

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号  
特表2020-503518  
(P2020-503518A)

(43) 公表日 令和2年1月30日(2020.1.30)

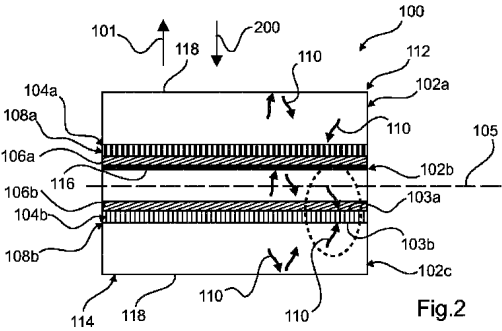
(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G 0 1 T 1/20 (2006.01)</b>	G O 1 T 1/20 D	2 G 1 8 8
<b>A 6 1 B 6/00 (2006.01)</b>	A 6 1 B 6/00 3 3 3	4 C 0 9 3
	A 6 1 B 6/00 3 0 0 Q	
	G O 1 T 1/20 G	
	G O 1 T 1/20 E	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 31 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2019-535780 (P2019-535780)	(71) 出願人 590000248
(86) (22) 出願日 平成29年12月24日 (2017.12.24)	コーニンクレッカ フィリップス エヌ
(85) 翻訳文提出日 令和1年8月7日 (2019.8.7)	ヴェ
(86) 国際出願番号 PCT/EP2017/084573	KONINKLIJKE PHILIPS
(87) 国際公開番号 W02018/122213	N. V.
(87) 国際公開日 平成30年7月5日 (2018.7.5)	オランダ国 5656 アーエー アイン
(31) 優先権主張番号 17150028.3	ドーフエン ハイテック キャンパス 5
(32) 優先日 平成29年1月2日 (2017.1.2)	High Tech Campus 5,
(33) 優先権主張国・地域又は機関 欧州特許庁 (EP)	NL-5656 AE Eindhoven
	(74) 代理人 110001690
	特許業務法人M&Sパートナーズ
最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 X線検知器及びX線撮像装置

(57) 【要約】

X線検知器100、及び当該X線検知器100を備えるX線撮像装置500が提供される。X線検知器100は、X線放射をシンチレータ光110へと変換するための少なくとも3つのシンチレータレイヤ102a~102eと、少なくとも2つのセンサアレイ104a、104bであって、その各々が、シンチレータレイヤ102a~102eのうちの少なくとも1つによって射出されたシンチレータ光110を受け取るための、屈曲可能基板106a、106bに配置された複数の光感知ピクセル108a、108bを備える、少なくとも2つのセンサアレイ104a、104bと、を備える。ここで、シンチレータレイヤ102a~102eの数はセンサアレイ104a、104bの数よりも多い。少なくとも3つのシンチレータレイヤ102a~102e及び少なくとも2つのセンサアレイ104a、104bは、互いに重なり合って配置され、センサアレイ104bのうちの少なくとも1つは、シンチレータレイヤ102a~102eのうちの少なくとも2つの間に配置され、それによって、前記少なくとも2つのシンチレータレイヤ102a



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

X線放射をシンチレータ光へと変換するための少なくとも3つのシンチレータレイヤと、  
少なくとも2つのセンサレイヤであって、その各々が、前記シンチレータレイヤのうちの少なくとも1つによって射出されたシンチレータ光を受け取るための複数の光感知ピクセルを備える、少なくとも2つのセンサレイヤと、  
を備えるX線検知器であって、  
前記センサレイヤの各々の前記光感知ピクセルは、屈曲可能基板に配置され、  
前記シンチレータレイヤの数は前記センサレイヤの数よりも多く、  
前記少なくとも3つのシンチレータレイヤ及び前記少なくとも2つのセンサレイヤは、互いに重なり合って配置され、  
前記センサレイヤのうちの少なくとも1つは、前記シンチレータレイヤのうちの少なくとも2つの間に配置され、それによって、前記少なくとも2つのシンチレータレイヤは、前記少なくとも1つのセンサレイヤの2つの互いに反対側の面において前記少なくとも1つのセンサレイヤに光学的に結合され、  
前記少なくとも1つのセンサレイヤは、前記少なくとも2つのシンチレータレイヤによって射出された光を受け取る、X線検知器。

10

## 【請求項 2】

前記少なくとも2つのセンサレイヤの各々は、前記シンチレータレイヤのうちの少なくとも2つの間に配置され、及び/又は、  
前記センサレイヤの各々は、それぞれの前記センサレイヤの2つの互いに反対側の面に配置された前記シンチレータレイヤのうちの少なくとも2つによって射出された光を受け取る、請求項1に記載のX線検知器。

20

## 【請求項 3】

少なくとも1つの切り替え可能光学フィルタを更に備え、  
前記少なくとも1つの切り替え可能光学フィルタは、前記切り替え可能光学フィルタがシンチレータ光に対して透明である第1の状態と、前記切り替え可能光学フィルタがシンチレータ光をブロックする第2の状態との間で切り替え可能である、請求項1又は2に記載のX線検知器。

30

## 【請求項 4】

前記切り替え可能光学フィルタは、エレクトロクロミック光学フィルタである、請求項3に記載のX線検知器。

## 【請求項 5】

前記少なくとも1つの切り替え可能光学フィルタは、前記少なくとも2つのセンサレイヤの間に配置される、請求項3又は4に記載のX線検知器。

## 【請求項 6】

前記X線検知器は、前記少なくとも2つのセンサレイヤの間に配置された少なくとも1つの中央シンチレータレイヤを備え、

前記少なくとも1つの切り替え可能光学フィルタは、前記センサレイヤのうちの少なくとも1つと前記少なくとも1つの中央シンチレータレイヤとの間に配置される、請求項3乃至5のいずれか一項に記載のX線検知器。

40

## 【請求項 7】

前記X線検知器は、前記X線検知器の第1の外側面に配置された第1の外側シンチレータレイヤを備え

前記X線検知器は、前記第1の外側面の反対側である前記X線検知器の第2の外側面に配置された第2の外側シンチレータレイヤを備え、

前記X線検知器は、前記少なくとも2つのセンサレイヤの間に配置された少なくとも1つの中央シンチレータレイヤを備え、

前記少なくとも2つのセンサレイヤの各々と前記少なくとも1つの中央シンチレータレ

50

イヤとの間に、少なくとも１つの切り替え可能光学フィルタが配置される、請求項３乃至６のいずれか一項に記載のＸ線検知器。

【請求項８】

更なる中央シンチレータレイヤが前記少なくとも２つのセンサレイヤの間に配置され、少なくとも１つの更なる切り替え可能光学フィルタが前記中央シンチレータレイヤと前記更なる中央シンチレータレイヤとの間に配置される、請求項７に記載のＸ線検知器。

【請求項９】

シンチレータ光を吸収するための少なくとも１つの不透明レイヤ、及び／又はシンチレータ光を反射するための少なくとも１つの反射レイヤ、  
を更に備える、請求項１乃至８のいずれか一項に記載のＸ線検知器。

10

【請求項１０】

前記基板は、ガラス及び／又はポリマー材料から成る、請求項１乃至９のいずれか一項に記載のＸ線検知器。

【請求項１１】

Ｘ線放射をフィルタリングするための少なくとも１つの金属レイヤを更に備える、請求項１乃至１０のいずれか一項に記載のＸ線検知器。

【請求項１２】

Ｘ線放射を射出するためのＸ線源構成部と、  
請求項１乃至１１のいずれか一項に記載のＸ線検知器と、  
前記Ｘ線源構成部及び／又は前記Ｘ線検知器を制御するための制御器と、  
を備える、Ｘ線撮像装置。

20

【請求項１３】

前記Ｘ線源構成部及び前記Ｘ線検知器は、前記Ｘ線撮像装置の回転軸の周りを回転可能であり、

前記Ｘ線源構成部は、第１のエネルギー範囲の第１のＸ線ビームを射出するための第１のＸ線源と、前記第１のエネルギー範囲とは異なる第２のエネルギー範囲の第２のＸ線ビームを射出するための第２のＸ線源とを少なくとも備え、

前記制御器は、前記第１のＸ線源が前記回転軸の周りで取得位置に位置するときに、前記第１のＸ線源を始動させて、第１のＸ線画像を取得し、

前記制御器は、前記第２のＸ線源が前記回転軸の周りで前記取得位置に位置するときに、前記第２のＸ線源を始動させて、第２のＸ線画像を取得する、請求項１２に記載のＸ線撮像装置。

30

【請求項１４】

前記Ｘ線源構成部は、前記第１のＸ線ビームを射出するための第１の焦点スポットと前記第２のＸ線ビームを射出するための第２の焦点スポットとを有するＸ線チューブを備え、及び／又は、

前記Ｘ線源構成部は、前記第１のＸ線ビームを射出するための第１のＸ線チューブと前記第２のＸ線ビームを射出するための第２のＸ線チューブとを備える、請求項１３に記載のＸ線撮像装置。

【請求項１５】

請求項１乃至１１のいずれか一項に記載のＸ線検知器とＸ線源構成部とを有するＸ線撮像装置を動作させるための方法であり、

前記Ｘ線源構成部は、第１のエネルギー範囲の第１のＸ線ビームを射出するための第１のＸ線源と、前記第１のエネルギー範囲とは異なる第２のエネルギー範囲の第２のＸ線ビームを射出するための第２のＸ線源とを備える、方法であって、前記方法は、

前記第１のＸ線源が前記Ｘ線撮像装置の回転軸の周りで取得位置に位置するときに、前記第１のＸ線源によって前記第１のＸ線ビームを射出するステップと、

前記第１のＸ線源が前記取得位置に位置するときに、前記Ｘ線検知器によって第１のＸ線画像を取得するステップと、

前記第２のＸ線源が前記取得位置に位置するときに、前記第２のＸ線源によって前記第

40

50

2のX線ビームを射出するステップと、

前記第2のX線源が前記取得位置に位置するときに、前記X線検知器によって第2のX線画像を取得するステップと、  
を有する、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して、放射線検知器の分野に関する。より具体的には、本発明は、X線検知器、当該X線検知器を備えるX線撮像装置、及び当該X線検知器を有するX線撮像装置を動作させるための方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

スペクトルX線撮像は、X線放射の異なるエネルギー及び/又は異なるエネルギー範囲において取得されたいくつかのX線画像から追加的な情報が得られるので、ますます重要な分野になっている。

【0003】

スペクトルX線撮像では、様々なタイプのX線検知器が開発されている。このようなX線検知器の1つの例は、サンドイッチ検知器とも称されるいわゆる2層検知器であり、ここでは、例えば、シンチレータを有する2つの光検知器が、互いに重なり合って配置される。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

通常、X線硬化フィルタが、2つの光検知器の間に配置される。X線硬化フィルタによって、2つの光検知器によって検知されたX線の間でのエネルギー分離が増加され、それによって、照射された物体の異なる材質の減衰差を増加させる。しかしながら、X線硬化フィルタは、入射するX線の一部、特に、低エネルギーX線も吸収し、それによって、X線検知器の照射量効率に悪影響を与える可能性がある。

30

【0005】

本発明の目的は、向上した検知効率を有する向上したX線検知器を提供することである。

【0006】

この目的は、独立請求項の主題によって達成され、更なる実施形態が従属請求項及び以下の説明に組み込まれる。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の第1の態様によると、X線検知器が提供される。X線検知器は、X線放射を例えば可視光などのシンチレータ光へと変換するための少なくとも3つのシンチレータレイヤを備える。X線検知器は、少なくとも2つのセンサアレイであって、少なくとも2つセンサアレイの各々が、シンチレータレイヤのうちの少なくとも1つによって射出されたシンチレータ光を受け取るための複数の光感知ピクセルを備える、少なくとも2つのセンサアレイを更に備える。シンチレータレイヤの数はセンサアレイの数よりも多い。少なくとも3つのシンチレータレイヤ及び少なくとも2つのセンサアレイは、互いに重なり合って配置及び/又は積層される。更に、センサアレイのうちの少なくとも1つは、シンチレータレイヤのうちの少なくとも2つの間に配置され、それによって、前記少なくとも2つのシンチレータレイヤは、前記少なくとも1つのセンサアレイの2つの互いに反対側の面において前記少なくとも1つのセンサアレイに光学的に結合される。更には、前記少なくとも1つのセンサアレイは、前記少なくとも2つのシンチレータレイヤによって射出された

40

50

光を受け取るように構成及び／又は配置される。

【0008】

第1の態様の例によると、センサアレイの各々の光感知ピクセルは、屈曲可能及び／又は可撓性基板に配置される。特に、センサアレイの各々は、別個の屈曲可能及び／又は可撓性基板に配置される。しかしながら、代替的に、センサアレイは共通の基板に配置されてもよい。センサアレイ及び／又はセンサアレイの各々の光感知ピクセルを屈曲可能基板に配置することは、屈曲可能な、可撓性の及び／又は湾曲したX線検知器を提供することを特に可能にする。X線検知器及び／又はシンチレータレイヤの各々は、屈曲可能及び／又は可撓性である。例として、屈曲可能基板は、屈曲可能及び／又は可撓性基板フォイルである。ここで、及び以下において、「屈曲可能」及び／又は「可撓性」という語は、基板が、少なくとも $10^5$ 回にわたって、いかなる劣化も伴うことなく、無劣化及び／又は無損耗で折り曲げられ得及び／又は畳み込まれ得ることを意味する。また、X線検知器は、少なくとも $10^5$ 回にわたって、無劣化で、いかなる劣化も伴うことなく、及び／又は無損耗で折り曲げられ得及び／又は畳み込まれ得る。

10

【0009】

本発明の第2の態様によると、当該X線検知器を有するX線撮像装置が提供される。

【0010】

本発明の第3の態様によると、第1の態様によるX線検知器を有するX線撮像装置を動作させるための方法が提供される。

20

【0011】

上記の及び下記のX線検知器の特徴、要素、特性及び／又は機能は、X線撮像装置の特徴、要素、特性及び／又は機能、並びに方法の特徴、要素、特性及び／又はステップであることに留意されたい。その逆に、上記の及び下記のX線撮像装置の特徴、要素、特性及び／又は機能、並びに方法の特徴、要素、特性及び／又はステップは、X線検知器の特徴、要素、特性及び／又は機能である。換言すれば、本発明の1つの態様に関して説明される全ての特徴、機能、特性、ステップ及び／又は要素は、本発明の他の態様のうちの任意のものも指す。

【0012】

ここで、及び以下において、「光感知ピクセル」という語は、シンチレータレイヤのうちの少なくとも1つによって射出された電磁的放射を検知するために構成された検知要素を指す。シンチレータ光という語は、シンチレータレイヤのうちの少なくとも1つによって射出された電磁的放射を指す。光感知ピクセルは、それぞれのセンサアレイにおいて任意のパターンに配置される。

30

【0013】

複数のシンチレータレイヤの各々は、例えば、CsI、GOS（ガドリニウム酸硫化物）、ガーネット（例えば、LGGA、ルテチウムガドリニウムガリウムアルミニウムガーネット）、及び／又はNaIなどの任意のシンチレーション材料から成り、このシンチレーション材料は、光子及び／又は荷電粒子によって励起され得、シンチレータ光の射出によって励起が収まる。更に、シンチレータ材料は、柱状に成長したシンチレータ材料、及び／又は非柱状に成長したシンチレータ材料である。X線検知器のシンチレータレイヤは、同一のシンチレータ材料から成り、又は、複数のシンチレータレイヤのうちの少なくとも一部は、異なるシンチレータ材料から成る。

40

【0014】

更に、「光学的に結合される」という語は、少なくとも1つのシンチレータによって射出されたシンチレータ光が、検知されるために、少なくとも1つのセンサアレイ及び／又はその光感知ピクセルの少なくとも一部に送られ及び／又は衝突するように、光学的に接続されること及び／又は直接的に結合されることを指す。それ故、「光学的に結合される」は、シンチレータ光が、有意な吸収なしにそれぞれのセンサアレイに到達することを意味する。

【0015】

50

本発明の第1の態様を言い換えると、X線検知器は、複数のシンチレータレイヤと複数のセンサレイヤとを備える。シンチレータレイヤ及びセンサレイヤは、X線検知器の積層方向に沿って、互いに重なり合って積層される。それ故、X線検知器は、シンチレータレイヤ及びセンサレイヤのサンドイッチ構造を備え、X線検知器は、2層X線検知器及び/又はサンドイッチ検知器を指す。更に、センサレイヤのうちの少なくとも1つは、シンチレータレイヤのうちの少なくとも2つの間に配置され、それによって、前記少なくとも2つのシンチレータレイヤは、前記少なくとも1つのセンサレイヤによって積層方向に沿って離間される。それ故、前記少なくとも2つのシンチレータレイヤは、前記少なくとも1つのセンサレイヤの2つの互いに反対側の面に配置され、及び/又はそれらと接触し、センサレイヤの2つの互いに反対側の面は、積層方向に関して互いに向かい合う。センサレイヤの2つの互いに反対側の面は、センサレイヤの互いに反対側の面を指す。更に、前記少なくとも1つのセンサレイヤは、センサレイヤの2つの互いに反対側の面に配置された前記少なくとも2つのシンチレータレイヤによって射出されたシンチレータ光を受け取り、及び/又は収集するように配置及び/又は構成される。

10

20

30

#### 【0016】

本発明は、以下の知見に基づくものと見なされる。2重エネルギーX線撮像のために2層X線検知器を使用することは、X線検知器において測定されるX線減衰が、互いに重なり合って配置された少なくとも2つのセンサレイヤによって検知されることを意味する。X線検知器に衝突するX線放射は、X線検知器に含まれるシンチレータレイヤの中で分散される。例として、X線源の近くに配置された第1のシンチレータレイヤは、X線放射の低エネルギー部分をシンチレータ光へと変換するように構成され、第1のシンチレータレイヤよりもX線源から更に離れて配置された第2のシンチレータレイヤは、X線放射の高エネルギー部分をシンチレータ光へと変換するように構成される。従来のX線検知器においては、第1のセンサレイヤは、2つのシンチレータレイヤの間に配置され、第2のセンサレイヤは、第2のシンチレータレイヤの下方に配置される。このようにして、低エネルギーX線画像が、第2のセンサレイヤよりもX線源の近くに配置された第1のセンサレイヤによって取得され、高エネルギーX線画像が、第2のセンサレイヤによって取得される。2つのセンサレイヤの間でのエネルギー分離を増加させるため、第2のシンチレータレイヤは、通常、高エネルギーX線量子をできる限り多く吸収するために、むしろ厚いものであり、特に、第1のシンチレータレイヤよりも厚い。しかしながら、より厚いシンチレータレイヤは、例えば、それぞれのシンチレータレイヤ内でのシンチレータ光の散乱及び/又は拡散のせいで、X線検知器の及び/又はそれぞれのシンチレータレイヤの変調伝達関数(MTF)を低下させる。更に、従来のX線検知器は、第1及び第2のX線画像の検出量子効率(DQE)が低い。ここで、第1のX線画像及び/又は第2のX線画像は、低エネルギーX線画像又は高エネルギーX線画像のいずれかを指す。

#### 【0017】

従来のX線検知器とは対照的に、本発明によるX線検知器においては、センサレイヤのうちの少なくとも1つは、それぞれのセンサレイヤの2つの互いに反対側の面に配置された少なくとも2つのシンチレータレイヤによって射出されたシンチレータ光を受け取り、及び/又は収集するように構成される。それ故、この少なくとも1つのセンサレイヤは、2つの互いに反対側の面からのシンチレータ光によって照らされる。結果として、例えば、少なくとも2つのセンサレイヤの間に配置されたシンチレータレイヤは、従来のX線検知器と比べてより薄くてよく、それによって、変調伝達関数の低下を減少させる。例えば、従来のX線検知器と比べると、第2のシンチレータレイヤは分割され、2つの薄いシンチレータレイヤが少なくとも1つのセンサレイヤの2つの互いに反対側の面に配置される。2つの互いに反対側の面に配置されたシンチレータレイヤにおいて変換及び/又は吸収される高エネルギーX線光子及び/又はX線量子の数は最大化され、それによって、従来のX線検知器と比較して、DQEを増加、向上及び/又は最適化する。更に、従来のX線検知器と比較して、MTFが、向上及び/又は最適化される。結果として、同様により薄いシンチレータレイヤ及び/又はより速く励起が収まる非柱状に成長したシンチレータ材

40

50

料のシンチレータレイヤが使用され得る。全体として、X線検知器の検知効率が向上される。

【0018】

これとは別に、高エネルギーX線画像のためのシンチレータ積層体をより厚くすることができるので、低エネルギーシンチレータも厚くすることができる。このことは、本発明のX線検知器を使用するスペクトルX線撮像の画像品質を更に向上させる。

【0019】

また、X線検知器における総X線吸収がより高いので、少なくとも2つのセンサレイによって取得された画像が加算される非スペクトルX線撮像における画像品質も向上される。

10

【0020】

従って、本発明のX線検知器は、スペクトル及び非スペクトルX線撮像の両方について向上した検知器特性を有し、従来の検知器と比べて、以下に要約されるようにいくつかの利点を有する。特に、本発明のX線検知器は、スペクトル及び非スペクトルX線撮像の両方において向上したDQEを有する。更に、提案されるX線検知器は、高エネルギーX線画像について、向上したMTFを可能にし、このことは、従来のX線検知器と比べてMTFを損なうことなく、より速いシンチレータの非柱状に成長した材料を使用することを可能にする。

【0021】

シンチレータ光によって2つの面から照らされ得る少なくとも1つのセンサレイを使用することによって、DQEは、2重エネルギー（すなわち、スペクトル）X線撮像及び非スペクトルX線撮像の両方において向上される。非スペクトルX線撮像において、個々のシンチレータレイヤは、従来の検知器におけるよりも薄くてよく、このことは、向上したMTFにつながり、一方で、総シンチレータレイヤ厚、すなわちX線検知器における全てのシンチレータレイヤの厚さの合計が増加され得、このことはDQEを向上させる。更に、スペクトルX線撮像及び/又は2重エネルギーX線撮像において、少なくとも2つのセンサレイの間に配置されたシンチレータレイヤは、2つのより薄いシンチレータレイヤに分割され、それ故、従来のX線検知器と比べてより高エネルギーのX線量子が吸収され得る一方で、MTFも従来のX線検知器と比較して向上され得る。更には、少なくとも2つのセンサレイによって取得された2つのX線画像におけるX線量子ノイズは、比較

20

30

【0022】

実施形態によると、少なくとも2つのセンサレイの各々は、シンチレータレイヤのうちの少なくとも2つの間に配置される。代替的に又は追加的に、センサレイの各々は、それぞれのセンサレイの2つの互いに反対側の面に配置されたシンチレータレイヤのうちの少なくとも2つによって射出された光を受け取るように構成される。例として、X線検知器は、2つのセンサレイ及び3つのシンチレータレイヤの積層体を備え、センサレイ及びシンチレータレイヤは互いに重なり合って交互に配置され、シンチレータレイヤのうちの2つは、X線検知器の2つの外側面に配置される。このようにして、DQE及び/又は全体的な検知効率が更に向上される。

40

【0023】

実施形態によると、X線検知器は、少なくとも1つの切り替え可能光学フィルタを更に備え、少なくとも1つの切り替え可能光学フィルタは、切り替え可能光学フィルタがシンチレータ光に対して透明である第1の状態と、切り替え可能光学フィルタがシンチレータ光をブロックする第2の状態との間で切り替え可能である。第1の状態において、シンチレータ光は、妨害されることなく、すなわちほとんど吸収されることなく、切り替え可能光学フィルタを横断する。対照的に、第2の状態において、シンチレータ光は、切り替え可能光学フィルタによって吸収及び/又は反射される。概して、このことは、X線検知器

50

が様々な異なる動作モードにおいて動作することを可能にするという点において、X線検知器の全体的な汎用性を増加させる。

【0024】

実施形態によると、切り替え可能光学フィルタは、エレクトロクロミック光学フィルタである。切り替え可能光学フィルタは、例えばX線撮像装置の制御器及び/又はX線検知器の制御器から電気信号を受信することによって第1の状態と第2の状態との間で切り替わるように構成される。切り替え可能光学フィルタは、例えば、ピオロゲン、例えば三酸化タングステンなどの遷移金属酸化物、及び/又は任意の他の適切な材料から成る。更には、切り替え可能光学フィルタは、1つ又は複数の液晶から成ってもよい。

【0025】

切り替え可能光学フィルタはピクセル構造を有し、及び/又は切り替え可能光学フィルタはピクセル化された切り替え可能光学フィルタである。換言すれば、切り替え可能光学フィルタは、切り替え可能光学フィルタ要素のアレイを備える。切り替え可能光学フィルタのピクセル構造は、センサアレイのうちの少なくとも1つの光感知ピクセルの幾何学的配置と相関する。切り替え可能光学フィルタのピクセル構造は、センサアレイのうちの少なくとも1つ及び/又はセンサアレイのうちの少なくとも1つの光感知ピクセルの幾何学的配置と一致される。それ故、切り替え可能光学フィルタの状態は、全ての切り替え可能光学フィルタ要素について同一であるか、又は状態は、切り替え可能光学フィルタ要素の一部が第1の状態にあり、切り替え可能光学フィルタ要素の別の部分が第2の状態にあるように、ピクセルに関して制御される。ここで、各切り替え可能光学フィルタ要素は、独立的に制御され及び/又は切り替えられる。例として、関心領域が、切り替え可能光学フィルタの残りの部分とは別の状態になる。

【0026】

これとは別に、切り替え可能光学フィルタは、材料に電圧を印加することによって材料の属性が修正されるエレクトロウェットング技術に基づくか、及び/又は、用いている。このことは、例えば、切り替え可能光学フィルタ要素の各々の幾何学的伸長を修正することを可能にする。

【0027】

実施形態によると、少なくとも1つの切り替え可能光学フィルタは、少なくとも2つのセンサアレイの間に配置される。少なくとも2つのセンサアレイは、切り替え可能光学フィルタによって、X線検知器の積層方向に沿って離間される。

【0028】

実施形態によると、X線検知器は、少なくとも2つのセンサアレイの間に配置された少なくとも1つの中央シンチレータレイヤを備え、少なくとも1つの切り替え可能光学フィルタは、センサアレイのうちの少なくとも1つと少なくとも1つの中央シンチレータレイヤとの間に配置される。少なくとも2つのセンサアレイは、少なくとも1つの切り替え可能光学フィルタ及び前記少なくとも1つの中央シンチレータレイヤによって、積層方向に沿って離間される。少なくとも1つの切り替え可能光学フィルタは、それぞれのセンサアレイのうちの1つの面に配置され、及び/又はそれと接触する。このことは、切り替え可能光学フィルタが第2の状態にあるときに、それぞれのセンサアレイのこの特定の面からのシンチレータ光をブロックすることを可能にする。更に、切り替え可能光学フィルタは、第2の状態において、シンチレータ光を反射するように構成され得るので、シンチレータ光は更なるセンサアレイに戻るよう反射され得る。X線検知器の汎用性を増加させることは別に、このことは画像品質及び/又は全体的な検知効率を更に向上させることを可能にする。

【0029】

実施形態によると、X線検知器は、X線検知器の第1の外側面に配置された第1の外側シンチレータレイヤを備える。第1の外側シンチレータレイヤは、X線検知器の上部シンチレータレイヤを指す。更に、X線検知器は、第1の外側面と反対側のX線検知器の第2の外側面に配置された第2の外側シンチレータレイヤを備える。第2のシンチレータレイ

10

20

30

40

50



ヤは、X線検知器の底部シンチレータレイヤを指す。更には、X線検知器は、少なくとも2つのセンサレイの間に配置された少なくとも1つの中央シンチレータレイヤを備える。ここで、少なくとも2つのセンサレイの各々と少なくとも1つの中央シンチレータレイヤとの間に、少なくとも1つの切り替え可能光学フィルタが配置される。少なくとも1つの中央シンチレータレイヤによって射出されたシンチレータ光は、それぞれの切り替え可能光学フィルタを、シンチレータ光が吸収及び/又は反射される第2の状態に切り替えることによって、少なくとも2つのセンサレイのいずれからもブロックされる。このことは、更に、動作モードの数を増やし、それ故、X線検知器の汎用性を増す。このような動作モードは、例えば、切り替え可能光学フィルタのうちの1つが第1の状態に切り替えられ、他の切り替え可能光学フィルタが第2の状態に切り替えられることを指す。同様に、両方の切り替え可能光学フィルタが、第1の状態又は第2の状態に切り替えられてもよい。

10

#### 【0030】

実施形態によると、更なる中央シンチレータレイヤが、少なくとも2つのセンサレイの間に配置され、少なくとも1つの更なる切り替え可能光学フィルタが、2つの中央シンチレータレイヤの間に配置される。換言すれば、X線検知器は、3つの切り替え可能光学フィルタを備え、3つの切り替え可能光学フィルタ及び少なくとも2つの中央シンチレータレイヤは、互いに重なり合って交互に配置され、並びに少なくとも2つのセンサレイの間に配置される。少なくとも2つのセンサレイの間に更なる中央シンチレータレイヤを設けることで、少なくとも2つのセンサレイの間でのエネルギー分離が増加される。

20

#### 【0031】

実施形態によると、X線検知器は、シンチレータ光を吸収するための少なくとも1つの不透明レイヤを更に備える。追加的に又は代替的に、X線検知器は、シンチレータ光を反射するための少なくとも1つの反射レイヤを備える。不透明レイヤ及び/又は反射レイヤは、少なくとも2つのセンサレイの間に配置される。不透明レイヤ及び/又は反射レイヤは、X線検知器の外側面及び/又は外側面にも配置され得る。このような不透明レイヤ及び/又はこのような反射レイヤによって、例えば、異なるシンチレータレイヤの間で光学的クロストークが除去及び/又は低減される。

#### 【0032】

実施形態によると、センサレイの各々の光感知ピクセルは、基板に配置される。特に、基板は、薄い及び/又は非常に薄い基板である。ここで、基板は、ガラス及び/又はポリマー材料から成る。特に、基板は、可撓性、屈曲可能、及び/又はシンチレータ光に対して透明である。例として、基板は、例えばポリイミド(PI)、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエチレンナフタレート(PEN)、及び/又はこれらの任意の組合せなどのポリマー材料から成る基板フォイルである。基板の厚さは、数 $\mu\text{m}$ から約1mmの範囲であり、特に、約5 $\mu\text{m}$ から500 $\mu\text{m}$ の範囲、より詳細には、約10 $\mu\text{m}$ から約100 $\mu\text{m}$ の範囲である。光感知ピクセルをこのような薄い及び/又は透明な基板に配置することによって、それぞれのセンサレイの2つの互いに反対側の面が、シンチレータ光を検知するために使用される。また、このことは、コスト効率の良い、コンパクトな、平坦な、可撓性の、湾曲した、及び/又は屈曲可能なX線検知器を提供することを可能にする。

30

40

#### 【0033】

更には、センサレイのうちの少なくとも1つの、アドレッシング回路及び/又は読み出し回路などの、電子回路も、それぞれのセンサレイの2つの互いに反対側の面に配置された2つのシンチレータレイヤからのシンチレータ光をそれぞれのセンサレイが収集すること及び/又は受け取ることを可能にするために、透明であってよい。

#### 【0034】

実施形態によると、X線検知器は、X線放射をフィルタリングするための少なくとも1つの金属レイヤを更に備える。少なくとも1つの金属レイヤは、少なくとも2つのセンサレイの間でのエネルギー分離を増加させるために、少なくとも2つのセンサレイの間

50

に配置される。金属レイヤは、X線光子を吸収するために、例えばCu、Sn及び/又はAgなどの任意の適切な高Z材料から成る。金属レイヤの厚さは、約10 $\mu$ mから約500 $\mu$ mの範囲、特に、約50 $\mu$ mから約200 $\mu$ mの範囲である。

【0035】

本発明の第2の態様によると、X線撮像装置が提供される。X線撮像装置は、X線放射を射出するためのX線源構成部と、上記の及び下記のような、X線源構成部によって射出されたX線放射を検知するためのX線検知器とを備える。X線源構成部は、マルチX線源又はシングルX線源を指す。更に、X線撮像装置は、X線源及び/又はX線検知器を制御するための制御器を備える。X線源構成部及びX線検知器は、X線撮像装置の回転軸の周りを回転可能であり、それによって3D撮像を可能にする。

10

【0036】

制御器は、例えば、制御回路、制御モジュール及び/又は制御ユニットを指す。制御器は、例えば画像データを処理するための画像処理モジュール及び/又は画像プロセッサなどの、様々なサブモジュール及び/又はサブ回路を備え得る。

【0037】

概して、X線撮像装置は、任意のX線撮像装置を指す。特に、X線撮像装置は、3D撮像のために構成される。X線撮像装置は、コンピュータ断層撮影(CT)装置、Cアームシステム及び/又はコーンビームCT(CBCT)装置を指す。

【0038】

X線検知器は、平坦であるか、湾曲しているか、屈曲可能であるか、及び/又は可撓性であってよい。また、X線検知器は、全体的なCT又はCBCTガントリに実質的に配置される。それ故、X線源構成部のための1つ又は複数の開口を除いて、X線検知器は、全体的なガントリをカバーする。

20

【0039】

実施形態によると、X線源構成部及びX線検知器は、X線撮像装置の回転軸の周りを回転可能であり、X線源構成部は、第1のエネルギー範囲の第1のX線ビームを射出するための第1のX線源と、第1のエネルギー範囲とは異なる第2のエネルギー範囲の第2のX線ビームを射出するための第2のX線源とを少なくとも備える。第1のX線ビームは、例えば、低エネルギー及び/又は低kVビームを指し、第2のX線ビームは、高エネルギー及び/又は高kVビームを指す。第1及び第2のX線ビームは、スペクトルX線撮像のために有利に使用される。更に、制御器は、第1のX線源が回転軸の周りで取得位置に位置するときに、第1のX線源を始動させ、及び第1のX線画像を取得するように構成され、制御器は、第2のX線源が回転軸の周りで取得位置に位置するときに、第2のX線源を始動させ、及び第2のX線画像を取得するように構成される。

30

【0040】

第1のX線源及び/又は第2のX線源を始動させることは、上記の及び下記のX線検知器に限定されるものではないことに留意されたい。換言すれば、第1のX線源及び/又は第2のX線源を始動させることは、任意のタイプのX線検知器とともに使用され得る。X線撮像装置は、任意のタイプのX線検知器を備えてよい。

【0041】

X線検知器が少なくとも2つのセンサレイを備えるならば、これら少なくとも2つのセンサレイの各々は別個の画像を取得し得る。それ故、第1のX線画像及び第2のX線画像は、少なくとも2つのセンサレイによって、それぞれ特定のビームエネルギーにおいてキャプチャされた画像ペアを指す。X線検知器が少なくとも2つのセンサレイを備え、センサレイの各々が異なるエネルギー範囲におけるX線を測定及び/又は検知するように構成されるので、このようなX線検知器を、異なるエネルギーの2つのX線ビームで照射することは、図面を参照してより詳細に説明されるように、2つの異なるビームエネルギーにおいて2つのセンサレイによって取得される画像の照射量効率の良い組合せを可能にするので有利である。

40

【0042】

50

概して、上述の実施形態において、X線撮像装置及び／又は制御器は、X線検知器の回転速度をX線露出と同期させるように構成される。換言すれば、取得頻度は、X線検知器及び／又はX線源構成部の回転頻度と同期される。結果として、第1のX線画像及び第2のX線画像は、空間的に一致する。また、第1のX線画像及び第2のX線画像は、例えば、第1及び第2のX線源が互いに対して空間的に接近しているならば、時間的に擬似同時である。

【0043】

実施形態によると、X線源構成部は、第1のX線ビームを射出するための第1の焦点スポットと第2のX線ビームを射出するための第2の焦点スポットとを有するX線チューブを備える。代替的に又は追加的に、X線源構成部は、第1のX線ビームを射出するための第1のX線チューブと第2のX線ビームを射出するための第2のX線チューブとを備える。X線源構成部は、ステレオX線チューブ及び／又は2重焦点スポットX線チューブを備える。

10

【0044】

第3の態様によると、上記の及び下記のX線検知器とX線源構成部とを有するX線撮像装置を動作させるための方法が提供される。X線源構成部は、第1のエネルギー範囲の第1のX線ビームを射出するための第1のX線源と、第1のエネルギー範囲とは異なる第2のエネルギー範囲の第2のX線ビームを射出するための第2のX線源とを備える。方法は、

第1のX線源がX線撮像装置の回転軸の周りで取得位置に位置するときに、第1のX線源によって第1のX線ビームを射出するステップと、

20

第1のX線源が取得位置に位置するときに、X線検知器によって第1のX線画像を取得するステップと、

第2のX線源が取得位置に位置するときに、第2のX線源によって第2のX線ビームを射出するステップと、

第2のX線源が取得位置に位置するときに、X線検知器によって第2のX線画像を取得するステップと、  
を有する。

【0045】

X線検知器及び／又はX線撮像装置に関する上記の及び下記の任意の特徴、特性、要素及び／又は機能は、方法の特徴、特性、要素及び／又はステップであり、その逆も同様であることに留意されたい。

30

【0046】

上記の本発明の態様及び本発明の他の態様は、以下に説明される実施形態から明らかであり、それらを参照することで解明されるであろう。

【0047】

本発明の主題が、添付の図面に示された例示的な実施形態を参照して、以下においてより詳細に説明される。

【図面の簡単な説明】

【0048】

40

【図1A - 1D】例によるX線検知器を概略的に示す図である。

【図2】実施形態によるX線検知器を概略的に示す図である。

【図3A】実施形態によるX線検知器を概略的に示す図である。

【図3B - 3D】図3AのX線検知器の動作モードを概略的に示す図である。

【図4A - 4B】実施形態によるX線検知器を概略的に示す図である。

【図5A - 5B】実施形態によるX線検知器を概略的に示す図である。

【図6】実施形態によるX線検知器を概略的に示す図である。

【図7】実施形態によるX線検知器を概略的に示す図である。

【図8】実施形態によるX線撮像装置を概略的に示す図である。

【図9】実施形態によるX線撮像装置を概略的に示す図である。

50

【図 10】実施形態による X 線撮像装置を動作させるための方法のステップを示すフローチャートを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0049】

原則として、同一の、似通った及び / 又は類似の要素は図面において同一の参照記号を有している。図面は縮尺通りではない。

【0050】

図 1 A は、例による X 線検知器 100 を概略的に図示する。

【0051】

図 1 A の X 線検知器 100 は、センサレイ 104 の上に配置されたシンチレータレイヤ 102 を備える。ここで、シンチレータレイヤ 102 は、X 線検知器 100 の積層方向 101 に沿ってセンサレイ 104 の上に積層される。

【0052】

センサレイ 104 は、ガラス基板 106 を備え、その上に複数の光感知ピクセル 108 が配置される。

【0053】

X 線放射は、衝突方向 200 に沿って X 線検知器 100 に衝突し、この衝突方向 200 は、積層方向 101 に対して実質的に逆平行である。シンチレータレイヤ 102 に衝突する X 線光子及び / 又は X 線量子は、シンチレータ光 110 へと少なくとも部分的に変換され、このシンチレータ光 110 は、センサレイ 104 の光感知ピクセル 108 の少なくとも一部によって検知される。

【0054】

図 1 B は、例による X 線検知器 100 を概略的に図示する。そうでないことが述べられない限り、図 1 B の X 線検知器 100 は、図 1 A の X 線検知器 100 と同一の特徴及び / 又は要素を備える。

【0055】

図 1 B の X 線検知器 100 は、第 1 のシンチレータレイヤ 102 a と、第 2 のシンチレータレイヤ 102 b と、第 1 のシンチレータレイヤ 102 a と第 2 のシンチレータレイヤ 102 b との間に配置された第 1 のセンサレイ 104 a とを備える、いわゆる 2 重エネルギー X 線検知器 100 である。第 2 のシンチレータレイヤ 102 b の下には、第 2 のセンサレイ 104 b が配置される。積層方向 101 に沿って、第 2 のセンサレイ 104 b、第 2 のシンチレータレイヤ 102 b、第 1 のセンサレイ 104 a 及び第 1 のシンチレータレイヤ 102 a が、互いに重なり合って積層される。

【0056】

第 1 のセンサレイ 104 a は第 1 のガラス基板 106 a を備え、その上に複数の光感知ピクセル 108 a が配置される。同様に、第 2 のセンサレイ 104 b は第 2 のガラス基板 106 b を備え、その上に複数の光感知ピクセル 108 b が配置される。

【0057】

衝突方向 200 に沿って X 線検知器 100 に衝突する X 線放射は、通常、特定のエネルギー範囲の X 線光子を含む。X 線放射の低エネルギー部分は、第 1 のシンチレータレイヤ 102 a において吸収され、第 1 のシンチレータレイヤ 102 a においてシンチレータ光 110 を生成する。次いで、第 1 のシンチレータレイヤ 102 a において生成されたこのシンチレータ光 110 は、第 1 のセンサレイ 104 a によって検知される。それ故、第 1 のセンサレイ 104 a は、低エネルギー X 線画像を取得するように構成される。

【0058】

X 線放射の高エネルギー部分は、高エネルギー X 線光子の平均自由行程長が増加しているせいで、第 1 のシンチレータレイヤ 102 a 及び第 1 のセンサレイ 104 a を横断し、第 2 のシンチレータレイヤ 102 b においてシンチレータ光 110 を生成する。次いで、高エネルギー X 線光子によって第 2 のシンチレータレイヤ 102 b において生成されたシンチレータ光 110 は、第 2 のセンサレイ 104 b によって検知される。それ故、第

10

20

30

40

50

2のセンサレイ104bは、高エネルギーX線画像を取得するように構成される。図1BのX線検知器100によって、X線放射によるX線検知器100の一度の露出で、低エネルギー画像と高エネルギー画像との画像ペアが取得される。第1のセンサレイ104aと第2のセンサレイ104bとの間でのエネルギー分離を増加させるために、第2のシンチレータレイヤ102bは、第1のシンチレータレイヤ102aよりも厚い。ここで、シンチレータレイヤ102a、102bの厚さは、積層方向101に沿って測定される。

【0059】

図1Cは、例によるX線検知器100を概略的に図示する。そうでないことが述べられない限り、図1CのX線検知器100は、図1A及び図1BのX線検知器100と同一の特徴及び/又は要素を備える。

10

【0060】

図1BのX線検知器100とは対照的に、図1CのX線検知器100は、ポリマー材料から成る基板106aを有する第1のセンサレイ104aを備える。基板106aは、薄いポリマーフォイルであり、その上に光感知ピクセル108aが配置される。このようなセンサレイ104aは、フォイル上検知器とも称される。

【0061】

同様に、第2のセンサレイ104bの基板106bもポリマー材料から成る薄い基板フォイルである。このことは、コスト効率の良い、コンパクトな、平坦な、湾曲した、屈曲可能な及び/又は可撓性のX線検知器100を提供することを可能にする。

20

【0062】

図1BのX線検知器100と同じように、図1CのX線検知器は、低エネルギー画像及び高エネルギー画像を取得するように構成された2重エネルギーX線検知器100である。

【0063】

図1Dは、例によるX線検知器100を概略的に図示する。そうでないことが述べられない限り、図1DのX線検知器100は、前述の図面において図示されたX線検知器100と同一の特徴及び/又は要素を備える。

【0064】

図1CのX線検知器100とは対照的に、図1DのX線検知器100の第1のセンサレイ104a及び第2のセンサレイ104bは、背中合わせに配置される。X線検知器100は、積層方向101に沿って、第2のシンチレータレイヤ102b、第2のセンサレイ104b、第1のセンサレイ104a、及び第1のシンチレータレイヤ102aを備える。

30

【0065】

シンチレータ光110は各空間的方向において生成及び/又は射出されるという事実を踏まえると、図4Dの第2のセンサレイ104bも、X線放射の高エネルギー部分を主に検知するように構成される。

【0066】

図2は、実施形態によるX線検知器100を概略的に図示する。そうでないことが述べられない限り、図2のX線検知器100は、前述の図面において図示されたX線検知器100と同一の特徴及び/又は要素を備える。

40

【0067】

図2のX線検知器100は、全体的に、複数のシンチレータレイヤ102a、102b、102cと複数のセンサレイ104a、104bとを備え、シンチレータレイヤ102a~102cの数は、センサレイ104a、104bの数よりも多く、すなわち、X線検知器100は、センサレイ104a、104bよりも多くのシンチレータレイヤ102a~102cを備える。図2に図示される例において、X線検知器100は、全部で3つのシンチレータレイヤ102a~102cと2つのセンサレイ104a、104bとを備える。それ故、図2の検知器100は2重エネルギー検知器100を指す。しかし

50

ながら、X線検知器100は、4つ以上のシンチレータレイヤ102a~102c及び/又は3つ以上のセンサレイ104a、104bを備えてもよい。

【0068】

より具体的には、図2のX線検知器100は、X線検知器100の第1の外側面112に配置された第1の外側シンチレータレイヤ102aを備える。第1の外側面112は、衝突方向200に沿ってX線放射が最初に衝突するX線検知器100の面を指す。

【0069】

X線検知器100は、X線検知器100の第2の外側面114に配置された第2の外側シンチレータレイヤ102cを更に備える。X線検知器100の第1の外側面112及び第2の外側面114は互いに向かい合い、及び/又は互いに対して反対側に配置される。

10

【0070】

更に、X線検知器100は、第1の外側シンチレータレイヤ102aと第2の外側シンチレータレイヤ102cとの間に配置された中央シンチレータレイヤ102bを備える。

【0071】

更には、X線検知器100は、第1の外側シンチレータレイヤ102aと中央シンチレータレイヤ102bとの間に配置された第1のセンサレイ104aを備える。第2のセンサレイ104bは、中央シンチレータレイヤ102bと第2の外側シンチレータレイヤ102cとの間に配置される。

【0072】

積層方向101に沿って、X線検知器100は、第2の外側シンチレータレイヤ102c、第2のセンサレイ104b、中央シンチレータレイヤ102b、第1のセンサレイ104a、及び第1の外側シンチレータレイヤ102aによって構成される。これとは別に、X線検知器100は、X線検知器100の中央平面105に対して対称的であり、及び/又は対称的に配置される。ここで、中央平面105は、積層方向101に対して垂直であり、X線検知器100の第1及び/又は第2の面112、114に対して平行である。

20

【0073】

第1のセンサレイ104aは、第1の基板106aを備え、この上に複数の光感知ピクセル108aが配置される。第1の基板106aは、中央シンチレータレイヤ102bに対向する第1のセンサレイ104aの面に配置され、又は代替的に、第1の外側シンチレータレイヤ102aに対向する第1のセンサレイ104aの面に配置される。同様に、第2のセンサレイ104bは、第2の基板106bを備え、この上に複数の光感知ピクセル108bが配置される。第2の基板106bは、中央シンチレータレイヤ102bに対向する第2のセンサレイ104bの面に配置され、又は代替的に、第2の外側シンチレータレイヤ102cに対向する第2のセンサレイ104bの面に配置される。第1及び第2の基板106a、106bは、薄い及び/又は非常に薄い基板である。第1及び第2の基板106a、106bは、ガラス及び/又はポリマー材料から成る。例として、第1及び第2の基板106a、106bは、ポリイミド(PI)、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエチレンナフタレート(PEN)、及び/又はこれらの任意の組合せから成る基板フォイルである。第1及び第2の基板106a、106bの各々の厚さは、数 $\mu\text{m}$ から約1mmの範囲であり、特に、約5 $\mu\text{m}$ から500 $\mu\text{m}$ の範囲、より詳細には、約10 $\mu\text{m}$ から約100 $\mu\text{m}$ の範囲である。第1及び第2の基板106a、106bの各々(又はそれらのうちの少なくとも1つ)は、シンチレータ光110に対して透明である。

30

40

【0074】

光感知ピクセル108a、108bは、それぞれの第1の又は第2の基板106a、106b上に任意のパターンに配置される。しかしながら、ピクセル108a、108bは、それぞれの基板106a、106bに、いくつかの列及び/又はいくつかの行に配置される。これとは別に、光感知ピクセル108a、108bから電気信号を受信する読み出し電子回路、及び/又は光感知ピクセル108a、108bのアドレッシングを行うアド

50

レッシング電子回路もそれぞれの第 1 及び / 又は第 2 の基板 1 0 6 a、1 0 6 b 上に配置される。

【 0 0 7 5 】

第 2 のセンサレイ 1 0 4 b の第 1 の面 1 0 3 a は、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b が、中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b によって射出されたシンチレータ光 1 1 0 を第 1 の面 1 0 3 a において受け取り、及び / 又は収集するように、中央シンチレータ 1 0 2 b に光学的に結合される。第 1 の面 1 0 3 a に向かい合い、及び / 又はこれに対して反対側に配置される第 2 のセンサレイ 1 0 4 b の第 2 の面 1 0 3 b は、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b が、第 2 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 c によって射出されたシンチレータ光 1 1 0 を第 2 の面 1 0 3 b において受け取り、及び / 又は収集するように、第 2 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 c に光学的に結合される。それ故、図 2 において円で囲まれた領域に描かれるように、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b は、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b の 2 つの互いに反対側の面 1 0 3 a、1 0 3 b に配置された 2 つのシンチレータレイヤ 1 0 2 b、1 0 2 c からのシンチレータ光 1 1 0 を受け取り、及び / 又は収集する。概して、このことは、中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b を、例えば図 1 C の例において図示される第 2 のシンチレータレイヤ 1 0 2 b よりも薄く設計することを可能にし、向上した D Q E ( 検出量子効率 ) 及び / 又は最適化された M T F ( 変調伝達関数 ) をもたらす。

10

【 0 0 7 6 】

第 2 のセンサレイ 1 0 4 b と同じように、第 1 のセンサレイ 1 0 4 a も、第 1 のセンサレイ 1 0 4 a の 2 つの互いに反対側の面からのシンチレータ光 1 1 0 を受け取り、及び / 又は収集するように構成される。第 1 のセンサレイ 1 0 4 a は、センサレイ 1 0 4 a の第 1 の面において、第 1 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 a に光学的に結合され、第 1 の面の反対側のセンサレイ 1 0 4 a の第 2 の面において中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b に光学的に結合される。

20

【 0 0 7 7 】

しかしながら、図 2 に図示される例においては、切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 が、第 1 のセンサレイ 1 0 4 a と中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b との間に配置される。切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 は、単に任意選択的なものであることに留意されたい。切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 は、切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 がシンチレータ光 1 1 0 に対して透明である第 1 の状態と、切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 がシンチレータ光 1 1 0 をブロックする第 2 の状態との間で切り替え可能である。第 2 の状態において、シンチレータ光 1 1 0 は、切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 によって吸収され、及び / 又は切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 によって反射される。切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 は、例えば X 線撮像装置の制御器 ( 図 7 及び図 8 を参照 ) 及び / 又は X 線検知器 1 0 0 の制御器から電気信号を受信することによって第 1 の状態と第 2 の状態との間で切り替わるように構成される。切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 は、例えば、ピオロゲン、例えば三酸化タングステンなどの遷移金属酸化物、及び / 又は任意の他の適切な材料から成る。代替的に又は追加的に、切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 は、1 つ又は複数の液晶から成ってもよい。

30

【 0 0 7 8 】

第 1 の基板 1 0 6 a は、中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b に対向する第 1 のセンサレイ 1 0 4 a の面に配置され、又は、代替的に、第 1 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 a に対向する第 1 のセンサレイ 1 0 4 a の面に配置される。図 2 において図示される実施形態においては、切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 は、第 1 の基板 1 0 6 a と接触している。しかしながら、第 1 のセンサレイ 1 0 4 a は、切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 が光感知ピクセル 1 0 8 a 及び / 又は光感知ピクセル 1 0 8 a の少なくとも一部を覆う保護レイヤと接触するように配置されてもよい。

40

【 0 0 7 9 】

金属レイヤ及び / 又は金属フィルタが中央平面 1 0 5 に配置されてよいことに留意されたい。このような金属レイヤ及び / 又は金属フィルタは、反射体としても働く金属製スベ

50

クトル分離フィルタである。このことは、X線検知器100が、少なくとも2つの動作モードにおいて動作することを可能にし、中間的なスペクトル分離を必要とする用途については、切り替え可能光学フィルタ116は第2の状態において不透明であり、高スペクトル分離を必要とする用途については、切り替え可能光学フィルタ116は第2の状態において黒色であり、こうして、シンチレータレイヤ102bをスペクトル分離フィルタに追加し、及び/又はシンチレータレイヤ102bをスペクトル分離フィルタとして使用する。

#### 【0080】

図2に図示される例においては、切り替え可能光学フィルタ116は第2の状態に切り替えられており、切り替え可能光学フィルタ116に当たるシンチレータ光110を描写する矢印によって示されるように、シンチレータ光110は切り替え可能光学フィルタ116によって反射されている。結果として、第1のセンサレイ104aは、中央シンチレータレイヤ102bから光学的に切り離され、第1の外側シンチレータレイヤ102aによって射出されたシンチレータ光110だけを受け取る。しかしながら、切り替え可能光学フィルタ116を第1の状態に切り替えることによって、第1のセンサレイ104aは、中央シンチレータレイヤ102bと光学的に結合され、それによって、2つの互いに反対側の面からシンチレータ光110を受け取る。切り替え可能光学フィルタ116を用いると、切り替え可能光学フィルタ116を第1又は第2の状態に切り替えることによってX線検知器100は複数の動作モードで動作するので、X線検知器100の汎用性が増す。代替的な実施形態において、切り替え可能フィルタは、金属フィルタ及び/又は金属レイヤによって置き換えられてよい。また、X線検知器100は、切り替え可能光学フィルタ116に加えて、金属フィルタ及び/又は金属レイヤを備えてよい。

#### 【0081】

更に、X線検知器100の第1の面112及びX線検知器100の第2の面114におけるシンチレータ光110は、例えば、反射フィルム118及び/又は反射レイヤ118を、それぞれの面112、114及び/又はX線検知器100の表面に配置することによって反射されることに留意されたい。しかしながら、レイヤ118は、シンチレータ光110を吸収する不透明レイヤ118であってもよい。

#### 【0082】

特定のエネルギー分布を有するX線放射が、衝突方向200に沿ってX線検知器100に当たると、X線放射の低エネルギー部分は、主に、第1の外側シンチレータレイヤ102aにおいてシンチレータ光110に変換される。切り替え可能光学フィルタ116が第2の状態にあると、第1のセンサレイ104aは低エネルギー部分によって生成されたシンチレータ光110だけを収集する。それ故、第1のセンサレイ104aは、低エネルギーX線放射だけを検知し、低エネルギーX線画像を取得する。対照的に、X線放射の高エネルギー部分は、主として、中央シンチレータレイヤ102b及び/又は第2の外側シンチレータレイヤ102cにおいてシンチレータ光110に変換される。第2のセンサレイ104bがこれらのシンチレータレイヤ102b、102cの両方からシンチレータ光110を受け取ると、第2のセンサレイ104bは、高エネルギー部分を検知し、高検知効率で高エネルギーX線画像を取得する。

#### 【0083】

更に、シンチレータレイヤ102a~102cの各々は、例えば、CsI、GOS(ガドリニウム酸硫酸化物)、ガーネット(例えば、LGGAG、ルテチウムガドリニウムガリウムアルミニウムガーネット)、及び/又はNaIなどの任意の適切なシンチレーション材料から成ることに留意されたい。更に、シンチレータ材料は、柱状に成長したシンチレータ材料、及び/又は非柱状に成長したシンチレータ材料である。X線検知器100のシンチレータレイヤ102a~102cは、同一のシンチレータ材料から成り、又は、シンチレータレイヤ102a~102cのうちの少なくとも一部は、異なるシンチレータ材料から成る。例として、第1のセンサレイ104aと第2のセンサレイ104bとの間でのエネルギー分離を最適化するために、中央シンチレータレイヤ102bは、第1及



び / 又は第 2 の外側シンチレータレイヤ 102 a、102 c のシンチレータ材料とは異なるシンチレータ材料から成ることが好ましい。

【0084】

更には、シンチレータレイヤ 102 a ~ 102 c は、各々が、積層方向 101 に沿って測定される同一の厚さを有し、又は、シンチレータレイヤ 102 a ~ 102 c のうちの少なくとも一部が、異なる厚さを有する。特に、第 1 の外側シンチレータレイヤ 102 a は、中央シンチレータレイヤ 102 b 及び / 又は第 2 の外側シンチレータレイヤ 102 c よりも薄い。また、中央シンチレータレイヤ 102 b 及び第 2 の外側シンチレータレイヤ 102 c は、同一の厚さ、又は異なる厚さを有する。例として、第 1 の外側シンチレータレイヤ 102 a は、約 0.1 mm から約 1.0 mm の厚さ、典型的には約 0.3 mm の厚さを有する一方で、中央シンチレータレイヤ 102 b 及び第 2 の外側シンチレータレイヤ 102 c は、各々が、約 0.5 mm から約 1.5 mm の厚さ、典型的には約 0.8 mm の厚さを有する。

【0085】

第 1 の外側シンチレータレイヤ 102 a などの薄く設計され得るシンチレータレイヤについて、より安価な CsI とは異なるシンチレータ材料を使用することが好ましいが、他の、潜在的により厚い CsI シンチレータレイヤ 102 b、102 c と比べても依然として同様な MTF を有する。更に、射出された X 線スペクトルの低エネルギー部分をキャプチャするために好ましく使用される第 1 の外側シンチレータレイヤ 102 a について、射出された X 線スペクトルの高エネルギー部分をキャプチャするために好ましく使用されるシンチレータレイヤ 102 b、102 c より低い有効 Z 値を有する、異なる組成が有益である。このことは、X 線検知器 100 の第 1 のセンサレイ 104 a と第 2 のセンサレイ 104 b との間でキャプチャされるエネルギースペクトルにおける差異を増加させる。

【0086】

図 3 A は、実施形態による X 線検知器を概略的に図示する。そうでないことが述べられない限り、図 3 A の X 線検知器 100 は、前述の図面において図示された X 線検知器 100 と同一の特徴及び / 又は要素を備える。図 3 B、図 3 C、図 3 D は、各々が図 3 A の X 線検知器 100 の動作モードを概略的に示す。

【0087】

図 3 A において図示される X 線検知器 100 は、特に、図 2 において図示される X 線検知器 100 と同一の特徴及び / 又は要素を備える。しかしながら、図 2 の切り替え可能光学フィルタ 116 は、図 3 A においては第 1 の切り替え可能光学フィルタ 116 a として描写されている。この第 1 の切り替え可能光学フィルタ 116 a に加えて、図 3 A の X 線検知器 100 は、第 2 のセンサレイ 104 b と中央シンチレータレイヤ 102 b との間に配置された第 2 の切り替え可能光学フィルタ 116 b を備える。第 1 の切り替え可能光学フィルタ 116 a 及び第 2 の切り替え可能光学フィルタ 116 b を、第 1 のセンサレイ 104 a と第 2 のセンサレイ 104 b との間に配置することによって、X 線検知器 100 は、図 3 B、図 3 C、及び図 3 D において示されるように、複数の動作モードで動作する。

【0088】

第 1 のセンサレイ 104 a の第 1 の基板 106 a は、中央シンチレータレイヤ 102 b に対向する第 1 のセンサレイ 104 a の面に配置され、又は、代替的に、第 1 の外側シンチレータレイヤ 102 a に対向する第 1 のセンサレイ 104 a の面に配置されることに留意されたい。第 1 の切り替え可能光学フィルタ 116 a は、第 1 の基板 106 a と接触しているか、又は、光感知ピクセル 108 a 及び / 又は第 1 のセンサレイ 104 a の光感知ピクセルを覆う保護レイヤと接触している。更に、第 2 のセンサレイ 104 b の第 2 の基板 106 b は、中央シンチレータレイヤ 102 b に対向する第 2 のセンサレイ 104 b の面に配置され、又は、代替的に、第 2 の外側シンチレータレイヤ 102 c に対向する第 2 のセンサレイ 104 b の面に配置される。第 2 の切り替え可能光学フィルタ 116 b は、第 2 の基板 106 b と接触しているか、又は、光感知ピクセル 108 b 及

び / 又は第 2 のセンサレイ 1 0 4 b の光感知ピクセルを覆う保護レイヤと接触している。

【 0 0 8 9 】

図 3 B を参照すると、第 1 の切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 a は、シンチレータ光 1 1 0 が第 1 の切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 a によって反射される第 2 の状態に切り替えられている。それ故、第 1 のセンサレイ 1 0 4 a は、第 1 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 a において低エネルギー X 線光子によって主に生成されるシンチレータ光 1 1 0 だけを検知する。

【 0 0 9 0 】

第 1 の切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 a とは対照的に、第 2 の切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 b は、第 1 の状態に切り替えられており、それによって、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b は、中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b 及び第 2 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 c に光学的に結合される。図 3 B の円で囲まれた領域に図示されるように、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b は、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b の 2 つの互いに反対側の面 1 0 3 a、1 0 3 b において、これらのシンチレータレイヤ 1 0 2 b、1 0 2 c の両方からシンチレータ光を受け取る。換言すれば、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b は、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b の 2 つの互いに反対側の面 1 0 3 a、1 0 3 b からシンチレータ光 1 1 0 によって照らされる。

【 0 0 9 1 】

図 3 C を参照すると、第 1 の切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 a は第 1 の状態に切り替えられ、第 2 の光学フィルタ 1 1 6 b は第 2 の状態に切り替えられている。シンチレータ光 1 1 0 は、第 2 の切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 b によって反射され、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b の第 1 の面 1 0 3 a は、中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b から光学的に切り離され、それによって、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b は、第 2 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 c からのシンチレータ光 1 1 0 だけを受け取り、及び / 又は検知する。これとは対照的に、第 1 のセンサレイ 1 0 4 a は、一方の面において第 1 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 a に光学的に結合され、反対側の面において中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b に光学的に結合される。それ故、図 3 C の円で囲まれた領域に図示されるように、第 1 のセンサレイ 1 0 4 a は、これらのレイヤ 1 0 2 a、1 0 2 b の両方からのシンチレータ光 1 1 0 を受け取り、及び / 又は検知する。換言すれば、第 1 のセンサレイ 1 0 4 a は、第 1 のセンサレイ 1 0 4 a の 2 つの互いに反対側の面からシンチレータ光 1 1 0 によって照らされる。

【 0 0 9 2 】

図 3 D を参照すると、第 1 の切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 a 及び第 2 の切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 b の両方が、シンチレータ光 1 1 0 が反射される第 2 の状態に切り替えられている。第 1 のセンサレイ 1 0 4 a は、第 1 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 a だけに光学的に結合され、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b は、第 2 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 c だけに光学的に結合される。それ故、この動作モードにおいては、中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b は、「スイッチオフ」されていると見なされる。それにもかかわらず、中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b は、第 1 のセンサレイ 1 0 4 a と第 2 のセンサレイ 1 0 4 b との間でのエネルギー分離に寄与する。換言すれば、中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b からのシンチレータ光 1 1 0 は、第 1 のセンサレイ 1 0 4 a によってキャプチャされる低エネルギー画像にも、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b によってキャプチャされる高エネルギー画像にも寄与しない。それ故、中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b は、エネルギー分離を増加させる追加フィルタと見なされる。

【 0 0 9 3 】

図 4 A 及び図 4 B は、実施形態による X 線検知器 1 0 0 を概略的に図示する。そうでないことが述べられない限り、図 4 A 及び図 4 B の X 線検知器 1 0 0 は、前述の図面において図示された X 線検知器 1 0 0 と同一の特徴及び / 又は要素を備える。

【 0 0 9 4 】

10

20

30

40

50

図4A及び図4BのX線検知器100は、全部で4つのシンチレータレイヤ102a~102d、すなわち第1の外側シンチレータレイヤ102a、第2の外側シンチレータレイヤ102d、第1の中央シンチレータレイヤ102b、及び第2の中央シンチレータレイヤ102cを備え、中央シンチレータレイヤ102b、102cは、第1のセンサレイ104aと第2のセンサレイ104bとの間に配置される。第1の外側シンチレータレイヤ102a及び第1の中央シンチレータレイヤ102bは、約0.1mmから約1.0mmの範囲の、例えば約0.3mmの、同一の厚さを有する。更に、第2の中央シンチレータレイヤ102c及び第2の外側シンチレータレイヤ102dは、約0.5mmから約1.5mmの範囲の、例えば約0.8mmの、同一の厚さを有する。

【0095】

更には、反射式で切り替え不能のレイヤ118が第1及び第2の中央シンチレータレイヤ102b、102cの間に配置される。反射レイヤ118によって、第1及び第2の中央シンチレータレイヤ102b、102cの両方からのシンチレータ光110が反射される。このことは、全体的な検知効率を増加させる。しかしながら、反射レイヤは、代替的に、不透明レイヤ118であってよい。レイヤ118は、シンチレータレイヤ102b、102cと接触する両面において反射式及び/又は不透明であってよい。また、レイヤ118の一方の面が不透明であり、反対側の面が反射式であってよい。

【0096】

更に、切り替え可能光学フィルタ116が、第1のセンサレイ104aと第1の中央シンチレータレイヤ102bとの間に配置される。

【0097】

第1のセンサレイ104aの第1の基板106aは、第1の中央シンチレータレイヤ102bに対向する第1のセンサレイ104aの面に配置され、又は、代替的に、第1の外側シンチレータレイヤ102aに対向する第1のセンサレイ104aの面に配置されることに留意されたい。切り替え可能光学フィルタ116は、第1の基板106aと接触しているか、又は、光感知ピクセル108a及び/又は第1のセンサレイ104aの光感知ピクセルを覆う保護レイヤと接触している。

【0098】

図4Aにおいては切り替え可能光学フィルタ116は第1の状態にあり、図4Bにおいては切り替え可能光学フィルタ116は第2の状態にある。図4Aにおいては、第1及び第2のセンサレイ104a、104bは2つの互いに反対側の面から照らされる一方で、図4Bにおいては、第2のセンサレイ104bだけが2つの互いに反対側の面から照らされる。

【0099】

図4Aに図示されるような第1の状態にある切り替え可能光学フィルタ116は、X線放射の全体的な吸収を有利に増加させ、このことは、検知器100の非スペクトル撮像モードにおいて好ましい。対照的に、図4Bに図示されるような第2の状態にある切り替え可能光学フィルタ116は、エネルギー分離を有利に増加させ、このことは、スペクトルX線撮像において好ましい。

【0100】

任意選択的に、金属フィルタ119が、シンチレータレイヤ102a~102dのいずれかに配置されてよく、このことは、第1及び第2のセンサレイ104a、104bの間でのエネルギー分離を増加させる。このような金属フィルタ119は、反射及び/又は不透明レイヤ118に追加して、又はそれに代わって配置される。

【0101】

更には、図4A及び図4Bに図示される実施形態は、2重ビーム用途において有利に使用される。例として、高エネルギービームが撮像に使用されるとき、切り替え可能光学フィルタ116は、図4Bに図示されるように、第2の状態に切り替えられる。このようにして、高エネルギー画像が、第2のセンサレイ104bによってキャプチャされる一方で、第1のセンサレイ104aは、このビームエネルギーにおいて低エネルギー画像を

10

20

30

40

50

キャプチャする。更に、低エネルギービームが使用されるとき、切り替え可能光学フィルタは、図 4 A に図示されるように、第 1 の状態に切り替えられ、それ故、第 1 のセンサレイ 1 0 4 a 及び第 2 のセンサレイ 1 0 4 b の両方が、低エネルギー画像をキャプチャする。次いで、全ての露出の低エネルギー画像が加算され、照射量効率の増加を可能にする。低エネルギービームの低エネルギー画像は、異なる平均吸収 X 線エネルギーの 3 つ以上の画像を生成するために使用され得る。

#### 【 0 1 0 2 】

図 5 A 及び図 5 B は、実施形態による X 線検知器 1 0 0 を概略的に図示する。そうでないことが述べられない限り、図 5 A 及び図 5 B の X 線検知器 1 0 0 は、前述の図面において図示された X 線検知器 1 0 0 と同一の特徴及び / 又は要素を備える。

10

#### 【 0 1 0 3 】

X 線検知器は、全部で 5 つのシンチレータレイヤ 1 0 2 a ~ 1 0 2 e を備え、各々が、0 . 1 mm から約 1 . 0 mm の範囲の、例えば約 0 . 3 mm の、同一の厚さを有する。図 4 A 及び図 4 B において図示された実施形態とは対照的に、図 5 A 及び図 5 B の X 線検知器 1 0 0 は、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b と第 2 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 e との間に配置された更なるシンチレータレイヤ 1 0 2 d を備える。第 1 のセンサレイ 1 0 4 a と第 1 の中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b との間に配置される第 1 の切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 a に加えて、更なるシンチレータレイヤ 1 0 2 d と第 2 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 e との間に、第 2 の切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 b が配置される。

#### 【 0 1 0 4 】

20

第 1 のセンサレイ 1 0 4 a の第 1 の基板 1 0 6 a は、第 1 の中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b に対向する第 1 のセンサレイ 1 0 4 a の面に配置され、又は、代替的に、第 1 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 a に対向する第 1 のセンサレイ 1 0 4 a の面に配置されることに留意されたい。第 1 の切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 a は、第 1 の基板 1 0 6 a と接触しているか、又は、光感知ピクセル 1 0 8 a 及び / 又は第 1 のセンサレイ 1 0 4 a の光感知ピクセルを覆う保護レイヤと接触している。更に、第 2 のセンサレイ 1 0 4 b は、第 2 の基板 1 0 6 b が更なるシンチレータレイヤ 1 0 2 d と接触するように又は第 2 の中央シンチレータレイヤ 1 0 2 c と接触するように、配置される。

#### 【 0 1 0 5 】

図 5 A においては第 1 及び第 2 の切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 a 、 1 1 6 b の両方が第 1 の状態にある一方で、図 5 B においては、第 2 の切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 b が第 2 の状態に切り替えられている。図 5 A に図示されるように切り替え可能光学フィルタ 1 1 6 a 、 1 1 6 b の両方が第 1 の状態にあるとき、X 線放射の全体的な吸収が増加される。例えば、この動作モードは、厚い物体、例えば肥満体の患者、を撮像するときに使用される。対照的に、図 5 B に図示されるように第 2 の光学フィルタ 1 1 6 b が第 2 の状態に切り替えられると、解像度が増加され、これは、例えば、薄い物体、例えば血管など、を撮像するために使用される。

30

#### 【 0 1 0 6 】

図 6 は、実施形態による X 線検知器 1 0 0 を概略的に図示する。そうでないことが述べられない限り、図 6 の X 線検知器 1 0 0 は、前述の図面において図示された X 線検知器 1 0 0 と同一の特徴及び / 又は要素を備える。

40

#### 【 0 1 0 7 】

図 6 の X 線検知器 1 0 0 は、全部で 4 つのシンチレータレイヤ 1 0 2 a ~ 1 0 2 d を備える。より具体的には、検知器 1 0 0 は、第 1 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 a と、第 2 の外側シンチレータレイヤ 1 0 2 d と、第 1 の中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b と、第 2 の中央シンチレータレイヤ 1 0 2 c とを備え、2 つの中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b 、 1 0 2 c は、第 1 のセンサレイ 1 0 4 a と第 2 のセンサレイ 1 0 4 b との間に配置される。

#### 【 0 1 0 8 】

第 1 のセンサレイ 1 0 4 a と第 1 の中央シンチレータレイヤ 1 0 2 b との間には、第

50

1の切り替え可能光学フィルタ116aが配置される。

【0109】

更に、第1の中央シンチレータレイヤ102bと第2の中央シンチレータレイヤ102cとの間には、第2の切り替え可能光学フィルタ116bが配置される。

【0110】

更には、第3の切り替え可能光学フィルタ116cが、第2のセンサレイ104bと第2の中央シンチレータレイヤ102cとの間に配置される。

【0111】

3つの切り替え可能光学フィルタ116a~116cをX線検知器100に配置することによって、X線検知器100の動作モードの数は、更に増加される。

10

【0112】

第1のセンサレイ104aの第1の基板106aは、第1の中央シンチレータレイヤ102bに対向する第1のセンサレイ104aの面に配置され、又は、代替的に、第1の外側シンチレータレイヤ102aに対向する第1のセンサレイ104aの面に配置されることに留意されたい。第1の切り替え可能光学フィルタ116aは、第1の基板106aと接触しているか、又は、光感知ピクセル108a及び/又は第1のセンサレイ104aの光感知ピクセル108aを覆う保護レイヤと接触している。更に、第2のセンサレイ104bの第2の基板106bは、第2の中央シンチレータレイヤ102cに対向する第2のセンサレイ104bの面に配置され、又は、代替的に、第2の外側シンチレータレイヤ102dに対向する第2のセンサレイ104bの面に配置される。第3の切り

20

【0113】

図7は、実施形態によるX線検知器100を概略的に図示する。そうでないことが述べられない限り、図7のX線検知器100は、前述の図面において図示されたX線検知器100と同一の特徴及び/又は要素を備える。

【0114】

図7のX線検知器100は、全部で3つのシンチレータレイヤ102a、102b、102cを備える。より具体的には、X線検知器100は、X線検知器100の第1の外側面に配置された外側シンチレータレイヤ102aを備える。2つの更なるシンチレータレイヤ102b、102cが、第1のセンサレイ104aと第2のセンサレイ104bとの間に配置され、それによって、第1及び第2のセンサレイ104a、104bは、積層方向101に沿って2つのシンチレータレイヤ102b、102cによって離間される。

30

【0115】

更に、切り替え可能光学フィルタ116が、シンチレータレイヤ102bとシンチレータレイヤ102cとの間に配置され、それによって、2つのシンチレータレイヤ102b、102cは、積層方向101に沿って切り替え可能光学フィルタ116によって離間される。

40

【0116】

図7に図示される実施形態において、第2のセンサレイ104bは、外側シンチレータレイヤ102aが配置される面とは反対側のX線検知器100の第2の外側面に配置される。第1のセンサレイ104aが、2つの互いに反対側の面、すなわち少なくともシンチレータレイヤ102a、102bからのシンチレータ光110を収集し、及び/又は受け取るように配置される一方で、第2のセンサレイ104bは、一方の面だけ、すなわち少なくともシンチレータレイヤ102cからのシンチレータ光110を受け取り、及び/又は収集するように配置される。

【0117】

図7に図示される実施形態において、X線放射は、衝突方向200に沿ってX線検知器

50

100に衝突し、最初に外側シンチレータレイヤ102aにX線放射が当たる。換言すれば、外側シンチレータレイヤ102aは、X線源に向かって、X線源の方向に、及び/又はX線源に対向するように配置される。しかしながら、X線検知器100は、X線放射が最初に第2のセンサレイ104b及び/又は第2の基板106bに衝突するように配置されてもよいことに留意されたい。換言すれば、第2のセンサレイ104bは、X線源に向かって、X線源の方向に、及び/又はX線源に対向するように配置されてよい。

#### 【0118】

第1のセンサレイ104aの第1の基板106aは、第1の基板106aが、外側シンチレータレイヤ102aと接触するように、又はシンチレータレイヤ102bと接触するように、配置される。同様に、第2のセンサレイの第2の基板106bは、シンチレータレイヤ102cと接触するように、又は第2のセンサレイ104bの光感知ピクセル108b又は光感知ピクセル108bを覆う保護レイヤがシンチレータレイヤ102cと接触するように、配置される。

#### 【0119】

更に、図2から図7において図示された実施形態のうちの任意のものにおいて、切り替え可能光学フィルタ116、116a、116b、116cは、ピクセル構造を有し、及び/又は切り替え可能光学フィルタ116、116a、116b、116cはピクセル化された切り替え可能光学フィルタであることに留意されたい。換言すれば、切り替え可能光学フィルタ116、116a、116b、116cは、切り替え可能光学フィルタ要素のレイを備える。切り替え可能光学フィルタ116、116a、116b、116cのピクセル構造は、センサレイ104a、104bのうちの少なくとも1つの光感知ピクセル108a、108bの幾何学的配置と相関する。切り替え可能光学フィルタ116、116a、116b、116cのピクセル構造は、センサレイ104a、104bのうちの少なくとも1つ及び/又はセンサレイ104a、104bのうちの少なくとも1つの光感知ピクセル108a、108bの幾何学的配置と一致される。切り替え可能光学フィルタ116、116a、116b、116cの状態は、全ての切り替え可能光学フィルタ要素について同一であるか、又は状態は、切り替え可能光学フィルタ要素の一部が第1の状態にあり、切り替え可能光学フィルタ要素の別の部分が第2の状態にあるように、ピクセルに関して制御される。ここで、各切り替え可能光学フィルタ要素は、独立的に制御され及び/又は切り替えられる。また、X線検知器100は、複数の切り替え可能光学フィルタ要素を有する少なくとも1つのピクセル化された切り替え可能光学フィルタ116、116a、116b、116cと少なくとも1つのピクセル化されていない切り替え可能光学フィルタ116、116a、116b、116cとの任意の組合せを備えてよい。

#### 【0120】

図8は、実施形態によるX線撮像装置500を概略的に図示する。

#### 【0121】

X線撮像装置500は、X線源構成部502を備える。X線源構成部は、シングルX線源、又は2つ以上のX線源を備えるマルチX線源である。

#### 【0122】

X線撮像装置500は、上記の及び下記のようなX線検知器100を更に備える。特に、X線検知器100は、図2から図7を参照してより詳細に説明されたX線検知器100である。しかしながら、X線撮像装置500は、前述の図面に図示されたX線検知器100に制限されるものではなく、むしろ任意のタイプのX線検知器を備えてよいことに留意されたい。

#### 【0123】

更に、X線撮像装置500は、X線源構成部502及び/又はX線検知器100を制御するための制御器504を備える。制御器504は、制御回路504、制御モジュール504及び/又は制御ユニット504を指す。制御器504は、特に、X線ビーム506の射出を開始させるように構成され、このX線ビーム506は、検査されるべき物体508を通過した後、X線検知器100によって検知される。更に、制御器504は、図2

から図7を参照して説明されたようにX線検知器100に存在する切り替え可能光学フィルタ116を切り替えるように構成される。更に、制御器504は、X線検知器100によって取得及び／又はキャプチャされたX線画像の画像処理及び／又はデータ処理のために構成される。

【0124】

X線撮像装置500は、例えばCT撮像装置、CBCT撮像装置、コーンビーム撮像装置、又はCアームシステムなどの任意のタイプのX線撮像装置であってよい。

【0125】

図9は、実施形態によるX線撮像装置500を概略的に図示する。特に、図9は、撮像装置500の動作を示す。そうでないことが述べられない限り、図9のX線撮像装置500は、図8のX線撮像装置500の特徴及び／又は要素を備える。簡略化のために、図9においては制御器504は図示されていない。

10

【0126】

X線撮像装置500において、X線検知器100及びX線源構成部502は、X線撮像装置500の回転軸510の周りを回転可能である。図9において示されるように、回転軸510は、z軸に平行である。X線検知器100及びX線源構成部502の回転運動は、図9において矢印512によって示される。X線検知器100及びX線源構成部502の回転半径は互いに異なってよいことに留意されたい。

【0127】

X線源構成部502は、第1のエネルギー範囲の第1のX線ビーム506aを射出するための第1のX線源502aと、第1のエネルギー範囲とは異なる第2のエネルギー範囲の第2のX線ビーム506bを射出するための第2のX線源502bとを備える。

20

【0128】

制御器504は、第1のX線源502aが回転軸510の周りで取得位置514に位置するときに、第1のX線源502aを始動させ、及び第1のX線画像を取得するように構成される。更に、制御器504は、第2のX線源502bが回転軸510の周りで取得位置514に位置するときに、第2のX線源502bを始動させ、及び第2のX線画像を取得するように構成される。

【0129】

第1のX線源502a及び第2のX線源502bを備えるX線源構成部502が使用されるとき、第1のX線画像は、取得位置514において第1のX線源502aを作動させることによってキャプチャされる。ある期間の後、第2のX線源502bは、回転運動によって、取得位置514に到着する。第2のX線源502bが取得位置に到着すると、第2のX線画像がキャプチャされる。このようにして、回転速度と露出とが、例えば第1及び第2のX線源502a、502bの間の距離を勘案して、同期される。換言すれば、取得頻度は、X線撮像装置500の回転頻度と同期される。このことは、第1のX線画像が、第2のX線画像と空間的に一致することを可能にする。

30

【0130】

シングルX線源502a、502bを使用することによっても、X線源502a、502bを回転軸510の周りで完全に360°回転させることで、この同期が達成され得ることに留意されたい。

40

【0131】

更に、この同期は、第1のX線ビーム506a及び第2のX線ビーム506bがプレフィルタによって生成されるkVp切り替え手法において適用可能であることに留意されたい。

【0132】

更に、この同期は、ステレオX線チューブに及び／又は2重焦点スポットX線源構成部502に適用可能である。換言すれば、X線源構成部502は、第1のX線ビーム506aを射出するための第1の焦点スポット503aと第2のX線ビーム506bを射出するための第2の焦点スポット503bとを有するX線チューブを備える。代替的に又は追

50

加的に、X線源構成部502は、第1のX線ビーム506aを射出するための第1のX線チューブ503aと第2のX線ビーム506bを射出するための第2のX線チューブ503bとを備える。

【0133】

更には、各露出中に、すなわち、第1のビーム506a又は第2のビーム506bが射出されるときに図2から図7のうちの少なくとも1つを参照して説明されたX線検知器100を使用して、第1のセンサレイ104a及び第2のセンサレイ104bは別個のX線画像をキャプチャすることに留意されたい。第1のビーム506aによる露出中に取得された第1のX線画像は、第1の画像ペアを指す。同様に、第2のビーム506bによる露出中に取得された第2のX線画像は、第2の画像ペアを指し、画像ペアは時間的に及び空間的に一致する。それ故、第1及び第2のX線画像を取得することは、全部で4つの画像をもたらす、これらの画像は、X線撮像装置500の照射量効率を増加させるために、有利に組み合わせられ得る。

10

【0134】

例として、第1のビーム506aは低kVビーム506aであり、第2のビーム506bは高kVビーム506bである。X線検知器100を低kVビーム506aに露出するとき、第1のセンサレイ104a及び第2のセンサレイ104bの両方が、低エネルギー画像をキャプチャ及び/又は取得する。対照的に、X線検知器100を高kVビーム506bに露出するとき、第1のセンサレイ104aは低エネルギー画像を取得及び/又はキャプチャする一方で、第2のセンサレイ104bは高エネルギー画像をキャプチャ及び/又は取得する。両方の露出中、すなわち、低kVビーム506a及び高kVビーム506bによる露出中に取得された3つの低エネルギー画像は、有利に加算及び/又は組み合わせられる。このことは、照射量効率の良い低エネルギー全体画像をもたらす。

20

【0135】

更には、4つの画像全てを加算すること及び/又は組み合わせることは、照射量効率の良い非スペクトル画像を提供する。

【0136】

図10は、実施形態によるX線撮像装置500を動作させるための方法のステップを示すフローチャートを図示する。そうでないことが述べられない限り、X線撮像装置500は、図8及び図9のX線撮像装置500と同一の特徴及び/又は要素を備える。特に、X線撮像装置500は、図2から図7を参照して説明されたX線検知器100を備える。

30

【0137】

X線撮像装置500は、第1のエネルギー範囲の第1のX線ビーム506aを射出するための第1のX線源502aと、第1のエネルギー範囲とは異なる第2のエネルギー範囲の第2のX線ビーム506bを射出するための第2のX線源502bとを有するX線源構成部502を備える。

【0138】

方法は、第1のX線源502aがX線撮像装置500の回転軸510の周りで取得位置514に位置するときに、第1のX線源502aによって第1のX線ビーム506aを射出するステップS1を有する。

40

【0139】

ステップS2において、第1のX線源502aが取得位置514に位置するときに、X線検知器100によって、第1のX線画像が取得及び/又はキャプチャされる。

【0140】

更なるステップS3において、第2のX線源502bが取得位置514に位置するときに、第2のX線源502bによって第2のX線ビーム506bが射出される。更に、ステップS4において、第2のX線源502bが取得位置514に位置するときに、X線検知器100によって第2のX線画像が取得及び/又はキャプチャされる。

【0141】

本発明は、図面及び前述の説明において詳細に図示及び説明されたが、このような図示

50



及び説明は、説明的又は例示的なものと見なされるべきであり、制限的なものと見なされるべきではない。本発明は、開示された実施形態に限定されるものではない。開示された実施形態に対する他の変形形態が、特許請求された本発明を実践する当業者によって、図面、本開示、及び添付の特許請求の範囲を検討することにより、理解され、実行され得る。

#### 【 0 1 4 2 】

特許請求の範囲において、「備える (comprising)」という語は、他の要素又はステップを排除するものではなく、不定冠詞「a」又は「an」は、複数性を排除するものではない。特定の手段が互いに異なる従属請求項に記載されているという単なる事実は、これらの手段の組合せが有利に使用され得ないことを示すものではない。特許請求の範囲におけるいかなる参照符号も、範囲を限定するものとして解釈されるべきではない。

10

【 図 1 A 】

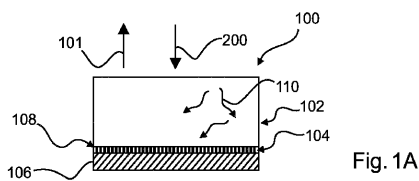


Fig. 1A

【 図 1 B 】

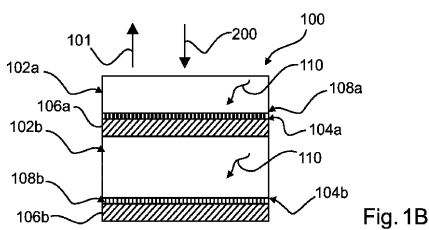


Fig. 1B

【 図 1 C 】

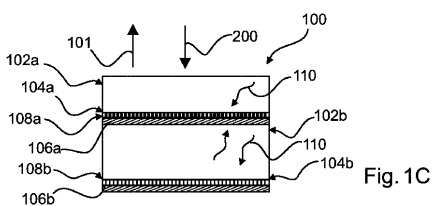


Fig. 1C

【 図 1 D 】

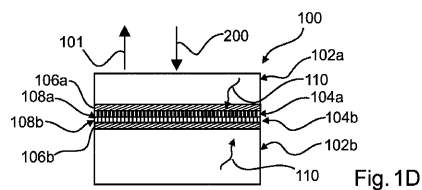


Fig. 1D

【 図 2 】

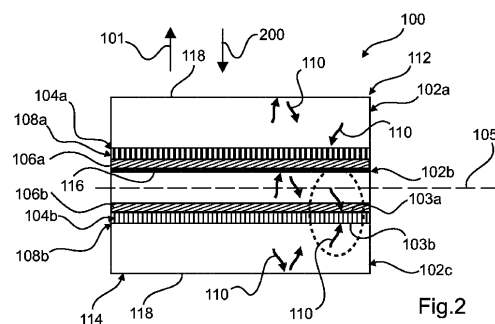


Fig. 2

【 図 3 A 】

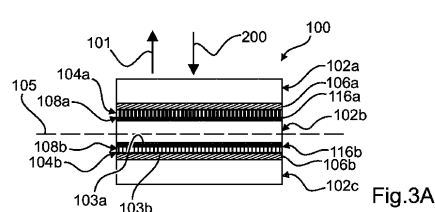


Fig. 3A

【図 3 B】

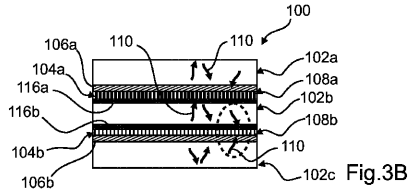


Fig.3B

【図 3 C】

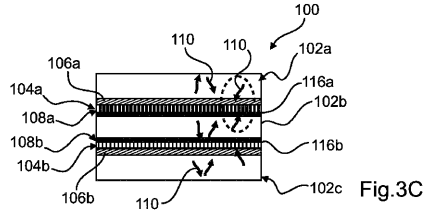


Fig.3C

【図 3 D】

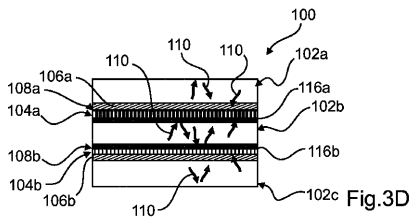


Fig.3D

【図 5 B】

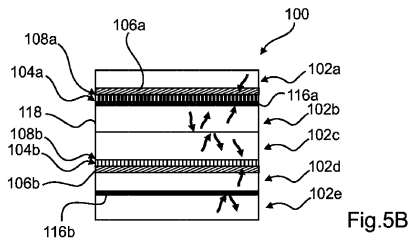


Fig.5B

【図 6】

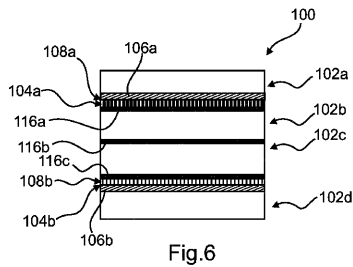


Fig.6

【図 7】

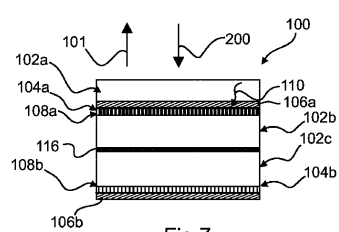


Fig.7

【図 4 A】

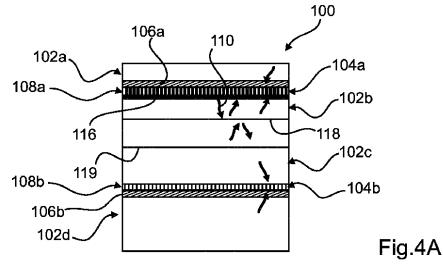


Fig.4A

【図 4 B】

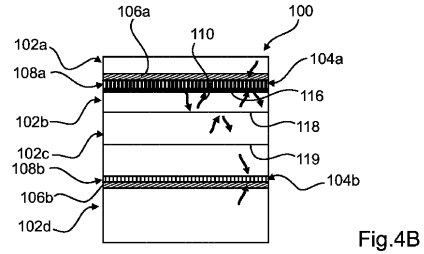


Fig.4B

【図 5 A】

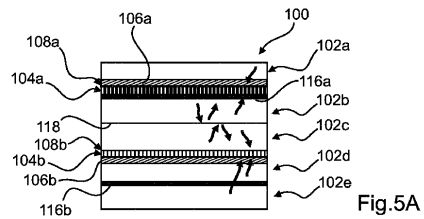


Fig.5A

【図 8】

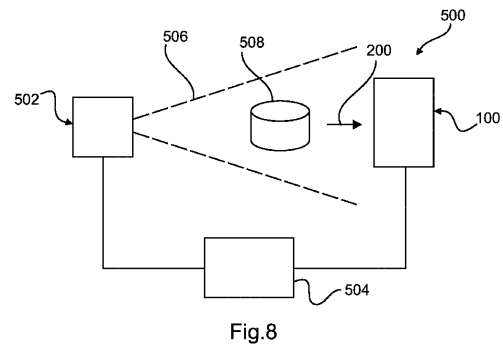


Fig.8

【図 9】

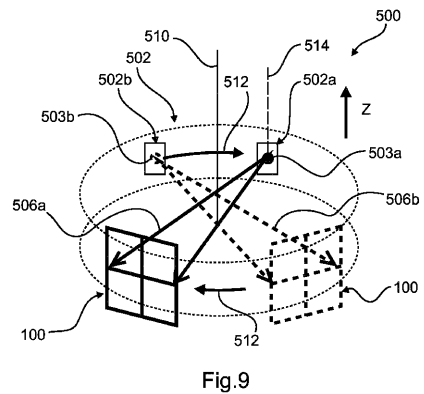


Fig.9

【図 10】

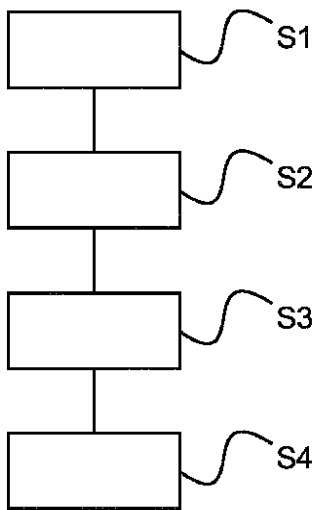


Fig.10

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/084573

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01T1/20  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01T G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2006/151708 A1 (BANI-HASHEMI ALI [US] ET AL) 13 July 2006 (2006-07-13) paragraphs [0015], [0016] paragraphs [0020] - [0023] figures 1, 2 paragraph [0027] -----	1-15
Y	US 2012/037809 A1 (LEVENE SIMHA [IL] ET AL) 16 February 2012 (2012-02-16) abstract figures 2, 5, 14 paragraph [0005] paragraph [0029] paragraph [0063] ----- -/--	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 March 2018

Date of mailing of the international search report

03/04/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Santen, Nicole

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/084573

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2016/054454 A1 (KATO TOORU [JP] ET AL) 25 February 2016 (2016-02-25) abstract figures 10A-10E, 12A-12D paragraph [0041] paragraphs [0120] - [0121] paragraph [0129] paragraph [0132] -----	3,5-8
Y	US 2016/187499 A1 (GRANFORS PAUL [US] ET AL) 30 June 2016 (2016-06-30) abstract paragraphs [0011] - [0012] paragraph [0031] -----	3,4
Y	US 2005/012046 A1 (GROH BURKHARD [US] ET AL) 20 January 2005 (2005-01-20) abstract figure 1 paragraphs [0021] - [0022] -----	11
Y	EP 2 719 332 A2 (ELEKTA AB [SE]) 16 April 2014 (2014-04-16) abstract figure 1 paragraphs [0009] - [0010] paragraph [0013] paragraph [0019] -----	13-15

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/084573

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006151708	A1	13-07-2006	NONE	
US 2012037809	A1	16-02-2012	CN 102428387 A	25-04-2012
			EP 2422220 A2	29-02-2012
			EP 3006960 A2	13-04-2016
			JP 5847075 B2	20-01-2016
			JP 2012524591 A	18-10-2012
			RU 2011147191 A	27-05-2013
			US 2012037809 A1	16-02-2012
			WO 2010122433 A2	28-10-2010
US 2016054454	A1	25-02-2016	JP 2016045202 A	04-04-2016
			US 2016054454 A1	25-02-2016
US 2016187499	A1	30-06-2016	CN 107110986 A	29-08-2017
			EP 3241041 A1	08-11-2017
			JP 2018502300 A	25-01-2018
			US 2016187499 A1	30-06-2016
			WO 2016109671 A1	07-07-2016
US 2005012046	A1	20-01-2005	DE 10325335 A1	30-12-2004
			US 2005012046 A1	20-01-2005
EP 2719332	A2	16-04-2014	EP 2719332 A2	16-04-2014
			US 2014105352 A1	17-04-2014

## フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
	G 0 1 T 1/20	L
	G 0 1 T 1/20	B

(81) 指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(72) 発明者 スタインハウザー ヘイドラン  
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5

(72) 発明者 ウィンマース オノ ヤン  
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5

(72) 発明者 アルヴィン ベーター レックス  
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5

(72) 発明者 サイモン マティアス  
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5

F ターム(参考) 2G188 AA02 BB02 CC15 CC18 CC19 CC22 DD09 DD31 EE29  
4C093 AA07 AA22 CA07 CA34 EA07 EB12 EB20

## 【要約の続き】

~ 1 0 2 e は、前記少なくとも 1 つのセンサアレイ 1 0 4 b の 2 つの互いに反対側の面 1 0 3 a、1 0 3 b において前記少なくとも 1 つのセンサアレイ 1 0 4 b に光学的に結合される。更に、前記少なくとも 1 つのセンサアレイ 1 0 4 b は、前記少なくとも 2 つのシンチレータレイヤ 1 0 2 a ~ 1 0 2 e によって射出された光を受け取るように構成される。