

(19)



(11)

**EP 2 749 151 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**15.07.2015 Patentblatt 2015/29**

(51) Int Cl.:  
**H05H 7/18 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **12769948.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2012/067266**

(22) Anmeldetag: **05.09.2012**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2013/045236 (04.04.2013 Gazette 2013/14)**

**(54) HF-RESONATOR UND TEILCHENBESCHLEUNIGER MIT DIESEM HF-RESONATOR**

HF RESONATOR AND PARTICLE ACCELERATOR WITH SUCH HF RESONATOR

RÉSONATEUR HAUTE FRÉQUENCE ET ACCÉLÉRATEUR DE PARTICULES COMPORTANT UN TEL RÉSONATEUR HAUTE FRÉQUENCE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL 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 RS SE SI SK SM TR**

• **KLEEMANN, Michael**  
**91054 Erlangen (DE)**

(30) Priorität: **29.09.2011 DE 102011083668**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2011/061026**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**02.07.2014 Patentblatt 2014/27**

• **M. POPOVIC ET AL: "Dielectric Loaded RF Cavities for Muon Facilities", PROCEEDINGS IPAC'10 KYOTO JAPAN, Juni 2010 (2010-06), Seiten 3783-3785, XP002688956,**

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

• **M. POPOVIC ET AL: "Compact, Tunable RF Cavities", PROCEEDINGS EPAC 08 GENOA ITALY, Juli 2008 (2008-07), Seiten 802-804, XP002688957,**

(72) Erfinder:  
• **BACK, Michael**  
**91056 Erlangen (DE)**  
• **HEID, Oliver**  
**91052 Erlangen (DE)**

• **FRENCH KD: "Development of a dielectric loaded RF cavity for a muon accelerator", NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH A, Bd. 624, Nr. 3, 21. Dezember 2010 (2010-12-21), Seiten 731-734, XP002688958, ISSN: 0168-9002**

**EP 2 749 151 B1**

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).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen HF-Resonator gemäß Patentanspruch 1, sowie einen Teilchenbeschleuniger zum Beschleunigen elektrisch geladener Teilchen gemäß Patentanspruch 11.

**[0002]** In HF-Resonatoren lassen sich hochfrequente elektromagnetische Schwingungen anregen. HF-Resonatoren können auch als Hohlraumresonatoren bezeichnet werden. HF-Resonatoren werden beispielsweise in Teilchenbeschleunigern zur Beschleunigung elektrisch geladener Teilchen verwendet.

**[0003]** Zum Anregen einer hochfrequenten elektromagnetischen Schwingung in einem HF-Resonator ist es bekannt, eine hochfrequente Leistung beispielsweise mittels eines Klystrons oder einer Tetrode zu erzeugen und mittels eines Kabels oder eines Wellenleiters zum HF-Resonator zu transportieren und dort über ein Strahlungsfenster oder eine HF-Antenne in den HF-Resonator einzukoppeln. Allerdings lassen sich mit dieser Art der Anregung keine sehr hohen HF-Leistungen erzielen.

**[0004]** WO 2011/061026 offenbart eine HF-Kavität, in welchen HF-Leistung zur Erzeugung eines elektromagnetischen Feldes im Inneren der HF-Kavität eingekoppelt werden kann.

**[0005]** Aus der EP 0 606 870 A1 ist bekannt, einen HF-Resonator mit einer leitfähigen Wand mit einer Mehrzahl von Festkörpertransistoren auszustatten, die dazu vorgesehen sind, einen hochfrequenten elektrischen Stromfluss in der Wand des HF-Resonators zu induzieren und dadurch eine hochfrequente elektromagnetische Schwingung im HF-Resonator anzuregen. Das Anregen des Stromflusses geschieht dabei durch Anlegen einer hochfrequenten elektrischen Spannung über einen elektrisch isolierenden Schlitz in der Wand des HF-Resonators.

**[0006]** Eine Verwendung von HF-Resonatoren in Teilchenbeschleunigern zur Beschleunigung elektrisch geladener Teilchen erfordert eine Evakuierung des HF-Resonators auf einen sehr niedrigen Druck. Es hat sich gezeigt, dass mit dielektrischem Material gefüllte elektrisch isolierende Schlitze in ansonsten leitfähigen Wänden eines HF-Resonators nur schwierig und aufwändig abzudichten sind.

**[0007]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, einen besser evakuierbaren HF-Resonator bereitzustellen. Diese Aufgabe wird durch einen HF-Resonator mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Es ist weiter Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Teilchenbeschleuniger mit einem besser evakuierbaren HF-Resonator bereitzustellen. Diese Aufgabe wird durch einen Teilchenbeschleuniger mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0008]** Ein erfindungsgemäßer HF-Resonator umfasst eine zylindrische Kavität aus einem dielektrischen Material. Eine Innenseite der Kavität weist eine elektrisch leitende Beschichtung auf, die durch einen, ringförmig eine

Mantelfläche der Kavität umlaufenden, elektrisch isolierenden Spalt in eine erste innere Beschichtung und eine zweite innere Beschichtung unterteilt ist. Eine Außenseite der Kavität weist eine elektrisch leitende erste äußere Beschichtung und eine elektrisch leitende zweite äußere Beschichtung auf. Die erste äußere Beschichtung und die zweite äußere Beschichtung sind elektrisch voneinander isoliert. Der HF-Resonator umfasst eine Einrichtung, die dazu vorgesehen ist, eine hochfrequente elektrische Spannung zwischen der ersten äußeren Beschichtung und der zweiten äußeren Beschichtung anzulegen. Vorteilhafterweise kann die zylindrische Kavität dieses HF-Resonators einfach evakuiert werden und weist keine problematisch abzudichtenden Durchbrüche, insbesondere keine schwierig abzudichtenden Metall-Keramik-Verbindungen, auf. Vorteilhafterweise kann die Einrichtung des HF-Resonators über die leitfähigen äußeren und inneren Beschichtungen kapazitiv eine hochfrequente elektromagnetische Schwingung in dem HF-Resonator anregen.

**[0009]** In einer bevorzugten Ausführungsform des HF-Resonators ist der ringförmig umlaufende Spalt senkrecht zu einer Längsrichtung der zylindrischen Kavität orientiert. Vorteilhafterweise weist der HF-Resonator dann eine Spiegel- und Drehsymmetrie auf, was eine Anregung symmetrischer Schwingungsmoden ermöglicht.

**[0010]** In einer ebenfalls bevorzugten Ausführungsform des HF-Resonators umlaufen die erste äußere Beschichtung und die zweite äußere Beschichtung die Mantelfläche der Kavität jeweils ringförmig. Vorteilhafterweise weist dann auch die Außenseite des HF-Resonators eine Spiegel- und Drehsymmetrie auf, was eine Anregung symmetrischer Schwingungsmoden ermöglicht.

**[0011]** Es ist zweckmäßig, dass die erste äußere Beschichtung in einer senkrecht zur Mantelfläche der Kavität orientierten Richtung der ersten inneren Beschichtung benachbart ist. Vorteilhafterweise besteht dann eine starke kapazitive Kopplung zwischen der ersten äußeren Beschichtung und der ersten inneren Beschichtung.

**[0012]** Ebenfalls ist zweckmäßig, dass die zweite äußere Beschichtung in einer senkrecht zur Mantelfläche der Kavität orientierten Richtung der zweiten inneren Beschichtung benachbart ist. Vorteilhafterweise besteht dann zwischen der zweiten äußeren Beschichtung und der zweiten inneren Beschichtung eine große kapazitive Kopplung.

**[0013]** In einer bevorzugten Weiterbildung des HF-Resonators umfasst die Einrichtung einen Festkörper-Leistungstransistor. Vorteilhafterweise kann mit einem Festkörper-Leistungstransistor die in den HF-Resonator einzukoppelnde HF-Leistung nahe des Orts der Einkopplung erzeugt werden.

**[0014]** In einer Weiterbildung des HF-Resonators umfasst die Einrichtung eine Mehrzahl von Festkörper-Leistungstransistoren, die ringförmig um die Mantelfläche der Kavität angeordnet sind. Vorteilhafterweise ermöglicht das Vorsehen einer Mehrzahl von Festkörper-Leistungs-

transistoren die Anregung einer besonders hohen HF-Leistung in dem HF-Resonator.

**[0015]** In einer bevorzugten Ausführungsform des HF-Resonators ist das dielektrische Material ein Glas oder eine Keramik. Vorteilhafterweise weisen Glas und Keramik für eine Verwendung als Vakuumgefäß geeignete mechanische Eigenschaften auf.

**[0016]** Es ist zweckmäßig, dass die Kavität eine Kreiszyylinderform aufweist. Vorteilhafterweise ermöglicht eine kreiszylindrisch ausgebildete Kavität eine Anregung von für eine Beschleunigung von geladenen Teilchen geeigneten Schwingungsmoden.

**[0017]** Bevorzugt ist die Kavität ausgebildet, auf einen gegenüber einer Umgebung der Kavität reduzierten Luftdruck evakuiert zu werden. Vorteilhafterweise kann der HF-Resonator dann zur Beschleunigung elektrisch geladener Teilchen genutzt werden.

**[0018]** Ein erfindungsgemäßer Teilchenbeschleuniger zum Beschleunigen elektrisch geladener Teilchen weist einen HF-Resonator der vorgenannten Art auf. Vorteilhafterweise kann der HF-Resonator bei diesem Teilchenbeschleuniger auf einen niedrigen Druck evakuiert werden und weist dabei keine schwierig abzudichtenden Nahtstellen auf.

**[0019]** Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung, sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch einen HF-Resonator; und  
Figur 2 einen Schnitt durch einen Wandabschnitt des HF-Resonators.

**[0020]** Figur 1 zeigt einen HF-Resonator 100 in stark schematisierter Darstellung. Im HF-Resonator 100 kann eine hochfrequente elektromagnetische Schwingungsmoden angeregt werden. Der HF-Resonator 100 kann beispielsweise zur Beschleunigung elektrisch geladener Teilchen in einem Teilchenbeschleuniger dienen.

**[0021]** Der HF-Resonator 100 umfasst eine Kavität 200. Die Kavität 200 ist als Hohlzylinder ausgebildet und weist eine kreisscheibenförmige erste Deckfläche 210, eine kreisscheibenförmige zweite Deckfläche 220 und eine die erste Deckfläche 210 mit der zweiten Deckfläche 220 verbindende Mantelfläche 230 auf. In der Darstellung der Figur 1 ist die Kavität 200 an der Zeichnungsebene geschnitten. In Figur 1 ist somit lediglich eine Hälfte der Kavität 200 dargestellt.

**[0022]** Die hohlzylindrisch ausgebildete Kavität 200 definiert eine Längsrichtung 201 und eine radiale Richtung 202, die senkrecht zur Längsrichtung 201 orientiert ist. Die erste Deckfläche 210 und die zweite Deckfläche 220 sind jeweils senkrecht zur Längsrichtung 201 orientiert. Die Mantelfläche 230 der Kavität 200 erstreckt sich zwischen der ersten Deckfläche 210 und der zweiten

Deckfläche 220 entlang der Längsrichtung 201.

**[0023]** Die erste Deckfläche 210 und die zweite Deckfläche 220 können in alternativen Ausführungsformen auch anders als kreisscheibenförmig ausgebildet sein. Beispielsweise könnten die Deckflächen 210, 220 jeweils eine Rechteckform oder eine elliptische Form aufweisen.

**[0024]** Die Kavität 200 besteht aus einem elektrisch isolierenden dielektrischen Material. Bevorzugt besteht die Kavität 200 aus einem Glas oder einer Keramik. Vorteilhafterweise sind Glas- und Keramikmaterialien ausreichend fest, um einer hohen Druckdifferenz zwischen einem Innenraum der Kavität 200 und einer Umgebung der Kavität 200 standzuhalten.

**[0025]** Die Kavität 200 des HF-Resonators 100 umschließt einen Hohlraum vollständig und weist bevorzugt keine schwierig abzudichtenden Nahtstellen, insbesondere keine Metall-Keramik-Übergänge auf. Dies ermöglicht es, die Kavität 200 auf einen gegenüber einem Luftdruck in einer Umgebung der Kavität 200 reduzierten Druck zu evakuieren. Zum Evakuieren der Kavität 200 kann die Kavität 200 einen oder mehrere geeignete Flansche aufweisen. Die erste Deckfläche 210 und die zweite Deckfläche 220 der Kavität 200 können außerdem geeignete Öffnungen oder Fenster aufweisen, durch die ein Strahl geladener Teilchen in das Innere der Kavität 200 gelangen und aus dem Inneren der Kavität 200 austreten kann.

**[0026]** Die Kavität 200 weist eine Innenseite 240 auf, die dem von der Kavität 200 umschlossenen Hohlraum zugewandt ist. Außerdem weist die Kavität 200 eine Außenseite 250 auf, die einer Umgebung der Kavität 100 zugewandt ist.

**[0027]** An der Innenseite 240 der Kavität 200 ist eine elektrisch leitende innere Beschichtung 300 angeordnet. Die elektrisch leitende innere Beschichtung 300 kann beispielsweise aus einem Metall bestehen. Die innere Beschichtung 300 ist in eine erste innere Beschichtung 310 und eine zweite innere Beschichtung 320 unterteilt. Zwischen der ersten inneren Beschichtung 310 und der zweiten inneren Beschichtung 320 ist ein elektrisch isolierender innerer Spalt 330 angeordnet, durch den die erste innere Beschichtung 310 elektrisch gegenüber der zweiten inneren Beschichtung 320 isoliert ist. Im Bereich des inneren Spalts 330 ist an der Innenseite 240 der Kavität 200 keine leitende Beschichtung vorgesehen.

**[0028]** Bevorzugt ist der innere Spalt 330 ringförmig umlaufend an der Mantelfläche 230 der Kavität 200 angeordnet. Dabei ist der innere Spalt 330 bevorzugt senkrecht zur Längsrichtung 201 der Kavität 200 und somit parallel zu den Deckflächen 210, 220 orientiert. Besonders bevorzugt ist der innere Spalt 330 mittig zwischen der ersten Deckfläche 210 und der zweiten Deckfläche 220 angeordnet.

**[0029]** Die erste innere Beschichtung 310 deckt die Innenseite 240 der ersten Deckfläche 210 sowie die Innenseite 240 eines an die erste Deckfläche 210 anschließenden Abschnitts der Mantelfläche 230 ab. Die zweite innere Beschichtung 320 deckt die Innenseite 240 der

zweiten Deckfläche 220 sowie die Innenseite 240 eines an die zweite Deckfläche 220 anschließenden Abschnitts der Mantelfläche 230 ab.

**[0030]** In Längsrichtung 201 ist der innere Spalt 330 bevorzugt sehr schmal ausgebildet. Insbesondere ist die Breite des inneren Spalts 330 in Längsrichtung 201 bevorzugt klein gegenüber einer Länge der Kavität 200 in Längsrichtung 201 und klein gegenüber einer Wellenlänge einer im HF-Resonator 100 anregbaren hochfrequenten Schwingungsmode.

**[0031]** Auf der Außenseite 250 der Kavität 200 ist eine elektrisch leitende äußere Beschichtung 400 angeordnet. Die äußere Beschichtung 400 kann beispielsweise aus einem Metall bestehen. Die äußere Beschichtung 400 umfasst eine erste äußere Beschichtung 410 und eine zweite äußere Beschichtung 420. Zwischen der ersten äußeren Beschichtung 410 und der zweiten äußeren Beschichtung 420 ist ein äußerer Spalt 430 angeordnet. Im Bereich des äußeren Spalts 430 ist keine elektrisch leitende Beschichtung auf der Außenseite 250 der Kavität 200 vorgesehen. Durch den äußeren Spalt 430 sind die erste äußere Beschichtung 410 und die zweite äußere Beschichtung 420 elektrisch voneinander isoliert.

**[0032]** Figur 2 zeigt einen Schnitt durch einen Abschnitt der Mantelfläche 230 der Kavität 200 des HF-Resonators 100 im Bereich des inneren Spalts 330 und des äußeren Spalts 430. Es ist erkennbar, dass der äußere Spalt 430 sich in Längsrichtung 201 an der gleichen Position befindet wie der innere Spalt 330. In radiale Richtung 202 ist der äußere Spalt 430 dem inneren Spalt 330 benachbart. Der äußere Spalt 430 ist ringförmig umlaufend an der Außenseite 250 der Mantelfläche 230 angeordnet. Falls sich der innere Spalt 330 in Längsrichtung 201 der Kavität 200 in der Mitte zwischen der ersten Deckfläche 210 und der zweiten Deckfläche 220 befindet, so ist auch der äußere Spalt 430 bevorzugt mittig zwischen der ersten Deckfläche 210 und der zweiten Deckfläche 220 angeordnet. Die Breite des äußeren Spalts 430 in Längsrichtung 201 entspricht bevorzugt im Wesentlichen der Breite des inneren Spalts 330 in Längsrichtung 201.

**[0033]** Die erste äußere Beschichtung 410 und die zweite äußere Beschichtung 420 sind ebenfalls jeweils ringförmig umlaufend an der Außenseite 250 der Mantelfläche 230 angeordnet. Die ringförmig ausgebildeten äußeren Beschichtungen 410, 420 sind dabei bevorzugt senkrecht zur Längsrichtung 201 der Kavität 200 orientiert. Die Breite der ersten äußeren Beschichtung 410 in Längsrichtung 201 sowie die Breite der zweiten äußeren Beschichtung 420 in Längsrichtung 201 entspricht bevorzugt etwa der Breite des äußeren Spalts 430 in Längsrichtung 201 der Kavität 200. Die erste äußere Beschichtung 410 und die zweite äußere Beschichtung 420 können jedoch in Längsrichtung 201 auch eine größere Breite oder eine geringere Breite als der äußere Spalt 430 aufweisen. Bevorzugt ist die Breite der ersten und zweiten äußeren Beschichtung 410, 420 in Längsrichtung 201 klein gegen eine Wellenlänge einer in der Kavität 200

anregbaren elektromagnetischen Schwingungsmode.

**[0034]** Die erste äußere Beschichtung 410 ist durch die dielektrische Mantelfläche 230 gegen die erste innere Beschichtung 310 isoliert. Die zweite äußere Beschichtung 420 ist durch die dielektrische Mantelfläche 230 gegen die zweite innere Beschichtung 320 isoliert. Die erste innere Beschichtung 410, die dielektrische Mantelfläche 230 und die erste innere Beschichtung 310 bilden einen ersten Kondensator. Die zweite äußere Beschichtung 420, die dielektrische Mantelfläche 230 und die zweite innere Beschichtung 320 bilden einen zweiten Kondensator. Der erste und der zweite Kondensator bewirken eine kapazitive Kopplung zwischen der ersten äußeren Beschichtung 410 und der ersten inneren Beschichtung 310 bzw. zwischen der zweiten äußeren Beschichtung 420 und der zweiten inneren Beschichtung 320. Eine zwischen der ersten äußeren Beschichtung 410 und der zweiten äußeren Beschichtung 420 angelegte elektrische Spannung wird kapazitiv in die erste innere Beschichtung 310 und die zweite innere Beschichtung 320 eingekoppelt, so dass eine zwischen der ersten äußeren Beschichtung 410 und der zweiten äußeren Beschichtung 420 angelegte elektrische Spannung eine im Wesentlichen gleiche elektrische Spannung zwischen der ersten inneren Beschichtung 310 und der zweiten inneren Beschichtung 320 bewirkt.

**[0035]** Der HF-Resonator 100 umfasst eine Antriebseinrichtung 500, die dazu vorgesehen ist, hochfrequente elektromagnetische Leistung in die Kavität 200 des HF-Resonators 100 einzukoppeln. Die Antriebseinrichtung 500 ist hierzu dafür ausgebildet, eine hochfrequente elektrische Spannung zwischen der ersten äußeren Beschichtung 410 und der zweiten äußeren Beschichtung 420 anzulegen. Die Antriebseinrichtung 500 weist bevorzugt einen Festkörper-Leistungstransistor oder einen anderen Festkörperschalter auf. Besonders bevorzugt umfasst die Antriebseinrichtung 500 eine Mehrzahl von Festkörper-Leistungstransistoren, die ringförmig im Bereich des äußeren Spalts 430 umlaufend an der Außenseite 250 der Mantelfläche 230 der Kavität 200 angeordnet sind.

**[0036]** Wird durch die Antriebsvorrichtung 500 eine hochfrequente elektrische Wechselspannung zwischen der ersten äußeren Beschichtung 410 und der zweiten äußeren Beschichtung 420 angelegt, so tritt wegen der kapazitiven Kopplungen zwischen den äußeren Beschichtungen 410, 420 und den inneren Beschichtungen 310, 320 auch eine hochfrequente elektrische Wechselspannung zwischen der ersten inneren Beschichtung 310 und der zweiten inneren Beschichtung 320 auf. In der ersten inneren Beschichtung 310 und der zweiten inneren Beschichtung 320 regt die eingekoppelte hochfrequente elektrische Spannung einen hochfrequenten elektrischen Stromfluss an.

**[0037]** Entspricht die Frequenz der durch die Antriebsvorrichtung 500 zwischen der ersten äußeren Beschichtung 410 und der zweiten äußeren Beschichtung 420 angelegten Wechselspannung einer Resonanzfrequenz

des HF-Resonators 100, so bewirkt der in den inneren Beschichtungen 310, 320 induzierte Stromfluss eine Anregung einer resonanten hochfrequenten Schwingungs-mode im Inneren der Kavität 200.

**[0038]** Somit gestattet es die Antriebsvorrichtung 500, hochfrequente elektromagnetische Leistung kapazitiv in die Kavität 200 des HF-Resonators 100 einzukoppeln, um eine resonante hochfrequente Schwingung im Inneren der Kavität 200 anzuregen und zu verstärken.

**[0039]** Vorteilhafterweise dient die Kavität 200 des HF-Resonators 100 gleichzeitig als zu evakuierendes Gefäß und als Träger für die elektrisch leitende innere Beschichtung 300. Durch die Möglichkeit einer kapazitiven Anregung erfordert die Kavität 200 keine elektrisch leitenden Durchbrüche und daher auch keine schwierig abzudichtenden Metall-Keramik-Übergänge.

**[0040]** Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt. Andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. HF-Resonator (100) mit einer zylindrischen Kavität (200) aus einem dielektrischen Material, wobei eine Innenseite (240) der Kavität (200) eine elektrisch leitende Beschichtung (300) aufweist, die durch einen ringförmig eine Mantelfläche (230) der Kavität (200) umlaufenden elektrisch isolierenden Spalt (330) in eine erste innere Beschichtung (310) und eine zweite innere Beschichtung (320) unterteilt ist, wobei eine Außenseite (250) der Kavität (200) eine elektrisch leitende erste äußere Beschichtung (410) und eine elektrisch leitende zweite äußere Beschichtung (420) aufweist, wobei die erste äußere Beschichtung (410) und die zweite äußere Beschichtung (420) elektrisch voneinander isoliert sind, wobei der HF-Resonator (100) eine Einrichtung (500) umfasst, die dazu vorgesehen ist, eine hochfrequente elektrische Spannung zwischen der ersten äußeren Beschichtung (410) und der zweiten äußeren Beschichtung (420) anzulegen.
2. HF-Resonator (100) gemäß Anspruch 1, wobei der ringförmig umlaufende Spalt (330) senkrecht zu einer Längsrichtung (201) der zylindrischen Kavität (200) orientiert ist.
3. HF-Resonator (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste äußere Beschichtung (410) und die zweite äußere Beschichtung (420) die Mantelfläche (230) der Kavität (200) jeweils ringförmig umlaufen.

4. HF-Resonator (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste äußere Beschichtung (410) in einer senkrecht zur Mantelfläche (230) der Kavität (200) orientierten Richtung (202) der ersten inneren Beschichtung (310) benachbart ist.
5. HF-Resonator (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite äußere Beschichtung (420) in einer senkrecht zur Mantelfläche (230) der Kavität (200) orientierten Richtung (202) der zweiten inneren Beschichtung (320) benachbart ist.
6. HF-Resonator (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einrichtung (500) einen Festkörper-Leistungstransistor umfasst.
7. HF-Resonator (100) gemäß Anspruch 6, wobei die Einrichtung (500) eine Mehrzahl von Festkörper-Leistungstransistoren umfasst, die ringförmig um die Mantelfläche (230) der Kavität (200) angeordnet sind.
8. HF-Resonator (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das dielektrische Material ein Glas oder eine Keramik ist.
9. HF-Resonator (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kavität (200) eine Kreiszyylinderform aufweist.
10. HF-Resonator (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kavität (200) ausgebildet ist, auf einen gegenüber einer Umgebung der Kavität (200) reduzierten Luftdruck evakuiert zu werden.
11. Teilchenbeschleuniger zum Beschleunigen elektrisch geladener Teilchen, wobei der Teilchenbeschleuniger einen HF-Resonator (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.

#### Claims

1. RF resonator (100) having a cylindrical cavity (200) composed of a dielectric material, wherein an inner side (240) of the cavity (200) has an electrically conductive coating (300), which is subdivided into a first inner coating (310) and a second inner coating (320) by an electrically insulating gap (330) extending circumferentially around a lateral surface (230) of the cavity (200) in ring-shaped

- fashion,  
 wherein an outer side (250) of the cavity (200) has an electrically conductive first outer coating (410) and an electrically conductive second outer coating (420),  
 wherein the first outer coating (410) and the second outer coating (420) are electrically insulated from one another, wherein the RF resonator (100) comprises a device (500) provided for applying a radio-frequency electrical voltage between the first outer coating (410) and the second outer coating (420).
2. RF resonator (100) according to Claim 1, wherein the gap (330) extending circumferentially in a ring-shaped fashion is oriented perpendicularly to a longitudinal direction (201) of the cylindrical cavity (200).
  3. RF resonator (100) according to either of the preceding claims, wherein the first outer coating (410) and the second outer coating (420) each extend circumferentially around the lateral surface (230) of the cavity (200) in ring-shaped fashion.
  4. RF resonator (100) according to any of the preceding claims, wherein the first outer coating (410) is adjacent to the first inner coating (310) in a direction (202) oriented perpendicularly to the lateral surface (230) of the cavity (200).
  5. RF resonator (100) according to any of the preceding claims, wherein the second outer coating (420) is adjacent to the second inner coating (320) in a direction (202) oriented perpendicularly to the lateral surface (230) of the cavity (200).
  6. RF resonator (100) according to any of the preceding claims, wherein the device (500) comprises a solid-state power transistor.
  7. RF resonator (100) according to Claim 6, wherein the device (500) comprises a plurality of solid-state power transistors arranged in ring-shaped fashion around the lateral surface (230) of the cavity (200).
  8. RF resonator (100) according to any of the preceding claims, wherein the dielectric material is a glass or a ceramic.
  9. RF resonator (100) according to any of the preceding claims, wherein the cavity (200) has a circular-cylindrical shape.

10. RF resonator (100) according to any of the preceding claims, wherein the cavity (200) is designed to be evacuated to a reduced air pressure compared with the surroundings of the cavity (200).
11. Particle accelerator for accelerating electrically charged particles, wherein the particle accelerator comprises an RF resonator (100) according to any of the preceding claims.

## Revendications

1. Résonateur haute fréquence (100) comportant une cavité cylindrique (200) en un matériau diélectrique, dans lequel une face intérieure (240) de la cavité (200) présente un revêtement électriquement conducteur (300), qui est divisé en un premier revêtement intérieur (310) et un deuxième revêtement intérieur (320) par une fente (330) électriquement isolante entourant en forme d'anneau une surface d'enveloppe (230) de la cavité (200), dans lequel une face extérieure (250) de la cavité (200) présente un premier revêtement extérieur électriquement conducteur (410) et un deuxième revêtement extérieur électriquement conducteur (420), dans lequel le premier revêtement extérieur (410) et le deuxième revêtement extérieur (420) sont électriquement isolés l'un de l'autre, dans lequel le résonateur haute fréquence (100) comprend un dispositif (500), qui est prévu pour appliquer une tension électrique haute fréquence entre le premier revêtement extérieur (410) et le deuxième revêtement extérieur (420).
2. Résonateur haute fréquence (100) selon la revendication 1, dans lequel la fente périphérique en forme d'anneau (330) est orientée perpendiculairement à une direction longitudinale (201) de la cavité cylindrique (200).
3. Résonateur haute fréquence (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier revêtement extérieur (410) et le deuxième revêtement extérieur (420) entourent chacun en forme d'anneau la surface d'enveloppe (230) de la cavité (200).
4. Résonateur haute fréquence (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier revêtement extérieur (410) est voisin du premier revêtement intérieur (310) dans une direction orientée perpendiculairement à la surface d'enveloppe (230) de la cavité (200).

5. Résonateur haut fréquence (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le deuxième revêtement extérieur (420) est voisin du deuxième revêtement intérieur (320) dans une direction (202) orientée perpendiculairement à la surface d'enveloppe (230) de la cavité (200). 5
6. Résonateur haute fréquence (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif (500) comprend un transistor de puissance à corps solide. 10
7. Résonateur haute fréquence (100) selon la revendication 6, dans lequel le dispositif (500) comprend une multiplicité de transistors de puissance à corps solide, qui sont disposés en forme d'anneau autour de la surface d'enveloppe (230) de la cavité (200). 15
8. Résonateur haute fréquence (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le matériau diélectrique est un verre ou une céramique. 20
9. Résonateur haute fréquence (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la cavité (200) présente une forme de cylindre rond. 25
10. Résonateur haute fréquence (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la cavité (200) est formée de façon à être évacuée à une pression d'air réduite par rapport à un environnement de la cavité (200). 30
11. Accélérateur de particules destiné à accélérer des particules chargées électriquement, dans lequel l'accélérateur de particules présente un résonateur haute fréquence (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes. 35

40

45

50

55

FIG 1

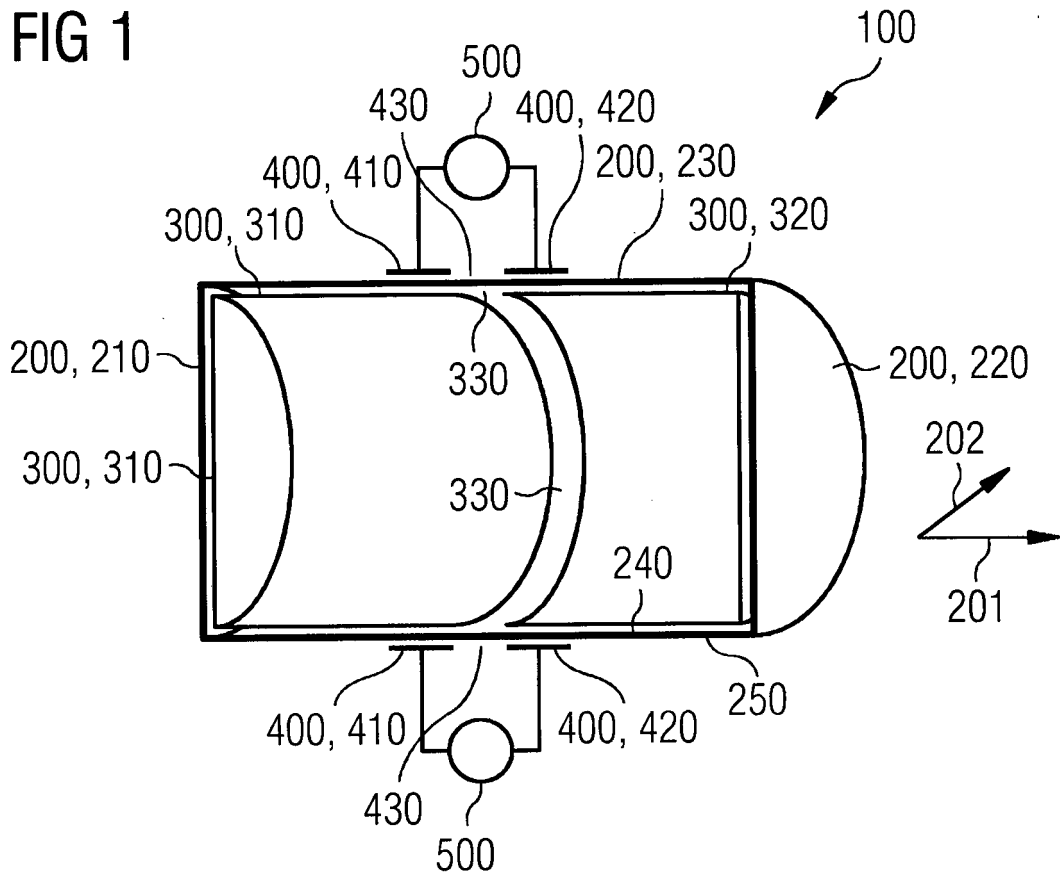
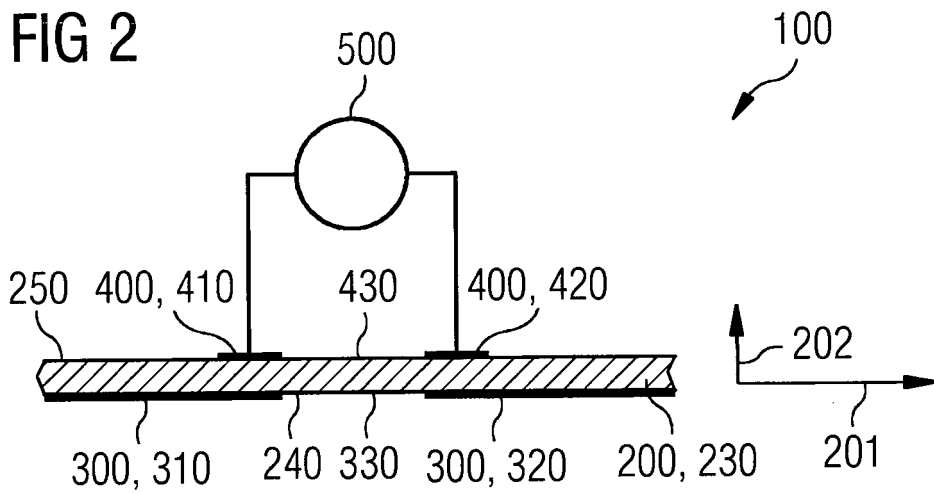


FIG 2



**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**

- WO 2011061026 A [0004]
- EP 0606870 A1 [0005]