

(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2013-109902

(P2013-109902A)

(43) 公開日 平成25年6月6日(2013.6.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 J 35/08 (2006.01)	H O 1 J 35/08 D	
H O 1 J 35/16 (2006.01)	H O 1 J 35/08 F	
	H O 1 J 35/16	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2011-252792 (P2011-252792)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成23年11月18日 (2011.11.18)		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	100096828
			弁理士 渡辺 敬介
		(74) 代理人	100110870
			弁理士 山口 芳広
		(72) 発明者	小倉 孝夫
			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	青木 修司
			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

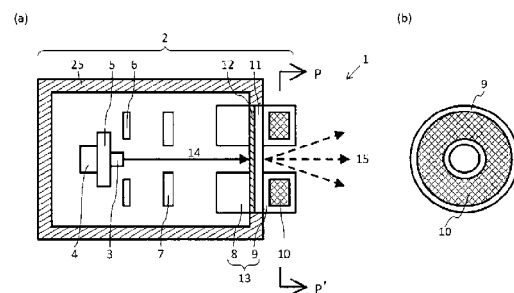
(54) 【発明の名称】 透過型放射線発生装置及びそれを用いた放射線撮影装置

(57) 【要約】

【課題】 ターゲットで発生した熱を効率良く放熱させ、不要な放射線の遮蔽機能も確保した透過型放射線発生装置及びそれを用いた放射線撮影装置を提供する。

【解決手段】 電子源3と、放射線を透過する基板11と、基板11の電子源3側の面に設けられ、電子源3から放出された電子の照射により放射線を発生するターゲット12と、基板11を透過した放射線を通過させる放射線通過孔を有し、基板11に接続され、少なくともターゲット12より電子源3から離れる方向に突出する前方遮蔽部9を備える遮蔽部材13と、前方遮蔽部9に接する絶縁性流体と、を備える透過型放射線発生装置であって、遮蔽部材13は低融点金属又は低融点合金10を内包し、低融点金属又は低融点合金10は、少なくとも前方遮蔽部9の内部に位置していることを特徴とする透過型放射線発生装置。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子源と、

放射線を透過する基板と、

前記基板の前記電子源側の面に設けられ、前記電子源から放出された電子の照射により放射線を発生するターゲットと、

前記基板を透過した前記放射線を通過させる放射線通過孔を有し、前記基板に接続され、少なくとも前記ターゲットより前記電子源から離れる方向に突出する前方遮蔽部を備える遮蔽部材と、

前記前方遮蔽部に接する絶縁性流体と、

を備える透過型放射線発生装置であって、

前記遮蔽部材は低融点金属又は低融点合金を内包し、

前記低融点金属又は前記低融点合金は、少なくとも前記前方遮蔽部の内部に位置していることを特徴とする透過型放射線発生装置。

【請求項 2】

前記遮蔽部材は、前記ターゲットより前記電子源に近づく方向に突出する後方遮蔽部を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の透過型放射線発生装置。

【請求項 3】

前記低融点金属又は前記低融点合金は、前記後方遮蔽部の内部に位置していることを特徴とする請求項 2 に記載の透過型放射線発生装置。

【請求項 4】

前記前方遮蔽部の内部に位置する前記低融点金属又は前記低融点合金と、前記後方遮蔽部の内部に位置する前記低融点金属又は前記低融点合金とが連通して、前記遮蔽部材に内包されていることを特徴とする請求項 3 に記載の透過型放射線発生装置。

【請求項 5】

前記低融点金属又は前記低融点合金が、前記ターゲットの周囲を周状に囲むように前記遮蔽部材に内包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 項に記載の透過型放射線発生装置。

【請求項 6】

前記低融点金属又は前記低融点合金が、仕切りにより分散して前記遮蔽部材に内包さ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 項に記載の透過型放射線発生装置。

【請求項 7】

前記低融点金属又は前記低融点合金が、前記遮蔽部材との間に間隙を設けて前記遮蔽部材に内包されていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の透過型放射線発生装置。

【請求項 8】

前記前方遮蔽部の前記放射線通過孔の開口面積が、前記基板側から外方に向かって徐々に大きくなっていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の透過型放射線発生装置。

【請求項 9】

前記低融点金属又は前記低融点合金の融点が 50℃以上 500℃以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の透過型放射線発生装置。

【請求項 10】

前記低融点合金が Bi-Pb 合金であることを特徴とする請求項 9 に記載の透過型放射線発生装置。

【請求項 11】

前記基板がダイヤモンドであることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の透過型放射線発生装置。

【請求項 12】

前記電子源、前記基板、前記ターゲット、前記遮蔽部材、及び前記低融点金属又は前記

10

20

30

40

50

低融点合金を、一単位として複数組み合わせ、隣接する複数の放射線発生領域を配列したことを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の透過型放射線発生装置。

【請求項 13】

前記低融点金属又は前記低融点合金が、前記隣接する複数の放射線発生領域を跨ぐように連通して前記遮蔽部材に内包されていることを特徴とする請求項 12 に記載の透過型放射線発生装置。

【請求項 14】

前記低融点金属又は前記低融点合金が、前記隣接する複数の放射線発生領域毎に独立して前記遮蔽部材に内包されていることを特徴とする請求項 12 に記載の透過型放射線発生装置。

10

【請求項 15】

請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の透過型放射線発生装置と、前記透過型放射線発生装置を駆動する制御電源と、放射線センサーと、撮像データ表示及び画像解析用のコンピュータと、を組み合わせたことを特徴とする放射線撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、医療機器分野における診断応用や産業機器分野における非破壊 X 線撮影等に適用できる透過型放射線発生装置及びそれを用いた放射線撮影装置に関する。

【背景技術】

20

【0002】

放射線源として用いられる放射線発生装置では、電子源から電子を放出させ、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放射線を発生させている。ターゲットで発生した放射線は全方向に発せられるため、遮蔽部材を設けることにより撮影に必要な放射線以外の不要な放射線を遮蔽する。特許文献 1 には、透過型ターゲットの電子入射側及び放射線放出側に遮蔽部材を設置した透過型放射線発生装置が提案されている。このような透過型放射線発生装置では、透過型放射線発生管又は透過型放射線発生管を収納する収納容器の周囲全体を、鉛等の遮蔽部材で覆う必要がないため、装置の小型軽量化を実現することが可能である。

【0003】

30

ところで、放射線撮影に好適な放射線を発生させるためには、電子源とターゲットの間に 40 kV ~ 150 kV という高電圧を印加して、高エネルギーの電子線をターゲットに照射する必要がある。しかし、一般に放射線の発生効率は極めて悪く、消費電力の 99 % 程度はターゲットにおいて熱となる。発生したこの熱によりターゲットは高温になるため、ターゲットの熱損傷を防ぐ手段が必要となる。特許文献 2 の [0021] には、ターゲット基体内に取り付けた反射型ターゲットの下部に、蓄熱材料で構成される冷却通路を設けることにより、ターゲットで発生した熱を散逸し、ターゲットの温度上昇を抑制する技術が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0004】

【特許文献 1】特開 2007-265981 号公報

【特許文献 2】特開 2004-351203 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 では、透過型ターゲットに電子が衝突すると、ターゲットで発生した熱は、2 つの遮蔽部材を通して熱拡散し、ターゲットの温度上昇を抑制している。しかし、この 2 つの遮蔽部材は、真空中に設けられているため、熱放出の大部分は輻射によるものと考えられるが、輻射熱は T の 4 乗に比例しており、高温にならないと放熱しにくい。このた

50

め、特許文献1ではターゲットで発生した熱を逃がす機能を有しているとしているが、ターゲットへの投入エネルギーが大きい場合には、必ずしも放熱性能が十分ではなかった。

【0006】

特許文献2では、反射型放射線発生装置において、反射型ターゲットの下部に、蓄熱材料で構成される冷却通路を設けているが、この冷却通路を透過型放射線発生装置に適用しようとする、透過型ターゲットを支持する基板にこの冷却通路を設けなければならない。しかし、基板は放射線を透過させる必要があり、厚さが薄いため、基板に蓄熱材料で構成される冷却通路を設けるのは困難であった。

【0007】

このように、透過型放射線発生装置においては、ターゲットへの投入エネルギーが大きい場合でも、ターゲットで発生した熱を効率良く放熱させる放熱性能の実現が課題となっていた。

【0008】

そこで、本発明は、ターゲットで発生した熱を効率良く放熱させる放熱性能を実現し、不要な放射線の遮蔽機能も確保した透過型放射線発生装置及びそれを用いた放射線撮影装置の提供を目的とする。

【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、本発明は、電子源と、放射線を透過する基板と、

前記基板の前記電子源側の面に設けられ、前記電子源から放出された電子の照射により放射線を発生するターゲットと、

前記基板を透過した前記放射線を通過させる放射線通過孔を有し、前記基板に接続され、少なくとも前記ターゲットより前記電子源から離れる方向に突出する前方遮蔽部を備える遮蔽部材と、

前記前方遮蔽部に接する絶縁性流体と、を備える透過型放射線発生装置であって、

前記遮蔽部材は低融点金属又は低融点合金を内包し、

前記低融点金属又は前記低融点合金は、少なくとも前記前方遮蔽部の内部に位置していることを特徴とする透過型放射線発生装置を提供するものである。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、ターゲットより電子源から離れる方向に突出し、即ちターゲットの前方側に突出し、放射線通過孔を有する前方遮蔽部を設けているため、基板を透過し放出された放射線の中で、不要な放射線を遮蔽することができる。また、前方遮蔽部に、低融点金属又は低融点合金が内包されているため、低融点金属又は低融点合金がその融点に達すると、融解熱により、その低融点金属又は低融点合金の融解熱量に相当する熱量を吸収でき、ターゲットの温度上昇を抑制できる。更に、前方遮蔽部に内包された低融点金属又は低融点合金が完全に溶融すると、溶融した低融点金属又は低融点合金には温度差があるため、対流が起こり、低融点金属又は低融点合金の温度上昇が抑制される。その結果、ターゲットの温度上昇を抑制できることに加え、基板及び前方遮蔽部の温度上昇も抑制できる。これにより、ターゲットを効率的に冷却することができ、より大電流での照射、より長時間での照射が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】第1の実施形態の透過型放射線発生装置の断面構成図である。

【図2】第1の実施形態の放射線発生装置の遮蔽部材近傍の拡大断面構成図である。

【図3】図2の遮蔽部材が備える前方遮蔽部に内包された低融点金属又は低融点合金が溶融したときの熱対流の説明図である。

【図4】第2の実施形態の放射線発生装置の遮蔽部材近傍の拡大断面構成図である。

【図 5】第 3 の実施形態の放射線発生装置の遮蔽部材近傍の拡大断面構成図である。

【図 6】第 4 の実施形態の放射線発生装置の遮蔽部材近傍の拡大断面構成図である。

【図 7】電子源、図 6 の基板、ターゲット、遮蔽部材、及び低融点金属又は低融点合金を一単位とし、これを複数組み合わせ合わせたマルチ放射線発生装置の断面構成図である。

【図 8】本発明の放射線発生装置を用いた放射線撮影装置の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照して、本発明の透過型放射線発生装置（以下、単に「放射線発生装置」という。）の好適な実施形態を例示的に詳しく説明する。但し、下記実施形態に記載されている構成部材の材質、寸法、形状、相対配置等は、特に記載がない限り、本発明の範囲を限定する趣旨のものではない。

10

【0013】

〔第 1 の実施形態〕

図 1 に従い本発明の放射線発生装置の構成を説明する。図 1（a）は本実施形態の放射線発生装置 1 の縦断面構成図であり、図 1（b）は、図 1（a）中の PP' で示す仮想面における横断面構成図である。尚、図 1 では、外圍器と基板及びターゲットにより密閉された真空容器である放射線発生管のみ示しており、放射線発生管を収納する収納容器、放射線発生管と収納容器の間に配置された大気又は絶縁油等の絶縁性流体は不図示としている。

【0014】

20

電子源 3 は電子を放出する。電子源 3 にはカソードとして冷陰極、熱陰極のいずれも用いることができるが、放射線発生装置に適用する電子源としては、真空度が比較的高くても大電流を安定して取り出せる含浸型カソード（熱陰極）を好適に用いることができる。また、電子源 3 は本実施形態では絶縁部材 5 と一体となっている。

【0015】

ヒーター 4 はカソード近傍に配置されており、通電することによりカソードの温度を上昇させ、カソードから電子を放出させる。

【0016】

グリッド電極 6 は、電子源 3 であるカソードで発生した電子を真空中に引き出すために所定の電圧が印加される電極であり、電子源 3 と所定の距離を持って配置される。カソードから数百ミクロン程度離して配置されたグリッド電極 6 は、ターゲットに効率良く電流を到達させるため、またカソード近傍の排気コンダクタンスを考慮して、形状、孔径、開口率等が決定される。通常は線径 50 ミクロン程度のタングステンメッシュを好適に用いることができる。尚、グリッド電極 6 は本発明の放射線発生装置を構成する部材として必須のものではない。

30

【0017】

集束電極 7 は、グリッド電極 6 によってカソードから引き出された電子線 14 のアノードにおける焦点径（ターゲットの電子が照射される面における焦点径）を制御するために配置される電極である。この焦点径によりアノードにおける円状の焦点領域（ターゲットの電子が照射される面における焦点領域）が決まる。通常、集束電極 7 には数百 V ～数 kV 程度の電圧が印加されて焦点径の調節を行うが、この集束電極 7 を省略して、グリッド電極 6 に所定の電圧を印加することにより、そのレンズ効果のみによって電子線 14 を集束することも可能である。

40

【0018】

アノードは、放射線を放出可能とする加速エネルギーを有してターゲット 12 に電子を衝突させるのに必要なアノード電位を、ターゲット 12 に対して電位規定する為の不図示の構造であって、必要に応じてターゲット 12 に電氣的に接続して設けられる導電性部材である。アノードは、アノード電位を供給する不図示の電圧源に少なくとも接続される。さらに、アノードは、後述する前方遮蔽部 9 を少なくとも備えた遮蔽部材 13、又は不図示の接合材を介してターゲット 12 に接続することもできる。アノードを、ターゲット 1

50

2とは別部材として放射線発生管が備えない形態とすることも可能であり、その場合には、ターゲット12がアノードの機能を有し、ターゲット12を、アノード電位を供給する電圧源に、所定の導通部材を介して電氣的に接続することも可能である。アノードは真空容器2を構成する部材として、外囲器25に接続することもできる。このアノードには数十kV～百kV程度の電圧が印加され、電子源3のカソード（陰極）に対するアノード（陽極）として機能する。電子源3により発生しグリッド電極6により引き出された電子線14は、集束電極7によりターゲット12における焦点領域へと向けられ、アノードに印加された電圧により加速され、ターゲット12と衝突し、放射線15が発生することとなる。この放射線15は放射線透過窓を兼ねる基板11を通して真空容器2の外部に取り出される。

10

【0019】

図2に従い本発明の放射線発生装置における遮蔽部材、低融点金属又は低融点合金、基板及びターゲットの構成を詳細に説明する。図2は本実施形態の放射線発生装置1の遮蔽部材近傍を拡大した断面構成図である。

【0020】

ターゲット12は、基板11の電子源側の面に設けられ、電子源3から放出された電子の照射により（所定のエネルギーを有する電子線14が衝突することにより）放射線が発生する。ターゲット12の材料は、通常、原子番号26以上の金属材料を用いることができる。より好適には、熱伝導率が大きく、融点が高いものほど良い。これは、ターゲット12の電子線照射領域16が非常に高温になり、この熱をより速やかに後方遮蔽部8、前方遮蔽部9及びこれに内包された低融点金属又は低融点合金10に伝えるためである。例えば、タングステン、モリブデン、クロム、銅、コバルト、鉄、ロジウム、レニウム等の金属材料、又はこれらの合金材料を用いた薄膜を好適に用いることができる。ターゲット12の膜厚は、加速電圧によってターゲット12への電子線浸入深さ即ち放射線の発生領域が異なるため、最適な値は異なるが、 $1\mu\text{m}\sim 15\mu\text{m}$ である。

20

【0021】

基板11は、ターゲット12を支持し、ターゲット12で発生した放射線の少なくとも一部を透過する。また、基板11は不図示の大気又は絶縁油等に接している。基板11の材料としては、放射線の透過性が高く、熱伝導が良く、真空封止に耐える必要がある。例えば、ダイヤモンド、窒化ケイ素、炭化ケイ素、炭化アルミ、窒化アルミ、グラファイト、ベリリウム等を用いることができる。より好ましくは、放射線の透過率がアルミニウムよりも小さく熱伝導率がタングステンよりも大きい、ダイヤモンド、窒化アルミ、窒化ケイ素が望ましい。基板11の厚さは、上記の機能を満足すれば良く、材料によって異なるが、 0.3mm 以上 2mm 以下が好ましい。特に、ダイヤモンドは、他の材料に比べて、熱伝導性が極めて大きく、放射線の透過性も高く、真空を保持しやすいため、より優れている。尚、これらの材料は、温度上昇に伴う熱伝導率の低下が大きいため、基板11の温度上昇をできるだけ抑制する必要がある。こうすることにより、前方遮蔽部9、低融点金属又は低融点合金10、及び大気又は絶縁油等への熱伝導の低下を抑制できる。

30

【0022】

基板11へのターゲット12の一体化は、スパッタ法、蒸着法等によって得ることができる。別の方法では、別途、圧延や研磨により所定の厚さのターゲット12の薄膜を作製し、基板11に高温、高圧下で拡散接合することにより得ることができる。また、ターゲット12が設けられた基板11と、外囲器25との接合は、ろう付け等により行うことができる。

40

【0023】

前方遮蔽部9は、基板11を透過した放射線を通させる放射線通過孔を有し、基板11に接続され、基板11を透過し放出された放射線の中で、不要な放射線を遮蔽する。また、前方遮蔽部9は、大気又は絶縁油等と接しているため、ターゲット12で発生した熱を放射線発生管の外部へ逃がしている。前方遮蔽部9の材料は、 $30\text{kV}\sim 150\text{kV}$ で発生する放射線を遮蔽できるものであれば良い。例えば、タングステン、タンタルの他、

50

モリブデン、ジルコニウム、ニオブ等、又はこれらの合金を用いることができる。これらの材料は概ね高融点金属である。前方遮蔽部 9 と基板 11 の接合は、熱的に接合することが重要であり、ろう付け、機械的な加圧、ねじ締め等により行うことができるが、ろう付けがより好ましい。当然であるが、ろう付けの材料の融点は、低融点金属又は低融点合金 10 の融点よりも高くなければならない。

【0024】

低融点金属又は低融点合金 10 は、前方遮蔽部 9 に内包されている。この内包は、上記記載に限らずどのような形態も含むが、図 1 (b) のようにターゲットの周囲を周状に囲むように遮蔽部材に配置した形態では、ターゲットから発生した熱の放熱性が周状方向において平均化され、放熱性が全体としては向上する点でより好ましい。また、低融点金属又は低融点合金 10 を周状方向に複数領域に分けて分散配置するように、内包領域に仕切りを設けても良い。仕切りを設けた場合には、溶融した低融点金属又は低融点合金 10 の流動コンダクタンスを制限して、動作時の放射線発生管の向きにより、低融点金属又は低融点合金 10 が前方遮蔽部 9 の中で偏在して放熱作用が不均一化することを抑制できる点で好ましい。

10

【0025】

低融点金属又は低融点合金 10 としては、融点が 50°C 以上 500°C 以下のものを用いるのが好ましく、融点が 50°C 以上 250°C 以下の範囲のものを用いるのがより好ましい。これは、 50°C 以下の融点では、製造時に取り扱いにくく、 250°C 以上の融点では、絶縁油の分解が起こりやすいためである。この融点の範囲の低融点金属又は低融点合金 10 としては、インジウム（融点 157°C ）、スズ（ 232°C ）、Bi-Pb 合金（ 138°C ）、Sn-Pb 合金（ 184°C ）等が挙げられる。例えば、低融点金属としてインジウムを用いたとすると、インジウムの融解熱は 28.7 J/g 、密度が 7.3 g/cm^3 であるため、インジウムを 1 cm^3 内包させると、約 209 J/cm^3 の融解熱を有することになる。

20

【0026】

図 3 に、電子線 14 がターゲット 12 に照射され、ターゲット 12 で発生した熱により、基板 11 及び前方遮蔽部 9 を通して、前方遮蔽部 9 に内包された低融点金属又は低融点合金 10 の温度が上昇し、低融点金属又は低融点合金 10 が溶融した時の状態を示す。この時、低融点金属又は低融点合金の基板側の端部 10a 付近は、ターゲット 12 への電子線 14 の照射により高温になりやすい。しかし、低融点金属又は低融点合金の基板と反対側の端部 10b 付近は、ターゲット 12 から離れており、かつ周辺に不図示の大気又は絶縁油があるため、大気又は絶縁油等と熱交換され、低融点金属又は低融点合金の基板側の端部 10a に比べて温度は低い。このため、低融点金属又は低融点合金の基板側の端部 10a と低融点金属又は低融点合金の基板と反対側の端部 10b の温度差による熱対流が起こり、低融点金属又は低融点合金 10 の温度上昇は抑制される。その結果、ターゲット 12、基板 11 及び前方遮蔽部 9 の温度上昇も抑制できる。尚、溶融した金属又は合金の流れやすさは、水に比べて大きいことが知られており、温度上昇の抑制に十分な熱対流が起こる。

30

【0027】

更に、低融点金属又は低融点合金 10 としては、放射線の遮蔽能力が大きいものがより好ましい。例えば、タングステンをターゲット 12 として用いる場合には、鉛又はビスマス含有した低融点合金が好ましく、Bi-Pb 合金はより好ましい。

40

【0028】

次に、前方遮蔽部 9 の中に低融点金属又は低融点合金 10 を内包させる方法を説明する。まず、融解熱から必要とする低融点金属又は低融点合金 10 の体積を算出し、所定の寸法に加工する。続いて、前方遮蔽部 9 に、所定の寸法に加工された低融点金属又は低融点合金 10 を入れる不図示の穴を開け、その穴の中に低融点金属又は低融点合金 10 を入れ、前方遮蔽部 9 の材料と同じ材料の蓋でその穴をろう付けする。当然であるが、穴を塞ぐためのろう付けの材料は、低融点金属又は低融点合金 10 の融点よりも高くする。

50

【0029】

後方遮蔽部8は、電子源3から放出された電子を通過させる電子線通過孔を有し、ターゲット12に接続され、ターゲット12の電子源側に散乱した不要な放射線を遮蔽する。但し、電子線通過孔を通過して電子源側に放射された放射線は遮蔽できないため、別途、遮蔽手段を設けるのが良い。後方遮蔽部8にも低融点金属又は低融点合金10を内包させても良い。後方遮蔽部8の材料は、前方遮蔽部9の材料と同じ材料を用いることができる。また、後方遮蔽部8の材料と前方遮蔽部9の材料は同じであっても良いし、異なっている。後方遮蔽部8とターゲット12の接合は、ろう付け等により行うことができる。尚、後方遮蔽部8は本発明の放射線発生装置を構成する部材として必須のものではない。

10

【0030】

ここで、低融点金属又は低融点合金10としてインジウムを用いた本実施形態の放射線発生装置を、医療用の放射線発生装置として用いた場合の一例を示す。印加電圧100kV、電流10mA、パルス照射時間10msec、10Hzの駆動条件で、放射線発生装置を駆動し、動画撮影を行う場合の効果を示す。この駆動条件における照射エネルギーは、「印加電圧×電流×パルス照射時間×1秒あたりの照射回数」で表されるため、この式により照射エネルギーを算出すると、 $100000(V) \times 0.01(A) \times 0.01(sec) \times 10(Hz) = 100(J)$ となる。前述のように、インジウムの融解熱は約 $209J/cm^3$ であるため、インジウムを $1cm^3$ 内包させたとしても、約2.1秒間温度上昇を抑制でき、インジウムを $10cm^3$ 内包させたとしても、約21秒間温度上昇を抑制することができる。従って、医療用の放射線発生装置として用いた場合に有効である。更に駆動を続けると、インジウムは全て溶融する。溶融したインジウムは、基板11側の端部の周辺では温度は高いが、その反対側の端部の周辺では前方遮蔽部9を通して絶縁油へ放熱されるため温度は低い。このように、溶融したインジウムに温度差が生じ、対流が起こるため、温度上昇を抑制する。

20

【0031】

次に、低融点金属又は低融点合金10としてインジウムを用いた本実施形態の放射線発生装置を、X線顕微鏡に用いた場合の一例を示す。印加電圧100kV、電流0.01mAの駆動条件で、放射線発生装置を連続駆動したと仮定した場合の効果を示す。この駆動条件における照射エネルギーは、上記式より、 $100000(V) \times 0.00001(A) = 1(J)$ となる。前述のように、インジウムの融解熱は約 $209J/cm^3$ であるため、インジウムを $1cm^3$ 内包させたとしても、209秒間温度上昇を抑制でき、インジウムを $10cm^3$ 内包させたとしても、2090秒間の温度上昇を抑制することができる。従って、X線顕微鏡として用いた場合、大気中で使われるため、絶縁油のような大きな冷却効果は期待できないが、照射エネルギーが小さいため十分使用可能である。

30

【0032】

〔第2の実施形態〕

本発明の第2の実施形態の放射線発生装置の遮蔽部材近傍を拡大した断面構成図を図4に示す。本実施形態では、ターゲットより電子源に近づく方向に突出する後方遮蔽部と前方遮蔽部を備えた遮蔽部材17がターゲット12及び基板11の周囲を囲んで配置され、遮蔽部材17の内部に低融点金属又は低融点合金10が内包されている。第1の実施形態と異なる点は、低融点金属又は低融点合金10が、後方遮蔽部の内部にも位置する点と、前方遮蔽部の内部に位置する低融点金属又は低融点合金10と後方遮蔽部の内部に位置する低融点金属又は低融点合金10が連通して一体化されている点である。この点を除いては、第1の実施形態と同じ部材を用い、同じ構成とすることができる。遮蔽部材17に低融点金属又は低融点合金10を内包させるためには、予め一体化した形状の遮蔽部材17を作製する。低融点金属又は低融点合金10を入れるための穴を、例えば切削加工で設けるか、又は加圧・焼結によっても得ることができる。本実施形態をとることにより、より多く低融点金属又は低融点合金10を内包させることができるため、より温度上昇を抑制することができる。

40

50

【0033】

また、内部に低融点金属又は低融点合金10が内包された遮蔽部材17においても、前方遮蔽部9においても、更には後方遮蔽部8においても、低融点金属又は低融点合金10は、遮蔽部材との間に所定の間隙を有して内包させる形態とすることが可能である。所定の間隙を設けた実施形態においては、内包領域の中で局所的に、低融点金属又は低融点合金10の流動性の分布や膨張が生じた場合に、もしくは、低融点金属又は低融点合金10からガスが発生した場合に生ずる圧力分布を緩和することが可能である。

【0034】

〔第3の実施形態〕

本発明の第3の実施形態の放射線発生装置の遮蔽部材近傍を拡大した断面構成図を図5に示す。本実施形態では、図2の遮蔽部材における前方遮蔽部9の放射線通過孔の開口面積を基板側から外方に向かって徐々に大きくしている点が第1の実施形態と異なる。この点を除いては、第1の実施形態と同じ部材を用い、同じ構成とすることができる。作製方法は第1の実施形態と同様である。本実施形態をとることにより、前方遮蔽部9と基板11の接する面積、及び低融点金属又は低融点合金10を基板11に投影したときの面積が大きくなる。このため、基板11から前方遮蔽部9及び低融点金属又は低融点合金10への熱伝導が良くなり、より温度上昇を抑制することができる。

【0035】

〔第4の実施形態〕

本発明の第4の実施形態の放射線発生装置の遮蔽部材近傍を拡大した断面構成図を図6に示す。本実施形態では、後方遮蔽部と前方遮蔽部を備えた遮蔽部材17がターゲット12及び基板11の周囲を囲んで配置され、遮蔽部材17の内部に低融点金属又は低融点合金10が内包されている。第3の実施形態と異なる点は、低融点金属又は低融点合金10が、後方遮蔽部の内部にも位置する点と、前方遮蔽部の内部に位置する低融点金属又は低融点合金10と後方遮蔽部の内部に位置する低融点金属又は低融点合金10が連通して一体化されている点である。この点を除いては、第3の実施形態と同じ部材を用い、同じ構成とすることができる。本実施形態をとることにより、更に多く低融点金属又は低融点合金10を内包させることができるため、更に温度上昇を抑制することができる。

【0036】

〔第5の実施形態〕

本発明の第5の実施形態の放射線発生装置の断面構成図を図7に示す。本実施形態では、低融点金属又は低融点合金10が遮蔽部材17中において、隣接する複数の放射線発生領域を跨ぐようにして連通するように内包させた。低融点金属又は低融点合金10は前方遮蔽部のみに内包させても良いし、後方遮蔽部と前方遮蔽部の両方に別々に内包させても良い。本実施形態の放射線発生装置18は、電子源3、図6に示す基板11、ターゲット12、遮蔽部材17、及び低融点金属又は低融点合金10を一単位とし、これを複数組み合わせたマルチ放射線発生装置である。この一単位を、線状に配列して複数組み合わせても良いし、平面状に配列して複数組み合わせても良い。遮蔽部材、低融点金属又は低融点合金、基板及びターゲットの構成としては、第1～第4の実施形態の放射線発生装置の構成が好適に用いられる。本実施形態においても、第1～第4の実施形態と同様の効果が得られる。

【0037】

本実施形態に示す複数の放射線発生領域を配列したマルチ放射線発生装置では、低融点金属又は低融点合金10が遮蔽部材17中において、隣接する複数の放射線発生領域を跨ぐように連通した内包領域を形成した。しかし、隣接する複数の放射線発生領域毎に、独立した低融点金属又は低融点合金10の内包領域を形成した実施形態とすることも本発明は含む。

【0038】

隣接する複数の放射線発生領域を跨ぐように連通した内包領域を形成した形態においては、複数のターゲット間で発熱に分布があっても、全体として均一になりやすく、複数の

10

20

30

40

50

電子源 3 を走査するような場合により好ましい。また、隣接する複数の放射線発生領域毎に、独立した低融点金属又は低融点合金 10 の内包領域を形成した形態とした場合には、それぞれのターゲットの放熱量に適合させて、異なる低融点金属又は低融点合金 10 をそれぞれ配置することが可能となる点で好ましい。

【0039】

〔第 6 の実施形態〕

本発明の第 6 の実施形態は、本発明の放射線発生装置を用いた放射線撮影装置である。本実施形態の放射線撮影装置の概略図を図 8 に示す。

【0040】

本実施形態の放射線撮影装置 19 は、放射線発生装置 1 と、放射線発生装置 1 を駆動する制御電源 20 と、放射線センサー 21 と、撮像データ表示及び画像解析用のコンピュータと、を組み合わせている。放射線発生装置としては、第 1 ～ 第 5 の実施形態の放射線発生装置が好適に用いられる。

10

【0041】

放射線発生装置 1 は、放射線発生装置用の制御電源 20 により駆動され、放射線を発生する。制御電源 20 は、カソードーアノード間に高圧を印加する回路、電子源、グリッド電極、集束電極等に電圧の印加等を行う。放射線センサー 21 は、放射線センサー用の制御電源 22 により制御され、放射線センサー 21 と放射線発生装置 1 の間の被検体 23 の撮像情報を取り込む。取り込まれた撮像情報は、撮像データ表示及び画像解析用のコンピュータ 24 に表示される。放射線発生装置 1 と放射線センサー 21 は、目的とする撮像画像、例えば静止画、動画、撮像部位の違い等によって、連動して制御される。コンピュータ 24 は、画像解析や過去のデータとの照合も行うことができる。

20

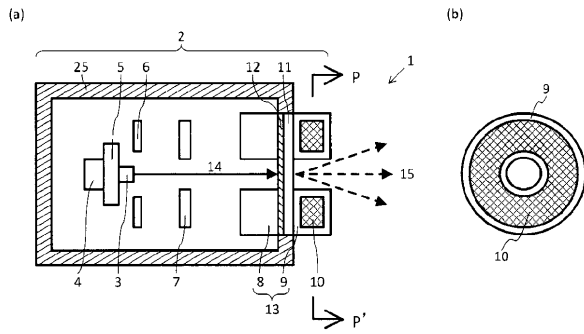
【符号の説明】

【0042】

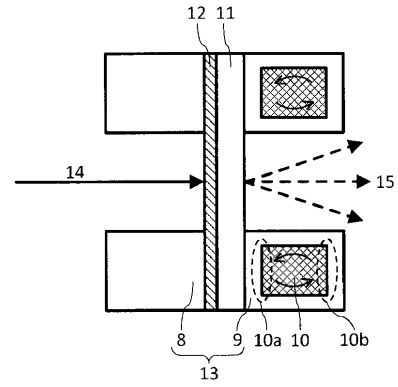
1：放射線発生装置、2：真空容器、3：電子源、4：ヒーター、5：絶縁部材、6：グリッド電極、7：集束電極、8：後方遮蔽部、9：前方遮蔽部、10：低融点金属又は低融点合金、10a：低融点金属又は低融点合金の基板側の端部、10b：低融点金属又は低融点合金の基板と反対側の端部、11：基板、12：ターゲット、13：遮蔽部材、14：電子線、15：放射線、16：電子線照射領域、17：後方遮蔽部と前方遮蔽部を一体化した遮蔽部材、18：マルチ放射線発生装置、19：放射線撮影装置、20：放射線発生装置用の制御電源、21：放射線センサー、22：放射線センサー用の制御電源、23：被検体、24：コンピュータ、25：外圍器

30

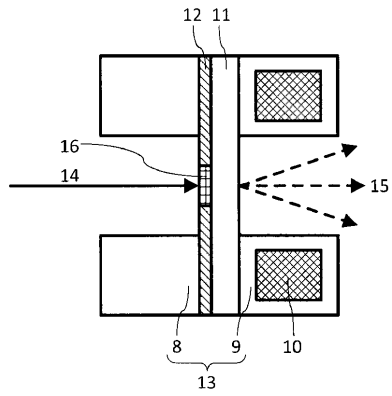
【図 1】



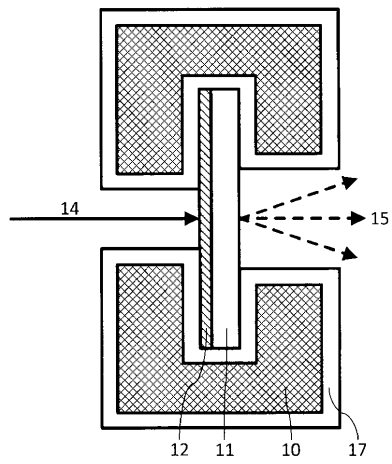
【図 3】



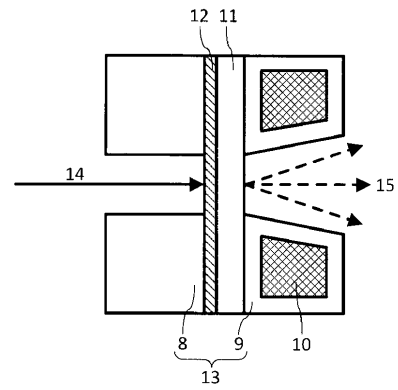
【図 2】



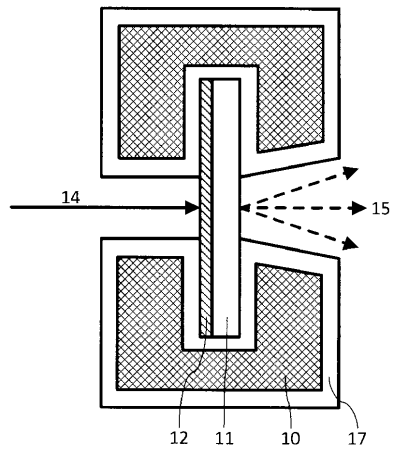
【図 4】



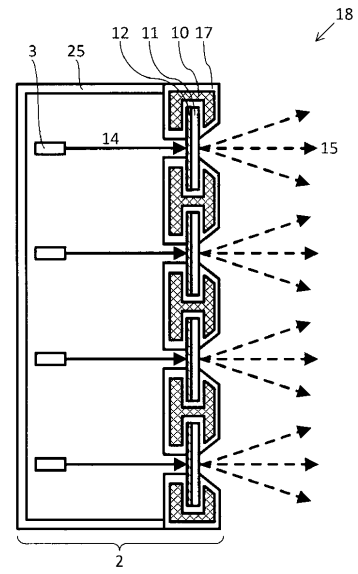
【図 5】



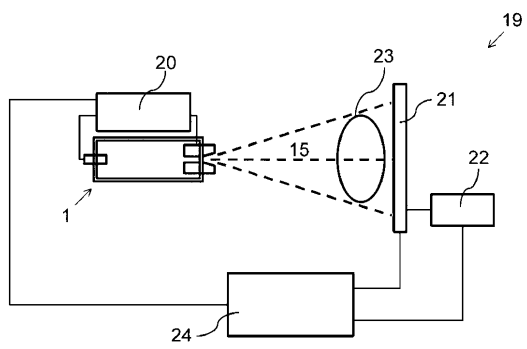
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (72)発明者 田村 美樹
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 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
- (72)発明者 柳沢 芳浩
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
- (72)発明者 野村 一郎
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 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