

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5808024号
(P5808024)

(45) 発行日 平成27年11月10日(2015.11.10)

(24) 登録日 平成27年9月18日(2015.9.18)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 T 1/161 (2006.01) GO 1 T 1/161 A

請求項の数 21 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-517727 (P2013-517727)	(73) 特許権者	301032942
(86) (22) 出願日	平成23年5月30日 (2011.5.30)		国立研究開発法人放射線医学総合研究所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/062394		千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号
(87) 国際公開番号	W02012/164664	(73) 特許権者	000236436
(87) 国際公開日	平成24年12月6日 (2012.12.6)		浜松ホトニクス株式会社
審査請求日	平成26年3月26日 (2014.3.26)		静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
		(74) 代理人	100080458
			弁理士 高矢 諭
		(74) 代理人	100076129
			弁理士 松山 圭佑
		(74) 代理人	100089015
			弁理士 牧野 剛博
		(72) 発明者	山谷 泰賀
			千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号
			独立行政法人放射線医学総合研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 傾斜PET装置及びPET複合装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のPET検出器を並べた検出器リングの切り口の平面が、検査対象を載せるベッドの長軸に直交せず、且つ、検出器リングのベッドを挟んで対向する部分がベッドの長軸と直交する方向に重複しないように傾斜しており、

検査対象へのアクセスを可能とするための、ベッドをその長軸と垂直な方向に貫くアクセス用の幅を有する開放空間が形成され、

各PET検出器がベッドの長軸と平行な方向に積層配置されていることを特徴とする傾斜PET装置。

【請求項2】

前記開放空間が、検査対象へのアクセス方向に合わせて配置されていることを特徴とする請求項1に記載の傾斜PET装置。

【請求項3】

前記検出器リングが、検査対象へのアクセス方向に合わせて回転可能とされていることを特徴とする請求項1又は2に記載の傾斜PET装置。

【請求項4】

前記検出器リングが、検査対象へのアクセス位置に合わせて移動可能とされていることを特徴とする、請求項1又は3に記載の傾斜PET装置。

【請求項5】

前記ベッドの水平回転に合わせて、前記検出器リングが回転するようにされていること

を特徴とする請求項 1 に記載の傾斜 P E T 装置。

【請求項 6】

前記検出器リングが、ロボットアームに支持されていることを特徴とする請求項 1 に記載の傾斜 P E T 装置。

【請求項 7】

前記 P E T 検出器を楕円状又は多角形状に並べた単位リングをベッドの長軸と平行な方向に積層することにより前記検出器リングが構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の傾斜 P E T 装置。

【請求項 8】

前記単位リングが、階段状に並べられていることを特徴とする請求項 7 に記載の傾斜 P E T 装置。

10

【請求項 9】

前記検出器リングの切り口の平面が、ベッドの長軸と垂直な位置まで回転可能とされていることを特徴とする請求項 7 に記載の傾斜 P E T 装置。

【請求項 10】

前記各単位リングの P E T 検出器が、ベッドの長軸方向に互いに一致する位置まで、各単位リングがベッドの長軸と垂直な方向に平行移動可能とされていることを特徴とする請求項 7 に記載の傾斜 P E T 装置。

【請求項 11】

前記単位リングの回転と同期して、各単位リングが平行移動するようにされていることを特徴とする請求項 9 に記載の傾斜 P E T 装置。

20

【請求項 12】

前記 P E T 検出器を複数個ベッドの長軸方向に並べた検出器ユニットを、ベッドの長軸方向に少しずつずらすことにより、各 P E T 検出器がベッドの長軸と平行な方向に積層配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の傾斜 P E T 装置。

【請求項 13】

前記検出器ユニットのベッド長軸方向のずれ量が、検出器リングを平面上に展開した図面上において、正弦波であることを特徴とする請求項 12 に記載の傾斜 P E T 装置。

【請求項 14】

前記検出器ユニットのずれ量が可変とされていることを特徴とする請求項 12 に記載の傾斜 P E T 装置。

30

【請求項 15】

各 P E T 検出器の主軸が、検出器リングの中央点に向かうように、検出器ユニットのずれ量に応じて傾斜されていることを特徴とする請求項 12 に記載の傾斜 P E T 装置。

【請求項 16】

請求項 1 乃至 15 のいずれかに記載の傾斜 P E T 装置と、
該傾斜 P E T 装置の開放空間で治療や検査を行う第 2 の装置と、
を備えた事を特徴とする P E T 複合装置。

【請求項 17】

前記第 2 の装置が、放射線治療装置であることを特徴とする請求項 16 に記載の P E T 複合装置。

40

【請求項 18】

前記第 2 の装置が、粒子線治療装置であることを特徴とする請求項 16 に記載の P E T 複合装置。

【請求項 19】

前記第 2 の装置が、X 線透過装置であることを特徴とする請求項 16 に記載の P E T 複合装置。

【請求項 20】

前記傾斜 P E T 装置と、前記第 2 の装置が、互いに干渉することなく、一体となって移動や回転することを特徴とする請求項 16 乃至 19 のいずれかに記載の P E T 複合装置。

50

【請求項 2 1】

前記傾斜 P E T 装置の検出器リングに、前記第 2 の装置の少なくとも一部が支持されていることを特徴とする請求項 1 6 乃至 2 0 のいずれかに記載の P E T 複合装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、傾斜 P E T 装置及び P E T 複合装置に係り、特に、放射線がん治療装置と組合せるのに好適な傾斜 P E T 装置及び P E T 複合装置に関する。

【背景技術】

【0002】

癌の早期診断に有効と注目されている陽電子放射断層撮像法 (P E T) は、極微量の陽電子放出核種で標識した化合物を投与し、体内から放出される消滅放射線を検出することで、糖代謝等、代謝機能を画像化し、病気の有無や程度を調べる検査法であり、これを実施するための P E T 装置が実用化されている。

【0003】

P E T の原理は次のとおりである。陽電子崩壊によって陽電子放出核種から放出された陽電子が周囲の電子と対消滅し、それによって生じる一对の 5 1 1 k e V の消滅放射線を、対の放射線検出器で同時計数の原理によって測定する。これにより、核種の存在位置を、対の検出器同士を結ぶ 1 本の線分 (同時計数線) 上に特定することができる。検査対象である患者の頭から足の方向に向かう軸を体軸と定義すると、体軸と垂直に交わる平面上の核種の分布は、その平面上において様々な方向から測定された同時計数線のデータから、2 次元画像再構成によって求められる。

【0004】

P E T 装置の感度を高めるためには、図 1 に例示する如く、多数の P E T 検出器 1 0 を周方向及び軸方向に並べた円筒状の検出器リング 1 2 をトンネル状に配置して、測定立体角を大きくし、トンネル内の核種の分布を 3 次元画像再構成によって求める必要がある。しかし、長いトンネル状の患者ポートは、ベッド 6 上で検査中の患者 8 の心理的ストレスを高めると共に、外部から患者 8 へアクセスする (たとえば本発明の主な目的であるがん治療のために放射線ビームを患者の患部に照射する) 際の障害にもなる。ここで、検出器リング 1 2 は真円形が主流であり、P E T 検出器 1 0 は検出器リング 1 2 の切り口に垂直な方向に積層されている。

【0005】

これに対して、出願人は、図 2 に例示する如く、体軸方向に複数 (図 2 では 2 つ) に分割した検出器リング 1 2 A、1 2 B を離して配置し、物理的に開放された視野領域 (開放視野とも称する) を有する開放型 P E T 装置 (O p e n P E T と称する) を提案している (特許文献 1) 。

【0006】

この開放型 P E T 装置は、従来の P E T 装置では不可能であった治療中の P E T 診断や全身同時撮影を可能にするほか、リアルタイム P E T / C T への応用も可能である。具体的には、検出器リング 1 2 A、1 2 B の隙間 1 2 C から開放視野に対して治療を施すことが可能になるため、放射線がん治療を例にとると、開放型 P E T 装置でがんの位置を確認しながら放射線の治療ビームを照射したり、開放型 P E T 装置でリアルタイムに放射線治療ビームの照射野を可視化することが可能になる。しかしながら、検出器リングが複数に分かれるだけでなく、検出器リングが照射野の前後を覆う必要があるため、検出器数が多く構成が複雑になるだけでなく、アクセスの方向も制限されてしまうという問題がある。

【0007】

一方、放射線でがん治療を行う装置の一例として、重粒子線や陽子線などの粒子線がん治療装置の一例を図 3 に示す。この装置は、例えば水平照射ポート 2 0 X と垂直照射ポート 2 0 Y の二門を備えている。なお、水平照射ポートだけ、又は垂直照射ポートだけの一門照射の装置もある。更に、照射ポートが固定されておらず、患者 8 の周りを回るように

10

20

30

40

50

した回転ガントリが設けられることもあり、特に陽子線がん治療装置では、回転ガントリ方式が主流である。ここで、図中に示したように、水平照射の治療ビーム 2 2 X に沿った軸を X 軸、垂直照射の治療ビーム 2 2 Y に沿った軸を Y 軸、Y 軸と X 軸に直交する軸を Z 軸とする。通常、Z 軸は、患者 8 の体軸の方向の軸と一致することが多い。

【 0 0 0 8 】

このような粒子線治療照射装置において、患者 8 の体内の照射野 2 4 の確認のために、照射中の P E T 測定が求められている。

【 0 0 0 9 】

重粒子線照射装置と P E T を組合せる方法として、非特許文献 1 には、図 4 に示す如く、検出器リング 1 2 を斜めに設置して、幅 C の開放領域を確保することが記載されている。ここで検出器リング 1 2 は、図 4 の左上に示すように真円であり、P E T 検出器 1 0 は検出器リング 1 2 の切り口に垂直な方向に積層されている。従って、Z 軸に垂直な方向（図の左方向）から見た検出器リングの内部空間形状は、楕円形となる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 1 0 】

【特許文献 1】W O 2 0 0 8 / 1 2 9 6 6 6 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 1 - 6 9 6 3 6 号公報

【非特許文献】

【 0 0 1 1 】

【非特許文献 1】P.Crespo et al “On the detector arrangement for in-beam PET for hadron therapy monitoring” Phys. Med. Biol. 51(2006)2143-2163

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 2 】

しかしながら、非特許文献 1 で十分な開放領域幅 C を確保するためには、検出器リング 1 2 の直径を大きくする必要がある。その結果、装置が大型化し、使用する P E T 検出器数が増えるため、装置コストも大きくなる。又、検出器リング 1 2 の直径が大きくなるほど、角度揺動により、空間分解能が低下してしまう。

【 0 0 1 3 】

又、粒子線治療と組合せる場合、治療ビームの広がりを抑制するためには、照射ポートを患者にできる限り近づけることが望まれるが、図 4 に示したように、検出器リング 1 2 が邪魔をして、照射ポート（図 4 では水平照射ポート 2 0 X）を患者 8 に近づけることができない。なお、図 4 は水平照射の例であるが、非特許文献 1 の方法では、任意の照射方向にあわせて検出器リング 1 2 の向きを変えることができないため、水平照射と垂直照射の二門照射や、回転ガントリには使えないという問題点も有していた。

30

【 0 0 1 4 】

特許文献 1 や非特許文献 1 では、P E T 検出器が検出器リングの切り口に垂直な方向に積層されていたが、特許文献 2 には、本発明と同様に、P E T 検出器をベッドの長軸と平行な方向に積層配置することが記載されている。しかしながら、これは検出器が患者の視線をさえぎらないようにするためのものであり、非特許文献 1 のように、患者へのアクセスを可能とするために、ベッドをその長軸と垂直な方向に貫く開放空間を形成することは考えられていない。

40

【 0 0 1 5 】

本発明は、前記従来の問題点を解決するべくなされたもので、検査対象へのアクセスを可能とするための、ベッドをその長軸と垂直な方向に貫く開放空間を確保しつつ、検出器リング、ひいては装置を小型化すると共に、P E T 検出器数を減らして、装置コストを削減することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

50

以下、本発明の原理を説明する。

【0017】

本発明のPET装置の検出器配置は、円筒を、円筒の切り口に対して傾斜する2つの平面で切り取った形状とする。従来例として、図5(a)に示す如く、PET検出器10が検出器リング12の切り口に垂直な方向に積層された場合について、幅Bのベッド6に対して、幅Cの開放領域幅を確保するための、検出器リング12の内径D及び幅Wを計算する。一方、本発明においては、図5(b)に示す如く、検出器リング30の中心軸に垂直な方向に見た内径をD、幅Wとし、検出器リング30の大きさは、ベッド6が入るぎりぎりのサイズとして、 $D = B$ とする。そして、幅Cの開放領域幅を確保するための、D及びWを計算する。

10

【0018】

計算結果を図6に示す。ベッド幅 $B = 60\text{ cm}$ 、開放領域幅 $C = 20\text{ cm}$ として、使用するPET検出器の数と装置中央点の立体角(相対感度)で計算し、本発明と従来例で比較した。ここで、一つのPET検出器の大きさは、面積 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ とした。その結果、本発明の方が、従来より少ない検出器数で高い感度を達成できることが明らかになった。図6において、検出器数200の場合の従来例の装置パラメータを図7(a)に、本発明例の装置パラメータを図7(b)に示す。ここで、検出器リング30の切り口の楕円の長半径aの計算には、図8に示す様な幾何学的関係を用いた。

【0019】

このように、本発明の方が、より少ない検出器数で高い感度を達成できるので、検出器数を減らしてコストダウンを図ることができる。

20

【0020】

本発明は、このような知見に基づいてなされたもので、複数のPET検出器を並べた検出器リングの切り口の平面が、検査対象を載せるベッドの長軸に直交せず、且つ、検出器リングのベッドを挟んで対向する部分がベッドの長軸と直交する方向に重複しないように傾斜しており、検査対象へのアクセスを可能とするための、ベッドをその長軸と垂直な方向に貫くアクセス用の幅を有する開放空間が形成され、各PET検出器がベッドの長軸と平行な方向に積層配置されていることを特徴とする傾斜PET装置により前記課題を解決したものである。

【0021】

ここで、前記開放空間を、検査対象へのアクセス方向に合わせて配置することができる。

30

【0022】

又、前記検出器リングを、検査対象へのアクセス方向に合わせて回転可能とすることができる。

【0023】

又、前記検出器リングを、検査対象へのアクセス位置に合わせて移動可能とすることができる。

【0024】

又、前記ベッドの水平回転に合わせて、前記検出器リングを回転することができる。

40

【0025】

又、前記検出器リングを、ロボットアームで支持することができる。

【0026】

又、前記PET検出器を楕円状又は多角形状に並べた単位リングをベッドの長軸と平行な方向に積層することにより前記検出器リングを構成することができる。

【0027】

又、前記単位リングを、階段状に並べることができる。

【0028】

又、前記検出器リングの切り口の平面を、ベッドの長軸と垂直な位置まで回転可能とすることができる。

50

【0029】

又、前記各単位リングのPET検出器を、ベッドの長軸方向に互いに一致する位置まで、各単位リングがベッドの長軸と垂直な方向に平行移動可能とすることができる。

【0030】

又、前記単位リングの回転と同期して、各単位リングを平行移動可能とすることができる。

【0031】

又、前記PET検出器を複数個ベッドの長軸方向に並べた検出器ユニットを、ベッドの長軸方向に少しずつずらすことにより、各PET検出器をベッドの長軸と平行な方向に積層配置することができる。

10

【0032】

又、前記検出器ユニットのベッド長軸方向のずれ量を、検出器リングを平面上に展開した図面上において、正弦波とすることができる。

【0033】

又、前記検出器ユニットのずれ量を可変とすることができる。

【0034】

又、各PET検出器の主軸を、検出器リングの中央点に向かうように、検出器ユニットのずれ量に応じて傾斜させることができる。

【0035】

本発明は、又、前記の傾斜PET装置と、該傾斜PET装置の開放空間で治療や検査を行う第2の装置と、を備えたPET複合装置を提供するものである。

20

【0036】

ここで、前記第2の装置を、放射線治療装置、粒子線治療装置、又は、X線透過装置とすることができる。

【0037】

又、前記傾斜PET装置と前記第2の装置を、互いに干渉することなく、一体となって移動や回転させることができる。

【0038】

又、前記傾斜PET装置の検出器リングに、前記第2の装置の少なくとも一部を支持することができる。

30

【発明の効果】

【0039】

本発明によれば、検出器リングを小型にできるため、装置を小型化でき、PET検出器数も減らせるため、装置コストを削減できる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】従来のPET装置の一例を示す図

【図2】同じく開放型PET装置の一例を示す図

【図3】従来の粒子線照射装置の一例を模式的に示す図

【図4】非特許文献1で提案された重粒子線照射装置とPETを組み合わせた例を示す図

40

【図5】本発明の原理を説明するための図

【図6】同じくシミュレーション結果を示す図

【図7】同じく図6で検出器数200における装置パラメータの例を示す図

【図8】同じく計算に用いた幾何学的関係を示す図

【図9】本発明の第1実施形態を示す図

【図10】同じく第2実施形態を示す図

【図11】同じく第3実施形態を示す図

【図12】同じく第4実施形態を示す図

【図13】同じく第5実施形態を示す図

【図14】同じく第6実施形態を示す図

50

- 【図15】同じく第7実施形態を示す図
- 【図16】PET検出器を並べる方法の一例を示す図
- 【図17】図16の変形例を示す図
- 【図18】図17の変形例を実現するための具体的な機構の一例を示す分解斜視図
- 【図19】同じく側面図
- 【図20】同じく上面図
- 【図21】PET検出器を並べる方法の他の例を示す図
- 【図22】図21の変形例を示す図
- 【図23】図21の変形例を実現するための具体的な機構の例を示す図
- 【図24】図21の他の変形例を示す図
- 【図25】PET複合装置にかかる本発明の第8実施形態を示す図
- 【図26】同じく本発明の第9実施形態を示す図
- 【図27】第9実施形態を回転している状態を示す図
- 【発明を実施するための形態】

【0041】

以下図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0042】

本発明の第1実施形態は、図9に示す如く、複数のPET検出器10を周方向に並べた検出器リング30を、検査対象である患者8のベッド6の長軸（図ではZ軸）に対して傾けて配設することにより、患者8へのアクセスを可能とするための、ベッド6を、その長軸と垂直な方向（図では上下方向）に貫く幅Cの開放空間が形成された傾斜PET装置において、各PET検出器10をベッド6の長軸と平行な水平方向に積層配置したものである。前記開放空間の幅Cは、例えば治療ビームの幅以上とされている。

【0043】

ここで、検出器リング30を構成するPET検出器10は、その切り口に対して、垂直でない方向に積層されている。PET検出器10を積層する方向は、Z軸若しくはベッド6の長軸に近くなるようにする。

【0044】

別の言い方をすると、検出器リング30は、従来例と同様の真円筒状の検出器リング12を、軸に垂直でない2つの平行する面で斜めに切り取ったような形状となっており、図の左側に示したようにZ軸方向から見た検出器リング30の断面は真円、検出器リング30の切り口に垂直な方向から見ると、図の左上に示したように楕円形となっている。

【0045】

本実施形態において、PET検出器10で検出された消滅放射線のシングルイベントデータは、同時計数回路31Aにて同時計数線を特定するコインシデンスデータに変換され、データ収集システム31Bに順次保存される。そして、一定時間の計測データを蓄積した後、画像再構成システム31Cにて画像再構成演算を行い、表示・保存システム31Dに照射野の画像を表示したり保存したりする。

【0046】

図10は、水平照射ポート20Xを持つ水平照射の粒子線治療装置と第1実施形態を組合せた本発明の第2実施形態を示す。従来のPET装置と組合せた図4と比較して、水平照射ポート20Xを患者8の照射野24に近付けて、治療ビーム22Xの広がりを抑制することができる。

【0047】

使用に際しては、例えば非特許文献1と同様に、水平照射ポート20Xから照射野24に向けて治療ビーム22Xを照射しつつ、照射中又はその前後に、検出リング30で得られる信号を用いて、第1実施形態と同様の手法で照射野24のPET画像を得ることができる。

【0048】

図11は、垂直照射ポート20Yを持つ垂直照射の粒子線治療装置と第1実施形態を組

10

20

30

40

50

合せた本発明の第3実施形態を示す。本実施形態によれば、垂直照射ポート20Yを患者8の照射野24に近づけて、治療ビーム22Yの広がりを抑制することができる。

【0049】

使用に際しては、例えば非特許文献1と同様に、垂直照射ポート20Yから照射野24に向けて治療ビーム22Yを照射しつつ、照射中又はその前後に、検出リング30で得られる信号を用いて、第1実施形態と同様の手法で照射野24のPET画像を得ることができる。

【0050】

なお、検出器リング30をZ軸若しくはZ軸近傍の軸を中心に回転可能とすることによって、一台の装置で、図10の水平照射と図11の垂直照射、及び、更に異なる任意の角度での照射を可能とすることもできる。

10

【0051】

図12は、照射野24の移動に合わせて検出器リング30をZ軸方向に平行移動可能とした本発明の第4実施形態を示す。

【0052】

これまでは、図12(a)に示すように、照射野24が中央にある場合を例としていたが、本実施形態のように、検出器リング30の位置を変えることによって、照射野24の移動にも対応できる。図12(b)に示すように、照射野24がX軸プラス方向(図の下方向)に移動した場合は、検出器リング30をZ軸プラス方向(図の右方向)にシフトすればよい。又、図12(c)に示すように、照射野24をX軸マイナス方向に移動する場合には、さらに検出器リング30をZ軸を中心に(あるいはXZ平面上で)180°回転させれば良い。なお、図12は水平照射の例であるが、垂直照射の場合にも同様に対応できる。

20

【0053】

又、図13に示すように、特に頭部の照射において、ベッド長軸がZ軸と異なるようにするノンコプラナー(Non-Coplanar)照射が行われることがある。この場合は、図13に示す第5実施形態のように、ベッド6の回転に合わせて検出器リング30を回転すると良い。なお、図13は水平照射の例であるが、垂直照射の場合にも同様に対応できる。

【0054】

又、図14に示す第6実施形態の如く、検出器リング30の大きさを、患者ベッド6より大きめにしておくと、検出器リング30を少し回転させることによって、開放領域幅Cを拡大することができる。図14のように、検出器リング30のZ軸と垂直な方向に見た内径Dを、患者ベッド幅Bより大きめにした場合、矢印で示すように検出器リング30を時計方向に回転すれば、開放領域幅をCからC'に拡大できる。

30

【0055】

図15は、例えば(a)水平照射と(b)垂直照射の両方に対応できるように、検出器リング30をロボットアーム40で支持した本発明の第7実施形態を示す。図において、42は、ロボットアームの支点である。本実施形態は、回転ガントリにも対応可能である。

【0056】

次に、直方体状のPET検出器10を並べる方法について説明する。図16はその一例である。

40

【0057】

まず、図16(a)に示すように、PET検出器10を同一平面上に楕円状に並べて単位リング32を形成する。次いで、このように形成した単位リング32を、図16(b)に示すようにZ軸に平行な方向へ階段状になるように並べて検出器リング30とする。なお、単位リング32は必ずしも楕円形である必要は無く、多角形でも良い。

【0058】

なお、通常のPET診断として使うなど、開放領域を形成することが必ずしも必要でない場合、図17(a)のように検出器リング30が傾斜したままでは、放射線が体内を横

50

切る距離が長くなるため、体による放射線の吸収を強く受けてしまい、検出できる放射線の量が減ってしまう。そこで、患者の体による放射線の吸収の程度を削減するために、図17(b)に示す如く、XZ平面に沿って検出器リング30全体を回転することができる。なお、ベッド6に乗った患者8など、長手の撮影物体を計測する場合には視野が制限されてしまう。そこで、図17(c)に示すように、単位リング32を揃えて視野を拡大することができる。

【0059】

図17の(b)から(c)への変形を行うための具体的な機構の一例を図18(分解斜視図)、図19(側面図)、図20(上面図)に示す。

【0060】

この機構は、例えば5つの単位リング32A~32Eのそれぞれの上下に、例えば2つずつ突設されたピン32Pと、該ピン32Pが挿通する長穴32Hが形成されたフランジ32Fと、単位リング32A~32Eをそれぞれ一定の幅でスライドさせるための、例えば各単位リング32A~32Eの上部に配設されたギヤ34A~34Eとを有してなる。

【0061】

この例によれば、中央のギヤ34Cの回転で、全ての単位リング32A~32Eを連動して階段状から筒状に移動することができる。なお、移動は手動でもよいが、電動化することもできる。

【0062】

次に、直方体形状のPET検出器を並べる方法の他の例を示す。PET検出器を一列に並べたものをバケットと呼ぶが、図21(a)に示す如く、バケット36を、Z軸方向に少しずつずらすことによって、本発明の検出器リング30を構築できる。

【0063】

図21(a)に示すように、検出器リングの切り口を平面にするためには、バケット36のZ軸方向のずれ量は、図21(b)に示す検出器リング30の展開図のように、正弦波関数に沿うようにするとよい。なお、数cm厚のシンチレータで構成される一般的なPET検出器を用いた場合、斜めに入射する放射線に対して位置弁別性能が低下してしまうことがある。しかし、シンチレータの厚み方向にも放射線位置弁別可能なDOI(Depth-of-interaction)(特開平6-337289号公報、特開平11-142523号公報、特開2004-132930号公報、特開2004-279057号公報、特開2007-93376号公報、特開2005-43062号公報等参照)を用いれば、斜め入射する放射線に対しても、位置弁別性能を維持することができる。

【0064】

各バケット36のZ軸方向のずれ量を可変として、開放領域を必要としない通常のPET診断に際しては、図22に示す変形例のように、円筒状の検出器リングを有する、開放空間が無い通常のPET装置としてしまうことも可能である。

【0065】

バケット36を移動可能とするための具体的な機構の例を図23に示す。図23(a)に示すように、バケット36を構成する検出器ケース36CにPET検出器10を収納し、蓋36Lを被せると共に、検出器ケース36Cのフランジ36Fに形成した長穴36Hに、隣接する検出器ケース36Cのボルト36Bを通してナット36Nで固定することにより、図23(b)に示す如く、バケット36を長手方向に移動可能とすることができる。

【0066】

更に、図24に示す変形例のように、PET検出器10の主軸が検出器リング30の中央点に向かうように、バケット36の位置に応じてPET検出器10の主軸を傾斜させることができる。これによって、PET検出器に入射する放射線の角度を垂直に近くすることができ、DOI検出器でない通常のPET検出器を使用しても、位置弁別性能を維持することができる。

【0067】

10

20

30

40

50

又、このようにPET検出器10の主軸を傾斜させることによって、Z軸方向の検出幅が広がる。元々楕円形状の検出器リングでは、楕円の短軸方向に比べ楕円の長軸方向では立体角の減少により感度低下が生じる問題があるが、PET検出器10の主軸をこのように傾斜させることによって、丁度長軸方向に近いほど検出幅が広がり、立体角の減少を抑制できるため、好適である。

【0068】

次に、本発明によるPET装置をX線透過装置と組合せたPET複合装置に係る本発明の第8実施形態を図25に示す。本実施形態においては、検出器リング30と独立したX線源60とX線検出器62が、アーム64により、照射するX線が開放空間を通るようにして設けられている。これにより、例えば、PET装置で腫瘍を画像化しながら、X線画像で腫瘍周辺の骨や臓器の形状と針生検の針の位置関係を確認するなどして、針生検（バイオプシー）の精度を高めることが可能となる。さらに、PET装置とX線透過装置全体を回転することで、PET/CT複合装置を構成できる。

10

【0069】

図26(a)(斜視図)(b)(断面図)に、ホルダ66を用いて、検出器リング30にX線源60とX線検出器62を固定した本発明の第9実施形態を示す。本実施形態によれば、第8実施形態のようなアームを省略でき、PET複合装置を安価に構成できる。

【0070】

図27に示すように、この全体を回転することで、同時視野のPET/CT複合装置を構成できる。

20

【0071】

なお、前記実施形態においては、本発明にかかるPET装置が、放射線治療装置やX線透過装置と組み合わせられていたが、PET装置と複合される装置は、これらに限定されない。又、PET装置単独で用いることも可能である。

【0072】

又、PET検出器は、必ずしも検出器リングの周方向および軸方向に密に配置する必要はなく、PET検出器の間は、隙間を有してもよい。

【産業上の利用可能性】

【0073】

放射線治療装置やX線透過装置と組合せるのに好適な傾斜PET装置及びPET複合装置が得られる。

30

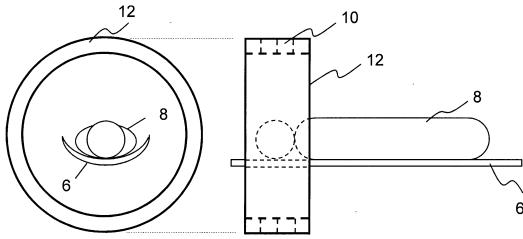
【符号の説明】

【0074】

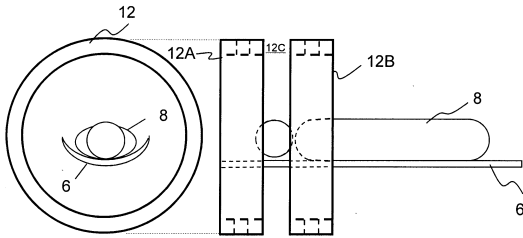
- 6 ... ベッド
- 8 ... 患者（検査対象）
- 10 ... PET検出器
- 20 X、20 Y ... 照射ポート
- 22 X、22 Y ... 治療ビーム
- 24 ... 照射野
- 30 ... 検出器リング
- 32 ... 単位リング
- 36 ... バケット
- 60 ... X線源
- 62 ... X線検出器
- 64 ... アーム
- 66 ... ホルダ

40

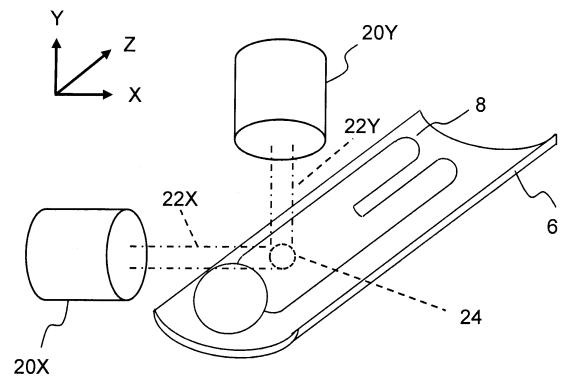
【図1】



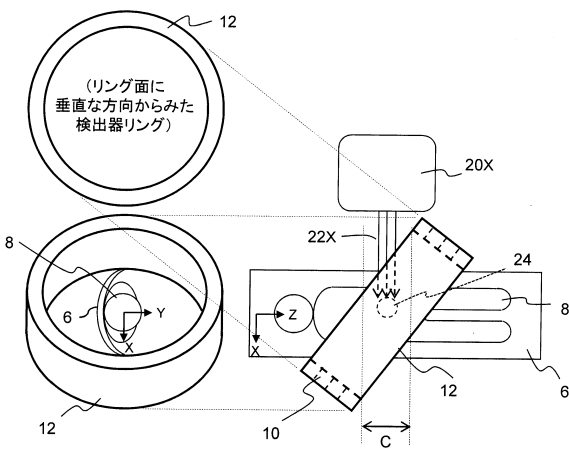
【図2】



【図3】

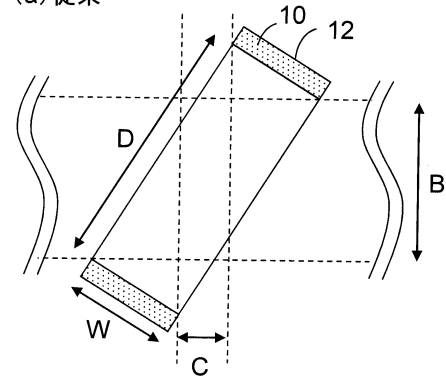


【図4】

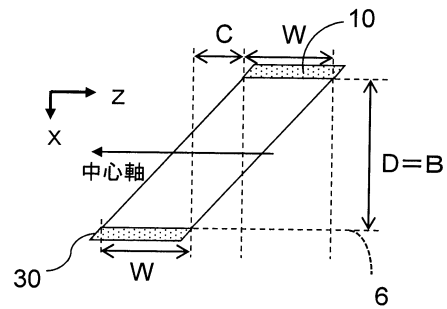


【図5】

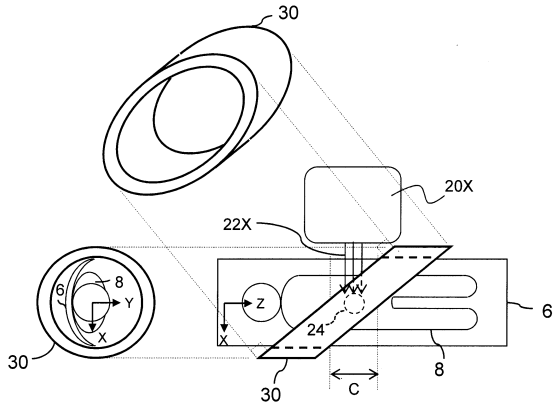
(a)従来



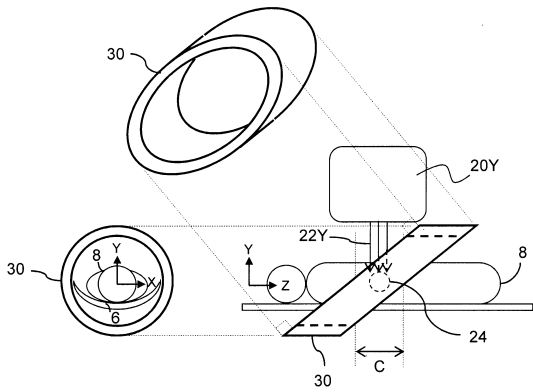
(b)本発明



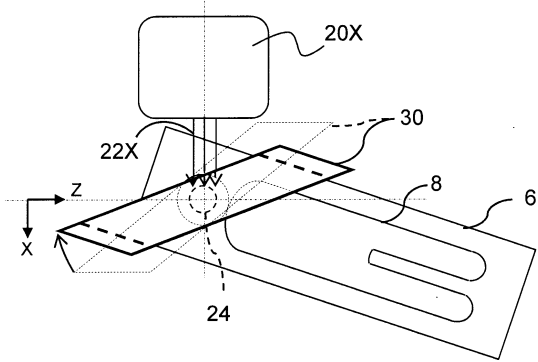
【図10】



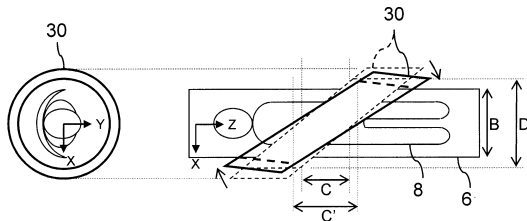
【図11】



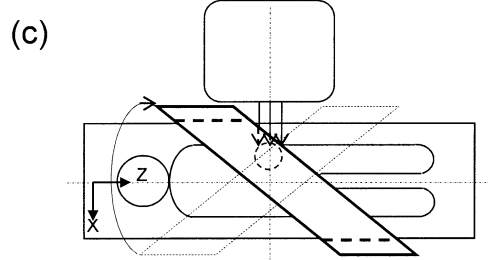
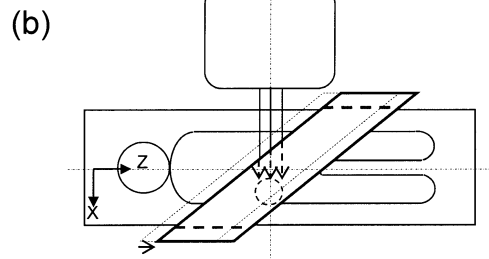
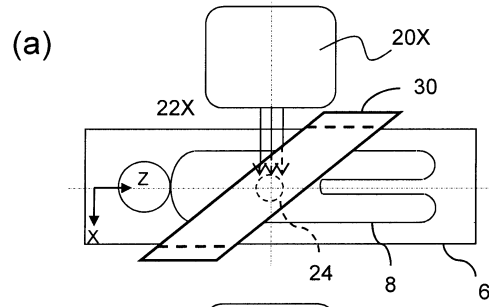
【図13】



【図14】

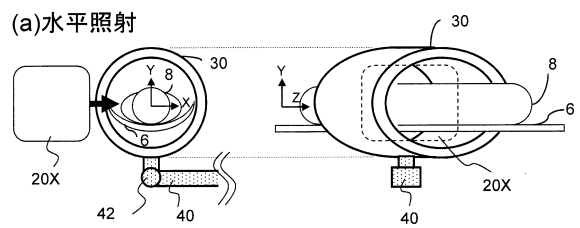


【図12】

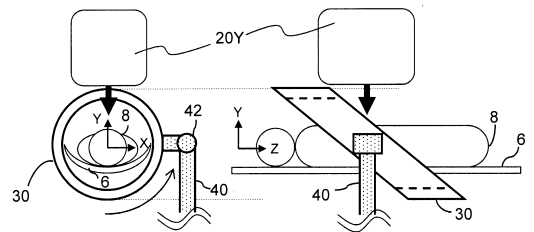


【図15】

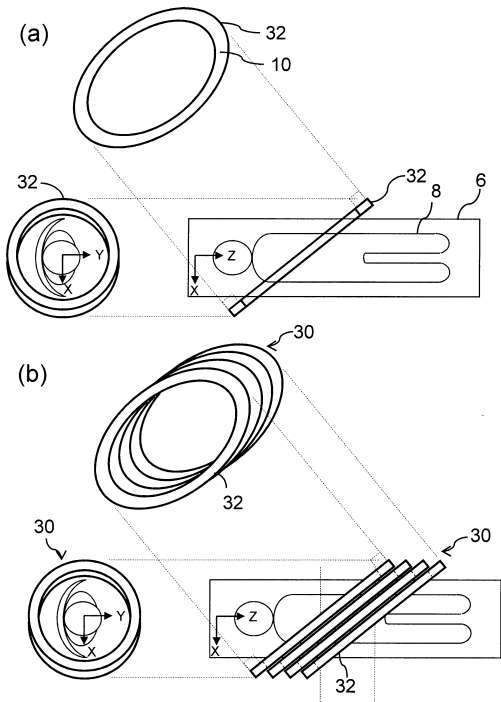
(a)水平照射



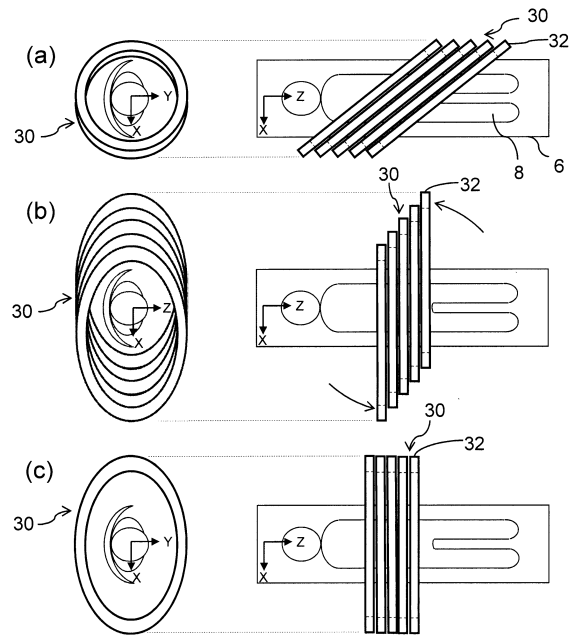
(b)垂直照射



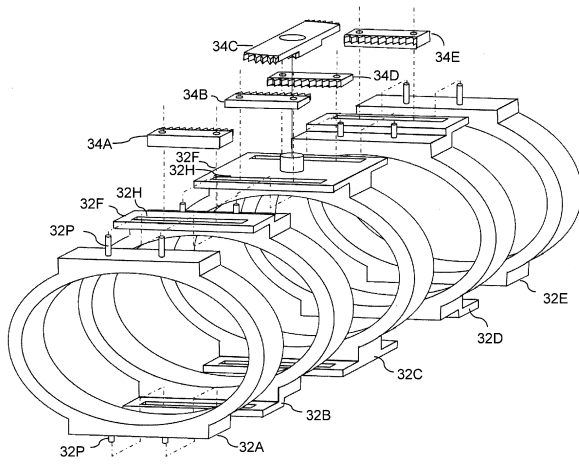
【図16】



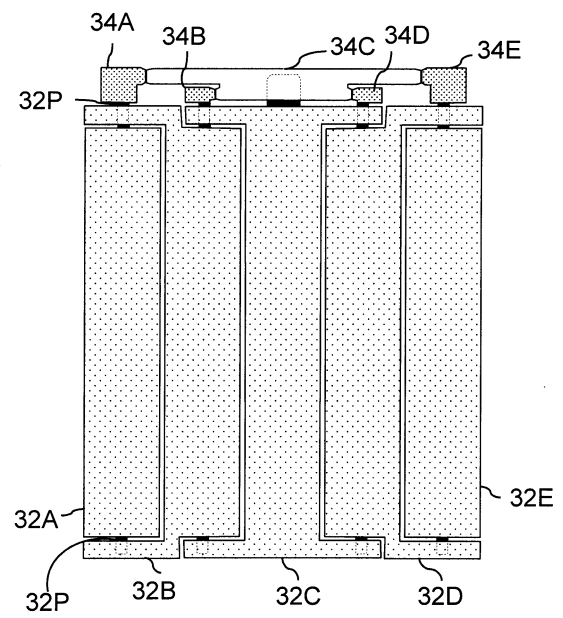
【図17】



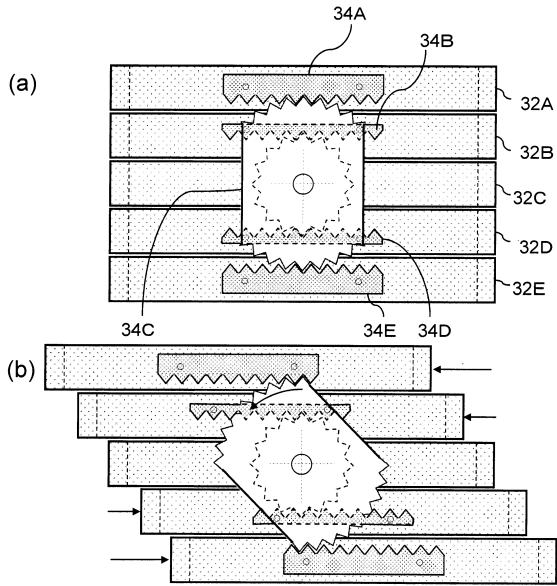
【図18】



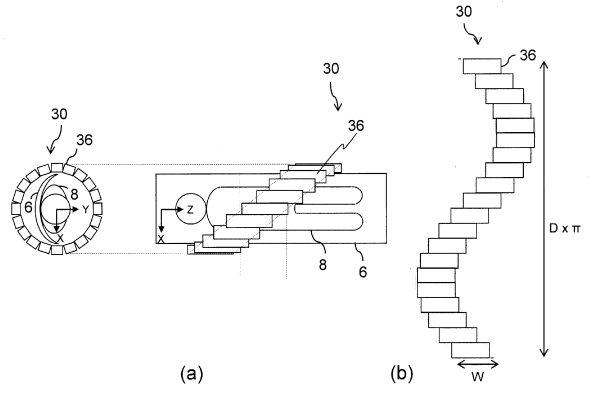
【図19】



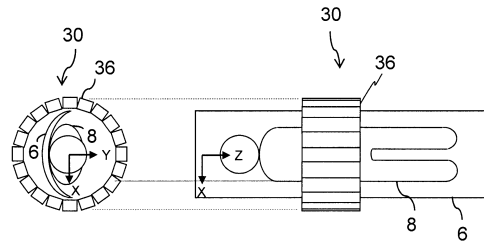
【図20】



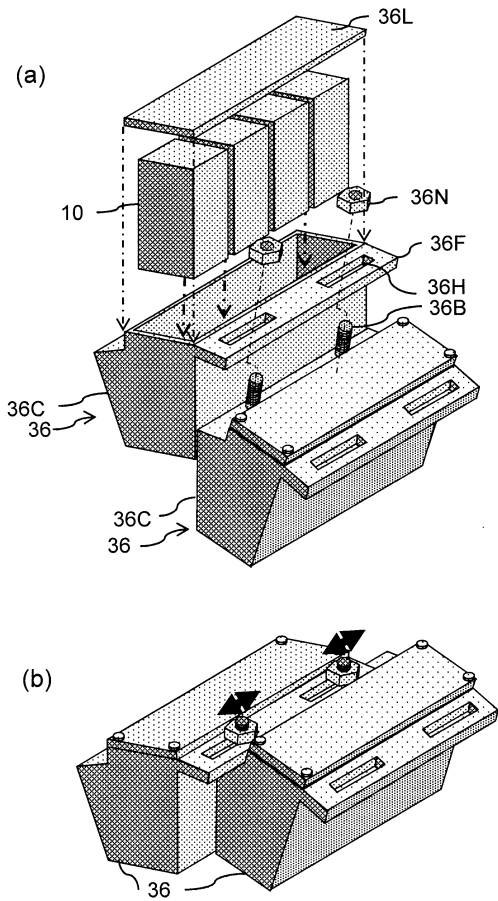
【図21】



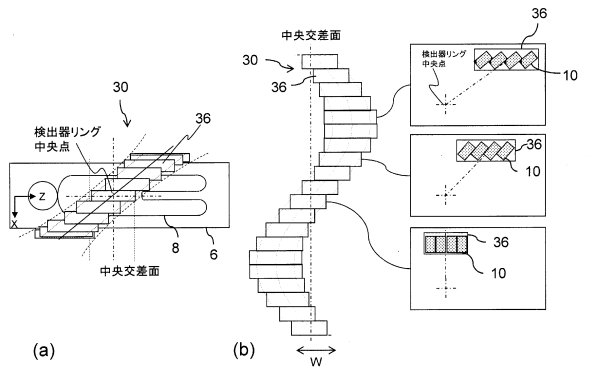
【図22】



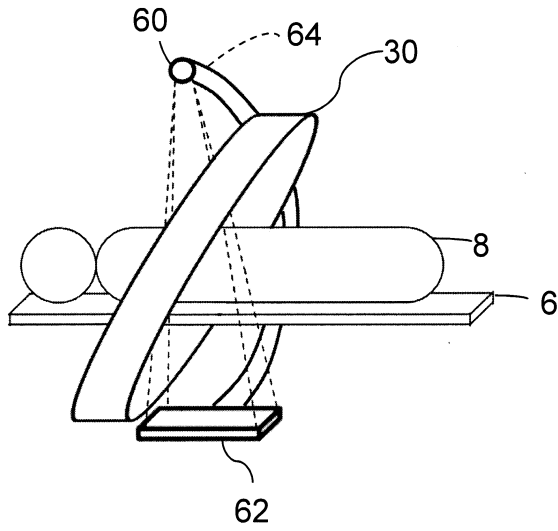
【図23】



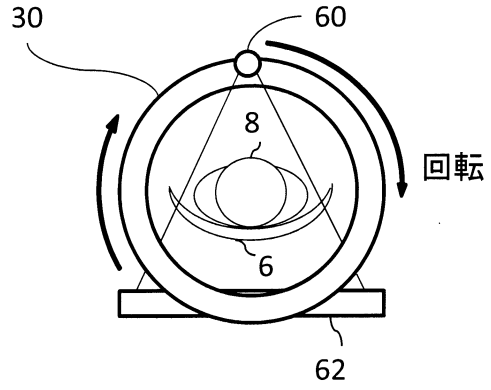
【図24】



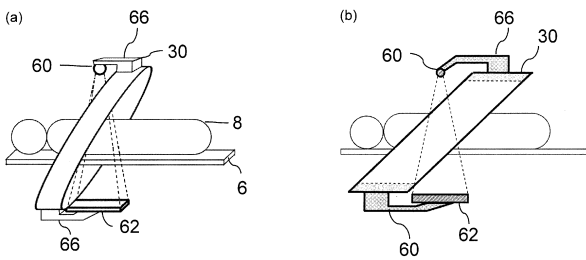
【図 25】



【図 27】



【図 26】



フロントページの続き

- (72)発明者 田島 英朗
千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号 独立行政法人放射線医学総合研究所内
- (72)発明者 渡辺 光男
静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 田中 栄一
静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 田邊 英治

- (56)参考文献 特開2011-069636(JP,A)
国際公開第2008/129666(WO,A1)
特開2010-223956(JP,A)
特表2008-538312(JP,A)
特開2010-094421(JP,A)
特開2010-101666(JP,A)
特開2009-042029(JP,A)
実開平02-122378(JP,U)
国際公開第2009/122561(WO,A1)
国際公開第2010/016107(WO,A1)
国際公開第2010/070737(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01T 1/161
A61N 5/10
WPI
Science Direct
IEEE Xplore
CiNii