



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 505 855 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
09.02.2005 Patentblatt 2005/06

(51) Int Cl.7: **H05H 7/22, H05H 9/00**

(21) Anmeldenummer: **04015387.6**

(22) Anmeldetag: **30.06.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

(72) Erfinder:
• **Schlitt, Bernhard**
64291 Darmstadt (DE)
• **Ratzinger, Ulrich**
64331 Weiterstadt (DE)

(30) Priorität: **22.07.2003 DE 10333454**

(74) Vertreter: **Boeters, Hans Dietrich, Dr. et al**
Boeters & Lieck,
Bereiteranger 15
81541 München (DE)

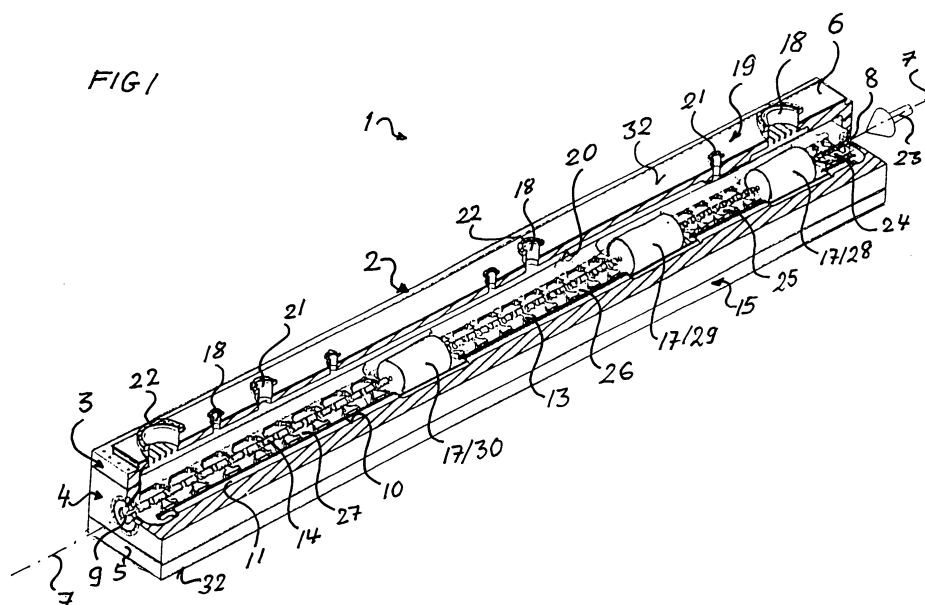
(71) Anmelder: **Gesellschaft für
Schwerionenforschung mbH**
64291 Darmstadt (DE)

(54) **Driftröhrenbeschleuniger zur Beschleunigung von Ionenpaketen**

(57) Die Erfindung betrifft einen Driftröhrenbeschleuniger (1) zur Beschleunigung von Ionenpaketen in Ionenstrahlbeschleunigungsanlagen, wobei ein Gehäuse (2) aus einem längsgeteilten dreiteiligen Vakuumtank (3) besteht, der ein Mittelstück (4) und eine untere Halbschale (5) aus einem strukturierten unteren Stahlblock (15) und eine obere Halbschale (6) aus einem strukturierten oberen Stahlblock (19) aufweist. (Die zwischen Mittelstück (4) und den strukturierten Stahlblöcken (15, 19) angeordnete Kavität weist mindestens zwei Beschleunigungsbereiche (24, 25) auf, zwischen denen eine magnetische Fokussiereinrichtung

(17) angeordnet ist, welche den Ionenstrahl von einem Bereich (24) zum nächsten Bereich (25) fokussiert.)

Der erfindungsgemäße Driftröhrenbeschleuniger (1) weist einen derart stabilen und massiven Aufbau auf, dass er keinerlei äußere Stützhilfen benötigt, um eine sichere und auf wenige Mikrometer genaue Ausrichtung der Beschleunigungskomponenten innerhalb des Driftröhrenbeschleunigers (1) auf die ionenstrahlführende Längsachse (7) des Mittelstückes (4) zu erreichen. Die massive Struktur des erfindungsgemäßen Driftröhrenbeschleunigers (1) kann allgemein für jeden Linearbeschleuniger eingesetzt werden.



EP 1 505 855 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Driftröhrenbeschleuniger zur Beschleunigung von Ionenpaketen in Ionenstrahlbeschleunigungsanlagen. Der Driftröhrenbeschleuniger ist vom IH-Typ und weist ein Gehäuse aus einem längsgeteilten dreiteiligen Vakuumtank auf. Dieser Vakuumtank besteht aus einem Mittelstück, einer unteren Halbschale und einer oberen Halbschale. Das Mittelstück besitzt auf seiner ionenstrahlführenden Längsachse eine Eintrittsöffnung und eine Austrittsöffnung für die Ionenpakete. Ferner hat das Mittelstück auf seinen gegenüberliegenden Innenwänden Längsrippen, die parallel zur Längsachse ausgerichtet sind. An den Längsrippen sind alternierend Driftröhrhalter angeordnet, welche ihrerseits Driftröhrstücke coaxial zur ionenstrahlführenden Längsachse halten. Das Mittelstück mit den Driftröhrhaltern ist abnehmbar auf der unteren Halbschale montiert und wird von der oberen Halbschale abnehmbar bedeckt.

[0002] Ein derartiger IH-Driftröhrenbeschleuniger ist aus der Druckschrift U. Ratzinger, "IH-Structure and its capability to accelerate high current beams", Proceedings of the High IEEE Particle Accelerator Conference (PAC91), San Francisco, 1991 (IEEE Service Center Piscataway, N.J., 1991) Seiten 567 bis 571, bekannt. Derartige Driftröhrenbeschleuniger aus einem Mittelstück und einer oberen und einer unteren Halbschale mit einem halbzyklrischen Querschnitt der beiden Halbschalen haben den Nachteil, dass der Tank in der Ebene des Mittelstücks beim Evakuieren aufgrund der radial nach innen wirkenden Kräfte, die beim Evakuieren des Tanks durch die Druckdifferenz zwischen Umgebung und Tankinnerem verursacht werden, um bis zu mehreren Millimetern in seinem Durchmesser schrumpft, wenn die Innenhöhe des Vakuumtanks größer ist als der innere Abstand der Innenwände des Mittelstücks, zumal wenn ein großes Länge zu Durchmesser Verhältnis bei derartigen Vakuumtanks für IH-Driftröhrenbeschleuniger vorliegt. Dies verursacht eine Fehljustage der von den gegenüberliegenden Längsrippen des Mittelrahmens gehaltenen Driftröhrhalter und der von diesen gehaltenen Driftröhrstücken gegeneinander und gegenüber der ionenstrahlführenden Längsachse des Mittelstücks.

[0003] Um dieses Schrumpfen des Tankdurchmessers in der Ebene des Mittelrahmens und die dadurch verursachte Fehljustage der Driftröhrstücke zu verringern werden die Mittelstücke dieser IH-Driftröhrenbeschleuniger herkömmlicher Bauart durch einen äußeren Stützrahmen formstabil gehalten. Derartige kostenintensive Stützrahmen erfordern eine aufwendige Montage und Demontage der Kavität in dem Stützrahmen, wobei der Stützrahmen selbst wiederum eine Fehlerquelle darstellt, die ebenfalls zu einer Fehljustage der Driftröhrenstruktur führen kann, wenn der Mittelrahmen nicht exakt genug in dem Stützrahmen gehalten wird.

[0004] Ein weiteres Problem bei derartigen IH-Drift-

röhrenbeschleunigern stellt das Einbringen zusätzlicher Abstimmkörper dar, was insbesondere bei einer im Verhältnis zu ihrem Durchmesser sehr langen Driftröhrenbeschleunigerkavität zur Erzielung der erforderlichen elektrischen Feldverteilung entlang der ionenstrahlführenden Längsachse notwendig sein kann. Beim Einbringen zusätzlicher Abstimmkörper in herkömmliche Halbschalen ist ein ausreichender Hochfrequenzund Wärmekontakt zwischen den einzubringenden Körpern und den Halbschalen bei einem halbzyklrischen Querschnitt der Halbschalen nur schwer erreichbar. Da die Hochfrequenzleistungsverluste an den inneren Tankoberflächen auftreten, würden die eingebrachten Körper aufgrund des schlechten Wärmekontaktes stark erhitzt werden. Dies kann sowohl zu einer elektrischen Verstimmung der Kavität während des Betriebs als auch zu Schäden an der Kavität aufgrund thermischer Spannungen und Überhitzung führen.

[0005] Teilweise werden derartige IH-Driftröhrenbeschleuniger mit bis zu zwei integrierten magnetischen Quadrupol-Triplettlinsen zur transversalen Fokussierung der Ionenstrahlen ausgestattet, wobei die Stützen dieser Quadrupol-Triplettlinsen nicht von dem Vakuumtank getragen werden, sondern über Membranbälge aus dem Vakuumtank herausgeführt und in einem äußeren Tankuntergestell abgestützt werden, so dass bereits beim Evakuieren des Vakuumtanks durch die dabei auftretenden Evakuierungskräfte Fehljustagen auftreten können. Ferner ist eine derartige Abstützung der eingebrachten Quadrupol-Triplettlinsen auf einem äußeren Tankuntergestell sehr kostenintensiv und erfordert eine aufwendige Montage.

[0006] Ein weiterer Nachteil herkömmlicher IH-Driftröhrenbeschleuniger ergibt sich bei einer sehr starken Zunahme der Ionengeschwindigkeit entlang des Driftröhrenbeschleunigers, wodurch bei konstanter Betriebsfrequenz des Driftröhrenbeschleunigers und gleichbleibender Spaltgeometrie eine starke Abnahme der auf die Längeneinheit bezogenen Kapazität der Driftröhrenstruktur entlang des Beschleunigers verursacht wird. Bei der Beschleunigung von Ionen nimmt nämlich die Ionengeschwindigkeit entlang des Driftröhrenbeschleunigers stetig zu. Der Mittenabstand zwischen benachbarten Driftröhrstücken wächst deshalb ebenfalls entlang des Beschleunigers an, was bei einer gleichbleibenden Geometrie der Beschleunigungsspalte zwischen den Driftröhrstücken zu einer erheblichen Abnahme der auf die Längeneinheit bezogenen Kapazität der Driftröhrenstruktur führt.

[0007] Soll nun eine einzelne Driftröhrenbeschleunigerkavität zur Abdeckung eines sehr großen Zuwachses der Ionengeschwindigkeit verwendet werden, so besteht das Problem diese Abnahme der auf die Längeneinheit bezogenen Kapazität der Driftröhrenstruktur zu kompensiert, um die Grundmode der Kavität anregen zu können. Dieses Problem konnte bei herkömmlichen IH-Driftröhrenbeschleunigern bisher nicht innerhalb einer einzelnen Driftröhrenbeschleunigerkavität gelöst

werden, vielmehr werden bisher zur Abdeckung eines sehr großen Zuwachses der Ionengeschwindigkeit mehrere Driftröhrenbeschleunigerkavitäten hintereinander gereiht, was sehr aufwendig und sehr kostenintensiv ist.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Driftröhrenbeschleuniger zur Beschleunigung von Ionenpaketen anzugeben mit dem die oben angegebenen Probleme gelöst werden können und die Nachteile von bekannten Driftröhrenbeschleunigern überwunden werden und ihre Einsatzbereiche und Randparameter erweitert werden. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung die Investitionskosten eines Driftröhrenbeschleunigers zu vermindern und seine Wirtschaftlichkeit zu erhöhen.

[0009] Diese Aufgabe wird mit dem Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0010] Erfindungsgemäß ist der oben beschriebene Driftröhrenbeschleuniger dadurch gekennzeichnet, dass die untere Halbschale einen strukturierten unteren Stahlblock aufweist, der einen teilweise ebenen Innenboden besitzt, auf dem vorzugsweise Fokussiereinrichtungen, Vakuumdurchführungen und/oder Abstimmelemente vorgesehen werden können. Ferner ist die Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass die obere Halbschale einen strukturierten oberen Stahlblock aufweist, der eine teilweise ebene innere Abdeckfläche vorzugsweise mit Öffnungen für Vakuumdurchführungen aufweist, wobei auf den ebenen Bereichen der Abdeckfläche Abstimmelemente vorgesehen werden können.

Die erfindungsgemäße Lösung hat den Vorteil, dass auf einen Stützrahmen verzichtet werden kann, weil der erfindungsgemäße Driftröhrenbeschleuniger aufgrund der strukturierten oberen und unteren massiven Stahlblöcke, welche die konventionellen Halbschalen ersetzen, eine Eigenstabilität besitzt, welche einen äußeren Stützrahmen entbehrlich machen und eine Fehljustage der Driftröhrestücke gegeneinander und gegenüber der ionenstrahlführenden Längsachse des Mittelstücks sicher verhindern. Darüber hinaus hat der erfindungsgemäße Driftröhrenbeschleuniger den Vorteil, dass der strukturierte untere Stahlblock einen teilweise ebenen Innenboden aufweist, auf dem zusätzliche den Ionenstrahl beeinflussende Komponenten innerhalb der Kavität des Vakuumtanks vorteilhaft fixiert werden können, so dass Fehljustagen, die bisher zwischen den von dem äußeren Untergestell getragenen Komponenten wie Triplettlinsen und den von den Innenwänden der Kavität gehaltenen Komponenten wie Driftröhrestrücken nicht mehr auftreten können, da sämtliche in der Kavität des Vakuumtanks angeordnete Zusatzkomponenten, wie Fokussiereinrichtungen und Abstimmelemente auf ebenen Teilstücken des Innenbodens angeordnet und abgestützt werden können.

[0011] In einer Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Vakuumtank mindestens 2 innere Bereiche aufweist, in denen die Driftröhre mit alternie-

rend angeordneten Driftröhrehalter angeordnet sind, wobei zwischen den Bereichen jeweils ein spezielles Driftröhre enthaltend eine Fokussiereinrichtung zur transversalen Fokussierung der Ionenstrahlen stehend auf dem teilweise ebenen Innenboden des unteren strukturierten Stahlblockes derart angeordnet ist, dass es die Längsachse des Mittelstücks umschließt. Diese Ausführungsform der Erfindung hat den Vorteil, dass Nachjustagen der mindestens einen Fokussiereinrichtung weitestgehend vermieden werden, da die Fokussiereinrichtung nicht auf einem von der Driftröhreanordnung unabhängigen äußeren Tankuntergestell gehalten wird, sondern sich innerhalb der Kavität des Driftröhrenbeschleunigers auf einem ebenen Abschnitt des Innenbodens eines strukturierten massiven unteren Stahlblocks abstützt, der die bekannte untere Halbschale in vorteilhafterweise ersetzt.

[0012] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass als Fokussiereinrichtungen Quadrupolmagnete enthalten sind, die als Singulets oder als Multiplets in den speziellen Driftröhren angeordnet sind. Diese Ausführungsform der Erfindung hat den Vorteil, dass bewährte Komponenten magnetischer Linsen zum Einsatz kommen.

[0013] Ferner ist erfindungsgemäß für eine weitere Ausführungsform vorgesehen, dass der strukturierte untere Stahlblock oder der strukturierte obere Stahlblock oder der strukturierte untere und obere Stahlblock entlang der Fokussiereinrichtungen einen veränderten Querschnitt aufweisen als entlang der Bereiche, in denen die Driftröhre mit alternierend angeordneten Driftröhrehaltern angeordnet sind. Diese Anpassung des Querschnitts der Kavität im Bereich der Fokussiereinrichtungen hat den Vorteil einer Teilkompensation des Stützensvolumens, ohne dass die elektrische Feldverteilung entlang der Längsachse des Driftröhrenbeschleunigers verstimmt wird.

[0014] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Driftröhre mit alternierend angeordneten Driftröhrehaltern mit in Strahlrichtung zunehmenden Mittenabständen angeordnet sind. Damit wird vorteilhaft die zunehmende Geschwindigkeit der Ionenpakete beim Durchlaufen durch den Driftröhrenbeschleuniger berücksichtigt.

Weiterhin ist es vorgesehen, dass der strukturierte untere Stahlblock oder der strukturierte obere Stahlblock oder der strukturierte untere und der obere Stahlblock Kavitäten aufweisen, die den Querschnitt des Vakuumtanks in bestimmten Abschnitten erweitern. Damit ist der Vorteil verbunden, dass die Abnahme der auf die Längeneinheit bezogenen Kapazität der Driftröhrenstruktur weitestgehend und fertigungstechnisch kostengünstig kompensiert werden kann und bei Fehlanpassungen eine kostengünstige Nachbearbeitung möglich ist, um die Grundmode der Kavität anregen zu können.

[0015] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist es ferner vorgesehen, dass der strukturierte untere Stahlblock oder der strukturierte obere Stahl-

block oder der strukturierte untere und der obere Stahlblock Kavitäten aufweisen, die den Querschnitt des Vakuumtanks in bestimmten Abschnitten stufenweise erweitern. Eine stufenweise Erweiterung des Kavitätsquerschnittes hat den Vorteil, dass sie fertigungstechnisch in die massiven unteren und oberen Stahlblöcke kostengünstig eingearbeitet werden kann und bei Fehlanpassungen eine kostengünstige Nachbearbeitung möglich ist, um eine sehr starke Abnahme der auf die Längeneinheit bezogenen Kapazität der Driftröhrenstruktur kostengünstig zu kompensieren, und um die Grundmode der Kavität anregen zu können.

[0016] Weiterhin ist es möglich dass auf dem teilweise ebenen Innenboden des strukturierten unteren Stahlblocks oder auf der teilweise ebenen inneren Abdeckfläche des strukturierten oberen Stahlblocks oder auf dem teilweise ebenen Innenboden des strukturierten unteren Stahlblocks und auf der teilweise ebenen inneren Abdeckfläche des strukturierten oberen Stahlblocks zusätzliche Abstimmelemente angeordnet sind. Damit ist der Vorteil verbunden, dass auf den ebenen Innenflächen des Vakuumtanks ein sehr guter Hochfrequenz und Wärmekontakt zwischen den Abstimmelementen bzw. den Abstimmkörpern und den wassergekühlten massiven Halbschalen erreicht werden kann und dadurch auch die Abstimmelemente ausreichend gekühlt werden, wodurch Schäden an der Kavität aufgrund thermischer Spannungen und Überhitzung vermieden werden.

[0017] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, dass die alternierend angeordneten Driftröhrhalter in Längsnuten parallel zur Längsachse in den Längsrippen des Mittelstücks geführt werden. Eine derartige Längsnut erhöht die präzise Ausrichtung der Driftröhrstücke koaxial zur Strahlrichtung und lässt eine Feinanpassung des Mittenabstandes der Driftröhrstücke an die zunehmende Gewindigkeit der beschleunigten Ionenpakete durch Verschieben der Driftröhrhalter in den Längsnuten zu. Weiterhin ist vorgesehen, dass die Längsrippen in Längsrichtung einen Kühlwasserkanal aufweisen. Dieser Kühlwasserkanal hat den Vorteil, dass er unmittelbar die Längsrippe, an der die Driftröhrhalter befestigt sind, kühlt und somit Wärme unmittelbar von der Innenwand des Mittelstücks abführen kann.

[0018] Weiterhin ist es von Vorteil, wenn das Mittelstück in den Stirnseiten weitere Kühlwasserkanäle aufweist, so dass die massive Wandung der Stirnseite des Mittelstücks ebenfalls zur aktiven Wärmeabfuhr beitragen, und damit eine thermische Dejustage durch thermische Verspannung der Komponenten des Driftröhrenbeschleunigers insbesondere der Eintrittsöffnung und der Austrittsöffnung an den Stirnseiten nicht auftritt.

[0019] Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass der strukturierte untere und der obere Stahlblock Kühlwasserführungen, die auf ihren Außenflächen angeordnet sind, aufweisen. Derartige Kühlwasserführungen sind kostengünstig herzu-

stellen und außerdem betriebssicher, da sie außerhalb der Kavität angeordnet sind und der Außenform der Stahlblöcke angepaßt werden können.

[0020] Für eine weitere Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass der strukturierte untere und der obere Stahlblock Mindestwandstärken von 10 mm aufweisen, wobei innerhalb dieser Wandstärke Kühlwasserkanäle dort vorgesehen sind, wo sie in Bezug auf die Festigkeit keine Schwachstellen verursachen.

[0021] Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, dass die Beschleunigung der Ionen von der Injektionsenergie an der Eintrittsöffnung des Mittelstücks zu der Austrittsöffnung von 400 keV/u auf 7 MeV/u beschleunigt werden. Dazu weist der IH-Driftröhrenbeschleuniger der vorliegenden Erfindung eine Länge von 3,77 m auf. Die Geschwindigkeit der Ionen wächst bei deren Beschleunigung in dem IH-Driftröhrenbeschleuniger der vorliegenden Erfindung von etwa 2,9% der Lichtgeschwindigkeit auf etwa 12,2% der Lichtgeschwindigkeit an. Analog nimmt auch die Schrittweite beziehungsweise der Mittenabstand der Driftröhre bzw. der Driftröhrstücke entlang des IH-Beschleunigers etwa um einen Faktor 4 zu.

[0022] Darüber hinaus ist in dem erfindungsgemäßen IH-Driftröhrenbeschleuniger eine Kompensation der Abnahme der auf die Längeneinheit bezogenen Kapazität der Driftröhrenstruktur in einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen. Dazu weisen der strukturierte untere und der obere Stahlblock Kavitäten in den einzelnen Bereichen auf, bei denen der Querschnitt des Vakuumtanks in bestimmten Abschnitten erweitert ist. Somit wird die Abnahme der auf die Längeneinheit bezogenen Kapazität der Driftröhrenstruktur durch den sich erweiternden Querschnitt kompensiert, wodurch in vorteilhafter Weise die Grundmode der Kavität angeregt werden kann.

[0023] Der Vakuumtank weist in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vier innere Bereiche auf, in denen die Driftröhrstücke mit in Strahlrichtung zunehmender Schrittweite angeordnet sind, wobei zwischen den Bereichen drei Triplettlinsen zur Fokussierung der Ionenstrahlen von Bereich zu Bereich stehend auf den ebenen Abschnitten des Innenbodens des strukturierten unteren Stahlblocks derart angeordnet sind, dass sie die Längsachse des Mittelstücks umschließen.

[0024] Der erfindungsgemäß Einsatz von nur einer Driftröhrenbeschleunigerkavität für vier innere Beschleunigungsbereiche, insbesondere bei der für Ionenbeschleuniger vergleichsweise hohen Betriebsfrequenz von etwa 217 MHz führt im Vergleich zu herkömmlichen Anlagen zu einer sehr langen Kavität im Verhältnis zum Innendurchmesser. Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen IH-Driftröhrenbeschleunigers beträgt die Innenhöhe der IH-Kavität nur 340 mm, während die Innenlänge mit 3718 mm ein Verhältnis von Innenhöhe zu Innenlänge von etwa 1:11 darstellt. Dieses Ver-

hältnis der Innenmaße würde die HF-Abstimmung der Kavität erheblich erschweren, wenn mit herkömmlichen Bautypen gearbeitet wird.

[0025] Es kann jedoch die HF-Abstimmung der Kavität durch die anpassbare mechanische Konstruktion des erfindungsgemäßen Driftröhrenbeschleunigers erheblich erleichtert werden. Durch das Vorsehen eines teilweise ebenen Innenbodens ist es möglich, auf einfache Weise eine Integration von Abstimmeelementen bereits während der Herstellung der Kavität und auch zum nachträglichen Einbau von Abstimmkörpern vorzusehen. So ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der strukturierte untere und obere Stahlblock in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung Kavitäten aufweisen, die den Querschnitt des Vakuumtanks in bestimmten Abschnitten stufenweise für die einzelnen Bereiche erweitern.

[0026] Somit wird eine Hochfrequenzkavität für eine Resonanzfrequenz von etwa 217 MHz erreicht, die eine geschätzte Güte des Resonators von 12000 bis 15000 aufweist. Die Kavität selbst wird im Pulsbetrieb mit einer HF-Pulsdauer von 0,5 ms und einer Puls wiederholrate von 10 Hz betrieben, was einem Tastverhältnis von maximal etwa 0,5% entspricht. Der geschätzte HF-Pulsleistungsbedarf in Form von Verlustleistung der Kavität beträgt ca. 1,0 bis 1,1 MW, was in einer mittleren thermischen Leistungsaufnahme von maximal etwa 5 bis 6 kW resultiert. Die dabei an den Tank abgegebene thermische Energie wird durch eine effektive Wasserkühlung einerseits der Längsrippen in dem Mittelteil und andererseits der äußeren Oberflächen der strukturierten oberen und unteren Stahlblöcke erreicht.

[0027] Der Vakuumtank besteht aus drei Hauptteilen, die alle drei somit wassergekühlt sind, nämlich dem Mittelstück und den unteren und oberen Halbschalen in Form von strukturierten unteren und oberen Stahlblöcken. Das Mittelstück trägt die Driftröhrenstruktur mit beispielsweise zweiundfünfzig Driftröhrestücken mit jeweils individueller Länge. Die Driftröhrestücke sind in den oben erwähnten vier Bereichen angeordnet. Diese vier Driftröhrenbereiche werden durch drei integrierte Quadropol-Triplettlinsen miteinander gekoppelt. In jedem der Bereiche wird ein anderer Driftröhrentyp eingesetzt. Die einzelnen Driftröhrentypen unterscheiden sich in ihren Durchmessern. Die Driftröhren werden von Driftröhrenhaltern getragen, die mit den Driftröhren verlötet sind.

[0028] Die Driftröhrenhalter mit den angelöteten Driftröhren sind nicht direkt wassergekühlt, sondern sie werden in eine Längsnut der wassergekühlten Längsrippe des Mittelteils eingebracht. Somit sind sie über die Wärmeleitung des wassergekühlten Mittelrahmens gekühlt und sind zur Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit aus SE-Kupfer gefertigt. Die Driftröhrenhalter werden in die Längsrippen des Mittelrahmens in einer Längsnut angeordnet und fixiert. Der Mittelrahmen mit der Driftröhrenstruktur bildet eine horizontale Ebene und ist Teil des Mittelstückes. Die untere und obere Tankhalbschale wird erfindungsgemäß durch strukturierte obere und un-

tere Stahlblöcke realisiert, die aus massiven Stahlblöcken gefertigt sind. Zur Kühlung dieser beiden strukturierten Stahlblöcke können Kühlkanäle von 270 mm Breite und 4 mm Höhe auf den Außenseiten der strukturierten Stahlblöcke angeordnet werden.

[0029] Die Innenseiten der Stahlblöcke weisen plane Ausfräsungen auf. Diese planen Ausfräsungen haben unterschiedliche Tiefen in den unterschiedlichen vier Beschleunigungsbereichen, so dass der Querschnitt stufenweise an die auf die Längeneinheit bezogene Kapazität der Driftröhrenstruktur angepasst ist. Zumindest wird damit eine Teilkompensation der Abnahme der auf die Längeneinheit bezogenen Kapazität der Driftröhrenstruktur entlang der IH-Kavität erreicht.

[0030] An die untere Tankhalbschale und auf den ebenen Abschnitten des Innenbodens sind die oben erwähnten drei großen Fokussiereinrichtungen angeflanscht, die jeweils eine magnetische Quadropol-Triplettlinse enthalten. Entlang dieser Triplettlinsen weist der untere strukturierte Stahlblock einen angepassten Querschnitt zur Teilkompensation des für die Ausrichtung der Triplettlinsen erforderlichen Abstützung auf dem Innenboden auf.

[0031] Zusammenfassend ergeben sich die nachfolgenden Vorteile der Erfindung.

1. Wegen der mechanisch sehr steifen Konstruktion der Tankhalbschalen in Form von oberen und unteren strukturierten massiven Stahlblöcken und einem annähernd quadratischen Querschnitt der Kavität kann auf aufwendige äußere Stützrahmen zur Kompensation von Evakuierungskräften verzichtet werden.

2. Eine Teilkompensation der Abnahme der auf die Längeneinheit bezogenen Kapazität der Driftröhrenstruktur entlang der IH-Kavität kann durch die Änderung der Querschnittsfläche der Kavität kompensiert werden, indem ein spezielles Längsprofil in die strukturierten oberen und unteren Stahlblöcke eingearbeitet wird. Dieses kann fertigungstechnisch kostengünstig realisiert werden.

3. Eine nachträgliche Korrektur der Feldverteilung der IH-Kavität wird durch den erfindungsgemäßen Aufbau vereinfacht. Zum einen kann die Kontur der Halbschalen durch Nachfräsen der strukturierten Stahlblöcke optimiert werden und zum anderen können zur Feinabstimmung nachträglich Abstimmblöcke auf den ebenen inneren Oberflächen der massiven strukturierten Stahlblöcke eingebracht werden. Die planen Kontaktflächen bieten dabei einen sehr guten Hochfrequenz- und Wärmekontakt, der bei herkömmlichen halbzyklindrischen oberen und unteren Halbschalen Probleme bereitet.

4. Wegen der mechanisch sehr steifen Konstruktion

der strukturierten unteren und oberen Stahlblöcke können die magnetischen Quadropol-Triplettlinsen direkt in die Mitte der Stahlblöcke eingeschraubt werden und benötigen keine externen Stützen und keine externen Justagevorrichtungen.

5. Eine nachträgliche Korrektur der Triplettachse ist durch eine mechanische Nachbearbeitung einer zusätzlich eingefügten planen Abstimmplatte möglich, wobei eine Genauigkeit von wenigen Mikrometern erreicht werden kann. Dieses ist technisch eine einfachere und preiswertere Lösung als im Stand der Technik, bei der eine Linsenaufhängung außerhalb des Vakuumtanks in dem Tankuntergestell realisiert wird.

6. Eine verbesserte Genauigkeit kann bei der Justage der Triplettlinsen erreicht werden. Die maximale Abweichung der Triplettachse zur Strahlachse ist mit 0,05 mm entlang der gesamten Triplettlänge mit Hilfe der erfindungsgemäßen Konstruktion erreichbar.

7. Schließlich kann die Kavität beliebig oft geöffnet werden, indem der strukturierte obere Stahlblock abgenommen wird, ohne dass eine aufwendige Nachjustage der Triplettlinsen erforderlich ist.

[0032] Die Erfindung löst mit ihrem stabilen Aufbau auch das Problem der bisher nicht erreichten sehr starken Zunahme der Ionengeschwindigkeit um etwa einen Faktor 4 innerhalb einer Kavität, zumal es bisher nicht gelungen ist, ein vergleichbar großes Verhältnis zwischen Tankinnenlänge zu Innendurchmesser zu realisieren. Für einen derart hohen Zuwachs der Ionengeschwindigkeit sind bisher bei den bekannten Driftröhrenbeschleunigern immer mehrere Kavitäten erforderlich, die jeweils eine über die gesamte Länge der Kavität konstante Querschnittsfläche aufweisen.

[0033] Außerdem vermeidet der erfindungsgemäße IH-Driftröhrenbeschleuniger erhebliche Mehrkosten, die mit der bisher üblichen Aufteilung in mehrere Kavitäten verbunden waren. Darüber hinaus vereinfacht die Verwendung nur einer Kavität den Betrieb der Anlage und macht diese zuverlässiger, da einerseits weniger Parameter kontrolliert und eingestellt werden müssen und andererseits die Anzahl der einzusetzenden Zusatzgeräte minimiert wird, was die Ausfallwahrscheinlichkeit der gesamten Anlage verringert. Auch eine Betriebsfrequenz über 200 MHz konnte für IH-Driftröhrenbeschleuniger mit integrierten Quadropol-Triplettlinsen nach dem Stand der Technik bisher nicht realisiert werden.

[0034] Der erfindungsgemäße Aufbau eines IH-Driftröhrenbeschleunigers mit diesen oben erwähnten neuartigen und vorteilhaften Eigenschaften - insbesondere der Verwendung nur einer Kavität zur Beschleunigung über einen vergleichsweise großen Energiebereich - so-

wie die Lösung der speziell damit verbundenen Probleme - insbesondere die Teilkompensation der Abnahme der auf die Längeneinheit bezogenen Kapazität der Driftröhrenstruktur entlang der IH-Kavität durch die stufenweise Veränderung des Tankquerschnitts, die platzsparende und mechanisch steife Integration äußerst kompakter Triplettlinsen sowie die einfache Möglichkeit der Montage zusätzlicher Abstimmkörper auf den planen Innenflächen der strukturierten oberen und unteren Stahlblöcke - wird durch die neu entwickelte Konstruktion der Tankhalbschalen aus massiven Stahlblöcken erheblich erleichtert.

[0035] Die Erfindung wird nun anhand der beigegeführten Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine schematische perspektivische Ansicht eines Driftröhrenbeschleunigers gemäß einer Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 2 zeigt eine teilweise aufgeschnittene schematische Draufsicht auf das Mittelstück des Driftröhrenbeschleunigers gemäß Fig. 1,

Fig. 3 zeigt eine schematische Untersicht auf den strukturierten unteren Stahlblock des Driftröhrenbeschleunigers, gemäß Fig. 1,

Fig. 4 zeigt einen schematischen Längsschnitt durch den Driftröhrenbeschleuniger, gemäß Fig. 1,

Fig. 5 zeigt eine schematische Draufsicht auf den strukturierten oberen Stahlblock des Driftröhrenbeschleunigers, gemäß Fig. 1,

Fig. 6 zeigt einen schematischen Querschnitt eines Übergangs von dem strukturierten oberen Stahlblock auf das Mittelstück des Driftröhrenbeschleunigers, gemäß Fig. 1,

Fig. 7 zeigt einen schematischen Querschnitt durch den Driftröhrenbeschleuniger, gemäß Fig. 1 im Bereich eines Driftröhrrhalters,

Fig. 8 zeigt einen schematischen Querschnitt durch den Driftröhrenbeschleuniger 1, gemäß Fig. 1 im Bereich einer Fokussiereinrichtung,

Fig. 9 zeigt eine schematische perspektivische Ansicht eines Driftröhrenbeschleunigers gemäß Fig. 1 im Bereich einer Fokussiereinrichtung,

Fig. 10 zeigt einen schematischen Längsschnitt durch eine Fokussiereinrichtung des Driftröhrenbeschleunigers, gemäß Fig. 1,

Fig. 11 zeigt einen schematischen Längsschnitt durch das Mittelstück im Bereich der Fokus-

siereinrichtung der Fig. 10.

[0036] Fig. 1 zeigt eine schematische perspektivische Ansicht eines Driftröhrenbeschleunigers 1, gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Der Driftröhrenbeschleuniger ist in einem Gehäuse 2, das als Vakuumtank 3 ausgebildet ist, untergebracht. Dieses Gehäuse 2 weist ein Mittelstück 4 mit einem Mittelrahmen auf, wobei das Mittelstück 4 auf einer unteren Halbschale 5 aus einem strukturierten unteren massiven Stahlblock 15 vakuumdicht aufgeschraubt ist. Eine obere Halbschale 6 weist einen strukturierten oberen massiven Stahlblock 19 auf, der eine teilweise ebene innere Abdeckfläche 20 aufweist, und der auf das Mittelstück 4 zum Abdecken der Kavität des Driftröhrenbeschleunigers 1 abnehmbar aufgeschraubt ist.

[0037] Vor dem Aufschrauben des strukturierten oberen Stahlblockes 19 auf das Mittelstück 4 werden die einzelnen Driftröhrenkomponenten in der langgestreckten Kavität von etwa 3770 mm untergebracht. Dazu weist das Gehäuse 2 vier Beschleunigungsbereiche 24, 25, 26 und 27 auf. Zwischen den Beschleunigungsbereichen 24, 25, 26 und 27 sind Fokussiereinrichtungen 17 angeordnet, wobei diese Fokussiereinrichtungen 17 aus Quadropol-Triplettlinsen 28, 29 und 30 bestehen. Diese Triplettlinsen umschließen die Längsachse 7, in der die Ionenstrahlpakete durch das Mittelstück in Strahlrichtung 23 hindurchgeschossen und beschleunigt werden.

[0038] Da bei dem Durchgang durch den Resonator die Ionen von 2,9% bis etwa 12,2% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden, nimmt die Schrittweite zwischen einzelnen Driftröhrestücken 14 entlang des IH-Driftröhrenbeschleunigers 1 etwa um den Faktor 4 zu. Was Maßnahmen zur Kompensation der Abnahme der auf die Längeneinheit bezogenen Kapazität der Driftröhrenstruktur erfordert. Diese Maßnahmen, beispielsweise einer Querschnittanpassung der Kavität, wird durch die Strukturierung des unteren und oberen massiven Stahlblocks 15 bzw. 19 realisiert.

[0039] Weitere Details der erfindungsgemäßen Ausführungsform nach Fig. 1 werden in den nachfolgenden Figuren 2 bis 11 erläutert.

[0040] Fig. 2 zeigt eine teilweise aufgeschnittene schematische Draufsicht auf das Mittelstück 4 des Driftröhrenbeschleunigers 1, gemäß Fig. 1. Komponenten mit gleichen Funktionen, wie in Fig. 1 werden mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

[0041] In dem nicht aufgeschnittenen Teil des Mittelstückes 4 ist die Anordnung der Resonanzkomponenten des Driftröhrenbeschleunigers zu erkennen. Die Längen der Driftröhrestücke 14 nehmen auch innerhalb der Beschleunigungsbereiche 24, 25, 26 und 27 zu. Diese Driftröhrestücke 14 werden von Driftröhraltern 13 derart gehalten, dass sie coaxial die Längsachse 7 des Mittelstückes 4 umschließen. Ferner sind die Driftröhrestücke 14 alternierend mit ihren Driftröhraltern 13 an

den einander gegenüberliegenden Innenwänden 10 des Mittelstückes 4 befestigt. Dazu weisen die beiden Innenwände 10 des Mittelstückes in jedem der vier Bereiche 24, 25, 26 und 27 eine Längsrippe 11 auf, die eine Längsnut trägt, in der die Driftröhralter 13 mit in Strahlrichtung zunehmenden Mittenabstand a befestigt sind. In den Bereichen der drei Triplettlinsen 28, 29 und 30 ist der Abstand zwischen den Innenwänden 10 des Mittelstückes 4 geringfügig erweitert, um die Kapazität zwischen den Innenwänden des Mittelstückes und den Triplettlinsen so einzustellen, dass die erforderliche elektrische Feldverteilung entlang der Ionenstrahlführenden Längsachse des Driftröhrenbeschleunigers erreicht wird.

[0042] Fig. 3 zeigt eine schematische Untersicht auf den strukturierten unteren Stahlblock 15 des Driftröhrenbeschleunigers 1, gemäß Fig. 1, wobei auf dieser ebenen Unterfläche des unteren Stahlblockes 15 Öffnungen 21 mit entsprechenden Vakuumflanschen 22 angeordnet sind. Über die drei Vakuumdurchführungen 34, 35 und 36 in dem strukturierten unteren Stahlblock 15 werden die in Fig. 2 gezeigten Triplettlinsen 24, 25 und 26 mit Strom und Kühlwasser versorgt. Die übrigen Vakuumflansche dienen teilweise der Messtechnik und teilweise der Versorgung des Resonators mit einem hochfrequenten Wechselstrom in der Größenordnung von über 200 MHz.

[0043] Fig. 4 zeigt einen schematischen Längsschnitt durch den Driftröhrenbeschleuniger 1 gemäß Fig. 1. Mit diesem Längsschnitt wird die Eintrittsöffnung 8 und die Austrittsöffnung 9 im Bereich des Mittelstückes 4 gezeigt. Außerdem wird deutlich, dass der Querschnitt der Kavität in den vier Beschleunigungsbereichen 24, 25, 26 und 27 stufenweise erweitert ist, um die Abnahme der auf die Längeneinheit bezogenen Kapazität der Driftröhrenstruktur zu kompensieren, so dass die Grundmode der Kavität angeregt werden kann.

[0044] Fig. 5 zeigt eine schematische Draufsicht auf den strukturierten oberen Stahlblock 19 des Driftröhrenbeschleunigers 1, gemäß Fig. 1. Komponenten mit gleichen Funktionen, wie in den vorhergehenden Figuren werden mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und nicht extra erörtert. Auch für diese Draufsicht gilt der Vorteil der Ebenheit der Außenkontur des strukturierten oberen Stahlblockes 19, wodurch ein Anbringen von Vakuumflanschen und Vakuumdurchführungen und das Anschweißen eines Kühlwasserkanals erleichtert wird.

[0045] Fig. 6 zeigt einen schematischen Querschnitt eines Übergangs von dem strukturierten oberen Stahlblock 19 auf das Mittelstück 4 des Driftröhrenbeschleunigers 1 gemäß Fig. 1. Diese Detailzeichnung Fig. 6 zeigt die intensive Kühlung der Längsrippe 11 durch den Kühlwasserkanal 31, über den die Verlustwärme von den in der Längsnut 12 angeordneten Driftröhraltern an das Mittelstück 4 abgegeben werden kann. Die Längsrippe 11 ist auf die Innenwand 10 des Mittelstückes 4 unter Ausbilden des Kühlwasserkanals 31 geschweißt

und die Längsnut 12 wird nach dem Schweißen eingebracht, um Schweißspannungen und Schweißverzerrungen auszugleichen.

[0046] Auch die Anordnung eines Kühlwasserkanals 33 auf der Außenfläche 32 des strukturierten oberen Stahlblocks 19 ist hier nur beispielhaft dargestellt, in Form eines 4 mm hohen und 240 mm breiten Kühlwasserkanals, der durch Aufschweißen eines äußeren Bleches auf den strukturierten oberen Stahlblock 19 erreicht wird. Die Kühlwirkung kann weiter intensiviert werden, indem sowohl das Mittelstück 4 als auch der strukturierte obere Stahlblock 19 zusätzlich in das Material eingefräste Kühlwasserkanäle aufweisen.

[0047] Fig. 7 zeigt einen schematischen Querschnitt durch den Driftröhrenbeschleuniger 1, gemäß Fig. 1 im Bereich eines Driftröhrhalters 13. Komponenten mit gleichen Funktionen, wie in den vorhergehenden Figuren werden mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und nicht extra erörtert. In diesem Querschnitt sind relativ große Abpumpstützen in den oberen und unteren strukturierten Stahlblock 19 bzw. 15 eingearbeitet, um die Kavität des Driftröhrenbeschleunigers auf 10^{-5} Pascal zu evakuieren. Zur Halterung der Driftröhrstücke koaxial zur Längsachse 7 sind die Driftröhrhalter 13 in der Längsnut 12 der gekühlten Längsrippe 11 befestigt.

[0048] Fig. 8 zeigt einen schematischen Querschnitt durch den Driftröhrenbeschleuniger 1 gemäß Fig. 1 im Bereich einer Fokussiereinrichtung 17. Die Fokussiereinrichtung 17 steht auf dem ebenen Innenboden 16 des unteren strukturierten Stahlblockes 15, der erfindungsgemäß die üblichen Halbschale ersetzt. Über die Vakuumdurchführung 18 wird die Fokussiereinrichtung 17 einer Quadropol-Triplettlinse mit Strom und Kühlwasser versorgt. Komponenten mit gleichen Funktionen wie in den vorhergehenden Figuren werden mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

[0049] Fig. 9 zeigt eine schematische perspektivische Ansicht eines Driftröhrenbeschleunigers 1, gemäß Fig. 1 im Bereich einer Fokussiereinrichtung 17. Die Fokussiereinrichtung 17 in Form einer Triplettlinse ist in einem wassergekühlten Gehäuse 37 angeordnet. Der Querschnitt der Kavität ist an die Größe der Triplettlinse angepasst, wobei die Wandstärke des Mittelstücks 4 reduziert ist und die Grundfläche des Innenbodens 16 im Bereich der Fokussiereinrichtung 17 vergrößert ist.

[0050] Fig. 10 zeigt einen Längsschnitt durch eine Fokussiereinrichtung 17 des Driftröhrenbeschleunigers 1, gemäß Fig. 1. Komponenten mit gleichen Funktionen, wie in den vorhergehenden Figuren werden mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und nicht extra erörtert. Eine nachträgliche Korrektur der Längsachse 7 ist durch eine mechanische Nachbearbeitung der hier eingefügten Abstimmplatte 38 möglich, wobei eine Genauigkeit von wenigen Mikrometern erreicht werden kann. Dieses ist möglich, weil ein ebener Innenboden 16 in dem unteren strukturierten Stahlblock 15 für die Positionierung und Justage der Triplettlinsen in der vorliegenden Erfindung vorgesehen ist. Außerdem ist es durch die Befestigung

der Triplettlinsen auf dem ebenen Innenboden 16 möglich, den oberen strukturierten Stahlblock 19 von dem Mittelstück 4 abzuheben, ohne eine Nachjustage der Triplettlinse durchführen zu müssen.

Fig. 11 zeigt einen Längsschnitt durch das Mittelstück 4 im Bereich der Fokussiereinrichtung 17 der Fig. 10. Komponenten mit gleichen Funktionen, wie in den vorhergehenden Figuren werden mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und nicht extra erörtert. Dieser Längsschnitt zeigt, dass die Triplettlinse ohne jede seitliche Abstützung an dem Mittelstück 4 auf dem ebenen Innenboden 16 des unteren strukturierten Stahlblockes 15 derartig angeordnet ist, dass die Achse der Triplettlinse exakt zu der Strahlachse ausgerichtet ist, ohne dass seitliche Stützhilfen zu dem Mittelstück 4 erforderlich sind.

Bezugszeichenliste

20 [0051]

- | | |
|----|--|
| 1 | Driftröhrenbeschleuniger |
| 2 | Gehäuse |
| 3 | Vakuumtank |
| 4 | Mittelstück |
| 5 | untere Halbschale |
| 6 | obere Halbschale |
| 7 | Längsachse |
| 8 | Eintrittsöffnung |
| 9 | Austrittsöffnung |
| 10 | Innenwand des Mittelstücks |
| 11 | Längsrippe |
| 12 | Längsnut |
| 13 | Driftröhrhalter |
| 14 | Driftröhrstück |
| 15 | strukturierter unterer Stahlblock |
| 16 | ebener Innenboden |
| 17 | Fokussiereinrichtung |
| 18 | Vakuumdurchführung |
| 19 | strukturierter oberer Stahlblock |
| 20 | innere Abdeckfläche |
| 21 | Öffnungen in Abdeckfläche |
| 22 | Vakuumflansch |
| 23 | Strahlrichtung |
| 24 | erster innerer Bereich |
| 25 | zweiter innerer Bereich |
| 26 | dritter innerer Bereich |
| 27 | vierter innerer Bereich |
| 28 | erste Triplettlinse |
| 29 | zweite Triplettlinse |
| 30 | dritte Triplettlinse |
| 31 | Kühlwasserkanal in Längsrippe |
| 32 | Außenflächen der Stahlblöcke |
| 33 | Kühlwasserkanal in oberen und unteren Stahlblöcken |
| 34 | Vakuumdurchführungen zu den Triplettlinsen |
| 35 | Vakuumdurchführungen zu den Triplettlinsen |
| 36 | Vakuumdurchführungen zu den Triplettlinsen |

- 37 Gehäuse der Triplettlinse
 38 Abstimplatte
 a Mittenabstand zwischen Driftrohrstücken

Patentansprüche

1. Driftröhrenbeschleuniger zur Beschleunigung von Ionenpaketen in Ionenstrahlbeschleunigungsanlagen, der folgende Merkmale aufweist:

- ein Gehäuse (2) aus einem längsgeteilten dreiteiligen Vakuumtank (3) mit:
 - einem Mittelstück (4),
 - einer unteren Halbschale (5), und
 - einer oberen Halbschale (6),

wobei das Mittelstück (4) auf seiner ionenstrahlführenden Längsachse (7) eine Eintrittsöffnung (8) und eine Austrittsöffnung (9) für die Ionenpakete aufweist, und wobei auf seiner Innenwand (10) einander gegenüberliegende Längsrippen (11) angeordnet sind, die alternierend angeordnete Driftrohrhalter (13) tragen, welche ihrerseits Driftrohrstücke (14) koaxial zur ionenstrahlführenden Längsachse (7) halten, und

wobei das Mittelstück (4) abnehmbar auf der unteren Halbschale (5) montiert ist, und von der oberen Halbschale (6) abnehmbar abgedeckt ist

dadurch gekennzeichnet, dass

die untere Halbschale (5) einen strukturierten Stahlblock (15) aufweist, der einen teilweise ebenen Innenboden (16) besitzt, auf dem Vakuumdurchführungen (18) angeordnet sind, und die obere Halbschale (6) ebenfalls einen strukturierten Stahlblock (19) aufweist, der eine teilweise ebene innere Abdeckfläche (20) mit Vakuumdurchführungen (18) aufweist.

2. Driftröhrenbeschleuniger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vakuumtank (3) mindestens 2 innere Bereiche (24, 25) aufweist, in denen die Driftrohre (14) mit alternierend angeordneten Driftrohrhaltern (13) angeordnet sind, wobei zwischen den Bereichen jeweils ein spezielles Driftrohr enthaltend eine Fokussiereinrichtung (17) zur transversalen Fokussierung der Ionenstrahlen stehend auf dem teilweise ebenen Innenboden (16) des unteren strukturierten Stahlblockes (15) derart angeordnet ist, daß es die Längsachse (7) des Mittelstücks (4) umschließt.
3. Driftröhrenbeschleuniger nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Fokussiereinrichtungen (17) Quadrupolmagnete enthalten sind, die als Singulets oder als Multipletts in den speziellen Driftrohren angeordnet sind.

4. Driftröhrenbeschleuniger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der strukturierte untere Stahlblock (15) oder der strukturierte obere Stahlblock (19) oder der strukturierte untere und obere Stahlblock (15, 19) entlang der Fokussiereinrichtungen (17) einen veränderten Querschnitt aufweisen als entlang der Bereiche, in denen die Driftrohre (14) mit alternierend angeordneten Driftrohrhaltern (13) angeordnet sind.

5. Driftröhrenbeschleuniger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Driftrohre (14) mit alternierend angeordneten Driftrohrhaltern (13) mit in Strahlrichtung zunehmenden Mittenabständen angeordnet sind.

6. Driftröhrenbeschleuniger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der strukturierte untere Stahlblock (15) oder der strukturierte obere Stahlblock (19) oder der strukturierte untere und der obere Stahlblock (15, 19) Kavitäten aufweisen, die den Querschnitt des Vakuumtanks (3) in bestimmten Abschnitten erweitern.

7. Driftröhrenbeschleuniger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der strukturierte untere Stahlblock (15) oder der strukturierte obere Stahlblock (19) oder der strukturierte untere und der obere Stahlblock (15, 19) Kavitäten aufweisen, die den Querschnitt des Vakuumtanks (3) in bestimmten Abschnitten stufenweise erweitern.

8. Driftröhrenbeschleuniger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf dem teilweise ebenen Innenboden (16) des strukturierten unteren Stahlblocks (15) oder auf der teilweise ebenen inneren Abdeckfläche (20) des strukturierten oberen Stahlblocks (19) oder auf dem teilweise ebenen Innenboden (16) des strukturierten unteren Stahlblocks (15) und auf der teilweise ebenen inneren Abdeckfläche (20) des strukturierten oberen Stahlblocks (19) zusätzliche Abstimmelemente (38) angeordnet sind.

9. Driftröhrenbeschleuniger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die alternierend angeordneten Driftrohrhalter ((14)) (13) in Längsnuten (12) parallel zur Längsachse (7) in den Längsrippen (11) des Mittelstücks (4) geführt werden.

10. Driftröhrenbeschleuniger nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Längsrippen (11) in Längsrichtung einen Kühlwasserkanal (31) aufweisen. 5
11. Driftröhrenbeschleuniger nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Mittelstück (4) in den Stirnseiten weitere Kühlwasserkanäle aufweist. 10
12. Driftröhrenbeschleuniger nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass 15
der strukturierte untere und der obere Stahlblock (15, 19) Kühlwasserführungen (33), die auf ihren Außenflächen (32) angeordnet sind, aufweisen.
13. Driftröhrenbeschleuniger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 20
dadurch gekennzeichnet, dass
der strukturierte untere und der obere Stahlblock (15, 19) Mindestwandstärken von 10 mm aufweisen. 25

30

35

40

45

50

55

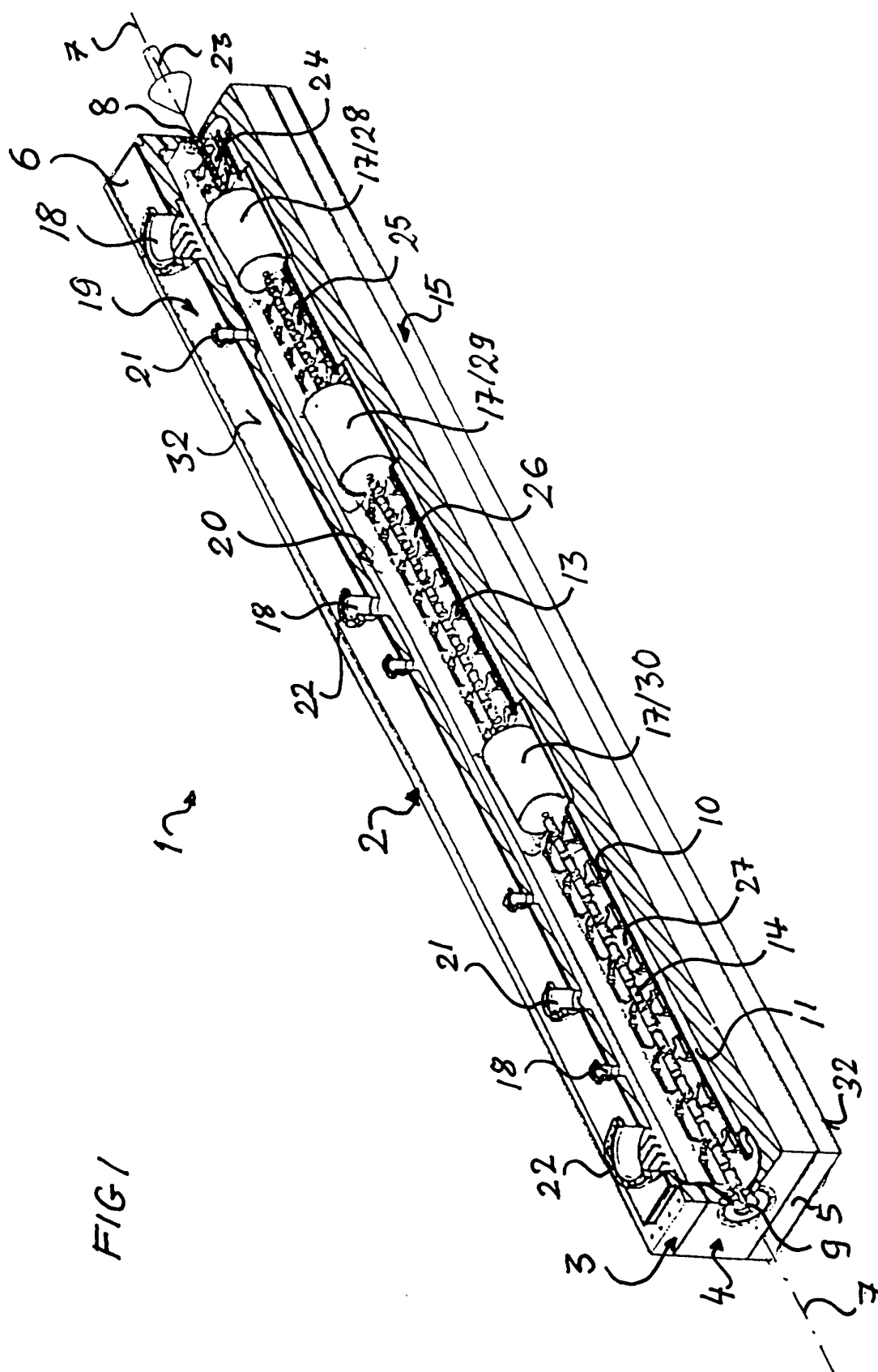
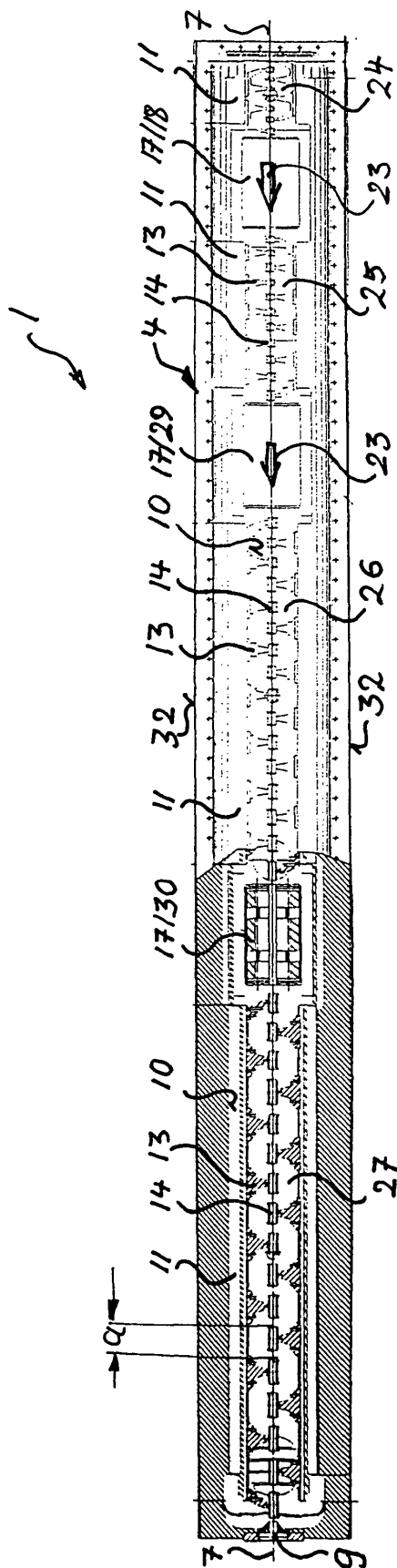


FIG 2



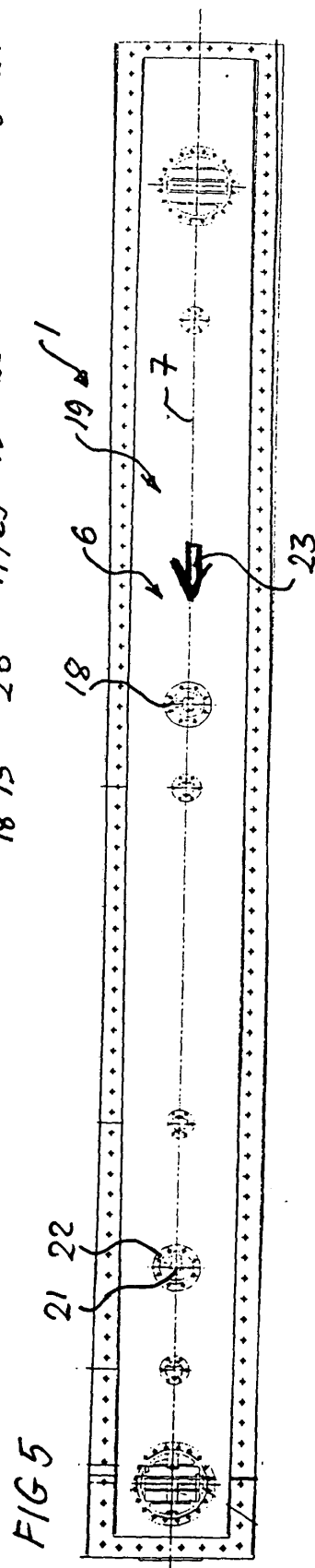
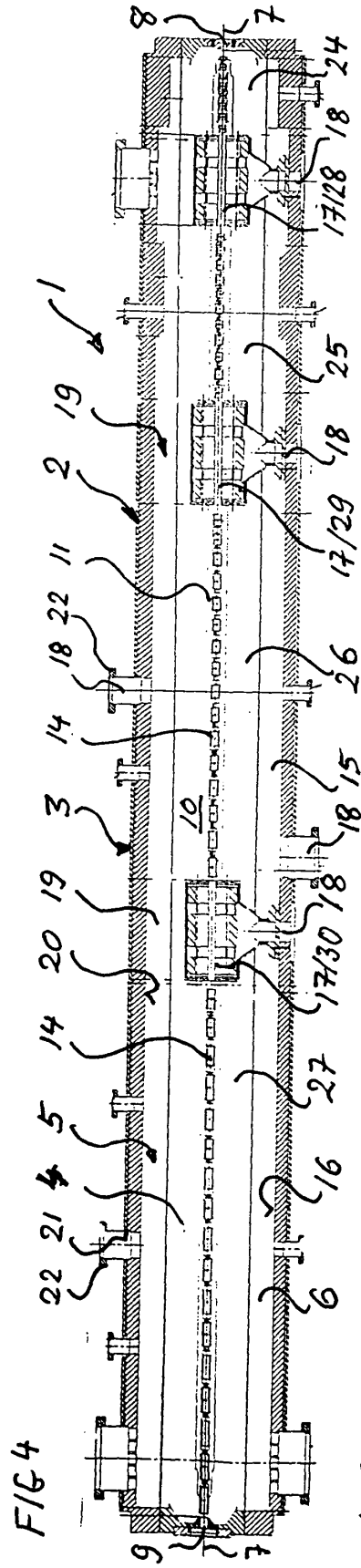
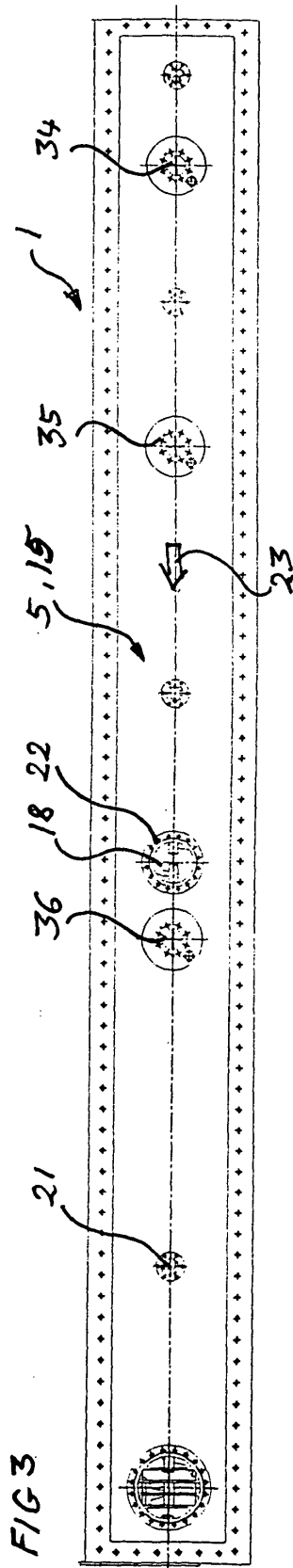


FIG 6

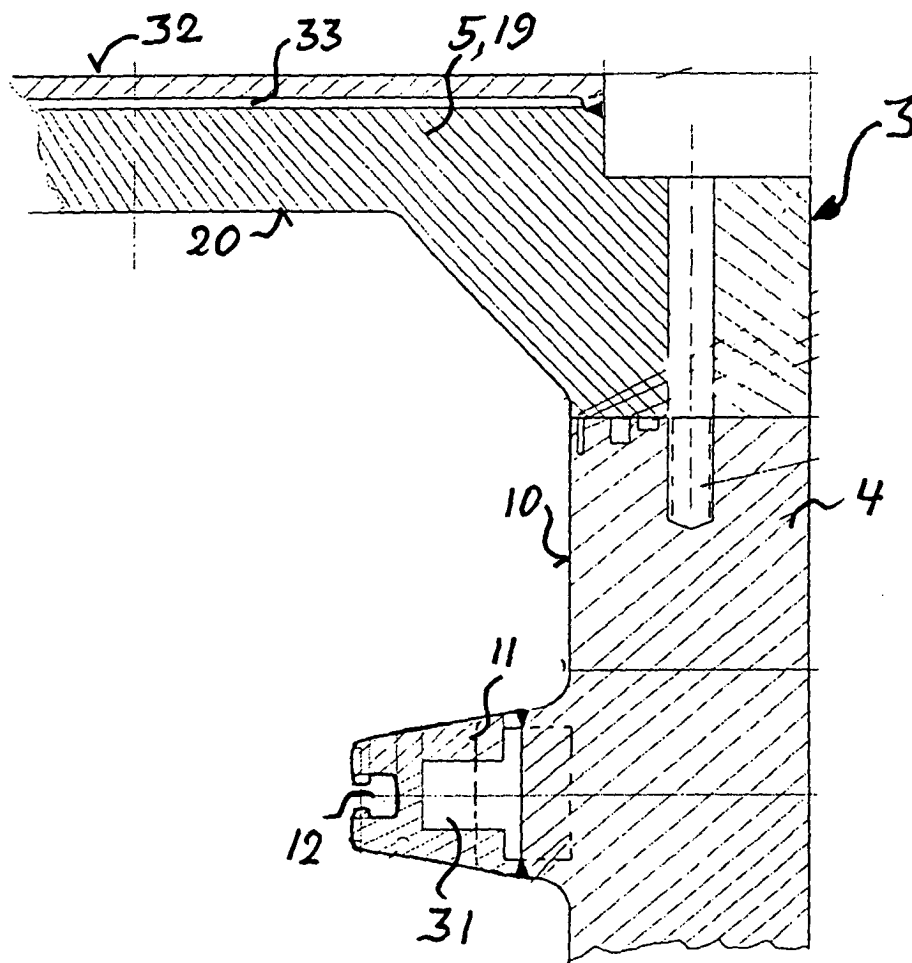


FIG 8

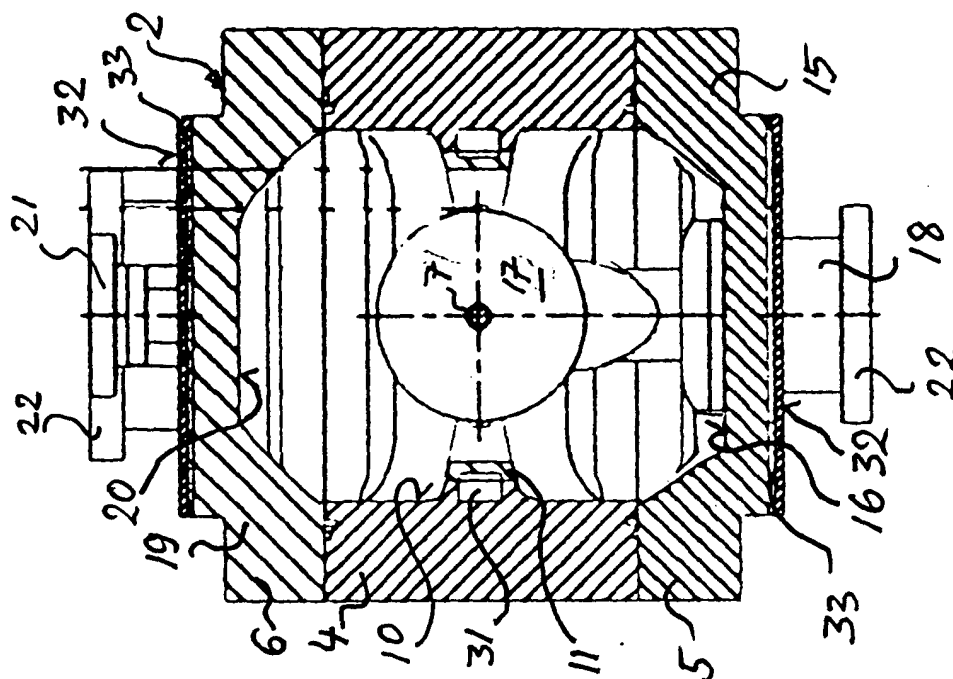
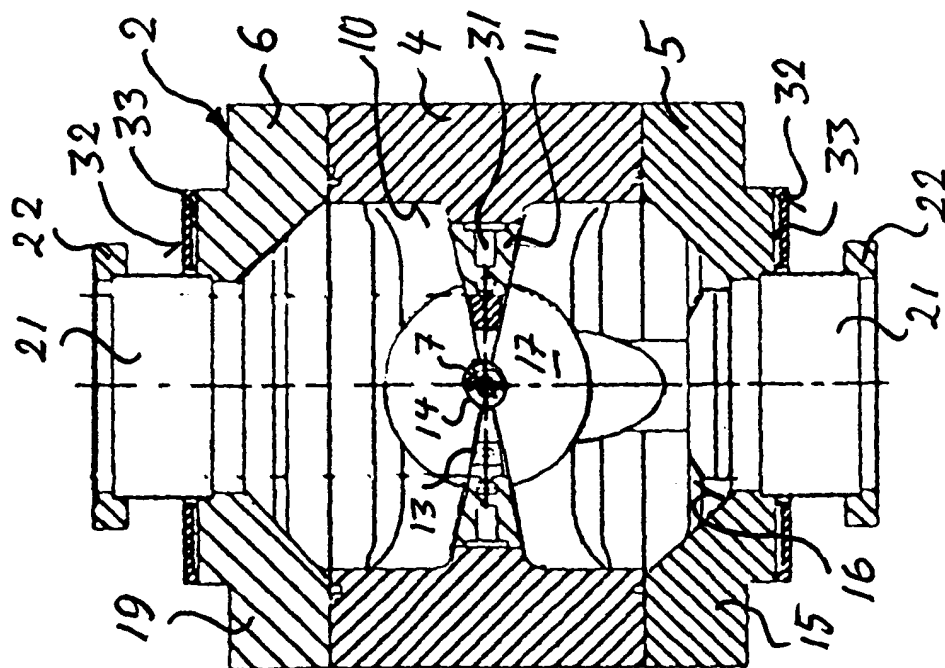


FIG 7



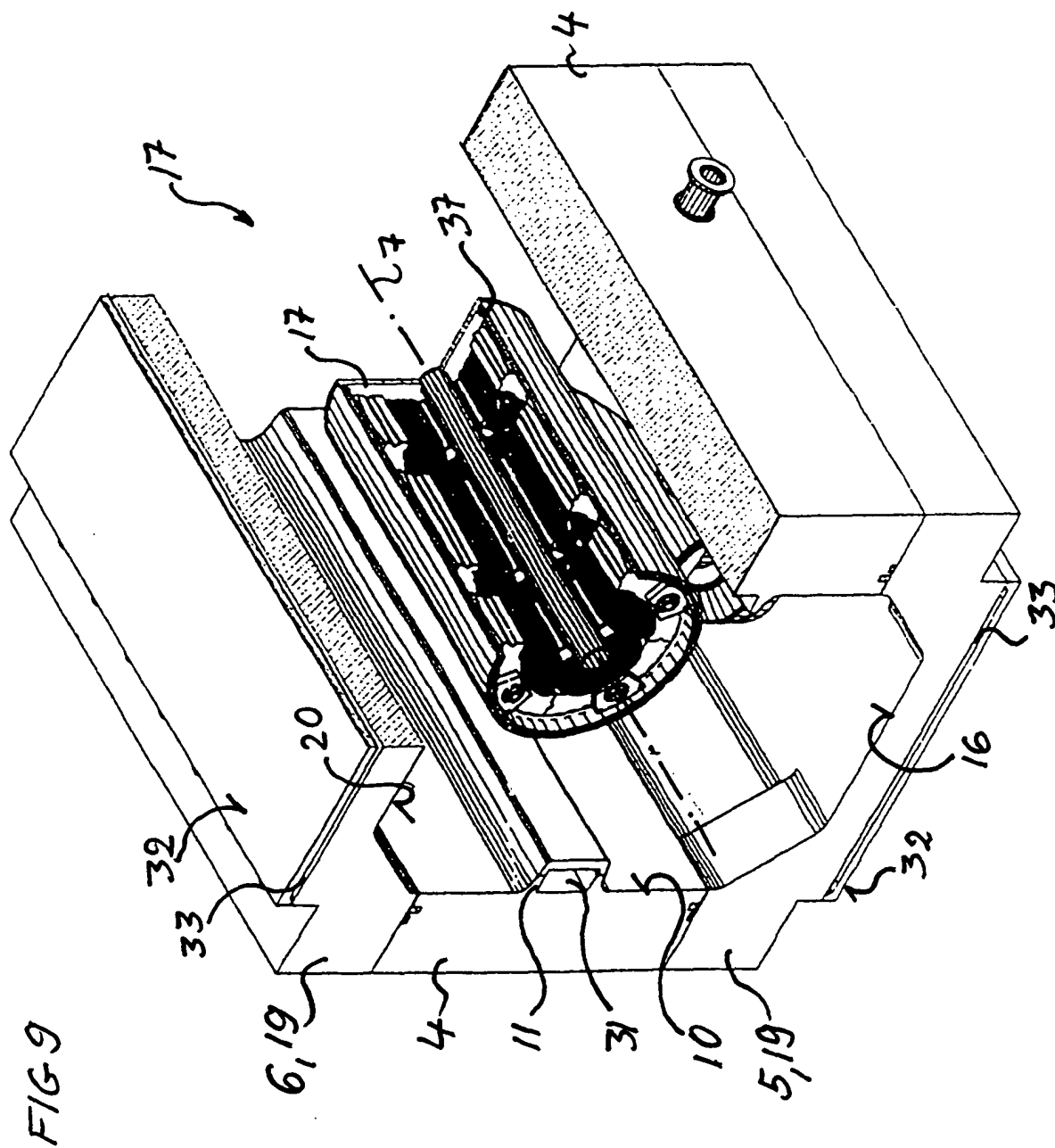


FIG 10

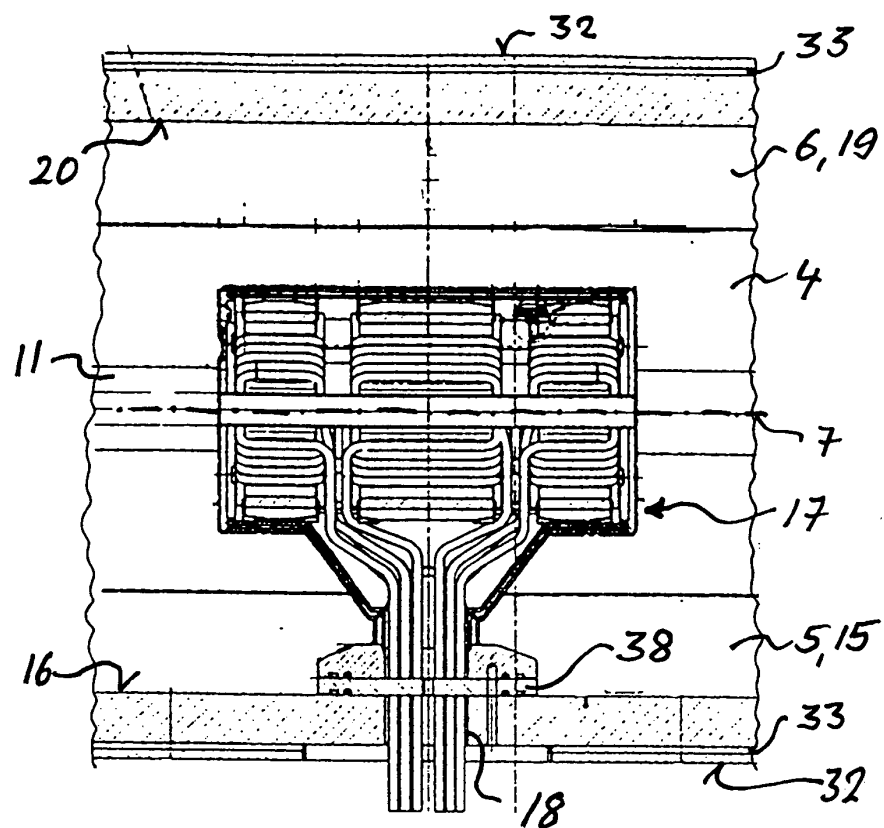


FIG 11

