(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 185 966**
B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **25.01.89**

(51) Int. Cl.⁴: **B 01 D 51/02**, B 03 C 3/38, B 03 C 3/36

(21) Anmeldenummer: **85115221.5**

(22) Anmeldetag: **30.11.85**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Entstaubung eines feste oder flüssige Partikel in Suspension enthaltenden Gasstromes mittels eines elektrischen Feldes.**

(30) Priorität: **21.12.84 CH 6130/84**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: **02.07.86 Patentblatt 86/27**

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung: **25.01.89 Patentblatt 89/4**

(84) Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE**

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-84/04052
GB-A-846 522
US-A-2 906 369

PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, Band 4, Nr. 166, 18. November 1980, Seite 160C31; & JP - A - 55 109 423 (HITACHI SEISAKUSHO K.K.) 22.08.1980

(73) Patentinhaber: **BBC Brown Boveri AG, Haselstrasse, CH- 5401 Baden (CH)**

(72) Erfinder: **Eliasson, Baldur, Dr., Chilemattweg 5, CH- 5413 Birmenstorf (CH)**
Erfinder: **Escudier, Marcel, Dr., Im Feld 188, CH- 5237 Mönthal (CH)**
Erfinder: **Hirth, Michael, Dr., Weidweg 4, CH- 5035 Unterentfelden (CH)**
Erfinder: **Keller, Jakob, Dr., Plattenstrasse 8, CH- 5605 Dottikon (CH)**

EP 0 185 966 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

LIBER, STOCKHOLM 1989

Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Entstaubung eines feste oder flüssige Partikel in Suspension enthaltenden Gasstromes nach der Gattung des Oberbegriffs des Anspruchs 1 und von einer Vorrichtung nach der Gattung des Oberbegriffs des Anspruchs 14.

Vorrichtungen zur Entstaubung von Gasströmen mit Hilfe elektrischer Felder (sogenannte Elektrofilter) sind in zahlreichen Ausführungsformen bekannt. Sie beruhen alle auf dem Prinzip, dass zunächst die im Gasstrom suspendierten Partikel auf irgend eine Weise (meistens nach dem Prinzip des Korona-Effekts) unipolar elektrostatisch aufgeladen werden, um dann von einer entgegengesetzt geladenen Elektrode (Niederschlagselektrode) angezogen und festgehalten zu werden. Die endgültige Entfernung (Austragung) der auf der Niederschlagselektrode abgelagerten Partikelschicht erfolgt meist periodisch auf mechanische Art und Weise durch Abklopfen oder Vibrieren der in der Regel plattenförmigen Niederschlagselektroden. (Vergl. Lueger, Lexikon der Technik, Bd. 6 Energietechnik und Kraftmaschinen, Stichwort "Elektrofilter", S. 286 - 292, Stuttgart 1965).

Die Weiterentwicklung der Elektrofilter hat zu zahlreichen Verfeinerungen in der Anordnung und Betriebsführung geführt, die zum Teil ziemlich komplizierte und aufwendige Konstruktionen zur Folge hatten. Erwähnt seien hier örtliche und funktionelle Trennung von Ionisationsquelle und abzuscheidendem elektrischen Feld, Verwendung zusätzlicher Elektroden (Vgl. DE-PS-2 438 670 und DE-OS-2 744 556), Partikel-Agglomeration (z. B. DD-PS 144 509; EP-A-0 009 857), gepulste elektrische Felder (DE-OS-3 004 474 A1), Anordnung von Sieben vor der Niederschlagselektrode (JP-Schrift 56-136668), Wechselspannungsbetrieb mit Isolierschirm zur Erhöhung der Durchschlagsspannung (DE-OS-3 039 639), Kombination von Elektrofilter und Zyklon (DE-OS-3 235 953 A1).

In der WO-A-84/04052 wird eine Vorrichtung zur Reinigung von mit elektrisch leitenden Partikeln geladenen Gasen beschrieben, wobei der Gasstrom zunächst in zwei gleich grosse Teilströme aufgeteilt und die Partikel eines jeden Teilstromes entgegengesetzt elektrisch aufgeladen werden. Die Aufladung erfolgt durch Materialkontakt, indem der Teilstrom durch eine auf entsprechendem Potential befindliche "Stahlwolle"-Masse hindurchgeführt wird. Die Teilströme werden dann frontal gegeneinander geführt, wobei ungleichmässig geladene Partikel sich zu grösseren Agglomeraten zusammenballen sollen, welche sich mittels eines nachgeschalteten mechanischen Abscheiders besser vom Gasstrom trennen lassen.

Diese Vorrichtung ist indessen wenig geeignet, den Abscheidegrad namhaft zu verbessern. Das zu bewältigende Gasvolumen bleibt unverändert. Die Aufladung ist nur für elektrisch leitende, vergleichsweise grobe Partikel ausreichend.

Trotz der vorgenannten Verfeinerungen und der damit erzielten teilweisen Verbesserungen lassen die herkömmlichen Verfahren und Vorrichtungen zur Entstaubung mittels elektrischer Felder zu wünschen übrig. Die Elektrofilter sind voluminös und besitzen selten die anzustrebende optimale Effizienz. Während des Beklopfens und Vibrierens der Niederschlagselektroden wird ein Teil des bereits abgeschiedenen Staubes wieder aufgewirbelt und in den Gasstrom zurückgeschleudert. Die an der Elektrode bereits niedergeschlagene Staubschicht wird aufgeladen, wobei es zu elektrischen Durchschlägen mit "Rücksprüh-Effekten" kommen kann: Ein Teil des Staubes wird wieder in den Gasstrom zurückgeworfen. Ferner ist die für die Staubabscheidung massgebende elektrische Feldstärke begrenzt, da die Durchschlagspannung zufolge inhomogener Feldverteilung gegenüber derjenigen eines homogenen Feldes stark reduziert ist. Alle diese Faktoren führen zu einer Verringerung der Filterleistung und zu einer Verschlechterung der Staubabscheidung.

Die US-A-2 906 369 beschreibt eine elektrische Entstaubungsvorrichtung mit einer Batterie von parallel- und seriegeschalteten Kammern mit in Längsrichtung der Gasströme angeordneten Spitzenelektroden, wobei die meist zylindrisch ausgeführten Kammerwände als Gegenelektroden (Abscheidelektroden) dienen. Hinter den Spitzenelektroden werden jeweils an Partikeln verarmte Teilgasströme abgezweigt und zu einem "Reingasstrom" vereinigt. Die Restgasstrome werden einer Vielzahl von Zyklonen zwecks Austrag des Staubes zugeführt.

Zufolge stark inhomogener Felder dieser Anordnung kann die Feldstärke nicht hoch genug getrieben werden, um auf dem kurzen zur Verfügung stehenden Weg eine namhafte Trennung von Gas und Partikeln herbeizuführen. Die Apparatur fällt dementsprechend aufwendig und voluminös aus.

Es besteht daher ein grosses Bedürfnis, die konventionelle Elektrofilter-Technologie zu verbessern, zu vereinfachen und zu verbilligen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Entstaubung eines feste oder flüssige Partikel in Suspension enthaltenden Gasstromes mittels elektrischer Felder anzugeben, wobei die für die Beladung und Wanderung der Partikel massgebende elektrische Feldstärke im Interesse einer raschen und effizienten Staubabscheidung wesentlich gesteigert werden kann, ohne die üblichen Begrenzungen durch die Koronaspannung der Elektroden in Kauf nehmen zu müssen. Gleichzeitig soll sowohl die Ionisation des Gasstromes wie der Austrag der Staubpartikel einfacher und wirksamer gestaltet werden, unter Vermeidung schädlicher Rückwirkungen wie Wiederaufwirbeln von bereits abgeschiedenen Partikeln,

Zusammenbruch durch elektrische Durchschläge, Einflüsse der Leitfähigkeit der Partikel etc. Es ist ferner Aufgabe der Erfindung, den Aufwand für Elektrofilter sowohl kosten- wie volumenmässig drastisch zu senken.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil der Ansprüche 1 und 14 angegebenen Merkmale gelöst.

Das grundlegende Prinzip der Erfindung beteht darin, dass durch vollständige örtliche und funktionelle Trennung des für die elektrische Aufladung der Partikel notwendigen Raumes zur Erzeugung von Ionen (Ionisationsraum) vom eigentlichen Wanderungs- und Konzentrationsraum für die aufgeladenen Partikel (Abscheidungsraum) hohe homogene elektrische Felder zwecks Beschleunigung der Partikelwanderung quer zur Strömungsrichtung ermöglicht werden. Dadurch wird die erforderliche Reinigungsstrecke in Strömungsrichtung wesentlich abgekürzt. Ferner werden durch die bipolare Aufladung die ungleichnamig geladenen Partikel zur Wanderung in entgegengesetzten Richtungen und somit zur Konzentration, Neutralisation, Agglomeration und Koagulation in einer bevorzugten Zone der Gasphase gezwungen. Der auf diese Weise an Partikeln angereicherte Gasstrom kann abgezweigt und mit einfachen nachgeschalteten Mitteln mit einem Bruchteil des für konventionelle Filter notwendigen Aufwandes vollständig entstaubt werden.

Zur Klarstellung der Verhältnisse und zur Erläuterung der Vorgänge in elektrostatischen Staubfiltern dienen die nachfolgenden Figuren 1 bis 5:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Elektroden und der Feldverhältnisse eines Elektrofilters mit getrennten Ionisations- und Abscheideräumen durch Unterteilung mittels siebartiger Zusatzelektrode,

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Elektrofilters mit getrennten Ionisations- und Abscheideräumen unter Verwendung von gleichartigen Sprühelektroden im Ionisationsraum,

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Teils eines Elektrofilters mit getrennten Ionisations- und Abscheideräumen unter Verwendung von ungleichartigen Ionisationselektroden im Ionisationsraum,

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Teils eines Elektrofilters mit getrennten Ionisations- und Abscheideräumen unter Verwendung von in einem Isolierkörper eingebetteten warzenförmigen Ionisationselektroden im Ionisationsraum,

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Elektrofilters mit getrennten Ionisations- und Abscheideräumen unter Benutzung überlagerter elektrischer Felder mittels einer gepulsten Spannung.

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Figuren und des Ausführungsbeispiels beschrieben:

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Elektrofilters mit positivem und negativem Ionisationsraum und dazwischenliegender Neutralisationszone, jedoch ohne Abscheidungselektrode,

Fig. 7 ein Diagramm des Verlaufs der Ionenströme zwischen symmetrisch angeordneten bipolaren Ionenquellen und dazwischenliegender Neutralisationszone, ohne Abscheidungselektrode,

Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Elektrofilters mit symmetrisch wirkenden bipolaren Ionenquellen und mittels Schikanen begrenzter Neutralisationszone,

Fig. 9 eine schematische Darstellung eines Elektrofilters mit asymmetrisch wirkenden bipolaren Ionenquellen und mittels Schikane einerseits und Ionenquelle andererseits begrenzter Neutralisationszone,

Fig. 10 einen schematischen Längsschnitt (Grundriss) durch eine mehrere Stufen aufweisende Vorrichtung zur elektrischen Entstaubung mit Rückführung von Teilgasströmen und konstantem Elektrodenabstand sowie konstanter Abscheidungsspannung,

Fig. 11 einen schematischen Längsschnitt (Grundriss) durch eine mehrere Stufen aufweisende Vorrichtung zur elektrischen Entstaubung mit sich stufenweise verringerndem Elektrodenabstand sowie unterschiedlicher Abscheidungsspannung,

Fig. 12 einen schematischen Längsschnitt (Grundriss) durch eine mehrere Stufen aufweisenden Vorrichtung gemäss Fig. 11 mit bevorzugter geometrischer Anordnung der Elektroden,

Fig. 13 einen schematischen Längsschnitt (Grundriss) durch eine mehrere Stufen aufweisende Vorrichtung zur elektrischen Entstaubung mit zur Strömungsrichtung schief angeordneten Elektroden mit sich kontinuierlich verringerndem Abstand sowie unterschiedlicher Abscheidungsspannung,

Fig. 14 eine schematische Darstellung der Verwendung einer elektrischen Entstaubungsvorrichtung ohne Abscheidungselektrode als Vorfilter zu einem konventionellen Elektrofilter,

Fig. 15 eine schematische Darstellung einer elektrischen Entstaubungsvorrichtung ohne Abscheidungselektrode mit einem Zyklon als Vorfilter und zum Austrag der Staubpartikel,

Fig. 16 eine schematische Darstellung einer elektrischen Entstaubungsvorrichtung ohne Abscheidungselektrode mit einem Zyklon oder einem konventionellen Elektrofilter für den Austrag der Staubpartikel,

Fig. 17 eine stereometrische Darstellung eines Elektrofilters mit durch Spitzenelektroden und Metallgitter begrenzten Ionisationsräumen und dazwischenliegender Neutralisationszone,

Fig. 18 eine schematische Darstellung eines Elektrofilters gemäss Fig. 11 und Fig. 17 mit zugehöriger Hochspannungs-Speisevorrichtung.

In Fig. 1 sind die Elektroden und die elektrischen Feldverhältnisse eines Elektrofilters mit getrennten, voneinander unbhängigen Ionisations- und Abscheideräumen schematisch dargestellt. 1 ist der senkrecht auf der Zeichnungsebene stehende, auf den Betrachter gerichtete Gasstrom (vektorielle Darstellung), welcher mit Partikeln in Suspension beladen ist (Rohgasstrom). 2 ist das zur Ionisation des Gases aufgewendete elektrische Feld (als Ionisationsfeldstärke E_1 vektoriell dargestellt), während 3 das zur Abscheidung bzw. Wanderung der Partikel notwendige elektrische Feld (als Abscheidungsfeldstärke E_2 vektoriell dargestellt) bedeutet. 4 stellt den durch E_1 gebildeten Ionisationsraum, 5 den durch E_2 gebildeten Abscheidungsraum für geladene Partikel dar. 6 ist die meist Spitzen und/oder Drähte zur Erzeugung des Koronaeffekts aufweisende negative Sprühelektrode, 7 die meist als Platte ausgebildete positive Abscheidungselektrode. Der sich zwischen 6 und 7 befindliche Raum wird durch eine Zusatzelektrode 8 in Form eines Siebes, Gitters etc. in die Räume 4 und 5 unterteilt. 9 ist ein durch Ionen aufgeladenes negatives Partikel, welches von der Zusatzelektrode 8 nach der positiven Abscheidungselektrode 7 wandert (durch Pfeile angedeutet) und sich dort niederschlägt. Mit 10 ist ein auf den Betrachter gerichteter Strom von Zusatzgas (vektorielle Darstellung) zur Verbesserung der Ionisation im Ionisationsraum 4 angedeutet. Dieses Zusatzgas 10 ist fakultativ zu verstehen. 11 und 12 sind die den Feldstärken 2 (E_1) bzw. 3 (E_2) entsprechenden elektrischen Spannungen U_1 bzw U_2.

Selbstverständlich können die Polaritäten der Elektroden 6 und 7 auch umgekehrt sein, d. h. Sprühelektrode 6 positiv, Abscheidungselektrode 7 negativ.

In Fig. 2 sind die Elektroden und die elektrischen Feldverhältnisse eines Elektrofilters mit getrennten Ionisations- und Abscheideräumen unter Verwendung von gleichartigen Sprühelektroden im Ionisationsraum dargestellt. Hier ist die Ebene der Zusatzelektrode 8 praktisch bis auf die Höhe der Ebene der negativen Sprühelektrode 6 zurückgenommen. Die Zusatzelektrode 8 ist in gleicher Weise wie die Sprühelektrode 6 mit Elementen mit kleinem Krümmungsradius (Spitzen, Drähte) zum Austritt der elektrischen Ladungen versehen. Diese Spitzen bzw. Drähte liegen vorzugsweise für 6 und 8 in einer Ebene. Das entsprechende elektrische Feld 2 (Vektor E_1) stellt sich dann senkreht zum elektrischen Feld 3 (Abscheidungsfeldstärke E_2) ein. Die eigentlichen Sprühelektroden 6 und 8 haben im vorliegenden Fall Elemente mit gleichem Abrundungsradius. Alle übrigen Bezugszeichen entsprechen geometrisch und funktionell denjenigen der Fig. 1.

Fig 3 zeigt schematisch einen Teil eines Elektrofilters mit getrennten Ionisations- und Abscheidungsräumen unter Verwendung von ungleichartigen Ionisationselektroden im Ionisationsraum. Die Abscheidungselektrode und der Abscheidungsraum sind nicht dargestellt. Die Elektrode 6 weist hier Elemente mit grösserem, die Elektrode 8 solche mit kleinerem Abrundungsradius auf. Diese eigentlichen spitzen- oder drahtförmigen Elektroden sind mit 14 bzw. mit 13 bezeichnet. Selbstverständlich kann sowohl die Polarität wie das Verhältnis der Abrundungsradien von 13 und 14 auch umgekehrt ausgeführt werden. Je nachdem treten dann an der spitzeren Elektrode entsprechend dem Koronaeffekt positive oder negative Ladungen auf. Die übrigen Bezugszeichen entsprechen denjenigen der Fig. 2.

Fig. 4 zeigt schematisch einen Teil eines Elektrofilters mit getrennten Ionisations- und Abscheideräumen mit in einen Isolierkörper eingebetteten warzenförmigen Ionisationselektroden. 6 und 8 sind die Elektroden, ähnlich Fig. 2 und 3, 17 ist der Isolierkörper, in welchem die Zuleitungen zu den eigentlichen Entladungselektroden 15 und 16 eingebettet sind. Von diesen warzenförmigen, an der Oberfläche des Isolierkörpers sitzenden Elektroden sind die einen mit kleinem (15), die anderen mit grossem (16) Abrundungsradius ausgeführt. Für die Polarität von 15 und 16 bzw. 6 und 8 gilt das unter Fig. 3 Gesagte.

In Fig. 5 ist ein Elektrofilter mit getrennten Ionisations- und Abscheidungsräumen schematisch dargestellt, wobei für die elektrischen Felder eine Überlagerung mittels gepulster Spannung benutzt wird. Die Abscheidungsspannung 12 ist durch eine Gleichspannung $U_2 =$ gegeben. Zur Erzeugung der Feldstärke 2 (Vektor E_1), welche im Ionisationsraum 4 periodisch wirkt, wird eine variable Zusatzspannung 18 (gepulste Spannung U_3 ⎍) zu Hilfe genommen. Diese Zusatzspannung 18 überlagert sich der Gleichspannung 12 zur periodisch wirksamen Ionisationsspannung 11 (Koronaspannung U_1). Der eigentliche Ionisationsraum 4 wird durch die strichpunktierte Linie virtuell gegenüber dem Abscheidungsraum 5 abgegrenzt. Die Ionisation wird an den eigentlicehn spitzen- oder drahtförmigen Elektroden 19 für intermittierenden Koronaeffekt eingeleitet, welche mit einem dafür geeigneten Abrundungsradius versehen sind. Alle übrigen Bezugszeichnen entsprechen denjenigen der vorangegangenen Figuren.

In Fig. 6 ist ein Elektrofilter schematisch dargestellt, welches sowohl einen positiven wie einen negativen Ionisationsraum und eine dazwischenliegende Neutralisationszone, jedoch keine eigentliche Abscheidungselektrode aufweist. Grundsätzlich besteht das Elektrofilter aus zwei sich symmetrisch gegenüber stehenden Vorrichtungen gemäss Fig. 3, wobei jedoch die eine gerade die umgekehrte Polarität der Elektroden aufweist wie die andere. Die Abscheidungselektrode fehlt. 20 ist eine positive Sprühelektrode, welche in analoger Weise zur

negativen Sprühelektrode 6 Spitzen oder Drähte aufweist. Entsprechend werden auf der einen Seite die positiv geladenen Partikel 21 und auf der gegenüberliegenden Seite die negativ geladenen Partikel 9 erzeugt. Dem jeweiligen Ionisationsraum 4 schliesst sich auf jeder Seite eine entsprechende Wanderungszone 22 für geladene Partikel an. Dazwischen befindet sich die Neutralisationszone 23 für die zu entladenden Partikel, wo ausserdem eine Agglomeration oder Koagulation stattfinden kann. Ein derartiges, aus einem negativen und positiven Teil bestehendes neutrales Partikel ist durch das Symbol 9/21 angedeutet. Für die übrigen Bezugszeichen siehe vorangegangene Figuren!

Fig. 7 gibt ein Diagramm des Verlaufs der Ionenströme im elektrischen Feldraum zwischen symmetrisch angeordneten bipolaren Ionenquellen und dazwischenliegender Neutralisationszone gemäss Aufbau nach Fig. 6 wieder.

Die in Fig. 6 im Detail dargestellten Elektroden und ihre Ionisationsräume sind hier ganz allgemein in Blockdarstellung gezeichnet. 24 stellt generell eine negative Ionenquelle, gleichzeitig die negative Feldelektrode, 25 die entsprechende positive Ionenquelle, gleichzeitig die positive Feldelektrode dar. 26 repräsentiert den Verlauf des negativen Ionenstroms (als Pfeil I^- gemessen), 27 denjenigen des positiven Ionenstroms (als Pfeil I^+ gemessen) über der auf den als Plattengedachten Ionenquellen 24 und 25 senkrecht stehenden x-Achse. Die Ionenströme 26 und 27 sind gleichzeitig ein Mass für die entsprechenden Ströme negativ und positiv geladener Partikel. Diese erreichen in der Nähe der Ionenquellen (Feldelektroden) 24 und 25 je ein Maximum und fallen dann innerhalb der Neutralisationszone 23 zufolge gegenseitiger sukzessiver Entladung der Partikel steil ab. Dadurch kommt es zur Konzentration und unter gewissen günstigen Voraussetzungen auch zur Koagulation und Agglomeration der nun entladenen Partikel in der Neutralisationszone 23. Die übrigen Bezugszeichen entsprechen denjenigen der Figur 6.

Fig. 8 zeigt in schematischer Darstellung ein Elektrofilter mit symmetrisch wirkenden bipolaren Ionenquellen, wobei die Neutralisationszone durch Schikanen seitlich begrenzt ist. Die sich in der Mitte befindende Neutralisationszone 23 wird seitlich durch Schikanen 28 in Form von Sieben, Gittern oder durchbrochenen Strömungsleitblechen von den angrenzenden Räumen getrennt.

In Fig. 9 ist ein Elektrofilter mit asymmetrisch wirkenden bipolaren Ionenquellen schematisch dargestellt. Es ist nur eine Schikane 28 vorhanden. Die Neutralisationszone wird praktisch durch den Raum zwischen letzterer und der positiven Ionenquelle 25, welche gleichzeitig positive Feldelektrode ist, gebildet. Eine derartige Anordnung kann durch geeignete Ausbildung der Ionenquellen 24 und 25 und Potentialsteuerung von 24, 25 und 28 funktionsfähig gestaltet werden.

Fig. 10 zeigt schematisch einen Längsschnitt (Grundriss, Draufsicht) durch eine mehrere Stufen aufweisende Vorrichtung zur elektrischen Entstaubung mit Rückführung von Teilgasströmen unter Einhaltung eines konstanten Elektrodenabstands sowie einer konstanten Abscheidungsspannung. Von oben betrachtet tritt der mit Partikeln beladene Gasstrom (Rohgasstrom) 1 links in das Elektrofilter ein (Eintritt 29). Die Ionisationsquellen 24 und 25 im Verein mit dem elektrischen Feld 3 (E_2) bewirken in einer 1. Stufe eine elektrische Beladung wenigstens eines Teils der Partikel (9 und 21) und eine Konzentration derselben gegen die Mitte zu (Elektrisches Feld 3, Vektor E_2). Am Ende dieser Stufe sind Mittel 33 zur Trennung und Ableitung eines an Partikeln angereicherten Teilgasstromes 31 - hier als "Trichter" ausgebildetvorgesehen. Der Teilgasstrom 31 der ersten Stufe wird als mit Partikeln maximal beladener Restgasstrom 37 vom an Partikeln verarmten Teilgasstrom 32 abgezweigt und beim Austrag 38 aus dem Reinigungssystem entfernt. In einer 2. und 3. Stufe werden die verbliebenen Teilgasströme 32 sukzessive in analoger Weise weitergereinigt. Der Übersicht halber sind hier die Partikel 9 und 21 der ersten Stufe nicht eingezeichnet. Die entsprechenden Teilgasströme 31 werden über Gebläse 34 und Rückführungsleitungen 35 jeweils der vorangegangenen Stufe wieder zugeführt. Dies ist durch entsprechende Pfeile angedeutet. Eine alternative Rückführungsleitung 39 ist gestrichelt eingezeichnet. Der verbleibende Reingasstrom 36 verlässt beim Austritt 30 das Elektrofilter. Alle übrigen Bezugszeichen können aus den vorangehenden Figuren entnommen werden.

In Fig. 11 ist schematisch ein Längsschnitt (Grundriss) durch eine mehrere Stufen aufweisende Vorrichtung zur elektrischen Entstaubung mit sich stufenweise verringerndem Elektrodenabstand und entsprechender unterschiedlicher Abscheidungsspannung dargestellt. Der mit Partikeln beladene Rohgasstrom 1 tritt links in die Vorrichtung ein (Eintritt 29), wird durch die Ionenquellen 24 und 25 ionisiert und elektrisch bipolar aufgeladen. Das dabei wirksame elektrische Feld 3 (Vektor E_2) drängt die geladenen Partikel 9 und 21 sukzessive zur Mitte hin. Diese Konzentration ist in der Zeichnung durch punktweise Darstellung der Partikel 9 und 21 angedeutet. Am Ende der 1. Stufe wird in der Nähe der Ionenquellen 24 und 25 je ein Teil-Reingasstrom 40 abgezweigt, wobei die Eintrittskanten der seitlich versetzten Ionenquellen 24 und 25 der 2. Stufe die Mittel 33 zur Trennung und Ableitung des an Partikeln angereicherten Teilgasstromes 31 - hier zur Mitte hin - bedeuten. Jede Stufe engt den Querschnitt des an Partikeln angereicherten Teilgasstromes 31 mehr ein und erweitert denjenigen des an Partikeln verarmten, nun zum Teil-Reingasstrom 40 gewordenen Anteils. Am Ende der letzten

Stufe wird der mit Partikeln maximal beladene Restgasstrom 37 abgezweigt und bei 38 ausgetragen. 41 ist eine neutrale Begrenzungswand für den Teil-Reingasstrom 40. Die übrigen Bezugszeichen entsprechen denjenigen der Figur 10.

In Fig. 12 ist ein Längsschnitt (Grundriss) durch eine mehrere Stufen aufweisende Vorrichtung gemäss Fig. 11 schematisch dargestellt, wobei die Elektroden eine bevorzugte geometrische Anordnung aufweisen. Unter der Voraussetzung, dass die elektrische Feldstärke 3 (Vektor E_2) in allen Stufen den gleichen konstanten Wert aufweist, folgt die Spannung 12 (U_{21}; U_{22}; U_{23}...) sowie der vertikale Abstand 42 (d_1; d_2; d_3 ...) vorzugsweise dem nachfolgenden Gesetz:

$$d_1 = \gamma \cdot d_{i-1}$$
$$U_i = \gamma \cdot U_{i-1},$$

wobei

d_i = Elektrodenabstand der Stufe i,
U_1 = Spannung zwischen den Elektroden der Stufe i,
γ = Verhältnis der Breite des an Partikeln angereicherten Gasstromes (~ Breite der Neutralisationszone) zu jeweiligem Elektrodenabstand.

Die übrigen Bezugszeichen entsprechen genau denjenigen der Fig. 11.

Fig. 13 stellt schematisch einen Längsschnitt (Grundriss, Draufsicht) durch eine mehrere Stufen aufweisende Vorrichtung zur elektrischen Entstaubung mit zur Strömungsrichtung schief angeordneten Elektroden und Ionisationsquellen dar. Der Abstand der Ionenquellen 24 und 25 verringert sich in fortschreitender Stömungsrichtung kontinuierlich. Entsprechend ist auch die Abscheidungsspannung angepasst. Zwischen zwei in Strömungsrichtung benachbarten Ionenquellen 24 bzw. 25 befindet sich jeweils ein Spalt für die Abtrennung eines Teil-Reingasstromes 40. Im vorliegenden Beispiel sind die Ionenquellen 24 bzw. 25 je ungefähr in einer Ebene angeordnet. Dies braucht jedoch nicht der Fall zu sein. Im Grundriss gesehen, können die Ionenquellen 24 und 25 auch auf einer Kurve, beispielsweise einer Exponentialfunktion angeordnet sein. Desgleichen können ihre, in jeder Stufe eine Elektrode darstellenden Begrenzungsflächen gekrümmte Flächen sein. Im übrigen entsprechen die Bezugszeichen funktionell denjenigen der Fig. 11.

Fig. 14 zeigt eine schematische Darstellung der Verwendung einer neuen elektrischen Entstaubungsvorrichtung ohne Abscheidungselektrode, beispielsweise gemäss Fig. 11 oder Fig. 13 als Vorfilter zu einem konventionellen Elektrofilter. Der eintretende Rohgasstrom 1 wird vorgereinigt, wobei ein Teil-Reingasstrom 40 abgezweigt wird, während der an Partikeln angereicherte, in seiner Menge stark reduzierte (z. B. auf 1/2 oder 1/3 der Rohgas-Durchflussmenge) Teilgasstrom 31 in einem mit Abscheidungselektroden und einer Klopfvorrichtung 44 versehenem konventionellen Elektrofilter 43 fertiggereinigt wird. 45 stellt den Austrag der Staubpartikel dar. Die Reingasströme 36 können je nach Verwendungszweck zusammengefasst oder ins Freie entlassen werden. Die übrigen Bezugszeichen entsprechen denjenigen der vorangegangenen Figuren.

Fig. 15 stellt schematisch eine neue elektrische Entstaubungsvorrichtung ohne Abscheidungselektrode zusammen mit einem Zyklon als Vorfilter und zum Austrag der Staubpartikel dar. Der mit Partikeln beladene Rohgasstrom 1 tritt in den Zyklon 46 ein, wo er vorgereinigt wird. Der vorgereinigte Gasstrom 47 verlasst den Zyklon 46 und wird in einem neuen Elektrofilter ohne Abscheidungselektrode (z. B. gemäss Fig. 13) fertiggereinigt. Die Teil-Reingasströme 40 werden abgetrennt und verlassen zusammen als Reingasstrom 36 das Elektrofilter. Der mit Partikeln maximal beladene Restgasstrom 37 wird über ein Gebläse 34 in den unteren Teil des Zyklon 46 zurückgeführt, wo seine Partikel bei 45 zusätzlich zu den primär abgeschiedenen Partikeln ausgetragen werden. Gegebenenfalls kann zur Verbesserung des Reinigungagrades zwischen das Gebläse 34 und den Zyklon 46 ein weiterer Zyklon geschaltet werden. Alle übrigen Bezugszeichen sind aus vorangegangenen Figuren ersichtlich.

In Fig. 16 ist eine neue elektrische Entstaubungsvorrichtung ohne Abscheidungselektrode zusammen mit einem Zyklon oder einem konventionellen Elektrofilter für den Austrag der Staubpartikel schematisch dargestellt. Der Rohgasstrom 1 tritt in das neue Elektrofilter ein, während der Reingasstrom 36 dasselbe verlässt. Der maximal mit Partikeln beladene Restgasstrom 37 wird über ein Gebläse 34 einem Zyklon 46 zugeführt, wo die Staubpartikel bei 45 ausgetragen werden. Statt eines Zyklons 46 kann dafür auch ein konventionelles Elektrofilter 43 mit Austrag 45 verwendet werden. Dies ist in der Zeichnung mit gestrichelten Linien angedeutet. Der Teilgasstrom 48 wird an die Aufgabestelle (Eintritt in das neue Elektrofilter) zurückgeführt und dem Rohgasstrom 1 beigemischt. Alle übrigen Bezugszeichen können aus den vorangegangenen Figuren entnommen werden.

Fig. 17 ist eine stereometrische Darstellung eines Elektrofilters mit durch Spitzenelektroden und Metallgitter begrenzten Ionisationsräumen und dazwischenliegender Neutralisationszone. Der Betrachter blickt dabei von oben in die in Vertikalebenen angeordneten Hauptelemente hinein, so dass die Zeichnungsebene den Grundriss (Draufsicht) darstellt. Der mit Partikeln in Suspension beladene Rohgasstrom 1 tritt links horizontal in die Vorrichtung ein. Der an Partikeln angereicherte Teilgasstrom 31 befindet sich im zentralen Bereich der Vorrichtung und verlässt

dieselbe horizontal am rechten Figurenrand. Die an den Teilgasstrom 31 beiderseits anschliessenden, an Partikeln verarmten Teilgasaströme 32 werden parallel zum ersteren ebenfalls horizontal weitergeführt. Die negative (6) wie die positive (20) Sprühelektrode ist je als eine metallische, horizontal angeordnete ebene Platte ausgebildet und mit senkrecht auf ihrer Ebene stehenden Drahtstiften 49 bestückt, welche an ihren vorstehenden Enden eine Spitze aufweisen. Die auf jeder Seite in einer zu 6 und 20 parallel stehenden Ebene angeordneten Zusatzelektroden 8 sind als je ein durch einen Rahmen 50 gestütztes Metallgitter (Drahtgeflecht) ausgebildet. Vorteilhafterweise besteht dieser Rahmen 50 aus einem Metallrohr. Durch diese Anordnung wird auf der negativen wie auf der positiven Seite je ein Ionisationsraum gebildet. In diesem herrscht das elektrische Feld 2 (Ionisationsfeldstärke E_1). Die Gesamtheit der Bauelemente auf jeder Seite stellt die jeweilige negative (24) bzw positive (25) Ionenquelle dar. Im Abscheidungsraum herrscht das elektrische Feld 3 (Abscheidungsfeldstärke E_2), wo hauptsächlich die Aufladung und die Wanderung sowie Koagulation der Staubpartikel stattfindet.

In Fig. 18 ist eine schematische Darstellung eines Elektrofilters gemäss Fig. 11 (eine einzige Stufe betrachtet) bzw. Fig. 17 mit zugehöriger Hochspannungs-Speisevorrichtung wiedergegeben. 51 ist eine Hochspannungsquelle zur Bereitstellung der Ionisationsspannung 11 (im vorliegenden Fall durch Gleichspannungsvektor U_1 dargestellt). Die Spitzen 49 der Sprühelektrode 6 der negativen Ionenquelle 24 sind gegenüber der Zusatzelektrode 8 negativ, diejenigen der Sprühelektrode 20 der positiven Ionenquelle 25 gegenüber der entsprechenden anderen Zusatzelektrode 8 positiv geladen. 52 ist eine Hochspannungsquelle zur Speisung der Zusatzelektroden 8 mit der Abscheidungsspannung 12 (im vorliegenden Fall durch Gleichspannungsvektor U_2 dargestellt). Die zu den Spannungen 11 und 12 gehörenden elektrischen Felder 2 und 3 entsprechen genau denjenigen in den Figuren 11 und 17. Die Gasströme 1, 31 und 32 sind mit von links nach rechts gerichteten Pfeilen bezeichnet. Die Staubpartikel sind durch Reihen sukzessive in Strömungsrichtung dichter gepackter Punkte angedeutet. Der Rest der Figur erklärt sich von selbst.

Ausführungsbeispiel:

Siehe Figuren 11, 17 und 18!

Die Vorrichtung zur elektrischen Entstaubung wurde gemäss Fig. 17 aufgebaut. Die in die plattenförmigen, aus je einem Metallblech bestehenden Elektroden 6 und 20 eingelassenen und vernieteten, metallischen Drahtstifte 49 hatten eine axiale Länge von 20 mm. Sie waren in einem quadratischen Muster mit einer Seitenlänge (Mittenabstand von Stift zu Stift) von 20 mm angeordnet und hatten einen Durchmesser von 1,5 mm. Die Zusatzelektroden 8 bestanden aus einem Metallgewebe (Drahtgeflecht) von 0,7 mm Maschenweite (Mittenabstand der Drähte 1,0 mm) bei einem Drahtdurchmesser von 0,3 mm. Dieses Drahtgeflecht wurde durch einen aus einem Rohr von 15 mm Aussendurchmesser gebildeten rechteckigen Rahmen 50 gespannt und festgehalten. Im vorliegenden Fall war das Drahtgeflecht auf der dem Gasstrom 1 zugewandten Seite einseitig auf den Rahmen 50 aufgeschweisst, so dass im Raum zwischen den Zusatzelektroden 8 überall ein streng homogenes elektrisches Feld 3 (konstante Feldstärke E_2) herrschte. Der Abstand der Zusatzelektroden 8 voneinander (lichte Weite) betrug 400 mm bei einer Tiefe quer zur Strömungsrichtung von 800 mm und einer axialen Länge in Strömungsrichtung von 2000 mm. Der Abstand der Spitzen der Drahtstifte 49 von der Ebene der Zusatzelektrode 8 betrug 20 mm.

Die Spannung 11 (Gleichspannung U_1) der Hochspannungsquellen 51 zur Ionisierung betrug 20 kV, so dass eine mittlere virtuelle Ionisationsfeldstärke E_1 im Raum der elektrischen Felder 2 erzielt wurde, die bei 20 kV/cm und somit deutlich über dem für den Koronaeffekt erforderlichen Wert lag. Die totale Abscheidungsspannung 12 (Gleichspannung U_2) der Hochspannungsquelle 52 betrug 120 kV. Sie wurde im vorliegenden Fall durch Hintereinanderschaltung von zwei Hochspannungsgeräten zu je 60 kV bereitgestellt, wobei die Mitte, d. h. je ein entgegen gesetzter Pol an Erde lag. Die im Abscheidungs- und Konzentrationsraum herrschende konstante Feldstärke erreichte den Wert von 3 kV/cm.

In die Vorrichtung wurde ein mit Partikeln beladener Rohgasstrom 1 mit einer mittleren Strömungsgeschwindigkeit im Abscheidungsraum von 2 m/s geblasen. Die Partikel setzten sich aus von Tabakrauch stammenden Teilchen mit < 1 µm Durchmesser und Kalkstein mit einem mittleren Teilchendurchmesser von ca. 30 µm zusammen. Die totale Beladung des Gasstromes 1 mit Partikeln in Suspension betrug 20 g/m^3.

Es konnte beobachtet werden, dass die Staubpartikel im Verlauf ihrer Längsströmung zu einer Querwanderung gegen die zentrale Neutralisationszone zu gezwungen wurden (Vergl. Zone 23 in Fig. 7). Die Partikel wurden gerade zu gegen die Mitte geschleudert, so dass am Ausgang des Elektrofilters eine Konzentration des Staubes in einer ca. 100 mm breiten Zone festgestellt werden konnte (Teilgasstrom 31). Zu beiden Seiten dieser staubbeladenen Zone befand sich eine praktisch staubfreie Schicht (Teilgasströme 32) von je ca. 150 mm Breite. Der Reststaubgehalt des Reingasstromes lag unter 0,1 g/m^3. Des weiteren konnte beobachtet werden, dass der grösste Teil der feinen Tabakrauchpartikel an die gröberen Kalkpartikel

angelagert war.

Die Erfindung ist nicht auf das Ausführungsbeispiel beschränkt. Bei der Konzeption der Vorrichtung zur Entstaubung lassen sich grundsätzliche alle, in der Figurenbeschreibung (Fig. 1 bis 18) erläuterten Verfahrensschritte und Konstruktonsprinzipen nach Massgab der betrieblichen Erfordernisse kombinieren. Der Kern der Erfindung besteht dabei darin, bei möglichst grosser Freizügigkeit der Art und Anordnung der Ionenquellen/Feldelektroden ein möglichst hohes und möglichst homogenes elektrisches Feld bereitstellen zu können, um den geladenen Partikeln eine hohe Wanderungsgeschwindigkeit zu erteilen.

Vorteile des neuen Verfahrens und der neuen Vorrichtungen:

- Hoher Abscheidegrad für die Staubpartiktel
- Geringes Bauvolumen der Filter, insbesondere gegenüber konventionellen Filtern stark verkürzte Abmessungen in Strömungsrichtung
- Hohe energetische Leistungsdichte
- Geringer spezifischer Leistungsaufwand
- Hohe Betriebssicherheit (Freiheit von unerwünschten Durch- und Überschlägen an den Elektroden).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Entstaubung eines feste oder flüssige Partikel in Suspension enthaltenden Gasstromes (1) durch bipolare elektrische Aufladung der Partikel und Anwendung eines elektrischen Feldes (3), dadurch gekennzeichnet, dass der Gasstrom (1) zur bipolaren Aufladung der in ihm suspendierten Partikel Quellen elektrisch geladener Elementarteilchen entlanggeführt wird, wobei die Partikel ungefähr zur Hälfte positiv (21) und zur anderen Hälfte negativ (9) aufgeladen und durch ein quer zur Strömungsrichtung angelegtes elektrisches Feld (3) in je einer Wanderungszone (22) zu einer Querwanderung gezwungen werden, dergestalt, dass sie sich gegen eine bevorzugte Zone des Gasstromes (1) hin bewegen, in dieser Neutralisationszone (23) konzentriert und unter Zuhilfenahme des besagten elektrischen Feldes (3) zur Agglomeration und Koagulation (9/21) unter gleichzeitigem wenigstens teilweisen gegenseitigen Abbau ihrer Ladungen gezwungen werden, wodurch an Partikeln angereicherte und an Partikeln verarmte Zonen mit entsprechenden Teilgasströmen (31, 32) geschaffen werden, welche in der Folge voneinander getrennt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die bevorzugte Neutralisationszone (23) des Gasstromes (1) gegen die Mitte des Strömungsquerschnitts hin gesteuert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Quelle elektrisch geladener Elementarteilchen eine separate, vom elektrischen Feld (3) unabhängige Ionenquelle (24, 25) benutzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Quelle elektrisch geladener Elementarteilchen gleichzeitig zur Erzeugung des elektrischen Feldes (3) verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch geladenen Elementarteilchen durch Koronaeffekte unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes (2) zur Ionisation eines Gases erzeugt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Quelle elektrisch geladener Elementarteilchen ein separat eingeleiteter Strom eines ionisierten fremden Zusatzgases (10) benutzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die an Partikeln angereicherten Teilgasströme (31) von den restlichen übriggebliebenen Teil-Reingasströmen (40) getrennt, abgezweigt, ausgetragen und einer weiteren Entstaubung unterworfen werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Entstaubung in mehreren Stufen durchgeführt und die an Partikeln angereicherten Teilgasströme (31) in eine der vorangehenden Stufen in den Gasstrom (1) zurückgeführt (35) und mindestens einer der an Partikeln angereicherten Teilgasströme (31, 37) endgültig ausgetragen wird (38).

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Gasstrom (1) zunächst nach dem Prinzip der Zentrifugalabscheidung in einem Zyklon (46) vorgereinigt und dass mindestens einer der an Partikeln angereicherten Teilgasströme (31, 37) dem Staubaustrag (45) des zur Vorreinigung dienenden Zyklons (46) zugeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die an Partikeln angereicherten Teilgasströme (31, 37) nach dem Prinzip der Zentrifugalabscheidung (46) oder der elektrischen Abscheidung (43) wenigstens teilweise entstaubt werden und dass dieser teilweise entstaubte Anteil in den zugeführten Gasstrom (1) zurückgeführt wird (48).

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass vom gesamten, mit Partikeln beladenen Gasstrom (1) in Strömungsrichtung betrachtet die bereits gereinigten Partien sukzessive als progressiv in ihrer Gesamtmenge zunehmende Teil-Reingasströme (40) abgezweigt, gesammelt und ihrem Bestimmungszweck zugeführt werden, und dass der verkleinerte, an Partikeln angereicherte Teilgasstrom (31) einer letzten gesonderten Entstaubungsvorrichtung (43) zugeführt wird und dessen Partikel schliesslich abgeschieden und ausgetragen werden (45).

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das sukzessive Reinigen des Gasstromes (1) und das Abzweigen der Teil-

Reingasströme (40) stufenweise in einer in Kaskadenschaltung angeordneten Reihe von Vorrichtungen erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das sukzessive Reinigen des Gasstromes (1) und das Abzweigen der Teil-Reingasströme (40) feinstufig bis kontinuierlich erfolgt.

14. Vorrichtung zur Entstaubung eines feste oder flüssige Partikel in Suspension enthaltenden Gasstromes (1) unter Heranziehung eines elektrischen Feldes (3), dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Erzeugung eines quer zur Richtung des Gasstromes (1) gerichteten zeitlich konstanten oder variablen elektrischen Feldes (3) sowie Mittel zur bipolaren Aufladung der im Gasstrom (1) suspendierten Partikel in der Weise vorgesehen sind, dass im fortschreitenden Gasstrom (1) in einer bevorzugten Zone, der Neutralisationszone (23) eine Anreicherung der Partikel in einem Teilgasstrom (31) ermöglicht wird, und dass ferner Mittel (33) zur Abzweigung und Austragung dieses an Partikeln angereicherten Teilgasstromes (31) oder des dazu komplementären Teil-Reingasstromes (40) sowie eine separate mechanische oder elektrische Abscheideeinrichtung (46, 43) für den Austrag (45) der Partikel vorgesehen sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (24, 25) zur Erzeugung des elektrischen Feldes (31) im wesentlichen aus gleichartigen flächigen plattenförmigen oder zylindrischen und/oder gitterartigen metallischen Elektroden bestehen.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (24, 25) zur bipolaren Aufladung der Partikel in einer Elektrode (6, 20) zur Erzeugung einer Koronaentladung aufweisenden Ionisationsvorrichtung und einem elektrischen Feld (3) bestehen.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass als Elektroden (6, 20) zur Erzeugung einer Koronaentladung spitzen- oder drahtförmige Elektroden mit gleichen (6, 8) oder verschiedenen (13, 14) Abrundungsradien oder warzenförmige Elektroden (15, 16) in einem als Grundplatte dienenden Isolierkörper (17) vorgesehen sind.

18. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (24, 25) zur bipolaren Aufladung der Partikel in separat zugeführten Strömen ionisierter fremder Zusatzgase (10) bestehen.

19. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Neutralisationszone (23) in Querrichtung zum Gasstrom (1) einseitig oder allseitig durch Schikanen (28) in Form von Sieben, Gittern oder gelochten oder unterbrochenen Leitblechen begrenzt ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass als Mittel (33) zur Abzweigung des an Partikeln angereicherten Teilgasstromes (31) ein trichterförmiges Bauelement vorgesehen ist, das an eine Saugleitung zur Verbindung mit der separaten Abscheideeinrichtung oder an eine Rückführungsleitung (35) in den zugeführten Gasstrom (1) angeschlossen ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die separate Abscheideeinrichtung aus einem Fliehkraftreiniger in Form eines Zyklons (46) oder einem elektrischen Abscheider in Form eines konventionellen Elektrofilters (43) besteht.

22. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass sie aus mehreren kaskadenartig aufgebauten Stufen mit abnehmendem Querschnitt für den an Partikeln angereicherten Teilgasstrom (31) sowie mit Öffnungen für den Durchlass der Teil-Reingasströme (40) und einer entsprechenden Anzahl von auf unterschiedlichem Potential stehenden Ionenquellen und Elektrodenpaaren (24, 25) besteht.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anzahl n ebener Ionenquellen und Elektrodenpaare (24, 25) mit stufenweise abnehmendem Abstand von je zwei ungleichnamigen gegenüberliegenden Elektroden vorgesehen ist, dergestalt, dass der Abstand d_i (42) und die Spannung U_1 (12) folgender Formel genügen:

$$d_1 = \gamma \cdot d_{i-1}$$
$$U_i = \gamma \cdot U_{i-1},$$

d_i = Elektrodenabstand der Stufe i,
U_i = Spannung der Stufe i,
γ = Verhältnis der Breite des an Partikeln angereicherten Gasstromes zu jeweiligem Elektrodenabstand.

24. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass für den an Partikeln angereicherten Teilgasstrom (31) ein Kanal mit progressiv kontinuierlich abnehmendem Querschnitt und entsprechende segmentartig geformte Ionenquellen und Elektrodenpaare (24, 25) konstanter Potentialdifferenz (12) und variabler Feldstärke (3) oder eine Vielzahl von profilierten Ionenquellen und Elektrodenpaaren (24, 25) variabler Potentialdifferenz (12) und annähernd konstanter Feldstärke (3) vorgesehen sind.

Revendications

1. Procédé pour dépoussiérer un courant de gaz (1) contenant en suspension des particules solides ou liquides par chargement électrique bipolaire des particules et utilisation d'un champ électrique (3), caractérisé en ce que le courant de gaz (1) est conduit le long de sources de particules élémentaires chargées électriquement afin de conférer une charge bipolaire aux particules qu'il tient en suspension, les particules étant pour environ la moitié chargées

positivement (21) et pour l'autre moitié chargées négativement (9) et étant forcées à une migration transversale dans une zone propre de migration (22) au moyen d'un champ électrique (3) établi transversalement par rapport à la direction de l'écoulement, de telle sorte qu'elles se déplacent vers une zone préférée du courant de gaz (1), qu'elles se concentrent dans cette zone de neutralisation (23) et qu'a l'intervention dudit champ électrique (3) elles soient forcées de s'agglomérer et de coaguler (9/21) avec destruction mutuelle simultanée au moins partielle de leurs charges, ce qui produit des zones enrichies en particules et des zones appauvries en particules, avec des courants partiels de gaz correspondants (31, 32), qui dans la suite sont séparés l'un de l'autre.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la zone de neutralisation préférée (23) du courant de gaz (1) est formée vers le milieu de la section d'écoulement.

3. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'en guise de source de particules élémentaires chargées électriquement on utilise une source d'ions (24, 25) séparée, indépendante du champ electrique (3).

4. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la source de particules élémentaires chargées électriquement est utilisée en même temps pour produire le champ électrique (3).

5. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les particules élémentaires chargées électriquement sont produites par des effets de couronne sous l'influence d'un champ électrique (2) pour l'ionisation d'un gaz.

6. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'en guise de source de particules élémentaires chargées électriquement on utilise un courant introduit séparément d'un gaz auxiliaire (10) étranger ionisé.

7. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les courants partiels (31) de gaz enrichis en particules sont séparés des courants partiels restants (40) de gaz épurés, dérivés, extraits et soumis à un dépoussiérage supplémentaire.

8. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé en ce que le dépoussiérage est effectué en plusieurs étages et en ce que les courants partiels (31) de gaz enrichis en particules sont recyclés (35) dans le courant de gaz (1) dans un des étages précédents et au moins un des courants partiels (31, 37) de gaz enrichis en particules est extrait définitivement (38).

9. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé en ce que le courant de gaz (1) est d'abord pré-épuré dans un cyclone (46) suivant le principe de la séparation par centrifugation et en ce qu'au moins un des courants partiels (31, 37) de gaz enrichis en particules est envoyé à la sortie des poussières (45) du cyclone (46) servant à la pré-épuration.

10. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé en ce que les courants partiels (31, 37) de gaz enrichis en particules sont dépoussiérés au moins partiellement suivant le principe de la séparation par centrifugation (46) ou de la séparation électrique (43) et en ce que cette fraction au moins partiellement dépoussiérée est recyclée (48) dans le courant de gaz entrant (1).

11. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que de l'ensemble du courant de gaz (1) chargé de particules, vu selon la direction de l'écoulement, les parties déjà épurées sont dérivées en courants partiels (40) de gaz épurés successifs et ayant un débit global progressivement croissant, puis rassemblés et envoyés à leur destination prévue, et en ce que le courant partiel (31) de gaz enrichis en particules, amoindri, est envoyé à un dernier dispositif de dépoussiérage distinct (43) et que ses particules sont finalement precipitées et extraites (45).

12. Procédé suivant la revendication 11, caractérisé en ce que successivement l'épuration du courant de gaz (1) et la dérivation des courants partiels (40) de gaz épurés sont réalisées par paliers dans une série de dispositifs montés en cascade.

13. Procédé suivant la revendication 11, caractérisé en ce que successivement l'épuration du courant de gaz (1) et la dérivation des courants partiels (40) de gaz épurés sont réalisées de manière faiblement étagée jusqu'à continue.

14. Dispositif pour dépoussiérer un courant de gaz (1) contenant en suspension des particules solides ou liquides en faisant intervenir un champ électrique (3), caractérisé en ce qu il est prévu des moyens pour produire un champ électrique (3) variable ou constant dans le temps orienté transversalement par rapport à la direction du courant de gaz (1) ainsi que des moyens pour conférer une charge bipolaire à la particule suspendue dans le courant de gaz (1) de telle sorte que, dans le courant de gaz (1) qui progresse, il puisse se produire, dans une zone préférée à savoir la zone de neutralisation (23), un enrichissement de particules dans un courant partiel de gaz (31), et en ce qu'il est en outre prévu des moyens (33) pour dériver et extraire ce courant partiel (31) de gaz enrichis en particules ou le courant partiel (40) de gaz épurés qui lui est complémentaire ainsi qu'un dispositif distinct mécanique ou électrique de séparation (46, 43) pour l'extraction (45) des particules.

15. Dispositif suivant la revendication 14, caractérisé en ce que les moyens (24, 25) pour produire le champ électrique (3) se composent essentiellement d'électrodes métalliques identiques en nappe, en forme de plaques ou de cylindres et/ou de grilles.

16. Dispositif suivant la revendication 14, caractérisé en ce que les moyens (24, 25) pour conférer une charge bipolaire à la particule se composent d'un dispositif d'ionisation présentant des électrodes (6, 20) pour produire une décharge en couronne, ainsi que d'un champ électrique (3).

17. Dispositif suivant la revendication 16, caractérisé en ce qu'en guise d'électrodes (6, 20) pour produire une décharge en couronne, il est prévu des électrodes en forme de pointe ou de fil avec des rayons de courbure égaux (6, 8) ou différents (13, 14) ou des électrodes (15, 16) en forme de boutons dans un corps isolant (17) servant de plaque de base.

18. Dispositif suivant la revendication 14, caractérisé en ce que les moyens (24, 25) pour conférer une charge bipolaire à la particule se composent de courants de gaz auxiliaires (10) étrangers ionisés introduits séparément.

19. Dispositif suivant la revendication 14, caractérisé en ce que la zone de neutralisation (23) est limitée en direction transversale par rapport au courant de gaz (1) d'un seul côté ou de tous les côtés par des chicanes (28) en forme de cribles, de grilles ou de déflecteurs perforés ou interrompus.

20. Dispositif suivant la revendication 14, caractérisé en ce qu'en guise de moyens (33) pour dériver le courant partiel (31) de gaz enrichis en particules, il est prévu un élément en forme d'entonnoir qui est raccordé à une conduite d'aspiration pour la liaison avec le dispositif de séparation distinct ou à une conduite de recyclage (35) dans le courant de gaz (1) entrant.

21. Dispositif suivant la revendication 20, caractérisé en ce que le dispositif de séparation distinct consiste en un épurateur centrifuge sous la forme d'un cyclone (46) ou en un séparateur électrique sous la forme d'un électrofiltre conventionnel (43).

22.Dispositif suivant la revendication 14, caractérisé en ce qu'il se compose de plusieurs étages montés en cascade, de section décroissante pour le courant partiel (31) de gaz enrichis en particules ainsi qu'avec des ouvertures pour le passage des courants partiels (40) de gaz épurés et d'un nombre correspondant de paires de sources d'ions et d'électrodes (24, 25) se trouvant à un potentiel différent.

23. Dispositif suivant la revendication 22, caractérisé en ce qu'il est prevu un nombre n de paires de sources d'ions et d'électrodes planes (24, 25) avec un écartement diminuant par paliers à partir de deux électrodes opposées se faisant face, de telle sorte que l'écartement d_i (42) et la tension U_i (12) satisfont les formules suivantes:

$$d_i = \gamma \cdot d_{i-1}$$
$$U_i = \gamma \cdot U_{i-1},$$

dans lesquelles

d_i = écartement des électrodes de l'étage i,
U_i = tension dans l'étage i,
γ = rapport de la largeur du courant de gaz enrichis en particules à l'écartement des électrodes correspondantes.

24. Dispositif suivant la revendication 14, caractérisé en ce que, pour le courant partiel (31) de gaz enrichis en particules, il est prévu un canal de section diminuant de manière continue dans le sens de la progression et des paires correspondantes de sources d'ions et d'électrodes (24, 25) en forme de segments avec une différence de potentiel (12) constante et une intensité de champ (3) variable, ou une pluralité de paires de sources d'ions et d'électrodes (24, 25) profilées avec une différence de potentiel (12) variable et une intensité de champ (3) approximativement constante.

Claims

1. Method of extracting the dust from a gas flow (1) containing solid or liquid particles in suspension through bipolar electric charging of the particles and application of an electric field (3), characterized in that, for the bipolar charging of the particles suspended in it, the gas flow (1) is led along sources of electrically charged elementary particles, approximately half of the particles being positively (21) charged and approximately the other half being negatively (9) charged, the particles being forced to migrate transversely in a migration zone (22) in each case by an electric field (3) applied transverse to the direction of flow, in such a way that they move towards a preferred zone of the gas flow (1), are concentrated in this neutralization zone (23), and are forced, with the aid of the said electric field (3), to agglomerate and coagulate (9/21), there being at the same time an at least partially mutual break-down of their charges, whereby there are created zones rich in and depleted of particles with corresponding gas subflows (31, 32), which are subsequently separated from one another.

2. Method according to Claim 1, characterized in that the preferred neutralization zone (23) of the gas flow (1) is directed tovards the middle of the flow cross-section.

3. Method according to Claim 1, characterized in that a separate ion source (24, 25), independent of the electric field (3), is used as source of electrically charged elementary particles.

4. Method according to Claim 1, characterized in that the source of electrically charged elementary particles is used simultaneously to generate the electric field (3).

5. Method according to Claim 1, characterized in that the electrically charged elementary particles are generated to ionize a gas by corona effects under the influence of an electric field (2).

6. Method according to claim 1, characterized in that a separately inlet flow of an ionized foreign supplementary gas (10) is used as source of electrically charged elementary particles.

7. Method according to Claim 1, characterized in that the gas subflows (31) enriched in particles are separated, branched off and mechanically discharged from the residual purified gas

subflows (40) which remain, and subjected to a further extraction of dust.

8. Method according to Claim 7, characterized in that the extraction of dust is carried out in several stages, and the gas subflows (31) enriched in particles are fed back (35) into the gas flow (1) in one of the preceding stages, and at least one of the gas subflows (31, 37) enriched in particles is finally mechanically discharged (38).

9. Method according to Claim 7, characterized in that the gas flow (1) is firstly pre-purified in a cyclone separator (46) according to the principle of centrifugal separation, and in that at least one of the gas subflows (31, 37) enriched in particles is fed to the dust discharge (45) of the cyclone separator (46) serving to effect the pre-purification.

10. Method according to Claim 7, characterized in that the gas subflows (31, 37) enriched in particles have at least part of their dust extracted according to the principle of centrifugal separation (46) or of electrical separation (43), and in that this proportion from which a part of the dust has been extracted is fed back (48) into the inlet gas flow (1).

11. Method according to Claim 1, characterized in that, seen in the direction of flow, the already purified parts of the gas flow (1) loaded with particles are successively branched off and collected as purified gas subflows (40) progressively increasing in their total amount, and led to their destination, and in that the diminished gas subflow (31) enriched in particles is led to a last, separate dust extraction apparatus (43), and its particles are finally separated and mechanically discharged (45).

12. Method according to Claim 11, characterized in that the successive purification of the gas flow (1), and the branching-off of the purified gas subflows (40) takes place stepwise in a series of apparatuses arranged in cascade connection.

13. Method according to Claim 11, characterized in that the successive purification of the gas flow (1), and the branching-off of the purified gas subflows (40) takes place in a fine-step to continuous fashion.

14. Apparatus for extracting the dust from a gas flow (1) containing solid or liquid particles in suspension with the aid of an electric field (3), characterized in that means for generating a temporarily constant or variable electric field (3) directed transverse to the direction of the gas flow (1), and also means for the bipolar charging of the particles suspended in the gas flow (1) are provided in such a way that in the advancing gas flow (1) an enrichment of the particles in a gas subflow (31) is made possible in a preferred zone, the neutralization zone (23), and in that, further, there are provided means (33) for branching off and mechanically discharging this gas subflow (31) enriched in particles or the purified gas subflow (40) complementary thereto, as well as a separate mechanical or electrical separation device (46, 43) for the mechanical discharge (45) of the particles.

15. Apparatus according to Claim 14, characterized in that the means (24, 25) for producing the electric field (31) consist essentially of similar, flat, plateshaped or cylindrical and/or grid-like metal electrodes.

16. Apparatus according to Claim 14, characterized in that the means (24, 25) for bipolar charging of the particles consist in an electrode (6, 20) for producing an ionization apparatus having a corona discharge, and in an electric field (3).

17. Apparatus according to Claim 16, characterized in that punctiform or wire-shaped electrodes with the same (6, 8) or different (13, 14) surface radii, or boss- shaped electrodes (15, 16) are provided as electrodes (6, 20) for producing a corona discharge in an insulator (17) serving as ground plate.

18. Apparatus according to Claim 14, characterized in that the means (24, 25) for bipolar charging of the particles consist in separately fed flows of ionized foreign supplementary gases (10).

19. Apparatus according to Claim 14, characterized in that the neutralization zone (23) is delimited in the direction transverse to the gas flow (1) on one side or on all sides by baffles (28) in the form of filters, grids or pierced or discontinuous deflectors.

20. Apparatus according to Claim 14, characterized in that there is provided as means (33) for branching off the gas subflow (31) enriched in particles a funnel- shaped element, which is connected to a suction line in order to communicate with the self-contained separation device, or to a feed-back line (35) in the inlet gas flow (1).

21. Apparatus according to Claim 20, characterized in that the self-contained separation device consists of a centrifugal purifier in the form of a cyclone separator (46), or of an electrical separator in the form of a conventional electrofilter (43).

22. Apparatus according to Claim 14, characterized in that it consists of several cascade-like constructed stages of decreasing cross-section for the gas subflow (31) enriched in particles, and having openings for admitting the purified gas subflows (40) and of a corresponding number of pairs of ion sources and electrodes (24, 25) at a different potential.

23. Apparatus according to Claim 22, characterized in that a number n of pairs of flat ion sources and electrodes (24, 25) with stepwise decreasing spacing from each of two inverse electrodes located opposite is provided in each case in such a way that the spacing d_i (42) and the voltage U_i (12) satisfy the following formula:

$$d_i = \gamma \cdot d_{i-1}$$
$$U_i = \gamma \cdot U_{i-1},$$

where

d_i = electrode spacing of Stage i,
U_i = voltage of Stage i,
γ = ratio of the width of the gas flow enriched in particles to the particular electrode spacing.

24. Apparatus according to Claim 14, characterized in that there are provided for the gas subflow (31) enriched in particles a channel having a progressively continuously decreasing cross-section and correspondingly segment-like shaped pairs of ion sources and electrodes (24, 25) of constant potential difference (12) and variable field strength (3), or a multiplicity of profiled pairs of ion sources and electrodes (24, 25) of variable potential difference (12) and approximately constant field strength (3).

FIG.1

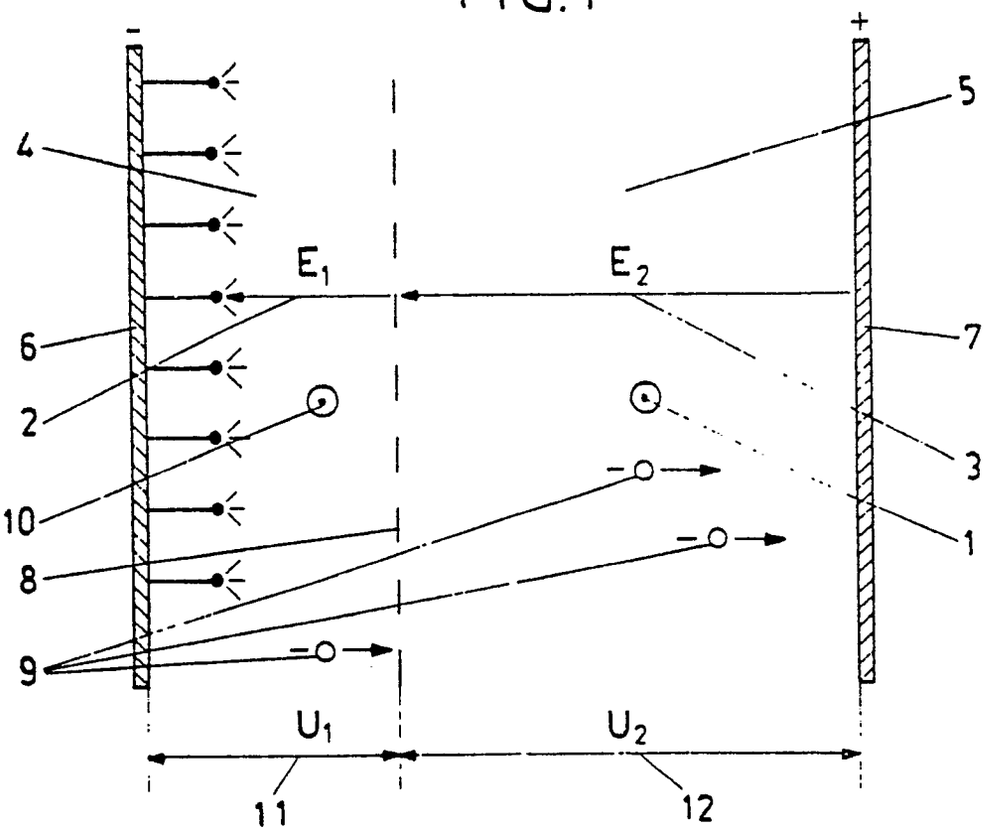


FIG.2

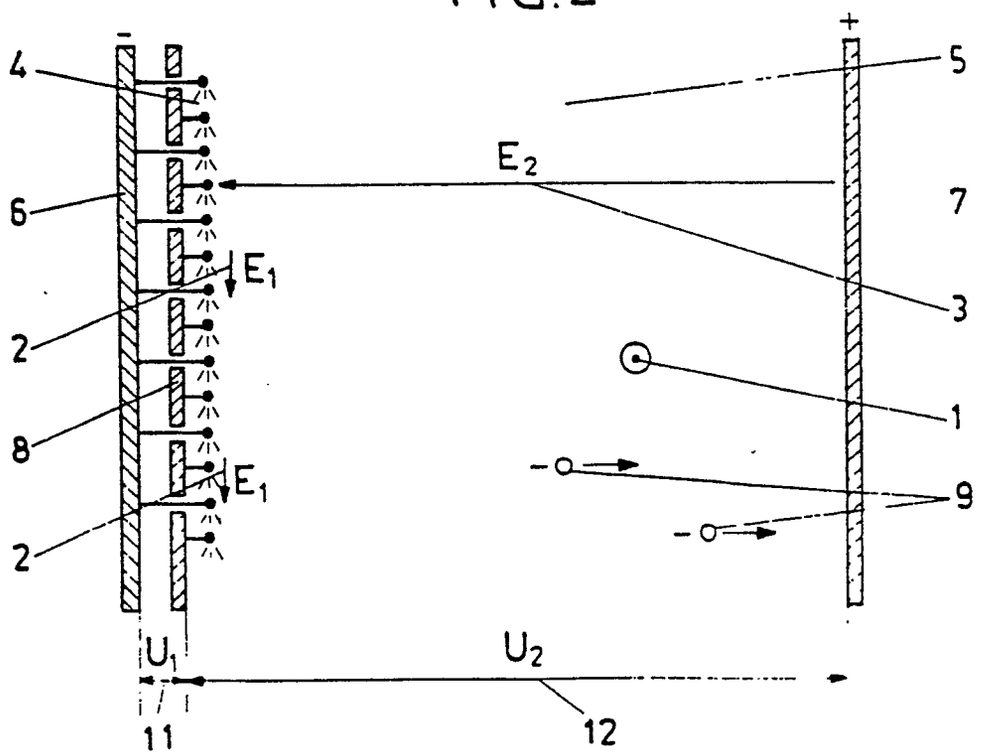


FIG.3

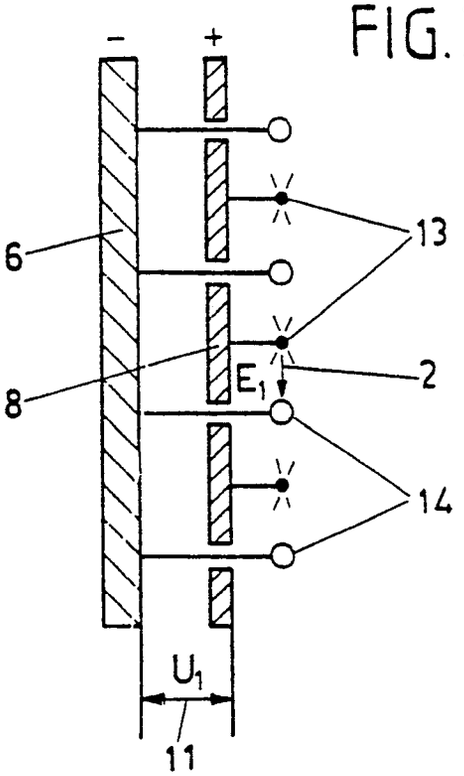


FIG.4

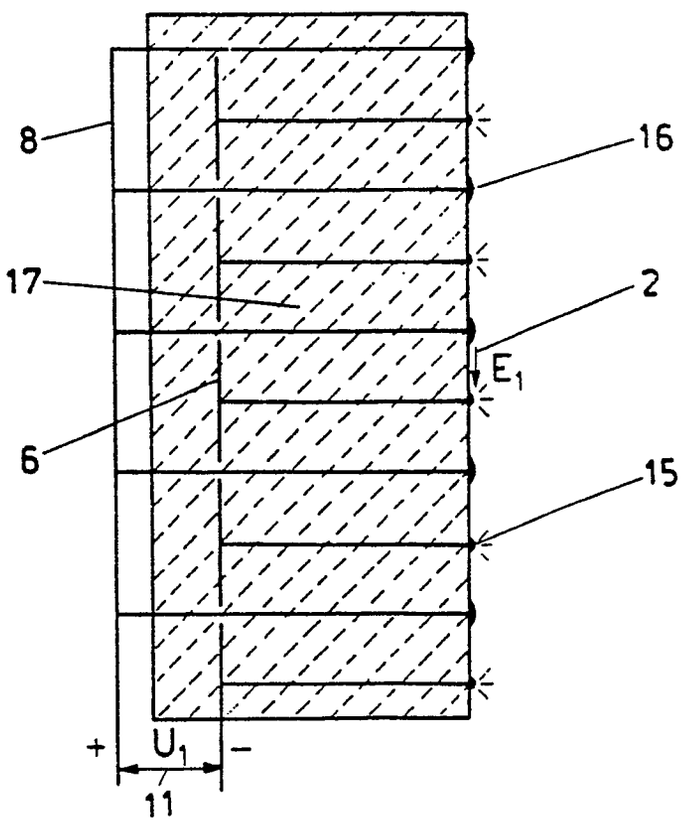


FIG.5

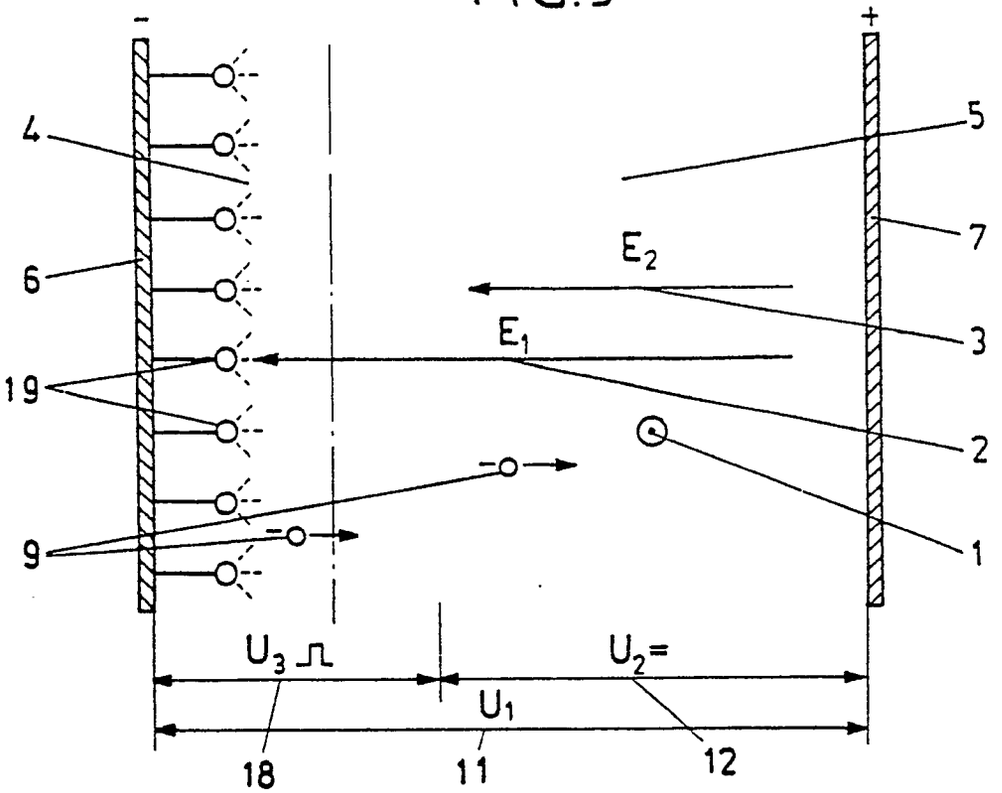

−
+
4
5
7
6
E2
3
E1
19
2
1
9
U3
U2=
U1
18
11
12

FIG.6

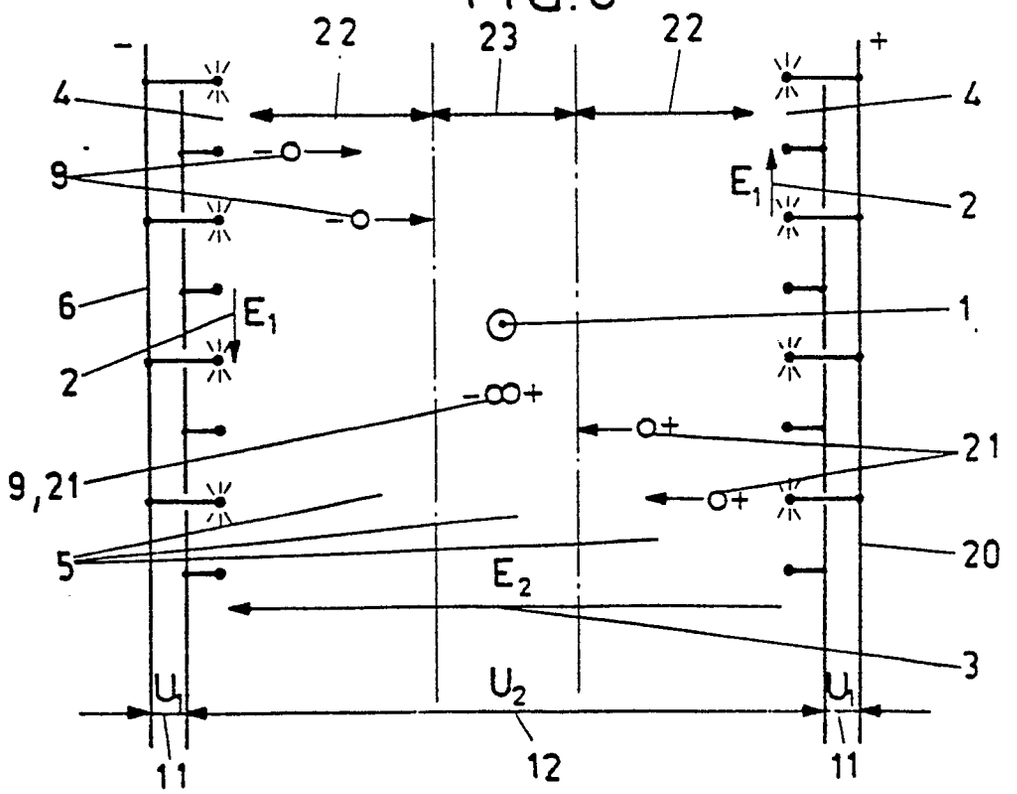

22
23
22
−
+
4
4
9
E1
2
6
E1
1
2
9,21
21
5
20
E2
3
U1
U2
U1
11
12
11

FIG. 7

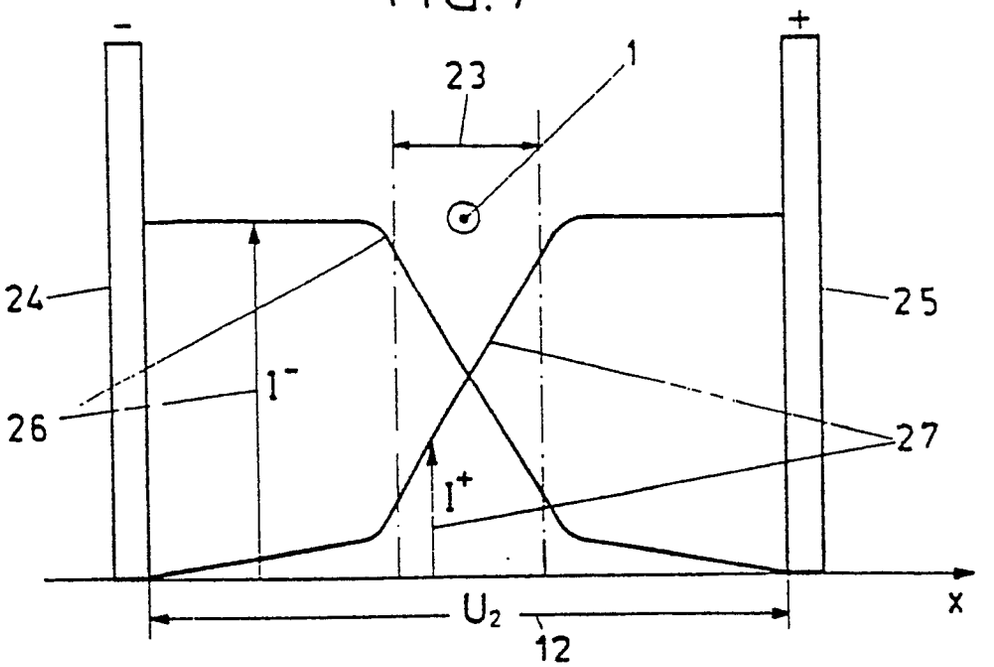


FIG. 8

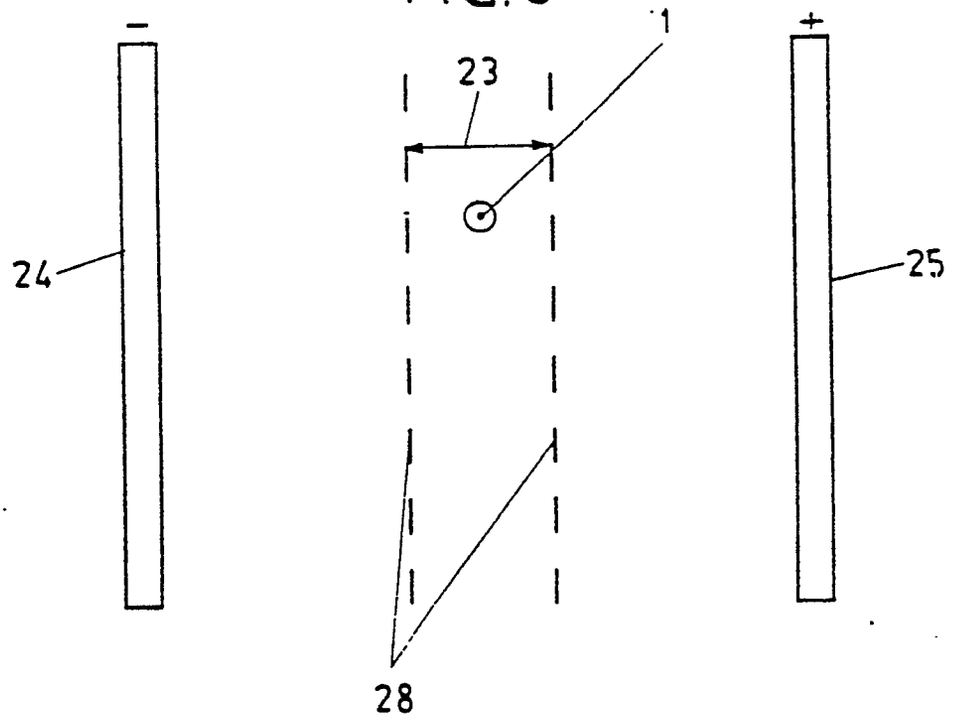


FIG.9

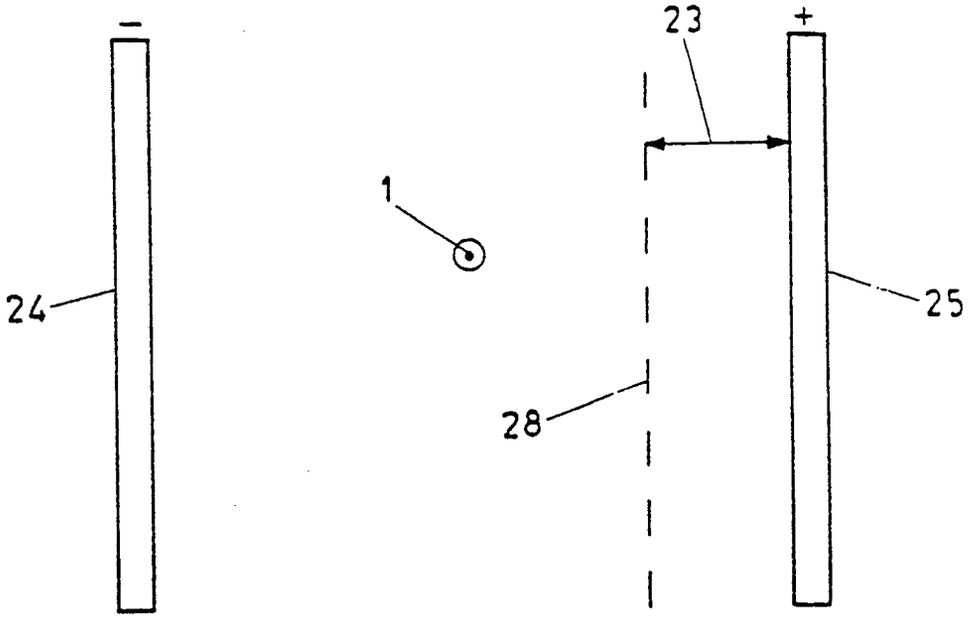

−
24
1
23
+
25
28

FIG.10

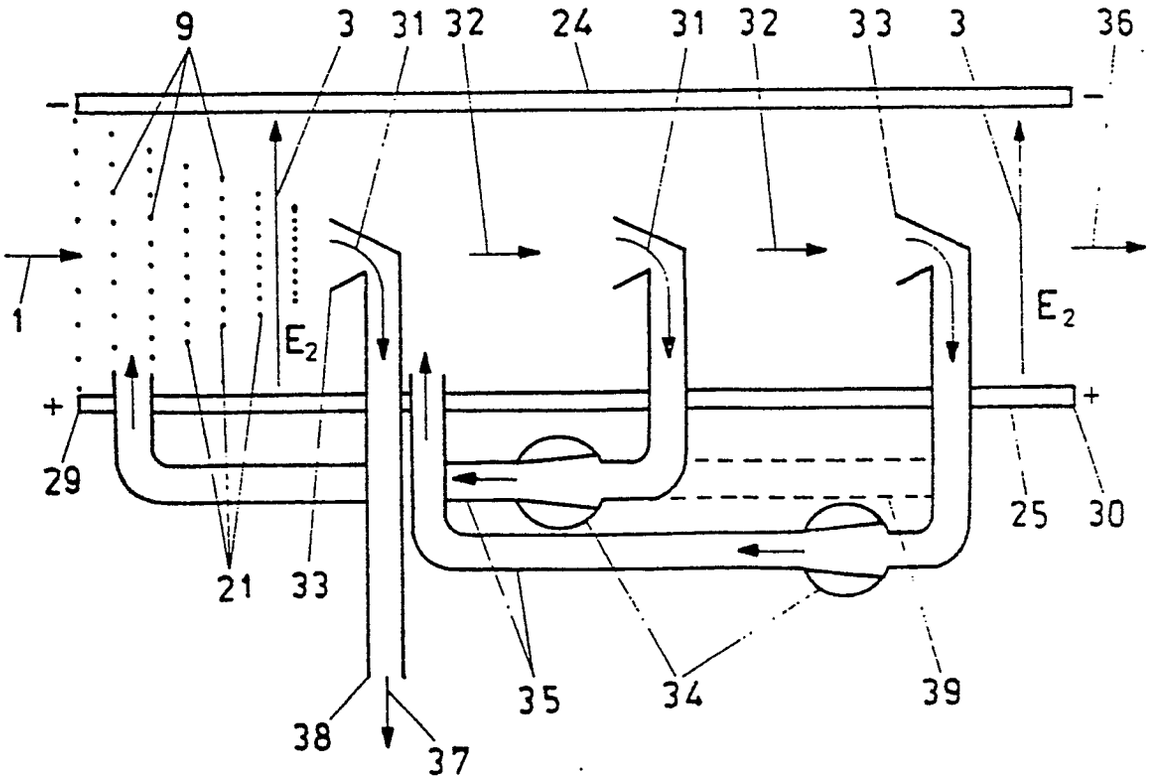

9
3
31
32
24
31
32
33
3
36
−
−
1
E_2
E_2
+
+
29
21
33
25
30
35
34
39
38
37

FIG.11

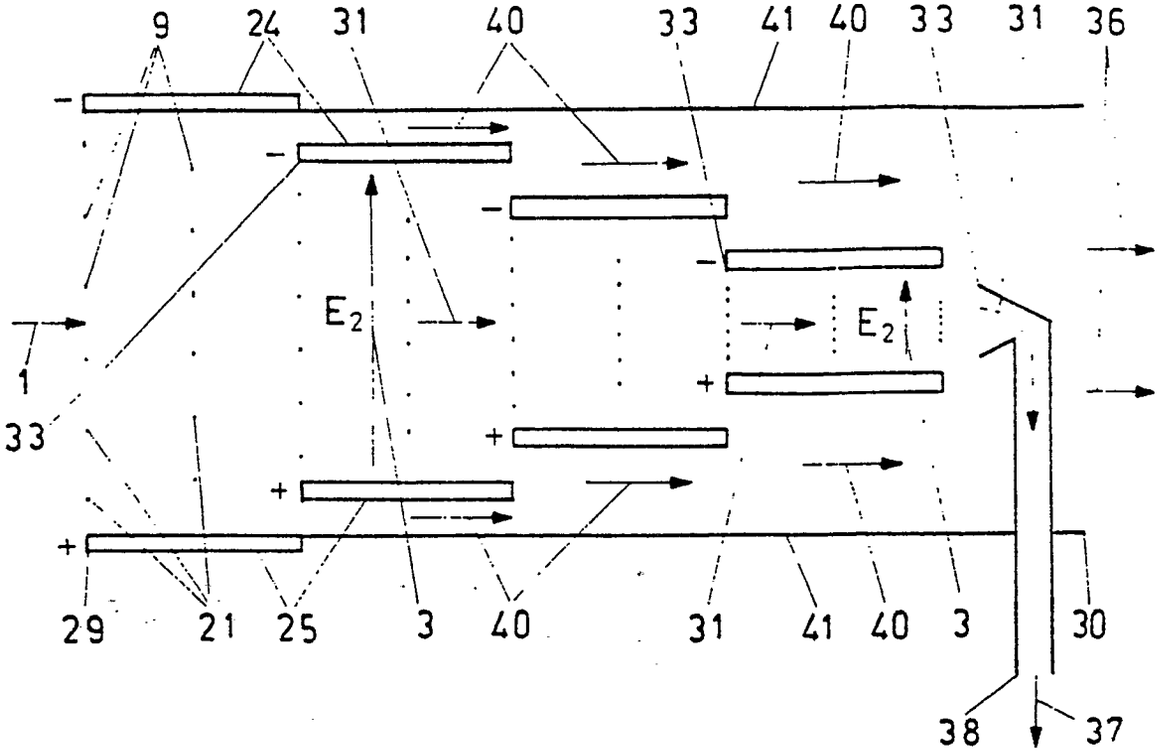

9
24
31
40
33
41
40
33
31
36
E2
E2
1
33
29
21
25
3
40
31
41
40
3
30
38
37

FIG.12

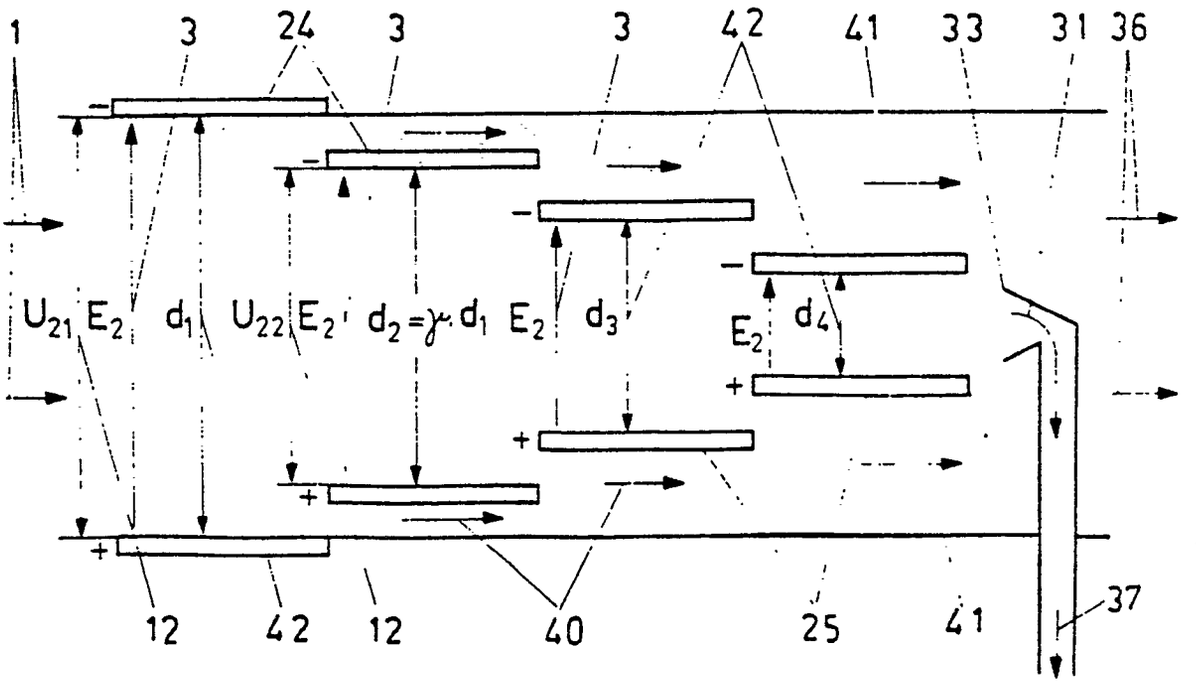

1
3
24
3
3
42
41
33
31
36
U21 E2
d1
U22 E2
d2 = γ · d1
E2
d3
E2
d4
12
42
12
40
25
41
37

FIG.13

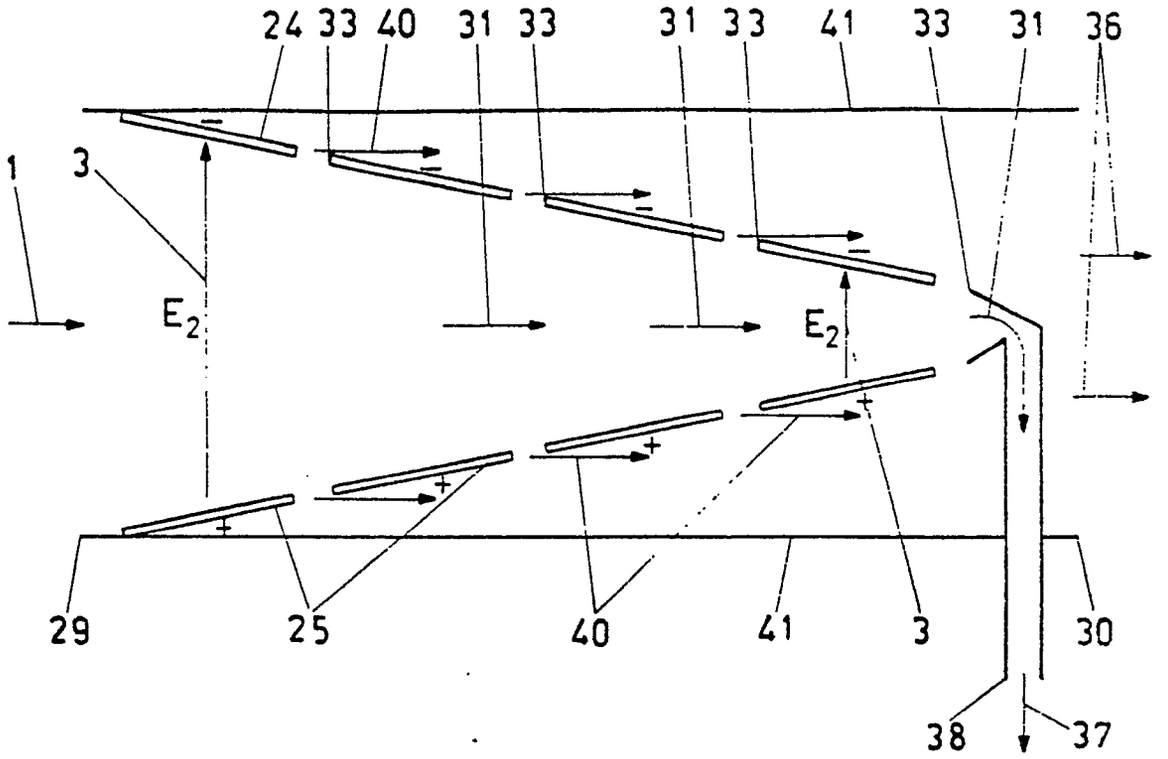

24 33 40 31 33 31 33 41 33 31 36
1
3
E2
E2
29
25
40
41
3
30
38
37

FIG.14

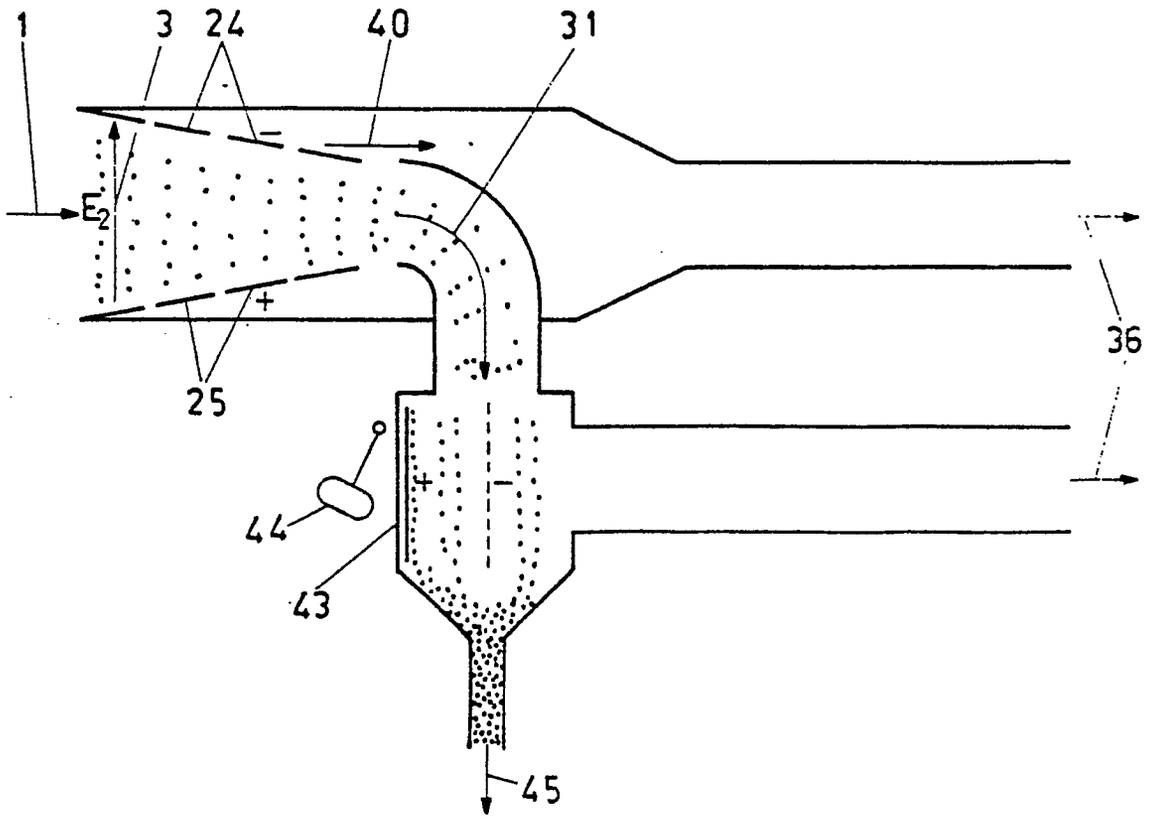

1
3
24
40
31
E2
25
36
44
43
45

FIG.15

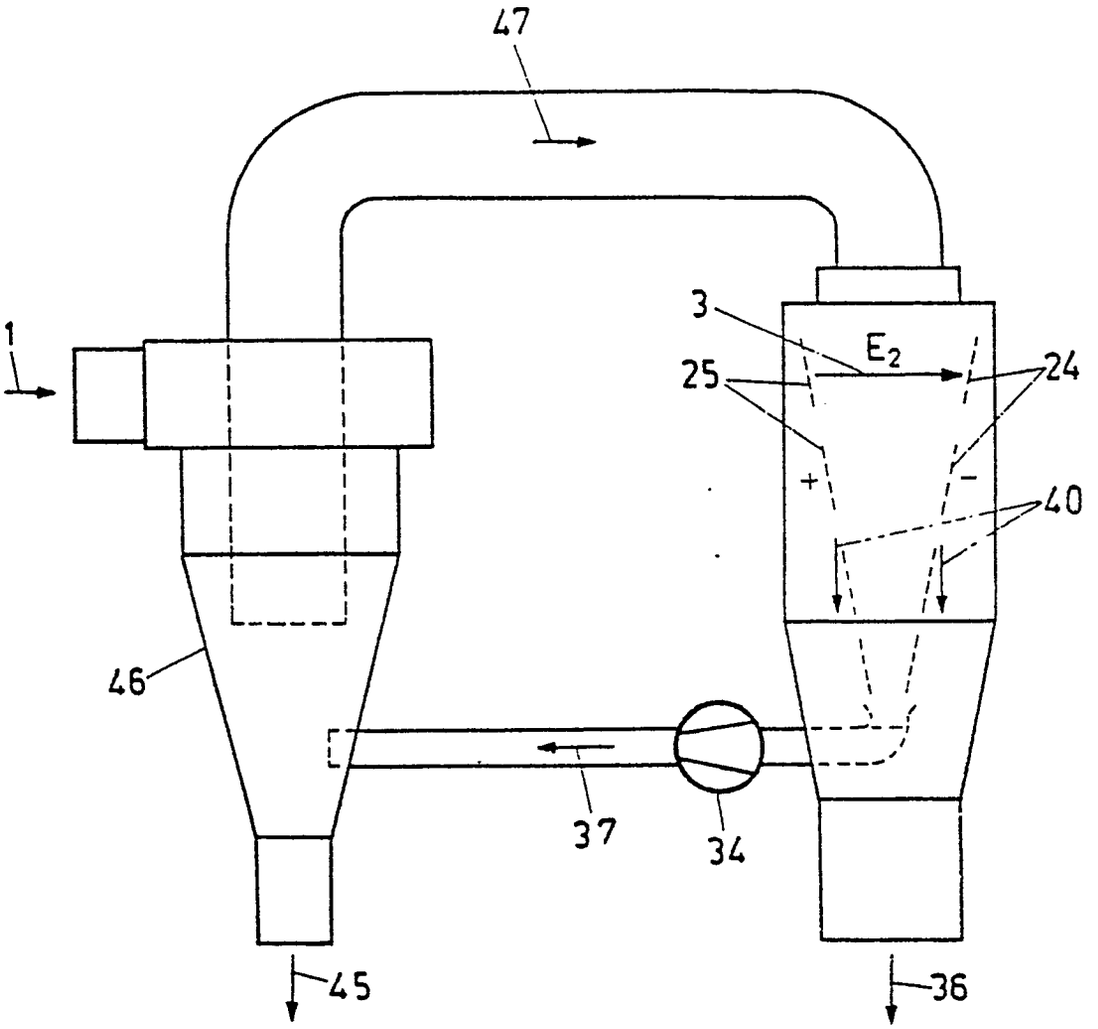


FIG.16

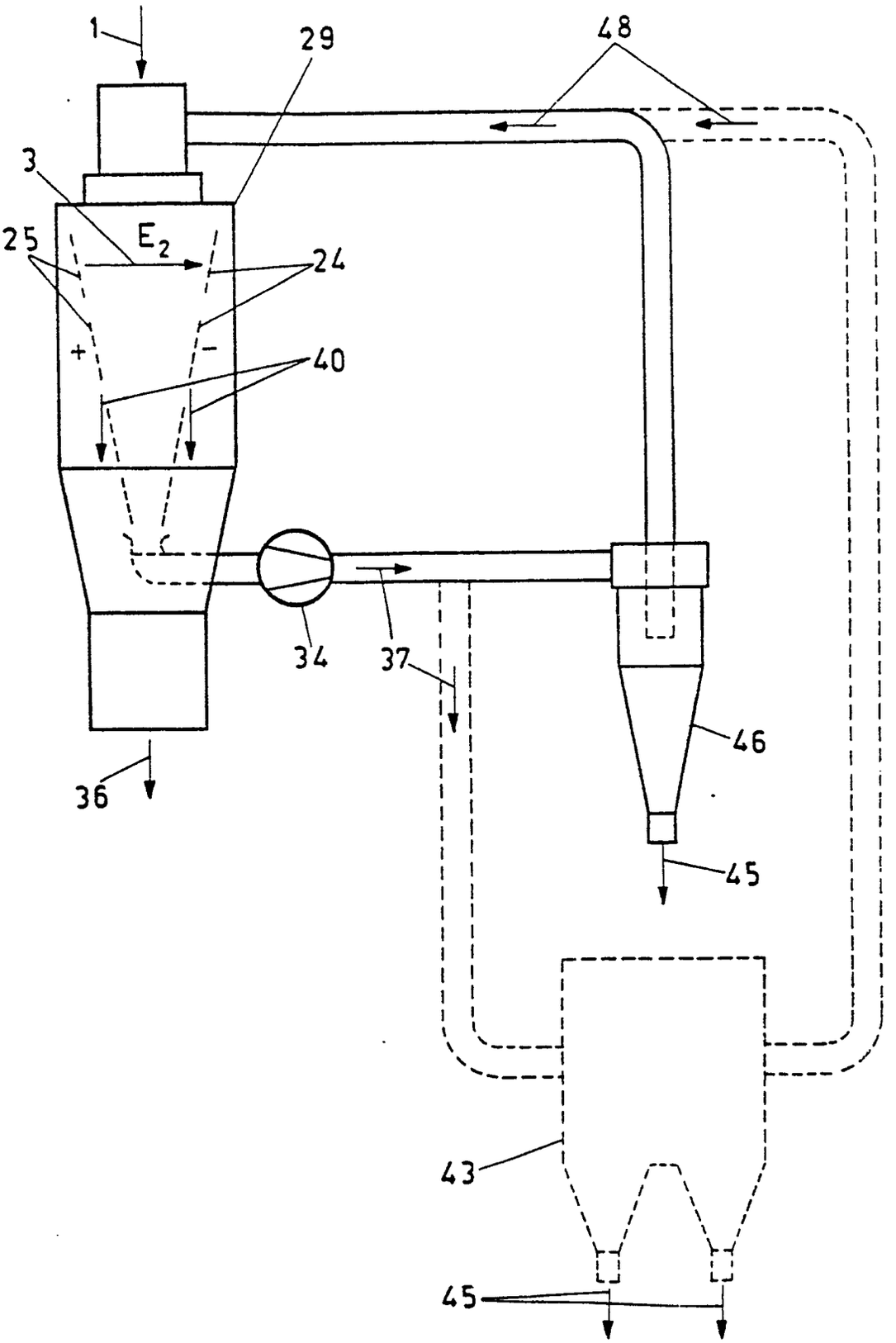


FIG.17

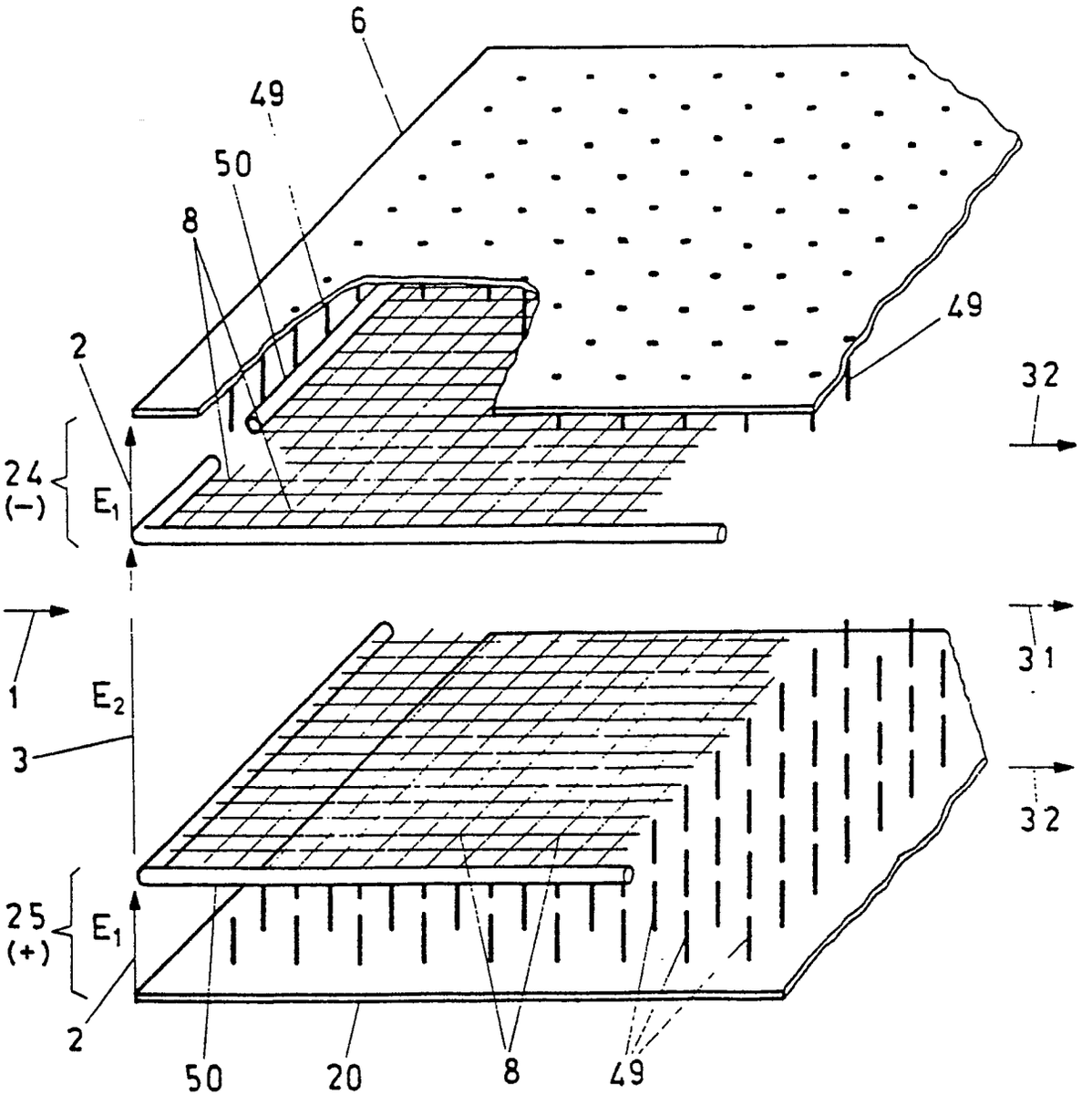


FIG.18

