

(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2014-86147
(P2014-86147A)

(43) 公開日 平成26年5月12日(2014.5.12)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H01J 35/16 (2006.01)	H01J 35/16	4C092
A61B 6/00 (2006.01)	A61B 6/00	4C093
H05G 1/00 (2006.01)	H05G 1/00	C

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-231647 (P2012-231647)	(71) 出願人	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24年10月19日 (2012.10.19)	(74) 代理人	100096828 弁理士 渡辺 敏介
		(74) 代理人	100110870 弁理士 山口 芳広
		(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	角田 浩一 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
		F ターム (参考)	4C092 AA01 AB17 AC01 AC08 BD01 BD19 4C093 CA32 EA02

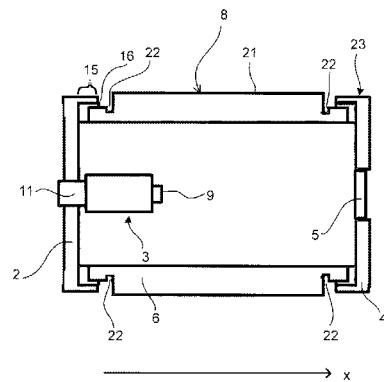
(54) 【発明の名称】放射線発生管、放射線発生ユニット及び放射線撮影システム

(57) 【要約】

【課題】電子放出源3が接続された電極2と、電子放出源3からの電子の照射で放射線を発生させるターゲット5が接続された電極4とが、電気的に絶縁性の管状部材6の両開口端に取り付けられて真空容器を構成している放射線発生管1において、電極2、4と管状部材6の接合箇所における電極端部の電界集中を緩和し、絶縁破壊の可能性が低く、かつ放射線出力安定性及び信頼性の高い放射線発生管1を提供する。

【解決手段】管状部材6の外周の周方向に環状の凸部21を形成し、電極2、4と凸部21との間の管状部材6の外周の周方向に、両電極2、4に隣接する管状部材6の両端部の外周面を結ぶ面よりも内周側へ窪んだ環状の凹部22を形成する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

電子放出源が接続された電極と、前記電子放出源からの電子の照射で放射線を発生させるターゲットが接続された電極とが、電気的に絶縁性の管状部材の両開口端に取り付けられて真空容器を構成している放射線発生管において、

前記管状部材の外周の周方向に環状の凸部が形成されており、

前記電極の少なくとも一方と前記凸部との間の管状部材の外周の周方向に、前記両電極に隣接する前記管状部材の両端部の外周面を結ぶ面よりも内周側へ窪んだ環状の凹部が形成されていることを特徴とする放射線発生管。

【請求項 2】

前記凸部は、前記両電極の対向方向に複数設けられていることを特徴とする請求項1記載の放射線発生管。

【請求項 3】

前記凹部は、前記複数の凸部のうち前記一方の電極に最も近い凸部と、前記一方の電極との間に位置していることを特徴とする請求項2に記載の放射線発生管。

【請求項 4】

請求項1乃至3のいずれか一項に記載の放射線発生管と、
該放射線発生管の駆動を制御する駆動回路部と、

前記放射線発生管及び駆動回路部を収納し、放射線発生管で発生した放射線を放出する放出窓を有する収納容器と、

前記収納容器の内部に充填された絶縁性液体と
を備えることを特徴とする放射線発生ユニット。

【請求項 5】

前記管状部材の誘電率は、前記絶縁性液体の誘電率よりも高いことを特徴とする請求項4記載の放射線発生ユニット。

【請求項 6】

前記管状部材は、比誘電が6～10の物質で構成され、前記絶縁性液体は、比誘電率が3～4の物質であることを特徴とする請求項4又は5に記載の放射線発生ユニット。

【請求項 7】

請求項4乃至6のいずれか一項に記載の放射線発生ユニットと、

該放射線発生ユニットから放出され、被検体を透過した放射線を検出する放射線検出装置と、

前記放射線発生ユニットと前記放射線検出装置とを連携制御する制御装置とを備えることを特徴とする放射線撮影システム。

【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できる放射線発生管、それを備えた放射線発生ユニット及び放射線撮影システムに関する。

【背景技術】**【0002】**

一般に、陰極と陽極とを、電気的に絶縁性の管状部材の各開口端に取り付けて真空容器を構成した放射線発生管が知られている。この放射線発生管の陰極には電子放出源が接続され、陽極には前記電子放出源からの電子の照射で放射線を発生させるターゲットが接続されており、陰極と陽極間に電圧を印加することで放射線を発生させるものとなっている。このような放射線発生管では、小型化や、高エネルギー化のための高電圧化において、耐電圧性能（以下「耐圧」という）が課題となっている。

【0003】

放射線発生管は、駆動回路部と共に収納容器内に収容され、放射線発生ユニットとして放射線撮影システムに組み込まれる。放射線発生ユニットにおいては、高電圧に対する耐

10

20

30

40

50

圧を確保するためと、放射線発生管を冷却するために、放射線発生管を熱伝導性が良好な絶縁性液体が充填された収納容器に収納した構造がとられている。しかし、放射線発生管の構造や使用電圧によっては、絶縁性液体中に絶縁破壊を発生することもある。

【0004】

従来、上記沿面放電の抑制のために、放射線発生管の管状部材の表面に凹凸を設け、これによって電極間の沿面距離を延長させ、耐電圧性能を向上させることが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-357724号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年、放射線撮影システムの用途として在宅医療・救急時の現場医療検査にも適用される場合があり、装置の搬送を容易するため小型化が求められている。出力を維持しつつ小型化するためには陰極と陽極間にはより高い電界が印加されるため、更なる耐電圧性能が求められる。従って、特許文献1に記載の構成だけでは、耐電圧性能が不足する場合がある。

【0007】

本発明者等は、耐圧向上に際して次のような課題を発見した。即ち、一般に電極と管状部材の接合箇所における電極端部（他方の電極との対向側端部）に電界集中する。特許文献1のような凹凸を付けた場合、凸部が開始する位置が電極に近づくと、電極と管状部材の接合箇所における電極端部の電界集中をより一層招いてしまい、絶縁性液体中に絶縁破壊を生じやすくなる。

20

【0008】

本発明は、電極と管状部材の接合箇所における電極端部の電界集中を緩和し、絶縁破壊の可能性が低く、かつ放射線出力安定性及び信頼性の高い放射線発生管を提供することを目的とする。また、本発明は、同時に、絶縁破壊の可能性が低く、かつ放射線出力安定性及び信頼性の高い放射線発生ユニット及び放射線撮影システムを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明の第1は、電子放出源が接続された電極と、前記電子放出源からの電子の照射で放射線を発生させるターゲットが接続された電極とが、電気的に絶縁性の管状部材の両開口端に取り付けられて真空容器を構成している放射線発生管において、

前記管状部材の外周の周方向に環状の凸部が形成されており、

前記電極の少なくとも一方と前記凸部との間の管状部材の外周の周方向に、前記両電極に隣接する前記管状部材の両端部の外周面を結ぶ面よりも内周側へ窪んだ環状の凹部が形成されていることを特徴とする放射線発生管を提供するものである。

40

【0010】

また、本発明の第2は、上記本発明の第1に係る放射線発生管と、
該放射線発生管の駆動を制御する駆動回路部と、

前記放射線発生管及び駆動回路部を収納し、放射線発生管で発生した放射線を放出する放出窓を有する収納容器と、

前記収納容器の内部に充填された絶縁性液体と
を備えることを特徴とする放射線発生ユニットを提供するものである。

【0011】

更に、本発明の第3は、上記本発明の第2に係る放射線発生ユニットと、該放射線発生

50

ユニットから放出され、被検体を透過した放射線を検出する放射線検出装置と、前記放射線発生ユニットと前記放射線検出装置とを連携制御する制御装置とを備えることを特徴とする放射線撮影システムを提供するものである。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、電極の少なくとも一方と凸部との間に環状の凹部を設けることで、電極端部の電界集中を緩和することができる。従って、長期間に渡り高い耐圧性能を維持することができ、放射線出力安定性及び信頼性の高い放射線発生管、放射線発生ユニット及び放射線発生システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明に係る放射線発生管の第1の実施形態を示す断面図である。

【図2】放射線発生管の電極付近の電位状態を示す図で、(A)は凸部と凹部がない場合の電極付近の電位分布を示す等電位線図、(B)は凸部を有する場合の電極付近の電位分布を示す等電位線図、(C)は凸部と凹部を有する場合の電極付近の電位分布を示す等電位線図である。

【図3】図2の(A)～(C)における電界強度と電極の突出部からの距離の関係を示す図である。

【図4】本発明に係る放射線管の他の例を示す図で、(A)は第2の実施形態を示す断面図、(B)は第3の実施形態を示す断面図、(C)は第4の実施形態を示す断面図である。

【図5】本発明に係る放射線発生ユニットの一実施形態を示す図である。

【図6】本発明に係る放射線撮影システムの一実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

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。なお、以下に参照する図面において、同じ符号は同様の構成要素を示す。

【0015】

〔放射線発生管の第1の実施形態〕

図1に示すように、放射線発生管1は、陰極2と陽極4である両電極と、電気的に絶縁性の管状部材6とを有する。筒状をなす管状部材6の両開口端には両電極(陰極2及び陽極4)がそれぞれ取り付けられて、真空容器8を構成している。

【0016】

真空容器8の内部には、陰極2に接続された電子放出源3が設けられている。真空容器8内は、電子放出源3が備える電子放出部9から放出された電子が、電子線としてターゲット5に照射可能な程度に減圧(真空排気)されている。真空容器8の内部空間の真空度は、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ことが可能であるが、例えば、 $10^{-4} \sim 10^{-8}$ Paの真空度とすることが可能である。スピント(Spindt)型、MIM等の冷陰極型電子放出源を使用した場合には、電子放出特性の安定性の点で、 10^{-6} Pa以下の真空度とすることが好ましい。真空度の維持の為に、不図示のゲッタを真空容器8の内部空間又は内部空間に連通している不図示の補助スペースに設置することも可能である。

【0017】

本発明における陰極2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真空容器8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9を有し、電子放出部9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)。電子ビーム集束、非点収差補正等の電子光学的な機能を付加する場合は、更に数極の補助電極(不図示)を設けることができる。前述のエミッタ電極対と補助電極とからなる電極群は、駆動回路部12(図5参照)と電流導入端子11を介して接続することが可能である。

10

20

30

40

50

前述の静電場の非対称性緩和の観点からは、陰極2は、陽極4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い。陰極2は、電子放出部9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したり、エミッタ電極対のそれぞれの電位の中間電位に電位規定したりすることが可能である。上記補助電極は、放射線発生管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。この補正回路及びターゲット5の電位を規定する電圧源は、いずれも駆動回路部12(図5参照)が備えるようにすることも可能である。

【0018】

陰極2は、管状部材6の開口端に固着されている。この実施形態では、陰極の外周縁から管状部材6側へ環状の突出部23が延出してあり、突出部23の接合部15において接合材16を介して管状部材6が嵌合して接合されている。また、陰極2には電子放出源3が接続されており、その電子放出部9から陽極4側に対して電子を出射できる構造となっている。

10

【0019】

電子放出源3としては、真空容器8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用いることが可能である。大電流の電子線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。また、電子放出源3は、陰極2に設けた電流導入端子11を介して、電子放出量及び電子放出のオン・オフタイミングを制御可能なように、駆動回路部12(図5参照)に電気的に接続されている。

20

【0020】

陽極4は、電圧源によりターゲット5を電位規定し、ターゲット5に流れる陽極電流を電圧源を介して接地端子(不図示)に通電する機能を有する。更に、陽極4は、陰極2と同様にして、放射線発生管1のターゲット5周辺の静電場を規定する機能を有する電極である。よって、陰極2及び陽極4は、電子放出源3及びターゲット5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ことが望ましく、かつ、陰極2と陽極4間の電界分布を平行電場になるべく近づけるものであることが望ましい。

20

【0021】

この実施形態の陽極4は、陰極2と同様の接続構造で管状部材6の開口端に固着されている。即ち、外周縁に環状の突出部23が設けられ、接合部15において接合材16を介して管状部材6が嵌合して接合されている。陽極4にはターゲット5が接続されている。陰極2に接続された電子放出源の電子放出部9から出射された電子がターゲット5に衝突することで放射線が発生するものとなっている。

30

【0022】

陰極2及び陽極4の大きさは、管状部材6の開口端の径と同等又はそれ以上の径で形成されている。陰極2及び陽極4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、絶縁性の管状部材6の開口断面積に一致させることがより好ましい。

【0023】

陽極4は、ターゲット5を透過して放出される放射線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る。遮蔽体は、ターゲット5の周囲を取り囲み、真空容器の外側と内側にそれぞれ突出した筒状の部材として設けることができる。陽極4とターゲット5は、前記遮蔽体を介して接続することも可能である。

40

【0024】

陰極2と陽極4の材料は、導電性、気密性、強度、及び管状部材6との線膨張係数整合によって決めることが可能であり、コバールやタンゲステン等を適用することが可能である。

【0025】

ターゲット5は、電子放出部9から放出された電子の照射を受けることが可能な位置に配置されている。陰極2と陽極4間の電場の対称性の観点からは、ターゲット5が電子放出部9と対向して配置されていることが好ましい。

50

【0026】

ターゲット5には、電子放出部9に対して10kV～200kVの正電位が印加され、電子放出部9から放出された電子が電子線として、10keV～200keVの入射エネルギーでターゲット5に入射し、ターゲット5で放射線を発生させる。従って、陰極2と陽極4間の電界分布の非対称性を抑制する観点から、陽極4には陰極2に対して、電子放出部9に対するターゲット5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5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。

【0027】

ターゲット5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4に接続されている形態を含む。またターゲット5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支持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。放射線を透過する支持基板としては、ベリリウムやダイアモンドのような低原子番号材料からなる板材が好ましい。金属薄膜は数μmの厚さで支持基板上に形成することが、放射線の減衰を抑制する点、ターゲット5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、放射線量及び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い。具体的には、タンゲステン、モリブデン、クロム、銅、コバルト、鉄、ロジウム、レニウム又はこれらの合金材料とすることが可能である。支持基板上に金属薄膜を形成する場合は、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。

10

20

【0028】

管状部材6は電気的に絶縁性で、陰極2と陽極4が取り付けられる2つの開口端を備えている。管状部材6は、電子放出部9から放出された電子がターゲット5に照射されるように真空容器8の内部空間を形成している。真空容器8としては、図1のように陰極2と陽極4が互いに露出して対向している形態だけでなく、管状部材6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がこの仕切りを貫通しているような形態も含まれる。また、陽極4(陰極2でもよい)が、管状部材6の側面に接続された形態としても良い。さらには、陰極2と陽極4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。管状部材6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。管状部材6の材料は、電気絶縁性、気密性、低ガス放出性、耐熱性及び陰極2や陽極4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。

30

【0029】

本実施形態においては、管状部材6の両端部を残して中央部に幅広に設けた単一の凸部21が環状に設けられている。管状部材6の両開口端は、陰極2及び陽極4が固着されて密閉されている。前記のように、陰極2及び陽極4の管状部材6への取り付けは、突出部23を管状部材6に嵌め込むことで行われている。この実施形態では、陰極2及び陽極4の突出部23の端部が電界集中箇所であり、この電極端部と凸部21の間の管状部材6の外周の周方向に環状の凹部22が形成されている。凹部22は、陰極2及び陽極4にそれぞれ隣接する管状部材6の両端部の外周面を結ぶ面よりも内周側へ窪んでいる。この実施形態の凹部22は、断面矩形となっているが、その他の断面形状とすることもできる。

40

【0030】

陰極2又は陽極4の突出部23の端部である電極端部は、放射線発生管1の動作時に電界集中するため、放射線発生管1の耐圧特性を制限する。従って、放電抑制の観点から、電極端部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。陰極2、陽極4と管状部材6を導電性の接合材16を介して接合することで、接合部15近傍の電界分布を、接合部15の周方向に沿って均一化することが可能となる。接合材16としては、導

50

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。管状部材6と、陰極2又は陽極4との接合部15の周方向の電界の均一性の観点からは、接合材16は環状であって、接合部15を環状に気密接合していることが好ましい。

【0031】

接合材16は、陰極2、陽極4及び管状部材6よりも融点が低く、接合工程において、陰極2、陽極4及び管状部材6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。

【0032】

この実施形態の管状部材6には前述したように凸部21が形成されている。凸部21は、陰極2の外周面と陽極4の外周面とを結ぶ面よりも外方へ突出している。これにより、陰極2と陽極4の各突出部23, 23の先端同士が直接向かい合わないようにすることができ、陰極2と陽極4の沿面距離を長くすることができる。

【0033】

上記の効果により、陰極2又は陽極4の近傍の電界集中により発生した部分放電を、陰極2と陽極4間の全路破壊に発展させにくくすることができ、耐圧を向上させることができる。耐圧向上により、高エネルギー放射線の放射や、更なる小型化が可能となる。

【0034】

更に本発明の特徴である凹部22を設けることにより更なる耐圧向上を実現することができる。

【0035】

凹部22は、管状部材6の外周面に、管状部材6の周方向に環状に形成されている。凹部の形状には限定はないが、深く、広く、かつ陰極2又は陽極4に近いほど効果があり、真空容器8の機能を損なわないように適宜選択することができる。凹部22は、少なくとも一方の電極側（陰極2側又は陽極4側）に設けることで、電界集中の緩和による耐圧性の向上を得ることができる。但し、より高い耐圧性を得るためにには、本実施形態のように、両電極側（陰極2側及び陽極4側）に設けることが好ましい。

【0036】

上記の耐圧向上について図2及び図3を用いて詳細に説明する。図2(a)～(c)の各図は、本発明の特徴である環状の凹部による突出部近傍の電界集中の緩和効果を、陰極と管状部材との界面近傍における等電位線分布を用いて説明する概略断面図である。図3は、陰極と管状部材との界面近傍における、電界強度分布の突出部からの距離依存性を示すものである。図3中のプロット(a)～(c)は、図2(a)～(c)の各図に対応している。

【0037】

図2(A)に示すように、凸部21（図1参照）を有しない放射線発生管の陰極2側では、突出部23の先端に電界が集中する。図2(A)に示す湾曲した曲線は、電位分布を示す等電位線であり、電位分布は突出部23近辺で勾配が高く、徐々に緩やかになっている。図3のグラフの縦軸が規格化電界強度であり、横軸が突出部23の先端から陽極に向かう方向における距離を示す。図2(A)の放射線発生管の電界強度を図3の破線(A)が示す。この破線(A)によって表されているように、電界集中箇所である突出部23の先端で電界強度が高くなっているが、突出部23先端からの距離が離れた場所では電界強度が低下している。

【0038】

一方、凸部21が陰極2に近づくと、より一層陰極2の端部付近の電界集中を招いて、放電を引き起こし易くなる。図2(B)は、凸部21を設けた従来の放射線発生管の陰極2近傍を示している。図2(B)において凸部21のある領域aは、凸部21のない領域bに比べて、相対的に静電容量が増すため、領域bでの電位勾配が増大し、その結果、陰極2付近の電界集中を招いている。この実施形態では突出部23の先端に電界が集中する。図2(B)に示す湾曲した曲線は電位分布を示しており、電位分布は突出部23近辺で

10

20

30

40

50

勾配が高く、徐々に緩やかになっている。また、図2(B)の領域b及び領域cは、図3における領域b'及び領域c'に対応している。この放射線発生管の場合、図3で一点鎖線(B)で示すように、電界集中箇所である突出部23近傍で電界強度が高くなっている。突出部23先端からの距離が離れた場所では電界強度が低下している。

【0039】

つまり、上述した図2(A)及び図2(B)では突出部23の先端部で電界強度が高くなるため、電界放出を起こす可能性が高くなってしまっている。

【0040】

図2(C)は、凸部21を設けた管状部材6に更に凹部22を設けた本発明の放射線発生管の陰極2側の極近傍を示している。上述した図2(A)、図2(B)と同様に、電位分布は突出部23近傍で比較的勾配が高くなる。しかし、凹部22を設けることにより、突出部23近傍の勾配よりも高い電位分布の場所を規定することができる。凹部22は、凸部21と陰極2との間に形成されている。また、放射線発生管は、通常、図5に示されるように、絶縁性液体20中に浸漬された状態で設置される。一般的に、管状部材6の素材の比誘電率は6~10程度、絶縁性液体20は比誘電率が3~4程度の物質であり、相対的な誘電率は管状部材6が絶縁性液体20よりも高い。図2(C)において凹部22のある領域c'は領域b'に比べて、相対的に静電容量が減るため、領域c'では領域b'に比べて電位勾配が増大する。従って、相対的に領域b'の電位勾配が緩和される。よって、陰極2の近傍は局所的に電界集中が緩和されることになる。

10

【0041】

つまり、図2(C)の領域bでは、電位勾配が図2(A)及び図2(B)と同程度と考えられる。しかし、領域c'に凹部22を設けたことにより、凹部22が設けられている領域c'内に電位勾配が高い場所を規定することができる。更にこれを図3により説明すると、図3の実線(C)に示すように、突出部23近傍よりも電界強度が高い場所が凹部22上に規定される。従って、突出部16の先端の電界強度よりも高い電界強度の箇所を凹部22により規定することにより、c'区間の電界強度を増大させて、b'区間の電界強度を低減させることができるとなる。これにより、陰極2近傍である突出部23近傍に生じる電界集中を、環状の凹部22によって抑制することができ、陰極2近傍の電界強度を低減させることを実現できる。

20

【0042】

陰極2近傍の電界強度を低減させることにより、陰極2近傍で発生していた電界放出を抑制することができ、耐圧性能を上げることができる。また、上記図2及び図3による説明は陰極2の近傍についてであるが、陽極4側においても同様な耐圧性能の向上が得られる。更に、後述する第2~第4の実施形態に係る放射線発生管1についても同様である。

30

【0043】

〔放射線発生管の第2の実施形態〕

図4(A)に示すように、管状部材の陰極2と陽極4の対向方向の外面断面形状が、凸部21が凹部を挟んで連なった波形をなしている。また、最も陰極2寄りの凸部21と陰極の間と、最も陽極4寄りの凸部21と陽極4の間に、それぞれ凹部22が設けられている。

40

【0044】

この実施形態のような波形の凸部21とし、陰極2と陽極4の対向方向に複数設けると、陰極2と陽極4の沿面距離をより長いものとしやすく、これと凹部22を組み合わせることで、耐圧を一層高めることができる。

【0045】

〔放射線発生管の第3の実施形態〕

図4(B)に示すように、この実施形態の凸部21は、横断方向の断面形状が半円形となっている。このような形状の凸部21としても、凹部22と組み合わせることで、図1と同様の耐圧性の向上を得ることができる。

【0046】

50

〔放射線発生管の第4の実施形態〕

図4(C)に示すように、この実施形態の凸部21は、管状部材6の両端部の外周にそれぞれ設けられている。また、凸部21の横断方向の断面形状は矩形となっている。このような形状の凸部21としても、凹部22と組み合わせることで、図1の放射線発生管1と同様の耐圧性の向上を得ることができる。

【0047】

〔放射線発生ユニットの実施形態〕

本発明の放射線発生ユニットを図5により詳細に説明する。

【0048】

放射線発生ユニット18は、収納容器17と、放射線発生管1と、駆動回路部12とを有し、収納容器17内部に放射線発生管1と駆動回路部12が設置されている。また、これらの冷却媒体として収納容器17の内部の余剰空間には絶縁性液体20が満たされている。また、収納容器17には、収納容器17内部に配置される放射線発生管1からの放射線を放出するための放出窓19が設けられている。

10

【0049】

収納容器17は、放射線発生ユニット18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13を介して規定した接地電位である。収納容器17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。

20

【0050】

駆動回路部12では電圧が生成され、放射線発生管1の電流導入端子11を介して電子放出部9の各電極に接続されている。電子放出部9から電子線10が出射され、ターゲット5に当たることにより放射線14が発生し、放射線透過窓19を介して外部に出射される。

【0051】

絶縁性液体20は、放射線発生ユニット18の耐圧特性と駆動時の動作安定性の観点から、収納容器17内に充填されている。絶縁性液体20を導入することにより、放射線発生管1の陰極2と陽極4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させることができる。

30

【0052】

絶縁性液体20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、シリコーン油、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。

【0053】

この実施形態に示す放射線発生管1は、陰極2及び陽極4に突出部23(図1参照)が設けられておらず、管状部材6の開口端の外径と同径の陰極2及び陽極4が、環状に配置された接合材16によって固着して接合している。また、凸部21は、陰極2と陽極4の対向方向に波形となるように複数形成されている。

40

【0054】

凹部22は、最も陰極2寄りの凸部21と陰極の間と、最も陽極4寄りの凸部21と陽極4の間に、それぞれ設けられている。陰極2及び陽極4と凸部21の間に凹部22を設けたことにより、波形の凸部21による長い沿面距離と相俟って、高い耐圧性を得ることができる。

【0055】

本発明の放射線発生管は透過型に限定されることなく反射型にも好適に適用できる。また、この放射線発生ユニットに可動絞りユニットを備えた放射線発生装置を提供することもできる。

【0056】

〔放射線撮影システムの一実施形態〕

50

図6に基づいて、本発明に係る放射線撮影システムの一例を説明する。

【0057】

本例において、既に説明した放射線発生ユニット18は、その放射線透過窓19部分に設けられた可動絞りユニット100と共に放射線発生装置200を構成している。可動絞りユニット100は、放射線発生ユニット18から照射される放射線の照射野の広さを調整する機能を有する。また、可動絞りユニット100として、放射線の照射野を可視光により模擬表示できる機能が付加されたものを用いることもできる。

【0058】

システム制御装置202は、放射線発生装置200と放射線検出装置201とを連携制御する。放射線駆動回路12は、システム制御装置202による制御の下に、放射線発生管1に各種の制御信号を出力する。この制御信号により、放射線発生装置200から放出される放射線の放出状態が制御される。放射線発生装置200から放出された放射線は、被検体204を透過して検出器206で検出される。検出器206は、検出した放射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、システム制御装置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装置202に出力する。システム制御装置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表示装置203に出力する。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。放射線の代表例はX線であり、本発明の放射線発生ユニット18と放射線撮影システムは、X線発生ユニットとX線撮影システムとして利用することができる。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。

10

20

30

【実施例】

【0059】

(実施例1)

図1に示す放射線発生管1を作製した。凸部21及び凹部22は、陰極2側及び陽極4側に同じように形成した。凸部21は陰極2側の接合部15の端から5mmの位置と、陽極4側の接合部15の端から5mmの位置までを、高さ4mmで突出させた。凹部22は接合部15の端から1mm～5mmの位置に深さ1mmの矩形状とした。

【0060】

また、比較のため、凸部21及び凹部22のない放射線発生管、凸部21だけを設けた放射線発生管も作製した。凸部21だけを設けた場合は、凸部21も凹部22もない場合に比べて、絶縁性液体20中の陰極2と陽極4間沿面距離を約10mm延長でき、陰極2又は陽極4近傍の部分放電が、陰極2と陽極4間の絶縁破壊に発展しにくくなっている。しかし、陰極2や陽極4の端部の電界強度は1.2倍に増加し、部分放電し易くなる。

【0061】

一方、本実施例の放射線発生管1は、絶縁性液体20中の陰極2と陽極4間の沿面距離は凸部21だけ設けた場合の放射線発生管と同等の長さで、陰極2や陽極4の端部の電界強度は凸部21も凹部22も設けない場合の放射線発生管と同等に留められている。よって、部分放電の発生を抑え、かつ陰極2と陽極4間の絶縁破壊への発展も抑制できる。

40

【0062】

上記のような方法で、放射線発生管1を作製し、放射線発生装置18に用いた絶縁性液体20と同じ電気絶縁油中で高電圧印加を試みた。陰極2を接地し、陽極4を高圧電源に接続し、120kV以上で5kV毎に昇圧し、30分保持する試験を行ったところ、150kVまで放電することが無かった。一方、凸部21も凹部22もない場合は130kV、凸部21のみ設けた場合も130kVで放電しており、本実施例の効果が確認された。

【0063】

また、上記作製した放射線発生管1を放射線発生装置18内に収め、駆動したところ、安定して放射線放出が確認できた。

【0064】

50

(実施例2)

図4(A)に示す放射線発生管を作製した。図5で示す放射線発生管1に対して、陰極2及び陽極4に突出部23を設け、真空機密をより確実なものとした。突出量は5mmとし、接合代として、管状部材6を10mm長くし70mmとした。また凹部22は陰極2側及び陽極4側ともに、接合部15の端から1mm~5mmの位置とした。

【0065】

また、比較のために、凸部21及び凹部22のない放射線発生管、凸部21だけを設けた放射線発生管も作製した。凸部21だけを設けた場合は、凸部21も凹部22もない場合に比べて、絶縁性液体20中の陰極2と陽極4間沿面距離を約10mm延長でき、陰極2又は陽極4近傍の部分放電が、陰極2と陽極4間の絶縁破壊に発展しにくくなっている。しかし、陰極2や陽極4の端部の電界強度は1.1倍に増加し、部分放電し易くなる。

10

【0066】

一方、本実施例の放射線発生管1は、絶縁性液体20中の陰極2と陽極4間沿面距離は凸部21だけ設けた場合の放射線発生管と同等の長さで、陰極2や陽極4の端部の電界強度は凸部21も凹部22も設けない場合の放射線発生管と同等に留められている。よって、部分放電の発生を抑え、かつ陰極2と陽極4間の絶縁破壊への発展も抑制できる。

20

【0067】

上記のような方法で、放射線発生管1を作製し、放射線発生装置18に用いた絶縁性液体20と同じ電気絶縁油中で高電圧印加を試みた。陰極2を接地し、陽極4を高圧電源に接続し、120kV以上で5kV毎に昇圧し、30分保持する試験を行ったところ、150kVまで放電することが無かった。一方、凸部21も凹部22もない場合は130kV、凸部21のみ設けた場合は135kVで放電しており、本実施例の効果が確認された。

20

【0068】

また、上記作製した放射線発生管1を放射線発生装置18内に収め、駆動したところ、安定して放射線放出が確認できた。

【0069】

(実施例3)

図4(B)に示す放射線発生管1を作製した。実施例1で作製した放射線発生管1に対して、凸部21及び凹部22の形状を変えた。凸部21及び凹部22は、陰極2側及び陽極4側に同じように形成した。凸部21は接合部15の端から4mm~14mmの位置に半径5mmの半円状とし、凹部22は接合部15の端から1mm~4mmの位置に半径1.5mmの半円状とした。

30

【0070】

また、比較のために、凸部21及び凹部22のない放射線発生管、凸部21だけを設けた放射線発生管も作製した。凸部21だけを設けた場合は、凸部21も凹部22もない場合に比べて、絶縁性液体20中の陰極2と陽極4間沿面距離を約10mm延長でき、陰極2又は陽極4近傍の部分放電が、陰極2と陽極4間の絶縁破壊に発展しにくくなっている。しかし、陰極2や陽極4の端部の電界強度は1.1倍に増加し、部分放電し易くなる。

40

【0071】

一方、本実施例の放射線発生管1は、絶縁性液体20中の陰極2と陽極4間沿面距離は凸部21だけ設けた場合の放射線発生管と同等の長さで、陰極2や陽極4の端部の電界強度は凸部21も凹部22も設けない場合の放射線発生管と同等に留められている。よって、部分放電の発生を抑え、かつ陰極2と陽極4間の絶縁破壊への発展も抑制できる。

【0072】

上記のような方法で、放射線発生管1を作製し、放射線発生装置18に用いた絶縁性液体20と同じ電気絶縁油中で高電圧印加を試みた。陰極2を接地し、陽極4を高圧電源に接続し、120kV以上で5kV毎に昇圧し、30分保持する試験を行ったところ、145kVで放電した。一方、凸部21も凹部22もない場合は130kV、凸部21のみ設けた場合も130kVで放電しており、本実施例の効果が確認された。

50

【0073】

また、上記作製した放射線発生管1を放射線発生装置18内に収め、駆動したところ、安定して放射線放出が確認できた。

【0074】

(放射線発生ユニットの実施例)

図5に示される放射線発生ユニットを作製した。

【0075】

まず、放射線発生管を以下のようにして作成した。住友電気工業株式会社製の高圧合成ダイアモンドを支持基板として用意した。前記支持基板は、直径5mm、厚さ1mm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。

10

【0076】

この支持基板の直径1mm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(アルゴン)をキャリアガスとして、チタンからなる密着層を10nm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、成膜装置の雰囲気をベントする事なしに、連続成膜により、密着層の上に、Ar(アルゴン)をキャリアガスとして、スパッタにより、タンゲステンからなるターゲット層を7μmの厚さに形成した。タンゲステンの成膜時のダイア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。

20

【0077】

チタンからなる密着層及びタンゲ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UVISELERを用いた。このようにして、ダイアモンドからなる支持基板、チタンからなる密着層、タンゲ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5を得た。

30

【0078】

次に、直径60mmで厚さ3mmのディスク状のコバールからなる金属板の中心部に、直径1.1mmの円柱状の開口を形成するように加工して陽極4とした。陽極4に対して、有機溶媒洗浄、 rins、UV-オゾンアッシャ処理によって、陽極4の表面にある有機物を除去した。

30

【0079】

次に、陽極4の開口と、ディスク状のターゲット5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5が接続された陽極4を得た。

【0080】

次に、直径60mmで厚さ3mmのディスク状のコバールからなる金属板の中心部に、予め、電流導入端子11を備え付けて陰極2とした。陰極2に対して、陽極4にした洗浄と同様の洗浄を行い、有機溶媒洗浄、 rins、UV-オゾンアッシャ処理によって、陽極4の表面にある有機物を除去した。

40

【0081】

次に、電流導入端子11と含浸型電子銃を電気的及び機械的に接続して、電子放出源3と接続された陰極2を得た。

【0082】

次に、長さ60mm、内径50mmの円管状で、外周部に波状の凸部21を有する誘電性の管状部材6を用意した。管状部材6の基準となる外径は60mmで、凸部21は、高さ8mm、周期8mmのsin波状とし、円管軸状の中心振り分けで連続的に6個形成した。また、二つの開口端から1mmの位置から5mmの位置まで深さ1mmの、断面が矩形の凹部22を設けた。管状部材6は比誘電率が10程度のアルミナで形成した。管状部材6に対しても、陰極2や陽極4にしたのと同様の洗浄を行い、表面の有機物を除去した。

50

【0083】

次に、陰極2の電子放出源3が接続された面と、管状部材6の一方の開口端との間に、環状に成形した日本工業規格B A g - 8 (A g 7 2 - C u 2 8 、融点780)の銀ろうを挿入して820でろう付けを行った。このろう付けにより、環状に気密接合した接合材16を備える接合部15を形成した。

【0084】

次に、管状部材6の他方の開口端と、ターゲット5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4の面とを、陰極2側の接合と同様のろう付けを行い、環状に気密接合した接合材16を備える接合部15を形成した。

【0085】

以上によって、陰極2と陽極4とのそれぞれと、管状部材6とを、管状部材6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真空容器8を作成した。 10

【0086】

次に、不図示の排気管と排気装置により、真空容器8の内部を1E-5Pa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を作製した。

【0087】

上記のようにして作製した放射線発生管1を収納容器17内に収め、放射線発生ユニットを構成した。なお、収納容器17内は絶縁性液体20で満たした。絶縁性液体20は、比誘電率が3程度の電気絶縁油とした。

【0088】

比較のために、凸部21及び凹部22のない放射線発生管、凸部21だけを設けた放射線発生管も作製した。凸部21だけを設けた場合は、凸部21も凹部22もない場合に比べて、絶縁性液体20中の陰極2と陽極4間沿面距離を約10mm延長でき、陰極2又は陽極4近傍の部分放電が、陰極2と陽極4間の絶縁破壊に発展しにくくなっている。しかし、陰極2や陽極4の端部の電界強度は1.1倍に増加し、部分放電はし易くなる。 20

【0089】

一方、本実施例の放射線発生管1は、絶縁性液体20中の陰極2と陽極4間沿面距離は凸部21だけ設けた場合の放射線発生管と同等の長さで、陰極2や陽極4の端部の電界強度は凸部21も凹部22もない場合の1.05倍に留まる。よって、部分放電の発生を抑え、かつ陰極2と陽極4間の絶縁破壊への発展も抑制できる。

【0090】

上記のような方法で、放射線発生管1を作製し、放射線発生ユニット18に用いた絶縁性液体20と同じ電気絶縁油中で高電圧印加を試みた。陰極2を接地し、陽極4を高圧電源に接続し、120kV以上で5kV毎に昇圧し、30分保持する試験を行ったところ、150kVまで放電することが無かった。一方、凸部21も凹部22もない場合は140kV、凸部21のみ設けた場合は145kVで放電しており、本実施例の効果が確認された。 30

【0091】

また、上記作製した放射線発生管1を用いて放射線発生ユニット18を構成し、駆動したところ、安定してX線放出が確認できた。

【0092】

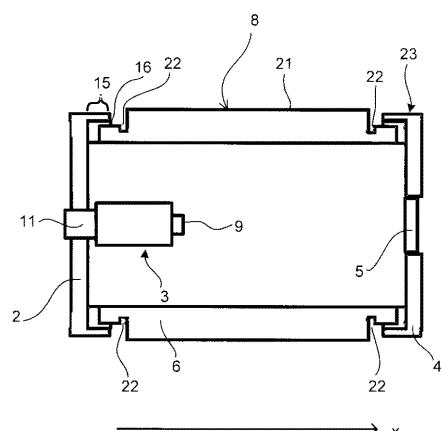
実施例1～3と本実施例と比較することにより、陰極2や陽極4に突出部23が有るような場合、本発明の効果が大きいことが確認された。 40

【符号の説明】

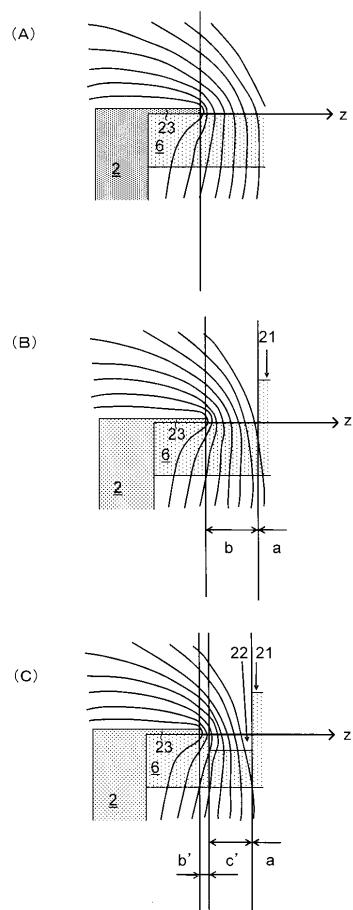
【0093】

1：放射線発生管、2：陰極、3：電子放出源、4：陽極、5：ターゲット、6：管状部材、8：真空容器、9：電子放出部、10：電子線、11：電流導入端子、12：駆動回路部、13：接地端子、14：放射線、15：接合部、16：接合材、17：収納容器、18：放射線発生ユニット、19：放出窓、20：絶縁性液体、21：凸部、22：凹部

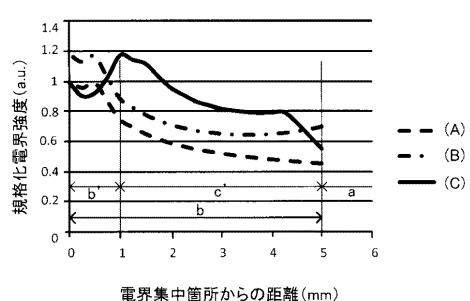
【図1】



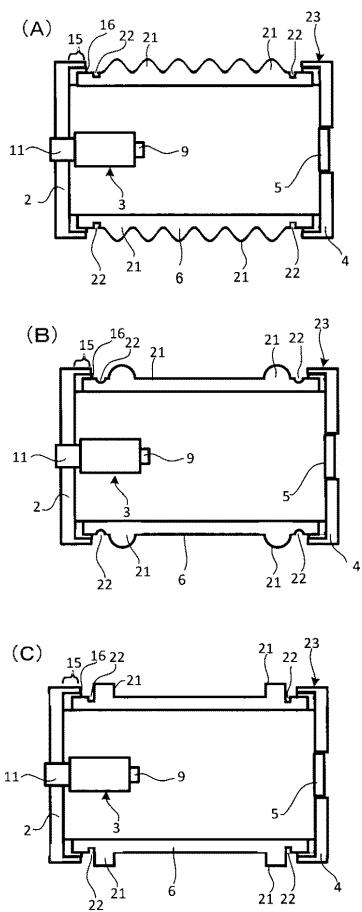
【図2】



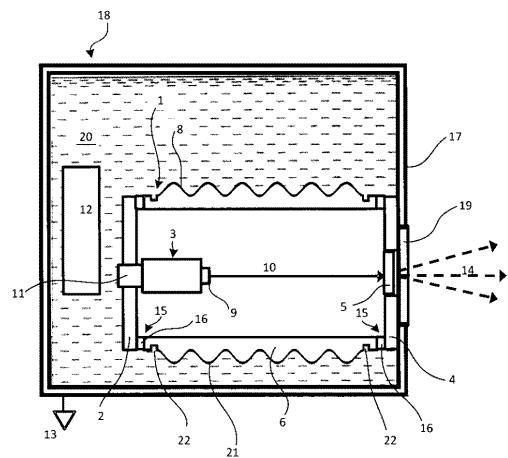
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

