



12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer : **94890211.9**

51 Int. Cl.⁶ : **F01N 3/02, B03C 3/00**

22 Anmeldetag : **14.12.94**

30 Priorität : **17.12.93 AT 2562/93**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung :
21.06.95 Patentblatt 95/25

84 Benannte Vertragsstaaten :
DE FR GB IT

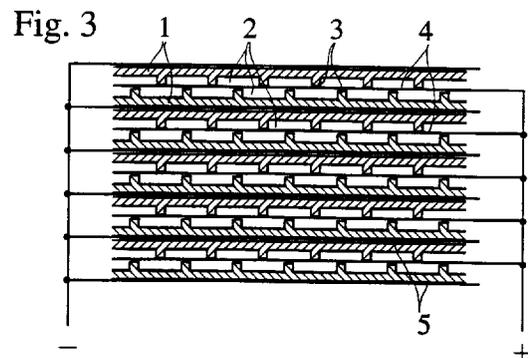
71 Anmelder : **Fleck, Carl Maria, Dr.**
Doktorberg 23, E5
A-2391 Kaltenleutgeben (AT)

72 Erfinder : **Fleck, Carl Maria, Dr.**
Doktorberg 23, E5
A-2391 Kaltenleutgeben (AT)

74 Vertreter : **Kliment, Peter, Dipl.-Ing. Mag.-jur.**
Singerstrasse 8/3/8
A-1010 Wien (AT)

54 **Vorrichtung zum Abscheiden von Russpartikeln aus den Abgasen von Brennkraftmaschinen.**

57 Vorrichtung zum Abscheiden von Rußpartikeln aus den Abgasen von Brennkraftmaschinen, mit einem in der Abgasleitung angeordneten Elektrofilter, bei dem zwischen mindestens zwei elektrisch leitenden als Elektroden dienenden Lagen, mindestens eine elektrisch isolierende Lage angeordnet ist und zwischen mindestens zwei Lagen ein Strömungskanal für das Abgas frei gehalten ist und das elektrische Feld senkrecht zur Strömungsrichtung der Abgase verläuft. Um einen einfachen Aufbau zu ermöglichen, ist vorgesehen, daß der Filter aus regelmäßig gestapelten oder gewickelten Lagen (1, 4, 5) leitender und keramischer Materialien besteht, die durch elektrisch isolierende Abstandshalter (3) voneinander distanziert sind und jeder Strömungskanal (2) an mindestens einer Seite von einer keramischen Lage begrenzt ist, wobei im freien Strömungsquerschnitt eine Feldstärke von mindestens 100V/mm, vorzugsweise mindestens 300V/mm herrscht und in jedem Strömungskanal (2) die negativere, vom elektrischen Feld dursetzten Begrenzung eine keramische Oberfläche aufweist.



Die Erfindung bezieht sich auf ein Elektrofilter zum Abscheiden von Rußpartikeln aus den Abgasen von Brennkraftmaschinen gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Bei solchen Vorrichtungen ist ein keramischer Wabenkörper an zwei einander gegenüberliegenden Außenflächen mit Elektroden versehen, die im wesentlichen parallel zur durch die Kanäle des Wabenkörpers bestimmten Strömungsrichtung der Abgase angeordnet sind, wobei an diese Elektroden eine Hochspannung von 10kV bis 20kV angelegt ist. Dadurch ergibt sich eine Serienschaltung von 30 bis 50 Kanälen des Wabenkörpers, von denen jeder einzelne als kleiner Elektrofilter arbeitet und die negativ aufgeladenen Rußpartikel abscheidet.

Um das Abbrennen des abgeschiedenen Dieselerußes zu gewährleisten, wird das Elektrofilter mit so hoher Spannung betrieben, daß von der jeweils negativeren der Kanaloberflächen Elektronen emittiert werden, die durch das Sammelfeld beschleunigt auf den abgelagerten Ruß treffen und Oxidationsreaktionen einleiten. Dieser Vorgang wird durch die Abscheidung negativ aufgeladener Sauerstoffionen auf die Substratoberfläche unterstützt, die einerseits als Sauerstoffradikale eine höhere Reaktionsbereitschaft haben und andererseits den Sauerstoffpartialdruck auf der Substratoberfläche erhöhen.

Die Nachteile einer solchen Lösung liegen in der benötigten Hochspannung, deren Zuführung zu den Elektroden in Anwesenheit von Ruß zu großen Isolationsschwierigkeiten führt. Auch aus den Wabenkörpern selbst kann es zu Entladungen oder zu parasitären Strömen kommen, die die Aufrechterhaltung der Betriebsspannung nicht oder nur bei zu großem Energieverbrauch gewährleisten würde.

Auch muß man bei höheren Temperaturen viel elektrische Leistung zur Verpfändung stellen, um das Abscheidefeld in in Form von in Strömungsrichtung verlaufenden Stegen aus Keramik oder einem anderen guten Isolationsmaterial trägt, die im Querschnitt rechteckig, rund oder keilförmig sein können.

Weiters wurde ein Elektrofilter der eingangs erwähnten Art durch die WO-A1-91/16528 bekannt, bei dem ein keramischer Wabenkörper vorgesehen ist, der vom Abgas durchströmbare durchgehenden Kanäle aufweist, die ziegelmauerartig übereinander angeordnet sind. Bei diesem bekannten Filter sind Elektroden an der Außenseite des Filters und im Inneren einer dieses durchsetzenden Bohrung angeordnet, über die die Zufuhr der Abgase erfolgt, wobei zwischen diesen Elektroden mehrere Reihen von Kanälen angeordnet sind. Bei einem solchen Filter ist die Herstellung des keramischen Körpers schwierig.

Ziel der Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden und eine Vorrichtung der eingangs erwähnten Art vorzuschlagen, die sich einfach herstellen und betreiben läßt.

Erfindungsgemäß wird dies bei einer Vorrichtung

der eingangs erwähnten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 erreicht.

Der Aufbau der als Filter dienenden Vorrichtung durch mehrere Lagen aus elektrisch leitenden und keramischen Materialien läßt sich sehr einfach herstellen. Dabei können auch Stahlfolien verwendet werden, die mit einer, vorzugsweise jedoch zwei dünnen keramischen Beschichtungen versehen sind, wobei die Aufbringung des keramischen Materials durch Plasmabeschichtung erfolgen kann.

Durch die relativ geringe Höhe der vom Abgas im Bereich des Filters durchströmbaren Kanäle wird erreicht, daß es zur Ausbildung einer im wesentlichen luminären Strömung kommt und daher das Anlagern der Rußpartikel und deren Oxidation durch die durch das elektrische Feld bedingten Radikale erleichtert wird.

In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, wenn die im Anspruch 2 angegebenen Bedingungen eingehalten werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtungen ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen.

Bei diesen erfindungsgemäßen Anordnungen ist natürlich der Spannungsabfall in den Keramiksubstraten selbst auch zu berücksichtigen. Beschränkt man diesen mit 100 Volt bis 400 Volt je Substrat, so ergeben sich notwendige spezifische Widerstände des Keramikmaterials bei der gewünschten mittleren Arbeitstemperatur, bei der der Verbrennungsvorgang stattfinden soll je nach Filtergröße 10^6 Ohm.cm bis 10^{10} Ohm.cm vorzugsweise 10^7 Ohm.cm bis 10^9 Ohm.cm .

Will man die Abbrennfunktion des Filters über ein im Alltagsbetrieb notwendiges Temperaturintervall von mindestens 300°C (also etwa von 100°C bis 400°C) ausdehnen, so ist dies erfindungsgemäß durch einen hohen Anteil an offener Porosität im keramischen Material möglich. Erfindungsgemäß kann auch eine Dotierung des keramischen Ausgangstoffes mit Vanadium oder Strontium, vorzugsweise mit Strontiumtitanat durchgeführt werden.

In diesem Zusammenhang wird festgestellt, daß die Filterfunktion und die Speicherfähigkeit der Vorrichtung auch dann erhalten bleibt, wenn die Abgastemperatur dieses Arbeitsintervall verläßt. Bei Temperaturen unter 100°C nimmt das Abbrennen gleichzeitig mit der Abnahme des Zellenstroms ab, während die Filterfunktion voll erhalten bleibt, bei Temperaturen über 400°C kommt es nur auf die zur Verfügung gestellte elektrische Leistung an: der zunehmende Zellenstrom führt bei Erreichen der Leistungsgrenze der Netzversorgung zu einem langsamen Abregeln der Spannung und damit zu einer langsamen Reduktion des Filterwirkungsgrades. Die Abbrennfunktion bleibt durch die Nähe des Flammpunktes von Ruß (bei etwa 500°C , hängt von der Menge der Kohlenwasserstoffe ab) erhalten und geht bei etwa 500°C in

das natürliche Abbrennen von Ruß über. Allerdings brennt auch dann nur jener Ruß ab, der im Filter abgeschieden wird, da dieser Prozeß mehr Zeit fordert, als bei dem Transport zum Ende des Abgasstranges vorhanden ist.

Im folgenden werden nun erfindungsgemäße Ausführungsformen beschrieben:

Fig.1: Eine erfindungsgemäße Anordnung von keramischen Filterplatten mit Serienschaltung.

Fig.2: Eine externe Serienschaltung der Filterzellen.

Fig.3: Eine Parallelschaltung der Filterzellen.

Fig.4: Auf- und Grundriß einer erfindungsgemäßen Ausführung parallelgeschalteter Filterzellen.

Fig.5: Eine schematische Darstellung eines Wickelektrofilters in Serienschaltung.

Fig.6: Wickelektrofilter in Parallelschaltung.

Fig.7: Auf- und Grundriß einer erfindungsgemäßen Ausführung parallelgeschalteter Filterzellen.

Fig.8a, 8b und 9a, 9b: Auf- und Grundrisse weiteren Ausführungsformen erfindungsgemäßer Filter.

Fig.1 zeigt einen Stapel, dessen Lagen durch einseitig strukturierten keramischen Platten 1 gebildet wird, die gemeinsam mit den glatten Rückseiten ebensolcher Platten 1 Strömungskanäle 2 bilden, die von dem zu reingigenden Abgas durchströmt werden. Die einseitigen an den Platten 1 angeformten Abstandshalter 3 können durch in Strömungsrichtung verlaufende Stege oder unterbrochene Noppen gebildet sein, die nur den Abstand zur nächsten Platte sicherstellen. Dieser Stapel von Platten 1 wird nur an seiner ersten und an seiner letzten Platte 1 mit Hochspannungselektroden 4, 5, kontaktiert, zwischen denen Hochspannung liegt. Dadurch sind die einzelnen untereinanderliegenden Strömungskanäle 2 intern elektrisch in Serie geschaltet, wobei die Strömungskanäle 2 ziegelmauerartig gegeneinander versetzt angeordnet sind.

Fig.2 zeigt eine erfindungsgemäße externe elektrische Serienschaltung dieser Strömungskanäle durch Metallfolien 4' die zwischen je zwei strukturierten Platten 1 liegen und zwischen die jeweils Spannungsquellen 6 geschaltet sind, die unabhängig vom Potential gestapelt werden können. Dies können erfindungsgemäß Dioden sein, die gemeinsam mit den Kapazitäten der Metallfolien 4' eine Kaskadenschaltung bilden gepolt sein, daß immer die der Metallfolie 4' gegenüberliegende Seite der keramischen Platte 1 negativer ist, als die Metallfolie 4'.

Fig.3 zeigt eine erfindungsgemäße elektrische Parallelschaltung der Strömungskanäle 2. Um die keramischen Platten 1 jeweils auf negativerem Potential zu haben, als die ihr gegenüberliegenden durch Metallfolien gebildete Elektrode 4, sind die einseitig strukturierten Platten 1 anwechselnd mit den Abstandhaltern 3 nach oben und nach unten angeordnet. Dabei sind die Elektroden 4 parallel geschaltet und mit einem Pol + einer Gleichspannungsquelle

und alle Elektroden 5 mit dem zweiten Pol - der Gleichspannungsquelle verbunden, wobei diese nur eine relativ niedrige Spannung zu liefern braucht, da diese nur zur Erziehung der erforderlichen Feldstärke in einer Lage von Strömungskanälen 2 ausreichen muß.

Fig.4 stellt Ausschnitte aus Auf- und Grundriß eines Abschnittes eines Filters nach der Fig.3 dar. Der Stapel besteht aus Lagen aus einseitig genoppten Keramikplatten 1, wobei zwischen jeweils zwei von ihnen mit gegeneinander gerichteten als Noppen ausgebildeter Abstandhaltern 3 eine als Stahlfolie ausgebildete Elektrode 4 angeordnet ist. Diese Stahlfolie ist steif genug, um auch bei höheren Temperaturen den Abstandhaltern 3 Widerstand zu bieten und bildet mit beiden Keramikplatten 1 zwei gegensinnig liegende Strömungskanäle 2, die mit Elektroden 5 aus dünneren Folien kontaktiert sind, von denen jede ebenfalls an jeweils zwei Strömungskanäle 2 begrenzenden Platten 1 anliegt. Keramikplatten 1 und Elektroden 4 und 5 werden durch entsprechende Stahlstifte 7 gehalten und mit Hilfe von Distanzringen 8 kontaktiert.

Fig.5 zeigt ein erfindungsgemäßes Wickelektrofilter, das einlagig aus einem Keramiksubstrat gewickelt ist und innen und außen mit Hochspannungselektroden 4 und 5 kontaktiert ist. Die Abstandhalter 3 sind als Stege ausgebildet und sind ca. 4mm hoch und bestimmen die Höhe der Strömungskanäle 2.

Fig.6 zeigt ein erfindungsgemäßes Wickelektrofilter aus zwei gegeneinander isolierten durch Stahlfolien gebildeten Elektroden 4, 5, wobei jede mit beidseitiger keramischer Plasmabeschichtung 1' und entsprechenden als Keramikugeln ausgebildeten Abstandhaltern 3 die einen Durchmesser von ca.2mm aufweisen und die nur durch die Spannung bzw. Verformung der die Elektroden 4, 5 bildenden Stahlfolien fixiert sind. Das Filter ist zweilagig aus voneinander isolierten Folien gewickelt und besteht daher aus zwei großen Strömungskanälen 2, die parallelgeschaltet sind. Die keramikbeschichteten Stahlfolien sind etwa 2mm voneinander entfernt und die Spannung zwischen den als Elektroden 4, 5 dienenden Metallfolien beträgt ca. 300V.

Fig. 7a, 7b stellen Ausschnitte aus Auf- und Grundriß von zwei erfindungsgemäß übereinander angeordneten Strömungskanäle 2 dar. Der Stapel besteht aus beidseitig plasmabeschichteten, aus dünnen hochwarmfesten Stahlplatten hergestellten Elektroden 4 und 5 mit hinreichender Biegefestigkeit, um als Abstandhalter 3 keramischen Platten von 40mm bis 50mm Breite und 2mm bis 4mm Höhe das Auslangen finden zu können, die an den Seiten der beschichteten Elektroden 4 und 5 angeordnet sind und so beiderseits die Strömungskanäle 2 begrenzen. Diese Elektroden 4 und 5 werden durch entsprechende Stahlstifte 7 gehalten und beiderseits der Strömungskanäle wechselweise durch elektrisch leitende Distanzringe 8 so kontaktiert, daß sich vor-

zugsweise Stahlstifte mit unterschiedlichem Potential gegenüberliegen. Zu diesem Zweck endet die keramische Beschichtung 1' bereits vor den Distanzringen 8 aber erst innerhalb des keramischen Abstandhalters 3. Um die Elektroden 4 und 5 von den gegenüberliegenden Distanzringen 8 hinreichend fernzuhalten, liegen um die metallischen Distanzringe 8 keramische Schutzringe 9. Die Plasmabeschichtung 1 hat bei Arbeitstemperaturen einen spezifischen Durchgangswiderstand von mindestens 10^5 Ohm.cm^2 vorzugsweise zwischen 10^6 Ohm.cm^2 und 10^8 Ohm.cm^2 . Jede der beiden Elektroden 4, 5 ist zu beiden Seiten des Strömungskanals 2 eingespannt, sodaß es möglich ist, die Stärke der Elektroden soweit zu reduzieren, daß sie als dünne Folien durch die Stahlstifte 7 gespannt werden und so ihre vorgesehenen gegenseitigen Abstände einhalten müssen. Strömungskanäle 2 dieser Art lassen sich in beliebiger Höhe stapeln und sind besonders für großvolumige Dieselmotoren geeignet, wobei allerdings auch für große Maschinen auf kleine Plattenabstände d zumindest aber auf die Einhaltung der Dimensionsformel

$$d [\text{cm}] \frac{500}{v [\text{cm/sec}]}$$

geachtet werden muß, wenn v die mittlere Geschwindigkeit durch die Strömungskanäle 2 darstellt.

Fig. 8 zeigt eine Verbesserung der in Fig. 7 gezeigten Vorrichtung, durch die Integration des Ionisationssteiles in den Abscheideteil des erfindungsgemäßen Dieselelektrofilters. Zu diesem Zweck wird bei der negativeren der beiden Elektroden 4 die der Gasströmung zugelehnte Elektrodenkante zurückversetzt und mindestens ein Entladungsdraht 10 durch eine Punktschweißung 11 und die verbleibenden seitlichen Reste der Elektrode 4 angeschweißt. Dadurch tritt eine Konzentration des Feldes an der Drahtoberfläche ein und die damit verbundene stärkere Gasentladung führt zu einer höheren Aufladung der vorbeiströmenden Rußteilchen. Der Draht hat einen Durchmesser zwischen $50 \mu\text{m}$ und $300 \mu\text{m}$ und besteht aus einer korrosionsfesten hochwarmfesten Legierung, einer Superlegierung oder aus Wolfram und ist vorzugsweise vergoldet oder platinert.

Fig. 9 zeigt eine weitere erfindungsgemäße Verbesserung der in Fig. 7 gezeigten Vorrichtung durch eine Trennung des die Entladungsdrähte 10 tragenden Teiles der negativen Elektrode 4' von dem übrigen Teil dieser Elektrode 4. Diese erfindungsgemäße Ausgestaltung der Vorrichtung erlaubt eine getrennte Zuführung der Entladungsspannung durch mindestens einen der Stahlstifte 7' und damit eine Regelung des Entladestromes. Vorzugsweise kann die Entladung an den Drähten durch eine Überlagerung der Gleichspannung mit einer hochfrequenten Wechselspannung verstärkt werden, ohne daß die Gefahr eines Funkenüberschlages auftritt. Zu diesem Zweck

kann auch die durch den Stahlstift 7'' kontaktierte zweite Elektrode 5 in dem Bereich der Entladungsdrähte von den Restplatten 5 getrennt werden, sodaß die Filtereinheit nur mehr von den keramischen Abstandhaltern 3 zusammengehalten wird. In einer anderen vorzugsweisen Ausgestaltung der gegenständlichen Erfindung wird die ganze Filtereinheit durch eine Sorte ihrer Stahlstifte mit etwa 300 Volt bis 500 Volt Spannung versorgt, während die Stahlstifte der anderen Sorte geerdet sind. In diesem Fall genügt für die Ansteuerung der Entladungsdrähte auch eine Abtrennung der geerdeten Plattensorte in diesem Bereich, durch die dann sowohl die Hochfrequenz zugeleitet als auch die Entladungstärke geregelt wird. Letztendlich kann auch die etwas anfällige Zeitstandsfestigkeit der Entladungsdrähte vermieden werden, indem man sie wieder durch Platten vorzugsweise in quer zur Strömungsrichtung laufende Streifen mit Zwischenräumen ersetzt, die dann hauptsächlich durch eine hochfrequenzgesteuerte Glimmentladung betrieben werden.

Patentansprüche

1. Elektrofilter zum Abscheiden von Rußpartikeln aus den Abgasen von Brennkraftmaschinen, vorzugsweise Dieselmotoren, bei dem zwischen mindestens zwei elektrisch leitenden Lagen, die als Elektroden dienen und an verschiedenen elektrischen Potentialen liegen, mindestens eine elektrisch isolierende Lage angeordnet ist und zwischen mindestens zwei Lagen je einer von übereinanderliegenden Strömungskanälen für das Abgas frei gehalten ist, der an mindestens einer Seite von einer elektrisch isolierenden Lage begrenzt ist und das elektrische Feld senkrecht zur Strömungsrichtung der Abgase verläuft, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Elektrofilter aus regelmäßig gestapelten oder gewickelten Lagen (1, 4, 5) leitender und keramischer Materialien besteht, die durch elektrisch isolierende Abstandhalter (3) voneinander distanziert sind und jeder Strömungskanal (2) zwischen zwei an unterschiedlichen Potentialen liegenden elektrisch leitenden Lagen (4, 5) vorgesehen ist, wobei die Potentialdifferenz der elektrischen Potentiale, an denen zwei einander benachbarte elektrisch leitende Lagen (4, 5) angeschlossen sind ausreicht, um im freien Strömungsquerschnitt eine Feldstärke von mindestens 100 V/mm sicherzustellen und in jedem Strömungskanal (2) die negativere, vom elektrischen Feld durchsetzte Begrenzung eine keramische Oberfläche aufweist, die elektrisch leitenden Lagen (4, 5) einen konstanten Querschnitt aufweisen und die Erstreckung d des Strömungsquerschnittes des mindestens einen Strömungskanales (2) in Richtung des elek-

trischen Feldes der Beziehung:

$$d \text{ [cm]} \cong \frac{500}{v \text{ [cmsec}^{-1}\text{]}}$$

entspricht, wobei v die mittlere Strömungsgeschwindigkeit der zu reinigenden Abgase im betreffenden Strömungsquerschnitt des Elektrofilters bedeutet.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Feldstärker in jedem Strömungskanal mindestens 300V/mm und die die Erstreckung d des Strömungsquerschnittes des mindestens einen Strömungskanales (2) in Richtung des elektrischen Feldes der Beziehung:

$$d \text{ [cm]} \cong \frac{200}{v \text{ [cmsec}^{-1}\text{]}}$$

entspricht, wobei v die mittlere Strömungsgeschwindigkeit der zu reinigenden Abgase im betreffenden Strömungsquerschnitt des Elektrofilters bedeutet.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest eine isolierende Lage (1) auf zumindest einer Seite Abstandshalter (3) in Form von in Strömungsrichtung verlaufenden Stegen oder Noppen aufweist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abstandshalter (3) von übereinanderliegenden isolierenden Lagen (1) gegeneinander versetzt angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der gegenseitige Abstand der parallel zueinander verlaufenden Abstandshalter (3) auf einer isolierenden Lage (1) mindestens 10 mm, vorzugsweise mindestens 20 mm beträgt.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei an unterschiedlichen Potentialen liegende Gruppen von elektrisch leitenden Lagen (4, 5) vorgesehen sind, wobei jede zweite elektrisch leitende Lage (4, 5) auf dem gleichen elektrischen Potential liegt.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei einseitig mit Abstandshaltern (3) in Form von Stegen oder Noppen versehene isolierende, z.B. keramische Lagen (1), vorgesehen sind, deren Abstandshalter (3) gegeneinander gerichtet sind, mit diesen erste elektrisch leitende Lagen (4) z.B. Metallfolien, einklemmen und diese Pakete ihrerseits wieder abwechselnd mit zweiten elektrisch leitenden Lagen (5), z.B. Metallfolien, mehrfach gestapelt und elektrisch parallel geschaltet sind,

wobei diese zweiten elektrisch leitenden Lagen (5) miteinander verbunden sind und an dem negativeren Potential liegen und alle ersten elektrisch leitenden Lagen (4) miteinander verbunden sind und an dem positiveren Potential liegen.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Elektrofilter unter Zwischenlage von Abstandshaltern (3) aus keramisch beschichteten Metallfolien aufgebaut ist, wobei jede zweite Metallfolie an dem selben Potential liegt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Elektrofilter zweilagig aus zwei gegeneinander isolierten mindestens einseitig, vorzugsweise beidseitig, keramikbeschichteten Metallfolien gewickelt ist und diese beiden Folien mit den Polen einer Stromquelle verbunden sind, wobei zwischen den Metallfolien Abstandshalter (3) angeordnet sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Abstandshalter (3) zwischen den keramikbeschichteten Metallfolien Keramikkügelchen mitgewickelt sind, deren Position durch die Spannung und elastische Verformung der beiden gewickelten Metallfolien fixiert ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die aus Keramik hergestellten isolierenden Lagen (1) dünner als 3 mm vorzugsweise dünner als 2 mm sind und zu ihrer Verstärkung Fasermaterial vorzugsweise aus Quarzglas enthalten.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der spezifische elektrische Widerstand der isolierenden Lagen (1) und der Abstandshalter (3) unterschiedlich ist, wobei der spezifische Widerstand der Abstandshalter (3) deutlich höher als der der isolierenden Lagen (1) ist, wobei besonders vorteilhafte Werte für den spezifischen Widerstand der isolierenden Lagen (1) zwischen 10^6 Ohm.cm und 10^{10} Ohm.cm liegen, während der spezifische Widerstand der Abstandshalter (3) vorzugsweise über 10^{11} Ohm.cm liegt.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Temperaturgang der Betriebsspannung jenem des Widerstandswertes der isolierenden Lagen (1) und der Abstandshalter (3) entspricht.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die isolierenden Lagen aus einem Material mit positivem Tempe-

raturkoeffizient hergestellt sind.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Material der isolierenden Lagen (1) einen spezifischen Widerstand der zwischen 10^6 Ohm.cm und 10^{10} Ohm.cm, vorzugsweise zwischen 10^7 Ohm.cm und 10^9 Ohm.cm liegt, aufweist. 5
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die für die isolierenden Lagen (1) verwendete Keramik eine Oberfläche mit mindestens 10 %, vorzugsweise mindestens 30 % offenen Poren aufweist. 10
15
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Keramik mit Vanadium und/oder Strontium vorzugsweise mit Strontiumtitanat dotiert ist. 20
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei der negativen der beiden elektrisch leitenden Lagen eines jeden Strömungskanals (2) die dem Abgasstrom entgegenschauende Kante der elektrisch leitenden Lage (5) zurückversetzt und mindestens ein Entladungsdraht an den seitlichen Teilen dieser Lagen (4) befestigt ist. 25
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß die mindestens einen Entladungsdraht (10) tragenden elektrisch leitenden Lagen (4) normal zur Strömungsrichtung von dem übrigen Teil dieser elektrisch leitenden Lagen (4) mechanisch getrennt sind und elektrisch getrennt ansteuerbar sind. 30
35
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß auch die positiveren der elektrisch leitenden Lagen (5) im Bereich der Entladungsdrähte (10) normal zur Strömungsrichtung von dem übrigen Teil dieser elektrisch leitenden Lagen (5) mechanisch und elektrisch getrennt sind und daß vorzugsweise eine Sorte der elektrisch leitenden Lagen (4, 5) mit einer hochfrequenten Spannung angesteuert ist. 40
45

50

55

6

Fig. 1

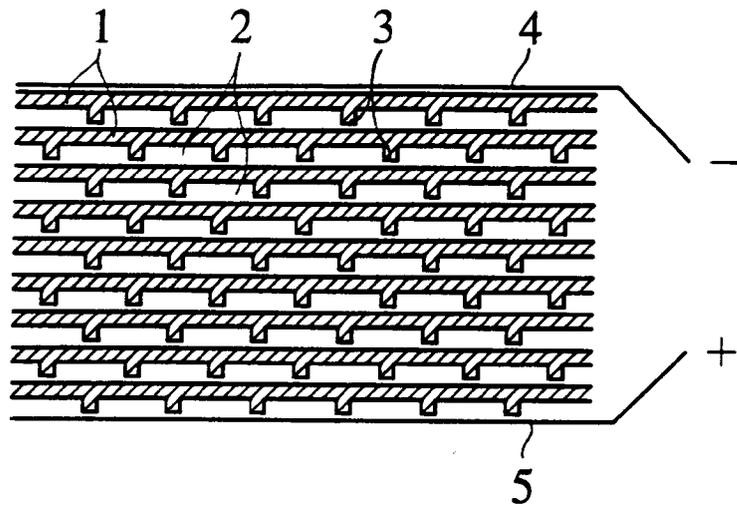


Fig. 2

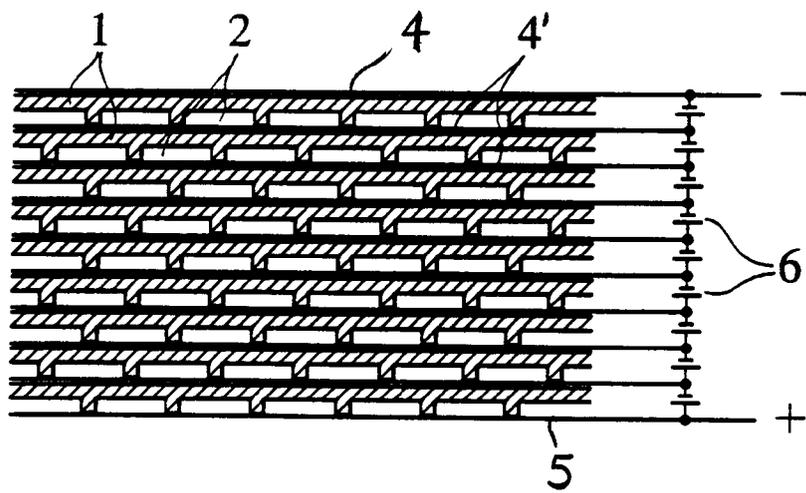
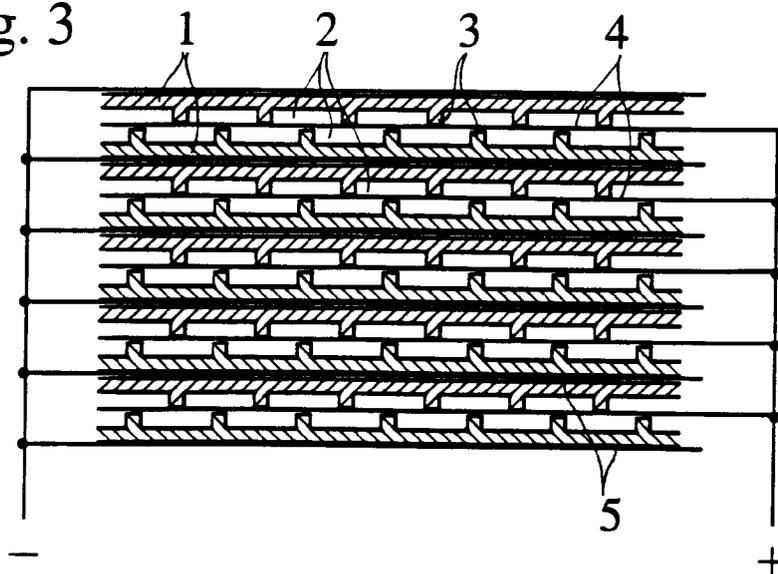


Fig. 3



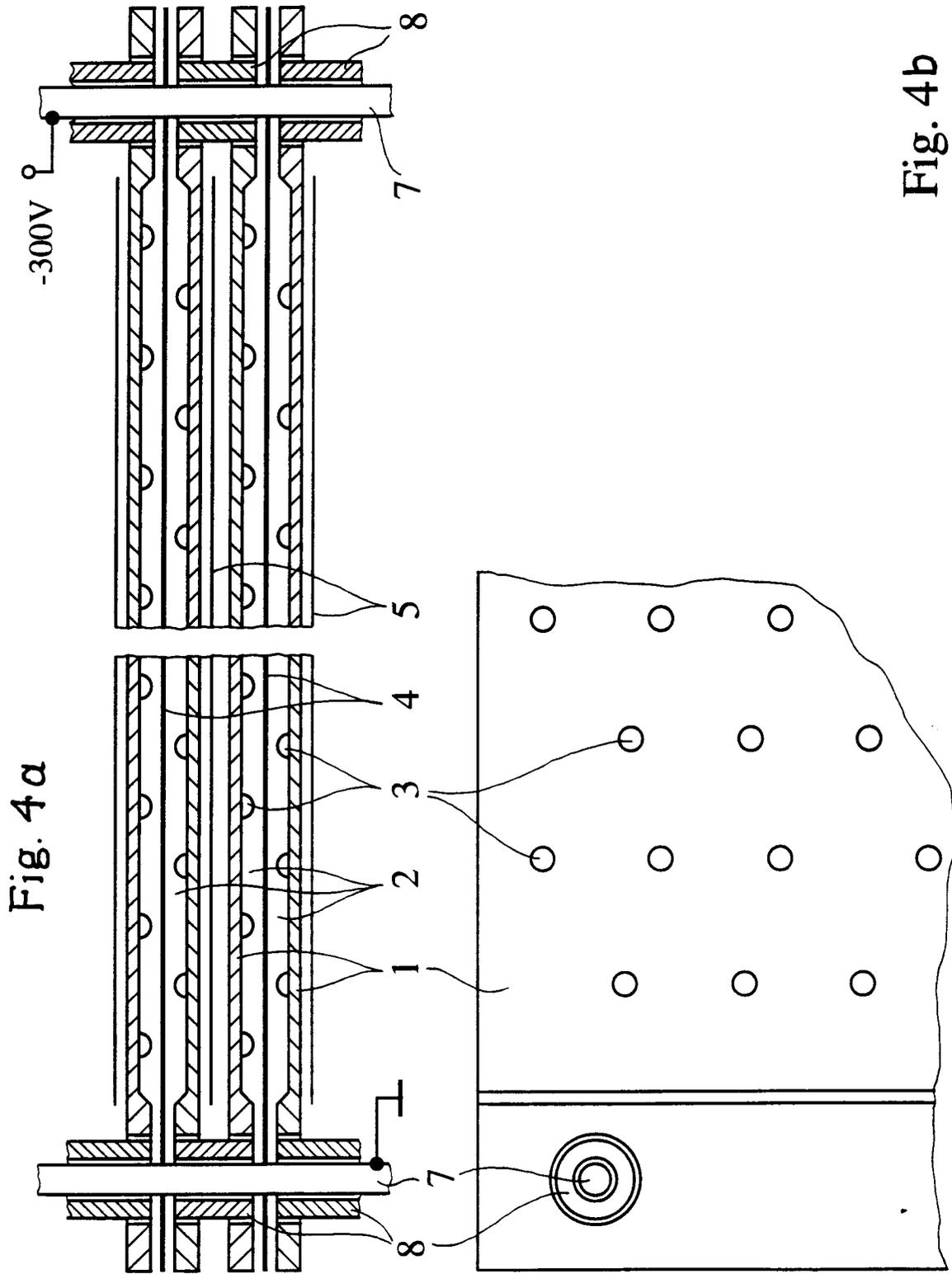


Fig. 4a

Fig. 4b

Fig. 5

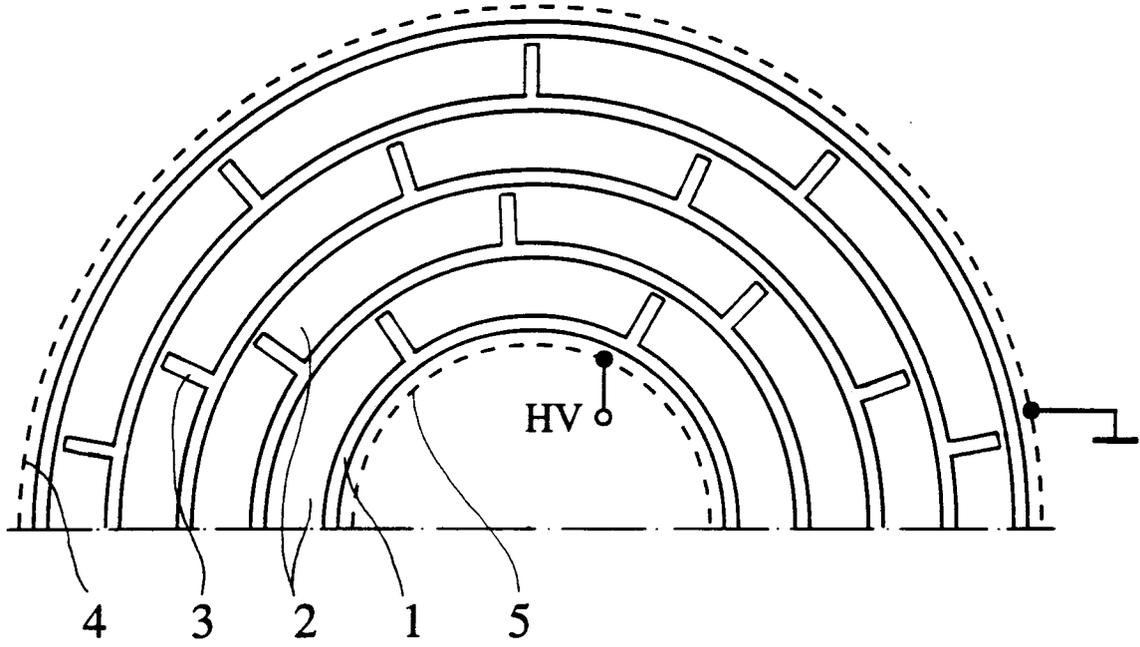
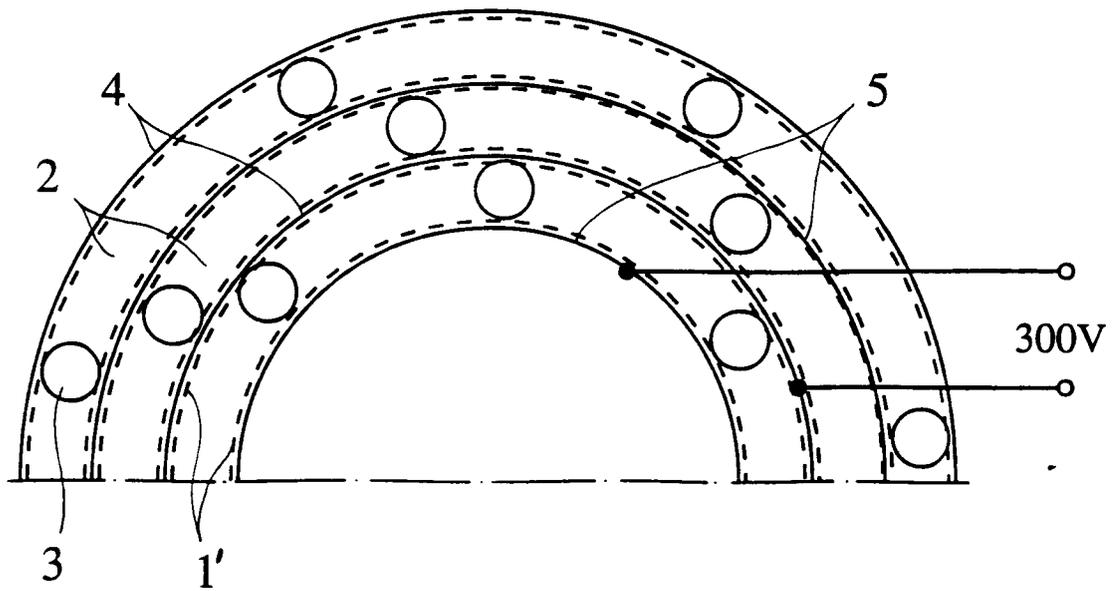


Fig. 6



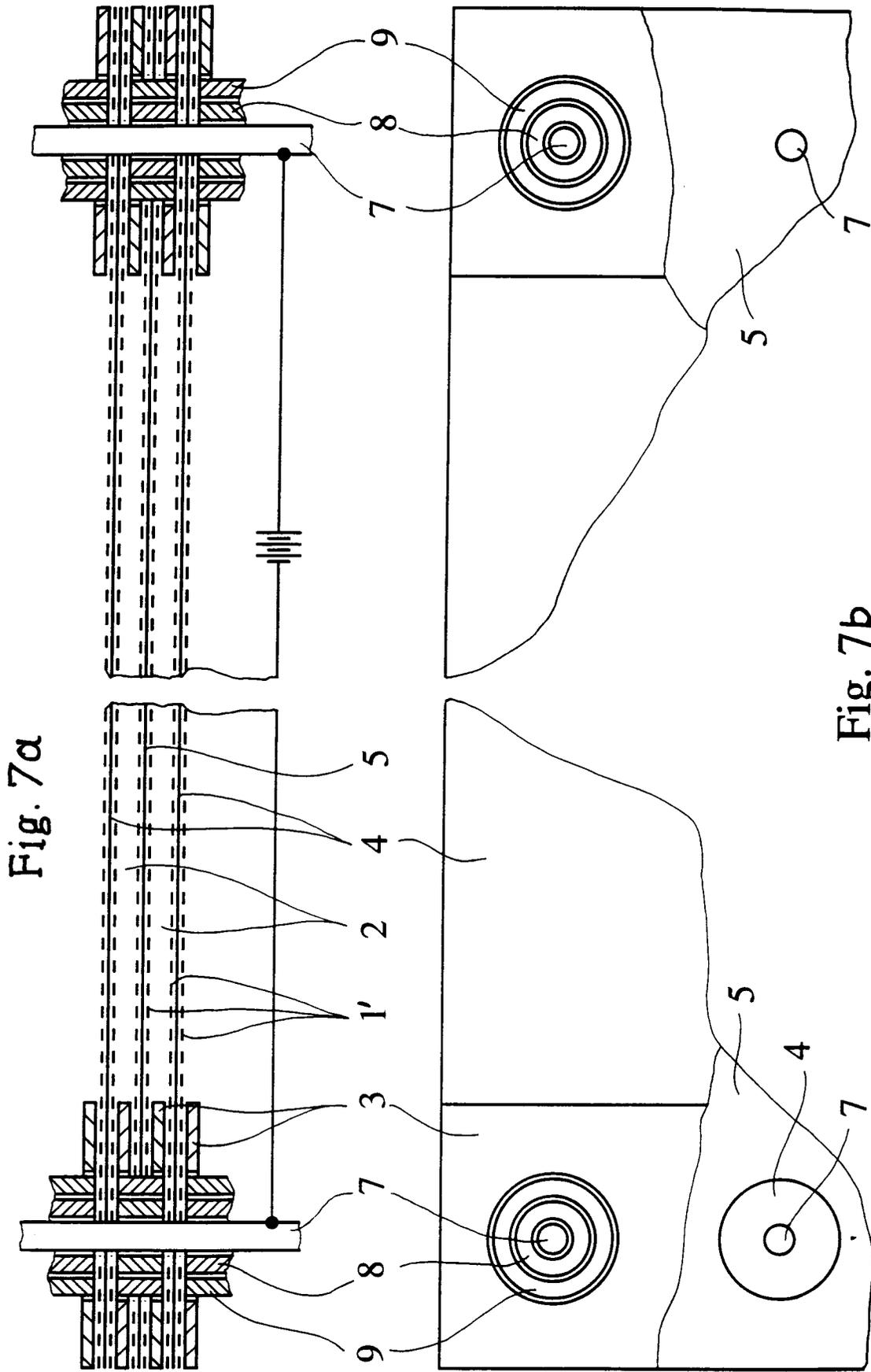


Fig. 7a

Fig. 7b

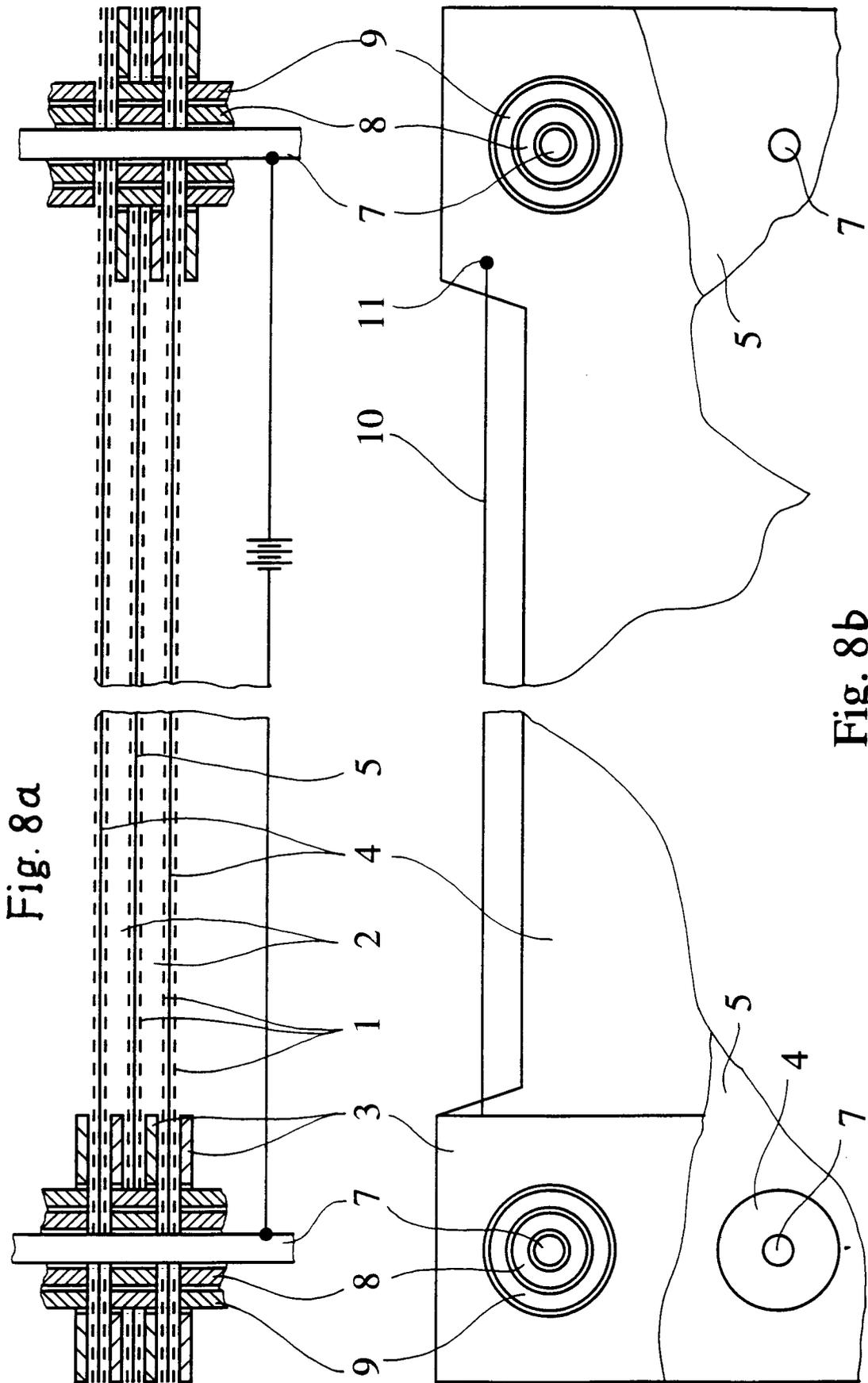


Fig. 8a

Fig. 8b

Fig. 9a

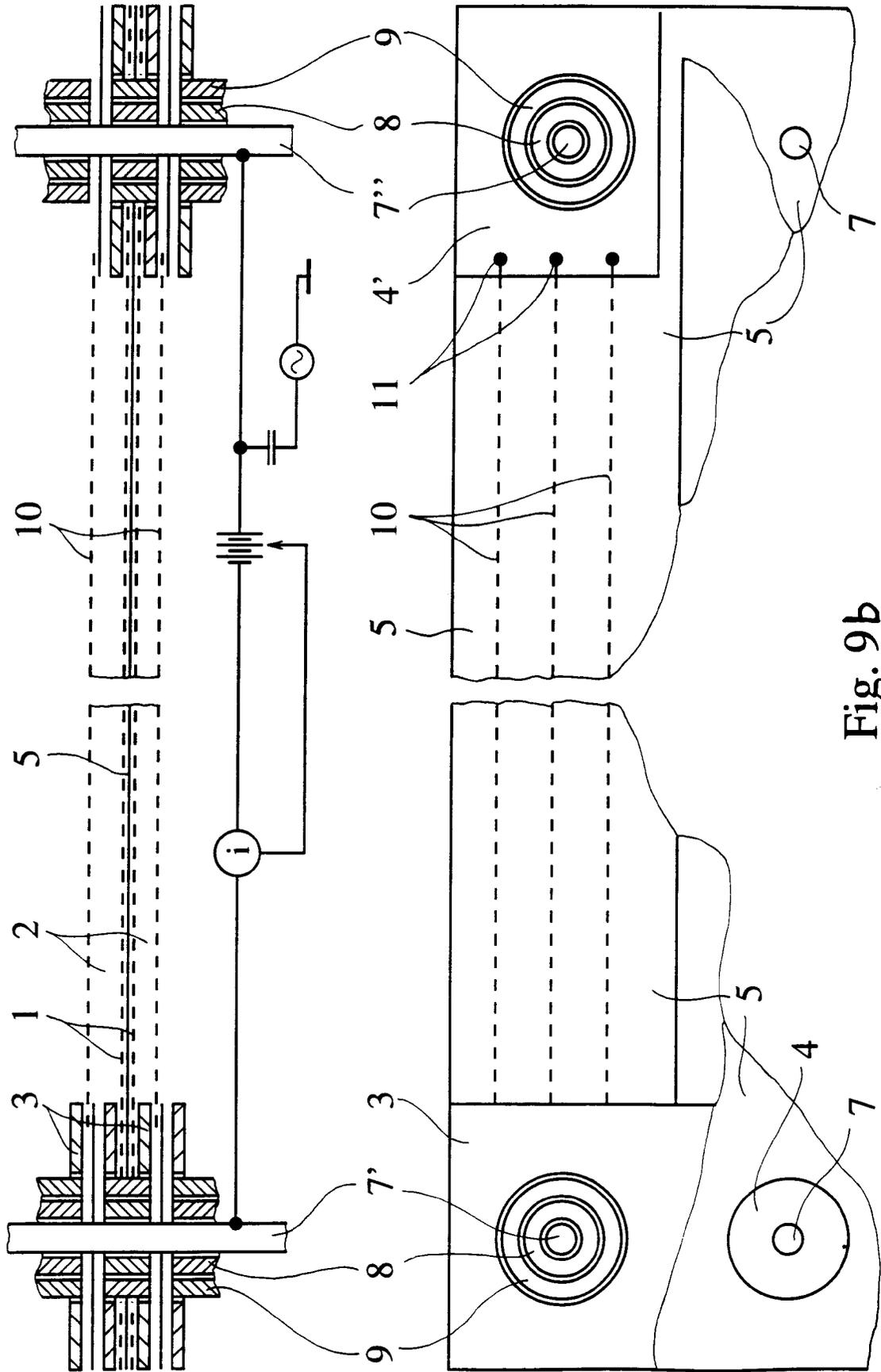


Fig. 9b