(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2017-103100
(P2017-103100A)
(43)公開日　平成29年6月8日(2017.6.8)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H01J 35/08	(2006.01)	H01J 35/08	D	
		H01J 35/08	F	
		H01J 35/08	E	

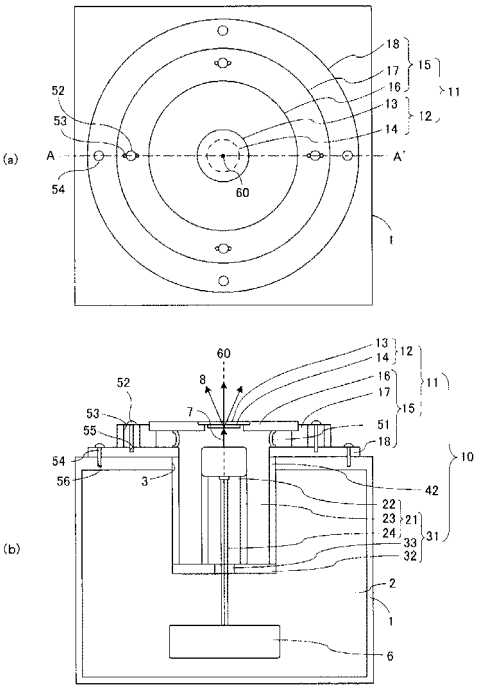
審査請求 未請求　請求項の数 11　ＯＬ　（全 14 頁）

(21)出願番号　特願2015-235361 (P2015-235361)
(22)出願日　平成27年12月2日 (2015.12.2)

(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
(74)代理人　100110870
弁理士　山口　芳広
(74)代理人　100096828
弁理士　渡辺　敬介
(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

(54)【発明の名称】Ｘ線発生装置及びＸ線撮影システム

(57)【要約】
【課題】マイクロフォーカスＸ線発生装置において、収納容器を開放することなく、装置の使用者が容易に透過型ターゲット上の焦点位置を調整しうる構成を提供する。
【解決手段】透過型ターゲット１２を保持する管側陽極フランジ１６と、絶縁管４２に接合されると同時に収納容器１に固定された容器側陽極フランジ１８との間に、可撓性を有する環状の可撓性陽極管５１を配置して管側陽極フランジ１６と容器側陽極フランジ１８とを気密に接続し、可撓性陽極管５１の外側において管側陽極フランジ１６を保持する間隔調整部材１７に平面形状が長穴のネジ穴５３を複数、長軸が同じ方向を向くように設け、間隔調整部材１７を容器側陽極フランジ１８に固定するネジ５２に対するネジ穴５３の位置を長軸方向でずらせることにより、ターゲット膜１４を管軸６０に直交する方向に移動可能とする。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
電子線の照射によりＸ線を発生する透過型ターゲット及び、前記透過型ターゲットに接続された陽極部材と、を有する陽極と、
前記ターゲットに電子線を放出する電子放出源と、前記電子放出源に接続された陰極部材と、を有する陰極と、
管軸方向において、前記陽極部材と前記陰極部材との間に配置された絶縁管と、を備えたＸ線発生管と、
開口を有し、前記開口を囲んで環状に前記陽極部材が接続されることにより、前記Ｘ線発生管が収納される収納容器と、を備えたＸ線発生装置であって、
前記絶縁管に対する前記透過型ターゲットの姿勢又は位置が変更可能となるように、
前記陽極部材は、前記透過型ターゲットに接続される管側陽極フランジと、前記収納容器に接続される容器側陽極フランジと、前記管側陽極フランジと前記容器側陽極フランジとが管軸方向の一端と他端とにおいて接続される可撓性陽極管と、前記管側陽極フランジと前記容器側陽極フランジとの間に位置し、前記管側陽極フランジと前記容器側陽極フランジとのそれぞれに締結される間隔調整部材と、を備えることを特徴とするＸ線発生装置。
【請求項２】
前記管側陽極フランジと前記透過型ターゲット、前記管側陽極フランジと前記可撓性陽極管、前記可撓性陽極管と前記容器側陽極フランジ、は、それぞれ環状に気密接合されていることを特徴とする請求項１に記載のＸ線発生装置。
【請求項３】
前記姿勢は、前記透過型ターゲットにおいて電子が照射される電子入射面の法線の向きにより規定され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】
前記開口は、前記管側陽極フランジと前記陰極部材との間に位置す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】
前記間隔調整部材が、前記可撓性陽極管の外側に、平面形状が長穴で同一方向を向いた複数のネジ穴を有し、前記間隔調整部材が、前記ネジ穴を貫通するネジによって前記容器側陽極フランジに固定されていることを特徴とする請求項１乃至４のいずれか一項に記載のＸ線発生装置。
【請求項６】
前記管軸に直交する面内において、前記間隔調整部材の中心軸と前記絶縁管の管軸とが一致し、前記陽極部材の中心軸が前記間隔調整部材の中心軸から離れており、前記間隔調整部材と前記容器側陽極フランジとの締結を解除した状態において、前記間隔調整部材が、前記間隔調整部材の中心軸を中心として、前記管側陽極フランジに対して回転移動可能であることを特徴とする請求項１乃至４のいずれか一項に記載のＸ線発生装置。
【請求項７】
前記間隔調整部材が前記管側陽極フランジと接する面と、前記間隔調整部材が前記容器側陽極フランジと接する面とは、互いに非平行であることを特徴とする請求項１乃至４のいずれか一項に記載のＸ線発生装置。
【請求項８】
前記管側陽極フランジが前記管軸に直交する面に対して傾斜して前記間隔調整部材に保持されているとともに、前記透過型ターゲットが前記管側陽極フランジの表面側に配置されており、前記絶縁管の管軸に直交する面内において、前記管軸と前記間隔調整部材の中心軸と前記管側陽極フランジの裏面の中心とが一致し、前記間隔調整部材と前記容器側陽極フランジとの締結を解除した状態において、前記間隔調整部材の中心軸を中心として前記間隔調整部材を前記管側陽極フランジに対して回転移動可能であることを特徴とする請求項７に記載のＸ線発生装置。
【請求項９】

前記管側陽極フランジが前記管軸に直交する面に対して傾斜して前記間隔調整部材に保持されているとともに、前記透過型ターゲットが前記管側陽極フランジの裏面側に配置されており、前記絶縁管の管軸に直交する面内において、前記管軸と前記間隔調整部材の中心軸と前記管側陽極フランジの表面の中心とが一致し、前記間隔調整部材と前記容器側陽極フランジとの締結を解除した状態において、前記間隔調整部材の中心軸を中心として前記間隔調整部材を前記管側陽極フランジに対して回転移動可能であることを特徴とする請求項７に記載のＸ線発生装置。

【請求項１０】

前記Ｘ線発生装置の余空間には絶縁性流体が充填されてい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Ｘ線発生装置。

【請求項１１】

請求項１乃至９のいずれか１項に記載のＸ線発生装置と、

前記Ｘ線発生装置から発生し被検体を透過したＸ線を検出するＸ線検出器と、

前記Ｘ線発生装置と前記Ｘ線検出器とを連携制御するシステム制御装置とを有することを特徴とするＸ線撮影システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、例えば非破壊検査装置等に適用されるＸ線発生装置とこれを用いたＸ線撮影システムに関する。

【背景技術】

【０００２】

近年、電子部品実装基板の高密度実装化が進み、検査対象が微細化している。これら微細部品の不良個所を検出するためＸ線検査装置においては、１μｍ乃至数μｍ程度の解像度を実現可能なＸ線発生装置が用いられている。このような高解像度を実現するためには、Ｘ線を発生するターゲットへ入射する電子線の焦点サイズを解像度と同程度のサイズに微小化することが必要であり、一般にマイクロフォーカスＸ線発生装置が用いられている。

特許文献１には、高解像度、高倍率観察を実現するための手段として、透過型Ｘ線発生管を用いたマイクロフォーカスＸ線発生装置が開示されている。特許文献１の装置では、ターゲット上の焦点に電子ビームが照射され続けることでターゲットが発熱により劣化する課題に対して、振動付与部の駆動によりターゲット自体を振動させ、焦点位置を相対的に移動させることで、焦点部の熱の集中を分散させている。

しかしながら、特許文献１に開示された構成では、ターゲット周辺に配置された圧電素子などで構成された振動付与部は駆動に伴う発熱が生じるため、ターゲット上の電子線の焦点に対して熱的に影響を与えてしまう課題が生じる。また、焦点サイズが数μｍの場合、膜状であるターゲット上の電子線の焦点を中心に放射状に数十μｍ程度の領域が熱的に劣化する。そのため、マイクロフォーカスＸ線発生装置においても、ターゲット上の電子線の焦点位置を１００μｍ程度移動させることが望ましいが、圧電素子による変位量は最大で数μｍ程度しか見込めない。

一方で特許文献２には、電子銃が接続された陰極部材に調整ネジなどの調整手段を設け、電子銃自体の位置を調整することでターゲット上の焦点位置を調整する構成が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】特開２００４－５５３２５号公報

【特許文献２】実公平４－３３８４号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】
特許文献２に記載の陰極側に設けられた調整手段を、特許文献１に記載のマイクロフォーカスＸ線発生装置に適用することで、電子線の焦点位置を１００μｍ程度移動させられることが考えられる。
ところで、マイクロフォーカスＸ線発生装置では高解像度を実現するため、ターゲット上の電子線の焦点と検査対象物とを近づける必要がある。よってマイクロフォーカスＸ線発生装置においては、透過型Ｘ線発生管の陰極側を収納容器内に収納し、ターゲットを搭載した陽極を収納容器の外側に露出させた状態で、該陽極側が収納容器に固定支持されている。そのため、陽極については収納容器の外側から容易に接触することができるものの、収納容器の内部に配置された陰極側は外側から接触することができない。即ち、前記特許文献２に開示されたターゲット上の電子線の焦点位置を調整する構成を特許文献１のＸ線発生装置に適用した場合、上記焦点位置を調整するためには収納容器を開放する必要があり、係る装置の使用者が容易に焦点位置を調整することができない。
本発明の課題は、Ｘ線発生管の陽極側が収納容器に固定されたマイクロフォーカスＸ線発生装置及び該装置を用いた撮影システムにおいて、収納容器を開放することなく、装置の使用者が容易にターゲット上の焦点位置を調整しうる構成を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
本発明の第１は、電子線の照射によりＸ線を発生する透過型ターゲット及び、前記透過型ターゲットに接続された陽極部材と、を有する陽極と、
前記ターゲットに電子線を放出する電子放出源と、前記電子放出源に接続された陰極部材と、を有する陰極と、
管軸方向において、前記陽極部材と前記陰極部材との間に配置された絶縁管と、を備えたＸ線発生管と、
開口を有し、前記開口を囲んで環状に前記陽極部材が接続されることにより、前記Ｘ線発生管が収納される収納容器と、を備えたＸ線発生装置であって、
前記絶縁管に対する前記透過型ターゲットの姿勢又は位置が変更可能となるように、
前記陽極部材は、前記透過型ターゲットに接続される管側陽極フランジと、前記収納容器に接続される容器側陽極フランジと、前記管側陽極フランジと前記容器側陽極フランジとが管軸方向の一端と他端とにおいて接続される可撓性陽極管と、前記管側陽極フランジと前記容器側陽極フランジとの間に位置し、前記管側陽極フランジと前記容器側陽極フランジとのそれぞれに締結される間隔調整部材と、を備えることを特徴とする。
【０００６】
本発明の第２は、上記本発明の第１又は第２のＸ線発生装置と、
前記Ｘ線発生装置から発生し被検体を透過したＸ線を検出するＸ線検出器と、
前記Ｘ線発生装置と前記Ｘ線検出器とを連携制御するシステム制御装置とを有することを特徴とするＸ線撮影システムである。
【発明の効果】
【０００７】
本発明によれば、収納容器の外部に配置された陽極部材を絶縁管に対して移動させることにより、ターゲットを移動させることができるため、収納容器を開放することなく、ターゲット上の電子線の焦点を従来よりも大きく移動させることができ、場合によっては１００μｍ以上移動させることもできる。よって、本発明によれば、マイクロフォーカスＸ線発生装置において、装置の使用者がターゲット上の焦点位置の調整を行うことができ、ターゲットの長寿命化によって、装置の維持費用を削減することができる。
【図面の簡単な説明】
【０００８】
【図１】本発明のＸ線発生装置の一実施形態の構成を模式的に示す図である。
【図２】図１中の陽極の構成と間隔調整部材の移動前後の状態を示す図である。
【図３】本発明のＸ線発生装置の他の実施形態の構成を模式的に示す図である。

【図４】図３中の間隔調整部材の移動前後の状態と電子線の焦点の移動軌跡を示す図である。
【図５】本発明のＸ線発生装置の他の実施形態の構成を模式的に示す図である。
【図６】図５のＸ線発生装置のターゲット周辺の部分拡大図である。
【図７】本発明のＸ線撮影システムの構成を模式的に示す図である。
【発明を実施するための形態】
【０００９】
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。これらの実施形態に記載されている構成部材の寸法、材質、形状、その相対配置などは、本発明の範囲を限定するものではない。尚、本明細書で特に図示又は記載されない部分に関しては、当該技術分野の周知又は公知技術を適用する。
【００１０】
（実施形態１）
図１は本発明のＸ線発生装置の第１の実施形態の構成を模式的に示した図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）中のＡ－Ａ’断面図である。図１（ｂ）に示されるように、本発明のＸ線発生装置は、透過型のＸ線発生管１０と、該Ｘ線発生管１０を収納した収納容器１とを有している。収納容器１は金属筐体であり、内部には、Ｘ線発生管１０を駆動するための駆動回路６が内蔵されていてもよい。本発明に係るＸ線発生管１０は、陽極１１と、陰極３１と、絶縁管４２とを備えている。尚、本発明において、管側陽極フランジ１６、透過型ターゲット１２、間隔調整部材１７などの陽極１１を構成する部材の「裏面」とは、後述する絶縁管４２の管軸６０に平行な方向において、陰極３１側に位置する面を指す。また、「表面」とは、絶縁管４２の管軸方向において、収納容器１の外側に位置する面を指す。
【００１１】
収納容器１は導電性であり、鉄、ステンレス、鉛、真鍮、銅等の金属から構成され、通常は接地電位に規定されている。また、収納容器１内の余空間には、絶縁性流体２が充填されていても良い。絶縁性流体２としては、放射線発生管１０の冷却及び、電気絶縁を行うため、冷却能力が高く、電気絶縁性の高いものが良く、また、透過型ターゲット１２が発熱により高温になり、その熱が絶縁性流体２に伝わるため、熱による変質の少ないものが好ましい。よって絶縁性流体２としては、電気絶縁油、フッ素系の絶縁油等の絶縁性液体が使用可能である。
【００１２】
本例の絶縁管４２はセラミックなどの絶縁体で構成されており、容器側陽極フランジ１８とは銀ろう付けなどにより気密接合されている。絶縁管４２の管軸方向において、ターゲット膜１４と電子放出源２１とが対向するように、絶縁管４２の一端に陽極部材１５が、他端に陰極部材３２が、接続されている。
【００１３】
本例の陽極１１は、電子線７の照射によりＸ線８を発生する透過型ターゲット（以下、「ターゲットと記す」）１２と、該ターゲット１２に接続された陽極部材１５とを有する。陽極部材１５は、ターゲット１２に接続される管側陽極フランジ１６と、収納容器１に接続される容器側陽極フランジ１８と、管側陽極フランジ１６と容器側陽極フランジ１８との間に配置される間隔調整部材１７とを有している。陽極部材１５はさらに、管側陽極フランジ１６と容器側陽極フランジ１８とが管軸方向の一端と他端とにおいて接続される可撓性陽極管５１を備えている。管側陽極フランジ１６は、ターゲット１２をその周縁部で保持し、間隔調整部材１７は管側陽極フランジ１６をその周縁部で保持する。本例において、管側陽極フランジ１６と間隔調整部材１７とは互いに固定されていても、固定されていなくても良い。
【００１４】
図２（ａ）は図１のＸ線発生装置の陽極１１の構成を模式的に示す図であって、間隔調整部材１７と管側陽極フランジ１６とを離した状態を示す斜視図であり、可撓性陽極管５

１及び容器側陽極フランジ１８は便宜上省略する。図２（ａ）に示されるように、間隔調整部材１７は全体が円筒形状であり、表面側に管側陽極フランジ１６を保持するための凹部が形成されている。凹部の内径は、管側陽極フランジ１６の外径よりも若干大きく、凹部に嵌合された管側陽極フランジ１６は、裏面の周縁部が凹部の底面１７ａに、外周が凹部の側面１７ｂにそれぞれ接して間隔調整部材１７に保持される。Ｘ線発生管１０の内部は真空であるため、管側陽極フランジ１６が間隔調整部材１７に固定されていなくても、外部の大気圧との気圧差により、管側陽極フランジ１６は間隔調整部材１７の凹部の底面１７ａに常時突き当たり、締結される。間隔調整部材１７は、絶縁管４２の半径方向における可撓性陽極管５１の外側に配置され、容器側陽極フランジ１８に締結されるが、該間隔調整部材１７は、係る締結を解除することで移動可能である。可撓性陽極管５１については後述する。管側陽極フランジ１６及び間隔調整部材１７の材質としては、Ｘ線放射時にターゲット１２で発生する熱を収納容器１に放熱しやすい高熱伝導率の材質が好ましく、例えば銅、タングステン、銅タングステン合金などが好ましく用いられる。また、容器側陽極フランジ１８としては、セラミックで構成された絶縁管４２と線膨脹係数が近い金属が好ましく、コバールなどが良い。

【００１５】

本例のターゲット１２は、ターゲット基板１３の裏面に電子線７の照射によってＸ線８を発生するターゲット膜１４が形成される。そして、ターゲット基板１３の裏面の周縁部及び外周が管側陽極フランジ１６に銀ろう付けなどにより気密接合される。ターゲット基板１３はＸ線８が透過しやすい材質からなり、例えばダイヤモンド、ベリリウムなどが好ましく、ターゲット膜１４としては、タングステンなどが好ましく用いられる。

【００１６】

陰極３１は、ターゲット１２に電子線７を放出する電子放出源２１と、該電子放出源２１に接続された陰極部材３２とを有している。本例の電子放出源２１は、熱フィラメント２２と陰極支柱２３とを有する電子銃であり、フィラメント２２には駆動用端子２４が接続され、陰極部材３２の中央部に配置された絶縁部材３３を通って外部に引き出されている。陰極部材３２は絶縁管４２の他端に溶接等により気密接合されている。

【００１７】

Ｘ線発生管１０は、容器側陽極フランジ１８が接続された一端側が収納容器１の開口部３に固定される。よって、収納容器１の開口部３の穴径は、Ｘ線発生管１０の絶縁管４２の外径よりも大きい。本例においては、容器側陽極フランジ１８が収納容器１の外側において開口部３の周縁に重なり、容器側陽極フランジ１８と収納容器１とが互いにネジ５４によって固定されている。尚、ネジ５４で固定するために収納容器１に設けたネジ穴５６と収納容器１の開口部３との間には、収納容器１の外面に対して内側に凹んだ溝（不図示）が形成され、係る溝にシール部材（不図示）が配置される。係る構成において、絶縁性流体２を充填した収納容器１内にＸ線発生管１０を陰極３１側から差し込み、絶縁管４２の容器側陽極フランジ１８を収納容器１に固定することで収納容器１が密閉され、Ｘ線発生管１０が収納容器１に固定される。本発明では、陽極１１が収納容器１の外側に配置され、後述するように、装置の外側から接触することができる。

【００１８】

本発明においては、管側陽極フランジ１６と容器側陽極フランジ１８とが、環状の可撓性陽極管５１によって接続され、該可撓性陽極管５１は管側陽極フランジ１６と容器側陽極フランジ１８とにろう付けや溶接などで気密接合されている。可撓性陽極管５１としては、ステンレス製や銅製のベローズが好ましく用いられる。可撓性陽極管５１が可撓性を有するため、Ｘ線発生管１０内の気密を保持したまま、収納容器１と一体化された絶縁管４２及び陰極３１に対して、管側陽極フランジ１６の位置を管軸６０に平行な方向及び交差する方向のいずれにも変更可能である。但し、可撓性陽極管５１の負担軽減のためには、管側陽極フランジ１６の移動は管軸６０に交差する面内での直線移動が好ましい。また、管側陽極フランジ１６を管軸６０に直交する面に対して傾斜して配置すれば、管軸６０に直交する面に対して傾斜した面内で管側陽極フランジ１６を移動させることができる。

また、管側陽極フランジ１６を管軸６０に対して直交して配置すれば、管軸６０に直交する面内で管側陽極フランジ１６を移動させることができる。

【００１９】

本例においては、図１、図２（ａ）に示すように、間隔調整部材１７を容器側陽極フランジ１８に締結するためのネジ５２を貫通させるネジ穴５３の平面形状が長穴であり、間隔調整部材１７は係るネジ穴５３を複数有している（本例では４個）。また、複数のネジ穴５３は、長穴が同一方向を向いている。即ち、管軸６０に直交する面内において、複数のネジ穴５３の長軸が全て平行に配置されている。これに対して、容器側陽極フランジ１８に設けたネジ穴５５はネジ５２に対応する通常の円形とし、ネジ５２の位置を容器側陽極フランジ１８に設けたネジ穴５５によって所定の位置に固定する。これにより、ネジ穴５３に貫通させるネジ５２の、ネジ穴５３内での位置をずらすことで、絶縁管４２に対する間隔調整部材１７の位置をネジ穴５３の長軸方向にずらすことができる。

【００２０】

図２（ｂ）は管側陽極フランジ１６及び間隔調整部材１７の移動前後の状態を示す平面図であり、ネジ穴５３の長軸方向の両端部でそれぞれネジ５２を固定した場合を重ねて表した図である。ネジ穴５３の紙面右端にネジ５２が位置するように固定した場合の間隔調整部材１７、管側陽極フランジ１６、ターゲット基板１３、ターゲット膜１４、ネジ穴５３を実線で示す。また、ネジ穴５３の紙面左端にネジ５２が位置するように固定した場合の間隔調整部材１７、管側陽極フランジ１６、ターゲット基板１３、ターゲット膜１４、ネジ穴５３を破線で示す。図２（ｂ）に示すように、ネジ穴５３を長穴とすることで、管側陽極フランジ１６をネジ穴５３の長軸方向、即ち管軸６０に直交する方向（本例では図中の矢印Ａの方向）に最長でΔＬ直線移動させることができる。その結果、ターゲット膜１４上の電子線７の焦点を最長でΔＬ移動させることができ、ターゲット膜１４を広範囲に使用することができる。尚、本例では、管側陽極フランジ１６と間隔調整部材１７とを一体で直線移動させるため、管側陽極フランジ１６と間隔調整部材１７とを一体としてもよい。

【００２１】

また、本例においては、間隔調整部材１７を移動させる際に移動方向、さらには移動範囲を制御するガイド手段を設けてもよい。ガイド手段としては、間隔調整部材１７が、本来移動する方向に対して交差する方向に移動しないように移動方向を制御する手段、さらには、間隔調整部材１７の移動範囲の両端を制御する手段を設ければよい。具体的には、移動前後で間隔調整部材１７が容器側陽極フランジ１８に重なる領域を凹部として容器側陽極フランジ１８に設け、該凹部内に間隔調整部材１７を移動可能に配置させる。係る構成では、間隔調整部材１７の移動が、本来の移動範囲内に制御される。よって、ネジ５２をネジ穴５３から抜き取って間隔調整部材１７が自由に移動できる状態となっても、間隔調整部材１７の移動範囲内でネジ穴５３内からネジ穴５５が外れることがなく、再びネジ５２をネジ穴５３，５５に留めることが容易になる。また、間隔調整部材１７の裏面に移動方向に平行な溝を設け、容器側陽極フランジ１８の表面に該溝に移動可能に緩挿される凸部を設けておくことで、間隔調整部材１７が本来の移動方向から交差する方向に移動するのが防止される。また、溝の長さを、間隔調整部材１７の最大移動距離に対応させておけば、間隔調整部材１７の移動が、本来の移動範囲内に制御され、ネジ５２をネジ穴５３，５５から外しても、再びネジ５２をネジ穴５３，５５に留めることが容易になる。尚、溝を容器側陽極フランジ１８に、凸部を間隔調整部材１７に設けても同様の効果が得られる。さらに、間隔調整部材１７の周囲に、移動方向に沿った壁部を設けておくことで、間隔調整部材１７が本来の移動方向から交差する方向に移動することが防止される。また、係る構成において、さらに、間隔調整部材１７の移動範囲の両端に対応する壁部を設けておけば、間隔調整部材１７の移動が、本来の移動範囲内に制御され、ネジ５２をネジ穴５３から外しても、再びネジ５２をネジ穴５３，５５に留めることが容易になる。これら壁部は連続していても、柱状の壁部を移動方向に沿って配置しても良い。

【００２２】

本例では、ネジ５２を緩めて間隔調整部材１７と容器側陽極フランジ１８との締結を解除し、管側陽極フランジ１６をネジ穴５３の長軸方向にずらした後、ネジ５２を締め直して締結する工程により、ターゲット膜１４上の電子線の焦点をずらすことができる。よって、係る工程を定期的に行うことで、ターゲット膜１４上の電子線の焦点を定期的に移動させて発熱によるダメージを回避し、ターゲット膜１４の寿命を延ばすことができる。また、間隔調整部材１６を移動させる際に、容器側陽極フランジ１８との間に隙間があいても、管側陽極フランジ１６が可撓性陽極管５１を介して絶縁管４２に気密固定されているため、移動時にＸ線発生管１０の気密性が低下するおそれがない。よって、係る工程は、装置の使用者が手動で容易に行うことができる。

【００２３】

（実施形態２）

上記実施形態１では、管側陽極フランジ１６を管軸６０に交差する方向に直線移動させたが、本実施形態では、管側陽極フランジ１６に対して間隔調整部材１７を回転移動させて、ターゲット膜１４上の電子線７の焦点を回転移動させることに特徴を有する。以下、本例について、実施形態１と異なる構成、作用についてのみ説明する。図３は本例のＸ線発生装置全体の構成を模式的に示した図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）中のＡ－Ａ’断面図である。

【００２４】

本例においても、実施形態１と同様に陽極１１を透過型のターゲット１２と陽極部材１５とで構成する。本例においても、陽極部材１５は、管側陽極フランジ１６と間隔調整部材１７と容器側陽極フランジ１８と、管側陽極フランジ１６と容器側陽極フランジ１８とに気密接合された可撓性陽極管５１とを有する。また、可撓性陽極管５１の外側において間隔調整部材１７は容器側陽極フランジ１８に締結される。また、本例においては、Ｘ線発生管１０内の気圧と外部の大気圧との気圧差によって、管側陽極フランジ１６は間隔調整部材１７に強く押圧されて互いに締結されているが、互いに固定されてはいない。よって、後述するように、間隔調整部材１７は管側陽極フランジ１６に対して回転移動可能である。そして本例では、図３（ａ）、（ｂ）に示されるように、間隔調整部材１７の中心軸６１を管軸６０に一致させ、管側陽極フランジ１６の中心軸６２を間隔調整部材１７の中心軸６１及び管軸６０から、管軸６０に直交する方向にΔＲずらす構成とした。

【００２５】

上記構成で、間隔調整部材１７の容器側陽極フランジ１８との締結を解除し、中心軸６１を中心に間隔調整部材１７を回転させる。可撓性陽極管５１を介して容器側陽極フランジ１８に接続された管側陽極フランジ１６は、間隔調整部材１７の回転に追随できない。その結果、管側陽極フランジ１６の間隔調整部材１７と接する裏面の周縁部と外周とが間隔調整部材１７の凹部の底面と側面に対して摺動する。この時、間隔調整部材１７は回転しても容器側陽極フランジ１８に重なる領域は変動しないが、管側陽極フランジ１６の中心軸６２が間隔調整部材１７の中心軸６１からずれているため、管側陽極フランジ１６の容器側陽極フランジ１８に重なる領域が変動する。即ち、管側陽極フランジ１６は、管軸６０に直交する面内において、向きを変えないまま、中心軸６１，６２間の距離ΔＲを半径とする回転移動を行う。管側陽極フランジ１６は可撓性陽極管５１を介して容器側陽極フランジ１８に接続されているが、ΔＲを半径とする回転移動による管側陽極フランジ１６の可撓性陽極管５１との接合部位の位置の変動は小さい。また、可撓性陽極管５１が可撓性を有するため、係る変動によっても、可撓性陽極管５１を介した容器側陽極フランジ１８との気密接合は保持される。このように、間隔調整部材１７の回転によって、管側陽極フランジ１６がΔＲを半径とする回転移動を行うと、管側陽極フランジ１６に保持されたターゲット膜１４上で電子線７の焦点位置がΔＲを半径とする回転移動を行うことになる。

【００２６】

本例において、間隔調整部材１７を中心軸６１を中心に１８０°回転させた前後の状態を図４（ａ）に示す。図４（ａ）において、回転前の管側陽極フランジ１６、ターゲット

基板１３、ターゲット膜１４を実線で、回転後の管側陽極フランジ１６、ターゲット基板１３、ターゲット膜１４を破線で示す。図４（ａ）に示されるように、間隔調整部材１７は中心軸６１を中心に回転するため、１８０°回転しても容器側陽極フランジ１８に重なる領域は変動しない。一方、管側陽極フランジ１６は中心軸６２が回転の中心軸６１からずれているため、間隔調整部材１７が１８０°回転すると、管側陽極フランジ１６はターゲット１２と共に向きを変えずに管軸６０に直交する方向に２ΔＲ移動する。その結果、電子線７の焦点位置がターゲット膜１４上で管軸６０に直交する方向に２ΔＲ移動する。図４（ｂ）は間隔調整部材１７を３６０°回転させた場合の、電子線７の焦点６３のターゲット膜１４上での軌跡６４を示した部分拡大平面図である。図４（ｂ）では、電子線７が管軸６０に一致している場合を示す。間隔調整部材１７の回転によって、ターゲット膜１４上で電子線７の焦点６３は中心軸６１，６２間の距離ΔＲを半径とする回転移動することになる。ΔＲを０．０５ｍとすれば、ターゲット膜１４上で電子線７の焦点を最大で０．１ｍｍ移動させることができる。

【００２７】

本例では、間隔調整部材１７の容器側陽極フランジ１８との締結を解除し、間隔調整部材１７を中心軸６１を中心として回転させた後、再び容器側陽極フランジ１８に締結する工程により、ターゲット膜１４上で電子線７の焦点６３を移動させることができる。よって、係る工程を定期的に行うことで、ターゲット膜１４上の電子線７の焦点６３を定期的に移動させて発熱によるダメージを回避し、ターゲット膜１４の寿命を延ばすことができる。また、間隔調整部材１６を移動させる際に、容器側陽極フランジ１８との間に隙間があいても、管側陽極フランジ１６が可撓性陽極管５１を介して容器側陽極フランジ１８に気密に接続されているため、移動時にＸ線発生管１０の気密性が低下するおそれがない。よって、係る工程は、装置の使用者が手動で容易に行うことができる。

【００２８】

尚、本例では、間隔調整部材１７のネジ５２による締結箇所を４箇所としたため、間隔調整部材１７の移動を３回行って、ターゲット膜１４内の合計４箇所を使用することができる。本発明では、上記締結箇所を増やすことで、ターゲット膜１４の使用箇所を増やすことができる。また、間隔調整部材１７のネジ穴５３を間隔調整部材１７の外周形状に対応した弧状としたり、クランプなどの固定手段を用いたりすることで、ターゲット膜１４をより広く使用することができる。

【００２９】

また、本例においては、間隔調整部材１７が回転移動によって管軸６０に交差する方向に移動して、間隔調整部材１７が容器側陽極フランジ１８に重なる領域が移動前よりずれるのを防止するガイド手段を設けても良い。具体的には、容器側陽極フランジ１８の表面に、間隔調整部材１７の外径よりも内径が若干大きい凹部を形成し、間隔調整部材１７が該凹部内で回転可能なように、間隔調整部材１７を該凹部に緩挿させればよい。また、容器側陽極フランジ１８の表面に、管軸６０を中心とする環状の溝を形成し、間隔調整部材１７の裏面に、移動可能に該溝に緩挿される凸部を設けておいても良い。また、溝を間隔調整部材１７に、凸部を容器側陽極フランジ１８に設けても良い。さらに、管軸６０を中心とし、間隔調整部材１７が回転可能なように間隔調整部材１７の外周より若干大きな直径の円形に沿った内壁を有する壁部を設けても良い。この場合、壁部は周方向に連続した環状でも、柱状の壁部を環状に配置したものでも、いずれでも良い。

【００３０】

本例では、間隔調整部材１７を、中心軸６１を中心に管側陽極フランジ１６に対して回転させる形態を示したが、間隔調整部材１７の回転中心を中心軸６１からずらして回転移動させることもできる。具体的には、管側陽極フランジ１６の中心軸６２と間隔調整部材１７の中心軸は一致させた状態で、間隔調整部材１７の中心軸６１を、管軸６０に対してずらす。すると、管側陽極フランジ１６は向きを変えずに上記仮想中心軸と管軸６０との距離を半径とする回転移動を行い、ターゲット膜１４上での電子線７の焦点６３も、上記仮想中心軸と管軸６０との距離を半径とする回転移動を行う。尚、この場合、間隔調整部

材１７は仮想中心軸を中心として回転しながら、その中心軸６１も仮想中心軸と管軸６０との距離を半径とする回転移動を行うため、回転前後で間隔調整部材１７の容器側陽極フランジ１８に重なる領域がずれる。即ち、間隔調整部材１７の容器側陽極フランジ１８への締結位置が変動する。従って、間隔調整部材１７を容器側陽極フランジ１８に締結するネジ穴５５については、係る移動分を考慮して大きく形成しておくか、或いは、クランプ等、間隔調整部材１７の位置に関わらず、締結できる手段に変更すればよい。また、本例において、間隔調整部材１７の回転移動の際に、容器側陽極フランジ１８に本来重なる領域からずれてしまうのを防止するためにガイド手段を設けて良い。具体的には、移動前後で間隔調整部材１７が容器側陽極フランジ１８に重なる領域を凹部として容器側陽極フランジ１８に設け、該凹部内に間隔調整部材１７を移動可能に配置させる。係る構成では、間隔調整部材１７の移動が、本来の移動範囲内に制御される。或いは、容器側陽極フランジ１８の表面に凸部を設け、間隔調整部材１７の裏面に、間隔調整部材１７が回転移動した際に、上記凸部が移動する位置に沿って該凸部が移動可能に緩挿される溝を設けておけば良い。この場合、間隔調整部材１７に凸部を、容器側陽極フランジ１８に溝を設けておいても良い。さらには、間隔調整部材１７の移動範囲を囲む位置に内壁を有する壁部を設けても良い。この場合、壁部は周方向に連続した環状でも、柱状の壁部を環状に配置したものでも、いずれでも良い。

【００３１】

（実施形態３）

上記実施形態２では、管側陽極フランジ１６の中心軸６２を間隔調整部材１７の回転中心からずらせる形態を示したが、本実施形態では、管側陽極フランジ１６の姿勢を傾けることに特徴を有する。以下、本例について、実施形態１、２と異なる構成、作用についてのみ説明する。図５は本例のＸ線発生装置の構成を模式的に示した図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）中のＡ－Ａ’断面図である。また、図６（ａ）は図５（ｂ）のターゲット１２の周辺の部分拡大図であり、図６（ｂ）は、図６（ａ）の状態から中心軸６１を中心に間隔調整部材１７を１８０°回転させた状態を示す図である。

【００３２】

本例においても、実施形態１と同様に陽極１１をターゲット１２と陽極部材１５とで構成する。そして、陽極部材１５は、管側陽極フランジ１６と間隔調整部材１７と容器側陽極フランジ１８と可撓性陽極管５１で構成し、管側陽極フランジ１６及び容器側陽極フランジ１８に可撓性陽極管５１を気密接合する。間隔調整部材１７は可撓性陽極管５１の外側において容器側陽極フランジ１８に締結され、管側陽極フランジ１６と間隔調整部材１７とは互いに固定されていない。また、間隔調整部材１７の中心軸６１は管軸６０と一致させる。そして本例では、図５（ｂ）に示されるように、管側陽極フランジ１６を管軸６０に直交する面に対して傾斜させて間隔調整部材１７に保持させる。具体的には、本例においては、間隔調整部材１７が、管側陽極フランジ１６を保持する凹部の底面（図２（ａ）における１７ａ）が、周方向周りに高さ分布を有している。よって、本例においては、間隔調整部材１７が管側陽極フランジ１６と接する面と、間隔調整部材１７が容器側陽極フランジ１８と接する面とが、互いに非平行である。

【００３３】

ここで、ターゲット１２を管側陽極フランジ１６の表面側に配置させた場合について説明する。この場合、管側陽極フランジ１６の裏面の中心７１を、間隔調整部材１７の中心軸６１及び管軸６０と一致させる。管側陽極フランジ１６の裏面の中心７１を通るターゲット膜１４の裏面の法線６３は、ターゲット膜１４の裏面、即ち電子入射面において、管軸６０が通る位置７３から離れた位置７２を通る。ターゲット膜１４が管側陽極フランジ１６と同心円状に配置されていた場合、位置７２はターゲット膜１４の裏面の中心である。上記構成で間隔調整部材１７と容器側陽極フランジ１８との締結を解除し、間隔調整部材１７を中心軸６１を中心に回転させる。可撓性陽極管５１を介して容器側陽極フランジ１８に接続されている管側陽極フランジ１６は係る回転に追随できず、係る回転に伴って中心軸６１を中心に管側陽極フランジ１６の傾斜方向が回転する。即ち間隔調整部材１７

は管側陽極フランジ１６に対して回転し、管側陽極フランジ１６及びターゲット１２は揺動する。間隔調整部材１７が１８０°回転した状態では、図６（ｂ）に示されるように、管側陽極フランジ１６が管軸６０に直交する面に対して回転前とは逆方向に傾いた状態となる。図６（ｂ）において、管側陽極フランジ１６の裏面の中心７１を通るターゲット膜１４の裏面の法線６３がターゲット膜１４の裏面を通る位置７２は、管軸６０を中心に反対側に移動する。ターゲット膜１４自体は図６（ａ）の状態から回転していないため、管軸６０がターゲット膜１４の裏面を通る位置は回転前の位置７３から位置７２を中心に反対側の位置７３’に移動する。即ち、間隔調整部材１７を回転させることでターゲット膜１４が揺動し、管軸６０に平行な方向から見ると、ターゲット膜１４の裏面が位置７２と管軸６０との距離ΔＴを半径とする回転移動を行う。管軸６０に対して電子線７の焦点位置は一定（本例では電子線７が管軸６０に一致）であるため、間隔調整部材１７の回転に伴って、電子線７の焦点も位置７２を中心として、ターゲット膜１４上で位置７２と管軸６０との距離ΔＳを半径とする回転移動を行う。

【００３４】

本例において、間隔調整部材１７を１８０°回転させた場合の、電子線７の焦点の移動量２ΔＳ、即ち、図６（ｂ）におけるターゲット膜１４上での位置７３から７３’までの距離は、以下の式で導き出される。

【００３５】

$$2\Delta S = W1 \times \tan\theta$$

ここで、θは管軸６０に直交する方向に対する管側陽極フランジ１６の傾斜角度であり、Ｗ１は管側陽極フランジ１６の裏面からターゲット膜１４の裏面までの距離である。ターゲット１２が、管側陽極フランジ１６の表面にターゲット基板１３の表面が一致するように取り付けられている場合には、Ｗ１＝Ｗ２－Ｗ３（Ｗ２は管側陽極フランジ１６の厚さ、Ｗ３はターゲット基板１３とターゲット膜１４とを合わせた厚さ）である。尚、ターゲット基板１３とターゲット膜１４の厚さは管側陽極フランジ１６の厚さに比較して小さいため、実質的にＷ１＝Ｗ２で算出しても良い。

【００３６】

例えば、絶縁管４２の外径内において、管側陽極フランジ１６の裏面の管軸６０方向の最大差を管側陽極フランジ１６の傾斜量とする。そして、絶縁管４２の外径を６０ｍｍ、管側陽極フランジ１６の傾斜量を１ｍｍ、管側陽極フランジ１６の裏面からターゲット膜１４までの距離Ｗ１＝５ｍｍとした時、$\tan\theta = 1/60$であり、２ΔＳは０．１６７ｍｍとなる。よって、マイクロフォーカスＸ線発生装置において、ターゲット膜１４上で電子線７の焦点を１００μｍ以上移動させることができる。

【００３７】

可撓性陽極管５１としてベローズを用いた場合、ベローズは管軸６０に直交する方向よりも平行な方向に変形しやすい。よって、本例ではベローズを用いることで、間隔調整部材１７の回転により、可撓性陽極管５１が変形しやすい方向に管側陽極フランジ１６を揺動させて、ターゲット膜１４上の電子線７の焦点位置を移動させることができる。

【００３８】

また、本例では、管側陽極フランジ１６の表面側にターゲット１２を取り付けた形態を例に挙げて説明したが、管側陽極フランジ１６の裏面側にターゲット１２を取り付けた形態でも同様に構成することができる。この場合、管軸６０と間隔調整部材の中心軸６１と管側陽極フランジ１６の表面の中心とを一致させればよい。

【００３９】

また、本例においても、実施形態２と同様に、間隔調整部材１７が回転移動によって管軸６０に交差する方向に移動して、間隔調整部材１７が容器側陽極フランジ１８に重なる領域が移動前よりずれるのを防止するガイド手段を設けてもよい。具体的には、実施形態２と同様に、容器側陽極フランジ１８の表面に、間隔調整部材１７の外径よりも内径が若干大きい凹部を形成し、間隔調整部材１７が該凹部内で回転可能なように、間隔調整部材１７を該凹部に緩挿させればよい。また、容器側陽極フランジ１８の表面に、管軸６０を

中心とする環状の溝を形成し、間隔調整部材１７の裏面に、移動可能に該溝に緩挿される凸部を設けておいても良い。また、溝を間隔調整部材１７に、凸部を容器側陽極フランジ１８に設けても良い。さらに、管軸６０を中心とし、間隔調整部材１７が回転可能なように間隔調整部材１７の外周より若干大きな直径の円形に沿った内壁を有する壁部を設けても良い。この場合、壁部は周方向に連続した環状でも、柱状の壁部を環状に配置したものでも、いずれでも良い。

【００４０】

本例においても、実施形態２と同様に、間隔調整部材１７の容器側陽極フランジ１８との締結を解除して回転させ、再び締結する工程によって、ターゲット膜１４を上で電子線の焦点を移動させることができる。よって、係る工程を定期的に行うことで、ターゲット膜１４上の電子線７の焦点を定期的に移動させて発熱によるダメージを回避し、ターゲット膜１４の寿命を延ばすことができる。また、係る工程においてＸ線発生管１０の気密性が低下するおそれがなく、装置の使用者が手動で係る工程を実施することができる。

【００４１】

（Ｘ線撮影システム）

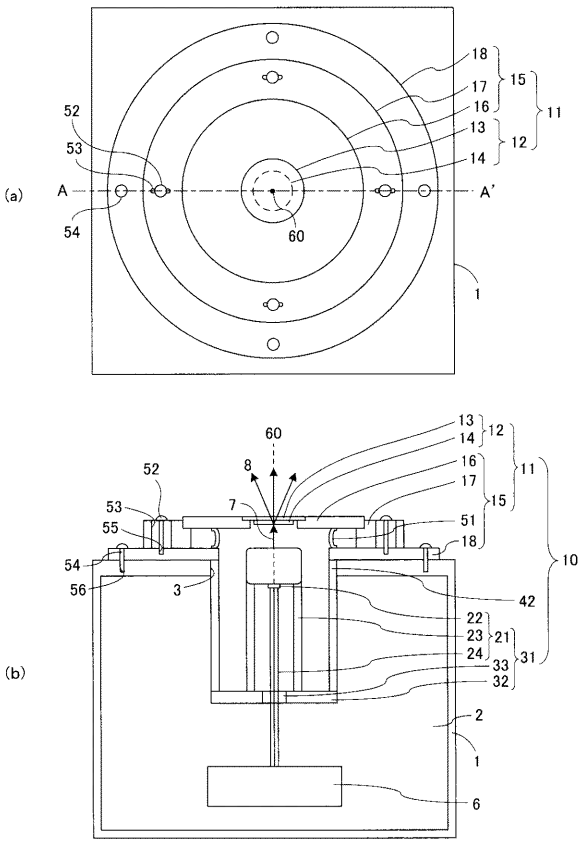
図７は、本発明のＸ線発生装置を用いた、本発明のＸ線撮影システムの実施形態の構成を模式的に示す図である。図７中、システム制御装置９１は、本発明のＸ線発生装置８０と、Ｘ線検出装置９３とを連携制御する。駆動回路６は、システム制御装置９１による制御の下に、Ｘ線発生管１０に各種の制御信号を出力する。制御信号により、Ｘ線発生装置８０から放出されるＸ線８の放出状態が制御される。Ｘ線発生装置８０から放出されたＸ線８は、被検体９６を透過してＸ線検出器９４で検出される。Ｘ線検出器９４は、検出したＸ線を画像信号に変換して信号処理部９５に出力する。信号処理部９５は、システム制御装置９１による制御の下に、画像信号に所定の信号処理を施し、処理された画像信号をシステム制御装置９１に出力する。システム制御装置９１は、処理された画像信号に基づいて、表示装置９２に画像を表示させるための表示信号を表示装置９２に出力する。表示装置９２は、表示信号に基づく画像を、被検体９６の撮影画像としてスクリーンに表示する。本発明のＸ線撮影システムは、工業製品の非破壊検査に用いることができる。

【符号の説明】

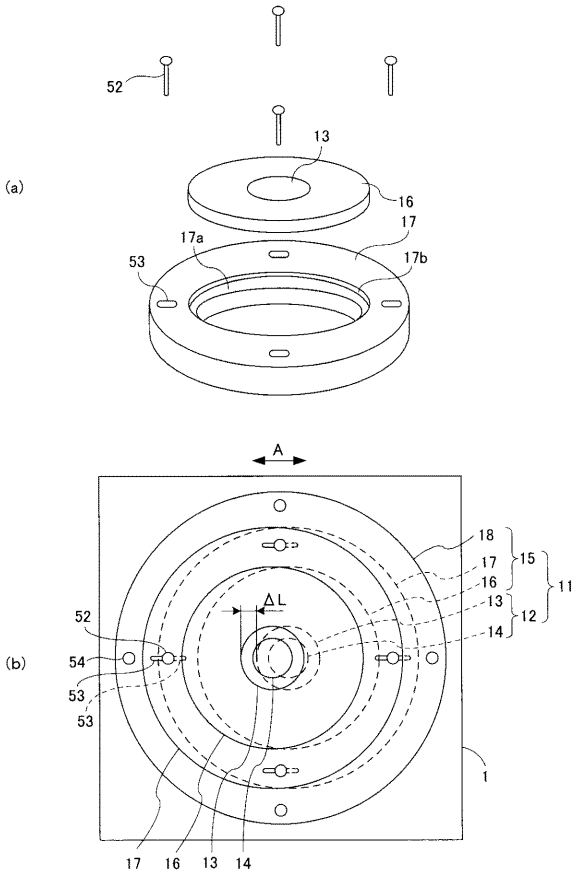
【００４２】

１：収納容器、２：絶縁性流体、３：開口部、７：電子線、１０：Ｘ線発生管、１１：陽極、１２：透過型ターゲット、１５：陽極部材、１６：管側陽極フランジ、１７：間隔調整部材、１８：容器側陽極フランジ、２２：電子放出源、３１：陰極、３２：陰極部材、４２：絶縁管、５１：可撓性陽極管、５２，５４：ネジ、５３：ネジ穴、６０：管軸、６１：間隔調整部材の中心軸、６２：管側陽極フランジの中心軸、７１：管側陽極フランジの裏面の中心、８０：Ｘ線発生装置、９０：Ｘ線撮影システム、９１：システム制御装置、９４：Ｘ線検出器、９６：被検体

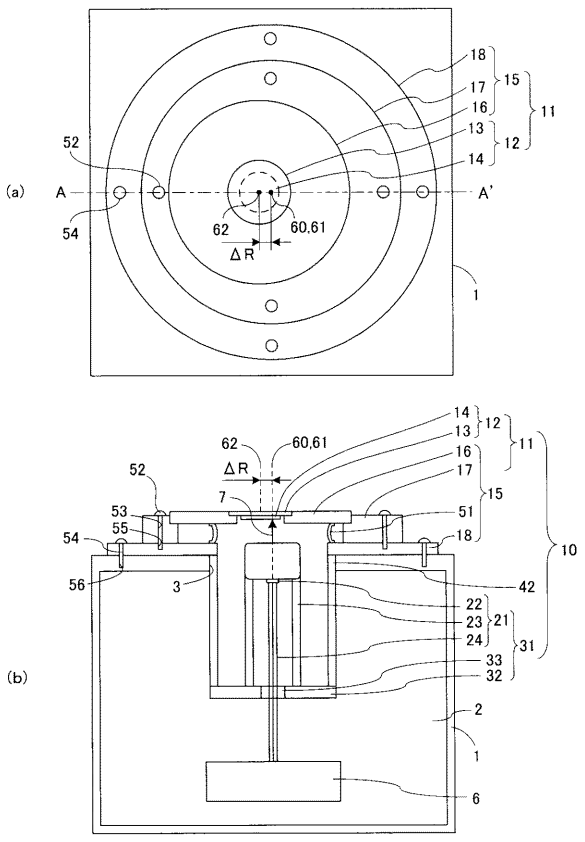
【図１】


(a)
(b)
A
A'
52
53
54
55
56
60
8
7
3
1
2
6
10
11
12
13
14
15
16
17
18
21
22
23
24
31
32
33
42
51

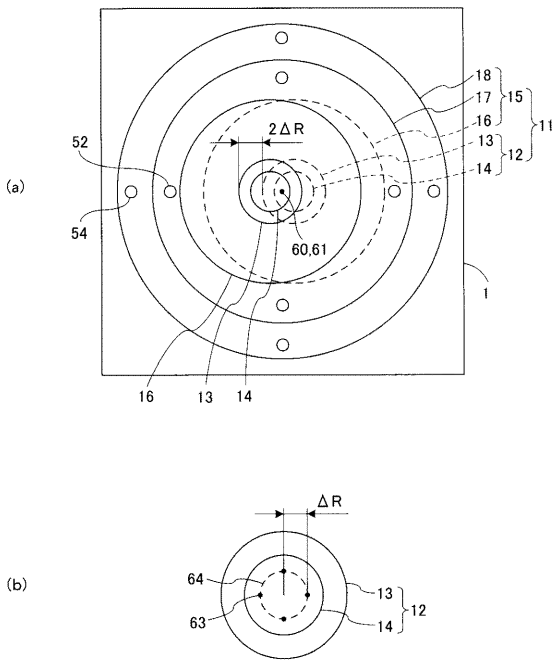
【図２】


(a)
(b)
A
52
53
54
13
16
17
17a
17b
18
ΔL
1
11
12
14
15

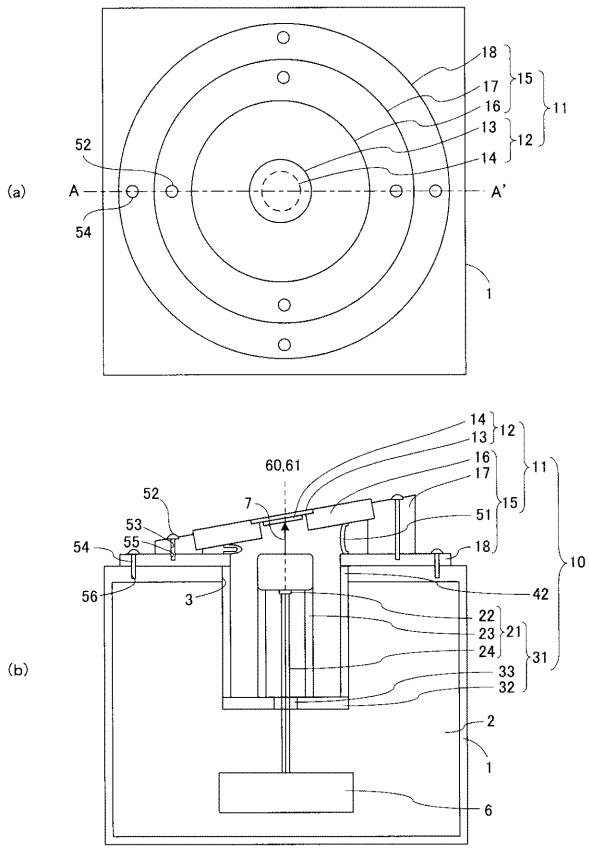
【図３】


(a)
(b)
A
A'
52
53
54
55
56
62
60,61
ΔR
7
3
1
2
6
10
11
12
13
14
15
16
17
18
21
22
23
24
31
32
33
42
51

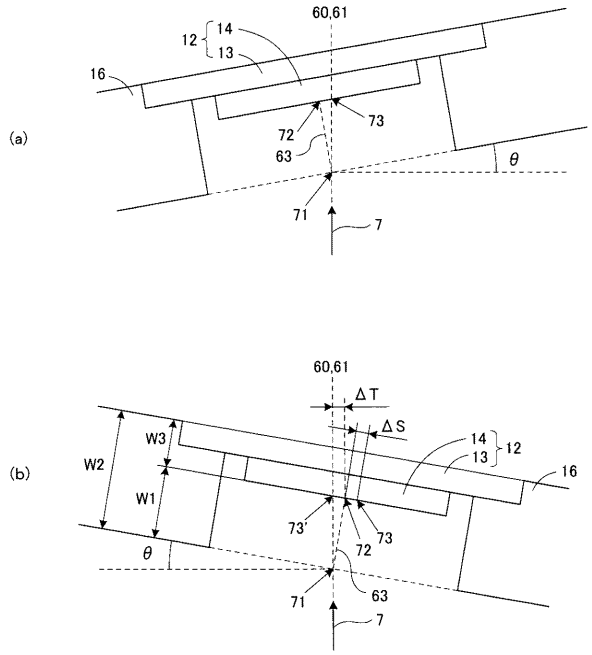
【図４】


(a)
(b)
52
54
2ΔR
60,61
ΔR
64
63
1
11
12
13
14
15
16
17
18

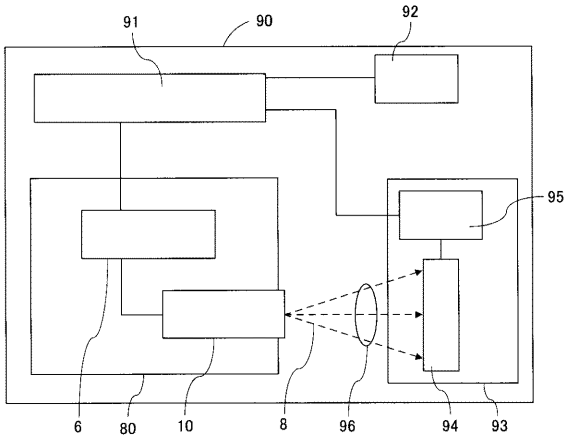
【図５】


(a)
A
A'
52
54
18
17
16
13
14
15
12
11
1
(b)
60,61
52
53
55
54
56
3
7
51
18
42
22
23
24
21
33
32
31
10
2
1
6

【図６】


(a)
60,61
12
14
13
16
72
73
63
θ
71
7
(b)
60,61
ΔT
ΔS
W3
W2
W1
14
13
12
16
73'
73
72
θ
71
63
7

【図７】


91
90
92
95
6
80
10
8
96
94
93