



⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
22.11.95 Patentblatt 95/47

⑤① Int. Cl.⁶ : **H01J 49/42**

②① Anmeldenummer : **92108815.9**

②② Anmeldetag : **26.05.92**

⑤④ Ionenfilter, insbesondere für ein Massenspektrometer, sowie Verfahren zur Herstellung desselben.

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
08.12.93 Patentblatt 93/49

⑦③ Patentinhaber : **FINNIGAN CORPORATION**
355 River Oaks Parkway
San Jose California 95134 (US)

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
22.11.95 Patentblatt 95/47

⑦② Erfinder : **Steiner, Urs**
784 Pear Avenue
Sunnyvale, CA 94087 (US)
Erfinder : **Gore, Nigel Patrick**
1257 Redcliff Drive
San Jose, CA 95118 (US)
Erfinder : **Rother, Helmut**
Lindenstrasse 9
D-2860 Osterholz-Scharmbeck (DE)

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :
BE CH DE FR GB IT LI NL SE

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
US-A- 4 158 771
US-A- 4 885 470
US-A- 4 949 047

⑦④ Vertreter : **MEISSNER, BOLTE & PARTNER**
Hollerallee 73
D-28209 Bremen (DE)

EP 0 572 687 B1

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).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Ionenfilter, für ein Massenspektrometer oder einen Massenanalysator, und einen Massenspektrometer mit einem derartigen Ionenfilter. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Ionenfilters.

Massenspektrometer zur Untersuchung und zum Nachweis von Ionen bestimmter Massenzahlen weisen eine Ionenquelle, eine Ionennachweiseinrichtung sowie ein Ionenfilter auf. Letzteres kann als Multipol, insbesondere Quadrupol, ausgebildet sein. Die zu analysierenden Ionen werden auf ihrem Weg zur Nachweiseinrichtung durch den Multipol hindurchgelenkt. Innerhalb desselben erfahren die Ionen eine bestimmte Ablenkung. Bei Verwendung eines Quadrupols sind vier gegeneinander gerichtete, langgestreckte profilierte Flächen vorgesehen, die unterschiedliche elektrische Potentiale aufweisen. Besonders günstig für die Ausbildung des gewünschten elektrischen Feldes zwischen den Polflächen sind im Querschnitt hyperbelförmige Flächen. Teilweise werden auch im Querschnitt kreisförmige Flächen verwendet.

Für bestimmte Anwendungsfälle kommt es darauf an, die Abmessungstoleranzen des fertigen Ionenfilters möglichst klein zu halten. Angestrebt sind Toleranzen von etwa einem Mikrometer (1/1000 mm).

Aus der DE-OS 26 25 660 (entspricht US 4 158 771) ist ein als Quadrupol ausgebildetes Ionenfilter bekannt, das aus insgesamt zwei oder vier langgestreckten Segmenten besteht. Diese sind im Bereich ineinandergreifender Vorsprünge und Vertiefungen zusammengefügt. Dadurch ergibt sich beim Zusammenbau eine gewisse Lagezentrierung der Segmente zueinander. Produktionstechnisch äußerst schwierig ist die Ausbildung der Vorsprünge und Vertiefungen unter Berücksichtigung der geforderten geringen Toleranzen. So muß jedes Teil im Bereich einander paralleler, aber abgewandter Flächen und außerdem zueinander senkrechter Flächen bearbeitet werden. Die sich ergebenden, bestmöglichen Abmessungstoleranzen sind nicht akzeptabel. In derselben Schrift ist zwar auch eine Ausführungsform mit vier Segmenten ohne zueinander senkrechte Flächen gezeigt. Die vorhandenen Anschlagflächen bewirken aber keine Lagezentrierung der Segmente.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Ionenfilter bzw. ein Verfahren zur Herstellung desselben zu schaffen, wodurch die erzielbaren Abmessungstoleranzen und damit die erzielbare Meßgenauigkeit im späteren Betrieb verbessert werden.

Zur Lösung der Aufgabe weist das erfindungsgemäße Ionenfilter folgende Merkmale auf:

- a) Eine längsgeteilte Baugruppe mit einer mittigen Längsachse weist mehrere langgestreckte Stabanordnungen auf,
- b) jede der Stabanordnungen weist eine langgestreckte und im Querschnitt gerundete Staboberfläche auf,
- c) die Staboberfläche erstreckt sich in Richtung der Längsachse mit einer imaginären Bearbeitungsrichtung senkrecht auf einer Spitze der gerundeten Staboberfläche,
- d) jede der Stabanordnungen weist außerdem Anschlagflächen auf, die zur Verbindung mit korrespondierenden Anschlagflächen benachbarter Stabanordnungen vorgesehen sind,
- e) dabei sind die Anschlagflächen so ausgebildet, daß die Stabanordnungen relativ zueinander durch eine formschlüssige Anlage der Anschlagflächen in einer stabilen Position ausgerichtet sind,
- f) die Staboberfläche und die Anschlagflächen jeder Stabanordnung sind so ausgebildet und angeordnet, daß keine Hinterschneidung in einem willkürlich ausgewählten Teilbereich der Staboberfläche und der Anschlagflächen aus einer Richtung parallel zur Bearbeitungsrichtung sichtbar ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die hyperbolische Staboberfläche und die Anschlagflächen einer jeden Stabanordnung unter Anlage an einem gemeinsamen, entsprechend profilierten Werkzeug, insbesondere Schleifwerkzeug, auf ein definiertes Maß abgetragen werden, ohne daß eine Hinterschneidung gebildet wird.

Die bezüglich ihrer Toleranzen kritischen Flächen des Ionenfilters sind die Hyperbelfläche zur Ausbildung des elektrischen Feldes sowie die Anschlagflächen, in dessen Bereich die Stabanordnungen aneinander anliegen. Die Erfindung ermöglicht die Bearbeitung dieser Flächen, soweit sie zu einer Stabanordnung gehören, mit ein und demselben Werkzeug und jeweils in demselben Arbeitsgang. So können mit einer entsprechend profilierten Schleifscheibe zugleich die Hyperbelfläche und die Anschlagflächen einer Stabanordnung bearbeitet werden. Die Konstruktion ermöglicht einen gleichmäßigen Abtrag der Flächen und der Schleifscheibe und dadurch bedingt allerhöchste Präzision der Bearbeitung.

Besonders vorteilhaft ist die Ausbildung des Ionenfilters als längsgeteilter Quadrupol mit vier zusammenzufügenden Stabanordnungen. Grundsätzlich sind auch andere Polzahlen oder andere Zahlen der Stabanordnungen, etwa zwei mit je zwei Polen, möglich. Jede Stabanordnung weist eine im Querschnitt hyperbelförmige Fläche sowie beidseitig hiervon angeordnete Anschlagflächen auf. Die Stabanordnungen sind jeweils weitgehend identisch ausgebildet. Entsprechend korrespondieren die auf der einen Seite der Hyperbelfläche vorgesehenen Anschlagflächen mit den auf der anderen Seite angeordneten. Die Hyperbelfläche und die Anschlagflächen einer Stabanordnung sind insbesondere bezüglich ihrer Neigung zueinander so angeordnet, daß sie

aus ein und derselben Richtung durch ein gemeinsames Schleifwerkzeug erreichbar sind. Das erfindungsgemäße Ionenfilter erfordert keine weitere Nachbearbeitung und weist höchste mechanische Präzision auf. Eine nachträgliche Beschichtung ist nicht erforderlich. Die Funktion des Ionenfilters ist erheblich verbessert.

Vorteilhafterweise bestehen die Stabanordnungen jeweils aus elektrisch leitendem Werkstoff, insbesondere einem Metall oder einer Metallegierung mit einem niedrigen Temperatúrausdehnungskoeffizienten. Die Stabanordnungen sind gegeneinander elektrisch isoliert. Vorzugsweise sind von den zwischen zwei Stabanordnungen liegenden Anschlagflächen die zu einer Stabanordnung gehörenden Anschlagflächen gegen dieses elektrisch isoliert, etwa durch Isolierstücke aus Quarz.

Nach einer besonderen Ausführungsform der Erfindung erstrecken sich die Anschlagflächen nicht über die gesamte Länge der Stabanordnungen. Vielmehr sind in Längsrichtung einer Stabanordnung mehrere, insbesondere vier, Isolierstücke mit Auflagestücken und mit Abstand aufeinanderfolgend angeordnet. Dabei weisen die Auflagestücke die erforderlichen Anschlagflächen auf. Durch die vorgesehenen Abstände zwischen den Isolierstücken und damit zwischen den aneinander anliegenden Anschlagflächen bleibt der Innenraum des Ionenfilters zwischen den Stabanordnungen zugänglich, wodurch gute Hochvakuumbedingungen geschaffen werden, das heißt, ein schnelles Abpumpen der Moleküle gewährleistet wird.

Weitere Merkmale des erfindungsgemäßen Ionenfilters sowie des Verfahrens sind den Ansprüchen und der Beschreibung entnehmbar.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Ionenfilters,
- Fig. 2 eine Draufsicht auf eine Stirnseite des Ionenfilters gemäß Fig. 1, teilweise geschnitten,
- Fig. 3 eine Seitenansicht eines von vier Stabanordnungen zur Bildung des Ionenfilters,
- Fig. 4 eine Draufsicht auf eine Stirnseite der Stabanordnung gemäß Fig. 3, teilweise geschnitten,
- Fig. 5 eine vergrößerte Ansicht entsprechend Fig. 4.

Es wird zunächst Bezug genommen auf die Fig. 1 und 2. Dort ist ein Ionenfilter 10 für ein Massenspektrometer gezeigt. Das Ionenfilter ist als Quadrupol mit vier jeweils identisch gestalteten Stabanordnungen 11 ausgebildet. Diese liegen im Bereich von Anschlagflächen 12 aneinander.

Die Fig. 3 bis 5 zeigen eine einzelne Stabanordnung 11. Diese weist einen langgestreckten, massiven Profilstab 13 mit einer im Querschnitt hyperbelförmigen Staboberfläche 14 (Hyperbelfläche) auf. Die Hyperbelflächen 14 kommen im fertig zusammengesetzten Ionenfilter 10 ins Innere gerichtet zu liegen (Fig. 2). Zwischen ihnen und im wesentlichen parallel zur Längsachse 15 bewegen sich die von einer vorgeordneten Ionenquelle emittierten Ionen (in den Fig. 2, 4, 5 senkrecht zur Zeichnungsebene).

Die Hyperbelfläche 14 deckt in Richtung quer zur Längsachse 15 einen Winkel von etwas weniger als 90° ab. In gedachter Fortsetzung der Hyperbelfläche 14 quer zur Längsachse 15 sind beidseitig die Anschlagflächen 12 angeordnet. Der Profilstab 13 weist hierzu vier und mit Abstand aufeinanderfolgende Anschlagkörper 16 auf. Eine in gedachter Fortsetzung der Hyperbelfläche 14 liegende Fläche des Anschlagkörpers 16 ist als Anschlagfläche 12 ausgebildet.

Senkrecht zu den Anschlagkörpern 16 sind, in der Fig. 4 rechts vom Profilstab 13, vier Isolierstücke 17 vorgesehen. Diese tragen im oberen Bereich, das heißt in gedachter Fortsetzung der Hyperbelfläche 14 nach außen, ein Auflagestück 18 mit einer entsprechenden Anschlagfläche 12.

In Richtung der Längsachse 15 sind zwischen den Isolierstücken 17 jeweils Abstände vorgesehen. Durch thermische Ausdehnung hervorgerufene Spannungen können so klein gehalten werden.

Die Isolierstücke 17 sind relativ zum Inneren des Ionenfilters 10 in besonderer Weise angeordnet. Die das Filter passierenden Ionen sind gegenüber den Isolierstücken 17 abgeschirmt. Von einer Mittelachse (Längsachse 15) aus gesehen sind die Isolierstücke 17 durch die Hyperbelflächen 14 verdeckt angeordnet. Die Isolierstücke 17 können so nicht von Ionen getroffen und aufgeladen werden. Eine Verzerrung des elektrischen Feldes zwischen den Hyperbelflächen 14 wird vermieden.

Die Isolierstücke 17 sind vorzugsweise aus Quarz gefertigt, von etwa quaderförmiger Gestalt und in den Querschnitt des Profilstabs 13 im Bereich von Vertiefungen 19 eingelassen. Der Profilstab 13 ist mit den Anschlagkörpern 16 einstückig aus Metall gefertigt. Vorzugsweise findet ein Metall oder eine Legierung mit einem niedrigen Temperatúrausdehnungskoeffizienten Anwendung. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung von in einem Sinterprozeß hergestelltem Molybdän oder einer unter dem Handelsnamen Vacodil der Firma Vaccumschmelze GmbH erhältlichen Ni-/Fe-Legierung mit einem Anteil von 36 % Ni. Das Isolierstück 17 ist mit dem Profilstab 13 bzw. in der Vertiefung 19 verklebt. Die Fertigung des Teilkörpers 11 aus Metall erlaubt eine gute Feinstbearbeitung. Die aus Quarz bestehenden Isolierstücke 17 sind im Verhältnis zum übrigen Teilkörper 11 klein, so daß nur geringe dielektrische Verluste auftreten können.

Die Anschlagflächen 12 an den Anschlagkörpern 16 und den Auflagestücken 18 sind in besonderer Weise gestaltet, vgl. Fig. 5. Zweck der Anschlagflächen ist eine erleichterte Selbstzentrierung beim Zusammenfügen

der einzelnen Stabanordnungen 11. Die Anschlagflächen 12 am Anschlagkörper 16 passen dementsprechend genau zur Kontur der Anschlagflächen 12 an den Auflagestücken 18. Günstig sind Paarungen aus konvex gestalteten Flächen einerseits, hier Auflagestücke 18, und konkav gestalteten Anschlagflächen andererseits, hier Anschlagkörper 16. Fig. 2 zeigt die jeweils aneinanderliegenden Anschlagflächen 12.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Anschlagflächen 12 der Auflagestücke 18 als gegeneinander abgewinkelte Teilflächen 20, 21 ausgebildet, welche im Bereich einer Kante 22 aneinandergrenzen. Die Kante 22 erstreckt sich parallel zur Längsachse 15 in die Bildebene (Fig. 5) hinein. Analog hierzu weisen die Anschlagkörper 16 an den Anschlagflächen 12 gegeneinander abgewinkelte Teilflächen 23, 24 auf, die wiederum im Bereich eines Winkels 25 aneinandergrenzen. Die Teilflächen 20, 21 einerseits und 23, 24 andererseits sind so ausgerichtet, daß jeweils zwischen ihnen liegende Winkelhalbierende 26, 27 in einem Winkel von 90° zueinander ausgerichtet sind.

Die Hyperbelfläche 14 und die Teilflächen 20, 21, 23, 24 (zugleich Anschlagflächen 12) werden bei der Herstellung des Ionenfilters in einem Arbeitsgang bearbeitet. Zur Verdeutlichung sind außerhalb der entsprechenden Flächen und parallel zu diesen gestrichelte Linien gezeichnet. Als Bearbeitungswerkzeug wird vorzugsweise eine entsprechend profilierte Schleifscheibe verwendet, die "frontal" auf die Hyperbelfläche 14 bzw. gemäß Ausrichtung der Pfeile 28 auf die Stabanordnung 11, genauer auf die zuvor genannten Hyperbel- und Teilflächen abgesenkt wird. Zweckmäßigerweise wird zuvor die Stabanordnung 11 als Feingußteil erstellt und die Isolierstücke 17 mit den Auflagestücken 18 hiermit verklebt. Die sich ergebende, vorbereitete Stabanordnung 11 wird dann in der beschriebenen Weise auf das endgültige Maß abgetragen.

Damit die beschriebene Bearbeitung mit nur einem Werkzeug für alle Flächen überhaupt möglich ist, müssen diese, aus einer bestimmten Richtung gesehen, sichtbar sein bzw. dürfen keine Hinterschneidungen aufweisen. Im vorliegenden Falle ist dies die durch die Pfeile 28 vorgegebene Richtung. Grundsätzlich kommt es auf die Richtung an, aus welcher das bearbeitende Werkzeug auf die zu bearbeitenden Flächen abgesenkt wird.

Kritische Flächen sind in diesem Falle die Teilflächen 21 und 23. Diese müssen gegenüber der Richtung 28 einen gewissen Mindest-Neigungswinkel aufweisen. Anderenfalls ist eine genaue Bearbeitung nicht mehr möglich. Theoretisch muß der Winkel größer Null sein, in der Praxis sollte er mindestens 5° betragen. Im vorliegenden Falle liegt zwischen den Teilflächen 20 und 21 ein Winkel von 135°. Dies entspricht einem Winkel zwischen der Richtung 28 und der Teilfläche 21 von 22,5°. Weitere mögliche Winkel für die Teilflächen 20, 21 zueinander liegen zwischen 95° und 175°. Die möglichen Winkel zwischen der Richtung 28 und der Teilfläche 21 ergeben sich entsprechend.

Analog hierzu ist der Winkel zwischen den eine konkave Fläche bildenden Teilflächen 23, 24. Dieser Winkel entspricht stets dem Winkel zwischen den Teilflächen 20, 21. Anderenfalls würden die Anschlagflächen nicht aneinander anliegen.

Die Stabanordnungen 11 werden über Schraubverbindungen fest miteinander verbunden. Zu diesem Zweck weist jedes Auflagestück 18 ein Innengewinde 29 auf. Die Anschlagkörper 16 sind mit einer durchgehenden Bohrung 20 in Richtung der Winkelhalbierenden 27 versehen. Mittels in die Bohrungen 30 eingesetzter Gewindeschrauben 31 (in der Fig. 5 nicht gezeigt) werden die Anschlagkörper 16 mit den Auflagestücken 18 der benachbarten Stabanordnungen 11 fest verschraubt. Bei der Herstellung der Schraubverbindung erfolgt durch die Wirkung der zuvor beschriebenen Anschlagflächen 12 bzw. Teilflächen 20, 21, 23, 24 eine Selbstzentrierung der Stabanordnungen 11 gegeneinander. Ein genaues Ausrichten der Teile gegeneinander, etwa durch ein sogenanntes Jigging, ist nicht erforderlich.

Die beschriebene Anordnung der zu bearbeitenden Flächen 14, 12, 20, 21, 23, 24 hat einen weiteren Vorteil. Falls im Laufe des Betriebs Beschädigungen der Oberflächen eintreten, können die Flächen in einem gewissen Maße nachgeschliffen werden, ohne daß dadurch die Lage und Anordnung der Flächen zueinander sich ändert. Es treten lediglich geringfügige Verschiebungen der Lage des Innengewindes 29 und der Bohrung 30 relativ zu den Winkelhalbierenden 26, 27 ein. Diese sind jedoch angesichts der Toleranzen innerhalb der Schraubverbindung ohne Bedeutung.

Gemäß den Fig. 1 und 3 sind über die Länge des Ionenfilters 10 vier Verbindungsbereiche mit entsprechenden Anschlagkörpern 16 und Isolierstücken 17 vorgesehen. Zwischen diesen (in Längsrichtung gesehen) ist jeweils ein deutlicher Abstand vorgesehen, so daß die Profilstäbe 13 bzw. die Hyperbelflächen 14 nicht vollständig eingeschlossen sind und gute Hochvakuumbedingungen geschaffen werden.

Patentansprüche

1. Ionenfilter für ein Massenspektrometer oder einen Massenanalysator, mit folgenden Merkmalen:
 - a) eine längsgeteilte Baugruppe mit einer mittigen Längsachse weist mehrere langgestreckte Staban-

- ordnungen (11) auf,
b) jede der Stabanordnungen (11) weist eine langgestreckte und im Querschnitt gerundete Staboberfläche (14) auf;
c) die Staboberfläche (14) erstreckt sich in Richtung der Längsachse (15) mit einer imaginären Bearbeitungsrichtung (28) senkrecht auf einer Spitze der gerundeten Staboberfläche;
d) jede der Stabanordnungen (11) weist außerdem Anschlagflächen (12) auf, die zur Verbindung mit korrespondierenden Anschlagflächen (12) benachbarter Stabanordnungen (11) vorgesehen sind;
e) dabei sind die Anschlagflächen (12) so ausgebildet, daß die Stabanordnungen (11) relativ zueinander durch eine formschlüssige Anlage der Anschlagflächen in einer stabilen Position ausgerichtet sind;
f) die Staboberfläche (14) und die Anschlagflächen (12) jeder Stabanordnung (11) sind so ausgebildet und angeordnet, daß keine Hinterschneidung in einem willkürlich ausgewählten Teilbereich der Staboberfläche und der Anschlagflächen aus einer Richtung parallel zur Bearbeitungsrichtung sichtbar ist.
2. Ionenfilter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an jeder Stabanordnung (11) eine Anschlagfläche konvex und eine andere Anschlagfläche konkav ausgebildet ist und daß die konvexe Anschlagfläche (20, 21) der Stabanordnung (11) an einer konkaven Anschlagfläche (23, 24) einer benachbarten Stabanordnung (11) zur Anlage kommt.
3. Ionenfilter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die konkaven Anschlagflächen (23, 24) einen V-förmigen Querschnitt aufweisen und daß die konvexen Anschlagflächen (20, 21) zur Anlage an den konkaven Anschlagflächen (23, 24) passend ausgebildet sind.
4. Ionenfilter nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlagflächen (12) parallel und flach relativ zur Längsachse (15) ausgebildet sind.
5. Ionenfilter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die konvexen und konkaven Anschlagflächen (12) in einer Querschnittsebene der längsgeteilten Baugruppe bzw. Stabanordnungen (11) ausgebildet sind.
6. Ionenfilter nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
a) an jeder Stabanordnung (11) ist die konvexe Anschlagfläche (20, 21) auf einer bestimmten Seite der Staboberfläche (14) und benachbart zu letzterer angeordnet,
b) die konkave Anschlagfläche (23, 24) ist auf der anderen Seite der Staboberfläche (14) und benachbart zu letzterer angeordnet,
c) die Anschlagflächen und die Staboberflächen (14) aller Stabanordnungen (11) sind innerhalb der längsgeteilten Baugruppe entlang des Querschnitts, d.h. senkrecht zur Längsachse (15) mit Abstand zueinander angeordnet,
d) jede Stabanordnung (11) weist in Längsrichtung mehrere mit Abstand zueinander angeordnete Anschlagflächen auf.
7. Ionenfilter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlagflächen (12) jeder Stabanordnung aus benachbarten und gegeneinander abgewinkelten Teilflächen gebildet sind.
8. Ionenfilter nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilflächen (20, 21, 23, 24) einer Anschlagfläche (12) zueinander einen Winkel von 95° bis 175° aufweisen.
9. Ionenfilter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Staboberflächen (14) hyperbolische Querschnittskrümmungen aufweisen, und ebenso wie die Anschlagflächen (12) zueinander identisch sind, zur Bearbeitung aller Stabanordnungen (11) mit ein und derselben Werkzeugkontur.
10. Ionenfilter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß von den in direktem Kontakt miteinander stehenden Anschlagflächen zwischen zwei Stabanordnungen wenigstens eine der zu einer Stabanordnung gehörenden Anschlagflächen eine elektrische Isolierung zwischen den Stabanordnungen vorsieht.
11. Ionenfilter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stabanordnungen (11), mit Ausnahme eines elektrisch isolierenden Stückes, aus einer elektrisch leitenden Metallegierung bzw. Stahllegierung bestehen.

12. Ionenfilter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die gegen eine Stabanordnung (11) elektrisch isolierten Anschlagflächen (12) mit der genannten Stabanordnung (11) über Isolierstücke (17), insbesondere aus Quarz, verbunden sind.
- 5 13. Ionenfilter nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß weiterhin Auflagestücke (18) mit einem ersten Ende und einem zweiten Ende vorgesehen sind, wobei das erste Ende die Anschlagfläche ist und das zweite Ende klebend mit dem Isolierstück (17) verbunden ist.
- 10 14. Ionenfilter nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Isolierstück (17) und das Auflagestück (18) jeder Stabanordnung (11) mit Abstand zu dem Isolierstück und dem Auflagestück einer anderen Stabanordnung angeordnet sind und daß eine Mehrzahl von Isolierstücken und Auflagestücken mit Abstand entlang der Längsrichtung der Stabanordnung angeordnet sind.
- 15 15. Ionenfilter nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolierstücke (17) für die das Ionenfilter (10) passierenden Ionen, insbesondere - von einer Mittelachse (Längsachse 15) des Ionenfilters (10) aus gesehen - durch die Staboberflächen (14) verdeckt angeordnet sind.
- 20 16. Ionenfilter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlagflächen (12) jeder Stabanordnung (11) auf gegenüberliegenden Seiten der Staboberfläche (14) angeordnet sind und in Längsrichtung der Staboberfläche fluchten.
17. Ionenfilter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 16, gekennzeichnet durch eine Ausbildung als längsgeteilter Quadrupol mit vier zusammenzufügenden Stabanordnungen.
- 25 18. Ein Massenspektrometer mit einem Ionenfilter nach Anspruch 1, weiter umfassend eine Ionenquelle zur Bildung und Übergabe von Ionen an den Ionenfilter sowie eine Einrichtung zum Detektieren von Ionen.
- 30 19. Verfahren zur Herstellung eines Ionenfilters, insbesondere für ein Massenspektrometer oder Massenanalysator, mit einem längsgeteilten Körper zur Bildung mehrerer, langgestreckter und im wesentlichen gleich ausgebildeter Stabanordnungen (11), jeweils mit einer im Querschnitt etwa hyperbelförmigen oder ähnlich gekrümmten, langgestreckten und zum Innern des längsgeteilten Körpers gerichteten Staboberfläche (14) und mit Anschlagflächen (12) zur Anlage an entsprechenden Flächen der benachbarten Stabanordnungen, dadurch gekennzeichnet, daß die hyperbolische Staboberfläche (14) und die Anschlagflächen (12) einer jeden Stabanordnung (11) unter Anlage an einem gemeinsamen, entsprechend profilierten Werkzeug, insbesondere Schleifwerkzeug, auf ein definiertes Maß abgetragen werden, ohne daß eine Hinterschneidung gebildet wird.
- 35 20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Anschlagflächen (12) als Auflagestücke (18) jeweils mit Isolierstücken (17) und diese mit einer Stabanordnung (11) verbunden, insbesondere verklebt werden, und daß dann die gemeinsame Bearbeitung der hyperbolischen Staboberfläche (14) zusammen mit den (allen) Anschlagflächen (12) einer Stabanordnung (11) erfolgt.
- 40

Claims

- 45 1. Ion filter for a mass spectrometer or a mass analyser, having the following features:
- a) a longitudinally divided assembly having a central longitudinal axis has a plurality of elongate rod arrangements (11);
 - b) each one of the rod arrangements (11) has an elongate rod surface (14) which is rounded in cross-section;
 - c) the rod surface (14) extends in the direction of the longitudinal axis (15) with an imaginary processing direction (28) perpendicularly on a tip of the rounded rod surface;
 - d) each one of the rod arrangements (11) further has abutment surfaces (12), which are provided for connection with corresponding abutment surfaces (12) of adjacent rod arrangements (11);
 - e) in this case, the abutment surfaces (12) are designed so that the rod arrangements (11) are aligned relative to one another by a positive-fit resting of the abutment surfaces in a stable position;
 - f) the rod surface (14) and the abutment surfaces (12) of each rod arrangement (11) are designed and disposed so that no undercut is visible in an arbitrarily selected partial region of the rod surface and
- 50
- 55

of the abutment surfaces from a direction parallel to the processing direction.

2. Ion filter according to Claim 1, characterized in that on each rod arrangement (11) one abutment surface is designed to be convex and another abutment surface is designed to be concave, and in that the convex abutment surface (20, 21) of the rod arrangement (11) rests against a concave abutment surface (23, 24) of an adjacent rod arrangement (11).
5
3. Ion filter according to Claim 2, characterized in that the concave abutment surfaces (23, 24) have a V-shaped cross-section, and in that the convex abutment surfaces (20, 21) are designed to rest fittingly against the concave abutment surfaces (23, 24).
10
4. Ion filter according to Claim 2 or 3, characterized in that the abutment surfaces (12) are designed parallel and flat relative to the longitudinal axis (15).
- 15 5. Ion filter according to Claim 2, characterized in that the convex and concave abutment surfaces (12) are designed in a cross-sectional plane of the longitudinally divided assembly or rod arrangements (11).
6. Ion filter according to Claim 2, characterized by the following features:
20 a) on each rod arrangement (11) the convex abutment surface (20, 21) is disposed on a specified side of the rod surface (14) and adjacent to the latter,
 b) the concave abutment surface (23, 24) is disposed on the other side of the rod surface (14) and adjacent to the latter,
 c) the abutment surfaces and the rod surfaces (14) of all rod arrangements (11) are disposed within the longitudinally divided assembly along the cross-section, i.e. perpendicularly to the longitudinal axis (15) at a spacing from one another,
25 d) each rod arrangement (11) has, in the longitudinal direction, a plurality of abutment surfaces disposed at a spacing from one another.
7. Ion filter according to Claim 2, characterized in that the abutment surfaces (12) of each rod arrangement are formed from adjacent and mutually angled-off partial surfaces.
30
8. Ion filter according to Claim 7, characterized in that the partial surfaces (20, 21, 23, 24) of an abutment surface (12) have an angle of 95° to 175° to one another.
- 35 9. Ion filter according to Claim 1, characterized in that the rod surfaces (14) have hyperbolic cross-sectional curvatures, and, just like the abutment surfaces (12), are identical to one another, for the processing of all rod arrangements (11) with one and the same tool contour.
- 40 10. Ion filter according to Claim 1, characterized in that of the abutment surfaces, standing in direct contact with one another, between two rod arrangements, at least one of the abutment surfaces belonging to a rod arrangement provides an electrical insulation between the rod arrangements.
11. Ion filter according to Claim 1, characterized in that the rod arrangements (11), with the exception of an electrically insulating piece, comprise an electrically conductive metal alloy or steel alloy.
45
12. Ion filter according to one or more of Claims 1 to 11, characterized in that the abutment surfaces (12) electrically insulated from a rod arrangement (11) are connected to said rod arrangement (11) via insulating pieces (17), especially of quartz.
- 50 13. Ion filter according to Claim 12, characterized in that, furthermore, bearing pieces (18) having a first end and a second end are provided, the first end being the abutment surface and the second end being adhesively connected to the insulating piece (17).
- 55 14. Ion filter according to Claim 12 or 13, characterized in that the insulating piece (17) and the bearing piece (18) of each rod arrangement (11) are disposed at a spacing from the insulating piece and the bearing piece of another rod arrangement, and in that a plurality of insulating pieces and bearing pieces are disposed at a spacing along the longitudinal direction of the rod arrangement.

15. Ion filter according to one or more of Claims 12 to 14, characterized in that the insulating pieces (17) for the ions passing through the ion filter (10) are disposed to be masked especially - seen from a central axis (longitudinal axis 15) of the ion filter (10) - by the rod surfaces (14).
- 5 16. Ion filter according to Claim 1, characterized in that the abutment surfaces (12) of each rod arrangement (11) are disposed on opposite sides of the rod surface (14) and are in alignment in the longitudinal direction of the rod surface.
17. Ion filter according to one or more of Claims 1 to 16, characterized by a formation as longitudinally divided quadruple with four rod arrangements to be joined together.
18. Mass spectrometer having an ion filter according to Claim 1, further comprising an ion source for the formation and delivery of ions to the ion filter as well as a device for detecting ions.
- 15 19. Process for the manufacture of an ion filter, especially for a mass spectrometer or mass analyser, having a longitudinally divided body for the formation of a plurality of elongate and substantially identically designed rod arrangements (11), in each instance having a rod surface (14) which is approximately hyperbolic or similarly curved in cross-section and elongate and directed to the interior of the longitudinally divided body and having abutment surfaces (12) for resting against corresponding surfaces of the adjacent rod arrangements, characterized in that the hyperbolic rod surface (14) and the abutment surfaces (12) of each respective rod arrangement (11) are worn away to a defined dimension by resting against a common, appropriately profiled tool, especially grinding tool, without an undercut being formed.
- 20 20. Process according to Claim 19, characterized in that a part of the abutment surfaces (12) are connected, especially adhesively bonded, as bearing pieces (18) in each instance to insulating pieces (17), and the latter to a rod arrangement (11), and in that the common processing of the hyperbolic rod surface (14) then takes place together with the (all) abutment surfaces (12) of a rod arrangement (11).

30 Revendications

1. Filtre ionique pour un spectromètre de masse ou un analyseur de masse, présentant les propriétés suivantes :
 - a) un groupe de construction, divisé dans la longueur, avec un axe longitudinal médian, présente une pluralité de dispositifs à barre (11) allongés longitudinalement ;
 - b) chacun des dispositifs à barre (11) présente une surface de barre (14) allongée dans la direction longitudinale et à section transversale arrondie ;
 - c) la surface de barre (14) s'étend dans la direction de l'axe longitudinal (15) avec une direction d'usinage (28) imaginaire orienté perpendiculairement à une pointe de la surface de barre arrondie ;
 - d) chacun des dispositifs à barre (11) présente en outre des surfaces de butée (12) prévues pour assurer la liaison avec des surfaces de butée (12) correspondantes de dispositifs à barre (11) voisins ;
 - e) les surfaces de butée (12) sont réalisées de manière à ce que les dispositifs à barre (11) soient orientés les uns par rapport aux autres relativement en une position stable par un appui avec ajustement de forme des surfaces de butée ;
 - f) la surface de barre (14) et les surfaces de butée (12) de chaque dispositif à barre (11) sont réalisées et disposées de manière qu'aucune contre-dépouille ne soit visible dans une zone partielle choisie à volonté de la surface de barre et des surfaces de butée, en observant depuis une direction parallèle à la direction d'usinage.
- 50 2. Filtre ionique selon la revendication 1, caractérisé en ce que sur chaque dispositif à barre (11) est réalisée une surface de butée convexe et l'autre surface de butée est concave et en ce que la surface de butée convexe (20, 21) du dispositif à barre (11) vient en appui sur une surface de butée concave (23, 24) d'un dispositif à barre (11) voisin.
- 55 3. Filtre ionique selon la revendication 2, caractérisé en ce que les surfaces de butée concaves (23, 24) présentent une section transversale en V et en ce que les surfaces de butée convexes (20, 21) sont réalisées de manière adaptée pour offrir un appui sur les surfaces de butée concaves (23, 24).

4. Filtre ionique selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que les surfaces de butée (12) sont réalisées parallèles et plates par rapport à l'axe longitudinal (15).
5. Filtre ionique selon la revendication 2, caractérisé en ce que les surfaces de butée convexes et les surfaces de butée concaves (12) sont réalisées dans un plan de section transversale du groupe ou des dispositifs à barre (11) divisés dans la direction longitudinale.
6. Filtre ionique selon la revendication 2, caractérisé par les propriétés suivantes :
 - a) sur chaque dispositif à barre (11), la surface de butée convexe (20, 21) est réalisée sur une face déterminée de la surface de barre (14) et au voisinage de cette dernière,
 - b) la surface de butée concave (23, 24) est disposée sur l'autre face de la surface de barre (14) et au voisinage de cette dernière,
 - c) les surfaces de butée et les surfaces de barre (14) de tous les dispositifs à barre (11) sont disposées à l'intérieur du groupe de construction divisé dans la direction longitudinale, le long de la section transversale, c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe longitudinal (15), à distance les unes des autres,
 - d) chaque dispositif à barre (11) présente dans la direction longitudinale plusieurs surfaces de butée disposées à distance les unes des autres.
7. Filtre ionique selon la revendication 2, caractérisé en ce que les surfaces de butée (12) de chaque dispositif à barre sont constituées de faces partielles voisines et orientées les unes par rapport aux autres en suivant des angles.
8. Filtre ionique selon la revendication 7, caractérisé en ce que les faces partielles (20, 21, 23, 24) d'une face de butée (12) présentent les unes par rapport aux autres un angle de 95° à 175°.
9. Filtre ionique selon la revendication 1, caractérisé en ce que les surfaces de barre (14) présentent des courbures de section transversale d'allure hyperbolique et comme les surfaces de butée (12) sont identiques les unes les autres, pour effectuer l'usinage de tous les dispositifs à barre (11) avec un seul et même contour d'outil.
10. Filtre ionique selon la revendication 1, caractérisé en ce que des surfaces de butée placées en contact direct les unes avec les autres, entre deux dispositifs à barre, au moins l'une des surfaces de butée appartenant à un dispositif à barre prévoit une isolation électrique entre les dispositifs à barre.
11. Filtre ionique selon la revendication 1, caractérisé en ce que les dispositifs à barre (11), à l'exception d'une pièce isolante de l'électricité, sont constitués d'un alliage métallique, respectivement d'un alliage d'acier, conducteur de l'électricité.
12. Filtre ionique selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les surfaces de butée (12) isolées électriquement vis-à-vis d'un dispositif à barre (11) sont reliées au dispositif à barre (11) cité par l'intermédiaire de pièces isolantes (17), en particulier en quartz.
13. Filtre ionique selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'en outre sont prévues des pièces de pose (18) avec une première extrémité et une deuxième extrémité, la première extrémité étant la surface de butée et la deuxième extrémité étant reliée de façon adhésive à la pièce isolante (17).
14. Filtre ionique selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce que la pièce isolante (17) et la pièce de pose (18) de chaque dispositif à barre (11) sont disposées à distance de la pièce isolante et de la pièce de pose d'un autre dispositif à barre et en ce qu'une pluralité de pièces isolantes et de pièces de pose sont disposées à distance selon la direction longitudinale du dispositif à barre.
15. Filtre ionique selon l'une ou plusieurs des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que les pièces isolantes (17) destinées aux ions passant dans le filtre ionique (10), en particulier sont disposées de façon cachée par les surfaces de barre (14) - en observant depuis un axe médian (axe longitudinal (15)) du filtre ionique (10).
16. Filtre ionique selon la revendication 1, caractérisé en ce que les surfaces de butée (12) de chaque dispositif à barre (11) sont disposées sur des côtés opposés de la surface de barre (14) et sont alignées

dans la direction longitudinale de la surface de barre.

17. Filtre ionique selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 16, caractérisé par une réalisation sous forme de quadripôle divisé en longueur avec quatre dispositifs à barre à assembler.
18. Spectromètre de masse comportant un filtre ionique selon la revendication 1, comprenant en outre une source d'ions destinée à former et transférer des ions sur le filtre ionique ainsi qu'un dispositif pour la détection des ions.
19. Procédé de fabrication d'un filtre ionique, en particulier pour un spectromètre de masse ou un analyseur de masse, avec un corps divisé longitudinalement pour constituer plusieurs dispositifs à barre (11) s'étendant dans la direction longitudinale et sensiblement identiques, chacun avec une surface de barre (14) à section transversale à peu près de forme hyperbolique ou bien d'incurvation analogue, étendue dans la direction longitudinale et orientée vers l'intérieur du corps divisé dans la direction longitudinale et avec des surfaces de butée (12) pour l'appui sur des surfaces correspondantes des dispositifs à barre voisins, caractérisé en ce que la surface de barre (14) hyperbolique et les surfaces de butée (12) de chaque dispositif à barre (11) sont usinées à une cote définie par enlèvement de matière, sans que soit constitué de contre-dépouille, avec appui sur un outil commun à profil correspondant, en particulier un outil de meulage-rectification.
20. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce qu'une partie des surfaces de butée (12) est reliée à titre de pièces de repos (18) chaque fois à des pièces isolantes (17) et celles-ci sont reliées à un dispositif à barre (11), en particulier par collage, puis l'usinage commun de la surface de barre (14) hyperbolique est effectué conjointement avec les (la totalité des) surfaces de butée (12) d'un dispositif à barre (11).

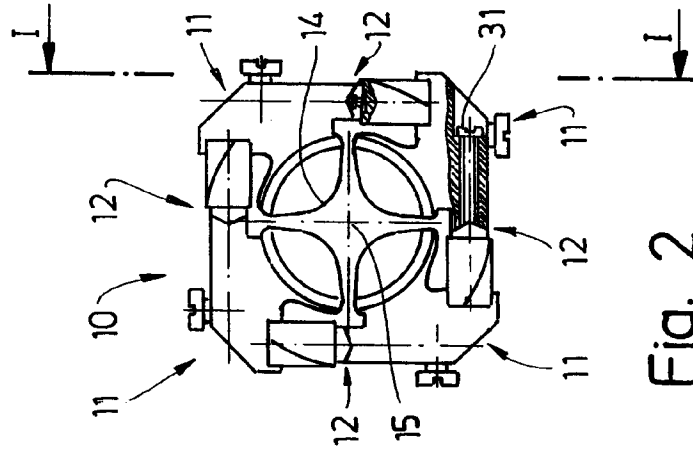


Fig. 2

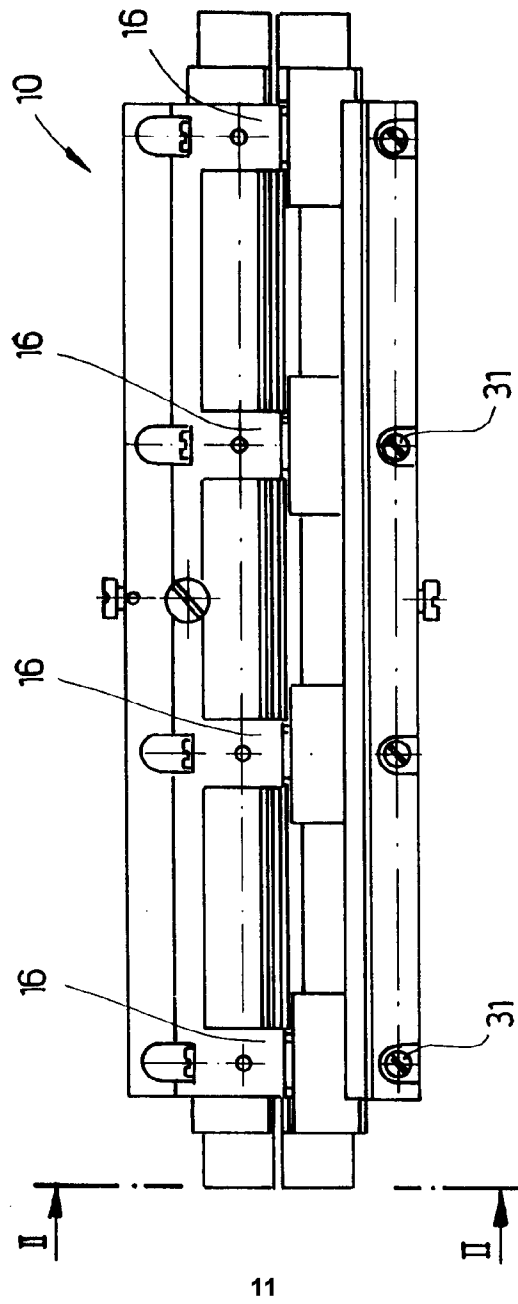


Fig. 1

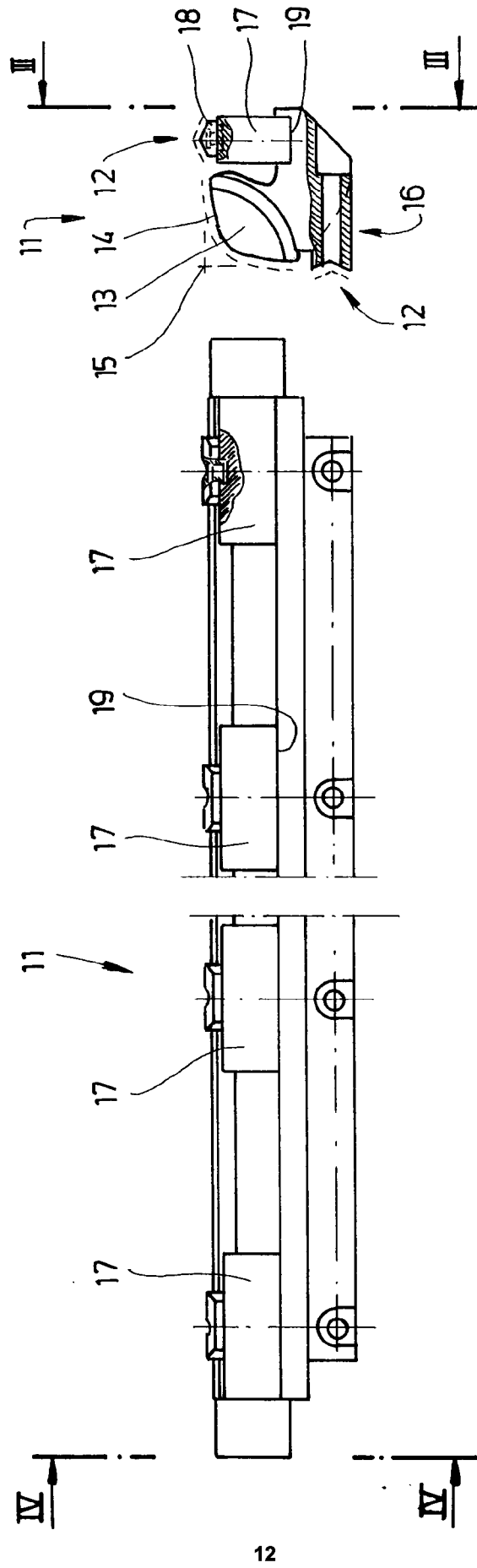


Fig. 3

Fig. 4

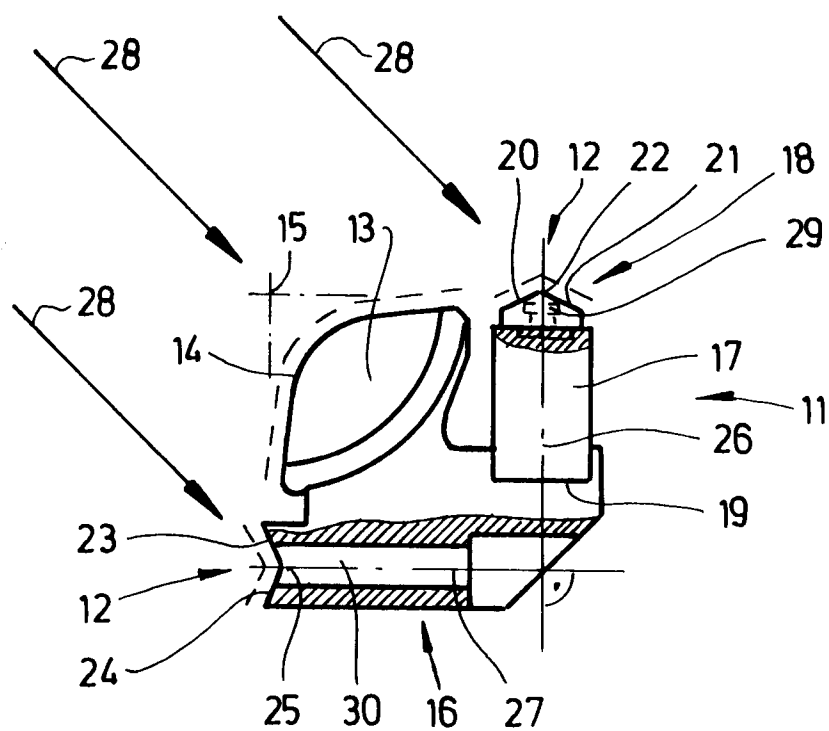


Fig. 5