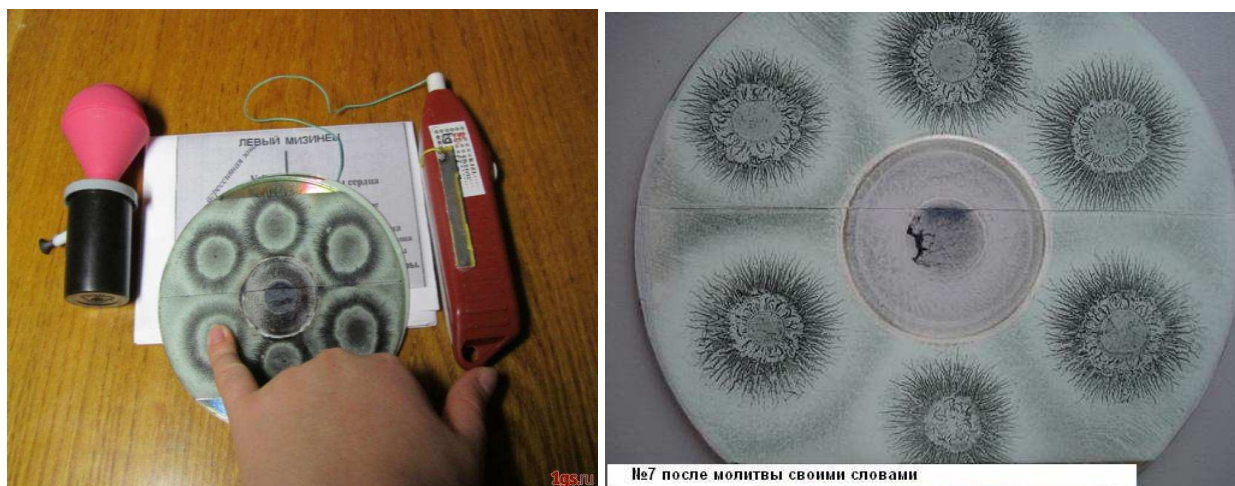


Рис. 9-11-5. Ауроскоп. Стоимость 20\$.

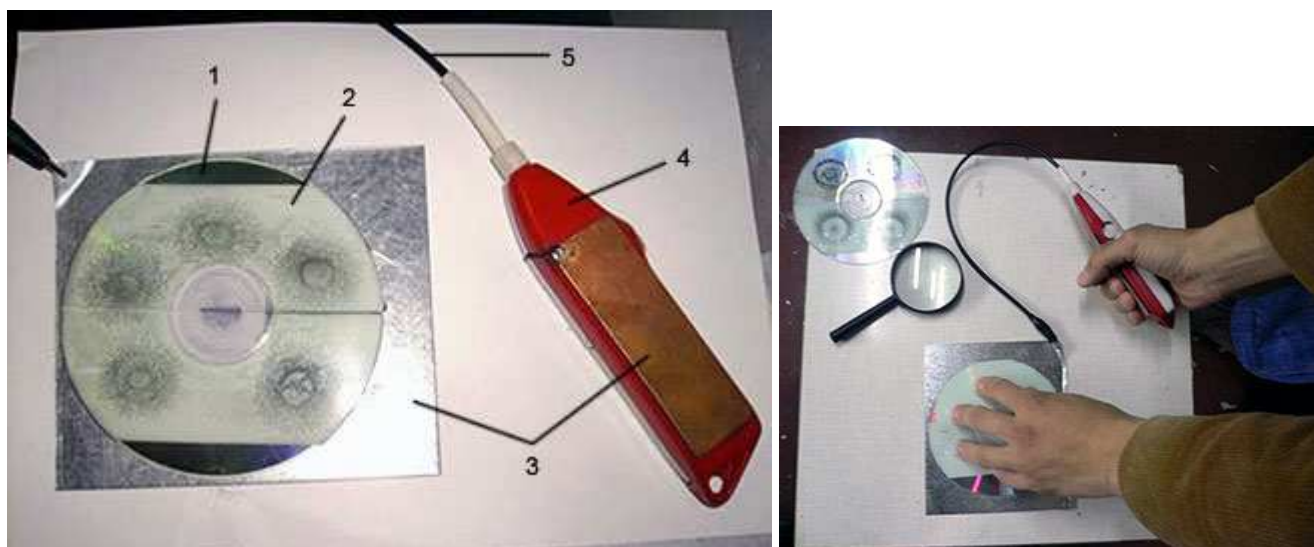


Рис. 9-11-6. Компоненты Ауроскопа:

- 1-Компакт-диск (можно не новый, а записанный).
- 2-Белый скотч, например, для заклеивания окон. Скотч используется для получения более контрастного изображения, можно и без него.
- 3-Металлические пластины (жесть) соответствующего размера.
- 4-Любая электрозажигалка на батарейках (пьезозажигалка не подходит).
- 5-Проводок с «крокодильчиком» на конце. «Крокодильчик» используется для удобства, дабы прибор был разборной. Этот проводок припаивается к одному из контактов выходного трансформатора зажигалки. Другой контакт трансформатора припаивается к металлической пластине на рукоятке зажигалки.
- 6-Распылитель с тонером.

В качестве генератора импульсов высокого напряжения (источника электрического поля высокой напряженности) можно использовать обыкновенную кухонную пьезоэлектрическую зажигалку, а вместо фотопленки и мокрого процесса ее проявления-закрепления воспользоваться принципами технологии ксерокопирования.

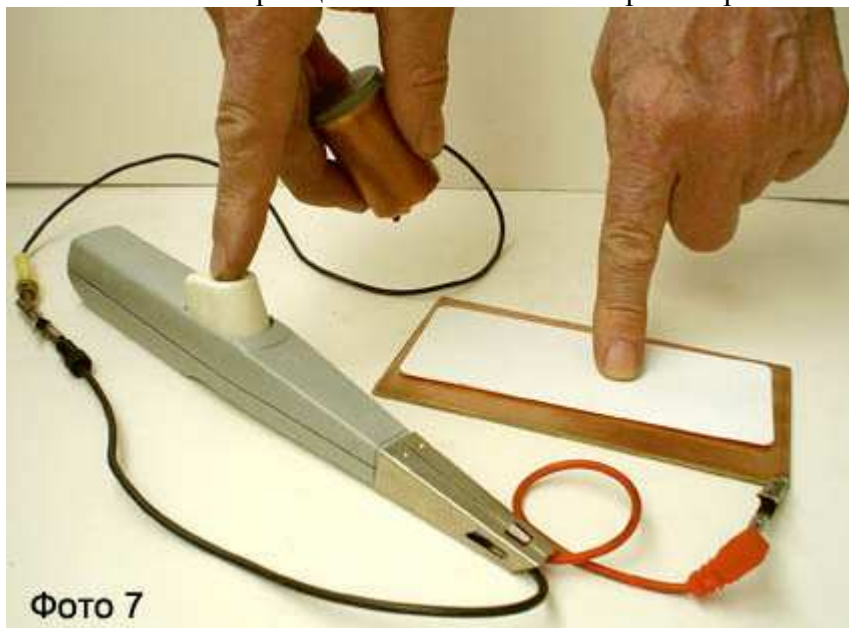


Рис. 9-11-7. Схема установки.

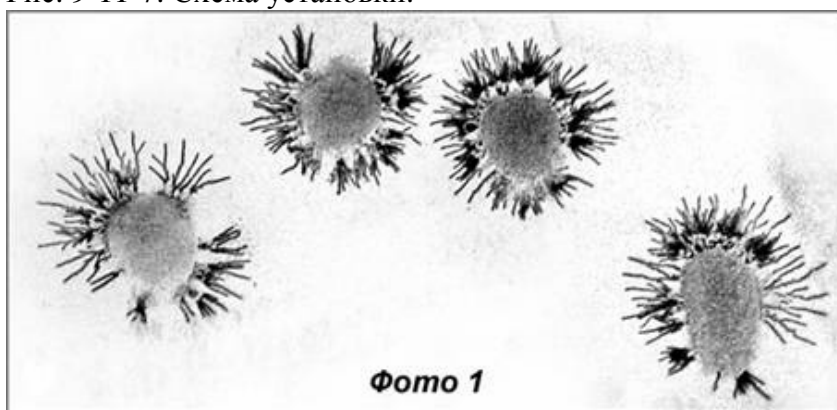


Рис. 9-11-8. Снимок пальцев с помощью метода ксерокопирования.

Можно использовать в качестве источника высокого напряжения пьезоэлектрическую зажигалку. Но можно применить электронную зажигалку, в которой высокое напряжение выдается с определенной частотой. При эксперименте с разными пластиками выяснилось, что статическое электричество по-разному себя ведет в зависимости от материала. Были выбраны два материала: лазерный диск и белый скотч фирмы ХАСК. На лазерном диске удастся увидеть 2-3 поля, а наклеив на него белый скотч, проявляются 4-5 полей. Ненужный снимок легко стереть салфеткой, предварительно капнув на диск несколько капель подсоленной воды.

9.11.3 Изучение изображений, полученных с помощью Ауроскопа.

2014-Елена Смирнова (Дубова) <http://esoterictour.co.nz/Kirlian-aura.htm>

Провела большое количество исследований с прибором Auroscope.

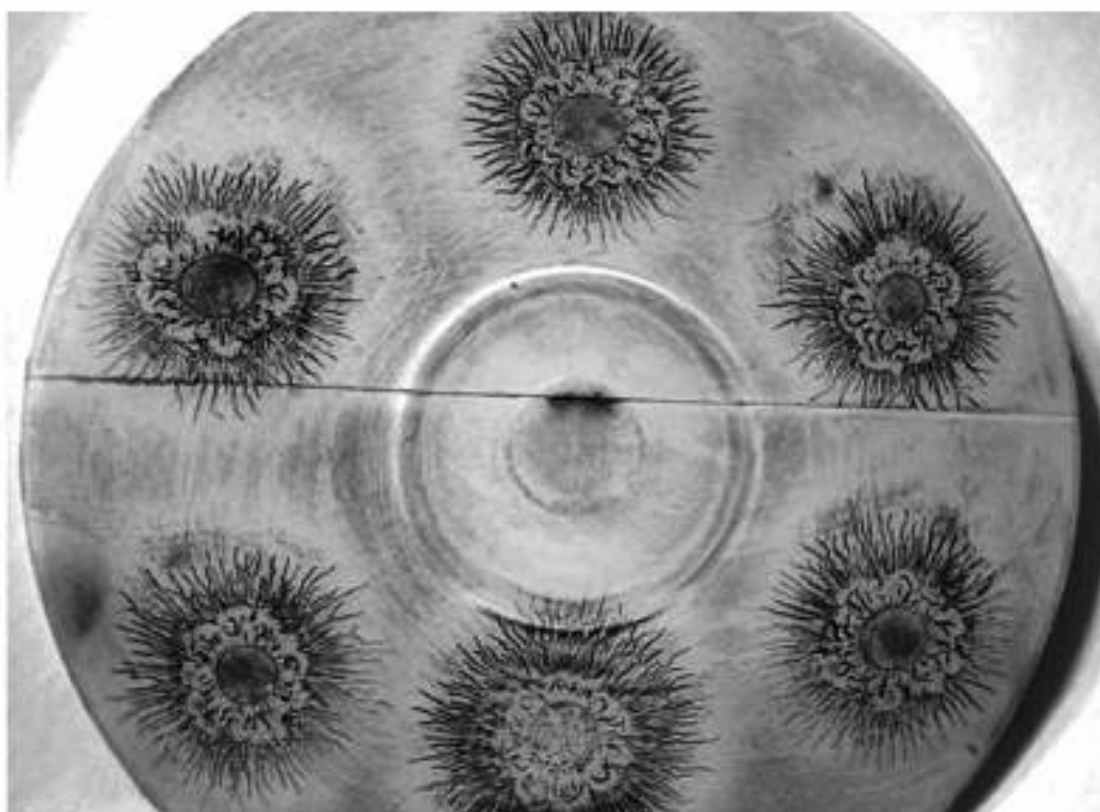
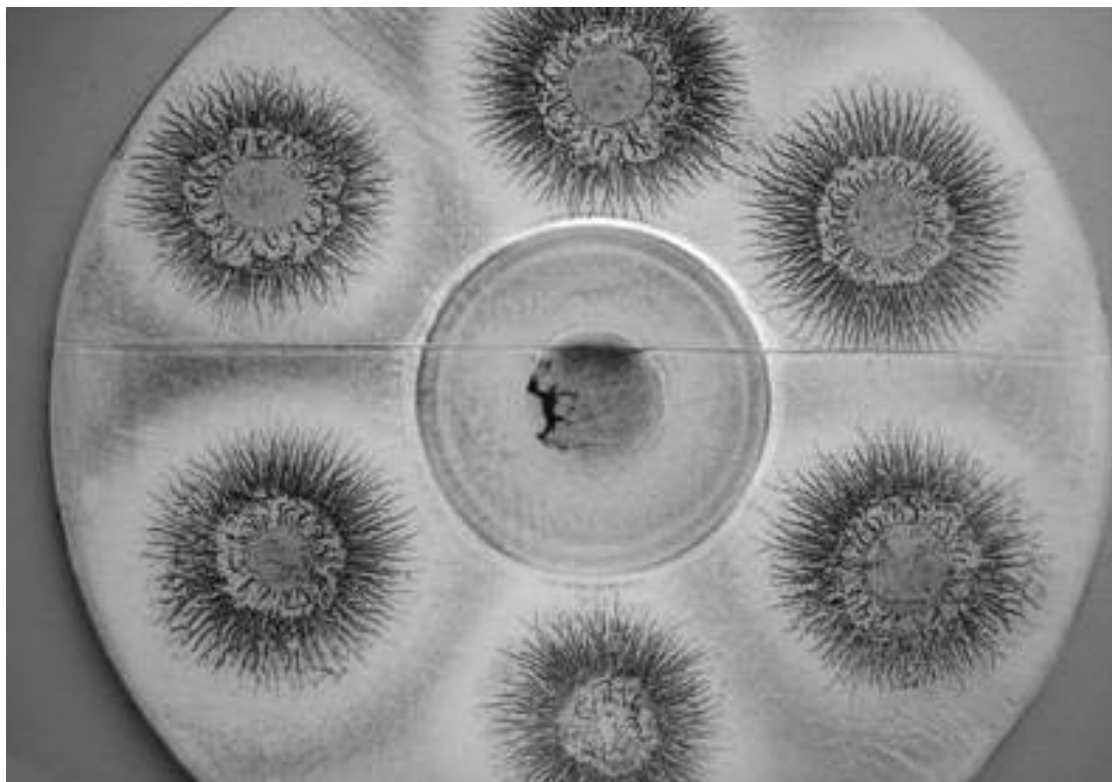


Рис. 9-11-9. Снимки здоровых людей (сверху) и людей с заболеваниями (снизу).

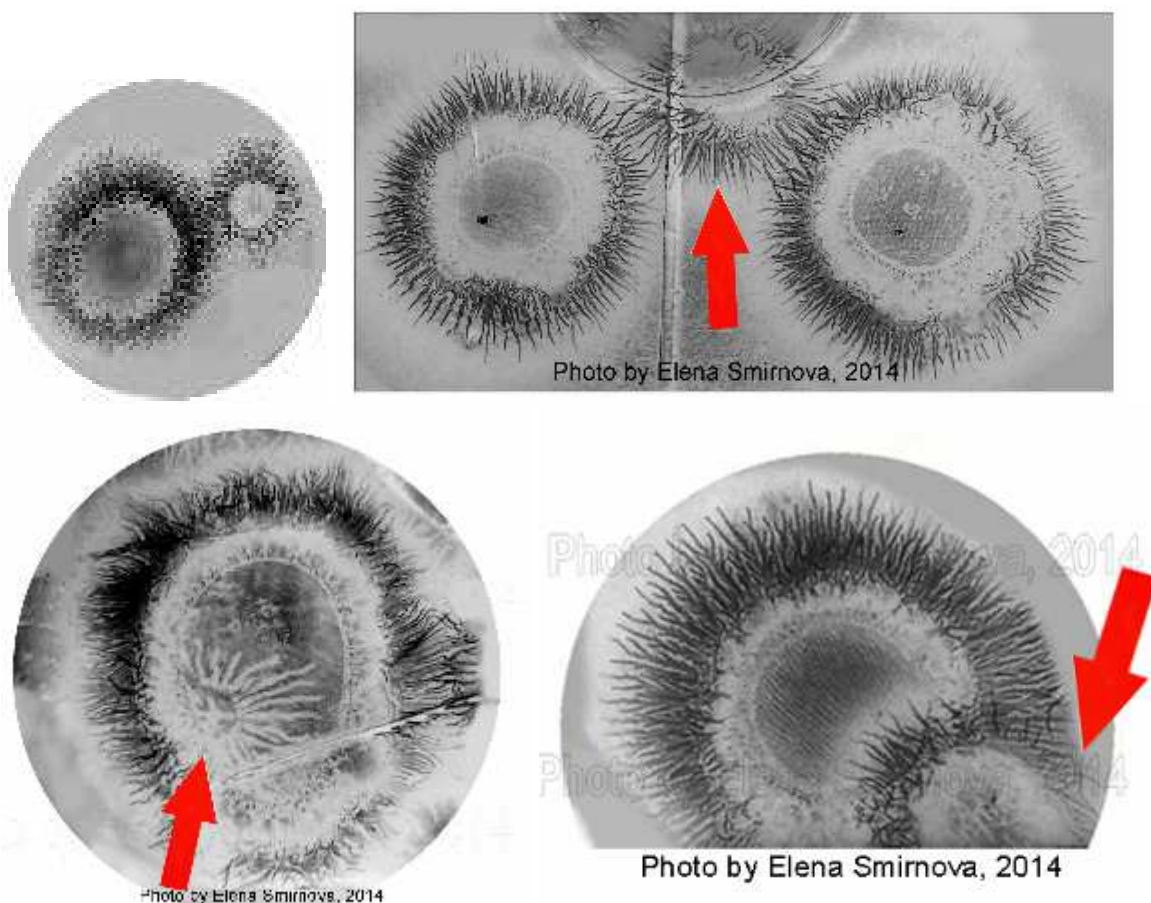


Рис. 9-11-10. Проявление некоторых объектов рядом с пальцем.

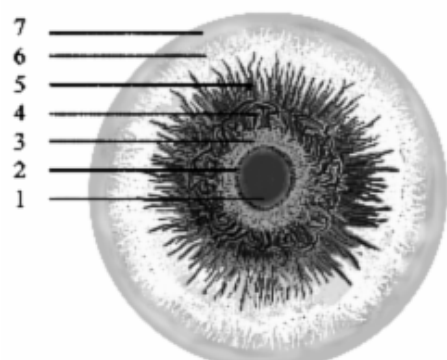


Рис. 9-11-11. Снимок получен наложением отпечатков всех 10 пальцев. Снимок позволяет выявить все 7 полей ауры человека.

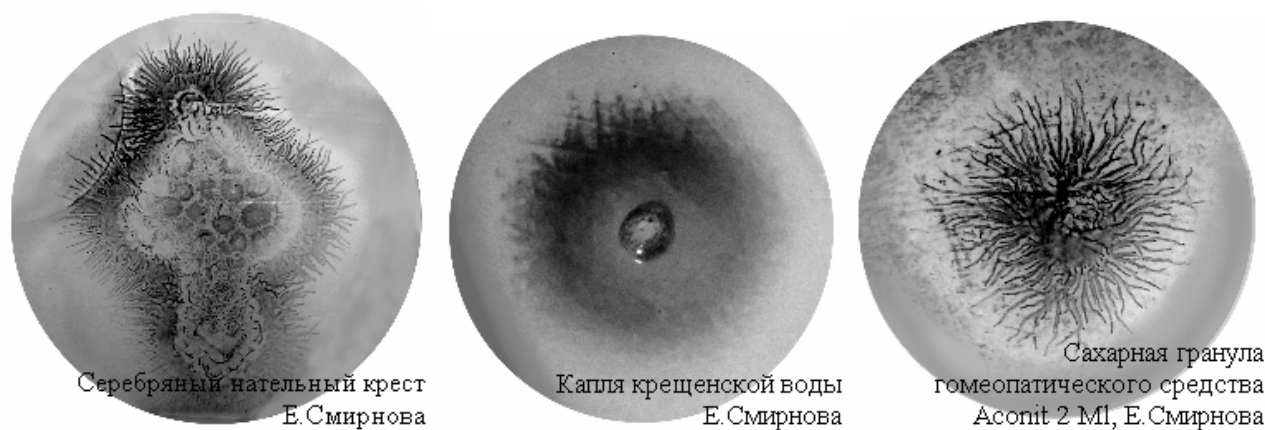


Рис. 9-11-12. Снимки различных объектов.

Исследование структуры разряда на поверхности CD диска.

Прежде всего необходимо отметить, что структура зарегистрированного разряда на поверхности CD диска существенно отличается от структуры разряда, зарегистрированного стандартным методом (на фотопленку или камеру). Различие объясняется следующим образом.

При стандартном методе регистрации (на фотопленку или с помощью телекамеры) регистрируется оптическое излучение, возникающее в зоне разряда. Это излучение возникает в ближней зоне (размытые области коронного разряда) и в дальней зоне (яркое свечение стримеров).

При регистрации на CD диск регистрируются поверхностные разряды, которые остаются на поверхности диска в местах возникновения каналов стримерного разряда.

Рассмотрим структуру разряда для различных объектов в зависимости от полярности подаваемого напряжения. Размер поля для регистрации разряда составляет 5х5см.

Отметим одну тонкость при регистрации свечения пальца. В описанных выше схемах один электрод находится в руке, а другим электродом является диск, которого касается другая рука при регистрации. При такой схеме соединения ток проходит через все тело, и возможны различные эффекты и неприятные ощущения. В качестве более безопасного метода рекомендуется в качестве электрода использовать пластинку, которая прикладывается к пальцу, для которого регистрируется свечение. В этом случае ток проходит только через палец, и все нежелательные эффекты не возникают.

1-Разряд от точечного электрода, стандартные фигуры Лихтенберга.

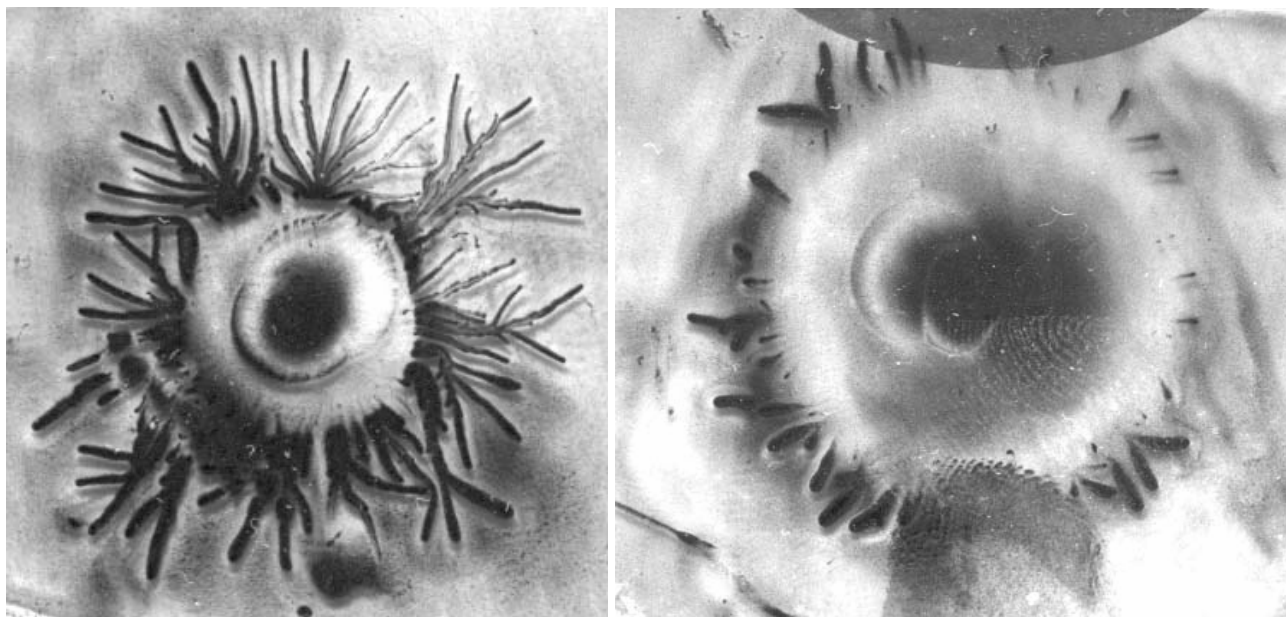


Рис. 9-11-13. Разряд от точечного электрода, положительная полярность, стандартные фигуры Лихтенберга.

Описание:

-темная размытая область диаметром 5мм в центре, в месте соприкосновения электрода с поверхностью.

-светлая область шириной 5-10мм.

-область длинных темных стримеров шириной 5-15мм. Необходимо отметить, что стримеры являются довольно толстыми. На самом деле толщина стримерного канала очень маленькая, но тонкий стримерный канал создает на поверхности диска широкую полосу с поверхностным

зарядом. Поэтому при нанесении тонера получается широкая полоса. Ширина полосы соответствует количеству поверхностного заряда, а не ширине исходного стримера.

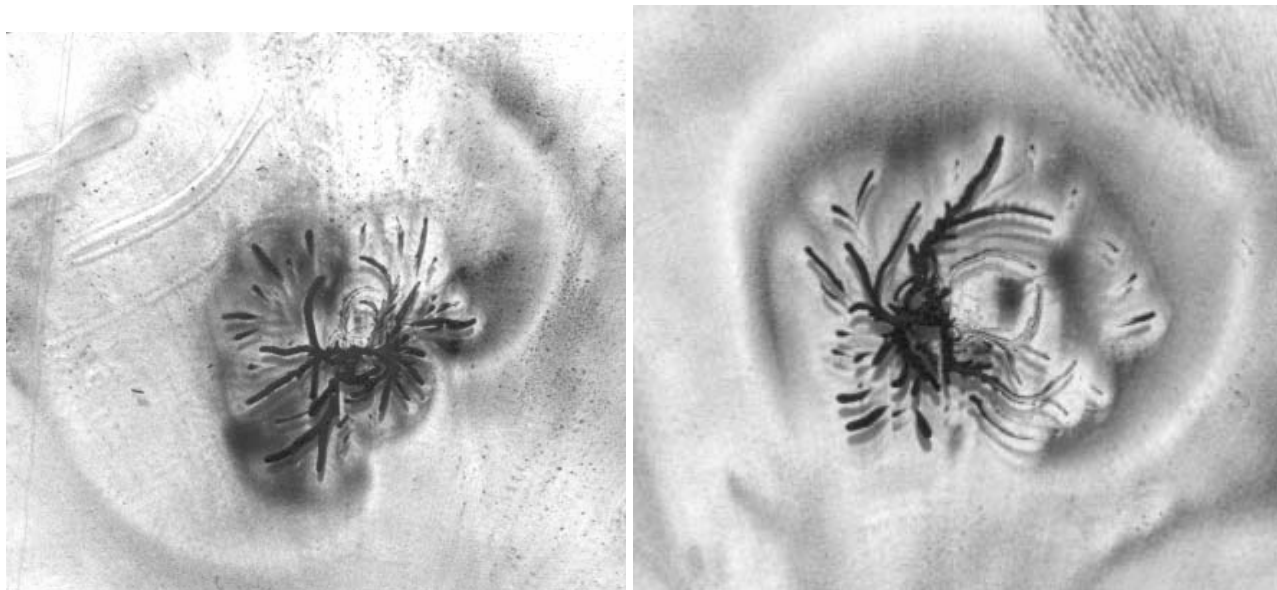


Рис. 9-11-14. Разряд от точечного электрода, отрицательная полярность, стандартные фигуры Лихтенберга.

Описание:

- область темных стримеров диаметром 10мм.
- серая область шириной 1-3мм. Область имеет четкую границу со стороны стримеров, и затем спадающую интенсивность при удалении.
- светлая область шириной 5-15мм.
- серая область шириной 10мм.

2-Разряд от монеты.

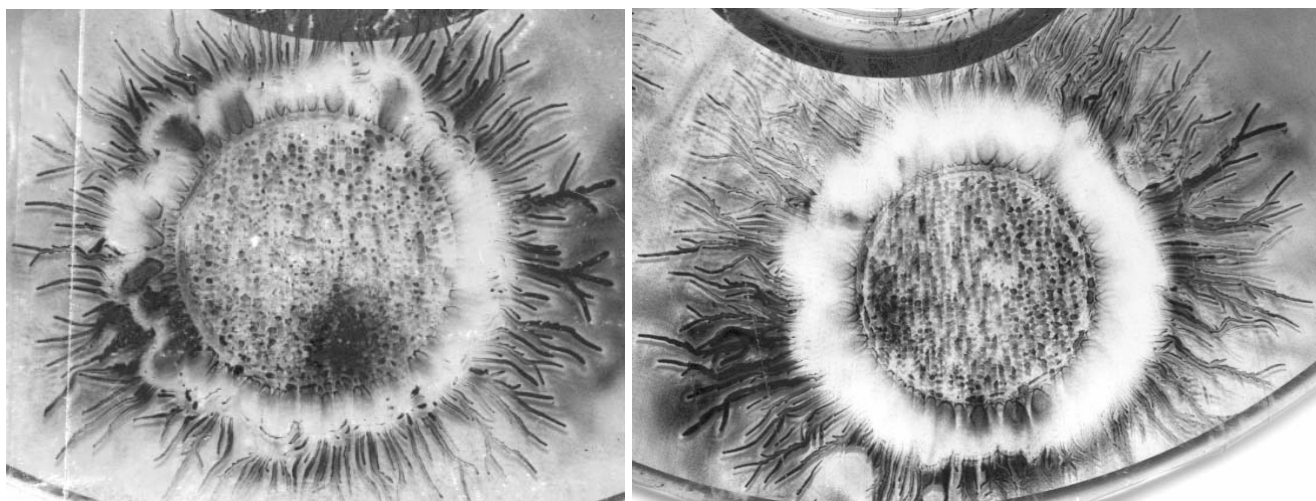


Рис. 9-11-15. Разряд от монеты, положительная полярность.

Описание:

- серая область под монетой, видны темные точки от поверхностных лавинных разрядов.
- серые выбросы в некоторых местах от границы монеты.
- светлая область шириной 3-8мм.
- область длинных стримеров шириной 5-15мм.

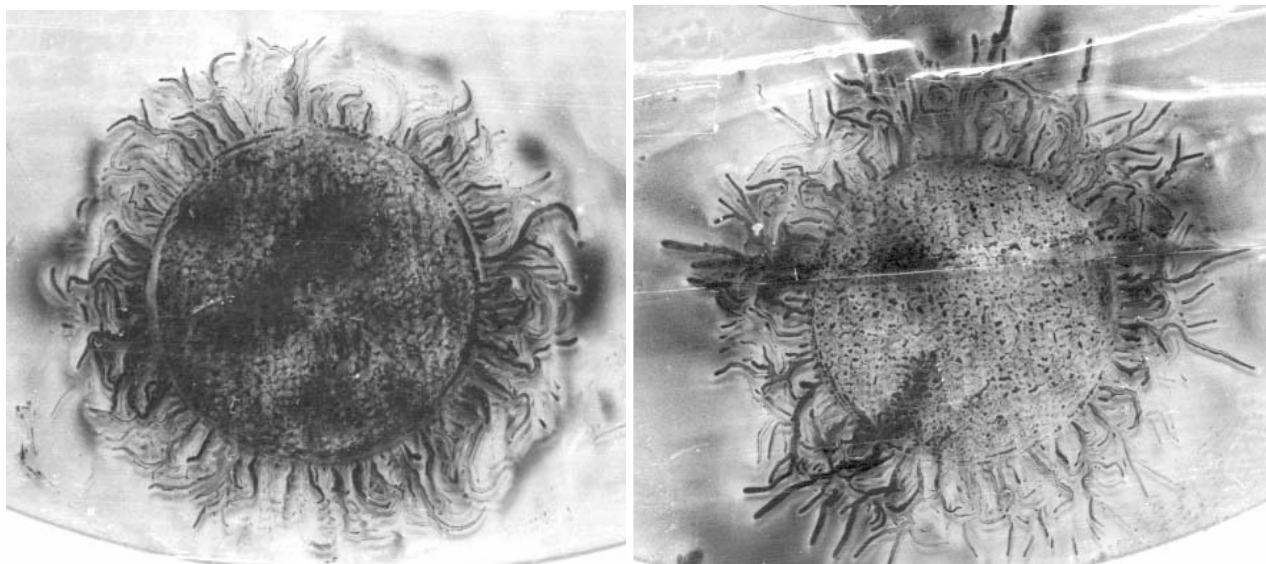


Рис.9-11-16. Разряд от монеты, отрицательная полярность.

Описание:

- серая область под монетой, видны темные точки от поверхностных лавинных разрядов.
- область темных стримеров, отходящих от границы монеты шириной 3-10мм. Стримеры как правило имеют загнутую (а не прямолинейную) форму.

3-Разряд от пальца.

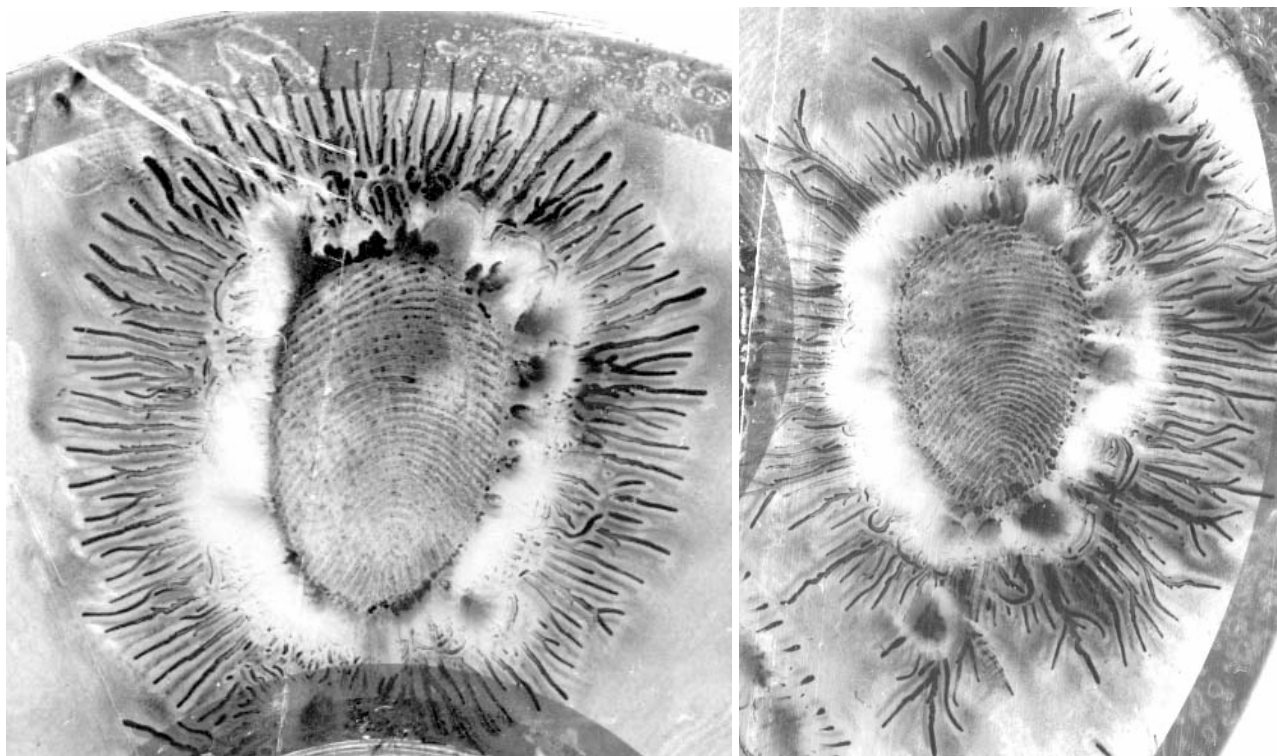


Рис. 9-11-17. Разряд от пальца, положительная полярность.

Описание:

- серая область в месте касания пальцем поверхности диска. Проявляются папиллярные узоры в результате прилипания частичек тонера к микрокапелькам жиры, оставшихся на поверхности диска.

-в некоторых местах от границы касания отходят серые выбросы. Расположение и форма выбросов мало изменяется при нескольких регистрациях. Это свидетельствует о том, что эти выбросы носят не случайный характер, а соответствуют особенностям в различных секторах пальца.

-светлая область шириной 3-6мм.

-область темных длинных стримеров шириной 10-15мм.

-серая область за стримерами шириной 3-5мм.

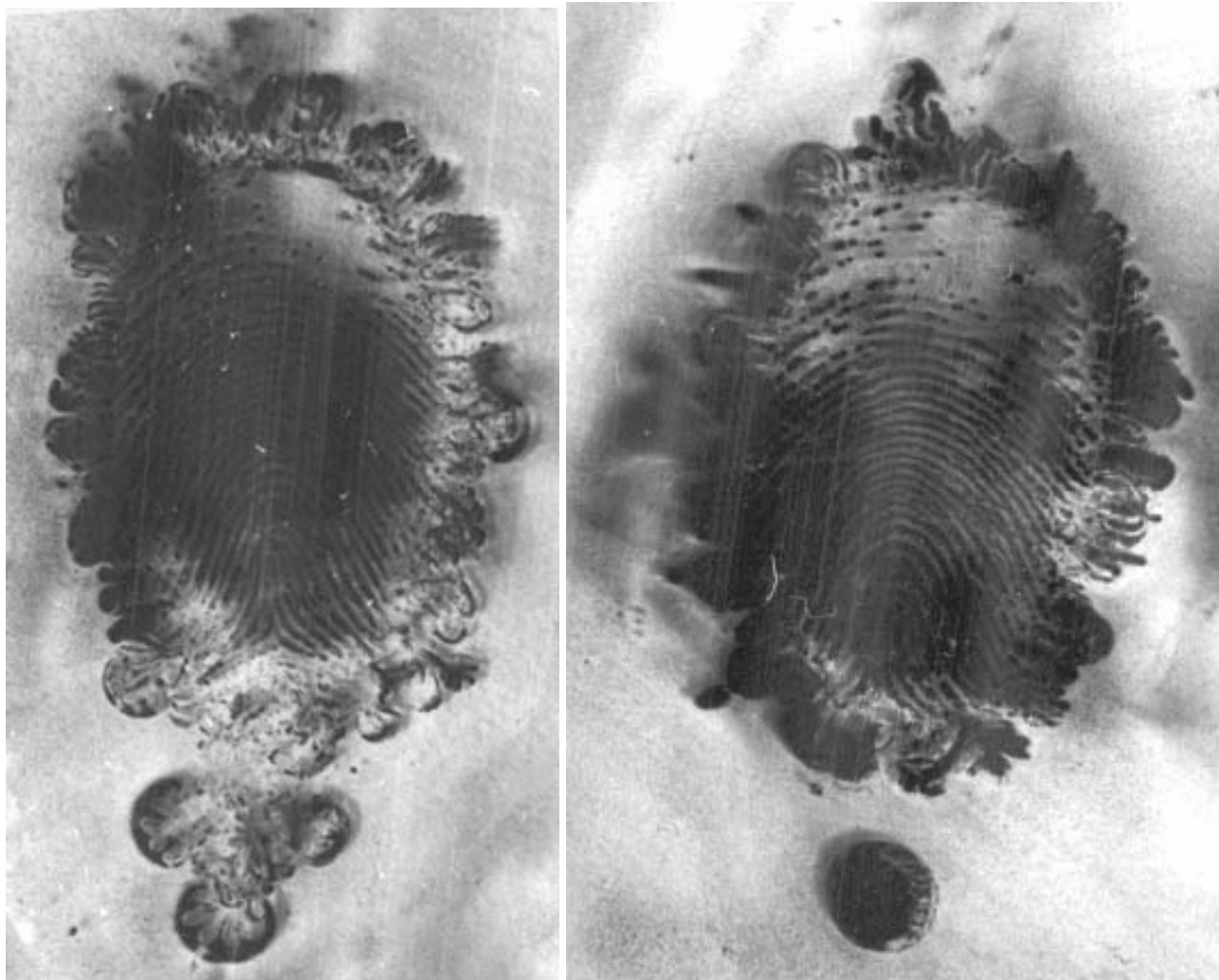


Рис. 9-11-18. Разряд от пальца, положительная полярность.

Описание:

-серая область в месте касания пальцем поверхности диска. Проявляются папиллярные узоры в результате прилипания частичек тонера к микрокапелькам жиры, оставшихся на поверхности диска.

-область темных загнутых стримеров по всей границе пальца шириной 3-5мм.

-иногда образуется более удаленная область из тонких прямолинейных стримеров шириной 5-10мм.

-в нижней части пальца регистрируются дополнительные разряды. Это разряды возникают из-за того, что в этом месте расстояние между поверхность пальца и диском небольшое (палец расположен под углом 45 градусов к поверхности диска), и возникают дополнительные разряды.

Влияние электрического разряда на металлический порошок.

1891-Бранли обнаружил свойство металлических порошков увеличивать свою электропроводность в десятки раз под воздействие электрической искры, проскакивающей где-нибудь, **даже на довольно значительном расстоянии от порошка**. Явление скорее всего связано с легким поверхностным спаиванием частиц металла под влиянием индукционных токов, возбужденных искрой. Для того, чтобы вернуть порошок в исходное состояние, достаточно его слегка встряхнуть.

1895-Затем это явление было исследовано Лоджем и Поповым. Попов сконструировал прибор разрядоотметчик для выявления молний. Прибор состоит из небольшой батареи, от которой проходит через стеклянную трубку, наполненную железным порошком, и через звонок. В обычном режиме ток настолько слаб, что звонок не звенит. Но если рядом произойдет разряд, то ток возрастает и звенит звонок. Звонок бы звонил очень долго, но Попов поместил трубку рядом со звонком, так, что молоточек при движении ударял по трубке, и тем самым приводил ее в исходное состояние. При такой конструкции каждая искра сопровождалась коротким звонком.
