

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6525941号  
(P6525941)

(45) 発行日 令和1年6月5日(2019.6.5)

(24) 登録日 令和1年5月17日(2019.5.17)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 J 35/16	(2006.01)	HO 1 J 35/16	
HO 5 G 1/04	(2006.01)	HO 5 G 1/04	
HO 1 J 35/08	(2006.01)	HO 1 J 35/08	F

請求項の数 21 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2016-212124 (P2016-212124)	(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28年10月28日(2016.10.28)	(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(65) 公開番号	特開2018-73625 (P2018-73625A)	(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(43) 公開日	平成30年5月10日(2018.5.10)	(72) 発明者	川瀬 順也 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
審査請求日	平成29年10月18日(2017.10.18)	(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
		審査官	道祖土 新吾

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 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】

電子放出源を備える陰極と、  
透過型ターゲットを備える陽極と、  
前記陽極と前記陰極のそれぞれと接合される絶縁管と、を有するX線発生管と、前記X線発生管を収納する導電性の収納容器と、を備えるX線発生装置であって、前記収納容器は、前記絶縁管に向かって延在するフランジ部と、前記フランジ部から突出し前記陽極が固定される突出部と、を有し、  
前記フランジ部と前記突出部は、屈曲部を介して連なっており、前記屈曲部は、管軸方向において、前記絶縁管と前記陽極とが接合されている陽極側接合部と、前記絶縁管と前記陰極とが接合されている陰極側接合部との間に位置し、前記屈曲部と前記陰極側接合部との距離が、前記陽極側接合部と前記陰極側接合部との距離と等しいか長いことを特徴とするX線発生装置。

【請求項2】

前記陰極の側から前記陽極の側に向かう向きを正として管軸方向における前記収納容器の内面の位置をzとするとき、  
前記屈曲部は、前記絶縁管と前記収納容器との距離Liの位置zに対する1階微分値が極小となる位置に重なることを特徴とする請求項1に記載のX線発生装置。

【請求項3】

前記陰極の側から前記陽極の側に向かう向きを正として管軸方向における前記収納容器

の内面の位置を  $z$  とするとき、

前記屈曲部は、前記絶縁管と前記収納容器との距離  $L_i$  の  $z$  に対する 2 階微分値が負から正に極性反転する位置に重なることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の X 線発生装置。

【請求項 4】

前記屈曲部は、前記陰極側接合部との距離が最小となる近接点を有し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 線発生装置。

【請求項 5】

電子放出源を備える陰極と、

透過型ターゲットを備える陽極と、

前記陽極と前記陰極のそれぞれと接合される絶縁管と、を有する X 線発生管と、前記 X 線発生管を収納する導電性の収納容器と、を備える X 線発生装置であって、前記収納容器は、前記絶縁管に向かって延在するフランジ部と、前記フランジ部から突出し前記陽極が固定される突出部と、を有し、

前記フランジ部と前記突出部は、屈曲部を介して連なっており、前記屈曲部は、管軸方向において、前記絶縁管と前記陽極とが接合されている陽極側接合部と、前記絶縁管と前記陰極とが接合されている陰極側接合部との間に位置し、前記屈曲部は、前記陰極側接合部との距離が最小となる近接点を有していることを特徴とする X 線発生装置。

【請求項 6】

前記陰極の側から前記陽極の側に向かう向きを正として管軸方向における前記収納容器の内面の位置を  $z$  とするとき、

前記屈曲部は、前記絶縁管と前記収納容器との距離  $L_i$  の位置  $z$  に対する 1 階微分値が極小となる位置に重なることを特徴とする請求項 5 に記載の X 線発生装置。

【請求項 7】

前記陰極の側から前記陽極の側に向かう向きを正として管軸方向における前記収納容器の内面の位置を  $z$  とするとき、

前記屈曲部は、前記絶縁管と前記収納容器との距離  $L_i$  の  $z$  に対する 2 階微分値が負から正に極性反転する位置に重なることを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の X 線発生装置。

【請求項 8】

前記近接点と前記陰極側接合部との距離が、前記陽極側接合部と前記陰極側接合部との距離より短いとき、

前記屈曲部と前記陰極側接合部との間に、前記陰極側接合部から前記屈曲部が直視されないように、絶縁性の保護部材が配置されていることを特徴とする請求項 5 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の X 線発生装置。

【請求項 9】

前記保護部材は、体積抵抗が  $1 \times 10^5$  m 以上であることを特徴とする請求項 8 に記載の X 線発生装置。

【請求項 10】

前記フランジ部及び前記突出部は、金属材料で構成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 線発生装置。

【請求項 11】

前記収納容器は、接地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 1 項に記載の X 線発生装置。

【請求項 12】

前記陽極は、前記収納容器を介して接地されていることを特徴とする請求項 11 に記載の X 線発生装置。

【請求項 13】

前記 X 線発生管を駆動する駆動回路をさらに有し、

前記収納容器は、前記駆動回路とともに絶縁油を収納していることを特徴とする請求項

10

20

30

40

50

1乃至12のいずれか1項に記載のX線発生装置。

【請求項14】

前記収納容器は、前記フランジ部と環状に連なる後方収納部を有し、

前記駆動回路は、前記後方収納部に収納されていることを特徴とする請求項13に記載のX線発生装置。

【請求項15】

前記駆動回路は、前記電子放出源の放出電子量を制御する電子量制御部を備えていることを特徴とする請求項13または14に記載のX線発生装置。

【請求項16】

前記駆動回路は、前記陽極と前記陰極との間に管電圧を印加する管電圧駆動部を備えていることを特徴とする請求項13乃至15のいずれか1項に記載のX線発生装置。

10

【請求項17】

前記透過型ターゲットは、電子の照射によりX線を発生するターゲット層と、前記ターゲット層を支持するとともに発生したX線を透過させる支持窓と、を有することを特徴とする請求項1乃至16のいずれか1項に記載のX線発生装置。

【請求項18】

前記絶縁管は、前記陽極と前記陰極との間に位置することを特徴とする請求項1乃至17のいずれか1項に記載のX線発生装置。

【請求項19】

前記フランジ部は、前記屈曲部が前記絶縁管を囲むように環状に延在していることを特徴とする請求項1乃至18のいずれか1項に記載のX線発生装置。

20

【請求項20】

前記突出部は、前記フランジ部より前記後方収納部から離れる方向に突出していることを特徴とする請求項14に記載のX線発生装置。

【請求項21】

請求項1乃至20のいずれか1項に記載のX線発生装置と、

前記X線発生装置から放出され被検体を透過した透過X線を検出するX線検出装置と、前記X線発生装置と前記X線検出装置とを連携して制御するシステム制御装置と、

を有するX線撮影システム。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、X線発生管を備えるX線発生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

透過型のターゲットを備えたX線発生管を用いたX線発生装置が公知である。かかるX線発生装置は、接地された金属製の容器内に、金属容器内に充填された絶縁油、および、X線発生管を駆動する駆動回路とともに、X線発生管が収納される。このようにX線発生管が金属容器に収納された形態をモノタンクと称する。このようなモノタンク実装形態をとることにより、X線発生装置は、小型化と高電圧印加条件下でも放電し難い信頼性が担保される。

40

【0003】

モノタンク実装形態をとるX線発生装置は、一般に、接地された金属製の容器に対するX線発生管の陽極と陰極の電位規定方式として、中性点接地方式と陽極接地方式の2つの接地方式をとる。

【0004】

中性点接地方式のX線発生装置においては、X線発生管はバイポーラ電圧源により陽極、陰極に $+1/2V_a$ 、 $-1/2V_a$ がそれぞれ印加され、管電圧 $V_a$ が印加されるように、構成されている。また、中性点接地方式のX線発生装置においては、陽極を含めて絶縁油中にX線発生管は完全に浸漬された状態で実装されている。

50

## 【 0 0 0 5 】

特許文献 1 には、中性点接地方式でモノタンク実装された透過型 X 線管を備える X 線発生装置が記載されている。

## 【 0 0 0 6 】

特許文献 1 に記載の中性点接地方式によれば、共通接地電極及び金属容器からみた最大電圧差が管電圧  $V_a$  の  $1/2$  となり、X 線発生装置の小型化と電氣的信頼性とを両立する点において優れている。

## 【 0 0 0 7 】

一方で、中性点接地方式の X 線発生装置は、小型化に向いている半面、X 線ターゲットが収納容器の内部に配置されることになり、X 線発生部と被検体との近接化が制限され拡大撮影には向いていなかった。

10

## 【 0 0 0 8 】

陽極接地方式の X 線発生装置においては、X 線発生管の陽極は金属製の容器とともに接地され、陰極はモノポーラ電圧源により  $-V_a$  電位（負の管電圧圧）が印加される。陽極は、金属性の容器の一部、または、モノタンクの一部を構成しているとも言える。従って、陽極接地方式で収納容器に実装された X 線発生管の陽極は、一部がモノタンクの外部に露出している形態をとり、絶縁管と陰極が絶縁油中に完全に浸漬されて実装されている。

## 【 0 0 0 9 】

陽極接地方式で透過型 X 線管が実装された X 線発生装置は、X 線ターゲットが金属製の容器の容器壁面または、容器外部に配置されることになり、X 線発生部と被検体との近接化が可能であり拡大撮影に適している。一般に、拡大率は、X 線発生部と X 線検出面との距離 (SID) を、X 線発生部と被検体との距離 (SOD) で除した比で規定される。ここで、SID、SOD は、それぞれ、Source Image-receptor Distance、Source Object Distance の略である。特許文献 2 には、陽極接地された透過型 X 線管の陽極を収納容器の外部に突出させたモノタンク実装形態をとる X 線発生装置が記載されている。

20

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【 0 0 1 0 】

【特許文献 1】米国特許 7 4 9 0 0 9 9 号公報

30

【特許文献 2】特開 2 0 1 5 - 5 8 1 8 0 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 1 1 】

特許文献 2 に記載されているように、陽極接地された透過型 X 線管の陽極を収納容器の外部に突出させた X 線発生装置において、SOD の近接化と管電圧の安定的な印加とが両立せず、拡大撮影と安定した撮影との少なくともいずれかが制限される場合があった。

## 【 0 0 1 2 】

従って、本願発明は、拡大撮影が行えるとともに、X 線発生管と収納容器との間の放電が低減された X 線発生装置を提供することにある。

40

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 3 】

本発明の X 線発生装置の第一は、電子放出源を備える陰極と、透過型ターゲットを備える陽極と、前記陽極と前記陰極のそれぞれと接合される絶縁管と、を有する X 線発生管と、前記 X 線発生管を収納する導電性の収納容器と、を備える X 線発生装置であって、前記収納容器は、前記絶縁管に向かって延在するフランジ部と、前記フランジ部から突出し前記陽極が固定される突出部と、を有し、前記フランジ部と前記突出部は、屈曲部を介して連なっており、前記屈曲部は、管軸方向において、前記絶縁管と前記陽極とが接合されている陽極側接合部と、前記絶縁管と前記陰極とが接合されている陰極側接合部との間に位置し、前記屈曲部と前記陰極側接合部との距離が、前記陽極側接合部と前記陰極側接合部

50

との距離と等しいか長いことを特徴とする。

また、本発明のX線発生装置の第二は、電子放出源を備える陰極と、透過型ターゲットを備える陽極と、前記陽極と前記陰極のそれぞれと接合される絶縁管と、を有するX線発生管と、前記X線発生管を収納する導電性の収納容器と、を備えるX線発生装置であって、前記収納容器は、前記絶縁管に向かって延在するフランジ部と、前記フランジ部から突出し前記陽極が固定される突出部と、を有し、前記フランジ部と前記突出部は、屈曲部を介して連なっており、前記屈曲部は、管軸方向において、前記絶縁管と前記陽極とが接合されている陽極側接合部と、前記絶縁管と前記陰極とが接合されている陰極側接合部との間に位置し、前記屈曲部は、前記陰極側接合部との距離が最小となる近接点を有していることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、放電が低減された高い信頼性を有するとともに、低いSODにより拡大撮影が行えるX線発生装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るX線発生装置の断面図(a)と、三面図(b)～(d)である。

【図2】本発明の第2の実施形態に係るX線発生装置の斜視図(a)、断面図(b)、収納容器の内面と絶縁管との距離に関するグラフ(c)、(d)、(e)である。

20

【図3】本発明の第3の実施形態に係るX線発生装置の斜視図(a)、断面図(b)、収納容器の内面と絶縁管との距離に関するグラフ(c)、(d)、(e)である。

【図4】本発明の第4、第5、第6の実施形態の要部を示す断面図(a)、(b)、(c)と保護部材の斜視図(d)である。

【図5】本発明の第7、第8の実施形態に係るX線発生管の陽極側接合部と陰極側接合部を示す断面図(a)、(b)である。

【図6】本発明の第9の実施形態に係るX線撮影システムを説明する構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、図面を参照しながら本発明を実施するための形態について説明する。

30

【0017】

[第1の実施形態]

< X線発生装置 >

図1(a)は、本発明の第1の実施形態に係るX線発生装置101を示す断面図であり、図1(b)～(d)は、X線発生装置101の三面図である。なお、本願明細書および各図面において、管軸方向Dtをz軸、管径方向をx-y平面となるように描かれている。なおz軸は、透過型ターゲットの放出面を0、収納容器107の外部への曝射方向の側を正、陰極の側を負として示されている。言い換えると、陰極104の側から陽極103の側に向かう向きを正としている。

【0018】

40

X線発生装置101は、X線発生管102と、絶縁油108と、X線発生管102と絶縁油108とを収納する収納容器107を備えている。本願発明は、収納容器107とX線発生管102との間において特定の配置関係を有することを特徴とするものである。かかる配置関係においては後述する。

【0019】

< X線発生管 >

本実施形態の透過型のX線発生管102は、透過型ターゲット1を備える陽極103と、電子放出源9を備える陰極104と、管軸方向の両端の一方と他方とにおいて陽極103と陰極104に接合され、両極の絶縁を担保する絶縁管4を備える。絶縁管4は陽極103、陰極104のそれぞれと封止され、真空気密容器を構成する。

50

## 【 0 0 2 0 】

陽極 1 0 3 は、ターゲット層 1 a とターゲット層を支持する支持窓 1 b とを備える透過型ターゲット 1 と、ターゲット層 1 a と電氣的に接合され支持窓 1 b と接合されている環状の陽極部材 2 と、を備えている。陽極部材 2 と支持窓 1 b とは、ろう材を介して環状に気密封止される。

## 【 0 0 2 1 】

ターゲット層 1 a は、タングステン、タンタル等の重金属を含有することで電子の照射により X 線を発生する。また、ターゲット層 1 a の層厚は、X 線の発生に寄与する電子侵入長と、発生した X 線の支持窓 1 b の側に透過する際の自己減衰量と、のバランスから決定され、 $1 \mu\text{m}$  ~ 数十  $\mu\text{m}$  が適用される。

10

## 【 0 0 2 2 】

支持窓 1 b は、ターゲット層 1 b で発生した X 線を透過させ X 線発生管 1 0 2 の外に放出する端窓の機能を有しており、X 線を透過するために、ベリリウム、アルミニウム、窒化珪素、炭素の同素体等が適用される。支持窓 1 b としては、ターゲット層 1 b の発熱を効果的に陽極部材 2 に伝熱する点において、熱伝導性が高いダイヤモンドを適用する事が好ましい。

## 【 0 0 2 3 】

絶縁管 2 は真空気密性と絶縁性を備えたアルミナ、ジルコニア等のセラミック材料、ソーダライム、石英等のガラス材料が適用される。陰極部材 8、陽極部材 2 は、絶縁管 2 との間の熱応力を軽減する意図から、絶縁管 2 の線膨張係数  $i$  ( $\text{ppm}/$ ) に近い線膨張係数  $c$  ( $\text{ppm}/$ )、 $a$  ( $\text{ppm}/$ ) を有する材料が適用され、コパール、モネル等の合金が適用される。

20

## 【 0 0 2 4 】

本願明細書において、X 線発生管 1 0 2 の管軸方向 D t 及び管中心軸 C t は、絶縁管 4 の管軸方向及び管中心軸により規定される。

## 【 0 0 2 5 】

陰極 1 0 4 は、電子放出部を備えるヘッド部 2 3 とヘッド部を陰極部材 8 に対して固定するネック部 2 2 とを有した電子放出源 9 と、電子放出源 9 と接合される環状の陰極部材 8 とを備えている。

## 【 0 0 2 6 】

電子放出源 9 は、陰極部材 9 と、ろう材を介してろう接されるか、レーザ溶接等により熱融着される。電子放出源 9 は、ヘッド部 2 3 に、含浸型熱電子源、フィラメント型熱電子源、冷陰極電子源等が適用される電子放出部を備えている。ヘッド部 2 3 は、引き出しグリッド電極、集束レンズ電極等の静電場を規定する不図示の電極を備えることが可能である。ネック部 2 2 は、管軸方向に沿って、電子放出部、静電レンズ電極と電氣的に接合された配線が貫通するように、管状または複数の柱状の形態をとる。

30

## 【 0 0 2 7 】

本実施形態の透過型の X 線発生管 1 0 2 は、図 1 ( a ) に示すとおり、陽極接地方式をとるよう収納容器 1 0 7 に固定されている。X 線発生管 1 0 2 の陽極 1 0 3 は、導電性の収納容器 1 0 7 を介して接地端子 1 0 5 に電氣的に接合され、接地されている。また、X 線発生管 1 0 2 の陰極 1 0 4 は、管駆動回路 1 0 6 の負極端子に電氣的に接合され、管駆動回路 1 0 6 の正極端子を介して接地端子に電氣的に接合されている。なお、管駆動回路 1 0 6 は、管電圧  $V_a$  を出力する不図示の管電圧駆動部を備えており、正極端子は接地電位に規定され、負極端子は  $-V_a$  ( V ) 電位を出力する。また、管駆動回路 1 0 6 は、電子放出部の放出電子量を制御する不図示の電子量制御部を備えている。

40

## 【 0 0 2 8 】

## &lt; 収納容器 &gt;

収納容器 1 0 7 は、絶縁性液体 1 0 8 とともに、X 線発生管 1 0 2、管駆動回路 1 0 6 を収納するように、密閉構造をとる。収納容器 1 0 7 は、管駆動回路 1 0 6 を収納する後方収納部 1 0 7 a、フランジ部 1 0 7 b、突出部 1 0 7 c と、を有する。後方収納部 1 0

50

7 aとフランジ部107 bと、フランジ部107 bと突出部107 cとは、それぞれ、液密となるように環状に封止されている。

【0029】

本実施形態においては、後方収納部107 a、フランジ部107 b、突出部107 cは、いずれも収納容器107を同電位（接地電位）に規定するように導電性を有している。このように収納容器107を接地する形態とすることにより、X線発生装置101の電気的安全性を担保している。後方収納部107 a、フランジ部107 b、突出部107 cは、導電性、堅牢性の点から金属材料で構成されることが好ましい。

【0030】

絶縁性液体108は、X線発生管2と管駆動回路106との間が気泡を介さないように、収納容器107に真空充填されている。絶縁性液体108中の気泡は、周囲の絶縁性液体に比較して局所的に低誘電率な領域であり、放電の要因となるためである。絶縁性液体108は、収納容器内に収納された部材の温度分布を駆動力とする対流熱交換作用を発現する。収納容器107内部の温度分布を低減するとともに、収納容器107の容器内部の熱を容器壁面を介して収納容器外に放熱する放熱機能と、X線発生管2と管駆動回路106と収納容器107の相互の放電を低減する放電低減機能と、を有している。具体的には、絶縁性液体108は、X線発生装置101の動作温度域に対応する耐熱性と流動性と電気的絶縁性とを有する流体が適用され、シリコン油、フッ素樹脂系オイル等の化学合成油、鉱油等、または、SF6等の絶縁性気体が適用される。

【0031】

< 収納容器の各部とX線発生管との配置関係 >

本発明の特徴に係る、収納容器を構成する後方収納部107 a、フランジ部107 b、突出部107 cの夫々と、X線発生管102との配置関係を説明する図1(a)~(d)の各図を用いて説明する。

【0032】

本実施形態のX線発生装置101は、円筒状の突出部107 cを有しており、X線発生管102の陽極104が突出部107 cに接合されている。

【0033】

X線発生管102は、陽極103が円筒状の突出部107 cに設けられた開口部に接合されて、収納容器107に固定されている。管駆動回路106は、後方収納部107 aに不図示の固定部材を介して収納容器に固定されている。このように、X線発生管102を収納し固定する場所と、管駆動回路106を固定する場所を分けることで、X線発生管102を選択的に収納容器107の突出部に配置することが可能となる。

【0034】

図6に示すようなX線撮影システムにおいて、突出部が設けられていない収納容器にX線発生管の陽極を固定した場合、被検体に対向し近接する収納容器の部分の面積が大きくなり、線源像検出面間距離SIDを短距離化することが困難となる。

【0035】

一方、収納容器107は、さらに、後方収納部107 aと環状に連なり後方収納部107 aと連なる部分から絶縁管4に向かって近づき絶縁管4を囲むフランジ部107 bを有している。また、収納容器107は、さらに、フランジ部107 bと環状に連なりフランジ部107 bより後方収納部107 aから離れる方向に突出している部分を有するとともに陽極103が固定される突出部107 cを有している。なお、突出部107 cは、フランジ部107 bとの間に、環状屈曲部107 dを有している。また、突出部107 cとフランジ部107 bとは、収納容器107の内面において環状に延在する環状屈曲部107 dを介して環状に連なっている。換言すると、環状屈曲部107 dは、収納容器107の内部に向かって突出している部分に位置するとも言える。

【0036】

環状屈曲部107 dを介して突出部107 cがフランジ部107 bより突出していることにより、曝射時に電子線焦点が形成されX線発生領域となる透過型ターゲット1の位置

10

20

30

40

50

を収納容器 107 の突出部の先端に配置することが可能となる。

【0037】

この結果、図 6 に示すように、本発明の X 線発生装置 101 を X 線撮影システム 200 に適用した場合に、高い撮影拡大率を担保するとともに、実効的に撮影分解能の高い撮影環境を構築することが可能となる。即ち、現実的に検出面の面積が制限される X 線検出器 206 と X 線発生装置 101 との線源像検出面間距離  $SID$  に対して、線源被検体間距離  $SOD$  を効果的に低減することが可能となり、拡大率  $SID / SOD$  を高めることが可能となる。この結果、X 線発生装置 101 側に局所的に突出している部分を有する被検体 204 に対して衝突することなく、被検体 204 の関心領域  $ROI$  に、X 線発生装置 101 の X 線発生部である透過型ターゲット 1 を近接することが可能となる。突出している部分

10

【0038】

環状屈曲部 107d は、図 1 (a) に示す通り、管軸方向  $Dt$  ( $z$  方向) において、絶縁管 4 と陽極 103 とが接合されている陽極側接合部 128 と、絶縁管 4 と陰極 104 とが接合されている陰極側接合部 122 との間に位置する。このように、X 線発生管 102 を収納容器 107 に配置することで、拡大撮影と高い信頼性を有する X 線発生装置 101 を提供することができる。即ち、透過型ターゲット 1 を収納容器 107 の突出した位置に配置することで拡大撮影に好適な配置となる技術的意義を有する。また、陽極と同電位の環状屈曲部 107d と陰極 104 とを離間した配置とすることで放電が低減され X 線発生装置 101 の信頼性を担保することが可能となる。このような配置は、陽極と同電位の環状屈曲部 107d と、三重点 (陰極 104 と絶縁管 4 との接合部) を離間したことに

20

【0039】

なお、環状屈曲部 107d を介して突出部 107c がフランジ部 107b より突出していることは、収納容器 107 が後方収納部 107a と環状に連なる部分から絶縁管 4 に向かって近づき絶縁管 4 を囲むフランジ部を有することと、実質的に同義である。

【0040】

図 2 は、本発明の第 2 の実施形態に係る X 線発生装置の斜視図 (a)、断面図 (b)、収納容器の内面と絶縁管との距離に関するグラフ (c)、(d)、(e) である。図 2 (b) において、本願明細書の他の図面と同様にして、陰極 104 の側から陽極 103 の側に向かう向きを正として管軸方向  $Dt$  における収納容器 107 の内面の位置を  $z$  としている。

30

【0041】

本実施形態の X 線発生装置 101 は、直方体状の突出部 107c を有しており、第 1 の実施形態と、フランジ部 107b、突出部 107c、環状屈曲部 107d の形状において相違している。本実施形態の環状屈曲部 107d は、矩形状であって、絶縁管 4 を囲んでいる。

【0042】

図 2 (c) には、管軸方向の位置  $z$  における、絶縁管 4 と収納容器 107 の内周面との距離  $Li$  を、位置  $z$  に対してプロットしたグラフが示されている。図 2 (d) には、距離  $Li$  の位置  $z$  に対する 1 階微分値を、位置  $z$  に対してプロットしたグラフが示されている。同様にして、図 2 (e) には、距離  $Li$  の位置  $z$  に対する 2 階微分値を、位置  $z$  に対してプロットしたグラフが示されている。

40

【0043】

環状屈曲部 107d は、図 2 (b)、(d) に示すように、絶縁管 4 と収納容器 107 のとの距離  $Li$  の位置  $z$  に対する 1 階微分値が極小となる位置に重なっている。また、環状屈曲部 107d は、図 2 (b)、(e) に示すように、絶縁管 4 と収納容器 107 のとの距離  $Li$  の位置  $z$  に対する 2 階微分値が負から正に極性反転する位置に重なっている。従って、環状屈曲部 107d は、有限の曲率半径を有する部分を有する収納容器 107 に

50



対しても一意に特定することが可能である。なお、極性反転は符号反転と言い換えても良い。

【0044】

図3は、本発明の第3の実施形態に係るX線発生装置の斜視図(a)、断面図(b)、収納容器の内面と絶縁管との距離に関するグラフ(c)、(d)、(e)である。本実施形態のX線発生装置101は、円錐台形状の突出部107cを有しており、第1の実施形態と突出部107cの形状において相違し、第2の実施形態とフランジ部107b、突出部107c、環状屈曲部107dの形状において相違している。本実施形態の環状屈曲部107dは、円環状であって、第1、第2の実施形態と同様に絶縁管4を囲んでいる。

【0045】

図3(c)には、管軸方向の位置zにおける、絶縁管4と収納容器107の内周面との距離 $L_i$ を、位置zに対してプロットしたグラフが示されている。図3(d)には、距離 $L_i$ の位置zに対する1階微分値を、位置zに対してプロットしたグラフが示されている。同様にして、図3(e)には、距離 $L_i$ の位置zに対する2階微分値を、位置zに対してプロットしたグラフが示されている。

【0046】

本実施形態においても、環状屈曲部107dは、図3(b)、(d)に示すように、絶縁管4と収納容器107のとの距離 $L_i$ の位置zに対する1階微分値が極小となる位置に重なっている。また、環状屈曲部107dは、図3(b)、(e)に示すように、絶縁管4と収納容器107のとの距離 $L_i$ の位置zに対する2階微分値が負から正に極性反転する位置に重なっている。

【0047】

図4(a)~(c)は、本発明の第4、第5、第6の実施形態に係るX線発生装置101の要部を部分拡大した断面図である。図4(a)~(c)は、第4~第6の実施形態に係るX線発生装置101における、陰極104(陰極部材8)と絶縁管4とが接合した陰極側接合部122、陽極103(陽極部材2)と絶縁管4とが接合した陽極側接合部128が其々示されている。

【0048】

図4(a)に示す第4の実施形態は、陰極側接合部122と陽極側接合部128との距離 $L_{ca}$ より、陰極側接合部122と環状屈曲部107dとの距離 $L_{cb}$ が長い形態である。本実施形態は、突出部107cの突出量が小さい為、拡大撮影時の不図示の検体の高さ分の影響を受けやすく、拡大撮影の点においては、後述する第5、第6の実施形態より、不利な形態である。一方で、本実施形態は、電界集中が生じる三重点を形成する陰極側接合部122を環状屈曲部107dに、陽極側接合部128に比較して、近接させていない為、陰極104と収納容器107との間で放電が生じ難い。本実施形態は、環状屈曲部107dと陰極側接合部122との距離が、陽極側接合部128と陰極側接合部122との距離と等しい場合に拡張することができる。

【0049】

図4(b)に示す第5の実施形態は、陰極側接合部122と陽極側接合部128との距離 $L_{ca}$ より、陰極側接合部122と環状屈曲部107dとの距離 $L_{cb}$ が短い形態である。本実施形態は、突出部107cの突出量が大きい為、拡大撮影時の不図示の検体の高さ分の影響を第4の実施形態より受け難く、拡大撮影に好適である。一方で、本実施形態は、電界集中が生じる三重点を形成する陰極側接合部122を環状屈曲部107dに、陽極側接合部128に比較して、近接させている為、陰極104と収納容器107との間の耐圧特性が低下し、第4の実施形態より放電が生じ難い。換言すると、本実施形態の環状屈曲部107dは、収納容器107の内周面において、陰極側接合部122との距離が最小となる近接点107pを有している。また、本実施形態は、かかる近接点107pと陰極側接合部122との距離 $L_{cb}$ が、陽極側接合部128と陰極側接合部122との距離 $L_{ca}$ より短いとも言える。

【0050】

10

20

30

40

50

図4(c)に示す第6の実施形態は、第5の実施形態の変形例である。本実施形態は、環状屈曲部107d(近接点107p)と陰極側接合部122との間に、陰極側接合部122から環状屈曲部107d(近接点107p)が直視されないように、絶縁性の保護部材120が配置されている点において、第5の実施形態と相違する。保護部材120は、図4(c)、(d)に示すように、陰極側接合部122の周辺から環状屈曲部107d(近接点107p)が直視されないように、L字状の断面を回転させた管状部材となってX線発生管102を囲んでいる。保護部材120は、絶縁性の固体であればよく、セラミック、ガラス材料、樹脂材料等が適用される。保護部材120は、25における体積抵抗において $1 \times 10^5$  m以上の絶縁性を有することが好ましい。

【0051】

次に、図5(a)、(b)を用いて、陰極側接合部122と陽極側接合部128の決定方法を説明する。図5(a)、(b)は、本発明の第7、第8の実施形態に係るX線発生管102の陽極側接合部128と陰極側接合部122を示す断面図である。

【0052】

第7の実施形態は、ディスク状の陽極部材2と陰極部材8が互いに対向する面において、絶縁管4と接合されている。本実施形態においては、陰極側接合部122は、絶縁管4の陰極側の終端に一致し、陽極側接合部128は、絶縁管4の陰極側の終端に一致する。従って、陰極側接合部122と陽極側接合部128との距離Lcaは、絶縁管4の管軸方向の長さに一致する。

【0053】

第8の実施形態は、陽極部材2と陰極部材8がそれぞれ、互いに対向する向きに管状に突出したスリーブ部を有している点において、第7の実施形態と相違する。本実施形態においては、陰極側接合部122は、絶縁管4の陰極側の終端よりも管軸方向Dtにおいて陽極側にかかるスリーブ部の突出長さだけオフセットしている。同様にして、陽極側接合部128は、絶縁管4の陰極側の終端よりも管軸方向Dtにおいて陰極側にかかるスリーブ部の突出長さだけオフセットしている。従って、陰極側接合部122と陽極側接合部128との距離Lcaは、絶縁管4の管軸方向の長さよりも短い。

【0054】

以上の説明した方法により、陽極部材2、陰極部材8、絶縁管4の形状に依存せずに、電界集中する領域のうち対向する電極に近接した位置に、陰極側接合部122と陽極側接合部128とをそれぞれ決定することが可能である。

【0055】

図6は、本発明の第9の実施形態に関わるX線撮影システム200を示す構成図である。システム制御装置202は、X線発生装置101とX線検出装置201とを連携して制御する。

【0056】

管駆動回路106は、システム制御装置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。システム制御装置202から出力された制御信号により、X線発生装置101から放出されるX線の放出状態が制御される。X線発生装置101から放出されたX線11は、被検体204を透過してX線検出器206で検出される。X線検出器206は、不図示の検出素子を複数備えており、透過X線像を取得する。取得した透過X線像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に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の撮影画像をスクリーンに表示する。X線発生管1と被検体204の間には、不要なX線の照射を低減するために、所定の間隙を有する不図示のスリット、所定の開口を有するコリメータ等を配置してもよい。なお、本実施形態において、被検体204は、不図示の載置部または搬送部により、X線発生管102、X線検出206と所定の距離だけ離間する様に支持される

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

以上、本実施形態のX線撮影システム200によれば、拡大撮影に好適であり、放電が低減されたX線発生装置101を備えているので、拡大撮影画像を安定して取得することが可能である。

【 符号の説明 】

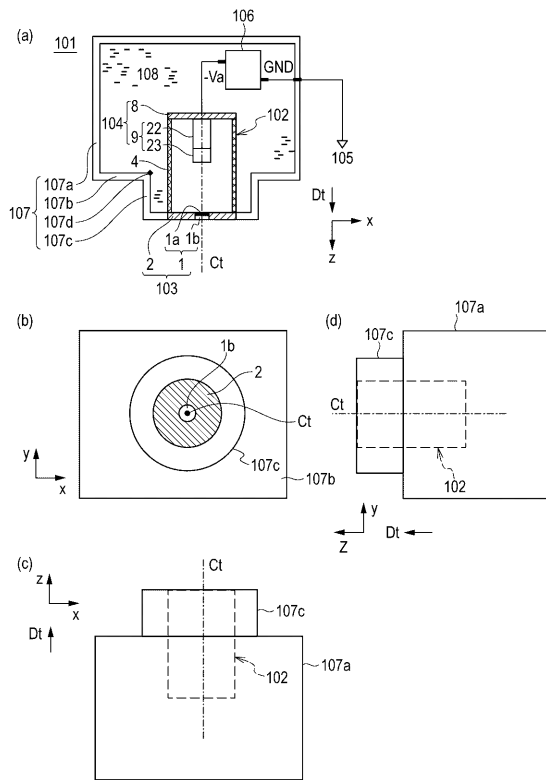
【 0 0 5 8 】

- 1 透過型ターゲット
- 4 絶縁管
- 9 電子放出源
- 101 X線発生装置
- 102 X線発生管
- 103 陽極
- 104 陰極
- 106 管駆動回路
- 107 収納容器
- 107a 後方収納部
- 107b フランジ部
- 107c 突出部
- 107d 環状屈曲部
- 108 絶縁油
- 122 陰極側接合部
- 128 陽極側接合部

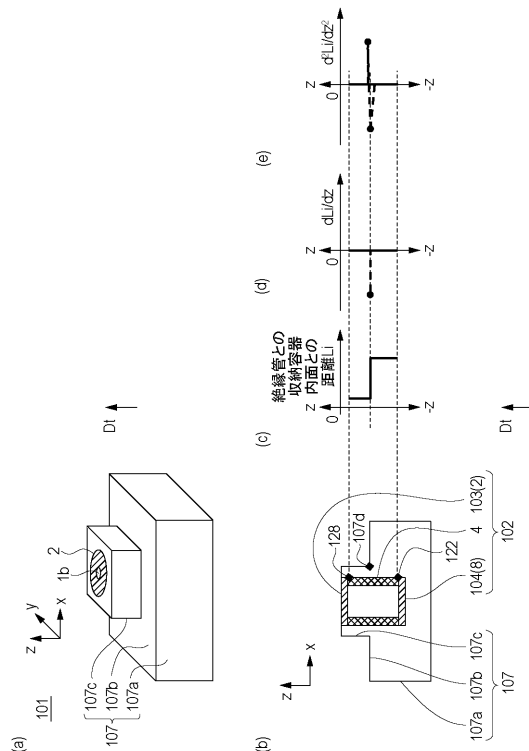
10

20

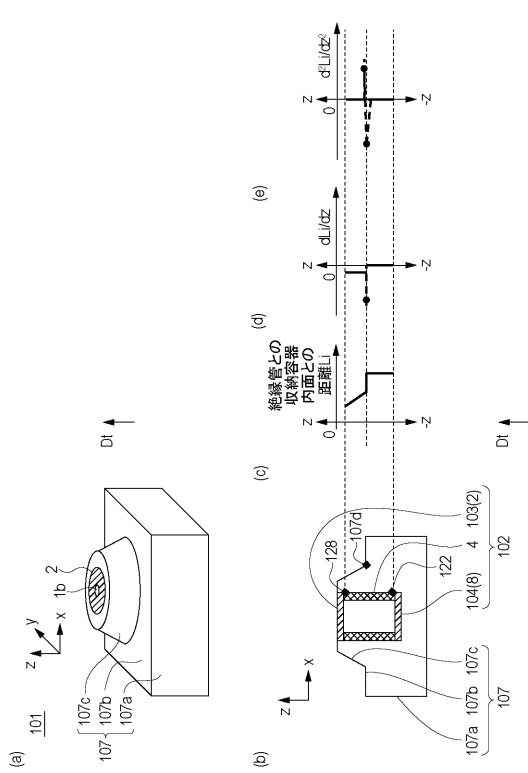
【 図 1 】



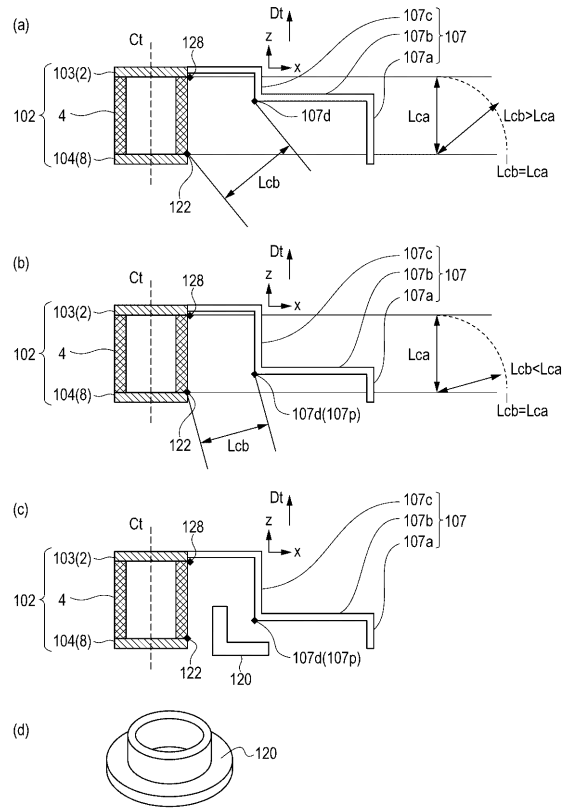
【 図 2 】



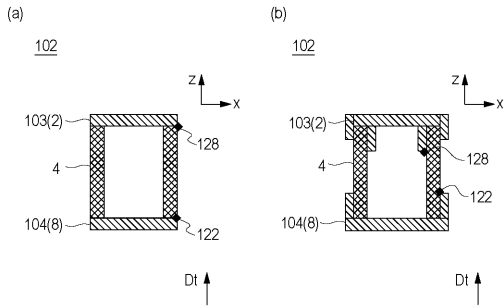
【図3】



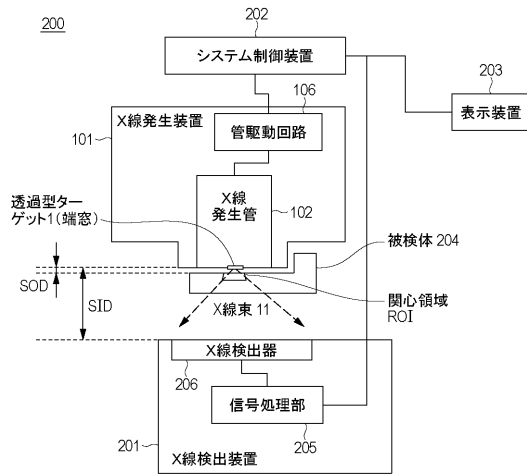
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2015/053835(WO, A1)  
特開2016-167398(JP, A)  
特開2014-032903(JP, A)  
国際公開第2016/077056(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 35/00 - 35/32  
H05G 1/00 - 2/00