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

(11) **EP 2 380 414 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.01.2015 Patentblatt 2015/05

(21) Anmeldenummer: **09771739.1**

(22) Anmeldetag: **02.12.2009**

(51) Int Cl.:
H05H 9/00 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2009/066227

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/083915 (29.07.2010 Gazette 2010/30)

(54) **STRAHLROHR SOWIE TEILCHENBESCHLEUNIGER MIT EINEM STRAHLROHR**

Beam tube and particle accelerator having the beam tube

TUBE À FAISCEAU AINSI QU'ACCÉLÉRATEUR DE PARTICULES DOTÉ D'UN TUBE À FAISCEAU

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **20.01.2009 DE 102009005200**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.10.2011 Patentblatt 2011/43

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **HEID, Oliver**
91052 Erlangen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2006/043366
WO-A2-98/33228
FR-A1- 2 671 908
US-A- 2 005 021
US-A- 2 569 154
US-A- 3 506 865
US-A- 3 761 720
US-A- 5 757 146

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 380 414 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Strahlrohr zur Führung eines geladenen Teilchenstrahls sowie auf einen Teilchenbeschleuniger mit einem derartigen Strahlrohr.

[0002] Ein derartiges Strahlrohr ist insbesondere bei einem Teilchenbeschleuniger für geladene Teilchen vorgesehen. Der geladene Teilchenstrahl kann beispielsweise Elektronen, Atomkerne, ionisierte Atome, geladene Moleküle oder geladene Molekülbruchstücke umfassen. Die Beschleunigung des geladenen Teilchenstrahls erfolgt in einem strahlführenden Hohlvolumen, das vom Strahlrohr umschlossen ist. Das Hohlvolumen ist üblicherweise im Betrieb des Teilchenbeschleunigers evakuiert. Dazu ist üblicherweise ein dem Strahlrohr zugeordnetes Vakuumpumpensystem vorgesehen.

[0003] Das Strahlrohr, das das Hohlvolumen und den geladenen Teilchenstrahl von der Umgebung abgrenzt, wird durch das beschleunigende elektrische Feld elektrostatisch beaufschlagt. Mit wachsender Feldstärke des elektrischen Feldes steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Streuelektronen aus der Oberfläche der Innenwandung des Strahlrohrs herausgerissen werden. Dieser Vorgang tritt zuerst und bevorzugt an so genannten Whiskern auf. Bei Whiskern handelt es sich um nadelförmige Einkristalle von wenigen Mikrometern Durchmesser und bis zu mehreren hundert Mikrometern Länge, die auf sämtlichen, insbesondere auf metallischen, Oberflächen auftreten. An der Spitze eines Whiskers tritt ein erhöhtes elektrisches Feld auf. Dadurch werden Streuelektronen aus der Spitze des Whiskers herausgerissen. Die Streuelektronen werden nun ebenso wie der geladene Teilchenstrahl vom elektrischen Feld beschleunigt. Treffen solche Streuelektronen auf die Innenwand des Strahlrohrs auf, so werden beim Aufprall Sekundärelektronen ausgelöst. Der Prozess ist selbstanfachend. Schließlich kommt es zu einer Durchzündung an der Innenwand und somit zu einem Einbruch des die geladenen Teilchen beschleunigenden elektrischen Feldes.

[0004] Zur Lösung dieses Problems ist aus der US 6,331,194 B1 ein Strahlrohr bekannt, bei dem das den Teilchenstrahl führende Hohlvolumen unmittelbar von einem hohlzylindrischen Isolationskern umgeben ist, der als High Gradient Insulator, HGI, bezeichnet wird. Der Isolationskern umfasst eine Anzahl aus einem Dielektrikum gefertigter dünner Ringe (Dicke ca. 0,25 mm), die stirnseitig mit jeweils einer dünnen metallisch leitenden Schicht (Dicke ca. $4*10^{-3}$mm, d.h. 40.000 Angström) versehen sind. Zur Herstellung des Isolationskerns werden die Ringe zu einem Hohlzylinder zusammengesetzt. Unter Druck und Temperatureinfluss schmelzen die aneinanderliegenden Metallschichten benachbarter Ringe auf und verbinden sich zu Metallringen.

[0005] Der HGI erhöht die Durchschlagsresistenz des Strahlrohrs. Entstehen nämlich an der Innenwand des HGI Sekundärelektronen, so werden die benachbarten Metallringe des HGI aufgeladen. Die elektrische Ladung verteilt sich somit jeweils über sämtliche von den Sekundärelektronen direkt beaufschlagte Metallringe. Dies führt zu einer Vergleichmäßigung der elektrischen Ladung an der Innenwand des HGI und somit zu einer verringerten Tendenz zur Sekundärelektronenvervielfachung.

[0006] Bei der Aufteilung der elektrischen Ladung auf benachbarte dünne Metallringe handelt es sich um eine rein kapazitive Aufteilung. Das Prinzip funktioniert somit nur für seltene und kurze Spannungsimpulse. Eine Aufladung der Metallringe ist nicht wirksam verhindert, da die Metallringe im Dielektrikum des Isolatorkerns eingebettet sind und somit die aufgebrachte Ladung nur langsam über Kriechstrecken abfließen kann. Ein Betrieb des Linearbeschleunigers mit einer hohen Rate von Beschleunigungsimpulsen führt somit zu einer zunehmenden Durchschlagswahrscheinlichkeit.

[0007] Aus US 2 569 154 A ist eine Entladungsröhre zur Erzeugung eines Elektronenstrahls bekannt. Die Entladungsröhre umfasst einen rohrförmigen Isolationsmantel, der ein strahlführendes Hohlvolumen unmittelbar umgibt. Der Isolationsmantel ist aus einem dielektrisch wirkenden Trägersubstrat, insbesondere einer Keramik gebildet. In dem Trägersubstrat sind entlang der Achse des Isolationsmantels hintereinander angeordnete metallische Schichten eingebracht, die durch einen elektrischen Leiter miteinander induktiv verbunden sind. Über den Leiter sind die Schichten galvanisch zwischen eine Kathode und eine Anode geschaltet, zwischen denen eine Spannung zur Erzeugung einer Gasentladung und zur Beschleunigung der dabei frei werdenden Elektronen angelegt ist.

[0008] In einer alternativen Ausführung umfasst die Entladungsröhre gemäß US 2 569 154 A einen in dem Trägersubstrat gehaltene elektrischen Leiter, der in mehrere Leiterschleifen gegliedert ist, die den Umfang des Isolationskerns auf unterschiedlichen axialen Positionen vollständig umlaufen und die unter Bildung einer wendelförmigen Spule untereinander galvanisch verbunden sind.

[0009] Eine vom Aufbau her zu der vorstehend beschriebenen Entladungsröhre ähnliche Kathodenstrahlröhre ist aus US 2 005 021 A bekannt.

[0010] Aus US 3 761 720 A ist ein Hochspannungsisolator für einen Van-der-Graaf-Generator oder einen Van-der-Graaf-Beschleuniger bekannt. Der Hochspannungsisolator umfasst einen rohrförmigen Isolationsmantel, der ein Hohlvolumen unmittelbar umgibt. Der Isolationsmantel ist aus einem dielektrisch wirkenden Trägersubstrat gebildet. In dem Trägersubstrat sind entlang der Achse des Isolationsmantels hintereinander angeordnete metallische Schichten eingebracht, die durch einen elektrischen Leiter miteinander resistiv (d.h. über je einen ohmschen Widerstand) verbunden sind. Über den Leiter sind die Schichten galvanisch zwischen einen spannungsführenden Pol und Erde geschaltet. Zur Erkennung und Lokalisierung von Defekten des Hochspannungsisolators wird über diesem eine hohe Testspan-

nung angelegt, unter dessen Wirkung in dem Hohlvolumen an gegebenenfalls vorhandenen Defektstellen Elektronen freigesetzt werden. Durch Detektion und Spektralauswertung der von diesen Elektronen erzeugten Bremsstrahlung werden die Defektstellen erkannt und lokalisiert.

[0011] Aus WO 2006/043366 A1 ist ein Strahlrohr für einen Teilchenbeschleuniger bekannt. Das Strahlrohr umfasst einen rohrförmigen Isolationsmantel, der ein strahlführendes Hohlvolumen unmittelbar umgibt. Der Isolationsmantel ist aus einem dielektrisch wirkenden Trägersubstrat, insbesondere einem Kunstharz gebildet. In dem Trägersubstrat sind entlang der Achse des Strahlrohres hintereinander angeordnete ringförmige Beschleunigungselektroden eingebracht, die durch einen elektrischen Leiter miteinander resistiv verbunden sind. Der Leiter ist hierbei wendelförmig um den Außenumfang des Isolationsmantels gewunden.

[0012] Aus US 3 506 865 A ist ein weiteres Strahlrohr für einen Teilchenbeschleuniger bekannt. Das Strahlrohr umfasst einen rohrförmigen Isolationsmantel, der ein strahlführendes Hohlvolumen unmittelbar umgibt. Innerhalb oder außerhalb des elektrisch nicht-leitenden Isolationsmantels ist ein Leiter vorgesehen, der in mehrere Leiterschleifen gegliedert ist, die den Umfang des Isolationskerns auf unterschiedlichen axialen Positionen vollständig umlaufen und die unter Bildung einer wendelförmigen Spule untereinander galvanisch verbunden sind.

[0013] Weitere Strahlrohre für Teilchenbeschleuniger, deren das strahlführende Hohlvolumen unmittelbar umgebender Isolationsmantel aus einem dielektrisch wirkenden Trägersubstrat gebildet ist, in das entlang der Achse des Strahlrohres hintereinander angeordnete metallische Schichten eingebracht sind, sind aus WO 98/33228 A2 und US 5 757 146 A bekannt.

[0014] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Strahlrohr anzugeben, das eine niedrige Durchschlagswahrscheinlichkeit aufweist. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, einen Teilchenbeschleuniger mit einem derartigen Strahlrohr anzugeben.

[0015] Bezüglich des Strahlrohrs wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmalskombination des Anspruchs 1. Hierzu ist das strahlführende Hohlvolumen unmittelbar von einem hohlzylindrischen Isolationskern umgeben. Der Isolationskern ist aus einem dielektrisch wirkenden Trägersubstrat und einem darin gehaltenen elektrischen Leiter gebildet. Der Leiter ist in mehrere Leiterschleifen gegliedert, die den Umfang des Isolationskerns auf unterschiedlicher axialer Position vollständig umlaufen. Die einzelnen Leiterschleifen sind untereinander galvanisch verbunden.

[0016] Als elektrischer Leiter kann ein Metall, wie Kupfer, Gold oder dergleichen zum Einsatz kommen. Als Dielektrikum kann beispielsweise SiO_2, Al_2O_3, ein Polycarbonat, ein Polyacryl, ein Glas oder eine Keramik eingesetzt werden.

[0017] Metallische Schichten, z.B. Metallplatten, sind im dielektrisch wirkenden Trägersubstrat hintereinander entlang des Strahlrohres angeordnete eingebracht. Die metallischen Schichten dienen als Zwischenelektroden. Die metallischen Schichten sind durch den elektrischen Leiter miteinander galvanisch verbunden. Damit entspricht der Aufbau im Wesentlichen dem eingangs erwähnten HGI. Durch die galvanische Verbindung der metallischen Schichten können eventuell einschlagende Elektronen abfließen.

[0018] Eine niederimpedante Verbindung der metallischen Schichten würde bei einem induktiven Teilchenbeschleuniger mit einem derartigen Strahlrohr allerdings zu einer Belastung des Induktionsgenerators und damit zu einer Reduktion der Beschleunigungsspannung führen. Durch den in Leiterschleifen geführten elektrischen Leiter kann aber gewährleistet werden, dass die metallischen Schichten auf der Strahlrohroberfläche im Wesentlichen induktiv angekoppelt sind. Dies ist insbesondere bei einem gepulsten Betrieb des Strahlrohres vorteilhaft. Die kapazitive Ankopplung der Isolatorstrecken an eine nahe Metallelektrode ist damit erreicht. Eventuelle Ladungen können aber in kurzer Zeit (aber lange bezüglich einer Beschleunigungsperiode) abfließen, so dass der selbstdivergierende Durchschlagsprozess auch bei hohen Wiederholraten unterdrückt ist.

[0019] Entstehen nun an der dem Hohlvolumen zugewandten Innenwand des Isolatorkerns Sekundärelektronen, so wird eine Anzahl von benachbarten Leiterschleifen mit der elektrischen Ladung der Sekundärelektronen direkt und punktuell beaufschlagt. Die elektrische Ladung verteilt sich nun in Umfangsrichtung auf diesen Leiterschleifen. Da sämtliche Leiterschleifen galvanisch miteinander verbunden sind, verteilt sich die Ladung auch auf Leiterschleifen, die nicht direkt mit den Sekundärelektronen in Kontakt kommen. Die Wahrscheinlichkeit für eine Sekundärelektronenvervielfachung und ein Durchschlagen des Isolators ist somit wirksam verringert. Ein Teilchenbeschleuniger mit einem derartigen Strahlrohr lässt sich somit mit einer hohen Rate von Beschleunigungsimpulsen und/oder mit einer erhöhten Feldenergie betreiben, ohne dass die Durchschlagswahrscheinlichkeit signifikant ansteigt.

[0020] Zweckmäßig ist das Strahlrohr von einem metallischen Gehäuse umgeben. Ein derartiges metallisches Gehäuse kann beispielsweise aus gegeneinander abgedichteten Rohrstücken gefertigt sein und lässt sich in einfacher Weise mittels eines Vakuumpumpsystems evakuieren, um das strahlführende evakuierte Hohlvolumen bereit zu stellen. Das metallische Gehäuse kann aber auch eine für die Bereitstellung des beschleunigenden elektrischen Feldes vorgesehene Vorrichtung umfassen oder einen Bestandteil einer solchen Vorrichtung bilden.

[0021] In einer zweckmäßigen Weiterbildung ist der am dielektrischen Trägersubstrat gehaltene elektrische Leiter an zumindest einem Punkt galvanisch leitend mit dem metallischen Gehäuse verbunden.

[0022] In der Erfindung sind zumindest zwei voneinander beabstandete Punkte des elektrischen Leiters mit

dem Gehäuse galvanisch verbunden. Somit herrscht innerhalb des elektrischen Leiters kein Potentialgefälle.

[0023] Die Leiterschleifen können ringförmig geschlossen ausgebildet sein und durch eine Anzahl von im Wesentlichen in Zylinderlängsrichtung verlaufenden Leiterbrücken miteinander galvanisch verbunden sein.

[0024] In einer vorteilhaften Weiterbildung sind die Leiterschleifen des elektrischen Leiters aber nach Art einer Schraubenwendel um die Mittellängsachse des hohlzylindrischen Isolatorkerns gewunden und bilden somit eine wendelförmige Spule. Der Leiter wirkt so als Induktivität und dämpft hochfrequente Anteile des beschleunigenden elektrischen Feldes.

[0025] In einer zweckmäßigen Variante ist der elektrische Leiter in das dielektrisch wirkende Trägersubstrat eingebettet. Zur Herstellung des Isolationskerns ist beispielsweise eine Form vorgesehen, die die Gestalt eines Hohlzylinders mit einem zylindrischen Kern zur Bildung eines Ringraumes aufweist. In den Ringraum wird beispielsweise der nach Art eines Schraubenwendels gebogene elektrische Leiter eingelegt, der aus einem Metalldraht besteht. Anschließend wird der Ringraum mit dem dielektrisch wirkenden Trägersubstrat verfüllt zur Bildung des hohlzylindrischen Isolationskerns gemeinsam mit dem elektrischen Leiter. Bei dem Dielektrikum handelt es sich beispielsweise um eine fließfähige Kunststoffmasse, wie ein Kunstharz oder dergleichen, die nach ihrem Einfüllen in der Form erstarrt. Es kann sich aber auch um ein pulverförmiges Dielektrikum handeln, das als fließfähiges Schüttgut in die Form eingefüllt und unter Temperatur- und / oder Druckapplikation verfestigt wird.

[0026] In einer anderen zweckmäßigen Variante ist der elektrische Leiter an der Innenwand des hohlzylindrischen Trägersubstrats befestigt, insbesondere aufgeklebt. Der elektrische Leiter kann hierbei auch aufgedruckt oder aufgedampft sein.

[0027] In einer anderen vorteilhaften Variante sind sowohl der elektrische Leiter als auch das dielektrisch wirkende Trägersubstrat als drahtförmige Streifen ausgebildet und zur Bildung des hohlzylindrischen Isolationskerns in Form einer Doppelwendel ineinander gewunden. Zur Herstellung dieser Form des Isolationskerns werden die beiden Streifen beispielsweise um einen Zylinder als Montagehilfe gewickelt und anschließend aneinander befestigt.

[0028] Sämtliche beschriebenen Varianten für die Fertigung des hohlzylindrischen Isolationskerns sind vergleichsweise einfach und somit kostengünstig durchführbar.

[0029] Im Fertigungsendzustand durchsetzt der elektrische Leiter vorteilhaft das Trägersubstrat vollständig. Mit anderen Worten weist sowohl die Innenwand, als auch die Außenwand des hohlzylindrischen Isolationskerns einen metallisch leitenden Anteil auf. Somit lässt sich im Isolationskern eine große Menge an elektrisch leitendem Material verbauen, die zur Aufnahme einer großen elektrischen Ladungsmenge geeignet ist.

[0030] Bezüglich des Teilchenbeschleunigers wird die obige Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 6. Danach umfasst der Teilchenbeschleuniger ein Strahlrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 5. Der Teilchenbeschleuniger kann beispielsweise zu Forschungszwecken, aber auch als medizinisches Therapiegerät eingesetzt werden. Der Teilchenbeschleuniger ist insbesondere als Dielectric Wall Accelerator, DWA, ausgeführt, wie er in der US 5,757,146 ausführlich beschrieben ist.

[0031] Der Teilchenbeschleuniger kann insbesondere im gepulsten Betrieb betrieben werden und auf elektromagnetischer Induktion beruhen, d.h. das beschleunigende elektrische Feld wird durch eine magnetische Flussänderung um die Teilchenflugbahn erzeugt.

[0032] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert.

[0033] Die einzige Figur zeigt einen Teilbereich eines Teilchenbeschleunigers 2 mit einem Abschnitt eines Strahlrohrs 4 in einer dreidimensionalen Schnittansicht.

[0034] Der Teilchenbeschleuniger 2 ist beispielsweise als Linearbeschleuniger ausgestaltet, bei dem das beschleunigende elektrische Feld durch eine Gleichspannung oder durch eine pulsierende Wechselspannung (vgl. Linearbeschleuniger von Wideröe, 1928) bereitgestellt wird. Er kann aber auch als Dielectric Wall Accelerator ausgebildet sein.

[0035] Das Strahlrohr 4 ist lediglich schematisch als Hohlzylinder dargestellt. Es umfasst ein röhrenförmiges metallisches Gehäuse 5. Es kann aber auch Anbauten, beispielsweise ein in der Figur nicht dargestelltes Vakuumpumpsystem, aufweisen. Das Strahlrohr 4 nimmt einen ebenfalls hohlzylindrischen Isolationskern 6 auf. Der Isolationskern 6 wiederum umgibt unmittelbar ein strahlführendes zylindrisches Hohlvolumen 8. Im Hohlvolumen 8 wird ein nur symbolisch angedeuteter geladener Teilchenstrahl 10 geführt und beschleunigt.

[0036] Dem Teilchenbeschleuniger 2 liegt das Prinzip der elektromagnetischen Induktion zugrunde. Er generiert ein in der Figur symbolisch angedeutetes Magnetfeld 12 um die Teilchenflugbahn, die mit dem Richtungspfeil für den geladenen Teilchenstrahl 10 zusammenfällt. In der Figur bildet das Magnetfeld 12 geschlossene Feldlinien um das Hohlvolumen 8 bzw. um die Teilchenflugbahn der geladenen Teilchen 10. Durch eine zeitliche Änderung des magnetischen Flusses des Magnetfelds 12 wird ein in der Figur nicht dargestelltes elektrisches Feld erzeugt, das den geladenen Teilchenstrahl 10 in Pfeilrichtung beschleunigt.

[0037] Der hohlzylindrische Isolationskern 6 ist aus einem dielektrisch wirkenden Trägersubstrat 14 und aus einem darin gehaltenen elektrischen Leiter 16 gebildet. Der elektrische Leiter 16 ist in mehrere, den Umfang des Isolationskerns 6 von seiner Mittellängsachse 18 her gesehen auf unterschiedlichen Positionen umlaufende Leiterschleifen 20 gegliedert. Die Leiterschleifen 20 sind miteinander galvanisch verbunden und bilden so eine wendelförmige Spule.

[0038] Im dielektrisch wirkenden Trägersubstrat 14

können hintereinander entlang der Achse des Strahlrohres metallische Schichten, z.B. Metallplatten, eingebracht sein (hier nicht gezeigt). In diesem Fall hat das dielektrisch wirkende Trägersubstrat einen Aufbau wie in Fig. 2A der US 6,331,194 B1 gezeigt. Die metallischen Schichten sind durch die umlaufenden Leiterschleifen 20 miteinander verbunden. Durch die galvanische Verbindung der metallischen Schichten können eventuell einschlagende Elektronen abfließen.

Zur Fertigung des Isolationskerns 6 wird beispielsweise der elektrische Leiter 16 nach Art eines Schraubenwendels gebogen und an der Innenwand des hohlzylindrischen Trägersubstrats 14 befestigt. Der elektrische Leiter kann aber auch mittels einer metallisch leitfähigen Paste, wie sie für das Drucken von Leiterbahnen auf Leiterplatten eingesetzt wird, auf die Innenwand des hohlzylindrischen Trägersubstrats 14 aufgedruckt werden.

[0039] Die beiden Enden des wendelförmigen elektrischen Leiters 16 sind über elektrisch leitende Verbindungen 22 mit dem Strahlrohr 4 bzw. seinem metallischen Gehäuse 5 und damit mit dem Grundpotential des Teilchenbeschleunigers 2 verbunden.

[0040] Das Hohlvolumen 8 ist im Betrieb des Teilchenbeschleunigers 2 evakuiert.

[0041] Streu- und Sekundärelektronen, die durch das beschleunigende elektrische Feld aus der Strahlrohrwand gelöst wurden, treffen beim Aufprall auf den Isolationskern 6 auf eine oder mehrere Leiterschleifen 20 des elektrischen Leiters 16 und laden diese auf. Durch die galvanische Verbindung der Leiterschleifen 16 untereinander verteilt sich die Ladung der Sekundärelektronen in Richtung der Mittellängsachse 18 entlang des elektrischen Leiters 16. Auf diese Weise ist die Gefahr einer Sekundärelektronenvervielfachung und damit die Durchschlagswahrscheinlichkeit des Teilchenbeschleunigers 2 gering. Somit lässt sich der Teilchenbeschleuniger 2 mit einer hohen beschleunigenden elektrischen Feldstärke und ist einer hohen Rate von Beschleunigungsimpulsen betreiben.

[0042] Durch die Ausbildung des elektrischen Leiters 16 nach Art einer Spule werden zudem hochfrequente elektrische Wechselfelder gefiltert.

Bezugszeichenliste

[0043]

2	Teilchenbeschleuniger
4	Strahlrohr
6	Isolationskern
8	Hohlvolumen
10	geladener Teilchenstrahl
12	Magnetfeld
14	Trägersubstrat
16	elektrischer Leiter
18	Mittellängsachse
20	Leiterschleife
22	elektrisch leitende Verbindung

Patentansprüche

1. Strahlrohr (4) zur Führung,eines geladenen Teilchenstrahls (10) mit einem ein strahlführendes Hohlvolumen (8) unmittelbar umgebenden hohlzylindrischen Isolationskern (6), der aus einem dielektrisch wirkenden Trägersubstrat (14) gebildet ist, und mit einem den Isolationskern (6) umgebenden metallischen Gehäuse (5), wobei im Trägersubstrat (14) entlang der Achse des Strahlrohres (4) hintereinander angeordnete metallische Schichten eingebracht sind,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   der Isolationskern (6) weiterhin aus einem in dem dielektrisch wirkenden Trägersubstrat (14) gehaltenen elektrischen Leiter (16) gebildet ist, wobei der Leiter (16) in mehrere Leiterschleifen (20) gegliedert ist, die den Umfang des Isolationskerns (6) auf unterschiedlichen axialen Positionen vollständig umlaufen und die untereinander galvanisch verbunden sind, wobei der Leiter (16) an mindestens zwei voneinander beabstandeten Punkten insbesondere endseitig mit dem Gehäuse (5) galvanisch verbunden ist, wobei die metallischen Schichten durch den elektrischen Leiter (16) miteinander galvanisch verbunden sind und wobei die metallischen Schichten durch den in Leiterschleifen geführten elektrischen Leiter auf einer Strahlrohroberfläche im Wesentlichen induktiv angekoppelt sind.

2. Strahlrohr (4) nach Anspruch 1,
   wobei die Leiterschleifen (20) eine wendelförmige Spule bilden.

3. Strahlrohr (4) nach Anspruch 1 oder 2,
   wobei der Leiter (16) in das Trägersubstrat (14) eingebettet ist.

4. Strahlrohr (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
   wobei der Leiter (16) das Trägersubstrat (14) vollständig durchsetzt.

5. Strahlrohr (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
   wobei der Leiter (16) und das Trägersubstrat (14) drahtförmig ausgebildet und als Doppelwendel gewunden sind.

6. Teilchenbeschleuniger (2), insbesondere Linearbeschleuniger, mit einem Strahlrohr (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 5.

Claims

1. Beam tube (4) for guiding a charged particle beam (10), comprising a hollow cylindrical isolation core (6) which directly encloses a beam-guiding cavity (8) and is formed from a dielectrically acting carrier sub-

strate (14), and comprising a metal housing (5) enclosing the isolation core (6), wherein metal layers are placed in succession along the axis of the beam tube (4) in the carrier substrate (14),
characterized in that the isolation core (6) is furthermore formed from an electrical conductor (16) held in the dielectrically acting carrier substrate (14), wherein the conductor (16) is divided into a plurality of conductor loops (20) which extend fully around the circumference of the isolation core (6) at different axial positions and are DC-connected to one another, wherein the conductor (16) is DC-connected, in particular in an end-side manner, to the housing (5) at at least two spaced-apart points, wherein the metal layers are DC-connected to one another by the electrical conductor (16) and wherein the metal layers are substantially inductively coupled by the electrical conductor, which is guided in conductor loops, on a beam tube surface.

2. Beam tube (4) according to Claim 1, wherein the conductor loops (20) form a helical coil.

3. Beam tube (4) according to Claim 1 or 2, wherein the conductor (16) is embedded in the carrier substrate (14).

4. Beam tube (4) according to one of Claims 1 to 3, wherein the conductor (16) passes entirely through the carrier substrate (14).

5. Beam tube (4) according to one of Claims 1 to 4, wherein the conductor (16) and the carrier substrate (14) are wire-shaped and are wound as a double helix.

6. Particle accelerator (2), in particular a linear accelerator, having a beam tube (4) according to one of Claims 1 to 5.

Revendications

1. Tube à faisceau (4) destiné au guidage d'un faisceau de particules chargées (10), muni d'un noyau d'isolation (6) cylindrique creux entourant directement un volume creux (8) guidant le faisceau, lequel noyau d'isolation est formé par un substrat porteur (14) agissant diélectriquement, et est muni d'un boîtier métallique (5) entourant le noyau d'isolation (6), des couches métalliques disposées les unes derrière les autres étant placées dans le substrat porteur (14) le long de l'axe du tube à faisceau (4),
caractérisé en ce que
le noyau d'isolation (6) est en outre formé à partir d'un conducteur électrique (16) maintenu dans le substrat porteur (14) agissant diélectriquement, le conducteur (16) étant divisé en plusieurs boucles de conducteur (20) qui entourent entièrement la circonférence du noyau d'isolation (6) sur différentes positions axiales et sont reliées entre elles galvaniquement, le conducteur (16) étant relié galvaniquement au boîtier (5) à au moins deux points distancés l'un de l'autre, notamment côté extrémité, les couches métalliques étant reliées entre elles galvaniquement au moyen du conducteur électrique (16) et les couches métalliques étant couplées essentiellement inductivement sur une surface du tube à faisceau au moyen du conducteur électrique guidé en boucles de conducteur.

2. Tube à faisceau (4) selon la revendication 1, les boucles de conducteur (20) formant une bobine hélicoïdale.

3. Tube à faisceau (4) selon la revendication 1 ou 2, le conducteur (16) étant logé dans le substrat porteur (14) .

4. Tube à faisceau (4) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,
le conducteur (16) traversant entièrement le substrat porteur (14).

5. Tube à faisceau (4) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,
le conducteur (16) et le substrat porteur (14) étant réalisés en forme de fil et tordus en tant que double spirale.

6. Accélérateur de particules(2), notamment accélérateur linéaire, muni d'un tube à faisceau (4) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

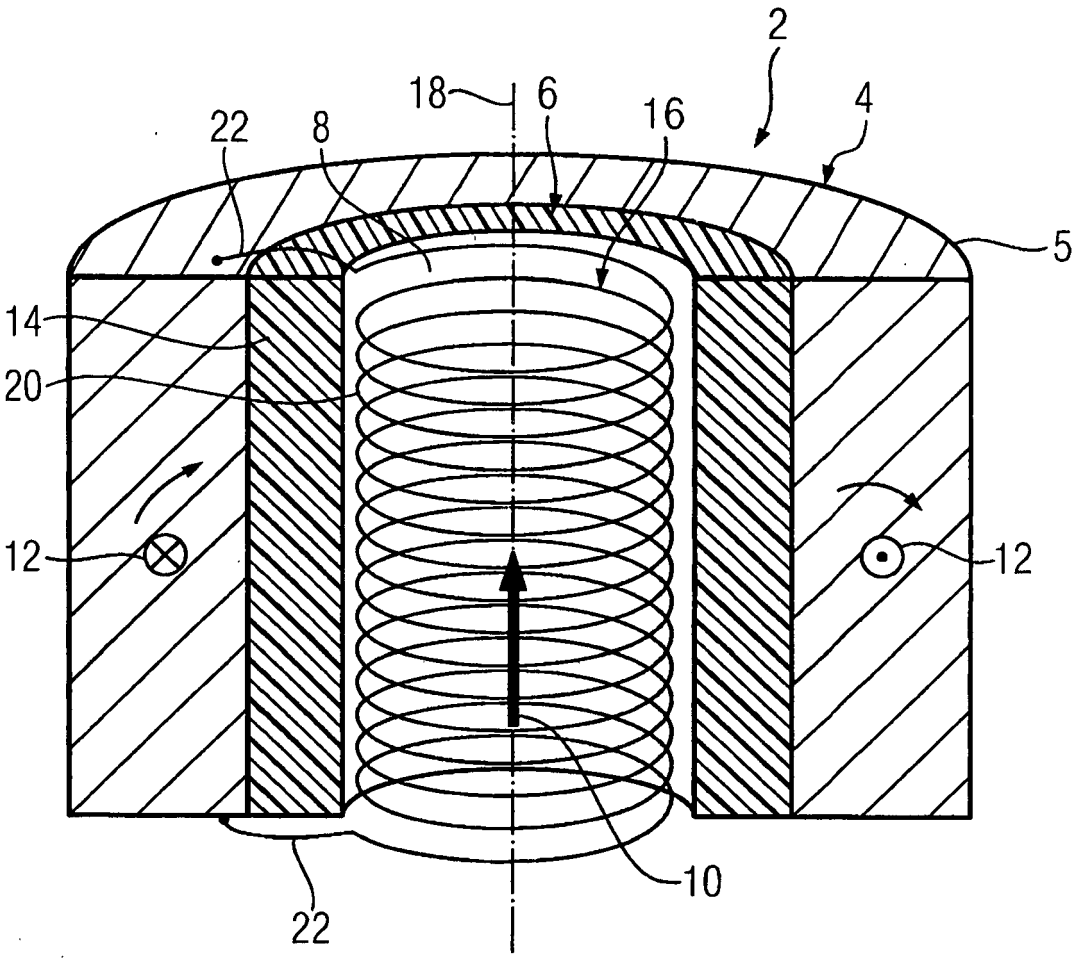


Fig. 1

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 6331194 B1 **[0004] [0038]**
- US 2569154 A **[0007] [0008]**
- US 2005021 A **[0009]**
- US 3761720 A **[0010]**
- WO 2006043366 A1 **[0011]**
- US 3506865 A **[0012]**
- WO 9833228 A2 **[0013]**
- US 5757146 A **[0013] [0030]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- *Linearbeschleuniger von Wideröe,* 1928 **[0034]**