

(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

(43) 国際公開日
2010年8月26日(26.08.2010)



(10) 国際公開番号
WO 2010/095657 A1

- (51) 国際特許分類:
G01T 1/24 (2006.01) A61B 6/00 (2006.01)
H01L 31/09 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/052363
- (22) 国際出願日: 2010年2月17日(17.02.2010)
- (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 2009-034147 2009年2月17日(17.02.2009) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 石津 崇章 (ISHITSU, Takafumi) [JP/JP]; 〒3191221 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所 エネルギー・環境システム研究所内 Ibaraki (JP). 高橋 勲 (TAKAHASHI, Isao) [JP/JP]; 〒3191221 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所 エネルギー・環境

システム研究所内 Ibaraki (JP). 土屋 一俊 (TSUCHIYA, Katsutoshi) [JP/JP]; 〒3191221 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所 エネルギー・環境システム研究所内 Ibaraki (JP). 横井 一磨 (YOKOI, Kazuma) [JP/JP]; 〒3191221 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所 エネルギー・環境システム研究所内 Ibaraki (JP). 上野 雄一郎 (UENO, Yuichiro) [JP/JP]; 〒3191221 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所 エネルギー・環境システム研究所内 Ibaraki (JP).

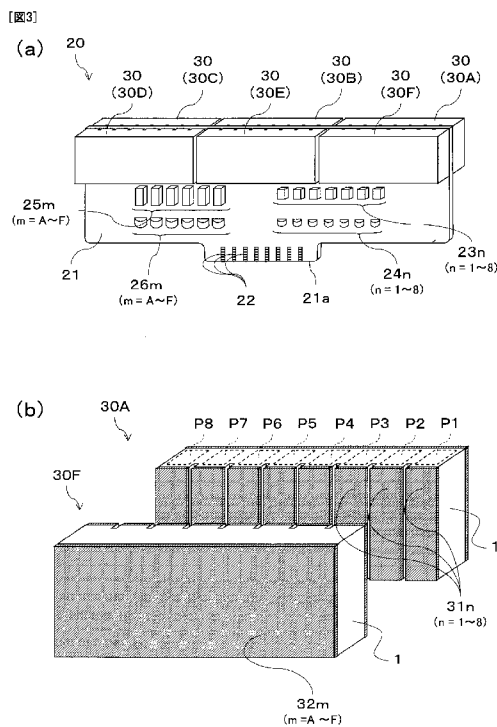
(74) 代理人: 磯野 道造 (ISONO, Michizo); 〒1020093 東京都千代田区平河町2丁目7番4号 砂防会館別館内 磯野国際特許商標事務所気付 Tokyo (JP).

(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, 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,

[続葉有]

(54) Title: RADIATION DETECTION MODULE AND RADIATION IMAGE-CAPTURING DEVICE

(54) 発明の名称: 放射線検出モジュール及び放射線撮像装置



(57) Abstract: A radiation detection module and a radiation image-capturing device enabling improvement of the quality of the image and facilitation of mounting and assembling radiation detection elements. The radiation detection module (20) is provided with a semiconductor member (1) including a plurality of pixels (Pn), radiation detection elements (30) in which first electrodes (31n) are arranged along one side of the semiconductor member (1), and a second electrode (32m) is disposed for the pixels (Pn) along the other side and which output detection signals when radiation impinges on the detection pixels (Pn), and a support substrate (21) so disposed as to stand along the direction in which radiation impinges and supporting the radiation detection elements (30). The support substrate (21) has a connection section (21a) detachably connectable to an external connection section. The radiation detection module (20) is characterized in that the radiation detection elements (30) are connected on the support substrate (21) to fabricate a signal read-out circuit perpendicular in a pseudo way and that the position in which radiation impinges is identified by coincidence determination of the detection signals.

(57) 要約: 画像の画質を向上させ、かつ、放射線の検出素子の実装及び組み立てを容易にする放射線検出モジュール、並びに放射線撮像装置を提供する。放射線検出モジュール20は、複数の画素Pnを含む半導体部材1と、第1電極31nが半導体部材1の一方側に複数配列されるとともに、他方側に複数の画素Pnにまたがって一つの第2電極32mが設けられ、検出画素Pnに放射線が入射すると検出信号を出力する放射線検出素子30と、放射線の入射方向に沿って立設するとともに複数の放射線検出素子30を支持する支持基板21と、を備える。支持基板21は、外部の連結部と着脱自在に連結する接続部21aを有する。支持基板21において各放射線検出素子30を接続することで擬似的に直行する信号読み出し回路を形成し、検出信号の同時判定により放射線の入射位置を特定することを特徴とする。



PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

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).

- (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,

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第 19 条(1))

明 細 書

発明の名称：放射線検出モジュール及び放射線撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、放射線検出モジュール、及び放射線撮像装置に関し、特に、高画質の画像を得ることができかつ組み立てを容易にする技術に関する。

背景技術

[0002] 従来の放射線検出器においては、一つの画素素子に対し、一つの読み出し回路を設け、放射線が入射して出力される検出信号を個別に読み出して、放射線の入射位置の特定を行っていた。しかし、このような個別の信号読み出しでは、読み出し回路の集積度の上限により、放射線の入射面の大面積化、画素の高密度化が制限される。

[0003] そこで、多数の画素を少数の読み出し回路で読み出す方式としてDSSD (Double-Sided Silicon Strip Detector) が考案された。このDSSDとは、検出器の上面および下面に直交する形でそれぞれ複数の細長い電極を設け、両面から信号を読み出すことにより放射線の入射位置を特定するものである。これにより $N \times M$ 個の画素を $N + M$ 個の読み出し回路で読み出す原理が確立した（例えば、非特許文献1参照）。

[0004] ところで、非特許文献1の技術では、画素の単位集合体は、読み出し回路の削減効果を得るために、正方形に近い形をとる必要がある。このため、この画素の単位集合体の一つが故障した場合は、その正方形領域において放射線が検出できなくなり、この場合は周辺の画素データからデータ補完することは困難で画像に穴があいてしまう。

さらに、非特許文献1の技術では、検出器の電極面に対し放射線が垂直に入射するために、放射線の突き抜けを防止して検出効率を向上させるには、検出器の厚みを増やす必要がある。しかし、検出器の厚みを増やすと、検出器内で発生した電荷の移動度が低下し電荷収集効率が低下するため、非特許文献1の技術では発生電荷量を正確に測定できなくなる。

- [0005] 例えば、特許文献 1 には、この検出器の厚みに関する 2 つの相反する条件を両立させるために、検出素子の電極面に対し放射線が並行に入射するようにした技術が開示されている。また、この特許文献 1 の技術では、電極から引き出された信号素線を別個に設けた基板上で結線し D S S D と同様の原理を用いて読み出し回路の削減を図っている。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献 1：特開 2 0 0 6 － 1 1 9 0 9 5 号公報

非特許文献

- [0007] 非特許文献 1：放射線計測ハンドブック第 3 版（日刊工業新聞社）、p. 5 5 9

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] しかし、特許文献 1 の技術では、放射線の検出素子に接する電極から直接延びる信号素線をコネクタに直接挿入する構成をとっている。この信号素線は、外力に対する耐力が十分とはいえないために、検出素子をコネクタから着脱する際にダメージを与えないように注意を払う必要がある。また、画素を高密度化させて放射線の撮像面を形成する場合、信号素線の本数が増加し、かつ、信号素線の密度も増加するため、電氣的な短絡が生じないよう設計面において絶縁性に十分配慮する必要があり、高密度化の目的が十分に達成されない場合もある。

- [0009] 本発明は、かかる問題を解決することを課題とし、画像の画質を向上させ、かつ、放射線の検出素子の実装及び組立を容易にする放射線検出モジュール、並びに放射線撮像装置を提供することを目的にする。

課題を解決するための手段

- [0010] 前記した課題を解決するために本発明は、放射線検出モジュールにおいて、一つの画素に対応して設けられる第 1 電極が半導体部材の片側に複数配列

して設けられるとともに、半導体部材の反対側に複数の画素にまたがって第2電極が設けられて、放射線が入射すると第1電極及び第2電極に検出信号を出力する放射線検出素子と、放射線の入射方向に沿って立設するとともに、入射方向とは直交方向に配列する複数の放射線検出素子を支持する支持基板と、外部の連結部に着脱自在に連結するとともに、放射線検出素子へのバイアス電圧を連結部から供給され、検出信号をこの連結部に出力し、支持基板をこの連結部に対して機械的に保持させる接続部と、を備え、

複数の第1電極が支持基板上で接続され、第1電極及び第2電極からの検出信号を同時計測することでモジュール内の放射線の入射位置を特定することとを特徴とする。

[0011] このように発明が構成されることにより、外部に引き出す信号線の数が減り、外部の連結部とこの連結部に支持基板を保持させる接続部との構造を簡単にすることができ、隣接する放射線検出モジュールの間隔を狭めて配列することができる。

n 個の画素を有する放射線検出素子を m 個配列させれば、一つの放射線検出モジュールに $m \times n$ 個の画素を設けながら検出信号の読み取り配線を $m + n$ 本に減らすことができる。さらに、従来、抵抗器やコンデンサは、連結部が設けられる外部側に配置されるものであるが、支持基板の空いているスペースに移動させることにより、この外部側における配線の集積度を緩和させることができ、かつ、高電圧の直流成分は減少又は遮断されるために、接続部及び連結部における配線同士の信号接点部分に高電圧が付与される部分が減少する。また、画素の単位集合体を長方形にすることで、画素の一つが故障した場合であっても、周辺の画素データからデータ補完することが可能である。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、画像の画質が向上し、かつ、検出素子の実装及び保守を容易にする放射線検出モジュール、並びに放射線撮像装置が提供される。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]図 1 は、本発明の実施形態に係る放射線撮像装置を示す全体図である。
- [図2]図 2 は、本発明の実施形態に係る放射線撮像装置の内部構造図である。
- [図3]図 3 (a) は、本発明の実施形態に係る放射線検出モジュールの斜視図であり、(b) は、この放射線検出モジュールに適用される放射線検出素子である。
- [図4]図 4 (a) は、実施形態に係る放射線検出モジュールの上面図であり、(b) は、側面図であり、(c) は、変形例に係る上面図であり、(d) は、変形例に係る側面図である。
- [図5]図 5 は、実施形態に係る放射線検出モジュールの回路図である。

発明を実施するための形態

- [0014] 本発明の実施形態に係る放射線撮像装置及び放射線検出モジュールについて図面を参照しながら詳細に説明する。ここでは、放射線の一種であるガンマ線を検出する半導体ガンマカメラ装置を例にとり説明する。

図 1 の全体図に示されるように放射線撮像装置 10 は、放射線の入射面となるように配置されるコリメータ 13 をフレーム 15 a に固定した撮像部 15 と、この撮像部 15 からのデータをケーブル 12 により収集し画像を表示する画像表示部 11 と、から構成される。

なお、フレーム 15 a の内部空間には、後の図面を参照して説明する放射線撮像装置 10 の要部構成が収容されている。

- [0015] 一般に、ガンマカメラ（放射線撮像装置 10）の撮像対象物には、数十 keV から数百 keV 程度のエネルギーを持ったガンマ線（放射線）を発生する放射性物質が使われる。そして、撮像部 15 に入射する 1 つの放射線のイベント毎に計測を行い、その積算により得た画像を画像表示部 11 に表示する。

コリメータ 13 は鉛等、放射線遮蔽能力が高い物質で構成され、特定方向（図中、Z 軸方向）から入射する放射線のみが通過するように、細長い穴の開口 13 a が多数設けられている。そして、撮像部 15 の外部に配置されている放射線源（図示略）から出た放射線がコリメータ 13 を通過すると、撮

像部 15 に放射線の輝度分布の平面像が結ばれる。

[0016] そして、平面像として結ばれた放射線の輝度分布は、撮像部 15 内部の放射線検出モジュール 20（図 2 参照）及び信号検知部 14 において処理され、放射線の検出位置や放射線の検出エネルギー等の情報をデジタルデータに変換してから画像表示部 11 に送られる。この画像表示部 11 においては、送られてきたデジタルデータの検出位置及びエネルギーに基づいて、さらに予め収集された補正データ等を使用して画像を作成し、画面に表示する。

なお、核医学診断装置の一種である、SPECT（Single Photon Emission Computer Tomography）においては、放射性薬剤を投与した被験者の周囲にこの撮像部 15 を回転させたり複数配置したりすることにより、この被験者の立体的な断面像情報を得ることができる。

[0017] 図 2 の部分分解斜視図は、フレーム 15 a（図 1 参照）に内部收容されている構造物を示している。

この内部構造物は、入射する放射線を検出する複数の放射線検出モジュール 20 が、コリメータ 13 の内側に対して並行となるように、平面配置されている。そして、これら複数の放射線検出モジュール 20 は、その接続部 21 a において、信号検知部 14 の表面に設けられている連結部 14 c に対し着脱自在となっている。

[0018] このように、接続部 21 a は、外部の連結部 14 c に放射線検出モジュール 20 を機械的に保持させる以外に、信号検知部 14 側から供給されるバイアス電圧をこの連結部 14 c を経由し放射線検出モジュール 20 に供給したり、放射線検出モジュール 20 が放射線を検出して出力した検出信号をこの連結部 14 c を経由して信号検知部 14 側に導いたりする。

接続部 21 a は、接点 22（図 3（a）参照）の面において、連結部 14 c の接点（不図示）に機械的に接触することにより電氣的な導通を得ている。また、接続部 21 a は、図示されるような支持基板 21 の延長面に形成されたものに限定されることはなく、ピン挿入式やベローズ式のコネクタが採用される場合もある。

[0019] 信号検知部 14 は、放射線を検出した放射線検出モジュール 20 から導かれるアナログの微小な電気信号（検出信号）を増幅し、検知するものである。さらに、信号検知部 14 には高電圧発生回路が含まれており、放射線検出モジュール 20 に高電圧のバイアス電圧を供給する。

また、検出信号の増幅、検知を行う回路は、システムの仕様に基づいてカスタムメイドで設計・製造された A S I C（Application Specific Integrated Circuit）である。そして、この A S I C は、増幅した検出信号の波高値を計測する。次に、この波高値に、その検出信号を検出した時刻情報と、この検出信号を出力した検出画素 P_n （図 4（a）参照）のアドレス情報とが付加されてデジタル信号が形成される。そしてこのデジタル信号がケーブル 12（図 1 参照）を経由して画像表示部 11 に送られることになる。

なお、ここで検出画素 P_n のアドレス情報は、後記するように二値情報で表される。

[0020] 図 3（a）の斜視図に示されるように放射線検出モジュール 20 は、接続部 21a が縁端に形成されている支持基板 21 と、この支持基板 21 上に搭載される複数の放射線検出素子 30（30A～30F）、低圧バイアス抵抗 23n（ $n=1\sim 8$ ）、低圧カップリングコンデンサ 24n（ $n=1\sim 8$ ）、高圧バイアス抵抗 25m（ $m=A\sim F$ ）、高圧カップリングコンデンサ 26m（ $m=A\sim F$ ）とから構成される。

[0021] 放射線検出素子 30 は、放射線の入射方向（図 1 の Z 軸）に沿って立設する支持基板 21 の表面に、この入射方向とは直交方向に複数の配列される（図では符号 30A～30C が片面に、30D～30F が反対面にそれぞれ 3 個ずつ合計 6 個）。

そして、一つの放射線検出素子 30 を構成する半導体部材 1 には、図 3（b）に示されるように、複数の検出画素 P_n （図では符号 P1 から P8 までの 8 個）が設けられている。

半導体部材 1 の一方側には、これら検出画素 P_n （ $n=1\sim 8$ ）のそれぞれに対応して複数の第 1 電極 31n（ $n=1\sim 8$ ）が、支持基板 21 に対向

する放射線検出素子 30 の片側に分割して設けられている。さらに、半導体部材 1 の他方側にはこれら複数の検出画素 P_n ($n=1\sim 8$) にまたがって共有される一つの第 2 電極 32m が設けられている (適宜、図 4 (a), (b) 参照)。

[0022] この放射線検出素子 30 は、CdTe や CZT 等の半導体部材 1 からなり、その両面に配置される第 1 電極 31n 及び第 2 電極 32m は、Pt や In をスパッタ等により結晶表面に蒸着させたものである。また、分割された第 1 電極 31n の形成方法は、蒸着する際にマスクを用いるか、面全体に蒸着した後、電極面をダイシングにより切り出すことにより行う。

なお、放射線検出素子 30 として、複数の検出画素 P_n が一体化した半導体部材 1 で構成されるものを例示したが、これに限定されるものではなく、画素毎に個別に分離したものであっても良い。

[0023] 図 4 (a), (b) に部分が示されるように放射線検出モジュール 20 は、支持基板 21 を挟んで向かい合う第 1 電極 31n ($n=1\sim 8$) 同士は、この支持基板 21 を貫通する導体 33n により電氣的に接続されている。ここで、支持基板 21 上に搭載される第 1 電極 31n ($n=1\sim 8$) のうち、n 番号が共通のものは、共通の配線に接続されることになる (適宜図 5 参照)。このために、例えば、支持基板 21 を挟んで向かい合う第 1 電極 31n 同士については、この支持基板 21 にスルーホールを穿孔して導体 33n を充填することにより電氣的に連通させることができる。

[0024] また、変形例として図 4 (c), (d) に示されるように、それぞれ電氣的に独立して支持基板 21 の周縁から立設している導電板 34n を挟むようにして対向する二つの第 1 電極 31n, 31n を配置しても良い。

[0025] 図 3 (a) に戻って説明を続ける。

支持基板 21 に搭載される高圧バイアス抵抗 25m ($m=A\sim F$)、及び高圧カップリングコンデンサ 26m ($m=A\sim F$) の数は、同じであり、支持基板 21 に搭載されている放射線検出素子 30 (30A $\sim$ 30F) の数に対応している。また、支持基板 21 に搭載される低圧バイアス抵抗 23n (

$n = 1 \sim 8$) 及び低圧カップリングコンデンサ $24n$ ($n = 1 \sim 8$) の数は、一つの第2電極 $32m$ が有する検出画素 Pn ($n = 1 \sim 8$) の数に対応している。

なお、支持基板 21 に搭載される信号処理素子としての前記した抵抗 $23n$ 、 $25m$ 及びコンデンサ $24n$ 、 $26m$ は例示であって、その他、信号検知部 14 (図2参照) の内部に搭載されている任意のものをこの支持基板 21 上に移転させることができる。具体的には電極から出力される微弱なアナログ信号(検出信号)をデジタル信号に変換する前記した $ASIC$ 等を支持基板 21 に搭載することも考えられる。

[0026] 高圧バイアス抵抗 $25m$ は、第2電極 $32m$ ($m = A \sim F$) のそれぞれに各1個ずつ対応して設けられ、バイアス電圧を付与する DC 電源(図5参照)との間に接続されている。そして、高圧バイアス抵抗 $25m$ は、電極から付与された信号がバイアス電源に流れるのを防ぐものである。(適宜図5参照)。

高圧カップリングコンデンサ $26m$ は、第2電極 $32m$ ($m = A \sim F$) のそれぞれに各1個ずつ対応して設けられ、信号検知部 14 (図2参照) の $ASIC$ 回路との間に接続されている。これにより、第2電極 $32m$ から出力される検出信号のうち高圧の直流成分(DC 成分)をカットして、放射線検出素子 30 の内部で発生した後記する電荷生成に基づく信号成分のみが、 $ASIC$ 回路に導かれる。

[0027] 低圧バイアス抵抗 $23n$ は、その片側が、支持基板 21 上の放射線検出素子 30 ($30A \sim 30F$) のうち n 番号が対応する第1電極 $31n$ の全て(6個)に接続し、その反対側がグランド電位に接続されている(適宜図5参照)。そして、低圧バイアス抵抗 $23n$ は、信号がグランドに流れるのを防ぐ。

低圧カップリングコンデンサ $24n$ も、その片側が、支持基板 21 上の放射線検出素子 30 ($30A \sim 30F$) のうち n 番号が対応する第1電極 $31n$ の全て(6個)に接続し、その反対側が信号検知部 14 (図2参照) の A

S I C回路に接続している。これにより、第1電極31nから出力される検出信号のうち低圧の直流成分（DC成分）をカットして、放射線検出素子30の内部で発生した後記する電荷発生に基づく信号成分のみが、A S I C回路に導かれる。

低圧バイアス抵抗23nおよび低圧カップリングコンデンサ24nは支持基板21に搭載せずに、A S I C内に特殊な回路として形成しても良い。

[0028] 次に、図4（b）の側面図を参照して放射線検出モジュール20における放射線の検出原理について説明する。

放射線が、放射線検出素子30のいずれかの検出画素Pnに入射すると、半導体部材1内で電荷生成により電子・正孔の対ができる。そして、この半導体部材1内には、両端の第1電極31n及び第2電極32mにより高電界が付与されているために、生成した電子・正孔は、それぞれ反対方向に向かって移動し、第1電極31n及び第2電極32mに引き寄せられる。

このように、放射線が入射すると電気信号に変換され、第1電極31n及び第2電極32mから出力される検出信号は、それぞれ低圧カップリングコンデンサ24n及び高圧カップリングコンデンサ26mでバイアス電圧がカットされてから、接続部21aを経由してA S I C回路に導かれる。そして、このA S I C回路において同時性を判断することにより、同時に検出信号を送信したと判断された二つの配線の情報から放射線の入射位置を特定するアドレス情報が得られる。

[0029] なお、以上の説明において、放射線検出素子30は、支持基板21の両側に配置されたものの例を示したが、片面のみに配置されたものでも良い。また説明においては、放射線検出モジュール20として、一つの放射線検出素子30に検出画素Pnが8個配置され（ $n=8$ ）、さらに一つの支持基板21に6個の放射線検出素子30（ $m=6$ ）を搭載したものを例示した。これにより、 $m \times n$ の画素数において、検出信号の読み取り配線の本数を $m+n$ とすることができる（その他に、グランド配線、バイアス電圧配線が必要である）。

ここで、 m 、 n の数は、特に限定はないが、説明において理解の混乱を避けるために $m \neq n$ のものを例示したが、 $m = n$ としたほうが画素数に対する配線の本数の削減効果が得られる。

また、実施形態においては、第2電極32mに負のバイアス電圧が付与されている場合が例示されているが（図4（b）参照）、正のバイアス電圧を付与しても良い。

[0030] 図5を用いて放射線検出モジュール20の回路の説明をする。

全ての放射線検出素子30（30A～30F）に配置されている第2電極32m（図4参照）からの配線は、対応する高圧バイアス抵抗25m（25A～25F）を介して高圧バイアス配線28に接続されている。

そして、この高圧バイアス配線28には、 -500V 程度の高電圧が付与されている。

なお、高圧バイアス電圧は放射線検出素子30のダイオード特性の向きや厚みにあわせて電圧の向きや電圧値が適宜設定される。

[0031] さらに、それぞれの第2電極32mからの配線には、高圧カップリングコンデンサ26m（26A～26F）が接続されており、この第2電極32mに加えられているバイアス電圧（DC電圧成分）をカットし、放射線検出素子30から出力された検出信号のみを通過させる。このバイアス電圧がカットされた検出信号は接続部21aを介して放射線検出モジュール20の外に取り出される。このように、放射線検出モジュール20の内部において高DC電圧成分をカットすることで、接続部21a（図3（a））の接点22に高電圧が印加される部分が減じ、信頼性が向上する。

そして、高電圧が付与されている第2電極32mから検出信号を取り出す配線は、A～Fの合計6本あるが、高電圧が付与されているのは高圧バイアス配線28（図5参照）だけであるので、接続部21a及び連結部14cの絶縁性を確保するための構造は比較的簡単ですむ。

[0032] 支持基板21（図4参照）に対向する放射線検出素子30（30A～30F）のうち n 番号（ $n=1\sim 8$ ）が対応する第1電極31nの全て6個は互い

に1本の配線（以下、「第1電極31nからの配線」と称する）に接続し、低圧バイアス抵抗23n（ $n=1\sim 8$ ）を介してグランド配線GNDに接続される。また、第1電極31nからの配線は、低圧カップリングコンデンサ24nが接続されている。この低圧カップリングコンデンサ24nにより、第1電極31nから出力される検出信号のうちDC電圧成分がカットされる。これにより、第1電極31nが出力する検出信号を伝達する読み出し回路の総本数を削減できる。

[0033] 次に、図5の回路図を参照し、放射線検出モジュール20に放射線が入射した際の動作を説明する。例えば、放射線検出素子30Aにおける第1番の検出画素P1に放射線が入射したとする。この第1番の検出画素P1の内部で、電子・正孔の対が生成し、バイアス電圧により第1電極31n（ $n=1$ ）に電子が、第2電極32m（ $m=1$ ）に正孔が移動して電気信号（検出信号）が発生する。

この検出信号は対応する第1電極31n（ $n=1$ ）及び第2電極32m（ $m=1$ ）に接続されている第1番の配線及び第A番の配線を伝って、図示略の信号検知部に検知される。

この信号検知部においては、第1番の配線及び第A番の配線において検出信号を同時検知したことにより、放射線検出素子30Aにおける第1番の検出画素P1に放射線が入射したと判断する。これにより、支持基板21において各放射線検出素子30を接続することで、擬似的に従来のDSSDと同様な直交する信号読み出し回路を形成し、検出信号の同時判定により放射線の入射位置を特定することを特徴とする。

[0034] 図5の回路図においては、8個の検出画素Pn（ $n=1\sim 8$ ）を持つ放射線検出素子30を6個（ $m=1\sim 6$ ）用いて48画素の放射線検出モジュール20を、14個の読み出し回路を用いて読み出す場合について説明した。しかし、検出画素Pnの数はこれに固定されるものではない。さらに、前記したように、検出画素Pnの数に対し読み出し回路の本数の割合がもっとも小さくなるのは $m=n$ の場合となる。また、本実施例では検出画素Pnは、

すべての放射線検出素子 30 において 1 から 8 の順番に並べているが、個々の放射線検出素子 30 において 1 から 8 の番号を重複して持たなければ検出は可能あり、画素が順番に並ばず、たとえば放射線検出素子 30 A, 30 C, 30 D, 30 F は 1 から 8 の順番で並び、放射線検出素子 30 B, 30 E は逆に 8 から 1 の順番で並べても良い。

[0035] また、本発明においては、一つの放射線検出モジュール 20 において、複数の放射線検出素子 30 が一方向に細長く配列していることにより、この一つの放射線検出モジュール 20 が故障した際の影響を低減することができる。すなわち、一つの放射線検出モジュール 20 が故障した場合に得られる欠損する画像部分は、隣接する正常な放射線検出モジュール 20 の画像データを用いて補完することができる。

[0036] また、放射線の入射が一部に集中した場合においても、この放射線の照射面は、通常ある程度の広がりを持っているため、細長い形状を有する放射線検出モジュール 20 は複数でこの放射線の照射面の検出を分担することになる。このために、放射線検出モジュール 20 から出力される検出信号が分散し、デッドタイムが低減し、データの信頼性が向上する。

[0037] また、コンデンサ、抵抗器等の信号処理素子を支持基板 21 上に配置することができることにより、接続部 21 a と連結部 14 c における接点 22 の一部にのみ、つまり、前記高圧バイアス配線 28 にのみ高電圧を供給するだけで済み、絶縁構造を簡単にすることができる。

さらに、検出画素 P_n に対する配線の集積度を低減させることができるので、検出画素 P_n をより高密度にすることができるために、画像を高画質化することができる。

符号の説明

- [0038]
- | | |
|----|---------|
| 1 | 半導体部材 |
| 10 | 放射線撮像装置 |
| 11 | 画像表示部 |
| 14 | 信号検知部 |

- 1 4 c 連結部
- 1 5 撮像部
- 2 0 放射線検出モジュール
- 2 1 支持基板
- 2 1 a 接続部
- 2 2 接点
- 2 3 n 低圧バイアス抵抗（信号処理素子）
- 2 4 n 低圧カップリングコンデンサ（信号処理素子）
- 2 5 m 高圧バイアス抵抗（信号処理素子）
- 2 6 m 高圧カップリングコンデンサ（信号処理素子）
- 3 0, 3 0 A ~ 3 0 F 放射線検出素子
- 3 1 n 第 1 電極
- 3 2 m 第 2 電極
- 2 8 高圧バイアス配線
- P n, P 1 ~ P 8 検出画素（画素）

請求の範囲

- [請求項1] 複数の画素を含む半導体部材と、一つの画素に対応して設けられる第1電極が前記半導体部材の片側に複数配列して設けられるとともに、前記半導体部材の反対側に複数の前記画素にまたがって第2電極が設けられて、放射線が入射すると前記第1電極及び第2電極に検出信号を出力する放射線検出素子と、
- 前記放射線の入射方向に沿って立設するとともに、前記入射方向とは直交方向に配列する複数の前記放射線検出素子を支持する支持基板と、
- 外部の連結部に着脱自在に連結するとともに、前記放射線検出素子へのバイアス電圧を前記連結部から供給され、前記検出信号をこの連結部に出力し、前記支持基板をこの連結部に対して機械的に保持させる接続部と、を備え、
- 複数の前記第1電極が前記支持基板上で接続され、前記第1電極及び第2電極からの前記検出信号を同時計測することでモジュール内の放射線の入射位置を特定することを特徴とする放射線検出モジュール。
- [請求項2] 前記放射線検出素子は、前記支持基板を挟む位置に二列に配列していることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の放射線検出モジュール。
- [請求項3] 前記放射線検出素子は、前記支持基板の片面に配列していることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の放射線検出モジュール。
- [請求項4] 前記支持基板にバイアス電圧供給用の抵抗と、信号取り出し用のコンデンサを備えたことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の放射線検出モジュール。
- [請求項5] 前記放射線検出素子は、一つの前記半導体部材に複数の前記画素が設けられていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の放射線検出モジュール。

- [請求項6] 前記放射線検出素子は、一つの前記半導体部材に複数の前記画素が設けられていることを特徴とする請求の範囲第2項に記載の放射線検出モジュール。
- [請求項7] 前記放射線検出素子は、一つの前記半導体部材に複数の前記画素が設けられていることを特徴とする請求の範囲第3項に記載の放射線検出モジュール。
- [請求項8] 前記放射線検出素子は、一つの前記半導体部材に複数の前記画素が設けられていることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の放射線検出モジュール。
- [請求項9] 請求の範囲第1項から第8項のいずれか1項に記載の放射線検出モジュールの複数を、前記放射線が垂直に入射するように平面状に配置させてなることを特徴とする放射線撮像装置。

補正された請求の範囲

[2010年6月11日 (11.06.2010) 国際事務局受理]

[請求項1] (補正後) 複数の画素を含む半導体部材と、一つの画素に対応して設けられる第1電極が前記半導体部材の片側に複数配列して設けられるとともに、前記半導体部材の反対側に複数の前記画素にまたがって第2電極が設けられて、放射線が入射すると前記第1電極及び第2電極に検出信号を出力する放射線検出素子と、

前記放射線の入射方向に沿って立設するとともに、前記入射方向とは直交方向で前記放射線検出素子の前記第1電極による前記画素の分割方向に配列する複数の前記放射線検出素子を支持する支持基板と、

外部の連結部に着脱自在に連結するとともに、前記放射線検出素子へのバイアス電圧を前記連結部から供給され、前記検出信号をこの連結部に出力し、前記支持基板をこの連結部に対して機械的に保持させる接続部と、を備え、

ある一つの前記放射線検出素子の一つの前記第1電極が前記支持基板上で他の前記放射線検出素子の一つの前記第1電極と接続され、前記第1電極及び第2電極からの前記検出信号を同時計測することでモジュール内の放射線の入射位置を特定することを特徴とする放射線検出モジュール。

[請求項2] (補正後) 前記放射線検出素子は、前記支持基板を挟んで該支持基板の両面に配列していることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の放射線検出モジュール。

[請求項3] 前記放射線検出素子は、前記支持基板の片面に配列していることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の放射線検出モジュール。

[請求項4] 前記支持基板にバイアス電圧供給用の抵抗と、信号取り出し用のコンデンサを備えたことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の放射線検出モジュール。

[請求項5] 前記放射線検出素子は、一つの前記半導体部材に複数の前記画素が設けられていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の放射線検

出モジュール。

[請求項6] 前記放射線検出素子は、一つの前記半導体部材に複数の前記画素が設けられていることを特徴とする請求の範囲第2項に記載の放射線検出モジュール。

[請求項7] 前記放射線検出素子は、一つの前記半導体部材に複数の前記画素が設けられていることを特徴とする請求の範囲第3項に記載の放射線検出モジュール。

[請求項8] 前記放射線検出素子は、一つの前記半導体部材に複数の前記画素が設けられていることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の放射線検出モジュール。

[請求項9] (補正後) 請求の範囲第1項から第8項のいずれか1項に記載の放射線検出モジュールの複数を、コリメータを通過した前記放射線が入射するように平面状に配置させてなることを特徴とする放射線撮像装置。

条約第19条(1)に基づく説明書

1. 補正の内容

(1)請求の範囲第1項における複数の画素を含む半導体部材において第1電極と第2電極の構成によって画素の分割する放射線検出素子を、支持基板によって放射線の入射方向に対して直交方向に第1電極によって画素を分割する方向に複数の放射線検出素子を配列して支持することを明確にする補正を行った。また、前記複数の放射線検出素子を支持する前記支持基板において、ある一つの放射線検出素子の一つの第1電極が同じ支持基板上で他の放射線検出素子の一つの第1電極と接続されることを明確にする補正を行った。

(2)請求の範囲第2項における放射線検出素子が支持基板を挟んでその支持基板の両面に配列していることを明確にする補正を行った。

(3)請求の範囲第9項における複数の放射線検出モジュールの配置が、コリメータを通過した放射線が入射するように平面状に配置されたものであることを明確にする補正を行った。

2. 説明

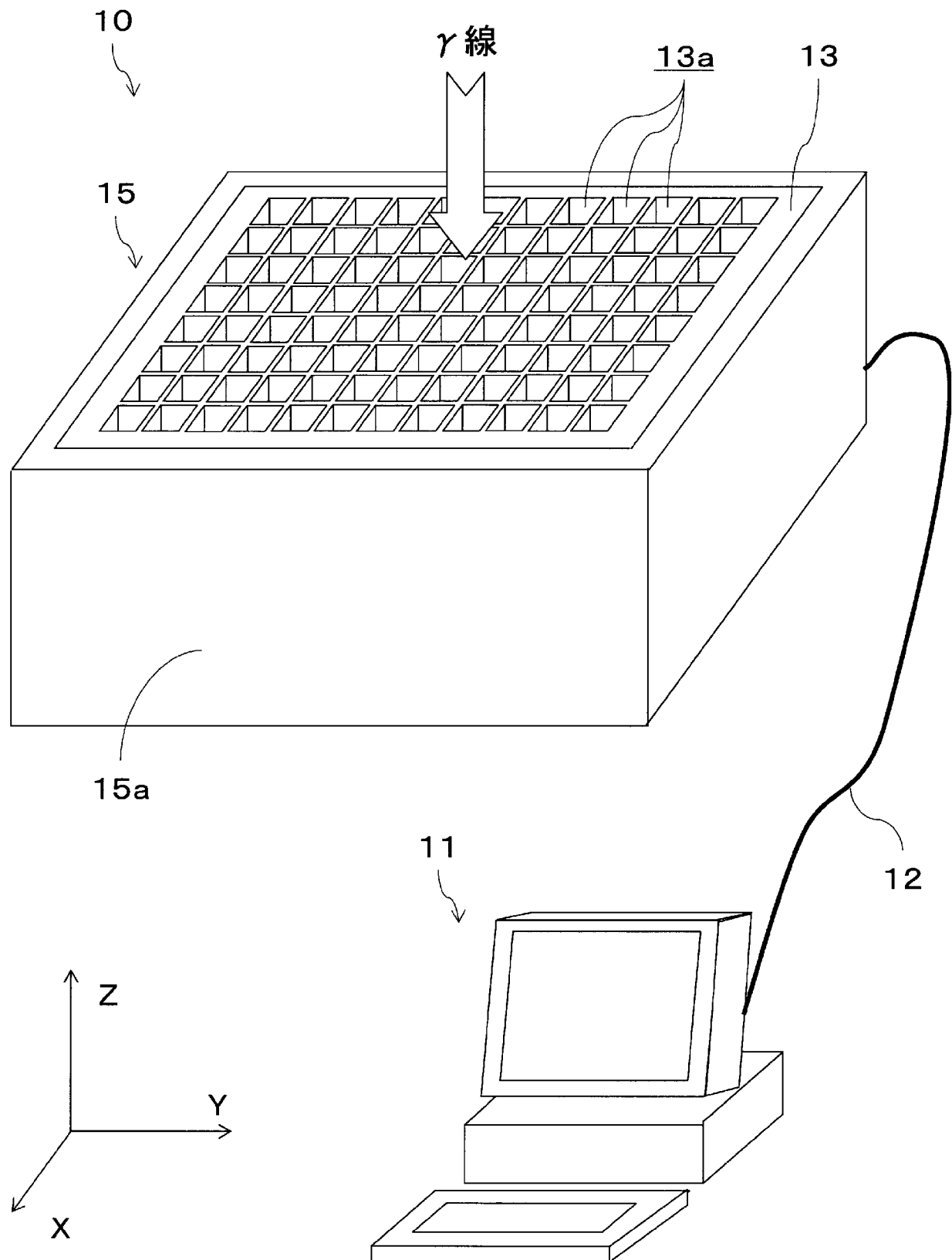
(1)請求の範囲第1項についての「前記入射方向とは直交方向で前記放射線検出素子の前記第1電極による前記画素の分割方向に配列する」の補正は、原明細書の添付図面の図3(a)に基づくものである。

また、「ある一つの前記放射線検出素子の一つの前記第1電極が前記支持基板上で他の前記放射線検出素子の一つの前記第1電極と」の補正は、原明細書の段落0032及び添付図面の図5に基づくものである。

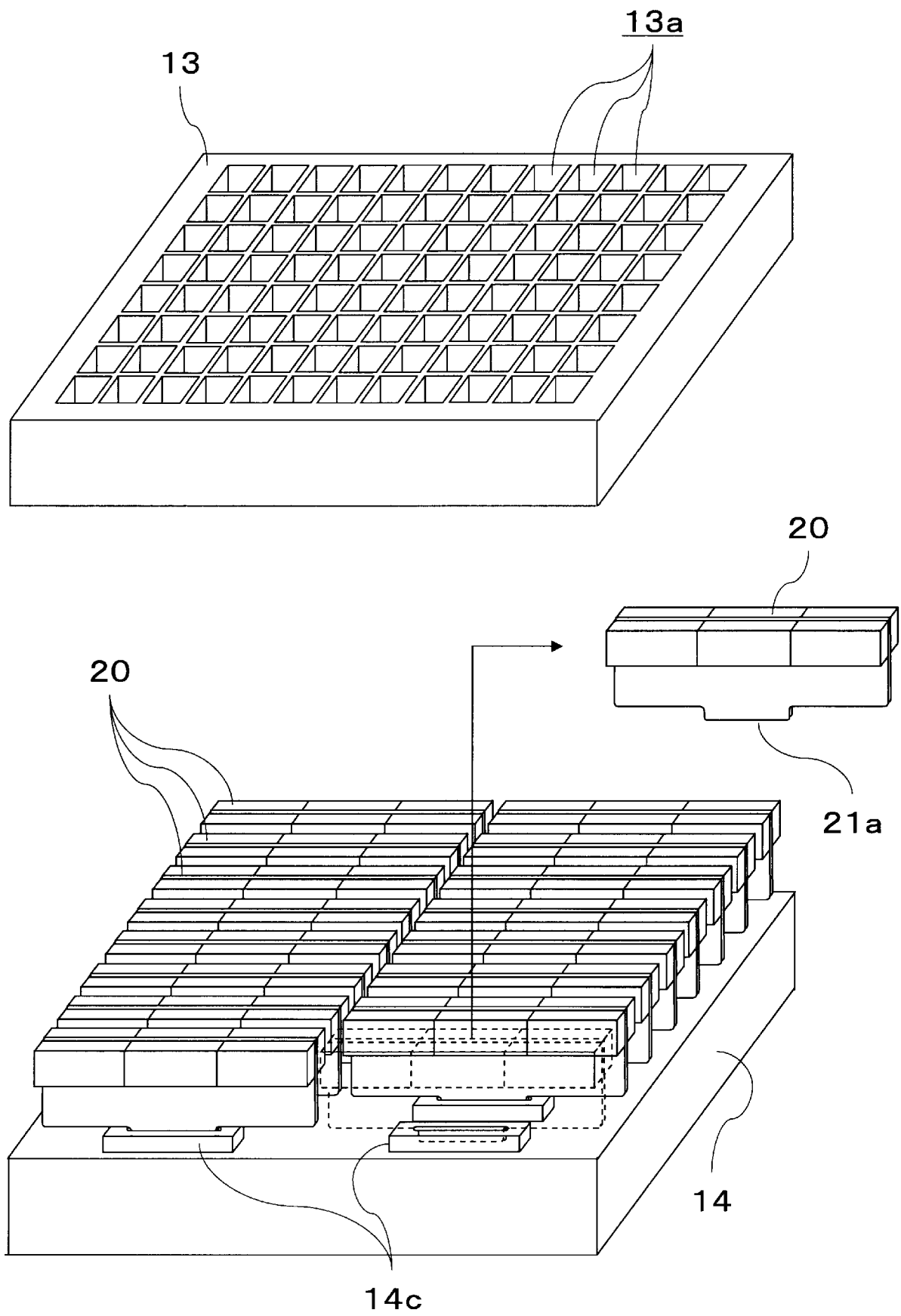
(2)請求の範囲第2項についての補正は、原明細書の添付図面の図3(a)、図4(a)に基づくものである。

(3)請求の範囲第9項についての補正は、原明細書の添付図面の図1、図2に基づくものである。

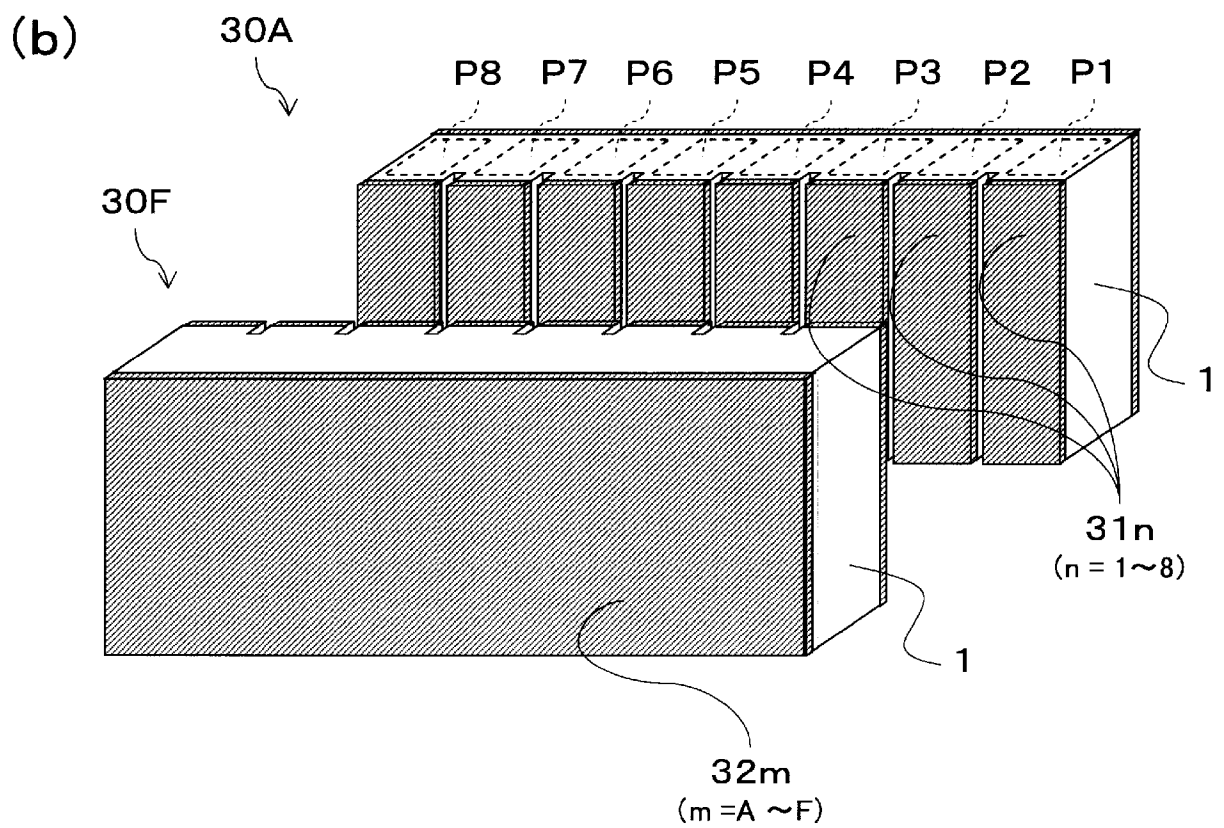
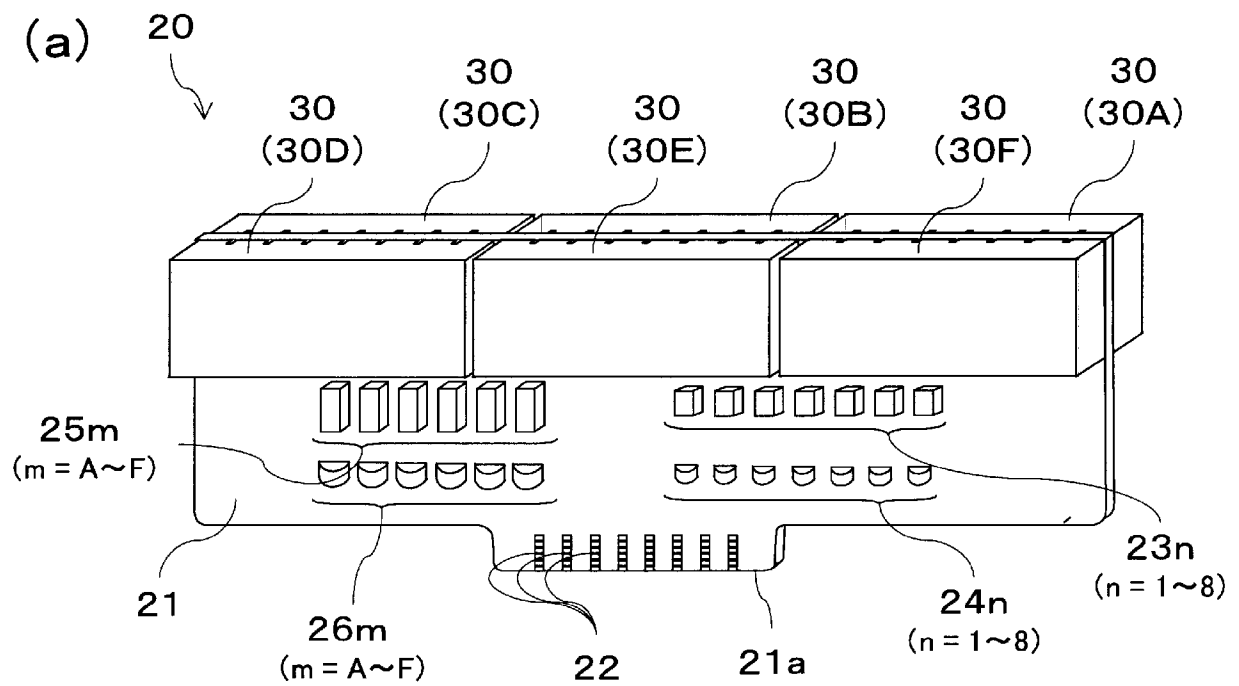
[図1]



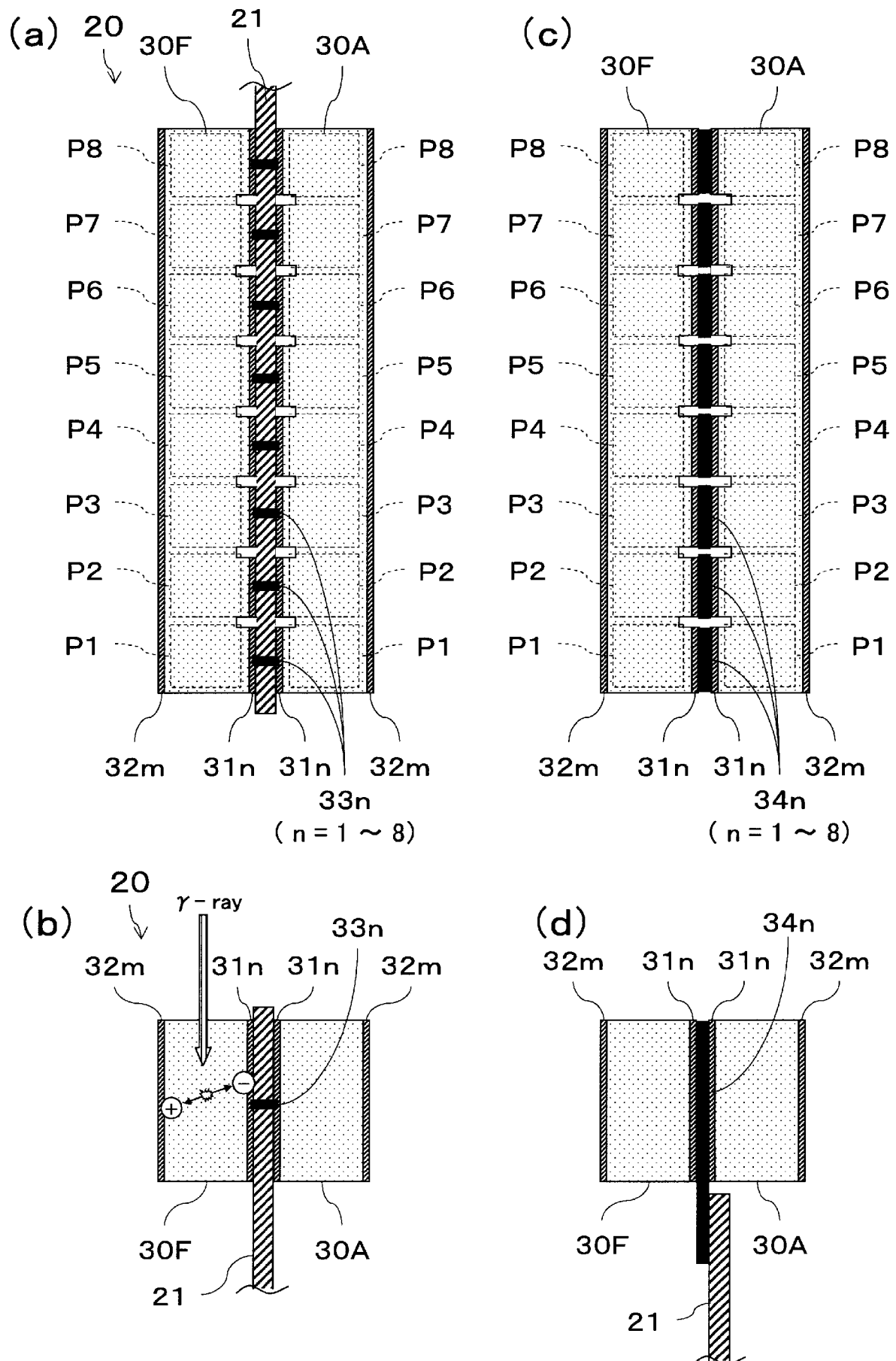
[図2]



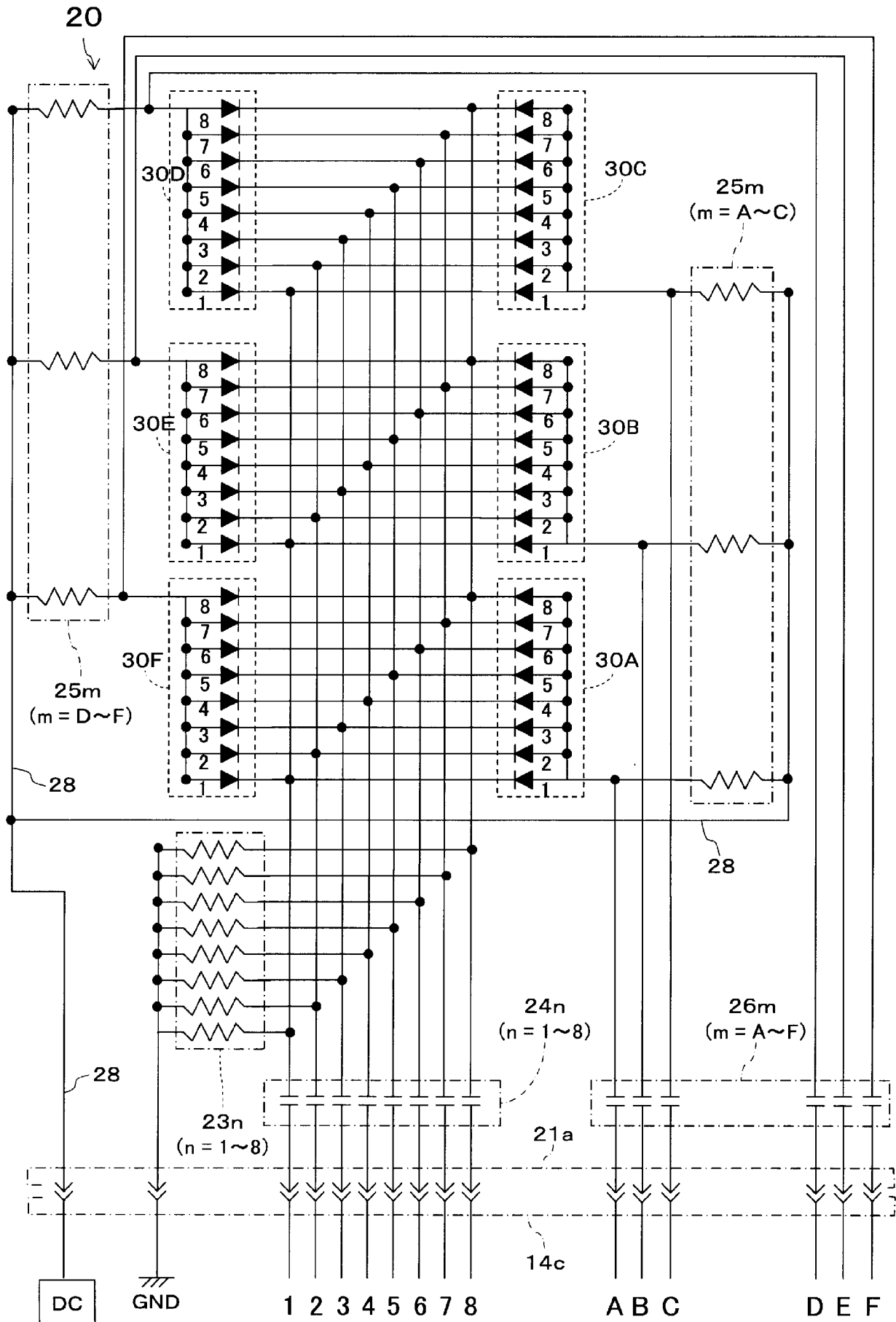
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/052363

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01T1/24(2006.01) i, H01L31/09(2006.01) i, A61B6/00(2006.01) n

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, H01L31/09, A61B6/00

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-286560 A (Hitachi, Ltd.), 27 November 2008 (27.11.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
Y	JP 2008-107326 A (Hitachi, Ltd.), 08 May 2008 (08.05.2008), paragraphs [0013] to [0101]; fig. 1 to 11 & US 2009/0114826 A	1-9
Y	JP 2008-4949 A (Hitachi, Ltd.), 10 January 2008 (10.01.2008), paragraphs [0030] to [0032]; fig. 8 (Family: none)	1-9

☒ 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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 March, 2010 (23.03.10)Date of mailing of the international search report
30 March, 2010 (30.03.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/052363

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 2008-171881 A (Shimadzu Corp.), 24 July 2008 (24.07.2008), paragraphs [0015] to [0017]; fig. 2 (Family: none)	1-9
Y	JP 2008-161689 A (General Electric Co.), 17 July 2008 (17.07.2008), entire text; all drawings & US 2008/0165921 A1 & DE 102007062891 A & CN 101214154 A	4, 8-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01T1/24(2006.01)i, H01L31/09(2006.01)i, A61B6/00(2006.01)n

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（I P C））

Int.Cl. G01T1/24, H01L31/09, A61B6/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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）

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
Y	JP 2008-286560 A（株式会社日立製作所） 2008.11.27, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 9
Y	JP 2008-107326 A（株式会社日立製作所） 2008.05.08, 第【0 0 1 3】 - 【0 1 0 1】段落及び第1 - 1 1 図 & US 2009/0114826 A	1 - 9

☒ 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

の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

2 3 . 0 3 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

3 0 . 0 3 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号1 0 0 - 8 9 1 5

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

2 I

4 4 5 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 3

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 2008-4949 A (株式会社日立製作所) 2008.01.10, 第【0030】－【0032】段落及び第8図 (ファミリーなし)	1－9
Y	JP 2008-171881 A (株式会社島津製作所) 2008.07.24, 第【0015】－【0017】段落及び第2図 (ファミリーなし)	1－9
Y	JP 2008-161689 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ) 2008.07.17, 全文、全図 & US 2008/0165921 A1 & DE 102007062891 A & CN 101214154 A	4、8－9