

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5921153号  
(P5921153)

(45) 発行日 平成28年5月24日 (2016. 5. 24)

(24) 登録日 平成28年4月22日 (2016. 4. 22)

(51) Int. Cl.

H 0 1 J 35/16 (2006.01)

F I

H 0 1 J 35/16

請求項の数 32 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2011-245793 (P2011-245793)  
 (22) 出願日 平成23年11月9日 (2011. 11. 9)  
 (65) 公開番号 特開2013-101879 (P2013-101879A)  
 (43) 公開日 平成25年5月23日 (2013. 5. 23)  
 審査請求日 平成26年11月10日 (2014. 11. 10)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100126240  
 弁理士 阿部 琢磨  
 (74) 代理人 100124442  
 弁理士 黒岩 創吾  
 (72) 発明者 山▲崎▼ 康二  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
 ノン株式会社内  
 (72) 発明者 佐藤 安栄  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
 ノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射線発生管および放射線発生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも二つの開口端を備えた絶縁管と、前記絶縁管の一方の開口端に接続された陰極と、前記絶縁管の他方の開口端に接続された陽極とを備えた外囲器と、前記陰極に接続された電子放出源と、前記陽極に接続されたターゲットとを備え、前記外囲器の内部空間が外部空間に対して負圧である放射線発生管において、

前記陰極と前記陽極のうちの少なくともいずれか一方と前記絶縁管とは、導電性の接合材を介して接合されており、前記接合材を介して接合されている接合部は、誘電体層により被覆されており、前記誘電体層は、前記接合材の少なくとも一部と、該接合材に隣接する前記絶縁管の少なくとも一部とを被覆している事を特徴とする放射線発生管。

10

【請求項 2】

前記誘電体層は、前記絶縁管の外表面の少なくとも一部を被覆している事と特徴とする請求項 1 に記載の放射線発生管。

【請求項 3】

前記誘電体層は、前記陰極と前記陽極のうちの少なくともいずれか一方の一部と前記絶縁管の一部とを橋渡しするように前記接合部を被覆している事と特徴とする請求項 1 または 2 に記載の放射線発生管。

【請求項 4】

前記誘電体層は、前記接合材を間に挟むように、前記接合材の前記外囲器の内部空間に面する側と、前記接合材の前記外囲器の外部空間に面する側を被覆している事と特徴とす

20

る請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 5】

前記誘電体層は、前記絶縁管の比誘電率より小さい比誘電率を有している事を特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 6】

前記誘電体層は、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、酸化珪素、酸化アルミニウム、および、窒化ボロンの中から少なくとも 1 つ選択された誘電体材料からなる事を特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 7】

前記誘電体層は、前記接合部に位置する前記外囲器の壁厚の 10 % 以上 100 % 以下の層厚を有する事を特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 8】

前記接合材は、前記陰極および前記陽極の融点より、低い融点を有する事を特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 9】

前記接合材は、銀、錫、亜鉛、金の中から選ばれるいずれかの金属元素を単体金属として、もしくは合金の成分として含有する事を特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 10】

前記接合材は、銀ろうである事を特徴とする請求項 9 に記載の放射線発生管。

【請求項 11】

前記接合材は、環状であり、前記接合部を環状に気密接合している事を特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 12】

前記誘電体層は、環状であり、前記接合部を環状に被覆している事を特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 13】

請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載された放射線発生管と、該放射線発生管を内部に収納する収納容器と、該収納容器と前記放射線発生管との間を占める空間に絶縁性液体とを備えたことを特徴とする放射線発生装置。

【請求項 14】

前記絶縁性液体は、前記誘電体層の比誘電率より小さい比誘電率を有している事を特徴とする請求項 13 に記載の放射線発生装置。

【請求項 15】

前記絶縁性液体は、シリコン油、トランス油、フッ素系オイルである事を特徴とする請求項 13 または 14 に記載の放射線発生装置。

【請求項 16】

少なくとも 2 つの開口端を備えた絶縁管と、前記絶縁管の一方の開口端に接続された陰極と、前記絶縁管の他方の開口端に接続された陽極とを備えた外囲器と、前記陰極に接続された電子放出源と、前記陽極に接続されたターゲットとを備え、前記外囲器の内部空間が外部空間に対して負圧である放射線発生管の製造方法であって、

陰極と陽極のうちの少なくともいずれか一方と、絶縁管が備える開口端とを、導電性の接合材を介して接合する工程と、

前記陰極と前記陽極のうちの少なくともいずれか一方の一部と前記絶縁管の一部とを橋渡しするように誘電体層を前記接合部に被覆する工程と、

前記陰極と前記陽極と前記絶縁管と気密封止することにより内部空間を規定して外囲器を形成する工程と、

前記外囲器の内部空間を外部空間に対して相対的に負圧とする減圧工程とを備え、

前記減圧工程は、前記誘電体層を前記接合部に被覆する工程の後に行う事を特徴とする

10

20

30

40

50

放射線発生管の製造方法。

【請求項 17】

前記誘電体層を被覆する工程において、前記絶縁管の管内部方向に露出している前記接合部と、前記絶縁管の管外部方向に露出している前記接合部とを、前記誘電体層により被覆することにより、前記誘電体層により前記接合部を挟むように被覆する事を特徴とする請求項 16 に記載の放射線発生管の製造方法。

【請求項 18】

少なくとも二つの開口端を備えた絶縁管と、前記絶縁管の一方の開口端に接続された陰極と、前記絶縁管の他方の開口端に接続された陽極とを備えた外囲器と、前記陰極に接続された電子放出源と、前記陽極に接続されたターゲットとを備え、前記外囲器の内部空間が外部空間に対して負圧である放射線発生管において、

前記陰極と前記陽極のうちの少なくともいずれか一方と前記絶縁管とは、導電性の接合材を介して接合されており、前記接合材を介して接合されている接合部は、誘電体層により被覆されており、前記誘電体層は、前記絶縁管の比誘電率より小さい比誘電率を有している事を特徴とする放射線発生管。

【請求項 19】

前記誘電体層は、前記接合材の少なくとも一部と、該接合材に隣接する前記絶縁管の少なくとも一部とを被覆している事を特徴とする請求項 18 に記載の放射線発生管。

【請求項 20】

前記誘電体層は、前記絶縁管の外表面の少なくとも一部を被覆している事と特徴とする請求項 18 または 19 に記載の放射線発生管。

【請求項 21】

前記誘電体層は、前記陰極と前記陽極のうちの少なくともいずれか一方の一部と前記絶縁管の一部とを橋渡しするように前記接合部を被覆している事と特徴とする請求項 18 乃至 20 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 22】

前記誘電体層は、前記接合材を間に挟むように、前記接合材の前記外囲器の内部空間に面する側と、前記接合材の前記外囲器の外部空間に面する側を被覆している事と特徴とする請求項 18 乃至 21 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 23】

前記誘電体層は、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、酸化珪素、酸化アルミニウム、および、窒化ボロンの中から少なくとも 1 つ選択された誘電体材料からなる事を特徴とする請求項 18 乃至 22 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 24】

前記誘電体層は、前記接合部に位置する前記外囲器の壁厚の 10 % 以上 100 % 以下の層厚を有する事を特徴とする請求項 18 乃至 23 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 25】

前記接合材は、前記陰極および前記陽極の融点より、低い融点を有する事を特徴とする請求項 18 乃至 24 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 26】

前記接合材は、銀、錫、亜鉛、金の中から選ばれるいずれかの金属元素を単体金属として、もしくは合金の成分として含有する事を特徴とする請求項 18 乃至 25 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 27】

前記接合材は、銀ろうである事を特徴とする請求項 26 に記載の放射線発生管。

【請求項 28】

前記接合材は、環状であり、前記接合部を環状に気密接合している事を特徴とする請求項 18 乃至 27 のいずれか 1 項に記載の放射線発生管。

【請求項 29】

前記誘電体層は、環状であり、前記接合部を環状に被覆している事を特徴とする請求項

10

20

30

40

50

18乃至28のいずれか1項に記載の放射線発生管。

【請求項30】

請求項18乃至29のいずれか1項に記載された放射線発生管と、該放射線発生管を内部に収納する収納容器と、該収納容器と前記放射線発生管との間を占める空間に絶縁性液体とを備えたことを特徴とする放射線発生装置。

【請求項31】

前記絶縁性液体は、前記誘電体層の比誘電率より小さい比誘電率を有している事の特徴とする請求項30に記載の放射線発生装置。

【請求項32】

前記絶縁性液体は、シリコン油、トランス油、フッ素系オイルである事の特徴とする請求項30または31に記載の放射線発生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線発生管、および、それを備えた放射線発生装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より放射線発生装置の小型化や、放出される放射線の高エネルギー化に際して、放射線発生管の耐電圧特性（以下耐圧）向上が求められている。放射線発生管において耐圧が懸念される部位の1つとして、絶縁管と陰極との接合部が挙げられる。特に前記接合部が放射線発生管の外部からみて露出した場合については、露出部の近傍が電界集中しやすく、放電を起こしやすい。特許文献1には、ガラス製の真空外囲器と陰極との融着部を覆うようにコロナリングを設け、融着部近傍の電界集中を緩和し、局所的な放電の衝撃に起因する真空外囲器の破損を防ぐことが開示されている。

【0003】

また、特許文献2には、コロナリングと真空外囲器との間の電界の乱れから発生する放電を防ぐことを目的として、放射線出射窓側に位置する導電部と、電圧印加部側に位置する電気絶縁部とを固定し、この電気絶縁部の外面に、電気抵抗膜を配置した構造を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平07-296754号公報

【特許文献2】特開2009-245806号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来の高耐圧化の対策を施した場合においても、放射線の出力変動や微小な放電が生じる場合があった。これらの微小放電は、動作時のターゲットへ照射される電子の電流密度や入射エネルギーを変動させる原因と成り、結果的に放射線の出力強度が変動する。また、前述の微小放電の頻度が高い状態となれば、持続的にターゲットと電子放出素子間に加速電圧を印加できない。

【0006】

本発明は、陰極や陽極と絶縁管との接合部に発生する電界集中を生じにくくして、放電を抑制し、放射線出力安定性の高い、信頼性の高い放射線発生管および放射線発生装置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】

【0007】

本発明の第1は、少なくとも二つの開口端を備えた絶縁管と、前記絶縁管の一方の開口端に接続された陰極と、前記絶縁管の他方の開口端に接続された陽極とを備えた外囲器と

10

20

30

40

50

、前記陰極に接続された電子放出源と、前記陽極に接続されたターゲットとを備え、前記外囲器の内部空間が外部空間に対して負圧である放射線発生管において、前記陰極と前記陽極のうちの少なくともいずれか一方と前記外囲器とは、導電性の接合材を介して接合されており、前記接合材を介して接合されている接合部は、誘電体層により被覆されており、前記誘電体層は、前記接合材の少なくとも一部と、該接合材に隣接する前記絶縁管の少なくとも一部とを被覆している事を特徴とする放射線発生管である。

さらに、本発明の第2は、少なくとも2つの開口端を備えた絶縁管と、前記絶縁管の一方の開口端に接続された陰極と、前記絶縁管の他方の開口端に接続された陽極とを備えた外囲器と、前記陰極に接続された電子放出源と、前記陽極に接続されたターゲットとを備え、前記外囲器の内部空間が外部空間に対して負圧である放射線発生管の製造方法であって、

陰極と陽極のうちの少なくともいずれか一方と、絶縁管が備える開口端とを、導電性の接合材を介して接合する工程と、

前記陰極と前記陽極のうちの少なくともいずれか一方の一部と前記絶縁管の一部とを橋渡しするように誘電体層を前記接合部に被覆する工程と、

前記陰極と前記陽極と前記絶縁管と気密封止することにより内部空間を規定して外囲器を形成する工程と、

前記外囲器の内部空間を外部空間に対して相対的に負圧とする減圧工程とを備えたとともに、

前記減圧工程は、前記誘電体層を前記接合部に被覆する工程の後に行う事を特徴とする放射線発生管の製造方法である。

さらに、本発明の第3は、少なくとも二つの開口端を備えた絶縁管と、前記絶縁管の一方の開口端に接続された陰極と、前記絶縁管の他方の開口端に接続された陽極とを備えた外囲器と、前記陰極に接続された電子放出源と、前記陽極に接続されたターゲットとを備え、前記外囲器の内部空間が外部空間に対して負圧である放射線発生管において、前記陰極と前記陽極のうちの少なくともいずれか一方と前記絶縁管とは、導電性の接合材を介して接合されており、前記接合材を介して接合されている接合部は、誘電体層により被覆されており、前記誘電体層は、前記絶縁管の比誘電率より小さい比誘電率を有している事を特徴とする放射線発生管である。

#### 【発明の効果】

#### 【0008】

本発明によれば、長期間に渡り高い耐圧特性を維持した信頼性の高い放射線発生装置を提供することを可能とする。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0009】

【図1】本発明における放射線発生装置の断面図

【図2】本発明における放射線発生管の断面図

【図3】本発明における放射線発生管の断面図

【図4】本発明における放射線発生管の断面図

【図5】本発明における実験装置のブロック図

【図6】本発明における実験装置のブロック図

【図7】本発明の作用を説明するための模式図

【図8】本発明の他の作用を説明するための模式図

【図9】本発明の放射線発生管の他の実施形態を示す断面図

【図10】本発明の放射線発生管における誘電体層の接合部の被覆形態を示す断面図

【発明を実施するための形態】

#### 【0010】

図1および図2を用いて本発明の放射線発生管および放射線放出装置の構成例について説明する。

#### 【0011】

図 2 は、本発明の放射線発生管の実施形態を示す断面図であり、図 1 は本発明の放射線発生管を内部に収納した放射線発生装置の実施形態を示す断面図である。

【 0 0 1 2 】

放射線発生管 1 は、陰極 1 9 と、陰極 1 9 に接続された電子放出源 3 と、陽極 2 0 と、陽極 2 0 に接続されたターゲット 8 と、絶縁管 2 1 とを備え、陰極 1 9 と陽極 2 0 とは、互いに離れた位置で絶縁管 2 1 が備える二つの開口にそれぞれ接続されている。陰極 1 9 と陽極 2 0 と絶縁管 2 1 とからなり内部空間 1 2 を規定している容器 6 を、本発明において外囲器 6 と称する。外囲器 6 の内部空間 1 2 に配置された電子放出源 3 が備える電子放出部 2 から放出された電子が、電子線 5 としてターゲット 8 に照射可能な程度に、外囲器 6 の内部空間 1 2 は減圧（真空排気）されている。内部空間 1 2 の真空度は、使用する電子放出源 3 の種類や、駆動条件等を考慮して適宜選択する事が可能であるが、例えば、 $1 \text{ E} - 4 \sim 1 \text{ E} - 8 \text{ Pa}$  の真空度とすることが可能である。S p i n d t 型、M I M 等の冷陰極型電子放出源を使用した場合には、 $1 \text{ E} - 6 \text{ Pa}$  以下の真空度とする事が、電子放出特性の安定性の点でより好ましい。真空度の維持の為に、不図示のゲッタを内部空間 1 2、若しくは、内部空間 1 2 に連通している不図示の補助スペースに設置する事も可能である。

10

【 0 0 1 3 】

電子放出源 3 としては、外囲器 6 の外部より放出電子量を制御可能な電子放出源であれば良く、前述の冷陰極型電子放出源の他、熱陰極型電子放出源を適宜適用する事が可能である。大電流の電子線 5 を安定に取り出せる点で、含浸型カソードの熱陰極電子放出源を好適に使用することができる。

20

【 0 0 1 4 】

電子放出源 3 は、陰極 1 9 に設けた電流導入端子 4 を介して、電子放出量および電子放出のオン・オフタイミングを制御可能なように、外囲器 6 の外部に設置した駆動回路 1 4 に電氣的に接続される。駆動回路 1 4 は、これに限らず、外囲器 6 の内部に設置することも可能である。

【 0 0 1 5 】

本発明における陰極 1 9 は、電子放出源 3 の周辺の静電場の空間的な非対称性を緩和するとともに局所的な電界集中が生じないように、外囲器 6 に対する電子放出源 3 の取り付け部周辺の静電場を規定している。電子放出源 3 は、電子放出部 2 を有し、電子放出部 2 は、放出電子電流を供給する 2 極の電極をエミッタ電極対として備える（不図示）。電子ビーム収束、非点収差補正等の電子光学的な機能を付加する場合は、さらに数極の補助電極（不図示）を備える。前述のエミッタ電極対と補助電極とからなる電極群は、陰極 1 9 側から、放射線発生管 1 の外部の駆動回路 1 4 と、電流導入端子 4 を介して接続する事が可能である。前述の静電場の非対称性緩和の観点からは、陰極 1 9 は、陽極 2 0 の電極電位に対して充分低い定電位に規定されることが好ましく、電子放出部 2 に電位を供給するエミッタ電極対のいずれか一方と同電位に規定するか、もしくは、エミッタ電極対のそれぞれの電位の間電位により電位規定することも可能である。

30

【 0 0 1 6 】

陽極 2 0 は、不図示の電圧源によりターゲット 8 を電位規定し、ターゲット 8 に流れる陽極電流を、前記電圧源を介して接地端子 1 6 に通電する機能を有する。さらに、陽極 2 0 は、陰極 1 9 と同様にして、放射線発生管 1 のターゲット 8 周辺の静電場を規定する機能を有する電極である。従って、陰極 1 9 および陽極 2 0 は、電子放出源 3 およびターゲット 8 のそれぞれの近傍の静電場において局所的に電界集中が生じないようにするため、及び、陰極 1 9 と陽極 2 0 間の電界分布を平行電場になるべく近づけるため、前記陰極 1 9 および前記陽極 2 0 のそれぞれは、所定の面積の範囲を電位規定することが好ましく、誘電性の絶縁管 2 1 の開口断面積に一致させることがより好ましい。陽極 2 0 は、放射線 1 5 の照射範囲を規定可能な不図示の遮蔽体を別途備えることも可能であり、陽極 2 0 とターゲット 8 とは、前記遮蔽体を介して接続することも可能である。

40

【 0 0 1 7 】

50

陰極 19 と陽極 20 の材料は、導電性、気密性、強度、及び絶縁管 21 との線膨張係数整合によって決めることが可能であり、コパールやタングステン等を適用することが可能である。

#### 【0018】

ターゲット 8 は、電子放出部 2 から放出された電子の照射を受けることが可能なように、放射線発生管 1 の内部に配置される。陰極 19 と陽極 20 間の電場の対称性の観点からは、ターゲット 8 が電子放出部 2 と対向して配置される事が好ましい。

#### 【0019】

ターゲット 8 には、電子放出部 2 に対して 10 kV ~ 200 kV の正電位が印加されており、電子放出部 2 から放出された電子が電子線 5 として、10 keV ~ 200 keV の入射エネルギーを有してターゲット 8 に入射し、ターゲット 8 で放射線を発生する。従って、陰極 19 と陽極 20 間の電界分布の非対称性を抑制する観点から、陽極 20 には陰極 19 に対して、電子放出部 2 に対するターゲット 8 の電位と同程度の正電位が印加されることが好ましい。ターゲット 8 は、電子の衝突によって放射線を発生する重元素を含有したターゲット材を備えている。ターゲット 8 は、ターゲット材のみからなる自立型の形態とすることが可能であり、自立型の形態としては、ダイアフラム状の金属薄膜が陽極 20 に接続されている形態を含む。またターゲット 8 は、放射線を透過する材料中にターゲット材料を分散した状態で含有した分散型形態とすることや、ターゲット材料を含む金属薄膜を放射線を透過する材料からなる基板上に積層させた積層型の形態とすることも可能である。放射線を透過する基板としては、ベリリウムやダイヤモンドのような低原子番号材料からなる基板をターゲット 8 は、ターゲット層と前記ターゲット層を支持する支持基板とからなる積層形態とすることも可能であり、支持された形態として、基板上に数  $\mu\text{m}$  の厚さの金属薄膜として支持されている形態が、放射線の減衰を抑制する点、ターゲット 8 の熱変形によるデフォーカスを抑制する点で好ましい。この金属薄膜は、放射線量 / 入射電子量の変換効率の観点から、原子番号 26 以上の重金属材料を用いることが好ましく、具体的には、タングステン、モリブデン、クロム、銅、コバルト、鉄、ロジウム、レニウム等、あるいはこれらの合金材料とすることが可能である。ターゲット 8 のターゲット材料として金属薄膜を支持基板上に形成する場合は、支持基板との密着性が確保されれば、特定の製法には限定されず、スパッタ、CVD、蒸着等の各種成膜方法が利用可能である。

#### 【0020】

絶縁管 21 は誘電性を有し、陰極 19 と陽極 20 のそれぞれを接続する少なくとも 2 つの開口を備えている。絶縁管 21 は、2 つの開口が外囲器 6 の内部で、電子放出部 2 から放出された電子がターゲット 8 に照射されるように、連通している。すなわち、図 1 のように陰極 19 と陽極 20 が互いに露出して対向している形態だけでなく、図 9 (D) のように、絶縁管 21 の内部空間が仕切りにより隔てられていて、電子放出源 3 が仕切を貫通しているような形態も含まれる。また、図 9 (A) および、図 9 (A) に示す放射線発生管 1 の H - H' 面における断面図 9 (B) に示すように、陽極 20 (陰極 19 でもよい) が、絶縁管 21 の側面に接続された形態としても良い。さらには、図 9 (C) に示すように、陰極 19 と陽極 20 が互いに対向せずに、非平行な位置関係とすることも可能である。絶縁管 21 は、図 1 のようにその断面が円管状の形態に限らず、その断面の外周形状や内周形状が多角形であってもよい。絶縁管 21 の材料は、電気絶縁性、気密性、低ガス放出性、耐熱性、および、陰極 19 や陽極 20 との線膨張係数整合の観点で選ばれるが、ボロンナイトライド、アルミナ等の絶縁性セラミック、ホウケイ酸ガラス等の絶縁性の無機ガラスが適用可能である。

#### 【0021】

陰極 19 または陽極 20 と、絶縁管 21 との接続部は、放射線発生管 1 の動作時に電界集中領域となり、放電の発生確率が高い領域で、放射線発生管 1 の耐圧特性を制限する。特に陰極 19 と絶縁管 21 との接続部は、3 重点と呼ばれ、陰極 19 側から、電界電子放出が発生しやすい。従って、放電抑制の観点から特に陰極側の接合部 23 近傍の電界分布

の不均一性を抑制することが対策の一つとなる。接続部を導電性の接合材 22 を介した接合部 23 とすることで、3 重点の電界分布を、接合部 23 の周方向（以下、環方向と称する。）に沿った均一化を図る事が可能となる。接合材 22 としては、導電性を有し、耐熱性と金属 絶縁体の異種材料間の接合性が良好な銀ろう、銅ろう等の硬ろう（ろう付け用合金）が好ましく適用できる。絶縁管 21 と、陰極 19 又は陽極 20 との接合部 23 の環方向の電界の均一性の観点からは、図 2（A）、（C）に示すように、接合材 22 は環状であって、接合部 23 を環状に気密接合している事が好ましい。図 2（A）、（C）は、それぞれ図 2（B）に示す放射線発生管 1 の P - P' 面及び Q - Q' 面の断面図である。  
【0022】

放射線発生管 1 の陰極 19 または陽極 20 の少なくともいずれか一方は接合材 22 を介して接合されており、接合材 22 を介した接合部 23 は、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、酸化アルミニウム、酸化珪素、窒化ボロン等の誘電体材料からなる誘電体層 24 により被覆されている。

【0023】

誘電体層 24 は、放射線発生管 1 の実施態様により、放射線発生管 1 の耐圧特性を向上させる複数の作用を発現する。

【0024】

誘電体層 24 は、接合材 22 に生じる電界集中が、接合材 22 が面している空間の静電場にまで、直接及びにくくする作用を備える。この作用について以下に具体的に述べる

接合材 22 は、陰極 19 と実質的に同電位に規定される。但し、微視的なスケールにおいて、導電性を有する接合材 22 と誘電性を有する絶縁管 21 と真空の内部空間 12 との境界は 3 重点となり、電界集中が発生する。一方で、実際の製造プロセスを経て製造された放射線発生管では、接合材 22 の表面が完全な平滑面で形成されない場合や、絶縁管 21 との境界が完全に平滑な環状となるように形成されない場合がある。例えば、接合材 22 は、接合工程において、陰極 19 および絶縁管 21 よりも軟化変形しやすい性質を備えるとともに、被接合部材に濡れる性質を有することで、被接合部材に密着して接合面を確保する材料である。接合の結果として、接合材 22 に局所的に生じる突起形状の変形や、局所的な濡れ広がりが生じて、接合材 22 の形状分布が生じる観察事実も認められた。このような接合材 22 の形状分布は、3 重点の電界集中を一層助長する。図 10（A）～（F）の各図に示す接合部 23 において、誘電体層 24 は、いずれも、少なくとも、接合材 22 と絶縁管 21 との境界を被覆している。このように誘電体層 24 で、接合部 23 を被覆することにより、接合材 22 の表面や絶縁管 21 との境界に生じる電界集中を緩和することが可能である。また、接合部 23 近傍の空間におよぼす電界集中の緩和効果は、誘電体層 24 の比誘電率、形状、および、被覆範囲に依存する。誘電体層 24 の比誘電率は、絶縁管 21 の比誘電率より小さいことが好ましい。誘電体層 24 の形状としては、その層厚が 100 μm 以上であるか、絶縁管 21 の側壁の壁厚の 10 % 以上の層厚を有することにより効果的に電界集中を抑制可能である。また、層厚を、絶縁管 21 の側壁の壁厚の 100 % 以下とすることにより、電界集中領域が、陰極 19 の電流導入端子 4 又は電極群に近づきすぎることが抑制され、耐圧低下を防ぐことが可能となる。誘電体層 24 の被覆範囲は、被覆のアライメント交差を考慮して、接合材 22 と絶縁管 21 との境界に隣接する絶縁管 21 の少なくとも一部の領域を連続的に被覆することが好ましい。また、接合材 22 の厚さ方向（陰極 19 と絶縁管 21 との間隙距離）を含めて接合部 23 を被覆することがより望ましい。すなわち、図 10（B）より同図（C）の方が、同図（C）よりも同図（A）の方が、電界集中の緩和効果としてより好ましい形態となる。また、本発明における誘電体層 24 の被覆とは、図 10（D）（F）に示すように、接合材 22 と誘電体層 24 とが、必ずしも密着している必要はなく、誘電体層 24 と接合材 22 との間に間隙が存在していることも、本発明の態様として含まれる。また、図 3 および図 10（A）～（D）、（F）に示すように、前記接合材 22 の前記外囲器 6 の内部空間 12 に面する側と、前記接合材 22 の前記外囲器 6 の外部空間に面する側のいずれか一方を前記誘電体層 24 により被覆している形態を本発明の態様として含まれる。さらには、図 10（E）に示す

10

20

30

40

50



ように、前記接合材 2 2 の前記外囲器 6 の内部空間 1 2 に面する側と、前記接合材 2 2 の前記外囲器 6 の外部空間に面する側の双方を、接合材 2 2 を挟むように被覆している形態も、本発明の態様として含まれる。接合部 2 3 の環方向の電界の均一性の観点からは、図 2 ( A ) ( C ) に示すように、誘電体層 2 4 は環状であって、接合部 2 3 を環状に被覆している事が好ましい。

#### 【 0 0 2 5 】

以上のように、誘電体層 2 4 は、接合部 2 3 近傍の電界集中を、直接的に抑制する作用効果を奏する。さらに、図 1 0 ( E )、図 1 0 ( A ) ( D ) ( E ) に示すように、誘電体層 2 4 の被覆形態によっては、接合部 2 3 近傍の電界集中を間接的に抑制する作用効果を奏する場合を含む。このことについて、以下に説明する。

10

#### 【 0 0 2 6 】

ターゲット 8 は、電子線 5 の照射を受けて放射線 1 5 を発生するが、その変換効率は、1 に対して極めて小さく、ターゲット 8 に投入された電子線の運動エネルギーの大部分が熱に変換され、放射線発生に寄与しない。従って、放射線発生管 1 の接合部 2 3 には、非動作時の保管温度（環境温度または室温）から動作温度（数百 程度）の温度変化履歴にさらされることとなる。また、放射線発生管内外の圧力差（大気圧）に起因して接合部 2 3 には、持続的に圧縮応力が発生する。また、放射線発生管 1 は、前述の温度変化により、陰極 1 9 や陽極 2 0 と絶縁管 2 1 との間の線膨張係数差や温度分布に起因した線膨張量差が各部材間に生ずる。これらの線膨張係数および線膨張量の不整合は接合部 2 3 に断続的かつ変動した応力を発生させる。

20

#### 【 0 0 2 7 】

銀ろう等の金属を含有した接合材 2 2 を適用した場合において、前述の動作温度変化、温度変化由来の線膨張差に起因して接合部に生ずる応力、放射線発生管内外の圧力差に起因して接合部 2 3 に生ずる応力のいずれもが、接合材 2 2 が粘弾性変形等の歪（変形）を発生することで、放射線発生管 1 の他の部材に亀裂、破断等が生じることを緩和する作用を有している。しかしながら、前述の接合部 2 3 に対する応力の長期間にわたる発生および、その繰り返しは、接合材 2 2 からウイスカと呼ばれる針状結晶を成長させる駆動力となる。具体的には、銀ろう等の硬ろうからなる接合材 2 2 は合金であって、応力特に圧縮応力を受け続けると応力を緩和する作用として、その合金組成のうちの銀、銅、金、亜鉛、錫等を選択的に合金組織の表面から外部に向かって、針状結晶を発生させて、該合金に生じた圧縮応力を緩和する性質を備えている。本発明者等は、接合材 2 2 の表面から突出した針状結晶により耐圧特性が低下する場合があることを知見するに至った。図 7 ( A ) は、絶縁管 2 1 と、陰極 1 9 および陽極 2 0 との接合部に誘電体層を被覆していない放射線発生管 1 の初期状態を示す。図 7 ( B ) は、同じ放射線発生管 1 を 1 0 0 0 時間動作させた後の状態を模式的に示したものである。針状結晶 2 8 は、導電性でありかつ、高アスペクト比な形状（成長方向長さ / 断面幅）を有するので、接合部 2 3 近傍の電界集中をさらに助長させる原因となっていた。

30

#### 【 0 0 2 8 】

誘電体層 2 4 は、接合部 2 3 を覆うことで接合材 2 2 の表面から接合部 2 3 近傍の空間に針状結晶 2 8 が突出することを物理的に防ぐ作用を備える。従って、誘電体層 2 4 を接合部 2 3 に被覆する事は、導電性の接合材 2 2 に、銀、錫、亜鉛、金の中から選ばれるいずれかの金属元素を単体金属として、又は合金の成分として、もしくは金属混合物の成分として含有している場合に、特に効果的である。

40

#### 【 0 0 2 9 】

さらに、図 1 0 ( A ) ( D ) ( F ) のように、誘電体層 2 4 は、陰極 1 9 と絶縁管 2 1 とを接続するように、陰極 1 9 の一部と絶縁管 2 1 の一部との両方を被覆している形態をとる事が可能である。言い換えると、接合部 2 3 に関わる被接合部材間を橋渡すように被接合部材のそれぞれの一部を誘電体層 2 4 により被覆する形態とすることができる。このような形態をとることにより、接合材部 2 3 に生ずる応力の一部を、誘電体層 2 4 が分担して受け持つことになり、接合材 2 2 に生ずる応力を減少させて、針状結晶 2 8 の発生を

50

抑制することができる。さらに、図 10 ( E ) のように、接合材 2 2 を挟むように、接合材 2 2 の外囲器 6 の内部空間 1 2 に面する側と、接合材 2 2 の外囲器 6 の外部空間に面する側の双方を被覆する形態と、被接合部材である陰極 1 9 と絶縁管 2 1 とを橋渡すように被覆する形態とを同時に備えることにより、より一層、前述の接合部 2 3 に生ずる応力の一部を負担する作用を強めることが可能となる。図 10 の各図は、陰極 1 9 側の接合部 2 3 について説明しているが、陽極側 2 0 の接合部 2 3 についても、陰極 1 9 側と同様な形態を採用することにより、陰極 1 9 側と同様な作用効果もたらす。

#### 【 0 0 3 0 】

さらには、の放射線発生装置 1 を製造する段階において、陰極 1 9 と陽極 2 0 のうちの少なくともいずれか一方と、絶縁管 2 1 が備える開口端とを、導電性の接合材 2 2 を介して接合する工程と、前記陰極 1 9 と前記陽極 2 0 のうちの少なくともいずれか一方の一部と前記絶縁管 2 1 の一部とを橋渡しするように誘電体層 2 4 を前記接合部 2 3 に被覆する工程と、前記陰極 1 9 と前記陽極 2 0 と前記絶縁管 2 1 とを気密封止することにより内部空間 1 2 を規定して外囲器 6 を形成する工程と、前記外囲器 6 の内部空間 1 2 を外部空間に対して相対的に負圧とする減圧工程とを備えるとともに、前記減圧工程を、前記誘電体層 2 4 を前記接合部 2 3 に被覆する工程の後に行う事により、外囲器 6 の内部空間が負圧であることに起因して接合部 2 3 に、とりわけ接合材 2 2 に生じる圧縮応力が発生する前に、誘電体層 2 4 を形成することにより、前記外囲器 6 の内部空間 1 2 が負圧であることに起因した接合部 2 3 に生ずる圧縮応力をより一層効果的に低減することが可能となる。放射線発生管 1 は、収納容器 1 1 に収納して放射線発生装置 1 3 とする態様をとることが可能である。放射線発生管 1 と収納容器 1 1 との間の内部空間 1 7 には、放射線発生装置 1 3 の耐圧特性と駆動時の動作特性の安定化の観点から、絶縁性の流体（絶縁性液体 1 8 ）を配置する事が好ましい。絶縁性液体 1 8 を導入することにより、放射線発生管 1 の陰極 1 9 と陽極 2 0 の間の絶縁性を確保した上で、放射線発生管 1 の動作時の放熱性を向上することが可能となる。絶縁性液体 1 8 は、電気絶縁性が高く、冷却能力の高く、熱による変質の少ないものが好ましく、例えば、シリコン油、トランス油、フッ素系オイル等の電気絶縁油、ハイドロフルオロエーテル等のフッ素系の絶縁性液体等が使用可能である。しかしながら、絶縁性液体 1 8 を放射線発生管 1 の周囲に配置した場合においては、図 8 ( A ) に示すように、絶縁性液体 1 8 中に、異物 3 1 が混入したり、異物 3 0 が発生する場合があった。混入異物 3 1 の由来としては、放射線発生装置を構成する部材のうちのいずれかの一部が、動作時の発熱による変性や動作時の振動によって脱離する事や、製造時に不可避免的に絶縁性液 1 8 中に混入する事が考えられる。また、発生する異物 3 0 の由来としては、放射線発生装置の動作にともなう絶縁性液体の温度上昇や電磁波吸収等によって絶縁性液体 1 8 自体が変性して固形物となることが考えられる（以下、混入異物 3 1 と発生異物 3 0 を総じて異物と称する）。

#### 【 0 0 3 1 】

これらの異物が、図 8 ( B ) に示すように、絶縁性液体 1 8 の流動に伴い陰極 1 9 や陽極 2 0 と絶縁管 2 3 との接合部 2 3 に接触することがあった。接合部 2 3 と異物との接触は、異物が導電性であっても、誘電性であったとしても、接合部 2 3 近傍の電界分布が局部的に乱されて、新たに電界集中領域が発生する可能性があることを意味する。

#### 【 0 0 3 2 】

誘電体層 2 4 は、このような絶縁性液体 1 8 中の異物と接合部 2 3 との接触自体を阻止することによって、絶縁性液体 1 8 中の異物と接合部 2 3 との接触に起因する電界集中領域の発生を抑制する効果も備えるものである。従って、図 1 に示すように、誘電体層 2 4 によって絶縁性液体 1 8 と接合部 2 3 を分離するように、絶縁管 6 の外表面の少なくとも一部と接合材 2 2 とを連続的に被覆する態様とすることが好ましい。

#### 【 0 0 3 3 】

さらに、誘電体層 2 4 の比誘電率よりも、絶縁性液体 1 8 の比誘電率を小さくすることにより、接合部 2 3 近傍の電界集中をより一層緩和することが可能である。

#### 【 0 0 3 4 】

放射線発生管 1 を駆動する為の駆動回路 1 4 は、収納容器 1 1 の内外のいずれに配置することも可能である。

【 0 0 3 5 】

収納容器 1 1 は、放射線発生装置 1 3 の動作安定性や安全性の観点から、所定の電位に規定する事が好ましく、好適な所定の規定電位としては、接地端子 1 6 を介して規定した接地電位である。収納容器 1 1 の材料としては、各種の材料を選択することが可能であるが、放射線遮蔽性、強度、表面電位規定性能の観点から、鉄、ステンレス、鉛、真鍮、銅等の金属が使用可能である。

【 0 0 3 6 】

補助電極は、放射線放出管 1 の外部に配置した不図示の補正回路と接続することが可能である。前記補正回路および前記電圧源は、いずれも、駆動回路 1 4 が備えるようにすることも可能である。

【実施例】

【 0 0 3 7 】

( 第 1 の実施例 )

本実施例は上記実施形態で例示された構成の例であり、以下、図 4 および、図 5 を用いて詳細に説明する。図 2 は、本実施例の放射線発生管 1 の断面であり、図 5 は、本実施例の放射線発生管の動作特性を確認する実験装置のブロック図である。

【 0 0 3 8 】

本実施例の放射線発生管を以下のようにして作成した。

【 0 0 3 9 】

まず、住友電気工業株式会社製の高圧合成ダイヤモンドを支持基板として用意した。前記支持基板は、直径 5 mm、厚さ 1 mm のディスク状 ( 円柱状 ) の形状である。用意した支持基板を、UV - オゾンアッシャにより支持基板の表面にある有機物を除去した。

【 0 0 4 0 】

この支持基板の直径 1 mm の円形の 2 面のうちの一方の面上に、スパッタ法により、Ar をキャリアガスとして、チタンからなる密着層を 10 nm の厚さで形成した。チタンの成膜時の支持基板は、260 となるようにステージ加熱により加熱した。次に、成膜装置の雰囲気ベントする事なしに、連続成膜により、密着層の上に、Ar をキャリアガスとして、スパッタにより、タングステンからなるターゲット層を 7 μm の厚さに形成した。タングステンの成膜時のダイヤモンドからなる支持基板は、チタンの成膜時と同様に、260 となるようにステージ加熱により加熱した。

【 0 0 4 1 】

チタンからなる密着層およびタングステンからなるターゲット層の各層の厚さは、積層成膜する前に、予め、単層膜で成膜した膜厚と成膜時間との検量線データを取得し、成膜時間により指定の膜厚となるようにして調整した。検量線データを取得する為の膜厚の測定は、株式会社 堀場製作所製の分光エリプソメータ UV I S E L E R を用いた。このようにして、ダイヤモンドからなる支持基板、チタンからなる密着層、タングステンからなるターゲット層がこの順に積層したターゲット 8 を得た。

【 0 0 4 2 】

次に、直径 60 mm で厚さ 3 mm のディスク状のコパールからなる金属板の中心部に、直径 1 . 1 mm の円柱状の開口を形成するように加工して陽極 20 とした。陽極 20 に対して、有機溶媒洗浄、リンス、UV - オゾンアッシャ処理によって、陽極 20 の表面にある有機物を除去した。

【 0 0 4 3 】

次に、陽極 20 の開口と、ディスク状のターゲット 8 の外周部との間に、銀ろうを接合材として付与し、ろう付けを行い、ターゲット 8 が接続された陽極 20 を得た。

【 0 0 4 4 】

次に、直径 60 mm で厚さ 3 mm のディスク状のコパールからなる金属板の中心部に、予め、電流導入端子 4 を備え付けて陰極 19 とした。陰極 19 に対して、陽極 20 にし

10

20

30

40

50

た洗浄と同様の洗浄を行い、有機溶媒洗浄、リンス、UV - オゾンアッシャ処理によって、陽極 20 の表面にある有機物を除去した。

【0045】

次に、電流導入端子 4 と含浸型電子銃を電気的および機械的に接続して、電子放出源 3 と接続された陰極 19 を得た。

【0046】

次に、長さ 70 mm、外径 60 mm、内径 50 mm の円管状で、アルミナからなる絶縁管 21 を用意した。絶縁管 21 に対しても、陰極 19 や陽極 20 にしたのと同様の洗浄を行い、表面の有機物を除去した。

【0047】

次に、電子放出源 3 と接続された陰極 19 の電子放出源 3 が供えられた面と、絶縁管 21 の一方の開口端との間に、環状に成形した日本工業規格 BAg 8 ( Ag 72 - Cu 28、融点 780 ) の銀ろうを挿入して 820 度ろう付けを行い、環状に気密接合した接合材 22 を備える接合部 23 を形成した。以上のようにして、陰極 19 と接合された絶縁管 21 を得た。

【0048】

次に、陰極 19 と絶縁管 21 との接合部 23 に対して、図 4 に示すように、接合部 23 のうち、絶縁管 21 の管内部方向に露出している側と、絶縁管 21 の管外部方向に露出している側とに、2 液混合型のエポキシ系接着剤を塗布し硬化させた。このようにして、エポキシ系接着剤の硬化により得られたエポキシ樹脂からなる誘電体層 24 により、接合部 23 を挟むようにして接合部 23 に被覆した。絶縁管 21 の内側と外側のいずれの側においても、誘電体層 24 の被覆範囲は、陰極 19 と接合材 22 の境界から陰極側に 1 mm の位置から、絶縁管 21 と接合材 22 の境界から陽極側に向かって 5 mm の位置までの範囲とした。誘電体層 24 の層厚は、1 mm とした。使用した絶縁管 21 のアルミナの比誘電率は、9.5 (室温、1 MHz) で、あり、使用したエポキシ樹脂の比誘電率は、4.0 (室温、1 MHz) であった。また、絶縁管 21 のアルミナの融点は、2020 であった。

【0049】

次に、絶縁管 21 の他方の開口端と、ターゲット 8 のタングステンを露出している側の面と同じ側を露出している陽極 20 の面とを、陰極 19 側の接合と同様にして、環状に成形した日本工業規格 BAg 8 ( Ag 72 - Cu 28、融点 780 ) の銀ろうを挿入してろう付けを行い、環状に気密接合した接合材 22 を備える接合部 23 を形成した。

【0050】

以上によって、陰極 19 と陽極 20 とのそれぞれと、絶縁管 21 とを、絶縁管 21 の二つの開口端においてそれぞれに気密接合により接続した外囲器 6 を作成した。

【0051】

次に、不図示の排気管と排気装置により、外囲器 6 の内部を 1E - 5 Pa の真空度となるように排気した後、排気管を封止することにより、放射線発生管 1 を作成した。

【0052】

上記のような方法で、図 4 に示す放射線発生管 1 を 5 個作製した。

【0053】

図 5 に示すように、作成した放射線発生管 1 を大気雰囲気中に配置し、前記放射線発生管 1 のそれぞれの陰極 19 と、陽極 20 と、電流導入端子 4 とを、駆動回路 14 に予め設けられた、- 1 / 2 Va を出力するカソード端子、+ 1 / 2 Va を出力するアノード端子、および、電子銃 3 の放出電子線 5 の電子量を制御する端子群とに接続した。ここで、Va は、電子放出部 2 とターゲット 8 との間の加速電圧である。

【0054】

次に、放射線発生装置 1 のターゲット 8 の中心鉛直上で、すなわち、放射線の照射中心軸上となる位置で、ターゲット 8 から 100 cm の位置に、半導体検出器を備える放射線強度検出器 26 を配置した。放射線強度検出器 26 による出力安定性評価は、加速電圧 V

10

20

30

40

50

aを60kVとして、電子放出源3を1秒間の照射期間と3秒間の休止期間を、100回繰り返す毎に、5秒間の放射線照射を行い、前後の1秒間を除いた3秒間の放射線出力を観測して、放射線発生管1の時間変動を測定した。さらに、なおいずれの電子照射も、ターゲット8上の焦点が予めターゲット8内に充分おさまるように電子線5の照射軸をアライメントしておき、電子線5のスポット半径は、0.5mmとなるようにし、陽極20と接地電極との径路に流れる電流を不図示の負帰還回路によりモニタリングして、陽極20に流れる電流密度を1%以内の変動値とするよう制御した。

【0055】

放電カウンタ25は、陰極19から駆動回路14への接続配線、陽極20から駆動回路14への接続配線、および、電流導入端子から駆動回路14への接続配線群のそれぞれを、誘導プローブを配置して放電の有無を観測した。電子放出部への電流供給を停止しながら、加速電圧Vaを徐々に増大することによって、放電耐圧特性試験を行った。

【0056】

本実施例の放射線発生管1の出力変動の平均値は、1.9%で良好な結果であった。

【0057】

さらに、本実施例の放射線発生管1の最初に放電した電圧の平均が91kV、100kV印加までの累積放電回数は平均1.3回であって良好な結果である事を確認した。

【0058】

なお、図5に示す通り、上記実験において、放電カウンタ25、駆動回路14、放射線強度検出器26のいずれも接地端子16を介して接地しておいた。

【0059】

本実施例に使用した放射線発生管を、さらに5個作成し、実施例1と同様にして、環境試験装置にて、室温から300の範囲を100回くり返す1000時間の温度履歴を与える試験を行い、それぞれの接合部23を観測したところ、陰極側の接合部23にも、陽極側の接合部23にも、針状結晶は認められなかった。

【0060】

(第1の比較例)

実施例1で作成した放射線発生管1の作成工程から、誘電体層24を被覆する工程のみ行わずに、そのほかの作成工程は、実施例1と同様にして行い、図7(A)に示す放射線発生管を5個作成した。

【0061】

本比較例1で作成した放射線発生管を、実施例1と同様に、図5に示す実験装置で、放射線強度の出力安定性と、放電耐圧特性試験を行った。

【0062】

本比較例の放射線発生管1の出力変動の平均値は、3.9%であり、実施例1に対して、劣る結果であった。

【0063】

さらに、本実施例の放射線発生管1の最初に放電した電圧の平均が65kV、100kV印加までの累積放電回数は平均12.3回であって、実施例1に対して、劣る結果である事を確認した。

【0064】

本比較例に使用した放射線発生管を、さらに5個作成し、実施例1と同様にして、環境試験装置にて、室温から300の範囲を100回くり返す1000時間の温度履歴を与える試験を行い、それぞれの接合部23を観測したところ、陰極側2箇所、陽極側に3個の針状結晶を確認した。

【0065】

(第2の実施例)

実施例1で作成した放射線発生管1の作成工程における、陰極側の接合部23への誘電体層24を形成する工程において、絶縁管の内側からのみ誘電体層24を形成し、そのほかの作成工程は、実施例1と同様にして行い、図7(A)に示す放射線発生管を5個作成

10

20

30

40

50

した。

【 0 0 6 6 】

本実施例 1 で作成した放射線発生管を、実施例 1 と同様に、図 5 に示す実験装置で、放射線強度の出力安定性と、放電耐圧特性試験を行った。

【 0 0 6 7 】

本実施例の放射線発生管 1 の出力変動の平均値は、2 . 3 % で良好な結果であった。

【 0 0 6 8 】

さらに、本実施例の放射線発生管 1 の最初に放電した電圧の平均が 8 4 k V、1 0 0 k V 印加までの累積放電回数は平均 1 . 6 回であって良好な結果である事を確認した。

【 0 0 6 9 】

本実施例に使用した放射線発生管を、さらに 5 個作成し、実施例 1 と同様にして、環境試験装置にて、室温から 3 0 0 の範囲を 1 0 0 回くり返す 1 0 0 0 時間の温度履歴を与える試験を行い、それぞれの接合部 2 3 を観測したところ、陰極側の接合部 2 3 にも、陽極側の接合部 2 3 にも、針状結晶は認められなかった。

【 0 0 7 0 】

( 第 3 の実施例 )

本実施例においては、実施例 1 と同様の作成方法のうち、接合部 2 3 への誘電体層 2 4 を形成する工程において、外囲器 6 の外側からのみ、但し、陰極 1 9 側と、陽極 2 0 側の接合部 2 3 の双方に対して、誘電体層で被覆した事以外は、実施例 1 と同様にして行い、図 2 ( A ) ( B ) ( C ) に示す放射線発生管 1 を 5 個作成した。次に、図 6 に示すように、得られた放射線発生管 1 を、真鍮製の収納容器 1 1 に、駆動回路 1 4 とともに収納した。次に、実施例 1 と同様にして、駆動回路 1 4 と放射線発生管 1 とを電氣的に接続した。次に、実施例 1 と同様にして、収納容器 1 1 の外部に設置した放電カウンタ 2 5 の誘電プローブを、駆動回路 1 4 と放射線発生管との接続配線に配置した後、収納容器 1 1 内に、比誘電率電率 2 . 8 ( 室温、1 M H z ) のシリコン油を充填して満たした後に、真鍮製の蓋で外機器を閉じた。このようにして、出力変動測定が可能な放射線発生装置 1 3 を作成した。

【 0 0 7 1 】

次に、得られた放射線発生装置 1 3 に対して、実施例 1 と同様にして、収納容器 1 1 の放射線取出し部 1 0 を臨み、放射線の照射中心軸 2 7 上であって、ターゲット 8 から 1 0 0 c m の位置に、半導体検出器を備える放射線強度検出器 2 6 を配置した。

【 0 0 7 2 】

本実施例の放射線発生管 1 の出力変動の平均値は、2 . 0 % で良好な結果であった。

【 0 0 7 3 】

さらに、本実施例の放射線発生管 1 の最初に放電した電圧の平均が 9 4 k V、1 0 0 k V 印加までの累積放電回数は平均 1 . 3 回であって良好な結果である事を確認した。

【 0 0 7 4 】

本実施例の出力安定性評価試験を経た放射線発生装置 1 3 の 5 台を分解して、それぞれの放射線発生管 1 の接合部 2 3 を観察したところ、陰極 1 9 側の誘電体層 2 4 の上には、3 . 3 個、陽極側の誘電体層 2 4 上には、7 . 2 個の異物が認められた。

【 0 0 7 5 】

( 第 2 の比較例 )

実施例 3 で作成した放射線発生管 1 の作成工程から、誘電体層 2 4 を被覆する工程のみ行わずに、そのほかの作成工程は、実施例 1 と同様にして行い、図 7 ( A ) に示す放射線発生管を 5 個作成した。得られた放射線発生装置を実施例 3 と同様にして、収納容器 1 1 内に収納し、シリコン油からなる絶縁性液体 1 8 を充填し、前記放射線発生管を、駆動回路 1 4、放電カウンタ 2 5、および、放射線強度検出器 2 6 と接続した。

【 0 0 7 6 】

本比較例 1 で作成した放射線発生管を、実施例 3 と同様に、図 6 に示す実験装置で、放射線強度の出力安定性と、放電耐圧特性試験を行った。

## 【 0 0 7 7 】

本比較例の放射線発生管 1 の出力変動の平均値は、3 . 8 % であり、実施例 1 に対して、劣る結果であった。

## 【 0 0 7 8 】

さらに、本実施例の放射線発生管 1 の最初に放電した電圧の平均が 6 2 k V、1 0 0 k V 印加までの累積放電回数は平均 1 1 . 1 回であって、実施例 1 に対して、劣る結果である事を確認した。

## 【 0 0 7 9 】

本比較例の出力安定性評価試験を経た放射線発生装置 1 3 の 5 台を分解して、それぞれの放射線発生管 1 の接合部 2 3 を観察したところ、陰極側の接合部 2 3 と、陽極側の接合部 2 3 のそれぞれに、異物の付着が平均して 3 . 2 個、7 . 6 個で認められた。

10

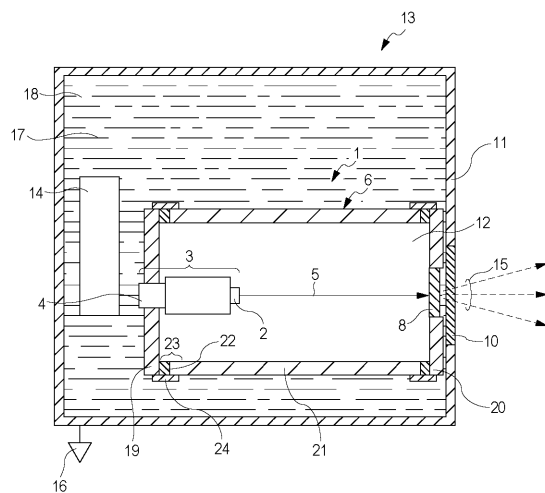
## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 8 0 】

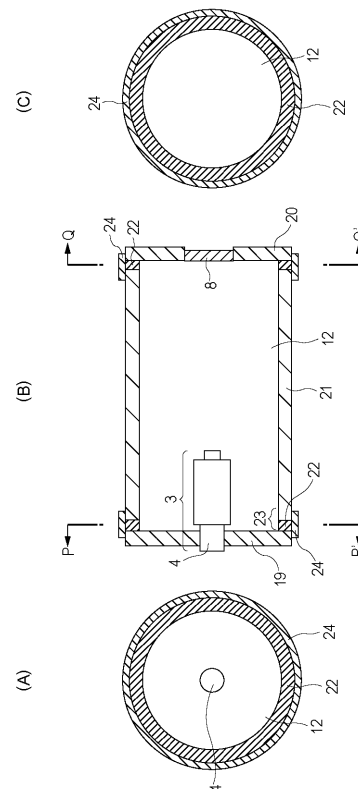
- 1 放射線発生管
- 3 電子放出源
- 6 外囲器
- 8 ターゲット
- 1 9 陰極
- 2 0 陽極
- 2 1 絶縁管
- 2 2 接合材
- 2 3 接合部
- 2 4 誘電体層

20

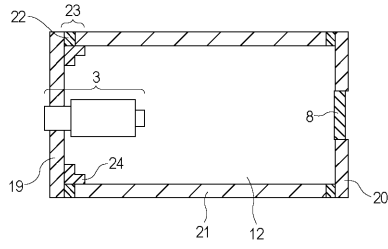
【 図 1 】



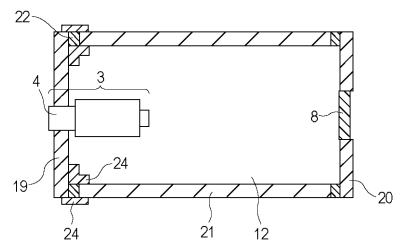
【 図 2 】



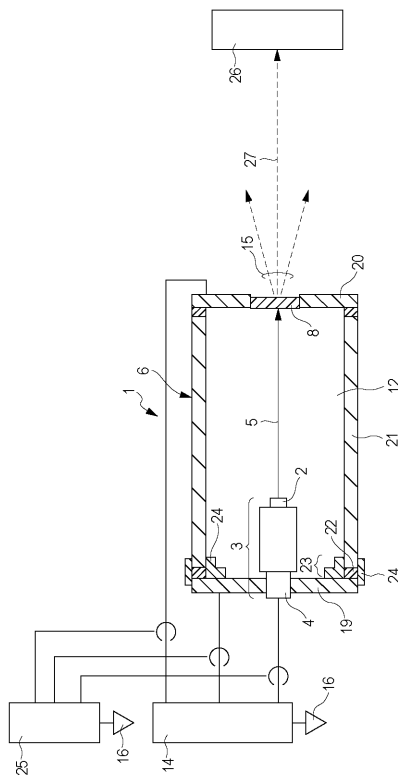
【図 3】



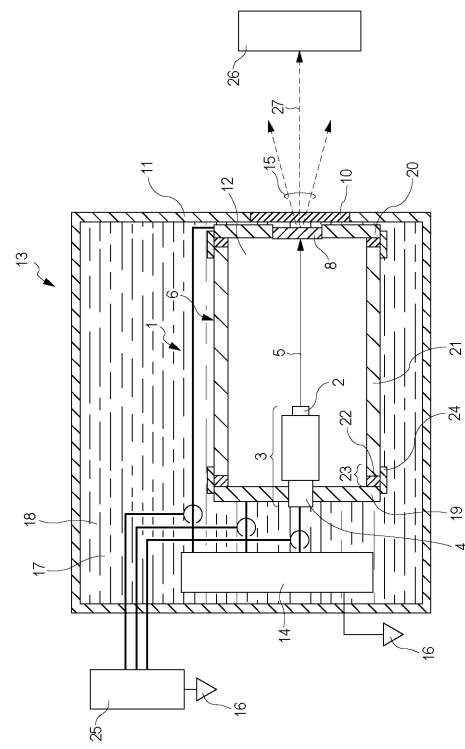
【図 4】



【図 5】

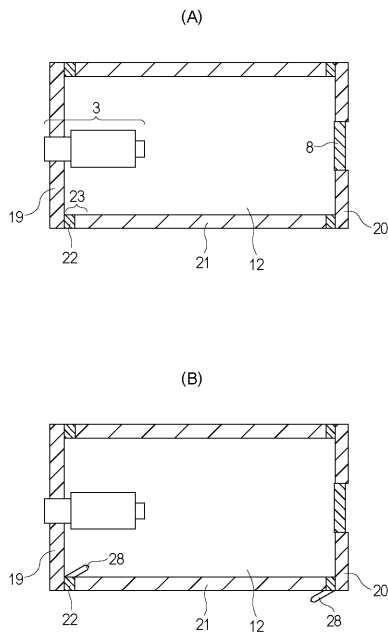


【図 6】

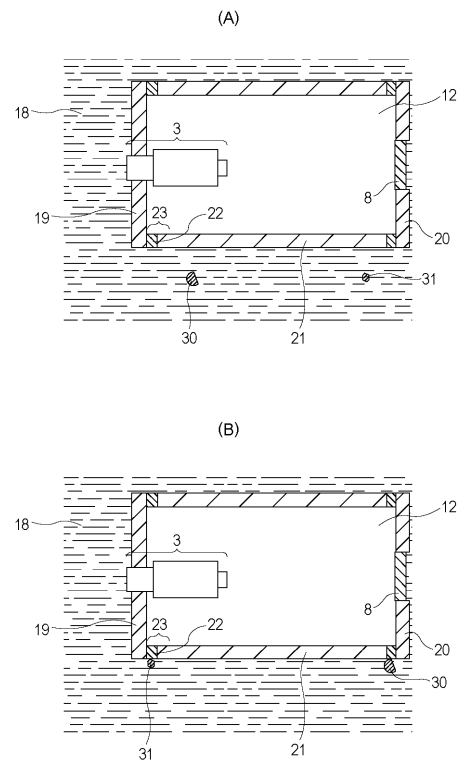




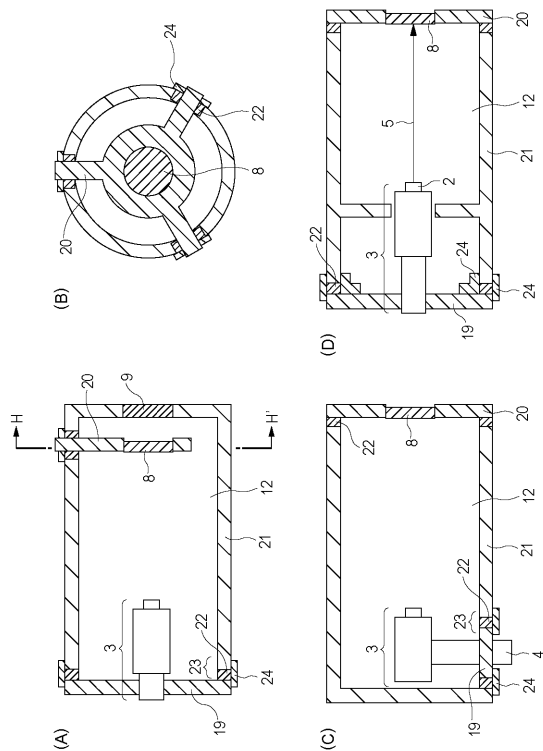
【図 7】



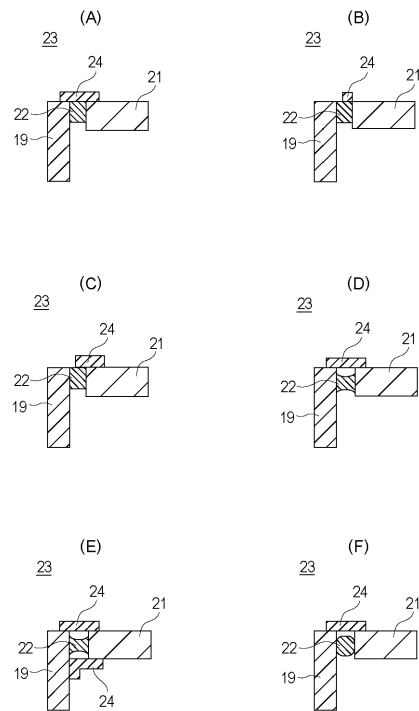
【図 8】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

(72)発明者 上田 和幸  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

審査官 遠藤 直恵

(56)参考文献 特開平09-180660(JP,A)  
特開2009-021032(JP,A)  
特開平03-156846(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01J 35/00-35/32