(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2012-195083
(P2012-195083A)
(43)公開日　平成24年10月11日(2012.10.11)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H05H 13/00	(2006.01)	H05H	13/00		2G085
H05H 13/04	(2006.01)	H05H	13/04	C	3H076
F04B 37/16	(2006.01)	F04B	37/16	F	3J043
F16J 15/18	(2006.01)	F16J	15/18	A	

審査請求 未請求　請求項の数 4　ＯＬ　（全 8 頁）

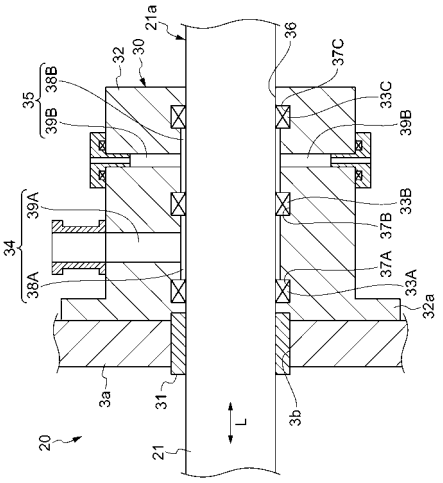
(21)出願番号　特願2011-56639(P2011-56639)
(22)出願日　平成23年3月15日(2011.3.15)

(71)出願人　000002107
住友重機械工業株式会社
東京都品川区大崎二丁目１番１号
(74)代理人　100088155
弁理士　長谷川　芳樹
(74)代理人　100113435
弁理士　黒木　義樹
(72)発明者　佐野　正美
愛媛県新居浜市惣開町５番２号　住友重機械工業株式会社愛媛製造所内

Ｆターム(参考)　2G085 AA11 AA13 BD01 BD03 BD06 BE03 CA20 CA22 CA26
3H076 AA21 BB10 CC51 CC69
3J043 AA11 DA01

(54)【発明の名称】粒子加速器

(57)【要約】
【課題】軸部材の摺動面の潤滑性を維持しつつ、真空容器へ空気の進入を防止して装置の信頼性の向上を図ることが可能な粒子加速器を提供すること。
【解決手段】本発明の粒子加速器は、真空容器の壁体３ａを貫通して容器内の真空環境に達すると共に進退可能である軸部材２１の周面２１ａ上に潤滑剤を供給すると共に、軸部材２１の周面２１ａ上に形成された空孔３８Ａに対して真空排気を行う軸封装置３０を有する構成とする。これにより、供給された潤滑剤によって軸部材の潤滑性を維持し、軸部材２１の周面上２１ａに形成された空孔３８Ａに対して真空排気を行うことで、真空容器への空気の進入を防止する。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
荷電粒子を加速する粒子加速器において、
前記加速粒子が加速する真空環境を内部に形成する真空容器と、
前記真空容器の壁体を貫通して前記真空容器内の前記真空環境まで達すると共に進退可能である軸部材と、
前記真空容器と軸部材との間を封止する軸封装置とを備え、
前記軸封装置は、前記軸部材の周面上に潤滑剤を供給する潤滑剤供給手段と、
前記軸部材の周面と接する内周面上に形成された空孔に対して真空排気を行う排気手段とを有することを特徴とする粒子加速器。
【請求項２】
前記潤滑剤供給手段は、前記排気手段によって真空排気が行われる前記空孔である第１の空孔とは異なる第２の空孔に前記潤滑剤を供給することを特徴とする請求項１に記載の粒子加速器。
【請求項３】
前記軸部材の長手方向において、前記真空容器に近い方に前記第１の空孔が配置され、遠い方に前記第２の空孔が配置されていることを特徴とする請求項２に記載の粒子加速器。
【請求項４】
前記潤滑剤供給手段は、前記排気手段によって真空排気が行われる前記空孔に前記潤滑剤を供給することを特徴とする請求項１に記載の粒子加速器。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、粒子加速器に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、荷電粒子を加速させるサイクロトロン等の粒子加速器では、荷電粒子を加速させる環境である真空環境を形成する真空容器を備え、真空容器の外側から真空容器を貫通する軸部材（棒状部材）を有するものがある。外部から真空容器内へ貫通する軸部材として、回転退避型ビームプローブを備えるものが知られている（例えば特許文献１参照）。特許文献１に記載のビームプローブは、荷電粒子ビームが渦巻状に回転運動する平面において回転の中心に向かう直線に配置され、真空容器を真空封止状態で貫通して設けられた軸部材（ねじ軸）を備えている。この軸部材は、荷電粒子ビームの回転運動中心に向かう直線上で進退可能となっている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】実開平１－４２４８９号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかしながら、特許文献１に記載された従来技術では、軸部材との摩擦によって真空容器を真空封止するためのシール部材が経年的に劣化し、軸部材の進退時に空気が真空容器内に進入するという問題がある。そのため、軸部材の摺動面の潤滑性を維持し、真空容器内の真空度の悪化を回避することが求められている。
【０００５】
本発明は、上記の課題を解決することを目的としており、軸部材の摺動面の潤滑性を維持しつつ、真空容器へ空気の進入を防止して装置の信頼性の向上を図ることが可能な粒子加速器を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】
【０００６】
上記課題を解決するため、荷電粒子を加速する粒子加速器において、加速粒子が加速する真空環境を内部に形成する真空容器と、真空容器の壁体を貫通して真空容器内の真空環境まで達すると共に進退可能である軸部材と、真空容器と軸部材との間を封止する軸封装置とを備え、軸封装置は、軸部材の周面上に潤滑剤を供給する潤滑剤供給手段と、軸部材の周面と接する内周面上に形成された空孔に対して真空排気を行う排気手段とを有することを特徴としている。
【０００７】
このような粒子加速器によれば、真空容器の壁体を貫通し内部の真空環境まで達すると共に進退可能である軸部材の周面上に潤滑剤を供給すると共に、軸部材の周面上に形成された空孔に対して真空排気を行う軸封装置を有する構成であるため、供給された潤滑剤によって軸部材の潤滑性を維持できると共に、軸部材の周面上に形成された空孔に対して真空排気を行うことで、真空容器への空気の進入を防止することができる。
【０００８】
また、潤滑剤供給手段は、排気手段によって真空排気が行われる空孔である第１の空孔とは異なる第２の空孔に潤滑剤を供給することが好ましい。このように、真空排気が行われる第１の空孔と、潤滑剤が供給される第２の空孔とが別個に形成されていると、同一の空孔に潤滑剤が供給されて真空排気が行わる構成と比較して、良好な油膜が形成され、潤滑性の維持がより確実なものとなる。その結果、シール部材の機能が好適に発揮され、真空容器内の真空度の悪化を回避することができる。
【０００９】
また、軸部材の長手方向において、真空容器に近い方に第１の空孔が配置され、遠い方に第２の空孔が配置されていることが好適である。このように、潤滑剤が供給される第２の空孔と真空容器との間に、第１の空孔が形成され、この第１の空孔に対して真空排気が行われるため、第２の空孔に供給された潤滑剤の真空容器内への進入を防止することができる。例えば、潤滑剤が真空容器内に入ることで引き起こされる不具合を防止することができ、装置の信頼性を向上することができる。
【００１０】
例えば、潤滑剤が真空容器内に入って蒸発すると、その発生したガスによりＲＦ（高周波）放電するおそれがあるが、第１の空孔に対して真空排気を行い第１の空孔内の余分な潤滑剤を取り除くことで、潤滑剤の真空容器内への浸入を防止して放電を回避することができる。
【００１１】
また、潤滑剤供給手段は、排気手段によって真空排気が行われる空孔に潤滑剤を供給する構成であることが好適であり、このような構成により、軸部材の潤滑性を維持しつつ、真空容器への空気の進入を防止することができる。また、潤滑剤が供給される空孔と、真空排気が行われる空孔とが共通であるため、簡素な構成とすることができる。
【発明の効果】
【００１２】
本発明に係る粒子加速器によれば、軸部材の摺動面の潤滑性を維持しつつ、真空容器内への空気の進入を防止して信頼性の向上された粒子加速器を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１３】
【図１】本発明の実施形態に係るサイクロトロンの内部を示す斜視図である。
【図２】本発明の第１実施形態に係るラジアルプローブのシール構造を示す断面図である。
【図３】本発明の第２実施形態に係るラジアルプローブのシール構造を示す断面図である。
【発明を実施するための形態】

【００１４】
以下、本発明に係る粒子加速器の好適な実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、図面の説明において、同一又は相当要素には同一の符号を付し重複する説明は省略する。また、上下左右等の位置関係は、図面の位置関係に基づくものとする。本実施形態では、粒子加速器をサイクロトロンとした場合について説明する。
【００１５】
（第１実施形態）
まず、図１及び図２を参照して、本発明の第１実施形態に係るサイクロトロンについて説明する。図１は、本発明の実施形態に係るサイクロトロンの内部を示す斜視図であり、図２は、第１実施形態に係るビームプローブのシール構造を示す断面図である。図１では、サイクロトロンの上部側を取外して、内蔵部品が見えるように図示している。
【００１６】
図１に示すように、サイクロトロン１は、陽子ビーム（荷電粒子ビーム）を生成するものであり、イオン源（不図示）から供給されるイオン（水素の陽イオン）を真空容器３の内部で加速させて、陽子ビームを生成し、出射する。真空容器３は、円筒状の側壁（壁体）３ａを有する構成とされている。真空容器３は、例えば、ステンレス鋼などにより形成されている。また、真空容器３には、図示しない真空ポンプが接続されている。真空容器３は、イオン（加速粒子）が加速する真空環境を内部に形成する。
【００１７】
サイクロトロン１は、上下に対向して配置された鉄心（ヨーク）４、真空容器３内に磁場を形成する励磁コイル（メインコイル）５、イオンにエネルギーを付与するために、高周波電圧（ＲＦ）を発生させるＲＦキャビティ６、ＲＦキャビティ６の共振周波数を調整するＲＦチューナー１１を備えている。鉄心４及び励磁コイル５によって真空容器３内に磁場が形成され、ＲＦキャビティ６によって高周波電圧が付与されることにより、イオンがらせん状の軌道で周回運動し、周回軌道の半径が大きくなるにつれてイオンの進行速度が増加する。なお、図１では、下側の鉄心４を図示し、上側の鉄心４の図示を省略している。
【００１８】
また、サイクロトロン１には、真空容器３の側壁３ａの内面側に設置されて、加速された陽子ビームを引き出すためのデフレクター（偏向器）７と、磁場勾配を補正するグラリアントコレクター（勾配補正器）８と、陽子ビームを所定の方向（水平方向）に出射するコリメーター９と、出射された陽子ビームの焦点を調整するパーマネントクワドロポールマグネット（四極子）１０とが設けられている。真空容器３内で加速された陽子ビームは、デフレクター７によって引き出され、グライアントコレクター８によって磁場勾配が補正されて、コリメーター９によって出射方向が調整される。出射された陽子ビームはパーマネントクワドロポールマグネット１０によってビームの焦点が調整される。
【００１９】
（ラジアルプローブ）
また、サイクロトロン１では、真空容器３内のビーム電流値を測定するラジアルプローブ２０を備えている。真空容器３内では、イオンが残留気体に衝突したり、内蔵部品に衝突したりすることで、ビーム電流値が低下する。ラジアルプローブ２０は、ビーム診断プローブとして機能するものであり、ビーム量、ビーム形状を計測することができる。
【００２０】
ラジアルプローブ２０は、真空容器３の側壁３ａを貫通し、真空容器３の半径方向（イオンの周回軌道の中心に向かう方向）に進退可能な軸部材２１、軸部材２１の先端に設けられた検出片２２、軸部材２１を駆動させるための駆動源２３、真空容器３の側壁３ａと軸部材２１との間を封止する軸封装置（差動排気手段）３０を備えている。軸部材２１は、真空容器３の側壁３ａを板厚方向に貫通し、大気圧環境の真空容器３外から真空環境の真空容器３内まで延在している。
【００２１】

軸部材２１は、例えば円筒状のステンレス鋼によって形成されており、イオンの周回軌道平面と平行な面においてイオンの周回軌道の中心に向かう線上に配置されている。検出片２２は、ビームが衝突する部分であり、衝突したビームの電流値を計測する検出部として機能する。駆動源２３は、真空容器３の外部に配置され、軸部材２１を軸方向に往復動させるものである。駆動源２３としては、例えば、エアーシリンダーを採用することが可能である。軸部材２１の軸線方向のストロークは、例えば１７００ｍｍ程度である。

【００２２】

（軸封装置）

軸封装置３０は、真空容器３の側壁３ａに設けられた開口部３ｂに装着された軸受け３１と、側壁３ａに固定され軸部材２１を軸線方向Ｌに摺動可能に支持する軸封装置本体３２と、軸部材２１の周面２１ａと接触する複数（本実施形態では３個）のシール部材３３Ａ～３３Ｃ、軸部材２１の周面２１ａ上に形成された第１の空孔３８Ａに対して真空排気を行う排気手段３４と、軸部材２１の周面２１ａ上に形成された第２の空孔３８Ｂに対して潤滑剤を供給する潤滑剤供給手段３５とを備えている。

【００２３】

軸受け３１は、軸部材２１を軸方向に摺動可能に支持するものである。軸封装置本体３２は、例えばステンレス製のブロック体であり、軸封装置本体３２を側壁３ａに固定するためのフランジ３２ａが形成されている。フランジ３２ａが真空容器３にボルト固定されることで、軸封装置本体３２が真空容器３に固定されている。

【００２４】

軸封装置本体３２の内部には、軸部材２１の軸線方向Ｌに貫通する貫通孔３６、及びこの貫通孔３６を画成する内壁面に形成され、シール部材３３Ａ～３３Ｃを収容する溝部３７Ａ～３７Ｃが形成されている。溝部３７Ａ～３７Ｃは、リング状のシール部材３３Ａ～３３Ｃを収容可能とすべく内壁面の全周において形成されている。軸封装置本体３２には、軸線方向Ｌに所定の間隔で配置された３つのシール部材３３Ａ～３３Ｃによって仕切られた、２つの空孔（第１の空孔、第２の空孔）３８Ａ，３８Ｂが形成されている。これらの空孔３８Ａ，３８Ｂは、軸部材２１の周面２１ａ上に隙間を形成するものである。空孔３８Ａ，３８Ｂは、軸封装置本体３２の内壁面（軸部材２１の周面と接する内周面）の全周にわたって形成されている。また、軸封装置本体３２には、第１の空孔３８Ａに連通する通路３８Ａと、第２の空孔３８Ｂに連通する通路３９Ｂが設けられている。

【００２５】

シール部材３３Ａ～３３Ｃは、例えばゴム系のシール部材である。シール部材３３Ａ～３３Ｃとしては、Ｏリング、Ｘリング（商品名）、Ｑｕａｄ－Ｒｉｎｇ（商品名）を使用することができる。シール部材３３Ａ～３３Ｃは、軸封装置本体３２の溝部３７Ａ～３７Ｃに装着され、軸部材２１の周面２１ａと接触して、真空容器３と軸部材２１の周面２１ａとの間をシールする。

【００２６】

排気手段３４は、図示しない真空ポンプと、真空ポンプと連通する通路３９Ａと、第１の空孔３８Ａとを有する。排気手段３４は、真空ポンプを作動させ第１の空孔３８Ａ（排気ポート）に対して真空排気を行う。これにより、第１の空孔３８Ａを真空環境に維持する。

【００２７】

潤滑剤供給手段３５は、図示しない潤滑剤供給ポンプと、潤滑剤供給ポンプと連通する通路３９Ｂと、第２の空孔３８Ｂとを有する。潤滑剤供給手段３５は、潤滑剤供給ポンプ作動させ第２の空孔３８Ｂ（潤滑ポート）に対して潤滑剤を供給する。潤滑剤としては、真空環境で使用可能な真空用潤滑油を使用することができる。第２の空孔３８Ｂには、供給された潤滑油によって液溜まりが形成される。これにより、軸部材２１の周面２１ａ上に油膜が形成され、軸部材２１の潤滑性を維持することができる。その結果、シール部材３３Ａ～３３Ｃの磨耗を軽減することができる。

【００２８】

また、本実施形態の軸封装置３０では、真空容器３に近い方に第１の空孔３８Ａが形成され、第１の空孔３８Ａよりも遠い方に第２の空孔３８Ｂが形成されている。すなわち、軸部材２１の軸線方向Ｌにおいて、潤滑剤が供給される第２の空孔３８Ｂと真空容器３との間に、第１の空孔３８Ａが配置され、この第１の空孔３８Ａに対して真空排気（差動排気）を実施可能な構成とされている。

【００２９】

（作用）

次に、本実施形態のラジアルプローブ２０を備えたサイクロトロン１の作用について説明する。サイクロトロン１は、イオン源（図示無し）から発生したイオンを真空容器３内でらせん状に加速する。加速されたイオンは、デフレクター７によって引き出され、サイクロトロン１は陽子ビームを出射する。

【００３０】

このようなサイクロトロン１では、始動時（例えば使用する日の朝）に、陽子ビームを試しに加速し、真空容器３の半径方向におけるビーム電流の分布が定常状態であるか否かを判定するために、ラジアルプローブ２０が使用される。ラジアルプローブ２０は、真空容器３の中央部から半径方向の外側に移動しながら、検出片２２に衝突するビームの電流値を計測し、ビームのプロファイルを取得する。これにより、半径方向に分布するビームの電流値が正常状態であれば、サイクロトロン１としての通常の使用を開始する。

【００３１】

このラジアルプローブ２０の往復動の際には、第２の空孔３８Ｂに潤滑剤が満たされており、第１の空孔３８Ａに対しては真空排気が行われている。例えば、第２の空孔３８Ｂに潤滑剤を充填する際には、下方に設けられた通路３９Ｂのバルブ（不図示）を緩めに閉めておき、下方からエアーを抜きながら、上方の通路３９Ｂを通じて潤滑剤を充填する。潤滑剤の充填後に潤滑剤の供給を停止し、通路３９Ｂに設けられたバルブを閉止する。

【００３２】

このようなサイクロトロン１によれば、真空容器３の側壁３ａを貫通する軸部材２１の周面２１ａ上に潤滑剤を供給する共に、軸部材２１の周面２１ａ上に形成された第１の空孔３８Ａに対して真空排気を行う軸封装置３０を有する構成であるため、供給された潤滑剤によって軸部材２１の潤滑性を維持し、軸部材２１の周面２１ａ上に形成されて第２の空孔３８Ｂに対して真空排気を行うことで、真空容器３への空気の進入を防止することができる。

【００３３】

ここで、潤滑剤供給手段３５は、真空排気が行われる第１の空孔３８Ａとは異なる第２の空孔３８Ｂに潤滑剤を供給する構成であるため、同一の空孔に潤滑剤が供給されて真空排気が行わる構成と比較して、良好な油膜が形成される。従って、潤滑性の維持がより確実なものとなり、シール部材３３Ａ～３３Ｃの機能が好適に発揮され、真空容器３内の真空度の悪化を回避することができる。空孔が別々に形成されているため、真空排気により油膜が形成されないという問題を回避することができる。

【００３４】

また、軸部材２１の長手方向において、真空容器３に近い方に第１の空孔が３８Ａ配置され、遠い方に第２の空孔３８Ｂが配置されているため、潤滑剤が供給される第２の空孔３８Ｂと真空容器３との間に、第１の空孔３８Ａが形成されることになる。この第１の空孔３８Ａに対して真空排気を行うことで、第２の空孔３８Ｂに供給された潤滑剤の真空容器３内への進入を防止することができる。例えば、潤滑剤が真空容器３内に入って蒸発すると、その発生したガスによりＲＦ（高周波）放電するおそれがあるが、第１の空孔３８Ａに対して真空排気を行い第１の空孔３８Ａ内の余分な潤滑剤を取り除くことで、潤滑剤の真空容器３内への浸入を防止して放電を回避することができる。その結果、サイクロトロン１を安定的に稼動させることができる。

【００３５】

このように本実施形態のサイクロトロン１によれば、軸部材２１の駆動による真空度の

悪化を回避することができるため、サイクロトロン１の運転の安定化を図り、装置の信頼性の向上を図ることができる。また、軸部材２１の周面２１ａ上に一様に油膜を形成することができるため、潤滑が確実に確保され、シール部材の寿命を延ばすことができる。これにより、メンテナンスコストを削減することが可能である。また、シール部材の不具合による真空度の悪化を回避することができる。

【００３６】

（第２実施形態）

次に、図３を参照して、本発明の第２実施形態に係るサイクロトロンについて説明する。図３は、本発明の第２実施形態に係るラジアルプローブのシール構造を示す断面図である。第２実施形態のサイクロトロンが、第１実施形態のサイクロトロンと違う点は、ラジアルプローブ２０のシール構造が異なる点である。具体的には、共通の空孔３８Ａに対して、潤滑剤を供給すると共に、真空排気を行う構成とされている。このように構成された軸封装置３０Ｂを備えるサイクロトロン１であっても、潤滑性を維持し、真空度の悪化を回避することができる。第２実施形態の軸封装置３０Ｂでは、シール部材の使用個数の削減することができる。また、一つの空孔３８Ａを備える構成であるため、軸封装置本体３２の小型化を図ることができる。

【００３７】

以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。また、粒子加速器はサイクロトロンに限定されず、シンクロトロンやシンクロサイクロトロンでも良い。また、粒子線（荷電粒子）は陽子ビームに限定されず、炭素ビーム（重粒子ビーム）などでも良い。

【００３８】

また、粒子加速器中で加速するイオンは陰イオンでも良く、陰イオンの場合は、加速器から出射する際に、フォイルストリッパー等で陰イオンから電子をはぎとった上で陽イオンを出射する。

【００３９】

また、上記実施形態では、軸封装置３０をラジアルプローブ２０のシール構造として採用しているが、その他の部品のシール構造として適用してもよい。例えば、デフレクター７やＲＦチューナー１１を駆動させるための軸部材周りのシール構造として、軸封装置３０を採用してもよい。例えば、駆動量が２０～３０ｍｍ程度であるとベローズ機構を採用することができるが、ベローズ（蛇腹）を採用せずに本発明を適用した場合には、ベローズを用いないためシール構造のコンパクト化を図ることができる。

【００４０】

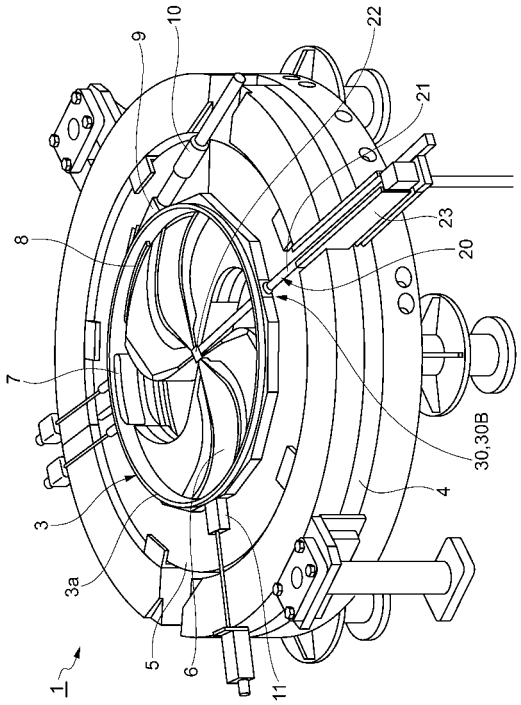
また、本発明に係る軸封装置３０は、駆動量が３００ｍｍ～３０００ｍｍ程度の軸部材２１に対して特に有効である。また、軸部材の移動方向は、水平方向に限定されず、上下方向（イオンの周回軌道の平面と直交する方向）に駆動されるものでもよく、側壁に対して傾斜する方向に駆動される軸部材に対して軸封装置３０を適用してもよい。また、軸部材２１が往復駆動されるものに限定されず、回転軸周りに回転する回転駆動部に、軸封装置３０を用いてもよい。例えば、ビームシャッターの駆動部に軸封装置を適用してもよい。

【符号の説明】

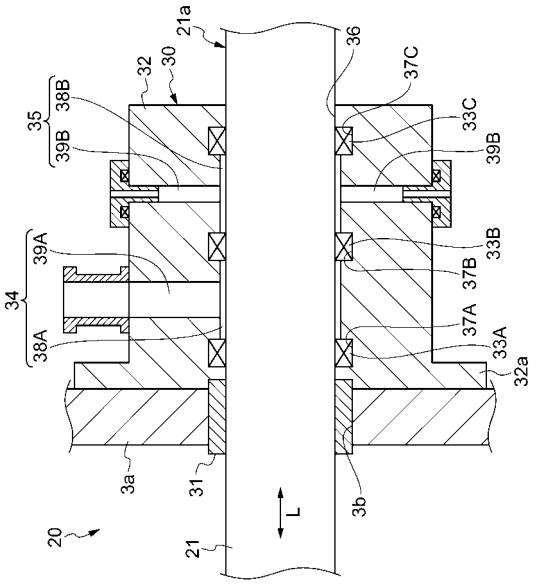
【００４１】

１…サイクロトロン（粒子加速器）、３…真空容器、３ａ…真空容器の側壁（壁体）、４…鉄心、５…励磁コイル、６…ＲＦキャビティ、７…デフレクター、８…グラリアントコレクター、９…コリメーター、１０…パーマネントクワドロポールマグネット、１１…ＲＦチューナー、２０…ラジアルプローブ、２１…軸部材、２２…検出片、２３…駆動源、３０，３０Ｂ…軸封装置、３１…軸受け、３２…軸封装置本体、３３Ａ～３３Ｃ…シール部材、３４…排気手段、３５…潤滑剤供給手段、３６…貫通孔、３７Ａ～３７Ｃ…シール部材収容溝部、３８Ａ…第１の空孔、３８Ｂ…第２の空孔、３９Ａ，３９Ｂ…通路。

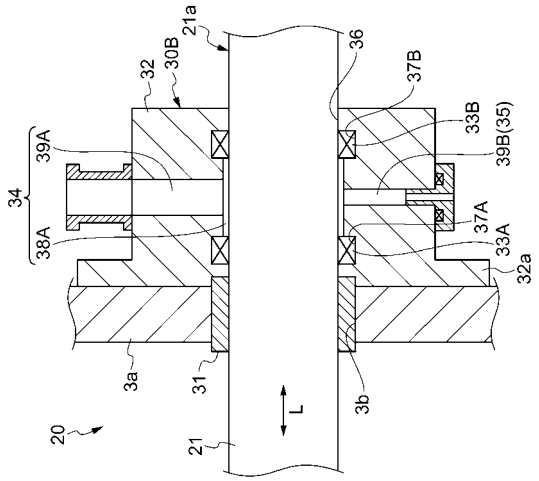
【図１】


1
3
3a
4
5
6
7
8
9
10
11
20
21
22
23
30,30B

【図２】


20
21
21a
30
31
32
32a
33A
33B
33C
34
35
36
37A
37B
37C
38A
38B
39A
39B
3a
3b
L

【図３】


20
21
21a
30B
31
32
32a
33A
33B
34
36
37A
37B
38A
39A
39B(35)
3a
3b
L