

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4576437号
(P4576437)

(45) 発行日 平成22年11月10日 (2010.11.10)

(24) 登録日 平成22年8月27日 (2010.8.27)

(51) Int.Cl.		F 1	
H05H	7/14	(2006.01)	H05H 7/14
H05H	5/03	(2006.01)	H05H 5/03
H01J	37/06	(2006.01)	H01J 37/06 A

請求項の数 3 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2008-35441 (P2008-35441)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成20年2月18日 (2008.2.18)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2009-193896 (P2009-193896A)		東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
(43) 公開日	平成21年8月27日 (2009.8.27)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成21年12月9日 (2009.12.9)		弁理士 井上 学
		(74) 代理人	100098660
			弁理士 戸田 裕二
		(72) 発明者	森田 裕
			茨城県日立市大みか町七丁目1 番 1 号
			株式会社 日立製作
			所 日立研究所内
		(72) 発明者	武内 良三
			茨城県日立市大みか町七丁目1 番 1 号
			株式会社 日立製作
			所 日立研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子加速装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

荷電粒子を加速させる荷電粒子加速装置であって、

電圧を印加され、電界を発生させる複数の加速電極を有し、前記加速電極は金属または合金よりなり、前記加速電極の少なくとも一部が放電抑制層により被覆されており、

前記放電抑制層は、80重量%以上の Al_2O_3 と、当該 Al_2O_3 に混入された1重量%以上20重量%以下の TiO_2 または TiC とを含有するセラミックスであることを特徴とする荷電粒子加速装置。

【請求項 2】

荷電粒子を加速させる荷電粒子加速装置であって、

電圧を印加され、電界を発生させる複数の加速電極を有し、前記加速電極は金属または合金よりなり、前記加速電極の少なくとも一部が放電抑制層により被覆されており、

前記放電抑制層は、80重量%以上の Al_2O_3 を含有するセラミックスであり、前記放電抑制層の電気抵抗率は、 $10^8 \Omega \cdot cm$ 以上 $10^{15} \Omega \cdot cm$ 以下であることを特徴とする荷電粒子加速装置。

【請求項 3】

請求項1ないし2のいずれかに記載された荷電粒子加速装置であって、

前記加速電極は真空中に配置されていることを特徴とする荷電粒子加速装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

【0001】

本発明は、放電を防止した荷電粒子加速装置に関する。

【背景技術】

【0002】

加速管は、多段の電極（加速電極）が積層された構造を有し、加速電極の間には数十kVの電圧が印加される。従って、塵埃、残留ガス、帯電等を原因として、積層された電極間に放電が発生する場合がある。放電が発生すると電圧が一時的に低下し、印加電圧が不安定となる。また、特に真空条件下では、低電位の電極から電子放出がされ、高電位の電極に電子が衝突することにより、電極の金属が真空中に蒸発し、電極間の絶縁性が悪くなり、大規模な放電にいたる場合がある。放電が発生すると、加速管に電圧を印加することが不可能となり、システム全体が停止する。特開平6-203996号公報（特許文献1）には、加速電極を磁石として電極の周囲に磁力線を発生させ、加速管全体の放電を防止することが開示されている。

10

【0003】

【特許文献1】特開平6-203996号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

加速電極を磁石として電極の周囲に磁力線を発生させると、その磁場により加速粒子の軌道に影響がある。従って、本発明の目的は、加速粒子の軌道に影響を与えることなく、電極間の放電を防止し、荷電粒子加速装置を有するシステム全体の信頼性を向上させることにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は上記の課題を解決するものであり、その手段を以下に記述する。本発明の特徴は、加速電極の一部または全部を、金属と比較して融点が高いセラミックスまたは合金よりなる放電抑制層で被覆した荷電粒子加速装置にある。セラミックスまたは合金の放電抑制層により、不純物の微粒子が電界により加速され、電極に衝突した際にも電極から金属蒸気が発生しにくく、電離プラズマとなりにくいため、電極間の放電を抑制することができる。

30

【0006】

特に、真空中に保持され電圧を印加された複数の加速電極により電界を発生し荷電粒子を加速する荷電粒子加速装置であって、前記加速電極は金属または合金よりなる電極の外部を質量比80%以上の Al_2O_3 を含んだセラミックスよりなる放電抑制層で一部または全部を包囲したことを特徴とする荷電粒子加速装置にある。電極の一部または全部を金属と比較して融点が高いセラミックスよりなる放電抑制層で包囲することにより、不純物の微粒子（クランプ）が電極に衝突した際に電極から蒸気が発生しにくく、放電を抑制することができる。

【0007】

前記セラミックスには質量比1%以上20%以下のTiO₂またはTiCを含むことが好ましい。電極を包囲するセラミックスにTiO₂またはTiCを混入することによりセラミックスの抵抗率を下げるができるため、セラミックスの表面に付着したクランプの周囲の電界が下がる。その結果、放電のきっかけとなるクランプを加速する静電力が小さくなり、クランプの離脱を抑制することができる。

40

【0008】

他の本発明の特徴は、真空中に保持され電圧を印加された複数の加速電極により電界を発生し荷電粒子を加速する荷電粒子加速装置であって、前記加速電極は、電極の一部または全部を質量比85%以上のTiを含んだ合金よりなる放電抑制層で包囲したことを特徴とする。電極の一部または全部を一般の金属と比較して融点が高いTiを含んだ合金で包囲することにより、クランプが電極に衝突した際に電極から蒸気が発生しにくく、放電を

50

抑制することができる。なお、電極そのものとして質量比 85% 以上の Ti を含んだ合金を使用し、放電抑制層と電極とを一体化することもできる。

【0009】

放電抑制層の電気抵抗率は $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下であることが好ましい。放電抑制層の電気抵抗率を $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下にすることにより、十分に放電抑制層の表面に付着したクランプの周囲の電界が下がる。その結果、放電のきっかけとなるクランプを加速する静電力が小さくなり、クランプの離脱を抑制することができる。

【0010】

荷電粒子加速装置としては、加速管、サイクロトロン、シンクロトロン、ベータトロン等があり、本発明はいずれの装置にも有効である。これらの荷電粒子加速装置は、電子顕微鏡、核物理学実験用設備、ガン治療設備、放射光設備等に使用される。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば放電が発生しにくく、高い信頼性を有する加速管を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明についてさらに詳細を説明する。

【0013】

図 1 に加速管の構造例を示す。加速管はリング状の内側電極 1 と外側電極 2 から構成される加速電極と絶縁管 3 を複数段積み重ねた構造である。内側電極 1 と外側電極 2 は、導体で接続されており、両電極は同電位に保持されている。最上段の加速電極には、陰極から電子を引き出す引き出し電源 8 と、加速電源 5 とが接続され、直流高電圧が印加される。加速電極間は分割抵抗 4 を介して接続され、最終段の加速電極は接地電位である。このように加速電極を配置することにより、リング状の加速管の中央部には加速電極と垂直の方向（加速電極の積層される方向）に電界が発生する。

【0014】

加速管の最上段には電子銃が設置される。図 1 には熱電子放出型電子銃を示すが、他の型の電子銃でもかまわない。電子銃は陰極 9 と陽極 10 から構成され、陰極 9 には加熱電源 6 が接続され、加熱電源 6 の電流により陰極 9 が加熱される。陰極 9 が加熱された状態で引出電圧発生電源 7 により陰極 9 と陽極 10 の間に電圧が印加されると陰極 9 から電子線が放射される。

【0015】

加速電極の最上段と最下段の間では、例えば 200 kV の電圧が印加され、加速電極間には数十 kV の電圧が分担されることになる。上記のような構成により、電子銃から放射された電子線は加速される。

【0016】

外側電極 2 は SF₆ 等の絶縁ガスで周囲を充填することにより絶縁耐圧を確保することができるのに対し、内側電極 1 は真空中に保持されるため、内側電極 1 の間では外側電極 2 と比較して真空放電が発生しやすい。

【0017】

真空中での放電のメカニズムは諸説あり、そのひとつとしてクランプ説がある。電極表面に付着しているクランプ（不純物の微粒子）は静電力により電極から離脱することがある。この際、クランプは電極間電圧により加速され、その後対向電極に衝突すると、運動エネルギーが熱エネルギーに変換され、対向電極またはクランプは金属蒸気を放出する。この金属蒸気は電子衝撃により電離プラズマ化して電極間の放電を発生させる。クランプ説の説明としては「放電ハンドブック」（電気学会編）が詳しい。本発明のように、電極に放電抑制層を設けたり、Ti 合金を電極として使用することにより、このようなクランプによる放電を防止できる。

【0018】

図2に、荷電粒子加速装置（ここでは加速管とする）を有する透過型電子顕微鏡の概略構造例を示す。電子銃101は、陰極から放出された電子を陽極で加速して電子線を放出する。電子銃には熱電子放出型電子銃，ショットキー型電子銃，冷陰極電界放出型電子銃，熱陰極電界放出型電子銃等がある。加速管102は電子銃から出た電子線を必要なエネルギーにまで順次加速する。例えば200kVの電子顕微鏡では加速電極を6段～7段積み重ねて加速する。収束レンズ103では、磁界を発生させ、電子ビーム100を絞って試料に照射する。電子ビーム100は試料104を透過すると回折を起こす。回折した電子は対物レンズ105で結像される。中間レンズ106は励磁電流を調整して中間レンズの焦点距離を変えて、対物レンズによって作られる回折図形に焦点を合わせる。さらに、それらを拡大し投影レンズ107の物面にそれらの像を作る。投影レンズ107は結像レンズ系の最終レンズであり、中間レンズ106で拡大された像をさらに拡大し、蛍光板108上に結像する。この像は観察窓109から観察することができる。また、カメラ室110に設置されたカメラで像を撮影することができる。

10

【実施例1】

【0019】

第一の実施例では、図3を用い、アルミナを含むセラミックスで電極を被覆した加速管の例について説明する。本実施例では、内側電極1の周囲全部を80重量%以上の Al_2O_3 を含んだセラミックス12で覆う構造を有する。電極としては、鉄，ステンレス，銅，アルミ等の金属が例示される。このように、電極の一部または全部を金属と比較して融点が高いセラミックス12で包囲することにより、クランプが電極に衝突した際に電極から蒸気が発生しにくく、放電を抑制することができる。また、本実施例では、内側電極1の周囲全部をアルミナを含むセラミックス層で覆う構成としたが、一部を覆う構成としてもよい。その場合、少なくとも隣接する電極と対向する面を覆うようにセラミックス層を形成することが望ましい。

20

【実施例2】

【0020】

第二の実施例では、セラミックス層としてチタニア（ TiO_2 ）を含むアルミナを用い、実施例1と同様に電極を被覆した加速管の例について説明する。本実施例の加速管の構成は図3とほぼ同様であり、セラミックス12の層として、1重量%以上20重量%以下の TiO_2 を含むアルミナを使用した。

30

【0021】

このように電極を包囲するセラミックス12に TiO_2 を混入することによりセラミックス12の抵抗率を下げるができる。アルミナにチタニアを混合することにより、最大で1/100程度に抵抗率を低下させることができる。セラミックス12の抵抗率が下がると、セラミックスの表面にクランプが付着した場合、その周囲の電界を下げるができる。その結果、放電のきっかけとなるクランプを加速する静電力が小さくなり、クランプの離脱による放電を抑制することができる。特に、セラミックス12の電気抵抗率を $10^8\Omega\cdot\text{cm}$ 以上 $10^{15}\Omega\cdot\text{cm}$ 以下とすることが好ましい。本実施例以外のセラミックスであっても、電気抵抗率を $10^8\Omega\cdot\text{cm}$ 以上 $10^{15}\Omega\cdot\text{cm}$ 以下とすることで、アルミナにチタニアを混合したセラミックス同様の高い効果が期待できる。

40

【0022】

セラミックス12を設ける部位は電極の一部でもよく、特に隣接する電極と対向する部分に設けることが有効である。

【実施例3】

【0023】

第三の実施例では、セラミックス層として TiC を含むアルミナを用い、実施例1と同様に電極を被覆した加速管の例について説明する。本実施例の加速管の構成は図3とほぼ同様であり、セラミックス12の層として、1重量%以上20重量%以下の TiC を含むアルミナを使用した。

【0024】

50

このように電極を包囲するセラミックス12にTiCを混入することによりセラミックス12の抵抗率を下げるができる。セラミックス12の抵抗率が下がると、セラミックスの表面にクランプが付着した場合、その周囲の電界を下げるができる。その結果、放電のきっかけとなるクランプを加速する静電力が小さくなり、クランプの離脱による放電を抑制することができる。特に、セラミックス12の電気抵抗率を $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下とすることが好ましい。本実施例以外のセラミックスであっても、電気抵抗率を $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下とすることで、アルミナにチタニアを混合したセラミックス同様の高い効果が期待できる。

【0025】

セラミックス12を設ける部位は電極の一部でもよく、特に隣接する電極と対向する部分に設けることが有効である。

【実施例4】

【0026】

実施例4では、図4を用いて、内側電極にTiを含む合金を用いた加速管の例を説明する。装置構成は、図1とほぼ同様であり、内側電極1にTiを含む合金を用いたことを特徴とする。Tiを含んだ合金は一般の金属よりなる電極（鉄，銅，アルミ，ステンレス等よりなる電極）よりも融点が高いため、このような電極を用いたことにより、クランプが電極に衝突した際に電極から蒸気が発生しにくく、放電を抑制することができる。チタン合金としては、例えばアルミ6%，バナジウム4%，チタニウム90%の合金（通称6-4チタン）が挙げられる。

【0027】

また、電極の一部または全部の表面をTiを含んだ合金で覆うことによっても同様の効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】加速管の構造例を示す図。

【図2】荷電粒子加速装置例を示す図。

【図3】第一の実施例のセラミックスで被覆された加速電極を用いた加速管を示す図。

【図4】第四の実施例のTiを含む合金で加速電極を構成した加速管を示す図。

【符号の説明】

【0029】

- 1 内側電極
- 2 外側電極
- 3 絶縁管
- 4 分割抵抗
- 5 加速電源
- 6 加熱電源
- 7 引出電圧発生電源
- 8 引き出し電源
- 9 陰極
- 10 陽極
- 11 電子軌跡
- 12 セラミックス
- 100 電子ビーム
- 101 電子銃
- 102 加速管
- 103 収束レンズ
- 104 試料
- 105 対物レンズ
- 106 中間レンズ

10

20

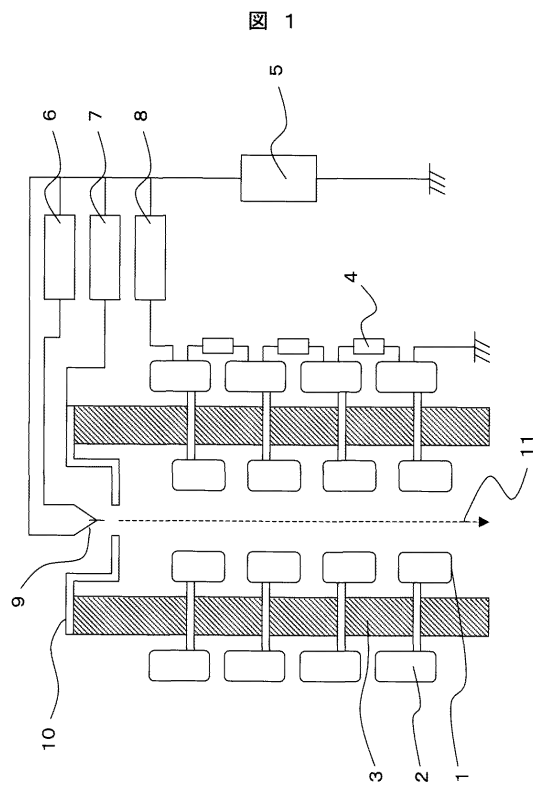
30

40

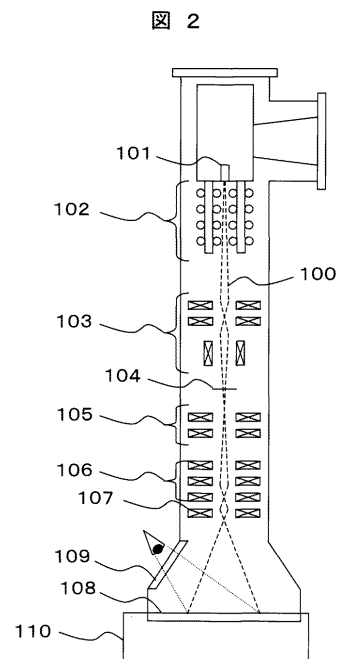
50

- 107 投影レンズ
- 108 蛍光板
- 109 観察窓
- 110 カメラ室

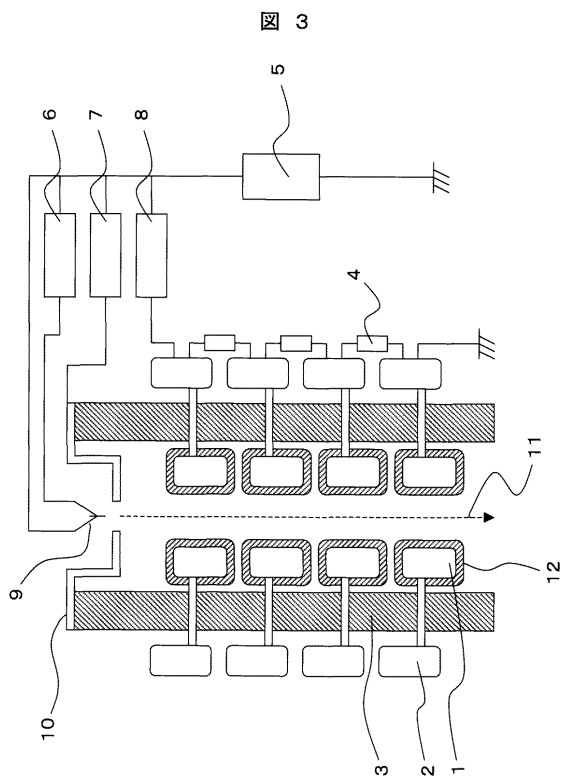
【図1】



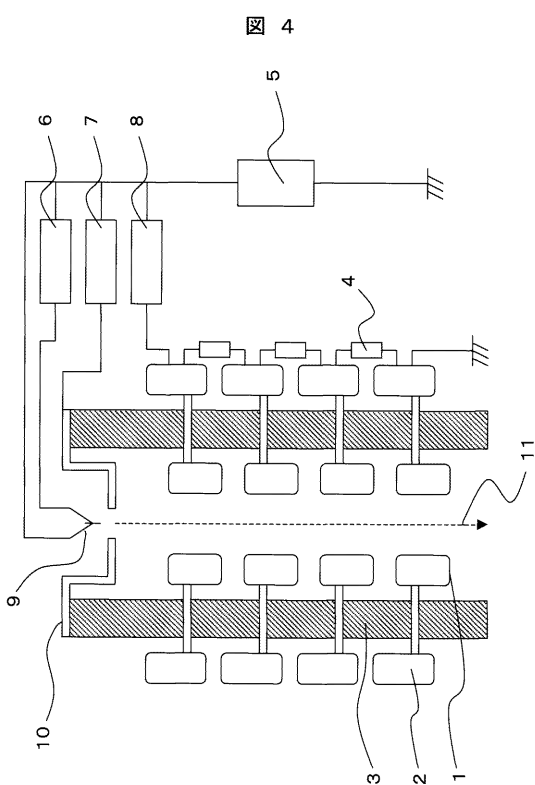
【図2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 横須賀 俊之

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
所内

株式会社 日立製作所 日立研究

審査官 木下 忠

(56)参考文献 特開平03-133100 (JP, A)

特開平10-013102 (JP, A)

特開平06-176621 (JP, A)

特開2001-099995 (JP, A)

特開平03-084839 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H3/00-15/00

JSTPlus (JDreamII)