(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
2021年8月5日(05.08.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/153628 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 51/42 (2006.01) *H01L 27/146* (2006.01)
H01L 31/10 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/002887

(22) 国際出願日： 2021年1月27日(27.01.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

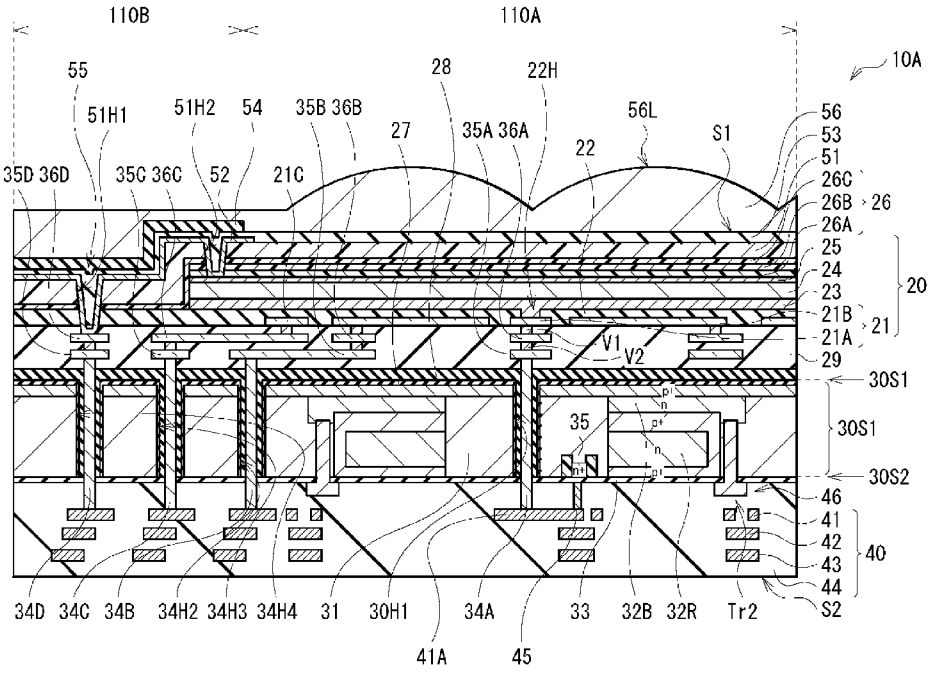
(30) 優先権データ：
特願 2020-011603 2020年1月28日(28.01.2020) JP

(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(**SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目１４番１号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 藤井 宣年(**FUJII, Nobutoshi**); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目１４番１号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 村田 賢一(**MURATA, Kenichi**); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目１４番１号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 齋藤 卓(**SAITO, Suguru**); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目１４番１号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 辻合 秀起(**TSUJIAI, Hideki**); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目１４番１号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(54) **Title:** IMAGING ELEMENT AND METHOD FOR MANUFACTURING IMAGING ELEMENT

(54) 発明の名称： 撮像素子および撮像素子の製造方法



(57) **Abstract:** An imaging element according to one embodiment of the present disclosure comprises: a semiconductor substrate having a valid pixel region in which a plurality of pixels are arranged and a peripheral region provided around the valid pixel region; a first electrode that is provided on the light-receiving surface side of the semiconductor substrate and that comprises a plurality of electrodes; a second electrode that is arranged opposite the first electrode; an organic photoelectric conversion unit that includes a charge storage layer and an organic photoelectric conversion layer that are

WO 2021/153628 A1

［続葉有］

岡本 正喜(**OKAMOTO, Masaki**); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目１４番１号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 白數 佳紀(**SHIRASU, Yoshiki**); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目１４番１号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人つばさ国際特許事務所 (**TSUBASA PATENT PROFESSIONAL CORPORATION**); 〒1600022 東京都新宿区新宿１丁目１５番９号さわだビル３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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

provided stacked in order between the first electrode and the second electrode and that extend to the valid pixel region; and a sealing layer obtained by stacking, above the organic photoelectric conversion unit, a first layer and a second layer which have mutually different etching rates.

(57) 要約: 本開示の一実施形態の撮像素子は、複数の画素が配置された有効画素領域および有効画素領域の周囲に設けられた周辺領域を有する半導体基板と、半導体基板の受光面側に設けられると共に、複数の電極からなる第１電極と、第１電極と対向配置された第２電極と、第１電極と第２電極との間に順に積層して設けられると共に、有効画素領域に延在する電荷蓄積層および有機光電変換層とを有する有機光電変換部と、有機光電変換部の上方において互いに異なるエッチングレートを有する第１の層および第２の層が積層されてなる封止層とを備える。

明　細　書

発明の名称 ： 撮像素子および撮像素子の製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、有機半導体材料を用いた光電変換層を有する撮像素子およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 例えば、特許文献１では、半導体基板の上方に設けられる、第１電極、光電変換層および第２電極が積層されてなる光電変換部において、第１電極と離間して配置され、且つ、絶縁層を介して光電変換層と対向配置された電荷蓄積用電極を有する撮像素子が開示されている。この撮像素子では、光電変換によって生成した電荷を電荷蓄積用電極上に蓄えることにより、ノイズの発生を低減して撮像画質を図っている。また、例えば、特許文献２では、周辺領域において、絶縁層上または上部電極上に緩衝層、封止層、カラーフィルタ、平坦化層および保護膜からなる層を設けることで、膜剥がれ等の不具合の発生を低減して製造歩留まりの改善を図った撮像装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１７－１５７８１６号公報

特許文献2：特開２０１９－１４０３８６号公報

発明の概要

[0004] このように、撮像素子では、製造歩留まりの向上が求められている。

[0005] 製造歩留まりを向上させることが可能な撮像素子および撮像素子の製造方法を提供することが望ましい。

[0006] 本開示の一実施形態の撮像素子は、複数の画素が配置された有効画素領域および有効画素領域の周囲に設けられた周辺領域を有する半導体基板と、半導体基板の受光面側に設けられると共に、複数の電極からなる第１電極と、

第１電極と対向配置された第２電極と、第１電極と第２電極との間に順に積層して設けられると共に、有効画素領域に延在する電荷蓄積層および有機光電変換層とを有する有機光電変換部と、有機光電変換部の上方において互いに異なるエッチングレートを有する第１の層および第２の層が積層されてなる封止層とを備えたものである。

[0007] 本開示の一実施形態の撮像素子の製造方法は、複数の画素が配置された有効画素領域および有効画素領域の周囲に設けられた周辺領域を有する半導体基板の受光面側の有効画素領域に、有機光電変換部として、複数の電極からなる第１電極と、電荷蓄積層と、有機光電変換層と、第２電極とをこの順に積層した後、有機光電変換部の上方に互いに異なるエッチングレートを有する第１の層および第２の層が積層されてなる封止層を形成するものである。

[0008] 本開示の一実施形態の撮像素子および一実施形態の撮像素子の製造方法では、有機光電変換部の上方に、互いにエッチングレートが異なる第１の層および第２の層が積層されてなる封止層を設けることにより、有機光電変換部の上方からの有機光電変換部とのコンタクトの形成を容易にする。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示の第１の実施の形態に係る撮像素子の構成を表す断面模式図である。

[図2]図１に示した撮像素子の要部の構成を説明するための断面模式図である。

[図3]図１に示した撮像素子の等価回路図である。

[図4]図１に示した撮像素子の下部電極および制御部を構成するトランジスタの配置を表す模式図である。

[図5A]図１に示した有機光電変換部を構成する下部電極のレイアウトの一例を表す平面模式図である。

[図5B]図５Ａに示した下部電極のレイアウトの透視斜視図である。

[図6A]図１に示した有機光電変換部を構成する下部電極のレイアウトの他の例を表す平面模式図である。

[図6B]図６Ａに示した下部電極のレイアウトの透視斜視図である。

[図7]図１に示した一の無機光電変換部およびこれに関連する各種トランジスタのレイアウトの一例を表す平面模式図である。

[図8]図１に示した他の無機光電変換部およびこれに関連する各種トランジスタのレイアウトの一例を表す平面模式図である。

[図9]図１に示した蓄積電極を駆動するための信号線配置図である。

[図10]隣接する光電変換部およびこれに関連する各種トランジスタに接続される配線の一部を表す図である。

[図11]隣接する光電変換部およびこれに関連する各種トランジスタに接続される配線の一部を表す図である。

[図12]隣接する光電変換部およびこれに関連する各種トランジスタに接続される配線の一部を表す図である。

[図13]図１に示した撮像素子の製造方法を説明するための断面図である。

[図14]図１３に続く工程を表す断面模式図である。

[図15]図１４に続く工程を表す断面模式図である。

[図16]図１５に続く工程を表す断面模式図である。

[図17]図１６に続く工程を表す断面模式図である。

[図18]図１７に続く工程を表す断面模式図である。

[図19]図１に示した撮像素子の一動作例を表すタイミング図である。

[図20]本開示の第２の実施の形態に係る撮像素子の構成を表す断面模式図である。

[図21]図２０に示した撮像素子の製造方法を説明するための断面図である。

[図22]図２１に続く工程を表す断面模式図である。

[図23]図２２に続く工程を表す断面模式図である。

[図24]図２３に続く工程を表す断面模式図である。

[図25]図２４に続く工程を表す断面模式図である。

[図26]本開示の第３の実施の形態に係る撮像素子の要部の構成の一例を表す断面模式図である。

[図27]図２６に示した撮像素子の平面構成を表す模式図である。

[図28]図２６に示した撮像素子の製造方法を説明するための断面図である。

[図29]図２８に続く工程を表す断面模式図である。

[図30]図２９に続く工程を表す断面模式図である。

[図31]図３０に続く工程を表す断面模式図である。

[図32]図３１に続く工程を表す断面模式図である。

[図33]本開示の第３の実施の形態に係る撮像素子の要部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図34]本開示の第３の実施の形態に係る撮像素子の要部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図35]本開示の第３の実施の形態に係る撮像素子の要部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図36]本開示の第３の実施の形態に係る撮像素子の要部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図37]本開示の第３の実施の形態に係る撮像素子の要部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図38]本開示の第４の実施の形態に係る撮像素子の要部の構成の一例を表す断面模式図である。

[図39]図３８に示した撮像素子の平面構成を表す模式図である。

[図40]図３９に示した撮像素子の製造方法を説明するための断面図である。

[図41]図４０に続く工程を表す断面模式図である。

[図42]図４１に続く工程を表す断面模式図である。

[図43]図４２に続く工程を表す断面模式図である。

[図44]図４３に続く工程を表す断面模式図である。

[図45]本開示の第４の実施の形態に係る撮像素子の要部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図46]図４５に示した撮像素子の平面構成を表す模式図である。

[図47]図４６に示した撮像素子の製造方法を説明するための断面図である。

[図48]図４７に続く工程を表す断面模式図である。

[図49]図４８に続く工程を表す断面模式図である。

[図50]図４９に続く工程を表す断面模式図である。

[図51]本開示の変形例に係る撮像素子の要部の構成の一例を表す断面模式図である。

[図52]図５１に示した撮像素子の平面構成を表す模式図である。

[図53]図５２に示した撮像素子の製造方法を説明するための断面図である。

[図54]図５３に続く工程を表す断面模式図である。

[図55]図５４に続く工程を表す断面模式図である。

[図56]図５５に続く工程を表す断面模式図である。

[図57]図１等に示した撮像素子を画素として用いた撮像装置の構成を表すブロック図である。

[図58]図５７に示した撮像装置を用いた電子機器（カメラ）の一例を表す機能ブロック図である。

[図59]体内情報取得システムの概略的な構成の一例を示すブロック図である。

[図60]内視鏡手術システムの概略的な構成の一例を示す図である。

[図61]カメラヘッド及びＣＣＵの機能構成の一例を示すブロック図である。

[図62]車両制御システムの概略的な構成の一例を示すブロック図である。

[図63]車外情報検出部及び撮像部の設置位置の一例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示における一実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。以下の説明は本開示の一具体例であって、本開示は以下の態様に限定されるものではない。また、本開示は、各図に示す各構成要素の配置や寸法、寸法比等についても、それらに限定されるものではない。なお、説明する順序は、下記の通りである。

１．第１の実施の形態（有機光電変換部の上方に、窒素を含む第１層および酸素を含む第２層がこの順に積層された封止層を有する撮像素子の例）

１－１．撮像素子の構成

１－２．撮像素子の製造方法

１－３．作用・効果

２．第２の実施の形態（有機光電変換部の上方に、酸素を含む第２層および窒素を含む第１層がこの順に積層された封止層を有する撮像素子の例）

３．第３の実施の形態（第１層を上部上極とのコンタクト部に選択的に設けた例）

４．第４の実施の形態（画素間遮光膜を設け、この画素間遮光膜をエッチングストッパ層として第１層と共に用いた例）

５．変形例（画素間遮光膜を設け、これを第１層として用いた例）

６．適用例

７．応用例

[0011] ＜１．第１の実施の形態＞

（１－１．撮像素子の構成）

図１は、本開示の第１の実施の形態に係る撮像素子（撮像素子１０Ａ）の断面構成を表したものである。図２は、図１に示した撮像素子１０Ａの要部の断面構成を模式的に表したものである。図３は、図１に示した撮像素子１０Ａの等価回路図である。図４は、図１に示した撮像素子１０Ａの下部電極２１および制御部を構成するトランジスタの配置を模式的に表したものである。撮像素子１０Ａは、例えば、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等の電子機器に用いられるＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサ等の撮像装置（撮像装置１；図５７参照）において１つの画素（単位画素Ｐ）を構成するものである。撮像装置１は、複数の画素が配置された有効画素領域１１０Ａと、その周辺に設けられ、例えば行走査部１３１等の周辺回路部１３０が形成された周辺領域１１０Ｂとを有する。

[0012] 撮像素子１０Ａは、１つの有機光電変換部２０と、２つの無機光電変換部３２Ｂ，３２Ｒとが縦方向に積層された、いわゆる縦方向分光型の撮像素子であり、互いに隣接する４つの画素が、それぞれに対応する１つのフローテ

ィングディフュージョンＦＤ１，ＦＤ２，ＦＤ３を共有する、画素共有構造を有するものである。有機光電変換部２０は、半導体基板３０の受光面（第１面（裏面）３０Ｓ１）に設けられている。有機光電変換部２０は、半導体基板３０側から、複数の電極からなる下部電極２１（第１電極）、絶縁層２２、電荷蓄積層２３、光電変換層２４（有機光電変換層）および上部電極２５（第２電極）がこの順に積層された構成を有する。本実施の形態の撮像素子１０Ａは、有機光電変換部２０の上方、具体的には、上部電極２５上に封止層２６が設けられている。封止層２６は、第１層２６Ａ、第２層２６Ｂおよび第３層２６Ｃがこの順に積層されており、第１層２６Ａは、窒素を含む絶縁材料を用いて、第２層２６Ｂは、酸素を含む絶縁材料を用いてそれぞれ形成されている。無機光電変換部３２Ｂ，３２Ｒは、半導体基板３０内に埋め込み形成され、半導体基板３０の厚み方向に積層されている。

[0013] 有機光電変換部２０と、無機光電変換部３２Ｂ，３２Ｒとは、互いに異なる波長域の光を選択的に検出して光電変換を行うものである。具体的には、例えば、有機光電変換部２０では、緑（Ｇ）の色信号を取得する。無機光電変換部３２Ｂ，３２Ｒでは、吸収係数の違いにより、それぞれ、青（Ｂ）および赤（Ｒ）の色信号を取得する。これにより、撮像素子１０Ａでは、カラーフィルタを用いることなく一つの画素において複数種類の色信号を取得可能となっている。

[0014] なお、本実施の形態では、光電変換によって生じる電子および正孔の対（励起子）のうち、電子を信号電荷として読み出す場合（ｎ型半導体領域を光電変換層とする場合）について説明する。また、図中において、「ｐ」「ｎ」に付した「＋（プラス）」は、ｐ型またはｎ型の不純物濃度が高いことを表している。

[0015] 半導体基板３０の第２面（表面）３０Ｓ２には、例えば、フローティングディフュージョン（浮遊拡散層）ＦＤ１（半導体基板３０内の領域３５），ＦＤ２，ＦＤ３と、転送トランジスタＴＲ２ｔｒｓ，ＴＲ３ｔｒｓと、アンプトランジスタ（変調素子）ＴＲ１ａｍｐ，ＴＲ２ａｍｐと、リセットトラ

ンジスタＴＲ１ｒｓｔ，ＴＲ２ｒｓｔと、選択トランジスタＴＲ１ｓｅｌ，ＴＲ２ｓｅｌと、多層配線層４０とが設けられている。フローティングディフュージョンＦＤ１（リセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔの一方のソース／ドレイン領域）の隣には、リセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔのリセットゲートＧｒｓｔが配置されている。これにより、フローティングディフュージョンＦＤ１に蓄積された電荷を、リセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔによりリセットすることが可能となる。多層配線層４０は、例えば、配線層４１，４２，４３が絶縁層４４内に積層された構成を有している。

[0016] なお、図面では、半導体基板３０の第１面３０Ｓ１側を光入射側Ｓ１、第２面３０Ｓ２側を配線層側Ｓ２と表している。

[0017] 撮像素子１０Ａでは、光入射側Ｓ１から有機光電変換部２０に入射した光は、光電変換層２４で吸収される。これによって生じた励起子は、光電変換層２４を構成する電子供与体と電子受容体との界面に移動し、励起子分離、即ち、電子と正孔とに解離する。ここで発生した電荷（電子および正孔）は、キャリアの濃度差による拡散や、陽極（ここでは、上部電極２５）と陰極（ここでは、下部電極２１）との仕事関数の差による内部電界によってそれぞれ異なる電極へ運ばれ、光電流として検出される。また、下部電極２１と上部電極２５との間に電位を印加することによって、電子および正孔の輸送方向を制御することができる。

[0018] 以下、各部の構成や材料等について説明する。

[0019] 有機光電変換部２０は、選択的な波長域（例えば、４５０ｎｍ以上６５０ｎｍ以下）の一部または全部の波長域に対応する緑色光を吸収して、励起子を発生させる有機光電変換素子である。有機光電変換部２０は、対向配置された下部電極２１と上部電極２５との間に、電荷蓄積層２３および光電変換層２４を有し、下部電極２１と電荷蓄積層２３との間には、絶縁層２２が設けられている。下部電極２１は、例えば、撮像素子１０Ａごとに分離形成されると共に、絶縁層２２を間に互いに分離された読み出し電極２１Ａおよび蓄積電極２１Ｂと、互いに隣接する４つの画素を囲うシールド電極２１Ｃと

から構成されている。下部電極２１のうち、読み出し電極２１Ａは、例えば図５Ａおよび図６Ａ等に示したように、互いに隣接する２つあるいは４つの画素間で共有されると共に、絶縁層２２に設けられた開口２２Ｈを介して電荷蓄積層２３と電気的に接続されている。電荷蓄積層２３、光電変換層２４および上部電極２５は、例えば、複数の撮像素子１０Ａに共通した連続層として設けられ、有効画素領域１１０Ａに延在している。

[0020] 下部電極２１は、上記のように、分離形成された読み出し電極２１Ａ、蓄積電極２１Ｂおよびシールド電極２１Ｃから構成されている。読み出し電極２１Ａは、光電変換層２４内で発生した電荷（ここでは、電子）をフローティングディフュージョンＦＤ１に転送するためのものであり、例えば、ビアＶ１、パッド部３６Ａ、ビアＶ２、パッド部３５Ａ、貫通電極３４、接続部４１Ａおよび下部第１コンタクト４５を介してフローティングディフュージョンＦＤ１に接続されている。蓄積電極２１Ｂは、光電変換層２４内で発生した電荷のうち、信号電荷として電子を電荷蓄積層２３内に蓄積するためのものである。蓄積電極２１Ｂは、半導体基板３０内に形成された無機光電変換部３２Ｂ，３２Ｒの受光面と正対して、これらの受光面を覆う領域に設けられている。蓄積電極２１Ｂは、読み出し電極２１Ａよりも大きいことが好ましく、これにより、多くの電荷を蓄積することができる。シールド電極２１Ｃは、上記のように、隣接する画素への電荷のリークを抑制するためのものである。

[0021] 下部電極２１は、光透過性を有する導電膜により構成され、例えば、ＩＴＯ（インジウム錫酸化物）により構成されている。但し、下部電極２１の構成材料としては、このＩＴＯの他にも、ドーパントを添加した酸化スズ（SnO_2）系材料、あるいは亜鉛酸化物（ＺｎＯ）にドーパントを添加してなる酸化亜鉛系材料を用いてもよい。酸化亜鉛系材料としては、例えば、ドーパントとしてアルミニウム（Ａｌ）を添加したアルミニウム亜鉛酸化物（ＡＺＯ）、ガリウム（Ｇａ）添加のガリウム亜鉛酸化物（ＧＺＯ）、インジウム（Ｉｎ）添加のインジウム亜鉛酸化物（ＩＺＯ）が挙げられる。また、この

他にも、ＣｕＩ、ＩｎＳｂO_4、ＺｎＭｇＯ、ＣｕＩｎO_2、ＭｇＩN_2O_4、ＣｄＯ、ＺｎＳｎO_3等を用いてもよい。下部電極２１の厚みは、例えば２０ｎｍ以上２００ｎｍ以下であることが好ましく、より好ましくは、３０ｎｍ以上１００ｎｍ以下である。

[0022] 絶縁層２２は、蓄積電極２１Ｂと電荷蓄積層２３とを電気的に絶縁するためのものである。絶縁層２２は、下部電極２１を覆うように、例えば、層間絶縁層２９および下部電極２１上に設けられている。また、絶縁層２２には、下部電極２１のうち、読み出し電極２１Ａ上に開口２２Ｈが設けられており、この開口２２Ｈを介して、読み出し電極２１Ａと電荷蓄積層２３とが電気的に接続されている。絶縁層２２は、例えば、例えば、酸化シリコン（ＳｉO_x）、窒化シリコン（ＳｉN_x）および酸窒化シリコン（ＳｉO_xN_y）等のうちの１種よりなる単層膜か、あるいはこれらのうちの２種以上よりなる積層膜により構成されている。絶縁層２２の厚みは、例えば、２０ｎｍ以上５００ｎｍ以下である。

[0023] 電荷蓄積層２３は、光電変換層２４の下層、具体的には、絶縁層２２と光電変換層２４との間に設けられ、光電変換層２４で発生した信号電荷（ここでは、電子）を蓄積するためのものである。電荷蓄積層２３は、光電変換層２４よりも電荷の移動度が高く、且つ、バンドギャップが大きな材料を用いて形成されていることが好ましい。例えば、電荷蓄積層２３の構成材料のバンドギャップは、３．０ｅＶ以上であることが好ましい。このような材料としては、例えば、ＩＧＺＯ等の酸化物半導体材料および有機半導体材料等が挙げられる。有機半導体材料としては、例えば、遷移金属ダイカルコゲナイド、シリコンカーバイド、ダイヤモンド、グラフェン、カーボンナノチューブ、縮合多環炭化水素化合物および縮合複素環化合物等が挙げられる。電荷蓄積層２３の厚みは、例えば１０ｎｍ以上３００ｎｍ以下である。上記材料によって構成された電荷蓄積層２３を光電変換層２４の下層に設けることにより、電荷蓄積時における電荷の再結合を防止し、転送効率を向上させることが可能となる。

[0024] 光電変換層２４は、光エネルギーを電気エネルギーに変換するものである。光電変換層２４は、例えば、それぞれｐ型半導体またはｎ型半導体として機能する有機材料（ｐ型半導体材料またはｎ型半導体材料）を２種以上含んで構成されている。光電変換層２４は、層内に、このｐ型半導体材料とｎ型半導体材料との接合面（ｐ／ｎ接合面）を含むバルクヘテロ接合構造を有している。ｐ型半導体は、相対的に電子供与体（ドナー）として機能するものであり、ｎ型半導体は、相対的に電子受容体（アクセプタ）として機能するものである。光電変換層２４は、光を吸収した際に生じる励起子が電子と正孔とに分離する場を提供するものであり、具体的には、励起子は、電子供与体と電子受容体との界面（ｐ／ｎ接合面）において電子と正孔とに分離する。

[0025] 光電変換層２４は、ｐ型半導体材料およびｎ型半導体材料の他に、所定の波長域の光を光電変換する一方、他の波長域の光を透過させる有機材料、いわゆる色素材料を含んで構成されていてもよい。光電変換層２４をｐ型半導体材料、ｎ型半導体材料および色素材料の３種類の有機材料を用いて形成する場合には、ｐ型半導体材料およびｎ型半導体材料は、可視領域（例えば、４５０ｎｍ以上８００ｎｍ以下）において光透過性を有する材料であることが好ましい。光電変換層２４の厚みは、例えば５０ｎｍ以上５００ｎｍ以下である。

[0026] 光電変換層２４を構成する有機材料としては、例えば、キナクリドン、塩素化ホウ素サブフタロシアニン、ペンタセン、ベンゾチエノベンゾチオフェンおよびフラーレンあるいはそれらの誘導体が挙げられる。光電変換層２４は、上記有機材料を２種以上組み合わせて構成されている。上記有機材料は、その組み合わせによってｐ型半導体またはｎ型半導体として機能する。

[0027] なお、光電変換層２４を構成する有機材料は特に限定されない。上記した有機材料以外には、例えば、ナフタレン、アントラセン、フェナントレン、テトラセン、ピレン、ペリレンおよびフルオランテンあるいはそれらの誘導体のうちのいずれか１種が好適に用いられる。あるいは、フェニレンビニレ

ン、フルオレン、カルバゾール、インドール、ピレン、ピロール、ピコリン、チオフェン、アセチレンおよびジアセチレン等の重合体やそれらの誘導体を用いてもよい。加えて、金属錯体色素、シアニン系色素、メロシアニン系色素、フェニルキサンテン系色素、トリフェニルメタン系色素、ロダシアニン系色素、キサンテン系色素、大環状アザアヌレン系色素、アズレン系色素、ナフトキノン、アントラキノン系色素、アントラセンおよびピレン等の縮合多環芳香族および芳香環あるいは複素環化合物が縮合した鎖状化合物、または、スクアリリウム基およびクロコニツクメチン基を結合鎖として持つキノリン、ベンゾチアゾール、ベンゾオキサゾール等の二つの含窒素複素環、または、スクアリリウム基およびクロコニツクメチン基により結合したシアニン系類似の色素等を好ましく用いることができる。なお、上記金属錯体色素としては、ジチオール金属錯体系色素、金属フタロシアニン色素、金属ポルフィリン色素またはルテニウム錯体色素が好ましいが、これに限定されるものではない。

[0028] 光電変換層２４と下部電極２１との間（例えば、電荷蓄積層２３と光電変換層２４との間）および光電変換層２４と上部電極２５との間には、他の層が設けられていてもよい。具体的には、例えば、下部電極２１側から順に、電荷蓄積層２３、電子ブロッキング層、光電変換層２４、正孔ブロッキング層および仕事関数調整層等が積層されていてもよい。更に、下部電極２１と光電変換層２４との間に下引き層および正孔輸送層や、光電変換層２４と上部電極２５との間にバッファ層や電子輸送層を設けるようにしてもよい。

[0029] 上部電極２５は、下部電極２１と同様に光透過性を有する導電膜により構成されている。撮像素子１０Ａを１つの画素として用いた撮像装置１では、上部電極２５は画素毎に分離されていてもよいし、各画素に共通の電極として形成されていてもよい。上部電極２５の厚みは、例えば１０ｎｍ以上２００ｎｍ以下である。上部電極２５には、図２に示したように、例えば開口５１Ｈ２を介して配線５２が電気的に接続されている。この配線５２は、図２に示したように、後述する平坦化層５１および封止層２６を貫通する開口５

１Ｈ１を介して、周辺領域１１０Ｂに設けられたパッド部３６Ｄと電気的に接続されている。つまり、上部電極２５は、例えば配線５２を介してパッド部３６Ｄと電気的に接続されている。

[0030] 上部電極２５上には、上記のように、第１層２６Ａ、第２層２６Ｂおよび第３層２６Ｃからなる封止層２６が設けられている。封止層２６は、有機光電変換部２０への水素（H_2）の侵入を抑制するためのものであり、水素含有量が少ない、もしくは、膜自身が水素を含まないことが好ましい。封止層２６のうち、第１層２６Ａおよび第２層２６Ｂは、上部電極２５の上面に設けられており、第３層２６Ｃは、上部電極２５の上面から上部電極２５、光電変換層２４および電荷蓄積層２３の側面を介して絶縁層２２上に形成され、例えば周辺領域１１０Ｂの端部まで延在している。

[0031] 封止層２６を構成する材料としては、例えば、光透過性を有すると共に、高い封止性を有する絶縁材料が挙げられる。具体的には、第１層２６Ａは、例えば、窒化アルミニウム（ＡｌＮ$_x$）または窒化シリコン（ＳｉＮ$_x$）を用いて形成することができる。第２層２６Ｂおよび第３層２６Ｃは、例えば、酸化アルミニウム（ＡｌＯ$_x$）を用いて形成することができる。第１層２６Ａおよび第２層２６Ｂは、例えば原子層堆積法（ＡＬＤ法）を用いて、例えば、１ｎｍ以上１００ｎｍ以下の膜厚で形成することができる。これにより、上部電極２５の上面には高密度な絶縁膜が形成され、有機光電変換部２０への水素（H_2）の侵入が抑制される。第３層２６Ｃは、例えばスパッタリング法を用いて、例えば、１００ｎｍ以上１０００ｎｍ以下の膜厚で形成することができる。

[0032] 半導体基板３０の第１面３０Ｓ１と下部電極２１との間には、例えば、固定電荷層２７、絶縁層２８および層間絶縁層２９がこの順に設けられている。

[0033] 固定電荷層２７は、正の固定電荷を有する膜でもよいし、負の固定電荷を有する膜でもよい。負の固定電荷を有する膜の材料としては、酸化ハフニウム（ＨｆＯ$_x$）、酸化アルミニウム（ＡｌＯ$_x$）、酸化ジルコニウム（ＺｒＯ$_x$）

、酸化タンタル（TaO_x）、酸化チタン（TiO_x）、酸化ランタン（LaO_x）、酸化プラセオジム（PrO_x）、酸化セリウム（CeO_x）、酸化ネオジム（NdO_x）、酸化プロメチウム（PmO_x）、酸化サマリウム（SmO_x）、酸化ユウロピウム（EuO_x）、酸化ガドリニウム（GdO_x）、酸化テルビウム（TbO_x）、酸化ジスプロシウム（DyO_x）、酸化ホルミウム（HoO_x）、酸化ツリウム（TmO_x）、酸化イッテルビウム（YbO_x）、酸化ルテチウム（LuO_x）、酸化イットリウム（YO_x）、窒化ハフニウム（HfN_x）、窒化アルミニウム（AlN_x）、酸窒化ハフニウム（HfO_xN_y）および酸窒化アルミニウム（AlO_xN_y）等が挙げられる。

[0034] 固定電荷層２７は、２種類以上の膜を積層した構成を有していてもよい。これにより、例えば負の固定電荷を有する膜の場合には正孔蓄積層としての機能をさらに高めることが可能である。

[0035] 絶縁層２８は、半導体基板３０の第１面３０Ｓ１に形成された固定電荷層２７上および後述する、貫通電極３４Ａ，３４Ｂ，３４Ｃ，３４Ｄが形成される貫通孔３０Ｈ１，３０Ｈ２，３０Ｈ３，３０Ｈ４内において固定電荷層２７と貫通電極３４Ａ，３４Ｂ，３４Ｃ，３４Ｄとの間に設けられ、貫通電極３４Ａ，３４Ｂ，３４Ｃ，３４Ｄと半導体基板３０との間を電気的に絶縁するためのものである。絶縁層２８の構成材料は特に限定されないが、例えば、酸化シリコン（SiO_x）、ＴＥＯＳ、窒化シリコン（SiN_x）および酸窒化シリコン（SiO_xN_y）等によって形成することができる。

[0036] 層間絶縁層２９は、絶縁層２８と同様に、例えば、酸化シリコン（SiO_x）、ＴＥＯＳ、窒化シリコン（SiN_x）および酸窒化シリコン（SiO_xN_y）等のうちの１種よりなる単層膜、あるいはこれらのうちの２種以上よりなる積層膜により構成されている。なお、層間絶縁層２９内には、例えば、読み出し電極２１Ａと貫通電極３４Ａとを電気的に接続するパッド部３５Ａ，３６Ａ、蓄積電極２１Ｂと貫通電極３４Ｂとを電気的に接続するパッド部３５Ｂ，３６Ｂ、シールド電極２１Ｃと貫通電極３４Ｃとを電気的に接続するパッド部３５Ｃ，３６Ｃ、配線５２と貫通電極３４Ｄとを電気的に接続するパ

ッド部３５Ｄ，３６Ｄおよび各電極とパッド部とを電気的に接続するビアＶ１，Ｖ２等の配線が設けられている。

[0037] 半導体基板３０は、例えば、ｎ型のシリコン（Ｓｉ）基板により構成され、所定の領域（例えば、有効画素領域１１０Ａ）にｐウェル３１を有している。ｐウェル３１の第２面３０Ｓ２には、上述した転送トランジスタＴＲ１ｔｒｓ，ＴＲ２ｔｒｓ，ＴＲ３ｔｒｓ、アンプトランジスタＴＲ１ａｍｐ，ＴＲ２ａｍｐ、リセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔ，ＴＲ２ｒｓｔ、選択トランジスタＴＲ１ｓｅｌ，ＴＲ２ｓｅｌ等が設けられている。更に、半導体基板３０の周辺領域１１０Ｂには、ロジック回路等からなる周辺回路部１３０等が設けられている。

[0038] 本実施の形態の撮像素子１０Ａは、上記のように、１つのフローティングディフュージョンＦＤ１，ＦＤ２，ＦＤ３を、互いに隣接する４つの画素が共有するようにレイアウトされている。図５Ａは、有機光電変換部２０を構成する下部電極２１のレイアウトの一例を表したものであり、図５Ｂは、図５Ａに示した下部電極２１のレイアウトを透視斜視図として表したものである。図６Ａは、有機光電変換部２０を構成する下部電極２１のレイアウトの一例を表したものであり、図６Ｂは、図６Ａに示した下部電極２１のレイアウトを透視斜視図として表したものである。図７は、無機光電変換部３２Ｂおよびこれに関連する各種トランジスタのレイアウトの一例を表したものである。図８は、無機光電変換部３２Ｒおよびこれに関連する各種トランジスタのレイアウトの一例を表したものである。図９は、有機光電変換部２０において、蓄積電極２１Ｂを駆動するための信号配線の一例を表したものである。図１０～図１２は、各光電変換部２０，３２Ｂ，３２Ｒおよびこれらに関連する各種トランジスタに接続される配線の一例を表したものである。

[0039] 本実施の形態では、互いに隣接する４つの有機光電変換部２０は１つのフローティングディフュージョンＦＤ１に接続されている。フローティングディフュージョンＦＤ１には、１つのリセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔと電源線Ｖｄｄとが直列に接続されている。また、これとは別に、フローティン

グディフュージョンＦＤ１には、アンプトランジスタＴＲ１ａｍｐおよび選択トランジスタＴＲ１ｓｅｌのそれぞれ１つと信号線（データ出力線）ＶＳＬ１とが直列に接続されている。互いに隣接する４つの蓄積電極２１Ｂと、それぞれ画素毎に１つずつ設けられたリセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔ、アンプトランジスタＴＲ１ａｍｐおよび選択トランジスタＴＲ１ｓｅｌとは、互いに隣接する４つの有機光電変換部２０の読み出し動作およびリセット動作を担う１組の制御部（第１の制御部）を構成している。互いに隣接する４つの有機光電変換部２０から信号電荷を読み出す際には、この第１の制御部を用いて、例えば時分割して順番に読み出し処理が行われる。

[0040] 無機光電変換部３２Ｂでは、互いに隣接する４つのフォトダイオードＰＤ２が、画素毎に１つずつ設けられた４つの転送トランジスタＴＲ２ｔｒｓを介して、１つのフローティングディフュージョンＦＤ２に接続されている。

[0041] 無機光電変換部３２Ｒでは、無機光電変換部３２Ｂと同様に、互いに隣接する４つのフォトダイオードＰＤ３が、画素毎に１つずつ設けられた４つの転送トランジスタＴＲ３ｔｒｓを介して、１つのフローティングディフュージョンＦＤ３に接続されている。

[0042] １つのフローティングディフュージョンＦＤ２には、１つのリセットトランジスタＴＲ２ｒｓｔと電源線Ｖｄｄとが直列に接続されている。また、これとは別に、フローティングディフュージョンＦＤ２には、アンプトランジスタＴＲ２ａｍｐおよび選択トランジスタＴＲ２ｓｅｌのそれぞれ１つと信号線（データ出力線）ＶＳＬ２が直列に接続されている。本実施の形態のように画素共有構造を有する撮像素子１０Ａでは、無機光電変換部３２Ｂおよび無機光電変換部３２Ｒは、画素毎に設けられた転送トランジスタＴＲ２ｔｒｓおよび転送トランジスタＴＲ３ｔｒｓと、画素毎に１つずつ設けられたリセットトランジスタＴＲ２ｒｓｔ、アンプトランジスタＴＲ２ａｍｐおよび選択トランジスタＴＲ２ｓｅｌとで、互いに隣接する４つの無機光電変換部３２Ｂおよび無機光電変換部３２Ｒの読み出し動作およびリセット動作を担う１組の制御部（第２の制御部）を構成している。即ち、４画素分の積層

型の撮像素子１０Ａに備わる４つの無機光電変換部３２Ｂおよび４つの無機光電変換部３２Ｒでは、転送トランジスタＴＲ２ｔｒｓ，ＴＲ３ｔｒｓを除いて、１組の制御部（第２の制御部）を共有した構成となっている。互いに隣接する４つの無機光電変換部３２Ｂに対応するフローティングディフュージョンＦＤ２および４つの無機光電変換部３２Ｒに対応するフローティングディフュージョンＦＤ３から信号電荷を読み出す際には、この第２の制御部を用いて、例えば時分割して順番に読み出し処理が行われる。

[0043] なお、本実施の形態では、互いに隣接する４つの無機光電変換部３２Ｂおよび無機光電変換部３２Ｒが共有するフローティングディフュージョンＦＤ２，ＦＤ３は、それぞれ、１画素分ずつ離間した場所に配置されている。これにより、撮像素子１０Ａの高集積化を実現することが可能となる。

[0044] 半導体基板３０の第１面３０Ｓ１と第２面３０Ｓ２との間には、貫通電極３４Ａ，３４Ｂ，３４Ｃ，３４Ｄが設けられている。

[0045] 貫通電極３４Ａは、有機光電変換部２０の読み出し電極２１Ａと電気的に接続されており、有機光電変換部２０は、貫通電極３４Ａを介して、例えば、アンプトランジスタＴＲ１ａｍｐのゲートＧａｍｐと、フローティングディフュージョンＦＤ１を兼ねるリセットトランジスタＲＳＴ（リセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔ）の一方のソース／ドレイン領域に接続されている。これにより、撮像素子１０Ａでは、半導体基板３０の第１面３０Ｓ１側の有機光電変換部２０で生じた電荷（ここでは、電子）を半導体基板３０の第２面３０Ｓ２側に良好に転送し、特性を高めることが可能となっている。

[0046] 貫通電極３４Ｂは、有機光電変換部２０の蓄積電極２１Ｂと電気的に接続されており、これにより、蓄積電極２１Ｂには、読み出し電極２１Ａとは独立した電圧を印加可能となっている。

[0047] 貫通電極３４Ｃは、シールド電極２１Ｃと電気的に接続されており、これにより、隣接する画素への電荷のリークが抑制されている。貫通電極３４Ｄは、周辺領域１１０Ｂに設けられたパッド部３６Ｄと電気的に接続されている。パッド部３６Ｄには、図１に示したように、開口５１Ｈ１を介して配線

５２が電気的に接続されており、ガードリング５５を構成している。これによって、上部電極２５へ電圧を印加可能となっている。また、ガードリング５５は外周からの水の浸入を防止することができる。なお、ガードリング５５を構成する配線５２は、必ずしも上部電極２５と電気的に接続されていなくてもよい。また、ガードリング５５を構成する開口５１Ｈ１には、図２では保護層５３が埋め込まれた例を示したが、これに限らず、例えば封止層２６や平坦化層５１が埋め込まれていてもよい。

[0048] 貫通電極３４Ａ，３４Ｂ，３４Ｃ，３４Ｄの下端は、配線層４１にそれぞれ接続されている。特に、貫通電極３４Ａは、配線層４１内の接続部４１Ａに接続されており、接続部４１Ａと、フローティングディフュージョンＦＤ１（領域３５）とは、例えば、下部第１コンタクト４５を介して接続されている。貫通電極３４Ａの上端は、例えば、パッド部３５Ａ、ビアＶ２、パッド部３６ＡおよびビアＶ１を介して読み出し電極２１Ａに接続されている。

[0049] 貫通電極３４Ａは、例えば、互いに隣接する４つの画素に対して１つずつ設けられている。貫通電極３４Ａは、各画素の有機光電変換部２０とアンプトランジスタＴＲ１ａｍｐのゲートＧａｍｐおよびフローティングディフュージョンＦＤ１とのコネクタとしての機能を有すると共に、有機光電変換部２０において生じた電荷（ここでは、電子）の伝送経路となっている。

[0050] 封止層２６上には、さらに、平坦化層５１、保護層５３およびオンチップレンズ層５６がこの順に設けられている。

[0051] 平坦化層５１および保護層５３は、例えば、有効画素領域１１０Ａおよび周辺領域１１０Ｂを含む、半導体基板３０上の全面に設けられている。平坦化層５１および保護層５３は、例えば、光透過性を有すると共に、高い封止性を有する材料を用いて形成することが好ましい。このような材料としては、例えば酸化アルミニウム（ＡｌＯ$_x$）、窒化シリコン（ＳｉＮ$_x$）および炭素含有シリコン酸化物（ＳｉＯＣ）等の絶縁材料が挙げられる。また、平坦化層５１および保護層５３は、封止層２６と同様に、例えば、絶縁層２２よりも水素含有量が少ない、もしくは、膜自身が水素を含まないことが好ましい

。更に、平坦化層５１および保護層５３は、例えば、応力が小さく、さらに紫外線吸収能を有することが好ましい。更にまた、平坦化層５１および保護層５３は、含有する水分量が少ないことが好ましく、水分（H_2O）の侵入を抑制することが好ましい。以上のことから、平坦化層５１および保護層５３の構成材料としては、上記材料の中でも酸化アルミニウム（ＡｌＯ$_x$）を用いることが望ましい。

[0052] なお、平坦化層５１および保護層５３は、上記絶縁層２８および層間絶縁層２９と同様の材料を用いて形成してもよい。例えば、平坦化層５１および保護層５３は、酸化シリコン（ＳｉＯ$_x$）、窒化シリコン（ＳｉＮ$_x$）および酸窒化シリコン（ＳｉＯ$_x$Ｎ$_y$）等のうちの１種よりなる単層膜か、あるいは、酸化アルミニウム（ＡｌＯ$_x$）、窒化シリコン（ＳｉＮ$_x$）、炭素含有シリコン酸化膜（ＳｉＯＣ）、酸化シリコン（ＳｉＯ$_x$）および酸窒化シリコン（ＳｉＯ$_x$Ｎ$_y$）のうちの２種以上よりなる積層膜としてもよい。平坦化層５１の厚みは、例えば、１００ｎｍ以上１０００ｎｍ以下である。保護層５３の厚みは、例えば、１０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下である。

[0053] 周辺領域１１０Ｂの保護層５３上には、配線５２が設けられている。この配線５２は、上記のように、例えば、平坦化層５１および封止層２６を貫通する開口５１Ｈ２を介して上部電極２５と電気的に接続されている。また、配線５２は、周辺領域１１０Ｂにおいて、平坦化層５１、封止層２６および絶縁層２２を貫通する開口５１Ｈ１を介して層間絶縁層２９内に設けられたパッド部３６Ｄと電気的に接続されており、ガードリング５５を形成している。パッド部３６Ｄには、ビアＶ２、パッド部３５Ｄおよび半導体基板３０を貫通して、半導体基板３０の第２面３０Ｓ２側に設けられた配線層４１に接続される貫通電極３４Ｄが接続されており、これによって、有機光電変換部２０において生じた電荷（ここでは、正孔）の伝送経路として機能する。

[0054] 周辺領域１１０Ｂの保護層５３上には、遮光膜５４が設けられている。遮光膜５４の材料としては、例えば、タングステン（Ｗ）、チタン（Ｔｉ）、窒化チタン（ＴｉＮ）あるいはアルミニウム（Ａｌ）が挙げられ、遮光膜５

４は、例えばW／ＴｉＮ／Ｔｉの積層膜あるいはWの単層膜として構成されている。遮光膜５４の厚みは、例えば５０ｎｍ以上４００ｎｍ以下である。

[0055] 更に、保護層５３上には、有効画素領域１１０Ａにおいて、例えば単位画素Ｐ毎にオンチップレンズ５６Ｌ（マイクロレンズ）が形成されたオンチップレンズ層５６が設けられている。オンチップレンズ５６Ｌは、入射した光を、有機光電変換部２０、無機光電変換部３２Ｂおよび無機光電変換部３２Ｒの各受光面へ集光させるものである。なお、オンチップレンズ５６Ｌの下方には、分光を制御するカラーフィルタ等の光学部材を設けるようにしてもよい。

[0056] （１－２．撮像素子の製造方法）

本実施の形態の撮像素子１０Ａは、例えば、次のようにして製造することができる。

[0057] まず、半導体基板３０内に、第１の導電型のウェルとして例えばｐウェル３１を形成し、このｐウェル３１内に第２の導電型（例えばｎ型）の無機光電変換部３２Ｂ，３２Ｒを形成する。半導体基板３０の第１面３０Ｓ１近傍にはｐ＋領域を形成する。

[0058] 半導体基板３０の第２面３０Ｓ２には、例えばフローティングディフュージョンＦＤ１～ＦＤ３となるｎ＋領域を形成したのち、ゲート絶縁層３３と、各種転送トランジスタＴＲ１ｔｒｓ，ＴＲ２ｔｒｓ，ＴＲ３ｔｒｓ、選択トランジスタＴＲ１ｓｅｌ，ＴＲ２ｓｅｌ、アンプトランジスタＴＲ１ａｍｐ，ＴＲ２ａｍｐおよびリセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔ，ＴＲ２ｒｓｔの各ゲートを含むゲート配線層４７とを形成する。これにより、各種転送トランジスタＴＲ１ｔｒｓ，ＴＲ２ｔｒｓ，ＴＲ３ｔｒｓ、選択トランジスタＴＲ１ｓｅｌ，ＴＲ２ｓｅｌ、アンプトランジスタＴＲ１ａｍｐ，ＴＲ２ａｍｐおよびリセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔ，ＴＲ２ｒｓｔが形成される。更に、半導体基板３０の第２面３０Ｓ２上に、下部第１コンタクト４５および接続部４１Ａを含む配線層４１～４３および絶縁層４４からなる多層配線層４０を形成する。

[0059] 半導体基板３０の基体としては、例えば、半導体基板３０と、埋込み酸化膜（図示せず）と、保持基板（図示せず）とを積層したＳＯＩ（Silicon on Insulator）基板を用いる。埋込み酸化膜および保持基板は、半導体基板３０の第１面３０Ｓ１に接合されている。イオン注入後、アニール処理を行う。

[0060] 次いで、半導体基板３０の第２面３０Ｓ２側（多層配線層４０側）に支持基板（図示せず）または他の半導体基体等を接合して、上下反転する。続いて、半導体基板３０をＳＯＩ基板の埋込み酸化膜および保持基板から分離し、半導体基板３０の第１面３０Ｓ１を露出させる。以上の工程は、イオン注入および化学気相成長法（ＣＶＤ法）等、通常のＣＭＯＳプロセスで使用されている技術にて行うことが可能である。

[0061] 次いで、例えばドライエッチングにより半導体基板３０を第１面３０Ｓ１側から加工し、例えば環状の貫通孔３０Ｈ１，３０Ｈ２，３０Ｈ３，３０Ｈ４を形成する。貫通孔３０Ｈ１～３０Ｈ４の深さは、半導体基板３０の第１面３０Ｓ１から第２面３０Ｓ２まで貫通するものである。

[0062] 続いて、半導体基板３０の第１面３０Ｓ１および貫通孔３０Ｈの側面に、例えばＡＬＤ法を用いて固定電荷層２７を成膜する。これにより、半導体基板３０の第１面３０Ｓ１、貫通孔３０Ｈ１，３０Ｈ２，３０Ｈ３，３０Ｈ４の側面および底面に連続する固定電荷層２７が形成される。次に、固定電荷層２７の半導体基板３０の第１面３０Ｓ１上および貫通孔３０Ｈ１，３０Ｈ２，３０Ｈ３，３０Ｈ４内に絶縁層２８を成膜したのち、さらに、絶縁層２８上に、層間絶縁層２９を構成する絶縁膜を成膜する。

[0063] 続いて、例えばドライエッチングにより貫通孔３０Ｈ１，３０Ｈ２，３０Ｈ３，３０Ｈ４内に形成された絶縁層２８内に、層間絶縁層２９を構成する絶縁膜、絶縁層２８および固定電荷層２７および絶縁層４４を貫通し、接続部４１Ａに到達する貫通孔を形成する。なお、このとき、第１面３０Ｓ１上の層間絶縁層２９を構成する絶縁膜も薄膜化される。次に、層間絶縁層２９を構成する絶縁膜上および貫通孔２７Ｈ内に導電膜を成膜したのち、導電膜上の所定の位置にフォトレジストを形成する。その後、エッチングおよびフ

ォトレジストを除去することで、半導体基板３０の第１面３０Ｓ１上にパッド部３５Ａ，３５Ｂ，３５Ｃ，３５Ｄをそれぞれ有する貫通電極３４Ａ，３４Ｂ，３４Ｃ，３４Ｄが形成される。

[0064] 次に、層間絶縁層２９を構成する絶縁膜および貫通電極３４Ａ，３４Ｂ，３４Ｃ，３４Ｄ上に、それぞれビアＶ２、パッド部３６，３６Ｂ，３６Ｃ，３６Ｄ、ビアＶ１を形成したのち、化学機械研磨（ＣＭＰ）により層間絶縁層２９の表面を平坦化する。続いて、層間絶縁層２９上に導電膜を成膜したのち、導電膜の所定の位置にフォトレジストを形成する。その後、エッチングおよびフォトレジストを除去することで、読み出し電極２１Ａ、蓄積電極２１Ｂおよびシールド電極２１Ｃを形成する。次に、層間絶縁層２９および読み出し電極２１Ａ、蓄積電極２１Ｂおよびシールド電極２１Ｃ上に絶縁層２２を成膜したのち、読み出し電極２１Ａ上に開口２２Ｈを設ける。続いて、絶縁層２２上に、電荷蓄積層２３、光電変換層２４および上部電極２５を形成する。

[0065] なお、有機材料を用いて電荷蓄積層２３やその他有機層を形成する場合には、真空工程において連続的に（真空一貫プロセスで）形成することが望ましい。また、光電変換層２４の成膜方法としては、必ずしも真空蒸着法を用いた手法に限らず、他の手法、例えば、スピンコート技術やプリント技術等を用いてもよい。

[0066] 続いて、図１３に示したように、上部電極２５上に、第１層２６Ａとして窒化アルミニウム（ＡｌＮ$_x$）膜および第２層２６Ｂとして酸化アルミニウム（ＡｌＯ$_x$）膜を、ＡＬＤ法を用いて、それぞれ、例えば３０ｎｍの厚みで形成する。具体的には、まず、Ａｌ前駆体としてトリメチルアルミニウムを用い、窒素（Ｎ$_2$）プラズマを照射してＡｌＮ$_x$膜（第１層２６Ａ）を成膜したのち、窒素（Ｎ$_2$）プラズマを酸素（Ｏ$_2$）プラズマに変えることでＡｌＯ$_x$膜（第２層２６Ｂ）を成膜する。

[0067] なお、第１層２６Ａを窒化シリコン（ＳｉＮ$_x$）膜で形成する場合には、Ｓｉ前駆体として例えばビス（ｔｅｒｔ－ブチルアミノ）シランを用い、窒素

（N_2）／アンモニア（NH_3）プラズマを照射してＳｉN_x膜（第１層２６Ａ）を成膜する。その後、ＡＩ前駆体（例えば、トリメチルアルミニウム）と酸素（O_2）プラズマとを用いてＡＩO_x膜（第２層２６Ｂ）を成膜する。

[0068] この後、図１４に示したように、リソグラフィ技術を用いて周辺領域１１０Ｂの周縁部分の電荷蓄積層２３、光電変換層２４および上部電極２５を除去する。電荷蓄積層２３、光電変換層２４および上部電極２５は、例えば、第２層２６Ｂの所定の位置にフォトレジストを形成し、第２層２６Ｂをパターニングしたのち、これをマスクとしてドライエッチングすることで除去することができる。

[0069] 次に、図１５に示したように、例えばＡＬＤ法を用いて第２層２６Ｂ上および電荷蓄積層２３、光電変換層２４、上部電極２５、第１層２６Ａおよび第２層２６Ｂの側面ならびに絶縁層２２上に延在するＡＩO_x膜（第３層２６Ｃ）を、例えば３０ｎｍの厚みで形成したのち、例えばスパッタリング法を用いてＡＩO_x膜（平坦化層５１）を、例えば５００ｎｍの厚みで形成する。

[0070] 続いて、図１７に示したように、パッド部３６Ｄおよび上部電極２５まで貫通する開口５１Ｈ１，５１Ｈ２を形成する。具体的には、まず、平坦化層５１上にフォトレジストをパターニングしたのち、ウェットエッチングを行う。これにより、図１６に示したように、パッド部３６Ｄまで達する開口５１Ｈ１が形成される。開口５１Ｈ２となる部分では、第１層２６Ａ（ＡＩN_x膜）がエッチングストッパ膜となり、第１層２６Ａが露出する開口５１Ｈ２ａが形成される。その後、例えばフッ化水素（ＨＦ）を用いたドライエッチングにより開口５１Ｈ２ａの底面の露出する第１層２６Ａをエッチングすることにより、上部電極２５まで達する開口５１Ｈ２が形成される。

[0071] また、図１６に示した開口５１Ｈ１および開口５１Ｈ２ａの加工は、ドライエッチングおよびウェットエッチングの２段階工程を用いて形成するようにしてもよい。具体的には、塩素（Ｃｌ）系ガスを用いたドライエッチングにより、例えばＡＩO_x膜からなる第３層２６Ｃおよび平坦化層５１を、例えば５０～１００ｎｍの厚みになるまでエッチングしたのち、ウェットエッチ

ングにより残りのＡＩＯ$_x$膜を除去するようにしてもよい。これにより、開口５１Ｈ１および開口５１Ｈ２ａを所望の形状に加工することが可能となる。

[0072] 次に、図１８に示したように、平坦化層５１上および開口５１Ｈ１，５１Ｈ２の側面および底面に連続する配線５２を形成したのち、平坦化層５１および配線５２上、ならびに、開口５１Ｈ１，５１Ｈ２内を埋設する保護層５３を形成する。これにより、開口５１Ｈ１，５１Ｈ２を介した電荷蓄積層２３への水素および水分の侵入が抑制される。最後に、遮光膜５４およびオンチップレンズ層５６を形成する。以上により、図１に示した撮像素子１０Ａが完成する。

[0073] 撮像素子１０Ａでは、有機光電変換部２０に、オンチップレンズ５６Ｌを介して光が入射すると、その光は、有機光電変換部２０、無機光電変換部３２Ｂ，３２Ｒの順に通過し、その通過過程において緑、青、赤の色光毎に光電変換される。以下、各色の信号取得動作について説明する。

[0074] （有機光電変換部２０による緑色信号の取得）

撮像素子１０Ａへ入射した光のうち、まず、緑色光が、有機光電変換部２０において選択的に検出（吸収）され、光電変換される。

[0075] 有機光電変換部２０は、貫通電極３４を介して、アンプトランジスタＡＭＰのゲートＧａｍｐとフローティングディフュージョンＦＤ１とに接続されている。よって、有機光電変換部２０で発生した励起子のうちの電子が、下部電極２１側から取り出され、貫通電極３４を介して半導体基板３０の第２面３０Ｓ２側へ転送され、フローティングディフュージョンＦＤ１に蓄積される。これと同時に、アンプトランジスタＡＭＰにより、有機光電変換部２０で生じた電荷量が電圧に変調される。

[0076] また、フローティングディフュージョンＦＤ１の隣には、リセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔのリセットゲートＧｒｓｔが配置されている。これにより、フローティングディフュージョンＦＤ１に蓄積された電荷は、リセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔによりリセットされる。

[0077] ここでは、有機光電変換部２０が、貫通電極３４Ａを介して、アンプトラ

ンジスタＴＲ１ａｍｐだけでなくフローティングディフュージョンＦＤ１にも接続されているので、フローティングディフュージョンＦＤ１に蓄積された電荷をリセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔにより容易にリセットすることが可能となる。

[0078] これに対して、貫通電極３４ＡとフローティングディフュージョンＦＤ１とが接続されていない場合には、フローティングディフュージョンＦＤ１に蓄積された電荷をリセットすることが困難となり、大きな電圧をかけて上部電極２５側へ引き抜くことになる。そのため、光電変換層２４がダメージを受ける虞がある。また、短時間でのリセットを可能とする構造は暗時ノイズの増大を招き、トレードオフとなるため、この構造は困難である。

[0079] 図１９は、撮像素子１０Ａの一動作例を表したものである。（Ａ）は、蓄積電極２１Ｂにおける電位を示し、（Ｂ）は、フローティングディフュージョンＦＤ１（読み出し電極２１Ａ）における電位を示し、（Ｃ）は、リセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔのゲート（Ｇｓｅｌ）における電位を示したものである。撮像素子１０Ａでは、読み出し電極２１Ａおよび蓄積電極２１Ｂは、それぞれ個別に電圧が印加されるようになっている。

[0080] 撮像素子１０Ａでは、蓄積期間においては、駆動回路から読み出し電極２１Ａに電位Ｖ１が印加され、蓄積電極２１Ｂに電位Ｖ２が印加される。ここで、電位Ｖ１，Ｖ２は、Ｖ２＞Ｖ１とする。これにより、光電変換によって生じた電荷（ここでは、電子）は、蓄積電極２１Ｂに引きつけられ、蓄積電極２１Ｂと対向する電荷蓄積層２３の領域に蓄積される（蓄積期間）。因みに、蓄積電極２１Ｂと対向する電荷蓄積層２３の領域の電位は、光電変換の時間経過に伴い、より負側の値となる。なお、正孔は、上部電極２５から駆動回路へと送出される。

[0081] 撮像素子１０Ａでは、蓄積期間の後期においてリセット動作がなされる。具体的には、タイミングｔ１において、走査部は、リセット信号ＲＳＴの電圧を低レベルから高レベルに変化させる。これにより、単位画素Ｐでは、リセットトランジスタＴＲ１ｒｓｔがオン状態になり、その結果、フローティ

ングディフュージョンＦＤ１の電圧が電源電圧ＶＤＤに設定され、フローティングディフュージョンＦＤ１の電圧がリセットされる（リセット期間）。

[0082] リセット動作の完了後、電荷の読み出しが行われる。具体的には、タイミングｔ２において、駆動回路から読み出し電極２１Ａには電位Ｖ３が印加され、蓄積電極２１Ｂには電位Ｖ４が印加される。ここで、電位Ｖ３，Ｖ４は、Ｖ３＜Ｖ４とする。これにより、蓄積電極２１Ｂに対応する領域に蓄積されていた電荷（ここでは、電子）は、読み出し電極２１ＡからフローティングディフュージョンＦＤ１へと読み出される。即ち、電荷蓄積層２３に蓄積された電荷が制御部に読み出される（転送期間）。

[0083] 読み出し動作完了後、再び、駆動回路から読み出し電極２１Ａに電位Ｖ１が印加され、蓄積電極２１Ｂに電位Ｖ２が印加される。これにより、光電変換によって生じた電荷（ここでは、電子）は、蓄積電極２１Ｂに引きつけられ、蓄積電極２１Ｂと対向する光電変換層２４の領域に蓄積される（蓄積期間）。

[0084] （無機光電変換部３２Ｂ，３２Ｒによる青色信号および赤色信号の取得）

続いて、有機光電変換部２０を透過した光のうち、青色光は無機光電変換部３２Ｂ、赤色光は無機光電変換部３２Ｒにおいて、それぞれ順に吸収され、光電変換される。無機光電変換部３２Ｂでは、入射した青色光に対応した電子が無機光電変換部３２Ｂのｎ領域に蓄積され、蓄積された電子は、転送トランジスタＴＲ２ｔｒｓによりフローティングディフュージョンＦＤ２へと転送される。同様に、無機光電変換部３２Ｒでは、入射した赤色光に対応した電子が無機光電変換部３２Ｒのｎ領域に蓄積され、蓄積された電子は、転送トランジスタＴＲ３ｔｒｓによりフローティングディフュージョンＦＤ３へと転送される。

[0085] （１－３．作用・効果）

本実施の形態の撮像素子１０Ａは、有機光電変換部２０の上面を覆う封止層２６として、窒素（N_2）を含む絶縁材料（例えば、ＡｌＮ$_x$またはＳｉＮ$_x$）からなる第１層２６Ａおよび酸素（O_2）含む絶縁材料（例えば、ＡｌＯ$_x$）か

らなる第２層２６Ｂをこの順に積層するようにした。これにより、例えば周辺領域１１０Ｂにおいて、有機光電変換部２０の上部電極２５に電圧を印加するための配線５２と上部電極２５とが接続される開口５１Ｈ２を容易に形成することが可能となる。以下、これについて説明する。

[0086] 近年、ＣＣＤイメージセンサやＣＭＯＳイメージセンサ等を構成する撮像素子として、複数の光電変換部が縦方向に積層された積層型撮像素子の開発が進められている。積層型撮像素子としては、例えば、シリコン（Ｓｉ）基板内に、それぞれフォトダイオード（ＰＤ）からなる２つ無機光電変換部が積層され、Ｓｉ基板の上方に有機材料を含む光電変換層を有する有機光電変換部が設けられた構成を有している。

[0087] このような積層型撮像素子では、有効画素領域の端部において上部電極とのコンタクトが形成される。上部電極上には、一般に封止層が製膜されており、上部電極とのコンタクトは、例えばドライエッチングを用いて封止層をエッチングしたのち、配線となる金属膜を成膜することで形成される。

[0088] その際、封止層が酸化アルミニウムのみで形成されている場合には、２段階のドライエッチングが行われる。具体的には、例えば、塩素系ガスを用いて封止層を途中までエッチングしたのち、フッ素系ガスを用いて残りの封止層をエッチングして上部電極の表面で停止する。このような２段階ドライエッチングでは、１段階目において面内ばらつきが生じ、２段階目でフッ化アルミニウム（ＡＩＦ）のパーティクルが生じ、製造歩留まりが低下するという課題が生じる。

[0089] これに対して、本実施の形態では、窒素（N_2）を含む絶縁材料（例えば、AlN_xまたはSiN_x）からなる第１層２６Ａおよび酸素（O_2）含む絶縁材料（例えば、AlO_x）からなる第２層２６Ｂを有する封止層２６を形成し、有機光電変換部２０の上面に、第１層２６Ａおよび第２層２６Ｂの順に積層するようにした。これにより、有機光電変換部２０の上部電極２５と、電圧を印加するための配線５２とを接続するための開口５１Ｈ２を形成する際のウェットエッチング工程において、第１層２６Ａをエッチングストッパ膜とし

て第１層２６Ａ上のＡｌO_x膜を除去できるようになる。これにより、上述したような面内ばらつきの発生を防ぐことが可能となる。更に、続くドライエッチング工程では、第１層２６Ａのみをエッチングすることとなるため、フッ化アルミニウム（ＡｌＦ）のパーティクルの発生を低減することが可能となる。また、第１層２６Ａを、ＳｉN_xを用いて形成した場合には、パーティクルの発生を防ぐことが可能となる。

[0090] 以上のように、本実施の形態の撮像素子１０Ａでは、有機光電変換部２０の上面を、窒素（N_2）を含む絶縁材料（例えば、ＡｌN_xまたはＳｉN_x）からなる第１層２６Ａおよび酸素（O_2）含む絶縁材料（例えば、ＡｌO_x）からなる第２層２６Ｂがこの順に積層された封止層２６で覆うようにしたので、上部電極２５と配線５２とが接続される開口５１Ｈ２の形成が容易になる。よって、製造歩留まりを向上させることが可能となる。

[0091] 次に、第２の実施の形態について説明する。なお、第１の実施の形態の撮像素子１０Ａと同様の構成要素には同一の符号を付して説明を省略する。

[0092] ＜２．第２の実施の形態＞

図２０は、本開示の第２の実施の形態に係る撮像素子（撮像素子１０Ｂ）の断面構成を表したものである。撮像素子１０Ｂは、上記第１の実施の形態における撮像素子１０Ａと同様に、例えば、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等の電子機器に用いられるＣＭＯＳイメージセンサ等の撮像装置（撮像装置１）において１つの画素（単位画素Ｐ）を構成するものである。

[0093] 本実施の形態の撮像素子１０Ｂは、有機光電変換部２０の上面を覆う封止層２６を構成する酸素（O_2）を含む絶縁材料（例えば、ＡｌO_x）からなる第２層２６Ｂおよび窒素（N_2）を含む絶縁材料（例えば、ＡｌN_xまたはＳｉN_x）からなる第１層２６Ａが、有機光電変換部２０側からこの順に積層されたものである。具体的には、撮像素子１０Ｂでは、封止層２６は、上記第１の実施の形態と同様に、第１層２６Ａ、第２層２６Ｂおよび第３層２６Ｃからなり、有機光電変換部２０側から第２層２６Ｂ、第１層２６Ａおよび第３層２６Ｃの順に積層されている。本実施の形態では、第２層２６Ｂは、有機光

電変換部２０の上面に設けられており、第１層２６Ａおよび第３層２６Ｃは、それぞれ、上部電極２５の上面から上部電極２５、光電変換層２４および電荷蓄積層２３の側面を介して絶縁層２２上に形成され、例えば周辺領域１１０Ｂの端部まで延在している。

[0094] 撮像素子１０Ｂは、例えば、次のようにして製造することができる。

[0095] まず、上記第１の実施の形態と同様にして、絶縁層２２上に、電荷蓄積層２３、光電変換層２４および上部電極２５を形成する。続いて、上部電極２５上に、図２１に示したように、第２層２６Ｂとして酸化アルミニウム（ＡｌＯ$_x$）膜を、ＡＬＤ法を用いて、例えば３０ｎｍの厚みで形成したのち、第２層２６Ｂの所定の位置にフォトレジストを形成し、第２層２６Ｂをパターニングする。

[0096] 次に、図２２に示したように、第２層２６Ｂをマスクとしてドライエッチングすることにより、周辺領域１１０Ｂの周縁部分の電荷蓄積層２３、光電変換層２４および上部電極２５を除去する。

[0097] 続いて、図２３に示したように、例えばＡＬＤ法を用いて第２層２６Ｂ上および電荷蓄積層２３、光電変換層２４、上部電極２５、第１層２６Ａおよび第２層２６Ｂの側面ならびに絶縁層２２上に延在する第１層２６Ａおよび第３層２６Ｃをこの順に、それぞれ、例えば３０ｎｍの厚み成膜したのち、例えばスパッタリング法を用いてＡｌＯ$_x$膜（平坦化層５１）を、例えば５００ｎｍの厚みで形成する。具体的には、第１層２６Ａおよび第３層２６Ｃは、まず、Ａｌ前駆体としてトリメチルアルミニウムを用い、窒素（N_2）プラズマを照射してＡｌＮ$_x$膜（第１層２６Ａ）を成膜したのち、窒素（N_2）プラズマを酸素（O_2）プラズマに変えることでＡｌＯ$_x$膜（第３層２６Ｃ）を成膜する。

[0098] なお、第１層２６Ａは、窒化シリコン（ＳｉＮ$_x$）膜で形成してもよく、窒化シリコン（ＳｉＮ$_x$）膜で形成する場合には、Ｓｉ前駆体として例えばビス（ｔｅｒｔ－ブチルアミノ）シランを用い、窒素（N_2）／アンモニア（NH_3）プラズマを照射してＳｉＮ$_x$膜（第１層２６Ａ）を成膜する。その後、Ａｌ

前駆体（例えば、トリメチルアルミニウム）と酸素（O_2）プラズマとを用いてAlO_x膜（第３層２６Ｃ）を成膜する。

[0099] この後、図２４に示したように、パッド部３６Ｄおよび上部電極２５まで貫通する開口５１Ｈ１，５１Ｈ２を形成する。具体的には、まず、平坦化層５１上にフォトレジストをパターニングしたのち、ウェットエッチングを行う。これにより、図２４に示したように、パッド部３６Ｄまで達する開口５１Ｈ１が形成される。開口５１Ｈ２となる部分では、第１層２６Ａ（AlN_x膜）がエッチングストッパ膜となり、平坦化層５１および第３層２６Ｃが除去される。その後、例えばフッ化水素（ＨＦ）を用いたドライエッチングにより第１層２６Ａおよび第２層２６Ｂをエッチングする。これにより、上部電極２５まで達する開口５１Ｈ２が形成される。

[0100] 次に、図２５に示したように、平坦化層５１上および開口５１Ｈ１，５１Ｈ２の側面および底面に連続する配線５２を形成したのち、平坦化層５１および配線５２上、ならびに、開口５１Ｈ１，５１Ｈ２内を埋設する保護層５３を形成する。これにより、開口５１Ｈ１，５１Ｈ２を介した電荷蓄積層２３への水素および水分の侵入が抑制される。最後に、遮光膜５４およびオンチップレンズ層５６を形成する。以上により、図２０に示した撮像素子１０Ｂが完成する。

[0101] 以上のように、本実施の形態の撮像素子１０Ｂでは、有機光電変換部２０の上面を、酸素（O_2）含む絶縁材料（例えば、AlO_x）からなる第２層２６Ｂおよび窒素（N_2）を含む絶縁材料（例えば、AlN_xまたはSiN_x）からなる第１層２６Ａがこの順に積層された封止層２６で覆うようにした。これにより、上記第１の実施の形態と比較して開口５１Ｈ２を形成するドライエッチング時に、第２層２６Ｂ分のフッ化アルミニウム（ＡｌＦ）のパーティクルの発生が増えるものの、一般的な封止層のエッチング工程と比較して、上部電極２５と配線５２とが接続される開口５１Ｈ２の形成が容易になる。よって、製造歩留まりを向上させることが可能となる。

[0102] ＜３．第３の実施の形態＞

図２６は、本開示の第３の実施の形態に係る撮像素子（撮像素子１０Ｃ）の断面構成の一例を表したものである。図２７は、図２６に示した撮像素子の平面構成を模式的に表したものである。撮像素子１０Ｃは、上記第１の実施の形態における撮像素子１０Ａと同様に、例えば、デタルスチルカメラ、ビデオカメラ等の電子機器に用いられるＣＭＯＳイメージセンサ等の撮像装置（撮像装置１）において１つの画素（単位画素Ｐ）を構成するものである。

[0103] 本実施の形態の撮像素子１０Ｃは、有機光電変換部２０の上面を覆う封止層２６を構成する窒素（N_2）を含む絶縁材料（例えば、ＡＩN_xまたはＳｉN_x）からなる第１層２６Ａが部分的、具体的には、上部電極２５と配線５２とが電気的に接続されるコンタクト部分に設けられたものである。封止層２６は、コンタクト部分において、第２層２６Ｂ、第３層２６Ｃおよび第１層２６Ａが、有機光電変換部２０側からこの順に積層されている。

[0104] 撮像素子１０Ｃは、例えば、次のようにして製造することができる。

[0105] まず、上記第１の実施の形態と同様にして、絶縁層２２上に、電荷蓄積層２３、光電変換層２４および上部電極２５を形成する。続いて、上部電極２５上に、第２層２６Ｂとして酸化アルミニウム（ＡＩO_x）膜を、ＡＬＤ法を用いて、例えば３０ｎｍの厚みで形成する。その後、図２８に示したように、周辺領域１１０Ｂの周縁部分の電荷蓄積層２３、光電変換層２４、上部電極２５および第２層２６Ｂを除去する。

[0106] 次に、図２９に示したように、例えばＡＬＤ法を用いて第２層２６Ｂ上および電荷蓄積層２３、光電変換層２４、上部電極２５および第２層２６Ｂの側面ならびに絶縁層２２上に延在する第３層２６Ｃに、例えば３０ｎｍの厚みで成膜する。

[0107] 続いて、図３０に示したように、例えばＡＬＤ法を用いて第３層２６Ｃ上に第１層２６Ａを、例えば５０ｎｍの厚みで成膜した後、第１層２６Ａの所定の位置、即ち、上部電極２５と配線５２とのコンタクト位置にフォトレジストを形成し、第１層２３Ａをパターニングする。

[0108] 次に、図３１に示したように、例えばスパッタリング法を用いて第３層２６Ｃおよび第１層２６Ａを覆うＡＩO_x膜（平坦化層５１）を形成する。

[0109] 続いて、平坦化層５１上にフォトレジストをパターニングしたのち、図３２に示したように、ウェットエッチングを行い、開口５１Ｈ２を形成する。このとき、開口５１Ｈ２では、第１層２６Ａがエッチングストッパ膜となり平坦化層５１が除去される。次に、例えばフッ化水素（ＨＦ）を用いたドライエッチングにより第１層２６Ａおよび第２層２６Ｂをエッチングする。これにより、上部電極２５まで達する開口５１Ｈ２が形成される。その後、上記第１の実施の形態と同様にして配線５２、保護層５３、遮光膜５４およびオンチップレンズ層５６を形成する。以上により、図２６に示した撮像素子１０Ｃが完成する。

[0110] なお、第１層２６Ａの形成範囲および積層方向の形成位置はこれに限定されるものではない。例えば、図３３に示したように、第１層２３Ａは有機光電変換部２０の側面に延在していてもよい。また、図３４に示したように、第１層２３Ａは有機光電変換部２０の側面から周辺領域１１０Ｂまで延在していてもよい。更に、図３５～図３７に示したように、封止層２６は、第１の実施の形態と同様に、第１層２６Ａ、第２層２６Ｂおよび第３層２６Ｃの順に形成するようにしてもよい。

[0111] 以上のように、本実施の形態の撮像素子１０Ｃでは、封止層２６を構成する窒素（N_2）を含む絶縁材料（例えば、ＡＩN_xまたはＳｉN_x）からなる第１層２６Ａを、上部電極２５と配線５２とが電気的に接続されるコンタクト部分に選択的に設けるようにした。これにより、上記第１の実施の形態の効果に加えて、第１層２６Ａによる光電変換部２０へ侵入する光（入射光）の損失が低減され、デバイス特性を向上させることが可能となる。また、第１層２６Ａに含まれる微量な水素（H_2）の有機光電変換部２０への侵入が抑制される。よって、有機光電変換部２０を構成する上部電極２５の還元や有機膜の劣化が抑制され、デバイス特性をさらに向上させることが可能となる。

[0112] ＜４．第４の実施の形態＞

図３８は、本開示の第４の実施の形態に係る撮像素子（撮像素子１０Ｄ）の断面構成の一例を表したものである。撮像素子１０Ｄは、上記第１の実施の形態における撮像素子１０Ａと同様に、例えば、デタルスチルカメラ、ビデオカメラ等の電子機器に用いられるＣＭＯＳイメージセンサ等の撮像装置（撮像装置１）において１つの画素（単位画素Ｐ）を構成するものである。

[0113] 本実施の形態の撮像素子１０Ｄは、有機光電変換部２０の上部電極２５上に画素間遮光膜（遮光膜５７）を設け、この遮光膜５７を第１層２６Ａと共にエッチングストッパ層として用いたものである。また、本実施の形態では、上記第３の実施の形態と同様に、封止層２６を構成する第１層２６Ａは、上部電極２５と配線５２とが電気的に接続されるコンタクト部分に選択的に設けられている。

[0114] 遮光膜５７は、例えば、タングステン（Ｗ）、チタン（Ｔｉ）、窒化チタン（ＴｉＮ）あるいはアルミニウム（Ａｌ）等の遮光性を有する金属材料が挙げられ、遮光膜５４は、例えばＷ／ＴｉＮ／Ｔｉの積層膜あるいはＷの単層膜として形成されている。

[0115] 撮像素子１０Ｄは、例えば、次のようにして製造することができる。

[0116] まず、上記第１の実施の形態と同様にして、絶縁層２２上に、電荷蓄積層２３、光電変換層２４および上部電極２５を形成する。続いて、上部電極２５上に、第２層２６Ｂとして酸化アルミニウム（AlO_x）膜を、ＡＬＤ法を用いて、例えば３０ｎｍの厚みで形成する。その後、図２８に示したように、周辺領域１１０Ｂの周縁部分の電荷蓄積層２３、光電変換層２４、上部電極２５および第２層２６Ｂを除去する。

[0117] 次に、図３９に示したように、例えばＡＬＤ法を用いて第２層２６Ｂ上および電荷蓄積層２３、光電変換層２４、上部電極２５および第２層２６Ｂの側面ならびに絶縁層２２上に延在する第３層２６Ｃおよび遮光膜５７としてＷ膜をこの順に、それぞれ、例えば３０ｎｍの厚みで成膜する。本実施の形態では、第１層２６Ａは、窒化アルミニウム（AlN_x）や窒化シリコン（SiN_x）の他に、酸化シリコン（SiO_x）を用いて形成することができる。

[0118] 続いて、W膜（遮光膜５７）の所定の位置、即ち、隣り合う画素間および上部電極２５と配線５２とのコンタクト位置にフォトレジストを形成し、遮光膜５７をパターニングする。その後、例えばＡＬＤ法を用いて、図４０に示したように、第３層２６Ｃ上および遮光膜５７上に第１層２６Ａを、例えば３０ｎｍの厚みで成膜する。

[0119] 次に、第１層２６Ａの上部電極２５と配線５２とのコンタクト位置にフォトレジストを形成し、第１層２６Ａをパターニングする。これにより、図４１に示したように、上部電極２５と配線５２とのコンタクト位置に形成された遮光膜５７上に第１層２６Ａが選択的に形成される。

[0120] 続いて、図４２に示したように、例えばスパッタリング法を用いてAlO_x膜（平坦化層５１）を、例えば５００ｎｍの厚みで形成する。

[0121] 次に、図４３に示したように、平坦化層５１上にフォトレジスト（マスク６１）をパターニングしたのち、例えば、塩素系ガスを用いたドライエッチングを行い、開口５１Ｈ２を形成する。AlO_x膜（平坦化層５１）と、例えばSiO_x膜（第１層２６Ａ）との選択加工比（AlO_x／SiO_x）は１０程度である。このため、エッチングのばらつきを吸収するために３０％程度のオーバーエッチングを行ってもSiO_x膜は２０ｎｍ程度しか削られず、第１層２６Ａがエッチングストッパ膜となり平坦化層５１が除去される。

[0122] 続いて、第１層２６Ａ、遮光膜５７および第２層２６Ｂをエッチングする。例えば、第１層２６ＡはＣＦ系ガス、遮光膜５７はSF_6ガスを用いたドライエッチングにより除去することができる。第２層２６Ｂは、例えば、ＣＦ系ガスを用いて除去する。これにより、図４４に示したように、上部電極２５まで達する開口５１Ｈ２が形成される。その後、上記第１の実施の形態と同様にして配線５２、保護層５３、遮光膜５４およびオンチップレンズ層５６を形成する。以上により、図３８に示した撮像素子１０Ｄが完成する。

[0123] なお、図３８では、上部電極２５と配線５２とが電気的に接続されるコンタクト部分に設けられた遮光膜５７上にのみ第１層２６Ａが設けられた例を示したが、これに限定されるものではない。例えば、第１層２６Ａは、図４

５に示したように、隣り合う画素間に設けられた遮光膜５７上にも設けられていてもよい。図４５に示した撮像素子１０Ｄは、例えば、次のようにして製造することができる。

[0124] まず、上記と同様にして、図２８に示したように、周辺領域１１０Ｂの周縁部分の電荷蓄積層２３、光電変換層２４、上部電極２５および第２層２６Ｂを除去する。次に、図４６に示したように、例えばＡＬＤ法を用いて第２層２６Ｂ上および電荷蓄積層２３、光電変換層２４、上部電極２５および第２層２６Ｂの側面ならびに絶縁層２２上に延在する第３層２６Ｃ、遮光膜５７および第１層２６Ａをこの順に、それぞれ、例えば３０ｎｍの厚みで成膜する。

[0125] 続いて、図４７に示したように、第１層２６Ａの所定の位置、即ち、隣り合う画素間および上部電極２５と配線５２とのコンタクト位置にフォトレジストを形成し、遮光膜５７をパターニングする。これにより、隣り合う画素間および上部電極２５と配線５２とのコンタクト位置に遮光膜５７と第１層２６Ａとの積層膜が選択的に形成される。

[0126] 次に、図４８に示したように、例えばスパッタリング法を用いてAlO_x膜（平坦化層５１）を、例えば５００ｎｍの厚みで形成する。

[0127] 続いて、図４９に示したように、平坦化層５１上にフォトレジスト（マスク６１）をパターニングしたのち、例えば、塩素系ガスを用いたドライエッチングを行い、開口５１Ｈ２を形成する。上記のように、平坦化層５１と、例えばSiO_x膜（第１層２６Ａ）との選択加工比（AlO_x／SiO_x）は１０程度である。このため、エッチングのばらつきを吸収するために３０％程度のオーバーエッチングを行ってもSiO_x膜は２０ｎｍ程度しか削られず、第１層２６Ａがエッチングストッパ膜となり平坦化層５１が除去される。

[0128] 次に、上記と同様にして、第１層２６Ａ、遮光膜５７および第２層２６Ｂをエッチングする。例えば、第１層２６ＡはＣＦ系ガス、遮光膜５７はSF_6ガスを用いたドライエッチングにより除去することができる。第２層２６Ｂは、例えば、ＣＦ系ガスを用いて除去する。これにより、図５０に示したよ

うに、上部電極２５まで達する開口５１Ｈ２が形成される。その後、上記第１の実施の形態と同様にして配線５２、保護層５３、遮光膜５４およびオンチップレンズ層５６を形成する。以上により、図４５に示した撮像素子１０Ｄが完成する。

[0129] 以上のように、本実施の形態の撮像素子１０Ｄでは、有機光電変換部２０の上部電極２５上の隣り合う画素間および有効画素領域１１０Ａの周縁に遮光膜５７を設け、この遮光膜５７を第１層２６Ａと共にエッチングストッパ層として用いるようにした。これにより、上記第３の実施の形態と比較して、有機光電変換部２０の有機膜を露出させずに安定的に開口５１Ｈ２を形成することが可能となる。よって、製造歩留まりを向上させることが可能となる。

[0130] また、本実施の形態の撮像素子１０Ｄでは、隣り合う画素間に遮光膜５７を設けるようにしたので、上記第１の実施の形態と比較して、光電変換部２０への斜入射光の画素間の混色を低減することができ、デバイス特性を向上させることが可能となる。

[0131] ＜５．変形例＞

図５１は、上記第４の実施の形態の変形例としての撮像素子１０Ｄの断面構成の他の例を表したものである。上記第４の実施の形態では、遮光膜５７上に第１層２６Ａを設け、これをエッチングストッパ膜として用いた例を示したが、遮光膜５７は、第２層２６Ｂおよび第３層２６Ｃとはエッチングレートが異なるため、第１層２６Ａは省略してもよい。つまり、遮光膜５７を第１層２６Ａとして用いるようにしてもよい。また、上記第４の実施の形態では、第３層２６Ｃ上に遮光膜５７を設けた例を示したが、遮光膜５７は、有機光電変換部２０の上部電極２５上に直接設けるようにしてもよい。

[0132] 図５１に示した撮像素子１０Ｄは、例えば、次のようにして製造することができる。

[0133] まず、上記第１の実施の形態と同様にして、絶縁層２２上に、電荷蓄積層２３、光電変換層２４および上部電極２５を形成する。続いて、図５２に示

したように、上部電極２５上に、上記と同様にして、隣り合う画素間および上部電極２５と配線５２とのコンタクト位置から周辺領域１１０Ｂまで延在する遮光膜５７および上部電極２５および遮光膜５７を覆う第２層２６Ｂをそれぞれ、ＡＬＤ法を用いて、例えば３０ｎｍの厚みで形成する。

[0134] 次に、図５３に示したように、周辺領域１１０Ｂの周縁部分の電荷蓄積層２３、光電変換層２４、上部電極２５、遮光膜５７および第２層２６Ｂを除去する。

[0135] 続いて、図５４に示したように、例えばＡＬＤ法を用いて第２層２６Ｂ上および遮光膜５７、電荷蓄積層２３、光電変換層２４、上部電極２５および第２層２６Ｂの側面ならびに絶縁層２２上に延在する第３層２６Ｃ、例えば３０ｎｍの厚みで成膜する。

[0136] 次に、図５５に示したように、例えばスパッタリング法を用いてAlO_x膜（平坦化層５１）を、例えば５００ｎｍの厚みで形成する。

[0137] 続いて、図５６に示したように、平坦化層５１上にフォトレジストをパターニングして開口５１Ｈ２を形成する。ここでは、例えば塩素系ガスを用いた反応性イオンエッチング（ドライエッチング）を行う。AlO_x膜（平坦化層５１）とW膜（遮光膜５７）との選択加工比（AlO_x／W）は１０程度である。このため、エッチングのばらつきを吸収するために３０％程度のオーバーエッチングを行ってもW膜（遮光膜５７）は残る。本変形例では、上記のように遮光膜５７は金属材料を用いて形成していることから、開口５１Ｈ２に上部電極２５が露出していなくても、上部電極２５と配線５２との導通を確保することができる。

[0138] その後、フォトレジストを除去した後、上記第１の実施の形態と同様にして配線５２、保護層５３、遮光膜５４およびオンチップレンズ層５６を形成する。以上により、図５１に示した撮像素子１０Ｄが完成する。

[0139] 以上のように、本変形例の撮像素子１０Ｄでは、遮光膜５７を、第２層２６Ｂおよび第３層２６Ｃを加工する際のエッチングストッパ膜として用いると共に、上部電極２５上に直接設けるようにした。これにより、上記第４の

実施の形態と比較して、上部電極２５がエッチングされることなく安定的に開口５１Ｈ２を形成することが可能となる。よって、製造歩留まりをさらに向上させることが可能となる。

[0140] ＜６．適用例＞

（適用例１）

図５７は、上記第１，第２の実施の形態において説明した撮像素子１０Ａ（または、撮像素子１０Ｂ）を各画素に用いた撮像装置（撮像装置１）の全体構成を表したものである。この撮像装置１は、ＣＭＯＳイメージセンサであり、半導体基板３０上に、撮像エリアとしての画素部１ａを有すると共に、この画素部１ａの周辺領域に、例えば、行走査部１３１、水平選択部１３３、列走査部１３４およびシステム制御部１３２からなる周辺回路部１３０を有している。

[0141] 画素部１ａは、例えば、行列状に２次元配置された複数の単位画素Ｐを有している。この単位画素Ｐには、例えば、画素行ごとに画素駆動線Ｌread（具体的には行選択線およびリセット制御線）が配線され、画素列ごとに垂直信号線Ｌsigが配線されている。画素駆動線Ｌreadは、画素からの信号読み出しのための駆動信号を伝送するものである。画素駆動線Ｌreadの一端は、行走査部１３１の各行に対応した出力端に接続されている。

[0142] 行走査部１３１は、シフトレジスタやアドレスデコーダ等によって構成され、画素部１ａの各単位画素Ｐを、例えば、行単位で駆動する画素駆動部である。行走査部１３１によって選択走査された画素行の各単位画素Ｐから出力される信号は、垂直信号線Ｌsigの各々を通して水平選択部１３３に供給される。水平選択部１３３は、垂直信号線Ｌsigごとに設けられたアンプや水平選択スイッチ等によって構成されている。

[0143] 列走査部１３４は、シフトレジスタやアドレスデコーダ等によって構成され、水平選択部１３３の各水平選択スイッチを走査しつつ順番に駆動するものである。この列走査部１３４による選択走査により、垂直信号線Ｌsigの各々を通して伝送される各画素の信号が順番に水平信号線１３５に出力され、

当該水平信号線１３５を通して半導体基板３０の外部へ伝送される。

[0144] 行走査部１３１、水平選択部１３３、列走査部１３４および水平信号線１３５からなる回路部分は、半導体基板３０上に直に形成されていてもよいし、あるいは外部制御ＩＣに配設されたものであってもよい。また、それらの回路部分は、ケーブル等により接続された他の基板に形成されていてもよい。

[0145] システム制御部１３２は、半導体基板３０の外部から与えられるクロックや、動作モードを指令するデータ等を受け取り、また、撮像装置１の内部情報等のデータを出力するものである。システム制御部１３２はさらに、各種のタイミング信号を生成するタイミングジェネレータを有し、当該タイミングジェネレータで生成された各種のタイミング信号を基に行走査部１３１、水平選択部１３３および列走査部１３４等の周辺回路の駆動制御を行う。

[0146] （適用例２）

上記撮像装置１は、例えば、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等のカメラシステムや、撮像機能を有する携帯電話等、撮像機能を備えたあらゆるタイプの電子機器に適用することができる。図５８に、その一例として、電子機器２（カメラ）の概略構成を示す。この電子機器２は、例えば、静止画または動画を撮影可能なビデオカメラであり、撮像装置１と、光学系（光学レンズ）３１０と、シャッタ装置３１１と、撮像装置１およびシャッタ装置３１１を駆動する駆動部３１３と、信号処理部３１２とを有する。

[0147] 光学系３１０は、被写体からの像光（入射光）を撮像装置１の画素部１ａへ導くものである。この光学系３１０は、複数の光学レンズから構成されていてもよい。シャッタ装置３１１は、撮像装置１への光照射期間および遮光期間を制御するものである。駆動部３１３は、撮像装置１の転送動作およびシャッタ装置３１１のシャッタ動作を制御するものである。信号処理部３１２は、撮像装置１から出力された信号に対し、各種の信号処理を行うものである。信号処理後の映像信号Ｄoutは、メモリ等の記憶媒体に記憶されるか、あるいは、モニタ等に出力される。

[0148] ＜７．応用例＞

更に、上記撮像装置１は、下記電子機器（カプセル型内視鏡１０１００および車両等の移動体）にも適用することが可能である。

[0149] ＜体内情報取得システムへの応用例＞

更に、本開示に係る技術（本技術）は、様々な製品へ応用することができる。例えば、本開示に係る技術は、内視鏡手術システムに適用されてもよい。

[0150] 図５９は、本開示に係る技術（本技術）が適用され得る、カプセル型内視鏡を用いた患者の体内情報取得システムの概略的な構成の一例を示すブロック図である。

[0151] 体内情報取得システム１００００１は、カプセル型内視鏡１０１００と、外部制御装置１０２００とから構成される。

[0152] カプセル型内視鏡１０１００は、検査時に、患者によって飲み込まれる。カプセル型内視鏡１０１００は、撮像機能及び無線通信機能を有し、患者から自然排出されるまでの間、胃や腸等の臓器の内部を蠕動運動等によって移動しつつ、当該臓器の内部の画像（以下、体内画像ともいう）を所定の間隔で順次撮像し、その体内画像についての情報を体外の外部制御装置１０２００に順次無線送信する。

[0153] 外部制御装置１０２００は、体内情報取得システム１００００１の動作を統括的に制御する。また、外部制御装置１０２００は、カプセル型内視鏡１０１００から送信されてくる体内画像についての情報を受信し、受信した体内画像についての情報に基づいて、表示装置（図示せず）に当該体内画像を表示するための画像データを生成する。

[0154] 体内情報取得システム１００００１では、このようにして、カプセル型内視鏡１０１００が飲み込まれてから排出されるまでの間、患者の体内の様子を撮像した体内画像を随時得ることができる。

[0155] カプセル型内視鏡１０１００と外部制御装置１０２００の構成及び機能についてより詳細に説明する。

[0156] カプセル型内視鏡１０１００は、カプセル型の筐体１０１０１を有し、その筐体１０１０１内には、光源部１０１１１、撮像部１０１１２、画像処理部１０１１３、無線通信部１０１１４、給電部１０１１５、電源部１０１１６、及び制御部１０１１７が収納されている。

[0157] 光源部１０１１１は、例えばＬＥＤ（light emitting diode）等の光源から構成され、撮像部１０１１２の撮像視野に対して光を照射する。

[0158] 撮像部１０１１２は、撮像素子、及び当該撮像素子の前段に設けられる複数のレンズからなる光学系から構成される。観察対象である体組織に照射された光の反射光（以下、観察光という）は、当該光学系によって集光され、当該撮像素子に入射する。撮像部１０１１２では、撮像素子において、そこに入射した観察光が光電変換され、その観察光に対応する画像信号が生成される。撮像部１０１１２によって生成された画像信号は、画像処理部１０１１３に提供される。

[0159] 画像処理部１０１１３は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）やＧＰＵ（Graphics Processing Unit）等のプロセッサによって構成され、撮像部１０１１２によって生成された画像信号に対して各種の信号処理を行う。画像処理部１０１１３は、信号処理を施した画像信号を、ＲＡＷデータとして無線通信部１０１１４に提供する。

[0160] 無線通信部１０１１４は、画像処理部１０１１３によって信号処理が施された画像信号に対して変調処理等の所定の処理を行い、その画像信号を、アンテナ１０１１４Ａを介して外部制御装置１０２００に送信する。また、無線通信部１０１１４は、外部制御装置１０２００から、カプセル型内視鏡１０１００の駆動制御に関する制御信号を、アンテナ１０１１４Ａを介して受信する。無線通信部１０１１４は、外部制御装置１０２００から受信した制御信号を制御部１０１１７に提供する。

[0161] 給電部１０１１５は、受電用のアンテナコイル、当該アンテナコイルに発生した電流から電力を再生する電力再生回路、及び昇圧回路等から構成される。給電部１０１１５では、いわゆる非接触充電の原理を用いて電力が生成

される。

[0162] 電源部１０１１６は、二次電池によって構成され、給電部１０１１５によって生成された電力を蓄電する。図５９では、図面が煩雑になることを避けるために、電源部１０１１６からの電力の供給先を示す矢印等の図示を省略しているが、電源部１０１１６に蓄電された電力は、光源部１０１１１、撮像部１０１１２、画像処理部１０１１３、無線通信部１０１１４、及び制御部１０１１７に供給され、これらの駆動に用いられ得る。

[0163] 制御部１０１１７は、ＣＰＵ等のプロセッサによって構成され、光源部１０１１１、撮像部１０１１２、画像処理部１０１１３、無線通信部１０１１４、及び、給電部１０１１５の駆動を、外部制御装置１０２００から送信される制御信号に従って適宜制御する。

[0164] 外部制御装置１０２００は、ＣＰＵ，ＧＰＵ等のプロセッサ、又はプロセッサとメモリ等の記憶素子が混載されたマイクロコンピュータ若しくは制御基板等で構成される。外部制御装置１０２００は、カプセル型内視鏡１０１００の制御部１０１１７に対して制御信号を、アンテナ１０２００Ａを介して送信することにより、カプセル型内視鏡１０１００の動作を制御する。カプセル型内視鏡１０１００では、例えば、外部制御装置１０２００からの制御信号により、光源部１０１１１における観察対象に対する光の照射条件が変更され得る。また、外部制御装置１０２００からの制御信号により、撮像条件（例えば、撮像部１０１１２におけるフレームレート、露出値等）が変更され得る。また、外部制御装置１０２００からの制御信号により、画像処理部１０１１３における処理の内容や、無線通信部１０１１４が画像信号を送信する条件（例えば、送信間隔、送信画像数等）が変更されてもよい。

[0165] また、外部制御装置１０２００は、カプセル型内視鏡１０１００から送信される画像信号に対して、各種の画像処理を施し、撮像された体内画像を表示装置に表示するための画像データを生成する。当該画像処理としては、例えば現像処理（デモザイク処理）、高画質化処理（帯域強調処理、超解像処理、ＮＲ（Noise reduction）処理及び／又は手ブレ

補正処理等）、並びに／又は拡大処理（電子ズーム処理）等、各種の信号処理を行うことができる。外部制御装置１０２００は、表示装置の駆動を制御して、生成した画像データに基づいて撮像された体内画像を表示させる。あるいは、外部制御装置１０２００は、生成した画像データを記録装置（図示せず）に記録させたり、印刷装置（図示せず）に印刷出力させてもよい。

[0166] 以上、本開示に係る技術が適用され得る体内情報取得システムの一例について説明した。本開示に係る技術は、以上説明した構成のうち、例えば、撮像部１０１１２に適用され得る。これにより、検出精度が向上する。

[0167] ＜内視鏡手術システムへの応用例＞

本開示に係る技術（本技術）は、様々な製品へ応用することができる。例えば、本開示に係る技術は、内視鏡手術システムに適用されてもよい。

[0168] 図６０は、本開示に係る技術（本技術）が適用され得る内視鏡手術システムの概略的な構成の一例を示す図である。

[0169] 図６０では、術者（医師）１１１３１が、内視鏡手術システム１１０００を用いて、患者ベッド１１１３３上の患者１１１３２に手術を行っている様子が図示されている。図示するように、内視鏡手術システム１１０００は、内視鏡１１１００と、気腹チューブ１１１１１やエネルギー処置具１１１１２等の、その他の術具１１１１０と、内視鏡１１１００を支持する支持アーム装置１１１２０と、内視鏡下手術のための各種の装置が搭載されたカート１１２００と、から構成される。

[0170] 内視鏡１１１００は、先端から所定の長さの領域が患者１１１３２の体腔内に挿入される鏡筒１１１０１と、鏡筒１１１０１の基端に接続されるカメラヘッド１１１０２と、から構成される。図示する例では、硬性の鏡筒１１１０１を有するいわゆる硬性鏡として構成される内視鏡１１１００を図示しているが、内視鏡１１１００は、軟性の鏡筒を有するいわゆる軟性鏡として構成されてもよい。

[0171] 鏡筒１１１０１の先端には、対物レンズが嵌め込まれた開口部が設けられている。内視鏡１１１００には光源装置１１２０３が接続されており、当該

光源装置１１２０３によって生成された光が、鏡筒１１１０１の内部に延設されるライトガイドによって当該鏡筒の先端まで導光され、対物レンズを介して患者１１１３２の体腔内の観察対象に向かって照射される。なお、内視鏡１１１００は、直視鏡であってもよいし、斜視鏡又は側視鏡であってもよい。

[0172] カメラヘッド１１１０２の内部には光学系及び撮像素子が設けられており、観察対象からの反射光（観察光）は当該光学系によって当該撮像素子に集光される。当該撮像素子によって観察光が光電変換され、観察光に対応する電気信号、すなわち観察像に対応する画像信号が生成される。当該画像信号は、ＲＡＷデータとしてカメラコントロールユニット（ＣＣＵ: Camera Control Unit）１１２０１に送信される。

[0173] ＣＣＵ１１２０１は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）やＧＰＵ（Graphics Processing Unit）等によって構成され、内視鏡１１１００及び表示装置１１２０２の動作を統
括的に制御する。さらに、ＣＣＵ１１２０１は、カメラヘッド１１１０２から画像信号を受け取り、その画像信号に対して、例えば現像処理（デモザイク処理）等の、当該画像信号に基づく画像を表示するための各種の画像処理を施す。

[0174] 表示装置１１２０２は、ＣＣＵ１１２０１からの制御により、当該ＣＣＵ１１２０１によって画像処理が施された画像信号に基づく画像を表示する。

[0175] 光源装置１１２０３は、例えばＬＥＤ（light emitting diode）等の光源から構成され、術部等を撮影する際の照射光を内視鏡１１１００に供給する。

[0176] 入力装置１１２０４は、内視鏡手術システム１１０００に対する入力インタフェースである。ユーザは、入力装置１１２０４を介して、内視鏡手術システム１１０００に対して各種の情報の入力や指示入力を行うことができる。例えば、ユーザは、内視鏡１１１００による撮像条件（照射光の種類、倍率及び焦点距離等）を変更する旨の指示等を入力する。

[0177] 処置具制御装置１１２０５は、組織の焼灼、切開又は血管の封止等のためのエネルギー処置具１１１１２の駆動を制御する。気腹装置１１２０６は、内視鏡１１１００による視野の確保及び術者の作業空間の確保の目的で、患者１１１３２の体腔を膨らめるために、気腹チューブ１１１１１を介して当該体腔内にガスを送り込む。レコーダ１１２０７は、手術に関する各種の情報を記録可能な装置である。プリンタ１１２０８は、手術に関する各種の情報を、テキスト、画像又はグラフ等各種の形式で印刷可能な装置である。

[0178] なお、内視鏡１１１００に術部を撮影する際の照射光を供給する光源装置１１２０３は、例えばＬＥＤ、レーザ光源又はこれらの組み合わせによって構成される白色光源から構成することができる。ＲＧＢレーザ光源の組み合わせにより白色光源が構成される場合には、各色（各波長）の出力強度及び出力タイミングを高精度に制御することができるため、光源装置１１２０３において撮像画像のホワイトバランスの調整を行うことができる。また、この場合には、ＲＧＢレーザ光源それぞれからのレーザ光を時分割で観察対象に照射し、その照射タイミングに同期してカメラヘッド１１１０２の撮像素子の駆動を制御することにより、ＲＧＢそれぞれに対応した画像を時分割で撮像することも可能である。当該方法によれば、当該撮像素子にカラーフィルタを設けなくても、カラー画像を得ることができる。

[0179] また、光源装置１１２０３は、出力する光の強度を所定の時間ごとに変更するようにその駆動が制御されてもよい。その光の強度の変更のタイミングに同期してカメラヘッド１１１０２の撮像素子の駆動を制御して時分割で画像を取得し、その画像を合成することにより、いわゆる黒つぶれ及び白とびのない高ダイナミックレンジの画像を生成することができる。

[0180] また、光源装置１１２０３は、特殊光観察に対応した所定の波長帯域の光を供給可能に構成されてもよい。特殊光観察では、例えば、体組織における光の吸収の波長依存性を利用して、通常の観察時における照射光（すなわち、白色光）に比べて狭帯域の光を照射することにより、粘膜表層の血管等の所定の組織を高コントラストで撮影する、いわゆる狭帯域光観察（Narrow Ba

nd Imaging）が行われる。あるいは、特殊光観察では、励起光を照射することにより発生する蛍光により画像を得る蛍光観察が行われてもよい。蛍光観察では、体組織に励起光を照射し当該体組織からの蛍光を観察すること（自家蛍光観察）、又はインドシアニングリーン（ICG）等の試薬を体組織に局注するとともに当該体組織にその試薬の蛍光波長に対応した励起光を照射し蛍光像を得ること等を行うことができる。光源装置１１２０３は、このような特殊光観察に対応した狭帯域光及び／又は励起光を供給可能に構成され得る。

[0181] 図６１は、図６０に示すカメラヘッド１１１０２及びＣＣＵ１１２０１の機能構成の一例を示すブロック図である。

[0182] カメラヘッド１１１０２は、レンズユニット１１４０１と、撮像部１１４０２と、駆動部１１４０３と、通信部１１４０４と、カメラヘッド制御部１１４０５と、を有する。ＣＣＵ１１２０１は、通信部１１４１１と、画像処理部１１４１２と、制御部１１４１３と、を有する。カメラヘッド１１１０２とＣＣＵ１１２０１とは、伝送ケーブル１１４００によって互いに通信可能に接続されている。

[0183] レンズユニット１１４０１は、鏡筒１１１０１との接続部に設けられる光学系である。鏡筒１１１０１の先端から取り込まれた観察光は、カメラヘッド１１１０２まで導光され、当該レンズユニット１１４０１に入射する。レンズユニット１１４０１は、ズームレンズ及びフォーカスレンズを含む複数のレンズが組み合わされて構成される。

[0184] 撮像部１１４０２を構成する撮像素子は、１つ（いわゆる単板式）であってもよいし、複数（いわゆる多板式）であってもよい。撮像部１１４０２が多板式で構成される場合には、例えば各撮像素子によってＲＧＢそれぞれに対応する画像信号が生成され、それらが合成されることによりカラー画像が得られてもよい。あるいは、撮像部１１４０２は、３Ｄ（dimensional）表示に対応する右目用及び左目用の画像信号をそれぞれ取得するための１対の撮像素子を有するように構成されてもよい。３Ｄ表示が行われることにより、

術者１１１３１は術部における生体組織の奥行きをより正確に把握することが可能になる。なお、撮像部１１４０２が多板式で構成される場合には、各撮像素子に対応して、レンズユニット１１４０１も複数系統設けられ得る。

[0185] また、撮像部１１４０２は、必ずしもカメラヘッド１１１０２に設けられなくてもよい。例えば、撮像部１１４０２は、鏡筒１１１０１の内部に、対物レンズの直後に設けられてもよい。

[0186] 駆動部１１４０３は、アクチュエータによって構成され、カメラヘッド制御部１１４０５からの制御により、レンズユニット１１４０１のズームレンズ及びフォーカスレンズを光軸に沿って所定の距離だけ移動させる。これにより、撮像部１１４０２による撮像画像の倍率及び焦点が適宜調整され得る。

[0187] 通信部１１４０４は、ＣＣＵ１１２０１との間で各種の情報を送受信するための通信装置によって構成される。通信部１１４０４は、撮像部１１４０２から得た画像信号をＲＡＷデータとして伝送ケーブル１１４００を介してＣＣＵ１１２０１に送信する。

[0188] また、通信部１１４０４は、ＣＣＵ１１２０１から、カメラヘッド１１１０２の駆動を制御するための制御信号を受信し、カメラヘッド制御部１１４０５に供給する。当該制御信号には、例えば、撮像画像のフレームレートを指定する旨の情報、撮像時の露出値を指定する旨の情報、並びに／又は撮像画像の倍率及び焦点を指定する旨の情報等、撮像条件に関する情報が含まれる。

[0189] なお、上記のフレームレートや露出値、倍率、焦点等の撮像条件は、ユーザによって適宜指定されてもよいし、取得された画像信号に基づいてＣＣＵ１１２０１の制御部１１４１３によって自動的に設定されてもよい。後者の場合には、いわゆるＡＥ（Auto Exposure）機能、ＡＦ（Auto Focus）機能及びＡＷＢ（Auto White Balance）機能が内視鏡１１１００に搭載されていることになる。

[0190] カメラヘッド制御部１１４０５は、通信部１１４０４を介して受信したＣ

ＣＵ１１２０１からの制御信号に基づいて、カメラヘッド１１１０２の駆動を制御する。

[0191] 通信部１１４１１は、カメラヘッド１１１０２との間で各種の情報を送受信するための通信装置によって構成される。通信部１１４１１は、カメラヘッド１１１０２から、伝送ケーブル１１４００を介して送信される画像信号を受信する。

[0192] また、通信部１１４１１は、カメラヘッド１１１０２に対して、カメラヘッド１１１０２の駆動を制御するための制御信号を送信する。画像信号や制御信号は、電気通信や光通信等によって送信することができる。

[0193] 画像処理部１１４１２は、カメラヘッド１１１０２から送信されたＲＡＷデータである画像信号に対して各種の画像処理を施す。

[0194] 制御部１１４１３は、内視鏡１１１００による術部等の撮像、及び、術部等の撮像により得られる撮像画像の表示に関する各種の制御を行う。例えば、制御部１１４１３は、カメラヘッド１１１０２の駆動を制御するための制御信号を生成する。

[0195] また、制御部１１４１３は、画像処理部１１４１２によって画像処理が施された画像信号に基づいて、術部等が映った撮像画像を表示装置１１２０２に表示させる。この際、制御部１１４１３は、各種の画像認識技術を用いて撮像画像内における各種の物体を認識してもよい。例えば、制御部１１４１３は、撮像画像に含まれる物体のエッジの形状や色等を検出することにより、鉗子等の術具、特定の生体部位、出血、エネルギー処置具１１１１２の使用時のミスト等を認識することができる。制御部１１４１３は、表示装置１１２０２に撮像画像を表示させる際に、その認識結果を用いて、各種の手術支援情報を当該術部の画像に重畳表示させてもよい。手術支援情報が重畳表示され、術者１１１３１に提示されることにより、術者１１１３１の負担を軽減することや、術者１１１３１が確実に手術を進めることが可能になる。

[0196] カメラヘッド１１１０２及びＣＣＵ１１２０１を接続する伝送ケーブル１１４００は、電気信号の通信に対応した電気信号ケーブル、光通信に対応し

た光ファイバ、又はこれらの複合ケーブルである。

[0197] ここで、図示する例では、伝送ケーブル１１４００を用いて有線で通信が行われていたが、カメラヘッド１１１０２とＣＣＵ１１２０１との間の通信は無線で行われてもよい。

[0198] 以上、本開示に係る技術が適用され得る内視鏡手術システムの一例について説明した。本開示に係る技術は、以上説明した構成のうち、撮像部１１４０２に適用され得る。撮像部１１４０２に本開示に係る技術を適用することにより、検出精度が向上する。

[0199] なお、ここでは、一例として内視鏡手術システムについて説明したが、本開示に係る技術は、その他、例えば、顕微鏡手術システム等に適用されてもよい。

[0200] ＜移動体への応用例＞

本開示に係る技術は、様々な製品へ応用することができる。例えば、本開示に係る技術は、自動車、電気自動車、ハイブリッド電気自動車、自動二輪車、自転車、パーソナルモビリティ、飛行機、ドローン、船舶、ロボット、建設機械、農業機械（トラクター）などのいずれかの種類の移動体に搭載される装置として実現されてもよい。

[0201] 図６２は、本開示に係る技術が適用され得る移動体制御システムの一例である車両制御システムの概略的な構成例を示すブロック図である。

[0202] 車両制御システム１２０００は、通信ネットワーク１２００１を介して接続された複数の電子制御ユニットを備える。図６２に示した例では、車両制御システム１２０００は、駆動系制御ユニット１２０１０、ボディ系制御ユニット１２０２０、車外情報検出ユニット１２０３０、車内情報検出ユニット１２０４０、及び統合制御ユニット１２０５０を備える。また、統合制御ユニット１２０５０の機能構成として、マイクロコンピュータ１２０５１、音声画像出力部１２０５２、及び車載ネットワークＩ／Ｆ（interface）１２０

５３が図示されている。

[0203] 駆動系制御ユニット１２０１０は、各種プログラムにしたがって車両の駆動系に関連する装置の動作を制御する。例えば、駆動系制御ユニット１２０１０は、内燃機関又は駆動用モータ等の車両の駆動力を発生させるための駆動力発生装置、駆動力を車輪に伝達するための駆動力伝達機構、車両の舵角を調節するステアリング機構、及び、車両の制動力を発生させる制動装置等の制御装置として機能する。

[0204] ボディ系制御ユニット１２０２０は、各種プログラムにしたがって車体に装備された各種装置の動作を制御する。例えば、ボディ系制御ユニット１２０２０は、キーレスエントリシステム、スマートキーシステム、パワーウィンドウ装置、あるいは、ヘッドランプ、バックランプ、ブレーキランプ、ウィンカー又はフォグランプ等の各種ランプの制御装置として機能する。この場合、ボディ系制御ユニット１２０２０には、鍵を代替する携帯機から発信される電波又は各種スイッチの信号が入力され得る。ボディ系制御ユニット１２０２０は、これらの電波又は信号の入力を受け付け、車両のドアロック装置、パワーウィンドウ装置、ランプ等を制御する。

[0205] 車外情報検出ユニット１２０３０は、車両制御システム１２０００を搭載した車両の外部の情報を検出する。例えば、車外情報検出ユニット１２０３０には、撮像部１２０３１が接続される。車外情報検出ユニット１２０３０は、撮像部１２０３１に車外の画像を撮像させるとともに、撮像された画像を受信する。車外情報検出ユニット１２０３０は、受信した画像に基づいて、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等の物体検出処理又は距離検出処理を行ってもよい。

[0206] 撮像部１２０３１は、光を受光し、その光の受光量に応じた電気信号を出力する光センサである。撮像部１２０３１は、電気信号を画像として出力することもできるし、測距の情報として出力することもできる。また、撮像部１２０３１が受光する光は、可視光であっても良いし、赤外線等の非可視光であっても良い。

[0207] 車内情報検出ユニット１２０４０は、車内の情報を検出する。車内情報検

出ユニット１２０４０には、例えば、運転者の状態を検出する運転者状態検出部１２０４１が接続される。運転者状態検出部１２０４１は、例えば運転者を撮像するカメラを含み、車内情報検出ユニット１２０４０は、運転者状態検出部１２０４１から入力される検出情報に基づいて、運転者の疲労度合い又は集中度合いを算出してもよいし、運転者が居眠りをしていないかを判別してもよい。

[0208] マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０又は車内情報検出ユニット１２０４０で取得される車内外の情報に基づいて、駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置の制御目標値を演算し、駆動系制御ユニット１２０１０に対して制御指令を出力することができる。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、車両の衝突回避あるいは衝撃緩和、車間距離に基づく追従走行、車速維持走行、車両の衝突警告、又は車両のレーン逸脱警告等を含むＡＤＡＳ（Advanced Driver Assistance System）の機能実現を目的とした協調制御を行うことができる。

[0209] また、マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０又は車内情報検出ユニット１２０４０で取得される車両の周囲の情報に基づいて駆動力発生装置、ステアリング機構又は制動装置等を制御することにより、運転者の操作に拠らずに自律的に走行する自動運転等を目的とした協調制御を行うことができる。

[0210] また、マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０で取得される車外の情報に基づいて、ボディ系制御ユニット１２０２０に対して制御指令を出力することができる。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、車外情報検出ユニット１２０３０で検知した先行車又は対向車の位置に応じてヘッドランプを制御し、ハイビームをロービームに切り替える等の防眩を図ることを目的とした協調制御を行うことができる。

[0211] 音声画像出力部１２０５２は、車両の搭乗者又は車外に対して、視覚的又は聴覚的に情報を通知することが可能な出力装置へ音声及び画像のうちの少なくとも一方の出力信号を送信する。図６２の例では、出力装置として、オ

ーディオスピーカ１２０６１、表示部１２０６２及びインストルメントパネル１２０６３が例示されている。表示部１２０６２は、例えば、オンボードディスプレイ及びヘッドアップディスプレイの少なくとも一つを含んでいてもよい。

[0212] 図６３は、撮像部１２０３１の設置位置の例を示す図である。

[0213] 図６３では、撮像部１２０３１として、撮像部１２１０１，１２１０２，１２１０３，１２１０４，１２１０５を有する。

[0214] 撮像部１２１０１，１２１０２，１２１０３，１２１０４，１２１０５は、例えば、車両１２１００のフロントノーズ、サイドミラー、リアバンパ、バックドア及び車室内のフロントガラスの上部等の位置に設けられる。フロントノーズに備えられる撮像部１２１０１及び車室内のフロントガラスの上部に備えられる撮像部１２１０５は、主として車両１２１００の前方の画像を取得する。サイドミラーに備えられる撮像部１２１０２，１２１０３は、主として車両１２１００の側方の画像を取得する。リアバンパ又はバックドアに備えられる撮像部１２１０４は、主として車両１２１００の後方の画像を取得する。車室内のフロントガラスの上部に備えられる撮像部１２１０５は、主として先行車両又は、歩行者、障害物、信号機、交通標識又は車線等の検出に用いられる。

[0215] なお、図６３には、撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮影範囲の一例が示されている。撮像範囲１２１１１は、フロントノーズに設けられた撮像部１２１０１の撮像範囲を示し、撮像範囲１２１１２，１２１１３は、それぞれサイドミラーに設けられた撮像部１２１０２，１２１０３の撮像範囲を示し、撮像範囲１２１１４は、リアバンパ又はバックドアに設けられた撮像部１２１０４の撮像範囲を示す。例えば、撮像部１２１０１ないし１２１０４で撮像された画像データが重ね合わせられることにより、車両１２１００を上方から見た俯瞰画像が得られる。

[0216] 撮像部１２１０１ないし１２１０４の少なくとも１つは、距離情報を取得する機能を有していてもよい。例えば、撮像部１２１０１ないし１２１０４

の少なくとも１つは、複数の撮像素子からなるステレオカメラであってもよいし、位相差検出用の画素を有する撮像素子であってもよい。

[0217] 例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、撮像部１２１０１ないし１２１０４から得られた距離情報を基に、撮像範囲１２１１１ないし１２１１４内における各立体物までの距離と、この距離の時間的変化（車両１２１００に対する相対速度）を求めることにより、特に車両１２１００の進行路上にある最も近い立体物で、車両１２１００と略同じ方向に所定の速度（例えば、０ｋｍ／ｈ以上）で走行する立体物を先行車として抽出することができる。さらに、マイクロコンピュータ１２０５１は、先行車の手前に予め確保すべき車間距離を設定し、自動ブレーキ制御（追従停止制御も含む）や自動加速制御（追従発進制御も含む）等を行うことができる。このように運転者の操作に拠らずに自律的に走行する自動運転等を目的とした協調制御を行うことができる。

[0218] 例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、撮像部１２１０１ないし１２１０４から得られた距離情報を元に、立体物に関する立体物データを、２輪車、普通車両、大型車両、歩行者、電柱等その他の立体物に分類して抽出し、障害物の自動回避に用いることができる。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、車両１２１００の周辺の障害物を、車両１２１００のドライバが視認可能な障害物と視認困難な障害物とに識別する。そして、マイクロコンピュータ１２０５１は、各障害物との衝突の危険度を示す衝突リスクを判断し、衝突リスクが設定値以上で衝突可能性がある状況であるときには、オーディオスピーカ１２０６１や表示部１２０６２を介してドライバに警報を出力することや、駆動系制御ユニット１２０１０を介して強制減速や回避操舵を行うことで、衝突回避のための運転支援を行うことができる。

[0219] 撮像部１２１０１ないし１２１０４の少なくとも１つは、赤外線を検出する赤外線カメラであってもよい。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像中に歩行者が存在するか否かを判定することで歩行者を認識することができる。かかる歩行者の認識

は、例えば赤外線カメラとしての撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像における特徴点を抽出する手順と、物体の輪郭を示す一連の特徴点にパターンマッチング処理を行って歩行者か否かを判別する手順によって行われる。マイクロコンピュータ１２０５１が、撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像中に歩行者が存在すると判定し、歩行者を認識すると、音声画像出力部１２０５２は、当該認識された歩行者に強調のための方形輪郭線を重畳表示するように、表示部１２０６２を制御する。また、音声画像出力部１２０５２は、歩行者を示すアイコン等を所望の位置に表示するように表示部１２０６２を制御してもよい。

[0220] 以上、第１，第２の実施の形態および適用例ならびに応用例を挙げて説明したが、本開示内容は上記実施の形態等に限定されるものではなく、種々変形が可能である。例えば、上記実施の形態では、撮像素子として、緑色光を検出する有機光電変換部２０と、青色光，赤色光をそれぞれ検出する無機光電変換部３２Ｂ，３２Ｒとを積層させた構成としたが、本開示内容はこのような構造に限定されるものではない。即ち、有機光電変換部において赤色光あるいは青色光を検出するようにしてもよいし、無機光電変換部において緑色光を検出するようにしてもよい。

[0221] また、これらの有機光電変換部および無機光電変換部の数やその比率も限定されるものではなく、有機光電変換部だけで複数色の色信号が得られるようにしてもよい。

[0222] 更に、上記実施の形態等では、下部電極２１を構成する複数の電極として、読み出し電極２１Ａおよび蓄積電極２１Ｂの２つの電極から構成した例を示したが、この他に、転送電極あるいは排出電極等の３つあるいは４つ以上の電極を設けるようにしてもよい。

[0223] 更にまた、上記第１の実施の形態では、電荷蓄積層２３、光電変換層２４および上部電極２５を複数の撮像素子１０Ａに共通した連続層として形成した例を示したが、画素Ｐごとに分離して形成するようにしてもよい。但し、その場合には、電荷蓄積層２３および光電変換層２４に対する加工ダメージ

の影響により、暗電流特性が悪化する虞がある。また、上記第１の実施の形態のように、複数の撮像素子１０Ａに共通した連続層として有効画素領域１１０Ａ内において延在形成した場合には、画素間が光電変換層で接続されるため、画素間の電荷混入による混色は発生する虞がある。これに対しては、上述したように、シールド電極２１Ｃを設けることで抑制される。

[0224] また、例えば、半導体基板３０の第１面３０Ｓ１を凹凸構造としてもよい。これにより、半導体基板３０の第１面３０Ｓ１における光入射側Ｓ１から入射した光の反射が低減され、ノイズ等の発生を抑えることが可能となる。また、無機光電変換部３２Ｂ，３２Ｒにおける検出感度を向上させることが可能となる。

[0225] 更に、本技術は、１つの有機光電変換部および１つの無機光電変換部の積層構造とし、例えば、オンチップレンズ層５６の下層に、赤色光（Ｒ）、緑色光（Ｇ）および青色光（Ｂ）を選択的に透過させるカラーフィルタを設け、有機光電変換部では、Ｒ，Ｇ，Ｂの各色光を、無機光電変換部では、赤外光（ＩＲ）を検出可能な撮像素子にも適用することができる。

[0226] なお、本明細書中に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、また、他の効果があってもよい。

[0227] なお、本開示は、以下のような構成であってもよい。以下の構成の本技術によれば、有機光電変換部の上方に、窒素を含む第１の層および酸素を含む第２の層が積層されてなる封止層を設けるようにしたので、有機光電変換部の上方からの有機光電変換部とのコンタクトの形成が容易になる。よって、製造歩留まりを向上させることが可能となる。

（１）

複数の画素が配置された有効画素領域および前記有効画素領域の周囲に設けられた周辺領域を有する半導体基板と、

前記半導体基板の受光面側に設けられると共に、複数の電極からなる第１電極と、前記第１電極と対向配置された第２電極と、前記第１電極と前記第２電極との間に順に積層して設けられると共に、前記有効画素領域に延在す

る電荷蓄積層および有機光電変換層とを有する有機光電変換部と、

前記有機光電変換部の上方において互いに異なるエッチングレートを有する第１の層および第２の層が積層されてなる封止層と

を備えた撮像素子。

（２）

前記第１の層および前記第２の層は、前記有機光電変換部の上方にこの順に積層されている、前記（１）に記載の撮像素子。

（３）

前記第２の層および前記第１の層は、前記有機光電変換部の上方にこの順に積層されている、前記（１）に記載の撮像素子。

（４）

前記第１の層は、前記有機光電変換部の上方および側面を被覆している、前記（３）に記載の撮像素子。

（５）

前記第１の層は前記有機光電変換部の上面の一部に設けられている、前記（１）乃至（４）のうちのいずれか１つに記載の撮像素子。

（６）

前記第１の層は窒素を含む絶縁膜または遮光性を有する金属膜であり、第２の層は酸素を含む絶縁膜である、前記（１）乃至（５）のうちのいずれか１つに記載の撮像素子。

（７）

前記第１の層は、窒化アルミニウム膜、窒化シリコン膜、酸化シリコン膜またはタングステン膜である、前記（１）乃至（５）のうちのいずれか１つに記載の撮像素子。

（８）

前記第２の層は、酸化アルミニウム膜である、前記（１）乃至（５）および前記（７）のうちのいずれか１つに記載の撮像素子。

（９）

前記有機光電変換部は、さらに、前記第１電極と前記電荷蓄積層との間に絶縁層を有し、

前記絶縁層は、前記第１電極を構成する複数の電極のうちの一の電極上に開口を有し、前記開口を介して前記一の電極と前記電荷蓄積層とが電気的に接続されている、前記（１）乃至（８）のうちのいずれか１つに記載の撮像素子。

（１０）

前記半導体基板は、内部に無機光電変換部が埋め込まれている、前記（１）乃至（９）のうちのいずれか１つに記載の撮像素子。

（１１）

複数の画素が配置された有効画素領域および前記有効画素領域の周囲に設けられた周辺領域を有する半導体基板の受光面側の前記有効画素領域に、有機光電変換部として、複数の電極からなる第１電極と、電荷蓄積層と、有機光電変換層と、第２電極とをこの順に積層した後、

前記有機光電変換部の上方に互いに異なるエッチングレートを有する第１の層および第２の層が積層されてなる封止層を形成する

撮像素子の製造方法。

（１２）

前記第１の層をトリメチルアルミニウムおよび窒素プラズマを用いた原子層堆積法を用いて成膜する、前記（１１）に記載の撮像素子の製造方法。

（１３）

前記第２の層をトリメチルアルミニウムおよび酸素プラズマを用いた原子層堆積法を用いて成膜する、前記（１１）または（１２）に記載の撮像素子の製造方法。

（１４）

前記有機光電変換部の上方に、前記第１の層を成膜した後、前記第２の層を成膜する、前記（１１）乃至（１３）のうちのいずれか１つに記載の撮像素子の製造方法。

（１５）

前記第２の層にウェットエッチングを用いて開口を形成した後、ドライエッチングを用いて前記開口内の前記第１の層を除去する、前記（１４）に記載の撮像素子の製造方法。

（１６）

前記有機光電変換部の上方に、前記第２の層を成膜した後、前記第１の層を成膜する、前記（１１）乃至（１３）のうちのいずれか１つに記載の撮像素子の製造方法。

（１７）

ドライエッチングを用いて前記第１の層および前記第２の層を貫通する開口を一括形成する、前記（１６）に記載の撮像素子の製造方法。

[0228] 本出願は、日本国特許庁において２０２０年１月２８日に出願された日本特許出願番号２０２０－０１１６０３号を基礎として優先権を主張するものであり、この出願の全ての内容を参照によって本出願に援用する。

[0229] 当業者であれば、設計上の要件や他の要因に応じて、種々の修正、コンビネーション、サブコンビネーション、および変更を想到し得るが、それらは添付の請求の範囲やその均等物の範囲に含まれるものであることが理解される。

請求の範囲

[請求項1] 複数の画素が配置された有効画素領域および前記有効画素領域の周囲に設けられた周辺領域を有する半導体基板と、

前記半導体基板の受光面側に設けられると共に、複数の電極からなる第１電極と、前記第１電極と対向配置された第２電極と、前記第１電極と前記第２電極との間に順に積層して設けられると共に、前記有効画素領域に延在する電荷蓄積層および有機光電変換層とを有する有機光電変換部と、

前記有機光電変換部の上方において互いに異なるエッチングレートを有する第１の層および第２の層が積層されてなる封止層と

を備えた撮像素子。

[請求項2] 前記第１の層および前記第２の層は、前記有機光電変換部の上方にこの順に積層されている、請求項１に記載の撮像素子。

[請求項3] 前記第２の層および前記第１の層は、前記有機光電変換部の上方にこの順に積層されている、請求項１に記載の撮像素子。

[請求項4] 前記第１の層は、前記有機光電変換部の上方および側面を被覆している、請求項３に記載の撮像素子。

[請求項5] 前記第１の層は前記有機光電変換部の上面の一部に設けられている、請求項１に記載の撮像素子。

[請求項6] 前記第１の層は窒素を含む絶縁膜または遮光性を有する金属膜であり、第２の層は酸素を含む絶縁膜である、請求項１に記載の撮像素子。

[請求項7] 前記第１の層は、窒化アルミニウム膜、窒化シリコン膜、酸化シリコン膜またはタングステン膜である、請求項１に記載の撮像素子。

[請求項8] 前記第２の層は、酸化アルミニウム膜である、請求項１に記載の撮像素子。

[請求項9] 前記有機光電変換部は、さらに、前記第１電極と前記電荷蓄積層との間に絶縁層を有し、

前記絶縁層は、前記第１電極を構成する複数の電極のうちの一の電極上に開口を有し、前記開口を介して前記一の電極と前記電荷蓄積層とが電気的に接続されている、請求項１に記載の撮像素子。

[請求項10] 前記半導体基板は、内部に無機光電変換部が埋め込まれている、請求項１に記載の撮像素子。

[請求項11] 複数の画素が配置された有効画素領域および前記有効画素領域の周囲に設けられた周辺領域を有する半導体基板の受光面側の前記有効画素領域に、有機光電変換部として、複数の電極からなる第１電極と、電荷蓄積層と、有機光電変換層と、第２電極とをこの順に積層した後、

前記有機光電変換部の上方に互いに異なるエッチングレートを有する第１の層および第２の層が積層されてなる封止層を形成する

撮像素子の製造方法。

[請求項12] 前記第１の層をトリメチルアルミニウムおよび窒素プラズマを用いた原子層堆積法を用いて成膜する、請求項１１に記載の撮像素子の製造方法。

[請求項13] 前記第２の層をトリメチルアルミニウムおよび酸素プラズマを用いた原子層堆積法を用いて成膜する、請求項１１に記載の撮像素子の製造方法。

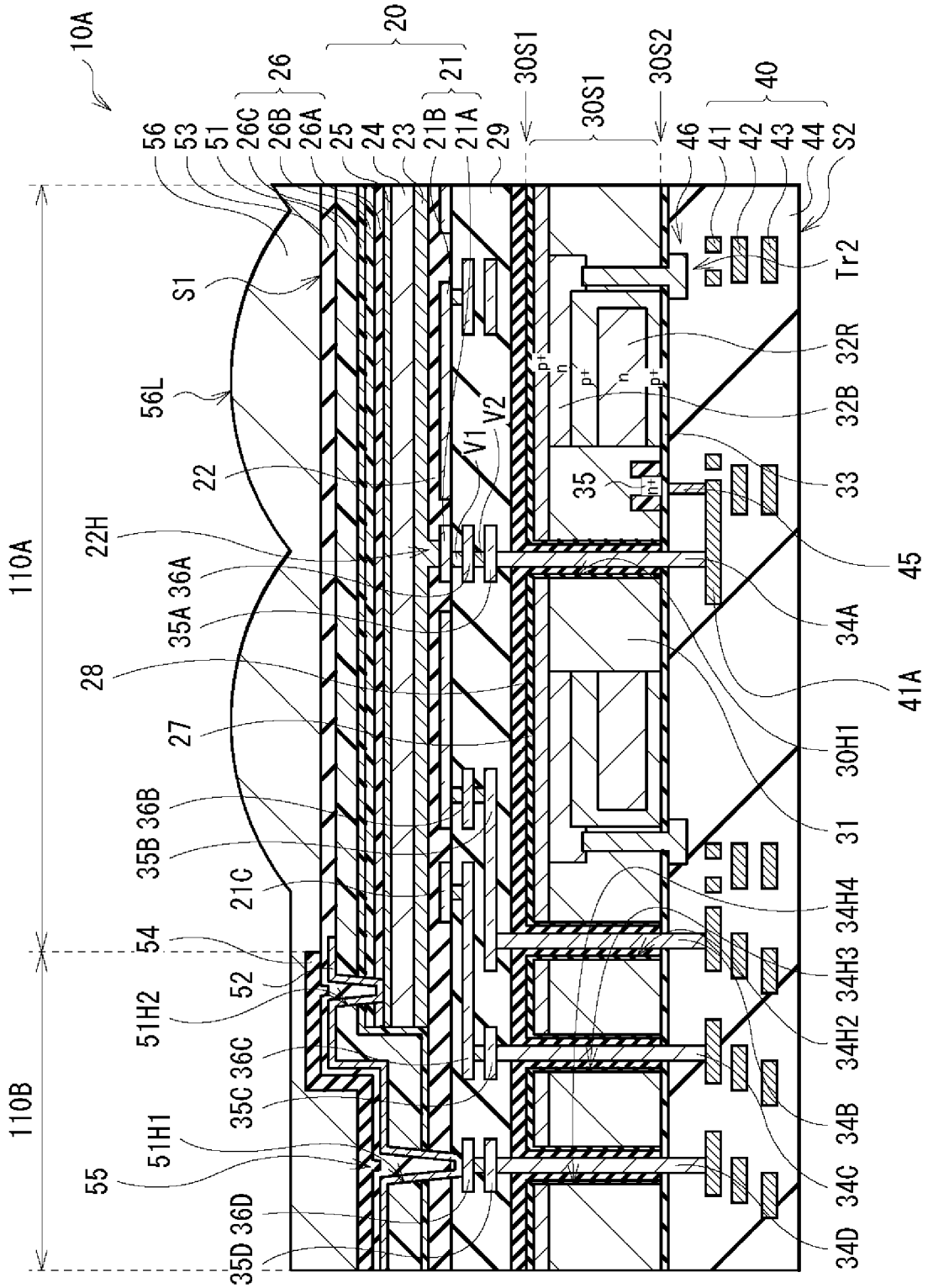
[請求項14] 前記有機光電変換部の上方に、前記第１の層を成膜した後、前記第２の層を成膜する、請求項１１に記載の撮像素子の製造方法。

[請求項15] 前記第２の層にウェットエッチングを用いて開口を形成した後、ドライエッチングを用いて前記開口内の前記第１の層を除去する、請求項１４に記載の撮像素子の製造方法。

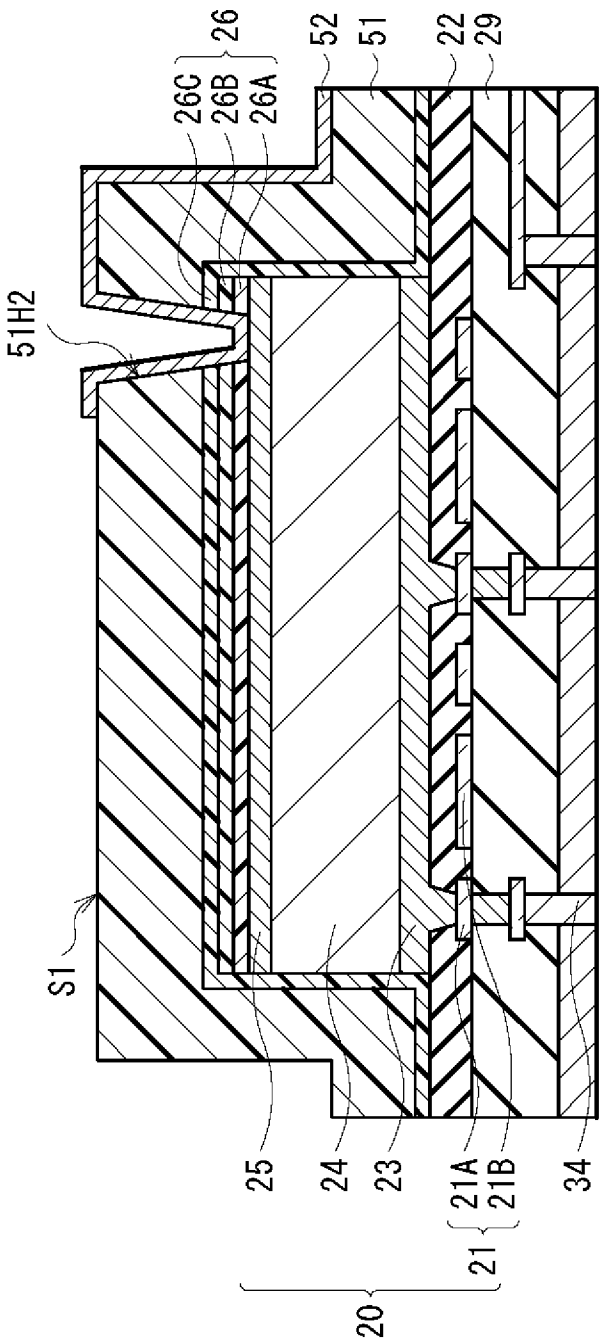
[請求項16] 前記有機光電変換部の上方に、前記第２の層を成膜した後、前記第１の層を成膜する、請求項１１に記載の撮像素子の製造方法。

[請求項17] ドライエッチングを用いて前記第１の層および前記第２の層を貫通する開口を一括形成する、請求項１６に記載の撮像素子の製造方法。

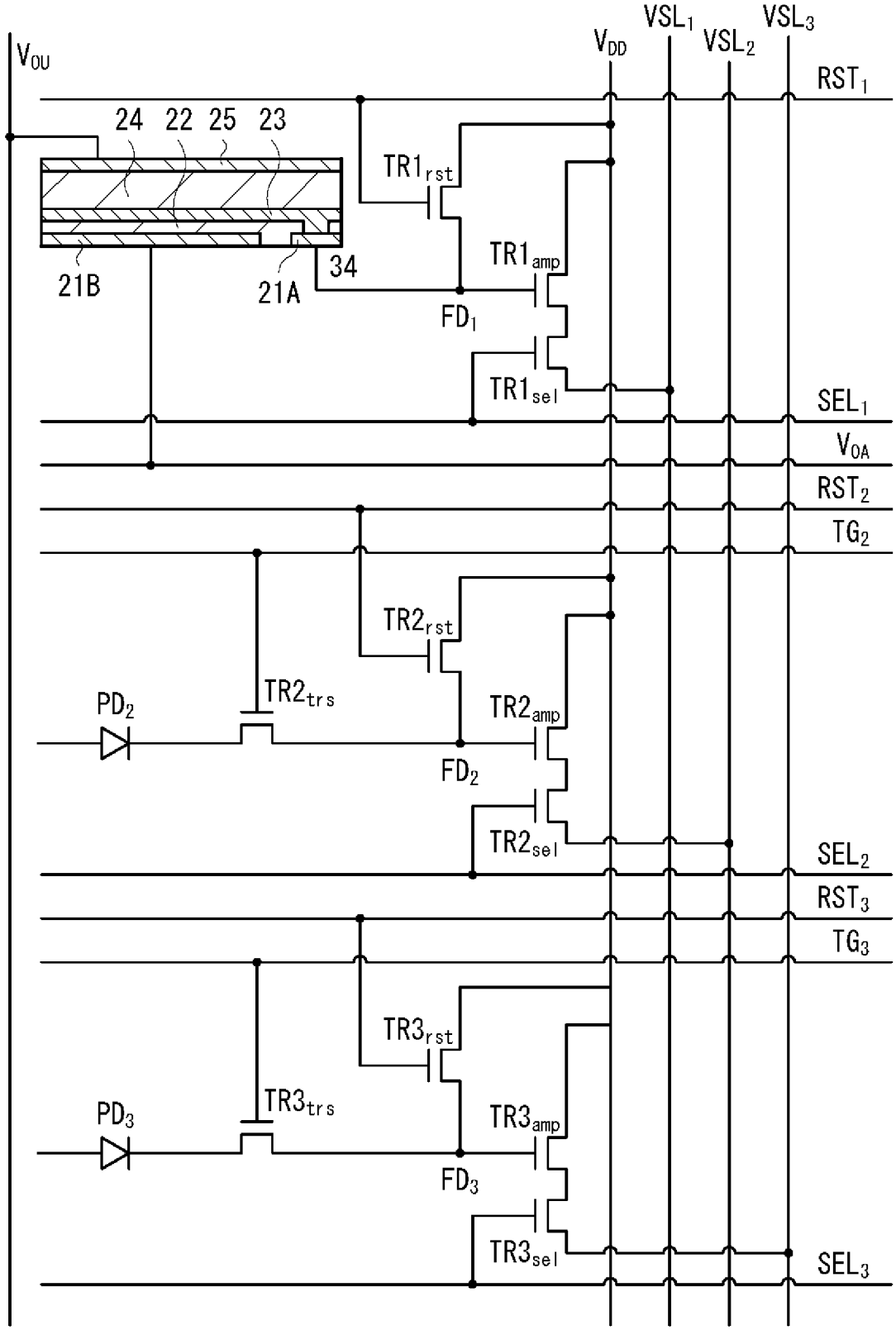
[図1]


10A
20
26
21
30S1
30S1
30S2
40
56
53
51
26C
26B
26A
25
24
23
21B
21A
29
46
41
42
43
44
S2
S1
Tr2
56L
32R
32B
V1
V2
22
35
33
110A
22H
35A 36A
45
28
34A
41A
27
30H1
35B 36B
31
21C
34H4
54
34H3
52
51H2
34H2
35C 36C
34B
110B
51H1
34C
55
35D 36D
34D

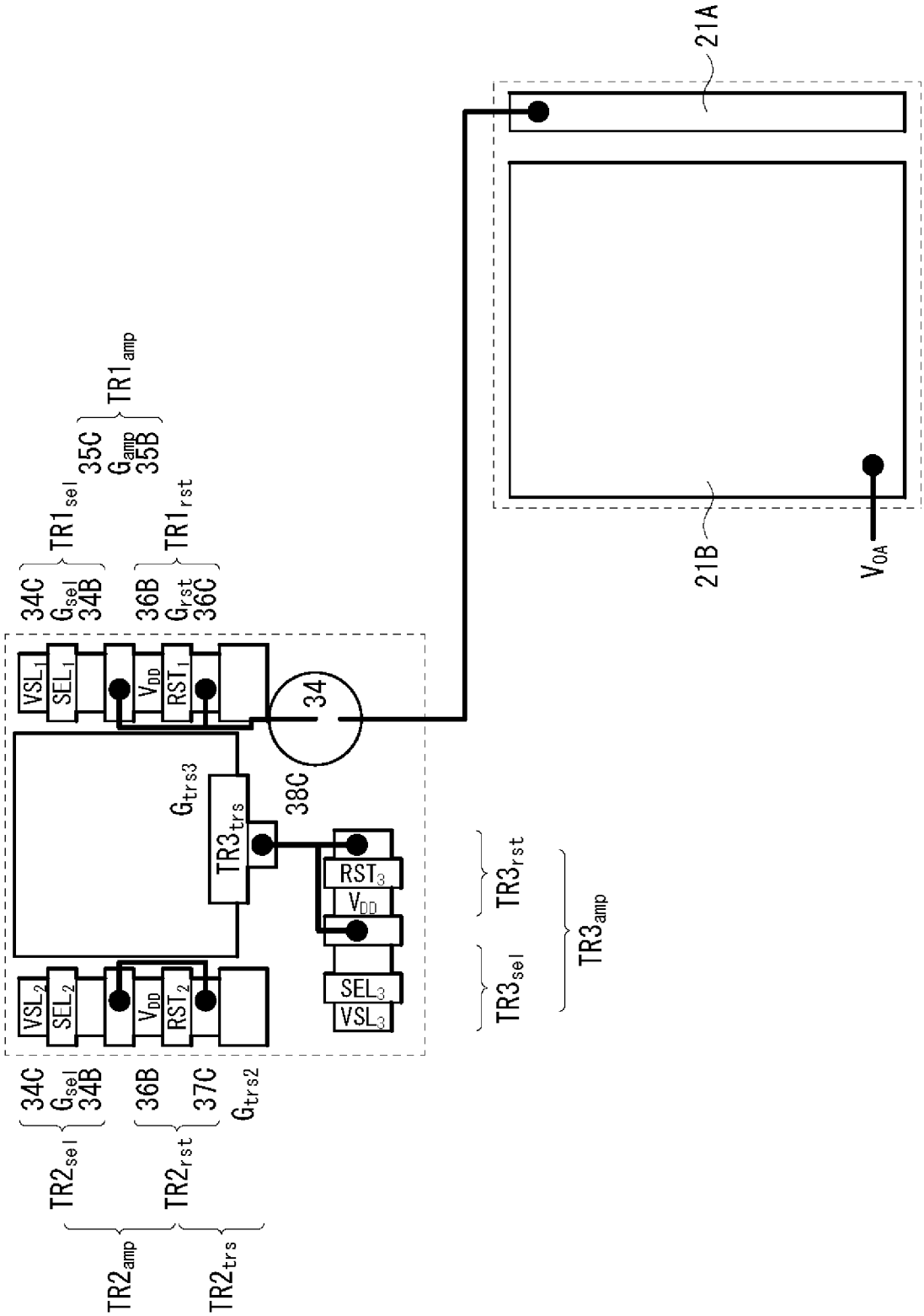
[図2]



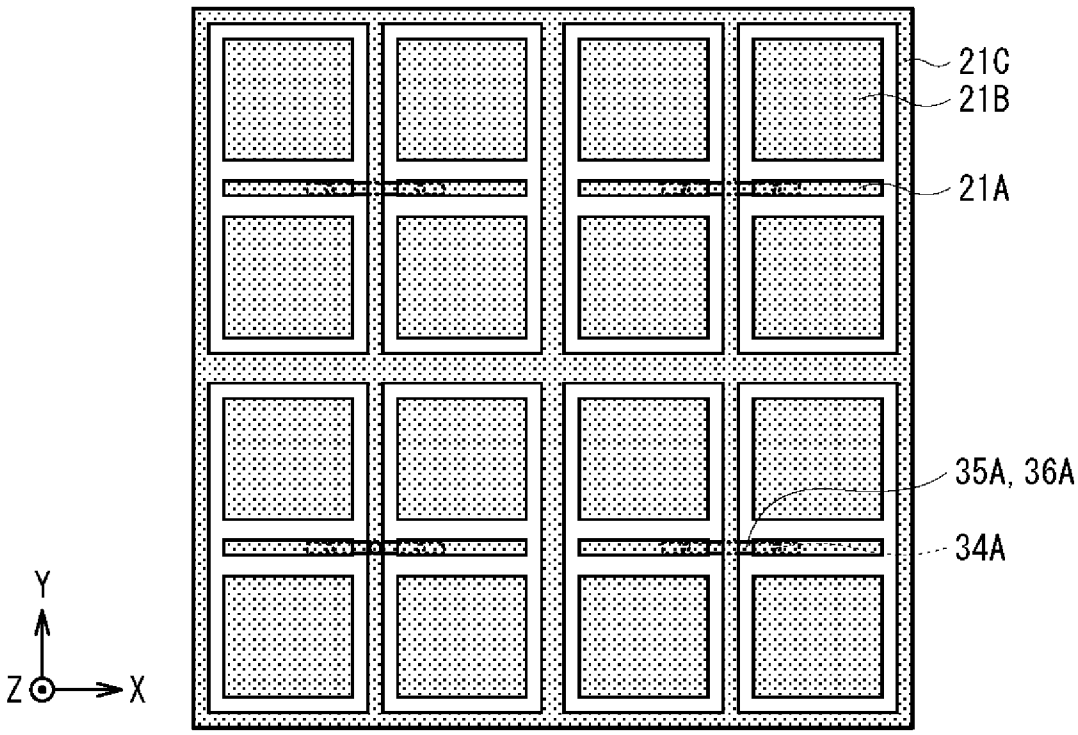
[図3]


VOU
VDD
VSL1
VSL2
VSL3
RST1
24
22
25
23
TR1rst
TR1amp
21B
21A
34
FD1
TR1sel
SEL1
VOA
RST2
TG2
TR2rst
PD2
TR2trs
TR2amp
FD2
TR2sel
SEL2
RST3
TG3
TR3rst
PD3
TR3trs
TR3amp
FD3
TR3sel
SEL3

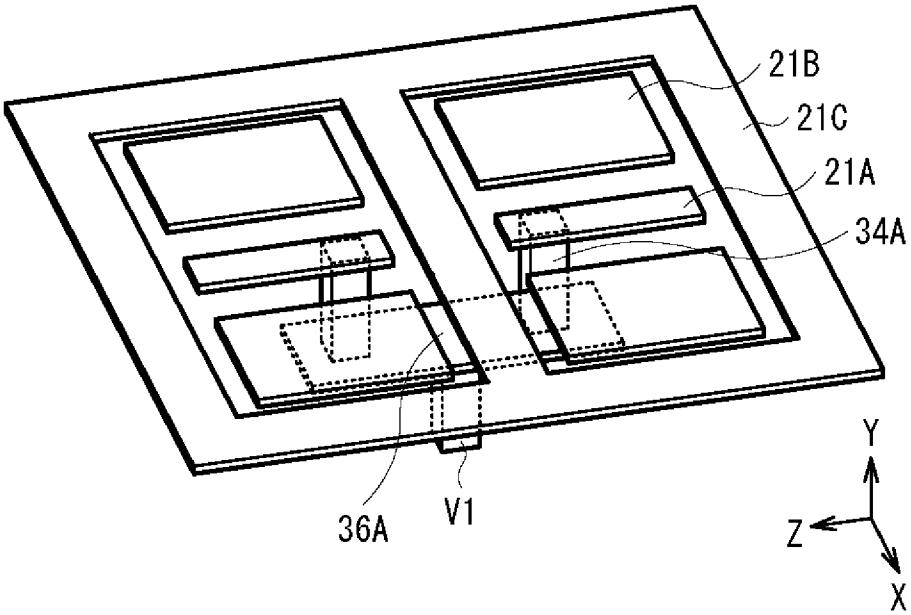
[図4]


21A
21B
V_{OA}
34
VSL_1
SEL_1
V_{DD}
RST_1
G_{trs3}
$TR3_{trs}$
38C
RST_3
V_{DD}
SEL_3
VSL_3
VSL_2
SEL_2
V_{DD}
RST_2
34C
G_{sel}
34B
36B
G_{rst}
36C
$TR1_{sel}$
35C
G_{amp}
35B
$TR1_{amp}$
$TR1_{rst}$
$TR2_{sel}$
$TR2_{rst}$
$TR2_{amp}$
37C
G_{trs2}
$TR2_{trs}$
$TR3_{rst}$
$TR3_{sel}$
$TR3_{amp}$

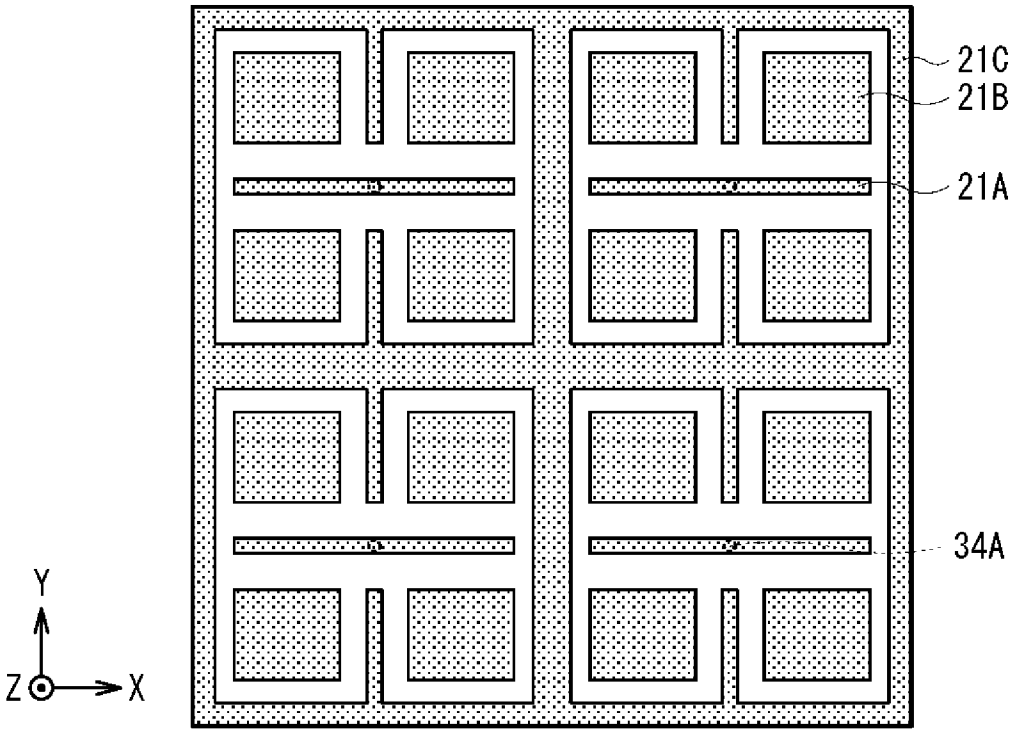
[図5A]



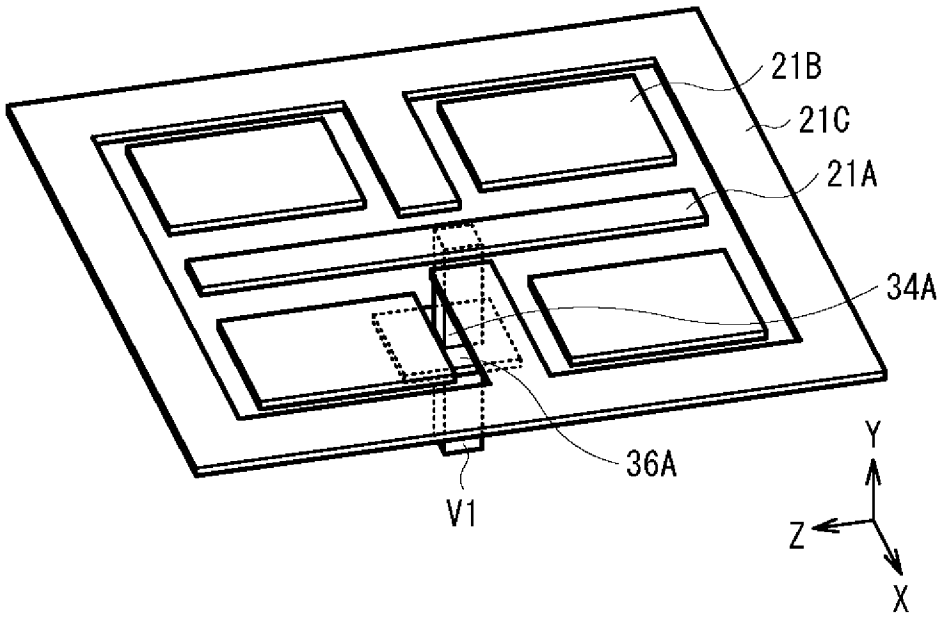
[図5B]



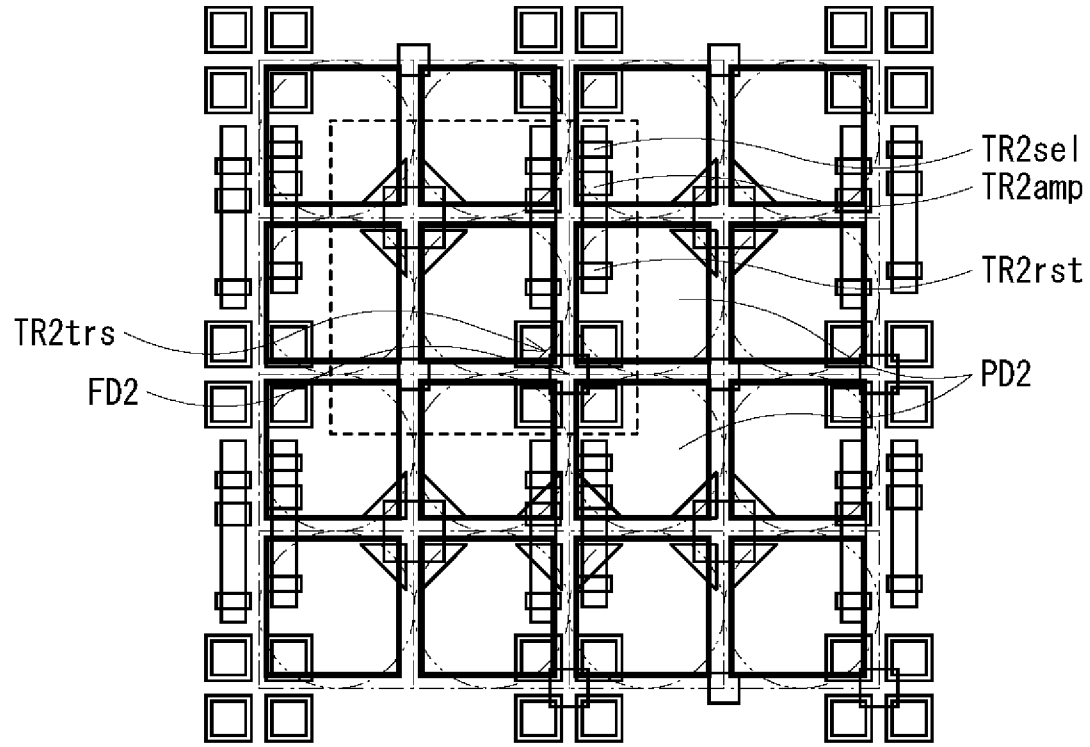
[図6A]



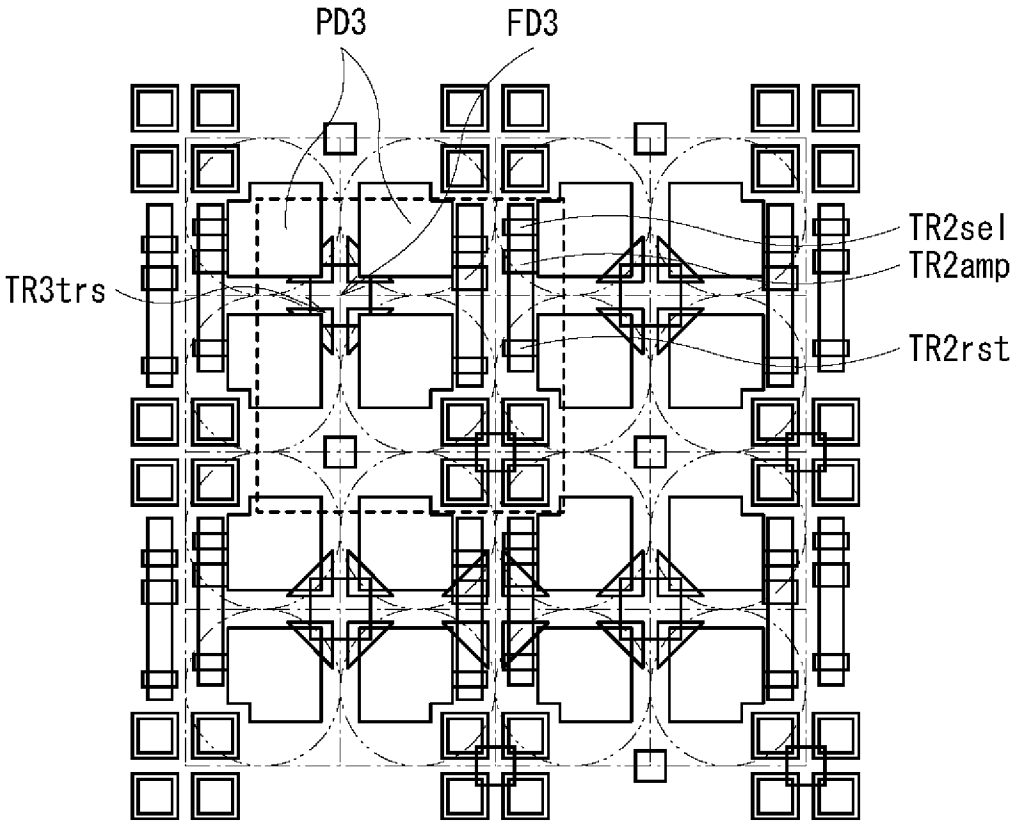
[図6B]



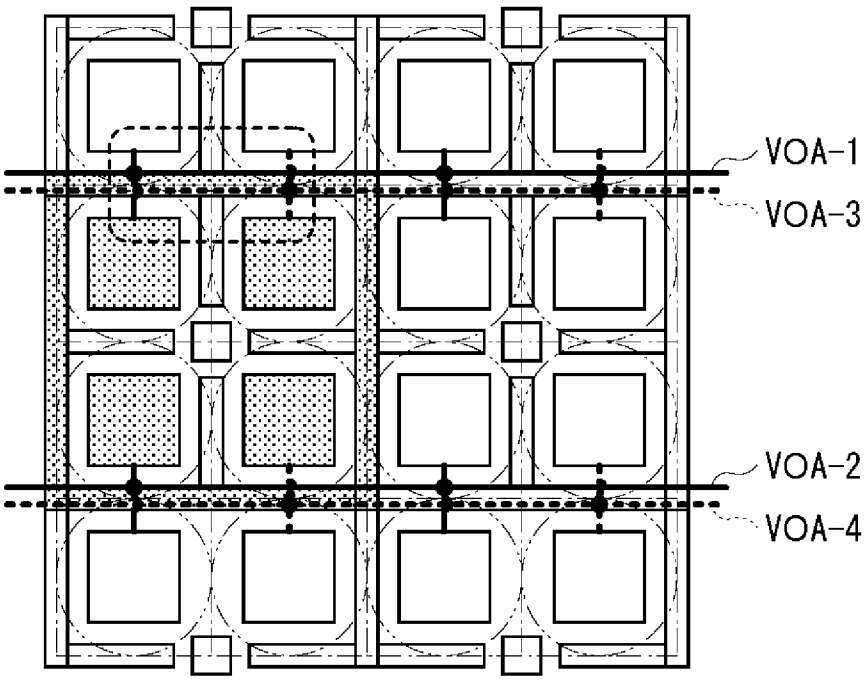
[図7]


TR2sel
TR2amp
TR2rst
TR2trs
FD2
PD2

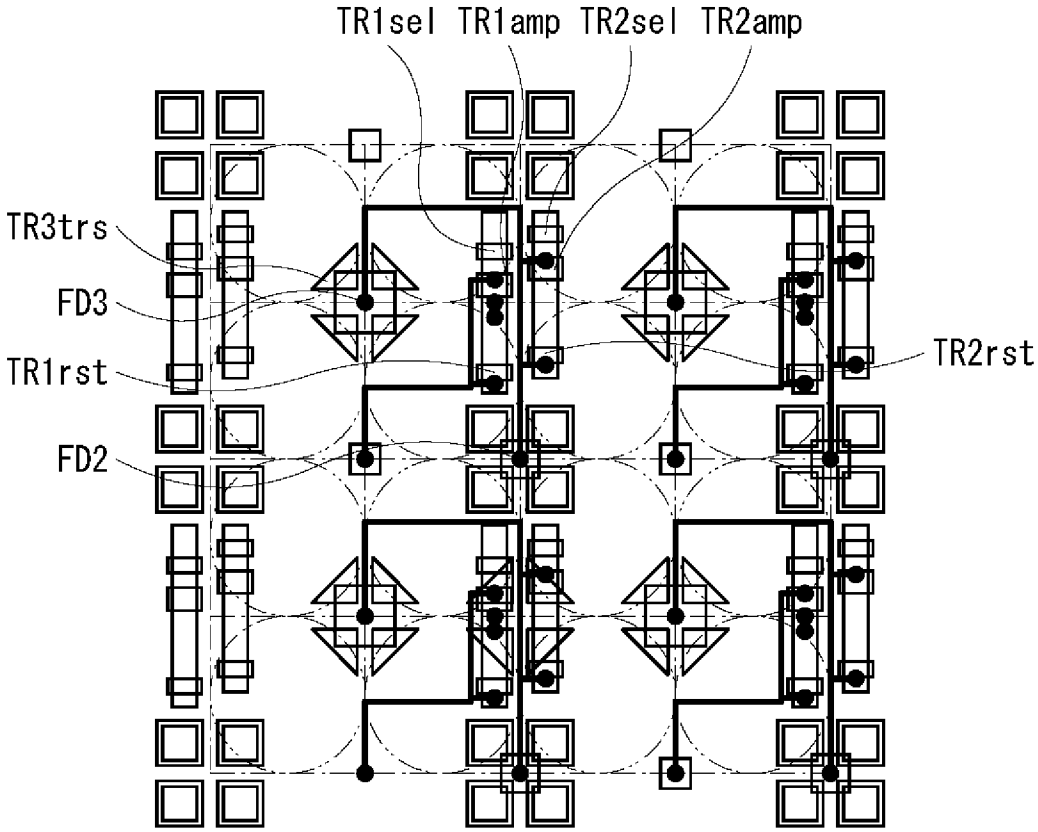
[図8]


PD3
FD3
TR2sel
TR2amp
TR3trs
TR2rst

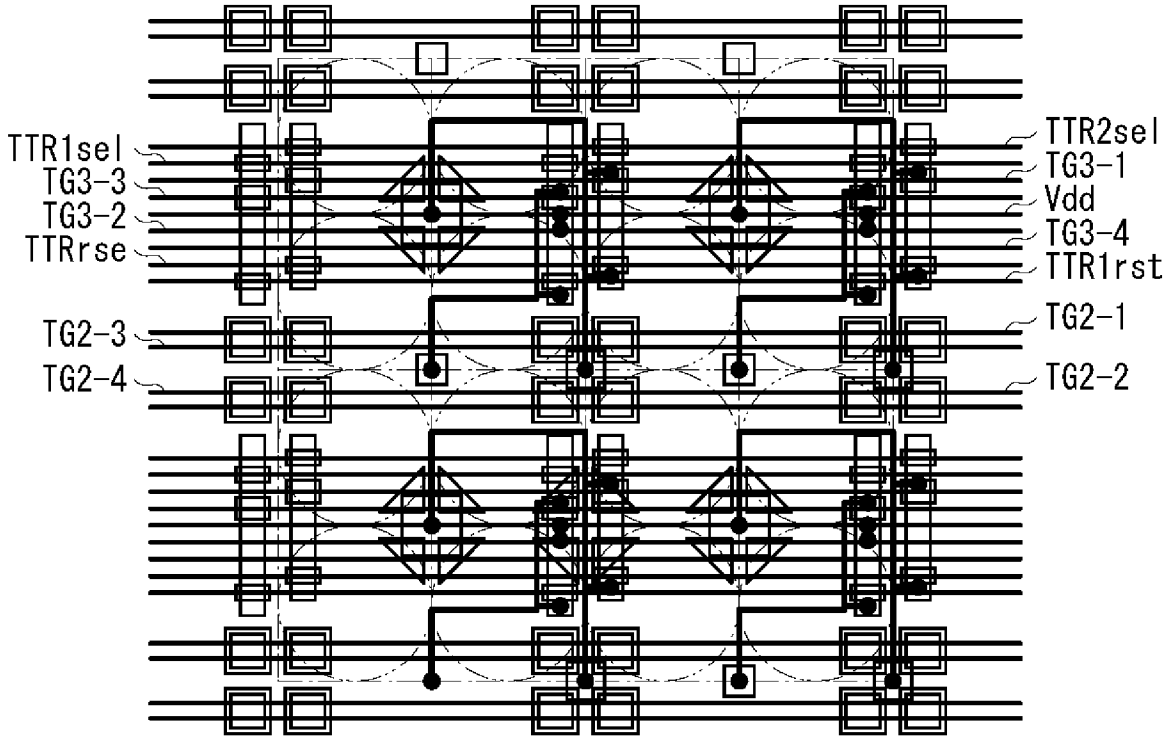
[図9]


VOA-1
VOA-3
VOA-2
VOA-4

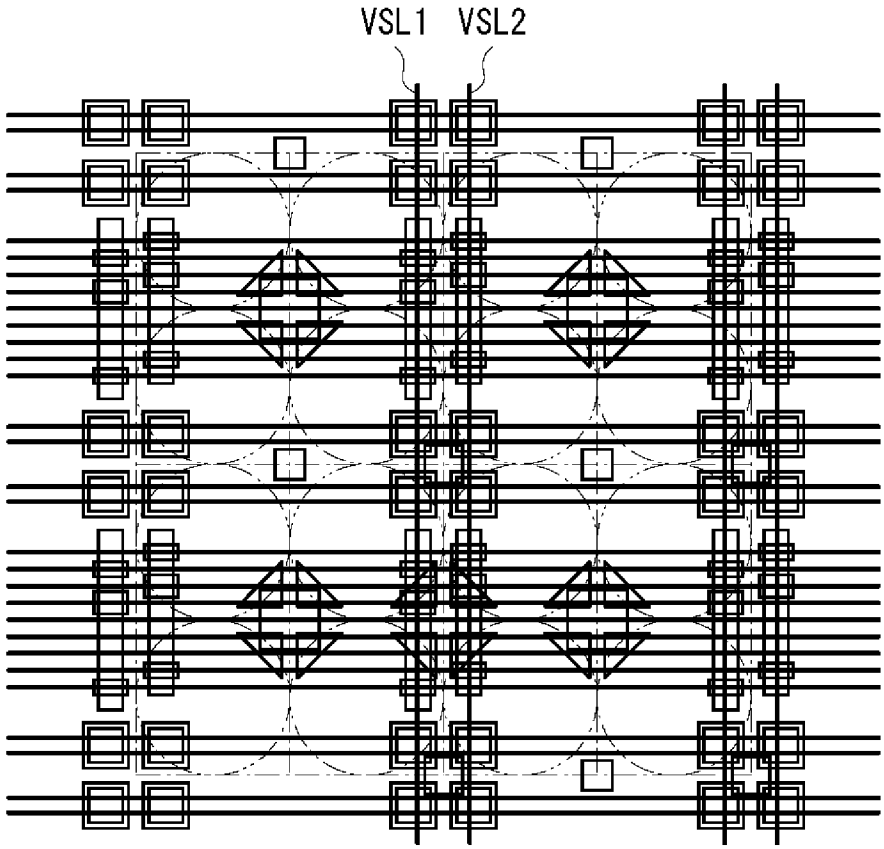
[図10]


TR1sel TR1amp TR2sel TR2amp
TR3trs
FD3
TR1rst
FD2
TR2rst

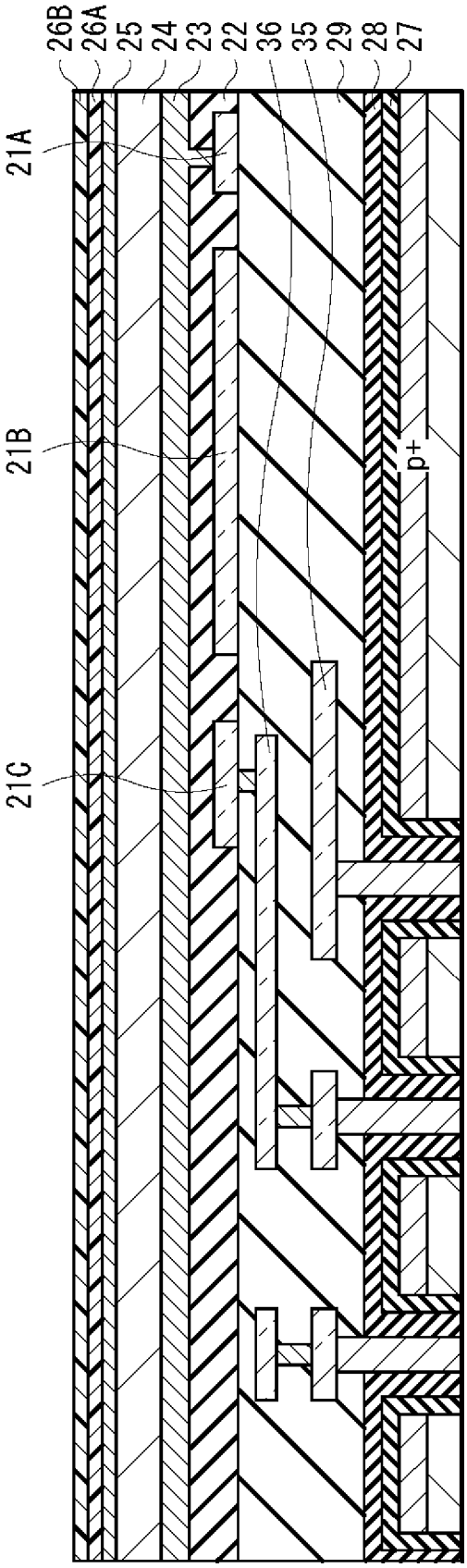
[図11]


TTR1sel
TG3-3
TG3-2
TTRrse
TG2-3
TG2-4
TTR2sel
TG3-1
Vdd
TG3-4
TTR1rst
TG2-1
TG2-2

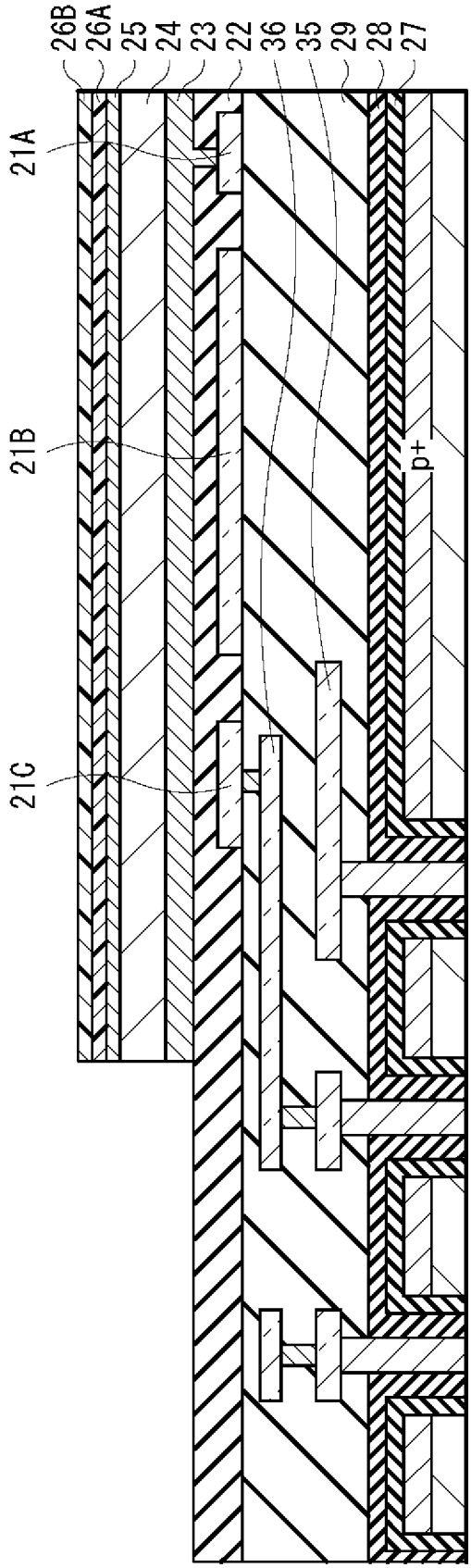
[図12]


VSL1
VSL2

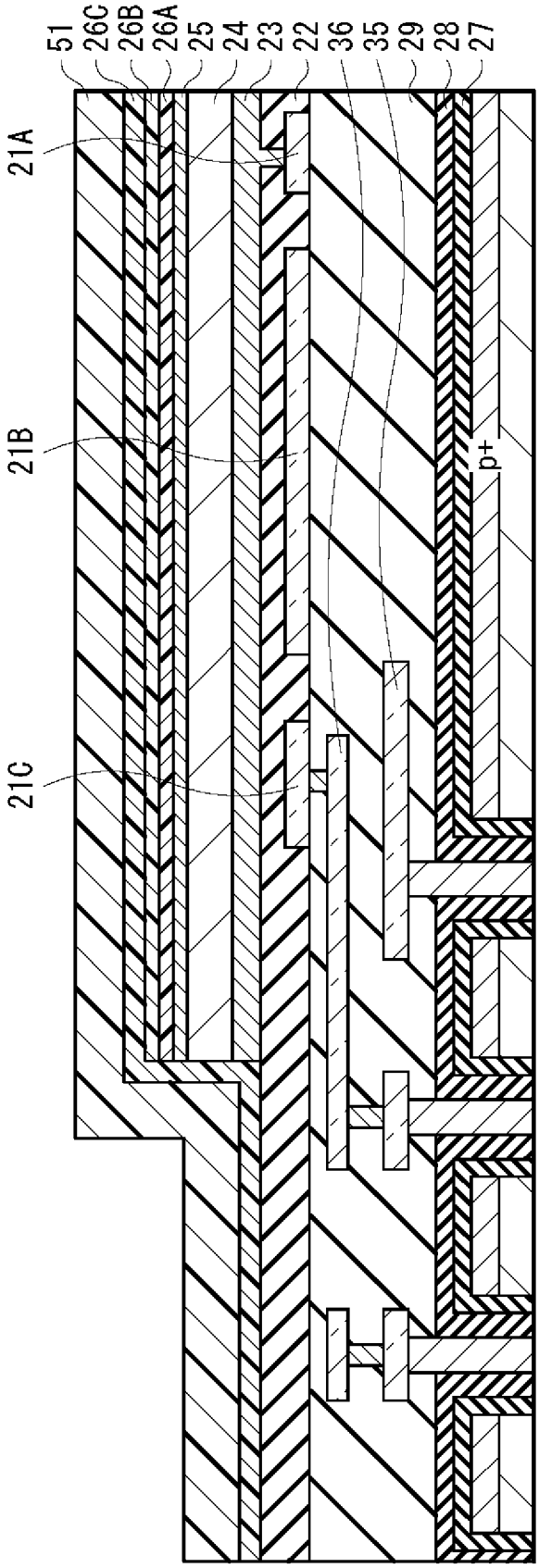
[図13]



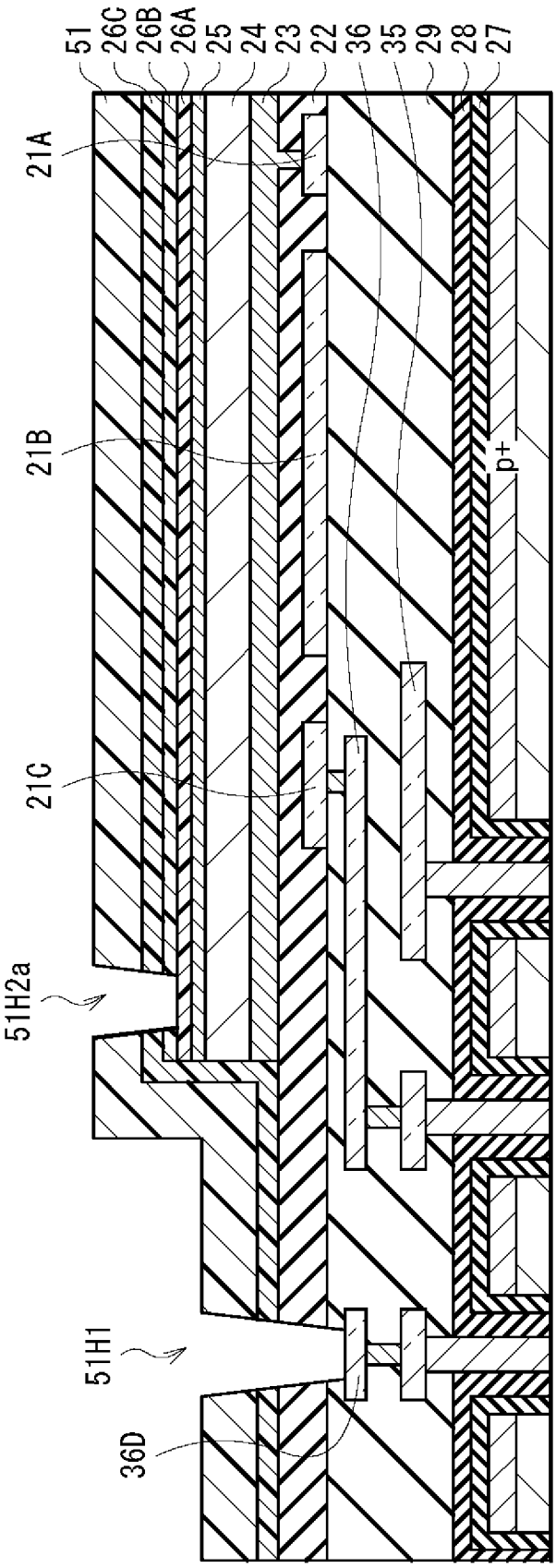
[図14]



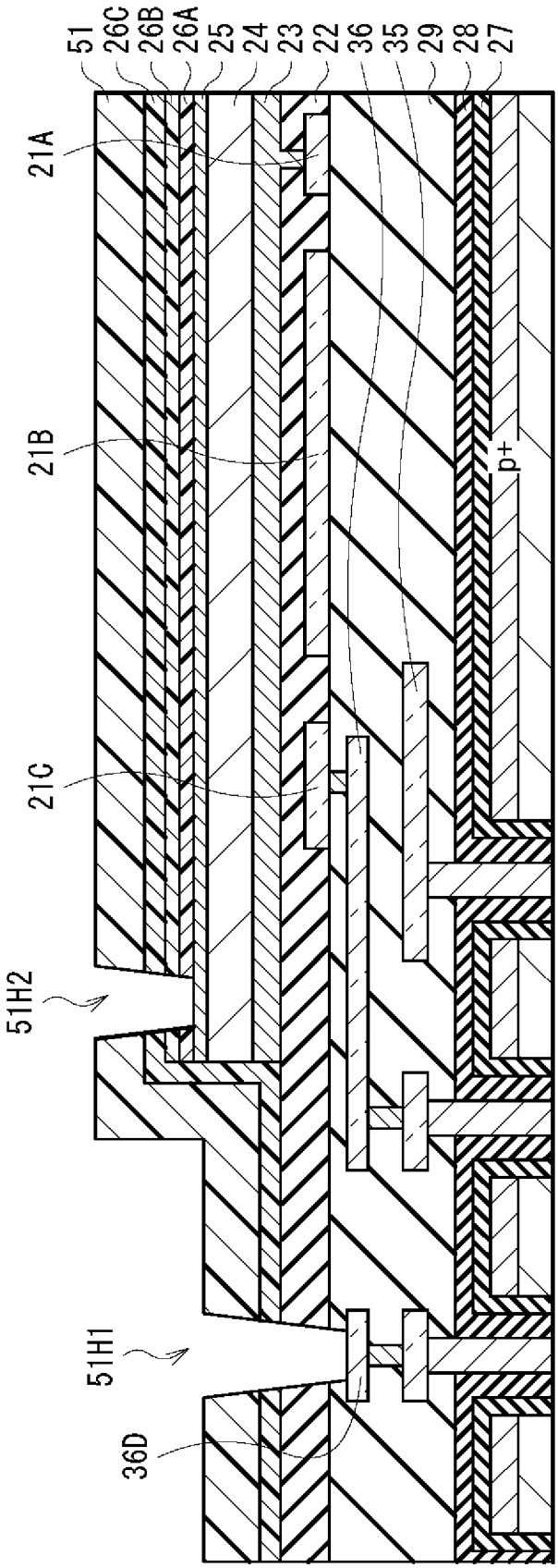
[図15]



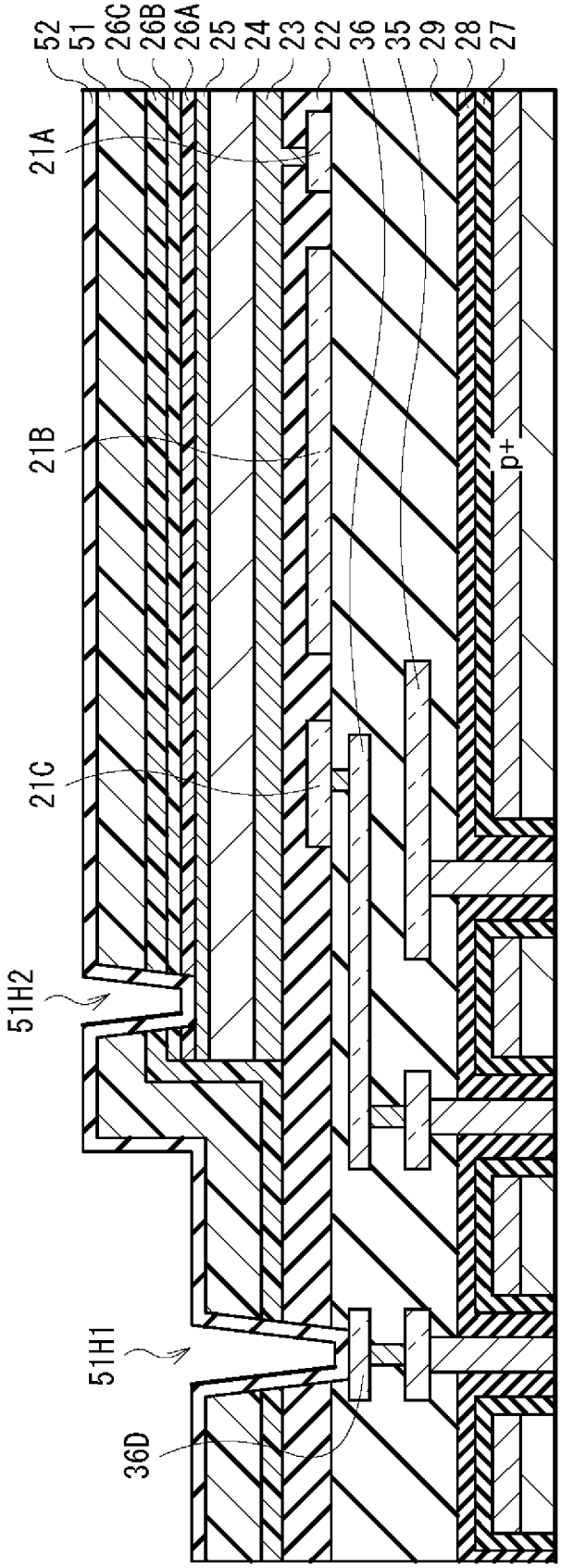
[図16]


51
26C
26B
26A
25
24
23
22
36
35
29
28
27
21A
21B
21C
p+
51H2a
51H1
36D

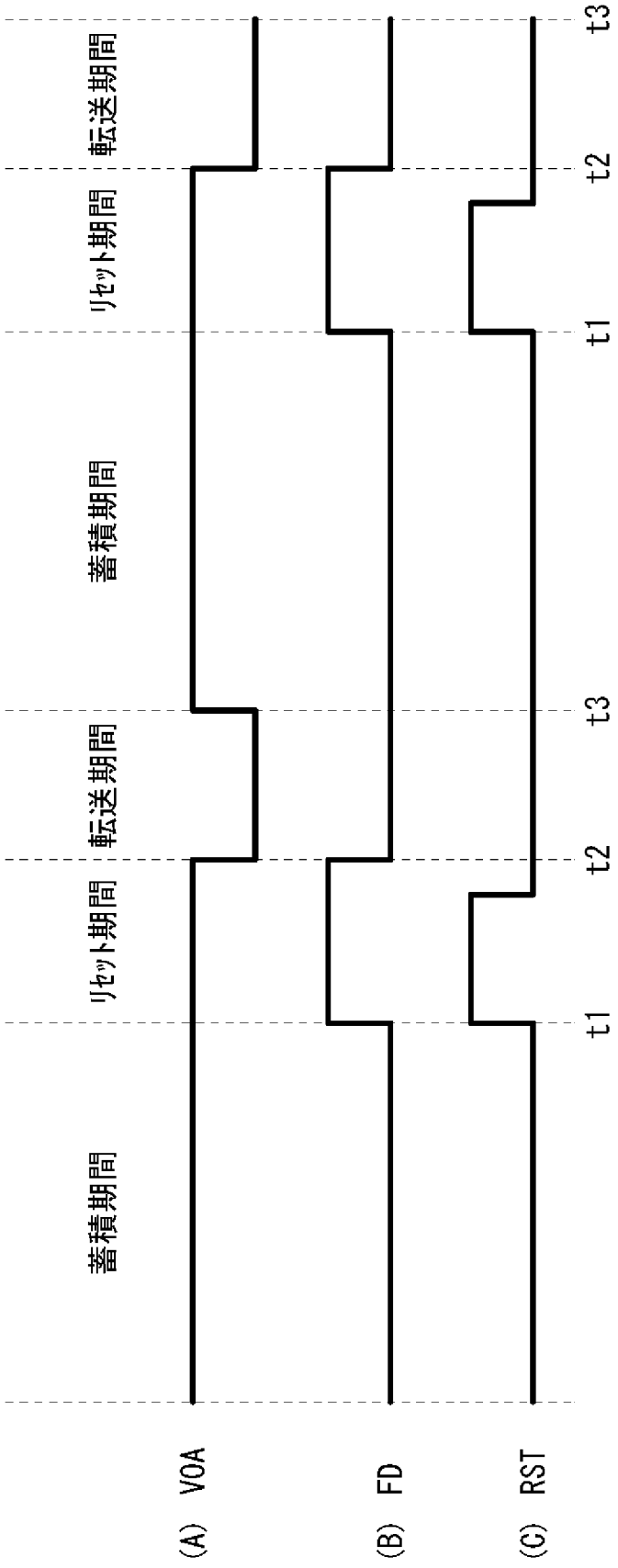
[図17]


51
26C
26B
26A
25
24
23
22
36
35
29
28
27
21A
21B
21C
51H2
51H1
36D
p+

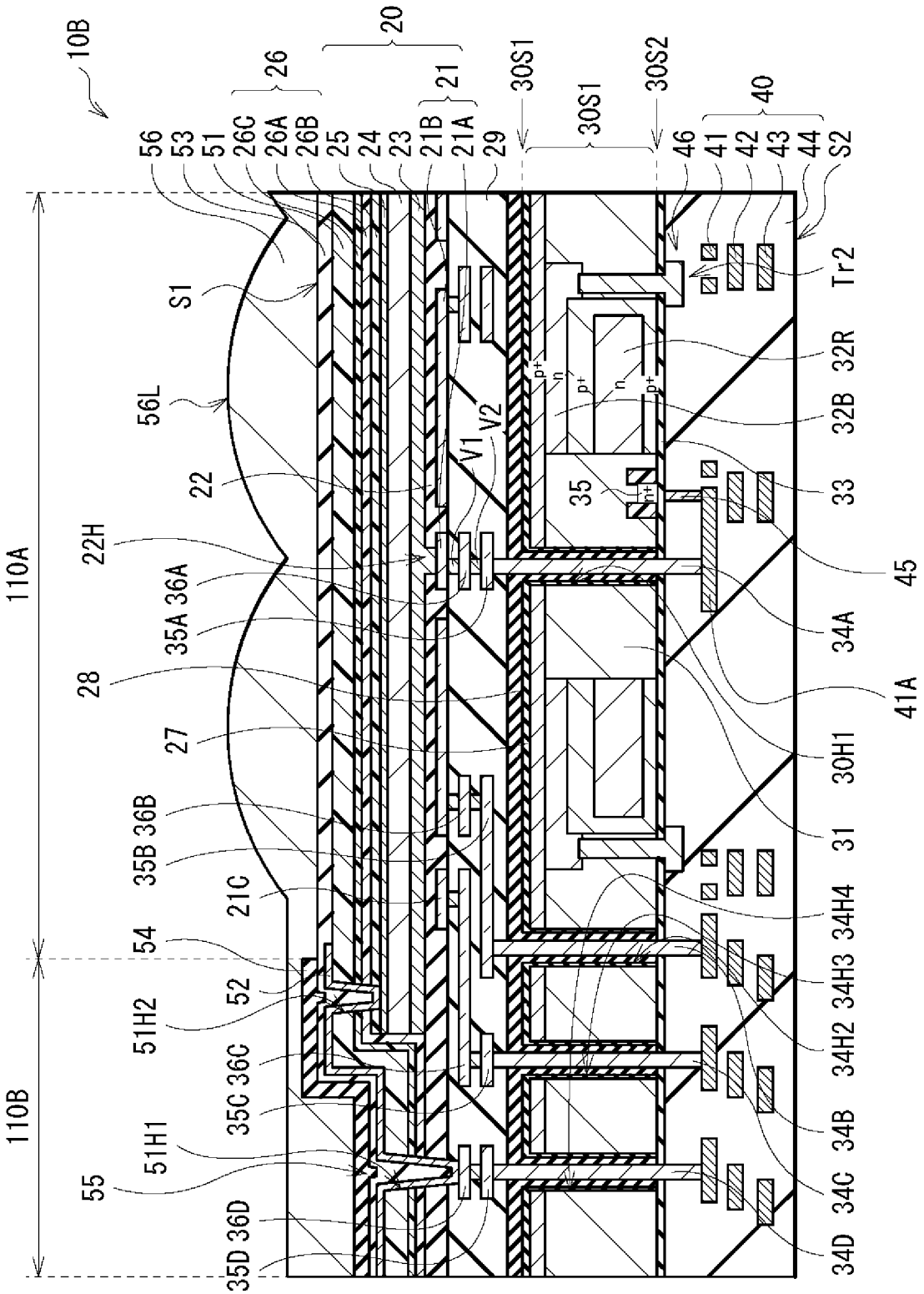
[図18]


52
51
26C
26B
26A
25
24
23
22
36
35
29
28
27
21A
21B
21C
p+
51H2
51H1
36D

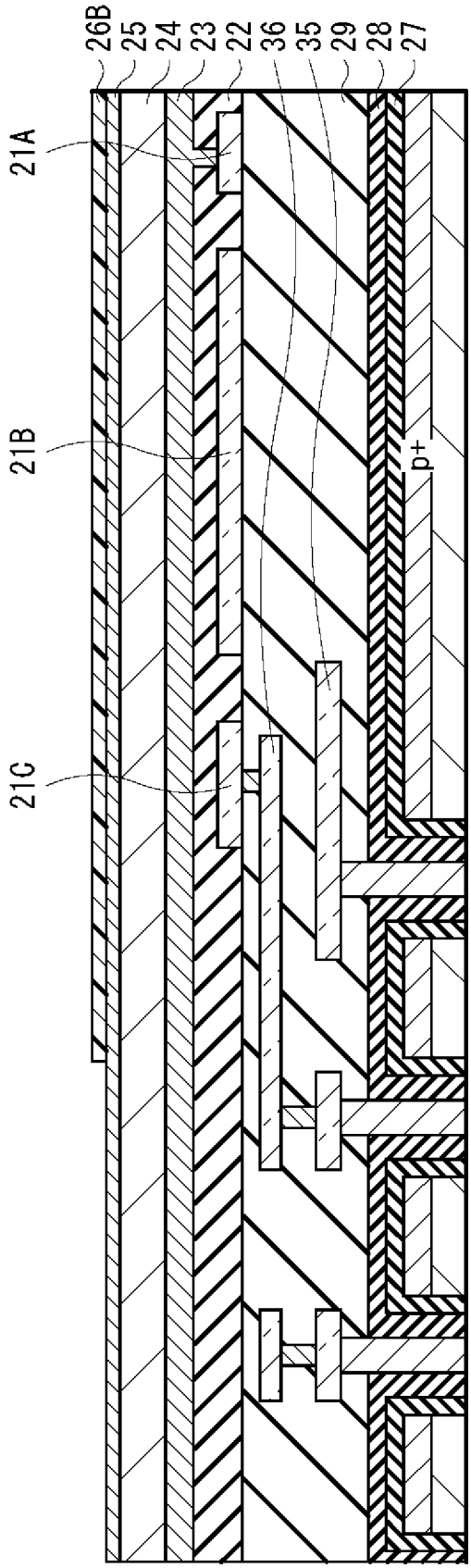
[図19]


蓄積期間
リセット期間
転送期間
蓄積期間
リセット期間
転送期間
t1
t2
t3
t1
t2
t3
(A) VOA
(B) FD
(C) RST

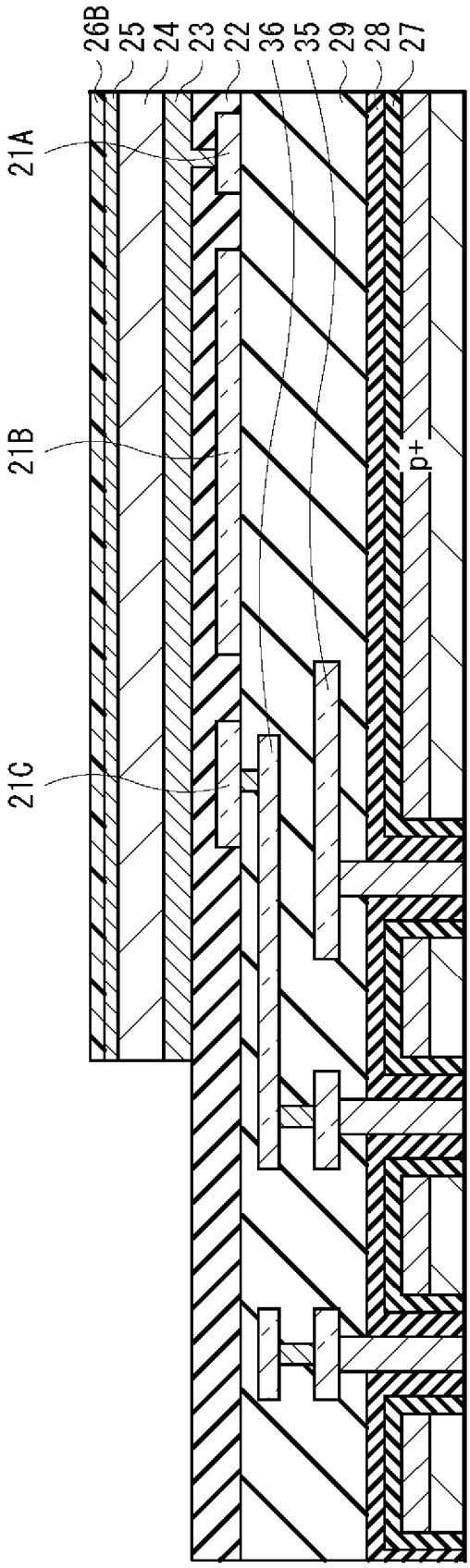
[図20]


10B
20
26
21
30S1
30S2
40
56
53
51
26C
26A
26B
25
24
23
21B
21A
29
46
41
42
43
44
S2
S1
56L
22
22H
35A
36A
28
27
35B
36B
21C
54
52
51H2
35C
36C
51H1
55
35D
36D
110A
110B
V1
V2
p+
n
35
Tr2
32R
32B
33
45
34A
41A
30H1
31
34H4
34H3
34H2
34B
34C
34D

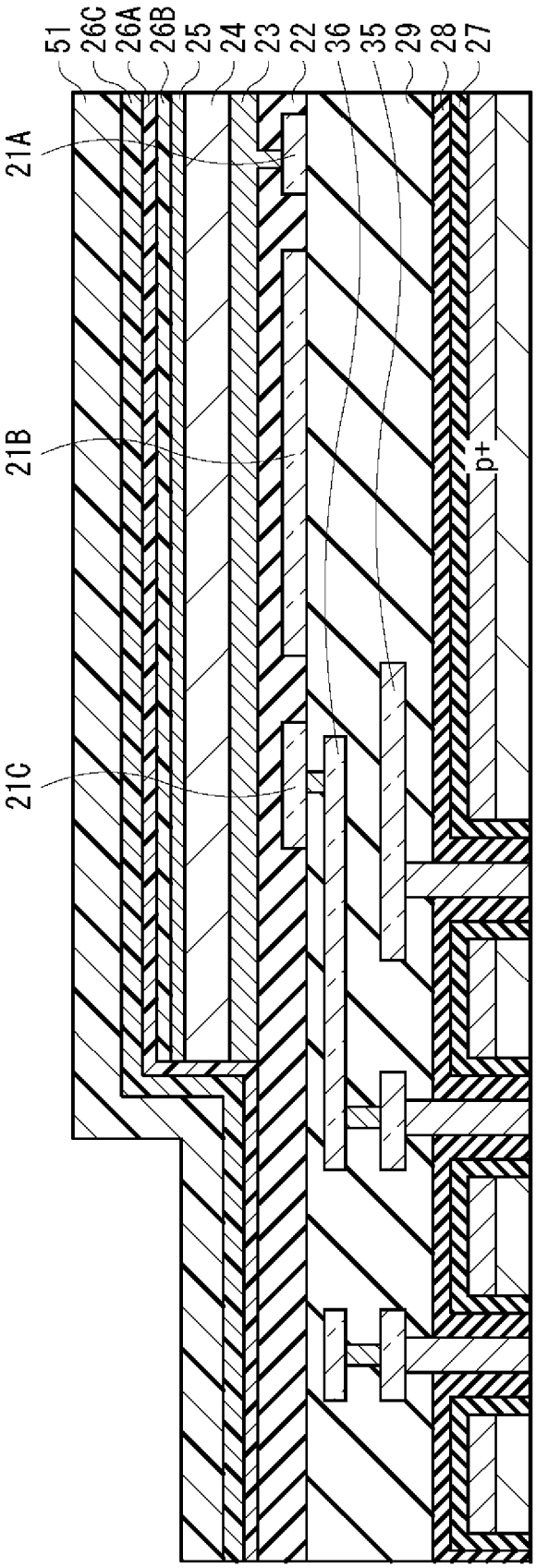
[図21]



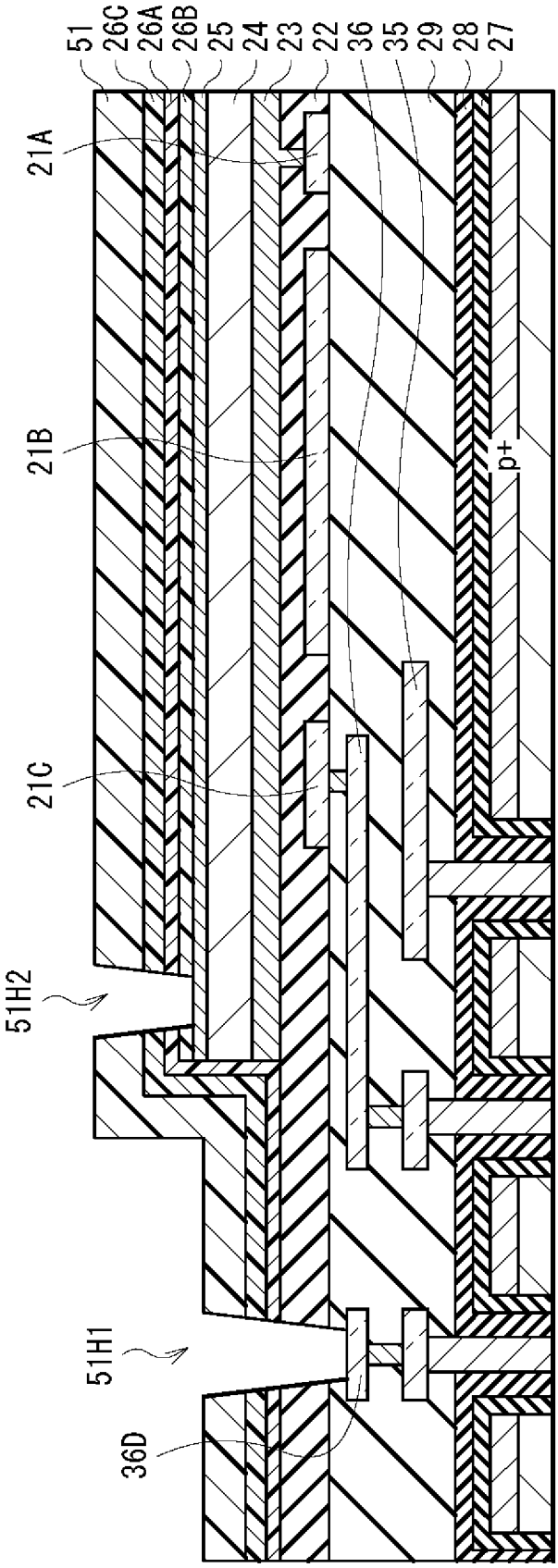
[図22]



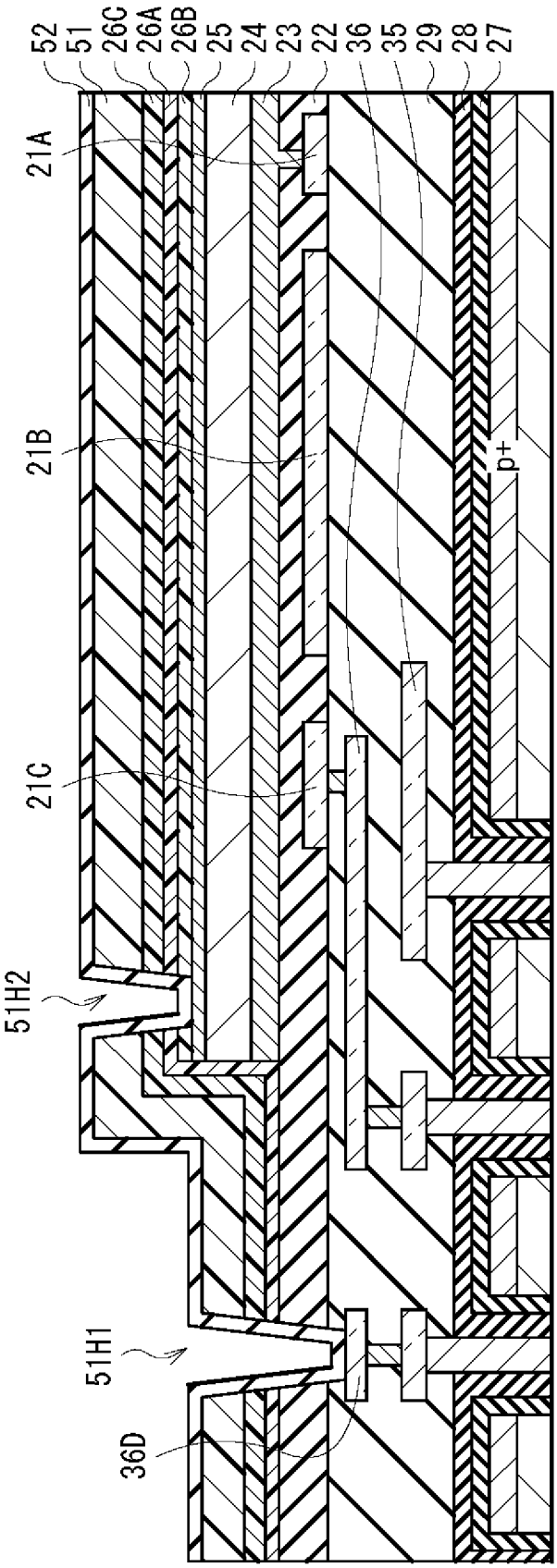
[図23]



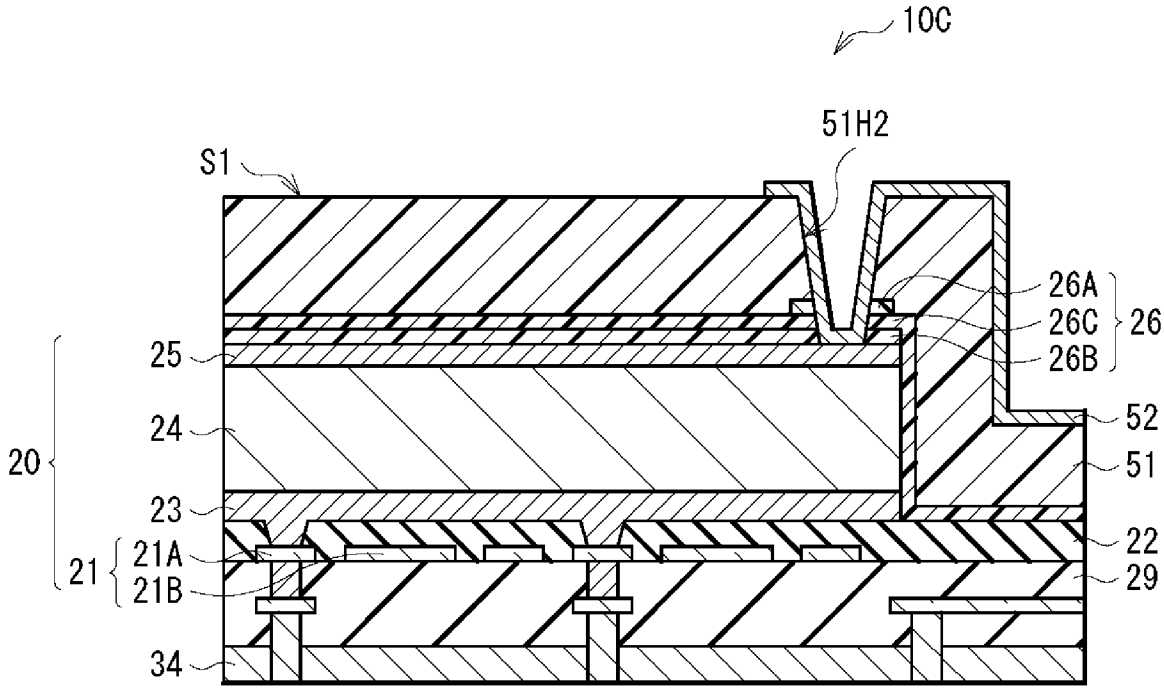
[図24]


51
26C
26A
26B
25
24
23
22
36
35
29
28
27
21A
21B
21C
p+
51H2
51H1
36D

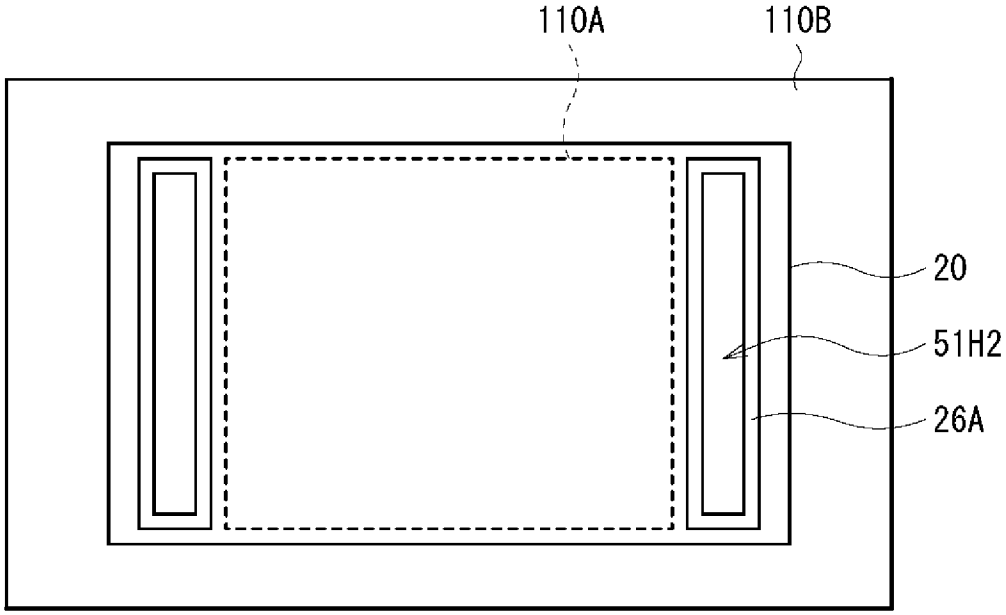
[図25]


52
51
26C
26A
26B
25
24
23
22
36
35
29
28
27
21A
21B
21C
51H2
51H1
36D
p+

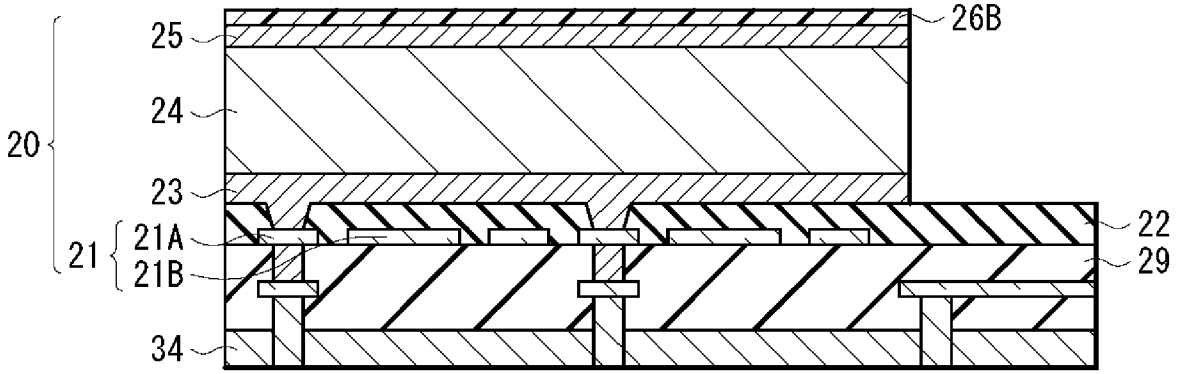
[図26]


10C
51H2
S1
26A
26C
26
26B
25
52
24
20
51
23
22
21
21A
21B
29
34

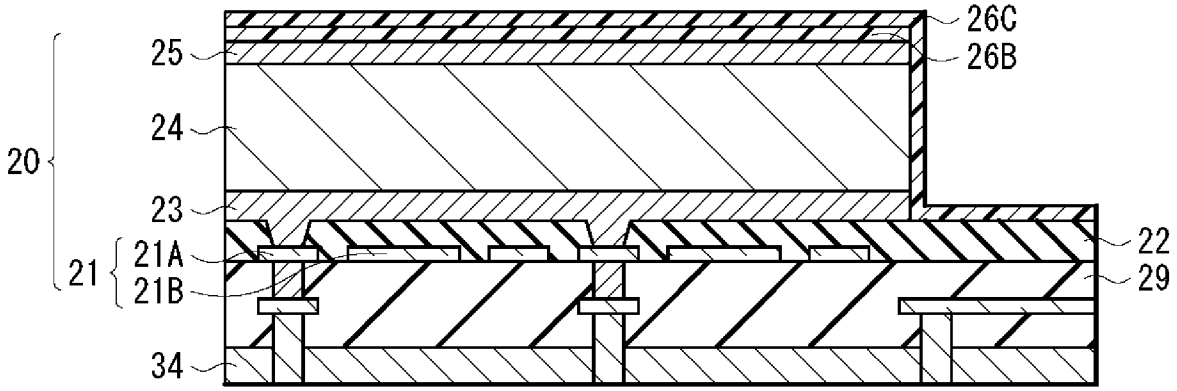
[図27]


110A
110B
20
51H2
26A

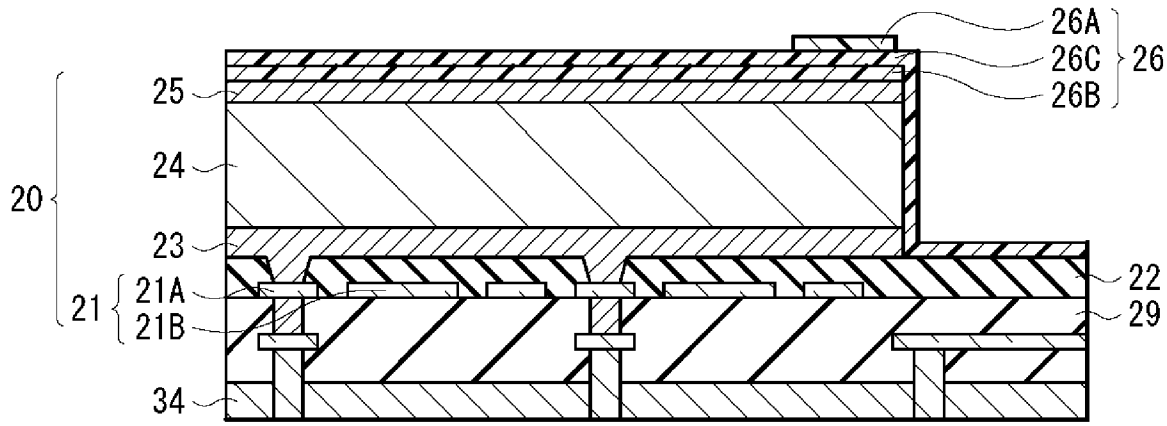
[図28]


26B
25
24
20
23
21
21A
21B
22
29
34

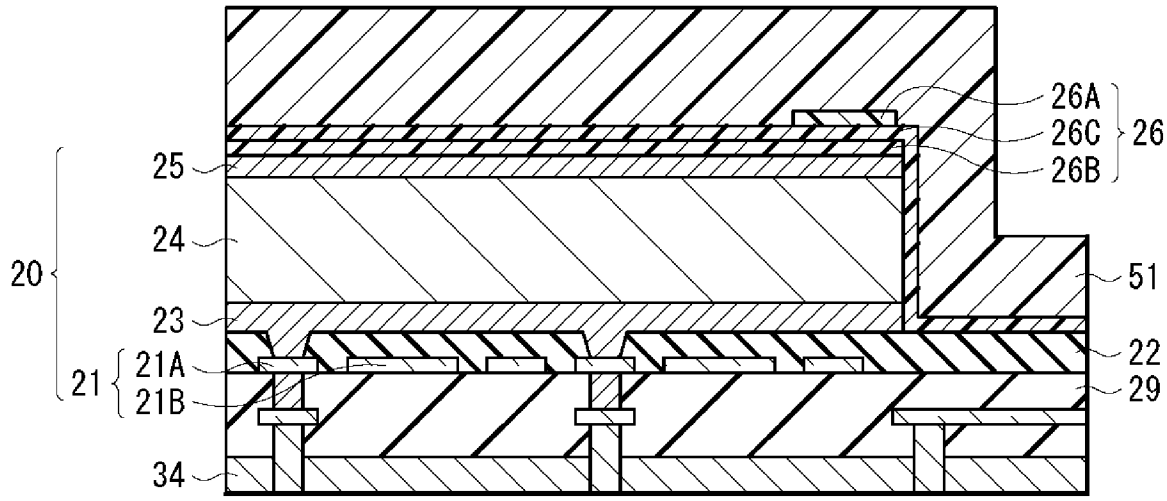
[図29]


26C
26B
25
24
20
23
21
21A
21B
22
29
34

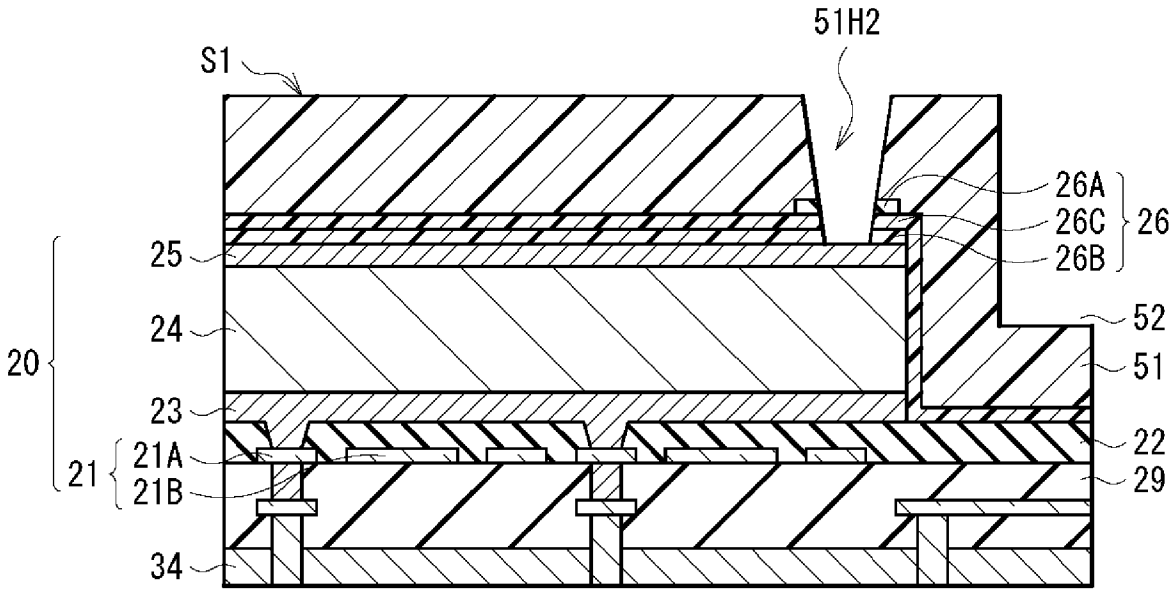
[図30]


26A
26C
26
26B
25
24
20
23
21
21A
21B
22
29
34

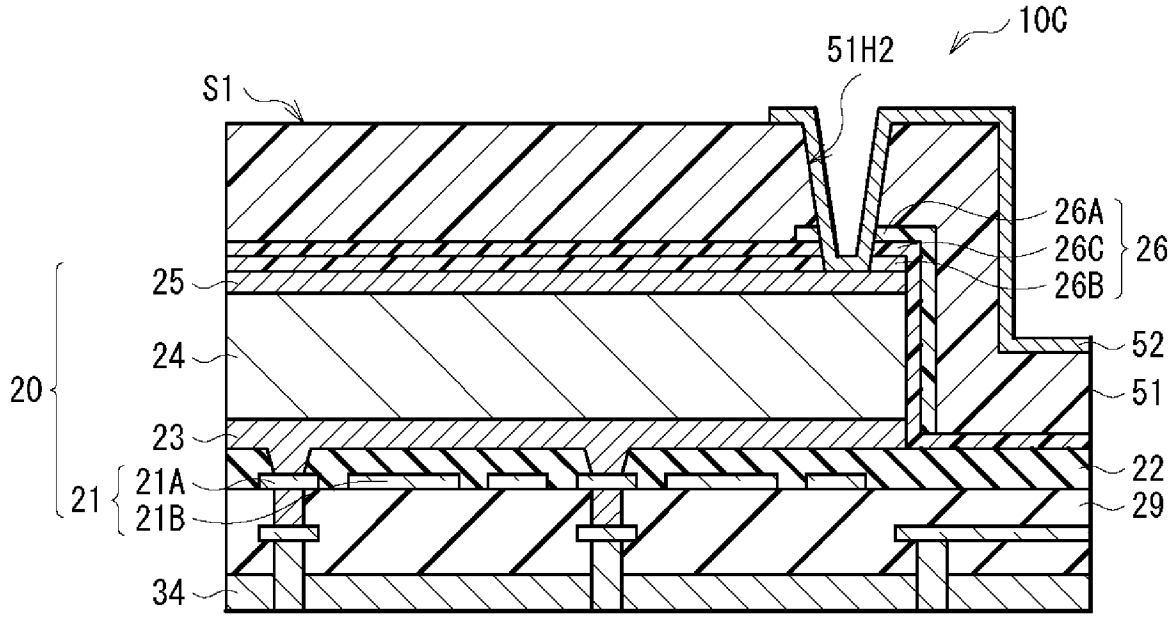
[図31]


26A
26C
26
26B
25
24
20
51
23
22
21
21A
21B
29
34

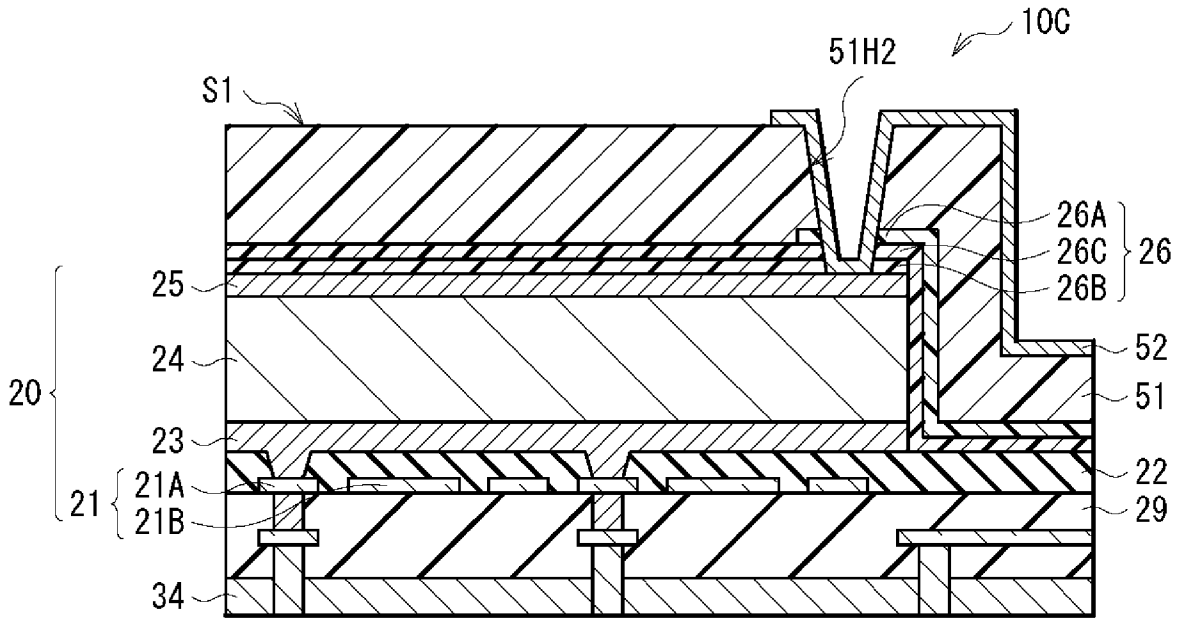
[図32]


51H2
S1
26A
26C
26
26B
25
52
24
20
51
23
22
21
21A
21B
29
34

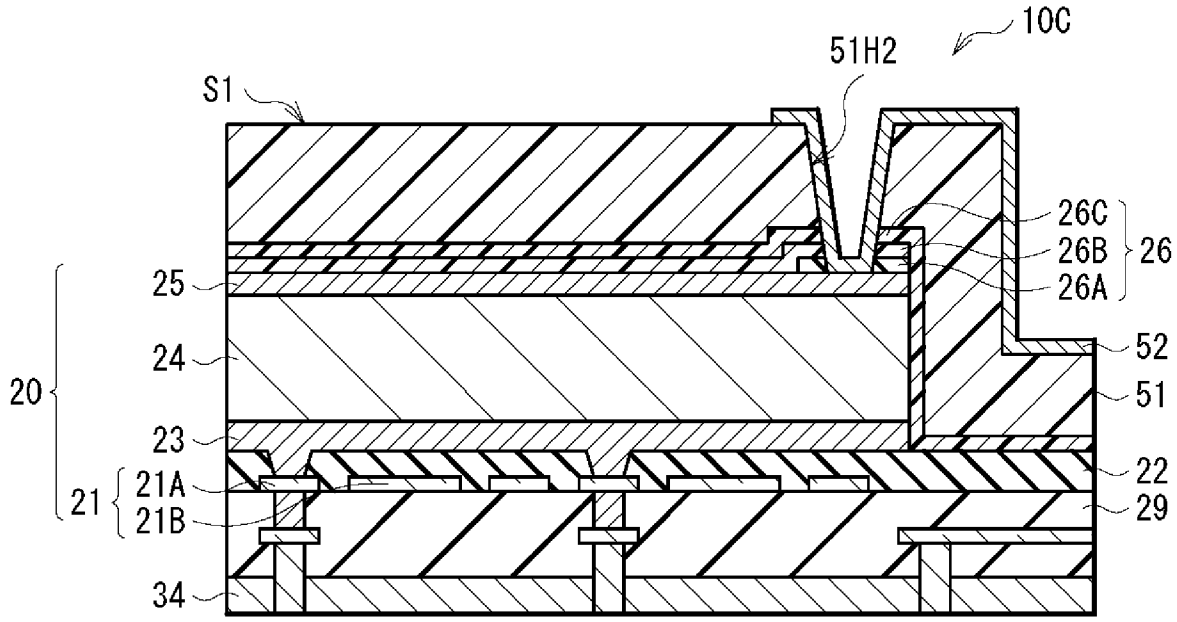
[図33]


10C
51H2
S1
26A
26C
26
26B
25
52
24
20
51
23
22
21A
21
21B
29
34

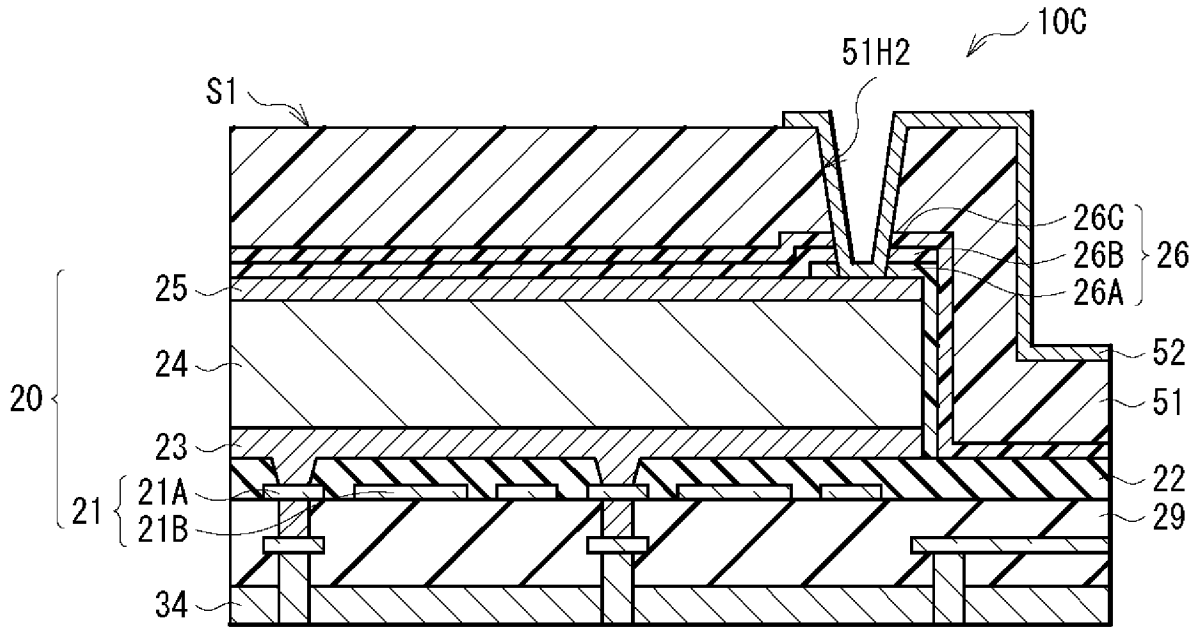
[図34]


10C
51H2
S1
26A
26C
26
26B
25
52
24
20
51
23
22
21A
21
21B
29
34

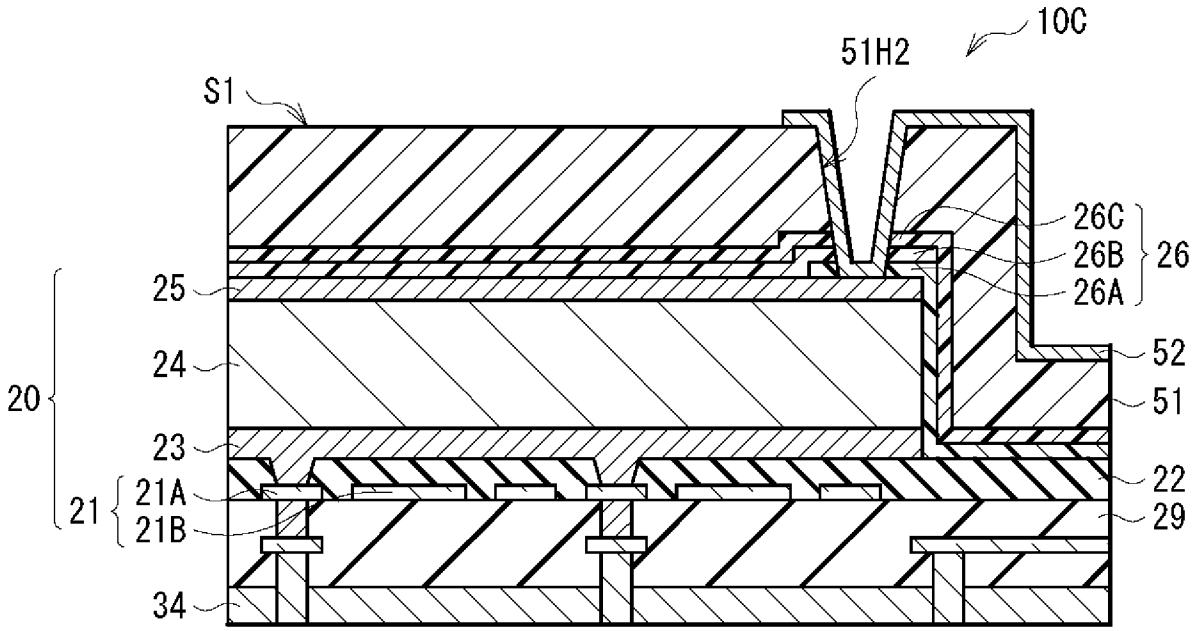
[図35]


10C
51H2
S1
26C
26B
26
26A
25
52
24
20
51
23
22
21A
21
21B
29
34

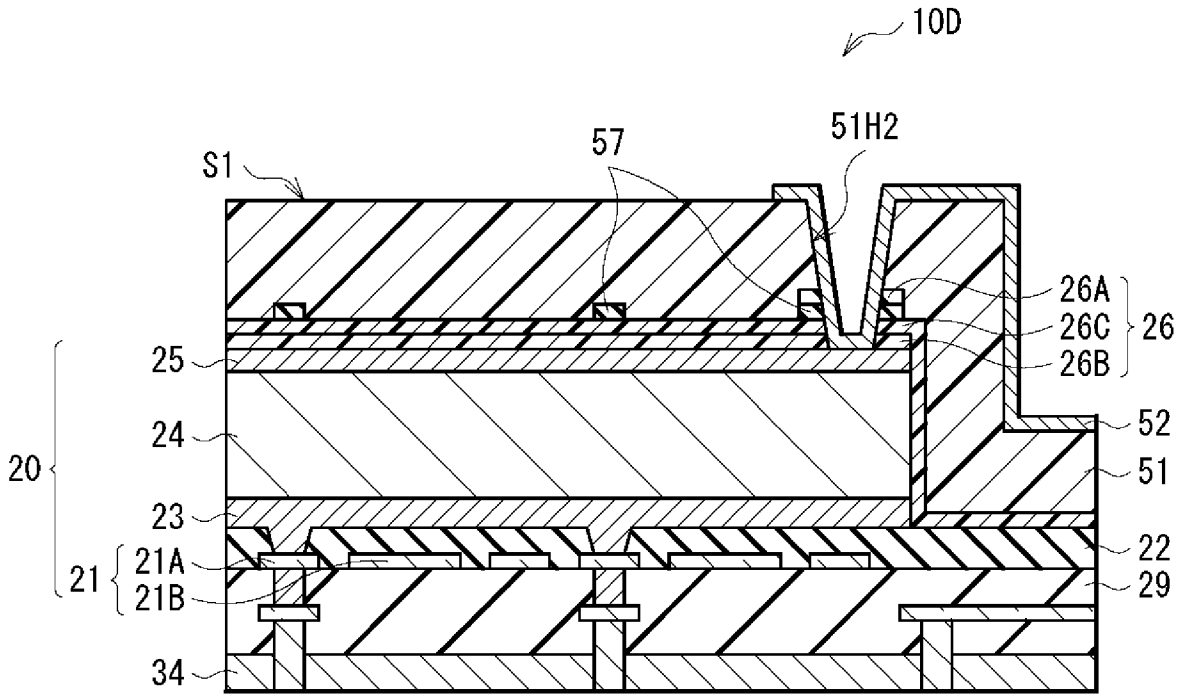
[図36]


10C
51H2
S1
26C
26B
26
26A
25
52
24
20
51
23
22
21A
21
21B
29
34

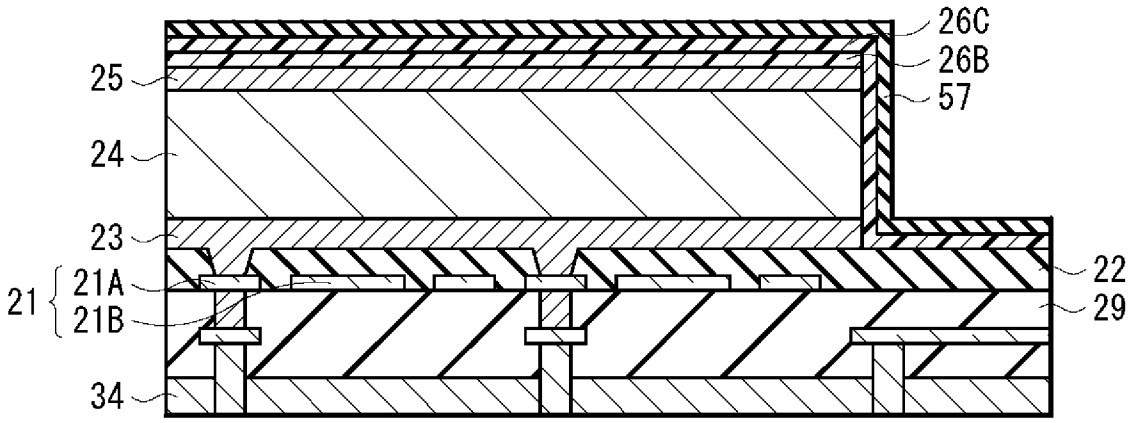
[図37]


10C
51H2
S1
26C
26B
26
26A
25
52
24
51
20
23
22
21A
21
21B
29
34

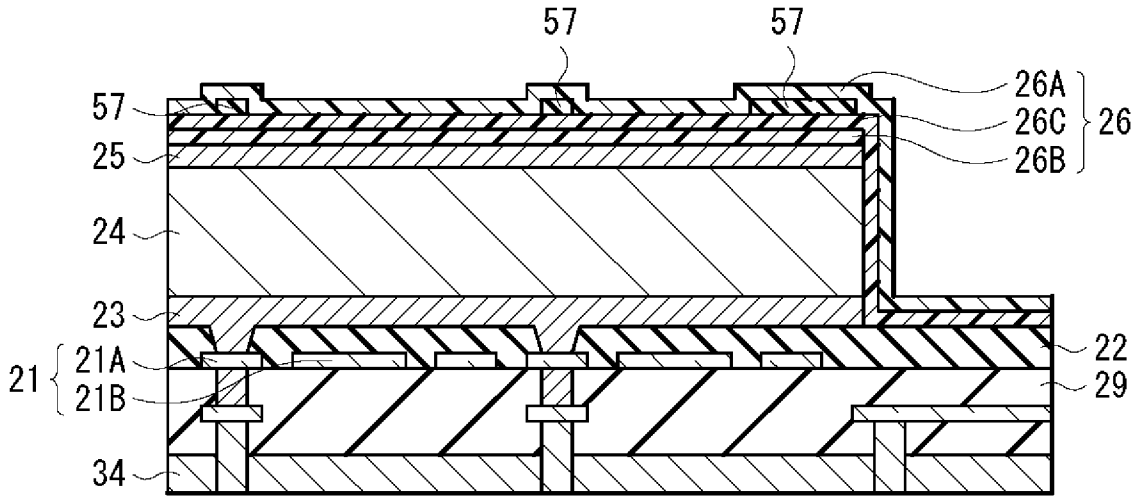
[図38]


10D
57
51H2
S1
26A
26C
26
26B
25
52
24
51
20
23
22
21A
21
21B
29
34

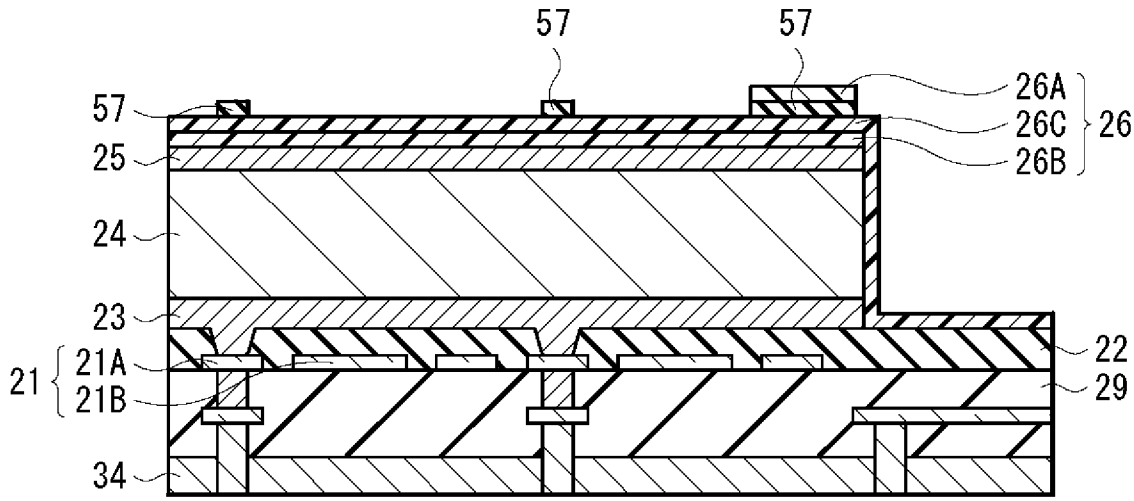
[図39]


26C
26B
57
25
24
23
22
21
21A
21B
29
34

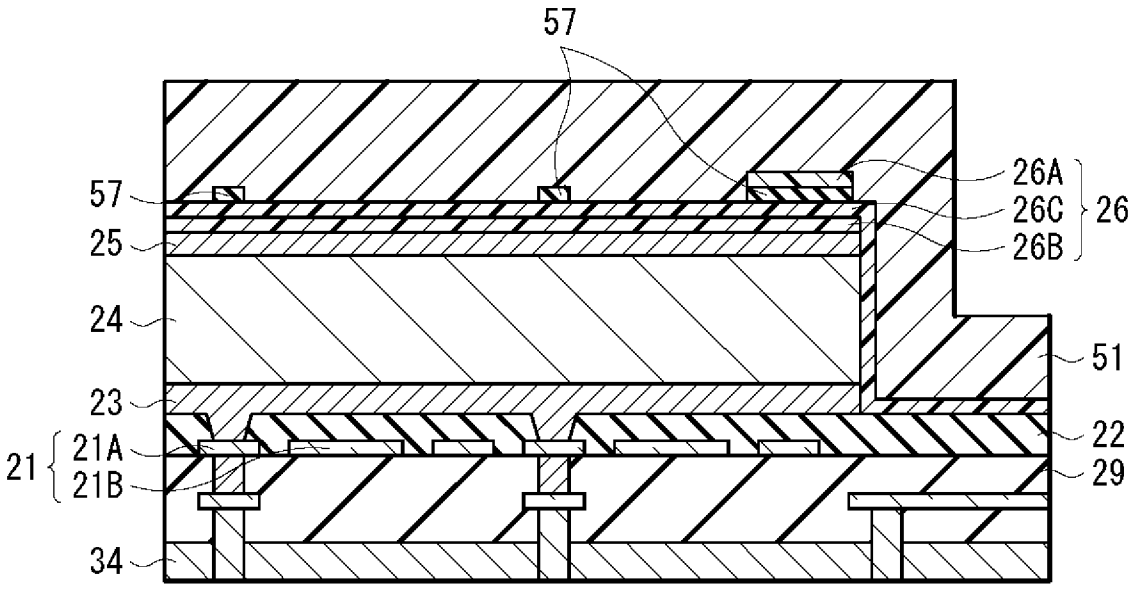
[図40]


57
57
57
26A
26C
26
26B
25
24
23
22
21
21A
21B
29
34

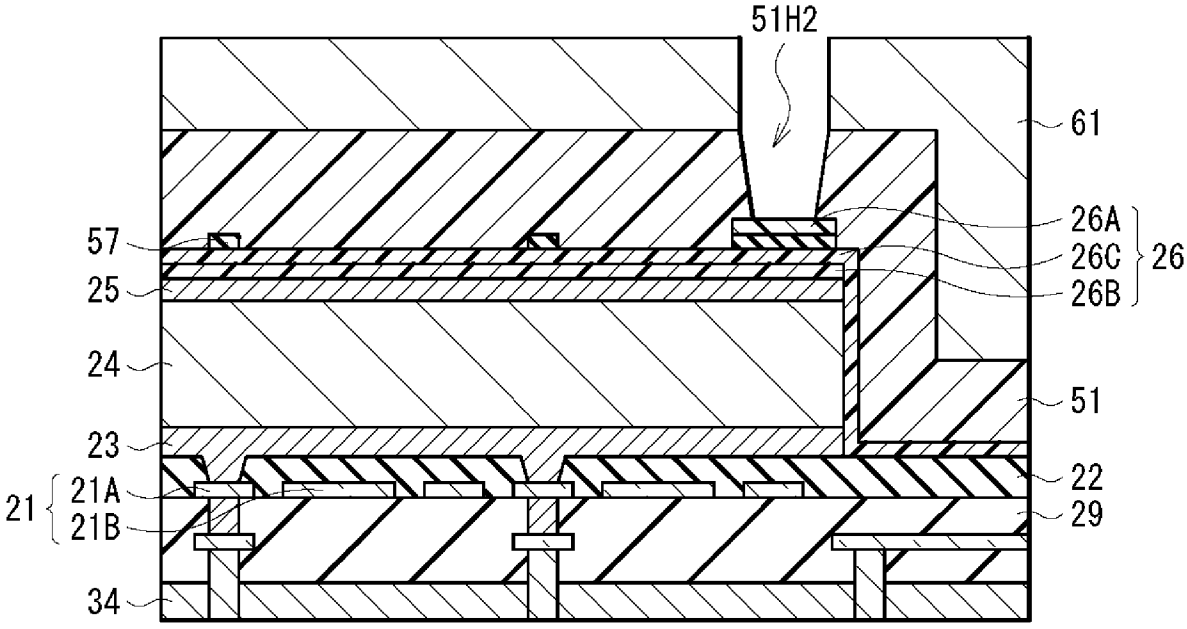
[図41]


57
57
57
26A
26C
26
26B
25
24
23
22
21
21A
21B
29
34

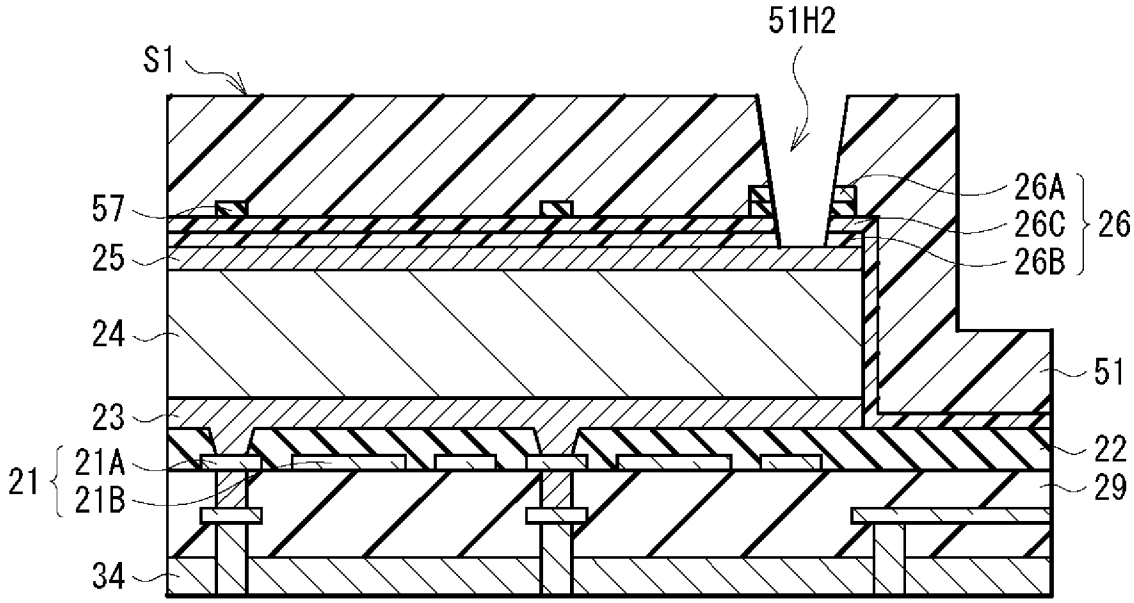
[図42]


57
57
25
24
23
21
21A
21B
34
26A
26C
26B
26
51
22
29

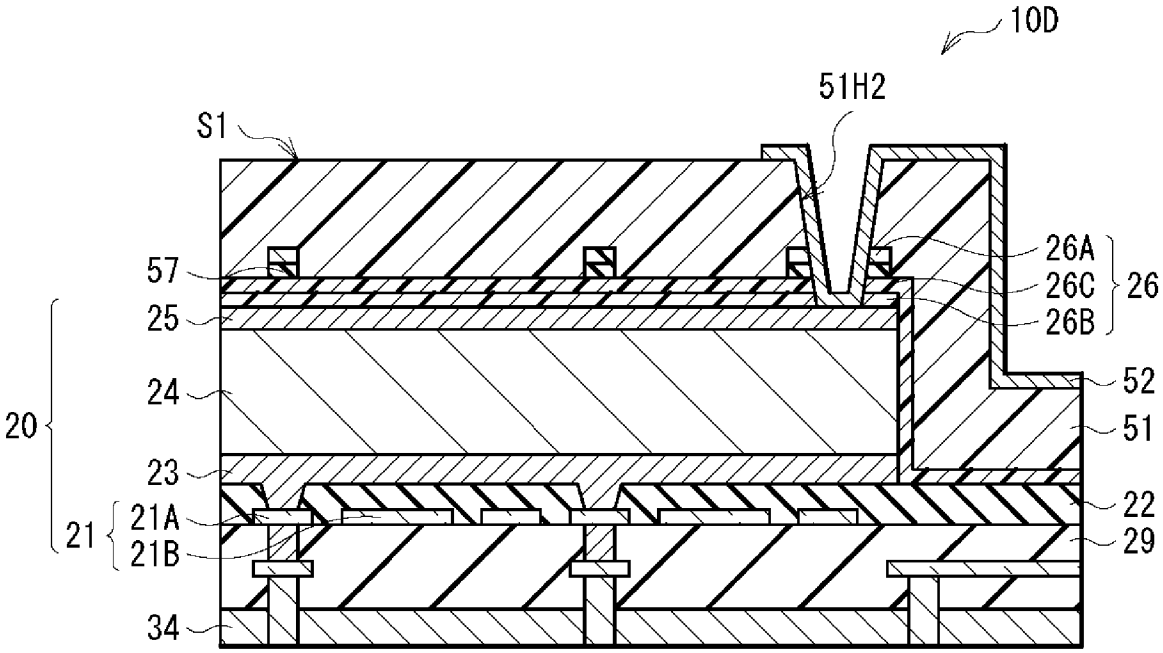
[図43]


51H2
61
57
25
24
23
21
21A
21B
34
26A
26C
26B
26
51
22
29

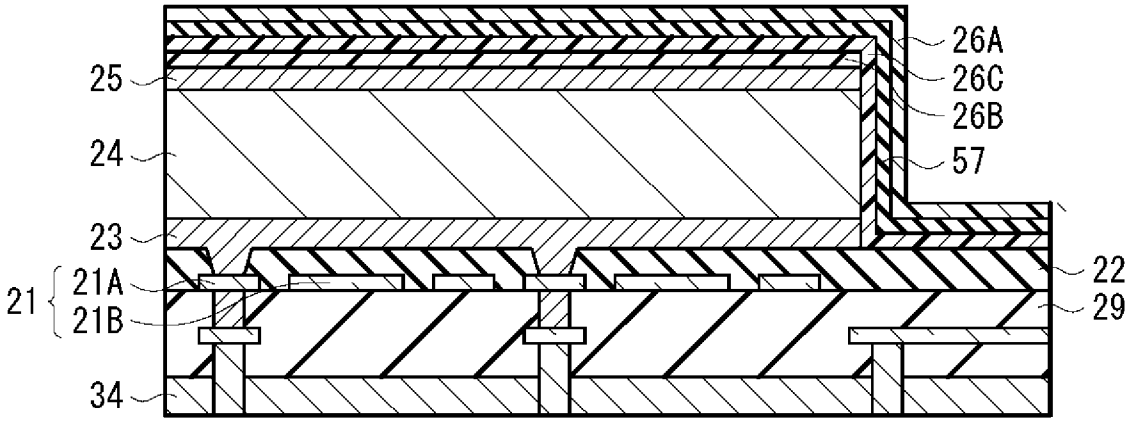
[図44]


51H2
S1
26A
26C
26
26B
57
25
24
51
23
22
21
21A
21B
29
34

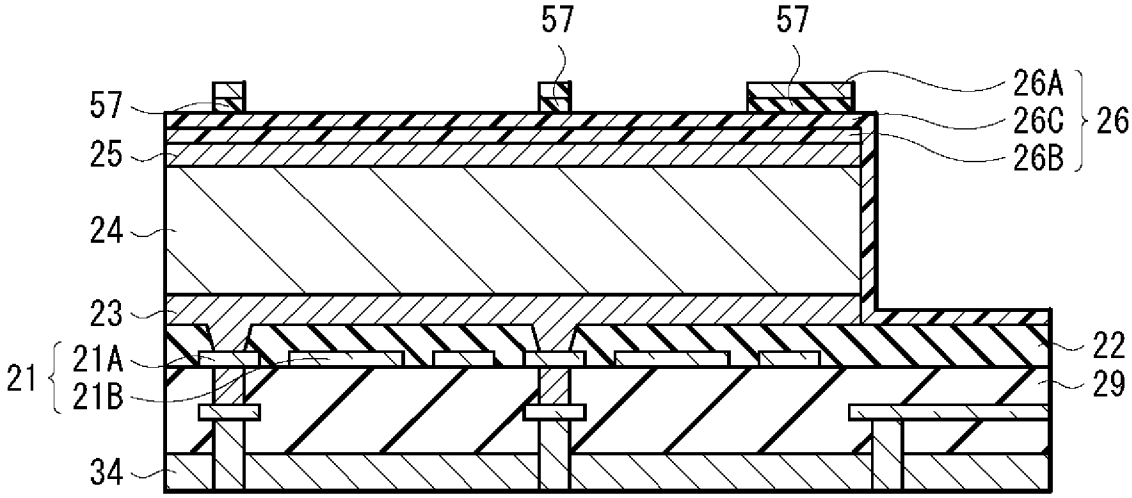
[図45]


10D
51H2
S1
26A
26C
26
26B
57
25
52
24
20
51
23
22
21
21A
21B
29
34

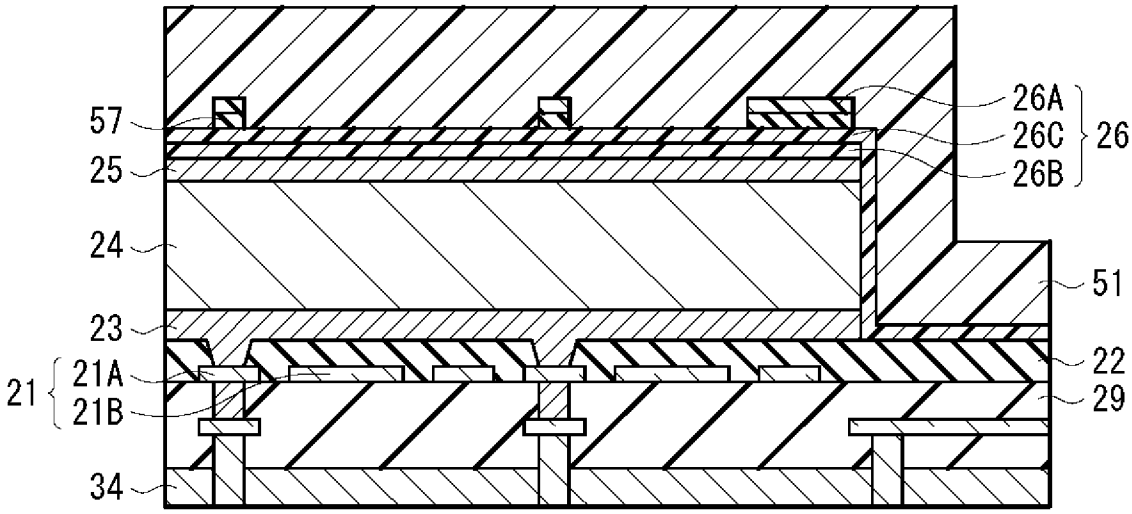
[図46]


26A
26C
26B
57
25
24
23
21
21A
21B
22
29
34

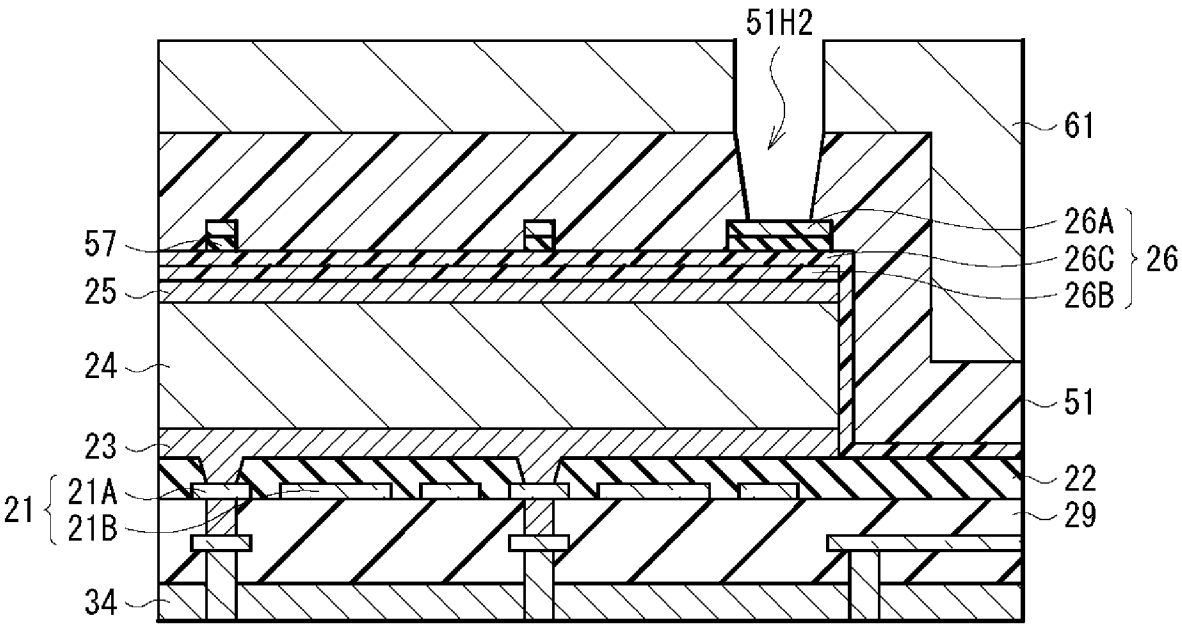
[図47]


57
57
57
26A
26C
26B
26
25
24
23
21
21A
21B
22
29
34

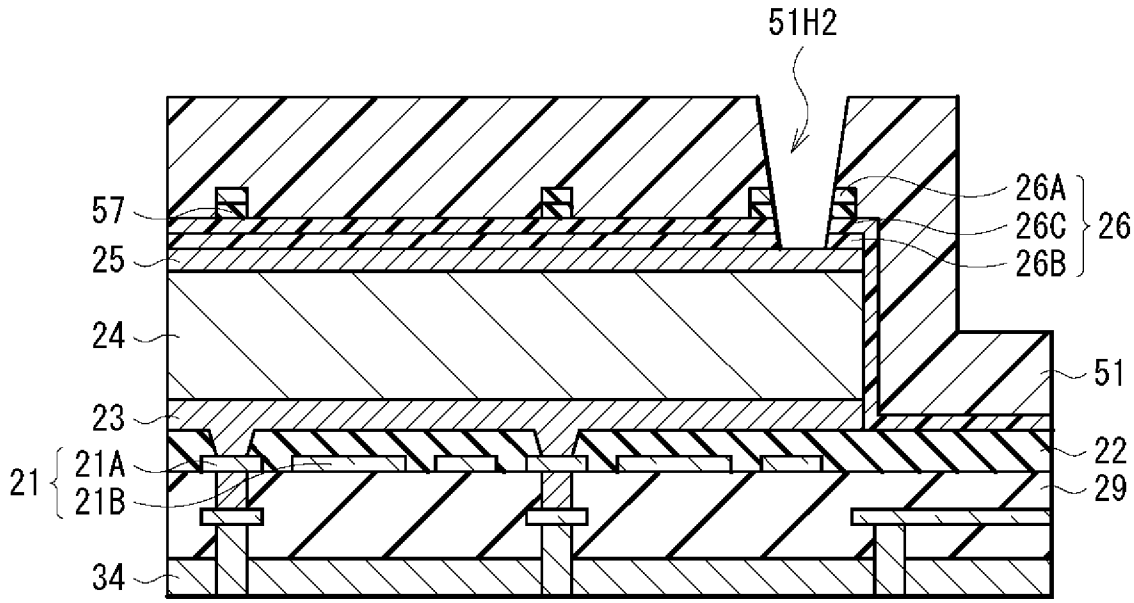
[図48]


57
26A
26C
26B
26
25
24
51
23
21
21A
21B
22
29
34

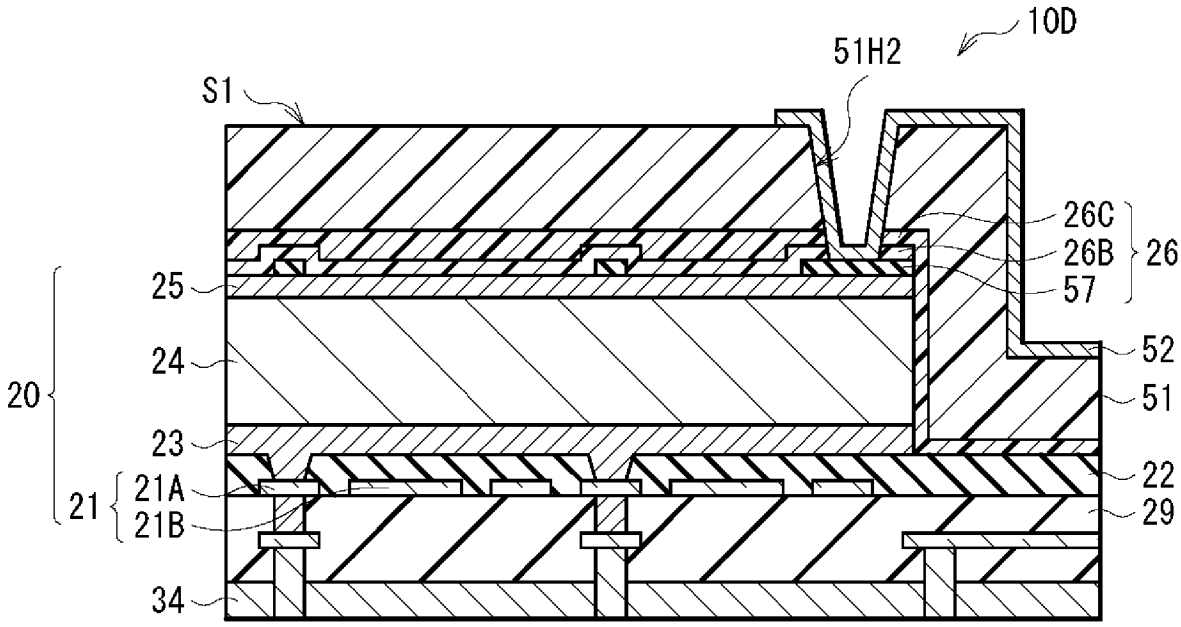
[図49]


51H2
61
26A
26C
26
26B
57
25
24
51
23
22
21
21A
21B
29
34

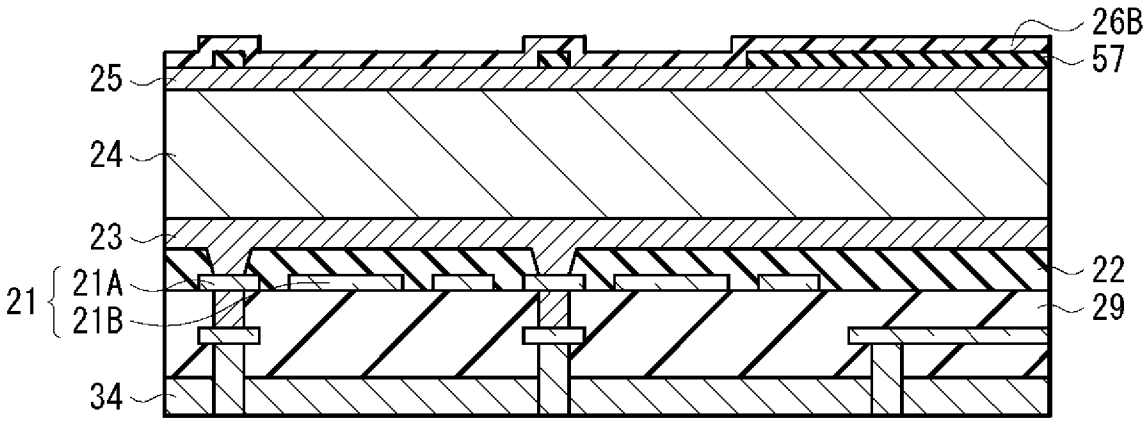
[図50]


51H2
26A
26C
26
26B
57
25
24
51
23
22
21
21A
21B
29
34

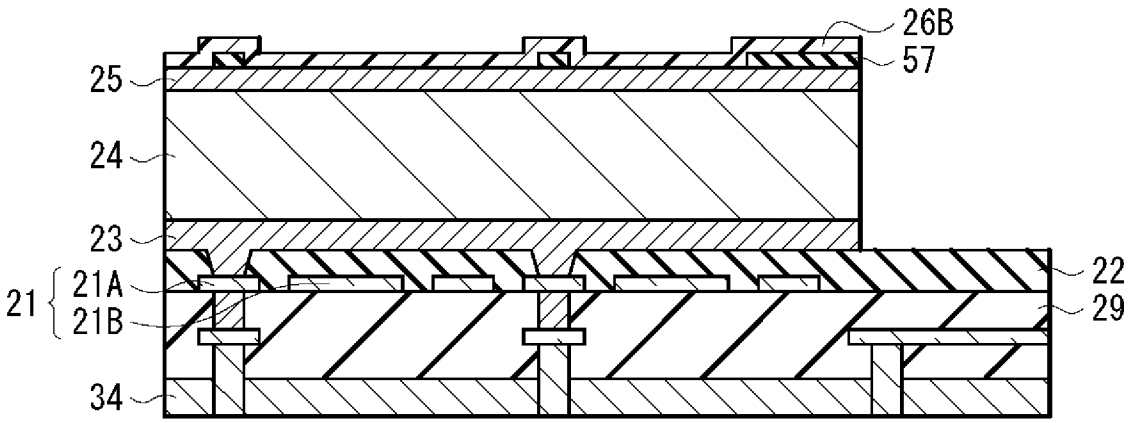
[図51]


10D
51H2
S1
26C
26B
26
57
25
24
52
20
51
23
22
21
21A
21B
29
34

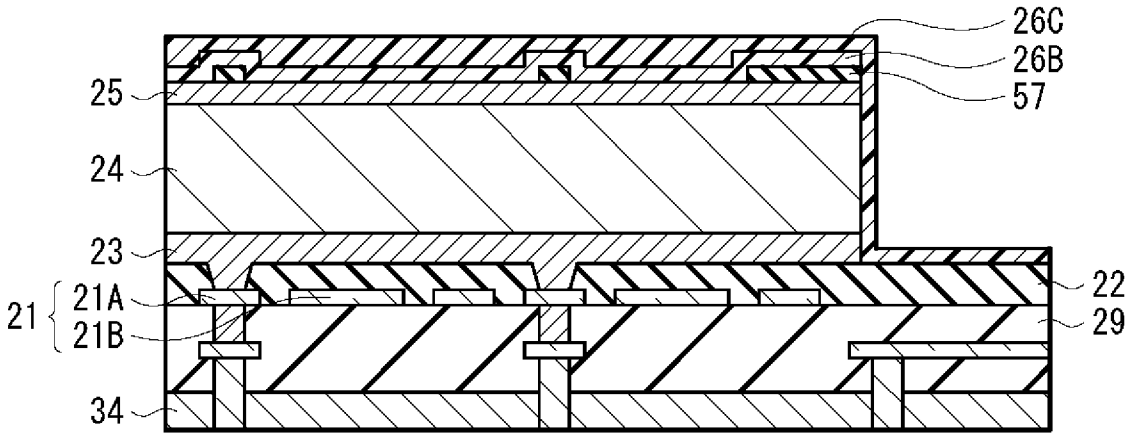
[図52]


26B
57
25
24
23
22
21
21A
21B
29
34

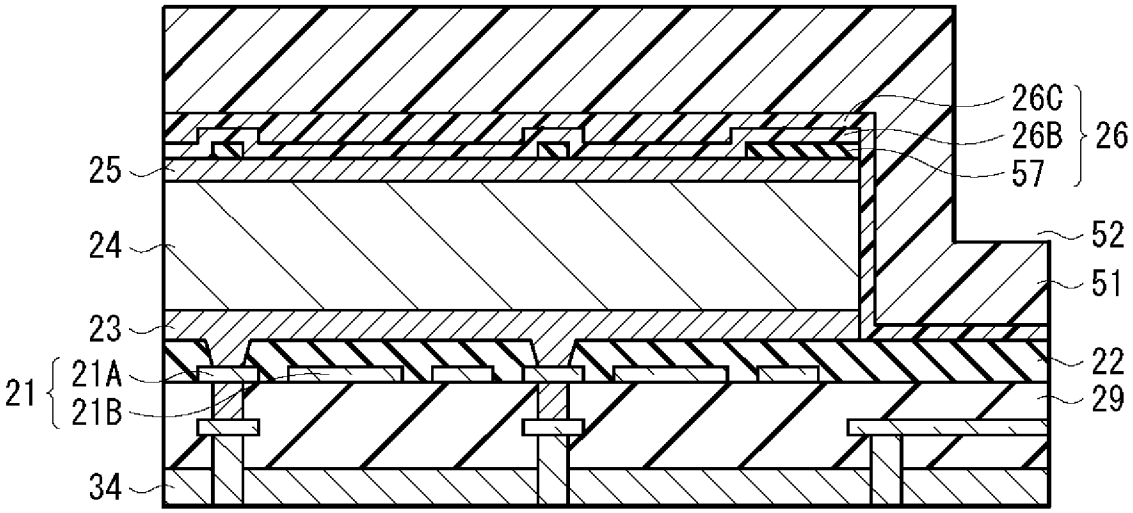
[図53]


26B
57
25
24
23
22
21
21A
21B
29
34

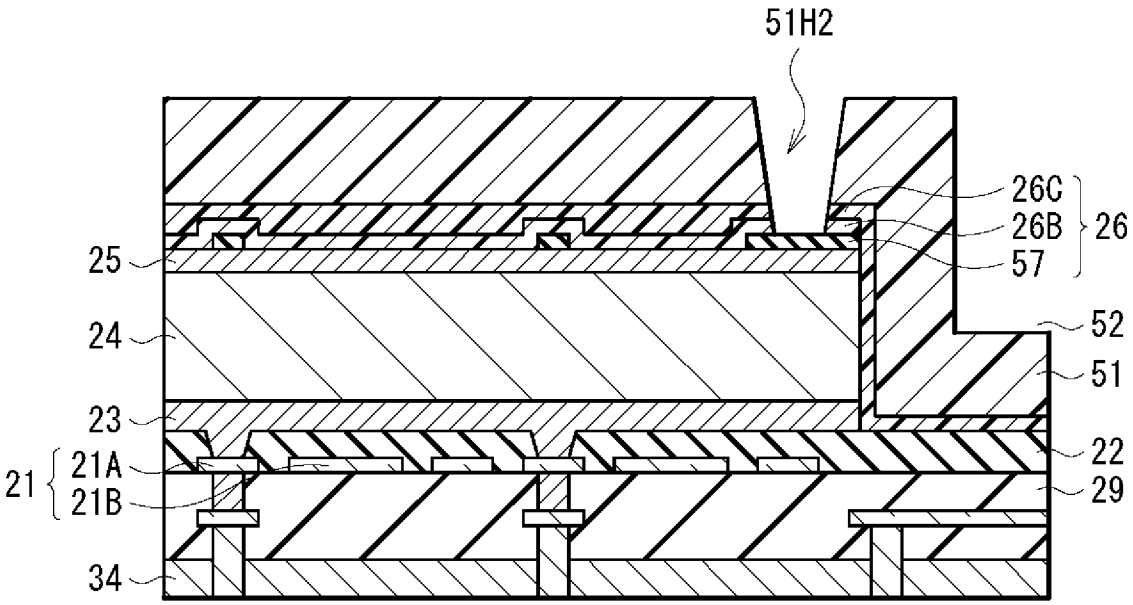
[図54]


26C
26B
57
25
24
23
21
21A
21B
22
29
34

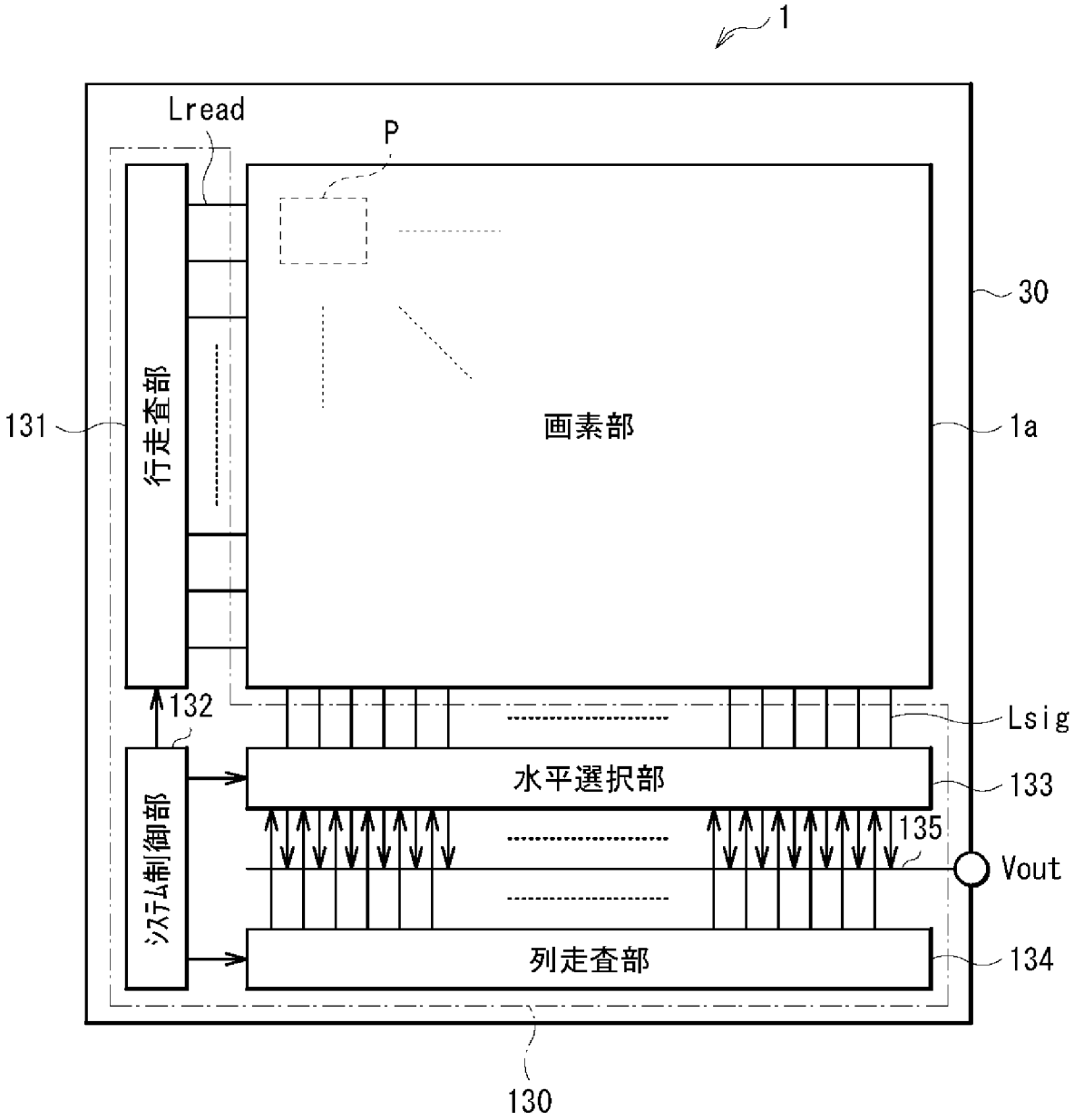
[図55]


26C
26B
26
57
25
24
52
51
23
22
21
21A
21B
29
34

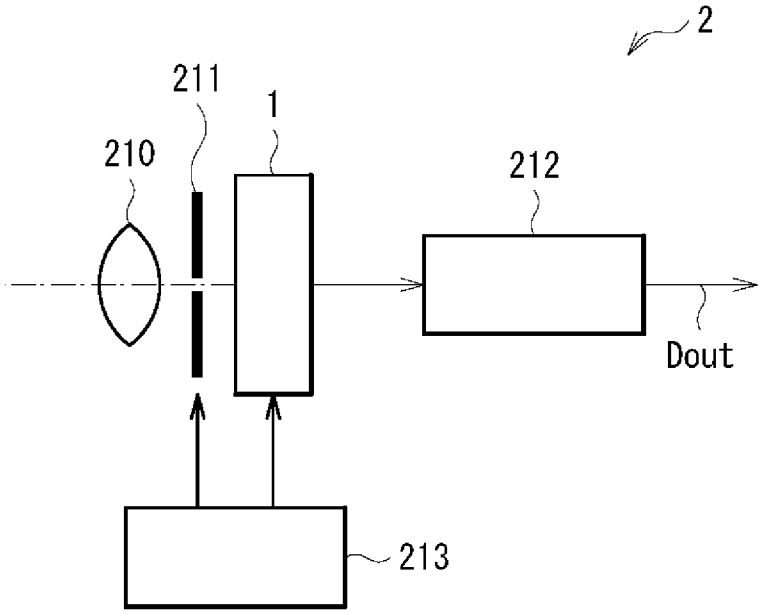
[図56]


51H2
26C
26B
26
57
25
24
52
51
23
22
21
21A
21B
29
34

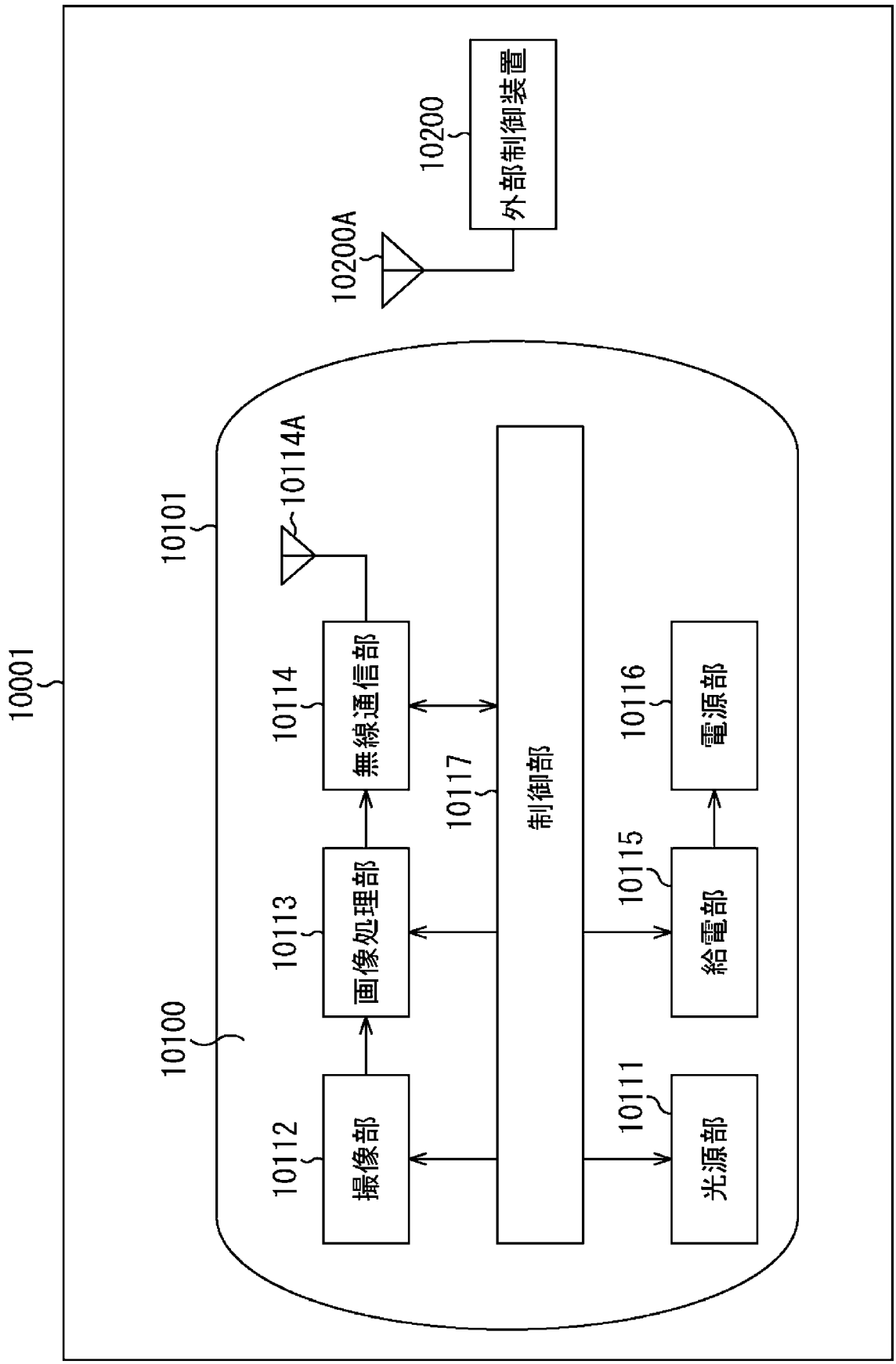
[図57]


1
Lread
P
30
131
行走査部
画素部
1a
132
Lsig
水平選択部
133
135
Vout
システム制御部
列走査部
134
130

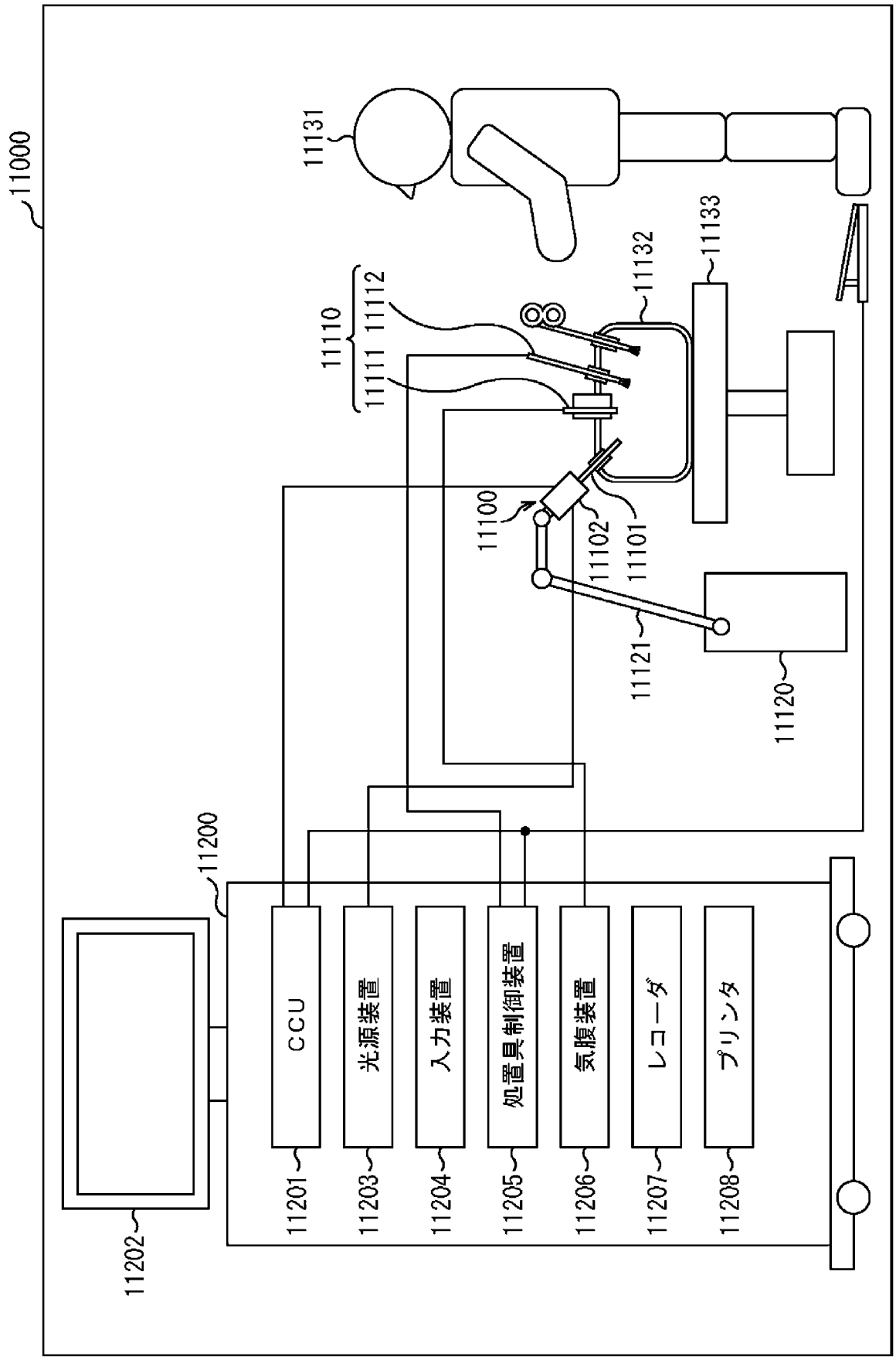
[図58]



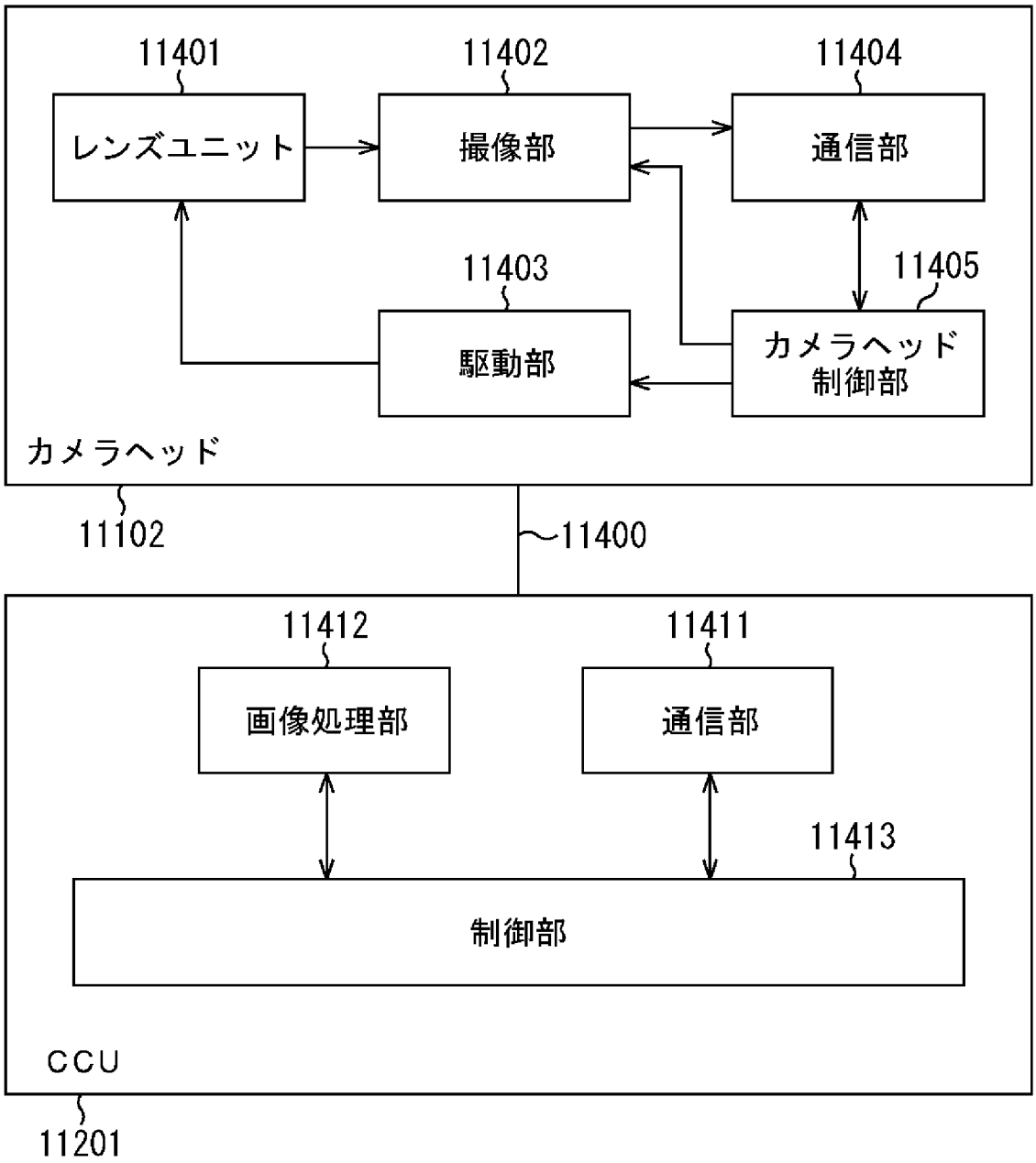
[図59]


10001
10101
10114A
10200
外部制御装置
10200A
10114
無線通信部
10116
電源部
10117
制御部
10113
画像処理部
10115
給電部
10100
10112
撮像部
10111
光源部

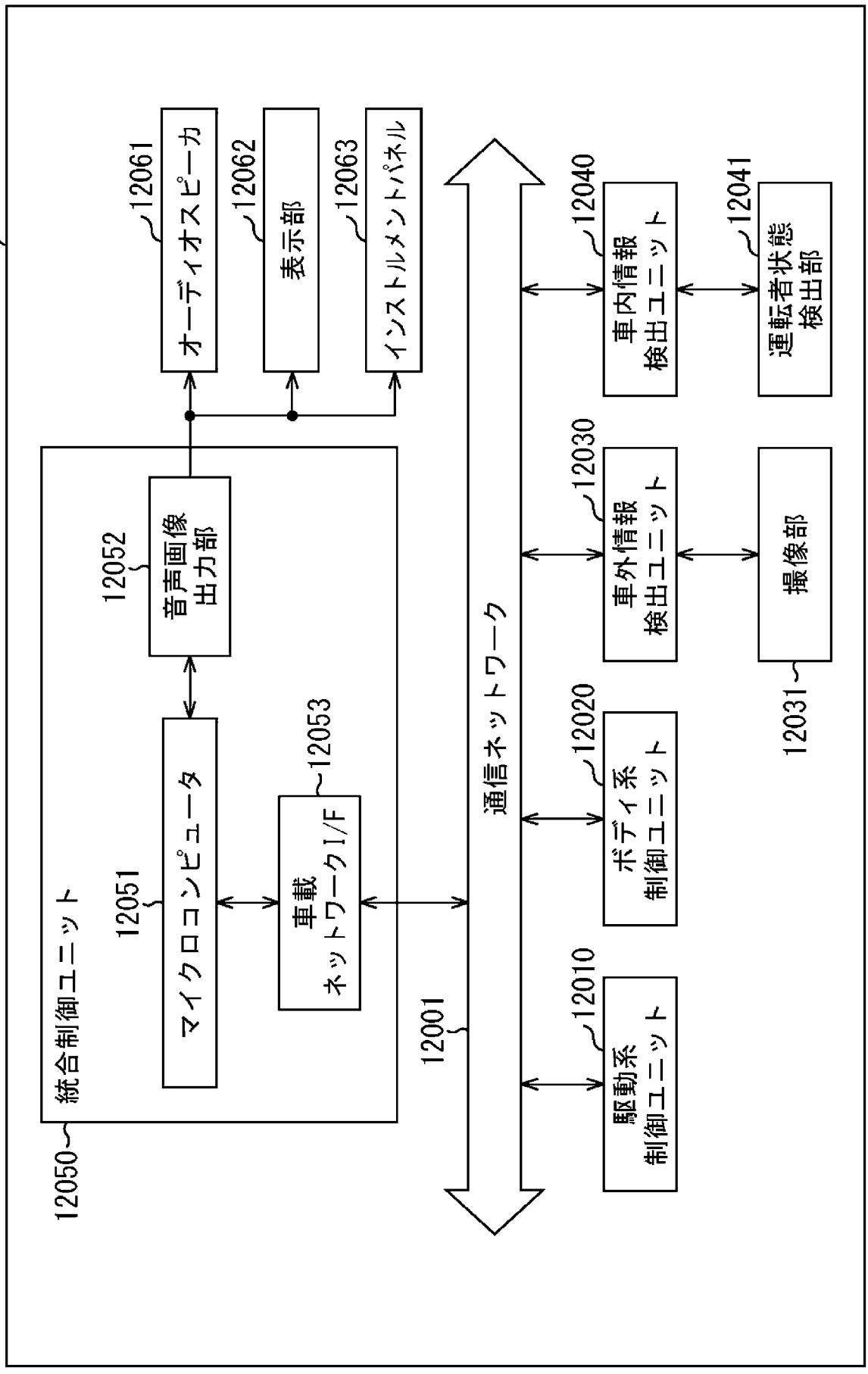
[図60]


11000
11131
11133
11132
11110
11112
11111
11100
11102
11101
11121
11120
11200
CCU
光源装置
入力装置
処置具制御装置
気腹装置
レコーダ
プリンタ
11201
11203
11204
11205
11206
11207
11208
11202

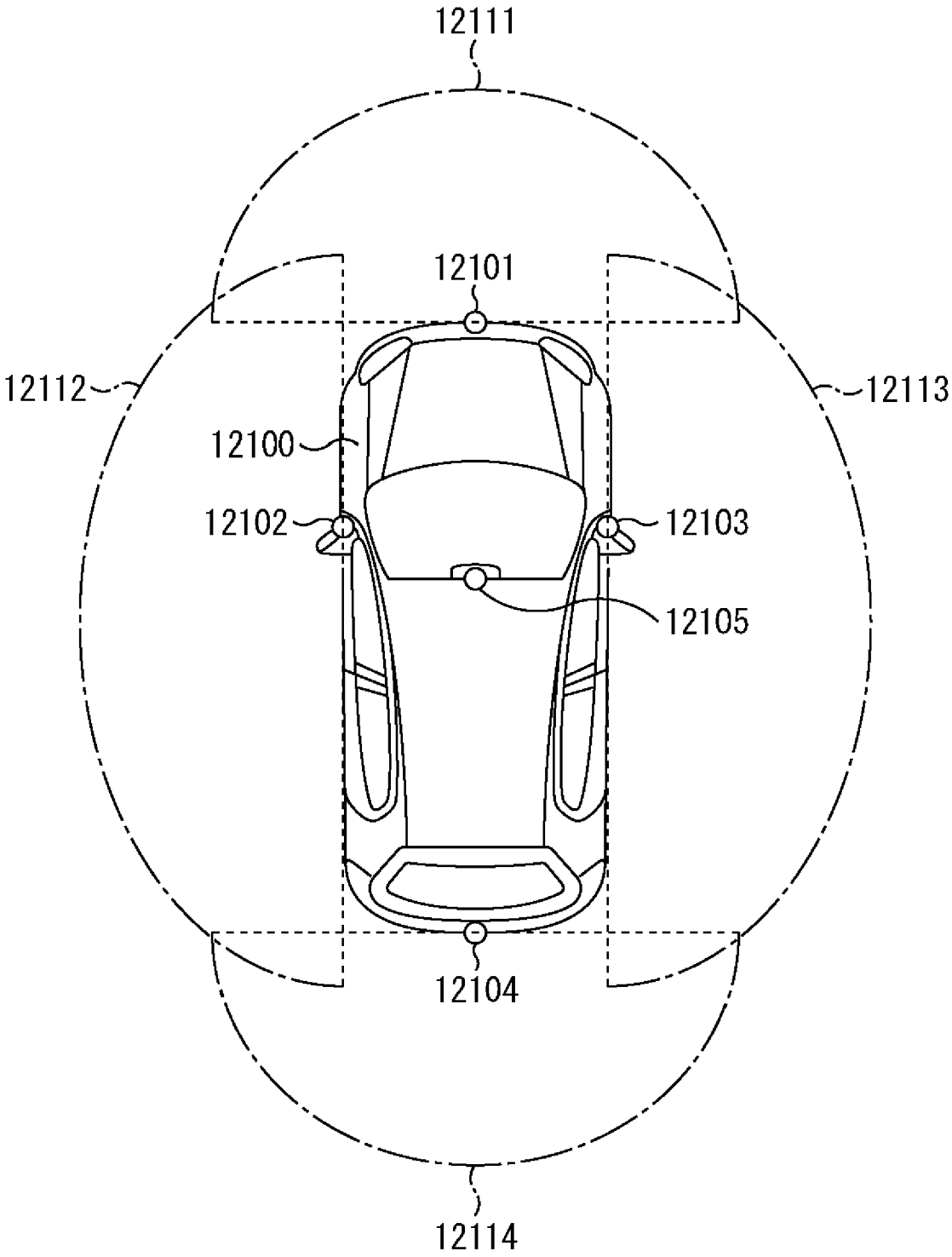
[図61]


11401
11402
11404
レンズユニット
撮像部
通信部
11403
11405
駆動部
カメラヘッド
制御部
カメラヘッド
11102
11400
11412
11411
画像処理部
通信部
11413
制御部
CCU
11201

[図62]


12000
12061
オーディオスピーカ
12062
表示部
12063
インストルメントパネル
12040
車内情報
検出ユニット
12041
運転者状態
検出部
12030
車外情報
検出ユニット
撮像部
12031
12020
ボディ系
制御ユニット
12010
駆動系
制御ユニット
通信ネットワーク
12001
12050
統合制御ユニット
12052
音声画像
出力部
12053
車載
ネットワークI/F
12051
マイクロコンピュータ

[図63]


12111
12101
12112
12113
12100
12102
12103
12105
12104
12114

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/002887

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L 51/42(2006.01)i; H01L 31/10(2006.01)i; H01L 27/146(2006.01)i
FI: H01L27/146 E; H01L31/10 A; H01L31/08 T

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)
H01L51/42; H01L31/10; H01L27/146

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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 2018-73760 A (CANON INC.) 10 May 2018 (2018-05-10) paragraphs [0009]-[0019], [0030]-[0036], fig. 2, 6(a)-6(e)	1-17
Y	WO 2019/058995 A1 (SONY CORP.) 28 March 2019 (2019-03-28) paragraphs [0104]-[0108], [0151]-[0159], fig. 2, 12-17	1-17

☐ 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	Date of mailing of the international search report
20 April 2021 (20.04.2021)	27 April 2021 (27.04.2021)

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/002887

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-73760 A	10 May 2018	(Family: none)	
WO 2019/058995 A1	28 Mar. 2019	CN 111066166 A	
		KR 10-2020-0054176 A	
		TW 201921710 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/002887

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L 51/42(2006.01)i; H01L 31/10(2006.01)i; H01L 27/146(2006.01)i
FI: H01L27/146 E; H01L31/10 A; H01L31/08 T

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））

H01L51/42; H01L31/10; H01L27/146

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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 2018-73760 A (キヤノン株式会社) 10.05.2018 (2018-05-10) 段落0009-0019,0030-0036,図2,図6(a)-図6(e)	1-17
Y	WO 2019/058995 A1 (ソニー株式会社) 28.03.2019 (2019-03-28) 段落0104-0108,0151-0159,図2,図12-図17	1-17

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
20.04.2021	27.04.2021

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
西出　隆二　5F 3356
電話番号 03-3581-1101 内線 3516

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/002887

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-73760 A	10.05.2018	（ファミリーなし）	
WO 2019/058995 A1	28.03.2019	CN 111066166 A	
		KR 10-2020-0054176 A	
		TW 201921710 A	