(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2007-501503
(P2007-501503A)
(43)公表日　平成19年1月25日(2007.1.25)

| (51)Int.Cl. | | F I | | | テーマコード（参考） |
|---|---|---|---|---|---|
| ***H05G 1/36*** | ***(2006.01)*** | H05G | 1/36 | A | 4C092 |
| ***H01J 35/08*** | ***(2006.01)*** | H01J | 35/08 | A | |

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 25 頁）

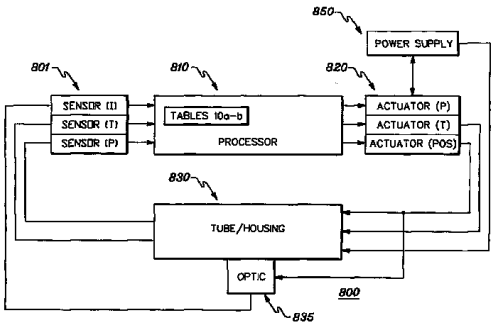
(21)出願番号　特願2006-522682 (P2006-522682)
(86)(22)出願日　平成16年8月4日 (2004.8.4)
(85)翻訳文提出日　平成18年4月4日 (2006.4.4)
(86)国際出願番号　PCT/US2004/025113
(87)国際公開番号　WO2005/018289
(87)国際公開日　平成17年2月24日 (2005.2.24)
(31)優先権主張番号　60/492,353
(32)優先日　平成15年8月4日 (2003.8.4)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(71)出願人　500577987
エックス－レイ　オプティカル　システムズ　インコーポレーテッド
アメリカ合衆国　１２０６１　ニューヨーク州　イースト　グリーンバッシュ　テック　バレー　ドライブ　１５
(74)代理人　100077481
弁理士　谷　義一
(74)代理人　100088915
弁理士　阿部　和夫
(72)発明者　イアン　ラドリー
アメリカ合衆国　１２０７７　ニューヨーク州　グレンモント　サマセット　ドライブ　５５

最終頁に続く

(54)【発明の名称】管電力調節および遠隔較正を使用して出力安定性が向上したＸ線源アセンブリ

(57)【要約】
ｘ線源アセンブリは、アセンブリに供給される電力レベルに基づいて電子が入射するスポットを有するアノードと、スポットで生成される発散Ｘ線を受け取り、アセンブリから出力Ｘ線を送るように結合された光学系とを含む。Ｘ線源アセンブリの動作中に出力Ｘ線の強度を動的に維持する制御系であって、アセンブリに供給される電力レベルを変更することにより、Ｘ線源アセンブリの少なくとも１つの動作条件が変化しても出力強度を維持する制御系が提供される。制御系は、例えばアセンブリに関連する電源を制御することにより、アセンブリに供給される電力レベルを変化させる少なくとも１つのアクチュエータを含むことができる。制御系は、出力強度を維持するためにアノードの温度および／または位置も変更することができる。



【特許請求の範囲】
【請求項１】
アセンブリに供給される電力レベルに基づいて電子が入射するスポットを有するアノードと、
前記スポットで生成される発散Ｘ線を受け取り、アセンブリから出力Ｘ線を送るように結合された光学系と、
Ｘ線源アセンブリの動作中に前記出力Ｘ線の強度を動的に維持する制御系であって、アセンブリに供給される前記電力レベルを変更することにより、Ｘ線源アセンブリの少なくとも１つの動作条件が変化しても出力強度を維持する制御系と
を備えることを特徴とするＸ線源アセンブリ。
【請求項２】
前記制御系は、前記アセンブリに供給される電力レベルを変化させる少なくとも１つのアクチュエータを含むことを特徴とする請求項１に記載のＸ線源アセンブリ。
【請求項３】
前記少なくとも１つのアクチュエータは、前記アセンブリに関連する電源を制御する出力制御アクチュエータを含むことを特徴とする請求項２に記載のＸ線源アセンブリ。
【請求項４】
前記制御系は、前記出力強度を維持するために前記アノードの温度および／または位置も変更し、前記少なくとも１つのアクチュエータは、
アノードソーススポットと出力構造の少なくとも一方の位置を調整し、かつ／または
前記アノードの加熱と冷却の少なくとも一方を実施し、それによって前記光学系に対する前記アノードの調節を実施する
ための別のアクチュエータを含むことを特徴とする請求項２に記載のＸ線源アセンブリ。
【請求項５】
前記制御系は、出力強度に関するフィードバックを供給する少なくとも１つのセンサをさらに含むことを特徴とする請求項１に記載のＸ線源アセンブリ。
【請求項６】
前記少なくとも１つのセンサは、前記出力強度を監視するセンサを含むことを特徴とする請求項５に記載のＸ線源アセンブリ。
【請求項７】
前記少なくとも１つのセンサは、
アノード電力レベルを監視し、かつ／または
前記アノード温度を直接的または間接的に監視する
ための少なくとも１つの追加のセンサを含むことを特徴とする請求項６に記載のＸ線源アセンブリ。
【請求項８】
前記光学系は、集束光学系とコリメーティング光学系の少なくとも一方を含むことを特徴とする請求項１に記載のＸ線源アセンブリ。
【請求項９】
前記光学系は、ポリキャピラリ光学系または二重湾曲結晶の一方を含むことを特徴とする請求項８に記載のＸ線源アセンブリ。
【請求項１０】
前記少なくとも１つの動作条件は、アノード電力レベルを意図せずに変更することを含むことを特徴とする請求項１に記載のＸ線源アセンブリ。
【請求項１１】
前記少なくとも１つの動作条件は、Ｘ線源アセンブリについての周囲温度をさらに含むことを特徴とする請求項１に記載のＸ線源アセンブリ。
【請求項１２】
前記少なくとも１つの動作条件は、Ｘ線源アセンブリのハウジング温度をさらに含むこ

とを特徴とする請求項１に記載のＸ線源アセンブリ。
【請求項１３】
Ｘ線源アセンブリを操作する方法であって、
前記アセンブリに供給される電力レベルに基づいて、アノードスポット上に電子を入射すること、
光学系を使用して、前記スポットで生成された発散Ｘ線を受け取り、前記アセンブリから出力Ｘ線を送ること、および
前記アセンブリに供給される前記電力レベルを変更することにより、前記Ｘ線源アセンブリの少なくとも１つの動作条件が変化しても、前記Ｘ線源アセンブリの動作中に前記出力Ｘ線の強度を動的に維持すること
を含むことを特徴とする方法。
【請求項１４】
アノードソーススポットと出力構造の少なくとも一方の位置を調整すること、および／または
前記アノードの加熱と冷却の少なくとも一方を実施し、それによって前記光学系に対する前記アノードの調節を実施すること
をさらに含むことを特徴とする請求項１４に記載の方法。
【請求項１５】
前記出力強度を監視する
ことをさらに含むことを特徴とする請求項１３に記載の方法。
【請求項１６】
アノード電力レベルを監視すること、および／または
前記アノード温度を直接的または間接的に監視すること
をさらに含むことを特徴とする請求項１５に記載の方法。
【請求項１７】
前記光学系は、集束光学系とコリメーティング光学系の少なくとも一方を含むことを特徴とする請求項１３に記載の方法。
【請求項１８】
前記光学系は、ポリキャピラリ光学系または二重湾曲結晶の一方を含むことを特徴とする請求項１７に記載の方法。
【請求項１９】
前記少なくとも１つの動作条件は、アノード電力レベルを意図せずに変更することを含むことを特徴とする請求項１３に記載の方法。
【請求項２０】
前記少なくとも１つの動作条件は、前記Ｘ線源アセンブリについての周囲温度をさらに含むことを特徴とする請求項１３に記載の方法。
【請求項２１】
前記少なくとも１つの動作条件は、前記Ｘ線源アセンブリのハウジング温度をさらに含むことを特徴とする請求項１３に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本願は、本願と同じ譲受人に譲渡された以下の出願の主題に関係する主題を含む。以下に列挙する出願は、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。
【０００２】
Ｒａｄｌｅｙ等、「Ｘ－ＲＡＹ　ＴＵＢＥ　ＡＮＤ　ＭＥＴＨＯＤ　ＡＮＤ　ＡＰＰＡＲＡＴＵＳ　ＦＯＲ　ＡＮＡＬＹＺＩＮＧ　ＦＬＵＩＤ　ＳＴＲＥＡＭＳ　ＵＳＩＮＧ　Ｘ－ＲＡＹＳ」、米国特許出願第６０／３３６５８４号明細書、２００１年１２月４日出願、ＰＣＴ出願ＰＣＴ／ＵＳ０２／３８７９２として改良。
【０００３】

Ｒａｄｌｅｙ等、「Ｘ－ＲＡＹ　ＳＯＵＲＣＥ　ＡＳＳＥＭＢＬＹ　ＨＡＶＩＮＧ　ＥＮＨＡＮＣＥＤ　ＯＵＴＰＵＴ　ＳＴＡＢＩＬＩＴＹ」、米国特許出願第６０／３９８９６５号明細書、２００２年７月２６日出願、ＰＣＴ出願ＰＣＴ／ＵＳ０２／３８４９３として改良。

【０００４】

Ｒａｄｌｅｙ、「ＭＥＴＨＯＤ　ＡＮＤ　ＤＥＶＩＣＥ　ＦＯＲ　ＣＯＯＬＩＮＧ　ＡＮＤ　ＥＬＥＣＴＲＩＣＡＬＬＹ－ＩＮＳＵＬＡＴＩＮＧ　Ａ　ＨＩＧＨ－ＶＯＬＴＡＧＥ，　ＨＥＡＴ－ＧＥＮＥＲＡＴＩＮＧ　ＣＯＭＰＯＮＥＮＴ」、米国特許出願第６０／３９８９６８号明細書、２００２年７月２６日出願、ＰＣＴ出願ＰＣＴ／ＵＳ０２／３８８０３として改良。

【０００５】

Ｒａｄｌｅｙ等、「ＤＩＡＧＮＯＳＩＮＧ　ＳＹＳＴＥＭ　ＦＯＲ　ＡＮ　Ｘ－ＲＡＹ　ＳＯＵＲＣＥ　ＡＳＳＥＭＢＬＹ」、米国特許出願第６０／３９８９６６号明細書、２００２年７月２６日出願、ＰＣＴ出願ＰＣＴ／ＵＳ０３／２３１２９として改良。

【０００６】

本発明は一般にはＸ線源に関し、より詳細には、所望の強度に従って管電力を調節する制御ループを使用して、動作条件の範囲にわたって安定性が向上し、較正が自動化された、集束または平行Ｘ線ビーム出力を有するＸ線源アセンブリに関する。

【背景技術】

【０００７】

小型のコンパクトなＸ線管は、産業的、医学的、および歯科的応用例の広い範囲に関して、Ｘ線蛍光（ＸＲＦ）分光法およびＸ線回折（ＸＲＤ）用の計器として広く採用されている。伝統的に、Ｘ線管は発散的に放射を放射する。十分な強度の照射スポットサイズを得ることは一般に、費用のかかる高出力源を必要とした。最近のＸ線放射を集束させる能力により、Ｘ線源のサイズ縮小およびコスト削減が可能となり、したがってＸ線システムが様々な応用例で採用されている。Ｘ線ビーム生成および伝達は、ポリキャピラリ集束およびコリメーティング光学系およびインオプティック／ソース組合せによって例示される（例えば、本願の譲受人に譲渡されたＸ－Ｒａｙ　Ｏｐｔｉｃａｌ　Ｓｙｓｔｅｍｓ，Ｉｎｃ．の特許文献１～６ならびに上記で識別される米国特許出願参照。これらのすべては、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる）。

【０００８】

【特許文献１】米国特許第５１９２８６９号明細書
【特許文献２】米国特許第５１７５７５５号明細書
【特許文献３】米国特許第５４９７００８号明細書
【特許文献４】米国特許第５７４５５４７号明細書
【特許文献５】米国特許第５５７０４０８号明細書
【特許文献６】米国特許第５６０４３５３号明細書
【特許文献７】米国特許証第６２８５５０６号明細書
【特許文献８】米国特許証第６３１７４８３号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

Ｘ線集束の進歩が最近達成されているが、Ｘ線源アセンブリの一層の機能強化が依然として必要である。例えば、様々な動作条件下でＸ線ビームの出力安定性を改善すること、および既知の条件下でのその動作の較正である。本発明はこうした要件を対象とする。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

上述のＸ線源でアノードに入射するｅビームを使用してＸ線を生成することにより、Ｘ線源内のＸ線管を支持および配置する素子の熱膨張を引き起こすのに十分なかなりの熱量が生み出される可能性がある。この熱膨張は、アノードから発散するＸ線と、例えばＸ線

の方向を制御する働きをする素子との間の位置合せ不良を引き起こす可能性がある。その結果、様々な電力でＸ線源を操作することにより、発散Ｘ線と集束光学系との間の位置合せ不良の幅が生じる可能性がある。この位置合せ不良により、Ｘ線源の出力パワー強度が大きく変動する可能性がある。位置合せ不良により、あるタイプのビーム制御素子、例えばピンホールまたは単一反射鏡について、Ｘ線出力スポットまたはＸ線ビーム位置も変化する可能性がある。したがって、一態様では、動作電力レベルの範囲にわたって出力安定性が向上し、Ｘ線スポットまたはＸ線ビーム位置の安定性が向上したＸ線源アセンブリが本明細書で提供される。より具体的には、本発明の一態様によるＸ線源アセンブリは、アノード電力レベル、ハウジング温度、アセンブリについての周囲温度などのＸ線源の１つまたは複数の動作条件が変動しても比較的一定に維持することのできるＸ線ビーム出力強度を提供する。

【００１１】

本発明によるＸ線源アセンブリは、アセンブリに供給される電力レベルに基づいて電子が入射するスポットを有するアノードと、スポットで生成される発散Ｘ線を受け取り、アセンブリから出力Ｘ線を送るように結合された光学系とを含む。Ｘ線源アセンブリの動作中に出力Ｘ線の強度を動的に維持する制御系であって、アセンブリに供給される電力レベルを変更することにより、Ｘ線源アセンブリの少なくとも１つの動作条件が変化しても出力強度を維持する制御系が提供される。

【００１２】

制御系は、例えばアセンブリに関連する電源を制御することにより、アセンブリに供給される電力レベルを変化させる少なくとも１つのアクチュエータを含むことができる。

【００１３】

制御系は、出力強度を維持するためにアノードの温度および／または位置も変更することができる。アノードソーススポットと出力構造の少なくとも一方の位置を調節し、かつ／またはアノードの加熱と冷却の少なくとも一方を実施し、それによって光学系に対するアノードの調節を実施するアクチュエータを提供することができる。

【００１４】

制御系は、出力強度に関するフィードバックを供給する少なくとも１つのセンサと、アノード電力レベルを監視し、かつ／またはアノード温度を直接的または間接的に監視する追加のセンサとをさらに含むことができる。

【００１５】

上記で要約した方法に対応するシステムおよびコンピュータプログラム製品も本明細書で説明され、特許請求される。

【００１６】

さらに、本発明の技法を通じて別の特徴および利点が実現される。本発明の他の実施形態および態様を本明細書で詳細に説明するが、それは特許請求された発明の一部とみなされる。

【００１７】

本発明とみなされる主題を具体的に指摘し、明細書の最後で明確に特許請求する。本発明の上記およびその他の目的、特徴、および利点は、添付の図面と共に行われる以下の詳細な説明から明らかとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１８】

上記で全般的に論じたように、本発明は、一態様において、例えば集束Ｘ線ビームまたは平行Ｘ線ビームを供給し、動作条件の範囲にわたって安定した出力を有するＸ線源アセンブリを提供する。この安定した出力は制御系を介して得られ、一態様では、制御系は、動作条件のうちの１つまたは複数が変化してもＸ線源に供給される電力を制御する。

【００１９】

制御系は、必要な変化を引き起こすことのできる１つまたは複数のアクチュエータを使用する。例えば、あるアクチュエータは、管に供給される電力を（電源と協働して）変更

する出力アクチュエータ、アノードの加熱／冷却をもたらして出力構造に対するアノード源スポット位置を調節する温度アクチュエータ、または必要に応じてアノード源スポットまたは出力構造の位置を物理的に調節する機械式アクチュエータを含むことができる。さらに別のアクチュエータは、電子ビームを静電的または磁気的に移動することができる。制御系で１つまたは複数のセンサを使用して、出力構造に対するアノード源スポット位置に関するフィードバックを与えることができる。センサは、アノード温度を直接的または間接的に測定するセンサならびにハウジング温度センサおよび周囲温度センサなどの温度センサを含むことができる。センサはまた、アノード電力レベルまたは光学系出力強度の直接的または間接的尺度を得るためのフィードバック機構も含むことができる。

【００２０】

本明細書では、「出力構造」という語句は、Ｘ線源アセンブリの一部またはＸ線源アセンブリに関連する部分を含む構造を指す。例えば、構造は、集束光学系またはコリメーティング光学系などのＸ線透過窓または光学系を含むことができる。Ｘ線透過窓または光学系は、アセンブリ内のＸ線管を囲むハウジングに固定されることがあり、または固定されないことがある。

【００２１】

図１に、本発明の一態様によるＸ線源アセンブリ１００の立面図を断面で示す。Ｘ線源アセンブリ１００は、透過窓１０７を有する真空気密Ｘ線管１０５（通常はガラスまたはセラミックで形成される）を備えるＸ線源１０１を含む。Ｘ線管１０５は、高電圧（ＨＶ）アノード１２５の反対側に配置された電子銃１１５を収容する。電圧が印加されるとき、電子銃１１５は、当技術分野で周知のように、電子流の形の電子、すなわち電子ビーム（ｅビーム）１２０を放射する。ＨＶアノード１２５は、Ｘ線放射、すなわちＸ線１３０を生成するために電子流が入射するソーススポットを有するターゲットとして働く。

【００２２】

例えば、ＨＶアノード１２５を典型的には５０ｋｖ周辺の高電位に保つ間、電子銃１１５を接地電位（０ボルト）に保つことができる。その結果、接地電位の電子銃１１５から放射されるｅビーム１２０がＨＶアノード１２５の表面に電気的に引き寄せられ、それによって、ｅビーム１２０がアノードに当たるアノード上のソーススポットからＸ線１３０が生成される。その後で、Ｘ線１３０が真空気密Ｘ線管１０５の透過窓１０７に送られる。透過窓１０７は通常、Ｘ線の透過をほぼ妨げないと共にＸ線管１０５内の真空を維持するベリリウム（Ｂｅ）などの材料で形成される。

【００２３】

ハウジング１１０は、Ｘ線管１０５を少なくとも部分的に格納する。ハウジング１１０は、Ｘ線管１０５の透過窓１０７と位置合せされた開口１１２を含むことができる。例えば、開口１１２は、ハウジング１１０内のオープンアパーチャまたはエアスペースを画定するエンクローズドアパーチャを含むことができる。透過窓１０７および開口１１２を通過するとき、Ｘ線１３０は光学系１３５によって収集される。この例では、ハウジング１１０内の開口１１２のまわりに集中するように光学系１３５を図示している。光学系１３５は、ハウジング１１０の外面に固定することができ、または開口１１２内に存在するように（例えば透過窓１０７に接して存在するように）ハウジング１１０内に部分的に配置することができ、またはハウジング１１０とは別々に支持されるがハウジング１１０内の開口１１２と位置合せすることができる。

【００２４】

指摘したように、例えば、光学系１３５は集束光学系またはコリメーティング光学系を備えることができる。図１では、高強度の低直径スポット１４５を必要とする応用例に対してＸ線源１００が使用されるときに有用である集束素子として光学系１３５を示す。集束光学系１３５は、Ｘ線放射１３０を収集し、その放射を集束Ｘ線１４０として集束させる。低電源を必要とするＸ線蛍光系と共にＸ線源１００を使用すべきであるとき、集束光学系は有益である。あるいは、光学系１３５は、光学系からのＸ線放射出力の平行ビームを必要とする応用例で使用されるコリメーティング光学素子を備えることができる（図示

せず）。コリメーティング光学素子の場合、Ｘ線１４０は、図１に示すようにスポット１４５に集束するのではなく、平行となる。

【００２５】

光学系１３５は、例えば集束またはコリメーティングのための、Ｘ線を収集または操作することのできる光学素子を備えることができる。例えば、光学系１３５は、ポリキャピラリバンドル（ニューヨーク州オールバニーのＸ－ｒａｙ　Ｏｐｔｉｃａｌ　Ｓｙｓｔｅｍｓ，Ｉｎｃ．から入手可能なものなど）、二重湾曲光学系、またはフィルタ、ピンホール、スリットなどの他の光学素子形態を含むことができる（ポリキャピラリ光学系は、全反射を介して光子を伝送する細い中空管のバンドルである。そのような光学系が説明されている（例えば、特許文献２、１、３参照。）。二重湾曲光学系が説明されている（例えば、特許文献７、８参照。）。これら特許のすべては、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。）。Ｘ線源アセンブリ１００の較正時に、光学系１３５は、Ｘ線源アセンブリ１００の別の較正が実施されるまで、（一実施形態においては）Ｘ線源１０１に対して静止したままである。

【００２６】

入射面と反対側のＨＶアノード１２５の端部は、Ｘ線管１０５の本体から突出し、ベースアセンブリ１５０に機械的かつ電気的に接続される。ベースアセンブリ１５０は、誘電体ディスク１６０を介してベースプレート１６５から電気的に絶縁される第１導体ディスク１５５を含む。本明細書でアノードスタックと呼ぶ、得られるアノード１２５およびベースアセンブリ１５０構造は、「Ｍｅｔｈｏｄ　ａｎｄ　Ｄｅｖｉｃｅ　Ｆｏｒ　Ｃｏｏｌｉｎｇ　ａｎｄ　Ｅｌｅｃｔｒｉｃａｌｌｙ　Ｉｎｓｕｌａｔｉｎｇ　Ａ　Ｈｉｇｈ－Ｖｏｌｔａｇｅ，　Ｈｅａｔ　Ｇｅｎｅｒａｔｉｎｇ　Ｃｏｍｐｏｎｅｎｔ」という名称の上記で組み込まれた出願に詳細に説明されている。その中でより詳細に説明されているが、ベースアセンブリ１５０の構造および機能を以下で簡潔に議論する。

【００２７】

導体ディスク１５５およびベースプレート１６５は、例えば、銅などの導電率および熱伝導率が高い材料で形成された直径数インチのディスク型の板である。例えば、導体ディスク１５５およびベースプレート１６５は、０．１から０．５インチ（０．２５４から１．２７ｃｍ）の範囲の厚さを有することができ、１つの具体的な例は０．２５インチ（０．６３５ｃｍ）である。ベースプレート１６５は、Ｘ線源１０１の構造全体を収容する細部構造をさらに含むことができる。

【００２８】

誘電体ディスク１６０は、例えば、酸化ベリリウムセラミックまたは窒化アルミニウムセラミックなどの高電圧で高い絶縁耐力を実現する材料で形成された直径１．５インチ（３．８１ｃｍ）のディスク型の板である。さらに、導体ディスク１５５またはベースプレート１６５ほどの熱伝導率はないものの、こうした材料は比較的良好な熱伝導率を示す。誘電体ディスク１５０は、０．１から０．５インチ（０．２５４から１．２７ｃｍ）の範囲の厚さを有することができ、１つの具体的な例は０．２５インチ（０．６３５ｃｍ）である。

【００２９】

導体ディスク１５５は、適切な高電圧リード１７０を介して高電圧源（図示せず）に機械的かつ電気的に接続される。その結果、高電位が導体ディスク１５５に供給され、その後にＨＶアノード１２５に供給される。逆に、ベースプレート１６５は接地電位に保たれる。誘電体ディスク１６０は、高電圧導体ディスク１５５と接地ベースプレート１６５との間の電気的絶縁をもたらす。高電圧リード１７０を導体ディスク１５５に接続するアセンブリの一例が、「Ａｎ　Ｅｌｅｃｔｒｉｃａｌ　Ｃｏｎｎｅｃｔｏｒ，　Ａ　Ｃａｂｌｅ　Ｓｌｅｅｖｅ，　ａｎｄ　Ａ　Ｍｅｔｈｏｄ　Ｆｏｒ　Ｆａｂｒｉｃａｔｉｎｇ　Ａ　Ｈｉｇｈ　Ｖｏｌｔａｇｅ　Ｅｌｅｃｔｒｉｃａｌ　Ｃｏｎｎｅｃｔｉｏｎ　Ｆｏｒ　Ａ　Ｈｉｇｈ　Ｖｏｌｔａｇｅ　Ｄｅｖｉｃｅ」という名称の上記で組み込まれた特許出願で説明されている。

【００３０】
Ｘ線管１０５、ベースアセンブリ１５０、およびＨＶリード１７０をカプセル材１７５に入れることができる。カプセル材１７５は、シリコーンなどの電圧破壊を回避するのに十分高い絶縁耐力（ｄｉｅｌｅｃｔｒｉｃ　ｓｔｒｅｎｇｔｈ）を有する剛体または半剛体材料を含むことができる。さらに、好ましい熱経路はベースアセンブリ１５０を通るので、カプセル材１７５は良好な熱良導体である必要はない。具体的な例として、カプセル材１７５は、Ｘ線管、ベースアセンブリ、および高電圧リードの周りでシリコンエラストマー（Ｄｏｗ　Ｃｈｅｍｉｃａｌから入手可能なＤｏｗ　Ｓｙｌｇａｒｄ（登録商標）１８４など）を成形することによって形成することができ、それによって望ましくないグラウンドへの電圧破壊経路を与える可能性のあるエアポケットのない構造が形成される。

【００３１】
図２に、出力強度の表現、例えばスポット１４５（図１）強度がアノード源スポットと出力光学系との間の変位または位置合せ不良に関してプロットされたソース走査曲線２００のグラフを示す。スポット強度は、光学系（１３５）の焦点全体にわたってＸ線（１３０）を走査することによって得られる。Ｘ線１３０（すなわちアノード源スポット）を光学系の焦点に適切に位置合せすることで最大強度が達成されるガウスプロットが得られることが示されている。

【００３２】
図示するように、半波高全幅値（ＦＷＨＭ）Ｗ１は、ほぼ２００ミクロンに等しい。ＦＷＨＭ２００ミクロンは、Ｘ線１３０（すなわちアノード源スポット）が光学系１３５の焦点から１００ミクロンの距離だけ変位した結果としてスポット１４５でのＸ線強度が５０％低下することを示す。適切に構成されたとき、Ｘ線源アセンブリ１００は、図２のソース走査曲線の、傾きがほぼゼロに等しい頂点付近の所与の出力に対して機能し、それによって光学系１３５に対するＸ線１３０の変位のわずかな摂動（例えば5マイクロメートル以下）の結果として生じる強度低下を無視することができる。例えば、光学系１３５に対するＸ線１３０の変位で許される摂動の範囲がＷ２で表され、Ｘ線１３０と光学系１３５の焦点との間の５ミクロン未満の変位が許容されることを示す。しかし、Ｘ線源の動作電力が０から５０Ｗまで変化するときに、ＨＶアノード１２５とベースアセンブリ１５０の素子で５０ミクロンもの熱膨張の差が生じる可能性がある。

【００３３】
図３に、図１に関連して上記で説明したＸ線源１００を示す。しかしこの例では、ＨＶアノード１２５に入射するｅビーム１２０によって生成された熱により、ＨＶアノード１２５、導体ディスク１５５、およびベースプレート１６５が膨張し、それほどではないが誘電体ディスク１６０も膨張する。この膨張の結果として、図１に示すＸ線１３０に対して垂直方向に変位するＸ線３１０の発散ビームが生成される。例えば、Ｘ線管または電子銃１１５のターゲットが５０Ｗの電力で動作する場合、Ｘ線３１０の焦点が、０Ｗでの位置から５０ミクロンも変位する可能性がある。Ｘ線３１０は光学系１３５とずれ、その結果、Ｘ線３１５の収束ビームが、著しく強度の低下したスポット３２０を生成する。

【００３４】
他の環境条件によりこの変位が引き起こされる可能性がある。以下で議論するように、本発明は、管に供給される電力を動的に変更することによってこの変位を補償することに関する。

【００３５】
二重湾曲結晶やポリキャピラリバンドルなどのコリメーティング光学系および集束光学系の物理的性質により、Ｘ線３１５の最適なコリメーションまたは集束のために、アノード源スポットに対する光学系１３５の厳密な位置決めが望ましい。その結果、図２にグラフで示したように、ＨＶアノード１２５およびベースアセンブリ１５０の熱膨張の結果として生じるものなど、光学系１３５に対するＸ線３１０の変位の結果として、著しく強度の低下したスポット３２０が生じる可能性がある。

【００３６】

出力構造に対するアノード源スポットの変位を、様々な手法を使用して測定することができる。例えば、アノードスタックのベースで温度センサ４００を使用してアノードスタック温度の変化を測定することができ、以下でさらに説明するように、較正手順中に、アノードスタック温度の変化を光学系に対するアノード源スポットの変位と相関させることができる。図５に、代替温度センサ実装を示す。

【００３７】

図５に示すように、導体ディスク１５５、誘電体ディスク１６０、およびベースプレート１６５をやはり含むベースアセンブリ１５０が、ベースプレート１６５内に埋め込まれ、ベースプレート１６５と良好な熱接触を持つ温度センサ４００を含むように変更されている。例示のために、図５ではアノードからベースアセンブリへの熱伝達を表す波線を示す。こうした波線は、図４に示すＨＶアノード１２５へのｅビーム１２０の入射によって生成される熱を表す。

【００３８】

図４には、Ｘ線強度測定装置４１０も示す。温度を感知して補正（ｏｆｆｓｅｔ）を求めることに加えて、またはその代わりに、Ｘ線源１０１または光学系１３５のＸ線出力強度を測定することができる。例えば、回折応用例では、本明細書で説明したような位置制御系に対して必要なフィードバックを供給するために強度測定装置４１０として電離箱または比例計数管を使用することができる。回折応用例では、注目のエネルギーは通常、わずか１波長でのエネルギーであり、したがってＸ線経路内に配設された比例計数管が吸収するのは、注目のＸ線のわずかな量だけである。Ｘ線源アセンブリ１００からのＸ線出力の強度を直接的または間接的に求めるのに他の強度測定手法を使用できることを当業者は理解されよう。温度感知、Ｘ線強度感知などの目的は、アノード源スポットと出力構造との間の位置合せに関するフィードバック情報を提供することである。図７～１０を参照しながら制御系および制御プロセスを以下でさらに説明する。

【００３９】

アノードスタック温度と、出力構造に対するアノード源スポットの位置合せとの間の相関は、図６～６Ｂを参照するとより良く理解することができる。

【００４０】

図６では、アノード１２５およびベースアセンブリ１５０を含むアノードスタックが示されている。アセンブリ１５０は、導体ディスク１５５、誘電体ディスク１６０、およびベースプレート１６５を含み、この例では、ベースプレート１６５はその中に埋め込まれた温度センサ４００と共に示されている。アノードスタックは、図６Ａのグラフ上の距離軸（ｘ軸）と相関させるために水平方向に配置されている。

【００４１】

図６Ａに示すように、アノードスタックは、スタックを含む様々な構成要素にわたって様々な温度降下を有する。５０Ｗと２５Ｗの両方の例について、アノード１２５の右端から始めて、例えば導体ディスク１５５間の温度降下よりもわずかに急な傾きの温度降下が示されている。アノード１２５とディスク１５５はどちらも導電性であるが、ディスク１５５に関する断面がより大きいことは、主表面から別の表面までの温度降下がより小さいことを意味する。図６Ａにも示すように、アノードスタック間の温度変化は、アノード電力レベルに関係する。温度変化（ｙ軸）は、アノードスタックの室温を超える変化温度補正を指す。したがって、印加アノード電力レベルがゼロのとき、補正はゼロと想定される。

【００４２】

別の機能強化として、室温または周囲温度の変化に対処するように、本発明の一態様によるＸ線源アセンブリを調節することができる。膨張に寄与する素子の全熱膨張が５０Ｗビーム電流で０Ｗビーム電流と同じとなるようにするために、次いでプレート１６５（したがって接続される素子）の０Ｗベース温度を例えば４０℃まで上昇させることができる。このことを図６Ａでは点線で示す。

【００４３】

図６Ｂに、０から５０ワットの間の様々なアノード電力レベルに対する、基準温度からアノードスタックの構成要素の周囲温度を引いた一例を示す。より具体的には、図６Ｂは、様々な管動作電力に対する（図６Ａに０Ｗで導出および図示した）基準温度を示す。さらに、この基準温度に追加の温度補正を追加することにより、同一のシステムは周囲温度変化を吸収することができる。例えば、５０Ｗかつ２０Ｃでは、０Ｃの基準デルタ温度が得られる。この基準デルタΔ温度が５Ｃに上昇した場合、このデルタ温度を２０Ｃに維持するために追加の加熱を供給すべきである。しかし、２５Ｃでは、追加の加熱は不要である。このようにして、例えば２０Ｃでは、より高い周囲温度での補償を可能にする基準デルタ温度の補正が必要である。

【００４４】

図７に、本発明の別の態様による、全般的に７００と示すＸ線源アセンブリの一実施形態の立面図を断面で示す。Ｘ線源アセンブリ７００は、Ｘ線源７０５および出力光学系１３５を含む。光学系１３５が、真空Ｘ線管１０５のＸ線透過窓１０７に位置合せされる。この場合もＸ線管１０５は、高電圧アノード１２５と反対側に配置された電子銃１１５を収容する。電圧が印加されるとき、電子銃１１５は、電子流の形の電子（すなわち、前述のように電子ビーム１２０）を放射する。ＨＶアノード１２５は、Ｘ線放射１３０を生成し、ウィンドウ１０７を透過し、光学系１３５で収集するために電子流が入射するソーススポットに関するターゲットとして働く。電子銃１１５およびアノード１２５は、図１、３、および４の実施形態に関して上記で説明したのと同様に機能する。

【００４５】

この場合も、アノード１２５は、誘電体ディスク１６０を介してベースプレート１６５から電気的に絶縁される導体板１５５を含むベースアセンブリに物理的かつ電気的に接続される。ベースアセンブリの構成および機能は、図１、３、および４に関して上記で説明したベースアセンブリと同様でよい。高電圧リード１７０は導電性プレート１５５に接続し、アノード１２５に所望の電力レベルを供給する。電子銃１１５、アノード１２５、ベースアセンブリ１５０、および高電圧リード１７０はカプセル材１７５に入れられ、そのすべてはハウジング７１０内にある。ハウジング７１０は、Ｘ線管１０５のＸ線透過窓１０７に位置合せされた開口７１２を含む。動作の際に、Ｘ線放射１３０が光学系１３５によって収集され、この例ではスポット７４５に集束される（７４０）。上記で指摘したように、光学系１３５は、ポリキャピラリバンドルおよび二重湾曲結晶を含む様々なタイプの光学素子のいずれか１つを含むことができる。さらに、光学系１３５は例えば、Ｘ線源アセンブリに関する応用例に応じて集束光学系またはコリメーティング光学系を含むことができる。

【００４６】

本発明の一態様によれば、Ｘ線源アセンブリ７００内に制御系が実装される。この制御系は、例えば、ハウジング７１０内に埋め込まれたように示されるプロセッサ７１５、ならびにプロセッサ７１５に結合された（結合は図示せず）１つまたは複数のセンサおよび１つまたは複数のアクチュエータ（温度センサ／アクチュエータ７２０、および／または位置アクチュエータ７３０、および／または強度センサ７１１、および／またはパワーアクチュエータ７２６など）を含む。Ｘ線源アセンブリ７００内のこの制御系は、例えば、電源７２５によって管に供給される電力、光学系１３５に対するＸ線１３０の機械的位置合せ、および／またはアノードスタックの温度を変更することによってＨＶアノード１２５およびベースアセンブリの熱膨張を補償する機能を含む。これにより、Ｘ線源アセンブリ７００がスポットサイズ７４５をアノード動作レベルの範囲内の安定した強度で維持することが可能となる。

【００４７】

図８に機能制御ループの一実施形態を示し、図８Ａに本発明の一態様による制御機能の一例を示す。図８に示すように、１つまたは複数のセンサ８０１が、例えば、管／ハウジング８３０からの温度（「Ｔ」）、光学系８３５からのＸ線出力強度（「Ｉ」）、および／または監視する管電力（「Ｐ」）に関するフィードバックを供給する。このフィードバ

ックが、制御機能を実施するプロセッサ８１０に供給される。例えば、図８Ａは、現在位置（Ｋ）、変化率（ｄ／ｄｔ）、および蓄積した履歴（Σ）を求めることができるように温度センサ（ＴＳ）からの値と基準温度（Ｒ）との間で温度補正を求める制御機能を示す。次いで、この比例積分微分関数の結果が加算され、時間の関数としての出力（Ｏ（ｔ））が得られる。この出力が１つまたは複数のアクチュエータ８２０に供給され、１つまたは複数のアクチュエータ８２０は、電源８５０によって管に供給される電力（「Ｐ」）の自動変更を実施し、かつ／またはアノード温度（「Ｔ」）の自動変更を実施し、かつ／または出力構造８３５（光学系など）の位置（「Ｐｏｓ」）の自動変更を実施し、すなわち出力構造に対するアノード源スポット位置を維持し、かつ／または位置合せ不良の存在下であっても光学系の出力強度の自動変更を実施する。この監視および調節プロセスは、Ｘ線源アセンブリの制御系によって継続的に反復することができる。

【００４８】

温度制御エリアでの１つの改良型の態様では、制御動作は、ＰＩＤタイプのコントローラの連続的出力を使用すること、および発熱体（ヒータ）や冷却素子（ファン）などの１つまたは複数の個々の温度制御素子を作動させることを含むことができ、その結果、１つまたは複数の素子の全熱応答は、熱制御全体に関する最も正確かつ適時の応答を生成するための個々の素子の効果の混合である。２つ以上の効果の混合は、必ずしもそうするわけではないが、システム全体の素子に対する応答の異なる大きさを個々に補償することができる。したがって、熱および電力応答全体は、一様かつ細かく制御可能であり、システム応答全体での不連続の制御動作および振動するリミットサイクルが回避される。１つまたは複数の効果を混合する方法は、必ずしもそうである必要はないが、各素子に対するシステムの応答を別々にモデル化し、各アクチュエータについてのモデルを組み合わせて、ＰＩＤ制御などのコントローラの単一出力変数によって変調される単一の仮想素子の存在をシミュレートすることを含むことができる。複数の素子のそのような仮想アクチュエーションは、仮想アクチュエータに対するコマンド全体によって任意の所与の時間にすべて指定されるが、各物理素子に個々に適用されて制御応答で全体の同期された連続的な結果が生成される、１つまたは複数のフォワードコマンドおよびリバースコマンドの使用を含むことができる。

【００４９】

上記の例は異なる温度制御素子に適用されるが、電力および物理的位置を含む、本明細書で論じる他のタイプの制御可能な刺激を制御するアクチュエータに同一の原理を適用することができる。これは、別々の素子を使用して出力パラメータ（すなわち、温度または電力）を集合的に制御することができる範囲で行うことができる。

【００５０】

図７に戻ると、センサ／アクチュエータ７２０は、ベースプレート１６５’に物理的に結合された温度アクチュエータを含むことができる。この温度アクチュエータ７２０は、例えばベースプレート１６５’に熱を加え、かつ／または冷却を加え、ベースプレートに熱を加え／ベースプレートから熱を除去する任意の手段を含むことができる。例えば、発熱体は、カリフォルニア州リバーサイドのＣａｄｄｏｃｋ　Ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃｓから入手可能なモデル番号ＭＰ８５０などの１０オーム電力抵抗器を含むことができ、適切な冷却素子は、強制空気ヒートシンクまたは液体ベースのヒートシンクを含むことができる。Ｘ線源アセンブリの動作中に温度アクチュエータを使用して、Ｘ線収集光学系などの１つまたは複数の出力構造に対してアノードＸ線スポットを最適な向きに維持することができる。ベースプレートへの熱の適用または熱の除去は、アセンブリの１つまたは複数の動作条件の変化があってもＸ線源アセンブリの動作全体にわたってアノードスタックにわたり一貫した平均温度が維持されるように実施される。

【００５１】

具体的には、一実施形態では、ベースアセンブリおよびＨＶアノードの熱膨張が、Ｘ線源アセンブリの動作範囲にわたって、生成されるＸ線が一貫して例えば収集光学系と位置合せされることを可能にする許容差内に維持される。加えられる熱の追加は、例えば、Ｘ

線源アセンブリが動作電力の低下にシフトするときに行うことができ、その結果、ＨＶアノードおよびベースアセンブリ素子は、それを通る熱の放散の低下によるサイズの低下を受けず、Ｘ線および収集光学系の最適な位置合せを維持することが可能となる。一実施形態では、発熱体を、ベースプレートの内部に含めることができ、冷却素子をベースプレートの露出面に熱的に結合することができる。

【００５２】

アノードスタックにわたって一貫した平均温度を維持することに関連して本明細書で説明したが、アノード源スポットと出力構造の間の所望の位置合せを維持する他の機構が存在することを当業者は理解されよう。

【００５３】

例えば、機械式アクチュエータ（群）７３０を使用して、アノード源スポットに対する収集光学系の向きおよび位置合せを物理的に調節することができる。こうしたアクチュエータは、手動で調節することができ、またはプロセッサ７１５から受信される信号に応答するように自動化することができる。他のアクチュエーション制御機構も当業者には明らかであろう。そうした他のアクチュエーション制御機構は本明細書で提示される特許請求の範囲に包含される。制御系の目標は、例えば収集光学系入力（すなわち焦点）に対して、アノード源スポットの所望の向きを維持することである。通常、この所望の向きは、最高の強度スポット７４５を保証する最適な向きを含むことになる。

【００５４】

別の例として、ビーム１３０と光学系１３５との間の内部位置合せ不良を補償するために、電源７２５によってＸ線管に供給される電力を変更することができる。（プロセッサ７１５で制御される）アクチュエータ７２６は、制御可能な電源７２５に制御コマンドを発行し、制御可能な電源７２５からステータス信号を受信する。制御可能な電源７２５は、１１５電子銃およびアノード１２５に供給される電圧および電流を制御する。電源からの電圧出力と電流出力のどちらも制御することができる。好ましい実施形態では、電流のみを制御することによって電力が変更される（当技術分野では「チューブミリアンプ」と呼ばれる）。電流は、生成された電子数（したがってＸ線ビーム強度）に正比例する。

【００５５】

上記で詳細に議論したように、わずかな位置合せ不良が、図２のソース／スキャン曲線に沿った動作位置に応じて、それに比例した出力強度の変化を引き起こす可能性がある。位置の比較的わずかな変化では、管電流を（例えば位置合せ不良に対して上向きに）調節して失われた強度を補償すると共に、わずかな位置合せ不良を許容することができる。図９ａに関連して以下で議論するように、この調節は、上記で議論した他の温度調節および機械的調節とは別々に使用することができ、またはそれに加えて使用することができる。

【００５６】

アノードと陰極の間の電圧（「ｋｅＶ」と呼ばれる）を変更することは、管出力パワーを変更するためのあまり好ましい手法ではない。（当業者には周知のように）電圧の変更が出力のＸ線スペクトルの形状に影響を及ぼすからである。このことはシステムが行う測定に対して重大な結果を有する可能性がある。ＸＲＤおよびＸＲＦシステムは通常、予測可能なスペクトル形状および内容を必要とするからである。しかし、単色化光学系が出力光学系として使用される単色応用例（例えば二重湾曲結晶）では、ただ１つの特定のＸ線ラインが測定に使用される。注目していない残りのスペクトルに影響を及ぼしながら電圧を変更することは、注目のスペクトル線の強度に望ましい影響を及ぼす。

【００５７】

図８の「閉ループ」制御は、関連する管パラメータ（電力、温度、および／または強度）を感知する能力を仮定する。「開ループ」実施形態も実施することができる。一定のパラメータがモデル化され、他の測定される特性に基づいて、既存の較正または実験に従って一定値を達成すると仮定される。次いで、フィードバックループを調節するのに、実際の感知したパラメータまたは実際の感知したパラメータとこのモデルの組合せではなく、このモデルが使用される。

【００５８】
図９は、図７のプロセッサ７１５によって実施することのできる処理の一実施形態の流れ図である。図９は、Ｘ線源アセンブリの動作中にプロセッサによって周期的に反復されるループを表す。これは、例えば、アノードに印加される電力レベルなどの１つまたは複数の動作条件の変化に応答して、ベースアセンブリに熱を加え、またはベースアセンブリから熱を除去することができ、それによってアノードスタックにわたって一貫した平均温度を維持し、したがって、放射されるＸ線を収集光学系の入力に対して最適に位置合せすることが可能となる。
【００５９】
図９に示すように、処理は、アノード電力レベル９００を読み取ることによって始まる。一実施形態では、アノード電力レベルは、その信号範囲が例えば０から１０Ｖの間である２つのアナログ入力から求めることができる。１つの入力は、電子銃１１５（図７）に電力を供給する電源が動作している電圧を通信し、２番目の入力は、電源によって得ている電流を通信する。これらの２つの入力から、アノードの電力レベルでもある、電子銃１１５が動作中の電力を求めることができる。
【００６０】
次に、処理はアノードスタックならびにソースハウジング９１０の温度を読み取る。上記で指摘したように、アノードスタックの温度を、温度センサを使用してベースアセンブリのベースプレートから得ることができ、得られた信号は、アセンブリ内に埋め込まれたプロセッサにフィードバックされる。ハウジング温度は温度センサも含むことができ、一実施形態では温度センサは、格納容器の膨張または収集を測定するためにハウジングの表面に熱的に結合される。ハウジング温度を測定することの望ましさは、監視される光学系またはその他の出力構造がハウジングに機械的に結合されることを仮定する。
【００６１】
次に、処理は、読み取った電力レベル９２０に対する基準温度を求める。基準温度は、測定したアノード電力レベルでのアノードスタックに対する望ましい所定の温度となる。基準温度は、Ｘ線源アセンブリに関する較正手順の間に求めることができ、特定のアセンブリに固有でよく、または同様に製造される複数のＸ線源アセンブリに対して汎用的でよい。図１０に、読み取った電力レベルに対する基準温度を探すために使用することのできる表の一実施形態を示す。図示するように、図１０の表は、アノードスタックに対する所望の基準温度を求める際に考慮すべき別の動作条件としてハウジング温度も使用する。したがって、Ｘ線源アセンブリに関するハウジング温度およびアノード電力レベルに応じて、アノードスタックに対する所望の基準温度が得られる。
【００６２】
基準温度および読み取った温度は、図８に関連して上記で説明したような、位置、変化率、および蓄積した履歴の制御アルゴリズムに入力される。このアルゴリズムは、１つまたは複数のアクチュエータ９３０への出力を計算するのに使用される。当業者は、この機能を実施するために比例積分微分アルゴリズムを容易に実装することができる。出力が得られた後、例えば光学系入力９４０に対してアノード源スポット位置を維持するために、出力がアクチュエータに供給される。
【００６３】
１つの具体的な例として、プロセッサは、冷却ファンが回転速度の範囲で動作することを可能にし、それによってアノードスタックのベースプレートから適切な速度で熱を除去するパルス幅変調信号を含む信号を出力することができる。そのようなパルス幅変調出力でのデューティサイクル（ｄｕｔｙ　ｃｙｃｌｅ）は、アノードの動作電力によって求めることができる。第２出力は、発熱体に供給される電力の変動を可能にし、それによってアノードスタックのベースプレートに加えられる熱量の変動を可能にする。一実施形態では、比例積分微分（ＰＩＤ）アルゴリズムを実施した後に、プロセッサは、公式またはルックアップテーブルを使用して、アノードが現在動作中の特定の電力レベルに対する、アノードスタックのベースプレートが維持すべき温度（すなわち基準温度）を求めることが

できる。

【００６４】

上述のフィードバックベースのアルゴリズムの代替として、プロセッサが（例えば）モデルまたは予測ベースのアルゴリズムを実施することができる。予測ベースのアルゴリズムの一例として、既知のソース走査曲線上の正確な開始位置を特定するために、ソースおよび光学系を意図的に位置合せ不良にすることができる。例えば、ソースと光学系の位置合せは、ソース走査曲線上の傾きが大きい位置に誤って置くことができ、それによって変位を正確に測定または推論することが可能となる。その後で、求めた変位を使用して、ソース走査曲線を使用して調節を行い、曲線のピークに戻ることができる。

【００６５】

図９ａは、出力強度の閉ループ感知を含み、対応する電力調節を行う本発明の改良型実施形態の流れ図である。

【００６６】

初めに、出力強度を、例えば図７のセンサ７１１から読み取る（９５０）。ランナウェイ条件を防止するために、既存のテーブル（図１０ａ）に照会して（９６０）、ユーザの電圧および電流設定に従って最大の所望の強度を求めることができる（電力調節は場合によっては本発明によって行われるので、極限の電圧および電流設定は、ユーザが「選ぶ」ものとはわずかに異なることがある）。読み取った強度に基づいて、ステップ９０１～９４１を含む「内部ループ」を任意選択で起動して、一定の追加の温度変更、ビーム電流変更、および位置変更を行うことができる。ステップ９０１～９４１は、図９を参照しながら上記で議論したステップ９００～９４０と同様であるが、この実施形態ではそれ自体が改良される。ここで、図１０の表も、ハウジング温度および管電力に応じて予測され／モデル化され／先験的に導出されたビーム電流調節パラメータで補足される。次いで、この改良した表に従って必要な調節を行う（９４１）。

【００６７】

ステップ９５０で読み取った実際の出力強度に基づいて別の電力調節９９０を行うために外部ループに続くこともできる（９８０）。このようにして、内部ループは、読み取った電力パワー９０１に従ってモデルテーブル１０を使用して、温度、位置、および／またはビーム電流の調節を行い、外部ループは、図１０ａの最大の所望の強度表によって制限される所望の強度レベルを満たすように最終的な電力調節を行う。

【００６８】

この図では例示的強度調節（９５０～９９０）を外部ループとして示すが、別法としてこの特定の一連のステップが温度／位置調節に対する内部ループ（９０１～９４１）を形成できることを当業者は理解されよう。

【００６９】

（ユーザまたは開示される制御系によって行われる）本発明の電力調節は、意図的な変更と考えられる。このシステムは、動作条件を場合によって変更する管電力も考慮し、制御系は、一定の環境下で電力を能動的に変更しながら、電力または位置または温度を補正して、意図されない電力の変化も補償する。こうした意図的な電力変更は、意図しない電力ドリフトに応答するときの制御ループの振動挙動を回避するために、所定の基準に従って制限することができる。このようにして、組合せ後の制御応答は、ユーザによって確立された電力設定点を不安定化することはない。

【００７０】

したがって、本発明は、動作条件を変更することに鑑みて、システムの出力強度を一定に保つ目的で、様々なアクチュエータおよびセンサを使用する。これは、一定の安定したＸ線ビームに依存する多くの測定計器にとって特に重要である。

【００７１】

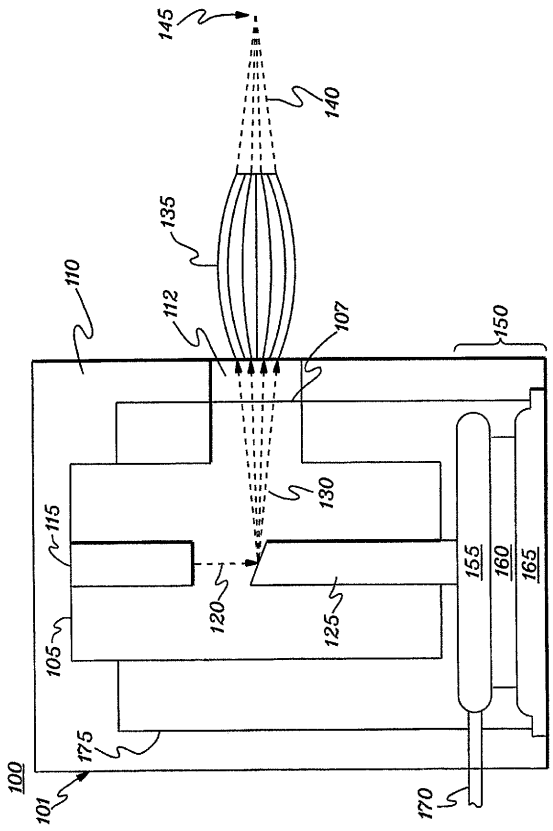
本明細書で好ましい実施形態を詳細に図示し説明したが、本発明の精神から逸脱することなく様々な修正、追加、置換えなどを行うことができ、したがってそれらが以下の特許請求の範囲で定義される本発明の範囲内にあるとみなされることは関連技術の技術者には

明らかであろう。
【００７２】
例えばコンピュータ使用可能媒体を有する製品（例えば１つまたは複数のコンピュータプログラム製品）内に本発明を含めることができる。媒体はその中に、例えば本発明の機能を提供および実施するコンピュータ可読プログラムコード手段を実施する。製品は、コンピュータシステムの一部として含めることができ、または別々に販売することができる。
【００７３】
さらに、本発明の機能を実施するためにマシンによって実行可能な命令の少なくとも１つのプログラムを実施するマシンが可読な少なくとも１つのプログラム記憶装置を設けることができる。
【００７４】
本明細書に示す流れ図は単なる例に過ぎない。本発明の精神から逸脱することなく、その中に記載されたこれらのダイアグラムまたはステップ（またはオペレーション）に対する多くの変形形態が存在することができる。例えば、各ステップを異なる順序で実施することができ、またはステップを追加、削除、または修正することができる。こうした変形形態のすべては、特許請求された発明の一部とみなされる。
【００７５】
好ましい実施形態を本明細書で詳細に図示し説明したが、本発明の精神から逸脱することなく様々な修正、追加、置換えなどを行うことができ、したがってそれらが以下の特許請求の範囲で定義される本発明の範囲内にあるとみなされることは関連技術の技術者には明らかであろう。
【図面の簡単な説明】
【００７６】
【図１】本発明の一態様によるＸ線源アセンブリの一実施形態の断面を示す図である。
【図２】本発明の一態様による出力強度と変位の関係をプロットする、図１に示すようなＸ線源に関するソース走査曲線の一例を示す図である。
【図３】本発明の一態様に従って対処される光学系に対するソーススポットの位置合せ不良を示す図１のＸ線源アセンブリの断面を示す図である。
【図４】本発明の一態様による、光学系に対するソーススポットの変位を監視する異なるセンサ配置を示す図３のＸ線源アセンブリの断面を示す図である。
【図５】本発明の一態様による、図１、３、および４に示すアノードベースアセンブリの一実施形態の断面図である。
【図６】本発明の一態様による、図１、３、および４のアノードスタックの断面図である。
【図６Ａ】本発明の一態様による、異なるアノード電力レベルに関するアノードスタックの素子にわたる温度変化のグラフ表現である。
【図６Ｂ】本発明の一態様による、アノード電力レベルの関数としての基準温度の変化のグラフである。
【図７】本発明の一態様による改良型Ｘ線源アセンブリの一実施形態の断面を示す図である。
【図８】本発明の一態様による、Ｘ線源アセンブリのための制御系の一実施形態のブロック図を示す図である。
【図８Ａ】本発明の一態様による、図８の制御系のプロセッサによって実施される処理の一実施形態の表現である。
【図９】本発明の態様による、Ｘ線源アセンブリについての制御処理の実施形態の流れ図である。
【図９ａ】本発明の態様による、Ｘ線源アセンブリについての制御処理の実施形態の流れ図である。
【図１０】本発明の態様による、図９～９ａの制御処理で使用することのできる例示的基

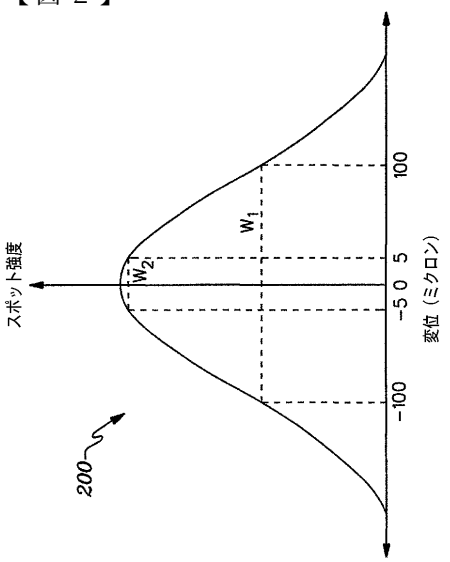
準温度表である。

【図１０ａ】本発明の態様による、図９～９ａの制御処理で使用することのできる例示的最大強度表である。

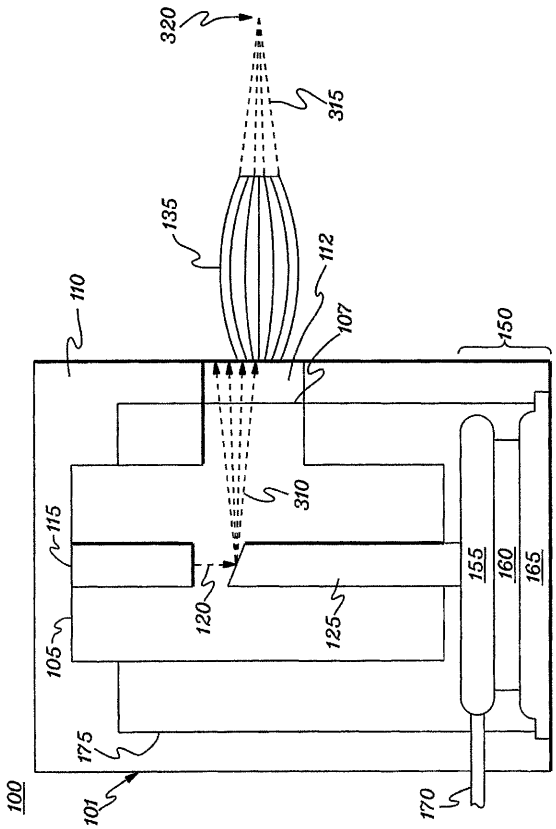
【図１】



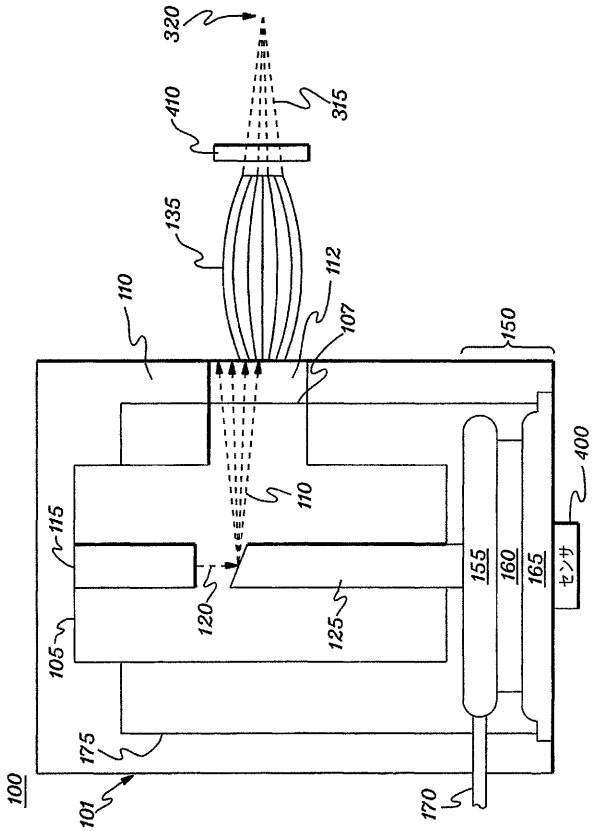

【図２】



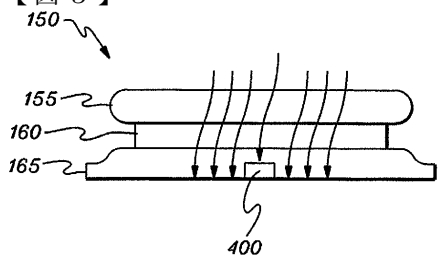
【図３】



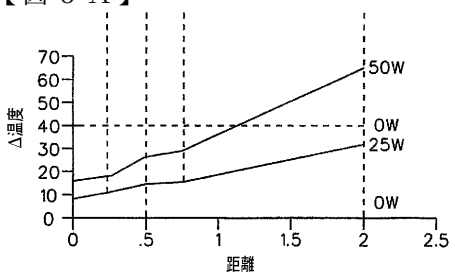

【図４】



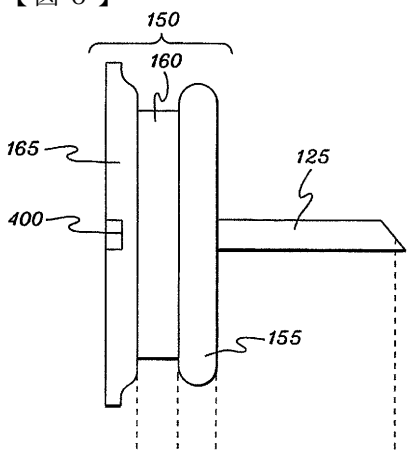

【図５】



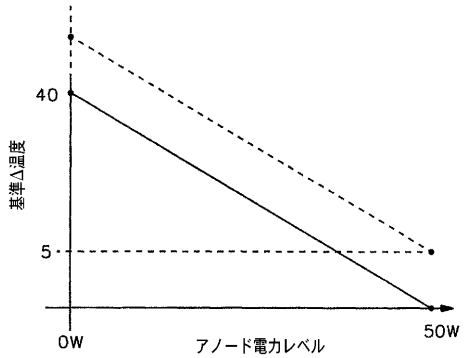

【図６Ａ】



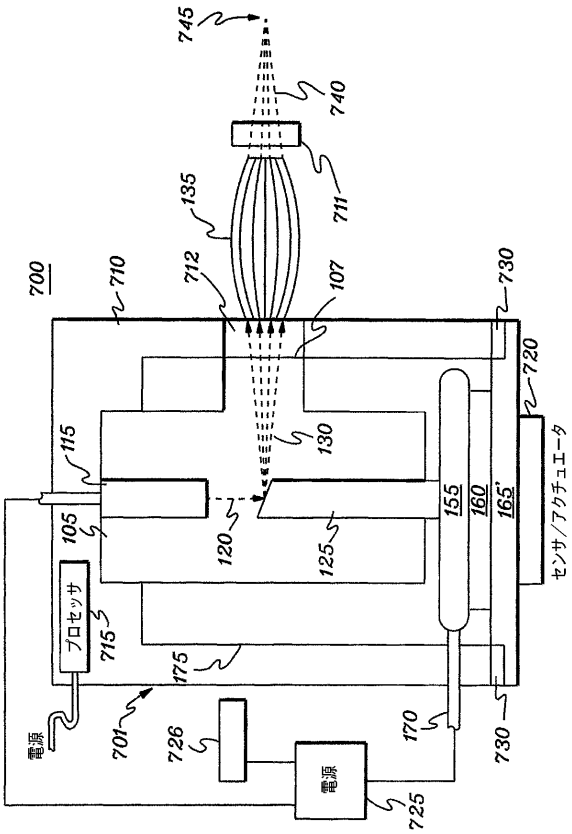

【図６】



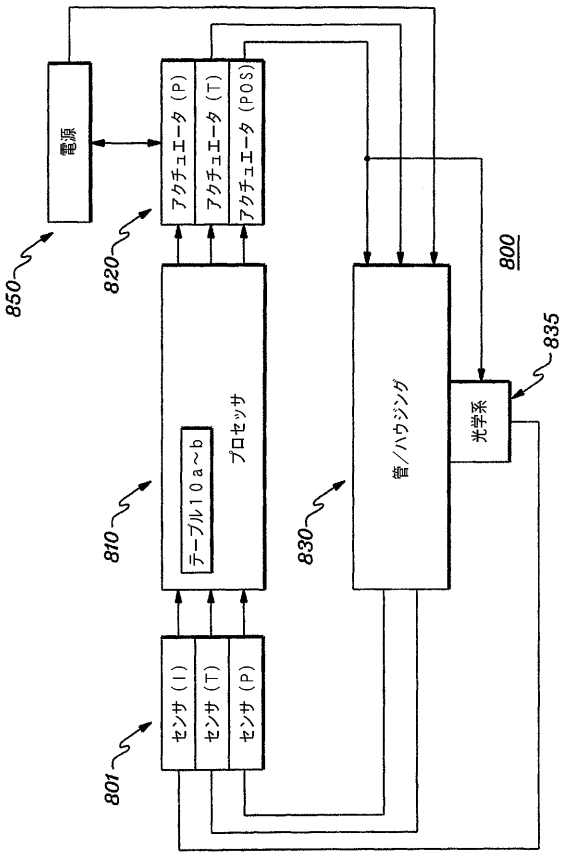

【図６Ｂ】



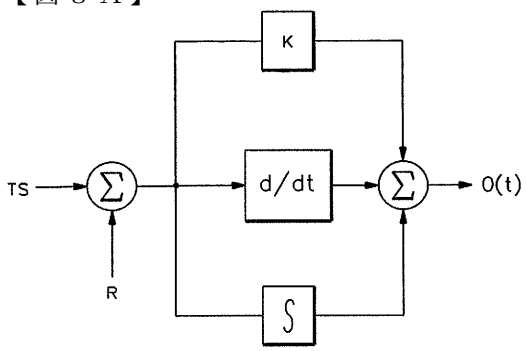
【図７】


745
740
711
135
700
710
712
107
730
720
115
130
センサ/アクチュエータ
105
120
125
155
160
165'
プロセッサ
715
175
電源
701
726
170
730
725

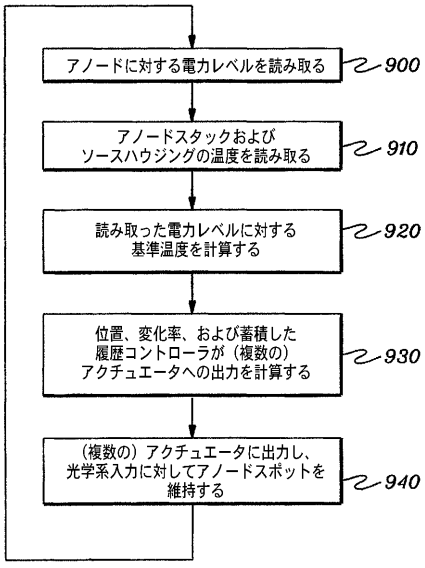
【図８】


電源
アクチュエータ (P)
アクチュエータ (T)
アクチュエータ (POS)
850
820
800
835
テーブル10a~b
プロセッサ
光学系
管/ハウジング
810
830
センサ (I)
センサ (T)
センサ (P)
801

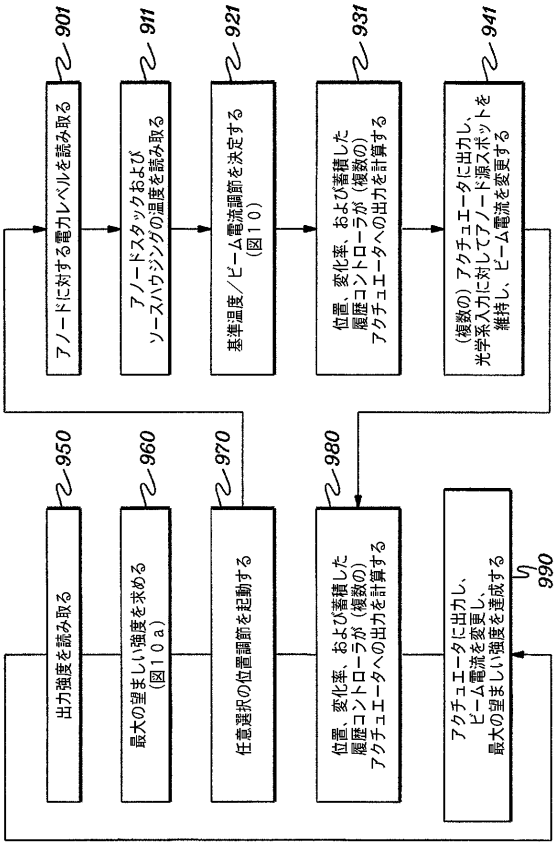
【図８Ａ】


K
TS
Σ
d/dt
Σ
O(t)
R
∫

【図９】


アノードに対する電力レベルを読み取る
900
アノードスタックおよび
ソースハウジングの温度を読み取る
910
読み取った電力レベルに対する
基準温度を計算する
920
位置、変化率、および蓄積した
履歴コントローラが（複数の）
アクチュエータへの出力を計算する
930
（複数の）アクチュエータに出力し、
光学系入力に対してアノードスポットを
維持する
940

【図９ａ】




【図１０】

| アノード電力レベル | ハウジング温度 20° | 21° | 22° | 23° | 24° | 25° | 26° | 27° | 28° | 29° | 30° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0W | | | | | | | | | | | |
| 10W | | | | | | | | | | | |
| 20W | | | | | | | | | | | |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 100W | | | | | | | | | | | |

【図１０ａ】

| 電流（ｍａ） ＼ 電圧（ｋｖ） | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

エントリ：最大の望ましい強度

【国際調査報告】

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US2004/025113

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H05G1/36 G01N23/223

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H05G G01N G21K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, INSPEC, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X | WO 03/049510 A (X-RAY OPTICAL SYSTEMS, INC; RADLEY, IAN; BIEVENUE, THOMAS, J; BURDETT,) 12 June 2003 (2003-06-12) cited in the application paragraph '0135! | 1-4, 8-14, 17-21 |
| A | US 4 172 223 A (ISHIJIMA, HIROSHI ET AL) 23 October 1979 (1979-10-23) | |
| A | US 5 272 618 A (BLAKE ET AL) 21 December 1993 (1993-12-21) | |
| A | US 2 825 816 A (ROGERS THOMAS H) 4 March 1958 (1958-03-04) | |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 28 April 2005 | 10/05/2005 |

| Name and mailing address of the ISA | Authorized officer |
|---|---|
| European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL – 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl,<br>Fax: (+31–70) 340–3016 | Oestreich, S |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

[redacted]national application No.
PCT/US2004/025113

**Box II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☒ Claims Nos.:
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US2004 /025113

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

Continuation of Box II.2

Claims Nos.: -

The claims lack clarity to such an extent, that it is impossible to determine the scope of protection.
The reasons are as follows:
Document US4172223, which is taken to illustrate commonly used prior art, discloses:
An x-ray source assembly comprising:
an anode having a spot upon which electrons impinge based on power level supplied to the assembly; an optic coupled to receive divergent x-rays generated at the spot and transmit output x-rays from the assembly; and a control system for maintaining intensity of the output x-rays dynamically during operation of the x-ray source assembly, wherein the control system maintains the output intensity notwithstanding a change in at least one operating condition (temperature of the tube, see column 1, line 28) of the x-ray source assembly, by changing the power level supplied to the assembly (feedback to power source, compare Fig. 1).
Considering the exit window (present in any x-ray tube) as an optic in the sense of the second feature of independent claims 1 and 13, the only remaining difference of the subject matter of claim 1 document D1 is defined by the last phrase of independent claims 1 and 13: "by changing the power level supplied to the assembly".
It is however completely obscure, if changing the output level is the means, by which the intensity is maintained, or if the change in the operation condition consists in changing the power level supplied to the assembly.
The linguistic construction of the claim suggests the first alternative, whereas the person skilled in the art understands from the description that the change of the power level is the change of the operating condition.
Further, the term "power level supplied to the assembly" does not clearly define a technical feature, as it does not use terms commonly used in the art, and because no other indications of what could be intended are present. "power level supplied to the assembly" could include the power of the electron beam onto the anode, further any power supplied to control elements controlling focusing and deflection of the electron beam, power supplied to a heating or cooling device and so on.

The definition " for maintaining intensity of the output x-rays" lacks clarity, firstly, because it is not apparent, if it considers the x-rays output of the x-ray tube upstream or downstream the optic. Secondly, from the description it appears that the control system should operate to compensate effects which arise from huge changes of electron beam power (0-50 W, paragraph '0045!). It is however evident to the person skilled in the art, that such a huge change of power will lead to a huge variation in output, which cannot be counteracted by any of the control systems disclosed.
"maintaining intensity" therefore is contradictory to the description and thus unclear.

The search has therefore been limited to the following subject matter

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

deriveble from the description:

An x-ray tube with an output optics in combination with a controll system which counteracts intensity drops or misalignement between source spot and output optics which occur when the temperature of the anode or the operating power changes.

The applicant's attention is drawn to the fact that claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established need not be the subject of an international preliminary examination (Rule 66.1(e) PCT). The applicant is advised that the EPO policy when acting as an International Preliminary Examining Authority is normally not to carry out a preliminary examination on matter which has not been searched. This is the case irrespective of whether or not the claims are amended following receipt of the search report or during any Chapter II procedure. If the application proceeds into the regional phase before the EPO, the applicant is reminded that a search may be carried out during examination before the EPO (see EPO Guideline C-VI, 8.5), should the problems which led to the Article 17(2) declaration be overcome.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/US2004/025113

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | | Publication date |
|---|---|---|---|---|---|
| WO 03049510 | A | 12-06-2003 | US | 2004016559 A1 | 29-01-2004 |
| | | | AU | 2002357069 A1 | 17-06-2003 |
| | | | AU | 2002363962 A1 | 17-06-2003 |
| | | | AU | 2002364525 A1 | 17-06-2003 |
| | | | EP | 1454513 A2 | 08-09-2004 |
| | | | WO | 03049510 A2 | 12-06-2003 |
| | | | WO | 03048745 A2 | 12-06-2003 |
| | | | WO | 03049138 A2 | 12-06-2003 |
| | | | US | 2005031073 A1 | 10-02-2005 |
| | | | US | 2005041773 A1 | 24-02-2005 |
| | | | US | 2004218725 A1 | 04-11-2004 |
| | | | US | 2005053197 A1 | 10-03-2005 |
| | | | AU | 2003256740 A1 | 16-02-2004 |
| | | | WO | 2004012014 A2 | 05-02-2004 |
| US 4172223 | A | 23-10-1979 | JP | 53000091 A | 05-01-1978 |
| US 5272618 | A | 21-12-1993 | NONE | | |
| US 2825816 | A | 04-03-1958 | NONE | | |

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NA,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 マイケル ディー. ムーア
アメリカ合衆国 １２００８ ニューヨーク州 アルプラウス ブルース ドライブ ４１
(72)発明者 マーク フィッツジェラルド
アメリカ合衆国 １２０８４ ニューヨーク州 ギルダーランド ヘリテージ ロード １０５
アパートメント ９

Ｆターム(参考) 4C092 AA01 AB10 BD13 CC03 CE02