

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5630666号
(P5630666)

(45) 発行日 平成26年11月26日(2014.11.26)

(24) 登録日 平成26年10月17日(2014.10.17)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 N 5/10 (2006.01)

A 6 1 N 5/10

K

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2012-80230 (P2012-80230)
 (22) 出願日 平成24年3月30日(2012.3.30)
 (65) 公開番号 特開2013-208257 (P2013-208257A)
 (43) 公開日 平成25年10月10日(2013.10.10)
 審査請求日 平成26年6月4日(2014.6.4)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 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
 (73) 特許権者 504132272
 国立大学法人京都大学
 京都府京都市左京区吉田本町36番地1
 (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 小笠原 毅
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 中性子捕捉療法用コリメータ及び中性子捕捉療法装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被照射体における照射目標に合わせて中性子線の照射範囲を設定する中性子捕捉療法用コリメータであって、

中性子線の照射方向と直交する第1方向に重ねられた複数のリーフ板を備え、

複数の前記リーフ板のうち少なくとも一部のリーフ板は、前記照射方向に直交し且つ前記第1方向に直交する第2方向に沿ってスライド可能であると共に、前記照射方向にスライド可能である

ことを特徴とする中性子捕捉療法用コリメータ。

【請求項2】

前記少なくとも一部のリーフ板は、前記第2方向に分割された複数の分割リーフ板を有し、

複数の前記分割リーフ板は、前記照射方向にそれぞれ独立してスライド可能であることを特徴とする請求項1記載の中性子捕捉療法用コリメータ。

【請求項3】

被照射体における照射目標に合わせて中性子線の照射範囲を設定する中性子捕捉療法用コリメータであって、

中性子線の照射方向と直交する第1方向に複数枚重ねられると共に、複数枚のうち少なくとも一部は前記照射方向及び前記第1方向と直交する第2方向に少なくとも4つの分割リーフ板に分割されたリーフ板と、

10

20

前記リーフ板を第２方向に沿ってスライド可能に支持する第２方向支持部と、
前記第２方向に分割された分割リーフ板のうちの内側の分割リーフ板を前記照射方向に沿ってスライド可能に支持する照射方向支持部と、
を備えたことを特徴とする中性子捕捉療法用コリメータ。

【請求項４】

前記照射方向支持部は、前記照射方向に沿ってスライド可能に支持された分割リーフ板に隣接する前記分割リーフ板に設けられると共に、前記照射方向に沿ってスライド可能に支持された分割リーフ板の端部を係止する係止部であることを特徴とする請求項３に記載の中性子捕捉療法用コリメータ。

【請求項５】

中性子線を発生させる中性子線発生部と、
請求項１～４のいずれか一項に記載の中性子捕捉療法用コリメータと、
前記中性子捕捉療法用コリメータを支持するコリメータ支持部と、
を備えることを特徴とする中性子捕捉療法装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、中性子捕捉療法用コリメータ及び中性子捕捉療法装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

従来、下記特許文献１に示されるように、患者の体内の患部に対して中性子線を照射する中性子線照射装置が知られている。この装置では、ターゲットにイオンビーム（荷電粒子線）を照射することにより中性子線を発生させ、発生した中性子線を減速装置で減速させた後に患者に向けて出射する。

【０００３】

この装置は、減速装置と患者との間に配置されたコリメータを有している。このコリメータは、フッ化リチウム入りポリエチレン材料からなる直方体形状の部材であり、その中央には、所定の大きさの中性子取出口が設けられている。中性子取出口の大きさは、患者毎に照射範囲の形状に合わせて形成されている。減速装置から出射された中性子は、コリメータの中性子取出口を通ることによって所定の照射範囲に成形される。

【０００４】

患者の患部に中性子線が照射されると、予め患部に化合物として取り込まれたホウ素と中性子線が核反応し、重荷電粒子線である線（He線）とLi線とが生成され、これらの粒子線により患部の細胞が破壊される。この装置では、患者を載せる載置台とコリメータとが、中性子の取出方向に沿って移動可能に設けられている。このような構成により、コリメータの中性子取出口と照射目標との位置合わせを容易に行い、照射精度の向上を図っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２００９－１８９７２５号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

上記した治療法は、中性子捕捉療法（NCT；Neutron Capture Therapy）と呼ばれる。通常、中性子捕捉療法では、治療開始前に患部に照射する中性子の中性子線量が予め決められている。上記した従来の装置では、照射精度の向上が図られているものの、照射される部位によっては、直方体形状のコリメータと患者との間に一定の間隔が生じる。そのため、コリメータを通った中性子が、患者の体表に到達するまでに散逸する場合がある。その場合、患部以外の組織に照射される中性子線量が増えてしまう。また、時間あたり

10

20

30

40

50

に患部に照射される中性子線量が不足することとなり、所定の中性子線量を患部に照射するのに時間を要してしまう。

【 0 0 0 7 】

本発明は、時間あたりに患部に照射される中性子線量を確保し、照射時間を短縮することができる中性子捕捉療法用コリメータ及び中性子捕捉療法装置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】

【 0 0 0 8 】

上記課題を解決した中性子捕捉療法用コリメータは、被照射体における照射目標に合わせて中性子線の照射範囲を設定する中性子捕捉療法用コリメータであって、中性子線の照射方向と直交する第1方向に重ねられた複数のリーフ板を備え、複数のリーフ板のうち少なくとも一部のリーフ板は、照射方向に直交し且つ第1方向に直交する第2方向に沿ってスライド可能であると共に、照射方向にスライド可能であることを特徴とする。

10

【 0 0 0 9 】

この中性子捕捉療法用コリメータによれば、複数のリーフ板のうち少なくとも一部のリーフ板は照射方向に直交する第2方向に沿ってスライド可能であるため、照射目標に対して照射範囲を精度良く設定することができる。さらに、少なくとも一部のリーフ板は、照射方向にもスライド可能であるため、被照射体の照射部位の形状に沿うように、リーフ板の辺縁を被照射体の表面に近づけることができる。これによって、コリメータと被照射体との間の間隔が狭められ、中性子の散逸が抑制される。その結果として、時間あたりに患部に照射される中性子線量が確保され、照射時間を短縮することができる。

20

【 0 0 1 0 】

また、上記中性子捕捉療法用コリメータにおいて、少なくとも一部のリーフ板は、第2方向に分割された複数の分割リーフ板を有し、複数の分割リーフ板は、照射方向にそれぞれ独立してスライド可能である。この場合、例えば被照射体の照射部位が第2方向にわたって丸みを帯びている場合においても、各分割リーフ板を照射方向にスライドさせて、リーフ板の辺縁を照射部位の表面に近づけることができる。これによって、中性子の散逸がより一層抑制される。

【 0 0 1 1 】

上記課題を解決した中性子捕捉療法用コリメータは、被照射体における照射目標に合わせて中性子線の照射範囲を設定する中性子捕捉療法用コリメータであって、中性子線の照射方向と直交する第1方向に複数枚重ねられると共に、複数枚のうち少なくとも一部は照射方向及び第1方向と直交する第2方向に少なくとも4つの分割リーフ板に分割されたリーフ板と、リーフ板を第2方向に沿ってスライド可能に支持する第2方向支持部と、第2方向に分割された分割リーフ板のうちの内側の分割リーフ板を照射方向に沿ってスライド可能に支持する照射方向支持部と、を備えたことを特徴とする。

30

【 0 0 1 2 】

この中性子捕捉療法用コリメータによれば、内側の分割リーフ板は、照射方向にもスライド可能であるため、被照射体の照射部位の形状に沿うように、リーフ板の辺縁を被照射体の表面に近づけることができる。これによって、コリメータと被照射体との間の間隔が狭められ、中性子の散逸が抑制される。その結果として、時間あたりに患部に照射される中性子線量が確保され、照射時間を短縮することができる。

40

【 0 0 1 3 】

また、照射方向支持部は、照射方向に沿ってスライド可能に支持された分割リーフ板に隣接する分割リーフ板に設けられると共に、照射方向に沿ってスライド可能に支持された分割リーフ板の端部を係止する係止部である。この場合、外側の分割リーフ板が照射方向支持部を兼ねるので、内側の分割リーフ板を支持する部材を別に用意する必要がなくなる。従って、コリメータ全体の大型化を抑制することができる。

【 0 0 1 4 】

上記課題を解決した中性子捕捉療法装置は、中性子線を発生させる中性子線発生部と、

50

上記の中性子捕捉療法用コリメータと、中性子捕捉療法用コリメータを支持するコリメータ支持部と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、時間あたりに患部に照射される中性子線量を確保し、照射時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施形態に係るコリメータを備える中性子線照射装置の概略構成を示す側面図である。

10

【図2】図1のコリメータを通る中性子が被照射体の照射目標に照射される状態を示す概念図である。

【図3】(a)はコリメータの正面図、(b)はコリメータの側面図である。

【図4】(a)はリーフ板によって形成された照射野と照射目標を示す正面図、(b)は(a)のI V B - I V B 線に沿った断面図である。

【図5】(a)は本発明の他の実施形態に係るコリメータの断面図、(b)は従来のコリメータの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。以下の説明では、実施形態に係る中性子捕捉療法用コリメータを備えた中性子線照射装置について説明する。

20

【0018】

図1および図2に示されるように、中性子線照射装置1は、患者(被照射体)Pの患部(照射目標)Tに対して中性子線を照射する中性子捕捉療法装置である。この中性子線照射装置1は、予め患部Tに化合物として取り込ませたホウ素(^{10}B)と中性子との核反応により、患部Tの細胞を選択的に破壊するホウ素中性子捕捉療法(BNCT; Boron Neutron Capture Therapy)用の装置である。中性子線照射装置1は、患者Pを載置する移動台2と、中性子を減速する減速装置3と、中性子を発生させるターゲット(中性子線発生部)7と、移動台2と減速装置3との間に設けられたコリメータ台(コリメータ支持部)4とを備えている。また、中性子線照射装置1は、患者Pの患部TのX線画像を撮像するためのCRシステム8を備えている。

30

【0019】

移動台2は、患者Pが座る載置台2aを有している。この載置台2aは、形状を変えることにより、その上に患者Pが横たわることもできるよう構成されている。この移動台2は、上下方向(垂直方向)、左右方向(水平方向であって、減速装置3に近接離間する方向)、および前後方向(水平方向であって、左右方向に垂直な方向)に移動可能となっている。

【0020】

ターゲット7は、加速器(不図示)より出射されたイオンビーム(例えば、陽子線)が照射されることで中性子を発生させる。減速装置3は、ターゲット7で発生した中性子を減速させる。減速装置3で減速させられた中性子は、患者P側へ出射される。遮蔽壁Wは、コンクリート等から構成され、患者Pや治療室外への不必要な放射線照射を防止する。減速装置3の先端部3aは、遮蔽壁Wを貫通している。この先端部3aは、コリメータ台4が移動して減速装置3に接近することにより、コリメータ台4の背面側に進入可能になっている。コリメータ台4に関し、「背面側」はイオンビームの上流側であり、「正面側」は患者P側である。

40

【0021】

コリメータ台4には、移動台2側に突出するようにしてコリメータ(中性子捕捉療法用コリメータ)6が設けられている。このコリメータ6は、減速装置3から出射された中性子を所定の形状(照射範囲)に成形して、中性子を照射方向Yに取り出すためのものであ

50

る。コリメータ台 4 は、前後方向に移動可能になっている。コリメータ台 4 の背面には、減速装置 3 の先端部 3 a を受け入れる凹部が形成されている。コリメータ台 4 は、背面側の凹部に先端部 3 a が進入した状態で使用される。治療の際には、患者 P を載置した載置台 2 a をコリメータ台 4 の正面側に近接させ、患者 P の患部 T に対面するようにコリメータ 6 が配置される。

【 0 0 2 2 】

図 2 および図 3 に示されるように、コリメータ 6 は、患者 P の患部 T の領域に合わせて、中性子線の照射範囲である照射野 F を設定する。コリメータ 6 は、直方体状の外形をなしている。コリメータ 6 は、照射方向 Y と直交する上下方向（第 1 方向）Z に積み重ねられた複数のリーフ板 1 3 A , 1 3 B を有している。言い換えれば、複数のリーフ板 1 3 A , 1 3 B は、その板厚方向に沿って並んでいる。なお、複数のリーフ板 1 3 A , 1 3 B を、左右方向 X に沿って並べてもよい。各リーフ板 1 3 A , 1 3 B は、フッ化リチウム入りポリエチレンからなり、長方形板状をなしている。これらの複数のリーフ板 1 3 A , 1 3 B は、コリメータホルダ 1 1 内に保持されてリーフ板群 1 3 を構成している。

【 0 0 2 3 】

コリメータホルダ 1 1 とリーフ板群 1 3 との間には、リーフ板 1 3 A , 1 3 B を案内するための複数の突起 1 6 を有する案内部材（第 2 方向支持部）1 2 が配置されている。案内部材 1 2 に当接する各リーフ板 1 3 A , 1 3 B の照射方向 Y の端部は、案内部材 1 2 の突起 1 6 に嵌合可能な凹凸形状をなしている。

【 0 0 2 4 】

本実施形態のコリメータ 6 にあっては、リーフ板群 1 3 の上端部および下端部に配置されたリーフ板 1 3 A（図 3 の例では上下 4 枚ずつ）は、左右方向 X に 2 分割された板材である。リーフ板群 1 3 の上端部および下端部を除く中間部に配置されたリーフ板 1 3 B は、左右方向（第 2 方向）X に分割された片側につき 2 枚の分割リーフ板 1 4 , 1 5 から構成されている。より具体的には、分割リーフ板 1 4 および分割リーフ板 1 5 は、左右方向 X に並設されている。分割リーフ板 1 4 が外側（すなわちコリメータホルダ 1 1 寄り）に配置されており、この分割リーフ板 1 4 に隣接して、分割リーフ板 1 5 が内側（すなわち照射野 F 寄り）に配置されている。分割リーフ板 1 4 および分割リーフ板 1 5 は、一体となって左右方向 X にスライド可能になっている。このようにリーフ板 1 3 B が左右方向 X にスライド可能であることにより、照射野 F の形状および大きさを任意に設定することができる。なお、リーフ板 1 3 A は、左右方向 X に 2 分割される場合に限られず、たとえば 4 分割であってもよい。

【 0 0 2 5 】

さらに、コリメータ 6 においては、リーフ板 1 3 B の分割リーフ板 1 5 は、照射方向 Y にもスライド可能になっている。図 3 および図 4 に示されるように、分割リーフ板 1 4 に当接する分割リーフ板 1 5 の端面には、左右方向 X に突出すると共に照射方向 Y に延在する突出部 1 7 が形成されている。一方、分割リーフ板 1 5 に当接する分割リーフ板 1 4 の端面には、照射方向 Y 方向に延びる溝部（照射方向支持部）1 8 が形成されている。分割リーフ板 1 4 および分割リーフ板 1 5 は、溝部 1 8 に突出部 1 7 が嵌入した状態で、それぞれ照射方向 Y にスライド自在になっている。

【 0 0 2 6 】

以上の構成を有するコリメータ 6 は、左右方向 X および照射方向 Y にスライド自在な 2 軸スライド型多葉コリメータである。コリメータ 6 では、リーフ板群 1 3 の外形を左右方向 X および照射方向 Y に自在に変化させることができる。

【 0 0 2 7 】

患者 P の患部 T を治療する際には、照射部位の形状を予め調べておき、その形状に沿うように各リーフ板 1 3 A , 1 3 B の位置を調整する。各リーフ板 1 3 A , 1 3 B の位置は、取扱者により、手動にて調整される。そして、位置調整済みのコリメータ 6 に対して患者 P の照射部位を近接させ、予め決められた中性子線量にて、患部 T に向けて中性子線を照射する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

本実施形態のコリメータ 6 によれば、複数のリーフ板 1 3 B は照射方向 Y に直交する左右方向 X に沿ってスライド可能であるため、患部 T に対して照射野 F を精度良く設定することができる。さらに、リーフ板 1 3 B の分割リーフ板 1 5 は、照射方向 Y にもスライド可能であるため、照射部位の形状に沿うように、分割リーフ板 1 5 の辺縁を患者 P の体表 P a に近づけることができる。これによって、コリメータ 6 と患者 P との間の間隔が狭められ、中性子の散逸が抑制される。その結果として、時間あたりに患部 T に照射される中性子線量が確保され、照射時間を短縮することができる。このことは、治療時における患者 P の負担の軽減にも寄与する。

【 0 0 2 9 】

中性子は、比較的散逸し易い性質を有する。従来のコリメータでは、外形を変えることはできなかったため、照射部位の形状に応じてコリメータの端面をフィットさせることは困難であった。本実施形態のコリメータ 6 によれば、患者 P の体表 P a とリーフ板 1 3 A , 1 3 B との間隙を限りなく小さくし、散逸しようとする中性子を遮断することができる。これにより、中性子線量の適正化を図ることができる。

【 0 0 3 0 】

また、リーフ板 1 3 B が備える複数の分割リーフ板 1 5 が、照射方向 Y にそれぞれ独立してスライド可能であるため、例えば患者 P の照射部位が左右方向 X にわたって丸みを帯びている場合においても、各分割リーフ板 1 4 , 1 5 を照射方向 Y にスライドさせて、リーフ板 1 4 , 1 5 の辺縁を照射部位の体表 P a に近づけることができる（図 4 参照）。これによって、中性子の散逸がより一層抑制される。

【 0 0 3 1 】

図 5 (a) は、他の実施形態に係るコリメータの断面図、図 5 (b) は、従来のコリメータの断面図である。図 5 (a) に示すコリメータ 2 0 のリーフ板 2 3 が図 3 に示したコリメータ 6 のリーフ板 1 3 B と違う点は、片側につき 3 枚構成とされた分割リーフ板 2 4 , 2 5 , 2 6 を備えた点と、各分割リーフ板 2 4 ~ 2 6 の患者 P とは反対側かつ内側の角部が切り欠かれることにより、各分割リーフ板 2 4 ~ 2 6 にテーパ部 2 4 a ~ 2 6 a が形成された点である。分割リーフ板 2 4 , 2 5 , 2 6 のうち、分割リーフ板 2 4 を除いた分割リーフ板 2 5 , 2 6 が照射方向 Y にスライド可能になっている。

【 0 0 3 2 】

図 5 (a) に示されるように、各分割リーフ板 2 4 ~ 2 6 がテーパ部 2 4 a ~ 2 6 a を有することと、分割リーフ板 2 5 , 2 6 が照射方向 Y にスライドすることにより、全体として中性子が入射してくる方向をより広くとることができる。図 5 (a) では、患者 P の首部 G に存在する患部 T (たとえば腫瘍) に中性子線を照射する場合について示している。患者 P の首部 G は、顎部 H と肩部 E との間にある。このような場合でも、患者 P の体表 P a に密着するように分割リーフ板 2 5 , 2 6 がスライドすることによって体表面とコリメータ 2 0 の間隙から中性子の散逸を防止することができる。これらの効果によって高い線量率照射が可能となり照射の短時間化が図られる。さらには、中性子の入射側において斜めにカットされたテーパ構造を有するため、入射する中性子の方向を広く取ることができ、患部 T への照射に寄与する可能性のある中性子を多く利用することができる。

【 0 0 3 3 】

一方、図 5 (b) に示される従来のコリメータ 5 0 では、リーフ板と患者 P の体表 P a との間隙から中性子が散逸してしまい、中性子線源が無駄になってしまう。

【 0 0 3 4 】

コリメータの基本的役割は、照射領域以外の放射線をカットし正常組織への曝射を無視できる量以下にすることである。従来放射線治療（例えば、X 線治療や陽子線治療）は基本的に一点から放射され直進する放射線を照射領域に合わせてコリメートするもので、平板状のコリメータを被照射体表面から数 cm 離れたところにセットする。中性子の場合、原子炉であっても加速器であってもそのほとんどは散乱線でありコリメータに比べて大変大きな領域からコリメータ方向に降り注ぐものを利用することになる。中性子の場合、

10

20

30

40

50

点線源ではなく体積線源となるため、腫瘍からコリメータ開孔を見込む角度（立体角）が大きく、より広い線源領域からの中性子を利用できることが線量率を大きくするための条件となる。同時にコリメータと被照射体表面との間隙からの中性子の散逸を防止できればその成分の線量率の増加に反映でき、散逸した中性子が領域外の部分を曝射することを避けることができる。この中性子の利用効率の上昇が本発明の実施形態に係る中性子コリメータ 6 , 2 0 の 1 つの効果である。もう 1 つの効果は、照射領域外の部分をカットし正常組織の被ばくを低減すること、並びにこの低減措置と相反する線量率増大の要求との相関を考慮した照射の最適化を認めることである。

【 0 0 3 5 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限られるものではない。

10

【 0 0 3 6 】

例えば、分割リーフ板は、2 枚または 3 枚に限られず 4 枚以上であってもよい。分割リーフ板が 3 枚以上である場合、最も外側（左右方向 X におけるコリメータホルダ 1 1 側）の分割リーフ板以外のものを照射方向 Y にスライド可能とすることができる。なお、最も内側（照射野 F 側）の分割リーフ板だけを照射方向 Y にスライド可能としてもよい。また、リーフ板 1 3 A およびリーフ板 1 3 B の分割リーフ板 1 4 , 1 5 にそれぞれ接続された駆動機構を備えてもよい。駆動機構としては、たとえば、ローラとモータ、またはピストン等を用いることができる。駆動機構により、リーフ板 1 3 A , 1 3 B の移動および位置決めを自動化することができる。

20

【 0 0 3 7 】

照射方向支持部は、分割リーフ板 1 4 に設けられた溝部 1 8 としても良く、分割リーフ板 1 4 の端部に別部材として支持機構を設けても良い。コリメータ台 4 は、独立して設けられていなくても良く、例えば遮蔽壁 W や減速装置 3 にコリメータを支持する部分を設けても良い。

【 0 0 3 8 】

さらには、ホウ素化合物を用いる B N C T に限られず、他の元素を用いた N C T に適用してもよい。例えば、中性子とガドリニウム（¹⁵⁷Gd 等）との核反応を利用した治療法に用いられるコリメータとしても、本発明を適用することができる。中性子線発生部から得られた中性子線の速度が治療に適した速度である場合には、減速装置は不要である。

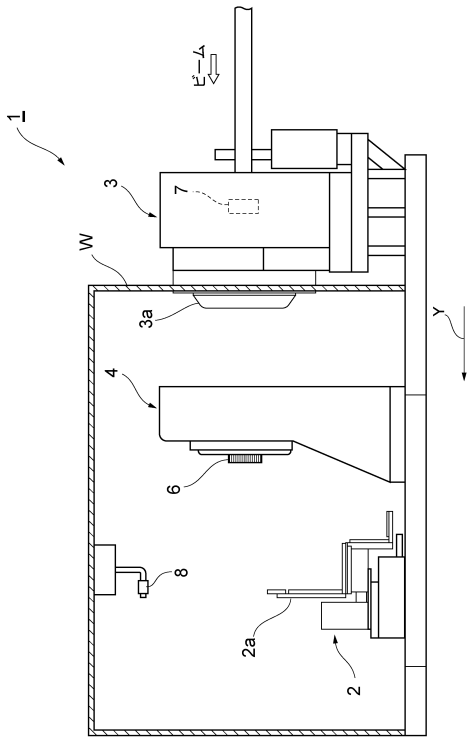
30

【 符号の説明 】

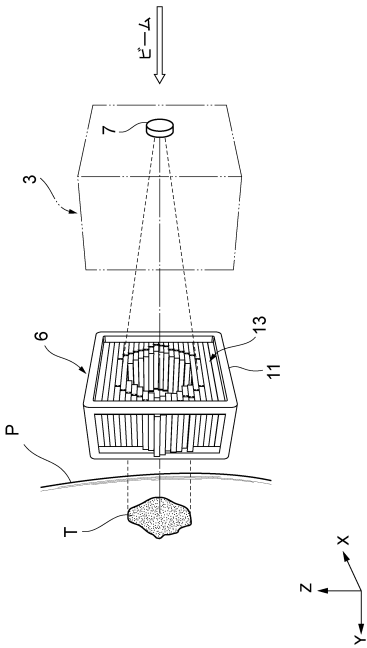
【 0 0 3 9 】

1 ... 中性子線照射装置、 6 , 2 0 ... コリメータ、 1 3 A , 1 3 B ... リーフ板、 1 4 , 1 5 ... 分割リーフ板、 F ... 照射野（照射範囲）、P ... 患者（被照射体）、T ... 患部（照射目標）、X ... 左右方向（第 2 方向）、Y ... 照射方向、Z ... 上下方向（第 1 方向）。

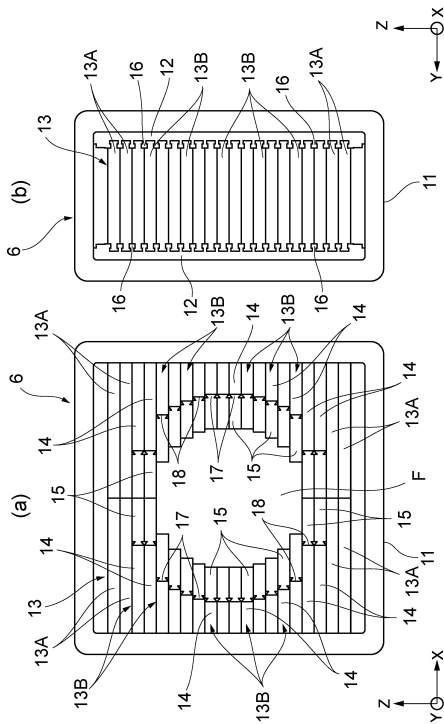
【図 1】



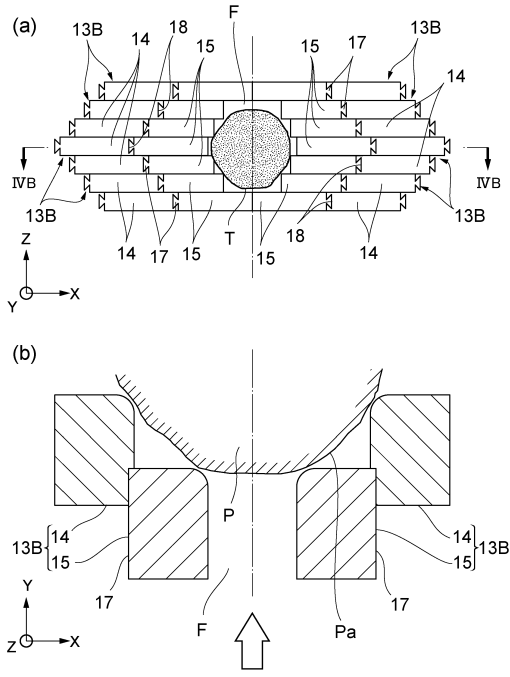
【図 2】



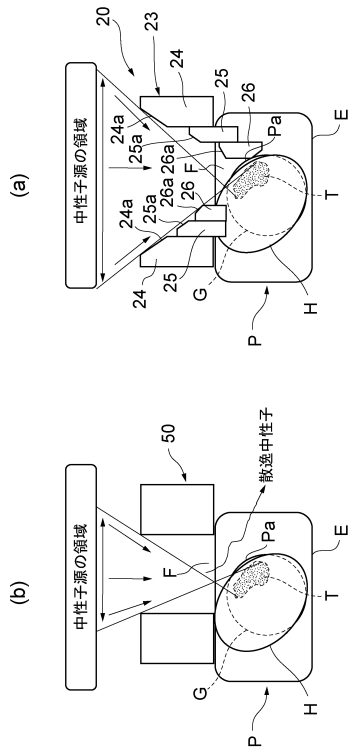
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 丸橋 晃

大阪府泉南郡熊取町朝代西二丁目 国立大学法人京都大学原子炉実験所内

審査官 村上 聡

(56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 1 8 5 3 2 1 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 1 8 6 6 7 6 (J P , A)

米国特許第 5 8 1 8 9 0 2 (U S , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 N 5 / 1 0