

(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
2016年11月3日(03.11.2016)

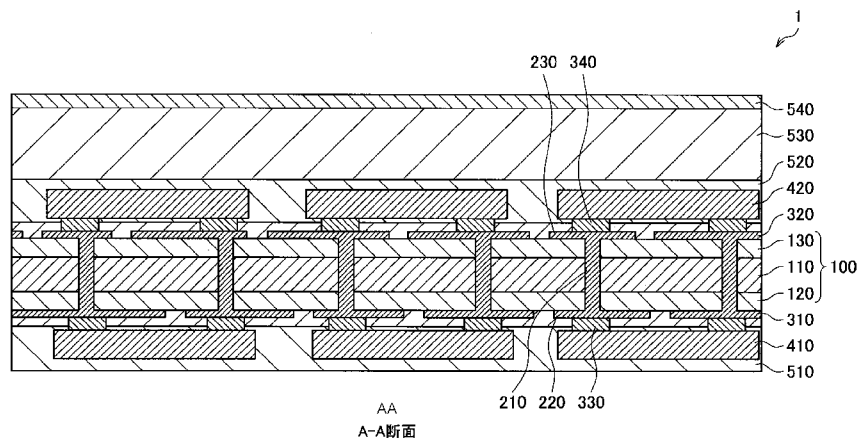


(10) 国際公開番号
WO 2016/174939 A1

- (51) 国際特許分類:
G01T 7/00 (2006.01) A61B 6/00 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/057474
 - (22) 国際出願日: 2016年3月9日(09.03.2016)
 - (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 2015-090393 2015年4月27日(27.04.2015) JP
 - (71) 出願人: ソニー株式会社 (SONY CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: 松本 一治 (MATSUMOTO, Katsuji); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 柳川 周作 (YANAGAWA, Shusaku); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 岡 修一 (OKA, Shuichi); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 五十嵐 崇裕 (IGARASHI, Takahiro); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
 - (74) 代理人: 亀谷 美明, 外 (KAMEYA, Yoshiaki et al.); 〒1600004 東京都新宿区四谷3-1-3 第一
 - (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, BN, 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, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.
 - (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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 富澤ビル はづき国際特許事務所 四谷オフィス Tokyo (JP).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: RADIATION DETECTION DEVICE, IMAGING DEVICE, AND IMAGING SYSTEM

(54) 発明の名称: 放射線検出装置、撮像装置、および撮像システム



AA A-A cross section

(57) Abstract: [Problem] To make it possible to detect lower doses of radiation. [Solution] A radiation detection device provided with a substrate including a radiation shielding layer, a plurality of radiation detection elements arranged two dimensionally on a surface of the substrate, and a circuit element that is disposed on the other surface of the substrate, which opposes the surface on which the radiation detection elements are arranged, and is electrically connected to one or more of the radiation detection elements by a through via that penetrates the substrate.

(57) 要約: 【課題】より低線量の放射線を検出することを可能にする。【解決手段】放射線遮蔽層を含む基板と、前記基板の一面に二次元配列された複数の放射線検出素子と、前記基板の前記放射線検出素子が配列された面と対向する他面に配置され、前記基板を貫通する貫通ビアによって、少なくとも一つ以上の前記放射線検出素子と電気的に接続される回路素子と、を備える、放射線検出装置。



WO 2016/174939 A1

明 細 書

発明の名称：放射線検出装置、撮像装置、および撮像システム

技術分野

[0001] 本開示は、放射線検出装置、撮像装置、および撮像システムに関する。

背景技術

[0002] 近年、放射線写真フィルム等を介さずに、直接、放射線を検出することで、放射線撮像画像を得る撮像装置が提案されている。このような放射線撮像装置では、例えば、放射線検出素子として、放射線の入射により蛍光を発するシンチレータ層を受光面に積層した光電変換センサなどが用いられている。

[0003] また、放射線撮像装置に対しては、撮像時に照射される放射線による被写体への影響を低減させることが求められている。そのため、より低線量の放射線でも鮮明な撮像画像を得ることが可能な、より高感度な放射線撮像装置が求められていた。

[0004] 例えば、下記の特許文献1には、被写体を透過したX線をX線検出素子の上方から照射した場合に、X線検出素子の下方に存在する部材で反射し、裏面側からX線検出素子に侵入する反射X線を導体層等にて遮蔽するX線検出素子搭載用配線基板が開示されている。特許文献1に開示されたX線検出素子搭載用配線基板によれば、被写体を透過したX線と無関係な反射X線を低減することができるため、X線検出素子は、外部の電気回路に対してより正確な被写体のX線画像を出力することができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2009-76726号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、特許文献1に開示された基板では、X線検出素子と、X線検出素

子から取り出した信号を処理する電気回路との間の電流伝送距離が長いため、検出信号に含まれる電流伝送距離に起因するノイズが増加していた。そのため、鮮明なX線撮像画像を得るには、被写体に対して高線量の放射線を照射することが必要であった。

[0007] そこで、本開示では、低線量の放射線を検出することが可能な、新規かつ改良された放射線検出装置、該放射線検出装置を備える撮像装置、および該放射線検出装置を備える撮像システムを提案する。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示によれば、放射線遮蔽層を含む基板と、前記基板の一面に二次元配列された複数の放射線検出素子と、前記基板の前記放射線検出素子が配列された面と対向する他面に配置され、前記基板を貫通する貫通ビアによって、少なくとも一つ以上の前記放射線検出素子と電気的に接続される回路素子と、を備える、放射線検出装置が提供される。

[0009] また、本開示によれば、放射線遮蔽層を含む基板と、前記基板の一面に二次元配列された複数の放射線検出素子と、前記基板の前記放射線検出素子が配列された面と対向する他面に配置され、前記基板を貫通する貫通ビアによって、少なくとも一つ以上の前記放射線検出素子と電気的に接続される回路素子とを備える放射線検出装置と、前記放射線検出装置からの出力信号を演算処理し、撮像画像を生成する演算処理部と、を有する撮像装置が提供される。

[0010] さらに、本開示によれば、放射線遮蔽層を含む基板と、前記基板の一面に二次元配列された複数の放射線検出素子と、前記基板の前記放射線検出素子が配列された面と対向する他面に配置され、前記基板を貫通する貫通ビアによって、少なくとも一つ以上の前記放射線検出素子と電気的に接続される回路素子とを備える放射線検出装置と、前記放射線検出装置からの出力信号を演算処理し、撮像画像を生成する演算処理部と、を有する撮像システムが提供される。

[0011] 本開示によれば、放射線検出素子と、放射線検出素子からの検出信号を出

力信号に変換する回路素子との電流伝送距離をより短くすることができるため、放射線検出信号に含まれるノイズをさらに低減することができる。

発明の効果

[0012] 以上説明したように本開示によれば、より低線量の放射線を検出可能な放射線検出装置を提供することができる。また、該放射線検出装置を用いることで、より低線量の放射線でも鮮明な撮像画像を得ることが可能な撮像装置、および撮像システムを提供することができる。

[0013] なお、上記の効果は必ずしも限定的なものではなく、上記の効果とともに、または上記の効果に代えて、本明細書に示されたいずれかの効果、または本明細書から把握され得る他の効果が奏されてもよい。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本開示の第1の実施形態に係る放射線検出装置の全体構成を示す説明図である。

[図2A]同実施形態に係る間接変換型の放射線検出装置の積層構造を示したA-A断面図である。

[図2B]同実施形態に係る直接変換型の放射線検出装置の積層構造を示したA-A断面図である。

[図3]同実施形態にて光電変換素子と貫通ビアとの配置関係の一例を示した平面図である。

[図4]図2Aで示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[図5]図2Aで示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[図6]図2Aで示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[図7]図2Aで示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[図8]図2Aで示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面

図である。

[図9]図2Aで示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[図10]図2Aで示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[図11]図2Aで示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[図12]図2Aで示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[図13]図2Aで示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[図14]同実施形態の本変形例に係る放射線検出装置の素子部を示す説明図である。

[図15]本開示の第2の実施形態に係る放射線検出装置の積層構造を示したA-A断面図である。

[図16]同実施形態にて光電変換素子と貫通ビアとの配置関係の一例を示した平面図である。

[図17]図15で示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[図18]図15で示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[図19]図15で示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[図20]図15で示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[図21]本開示の第3の本実施形態に係る放射線検出装置の積層構造を示したA-A断面図である。

[図22]図21で示した放射線検出装置を製造する一工程を説明するA-A断

面図である。

[図23]図 2 1 で示した放射線検出装置を製造する一工程を説明する A - A 断面図である。

[図24]本開示の第 4 の実施形態に係る放射線検出装置の積層構造を示した A - A 断面図である。

[図25]図 2 4 で示した放射線検出装置を製造する一工程を説明する A - A 断面図である。

[図26]図 2 4 で示した放射線検出装置を製造する一工程を説明する A - A 断面図である。

[図27]図 2 4 で示した放射線検出装置を製造する一工程を説明する A - A 断面図である。

[図28]図 2 4 で示した放射線検出装置を製造する一工程を説明する A - A 断面図である。

[図29]本開示の各実施形態に係る放射線検出装置を用いた放射線撮像装置（または、放射線撮像システム）を模式的に示した説明図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下に添付図面を参照しながら、本開示の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0016] なお、説明は以下の順序で行うものとする。

1. 第 1 の実施形態

1. 1. 放射線検出装置の全体構成

1. 2. 放射線検出装置の構造

1. 3. 放射線検出装置の製造方法

1. 4. 変形例

2. 第 2 の実施形態

2. 1. 放射線検出装置の構造

2. 2. 放射線検出装置の製造方法

3. 第3の実施形態

3. 1. 放射線検出装置の構造

3. 2. 放射線検出装置の製造方法

4. 第4の実施形態

4. 1. 放射線検出装置の構造

4. 2. 放射線検出装置の製造方法

5. 適用例

[0017] <1. 第1の実施形態>

[1. 1. 撮像装置の全体構成]

まず、図1を参照して、本開示の第1の実施形態に係る放射線検出装置の全体構成について説明する。図1は、本実施形態に係る放射線検出装置1の全体構成を示す説明図である。本実施形態に係る放射線検出装置1は、例えば、アルファ線、ベータ線、ガンマ線、およびX線などの放射線を検出するものである。

[0018] 図1に示すように、放射線検出装置1は、複数の放射線検出素子10を有する素子部11を備え、素子部11の周辺に駆動回路部21、23、および25を備える。

[0019] 素子部11は、入射した放射線に基づいて信号電荷を発生させる放射線検出素子10を複数有し、放射線を検出する検出領域を形成する。また、素子部11において、複数の放射線検出素子10は、例えば、行列状（マトリクス状）に二次元配列されている。

[0020] 放射線検出素子10は、放射線を検出する素子である。なお、放射線検出素子10は、放射線を間接的に信号電荷に変換する（間接変換型）素子であってもよく、放射線を直接、信号電荷に変換する（直接変換型）素子であってもよい。

[0021] 放射線を間接的に信号電荷に変換する素子としては、例えば、放射線の入射により蛍光を発するシンチレータ層を受光面に積層したフォトダイオード

などを例示することができる。また、放射線を直接、信号電荷に変換する放射線検出素子 10 としては、例えば、放射線の入射によって正孔および電子が発生するアモルファスセレン半導体、カドミウムテルル半導体などを用いた素子などを例示することができる。

[0022] また、放射線検出素子 10 の真下には、放射線検出素子 10 にて発生した信号電荷を出力信号に変換する回路素子（図示せず）が備えられる。回路素子は、例えば、I/V（電流－電圧）変換回路、アンプ回路、およびスイッチ回路などの電気回路を構成する素子である。

[0023] これらの回路素子は、行および列ごとに配線された信号線（例えば、グラウンド線、電源供給線、サンプルホールド線、スイッチ選択線、リファレンス信号線、リセット制御線、信号出力線など）で接続されている。例えば、回路素子の行ごとにグラウンド線、電源供給線、およびサンプルホールド線等が配線され、信号読み出しのためのバイアス電圧が回路素子に対して伝送されてもよい。また、回路素子の列ごとにスイッチ選択線、リファレンス信号線、リセット制御線、および信号出力線等が配線され、回路素子から読み出された出力信号が駆動回路部 21、23 および 25 等に対して伝送されてもよい。

[0024] 駆動回路部 21、23 および 25 は、信号線を介して、素子部 11 内の各回路素子の駆動および信号の読み出しを制御する。例えば、駆動回路部 21、23 および 25 は、各回路素子を行または列単位で走査しながら駆動させることで、素子部 11 内の各回路素子から出力信号を読み出してもよい。

[0025] ここで、本実施形態に係る放射線検出装置 1 は、大面積の領域の放射線を検出することが可能な検出装置であり、放射線撮像装置、および放射線撮像システム等に好適に用いられる。また、本実施形態に係る放射線検出装置 1 を用いた放射線撮像装置、および放射線撮像システムは、例えば、医療用の X 線撮像装置（いわゆるレントゲン撮像装置など）、手荷物検査などの非破壊検査用の X 線撮像装置などとして、好適に用いることが可能である。

[0026] また、本実施形態に係る放射線検出装置 1 は、放射線検出素子 10 を行列

状に二次元配列した構造を有する素子部 11 を有しており、各放射線検出素子 10 は、撮像装置における各画素に対応している。

[0027] したがって、本実施形態に係る放射線検出装置 1 では、放射線検出素子 10 をより微細に形成することで、受光素子である放射線検出素子 10 をより密集して形成することができる。よって、放射線検出装置 1 は、放射線検出素子 10 の素子間隔を小さくすることができるため、素子部 11 における受光面積を増加させ、放射線の検出感度を向上させることができる。さらに、放射線検出装置 1 は、放射線検出素子 10 をより微細に形成することで、撮像装置における画素を小さくすることができるため、放射線撮像画像の解像度をより向上させることができる。

[0028] また、本実施形態に係る放射線検出装置 1 では、放射線検出素子 10 にて発生した信号電荷は、放射線検出素子 10 の真下に配置された回路素子によって出力信号に変換される。これにより、放射線検出装置 1 では、放射線検出素子 10 と、放射線検出素子 10 からの信号電荷を出力信号に変換する回路素子との間の電流伝送距離を短くすることができるため、出力信号に含まれるノイズを低減することができる。

[0029] さらに、本実施形態に係る放射線検出装置 1 では、放射線検出素子 10 と、真下の回路素子との間に放射線遮蔽層（図示せず）が設けられる。このような放射線遮蔽層によれば、放射線検出素子 10 等を透過した放射線によって回路素子が劣化することを抑制することができる。これにより、放射線検出装置 1 では、回路素子の劣化に起因するリーク電流、ノイズ、および動作不具合等の増加を抑制することができる。

[0030] なお、放射線検出装置 1 において、回路素子に達する放射線を遮蔽するために、放射線検出素子 10 の受光面側にファイバーオプティカルプレート（FOP）を積層させることも提案されている。しかしながら、FOP を積層させた場合、FOP により放射線検出素子 10 に入射する放射線が減衰してしまうため、放射線検出装置 1 の感度が低下してしまう。一方、本実施形態に係る放射線検出装置 1 では、放射線検出素子 10 の受光面側に FOP を積

層させる必要がないため、放射線検出装置 1 の感度低下を回避することができる。

[0031] [1. 2. 放射線検出装置の構造]

次に、図 2 A～図 2 B を参照して、本実施形態に係る放射線検出装置 1 の構造について説明する。図 2 A は、間接変換型の放射線検出装置の積層構造を示した A-A 断面図であり、図 2 B は、直接変換型の放射線検出装置の積層構造を示した A-A 断面図である。

[0032] まず、図 2 A を参照して、間接変換型の放射線検出装置の積層構造について説明する。

[0033] 図 2 A に示すように、基板形成層 1 2 0、1 3 0 によって挟持された遮蔽絶縁層 1 1 0 を含む基板 1 0 0 の一面上に外部配線層 2 2 0 が設けられ、外部配線層 2 2 0 上に絶縁層 3 1 0 および端子電極 3 3 0 が設けられる。端子電極 3 3 0 上には、回路素子 4 1 0 が設けられ、回路素子 4 1 0 は、保護層 5 1 0 によって埋め込まれている。

[0034] また、基板 1 0 0 の一面に対向する他面上に外部配線層 2 3 0 が設けられ、外部配線層 2 3 0 上に絶縁層 3 2 0 および端子電極 3 4 0 が設けられる。外部配線層 2 3 0 は、基板形成層 1 2 0、1 3 0、遮蔽絶縁層 1 1 0 を貫通する貫通ビア 2 1 0 によって外部配線層 2 2 0 と電氣的に接続されている。また、端子電極 3 4 0 上には、光電変換素子 4 2 0 が設けられ、光電変換素子 4 2 0 は、保護層 5 2 0 によって埋め込まれている。保護層 5 2 0 上には、シンチレータ層 5 3 0 および反射層 5 4 0 が順次設けられている。

[0035] なお、図 2 A に示す放射線検出装置 1 は、放射線の入射によりシンチレータ層 5 3 0 にて可視光波長の蛍光を発生させ、発生した蛍光をシンチレータ層 5 3 0 の下方に形成された光電変換素子 4 2 0 が検出することにより、放射線を検出するものである。

[0036] ここで、外部配線層 2 2 0 と外部配線層 2 3 0 とは、基板 1 0 0 を貫通する貫通ビア 2 1 0 によって電氣的に接続されている。これにより、放射線検出装置 1 は、短い電流伝送距離にて、光電変換素子 4 2 0 で発生した信号電

荷を回路素子410に伝送し、出力信号に変換することができるため、出力信号に含まれるノイズを低減することができる。

[0037] 遮蔽絶縁層110は、放射線を遮蔽することが可能な絶縁物で形成された層である。具体的には、遮蔽絶縁層110は、放射線を遮蔽することが可能な金属元素を含み、樹脂およびガラス等の絶縁物で形成された層である。ただし、製造時の熱膨張および熱収縮によって放射線検出装置1の構造中に歪を生じさせないためには、遮蔽絶縁層110は、熱膨張係数の小さいガラスで形成されることが好ましい。また、放射線を遮蔽することが可能な金属元素とは、具体的には、原子番号が22以上の金属元素を表し、例えば、タングステン(W)、スズ(Sn)、鉛(Pb)、銅(Cu)、白金(Pt)、金(Au)、銀(Ag)、ニッケル(Ni)、ストロンチウム(Sr)、およびバリウム(Ba)などを表す。

[0038] 遮蔽絶縁層110は、より具体的には、酸化鉛を含有した鉛入りガラスにて形成することが好ましい。ここで、鉛入りガラスは、比重が 2.5 g/cm^3 以上 5.2 g/cm^3 以下になるように酸化鉛を含有するものが好ましく、例えば、酸化鉛を20質量%以上90質量%で含有するものが好ましい。鉛入りガラスは、安価であり、かつ放射線を高効率で遮蔽することができるため、遮蔽絶縁層110として好適に用いることができる。ただし、法規制等の関係により、鉛入りガラスの使用が困難である場合には、例えば、タングステンを含有するガラス、ストロンチウムおよびバリウムなどを含有する鉛フリー放射線遮蔽ガラスを用いることが好ましい。

[0039] 基板形成層120、130は、遮蔽絶縁層110を挟持し、基板100を形成する層である。基板形成層120、130は、例えば、遮蔽絶縁層110と貼り合せ可能な有機樹脂をシート材に含浸させたプリプレグにて形成されてもよい。具体的には、基板形成層120、130は、繊維状補強材にエポキシ系またはアクリル系の熱硬化性樹脂を含浸させたプリプレグにて形成されてもよい。

[0040] 外部配線層220、230は、基板100の表面上に設けられ、回路素子

410または光電変換素子420と、他の素子とを電氣的に接続する。外部配線層220、230は、高い導電性を有する公知の金属にて形成することができる。例えば、外部配線層220、230は、銅(Cu)、ニッケル(Ni)、タングステン(W)、白金(Pt)、金(Au)、および銀(Ag)などの金属で形成されてもよい。

[0041] 貫通ビア210は、基板100を貫通して設けられ、外部配線層220と、外部配線層230とを電氣的に接続する。具体的には、貫通ビア210は、外部配線層220、230、および端子電極330、340を介して、後述する回路素子410と光電変換素子420とを電氣的に接続する。これにより、貫通ビア210は、回路素子410と光電変換素子420とを短い電流伝送距離で接続することができるため、電流伝送距離が長くなることで発生するノイズを低減することができる。また、貫通ビア210は、高い導電性を有する公知の金属にて形成することができる。例えば、貫通ビア210は、銅(Cu)、ニッケル(Ni)、タングステン(W)、白金(Pt)、金(Au)、および銀(Ag)などの金属で形成されてもよい。

[0042] なお、図2Aでは、貫通ビア210が2つ設けられた例を示したが、貫通ビア210の数は、少なくとも1つ以上であればよく、任意に設定することが可能であり、図2Aで示した例に限定されるわけではない。

[0043] 絶縁層310、320は、外部配線層220、230上に設けられ、外部配線層220、230を保護し、同一面に形成された外部配線層220、230間の電氣的絶縁を確保する。また、絶縁層310、320には、外部配線層220、230の一部領域上に端子電極330、340を形成するための開口が設けられる。絶縁層310、320は、ソルダーレジストとして公知のもので形成することができる。例えば、絶縁層310、320は、エポキシ系の熱硬化性樹脂で形成されてもよい。

[0044] 端子電極330、340は、絶縁層310、320の開口に設けられ、外部配線層220、230と、回路素子410および光電変換素子420とを電氣的に接続する。端子電極330、340は、いわゆる、アンダーバンプ

メタルであってもよい。端子電極 330、340 は、高い導電性を有する公知の金属にて形成することができる。例えば、端子電極 330、340 は、ニッケル (Ni)、白金 (Pt)、金 (Au)、タングステン (W)、銅 (Cu)、および銀 (Ag) などの金属で形成されてもよい。

[0045] 回路素子 410 は、端子電極 330 上に設けられ、貫通ビア 210 を介して光電変換素子 420 と電氣的に接続し、光電変換素子 420 からの信号電荷を出力信号に変換する。具体的には、回路素子 410 は、I/V (電流-電圧) 変換回路を含む電子回路を構成する素子である。このような電気回路により、回路素子 410 は、光電変換素子 420 にて発生した信号電荷を電圧変化に変換し、出力信号として出力することができる。

[0046] 光電変換素子 420 は、端子電極 340 上に設けられ、放射線の入射によりシンチレータ層 530 にて発生した蛍光を検出し、信号電荷を発生させる。具体的には、光電変換素子 420 は、フォトダイオードであることが好ましく、シリコンフォトダイオードであることがより好ましい。これは、シリコンフォトダイオードは、可視光領域の光を十分吸収することができるため、シンチレータ層 530 にて発生した可視光領域の蛍光を十分に検出することができるためである。

[0047] また、シリコンフォトダイオードは、単結晶シリコンを用いたものであることがさらに好ましい。単結晶シリコンを用いたフォトダイオードは、アモルファスシリコン、LTFS (低温多結晶シリコン) などを用いたフォトダイオードに対して、より高感度であるため、放射線検出装置 1 の検出感度を向上させることができる。なお、単結晶シリコンを用いたフォトダイオードは、大面積にて製造することが難しい半導体であるが、本実施形態に係る放射線検出装置 1 では、光電変換素子 420 を大面積にて製造する必要性が低い。そのため、光電変換素子 420 として、単結晶シリコンを用いたフォトダイオードを好適に用いることができる。

[0048] 保護層 510、520 は、絶縁層 310、320 上に回路素子 410、光電変換素子 420 を埋め込むように設けられ、回路素子 410、光電変換素

子420を外部環境から保護する。また、保護層510、520を設けることにより、放射線検出装置1全体としての強度を向上させることができる。

[0049] なお、保護層520は、シンチレータ層530で発生した蛍光を光電変換素子420に到達させるために透明樹脂で形成されることが好ましい。例えば、光電変換素子420を埋め込む保護層520は、アクリル系樹脂、エポキシ系樹脂、ポリスチレン、ポリ塩化ビニル、ポリプロピレンなどの透明樹脂で形成されてもよい。一方、回路素子410を埋め込む保護層510は、特に制限なく、公知の有機樹脂にて形成することができる。例えば、保護層510は、アクリル系樹脂、エポキシ系樹脂、ポリスチレン、ポリ塩化ビニル、ポリプロピレン、およびポリイミド樹脂等の有機樹脂によって形成されてもよい。

[0050] シンチレータ層530は、保護層520上に設けられ、放射線の入射により蛍光を発する。すなわち、シンチレータ層530は、放射線検出装置1の受光面に入射した放射線を可視光等に変換し、下方の光電変換素子420での検出を可能にする。シンチレータ層530は、具体的には、アルファ線、ベータ線、ガンマ線、およびX線などの放射線を可視光に変換する公知の蛍光体にて形成される。例えば、シンチレータ層530は、タリウム(Tl)もしくはナトリウム(Na)を添加したヨウ化セシウム(CsI)、タリウム(Tl)を添加したヨウ化ナトリウム(NaI)、ユロピウム(Eu)を添加した臭化セシウム(CsBr)、ユロピウム(Eu)を添加したフッ化臭化セシウム(CsBrF)、または酸硫化ガドリニウム(Gd_2O_2S)などで形成されてもよい。

[0051] 反射層540は、シンチレータ層530上に形成され、シンチレータ層530にて光電変換素子420と反対側に発せられた蛍光を反射し、光電変換素子420に到達する蛍光を増大させる。反射層540は、光反射率が高い金属の薄膜層として形成されることが好ましく、例えば、銀合金、アルミニウムなどの薄膜層として形成されることが好ましい。

[0052] なお、反射層540上には、吸湿によるシンチレータ層530の特性劣化

を防ぐために防湿層を形成することが好ましい。防湿層は、例えば、ポリパラキシリレンなどの水蒸気バリア性の高い有機膜を用いて形成されることが好ましい。

[0053] 次に、図2Bを参照して、直接変換型の放射線検出装置の積層構造について説明する。

[0054] 図2Bに示すように、直接変換型の放射線検出装置は、図2Aに示した間接変換型の放射線検出装置1に対して、シンチレータ層530および反射層540を備えず、光電変換素子420に替えて放射線検出素子421を備える点異なる。なお、直接変換型の放射線検出装置の他の構成については、図2Aに示す間接変換型の放射線検出装置1と同様であるため、ここでの説明は省略する。

[0055] 放射線検出素子421は、端子電極340上に設けられ、放射線の入射により正孔および電子を発生させる素子である。具体的には、放射線検出素子421は、入射した放射線によって、素子の検出領域の半導体を電離させ、電子および正孔を発生させる素子である。ここで、放射線検出素子421に用いられる半導体としては、例えば、アモルファスセレン半導体、またはカドミウムテルル半導体などを例示することができる。

[0056] なお、放射線検出素子421を埋め込んだ保護層520上には、シンチレータ層530および反射層540は設けられない。これは、放射線検出素子421が、直接、放射線を検出することできるため、放射線を可視光等に変換するシンチレータ層530、およびシンチレータ層530で発生する可視光等を光電変換素子420側に反射させる反射層540を設ける必要がないからである。

[0057] 続いて、図3を参照して、本実施形態に係る放射線検出装置1における貫通ビア210と、光電変換素子420との平面の配置関係について説明する。図3は、光電変換素子420（図2Bでは、放射線検出素子421）と貫通ビア210との配置関係の一例を示した平面図である。

[0058] 図3に示すように、例えば、貫通ビア210は、基板100において、光

電変換素子420の投影領域内に設けられる。また、複数の貫通ビア210が設けられる場合、貫通ビア210は、互いの間隔がより広くなるように配置される。これは、貫通ビア210同士の間隔が狭い場合、貫通ビア210を形成する工程の難易度が上昇し、かつ貫通ビア210間の隔壁となる基板100の強度が低下する可能性があり、好ましくないためである。

[0059] また、図3では、貫通ビア210の配置は、各光電変換素子420で同一としたが、貫通ビア210の配置は、各光電変換素子420で異なってもよい。ただし、光電変換素子420ごとに貫通ビア210の配置が異なった場合、隣接する光電変換素子420間で貫通ビア210同士の間隔が狭くなる可能性がある。そのため、貫通ビア210の配置は、各光電変換素子420で同一であるほうが好ましい。

[0060] 図3において、例えば、光電変換素子420の一辺の長さDWが130 μ mである場合、隣接する光電変換素子420同士の間隔DGは、例えば、20 μ mであってもよい。また、貫通ビア210の直径VDは、例えば、60 μ mであり、貫通ビア210同士の間隔HGは、38 μ mであってもよい。貫通ビア210は、アスペクト比が2~3程度であれば、容易に形成することができるため、上記の場合、厚み120 μ m~180 μ m程度の基板100に対して、容易に貫通ビア210を形成することができる。

[0061] 以上にて説明した構造によれば、本実施形態に係る放射線検出装置1は、光電変換素子420（図2Bでは、放射線検出素子421）にて発生した信号電荷を短い電流伝送距離にて、信号電荷を出力信号に変換する回路素子410に伝送することができる。これにより、本実施形態に係る放射線検出装置1は、出力信号に含まれるノイズを低減することができる。

[0062] また、本実施形態に係る放射線検出装置1は、遮蔽絶縁層110により、放射線による回路素子410の劣化を抑制することができる。これにより、本実施形態に係る放射線検出装置1は、劣化した回路素子410に起因するリーク電流、ノイズおよび動作不良の発生を抑制することができる。

[0063] [1. 3. 放射線検出装置の製造方法]

続いて、図4～図13を参照して、本実施形態に係る放射線検出装置1の製造方法について説明する。図4～図13は、図2Aで示した放射線検出装置1を製造する一工程を説明するA-A断面図である。

[0064] なお、以下で示す製造方法は、あくまで一例であって、本実施形態に係る放射線検出装置1の製造方法が以下の例示に限定されるわけではない。また、各工程における具体的な製造装置および製造条件については、公知の製造装置および製造条件を適用することが可能であるため、詳細な記載は省略する。

[0065] 図4に示すように、金属箔221、基板形成層120、遮蔽絶縁層110、基板形成層130、および金属箔231が積層された積層体が形成される。具体的には、片面に金属箔221（231）が積層された基板形成層120（130）で遮蔽絶縁層110を挟持した後、熱圧着することで、図4に示す積層体を形成することができる。

[0066] また、片面に金属箔221を積層した基板形成層120と、遮蔽絶縁層110とを貼り合せて半積層体を形成し、次に、片面に金属箔231を積層した基板形成層130を該半積層体に対して貼り合せて熱圧着することで、図4に示す積層体を形成してもよい。

[0067] ここで、遮蔽絶縁層110は、例えば、金属元素を含むガラス基板であり、基板形成層120、130は、繊維状補強材にエポキシ系熱硬化性樹脂を含浸させたプリプレグであってもよい。また、金属箔221、231は、例えば、銅箔などであってもよい。

[0068] 次に、図5に示すように、図4に示す積層体に貫通孔211が形成される。貫通孔211を形成する方法は、公知の方法を用いることができるが、例えば、ドリルまたはレーザーによる孔あけ加工、パターニングしたレジストを使用したウェットエッチングなどを用いることができる。なお、貫通孔211の配置は、光電変換素子420、および回路素子410の配置を考慮して、適宜設計することが可能である。

[0069] また、上記では、図4に示す積層体を形成した後に、貫通孔211を形成

する方法を示したが、本開示に係る技術は、上記例示に限定されない。例えば、あらかじめ貫通孔 211 が形成された積層体を用いてもよい。具体的には、貫通孔 211 に相当する位置に遮蔽絶縁層 110 が形成されないような形状を有する金型等を用いて、SOG (Spin On Glass) 等により遮蔽絶縁層 110 を形成してもよい。このような場合、基板形成層 120、130、および金属箔 221、231 等についても、貫通孔 211 に相当する位置に各層が形成されないように形成した上で、各層の貫通孔 211 の位置が整合するように貼り合せて積層体を形成してもよい。

[0070] 続いて、図 6 に示すように、貫通孔 211 を金属で埋め込むことで、貫通ビア 210 が形成される。具体的には、貫通孔 211 が形成された積層体に対して、還元剤を用いた無電解めっきを用いて銅などの金属を成膜することで、貫通ビア 210 を形成することができる。本工程では、複雑な形状を有する非金属面である貫通孔 211 内部に金属をめっきするため、還元剤を用いた還元型の無電解めっきを用いることが好ましい。なお、無電解めっきに用いる還元剤、めっき液などについては、公知のものを使用することが可能である。

[0071] 次に、図 7 に示すように、基板 100 の両面に外部配線層 220、230 が形成される。具体的には、金属箔 221、231 上にレジストを塗布した後、フォトリソグラフィ等により外部配線層 220、230 を形成する領域を露光し、露光されたレジストを現像によって除去する。続いて、レジストが除去されることで金属面が露出した金属箔 221、231 上に、電解めっきによって金属膜を成膜し、全面エッチングによってレジストおよび金属箔 221、231 を除去する。これにより、外部配線層 220、230 が形成される。

[0072] なお、電解めっきによって外部配線層 220、230 として成膜される金属は、密着性等を考慮すると金属箔 221、231 と同一の金属であることが好ましく、例えば、銅などを用いることができる。

[0073] 続いて、図 8 に示すように、外部配線層 220、230 上に、外部配線層

220、230上の領域の一部に開口を設けた絶縁層310、320が形成される。具体的には、外部配線層220、230上に、絶縁層310、320を形成するソルダーレジストを塗布する。次に、外部配線層220、230上の領域の一部をフォトリソグラフィ等により露光した後、露光されたソルダーレジストを現像によって除去することで、絶縁層310、320上に外部配線層220、230の一部を露出させる開口が形成される。なお、絶縁層310、320において、開口が形成される領域は、光電変換素子420と回路素子410との電流伝送距離を短くするため、貫通ビア210の真下を含む領域とすることが好ましい。

[0074] 次に、図9に示すように、絶縁層310、320の開口に端子電極330、340が形成される。具体的には、電解めっきまたは置換型の無電解めっきにより、絶縁層310、320の開口に端子電極330、340が形成される。端子電極330、340は、外部配線層220、230の端子として機能する。端子電極330、340は、配線抵抗を抑制するために、例えば、ニッケル(Ni)、白金(Pt)、および金(Au)などの金属で形成することができる。

[0075] なお、本工程では、開口にのみ端子電極330、340をめっきするために、電解めっきを用いることが好ましい。また、貴金属(Pt、Auなど)をめっきする場合、金属面にのみめっきが施される置換型の無電解めっきを用いることも可能である。

[0076] 続いて、図10に示すように、端子電極330上に回路素子410が実装され、回路素子410を埋め込むように絶縁層310上に保護層510が成膜される。具体的には、端子電極330上にはんだ等を塗布し、端子電極330と、IV変換回路を含むIC(Integrated Circuit)素子の端子(パッド)との位置を合わせて熱圧着することで、端子電極330上に回路素子410が実装される。また、すべての回路素子410を実装した後、絶縁層310上に有機樹脂を塗布等することで保護層510が形成される。なお、保護層510は、ICチップ等の埋め込み材または封止材

として用いられるものであれば、いかなる有機樹脂も使用することが可能である。

[0077] 次に、図11に示すように、端子電極340上に光電変換素子420が実装され、光電変換素子420を埋め込むように絶縁層320上に保護層520が成膜される。具体的には、端子電極340上にはんだ等を塗布し、端子電極340と、フォトダイオードなどの光電変換素子420の端子（パッド）との位置を合わせて熱圧着することで、端子電極340上に光電変換素子420が実装される。また、すべての光電変換素子420を実装した後、絶縁層320上に有機樹脂を塗布等することで保護層520が形成される。なお、保護層520は、ICチップ等の埋め込み材または封止材として用いられ、透明であるものであれば、いかなる有機樹脂も使用することが可能である。

[0078] 続いて、図12に示すように、保護層520上にシンチレータ層530が形成される。具体的には、気相堆積法などを用い、真空装置内でシンチレータ層530を形成する化合物を気化させ、保護層520上に蒸着させることで、シンチレータ層530を形成することができる。シンチレータ層530を形成する化合物としては、上述したような公知の蛍光体を用いることが可能である。

[0079] 次に、図13に示すように、シンチレータ層530上に反射層540が形成される。具体的には、反射層540は、PVD (Physical Vapor Deposition) 法、スパッタ法などの真空蒸着法を用いて、銀合金、アルミニウムなどを蒸着することで形成することができる。

[0080] 以上の工程により、本実施形態に係る放射線検出装置1を製造することができる。このような工程により製造された放射線検出装置1は、光電変換素子420と回路素子410とが、貫通ビア210によって短い電流伝送距離にて接続されているため、出力信号に含まれるノイズを低減することが可能である。また、放射線検出装置1は、光電変換素子420と、回路素子410との間に遮蔽絶縁層110を備えるため、放射線による回路素子410の

劣化を抑制し、劣化した回路素子410に起因するリーク電流、ノイズおよび動作不良の発生を抑制することができる。

[0081] [1.4. 変形例]

次に、図14を参照して、本実施形態の変形例に係る放射線検出装置について説明する。図14は、本変形例に係る放射線検出装置の素子部を示す説明図である。

[0082] 図14に示すように、本変形例に係る放射線検出装置の素子部11Aでは、例えば、2つの放射線検出素子10Aが1組として形成される。また、1組の放射線検出素子10Aに対して、1V変換回路等を含む回路素子（図示せず）が1つ設けられる。すなわち、本変形例に係る放射線検出装置では、複数の放射線検出素子10Aに対して、1つの回路素子が設けられる点異なる。

[0083] なお、複数の放射線検出素子10Aの真下に設けられた回路素子には、放射線検出素子10Aの各々にて発生した信号電荷をそれぞれ出力信号に変換するために、複数の放射線検出素子10Aとの接続を切り替えるスイッチ回路、該スイッチ回路を制御する論理回路などがさらに含まれる。

[0084] このような場合、複数の放射線検出素子10Aに対して、1つの回路素子が設けられることにより、複数の放射線検出素子10Aに接続する信号線を共通にすることができる。そのため、放射線検出素子10Aと外部配線層220とを接続するための端子電極340の数を減少させることができる。また、端子電極340の数が減少することにより、端子電極340同士の間隔をより広くすることができるため、放射線検出装置の製造をより容易に行うことができる。

[0085] ここで、図14では、2つの放射線検出素子10Aに対して、真下に1つの回路素子が設けられている例を示したが、本変形例は、上記例示に限定されない。本変形例は、少なくとも2つ以上の放射線検出素子10Aに対して、1つの回路素子が設けられていればよく、例えば、4つの放射線検出素子10Aに対して、1つの回路素子が設けられていてもよい。

[0086] < 2. 第2の実施形態 >

[2. 1. 放射線検出装置の構造]

次に、図15および図16を参照して、本開示の第2の実施形態に係る放射線検出装置2の構造について説明する。図15は、本実施形態に係る放射線検出装置の積層構造を示したA-A断面図である。

[0087] なお、以下では、主として間接変換型の放射線検出装置を例示して説明するが、本実施形態に係る放射線検出装置は、直接変換型の放射線検出装置であってもよいことは言うまでもない。

[0088] 図15に示すように、基板形成層120、130によって挟持された遮蔽金属層111を含む基板101の一面上に外部配線層220が設けられ、外部配線層220上に絶縁層310および端子電極330が設けられる。端子電極330上には、回路素子410が設けられ、回路素子410は、保護層510によって埋め込まれている。

[0089] また、基板101の一面に対向する他面上に外部配線層230が設けられ、外部配線層230上に絶縁層320および端子電極340が設けられる。外部配線層230は、基板形成層120、130を貫通し、遮蔽金属層111の開口部113を通過する貫通ビア210によって外部配線層220と電氣的に接続されている。また、端子電極340上には、光電変換素子420が設けられ、光電変換素子420は、保護層520によって埋め込まれている。保護層520上には、シンチレータ層530および反射層540が順次設けられている。

[0090] すなわち、第2の実施形態に係る放射線検出装置2は、遮蔽絶縁層110に替えて遮蔽金属層111を基板101に含む点が、第1の実施形態に係る放射線検出装置1と異なる。

[0091] ここで、外部配線層220と外部配線層230とは、遮蔽金属層111に設けられた開口部113を通過して形成された貫通ビア210によって電氣的に接続されている。また、貫通ビア210は、遮蔽金属層111と接触しないように、遮蔽金属層111に設けられた開口部113を通過して形成さ

れる。これにより、放射線検出装置 2 は、短い電流伝送距離にて光電変換素子 4 2 0 で発生した信号電荷を回路素子 4 1 0 に伝送し、出力信号に変換することができるため、出力信号に含まれるノイズを低減することができる。また、放射線検出装置 2 は、貫通ビア 2 1 0 と遮蔽金属層 1 1 1 と電氣的に絶縁することができるため、短絡（ショート）の発生を抑制することができる。

[0092] また、外部配線層 2 2 0、2 3 0 および端子電極 3 3 0、3 4 0 のうちの少なくともいずれかは、貫通ビア 2 1 0 と遮蔽金属層 1 1 1 との間で両者の電氣的絶縁を確保する領域（以下では、絶縁確保領域ともいう）に対応する領域に形成される。

[0093] 遮蔽金属層 1 1 1 は、放射線を遮蔽することが可能な金属で形成された層である。放射線を遮蔽することが可能な金属とは、具体的には、原子番号が 2 2 以上の金属元素を表し、例えば、タングステン（W）、鉄（Fe）、鉛（Pb）、金（Au）、白金（Pt）、銀（Ag）、銅（Cu）、クロム（Cr）、ニッケル（Ni）、モリブデン（Mo）、スズ（Sn）などを表す。特に、放射線を遮蔽することが可能な金属としては、タングステン（W）、鉛（Pb）、銅（Cu）、クロム（Cr）、ニッケル（Ni）、金（Au）、白金（Pt）、銀（Ag）、スズ（Sn）が好ましい。

[0094] また、遮蔽金属層 1 1 1 には、貫通ビア 2 1 0 を通過させるために開口部 1 1 3 が形成される。遮蔽金属層 1 1 1 は、導電性を有するため、遮蔽金属層 1 1 1 と貫通ビア 2 1 0 とが接触した場合、短絡（ショート）が発生する可能性がある。そこで、本実施形態では、貫通ビア 2 1 0 の直径よりも大きな直径を有する開口部 1 1 3 を遮蔽金属層 1 1 1 に形成し、開口部 1 1 3 を通過するように貫通ビア 2 1 0 を形成することで、短絡の発生を防止している。

[0095] ただし、貫通ビア 2 1 0 を通る信号線が短絡等の可能性がない信号線（例えば、グランド線など）である場合、貫通ビア 2 1 0 と遮蔽金属層 1 1 1 とは、接触していてもよいことはいうまでもない。

[0096] また、上述したように、外部配線層 220、230 および端子電極 330、340 のうちの少なくともいずれかは、貫通ビア 210 と遮蔽金属層 111 との間で両者の電氣的絶縁を確保する領域（以下では、絶縁確保領域ともいう）に対応する領域に形成される。これは、貫通ビア 210 と遮蔽金属層 111 との間の絶縁確保領域では、貫通ビア 210 および遮蔽金属層 111 のいずれも形成されないため、貫通ビア 210 および遮蔽金属層 111 によって放射線が遮蔽されないためである。

[0097] そこで、放射線検出装置 2 は、金属からなる外部配線層 220、230 および端子電極 330、340 のうちの少なくともいずれかを絶縁確保領域に対応する領域に形成することで、該絶縁確保領域における放射線の遮蔽を可能にしている。これにより、放射線検出装置 2 は、放射線による回路素子 410 の劣化を抑制することができる。また、より確実に放射線を遮蔽するためには、より多くの金属層（外部配線層 220、230、および端子電極 330、340）が絶縁確保領域に対応する領域に形成されることが好ましい。

[0098] なお、上述した以外の他の構成については、実質的に第 1 の実施形態にて説明したとおりであるため、ここでの説明は省略する。

[0099] 続いて、図 16 を参照して、本実施形態に係る放射線検出装置 2 における貫通ビア 210 と、光電変換素子 420 との平面の配置関係について説明する。図 16 は、光電変換素子と貫通ビアとの配置関係の一例を示した平面図である。

[0100] 図 16 に示すように、例えば、開口部 113 は、基板 101 において、光電変換素子 420 の投影領域内に設けられる。また、貫通ビア 210 は、開口部 113 内を通過している。ここで、開口部 113 のうち貫通ビアが通過する領域が貫通ビア領域 213 であり、開口部 113 のうちの貫通ビア領域 213 の外周領域が絶縁確保領域 115 である。

[0101] なお、複数の貫通ビア 210 が設けられる場合、開口部 113 は、互いの間隔がより広くなるように配置される。これは、開口部 113 同士の間隔が

狭い場合、開口部 113 を形成する工程の難易度が上昇し、かつ開口部 113 間の隔壁となる基板 101 の強度が低下する可能性があり、好ましくないためである。

[0102] また、図 16 では、貫通ビア 210 および開口部 113 の配置は、各光電変換素子 420 で同一としたが、貫通ビア 210 および開口部 113 の配置は、各光電変換素子 420 で異なってもよい。ただし、光電変換素子 420 ごとに開口部 113 の配置が異なった場合、隣接する光電変換素子 420 間で開口部 113 同士の間隔が狭くなる可能性がある。そのため、貫通ビア 210 および開口部 113 の配置は、各光電変換素子 420 で同一であるほうが好ましい。

[0103] 図 16 において、例えば、光電変換素子 420 の一辺の長さ DW が $130\ \mu\text{m}$ である場合、隣接する光電変換素子 420 同士の間隔 DG は、例えば、 $20\ \mu\text{m}$ であってもよい。また、開口部 113 の直径 HD は、例えば、 $60\ \mu\text{m}$ であり、貫通ビア領域 213 の直径 VD は、 $40\ \mu\text{m}$ であってもよい。このとき、絶縁確保領域 115 の幅は、 $10\ \mu\text{m}$ とすることが好ましい。これは、貫通ビア 210 と遮蔽金属層 111 との絶縁性を確保するためには、間に少なくとも $10\ \mu\text{m}$ 以上の絶縁物が存在することが好ましいためである。また、開口部 113 同士の間隔 HG は、 $38\ \mu\text{m}$ であってもよい。貫通ビア 210 は、アスペクト比が 2~3 程度であれば、容易に形成することができるため、上記の場合、厚み $80\ \mu\text{m}$ ~ $120\ \mu\text{m}$ 程度の基板 101 に対して、容易に貫通ビア 210 を形成することができる。

[0104] 以上にて説明した構造によれば、本実施形態に係る放射線検出装置 2 は、光電変換素子 420 にて発生した信号電荷を短い電流伝送距離にて、信号電荷を出力信号に変換する回路素子 410 に伝送することができる。これにより、本実施形態に係る放射線検出装置 2 は、出力信号に含まれるノイズを低減することができる。

[0105] また、本実施形態に係る放射線検出装置 2 は、遮蔽金属層 111、貫通ビア 210、および外部配線層 220、230、端子電極 330、340 によ

って回路素子410に到達する放射線を遮蔽することができる。そのため、放射線検出装置2は、放射線による回路素子410の劣化を抑制し、劣化した回路素子410に起因するリーク電流、ノイズおよび動作不良の発生を抑制することができる。

[0106] [2. 2. 放射線検出装置の製造方法]

続いて、図17～図20を参照して、本実施形態に係る放射線検出装置2の製造方法について説明する。図17～図20は、図15で示した放射線検出装置2を製造する一工程を説明するA-A断面図である。以下では、本実施形態に係る放射線検出装置2において、特徴的な工程についてのみ説明し、第1の実施形態にて説明した工程と実質的に同様の工程の説明については省略する。

[0107] なお、以下で示す製造方法は、あくまで一例であって、本実施形態に係る放射線検出装置2の製造方法が以下の例示に限定されるわけではない。また、各工程における具体的な製造装置および製造条件については、公知の製造装置および製造条件を適用することが可能であるため、詳細な記載は省略する。

[0108] 図17に示すように、金属箔221、基板形成層120、開口部113が形成された遮蔽金属層111、基板形成層120、130、および金属箔221が積層された積層体が形成される。

[0109] 具体的には、片面に金属箔221(231)が積層された基板形成層120(130)で遮蔽金属層111を挟持した後、熱圧着することで、図17に示す積層体を形成することができる。また、片面に金属箔221を積層した基板形成層120と、遮蔽金属層111とを貼り合せて半積層体を形成し、次に、片面に金属箔231を積層した基板形成層130を該半積層体に対して貼り合せて熱圧着することで、図17に示す積層体を形成してもよい。なお、基板形成層120、130は、繊維状補強材にエポキシ系熱硬化性樹脂を含浸させたプリプレグであってもよく、金属箔221、231は、例えば、銅箔などであってもよい。

- [0110] ここで、遮蔽金属層 111 は、例えば、タングステン等からなる金属層であり、開口部 113 を有する。開口部 113 は、形成される貫通ビア 210 の配置と対応する配置にて形成される。また、遮蔽金属層 111 と貫通ビア 210 との電氣的絶縁を確保するために、開口部 113 は、貫通ビア 210 の直径よりも大きい直径にて形成される。
- [0111] 次に、図 18 に示すように、図 17 に示す積層体に貫通孔 211 が形成される。貫通孔 211 を形成する方法は、公知の方法を用いることができるが、例えば、ドリルまたはレーザによる孔あけ加工、パターニングしたレジストを使用したウェットエッチングなどを用いることができる。また、内部に貫通ビア 210 が形成される貫通孔 211 は、遮蔽金属層 111 と貫通ビア 210 との電氣的絶縁を確保するために、開口部 113 内に形成される。
- [0112] 続いて、図 19 に示すように、貫通孔 211 を金属で埋め込み、貫通ビア 210 が形成される。具体的には、貫通孔 211 が形成された積層体に対して、還元剤を用いた無電解めっきを用いて銅などの金属を成膜することで、貫通ビア 210 を形成することができる。本工程では、複雑な形状を有する非金属面である貫通孔 211 内部に金属をめっきするため、還元剤を用いた還元型の無電解めっきを用いることが好ましい。なお、無電解めっきに用いる還元剤、めっき液などについては、公知のものを使用することが可能である。
- [0113] 次に、図 20 に示すように、基板 101 の両面に外部配線層 220、230 が形成される。具体的には、金属箔 221、231 上にレジストを塗布した後、フォトリソグラフィ等により外部配線層 220、230 を形成する領域を露光し、露光されたレジストを現像によって除去する。続いて、レジストが除去されることで金属面が露出した金属箔 221、231 上に、電解めっきによって金属膜を成膜し、全面エッチングによってレジストおよび金属箔 221、231 を除去する。これにより、外部配線層 220、230 が形成される。
- [0114] なお、電解めっきによって外部配線層 220、230 として成膜される金

属は、密着性等を考慮すると金属箔 221、231 と同一の金属であることが好ましく、例えば、銅などを用いることが好ましい。

[0115] 以降の工程については、第 1 の実施形態にて図 8～図 13 を参照して説明した工程と実質的に同様であるため、ここでの説明は省略する。

[0116] 以上の工程により、本実施形態に係る放射線検出装置 2 を製造することができる。このような工程により製造された放射線検出装置 2 は、光電変換素子 420 と回路素子 410 とが、貫通ビア 210 によって短い電流伝送距離にて接続されているため、出力信号に含まれるノイズを低減することが可能である。

[0117] また、放射線検出装置 2 は、遮蔽金属層 111、貫通ビア 210、および外部配線層 220、230、端子電極 330、340 によって回路素子 410 に到達する放射線を遮蔽することができるため、回路素子 410 の劣化を抑制することができる。これにより、本実施形態に係る放射線検出装置 2 は、劣化した回路素子 410 に起因するリーク電流、ノイズおよび動作不良の発生を抑制することができる。

[0118] <3. 第 3 の実施形態>

[3. 1. 放射線検出装置の構造]

続いて、図 21 を参照して、本開示の第 3 の実施形態に係る放射線検出装置 3 の構造について説明する。図 21 は、本実施形態に係る放射線検出装置 3 の積層構造を示した A-A 断面図である。

[0119] なお、以下では、主として間接変換型の放射線検出装置を例示して説明するが、本実施形態に係る放射線検出装置は、直接変換型の放射線検出装置であってもよいことは言うまでもない。

[0120] 図 21 に示すように、放射線検出装置 3 において、基板 103 は、遮蔽絶縁層 110 および遮蔽金属層 111 を含む。また、遮蔽絶縁層 110 と遮蔽金属層 111 との間には基板形成層 130 が設けられており、基板 103 は、遮蔽絶縁層 110、基板形成層 130 および遮蔽金属層 111 の積層体を基板形成層 120、140 にて挟持されることで形成されている。

- [0121] また、基板103の一面には、外部配線層220が設けられ、外部配線層220上に絶縁層310および端子電極330が設けられる。端子電極330上には、回路素子410が設けられ、回路素子410は、保護層510によって埋め込まれている。
- [0122] さらに、基板103の一面に対向する他面には、外部配線層230が設けられ、外部配線層230上に絶縁層320および端子電極340が設けられる。外部配線層230は、遮蔽絶縁層110、遮蔽金属層111、および基板形成層120、130、140を貫通する貫通ビア210によって外部配線層220と電氣的に接続されている。また、端子電極340上には、光電変換素子420が設けられ、光電変換素子420は、保護層520によって埋め込まれている。保護層520上には、シンチレータ層530および反射層540が順次設けられている。
- [0123] すなわち、第3の実施形態に係る放射線検出装置3では、基板103が遮蔽絶縁層110および遮蔽金属層111を含む点が、第1の実施形態に係る放射線検出装置1と異なる。本実施形態に係る放射線検出装置3によれば、例えば、遮蔽絶縁層110のみでは放射線の遮蔽が不十分である場合、または遮蔽絶縁層110および遮蔽金属層111を厚く形成することが困難な場合に、放射線の遮蔽をより確実に行うことができる。
- [0124] ここで、外部配線層220と、外部配線層230とは、基板103を貫通する貫通ビア210によって電氣的に接続されている。また、貫通ビア210は、遮蔽金属層111と接触しないように、遮蔽金属層111に設けられた開口部113を通過して形成される。これにより、放射線検出装置3は、短い電流伝送距離にて光電変換素子420で発生した信号電荷を回路素子410に伝送し、出力信号に変換することができるため、出力信号に含まれるノイズを低減することができる。また、放射線検出装置3は、貫通ビア210と遮蔽金属層111とを電氣的に絶縁することができるため、短絡（ショート）の発生を抑制することができる。
- [0125] また、第2の実施形態にて説明したように、外部配線層220、230お

よび端子電極 330、340 のうちの少なくともいずれかは、貫通ビア 210 と遮蔽金属層 111 との間で両者の電氣的絶縁を確保する絶縁確保領域に対応する領域に形成される。これにより、放射線検出装置 3 は、遮蔽金属層 111 が形成されない絶縁確保領域であっても、外部配線層 220、230 および端子電極 330、340 のうちの少なくともいずれかによって回路素子 410 に到達する放射線を遮蔽することができる。

[0126] なお、より確実に放射線を遮蔽するためには、より多くの金属層（外部配線層 220、230、および端子電極 330、340）が絶縁確保領域に対応する領域に形成されることが好ましい。

[0127] なお、上述した以外の放射線検出装置 3 の各構成の詳細については、実質的に第 1 および第 2 の実施形態にて説明したとおりであるため、ここでの説明は省略する。また、図 21 では、遮蔽絶縁層 110 が回路素子 410 側に形成され、遮蔽金属層 111 が光电変換素子 420 側に形成された例を示したが、本開示に係る技術は、上記例示に限定されない。例えば、遮蔽金属層 111 が回路素子 410 側に形成され、遮蔽絶縁層 110 が光电変換素子 420 側に形成されてもよい。

[0128] [3. 2. 放射線検出装置の製造方法]

続いて、図 22 および図 23 を参照して、本実施形態に係る放射線検出装置 3 の製造方法について説明する。図 22 および図 23 は、図 21 で示した放射線検出装置 3 を製造する一工程を説明する A-A 断面図である。以下では、本実施形態に係る放射線検出装置 3 において、特徴的な工程についてのみ説明し、第 1 の実施形態にて説明した工程と実質的に同様の工程の説明については省略する。

[0129] なお、以下で示す製造方法は、あくまで一例であって、本実施形態に係る放射線検出装置 2 の製造方法が以下の例示に限定されるわけではない。また、各工程における具体的な製造装置および製造条件については、公知の製造装置および製造条件を適用することが可能であるため、詳細な記載は省略する。

- [0130] 図22に示すように、金属箔221、基板形成層120、遮蔽絶縁層110、基板形成層130、遮蔽金属層111、基板形成層140および金属箔231が積層された積層体が形成される。
- [0131] 具体的には、基板形成層120を介して、開口部113が形成された遮蔽金属層111と、遮蔽絶縁層110とを貼り合わせる。次に、遮蔽金属層111、基板形成層120および遮蔽絶縁層110を貼り合せた積層体を、片面に金属箔221(231)が積層された基板形成層120(140)で挟持した後、熱圧着することで、図21に示す積層体を形成することができる。
- [0132] ここで、遮蔽絶縁層110は、例えば、金属元素を含むガラス基板である。遮蔽金属層111は、例えば、タングステン等からなり、貫通ビア210の配置と対応する配置にて形成された開口部113を有する金属層である。なお、開口部113は、貫通ビア210の直径よりも大きい直径にて形成される。また、基板形成層120、130、140は、繊維状補強材にエポキシ系熱硬化性樹脂を含浸させたプリプレグであってもよい。また、金属箔221、231は、例えば、銅箔などであってもよい。
- [0133] 次に、図23に示すように、図22に示す積層体に貫通孔211が形成される。貫通孔211を形成する方法は、公知の方法を用いることができるが、例えば、ドリルまたはレーザによる孔あけ加工、パターニングされたレジストを使用したウェットエッチングなどを用いることができる。また、内部に貫通ビア210が形成される貫通孔211は、遮蔽金属層111と貫通ビア210との電氣的絶縁を確保するために、開口部113内に形成される。
- [0134] 以降の工程については、第1の実施形態にて図6～図13を参照して説明した工程と実質的に同様であるため、ここでの説明は省略する。
- [0135] 以上の工程により、本実施形態に係る放射線検出装置3を製造することができる。このような工程により製造された放射線検出装置3は、光電変換素子420と、回路素子410とが貫通ビア210によって、短い電流伝送距離にて接続されているため、出力信号に含まれるノイズを低減することが可能である。

[0136] また、放射線検出装置 3 は、遮蔽絶縁層 110、および遮蔽金属層 111 によって、回路素子 410 に到達する放射線をより確実に遮蔽することができる。これにより、放射線検出装置 3 は、放射線による回路素子 410 の劣化に起因するリーク電流、ノイズおよび動作不良の発生をさらに抑制することができる。

[0137] <4. 第4の実施形態>

[4. 1. 放射線検出装置の構造]

次に、図 24 を参照して、本開示の第 4 の実施形態に係る放射線検出装置 4 の構造について説明する。図 24 は、本実施形態に係る放射線検出装置 4 の積層構造を示した A-A 断面図である。

[0138] なお、以下では、主として間接変換型の放射線検出装置を例示して説明するが、本実施形態に係る放射線検出装置は、直接変換型の放射線検出装置であってもよいことは言うまでもない。

[0139] 図 24 に示すように、放射線検出装置 4 において、基板 105 は、第 1 の遮蔽金属層 111 A および第 2 の遮蔽金属層 111 B を含む。また、第 1 の遮蔽金属層 111 A と、第 2 の遮蔽金属層 111 B との間には、基板形成層 130、内部配線層 240、および基板形成層 140 が設けられて積層体を形成している。また、基板 105 は、上記積層体をさらに基板形成層 120、150 にて挟持されることで形成されている。

[0140] また、基板 103 の一面には、外部配線層 220 が設けられ、外部配線層 220 上に絶縁層 310 および端子電極 330 が設けられる。端子電極 330 上には、回路素子 410 が設けられ、回路素子 410 は、保護層 510 によって埋め込まれている。

[0141] さらに、基板 103 の一面に対向する他面には、外部配線層 230 が設けられ、外部配線層 230 上に絶縁層 320 および端子電極 340 が設けられる。外部配線層 230 は、第 2 の遮蔽金属層 111 B、基板形成層 150、140 を貫通する第 2 の貫通ビア 210 B によって内部配線層 240 と電氣的に接続されており、さらに、内部配線層 240 は、第 1 の遮蔽金属層 11

1 A、基板形成層 130、120を貫通する第1の貫通ビア 210 Aによって外部配線層 220と電氣的に接続されている。また、端子電極 340上には、光電変換素子 420が設けられ、光電変換素子 420は、保護層 520によって埋め込まれている。保護層 520上には、シンチレータ層 530および反射層 540が順次設けられている。

[0142] すなわち、第4の実施形態に係る放射線検出装置 4では、基板 105が複数層の遮蔽金属層（第1の遮蔽金属層 111 A、第2の遮蔽金属層 111 B）を含む点が、第1の実施形態に係る放射線検出装置 1と異なる。本実施形態に係る放射線検出装置 4によれば、例えば、遮蔽金属層を厚く形成することが困難な場合に、放射線の遮蔽をより確実に行うことができる。

[0143] ここで、外部配線層 220と、外部配線層 230とは、第1の貫通ビア 210 A、第2の貫通ビア 210 B、内部配線層 240によって電氣的に接続されている。なお、第1の貫通ビア 210 Aは、第1の遮蔽金属層 111 Aと接触しないように、第1の遮蔽金属層 111 Aに設けられた第1の開口部 113 Aを通過して形成される。また、第2の貫通ビア 210 Bは、第2の遮蔽金属層 111 Bと接触しないように、第2の遮蔽金属層 111 Bに設けられた第2の開口部 113 Bを通過して形成される。

[0144] これにより、放射線検出装置 4は、短い電流伝送距離にて光電変換素子 420で発生した信号電荷を回路素子 410に伝送し、出力信号に変換することができるため、出力信号に含まれるノイズを低減することができる。また、放射線検出装置 4は、第1の貫通ビア 210 Aと第1の遮蔽金属層 111 Aとの間、および第2の貫通ビア 210 Bと第2の遮蔽金属層 111 Bとの間を電氣的に絶縁することができるため、短絡（ショート）の発生を抑制することができる。

[0145] また、第2の実施形態にて説明したように、外部配線層 220、230、内部配線層 240、および端子電極 330、340のうちの少なくともいずれかは、第1の遮蔽金属層 111 Aおよび第2の遮蔽金属層 111 Bが形成されない絶縁確保領域に対応する領域に形成される。これにより、放射線検

出装置 4 は、第 1 の遮蔽金属層 1 1 1 A および第 2 の遮蔽金属層 1 1 1 B が形成されない絶縁確保領域であっても、外部配線層 2 2 0、2 3 0、内部配線層 2 4 0、および端子電極 3 3 0、3 4 0 のうちの少なくともいずれかによって回路素子 4 1 0 に到達する放射線を遮蔽することができる。

[0146] なお、より確実に放射線を遮蔽するためには、より多くの金属層（外部配線層 2 2 0、2 3 0、内部配線層 2 4 0、および端子電極 3 3 0、3 4 0）が絶縁確保領域に対応する領域に形成されることが好ましい。

[0147] また、第 1 の開口部 1 1 3 A が形成される領域と、第 2 の開口部 1 1 3 B が形成される領域とは、基板 1 0 5 の一面側から平面視した際に重ならないことが好ましい。これは、高い放射線遮蔽効果を有する第 1 の遮蔽金属層 1 1 1 A、および第 2 の遮蔽金属層 1 1 1 B が形成されていない領域が重ならないようにすることで、領域によって放射線遮蔽効果に大きな差が生じないようにするためである。

[0148] なお、上述した以外の放射線検出装置 4 の各構成の詳細については、実質的に第 1 および第 2 の実施形態にて説明したとおりであるため、ここでの説明は省略する。

[0149] [4. 2. 放射線検出装置の製造方法]

続いて、図 2 5 ~ 図 2 8 を参照して、本実施形態に係る放射線検出装置 4 の製造方法について説明する。図 2 5 ~ 図 2 8 は、図 2 4 で示した放射線検出装置 4 を製造する一工程を説明する A - A 断面図である。以下では、本実施形態に係る放射線検出装置 4 において、特徴的な工程についてのみ説明し、第 1 および第 2 の実施形態にて説明した工程と実質的に同様の工程の説明については省略する。

[0150] なお、以下で示す製造方法は、あくまで一例であって、本実施形態に係る放射線検出装置 2 の製造方法が以下の例示に限定されるわけではない。また、各工程における具体的な製造装置および製造条件については、公知の製造装置および製造条件を適用することが可能であるため、詳細な記載は省略する。

- [0151] 図25に示すように、例えば、図20で示した積層体に対して、さらに基板形成層130、第1の遮蔽金属層111A、基板形成層120および金属箔221を積層することで、図25に示す積層体が形成される。
- [0152] 具体的には、図20で示す積層体の一面に、基板形成層130を介して第1の開口部113Aが形成された第1の遮蔽金属層111Aを貼り合わせる。次に、片面に金属箔221が積層された基板形成層120を第1の遮蔽金属層111A上に貼り合せて熱圧着することで、図25に示す積層体を形成することができる。
- [0153] なお、図20で示した積層体の製造方法は、図17～図20を参照して説明したとおりであるので、ここでの説明は省略する。
- [0154] ここで、第1の遮蔽金属層111Aは、例えば、タングステン等からなり、第1の開口部113Aを有する金属層である。第1の開口部113Aは、内部配線層240が形成されたいずれかの領域に形成され、第2の開口部113Bの直下の領域に形成されないことが好ましい。また、基板形成層120、130は、繊維状補強材にエポキシ系熱硬化性樹脂を含浸させたプリプレグであってもよい。また、金属箔221は、例えば、銅箔などであってもよい。
- [0155] 次に、図26に示すように、図25に示す積層体に第1の貫通孔211Aが形成される。また、第1の貫通孔211Aは、内部配線層240を露出させるように形成される。第1の貫通孔211Aを形成する方法は、公知の方法を用いることができるが、例えば、ドリルまたはレーザによる孔あけ加工、パターニングされたレジストを使用したウェットエッチングなどを用いることができる。
- [0156] また、内部に第1の貫通ビア210Aが形成される第1の貫通孔211Aは、第1の遮蔽金属層111Aと、第1の貫通ビア210Aとの電氣的絶縁を確保するために、第1の開口部113A内に形成される。
- [0157] 続いて、図27に示すように、第1の貫通孔211Aを金属で埋め込み、第1の貫通ビア210Aが形成される。具体的には、第1の貫通孔211A

が形成された積層体に対して、還元剤を用いた無電解めっきを用いて銅などの金属を成膜することで、第1の貫通ビア210Aを形成することができる。これにより、第1の貫通ビア210Aは、内部配線層240と電氣的に接続される。本工程では、複雑な形状を有する非金属面である第1の貫通孔211A内部に金属をめっきするため、還元剤を用いた還元型の無電解めっきを用いることが好ましい。なお、無電解めっきに用いる還元剤、めっき液などについては、公知のものを使用することが可能である。

[0158] 次に、図28に示すように、基板105の金属箔221側に外部配線層220が形成される。具体的には、金属箔221上にレジストを塗布した後、フォトリソグラフィ等により外部配線層220を形成する領域を露光し、露光されたレジストを現像によって除去する。続いて、レジストが除去されることで金属面が露出した金属箔221、231上に、電解めっきにて金属膜を成膜し、全面エッチングによってレジストおよび金属箔221を除去する。これにより、外部配線層220が形成される

[0159] なお、電解めっきによって外部配線層220として成膜される金属は、密着性等を考慮すると金属箔221と同一の金属であることが好ましく、例えば、銅などを用いることが好ましい。

[0160] 以降の工程については、第1の実施形態にて図8～図13を参照して説明した工程と実質的に同様であるため、ここでの説明は省略する。

[0161] 以上の工程により、本実施形態に係る放射線検出装置4を製造することができる。このような工程により製造された放射線検出装置2は、光電変換素子420と回路素子410とが、第1の貫通ビア210A、内部配線層240、第2の貫通ビア210Bによって短い電流伝送距離にて接続されているため、出力信号に含まれるノイズを低減することが可能である。

[0162] また、放射線検出装置4は、複数の遮蔽金属層（第1の遮蔽金属層111A、第2の遮蔽金属層111B）によって回路素子410に到達する放射線を遮蔽することができるため、回路素子410の劣化をさらに抑制することができる。これにより、本実施形態に係る放射線検出装置4は、劣化した回

路素子410に起因するリーク電流、ノイズおよび動作不良の発生を抑制することができる。

[0163] なお、上記では、放射線検出装置4は、遮蔽金属層を2層有する構成を示したが、本開示に係る技術は、上記に限定されない。例えば、放射線検出装置4は、遮蔽金属層を3層以上有していてもよい。また、いずれかの遮蔽金属層が遮蔽絶縁層で置き換えられていてもよい。

[0164] <5. 適用例>

以下では、図29を参照して、本開示の各実施形態に係る放射線検出装置の適用例について説明する。図29は、本開示の各実施形態に係る放射線検出装置を用いた放射線撮像装置（または、放射線撮像システム）を模式的に示した説明図である。本開示の各実施形態に係る放射線検出装置は、例えば、図29に示す放射線撮像装置（または、放射線撮像システム）に適用可能である。

[0165] 図29に示すように、放射線撮像装置5は、各実施形態に係る放射線検出装置1と、演算処理部33と、表示部35とを備える。

[0166] 演算処理部33は、放射線検出装置1から出力される検出信号に対して、演算処理を施すことで撮像画像を生成する。また、表示部35は、演算処理部33が生成した撮像画像に基づく表示画像を表示する。

[0167] このような放射線撮像装置5では、まず、光源（例えば、X線源などの放射線源）31から被写体30に向かって放射線が照射され、被写体30を透過した放射線が放射線検出装置1内の素子部11にて検出される。次に、放射線検出装置1は、素子部11からの出力信号を演算処理部33に出力し、演算処理部33は、放射線検出装置1からの出力信号を演算処理して撮像画像を生成し、撮像画像信号を表示部35に出力する。表示部35は、演算処理部33からの撮像画像信号に基づいて、放射線撮像装置5により撮像された撮像画像を表示画像として表示する。

[0168] 以上にて説明したように、本適用例に係る放射線撮像装置5（または、放射線撮像システム）は、放射線検出装置1からの出力信号に基づいて、被写

体30の放射線撮像画像を取得することが可能である。また、本適用例に係る放射線撮像装置5は、取得した放射線による撮像画像信号を表示部35または外部の表示装置に出力することで、被写体30の放射線撮像画像を表示させることも可能である。

[0169] 以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態について詳細に説明したが、本開示の技術的範囲はかかる例に限定されない。本開示の技術分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

[0170] また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的または例示的なものであって限定的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果とともに、または上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他の効果を奏しうる。

[0171] なお、以下のような構成も本開示の技術的範囲に属する。

(1)

放射線遮蔽層を含む基板と、
前記基板の一面に二次元配列された複数の放射線検出素子と、
前記基板の前記放射線検出素子が配列された面と対向する他面に配置され、前記基板を貫通する貫通ビアによって、少なくとも一つ以上の前記放射線検出素子と電氣的に接続される回路素子と、
を備える、放射線検出装置。

(2)

前記放射線遮蔽層は、金属元素を含む絶縁物層である、前記(1)に記載の放射線検出装置。

(3)

前記放射線遮蔽層は、金属元素を含むガラスで形成される、前記(2)に記載の放射線検出装置。

(4)

前記放射線遮蔽層は、金属層である、前記(1)に記載の放射線検出装置。

(5)

前記金属層は、前記貫通ビアが通過する貫通ビア領域、および前記貫通ビア領域の外周に形成された絶縁確保領域を含む領域に形成された開口部を有する、前記(4)に記載の放射線検出装置。

(6)

前記基板のいずれかの面上には、外部配線層および端子電極が形成され、前記外部配線層および前記端子電極の少なくともいずれかは、少なくとも前記絶縁確保領域に対応する領域に形成される、前記(5)に記載の放射線検出装置。

(7)

前記基板は、前記放射線遮蔽層を複数含み、前記貫通ビアは、前記放射線遮蔽層の異なる平面領域に形成された開口部にて、前記放射線遮蔽層の各々を通過する、前記(5)または(6)に記載の放射線検出装置。

(8)

前記基板は、単層の前記放射線遮蔽層を含む、前記(1)～(6)のいずれか一項に記載の放射線検出装置。

(9)

前記回路素子により構成される電気回路は、電流－電圧変換回路を含む、前記(1)～(8)のいずれか一項に記載の放射線検出装置。

(10)

前記放射線検出素子は、放射線を電気信号に直接変換する素子である、前記(1)～(9)のいずれか一項に記載の放射線検出装置。

(11)

前記回路素子は、複数の前記放射線検出素子と電氣的に接続されている、

前記（１）～（１０）のいずれか一項に記載の放射線検出装置。

（１２）

放射線遮蔽層を含む基板と、前記基板の一面に二次元配列された複数の放射線検出素子と、前記基板の前記放射線検出素子が配列された面と対向する他面に配置され、前記基板を貫通する貫通ビアによって、少なくとも一つ以上の前記放射線検出素子と電氣的に接続される回路素子とを備える放射線検出装置と、

前記放射線検出装置からの出力信号を演算処理し、撮像画像を生成する演算処理部と、

を有する撮像装置。

（１３）

放射線遮蔽層を含む基板と、前記基板の一面に二次元配列された複数の放射線検出素子と、前記基板の前記放射線検出素子が配列された面と対向する他面に配置され、前記基板を貫通する貫通ビアによって、少なくとも一つ以上の前記放射線検出素子と電氣的に接続される回路素子とを備える放射線検出装置と、

前記放射線検出装置からの出力信号を演算処理し、撮像画像を生成する演算処理部と、

を有する撮像システム。

符号の説明

[0172]	１、２、３、４	放射線検出装置
	５	放射線撮像装置
	１０	放射線検出素子
	１１	素子部
	１１０	遮蔽絶縁層
	１１１	遮蔽金属層
	１１３	開口部
	１２０、１３０、１４０、１５０	基板形成層

- 2 1 0 貫通ビア
- 2 2 0、2 3 0 外部配線層
- 2 4 0 内部配線層
- 3 1 0、3 2 0 絶縁層
- 3 3 0、3 4 0 端子電極
- 4 1 0 回路素子
- 4 2 0 光電変換素子
- 5 1 0、5 2 0 保護層
- 5 3 0 シンチレータ層
- 5 4 0 反射層

請求の範囲

- [請求項1] 放射線遮蔽層を含む基板と、
前記基板の一面に二次元配列された複数の放射線検出素子と、
前記基板の前記放射線検出素子が配列された一面と対向する他面に配置され、前記基板を貫通する貫通ビアによって、少なくとも一つ以上の前記放射線検出素子と電氣的に接続される回路素子と、
を備える、放射線検出装置。
- [請求項2] 前記放射線遮蔽層は、金属元素を含む絶縁物層である、請求項1に記載の放射線検出装置。
- [請求項3] 前記放射線遮蔽層は、金属元素を含むガラスで形成される、請求項2に記載の放射線検出装置。
- [請求項4] 前記放射線遮蔽層は、金属層である、請求項1に記載の放射線検出装置。
- [請求項5] 前記金属層は、前記貫通ビアが通過する貫通ビア領域、および前記貫通ビア領域の外周に形成された絶縁確保領域を含む領域に形成された開口部を有する、請求項4に記載の放射線検出装置。
- [請求項6] 前記基板のいずれかの面上には、外部配線層および端子電極が形成され、
前記外部配線層および前記端子電極の少なくともいずれかは、少なくとも前記絶縁確保領域に対応する領域に形成される、請求項5に記載の放射線検出装置。
- [請求項7] 前記基板は、前記放射線遮蔽層を複数含み、
前記貫通ビアは、前記放射線遮蔽層の異なる平面領域に形成された開口部にて、前記放射線遮蔽層の各々を通過する、請求項5に記載の放射線検出装置。
- [請求項8] 前記基板は、単層の前記放射線遮蔽層を含む、請求項1に記載の放射線検出装置。
- [請求項9] 前記回路素子により構成される電気回路は、電流－電圧変換回路を

含む、請求項 1 に記載の放射線検出装置。

[請求項10] 前記放射線検出素子は、放射線を電気信号に直接変換する素子である、請求項 1 に記載の放射線検出装置。

[請求項11] 前記回路素子は、複数の前記放射線検出素子と電氣的に接続されている、請求項 1 に記載の放射線検出装置。

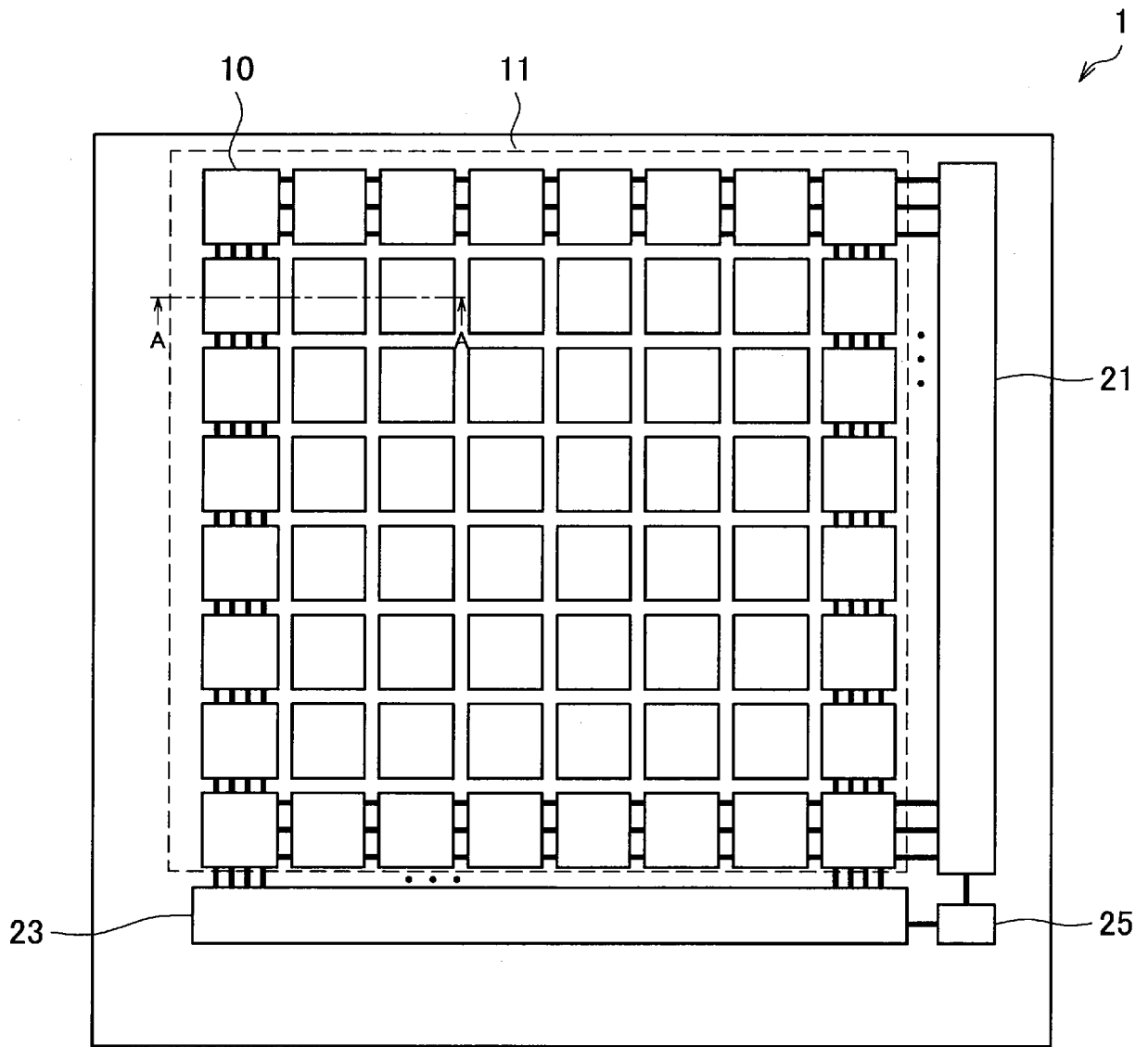
[請求項12] 放射線遮蔽層を含む基板と、前記基板の一面に二次元配列された複数の放射線検出素子と、前記基板の前記放射線検出素子が配列された面と対向する他面に配置され、前記基板を貫通する貫通ビアによって、少なくとも一つ以上の前記放射線検出素子と電氣的に接続される回路素子とを備える放射線検出装置と、

前記放射線検出装置からの出力信号を演算処理し、撮像画像を生成する演算処理部と、
を有する撮像装置。

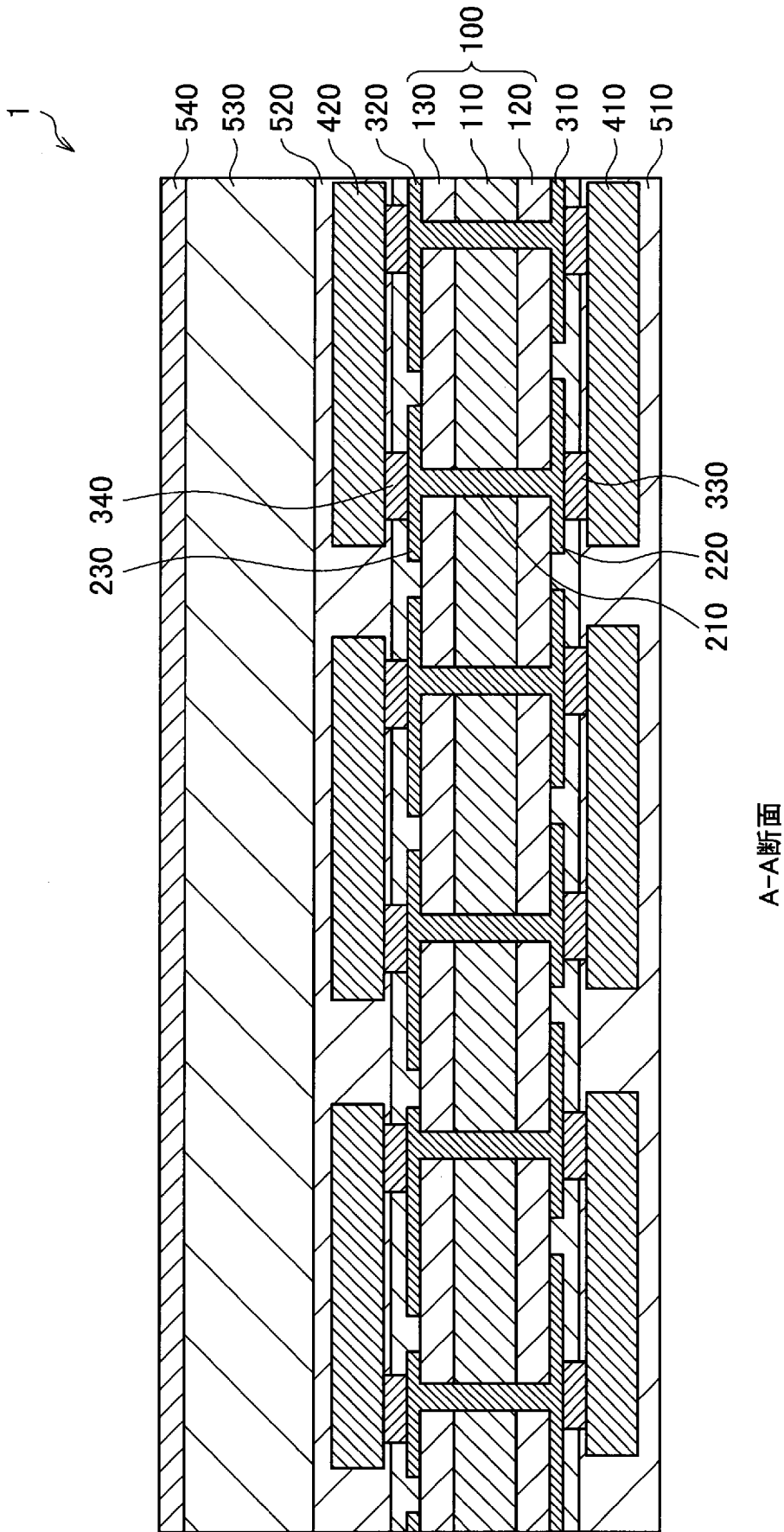
[請求項13] 放射線遮蔽層を含む基板と、前記基板の一面に二次元配列された複数の放射線検出素子と、前記基板の前記放射線検出素子が配列された面と対向する他面に配置され、前記基板を貫通する貫通ビアによって、少なくとも一つ以上の前記放射線検出素子と電氣的に接続される回路素子とを備える放射線検出装置と、

前記放射線検出装置からの出力信号を演算処理し、撮像画像を生成する演算処理部と、
を有する撮像システム。

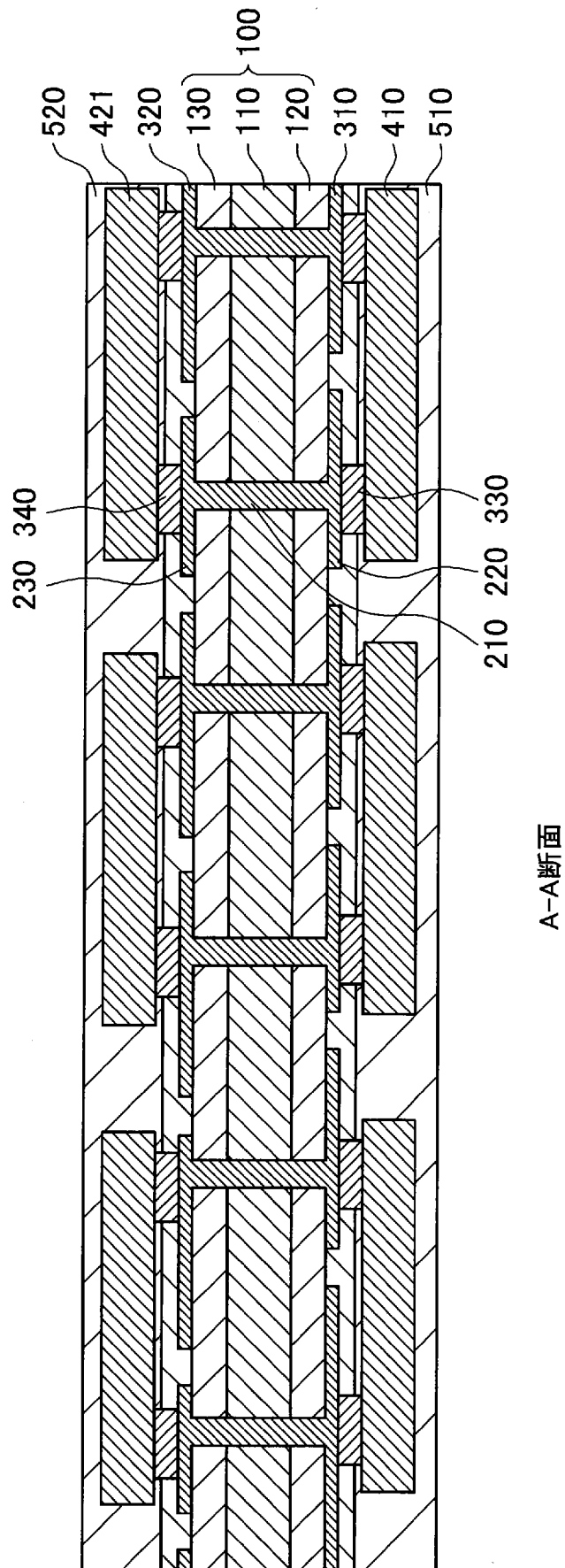
[図1]



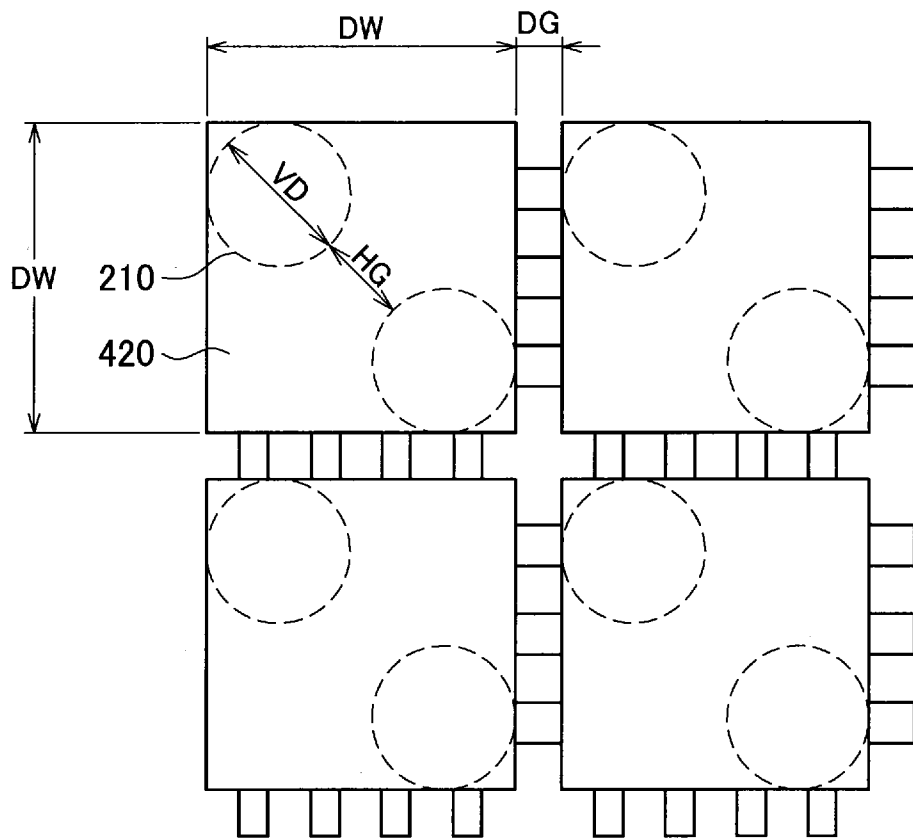
[図2A]



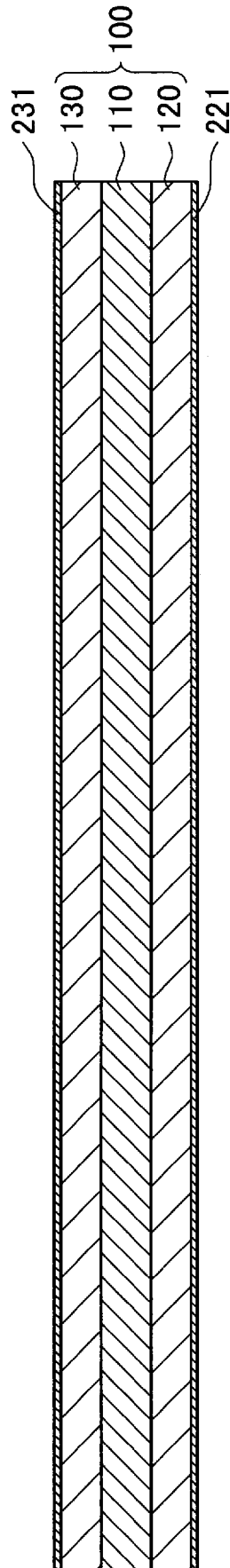
[図2B]



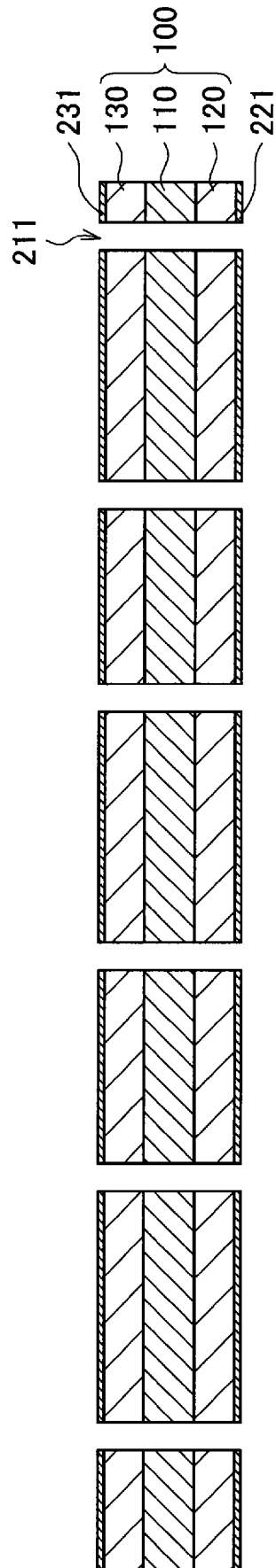
[図3]



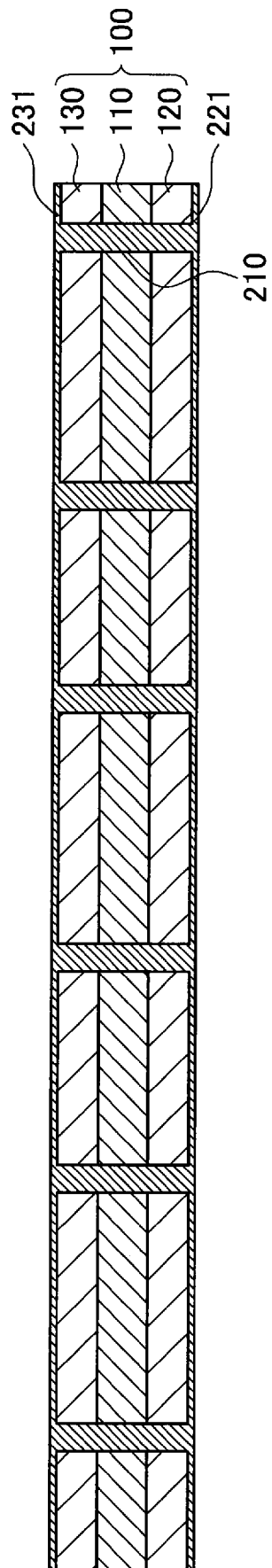
[図4]



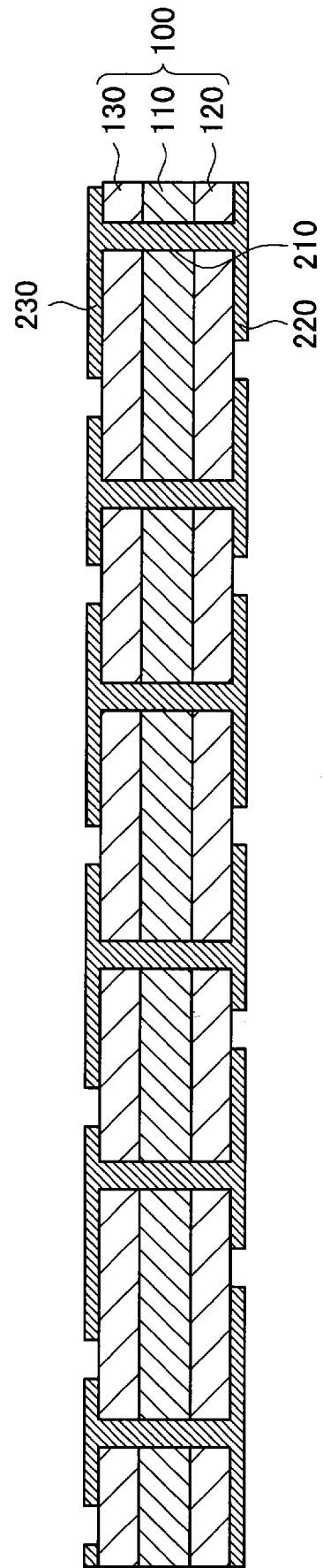
[図5]



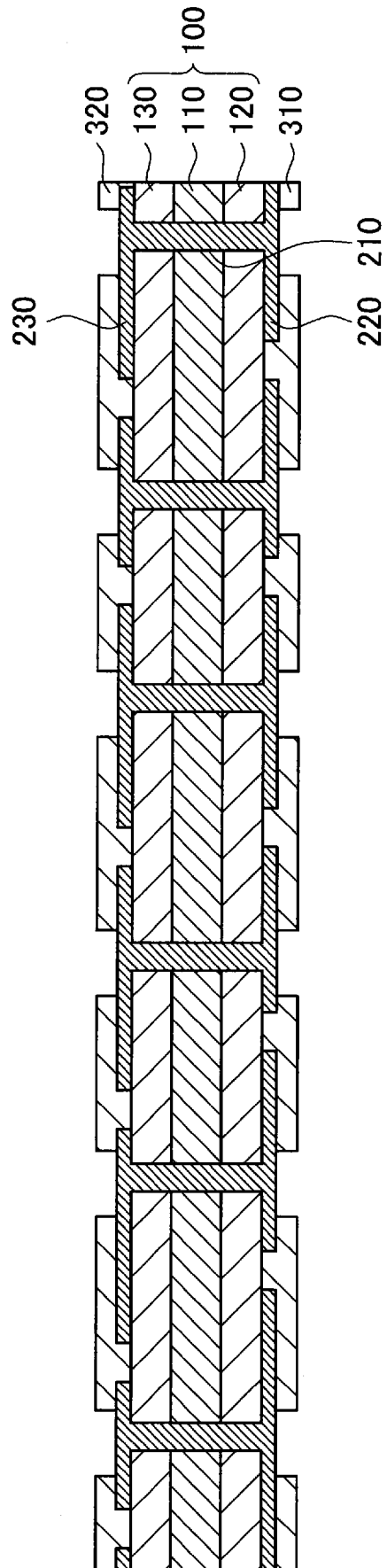
[図6]



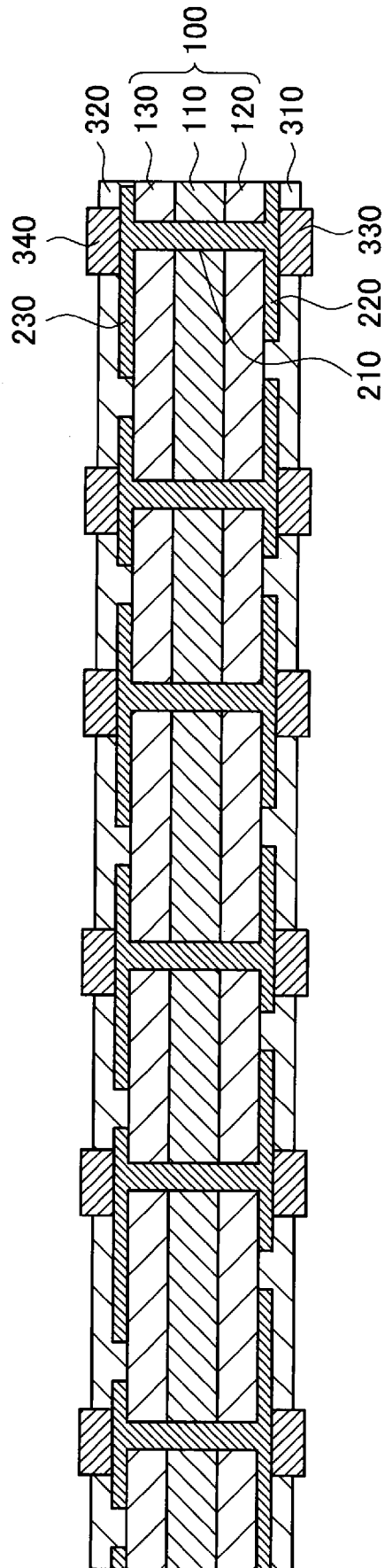
[図7]



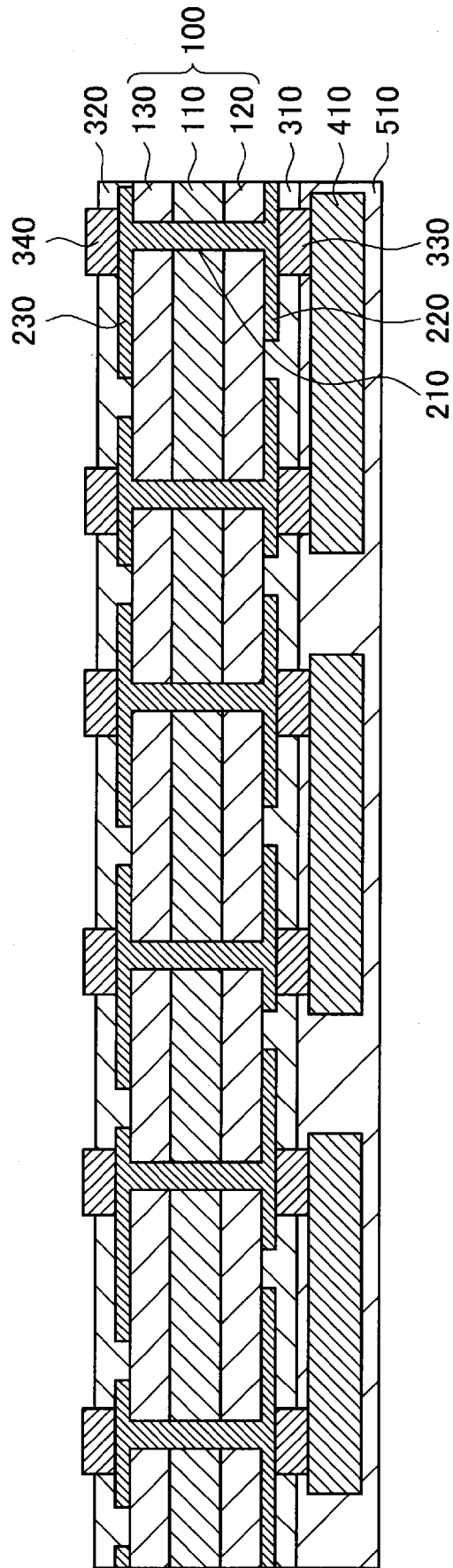
[図8]



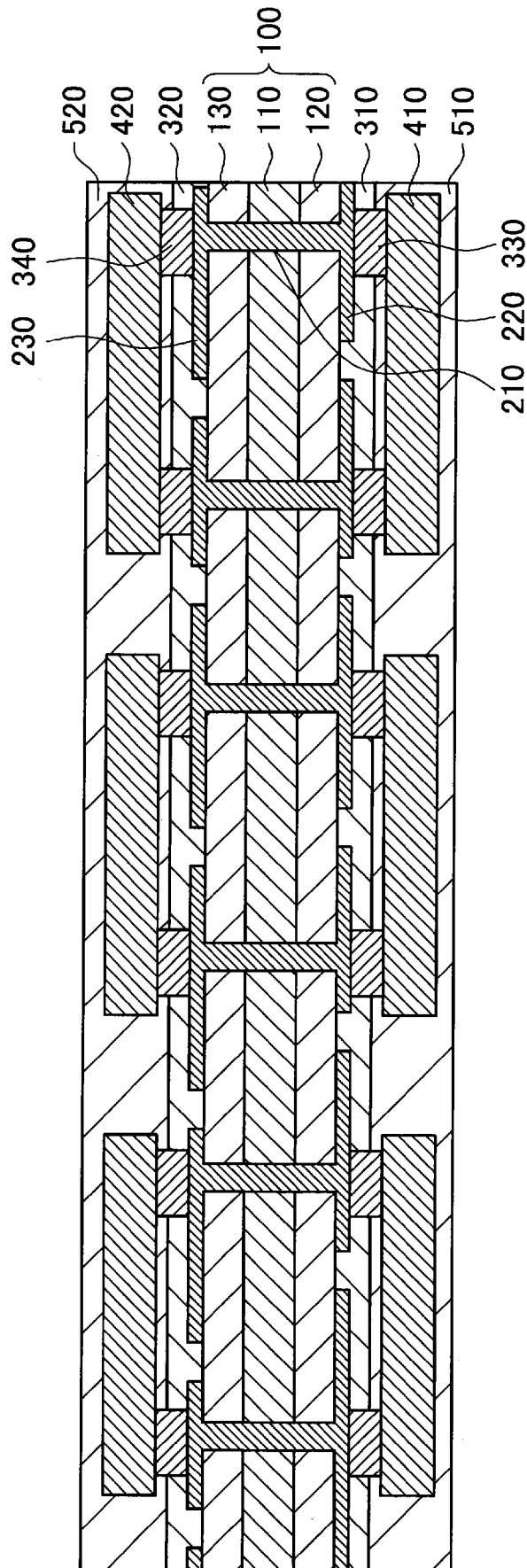
[図9]



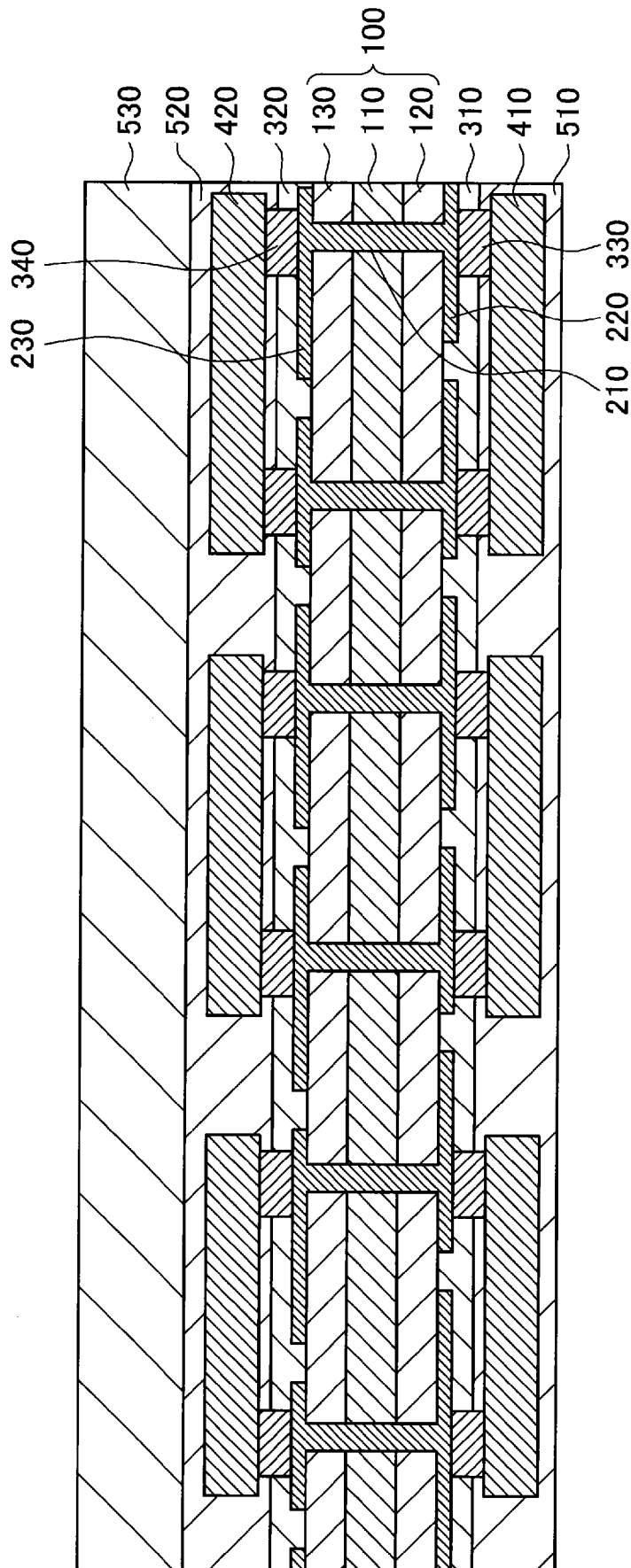
[図10]



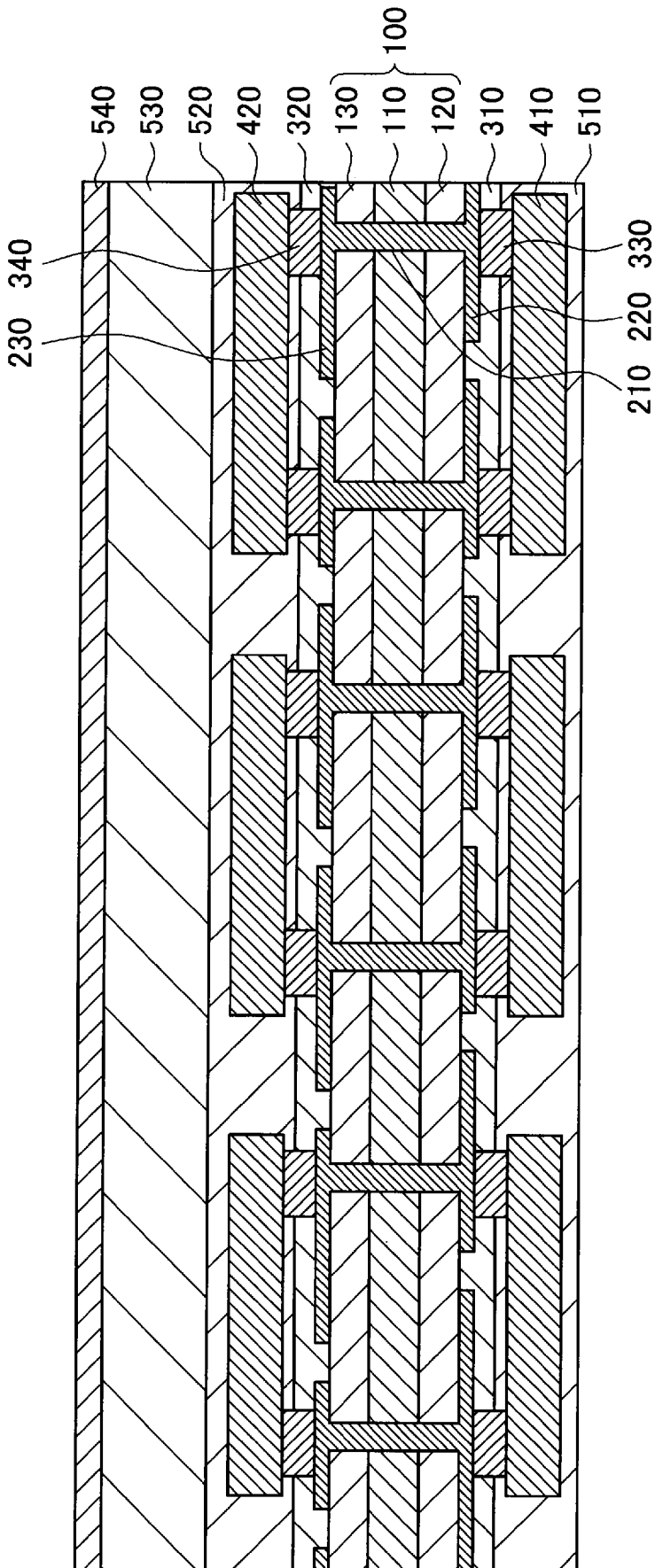
[図11]



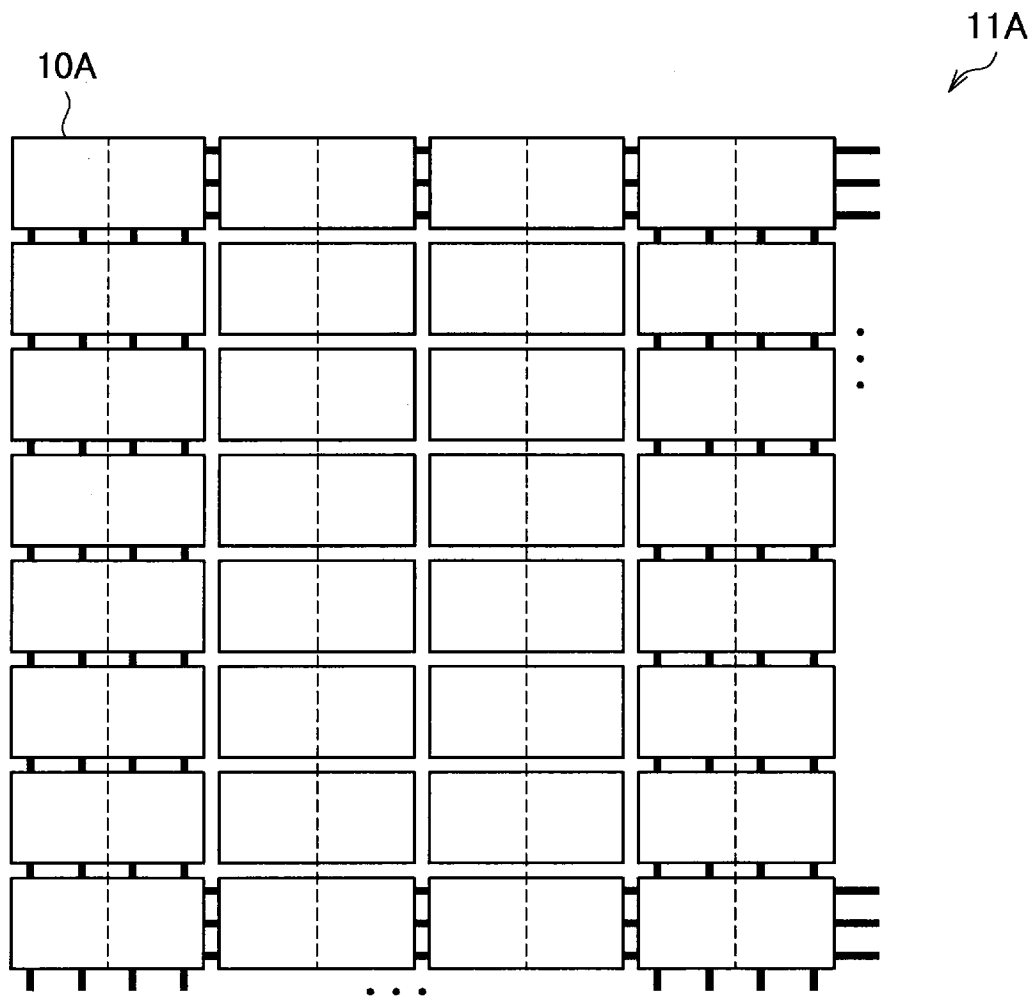
[図12]



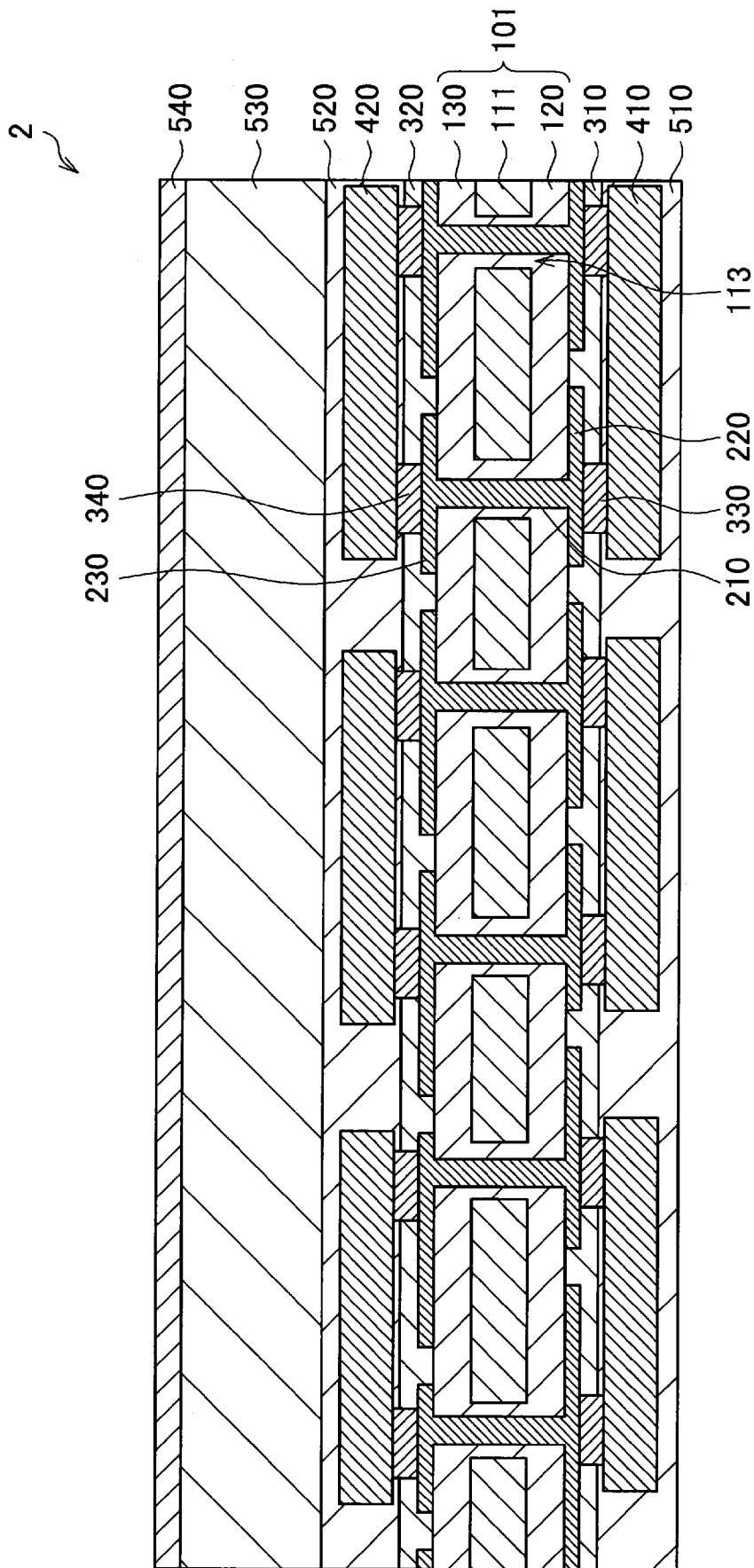
[図13]



[図14]

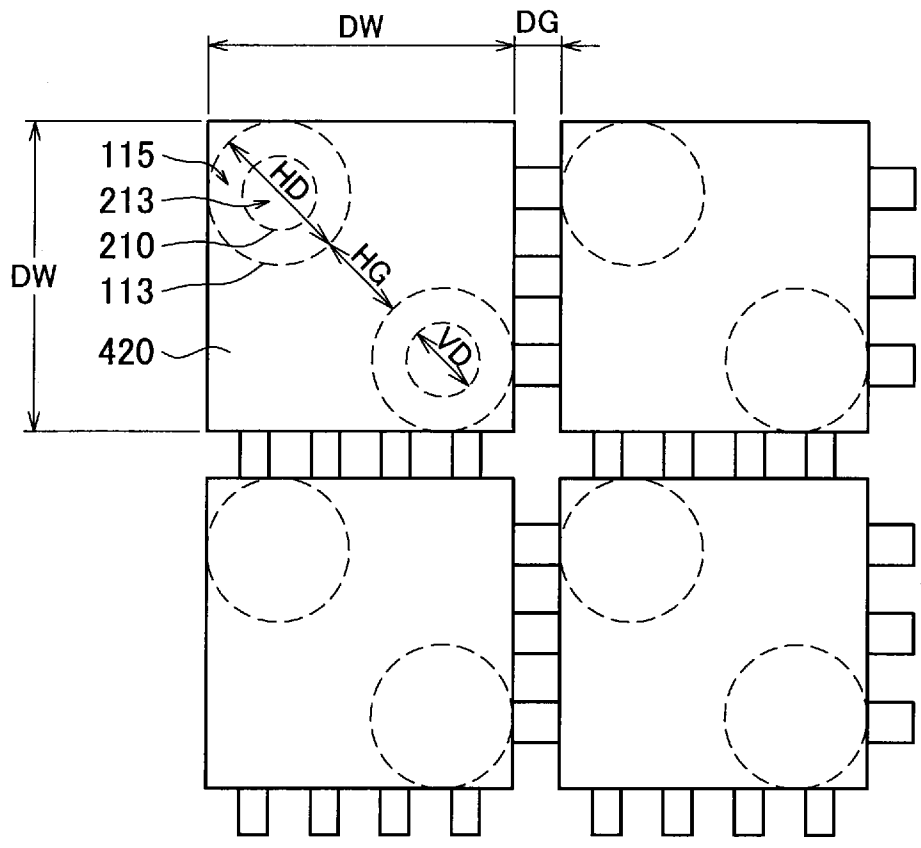


[図15]

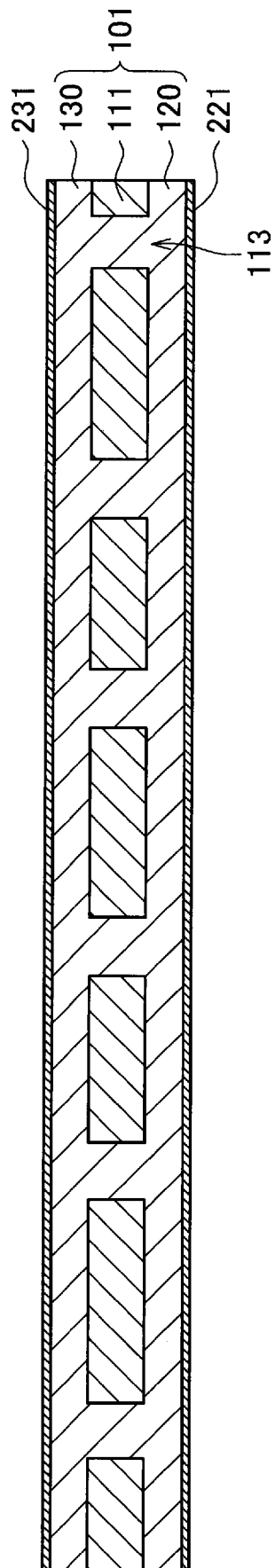


A-A断面

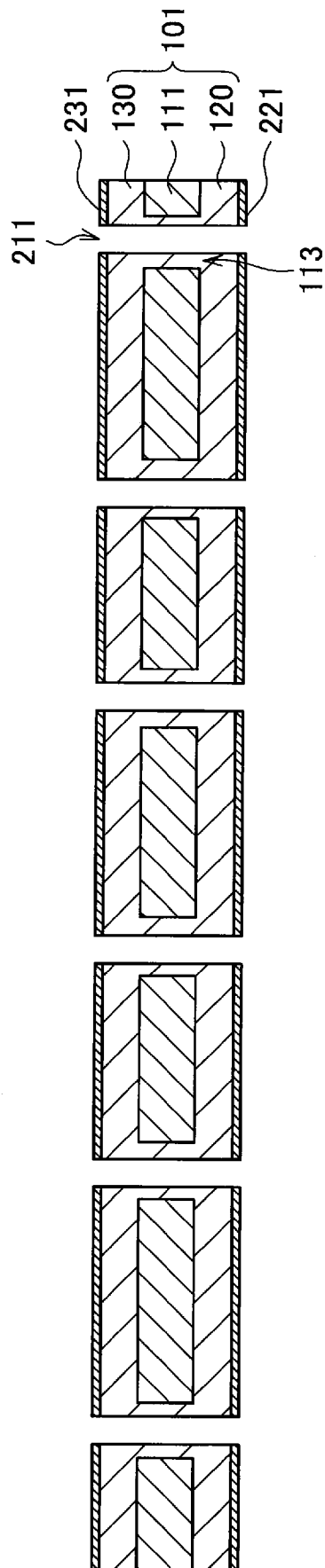
[図16]



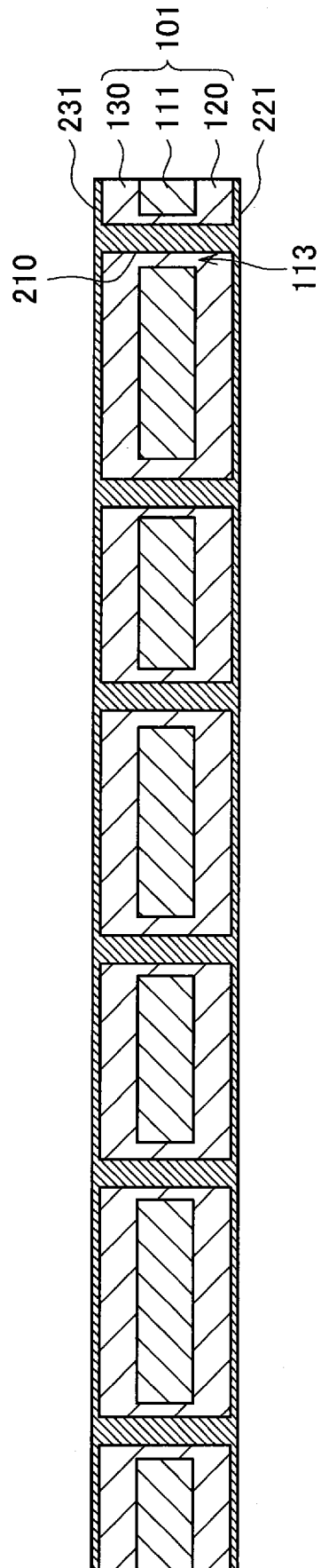
[図17]



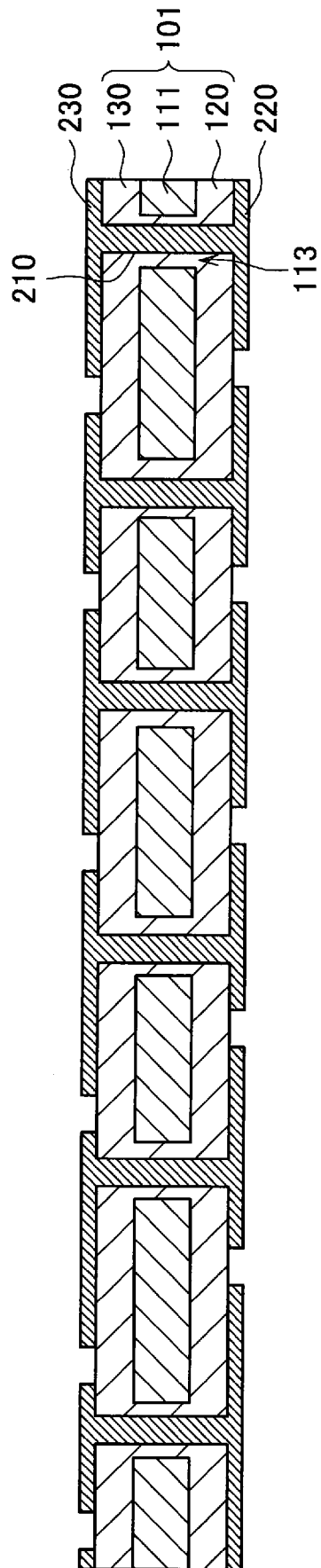
[図18]



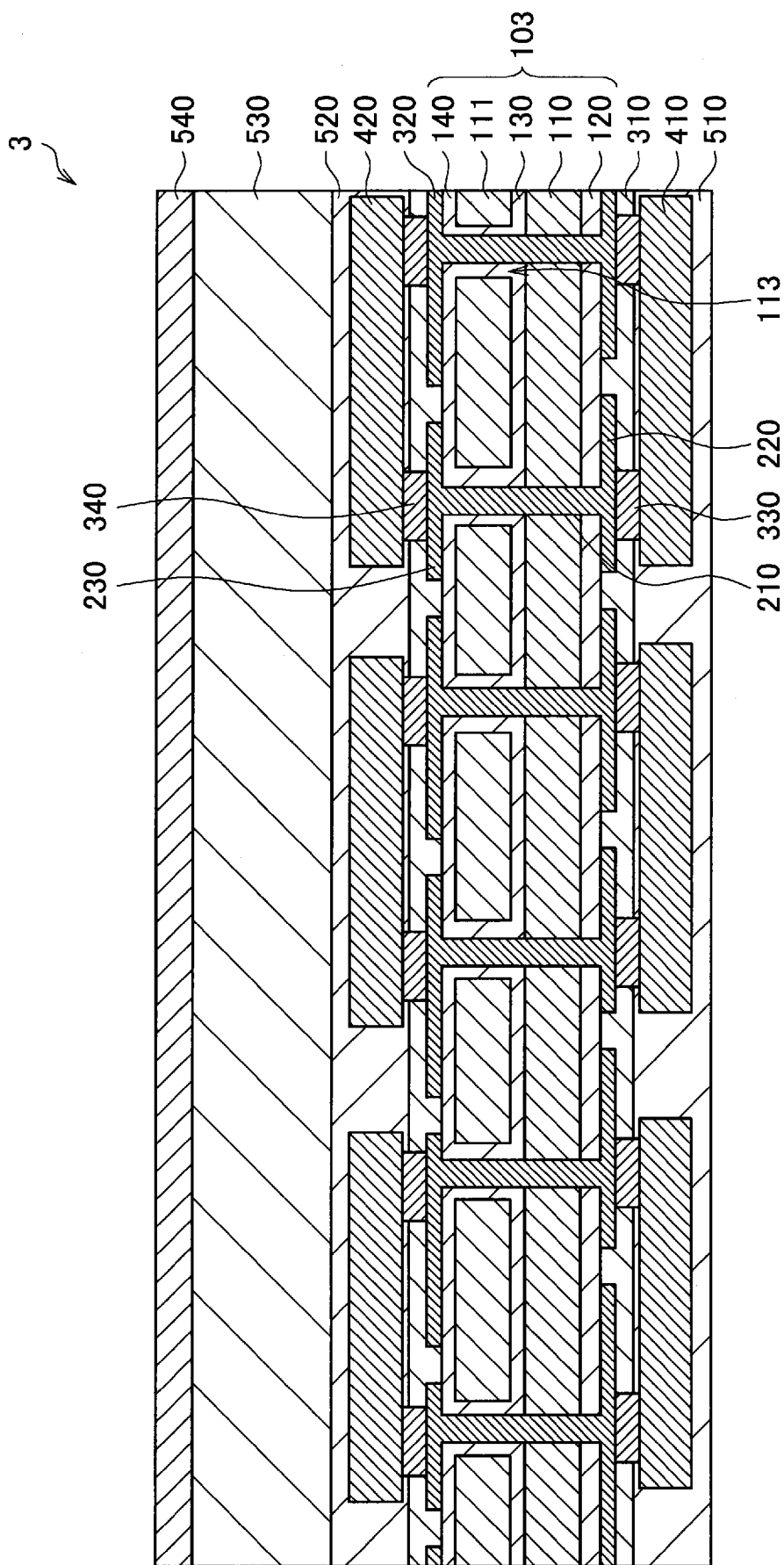
[図19]



[図20]

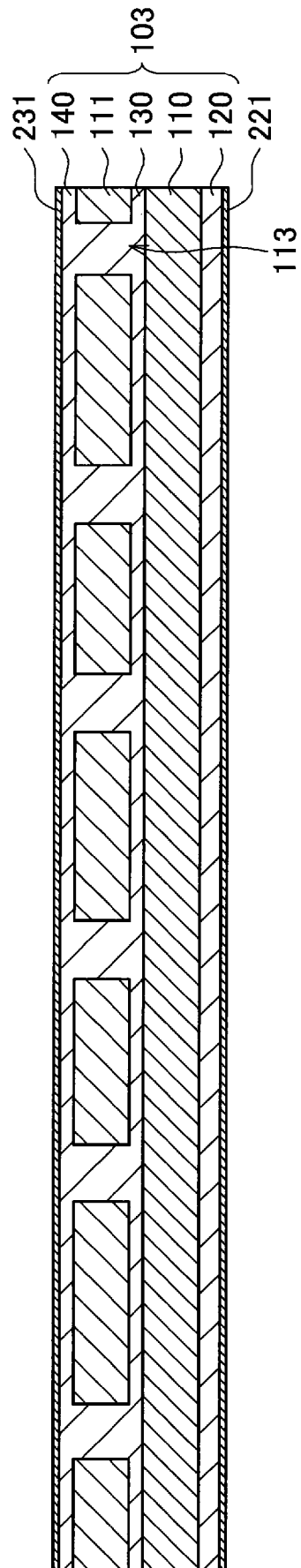


[図21]

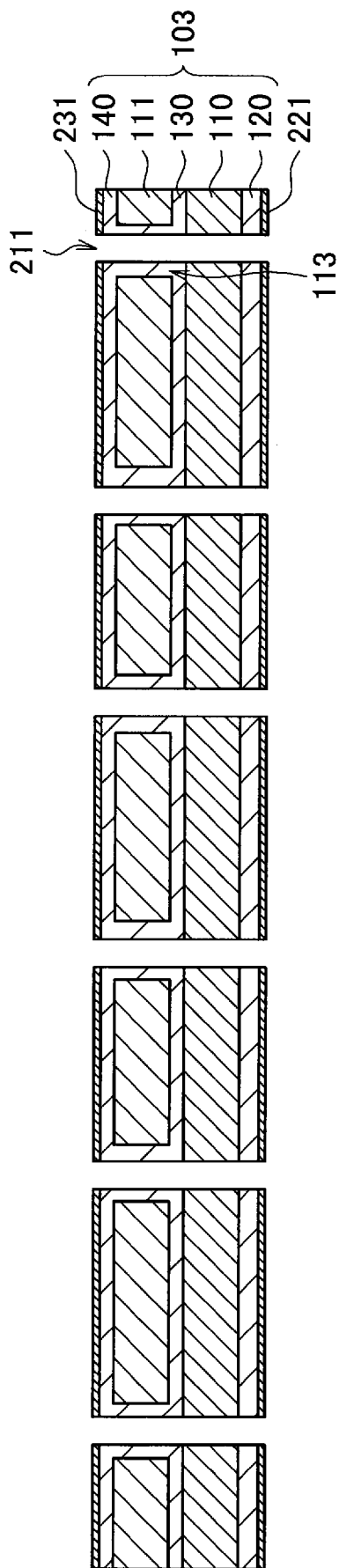


A-A断面

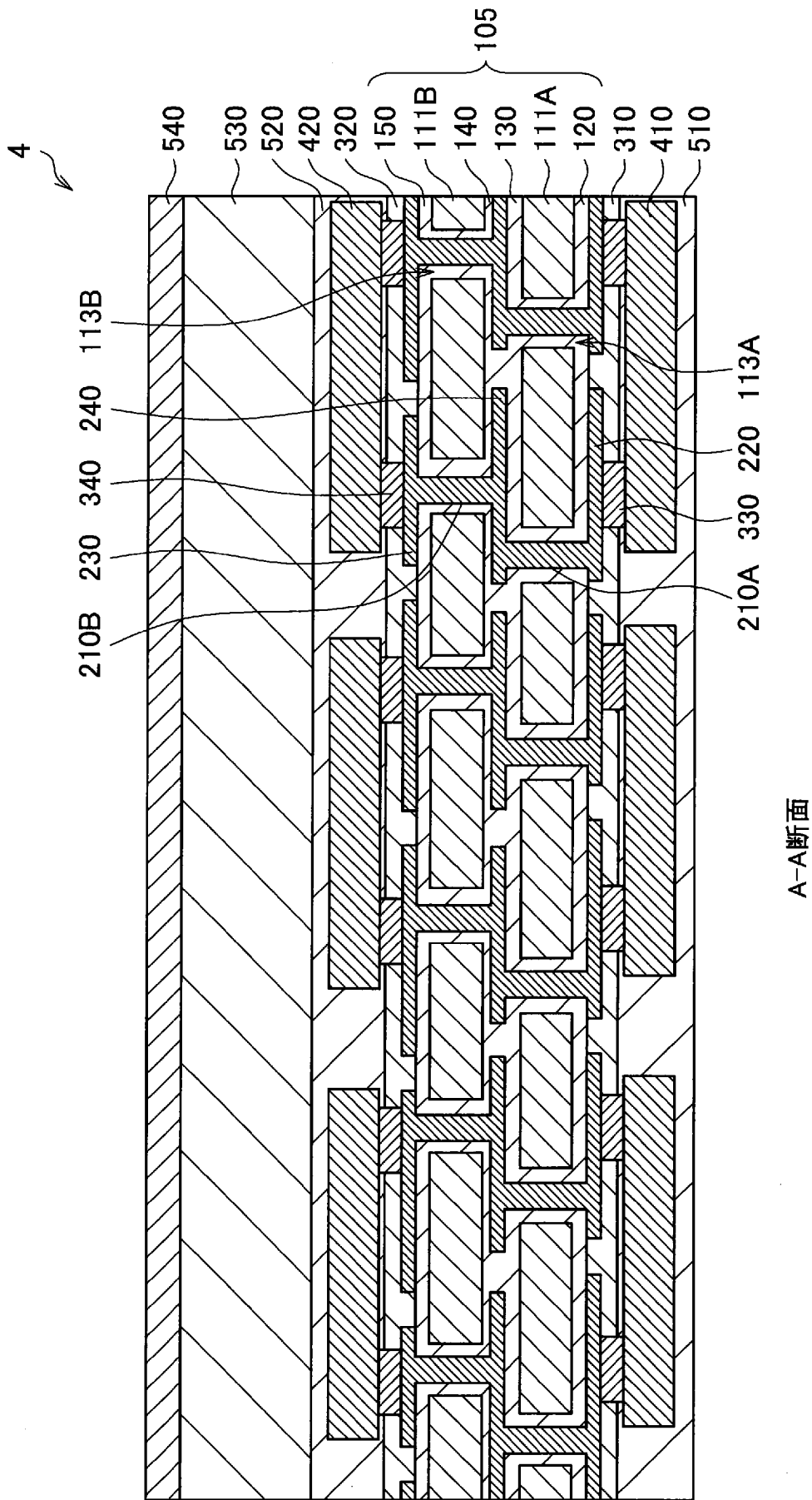
[図22]



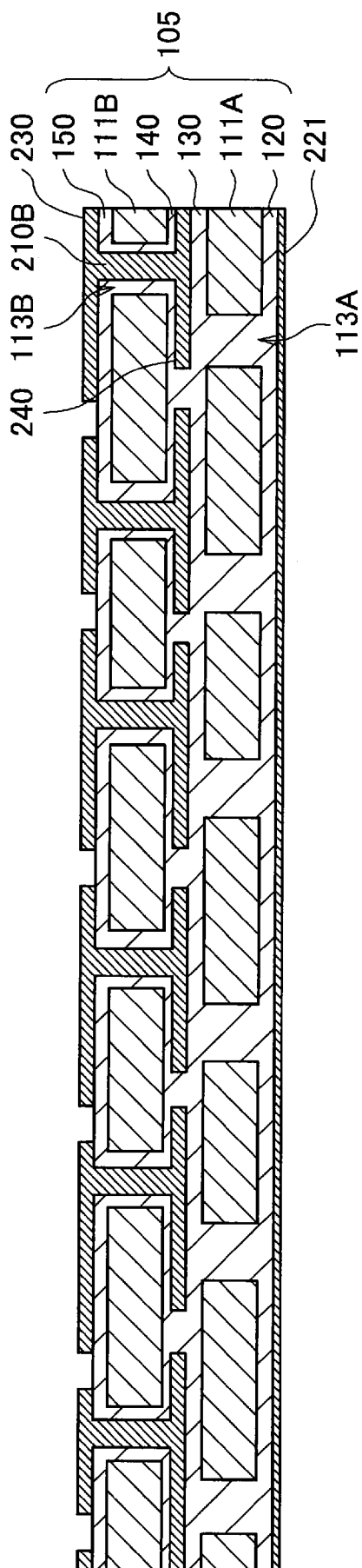
[図23]



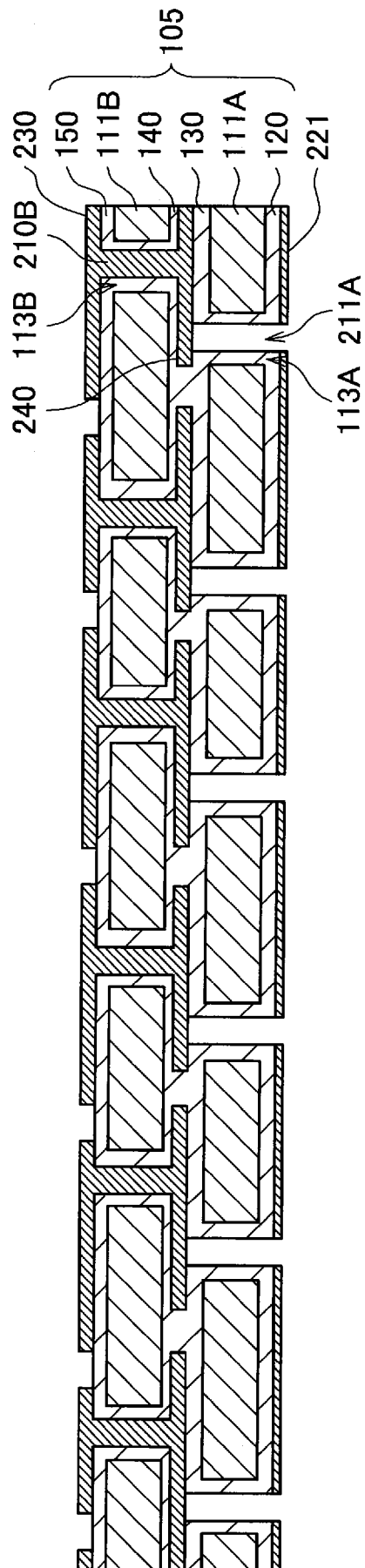
[図24]



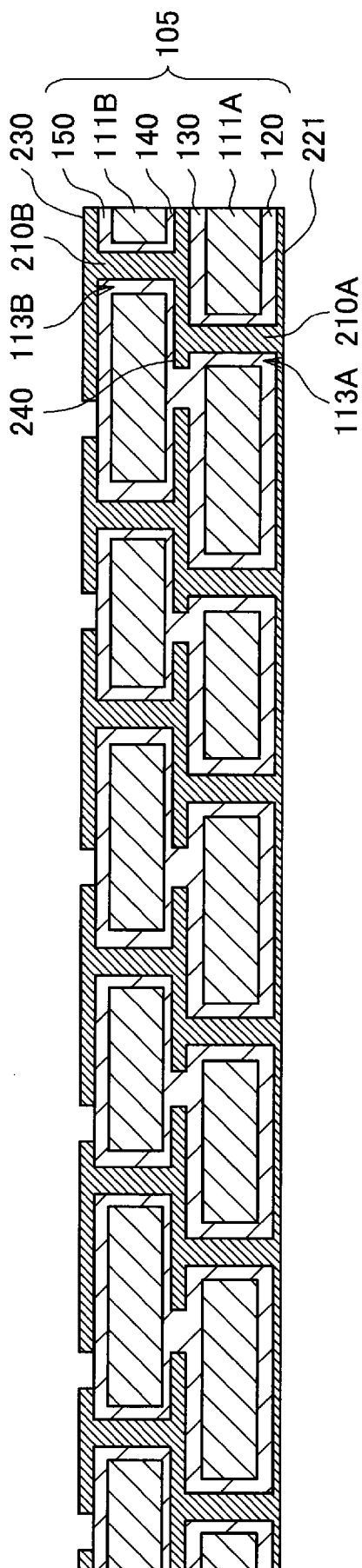
[図25]



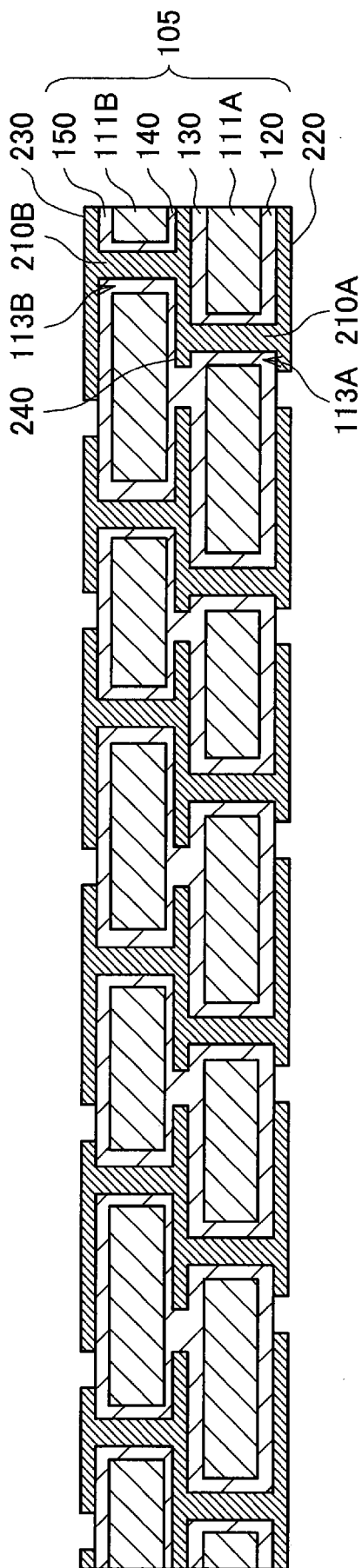
[図26]



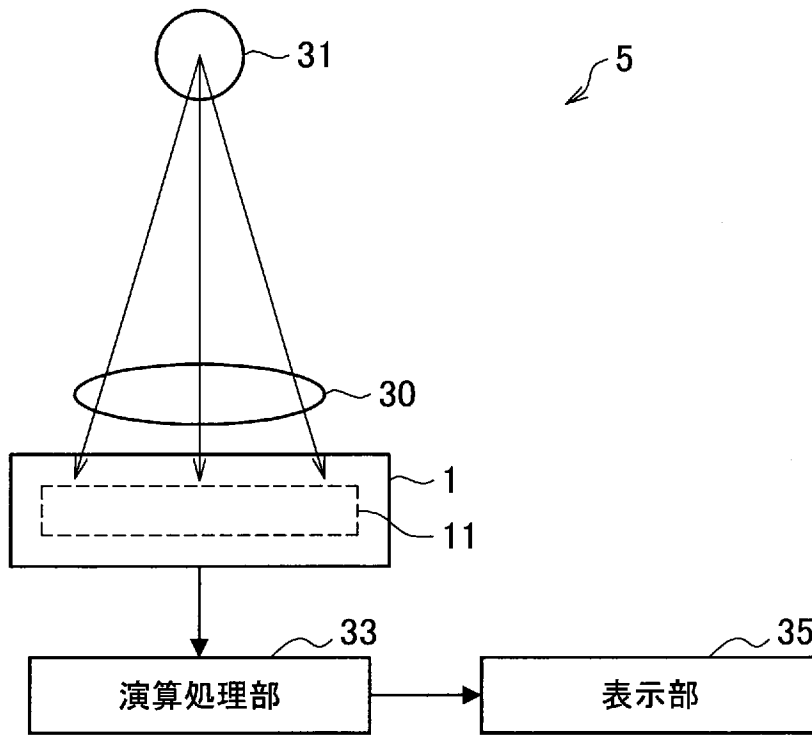
[図27]



[図28]



[図29]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/057474

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01T7/00(2006.01)i, A61B6/00(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)
G01T7/00, 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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
X Y	JP 2004-219318 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 05 August 2004 (05.08.2004), paragraphs [0001] to [0003], [0019] to [0032], [0050] to [0053]; fig. 1, 7 (Family: none)	1, 4-8, 12-13 6, 9-11
X Y	JP 2004-265884 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 24 September 2004 (24.09.2004), paragraphs [0002], [0021] to [0045], [0073]; fig. 1, 2 & US 2006/0244153 A1 paragraphs [0002], [0024] to [0051], [0079]; fig. 1, 2 & WO 2004/064163 A1 & EP 1589582 A1 & CN 1723565 A	1-3, 10, 12-13 10-11

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 28 March 2016 (28.03.16)	Date of mailing of the international search report 05 April 2016 (05.04.16)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057474

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 2004-209117 A (Hitachi Medical Corp.), 29 July 2004 (29.07.2004), paragraphs [0040] to [0042], [0055]; fig. 6 (Family: none)	6, 9
Y	JP 2005-349187 A (Toshiba Corp.), 22 December 2005 (22.12.2005), paragraphs [0048] to [0049]; fig. 5 & US 2005/0253078 A1 paragraphs [0072] to [0073]; fig. 5 & EP 1595499 A1 & CN 1698542 A	11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01T7/00(2006.01)i, A61B6/00(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. G01T7/00, 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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
X Y	JP 2004-219318 A（浜松ホトニクス株式会社） 2004.08.05, [0001]-[0003], [0019]-[0032], [0050]-[0053], 図1, 7 (ファミリーなし)	1, 4-8, 12-13 6, 9-11
X Y	JP 2004-265884 A（浜松ホトニクス株式会社） 2004.09.24, [0002], [0021]-[0045], [0073], 図1, 2 & US 2006/0244153 A1, [0002], [0024]-[0051], [0079], 図1, 2 & WO 2004/064163 A1 & EP 1589582 A1 & CN 1723565 A	1-3, 10, 12-13 10-11

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

28.03.2016

国際調査報告の発送日

05.04.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
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）

後藤 孝平

21

4641

電話番号 03-3581-1101 内線 3273

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 2004-209117 A (株式会社日立メディコ) 2004.07.29, [0040]-[0042], [0055], 図6 (ファミリーなし)	6, 9
Y	JP 2005-349187 A (株式会社東芝) 2005.12.22, [0048]-[0049], 図5 & US 2005/0253078 A1, [0072]-[0073], 図5 & EP 1595499 A1 & CN 1698542 A	11