

KARAKTERISASI LUCUTAN PLASMA YANG DIBANGKITKAN DENGAN ELEKTRODA AKTIF MENGGUNAKAN JARUM SUNTIK DAN ELEKTRODA PASIF BERUPA BIDANG LENGKUNG PADA KONDISI ATMOSFIR**Khamdi Bagas Ardianto¹, Ari Bawono², dan Zaenul Muhlisin^{1,3}**¹Laboratorium Fisika Radiasi, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang²Program Studi DIII Instrimentasi dan Elektronika, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro³Center for Plasma Research, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, SemarangEmail: muhlisin@lecturer.undip.ac.id

Received: 3 April 2020; revised: 15 April 2020; accepted: 18 April 2020

ABSTRACT

Research on characterization of plasma discharge generated by active electrodes using syringes and passive electrodes in the form of curved fields under atmospheric conditions has been carried out. The study was conducted to obtain the characteristics of the I-V relationship and visual picture of the formed discharge. The syringe used was 0.6 mm in diameter and was used as an active electrode. Plasma discharge was generated by connecting the syringe and curvature with a high-voltage DC (HV DC) generator. The syringe was connected with a positive pole, given a potential difference gradually to the maximum of HV DC and observed for the plasma discharge. After that, the syringe was connected to the negative pole, then given a potential difference gradually until the maximum of HV DC and observed plasma discharge. The distances between the point electrode and the curve electrode were 2 mm, 3 mm, 4 mm and 5 mm. The results showed that the relationship between current and voltage on the syringe as positive and negative electrodes followed the equation $I \sim V^2$ until just before the spark discharge appeared and then arc discharge. The variation in the distance between the electrodes in each syringe treatment affected the amount of voltage needed to generate discharge. The greater the distance between the electrodes, the greater the voltage needed to reach the arc discharge.

Keywords: arc discharge, point to plane reactor, syringe waste, curve electrode.**ABSTRAK**

Penelitian tentang karakterisasi lucutan plasma yang dibangkitkan dengan elektroda aktif menggunakan jarum suntik dan elektroda pasif berupa bidang lengkung pada keadaan atmosfer telah dilakukan. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan karakteristik hubungan I-V dan gambaran visual dari lucutan yang terbentuk. Jarum suntik yang digunakan berdiameter 0,6 mm dan digunakan sebagai elektroda aktif. Lucutan plasma dibangkitkan dengan menghubungkan jarum suntik dan bidang lengkung dengan pembangkit tegangan tinggi DC (HV DC). Jarum suntik dihubungkan dengan kutub positif, diberi beda potensial secara bertahap hingga kemampuan maksimal HV DC, dan diamati lucutan plasmanya. Setelah itu, jarum suntik dihubungkan dengan kutub negatif, kemudian diberi beda potensial secara bertahap hingga kemampuan maksimal HV DC, dan diamati lucutan plasmanya. Jarak antara elektroda titik dan elektroda bidang lengkung adalah 2 mm, 3 mm, 4 mm, dan 5 mm. Hasil

penelitian memperlihatkan bahwa hubungan antara arus dan tegangan pada jarum suntik sebagai elektroda positif dan negatif mengikuti persamaan $I \sim V^2$ sesaat sebelum lucutan spark dan kemudian disusul lucutan arc. Variasi jarak antar elektroda pada masing-masing perlakuan jarum suntik berpengaruh terhadap besarnya tegangan yang dibutuhkan untuk membangkitkan lucutan. Semakin besar jarak antar elektroda, juga diperlukan tegangan yang lebih besar untuk mencapai lucutan arc.

Kata kunci: Lucutan Arc, reaktor titik-bidang, jarum suntik, elektroda lengkung

PENDAHULUAN

Plasma adalah gas terionisasi, dan merupakan keadaan materi keempat, selain cair, padat dan gas. "Terionisasi" berarti terdapat minimal satu elektron yang tidak berpasangan pada atom atau molekul, sehingga atom atau molekul berubah menjadi ion-ion bermuatan positif. Seiring dengan peningkatan suhu, keadaan materi berubah, dengan urutan: padat, cair, gas, dan akhirnya menjadi plasma. Ditinjau dari temperaturnya, plasma dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu plasma dingin, plasma termik, dan plasma panas. Lebih dari 99% dari alam semesta berupa plasma [1].

Pada kondisi atmosfer, plasma dapat dibangkitkan dengan menggunakan elektroda berkonfigurasi titik-bidang yang dihubungkan dengan pembangkit tegangan tinggi [2]. Bentuk titik merupakan konfigurasi yang dapat membangkitkan perbedaan medan listrik tinggi. Hal ini yang menjadi alasan sehingga elektroda titik banyak digunakan pada pembangkitan plasma. Secara riil, bentuk elektroda titik ini dapat dibuat dari paku, mur, jarum, atau jarum suntik. Penggunaan jarum suntik sebagai elektroda aktif pada pembangkitan plasma kondisi atmosfer telah dilakukan oleh Handoko dan Muhlisin tahun 2017 [3]. Pada pembangkitan plasma ini digunakan elektroda pasif berupa bidang datar sebagai pasangan elektroda aktif (jarum suntik) [3].

Jarum suntik merupakan salah satu limbah medis yang berasal dari rumah sakit atau puskesmas yang termasuk dalam kategori Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Jarum suntik merupakan limbah infeksius yang dapat menjadi sumber

penyebaran penyakit di sekitar lingkungan rumah sakit. Jarum suntik yang telah dipakai bisa menjadi media penularan penyakit dari tubuh pasien ke orang lain [4].

Penanganan limbah jarum suntik yang paling sederhana adalah dengan metode mengubur. Pada metode ini jarum suntik dimasukkan ke dalam kantong kemudian ditimbun dalam tanah. Namun, hal ini dapat menimbulkan bahaya baru karena kuman atau virus tidak langsung hilang saat dikubur dan dapat menimbulkan kecelakaan akibat tusukan jarum suntik tersebut [5].

Cara lain untuk menangani limbah jarum suntik adalah dengan menggunakan insenerator. Di dalam insenerator, limbah jarum suntik akan dibakar. Hal ini memerlukan energi yang besar dengan pembangkitan panas hingga 1600°C [4] karena *stainless steel* memiliki titik lebur 1510°C [6]. Dengan panas yang sangat tinggi ini, bakteri dan virus akan mengalami kematian.

Lucutan plasma juga dilaporkan dapat mematikan virus atau bakteri pada benda yang ditemelinya [7]. Dengan bentuk yang tajam dan kemampuan membunuh bakteri, penelitian penggunaan jarum suntik sebagai pembangkit lucutan plasma sangat menarik untuk dilakukan. Disini, jarum suntik diperlakukan sebagai elektroda aktif. Saat ini, kajian hanya diperuntukkan pada keberadaan plasma lucutan pijar. Parameter yang dikaji pada penelitian ini adalah korelasi antara beda potensial antara jarum suntik dan elektroda lengkung, arus listrik, dan jarak antar elektroda. Selain itu juga akan ditampilkan gambaran secara visual dari lucutan yang dibangkitkan.

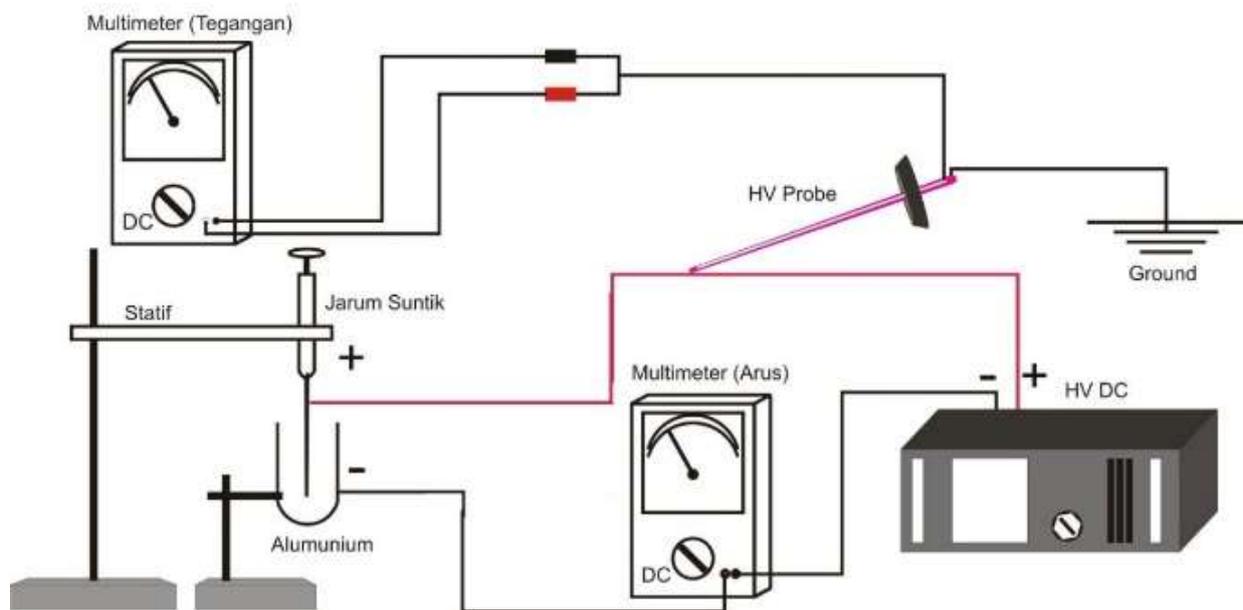
METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah jarum suntik dengan tipe 23G yaitu berdiameter 0,6 mm. Jarum suntik diperlakukan sebagai elektroda aktif. Elektroda aktif ini adalah sebagai anoda ketika dihubungkan dengan kutub positif, dan sebagai katoda ketika dihubungkan dengan kutub negatif dari rangkain kelistrikan. Skema rangkaian alat yang menggunakan jarum suntik sebagai anoda ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan rangkaian yang menggunakan jarum suntik sebagai katoda ditunjukkan pada Gambar 2.

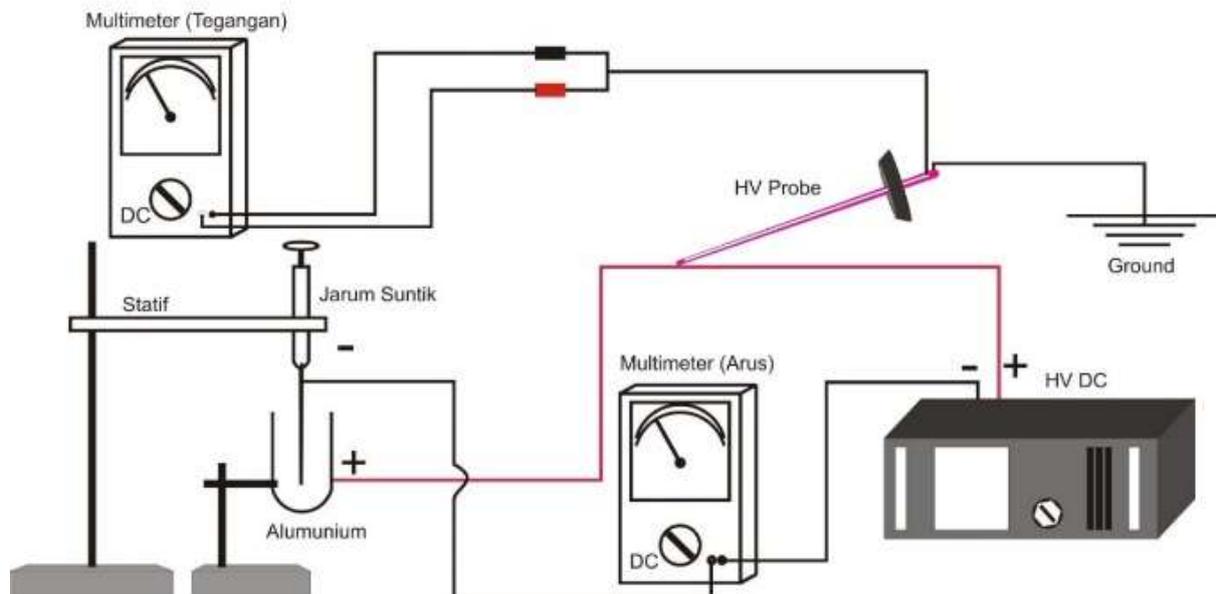
Elektroda pasif yang digunakan pada pembangkitan plasma ini terbuat dari bahan aluminium. Desain geometri elektroda pasif berupa lengkungan yang kemudian memanjang mengikuti panjang jarum suntik

sebagaimana yang diilustrasikan Gambar 1 dan Gambar 2.

Elektroda aktif dan elektroda pasif dihubungkan dengan pembangkit listrik tegangan tinggi berarus searah (HV DC). Arus plasma diamati melalui multimeter *analog* yang terhubung secara seri pada rangkaian. Beda potensial elektroda pasif dan elektroda aktif diukur dengan menggunakan multimeter yang dihubungkan *probe* tegangan tinggi sebelum terangkai ke rangkaian. *Probe* tegangan tinggi akan mengkonversi beda potensial dari orde kilovolt menjadi volt. Hal ini dikarenakan kemampuan ukur multimeter maksimal adalah 1 kV sedangkan beda potensial pembangkitan plasma melebihi 1 kV.



Gambar 1. Skema rangkaian pembangkit plasma dengan jarum suntik sebagai anoda.



Gambar 2. Skema rangkaian pembangkit plasma dengan jarum suntik sebagai katoda.

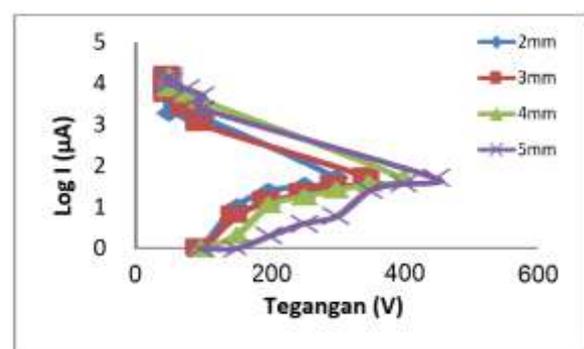
Karakterisasi arus dan beda potensial dilakukan dengan cara menaikkan beda potensial secara bertahap hingga mencapai beda potensial maksimal yang disediakan HV DC atau hingga tampilan visual menunjukkan lucutan *arc*. Karakterisasi ini dilakukan dengan variasi perubahan jarak antara ujung jarum suntik dengan bidang lengkung elektroda yaitu 2 mm, 3 mm, 4 mm, dan 5 mm.

Catatan data arus listrik dan beda potensial dari plasma yang dibangkitkan pada kondisi atmosfer kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan arus (I) sebagai fungsi tegangan (V). Sedangkan tampilan visual lucutan disajikan dalam bentuk gambar yang difoto menggunakan kamera Fuji film fine pix s2980 dengan kemampuan maksimal 14 Megapixel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 merupakan karakteristik kenaikan beda potensial yang diberikan ke jarum suntik sebagai katoda dan bidang

lengkung sebagai anoda. Gambar 3 menampilkan grafik semilog antara beda potensial terhadap logaritmik arus listrik dari plasma. Hal ini dilakukan untuk memangkas kenaikan arus yang sangat besar pada elektroda ketika beda potensialnya dinaikkan.



Gambar 3. Grafik karakteristik arus sebagai fungsi tegangan dengan jarum suntik sebagai katoda.

Di elektroda mulai muncul lucutan listrik pada beda potensial 150 V dengan arus $10\mu A$. Hal ini menjadi permulaan

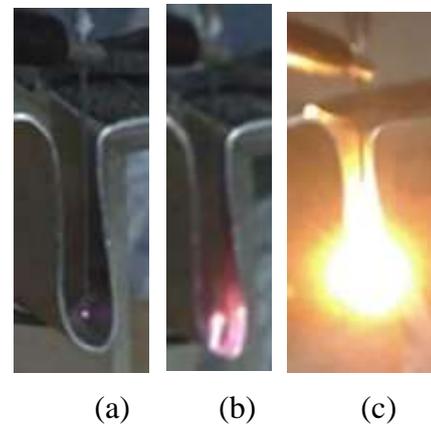
lucutan korona sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4(a). Pada lucutan korona, berkas berupa titik cerah yang tampak di ujung jarum suntik yang sebagai elektroda aktif. Hal ini dikarenakan medan listrik di sekitar elektroda aktif sangat besar sehingga elektron bebas di udara yang terjebak pada daerah ini akan memiliki gaya listrik yang besar. Hal ini menyebabkan ionisasi pada molekul atau atom yang ditumbuknya. Selain itu, medan yang besar juga memicu pelipatan pembentukan partikel-partikel ion.

Lucutan korona terhenti pada keadaan tatkala tiba-tiba beda potensial elektroda mengalami penurunan tajam yang disertai dengan lonjakan arus listrik yang besar. Pada keadaan itu, elektroda mengalami lucutan berupa lucutan *spark* sebagaimana tampak pada Gambar 4(b). Lucutan *spark* terlihat sangat cerah dan terang dengan alur memanjang dari titik ke bidang lengkung. Hal ini menunjukkan bahwa sepanjang bagian yang cerah tersebut muncul pembentukan ion. Lucutan *spark* merupakan keadaan transisi dari keadaan korona dan *arc* [8].

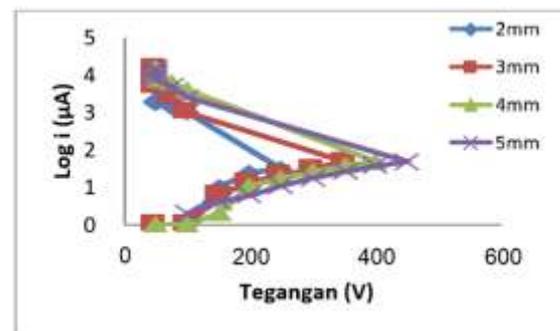
Penambahan beda potensial pada elektroda selanjutnya akan meningkatkan arus lucutan yang disebut sebagai lucutan *arc* sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4(c). Pada keadaan ini tampak terjadi lucutan yang sangat terang dan besar. Hal ini dikarenakan pada saat jarum suntik atau elektroda aktif sebagai katoda maka medan listrik menuju ke arahnya. Partikel bermuatan negatif bergerak ke arah elektroda lengkung yang memiliki luas permukaan lebih besar daripada elektroda jarum. Pada keadaan atmosfer, partikel bermuatan negatif pada ruang plasma berupa elektron dan gas elektronegatif yaitu gas oksigen.[9] Pada keadaan atmosfer gas oksigen memiliki komposisi 20% udara.

Perubahan jarak ujung jarum suntik terhadap bidang lengkung yang semakin besar akan menurunkan arus listrik di elektroda. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 3. Tampak bahwa saat lucutan korona dan

spark terbentuk, kurva grafik untuk masing-masing jarak elektroda masih dapat dibedakan. Namun hal ini tidak berlaku saat lucutan *arc*, terlihat kurva menyatu. Hal ini dikarenakan perubahan jarak elektroda sangat kecil yaitu hanya 1 mm untuk tiap-tiap penambahan jarak elektroda.



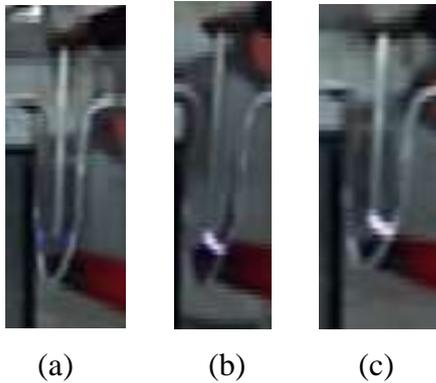
Gambar 4. Lucutan plasma pada kondisi atmosfer untuk jarum suntik sebagai elektroda pasif (a) saat lucutan korona, (b) saat lucutan *spark*, dan (c) saat lucutan *arc* dengan arus lebih besar.



Gambar 5. Grafik karakteristik arus sebagai fungsi tegangan dengan jarum suntik sebagai anoda.

Gambar 5 menampilkan grafik karakteristik arus sebagai fungsi tegangan untuk jarum suntik sebagai anoda. Grafik ini dapat dikatakan memiliki pola yang sama dengan Gambar 3. Hal yang tampak berbeda adalah lucutan yang terbentuk. Lucutan korona, *spark* dan *arc* untuk jarum suntik sebagai anoda tidak seterang saat

jarum suntik tersebut diperlakukan sebagai katoda. Hal ini dikarenakan pembentukan ion pada ruang elektroda lebih banyak karena faktor tumbukan.



Gambar 6. Lucutan plasma pada kondisi atmosfer untuk jarum suntik sebagai elektroda aktif. (a) Saat terjadi lucutan korona, (b) Saat terjadi lucutan *spark*, dan (c) Saat terjadi lucutan *arc* dengan arus lebih besar

Lucutan plasma kondisi atmosfer yang dibangkitkan oleh elektroda aktif berupa jarum suntik dan elektroda pasif berupa bidang lengkung sangat dipengaruhi oleh beda potensial. Gambar 3 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa peningkatan arus terhadap penambahan beda potensial elektroda terlihat landai pada lucutan korona. Hal ini terjadi karena sumbu vertikal adalah sumbu logaritmik. Bila sumbu vertikal ini adalah non logaritmik maka lonjakan arus akan terlihat jelas pada penambahan beda potensial. Pola perubahan ini mengacu pada hubungan $I \sim V^2$ yang mirip dengan pola pembangkitan plasma dengan elektroda titik-bidang. [10]

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa jarum suntik dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan plasma pada kondisi atmosfer. Hubungan antara arus dan tegangan listrik pada lucutan korona sebelum terbentuk lucutan *spark* adalah

mengikuti persamaan $I \sim V^2$. Lucutan *arc* muncul ketika penambahan beda potensial ditambahkan ke elektroda. Lucutan *arc* ditandai dengan menurunnya beda potensial di elektroda secara drastic, yang kemudian diikuti kenaikan arus yang besar. Peningkatan jarak antar elektroda jarum suntik terhadap bidang lengkung menurunkan arus lucutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada Ade Ika Susan dan Fajar Arianto yang telah membantu penelitian ini ketika berada di *Center for Plasma Research*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nur M. *Fisika plasma dan aplikasinya*. 2011.
- [2] Akishev YS, Dem'yanov AV, Karal'nik VB, Monich AE, Trushkin NI. Comparison of the AC barrier corona with DC positive and negative coronas and barrier discharge. *Plasma Phys Reports*. 2003; 29(1): 82–91.
- [3] Handoko I, Muhlisin Z. Fenomena lucutan plasma dengan jarum suntik sebagai elektroda aktif pada kondisi atmosfer. *Youngster Physics Journal*. 2017; 6(2): 191–196.
- [4] Kemen LH, *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia. NOMOR : P.56/Menlhk-Setjen/2015*. 2015.
- [5] Utaminingsih S, Mahadi D. Sistem manajemen pengembangan produk studi kasus: Alat penghancur jarum suntik DestromedTM Model PPF-0106EL. *Jurnal Ilmiah dan Teknologi*. 2013; 9(24): 1-27.
- [6] Packer BD. *Handbook of stainless steel*. New York: Mc Grawhill; 1979.
- [7] Wintenberg KK, Hodge A, Montie TC. Use of a one atmosphere

- uniform glow discharge plasma to kill a broad spectrum of microorganisms. *J Vac Sci Technol A*. 1999; 17: 1539.
- [8] Strong W. The Positive and the negative corona and electrical precipitation. *Am Inst Electr Eng Trans*. 1913; 32(2): 1755–1765.
- [9] Antao DS, Staack DA, Fridman A, Farouk B. Atmospheric pressure dc corona discharges: operating regimes and potential applications. *Plasma Sources Sci Technol*. 2009; 18(3): 035016.
- [10] Robinson M. Movement of air in the electric wind of the corona discharge. *Trans Am Inst Electr Eng Part I Commun Electron*. 1960; 80(2): 143–150.