

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7506677号  
(P7506677)

(45)発行日 令和6年6月26日(2024.6.26)

(24)登録日 令和6年6月18日(2024.6.18)

(51)国際特許分類	F I			
G 0 1 N 23/046 (2018.01)	G 0 1 N	23/046		
G 0 1 T 1/20 (2006.01)	G 0 1 T	1/20		B
G 0 1 T 1/00 (2006.01)	G 0 1 T	1/20		F
	G 0 1 T	1/00		B

請求項の数 19 (全14頁)

(21)出願番号	特願2021-545951(P2021-545951)	(73)特許権者	521345420
(86)(22)出願日	令和2年1月31日(2020.1.31)		マイクロテック エスアールエル
(65)公表番号	特表2022-520547(P2022-520547 A)		M I C R O T E C S . R . L .
(43)公表日	令和4年3月31日(2022.3.31)		イタリア国 3 9 0 4 2 ポルツァーノ
(86)国際出願番号	PCT/IB2020/050797		プレッサノネ ヴィア イウリウス ドゥ
(87)国際公開番号	WO2020/161581	(74)代理人	100147485
(87)国際公開日	令和2年8月13日(2020.8.13)		弁理士 杉村 憲司
審査請求日	令和4年10月3日(2022.10.3)	(74)代理人	230118913
(31)優先権主張番号	19155347.8		弁護士 杉村 光嗣
(32)優先日	平成31年2月4日(2019.2.4)	(74)代理人	100165951
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		弁理士 吉田 憲悟
		(72)発明者	マルコ ボスケッティ
			イタリア国 3 8 0 5 6 トレント レー
			ヴィコ テルメ ヴィア トネッリ 5 9
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナおよびトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナのシンチレータから画像を取得する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、  
支持構造(2)と、  
前記支持構造(2)によって支持され、前記支持構造(2)に対して回転軸を中心に回転可能なロータ(3)であって、前記ロータ(3)は、回転軸が通過する検出ゾーン(4)を囲むロータ(3)と  
回転軸を中心として前記ロータ(3)を回転駆動させるために、前記ロータ(3)に接続されたモータと、  
前記ロータ(3)に取り付けられたX線エミッタ(7)と、  
前記ロータ(3)において、前記検出ゾーン(4)を挟んで、前記X線エミッタ(7)と対向する側に取り付けられたX線検出器(8)であって、少なくとも1つの出射面(10)を有し、X線が当たると、前記出射面(10)から可視スペクトルの光を放射する少なくとも1つのシンチレータ(9)を備えた、X線検出器(8)と、  
前記X線検出器(8)に接続された電子処理ユニットであって、前記検出ゾーン(4)に配置された物体(6)の3次元構造を再構成するために、前記X線検出器(8)によって取得された第1画像を、回転軸の周りの前記ロータ(3)の複数の別個の角度位置において組み合わせるようにプログラムされている電子処理ユニットと、を備え、  
前記X線検出器(8)は、前記電子処理ユニットに接続された複数のビデオカメラ(12)も備え、各ビデオカメラ(12)は、前記ロータ(3)の前記別個の角度位置のそれ

それぞれにおいて、前記シンチレータ(9)のそれぞれの部分の可視スペクトルの第2画像を取得するために、前記シンチレータ(9)の少なくとも1つの部分をフレーミングするように配置され、

前記複数のビデオカメラ(12)のうち、少なくとも2つの別個のビデオカメラ(12)は、前記シンチレータ(9)の少なくとも1つの出射面(10)の各ゾーンを実質的にフレーミングして、前記出射面(10)から放射された光子を収集し、前記電子処理ユニットは、前記ビデオカメラ(12)によって取得した全ての第2画像を組み合わせることによって、各第1画像を取得するようにプログラムされている、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

【請求項2】

請求項1に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、前記電子処理ユニットは、異なる前記ビデオカメラ(12)によって前記シンチレータ(9)の少なくとも1つの出射面(10)の各ゾーンについて取得した複数の第2画像を、足し合わせる、またはそれらの平均を取る、の何れかによって、各第1画像を取得するようにプログラムされている、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

【請求項3】

請求項1または2に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、前記電子処理ユニットは、既知の特性を有する単一のセンサを使用することによって取得できる前記出射面(10)全体の画像に対応する第1画像を取得するために、第2画像を組み合わせるようにもプログラムされている、トンネル型コンピュータ断層撮影装置。

【請求項4】

請求項1～3の何れか一項に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、第2画像が取得される瞬間に、回転軸の周りの前記ロータ(3)の角度位置を決定する手段も設けられている、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

【請求項5】

請求項4に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、前記ロータ(3)の角度位置を決定する前記手段は、前記検出ゾーン(4)に存在する1つまたは複数の固定された参照要素の既知の位置に応じて第1画像を処理することによって角度位置を決定するようにプログラムされた前記電子処理ユニットで構成されている、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

【請求項6】

請求項1～5の何れか一項に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、前記電子処理ユニットは、前記ロータ(3)に取り付けられて前記ビデオカメラ(12)に直接に接続された1つまたは複数のロータメインユニット、および前記ロータ(3)の回転に対して静止している1つまたは複数のステータメインユニット、の2つ以上のメインユニットに分割され、前記2つ以上のメインユニットは別個の処理を行うようにプログラムされている、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

【請求項7】

請求項1～6の何れか一項に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、各ビデオカメラ(12)は、取得センサと、前記取得センサに光学的に結合された撮影レンズ(13)と、を備え、前記撮影レンズ(13)は、前記シンチレータ(9)の前記出射面(10)にフォーカスするまたはフォーカス可能である、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

【請求項8】

請求項7に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、前記取得センサはCCDまたはCMOSセンサである、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

【請求項9】

請求項7または8に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、前記シンチレータ(9)の前記出射面(10)は平坦であり、前記撮影レンズ(13)は前記出射面(10)に対して垂直に配置された光軸を有する、トンネル型コンピュータ断層撮影

10

20

30

40

50

スキャナ。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 の何れか一項に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、前記 X 線検出器 (8) は、主面から 1 つまたは複数の前記ビデオカメラ (12) まで延在する光路に沿って配置された、X 線に対して保護するための角度付きミラー (14) および / または保護シールド (15) も備える、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 の何れか一項に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、各ビデオカメラ (12) は複数の検出画素を備え、少なくとも 1 つのビデオカメラ (12) において、前記検出画素は、それぞれが少なくとも 2 つの画素を備える複数のグループにグループ化され、各グループの画素の検出は単一の読み取りに統合されている、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

10

【請求項 12】

請求項 1 ~ 11 の何れか一項に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、前記 X 線検出器 (8) は、前記出射面 (10) によって放射された光を前記ビデオカメラ (12) にフォーカスさせるために、前記出射面 (10) に結合された 1 つまたは複数のレンズも備える、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

【請求項 13】

請求項 1 ~ 12 の何れか一項に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、前記ビデオカメラ (12) は冷却される、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

20

【請求項 14】

請求項 1 ~ 13 の何れか一項に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、前記シンチレータ (9) の前記出射面 (10) は、前記 X 線エミッタ (7) に向いている、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

【請求項 15】

請求項 1 ~ 13 の何れか一項に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、前記シンチレータ (9) は、結合された 2 つの平坦なシンチレータ体 (11) を備え、前記 2 つのシンチレータ体 (11) は、それぞれ、出射面 (10) を構成し、2 つの前記出射面 (10) は、一方が前記 X 線エミッタ (7) に向かい、他方が逆方向に向き、前記少なくとも 2 つの別個のビデオカメラ (12) は、各出射面 (10) の各ゾーンをフレーミングし、前記電子処理ユニットは、前記ビデオカメラ (12) によって取得された全ての第 2 画像を組み合わせることによって、各第 1 画像を取得するようにプログラムされている、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

30

【請求項 16】

請求項 15 に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、前記複数のビデオカメラ (12) の第 1 グループのビデオカメラ (12) は、それぞれ、一方の出射面 (10) の少なくとも 1 つのゾーンをフレーミングするように配置されており、前記複数のビデオカメラ (12) の第 2 グループのビデオカメラ (12) は、それぞれ、他方の出射面 (10) の少なくとも 1 つのゾーンをフレーミングするように配置されている、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

40

【請求項 17】

請求項 1 ~ 16 の何れか一項に記載のトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナであって、物体 (6) を搬送する搬送装置 (5) も備え、前記搬送装置 (5) は、回転軸を中心とする前記ロータ (3) の回転中に、物体 (6) を前記回転軸に平行にフィードするために、前記検出ゾーン (4) を通して取り付けられる、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ。

【請求項 18】

トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ (1) のシンチレータ (9) から画像を取得する方法であって、前記シンチレータ (9) の出射面 (10) は、前記シンチレータ (9) に X 線が当たると可視スペクトルの光を放射し、前記方法は、作動のステップとして、

50

画像が取得されなければならない前記シンチレータ(9)の前記出射面(10)の実質的に各ゾーンに対して、少なくとも2つの別個のビデオカメラ(12)で前記ゾーンをフレーミングするステップと、

前記シンチレータ(9)の前記出射面(10)の各ゾーンをフレーミングして、前記出射面(10)から放射された光子を収集する各ビデオカメラ(12)で、前記ゾーンの第2画像を生成するステップと、

前記シンチレータ(9)全体を表す単一の第1画像を取得するために、電子処理ユニットを用いて、第2画像を組み合わせるステップと、を含む方法。

【請求項19】

請求項18に記載の方法であって、前記第2画像を組み合わせるステップは、前記シンチレータ(9)の前記出射面(10)の各ゾーンについて、前記ゾーンに関連する第2画像を足し合わせる作動のステップ、または前記ゾーンに関連する第2画像の平均を取る作動のステップの、何れかを含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ、ならびにトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナのシンチレータから画像を取得する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

既知のように、断層撮影スキャナは、使用されるX線検出器の技術に関して、主に2つのファミリーに大別される。すなわち、リニアセンサ(モノラインまたはマルチラインとすることができる)を備える断層撮影スキャナと、パネルセンサを備える断層撮影スキャナと、である。

【0003】

第1ファミリーの断層撮影スキャナは、主に医療分野で使用される。第2ファミリーの断層撮影スキャナと比較して、第1ファミリーの断層撮影スキャナは、解像度がより低いが、取得頻度はより高い。

【0004】

対照的に、第2ファミリーの断層撮影スキャナは、産業界で多用される。第1ファミリーの断層撮影スキャナと比較すると、第2ファミリーの断層撮影スキャナは、解像度がより高く、また取得頻度が低い。それらは、視野が限られている。

【0005】

両方のタイプのセンサは、非常に高価である。センサのコストが、コンピュータ断層撮影スキャナの全体のコストの半分以上を占めることも多い。

【0006】

本発明は、産業用途の断層撮影スキャナ、特にトンネル型断層撮影スキャナに関して開発された。これらの断層撮影スキャナにおいて、物体の断層撮影検査は、物体が断層撮影スキャナの検出ゾーンを通過して連続的に(多くの場合、比較的高い送り速度で)送られている間に実行される。

【0007】

物体の内部構造の正しい断層撮影再構成を取得するためには、比較的小さい取得ステップで、物体自体のX線画像を様々な角度位置から、少なくとも物体を中心とした180°の回転(第2の180°は対称である)について取得する必要があることを考慮する。そうすると、産業用途において生じる主な課題は、取得面が大きく、マルチラインシステムの取得頻度に等しい取得頻度を有し、にもかかわらず従来技術よりもはるかに低コストの断層撮影スキャナの製造を成功させることである。

【0008】

現在のところ、従来技術のセンサの全ては、センサに当たるX線(Xフォトン)を可視スペクトルの光フォトンに変換できるシンチレータ材料の使用に基づいている。シンチレ

10

20

30

40

50

ータ材料製の複数のセルからなるパネルは、検出ゾーンを通過したX線を途中で捉えるように配置されている。そのパネルは、フォトダイオードのパネル（または光を電気に変換することができる他の装置）に結合された、可視光フォトンが放射される出射面を備える。特に、シンチレータパネルの各セルには、通常、フォトダイオードが設けられている。

【0009】

次いで、フォトダイオードによって生成されたアナログ電気信号は、デジタル信号に変換され、処理のために処理ユニット（通常、コンピュータ）に搬送される。

【0010】

従来技術の検出器の最も高価な構成要素は、非常に多数のフォトダイオードから高周波数データを収集するシステムである。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

これに関連して、本発明の基礎となる技術的目的は、上述の欠点を克服するトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ、およびトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナのシンチレータから画像を取得する方法を提供することである。

【0012】

特に、本発明の技術的目的は、大きな取得面を使用し、従来技術のマルチラインシステムの取得頻度に等しい取得頻度を有し、従来技術のマルチラインシステムに等しい取得周波数を有し、従来技術のものよりも低コストのトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ、およびトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナのシンチレータから画像を取得する方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

示された技術的な目的およびねらいは、実質的に、添付の特許請求の範囲の記載にしたがって、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナおよびトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナのシンチレータから画像を取得する方法によって達成される。

【0014】

本発明の更なる特徴および利点は、添付の図面を参照する、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナの複数の好適で非限定的な実施形態に関する詳細な説明、およびトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナのシンチレータから画像を取得する方法に関する詳細な説明においてより明らかである。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明により製造されたコンピュータ断層撮影スキャナの概略的な正面図である。

【図2】図1の断層撮影スキャナのロータのみを示す概略的な透過正面図である。

【図3】本発明による断層撮影スキャナの一部であるX線検出器の第1実施形態の概略図である。

【図4】本発明による断層撮影スキャナの一部であるX線検出器の第2実施形態の概略図である。

【図5】本発明による断層撮影スキャナの一部であるX線検出器の第3実施形態の概略図である。

【図6】本発明による断層撮影スキャナの一部であるX線検出器の第4実施形態の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

上述の図面を参照すると、符号1は、本発明によるトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ1の全体を示す。

【0017】

本発明によるトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ1は、まず、ステータとして機

10

20

30

40

50

能する支持構造 2 と、支持構造 2 によって支持されるロータ 3 と、支持構造 2 に対して回転軸を中心としてロータ 3 を回転駆動させるために、ロータ 3 に接続されたモータ（図示せず）と、を備える。ロータ 3 の内部には、回転軸が通過する検出ゾーン 4 がある。

【0018】

有利には、好適な実施形態において、物体 6 を搬送する搬送装置 5（断層撮影スキャナ 1 の一部であっても、なくてもよい）は、回転軸を中心とするロータ 3 の回転中に、物体 6 を回転軸に平行にフィードするために、検出ゾーン 4 を通して取り付けられる。好適には、少なくとも検出ゾーン 4 において、物体 6 を搬送する搬送装置 5 は、放射線不透過性でない材料製である。

【0019】

また、断層撮影スキャナ 1 は、検出ゾーン 4 の対向する側でロータ 3 に取り付けられた、X線エミッタ 7 および X線検出器 8 を備える。

【0020】

X線エミッタ 7 は、その目的に適した任意の種類のものですることができる。（それ自体公知であり、したがって詳細には説明しない。）

【0021】

既知の方法において、X線検出器 8 は、X線検出器 8 に当たる X線の強度を、X線が通過した材料の密度のマップを表す可視スペクトルの画像に変換することができる。これは、典型的には、グレースケールで示すことができる画像である。この画像において、より明るい色合いはより低い濃度値に対応する。より暗い色合いはより高い濃度値に対応する。画像はまた、通常、各画素において、検出可能な無負荷強度と比較した、測定中に検出された光強度の減衰として定義される。これは、以下に定義される第 1 画像および第 2 画像に対しても適用されると理解される必要がある。

【0022】

次に、電子処理ユニット（図示せず）は、X線検出器 8 に接続され、検出ゾーンに配置された物体 6 の 3 次元構造を再構成するために、X線検出器 8 から取得された第 1 画像を、回転軸の周りのロータ 3 の複数の別個の角度位置において組み合わせるようにプログラムされている。本発明に関連して、定義メイン画像または第 1 画像とは、シンチレータ全体によって放射される可視光を表す全体像を指す。

【0023】

X線検出器 8 は、少なくとも 1 つのシンチレータ 9 を備える。シンチレータ 9 は、既知の方法で、並んで配置されたセルの 2 次元マトリックスを備える。セルは、それぞれ、シンチレーション材料を含み、X線遮蔽材料製の薄い壁によって隣接するセルから分離されている。

【0024】

シンチレータ 9 は、その外面の部分に相当する少なくとも 1 つの出射面 10を画定する。シンチレータ 9 は、X線が当たると（添付の図において、X線のビームが長い破線で表される）、出射面 10から、断層画像を作成するために使用する必要のある可視スペクトルの光を放射する。

【0025】

有利には、シンチレータ 9 全体とその出射面 10の両方は、平坦である。しかしながら、両者は、相互に斜めで配置された 2 つ以上の部分から構成されていてもよい（図 5）。

【0026】

一般に、出射面 10は、X線エミッタ 7 に向かう方向（図 5）、または、X線エミッタ 7 の反対側を向く方向（図 3 および図 4）、の何れかに向くことができる。後者は従来技術の断層撮影スキャナにおいて通常採用される解決策である。しかしながら、出射面 10が、X線がシンチレータ 9 に当たる面と一致する前者の解決策は、ほとんどのシンチレータ材料が可視光に対して部分的にのみ透明であるという事実を考慮して考案されている。その結果、X線とシンチレータ 9 との相互作用によって生成される光がシンチレータ 9 自体によって吸収されるリスクを低減するために、限定された厚さでしか、それらを製造す

10

20

30

40

50

ることができない。同時に、厚さが薄すぎると、入射X線のかなりの割合を途中で捉えることができない。シンチレータ9によって放射される光をX線源と同じ側で使用する解決策(図5)は、システムの効率性を高める。なぜなら、Xフォトンの大部分は、シンチレータ9の材料の第1層によって途中で捉えられ、出射面10から出る前に通過しなければならないシンチレータ9がより少ないためである。(可視光光子は全ての方向に放射されることに留意されたい)。出願人が実施したいいくつかの試験によって、このようにして、他の条件が同じであれば、ほぼ二倍の使用可能な光の強度を取得可能であると実証された。

#### 【0027】

しかしながら、実施形態に応じて、シンチレータ9の片側のみに配置されるただ1つの出射面10、またはシンチレータ9の2つの対向する側(すなわち、シンチレータ9の各セルの2つの側)に配置される2つの出射面10があってもよい。特に、より複雑な実施形態(図6)において、シンチレータ9は2つの平坦なシンチレータ体11を備える。これらのシンチレータ体11は、それぞれの延伸面に平行に相互に結合されている。シンチレータ本体11は、それぞれ、出射面10を構成する。特に、2つの出射面10は、一方がX線エミッタ7に向かう方向、他方が逆方向に向いている。各シンチレータ体11は、シンチレータ9全体と同じようにセルに分割されている。2つのシンチレータ体11は、対応するセルが相互に整列するように結合されている。

#### 【0028】

このようにして、前記シンチレータ9の両面から放射された光を検出することによって、同じ物体6の2つの鏡面像を取得することができる。なお、X線エミッタ7と反対向きの出射面10を観察することによって作成される画像は、主にエネルギーがより高いXフォトンによって形成される。これは、エネルギーがより低いXフォトンが、一般に、X線エミッタ7と同じ側に配置されたシンチレータ体11によって阻止されるためである。いくつかの実施形態においては、2つのシンチレータ体11の間にX線フィルタ材料(例えば、アルミニウムまたは銅)のシートを介在させることによって、検出されたX線フォトンの電磁スペクトルをさらに区別することも可能である。異なるエネルギーを有するXフォトンに基づいて2つの画像を使用する原理は、「デュアルエネルギー」センサで使用されるものと同じである。これによって、測定される材料の組成の区別を向上させることができる。

#### 【0029】

本発明の主たる革新的な態様によれば、X線検出器8は、電子処理ユニットに接続された複数のビデオカメラ12も備える。各ビデオカメラ12は、取得センサ(図示せず)と、取得センサに光学的に結合された撮影レンズ13と、を備える。撮影レンズ13は、ビデオカメラ12が観察すべきシンチレータ9の出射面10にフォーカスする(またはフォーカス可能である)。(好適には、撮影レンズ13は、出射面10に対して垂直に配置された光軸を有する。)

#### 【0030】

有利には、ビデオカメラ12のための既知の技術によれば、取得センサはCCDまたはCMOSセンサである。しかしながら、必要に応じて、他のタイプのセンサ、新世代のセンサでさえも使用することができる。ビデオカメラ12において通常使用されるCCDまたはCMOSセンサーは、非常に高い取得頻度で、数百万の画素からデータを取得することができる。同時に、この種のセンサはこの動作を効率的に行うことができるが、断層撮影スキャナ1を作成するためにカバーしなければならないサイズ(すなわちシンチレータ9の表面と比較して)に比べて、それらの表面は非常に小さい。しかしながら、シンチレータ9を適切な距離からファインダ内にフレーミングするレンズを備えるビデオカメラ12は、かなり大きなゾーンをフレーミングすることも可能であり、サイズの違いを補うことができる。

#### 【0031】

したがって、各ビデオカメラ12は、出射面10(または複数の出射面10のうちの1

10

20

30

40

50

つの出射面 10) においてシンチレータ 9 の少なくとも 1 つの部分をフレーミングするように配置されている。具体的には、各ビデオカメラ 12 が、シンチレータ 9 の特定部分に対応する出射面 10 のゾーンの、可視スペクトルの画像を次々と取得するために使用される。本発明に関連して、各ビデオカメラ 12 によって取得された個々の画像は、動作画像または第 2 画像として定義される。有利には、メイン画像の処理が要求される角度位置にロータ 3 があるたびに、動作画像が取得される。

#### 【0032】

また、本発明の主たる革新的な態様によれば、シンチレータ 9 の各部分は、シンチレータ 9 の各部分に対して、単一のビデオカメラ 12 で達成することができたよりも多くの量の光子を収集するように、少なくとも 2 つの別個のビデオカメラ 12 によってフレーミングされる。実際には、シンチレータ 9 によって放射された可視光を、フォトダイオードを使用する現行の解決策のように直接結合を用いるのではなく、ある程度離れて配置されたレンズを用いて集めることによって、シンチレータ 9 から出てくる光光子の大部分がレンズに向かわず、したがって分散されるという欠点がある。これにより、ビデオカメラ 12 で検出可能な信号が非常に弱くなり、したがって、信号対干渉比が減少する。

#### 【0033】

少なくとも産業界においては、ビデオカメラ 12 で検出可能な信号の強度を増大させるために、従来技術の断層撮影スキャナよりも高い電力および電圧を有する X 線エミッタの使用、高利得および低ノイズのビデオカメラ 12 の使用、熱ノイズの影響を低減するために冷却されるビデオカメラ 12 の使用、または 1 つまたは複数のレンズを出射面 10 に結合する等、出射面 10 によって放射された光をビデオカメラ 12 にフォーカスさせるために他の装置も使用することができる。

#### 【0034】

さらに、より多くの光を収集するために、絞りが非常に開放された（例えば、 $f/0.95$  など、 $f/1$  未満の絞り開口値を有する）レンズを使用することも可能である。これらのレンズは非常に狭い被写界深度を有することを留意すべきである。しかしながら、フレーミングされた出射面 10 の部分が、平坦で、ビデオカメラ 12 のレンズの光軸に直交していれば、それは問題ではない。実際に、このようにして、必要な被写界深度をゼロにすることさえできる。

#### 【0035】

以下のことに留意されたい。すなわち、出射面 10 が 1 つのみである場合は、出射面 10 の同じゾーンを複数回フレーミングすることによって、シンチレータ 9 の同じ部分を複数回フレーミングできる。一方、2 つの対向する出射面 10 (図 6) がある場合、一方の出射面 10 の一方、他方の出射面 10 の他方の、フレーミングする 2 つのビデオカメラ 12 を使用しても、シンチレータ 9 の同じ部分を 2 回フレーミングできる。(図 6 では、一方の出射面 10 の 2 つのビデオカメラ 12 と、他方の出射面 10 の 2 つのビデオカメラ 12 によって、各部分が 4 回フレーミングされる。)

#### 【0036】

次に、電子処理ユニットは、ビデオカメラ 12 によって取得された全ての第 2 画像を組み合わせることによって、特に、有利には、異なるビデオカメラ 12 がシンチレータ 9 の各部分について取得する複数の第 2 画像を、足し合わせる、またはそれらの平均を取る、の何れかによって、各第 1 画像を取得するようにプログラムされている。

#### 【0037】

検出されるべき画像がシンチレータ 9 の平面に生成されるという事実のおかげで、起こり得る曖昧さなしに、異なる点に配置されたビデオカメラ 12 で画像を取得することが可能である。実際に、シンチレータ 9 によって多様な方向に送られる光の量は、異なってもよいが、シンチレータ 9 の各セルに当たる X フォトンの数には常に比例する。したがって、ビデオカメラ 12 による検出は、各ビデオカメラ 12 で「無負荷」の画像を取得することによって、すなわち、検出ゾーン 4 内に物体 6 がない状態（または搬送装置 5 のような恒久的に存在する物体 6 のみがある状態）で取得し、次いで測定された信号の無負荷

10

20

30

40

50

で取得された信号に対する比を減衰として考慮することによって、容易に均等化することができる。

【0038】

幾何学的観点から、重ね合わされたゾーンの画像を取得するために複数のビデオカメラ12が使用される場合、各ビデオカメラ12によって取得された画像の画素間の正しい関連付け（したがって、シンチレータ9の正しいセルとの正しい関連付け）を可能にする初期校正が必要である。これは例えば、2つのステップで行うことができる。すなわち、（a）シンチレータ9の上に配置されたチェス盤または他のパターンの画像を取得することによって、各ピクセルを平面の点に一意にマッピング可能にする、ビデオカメラ12の校正のための典型的な手順を適用可能にするステップ。（b）物体6（例えば、相互に既知の位置に配置された、例えば1mmの既知の直径を有する鋼球のグループ）を走査することによって、全てのビデオカメラ12の信号の組み合わせによって取得された再構成が、可及的に正確な球体を供給することを保証するように、または、同等に、各ビデオカメラ12の画像で識別された球体の逆投影が、空間の同じ点に収束することを保証するように、システムの幾何学的パラメータを最適化するステップ。

10

【0039】

実施形態に応じて、各ビデオカメラ12は、出射面10全体（図3、図4、および図6）、またはその部分のみ（図5では、出射面10が、相互に斜めである2つの部分から構成されている）のいずれかを、フレーミングすることができる。

【0040】

好適な実施形態において、後続の断層撮影再構成の作動を容易にするために、有利には、電子処理ユニットは、従来技術の特徴を有する単一のセンサを使用することによって取得できる出射面10全体の画像に対応する第1画像を取得するような方法で、第2画像を組み合わせるようにプログラムされている。多様なビデオカメラ12から受信された画像が与えられると、断層撮影の反転を進めるために、あたかもそれが単一の仮想センサによって取得されたかのように、実際には仮想画像を生成することが好適である。再作成される仮想センサのパラメータの定義（カーブする、または平坦、解像度、広がり）は、任意でよいが、ビデオカメラ12によって測定されるものと可及的に類似することが好適である。Katsevich (Katsevich, Alexander “Theoretically exact filtered backprojection-type inversion algorithm for spiral CT「理論的に厳密にフィルタ処理されたスパイラルCT用逆投影型反転アルゴリズム」”, SIAM Journal on Applied Mathematics 62.6 (2002): 2012-2026)によって提案されたような、いくつかの既知の断層撮影の反転アルゴリズムでは、必要な最初の作動の1つは、センサが複数の特別な曲線に沿って配置された場合に読み取ったであろう値の計算を必要とする「前方高さのリビンギン(forward height rebinning)」であることに留意する。その場合、第1画像生成中に再作成される仮想センサの画素が、アルゴリズムの最初のステップで必要なものと一致することが有利であろう。

20

30

【0041】

従来技術の断層撮影スキャナに関するのと同様に、本発明による符号6に関しても、第2画像が取得される瞬間に、回転軸の周りのロータ3の角度位置を決定する手段が設けられている。（実際には、断層撮影再構成は、取得された各第1画像によって参照される角度位置を正確に知ることによってのみ可能である）。（ロータ3の正確な動きに基づいて）角度位置を決定する従来技術の手段に関して、詳細は述べない。本発明の革新的な実施形態において、ロータ3の角度位置を決定する手段は、角度位置を決定するようにもプログラムされた電子処理ユニットで構成されている。電子処理ユニットは、検出ゾーン4に存在する1つまたは複数の固定された参照要素の既知の位置に応じて、第1画像を処理する。この実施形態は、角度位置に関する情報を取得するためのデジタル入力を有さないビデオカメラ12を使用する場合に、特に有用である。提案された解決策は、角度位置を計算するために、特に搬送システムによって、検出ゾーン4の複数の既知の特徴によってシンチレータ9上に（したがって第1画像に）生成される画像を使用することからなる。例

40

50

例えば、物体 6 を搬送する搬送装置 5 のコンベアベルトのために存在し得る支持面を使用することが可能である。それは、X 線に整列されると、画像に非常にシャープな明暗エッジを作成する平面を画定する。これらの参照要素によって生成される画像の経時的な勾配を観察することによって、（例えば、勾配 / フレームグラフ上の放物線の最大点を計算することによって）平面が光線と整列するフレームを、フレームの少なくとも 1 / 10 に等しい精度で推定することが可能である。

#### 【 0 0 4 2 】

ロータ 3 の角度位置を決定する方法に関して、本出願人は、分割出願を提出することによってさえ、独立した保護を進める権利を留保する。

#### 【 0 0 4 3 】

比較的高速で回転するロータ 3 と、システムの静的部分（支持構造 2）との間の通信システムは、複雑となる可能性があって、高価であり、非常に高いデータ通信帯域を提供することができない。したがって、電子処理ユニットを、ステータ部分とロータ 3 との間で分割された別個の処理を行うようにプログラムされた 2 つ以上のメインユニットに分割することが有利である。特に、ロータ 3 に取り付けられてビデオカメラ 1 2 に直接に接続された 1 つまたは複数のロータメインユニットと、ロータ 3 の回転に対して静止している 1 つまたは複数のステータメインユニットと、が存在できる。特に、ロータメインユニットが、1 つまたは複数のビデオカメラ 1 2 の内部に直接に存在することが有利な場合がある。

#### 【 0 0 4 4 】

図 3 に示すように、出射面 1 0 が X 線エミッタ 7 と対向する側に配置されているいくつかの実施形態において、X 線検出器 8 は、出射面 1 0 からビデオカメラ 1 2 まで延在する光路に沿って配置された、X 線に対して保護するための角度付きミラー 1 4 および / または保護シールド 1 5（例えば、鉛ガラス）も備える。

#### 【 0 0 4 5 】

実際には、シンチレータ 9 に当たる X フォトンの大部分は、光に変換されず、その経路上を進む。もしビデオカメラ 1 2 がシンチレータ 9 の直後に配置されていたら、それらはダメージを受けただろう。保護シールド 1 5 もしくは（X 線の方向に対する）角度付きミラー 1 4、またはその両方を介在させることにより、この問題を回避することができる。角度付きミラー 1 4 を使用することによって、ビデオカメラ 1 2 を、それらをはるかに遮蔽し易い横方向の位置に配置することができる。また、角度付きミラー 1 4 の配置によって、ビデオカメラ 1 2 と回転中心との間の距離を制限することもできる。ビデオカメラ 1 2、およびそれに関連する全てのもの（レンズ、ケーブル、コネクタ、支持体、シールド）が受ける遠心力は、回転中心からの距離に直線的に依存し、速度が同じであるために、これが重要である。生成され得る遠心力がより大きいほど、強力な（高価な）構成要素を使用する必要性がより大きくなり、設計がより複雑になる。

#### 【 0 0 4 6 】

そうでなければ、ビデオカメラ 1 2 が X 線エミッタ 7 に面する出射面 1 0 を観察する解決策の場合には、ミラーまたはシールドは不要である。なぜなら、X 線のダイレクトビームが当たるのを防止するために、ビデオカメラ 1 2 を単に横方向に配置することができる（図 5）ためであり、また、いずれにしてもビデオカメラ 1 2 の位置が回転中心からそれほど遠くないであろうと考えるためである。

#### 【 0 0 4 7 】

また、ビデオカメラ 1 2 の感度を高めることをねらいとして、いくつかの実施形態では、少なくとも 1 つのビデオカメラ 1 2 において、検出画素（各ビデオカメラ 1 2 は複数の検出画素を備え - 百万単位で番号付けされる）は、それぞれが少なくとも 2 つの画素を備える複数のグループにグループ化されている。各グループの画素の検出は、単一の読み取りに統合される。このようにして、各個別の出力画素のサイズを仮想的に増大させることが可能であり、したがって、より多くの光子を収集する。例えば、辺が 2 × 2、3 × 3、4 × 4 ... N × N の正方形パターンに基づいて、画素をグループ化することができる。技術

10

20

30

40

50

的には、ビニングを用いて、または画像を処理するコンピュータ上のソフトウェアを介して、ビデオカメラ12自体の内部でこれを行うことができる。フレーミングされるゾーン（出射面10）を、各々が2つ以上のビデオカメラ12によってカバーされるサブゾーンに分割することによって、各ビデオカメラ12が、各々が多数の統一された実画素に対応する少数の仮想画素を有する出力を供給する場合でさえ、大きなゾーンを高解像度でカバーすることも可能である。

【0048】

次に、トンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ1のシンチレータ9から画像を取得する方法について説明する。方法は、構造的な観点から上述したX線検出器8で行われる複数の作動ステップを備える。適用可能であれば、断層撮影スキャナ1を参照して説明した内容は、この方法にも有効であると考えなければならない。その逆も同様である。

10

【0049】

まず、この方法は、その画像が取得されなければならないシンチレータ9の各部分に対して、少なくとも2つの別個のビデオカメラ12で、出射面10の同じゾーンをフレーミングするステップと、続いて、シンチレータ9の出射面の各ゾーンをフレーミングする各ビデオカメラ12で、ゾーンの第2画像を生成するステップと、を含む。

【0050】

次に、シンチレータ9全体を表す単一の第1画像を取得するために、電子処理ユニットを用いて、シンチレータ9の多様な部分について取得された第2画像を組み合わせるステップがある。

20

【0051】

好適な実施形態において、第2画像を組み合わせるステップは、シンチレータ9の出射面10の各ゾーンについて、そのゾーンに関連する第2画像を足し合わせる作動のステップ、またはそのゾーンに関連する第2画像の平均を取る作動のステップの、何れかを含む。

【0052】

本発明は重要な利点をもたらす。

【0053】

実際に、本発明のおかげで、従来技術のマルチラインシステムに等しい取得頻度を有し、従来技術のものよりも低コストであり、大きな取得面を使用するトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ1を提供すること、またそのトンネル型コンピュータ断層撮影スキャナ1のシンチレータ9から画像を取得する方法を提供することが可能になった。

30

【0054】

最後に、本発明は比較的容易に製造することができて、本発明の実施に関連するコストでさえもそれほど高くないことに留意されたい。

【0055】

上述した本発明は、複数の方法で変更させて適合させることができる。それによって、上述した本発明が、本発明の概念の範囲から逸脱することはない。

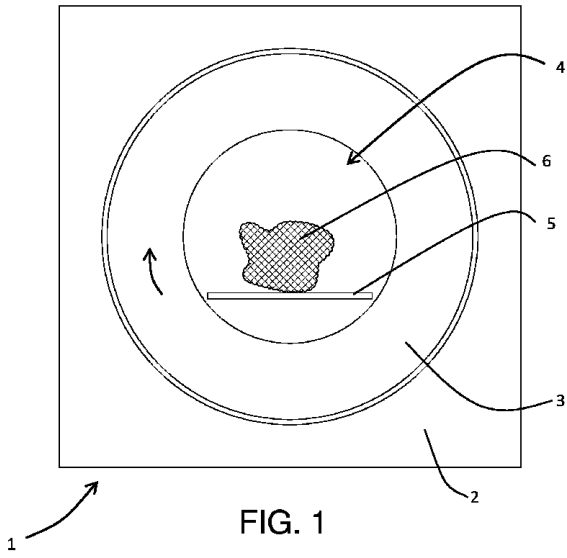
【0056】

全ての詳細は、技術的に同等の他の要素で置き換えることができる。使用される材料、ならびに多様な構成要素の形状および寸法は、要件に応じて変更することができる。

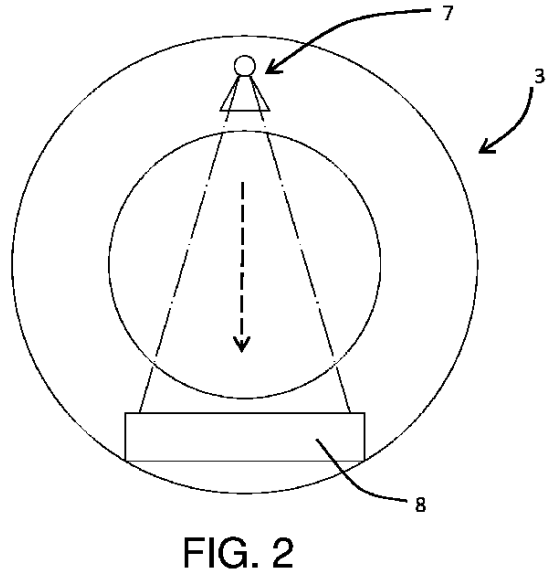
40

【図面】

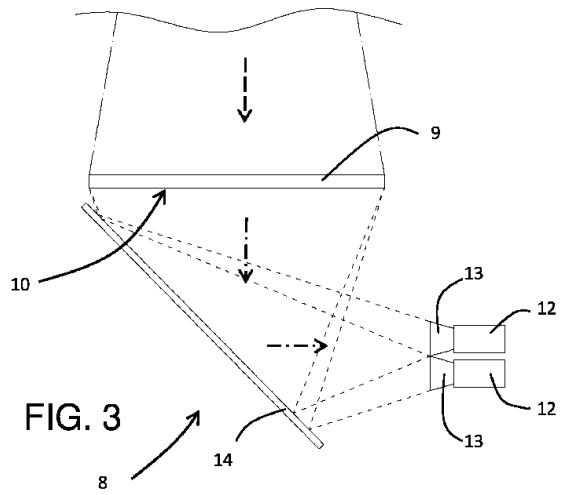
【図 1】



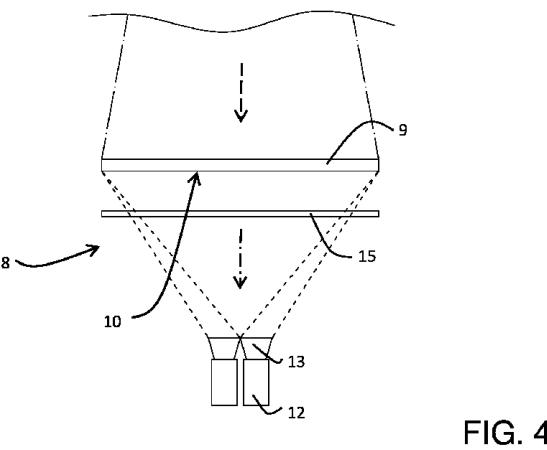
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

20

30

40

50

【 図 5 】

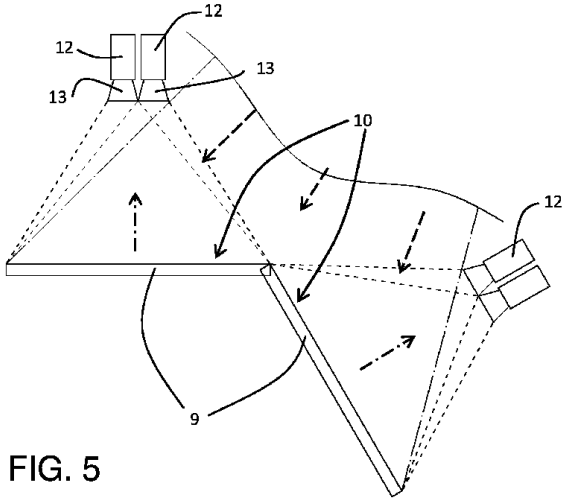


FIG. 5

【 図 6 】

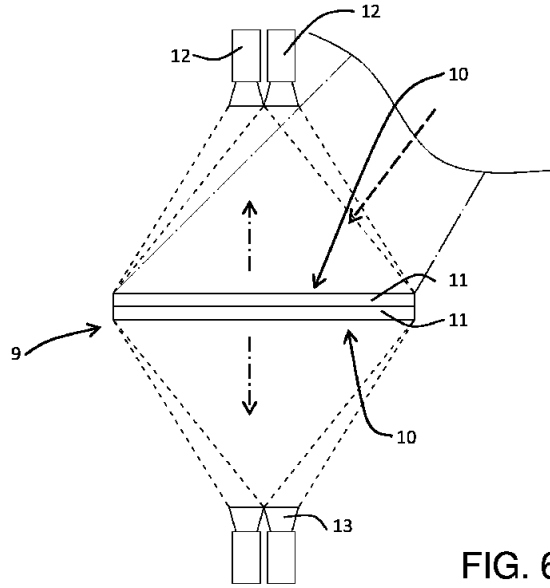


FIG. 6

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

(72)発明者 エンリコ ウルセラ

イタリア国 30174 ヴェネツィア メストレ ヴィア ソルフェリーノ 7

審査官 嶋田 行志

(56)参考文献

特開平06-265487(JP,A)

特開2012-154733(JP,A)

特開昭56-085328(JP,A)

特開平02-093351(JP,A)

特開2005-121633(JP,A)

特表2012-518782(JP,A)

特表2001-520376(JP,A)

国際公開第2018/115325(WO,A1)

米国特許第09250200(US,B1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01N 23/00 - G01N 23/2276

G01T 7/00 - G01T 7/12

A61B 6/00 - A61B 6/58

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

JSTChina(JDreamIII)

ACS PUBLICATIONS

Scitation

Science Direct