

(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2010-40462

(P2010-40462A)

(43) 公開日 平成22年2月18日(2010.2.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05H 9/00 (2006.01)	H05H 9/00 B	2G085
H05H 7/22 (2006.01)	H05H 7/22	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2008-205093 (P2008-205093)	(71) 出願人	000006013
(22) 出願日	平成20年8月8日(2008.8.8)		三菱電機株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
		(74) 代理人	100094916
			弁理士 村上 啓吾
		(74) 代理人	100073759
			弁理士 大岩 増雄
		(74) 代理人	100093562
			弁理士 児玉 俊英
		(74) 代理人	100088199
			弁理士 竹中 孝生
		(72) 発明者	黒田 洋一
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

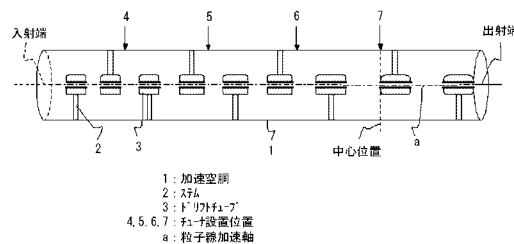
(54) 【発明の名称】 IH型ドリフトチューブ線形加速器

(57) 【要約】

【課題】ドリフトチューブの端部外周エッジ部の表面電場強度を低減し、放電を防ぎ、粒子の安定な加速が行えるIH型ドリフトチューブ線形加速器を提供する。

【解決手段】加速空洞1、加速空洞1内部にビーム加速軸a方向に配列され高周波加速電場を発生するドリフトチューブ3、ドリフトチューブ3を加速空洞1の内周壁面に保持したステム2、加速空洞1の円筒壁に挿入され加速空洞1の共振周波数を調整し、ドリフトチューブ3間の電場強度分布を調整し表面電場強度を許容値以下とするチューナを備え、入射端から入射した粒子を加速して出射端から出射するもので、各ドリフトチューブ3は、端部外周エッジ部が所定の曲率半径を有し、出射端側に最近接するチューナの中心位置より出射端側に位置するドリフトチューブ3の曲率半径を、出射端に最近接するチューナの中心位置より入射端側にある各ドリフトチューブ3の曲率半径よりも大きくする。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

円筒形の加速空洞と、上記加速空洞内部に円筒軸方向に配列され高周波加速電場を発生させる複数のドリフトチューブと、上記各ドリフトチューブを一方の先端部に固定し他方の先端部を上記加速空洞の内周壁面に保持した複数のステムと、上記加速空洞の円筒壁を貫通する孔に挿入され上記円筒軸方向に配列設置されたチューナとを備え、上記チューナは、上記各チューナの上記貫通する孔に挿入される挿入部の長さを相互に調節可能に構成され、上記加速空洞の円筒軸方向の一端を入射端、他端を出射端として上記入射端から入射した粒子線を上記ドリフトチューブ間にかけている高周波加速電場で加速して上記出射端から出射する I H 型ドリフトチューブ線形加速器であって、

10

上記ドリフトチューブは、上記円筒軸方向端部の外周エッジ部が所定の曲率半径を有し、

上記出射端最近傍位置に配置された上記チューナの中心位置よりも上記出射端の側に位置し上記表面電場強度が上記許容値を超える可能性の高いドリフトチューブの上記曲率半径を、上記出射端最近接位置に配置された上記チューナの中心位置よりも上記入射端の側に位置する上記ドリフトチューブそれぞれの上記曲率半径よりも大きくしたことを特徴とする I H 型ドリフトチューブ線形加速器。

【請求項 2】

上記曲率半径を大きくしたドリフトチューブが複数の場合、該複数のドリフトチューブそれぞれの上記曲率半径が異なることを特徴とした請求項 1 に記載の I H 型ドリフトチューブ線形加速器。

20

【請求項 3】

上記曲率半径を大きくしたドリフトチューブの上記曲率半径が、当該ドリフトチューブの上記入射端側と上記出射端側とで異なることを特徴とした請求項 1 または請求項 2 に記載の I H 型ドリフトチューブ線形加速器。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、高周波加速電場によって粒子線を加速するためのドリフトチューブと呼ばれる電極を用いた I H 型ドリフトチューブ線形加速器に関するものである。

30

【背景技術】**【0002】**

I H 型ドリフトチューブ線形加速器においては、円筒形の加速空洞内部に加速空洞内周壁面の上下から交互に径方向に突出するステムを配置し、ステムにドリフトチューブを取り付けて、複数のドリフトチューブを円筒軸方向に配列する。ドリフトチューブ間に高周波電場が発生する。粒子線は複数のドリフトチューブの中を通過し、ドリフトチューブ間の高周波電場で加速される。この高周波電場は、通常、加速電場と呼ばれる。I H 型加速器においては加速空洞内の水平方向を回転する方向の磁場が発生し、これによって電場が誘起されるため、加速空洞中央での加速電場が大きいという分布を持つ。これにより両端では加速電場が小さくなるため、入射側の加速電場を上げるために入射側数個のドリフトチューブ外径を大きくする、内径を小さくする、あるいはドリフトチューブ外側の曲率半径を小さくするなどして加速電場の向上が図られてきた（例えば、特許文献 1 参照）。

40

最も効率よく加速するためには各ドリフトチューブ間での電場強度の平均値が等しくなる必要がある。しかし、それぞれのドリフトチューブ間での平均電場強度を等しくするという調整を行なった場合、ドリフトチューブ同士の距離が遠い出射側においてはその表面における電場強度が高くなり、放電危険性が高くなる。この発明は、このような放電危険性を下げるためのものであり、この点は上記従来例と異なる。

【0003】

【特許文献 1】 特開 2006 - 351233 号公報（第 6 - 7 頁、図 5、図 8）

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

I H型ドリフトチューブ線形加速器において、ドリフトチューブの表面における電場強度が大きくなると、放電が起こり、粒子線が安定して加速できない。

粒子線が加速され、粒子線のエネルギーが大きくなると粒子は高速となり、ドリフトチューブ間の距離は長くする必要があるので、粒子線出射側のドリフトチューブ間の距離は粒子線入射側のドリフトチューブ間の距離より長くなる。ドリフトチューブ間の電場強度分布の平均値を一定にするという条件で設計を行うと、このドリフトチューブ間の距離が長くなるほどドリフトチューブにおける表面電場強度は大きくなる。

【0005】

また、加速空洞の共振周波数及びドリフトチューブ間の電場強度分布の平均値の調整は、加速空洞の円筒壁に孔を開けこの孔に銅製の棒あるいは銅メッキした金属棒からなるチューナを挿入して行う。円筒壁を貫通してチューナを挿入した場合、チューナ挿入部中心付近の電場強度は小さくなり、チューナ両側付近の電場強度は大きくなる。従って、このようにチューナを挿入した場合、ドリフトチューブにおける表面電場強度はさらに大きくなる。また、そのチューナよりもさらに出射側に位置するドリフトチューブの表面電場強度は、ドリフトチューブ間の距離が大きくなることにより、そのチューナよりも入射側に位置するドリフトチューブの表面電場強度より大きくなる。また、最も出射側に位置するチューナよりも入射側にあるドリフトチューブ間の電場強度分布はチューナ相互の調節によって調整でき、表面電場強度を下げるができるが、最も出射側に位置するチューナよりも出射側にあるドリフトチューブ間の電場強度分布はチューナによって調整できない。これは、ドリフトチューブ間の電場強度と空洞の共振周波数の両方をチューナにより調節する必要があることに起因している。

【0006】

粒子線出射側のドリフトチューブ間の距離が長くなるということ、挿入したチューナよりもさらに出射側に位置するドリフトチューブの表面電場強度が大きくなること及び最も出射側に位置するチューナよりも出射側にあるドリフトチューブ間の電場強度分布はチューナによって調整できないことから、最も出射側に位置するチューナよりもさらに出射側に位置するドリフトチューブの円筒軸方向端部の外周エッジ部においては表面電場強度が大きくなり、放電が発生して粒子線の安定な加速が行えなくなる場合があるという問題がある。

【0007】

この発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであり、最も出射側に位置するチューナよりもさらに出射側にあるドリフトチューブの表面電場強度が大きくなり放電が発生する可能性がある場合に、このドリフトチューブの表面電場強度を低減し、これにより主にドリフトチューブ間の放電を防ぎ、粒子線の安定な加速が行えるようにしたI H型ドリフトチューブ線形加速器を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明に係るI Hドリフトチューブ線形加速器は、円筒形の加速空洞と、上記加速空洞内部に円筒軸方向に配列され高周波加速電場を発生させる複数のドリフトチューブと、上記各ドリフトチューブを一方の先端部に固定し他方の先端部を上記加速空洞の内周壁面に保持した複数のステムと、上記加速空洞の円筒壁を貫通する孔に挿入され上記円筒軸方向に配列設置されたチューナとを備え、上記チューナは、上記各チューナの上記貫通する孔に挿入される挿入部の長さを相互に調節可能に構成され、上記加速空洞の円筒軸方向の一端を入射端、他端を出射端として上記入射端から入射した粒子線を上記ドリフトチューブ間にかけている高周波加速電場で加速して上記出射端から出射するI H型ドリフトチューブ線形加速器であって、

上記ドリフトチューブは、上記円筒軸方向端部の外周エッジ部が所定の曲率半径を有し、

10

20

30

40

50

上記出射端最近接位置に配置された上記チューナの中心位置よりも上記出射端の側に位置し上記表面電場強度が上記許容値を超える可能性の高いドリフトチューブの上記曲率半径を、上記出射端最近傍位置に配置された上記チューナの中心位置よりも上記入射端の側に位置する上記ドリフトチューブそれぞれの上記曲率半径よりも大きくしたものである。

【発明の効果】

【0009】

この発明に係るIHドリフトチューブ線形加速器によれば、円筒形の加速空洞と、上記加速空洞内部に円筒軸方向に配列され高周波加速電場を発生させる複数のドリフトチューブと、上記各ドリフトチューブを一方の先端部に固定し他方の先端部を上記加速空洞の内周壁面に保持した複数のステムと、上記加速空洞の円筒壁を貫通する孔に挿入され上記円筒軸方向に配列設置されたチューナとを備え、上記チューナは、上記各チューナの上記貫通する孔に挿入される挿入部の長さを相互に調節可能に構成され、上記加速空洞の円筒軸方向の一端を入射端、他端を出射端として上記入射端から入射した粒子線を上記ドリフトチューブ間にかけている高周波加速電場で加速して上記出射端から出射するIH型ドリフトチューブ線形加速器であって、

10

上記ドリフトチューブは、上記円筒軸方向端部の外周エッジ部が所定の曲率半径を有し、

上記出射端最近傍位置に配置された上記チューナの中心位置よりも上記出射端の側に位置し上記表面電場強度が上記許容値を超える可能性の高いドリフトチューブの上記曲率半径を、上記出射端最近接位置に配置された上記チューナの中心位置よりも上記入射端の側に位置する上記ドリフトチューブそれぞれの上記曲率半径よりも大きくしたので、ドリフトチューブ間の放電を防ぎ、粒子線を安定に加速することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

実施の形態1.

図1は、この発明に係るドリフトチューブ線形加速器の実施の形態1を示す断面図であり、IH(Interdigital H-mode)型ドリフトチューブ線形加速器の断面図を示している。図1に示したように、IH型ドリフトチューブ線形加速器は、円筒形の加速空洞1と、加速空洞1の円筒軸方向に配列され高周波加速電場を発生させる複数のドリフトチューブ3と、各ドリフトチューブ3を一方の先端部に固定し他方の先端部を加速空洞1の内周壁面に保持した複数のステム2と、加速空洞1の円筒壁を貫通する孔に円筒壁を貫通して挿入され円筒軸方向に配列された複数のチューナとを備える。複数のチューナ相互の円筒壁の孔に挿入される挿入部の長さを調節することによって加速空洞1の共振周波数及びドリフトチューブ3間の電場強度分布の平均値を各ドリフトチューブ3間において同じ値に調整し、かつ、ドリフトチューブ3間の電場強度分布を調整してドリフトチューブ3における表面電場強度を許容値以下とし、加速空洞1の円筒軸の一方を入射端、他方を出射端として入射端から入射した粒子線を加速して出射端から出射する。チューナは、銅棒あるいは銅メッキ金属等からなり、例えば、加速空洞1の円筒部のチューナ設置位置4, 5, 6, 7に設けた貫通孔に挿入される。

30

【0011】

IH型ドリフトチューブ線形加速器においては、ドリフトチューブ3同士の間の空間に高周波加速電場が発生し、粒子線の加速が行われる。そのために、入射側から出射側に向かって次第に粒子線のエネルギーが高くなるので、入射端側から出射端側に向かって次第にドリフトチューブ3間の距離を長くする必要がある。ドリフトチューブ3間における粒子線加速軸(円筒軸)a方向の電場強度分布はドリフトチューブ3表面で高く、ドリフトチューブ3間で低くなる。すなわち、ドリフトチューブ3間の電場強度分布はドリフトチューブ3間の両端にピークを持つことになる。従って、各ドリフトチューブ3間の電場強度分布の平均値を等しくするという条件で設計を行った場合、ドリフトチューブ3間の距離を長くした出射側のドリフトチューブ3の表面電場強度の最大値は、入射側に位置するドリフトチューブ3間の距離が短いドリフトチューブ3の表面電場強度の最大値に比べて

40

50

大きくなる。

【 0 0 1 2 】

また、チューナを、円筒壁を貫通して挿入した場合、図 2 に示すようにチューナ挿入位置 1 6 (チューナの中心位置) 付近の電場強度は小さくなり、チューナ挿入後のドリフトチューブ 3 間の電場分布 1 8 は、チューナの挿入位置から入射端側、出射端側に向かって離れるに従って、その電場強度がチューナ挿入前の電場分布 1 7 における電場強度より大きくなる。このような状況に対して、最も出射端側に位置するチューナの中心位置より入射端側に位置するドリフトチューブ 3 間の電場強度分布については複数のチューナの挿入部長さを相互に調節することによって、その強度を調整し、ドリフトチューブ 3 の表面電場強度を許容値以下にすることができる。しかし、チューナを用いて表面電場強度と共振周波数をとともに調整する必要があるので、最も出射端側に位置するチューナの中心位置よりさらに出射端側に位置するドリフトチューブ 3 間の電場強度分布の調整範囲は制限されるため、チューナの調節という従来の方法では、最も出射端側に位置するチューナの中心位置より出射端側に位置するドリフトチューブ 3 の表面電場強度は放電にかかる許容値を超えることがある。

10

【 0 0 1 3 】

このように、ドリフトチューブ 3 間の距離が長くなること、チューナを挿入したこと及び最も出射端側に位置するチューナの中心位置より出射端側に位置するドリフトチューブ 3 間の電場強度分布が調整できないことが原因となって、最も出射端側に位置するチューナの中心位置よりさらに出射端側に位置するドリフトチューブ 3 の表面電場強度が大きくなり、放電が発生する可能性が生じる。

20

【 0 0 1 4 】

この発明においては、最も出射端側に位置するチューナ設置位置 7 の中心位置よりもさらに出射端側に位置して放電発生のある可能性のあるドリフトチューブ 3 の端部外周 (粒子線加速軸 a 方向端部の外周部) のエッジ部の曲率半径をチューナ設置位置 7 の中心位置よりも入射端側に位置する各ドリフトチューブ 3 の端部外周のエッジ部の曲率半径より大きくすることでエッジ部の電場集中を避けて電場強度を低減することにより放電を防ぎ、放電による加速電場の乱れを防止することで安定な粒子線加速ができるようにするものである。また、放電を防ぐことでドリフトチューブ線形加速器の長寿命化及び製品の安全性を図るものである。

30

【 0 0 1 5 】

図 3 は、ドリフトチューブ 3 の端部外周エッジ部の曲率半径の大きさを変えた 2 種類のドリフトチューブを示す断面図である。図 3 (a) は、チューナ設置位置 7 の中心位置よりも入射端側に位置するドリフトチューブ 3 における端部外周エッジ部 8 , 9 の曲率半径を示し、図 3 (b) は、チューナ設置位置 7 の中心位置よりも出射端側に位置するドリフトチューブ 3 における端部外周エッジ部 1 0 , 1 1 の曲率半径を示している。

【 0 0 1 6 】

以上のように、この実施の形態 1 によれば、最も出射端側に位置するチューナ設置位置 7 の中心位置よりもさらに出射端側に位置するドリフトチューブ 3 の端部外周エッジ部 1 0 , 1 1 における曲率半径を、チューナ設置位置 7 の中心位置より入射端側に位置する各ドリフトチューブ 3 の端部外周エッジ部 8 , 9 の曲率半径に比べて大きくすることで放電を防ぎ、安定な粒子線加速ができるようにすることができる。

40

【 0 0 1 7 】

また、端部外周エッジ部の曲率半径を大きくする対象となるドリフトチューブ 3 が複数ある場合においては、一つのドリフトチューブ 3 の両端で表面電場強度が異なり、その両端において放電の起こる可能性が異なる場合があるので、その場合には、図 4 に示すように、ドリフトチューブ 3 の端部外周エッジ部 1 2 の曲率半径と端部外周エッジ部 1 3 の曲率半径を異なるものとし、また、ドリフトチューブ 3 の端部外周エッジ部 1 4 の曲率半径と端部外周エッジ部 1 5 の曲率半径は異なるものとして放電の起こりやすい対向する面の端部外周エッジ部 1 3 , 1 4 の曲率半径を大きくする。

50

【 0 0 1 8 】

また、端部外周エッジ部の曲率半径を大きくするドリフトチューブ 3 が複数ある場合、各ドリフトチューブ 3 の表面電場強度が異なるので、図 5 に示すように、ドリフトチューブ 3 の端部外周エッジ部 1 2 及び 1 3 の曲率半径と端部外周エッジ部 1 4 及び 1 5 の曲率半径とを異なるものとする。また、この場合、一つのドリフトチューブ 3 の両端で表面電場強度が異なる場合があるので、その場合には、その両端の端部外周エッジ部の曲率半径を異なるものとする。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 1 9 】

この発明のドリフトチューブ線形加速器は、医療用の機器に有効に利用することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 0 】

【図 1】この発明に係る IH ドリフトチューブ線形加速器の実施の形態 1 の構成を示す断面図である。

【図 2】実施の形態 1 によるチューナ挿入時の電場強度分布の変化を示すグラフである。

【図 3】実施の形態 1 における IH ドリフトチューブを示す断面図である。

【図 4】実施の形態 1 における IH ドリフトチューブを示す断面図である。

【図 5】実施の形態 1 における IH ドリフトチューブを示す断面図である。

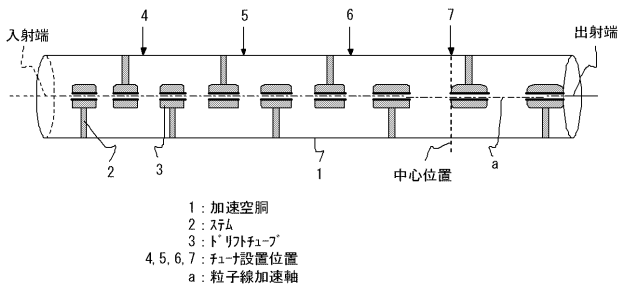
【符号の説明】

20

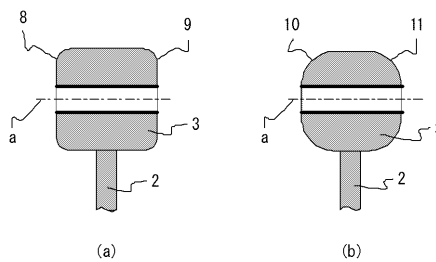
【 0 0 2 1 】

1 加速空洞、2 ステム、3 ドリフトチューブ、4～7 チューナ設置位置、
a ビーム加速軸、8～15 端部外周エッジ部、16 チューナ挿入位置、
17 チューナ挿入前の電場分布、18 チューナ挿入後の電場分布。

【図 1】

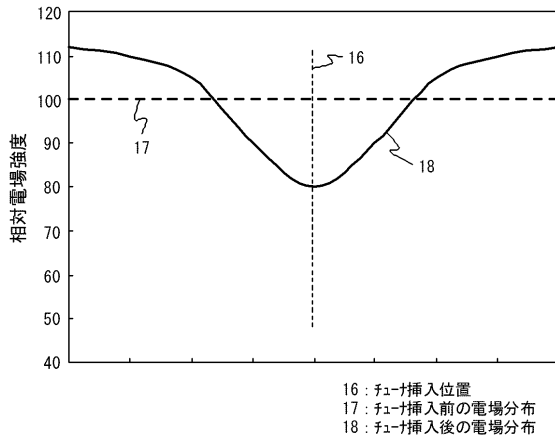


【図 3】

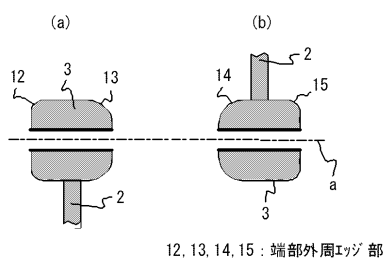


8, 9, 10, 11: 端部外周エッジ部

【図 2】

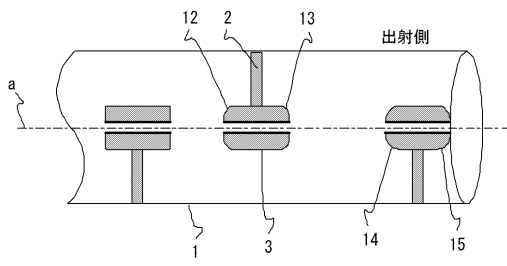


【図 4】



12, 13, 14, 15: 端部外周エッジ部

【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 山本 和男

東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 田中 博文

東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内

F ターム(参考) 2G085 AA04 BA05 BA06 BE06 CA13