

(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2009-189643
(P2009-189643A)

(43) 公開日 平成21年8月27日(2009.8.27)

(51) Int.Cl.			F 1			テーマコード (参考)	
A 6 1 N	5/10	(2006.01)	A 6 1 N	5/10	H	2 G 0 8 5	
G 2 1 K	1/00	(2006.01)	G 2 1 K	1/00	N	4 C 0 8 2	
G 2 1 K	5/02	(2006.01)	G 2 1 K	5/02	N		
G 2 1 K	5/08	(2006.01)	G 2 1 K	5/08	N		
G 2 1 K	5/10	(2006.01)	G 2 1 K	5/10	M		
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁) 最終頁に続く							

(21) 出願番号	特願2008-34882 (P2008-34882)	(71) 出願人	000002107
(22) 出願日	平成20年2月15日 (2008.2.15)		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	密本 俊典
			東京都品川区大崎二丁目1番1号 住友重
			機械工業株式会社内
		Fターム(参考)	2G085 BA02 BA14 BA16 BA17 BE04
			DA03 EA07
			4C082 AA01 AC07 AE03 AG12 AG53
			AG60

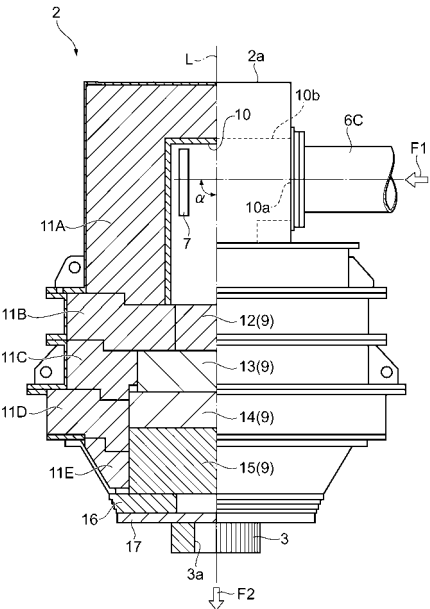
(54) 【発明の名称】 中性子線回転照射装置

(57) 【要約】

【課題】 小型化を図ることを可能にした中性子線回転照射装置を提供する。

【解決手段】 中性子線回転照射装置1は、イオンビームが照射されて中性子を発生するターゲット7を有する中性子発生部2と、中性子を減速する減速材9と、中性子発生部2の出射側に設けられたコリメータ3と、イオンビームを偏向させるための2つの偏向電磁石4、5と、イオンビームを輸送するビームダクト6とを備える。ターゲット収容部10とビームダクト6Cとを連通する連通口10aは、ターゲット収容部10の頂部10bよりも低い位置に配置され、イオンビームのターゲット7への照射方向F1と中性子の取出方向F2とがなす角度αは90°である。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被照射体に対して回転自在に設けられ、前記被照射体に中性子線を照射する中性子線回転照射装置であって、

イオンビームが照射されて中性子を発生するターゲットと、

前記ターゲットから発生した中性子を減速する減速材と、

前記減速材によって減速された中性子を被照射体側に取り出す取出口と、

前記ターゲットに照射するイオンビームを偏向させる偏向電磁石と、

イオンビームを前記ターゲットまで輸送するビームダクトとを備え、

イオンビームの前記ターゲットへの照射方向と中性子の取出方向とは異なることを特徴とする中性子線回転照射装置。 10

【請求項 2】

前記ビームダクトに連通されると共に前記ターゲットが収容されるターゲット収容部を更に備え、

前記ターゲット収容部と前記ビームダクトとを連通する連通口は、前記ターゲット収容部の頂部よりも回転半径方向内側に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の中性子線回転照射装置。

【請求項 3】

イオンビームの前記ターゲットへの照射方向と中性子の取出方向とがなす角度は、 45° ~ 150° の範囲にあることを特徴とする請求項 1 に記載の中性子線回転照射装置。 20

【請求項 4】

前記偏向電磁石は、1つであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の中性子線回転照射装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、中性子線回転照射装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、患者体内のがんを治療する装置として、陽子線や重粒子線などを直接照射する荷電粒子ビーム装置（例えば特許文献 1 参照）が知られている。この装置は、前段加速器とシンクロトロン型加速器と回転照射装置と制御装置とを備え、制御装置は、前段加速器からシンクロトロン型加速器への出射、回転照射装置における荷電粒子ビームの輸送等を制御する。しかし、この回転照射装置では、加速器から取り出した荷電粒子ビームを一つ目の偏向電磁石で回転半径方向外方に偏向させた後、二つ目の偏向電磁石で回転半径方向内方に鋭角に偏向させる必要があるので、装置の最大回転半径が大きくなり、装置が大型化する。 30

【特許文献 1】特開平 9 - 223600 号公報

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

近年、中性子捕捉療法（BNCT 療法）は、がん細胞だけを選択的に破壊し、副作用の極めて少ない治療法として注目されている。この BNCT 療法に用いた中性子線回転照射装置として、上述した荷電粒子ビーム装置と同様な構造を用いることが提案される。しかしながら、BNCT 療法に係る中性子線回転照射装置は同様な構造を用いると、装置全体の大型化が避けられず、小型化を図り難いという問題があった。

【0004】

本発明は、小型化を図ることを可能にした中性子線回転照射装置を提供することを目的とする。 50

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明に係る中性子線回転照射装置は、被照射体に対して回転自在に設けられ、被照射体に中性子線を照射する中性子線回転照射装置であって、イオンビームが照射されて中性子を発生するターゲットと、ターゲットから発生した中性子を減速する減速材と、減速材によって減速された中性子を被照射体側に取り出す取出口と、ターゲットに照射するイオンビームを偏向させる偏向電磁石と、イオンビームをターゲットまで輸送するビームダクトとを備え、イオンビームのターゲットへの照射方向と中性子の取出方向とは異なることを特徴とする。

【0006】

本発明に係る中性子線回転照射装置では、イオンビームのターゲットへの照射方向と中性子の取出方向とは異なるので、中性子の取出方向における装置の長さを短くすることが可能となる。従って、中性子線回転照射装置の回転半径を小さくすることができ、中性子線回転照射装置の小型化を図ることができる。

【0007】

本発明に係る中性子線回転照射装置において、ビームダクトに連通されると共にターゲットが収容されるターゲット収容部を更に備え、ターゲット収容部とビームダクトとを連通する連通口は、ターゲット収容部の頂部よりも回転半径方向内側に配置されていることが好適である。

このようにすれば、従来のように荷電粒子ビームを偏向電磁石で鋭角に回転半径方向内方に偏向させる必要がないので、装置の回転半径を小さくすることができ、中性子線回転照射装置の小型化を図り易くなる。

【0008】

本発明に係る中性子線回転照射装置において、イオンビームのターゲットへの照射方向と中性子の取出方向とがなす角度は、 $45 \sim 150^\circ$ の範囲にあることが好適である。

このようにすれば、イオンビームの照射によって発生した中性子のうち、比較的エネルギーの低い中性子を減速材に入射させることになるので、必要とされる減速材の長さを短くすることができる。その結果、中性子線回転照射装置の小型化を一層向上することができる。

【0009】

本発明に係る中性子線回転照射装置において、回転する偏向電磁石は、1つであることが好適である。

このようにすれば、中性子線回転照射装置の小型化を図ることができると共に、中性子線回転照射装置のコストを低減することが可能となる。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、小型化を図ることを可能にした中性子線回転照射装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、図面を参照しつつ本発明に係る中性子線回転照射装置の好適な実施形態について詳細に説明する。

【0012】

[第1実施形態]

図1に示すように、中性子線回転照射装置1（以下、装置1と略称する）は、治療台8上の患者（被照射体）Pに対して回転自在に設けられ、患者Pの体内のがん細胞Tに対して中性子線を照射する装置である。この装置1は、イオンビームが照射されて中性子を発生するターゲット7を有する中性子発生部2と、中性子発生部2の出射側に設けられたコリメータ3と、ターゲット7に照射するイオンビームを偏向させるため第1，第2の偏向電磁石4，5と、イオンビームを中性子発生部2に輸送するビームダクト6（6A～6C

10

20

30

40

50

）とを備える。中性子発生部 2 と、第 1, 第 2 の偏向電磁石 4, 5 と、ビームダクト 6 A ~ 6 C とは、それぞれ回転フレーム 2 4 に固定されている。回転フレーム 2 4 の外周には、リング 2 5 が配置されている。このリング 2 5 は、床 2 8 上に設置されたローラ 2 6, 2 7 によって支持されると共に、ビームダクト 6 A の中心軸を回転軸として回転する。これによって、装置 1 は、ビームダクト 6 A の中心軸を回転軸として回転するようになり、患者 P のがん細胞 T への照射方向を調整することが可能となる。治療台 8 は、床 2 5 に固定された支持台 2 9 によって支持されると共に、矢印 F 5 方向に沿って装置 1 の内部に挿入したり、又は装置 1 から離れたりするようになっている。

【0013】

図 2 に示すように、中性子発生部 2 は、円柱形状を呈し、中心軸 L 方向に沿って延在する円筒状のターゲット収容部 1 0 と、中央位置に配置されると共に中心軸 L 方向に延びる減速材 9 と、減速材 9 とターゲット収容部 1 0 とを周りから取り囲む反射材 1 1 とから主として構成されている。

【0014】

ターゲット収容部 1 0 の一端は減速材 9 に当接され、他端はビームダクト 6 C に連通されている。このターゲット収容部 1 0 は、反射材 1 1 の反射層 1 1 A によって覆われている。ビームダクト 6 は、このビームダクト 6 から輸送されてきたイオンビームのターゲット 7 への照射方向 F 1 が、後述する中性子の取出方向 F 2 (中心軸 L 方向) と異なるようにターゲット収容部 1 0 に連通されている。すなわち、図 2 に示すように、ターゲット収容部 1 0 とビームダクト 6 C とを連通する連通口 1 0 a の付近のビームダクト 6 C の長手方向は、中性子の取出方向 F 2 と異なっている。本実施形態において、ビームダクト 6 C は、中性子の取出方向 F 2 に対して直交するようにターゲット収容部 1 0 に連通されている。中心軸 L 方向において、ターゲット収容部 1 0 とビームダクト 6 C とを連通する連通口 1 0 a は、ターゲット収容部 1 0 の頂部 1 0 b よりも低い位置 (すなわち回転半径方向内側) に配置されている。

【0015】

平板状のターゲット 7 は、ターゲット収容部 1 0 の内部に収容され、イオンビームのターゲット 7 への照射方向 F 1 に対して平面が直交するように設置されている。このターゲット 7 は、ベリリウム、リチウム、タンタル、タングステンなどの材質が用いられ、ビームダクト 6 C によって輸送されてきたイオンビームが照射されると、全方向に中性子を発生する。そして、発生した中性子のうちの一部が減速材 9 に入射する。なお、イオンビームとして、陽子や重陽子などが挙げられる。

【0016】

減速材 9 は、それぞれ異なる材料からなる第 1 の減速層 1 2 と第 2 の減速層 1 3 と第 3 の減速層 1 4 と第 4 の減速層 1 5 とを備え、ターゲット 7 から発生した高エネルギーを有する中性子のうち、入射されてきた中性子を熱又は熱外と呼ばれる低いエネルギーの中性子線まで減速させる。これらの減速層は、それぞれ円板状に形成され、中心軸 L 方向に沿って中性子の入射側から出射側にかけて第 1 の減速層 1 2、第 2 の減速層 1 3、第 3 の減速層 1 4、第 4 の減速層 1 5 の順番で配置されている。

【0017】

第 1 の減速層 1 2 は鉛からなり、第 2 の減速層 1 3 は鉄から構成されている。第 2 の減速層 1 3 は、第 1 の減速層 1 2 の外径よりも大きく形成されている。第 3 の減速層 1 4 は、金属アルミニウムからなり、第 2 の減速層 1 3 の外径よりも更に大きく形成されている。第 4 の減速層 1 5 は、フッ化カルシウムを有する原料を溶融して得られたもので、第 3 の減速層 1 4 と同じ寸法の外径を有するように形成されている。このように構成された減速材 9 の外径は、中心軸 L 方向に沿って中性子の入射側から出射側に向かって徐々に小さくなっているため、減速材 9 との衝突による中性子の散乱範囲の拡大に対応し減速材 9 の断面積を大きくすることで、中性子の減速効果を向上させることができる。

【0018】

反射材 1 1 は、鉛からなり、ターゲット収容部 1 0 を覆って円筒状に形成された反射層

10

20

30

40

50

11Aと、それぞれ円環状に形成された4つの反射層11B～11Eを備える。この反射材11は、中性子を内部に反射し、外部に漏れることを防止するものである。反射層11B～11Eは、中心軸L方向に沿って中性子の入射側から出射側にかけて順番に配置され、隣接する反射層11A～11E同士は密着して固定されている。

【0019】

反射層11A～11Eは、隣接する反射層11A～11E同士を互いに嵌め込むために凹凸状に形成されている。例えば、反射層11Cにおいて、反射層11Bに隣接する側には、反射層11Bの凸部を嵌め込むための凹部が設けられ、反射層11Dに隣接する側には、反射層11Dの凹部に嵌め込むための凸部が設けられている。このようにすれば、反射層11A～11Eの組み立てをする際に、隣接する反射層11A～11E同士の位置決めを容易に行うので、組み立て作業が簡単化される。更に、このように凹凸状に形成されることによって、隣接する反射層11A～11E同士の境目は凹凸状に形成されるので、境目が直線状に形成された場合と比べて中性子が境目を通して外部へ漏れるのを確実に防止することができる。

10

【0020】

中性子発生部2の出射端には、フッ化リチウム入りポリエチレンからなる遮蔽材16と、鉛からなる遮蔽材17とが設けられている。遮蔽材16は、円環状に形成され、第4の減速層15に密着して固定されて、必要としない中性子を遮蔽するためのものである。遮蔽材17は、円板状に形成され、遮蔽材16の外側に配置され、遮蔽材16に固定されている。この遮蔽材17は、ターゲット2から発生するγ線等を遮蔽する役割を果たすものである。

20

【0021】

遮蔽材17の外側には、コリメータ3が設置されている。このコリメータ3は、フッ化リチウム入りポリエチレンから矩形状に形成され、その中央位置には貫通孔（取出口）3aが設けられている。

【0022】

コリメータ3は、中性子を収束させて患者Pのがん細胞Tに向かって取り出すためのものであり、そして、減速材9によって減速されて低いエネルギーを有する中性子は、コリメータ3により収束され、取出方向F2に沿って出力され、患者Pのがん細胞Tを集中して照射する。図2に示すように、イオンビームのターゲット7への照射方向F1と中性子の取出方向F2とがなす角度αは90°になる。

30

【0023】

このように構成された装置1にあっては、イオンビームはビームダクト6Aを通り、第1の偏向電磁石4でビームダクト6Aに対して鈍角に曲げられ、第2の偏向電磁石5でビームダクト6Bに対して更に鈍角に曲げられ、ビームダクト6Aと平行なビームダクト6Cに入射され、中性子を発生するターゲット7まで輸送される。そして、ターゲット7にイオンビームを照射すると、ターゲット7が中性子を発生し、発生した中性子は減速材9に減速され、更にコリメータ3によって収束されて患者Pの体軸に対して垂直方向からがん細胞Tに照射する。そして、イオンビームのターゲット7への照射方向F1と中性子の取出方向F2とがなす角度αは90°であるので、中性子の取出方向F2における装置の長さを短くすることが可能となる。従って、装置1の最大回転半径を小さくすることができ、装置1の小型化を図ることが可能となる。また、ターゲット収容部10とビームダクト6Cとを連通する連通口10aは、ターゲット収容部10の頂部10bよりも回転半径方向内側に配置されるので、従来のように荷電粒子ビームを偏向電磁石で鋭角に回転半径方向内方に偏向させる必要がないので、装置1の小型化を更に図り易くなる。

40

【0024】

また、角度αが90°であるので、例えばイオンビームのターゲット7への照射方向F1と中性子の取出方向F2とが一致した場合（すなわち、角度αが0°であった場合）と比べて、イオンビームの照射により発生した中性子のうち、比較的エネルギーの低い中性子を減速材9に入射させることになる。これによって、必要とされる減速材9の長さを

50

短くすることができ、装置 1 の小型化を一層向上することができる。

【 0 0 2 5 】

[第 2 実施形態]

図 3 及び図 4 に示すように、第 2 実施形態に係る中性子線回転照射装置 18 と第 1 実施形態の装置 1 との相違点は、イオンビームのターゲット 7 への照射方向 F 3 と中性子の取出方向 F 2 とがなす角度 α は 135° であって、且つ、一つの偏向電磁石 21 を設けたことである。その他の構成は、装置 1 の構成と同等であるため、同一符号を付して重複説明を省略する。

【 0 0 2 6 】

図 3 に示すように、中性子線回転照射装置 18 は、イオンビームが照射されて中性子を発生するターゲット 7 を有する中性子発生部 19 と、中性子発生部 19 の出射側に設けられたコリメータ 3 と、ターゲット 7 に照射するイオンビームを偏向させるための一つの偏向電磁石 21 と、イオンビームを中性子発生部 19 に輸送するビームダクト 20 (20 A , 20 B) とを備える。偏向電磁石 21 は装置 1 に係る第 1 , 第 2 の偏向電磁石 4 , 5 と同様なもので、ビームダクト 20 はビームダクト 6 と同様なものである。

10

【 0 0 2 7 】

図 4 に示すように、中性子発生部 19 のターゲット収容部 22 は、円筒状に形成され、その側壁にはイオンビームを輸送するビームダクト 20 B が挿通されている。ビームダクト 20 B は、イオンビームのターゲット 7 への照射方向 F 3 と中性子の取出方向 F 2 とがなす角度 α が 135° になるように、ターゲット収容部 22 に斜めに連通されている。そして、中心軸 L 方向において、ターゲット収容部 22 とビームダクト 20 B とを連通する連通口 22 a は、ターゲット収容部 22 の頂部 22 b よりも回転半径方向内側に配置されている。

20

【 0 0 2 8 】

このような構成により、中性子線回転照射装置 18 は、第 1 実施形態の装置 1 と同様な効果が得られるほか、角度 α が 135° であるので、第 1 実施形態に (すなわち、角度 α が 90° であった場合) と比べて、イオンビームの照射により発生した中性子のうち、更にエネルギーの低い中性子を減速材 9 に入射させることになるので、必要とされる減速材 9 の長さを更に短くすることが可能となり、中性子線回転照射装置 18 の小型化を一層図ることができる。また、イオンビームを偏向させるための偏向電磁石 21 を一つだけ

30

【 0 0 2 9 】

[第 3 実施形態]

図 5 に示すように、第 3 実施形態に係る中性子線回転照射装置 23 と第 1 実施形態の装置 1 との相違点は、患者 P の体軸に対して斜め方向からがん細胞 T に中性子線を照射し、イオンビームのターゲット 7 への照射方向 F 4 と中性子の取出方向 F 2 とがなす角度 α は 45° である。その他の構成は、装置 1 の構成と同等であるため、同一符号を付して重複説明を省略する。そして、このような構成により、中性子線回転照射装置 23 は、第 1 実施形態の装置 1 と同様な効果が得られるほか、患者 P の体軸に対して斜め方向からがん細胞 T に中性子線を照射することが可能であるので、例えば患者 P の体軸に対し垂直方向からがん細胞 T に照射することによって周辺の正常な組織にダメージを与える恐れがあった場合、このように斜めに照射することで、正常な組織を避けてがん細胞 T に照射することができる。その結果、中性子線回転照射装置 23 の応用性を高めることができる。

40

【 0 0 3 0 】

本発明は、上記の実施形態に限定されるものではない。例えば、ビームダクト 6 , 20 にはイオンビーム収束用の四極電磁石、ソレノイド電磁石などを使用することも可能である。また、上記の実施形態において、患者 P への不必要な放射線照射を防止するため、治療台 8 の周囲に放射線遮蔽板を設けてもよい。

【 図面の簡単な説明 】

50

【 0 0 3 1 】

【図 1】本発明に係る中性子線回転照射装置の第 1 の実施形態を示す概略図である。

【図 2】図 1 に示された中性子線回転照射装置の部分断面図である。

【図 3】本発明に係る中性子線回転照射装置の第 2 の実施形態を示す概略図である。

【図 4】図 3 に示された中性子線回転照射装置の部分断面図である。

【図 5】本発明に係る中性子線回転照射装置の第 3 の実施形態を示す概略図である。

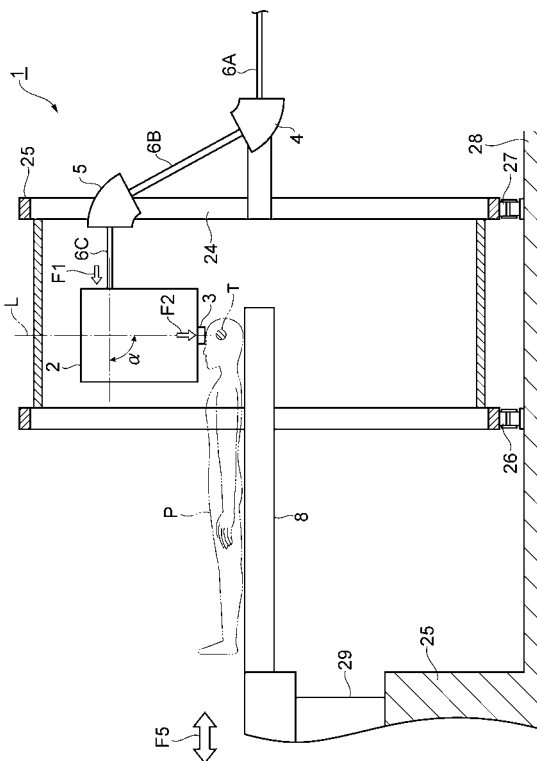
【符号の説明】

【 0 0 3 2 】

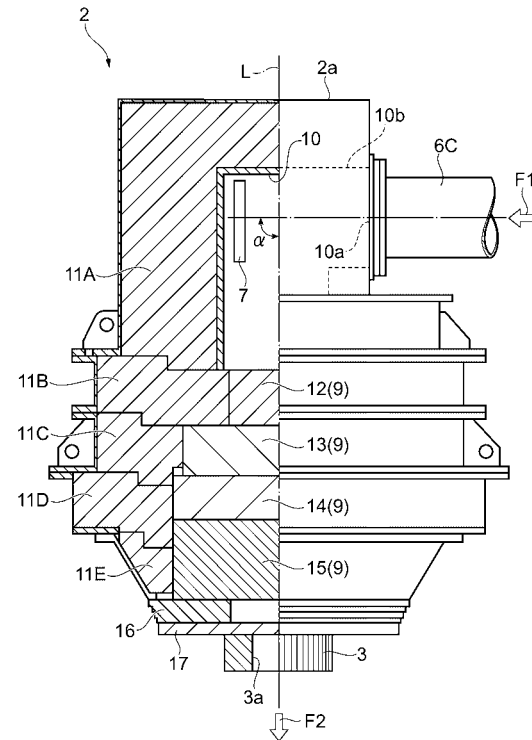
1, 18, 23 ... 中性子線回転照射装置、3 ... コリメータ、4, 5, 21 ... 偏向電磁石、6, 20 ... ビームダクト、7 ... ターゲット、9 ... 減速材、10, 22 ... ターゲット収容部、10a, 22a ... 連通口、10b, 22b ... 頂部、 α ... 角度、F1, F3, F4 ... イオンビームのターゲットへの照射方向、F2 ... 中性子の取出方向。

10

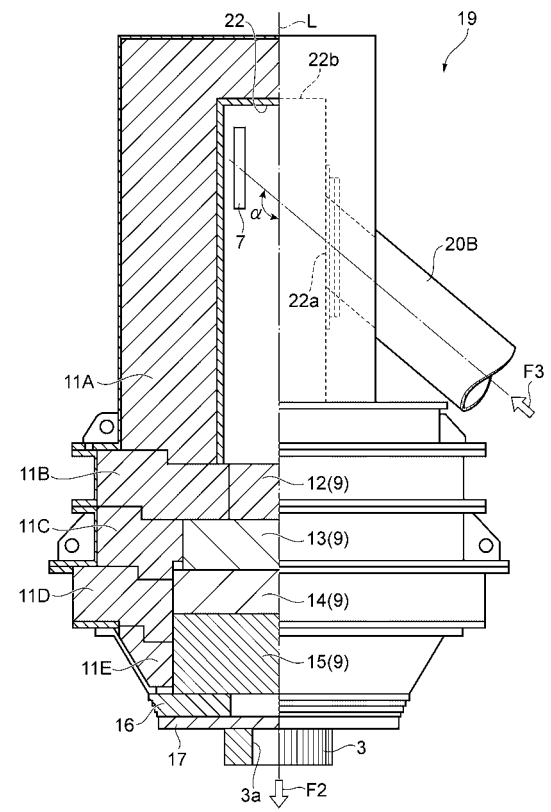
【図 1】



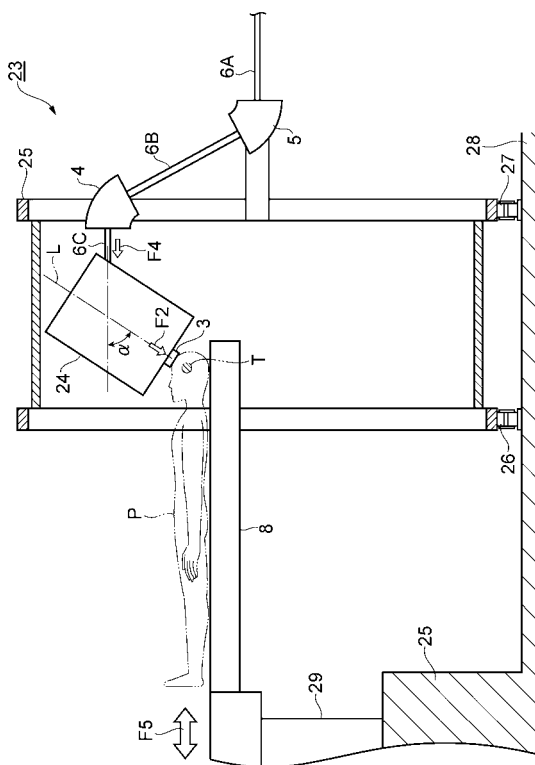
【図 2】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.			F I			テーマコード (参考)
G 2 1 K	1/087	(2006.01)	G 2 1 K	1/087	D	
H 0 5 H	6/00	(2006.01)	H 0 5 H	6/00		