

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6580231号
(P6580231)

(45) 発行日 令和1年9月25日(2019.9.25)

(24) 登録日 令和1年9月6日(2019.9.6)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 J 35/16 (2006.01) HO 1 J 35/16
 HO 1 J 35/08 (2006.01) HO 1 J 35/08 D
 HO 1 J 35/08 F

請求項の数 17 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2018-188742 (P2018-188742)	(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
(22) 出願日	平成30年10月4日(2018.10.4)	(74) 代理人	100110870 弁理士 山口 芳広
(62) 分割の表示	特願2014-220083 (P2014-220083) の分割	(74) 代理人	100096828 弁理士 渡辺 敬介
原出願日	平成26年10月29日(2014.10.29)	(72) 発明者	五十嵐 洋一 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
(65) 公開番号	特開2019-9141 (P2019-9141A)	審査官	右▲高▼ 孝幸
(43) 公開日	平成31年1月17日(2019.1.17)		
審査請求日	平成30年10月31日(2018.10.31)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線発生管、X線発生装置及びX線撮影システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電子の照射によりX線を発生するターゲットと前記ターゲットに電氣的に接続され該ターゲットを保持する陽極部材とを有する陽極と、電子放出部から前記ターゲットに電子線を照射する電子放出源と前記電子放出源に電氣的に接続された陰極部材とを有する陰極と、前記陽極部材と前記陰極部材との間において前記陽極部材と前記陰極部材のそれぞれと気密接合される絶縁管と、を備えるX線発生管であって、

前記陽極は、前記絶縁管の内周面において前記陰極から離間して位置する内周導電膜と、前記絶縁管の管軸方向の一端に配置された端面導電膜と、をさらに有し、

前記内周導電膜は、前記端面導電膜を介して前記陽極部材に電氣的に接続されていることを特徴とするX線発生管。

【請求項2】

前記端面導電膜は、前記一端と前記陽極部材との間に狭持されていることを特徴とする請求項1に記載のX線発生管。

【請求項3】

前記端面導電膜は、前記一端と前記陽極部材による挟み付け圧力が前記絶縁管の管周方向の一部に集中するように配置されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のX線発生管。

【請求項4】

前記端面導電膜は、前記陽極部材と前記端面導電膜との接触確率が高められた圧接領域

が前記絶縁管の管周方向において離散的に複数存在するように前記一端に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の X 線発生管。

【請求項 5】

前記端面導電膜は、前記絶縁管の管周方向に離散的に複数配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の X 線発生管。

【請求項 6】

前記内周導電膜は、前記絶縁管の管周方向及び管軸方向に連続して設けられていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の X 線発生管。

【請求項 7】

前記内周導電膜は、前記絶縁管の前記一端側の端部から長さ方向の中間部に亘って設けられていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の X 線発生管。

10

【請求項 8】

前記端面導電膜のヤング率は、前記陽極部材及び前記絶縁管のヤング率よりも低いことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の X 線発生管。

【請求項 9】

前記内周導電膜と前記端面導電膜とは連続膜を構成していることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の X 線発生管。

【請求項 10】

前記内周導電膜は、前記端面導電膜を介して前記陽極部材に接続されていることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の X 線発生管。

20

【請求項 11】

前記陽極部材は、前記一端側の前記絶縁管の外周面を囲むように前記陽極部材から延出する環状外周部を有しており、前記外周面と前記環状外周部との間に配置された接合材を介して前記陽極部材と前記絶縁管とが接合されていることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の X 線発生管。

【請求項 12】

前記一端側の前記絶縁管の外周面上に、前記端面導電膜に電氣的に接続された外周導電膜が設けられており、該外周導電膜が前記環状外周部と電氣的に接続されていることを特徴とする請求項 11 に記載の X 線発生管。

【請求項 13】

30

前記端面導電膜と前記外周導電膜とは連続膜を構成していることを特徴とする請求項 12 に記載の X 線発生管。

【請求項 14】

前記絶縁管は、前記一端から他端に向かう管軸方向において、管外径が増大する環状の領域を有していることを特徴とする請求項 11 乃至 13 のいずれか一項に記載の X 線発生管。

【請求項 15】

前記環状の領域は、前記内周導電膜を囲む環状の段差であることを特徴とする請求項 14 に記載の X 線発生管。

【請求項 16】

40

請求項 1 乃至 15 のいずれか一項に記載の X 線発生管と、前記陽極と前記陰極との間に管電圧を印加する駆動回路とを備えていることを特徴とする X 線発生装置。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の X 線発生装置と、前記 X 線発生装置から発生し検体を透過した X 線を検出する X 線検出器と、前記 X 線発生装置と前記 X 線検出器とを統合して制御するシステム制御ユニットとを有することを特徴とする X 線撮影システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば医療機器、非破壊検査装置等に適用可能な X 線を発生する X 線発生管

50

、それを用いたX線発生装置及びX線撮影システムに関する。

【背景技術】

【0002】

X線発生管では、真空容器の中で高電圧を印加し、電子源から電子線を放出させ、タングステン等の原子番号が大きい金属材料で構成されるターゲットに電子を衝突させることによりX線を発生させている。

【0003】

電子源を含む陰極と、ターゲットを含む陽極との間に印加される電圧は、X線の使用用途によって異なるものの、概ね10kV～150kV程度である。真空容器は、内部を真空に保つと共に、陰極と陽極の間を電氣的に絶縁するために、ガラスやセラミックス材料等の絶縁材料で構成された絶縁管によって胴部が構成されている。

10

【0004】

X線発生管を駆動して電子源から電子を放出させると、X線発生管内で散乱電子や二次電子が生じ、それらが絶縁管の内面に捕捉されて帯電してしまう場合がある。絶縁管の内面が帯電すると、その電場により電子線の軌道が乱れて電子線の照射位置や焦点径が変化し、放射するX線の焦点位置や線量の変動することがあった。また、散乱電子や二次電子の照射位置の分布によって、絶縁管の内面での帯電位置や帯電量のばらつきが生じ、絶縁管の内面で電位差が発生して放電に至り、絶縁管が損傷することがあった。

【0005】

従来、絶縁管の内周に微細金属粒子群と釉薬とからなる導電膜を形成し、電荷が蓄積するのを防止する技術が知られている(特許文献1参照)。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開昭58-44662号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献1では低導電膜と電極との接続に特段の配慮はなされていない。このため、低導電膜と電極との接続が不十分になることで散乱電子や二次電子を逃がすことができず、導電膜自体が帯電状態になることで電子線の軌道が乱れ、X線の出力が変動するおそれがあった。

30

【0008】

本発明は、絶縁管の内面の帯電を、導電膜を用いて確実に防止できるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の第1は、上記目的を達成するために、電子の照射によりX線を発生するターゲットと前記ターゲットに電氣的に接続され該ターゲットを保持する陽極部材とを有する陽極と、電子放出部から前記ターゲットに電子線を照射する電子放出源と前記電子放出源に電氣的に接続された陰極部材とを有する陰極と、前記陽極部材と前記陰極部材との間において前記陽極部材と前記陰極部材のそれぞれと気密接合される絶縁管と、を備えるX線発生管であって、

40

前記陽極は、前記絶縁管の内周面において前記陰極から離間して位置する内周導電膜と、前記絶縁管の管軸方向の一端に配置された端面導電膜と、をさらに有し、

前記内周導電膜は、前記端面導電膜を介して前記陽極部材に電氣的に接続されていることを特徴とするX線発生管を提供するものである。

【0010】

本発明の第2は、上記本発明の第1に係るX線発生管と、前記陽極と前記陰極との間に管電圧を印加する駆動回路とを備えていることを特徴とするX線発生装置を提供するもの

50

である。

【 0 0 1 1 】

本発明の第 3 は、上記本発明の第 2 に係る X 線発生装置と、前記 X 線発生装置から発生し検体を透過した X 線を検出する X 線検出器と、前記 X 線発生装置と前記 X 線検出器とを統合して制御するシステム制御部とを有することを特徴とする X 線撮影システムを提供するものである。

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、絶縁管の一端側の端面と陽極部材との間に挟持されて陽極部材に電氣的に接続された端面導電膜を介して内周導電膜と陽極部材との電氣的接続がなされている。このため、内周導電膜と陽極部材との電氣的接続の信頼性を向上させることができ、絶縁管の内面の帯電を確実に防止することで、X 線の出力変動が抑制された X 線発生管を提供することができる。また、X 線の出力変動が抑制された信頼性の高い X 線発生管を備えた X 線発生装置及び X 線撮影システムを提供することが可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】本発明に係る X 線発生管の一例についての説明図で、(a) は概略構成図、(b) は絶縁管と陽極部材の環状外周部付近の拡大断面図、(c) は絶縁管端面の平面図である。

【図 2】(a) 及び (b) はそれぞれ絶縁管と陽極部材の環状外周部付近の構造の他の例を示す拡大断面図である。

20

【図 3】本発明に係る X 線発生装置の一例を示す概略構成図である。

【図 4】本発明の X 線撮影システムの一例を示す概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

以下に、本発明の好ましい実施形態を添付の図面を用いて詳細に説明する。但し、この実施の形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対配置等は、この発明の範囲を限定する趣旨のものではない。なお、以下に説明する図面において、同じ符号は同様の構成要素を示す。

【 0 0 1 5 】

< X 線発生管 >

図 1 (a) には、電子放出源 3 とターゲット 9 とを備えた透過型の X 線発生管 1 0 2 の概略構成が示されている。

30

【 0 0 1 6 】

X 線発生管 1 0 2 の外囲器 1 1 1 は、真空度を維持するための気密性と大気圧に耐える堅牢性とを備える部材から構成されることが好ましい。本例の外囲器 1 1 1 は、絶縁管 1 1 0 と、電子銃等の電子放出源 3 を備えた陰極 5 1 と、ターゲット保持部 4 3 a に保持されたターゲット 9 及び陽極部材 4 3 を備えた陽極 5 2 とから構成されている。陰極 5 1 及び陽極 5 2 は、絶縁管 1 1 0 の一端側に陽極部材 4 3 が接合され、他端側に陰極部材 4 1 が接合されていることにより、外囲器 1 1 1 の一部分を構成している。また、ターゲット 9 は、その構成部材である透過基板 2 1 が、ターゲット層 2 2 への電子線の照射により発生した X 線束 1 1 を X 線発生管 1 0 2 の外に取り出す透過窓の役割を担うとともに、外囲器 1 1 1 の一部分を構成している。絶縁管 1 1 0 と接合されている陰極部材 4 1 及び陽極部材 4 3 は、絶縁管 1 1 0 と線膨張係数が近い金属材料で構成されることが好ましい。例えば、コバルト (C R S H o l d i n g s の米国登録商標)、モネル (S p e c i a l M e t a l s C o r p o r a t i o n の米国登録商標) 等の材料が用いられる。なお、絶縁管 1 1 0 及び絶縁管 1 1 0 と陽極部材 4 3 の接合については後で詳述する。

40

【 0 0 1 7 】

X 線発生管 1 0 2 は、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線束 5 をターゲット 9 のターゲット層 2 2 に照射することにより X 線束 1 1 を発生させるように構

50

成されている。ターゲット層 2 2 の X 線が発生する領域 1 1 a を、X 線束 1 1 の焦点と呼ぶ。ターゲット層 2 2 は、X 線を透過する透過基板 2 1 の電子放出源 3 側に配置され、電子放出源 3 の電子放出部 2 はターゲット層 2 2 に対向して配置されている。ターゲット層 2 2 としては、例えばタングステン、タンタル、モリブデン、等が用いられる。

【 0 0 1 8 】

本例の陽極 5 2 は、電子の照射により X 線が発生するターゲット 9 と、ターゲット 9 の陽極電位を規定する陽極部材 4 3 とを備えている。陽極部材 4 3 は、ターゲット 9 を保持するターゲット保持部 4 3 a と、絶縁管 1 1 0 との接合面積を確保する目的において設けられた環状外周部 4 3 b とを備えている。陽極 5 2 に含まれる陽極部材 4 3 は、コパール、タングステン、モリブデン、ステンレス等の金属が選ばれる。絶縁管 1 1 0 との線膨張係数を整合する観点においては、コパール、モネル等が選択される。

10

【 0 0 1 9 】

環状外周部 4 3 b は、ターゲット保持部 4 3 a から陰極 5 1 に向かって延びるスリーブ状の形状をなしている。また、環状外周部 4 3 b は、陽極 5 2 のうち陰極側の陽極電位を規定している。従って、環状外周部 4 3 b の陰極 5 1 側の端部のターゲット保持部 4 3 a からの距離は、周方向において一定であることが陽極側の電位分布の面内対称性の観点から好ましい。電位分布の面内対称性とは、陽極部材 4 3 に平行な面内における電位分布が管周方向に連続であって、管周方向において局所的に高電界な領域が無いことを意味する。

【 0 0 2 0 】

ターゲット保持部 4 3 a は、ターゲット 9 と接合され、ターゲット 9 を保持する役割を担っている。また、ターゲット保持部 4 3 a は、貫通孔 4 2 を有しており、ターゲット 9 はこの貫通孔 4 2 の途中に、貫通孔 4 2 を閉鎖する状態で保持されている。少なくとも、ターゲット保持部 4 3 a の、ターゲット 9 より外囲器 1 1 1 の外側方向に延出した部分を、タングステン、タンタル等の重金属又は重金属を含有した材料で構成しておくことで、X 線束 1 1 の放出角を制限するコリメータとして機能させることができる。ターゲット保持部 4 3 a と環状外周部 4 3 b は、継ぎ目のない一連一体の部材として構成しても良いし、別々に形成した後接合して一体化した構成としても良い。

20

【 0 0 2 1 】

電子放出源 3 は、電子放出部 2 からターゲット 9 へ電子線を照射するもので、例えばタングステンフィラメント、含浸型カソードのような熱陰極や、カーボンナノチューブ等の冷陰極を用いることができる。電子放出源 3 は、電子線束 5 のビーム径、電子電流密度、オン・オフタイミング等の制御を目的として、不図示のグリッド電極、静電レンズを備えたものとする事ができる。電子線束 5 に含まれる電子は、陰極 5 1 と陽極 5 2 とに挟まれた X 線発生管 1 0 2 の内部空間 1 3 に形成された加速電界により、ターゲット層 2 2 で X 線が発生させるために必要なエネルギーまで加速される。

30

【 0 0 2 2 】

X 線発生管 1 0 2 の内部空間 1 3 は、電子線束 5 の平均自由行程を確保することを目的として、真空となっている。内部空間 1 3 の真空度は、 10^{-8} Pa 以上 10^{-4} Pa 以下であることが好ましく、電子放出源 3 の寿命の観点からは、 10^{-8} Pa 以上 10^{-6} Pa 以下であることがより好ましい。X 線発生管 1 0 2 の内部空間 1 3 は、不図示の排気管及び真空ポンプを用いて真空排気した後、かかる排気管を封止することにより、真空とすることが可能である。また、X 線発生管 1 0 2 の内部空間 1 3 には、真空度の維持を目的として、不図示のゲッターを配置しても良い。

40

【 0 0 2 3 】

X 線発生管 1 0 2 は、陰極電位に規定される電子放出源 3 と、陽極電位に規定されるターゲット層 2 2 との間の電氣的絶縁を図る目的で、胴部に絶縁管 1 1 0 を備えている。絶縁管 1 1 0 は、ガラス材料やセラミックス材料等の絶縁性材料で構成されている。絶縁管 1 1 0 は、電子放出部 2 とターゲット層 2 2 との間隔を規定する機能を有する形態としても良い。

【 0 0 2 4 】

50

次に、絶縁管 110 の構造及び絶縁管 110 と陽極 52 の接合構造並びにこれらの形成方法について説明する。

【0025】

図 1 (b) 及び (c) に示されているように、絶縁管 110 の内周面には、陰極 51 から離間して位置する内周導電膜 112 が形成されている。この内周導電膜 112 は、ターゲット保持部 43a 側の内周導電膜 112 の端部から絶縁管 110 のターゲット保持部 43a 側の端面上に延出した端面導電膜 113 を介して陽極部材 43 と接続されている。端面導電膜 113 は、絶縁管 110 のターゲット保持部 43a 側の端面とターゲット保持部 43a の間に挟持されて、陽極部材 43 に電氣的に接続されている。従って、X線発生管 102 のアノードとして考えると、内周導電膜 112、端面導電膜 113 は、陽極 52 に含まれるとも言える。

10

【0026】

内周導電膜 112 としては、例えば銀、銅、錫、金、亜鉛、チタン、モリブデン、マンガ、クロム、アルミニウム、マグネシウム等の金属膜、これらの金属を含む導電膜、金属酸化膜等が適用できる。材料の選択は、絶縁管 110 の内表面との密着性を考慮して行うことができる。内周導電膜 112 は、導電性物質と有機溶剤、バインダー等を混合したペーストを作成して塗布する方法、蒸着やスパッタ等の任意の成膜方法等により形成することができる。

【0027】

内周導電膜 112 の膜厚は、100 nm ~ 500 μm とし、十分な導電性を有し、内周導電膜 112 の形成範囲で絶縁管 110 の内表面が露出しないよう、管周方向及び長さ方向に連続した膜とすることが好ましい。図 1 (a) に示されるように、内周導電膜 112 は、絶縁管 110 のターゲット保持部 43a の側の端部から長さ方向の中間部に亘って設けられていることが好ましい。特に内周導電膜 112 の陰極部材 41 側の端部は、絶縁管 110 の管軸方向において、電子放出源 3 と重なる位置であって、絶縁管 110 の管軸方向の midpoint よりターゲット保持部 43a の側に位置することが好ましい。反射電子が到達しやすい絶縁管 110 の内面を覆い、反射電子による絶縁管 110 の帯電による放電を抑制すると共に、陰極 51 と陽極 52 の絶縁耐圧が損なわれないようにするためである。また、設置領域の帯電をむらなく防止できるよう、内周導電膜 112 は、絶縁管 110 の管周方向及び長さ方向に連続して設けられていることが好ましい。

20

30

【0028】

端面導電膜 113 は、内周導電膜 112 と同様の材料、形成方法、膜厚を用いることができ、内周導電膜 112 と連続するように形成する。工程簡略化のため及び内周導電膜 112 と連続した膜を形成しやすくするために、端面導電膜 113 は、内周導電膜 112 と同時に形成することが好ましい。

【0029】

端面導電膜 113 は、絶縁管 110 の陽極部材 43 側の端面の管周方向の一部に設けられていることが好ましい。例えば、図 1 (c) のように、絶縁管 110 の端面に、幅 100 μm ~ 5 mm の端面導電膜 113 を、2 ~ 10 箇所離散的に複数配置することが好ましい。絶縁管 110 の端面の一部にだけ端面導電膜 113 を形成する方法としては、ペースト材料を部分的に直接塗布する方法、パターン印刷法、マスキングを配置した状態で成膜した後にマスキングを除去する方法等を用いることができる。

40

【0030】

上記のように内周導電膜 112 と端面導電膜 113 を形成した絶縁管 110 の端面に陽極部材 43 の周縁部を向い合せて、絶縁管 110 と陽極部材 43 を接合する。この時、端面導電膜 113 を絶縁管 110 の端面の管周方向の一部にだけ形成しているため、絶縁管 110 の端面と陽極部材 43 の挟み付け圧力が端面導電膜 113 に集中し、端面導電膜 113 と陽極部材 43 が強く圧接されて接触しやすくなる効果がある。また、離散的に複数の端面導電膜 113 を形成することにより、圧力集中の効果を保ちながら、端面導電膜 113 と陽極部材 43 の接触確率を向上させることができる。

50

【0031】

これにより、内周導電膜112が、端面導電膜113を介して、陽極部材43と物理的に接続されることで、内周導電膜112と陽極部材43の電氣的接続の信頼性を向上させることができる。更に、陽極部材43は、陽極52として駆動回路103に接続されているため、X線発生管102内の散乱電子や二次電子による電荷を、内周導電膜112及び端面導電膜113を介して外部に逃がすことができる。よって、絶縁管110の内面の帯電を防止することができ、X線の出力変動が抑制されたX線発生管102を提供することができる。

【0032】

端面導電膜113としては、陽極部材43及び絶縁管110よりもヤング率の小さい材料を用いることが好ましい。これにより、端面導電膜113が変形して陽極部材43と密着し、端面導電膜113と陽極部材43の電氣的接続の信頼性をより向上させることができる。前記のように、絶縁管110は、通常、ガラス材料やセラミックス材料等で構成されており、金属よりもヤング率が大きい。従って、端面導電膜113の材料として銅、銀、チタン、亜鉛、アルミニウム等を用い、陽極部材43の材料としてコバルト、ニッケル、モリブデン、タングステン等を用いると良い。

【0033】

また、X線発生管102内を真空に保つために、絶縁管110と陽極部材43とは気密接合されている。図1の例では、陽極部材43側の絶縁管110の外周面を囲んで、陽極部材43から環状に環状外周部43bが延出しており、絶縁管110の外周面と環状外周部43bとの間に介在された接合材115で陽極部材43と絶縁管110とが接合されている。このようにして接合すると、端面導電膜113が形成されていない領域の絶縁管110の端面と陽極部材43の間に、端面導電膜113の厚さに対応する隙間を生じて、X線発生管102の外囲器111内の気密性を保つことができる。

【0034】

気密接合は、接合材115としてろう材を用いたろう付けによって行うことができる。ろう材としては、例えばAu-Cuを主成分とするろう材、ニッケルろう、黄銅ろう、銀ろうを用いることができる。

【0035】

次に、図2を用いて、絶縁管と陽極部材の環状外周部付近の構造の他の例を説明する。

【0036】

図2(a)の例においては、陽極部材43側の絶縁管110の外周面上に、端面導電膜113に電氣的に接続された外周導電膜114が設けられており、この外周導電膜114が環状外周部43bと電氣的に接続されている。絶縁管110と陽極部材43が接合材115で気密接合されているのは図1で説明した例と同様である。しかし、本例においては、絶縁管110の外周面に設けられている外周導電膜114を絶縁管110との間に挟んだ状態で、絶縁管110と環状外周部43bとの間に接合材115が挟持されている。外周導電膜114を設けることにより、内周導電膜112と陽極部材43との電氣的接続の信頼性をより向上させることができる。外周導電膜114は、端面導電膜113を絶縁管110の外周側へ延長させることで、絶縁管110の管周方向に断続的に設けることもできるが、接合材115を隙間なく密着させやすくするために、絶縁管110の全周に亘って連続して設けることが好ましい。また、外周導電膜114と端面導電膜113は、両者の電氣的接続を確実にするために、連続膜とすることが好ましい。

【0037】

絶縁管110は、陽極部材43側である一端から陰極部材41側である他端に向かう管軸方向において、管外径が増大する環状の領域を有していることが好ましい。図2(b)の例は、この環状の領域を、内周導電膜112を囲む環状の段差110aとして有するものである。図2(b)の例においては、陽極部材43側の絶縁管110の外径に比して、陰極部材41側に隣接する領域の外径が、絶縁管110の外周面に形成された段差110aを介して大きくなっている。環状外周部43bは、外径が小さい、陽極部材43側の領

10

20

30

40

50

域と対向しており、接合材 115 は、絶縁管 110 の外径が小さい領域の外周面と、環状外周部 43b との間に挟持されている。このようにすると、接合材 115 による接合時に溶けた接合材 115 が流動しても、段差 110a によって堰き止められるので、段差 110a を越えて陰極部材 41 側へ流れ出して陰極 51 と陽極 52 間の絶縁耐圧が損なわれるのを防止できる。なお、図面上は外周導電膜 114 を備えたものとなっているが、外周導電膜 114 を設けない構成とすることもできる。

【0038】

< X線発生装置 >

図3には、X線束 11 を X線透過窓 121 の前方に向けて取り出す X線発生装置 101 の実施形態が示されている。この X線発生装置 101 は、X線透過窓 121 を有する収納容器 120 の内部に、X線発生管 102 及び X線発生管 102 を駆動するための駆動回路 103 を有している。駆動回路 103 により、陰極 51、及び陽極 52 の間に管電圧 Va が印加され、ターゲット層 22 と電子放出部 2 との間に加速電界が形成される。ターゲット層 22 の層厚と、その構成金属の種類とに対応して、管電圧 Va を適宜設定することにより、撮影に必要な線種を選択することができる。

10

【0039】

X線発生管 102 及び駆動回路 103 を収納する収納容器 120 は、容器としての十分な強度を有し、かつ放熱性に優れたものが望ましく、その構成材料としては、例えば真鍮、鉄、ステンレス等の金属材料が用いられる。

【0040】

収納容器 120 内に收容されている X線発生管 102 と駆動回路 103 が占めている空間以外の収納容器 120 内の余剰空間には、絶縁性液体 109 が充填されている。絶縁性液体 109 は、電気絶縁性を有する液体で、収納容器 120 の内部の電氣的絶縁性を維持する役割と、X線発生管 102 の冷却媒体としての役割とを有する。絶縁性液体 109 としては、鉱油、シリコン油、パーフロオロ系オイル等の電気絶縁油を用いることが好ましい。

20

【0041】

< X線撮影システム >

次に、図4を用いて、本発明の X線発生管 102 を備える X線撮影システムの構成例について説明する。

30

【0042】

システム制御ユニット 202 は、X線発生装置 101 と X線検出器 206 とを統合制御する。駆動回路 103 は、システム制御ユニット 202 による制御の下に、X線発生管 102 に各種の制御信号を出力する。駆動回路 103 が出力する制御信号により、X線発生装置 101 から放出される X線束 11 の放出状態が制御される。

【0043】

X線発生装置 101 から放出された X線束 11 は、可動絞りを備えた不図示のコリメータユニットによりその照射範囲を調整されて、X線発生装置 101 の外部に放出され、被検体 204 を透過して検出器 206 で検出される。検出器 206 は、検出した X線を画像信号に変換して信号処理部 205 に出力する。信号処理部 205 は、システム制御ユニット 202 による制御の下に、画像信号に所定の信号処理を施し、処理された画像信号をシステム制御ユニット 202 に出力する。システム制御ユニット 202 は、処理された画像信号に基づいて、表示装置 203 に画像を表示させるための表示信号を出力する。表示装置 203 は、表示信号に基づく画像を、被検体 204 の撮影画像としてスクリーンに表示する。

40

【0044】

本発明の X線撮影システムは、工業製品の非破壊検査や、人体や動物の病理診断に用いることができる。

【実施例】

【0045】

50

実施例 1

図 1 に示した絶縁管 110 及び絶縁管 110 と陽極部材 43 の接合構造を持つ X 線発生管 102 を作製し、X 線発生装置 101 に搭載した。

【0046】

図 1 (b) のように、アルミナ製の絶縁管 110 の陽極 52 側の内周に、セラミックスのメタライズ材料として使用される Ti - Cu 系の内周導電膜 112 を形成した。また、図 1 (c) のように、内周導電膜 112 と同様の材料を用いて、絶縁管 110 の陽極 52 側の端面に内周導電膜 112 と連続した幅 2 mm の端面導電膜 113 を 4 箇所形成した。内周導電膜 112 及び端面導電膜 113 は、Ti - Cu 系粉末を含んだペーストを作製し、絶縁管 110 に直接塗布して乾燥した後、1000 の真空熱処理を行うことで形成した。熱処理後の内周導電膜 112、及び端面導電膜 113 の膜厚は平均 8 μm であった。

10

【0047】

次に、絶縁管 110 の外周の環状外周部 43b と接触する部分に、Ti を含む銀ろうペーストを接合材 115 として塗布し、乾燥した。その後、陽極部材 43 と絶縁管 110 の端面導電膜 113 とが接触し、更に、環状外周部 43b と絶縁管 110 の外周の接合材 115 とが接触するように配置し、800 の真空熱処理を行うことによって、ろう付けした。この時、端面導電膜 113 と陽極部材 43 との圧接を促すため、熱処理時に陽極部材 43 の上に重石を配置した。また、Ti が含まれたろう材を用いることによってアルミナをメタライズし、気密ろう付けを実現することができた。陽極部材 43 及び環状外周部 43b の材料はコパールとした。

20

【0048】

次に、本実施形態の X 線発生管 102 を、図 4 に示した X 線撮影システムに搭載し、X 線の出力変動を評価した。X 線発生管 102 を駆動させ、X 線束 11 の焦点 11a の位置の時間変動を評価した結果、焦点 11a の中心位置の変動が 10 μm 以下と良好な結果となった。なお、本評価時は、被検体 204 を配置することなく行った。

【0049】

比較例 1

実施例 1 との比較のために、端面導電膜 113 を形成していない X 線発生管 102 を作製した。その他の構成、及び作製方法は実施例 1 と同様にした。

【0050】

次に、実施例 1 と同様に、X 線束 11 の焦点 11a の位置の変動を評価した結果、焦点 11a の中心位置が駆動初期から 30 分後に 50 μm 移動していた。また、評価終了後に、X 線発生管 102 から陰極 51 を切り離し、陽極 52 側の内周導電膜 112 と陽極部材 43 との電気抵抗値をテスターで測定した結果、測定限界以上の 10 MΩ 以上となっていた。

30

【0051】

よって、内周導電膜 112 が陽極部材 43 と電氣的に接続できていなく、絶縁管 110 の内面が X 線発生管 102 の駆動中に徐々に帯電し、電子ビームの軌道が曲がって焦点 11a の位置変動が起こったと推定された。

【0052】

実施例 2

図 2 (b) に示した絶縁管 110 及び絶縁管 110 と陽極部材 43 の接合構造を持つ X 線発生管 102 を作製し、X 線発生装置 101 に搭載した。

【0053】

実施例 1 と同様に、Ti - Cu 系の内周導電膜 112 及び端面導電膜 113 を形成し、同じ材料、形成方法により絶縁管 110 の外周面に端面導電膜 113 と連続する外周導電膜 114 を形成した。

40

【0054】

次に、絶縁管 110 の段差 110a より陽極部材 43 寄りの外周に接合材 115 として銀ろうの線材を巻き付けて配置した。その後、陽極部材 43 と絶縁管 110 の端面導電膜

50

113とが接触し、更に、環状外周部43bと絶縁管110の外周のろう材115とが接触するように配置し、800の真空熱処理を行うことによって、ろう付けした。この時、端面導電膜113と陽極部材43の圧接を促すため、熱処理時に陽極部材43の上に重石を配置した。また、Ti-Cu系の外周導電膜114は、アルミナをメタライズする効果を兼ねており、気密ろう付けを実現することができた。陽極部材43の材料はコパールとした。なお、接合材115としてろう材の線材を用いる場合、絶縁管110に線材を保持するための溝部(不図示)を設け、この溝部に線材を配置することもできる。

【0055】

次に、実施例1と同様に本実施形態のX線発生管102をX線撮影システムに搭載し、X線の出力変動を評価した結果、焦点の中心位置の変動が10 μ m以下と良好な結果が得られた。

10

【0056】

実施例3

本実施例においては、実施例1に記載のX線発生装置101を用いて、図4に記載のX線撮影システムを作製した。本実施例のX線撮影システムにおいては、X線出力の変動が抑制されたX線発生装置101を備えることにより、SN比の高いX線撮影画像を取得することができた。

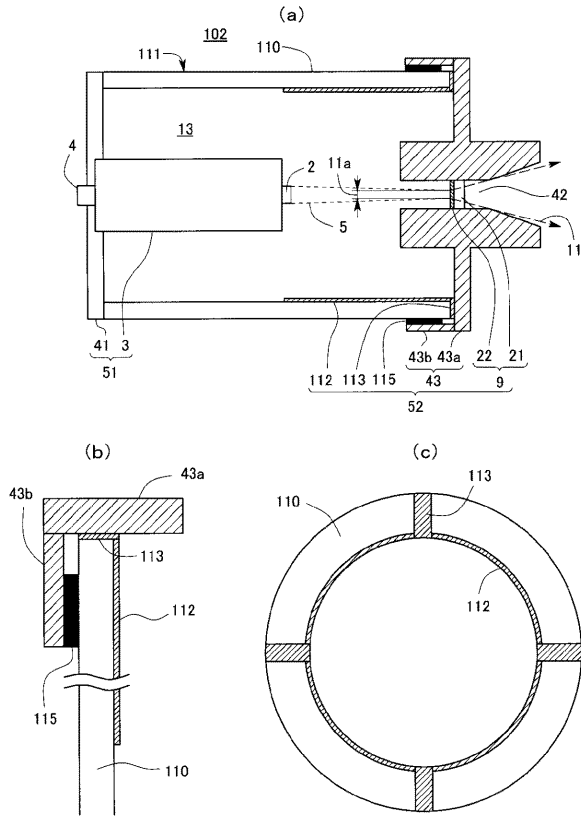
【符号の説明】

【0057】

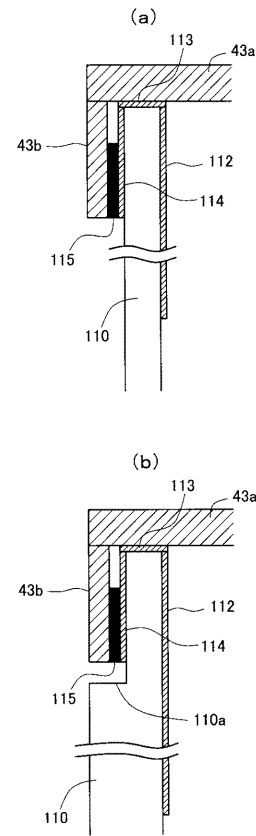
101：X線発生装置、102：X線発生管、103：駆動回路、109：絶縁性液体、11：X線束、11a：X線焦点、110：絶縁管、110a：段差、111：外囲器、112：内周導電膜、113：端面導電膜、114：外周導電膜、115：接合材、121：X線取り出し窓、13：内部空間、2：電子放出部、21：透過基板、22：ターゲット層、202：システム制御ユニット、203：表示装置、204：被検体、205：信号処理部、206：検出器、3：電子放出源、4：電圧導入端子、41：陰極部材、42：貫通孔、43：陽極部材、43a：ターゲット保持部、43b：環状外周部、5：電子線束、51：陰極、52：陽極、9：ターゲット

20

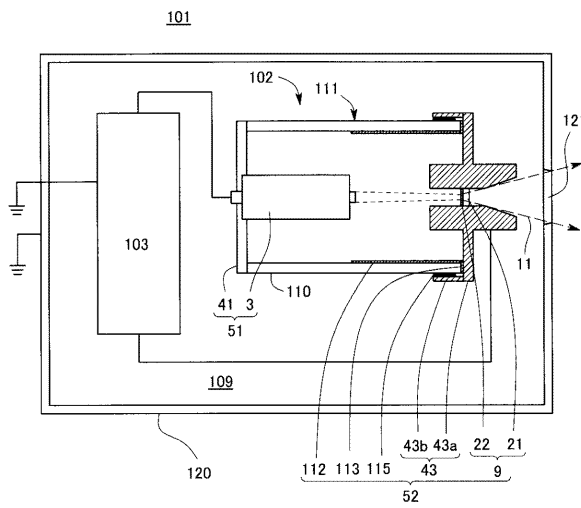
【図 1】



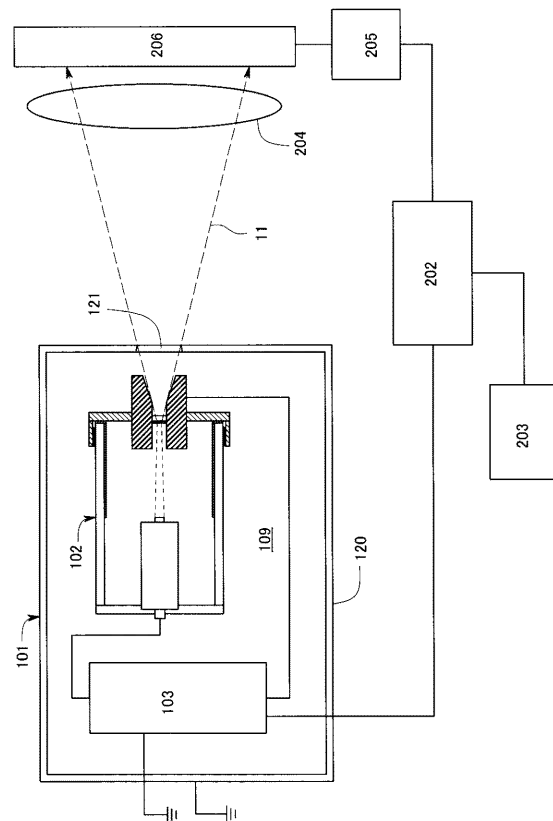
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭57-36735 (J P , A)
特開昭58-44662 (J P , A)
実開昭59-162771 (J P , U)
特開2000-251776 (J P , A)
特開2009-31167 (J P , A)
特開2014-41714 (J P , A)
国際公開第2005/029531 (WO , A 1)
米国特許出願公開第2013/0077758 (U S , A 1)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 J 3 5 / 0 8
H 0 1 J 3 5 / 1 6