

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 545 064 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
08.08.2001 Patentblatt 2001/32

(51) Int Cl.7: **H01J 49/48**, H01J 49/14,
H01J 27/20

(21) Anmeldenummer: **92118282.0**

(22) Anmeldetag: **26.10.1992**

(54) **Verfahren zur Filterung elektrisch geladener Teilchen, Energiefilter und Analysator mit einem solchen Energiefilter**

Device for filtering charged particles, energy filter and analyser using such an energy filter

Dispositif pour le filtrage de particules chargées, filtre en énergie et analyseur utilisant un tel filtre en énergie

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI

(30) Priorität: **02.12.1991 CH 353691**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.06.1993 Patentblatt 1993/23

(73) Patentinhaber: **Unaxis Balzers
Aktiengesellschaft
9496 Balzers (LI)**

(72) Erfinder: **Rettinghaus, Gerhard, Dr. Phys.
FL-9496 Balzers (LI)**

(74) Vertreter: **Troesch Scheidegger Werner AG
Patentanwälte,
Siewerdtstrasse 95,
Postfach
8050 Zürich (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A- 0 223 520 US-A- 3 805 057
US-A- 4 219 730 US-A- 4 758 722**

- **SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, Woche 9004, 7. März 1990, Nr. N90-022454, Derwent Publications Ltd, London, GB; & SU-A-1492 397 (AS USSR ANALYT. INST.) 07-07-1989**
- **REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, Band 44, Nr. 7, Juli 1973, Seiten 873-876, New York, US; A.D. McLACHLAN et al.: "A soft X-ray source for photoelectron spectroscopy"**
- **SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, Woche 8905, 15. März 1989, Nr. N89-029047, Derwent Publications Ltd, London, GB; & SU-A-1411 850 (VOLKOV) 23-07-1988**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents 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).

EP 0 545 064 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Filterung elektrisch geladener Teilchen nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, einen Energiefilter nach demjenigen von Anspruch 6 sowie einen Analysator mit einem solchen Energiefilter nach Anspruch 24.

[0002] Die angesprochene Energiefilterung wird insbesondere im Zusammenhang mit Plasmamassenspektrometrie eingesetzt. Mittels der bekannten Massenspektrometrie wird ein Filtersystem gebildet, wodurch an einem Strahl geladener molekularer oder atomarer Teilchen eine Selektion bezüglich Transmission vorgenommen wird, in Funktion der Massen der erwähnten Teilchen.

[0003] Bezüglich Technik der Massenspektrometrie zur Plasmaanalyse wird auf die Schrift "Methods of plasma characterization" der Firma Balzers, K. Höfler, BG 800 184 PA (8410), verwiesen sowie auf die Schrift derselben Firma "Partialdruckmessung in der Vakuumtechnik", BG 800 169 PD (8711).

[0004] Oefters ist es erwünscht, bevor ein Molekularstrahl obgenannter Art einem Massenspektrometer zugeführt wird, diesen Strahl einer Energiefilterung zu unterziehen, um dem Massenspektrometer Molekularstrahlteilchen selektiv bestimmter kinetischer Energien zuzuführen, sei dies in einem definierten Energieband oder mit Energien, welche ein vorgegebenes Mass nicht überschreiten.

[0005] Unter einem ersten Aspekt ist die vorliegende Erfindung auf die Technik der erwähnten Energiefilterung gerichtet. Eine solche ist z.B. aus der EP-A-0 223 520 vorbekannt. Grundsätzlich arbeitet die daraus vorbekannte Energiefiltertechnik auf dem bekannten Prinzip des Zylinderspiegels. Diesem Prinzip folgend, werden geladene Teilchen eines Teilchenstrahls in den Feldraum eines Zylinderkondensators eingeleitet und werden durch den Aussenelektrode bildenden Zylindermantel elektrostatisch umgelenkt, d.h. gespiegelt, um darnach aus der Zylinderanordnung wieder auszutreten. Der Energiefiltereffekt beruht darauf, dass höher energetische Teilchen, bei einem vorgegebenen elektrostatischen Feld, eine weniger gekrümmte Flugbahn durchlaufen als tiefer energetische Teilchen, womit nur Teilchen eines vorgegebenen Energiebandes durch den Spiegelraum hindurch eine vorgesehene Austrittsöffnung erreichen.

[0006] Gemäss der genannten EP-A wird der Strahl geladener Teilchen axial zur Spiegelzylinderanordnung zugeführt, tritt in eine koaxiale Öffnungsanordnung ein, welche gebildet ist durch ein erstes Paar, einen Umlenk Kondensator bildender Elektrodenflächen. Diese Elektrodenflächen definieren einen radial nach aussen gekrümmten Feldraum, worin, entsprechend der Ladungspolarität und der Kondensatorpolarität, geladene Teilchen radial nach aussen umgelenkt werden. Nach Verlassen des gekrümmten, eingangsseitigen Feldraumes treten die geladenen Teilchen in den eigentlichen

Spiegelraum des Zylinderspiegels ein, bestehend aus einem innen gelegenen koaxialen Elektrodenkern und dem koaxialen Spiegelkondensatorausenmantel. Im Spiegelraum werden die geladenen Teilchen rückgelenkt und treten in einen bezüglich einer Radialebene symmetrisch zum eingangsseitigen, gekrümmten Feldraum ein, in den zwischen zwei weiteren Elektrodenflächen gebildeten Austrittsfeldraum, aus welchem sie, entsprechend rückgelenkt, in einer Achse, die mit der Eintrittsachse fluchtet, aus der Filteranordnung austreten.

[0007] Die radial innen gelegene Elektrodenfläche der Eintrittsumlenkanordnung, die Innenelektrodenfläche der Spiegelkondensatoranordnung sowie die Innenelektrodenfläche der Austrittselektrodenanordnung werden durch ein und denselben Zylinderkern gebildet. Da sämtliche Strahlumlenkungen aufgrund elektrostatischer Felder realisiert werden, mithin sowohl am eingangsseitigen, gekrümmten Feldraum wie auch im Spiegelraum und am ebenso gekrümmten Ausgangsfeldraum, erfolgt, ähnlich wie bei einer Zentrifugalabscheidung, eine Filterung an den eintretenden, geladenen Teilchen in jedem der erwähnten Feldräume. Zu tief energetische Teilchen stossen krümmungsinnenseitig auf Elektrodenflächen, energetisch zu hohe Teilchen krümmungsaussenseitig.

[0008] An der erwähnten, bekannten Filteranordnung greift das zwischen dem eingangsseitigen Elektrodenpaar, welches den gekrümmten Eingangsfeldraum definiert, erzeugte elektrostatische Feld auch in den koaxialen Zylinderkondensatorspiegelraum ein, womit einerseits die elektrostatischen Feldverhältnisse, aufgrund der resultierenden Ueberlagerungen im Uebergangsbereich der Teilchen vom Eingangsfeldraum in den Zylinderspiegelraum, schwer abschätzbar sind, und womit eine entkoppelte Einstellung der elektrostatischen Felder, wegen des Felddurchgriffs, nicht möglich ist.

[0009] Dieselben Verhältnisse entstehen im Uebergangsbereich zwischen Zylinderspiegelraum und gekrümmter Austrittselektrodenanordnung. Die in den erwähnten Uebergangszonen durch Feldüberlagerung entstehenden Zonen nicht definierten Feldverlaufes vermögen auch durch Vorsehen eines Schirmringes nicht behoben zu werden, welcher auf dem gleichen Potential gehalten wird wie der Zylinderkern. Zwischen diesem Schirmring und der äusseren Zylinderelektrode des Spiegelzylinderkondensators bildet sich ein ausgeprägtes Feld in Bewegungsrichtung der geladenen Teilchen aus, welches beschleunigend oder verzögernd wirkt und damit die Filtereigenschaften der Anordnung verfälscht.

[0010] Aus Soviet Inventions Illustrated, Woche 9004, 7. März 1990, Nr. N90-022454, Derwent Publications Ltd., GB-London, und aus SU-A-1492 397 ist ein Energiefilter bekannt, welches nach dem Prinzip des Zylinderspiegels arbeitet. In einem ersten axialen Abschnitt wird zwischen einem ersten Kondensator-Elektroden-

paar ein Raumbereich bzw. Feldraum gebildet, welcher den durch eine Öffnung in der inneren Elektrode radial nach aussen propagierenden Strahl durch eine weitere Öffnung in besagter Elektrode zurücklenkt. Der Strahl tritt dann in einen axial anschliessenden, weiteren Feldraum ein, gebildet durch ein zum ersten Kondensator-Elektrodenpaar koaxiales, zweites Kondensator-Elektrodenpaar. Zwischen den axial benachbarten inneren Elektroden der beiden Elektrodenpaare wird ein feldfreier Raum gebildet.

[0011] Die äusseren, axial benachbarten Kondensator-Elektroden der beiden Feldräume sind durch einen Luftspalt getrennt.

[0012] Aus der US-A-3 805 057 ist ein Energiefilter bekannt, welches ebenfalls nach dem Prinzip des Zylinderspiegels arbeitet. In einem ersten axialen Abschnitt wird zwischen einem ersten Kondensator-Elektrodenpaar ein Feldraum bzw. Raumbereich gebildet, welcher wiederum den durch eine Öffnung in der inneren Kondensator-Elektrode radial nach aussen propagierenden Strahl durch eine weitere Öffnung in besagter Elektrode zurücklenkt. Es tritt der Strahl in einen axial anschliessenden, weiteren Feldraum bzw. Raumbereich ein, gebildet durch ein weiteres Kondensator-Elektrodenpaar, welches sowohl axial wie auch radial bezüglich des ersten versetzt ist.

[0013] Dabei erstreckt sich die innere Kondensator-Elektrode des ersten Paares axial über einen Bereich der inneren Kondensator-Elektrode des zweiten Paares und, axial anschliessend, auch über einen Bereich der äusseren Kondensator-Elektrode des zweiten Paares.

[0014] Schliesslich ist aus "A Soft X-Ray Source for Photoelectron Spectroscopy", A.D. McLachlan et al., Review of Scientific Instruments, Vol. 44, No. 7, Juli 1973, S. 873 - 876, ein Verfahren bzw. ein Energiefilter eingangs genannter Art bekannt. Einem Elektronen-Multiplier zugewandt ist, wiederum dem Prinzip des Zylinderspiegels folgend, ein erstes Kondensator-Elektrodenpaar vorgesehen, wozwischen ein Feldraum bzw. Raumbereich gebildet wird. Durch Öffnungen in der inneren Kondensator-Elektrode besagten Paares tritt der Strahl in diesen Feldraum ein und, umgelenkt, wieder aus.

[0015] Axial anschliessend tritt der Strahl in einen weiteren Feldraum bzw. Raumbereich ein, gebildet durch ein zweites, stetig gekrümmtes Kondensator-Elektrodenpaar. Die innere Kondensator-Elektrode dieses zweiten Paares ist, endständig, mit einem sich senkrecht zu dem in den zweiten Feldraum eintretenden Strahl erstreckenden Blendenabschnitt versehen, worin eine Öffnung vorgesehen ist, durch welche der Strahl, nach Durchlaufen des ersten Feldraumes, in den zweiten eintritt.

[0016] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ausgehend vom Verfahren bzw. vom Energiefilter letztgenannter Art, ein Verfahren bzw. ein Energiefilter vorzuschlagen, welches wesentlich kompakter realisiert werden kann und trotzdem gegenseitige Feldbeeinflus-

sungsprobleme behebt.

[0017] Dies wird durch Vorgehen nach dem Kennzeichen von Anspruch 1 erreicht bzw. durch das Energiefilter, aufgebaut nach dem Kennzeichen von Anspruch 6.

[0018] Durch Vorsehen eines so ausgebildeten Schirmes wird ermöglicht, dass sich die Felder in den erwähnten Raumbereichen bzw. Feldräumen nicht gegenseitig beeinflussen, womit auch eine Einstellung der Ablenkfelder, je in den kompakt gebauten Raumbereichen, entkoppelt voneinander möglich bleibt. Damit ist es weiter möglich, die je in den erwähnten Raumbereichen durch die elektrostatischen Ablenkfelder gebildeten eigentlichen Filterstufen unabhängig voneinander einzustellen.

[0019] Bei Vorgehen nach dem Wortlaut von Anspruch 2 wird eine zusätzliche Trennung zwischen den Raumbereichen möglich. Da die geladenen Teilchen, nach Durchlaufen einer der erwähnten Elektrodenpaare und im entsprechenden Raumbereich umgelenkt, geradlinig den vorgesehenen, im wesentlichen feldfreien Raum durchqueren, wird es nun möglich, darin eine erwünschte Strahldivergenz oder Strahlfokussierung mit Hilfe der Auslegung und Einstellung der Felder im vorgängig durchlaufenen Raumbereich zu realisieren, ohne dass in diesem Strahlstreckenabschnitt Umlenkfelder zu berücksichtigen wären. Damit wird die beherrschte Optimierung des Strahlenganges wesentlich vereinfacht.

[0020] Bei Vorgehen gemäss Wortlaut von Anspruch 3 wird der Aufbau besonders einfach, indem der Schirm gleichzeitig als eine der Elektroden für das erste elektrostatische Feld eingesetzt wird.

[0021] Im weiteren wird bevorzugterweise so vorgegangen, gemäss Wortlaut von Anspruch 4, dass der Strahl im wesentlichen parallel zur Eintrittsrichtung austritt.

[0022] Dies ermöglicht, eine für die Analyse neutraler Teilchen vorzuschaltende Ionisierungsquelle und/oder ein dem Energiefilter nachgeschaltetes Massenspektrometer, vorzugsweise QuadrupolMassenspektrometer, ohne Knick anzubauen.

[0023] Im weiteren werden, dem Wortlaut von Anspruch 5 folgend, bevorzugterweise und bezüglich des ersten erwähnten Raumbereiches zwei zweite Raumbereiche vorgesehen, einer eintrittsseitig gelegen, einer austrittsseitig, wobei der Strahl je in einen der zweiten Raumbereiche eintritt und aus dem anderen austritt. Weiter werden die Umlenkungen durch die nun drei elektrostatischen Felder so vorgenommen, dass Ein- und Austrittsachse des Strahls fluchten. Damit wird es möglich, die oben erwähnte Struktur aus Energiefilter, eventuell Ionisierungsquelle, Massenspektrometer, entlang einer gemeinsamen Achse aufzubauen.

[0024] Bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemässen Energiefilters sind in den Ansprüchen 7 bis 23 spezifiziert, ein Analysator mit einem solchen Filter in den Ansprüchen 24 bis 27.

[0025] Während bis anhin auf die erfindungsgemässe Ausbildung eines Energiefilters mit zwei elektrostatischen Umlenkstufen eingegangen wurde, werden bevorzugt gemäss Anspruch 12 zwei derartige, zweistufige Anordnungen zusammengefügt, womit sich eine erste eintrittsseitige Strahlumlenkung, dann eine Rücklenkung und wiederum eine Umlenkung ergibt, derart, dass der Strahl nicht wie bei der bis anhin beschriebenen Vorrichtung im wesentlichen eine S-Bahn durchläuft, sondern im wesentlichen eine Doppel-S-Bahn.

[0026] Ein Vorteil der oben als bekannt erwähnten Filteranordnung gemäss der EP-A-0 223 520 ist ihr koaxialer Aufbau. Koaxial zur Achse der Zylinderspiegelanordnung mit dem Zylinderkondensator sind auch Ein- und Austrittsumlenkelektroden. Der zugeführte Strahl wird an einer scharfen, eine Art Singularität bildenden Spitze des eine Elektrodenfläche bildenden Zylinderkernes geteilt und läuft spiegelsymmetrisch zur Achse durch die Anordnung. An einer solchen Spitze bilden sich bekanntlich hohe Feldstärken.

[0027] Teilchen, die genau auf der Achse der Anordnung eintreten, können letztere gar nicht passieren. Dies gilt auch für Teilchen, die unmittelbar neben der Achse eintreten. Teilchen, die die Spitze gerade noch passieren können, haben, bezüglich des Zylinderspiegels, ungünstige Eintrittsparameter.

[0028] Es wurde nun erkannt, dass eine derartige Strahlteilerspitze, auch wegen der sich dort ausbildenden hohen Feldstärken, sich auf die möglichst stetig und beherrscht zu realisierende Strahlführung, wie erwähnt wurde, nachteilig auswirkt.

[0029] Dieser Nachteil wird am Energiefilter dadurch behoben, dass, nach dem Wortlaut von Anspruch 19, der Strahlengang bezüglich der Zylinderachse des Zylinderkondensators asymmetrisch geführt ist.

[0030] Es wurde erkannt, dass erstaunlicherweise durch asymmetrische Strahlführung durch den Energiefilter, womit eine Strahlaufteilung in symmetrische Strahlengänge entfällt, die Energiefiltertransmission nicht verringert wird und zudem die problematische Eintrittsspitze entfällt. Teilchen, die im Strahlzentrum liegen, werden mit besonders hoher Transmissionsrate durchgelassen. Weiter kann eine bevorzugt beizubehaltende Fluchtung von Ein- und Austrittsachse des Strahls auch bei asymmetrischer Strahlführung beibehalten werden.

[0031] Da für die konstruktive Zusammenstellung eines Analysators mit gegebenenfalls vorgeschalteter Ionenquelle und/oder nachgeschaltetem Quadrupolmassenspektrometer vornehmlich von Bedeutung ist, dass Eintritts- und Austrittsachse des Strahls am Energiefilter fluchten und weit weniger, dass diese Achsen auch in die Achse des Zylinderkondensators gelegt sind, wird, dem Wortlaut von Anspruch 20 folgend, vorgeschlagen, Ein- und Austrittsachse des Strahls zur Achse des Zylinderkondensators zu versetzen.

[0032] Dadurch wird weiter ermöglicht, trotz asymmetrischer Strahlführung bezüglich der Zylinderkondensa-

torachse, die Querschnittsfläche der Zylinderanordnung für die Strahlführung besser zu nutzen.

[0033] Es wird weiter, gemäss Wortlaut von Anspruch 21, der Zylinderkondensator durch die beiden zentralen Elektrodenpaare gebildet, die Ein- und Austrittsanordnungen durch die äusseren Elektrodenpaare.

[0034] Bevorzugterweise wird, dem Wortlaut von Anspruch 22 folgend, ein Querschnittsquadrant des Zylinderkondensators als Spiegelkondensator eingesetzt, und es sind Ein- und Austrittsanordnungen in dem axial symmetrisch gegenüberliegenden Querschnittsquadranten vorgesehen. Der asymmetrische Aufbau ermöglicht auch, keinerlei radiale Halterungen im Spiegelraum vorzusehen.

[0035] Durch Vorsehen des erfindungsgemässen Energiefilters am erfindungsgemässen Analysator wird eine selektive Einstellbarkeit des dem Massenfilter zuzuführenden Energiespektrums optimal ermöglicht, wobei bei den bevorzugten Ausführungsvarianten des Energiefilters mit fluchtenden Strahlein- und -austrittsachsen der gesamte Analysatoraufbau kompakt wird.

[0036] Daran wird vorzugsweise eine Elektronenstoss-Ionisierungsquelle nach dem Wortlaut von Anspruch 25 vorgesehen. Es ergibt sich dank des axial ausgedehnten Beschleunigungsgitterrohrs, wodurch die Neutralteilchen homogen, mit dem Beschleunigungsgitter steuerbar, durch Elektronenbeschuss ionisiert werden, eine hohe Ionisierungsausbeute. Insbesondere bei deren Ausbildung nach Anspruch 26 bzw. 27 ergibt sich eine äusserst homogene Ionisierungsverteilung.

[0037] Für die Potentialeinstellung an den vorgesehenen Elektrodenpaaren am erfindungsgemässen Energiefilter gelten die dem Fachmann hinlänglichst bekannten Betrachtungen, und insbesondere kann der erwähnte Energiefilter dank der entkoppelten Einstellbarkeit seiner "Filterstufen" als äusserst schmalbandiger Energiefilter eingesetzt werden. Dies, weil die Abstimmung der erwähnten "Filterstufen" aufgrund ihrer Feldentkopplung durch die vorgesehene Abschirmung optimal erfolgen kann. Andererseits ermöglicht der Energiefilter eine störungsfreie Beherrschung der Strahlausbreitung durch das Filter, ohne dabei zu einer Versetzung von Ein- und Austrittsachse des Strahls zu führen.

[0038] Die Erfindung wird anschliessend unter ihren verschiedenen Aspekten beispielsweise anhand von Figuren erläutert.

[0039] Es zeigen:

Fig. 1 schematisch eine bekannte Strahlumlenkanordnung im Längsschnitt,

Fig. 2 in Darstellung analog zu Fig. 1 das Vorgehen zur Strahlumlenkung gemäss vorliegender Erfindung,

Fig. 3 in Darstellung analog zu den Fig. 1 und 2 eine Weiterausbildung des erfindungsgemäss-

- sen Vorgehens nach Fig. 2,
- Fig. 4 eine weitere bevorzugte Ausbildungsvariante des erfindungsgemässen Vorgehens,
- Fig. 5 schematisch im Längsschnitt die bekannte Strahlumlenkanordnung, betrachtet unter einem weiteren Aspekt,
- Fig. 6 in Darstellung analog zu Fig. 5 unter einem weiteren Aspekt das erfindungsgemässe Vorgehen beim Strahlumlenken,
- Fig. 7 in Darstellung analog zu den Fig. 5 und 6 eine weitere bevorzugte Ausbildungsvariante des erfindungsgemässen Vorgehens,
- Fig. 8 schematisch eine Querschnittsdarstellung gemäss Linie IIX-IIX von Fig. 7,
- Fig. 9 schematisch eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemässen Energiefilters im Längsschnitt mit Kombination der erfindungsgemässen Massnahmen sowie, schematisch, dem Filter vorgeschaltet, eine Crossbeam-Ionisierungsquelle,
- Fig. 10 schematisch im Längsschnitt eine Ionisierungsquelle, vorzugsweise mit dem erfindungsgemässen Filter kombiniert.

[0040] Fig. 1 zeigt schematisch einen Längsschnittteil durch eine bekannte Umlenkanordnung für einen Strahl geladener Teilchen, beispielsweise bekannt aus der EP-A-0 223 520. Der Strahl beispielsweise positiv geladener Ionen 1 tritt in einen gekrümmten Feldraum 3 ein, gebildet zwischen im wesentlichen gleich gekrümmten Elektrodenflächen 3a und 3b an Elektrodenkörpern 3a', 3b'. Durch die wie mit + und - schematisch dargestellte Potentiallegung der beiden Elektrodenflächen 3a und 3b wird im Feldraum 3 ein elektrostatisches Feld E_3 erzeugt, im wesentlichen senkrecht zu der gestrichelt qualitativ eingetragenen Bahn des Strahls S geladener Ionen 1. Durch das Feld E_3 werden die Ionen durch den gekrümmten Feldraum 3 hindurch von ihrer ursprünglichen Eintrittsrichtung umgelenkt.

[0041] Ionen grösserer kinetischer Energie erfahren im Feld E_3 eine geringere Ablenkung als Ionen mit geringerer kinetischer Energie. Damit durchlaufen im wesentlichen Ionen eines definierten Energiebandes den gekrümmten Feldraum 3, während höher energetische und tiefer energetische Ionen an einer der beiden Elektrodenflächen aufprallen und neutralisiert werden.

[0042] Die krümmungsaussenseitige Elektrodenfläche 3b ist nach dem Austrittsbereich 5 aus dem Feldraum 3 zur Austrittsrichtung des Teilchenstrahls spitzwinklig fortgesetzt und bildet mit dieser Fortsetzung Elektrodenfläche 7b eines weiteren Elektrodenflächen-

paars mit 7a. Zwischen dem Elektrodenflächenpaar 7a und 7b ist ein weiteres elektrostatisches Feld E_7 erstellt, im wesentlichen bezüglich des Feldes E_3 invers polarisiert, womit die Ionen in der schematisch gestrichelt eingetragenen Bahn wieder rückgelenkt werden, gegebenenfalls bereits zu einer gestrichelt dargestellten Austrittsanordnung 4. Auch im Raum 7 gilt, dass die Ionen, entsprechend ihrer kinetischen Energie, mehr oder weniger umgelenkt werden, so dass nur Ionen eines bestimmten Energiebandes die Öffnung an der Austrittsanordnung 4 treffen und das Energiefilter verlassen.

[0043] Wie gestrichelt bei E_{37} dargestellt, entsteht am Austrittsbereich 5 des Feldraumes 3 ein namhaftes Streufeld in den Feldraum 7, wodurch in diesem Bereich eine Ueberlagerung dieses Streufeldes E_{37} und des dort vorherrschenden Primärfeldes E_7 entsteht mit einem resultierenden Feld, das sowohl von E_7 wie auch von E_3 abhängt. Wird, wie bei der bekannten Anordnung vorgeschlagen, ein Schirmring 9 vorgesehen, und, wie gleichzeitig vorgeschlagen, auf gleiches Potential gelegt wie die Elektrodenflächen 3b bzw. 7b, so resultiert das in Fig. 1 eingezeichnete Zusatzfeld E_{79} , welches vom Feld E_7 abhängt und je nach Ionenpolarität eine beschleunigende bzw. abbremsende Wirkung auf die in den Feldraum 7 eintreffenden Ionen ausübt und mithin deren Bahnen im Sinne einer schlechteren Energieauflösung bzw. Transmission verfälscht.

[0044] Bei der anschliessend beschriebenen, erfindungsgemässen Anordnung gemäss erfindungsgemässen Verfahren werden die Feldräume entsprechend 3 und 7 von Fig. 1 bezüglich der dort vorherrschenden elektrostatischen Felder entkoppelt, womit die obgenannten Störeffekte auf den Strahl vermieden werden und aufgrund der gegenseitigen Feldisolation die elektrostatischen Verhältnisse in beiden Feldräumen unabhängig voneinander optimal eingestellt werden können.

[0045] Anstelle dass nun der Teilchenstrahl beim Verlassen des gekrümmten Feldraumes 3, im Austrittsbereich 5, direkt in das weitere, zwischen dem weiteren Elektrodenpaar angelegte elektrische Feld E_7 eintritt, ist erfindungsgemäss eine Abschirmung 11 vorgesehen, welche der Strahl S, wie gestrichelt dargestellt, an einem Durchtrittsschlitz 13 durchstösst. Das Potential des Schirmes 11 kann vorerst (gestrichelt bei 6) beliebig gelegt werden, wenn durch geeignete Wahl der geometrischen Anordnung von Schirm 11, Elektroden 3a und 3b der Einfluss des Feldes zwischen diesen drei Elektroden auf die kinetische Energie und Umlenkung der Teilchen 1 zwischen Austrittszone 5 und Durchtrittsschlitz 13 minimalisiert wird. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass das Potential des Schirmes 11 auf Zwischenpotential zwischen dem Potential der Elektrode 3a' und demjenigen der Elektrode 3b' gelegt wird, womit sich im Strahlbahnbereich die resultierenden Felder zwischen Elektrode 11 und 3a bzw. 11 und 3b im wesentlichen kompensieren, wie bei E_{11a} , E_{11b} dargestellt.

[0046] Bevorzugterweise, und wie in Fig. 2 bei 6a ein-

getragen, wird der Schirm 11 auf das Potential der krümmungsausseren Elektrode 3b' gelegt. Durch Wahl des bevorzugten Einschusswinkels $\alpha \approx 45^\circ$ wird, wegen des schiefwinkligen Durchlaufens des Zwischenraumes D durch den Strahl, der Einfluss des elektrostatischen Feldes E_{11a} zwischen Schirm 11 und die Elektrodenkörper 3a' vernachlässigbar.

[0047] Bevorzugterweise wird der Schirm 11, wie weiter in Fig. 2 dargestellt, als eine Elektrode des Paares 7a, 7b gemäss Fig. 1 eingesetzt. Wie ersichtlich, ergibt sich aufgrund des Vorsehens eines vom Strahl durchdrungenen Schirmes 11, auch wenn zur wesentlichen konstruktiven Vereinfachung mit Elektrode 7b vereint, keine Feldbeeinflussung zwischen den Feldern E_7 und E_3 .

[0048] In Fig. 3 ist schematisch eine erste bevorzugte Ausbildung der anhand von Fig. 2 grundsätzlich dargestellten erfinderischen Anordnung dargestellt. Wiederum sind für gleiche Strukturteile die gleichen Positionsziffern verwendet. Wie daraus ersichtlich, wird in dieser bevorzugten Ausbildungsform die krümmungsausseren Elektrodenfläche 3b bzw. der sie definierende Körper 3b' weg von der Elektrodenfläche 3a fortgesetzt, und es umrandet - ein- oder mehrteilig - diese Fortsetzung 3d, im Sinne mit 3b' potential gleicher Teile, einen Hohlraum 15, welcher vom Strahl zwischen Austrittsbereich 5 und Durchtrittsschlitz 13 schiefwinklig durchlaufen wird. Das Störfeld E_{3a} entsteht entsprechend der Dimensionierung der Kammer 15 und der Potentialdifferenz zwischen den Elektrodenflächen 3b und 3a praktisch nur in Zonen des Raumes 15, welche vom Strahl S nicht durchlaufen werden, womit dieses Störfeld auf die Strahlumlenkung bzw. die Energie seiner Teilchen kaum Einfluss nimmt.

[0049] Der Hohlraum 15 ist, insbesondere in seinem vom Strahl S durchlaufenen Bereich, im wesentlichen feldfrei, da von auf gleichem Potential liegenden Wandungen umrandet. Der dem Austrittsbereich 5 gegenüberliegende Wandungsabschnitt, welcher den Raum 15 berandet, bildet wiederum die Elektrodenfläche 7b des weiteren Elektrodenflächenpaares 7a, 7b, wozwischen der Strahl, dem Prinzip der Spiegelung folgend, rückgelenkt wird. Aufgrund des feldfreien Raumes, welcher der Strahl nach Verlassen des gekrümmten Feldraumes 3 durchläuft, wird einerseits der Einfluss von zwischen Schirm 11 und dem die Elektrodenfläche 3a bildenden Körper 3a' aufgebauten Störfeld minimiert, und insbesondere kann, durch entsprechende Ausbildung des Elektrodenpaares 3a', 3b' und dessen Feldbeaufschlagung sowie gegebenenfalls durch Vorsehen ionenoptischer Mittel, oder vorzugsweise einer Blende 15a, der Strahlengang im feldfreien Raum 15 vor dem Eintritt in den Feldraum 7 optimiert, beispielsweise fokussiert, werden. Durch die Blende 15a werden äussere Partien des Strahls ausgeblendet. Dies alles, ohne dass dabei weitere Felder zu berücksichtigen wären. Im weiteren wird, aus ionenoptischen Gründen, die kleinste Durchmesserdimension des Schlitzes 13 höchstens

gleich der Wandungsstärke d des Schirmes 11 gewählt.

[0050] In Fig. 4 ist eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Energiefilters dargestellt, der im wesentlichen zu einer Ebene E symmetrisch aufgebaut ist und dazu spiegelbildlich zwei der anhand der Fig. 2 bzw. 3 dargestellten Anordnungen aufweist. Es sind wiederum für gleiche Bauteile bzw. Grössen dieselben Positionszeichen verwendet.

[0051] Aufgrund der Erläuterungen, insbesondere zu Fig. 3, ergeben sich Aufbau und Funktionsweise der bevorzugten Anordnung nach Fig. 4 ohne weiteres. Wiederum sind Umlenkfelder E_3 und das Feld E_7 zur Umlenkung positiver Ionen eingetragen. Wie ersichtlich, erlaubt diese Anordnung, Eintrittsachse A_E und Austrittsachse A_A fluchtend am erfindungsgemässen Filter durch entsprechende Anordnung der beiden gekrümmten Feldräume 3 eingangs- und ausgangsseitig auszubilden, womit, vorerst auch ohne rotationssymmetrische Ausbildung, die Möglichkeit geschaffen ist, einen Analysator mit nachgeschaltetem Massenspektrometer, insbesondere einem Quadrupolmassenspektrometer und gegebenenfalls vorgeschalteter Ionisierungsquelle, in der gemeinsamen Eintritts-/Austrittsachse A_{EA} aufzubauen. Wie gestrichelt bei 8 in Fig. 4 dargestellt, können gegebenenfalls die Schirmpartien 11 gemeinsam oder getrennt je auf bezüglich Teil 3b' unterschiedliche Potentiale gelegt werden. Dies erfordert selbstverständlich elektrische Isolation der erwähnten Teile.

[0052] In Fig. 5 ist, wieder schematisch, eine bekannte Strahlumlenkanordnung entsprechend der EP-A-0 223 520 dargestellt unter dem Aspekt der weiteren zu lösenden Aufgabe. Wiederum sind für die gleichen Grössen bzw. Bauelemente die gleichen Bezugszeichen eingesetzt. Wie ersichtlich, ist die Einlassanordnung mit gekrümmten Feldräumen 3, krümmungsinne liegenden Elektrodenflächen 3a und krümmungsausseren Elektrodenflächen 3b sowie die Elektrodenpaare 7a und 7b zylindrisch mit einer Zylinderachse A_Z aufgebaut. Der eintreffende Strahl S wird an einer scharfen Spitze P eines Zylinderinnenkörpers 3b' geteilt, welcher die Elektrodenflächen 3b und 7b bildet und an einem Haltesteg 17 im Feldraum 7 montiert ist. Der Strahlengang S ist zur Zylinderachse A_Z spiegelsymmetrisch, indem der eintreffende Strahl S, wie erwähnt, an der Spitze P - eine Art Singularität - geteilt wird und bezüglich der Achse A_Z spiegelbildlich ausgebildete Elektrodenpaare bzw. dazwischenliegende Feldräume durchläuft. Aufgrund der Spitze P können Ionen, die auf der Achse A_Z eintreten, die Anordnung nicht passieren. Dies gilt auch für Ionen, die nahe an der Achse A_Z eintreten. Ionen, die eben noch die Spitze P passieren können, haben, bezüglich des Zylinderspiegels im Raum 7, ungünstige Eintrittsparameter.

[0053] Es wurde nun weiter erkannt, dass die eingangsseitige Singularität bzw. Spitze bei P, d.h. jegliche Strahlaufteilung, sich äusserst nachteilig auf die Strahldivergenz und -beherrschbarkeit auswirkt. Vorteilhaft an dieser bekannten Anordnung ist aber, dass sich im we-

sentlichen fluchtende Eintritts- und Austrittsachsen ergeben, wobei, wegen der symmetrischen Strahlführung, Eintritts- und Austrittsachsen im wesentlichen auch in der Zylinderachse A_Z liegen.

[0054] In Fig. 6 ist nun eine erfindungsgemässe Energiefilteranordnung wiederum schematisch dargestellt, bei der einerseits bei eingangs- und ausgangsseitig spiegelbildlicher Ausbildung, z.B. zur Ebene E, Eintrittsachse A_E und Austrittsachse A_A , wie dargestellt, durchaus in der Zylinderachse A_Z des zylindrisch aufgebauten Filters liegen können, aber eine Strahlaufteilung vermieden wird. Es sind wiederum dieselben Bezugszeichen verwendet. Nach den bisherigen Erläuterungen ergibt sich aus Fig. 6 ohne weiteres die Anordnung, bei der wohl die äussere Berandung des Filters, im wesentlichen durch die äusseren Elektrodenflächen 7a gegeben, zylindrisch zur Achse A_Z ist, nicht jedoch innerhalb des Zylinders der Strahlengang des Strahls S. Dieser kann nun axial eingeführt und entsprechend bei symmetrischer Ausbildung wieder axial ausgelassen werden, aber es wird nur ein Strahlengang vorgesehen, der Strahl wird nicht geteilt. Dabei hat sich gezeigt, dass das Verhalten des Filters mit nur einem asymmetrisch zur Zylinderachse A_Z vorgesehenen Strahlengang gegenüber einem symmetrischen Strahlengang keine Nachteile aufweist, aber den Vorteil keiner die Strahlteilung vornehmender Singularität. Anstatt, wie in Fig. 5 bei 17 dargestellt, Teile des Einlasses bzw. Auslasses mittels der Strahltransmission störender Stege 17 abzustützen, kann nun, gemäss Fig. 6, die Abstützung zylinderzentraler Teile in einem nicht für den Strahlengang verwendeten Zylinderteil, wie bei 17a dargestellt, realisiert werden.

[0055] Wie sich nun aber aus Fig. 6 ergibt, ist bei dieser Ausbildung, bei welcher die Koaxialität von Filteraufbau, Strahlzu- und -wegführung realisiert werden kann, die Querschnittsdimension des Filters, gegeben durch den Aussenzylinder 7a', schlecht ausgenutzt. Dies ist bei der bevorzugten Ausbildung, wie sie in Fig. 7 dargestellt ist, verbessert. Zudem ist die Ausbildung nach Fig. 7 fertigungstechnisch wesentlich einfacher. Dabei wurde davon ausgegangen, dass das Festhalten an einer zur Zylinderachse A_Z fluchtenden Zu- und Wegführung des Strahls für die Zusammenstellung eines Analysatorsystems nur geringfügige Vorteile mit sich bringt und diese Vorteile praktisch beibehalten werden, wenn Eintrittsachse A_E und Austrittsachse A_A wohl fluchten, die Querschnittsausdehnung besser ausgenutzt wird und fertigungstechnisch wesentliche Vorteile erhalten werden.

[0056] Wie nun aus Fig. 7 ersichtlich, in welcher wiederum gleiche Teile und Grössen gleich bezeichnet sind und welche eine zur Ebene E symmetrische Aufbauvariante in bevorzugter Art und Weise zeigt, sind Strahleinlass und Strahlauslass axial fluchtend, aber bezüglich der Zylinderachse A'_Z derart versetzt angeordnet, dass, wenn Einlass und Auslass im einen Querschnittsquadanten Q_1 vorgesehen sind, der Feldraum 7, worin der

Strahl spiegelnd rückgelenkt wird, in dem zur Achse A'_Z spiegelbildlich gegenüberliegenden Quadranten Q_2 angeordnet ist. Die Achse A'_Z ist bezüglich der Achsen A_E und A_A , wie in Fig. 6 bei A'_Z dargestellt, verschoben.

[0057] In Fig. 8 ist schematisch eine Querschnittsdarstellung gemäss Linie IIX-IIX von Fig. 7 wiedergegeben, wobei die beiden die Elektrodenflächen 3a bzw. 3b festlegenden Körper wieder mit 3a' bzw. 3b' bezeichnet sind und, strichpunktiert, die Quadranten Q_1 , Q_2 eingetragen sind. Hier ist die Isolation 9 zwischen den Teilen 3a', 3b' sichtbar, wie sie selbstverständlich in irgendeiner Art in allen Ausführungsvarianten gemäss den Fig. 2 bis 4, 6 bis 7 vorgesehen ist. Wie aus Fig. 7 und 8 ersichtlich, wird die Querschnittsdimension des Filters besser ausgenutzt.

[0058] In Fig. 9 sind die wesentlichen Elemente eines bevorzugten Energiefilters gemäss vorliegender Erfindung im Längsschnitt dargestellt, einem erfindungsgemässen Filter, bei welchem Vorsehen eines Schirmes zwischen sich folgenden Feldräumen und Ausnützung der Zylinderspiegelung ohne Strahlaufteilung, dabei mit Ausnützung der Querschnittsausdehnung des Spiegelzylinders, realisiert sind, nach einer Kombination der Anordnungen gemäss Fig. 4 und Fig. 7. Es sind, um die Quervergleiche zu erleichtern, wiederum dieselben Bezugszeichen gewählt.

[0059] Entlang einer Eintrittsachse A_E tritt der Strahl S in den gekrümmten Feldraum 3 ein, gebildet zwischen einer Elektrodenfläche 3a und einer Elektrodenfläche 3b, erstere an einem zu einer Zylinderachse A_Z rotationssymmetrischen Endabschlussteil 3a', letztere an einem zur Achse A_Z rotationssymmetrischen Hohlzylinderteil 3b'. Der vorerwähnte Fertigungsvorteil gegenüber der Ausbildung nach Fig. 6 ist ersichtlich: Die Elektrodenkörper 3a', 3b' sind Rotationskörper. Die beiden den Feldraum 3 definierenden Teile 3a' und 3b' sind, wie bei 20 dargestellt, elektrisch isoliert, entsprechend 9 von Fig. 8. Die Austrittsrichtung für den Strahl S aus dem gekrümmten Feldraum 3 im Austrittsbereich 5 beträgt bezüglich der Achsrichtung A_E bzw. A_Z ca. 45° . Der Hohlzylinder 3b' bildet die im wesentlichen feldfreien Räume 15 und weist die Durchtrittsschlitze 13 für den umgelenkten Strahl S auf. Bezüglich des Hohlzylinders 3b', wie bei 22 dargestellt, elektrisch isoliert, ist der Spiegelungszylinder 7a' vorgesehen, welcher die Elektrodenfläche 7a bildet als Zylinderkondensatorfläche bezüglich der Elektrodenfläche 7b am Hohlzylinder 3b'.

[0060] Der Strahlauslass, wiederum mit gekrümmtem Feldraum 3, ist bezüglich des Strahleinlasses symmetrisch aufgebaut, die Strahlausstrittsachse A_A fluchtet mit der Strahleintrittsachse A_E , und beide Achsen sind bezüglich der Rotationsachse A_Z der zylindrischen Anordnung versetzt. Für die Umlenkung und mithin Energiefilterung positiver Ionen sind, wie schematisch bei U_1 und U_2 mit einstellbaren Spannungsquellen dargestellt, die angelegten Potentialdifferenzen beispielsweise eingetragen. Dabei sind beispielsweise beide Teile 3a' auf gleiches Potential gelegt, was nicht zwingend ist. Dies-

bezüglich auf positivem Potential ist der Hohlzylinder 3b' gelegt, welcher erfindungsgemäss Abschirmung 11, feldfreier Raum 15 und Elektrode des Feldraumes 7 bildet. Die Aussenelektrode 7a, entsprechend der Hohlzylinder 7a', ist bezüglich des Hohlzylinders 3b' auf positives Potential gelegt. Bevorzugterweise wird zur Bildung eines erfindungsgemässen Analysators dem Energiefilter, wie dargestellt, ein Massenspektrometer, bevorzugterweise ein Quadrupolmassenspektrometer 24, nachgeschaltet. Sollen am Analysator neutrale Teilchen analysiert werden, so ist dem Energiefilter eine Ionisierungsquelle, vorzugsweise eine Elektronenstoss-Ionisierungsquelle 26, vorgeschaltet. Im einen feldfreien Raum 15 ist vorzugsweise eine Strahlblende 15 vorgesehen. In diesem Raum wird der Strahl bevorzugterweise auf der Zylinderachse A' Z fokussiert, und die Blende 15a blendet Randbereiche und Streuionen des Strahls aus. Am Fokus F ergibt sich ein Cross-over des Ionenstrahls, d.h. eine Ueberkreuzung der Ionenbahnen.

[0061] Selbstverständlich sind, wie dem Fachmann ohne weiteres geläufig, die dargestellten Aggregate auf Vakuum betrieben, und die zu analysierenden Teile werden beispielsweise einem Plasma entzogen, geladene Teilchen elektrostatisch, neutrale durch Diffusion in die Ionisierungsquelle 26, zur Ionisierung.

[0062] In Fig. 10 ist eine Ionisierungsquelle dargestellt, welche bevorzugterweise mit dem dargestellten Energiefilter eingesetzt wird. Durch eine Blende 30 mit Öffnung 32 werden dem Plasma, durch Diffusion, neutrale Teilchen entzogen und gelangen in ein axial ausgedehntes Zylindergitter 34. Radial bezüglich des Gitters 34 aussenliegend, ist mindestens ein Elektronenemitter, bevorzugterweise in Form mindestens einer Heisskathode 36, vorgesehen, bevorzugterweise sind mehrere Heisskathoden 36 azimuthal um das Gitter 34 herum angeordnet. Die Elektronenemitterkathoden 36 sind, wie bei U_3 dargestellt, bezüglich Gitter 34 auf negatives Potential gelegt, womit das Gitter 34 als Beschleunigungsgitter für die emittierten Elektronen wirkt. An Stromquellen I wird der Heizstrom an den Elektronenemitterkathoden 36 eingestellt. Die innerhalb des Gitters 34 durch Elektronenstoss entstehenden Ionen treten durch eine weitere Blende 38 aus mit steuerbarem Potential entsprechend U_4 . Das Potential der Blende 38 wird bevorzugterweise mindestens im wesentlichen gleich dem des Gitters 34 gewählt. Aufgrund der axial ausgedehnten Gitteranordnung und der vorgesehenen, vorzugsweise mehreren und gleich wirkenden Elektronenemitter ausserhalb des Gitters werden Neutralteilchen innerhalb des Gitters homogen ionisiert mit einer hohen Ionisierungsrate. Die Axialausdehnung L des Elektronenstromes wird vorzugsweise gewählt zu $L \geq 1,5 \varnothing$, dabei vorzugsweise $L \geq 3 \varnothing$, wobei $\varnothing$ den Gitterdurchmesser bezeichnet.

[0063] Wie erwähnt wurde, wird die Ionisierungsquelle nach Fig. 10 bevorzugterweise mit dem erfindungsgemässen Energiefilter gemäss vorangehenden Figuren, insbesondere Fig. 9, kombiniert, um mit einem letz-

terem nachgeschalteten Massenspektrometer, bevorzugterweise Quadrupolmassenspektrometer, einen Analysator für Neutralteilchen zu bilden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Filterung elektrisch geladener Teilchen eines Teilchenstrahls nach ihrer kinetischen Energie, bei dem der Strahl durch ein erstes elektrostatisches Feld (E_1) zwischen einem Paar erster Kondensator-Elektrodenflächen (7a, 7b) eines ersten Kondensator-Elektrodenpaares in einem ersten Raumbereich (7) umgelenkt wird und in einem, dem ersten Raumbereich (7) in Strahlausbreitungsrichtung vor- und/oder zweiten nachgeschalteten Raumbereich (3) durch ein zweites elektrisches Feld (E_2) zwischen einem Paar zweiter Kondensator-Elektrodenflächen (3a, 3b) eines zweiten Kondensator-Elektrodenpaares (3a', 3b') entgegengesetzt umgelenkt wird und der erste Raumbereich (7) gegen den zweiten (3) bezüglich elektrischen Feldern (E) mittels eines Schirmes (11) abgeschirmt wird, der auf das elektrische Potential einer der ersten Kondensator-Elektrodenflächen (7b) gelegt ist, und der (11) eine dem ersten Raumbereich (7) zugewandte erste Fläche sowie eine dem zweiten Raumbereich (3) zugewandte zweite Fläche aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass

- die eine der ersten Kondensator-Elektrodenflächen (7b) durch die erste Fläche des Schirmes (11) gebildet wird, der durch den Strahl durchdrungen (13) wird;
- mittels der zweiten Fläche des Schirmes (11) und einer Fläche einer der Kondensator-Elektroden (3b') des zweiten Kondensator-Elektrodenpaares (3a', 3b') ein weiteres Kondensator-Elektrodenflächenpaar mit einem vom Strahl (S) durchlaufenen dritten Raumbereich (D) gebildet wird, der den ersten (7) und zweiten (3) Raumbereich verbindet;
- der Schirm (11) auf ein gegebenes elektrostatisches Potential (6, 6a) gelegt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schirm (11) auf das elektrische Potential der einen (3b') des zweiten Kondensator-Elektrodenpaares (3a', 3b') gelegt wird und damit der dritte Raumbereich (D) feldfrei ausgebildet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Raumbereich (3) zwischen zwei im wesentlichen gleich gekrümmten zweiten Kondensator-Elektrodenflächen (3a, 3b) erzeugt wird und der Schirm (11) durch

Fortführung der die Krümmungsausseren der Kondensator-Elektrodenflächen (3b) bildenden Kondensator-Elektrode (3b') gebildet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahl (S) in den ersten oder zweiten Raumbereich (3, 7) eintritt und entsprechend aus dem zweiten oder dem ersten austritt, wobei die Umlenkungen so erfolgen, dass Ein- und Austritt zueinander im wesentlichen parallel sind. 5
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwei zweite Raumbereiche (3) je mit einem zweiten Kondensator-Elektrodenpaar, das je zweite Kondensator-Elektrodenflächen bildet, vorgesehen werden, der Strahl (S) je in einem der zwei zweiten Raumbereiche (3) ein- und austritt, wobei die Umlenkungen so erfolgen, dass Ein- und Austrittsrichtungen im wesentlichen fluchten. 10
6. Energiefilter zur Filterung elektrisch geladener Teilchen eines Teilchenstrahles nach ihrer kinetischen Energie mit einer Strahleintritts- und einer -austrittsanordnung sowie mindestens zwei sich im wesentlichen in Strahldurchlaufrichtung zwischen Ein- und Austritt erstreckenden, hintereinander angeordneten Kondensator-Elektrodenpaaren (3a, 3b; 7a, 7b), die je ein im wesentlichen senkrecht zur Strahl- ausbreitungsrichtung gerichtetes, relativ zueinander invers gepoltes elektrisches Feld (E_3 , E_7) erzeugen, wobei 20
 - ein erstes (7a, 7b) der Kondensator-Elektrodenpaare ein Paar erster Kondensator-Elektrodenflächen bildet, dazwischen einen ersten (7) Raumbereich festlegt, 25
 - ein zweites (3a', 3b') der Kondensator-Elektrodenpaare ein Paar zweiter Kondensator-Elektrodenflächen (3a, 3b) bildet, dazwischen einen zweiten Raumbereich (3) festlegt, 30

weiter mit einem elektrischen Schirm (11) zwischen den Raumbereichen (3, 7), der eine dem ersten Raumbereich (7) zugewandte erste Fläche und eine dem zweiten Raumbereich (3) zugewandte zweite Fläche aufweist, wobei weiter der Schirm (11) auf das Potential einer der ersten Kondensator-Elektroden (7b) gelegt ist, 35

dadurch gekennzeichnet, dass 40

 - die eine der ersten Kondensator-Elektrodenflächen (7b) durch die erste Fläche des Schirmes (11) gebildet ist, der eine Durchtrittsöffnung (13) für den Strahl (S) aufweist; 45

- die zweite Fläche des Schirmes (11) im Bereich der Durchtrittsöffnung (13) mit einer Fläche einer der zweiten Kondensator-Elektroden (3b') ein drittes Kondensator-Elektrodenflächenpaar und dazwischen einen dritten Raumbereich (D) bildet, der den ersten und zweiten Raumbereich verbindet;

- der Schirm (11) auf ein gegebenes Potential (6, 6a) gelegt ist.

7. Energiefilter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Schirm (11) auf das Potential der einen (3b') der zweiten Kondensator-Elektroden (3a', 3b') gelegt ist. 15

8. Energiefilter nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Kondensator-Elektrodenflächenpaar (3a, 3b) zwischen sich einen gekrümmten zweiten Raumbereich (3) definiert und die die Krümmungsausseren seitige Fläche (3b) bildende Kondensator-Elektrode (3b') mit einer Fortführung den Schirm (11) bildet.

9. Energiefilter nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Raumbereich (D, 15) im wesentlichen feldfrei ist, mit auf Äquipotential gelegener Umrandung, wobei die Umrandung des dritten Raumbereiches (D, 15) vorzugsweise durch eine Fortführung der einen (3b') der zweiten Kondensator-Elektroden (3a', 3b') gebildet wird. 25

10. Energiefilter nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass im dritten Raumbereich (D, 15) mindestens eine Blende (15a) vorgesehen ist. 30

11. Energiefilter nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass Strahleintritt und -austritt zueinander im wesentlichen parallel sind. 35

12. Energiefilter nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass zwei der ersten und zwei der zweiten Kondensator-Elektrodenpaare vorgesehen sind. 40

13. Energiefilter nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die mittleren zwei Kondensator-Elektrodenpaare erste Kondensator-Elektrodenpaare sind und vorzugsweise baulich vereint sind (7a, 7b). 45

14. Energiefilter nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden äusseren Kondensator-Elektrodenpaare zweite Kondensator-Elektrodenpaare (3a', 3b') sind und je einen gekrümmten zweiten Raumbereich (3) definieren, gleichsinnig gekrümmt und je die Krümmungsaus- 50

senseitig gelegenen Kondensator-Elektroden (3b') des Paares eine Fortführung aufweisen, welche den Schirm (11) bilden.

15. Energiefilter nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden krümmungsäusseren Kondensator-Elektroden (3b') baulich vereint sind. 5
16. Energiefilter nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Fortführungen (11) baulich vereint sind. 10
17. Energiefilter nach einem der Ansprüche 6 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandungsstärke (d) des Schirmes (11) mindestens gleich der kleinsten Durchmesserausdehnung der Durchtrittsöffnung (13) ist. 15
18. Energiefilter nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden äussersten Kondensator-Elektrodenpaare (3a, 3b) im wesentlichen zueinander parallele Eintrittstangenten bzw. Austrittstangenten für den Strahl definieren und vorzugsweise diese Tangenten fluchten. 20
19. Energiefilter nach einem der Ansprüche 6 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass er nach dem Prinzip des Zylinderspiegels in einem Zylinderkondensator, mit Ein- und Austrittsvorrichtungen für den Strahl zum Zylinderkondensator, aufgebaut ist, wobei Ein- und Austrittsachsen (A_E , A_A) im wesentlichen fluchtend angeordnet sind und der Strahlengang (S) bezüglich der Zylinderachse (A_Z) des Zylinderkondensators asymmetrisch ist. 25
20. Energiefilter nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Ein- und Austrittsachse (A_E , A_A) zur Achse (A_Z) des Zylinderkondensators parallel versetzt sind. 30
21. Energiefilter nach einem der Ansprüche 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Zylinderkondensator (7a, 7b) durch die beiden zentralen Elektrodenpaare, die Ein- und Austrittsanordnungen (3a, 3b) durch die äusseren nach einem der Ansprüche 11 bis 18 gebildet sind. 35
22. Energiefilter nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Zylinderkondensator (7a, 7b) einen äusseren Zylinder (7a) aufweist und in einem Querschnittsquadranten als Spiegelkondensator wirkt und Ein- und Austrittsanordnung (3a, 3b) in dem axialsymmetrisch zum genannten Quadranten gegenübergelegenen Quadranten der Zylinderkondensator-Querschnittsfläche vorgesehen sind. 40
23. Energiefilter nach einem der Ansprüche 19 bis 22, 45

dadurch gekennzeichnet, dass der Strahl auf der Achse des Zylinderkondensators fokussiert ist.

24. Analysator, vorzugsweise Plasmaanalysator, mit einem Energiefilter nach mindestens einem der Ansprüche 6 bis 23 sowie einem dem Energiefilter nachgeschalteten Massefilter, vorzugsweise einem Quadrupolmassenanalysator. 5
25. Analysator nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass er eine dem Energiefilter vorgeschaltete Elektronenstoss-Ionisierungsquelle mit Eintrittsöffnungsanordnung für neutrale Teilchen sowie einer Austrittsanordnung für Ionen aufweist und dass, coaxial zur zwischen Ein- und Austrittsanordnung definierten Transmissionsachse, ein axial ausgedehntes Beschleunigungsgitterrohr vorgesehen ist und, radial ausserhalb, mindestens eine Heisskathode. 10
26. Analysator nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass radial ausserhalb des axial ausgedehnten Beschleunigungsgitters, vorzugsweise regelmässig verteilt, mehrere Heisskathoden vorgesehen sind. 15
27. Analysator nach einem der Ansprüche 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Länge des Elektroneneinfallbereiches am Gitterrohr zu dessen Durchmesser mindestens 1,5 ist, vorzugsweise 3, vorzugsweise grösser als 3 ist. 20

Claims

1. Process for filtering electrically charged particles of a particle beam according to their kinetic energy in which the beam is deflected by a first electrostatic field (E_1) between a pair of first condenser electrode surfaces (7a, 7b) of a first condenser electrode pair in a first chamber area (7) and deflected in opposition in a second chamber area (3), connected before and/or after the first chamber area (7) in the direction of beam propagation, by a second electrical field (E_2) between a pair of second condenser electrode surfaces (3a, 3b) of a second condenser electrode pair (3a', 3b'), and the first chamber area (7) is screened from the second (3) against electrical fields (E) by means of screen (11) which is laid to the electrical potential of one of the first condenser electrode surfaces (7b) and which (11) has a first surface facing the first chamber area (7) and a second surface facing the second chamber area (3), characterised in that 35
- the one of the first condenser electrode surfaces (7b) is formed by the first surface of the screen (11) penetrated by the beam (13); 40

- by means of the second surface of the screen (11) and one surface of one of the condenser electrodes (3b') of the second condenser electrode pair (3a', 3b'), a further condenser electrode surface pair is formed with a third chamber area (D) through which passes the beam (S) and which connects the first (7) and the second (3) chamber areas;
 - the screen (11) is laid to a given electrostatic potential (6, 6a).
2. Process according to claim 1, characterised in that the screen (11) is laid to the electrical potential of the one (3b') of the second condenser electrode pairs (3a', 3b') and hence the third chamber area (D) formed field-free.
 3. Process according to any of claims 1 or 2, characterised in that the second chamber area (3) is generated between two essentially equally curved second condenser electrode surfaces (3a, 3b) and the screen (11) is formed by continuing the condenser electrode (3b') forming the outside of the curve of the condenser electrode surfaces (3b).
 4. Process according to any of claims 1 to 3, characterised in that the beam (S) enters the first or second chamber area (3, 7) and emerges from the second or the first accordingly, where the deflections occur so that the inlet and outlet are essentially parallel to each other.
 5. Process according to any of claims 1 to 4, characterised in that two second chamber areas (3) are provided each with a second condenser electrode pair which forms the second condenser electrode surfaces, the beam (S) enters and emerges from one of the two second chamber areas (3), where the deflections occur so that the inlet and outlet directions are essentially aligned.
 6. Energy filter to filter electrically charged particles of a particle beam according to their kinetic energy with a beam inlet and an outlet arrangement and at least two condenser electrode pairs (3a, 3b; 7a, 7b) which are arranged one behind the other, extending essentially in the beam passage direction between inlet and outlet, and which each generate an electrical field (E_3 , E_7) inversely polarised relative to each other and essentially vertical to the beam propagation direction, where
 - a first (7a, 7b) of the condenser electrode pairs forms a pair of first condenser electrode surfaces between which is defined a first (7) chamber area;
 - a second (3a', 3b') of the condenser electrode pairs forms a pair of second condenser elec-
- trode surfaces (3a, 3b) between which is defined a second chamber area (3),
- furthermore with an electrical screen (11) between the chamber areas (3, 7) which has a first surface facing the first chamber area (7) and a second surface facing the second chamber area (3), where also the screen (11) is laid to the potential of one of the first condenser electrodes (7b), characterised in that
- the one of the first condenser electrode surfaces (7b) is formed by the first surface of the screen (11) which has a passage opening (13) for the beam (S);
 - the second surface of the screen (11), in the area of the passage opening (13), forms with a surface of one of the second condenser electrodes (3b') a third condenser electrode surface pair and between this a third chamber area (D) which connects the first and second chamber areas;
 - the screen (11) is laid to a given potential (6, 6a).
7. Energy filter according to claim 6, characterised in that the screen (11) is laid to the potential of the one (3b') of the second condenser electrodes (3a', 3b').
 8. Energy filter according to any of claims 6 or 7, characterised in that the second condenser electrode surface pair (3a, 3b) defines between its electrode surfaces a curved second chamber area (3) and the condenser electrode (3b') forming the outside curve surface (3b) with a continuation forms the screen (11).
 9. Energy filter according to any of claims 6 to 8, characterised in that the third chamber area (D, 15) is essentially field-free with boundary laid to equipotential, where the boundary of the third chamber area (D, 15) is preferably formed by a continuation of the one (3b') of the second condenser electrodes (3a', 3b').
 10. Energy filter according to claim 9, characterised in that provided in the third chamber area (D, 15) is at least one diaphragm (15a).
 11. Energy filter according to any of claims 6 to 10, characterised in that the beam inlet and outlet are essentially parallel to each other.
 12. Energy filter according to any of claims 6 to 11, characterised in that two of the first and two of the second condenser electrode pairs are provided.
 13. Energy filter according to claim 12, characterised in

that the middle two condenser electrode pairs are first condenser electrode pairs and preferably structurally connected (7a, 7b).

14. Energy filter according to any of claims 12 or 13, characterised in that the two outer condenser electrode pairs are second condenser electrode pairs (3a', 3b') and each define a curved second chamber area (3) curved in the same direction and each of the two condenser electrodes (3b') of the pair which are laid on the outside of the curve has a continuation forming the screen (11). 5
15. Energy filter according to claim 14, characterised in that the two condenser electrodes (3b') on the outside of the curve are structurally connected. 10
16. Energy filter according to claim 15, characterised in that the two continuations (11) are structurally connected. 15
17. Energy filter according to any of claims 6 to 16, characterised in that the wall thickness (d) of the screen (11) is at least equal to the smallest diameter extension of the passage opening (13). 20
18. Energy filter according to any of claims 14 to 17, characterised in that the two outer condenser electrode pairs (3a, 3b) define essentially parallel inlet tangents or outlet tangents for the beam and preferably these tangents are aligned. 25
19. Energy filter according to any of claims 6 to 18, characterised in that it is constructed on the principle of the cylinder mirror in a cylinder condenser with inlet and outlet devices for the beam to the cylinder condenser, where the inlet and outlet axes (A_E , A_A) are arranged essentially aligned and the beam inlet (S) is asymmetrical in relation to the cylinder axis (A_Z) of the cylinder condenser. 30
20. Energy filter according to claim 19, characterised in that the inlet and outlet axes (A_E , A_A) are offset parallel to the axis (A_Z) of the cylinder condenser. 35
21. Energy filter according to any of claims 19 or 20, characterised in that the cylinder condenser (7a, 7b) is formed by the two central electrode pairs, the inlet and outlet arrangements (3a, 3b) by the outer pairs according to any of claims 11 to 18. 40
22. Energy filter according to any of claims 19 to 21, characterised in that the cylinder condenser (7a, 7b) has an outer cylinder (7a) and acts in a cross-section quadrant as a mirror condenser, and inlet and outlet arrangements (3a, 3b) are provided in the quadrant of the cylinder condenser cross-section area lying axially symmetrically opposite the said 45

quadrant.

23. Energy filter according to any of claims 19 to 22, characterised in that the beam is focussed on the axis of the cylinder condenser.
24. Analyser, preferably plasma analyser, with an energy filter according to at least one of claims 6 to 23 and a mass filter connected after the energy filter, preferably a quadrupole mass analyser.
25. Analyser according to claim 24, characterised in that it has an electron bombardment ionisation source connected before the energy filter with inlet opening arrangement for neutral particles and an outlet arrangement for ions, and that coaxial to the transmission axis defined between the inlet and outlet arrangement is an axially extended acceleration grid tube and radially outside at least one hot cathode.
26. Analyser according to claim 25, characterised in that radially outside the axially extended acceleration grid, preferably distributed regularly, are several hot cathodes.
27. Analyser according to any of claims 25 or 26, characterised in that the ratio of the length of the electron incident area on the grid tube to its diameter is at least 1.5, preferably 3, preferably greater than 3.

Revendications

1. Procédé pour filtrer des particules à charge électrique d'un faisceau de particules en fonction de leur énergie cinétique, selon lequel le faisceau est dévié par un premier champ électrostatique (E_7) entre des premières surfaces (7a, 7b) d'une première paire d'électrodes de condensateur, dans une première zone dans l'espace (7), et est dévié en sens inverse par un second champ électrique (E_3) entre des secondes surfaces (3a, 3b) d'une seconde paire d'électrodes de condensateur (3a', 3b'), dans une zone dans l'espace (3) prévue en amont et/ou en aval de la première zone (7) dans le sens de propagation du faisceau, et la première zone (7) est protégée par rapport à la seconde (3), pour les champs électriques (E), à l'aide d'un écran (11) qui est mis au potentiel électrique de l'une des premières surfaces d'électrodes de condensateur (7b) et qui présente une première surface tournée vers la première zone (7) et une seconde surface tournée vers la seconde zone (3), caractérisé en ce que
 - l'une des premières surfaces d'électrodes de condensateur (7b) est définie par la première surface de l'écran (11) qui est traversé par le

- faisceau (13) ;
- à l'aide de la seconde surface de l'écran (11) et d'une surface de l'une des électrodes de condensateur (3b') de la seconde paire (3a', 3b') est formée une autre paire de surfaces d'électrodes de condensateur avec une troisième zone dans l'espace (D) qui est traversée par le faisceau (S) et qui relie la première et la seconde zone dans l'espace (7, 3),
 - l'écran (11) est mis à un potentiel électrostatique défini (6, 6a).
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'écran (11) est mis au potentiel électrique d'une électrode (3b') de la seconde paire d'électrodes de condensateur (3a', 3b') et la troisième zone (D) est ainsi sans champ.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la seconde zone dans l'espace (3) est formée entre deux secondes surfaces d'électrodes de condensateur (3a, 3b) à courbures sensiblement identiques, et l'écran (11) est défini par un prolongement de l'électrode de condensateur (3b') qui forme l'extérieur de la courbure des surfaces d'électrodes de condensateur (3b).
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le faisceau (S) entre dans la première ou la seconde zone (3, 7) et sort en conséquence de la seconde ou de la première zone, les déviations ayant lieu de telle sorte que l'entrée et la sortie soient sensiblement parallèles.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il est prévu deux secondes zones dans l'espace (3) pourvues chacune d'une seconde paire d'électrodes de condensateur qui définit des secondes surfaces d'électrodes de condensateur, et le faisceau (S) entre et sort dans l'une des deux secondes zones (3), les déviations ayant lieu de telle sorte que les sens d'entrée et de sortie soient sensiblement alignés.
6. Filtre d'énergie pour filtrer des particules à charge électrique d'un faisceau de particules en fonction de leur énergie cinétique, comportant un dispositif d'entrée et de sortie de faisceau et au moins deux paires d'électrodes de condensateur (3a, 3b ; 7a, 7b) qui s'étendent l'une derrière l'autre entre l'entrée et la sortie, sensiblement dans le sens de passage du faisceau, et qui génèrent des champs électriques respectifs (E_3 , E_7) sensiblement perpendiculaires au sens de propagation du faisceau et de polarités inverses,
- une première paire d'électrodes de condensateurs (7a, 7b) formant une paire de premières surfaces d'électrodes de condensateur et définissant entre celles-ci une première zone dans l'espace (7),
 - une seconde paire d'électrodes de condensateur (3a', 3b') formant une paire de secondes surfaces d'électrodes de condensateur (3a, 3b) et définissant entre celles-ci une seconde zone dans l'espace (3),
- et comportant également, entre les zones (3, 7), un écran électrique (11) qui présente une première surface tournée vers la première zone (7) et une seconde surface tournée vers la seconde zone (3), l'écran (11) étant mis au potentiel de l'une des premières électrodes de condensateur (7b), caractérisé en ce que
- l'une des premières surfaces d'électrodes de condensateur (7b) est formée par la première surface de l'écran (11), qui présente une ouverture de passage (13) pour le faisceau (S),
 - la seconde surface de l'écran (11) forme avec une surface de l'une des secondes électrodes de condensateur (3b'), dans la zone de l'ouverture de passage (13), une troisième paire de surfaces d'électrodes de condensateur et, entre les deux, une troisième zone dans l'espace (D) qui relie les première et seconde zones,
 - l'écran (11) est mis à un potentiel défini (6, 6a).
7. Filtre d'énergie selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'écran (11) est mis au potentiel de l'une (3b') des secondes électrodes de condensateur (3a', 3b').
8. Filtre d'énergie selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que la seconde paire de surfaces d'électrodes de condensateur (3a, 3b) définit une seconde zone courbe (3), et l'électrode (3b') définissant la surface (3b) située du côté extérieur de la courbure forme avec un prolongement l'écran (11).
9. Filtre d'énergie selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que la troisième zone (D, 15) est sensiblement sans champ, avec une bordure équipotentielle, ladite bordure de la troisième zone (D, 15) étant de préférence définie par un prolongement de l'une (3b') des secondes électrodes de condensateur (3a', 3b').
10. Filtre d'énergie selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il est prévu dans la troisième zone (D, 15) au moins un diaphragme (15a).
11. Filtre d'énergie selon l'une des revendications 6 à 10, caractérisé en ce que l'entrée et la sortie du faisceau sont sensiblement parallèles.

12. Filtre d'énergie selon l'une des revendications 6 à 11, caractérisé en ce qu'il est prévu deux des premières paires d'électrodes de condensateur, et deux des secondes.
13. Filtre d'énergie selon la revendication 12, caractérisé en ce que les deux paires d'électrodes de condensateur centrales sont des premières paires et sont de préférence réunies de par la construction (7a, 7b).
14. Filtre d'énergie selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce que les deux paires d'électrodes de condensateur extérieures sont des secondes paires (3a', 3b') et définissent des secondes zones dans l'espace respectives (3) courbées dans le même sens, et les électrodes de condensateur (3b') de la paire qui sont situées du côté extérieur de la courbure présentent un prolongement qui forme l'écran (11).
15. Filtre d'énergie selon la revendication 14, caractérisé en ce que les deux électrodes de condensateur (3b') situées du côté extérieur de la courbure sont réunies de par la construction.
16. Filtre d'énergie selon la revendication 15, caractérisé en ce que les deux prolongements (11) sont réunis de par la construction.
17. Filtre d'énergie selon l'une des revendications 6 à 16, caractérisé en ce que l'épaisseur de paroi (d) de l'écran (11) est au moins égale à l'extension minimale du diamètre de l'ouverture de passage (13).
18. Filtre d'énergie selon l'une des revendications 14 à 17, caractérisé en ce que les deux paires d'électrodes de condensateur extérieures (3a, 3b) définissent des tangentes d'entrée et de sortie pour le faisceau qui sont sensiblement parallèles, et ces tangentes sont de préférence alignées.
19. Filtre d'énergie selon l'une des revendications 6 à 18, caractérisé en ce qu'il est construit suivant le principe du miroir cylindrique dans un condensateur cylindrique, avec des dispositifs d'entrée et de sortie pour le faisceau dans ledit condensateur cylindrique, les axes d'entrée et de sortie (A_E , A_A) étant sensiblement alignés et le trajet (S) du faisceau étant asymétrique par rapport à l'axe de cylindre (A_Z) du condensateur cylindrique.
20. Filtre d'énergie selon la revendication 19, caractérisé en ce que les axes d'entrée et de sortie (A_E , A_A) sont décalés, parallèlement, par rapport à l'axe (A_Z) du condensateur cylindrique.
21. Filtre d'énergie selon la revendication 19 ou 20, caractérisé en ce que le condensateur cylindrique (7a, 7b) est défini par les deux paires d'électrodes centrales et le dispositif d'entrée et de sortie (3a, 3b) est défini par les paires extérieures selon l'une des revendications 11 à 18.
22. Filtre d'énergie selon l'une des revendications 19 à 21, caractérisé en ce que le condensateur cylindrique (7a, 7b) comporte un cylindre extérieur (7a) et agit comme condensateur réflecteur dans un quadrant de section transversale, et les dispositifs d'entrée et de sortie (3a, 3b) sont prévus dans le quadrant de la surface de section transversale dudit condensateur qui est opposé de manière axisymétrique à ce quadrant.
23. Filtre d'énergie selon l'une des revendications 19 à 22, caractérisé en ce que le faisceau est focalisé sur l'axe du condensateur cylindrique.
24. Analyseur, de préférence analyseur de plasma, pourvu d'un filtre d'énergie selon l'une au moins des revendications 6 à 23, et d'un filtre de masse, de préférence un analyseur de masse quadripolaire, monté en aval du filtre d'énergie.
25. Analyseur selon la revendication 24, caractérisé en ce qu'il comporte une source d'ionisation par choc électronique montée en amont du filtre d'énergie, avec un dispositif d'ouverture d'entrée pour les particules neutres et un dispositif de sortie pour les ions, et en ce qu'il est prévu, coaxialement par rapport à l'axe de transmission défini entre les dispositifs d'entrée et de sortie, un tube accélérateur à grille qui s'étend axialement et, à l'extérieur radialement, au moins une cathode chaude.
26. Analyseur selon la revendication 25, caractérisé en ce que plusieurs cathodes chaudes sont prévues radialement à l'extérieur de la grille d'accélération qui s'étend axialement, et sont de préférence réparties régulièrement.
27. Analyseur selon la revendication 25 ou 26, caractérisé en ce que le rapport de la longueur de la zone d'arrivée des électrons sur le tube à grille sur le diamètre de cette zone est d'au moins 1,5, de préférence de 3 et de préférence supérieur à 3.

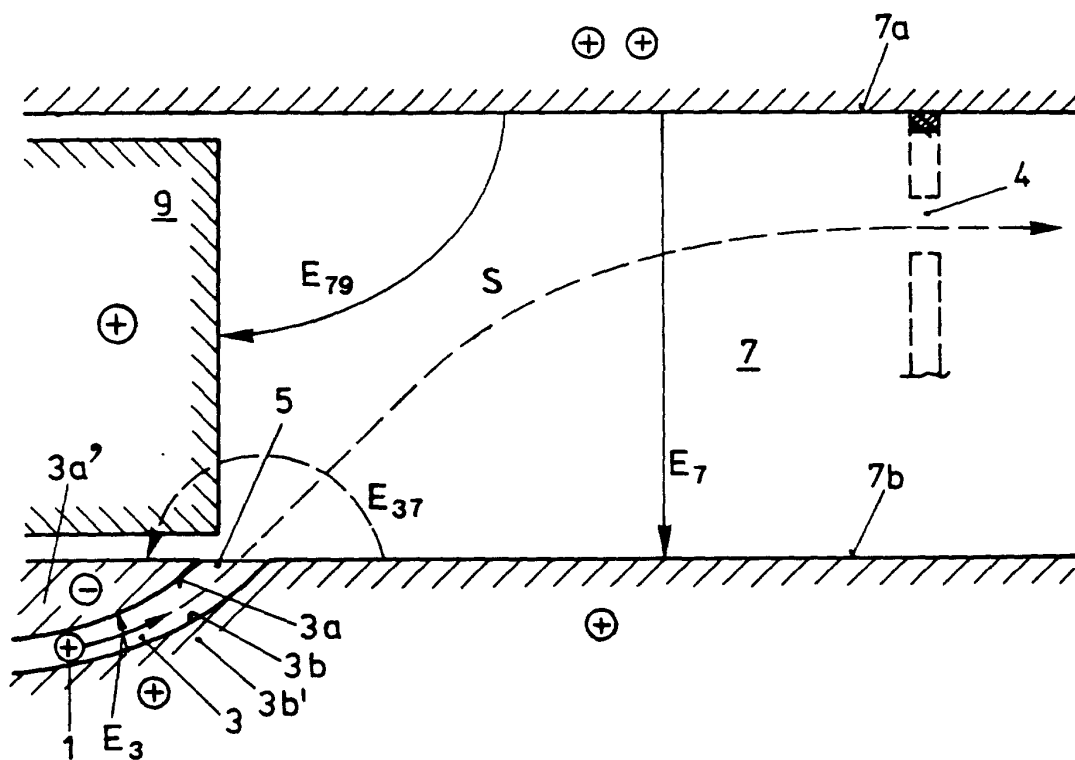


FIG.1 Stand der Technik

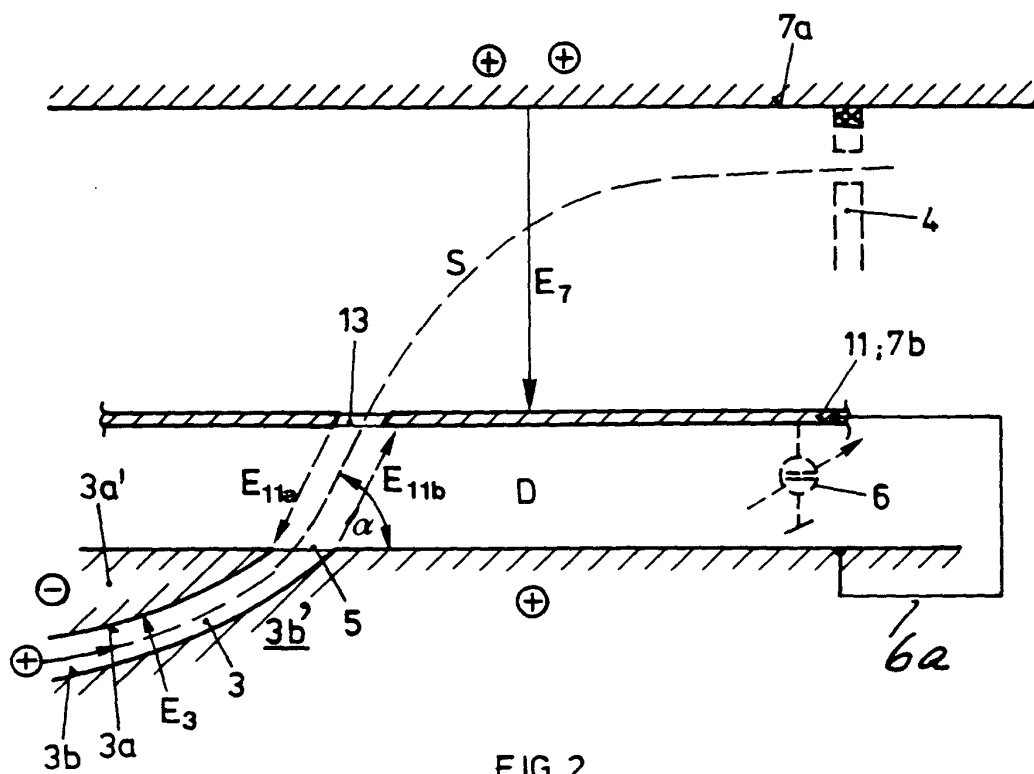


FIG. 2

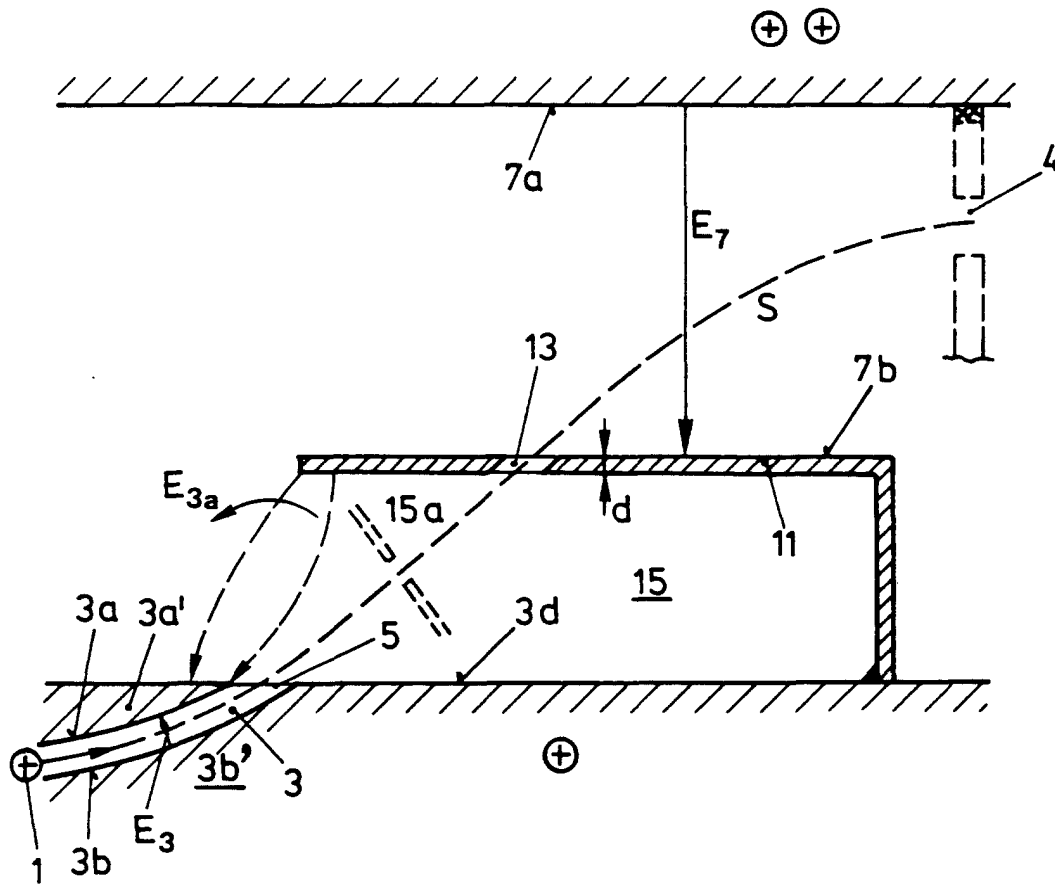


FIG.3

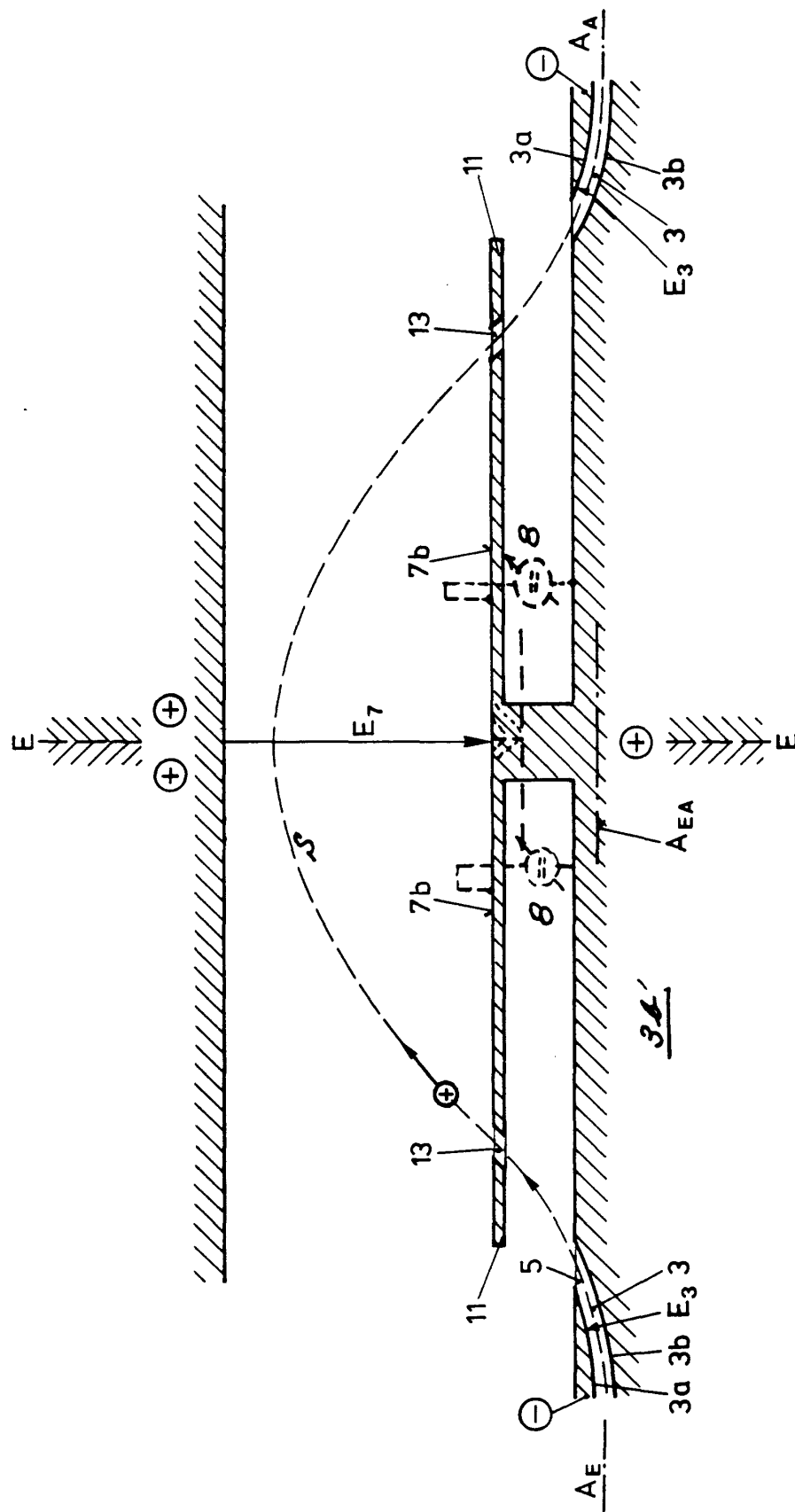


FIG. 4

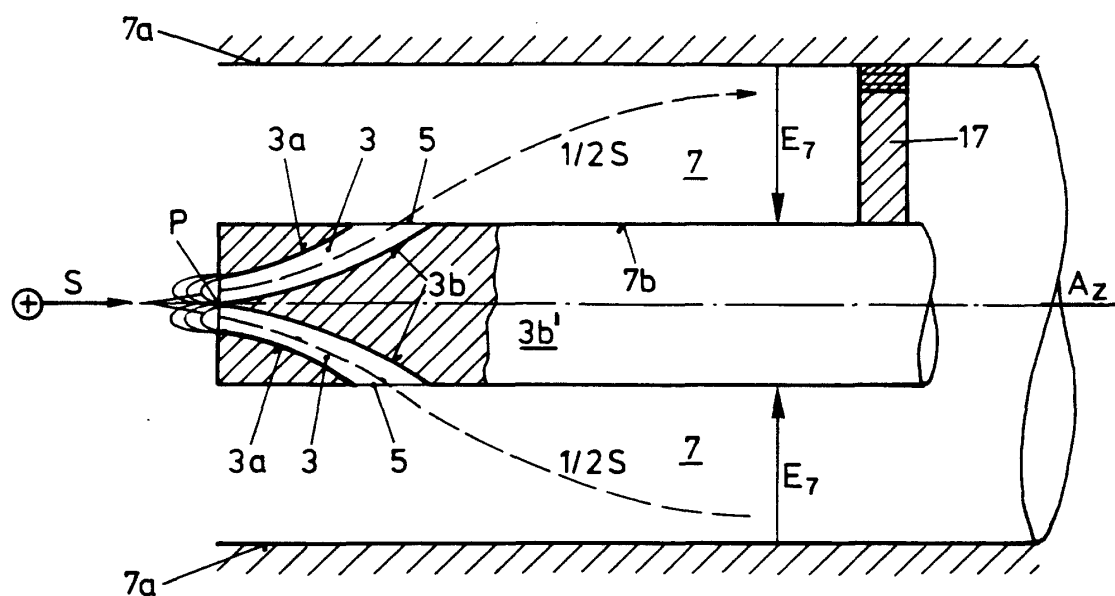


FIG.5 Stand der Technik

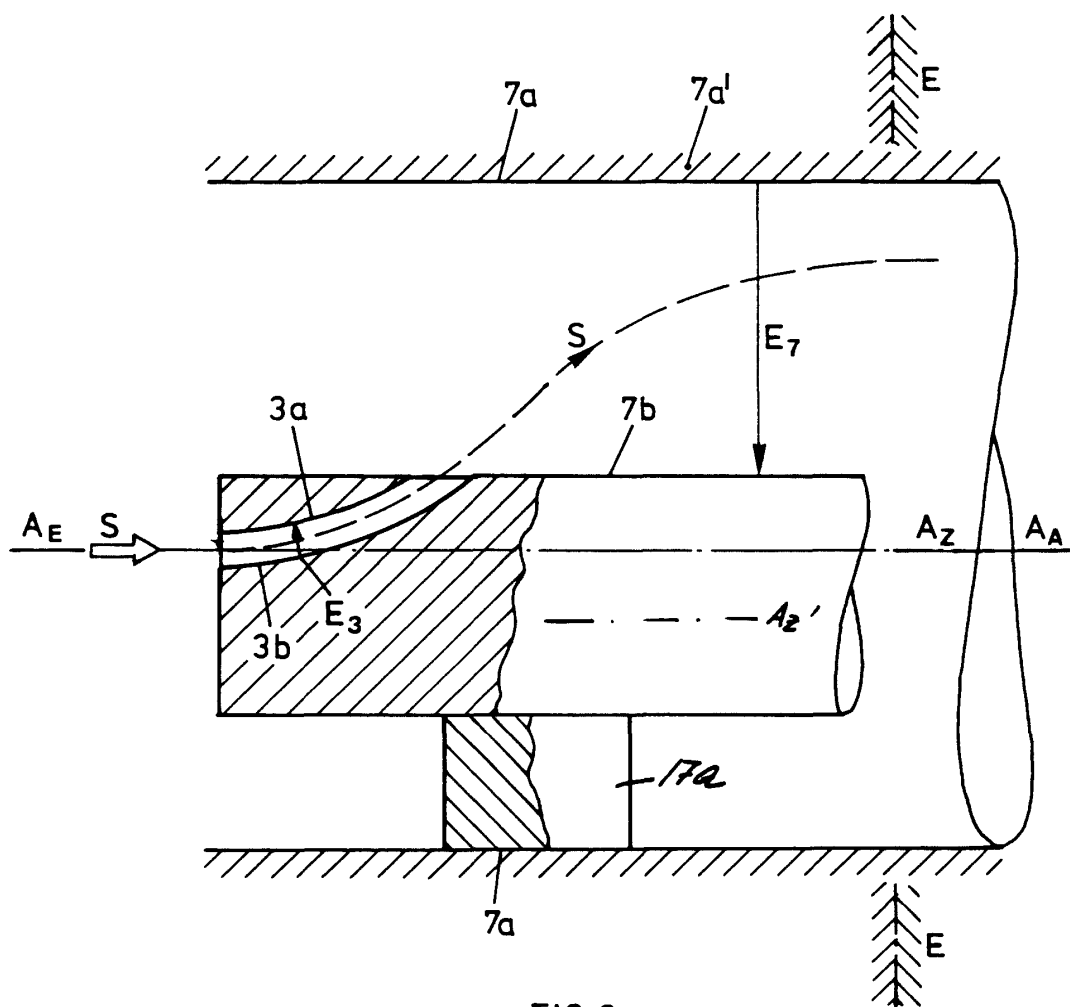


FIG. 6

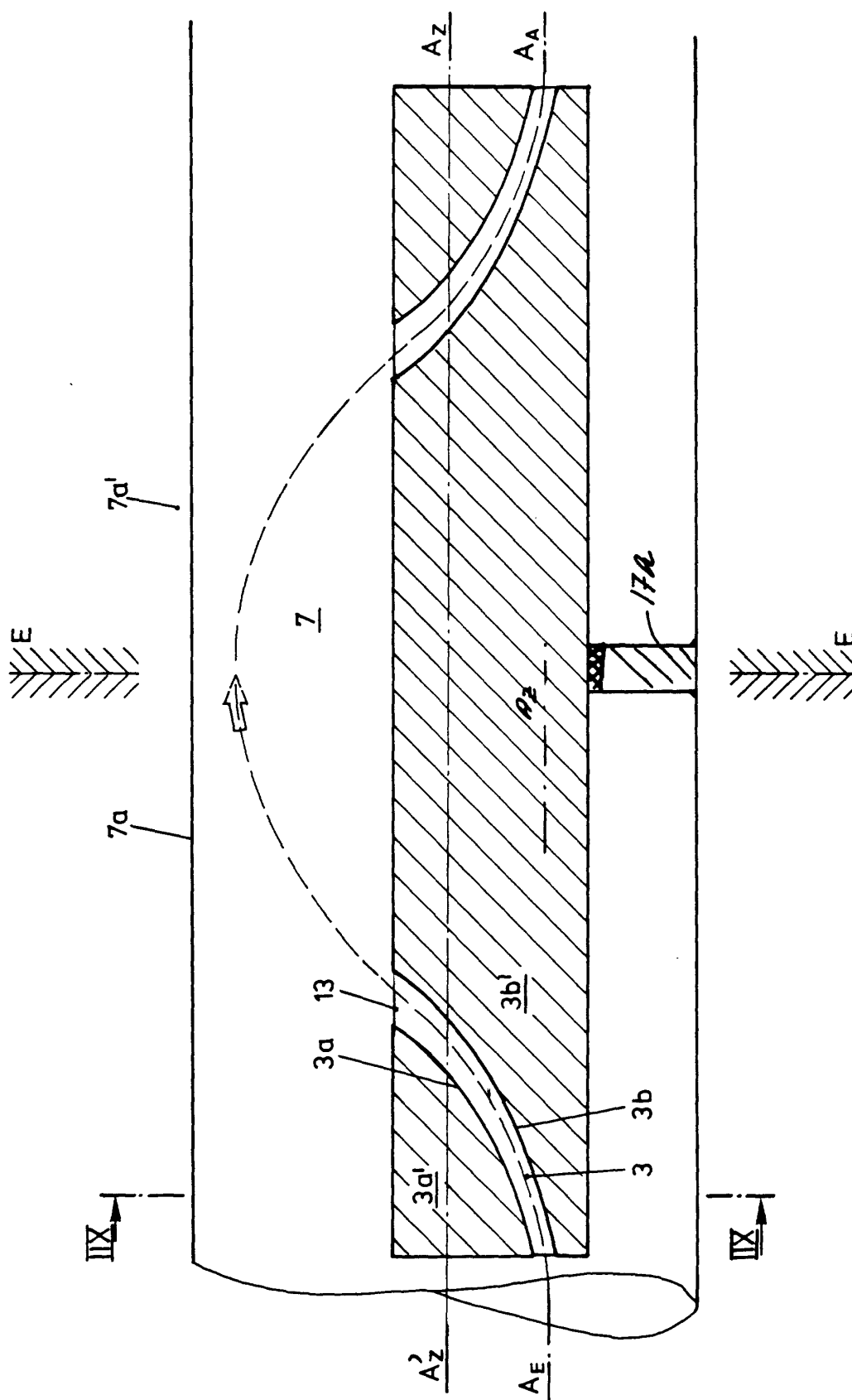


FIG. 7

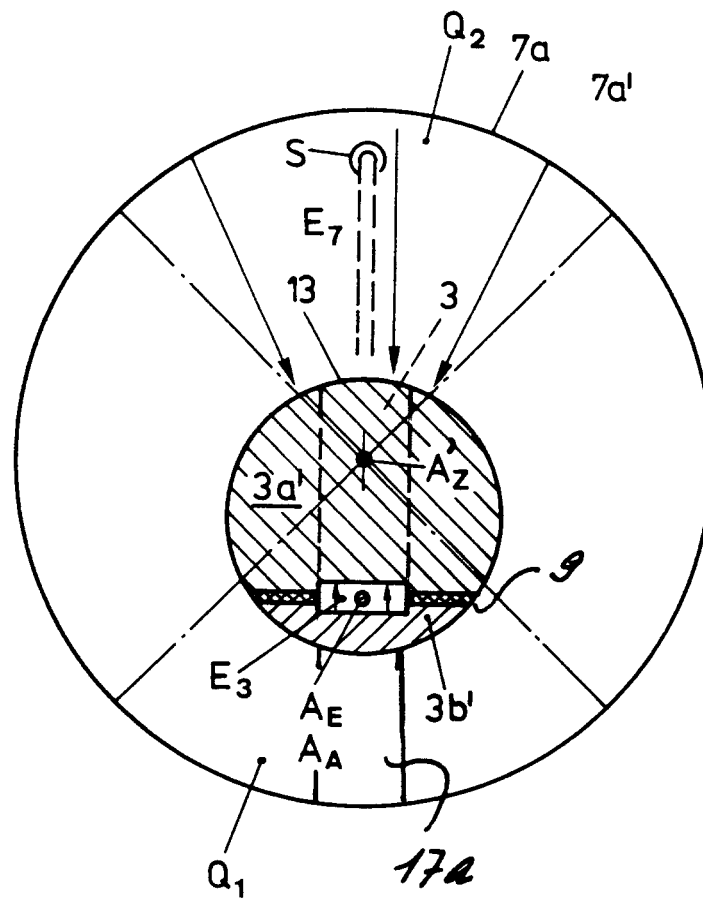


FIG. 8

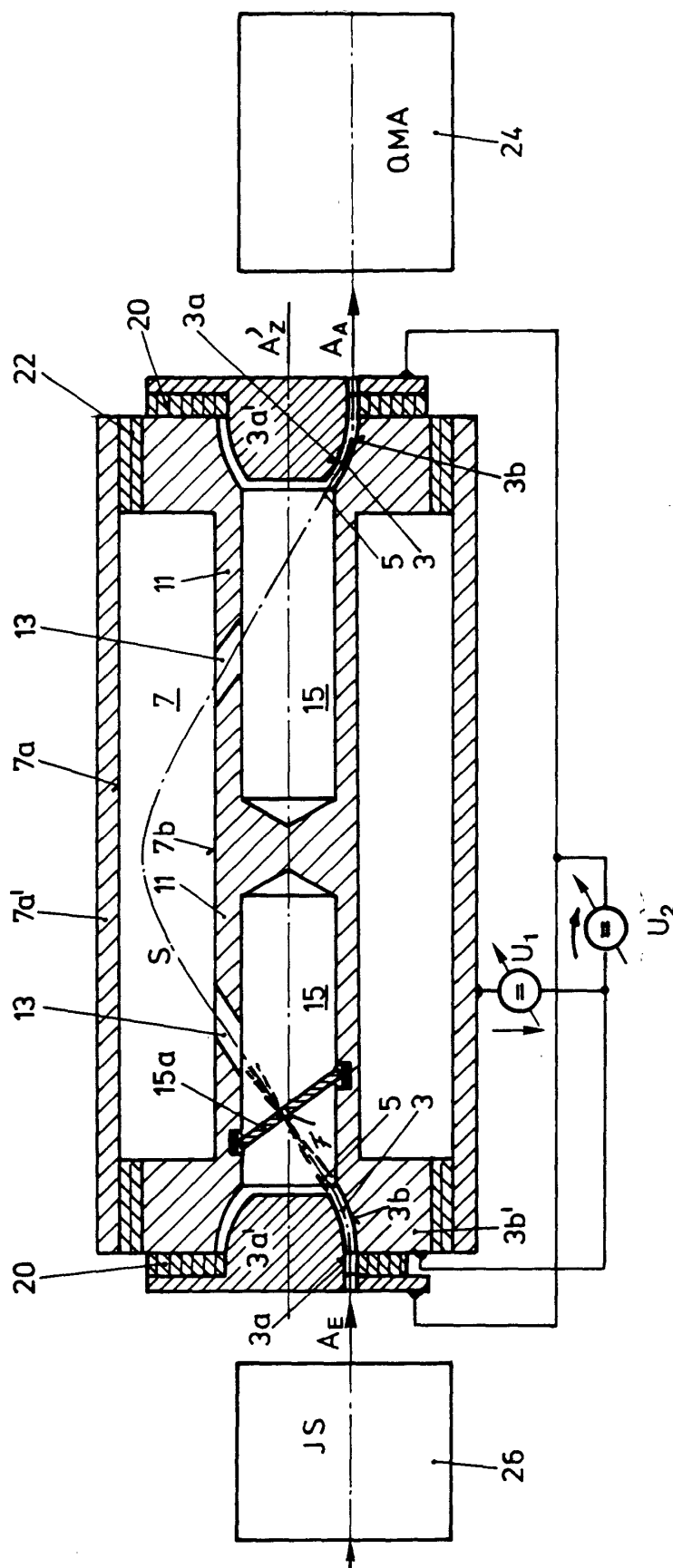


FIG. 9

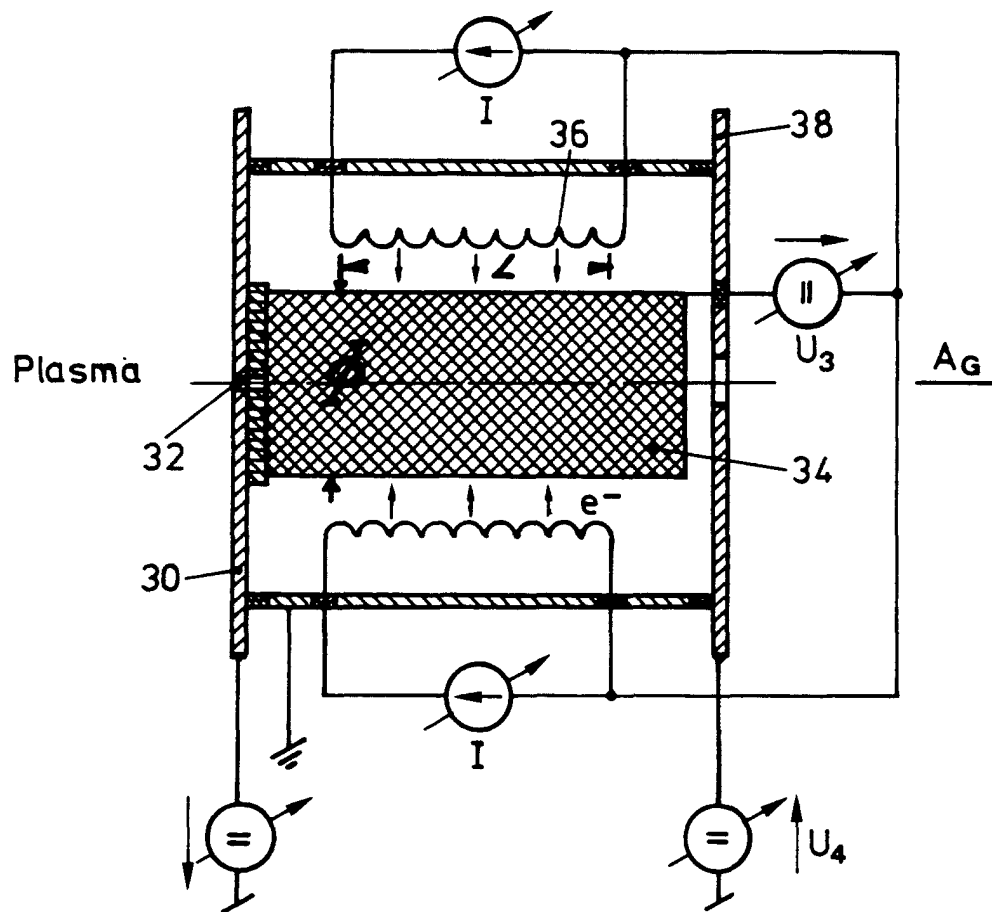


FIG.10