

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5823397号
(P5823397)

(45) 発行日 平成27年11月25日 (2015.11.25)

(24) 登録日 平成27年10月16日 (2015.10.16)

(51) Int.Cl.	F I
H05H 7/18 (2006.01)	H05H 7/18
H05H 7/22 (2006.01)	H05H 7/22
H05H 9/00 (2006.01)	H05H 9/00 B
H05H 13/04 (2006.01)	H05H 13/04 D

請求項の数 15 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2012-532513 (P2012-532513)	(73) 特許権者	508008865
(86) (22) 出願日	平成22年8月25日 (2010.8.25)		シーメンス アクティエンゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2013-506970 (P2013-506970A)		ドイツ国 80333 ミュンヘン ヴィ
(43) 公表日	平成25年2月28日 (2013.2.28)		ッテルスバッヘルプラッツ 2
(86) 国際出願番号	PCT/EP2010/062373	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開番号	W02011/042251		弁理士 村山 靖彦
(87) 国際公開日	平成23年4月14日 (2011.4.14)	(74) 代理人	100089037
審査請求日	平成24年8月21日 (2012.8.21)		弁理士 渡邊 隆
審判番号	不服2014-10342 (P2014-10342/J1)	(74) 代理人	100110364
審判請求日	平成26年6月3日 (2014.6.3)		弁理士 実広 信哉
(31) 優先権主張番号	102009048400.0	(72) 発明者	オリヴァー・ハイト
(32) 優先日	平成21年10月6日 (2009.10.6)		ドイツ・91052・エアランゲン・ルイ
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		トボルトシュトラッセ・63

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 HF共振器空洞および加速器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

荷電粒子（15）を加速するためのRF共振器空洞であって、前記RF共振器空洞（11）を通り抜ける粒子ビーム（15）に運転中に作用するRF電磁場は、前記RF共振器空洞（11）に結合でき、

電気絶縁破壊抵抗を増加させるための少なくとも1つの中間電極（13）が、前記粒子ビーム（15）のビーム経路に沿って前記RF共振器空洞（11）に配置されており、

前記中間電極（13）は、移動可能に取り付けられていることを特徴とする、RF共振器空洞。

【請求項2】

前記中間電極（13）が前記RF共振器空洞の運転中に、加速するように前記粒子ビーム（15）に作用するRF場を生成しないように、前記中間電極（13）は、前記RF共振器空洞（11）の壁から絶縁される、請求項1に記載のRF共振器空洞。

【請求項3】

導電性接続部（17、23、25）が、前記RF共振器空洞（11）の動作周波数で高いインピーダンスを有するように、前記中間電極（13）は、前記導電性接続部（17、23、25）を用いて前記RF共振器空洞（11）の前記壁に結合され、その結果として前記中間電極（13）が前記RF共振器空洞（11）の運転中に、加速するように前記粒子ビーム（15）に作用するRF場を生成しないように、前記中間電極（13）は、前記RF共振器空洞（11）の前記壁に関して絶縁される、請求項2に記載のRF共振器空洞。

【請求項 4】

前記導電性接続部は、らせん状に案内される導体部分（25）を含む、請求項 3 に記載の R F 共振器空洞。

【請求項 5】

前記中間電極（13）は、弾性軸受け（17）を手段として移動可能に取り付けられる、請求項 1 に記載の R F 共振器空洞。

【請求項 6】

前記弾性軸受けは、ヘアピン（23）の形状に構成される、請求項 5 に記載の R F 共振器空洞。

【請求項 7】

前記弾性軸受けは、らせん状導電性部分（25）を含む、請求項 5 または 6 に記載の R F 共振器空洞。

【請求項 8】

前記中間電極（13）の材料は、クロム、バナジウム、チタン、モリブデン、タンタルおよび／またはタングステンを含む、請求項 1 から 7 の一項に記載の R F 共振器空洞。

【請求項 9】

前記中間電極（13）は、リング状ディスクの形状を有する、請求項 1 から 8 の一項に記載の R F 共振器空洞。

【請求項 10】

複数の中間電極（13）は、前記ビーム方向に次々に配置される、請求項 1 から 9 の一項に記載の R F 共振器空洞。

【請求項 11】

前記複数の中間電極（13）は、移動可能に取り付けられる、請求項 10 に記載の R F 共振器空洞。

【請求項 12】

前記複数の中間電極（13）は、弾性軸受け（17、23、25）を用いて互いに接続される、請求項 10 または 11 に記載の R F 共振器空洞。

【請求項 13】

前記複数の中間電極（13）を互いに接続する前記弾性軸受けは、ヘアピン（23）の形状に構成される、請求項 12 に記載の R F 共振器空洞。

【請求項 14】

前記複数の中間電極（13）を互いに接続する前記弾性軸受けは、らせん状導電性部分（25）を含む、請求項 13 に記載の R F 共振器空洞。

【請求項 15】

請求項 1 から 14 の一項に記載の R F 共振器空洞（11）を有する、荷電粒子を加速するための加速器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、粒子ビームの形をした荷電粒子が R F 共振器空洞を通して案内されるときおよび R F 場が R F 共振器空洞の粒子ビームに作用するとき、粒子ビームの形をした荷電粒子を加速できる R F 共振器空洞、ならびにこの種の R F 共振器空洞を有する加速器に関する。

【背景技術】

【0002】

R F 共振器空洞は、従来技術で周知である。R F 共振器空洞を使って引き起こされる加速は、R F 共振器空洞に生成される R F 電磁場の強度に依存し、その R F 場は、粒子経路に沿って粒子ビームに作用する。R F 場の場強度が増加するにつれて、電極間にスパークが生じる可能性が増加するので、達成可能な最大粒子エネルギーは、R F 共振器空洞によって制限される。

10

20

30

40

50

【0003】

粒子加速器での電気スパーク問題は、文書「Criterion for Vacuum Sparking Designed to Include Both rf and dc」、Rev. Sci. Instrum. 28、824～826頁（1957）でW. D. Kilpatrickによって調べられた。第一近似では、RF電場の達成可能な最大場強度Eは、次の通りにRF場の周波数fに関連する。

【0004】

【数1】

$$E \sim \sqrt{f}$$

10

【0005】

これは、もし電気スパーク（また「絶縁破壊」または「RF絶縁破壊」とも呼ばれる）が生じる前により高い周波数が使用されるならば、より高い電場強度が達成できることを意味する。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】W. D. Kilpatrick、「Criterion for Vacuum Sparking Designed to Include Both rf and dc」、Rev. Sci. Instrum. 28、824～826頁（1957）

20

【非特許文献2】G. Lesch、E. Baumann、「Lehrbuch der Hochspannungstechnik」、Springer-Verlag、Berlin/Göttingen/Heidelberg、1959年、155頁

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

高い絶縁破壊抵抗を持つRF共振器空洞を提供することが、本発明の目的である。

【課題を解決するための手段】

30

【0008】

本目的は、独立クレームによって達成される。有利な展開は、従属クレームの特徴から集めることができる。

【0009】

それに応じて、荷電粒子を加速するためのRF共振器空洞が、提供され、RF共振器空洞を通り抜ける粒子ビームに運転中に作用するRF電磁場は、RF共振器空洞に結合でき、電気絶縁破壊抵抗を増加させるための少なくとも1つの中間電極が、粒子ビームのビーム経路に沿ってRF共振器空洞に配置される。

【0010】

Kilpatrickの基準の適用が、加速器での高周波数への傾向をもたらしたことがわかっている。しかしながら、これは特に、低速粒子、すなわち非相対論的速度を持つ粒子の加速について、イオン光学的理由で問題である。大きな加速器では、これは、最初の加速器段階で低周波数および対応する低E場強度が、運転のために使用され、典型的には後のそれに続く加速器段階だけが、より有利なより高い周波数で運転されることを意味する。共時性のために、周波数は、互いに関して有理比を有する。しかしながら、これは、大量の空間を必要とする加速器に、また加速器設計の選択での柔軟性の低下にもつながる。

40

【0011】

しかしながら、本発明は、必須因子として真空中の達成可能な最大E場強度に影響を及ぼすのが、必ずしも周波数（Kilpatrick基準による）ではなく、また第一近似

50

で関係式

【0012】

【数2】

$$E \sim 1/\sqrt{d}$$

【0013】

(誘電強度Uについては、第一近似で

【0014】

【数3】

$$U \sim \sqrt{d}$$

【0015】

である)によって与えられる電極距離dでもあるということの実現に基づいている。書籍「Lehrbuch der Hochspannungstechnik」、G. Lesch, E. Baumann, Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg、1959年において、155頁は、高真空での絶縁破壊場強度とプレート距離との間の関係を例示するための図表を示す。この関係は明らかに、DCおよびAC電圧についてならびに幾何学的に拡大縮小された電極の形について同じように、非常に大きな電圧範囲にわたって例外なく当てはまる。電極材料の選択は明らかに、比例定数だけに影響を及ぼす。

【0016】

Kilpatrickの実験的基準

【0017】

【数4】

$$E \sim \sqrt{f}$$

【0018】

は、電極距離を明確に考慮に入れるパラメーターを含有しない。しかしながら、もし周波数に適合させるために拡大縮小中の共振器の形が、幾何学的に同様のままであり、その結果電極距離が、共振器のその他の寸法と一緒に拡大縮小されると仮定されるならば、電極距離を含む上記の関係式とのこの明らかな矛盾は、解決される。これは、 $d \sim 1/f$ による電極距離dの選択、それ故にKilpatrick基準

【0019】

【数5】

$$E \sim \sqrt{f}$$

【0020】

と上で確立された基準

【0021】

【数6】

$$E \sim 1/\sqrt{d}$$

【0022】

との間の対応を意味する。

【0023】

10

20

30

40

50

この考察の結果として、高周波数だけが、有用であるように見えることがわかる。K i l p a t r i c k基準による周波数依存は、少なくとも部分的に共振同調のための幾何学的拡大縮小によってシミュレートできる。

【0024】

しかしながら、周波数が、R F場の所望の最大E場強度とは独立により大きな関連で選択されることは可能であり、その結果例えば重イオンのための小型加速器が、原理上は低周波数でもまた可能になる。本明細書では絶縁破壊抵抗は、中間電極で対処されるので、これは、本発明によるR F共振器空洞を手段として達成される。最終的にこれは、基準

【0025】

【数7】

10

$$E \sim 1/\sqrt{d}$$

【0026】

を観察することによって高い電気絶縁破壊抵抗および関連する高いE場強度を達成する。R F共振器の動作周波数は、理想的には所望のE場強度とは独立に明らかにより柔軟に選択でき、達成すべき電気絶縁破壊抵抗は、中間電極によって可能になり、動作周波数の選択によってではない。

【0027】

本明細書では本発明は、より高いE場強度を達成するために、より小さな電極距離を使用することの考察を含む。しかしながら、電極距離は、最初に共振器の形によって与えられるので、より小さな電極距離は本明細書では、中間電極を導入することによって解決される。電極間の距離はその結果として、中間電極によってより小さなセクションに分割される。絶縁破壊抵抗に関する距離要件はそれ故に、大体は共振器のサイズおよび種類とは独立に満たすことができる。

20

【0028】

中間電極は、電気絶縁破壊抵抗を増加させるのに役立つ。R F共振器空洞にその加速特性の観点からできるだけ少ししか影響を及ぼさないために、中間電極がR F共振器空洞の運転中に、加速するように粒子ビームに作用するR F場を生成しないように、中間電極は、R F共振器空洞の壁から絶縁されてもよい。その絶縁のために、R F電力は、壁から中間電極に移送されず、さもなければ中間電極は、中間電極を発端とする、粒子ビームに作用するR F場を生成することになる。運転中は、この場合にはR F場は、共振器壁から中間電極に移送されない、または中間電極によって放出されるR F場は、たとえあったとしても、無視できるほどわずかな程度までであり、最良の場合には、粒子ビームの加速に全く寄与しない、もしくは加速に影響を及ぼさない。特に、R F電流は、共振器壁から中間電極に流れない。

30

【0029】

共振器壁に関する絶縁は、必ずしも完全である必要はなく、中間電極がR F空洞の動作周波数の周波数範囲で大体は絶縁されるように、中間電極の共振器壁への結合を構成することで十分である。例えば中間電極は、導電性接続部がR F共振器空洞の動作周波数で高いインピーダンスを有するように、導電性接続部を用いてR F共振器空洞の壁に結合でき、その結果として、中間電極に関する所望の絶縁が、達成できる。中間電極はその結果として、R Fエネルギーの観点でR F共振器空洞から大体は切り離される。それ故にR F共振器空洞は、中間電極によって少しだけ減衰される。導電性接続部はそれにもかかわらず、散乱粒子による電荷消散の機能を同時に引き受けることができる。導電性接続部の高いインピーダンスは、らせん状に案内される導体部分を用いて実現できる。

40

【0030】

中間電極は、特に粒子ビームに作用するR F電場に垂直に配置される。それ故に、中間電極によるR F空洞の機能性へのできるだけ低い影響が、達成される。

【0031】

50

中間電極は例えば、粒子ビームがそれを通して案内される中心穴を有するリング状ディスクの形状を有することができる。中間電極の形は、中間電極がない場合に生じるE場ポテンシャル面に適合させることができ、その結果理想的な中間電極のないE場構成の著しい歪みは、生じない。そのような形を使うと、追加の構造物による静電容量の増加は、最小限にされ、共振器の離調および局所的E場増強は、大体は避けられる。

【0032】

中間電極は有利には、例えば弾性軸受けまたはサスペンションを手段として移動可能に取り付けられる。弾性軸受けは、ヘアピンの形状に構成できる。それ故に、表面に沿った沿面放電経路は、最適化されまたは最大化され、沿面放電発生の可能性は、最小限にされる。弾性軸受けは、らせん状導電性部分を含むことができ、その結果としてRF共振器空洞の動作周波数での弾性軸受けのインピーダンス増加が、達成できる。

10

【0033】

使用される中間電極の材料は、クロム、バナジウム、チタン、モリブデン、タンタル、タングステンまたはこれらの材料を含む合金とすることができる。これらの材料は、高E場強度を有する。保護すべき高E場強度の領域では、典型的には低い接線H場（およびそれ故に壁電流密度）だけが、生じるので、これらの材料でのより低い表面伝導率は、許容できる。

【0034】

有利には、複数の中間電極は、RF共振器空洞でビーム方向に次々に配置される。複数の中間電極は、例えば弾性サスペンションを用いて互いに関して移動可能に取り付けられてもよい。それ故に、電極の個々の距離は、自動的に一様に分布する。

20

【0035】

複数の中間電極を互いに接続する弾性軸受けは、導電性であり、好ましくはらせん状導電性部分を含むように構成できかつ／またはヘアピンの形状に構成できる。これはまた、中間電極間の散乱粒子による電荷消散も可能にする。

【0036】

本発明による加速器は、中間電極を備える上述のRF共振器空洞の少なくとも1つを含む。

【0037】

従属クレームの特徴による有利な展開を持つ本発明の実施形態は、次の図面を参照して、しかしそれに限定されることなく、さらに詳細に説明されることになる。

30

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】挿入された中間電極を備えるRF共振器空洞の構成を概略的に示す図である。

【図2】そのようなRF共振器空洞を通る縦断面を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0039】

図1は、RF共振器空洞11を示す。RF共振器空洞11の内部に位置する中間電極13をより明瞭に例示することができるように、RF共振器空洞11それ自体は、点線で例示される。

40

【0040】

RF共振器空洞11は典型的には、導電性壁を含み、RF送信機（ここでは例示されず）によってRFエネルギーが供給される。RF共振器空洞11の粒子ビーム15に作用する加速RF場は典型的には、RF共振器空洞11の外部に配置されるRF送信機によって生成され、共振するようにRF共振器空洞11に導入される。RF共振器空洞11は典型的には、高真空を含有する。

【0041】

中間電極13は、RF共振器空洞11でビーム経路に沿って配置される。中間電極13は、中心穴を備えるリングの形に構成され、粒子ビームが、その穴を通り抜ける。真空は、中間電極13間に位置する。

50

【0042】

中間電極13は、RF共振器空洞11に関しておよび互いに関して弾性サスペンション17を使って取り付けられる。

【0043】

弾性サスペンション17のために、中間電極13は、RF共振器空洞11の長さにわたって自動的に分布する。中間電極13を安定させるのに役立つ追加のサスペンション（ここでは例示されず）が、同様に提供されてもよい。

【0044】

図2は、図1で示されるRF共振器空洞11を通る縦断面を示し、ここでは互いに関しておよび共振器壁に関して中間電極13の異なる種類のサスペンションが、示される。

10

【0045】

図2の上半分19は、ヘアピン形状の導電性接続部23を備える中間電極13の弾性サスペンションを示す。ヘアピン形状のために、サスペンションに沿った沿面放電の可能性は、減少する。

【0046】

図2で示されるRF共振器空洞11の下半分では、中間電極13は、互いに関しておよび共振器壁に関してらせん状に案内される導電性弾性接続部25を用いて接続される。この構成は、導電性接続部25のらせん状案内が、対応する構成の場合にはRF共振器空洞11の動作周波数で共振器壁に関して中間電極の所望の絶縁を生成するインピーダンスを構成するという利点を有する。このようにして、中間電極13のRF共振器空洞11への挿入によるRF共振器空洞11の過度の減衰は、避けられる。

20

【符号の説明】

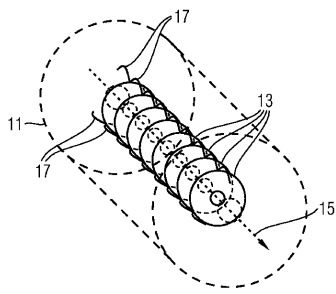
【0047】

- 11 RF共振器空洞
- 13 中間電極
- 15 粒子ビーム
- 17 サスペンション
- 19 上部
- 21 下部
- 23 ヘアピン形状の接続部
- 25 らせん状接続部

30

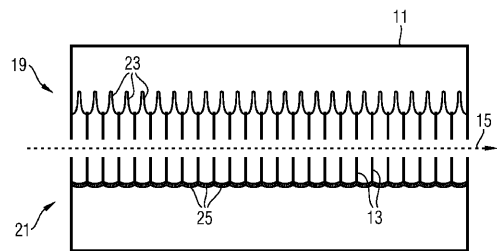
【図 1】

FIG 1



【図 2】

FIG 2



フロントページの続き

合議体

審判長 伊藤 昌哉

審判官 井口 猶二

審判官 土屋 知久

- (56)参考文献 米国特許第5 5 3 2 2 1 0号明細書
英国特許出願公開第6 8 5 6 5 4号明細書
国際公開第9 8 / 3 3 2 2 8号
英国特許出願公開第8 3 5 7 1 1号明細書
米国特許第6 0 2 5 6 8 1号明細書
特開平4－3 4 5 7 9 8号公報

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H05H 3/00-15/00