

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6291416号
(P6291416)

(45) 発行日 平成30年3月14日 (2018. 3. 14)

(24) 登録日 平成30年2月16日 (2018. 2. 16)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 T 1/20 (2006. 01)
GO 1 N 23/04 (2018. 01)
A 6 1 B 6/03 (2006. 01)
GO 1 T 1/202 (2006. 01)

GO 1 T 1/20 D
GO 1 N 23/04
A 6 1 B 6/03 3 2 OW
A 6 1 B 6/03 3 2 OM
GO 1 T 1/20 G

請求項の数 9 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-545399 (P2014-545399)
(86) (22) 出願日 平成24年11月23日 (2012. 11. 23)
(65) 公表番号 特表2015-505038 (P2015-505038A)
(43) 公表日 平成27年2月16日 (2015. 2. 16)
(86) 国際出願番号 PCT/IB2012/056684
(87) 国際公開番号 W02013/084106
(87) 国際公開日 平成25年6月13日 (2013. 6. 13)
審査請求日 平成27年11月20日 (2015. 11. 20)
(31) 優先権主張番号 61/566, 752
(32) 優先日 平成23年12月5日 (2011. 12. 5)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

前置審査

(73) 特許権者 590000248
コーニンクレッカ フィリップス エヌ
ヴェ
KONINKLIJKE PHILIPS
N. V.
オランダ国 5656 アーエー アイン
ドーフエン ハイテック キャンパス 5
High Tech Campus 5,
NL-5656 AE Eindhove
n
(74) 代理人 100107766
弁理士 伊東 忠重
(74) 代理人 100070150
弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射線を検出する検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射線を検出する検出装置であって、

検出された前記放射線に応じてシンチレーション光を生成する G O S 材料と、

前記シンチレーション光の一部の強度を低減させる光フィルタであって、前記シンチレーション光の一部は 6 5 0 n m より大きい波長を有する光であり、前記光フィルタは、6 5 0 n m より小さい波長を有する前記シンチレーション光の光成分を反射し、6 5 0 n m より大きい波長を有する前記シンチレーション光の光成分を吸収し、前記シンチレーション光が前記 G O S 材料内へ反射されるように配置される、光吸収フィルタである、光フィルタと、

前記光フィルタでフィルタリングされた前記シンチレーション光を検出する検出ユニットと、を備える検出装置。

【請求項 2】

前記光フィルタは、前記 G O S 材料と前記検出ユニットとの間に配置される、請求項 1 に記載の検出装置。

【請求項 3】

前記検出装置は、検出画素のアレイを備え、各前記画素は、前記 G O S 材料および前記検出ユニットを備え、前記光フィルタは、前記検出ユニットに面していない前記 G O S 材料の表面上に配置される、請求項 1 又は 2 に記載の検出装置。

【請求項 4】

前記 G O S 材料は、放射線入射面と、前記検出ユニットに面するシンチレーション光出射面と、前記放射線入射面および前記シンチレーション光出射面を接続する側面とを備え、

前記光フィルタは、前記放射線入射面および側面の少なくとも 1 つの上に配置される、請求項 1 又は 2 に記載の検出装置。

【請求項 5】

前記光フィルタは、前記放射線入射面およびすべての側面の上に配置される、請求項 4 に記載の検出装置。

【請求項 6】

物体を撮像する撮像システムであって、

前記物体を横切る放射線を生成する放射線発生源と、

請求項 1 に記載の検出装置であって、前記物体の画像を生成するために前記物体を横切った後の前記放射線を検出する検出装置と、

を備える、撮像システム。

【請求項 7】

検出された前記放射線に基づいて前記物体の画像を再構成する再構成ユニットをさらに備える、請求項 6 に記載の撮像システム。

【請求項 8】

放射線を検出する検出方法であって、

G O S 材料によって、検出された放射線に応じてシンチレーション光を生成するステップと、

光フィルタによって、前記シンチレーション光の一部の強度を低減させるステップであって、前記シンチレーション光の一部は 6 5 0 n m より大きい波長を有する光であり、前記光フィルタは、6 5 0 n m より小さい波長を有する前記シンチレーション光の光成分を反射し、6 5 0 n m より大きい波長を有する前記シンチレーション光の光成分を吸収し、前記シンチレーション光が前記 G O S 材料内へ反射されるように配置される、光吸収フィルタである、ステップと、

検出ユニットによって、前記光フィルタでフィルタリングされた前記シンチレーション光を検出するステップと、を含む検出方法。

【請求項 9】

物体を撮像する撮像方法であって、

放射線発生源によって、前記物体を横切る放射線を生成するステップと、

前記物体の画像を生成するために、請求項 8 に記載の検出方法により、前記物体を横切った後の前記放射線を検出するステップと、を含む撮像方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、放射線を検出する検出装置、および検出方法に関する。本発明はさらに、物体を撮像する撮像システム、および撮像方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 0 8 5 7 1 9 (A 1) 号は、X 線放射源を第 1 のキロボルト数 (k V p) および第 2 のキロボルト数 (k V p) に励磁するように構成された生成器を含むコンピュータ断層撮影システムを開示している。このコンピュータ断層撮影システムは、第 1 の k V p に励磁された X 放射線源によって第 1 のビュー・データセットを獲得し、第 2 の k V p に励磁された X 線放射源によって第 2 のビュー・データセットを獲得し、第 1 のビュー・データセットおよび第 2 のビュー・データセットから 1 対の基材画像を再構成するようにプログラミングされたコンピュータをさらに備える。第 1 のビュー・データセットおよび第 2 のビュー・データセットを獲得するために、コンピュータ断層撮影システムは、シンチレータアレイおよび対応する フォト・ダイオードアレイ を有する

10

20

30

40

50

検出器アセンブリを備える。シンチレータアレイは、シンチレータアレイを横切るX線に応じてシンチレーション光を生成し、フォト・ダイオードアレイは、生成されたシンチレーション光を検出する。検出器アセンブリの時間分解能が所定の上限以下に制限されているため、第1のkVpと第2のkVpとの間の切換えに正確に追従するには充分ではない場合がある。そのため、第1のビュー・データセットおよび第2のビュー・データセットの品質は低減される可能性がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の目的は、放射線を検出する検出装置および検出方法であって、放射線を検出する品質を改善することができる検出装置および検出方法を提供することである。本発明のさらなる目的は、改善された放射線検出機能を使用して物体を撮像する撮像システムおよび撮像方法を実現することである。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の第1の実施態様においては、放射線を検出する検出装置が開示され、この検出装置は、

- 検出された放射線に応じてシンチレーション光を生成するGOS材料と、
- 650nmより大きい波長を有する当該シンチレーション光の一部の強度を低減させる光フィルタと、
- 当該フィルタリングされたシンチレーション光を検出する検出ユニットとを備える。

【0005】

検出された放射線に応じてシンチレーション光を生成するためにGOS材料が使用され、光フィルタは、当該シンチレーション光が検出される前に、650nmより大きい波長を有するシンチレーション光の強度が低減されるように当該シンチレーション光をフィルタリングするため、当該シンチレーション光のうち、光伝搬が比較的遅い成分、すなわち比較的大きい減衰時間に対応する成分は、検出プロセスにあまり寄与せず、または検出ユニットによって一切検出されず、それによって検出装置の時間分解能を増大させる。

【0006】

GOS材料は、ガドリニウム・オキシサルファイド材料であり、たとえばPrおよび/またはCeでドープすることができ、検出ユニットは、好適にはフォト・ダイオードである。

【0007】

検出装置は、1次元または2次元の検出装置を提供するために、1次元または2次元GOS材料アレイと、対応するフォト・ダイオードの1次元または2次元アレイとを備えることができる。

【0008】

好適には、光フィルタは、650nmより大きい波長を有するシンチレーション光の強度を阻止するように適合される。好ましい実施形態では、当該光フィルタは、GOS材料と検出ユニットとの間に配置される。これにより、当該光フィルタは、650nmより大きい波長を有するシンチレーション光の強度を非常に効果的に低減させることが可能になる。具体的には、650nmより大きい波長を有するシンチレーション光が検出ユニットによって検出されることを、実質上阻止することができる。

【0009】

当該光フィルタは、450~650nmの範囲内の波長を有するシンチレーション光が光フィルタによって透過されるように適合された帯域フィルタであることがさらに好ましい。したがって、シンチレーション光のうち、比較的小さい減衰時定数を有する遷移に対応する部分のみが検出ユニットに到達し、それによって検出装置の時間分解能をさらに増大させる。

【0010】

光フィルタは、たとえば、光吸収フィルタまたは干渉フィルタである。光フィルタが干渉フィルタである場合、650nmより大きい波長を有するシンチレーション光は、必ずしも完全に失われるとは限らない。たとえば、650nmより大きい波長を有するシンチレーション光は、この光も検出するための別の検出ユニットへと誘導することができる。

【0011】

一実施形態では、光フィルタは、650nmより小さい波長を有するシンチレーション光に対して反射性であり、650nmより大きい波長を有する光を吸収するように適合され、当該光フィルタは、当該シンチレーション光がGOS材料内へ反射されるように配置される。具体的には、検出装置は、検出画素のアレイを備えることができ、各画素は、GOS材料および検出ユニットを備え、当該光フィルタは、GOS材料のうち、検出ユニットに面していない表面上に配置される。たとえば、GOS材料は、放射線入射面と、検出ユニットに面するシンチレーション光出射面と、当該放射線入射面および当該シンチレーション光出射面を接続する側面を備えることができ、当該光フィルタは、当該放射線入射面および当該側面の少なくとも1つの上に配置される。二実施形態では、当該光フィルタは、当該放射線入射面および全ての側面上に配置される。

10

【0012】

当該光フィルタは、当該放射線入射面および/または当該側面上に配置されることができ、当該光フィルタは、650nmより小さい波長を有するシンチレーション光を反射するように適合されることができ、当該光フィルタは、650nmより大きい波長を有するシンチレーション光の部分を低減させる機能と、シンチレーション光が、失われることを、特に、該当する可能性のある隣接した検出画素によって検出されることを防止する機能との2つの機能を満たすことができる。

20

【0013】

当該光フィルタは、非散乱フィルタであっても、散乱フィルタであってもよい。当該光フィルタがGOS材料と検出ユニットとの間に配置される場合、当該光フィルタは、好適には非散乱フィルタである。当該非散乱フィルタは、干渉フィルタまたは非散乱吸収フィルタとすることが可能であり、たとえばポリマーまたは樹脂中に有機染料を拡散させて成る薄膜を塗布することによって実現することができる。たとえば当該光フィルタが側面上に配置され、および任意付加的に放射線入射面上にも配置されるため、シンチレーション光が検出ユニットによって検出される前に当該光フィルタを通過しないように当該光フィルタが配置される場合、この光フィルタは、好適には散乱または非散乱の光吸収フィルタである。

30

【0014】

本発明のさらなる態様では、物体を撮像する撮像システムが提示され、この撮像システムは、

- 物体を横切る放射線を生成する放射線発生源と、
- 請求項1に記載の検出装置であって、物体の画像を生成するために物体を横切った後の放射線を検出する検出装置とを備える。

【0015】

当該撮像システムは、検出された放射線に基づいて物体の画像を再構成する再構成ユニットをさらに備えることが好ましい。しかし、検出装置自体もまた、物体の画像、たとえば物体の投影画像を生成するように適合されることができる。

40

【0016】

当該撮像システムは、好適には、kVpを切換えることによるコンピュータ断層撮影撮像システムであり、互いに異なる平均X線エネルギーを有するX線パルスが交互に生成される。それに対応して、当該検出装置は、好適には、互いに異なるX線平均エネルギーに対応する検出値を生成するように適合され、すなわち、kVpを切換えることによるX線放射源と検出装置との組合せにより、当該撮像システムは、エネルギー分解検出値を生成することが可能になる。当該再構成ユニットは、好適には、これらのエネルギー分解検出

50

値に基づいて物体の画像を生成するように適合される。具体的には、当該再構成ユニットは、エネルギー分解検出値を、異なる成分検出値に分解するように適合されることができ、この異なる成分検出値は、たとえばコンプトン効果もしくは光電効果のような異なる物理的效果のような、異なる成分である、またはヨウ素、骨、軟組織などのような異なる材質に対応する。再構成ユニットは、フィルタバック保護またはラドン逆変換のようなコンピュータ断層撮影用の画像再構成アルゴリズムを使用することによって、対応する成分画像を再構成するように適合されることができる。

【0017】

本発明のさらなる態様では、放射線を検出する検出方法が開示され、この検出方法は、

- GOS材料によって、検出された放射線に応じてシンチレーション光を生成するステップと、

- 650nmより大きい波長を有する当該シンチレーション光の一部の強度を光フィルタによって低減させるステップと、

- 検出ユニットによって、フィルタリングされたシンチレーション光を検出するステップとを含む。

【0018】

本発明のさらなる態様では、物体を撮像する撮像方法が提示され、この撮像方法は、

- 物体の画像を生成するために前記物体を横切った後の前記放射線を検出するステップと、

- 放射線発生源によって、物体を横切る放射線を生成するステップと、

- 請求項14に記載された検出方法において、物体の画像を生成するために物体を横切った後の放射線を検出するステップとを含む。

【0019】

本明細書に添付した特許請求の範囲において、請求項1記載の検出装置、請求項12記載の撮像システム、請求項14記載の検出方法、および請求項15記載の撮像方法は、従属請求項に記載されている類似および/または同一の好ましい実施形態を有することが理解されるものとする。

【0020】

本発明の好ましい実施形態はまた、従属請求項とそれぞれの独立請求項との任意の組合せとすることができることが理解されるものとする。

【0021】

本発明の上記その他の態様は、本明細書で以下に記載する実施形態から明らかになり、これらの実施形態を参照すれば解明されよう。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】物体を撮像する撮像システムの一実施形態を概略的かつ例示的に示す図である。

【図2】図1に示す撮像システムにより使用可能な検出装置の一実施形態を概略的かつ例示的に示す図である。

【図3】図1に示す撮像システムにより使用可能な検出装置の一実施形態を概略的かつ例示的に示す図である。

【図4】物体を撮像する撮像方法の一実施形態を例示的に示す流れ図である。

【図5】放射線を検出する検出方法の一実施形態を例示的に示す流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

図1は、所望の領域を撮像するための撮像システムであるコンピュータ断層撮影システム30を概略的かつ例示的に示す。コンピュータ断層撮影システムは、z軸方向に対して平行に延びる回転軸Rを中心軸として回転が可能なガントリ1を含む。ガントリ1上には、この実施形態ではX線管である放射線発生源2が取り付けられる。多色放射線を生成する放射線発生源2は、コリメータ3を備え、コリメータ3は、この実施形態では、放射線発生源2によって生成される放射線から円錐形の放射線ビーム4を形成する。放射線は、こ

10

20

30

40

50

の実施形態では円筒形である検査区間 5 内において、患者などの物体を横切る。検査区間 5 を横切った後、放射線ビーム 4 は、2 次元検出面を含む検出装置 6 上に入射する。検出装置 6 は、ガントリ 1 上に取り付けられる。

【 0 0 2 4 】

コンピュータ断層撮影システム 3 0 は、2 つのモーター 7、8 を備える。ガントリ 1 は、好ましくは一定であるが調整可能な角速度で、モーター 7 によって駆動される。モーター 8 は、物体、たとえば患者を移動させるために提供され、患者は、検査区間 5 内の患者台上で、回転軸 R または z 軸の方向に対して平行に配置される。これらのモーター 7、8 は、たとえば放射線源 2 および検査区間 5、具体的には検査区間 5 内の物体が、螺旋状の軌道に沿って互いに対して動かされるように、制御ユニット 9 によって制御される。しかし、物体は動かさず、放射線源 2 のみを回転させることも可能であり、すなわち放射線発生源 2 は、検査区間 5、具体的には物体に対して円形の軌道に沿って動くことも可能である。さらに、本発明に係る別の実施形態においては、コリメータ 3 は、さらに別のビーム形状、具体的には扇形形状のビームを形成するように適合することができ、検出装置 6 は、当該さらに別のビーム形状、具体的には扇形ビーム形状に対応する形状の検出面を含むことができる。

10

【 0 0 2 5 】

検査区間 5 内において放射線発生源 2 および物体が相対的に移動する間、放射線発生源 2 は、生成された放射線を交互に切り換え、その結果、互いに異なる平均エネルギーを有する放射線が交互に物体を横切り、検出装置 6 によって検出される。したがって、2 つの異なる平均エネルギーに対応する 2 組の検出値が生成され、すなわち、この実施形態においては投影データであるエネルギー分解検出値が生成される。

20

【 0 0 2 6 】

以下、検出装置 6 について、図 2 を参照してより詳細に説明する。

【 0 0 2 7 】

図 2 は、検出装置の一部の横断面図を概略的かつ例示的に示す。検出装置は、検出画素の アレイ を備え、各検出画素は、検出された放射線 2 5 に応じて光を生成する G O S 要素 2 0 と、それぞれの G O S 要素内で生成されたシンチレーション光を検出する検出ユニット 2 1 とを備える。検出ユニット 2 1 は、好適にはフォト・ダイオードとすることが可能である。各 G O S 要素は、X 線放射線 2 5 がそれぞれの G O S 要素 2 0 に入る放射線入射面 2 8 と、それぞれの検出ユニット 2 1 に面するシンチレーション光出射面 2 6 に加えて、それぞれの放射線入射面 2 8 およびそれぞれのシンチレーション光出射面 2 6 を接続する側面 2 7 とを備える。放射線入射面 2 8 および側面 2 7 上には、シンチレーション光の一部がシンチレーション光の他の部分から離れて隣接する G O S 要素 2 0 または検査区間 5 内へ入射するのを防止するために、反射要素 3 2、3 3 が設けられる。反射要素は、たとえば TiO_2 から作ることができる。検出ユニット 2 1 と G O S 要素 2 0 との間には光フィルタ 2 4 が配置され、光フィルタ 2 4 は、シンチレーション光の中で 650 nm より大きい波長を有する光成分の強度を低減させるように適合される。本発明に係るこの実施形態では、光フィルタ 2 4 は、シンチレーション光の中で 650 nm より大きい波長を有する光成分の強度を阻止するように適合される。光フィルタ 2 4 は、シンチレーション光の中で 450 ~ 650 nm の範囲内の波長を有する光成分が光フィルタを透過するように適合された帯域フィルタとすることができる。当該光フィルタは、光吸収フィルタまたは干渉フィルタとすることができる。

30

40

【 0 0 2 8 】

図 3 は、本発明に係る検出装置のさらに別の実施形態を概略的かつ例示的に示す。図 3 に示す検出装置は、光フィルタおよび反射要素を除いて、図 2 に示す検出装置と同様のものである。具体的には、図 3 に示す検出装置は、G O S 要素 2 0 とフォト・ダイオード 2 1 との間には光フィルタを備えない。代わりに、反射要素 2 2、2 3 は、シンチレーション光の中で 650 nm より大きい波長を有する光成分が低減されるようにシンチレーション光を光学的にフィルタリングするようにさらに適合される。したがって、反射要素 2 2、

50

23は、GOS要素20の放射線入射面28および側面27上に配置された光フィルタであると見なすことができる。好適には、光フィルタ/反射要素22、23は、シンチレーション光の中で650nmより小さい波長を有する光成分に対して反射性であり、650nmより大きい波長を有する光成分を吸収するように適合される。

【0029】

光フィルタは、非散乱フィルタであっても、散乱フィルタであってもよい。光フィルタがGOS材料と検出ユニットとの間に配置される場合、光フィルタは、好適には非散乱フィルタとすることが可能である。非散乱フィルタは、干渉フィルタまたは非散乱吸収フィルタとすることができ、たとえばポリマーまたは樹脂中に有機染料を拡散させて成る薄膜を塗布することによって実現することができる。たとえば光フィルタが側面に配置され、および任意付加的に放射線入射面上にも配置され得るため、シンチレーション光が検出ユニットによって検出される前に光フィルタを通過しないような位置関係で光フィルタが配置される場合、この光フィルタは、好適には散乱または非散乱の光吸収フィルタとすることが可能である。

10

【0030】

本発明に係る一実施形態において、液晶ディスプレイまたは画像センサ要素の分野において周知である吸収フィルタを使用することができる。別の方法として、吸収フィルタは、レーザー向けに開発された赤色吸収染料を含むことができる。そのような赤色吸収染料は、たとえばローダミン800である。好適には、赤色吸収染料の濃度は、赤色シンチレーション光の吸収に起因する発光の濃度消光をもたらすのに十分な高さの濃度である。本発明に係る一実施形態では、吸収フィルタは、20重量パーセントより大きい濃度の赤色吸収染料を含む。

20

【0031】

干渉フィルタは、好適には、低い屈折率と高い屈折率とを交互に有する材料層からなる。異なる屈折率を交互に有するこれら材料は、たとえばSiO₂およびTiO₂である。これらの層は、干渉フィルタが所望のフィルタ機能を有するように適合される。干渉フィルタは、たとえば適切な前駆体の蒸発によって作ることができ、積層薄膜として得ることができ、好適には、光を全くまたはほとんど散乱しない。

【0032】

検査区間5内の物体に対する放射線発生源2の各位置において、かつ各検出画素について判定されたエネルギー分解検出値は、当該エネルギー分解検出値に基づいて物体の画像を再構成する再構成ユニット10へと供給される。再構成ユニット10によって再構成された画像は、当該再構成された画像を表示する表示ユニット11へと供給される。

30

【0033】

制御ユニット9はまた、好適には、放射線発生源2、検出装置6、および再構成ユニット10を制御するように適合される。

【0034】

再構成ユニット10は、好適には、エネルギー分解検出値を、物体の異なる成分に対応する異なる成分検出値に分解するように適合される。これらの異なる成分は、たとえば、コンプトン効果および光電効果のような互いに異なる物理的效果に関係し、ならびに/またはこれらの異なる成分は、人間の骨、軟組織などのような互いに異なる材質に関係する可能性がある。たとえば、再構成ユニット10は、参照により本明細書に組み込まれている、R. E. Alvarezらによる「Energy-selective reconstructions in X-ray computerized tomography」、Physics in Medicine and Biology、volume 21、number 5、733~744頁(1976)という記事に開示されている分解技法を使用するように適合することができる。

40

【0035】

上記のように分解された検出値は、本発明に係るこの実施形態では、分解された投影データであり、各投影データは、物体のコンピュータ断層撮影画像を再構成するために使用

50

することができ、その結果として、たとえば各成分に関して物体の成分画像を再構成することが可能となる。たとえば、コンプトン成分画像および光電成分画像を再構成することができる。分解された投影データに基づいて画像を再構成するには、フィルタバック投影、ラドン逆変換などのような、周知の再構成技法を使用することができる。

【0036】

以下、物体を撮像する撮像方法の一実施形態について、図4に示す流れ図を参照しながら例示的に説明する。

【0037】

ステップ101においては、放射線発生源2は、互いに異なる平均エネルギーを有する放射線を交互に生成する。具体的には、放射線発生源2は、2つの異なるkVp値の間でkVpが切り換えられるX線源である。放射線が物体を異なる方向に横切ることを可能とするような態様で、放射線発生源2および物体が互いに対して相対的に移動させられている間に、放射線は交互に生成される。具体的には、放射線発生源2は、物体の周りを円形または螺旋状の軌道に沿って動かされ、GOS要素20は、放射線に応じてシンチレーション光を生成し、光フィルタは、シンチレーション光のうち、650nmより大きい波長を有する光成分の強度を低減させ、具体的にはこの光成分を実質上完全に阻止し、検出ユニット21は、上記のようにしてフィルタリングされたシンチレーション光を検出する。

【0038】

ステップ102においては、物体に対する放射線発生源2の各空間位置において、および各検出画素について判定された検出値は、再構成ユニットへ提供され、物体の画像は、たとえばフィルタバック投影アルゴリズムのようなコンピュータ断層撮影用の画像再構成アルゴリズムを使用することによって、検出値に基づいて再構成される。ステップ103で、再構成された画像が表示ユニット上に示される。

【0039】

ステップ101を参照して上述した検出値の生成は、放射線を検出する検出方法によって実行されると見なすことができ、以下、この検出方法について、図5に示す流れ図を参照して例示的に説明する。

【0040】

ステップ201において、放射線発生源によって生成されて物体を横切った放射線に応じて、シンチレーション光が、検出画素のGOS要素によって生成される。ステップ202において、シンチレーション光のうち、650nmより大きい波長を有する光成分の強度が、光フィルタによって低減され、ステップ203において、上記のように生成され、フィルタリングされたシンチレーション光は、それぞれの検出画素の検出ユニットによって検出され、各検出ユニットは、検出されたシンチレーション光を示す検出値を生成する。

【0041】

GOS材料は、いくつかの輝線を有する。最も速い輝線は、スペクトルの緑色部分内にあり、約3.4μsの減衰時間を有するが、スペクトル強度の約25%は、約270μsの減衰時間を有するゆっくりと減衰する赤色輝線内にある。これにより、平均X線エネルギーがたとえば50~100kHzの周波数で切り換えられる高速なkVpの切り換えを行う応用分野におけるGOS要素の適用可能性が低減される。しかし、たとえば図2を参照して上述したように、X線によって励起された際に、ゆっくりと減衰する赤色輝線をGOS要素のルミネセンスから除去する光フィルタ（たとえば、干渉フィルタまたは光吸収に基づくフィルタ）を使用することによって、GOS要素の時間分解能は増大され、その結果、GOS要素は、kVpの切り換えによるコンピュータ断層撮影システムとともに使用されるのに適したものとなる。

【0042】

GOS材料の光出力を増大させるには、適切な処理技術によって、GOSアレイの透過性を高めることができる。たとえば、シンチレーション光の収率を改善するために、ドーピングの量、具体的にはCe³⁺の量を低減させることができる。

【 0 0 4 3 】

光フィルタが干渉フィルタである場合、シンチレーション光の中で650nmより大きい波長を有する光成分は、必ずしも失われる必要があるとは限らず、本発明に係る一実施形態では、生成される検出値がエネルギー分解されない通常の積分モードでそれぞれの撮像システムが動作するとき、シンチレーション光の中で650nmより大きい波長を有する光成分をやはり使用することができる。フィルタリングされたシンチレーション光を検出するフォト・ダイオードのアレイに加えて、このアレイに対して垂直に、さらなるフォト・ダイオードアレイを設けることができ、当該さらなるフォト・ダイオードアレイは、光フィルタによって反射された赤色発光、すなわち赤色シンチレーション光が、当該さらなるフォト・ダイオードアレイに誘導されるように配置され、当該さらなるフォト・ダイオードアレイは、GOSシンチレータ・セラミックの側面に対して平行に、すなわちGOS要素に対して平行に配置することができる。

10

【 0 0 4 4 】

図2および図3を参照して上述した検出装置は、いくつかの利点を有することができる。たとえば、これらの検出装置は、改善された時間分解能を有することができる。さらに、たとえば140kVpというより大きい平均エネルギーを有する放射線の生成は、たとえば80kVpに対応するより低い平均エネルギーを有する放射線の生成より概ね効果的である。したがって、物体を横切る前には、より大きい平均エネルギーを有する放射線の強度は、より小さい平均エネルギーを有する放射線の強度より概ね大きい。さらに、より大きい平均エネルギーを有する放射線は、他の放射線より強いため、より大きい平均エネルギーを有する放射線は、より小さい平均エネルギーを有する他の放射線ほど物体内で減衰されない。したがって、検出ユニットによって検出された、より大きい平均エネルギーを有する放射線の強度は、より小さい平均エネルギーを有する放射線の強度よりはるかに大きく、たとえば100倍大きい。これらのまったく異なる強度の放射線の検出は、反応時間が比較的遅いGOS材料によって妨げられ、すなわち放射線は、すぐにはシンチレーション光に変換されないが、無作為の回数後に励起状態から基底状態に緩和した後に変換され、これについては減衰の指数則によって説明される。緑色シンチレーション光は比較的速く放出されるのに対して、650nmより大きい波長を有する赤色シンチレーション光は、積分時間、すなわち投影時間の長さと同程度である約270μsの減衰時間で比較的ゆっくりと放出されるため、赤色シンチレーション光は全体として後続する投影内へと広がり、赤色シンチレーション光は後続する投影内において測定される。kVpの切り換えが使用される場合、たとえば、後続する80kVpの放射期間内へと広がる140kVpの投影の強度は、80kVpの放射線によって生成される強度より大幅に大きくすることができる。図2および図3を参照して上述した光フィルタを有する検出装置を使用することによって、生成される検出値の品質に対してその結果生じる悪影響を低減させることができ、具体的にはなくすることができる。

20

30

【 0 0 4 5 】

さらに、GOS材料内では、シンチレーション光のうち、650nmより大きい波長を有する光成分は、シンチレーション光のうち、650nmより小さい波長を有する光成分（具体的にはシンチレーション光のうち、450nm～650nmの波長範囲内の光成分）ほどには、拡散しなくてすむ。さらに、シンチレーション光のうち、650nmより小さい波長を有する光成分は、具体的にはCe³⁺の存在のため、具体的には残像を低減させるために、GOS材料によってより強く吸収することができる。残像は、青色-緑色領域内で最高520nm程度の光吸収を引き起こす可能性があり、また、より短い波長およびより長い波長で、同じく存在しうるPr³⁺の光遷移の異なる吸収横断面を生じさせる可能性がある。この結果、シンチレーション光のうち、650nmより小さい波長を有する光成分は、GOS材料内の実効的な伝搬経路に応じて異なる形で吸収される可能性があるため、シンチレーション光の中で、互いに異なる波長をそれぞれ有する複数の異なる光成分の比を制御できなくなる可能性がある。また、この影響は、図2および図3を参照して上述した光フィルタを備える検出装置によって低減させることができ、具体的にはなく

40

50

することができる。

【0046】

さらに、特に図2を参照して上述した検出装置は、ピック・アンド・ブレース式の検出器製造方法を使用することによって製造することができ、GOS要素20は、検出ユニット21とともに検出ユニットのアレイに別個に接着される。

【0047】

図2を参照して上述した光フィルタは、GOSセラミック・シンチレータ、すなわちGOS要素に接着することができるが、検出ユニットのアレイの上部に配置することもできる。

【0048】

図2を参照して上述した実施形態では、いくつかのGOS要素20が同じ光フィルタ24に取り付けられているが、本発明に係るその他の実施形態では、各検出画素は、別個の光フィルタを備えることができ、この光フィルタは、GOS要素とそれぞれの検出画素の検出ユニットとの間に配置される。

【0049】

本発明に係る一実施形態では、検出装置は、図2および図3を参照して上述した検出装置の組合せであると見なすことができる。したがって、GOS要素と検出ユニットとの間に光フィルタを配置することができ、放射線入射面および/または側面上に光学要素を設けることができ、当該光学要素は、シンチレーション光の中で650nmより小さい波長を有する光成分に対して反射性であり、650nmより大きい波長を有する光成分を吸収するように適合される。

【0050】

前述の実施形態では、放射線発生源は、2つの異なる平均エネルギーを有する2つの異なる放射線の間で切り換わるが、他の実施形態では、放射線発生源はまた、互いに異なる平均エネルギーを有するより多くの種類の放射線の間で交互に切り換わるように適合することもでき、検出装置は、それに対応して、これらの異なる種類の放射線に対する検出値を生成し、それによってエネルギー分解検出値を生成するように適合される。

【0051】

前述の実施形態では、検出装置について、コンピュータ断層撮影システム内で使用されるように適合されると説明したが、本発明に係るその他の実施形態では、この検出装置は、核撮像システム、たとえば単一光子放出コンピュータ断層撮影撮像システムもしくは陽電子放出断層撮影撮像システムまたはX線Cアーム撮像システムのような他の撮像システム内で使用されるように適合することもできる。

【0052】

本明細書が開示する実施形態に対するその他の変形実施形態は、特許請求されている本発明を実施する際、図面、本明細書中の開示、および添付の特許請求の範囲を読めば、当業者には理解および実施することができる。

【0053】

特許請求の範囲では、「備える、含む(c o m p r i s s i n g)」という語句は、他の要素またはステップを除外するものではなく、「a」または「a n」という不定冠詞は、複数を除外するものではない。

【0054】

単一のユニットまたはデバイスが、特許請求の範囲に記載のいくつかの項目の機能を満たすことができる。相互に異なる従属請求項で特定の測定について記載することだけで、これらの測定の組合せを有利に使用できないことを意味するものではない。

【0055】

撮像方法による撮像システムの制御は、コンピュータ・プログラムのプログラム・コード手段として、および/または専用のハードウェアとして実施することができる。

【0056】

コンピュータ・プログラムは、光記憶媒体または固体媒体などの適した媒体上で記憶 /

10

20

30

40

50

配布することができ、他のハードウェアとともに、または他のハードウェアの一部として供給することができるが、インターネットまたは他の有線もしくは無線の電気通信システムなどを介して、他の形態で配布することもできる。

【 0 0 5 7 】

特許請求の範囲内のあらゆる参照符号は、範囲を限定すると解釈されるべきではない。

【 図 1 】

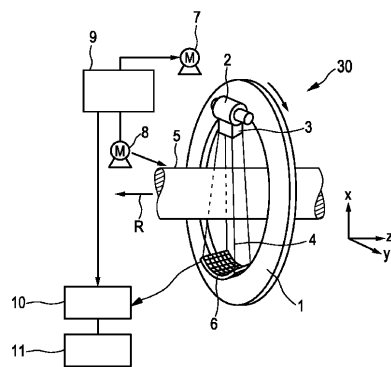


FIG. 1

【 図 2 】

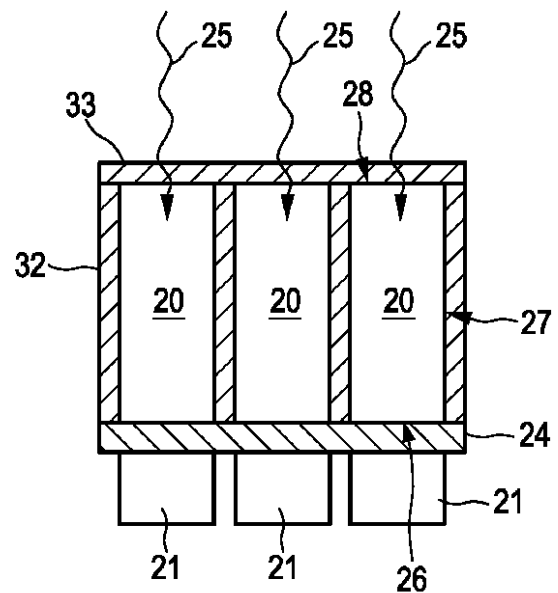


FIG. 2

【 図 3 】

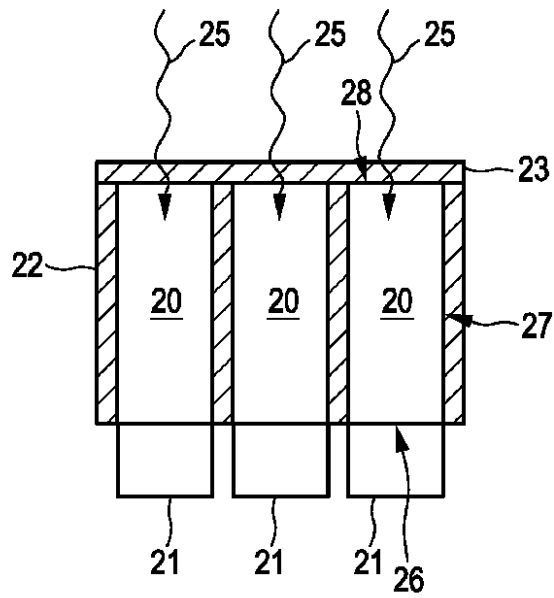


FIG. 3

【 図 4 】

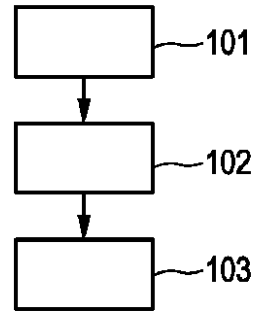


FIG. 4

【 図 5 】

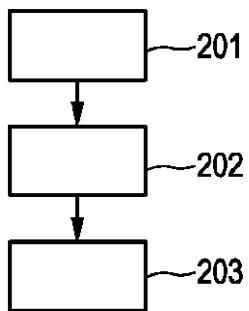


FIG. 5

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
 G 0 1 T 1/20 E
 G 0 1 T 1/202

(74)代理人 100091214

弁理士 大貫 進介

(72)発明者 ロンダ, コルネリス レインデル

オランダ国, 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング
 4 4

(72)発明者 ブロクサ, ロラント

オランダ国, 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング
 4 4

(72)発明者 トラン, アクセル

オランダ国, 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング
 4 4

審査官 右田 純生

(56)参考文献 特開平 0 9 - 1 5 2 4 8 5 (J P , A)
 特開平 0 5 - 0 4 5 4 6 8 (J P , A)
 特開平 0 7 - 0 8 4 0 5 3 (J P , A)
 特開平 0 7 - 0 8 4 0 5 4 (J P , A)
 特開平 1 1 - 2 0 2 0 5 3 (J P , A)
 特開 2 0 0 4 - 0 6 1 4 9 2 (J P , A)
 特開 2 0 0 5 - 1 2 7 8 9 9 (J P , A)
 特開 2 0 1 3 - 1 1 3 6 8 5 (J P , A)
 特表 2 0 1 0 - 5 1 5 0 7 5 (J P , A)
 国際公開第 2 0 1 2 / 1 0 7 8 7 0 (W O , A 2)
 国際公開第 2 0 1 0 / 0 1 5 9 5 5 (W O , A 2)
 米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 0 7 2 3 7 6 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

G 0 1 T 1 / 0 0 - 1 / 1 6
 G 0 1 T 1 / 1 6 7 - 7 / 1 2
 G 2 1 K 3 / 0 0
 G 0 2 B 5 / 2 0
 A 6 1 B 6 / 0 3
 G 0 1 N 2 3 / 0 4