

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-117730

(P2017-117730A)

(43) 公開日 平成29年6月29日(2017.6.29)

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

F 1
H05H 7/18

テーマコード(参考)
2G085

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2015-254039 (P2015-254039)
(22) 出願日 平成27年12月25日(2015.12.25)

(71) 出願人 309036221
三菱重工メカトロシステムズ株式会社
兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号
(71) 出願人 504151365
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
茨城県つくば市大穂1番地1
(74) 代理人 100112737
弁理士 藤田 考晴
(74) 代理人 100118913
弁理士 上田 邦生

最終頁に続く

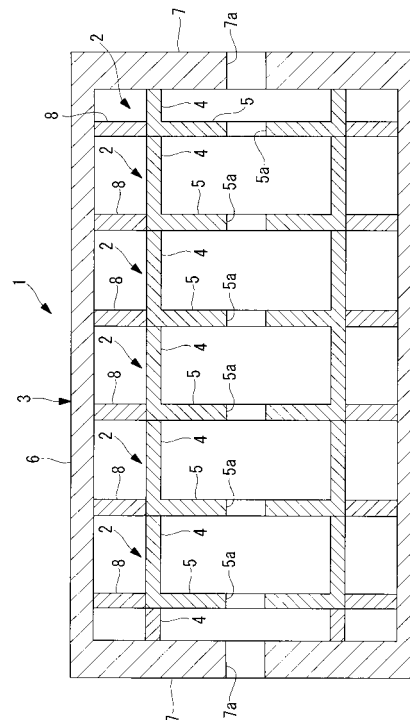
(54) 【発明の名称】 加速空洞及び加速器

(57) 【要約】

【課題】 Q 値を従来の常伝導加速空洞よりも高めることができ、電力効率を高めることが可能な加速空洞及び加速器を提供することを目的とする。

【解決手段】 高周波加速空洞 1 は、内周面が筒形状であり少なくとも表面に導電性を有する筐体 3 と、筐体 3 内部に設けられ、中心部に荷電粒子が通過可能な開口部 5 a が形成された誘電体である複数の加速セル 2 とを備え、筐体 3 は、筒形状を有する円筒部 6 と、円筒部 6 の両端に設置された端板 7 とを有し、加速セル 2 は、筐体 3 の一端側の端板 7 から他端側の端板 7 にかけて複数配置され、各加速セル 2 は、筐体 3 の円筒部 6 の内径よりも小さい直径を有する円筒部 4 と、円筒部 4 の内側にて円筒部 4 に固定され、荷電粒子の通過軸に対して板面が垂直になるように配置された、開口部 5 a が形成されている円板部 5 とを有する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内周面が筒形状であり表面に導電性を有する筐体と、
前記筐体内部に設けられ、中心部に荷電粒子が通過可能な開口部が形成された誘電体である複数のセルと、
を備え、

前記筐体は、筒形状を有する筒部と、前記筒部の両端に設置された端板とを有し、
前記複数のセルは、前記筐体の一端側の前記端板から他端側の前記端板にかけて配置され、

各セルは、

前記筐体の前記筒部の内径よりも小さい直径を有する円筒部と、
前記円筒部の内側にて前記円筒部に固定され、前記荷電粒子の通過軸に対して板面が垂直になるように配置された、前記開口部が形成されている板部と、
を有する加速空洞。

【請求項 2】

前記誘電体は、誘電損失を示す指標である $\tan \delta$ が、 1×10^{-3} 以下である請求項 1 に記載の加速空洞。

【請求項 3】

前記誘電体は、誘電損失を示す指標である $\tan \delta$ が、 1×10^{-5} 以下である請求項 1 に記載の加速空洞。

【請求項 4】

前記複数のセルのうち前記筐体の前記端板に隣接するセルにおいて、前記通過軸の周囲に設けられた第 2 の円筒部を更に備え、

前記第 2 の円筒部は、前記端板と、前記端板に隣接するセルの前記板部に接続される請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の加速空洞。

【請求項 5】

前記複数のセルの前記各セルにおいて、複数の前記円筒部が配置され、前記各セルにおける前記複数の前記円筒部は、それぞれ直径が異なり、同心円状に配置される請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の加速空洞。

【請求項 6】

加速モードの次数を n とするとき、前記各セルにおける前記複数の前記円筒部は $n - 1$ 個である請求項 5 に記載の加速空洞。

【請求項 7】

前記セルの表面には TiN コーティングが施される請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の加速空洞。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の加速空洞を備える加速器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加速空洞及び加速器に関するものである。

【背景技術】

【0002】

荷電粒子加速用の加速器に用いられる高周波加速空洞は、金属筐体内に高周波電力を蓄積させ、その中に発生する高周波電場を利用して、電子やイオン等の荷電粒子を人工的に高速に加速する。高周波加速空洞を用いた加速器は、高エネルギー物理学実験や放射光施設などの学術分野、放射線治療・診断装置や滅菌装置などの産業分野に至るまでその利用は多岐にわたる。

【0003】

10

20

30

40

50

高周波加速空洞は、一般的に高純度銅を利用した室温で動作する常伝導加速空洞と、超伝導材料（例えばニオブ）を利用した極低温で動作する超伝導加速空洞に大別される。

【0004】

なお、下記の特許文献1では、非磁性耐熱金属よりなるリング状加速部材と、セラミックスよりなるリング状絶縁部材とが交互に接合されてなる加速管に関する発明が開示されている。また、特許文献2では、基本空洞と円盤が加速方向に沿って交互に接続された加速空洞であって、セラミックス製空洞とセラミックス製円板のそれぞれの表面に活性銀ろう材層と銅電鍍層の2層を形成して基本空洞と円盤を製造する発明が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0005】

【特許文献1】特開昭63-28447号公報

【特許文献2】特開2003-303700号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

加速空洞が多数連結された加速器の高エネルギー化や小型化を図る際、建設コストと運転コストを考慮すると、室温から数十ケルビン程度の低温領域で高いQ値を持つ高周波加速空洞が必要である。ここで、Q値とは、加速空洞自体の持つ高周波電力の蓄積効率を表し、その値は、加速空洞を構成する材料の電気伝導率でほぼ決まる。そのため、既存の金属製の加速空洞では、電気伝導率という金属固有の物性値によってリミットしているため、これまで以上にQ値を大幅に上げることはできないという問題がある。

20

【0007】

既存の常伝導加速空洞のQ値を上げる方法としては、加速空洞を低温に冷却するという方法がある。一般的に、常伝導体も冷却することで飛躍的に電気伝導率が高くなり、例えば20Kまで冷却すると室温の約 10^4 倍も電気伝導率が高くなる。しかし、異常表皮効果という室温とは異なる高周波損失のメカニズムによって余分に高周波電力が失われる。そのため、加速空洞の冷却によって高い電気伝導率が得られるとしても、例えば20K程度まで冷却した場合、Q値は、せいぜい室温の5.5倍程度までしか上がらず、Q値を大幅に上げることができない。

30

【0008】

また、誘電体装荷型高周波加速管は、セラミックス製の円筒部材を有し、その円筒部材の外周部分が金属コーティングされたものであるが、既存の TM_{01} モードを用いた誘電体装荷型高周波加速管は、Q値が常伝導加速空洞と同程度である。さらに、誘電体装荷型高周波加速管の場合、空洞内部に蓄積される高周波電力の大部分は誘電体内部に蓄積されており、荷電粒子の加速に利用できる電力は、ごく一部である。そのため、既存の加速空洞と比較してシャントインピーダンスが非常に小さいという深刻な問題がある。

【0009】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、Q値を従来の常伝導加速空洞よりも高めることができ、電力効率を高めることが可能な加速空洞及び加速器を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために、本発明の加速空洞及び加速器は以下の手段を採用する。

すなわち、本発明に係る加速空洞は、内周面が筒形状であり表面に導電性を有する筐体と、前記筐体内部に設けられ、中心部に荷電粒子が通過可能な開口部が形成された誘電体である複数のセルとを備え、前記筐体は、筒形状を有する筒部と、前記筒部の両端に設置された端板とを有し、前記複数のセルは、前記筐体の一端側の前記端板から他端側の前記端板にかけて配置され、各セルは、前記筐体の前記筒部の内径よりも小さい直径を有する円筒部と、前記円筒部の内側にて前記円筒部に固定され、前記荷電粒子の通過軸に対して

50

板面が垂直になるように配置された、前記開口部が形成されている板部とを有する。

【0011】

この構成によれば、加速空洞は、表面に導電性を有する筐体と、誘電体、特に比較的誘電損失が低い誘電体である複数のセルとを備え、セルの中心部に形成された開口部を荷電粒子が通過し加速される。荷電粒子の通過軸近傍には加速方向の電場が形成される。セルの板部の板面が荷電粒子の通過軸に対して垂直方向になるように、開口部を有する板部がセルの円筒部の内側に設置される。これにより、板部の開口部の内側で、荷電粒子の通過軸方向に加速電場を集中させることが可能となり、シャントインピーダンスを上げることができる。また、筐体の筒部の内径よりも小さい直径を有する円筒部が設けられることにより、荷電粒子のビームが通過する通過軸付近に高周波電力が蓄積されることが可能となる。また、筐体の端板の金属表面に対して平行な向きに発生する高周波磁場を低減化し、金属表面での導体損失を減らせる。

10

【0012】

上記発明において、前記誘電体は、誘電損失を示す指標である $\tan \delta$ が、 1×10^{-3} 以下、より好ましくは、 1×10^{-5} 以下である。

【0013】

上記発明において、前記複数のセルのうち前記筐体の前記端板に隣接するセルにおいて、前記通過軸の周囲に設けられた第2の円筒部を更に備え、前記第2の円筒部は、前記端板と、前記端板に隣接するセルの前記板部に接続されてもよい。

20

【0014】

この構成によれば、第2の円筒部が更に設けられることによって、金属表面に対して平行な向きに発生する高周波磁場を更に低減化することが可能となる。

【0015】

上記発明において、前記複数のセルの前記各セルにおいて、複数の前記円筒部が配置され、前記各セルにおける前記複数の前記円筒部は、それぞれ直径が異なり、同心円状に配置されてもよい。

この構成によれば、高次のモードを加速モードに使用することができ、その結果、Q値をさらに高くすることが可能である。

【0016】

上記発明において、加速モードの次数を n とするとき、前記各セルにおける前記複数の前記円筒部は $n - 1$ 個である。

30

【0017】

上記発明において、前記セルの表面にはTiNコーティングが施されてもよい。

この構成によれば、運転時におけるセルの二次電子放出係数を下げることができる。

【0018】

本発明に係る加速器は、上記の加速空洞を備える。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、Q値を従来の常伝導加速空洞よりも高めることができ、電力効率を高めることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の第1実施形態に係る高周波加速空洞を示す縦断面図である。

【図2】加速セルのセル数と高周波加速空洞の無負荷Q値との関係を示すグラフである。

【図3】本発明の第2実施形態に係る高周波加速空洞を示す縦断面図である。

【図4】本発明の第3実施形態に係る高周波加速空洞を示す縦断面図である。

【図5】誘電体の誘電損失を示す指標 $\tan \delta$ と高周波加速空洞の無負荷Q値との関係を示すグラフである。

【図6】誘電体の誘電損失を示す指標 $\tan \delta$ と温度との関係を示すグラフである。

【図7】本発明の第1実施形態に係る高周波加速空洞の変形例を示す部分縦断面図である

50

。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下に、本発明に係る実施形態について、図面を参照して説明する。

[第1実施形態]

以下、本発明の第1実施形態に係る加速器について、図1を用いて説明する。図1は、本発明の第1実施形態に係る高周波加速空洞を示す縦断面図である。

本実施形態に係る加速器は、高周波加速空洞1を備え、高周波加速空洞1は、 TM_{0n} モード ($n > 1$) といった高次モードを加速モードとする。

高周波加速空洞1は、誘電体からなる複数の加速セル2と、複数の加速セル2が内部に配置される円筒状の筐体3などを備える。高周波加速空洞1は、中心軸上を荷電粒子が通過する。

10

【0022】

複数の加速セル2は、筐体3の内部で、筐体3の一侧の端板7から他側の端板7まで、ビーム軸方向に直列に配置される。加速セル2は、円筒部4と円板部5を有する。

【0023】

なお、加速セル2の製造上の都合や、支持構造の安定化のため、円筒部4の内側に設けられる円板部5の延長上に、円筒部4の外側に円環部8が設けられる。これにより、円板部5と円環部8が一体化された部材に対し円筒部4を接続することができる。また、円板部5を、円環部8を介して筐体3の内周面で支持することができる。

20

【0024】

円筒部4と円板部5と円環部8は、誘電体であって、表面には金属コーティングなどを施さずに用いられる。加速セル2、すなわち、円筒部4と円板部5に用いられる誘電体は、誘電損失が低い誘電体であり、例えばアルミナやサファイア等のセラミックスである。本実施形態において、円筒部4と円板部5と円環部8に用いられる誘電体の誘電損失を示す指標である $\tan \delta$ (誘電正接) は、例えば、 1×10^{-3} 以下の範囲である。

【0025】

なお、低誘電損失の誘電体として、誘電損失が室温で 7.5×10^{-6} 程度という低い値を有するセラミックス (高純度アルミナ) の開発例がある (Applied Physics Letters, (米), 2002, Vol. 81, No.26, p. 5021-5023)。また、低損失誘電体の高周波特性に関する先行研究において、例えば、サファイアの $\tan \delta$ が、温度 $T[K]^5$ に比例し、室温で $\tan \delta = 10^{-5}$ のものが、80Kでは $\tan \delta = 10^{-7}$ まで減少するという実験結果がある (Physics Letters A, (オランダ), 1987, Vol. 120, No.6, p. 300-305)。

30

【0026】

筐体3は、円筒形状の円筒部6と、円筒部6の両側端に設けられる円板状の端板7を有する。筐体3は、例えば導電性が高い金属材料であり、無酸素銅等の純金属、ステンレスに銀メッキ又は銅メッキが施された材料などである。または、筐体3は、場合によっては、銀メッキ又は銅メッキが施されたセラミックスなどの誘電体を用いることもできる。こうした金属製の材料、又は、金属製のメッキが施された誘電体を用いることにより、筐体3の表面は、導電性が確保される。端板7は、中心に円形状の開口部7aが形成された板状部材である。

40

【0027】

加速セル2の円筒部4は、中心軸が筐体3の円筒部6の中心軸と同軸上に配置され、円筒部4の直径は、筐体3の円筒部6の直径よりも小さい。円筒部4の直径は、全ての加速セル2において同一であってもよいし、端部側が中間部側よりも大きく設定されるなど加速セル2ごとに異なってもよい。円筒部4の端部に円板部5が接続される。

【0028】

加速セル2の円板部5は、中心に円形状の開口部5aが形成された板状部材である。開口部5aの直径は、円筒部4の直径よりも小さい。開口部5aは、荷電粒子が通過する。円板部5の面上に対して垂直方向に円筒部4が設置される。また、円板部5は、筐体3の

50

端板 7 から離隔した位置に配置され、円筒部 4 が端板 7 と接触する。なお、複数の加速セル 2 は、全ての加速セル 2 が円筒部 4 と円板部 5 を備えるわけではなく、円筒部 4 のみ、又は、円板部 5 のみの場合もある。

【 0 0 2 9 】

上述した構成により、ビーム軸近傍には加速方向の電場が形成される。加速セル 2 の円板部 5 の板面がビーム軸に対して垂直方向になるように、開口部 5 a を有する円板部 5 が円筒部 4 の内側に設置される。これにより、円板部 5 の開口部 5 a の内側で、ビーム軸方向に加速電場を集中させることが可能となり、シャントインピーダンスを上げることができる。

【 0 0 3 0 】

筐体 3 内において配置される加速セル 2 の円筒部 4 の内径や外径、円板部 5 間の間隔、円板部 5 の開口部 5 a の内径、筐体 3 の内径などが調整されることによって、高周波加速空洞 1 の内部に励振される加速モードの電磁場分布が調整される。また、円筒部 4 によって、荷電粒子のビームが通過するビーム軸付近に高周波電力が蓄積されることが可能となる。その結果、筐体 3 の端板 7 の金属表面に対して平行な向きに発生する高周波磁場を低減化し、金属表面での導体損失を減らせる。

【 0 0 3 1 】

例えば、加速セル 2 が 5 個配置される 5 セルの場合、図 2 に示すように、Q 値は約 60,000 となり、従来の常伝導加速空洞の数倍以上の高い Q 値を実現できる。従来の常伝導加速空洞は、銅製である場合、Q 値が 10,000 程度である。図 2 は、セル数が多いほど Q 値が高くなる傾向にあることを示している。これは、セル数が多いほど高周波加速空洞 1 が長くなり、高周波加速空洞 1 内で損失するエネルギーの割合が少なくなるためである。

【 0 0 3 2 】

図 2 に示した Q 値の結果を導く演算は、計算プログラム (Poisson Superfish : ロスアラモス国立研究所 (http://laacg.lanl.gov/laacg/services/download_sf.shtml)) によって行った。

【 0 0 3 3 】

計算条件には、加速セル 2 の円筒部 4 と円板部 5 における誘電体として、上述した高純度アルミナ (Applied Physics Letters, (米), 2002, Vol. 81, No.26, p. 5021-5023) の物性値を使用し、筐体 3 における金属として、無酸素銅の物性値を使用した。加速セル 2 の円筒部 4 の内径や外径、筐体 3 の内径を変化させ、高周波加速空洞 1 内に所定の共振周波数のモードの電磁場分布が励振されるように、高周波加速空洞 1 の構造をシミュレーションすることによって、円筒部 4 の内径や外径及び筐体 3 の内径を算出した。そして、算出された構造を用いて、Q 値を演算した。モードとは、円板部 5 で挟まれたビーム軸を含む各真空部分において、位相が 180° ずれた共振電場が交互に並ぶモードをいう。

【 0 0 3 4 】

Q 値は下式で表される。

$$Q = (2 \quad f \cdot U) / (P_{loss})$$

ここで、

U : 高周波加速空洞 1 に蓄積された電磁波のエネルギー

P_loss : 高周波加速空洞 1 内で損失された電磁波のエネルギー (電磁波の 1 周期あたり)

f : 電磁波の周波数

である。

【 0 0 3 5 】

なお、上述した例では、円環部 8 が円板部 5 の板面の延長上に設けられる場合について説明したが、本発明はこの例に限定されない。すなわち、円環部 8 は、各円板部 5 に対応して設けられる必要はなく、円板部 5 よりも少ない数で配置されてもよいし、図 7 に示すように、円板部 5 の延長上ではなく、円板部 5 の延長上からずれた位置に設けられてもよ

10

20

30

40

50

い。すなわち、円環部 8 は、円筒部 4 及び円板部 5 を支持できるように、筐体 3 の内周面と円筒部 4 の外周面の間に配置されていればよい。

【0036】

以上、本実施形態によれば、室温で既存の常伝導加速空洞の 5 倍以上の高い Q 値が可能となり、従来よりも高い電力効率を持つ高周波加速器を実現することができる。

【0037】

[第 2 実施形態]

次に、本発明の第 2 実施形態に係る高周波加速空洞 1 について、図 3 を用いて説明する。本実施形態に係る高周波加速空洞 1 では、加速セル 2 のうち筐体 3 の端板 7 に隣接する加速セル 2 において、ビーム軸の周囲に円筒部 9 が設けられる。なお、円筒部 9 は、両側の端板 7 に近い加速セル 2 に設けられる。円筒部 9 は、円板部 5 の開口部 5 a の内径と同一の内径を有し、一端部が筐体 3 の端板 7 に接続され、他端部が加速セル 2 の円板部 5 に接続される。

10

【0038】

円筒部 9 は、第 1 実施形態で説明した円筒部 4 と円板部 5 と円環部 8 と同様の誘電体である。

【0039】

第 1 実施形態における高周波加速空洞 1 の筐体 3 の端板 7 において、金属表面に対して平行な向きに発生する高周波磁場は、低減化されているが、本実施形態のように、円筒部 9 が更に設けられることによって、金属表面に対して平行な向きに発生する高周波磁場を更に低減化することが可能となる。

20

【0040】

そして、第 2 実施形態に係る高周波加速空洞 1 の構造を用いて、上述した計算プログラムによって Q 値を算出した結果によれば、5 セルの場合の Q 値は、100,000 以上となり、円筒部 9 が設置されない第 1 実施形態に係る高周波加速空洞 1 の構造の場合に比べて、約 2 倍の高い Q 値を実現することができることが分かる。すなわち、従来よりも高い電力効率を持つ高周波加速器を実現することができる。

【0041】

[第 3 実施形態]

次に、本発明の第 3 実施形態に係る高周波加速空洞 1 について、図 4 を用いて説明する。本実施形態に係る高周波加速空洞 1 は、一の加速セル 2 において直径の異なる円筒部 4 が複数、同心円状に設けられる。これにより、高周波加速空洞 1 は、高次のモードを加速モードに使用することができる。また、その結果、Q 値をさらに高くすることが可能である。

30

【0042】

第 1 実施形態では、円筒部 4 は、各加速セル 2 において、一つのみ設けられる場合について説明したが、本発明はこの例に限定されない。円筒部 4 は、二つ以上設けられてもよい。図 4 では、円筒部 4 は、二つ設けられる例について示している。

【0043】

二つ以上の円筒部 4 が設けられる場合、各円筒部 4 の中心軸は同軸上に配置され、各円筒部 4 は、各加速セル 2 において同心円状に設置される。高周波加速空洞の加速モードの次数が n であるとき、円筒部 4 は $n - 1$ 個設けられる。すなわち、加速モード次数が 2 であるとき、円筒部 4 は一つ設けられ、加速モード次数が 3 であるとき円筒部 4 は二つ設けられる。

40

【0044】

図 4 に示す例では、第 2 実施形態と同様に加速セル 2 のうち筐体 3 の端板 7 に近い加速セル 2 において、ビーム軸の周囲に円筒部 9 が設置される。円筒部 9 は、高周波加速空洞の加速モードの次数が n であるとき、円筒部 9 は一端側において $n - 1$ 個の加速セル 2 に設けられる。円筒部 4 が二つ設けられ加速モードの次数が 3 であるとき、円筒部 9 は、筐体 3 の端板 7 から二つの加速セル 2 に設置される。

50

【0045】

なお、本実施形態では、第2実施形態のように筐体3の端板7に近い加速セル2において円筒部9が設けられる場合について説明したが、高次のモードを加速モードに利用する高周波加速空洞1において、第1実施形態と同様に、円筒部9が設けられなくてもよい。

【0046】

(実施例1)

図5には、円筒部4が1個～3個設けられた場合それぞれにおいて、加速セル2に使用する誘電体の誘電損失を示す指標 $\tan \delta$ を変化させた場合の無負荷Q値の計算結果を示した。この計算では、銅の表面抵抗は、室温の値を使用した。

【0047】

図5に示す結果によれば、加速セル2において誘電体の円筒部4の数が増えるごとに、無負荷Q値が向上していることが示されている。

【0048】

すなわち、高次のモードにする際、円筒部4の数が増えることによって、表面に導電性を有する筐体3の表面に発生する電場を減らして、損失するエネルギーを低減でき、その結果、Q値を高めることができる。すなわち、ビーム軸方向に加速電場を集中させることが可能となる。

【0049】

(実施例2)

図6には、円筒部4が1個～3個設けられた場合それぞれにおいて、高周波加速空洞1が使用される環境温度を変化させた場合の無負荷Q値の計算結果を示した。この計算では、筐体3の金属に残留抵抗比(RRR)が2000以上の高純度銅を使用し、高周波加速空洞1全体を液体窒素温度まで冷却する場合について、無負荷Q値を算出した。

【0050】

この計算結果によれば、高周波加速空洞1全体を冷却することで高周波加速空洞1のQ値とシャントインピーダンスを向上させることができることが分かる。すなわち、高周波加速空洞1全体を冷却することで、筐体3の温度が低下し電気抵抗も下がることから、筐体3において損失するエネルギーを低減できる。また、図6には、円筒部4が1個～3個設けられたいずれの場合も温度の低下と共に無負荷Q値が向上し、さらに円筒部4の層数が増えるごとにQ値の上昇が大きくなっていることが示されている。

【0051】

そして、円筒部4が3個設けられる3層の場合、液体窒素温度まで冷却することで室温に比べて約100倍もの高いQ値が実現可能であり、高いシャントインピーダンスが得られる。

【0052】

なお、上述した第1から第3実施形態において高周波加速空洞1は、加速セル2の円筒部4、円板部5や円環部8において、誘電体に金属コーティングが施されない場合について説明したが、円筒部4、円板部5や円環部8に対して、金属コーティングを施してもよい。

【0053】

金属コーティングは、例えばTiNによるコーティングであり、厚さは数nm程度である。誘電体の表面上にTiNコーティングが施されることにより、加速器の運転時における加速セル2の二次電子放出係数を下げることができる。なお、誘電体がアルミナである場合において、HA95(純度95%)の場合に4.8、HA997(純度99.7%)の場合6.5であった二次電子放出係数が、TiNコーティングにより2以下に低下させることができることが知られている(来島裕子ら, “超伝導空洞カプラ用材料表面の二次電子放出係数”, 真空, 一般社団法人日本真空学会, 2002年, 第45巻, 第7号, p.599 - 603)。二次電子放出係数が2以下になれば、既存の常伝導加速空洞が有する値程度となる。

【0054】

二次電子放出係数が下がることによって、高周波加速空洞1に高電界が印加された場合

10

20

30

40

50

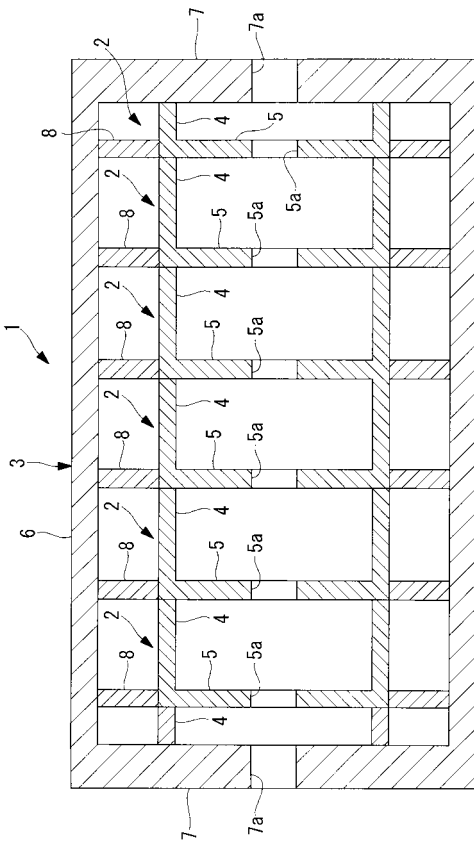
も、セラミック表面でのマルチパクタによる放電が発生する可能性を下げることができ、より安定な運転が可能となる。

【符号の説明】

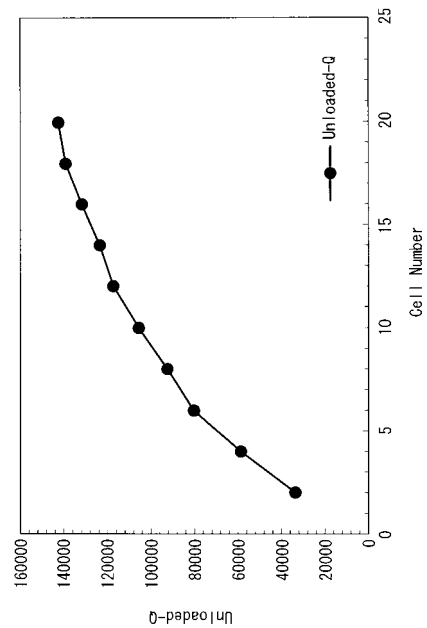
【0055】

- 1 高周波加速空洞
- 2 加速セル
- 3 筐体
- 4 円筒部
- 5 円板部
- 6 円筒部
- 7 端板
- 8 円環部
- 9 円筒部

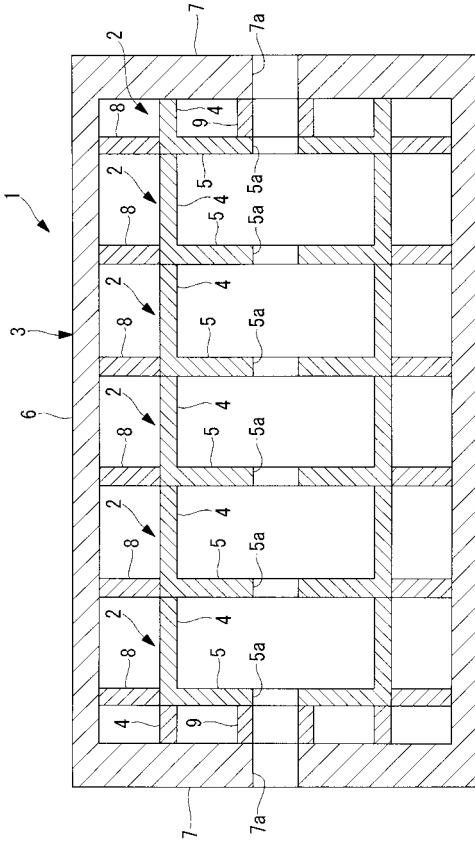
【図1】



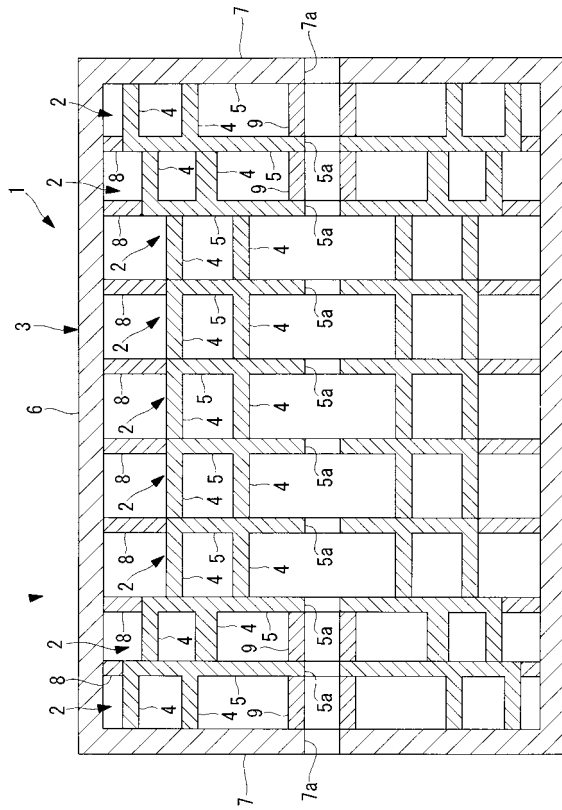
【図2】



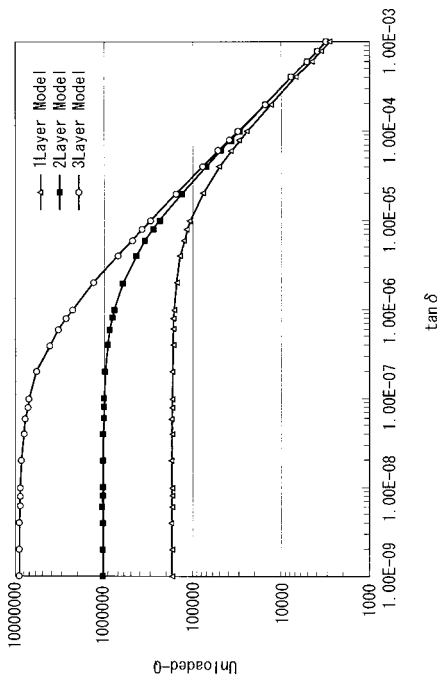
【 図 3 】



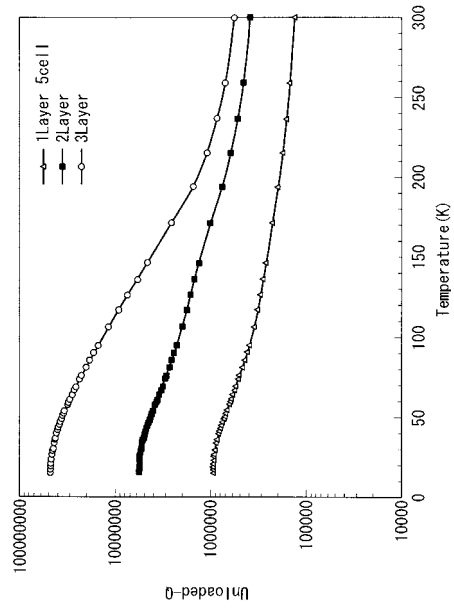
【 図 4 】



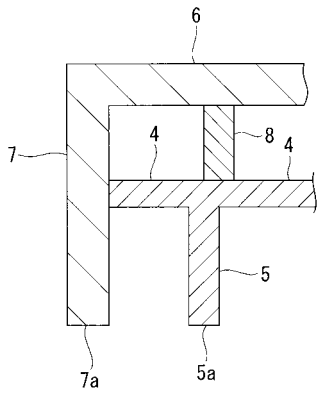
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 光宏

茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構内

(72)発明者 佐藤 大輔

茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構内

(72)発明者 重岡 伸之

兵庫県神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 三菱重工メカトロシステムズ株式会社内

(72)発明者 三浦 禎雄

兵庫県神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 三菱重工メカトロシステムズ株式会社内

Fターム(参考) 2G085 BA07 BB12 BE02 EA01