



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.³: H 02 H
H 01 C

9/04
7/12

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑪

630 754

⑫① Gesuchsnummer: 6837/78

⑫② Anmeldungsdatum: 22.06.1978

⑫③ Priorität(en): 22.06.1977 JP 52-74694
30.09.1977 JP 52-118154
24.10.1977 JP 52-127874

⑫④ Patent erteilt: 30.06.1982

⑫⑤ Patentschrift veröffentlicht: 30.06.1982

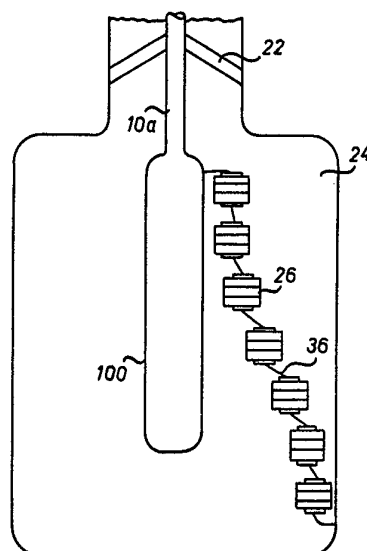
⑫⑦ Inhaber:
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha, Tokyo (JP)

⑫⑦② Erfinder:
Tohei Nitta, Amagasaki (JP)
Yoshikazu Shibuya, Amagasaki (JP)
Yukio Fuziwara, Amagasaki (JP)

⑫⑦④ Vertreter:
Dr. A.R. Egli & Co., Patentanwälte, Zürich

⑫⑤④ Ueberspannungsableiter mit geerdetem Gehäuse und einem darin angeordneten Stapel nichtlinearer Widerstände.

⑫⑦⑤ Der Überspannungsableiter umfasst ein geerdetes, zylindrisches Gehäuse (24), in das ein Anschlussleiter (10a) ragt, der in einen zentrisch im Gehäuse und in Nachbarschaft eines Stapels seriengeschalteter, nichtlinearer Widerstände (26) sich erstreckender Abschirmungsleiter (100) übergeht. Der Stapel ist zwischen dem hochspannungsseitigen Ende dieses Abschirmungsleiters (100) und dem Boden des Gehäuses (24) geschaltet. Die Widerstände sind in Teilstapel derart aufgeteilt, dass sich durch Anpassung deren Potentiale ein annähernd lineares Potentialprofil längs des Stapels ergibt.



PATENTANSPRÜCHE

1. Überspannungsableiter mit einem geerdeten zylindrischen Gehäuse, in welchem sich ein Stapel nichtlinearer Widerstände befindet, welcher Stapel mit einem Anschlussleiter in Verbindung steht, der elektrisch isoliert aus dem Gehäuse herausgeführt ist, dadurch gekennzeichnet, dass sich vom hochspannungsseitigen Ende des Stapels (26) her ein mit dem Anschlussleiter (10a) in Verbindung stehender Leiterabschnitt (28) in Nachbarschaft des Stapels im Gehäuse erstreckt.

2. Überspannungsableiter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Leiterabschnitt (28) ein Abschirmungsleiter ist, der sich vom hochspannungsseitigen Ende des Stapels (26) her radial nach aussen und unten erstreckt zur Kompensation der elektrostatischen Kapazität zwischen dem Stapel (26) und dem geerdeten Gehäuse (12a).

3. Überspannungsableiter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die nichtlinearen Widerstände (26) aus gesintertem Zinkoxid bestehen.

4. Überspannungsableiter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Abschirmungsleiter (28) stangenförmig ist und sich asymmetrisch bezüglich der nichtlinearen Widerstände (26) erstreckt.

5. Überspannungsableiter nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine ringförmige Abschirmung durch elektrisch mit der Innenseite benachbarter nichtlinearer Widerstände verbunden Elektroden (34) gebildet ist.

6. Überspannungsableiter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Abschirmungsleiter (28) derart bezüglich der nichtlinearen Widerstände erstreckt, dass die Beziehung

$$\frac{C_2}{C_1 + C_2} = \frac{x'}{H}$$

erfüllt ist, wobei H die totale Stapelhöhe des Stapels nichtlinearer Widerstände und C_1 und C_2 die elektrostatischen Kapazitäten zwischen einem Höhenpunkt X' des Stapels bezogen auf die Stapelunterseite und dem Leiterabschnitt (28), entsprechend C_1 , bzw. dem Gehäuse (12a), entsprechend C_2 , bedeuten.

7. Überspannungsableiter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Stapel nichtlinearer Widerstände (26) in Teilstapel mit je einer Mehrzahl nichtlinearer seriegeschalteter Widerstandselemente aufgeteilt ist (Fig. 11).

8. Überspannungsableiter nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Potential der Teilstapel von der Hochspannungsseite zum Gehäuseboden hin abnimmt.

9. Überspannungsableiter nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Teilstapel auf einer Seite des Leiterabschnittes erstrecken (Fig. 11).

10. Überspannungsableiter nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilstapel den Leiterabschnitt spiralförmig umgeben (Fig. 13).

11. Überspannungsableiter nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilstapel im Bereich des freien Endes des Leiterabschnittes angeordnet sind (Fig. 14).

12. Überspannungsableiter nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Teilstapel nichtlinearer Widerstände eine Abschirmung aufweist (Fig. 8, 17).

13. Überspannungsleiter nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Teilstapel auf einem konischen, elektrisch isolierten, den Leiterabschnitt umgebenden Träger (38) abstützen.

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Überspannungsableiter mit einem geerdeten zylindrischen Gehäuse, in welchem sich ein Stapel nichtlinearer Widerstände befindet, welcher Stapel mit einem Anschlussleiter in Verbindung steht, der elektrisch isoliert aus dem Gehäuse herausgeführt ist.

Für den Schutz von Kleinanlagen gegen Überspannungen werden Überspannungsableiter verwendet, welche ohne Überschlagnusspalt sind und welche in einem Schwefelhexafluorid (SF_6) arbeiten. Solche Ableiter umfassen ein mit dem Gas gefülltes, geerdetes Gehäuse, in dem sich eine Mehrzahl nichtlinearer Widerstände aus Silikonkarbid (SiC) befinden, die in Serie mit einem Anschlussleiter und dem geerdeten Gehäuse geschaltet sind. Ferner ist es bekannt, für die nichtlinearen Widerstände gesintertes Zinkoxid zu verwenden. In jedem Fall ist die Anzahl der nichtlinearen Elemente durch die Linienspannung bestimmt. Daraus ergibt sich, dass bei zunehmender Linienspannung auch die Dimensionen der nichtlinearen Elemente zunehmen müssen, was sich in einer unerwünschten Grösse des Gehäuses äussert.

Die Überspannungsableiter der vorgenannten Art haben zudem einen relativ geringen Abstand zwischen geerdetem Gehäuse und einem Hochspannungselement zu diesem Gehäuse. Beim Auftreten einer Hochspannung oder Überspannung bewirkt dann das resultierende elektrische Feld ein ungünstiges unebenes Potentialprofil an den seriegeschalteten nichtlinearen Widerständen, was die Funktionsweise des Überspannungsableiters thermisch beeinflusst.

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, einen Überspannungsableiter so auszugestalten, dass die vorgenannten Nachteile vermieden werden, wobei insbesondere die nichtlinearen Charakteristik der Widerstandselemente sowie die Gleichförmigkeit des Potentialprofils verbessert werden sollen.

Dies wird nun erfindungsgemäss dadurch erreicht, dass sich vom hochspannungsseitigen Ende des Stapels her ein mit dem Anschlussleiter in Verbindung stehender Leiterabschnitt in Nachbarschaft des Stapels im Gehäuse erstreckt.

Bevorzugt kann dann die Ausgestaltung so sein, dass der Leiterabschnitt ein Abschirmungsleiter ist, der sich vom hochspannungsseitigen Ende des Stapels her radial nach aussen und unten erstreckt zur Kompensation der elektrostatischen Kapazität zwischen dem Stapel und dem geerdeten Gehäuse.

Hierbei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Ausgestaltung so ist, dass der Stapel nichtlinearer Widerstände in Teilstapel mit je einer Mehrzahl nichtlinearer, seriegeschalteter Widerstandselemente aufgeteilt ist.

Beispielsweise Ausführungsformen des Gegenstandes der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung, einen herkömmlichen Überspannungsableiter mit nichtlinearen Silikonkarbid-Widerstandselementen;

Fig. 2 in schematischer Darstellung einen andern herkömmlichen Überspannungsableiter mit nichtlinearen Widerstandselementen aus gesintertem ZnO .

Fig. 3 eine Spannungs-Strom-Charakteristik der Anwendung gemäss Fig. 2;

Fig. 4 eine Equivalent-Schaltung der Anordnung gemäss Fig. 2;

Fig. 5A eine Potential-Charakteristik der Anordnung gemäss Fig. 2;

Fig. 5B den Verlauf des elektrischen Feldes (Feldprofil) der Anordnung gemäss Fig. 2;

Fig. 6 eine Graphik zur Veranschaulichung der Lebensdauer der Anordnung gemäss Fig. 2 in Abhängigkeit der Spannung;

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Beispiels eines Überspannungsableiters gemäss der Erfindung;

Fig. 8 eine Ausführungsvariante eines erfindungsgemässen Überspannungsableiters;

Fig. 9 eine weitere Ausführungsvariante eines erfindungsgemässen Überspannungsableiters;

Fig. 10 eine graphische Darstellung der Äquipotentialfläche 5 im Innern der Anordnung gemäss Fig. 9 bei fehlenden nichtlinearen Widerständen;

Fig. 11 eine Ausführungsvariante der Anordnung gemäss Fig. 9;

Fig. 12 eine Ausführungsvariante der Anordnung gemäss Fig. 9;

Fig. 13 eine Ausführungsvariante der Anordnung gemäss Fig. 12;

Fig. 14 eine weitere Ausführungsvariante eines erfindungsgemässen Überspannungsableiters;

Fig. 15A und 15B graphische Darstellungen ähnlich jenen gemäss Fig. 5A und 5B bezogen auf die Anordnung gemäss Fig. 14;

Fig. 16 und 17 eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemässen Überspannungsableiters gemäss Fig. 14;

Fig. 18 in teilweise schaubildartiger Ansicht eine weitere Variante einer erfindungsgemässen Anordnung und

Fig. 19 einen Schnitt entlang der Schnittlinie IXX-IXX in Fig. 18.

Anhand von Fig. 1 soll zunächst eine erste Art eines bekannten Überspannungsableiters zur Erläuterung der auftretenden Probleme beschrieben werden. Danach ist ein Linienleiter 10 koaxial von einem geerdeten Gehäuse 12 umgeben und von diesem elektrisch isoliert durch einen Ringkanal 14, welcher ein elektrisch isolierendes Gas in Form von Schwefelhexafluorid (SF_6) beinhaltet. An einer elektrischen Übergangsstelle ist der Gehäuseteil 12 mit einem Gehäuseteil 12a gasdicht verbunden, in welchem Gehäuseteil 12a sich ein Überschlageselement 16 befindet, das zwischen Linienleiter 10 und geerdetem Gehäuseteil 12a angeschlossen ist. Dieses Überschlageselement 16 umfasst einige Überschlagespalte 18 abwechselnd und in Serie mit nichtlinearen Widerstandselementen 20 aus Silikonkarbid (S.C.)

Gemäss Fig. 1 beginnt die beschriebene Anordnung 16 mit einem Überschlagespalt 18 und endet mit einem nichtlinearen Widerstandselement 20. Die Anzahl solcher Seriokombinationen ist bestimmt durch die Linienspannung oder die Spannung des zu schützenden elektrischen Systems. Danach bedeutet eine Zunahme bzw. Erhöhung dieser Spannung eine Vergrösserung des Überschlageselementes bzw. der Überschlageselementanordnung 16, was natürlich zwangsläufig die ganze Anordnung räumlich vergrössert. Zudem besteht hier ein relativ geringer Abstand zwischen Gehäuse und Hochspannungsteil, was bewirkt, dass auf eine Überspannung hin am Überschlageselement ein ungleichförmiges Potentialprofil entsteht, was die Funktionsweise der Anordnung thermisch beeinflusst.

Es hat sich in der Folge gezeigt, dass durch Verwendung nichtlinearer Widerstandselemente aus Zinkoxid (ZnO) anstelle der vorbeschriebenen aus Silikonkarbid die Anordnung ohne Luftspalte zwischen benachbarten Widerstandselementen möglich ist.

Eine solche andere bekannte Ausführungsform gemäss Fig. 2 umfasst ein Metallgehäuse 12a in Form eines Hohlzylinders mit geschlossenem Boden und eingezogenem Hals, welches mit einem Gas von hohem Dielektrikum, wie Schwefelhexafluorid (SF_6) gefüllt ist. Das Gehäuse 12a ist geerdet und umschliesst einen Stapel von Widerständen 26 mit nichtlinearer Charakteristik, der sich in der Längsachse des Gehäuses von einem untersten Widerstand, der sich am Boden des Gehäuses 12a abstützt, zu einem obersten Widerstandskörper erstreckt, welcher mit einem Leiter 10a verbunden ist, welcher als hochspannungsseitiger Anschluss dient. Dieser Leiter 10a durchdringt gasdicht einen Isolationskörper 22, welcher den

Hals des Gehäuses 12a verschliesst. Die Widerstandskörper 26 sind vorzugsweise aus einem gesinterten Körper gebildet, der im wesentlichen Zinkoxid (ZnO) enthält.

In Funktion dieses Überspannungsableiters gemäss Fig. 2 ist dieser über den Leiter 10a an eine Hochspannungsleitung eines elektrischen Apparates angeschlossen, um den Apparat gegen Überspannungen, etwa bei Blitzschlag, durch eine Überspannungsableitung gegen Erde zu schützen.

Die hierbei verwendeten Widerstände 26 haben eine Spannung-Strom-Charakteristik gemäss Fig. 3. Hierbei stellt die Abzisse den Strom in Ampère im Logarithmus und die Ordinate die Spannung in Volt dar. Die ausgezogene Kurve gibt die Charakteristik für einen Gleichstrom wieder und zeigt, dass die Spannung über der Widerstandsanordnung über einen relativ grossen Stromänderungsbereich konstant gehalten werden kann. Somit kann der Spannungsanstieg über dem Überspannungsableiter ziemlich niedrig gehalten werden.

Wird aber an der Anordnung gemäss Fig. 2 eine Wechselspannung angelegt, weicht die Charakteristik im Niederspannungsbereich gemäss gestrichelter Linie in Fig. 3 von der vorbeschriebenen Gleichstrom-Charakteristik ab. Die gestrichelte Linie veranschaulicht den Spitzenwert der Wechselspannung gegenüber dem des Wechselstromes. Der Unterschied zwischen den beiden Charakteristiken resultiert aus den gesinterten Zinkoxid-Elementen und deren elektrostatischen Kapazität. Es ist dabei auffällig, dass von einer gewissen Höhe der Wechselspannung ab die Wechselstrom-Charakteristik identisch wird mit der Gleichstrom-Charakteristik.

Wenn also die Spannung gemäss Fig. 3 einen Wert V_0 übersteigt, sind Wechselstrom- und Gleichstromcharakteristik etwa gleich, dagegen unterschiedlich bei Spannungswerten unter dem Wert V_0 . Für ein gesintertes Zinkoxidelement ist der Wert des Stromes bei der Spannung V_0 etwa 1 Milliampère oder höher. Bei Wechselstromableiter mit einem Stapel nichtlinearer Widerstände besteht nun eine sogenannte Erdsprungspannung V_p , welche unter der genannten Spannung V_0 liegt, wobei der Wert dieser normalen Erdsprungspannung V_p (Spannung über dem Ableiter) in Beziehung zur Lebensdauer der gesinterten Zinkoxid-Elemente steht, wie nachfolgend noch näher erläutert wird.

Bezüglich solcher niedriger Wechselspannungen funktioniert das gesinterte Zinkoxidelement als Kondensator, wobei allerdings Probleme auftreten. So bestehen bei der Anordnung gemäss Fig. 2 Streukapazitäten zwischen den nichtlinearen Widerständen 26 und dem Gehäuse 10a. Zur Beurteilung dieser Streukapazitäten ist zunächst festzustellen, wie sich die angelegte normale Wechsel-Spannung bezüglich Erde über dem Stapel bezüglich der einzelnen Widerstandselemente aufteilt, wozu eine äquivalente Schaltung gemäss Fig. 4 dient.

In dieser Fig. 4 bedeutet H die totale Länge des Stapels nichtlinearer Widerstände 26 (siehe auch Fig. 2). Ferner bedeutet x den Abstand eines Messpunktes vom Hochspannungsende des Stapels her; dx ein Teil des Abstandes x; K/dx die elektrostatische Kapazität eines Teiles eines Elementes mit der Länge dx; und Cdx die elektrostatische Kapazität zwischen dem Teil des Elementes mit der Länge dx und dem Metallgehäuse. Weiter sei eine Spannung V über dem Stapel 26 angelegt, wobei $v(x)$ das Potential am Punkt x bedeutet. Dann gilt die Beziehung:

$$v(x) C dx = \frac{d}{dx} \left[\frac{dv(x)}{dx} \cdot dx \cdot \frac{K}{dx} \right] dx$$

Bei der Annahme, dass C und K unabhängig von x sind und somit konstant, kann diese Beziehung reduziert werden auf:

$$\frac{d^2 v(x)}{dx^2} = \frac{C}{K} v(x).$$

Wird weiter angenommen, dass die Grenzbedingungen $V(0) = V$ und $v(H) = 0$ bestehen, ergibt sich:

$$v(x) = V \frac{\sinh \left[\sqrt{\frac{C}{K}} (H-x) \right]}{\sinh \left[\sqrt{\frac{C}{K}} H \right]}.$$

Einen Verlauf des Potentials am Stapel von nichtlinearen Widerständen entsprechend der vorstehenden Beziehung ergibt die in Fig. 5a ausgezogene Kurve, wobei die Abzisse den Abstand x und die Ordinate das Potential wiedergibt. Wird der Stapel nichtlinearer Widerstände gegen einen festen Widerstand ausgetauscht, ergibt sich ein Potentialprofil gemäss gestrichelter Linie in Fig. 5a.

Somit ergibt sich, dass ein elektrisches Feld $E(x)$, welches sich im Stapel nichtlinearer Widerstände aufbaut, und sich durch $E(x) = |dv(x)/dx|$ definieren lässt, gemäss der ausgezogenen Kurve in Fig. 5b sehr ungleichmässig ist. Gemäss Fig. 5b besteht ein Maximum $E_{\max}$ des elektrischen Feldes hochspannungsseitig des Stapels 26 an der Stelle $x = 0$, welches Maximum vergleichsweise dem mittleren Wert E_{av} sehr hoch ist. Unter diesen Umständen ist der Teil des Stapels nichtlinearer Widerstände nahe dem hochspannungsseitigen Ende in einem Überspannungszustand, bei welchem die Überspannung wesentlich über der normalen Spannung V_p gegen Erde liegt. Ist eine solche Überspannung ständig am nichtlinearen Widerstand angelegt, verschlechtert sich dessen elektrischer Zustand.

Aus Fig. 6 ist ein Beispiel einer Spannung-Lebensdauer-Kurve für Zinkoxidelemente entnehmbar. Hierbei stellt die Ordinate die Spannung und die Abzisse den Logarithmus der Lebensdauer in Jahren dar. Hierbei stellt die obere Kurve ein Zinkoxidelement mit niedriger Temperatur und die untere Kurve ein solches Element bei höherliegender Temperatur dar. Danach nimmt die Lebensdauer rapide ab, wenn die Spannung den Wert V_0 (gemäss Fig. 3) übersteigt.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich somit, dass bei herkömmlichen Konstruktionen solcher Überspannungsableiter eine sich gegen die Hochspannungsseite hin verschiebende Normal-Spannung gegen Erde als Nachteil dadurch erweist, dass die Abschnitte des Stapels nichtlinearer Widerstände näher zur Hochspannungsseite hin rasch zerstört werden.

Ausgabe der Erfindung ist nun, die vorgenannten Nachteile des Standes der Technik und insbesondere in Bezug auf die anhand von Fig. 2 beschriebene Anordnung zu vermeiden.

Eine entsprechende Anordnung hierfür ist in Fig. 7 gezeigt. Hierbei unterscheidet sich der Überspannungsableiter gemäss Fig. 7 von jenem gemäss Fig. 2 durch einen elektrischen Leiter 28 in Form einer Stange, die sich von der Hochspannungsseite A des Stapels nichtlinearer Widerstände 26 her nach unten und radial nach aussen erstreckt. Die Anordnung ist hierbei so getroffen, dass der Leiter 28 L-förmig ist und mit dem kürzeren Steg am Hochspannungsleiter 10a angeschlossen ist. Ferner ist der Stapel der nichtlinearen Widerstände 26 derart exzentrisch im Gehäuse 12a untergebracht, dass die Gehäuseaxe mit einer Umfangslinie des Stapels und somit mit der axialen Erstreckung des Hochspannungsleiters 10a fluchtet. Ferner sitzt der Stapel nichtlinearer Widerstände mit seinem unteren Ende B auf dem Boden des Gehäuses 12a auf.

Natürlich kann diese Anordnung auch so getroffen sein, dass der Stapel nichtlinearer Widerstände koaxial im Gehäuse angeordnet ist.

Durch gestrichelte Linien 30 bzw. 32 in Fig. 7 sind elektrostatische Kapazitäten, welche Streukapazitäten darstellen, zwischen dem Stapel nichtlinearer Widerstände 26 und sowohl

dem Leiter 28 als auch dem geerdeten Gehäuse 12a angedeutet.

Zum Verständnis der Funktionsweise dieser Anordnung sei zunächst nochmals auf die Anordnungen gemäss Fig. 1 und 2 verwiesen, nach welchen die Stapel nichtlinearer Widerstände 26 einen extrem geringen Widerstand darstellen ehe ein Anstieg auf eine Überspannung hin erfolgt, wodurch ein Anstieg der Spannung über dem Ableiter verhindert wird. Andererseits fliesst im Stapel bei Dauer- oder Betriebsspannung nur ein sehr kleiner Strom, welcher bei herkömmlichen Frequenzen der Wechsellspannung durch die elektrostatischen Kapazitäten des Stapels bestimmt ist, wie das anhand von Fig. 4 erläutert wurde.

Bei der Anordnung gemäss Fig. 7 verursacht das Vorhandensein der elektrostatischen Kapazität 30 ein Potentialprofil am Stapel der nichtlinearen Widerstandselemente durch die angelegte Wechsellspannung, das sich mehr der gestrichelt gezeichneten linearen Funktion angleicht als der ausgezogenen Linie in Fig. 5A. Das ideale Potentialprofil ist gradlinig gemäss der gebrochenen Linie in Fig. 5A, was nach folgender Beziehung erreicht werden kann:

$$\frac{C_2}{C_1 + C_2} = \frac{x'}{H}$$

worin H die Stapelhöhe AB des Stapels nichtlinearer Widerstände 26 in Fig. 7 und C_1 und C_2 die elektrostatischen Kapazitäten zwischen einem Höhepunkt x' bezogen auf die Stapelunterseite B und dem stangenförmigen Leiter 28, welcher als abschirmender Leiter wirkt bzw. dem Gehäuse 12a. Diese Beziehung muss für alle seriegelagerte nichtlineare Widerstände erfüllt sein, was sich wenigstens angenähert durch die unsymmetrische Anordnung des Stapels im Gehäuse erreichen lässt.

Natürlich ist es dabei möglich, mehr als eine Abschirmungsleiter radial nach aussen abragen zu lassen, was allerdings eine wesentliche schwierigere Anordnung darstellt.

Eine der Anordnung gemäss Fig. 7 ähnliche Ausführungsform eines Überspannungsableiters ist in Fig. 8 dargestellt, bei welcher zusätzlich zwischen den sich einander berührenden nichtlinearen Widerstandselementen Elektroden 34 abragen, welche eine ringförmige Abschirmung bilden. Dieses Schild dient einem Ausgleichen des elektrischen Feldes an der Umfangsfläche des Stapels 26.

Bei dem Beispiel eines erfindungsgemässen Überspannungsableiters nach den Figuren 7 und 8 bilden also die nichtlinearen Widerstände 26 einen Stapel der sich in der Längsrichtung des geerdeten Gehäuses 12a erstreckt, wogegen der Abschirmungsleiter 28 von der Hochspannungsseite her nach unten und radial nach aussen abragt, um die elektrostatischen Kapazitäten zwischen Gehäuse und Stapel zu kompensieren.

Ebenso ist es aber auch möglich, dass sich der Abschirmungsleiter 28 in der Längsaxe des Gehäuses 12a erstreckt und die nichtlinearen Widerstände 26 zwischen Abschirmungsleiter 28 und Gehäuse 12a angeordnet sind, wie das nachfolgend noch näher beschrieben wird.

Gemäss Fig. 9 erstreckt sich ein zylinderförmiger Abschirmungsleiter 100 von grösserem Durchmesser als der Hochspannungsanschlussleiter 10a in der Längsaxe des Gehäuses 12a. Eine Anordnung von nichtlinearen Widerstandselementen 26 ist hier in mehrere Teilstapel 26-1, 26-2, 26-3, 26-4, 26-5, 26-6 und 26-7 unterteilt, die in Serie liegen zwischen einem Mantelflächenpunkt des Abschirmungsleiters 100 nahe dem Hochspannungsanschluss und einem Mantelflächenpunkt des Gehäuses 12a nahe seinem Boden.

Die genannten Teilstapel sind einander gleich und umfassen hier je drei aneinander liegende Elemente nichtlinearer Wider-

stände. Die Stapel sind untereinander durch Elektrodenpaare 36 verbunden, wobei das Potential der Elemente vom Abschirmungsleiter 100 her zur Gehäusewandung hin immer kleiner wird. Ferner ist die Anordnung so getroffen, dass die nichtlinearen Widerstände mit ihren parallelen Flachseiten parallel der Gehäuselängsaxe ausgerichtet sind.

Wie bereits ausgeführt, weist die Anordnung der nichtlinearen Widerstände 26 auf eine Überspannung hin einen sehr geringen Widerstand auf, um ein Ansteigen der Spannung über dem Ableiter zu verhindern. In diesem Zustand ist die Spannung im wesentlichen gleich über die einzelnen Teilstapel 26-1 bis 26-7 verteilt. Dagegen ist die ständige Wechselspannung über der Widerstandsanordnung 26 durch die Teilstapel in Abhängigkeit der elektrostatischen Kapazität der Anordnung und der Streukapazität zwischen Abschirmungsleiter 100 an der Hochspannungsseite und dem Boden des Gehäuses 12a geteilt; somit also die Teilspannungen über den einzelnen Teilstapeln 26-1 bis 26-7 zunächst ungleich.

Durch die neue Anordnung ist es aber möglich, eine Anpassung so vorzunehmen, dass die Potentiale der einzelnen Teilstapel 26-1 bis 26-7 sich im wesentlichen mit dem elektrostatischen Feld zwischen dem Abschirmungsleiter 100 und dem geerdeten Gehäuse 12a bei fehlendem Stapel nichtlinearer Widerstände decken. Aus Fig. 10 sind in Prozent die Äquipotentiallinien in einem solchen elektrischen Feld durch gestrichelte Linien angedeutet. Das bedeutet, dass durch eine Anpassung eine ungleichförmige Spannungsteilung infolge der Streukapazitäten über dem Stapel nichtlinearer Widerstände vermieden werden kann. Mit anderen Worten, das resultierende Potentialprofil am Stapel der nichtlinearen Widerstände 26 kann so von seinem bisherigen Verlauf gemäss der ausgezogenen Linie in Fig. 5a gegen den idealen Verlauf gemäss gestrichelter Linie in Fig. 5a hin verschoben werden.

Gemäss vorbeschriebener Ausführungsform nach Fig. 9 sind die Teilstapel 26-1 bis 26-7 in einer gemeinsamen radialen Ebene angeordnet. Ebenso gut können sie aber auch spiralförmig um den zylindrischen Leiter 100 angeordnet sein. Ebenso gut können mehr oder weniger als drei nichtlineare Widerstandselemente einen Teilstapel bilden. Ebenso können die Teilstapel so zur Längsaxe des Gehäuses 12a und so zur Längsaxe des Leiters 100 angeordnet sein, dass deren Symmetrieaxe zu diesen nicht rechtwinklig gemäss Fig. 9 sondern parallel gemäss Fig. 11 verlaufen.

Weitere Ausführungsvarianten der Anordnung gemäss Fig. 9 sind den Fig. 12 und 13 entnehmbar.

Gemäss Fig. 12 ist ein konischer Träger 38 aus elektrisch isolierendem Material vorgesehen mit einer zentrischen Öffnung, durch welche sich der Abschirmungsleiter 100 hindurcherstreckt. Dieser Träger 38 ist mit seinem unteren Rand fest mit der Gehäuseinnenwand verbunden. Auf diesem Träger 38 stützen sich ein Paar Stapel 26 nichtlinearer Widerstände ab, welche sich diametral gegenüber liegen. Auch hier sind die Stapel 26 wieder in seriegeschaltete Teilstapel aufgeteilt gemäss gewünschtem Potentialprofil.

Natürlich ist es auch hier möglich, auf dem konischen Träger nur einen Stapel nichtlinearer Widerstände vorzusehen oder mehr als zwei solcher Stapel, wobei die Verteilung dann in gleichen Winkelabständen erfolgen würde. Ebenso könnten solche Stapel nichtlinearer Widerstände auch auf der Rückseite des Trägers angeordnet sein.

Fig. 13 zeigt nun eine Anordnung mit einem Stapel 26 aus einer Mehrzahl Teilstapel auf dem konischen Träger 38 in spiralförmiger Anordnung um den Abschirmungsleiter 100. Im übrigen entspricht aber diese Anordnung jener gemäss Fig. 12.

Aus Fig. 14 ist eine der Anordnung jener gemäss Fig. 12. Aus Fig. 14 ist eine der Anordnung jener gemäss Fig. 12. Aus Fig. 14 ist eine der Anordnung jener gemäss Fig. 12. Aus Fig. 14 ist eine der Anordnung jener gemäss Fig. 12.

und um den Abschirmungsleiter 100 herum angeordnet, wobei die Teilstapel eine Serieschaltung zwischen hochspannungsseitigem Abschirmungsleiter 100 und Boden des Gehäuses 12a mit Anschlüssen 36 darstellen. Dies erhöht die elektrostatische Kapazität zwischen jedem Teilstapel und dem Abschirmungsleiter 100 zur Bildung eines gleichförmigen Potentialprofils.

Nach Fig. 14 haben die nichtlinearen Widerstände des Teilstapels 26-1 die elektrostatischen Kapazitäten $C_{a1}, C_{a2}, \dots$, welche zwischen den nichtlinearen Widerstandselementen und dem Leiter 100 auftreten, sowie elektrostatische Kapazitäten $C'_{a1}, C'_{a2}, \dots$, welche zwischen den betreffenden Widerstandselementen und dem Gehäuse 12a auftreten, hier beginnend von der Hochspannungsseite her. In gleicher Weise haben die nichtlinearen Widerstandselemente der anderen Teilstapel 26-2 bzw. 26-3 ähnliche elektrostatische Kapazitäten $C_{b1}, C_{b2}, \dots$ bzw. $C'_{b1}, C'_{b2}, \dots$ bzw. $C_{c1}, C_{c2}, \dots$ bzw. $C'_{c1}, C'_{c2}, \dots$.

Auch hier stellen die Teilstapel der nichtlinearen Widerstände 26-1 bis 26-3 extrem niedrige Widerstände für die Überschlüsse dar, was dann einen Spannungsanstieg verhindert, wobei die angelegte Spannung infolge gleicher Stapelweite gleichmässig verteilt wird. Zudem wird wieder die Dauerwechselspannung nur einen kleinsten Strom durch die Serienanordnung bewirken, wobei der Strom bei herkömmlicher Netzfrequenz beeinflusst ist durch die elektrostatischen Kapazitäten, wie das bereits beschrieben wurde.

Bei der Anordnung gemäss Fig. 14 ist der Stapel in 3 Teilstapel unterteilt, bei welchen je die dem Hochspannungsleiter 100 am nächsten liegende elektrostatische Kapazität C_{a1} bzw. C_{b1} bzw. C_{c1} ansteigt. Dies erlaubt, wie erläutert, eine Verbesserung des Potentialprofils vergleichsweise der Anordnung gemäss Fig. 2.

Das Potential und das elektrische Feld entlang den seriegeschalteten nichtlinearen Widerstandsstapeln 26-1, 26-2 und 26-3 gemäss Fig. 14 wurden gemessen und das Resultat in den Fig. 15a und 15b wiedergegeben. In Fig. 15a stellt die ausgezogene Kurve $v(x)$ das Potentialprofil an der Serienanordnung der Teilstapel über jeweils einen Abstand x , gemessen vom Hochspannungsende her, dar, mit der Annahme, dass die 3 Teilstapel physikalisch ohne Zwischenabstand als einen Stapel zusammengefügt seien. Das sich ergebende elektrische Feldprofil zeigt dagegen die ausgezogene Kurve $E(x)$ in Fig. 15b. In beiden Figuren 15a und 15b bedeutet H die totale Länge aller drei seriegeschalteter Teilstapel. Die gestrichelt gezeigten Linien in diesen Darstellungen zeigen gemäss den Fig. 5a und 5b den angestrebten Idealverlauf an.

Aus der Fig. 15a ist entnehmbar, dass sich das erreichte Potentialprofil diesem Idealverlauf sehr nähert. Die Überhöhungen 40 und 42 des Potentialprofils $v(x)$ ergeben sich aus der Wirkung der elektrostatischen Kapazitäten $C_{b1}, \dots; C_{c1}, \dots$; wie das anhand der Fig. 14 erläutert wurde. Es ist erkennbar, dass deren Einfluss erheblich ist. Vergleichsweise zeigt sich eine bessere Annäherung bezüglich der Überhöhung 44 in Fig. 15a. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich der Teilstapel 26-1 näher am Hochspannungsleiter 100 befindet, was die elektrostatischen Kapazitäten $C_{a1}, C_{a2}, \dots$ erhöht, woraus sich eine weitere Annäherung des Potentialprofils an den Idealverlauf ergibt.

Aus Fig. 15b ist zu entnehmen, dass ebenfalls das Feldprofil $E(x)$ sehr an den Idealverlauf angenähert werden konnte.

Diese vorbeschriebenen mehr oder weniger starken Annäherungen an den Idealverlauf von Potentialprofil und Feldprofil liegen nunmehr durchaus im Bereich statthafter Toleranzen.

Selbstverständlich lassen sich diese guten Ergebnisse auch bei Anordnungen erzielen, bei welchen der Stapel nichtlinearer Widerstände anders als in 3 Teilstapel aufgeteilt ist.

Zur Erhöhung der elektrostatischen Kapazitäten $C_{a1}, \dots; C_{b1}, \dots$ und $C_{c1}, \dots$ kann gemäss Fig. 16 jeweils eine Abschr-

nung 46 auf die obere Stirnseite der Teilstapel 26-1, 26-2 und/oder 26-3 vorgesehen werden.

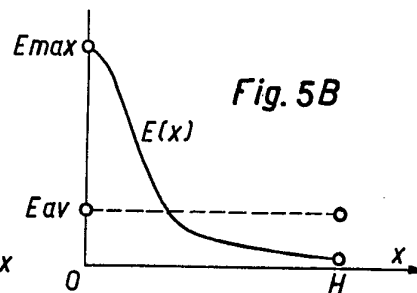
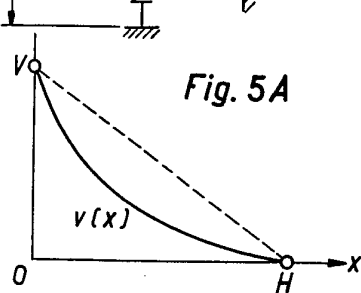
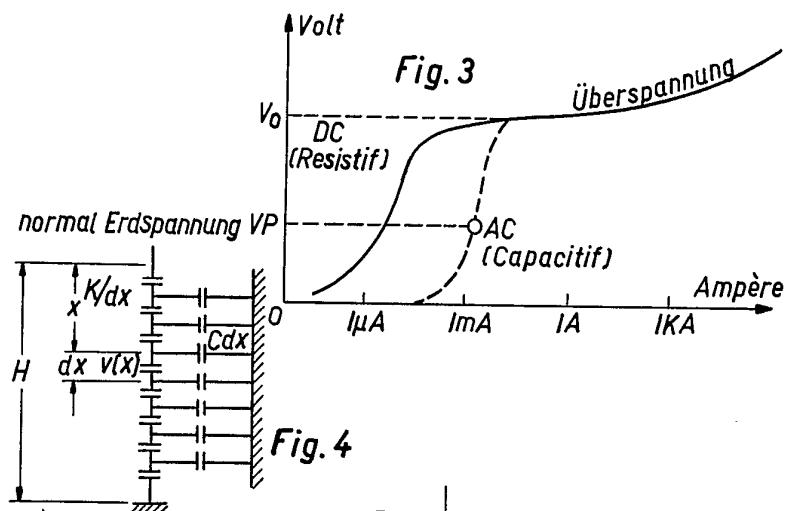
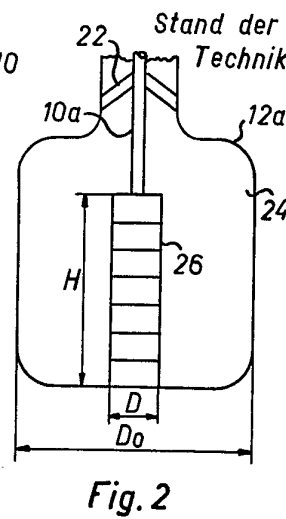
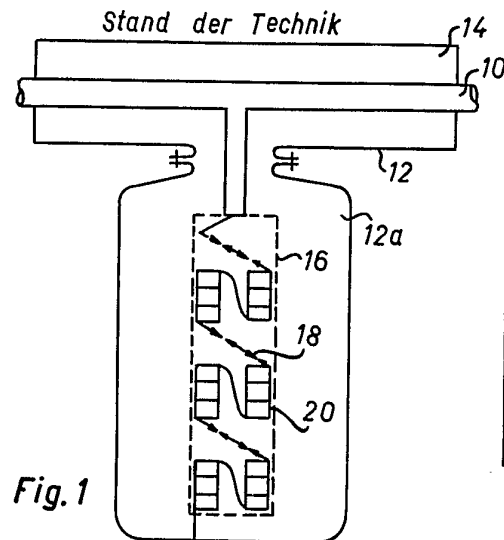
Ebenso ist es möglich, zwischen den benachbarten nichtlinearen Widerständen jedes Teilstapels gemäss Fig. 17 Abschirmungen 34 vorzusehen, welche demjenigen gemäss der vorherbeschriebenen Anordnung nach Fig. 8 entsprechen. Diese Abschirmungen egalisieren das elektrische Feld an der Oberfläche der Teilstapel.

In Fig. 18 ist eine Ausführungsform dargestellt, bei welcher sich der Linienleiter 10 anstelle eines separaten Anschlussleiters selbst durch das Gehäuse 12a hindurcherstreckt und demzufolge natürlich an beiden Enden gasdicht und elektrisch getrennt mit dem Gehäuse verbunden ist. Im Innern ist der

Linienleiter 10 von einem Träger 36 umgeben, der dem Träger der anhand der Fig. 12 und 13 vorherbeschriebenen Ausführungsform entspricht. Insbesondere Fig. 19 zeigt, dass eine Mehrzahl nichtlinearer Widerstände 26 auf dem Träger 38 befestigt und in Serieschaltung miteinander verbunden sind.

Bei dieser Anordnung lassen sich eine grosse Anzahl nichtlinearer Widerstände 26 unterbringen bei einer relativ kleinen Baugrösse der ganzen Anordnung.

Natürlich sind im Rahmen der Erfindung auch eine ganze Anzahl weiterer Modifikationen denkbar. Beispielsweise kann der Hochspannungsleiter bzw. Abschirmungsleiter anstelle seiner Stangenform auch plattenförmig sein.



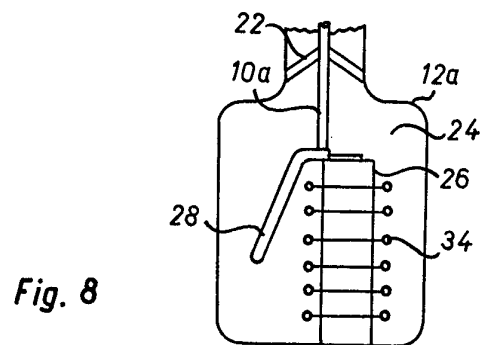
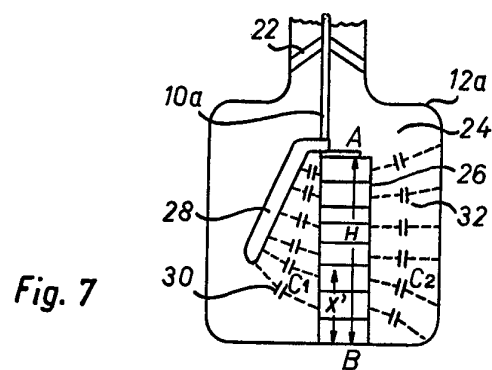
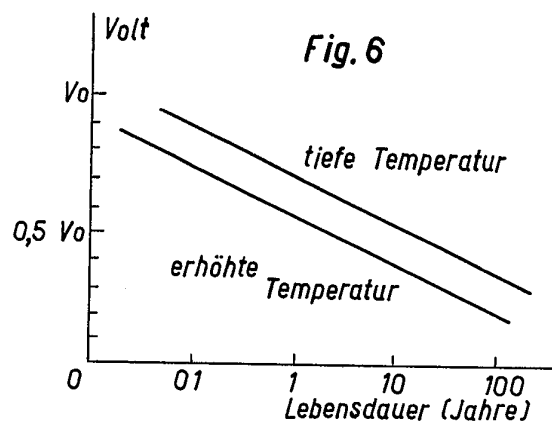


Fig. 9

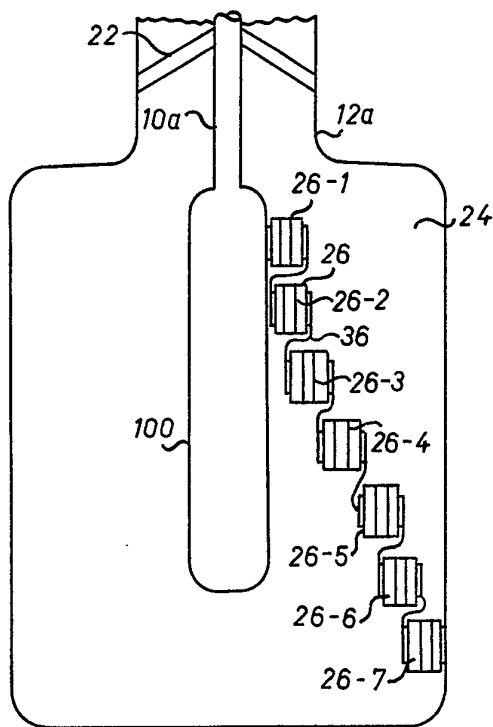


Fig. 10

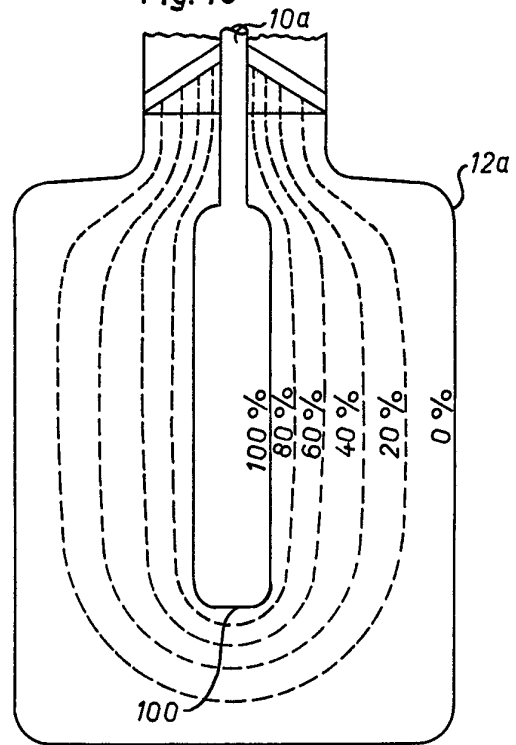


Fig. 14

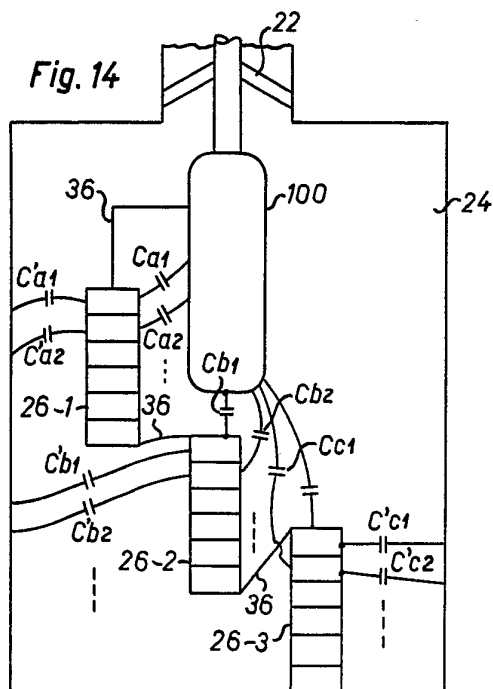


Fig. 15A

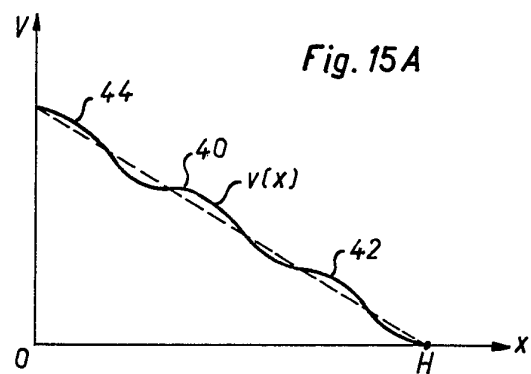
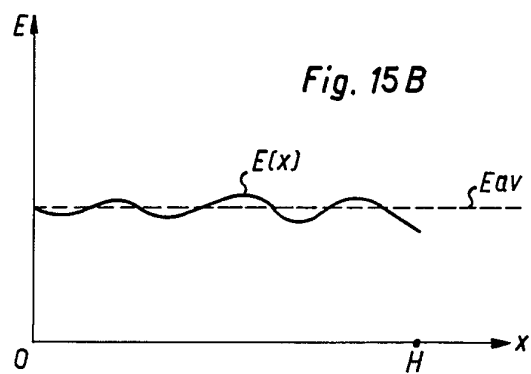


Fig. 15B



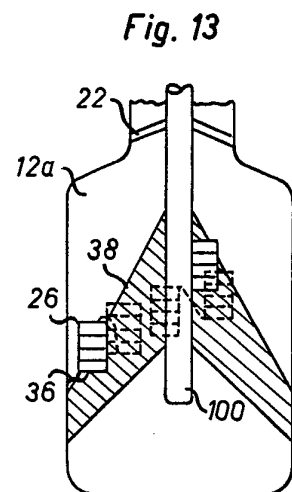
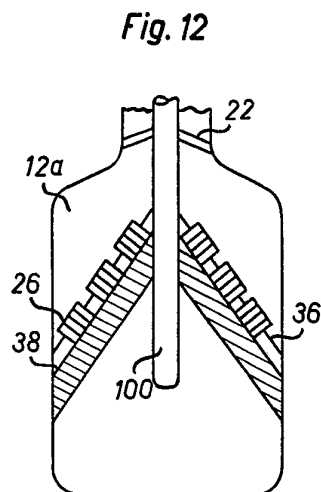
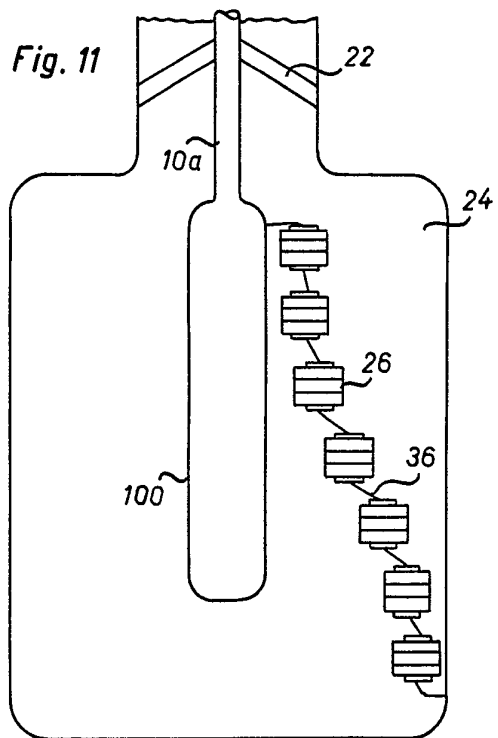


Fig. 16

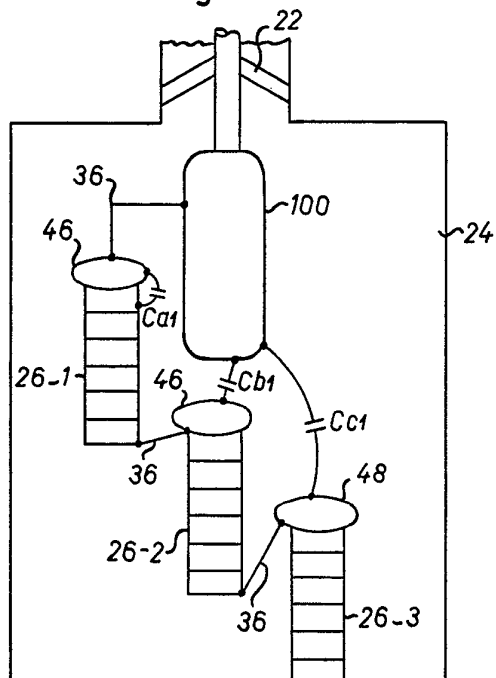


Fig. 17

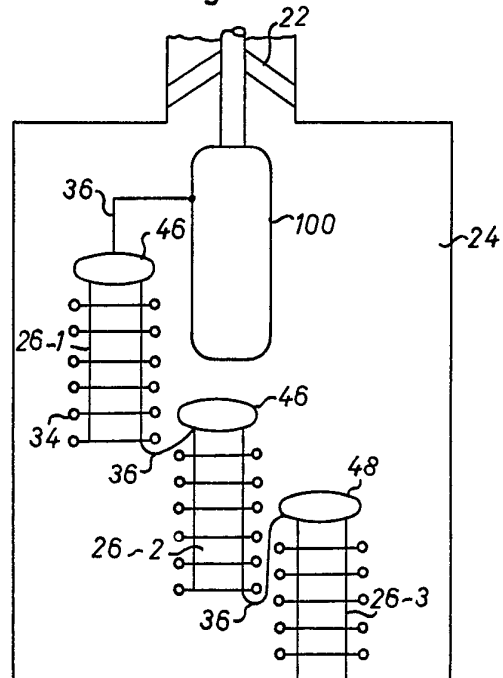


Fig. 18

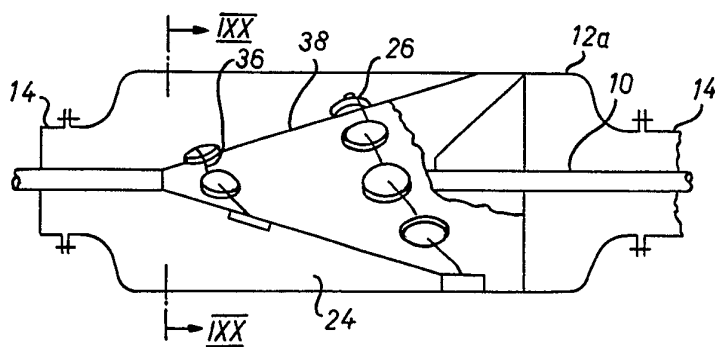


Fig. 19

