

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7118133号

(P7118133)

(45)発行日 令和4年8月15日(2022.8.15)

(24)登録日 令和4年8月4日(2022.8.4)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 T 7/00 (2006.01)

G 0 1 T 7/00 B

G 0 1 T 1/36 (2006.01)

G 0 1 T 1/36 A

A 6 1 B 6/03 (2006.01)

A 6 1 B 6/03 3 2 0 R

G 0 1 N 23/04 (2018.01)

A 6 1 B 6/03 3 7 3

G 0 1 N 23/083 (2018.01)

G 0 1 N 23/04

請求項の数 15 (全15頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2020-507557(P2020-507557)

(86)(22)出願日 平成30年8月14日(2018.8.14)

(65)公表番号 特表2020-530903(P2020-530903
A)

(43)公表日 令和2年10月29日(2020.10.29)

(86)国際出願番号 PCT/EP2018/072018

(87)国際公開番号 WO2019/034650

(87)国際公開日 平成31年2月21日(2019.2.21)

審査請求日 令和3年8月12日(2021.8.12)

(31)優先権主張番号 17186194.1

(32)優先日 平成29年8月14日(2017.8.14)

(33)優先権主張国・地域又は機関
欧州特許庁(EP)

早期審査対象出願

(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 5 6 5 6 アーヘー アイン
ドーフエン ハイテック キャンパス 5 2
High Tech Campus 52,
5 6 5 6 AG Eindhoven, N
etherlands

(74)代理人 110001690

特許業務法人M&Sパートナーズ

(72)発明者 デア ハイナー

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
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光子カウントコンピュータ断層撮影のための薄型散乱防止及び電荷共有防止グリッド、当該グリッドを有する撮像装置、当該グリッドの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光子カウントX線ディテクターのための散乱防止グリッドであって、前記散乱防止グリッドは、表面と、前記表面を形成する複数のストリップであって、前記複数のストリップが少なくとも2つのガードストリップを含み、前記少なくとも2つのガードストリップは、前記表面と平行な方向において前記複数のストリップのうちの1つ又は複数の他のストリップより厚く、前記1つ又は複数の他のストリップが、前記少なくとも2つのガードストリップ間に位置する、複数のストリップと、を備え、前記表面と平行な前記方向において、前記少なくとも2つのガードストリップのうちの1つのガードストリップが、2つの隣接するディテクターピクセル間における隙間と重複し、且つ、前記隙間におけるクリティカルゾーンと重複し、前記少なくとも2つのガードストリップのうちの前記1つのガードストリップが、前記表面と平行な前記方向において厚さを有し、前記1つのガードストリップの前記厚さは、前記隙間における前記クリティカルゾーンの寸法に対応し、前記クリティカルゾーンにおいて、クラウドのある部分が、電界により前記2つの隣接するディテクターピクセルのうちの一方のディテクターピクセルに向けられ、前記クラウドの別の部分が、前記2つの隣接するディテクターピクセルのうちの他方のディテクター

ピクセルに向けられる、散乱防止グリッド。

【請求項 2】

前記少なくとも 2 つのガードストリップ又は前記少なくとも 1 つ若しくは複数の他のストリップが、ホイルから形成される、請求項 1 に記載の散乱防止グリッド。

【請求項 3】

前記ホイルが金属である、請求項 2 に記載の散乱防止グリッド。

【請求項 4】

前記ホイルは、モリブデン、鉛及びタングステンのうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 3 に記載の散乱防止グリッド。

【請求項 5】

10 対 40 のアスペクト比を含む、請求項 1 に記載の散乱防止グリッド。

【請求項 6】

前記ガードストリップの厚さが、20 μm から 200 μm の間である、請求項 1 に記載の散乱防止グリッド。

【請求項 7】

前記 1 つ又は複数の他のストリップのうちの少なくとも 1 つの厚さが、5 μm から 50 μm の間である、請求項 1 に記載の散乱防止グリッド。

【請求項 8】

2 つの隣接するディテクターピクセルを含む少なくとも 1 つのディテクターピクセルを有する、光子カウント X 線ディテクターと、

散乱防止グリッドと、

を備える撮像装置であって、前記散乱防止グリッドは、

表面と、

前記表面を形成する複数のストリップであって、前記複数のストリップが少なくとも 2 つのガードストリップを含み、前記少なくとも 2 つのガードストリップは、前記表面と平行な方向において前記複数のストリップのうちの 1 つ又は複数の他のストリップより厚く、前記 1 つ又は複数の他のストリップが、前記少なくとも 2 つのガードストリップ間に位置する、複数のストリップと、

を含み、

前記表面と平行な前記方向において、前記少なくとも 2 つのガードストリップのうちの 1 つのガードストリップが、前記 2 つの隣接するディテクターピクセル間における隙間と重複し、且つ、前記隙間におけるクリティカルゾーンと重複し、

前記少なくとも 2 つのガードストリップのうちの前記 1 つのガードストリップが、前記表面と平行な前記方向において厚さを有し、前記 1 つのガードストリップの前記厚さは、前記隙間における前記クリティカルゾーンの寸法に対応し、

前記クリティカルゾーンにおいて、クラウドのある部分が、電界により前記 2 つの隣接するディテクターピクセルのうちの一方のディテクターピクセルに向けられ、前記クラウドの別の部分が、前記 2 つの隣接するディテクターピクセルのうちの他方のディテクターピクセルに向けられる、撮像装置。

【請求項 9】

前記 2 つの隣接するディテクターピクセルの両方による同じ X 線放射線事象の検出に対する可能性を低減するために、前記少なくとも 2 つのガードストリップのうちの少なくとも 1 つが、前記 2 つの隣接するディテクターピクセル間に位置する、請求項 8 に記載の撮像装置。

【請求項 10】

前記少なくとも 1 つのディテクターピクセルの寸法は、50 μm から 1 mm の間である、請求項 8 に記載の撮像装置。

【請求項 11】

事象カウンターとして実行する少なくとも 1 つのプロセッサを備える、請求項 8 に記載の撮像装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記事象カウンターは、スペクトル撮像をサポートする、請求項 1 1 に記載の撮像装置。

【請求項 1 3】

コンピュータ断層撮影スキャナである、請求項 8 に記載の撮像装置。

【請求項 1 4】

光子カウント X 線ディテクターの散乱防止グリッドを製造する方法であって、前記散乱防止グリッドが、2 つの異なる厚さのストリップを含み、前記方法は、

表面を提供するステップと、

前記表面を形成する複数のストリップであって、前記複数のストリップが少なくとも 2 つのガードストリップを含み、前記少なくとも 2 つのガードストリップは、前記表面と平行な方向において前記複数のストリップのうちの 1 つ又は複数の他のストリップより厚く、前記 1 つ又は複数の他のストリップが、前記少なくとも 2 つのガードストリップ間に位置する、複数のストリップを提供するステップであって、前記表面と平行な前記方向において、前記少なくとも 2 つのガードストリップのうちの 1 つのガードストリップが、2 つの隣接するディテクターピクセル間における隙間と重複し、且つ、前記隙間におけるクリティカルゾーンと重複する、複数のストリップを提供するステップと、

前記隙間における前記クリティカルゾーンの寸法を特定するステップであって、前記クリティカルゾーンにおいて、クラウドのある部分が、電界により前記 2 つの隣接するディテクターピクセルのうちの一方のディテクターピクセルに向けられ、前記クラウドの別の部分が、前記 2 つの隣接するディテクターピクセルのうちの他方のディテクターピクセルに向けられる、特定するステップと、

特定された前記寸法に基づいて、前記少なくとも 2 つのガードストリップのうちの前記 1 つのガードストリップの厚さを指定するステップと、

を有する、方法。

【請求項 1 5】

前記少なくとも 2 つのガードストリップ間の距離が、前記光子カウント X 線ディテクターにおいて形成される、平均電荷雲直径、又は、光の光子の平均の広がり寸法に対応する、請求項 1 に記載の散乱防止グリッド。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、散乱防止グリッド、撮像モジュール、及び撮像装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

いくつかの X 線撮像装置、例えば、コンピュータ断層撮影 (CT) スキャナ、又は他のものが、エネルギー弁別型ディテクター機器を使用する。エネルギー積分型にすぎない、より以前のディテクターと異なり、エネルギー弁別型ディテクターシステムは、X 線放射線のエネルギースペクトルを分析することが可能である。この追加的な情報抽出は、例えば、撮像されるサンプルの材料組成について学習するスペクトル撮像を可能にする。

【0 0 0 3】

このようなエネルギー弁別型ディテクターシステムの一つが直接変換光子カウントディテクターである。これらは、ディテクター信号への X 線放射線の変換のための大部分は非構造化状態の半導体を使用する。構造化又は「ピクセル化」は半導体に複数の電極を配置することにより達成される。電極は、衝突する光子に起因して半導体内に形成された電荷雲によりもたらされる光子事象を検知する。電極は、スペクトル画像データに処理され得る電気パルスの形態でディテクター信号を提供する。

【0 0 0 4】

「電荷共有」の望ましくない現象がこれらの種類のディテクター又は同様の事象カウンターにおいて発生する。「電荷共有」は、全く同じ光子事象が電極のうちの 1 つより多い電極により検知される効果であり、これは、撮像装置のエネルギー弁別能力を乱す。

10

20

30

40

50

【0005】

電荷共有の影響を小さくする1つの手法が、異なるピクセルの検出された信号を分析するアルゴリズムを使用することである。電荷共有事象の場合、小さいパルス高をもつ多くのパルスが近接したピクセルにおいて同じ瞬間に検出される。最初のパルス高を復元するために、パルス高が組み合わされ得る。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

事象カウンタベースの撮像を改善する代替的な手法に対する必要性が存在する。

【0007】

本発明の目的は独立請求項の主題により解決され、さらなる実施形態が従属請求項に組み込まれる。後述の態様が撮像モジュール、及び撮像装置に同様に適用されることに留意されなければならない。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第1の態様によると、複数のストリップから形成された表面をもつX線撮像のための散乱防止グリッド（ASG）が提供され、複数のストリップが、表面と平行な方向において複数のストリップのうちの1つ又は複数のストリップより厚い少なくとも2つのガードストリップを含み、1つ又は複数のストリップが、2つのガードストリップ間に位置する。

【0009】

一実施形態によると、少なくとも2つのガードストリップが、ホイルから形成される。

【0010】

一実施形態によると、ホイルが金属である。特に一実施形態によると、ホイルは、モリブデン若しくは鉛又はタングステンのうちの任意の1つ又は組合せを含む。ホイルを使用することは、費用効果が高く、ASGの全高を約1mm～4mmとした特に薄型の構築を可能にする。同じアスペクト比に対して約10倍の高さをもつ従来のASGに比べてより薄型としながら、同じアスペクト比が達成され得る。

【0011】

一実施形態によると、ASGは、約10対40のアスペクト比をもつ。

【0012】

一実施形態によると、少なくとも2つのガードストリップのうちの少なくとも1つの厚さが、約20µmから200µmである。

【0013】

一実施形態によると、1つ又は複数のストリップのうちの少なくとも1つの厚さが約5µmから50µmである。

【0014】

第2の態様によると、少なくとも1つのディテクターピクセルを含むX線ディテクターと、上述のASGとを備える撮像モジュールが提供され、少なくとも2つのガードストリップ間の距離が、平均電荷雲直径、又は、ディテクター（XD）において形成可能な光の光子の平均の広がりに対応する。平均電荷雲が、直接変換型ディテクターの変換層において形成されるとともに、光の光子の広がり、間接型ディテクターのシンチレーター層において形成される。

【0015】

一実施形態によると、2つのディテクターピクセルの両方によるX線放射線事象の検出に対する可能性を低減するために、少なくとも2つのガードストリップのうちの少なくとも1つが、2つのディテクターピクセル間に位置する。X線放射線事象は、例えば、X線放射線衝突に起因して形成される電荷雲である。

【0016】

一実施形態によると、少なくとも1つのピクセルの寸法は、50µmから1mmの間で

10

20

30

40

50

ある。

【0017】

第3の態様によると、上述の散乱防止グリッド又は上述の撮像モジュールを備える撮像装置が提供される。

【0018】

一実施形態によると、撮像装置又は撮像モジュールは、事象カウンタを備える。

【0019】

一実施形態によると、事象カウンタは、スペクトル撮像をサポートするように構成される。

【0020】

一実施形態によると、撮像装置は、コンピュータ断層撮影スキャナである。

【0021】

言い換えると、本明細書において提案されるものは、電荷共有防止能力をもつASGである。したがって、新たに提案されるASGは2つの機能をもち、すなわち、ASGは散乱を低減するが、加えて、ASGはさらに電荷共有を防ぐように機能する。ASGは、比較的小さいピクセル（約 $100\mu\text{m}$ ～ $500\mu\text{m}$ ）をもつ光子カウントディテクタースystemにおいて使用される場合に特に有益である。ASGは、好ましくは、約 1mm ～ 4mm の高さをもつ薄型である。ASGは、一次元ストリップパターンをもつ。しかし、異なる集合からのストリップが非平行であり、特に直交している、2つのストリップ集合が存在する2D配置体も想定される。

【0022】

モジュールにおいて、ASGがディテクタースとそのように位置合わせされることにより、より厚いガードストリップがディテクタースのピクセル間における隙間と重ね合わせ状態にある。これは、特に直接的な（散乱していない）X線光子がディテクタースの変換層におけるクリティカル「電荷共有ゾーン」に到達することを防ぐ。これらのゾーンは、（平面視により見られたとき）電極の隙間の間に位置する変換層の本体内の空間的部分である。

【0023】

第4の態様によると、ディテクタースの散乱防止グリッドの製造をサポートする方法であって、散乱グリッドが、2つの異なる厚さのストリップを含み、

ー 平均電荷雲直径、又は、ディテクタースに対する平均的な光の光子の広がりを見特定するステップと、

ー 直径に基づいて、ストリップのうちのより厚いストリップの厚さを寸法決めするステップと、

を有する方法が提供される。

【0024】

ディテクタースは、電荷雲が変換層に形成される直接変換型であるか、又は、ディテクタースは、光の光子がX線に反応してシンチレータース層における特定の広がりにおいて生成される間接変換型である。

【0025】

「近位」／「遠位」及び「上部」／「底部」などの空間的数量詞は、ASGが中に搭載可能である撮像装置のX線源の位置に関連して本明細書において使用される。

【0026】

本発明の例示的な実施形態が、（一定の縮尺ではない）以下の図面を参照しながら以下で説明される。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】 X線撮像装置の概略ブロック図を示す図である。

【図2】 散乱防止グリッドを含む撮像モジュールの断面図を示す図である。

【図3】 電荷共有を示すディテクタースの変換層を通る断面図を示す図である。

【図4】 散乱防止グリッドの製造をサポートする方法のフロー図を示す図である。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】

【0028】

図1を参照すると、X線撮像装置X I（本明細書において「撮像器」とも呼ばれる）の概略ブロック図が示されている。

【0029】

X線撮像装置X Iは、X線源X Sを含む。想定されるディテクターは、好ましくはデジタルであり、特に、フラットパネル型であるが、他の変形例、例えば、X線源X Sの焦点に焦点を結ばれた湾曲したものも本明細書において想定される。X線源X Sから離れて、検査領域にわたって、X線感応ディテクターX Dを含む撮像モジュールI Mが配置されている。撮像器は、特に、物体O Bの内部構造物及び／又は材料組成に関連した画像を獲得するように構成される。

10

【0030】

物体O Bは、有生物又は無生物である。特に、物体は、ヒト又は動物の患者又はその一部分である。X線撮像器X Iは、特に、好ましくは、医療分野におけるスペクトル撮像用と想定されるが、非医療分野における他の用途、例えば、荷物スキャンニング又は非破壊材料試験などが本明細書において除外されるわけではない。

【0031】

撮像中、撮像される物体O Bは、X線源X SとX線ディテクターX Dとの間の検査領域内に存在する。X線源X Sは、制御ユニット（図示されていない）を通してユーザーによりエネルギー供給される。次に、X線源X Sが、検査領域と撮像される物体とを横断するX線ビームX Bの形態でX線放射線を出射する。X線ビームは、X線源X Sにより生成されたX線放射線のスペクトルにより規定された異なるエネルギーの光子から作られる。

20

【0032】

光子は、物体O B内の物質と相互作用する。光子のうちのいくつかは物質により吸収されるのに対し、他の光子が（X線源から見られたとき）物体の遠い側に出て、次に、X線感応ディテクターX Dと相互作用する。物体O B内の物質との光子の相互作用が原因となり、物体O Bの遠い側に出る光子のうちのいくつかは散乱したものであるのに対し、他の光子は散乱せずに出る。

【0033】

散乱された光子のディテクターによる検出は、画像品質を損なう。したがって、X線撮像器X Iは、画像モジュールI Mの一部である散乱防止グリッドA S Gと呼ばれる追加的なコンポーネントを含む。散乱防止グリッドA S Gは、撮像される物体O BとディテクターX Dとの間に配置される。好ましくは、散乱防止グリッドA S Gは、（したがって、同様に、X線源から見られたとき）ディテクターX Dの上に搭載される。散乱防止グリッドは、物体から来る散乱された光子を吸収により、フィルタ処理により除去するフィルタとして実質的に機能する。したがって、散乱された光子は、ディテクターX Dに到達することが大部分は防止される。したがって、散乱された光子は、A S Gの存在のおかげによりディテクターによりほとんど検出されない。結果として、散乱防止グリッドA S Gをうまく通り抜けて、結果として、ディテクターX Dにより実際に検出されるものは主に散乱していない光子である。散乱していない光子は、撮像のための主な関心対象である。

30

40

【0034】

本明細書において主に想定されるX線撮像器X Iは、光子がディテクターX Dと相互作用する様相を定量化するために事象カウントをすることが可能である。特定の一実施形態において、X線撮像器は、検出されたX線放射線／光子のスペクトル分析を可能にするスペクトル撮像器である。この能力は、例えば物体の材料の分解を可能にする。すなわち、検出された放射線は、例えば、物体内の異なる種類の材料組織を識別するために分析され得る。

【0035】

図2とともにさらに詳細に説明されるが、簡潔に述べると、新たに提案される散乱防止グリッドA S Gは散乱される光子を減らし且つ排除し、加えて、散乱防止グリッドA S G

50

が光子によりもたらされる信号をより適切に差別化することを可能にするので撮像器 X I の光子カウント能力を改善するといったように、散乱防止グリッド A S G が 2 つの機能を果たすことから、本明細書において提案される散乱防止グリッド A S G は新規の種類のものである。これは、以下でさらに詳細に説明される。

【0036】

X 線ディテクター X D と相互作用する光子は電気信号をもたらし、電気信号が拾われて、デジタル獲得システム D A S により処理される。D A S における調整回路、例えばパルス整形器が、これらの信号を電気パルスに成形し、次に電気パルスが事象カウンター E C、例えばパルスカウンターに伝えられる。事象カウンター E C は、撮像モジュールに統合され、又は、撮像器 X I の他のコンポーネントに統合される。パルスカウンター E C において、パルスが閾値の集合に対して量子化又はデジタル化される。言い換えると、所与のパルスの高さが 1 つの、好ましくは、より多くの閾値と比較され、パルス高が閾値のうちの特定の閾値を上回るごとに、カウンターがこの閾値及びパルスに対して設定される。この手法により、ディテクター X D において拾われた電気信号が検出された光子のエネルギースペクトルを表すヒストグラムデータ構造に変換される。言い換えると、ヒストグラムデータ構造は、特定のエネルギー区間（「ビン」）内のエネルギーをもつ検出された光子の量を特定することを可能にする。エネルギービンは、事象カウンター E C における閾値に対応する。

【0037】

事象カウンター E C において生成された、そのように量子化された事象カウントデータは、メモリに記憶される、又は、画像プロセッサ I P により画像へと処理される生のカウントデータを形成する。画像は、後の参照のために画像記憶装置 D B に記憶され、又は、ディスプレイユニット D U における視認のためにレンダリングされる。例えば、生データは、画像の部分画像が形成された物体 O B の内部を構成する異なる種類の材料に対応スペクトル画像へと処理される。

【0038】

次に図 2 を参照すると、これは撮像モジュール I M を通る断面図を示し、断面は、x 線放射線の主伝播方向 p（図 1 参照）と平行である。新たに提案される散乱防止グリッド A S G をより詳細に説明する前に、まず X 線ディテクター X D における信号形成処理をより詳細に検討することが有益である。ディテクター X D は、好ましくは直接変換器型である。より具体的には、ディテクター X D は、適切な半導体から形成された直接変換層 D L を含む。半導体は、例えば、シリコン、C d T e、C Z T、G a A s 及び G e などの結晶構造をもつ。ディテクター X D の全体と同様に、変換層 D L は概ね長方形である。図 2 の描写において、その他の長さの次元は図の紙面内に延びている。この層 D L において、及びこの層 D L を通して、衝突する光子が電気信号を生成する。特に、変換層は、電極 E L のペア間に挟まれている。変換層 D L の遠位面に配置されたアノードのみが図 2 の断面図に示されている。電極 E L は、距離 D（「電極間距離」）だけ離散して離隔され、直接変換層 D L の遠位面上にパターンをとる。各電極 E L は寸法 d をもつ。電極 E L は、別のやり方をとる場合に非構造化状態となる変換層 D L の「ピクセル化」を規定する。各電極 E L は、1 つのディテクターピクセルに対応する。電極 E L は本明細書において「ピクセル」と呼ばれることもある。電極と直接変換層 D L との間に電圧が印加される。典型的には、カソードは、層 D L に同じ電圧を印加するために、ピクセル化されていない。検出層 D L の近位面に、散乱防止グリッド A S G が搭載される。

【0039】

A S G を通る X 線光子（すなわち、散乱していない光子）は、ディテクター層 D L における結晶に衝突する。光子のエネルギーに応じて、光子のエネルギーがない場合であれば結晶に拘束されている多くの電子及び正孔が解放される。そのように解放された電子及び正孔は、それら自体がさらなる電子及び正孔を解放する。印加電圧に起因して、電子及び正孔の主な部分は再結合することができず、2 つのそれぞれの電荷雲を形成する。印加電圧により駆動されることにより、電子電荷雲がアノード E L に向けて（下向きに）緩和さ

10

20

30

40

50

れて、前述の電気信号をもたらす。次に、電気信号が、電荷雲に対するパルスに成形され、次に、画像を生成するために、上述のように事象カウンターECにより処理される。

【0040】

ここで、撮像器の事象カウント能力の大部分が異なる光子によりもたらされる電荷雲同士を区別するその能力に依存している。したがって、理想的には、各電極ペアELは、一時点において1つの光子の電荷雲に応答する。残念ながら、これは、電荷雲の無視できない最終的な寸法を理由として、常に発生するわけではない。電荷雲が近接したピクセルEL間において生成された場合、クラウドのある部分が、電界によりピクセルのうちの1つに向けられ得、別の部分が別のピクセルに向けられる。この事実が、図2の断面図にハッチングされたセクションとして示されるいわゆるクリティカルゾーンの画定をもたらす。これらのクリティカルゾーンは電極EL間の変換層DLの内部のボリュームセクションである。光子がクリティカルゾーンCZにおいて直接変換層DLに衝突した場合、続いて生じる雲電荷は、それぞれのクリティカルゾーンCZの両側において2つ以上の、特に近接した電極により検知される。この望ましくない効果は「電荷共有」と呼ばれる。言い換えると、クリティカルゾーンにおける直接変換層との相互作用を通して光子により誘起された雲電荷は、2つ以上のアノード間において共有される。電荷がアノードにより規定されたピクセルのうちの2つ以上のものの間において共有されるので、この電荷共有は、単一の所与の光子に対して二重の、又は複数のカウントをもたらす。したがって、電荷共有は、撮像器のエネルギー弁別能力を乱す。

【0041】

電荷雲は、図3の断面図において楕円として示される。電極により生成された電界は、電子が図3に線として示される軌道に沿って伝播することをもたらす。電気力線は近接した電極間の領域において湾曲しており、これが湾曲した、及び分岐した軌道をもたらす。電荷雲は、平均直径により説明され得る。電荷雲が大きいほど、電荷雲における電子があふれて他方の電極に向けて、又は他方の電極において引き寄せられるので、電荷共有事象の可能性が高くなることが確認され得る。したがって、クリティカルゾーンの幅は、平均電荷雲直径（「ACD」）の関数である。ACDは、変換層の種類、及びX線源XSにより生成されたX線スペクトルが与えられたとき、実験的に特定され得る量である。

【0042】

直接変換層DLの上に配置された散乱防止グリッドは、同じ事象のこのような複数のカウントを減らすように、又は、さらには無くすように構成される。特に、そして、ここで散乱防止グリッドASGをより詳細に見ると、散乱防止グリッドASGは図2の断面にさらに示されるグリッド構造をもつ。複数のストリップ（又は、ラメラ）LAMが入来放射線／光子を向いた表面Sを形成するように、スペーサSPを伴って並べて配置されている。

【0043】

ストリップLAMの各々が、非常に密な放射線材料例えば、モリブデン、タングステン、鉛など、又は、これらの金属のうちの任意のものの合金から形成されている。長尺ストリップは、図2において紙面内へと延びた長さをもつ。各ストリップ表面Sに沿った、又は平行な厚さ、及び、表面Sの外側に延びた、及び表面Sを越えた「高さ」をもつ。典型的な高さは1～4mmの間であり、典型的な厚さは約5～50μmであるが、他の寸法が本明細書において除外されるわけではない。示される特定の実施形態において、ストリップの高さは、その表面に直交して（したがって、図1においてpとして示される入来X線ビームXBの主伝播方向に沿って）延びている。この実施形態において、ストリップはすべて平行であり、ストリップの厚さは主伝播方向pに直交している。一実施形態において、図2に示されるように、ストリップLAMの表面Sは平面状であるが、表面Sはすべての実施形態において平面状に限られるわけではなく、実施形態において、ASGの表面Sは源XSの焦点に位置する点の周囲において湾曲している。この手法により、焦点を結ばれたASGは、ディテクターのより高い照明を達成するように形成される。焦点を結ばれたASGに対する他の実施形態において、ストリップLAMは、図2における平面S内に依然として配置されているが、ストリップLAMのうちのいくつかは、それらのそれぞれ

の長軸の周りで個々に回転され、又は角度決めされている。ストリップが表面 S の中央部から遠くに位置するほど回転角度がより大きく、中心ストリップにおいて回転がない。

【0044】

本明細書において提案されるようにグリッドは2種類のストリップ、すなわち、ガードストリップ L_j と呼ばれるものであって、そのうちの $L_1 \sim L_3$ の3つが示されているガードストリップ L_j と、残りの散乱ストリップ $l_1 \sim l_6$ とを含む。2種類のストリップは表面 S を形成するように交互に配置されている。総じて「 L_i 」と呼ばれるガードストリップは、(同様の総称的な表記を使用する) 散乱ストリップ「 l_i 」より厚い。図2の特定の実施形態において、散乱ストリップ l_i は、6つの「並び」又はグループとして配置される。任意の2つの近接した散乱ストリップの並びの間に、それぞれのガードストリップ L_j が配置されている。しかし、この「 ≥ -1 」の連続的なレイアウトは例示にすぎず、他のレイアウト(より一般に「 $1-N-1$ 」、 $N \geq 1$ と表記される)も本明細書において想定される。

10

【0045】

2種類のストリップ、及び2種類のストリップの空間配置が前述の2つの機能を実現する。散乱ストリップ l_i (そして、さらに言えばガードストリップ L_j) は、散乱された光子を阻止してディテクター層 DL に到達する散乱放射線の量をそのように減らすように適切なアスペクト比に配置される。アスペクト比は ASG 仕様であり、ストリップ高と、2つの連続したストリップ間の距離との間の比である。アスペクト比は、受光角を規定し、したがって、ASG を通ることを可能にされる光子の割合を規定する。アスペクト比は、X線源 XS から出射されるX線放射線/光子の平均エネルギーの関数である。

20

【0046】

この依存性に加えて、より厚いガードストリップ L_j が、電荷共有を減らすように、及び、結果として1つの光子相互作用事象に対する複数のカウントの可能性を減らすように配置される。特に、ガードストリップ L_j の厚さがクリティカルゾーン CZ の幅 D に対応しているので、ガードストリップ L_j の電荷共有低減能力が生まれる。

【0047】

ACD に比例してガードストリップの厚さを寸法決めすることが本明細書において提案される。特に、ガードストリップの厚さは概ね ACD の寸法である。ACD は、電極間距離 D 未満であり、又は、ACD は、電極間距離 D に概ね等しいものである。結果として、ガードストリップは D より小さいか、又は D に等しい。ACD が D より大きい場合、厚さは相応に選択されるが、DQE の過度な劣化を避けるために、ガードストリップの厚さを約 D 又は約 $1.5 \times D$ に「制限する」ことが本明細書において想定される。約 80% の DQE が考慮されなければならないが、いくつかの場合においてこの制約を小さくする適切な理由が存在する。

30

【0048】

ガードストリップ L_j がそのように整列されるので、X線源 XS から平面視により見られたとき、ガードストリップは、任意の2つの近接した電極 EL 間においてクリティカルゾーン CZ の上に位置する。それらの調整された厚さ、及び、(平面図における) 電極間におけるそれらの配置のおかげにより、ガードストリップ L_j が、入来光子が直接変換層におけるクリティカルゾーン CZ に到達することを実質的に防ぐ。複数カウント事象をもたらす電荷雲の形成が、結果的に防止され得る。

40

【0049】

図2の断面図にさらに示されるように、散乱ストリップ l_i 又はガードストリップ L_j の任意の2つのストリップ間に、適切な放射線半透過性充填材料から形成されたそれぞれのスペーサ SP ストリップが配置されている。適切な充填材料として、セルローズ、例えば、紙、プラスチック、又は接着剤が挙げられる。代替的に、ストリップ LAM の全体が充填材母材又は充填材料パッケージに部分的に、又は完全に埋設される。

【0050】

スペーサ SP は、ASG に剪断又は他の変形に対する耐性をもたせることにより一体性

50

及び安定性を付与し、散乱していない光子が通ることを可能にするように「チャンネル」を形成するようにストリップ間の隙間 d を規定する。A S Gの寸法及び形状は、通常、A S Gが永久的に、又は解放可能に搭載されるX線ディテクターX Dの形状及び寸法に適合する。したがって、ディテクターX Dがフラットパネル型である実施形態では、A S Gは、X線ディテクターX Dの放射線受光面の形状及び寸法に整合するように、長方形に等しい。

【0051】

ガードストリップの厚さがA C Dに依存し、したがって、ガードストリップによりカバーされるクリティカルゾーンC Zの幅に依存することがさらに理解される。特に、ガードストリップ L_i のうちの一部又はすべてが、クリティカルゾーンがもつ幅と実質的に同じ厚さである。代替的に、ガードストリップ L_i のうちの一部又はすべては、クリティカルゾーンの幅よりわずかに厚い。

【0052】

各ブロックにおける散乱ストリップ L_i の数「 $1 - N - 1$ 」の上述の連続的なパターンは、電極の寸法 d に依存する。言い換えると、ガードストリップの厚さがクリティカルゾーンC Z / A C Dの幅に対応するのに対し、並びの中に配置された散乱ストリップの数は、アノードE Lの寸法に対応する。言い換えると、近接したストリップ L_i のブロックは、ピクセルがもつ幅と実質的に同じ長さであるか、又は、ピクセルがもつ幅よりわずかに長いものである。ガードストリップ L_j の配置について、A C Dが知られた後、ガードストリップの中心線は、好ましくは、電極間距離Dを通る中心線に一致しなければならず、ガードストリップはA C D / 2だけ中心線の両側に延びている。

【0053】

ピクセルアノードE Lの寸法が異なる場合、散乱ストリップ L_i の数も異なり、クリティカルゾーンの幅が層D Lにわたって異なる場合、ガードストリップの厚さ L_j も異なる。しかし、好ましくは、ガードストリップ L_j が同じ厚さを持ち、同数の散乱ストリップ L_i が各並びにおいて使用される。ガードストリップは、散乱ストリップの4倍又は5倍の厚さである。

【0054】

A S Gは、図2に示されるように一次元（「1 D」）グリッドを形成することが主に想定される。言い換えると、すべてのストリップL A Mが実質的に平行であり、どのストリップも交差した方向に並んでいない。しかし、代替的には、スペーサ材料S Pにより充填されたストリップ間空間がチェッカー盤パターンを形成する二次元（「2 D」）グリッドも本明細書において想定される。言い換えると、このタイプのA S Gは図2に示されるような1 Dグリッドを各々が形成する2つのストリップ集合からなり、2つの集合が90°をなして互いに交差する。一実施形態において、例えば2 Dグリッドは、図2に従った2つの1 Dグリッドから構築され得る。2つの1 Dグリッドが90°をなして互いに重なって配置されて、層構造物、すなわち所望の2 D A S Gを形成する。

【0055】

A S Gは、1 Dストリップパターンで配置される。代替的に、A S Gは、代わりに、ストリップが互いに直交する2つの方向の集合に沿って配置された2 Dストリップパターンを含む。1 Dの変形例では、電荷共有は、1方向のみに（すなわちストリップに交わる方向に）において低減され得る。2 D A S Gでは互いに直交する2つの方向において、電荷共有が低減され得る。

【0056】

一実施形態において、ピクセル寸法は、約 $d = s = 500 \mu m$ である。クリティカルゾーンの例示的な幅Dは約 $40 \mu m$ である。それに対応して、ガードストリップの厚さは同じように約 $40 \mu m$ である。

【0057】

加えて、ピクセルごとの散乱ストリップの数は約 $N = 6$ であり、散乱ストリップの各々が約 $t = 10 \mu m$ の厚さをもつ。

【0058】

スペーサの厚さは、要求されるDQE（検出量子効率）が与えられたとき、（s、c、N、t）に依存する。したがって、断面高は、スペーサの厚さ及びアスペクト比に依存する。

【0059】

例えば、例示的な幾何学的DQEを80% $[= (s - c - N \times t) / s]$ とすると、これは、次に、概ね $x = 57 \mu\text{m} = (s - c - N \times t) / (N + 1)$ のスペーサの厚さを必要とする。

【0060】

$r = 25$ のアスペクト比が所望される場合、高さは約 $1.4 \text{ mm} = x \times r$ となる。

10

【0061】

本明細書において想定される典型的なピクセル寸法は、 $50 \mu\text{m}$ から 1 mm の間である。ストリップ（ l_j ）の典型的なホイル厚が $5 \mu\text{m}$ から $50 \mu\text{m}$ の間であるのに対し、ガードストリップ（ L_j ）のホイル厚は約 $20 \mu\text{m}$ から $200 \mu\text{m}$ である。いくつかの例示的な実施形態においてこれらの、又は同様の仕様が想定されるが、これは上述の仕様と異なる他の仕様を排除しない。

【0062】

本明細書において想定される1D型の上述のASGの製造の1つの方法は金属ホイルからストリップを形成することである。ホイルは、所望の厚さに容易に冷間圧延され、及び、スリッティング及びトリミングにより適切に寸法決めされる。スルー putt を上げるためにバック圧延が実行される。代替的に、単一の厚さのみのシートが利用可能な場合、利用可能なホイルシートの複数の層を接着すること、又は別様に取り付けることにより、より厚い金属ホイルが形成される。例えば、ガードストリップのためのホイルは、散乱ストリップのためのより薄いホイルの複数の層から形成される。ストリップを形成するためにホイルを使用することが、低コストになることが見出された。

20

【0063】

ガードストリップのためのより大きい厚さのホイルのシート、及び、他の散乱ストリップのためのホイルのより薄いシートは、スタックとして互いに重なるように配置され、ホイルの任意の2つのシートが、間に介在したスペーサ材料SPの層を含む。より厚い、及びより薄いホイルシートが、所望の連続的なパターン $1 - N - 1$ を達成するために適切な修正のもとに配置され、 $N (\geq 1)$ の薄いホイルがそれぞれのサブスタックに配置され、ガードストリップのための厚いホイルが任意の2つのこのようなサブスタック間に配置される。この手法により、層状サンドウィッチ構造物は、連続的なパターンに従った修正として、薄い金属ホイル、より厚い金属ホイル、及びスペーサ材料層から形成される。スペーサ材料層は、金属ホイル L_j 、 l_j の2つの近接した層間において接着又は別様に取り付けられる。全数のシート（これは、ASGの所望の寸法、及びディテクターXDの視野に依存する）がスタックされた後、接着剤が使用される場合、次に、金属ホイル及びスペーサ材料の層状スタックの全体が、硬化するように放置される。スタックが安定化させられた後、スタックを通してスライスが切り取られる。断面は、スタックにおけるホイルシートの面に直交している。次に、各スライスが、本明細書において想定されるASGに対応し、このようなスタックの各々が複数のASGをもたらす。安定化フレームがそのように形成されたASG構造物の縁部の周囲に並べられてよい。

30

40

【0064】

散乱ストリップ及びガードストリップのために使用されるホイルのための金属材料は、それぞれ、同じでなくてよいことが理解される。例えば、より安価な、又はより低密度の、放射線不透過性の低い材料が、散乱ストリップ l_j のために使用されることは反対に、より高価な、又はより高密度の、又は放射線不透過性の材料が、ガードストリップ L_j のために使用される。代替的に、同じホイルが、散乱ストリップ l_j 及びガードストリップ L_j に対して異なる厚さにおいて使用される。

【0065】

50

A S G の 2 D の変形例が必要とされる場合、2 つのこのような 1 D A S G は、互いに対して 90° 回転させられた状態で一方を他方の上にするように配置され、及び取り付けられる。この実施形態において、2 D A S G の変形例は、1 D A S G の 2 倍の断面高をもつ。

【0066】

上述のディテクター X D は直接変換型であるが、追加的な層、すなわちシンチレーターを使用した間接型変換器も本明細書において代替例において想定される。本明細書において想定される間接変換型ディテクターの種類に対して、シンチレーター層は、複数の同等に小さいアクティブ光導波路又は「パイプ」を備える。例えば、ヨウ化セシウム (C s I) が柱状「針様」構造物として成長させられる。C s I の各柱がシンチレーターから受光された可視光の光子を光ディテクター (例えばフォトダイオード) に向ける光パイプとして機能する。柱が C s I と光ディテクターとの間において保護層 (例えばガラス基材) に支持されている場合、光の光子はシンチレーター層から出射するときに特定の広がりをもつので、光が近接したピクセル間において共有され得る。広がり、特定の頂角をもつ錐体により幾何学的に説明される。この光子ベースの効果は、上述の直接変換材料を使用したディテクターにおける電荷共有の効果と同等である。

【0067】

ここで図 4 のフロー図を参照すると、図 4 には上述の散乱防止グリッド A S G の製造をサポートする方法が示されている。

【0068】

ステップ S 4 1 0 において、平均電荷雲直径が所与の変換層 D L の種類に対して特定される。これは、ディテクターにわたりペンシル X 線放射線ビームをスキャンすることにより実験的に行われ得る。アパチャーマスク又はコリメータは、ペンシルビームを実現するために使用される。所与のピクセルにおけるビームの各位置に対して、近接したピクセルの応答が特定される。ビームからの距離に伴って、単位時間当たりの測定されたカウント数は、所与の閾値未満に (例えばゼロまで) 低下する。これが生じた場合、距離が A C D に対して良い近似を提供する。本手順はディテクター層にわたる異なるサンプル位置において繰り返される。そのように入手された A C D 値は、次に、A C D を取得するように平均化される。

【0069】

そのように特定された A C D に基づいて、ステップ S 4 2 0 において、ガードストリップ (L_j) の厚さが指定され、この厚さは、適切な厚さのホイルを用意するために使用され得、例えば上述のスタック層形成技術により A S G を構築することに進む。

【0070】

ディテクターが間接変換型である場合、同様の測定が行われ得る。この場合の「変換層」は、X 線を電荷に変換する上述の変換層 D L ではなく、X 線を光に変換するシンチレーター層である。この場合、ステップ S 4 2 0 において測定された量は、シンチレーターにおいて生成された光の光子の平均の広がりである。

【0071】

上述のホイル層形成方法の代わりに、代替的な実施形態において、代替例、例えばスパッタリング又は他の層堆積技術も想定される。

【0072】

本発明の実施形態が異なる主題に関連して説明されることに留意されなければならない。特に、いくつかの実施形態が方法形態の請求項に関連して説明されるのに対して、他の実施形態はデバイス形態の請求項に関連して説明される。しかし、当業者は、上述の内容と以下の説明とを参照して、別段の記載がない限り、1 つの形態の主題に属する特徴の任意の組合せに加えて、異なる主題に関連した特徴間の任意の組合せも本出願において開示されているとみなされることを理解する。しかし、すべての特徴が組み合わされて、特徴の単なる足し合わせを上回る相乗効果を提供し得る。

【0073】

図面及び上述の説明に本発明が例示され、詳細に説明されているが、このような例示及び説明は例示又は一例とみなされ、限定とはみなされない。本発明は、開示される実施形態に限定されない。開示される実施形態に対する他の変形例が、図面、本開示、及び添付の特許請求の範囲の考察により、請求項に記載された発明を実施する当業者により理解及び実現され得る。

【 0 0 7 4 】

特許請求の範囲において、「備える」という用語は、他の要素もステップも排除せず、単数形は、複数を排除しない。単一のプロセッサ又は他のユニットが、特許請求の範囲において列挙されたいくつかの項目の機能を果たしてよい。単に特定の手段が相互に異なる従属請求項に記載されているということが、利点を得るためにこれらの手段の組合せが使用不可能なことを示すわけではない。特許請求の範囲における参照符号は、いずれも特許請求の範囲を限定するように解釈されてはならない。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

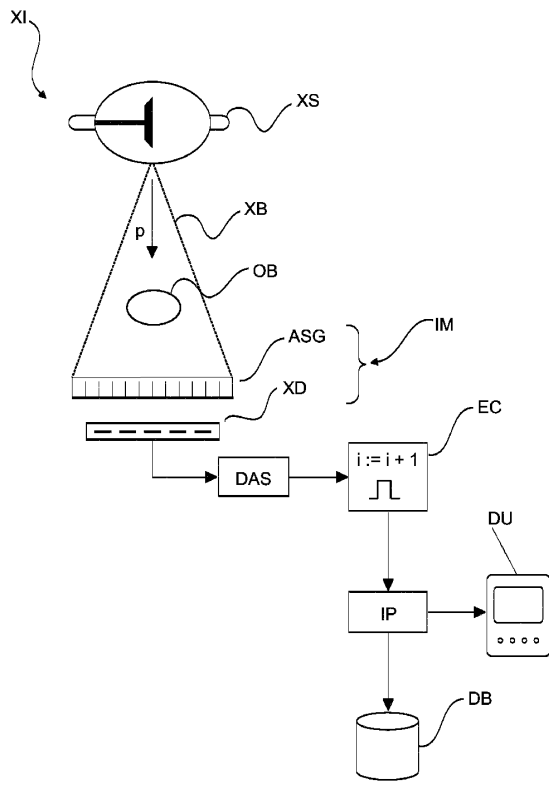


Fig.1

【図 2】

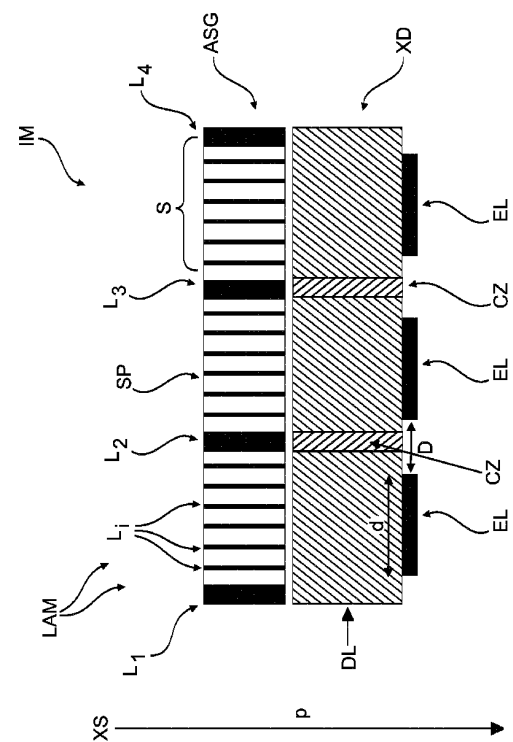


Fig. 2

【圖 3】

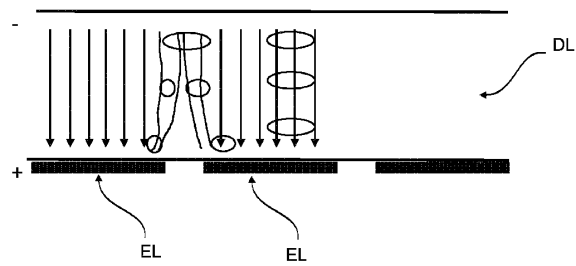


Fig 3

【図 4】

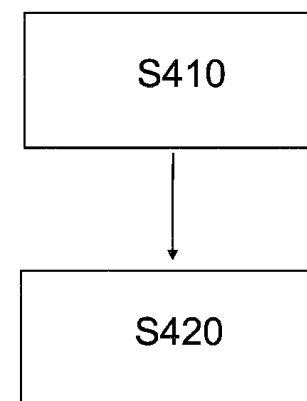


Fig 4

フロントページの続き

(51)国際特許分類

G 0 1 N 23/087(2006.01)

F I

G 0 1 N 23/083

G 0 1 N 23/087

(72)発明者 プロクサ ローランド

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5

審査官 藤本 加代子

(56)参考文献

特表 2 0 0 8 - 5 0 6 9 4 5 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 1 6 8 5 6 7 (U S , A 1)

特開 2 0 1 7 - 1 2 5 6 9 2 (J P , A)

特開 2 0 1 6 - 1 3 7 0 9 7 (J P , A)

(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

A 6 1 B 6 / 0 3

G 0 1 N 2 3 / 0 4

G 0 1 N 2 3 / 0 8 3

G 0 1 N 2 3 / 0 8 7