

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **90104819.9**

51 Int. Cl.⁵: **H05G 2/00**

22 Anmeldetag: **14.03.90**

30 Priorität: **15.03.89 DE 3908480**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.09.90 Patentblatt 90/38

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB IT LI NL

71 Anmelder: **Karl Süß KG Präzisionsgeräte für Wissenschaft und Industrie - GmbH & Co. Schleissheimer Strasse 90 Postfach 1809 D-8046 Garching bei München(DE)**

72 Erfinder: **Richter, Franz, Luchsweg 3 D-5190 Stolberg(DE)**
 Erfinder: **Neff, Willi, Josef-Olbertz-Strasse 40 B-4721 Kelmis(BE)**
 Erfinder: **Eberle, Jürgen, Lindenweg 6 D-6149 Fürth/Odenwald(DE)**
 Erfinder: **Lebert, Rainer, Lohmühlenstrasse 14 D-5100 Aachen(DE)**

74 Vertreter: **Vossius & Partner, Siebertstrasse 4 P.O. Box 86 07 67 D-8000 München 86(DE)**

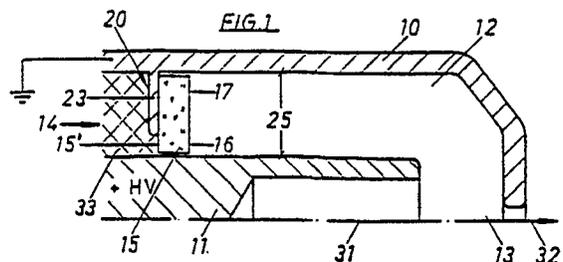
54 **Vorrichtung zur Erzeugung einer Plasmaquelle hoher Strahlungsintensität im Röntgenbereich.**

57 Vorrichtung zur Erzeugung einer Plasmaquelle hoher Strahlungsintensität im Röntgenbereich, mit zwei konzentrischen

Elektroden (10, 11) die zwischen sich einem mit Gas geringen Drucks gefüllten Entladungsraum (12) aufweisen, der an einem Ende (13) offen und am anderen Ende (14) mit einem Isolator (15) verschlossen ist, der eine den Aufbau einer homogenen Plasmaschicht erlaubende Oberfläche (16) aufweist, und mit einem die Elektroden (10, 11) kurzzeitig mit einer Hochspannungsquelle verbindenden Hochleistungsschalter (HS).

Um eine hohe Standzeit des Isolators (15) der Vorrichtung zu erreichen, ist diese so ausgebildet, daß der Isolator (15) eine ringförmige Scheibe ist und mit einer senkrechten oder maximal um 45° gegen die Zylindervertikale (18) geneigten Oberfläche (16) an den Entladungsraum (12) angrenzt, und daß die Elektroden (10,11) in einem Elektronenver-

vielfachung in einer homogenen Entladung erlaubenden Abstand (25) voneinander angeordnet sind.



EP 0 387 838 A2

Vorrichtung zur Erzeugung einer Plasmaquelle hoher Strahlungsintensität im Röntgenbereich

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Plasmaquelle hoher Strahlungsintensität im Röntgenbereich gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei einer bekannten Vorrichtung dieser Art (DE-OS 33 32 711) ist der Isolator ein die Innenelektrode umgebendes Röhrchen, das sich vom geschlossenen Ende des Entladungsraums in Richtung auf dessen offenes Ende erstreckt. Das Röhrchen wird von einer ringförmigen Emittierelektrode umgeben, die röhrenseitig eine ringförmige Schneide hat, welche einen die freie Weglänge der Elektronen im Gas des Entladungsraums unterschreitenden Abstand hat. Die Emittierelektrode ist mit der Außenelektrode leitend verbunden und emittiert Elektronen, die ohne Stöße im Gasraum direkt auf die Isolatoroberfläche auftreffen. Dabei werden von dieser Oberfläche Sekundärelektronen ausgelöst, die durch die Potentialführung im Entladungsraum auf die Isolatoroberfläche zurückbeschleunigt werden und dort neue Sekundärelektronen erzeugen. Dabei nimmt die kinetische Energie der Elektronen ständig ab, so daß es zu einer homogenen Entladung kommt, die nicht abreißt. Diese Vorgänge sind kontinuierlich und es kommt zur Ausbildung einer Plasmaschicht, mit der ein die Röntgenstrahlung abgebender Plasmafokus gebildet wird.

Der Isolator der bekannten Vorrichtung wird nach einigen tausend Entladungen zerstört, weil das Isolatormaterial ermüdet. Der Isolator hat also eine begrenzte Standzeit, die bei mehreren Zündungen je Sekunde im Bereich von 1 bis 2 Stunden liegt.

Das "Jap. Journal of Applied Physics" Bd. 24, Nr. 3 (1985), Seiten 324-327 beschreibt eine ähnliche Plasma-Quelle, bei der der Isolator ebenfalls ein die Innenelektrode umgebendes Röhrchen ist.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so zu verbessern, daß ihre Standzeit erheblich gesteigert wird, indem eine Zerstörung des Isolators praktisch ausgeschlossen wird.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Für die Erfindung ist die Erkenntnis von Bedeutung, daß zur Erzielung einer Plasmaschicht mit optimalen Eigenschaften die Zündung direkt an dem geschlossenen Ende des Entladungsraums erfolgen muß, so daß die Zeit für den Aufbau der Entladungen auf einem Weg zwischen den Elektroden direkt vor dem Isolator kurz ist. Dieser Weg ist gleich dem Abstand der Elektroden voneinander, nahe am Isolator. Er darf nur so lang sein, daß die folgende Beziehung gilt:

$$\int \alpha \cdot ds \leq 20 \quad (\alpha = \text{Townsendkoeff.})$$

Dieses sogenannte Raether-Kriterium für eine homogene Entladung beinhaltet also die Integration aller entlang des Wegs einer Feldlinie erzeugten Ladungsträger je Längeneinheit. Wird das Kriterium erfüllt, können unkontrollierte Entladungen vermieden werden, die zu sogenannten Filamenten führen, durch die die entstehende Plasmaschicht nicht homogen ist, weswegen der mit einer solchen Plasmaschicht erzielte Plasmafokus nicht ausreichend punktförmig ist und keine reproduzierbare Lage aufweist.

Bei der bekannten Vorrichtung erfolgt die Zündung der Entladung zwischen den Elektroden über Feldemission der Startelektronen aus den Spitzenelektroden mit anschließender Elektronenvervielfachung über Sekundäreffekte an der Isolatorwand. Das führt zu einer Gleitschichtladung. Durch die erfindungsgemäße Anordnung des Isolators als ringförmige Scheibe zwischen den Elektroden und die Bemessung des Elektrodenabstands im Sinne einer Elektronenvervielfachung in einer homogenen Entladung ist die Ausbildung einer Gleitschichtladung nicht möglich.

Eine Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß eine die elektrische Feldstärke im Entladungsraum besonders am oberen Rand der angrenzenden Oberfläche des Isolators herabsetzende Einrichtung vorhanden ist. Das ist von Bedeutung, weil die Elektronenverstärkung durch Ionisation im Gas in einem reduzierten Feldstärkebereich um 10^{-13} Vcm² mit abnehmender Feldstärke zunimmt. Das bedeutet eine erhöhte Ladungsträgerproduktion in einem Bereich herabgesetzter Feldstärke, so daß die Entladungsaufbauzeit in diesem Bereich verkürzt wird.

Eine Einrichtung zur Herabsetzung der Feldstärke unmittelbar vor dem oberen Rand des Isolators ist so ausgebildet, daß auf der dem Gasentladungsraum abgewendeten Seite des Isolators ein mit der Außenelektrode in elektrischer Verbindung stehendes und gegen die Innenelektrode isoliertes ringförmiges Potentialblech angeordnet ist.

Um die Zündbedingungen für einen Durchschlag direkt an der Isolatorscheibe zu verbessern, ist die Vorrichtung so ausgebildet, daß die Außenelektrode eine feldstärkemindernde Ringnut oder eine feldstärkemindernde Lochreihe in der Nähe des Isolators aufweist. Derartige Ausbildungen der Außenelektrode werden vorteilhafterweise mit dem vorbeschriebenen Potentialblech kombiniert, um die elektrische Feldstärke besonders wirkungsvoll herabsetzen zu können.

Eine Verbesserung der Zündbedingungen direkt vor der Isolatorscheibe gegenüber Bereichen

fern der Isolatorscheibe läßt sich auch dadurch erreichen, daß in der Nähe des Isolators mindestens eine Startelektrode in einem Elektronenvervielfachung in einer homogenen Entladung erlaubenden Abstand von der Innenelektrode angeordnet ist.

Die Zündbedingungen direkt vor der Isolatorscheibe lassen sich auch dadurch verbessern, daß eine Strahlungsquelle vorhanden ist, die das Gas des Gasentladungsraums in der Nähe des Isolators ionisiert. Vorteilhafterweise ist die Strahlungsquelle eine plasmabildende Hohlkathode und/oder eine plasmabildende Hochfrequenzstrahlungsquelle und/oder eine UV-Lichtquelle.

Startelektronen, welche die Zündung direkt am Isolator erleichtern, lassen sich ferner damit erzielen, daß auf der dem Gasentladungsraum abgewendeten Seite des Isolators eine vorspannungsbeaufschlagbare, gasentladungsraumseitig isolatorangelagerte Elektrode erzeugende Ladelektrode vorhanden ist, und daß die Elektronen durch Spannungsbeaufschlagung einer Elektrode freisetztbar sind. Ein Freisetzen der Startelektronen vom Isolator wird vorteilhafterweise dadurch erreicht, daß an die Ladelektrode und an die gegenpolige Zylinderelektrode ein zeitgleich mit dem Hochleistungsschalter betätigbarer Entladungsschalter angeschlossen ist.

Die Erfindung wird anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigt:

Fig.1 bis 5 Querschnitte durch eine obere Hälfte einer aus Außen- und Innenelektrode bestehenden ersten erfindungsgemäßen Vorrichtung in schematischer Abbildung,

Fig.6 die Abhängigkeit des normierten Townsend-Koeffizienten von der normierten elektrischen Feldstärke,

Fig.7,9 die Feldstärkeverteilung im Gasentladungsraum vor dem Isolator bei den Ausführungsformen der Fig.1 und 2,

Fig.8,10 die Verteilung des Townsend-Koeffizienten im Gasentladungsraum vor dem Isolator bei den Vorrichtungen der Fig.1 und 2,

Fig.11 bis 17 weitere Vorrichtungen gemäß der Erfindung, bei denen Einrichtungen zur Verbesserung der Zündbedingungen direkt vor der Isolatorscheibe vorhanden sind, und

Fig. 18 einen Querschnitt durch eine obere Hälfte einer weiteren erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Bei den Vorrichtungen der Fig.1 bis 5 und 11 bis 17 ist jeweils eine zylindrische Außenelektrode 10 konzentrisch um eine zylindrische Innenelektrode 11 herum angeordnet. Die Darstellung der Elektroden erfolgt lediglich oberhalb der gemeinsamen Achse 31. Zwischen den Elektroden 10,11 befindet sich ein Gasentladungsraum 12, der beispielsweise

mit Stickstoff als Arbeitsgas im Druckbereich von einigen Millibar gefüllt ist. Der Gasentladungsraum 12 ist an einem Ende 13 offen und am anderen Ende 14 mit einem Isolator 15 verschlossen. Das offene Ende 13 dient der Ausbildung eines Plasmafokus, wozu eine in den Fig. nicht dargestellte, direkt vor dem Isolator 15 gebildete Plasmaschicht in Richtung auf das freie Ende 13 bewegt wird, wo das Plasma von Magnetfeldern vor der Innenelektrode 11 komprimiert wird und einen Plasmafokus bildet, der die gewünschte Strahlung abgibt, vgl. Pfeil 32 in Fig.1. Die Bewegung der Plasmaschicht und die Ausbildung des Plasmafokus erfolgt im wesentlichen ebenso, wie zu Fig.7 der DE-OS 33 32 711 beschrieben wurde, auf die hiermit Bezug genommen wird.

Der Isolator 15 ist eine beispielsweise aus Keramik bestehende ringförmige Scheibe mit dem Innendurchmesser der Außenelektrode 10 entsprechendem Außendurchmesser und mit dem Außendurchmesser der Innenelektrode entsprechendem Innendurchmesser. Auf der dem Gasentladungsraum 12 abgewendeten Seite 15' des Isolators 15 ist eine die Elektroden 10,11 trennende Isolation 33 vorhanden.

Um eine Energieeinkopplung in das Elektrodensystem zu erreichen, wird die Innenelektrode 11 kurzzeitig auf Hochspannungspotential +HV geschaltet. Hierzu dient ein in Fig.17 schematisch dargestellter Hochspannungsschalter HS, beispielsweise eine Funkenstrecke. Diese wird gezündet und schaltet die Hochspannungsquelle HQ, beispielsweise eine Kondensatorbatterie, mit dem Hochspannungspotential +HV an die Innenelektrode 11. Die Außenelektrode 10 ist geerdet, so daß zwischen den Elektroden 10,11 an einem Widerstand R das Potential +HV anliegt. Bei elektrischen Spannungen > 10 kV und Elektrodenabstand im cm-Bereich ergeben sich elektrische Feldstärken von $E \approx 10^4$ V/cm und normierte Feldstärken $E/n \approx 10^{-13}$ Vcm² (n = Gasdichte). In einem derartigen Feld kann die Ladungsträgerproduktion einer Gasentladung mit Hilfe des Townsend-Koeffizienten α beschrieben werden. Der Townsend-Koeffizient α beschreibt die Anzahl der von einem Elektron pro Weglänge erzeugten Ladungsträger gemäß der Beziehung:

$$dn_e/dx = \alpha \cdot n_e \quad (n_e = \text{Anzahl der Startelektronen}).$$

Der Townsend-Koeffizient α ist gasart- und gasdichteabhängig sowie abhängig von der elektrischen Feldstärke. Der normierte bzw. reduzierte Townsend-Koeffizient α/n kann in Abhängigkeit von der normierten bzw. reduzierten elektrischen Feldstärke E/n mit der Gasart als Parameter angegeben werden. Fig.6 zeigt den Verlauf der α -Kurve am Beispiel von Stickstoff. Ein ähnlicher Verlauf ergibt sich auch für andere Gase. Bei der normierten elektrischen Feldstärke im Bereich von 10^{-13} Vcm²

hat der normierte Townsend-Koeffizient α/n eine negative Kennlinie, daß heißt er wird mit abnehmender elektrischer Feldstärke größer. Ein größerer Townsend-Koeffizient α bedeutet bei gleicher Startelektronendichte eine größere Ladungsträgerproduktion pro Weglänge und damit einen schnelleren Aufbau der Gasentladung. Infolgedessen erfolgt die Zündung einer Gasentladung an demjenigen Ort des Elektrodensystems, wo die normierte elektrische Feldstärke innerhalb bestimmter Grenzen am niedrigsten ist, z.B. $5 \cdot 10^{-14} \leq E/n \leq 3 \cdot 10^{-13} \text{ Vcm}^2$ für Stickstoff.

In den Fig.1 bis 5 sind Ausführungsformen der Erfindung dargestellt, die unterschiedliche Einrichtungen 20 aufweisen, um die elektrische Feldstärke im Entladungsraum 12 besonders am oberen Rand 17 der angrenzenden Oberfläche 16 des Isolators 15 herabsetzen zu können. Fig.1 zeigt ein auf der dem Gasentladungsraum 12 abgewendeten Seite 15' des Isolators 15 angebrachtes Potentialblech 23, welches mit der Außenelektrode 10 in elektrischer Verbindung steht und ringförmig ausgebildet ist. Es trägt infolgedessen das Potential der Außenelektrode 10 auf der Rückseite des Isolators 15 bis in die Nähe der Innenelektrode 11, so daß die gesamte Spannung +HV in dem Zwischenraum zwischen der Innenelektrode 11 und dem Potentialblech 20 über die Isolation 33 abfällt. Verbunden damit ist eine Reduzierung der Feldstärke im Bereich des oberen Randes 17 auf der an den Gasentladungsraum 12 angrenzenden Oberfläche 16 des Isolators 15. Das ergibt sich aus Fig.7, in der die elektrische Feldstärke für den gestrichelt dargestellten Bereich in Abhängigkeit von den radialen R-Positionen und den axialen Z-Positionen perspektivisch für eine Spannung von +HV $\approx 10 \text{ kV}$ dargestellt ist. Der Herabsetzung der Feldstärke in der Nähe und insbesondere am oberen Rand 17 des Isolators 15 entspricht eine dort vermehrt auftretende Ladungsträgerproduktion, gekennzeichnet durch den Townsend-Koeffizienten α . Dieser Koeffizient ist in Fig.8 für den gestrichelt angegebenen Bereich dargestellt und deutlich erkennbar.

Die Fixierung der Zündung der Entladung auf den Bereich vor dem Isolator 15 läßt sich auch dadurch erreichen, daß gemäß Fig.2 eine feldstärkemindernde Ringnut 21 vorhanden ist. Die Fig.9,10 zeigen die räumliche Verteilung der Feldstärke und den Townsend-Koeffizienten in dem jeweils gestrichelt gekennzeichneten Bereich vor dem Isolator 15. Hier wird besonders deutlich, welchen erheblichen Einfluß die Ringnut 21 auf die Ladungsträgerbildung und damit auf die Zündung der Entladung am oberen Rand 17 des Isolators 15 hat.

Gemäß Fig.4 kann anstelle einer Ringnut 21 auch eine Lochreihe 22 verwendet werden.

In Fig.5 ist außer der Lochreihe 22 auch eine

konische Ringscheibe 15 dargestellt. Ihre an den Gasenladungsraum 12 angrenzende Oberfläche 16 ist nicht senkrecht zur Zylindervertikalen 18, sondern um einen Winkel δ geneigt. Die Neigung der Oberfläche 16 bewirkt eine in Richtung der Innenelektrode 11 zunehmende Verdickung des Isolators. Dieser ist daher den auftretenden elektrischen Beanspruchungen durch die Hochspannung besser gewachsen; denn nahe der Innenelektrode, wo das Potential am größten ist, steht der abfallenden Spannung die größte Isolatorstärke gegenüber.

Für die Haltbarkeit des Isolators ist jedoch vor allem von Bedeutung, daß dieser eine Dicke im cm-Bereich haben kann und aufgrund der zwischen den Elektroden 10,11 senkrechten Oberfläche 16 zum Aufbau der homogenen Entladung im Vergleich zu dem bekannten Röhren-Isolator spannungsmäßig nur vergleichsweise gering belastet wird. Die Standzeit des Isolators 15 ist daher für die Vorrichtung kein Problem.

Das in Fig.1 dargestellte Potentialblech 23 kann auch in Verbindung mit allen Maßnahmen getroffen werden, die zur Herabsetzung der Feldstärke vor dem Isolator 15 getroffen werden. Fig.3 zeigt die Kombination des Potentialblechs 23 mit dem Ringspalt 21. Aber auch eine Kombination des Potentialblechs mit der Lochreihe 22 ist möglich. Ebenso kann die konusförmige Ringscheibe 15 gemäß Fig.5 bei allen vorgenannten Ausführungsformen verwendet werden, wobei der Winkel δ Werte zwischen $\pm 90^\circ$ annehmen kann.

Fig.11 zeigt eine mit einer Lochreihe 22 vor dem Isolator 15 versehene Vorrichtung, die zusätzlich eine Startelektrode 24 hat. Die Startelektrode 24 wird mit einer Zündspannung $U_{\text{zünd}}$ beaufschlagt und zündet eine Vorentladung, so daß eine hohe Startelektrodenendichte für die nachfolgende Zündung der Plasmafokulentladung bereitgestellt wird. Die Startelektrode 24 ist als Spitzenelektrode ausgeführt, kann aber auch als Schneidenelektrode ausgeführt werden. Die Vorentladung erfolgt gepulst oder mit Dauerspannung. Die von der Startelektrode 24 emittierten Elektronen werden bei der erniedrigten elektrischen Feldstärke von $E < 10^4 \text{ Volt/cm}$ im Gas vervielfacht. Gleitentladungen auf der Oberfläche 16 des Isolators 15 sind unmöglich, weil die Elektronen infolge der Richtung des elektrischen Feldes von der Isolatoroberfläche weg beschleunigt werden.

Die Startelektrode 24 hat einen Abstand 25' von der Innenelektrode 11. Dieser Abstand 25' ist gleich dem Abstand 25 zwischen den Elektroden 10,11. Er ist also groß genug, damit zwischen den Elektroden eine homogene Entladung durch Elektronenvervielfachung aufgebaut werden kann und genügt dem Raether-Kriterium. Es sind beispielsweise drei um den Umfang gleichmäßig verteilte Elektroden 24 vorhanden. Eine gleiche oder ähnli-

che Verteilung um den Umfang der Außenelektrode 10 herum erfolgt auch bei allen weiteren, die Zündbedingungen verbessernden Einrichtungen, um einen symmetrischen Plasmaaufbau zu erreichen.

Um die Zündung der Plasmafokuserntladung vor der Isolatorscheibe zu fixieren, sind Strahlungsquellen 26 verwendbar, die das Gas des Gasentladungsraums 12 in der Nähe des Isolators 15 besonders im Bereich der herabgesetzten Feldstärke ionisieren. Als eine solche Strahlungsquelle 26 zeigt Fig.12 eine Hohlkathode 27, die zur Erzeugung eines Plasmas mit einer Spannung U_{HK} über einen Widerstand $27'$ beaufschlagt wird und Ladungsträger und/oder Strahlung durch eine Ringnut der Tiefe t abgibt. Gemäß Fig.13 ist eine Hochfrequenzstrahlungsquelle 28 vorhanden, die ebenfalls Plasma bildet und dieses durch das Loch $22'$ der Lochreihe 22 vor den Isolator 15 gibt.

Fig.14 zeigt eine UV-Lichtquelle 29, deren Licht durch das Loch $22'$ der Lochreihe 22 vor den Isolator 15 eingestrahlt wird und Fig.15 zeigt eine sonstige ionisierende Strahlung, insbesondere Gamma-Strahlung abgebende Strahlungsquelle 26, wobei die Strahlung in den gepunkteten Bereich vor den Isolator 15 gelangt, indem eine entsprechende Lochblende $22''$ verwendet wird.

Eine weitere Möglichkeit zur Fixierung der Zündung der Plasmafokuserntladung auf den Bereich vor dem Isolator 15 ist es, den Isolator als Dielektrikum eines Kondensators zu benutzen. Hierzu ist eine Ladeelektrode 30 vorhanden, an die gemäß Fig.16,17 eine positive Vorspannung U_{VS} von einigen kV gelegt wird. Es kommt zur Anlagerung von Elektronen e an diejenige Seite des Isolators 15, die der Ladeelektrode 30 gegenüberliegt. Es ergeben sich Zündspannungen von einigen 100 Volt im mit einigen Millibar gefüllten Elektrodenzwischenraum 12 und der Isolator 15 wirkt als aufgeladener Kondensator. Wird die Innenelektrode 11 auf positives Potential $+HV$ geschaltet, so wird ein Teil der an den Isolator 15 gebundenen Elektroden frei, die als Startelektroden für die Plasmafokuserntladung zur Verfügung stehen.

Gemäß Fig.17 ist außer dem Hochleistungsschalter HS ein Entladungsschalter ES vorgesehen, der zwischen die Ladeelektrode 30 und die Außenelektrode 10 geschaltet ist. Wird der Schalter ES gleichzeitig mit dem Hochleistungsschalter HS geschlossen, so werden die auf der Oberfläche des Isolators 15 befindlichen Elektronen e von dessen Oberfläche 16 weg beschleunigt und bewegen sich zum Zeitpunkt der Zündung der Plasmafokuserntladung als freie Startelektroden im Bereich vor dem Isolator 15.

Auch die bezüglich der Fig.16,17 vorbeschriebene Art der Vorionisierung kann in Kombination mit den vorbeschriebenen Maßnahmen zur Erzeugung von Startelektroden und/oder zur Herabset-

zung der Feldstärke vor dem Isolator 15 benutzt werden.

Bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß Fig. 18 ist die äußere Elektrode 10 in Richtung auf das offene Ende 13 konisch verengt ausgebildet. Durch die Verringerung des Elektrodenabstands 25 zum Ende der Innenelektrode 11 hin wird erreicht, daß das elektrische Feld im Bereich vor der Isolatorscheibe 15 minimal und damit der Elektronenvervielfachungsfaktor α maximal ist. Diese Form der äußeren Elektrode kann in Verbindung mit allen anderen erfindungsgemäßen Merkmalen (Fig. 1 bis 17) eingesetzt werden.

Es ist auch möglich, außer den Außenelektroden auch die Innenelektroden zum freien Ende hin sich konisch verengend auszubilden, wobei der Abstand zur Außenelektrode konstant ist oder sich zum freien Ende hin verringert.

Ansprüche

1. Vorrichtung zum Erzeugen einer Plasmaquelle hoher Strahlungsintensität im Röntgenbereich mit zwei konzentrischen Elektroden in Form einer Innenelektrode (11) und einer Außenelektrode (10), die zwischen sich einen mit Gas geringen Drucks gefüllten Entladungsraum (12) aufweisen, der an einem Ende (13) offen und am anderen Ende (14) mit einem Isolator (15) verschlossen ist, der eine den Aufbau einer homogenen Plasmaschicht erlaubende Oberfläche (16) aufweist, und mit einem die Elektroden (10, 11) kurzzeitig mit einer Hochspannungsquelle verbindenden Hochleistungsschalter (HS) zur Einleitung der Plasmaentladung, dadurch gekennzeichnet, daß der Isolator (15) eine ringförmige Scheibe ist, die sich zwischen der Innen- und der Außenelektrode (11 bzw. 10) erstreckt und mit einer senkrechten oder gegen die Zylindervertikale (18) geneigten Oberfläche (16) an den Entladungsraum (12) angrenzt, und daß die Elektroden (10, 11) in einem Abstand (25) voneinander angeordnet sind, der eine Elektronenvervielfachung in einer homogenen Entladung erlaubt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine die elektrische Feldstärke im Entladungsraum (12) besonders am äußeren Rand (17) der angrenzenden Oberfläche (16) des Isolators (15) herabsetzende Einrichtung (20) vorhanden ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf der dem Gasentladungsraum (12) abgewendeten Seite (15') des Isolators (15) ein mit der Außenelektrode (10) in elektrischer Verbindung stehendes und gegen die Innenelektrode (11) isoliertes ringförmiges Potentialblech (23) angeordnet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, da-

durch gekennzeichnet, daß die Außenelektrode (10) eine feldstärkemindernde Ringnut (21) oder eine feldstärkemindernde Lochreihe (22) in der Nähe des Isolators (15) aufweist.

5. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Nähe des Isolators (15) mindestens eine Startelektrode (24) in einem Elektronenvervielfachung in einer homogenen Entladung erlaubenden Abstand (25') von der Innenelektrode (11) angeordnet ist. 5 10

6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Strahlungsquelle (26) vorhanden ist, die das Gas des Gasentladungsraums (12) in der Nähe des Isolators (15) ionisiert. 15

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Strahlungsquelle (26) eine plasmabildende Hohlkathode (27) und/oder eine plasmabildende Hochfrequenzstrahlungsquelle (28) und/oder eine UV-Lichtquelle (29) ist. 20

8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf der dem Gasentladungsraum (12) abgewendeten Seite (15') des Isolators (15) eine vorspannungsbeaufschlagbare, gasentladungsraumseitig isolatorangelagerte Elektronen (e) erzeugende Ladeelektrode (30) vorhanden ist, und daß die Elektronen (e) durch Spannungsbeaufschlagung einer Elektrode (11) freisetzbar sind. 25 30

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß an die Ladeelektrode (30) und an die gegenpolige Zylinderelektrode (Außenelektrode 10) ein zeitgleich mit dem Hochleistungsschalter (HS) betätigbarer Entladungsschalter (ES) angeschlossen ist. 35

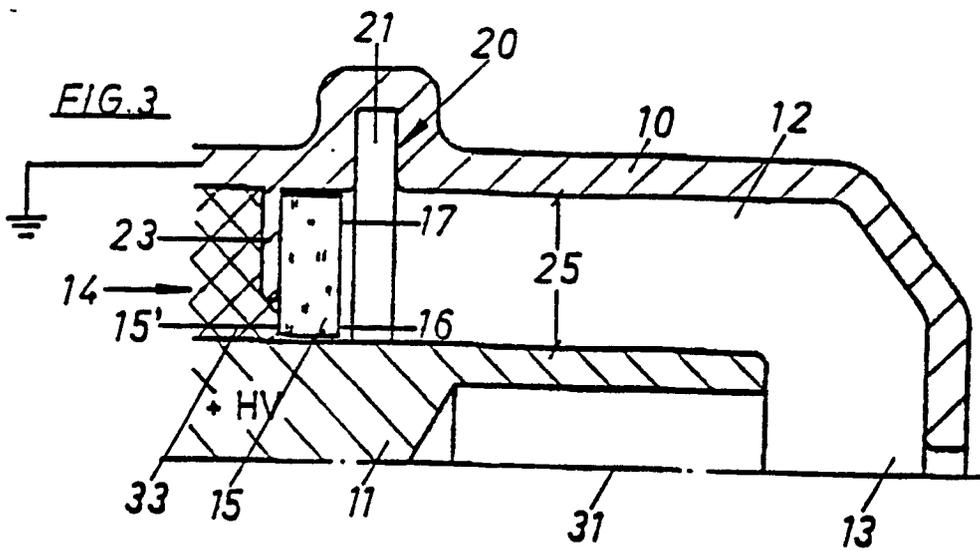
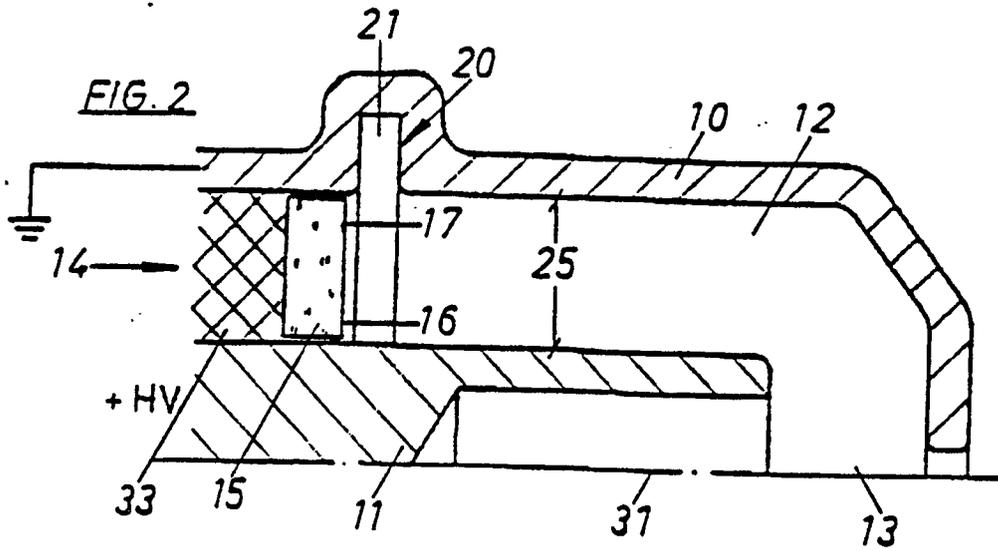
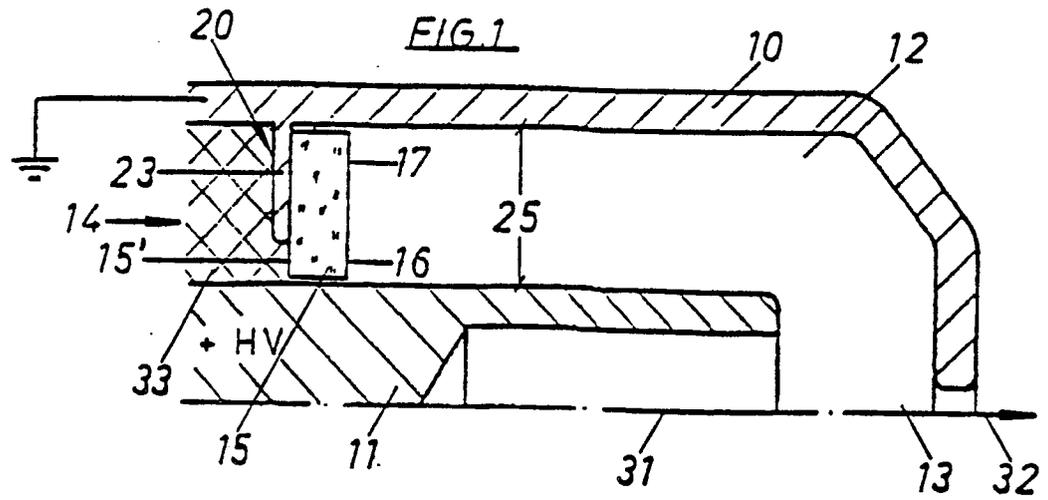
10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Innenelektrode (11) an positives Potential und die Außenelektrode (10) geerdet oder an negatives Potential angeschlossen ist. 40

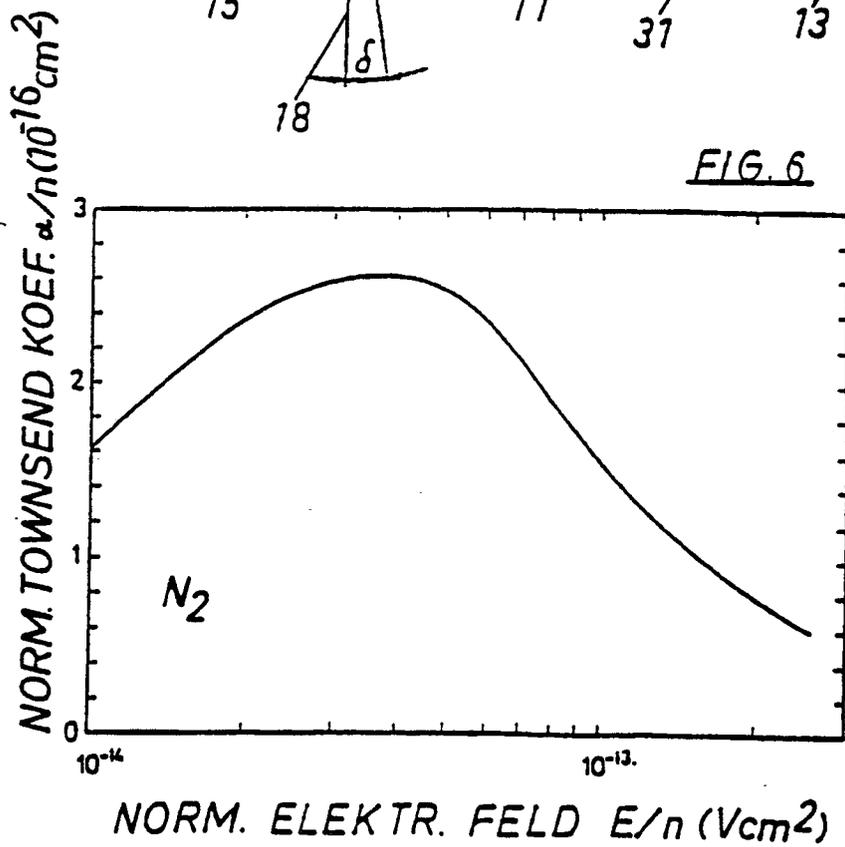
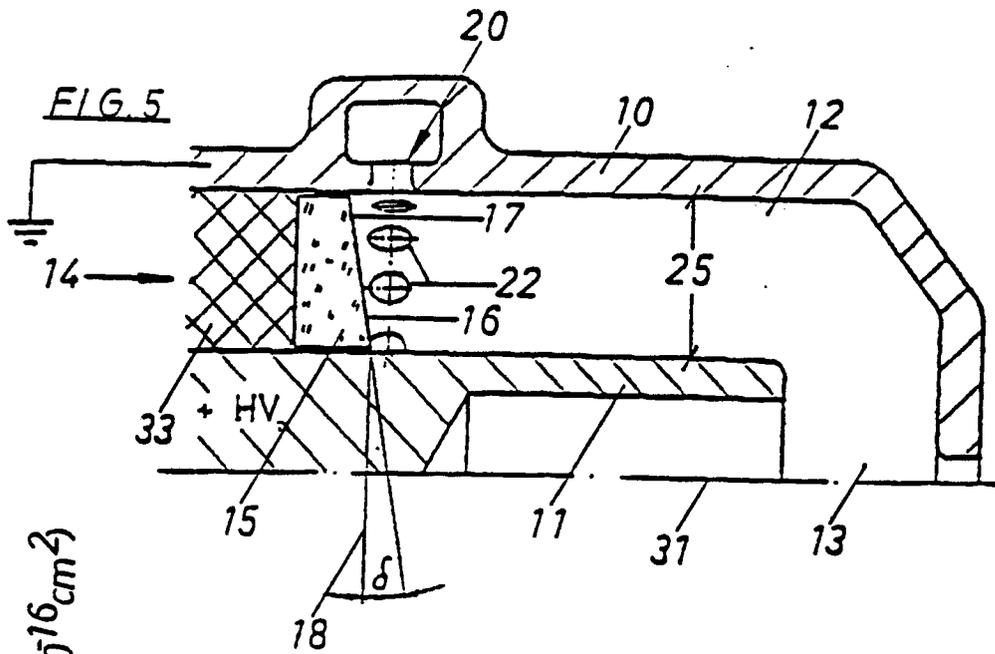
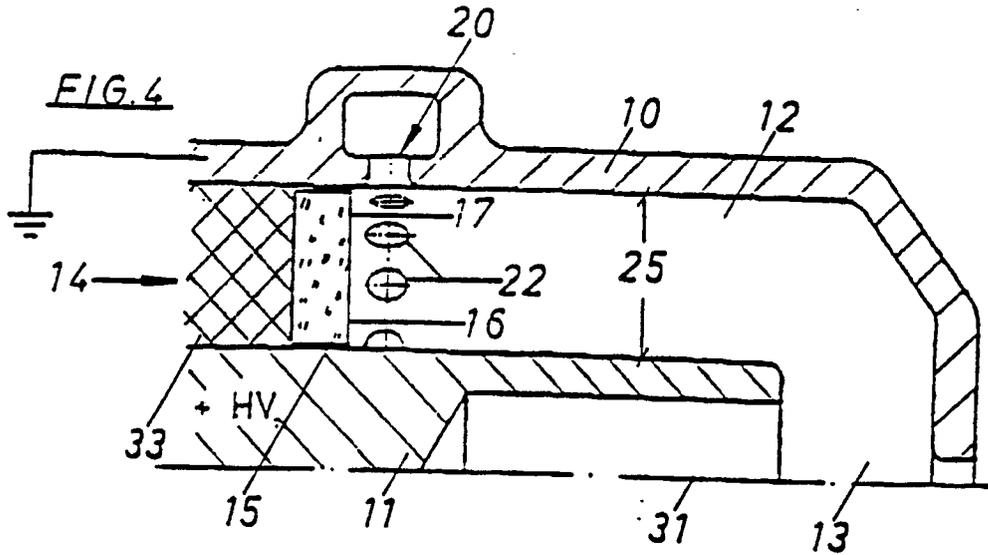
11. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abstand (25) zwischen den beiden Elektroden (10, 11) konstant ist oder sich zum freien Ende (13) hin verengt. 45

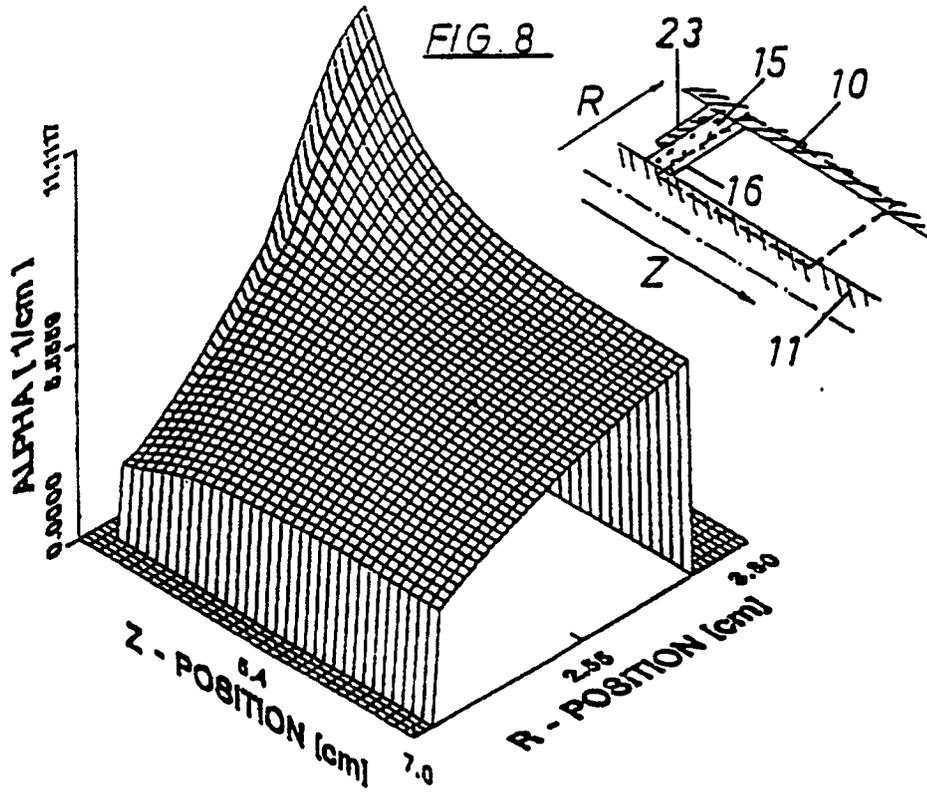
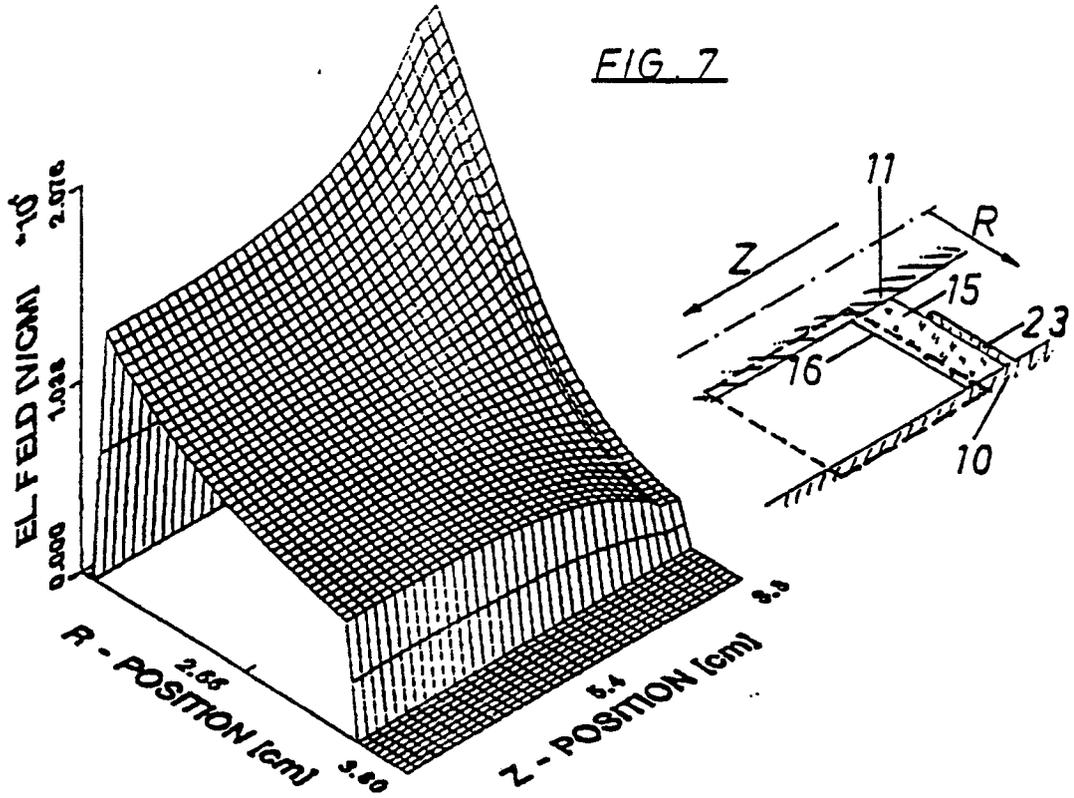
50

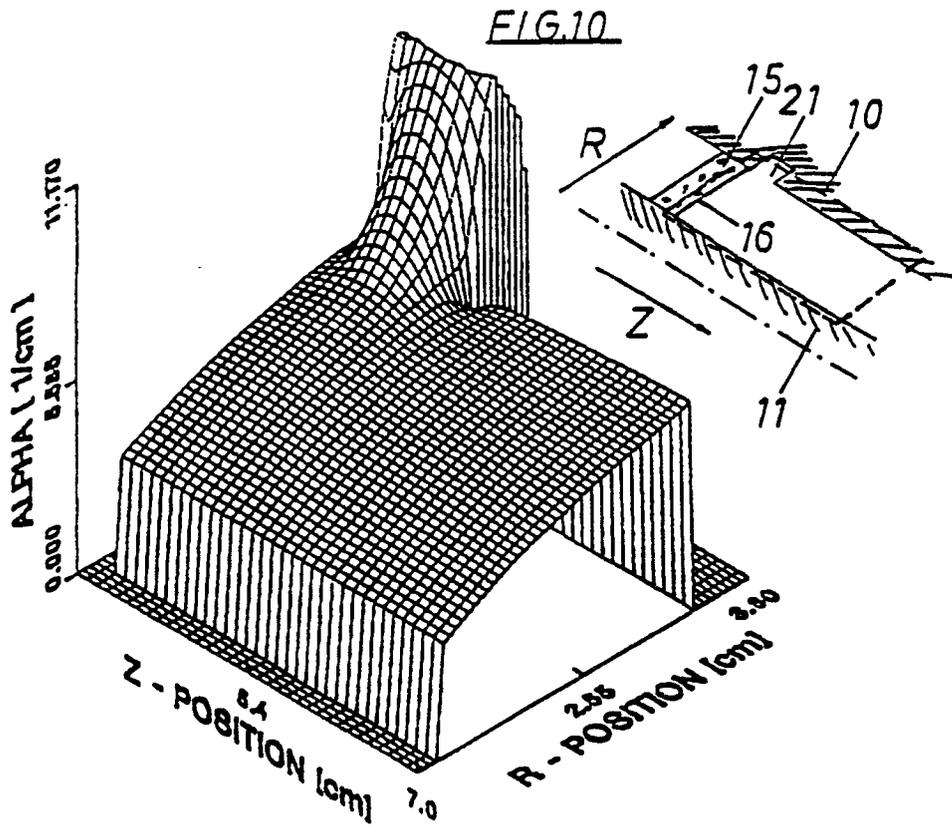
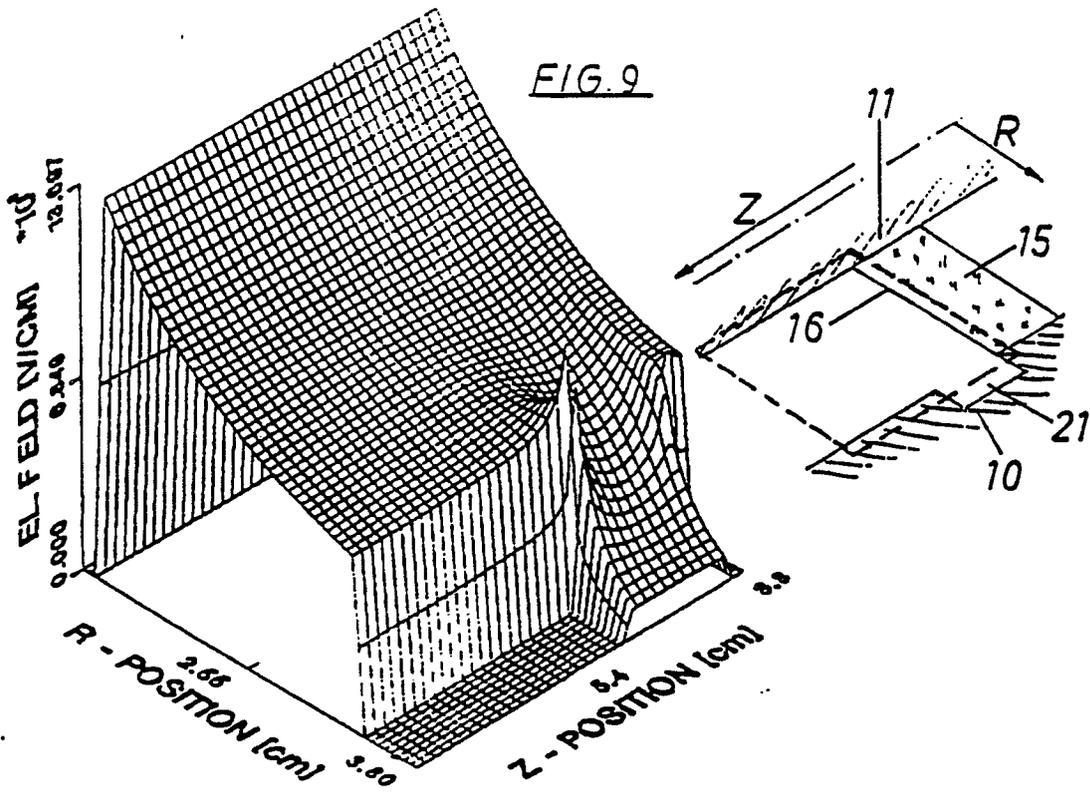
55

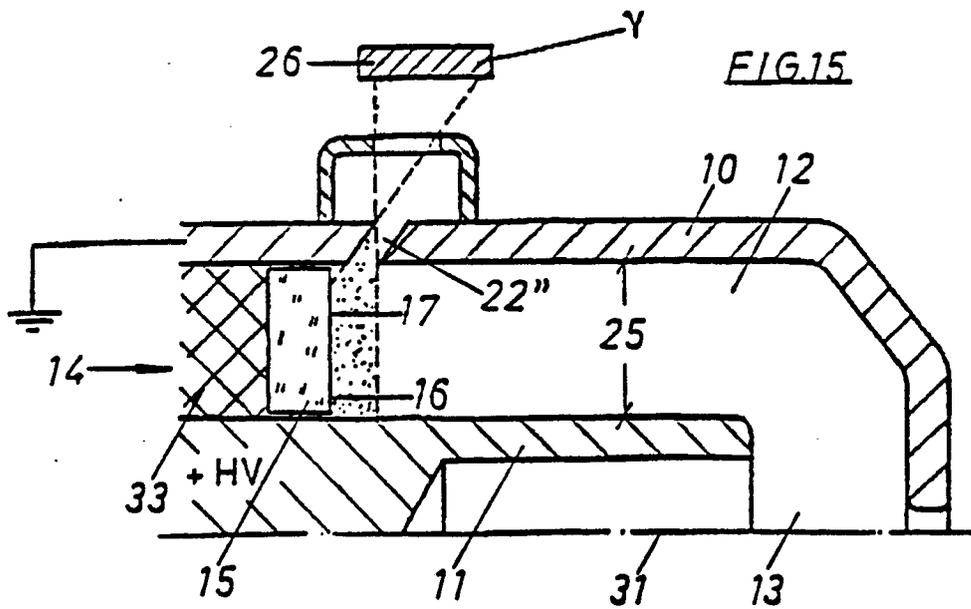
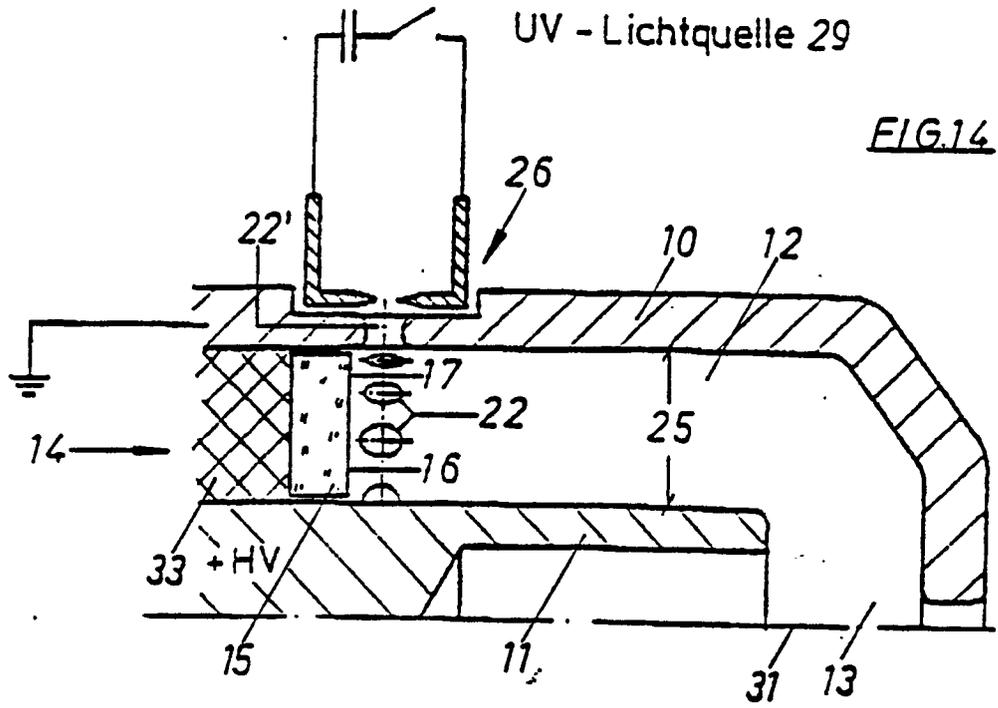
6











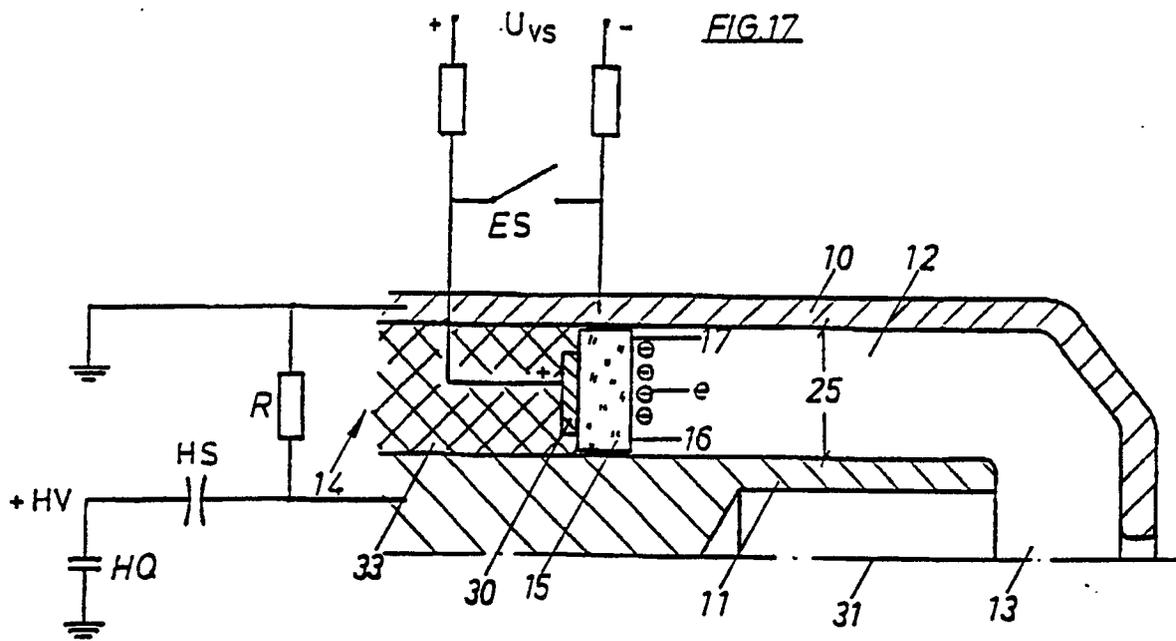
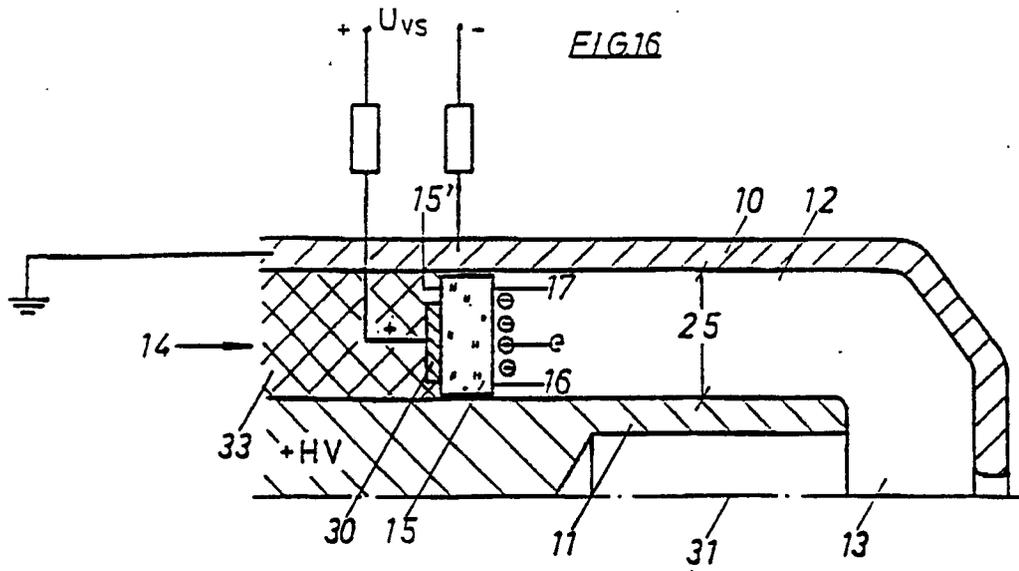


FIG. 18

