

(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10月7日(07.10.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/200509 A1

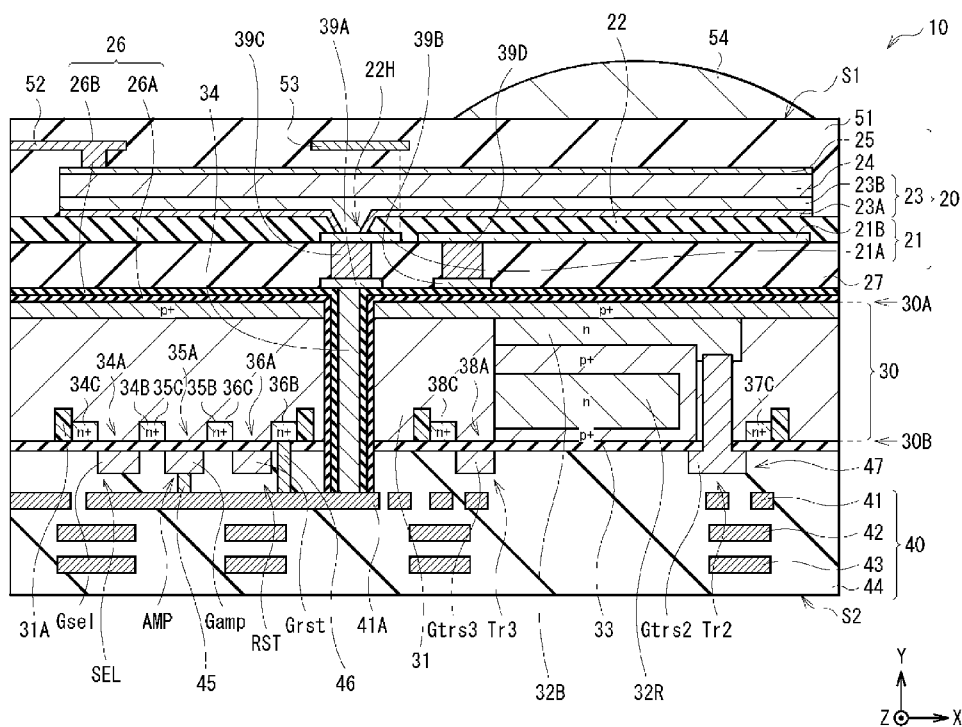
- (51) 国際特許分類:  
H01L 27/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/012401
- (22) 国際出願日: 2021年3月24日(24.03.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2020-064017 2020年3月31日(31.03.2020) JP  
特願 2021-045945 2021年3月19日(19.03.2021) JP
- (71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa

(JP). ソニーグループ株式会社(SONY GROUP CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).

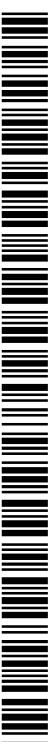
(72) 発明者: 定榮 正大(JOEL, Masahiro); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 平田 晋太郎(HIRATA, Shintarou); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 湯川 富之(YUKAWA, Tomiyuki); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 鈴木 涼介(SUZUKI, Ryosuke); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニー

(54) Title: IMAGING ELEMENT AND IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 撮像素子および撮像装置



(57) Abstract: An imaging element according to an embodiment of the present disclosure is provided with: a first electrode and a second electrode disposed in parallel; a third electrode disposed opposite the first electrode and the second electrode; a photoelectric conversion layer provided between the first electrode and second electrode and the third electrode; and a semiconductor layer provided between the first electrode and second electrode and the photoelectric conversion layer and in which a first layer and a second layer are stacked successively from the photoelectric conversion layer side, the second



WO 2021/200509 A1

セミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 中野 博史(NAKANO, Hiroshi); 〒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). 林 利彦(HAYASHI, Toshihiko); 〒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). 高口 遼太郎(TAKAGUCHI, Ryotaro); 〒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). 八木 巖(YAGI, Iwao); 〒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).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(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).

layer having an energy level at the conduction band minimum which is smaller than an energy level at the conduction band minimum of the first layer.

(57) 要約：本開示の一実施形態の撮像素子は、並列配置されてなる第1の電極および第2の電極と、第1の電極および第2の電極と対向配置された第3の電極と、第1の電極および第2の電極と第3の電極との間に設けられた光電変換層と、第1電極および第2の電極と光電変換層との間に設けられ、第1の層および第1の層の伝導帯最下端のエネルギー準位よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位を有する第2の層とが、光電変換層側から順に積層された半導体層とを備える。

## 明 細 書

発明の名称：撮像素子および撮像装置

### 技術分野

[0001] 本開示は、例えば有機材料を用いた撮像素子およびこれを備えた撮像装置に関する。

### 背景技術

[0002] 例えば、特許文献1では、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電極と光電変換層との間に、インジウム－ガリウム－亜鉛複合酸化物（IGZO）からなる複合酸化物層を設けることで光応答性の改善を図った撮像素子が開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2019/035252号

#### 発明の概要

[0004] ところで、撮像装置では、ノイズの低減が求められている。

[0005] ノイズを低減することが可能な撮像素子および撮像装置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、並列配置されてなる第1の電極および第2の電極と、第1の電極および第2の電極と対向配置された第3の電極と、第1の電極および第2の電極と第3の電極との間に設けられた光電変換層と、第1電極および第2の電極と光電変換層との間に設けられ、第1の層および第1の層の伝導帯最下端のエネルギー準位よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位を有する第2の層とが、光電変換層側から順に積層された半導体層とを備えたものである。

[0007] 本開示の一実施形態の撮像装置は、複数の画素毎に、1または複数の上記本開示の一実施形態の撮像素子を備えたものである。

[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装置では、並列配

置されてなる第1の電極および第2の電極と、光電変換層との間に、光電変換層側に設けられた第1の層と、第1の電極および第2の電極側に設けられると共に、第1の層の伝導帯最下端のエネルギー準位よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位を有する第2の層とが積層された半導体層を設けるようにした。これにより、第2の電極への電荷の輸送特性を改善する。

### 図面の簡単な説明

- [0009] [図1]本開示の一実施の形態に係る撮像素子の構成の一例を表す断面模式図である。
- [図2]図1に示した撮像素子を有する撮像装置の画素構成の一例を表す平面模式図である。
- [図3]図1に示した有機光電変換部の構成の一例を表す断面模式図である。
- [図4A]図3に示した有機光電変換部の蓄積電極上における各層のエネルギー準位を表す図である。
- [図4B]図3に示した有機光電変換部の読み出し電極上における各層のエネルギー準位を表す図である。
- [図5]図1に示した撮像素子の等価回路図である。
- [図6]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わす模式図である。
- [図7]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8]図7に続く工程を表す断面図である。
- [図9]図8に続く工程を表す断面図である。
- [図10]図9に続く工程を表す断面図である。
- [図11]図10に続く工程を表す断面図である。
- [図12]図11に続く工程を表す断面図である。
- [図13]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14]本開示の変形例1に係る有機光電変換部の構成を表す断面模式図である。
- [図15A]図14に示した有機光電変換部の蓄積電極上における各層のエネルギー

一準位を表す図である。

[図15B]図14に示した有機光電変換部の読み出し電極上における各層のエネルギー準位を表す図である。

[図16]本開示の変形例2に係る有機光電変換部の構成を表す断面模式図である。

[図17]本開示の変形例3に係る有機光電変換部の構成を表す断面模式図である。

[図18]本開示の変形例4に係る有機光電変換部の構成を表す断面模式図である。

[図19]本開示の変形例5に係る有機光電変換部の構成を表す断面模式図である。

[図20]本開示の変形例6に係る有機光電変換部の構成を表す断面模式図である。

[図21]本開示の変形例7に係る有機光電変換部の構成の一例を表す断面模式図である。

[図22A]図21に示した有機光電変換部の製造方法を説明するための断面図である。

[図22B]図22Aに続く工程を表す断面図である。

[図22C]図22Bに続く工程を表す断面図である。

[図22D]図22Cに続く工程を表す断面図である。

[図22E]図22Dに続く工程を表す断面図である。

[図23]本開示の変形例7に係る有機光電変換部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図24A]図23に示した有機光電変換部の製造方法を説明するための断面図である。

[図24B]図24Aに続く工程を表す断面図である。

[図24C]図24Bに続く工程を表す断面図である。

[図24D]図24Cに続く工程を表す断面図である。

[図25]本開示の変形例8に係る有機光電変換部の構成の一例を表す断面模式図である。

[図26A]図25に示した有機光電変換部の製造方法を説明するための断面図である。

[図26B]図26Aに続く工程を表す断面図である。

[図26C]図26Bに続く工程を表す断面図である。

[図26D]図26Cに続く工程を表す断面図である。

[図26E]図26Dに続く工程を表す断面図である。

[図27]本開示の変形例8に係る有機光電変換部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図28]本開示の変形例8に係る有機光電変換部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図29]本開示の変形例8に係る有機光電変換部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図30]本開示の変形例9に係る有機光電変換部の構成の一例を表す断面模式図である。

[図31]図30に示した有機光電変換部を有する撮像装置の平面構成の一例を表す模式図である。

[図32A]図30に示した有機光電変換部の蓄積電極上における各層のエネルギー準位を表す図である。

[図32B]図30に示した有機光電変換部の読み出し電極上における各層のエネルギー準位を表す図である。

[図33]有機光電変換部の周辺領域近傍における側面の構造の他の例を表す断面模式図である。

[図34]本開示の変形例9に係る有機光電変換部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図35]本開示の変形例10に係る有機光電変換部の構成の一例を表す断面模式図である。

[図36A]図35に示した有機光電変換部の製造方法を説明するための断面図である。

[図36B]図36Aに続く工程を表す断面図である。

[図36C]図36Bに続く工程を表す断面図である。

[図36D]図36Cに続く工程を表す断面図である。

[図37]本開示の変形例10に係る有機光電変換部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図38]本開示の変形例10に係る有機光電変換部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図39]本開示の変形例10に係る有機光電変換部の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図40]本開示の変形例11に係る有機光電変換部の構成の一例を表す断面模式図である。

[図41A]図40に示した有機光電変換部の製造方法を説明するための断面図である。

[図41B]図41Aに続く工程を表す断面図である。

[図41C]図41Bに続く工程を表す断面図である。

[図41D]図41Cに続く工程を表す断面図である。

[図41E]図41Dに続く工程を表す断面図である。

[図41F]図41Eに続く工程を表す断面図である。

[図41G]図41Fに続く工程を表す断面図である。

[図42]図40に示した第1半導体層の平面レイアウトの一例を表す模式図である。

[図43]図40に示した有機光電変換部の側面の形状の一例を表す模式図である。

[図44]図40に示した有機光電変換部を撮像素子に用いた際の画素部および周辺領域における第1半導体層の構成の一例を表す断面模式図である。

[図45]図40に示した有機光電変換部を撮像素子に用いた際の画素部および

周辺領域における第1半導体層の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図46]図40に示した有機光電変換部を撮像素子に用いた際の画素部および周辺領域における第1半導体層の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図47]図44等々に示した画素部および周辺領域における有機光電変換部上の構成の一例を表す断面模式図である。

[図48A]本開示の変形例12に係る撮像素子の構成の一例を表す断面模式図である。

[図48B]図48Aに示した撮像素子を有する撮像装置の画素構成の一例を表す平面模式図である。

[図49A]本開示の変形例13に係る撮像素子の構成の一例を表す断面模式図である。

[図49B]図49Aに示した撮像素子を有する撮像装置の画素構成の一例を表す平面模式図である。

[図50]本開示の変形例14に係る撮像素子の構成の一例を表す断面模式図である。

[図51]本開示の変形例15に係る撮像素子の構成の一例を表す断面模式図である。

[図52]本開示の変形例16に係る撮像素子の構成の一例を表す断面模式図である。

[図53]図1等々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54]図53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55]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56]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57]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58]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59]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. 実施の形態（下部電極と光電変換層との間に、所定の伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_c$ ）を有する2層からなる半導体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. 撮像素子の信号取得動作
- 1-4. 作用・効果

2. 変形例

2-1. 変形例1（半導体層と光電変換層との間にさらに保護層を設けた例）

2-2. 変形例2（下部電極と光電変換層との間に3層構造を有する半導体層を設けた例）

2-3. 変形例3（読み出し電極との接続部に高キャリア領域を設けた例）

2-4. 変形例4（読み出し電極と第1半導体層との接続部分の他の例）

2-5. 変形例5（読み出し電極と第1半導体層との接続部分の他の例）

2-6. 変形例6（下部電極として転送電極をさらに設けた例）

2-7. 変形例7（第1半導体層または第2半導体層を積層した例）

2-8. 変形例8（読み出し電極の上方に金属膜を設けた例）

2-9. 変形例9 (第2半導体層を結晶層と非晶質層との積層膜とした例)

2-10. 変形例10 (読み出し電極上の第2半導体層を薄膜化した例)

2-11. 変形例11 (第1半導体層の端面を有機光電変換部の端面よりも内側に形成した例)

2-12. 変形例12 (カラーフィルタを用いて分光する撮像素子の一例)

2-13. 変形例13 (カラーフィルタを用いて分光する撮像素子の他の例)

2-14. 変形例14 (複数の有機光電変換部が積層された撮像素子の一例)

2-15. 変形例15 (複数の有機光電変換部が積層された撮像素子の他の例)

2-16. 変形例16 (複数の有機光電変換部が積層された撮像素子の他の例)

3. 適用例

4. 応用例

#### [0011] <1. 実施の形態>

図1は、本開示の一実施の形態に係る撮像素子(撮像素子10)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10の平面構成の一例を模式的に表したものであり、図1は、図2に示した|—|線における断面を表している。図3は、図1に示した撮像素子10の要部(有機光電変換部20)の断面構成の一例を拡大して模式的に表したものである。撮像素子10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(例えば、撮像装置1、図53参照)の画素部1Aにおいて

アレイ状に繰り返し配置される1つの画素（単位画素P）を構成するものである。画素部1Aでは、図2に示したように、例えば2行×2列で配置された4つの単位画素Pからなる画素ユニット1aが繰り返し単位となり、行方向と列方向とからなるアレイ状に繰り返し配置されている。

[0012] 本実施の形態の撮像素子10は、半導体基板30上に設けられた有機光電変換部20において、読み出し電極21Aおよび蓄積電極21Bからなる下部電極21と光電変換層24との間に、積層構造を有する半導体層23が設けられたものである。半導体層23は、例えば第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bからなり、第1半導体層23Aは、下部電極21側に設けられると共に、第2半導体層23Bの伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c2}$ ）よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c1}$ ）を有している。この読み出し電極21Aが、本開示の「第2の電極」の一具体例に相当し、蓄積電極21Bが、本開示の「第1の電極」の一具体例に相当する。また、第1半導体層23Aが、本開示の「第2の層」の一具体例に相当し、第2半導体層23Bが、本開示の「第1の層」の一具体例に相当する。

[0013] （1-1. 撮像素子の構成）

撮像素子10は、例えば、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ものである。有機光電変換部20は、半導体基板30の裏面（第1面30A）側に設けられている。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ており、半導体基板30の厚み方向に積層されている。

[0014] 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。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10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。

- [0015] なお、本実施の形態では、光電変換によって生じる電子と正孔との対（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。
- [0016] 半導体基板30の表面（第2面30B）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36B）、FD2（半導体基板30内の領域37C）、FD3（半導体基板30内の領域38C）と、転送トランジスタTr2、Tr3と、アンプトランジスタ（変調素子）AMPと、リセットトランジスタRSTと、選択トランジスタSELとが設けられている。半導体基板30の第2面30Bには、さらに、ゲート絶縁層33を介して多層配線層40が設けられている。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。半導体基板30の周辺部、即ち、画素部1Aの周囲には、ロジック回路等からなる周辺回路部130（図53参照）が設けられている。
- [0017] なお、図面では、半導体基板30の第1面30A側を光入射側S1、第2面30B側を配線層側S2と表している。
- [0018] 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、半導体層23および有機材料を用いて形成された光電変換層24が、下部電極21側からこの順に積層されている。半導体層23は、上記のように、第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bが下部電極21側からこの順に積層されており、第1半導体層23Aは、第2半導体層23Bの伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c2}$ ）よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c1}$ ）を有している。光電変換層24は、*p*型半導体および*n*型半導体を含んで構成され、層内にバルクヘテロ接合構造を有する。バルクヘテロ接合構造は、*p*型半導体および*n*型半導体が混ざり合うことで形成された*p/n*接合面である。
- [0019] 有機光電変換部20は、さらに、下部電極21と半導体層23との間に絶

縁層 2 2 を有している。絶縁層 2 2 は、例えば、画素部 1 A 全面に亘って設けられると共に、下部電極 2 1 を構成する読み出し電極 2 1 A 上に開口 2 2 H を有している。読み出し電極 2 1 A は、この開口 2 2 H を介して半導体層 2 3 と電氣的に接続されている。具体的には、第 1 半導体層 2 3 A は、絶縁層 2 2 上から開口 2 2 H の側面に亘って形成されており、開口 2 2 H の底面では、読み出し電極 2 1 A と第 2 半導体層 2 3 B とが直接接続されている。換言すると、第 1 半導体層 2 3 A は、例えば開口 2 2 H 内に、読み出し電極 2 1 A を露出させる開口 2 3 A H を有しており、第 2 半導体層 2 3 B は、これら開口 2 2 H, 2 3 A H を介して読み出し電極 2 1 A と直接接続されている。この開口 2 2 H が、本開示の「第 1 の開口」の一具体例に相当し、開口 2 3 A H が、本開示の「第 2 の開口」の一具体例に相当する。

[0020] なお、図 1 では、半導体層 2 3、光電変換層 2 4 および上部電極 2 5 が、撮像素子 1 0 毎に分離形成されている例を示したが、半導体層 2 3、光電変換層 2 4 および上部電極 2 5 は、例えば、複数の撮像素子 1 0 に共通した連続層として設けられていてもよい。

[0021] 半導体基板 3 0 の第 1 面 3 0 A と下部電極 2 1 との間には、例えば、絶縁層 2 6 と、層間絶縁層 2 7 とが積層されている。絶縁層 2 6 は、固定電荷を有する層（固定電荷層）2 6 A と、絶縁性を有する誘電体層 2 6 B とが、半導体基板 3 0 側からこの順に積層されている。

[0022] 無機光電変換部 3 2 B, 3 2 R は、シリコン基板からなる半導体基板 3 0 において光の入射深さに応じて吸収される光の波長が異なることを利用して縦方向に光を分光することを可能としたものであり、それぞれ、半導体基板 3 0 の所定領域に p n 接合を有している。

[0023] 半導体基板 3 0 の第 1 面 3 0 A と第 2 面 3 0 B との間には、貫通電極 3 4 が設けられている。貫通電極 3 4 は、読み出し電極 2 1 A と電氣的に接続されており、有機光電変換部 2 0 は、貫通電極 3 4 を介して、アンプトランジスタ AMP のゲート G a m p と、フローティングディフュージョン F D 1 を兼ねるリセットトランジスタ R S T （リセットトランジスタ T r 1 r s t ）

の一方のソース／ドレイン領域36Bに接続されている。これにより、撮像素子10では、半導体基板30の第1面30A側に設けられた有機光電変換部20で生じた電荷（ここでは、電子）を、貫通電極34を介して半導体基板30の第2面30B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。

[0024] 貫通電極34の下端は、配線層41内の配線（接続部41A）に接続されており、接続部41Aと、アンプトランジスタAMPのゲートGampとは、下部第1コンタクト45を介して接続されている。接続部41Aと、フローティングディフュージョンFD1（領域36B）とは、例えば、下部第2コンタクト46を介して接続されている。貫通電極34の上端は、例えば、パッド部39Aおよび上部第1コンタクト39Cを介して読み出し電極21Aに接続されている。

[0025] 有機光電変換部20の上方には、保護層51が設けられている。保護層51内には、例えば、画素部1Aの周囲において上部電極25と周辺回路部130とを電氣的に接続する配線52や遮光膜53が設けられている。保護層51の上方には、さらに、平坦化層（図示せず）やオンチップレンズ54等の光学部材が配設されている。

[0026] 本実施の形態の撮像素子10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（例えば、上部電極25）と陰極（例えば、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、電子および正孔の輸送方向は、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も制御することができる。

[0027] 以下、各部の構成や材料等について詳細に説明する。

[0028] 有機光電変換部20は、選択的な波長域（例えば、450nm以上650

n m以下)の一部または全部の波長域に対応する、例えば緑色光を吸収して、励起子を発生させる有機光電変換素子である。

[0029] 下部電極21は、例えば、層間絶縁層27上に並列配置された読み出し電極21Aと蓄積電極21Bと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2行×2列で配置された4つの画素からなる画素ユニット1a毎に1つずつ設けられている。読み出し電極21Aは、例えば、上部第1コンタクト39C、パッド部39A、貫通電極34、接続部41Aおよび下部第2コンタクト46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、例えば電子を半導体層23内に蓄積するためのものであり、画素毎にそれぞれ設けられている。蓄積電極21Bは、単位画素P毎に、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。

[0030] 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。下部電極21の構成材料としては、ITOの他にも、ドーパントを添加した酸化スズ(SnO<sub>2</sub>)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)を添加したガリウム亜鉛酸化物(GZO)、インジウム(In)を添加したインジウム亜鉛酸化物(IZO)が挙げられる。また、この他にも、IGZO、ITZO、CuI、InSbO<sub>4</sub>、ZnMgO、CuInO<sub>2</sub>、MgIn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、CdO、ZnSnO<sub>3</sub>等を用いてもよい。

[0031] 絶縁層22は、蓄積電極21Bと半導体層23とを電氣的に分離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 2 7 上に設けられている。絶縁層 2 2 には、下部電極 2 1 のうち、読み出し電極 2 1 A 上に開口 2 2 H が設けられており、この開口 2 2 H を介して、読み出し電極 2 1 A と半導体層 2 3 とが電氣的に接続されている。絶縁層 2 2 は、例えば、酸化シリコン ( $\text{SiO}_x$ )、窒化シリコン ( $\text{SiN}_x$ ) および酸窒化シリコン ( $\text{SiON}$ ) 等のうちの 1 種よりなる単層膜あるいは 2 種以上よりなる積層膜により構成されている。絶縁層 2 2 の厚みは、例えば、20 nm ~ 500 nm である。

[0032] 半導体層 2 3 は、光電変換層 2 4 で発生した電荷を蓄積するためのものである。半導体層 2 3 は、上記のように、下部電極 2 1 と光電変換層 2 4 との間に設けられており、第 1 半導体層 2 3 A と第 2 半導体層 2 3 B とが下部電極 2 1 側からこの順に積層された積層構造を有している。具体的には、第 1 半導体層 2 3 A は、下部電極 2 1 と半導体層 2 3 とを電氣的に分離する絶縁層 2 2 上に設けられ、読み出し電極 2 1 A 上に設けられた開口 2 2 H の側面を覆い、開口 2 2 H 内において読み出し電極 2 1 A を露出させる開口 2 3 A H を有している。第 2 半導体層 2 3 B は、第 1 半導体層 2 3 A と光電変換層 2 4 との間に設けられており、開口 2 2 H, 2 3 A H を介して読み出し電極 2 1 A と直接電氣的に接続されている。第 1 半導体層 2 3 A と第 2 半導体層 2 3 B とは、それぞれ所定のエネルギー準位を有している。

[0033] 図 4 A は、蓄積電極 2 1 B の上方に積層された絶縁層 2 2、第 1 半導体層 2 3 A、第 2 半導体層 2 3 B および光電変換層 2 4 のエネルギー準位を表したものである。図 4 B は、読み出し電極 2 1 A 上に設けられた開口 2 2 H, 2 3 A H 内に積層された絶縁層 2 2、第 2 半導体層 2 3 B および光電変換層 2 4 のエネルギー準位を表したものである。第 1 半導体層 2 3 A は、第 2 半導体層 2 3 B の伝導帯最下端のエネルギー準位 ( $E_{c2}$ ) よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位 ( $E_{c1}$ ) を有していることが好ましい (真空準位から遠ざかる方向が、エネルギーが小さい (負で絶対値が大きい) と定義した場合、 $E_{c1} > E_{c2}$ )。また、光電変換層 2 4 は、第 2 半導体層 2 3 B の伝導帯最下端のエネルギー準位 ( $E_{c2}$ ) よりも浅い伝導帯最下端のエネ

ルギー準位 ( $E_{c0}$ ) を有していることが好ましい (真空準位から遠ざかる方向が、エネルギーが小さい (負で絶対値が大きい) と定義した場合、 $E_{c0} > E_{c2}$ )。特に、第1半導体層23Aと第2半導体層23Bとの伝導帯最下端のエネルギー準位の差 ( $E_{c2} - E_{c1}$ ) は、 $E_{c1}$  が  $E_{c2}$  より浅ければ効果はあるが、絶対値で  $0.2\text{ eV}$  よりも大きいことが好ましく、さらに  $0.4\text{ eV}$  よりも大きいことが望ましい。

[0034] これにより、光電変換層24で生成された電荷 (電子) はエネルギー勾配に従って蓄積電極21B側に輸送されるが、第1半導体層23Aは、第2半導体層23Bよりも伝導帯最下端のエネルギー準位が高い (浅い) ため光電変換層24から輸送された電子は、第1半導体層23A上に蓄積される。その後、蓄積電極21Bの上方に蓄積された電子は、詳細は後述するが、蓄積電極21Bの電位を制御してポテンシャル勾配を生成することにより、読み出し電極21Aへ転送される。その際、読み出し電極21A上の第1半導体層23Aは除去されているため、読み出し電極21Aでは、電子障壁なく電子がフローティングディフュージョンFD1に転送される。

[0035] 半導体層23 (第1半導体層23Aおよび第2半導体層23B) は、例えば、以下の材料を用いて形成することができる。本実施の形態では、光電変換層24で発生した電荷のうち電子を信号電荷として用いる。このため、半導体層23は、n型の酸化物半導体材料を用いて形成することができる。具体的には、IGZO (In-Ga-Zn-O系酸化物半導体)、ITZO (In-Sn-Zn-O系酸化物半導体)、ZTO (Zn-Sn-O系酸化物半導体)、IGZTO (In-Ga-Zn-Sn-O系酸化物半導体)、GTO (Ga-Sn-O系酸化物半導体) あるいはIGO (In-Ga-O系酸化物半導体) 等が挙げられる。この他、上記酸化物半導体に、ドーパントとしてアルミニウム (Al) や、ガリウム (Ga) あるいはインジウム (In) 等を添加したAlZnO、GaZnO、InZnO等や、CuI、InSbO<sub>4</sub>、ZnMgO、CuInO<sub>2</sub>、MgIn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、CdO等を含む材料を用いることができる。

[0036] 第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bは、上記酸化物半導体材料を少なくとも1種用いることが好ましく、なかでもIGZOが好適に用いられる。第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bの伝導帯最下端のエネルギー準位( $E_c$ )は、例えば、ガリウム(Ga)および亜鉛(Zn)の一方または両方の含有量によって制御することができる。例えば、第1半導体層23AのGa含有量を、第2半導体層23BのGa含有量以上とすることにより、第1半導体層23Aの伝導帯最下端のエネルギー準位( $E_{c1}$ )を第2半導体層23Bの伝導帯最下端のエネルギー準位( $E_{c2}$ )よりも浅くすることができる。また、第1半導体層23AのZn含有量を、第2半導体層23BのZn含有量以上とすることにより、第1半導体層23Aの伝導帯最下端のエネルギー準位( $E_{c1}$ )を第2半導体層23Bの伝導帯最下端のエネルギー準位( $E_{c2}$ )よりも浅くすることができる。また、第1半導体層23AのSi含有量を、第2半導体層23BのSi含有量以上とすることも同様の特性を得ることができる。

[0037] 第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bは、例えば共に結晶性またはアモルファス性を有している。あるいは、第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bは、一方が結晶性を有し、他方がアモルファス性を有していてもよい。また、第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bが共に結晶性を有している場合には、第1半導体層23Aはアモルファス層と結晶層との積層構造となってもよい。具体的には、第1半導体層23Aの一部(第1半導体層23Aを成膜する際の膜厚数nmの初期層)がアモルファス層となってもよい。第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bを共に結晶層として形成する場合、第1半導体層23Aが第2半導体層23Bの種結晶としての役割を果たすため、良好な膜質の第2半導体層23Bを形成することができ、第1半導体層23Aと第2半導体層23Bとの界面の欠陥準位を低減することができる。第1半導体層23Aを結晶層、第2半導体層23Bをアモルファス層とする場合には、直接絶縁層22上に形成する場合と比較して層中の不純物が低減するため、不純物起因の欠陥準位を低減するこ

とができる。また、不純物に起因した結晶成長の阻害も低減されるため、結晶性を向上させることができる。第1半導体層23Aをアモルファス層、第2半導体層23Bを結晶層とする場合、および第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bを共にアモルファス層とする場合にも、シリコンの不純物が低減するため、欠陥準位を低減することができる。

[0038] 第1半導体層23Aの厚みは、特に指定はないが、例えば、1nm以上50nm以下であることが好ましい。厚みが、例えば1nm未満の薄膜域では、トンネル効果によって電子が第1半導体層23Aを抜けてしまうからである。厚みが、例えば50nmよりも厚い場合には、容量が増加して飽和電荷量が低下するからである。第2半導体層23Bの厚みは、例えば、5nm以上であることが好ましい。厚みが、例えば5nm未満の薄膜域では、転送時に電子が光電変換膜へ逆流する懸念が増えるからである。第2半導体層23Bの厚みの上限は特にないが、例えば200nmであれば、十分に安定した特性を得ることができる。上記構成の半導体層23を絶縁層22と光電変換層24との間に設けることにより、異種材料からなる絶縁層22と半導体層23との界面における電荷のトラップを回避して電荷の蓄積および転送を行うことが可能となる。

[0039] 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、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）を有する。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、電子供与体と電子受容体との界面（p/n接合面）において、励起子が電子と正孔とに分離する。

[0040] 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～800nm）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～500nmである。

[0041] 光電変換層24を構成する有機材料としては、例えば、キナクリドン誘導体、ナフタレン誘導体、アントラセン誘導体、フェナントレン誘導体、テトラセン誘導体、ピレン誘導体、ペリレン誘導体およびフルオランテン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。

[0042] 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、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あるいはその誘導体を用いることができる。または、金属錯体色素、シアニン系色素、メロシアニン系色素、フェニルキサントン系色素、トリフェニルメタン系色素、ロダシアニン系色素、キサントン系色素、大環状アザアヌレン系色素、アズレン系色素、ナフトキノ系色素、アントラキノ系色素、ピレン等の縮合多環芳香族、芳香環または複素環化合物が縮合した鎖状化合物、スクアリリウム基およびクロコニックメチン基を結合鎖として有するキノリン、ベンゾチアゾール、ベンゾオキサゾール等の2つの含窒素複素環あるいはスクアリリウム基およびクロコニックメチン基により結合したシアニン系類似の色素等を用いることができる。なお、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あるいはルテニウム錯体色素が挙げられる。これらのうち、ルテニウム錯体色素が特に好ましいが、上記に限定するものではない。

[0043] 上部電極 25 は、上部電極 25 と同様に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。上部電極 25 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（ $\text{SnO}_2$ ）系材料、あるいは亜鉛酸化物（ $\text{ZnO}$ ）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）を添加したガリウム亜鉛酸化物（GZO）、インジウム（In）を添加したインジウム亜鉛酸化物（IZO）が挙げられる。また、この他にも、IGZO、ITZO、CuI、 $\text{InSbO}_4$ 、 $\text{ZnMgO}$ 、 $\text{CuInO}_2$ 、 $\text{MgIn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{CdO}$ 、 $\text{ZnSnO}_3$ 等を用いてもよい。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～200nmである。

[0044] なお、有機光電変換部 20 は、光電変換層 24 と下部電極 21 との間（例えば、半導体層 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 との間に他の層が設けられていてもよい。例えば、有機光電変換部 20 は、下部電極 21 側から順に、半導体層 23、電子ブロッキング膜を兼ねるバッファ層、光電変換層 24、正孔ブロッキング膜を兼ねるバッファ層および仕事関数調整層等が積層されていてもよい。また、光電変換層 24 は、例えば、p型ブロッキング層、p型半導体およびn型半導体を含む層（i層）およびn型ブロッキング層が積層されたpinバルクヘテロ構造としてもよい。

[0045] 絶縁層 26 は、半導体基板 30 の第1面 30A を覆い、半導体基板 30 との界面準位を低減させると共に、半導体基板 30 との界面からの暗電流の発生を抑制するためのものである。また、絶縁層 26 は、半導体基板 30 の第1面 30A から半導体基板 30 を貫通する貫通電極 34 が形成される開口 34H（図8参照）の側面に亘って延在している。絶縁層 26 は、例えば、固定電荷層 26A と誘電体層 26B との積層構造を有している。

- [0046] 固定電荷層 26A 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。固定電荷層 26A の構成材料としては、半導体基板 30 よりもバンドギャップの広い半導体材料または導電材料を用いて形成することが好ましい。これにより、半導体基板 30 の界面における暗電流の発生を抑えることができる。固定電荷層 26A の構成材料としては、例えば、酸化ハフニウム ( $\text{HfO}_x$ )、酸化アルミニウム ( $\text{AlO}_x$ )、酸化ジルコニウム ( $\text{ZrO}_x$ )、酸化タンタル ( $\text{TaO}_x$ )、酸化チタン ( $\text{TiO}_x$ )、酸化ランタン ( $\text{LaO}_x$ )、酸化プラセオジウム ( $\text{PrO}_x$ )、酸化セリウム ( $\text{CeO}_x$ )、酸化ネオジウム ( $\text{NdO}_x$ )、酸化プロメチウム ( $\text{PmO}_x$ )、酸化サマリウム ( $\text{SmO}_x$ )、酸化ユウロピウム ( $\text{EuO}_x$ )、酸化ガドリニウム ( $\text{GdO}_x$ )、酸化テルビウム ( $\text{TbO}_x$ )、酸化ジスプロシウム ( $\text{DyO}_x$ )、酸化ホルミウム ( $\text{HoO}_x$ )、酸化ツリウム ( $\text{TmO}_x$ )、酸化イッテルビウム ( $\text{YbO}_x$ )、酸化ルテチウム ( $\text{LuO}_x$ )、酸化イットリウム ( $\text{YO}_x$ )、窒化ハフニウム ( $\text{HfN}_x$ )、窒化アルミニウム ( $\text{AlN}_x$ )、酸窒化ハフニウム ( $\text{HfO}_x\text{N}_y$ ) および酸窒化アルミニウム ( $\text{AlO}_x\text{N}_y$ ) 等が挙げられる。
- [0047] 誘電体層 26B は、半導体基板 30 と層間絶縁層 27 との間の屈折率差によって生じる光の反射を防止するためのものである。誘電体層 26B の構成材料としては、半導体基板 30 の屈折率と層間絶縁層 27 の屈折率との間の屈折率を有する材料であることが好ましい。誘電体層 26B の構成材料としては、例えば、酸化シリコン、TEOS、窒化シリコンおよび酸窒化シリコン ( $\text{SiON}$ ) 等が挙げられる。
- [0048] 層間絶縁層 27 は、例えば、酸化シリコン、窒化シリコンおよび酸窒化シリコン等のうちの 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。
- [0049] 図 1 には示していないが、層間絶縁層 27 上には、下部電極 21 と共に、シールド電極 28 が設けられている。シールド電極 28 は、隣り合う画素ユニット 1a 間における容量結合を防ぐためのものであり、例えば、2 行×2 列で配置された 4 つの画素からなる画素ユニット 1a の周囲に設けられ、固

定電位が印加されている。シールド電極 28 は、さらに、画素ユニット 1 a 内において、行方向（Z 軸方向）および列方向（X 軸方向）に隣り合う画素間に延在している。

[0050] 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、所定の領域に p ウェル 31 を有している。

[0051] 無機光電変換部 32 B、32 R は、それぞれ、半導体基板 30 の所定の領域に pn 接合を有するフォトダイオード（PD）によって構成され、Si 基板において光の入射深さに応じて吸収される光の波長が異なることを利用して縦方向に光を分光することを可能としたものである。無機光電変換部 32 B は、例えば青色光を選択的に検出して青色に対応する信号電荷を蓄積させるものであり、青色光を効率的に光電変換可能な深さに設置されている。無機光電変換部 32 R は、例えば赤色光を選択的に検出して赤色に対応する信号電荷を蓄積させるものであり、赤色光を効率的に光電変換可能な深さに設置されている。なお、青（B）は、例えば 450 nm～495 nm の波長域、赤（R）は、例えば 620 nm～750 nm の波長域にそれぞれ対応する色である。無機光電変換部 32 B、32 R はそれぞれ、各波長域のうちの一部または全部の波長域の光を検出可能となっていればよい。

[0052] 無機光電変換部 32 B は、例えば正孔蓄積層となる p+ 領域と、電子蓄積層となる n 領域とを含んで構成されている。無機光電変換部 32 R は、例えば正孔蓄積層となる p+ 領域と、電子蓄積層となる n 領域とを有する（p-n-p の積層構造を有する）。無機光電変換部 32 B の n 領域は、縦型の転送トランジスタ Tr2 に接続されている。無機光電変換部 32 B の p+ 領域は、転送トランジスタ Tr2 に沿って屈曲し、無機光電変換部 32 R の p+ 領域につながっている。

[0053] ゲート絶縁層 33 は、例えば、酸化シリコン、窒化シリコンおよび酸窒化シリコン等のうちの 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。

[0054] 貫通電極 34 は、半導体基板 30 の第 1 面 30 A と第 2 面 30 B との間に

設けられ、有機光電変換部20とアンプトランジスタAMP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の伝送経路となるものである。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RSTの一方のソース／ドレイン領域36B）の隣にはリセットトランジスタRST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RSTによりリセットすることが可能となる。

[0055] パッド部39A、39B、上部第1コンタクト39C、上部第2コンタクト39D、下部第1コンタクト45、下部第2コンタクト46および配線52は、例えば、PDAS（Phosphorus Doped Amorphous Silicon）等のドーピングされたシリコン材料、または、アルミニウム（Al）、タングステン（W）、チタン（Ti）、コバルト（Co）、ハフニウム（Hf）およびタンタル（Ta）等の金属材料を用いて形成することができる。

[0056] 保護層51およびオンチップレンズ54は、光透過性を有する材料により構成され、例えば、酸化シリコン、窒化シリコンおよび酸窒化シリコン等のうちのいずれかよりなる単層膜、あるいはそれらのうちの2種以上よりなる積層膜により構成されている。この保護層51の厚みは、例えば、100nm～30000nmである。

[0057] 遮光膜53は、例えば、配線52と共に保護層51内に、少なくとも蓄積電極21Bにはかからず、半導体層23と直接接している読み出し電極21Aの領域を覆うように設けられている。遮光膜53は、例えば、タングステン（W）、アルミニウム（Al）およびAlと銅（Cu）との合金等を用いて形成することができる。

[0058] 図5は、図1に示した撮像素子10の等価回路図である。図6は、図1に示した撮像素子10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。

[0059] リセットトランジスタRST（リセットトランジスタTR1rst）は、

有機光電変換部20からフローティングディフュージョンFD1に転送された電荷をリセットするためのものであり、例えばMOSトランジスタにより構成されている。具体的には、リセットトランジスタTR1rstは、リセットゲートGrstと、チャネル形成領域36Aと、ソース／ドレイン領域36B、36Cとから構成されている。リセットゲートGrstは、リセット線RST1に接続され、リセットトランジスタTR1rstの一方のソース／ドレイン領域36Bは、フローティングディフュージョンFD1を兼ねている。リセットトランジスタTR1rstを構成する他方のソース／ドレイン領域36Cは、電源線VDDに接続されている。

[0060] アンプトランジスタAMP（アンプトランジスタTR1amp）は、有機光電変換部20で生じた電荷量を電圧に変調する変調素子であり、例えばMOSトランジスタにより構成されている。具体的には、アンプトランジスタAMPは、ゲートGampと、チャネル形成領域35Aと、ソース／ドレイン領域35B、35Cとから構成されている。ゲートGampは、下部第1コンタクト45、接続部41A、下部第2コンタクト46および貫通電極34等を介して、読み出し電極21AおよびリセットトランジスタTR1rstの一方のソース／ドレイン領域36B（フローティングディフュージョンFD1）に接続されている。また、一方のソース／ドレイン領域35Bは、リセットトランジスタTR1rstを構成する他方のソース／ドレイン領域36Cと、領域を共有しており、電源線VDDに接続されている。

[0061] 選択トランジスタSEL（選択トランジスタTR1sel）は、ゲートGselと、チャネル形成領域34Aと、ソース／ドレイン領域34B、34Cとから構成されている。ゲートGselは、選択線SEL1に接続されている。一方のソース／ドレイン領域34Bは、アンプトランジスタAMPを構成する他方のソース／ドレイン領域35Cと、領域を共有しており、他方のソース／ドレイン領域34Cは、信号線（データ出力線）VSL1に接続されている。

[0062] 転送トランジスタTR2（転送トランジスタTR2trs）は、無機光電

変換部32Bにおいて発生し、蓄積された青色に対応する信号電荷をフローティングディフュージョンFD2に転送するためのものである。無機光電変換部32Bは半導体基板30の第2面30Bから深い位置に形成されているので、無機光電変換部32Bの転送トランジスタTR2trrsは縦型のトランジスタにより構成されていることが好ましい。転送トランジスタTR2trrsは、転送ゲート線TG2に接続されている。転送トランジスタTR2trrsのゲートGtrs2の近傍の領域37Cには、フローティングディフュージョンFD2が設けられている。無機光電変換部32Bに蓄積された電荷は、ゲートGtrs2に沿って形成される転送チャネルを介してフローティングディフュージョンFD2に読み出される。

[0063] 転送トランジスタTR3（転送トランジスタTR3trrs）は、無機光電変換部32Rにおいて発生し、蓄積された赤色に対応する信号電荷を、フローティングディフュージョンFD3に転送するためのものであり、例えばMOSトランジスタにより構成されている。転送トランジスタTR3trrsは、転送ゲート線TG3に接続されている。転送トランジスタTR3trrsのゲートGtrs3の近傍の領域38Cには、フローティングディフュージョンFD3が設けられている。無機光電変換部32Rに蓄積された電荷は、ゲートGtrs3に沿って形成される転送チャネルを介してフローティングディフュージョンFD3に読み出される。

[0064] 半導体基板30の第2面30B側には、さらに、無機光電変換部32Bの制御部を構成するリセットトランジスタTR2rstと、アンプトランジスタTR2ampと、選択トランジスタTR2selが設けられている。更に、無機光電変換部32Rの制御部を構成するリセットトランジスタTR3rstと、アンプトランジスタTR3ampおよび選択トランジスタTR3selが設けられている。

[0065] リセットトランジスタTR2rstは、ゲート、チャネル形成領域およびソース／ドレイン領域から構成されている。リセットトランジスタTR2rstのゲートはリセット線RST2に接続され、リセットトランジスタTR

2 r s t の一方のソース／ドレイン領域は電源線 V D D に接続されている。リセットトランジスタ T R 2 r s t の他方のソース／ドレイン領域は、フローティングディフュージョン F D 2 を兼ねている。

[0066] アンプトランジスタ T R 2 a m p は、ゲート、チャネル形成領域およびソース／ドレイン領域から構成されている。ゲートは、リセットトランジスタ T R 2 r s t の他方のソース／ドレイン領域（フローティングディフュージョン F D 2）に接続されている。アンプトランジスタ T R 2 a m p を構成する一方のソース／ドレイン領域は、リセットトランジスタ T R 2 r s t を構成する一方のソース／ドレイン領域と領域を共有しており、電源線 V D D に接続されている。

[0067] 選択トランジスタ T R 2 s e l は、ゲート、チャネル形成領域およびソース／ドレイン領域から構成されている。ゲートは、選択線 S E L 2 に接続されている。選択トランジスタ T R 2 s e l を構成する一方のソース／ドレイン領域は、アンプトランジスタ T R 2 a m p を構成する他方のソース／ドレイン領域と領域を共有している。選択トランジスタ T R 2 s e l を構成する他方のソース／ドレイン領域は、信号線（データ出力線）V S L 2 に接続されている。

[0068] リセットトランジスタ T R 3 r s t は、ゲート、チャネル形成領域およびソース／ドレイン領域から構成されている。リセットトランジスタ T R 3 r s t のゲートはリセット線 R S T 3 に接続され、リセットトランジスタ T R 3 r s t を構成する一方のソース／ドレイン領域は電源線 V D D に接続されている。リセットトランジスタ T R 3 r s t を構成する他方のソース／ドレイン領域は、フローティングディフュージョン F D 3 を兼ねている。

[0069] アンプトランジスタ T R 3 a m p は、ゲート、チャネル形成領域およびソース／ドレイン領域から構成されている。ゲートは、リセットトランジスタ T R 3 r s t を構成する他方のソース／ドレイン領域（フローティングディフュージョン F D 3）に接続されている。アンプトランジスタ T R 3 a m p を構成する一方のソース／ドレイン領域は、リセットトランジスタ T R 3 r

s t を構成する一方のソース／ドレイン領域と、領域を共有しており、電源線 V D D に接続されている。

[0070] 選択トランジスタ T R 3 s e l は、ゲート、チャネル形成領域およびソース／ドレイン領域から構成されている。ゲートは、選択線 S E L 3 に接続されている。選択トランジスタ T R 3 s e l を構成する一方のソース／ドレイン領域は、アンプトランジスタ T R 3 a m p を構成する他方のソース／ドレイン領域と、領域を共有している。選択トランジスタ T R 3 s e l を構成する他方のソース／ドレイン領域は、信号線（データ出力線） V S L 3 に接続されている。

[0071] リセット線 R S T 1 , R S T 2 , R S T 3 、選択線 S E L 1 , S E L 2 , S E L 3 、転送ゲート線 T G 2 , T G 3 は、それぞれ、駆動回路を構成する垂直駆動回路に接続されている。信号線（データ出力線） V S L 1 , V S L 2 , V S L 3 は、駆動回路を構成するカラム信号処理回路 1 1 3 に接続されている。

[0072] ( 1 - 2 . 撮像素子の製造方法)

本実施の形態の撮像素子 1 0 は、例えば、次のようにして製造することができる。

[0073] 図 7 ~ 図 1 2 は、撮像素子 1 0 の製造方法を工程順に表したものである。まず、図 7 に示したように、半導体基板 3 0 内に例えば p ウェル 3 1 を形成し、この p ウェル 3 1 内に例えば n 型の無機光電変換部 3 2 B , 3 2 R を形成する。半導体基板 3 0 の第 1 面 3 0 A 近傍には p + 領域を形成する。

[0074] 半導体基板 3 0 の第 2 面 3 0 B には、同じく図 7 に示したように、例えばフローティングディフュージョン F D 1 ~ F D 3 となる n + 領域を形成したのち、ゲート絶縁層 3 3 と、転送トランジスタ T r 2 、転送トランジスタ T r 3 、選択トランジスタ S E L 、アンプトランジスタ A M P およびリセットトランジスタ R S T の各ゲートを含むゲート配線層 4 7 とを形成する。これにより、転送トランジスタ T r 2 、転送トランジスタ T r 3 、選択トランジスタ S E L 、アンプトランジスタ A M P およびリセットトランジスタ R S T

が形成される。更に、半導体基板30の第2面30B上に、下部第1コンタクト45、下部第2コンタクト46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。

[0075] 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、図7には図示しないが、半導体基板30の第1面30Aに接合されている。イオン注入後、アニール処理を行う。

[0076] 次いで、半導体基板30の第2面30B側に設けられた多層配線層40上に支持基板（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30Aを露出させる。以上の工程は、イオン注入およびCVD（Chemical Vapor Deposition）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。

[0077] 次いで、図8に示したように、例えばドライエッチングにより半導体基板30を第1面30A側から加工し、例えば環状の開口34Hを形成する。開口34Hの深さは、図8に示したように、半導体基板30の第1面30Aから第2面30Bまで貫通すると共に、例えば、接続部41Aまで達する。

[0078] 続いて、半導体基板30の第1面30Aおよび開口34Hの側面に、例えば固定電荷層26Aおよび誘電体層26Bを順に形成する。固定電荷層26Aは、例えば、原子層堆積法（ALD法）を用いて酸化ハフニウム膜や酸化アルミニウム膜を成膜することで形成することができる。誘電体層26Bは、例えば、プラズマCVD法を用いて酸化シリコン膜を製膜することで形成することができる。次に、誘電体層26B上の所定の位置に、例えば、チタンと窒化チタンとの積層膜（Ti/TiN膜）からなるバリアメタルとタングステン膜とが積層されたパッド部39A、39Bを形成する。これにより、パッド部39A、39Bを遮光膜として用いることができる。その後、誘電体層26Bおよびパッド部39A、39B上に、層間絶縁層27を形成し

、CMP (Chemical Mechanical Polishing) 法を用いて層間絶縁層 27 の表面を平坦化する。

[0079] 続いて、図9に示したように、パッド部39A、39B上に、それぞれ開口27H1、27H2を形成した後、この開口27H1、27H2に、例えばA1等の導電材料を埋め込み、上部第1コンタクト39Cおよび上部第2コンタクト39Dを形成する。

[0080] 次に、図10に示したように、層間絶縁層27上に、例えば、スパッタリング法を用いて導電膜21xを成膜した後、フォトリソグラフィ技術を用いてパターニングを行う。具体的には、導電膜21xの所定の位置にフォトレジストPRを形成した後、ドライエッチングまたはウェットエッチングを用いて導電膜21xを加工する。その後、フォトレジストPRを除去することで、図11に示したように、読み出し電極21Aおよび蓄積電極21Bが形成される。

[0081] 続いて、図12に示したように、絶縁層22、第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bからなる半導体層23、光電変換層24および上部電極25を形成する。絶縁層22は、例えば、ALD法を用いて酸化シリコン膜を製膜した後、CMP法を用いて絶縁層22の表面を平坦化する。その後、読み出し電極21A上に、例えば、ウェットエッチングを用いて開口22Hを形成する。半導体層23(第1半導体層23Aおよび第2半導体層23B)は、例えば、スパッタリング法を用いて形成することができる。このとき、ガリウム(Ga)および亜鉛(Zn)の一方または両方の含有量を調整数ことにより、所定の伝導帯最下端のエネルギー準位( $E_{c1}$ )を有する第1半導体層23Aと、第1半導体層23Aよりも深い伝導帯最下端のエネルギー準位( $E_{c2}$ )を有する第2半導体層23Bを形成することができる。または、第1半導体層23AにInGaSiOを用いても同様の効果が期待できる。第1半導体層23Aの開口23AHは、例えば、ウェットエッチングを用いて形成する。光電変換層24は、例えば、真空蒸着法を用いて形成する。上部電極25は、下部電極21と同様に、例えば、スパッタリング法を

用いて形成する。最後に、上部電極 25 上に、配線 52 および遮光膜 53 を含む保護層 51 と、オンチップレンズ 54 とを配設する。以上により、図 1 に示した撮像素子 10 が完成する。

[0082] なお、上記のように、半導体層 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、電子ブロッキング膜を兼ねるバッファ層や、正孔ブロッキング膜を兼ねるバッファ層あるいは仕事関数調整層等の有機材料を含む他の層を形成する場合には、各層を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、例えば、スピコート技術やプリント技術等を用いてもよい。更に、透明電極（下部電極 21 および上部電極 25）を形成する方法としては、スパッタリング法の他に、透明電極を構成する材料にもよるが、真空蒸着法や反応性蒸着法、電子ビーム蒸着法、イオンプレーティング法といった物理的気相成長法（PVD法）、パイロゾル法、有機金属化合物を熱分解する方法、スプレー法、ディップ法、MOCVD法を含む各種のCVD法、無電解メッキ法および電解メッキ法を挙げることができる。

[0083] （1-3. 撮像素子の信号取得動作）

撮像素子 10 では、有機光電変換部 20 に、オンチップレンズ 54 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（G）、青（B）、赤（R）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。

[0084] （有機光電変換部 20 による緑色信号の取得）

撮像素子 10 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。

[0085] 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 TR1amp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 TR1amp 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。

[0086] 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。

[0087] 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 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。

[0088] これに対して、貫通電極 34 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。

[0089] 図 13 は、撮像素子 10 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 10 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。

[0090] 撮像素子 10 では、蓄積期間において、駆動回路から読み出し電極 21A に電位  $V_1$  が印加され、蓄積電極 21B に電位  $V_2$  が印加される。ここで、電位  $V_1$ 、 $V_2$  は、 $V_2 > V_1$  とする。これにより、光電変換によって生じ

た電荷（信号電荷；電子）は、蓄積電極 2 1 B に引きつけられ、蓄積電極 2 1 B と対向する半導体層 2 3 の領域に蓄積される（蓄積期間）。因みに、蓄積電極 2 1 B と対向する半導体層 2 3 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 2 5 から駆動回路へと送出される。

[0091] 撮像素子 1 0 では、蓄積期間の後期にリセット動作がなされる。具体的には、タイミング  $t_1$  において、走査部は、リセット信号 R S T 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  $T R 1_{rst}$  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  $F D 1$  の電圧が電源電圧に設定され、フローティングディフュージョン  $F D 1$  の電圧がリセットされる（リセット期間）。

[0092] 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  $t_2$  において、駆動回路から読み出し電極 2 1 A には電位  $V_3$  が印加され、蓄積電極 2 1 B には電位  $V_4$  が印加される。ここで、電位  $V_3$ 、 $V_4$  は、 $V_3 < V_4$  とする。これにより、蓄積電極 2 1 B に対応する領域に蓄積されていた電荷は、読み出し電極 2 1 A からフローティングディフュージョン  $F D 1$  へと読み出される。即ち、半導体層 2 3 に蓄積された電荷が制御部に読み出される（転送期間）。

[0093] 読み出し動作完了後、再び、駆動回路から読み出し電極 2 1 A に電位  $V_1$  が印加され、蓄積電極 2 1 B に電位  $V_2$  が印加される。これにより、光電変換によって生じた電荷は、蓄積電極 2 1 B に引きつけられ、蓄積電極 2 1 B と対向する光電変換層 2 4 の領域に蓄積される（蓄積期間）。

[0094] （無機光電変換部 3 2 B、3 2 R による青色信号、赤色信号の取得）

続いて、有機光電変換部 2 0 を透過した光のうち、青色光は無機光電変換部 3 2 B、赤色光は無機光電変換部 3 2 R 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 3 2 B では、入射した青色光に対応した電子が無機光電変換部 3 2 B 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  $T r 2$  によりフローティングディフュージョン  $F D 2$  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Tr3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。

[0095] (1-4. 作用・効果)

本実施の形態の撮像素子10は、有機光電変換部20において、読み出し電極21Aおよび蓄積電極21Bからなる下部電極21と光電変換層24との間に、第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bからなる半導体層23を設けるようにした。第1半導体層23Aは下部電極21側に、第2半導体層23Bは光電変換層24側に設けられており、第1半導体層23Aは、第2半導体層23Bの伝導帯最下端のエネルギー準位( $E_{c2}$ )よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位( $E_{c1}$ )を有している。これにより、読み出し電極21Aへの電荷の輸送特性が改善される。以下、これについて説明する。

[0096] 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。積層型撮像素子では、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形成され、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。

[0097] 積層型撮像素子では、それぞれの光電変換部において発生した信号電荷を蓄積し、転送する構造が必要とされている。有機光電変換部では、例えば、光電変換層を間に対向配置された一对の電極のうちの無機光電変換部側を、第1電極と、電荷蓄積用電極との2つの電極から構成することにより、光電変換層で発生した信号電荷を蓄積できるようになっている。このような撮像素子では、信号電荷は、電荷蓄積用電極の上方に一旦蓄積した後、Si基板内のフローティングディフュージョンFDへ転送される。これにより、露光開始時に電荷蓄積部を完全空乏化し、電荷を消去することが可能となる。そ

の結果、kTCノイズの増大や、ランダムノイズの悪化、撮像画質の低下といった現象の発生を抑制することができる。

[0098] また、上記のように、無機光電変換部側に複数の電極を有する撮像素子としては、前述したように、電荷蓄積用電極を含む第1電極と光電変換層との間に、インジウム－ガリウム－亜鉛複合酸化物（IGZO）からなる複合酸化物層を設けることで光応答性の改善を図った撮像素子が開示されている。このような撮像素子では、電荷蓄積用電極を覆う絶縁膜と複合酸化物層との界面に含まれるトラップによって信号電荷の転送が阻害される虞がある。信号電荷の転送効率の低下は、ノイズの発生の原因となる。

[0099] これに対して、本実施の形態では、読み出し電極21Aおよび蓄積電極21Bからなる下部電極21と光電変換層24との間に、それぞれ、所定の伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_c$ ）を有する第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bからなる半導体層23を設けるようにした。第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bは、下部電極21側からこの順に積層されており、第1半導体層23Aは、第2半導体層23Bの伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c2}$ ）よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c1}$ ）を有している。これにより、光電変換層24で生成された電荷のうち信号電荷である電子はエネルギー勾配に従って蓄積電極21B側に輸送されるが、第2半導体層23Bよりも伝導帯最下端のエネルギー準位が高い（浅い）第1半導体層23A上に蓄積されるようになる。これにより、絶縁層22と半導体層23との間の界面に含まれるトラップの影響が低減され、読み出し電極21Aへの電荷の輸送特性が改善される。

[0100] 以上により、本実施の形態の撮像素子10では、読み出し電極21Aおよび蓄積電極21Bからなる下部電極21と光電変換層24との間に、 $E_{c1} > E_{c2}$ の伝導帯最下端のエネルギー準位関係を有する第1半導体層23A（ $E_{c1}$ ）および第2半導体層23B（ $E_{c2}$ ）を下部電極21側から順に積層された半導体層23を設けるようにした。これにより、エネルギー勾配に従って蓄積電極21B側に輸送された信号電荷（電子）は、第1半導体層

23A上に蓄積されるようになり、絶縁層22と半導体層23との間の界面に含まれるトラップの影響が低減され、読み出し電極21Aへの電荷の輸送特性が改善される。よって、読み出し電極21Aへの電荷の転送効率が向上し、ノイズを低減することが可能となる。

[0101] また、本実施の形態の撮像素子10では、読み出し電極21A上の第1半導体層23Aに開口23AHを設け、読み出し電極21Aと第2半導体層23Bとを直接電氣的に接続するようにしたので、読み出し電極21Aから信号電荷が効率よく読み出されるようになり、ノイズをさらに低減することが可能となる。よって、撮像画質を向上させることが可能となる。

[0102] 更に、本実施の形態の撮像素子10では、第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bを共に結晶層として形成するようにした。これにより、第1半導体層23Aが第2半導体層23Bの種結晶となるため、第2半導体層23Bの膜質が向上し、第1半導体層23Aと第2半導体層23Bとの界面の欠陥準位を低減することができる。よって、電荷の転送効率をさらに向上させることが可能となる。なお、第1半導体層23Aの初期層は、アモルファス性を有していてもよい。

[0103] 次に、本開示の変形例（変形例1～16）について説明する。以下では、上記実施の形態と同様の構成要素については同一の符号を付し、適宜その説明を省略する。

[0104] <2. 変形例>

（2-1. 変形例1）

図14は、本開示の変形例1の撮像素子の要部（有機光電変換部20A）の断面構成を模式的に表したものである。本変形例の有機光電変換部20Aは、半導体層23と光電変換層24との間に保護層29を設けた点が上記実施の形態とは異なる。

[0105] 保護層29は、半導体層23を構成する酸化物半導体材料からの酸素の脱離を防ぐためのものである。保護層29を構成する材料としては、例えば、 $TiO_2$ 、ケイ化酸化チタン（ $TiSiO$ ）、酸化ニオブ（ $Nb_2O_5$ ）および

TaO<sub>x</sub>等が挙げられる。保護層29の厚みは、例えば1原子層あれば効果があり、例えば0.5nm以上10nm以下であることが好ましい。

[0106] 図15Aは、蓄積電極21Bの上方に積層された絶縁層22、第1半導体層23A、第2半導体層23B、保護層29および光電変換層24のエネルギー準位を表したものである。図15Bは、読み出し電極21A上に設けられた開口22H、23AH内に積層された絶縁層22、第2半導体層23B、保護層29および光電変換層24のエネルギー準位を表したものである。保護層29は、例えば、光電変換層24の伝導帯最下端のエネルギー準位(Ec0)と略同じまたはより深く、且つ、第2半導体層23Bの伝導帯最下端のエネルギー準位(Ec2)と略同じまたはより浅い伝導帯最下端のエネルギー準位(Ecp)を有することが好ましい。これにより、半導体層23側から光電変換層24への信号電荷(電子)の逆流を防ぐことが可能となる。

[0107] このように、本変形例では、半導体層23と光電変換層24との間に保護層29を設けるようにしたので、半導体層23の表面からの酸素の脱離を低減することが可能となる。これにより、半導体層23(具体的には、第2半導体層23B)と光電変換層24との間の界面におけるトラップの発生が低減される。また、半導体層23側から光電変換層24への信号電荷(電子)の逆流を防ぐことが可能となる。よって、上記実施の形態の効果に加えて、酸素の脱離による信頼性低下を抑制することが可能となるという効果を奏する。

[0108] (2-2. 変形例2)

図16は、本開示の変形例2の撮像素子の要部(有機光電変換部20B)の断面構成を模式的に表したものである。本変形例の有機光電変換部20Bは、上記変形例1における有機光電変換部20Aの構成に加えて、第2半導体層23B上に、さらに第3半導体層23Cを設けたものである。

[0109] 本変形例の半導体層23は、第1半導体層23Aと、第2半導体層23Bと、第3半導体層23Cとが、下部電極21側からこの順に積層されたもの

であり、第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bは、上記実施の形態と同様の構成を有している。第3半導体層23Cは、第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bと同様に、例えばn型の酸化物半導体材料を用いて形成することができる。具体的には、ITO、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZnO、SnO<sub>2</sub>、AZO、GZO、IZO、IGZOおよびITZO等が挙げられる。この他、CuI、InSbO<sub>4</sub>、ZnMgO、CuInO<sub>2</sub>、MgIn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、CdO、ZnSnO<sub>3</sub>、InGaSiO、InGaZnSiOおよびInGaSnZnO等を含む材料を用いることができる。

[0110] 第3半導体層23Cは、例えば、保護層29の伝導帯最下端のエネルギー準位(E<sub>cp</sub>)と略同じまたはより深く、且つ、第2半導体層23Bの伝導帯最下端のエネルギー準位(E<sub>c2</sub>)と略同じまたはより浅い伝導帯最下端のエネルギー準位(E<sub>c3</sub>)を有することが好ましい。第3半導体層23Cは、例えばInGaSiO等の酸素が脱離しにくい材料を用いることが好ましい。

[0111] このように、本変形例では、半導体層23を第1半導体層23A、第2半導体層23Bおよび第3半導体層23Cの3層構造とし、さらに、半導体層23と光電変換層24との間に保護層29を設けるようにした。これにより、半導体層23（具体的には、第3半導体層23C）の表面からの酸素の脱離をさらに防ぐことができ、さらに信頼性を向上することが可能となる。更に、InGaSiO等のように酸素が脱離しにくい材料を用いて第3半導体層23Cを形成することにより、上記変形例1と比較して、さらに酸素の脱離を低減でき、信頼性を向上することが可能となる。

[0112] (2-3. 変形例3)

図17は、本開示の変形例3の撮像素子の要部（有機光電変換部20C）の断面構成を模式的に表したものである。本変形例の有機光電変換部20Cは、第1半導体層23Aに開口23AHを設けずに、開口22Hの底面において読み出し電極21Aに接する領域に他の領域よりもキャリア濃度の高い高濃度キャリア領域23Xを設けた点が上記実施の形態とは異なる。

- [0113] 高濃度キャリア領域23Xは、上記のように、読み出し電極21Aと接する領域に形成され、その他の領域よりもキャリア濃度が高く、例えば、 $1E17$ 以上であることが好ましい。これにより、読み出し電極21Aと第2半導体層23bとの間の障壁が低下する。
- [0114] 高濃度キャリア領域23Xは、例えば、以下のようにして形成することができる。まず、読み出し電極21A上に開口22Hが形成された絶縁層22上に第1半導体層23Aを形成した後、第1半導体層23A上に、例えば開口22Hに対応する位置に開口を有するフォトリソ(PR)をパターニングする。その後、例えば、アルゴン(Ar)プラズマや水素(H<sub>2</sub>)プラズマを照射する。これにより、第1半導体層23Aの所定の位置(開口22H内の読み出し電極21Aに接する領域)に高濃度キャリア領域23Xが形成される。
- [0115] このように、本変形例では、開口22Hの底面において第1半導体層23Aの読み出し電極21Aと接する領域に、高濃度キャリア領域23Xを形成するようにした。これにより、開口22H内に開口23AHを設けることなく、読み出し電極21Aと第2半導体層23bとの間の障壁を低下させることが可能となる。よって、第1半導体層23Aに開口23AHを形成するための一連の工程が不要となり、撮像素子10の製造方法を簡略化でき、さらに微細化することが可能となる。
- [0116] (2-4. 変形例4)
- 図18は、本開示の変形例4の撮像素子の要部(有機光電変換部20D)の断面構成を模式的に表したものである。上記実施の形態では、読み出し電極21A上の絶縁層22に、例えばテーパ状の開口22Hを設け、絶縁層22上および開口22Hの側面および底面に延在する第1半導体層23Aを形成した後、開口22H内に、開口23AHを形成する例を示したが、読み出し電極21A上の開口22H、23AHは、例えば、一括で形成するようにしてもよい。これにより、撮像素子10の製造方法を簡略化することが可能となる。

[0117] なお、このようにして得られた有機光電変換部20Dでは、図18に示したように、読み出し電極21A上に絶縁層22および第1半導体層23Aのそれぞれの開口22H、23AHは、同一の側面を有している。

[0118] (2-5. 変形例5)

図19は、本開示の変形例5の撮像素子の要部(有機光電変換部20E)の断面構成を模式的に表したものである。上記実施の形態では、絶縁層22の開口22H内に、第1半導体層23Aの開口23AHを設ける例を示したが、これに限らず、例えば、図19に示したように、開口22Hの外側の絶縁層22上に設けるようにしてもよい。これにより、製造時のプロセスマージンが広がり、製造歩留まりを向上させることが可能となる。

[0119] (2-6. 変形例6)

図20は、本開示の変形例6の撮像素子の要部(有機光電変換部20F)の断面構成を模式的に表したものである。本変形例の有機光電変換部20Fは、読み出し電極21Aと蓄積電極21Bとの間に転送電極21Cを設けた点が上記実施の形態とは異なる。

[0120] 転送電極21Cは、蓄積電極21Bの上方に蓄積された電荷の読み出し電極21Aへの転送効率を向上させるためのものであり、読み出し電極21Aと蓄積電極21Bとの間に設けられている。具体的には、転送電極21Cは、例えば、読み出し電極21Aおよび蓄積電極21Bが設けられた層よりも下層に形成され、一部が読み出し電極21Aおよび蓄積電極21Bと重複するように設けられている。

[0121] 読み出し電極21A、蓄積電極21Bおよび転送電極21Cは、各々独立して電圧を印加できるようになっている。本変形例では、リセット動作の完了後の転送期間に、駆動回路から読み出し電極21Aに電位V5、蓄積電極21Bに電位V6、転送電極21Cに電位V7 ( $V5 > V6 > V7$ ) が印加される。これにより、蓄積電極21Bの上方に蓄積されていた電荷は、蓄積電極21B上から転送電極21C上および読み出し電極21A上の順に移動し、フローティングディフュージョンFD1へと読み出される。

[0122] このように本変形例では、読み出し電極 2 1 A と蓄積電極 2 1 B との間に、転送電極 2 1 C を設けるようにした。これにより、より確実に読み出し電極 2 1 A からフローティングディフュージョン F D 1 へ電荷を移動させることが可能となり、読み出し電極 2 1 A への電荷の輸送特性がさらに改善され、ノイズをより低減することが可能となる。

[0123] (2-7. 変形例 7)

図 2 1 は、本開示の変形例 7 の撮像素子の要部 (有機光電変換部 2 0 G) の断面構成を模式的に表したものである。本変形例の有機光電変換部 2 0 G は、第 1 半導体層 2 3 A を積層膜 (第 1 半導体層 2 3 A 1, 2 3 A 2) とした点が上記実施の形態とは異なる。

[0124] 具体的には、本変形例の有機光電変換部 2 0 G は、第 1 半導体層 2 3 A を構成する第 1 半導体層 2 3 A 1 と第 1 半導体層 2 3 A 2 との間にレジスト 7 1 を含み、第 1 半導体層 2 3 A 2 は、開口 2 2 H 内において第 1 半導体層 2 3 A 1 が形成する開口 2 3 A H の側面および露出した読み出し電極 2 1 A を覆っている。

[0125] 本変形例の有機光電変換部 2 0 G は、例えば、以下のようにして形成される。

[0126] まず、図 2 2 A に示したように、読み出し電極 2 1 A 上に開口 2 2 H を有する絶縁層 2 2 上に、例えばスパッタリング法を用いて第 1 半導体層 2 3 A 1 を成膜する。次に、図 2 2 B に示したように、第 1 半導体層 2 3 A 1 上にレジスト 7 1 をパターンニングする。続いて、図 2 2 C に示したように、例えばウェットエッチングを用いて読み出し電極 2 1 A 上の第 1 半導体層 2 3 A 1 をエッチングして開口 2 3 A H を形成した後、レジスト 7 1 を除去する。この際、レジスト 7 1 の一部が第 1 半導体層 2 3 A 1 上に残存する。

[0127] 次に、図 2 2 D に示したように、レジスト 7 1 が残存する第 1 半導体層 2 3 A 1 上に、例えばスパッタリング法を用いて第 1 半導体層 2 3 A 2 を、例えば 1 nm ~ 10 nm の厚みで成膜した後、図 2 2 E に示したように、例えばスパッタリング法を用いて第 2 半導体層 2 3 B を成膜する。その後、上記

実施の形態と同様にして、第2半導体層23B上に光電変換層24および上部電極25を形成する。以上により、図21に示した有機光電変換部20Gが完成する。

[0128] 上記実施の形態では、半導体層23は互いに異なる材料からなる第1半導体層23Aと第2半導体層23Bとの積層構造としている。第1半導体層23Aには、読み出し電極21Aと第2半導体層23Bとを直接接続するための開口23AHが設けられている。このため、第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bは*in-situ*処理ができないため、第1半導体層23Aと第2半導体層23Bとの間の界面にトラップが生じる虞がある。より具体的には、例えば開口23AHを形成する際に用いるレジスト膜（レジスト71）が残存することによって第1半導体層23Aと第2半導体層23Bとの間にトラップが生じる虞がある。

[0129] これに対して本変形例では、読み出し電極21A上に開口23AHを有する第1半導体層23Aを成膜した後、トンネル効果を保持する程度の膜厚で第1半導体層23A2を成膜するようにした。これにより、第1半導体層23A2と第2半導体層23Bとは*in-situ*での処理が可能となる。即ち、信号電荷（電子）が蓄積される第1半導体層23Aと第2半導体層23Bとの界面における電荷のトラップが低減される。よって、読み出し電極21Aへの電荷の転送効率がさらに向上し、ノイズをさらに低減することが可能となる。

[0130] また、図21では第1半導体層23Aの層内にレジスト71が残存する構造としたが、これに限らず、例えば図23に示した有機光電変換部20Hのように、第2半導体層23Bを積層構造（第2半導体層23B1, 23B2）とし、この第2半導体層23B1と第2半導体層23B2との間にレジスト71が残存する構成としても同様の効果を得ることができる。有機光電変換部20Hは、例えば、以下のようにして形成される。

[0131] まず、図24Aに示したように、読み出し電極21A上に開口22Hを有する絶縁層22上に、例えばスパッタリング法を用いて第1半導体層23A

および第2半導体層23B1を順に成膜する。次に、図24Bに示したように、第2半導体層23B1上にレジスト71をパターニングする。続いて、図24Cに示したように、例えばウェットエッチングを用いて読み出し電極21A上に第1半導体層23Aおよび第2半導体層23B1を貫通する開口23BHを形成した後、レジスト71を除去する。この際、レジスト71の一部が第2半導体層23B1上に残存する。

[0132] 次に、図24Dに示したように、レジスト71が残存する第2半導体層23B1上に、例えばスパッタリング法を用いて第2半導体層23B2を成膜する。その後、上記実施の形態と同様にして、第2半導体層23B上に光電変換層24および上部電極25を形成する。以上により、図23に示した有機光電変換部20Hが完成する。

[0133] なお、第1半導体層23Aまたは第2半導体層23Bの層内に残存するレジスト71は、例えば2次イオン質量分析法(SIMS)を用いることにより確認することができる。例えば、レジスト71は、例えば、化学増幅型光酸発生剤(PAG)、乳酸エチルおよびメトキシプロピルアセテート(MPA)等を含むポリヒドロキシスチレン(PHS)樹脂等のKrFエキシマレーザの露光用レジストであり、炭素を多く含んでいる。具体的には、レジスト71は、レジスト71が残存している層(例えば第1半導体層23A)において、他の領域よりも多くの炭素を含んでいる。このため、レジスト71は、SIMSにより炭素のピークとして確認することができる。

[0134] (2-8. 変形例8)

図25は、本開示の変形例8の撮像素子の要部(有機光電変換部20I)の断面構成を模式的に表したものである。本変形例の有機光電変換部20Iは、読み出し電極21A上に金属膜72を設け、読み出し電極21A上に第1半導体層23Aの他の領域よりもキャリア濃度の高い高濃度キャリア領域23Xを設けた点が、上記変形例3とは異なる。

[0135] 本変形例の有機光電変換部20Iは、例えば、以下のようにして形成される。

[0136] まず、図26Aに示したように、絶縁層22および開口22Hに露出した読み出し電極21A上に金属膜72を成膜する。この金属膜72は、第1半導体層23Aを構成する材料よりもギブスエネルギーが低い金属を用いて形成することができる。具体的な金属膜72の材料としては、例えばチタン(Ti)、ガリウム(Ga)、ニオブ(Nb)、アルミニウム(Al)、バナジウム(V)およびジルコニウム(Zr)等が挙げられる。金属膜72の材料としては、さらにギブスエネルギーが同等の材料でもよく、第1半導体層23Aを構成する元素と同じ金属を用いてもよく、例えばインジウム(In)、亜鉛(Zn)および錫(Sn)等が挙げられる。これらの材料は金属酸化物と金属間で酸素量が平衡状態になるため第1半導体層内に酸素欠損を生じさせることができる。次に、図26Bに示したように、金属膜72上にレジスト(図示せず)をパターニングした後、例えばウェットエッチングにより読み出し電極21A上に、開口22Hの側面との間に隙間を開けて金属膜72をパターニングする。

[0137] 続いて、図26Cに示したように、例えばスパッタリング法を用いて第1半導体層23Aを成膜した後、同様に、図26Dに示したように第2半導体層23Bを成膜する。次に、例えば200℃~450℃程度で加熱処理を行う。これにより、図26Eに示したように、金属膜72周囲の第1半導体層23Aには酸素欠損による高濃度キャリア領域23Xが形成される。その後、上記実施の形態と同様に、第2半導体層23B上に光電変換層24および上部電極25を形成する。以上により、図21に示した有機光電変換部20Gが完成する。

[0138] このように、開口22H内に金属膜72を形成することにより、読み出し電極21A上の第1半導体層23Aに他の領域よりもキャリア濃度の高い高濃度キャリア領域23Xを形成することができる。即ち、上記変形例3に示した有機光電変換部20Cと同様に、開口22H内に開口23AHを設けることなく、読み出し電極21Aと第2半導体層23Bとの間の障壁を低下させることが可能となる。よって、第1半導体層23Aに開口23AHを形成

するための一連の工程が不要となり、撮像素子 10 の製造方法を簡略化でき、さらに微細化することが可能となる。

[0139] 図 25 では、読み出し電極 21A 上に直接金属膜 72 を設けた例を示したが、金属膜 72 は、図 27 に示した有機光電変換部 20J のように、第 1 半導体層 23A を成膜した後に開口 22H 内の第 1 半導体層 23A 上に設けるようにしてもよい。この場合でも、第 2 半導体層 23B を成膜した後の加熱処理によって金属膜 72 周囲の第 1 半導体層 23A および第 2 半導体層 23B から酸素が欠損し、金属膜 72 周囲の第 1 半導体層 23A および第 2 半導体層 23B に亘る高濃度キャリア領域 23X を形成することができる。

[0140] 更に、図 28 に示した有機光電変換部 20K のように、金属膜 72 を薄膜（例えば 0.1 nm ~ 2 nm）とすることにより、読み出し電極 21A 上だけでなく、絶縁層 222 の開口 22H の側面および上面の一部まで延在形成することができる。金属膜 72 を薄膜化する場合には、図 29 に示した有機光電変換部 20L のように、第 1 半導体層 23A 上に金属膜 72 を形成するようにしてもよい。このような構造とした場合でも、金属膜 72 周囲の第 1 半導体層 23A または第 1 半導体層 23A および第 2 半導体層 23B に高濃度キャリア領域 23X を形成することができ、第 1 半導体層 23A に開口 23AH を設けることなく、読み出し電極 21A と第 2 半導体層 23b との間の障壁を低下させることが可能となる。

[0141] なお、金属膜 72 の構成材料としては、第 1 半導体層 23A を構成する材料よりもギブスエネルギーが低い金属の酸化物を用いてもよい。また、金属膜 72 を形成する代わりに、読み出し電極 21A を、金属膜 72 を構成する金属を含む材料を用いて形成することでも、同様の効果を得ることができる。

[0142] (2-9. 変形例 9)

図 30 は、本開示の変形例 9 の撮像素子の要部（有機光電変換部 20M）の断面構成を模式的に表したものである。図 31 は、有機光電変換部 20 を用いた撮像装置 1 の全体の平面構成を模式的に表したものである。なお、図

30は、図31に示した11-11線における断面を表している。本変形例の有機光電変換部20Mは、第2半導体層23Bを、結晶性を有する層（結晶層23B1）と、アモルファス性を有する層（アモルファス層23B2）とが下部電極11側からこの順に積層された積層膜とした点が上記実施の形態とは異なる。

[0143] 図32Aは、蓄積電極21Bの上方に積層された絶縁層22、第1半導体層23A、第2半導体層23B（結晶層23B1およびアモルファス層23B2）、保護層29および光電変換層24のエネルギー準位を表したものである。図32Bは、読み出し電極21A上に設けられた開口22H、23AH内に積層された絶縁層22、第2半導体層23B（結晶層23B1およびアモルファス層23B2）、保護層29および光電変換層24のエネルギー準位を表したものである。第2半導体層23B（結晶層23B1およびアモルファス層23B2）は、上記実施の形態と同様に、第1半導体層23Aの伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c1}$ ）よりも深い伝導帯最下端のエネルギー準位を有している。また、第2半導体層23B（結晶層23B1およびアモルファス層23B2）は、上記変形例1と同様に、保護層29の伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{cp}$ ）と略同じまたはより深い伝導帯最下端のエネルギー準位を有している。

[0144] 結晶層23B1の伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c2\_c}$ ）と、アモルファス層23B2の伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c2\_a}$ ）とは、略同じか、アモルファス層23B2が、結晶層23B1の伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c2\_c}$ ）よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c2\_a}$ ）を有していることが好ましい。更に、真空準位から遠ざかる方向が、エネルギーが小さい（負で絶対値が大きい）と定義した場合、アモルファス層23B2に対する結晶層23B1の伝導帯最下端のエネルギー準位の差（ $E_{c2\_a} - E_{c2\_c}$ ）が絶対値で0.4 eV以上とすることにより、半導体層23内に蓄積された電荷が光電変換層24へ流れ込むのを防ぐことができる。

[0145] 結晶層 23B1 およびアモルファス層 23B2 は、同じ材料を用いて形成してもよいし、異なる材料を用いて形成してもよい。異なる材料を用いる場合には、同種の元素を含み、格子定数が近く、且つ、界面準位が悪化しない組み合わせとすることが好ましい。結晶層 23B1 の膜厚は、例えば 10 nm 以上 100 nm 以下とすることが好ましい。これにより、結晶層 23B1 のバルク部に欠陥が生じることを低減することができる。アモルファス層 23B2 の膜厚は、例えば 1 nm 以上 50 nm 以下であり、好ましくは、20 nm 以上 50 nm 以下である。これにより、結晶層 23B1 の表面保護だけでなく、半導体層 23 内に蓄積された電荷が光電変換層 24 へ流れ込むのを防ぐことができる。

[0146] なお、アモルファス層 23B2 と結晶層 23B1 とは、透過型電子顕微鏡 (TEM) 像の光束フーリエ変換 (FFT) 像によって確認することができる。例えば TEM では、結晶層 23B1 には、結晶のある格子面からの回折波と透過波との干渉によって格子の両間隔に対応した明暗の縞模様の像が現れる。これを格子縞という。一方、アモルファス層 23B2 の場合には、格子縞は確認されない。更に、TEM 像を 2 次元で FFT することによって、結晶層 23B1 の場合には、例えば格子縞の周期に対応した、一方向に伸びた斑点模様を確認できる。一方、アモルファス層 23B2 の場合には、ブロードなリング状のパターン (ハローリング) を確認できる。

[0147] 一般に、結晶性を有する酸化物半導体層上に無機酸化膜を成膜する場合、酸化物半導体層の表面にダメージが入り、劣化することがある。また、酸化物半導体層と無機酸化膜との間に、それぞれの材料とは異なる材料からなる層を挿入すると、異種材料界面の数が増え、異種材料界面でのトラップによって光電変換層から酸化物半導体層への電荷の転送が阻害されることがある。

[0148] これに対して本変形例では、第 2 半導体層 23B としての結晶層 23B1 上にアモルファス層 23B2 を形成するようにした。これにより、保護層 29 を成膜する際のダメージによる第 2 半導体層 23B 表面のトラップの発生

が低減される。よって、上記実施の形態および変形例 1 の効果に加えて、信頼性および撮像画質を向上させることが可能となる。

[0149] なお、撮像素子 10 では、画素部 1A の周囲に設けられる周辺領域 1B 近傍の有機光電変換部 20 上には、保護層 51 およびオプティカルブラック (OPB) 層 58 が形成される。保護層 51 および OPB 層 58 は、例えば、図 30 に示したように、有機光電変換部 20 の側面を覆い、周辺領域 1B まで延在している。この周辺領域 1B 近傍の有機光電変換部 20 の側面の構造はこれに限定されず、例えば、図 33 に示したように、アモルファス層 23B2 が第 1 半導体層 23A および結晶層 23B1 の側面を覆うようにしてもよい。これにより、保護層 29, 51 を成膜する際に第 1 半導体層 23A および結晶層 23B1 の側面にダメージが入ることによる劣化が低減される。よって、信頼性および撮像画質をさらに向上させることが可能となる。

[0150] また、本変形例では、第 1 半導体層 23A および第 2 半導体層 23B が積層された例を示したがこれに限らず、例えば図 34 に示したように、絶縁層 22 上に第 2 半導体層 23B (具体的には、結晶層 23B1) が直接形成した場合でも同様の効果を得ることができる。

[0151] (2-10. 変形例 10)

図 35 は、本開示の変形例 10 の撮像素子の要部 (有機光電変換部 20N) の断面構成を模式的に表したものである。本変形例の有機光電変換部 20N は、上記変形例 9 の構成に加えて、読み出し電極 21A 上に設けられた絶縁層 22、第 1 半導体層 23A および結晶層 23B1 を貫通する開口 23H に沿ってアモルファス層 23B2 および保護層 29 が形成されている点が上記実施の形態とは異なる。

[0152] 本変形例の第 1 半導体層 23A、第 2 半導体層 23B (結晶層 23B1 およびアモルファス層 23B2)、保護層 29 および光電変換層 24 は、上記実施の形態および変形例と同様のエネルギー準位の大小関係を有している。即ち、第 1 半導体層 23A は、第 2 半導体層 23B の伝導帯最下端のエネルギー準位 ( $E_{c2}$ ) よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位 ( $E_{c1}$ ) を

有している（真空準位から遠ざかる方向が、エネルギーが小さい（負で絶対値が大きい）と定義した場合、 $E_{c1} > E_{c2}$ ）。光電変換層 24 は、第 2 半導体層 23 B の伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c2}$ ）よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c0}$ ）を有している（真空準位から遠ざかる方向が、エネルギーが小さい（負で絶対値が大きい）と定義した場合、 $E_{c0} > E_{c2}$ ）。保護層 29 は、例えば、光電変換層 24 の伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c0}$ ）と略同じまたはより深く、且つ、第 2 半導体層 23 B の伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c2}$ ）と略同じまたはより浅い伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{cp}$ ）を有している。第 2 半導体層 23 B を構成する結晶層 23 B 1 およびアモルファス層 23 B 2 は、略同じか、アモルファス層 23 B 2 が、結晶層 23 B 1 の伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c2\_c}$ ）よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位（ $E_{c2\_a}$ ）を有している。

[0153] 第 1 半導体層 23 A の膜厚は、例えば 1 nm 以上 20 nm 以下である。結晶層 23 B 1 の膜厚は、例えば 10 nm 以上 30 nm 以下である。アモルファス層 23 B 2 の膜厚は、例えば 1 nm 以上 100 nm 以下であり、より好ましくは、例えば 1 nm 以上 10 nm 以下である。保護層 29 の膜厚は、例えば 1 nm 以上 10 nm 以下である。

[0154] 本変形例の有機光電変換部 20 N は、例えば、以下のようにして形成される。

[0155] まず、絶縁層 22 上に、例えばスパッタリング法を用いて第 1 半導体層 23 A、結晶層 23 B 1 を順に成膜した後、図 36 A に示したように、結晶層 23 B 1 上にレジスト 71 をパターンニングする。続いて、図 36 B に示したように、例えばドライエッチングを用いて読み出し電極 21 A 上の結晶層 23 B 1、第 1 半導体層 23 A 1 および絶縁層 22 をエッチングして読み出し電極 21 A が露出する開口 23 H を形成する。その後、レジスト 71 を除去する。

[0156] 次に、図 36 C に示したように、例えばスパッタリング法を用いて結晶層

23B1上および開口23Hの側面にアモルファス層23B2を成膜する。続いて、図36Dに示したように、例えばALD法を用いてアモルファス層23B2上に保護層29を成膜する。その後、上記実施の形態と同様にして、保護層29上に光電変換層24および上部電極25を形成する。以上により、図35に示した有機光電変換部20Nが完成する。

[0157] このように、本変形例では、読み出し電極21A上に、絶縁層22、第1半導体層23Aおよび結晶層23B1を貫通する開口23Hを形成し、結晶層23B1上および開口23Hの側面に沿ってアモルファス層23B2および保護層29を形成するようにした。これにより、読み出し電極21A上のトラップ量が低減される。よって、上記実施の形態と比較して、読み出し電極21Aへの電荷の転送効率をさらに向上させることが可能となり、撮像画質を向上させることが可能となる。

[0158] 図37は、本開示の変形例10に係る有機光電変換部20Nの断面構成の他の例を模式的に表したものである。本変形例の有機光電変換部20Nは、さらに上記変形例2のように、第2半導体層23Bと保護層29との間に第3半導体層23Cを設けるようにしてもよい。第3半導体層23Cは、保護層29の伝導帯最下端のエネルギー準位( $E_{cp}$ )と略同じまたはより深く、且つ、第2半導体層23Bの伝導帯最下端のエネルギー準位( $E_{c2}$ )と略同じまたはより浅い伝導帯最下端のエネルギー準位( $E_{c3}$ )を有する。これにより、第2半導体層23Bに蓄積された電荷が光電変換層24へ流れ込むのを防ぐことができる。

[0159] また、図35および図37では、開口23Hの側面が、絶縁層22、第1半導体層23Aおよび結晶層23B1の連続する端面により形成されている例を示したがこれに限定されるものではない。例えば、開口23Hの側面は、図38に示したように、階段状に形成されていてもよい。また、例えば、図39に示したように、読み出し電極21A上に絶縁層22を貫通する開口22Hを形成した後、開口22Hよりも径の小さな第1半導体層23Aおよび結晶層23B1を貫通する開口23Hを形成するようにしてもよい。

[0160] (2-11. 変形例11)

図40は、本開示の変形例11の撮像素子の要部（有機光電変換部200）の断面構成を模式的に表したものである。本変形例の有機光電変換部200は、上記変形例9の構成に加えて、有機光電変換部200の端部において、第1半導体層23Aが、第2半導体層23Bよりも内側に端部を有している点が上記実施の形態とは異なる。また、これより後に形成される膜は、端部において第1半導体層23Aには接触しないことが上記実施の形態とは異なる。これにより、有機光電変換部を構成する積層膜の加工時間が短縮される。

[0161] また、本変形例では、下部電極21を構成する複数の電極として、例えば、読み出し電極21Aおよび蓄積電極21Bの周囲にシールド電極21Dが設けられている。シールド電極21Dは、電荷の転送および蓄積を行う第2半導体層23Bに対して電界効果を与えるものであり、例えば、固定電位が印加されている。本変形例では、このシールド電極21Dの上方でも第1半導体層23Aが除去されている。これにより、第2半導体層23Bに対する電界効果が増大される。

[0162] 本変形例の有機光電変換部200は、例えば、以下のようにして形成される。

[0163] まず、図41Aに示したように、絶縁層22上に、例えばスパッタリング法を用いて、例えばIGZO（例えば、 $In:Ga:Zn=1:3:4$ ）からなる第1半導体層23Aを成膜する。続いて、例えばドライエッチングを用いて第1半導体層23Aを加工する。具体的には、図41Bに示したように、読み出し電極21A上に開口23AHを形成すると共に、シールド電極21D上および例えば周辺領域1B近傍の第1半導体層23Aを除去する。このとき、酸化物半導体は難エッチング材料のため、加工時に再付着物が発生する可能性がある。この再付着物が発生した場合には、別途ドライエッチングを行って除去するか、第1半導体層23Aの加工の際に形成したレジストの剥離時にレジストと共に除去する。

[0164] 次に、図41Cに示したように、例えばスパッタリング法を用いて、例えばIGZO（例えば、 $In:Ga:Zn=1:1:1$ ）からなる第2半導体層23Bを成膜する。続いて、図41Dに示したように、例えばSiOやTiOの単層膜、あるいはそれらの積層膜からなる保護層29、有機材料からなる光電変換層24、例えばIZOからなる上部電極25および例えばAlOからなる保護層51を成膜する。保護層29、51は、例えばALD法を用いて成膜する。光電変換層24は、例えば真空蒸着を用いて成膜する。上部電極25は、例えばスパッタリング法を用いて成膜する。その後、図41Dに示したように、保護層51上にレジスト72をパターニングする。

[0165] 次に、例えばドライエッチングを用いて第2半導体層23Bまで一括加工を行う。このとき、エッチング工程の途中までレジスト72がマスクとして機能するが、レジスト72はエッチング工程中に消失し、その後保護層51がハードマスクとして振る舞うようになる。具体的には、例えば、光電変換層24まではレジスト72がマスクとして残存する（図41E）が、例えば、保護層29の加工段階で、保護層29と共にレジスト72がエッチングされて消失する（図41F）。その後、保護層51がハードマスクとなって第2半導体層23Bがエッチングされる（図41G）。なお、レジスト72の消失は、保護層29の加工段階に限定されず、例えば第2半導体層23Bのエッチング中等、エッチングの後半の過程で起こりやすいが、その場合においても、上記のように保護層51がハードマスクとなってエッチングされる。以上により、図40に示した有機光電変換部200が完成する。

[0166] 一般に、無機材料と有機材料との積層膜を一括加工するのは技術的な難易度が高い。また、IGZO等の酸化物半導体は加工が難しい材料（難エッチング材料）であり、例えば有機膜よりもエッチングが進行しにくい。このため、有機光電変換部200のように、酸化物半導体層（半導体層23）、有機膜（光電変換層24）および無機酸化膜（保護層51）が積層された積層膜を一括でドライエッチングする場合、酸化物半導体層のエッチング工程において温度の上昇等が起こりやすい。この温度の上昇は、有機膜の損傷を引

き起こす。また、半導体層 2 3 と、本構成において半導体層 2 3 のエッチング時のハードマスクとなる保護層 5 1 は、共に酸化物であるため、半導体層 2 3 をエッチングする際に保護層 5 1 もエッチングされ、損傷する。この一連の工程は制御性が低く、光電変換層 2 4 や保護層 5 1 の損傷が起こる虞がある。

[0167] この問題を解決する方法としては、例えばレジストやハードマスクとなる無機酸化膜（保護層 5 1）の膜厚を増大すること等が考えられる。しかしながら、保護層 5 1 の厚膜化は、例えば膜応力の発生等の副作用を生じる場合がある。膜応力の発生は、下層の光電変換層 2 4 の膜剥がれの原因となる。また、レジストの膜厚を変更する場合には、トータルの設計が変わってしまう。

[0168] これに対して、有機光電変換部 2 0 0 の端部（例えば、画素部 1 A の周縁部）において、第 1 半導体層 2 3 A が、第 2 半導体層 2 3 B よりも内側に端部を有するようにした。換言すると、例えば読み出し電極 2 1 A 上において第 1 半導体層 2 3 A に開口 2 3 A H を形成する際に、画素部 1 A の周縁部の第 1 半導体層 2 3 A も除去するようにした。これにより、例えば画素部 1 A の周縁部における半導体層 2 3 の膜厚が、第 1 半導体層 2 3 A の膜厚分薄くなるため、半導体層 2 3、保護層 2 9、光電変換層 2 4、上部電極 2 5 および保護層 5 1 からなる積層膜のドライエッチングによる一括加工工程における半導体層 2 3 の加工時間が短縮される。よって、光電変換層 2 4 および保護層 5 1 の損傷を低減することが可能となる。また、製造工程の制御性が向上する。この効果は、第 1 半導体層 2 3 A が第 2 半導体層 2 3 B よりもエッチングレートが遅かったり、加工時間が長い場合により大きくなる。

[0169] また、本変形例では、上記のように、読み出し電極 2 1 A および蓄積電極 2 1 B の周囲にシールド電極 2 1 D を設け、このシールド電極 2 1 D の上方でも第 1 半導体層 2 3 A を除去するようにした。これにより、シールド電極 2 1 D と第 2 半導体層 2 3 B との間に第 1 半導体層 2 3 A が形成されている場合と比較して、例えば、第 2 半導体層 2 3 B に対する電界効果が 2 5 % 程

増大される。

[0170] この電界効果の増大は以下の計算に基づく。例えば、絶縁層 22 を構成する酸化シリコン（例えば、 $\text{SiO}_2$ ）の誘電率は 4 程度、第 1 半導体層 23 A および第 2 半導体層 23 B を構成する IGO の誘電率は 16 程度である。 $\text{SiO}_2$  および IGO の膜厚をそれぞれ 10 nm とし、 $\text{SiO}_2$  の容量を C とすると、IGO の容量は 4 C となる。シールド電極 21 D と第 2 半導体層 23 B との間に絶縁層 22 と第 1 半導体層 23 A との積層膜がある場合、第 2 半導体層 23 B に対する電界効果にはこれらの合成容量  $C_{\text{total}}$  が寄与する。具体的には、 $1/C_{\text{total}} = 1/C + 1/4C$  なので、 $C_{\text{total}} = 0.8C$  である。一方、シールド電極 21 D と第 2 半導体層 23 B との間に絶縁層 22 のみがある場合、容量は C であるから、25% 程度電界効果の効きが強くなることがわかる。この印加電圧は数 V（例えば、5 V 程度）であるから、この場合、実効電圧 1 V 程度の差が生じることになる。

[0171] なお、本変形例の有機光電変換部 200 は、さらに以下のような構成としてもよい。例えば図 42 に示したように、平面視において、第 1 半導体層 23 A の端部や開口 23 AH はラウンド形状としてもよい。これにより、第 1 半導体層 23 A と第 2 半導体層 23 B との密着性が向上すると共に、応力が緩和される。また、例えば図 43 に示したように、断面視において、第 1 半導体層 23 A の加工端部は傾斜面（例えば、順テーパ）として形成されていてもよい。これにより、第 2 半導体層 23 B による被覆性が向上し、第 2 半導体層 23 B との密着性を向上させることができる。

[0172] 図 44 は、図 40 に示した有機光電変換部 200 を用いた際の撮像装置 1 の画素部 1 A および画素部 1 A 周囲の周辺領域 1 B における有機光電変換部 200 の断面構成を模式的に表したものである。図 44 では、画素部 1 A の最外周に設けられたシールド電極 21 D 上から外側の第 1 半導体層 23 A を除去した例を示したがこれに限らない。例えば、図 45 に示したように、周辺領域 1 B まで延在する有機光電変換部 200 の端部近傍に、例えば第 1 半導体層 23 A の幾何学的なパターンを残すようにしてもよい。これにより、

ドライエッチング時の加工均一性および絶縁層 2 2 と第 2 半導体層 2 3 B との密着性を確保することができる。なお、保護層 5 1 上には、図 4 6 に示したように、さらに平坦化層 5 6 や配線 5 7、または図 1 に示したようなオンチップレンズ 5 4 等が設けられていてもよい。その際、有機光電変換部 2 0 の側面では、平坦化層 5 6 は第 2 半導体層 2 3 B とは接する一方、第 1 半導体層 2 3 A とは接しないという本変形例の特徴が表れる。また、図 4 0 および図 4 4 等では、シールド電極 2 1 D の上方の第 1 半導体層 2 3 A が除去された例を示したが、図 4 7 に示したように、例えば周辺領域 1 B において、第 1 半導体層 2 3 A の端部が、有機光電変換部 2 0 の端部よりも内側に形成されていれば、本変形例の効果である半導体層 2 3 の加工時間の短縮および製造工程の制御性を向上という効果を得ることができる。

[0173] 更に、本技術は、以下のような構成を有する撮像素子にも適用することができる。

[0174] (2-12. 変形例 12)

図 4 8 A は、本開示の変形例 12 の撮像素子 1 0 A の断面構成を模式的に表したものである。図 4 8 B は、図 4 8 A に示した撮像素子 1 0 A の平面構成の一例を模式的に表したものであり、図 4 8 A は、図 4 8 B に示した I-I 線における断面を表している。撮像素子 1 0 A は、例えば、無機光電変換部 3 2 と、有機光電変換部 6 0 とが積層された積層型の撮像素子であり、この撮像素子 1 0 A を備えた撮像装置（例えば、撮像装置 1）の画素部 1 A では、上記実施の形態と同様に、例えば図 4 8 B に示したように、例えば 2 行×2 列で配置された 4 つの画素を画素ユニット 1 a が繰り返し単位となり、行方向と列方向とからなるアレイ状に繰り返し配置されている。

[0175] 本変形の撮像素子 1 0 A では、有機光電変換部 6 0 の上方（光入射側 S 1）には、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 5 5 が、それぞれ、単位画素 P 毎に設けられている。具体的には、2 行×2 列で配置された 4 つの画素からなる画素ユニット 1 a において、緑色光（G）を選択的に透過させるカラーフィルタが対角線上に 2

つ配置され、赤色光（R）および青色光（B）を選択的に透過させるカラーフィルタが、直交する対角線上に1つずつ配置されている。各カラーフィルタが設けられた単位画素（P<sub>r</sub>, P<sub>g</sub>, P<sub>b</sub>）では、例えば、有機光電変換部60において、それぞれ、対応する色光が検出されるようになっている。即ち、画素部1Aでは、それぞれ、赤色光（R）、緑色光（G）および青色光（B）を検出する画素（P<sub>r</sub>, P<sub>g</sub>, P<sub>b</sub>）が、ベイヤー状に配列されている。

[0176] 有機光電変換部60は、例えば、下部電極61、絶縁層62、半導体層63、光電変換層64および上部電極65からなり、下部電極61、絶縁層62、半導体層63、光電変換層64および上部電極65は、それぞれ、上記実施の形態における有機光電変換部20と同様の構成を有している。無機光電変換部32は、有機光電変換部60とは異なる波長域の光を検出する。

[0177] 撮像素子10Aでは、カラーフィルタ55を透過した光のうち、可視光領域の光（赤色光（R）、緑色光（G）および青色光（B））は、それぞれ、各カラーフィルタが設けられた単位画素（P<sub>r</sub>, P<sub>g</sub>, P<sub>b</sub>）の有機光電変換部60で吸収され、それ以外の光、例えば、赤外光領域（例えば、700nm以上1000nm以下）の光（赤外光（IR））は、有機光電変換部60を透過する。この有機光電変換部60を透過した赤外光（IR）は、各単位画素P<sub>r</sub>, P<sub>g</sub>, P<sub>b</sub>の無機光電変換部32において検出され、各単位画素P<sub>r</sub>, P<sub>g</sub>, P<sub>b</sub>では赤外光（IR）に対応する信号電荷が生成される。即ち、撮像素子10Aを備えた撮像装置1では、可視光画像および赤外光画像の両方を同時に生成可能となっている。

[0178] （2-13. 変形例13）

図49Aは、本開示の変形例13の撮像素子10Bの断面構成を模式的に表したものである。図49Bは、図49Aに示した撮像素子10Bの平面構成の一例を模式的に表したものであり、図49Aは、図49Bに示したI-V-I線における断面を表している。上記変形例7では、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55が

有機光電変換部60の上方（光入射側S1）に設けられた例を示したが、カラーフィルタ55は、例えば、図49Aに示したように、無機光電変換部32と有機光電変換部60との間に設けるようにしてもよい。

[0179] 撮像素子10Bでは、例えば、カラーフィルタ55は、画素ユニット1a内において、少なくとも赤色光（R）を選択的に透過させるカラーフィルタ（カラーフィルタ55R）および少なくとも青色光（B）を選択的に透過させるカラーフィルタ（カラーフィルタ55B）が互いに対角線上に配置された構成を有している。有機光電変換部60（光電変換層64）は、例えば上記実施の形態と同様に緑色光に対応する波長を選択的に吸収するように構成されている。これにより、有機光電変換部60およびカラーフィルタ55R、55Bの下方にそれぞれ配置された無機光電変換部（無機光電変換部32R、32G）においてRGBに対応する信号を取得することが可能となる。本変形例の撮像素子10Bでは、一般的なベイヤー配列を有する撮像素子よりもRGBそれぞれの光電変換部の面積を拡大することができるため、S/N比を向上させることが可能となる。

[0180] （2-14. 変形例14）

図50は、本開示の変形例14に係る撮像素子10Cの断面構成を模式的に表したものである。本変形例の撮像素子10Cは、2つの有機光電変換部20、80と、1つの無機光電変換部32とが縦方向に積層されたものである。

[0181] 有機光電変換部20、80と、無機光電変換部32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。例えば、有機光電変換部20では緑（G）の色信号を取得する。例えば、有機光電変換部80は青（B）の色信号を取得する。例えば、無機光電変換部32では赤（R）の色信号を取得する。これにより、撮像素子10C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。

[0182] 有機光電変換部80は、例えば有機光電変換部20の上方に積層され、有

機光電変換部20と同様に、下部電極81、例えば第1半導体層83Aおよび第2半導体層83Bを含む半導体層83、光電変換層84および上部電極85が、半導体基板30の第1面30Aの側からこの順に積層された構成を有している。下部電極81は、有機光電変換部20と同様に、読み出し電極81Aと蓄積電極81Bとから構成されており、絶縁層82によって電氣的に分離されている。絶縁層82は、読み出し電極81A上に開口82Hが設けられている。有機光電変換部80と有機光電変換部20の間には、層間絶縁層87が設けられている。

[0183] 読み出し電極81Aには、層間絶縁層87および有機光電変換部20を貫通し、有機光電変換部20の読み出し電極21Aと電氣的に接続された貫通電極88が接続されている。更に、読み出し電極81Aは、貫通電極34、88を介して、半導体基板30に設けられたフローティングディフュージョンFDと電氣的に接続されており、光電変換層84において生成された電荷を一時的に蓄積することができる。更に、読み出し電極81Aは、貫通電極34、88を介して、半導体基板30に設けられたアンプトランジスタAMP等と電氣的に接続されている。

[0184] (2-15. 変形例15)

図51は、本開示の変形例15に係る撮像素子(撮像素子10D)の断面構成を表したものである。撮像素子10D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イメージセンサ等の撮像装置(撮像装置1)の画素部1Aにおいてアレイ状に繰り返し配置される1つの画素(単位画素P)を構成するものである。本変形例の撮像素子10Dは、2つの有機光電変換部20および有機光電変換部70と、1つの無機光電変換部32とが縦方向に積層されたものである。

[0185] 有機光電変換部20、70と、無機光電変換部32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。例えば、有機光電変換部20では緑(G)の色信号を取得する。例えば、有機光電変換部70は青(B)の色信号を取得する。例えば、無機光電変換部32では赤(R)

の色信号を取得する。これにより、撮像素子10Dでは、カラーフィルタを用いることなく一つの単位画素Pにおいて複数種類の色信号を取得可能となっている。

[0186] 有機光電変換部70は、例えば有機光電変換部20の上方に積層され、有機光電変換部20と同様に、下部電極71、例えば第1半導体層73Aおよび第2半導体層73Bを含む半導体層73、光電変換層74、および上部電極75が、半導体基板30の第1面30Aの側からこの順に積層された構成を有している。また、下部電極71と半導体層73との間には、絶縁層72が設けられている。下部電極71は、例えば、撮像素子10Dごとに分離形成されると共に、絶縁層72を間に互いに分離された読み出し電極71Aおよび蓄積電極71Bによって構成されている。下部電極71のうち、読み出し電極71Aは、絶縁層72に設けられた開口72Hを介して第1半導体層72Aと電氣的に接続されている。半導体層73、光電変換層74および上部電極75は、図51では、撮像素子10Dごとに分離形成されている例を示したが、例えば、複数の撮像素子10Dに共通した連続層として設けられていてもよい。

[0187] 半導体層73は、光電変換層74で発生した電荷を蓄積するためのものである。半導体層73は、半導体層23と同様に、第1半導体層73Aと第2半導体層73Bとが下部電極71側からこの順に積層された積層構造を有している。具体的には、第1半導体層73Aは、下部電極71と半導体層73とを電氣的に分離する絶縁層72上に設けられ、読み出し電極71A上に設けられた開口72H内において読み出し電極71Aと電氣的に接続されている。第2半導体層73Bは、第1半導体層73Aと光電変換層74との間に設けられている。

[0188] 第1半導体層73Aおよび第2半導体層73Bは、それぞれ、上記実施の形態の第1半導体層23Aおよび第2半導体層23Bと同様の構成を有している。

[0189] 光電変換層74は、光エネルギーを電気エネルギーに変換するものであり

、光電変換層24と同様に、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74は、p型半導体およびn型半導体の他に、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る。光電変換層74をp型半導体、n型半導体および色素材料の3種類の有機材料を用いて形成する場合には、p型半導体およびn型半導体は、可視領域（例えば、450nm～800nm）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74の厚みは、例えば、50nm～500nmである。光電変換層74に用いられる色素材料としては、例えば、クマリンおよびジアゾ化合物またはそれらの誘導体等が挙げられる。

[0190] 半導体基板30の第1面30Aと第2面30Bとの間には、2つの貫通電極34X、34Yが設けられている。

[0191] 貫通電極34Xは、上記実施の形態における貫通電極34と同様に、有機光電変換部20の読み出し電極21Aと電氣的に接続されており、有機光電変換部20は、貫通電極34X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36B1に接続されている。貫通電極34Xの上端は、例えば、パッド部39Aおよび上部第1コンタクト39Cを介して読み出し電極21Aに接続されている。

[0192] 貫通電極34Yは、有機光電変換部70の読み出し電極71Aと電氣的に接続されており、有機光電変換部70は、貫通電極34Y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FD2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Tr2rst）の一方のソース／ドレイン領域36B2に接続されている。貫通電極34Yの上端は、例えば、パッド部39E、上部第3コンタクト39F、パッド部A、上部第4コンタクト76Cを介して読み出し電極71Aに接続

されている。また、読み出し電極 71A と共に下部電極 71 を構成する蓄積電極 71B には、上部第 5 コンタクト 76D を介してパッド部 76B が接続されている。

[0193] 以上のように、本変形例の撮像素子 10D では、2つの有機光電変換部 20, 70 と、1つの無機光電変換部 32 とが積層された構成とし、有機光電変換部 70 についても、有機光電変換部 20 と同様に、読み出し電極 71A および蓄積電極 71B からなる下部電極 71 と光電変換層 74 との間に、 $E_{c1} > E_{c2}$  の伝導帯最下端のエネルギー準位関係を有する第 1 半導体層 73A ( $E_{c1}$ ) および第 2 半導体層 73B ( $E_{c2}$ ) を下部電極 71 側から順に積層された半導体層 73 を設けるようにした。これにより、上記実施の形態と同様の効果を得ることができる。

[0194] (2-16. 変形例 16)

図 52 は、本開示の変形例 16 に係る撮像素子 (撮像素子 10E) の断面構成を模式的に表したものである。撮像素子 10E 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 イメージセンサ等の撮像装置 (撮像装置 1) の画素部 1A においてアレイ状に繰り返し配置される 1つの画素 (単位画素 P) を構成するものである。本変形例の撮像素子 10E は、有機材料を用いて形成された赤色光電変換部 90R、緑色光電変換部 90G および青色光電変換部 90B が、半導体基板 30 に、絶縁層 92 を介してこの順に積層された構成を有する。なお、図 52 では、各有機光電変換部 90R, 90G, 90B の構成を簡略化して示しており、具体的な構成は、上記実施の形態の有機光電変換部 20 等と同様である。

[0195] 赤色光電変換部 90R、緑色光電変換部 90G および青色光電変換部 90B は、それぞれ一対の電極の間、具体的には、下部電極 91R と上部電極 95R との間、下部電極 91G と上部電極 95G との間、下部電極 91B と上部電極 95B との間に、それぞれ半導体層 93R, 93G, 93B および光電変換層 94R, 94G, 94B を有する。

[0196] 青色光電変換部 90B 上には、保護層 98 および表面にオンチップレンズ

99Lを有するオンチップレンズ層99が設けられている。半導体基板30内には、赤色蓄電層310R、緑色蓄電層310Gおよび青色蓄電層310Bが設けられている。オンチップレンズ99Lに入射した光は、赤色光電変換部90R、緑色光電変換部90Gおよび青色光電変換部90Bで光電変換され、赤色光電変換部90Rから赤色蓄電層310Rへ、緑色光電変換部90Gから緑色蓄電層310Gへ、青色光電変換部90Bから青色蓄電層310Bへそれぞれ信号電荷が送られるようになっている。信号電荷は、光電変換によって生じる電子および正孔のどちらであってもよいが、以下では、電子を信号電荷として読み出す場合を例に挙げて説明する。

[0197] 半導体基板30は、例えばp型シリコン基板により構成されている。この半導体基板30に設けられた赤色蓄電層310R、緑色蓄電層310Gおよび青色蓄電層310Bは、各々n型半導体領域を含んでおり、このn型半導体領域に赤色光電変換部90R、緑色光電変換部90Gおよび青色光電変換部90Bから供給された信号電荷（電子）が蓄積されるようになっている。赤色蓄電層310R、緑色蓄電層310Gおよび青色蓄電層310Bのn型半導体領域は、例えば、半導体基板30に、リン（P）またはヒ素（As）等のn型不純物をドーピングすることにより形成される。なお、半導体基板30は、ガラス等からなる支持基板（図示せず）上に設けるようにしてもよい。

[0198] 半導体基板30には、赤色蓄電層310R、緑色蓄電層310Gおよび青色蓄電層310Bそれぞれから電子を読み出し、例えば垂直信号線（例えば、後述の図32の垂直信号線Lsig）に転送するための画素トランジスタが設けられている。この画素トランジスタのフローティングディフュージョンが半導体基板30内に設けられており、このフローティングディフュージョンが赤色蓄電層310R、緑色蓄電層310Gおよび青色蓄電層310Bに接続されている。フローティングディフュージョンは、n型半導体領域により構成されている。

[0199] 絶縁層92は、例えば、酸化シリコン（SiO<sub>x</sub>）、窒化シリコン（SiN

x)、酸窒化シリコン (SiON) および酸化ハフニウム (HfO<sub>x</sub>) 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。また、絶縁層92は、有機絶縁材料を用いて形成してもよい。絶縁層92には、図示していないが、赤色蓄電層310Rと赤色光電変換部90R、緑色蓄電層310Gと緑色光電変換部90G、青色蓄電層310Bと青色光電変換部90Bをそれぞれ接続するためのプラグおよび電極が設けられている。

[0200] 赤色光電変換部90Rは、半導体基板30に近い位置から、下部電極91R、半導体層93R (第1半導体層93RAおよび第2半導体層93RB)、光電変換層94Rおよび上部電極95Rをこの順に有するものである。緑色光電変換部90Gは、赤色光電変換部90Rに近い位置から、下部電極91G、半導体層93G (第1半導体層93GAおよび第2半導体層93GB)、光電変換層94Gおよび上部電極95Gをこの順に有するものである。青色光電変換部90Bは、緑色光電変換部90Gに近い位置から、下部電極91B、半導体層93B (第1半導体層93BAおよび第2半導体層93BB)、光電変換層94Bおよび上部電極95Bをこの順に有するものである。赤色光電変換部90Rと緑色光電変換部90Gとの間には絶縁層96が、緑色光電変換部90Gと青色光電変換部90Bとの間には絶縁層97がさらに設けられている。赤色光電変換部90Rでは赤色 (例えば、波長620nm以上750nm未満) の光が、緑色光電変換部90Gでは緑色 (例えば、波長495nm以上620nm未満) の光が、青色光電変換部90Bでは青色 (例えば、波長400nm以上495nm未満) の光がそれぞれ選択的に吸収され、電子-正孔対が発生するようになっている。

[0201] 下部電極91Rは光電変換層94Rで生じた信号電荷を、下部電極91Gは光電変換層94Gで生じた信号電荷を、下部電極91Bは光電変換層94Bで生じた信号電荷をそれぞれ取り出すものである。下部電極91R, 91G, 91Bは、図示していないが、上記実施の形態における有機光電変換部20の下部電極21と同様に、単位画素P毎に、絶縁層によって互いに分離

された複数の電極（例えば、読み出し電極および蓄積電極）から構成されている。

[0202] 下部電極 91R, 91G, 91B は、例えば、光透過性を有する導電材料、例えばITOにより構成される。下部電極 21 の構成材料としては、ITOの他にも、ドーパントを添加した酸化スズ ( $\text{SnO}_2$ ) 系材料、あるいは亜鉛酸化物 ( $\text{ZnO}$ ) 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 ( $\text{Al}$ ) を添加したアルミニウム亜鉛酸化物 ( $\text{AZO}$ )、ガリウム ( $\text{Ga}$ ) を添加したガリウム亜鉛酸化物 ( $\text{GZO}$ )、インジウム ( $\text{In}$ ) を添加したインジウム亜鉛酸化物 ( $\text{IZO}$ ) が挙げられる。また、この他にも、 $\text{IGZO}$ 、 $\text{ITZO}$ 、 $\text{CuI}$ 、 $\text{InSbO}_4$ 、 $\text{ZnMgO}$ 、 $\text{CuInO}_2$ 、 $\text{MgIn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{CdO}$ 、 $\text{ZnSnO}_3$  等を用いてもよい。

[0203] 半導体層 93R, 93G, 93B は、それぞれ、光電変換層 94R, 94G, 94B で発生した電荷を蓄積するためのものである。半導体層 93R, 93G, 93B は、上記実施の形態における有機光電変換部 20 の半導体層 23 と同様に、第1半導体層 93RA, 93GA, 93BA と第2半導体層 93RB, 93GB, 93BB とが下部電極 91R, 91G, 91B 側からこの順に積層された積層構造を有している。具体的には、例えば、有機光電変換部 90R では、下部電極 91R 側から、第1半導体層 93RA、第2半導体層 93RB、光電変換層 94R、上部電極 95R がこの順に積層されている。有機光電変換部 90G および有機光電変換部 90B についても同様である。

[0204] 第1半導体層 93RA, 93GA, 93BA および第2半導体層 93RB, 93GB, 93BB は、それぞれ、第1半導体層 23A および第2半導体層 23B と同様の構成を有している。

[0205] 光電変換層 94R, 94G, 94B は、光エネルギーを電気エネルギーに変換するものであり、それぞれ、選択的な波長域の光を吸収して光電変換し、他の波長域の光を透過させるものである。ここで、選択的な波長域の光と

は、光電変換層 94 R では、例えば、波長 620 nm 以上 750 nm 未満の波長域の光である。光電変換層 94 G では、例えば、波長 495 nm 以上 620 nm 未満の波長域の光である。光電変換層 94 B では、例えば、波長 400 nm 以上 495 nm 未満の波長域の光である。

[0206] 光電変換層 94 R, 94 G, 94 B は、光電変換層 24 と同様に、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を 2 種以上含んで構成されている。光電変換層 94 R, 94 G, 94 B は、p 型半導体および n 型半導体の他に、さらに、上記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る。このような材料としては、例えば、光電変換層 94 R では、例えば、ローダミンおよびメロシアニンまたはその誘導体が挙げられる。光電変換層 94 G では、例えば、BODIPY 色素が挙げられる。光電変換層 94 B では、例えば、クマリン、ジアゾ化合物およびシアニン系色素またはそれらの誘導体等が挙げられる。

[0207] 上部電極 95 R は、光電変換層 94 R で発生した正孔を、上部電極 95 G は光電変換層 94 G で発生した正孔を、上部電極 95 B は光電変換層 94 G で発生した正孔をそれぞれ取り出すためのものである。上部電極 95 R, 95 G, 95 B から取り出された正孔は、各々の伝送経路（図示せず）を介して、例えば半導体基板 30 内の p 型半導体領域（図示せず）に排出されるようになっている。

[0208] 上部電極 95 R, 95 G, 95 B は、下部電極 91 R, 91 G, 91 B と同様に、光透過性を有する導電材料、例えば ITO により構成されている。この他、上部電極 95 R, 95 G, 95 B は、例えば、金 (Au), 銀 (Ag), 銅 (Cu) およびアルミニウム (Al) 等の導電材料により構成されていてもよい。

[0209] 絶縁層 96 は、上部電極 95 R と下部電極 91 G とを絶縁するためのものであり、絶縁層 97 は上部電極 95 G と下部電極 91 B とを絶縁するためのものである。絶縁層 96, 97 は、例えば、金属酸化物、金属硫化物あるいは

は有機物により構成されている。金属酸化物としては、例えば、酸化シリコン ( $\text{SiO}_x$ )、酸化アルミニウム ( $\text{AlO}_x$ )、酸化ジルコニウム ( $\text{ZrO}_x$ )、酸化チタン ( $\text{TiO}_x$ )、酸化亜鉛 ( $\text{ZnO}_x$ )、酸化タングステン ( $\text{WO}_x$ )、酸化マグネシウム ( $\text{MgO}_x$ )、酸化ニオブ ( $\text{NbO}_x$ )、酸化スズ ( $\text{SnO}_x$ ) および酸化ガリウム ( $\text{GaO}_x$ ) 等が挙げられる。金属硫化物としては、硫化亜鉛 ( $\text{ZnS}$ ) および硫化マグネシウム ( $\text{MgS}$ ) 等が挙げられる。

[0210] 以上のように、本変形例の撮像素子 10E では、3つの有機光電変換部 (赤色光電変換部 90R、緑色光電変換部 90G および青色光電変換部 90B) が積層された構成とし、各有機光電変換部 90R, 90G, 90B では、上記実施の形態における有機光電変換部 20 と同様に、下部電極 91R, 91G, 91B と光電変換層 94R, 94G, 94B との間に、それぞれお、 $E_{c1} > E_{c2}$  の伝導帯最下端のエネルギー準位関係を有する第1半導体層 93RA, 93GA, 93BA ( $E_{c1}$ ) および第2半導体層 93RB, 93GB, 93BB ( $E_{c2}$ ) を下部電極 91R, 91G, 91B 側から順に積層された半導体層 93R, 93G, 93B を設けるようにした。これにより、上記実施の形態と同様の効果を得ることができる。

[0211] <3. 適用例>

(適用例 1)

図 53 は、本開示の撮像素子 (例えば、撮像素子 10) 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。

[0212] 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 (撮像素子 10 に相当) 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 L read (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。

[0213] 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の各单位画素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单位画素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。

[0214] 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。

[0215] 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。

[0216] 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。

[0217] (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54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）210と、シャッタ装置211と、撮像装置1およびシャッタ装置211を駆動する駆動部213と、信号処理部212とを有する。

[0218] 光学系210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210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211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213は、撮像装置1の転送動作およびシャッタ装置211のシャッタ動作を制御するものである。信号処理部212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、モニタ等へ出力される。

[0219] <4. 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）にも応用することが可能である。

[0220] （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。

[0221] 図55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。

[0222] 体内情報取得システム10001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。

[0223] 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。

[0224] 外部制御装置 10200 は、体内情報取得システム 10001 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。

[0225] 体内情報取得システム 10001 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。

[0226] 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。

[0227] 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。

[0228] 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。

[0229] 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。

[0230] 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。

[0231] 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。

[0232] 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。

[0233] 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55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。

[0234] 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。

[0235] 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101

00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。

[0236] 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。

[0237] 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。

[0238] （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。

[0239] 図56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。

[0240] 図56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。

[0241] 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。

[0242] 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。

[0243] 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。

[0244] 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。

[0245] 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。

[0246] 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。

[0247] 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。

[0248] 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。

[0249] 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。

[0250] 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。

[0251] また、光源装置11203は、特殊光観察に対応した所定の波長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 Band 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。

[0252] 図57は、図56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。

[0253] 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。

- [0254] 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。
- [0255] 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。
- [0256] 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。
- [0257] 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。
- [0258] 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。
- [0259] また、通信部11404は、CCU11201から、カメラヘッド111

02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。

[0260] 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。

[0261] カメラヘッド制御部11405は、通信部11404を介して受信したCCU11201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。

[0262] 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。

[0263] 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。

[0264] 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。

[0265] 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。

[0266] 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 1 1 2 0 2 に表示させる。この際、制御部 1 1 4 1 3 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 1 1 4 1 3 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 1 1 1 1 2 の使用時のミスト等を認識することができる。制御部 1 1 4 1 3 は、表示装置 1 1 2 0 2 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 1 1 1 3 1 に提示されることにより、術者 1 1 1 3 1 の負担を軽減することや、術者 1 1 1 3 1 が確実に手術を進めることが可能になる。

[0267] カメラヘッド 1 1 1 0 2 及び CCU 1 1 2 0 1 を接続する伝送ケーブル 1 1 4 0 0 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。

[0268] ここで、図示する例では、伝送ケーブル 1 1 4 0 0 を用いて有線で通信が行われていたが、カメラヘッド 1 1 1 0 2 と CCU 1 1 2 0 1 との間の通信は無線で行われてもよい。

[0269] 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 1 1 4 0 2 に適用され得る。撮像部 1 1 4 0 2 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。

[0270] 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。

[0271] (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。

- [0272] 図58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。
- [0273] 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58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)12053が図示されている。
- [0274] 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。
- [0275] 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、キーレスエントリーシステム、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、ウイ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。
- [0276] 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1203

0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。

[0277] 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。

[0278] 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。

[0279] 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。

[0280] 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。

[0281] 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。

[0282] 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58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もよい。

[0283] 図59は、撮像部12031の設置位置の例を示す図である。

[0284] 図59では、撮像部12031として、撮像部12101、12102、12103、12104、12105を有する。

[0285] 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。

[0286] なお、図59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。

[0287] 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。

[0288] 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。

[0289] 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。

[0290] 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どう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角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。

[0291] 以上、実施の形態および変形例1～16ならびに適用例および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。例えば、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。

[0292] 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、2以上の有機光電変換部を設けてもよいし、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。

[0293] 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つの電極あるいは、読み出し電極21A、蓄積電極21Bおよび転送電極21Cや読み出し電極21A、蓄積電極21Bおよびシールド電極21Dの3つの電極から構成した例を示したが、この他に、排出電極等の4つ以上の電極を設けるようにしてもよい。

[0294] 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。

[0295] なお、本技術は以下のような構成を取ることも可能である。以下の構成の本技術によれば、並列配置されてなる第1の電極および第2の電極と、有機材料を含む光電変換層との間に、光電変換層側に設けられた第1の層と、第1の電極および第2の電極側に設けられると共に、第1の層の伝導帯最下端のエネルギー準位よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位を有する第2の層とが積層された半導体層を設けるようにした。これにより、第2の電極への電荷の輸送特性を改善され、ノイズを低減することが可能となる。

(1)

並列配置されてなる第1の電極および第2の電極と、  
前記第1の電極および前記第2の電極と対向配置された第3の電極と、  
前記第1の電極および前記第2の電極と前記第3の電極との間に設けられた光電変換層と、

前記第1の電極および前記第2の電極と前記光電変換層との間に設けられ、第1の層および前記第1の層の伝導帯最下端のエネルギー準位よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位を有する第2の層とが、前記光電変換層側から順に積層された半導体層と

を備えた撮像素子。

(2)

前記第1の電極および前記第2の電極と、前記半導体層との間に設けられると共に、前記第2の電極の上方に第1の開口を有する絶縁層をさらに有し、

前記第2の電極と前記半導体層とは、前記第1の開口を介して電氣的に接続されている、前記(1)に記載の撮像素子。

(3)

前記光電変換層と前記半導体層との間に無機材料を含む保護層をさらに有する、前記(1)または(2)に記載の撮像素子。

(4)

前記半導体層は、前記保護層と前記第1の層との間に、前記第1の層の伝導帯最下端のエネルギー準位と略同じまたはより浅い伝導帯最下端のエネルギー準位を有する第3の層をさらに有する、前記(3)に記載の撮像素子。

(5)

前記第1の開口の側面および底面は前記第2の層に覆われており、前記底面を覆う前記第2の層の少なくとも一部は他の領域よりも高いキャリア濃度を有する、前記(2)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2の層は、前記第1の開口内において、前記第2の電極と前記第1の層とが直接電氣的に接続される第2の開口を有する、前記(5)に記載の撮像素子。

(7)

前記第1の開口の側面は、前記第2の層に覆われている、前記(6)に記載の撮像素子。

(8)

前記第1の開口と前記第2の開口とは同一側面を有する、前記(6)に記載の撮像素子。

(9)

前記第2の開口の側面は、前記第1の開口の側面よりも外側に設けられている、前記(6)に記載の撮像素子。

(10)

前記第2の層は、前記第1の層に含まれるシリコンの含有量以上のシリコンを含んでいる、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)

前記第1の層および前記第2の層はそれぞれガリウムを含み、  
前記第2の層は、前記第1の層に含まれるガリウムの含有量以上のガリウムを含んでいる、前記(1)乃至(10)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(12)

前記第1の層および前記第2の層はそれぞれ亜鉛を含み、  
前記第2の層は、前記第1の層に含まれる亜鉛の含有量以上の亜鉛を含んでいる、前記(1)乃至(10)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(13)

前記第1の層および前記第2の層は共に結晶性を有している、前記(1)乃至(12)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(14)

前記第2の層はアモルファス層と結晶層とを有しており、前記アモルファス層および前記結晶層は前記第1の電極および前記第2の電極側から順に積層されている、前記(13)に記載の撮像素子。

(15)

前記第1の層および前記第2の層は共にアモルファス性を有している、前記(1)乃至(14)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(16)

前記第1の層および前記第2の層の一方は結晶性を有し、他方はアモルファス性を有している、前記(1)乃至(14)のうちのいずれか1つに記載

の撮像素子。

(17)

前記第2の層は層内に、該第2の層内において他の領域よりも多くの炭素を多く含む層を有している、前記(2)乃至(16)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(18)

前記第2の層は前記第1の開口の側面および底面を覆い、前記炭素を多く含む層は層内の前記第1の開口よりも外側に設けられている、前記(17)に記載の撮像素子。

(19)

前記第1の層は層内に、該第1の層内において他の領域とよりも多くの炭素を多く含む層を含んでいる、前記(1)乃至(16)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(20)

前記第1の層は前記第1の開口内において前記第2の電極と直接接し、前記炭素を多く含む層は層内の前記第1の開口よりも外側に設けられている、前記(18)または(19)に記載の撮像素子。

(21)

前記第1の開口内において、前記第1の電極と前記半導体層との間または前記第1の層と前記第2の層との間に金属膜または金属酸化物膜をさらに有する、前記(2)乃至(20)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(22)

前記金属膜および前記金属酸化物膜と、前記第1の開口の側面との間に隙間を有する、前記(21)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(23)

前記半導体層は、前記金属膜および前記金属酸化物膜の周囲に他の領域よりもキャリア濃度の高い領域を有している、前記(21)または(22)に記載の撮像素子。

(24)

前記金属膜および前記金属酸化物膜は、前記第1の開口の側面および底面を覆っている、前記(21)乃至(23)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(25)

前記金属膜および前記金属酸化物膜は、前記第2の層を構成する材料よりもギブスエネルギーが同等以下の材料を含んでいる、前記(21)乃至(24)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(26)

前記第1の電極および前記第2の電極は前記第2の層を構成する材料よりもギブスエネルギーが同等以下の材料を含んで形成されている、前記(1)乃至(26)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(27)

前記第2の層は、1nm以上50nm以下の厚みを有する、前記(1)乃至(26)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(28)

前記第1の電極と前記第2の電極との間に第4の電極をさらに有する、前記(1)乃至(27)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(29)

前記第4の電極は、前記第1の電極および前記第2の電極よりも下層に設けられている、前記(28)に記載の撮像素子。

(30)

前記第1の層は、結晶性を有する層と、アモルファス性を有する層との積層構造を有している、前記(1)乃至(29)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(31)

前記結晶性を有する層および前記アモルファス性を有する層は、前記第1の電極および前記第2の電極側からこの順に積層されている、前記(30)

に記載の撮像素子。

(32)

前記アモルファス性を有する層は、前記結晶性を有する層の伝導帯最下端のエネルギー準位と略同じまたはより浅い伝導帯最下端のエネルギー準位を有する、前記(31)に記載の撮像素子。

(33)

前記アモルファス性を有する層は、前記結晶性を有する層の上面および側面を覆っている、前記(30)乃至(32)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(34)

前記第2の電極の上方に前記結晶性を有する層を貫通する開口をさらに有し、

前記アモルファス性を有する層は、前記開口を介して前記第2の電極と電気的に接続されている、前記(31)乃至(33)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(35)

前記光電変換層と前記アモルファス性を有する層との間に無機材料を含む保護層をさらに有し、

前記開口内において前記アモルファス性を有する層と前記保護層が積層されている、前記(34)に記載の撮像素子。

(36)

前記第2の層は、平面視において、前記第1の層の端部よりも内側に端部を有している、前記(1)乃至(35)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(37)

前記第2の層の端部は傾斜面を有している、前記(36)に記載の撮像素子。

(38)

前記第2の層は、前記第2の電極と前記第1の層とが直接電氣的に接続される第2の開口をさらに有し、

平面視において、前記第2の層の端部および前記第2の開口はラウンド形状を有している、前記(36)または(37)に記載の撮像素子。

(39)

平面視において、前記第1の電極および前記第2の電極の周囲に、固定電位が印加される第5の電極をさらに有する、前記(1)乃至(38)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(40)

前記第5の電極の上方には、前記第2の層を介さずに前記第1の層が形成されている、前記(39)に記載の撮像素子。

(41)

前記第1の電極および前記第2の電極は、前記光電変換層に対して光入射面とは反対側に配置されている、前記(1)乃至(40)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(42)

前記第1の電極および前記第2の電極は、それぞれ個別に電圧が印加される、前記(1)乃至(41)のうちのいずれか1つに記載の撮像素子。

(43)

前記第1の電極、前記第2の電極、前記第3の電極、前記光電変換層および前記半導体層を有する1または複数の有機光電変換部と、前記有機光電変換部とは異なる波長域の光電変換を行う1または複数の無機光電変換部とが積層されている、前記(42)に記載の撮像素子。

(44)

前記無機光電変換部は、半導体基板に埋め込み形成され、

前記有機光電変換部は、前記半導体基板の第1の面側に形成されている、前記(43)に記載の撮像素子。

(45)

1 または複数の撮像素子がそれぞれ設けられている複数の画素を備え、  
前記撮像素子は、  
並列配置されてなる第1の電極および第2の電極と、  
前記第1の電極および前記第2の電極と対向配置された第3の電極と、  
前記第1の電極および前記第2の電極と前記第3の電極との間に設けられ  
た光電変換層と、  
前記第1の電極および前記第2の電極と前記光電変換層との間に設けられ  
、第1の層および前記第1の層の伝導帯最下端のエネルギー準位よりも浅い  
伝導帯最下端のエネルギー準位を有する第2の層とが、前記光電変換層側か  
ら順に積層された半導体層と  
を有する撮像装置。

[0296] 本出願は、日本国特許庁において2020年3月31日に出願された日本  
特許出願番号2020-064017号および2021年3月19日に出願  
された日本特許出願番号2021-045945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  
。

[0297] 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] 並列配置されてなる第1の電極および第2の電極と、  
前記第1の電極および前記第2の電極と対向配置された第3の電極と、  
前記第1の電極および前記第2の電極と前記第3の電極との間に設けられた光電変換層と、  
前記第1の電極および前記第2の電極と前記光電変換層との間に設けられ、第1の層および前記第1の層の伝導帯最下端のエネルギー準位よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位を有する第2の層とが、前記光電変換層側から順に積層された半導体層と  
を備えた撮像素子。
- [請求項2] 前記第1の電極および前記第2の電極と、前記半導体層との間に設けられると共に、前記第2の電極の上方に第1の開口を有する絶縁層をさらに有し、  
前記第2の電極と前記半導体層とは、前記第1の開口を介して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3] 前記光電変換層と前記半導体層との間に無機材料を含む保護層をさらに有する、請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項4] 前記半導体層は、前記保護層と前記第1の層との間に、前記第1の層の伝導帯最下端のエネルギー準位と略同じまたはより浅い伝導帯最下端のエネルギー準位を有する第3の層をさらに有する、請求項3に記載の撮像素子。
- [請求項5] 前記第1の開口の側面および底面は前記第2の層に覆われており、前記底面を覆う前記第2の層の少なくとも一部は他の領域よりも高いキャリア濃度を有する、請求項2に記載の撮像素子。
- [請求項6] 前記第2の層は、前記第1の開口内において、前記第2の電極と前記第1の層とが直接電気的に接続される第2の開口を有する、請求項5に記載の撮像素子。

- [請求項7] 前記第1の開口の側面は、前記第2の層に覆われている、請求項6に記載の撮像素子。
- [請求項8] 前記第1の開口と前記第2の開口とは同一側面を有する、請求項6に記載の撮像素子。
- [請求項9] 前記第2の開口の側面は、前記第1の開口の側面よりも外側に設けられている、請求項6に記載の撮像素子。
- [請求項10] 前記第2の層は、前記第1の層に含まれるシリコンの含有量以上のシリコンを含んでいる、請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項11] 前記第1の層および前記第2の層はそれぞれガリウムを含み、  
前記第2の層は、前記第1の層に含まれるガリウムの含有量以上のガリウムを含んでいる、請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項12] 前記第1の層および前記第2の層はそれぞれ亜鉛を含み、  
前記第2の層は、前記第1の層に含まれる亜鉛の含有量以上の亜鉛を含んでいる、請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項13] 前記第1の層および前記第2の層は共に結晶性を有している、請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項14] 前記第2の層はアモルファス層と結晶層とを有しており、前記アモルファス層および前記結晶層は前記第1の電極および前記第2の電極側から順に積層されている、請求項13に記載の撮像素子。
- [請求項15] 前記第1の層および前記第2の層は共にアモルファス性を有している、請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項16] 前記第1の層および前記第2の層の一方は結晶性を有し、他方はアモルファス性を有している、請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項17] 前記第2の層は層内に、該第2の層内において他の領域よりも多くの炭素を多く含む層を有している、請求項2に記載の撮像素子。
- [請求項18] 前記第2の層は前記第1の開口の側面および底面を覆い、前記炭素を多く含む層は層内の前記第1の開口よりも外側に設けられている、請求項17に記載の撮像素子。

- [請求項19] 前記第1の層は層内に、該第1の層内において他の領域とよりも多くの炭素を多く含む層を含んでいる、請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項20] 前記第1の層は前記第1の開口内において前記第2の電極と直接接し、前記炭素を多く含む層は層内の前記第1の開口よりも外側に設けられている、請求項18に記載の撮像素子。
- [請求項21] 前記第1の開口内において、前記第1の電極と前記半導体層との間または前記第1の層と前記第2の層との間に金属膜または金属酸化物膜をさらに有する、請求項2に記載の撮像素子。
- [請求項22] 前記金属膜および前記金属酸化物膜と、前記第1の開口の側面との間に隙間を有する、請求項21に記載の撮像素子。
- [請求項23] 前記半導体層は、前記金属膜および前記金属酸化物膜の周囲に他の領域よりもキャリア濃度の高い領域を有している、請求項21に記載の撮像素子。
- [請求項24] 前記金属膜および前記金属酸化物膜は、前記第1の開口の側面および底面を覆っている、請求項21に記載の撮像素子。
- [請求項25] 前記金属膜および前記金属酸化物膜は、前記第2の層を構成する材料よりもギブスエネルギーが同等以下の材料を含んでいる、請求項21に記載の撮像素子。
- [請求項26] 前記第1の電極および前記第2の電極は前記第2の層を構成する材料よりもギブスエネルギーが同等以下の材料を含んで形成されている、請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項27] 前記第2の層は、1nm以上50nm以下の厚みを有する、請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項28] 前記第1の電極と前記第2の電極との間に第4の電極をさらに有する、請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項29] 前記第4の電極は、前記第1の電極および前記第2の電極よりも下層に設けられている、請求項28に記載の撮像素子。
- [請求項30] 前記第1の層は、結晶性を有する層と、アモルファス性を有する層

との積層構造を有している、請求項 1 に記載の撮像素子。

[請求項31] 前記結晶性を有する層および前記アモルファス性を有する層は、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極側からこの順に積層されている、請求項 30 に記載の撮像素子。

[請求項32] 前記アモルファス性を有する層は、前記結晶性を有する層の伝導帯最下端のエネルギー準位と略同じまたはより浅い伝導帯最下端のエネルギー準位を有する、請求項 31 に記載の撮像素子。

[請求項33] 前記アモルファス性を有する層は、前記結晶性を有する層の上面および側面を覆っている、請求項 30 に記載の撮像素子。

[請求項34] 前記第 2 の電極の上方に前記結晶性を有する層を貫通する開口をさらに有し、

前記アモルファス性を有する層は、前記開口を介して前記第 2 の電極と電氣的に接続されている、請求項 31 に記載の撮像素子。

[請求項35] 前記光電変換層と前記アモルファス性を有する層との間に無機材料を含む保護層をさらに有し、

前記開口内において前記アモルファス性を有する層と前記保護層が積層されている、請求項 34 に記載の撮像素子。

[請求項36] 前記第 2 の層は、平面視において、前記第 1 の層の端部よりも内側に端部を有している、請求項 1 に記載の撮像素子。

[請求項37] 前記第 2 の層の端部は傾斜面を有している、請求項 36 に記載の撮像素子。

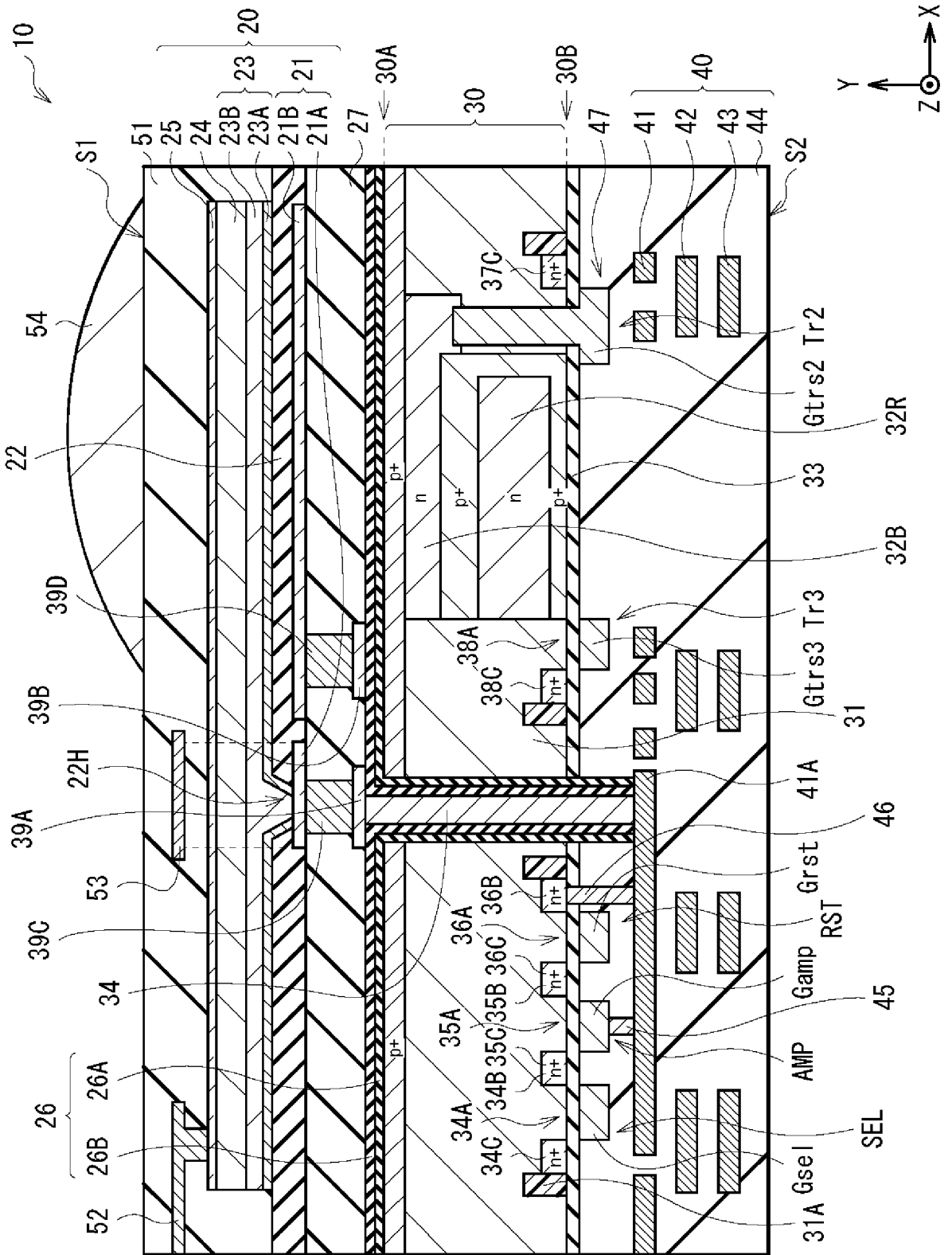
[請求項38] 前記第 2 の層は、前記第 2 の電極と前記第 1 の層とが直接電氣的に接続される第 2 の開口をさらに有し、

平面視において、前記第 2 の層の端部および前記第 2 の開口はラウンド形状を有している、請求項 36 に記載の撮像素子。

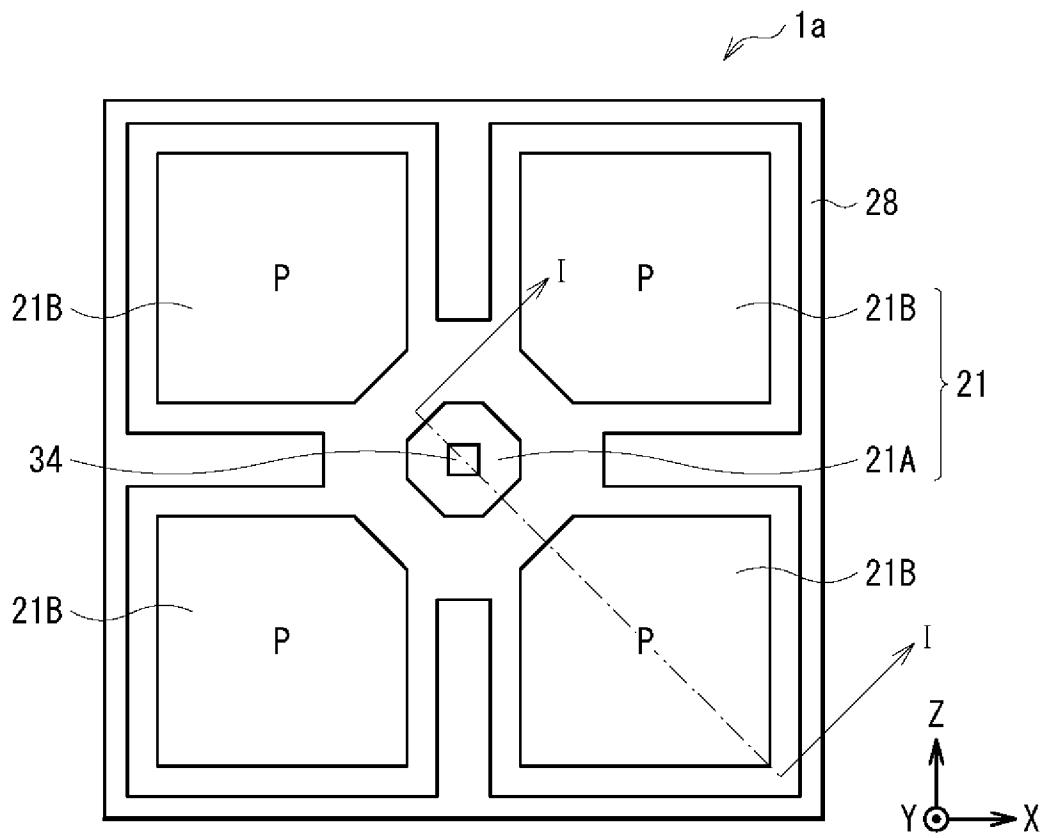
[請求項39] 平面視において、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の周囲に、固定電位が印加される第 5 の電極をさらに有する、請求項 1 に記載の撮像素子。

- [請求項40] 前記第5の電極の上方には、前記第2の層を介さずに前記第1の層が形成されている、請求項39に記載の撮像素子。
- [請求項41] 前記第1の電極および前記第2の電極は、前記光電変換層に対して光入射面とは反対側に配置されている、請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項42] 前記第1の電極および前記第2の電極は、それぞれ個別に電圧が印加される、請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項43] 前記第1の電極、前記第2の電極、前記第3の電極、前記光電変換層および前記半導体層を有する1または複数の有機光電変換部と、前記有機光電変換部とは異なる波長域の光電変換を行う1または複数の無機光電変換部とが積層されている、請求項42に記載の撮像素子。
- [請求項44] 前記無機光電変換部は、半導体基板に埋め込み形成され、  
前記有機光電変換部は、前記半導体基板の第1の面側に形成されている、請求項43に記載の撮像素子。
- [請求項45] 1または複数の撮像素子がそれぞれ設けられている複数の画素を備え、  
前記撮像素子は、  
並列配置されてなる第1の電極および第2の電極と、  
前記第1の電極および前記第2の電極と対向配置された第3の電極と、  
前記第1の電極および前記第2の電極と前記第3の電極との間に設けられた光電変換層と、  
前記第1の電極および前記第2の電極と前記光電変換層との間に設けられ、第1の層および前記第1の層の伝導帯最下端のエネルギー準位よりも浅い伝導帯最下端のエネルギー準位を有する第2の層とが、  
前記光電変換層側から順に積層された半導体層と  
を有する撮像装置。

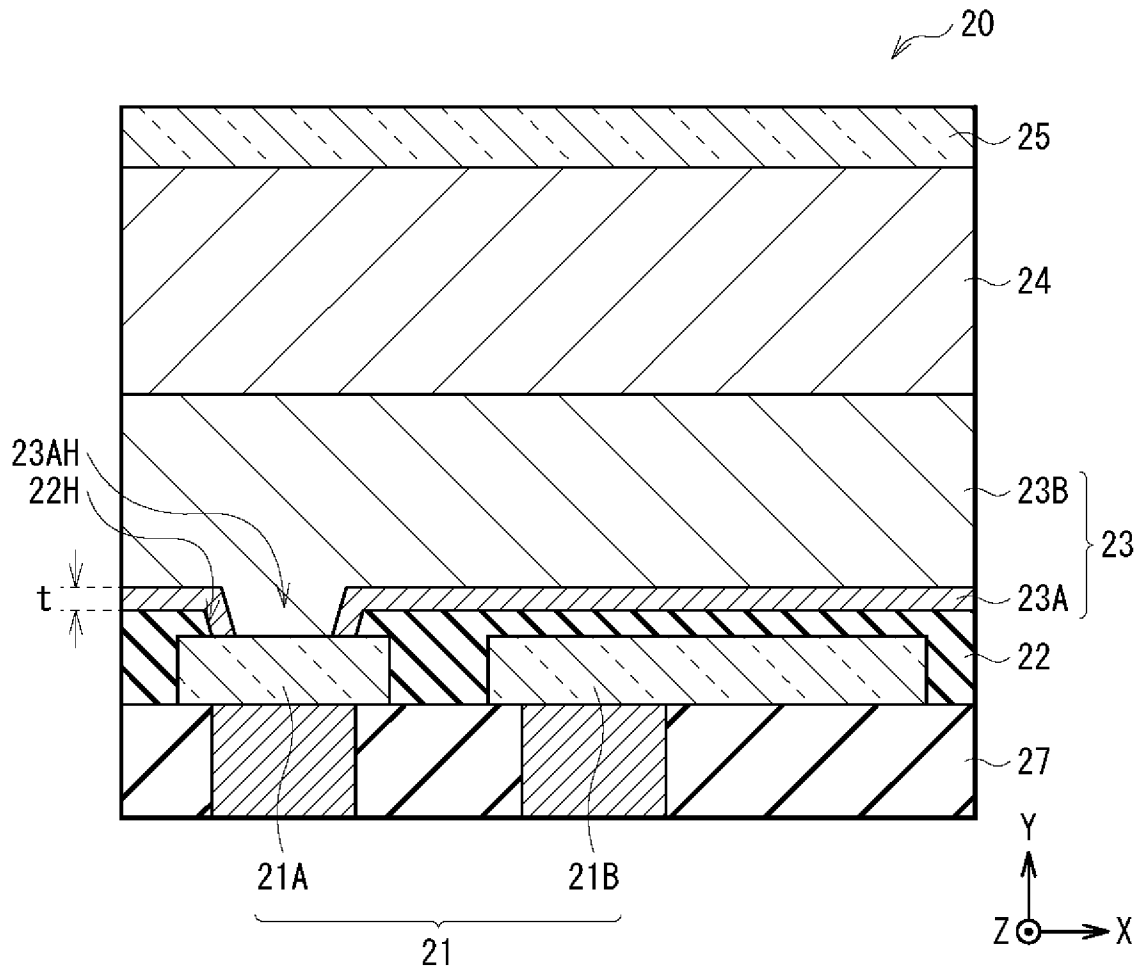
[図1]



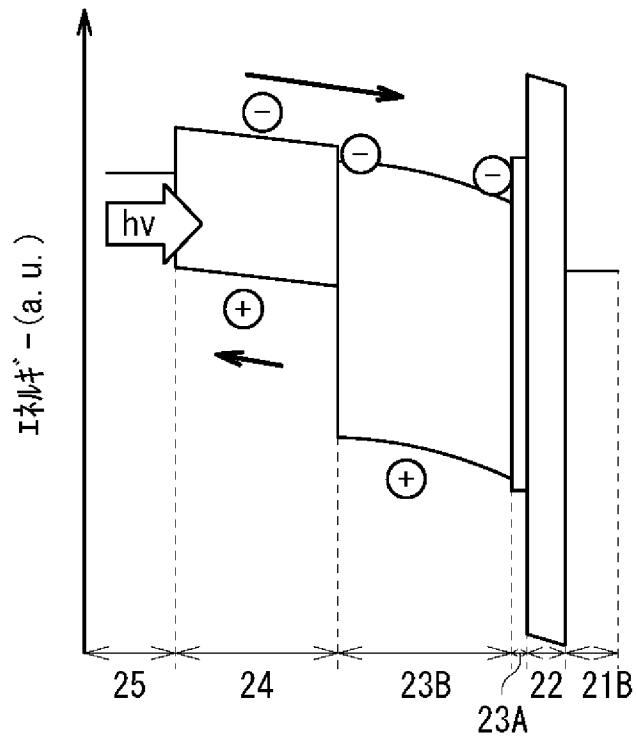
[図2]



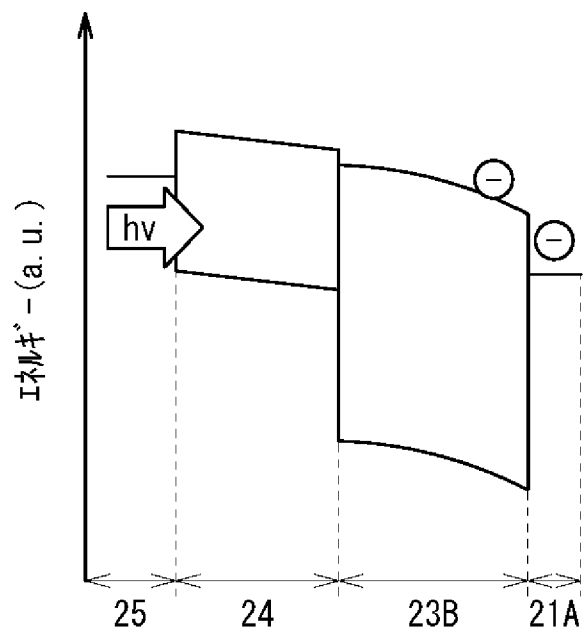
[図3]



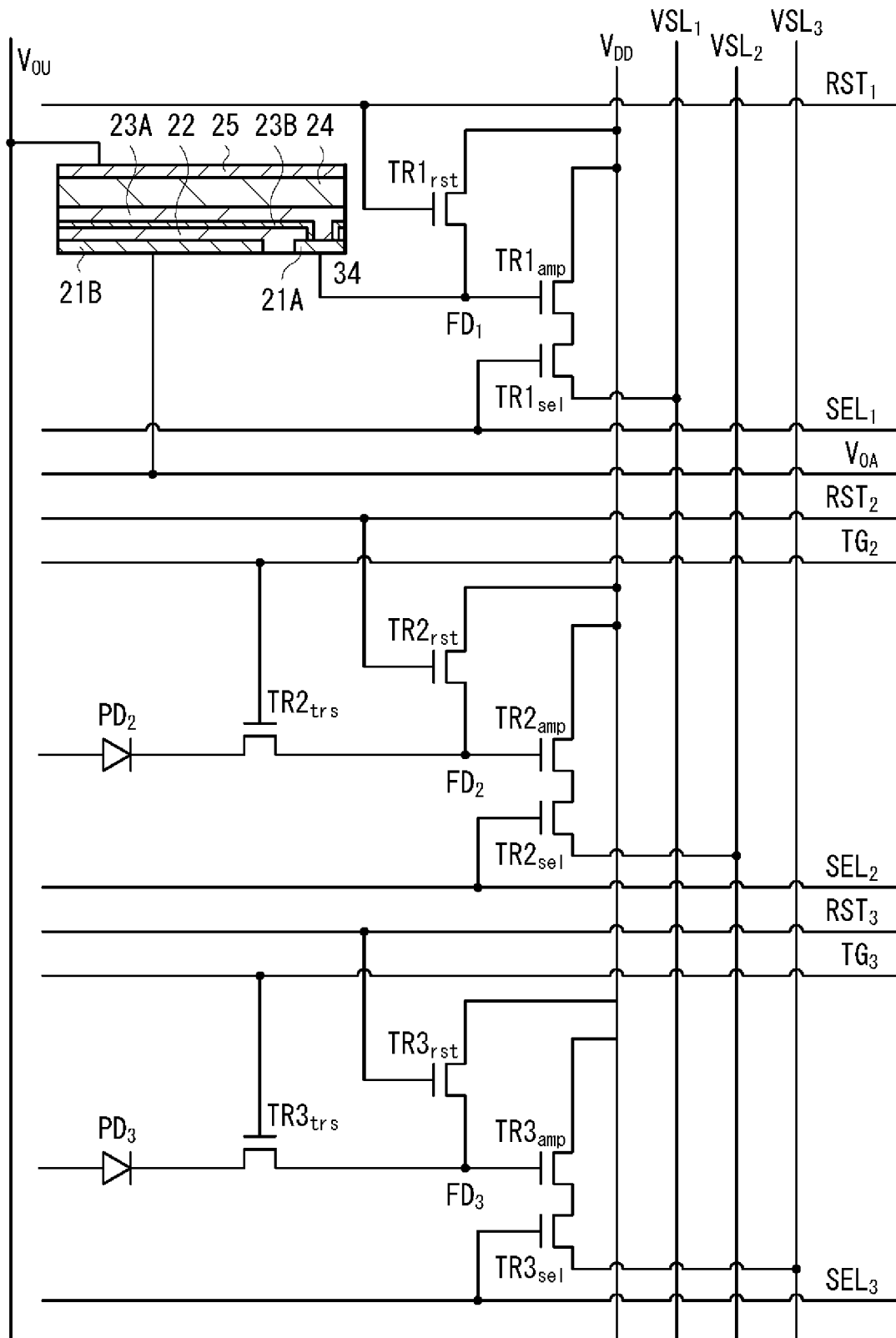
[図4A]



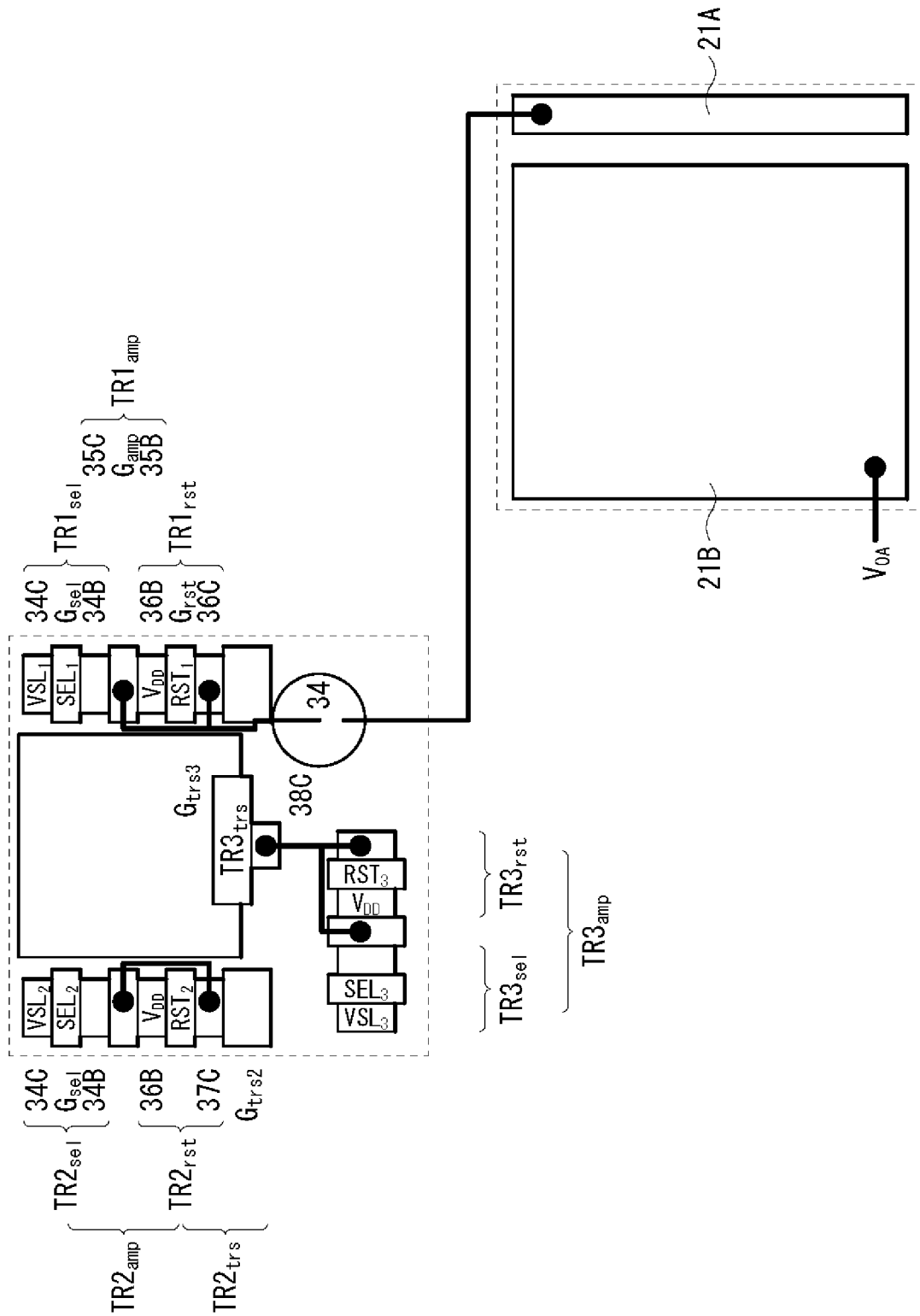
[図4B]



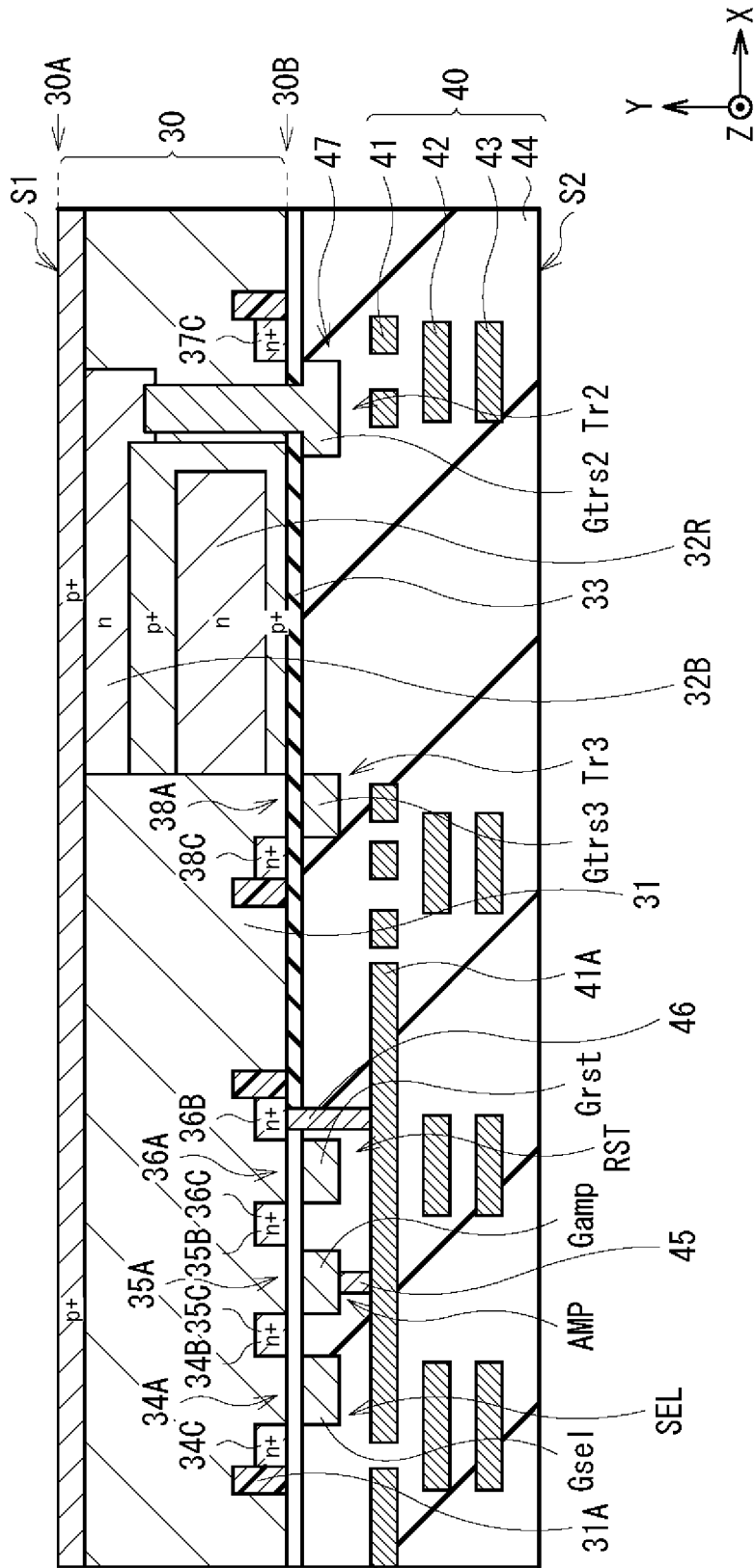
[図5]



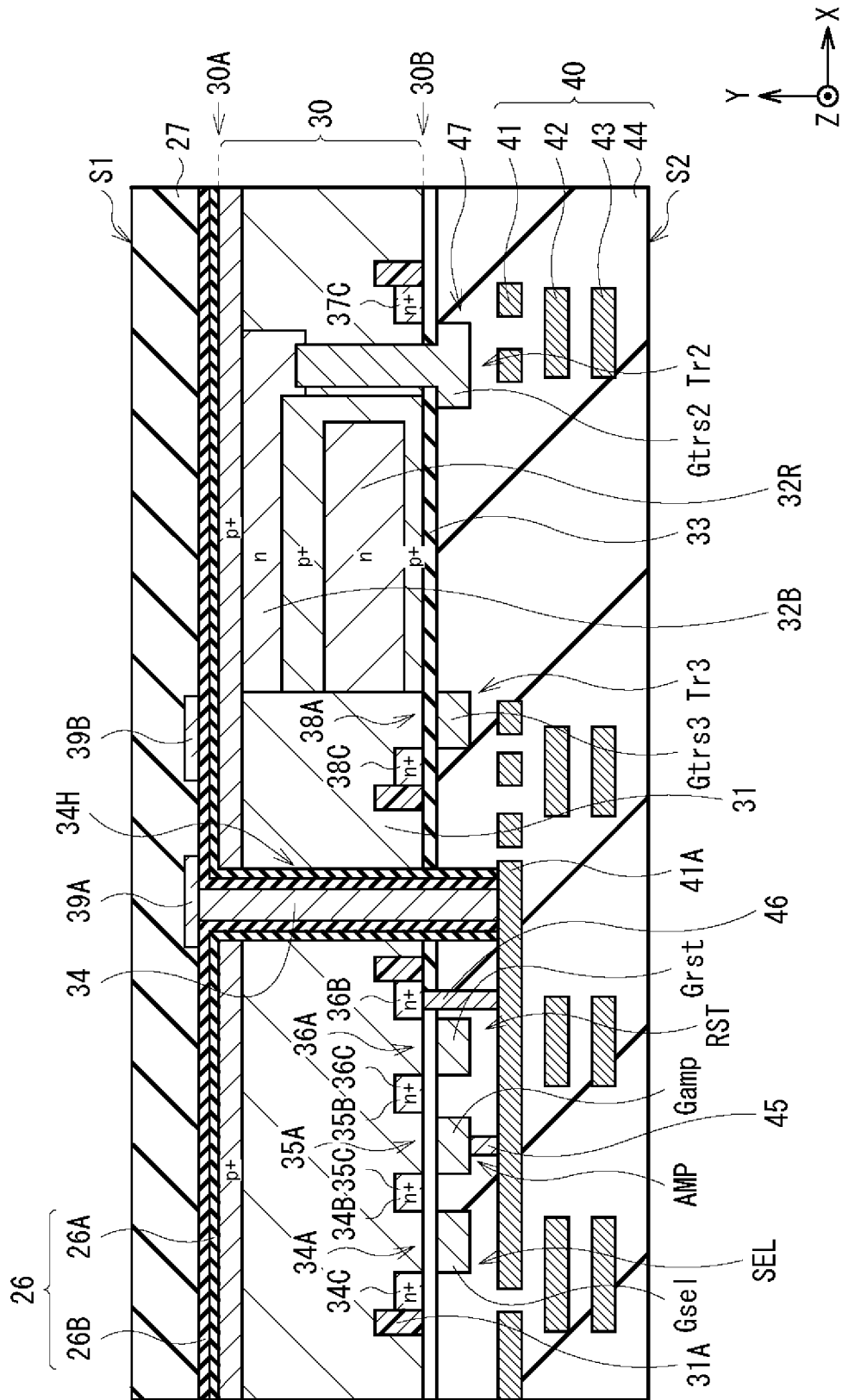
[図6]



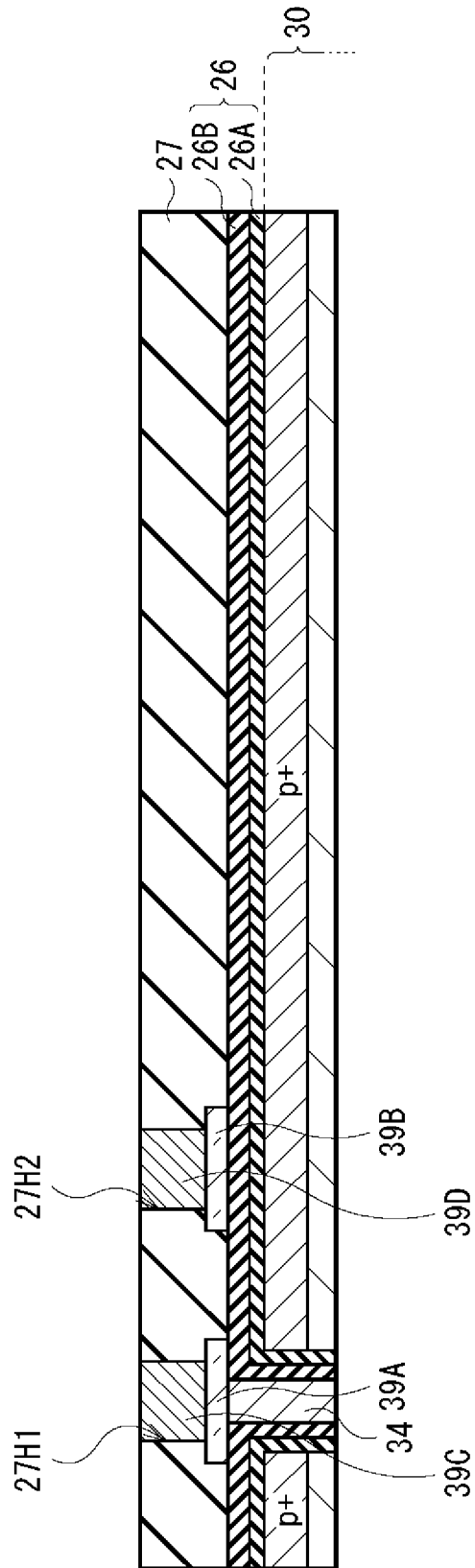
[7]



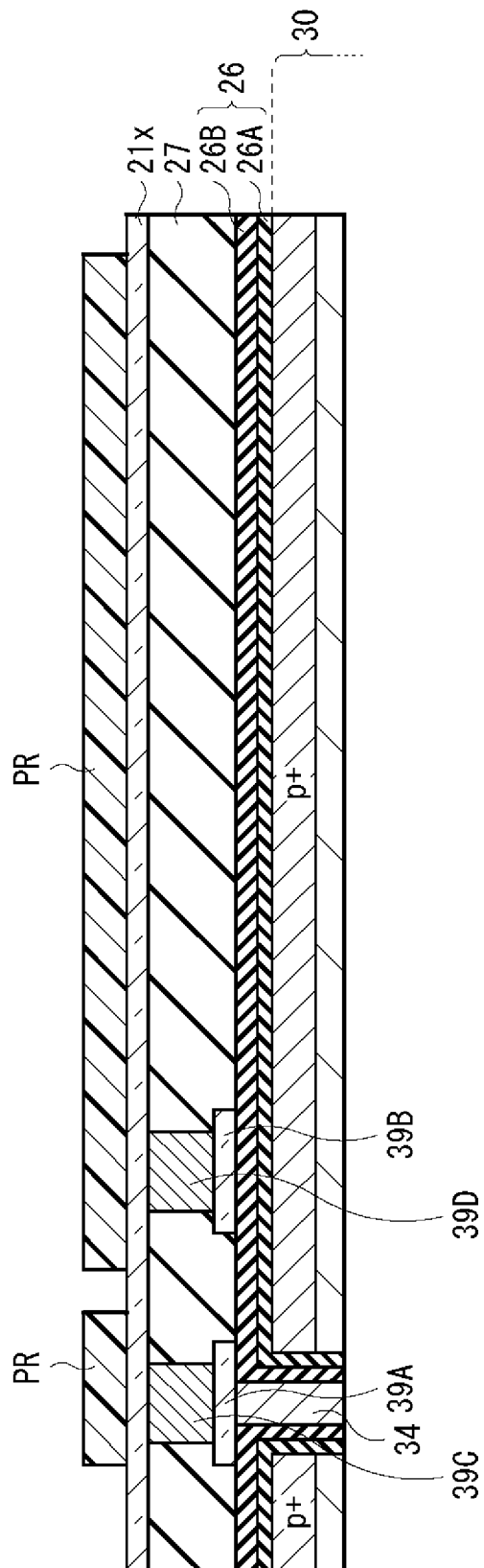
[8]



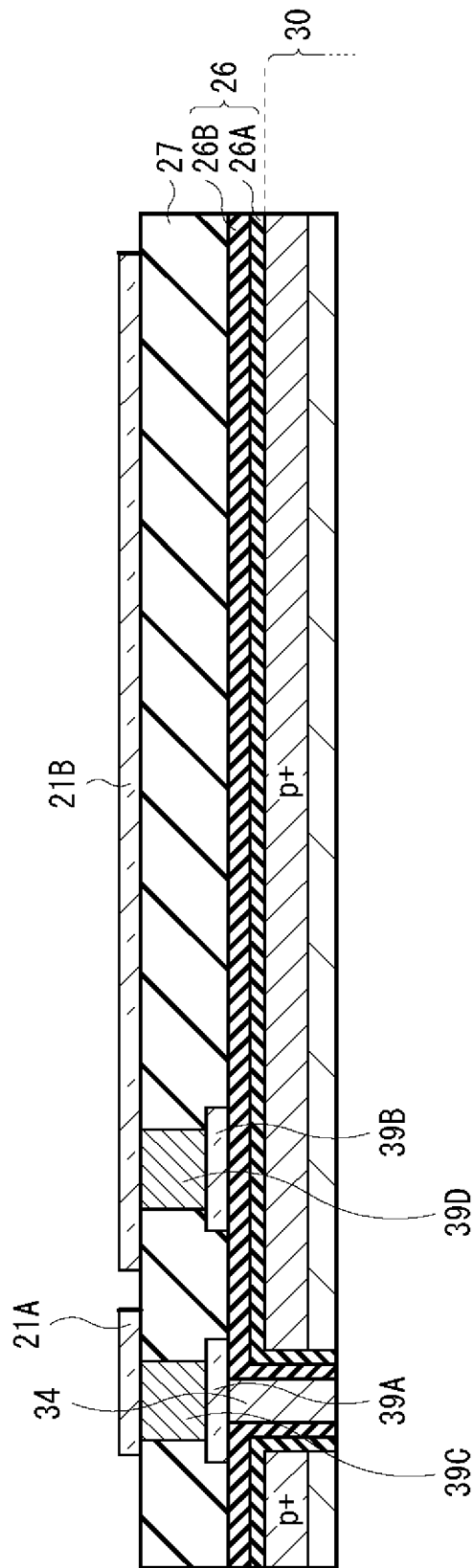
[図9]



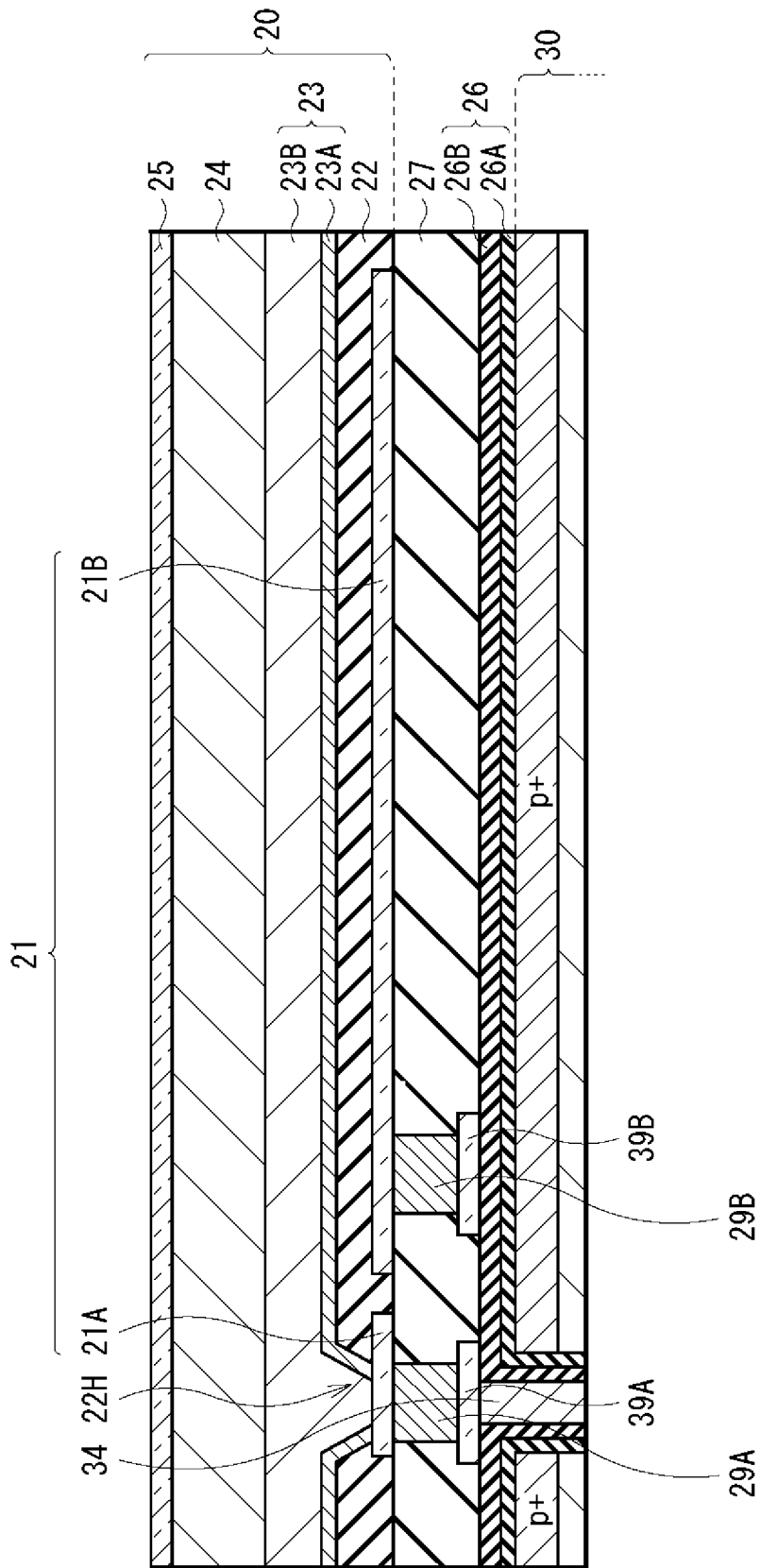
[図10]



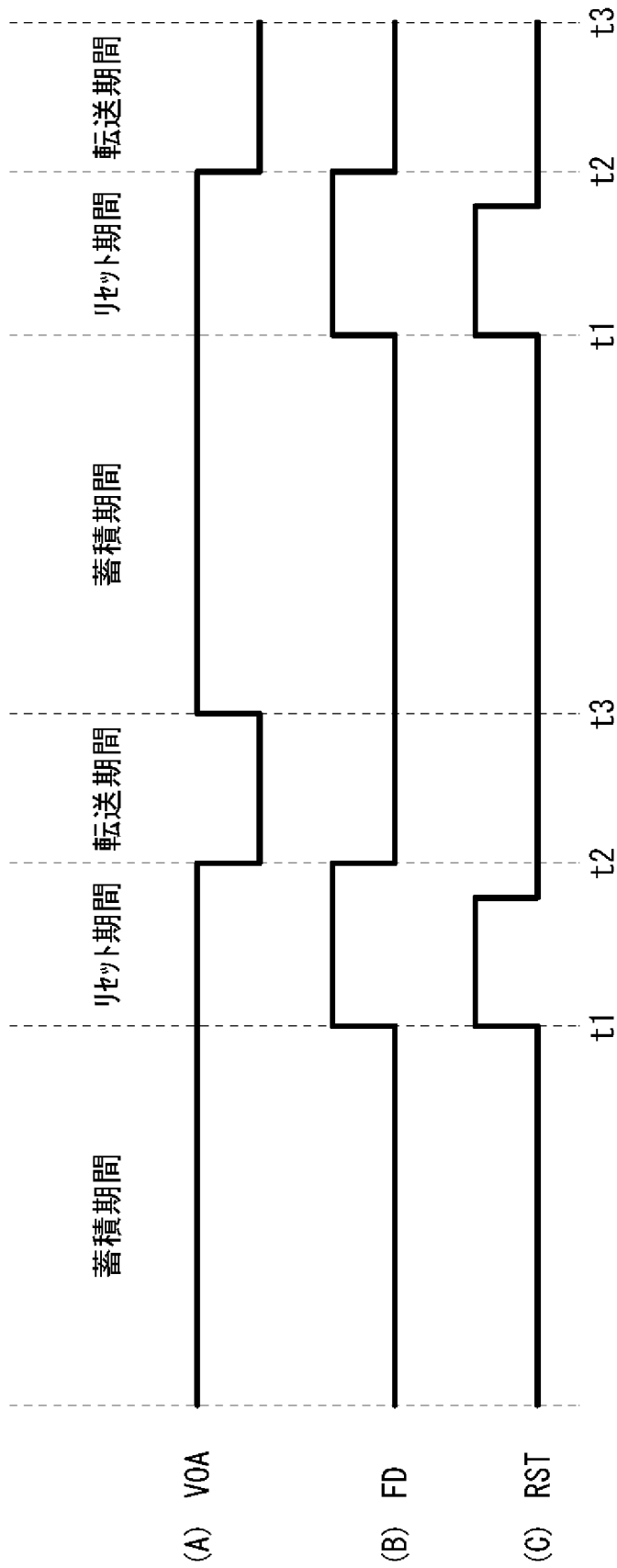
[図11]



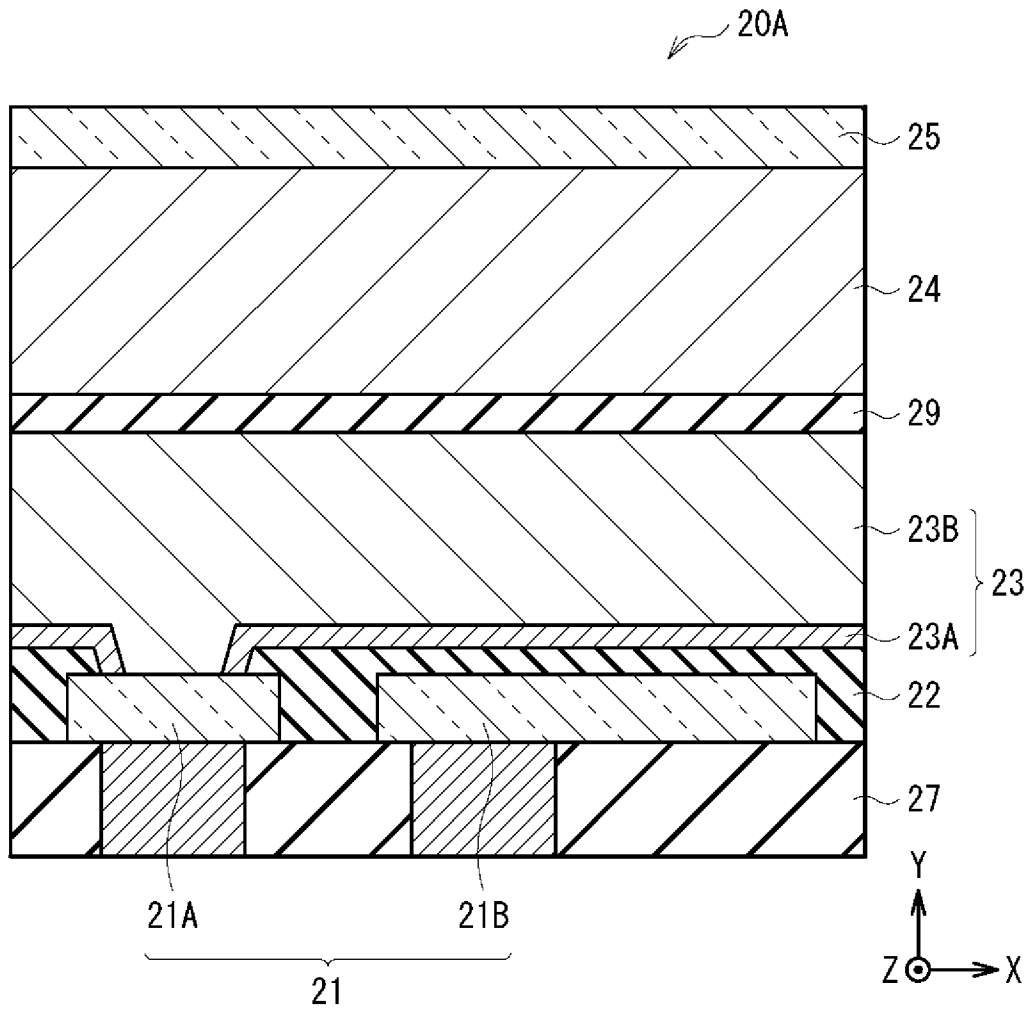
[図12]



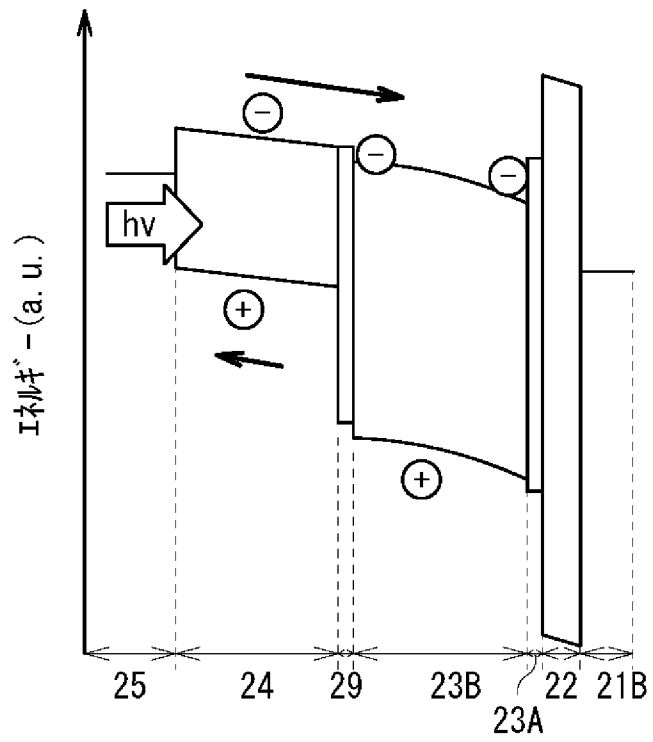
[図13]



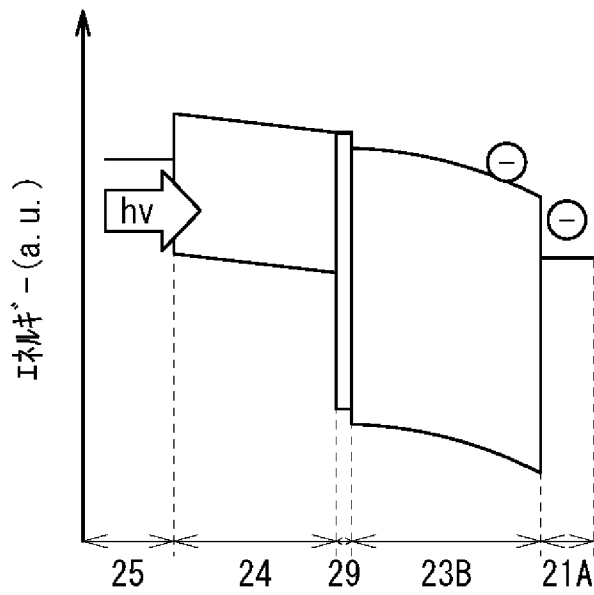
[図14]



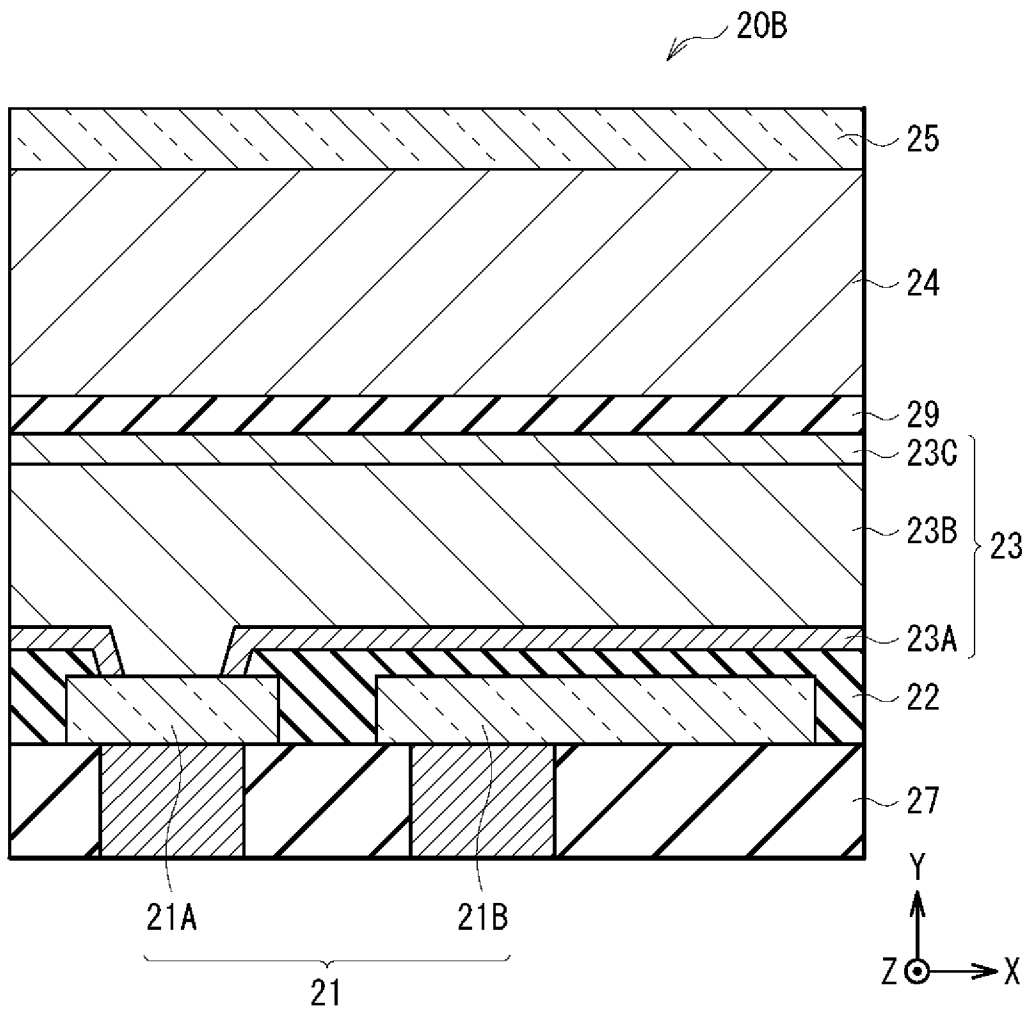
[図15A]



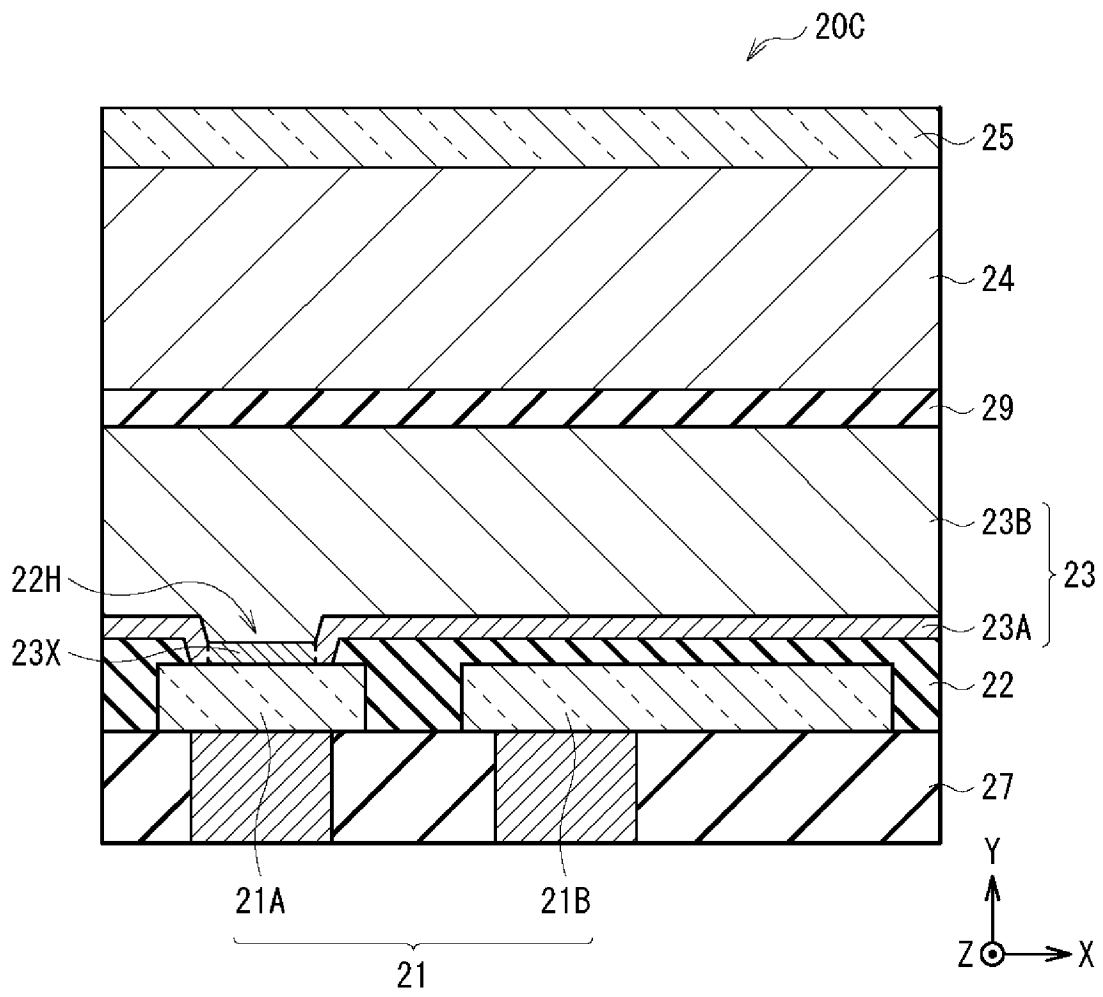
[図15B]



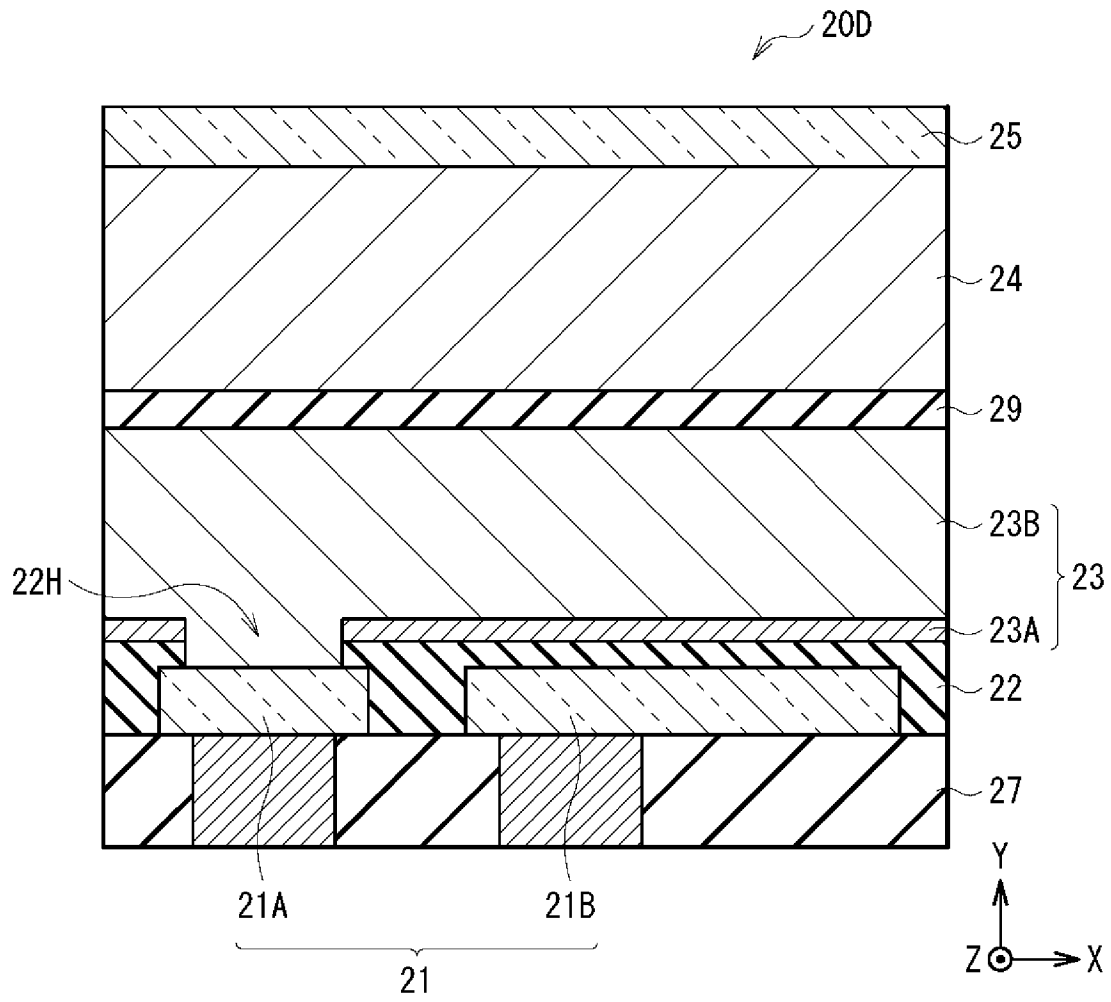
[図16]



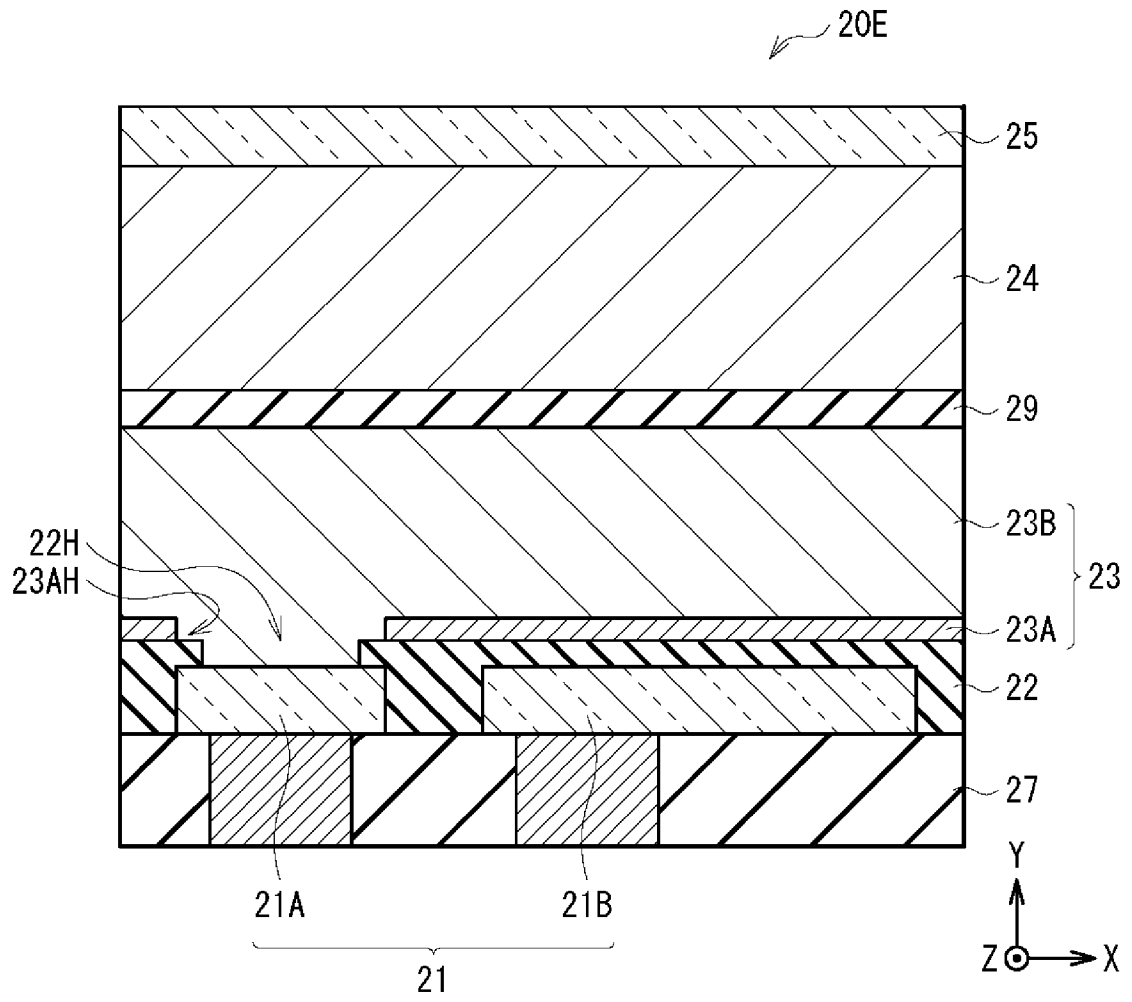
[図17]



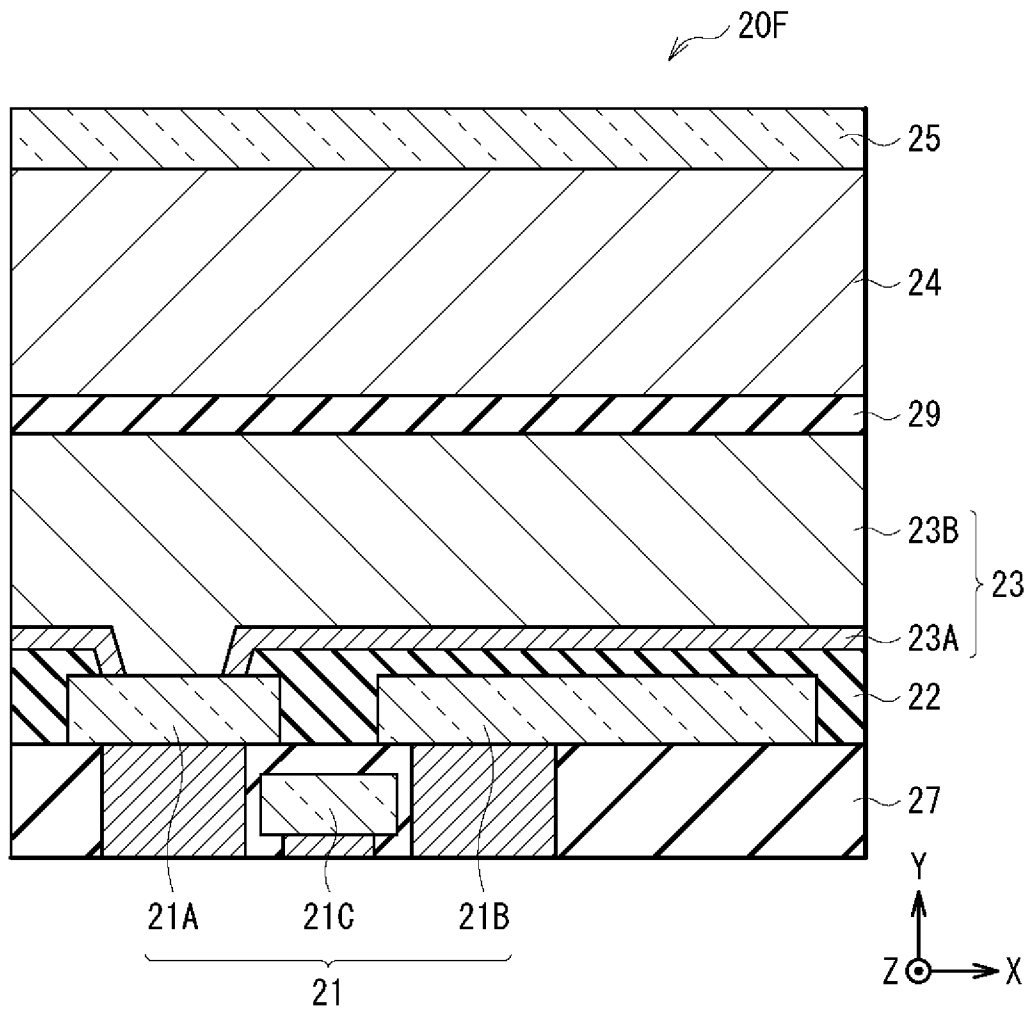
[図18]



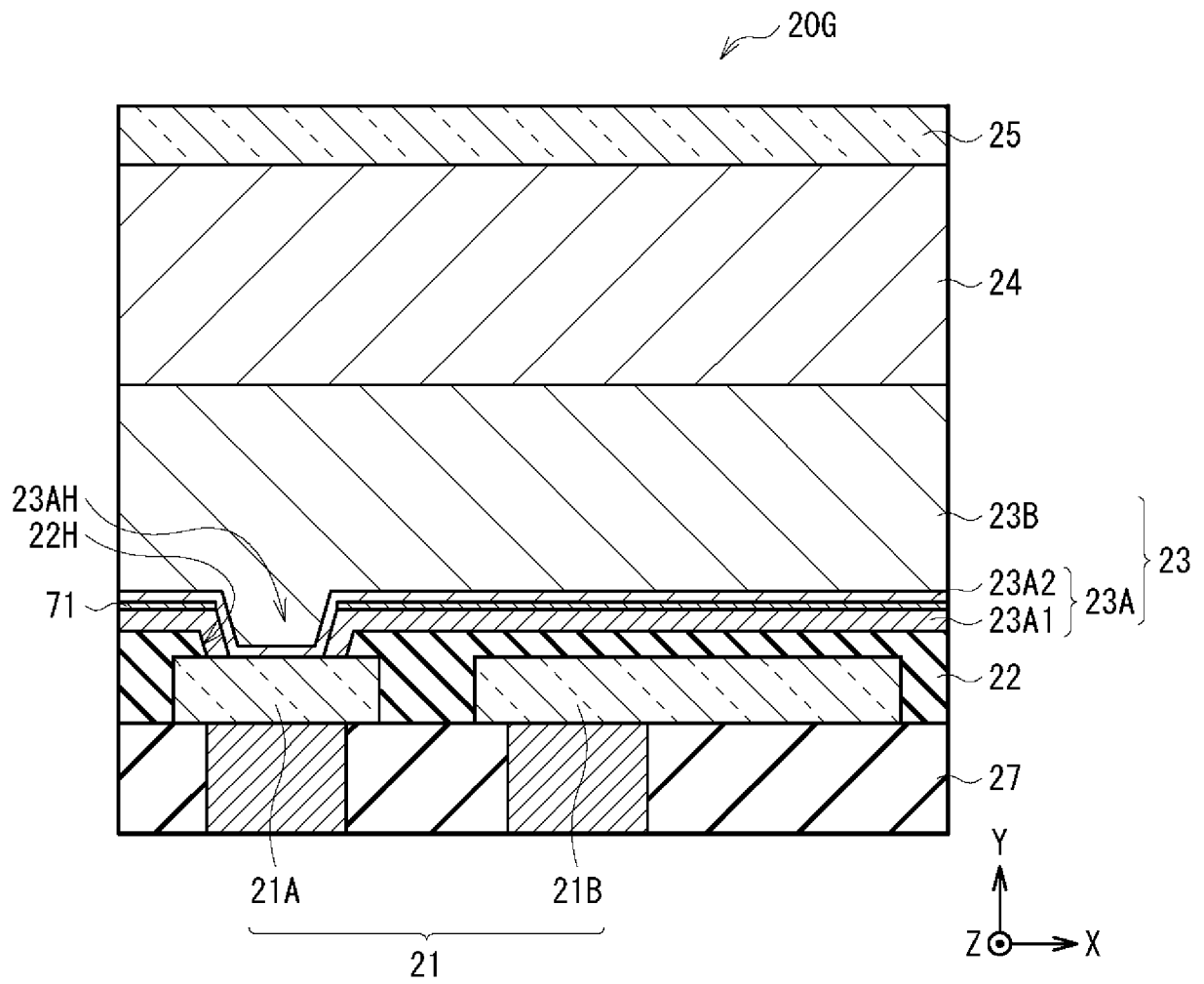
[図19]



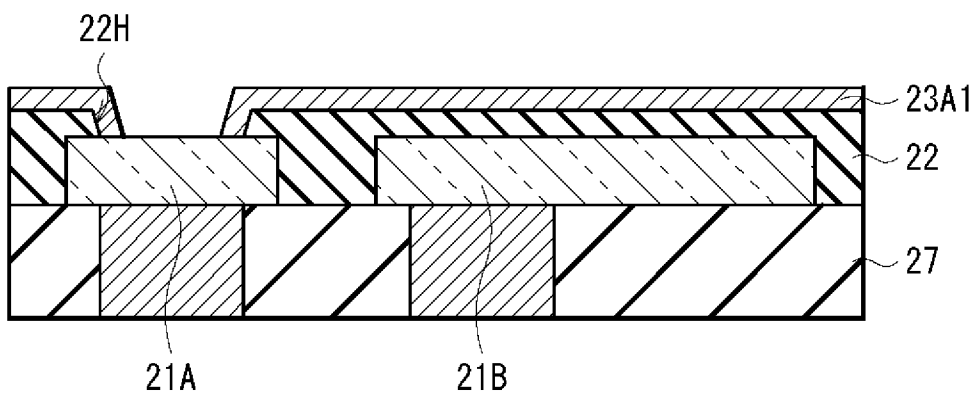
[図20]



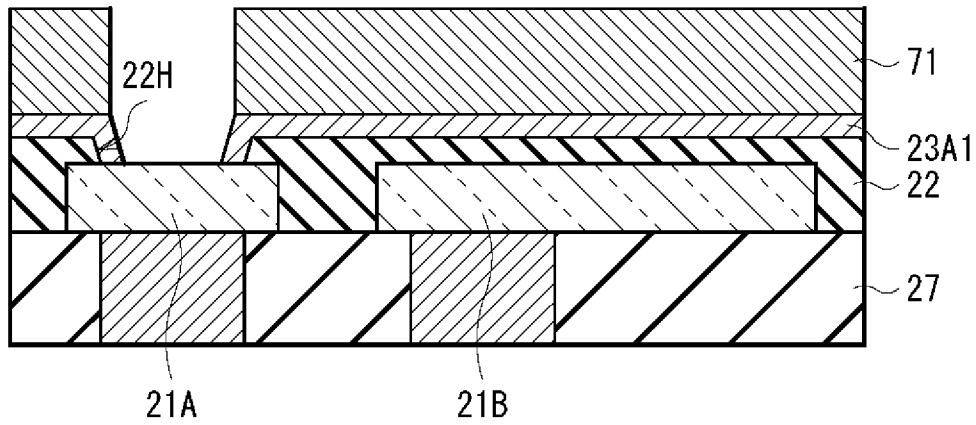
[図21]



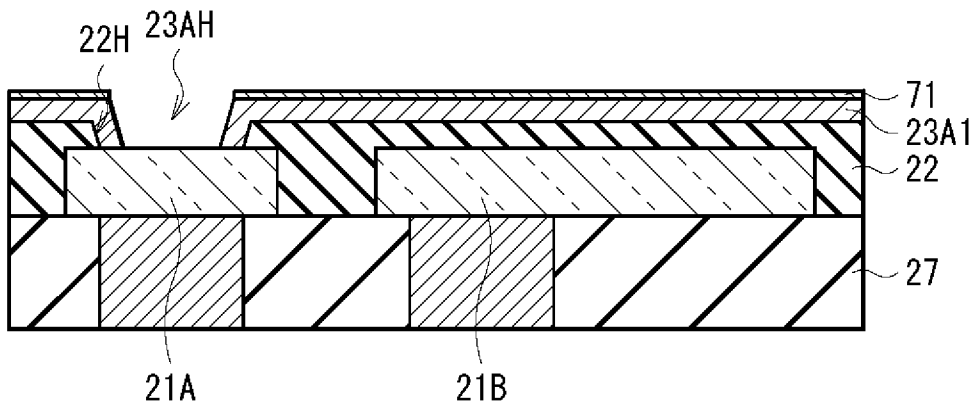
[図22A]



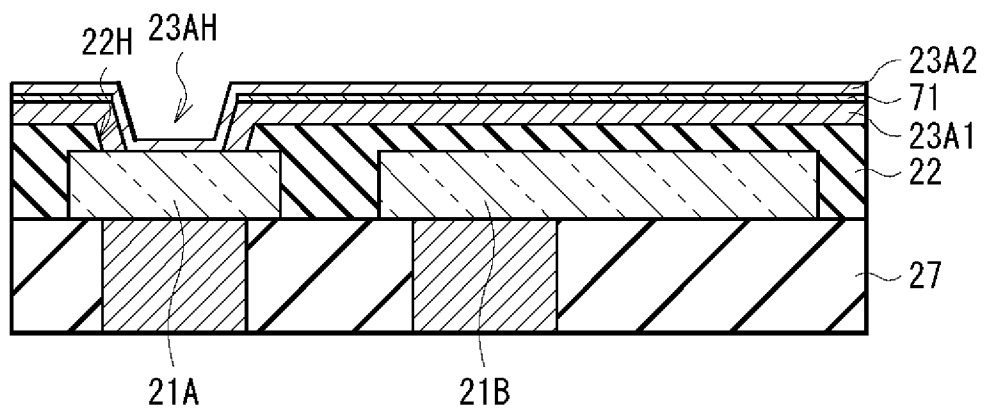
[図22B]



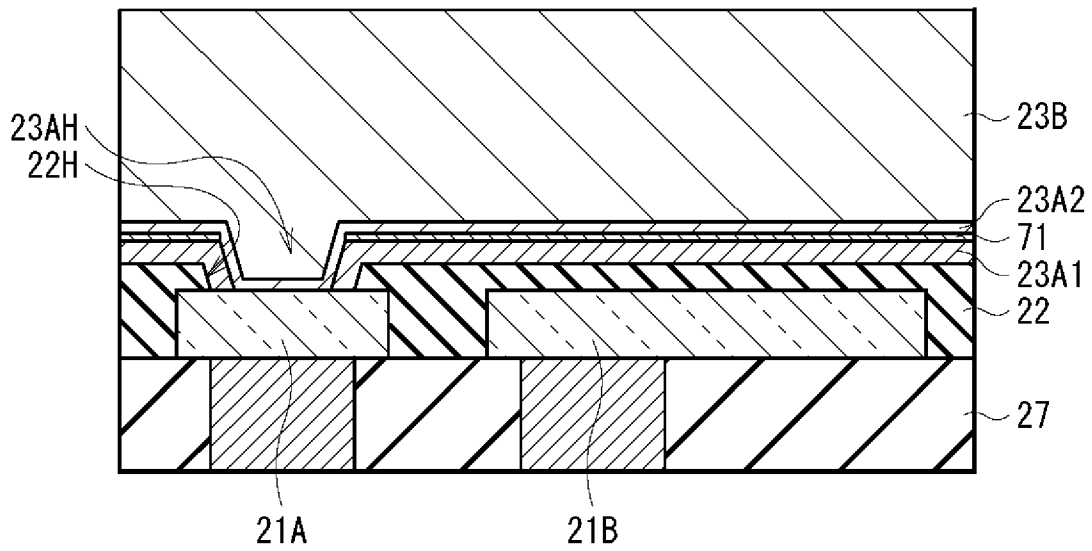
[図22C]



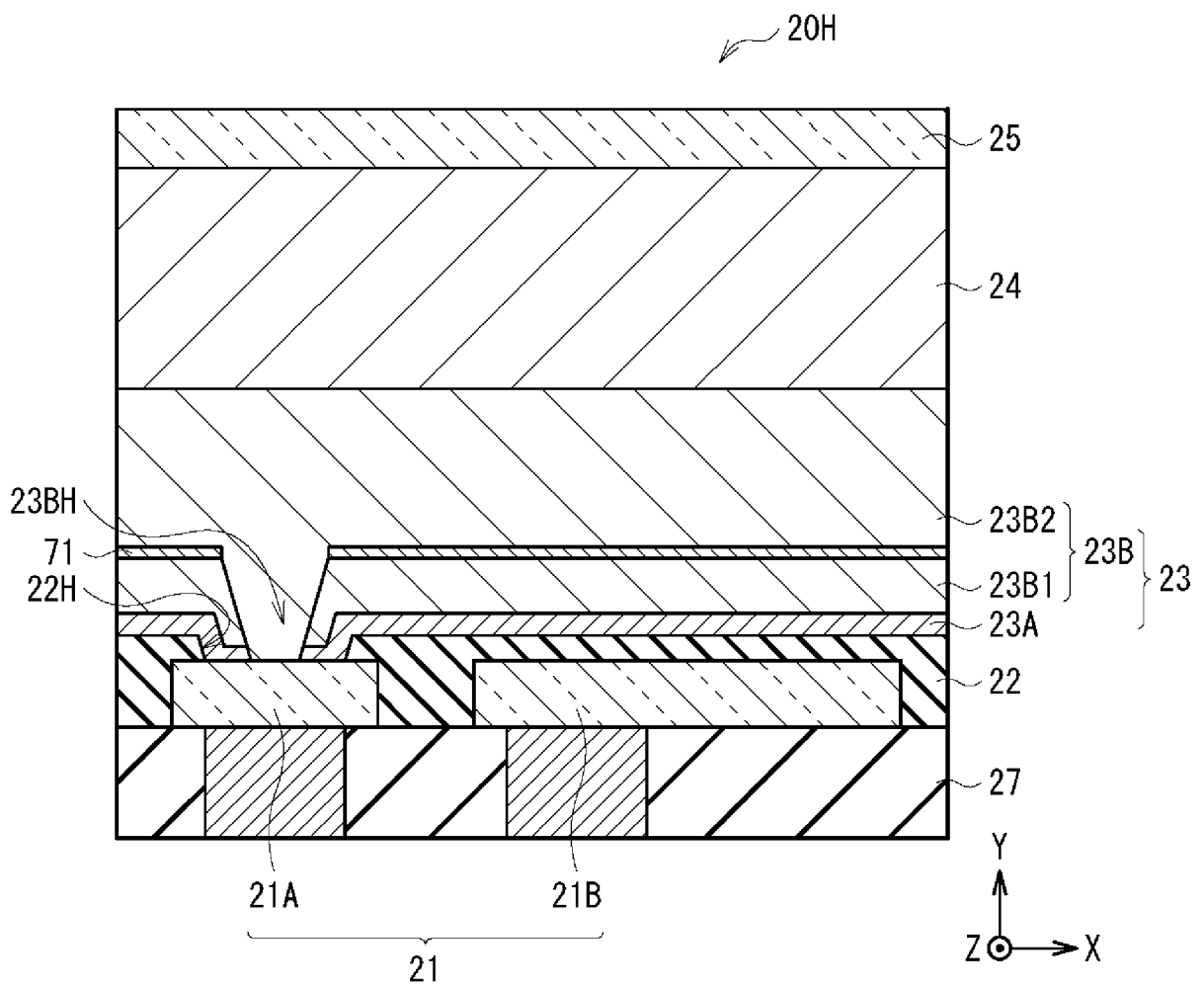
[図22D]



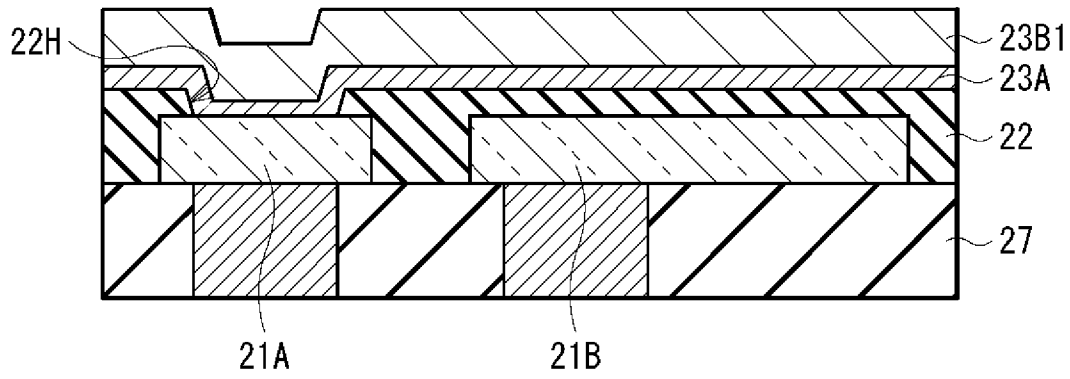
[図22E]



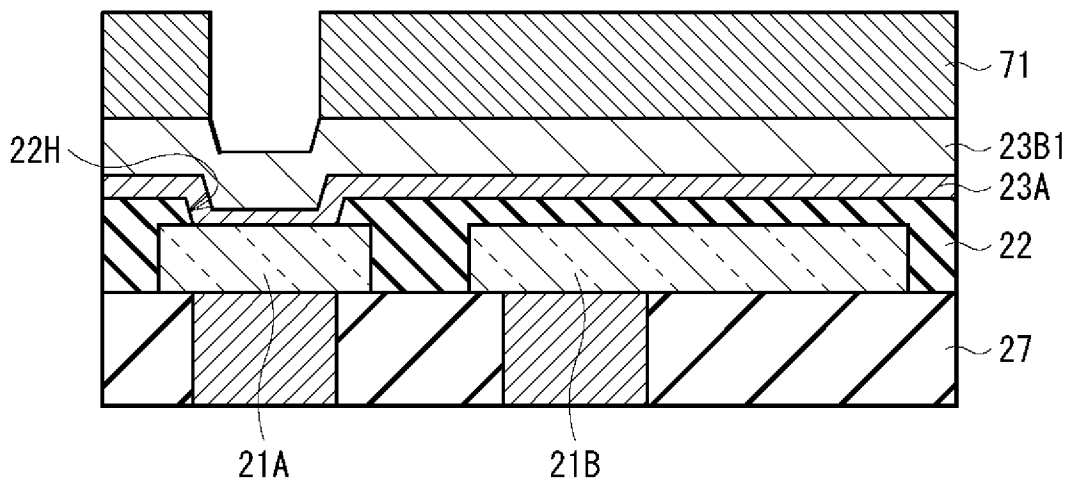
[図23]



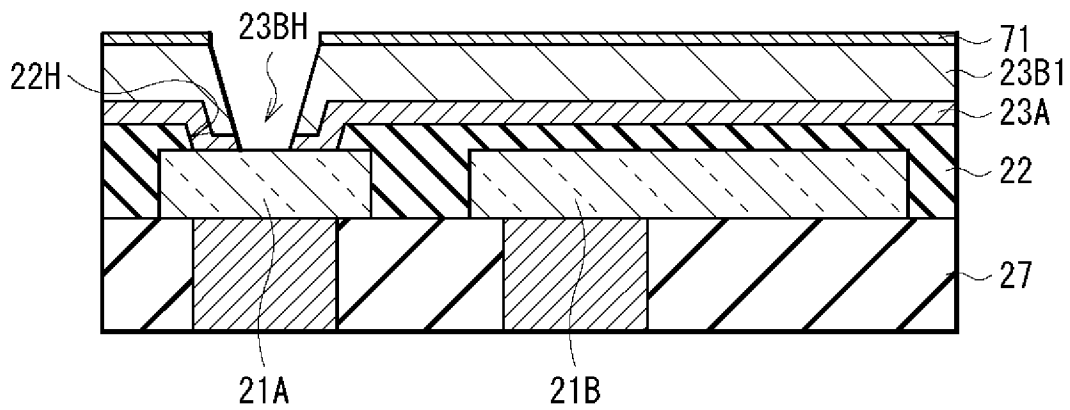
[図24A]



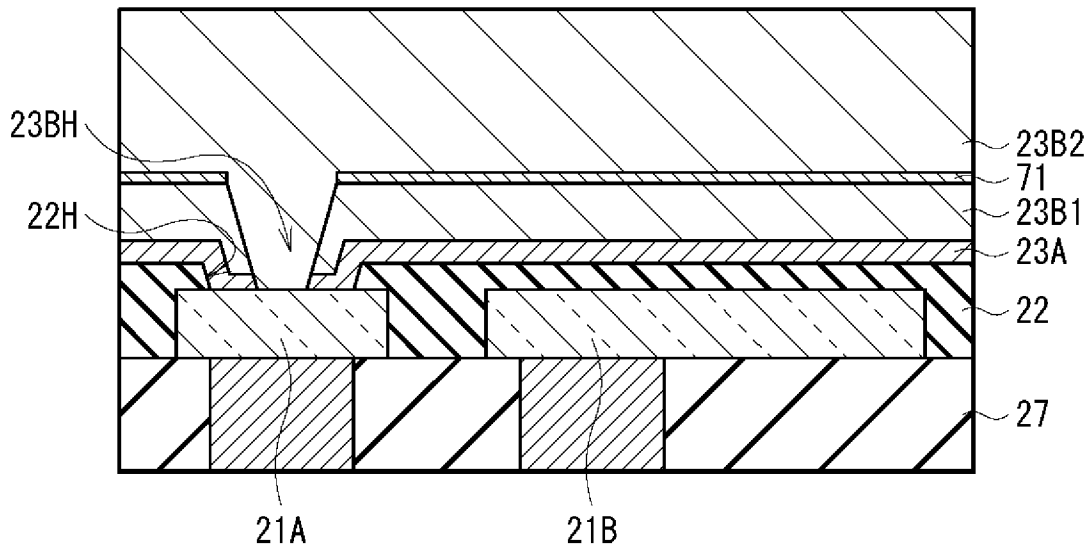
[図24B]



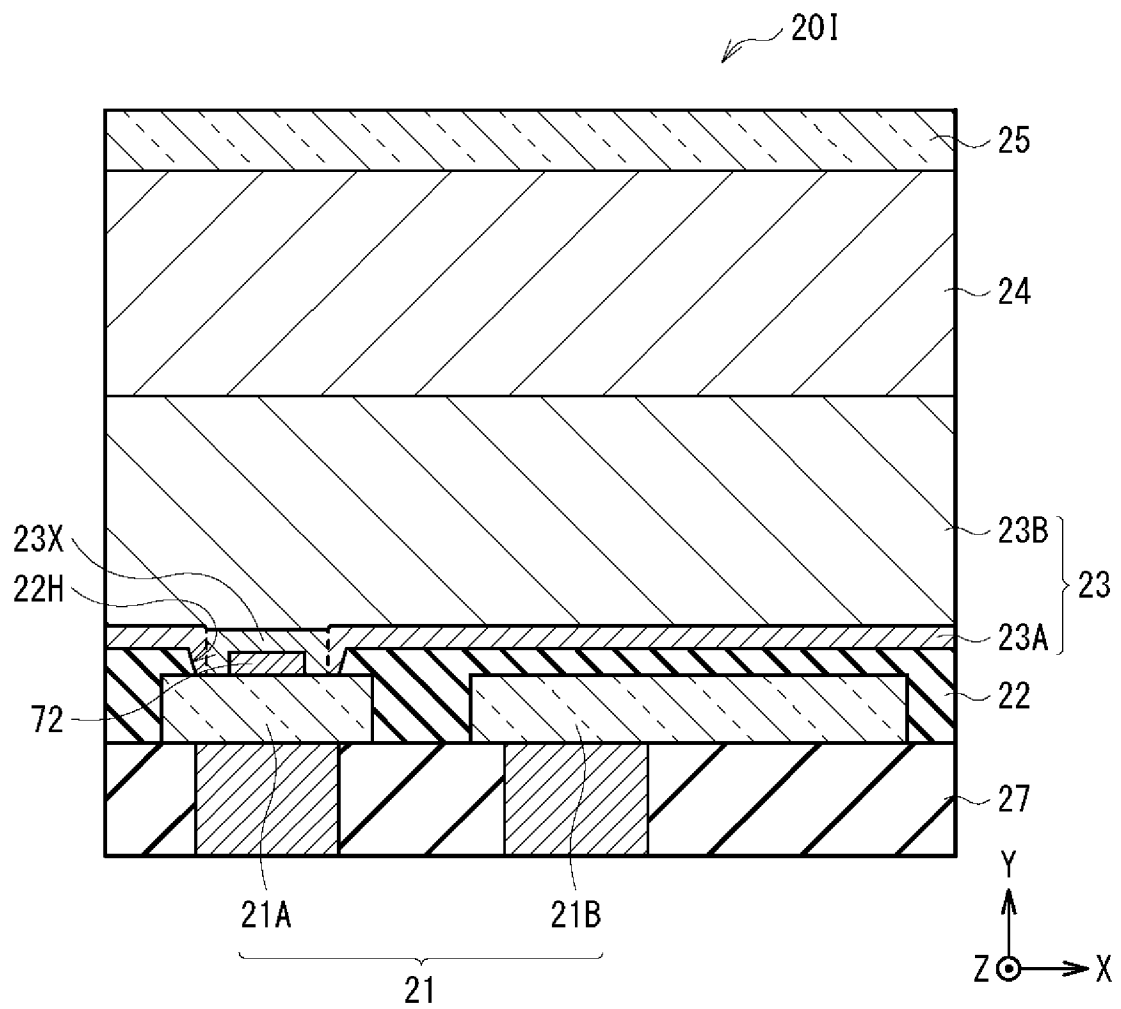
[図24C]



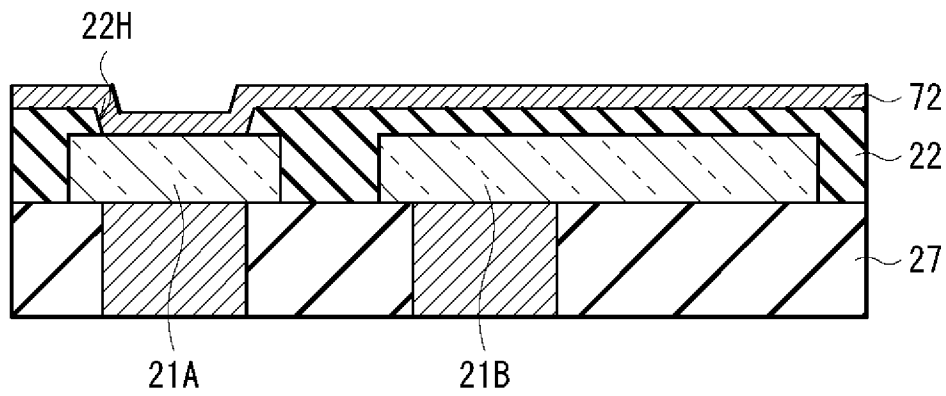
[図24D]



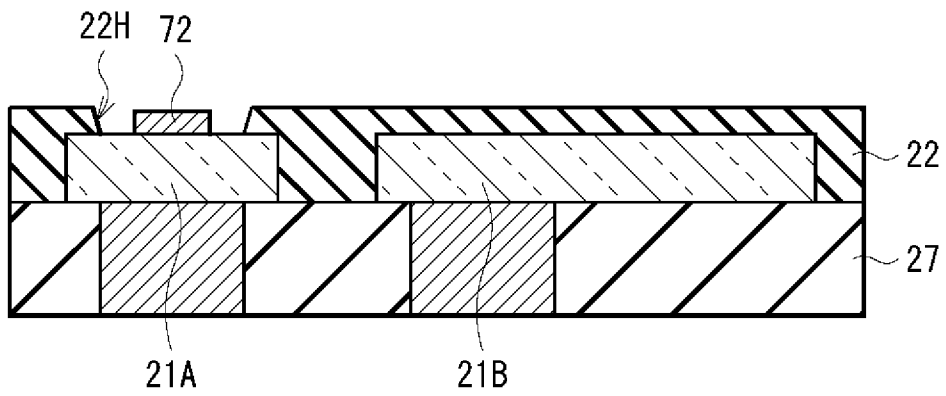
[図25]



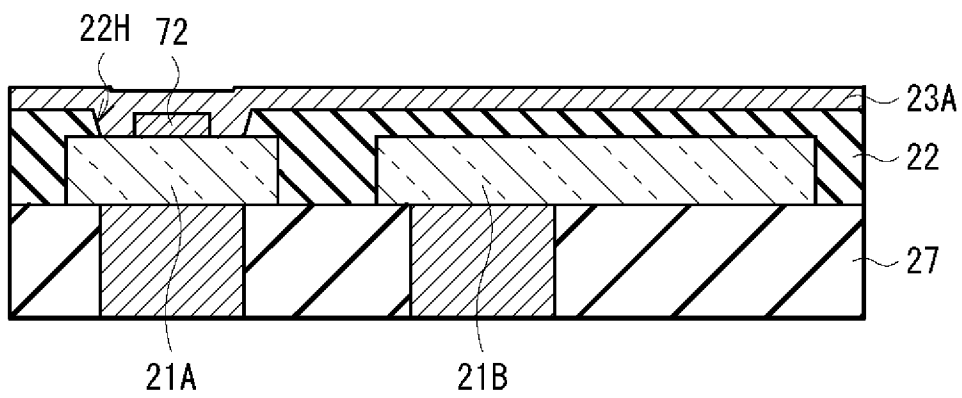
[図26A]



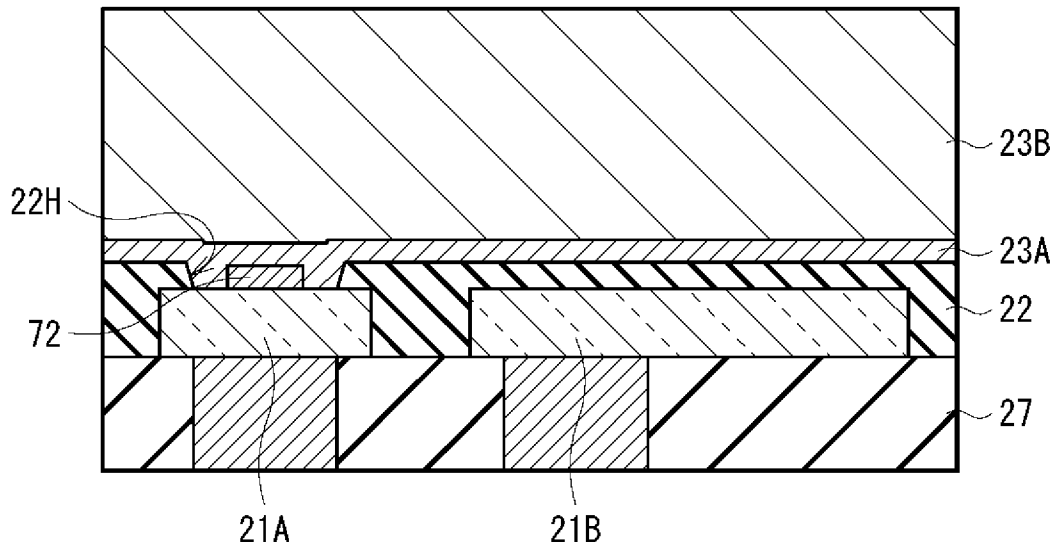
[図26B]



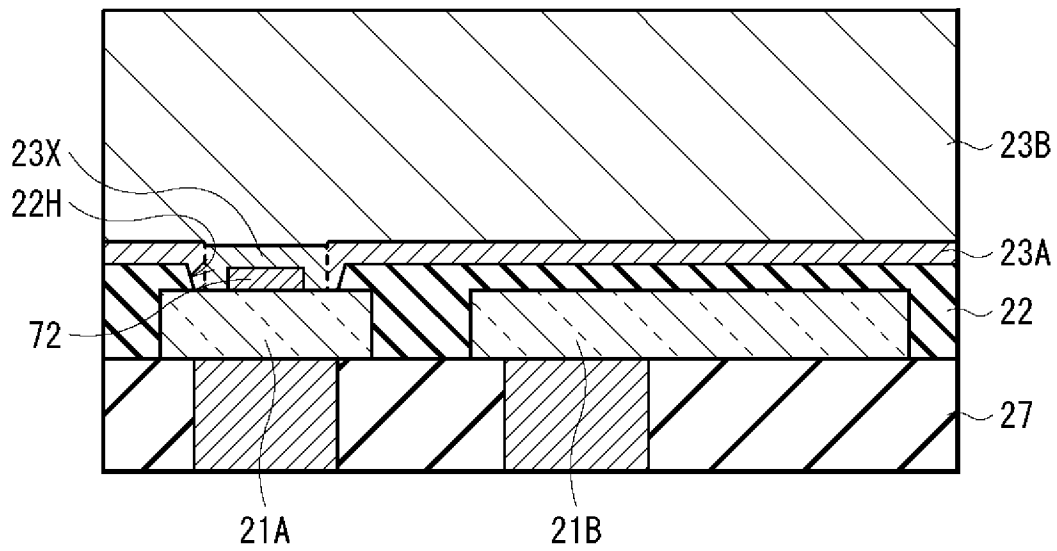
[図26C]



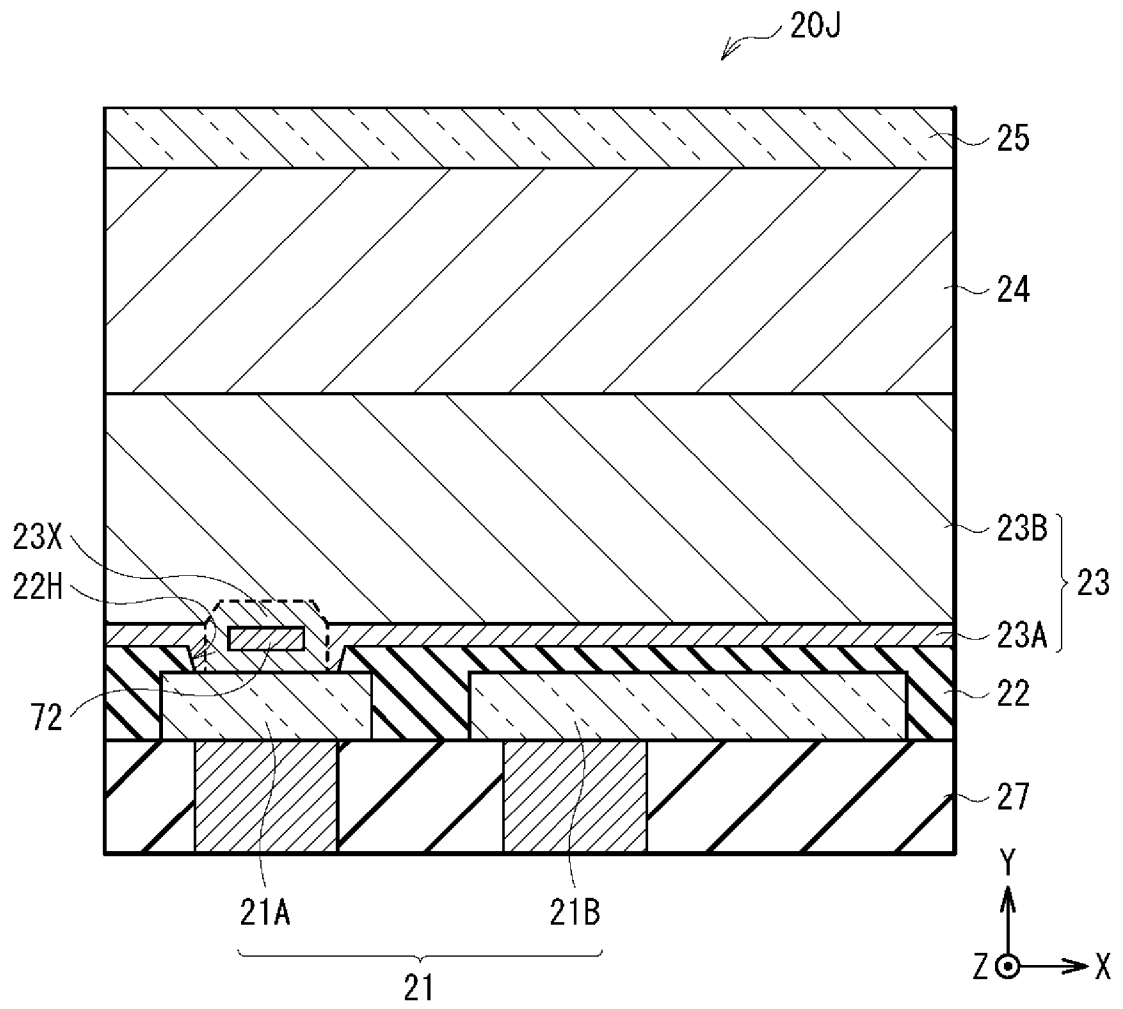
[図26D]



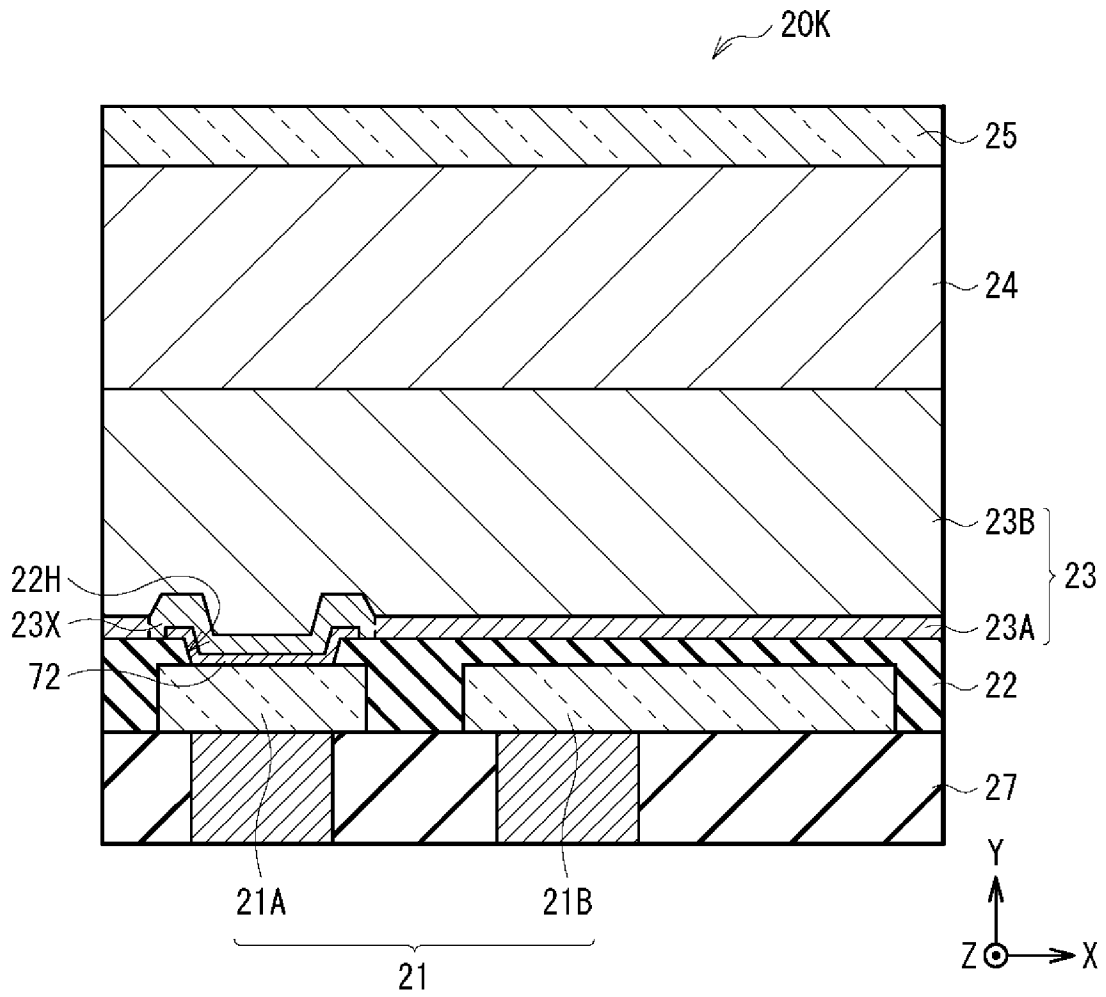
[図26E]



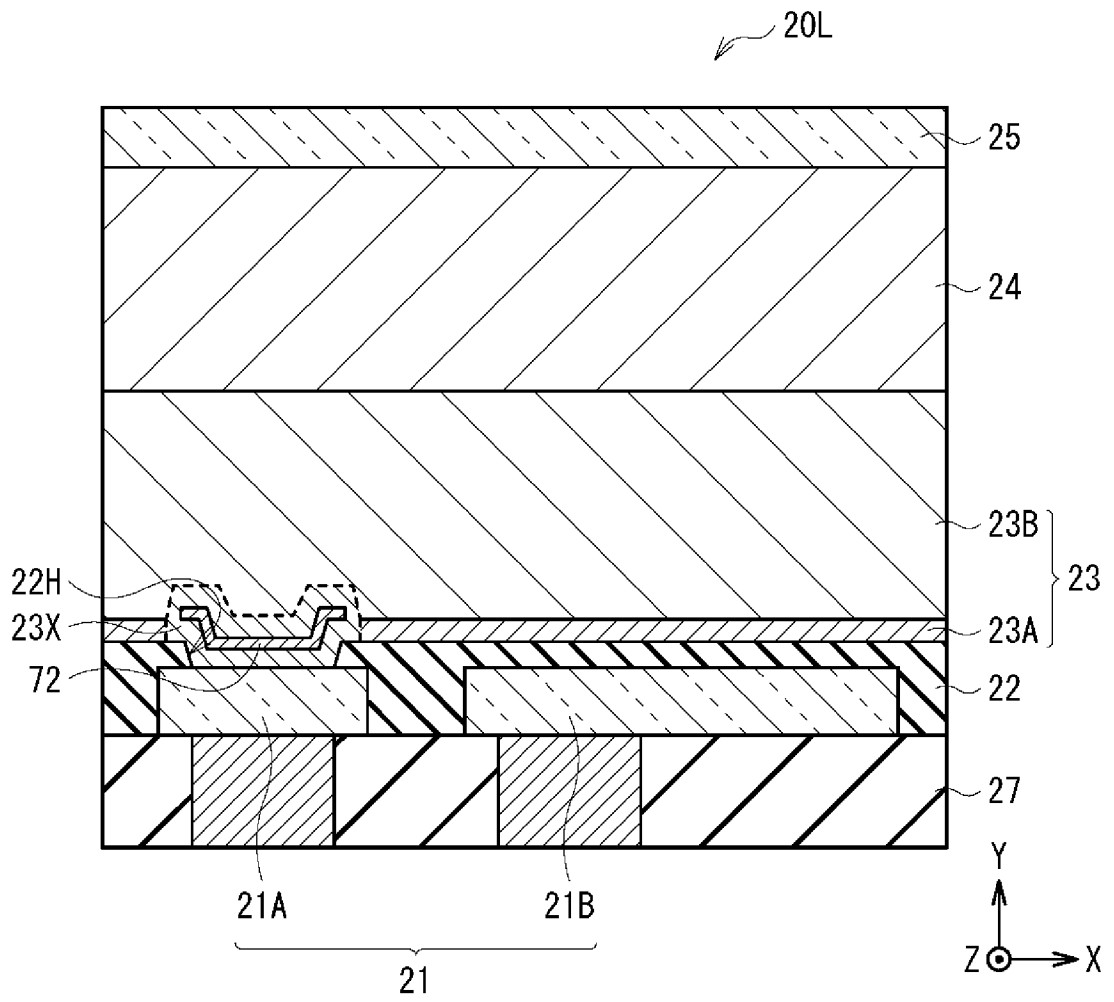
[図27]



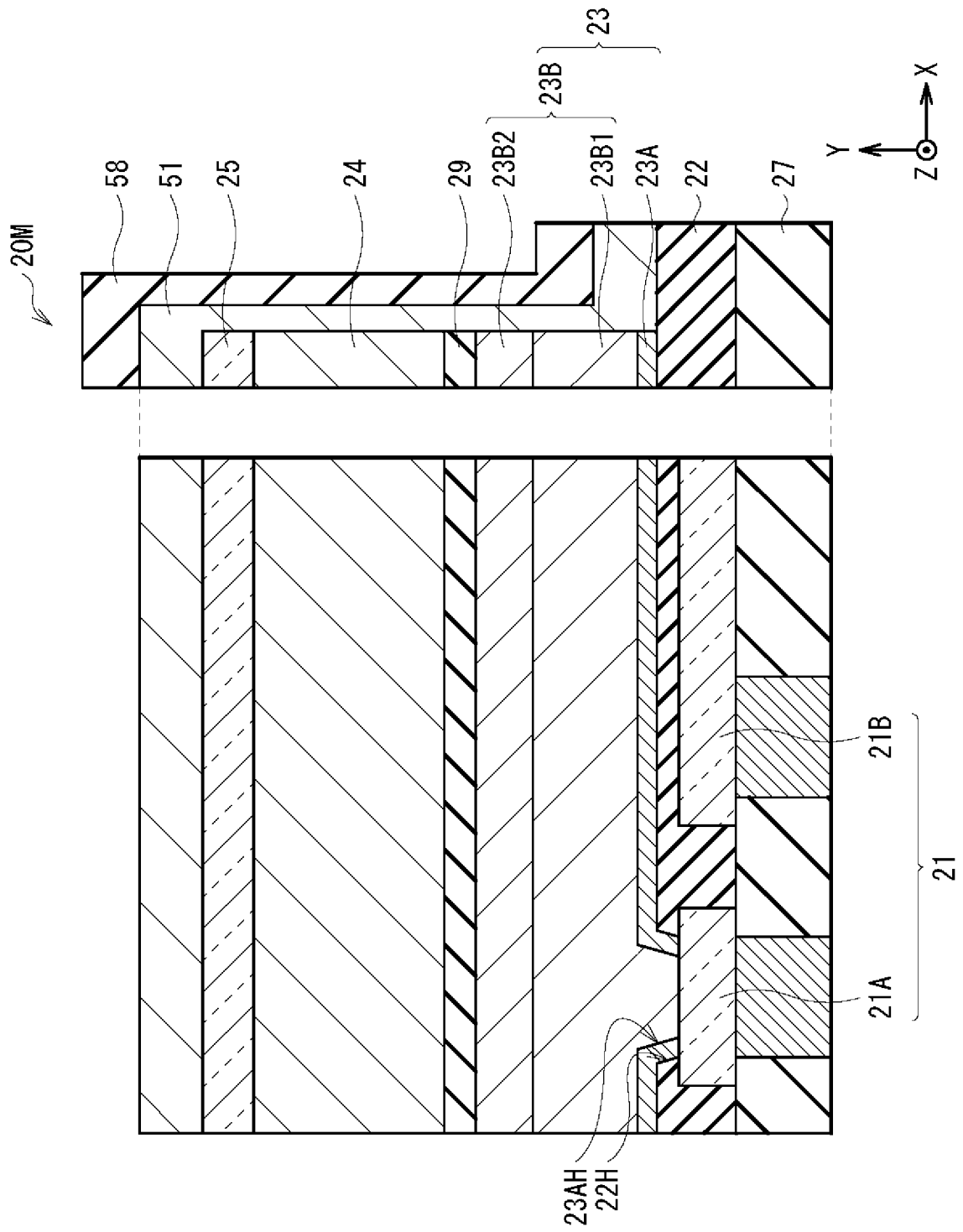
[図28]



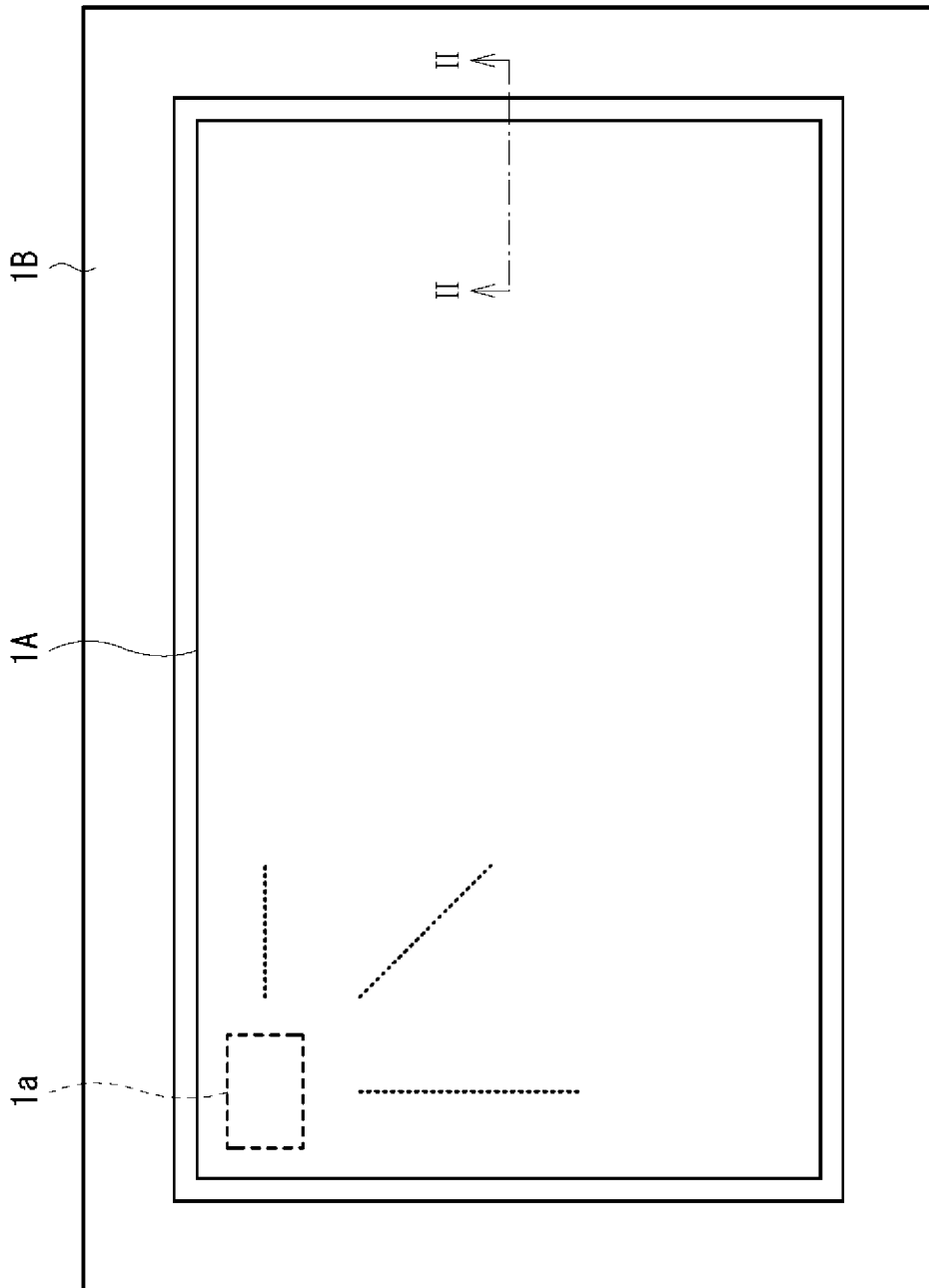
[図29]



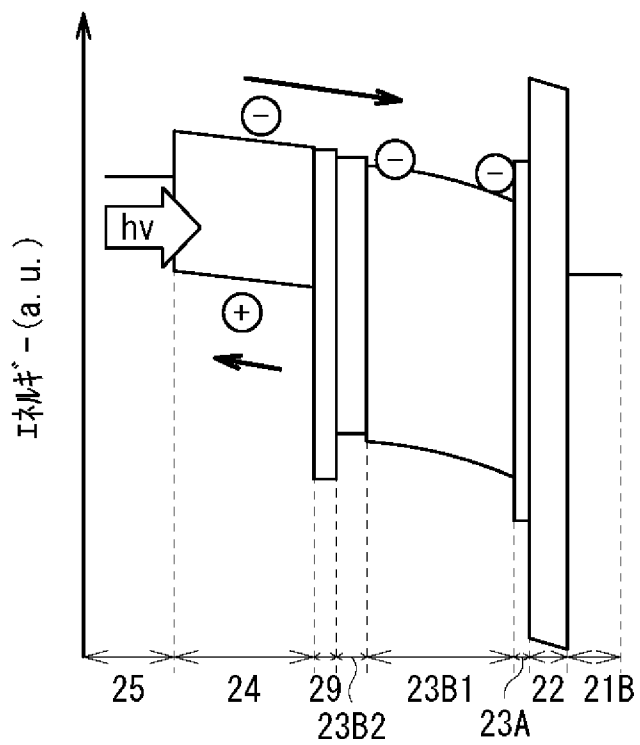
[図30]



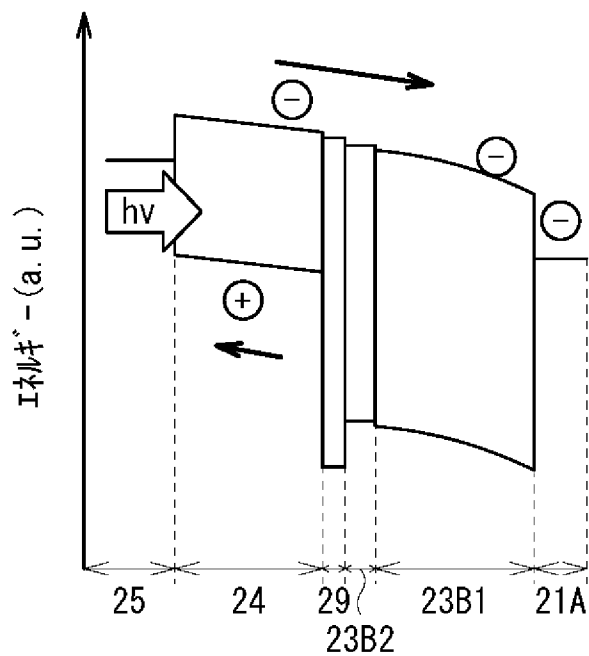
[図31]



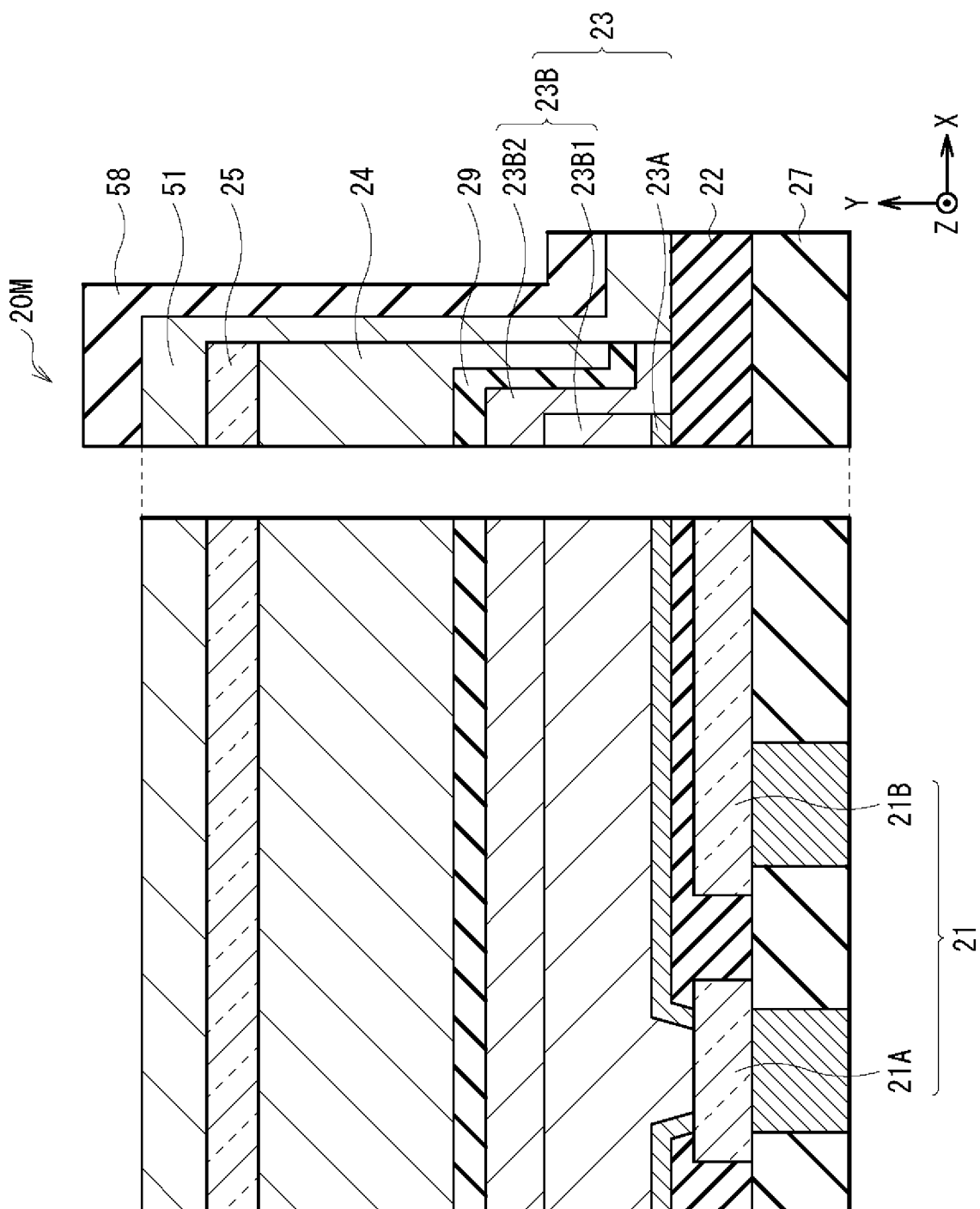
[図32A]



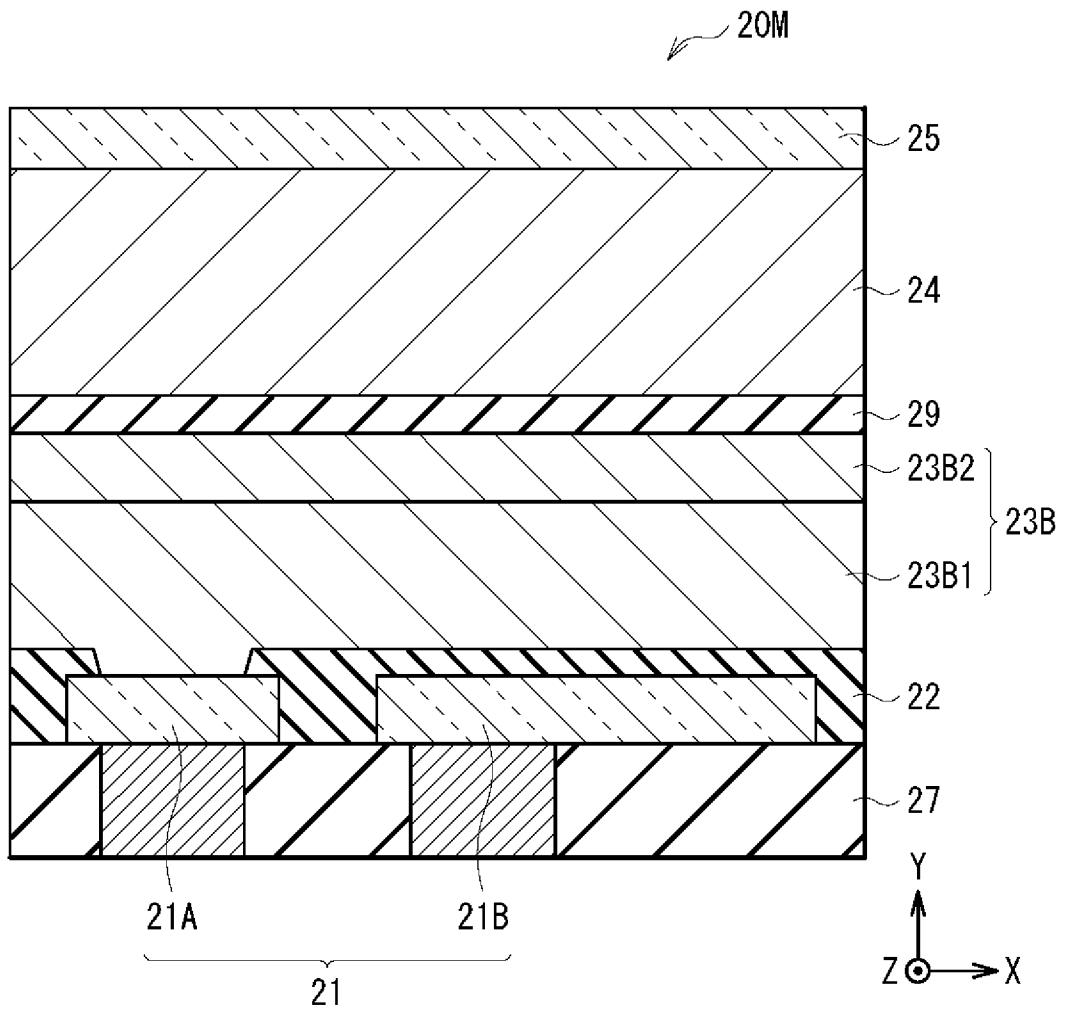
[図32B]



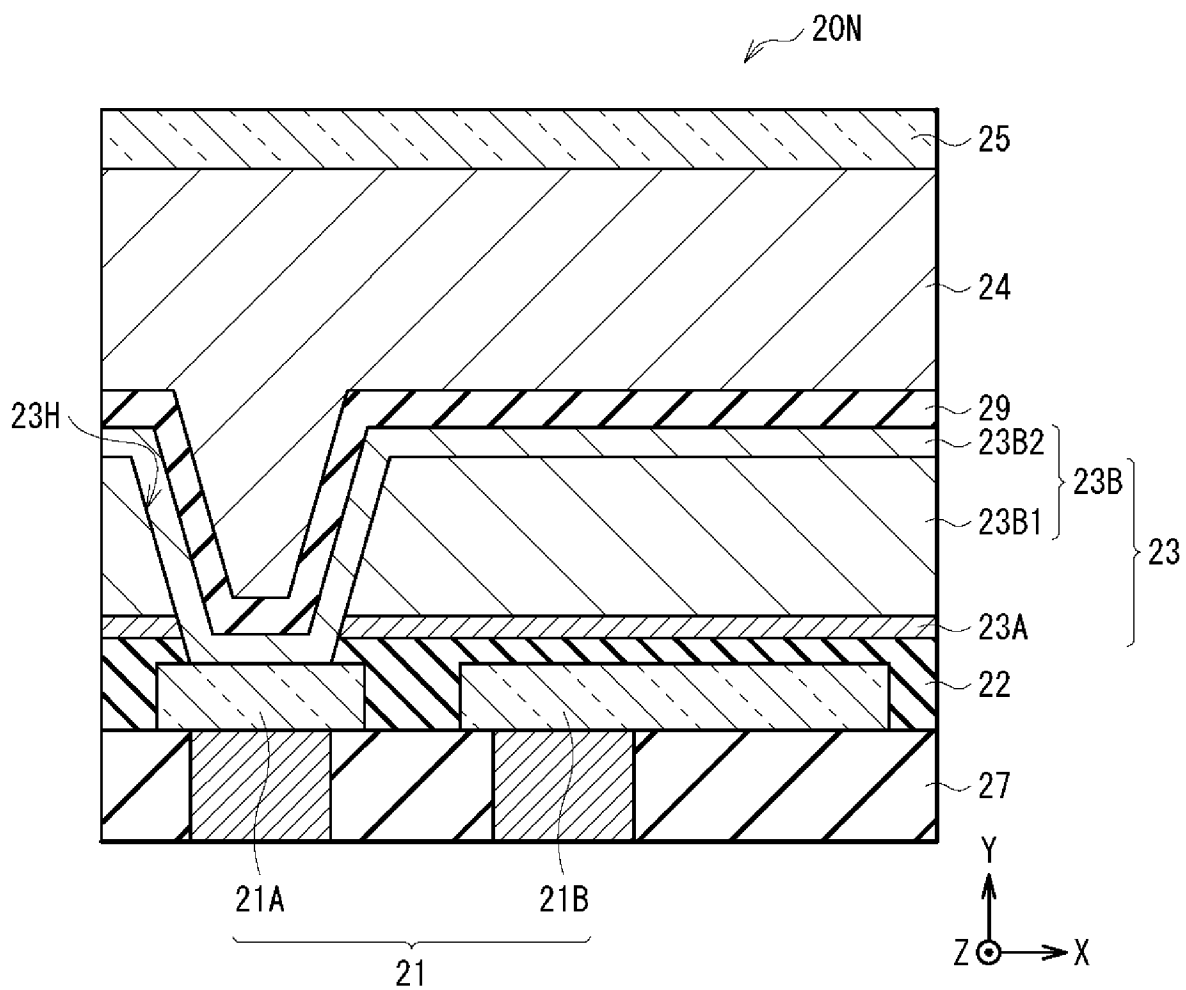
[ 33]



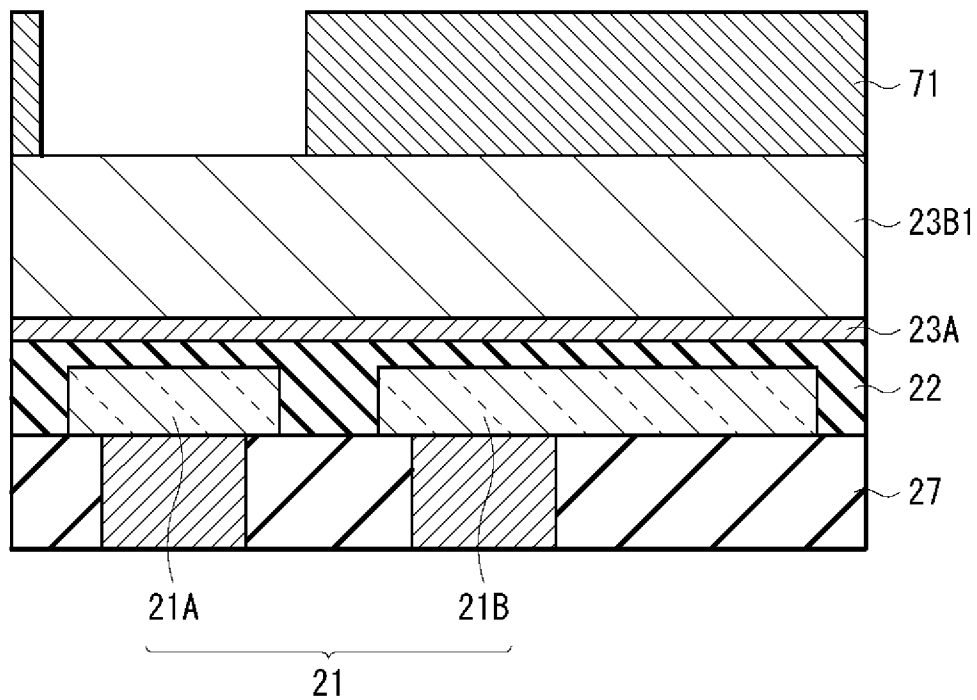
[図34]



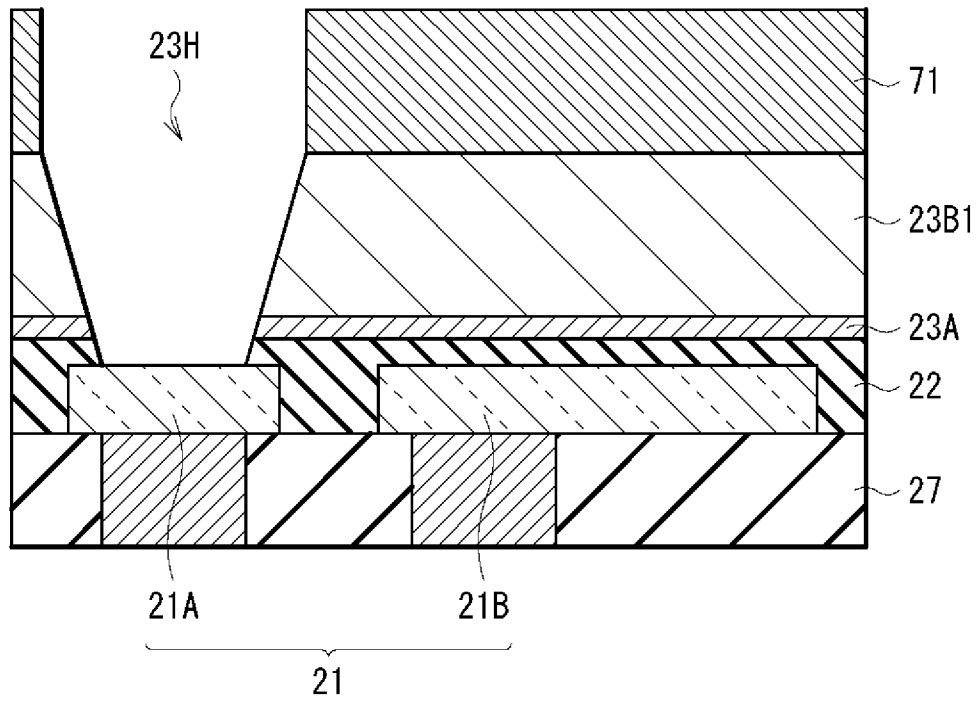
[図35]



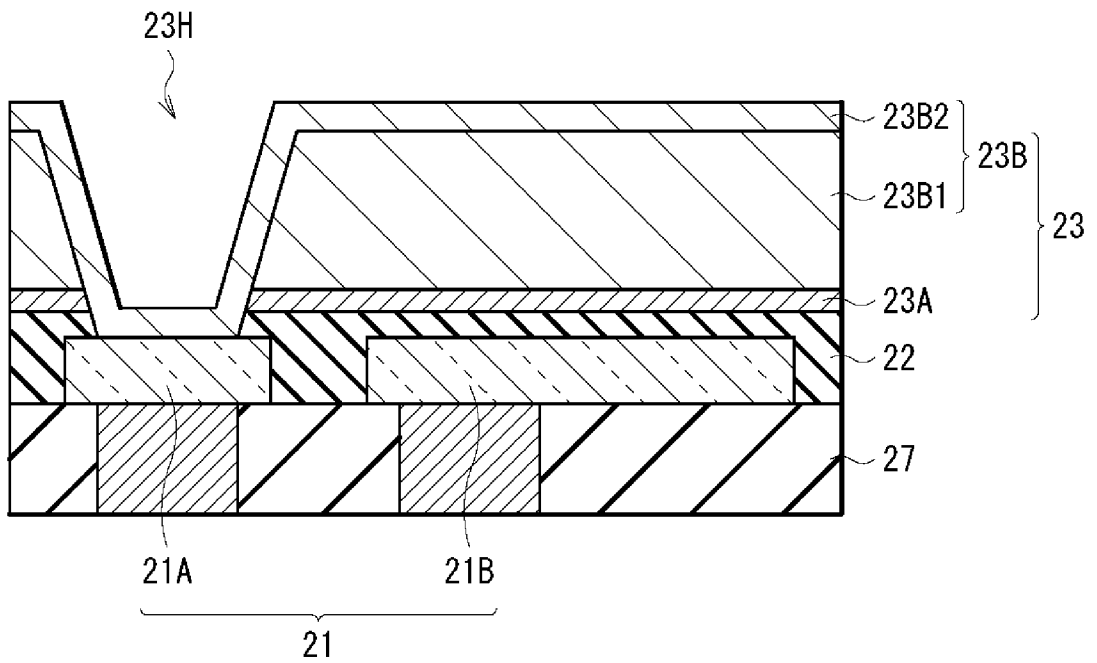
[図36A]



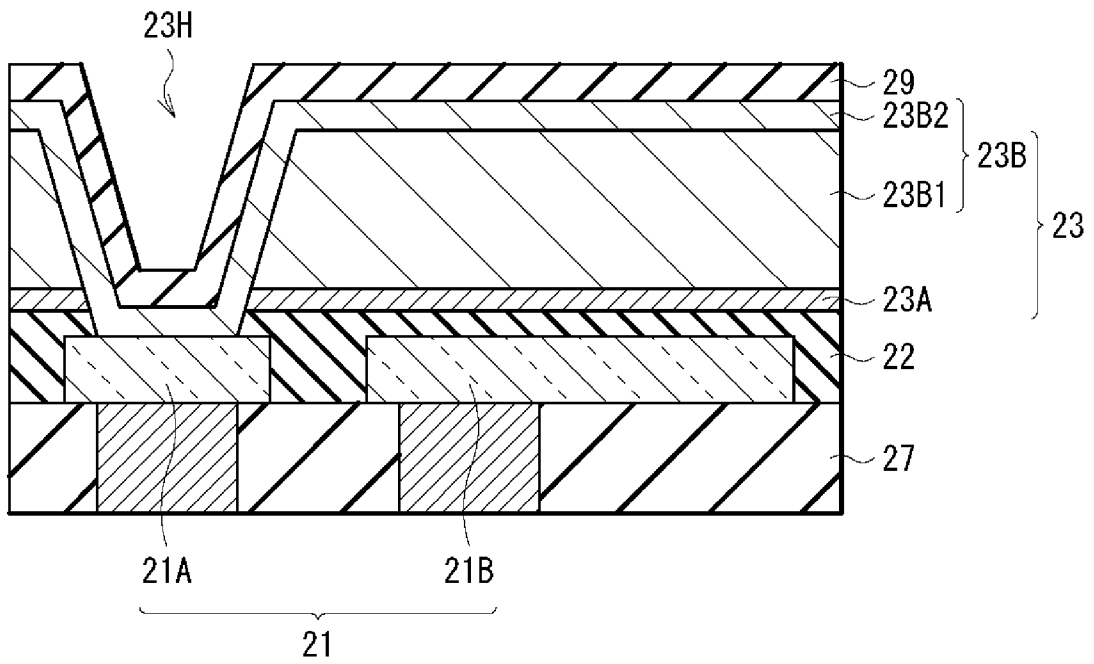
[図36B]



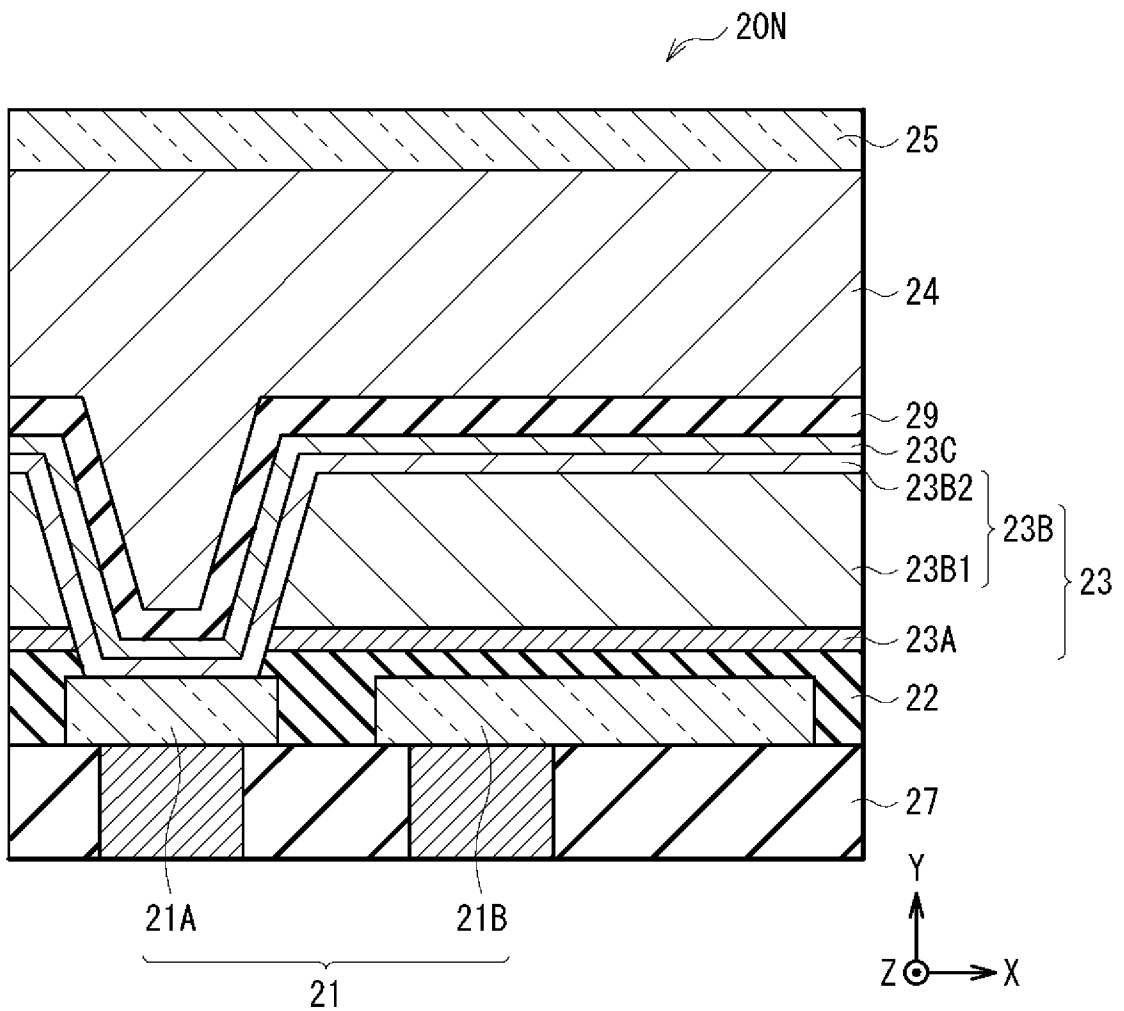
[図36C]



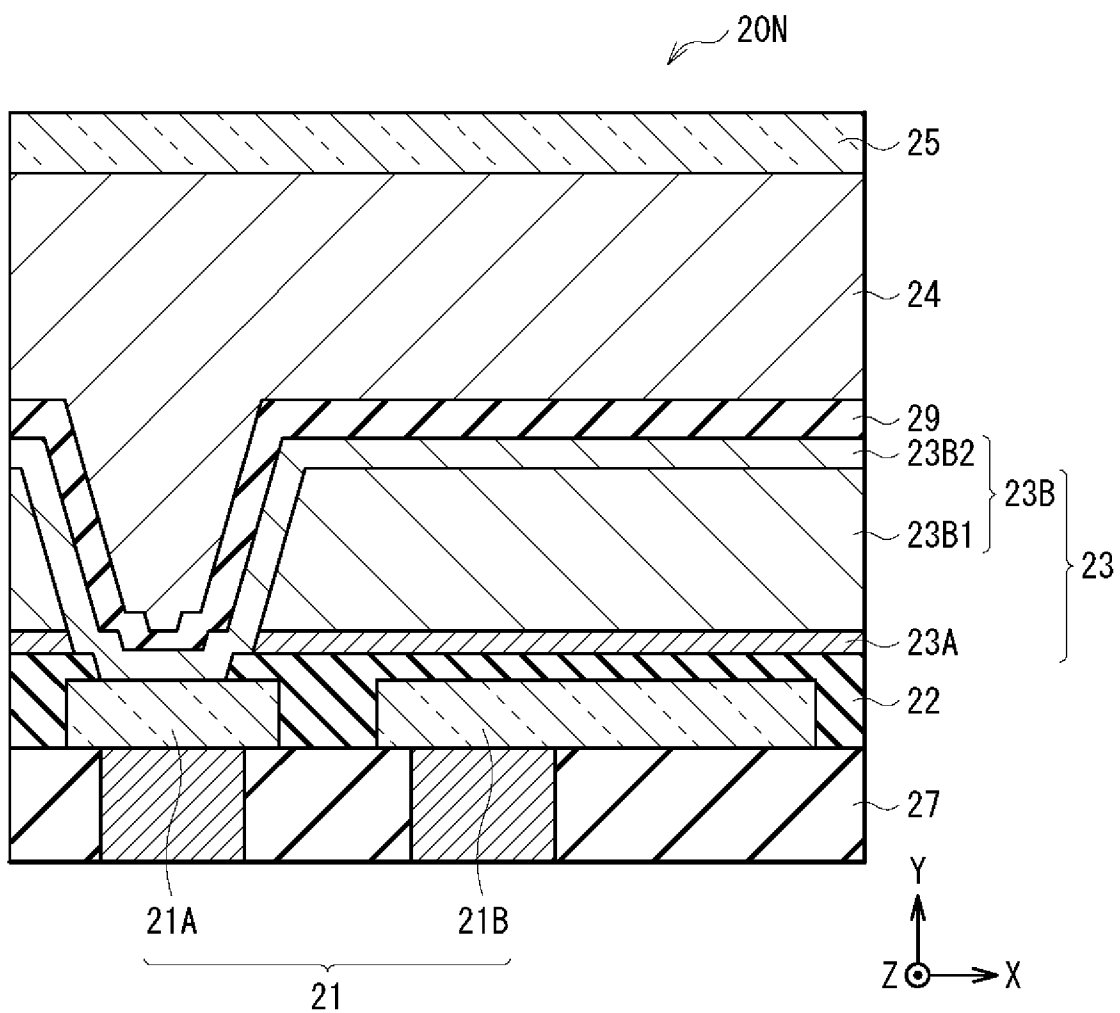
[図36D]



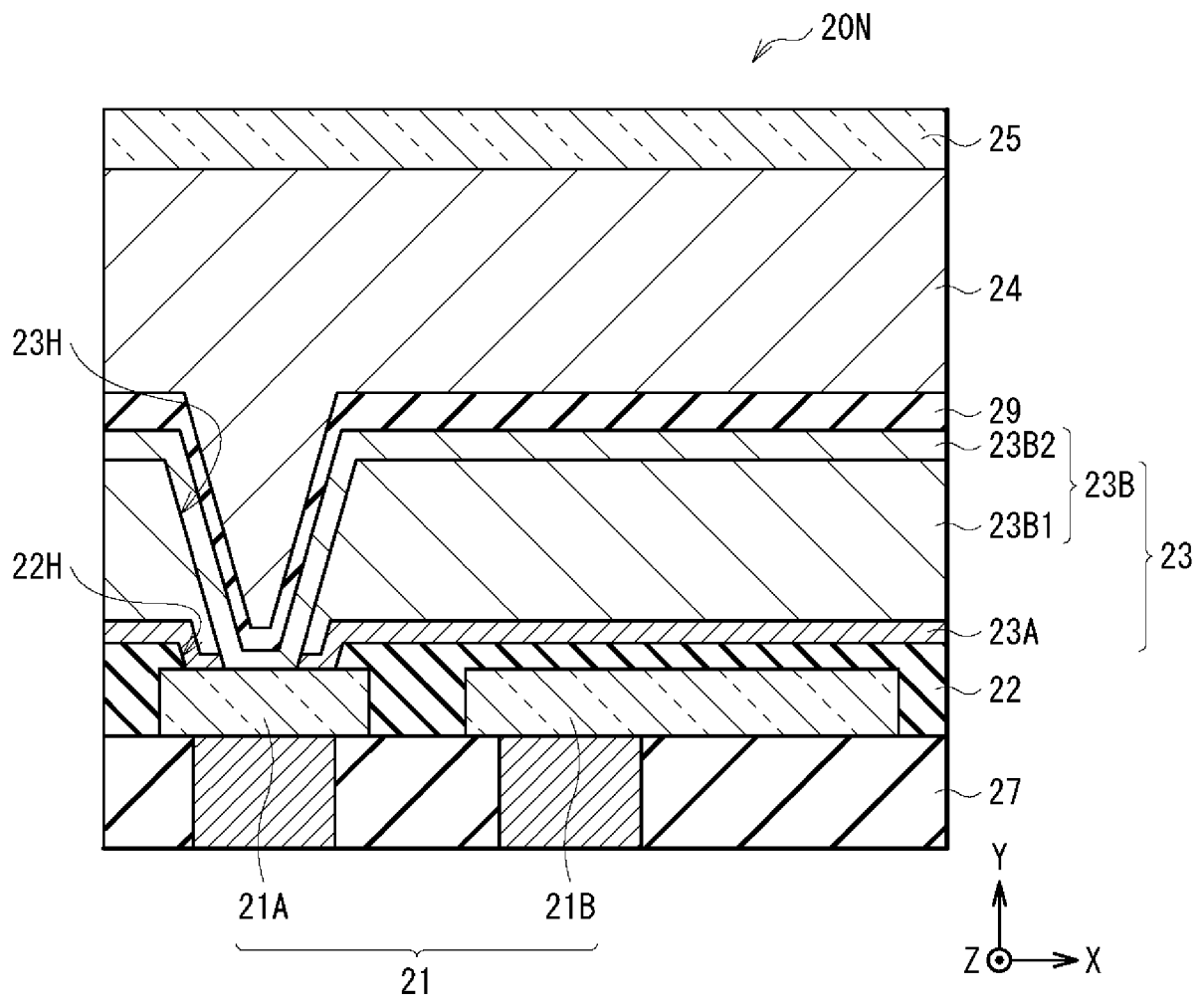
[図37]



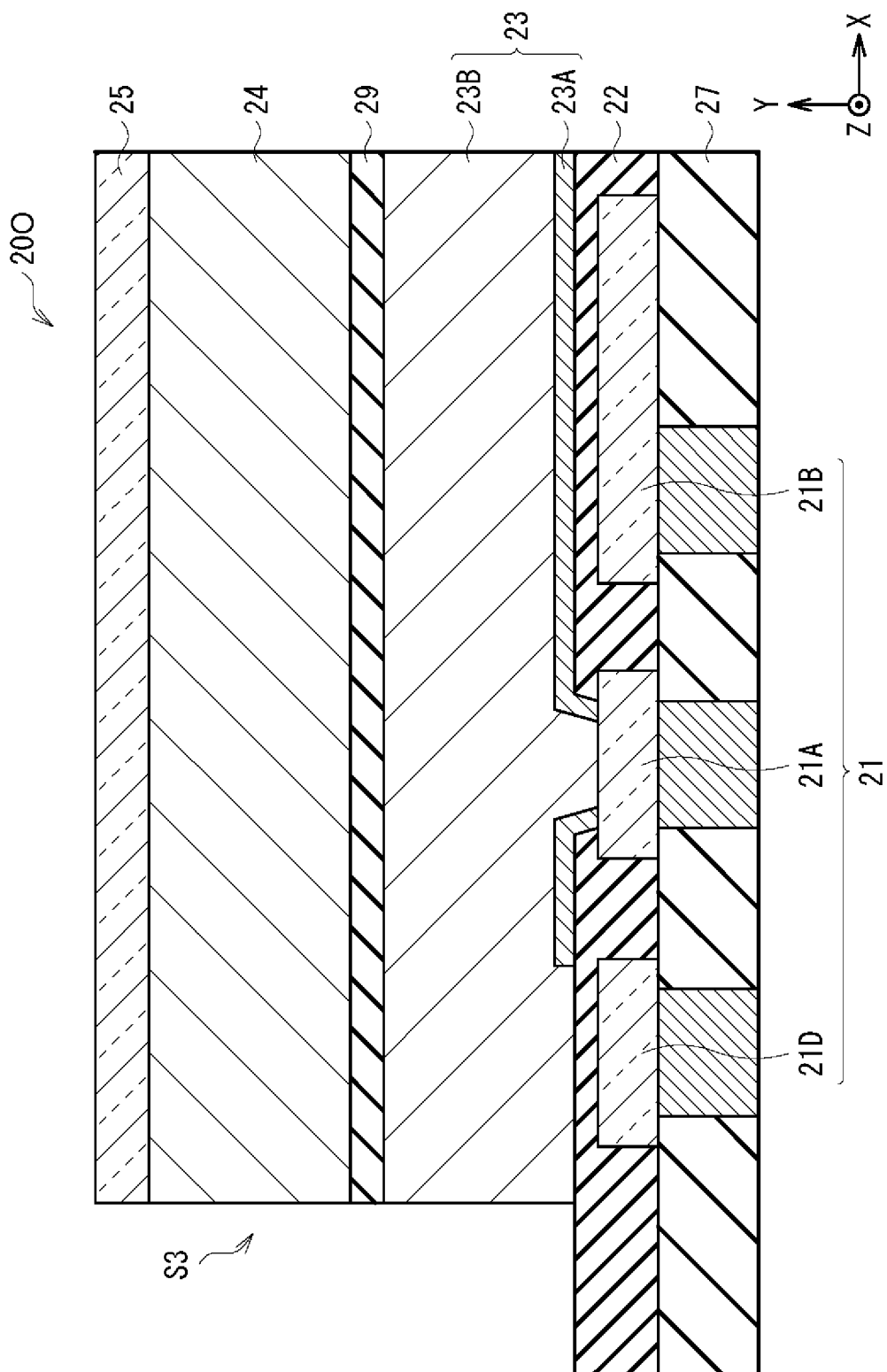
[図38]



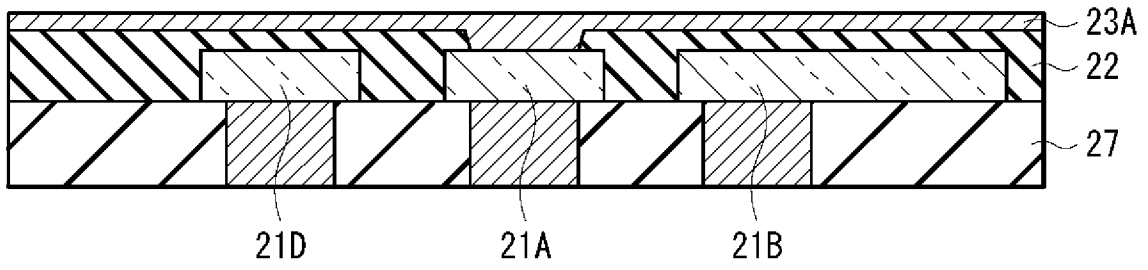
[図39]



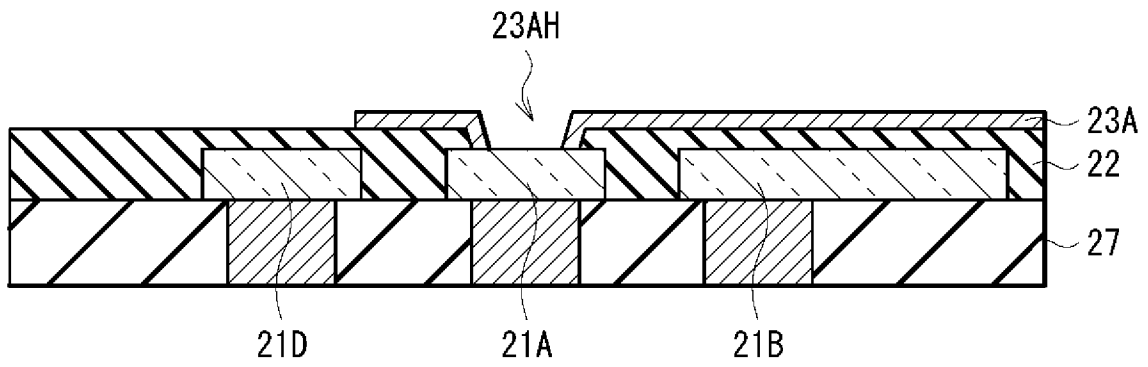
[図40]



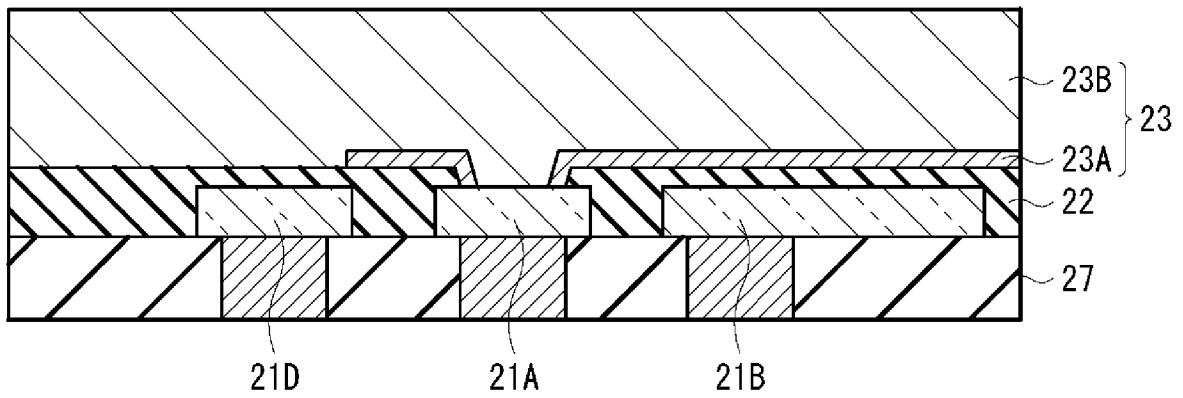
[図41A]



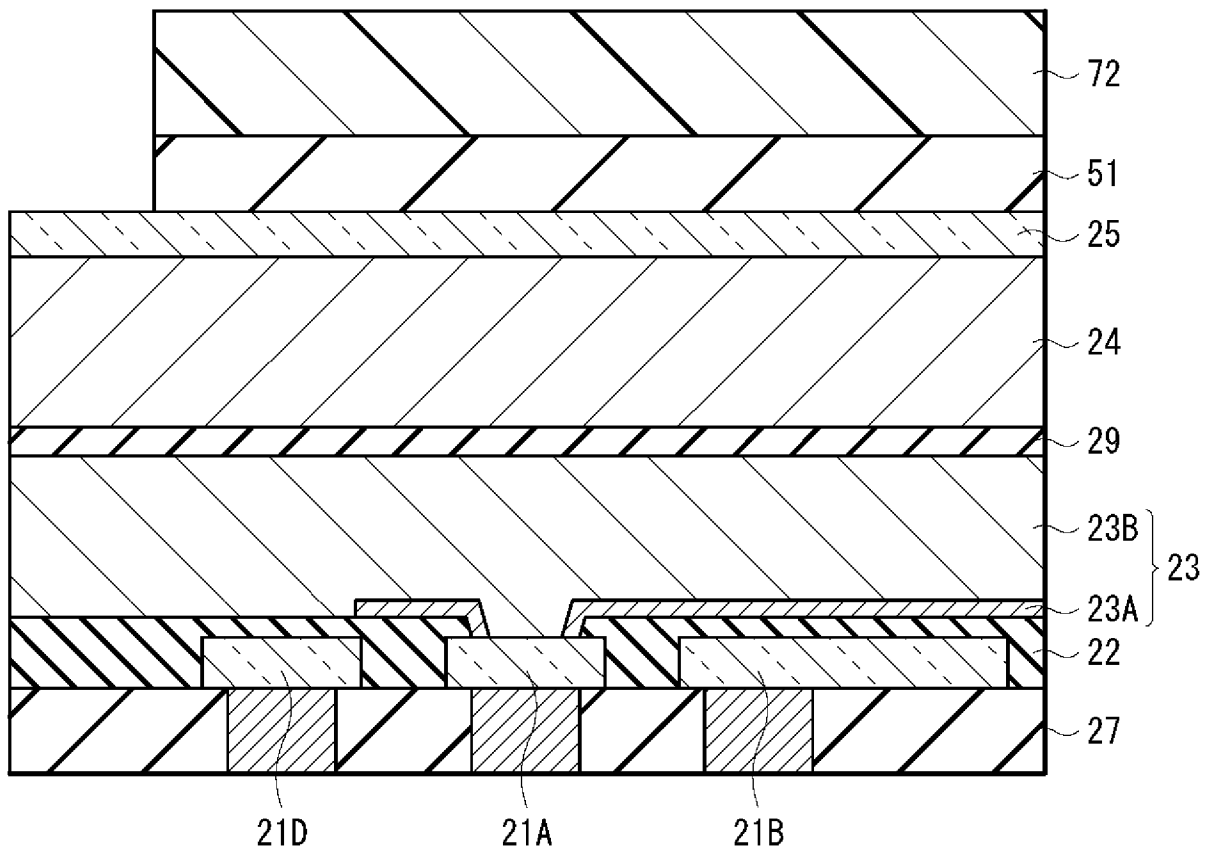
[図41B]



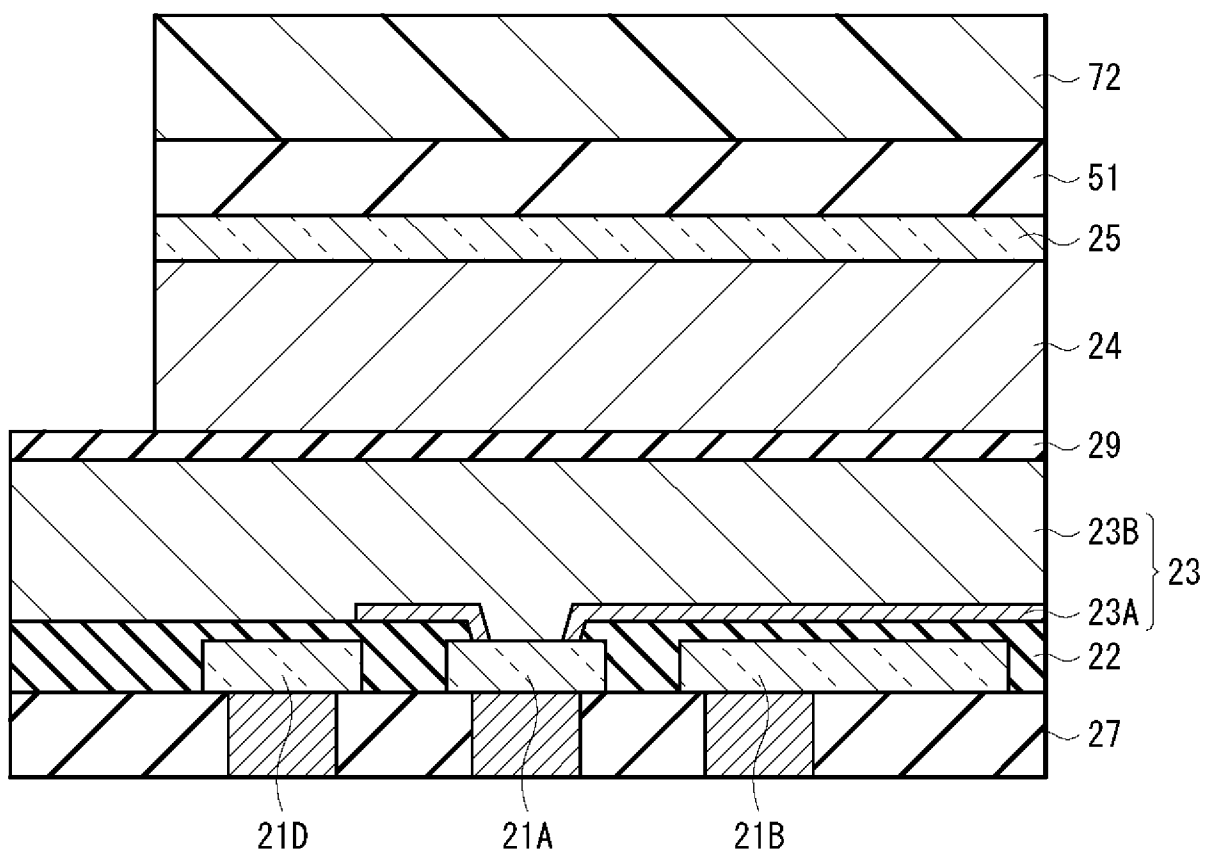
[図41C]



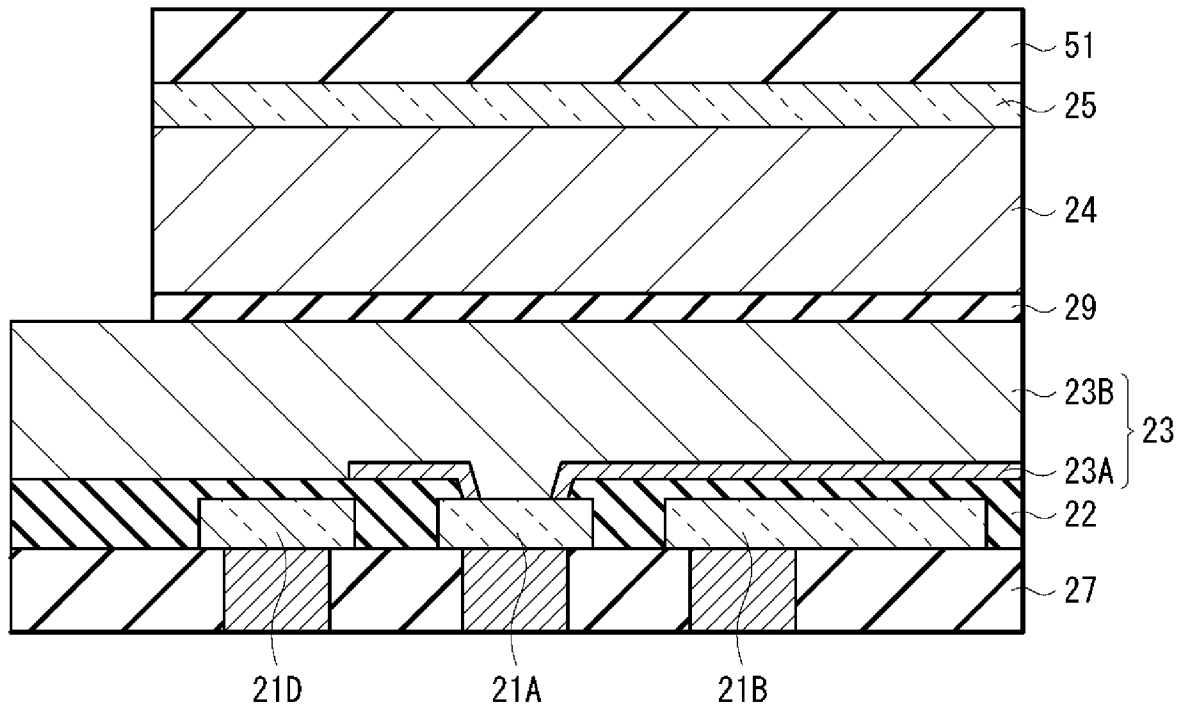
[図41D]



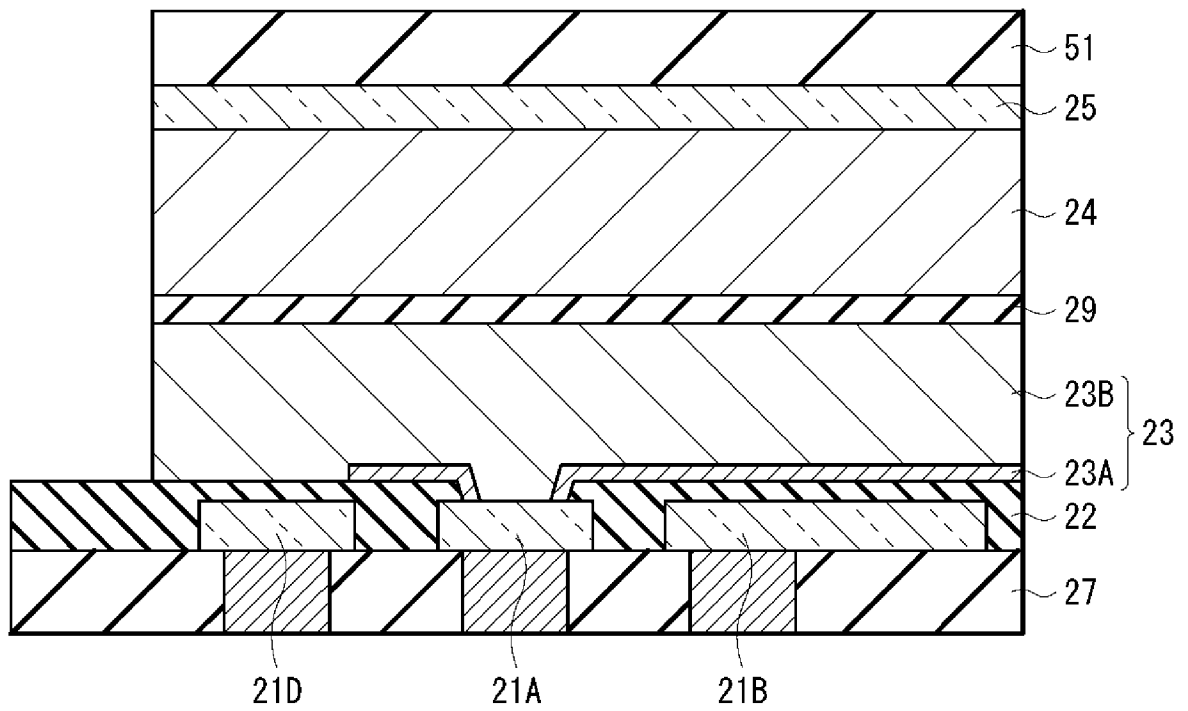
[図41E]



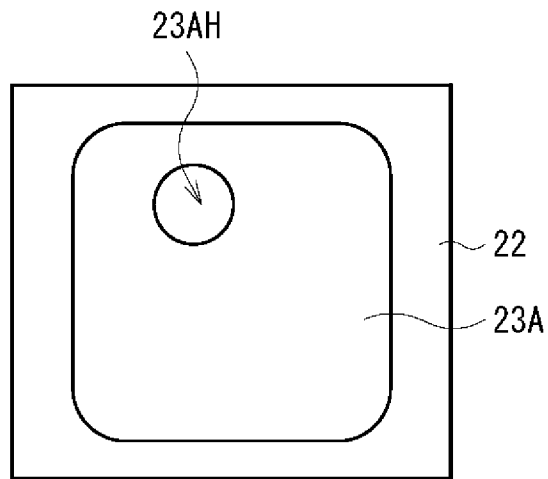
[図41F]



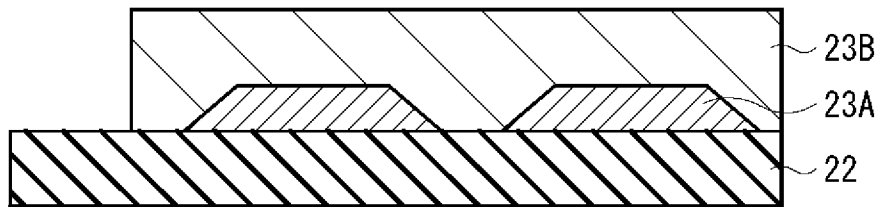
[図41G]



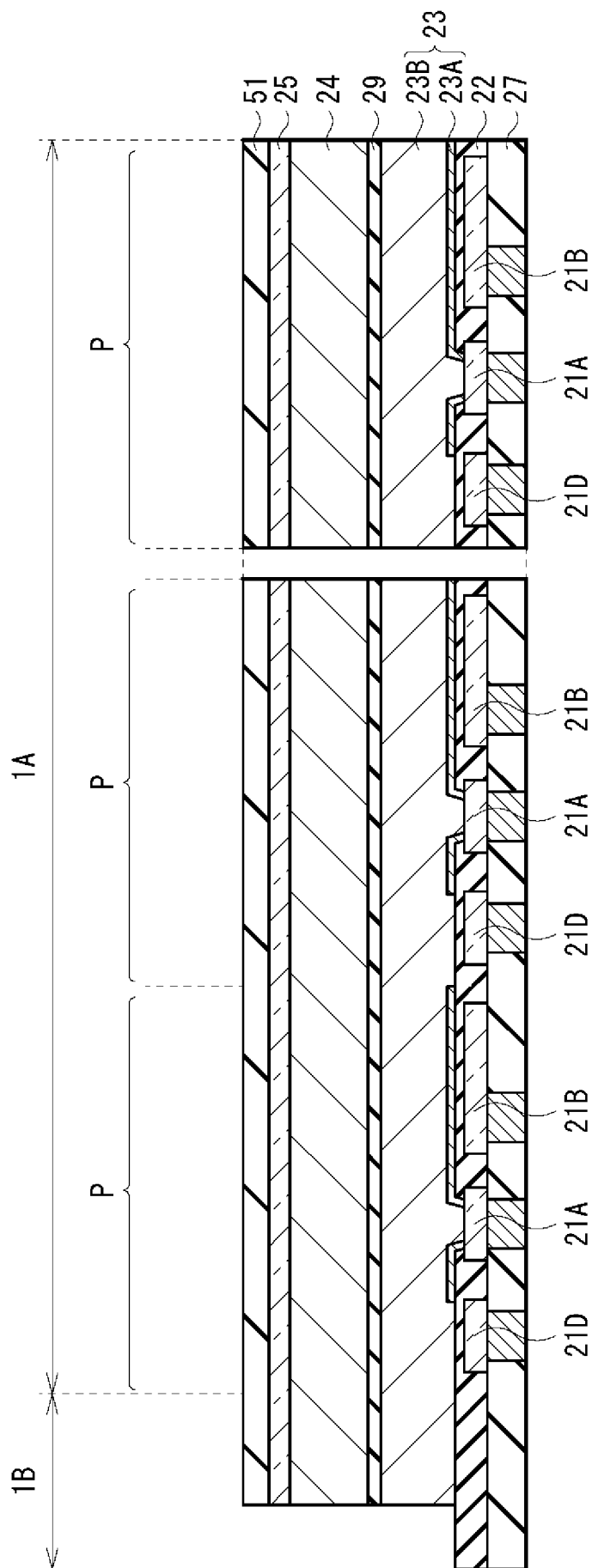
[図42]



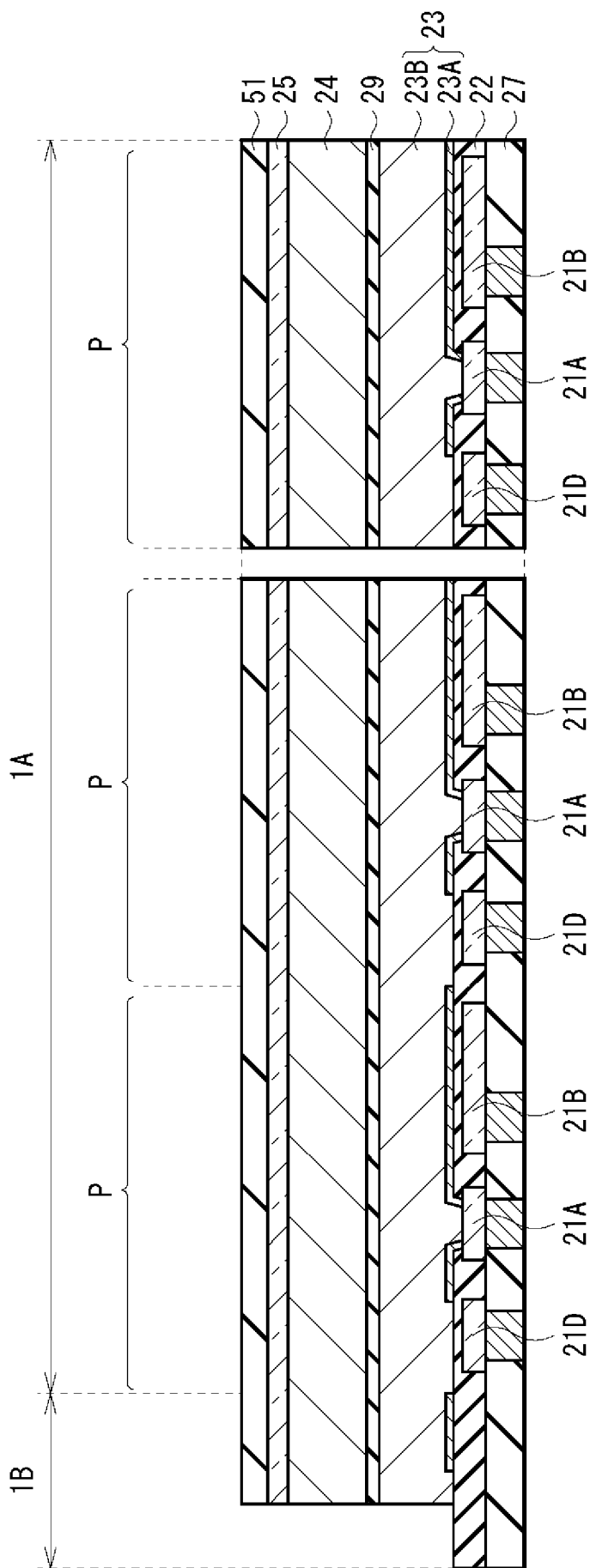
[図43]



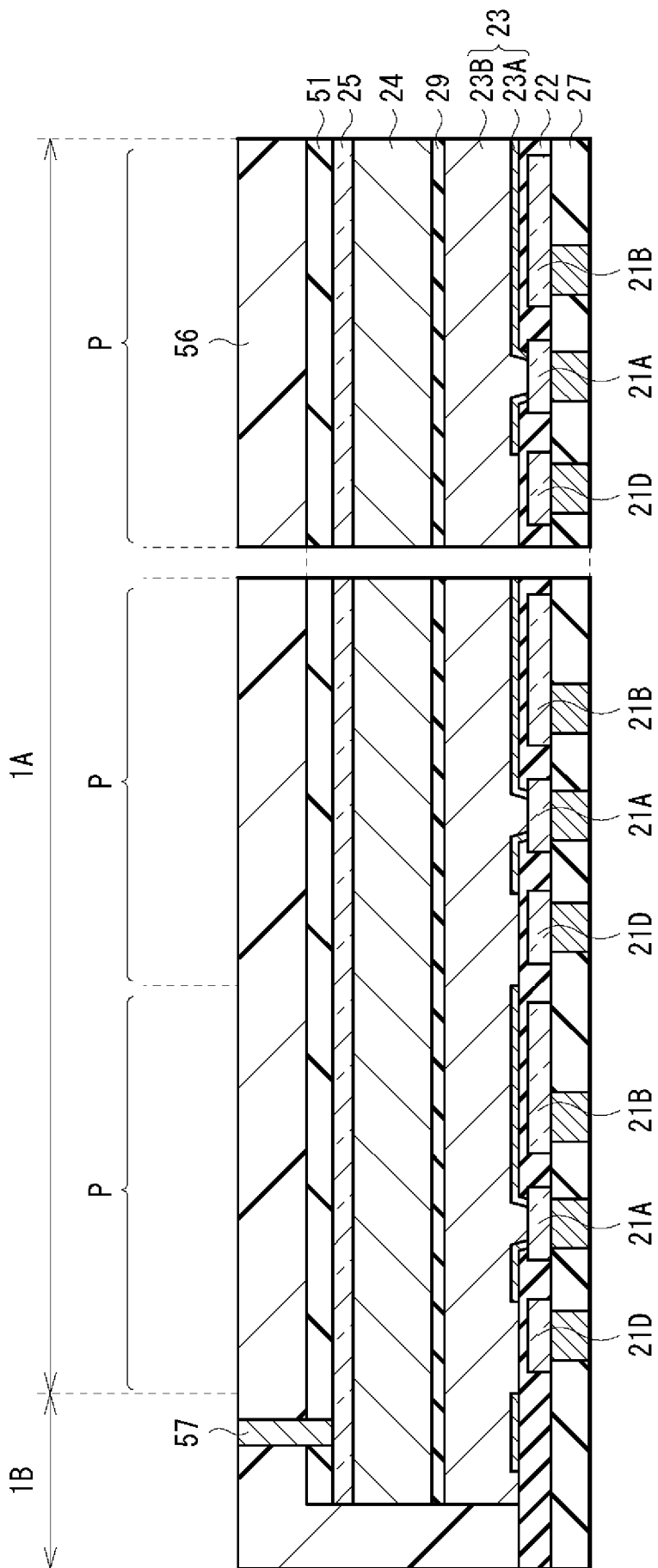
[図44]



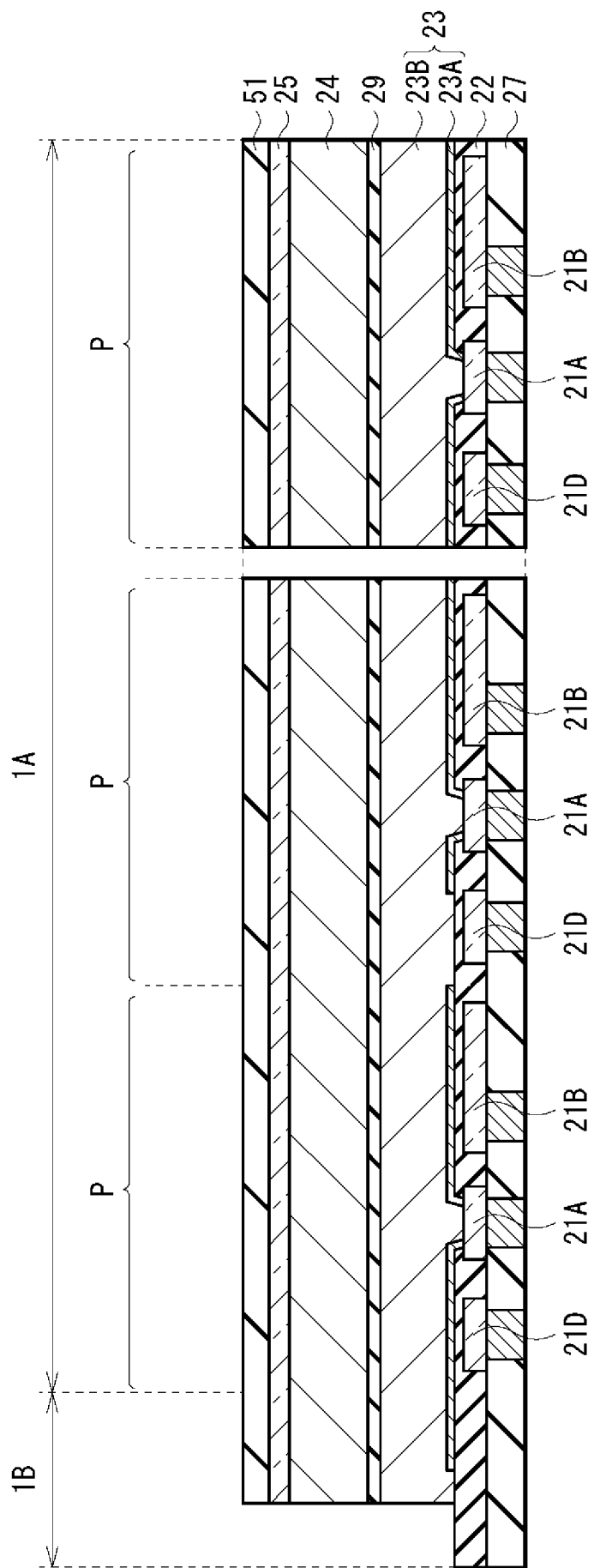
[図45]



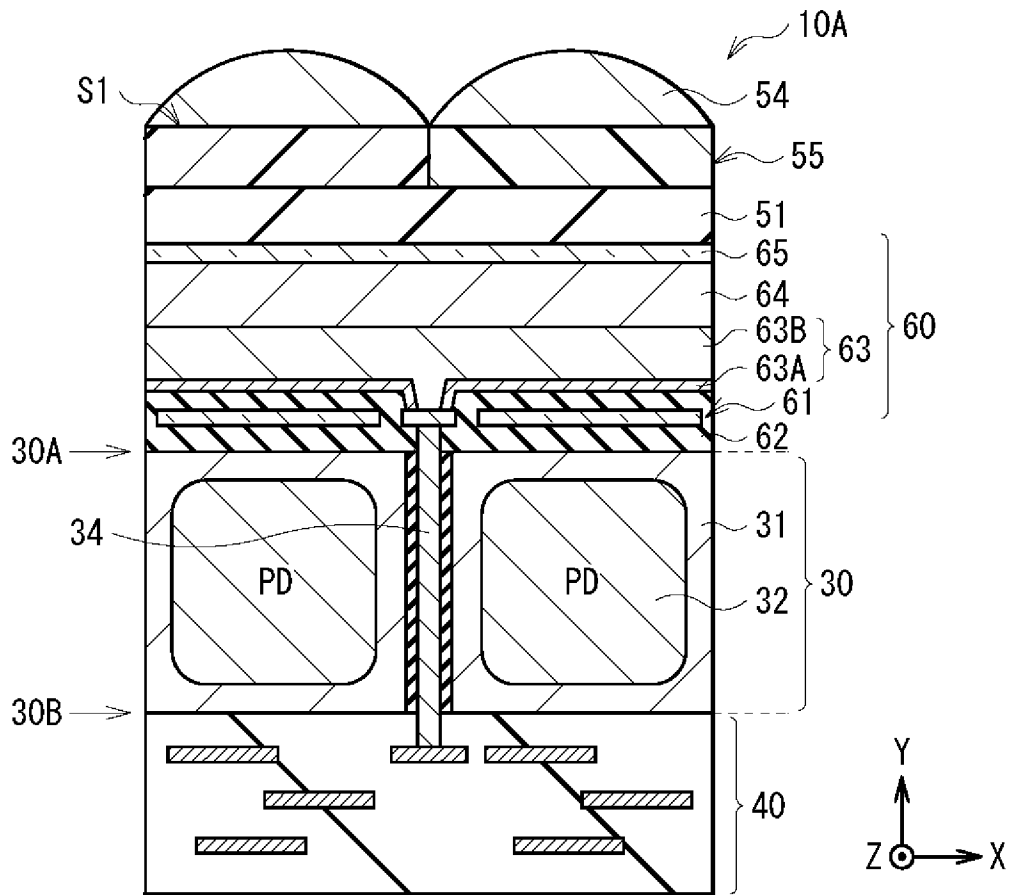
[図46]



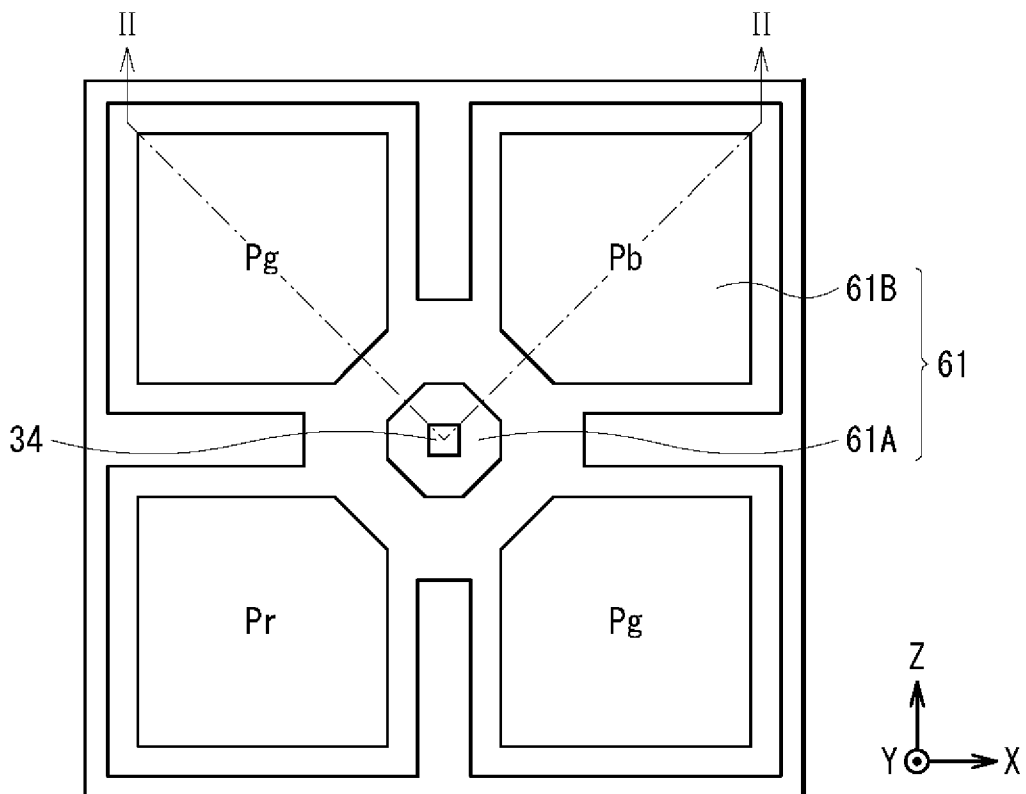
[図47]



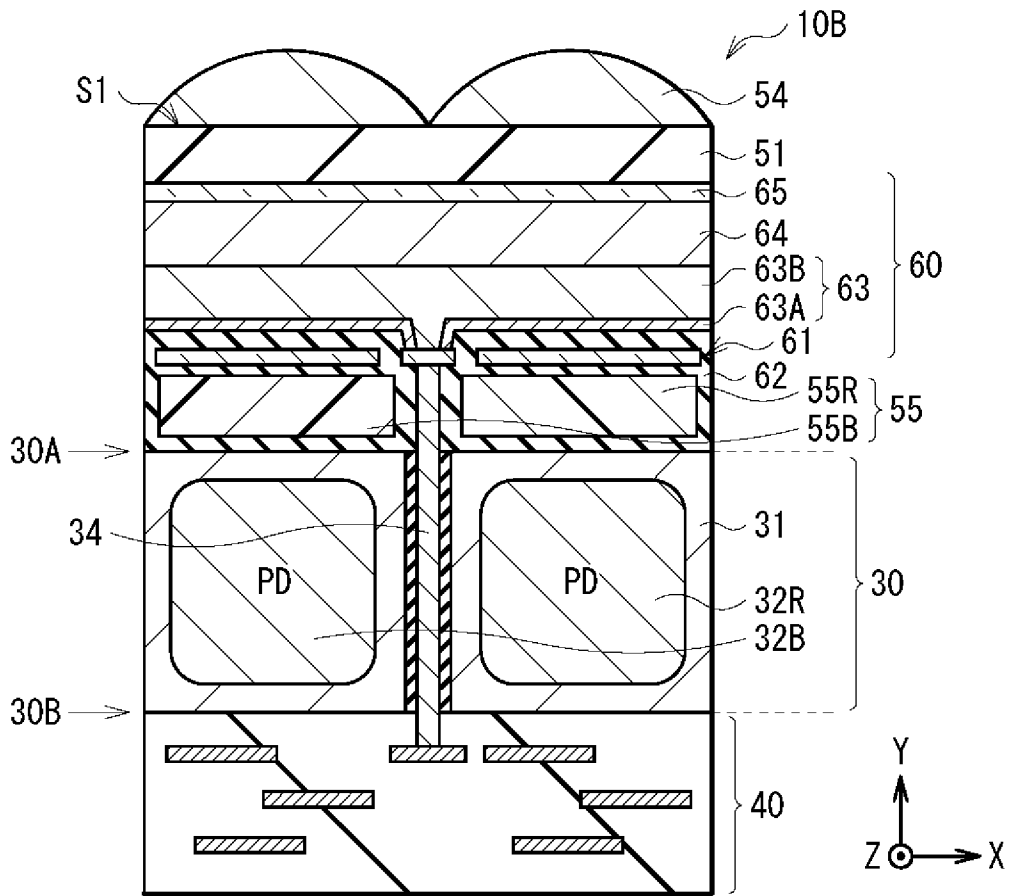
[図48A]



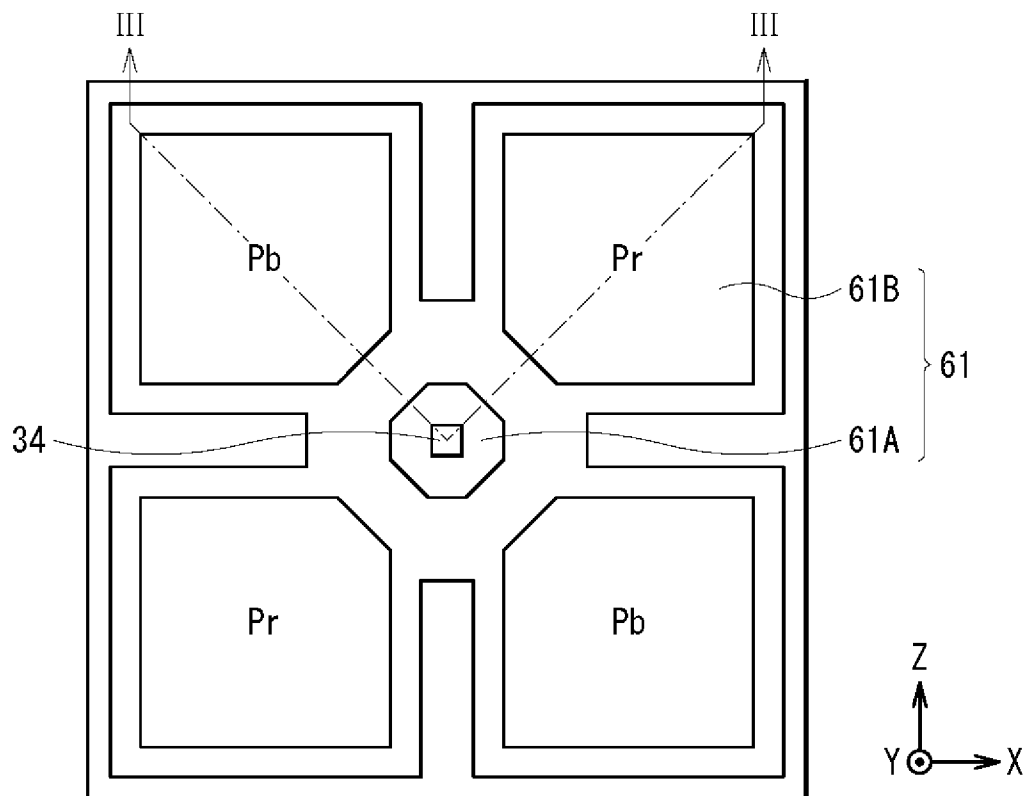
[図48B]



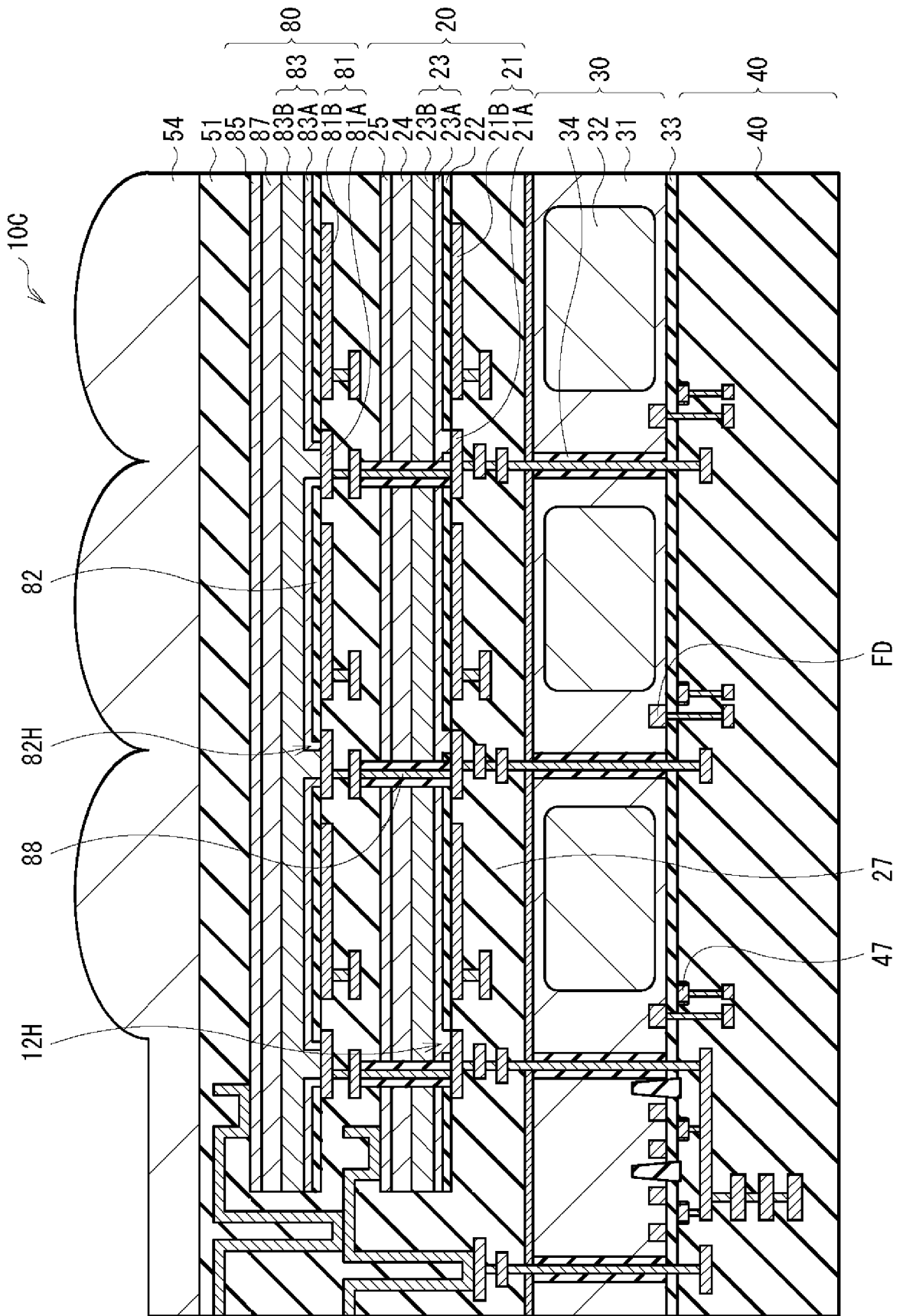
[図49A]



[図49B]

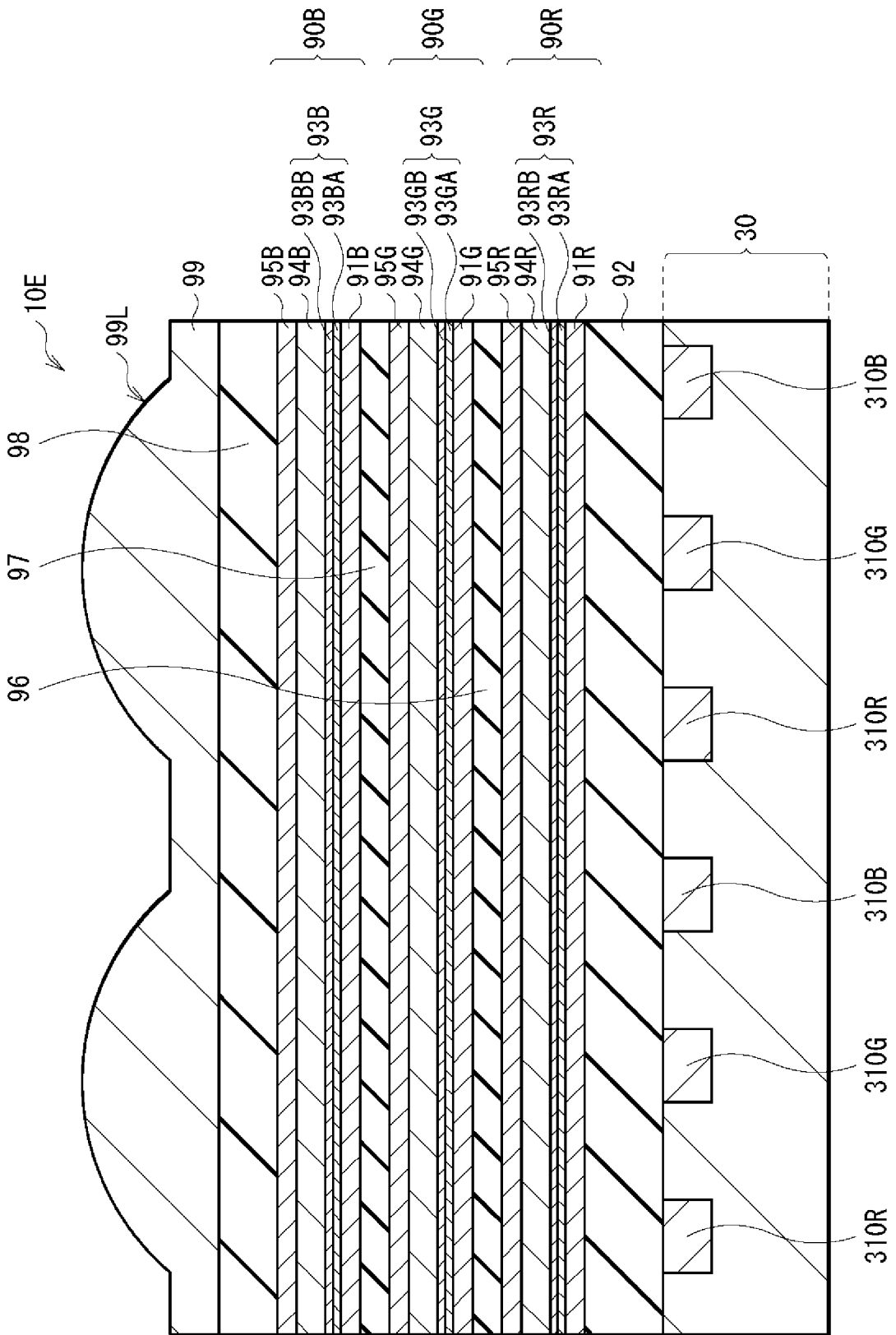


[図50]

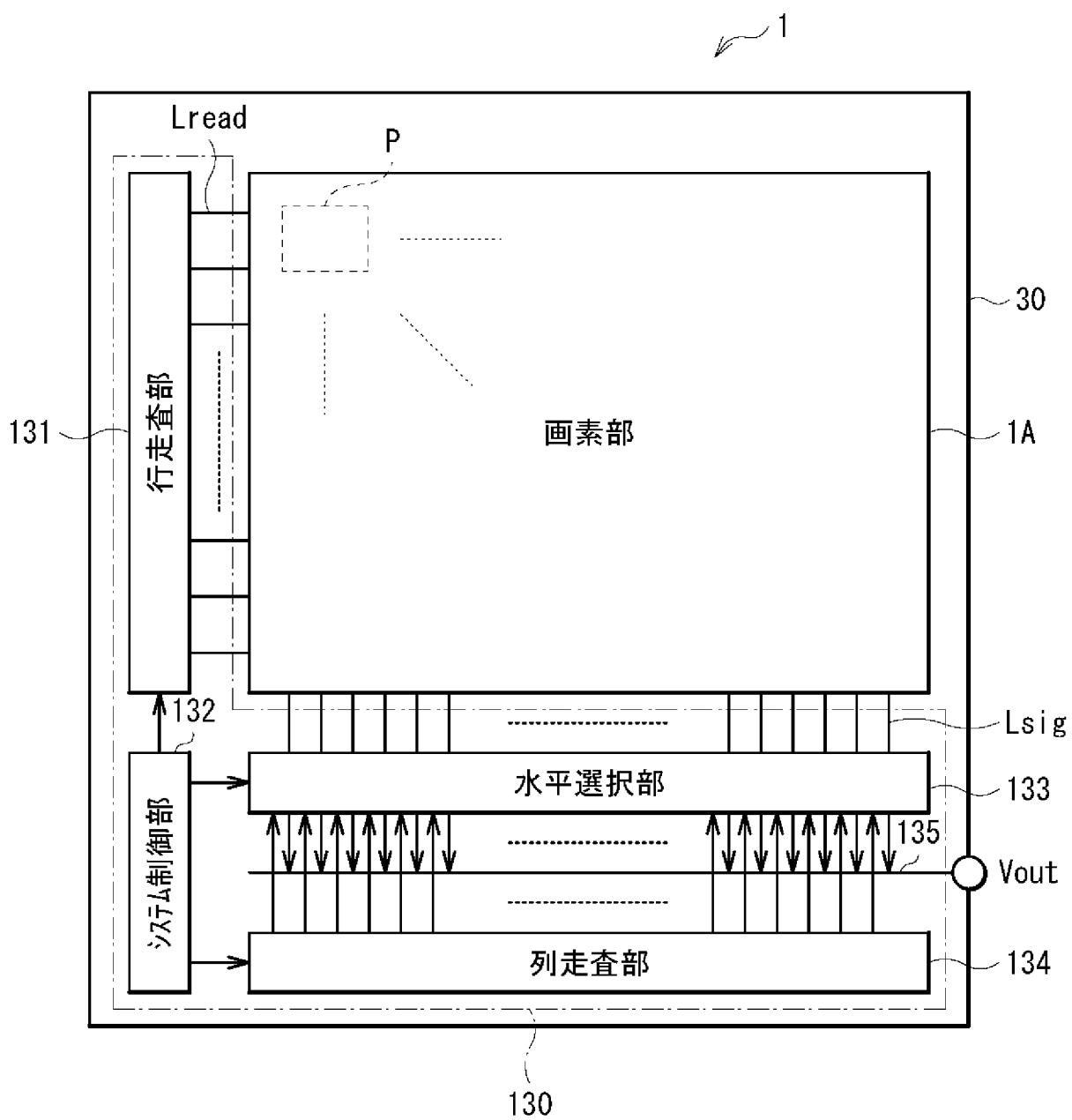




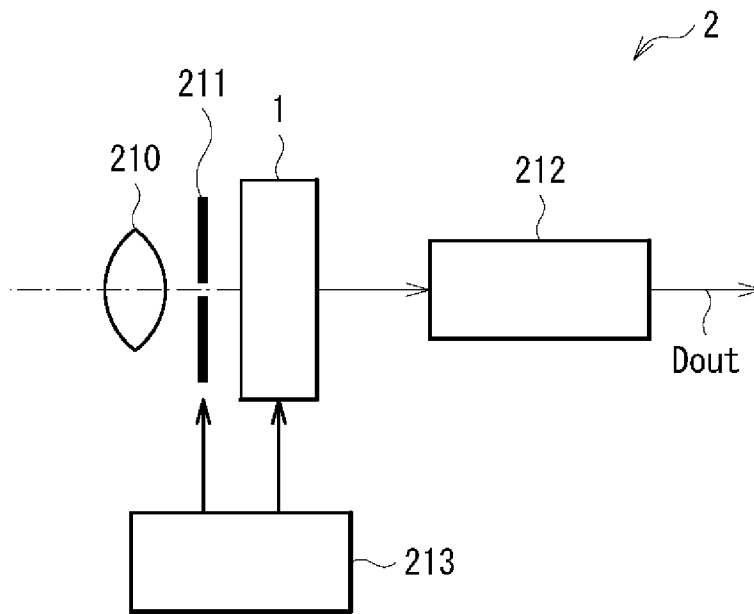
[図52]



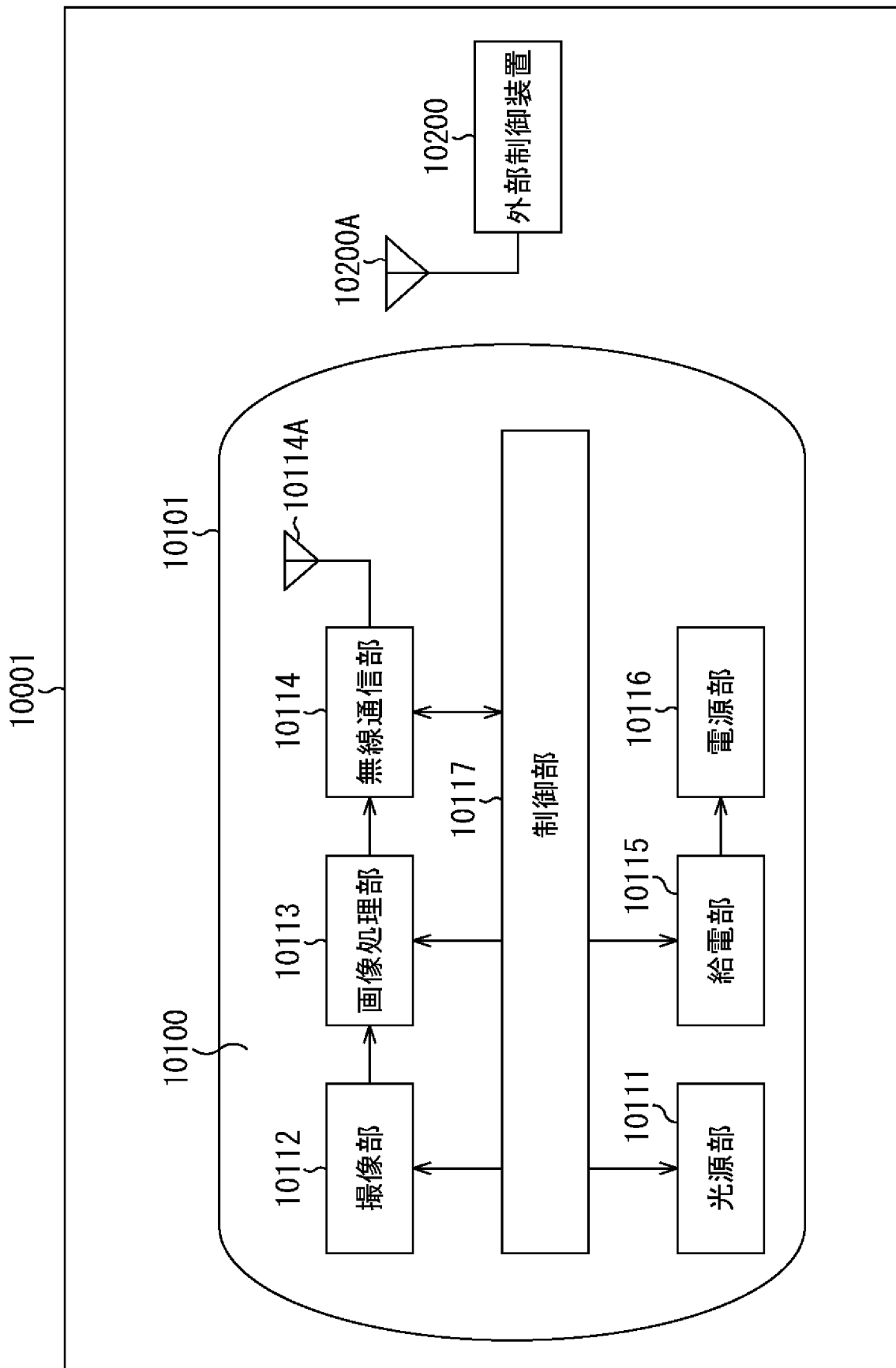
[図53]



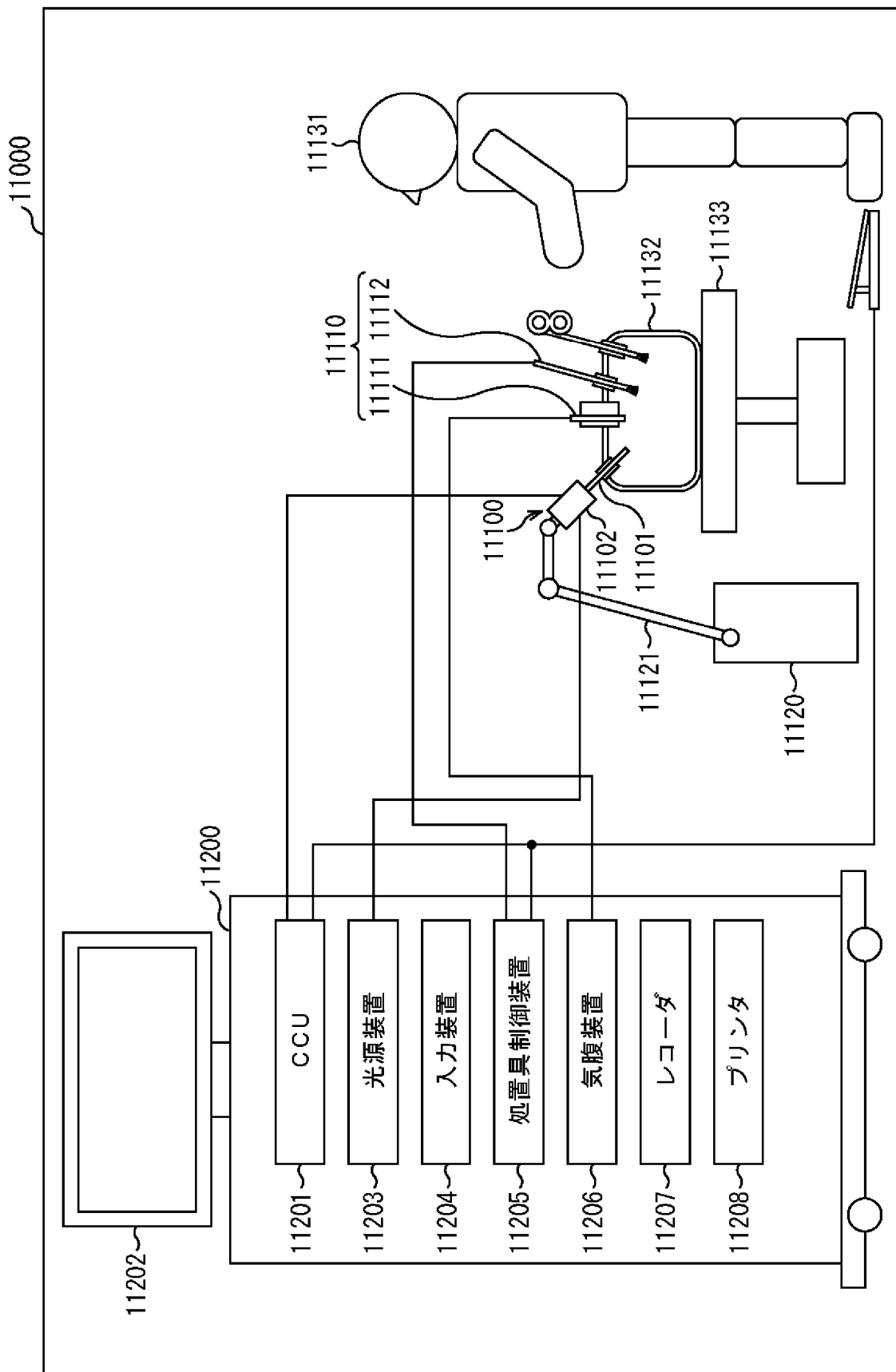
[図54]



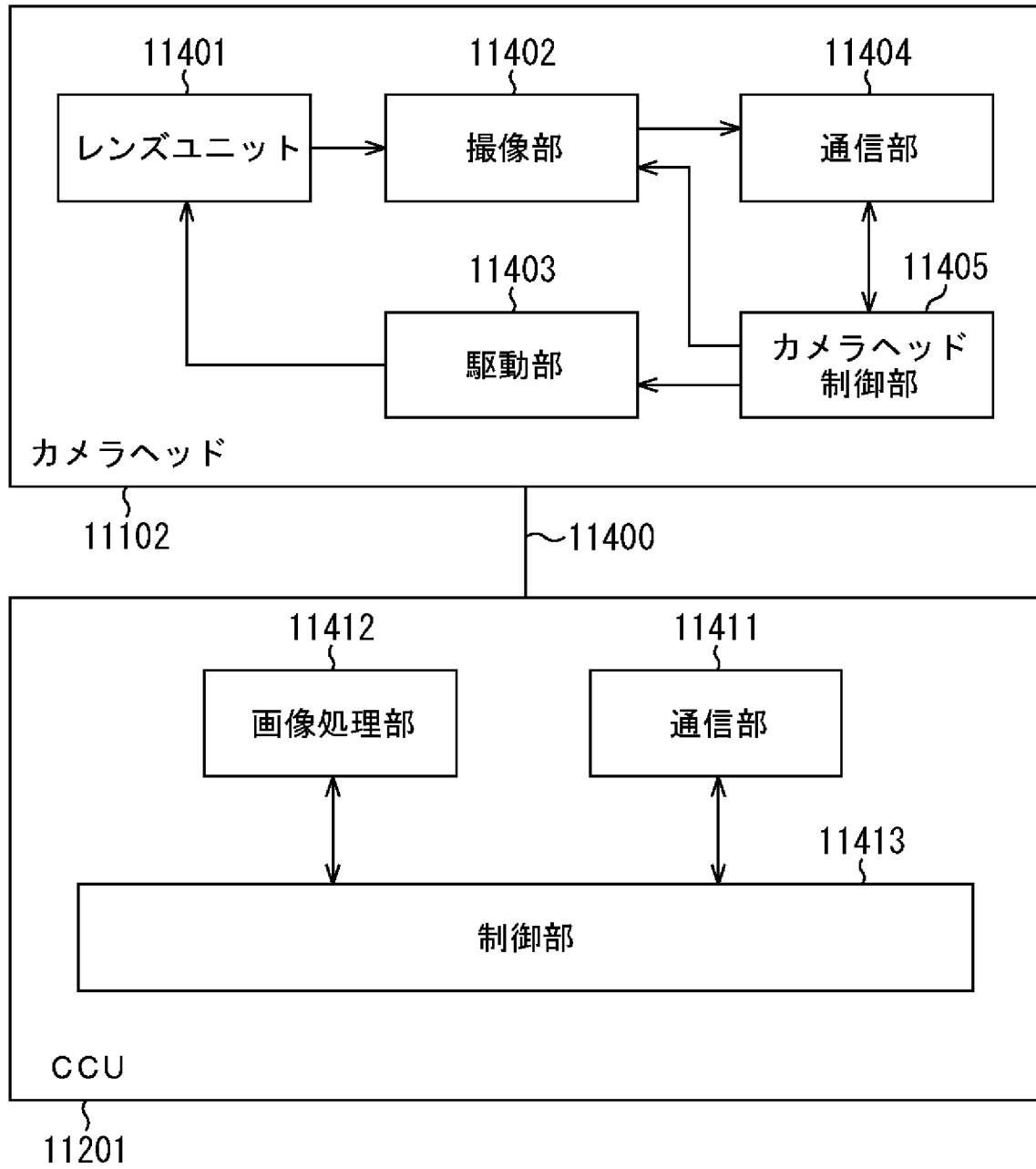
[図55]



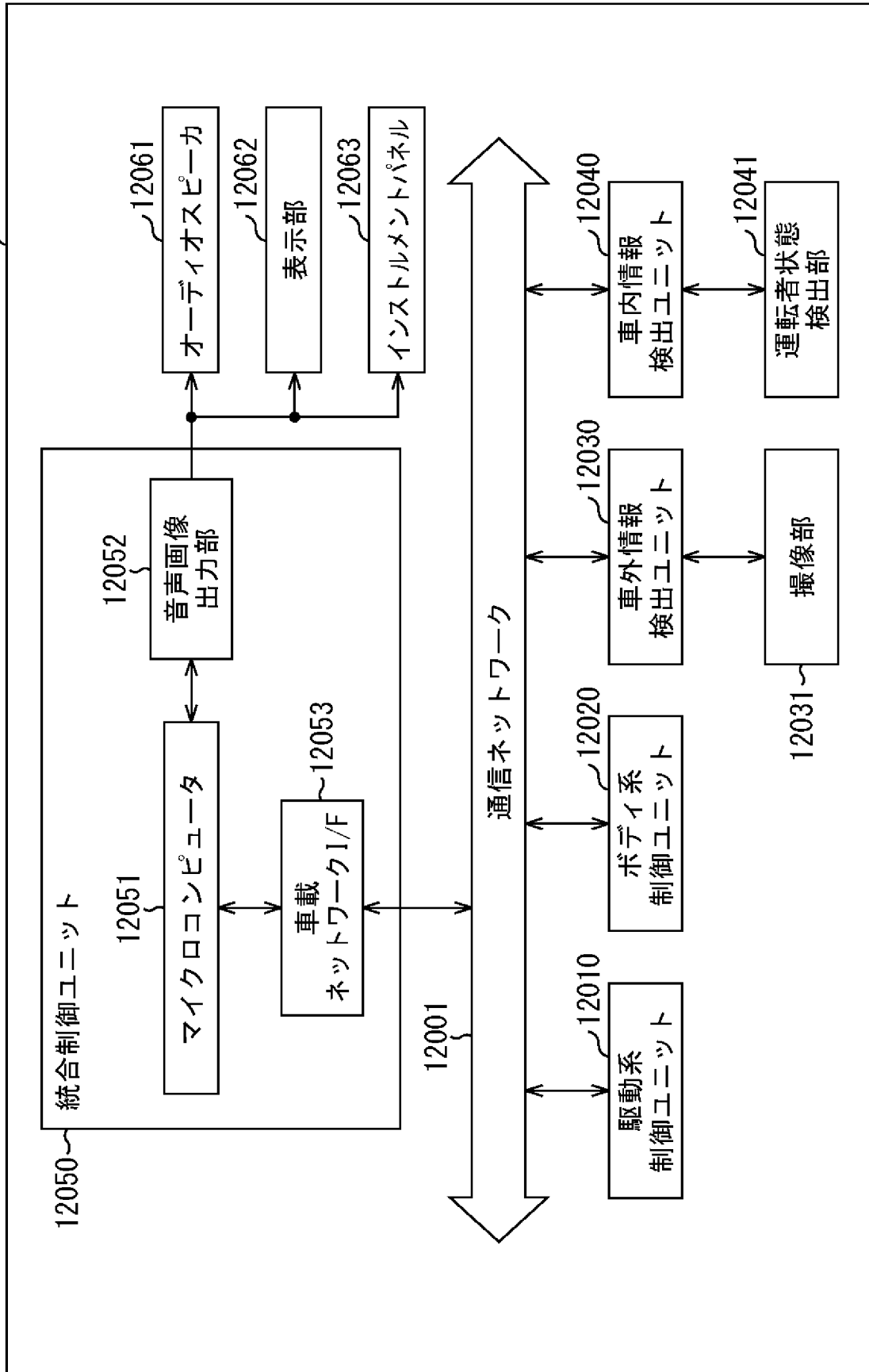
[図56]



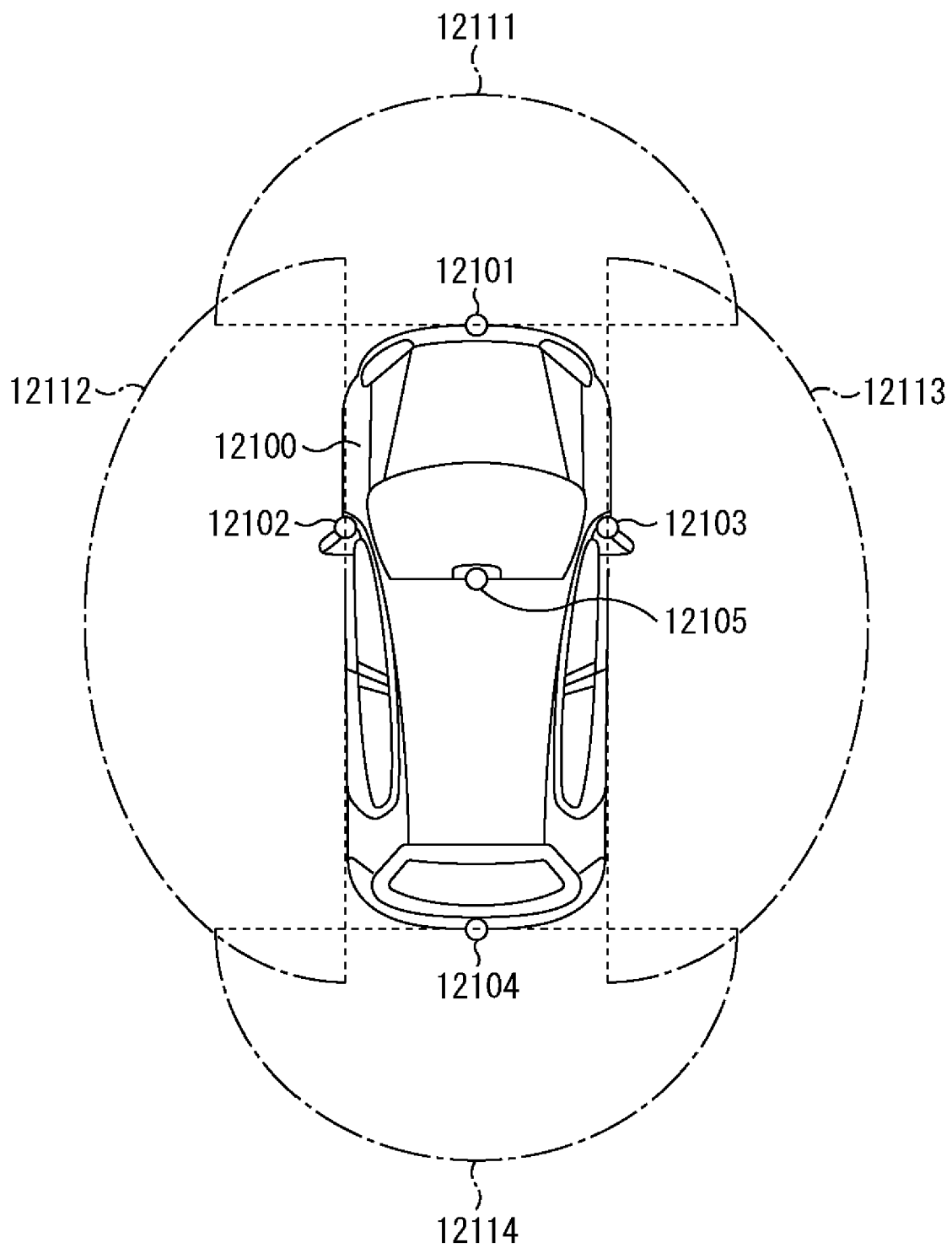
[図57]



[図58]



[図59]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/012401

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> H01L 27/18 (2006.01) i FI: H01L27/18  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L27/18  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)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2019-47294 A (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) 22 March 2019 (2019-03-22) paragraphs [0014]-[0064], fig. 1	1-4, 10-17, 19, 26-31, 33, 36-45
A	paragraphs [0014]-[0064], fig. 1	5-9, 18, 20-25, 32, 34-35
Y	JP 2014-165399 A (TOSHIBA CORP.) 08 September 2014 (2014-09-08) paragraph [0037], fig. 4	1-4, 10-17, 19, 26-31, 33, 36-45
Y	JP 2010-3901 A (FUJIFILM CORPORATION) 07 January 2010 (2010-01-07) paragraph [0017], fig. 1	13-16, 30-31, 33
Y	JP 2013-20998 A (RENESAS ELECTRONICS CORP.) 31 January 2013 (2013-01-31) paragraph [0031]	17, 19
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 08 June 2021 (08.06.2021)		Date of mailing of the international search report 22 June 2021 (22.06.2021)
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**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/JP2021/012401

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2019-47294 A	22 Mar. 2019	US 2020/0221042 A1 paragraphs [0069]- [0119], fig. 1 WO 2019/044464 A1 CN 111034174 A	
JP 2014-165399 A	08 Sep. 2014	US 2014/0239430 A1 paragraph [0063], fig. 4 US 2016/0148960 A1 CN 104010141 A KR 10-2014-0106361 A	
JP 2010-3901 A	07 Jan. 2010	US 2009/0315136 A1 paragraph [0037], fig. 1	
JP 2013-20998 A	31 Jan. 2013	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 27/18(2006.01)i FI: H01L27/18		
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）） H01L27/18 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 2019-47294 A（ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社）22.03.2019 （2019-03-22） 段落0014-0064, 図1	1-4, 10-17, 19, 26-31, 33, 36-45
A	段落0014-0064, 図1	5-9, 18, 20- 25, 32, 34-35
Y	JP 2014-165399 A（株式会社東芝）08.09.2014（2014-09-08） 段落0037, 図4	1-4, 10-17, 19, 26-31, 33, 36-45
Y	JP 2010-3901 A（富士フイルム株式会社）07.01.2010（2010-01-07） 段落0017, 図1	13-16, 30-31, 33
Y	JP 2013-20998 A（ルネサスエレクトロニクス株式会社）31.01.2013（2013-01-31） 段落0031	17, 19
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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	“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 “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
国際調査を完了した日	08.06.2021	国際調査報告の発送日 22.06.2021
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/JP2021/012401

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2019-47294	A	22.03.2019	US	2020/0221042	A1	
					段落0069-0119, 図1		
				WO	2019/044464	A1	
				CN	111034174	A	
JP	2014-165399	A	08.09.2014	US	2014/0239430	A1	
					段落0063, 図4		
				US	2016/0148960	A1	
				CN	104010141	A	
				KR	10-2014-0106361	A	
JP	2010-3901	A	07.01.2010	US	2009/0315136	A1	
					段落0037, 図1		
JP	2013-20998	A	31.01.2013	(ファミリーなし)			