

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5639809号
(P5639809)

(45) 発行日 平成26年12月10日 (2014. 12. 10)

(24) 登録日 平成26年10月31日 (2014. 10. 31)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 31/08 (2006. 01)	HO 1 L 31/00 A
GO 1 T 1/20 (2006. 01)	GO 1 T 1/20 E
HO 1 L 27/144 (2006. 01)	GO 1 T 1/20 G
HO 1 L 27/146 (2006. 01)	HO 1 L 27/14 K
	HO 1 L 27/14 A

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2010-169895 (P2010-169895)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成22年7月29日 (2010. 7. 29)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2011-33624 (P2011-33624A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公開日	平成23年2月17日 (2011. 2. 17)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成25年7月26日 (2013. 7. 26)		番
(31) 優先権主張番号	12/512, 714	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成21年7月30日 (2009. 7. 30)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(72) 発明者	ウェン・リー
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフ
			トン・パーク、リバティ・ウェイ、53番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 背面照射型フォトダイオードを製造する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

背面照射型フォトダイオードを製造する方法であって、
不感層厚による熱利得係数が少数担体拡散距離による熱利得係数を実質的に相殺するよう
に、少数担体拡散距離、フォトダイオード・ウェーハ厚、及び、不感層厚を算出するステ
ップと、
算出された前記担体拡散距離値に実質的に一致するように構成された少数担体拡散距離を
有するフォトダイオード・バルク材料を提供するステップと、
算出された前記フォトダイオード・ウェーハ厚に実質的に一致するように構成されている
厚みを有するフォトダイオード層を形成するために、選択されたフォトダイオード・バル
ク材料を薄層化するステップと、
不感層の厚みが算出された前記不感層厚に実質的に一致するように、フォトダイオード層
の光照射面の上に不感層をドーブするステップと、
 を含む、方法。

【請求項 2】

前記算出するステップが、
 前記少数担体拡散距離特性による前記熱利得係数の前記絶対値と、前記不感層の前記厚み
 による熱利得係数の前記絶対値との間の差が 3 0 p p m / 以下となるように、前記少数
担体拡散距離、前記フォトダイオード・ウェーハ厚、及び、前記不感層厚を算出するステ
 ップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記算出するステップが、

の前記少数担体拡散距離特性による前記熱利得係数の前記絶対値と、前記不感層の前記厚みによる熱利得係数の前記絶対値との間の差が $20 \text{ ppm} /$ 以下となるように、前記少数担体拡散距離、前記フォトダイオード・ウェーハ厚、及び、前記不感層厚を算出するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記光照射面 (9 2) の反対側の前記フォトダイオード層 (7 8) の第二の面の上に形成された複数のフォトダイオード (7 8) を形成するステップをさらに含んでいる請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は一般的には、診断撮像に関し、さらに具体的には、フォトダイオード・アレイのフォトダイオード熱利得係数を減少させる装置に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

典型的には、計算機式断層写真法 (C T) イメージング・システムでは、X 線源が患者又は手荷物のような被検体又は物体に向かってファン (扇形) 形状のビームを放出する。以下では、「被検体」及び「対象」との用語は、撮像されることが可能な任意の物体を含むものとする。ビームは被検体によって減弱された後に放射線検出器のアレイに入射する。検出器アレイにおいて受光される減弱後のビーム放射線の強度は典型的には、被検体による X 線ビームの減弱量に依存する。検出器アレイの各々の検出器素子が、各々の検出器素子によって受光される減弱後のビームを示す別個の電気信号を発生する。電気信号はデータ処理システムへ伝送されて解析され、解析から最終的に画像が形成される。

【 0 0 0 3 】

一般的には、X 線源及び検出器アレイは、撮像平面内で被検体を中心としてガントリの周りで回転する。X 線源は典型的には X 線管を含んでおり、焦点において X 線ビームを放出する。X 線検出器は典型的には、検出器において受光される X 線ビームをコリメートするコリメータと、コリメータに隣接して設けられて X 線を光エネルギーへ変換するシンチレータと、隣接するシンチレータから光エネルギーを受け取ってここから電気信号を発生するフォトダイオードとを含んでいる。

【 0 0 0 4 】

典型的には、シンチレータ・アレイの各々のシンチレータが X 線を光エネルギーへ変換する。各々のシンチレータが、当該シンチレータに隣接するフォトダイオードに光エネルギーを放出する。各々のフォトダイオードが光エネルギーを検出して、対応する電気信号を発生する。次いで、フォトダイオードの出力は画像再構成のためにデータ処理システムへ伝送される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

C T 検出器は典型的には、特に検出器環の中央部分について、チャンネル間又はピクセル間の差分信号誤差に関する厳格な仕様を有する。例えば、ピクセル間差分信号誤差の許容値は 200 ppm の小ささであり得る。検出器の差分信号誤差に対する典型的な寄与の一つはフォトダイオード・アレイに由来し、ダイオードの熱利得係数 (「利得温度係数 (gain tempco) 」) の存在、並びにダイオード・アレイ内での温度ばらつき及びダイオード・アレイ間での温度ばらつきによるものである。この寄与を最小にするために、ダイオード・アレイでの温度ばらつきの小さい C T 検出器が設計されている。益々広い照射範囲を提供するための検出器寸法の拡大に伴って、この熱設計は次第に困難になってきている。温度ばらつきによる寄与を最小にする他の方法として、C T 検出器から過剰な温度を除去

10

20

30

40

50

するように設計された熱管理／冷却システムがある。しかしながら、これらの熱管理システムはしばしば嵩高く、ＣＴガントリ・システムに過剰な重量及び複雑性を加える。

【０００６】

従って、任意の寸法のフォトダイオード・アレイ内での温度ばらつきによる差分信号誤差を縮小することが可能な装置を設計することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明の一観点によれば、装置が、光照射面を有するバルク半導体材料を含んでいる。バルク半導体材料は、予め決められた正孔拡散距離値に実質的に一致するように構成されている少数電荷担体拡散距離特性と、予め決められたフォトダイオード層厚に実質的に一致するように構成されている厚みとを含んでいる。装置はまた、バルク半導体材料の光照射面に結合されており予め決められた厚み値に実質的に一致するように構成されている厚みを有する不感層を含んでおり、バルク半導体材料の少数担体拡散距離特性による熱利得係数の絶対値が、不感層厚による熱利得係数の絶対値に実質的に一致するように構成されている。

10

【０００８】

本発明のもう一つの観点によれば、方法が、予め決められた少数担体拡散距離値に実質的に一致するように構成されている少数担体拡散距離を有するフォトダイオード・バルク材料を選択するステップと、予め決められたフォトダイオード層厚に実質的に一致するように構成されている厚みを有するフォトダイオード層を形成するために、選択されたフォトダイオード・バルク材料の一部を除去するステップとを含んでいる。方法はまた、フォトダイオード層の光照射面の上に不感層を形成するステップであって、不感層厚が予め決められた不感層厚に実質的に一致するように構成され、また不感層厚による熱利得係数がフォトダイオード・バルク材料の少数担体拡散距離による熱利得係数を実質的に無化するように構成されるように、不感層を形成するステップを含んでいる。

20

【０００９】

本発明のもう一つの観点によれば、背面照射型フォトダイオードを製造する方法が、所望の不感層厚による熱利得係数が所望の少数担体拡散距離による熱利得係数を実質的に相殺するように、所望の少数担体拡散距離、所望のフォトダイオード・ウェーハ厚、及び所望の不感層厚を算出するステップを含んでいる。方法はまた、所望の担体拡散距離値に実質的に一致するように構成された少数担体拡散距離を有するフォトダイオード・バルク材料を提供するステップと、所望のフォトダイオード・ウェーハ厚に実質的に一致するように構成されている厚みを有するフォトダイオード層を形成するために、選択されたフォトダイオード・バルク材料を薄層化するステップとを含んでいる。方法はさらに、不感層の厚みが所望の不感層厚に実質的に一致するように、フォトダイオード層の光照射面の上に不感層をドーピングするステップを含んでいる。

30

【００１０】

他の様々な特徴及び利点は、以下の詳細な説明及び図面から明らかとなる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

図面は、本発明を実施するために現在思量される一つの好適実施形態を示す。

40

【図１】ＣＴイメージング・システムの見取り図である。

【図２】図１に示すシステムのブロック模式図である。

【図３】ＣＴシステム検出器アレイの一実施形態の遠近図である。

【図４】検出器の一実施形態の遠近図である。

【図５】本発明の一実施形態によるフォトダイオード・アレイ及びシンチレータ・バックの断面図である。

【図６】本発明の一実施形態による利得温度係数とフォトダイオード・アレイの不感層厚との間の関係を示すグラフである。

【図７】本発明の一実施形態によるフォトダイオード・アレイについて利得温度係数とダ

50

イオード層厚と正孔拡散距離との間の関係を示すグラフである。

【図 8】本発明の一実施形態によるフォトダイオード・アレイを製造する手法を示す流れ図である。

【図 9】本発明のもう一つの実施形態によるフォトダイオード・アレイを製造する手法を示す流れ図である。

【図 10】非侵襲型小荷物検査システムと共に用いられる CT システムの見取り図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

64 スライス型計算機式断層写真法 (CT) システムに関して本発明の動作環境を説明する。但し、当業者には、本発明が他のマルチスライス型構成との利用にも同等に適用可能であることが認められよう。また、X 線の検出及び変換に関して本発明を説明する。但し、当業者はさらに、本発明が他の高周波電磁エネルギーの検出及び変換にも同等に適用可能であることを認められよう。本発明を「第三世代」CT スキャナに関して説明するが、本発明は他の CT システムについても同等に適用可能である。

【0013】

図 1 には、計算機式断層写真法 (CT) イメージング・システム 10 が、「第三世代」CT スキャナに典型的なガントリ 12 を含むものとして示されている。ガントリ 12 は X 線源 14 を有しており、X 線源 14 は、ガントリ 12 の反対側にある検出器アセンブリ又はコリメータ 16 に向かって X 線ビームを投射する。ここで図 2 を参照すると、検出器アセンブリ 16 は、複数の検出器 18 及びデータ取得システム (DAS) 20 によって形成されている。複数の検出器 18 は、患者 24 を透過する投射 X 線 22 を感知し、DAS 20 は後続の処理のためにデータをデジタル信号へ変換する。各々の検出器 18 が、入射 X 線ビームの強度を表わし従って患者 24 を透過した減弱後のビームを表わすアナログ電気信号を発生する。X 線投影データを取得するための 1 回の走査の間に、ガントリ 12 及びガントリ 12 に装着されている構成部品は回転中心 26 の周りを回転する。

【0014】

ガントリ 12 の回転及び X 線源 14 の動作は、CT システム 10 の制御機構 28 によって制御される。制御機構 28 は、X 線制御器 30 とガントリ・モータ制御器 32 とを含んでおり、X 線制御器 30 は X 線源 14 に電力及びタイミング信号を供給し、ガントリ・モータ制御器 32 はガントリ 12 の回転速度及び位置を制御する。画像再構成器 34 が、サンプリングされてデジタル化された X 線データを DAS 20 から受け取って高速再構成を実行する。再構成された画像はコンピュータ 36 への入力として印加され、コンピュータ 36 は大容量記憶装置 38 に画像を記憶させる。

【0015】

コンピュータ 36 はまた、キーボード、マウス、音声起動式制御器、又は他の任意の適当な入力装置のような何らかの形態の操作者インタフェースを有するコンソール 40 を介して操作者から指令及び走査用パラメータを受け取る。付設されている表示器 42 によって、操作者は、再構成された画像及びコンピュータ 36 からのその他のデータを観測することができる。操作者が供給した指令及びパラメータはコンピュータ 36 によって用いられ、DAS 20、X 線制御器 30 及びガントリ・モータ制御器 32 に制御信号及び情報を供給する。加えて、コンピュータ 36 は、電動テーブル 46 を制御するテーブル・モータ制御器 44 を動作させて、患者 24 及びガントリ 12 を配置する。具体的には、テーブル 46 は患者 24 の全身又は一部を図 1 のガントリ開口 48 を通して移動させる。

【0016】

図 3 及び図 4 に示すように、検出器アセンブリ 16 は、複数のコリメート用ブレード又はプレート 52 を介設させた一対のレール 50 を含んでいる。プレート 52 は、X 線 22 のビームが例えば検出器アセンブリ 16 に配置された検出器 18 に入射する前に、X 線 22 をコリメートするように配置されている。一実施形態では、検出器アセンブリ 16 は 57 個の検出器 18 を含んでおり、各々の検出器 18 が、バック 56 に構成された多数の検

10

20

30

40

50

出器素子 54 を含み、 64×16 個のピクセル素子 54 のアレイ寸法を有している。結果として、検出器アセンブリ 16 は 64 列の横列及び 912 列の縦列 (16×57 個の検出器) を有し、ガントリ 12 の各回の回転で 64 枚の同時スライスのデータを収集することを可能にしている。

【0017】

検出器 18 は、DAS 20 と、検出器素子 54 に対してパック 56 の内部に配置された一対のピン 60 とを含んでいる。パック 56 は、複数のダイオード 64 を有する背面照射型ダイオード・アレイ 62 の上に配置されている。次に、背面照射型ダイオード・アレイ 62 は多層基材 66 の上に配置されている。一対のスペーサ 68 が、多層基材 66 の上に配置されている。検出器素子 54 は背面照射型ダイオード・アレイ 62 に光学的に結合され、次に背面照射型ダイオード・アレイ 62 は多層基材 66 に電氣的に結合されている。複数の軟質 (フレックス) 回路 70 が、多層基材 66 の面 72 及び DAS 20 に取り付けられている。検出器 18 は、ピン 60 の利用によって検出器アセンブリ 16 の内部に配置される。

【0018】

一実施形態の動作では、検出器素子 54 の内部に入射した X 線が光フォトンが発生し、光フォトンがパック 56 を横断して、これにより背面照射型ダイオード・アレイ 62 の内部のダイオードにおいてアナログ電荷信号が発生する。発生されるアナログ信号は、多層基材 66 を通り、フレックス回路 70 を通して DAS 20 まで運ばれて、ここでデジタル信号へ変換される。

【0019】

図 5 は、本発明の一実施形態によるフォトダイオード・アレイ 74 及びシンチレータ・パック 76 の断面図を示す。アレイ 74 及びパック 76 は、CT イメージング・システム 10、具体的には図 4 に示す検出器 18 の背面照射型ダイオード・アレイ 62 及び検出器パック 56 に用いられ得る複数のフォトダイオード 78 及びシンチレータ検出器素子 80 の実施形態を図示したものである。各々のシンチレータ素子 80 がシンチレータ物質 82 を含んでおり、シンチレータ物質 82 には光反射皮膜 84 が取り付けられている。フォトダイオード・アレイ 74 は、不感層 86、シリコンのようなバルク・フォトダイオード材料 88、及びフォトダイオード 78 を含んでいる。フォトダイオード・アレイ 74 は、透明な光結合器 90 を介してシンチレータ・パック 76 に結合されている。

【0020】

フォトダイオード・アレイ 74 は背面照射型フォトダイオード・アレイである。不感層 86 に隣接するアレイ 74 の背面又は光照射面 92 は、フォトダイオード接合点 78 に隣接するアレイ 74 の前面 94 の裏側である。フォトダイオード 78 からの出力接続 96 は、フォトダイオード 78 から、またフォトダイオード・アレイ 74 の前面 94 から延在していた。X 線 98 がシンチレータ物質 82 に入射すると、ここから光信号 100 が発生されて、光反射皮膜 84 によって反射されて皮膜 84 の開口 102 を通り、透明な光結合器 90 を通って、フォトダイオード・アレイ 74 の背面 92 へ向かう。光信号 100 に応答してフォトダイオード・アレイ 74 に発生される自由電荷担体 104 がフォトダイオード・アレイ 74 の前面 94 に向かって移動し、自由電荷担体 104 がダイオード接合点 78 において収集されると信号が発生される。

【0021】

フォトダイオード利得温度係数、並びにフォトダイオード・アレイの内部のフォトダイオード内での温度ばらつき及びフォトダイオード間での温度ばらつきのような他の要素によって、差分信号誤差が生じ得る。背面照射型フォトダイオードの利得温度係数への寄与は、幾何項及び再結合項を含んでいる。利得温度係数は以下の式によって決定され得る。

【0022】

$$\begin{aligned} \text{Gain Tempco}(\text{ND}, \text{Wn}, \text{W_Si}, \quad, \text{Lp}) \\ = \text{Gg}(\text{Wn}, \quad) + \text{Gr}(\text{ND}, \text{W_Si}, \quad, \text{Lp}) \end{aligned} \quad (\text{式 1})$$

式中、ND はウェーハ固有ドーピング密度であり、W_{Si} はウェーハ厚であり、Wn は

10

20

30

40

50

背面 $N +$ ドーピング深さであり、 λ はシンチレータ物質からの光の波長であり、 L_p は正孔拡散距離である。

【0023】

幾何項 $G_g(W_n, \lambda)$ は光照射面での不感層厚によって決まり、常に負である。図6は、本発明の一実施形態による幾何項によるフォトダイオード・アレイの利得温度係数と不感層厚との間の関係を示すグラフを示す。幾何項は、 $N +$ 不感層による信号損失の温度係数を捉えたものである。この項は、光吸収係数の温度係数 $(d\alpha/dT)$ / $(d\eta/dT)$ によって決まる。幾何項は以下の式によって決定され得る。

【0024】

【数1】

$$G_g(W_n, \lambda) = \left(\frac{d\eta}{d\alpha} \right) \cdot \left(\frac{d\alpha}{dT} \right) / \eta$$

(式2)

式中、 α は吸収係数であり、 T は温度係数であり、 η は量子効率 $QE(W_n, W_{Si}, L_p, \lambda)$ である。

【0025】

再結合項 $G_r(ND, W_{Si}, \lambda, L_p)$ は、少数電荷担体がフォトダイオードによって収集される前にダイオード厚を横断して拡散するときの電子及び正孔の温度依存型再結合に起因して存在する。再結合項は電子/正孔再結合による信号損失の温度係数を捉えたものである。再結合項は常に正であり、少数電荷担体の正孔拡散距離又は寿命、及びダイオード厚によって決まる。図7は、本発明の一実施形態による再結合項によるフォトダイオード・アレイの利得温度係数とダイオード層厚と正孔拡散距離との間の関係を示すグラフを示す。グラフ線106、108及び110は、それぞれ1mm、2mm、3mmの正孔拡散距離を有するフォトダイオード・バルク材料について再結合項利得温度係数とダイオード層厚との間の関係を示している。再結合項は以下の式によって決定され得る。

【0026】

【数2】

$$\begin{aligned} G_r(ND, W_{Si}, \lambda, L_p) &= \left(\frac{d\eta}{dL_p} \right) \cdot \left(\frac{dL_p}{dT} \right) / \eta \\ &= \left(\frac{d\eta}{dL_p} \right) \cdot \left[\frac{L_p}{2} \cdot \frac{1}{\tau} \cdot \left(\frac{d\tau}{dT} \right) \right] / \eta \end{aligned}$$

(式3)

式中、 $\tau = L_p^2 / D_p$ である。

【0027】

適正に選択されたダイオード・パラメータ(不感層及びダイオード厚、並びに少数電荷担体の拡散距離)を用いて、利得温度係数の幾何項及び再結合項を互いに相殺するように設計することができる。これにより、ゼロ又はゼロに近い利得温度係数を有するCTフォトダイオード・アレイが得られ、CTダイオード・アレイのあらゆる温度制御要件の軽減を提供する。一例では、温度制御要件は、従来のCTフォトダイオード・アレイの $\pm 200 \text{ ppm/}$ 利得温度係数を収容する限度に設定され得る。図8に関して後述するように、本発明の各実施形態は、 $\pm 30 \text{ ppm/}$ の利得温度係数の要件を満たす又はこれを超えるCTフォトダイオード・アレイの設計及び製造を考慮している。例えば、利得温度係数が $\pm 20 \text{ ppm/}$ の範囲内となるように本発明の各実施形態に従ってCTフォトダイオード・アレイを製造することが可能である。従って、幾何項による利得温度係数の寄与は、再結合項による利得温度係数の寄与を実質的に相殺し又は無化する。本書で用いる場

10

20

30

40

50

合には、ゼロまたはゼロに近い利得温度係数は、幾何項による利得温度係数寄与の絶対値が再結合項による利得温度係数寄与の絶対値の $30 \text{ ppm} /$ を超えないように、 $\pm 30 \text{ ppm} /$ 以内の範囲を含んでいる。

【0028】

図8は、本発明の一実施形態による図5のフォトダイオード・アレイ74のような背面照射型フォトダイオード・アレイを製造する手法112を示す流れ図である。手法112は、ブロック114においてフォトダイオード層について所望の不感層厚を決定するステップを含んでいる。所望の不感層厚は例えば、ダイオードの所望の量子効率に基づいて決定され得る。ブロック116において、所望のフォトダイオード層厚が決定される。所望のフォトダイオード層厚は、クロストーク閾値に基づいて決定され得る。例えば、フォトダイオード層において発生するクロストークの量が一定の値を下回るように所望のフォトダイオード層厚を $100 \mu\text{m}$ に設定することができる。ブロック118において、幾何項及び再構成項による利得温度係数寄与に基づいてゼロ又はゼロに近い利得温度係数を得る所望の正孔拡散距離を、所望の不感層厚み値、所望のフォトダイオード層厚み値、及び式1～式3に基づいて決定することができる。

10

【0029】

所望の正孔拡散距離値が決定されたら、ブロック120において、所望の正孔拡散距離値に一致する正孔拡散距離値を有するフォトダイオード・バルク材料のフォトダイオード・ウェーハが選択される。本発明の一実施形態によれば、所望の特定の正孔拡散距離値を有するようにフォトダイオード・ウェーハを製造することができる。ブロック122において、必要に応じてフォトダイオード・バルク材料を薄層化して所望のフォトダイオード層厚にする。次に、ブロック124においてフォトダイオード材料の一つの表面にN+不感層がドーパされる。不感層はフォトダイオード層の背面又は光照射面にドーパされる。ブロック126において、P+フォトダイオードがフォトダイオード層の前面に形成される。ブロック128において、透明な光結合器を介してシンチレータ層又はシンチレータ・バックにフォトダイオード層を結合することにより、検出器アセンブリが形成される。

20

【0030】

手法112では、上述のように、先ず不感層厚及びフォトダイオード層厚という未知の変数を決定し又は設定した後に、未知の正孔拡散距離変数を決定している。しかしながら、本発明の実施形態は、未知の変数の任意の二つを、残りの未知の変数を決定する前に決定することを思量している。例えば、本発明の一実施形態によれば、図9は、本発明のもう一つの実施形態による図5のフォトダイオード・アレイ74のような背面照射型フォトダイオード・アレイを製造する手法130を示す流れ図である。手法130は、ブロック132においてフォトダイオード・バルク材料の正孔拡散距離を決定することにより開始する。フォトダイオード・バルク材料は既存の材料であってもよいし、決定された正孔拡散距離を有するように製造されてもよい。

30

【0031】

一実施形態134では、所望の不感層厚が、ブロック136において例えば所望の不感層量子効率に基づいて決定され得る。次いで、ブロック138において、フォトダイオード・バルク材料の正孔拡散距離、所望の不感層厚み値、及び式1～式3に基づく幾何学的構造項並びに再結合項による利得温度係数の寄与に基づいてゼロ又はゼロに近い利得温度係数を得るような未知の所望のフォトダイオード層厚を決定することができる。

40

【0032】

ブロック140において、必要に応じてフォトダイオード・バルク材料を薄層化して所望のフォトダイオード層厚にする。次に、ブロック142においてフォトダイオード材料の一つの表面にN+不感層がドーパされる。不感層はフォトダイオード層の背面又は光照射面にドーパされる。ブロック144において、フォトダイオード層の前面にP+フォトダイオードが形成される。ブロック146において、透明な光結合器を介してシンチレータ層又はシンチレータ・バックにフォトダイオード層を結合することにより、検出器アセンブリが形成される。

50

【 0 0 3 3 】

もう一つの実施形態 1 4 8 では、所望のフォトダイオード層厚が、ブロック 1 5 0 において例えば所望のクロストーク閾値に基づいて決定され得る。次いで、ブロック 1 5 2 において、フォトダイオード・バルク材料の正孔拡散距離、所望の不感層厚み値、及び式 1 ~ 式 3 に基づく幾何学的構造項並びに再結合項による利得温度係数の寄与に基づいてゼロ又はゼロに近い利得温度係数を得るような未知の所望の不感層厚が決定され得る。次いで、手法 1 3 0 は上述のようにブロック 1 4 0 ~ 1 4 6 に続く。

【 0 0 3 4 】

図 1 0 は、非侵襲型小荷物検査システムと共に用いられる X 線イメージング・システム 1 5 4 の見取り図である。X 線システム 1 5 4 は、内部に開口 1 5 8 を有するガントリ 1 5 6 を含んでおり、この開口 1 5 8 を通して複数の小荷物又は手荷物 1 6 0 を通過させることができる。ガントリ 1 5 6 は、検出器アセンブリ 1 6 2 と、X 線管 1 6 4 のような高周波電磁エネルギー発生源とを収容している。また、コンベヤ・システム 1 6 6 が設けられており、コンベヤ・システム 1 6 6 は、構造 1 7 0 によって支持されており走査のために小荷物又は手荷物 1 6 0 を自動的に且つ連続的に開口 1 5 8 に通すコンベヤ・ベルト 1 6 8 を含んでいる。対象 1 6 0 をコンベヤ・ベルト 1 6 8 によって開口 1 5 8 に送り込み、次いで撮像データを取得し、コンベヤ・ベルト 1 6 8 によって開口 1 5 8 から小荷物 1 6 0 を除去することを、制御された連続的な態様で行なう。結果として、郵便物検査官、手荷物積み降ろし員及び他の保安人員が、爆発物、刃物、銃及び密輸品等について小荷物 1 6 0 の内容を非侵襲式で検査することができる。当業者には、ガントリ 1 5 6 が静止型であってても回転自在型であっててもよいことを認められよう。回転自在型ガントリ 1 5 6 の場合には、システム 1 5 4 は、手荷物走査又は他の産業用若しくは医用応用のための CT システムとして動作するように構成され得る。

【 0 0 3 5 】

本発明の一実施形態によれば、装置が、光照射面を有するバルク半導体材料を含んでいる。バルク半導体材料は、予め決められた正孔拡散距離値に実質的に一致するように構成されている少数電荷担体拡散距離特性と、予め決められたフォトダイオード層厚に実質的に一致するように構成されている厚みとを含んでいる。装置はまた、バルク半導体材料の光照射面に結合されており予め決められた厚み値に実質的に一致するように構成されている厚みを有する不感層を含んでおり、バルク半導体材料の少数担体拡散距離特性による熱利得係数の絶対値が、不感層厚による熱利得係数の絶対値に実質的に一致するように構成されている。

【 0 0 3 6 】

本発明のもう一つの実施形態によれば、方法が、予め決められた少数担体拡散距離値に実質的に一致するように構成されている少数担体拡散距離を有するフォトダイオード・バルク材料を選択するステップと、予め決められたフォトダイオード層厚に実質的に一致するように構成されている厚みを有するフォトダイオード層を形成するために、選択されたフォトダイオード・バルク材料の一部を除去するステップとを含んでいる。方法はまた、フォトダイオード層の光照射面の上に不感層を形成するステップであって、不感層厚が予め決められた不感層厚に実質的に一致するように構成され、また不感層厚による熱利得係数がフォトダイオード・バルク材料の少数担体拡散距離による熱利得係数を実質的に無化するように構成されるように、不感層を形成するステップを含んでいる。

【 0 0 3 7 】

本発明のもう一つの実施形態によれば、背面照射型フォトダイオードを製造する方法が、所望の不感層厚による熱利得係数が所望の少数担体拡散距離による熱利得係数を実質的に相殺するように、所望の少数担体拡散距離、所望のフォトダイオード・ウェーハ厚、及び所望の不感層厚を算出するステップを含んでいる。方法はまた、所望の担体拡散距離値に実質的に一致するように構成された少数担体拡散距離を有するフォトダイオード・バルク材料を提供するステップと、所望のフォトダイオード・ウェーハ厚に実質的に一致するように構成されている厚みを有するフォトダイオード層を形成するために、選択されたフ

フォトダイオード・バルク材料を薄層化するステップとを含んでいる。方法はさらに、不感層の厚みが所望の不感層厚に実質的に一致するように、フォトダイオード層の光照射面上に不感層をドープするステップを含んでいる。

【 0 0 3 8 】

この書面の記載は、最適な態様を含めて本発明を開示し、また任意の装置又はシステムを製造して利用すること及び任意の組み込まれた方法を実行することを含めて当業者が本発明を実施することを可能にするように実例を用いている。本発明の特許付与可能な範囲は特許請求の範囲によって画定され、当業者に想到される他の実例を含み得る。かかる他の実例は、特許請求の範囲の書字言語に相違しない構造的要素を有する場合、又は特許請求の範囲の書字言語と非実質的な相違を有する等価な構造的要素を含む場合には、特許請求の範囲内にあるものとする。

10

【符号の説明】

【 0 0 3 9 】

1 0 C T イメージング・システム

1 2 ガントリ

1 4 X 線源

1 6 コリメータ

1 8 複数の検出器

2 0 D A S

2 2 投射 X 線

20

2 4 患者

2 6 回転中心

2 8 制御機構

3 0 X 線制御器

3 2 ガントリ・モータ制御器

3 4 画像再構成器

3 6 コンピュータ

3 8 大容量記憶装置

4 0 コンソールを介した操作者

4 2 付設されている表示器

30

4 4 テーブル・モータ制御器

4 6 電動テーブル

4 8 ガントリ開口

5 0 レール

5 2 プレート

5 4 ピクセル素子

5 6 パック

6 0 ピン

6 2 背面照射型ダイオード・アレイ

6 4 複数のダイオード

40

6 6 多層基材

6 8 スペーサ

7 0 軟質回路

7 2 面

7 4 フォトダイオード・アレイ

7 6 シンチレータ・パック

7 8 フォトダイオード

8 0 シンチレータ素子

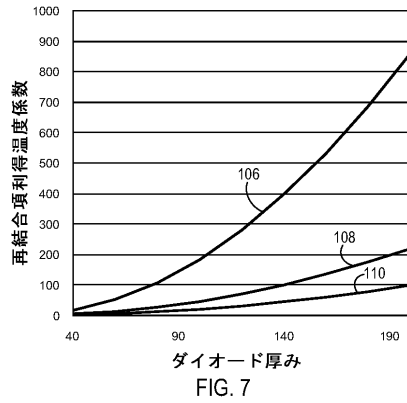
8 2 シンチレータ物質

8 4 光反射皮膜

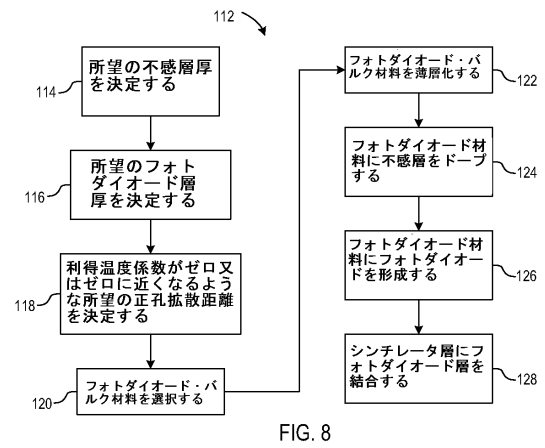
50

8 6	不感層	
8 8	バルク・フォトダイオード材料	
9 0	透明な光結合器	
9 2	光照射面	
9 4	前面	
9 6	出力接続	
9 8	X線	
1 0 0	光信号	
1 0 2	開口	
1 0 4	正の電荷担体	10
1 0 6	第一のグラフ線	
1 0 8	第二のグラフ線	
1 1 0	第三のグラフ線	
1 1 2	手法	
1 1 4	不感層厚を決定する	
1 1 6	所望のフォトダイオード層厚を決定する	
1 1 8	幾何項利得温度係数を決定する	
1 2 0	フォトダイオード・バルク材料を選択する	
1 2 2	フォトダイオード・バルク材料を薄層化する	
1 2 4	不感層をドーブする	20
1 2 6	フォトダイオードを形成する	
1 2 8	検出器アセンブリを形成する	
1 3 0	手法	
1 3 2	バルク材料の正孔距離を決定する	
1 3 4	実施形態	
1 3 6	不感層厚を決定する	
1 3 8	所望のフォトダイオード層厚を決定する	
1 4 0	フォトダイオード・バルク材料を薄層化する	
1 4 2	不感層をドーブする	
1 4 4	フォトダイオードを形成する	30
1 4 6	検出器アセンブリを形成する	
1 4 8	実施形態	
1 5 0	所望のフォトダイオード層厚を決定する	
1 5 2	不感層厚を決定する	
1 5 4	X線イメージング・システム	
1 5 6	ガントリ	
1 5 8	開口	
1 6 0	小荷物又は手荷物	
1 6 2	検出器アセンブリ	
1 6 4	高周波電磁エネルギー発生源	40
1 6 6	コンベヤ・システム	
1 6 8	コンベヤ・ベルト	
1 7 0	構造	

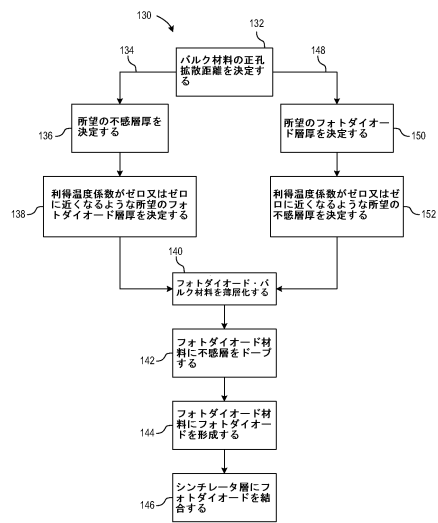
【図 7】



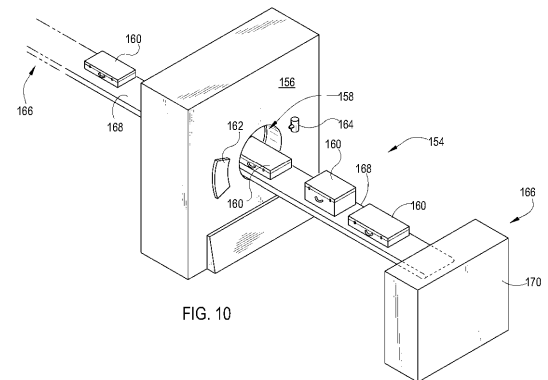
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジョナサン・ディ・ショート
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、サラトガ・スプリングス、ノーランド・シーティ、13番
- (72)発明者 ジョージ・イー・ボッシン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、アルゴンキン・ロード、2361番

審査官 山本 元彦

- (56)参考文献 特開2001-067565(JP,A)
特開2003-198268(JP,A)
特開2004-047732(JP,A)
特開2006-269863(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 31/00 - 31/0392、31/08 - 31/119
- JSTPlus(JDreamIII)
JST7580(JDreamIII)