

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5732056号
(P5732056)

(45) 発行日 平成27年6月10日 (2015. 6. 10)

(24) 登録日 平成27年4月17日 (2015. 4. 17)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 31/0264 (2006. 01)

H O 1 L 31/08 L

H O 1 L 31/08 (2006. 01)

H O 1 L 31/00 A

G O 1 T 1/24 (2006. 01)

G O 1 T 1/24

H O 1 L 27/144 (2006. 01)

H O 1 L 27/14 K

請求項の数 13 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2012-526798 (P2012-526798)
 (86) (22) 出願日 平成22年8月3日 (2010. 8. 3)
 (65) 公表番号 特表2013-503481 (P2013-503481A)
 (43) 公表日 平成25年1月31日 (2013. 1. 31)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/044231
 (87) 国際公開番号 W02011/025631
 (87) 国際公開日 平成23年3月3日 (2011. 3. 3)
 審査請求日 平成25年7月29日 (2013. 7. 29)
 (31) 優先権主張番号 12/550, 921
 (32) 優先日 平成21年8月31日 (2009. 8. 31)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
 45、スケネクタデイ、リバーロード、1
 番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (74) 代理人 100113974
 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体結晶による放射線検出器、及びこの検出器を製造する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一の表面及び該第一の表面の反対側の第二の表面を有する半導体結晶と、
 該半導体結晶の前記第一の表面と電気的に結合されて、前記第一の電極と前記結晶との間に電流を流す第一の電極と、

該半導体結晶の前記第二の表面と電気的に結合された第二の電極と、

該第一の電極と前記結晶との間に部分的に透過性の電氣的障壁を生成するように、前記第一の表面において前記半導体結晶と前記第一の電極との間に設けられる絶縁層であって、厚みが50ナノメートルから500ナノメートルにわたる絶縁層と、
 を備え、

前記半導体結晶はカドミウム及びテルルを含み、

絶縁層はテルル、酸素、及びカドミウムを含んでおり、前記絶縁層でのテルルの濃度及び酸素の濃度は前記結晶から前記第一の電極へ向かう方向で増大し、前記カドミウムの濃度は前記結晶から前記第一の電極へ向かう前記方向で減少する、
 放射線検出器。

【請求項 2】

半導体結晶はカドミウム亜鉛テルル、又はカドミウムマンガンテルルを含んでいる、請求項 1 に記載の検出器。

【請求項 3】

前記絶縁層は、酸化アルミニウム又は窒化ケイ素を含む堆積絶縁体を含んでいる、請求

項 1 または 2 のいずれかに記載の検出器。

【請求項 4】

前記絶縁層の厚みは 100 ナノメートルから 200 ナノメートルにわたる、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の検出器。

【請求項 5】

前記絶縁層の厚みは 140 ナノメートルから 170 ナノメートルにわたる、請求項 4 に記載の検出器。

【請求項 6】

前記第二の電極と前記半導体結晶との間に絶縁層をさらに含んでいる請求項 1 から 5 のいずれかに記載の検出器。

10

【請求項 7】

前記半導体結晶の側壁面上の絶縁層をさらに備える、請求項 1 から 6 のいずれかに記載の検出器。

【請求項 8】

前記第二の電極が、互いから物理的に分離した複数の読み出しピクセルを含んでいる、請求項 1 から 7 のいずれかに記載の検出器。

【請求項 9】

前記複数の読み出しピクセルに隣接して複数のバイアス制御部分をさらに含んでいる請求項 8 に記載の検出器。

【請求項 10】

20

前記読み出しピクセル及び前記バイアス制御部分は相異なる物質を含んでいる、請求項 9 に記載の検出器。

【請求項 11】

前記半導体結晶は P 型半導体物質を含んでおり、前記読み出しピクセルはインジウム又はアルミニウムを含んでおり、前記バイアス制御部分は貴金属を含んでいる、請求項 10 に記載の検出器。

【請求項 12】

前記半導体結晶は N 型半導体物質を含んでおり、前記読み出しピクセルは貴金属を含んでおり、前記バイアス制御部分はインジウム又はアルミニウムを含んでいる、請求項 10 に記載の検出器。

30

【請求項 13】

物理的に分離された前記読み出しピクセルと、前記バイアス制御部分との間の電圧を制御するバイアス制御回路をさらに含んでいる請求項 9 から 12 のいずれかに記載の検出器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の各実施形態は一般的には、放射線検出器の分野に関し、さらに具体的には、半導体結晶による放射線検出器、及びこの検出器を製造する方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

半導体結晶による放射線検出器は、室温で動作する能力があり、小型で耐久性があり、また半導体結晶に固有の他の特徴を有することから電離放射線を検出するのに用いられている。かかる検出器は、医療診断撮像、核廃棄物監視、工業プロセス監視、及び宇宙天文学を含めた広範な応用に用いられている。電離放射線には、アルファ粒子又はベータ粒子のような粒子放射線と、線又は X 線のような電磁放射線との両方が含まれる。

【0003】

半導体結晶による放射線検出器は一般的には、広い禁止帯を有する Cd - Zn - Te (CZT) のような半導体物質を用いる。従来の CZT 放射線検出器は典型的には、第一の

50

電極と第二の電極との間に位置するCZT結晶を含んでいる。これらの電極に跨がって、例えば外部電圧源からの外部電圧を第一及び第二の電極の少なくとも一方に印加することによりバイアス電圧が形成される。バイアス電圧は放射線検出器に電場分布を生ずる。電極の一方は読み出し電極であって一般に陽極電極と呼ばれ、他方の電極は陰極電極である。

【0004】

半導体結晶の内部に吸収された電離放射線によって半導体結晶の内部に発生される電子・正孔対は、分離してそれぞれ外部バイアスにある陽極電極及び陰極電極へ向かって移動し、各電極によって収集される。これらの移動する電子及び正孔が外部信号処理回路においてパルス信号を発生する。

10

【0005】

電離放射線によって発生される全ての電子及び正孔がそれぞれ陰極電極及び陽極電極によって収集されると、出力電荷信号は結晶の内部に蓄積した電離放射線のエネルギーからの変化に正確に等しくなる。蓄積した電荷は電離放射線のエネルギーに正比例するので、半導体放射線検出器は電離放射線のエネルギーの測定値を与える。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2007/0290142号明細書

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、放射線検出器の性能は典型的には、電離放射線を分解する放射線検出器の能力を低下させる漏れ電流によって限定される。従って、漏れ電流を減少させた改良型放射線検出器、及びこの放射線検出器を製造する方法が得られると望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本書に開示される一実施形態によれば、放射線検出器が、第一の表面及び第一の表面の反対側の第二の表面を有する半導体結晶と、半導体結晶の第一の表面と電氣的に結合されて第一の電極と結晶との間に電流を流す第一の電極と、第一の電極と半導体結晶との間に部分的に透過性の電氣的障壁を生成するように、第一の表面において半導体結晶と第一の電極との間に設けられる絶縁層とを含んでいる。絶縁層は、約50ナノメートルから約500ナノメートルにわたる厚みを有する。

30

【0009】

本書に開示されるもう一つの実施形態によれば、放射線検出器を製造する方法が提供される。この方法は、カドミウム及びテルルを含む半導体結晶ブロックに勾配付きテルル・リッチ層を形成するために、半導体結晶ブロックの一つの表面をエッチングするステップと、テルル酸化層を形成するために、勾配付きテルル・リッチ層を酸化させるステップと、テルル酸化層に電極を形成するステップとを含んでいる。エッチングするステップは、半導体結晶ブロックの一部を、臭素、メタノール、乳酸、及びエチレングリコールを含む溶液に接触させることを含んでいる。

40

【図面の簡単な説明】

【0010】

本発明のこれらの特徴、観点及び利点、並びに他の特徴、観点及び利点は、添付図面を参照して以下の詳細な説明を読むとさらに十分に理解されよう。図面全体にわたり、類似の参照符号は類似の部材を表わす。

【図1】本発明の一実施形態による半導体結晶による放射線検出器の断面図である。

【図2】読み出しピクセルのアレイとバイアス制御部分とを含む陽極電極の一例の上面図である。

【図3】本発明のもう一つの実施形態による半導体結晶による放射線検出器の断面図であ

50

る。

【図４】それぞれ異なるバイアス電圧の下での放射線検出器の３種の実施例の漏れ電流を示す図である。

【図５】図４の拡大図である。

【図６】半導体結晶による放射線検出器を製造する例示的な工程の図である。

【図７】エッチング工程の後にオージェ電子分光法（AES）を用いた場合の半導体結晶ブロックの外面から半導体結晶ブロックの内部までのカドミウム、亜鉛及びテルルの濃度を示す図である。

【図８】エッチング工程の後に異なる酸化工程を用いた場合の半導体結晶ブロックの外面から半導体結晶ブロックの中心部までの酸素の濃度を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【００１１】

本書に開示される各実施形態は、半導体結晶による放射線検出器に関するものである。この放射線検出器は、半導体結晶と電極との間に絶縁層を含んで、放射線検出器の漏れ電流を減少させる。また、本書に開示される各実施形態は、放射線検出器を製造する方法に関するものである。この方法は、半導体結晶ブロックに勾配付きテルル・リッチ層を形成するエッチング工程を含んでいる。以下、本発明の各実施形態について、添付図面を参照して議論する。説明を単純にする目的で、様々な実施形態にわたって共通の要素は同じ参照番号を共有するものとする。

【００１２】

20

図１を参照して述べると、例示的な放射線検出器１０が、第一の表面１４及び第一の表面１４の反対側の第二の表面１６を有する半導体結晶１２を含んでいる。第一の電極１８が半導体結晶１２の第一及び第二の表面１４、１６の一方と電氣的に結合されて、第一の電極１８と半導体結晶１２との間に電流を流す。絶縁層２０が、第一の電極１８と半導体結晶１２との間に部分的に透過性の電氣的障壁を生成するように、第一又は第二の表面１４、１６において半導体結晶１２と第一の電極１８との間に形成されている。第二の電極２２が、半導体結晶１２の第一及び第二の表面１４、１６の他方と電氣的に結合している。

【００１３】

図示の実施形態では、半導体結晶１２は、互いに反対側に位置する第一及び第二の表面１４、１６と、第一及び第二の表面１４、１６の間に側壁面２４、２６とを有する平坦なブロックとして構成されている。結晶の側壁面は、第一及び第二の表面以外に四つの表面を含んでいる。半導体結晶１２はカドミウム及びテルルを含んでおり、半導体結晶１２の実施形態は、 $CdTe$ 、 $Cd-Zn-Te$ 又は $Cd-Mn-Te$ を含み得る。一つの特定的な実施形態では、半導体結晶１２は $Cd_xZn_{1-x}Te$ を含んでおり、「 x 」は０．６から１にわたる。もう一つの特定的な実施形態では、 $x = 0.9$ である。

30

【００１４】

第一及び第二の電極１８、２２の一方（例えば図示の実施形態では第二の電極２２）が読み出し電極であって「陽極電極」と呼ばれ、第一及び第二の電極１８、２２の他方（例えば図示の実施形態では第一の電極１８）は「陰極電極」と呼ばれる。図示の実施形態では、バイアス電圧（ V ）が陰極電極及び陽極電極１８、２２に印加される。バイアス電圧は、例えば、陽極電極２２をアースに接続し、陰極電極１８を外部電圧源（図示されていない）に接続することにより形成される。バイアス電圧（ V ）によって、放射線検出器１０の内部に分布した電場（ E ）が生じ、この電場は、放射線検出器１０の厚みに対するバイアス電圧の比となる。本発明の幾つかの実施形態では、電場（ E ）は１００ボルト／センチメートル（ V/cm ）から２００００ V/cm にわたり、３００ V/cm から３０００ V/cm にわたり、又は１０００ V/cm から３０００ V/cm にわたる。幾つかの実施形態では、陰極電極１８は、白金（ Pt ）、金（ Au ）、インジウム（ In ）、ニッケル（ Ni ）、アルミニウム（ Al ）、又は酸化インジウムスズ（ ITO ）のような伝導性物質を含んでおり、厚みが１０ナノメートルから１０００ナノメートルにわたる。

40

50

【 0 0 1 5 】

幾つかの実施形態では、陽極電極 2 2 は、互いに物理的に分離された複数の読み出しピクセル 3 0 を含んでいる。読み出しピクセル 3 0 は、1 又は複数の横列、縦列又は格子を形成するように構成され得る。他の実施形態では、陽極電極 2 2 は 1 個の読み出しピクセルのみを含んでいてもよい。図示の実施形態では、陽極電極 2 2 は、フォトンを検出するように構成された作用面積を含んでおり、この作用面積は陽極電極への入射線束率に基づいて動的に調節可能自在である。本書では、「線束率 (flow rate)」は秒当たり単位面積当たりの計数を指す。換言すると、陽極電極 2 2 の作用面積を検出器 1 0 の動作時に調節することができる。幾つかの実施形態では、線束率が高い場合には作用面積を減少させ、線束率が低い場合には増大させることができる。

10

【 0 0 1 6 】

図 2 は、陽極電極 2 2 の一例の上面図である。図 2 の図示の実施形態に示すように、陽極電極 2 2 は、読み出しピクセル 3 0 に隣接して少なくとも一つのバイアス制御部分 3 2 を含んでいる。図示の実施形態では、各々の横列のバイアス制御部分 3 2 が共通バス 2 8 を介して互いに電氣的に結合されている。放射線検出器 1 0 の動作時には、バイアス制御部分 3 2 及び読み出しピクセル 3 0 はバイアス制御回路 3 3 に結合され得る。バイアス制御回路 3 3 は線束率制御信号 3 5 を受け取って、バイアス制御部分 3 2 に加えられる電圧を中央の読み出しピクセル 3 0 の電圧に対して変化させることにより、陽極電極 2 2 の作用面積を調節する。線束率が低い場合には、バイアス制御部分 3 2 のバイアスは電子を読み出しピクセル 3 0 に押し出すために読み出しピクセル 3 0 よりも負にされる。線束率が高まるにつれて、バイアス制御部分 3 2 へのバイアスは、電子の一部を収集して陽極電極 2 2 の作用面積を縮小するように接地に近くされ、又は読み出しピクセル 3 0 よりも正にされる。バイアス制御部分 3 2 及び読み出しピクセル 3 0 の様々な構成が、本出願と共通の譲受人に譲渡された米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 2 9 0 1 4 2 号に記載され図示されている形式のものであってよく、この特許出願公開の開示内容を参照により本明細書に援用する。

20

【 0 0 1 7 】

本発明の幾つかの実施形態では、読み出しピクセル 3 0 及びバイアス制御電極 3 2 は同じ物質を含んでいるが、他の実施形態では、読み出しピクセル 3 0 及びバイアス制御部分 3 2 は相異なる物質を含んでいてもよい。一実施形態では、半導体結晶 1 2 は P 型半導体結晶であって C d T e を含む。一実施形態では、読み出しピクセル 3 0 がインジウム又はアルミニウムを含んでおり、バイアス制御部分 3 2 が金又は白金のような貴金属物質を含み得る。もう一つの実施形態では、半導体結晶 1 2 が N 型半導体結晶であって C d - Z n - T e を含み、読み出しピクセル 3 0 が金又は白金のような貴金属物質を含み、バイアス制御部分 3 2 が例えばインジウム又はアルミニウムを含む。

30

【 0 0 1 8 】

図 1 に戻り、図示の実施形態では、絶縁層 2 0 は半導体結晶 1 2 と第一の電極 (陰極電極) 1 8 との間に位置している。一実施形態では、絶縁層 2 0 はテルル、酸素及びカドミウムを含んでいる。一実施形態では、絶縁層 2 0 でのテルルの濃度及び酸素の濃度は、結晶 1 2 から第一の電極 1 8 へ向かう方向で増大し、カドミウムの濃度は結晶 1 2 から陰極電極 1 8 へ向かう方向で減少する。もう一つの実施形態では、絶縁層 2 0 は、酸化アルミニウム又は窒化ケイ素を含む堆積絶縁体を含んでいる。幾つかの実施形態では、絶縁層 2 0 の厚みは約 5 0 ナノメートルから約 5 0 0 ナノメートルにわたる。一実施形態では、絶縁層 2 0 の厚みは約 1 0 0 ナノメートルから約 2 0 0 ナノメートルにわたる。一つの特定的な実施形態では、絶縁層 2 0 の厚みは 1 4 0 ナノメートルから 1 7 0 ナノメートルにわたる。従って、電子はこの障壁層によって検出器への流入を阻まれ、正孔はトンネル効果によって透過を許されて電極によって収集される。一実施形態では、放射線検出器 1 0 は、半導体結晶 1 2 の側壁面 2 4、2 6 に堆積させられた絶縁層 3 9 を含んでいる。絶縁層 3 9 は絶縁層 2 0 と同じ物質を有し得る。

40

【 0 0 1 9 】

50

図 3 は、もう一つの実施形態による放射線検出器を示す。図 3 では、放射線検出器 40 が陰極電極 18 と半導体結晶 12 との間に絶縁層 20 を含んでおり、陽極電極 22 と半導体電極 12 との間に絶縁層 42 を含んでいる。

【0020】

本発明の各実施形態によれば、所載の絶縁層を含む放射線検出器 10、40 は、従来の放射線検出器に比較して減少した漏れ電流を有することが判明した。3 種の検出器構成例での漏れ電流特性の比較を表 1 に示す。表 1 では、実施例 1 が従来の放射線検出器を示し、実施例 2 及び実施例 3 が、図 1 に関して記載したような陰極と半導体結晶との間に絶縁層を含む放射線検出器を表わす。実施例 2 及び実施例 3 はさらに、異なる陰極電極物質及び陽極電極物質を含む検出器を表わす。

表 1

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
絶縁層の厚み (ナノメートル)	0	160	160
半導体結晶物質	$\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$	$\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$	$\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$
陰極電極物質	インジウム	インジウム	金
陽極電極物質	インジウム	インジウム	金
バイアス電圧 (ボルト)	-600	-600	-600
平均漏れ電流 ($-n\text{A}/\text{mm}^2$)	10	0.03	0.02
半値幅 (keV)	7.5	4.3	4.2

又は 122 keV の Co-57 線源でのエネルギー分解能

表 1 に示す結果によって実証されるように、従来の放射線検出器 (実施例 1) は平均漏れ電流が $-10\text{ nA}/\text{mm}^2$ である。実施例 2 は実施例 1 のものと同じ半導体物質、同じバイアス電圧、並びに同じ陰極電極物質及び陽極電極物質を含んでいるが、平均漏れ電流は $-0.03\text{ nA}/\text{mm}^2$ であって、実施例 1 に比較して大幅に減少している。さらに、実施例 2 及び実施例 3 の比較によって示すように、漏れ電流の減少は絶縁層 20 によって大きく影響されるが、異なる電極物質の利用によって大幅に変化することはない。

【0021】

さらに表 1 において実証されるように、実施例 2 及び実施例 3 は実施例 1 に比較してエネルギー分解能が大幅に改善されている。本書での「エネルギー分解能」との用語は、類似のエネルギー・レベルを有するエネルギー射線を区別する放射線検出器の能力を指しており、半値全幅 (FWHM) 法によって評価される。FWHM 値が小さいほど、放射線検出器が高い検出分解能を有することを表わす。表 1 の FWHM 値は、NOVA R&D, Inc. 社によって提供されている RENA-3 読み出しシステムによって測定されており、線源は 122 keV Co-57 であった。データは、較正も補正も行なわない未処理スペクトルに基づいており、系の電子雑音は約 3.6 keV である。

【0022】

図 4 は、様々なバイアス電圧の下で測定される放射線検出器 10、32 の例 (実施例 4、実施例 5) との従来の放射線検出器 (実施例 1) の漏れ電流比較であって、曲線 34 は従来の放射線検出器である実施例 1 の漏れ電流特性を表わし、曲線 36 は図 1 に示すような陰極電極 18 と半導体結晶との間に絶縁層を含む放射線検出器 10 の一例 (実施例 4) の漏れ電流特性を表わし、曲線 38 は、図 3 に示すような陰極電極と半導体結晶との間、及び陽極電極と半導体結晶との間に絶縁層を含む放射線検出器 40 のもう一つの例 (実施例 5) の漏れ電流特性を表わす。図示のように、実施例 1 と比較すると、実施例 4 は、例えば陽極電極がアースに接続されており、陰極電極がゼロよりも低い電位の電圧を印加されているときに、負のバイアス電圧において漏れ電流が大幅に低い。一方、実施例 5 は負及び正のバイアス電圧の両方で漏れ電流が大幅に低い。図 5 は、実施例 4 及び実施例 5 の漏れ電流をさらに分かり易くするために、同じ比較であるが図 4 よりも縦軸を拡大して示す。

【0023】

図 6 は、放射線検出器を製造する方法の一例を示す。図 6 を参照すると、この方法は、

10

20

30

40

50

ステップ100において、勾配付きテルル・リッチ層を形成するために、半導体結晶ブロックの一つの表面をエッチングするステップと、ステップ102において、テルル酸化層を形成するために勾配付きテルル・リッチ層を酸化させるステップと、ステップ104において、テルル酸化層に電極を形成するステップとを含んでいる。一実施形態では、半導体結晶ブロックはカドミウム及びテルルを含んでいる。一つの特定的な実施形態では、半導体結晶ブロックはカドミウム、亜鉛及びテルルを含んでいる。もう一つの特定的な実施形態では、半導体結晶ブロックはカドミウム、マンガン及びテルルを含んでいる。

【0024】

ステップ100では、幾つかの実施形態では、半導体結晶ブロックの一部を、臭素、メタノール、乳酸、及びエチレングリコールを含む溶液に接触させて、半導体結晶ブロックのこの部分をテルル・リッチ層になるまでエッチングする。一実施形態では、半導体結晶ブロックの一つの表面のみを溶液に接触させて、半導体結晶ブロックの一つのテルル・リッチ層を形成する。もう一つの実施形態では、第一の表面、及び第一の表面の反対側の第二の表面を上述の溶液に接触させて、互いに反対側に位置する第一及び第二のテルル・リッチ層を形成する。さらにもう一つの実施形態では、半導体結晶ブロックの全体を溶液に接触させ、このようにして半導体結晶ブロックの外表面全体をテルル・リッチ層にする。一実施形態では、半導体結晶ブロックを、0.5分間から10分間にわたる時間で18から30にわたる温度の下で溶液に浸漬させる。一実施形態では、溶液での臭素の容積分率は1%から5%にわたる。

【0025】

一実施例として、 $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ 結晶の一つの表面を、臭素、メタノール、乳酸、及びエチレングリコールを含む溶液に5分間にわたり20の温度の下で浸漬させた。臭素、メタノール、乳酸、及びエチレングリコールの比は約2:38:20:40であった。半導体結晶ブロックの外表面から半導体結晶ブロックの内部までのカドミウム、亜鉛及びテルルの濃度をオージェ電子分光法(AES)を用いて測定したものを図7にそれぞれ曲線44、46、48として示す。スパッタリング時間を厚みとして較正することができ、スパッタリング時間は実質的に、厚みと線形の関係にある。図示のように、この実施例において形成されるテルル・リッチ層は約220秒に位置しており、この時間は較正の後には約160ナノメートルとなる。テルル・リッチ層におけるカドミウム、亜鉛及びテルルの濃度は実質的に線形に変化し、従ってエッチング工程は制御が容易である。

【0026】

ステップ102では、テルル・リッチ層を酸化させる。一実施形態では、テルル・リッチ層を H_2O_2 水溶液に、3分間から30分間にわたる時間で40から150にわたる温度において接触させる。3種の実施例の酸素濃度をAES方法によって測定したものを図8に示す。これら3種の実施例は異なる酸化処理を用いることにより得られたものであり、図8ではそれぞれ参照番号50、52、54によって示す。第一の実施例は、半導体結晶のテルル・リッチ層を30%の H_2O_2 水溶液に約30分間にわたり約20の温度の下で接触させることにより得られた。第二の実施例は、半導体結晶のテルル・リッチ層を、40mlの30% H_2O_2 溶液に0.05gの $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ を含ませたものに約30分間にわたり約20の温度の下で接触させることにより得られた。第三の実施例は、酸素プラズマ照射方法を用いて得られた。半導体結晶ブロックを真空圧が約3Paの真空室に載置した。酸素を $20\text{ cm}^3/\text{分}$ (sccm)の流量で真空室に充填した。電極に-1000ボルト電位の電圧を印加して、半導体ブロックのテルル・リッチ層から100mmの間隔で隔設した。酸素分子は分解して酸化物イオンとなり、高電圧によって駆動されるテルル・リッチ層を酸化した。

【0027】

ステップ104では、第一の電極及び第二の電極が、例えば堆積工程を通じて半導体結晶の第一及び第二の表面に形成される。

【0028】

以上、本発明の好ましい例示的な実施形態と考えられるものについて本書に記載したが

10

20

30

40

50

、本発明の他の改変は本書での教示から当業者には明らかであり、従って、本発明の要旨及び範囲に含まれるような全ての改変が特許請求の範囲に確保されることが望ましい。

【符号の説明】

【 0 0 2 9 】

1 0 : 放射線検出器	
1 2 : 半導体結晶	
1 4 : 第一の表面	
1 6 : 第二の表面	
1 8 : 第一の電極	
2 0 : 絶縁層	10
2 2 : 第二の電極	
2 4、2 6 : 側壁面	
2 8 : 共通バス	
3 0 : 読み出しピクセル	
3 2 : バイアス制御部分	
3 3 : バイアス制御回路	
3 4 : 従来の放射線検出器の漏れ電流特性	
3 5 : 線束率制御信号	
3 6 : 実施例 4 の放射線検出器の漏れ電流特性	
3 8 : 実施例 5 の放射線検出器の漏れ電流特性	20
3 9 : 絶縁層	
4 0 : 放射線検出器	
4 2 : 絶縁層	
4 4 : カドミウム濃度	
4 6 : 亜鉛濃度	
4 8 : テルル濃度	
5 0、5 2、5 4 : 酸素濃度	

【図 1】

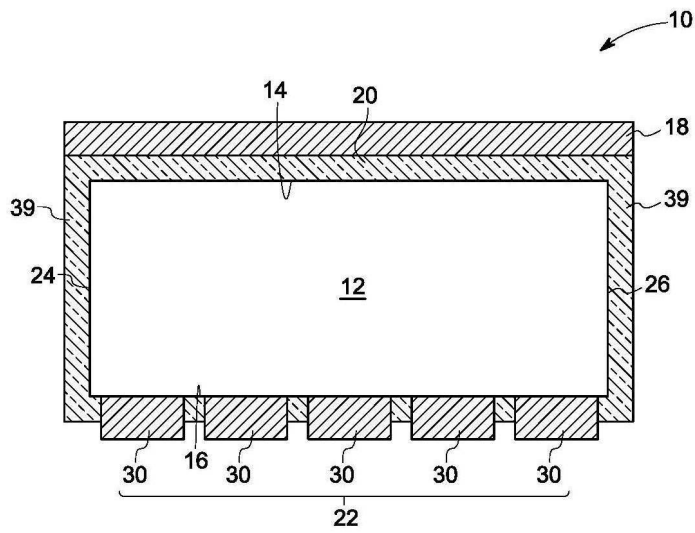


FIG. 1

【図 2】

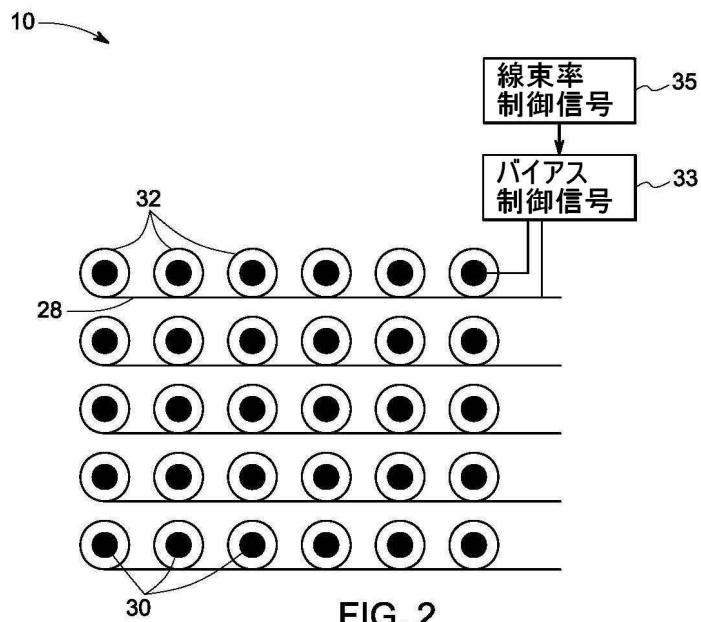


FIG. 2

【図 3】

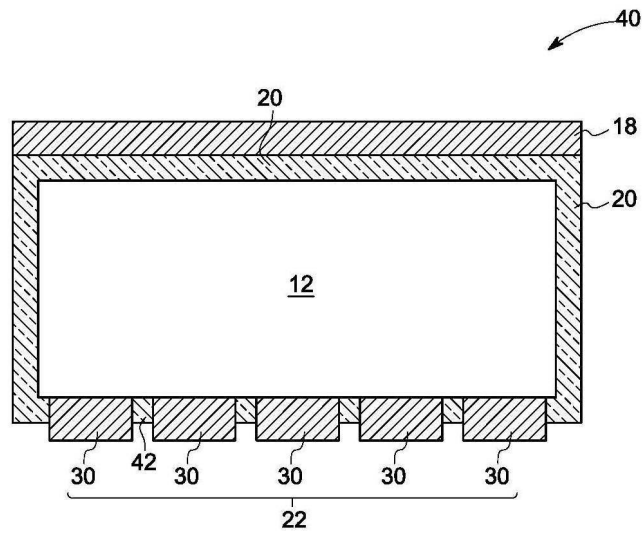


FIG. 3

【図 4】

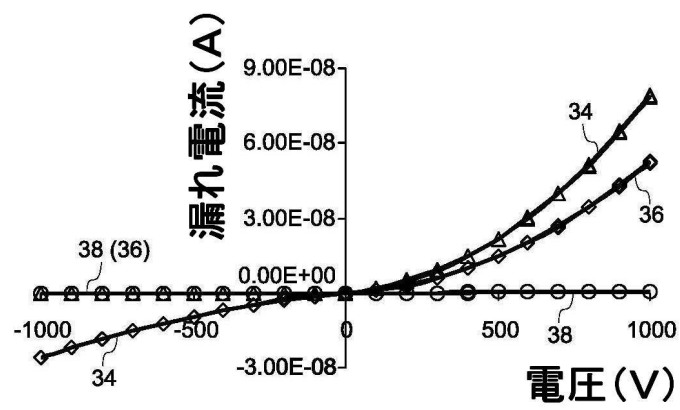


FIG. 4

【図 5】

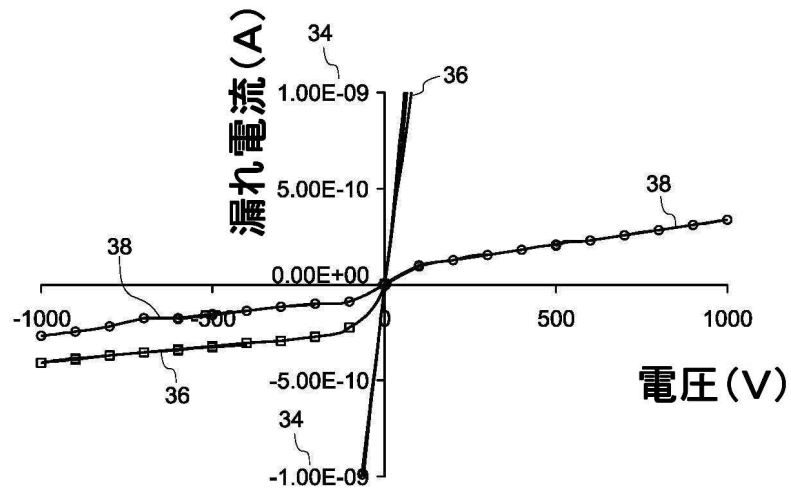


FIG. 5

【図 6】

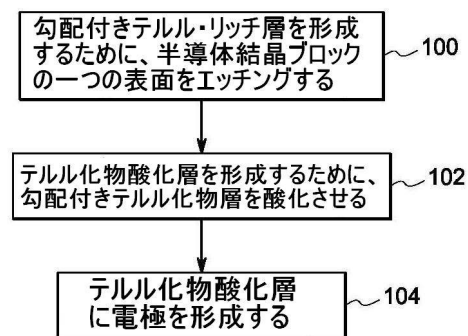


FIG. 6

【図 7】

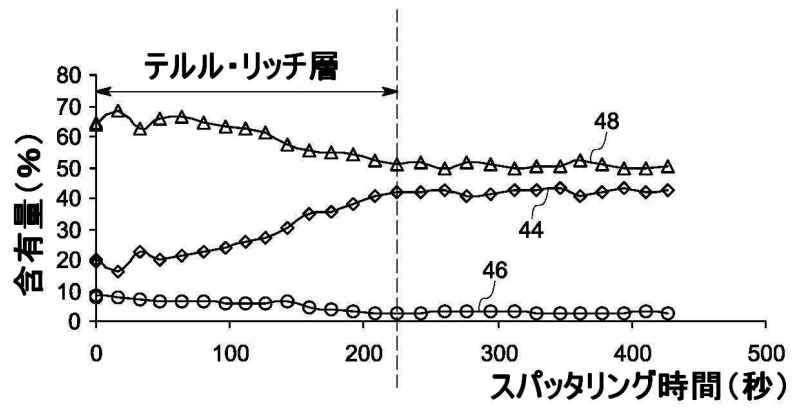


FIG. 7

【図 8】

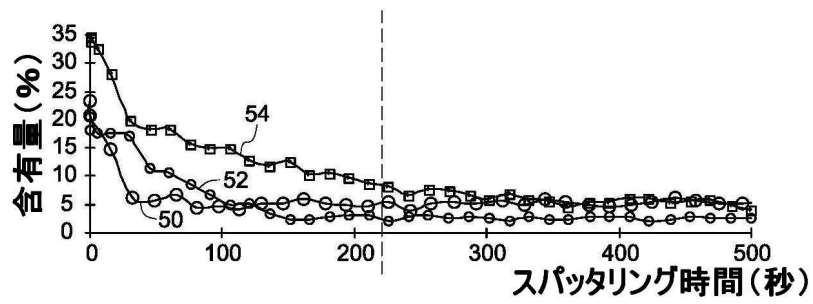


FIG. 8

フロントページの続き

- (72)発明者 ツァン, ミンロン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-4エイ59
、パテント・ドケット・ルーム、グローバル・リサーチ
- (72)発明者 ドゥ, ヤンフェン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-4エイ59
、パテント・ドケット・ルーム、グローバル・リサーチ
- (72)発明者 ツカチェック, ジョン・エリック
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-4エイ59
、パテント・ドケット・ルーム、グローバル・リサーチ
- (72)発明者 ウー, ザオピン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-4エイ59
、パテント・ドケット・ルーム、グローバル・リサーチ
- (72)発明者 ブレヴィス, イラ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-4エイ59
、パテント・ドケット・ルーム、グローバル・リサーチ

審査官 堀部 修平

- (56)参考文献 特表2008-546177(JP, A)
特開平09-148615(JP, A)
特開2007-333734(JP, A)
特開2004-342995(JP, A)
特開昭63-177574(JP, A)
特開平06-260664(JP, A)
特開2002-100797(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 31/0264
H01L 31/08 - 31/119
G01T 1/24