

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(10) 国際公開番号

WO 2010/064693 A1

(43) 国際公開日

2010年6月10日(10.06.2010)

PCT

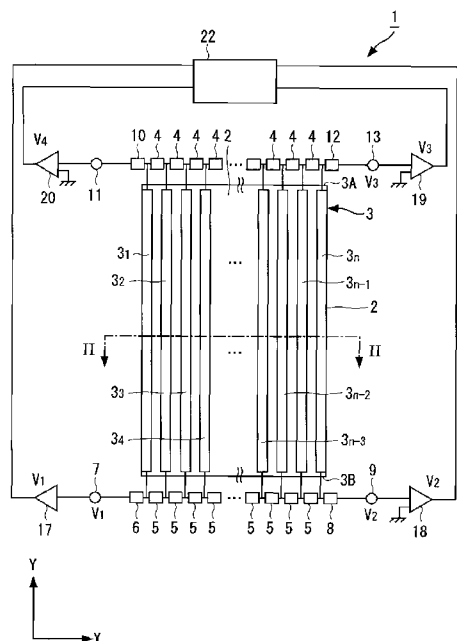
- (51) 国際特許分類:  
G01T 1/24 (2006.01) H01L 27/14 (2006.01)  
G01T 1/161 (2006.01) H01L 31/09 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/070353
- (22) 国際出願日: 2009年12月3日(03.12.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2008-309169 2008年12月3日(03.12.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人東北大学 (TOHOKU UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 Miyagi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石井 慶造 (ISHII Keizo) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP). 菊池 洋平 (KIKUCHI Youhei) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人: 平山 一幸 (HIRAYAMA Kazuyuki); 〒1600022 東京都新宿区新宿 2 - 3 - 10 新宿御苑ビル6階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR DETECTOR FOR TWO-DIMENSIONALLY DETECTING RADIATION POSITION AND TWO-DIMENSIONAL RADIATION POSITION DETECTION METHOD USING SAME

(54) 発明の名称: 放射線の位置を2次元で検出する半導体検出器及びそれを用いた放射線の2次元位置検出方法

[図1]



(57) Abstract: A two-dimensional semiconductor position detector (1) for two-dimensionally detecting a radiation position comprises a schottky diode provided with a semiconductor substrate (2), first to n-th (n is an integer of at least 2) stripe electrodes (3) which are arranged on a front surface (2A) of the semiconductor substrate (2) to be juxtaposed in the X-direction at a predetermine interval and to be parallel in the Y-direction, and an electrode (15) formed on a rear surface (2B) of the semiconductor substrate (2), wherein the stripe electrodes (3) are sequentially connected at opposing ends through resistors (4, 5), and output signals V<sub>1</sub> to V<sub>4</sub> from the radiation (16) entering the semiconductor substrate (2) are extracted from the opposing ends of the first and n-th stripe electrodes (3) which are arranged on both outermost sides.

(57) 要約: 放射線の位置を2次元で検出するための半導体2次元位置検出器1は、半導体基板(2)と、半導体基板(2)の表面(2A)にX方向に所定の間隔を置いて並置した、Y方向と平行な第1~第n(nは2以上の整数)のストライプ電極(3)と、半導体基板(2)の裏面(2B)に形成した電極(15)とを有するショットキーダイオードからなり、各ストライプ電極(3)の両端部同士を抵抗(4, 5)を介してそれぞれ順次接続するとともに、両端に配置した第1及び第nのストライプ電極(3)の各両端部より、半導体基板(2)に入射した放射線(16)からの信号出力信号V<sub>1</sub>~V<sub>4</sub>を取り出す。



WO 2010/064693 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：

放射線の位置を２次元で検出する半導体検出器及びそれを用いた放射線の  
２次元位置検出方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、物理計測や陽電子断層撮影装置（PET）などに好適に用いられる、放射線の位置を２次元で検出する半導体２次元位置検出器及びそれを用いた放射線の２次元位置検出方法に関する。

### 背景技術

[0002] 陽電子断層撮影装置（PET）は、陽電子放出核種を用い、放出された陽電子と物質中の電子が出会い消滅するときに、 $180^\circ$ の角度で放出される２本のガンマ線を検出してその核種の分布像を得るものである（非特許文献１参照）。陽電子断層撮影装置には、そのガンマ線の検出器として、従来、シンチレーター検出器が用いられている。シンチレーター検出器は、ガンマ線検出によって発光した光を数個の光電子増倍管で受けて、各々の光の強度比からどのシンチレーターでガンマ線が測定されたかを決定する。この原理に基づいた陽電子断層撮影装置の空間分解能は数mmが限界である。

したがって、シンチレーター検出器では、X線CT並みの1mm以下の空間分解能を得ることができない。

[0003] 光又は粒子線の検出を行う半導体検出器として、半導体位置検出素子（特許文献１参照）やガンマ線に対して吸収効果大きいCdTe結晶を用いた検出器（特許文献２参照）が知られている。CdTe結晶を用いた検出器は、表裏面に電気伝導性電極が形成されたCdTe結晶半導体板からなり、電気信号を増幅器を介して取り出すものである。この半導体検出器を用いることで検出器を小型にでき、1mmサイズの検出器とすることも実現可能である。したがって、この検出器を複数個配列することにより1mm以下の空間分解能を有する半導体検出器を実現することは可能である。しかしながら、

例えば1mm角の検出器を縦横10個配列して、1mm以下の空間分解能を得るためには100個もの増幅器が必要となってしまう。このように、各検出器に接続する増幅器の数が膨大となることから、上記構成の検出器は現実的ではない。

[0004] これを改善するため、特許文献2では、表面に電気伝導抵抗性電極、裏面に電気伝導性電極が形成された例えば20mm角の半導体板を用い、電気伝導抵抗性電極の4隅からの電気信号の比率を用いて半導体板内でのガンマ線の検出位置を2次元的に検出する検出器が開示されている。この検出器では4個の増幅器を用意すれば足りることになる。

[0005] 図12は、特許文献2に開示された半導体2次元位置検出器50を示す模式図である。この半導体2次元位置検出器50において、薄い半導体結晶板51は、材質をCdTe結晶とし、片方の面が電気伝導抵抗性電極52、もう片方の面を電気伝導性電極53とするものである。

[0006] CdTe結晶からなる半導体結晶板51をショットキー型の検出器にするために、片方の面にインジウム電極52を形成し、他方の面に白金電極53を形成する。インジウム電極は、インジウムを薄く、例えば600Å程度蒸着することにより電気伝導抵抗性を持たせる。これにより、半導体結晶板51のインジウム蒸着面が電気伝導抵抗性を持ち、かつ、半導体結晶板51がショットキー型の放射線検出器として作動する。

[0007] 半導体2次元位置検出器50には、電気伝導抵抗性電極面の4つの隅A、B、C、Dにそれぞれ端子が設けられ、それぞれが増幅回路55に接続され、4つの端子に発生した出力信号である電圧 $V_A$ 、 $V_B$ 、 $V_C$ 、 $V_D$ を用いて、ガンマ線の半導体板51上での算出位置座標(X, Y) (以下、仮位置座標と呼ぶ)を $V_A$ 、 $V_B$ 、 $V_C$ 、 $V_D$ の関数として求めている(特許文献2参照)。

[0008] 図13は、従来の半導体2次元位置検出器50における放射線57の照射位置を示す図である。この図に示すように、従来の半導体2次元位置検出器50の検出位置精度を調べるために、この半導体2次元位置検出器50の表

面の $X = 7, 11, 15, 19, 23$ と $Y = 6, 10, 14$ との交点15箇所を照射点58として、 $^{241}\text{Am}$ 線源によるアルファ線の照射を行った。

[0009] 図14は、従来の半導体2次元位置検出器50による位置検出結果を示す図であり、4つの端子に発生した出力信号 $V_1 \sim V_4$ を用いて算出した仮位置座標59を示す。半導体位置検出器50の表面に等間隔で照射したのに対してその仮位置座標59による検出結果は、信号で求めた位置と実際の放射線の検出位置とが非線形かつ非対称で非常に歪んだ分布となっていて、放射線57の検出位置を同定するには不十分であった。

[0010] 特許文献3には、半導体基板上に四角形ではなく、各辺を円弧状の抵抗層とした半導体2次元位置検出器が開示されており、各辺の頂点となる4点を出力電極として電流を検知することで、 $\gamma$ 線の入射位置を歪みなく検出することが記載されている。

[0011] 特許文献4では、放射線位置検出装置が開示されており、縦続接続された抵抗器によって二次元の位置検出行っているが、抵抗器に接続される増幅器が2個と、この増幅器に接続されるA/D変換器4個と、位置演算器2個と、加算器1個と、波高弁別器1個と、制御信号発生器1個と、からなり複雑な回路構成になっている。

[0012] 特許文献5, 6には、半導体2次元位置検出器に用いる半導体の基板として、CdTe、CdZnTe、又はBrTiを使用し、線状の抵抗線を並行に配設した構造（特許文献5）やマトリクス構造（特許文献5及び6）を形成することが開示されている。特許文献6では、検出素子を二次元のマトリクス状に配列している。この場合、画像処理には、検出素子毎にスイッチング素子や増幅器を設ける必要が生じ、特許文献4と同様に複雑な回路構成となる。

[0013] 特許文献7には、半導体の基板としてSiを用い、表面層にAl電極をストライプ状に形成した半導体2次元位置検出器が開示されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

- [0014] 特許文献1：特開2000-161911号公報  
特許文献2：特開2008-116260号公報  
特許文献3：特公昭62-62075号公報  
特許文献4：特開平11-23721号公報  
特許文献5：特開2006-234661号公報  
特許文献6：特開2007-109905号公報  
特許文献7：特開2000-340835号公報

### 非特許文献

- [0015] 非特許文献1：S. Rankowitz et al., "Positron scanner for locating bra in tumors," IRE Int. Conv. Rec. 1962, 10 (Issue 9), pp.49-56

### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

- [0016] 従来の半導体2次元位置検出器（例えば、特許文献2）では、信号で求めた位置と実際の放射線の検出位置とが非線形かつ非対称で非常に歪んだ分布となっていて、放射線の検出位置を同定するには不十分であった。また、過去においてこの問題を解決するために、位置検出面の電極構造を例えば円弧状のような複雑な形状にしたため実用に適していなかった（例えば、特許文献1及び3参照）。また、検出器の裏面に増幅器等の回路が直接接合されたものを重ねた場合、放射線に対して不感部分ができ、PET用としては適していなかった。

- [0017] さらに、従来の半導体2次元位置検出器で抵抗線等をストライプ状とした場合（特許文献4、5、7参照）、 $\gamma$ 線の入射位置を簡単な構成で歪みなく検出することができないという課題があった。

- [0018] 本発明の一目的は、上記課題に鑑み、4つの信号で簡単に求めた位置と実際の放射線の検出位置とが一致する位置精度が高い、放射線の位置を2次元で検出する半導体2次元位置検出器を提供することにある。

本発明の他の目的は、上記半導体2次元位置検出器を用いて放射線の2次元位置を検出する方法を提供することにある。

## 課題を解決するための手段

[0019] 上記第1の目的を達成するため、本発明に係る放射線の位置を2次元で検出するための半導体位置検出器は、半導体基板と、半導体基板の表面にX方向に所定の間隔を置いて並置された、Y方向と平行な第1～第n（nは2以上の整数）のストライプ電極と、第1～第nのストライプ電極の上端部同士間に接続される複数の抵抗と、第1～第nのストライプ電極の下端部同士間に接続される複数の抵抗と、第1のストライプ電極の下端部に抵抗を介して接続される第1の信号出力用端子と、第nのストライプ電極の下端部に抵抗を介して接続される第2の信号出力用端子と、第1のストライプ電極の上端部に抵抗を介して接続される第4の信号出力用端子と、第nのストライプ電極の上端部に抵抗を介して接続される第3の信号出力用端子と、半導体基板の裏面に配置された電極と、を備え、半導体基板の任意の点に入射した放射線からの出力信号を第1～第4の信号出力用端子から得ることを特徴とする。

[0020] 本発明に係る放射線の位置を2次元で検出するための半導体位置検出器の第2の構成は、半導体基板と、半導体基板の表面にX方向に所定の間隔を置いて並置された、Y方向と平行な第1～第n（nは2以上の整数）のストライプ電極と、第1～第nのストライプ電極の上端部同士間に接続される複数の抵抗と、第1～第nのストライプ電極の下端部同士間に接続される複数の抵抗と、第1のストライプ電極の下端部に抵抗を介して接続される第1の信号出力用端子と、第nのストライプ電極の下端部に抵抗を介して接続される第2の信号出力用端子と、第1のストライプ電極の上端部に抵抗を介して接続される第4の信号出力用端子と、第nのストライプ電極の上端部に抵抗を介して接続される第3の信号出力用端子と、半導体基板の裏面に配置された電極と、を備え、第1～第nの各ストライプ電極は、Y方向に形成されかつ互いに分離されたm個のストリップ電極から形成され、各ストリップ電極は、Y方向に沿って隣り合うストリップ電極同士が抵抗で接続されて各ストライプ電極を形成し、半導体基板の任意の点に入射した放射線からの出力信号

を第 1～第 4 の信号出力用端子から得ることを特徴とする。

[0021] 上記構成において、ストライプ電極の上端部同士間及び下端部同士間に接続される抵抗は、好ましくは、その抵抗値が調整可能に形成されている。

後述する数式 (3) 及び (4) で位置弁別を行うためには、各ストライプ電極の抵抗とストライプ電極の上端部同士間及び／又は下端部同士間に接続される抵抗との抵抗比は、好ましくは、10 : 1～100 : 1である。

第 1～第 n の各ストライプ電極は、好ましくは、Y 方向に沿って互いに溝分離されている。第 1～第 n の各ストライプ電極を形成するストリップ電極同士が、好ましくは、X 方向に沿って互いに溝分離されている。

ストライプ電極は電気伝導抵抗性が高く且つショットキー型電極であり、前記半導体基板の裏面に配置された電極は電気伝導性の高い電極としてもよい。

前記半導体基板は、好ましくは、CdTe、CdZnTe 及び BrTi の何れかからなり、電極は、好ましくはインジウム又は白金からなる。

[0022] 上記構成において、好ましくは、出力信号から放射線の位置を演算する演算部を備え、演算部は、第 1～第 4 の信号出力用端子から出力される電圧を、それぞれ  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 、 $V_4$  としたとき、下記 (1) 式及び (2) 式によって、放射線の仮位置座標 ( $X_i$ 、 $Y_j$ ) を演算し、仮位置座標 ( $X_i$ 、 $Y_j$ ) を用いて、下記 (3) 式及び (4) 式によって放射線の検出位置座標 ( $X_p$ 、 $Y_q$ ) を算出する。

[数1]

$$X_i = \frac{(V_2 + V_3) - (V_1 + V_4)}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} \quad (1)$$

[数2]

$$Y_j = \frac{(V_4 + V_3) - (V_1 + V_2)}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} \quad (2)$$



[数3]

$$X_p = f(X_i, Y_j) \quad (3)$$

[数4]

$$Y_q = g(X_i, Y_j) \quad (4)$$

ここで、上記（３）式及び（４）式の関数  $f(X_i, Y_j)$ 、 $g(X_i, Y_j)$  は、放射線のスポットを、半導体２次元位置検出器のストライプ電極上においてＹ方向に向かって間隔を置いて照射し、各照射点の仮位置座標を算出した後、各照射点の位置座標と各照射点の仮位置座標との補正関数を仮定して、放射線の各照射点の位置座標を再現する関数としてフィッティングにより求めたものである。

[0023]  $X_p$  を  $X_i$  とし、 $Y_q$  を下記（５）式又は（６）式によって算出し、放射線の補正位置座標（ $X_p$ 、 $Y_q$ ）を算出してもよい。この補正位置座標を、検出位置座標とも呼ぶ。

[数5]

$$Y_q = g(X_i, Y_j) = d * \frac{Y_j}{aX_i^2 + bX_i + c} \quad (5)$$

ここで、（５）式中の２次関数の係数  $a$ 、 $b$ 、 $c$  は任意の定数であり、 $d^*$  は規格定数である。

[数6]

$$Y_q = g(X_i, Y_j) = \frac{Y_j}{d'} (a' X_i^2 + b' X_i + c') \quad (6)$$

ここで、（６）式中の２次関数の係数  $a'$ 、 $b'$ 、 $c'$  は任意の定数であり、 $d'$  は規格定数である。

[0024] 上記第２の目的を達成するため、本発明に係る放射線の２次元位置検出方法は、半導体基板の表面に、Ｙ方向と平行であってＸ方向に所定の間隔で第１～第  $n$ （ $n$  は２以上の整数）のストライプ電極を並置し、第１～第  $n$  のス

ドライブ電極の上端部同士間のそれぞれを抵抗を介して接続し、第1～第nのストライプ電極の下端部同士間のそれぞれを抵抗を介して接続し、第1のストライプ電極の下端部に抵抗の一端を接続し、抵抗の他端部に第1の信号出力用端子を配置し、上記第nのストライプ電極の下端部に抵抗の一端を接続し、抵抗の他端部に第2の信号出力用端子を配置し、第1のストライプ電極の上端部に抵抗の一端を接続し、抵抗の他端部に第4の信号出力用端子を配置し、第nのストライプ電極の上端部に抵抗の一端を接続し、抵抗の他端部に第3の信号出力用端子を配置し、半導体基板の裏面に電極を配置し、半導体基板に入射した放射線からの出力信号を、第1～第4の信号出力用端子から得ることを特徴とする。

上記構成において、第1～第nの各ストライプ電極を、Y方向に形成されかつ互いに分離されたm個のストリップ電極から形成し、各ストリップ電極のY方向に沿って隣り合うストリップ電極同士を抵抗を介して接続して各ストライプ電極を形成してもよい。

[0025] 上記構成において、第1～第4の信号出力用端子から出力される電圧を、それぞれ $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 、 $V_4$ としたとき、上記(1)式及び(2)式によって、放射線の仮位置座標 $(X_i, Y_j)$ を演算し、仮位置座標 $(X_i, Y_j)$ を用いて、上記(3)式及び(4)式によって放射線の検出位置座標 $(X_p, Y_q)$ を算出してもよい。

[0026]  $X_p$ を $X_i$ とし、 $Y_q$ を上記(5)式又は(6)式によって算出し、放射線の検出位置座標 $(X_p, Y_q)$ を算出してもよい。

[0027] 上記何れかに記載の半導体2次元位置検出器を搭載することにより、高性能の陽電子断層撮影装置を作製することができる。

## 発明の効果

[0028] 本発明に係る放射線の位置を2次元で検出するための半導体2次元位置検出器は、4つの信号出力用端子しか持たないので、信号増幅器の数を大幅に減らすことができる。さらに、この半導体2次元位置検出器を多重に構成することにより、3次元で1mmよりも短い精度で放射線の検出位置を特定す

ることが可能となり、1 mm以下の空間分解能を持つ陽電子断層撮影装置へ適用することができる。また、検出感度部分が半導体検出器の全面となるので、これを多重した検出器ブロックに放射線に対する不感部分がないため、PET用検出器ブロックとして適している。

[0029] 本発明の放射線の2次元位置検出方法によれば、放射線が照射されたとき複数のストライプ電極の4つの信号出力端子からの信号を計算し、さらに補正計算を行うことによって、2次元方向で1 mmよりも短い精度で放射線の照射位置を特定することが可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0030] [図1]本発明の第1の実施形態に係る半導体2次元位置検出器の構成を示す平面図である。

[図2]図1のII-II線に沿った断面図である。

[図3]半導体2次元位置検出器の別の構成を示す断面図である。

[図4]半導体2次元位置検出器への放射線照射位置を示す平面図である。

[図5]図4で示した放射線の照射位置に対する半導体2次元位置検出器で取得した仮位置座標を示す図である。

[図6]検出位置座標 ( $X_p$ ,  $Y_q$ ) を算出する工程を示すフローチャートである。

[図7] (3) 式及び (4) 式を用いて仮位置座標 ( $X_j$ ,  $Y_j$ ) より、検出位置座標 ( $X_p$ ,  $Y_q$ ) を導出した結果を示す図である。

[図8] X方向及びY方向の分解能に対する抵抗4, 5の抵抗値依存性を示すグラフであり、それぞれ (A) がX方向の半値幅 (FWHM) を、(B) がY方向の半値幅 (FWHM) を示している。

[図9]本発明の第2の実施形態に係る半導体2次元位置検出器の構成を示す平面図である。

[図10]図9のVIII-VIII線に沿った断面図である。

[図11]半導体2次元位置検出器の抵抗配置を示す等価回路図である。

[図12]特許文献2に開示された、従来の半導体2次元位置検出器を示す模式

図である。

[図13]従来の半導体2次元位置検出器における放射線の照射位置を示す図である。

[図14]従来の半導体2次元位置検出器による位置検出結果を示す図である。

### 符号の説明

- [0031] 1, 30 : 半導体2次元位置検出器  
2 : 半導体基板  
2A : 半導体基板の表面  
2B : 半導体基板の裏面  
2C : 半導体基板の溝部  
3 : ストライプ電極  
4, 5 : 抵抗  
6, 8, 10, 12 : 出力用の抵抗  
7 : 第1の信号出力用端子  
9 : 第2の信号出力用端子  
11 : 第4の信号出力用端子  
13 : 第3の信号出力用端子  
15 : ショットキー電極  
16 : 放射線  
17 ~ 20 : 信号検出器  
22 : 演算部  
25 : 放射線の照射位置  
26 : 仮位置座標  
33 : ストライプ電極  
33<sub>ij</sub> : ストリップ電極  
35 : ストリップ電極接続用の抵抗

### 発明を実施するための形態

- [0032] 以下、この発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。各

図において同一又は対応する部材には同一符号を用いる。

〔第 1 の実施の形態〕

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る放射線の位置を 2 次元で検出するための半導体 2 次元位置検出器 1 の構成を示す平面図であり、図 2 は、図 1 の II-II 線に沿った断面図である。

この半導体 2 次元位置検出器 1 は、半導体基板 2 と、この半導体基板 2 の表面 2 A に X 方向に所定の間隔を置いて並置された、Y 方向と平行な第 1 ～第  $n$  ( $n$  は 2 以上の整数) のストライプ電極 3 と、第 1 ～第  $n$  のストライプ電極の上端部 3 A 同士間に接続される複数の抵抗 4 と、第 1 ～第  $n$  のストライプ電極 3 の下端部 3 B 同士間に接続される複数の抵抗 5 と、第 1 のストライプ電極 3<sub>1</sub> の下端部 3 B に出力用の抵抗 6 を介して接続される第 1 の信号出力用端子 7 と、第  $n$  のストライプ電極 3 <sub>$n$</sub>  の下端部 3 B に出力用の抵抗 8 を介して接続される第 2 の信号出力用端子 9 と、第 1 のストライプ電極 3<sub>1</sub> の上端部 3 A に出力用の抵抗 10 を介して接続される第 4 の信号出力用端子 11 と、第  $n$  のストライプ電極 3 <sub>$n$</sub>  の上端部 3 A に出力用の抵抗 12 を介して接続される第 3 の信号出力用端子 13 と、半導体基板 2 の裏面 2 B に配置された電極 15 と、を備えている。第 1 ～第  $n$  のストライプ電極 3 は、各列を示すのに、例えば 1 列目のストライプ電極 3 は、3<sub>1</sub> と表記する。

ここで、半導体 2 次元位置検出器 1 は、半導体基板 2 の表面 2 A に配置される第 1 ～第  $n$  のストライプ電極 3 と、裏面 2 B 側に配置される電極 15 と、からなる所謂ショットキーダイオードである。

[0033] 第 1 実施形態の半導体 2 次元位置検出器 1 は逆方向にバイアスされる。この状態で、半導体基板 2 内には空乏層が形成されており、半導体基板 2 に入射した放射線 16 からの出力信号を、第 1 ～第 4 の信号出力用端子 7, 9, 11, 13 から得ることができる。信号出力用端子 7, 9, 11, 13 からの出力は、電圧又は電流である。

[0034] 半導体 2 次元位置検出器 1 は、例えば CdTe 結晶からなる半導体基板 2 の表面 2 A に、Y 方向に伸び X 方向に一定幅を有する  $n$  本、例えば 8 本のイ

ンジウム等からなるストライプ電極 3 が、一定の間隔で離れて平行に並んでいる。半導体基板 2 の裏面 2 B 側の電極 1 5 は、例えば白金 (Pt) からなる電極で形成することができる。

ここで、ストライプ電極は、電気伝導抵抗性が高く且つショットキー型電極を用いることができる。また、半導体基板の裏面に配置される電極は電気伝導性の高い電極とすることができる。

[0035] 図 3 は、半導体 2 次元位置検出器 1 の別の構成を示す断面図である。図 3 に示す半導体 2 次元位置検出器 1 A が、図 2 の半導体 2 次元位置検出器 1 と異なるのは、半導体基板 2 の表面 2 A に配置されるストライプ電極 3 のそれぞれが細長い溝 2 C で分離されている点にある。溝 2 C を設けることによって、ストライプ電極 3 のそれぞれが電氣的に分割される。溝 2 C は、ストライプ電極 3 となる金属材料からなる薄膜を半導体基板 2 に真空蒸着によって形成した後、ダイヤモンドを用いた切断 (カッティング) 又はフォトリソグラフィとエッチングによって形成することができる。ストライプ電極 3 となる金属材料は、例えばインジウムである。

[0036] 1 本のストライプ電極 3 は、例えば、Y 方向の長さが 20 mm、X 方向の幅は 1.1 mm、厚さ 500 Å 厚のインジウム蒸着膜である。この 1 本のストライプ電極 3 の両端間の抵抗値は、例えば 1 MΩ である。隣り合うストライプ電極 3 の間のピッチ、すなわち、隣り合うストライプ電極 3 の中心線と中心線の距離は、例えば 1.2 mm である。この場合、隣り合うストライプ電極 3 の電極間の隙間又は上記溝 2 C の幅は 0.1 mm 程度となっている。

なお、第 1 ~ 4 の信号出力用端子 7, 9, 11, 13 と接続されている信号検出器 17 ~ 20 の間に信号増幅器 (図示せず) を設け、出力信号を調整してもよい。信号検出器 17 ~ 20 としては、電荷有感型増幅器を用いることができる。以下の説明では、信号検出器 17 ~ 20 は電荷有感型増幅器として説明する。

[0037] ストライプ電極 3 の上端部 3 A において、隣り合うストライプ電極 3 のそれぞれが抵抗 4 を介して電氣的に接続されている。同様に、ストライプ電極

3の下端部3Bにおいて、隣り合うストライプ電極3のそれぞれが抵抗5を介して電氣的に接続されている。抵抗4, 5の値は、例えば20kΩである。抵抗4, 5は、各ストライプ電極3の出力を区別するために挿入される。抵抗4, 5は、ストライプ電極3に接続される外部抵抗や、半導体基板2上に形成した抵抗を使用することができる。さらに、抵抗4, 5の抵抗値は、調整可能に形成されていてもよい。抵抗4, 5を金属薄膜で形成した場合には、抵抗値はレーザトリミング等によって調整することができる。

[0038] 第1～第4の信号出力用端子7, 9, 11, 13は、それぞれ、第1～第4の信号検出器17～20に接続されており、第1～第4の信号検出器17～20から $V_1 \sim V_4$ の出力信号が出力される。 $V_1 \sim V_4$ の出力信号は、演算部22に入力される。演算部22は、A/Dコンバータ、インターフェース回路(I/O)、RISC等の計算機を備えている。

[0039] [半導体2次元位置検出器1における電流経路]

上記第1実施形態に係る半導体2次元位置検出器1における電流経路を説明する。

半導体2次元位置検出器1へ放射線16が照射され、ストライプ電極3に衝突することで生じた電流は、ストライプ電極3の両端側へ流れる。図12のような従来の面状の電極の場合、電流は二次元的な方向へ流れるのに対し、半導体2次元位置検出器1では一次元的な方向へ流れる。つまり、面状の電極の場合、電流は放射線16の衝突位置から多方向へ流れるのに対し、半導体2次元位置検出器1では各ストライプ電極3が分離されX方向への流れが制限されるため、ストライプ電極3が伸びているY方向へ電流が流れる。

[0040] ストライプ電極3の両端から電流は分岐して、抵抗4, 5及び出力用の抵抗6, 8, 10, 12を経て第1～第4の信号検出器17～20へ流れる。ストライプ電極3の抵抗を1MΩとすれば、抵抗4, 5の値である20kΩに比べ十分高いため、別のストライプ電極3へ流れる電流は、第1～第4の信号検出器17～20へ流れる電流に比べ非常に小さい。

[0041] 放射線16の入射位置からストライプ電極3の両端部までの距離とY方向

の抵抗値とは比例するため、Y方向の両側にある、例えば第1及び第4の信号検出器17, 20で検出された電圧の比から、Y方向における放射線16の入射位置を算出することができる。Y方向における放射線16の入射位置を算出するために、さらに、第2及び第3の信号検出器18, 19を用いてもよい。

[0042] 次に、信号検出器17~20として電荷有感型増幅器を用いた場合について説明する。

放射線16の入射位置からストライプ電極3の両端部までの距離とY方向の抵抗値とは比例するが、抵抗を流れる電流は反比例する。電流は誘起電荷に比例するので、電流に比例して電荷有感型増幅器の出力が増大する。このため、Y方向の両側にある、例えば第1、第2、第3及び第4の電荷有感型増幅器17~20で検出された信号から、Y方向における放射線16の入射位置を算出することができる。

[0043] 放射線16が入射したストライプ電極3からX方向の両端までの距離と、X方向の抵抗値は比例する。抵抗4, 5を介してストライプ電極3が順次接続されているため、X方向の距離が離れるほど、間にある抵抗4, 5の数が多くなり抵抗値が大きくなる。そのため、X方向の両側にある例えば第1及び第2の信号検出器17, 18で検出された電圧の比から、X方向における放射線16の入射位置を算出することができる。X方向における放射線16の入射位置を算出するために、さらに、第2及び第3の信号検出器18, 19を用いてもよい。X方向では、第1、第2、第3及び第4の電荷有感型増幅器17~20で検出された信号から、Y方向における放射線16の入射位置を算出することができる。隣り合うストライプ電極3の間に抵抗4, 5があることで、どのストライプ電極3から電流が生じたかを識別するための情報を得ることができる。計算の便宜上、各抵抗4, 5の抵抗値は等しい方が望ましい。

[0044] 放射線16がストライプ電極3に入射した場合には電流が生じ、溝2Cに照射した場合には電流は両側のストライプ電極3に分割される。そのため、



放射線 16 を検出するためには、溝 2 C の幅はできるだけ狭い方が望ましい。

[0045] 放射線 16 がストライプ電極 3 に入射する場合には、ストライプ電極 3 が狭いほど X 方向の位置分解能が向上する。しかし、ストライプ電極 3 の幅が細いほど、電極幅に対する溝 2 C の幅の割合が大きくなり、基板全体に対する溝 2 C の面積の割合が高くなり検出精度が下がってしまう。

[0046] 抵抗 4, 5 の抵抗値を小さくするほど、仮位置座標 ( $X_i, Y_j$ ) における中央部の Y 方向への歪みが小さくなる。しかし、抵抗 4, 5 の抵抗値を小さくし過ぎると、ストライプ電極 3 を挟んで同じ側にある信号検出器が直結状態に近くなり、放射線 16 の入射によって生じた電流とその他のノイズ電流とを識別することが困難になってしまう。同じ側にある信号検出器は、例えば第 1 の信号検出器 17 と第 2 の信号検出器 18 又は第 4 の信号検出器 19 と第 3 の信号検出器 20 である。第 1 ~ 第 4 の信号検出器 17 ~ 20 には、電荷有感型増幅器を使用することができる。

[0047] 一方、抵抗 4, 5 の抵抗値が大きいほど、どのストライプ電極 3 から電流が生じたかを識別するための識別性は向上する。しかしながら、抵抗 4, 5 とストライプ電極 3 との抵抗値の差が小さくなると、他のストライプ電極 3 へ電流がリークしてしまい、その結果、仮位置座標 ( $X_i, Y_j$ ) における中央部の Y 方向への歪みが大きくなってしまう。

これらの事情に鑑み、検出すべき電流とノイズ電流との識別性を維持しつつ仮位置座標 ( $X_i, Y_j$ ) における Y 方向の歪みを抑えることを考慮し、ストライプ電極 3 と抵抗 4, 5 との抵抗比は 10 : 1 ~ 100 : 1 とすることが望ましい。後述する測定例において、ストライプ電極 3 の抵抗値は 1 M $\Omega$  で、抵抗 4, 5 の好ましい抵抗値は、10 k $\Omega$  から 40 k $\Omega$  であった。

[0048] [放射線 16 の入射位置の算出方法 1]

第 1 の実施形態に係る半導体 2 次元位置検出器 1 における放射線 16 の入射位置の算出方法について説明する。

第 1 ~ 第 4 の信号検出器 17 ~ 20 の出力信号  $V_1 \sim V_4$  が、演算部 22 に

において、演算処理され放射線 16 の入射位置が算出される。具体的には、出力信号  $V_1 \sim V_4$  を基に、下記 (1) 式及び (2) 式によって仮位置座標 ( $X_i$ ,  $Y_j$ ) を算出する。

[数1]

$$X_i = \frac{(V_2 + V_3) - (V_1 + V_4)}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} \quad (1)$$

[数2]

$$Y_j = \frac{(V_4 + V_3) - (V_1 + V_2)}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} \quad (2)$$

[0049] [放射線 16 の入射位置の検出例 1]

半導体 2 次元位置検出器 1 を用いた放射線 16 の検出例 1 について説明する。

図 4 は、半導体 2 次元位置検出器 1 への放射線 16 の照射位置を示す平面図である。図 4 に示す半導体 2 次元位置検出器 1 は半導体基板 2 が CdTe からなり、8 列のストライプ電極 3 を有している。ストライプ電極 3 の 1 本は、Y 方向の長さが 20 mm、X 方向の幅は 1.1 mm、厚さ 500 Å 厚のインジウム蒸着膜である。このストライプ電極 3 の 1 本の両端間の抵抗値は 1 MΩ である。隣り合うストライプ電極 3 の間のピッチ（隣り合う電極 3 の中心線と中心線の距離）は、1.2 mm である。この場合、隣り合うストライプ電極 3 の電極間の溝 2C の幅は 0.1 mm 程度となっている。半導体基板 2 の裏面 2B の電極 15 は白金で形成した。図中の × 印で示す箇所は、放射線 16 の照射位置 25 を示している。放射線 16 として、 $^{241}\text{Am}$  線源によるアルファ線を用いた。

[0050] 図 5 は、図 4 で示した放射線 16 の照射位置 25 に対する半導体 2 次元位置検出器 1 で取得した仮位置座標 26 を示す図である。図の横軸及び縦軸は、図 4 の平面図に対応している。

図 5 から明らかなように、放射線 16 の X Y 方向の仮位置座標 26 は判別可能な程度に分離されており、図 12 で示した従来の半導体 2 次元位置検出

器50に比較して2次元平面における分解能が著しく向上していることが分かった。特に、X方向は概ね等間隔である。しかしながら、Y方向では特に中央部で大きく歪んでおり、実際の放射線16の照射位置25を十分再現していないことが判明した。

[0051] [放射線16の入射位置の算出方法2]

そこで、仮位置座標 $(X_i, Y_j)$ を基に、更に演算処理を行い、検出位置座標 $(X_p, Y_q)$ を導出する。

[0052] 検出位置座標 $(X_p, Y_q)$ を導出する補正関数を決定する手順について説明する。

図6は、検出位置座標 $(X_p, Y_q)$ を算出する工程を示すフローチャートである。図6に示すように、最初にステップST1で、半導体2次元位置検出器1の検出位置精度を調べるため、 $^{22}\text{Na}$ 線源等によるガンマ線の全面照射を行う。

ステップST2で、演算値分布の測定、X方向の弁別性能の確認及び上記抵抗4, 5の値を調整する。X軸の位置検出とX方向の弁別性能の確認ができた場合には、ステップST3に進む。一方、X軸の位置検出やX方向の弁別性能が不十分な場合には、ステップST1に戻る。

[0053] 次に、ステップST3で、X方向の抵抗値 $r$ の決定をする。

ステップST4では、 $^{241}\text{Am}$ 線源(0.5mmにコリメート)によるアルファ線等の照射を行う。アルファ線を、各ストライプ電極3のX方向中央へ、Y方向に2mm間隔に、図4の×印で示す照射位置25に照射し、仮位置座標26を算出する。一つの照射点4で照射と算出を繰り返し、1点につき10分間ずつ測定した。

ステップST5では、X方向と同様に、Y方向の検出位置座標の算出を行い、必要に応じて、後述する2次曲線へのフィッティングをステップST6で行い、測定を終了する。その結果、上記図5に示すような、放射線16の仮位置座標26が得られた。

[0054] 仮位置座標 $(X_i, Y_j)$ の結果から、以下のことが確認できる。

(1) X方向に並んだ仮位置座標群は、X方向には等間隔に分布している。

(2) X方向に並んだ仮位置座標  $(X_i, Y_j)$  群における  $Y_j$  の位置は、Y方向に凹んでいる。

そこで、数式  $Y_j = aX_i^2 + bX_i + c$  とする2次曲線上にあるとし、上記係数  $a$ 、 $b$ 、 $c$  は、X方向に並んだ座標  $(X_i, Y_j)$  群を基にそれらが2次曲線上にあるとしてフィッティングすることにより、最適な係数  $a$ 、 $b$ 、 $c$  が決定され、上記2次曲線が特定できる。

[0055] 上記例では、最も歪みの大きい  $Y = 1$  における仮位置座標  $(X_1, Y_1) \sim (X_8, Y_1)$  を基にフィッティングし、 $a = 0.4638$ 、 $b = -0.0312$ 、 $c = 0.2982$  を得た。

[0056] 次に、下記(3)式～(5)式の関係式を用いて仮位置座標  $(X_i, Y_j)$  より、放射線16の検出位置座標  $(X_p, Y_q)$  を算出する。

なお、 $d$  は、規格定数であり、この場合  $d = 0.38$  である。

[数3]

$$X_p = f(X_i, Y_j) \quad (3)$$

[数4]

$$Y_q = g(X_i, Y_j) \quad (4)$$

[数5]

$$Y_q = g(X_i, Y_j) = d * \frac{Y_j}{aX_i^2 + bX_i + c} \quad (5)$$

[0057] ここで、(5)式は、 $X_p$  を  $X_i$  とし、 $Y_q$  を、 $Y_j$  に  $X_i$  の2次関数で割って算出することができる。上記(5)式の替わりに、下記(6)式を用いてもよい。(6)式は、 $X_p$  を  $X_i$  とし、 $Y_q$  を、 $Y_j$  に  $X_i$  の2次関数を掛けて算出することができる。

[数6]

$$Y_q = g(X_i, Y_j) = \frac{Y_j}{d'} (a' X_i^2 + b' X_i + c') \quad (6)$$

ここで、上記(6)式中の2次関数の係数 $a'$ 、 $b'$ 、 $c'$ は任意の定数であり、 $d'$ は規格定数である。

[0058] X方向に並んだ仮位置座標( $X_i$ ,  $Y_j$ )群の左右の非対称性は、 $X_i$ の1次の係数 $b$ に帰結する。したがって、X方向に並んだ仮位置座標群が左右対称であれば、 $b=0$ となりその後の処理を簡略化できる。このため、X方向に並んだ仮位置座標群が左右非対称である場合、出力信号 $V_1 \sim V_4$ の値を第1～第4の信号検出器17～20で調整することにより、結果としてX方向に並んだ仮位置座標群が左右対称となるように調整することもできる。さらに、出力信号 $V_1 \sim V_4$ の値を、図示しない信号増幅器の増幅率の変更により調整してもよい。

[0059] X方向に並んだ仮位置座標( $X_i$ ,  $Y_j$ )群の左右の非対称性は、 $X_i$ の1次の係数 $b$ に帰結する。したがって、X方向に並んだ仮位置座標群が左右対称であれば、 $b=0$ となりその後の処理を簡略化できる。このため、X方向に並んだ仮位置座標群が左右非対称である場合、出力信号 $V_1 \sim V_4$ の値を第1～第4の信号検出器17～20で調整することにより、結果としてX方向に並んだ仮位置座標群が左右対称となるように調整することもできる。出力信号 $V_1 \sim V_4$ の値を、図示しない信号増幅器の増幅率の変更により調整してもよい。

[0060] [放射線16の入射位置の算出方法2で求めた検出位置座標]

図7は、(3)式及び(4)式を用いて仮位置座標( $X_i$ ,  $Y_j$ )より、検出位置座標( $X_p$ ,  $Y_q$ )を導出した結果を示す図である。図4において $\times$ で示す照射位置に測定点に対応していることが分かる。

図7から明らかなように検出位置座標( $X_p$ ,  $Y_q$ )において、X方向の間隔は1.2mm、Y方向の間隔は2mmであり、Y方向の位置分解能は、1mmが得られていることが分かる。

- [0061] 図5に示す放射線16の仮位置座標26の結果と比較して、図7では、(3)式及び(4)式の補正により求めた検出位置座標( $X_p$ ,  $Y_q$ )と実際の放射線16の検出位置とが一致し、位置精度が高い検出結果が得られていることが分かる。特に、 $X_p$ は $X_i$ に等しい。 $Y_q$ が(5)式及び(6)式で与えられるように、 $Y_j$ に $X_i$ の2次関数を掛けるか、又は割ることによって得られることが大きな特徴となっている。
- [0062] 上記補正例では、仮位置座標群が $Y_j$ を $X_i$ の2次曲線上にあるものとしてフィッティングを行っているが、適宜補正関数を選択することは可能である。例えば、中央に歪んでいる関数として4次、6次の関数を用いることも可能である。
- [0063] X方向に並んだ仮位置座標( $X_i$ ,  $Y_j$ )群の左右の非対称性は、 $X_i$ の1次の係数bに帰結する。したがって、X方向に並んだ仮位置座標群が左右対称であれば、 $b=0$ となりその後の処理を簡略化できる。このためX方向に並んだ仮位置座標群が左右非対称である場合、出力信号 $V_1 \sim V_4$ の値を第1～第4の信号検出器17～20により調整することにより、結果としてX方向に並んだ仮位置座標群が左右対称となるように調整することもできる。出力信号 $V_1 \sim V_4$ の値は、図示しない信号増幅器の増幅率を変更することによって調整されてもよい。
- [0064] 上記補正例では、 $X_i$ の2次関数を利用して補正をしているが、このような関数に制限されることなく、種々の補正関数を利用することが可能である。
- [0065] 上記補正例では $Y=1$ における仮位置座標群を基にフィッティングして得られた補正関数をすべての仮位置座標26に適用し、検出位置座標を算出しているが、同一の $Y_j$ における仮位置座標群を基に得られた補正関数を、対応する各仮位置座標群に適用することも可能である。
- [0066] 図8は、X方向及びY方向の分解能に対する抵抗4, 5の抵抗値依存性を示すグラフであり、それぞれ(A)がX方向の半値幅(FWHM)を、(B)がY方向の半値幅(FWHM)を示している。図8の横軸は、抵抗値( $k\Omega$ )であり、図8の縦軸は、半値幅(mm)である。

図8 (A) から明らかなように、X方向の半値幅は、抵抗4, 5の抵抗値が20 k $\Omega$ 以下では、約0.3 mm以上となる。一方、X方向の半値幅は、抵抗4, 5の抵抗値が20 k $\Omega$ 以上~100 k $\Omega$ では、約0.3 mm~0.25 mmとなり、半値幅が低下することが分かる。これから、抵抗4, 5の抵抗値が20 k $\Omega$ 以下では、X方向の半値幅が増大、つまり半導体2次元位置検出器1の空間分解能が劣化することが判明した。ストライプ電極3の抵抗値は上記したように1 M $\Omega$ である。この場合、ストライプ電極の抵抗値(1 M $\Omega$ )と、ストライプ電極3の上端部同士間等に接続された抵抗4, 5との抵抗(20 k $\Omega$ )との比は、50 : 1となり、空間分解能が劣化しない。

[0067] 図8 (B) から明らかなように、Y方向の半値幅は、抵抗4, 5の抵抗値が20 k $\Omega$ で分解能が最小となり、抵抗4, 5の抵抗値の増大と共に半値幅が増加することが分かる。この場合も、ストライプ電極の抵抗値(1 M $\Omega$ )と、ストライプ電極3の上端部同士間等に接続された抵抗4, 5との抵抗(20 k $\Omega$ )との比は、50 : 1となり、空間分解能が劣化しない。

[0068] ストライプ電極3をインジウム蒸着で形成して電気伝導抵抗性とし、且つ半導体2次元位置検出器1をショットキー型の放射線検出器として動作させるためには、インジウムの厚さを150 Å~600 Åとする必要がある。この範囲のインジウムの厚さでは、ストライプ電極3の抵抗値は、1 M $\Omega$ ~4 M $\Omega$ となる。従って、半導体2次元位置検出器1の空間分解能が劣化しないためには、抵抗4, 5の抵抗値は、ストライプ電極3の抵抗値に対して、1/10~1/100に選定すればよい。

[0069] なお、上記測定例や補正例では放射線源としてアルファ線を例示して説明したが、ガンマ線等の他の放射線源に対しても同様に本発明を適用できることは、言うまでもないことである。

[0070] [第2の実施の形態]

本発明の第2の実施形態に係る半導体2次元位置検出器について以下説明する。

図9は、本発明の第2の実施形態に係る半導体2次元位置検出器30の構

成を示す平面図であり、図10は、図9のVIII-VIII線に沿った断面図である。

第2実施形態の半導体2次元位置検出器30が、図3に示す第1実施形態の半導体2次元位置検出器1Aと異なるのは、各列のストライプ電極33の構造である。つまり、Y方向の溝2C及びX方向の溝2Dで分離された複数の後述するストリップ電極33<sub>i,j</sub>が、Y方向にのみ抵抗35を介して接続されてストライプ電極33が構成されている。他の構成は、第1実施形態の半導体2次元位置検出器1、1Aと同じであるので説明は省略する。

[0071] ストリップ電極33は、 $m$ 行 $\times$  $n$ 列のマトリクス状に配列された複数のストリップ電極33<sub>i,j</sub>から構成されている。ここで、行は $i$ が2以上で $m$ までの自然数からなり、列は $j$ が2以上で $n$ までの自然数からなる。ストリップ電極33<sub>i,j</sub>同士を接続するストリップ電極接続用の抵抗35もマトリクス状に配置されているので、それぞれを33<sub>i,j</sub>又は $r_{i,j}$ と表記する。

[0072] 図11は、第2実施形態の半導体2次元位置検出器30の抵抗配置を示す等価回路図である。図示するように、例えば、1行1列の抵抗35<sub>i,j</sub>の抵抗を $r_{i,j}$ とし、列方向に並置されたストライプ電極33<sub>j</sub>同士を接続する抵抗4, 5の抵抗値は $R_1$ ,  $R_2$ とする。 $r_{i,j}$ は全て同じ抵抗値 $r$ とし、 $R_1$ ,  $R_2$ も同じ抵抗値 $R$ とする。さらに、抵抗値 $r$ が抵抗値 $R$ よりも大きいとする。つまり、 $r > R$ である。

ここで、 $j$ 列目のストリップ電極33<sub>j,k</sub> ( $k$ は $m$ 以下の自然数) 同士が $j$ 列の抵抗 $r_j$ で接続されて形成された電極を、ストライプ電極33<sub>j</sub>と呼ぶ。この $j$ 列目のストリップ電極33<sub>j</sub>同士が $j$ 列の抵抗 $r_j$ で接続された状態を、ストライプ電極33<sub>j</sub>と呼ぶ。

[0073] 上記の場合には、X方向では、抵抗値 $r$ が抵抗値 $R$ よりも大きいので、放射線16によって発生した電流が、他の列の抵抗 $r_j$ で接続されたストライプ電極33<sub>j</sub>には流れない。したがって、 $V_1$ ,  $V_2$ 側に流れた電流と、 $V_3$ ,  $V_4$ に流れた電流とは、同じ抵抗値 $R$ で接続された抵抗値の分割比で電流が分割される。このため、 $V_1 + V_3$ と $V_2 + V_4$ は、抵抗値 $R$ で接続された



抵抗列における電流分割近似ができる。

[0074] Y方向では、抵抗値  $r$  が抵抗値  $R$  よりも大きいので、放射線 16 によって発生した電流が、他の列の抵抗  $r_j$  で接続されたストライプ電極 33<sub>j</sub> には流れない。したがって、放射線 16 によって発生した電流は、放射線を検出した同じ列の抵抗値  $r$  の分割比で電流が分割される。

[0075] ここで、第2実施形態の半導体2次元位置検出器30においても、上記(1)～(6)式によって放射線の仮位置座標26及び検出位置座標を算出することができる。

この半導体2次元位置検出器30によれば、ストリップ電極33<sub>j</sub>をマトリクス状とし、各列ストライプ電極33<sub>j</sub>を抵抗35で接続することによって、X方向及びY方向の放射線検出の位置分解能を、半導体2次元位置検出器1、1Aと同等、又はそれ以上に向上させることができる。

[0076] 上記第1及び第2の実施の形態の半導体2次元位置検出器1、30においては、ストリップ電極33<sub>j</sub>を電気伝導性の高い電極として説明してきたが、ストライプ電極3やストリップ電極33<sub>j</sub>をショットキー電極としてもよい。この場合、半導体基板2の裏面2B側に形成する電極15を電気伝導性の高い電極とすればよい。

[0077] 上記説明では、放射線のY方向における仮位置座標26を計算によって補正している。半導体2次元位置検出器30の場合には、仮位置座標26がY方向へ歪んでしまうことを設計時に予測し、製造過程でY方向の歪みを緩和させるように抵抗値  $r$  を変えて作成してもよい。

[0078] 次に半導体2次元位置検出器を用いた放射線16の3次元位置検出について説明する。

CdTe結晶からなる半導体基板2の白金電極15の面同士を電気伝導性を持つペーストで相互に貼り付ける。これを、非常に薄い絶縁薄膜と交互に幾重にも張り合わせることによって、ガンマ線の位置を3次元的に測定できる半導体検出器ブロックが形成される。

[0079] 半導体検出器ブロックのどの半導体基板2でガンマ線が測定されたかは、

白金電極 15 とインジウムからなるストライプ電極 3 の同時計数より決定される。本発明による放射線 16 の 2 次元位置検出方法は、ガンマ線の位置を 3 次元的に測定できる半導体検出器ブロックにも適用できる。

[0080] 半導体検出器ブロックの陽電子断層撮影装置への適用について説明する。半導体検出器ブロックを数層にして円形又は対向型に並べる。半導体検出器ブロックは、動径方向又は対向方向に動く構造とする。半導体検出器ブロックの電極面をガンマ線の検出方向に対して垂直に配置することにより、パッキング比が 100% の陽電子断層撮影装置が実現される。

[0081] 本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した発明の範囲内で種々の変形が可能であり、それらも本発明の範囲内に含まれることはいうまでもない。ストライプ電極 3 の幅や長さ、ストライプ電極 3 に接続される抵抗 4, 5 及びストライプ電極 3 と第 1 ~ 第 4 の信号出力用端子 7, 9, 11, 13 に接続される抵抗 6, 8, 10, 12 等は、目的とする放射線 16 の位置検出精度に応じて適宜に設計することができる。

## 請求の範囲

### [請求項1]

半導体基板と、

上記半導体基板の表面にX方向に所定の間隔を置いて並置された、Y方向と平行な第1～第n（nは2以上の整数）のストライプ電極と、

上記第1～第nのストライプ電極の上端部同士間に接続される複数の抵抗と、

上記第1～第nのストライプ電極の下端部同士間に接続される複数の抵抗と、

上記第1のストライプ電極の下端部に抵抗を介して接続される第1の信号出力用端子と、

上記第nのストライプ電極の下端部に抵抗を介して接続される第2の信号出力用端子と、

上記第1のストライプ電極の上端部に抵抗を介して接続される第4の信号出力用端子と、

上記第nのストライプ電極の上端部に抵抗を介して接続される第3の信号出力用端子と、

上記半導体基板の裏面に配置された電極と、  
を備え、

上記半導体基板の任意の点に入射した放射線からの出力信号を上記第1～第4の信号出力用端子から得ることを特徴とする、放射線の位置を2次元で検出するための半導体2次元位置検出器。

### [請求項2]

半導体基板と、

上記半導体基板の表面にX方向に所定の間隔を置いて並置された、Y方向と平行な第1～第n（nは2以上の整数）のストライプ電極と、

上記第1～第nのストライプ電極の上端部同士間に接続される複数の抵抗と、

上記第 1 ～ 第 n のストライプ電極の下端部同士間に接続される複数の抵抗と、

上記第 1 のストライプ電極の下端部に抵抗を介して接続される第 1 の信号出力用端子と、

上記第 n のストライプ電極の下端部に抵抗を介して接続される第 2 の信号出力用端子と、

上記第 1 のストライプ電極の上端部に抵抗を介して接続される第 4 の信号出力用端子と、

上記第 n のストライプ電極の上端部に抵抗を介して接続される第 3 の信号出力用端子と、

上記半導体基板の裏面に配置された電極と、  
を備え、

上記第 1 ～ 第 n の各ストライプ電極は、Y 方向に形成されかつ互いに分離された m 個のストリップ電極から形成され、

該各ストリップ電極は、Y 方向に沿って隣り合うストリップ電極同士が抵抗を介して接続されて上記各ストライプ電極を形成し、

上記半導体基板の任意の点に入射した放射線からの出力信号を、上記第 1 ～ 第 4 の信号出力用端子から得ることを特徴とする、放射線の位置を 2 次元で検出するための半導体 2 次元位置検出器。

[請求項3] 前記ストライプ電極の上端部同士間及び下端部同士間に接続される抵抗は、その抵抗値が調整可能に形成されていることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の半導体 2 次元位置検出器。

[請求項4] 前記各ストライプ電極の抵抗と前記ストライプ電極の上端部同士間及び／又は下端部同士間に接続された抵抗との抵抗比は、 $10 : 1 \sim 100 : 1$ であることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の半導体 2 次元位置検出器。

[請求項5] 前記第 1 ～ 第 n の各ストライプ電極が、前記 Y 方向に沿って互いに溝分離されていることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の半導体

2次元位置検出器。

[請求項6] 前記第1～第nの各ストライプ電極を形成するストリップ電極同士が、前記X方向に沿って互いに溝分離されていることを特徴とする、請求項2に記載の半導体2次元位置検出器。

[請求項7] 前記ストライプ電極は電気伝導抵抗性が高く且つショットキー型電極であり、前記半導体基板の裏面に配置された電極は電気伝導性の高い電極であることを特徴とする、請求項1又は2に記載の半導体2次元位置検出器。

[請求項8] 前記半導体基板は、CdTe、CdZnTe及びBrTeの何れかからなり、前記電極は、インジウム又は白金からなることを特徴とする、請求項1又は2に記載の半導体2次元位置検出器。

[請求項9] 前記出力信号から前記放射線の位置を演算する演算部を備え、  
 上記演算部は、第1～第4の信号出力用端子から出力される電圧を、それぞれ $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 、 $V_4$ としたとき、下記(1)式及び(2)式によって、放射線の仮位置座標( $X_i$ 、 $Y_j$ )を演算し、  
 上記仮位置座標( $X_i$ 、 $Y_j$ )を用いて、下記(3)式及び(4)式によって前記放射線の検出位置座標( $X_p$ 、 $Y_q$ )を算出することを特徴とする、請求項1～8の何れかに記載の半導体2次元位置検出器。

[数1]

$$X_i = \frac{(V_2 + V_3) - (V_1 + V_4)}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} \quad (1)$$

[数2]

$$Y_j = \frac{(V_4 + V_3) - (V_1 + V_2)}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} \quad (2)$$

[数3]

$$X_p = f(X_i, Y_j) \quad (3)$$

[数4]

$$Y_q = g(X_i, Y_j) \quad (4)$$

ここで、上記(3)式及び(4)式の関数  $f(X_i, Y_j)$ 、 $g(X_i, Y_j)$  は、前記放射線のスポットを、前記半導体2次元位置検出器のストライプ電極上において前記Y方向に向かって間隔を置いて照射し、該各照射点の仮位置座標を算出した後、上記各照射点の位置座標と上記各照射点の仮位置座標との補正関数を仮定して、放射線の各照射点の位置座標を再現する関数としてフィッティングにより求めたものである。

[請求項10]

前記  $X_p$  を前記  $X_i$  とし、前記  $Y_q$  を下記(5)式又は(6)式によって算出し、前記放射線の検出位置座標  $(X_p, Y_q)$  を算出することを特徴とする、請求項9に記載の半導体2次元位置検出器。

[数5]

$$Y_q = g(X_i, Y_j) = d * \frac{Y_j}{aX_i^2 + bX_i + c} \quad (5)$$

ここで、上記(5)式中の2次関数の係数  $a$ 、 $b$ 、 $c$  は任意の定数であり、 $d^*$  は規格定数である。

[数6]

$$Y_q = g(X_i, Y_j) = \frac{Y_j}{d'} (a'X_i^2 + b'X_i + c') \quad (6)$$

ここで、上記(6)式中の2次関数の係数  $a'$ 、 $b'$ 、 $c'$  は任意の定数であり、 $d'$  は規格定数である。

[請求項11]

半導体基板の表面に、Y方向と平行であってX方向に所定の間隔で第1～第n (nは2以上の整数) のストライプ電極を並置し、

上記第1～第nのストライプ電極の上端部同士間のそれぞれを抵抗を介して接続し、

上記第1～第nのストライプ電極の下端部同士間のそれぞれを抵抗

を介して接続し、

上記第 1 のストライプ電極の下端部に抵抗の一端を接続し、該抵抗の他端部に第 1 の信号出力用端子を配置し、

上記第 n のストライプ電極の下端部に抵抗の一端を接続し、該抵抗の他端部に第 2 の信号出力用端子を配置し、

上記第 1 のストライプ電極の上端部に抵抗の一端を接続し、該抵抗の他端部に第 4 の信号出力用端子を配置し、

上記第 n のストライプ電極の上端部に抵抗の一端を接続し、該抵抗の他端部に第 3 の信号出力用端子を配置し、

上記半導体基板の裏面に電極を配置し、

上記半導体基板に入射した放射線からの出力信号を、上記第 1 ～第 4 の信号出力用端子から得ることを特徴とする、放射線の 2 次元位置検出方法。

[請求項 12]

上記第 1 ～第 n の各ストライプ電極を、Y 方向に形成されかつ互いに分離された m 個のストリップ電極から形成し、該各ストリップ電極の Y 方向に沿って隣り合うストリップ電極同士を抵抗を介して接続して上記各ストライプ電極を形成することを特徴とする、請求項 11 に記載の放射線の 2 次元位置検出方法。

[請求項 13]

第 1 ～第 4 の信号出力用端子から出力される電圧を、それぞれ  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 、 $V_4$  としたとき、下記 (1) 式及び (2) 式によって、放射線の仮位置座標  $(X_i, Y_j)$  を演算し、

上記仮位置座標  $(X_i, Y_j)$  を用いて、下記 (3) 式及び (4) 式によって前記放射線の検出位置座標  $(X_p, Y_q)$  を算出することを特徴とする、請求項 11 又は 12 に記載の放射線の 2 次元位置検出方法。

[数 1]

$$X_i = \frac{(V_2 + V_3) - (V_1 + V_4)}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} \quad (1)$$

[数2]

$$Y_j = \frac{(V_4 + V_3) - (V_1 + V_2)}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} \quad (2)$$

[数3]

$$X_p = f(X_i, Y_j) \quad (3)$$

[数4]

$$Y_q = g(X_i, Y_j) \quad (4)$$

ここで、上記（3）式及び（4）式の関数  $f(X_i, Y_j)$ 、 $g(X_i, Y_j)$  は、前記放射線のスポットを、前記ストライプ電極上において前記Y方向に向かって間隔を置いて照射し、該各照射点の仮位置座標を算出した後、上記各照射点の位置座標と上記各照射点の仮位置座標との補正関数を仮定して、放射線の各照射点の位置座標を再現する関数としてフィッティングにより求めたものである。

[請求項14]

前記  $X_p$  を前記  $X_i$  とし、前記  $Y_q$  を下記（5）式又は（6）式によって算出し、前記放射線の検出位置座標  $(X_p, Y_q)$  を算出することを特徴とする、請求項13に記載の放射線の2次元位置検出方法。

[数5]

$$Y_q = g(X_i, Y_j) = d * \frac{Y_j}{aX_i^2 + bX_i + c} \quad (5)$$

ここで、上記（5）式中の2次関数の係数  $a$ 、 $b$ 、 $c$  は任意の定数であり、 $d^*$  は規格定数である。

[数6]

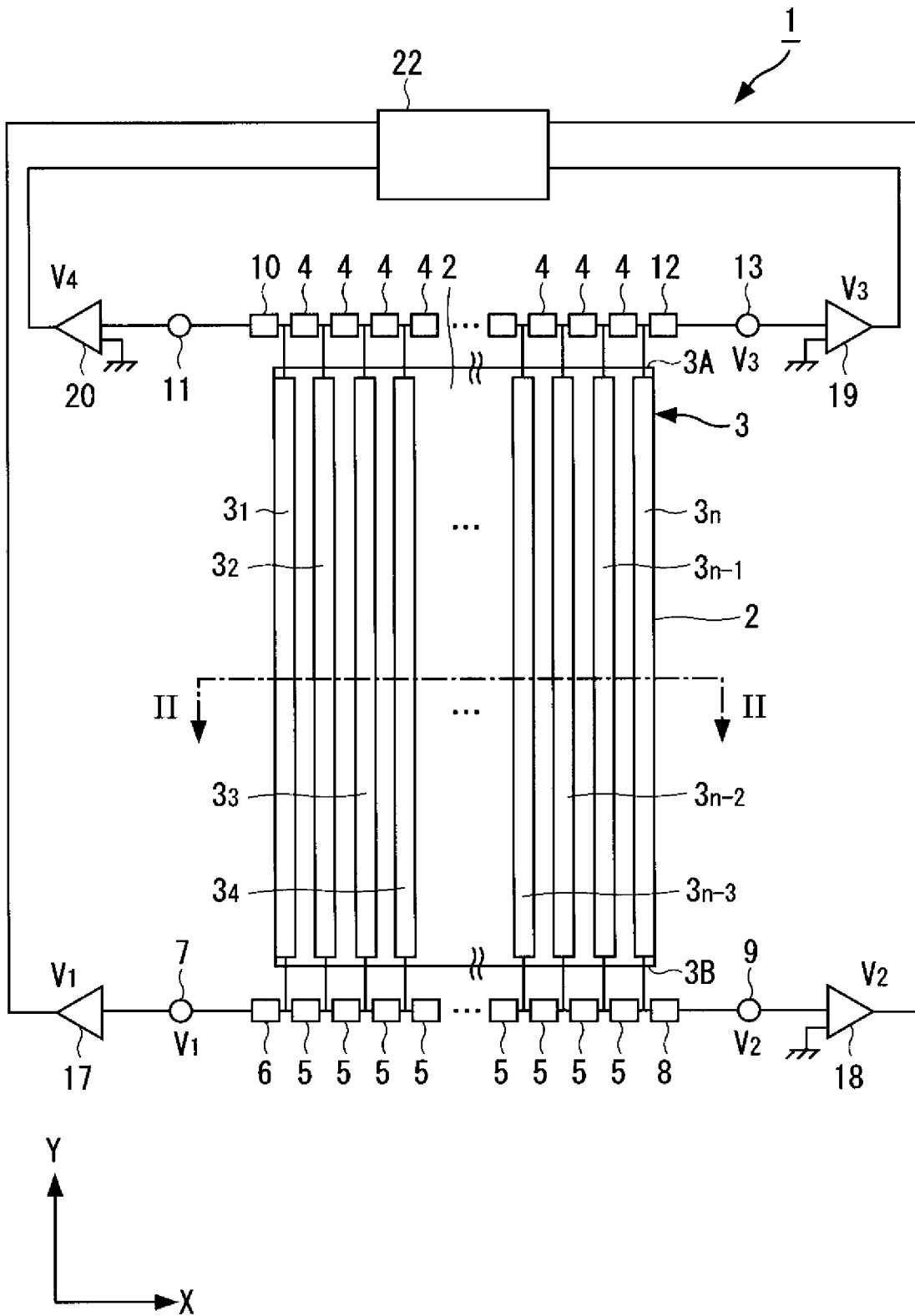
$$Y_q = g(X_i, Y_j) = \frac{Y_j}{d'} (a' X_i^2 + b' X_i + c') \quad (6)$$

ここで、上記（6）式中の2次関数の係数  $a'$ 、 $b'$ 、 $c'$  は任意の定数であり、 $d'$  は規格定数である。

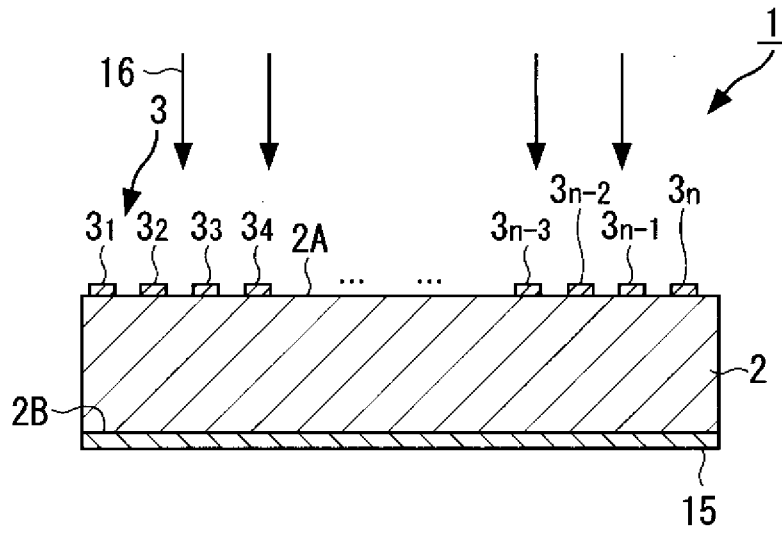


[請求項15]           請求項1～10の何れかに記載の半導体2次元位置検出器を用いたことを特徴とする、陽電子断層撮影装置。

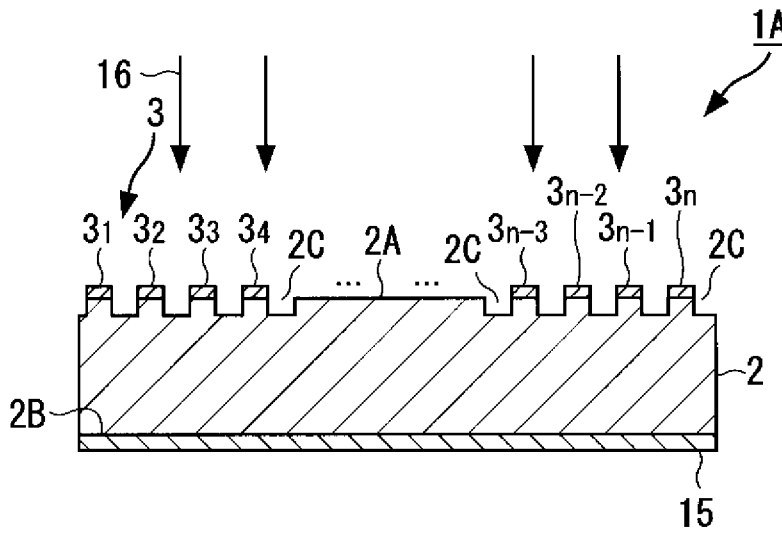
[図1]



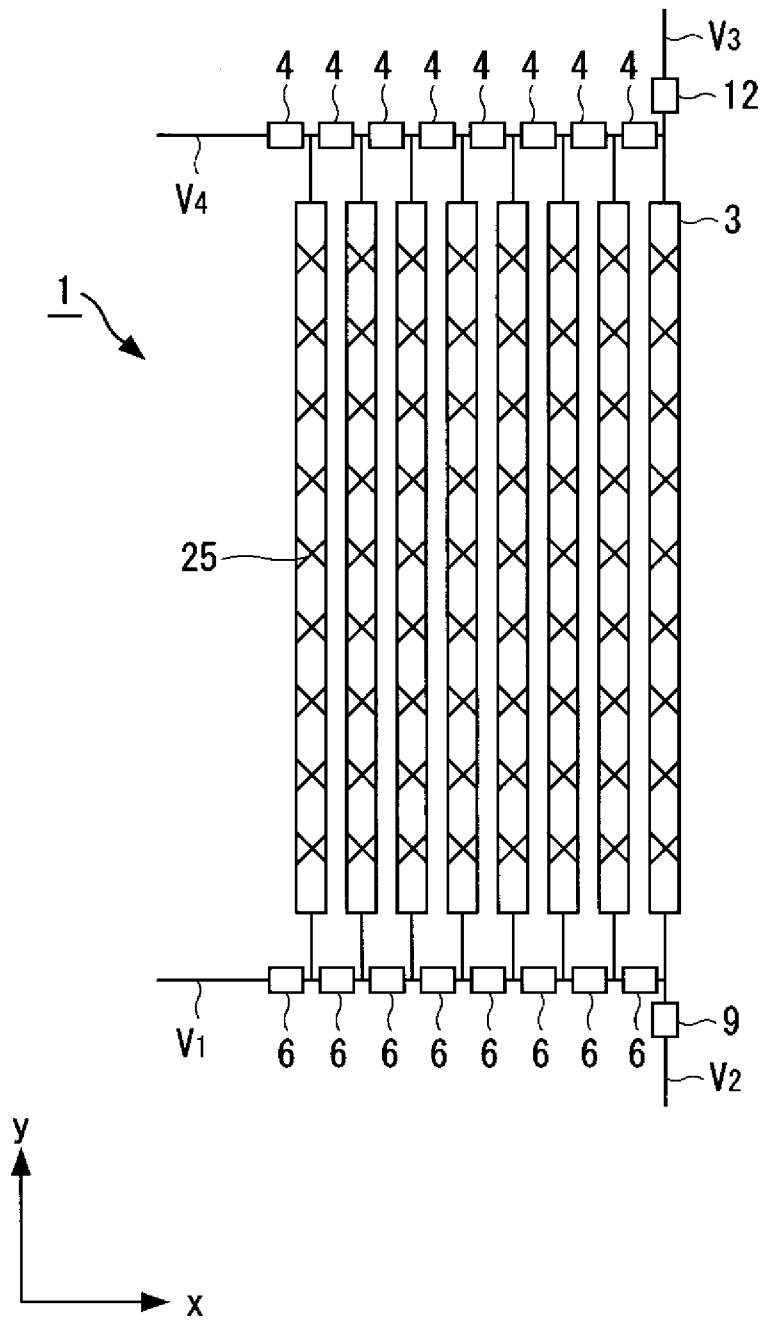
[図2]



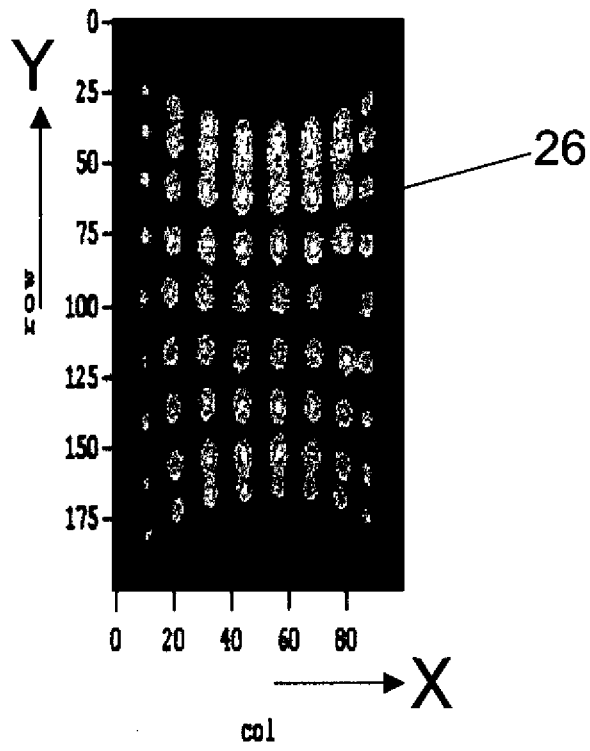
[図3]



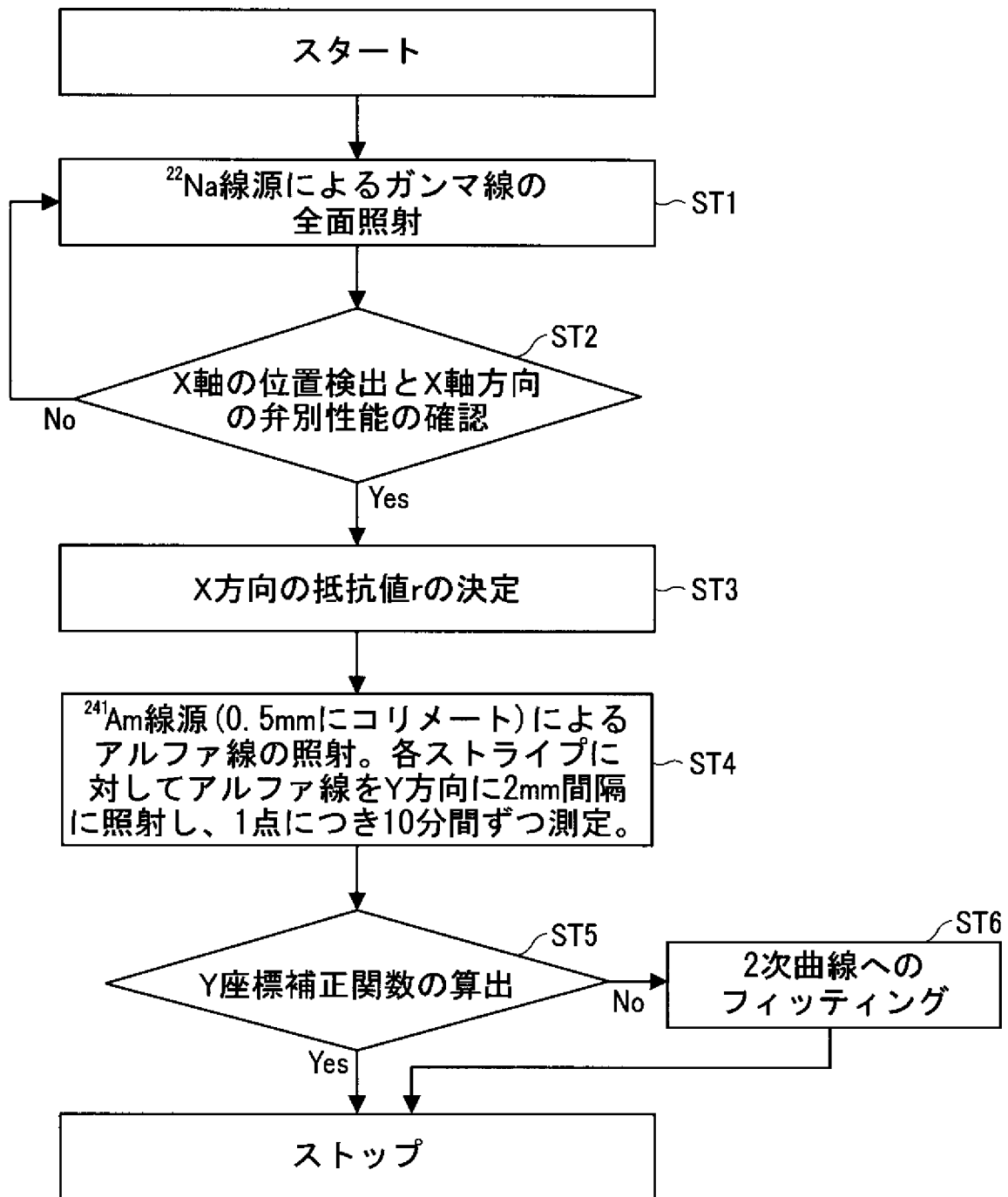
[図4]



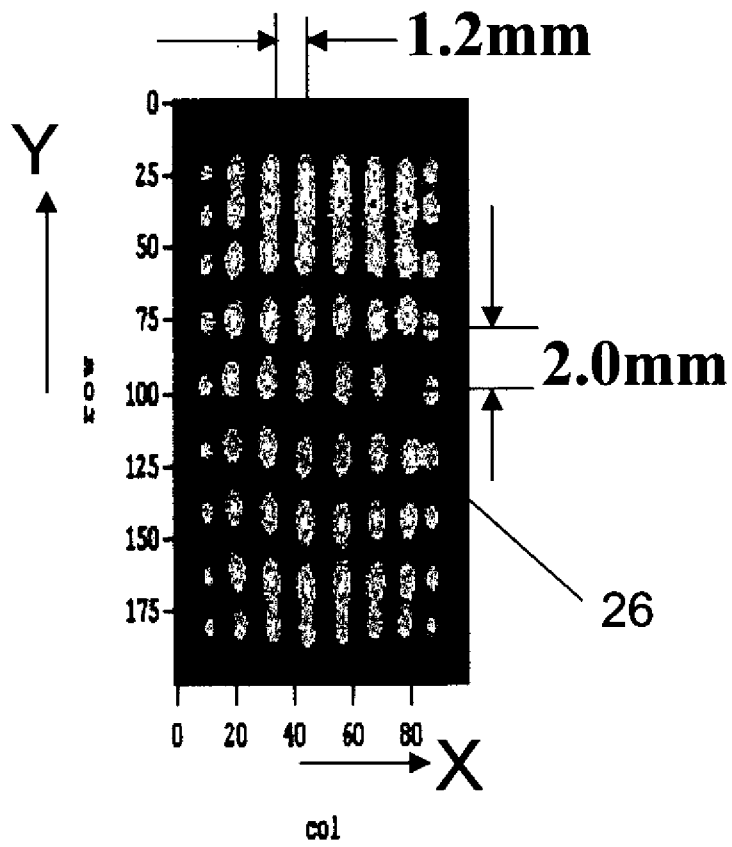
[図5]



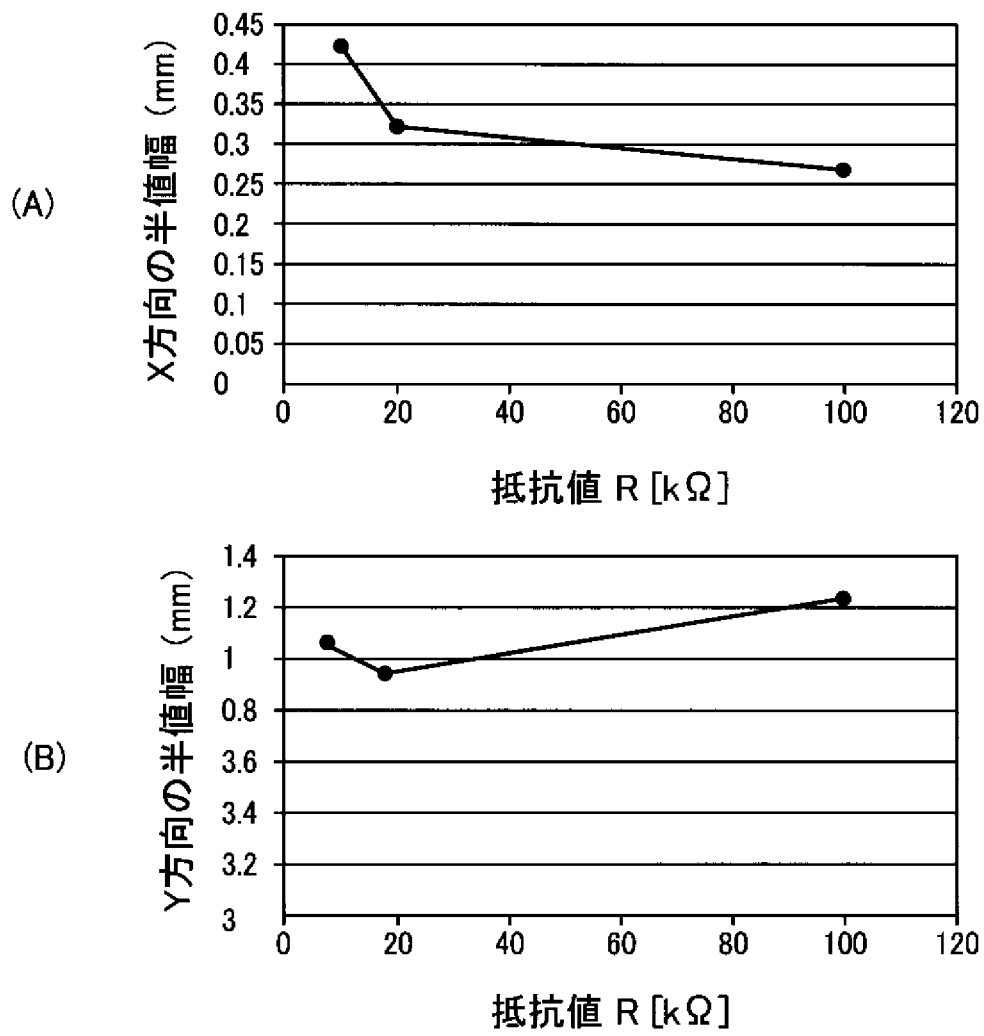
[図6]



[図7]

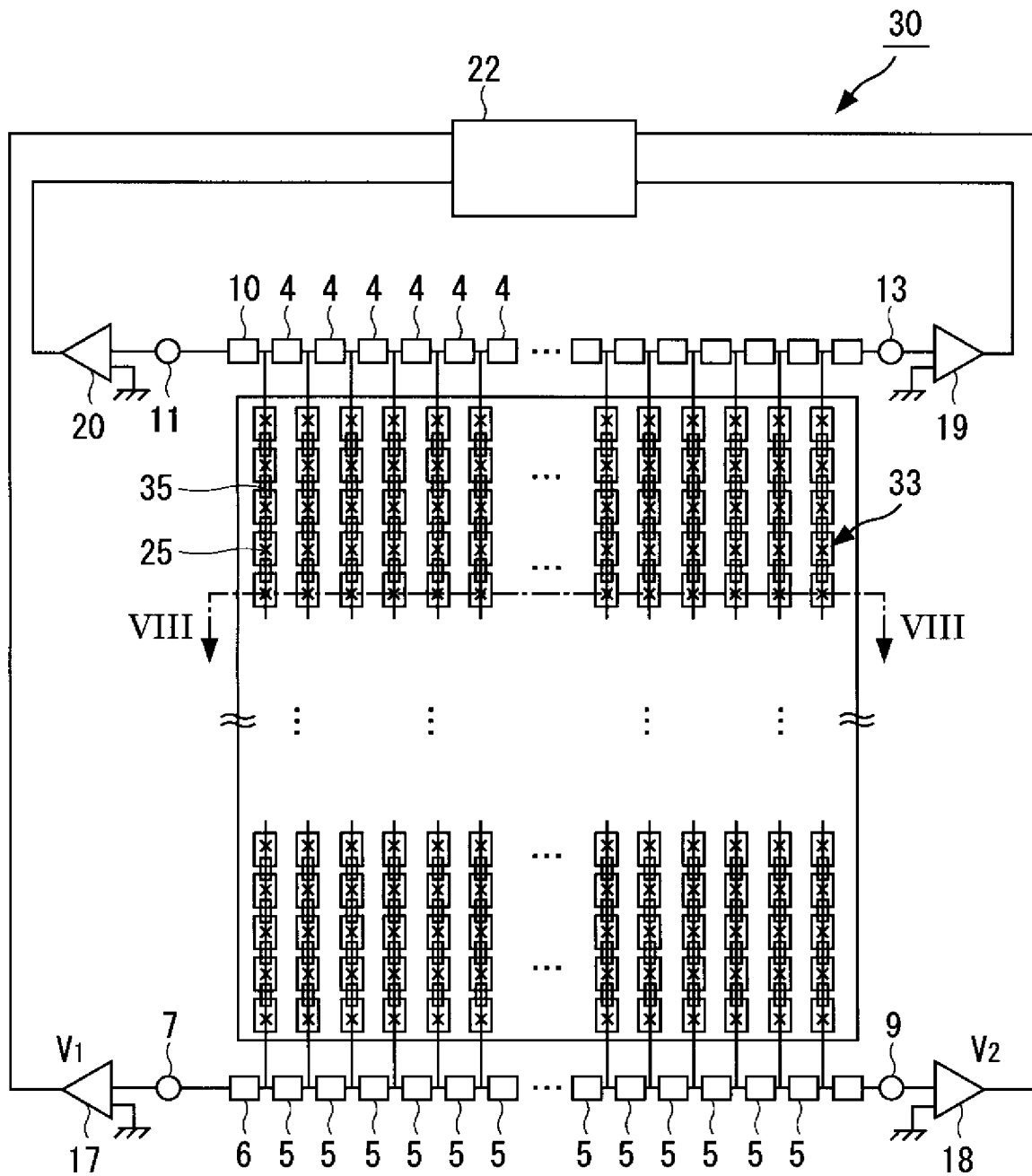


[図8]

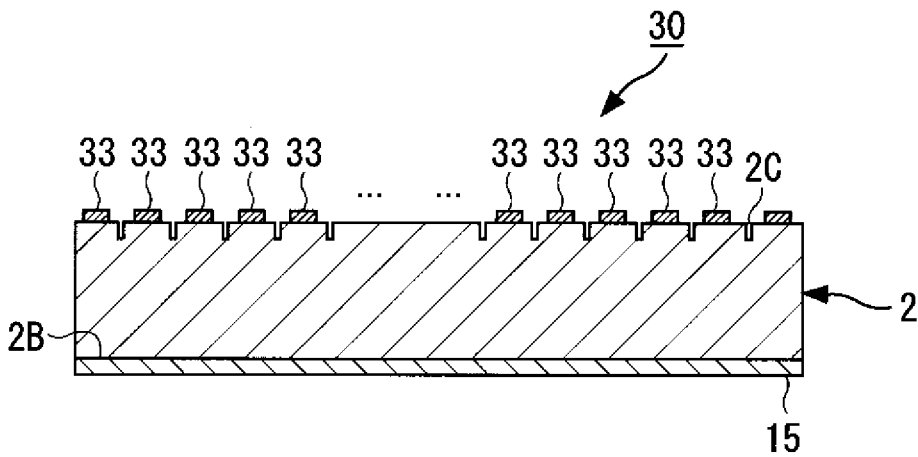




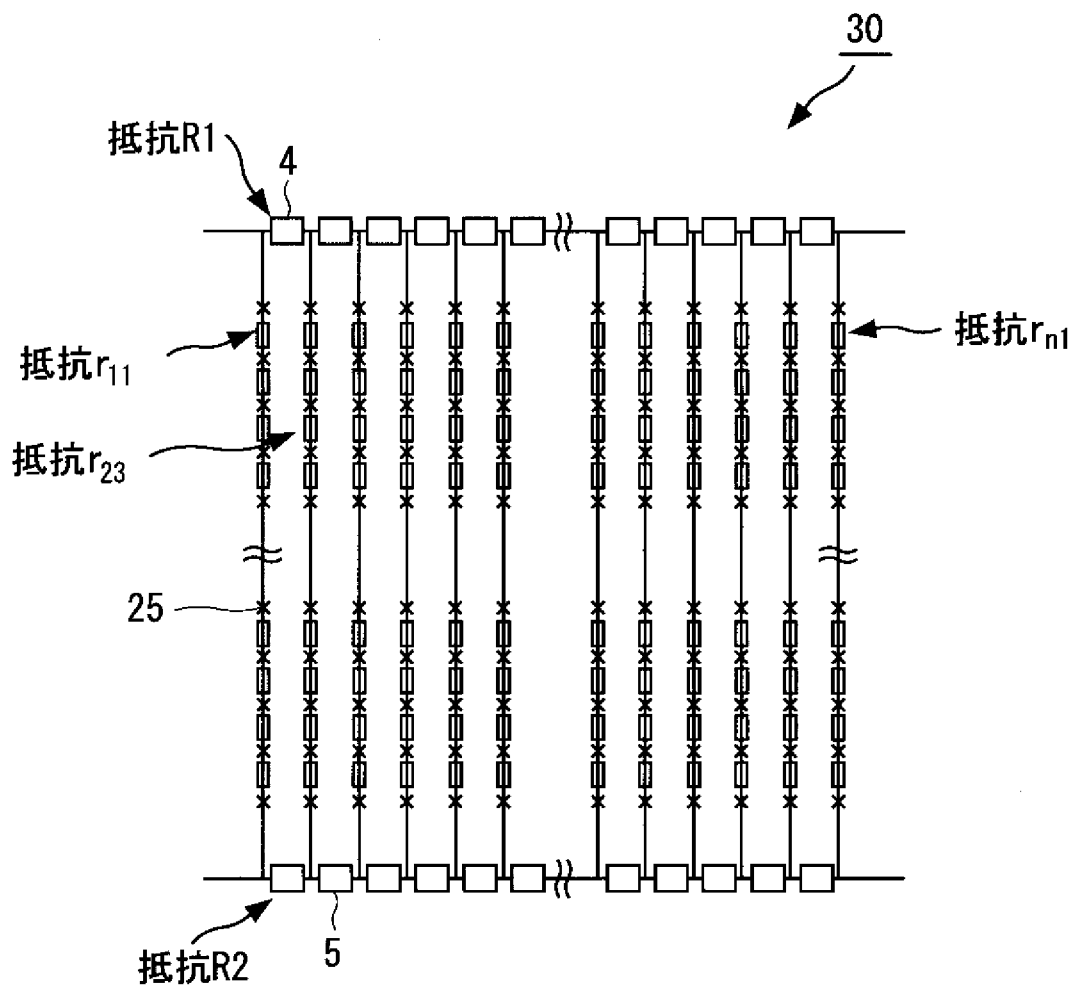
[図9]



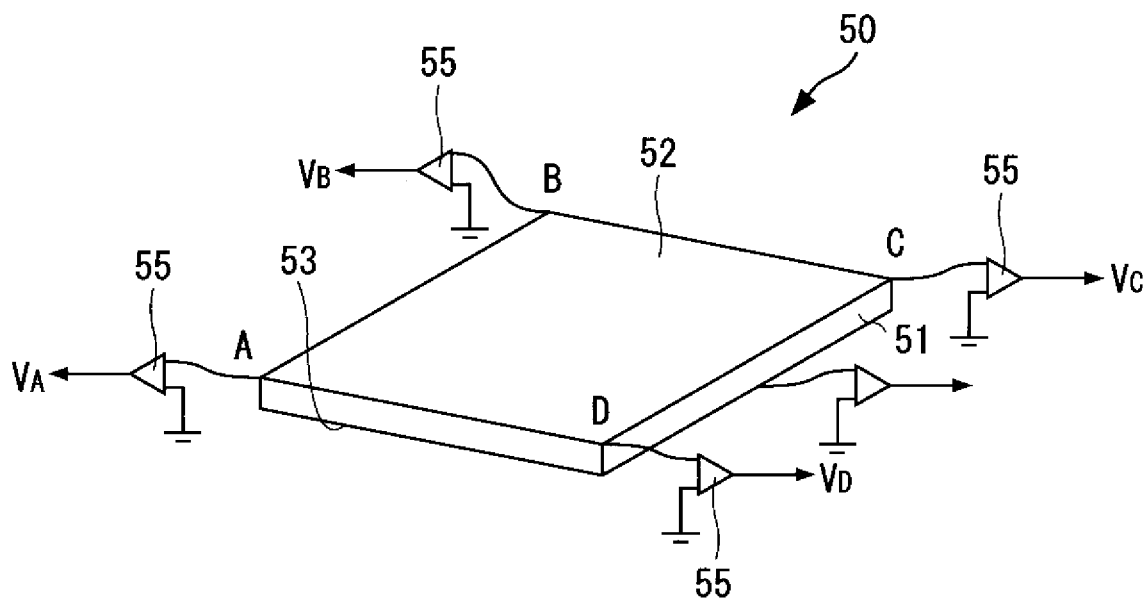
[図10]



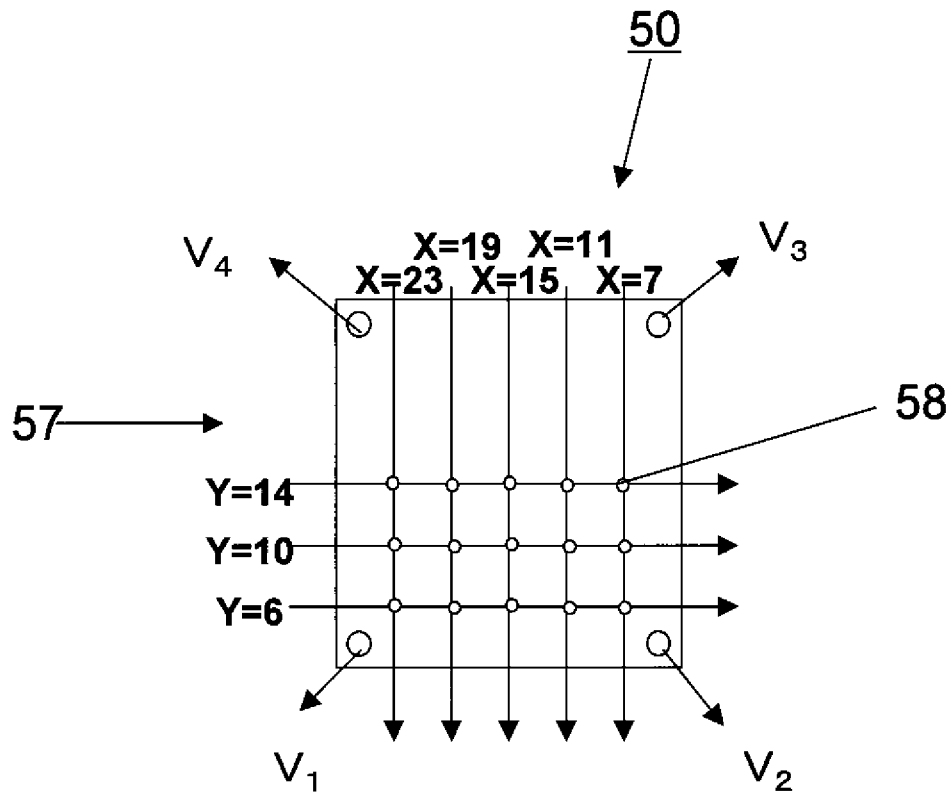
[图11]



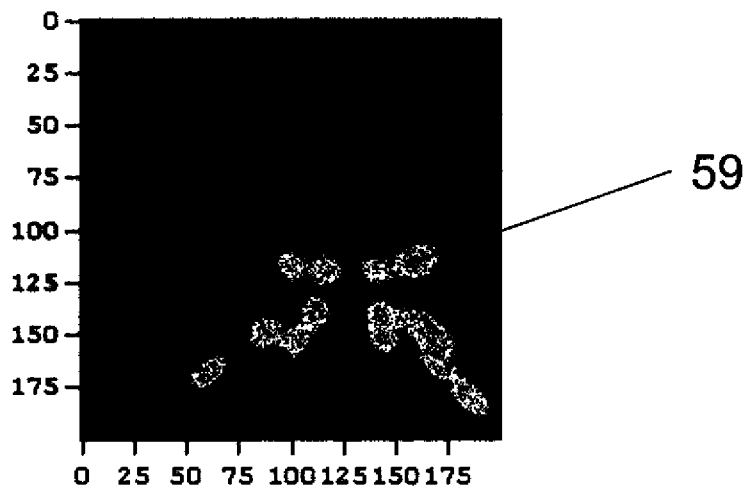
[图12]



[図13]



[図14]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/070353

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01T1/24(2006.01)i, G01T1/161(2006.01)i, H01L27/14(2006.01)i, H01L31/09(2006.01)i

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)

G01T1/24, G01T1/161, H01L27/14, H01L31/09

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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

JSTPlus (JDreamII)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 11-316280 A (General Electric Co.), 16 November 1999 (16.11.1999), claims; paragraphs [0039] to [0071]; fig. 2 to 4 & US 6028313 A & IL 127719 A	1, 2, 11, 12 1-15
Y	JP 2005-523438 A (Forschungszentrum Juelich GmbH), 04 August 2005 (04.08.2005), entire text; all drawings & US 2005/0230627 A1 & EP 1495497 A & WO 2003/088368 A2 & DE 10217426 A & DE 50310702 D & AT 412977 T	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  
02 March, 2010 (02.03.10)Date of mailing of the international search report  
16 March, 2010 (16.03.10)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/070353

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-212415 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 23 August 2007 (23.08.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
Y	JP 2008-116260 A (Tohoku University), 22 May 2008 (22.05.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
Y	JP 2005-156252 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 16 June 2005 (16.06.2005), paragraphs [0020] to [0021], [0076] to [0079]; fig. 19 to 21 (Family: none)	1-15
Y	JP 61-108930 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 27 May 1986 (27.05.1986), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
Y	JP 4-122881 A (Hitachi Medical Corp.), 23 April 1992 (23.04.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/070353

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

- 1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
- 2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
- 3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention in claim 1 cannot be considered to be novel in the light of the document 1 cited in this international search report. Consequently, there is no one or more same or corresponding special technical feature among the inventions in claims 1 - 15, and therefore, the present application cannot be recognized to have unity of invention.

- 1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
- 2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
- 3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
- 4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

- Remark on Protest**
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
  - The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
  - No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G01T1/24(2006.01)i, G01T1/161(2006.01)i, H01L27/14(2006.01)i, H01L31/09(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G01T1/24, G01T1/161, H01L27/14, H01L31/09

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2010年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2010年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)  
 JSTPlus(JDreamII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 11-316280 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 1999.11.16, 特許請求の範囲, 段落 0039-0071, 図 2-4 & US 6028313 A & IL 127719 A	1, 2, 11, 12 1-15
Y	JP 2005-523438 A (フォルシエンクスツェントルム ユーリッヒ ゲ ゼルシャフト ミット ベシュレンクター ハフトUNG) 2005.08.04, 全文, 全図 & US 2005/0230627 A1 & EP 1495497 A & WO 2003/088368 A2 & DE 10217426 A & DE 50310702 D & AT 412977 T	1-15

C欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー  
 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 02.03.2010 国際調査報告の発送日 16.03.2010

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 山口 敦司 電話番号 03-3581-1101 内線 3273	21	9216
--	--	----	------

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2007-212415 A (住友重機械工業株式会社) 2007. 08. 23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15
Y	JP 2008-116260 A (国立大学法人東北大学) 2008. 05. 22, 全文, 全 図 (ファミリーなし)	1-15
Y	JP 2005-156252 A (住友重機械工業株式会社) 2005. 06. 16, 段落 0020-0021, 0076-0079, 図 19-21 (ファミリーなし)	1-15
Y	JP 61-108930 A (浜松ホトニクス株式会社) 1986. 05. 27, 全文, 全 図 (ファミリーなし)	1-15
Y	JP 4-122881 A (株式会社日立メデイコ) 1992. 04. 23, 全文, 全図 (フ ァミリーなし)	1-15



## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1.  請求項 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
  
2.  請求項 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
  
3.  請求項 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1に係る発明は、国際調査報告で引用された文献1により、その新規性を認めることができない。したがって、請求項1－15に係る発明の間には、一以上の同一又は対応する特別な技術的特徴が含まれず、発明の単一性を認めることができない。

1.  出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2.  追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3.  出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4.  出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。