

(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
2018年8月2日(02.08.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/139110 A1

(51) 国際特許分類:

H01L 27/146 (2006.01) *H04N 5/33* (2006.01)
H01L 27/144 (2006.01) *H04N 5/369* (2011.01)
H01L 31/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/045422

(22) 国際出願日: 2017年12月19日(19.12.2017)

(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 2017-010187 2017年1月24日(24.01.2017) JP

(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014

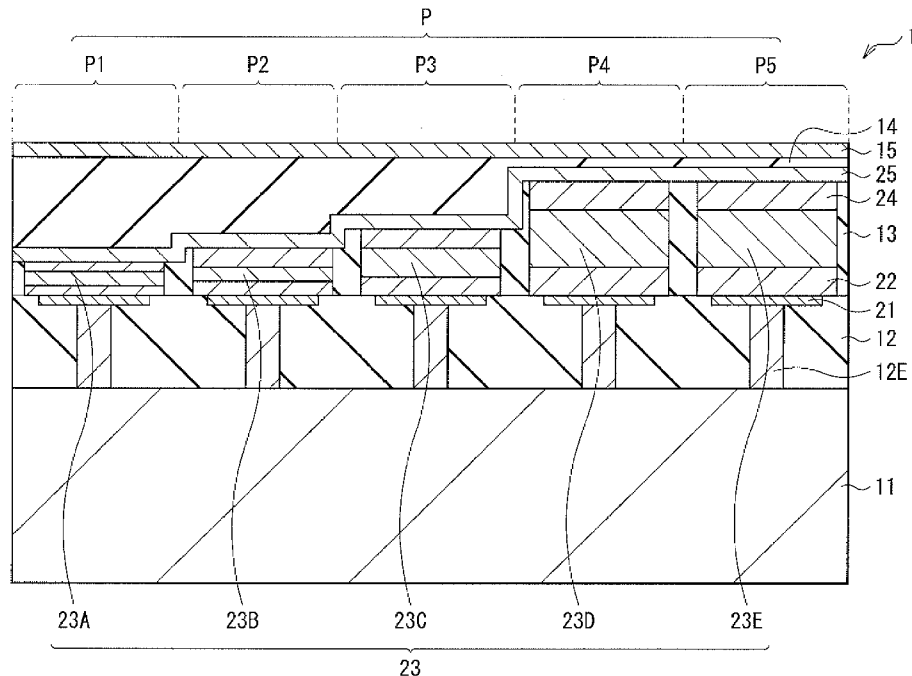
神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).

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

(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).

(54) **Title:** LIGHT RECEIVING ELEMENT, METHOD FOR PRODUCING LIGHT RECEIVING ELEMENT, IMAGING ELEMENT AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: 受光素子、受光素子の製造方法、撮像素子および電子機器



(57) **Abstract:** A light receiving element which is provided with: a plurality of photoelectric conversion layers which are arranged in different regions when viewed in plan, and each of which comprises a first photoelectric conversion layer and a second photoelectric conversion layer; an insulating film which separates the plurality of photoelectric conversion layers from each other; a first inorganic semiconductor material which is contained in the first photoelectric conversion layer; and a second inorganic semiconductor material which is different from the first inorganic semiconductor material

(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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

and is contained in the second photoelectric conversion layer.

(57) 要約: 平面視でそれぞれ異なる領域に配置された、第1光電変換層および第2光電変換層を含む複数の光電変換層と、前記複数の光電変換層を互いに分離する絶縁膜と、前記第1光電変換層に含まれる第1無機半導体材料と、前記第2光電変換層に含まれ、前記第1無機半導体材料とは異なる第2無機半導体材料とを備えた受光素子。

明 細 書

発明の名称：

受光素子、受光素子の製造方法、撮像素子および電子機器

技術分野

[0001] 本開示は、例えば赤外線センサ等に用いられる受光素子およびその製造方法と、撮像素子および電子機器とに関する。

背景技術

[0002] 近年、赤外領域に感度を有するイメージセンサ（赤外線センサ）が商品化されている。例えば、特許文献1に記載されているように、この赤外線センサに用いられる受光素子では、例えばInGaAs（インジウムガリウム砒素）等のIII-V族半導体を含む光電変換層が用いられ、この光電変換層において、赤外線が吸収されることで電荷が発生する（光電変換が行われる）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2014-127499号公報

発明の概要

[0004] このような受光素子あるいは撮像素子の素子構造については、様々な提案がなされているものの、光電変換可能な波長帯域をより広げることが望まれている。

[0005] したがって、広い波長帯域にわたって光電変換可能な受光素子、受光素子の製造方法、撮像素子および電子機器を提供することが望ましい。

[0006] 本開示の一実施の形態に係る受光素子は、平面視でそれぞれ異なる領域に配置された、第1光電変換層および第2光電変換層を含む複数の光電変換層と、複数の光電変換層を互いに分離する絶縁膜と、第1光電変換層に含まれる第1無機半導体材料と、第2光電変換層に含まれ、第1無機半導体材料とは異なる第2無機半導体材料とを備えたものである。

[0007] 本開示の一実施の形態に係る受光素子の製造方法は、平面視で異なる領域

に配置され、絶縁膜により互いに分離された複数の光電変換層のうち、第1光電変換層を、第1無機半導体材料を含有させて形成し、第2光電変換層を、第1無機半導体材料とは異なる第2無機半導体材料を含有させて形成するものである。

[0008] 本開示の一実施の形態に係る受光素子および受光素子の製造方法では、第1光電変換層と第2光電変換層とが互いに異なる無機半導体材料（第1無機半導体材料および第2無機半導体材料）を含んでいるので、第1光電変換層、第2光電変換層各々で、光電変換可能な波長帯域が設定される。

[0009] 本開示の一実施の形態に係る撮像素子は、上記本開示の一実施の形態に係る受光素子を備えたものである。

[0010] 本開示の一実施の形態に係る電子機器は、上記本開示の一実施の形態に係る撮像素子を備えたものである。

[0011] 本開示の一実施の形態に係る受光素子、受光素子の製造方法、撮像素子および電子機器によれば、第1光電変換層と第2光電変換層とが互いに異なる無機半導体材料を含むようにしたので、第1光電変換層と第2光電変換層との間で、光電変換可能な波長帯域をずらすことができる。よって、広い波長帯域にわたって光電変換を行うことが可能となる。

[0012] 尚、上記内容は本開示の一例である。本開示の効果は、上述したものに限らず、他の異なる効果であってもよいし、更に他の効果を含んでいてもよい。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本開示の一実施の形態に係る受光素子の構成を表す断面図である。

[図2A]図1に示した受光素子の製造方法の一工程を説明するための断面図である。

[図2B]図2Aに続く工程を表す断面図である。

[図2C]図2Bに続く工程を表す断面図である。

[図2D]図2Cに続く工程を表す断面図である。

[図2E]図2Dに続く工程を表す断面図である。

[図3A]図2Eに続く工程を表す断面図である。

[図3B]図3Aに続く工程を表す断面図である。

[図3C]図3Bに続く工程を表す断面図である。

[図4]比較例に係る受光素子の構成を表す断面図である。

[図5A]図4に示した受光素子の製造方法の一工程を説明するための断面図である。

[図5B]図5Aに続く工程を表す断面図である。

[図5C]図5Bに続く工程を表す断面図である。

[図6]変形例1に係る受光素子の構成を表す断面図である。

[図7]変形例2に係る受光素子の構成を表す断面図である。

[図8]図7に示した受光素子の他の例を表す断面図である。

[図9A]図7に示した受光素子の製造方法の一工程を説明するための断面図である。

[図9B]図9Aに続く工程を表す断面図である。

[図9C]図9Bに続く工程を表す断面図である。

[図10A]図9Cに続く工程を表す断面図である。

[図10B]図10Aに続く工程を表す断面図である。

[図10C]図10Bに続く工程を表す断面図である。

[図11]変形例3に係る受光素子の構成を表す断面図である。

[図12]図11に示した受光素子の製造方法の一工程を説明するための断面図である。

[図13]図11に示した受光素子の動作を説明するための断面図である。

[図14]撮像素子の構成を表すブロック図である。

[図15]積層型の撮像素子の構成例を表す模式図である。

[図16]図14に示した撮像素子を用いた電子機器（カメラ）の一例を表す機能ブロック図である。

[図17]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18]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19]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20]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

[0014] 以下、本開示における実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、説明する順序は、下記の通りである。

1. 実施形態（互いに異なる無機半導体材料で構成された光電変換層を有する受光素子の例）
2. 変形例1（平面視で異なる互いに異なる大きさの光電変換層を有する例）
3. 変形例2（光入射面側が平坦である例）
4. 変形例3（縦方向分光の例）
5. 適用例1（撮像素子の例）
6. 適用例2（電子機器の例）
7. 応用例1（内視鏡手術システムへの応用例）
8. 応用例2（移動体への応用例）

[0015] <実施の形態>

[構成]

図1は、本開示の一実施の形態の受光素子（受光素子1）の断面構成を表したものである。受光素子1は、例えばIII-V族半導体などの無機半導体材料を用いた赤外線センサ等に適用されるものであり、例えば2次元配置された複数の受光単位領域P（画素P1, P2, P3, P4, P5…Pn）を含んでいる。尚、図1では、5つの画素P（画素P1～P5）に相当する部分の断面構成について示している。

[0016] 受光素子1はROIC（readout integrated circuit）基板11を有している。受光素子1では、このROIC基板11上に、第1電極21、第1コンタクト層22、光電変換層23、第2コンタクト層24および第2電極25がこの順に設けられている。第1電極21、第1コンタクト層22、光電変換層23および第2コンタクト層24は、画素P毎に分離して設けられ、

第2電極25は複数の画素Pに共通して設けられている。受光素子1には、第2電極25側から光電変換層23に光（例えば可視領域および赤外領域の波長の光）が入射するようになっている。例えば、画素P1～P3で可視領域の波長の光が光電変換され、画素P4、P5で赤外領域の波長の光が光電変換される。

[0017] 受光素子1は、第1電極21とROIC基板11との間に保護膜12を有しており、保護膜12には、第1電極21に接続された貫通電極12Eが設けられている。受光素子1は、隣り合う画素Pの間に絶縁膜13を有している。受光素子1は、第2電極25上に、パッシベーション膜14およびカラーフィルタ層15をこの順に有しており、受光素子1では、このカラーフィルタ層15およびパッシベーション膜14を通過した光が光電変換層23に光が入射するようになっている。以下、各部の構成について説明する。なお、画素P1～P5は、光電変換層23を除いて同様の構成を有しているので、光電変換層23以外の各部の説明は、各画素Pで共通する。

[0018] ROIC基板11は、例えば、シリコン（Si）基板とシリコン基板上の多層配線層により構成されており、この多層配線層にROICが設けられている。多層配線層のうち保護膜12に近い位置には、画素P毎に例えば銅（Cu）を含む電極が設けられ、この電極が貫通電極12Eに接している。

[0019] 第1電極21は、光電変換層23で発生した信号電荷（正孔または電子、以下便宜上、信号電荷が正孔であるとして説明する。）を読みだすための電圧が供給される電極（アノード）であり、画素P毎に設けられている。第1電極21は、平面視で第1コンタクト層22よりも小さく、第1コンタクト層22の略中央部に接している。1つの画素Pに対して1つの第1電極21が配置され、隣り合う画素Pでは、保護膜12により第1電極21が電氣的に分離されている。

[0020] 第1電極21は、例えば、チタン（Ti）、タングステン（W）、窒化チタン（TiN）、白金（Pt）、金（Au）、ゲルマニウム（Ge）、パラジウム（Pd）、亜鉛（Zn）、ニッケル（Ni）およびアルミニウム（Al）

1) のうちのいずれかの単体、またはそれらのうちの少なくとも1種を含む合金により構成されている。第1電極21は、このような構成材料の単膜であってもよく、あるいは、2種以上を組み合わせた積層膜であってもよい。

[0021] 第1コンタクト層22は、第1電極21と光電変換層23との間に設けられ、これらに接している。1つの画素Pに対して1つの第1コンタクト層22が配置され、隣り合う画素Pでは、絶縁膜13により第1コンタクト層22が電氣的に分離されている。第1コンタクト層22は、光電変換層23で発生した信号電荷が移動する領域であり、例えば、p型の不純物を含む無機半導体材料により構成されている。第1コンタクト層22には、例えば、Zn（亜鉛）等のp型の不純物を含むInP（インジウムリン）を用いることができる。例えば、第1コンタクト層22では、第1電極21との接触面が画素P間で同一平面上に配置されている。即ち、複数の第1コンタクト層22の第1電極21との接触面は、同一平面を構成している。

[0022] 第1電極21と第2電極25との間の光電変換層23は、所定の波長の光を吸収して、信号電荷を発生させるものであり、III-V族半導体などの無機半導体材料を含んでいる。光電変換層23を構成する無機半導体材料としては、例えば、Ge（ゲルマニウム）、InGaAs（インジウムガリウム砒素）、Ex.InGaAs、InAsSb（インジウム砒素アンチモン）、InAs（インジウム砒素）、InSb（インジウムアンチモン）およびHgCdTe（水銀カドミウムテルル）等が挙げられる。1つの画素Pに対して1つの光電変換層23が配置され、隣り合う画素Pでは、絶縁膜13により光電変換層23が電氣的に分離されている。具体的には、画素P1には光電変換層23A、画素P2には光電変換層23B、画素P3には光電変換層23C、画素P4には光電変換層23D、画素P5には光電変換層23Eがそれぞれ設けられている。即ち、光電変換層23A～23Eはそれぞれ、平面視で異なる位置に配置されている。本実施の形態では、光電変換層23A（または光電変換層23B～23D）に含まれる無機半導体材料と光電変換層23Eに含まれる無機半導体材料とが異なっている。詳細は後述するが、

これにより、広い波長帯域にわたって光電変換を行うことが可能となる。ここでは、光電変換層 23 E が本技術の第 1 光電変換層の一具体例、光電変換層 23 A（または光電変換層 23 B～23 D）が本技術の第 2 光電変換層の一具体例に相当する。

[0023] 光電変換層 23 A, 23 B, 23 C は、主に可視領域の波長の光を光電変換するものである。光電変換層 23 A では青色波長域の光（例えば波長 500 nm 以下）、光電変換層 23 B では緑色波長域の光（例えば波長 500 nm～600 nm）、光電変換層 23 C では赤色波長域の光（例えば波長 600 nm～800 nm）が、それぞれ吸収されて信号電荷が発生するようになっている。この光電変換層 23 A～23 C は、例えば i 型の III-V 族半導体により構成されている。光電変換層 23 A～23 C に用いられる III-V 族半導体としては、例えば、InGaAs（インジウムガリウム砒素）が挙げられる。例えば、光電変換層 23 A, 23 B, 23 C それぞれの厚みは互いに異なっている。例えば、光電変換層 23 A の厚みが最も薄く、光電変換層 23 B および光電変換層 23 C の順に厚くなっている。例えば、光電変換層 23 A の厚みは 500 nm 以下、光電変換層 23 B の厚みは 700 nm 以下、光電変換層 23 C の厚みは 800 nm 以下である。

[0024] 光電変換層 23 D は、主に短赤外領域の波長の光（例えば波長 1 μ m～10 μ m）を光電変換するものである。この光電変換層 23 D は、例えば i 型の III-V 族半導体により構成されており、例えば、InGaAs（インジウムガリウム砒素）により構成されている。光電変換層 23 D は、例えば、光電変換層 23 A～23 C よりも厚くなっており、光電変換層 23 D の厚みは、例えば 1 μ m～10 μ m である。

[0025] 光電変換層 23 E は、主に中赤外領域の波長の光（例えば波長 3 μ m～10 μ m）を光電変換するものである。この光電変換層 23 E は、例えば光電変換層 23 A～23 D とは異なる i 型の III-V 族半導体により構成されている。具体的には、光電変換層 23 E には、InAsSb（インジウム砒素アンチモン）または InSb（インジウムアンチモン）等を用いることがで

きる。このように、画素P（画素P5）で、他の画素Pの光電変換層23とは異なる無機半導体材料を用いることにより、より長波長領域の光の光電変換を行うことが可能となる。したがって、広い波長帯域にわたって、高い光電変換効率を実現することができる。光電変換層23Eの厚みは、例えば光電変換層23A～23Cの厚みとは異なっており、例えば $3\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ である。

[0026] 第2コンタクト層24は、光電変換層23と第2電極25との間に設けられ、これらに接している。1つの画素Pに対して1つの第2コンタクト層24が配置され、隣り合う画素Pでは、絶縁膜13により第2コンタクト層24が電氣的に分離されている。第2コンタクト層24は、第2電極25から排出される電荷が移動する領域であり、例えば、n型の不純物を含む化合物半導体により構成されている。第2コンタクト層24には、例えば、Si（ケイ素）等のn型の不純物を含むInP（インジウムリン）を用いることができる。

[0027] 第2電極25は、例えば各画素Pに共通の電極として、第2コンタクト層24上（光入射側）に、第2コンタクト層24に接するように設けられている。第2電極25は、光電変換層23で発生した電荷のうち、信号電荷として用いられない電荷を排出するためのものである（カソード）。例えば、正孔が、信号電荷として第1電極21から読み出される場合には、この第2電極25を通じて例えば電子を排出することができる。第2電極25は、例えば赤外線などの入射光を透過可能な導電膜により構成されている。第2電極25には、例えば、ITO（Indium Tin Oxide）または $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2$ 等を用いることができる。

[0028] 保護膜12は、ROIC基板11の一方の面（光入射側の面）を覆うように設けられている。保護膜12は、例えば、無機絶縁材料により構成されている。この無機絶縁材料としては、例えば、窒化シリコン（SiN）、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）、酸化ケイ素（ SiO_2 ）および酸化ハフニウム（ HfO_2 ）等が挙げられる。保護膜12は、複数の膜からなる積層構造を有して

いてもよい。保護膜 12 に設けられた貫通電極 12E は、R O I C 基板 11 の配線と第 1 電極 21 とを接続するためのものであり、画素 P 毎に設けられている。貫通電極 12E は、例えば、銅により構成されている。

[0029] 絶縁膜 13 は、例えば、各画素 P において、第 1 コンタクト層 22 の側面、光電変換層 23 の側面および第 2 コンタクト層 24 の側面を覆っている。この絶縁膜 13 は、隣り合う光電変換層 23 を画素 P 毎に分離するためのものであり、隣り合う光電変換層 23 の間の領域は絶縁膜 13 により埋められている。絶縁膜 13 は、例えば、酸化シリコン (SiO_x) または酸化アルミニウム (Al_2O_3) 等の酸化物を含んで構成されている。複数の膜からなる積層構造により絶縁膜 13 を構成するようにしてもよい。絶縁膜 13 は、例えば酸化窒化シリコン (SiON)、炭素含有酸化シリコン (SiOC)、窒化シリコン (SiN) およびシリコンカーバイド (SiC) などのシリコン (Si) 系絶縁材料により構成するようにしてもよい。

[0030] パッシベーション膜 14 は、第 2 電極 25 を覆い、第 2 電極 25 とカラーフィルタ層 15 との間に設けられている。このパッシベーション膜 14 は、反射防止機能を有していてもよい。パッシベーション膜 14 には、例えば窒化シリコン (SiN)、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、酸化ケイ素 (SiO_2) および酸化タンタル (Ta_2O_3) 等を用いることができる。

[0031] カラーフィルタ層 15 は、パッシベーション膜 14 上 (パッシベーション膜 14 の光入射面側) に設けられている。カラーフィルタ層 15 は、例えば、画素 P1 に青色フィルタ、画素 P2 に緑色フィルタ、画素 P3 に赤色フィルタを有している。画素 P4, P5 では、例えば赤外領域の波長の光が光電変換されるので、カラーフィルタ層 15 は、画素 P4, P5 に可視光カットフィルタを有していてもよい。

[0032] 受光素子 1 は、カラーフィルタ層 15 上に、入射光を光電変換層 23 に向けて集光するためのオンチップレンズ (例えば後述の図 8 のオンチップレンズ 17) を有していてもよい。

[0033] [受光素子 1 の製造方法]

受光素子 1 は、例えば次のようにして製造することができる。図 2 A～図 3 C は、受光素子 1 の製造工程を工程順に表したものである。図 2 A～図 3 C では、画素 P 3～P 5 に対応する領域を示している。

[0034] まず、例えばシリコン (Si) よりなる基板 3 1 を用意し、この基板 3 1 上に、例えば酸化シリコン (SiO₂) または窒化シリコン (SiN) よりなる絶縁膜 1 3 を成膜する。

[0035] 次に、図 2 A に示したように、成膜した絶縁膜 1 3 の各画素 P に対応する領域に開口 (画素 P 3～P 5 に対応する開口 1 3 C～1 3 E) を形成し、この開口に第 2 コンタクト層 2 4 を形成する。具体的には、以下のように行う。まず、絶縁膜 1 3 を、例えばフォトリソグラフィおよびドライエッチングを用いてパターニングし、開口 1 3 C～1 3 E を形成する。開口 1 3 C～1 3 E は、画素 P 毎に形成され、かつ、互いに開口幅の異なる部分 a 1, a 2 を含んでいる。部分 a 2 は、後の工程で光電変換層 2 3 が形成される開口部分であり、形成される光電変換層 2 3 の厚みに応じて画素 P 毎に深さが調整されている。このように部分 a 2 の深さにより、光電変換層 2 3 の厚みを調整し、容易に受光素子 1 を製造することができる。部分 a 1 は、部分 a 2 よりも高アスペクト比を有し、部分 a 2 内にトレンチまたは孔として形成されている。部分 a 1 のアスペクト比は、例えば、1.5 以上である。部分 a 1 は、部分 a 2 から絶縁膜 1 3 を貫通し、基板 3 1 の一部 (絶縁膜 1 3 側の一部) にも設けられている。

[0036] 部分 a 1 のうち、露出されている基板 5 1 の面に、例えばアルカリ異方性エッチングを施しておく。このエッチングでは、例えばシリコン基板 (基板 3 1) の結晶面方位依存性が強く、(1 1 1) 面方向のエッチングレートが著しく低い。このため、エッチング処理面は (1 1 1) 面でエッチングがストップし、複数の (1 1 1) 面が形成される。

[0037] エッチング処理を行った後、基板 3 1 の複数の (1 1 1) 面から、絶縁膜 1 3 の部分 a 1 にかけて、InP よりなるバッファ層 3 2 を MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法または MBE (Molecular Beam

Epitaxy) 法を用いて形成する。このように、基板 3 1 の面に対して傾斜した複数の (1 1 1) 面からバッファ層 3 2 をエピタキシャル成長させることにより、バッファ層 3 2 の欠陥密度を低減することができる。これは、傾斜した (1 1 1) 面とバッファ層 3 2 との界面を起点に、積層欠陥は成膜方向に成長するが、このとき、この積層欠陥は絶縁膜 1 3 の壁にぶつかり成長が止まるためである。バッファ層 3 2 を部分 a 1 に形成した後、部分 a 2 に、例えば InP をエピタキシャル成長させ、第 2 コンタクト層 2 4 を形成する (図 2 A)。

[0038] 続いて、各開口 (開口 1 3 C ~ 1 3 E) に光電変換層 2 3 を形成する (図 2 B, 2 C)。光電変換層 2 3 は、例えばハードマスク 3 3 を用いて形成する。具体的には、以下のようにして開口 1 3 C ~ 1 3 E に光電変換層 2 3 C ~ 2 3 E を形成する。まず、開口 1 3 E をハードマスク 3 3 で覆った状態で、開口 1 3 C, 1 3 D に例えば InGaAs (インジウムガリウム砒素) からなる光電変換層 2 3 C, 2 3 D をエピタキシャル成長により形成する。その後、開口 1 3 C, 1 3 D をハードマスク 3 3 で覆った状態で、開口 1 3 E に例えば InAsSb (インジウム砒素アンチモン) または InSb (インジウムアンチモン) からなる光電変換層 2 3 E をエピタキシャル成長により形成する。

[0039] 光電変換層 2 3 を形成した後、図 2 D に示したように、光電変換層 2 3 上に例えば InP をエピタキシャル成長させ、第 1 コンタクト層 2 2 を形成する。続いて、例えば CMP (Chemical Mechanical Polishing : 化学機械研磨) により、第 1 コンタクト層 2 2 の表面を平坦化しておく。

[0040] 次に、平坦化された第 1 コンタクト層 2 2 の表面に、第 1 電極 2 1 の構成材料を成膜した後、フォトリソグラフィおよびエッチングを用いて、これをパターンニングする。これにより第 1 電極 2 1 が形成される (図 2 E)。

[0041] 続いて、保護膜 1 2 および貫通電極 1 2 E を形成する。具体的には、保護膜 1 2 を第 1 電極 2 1 上および絶縁膜 1 3 上に成膜した後、この保護膜 1 2 のうち第 1 電極 2 1 の中央部分に対応する領域に、例えばフォトリソグラフィ

ィおよびドライエッチングを用いて貫通孔を形成する。その後、この貫通孔に例えば銅からなる貫通電極 1 2 E を形成する。

[0042] 次いで、図 3 A に示したように、この貫通電極 1 2 E を R O I C 基板 1 1 の電極に接合させる。この接合は、例えば C u - C u 接合により行う。続いて、基板 3 1 を例えば研磨機により薄膜化し、薄膜化された基板 3 1 とバッファ層 3 2 とを例えばエッチングにより除去して、第 2 コンタクト層 2 4 表面を露出させる（図 3 B）。

[0043] 最後に、図 3 C に示したように、第 2 電極 2 5、パッシベーション膜 1 4 およびカラーフィルタ層 1 5 をこの順に形成して図 1 に示した受光素子 1 を完成させる。

[0044] [受光素子 1 の動作]

受光素子 1 では、カラーフィルタ層 1 5、パッシベーション膜 1 4、第 2 電極 2 5 および第 2 コンタクト層 2 4 を介して、光電変換層 2 3 へ光（例えば可視領域および赤外領域の波長の光）が入射すると、この光が光電変換層 2 3 において吸収される。これにより、光電変換層 2 3 では正孔（ホール）および電子の対が発生する（光電変換される）。このとき、例えば第 1 電極 2 1 に所定の電圧が印加されると、光電変換層 2 3 に電位勾配が生じ、発生した電荷のうち一方の電荷（例えば正孔）が、信号電荷として第 1 コンタクト層 2 2 に移動し、第 1 コンタクト層 2 2 から第 1 電極 2 1 へ収集される。この信号電荷が、R O I C 基板 1 1 によって読み出される。

[0045] [受光素子 1 の作用・効果]

本実施の形態の受光素子 1 では、画素 P 1 ~ P 4 の光電変換層 2 3 A ~ 2 3 D と、画素 P 5 の光電変換層 2 3 E とが互いに異なる無機半導体材料により構成されている。また、光電変換層 2 3 A ~ 2 3 D の間でも、互いに異なる厚みに調整可能である。これにより、光電変換層 2 3 A ~ 2 3 E（画素 P 1 ~ P 5）各々で、光電変換可能な波長帯域を設定し易くなる。例えば、光電変換層 2 3 A（画素 P 1）で青色波長域の光、光電変換層 2 3 B（画素 P 2）で緑色波長域の光、光電変換層 2 3 C（画素 P 3）で赤色波長域の光、

光電変換層 2 3 D（画素 P 4）で短赤外領域の波長の光、光電変換層 2 3 E（画素 P 5）で中赤外領域の波長の光がそれぞれ光電変換されるように構成することができる。以下、これについて説明する。

[0046] 図 4 は、比較例に係る受光素子（受光素子 1 0 0）の断面構成を表している。この受光素子 1 0 0 は、隣り合う画素 P の間が絶縁膜で分離されておらず、全ての画素 P に共通して、第 1 コンタクト層 1 2 2、光電変換層 1 2 3、第 2 コンタクト層 1 2 4 および第 2 電極 1 2 5 が設けられている。第 1 電極 1 2 1 は、画素 P 毎に分離されている。

[0047] 図 5 A～5 C は、この受光素子 1 0 0 の製造工程を表している。受光素子 1 0 0 は、まず、基板 1 2 4 A 上に、例えばエピタキシャル成長により、光電変換層 1 2 3 および第 1 コンタクト層 1 2 2 を形成した後（図 5 A）、保護膜 1 2 および貫通電極（図示せず）を形成する。次いで、この貫通電極と、R O I C 基板 1 1 の電極とを、例えば C u－C u 接合により接合する（図 5 B）。その後、例えば基板 1 2 4 A を薄膜化して、第 2 コンタクト層 1 2 4 を形成する（図 5 C）。最後に、例えば第 2 電極 1 2 5、パッシベーション膜およびカラーフィルタ層を形成することにより受光素子 1 0 0 が形成される。

[0048] このように形成する受光素子 1 0 0 では、画素 P 間で、光電変換層 1 2 3 の構成材料を異ならせたり、あるいは、光電変換層 1 2 3 の厚みを異ならせたりすることは困難である。したがって、受光素子 1 0 0 では、全ての画素 P で同じ波長域の光が光電変換され、画素 P 間で互いに異なる波長域の光を選択的に光電変換することはできない。

[0049] これに対し、受光素子 1 には、互いに異なる構成材料、または異なる厚みの光電変換層 2 3 A～2 3 E が設けられているので、画素 P 間で異なる波長域の光を選択的に光電変換することができる。例えば、画素 P 1～P 3 では可視領域の波長の光、画素 P 4 では短赤外領域の波長の光、画素 P 5 では中赤外領域の波長の光がそれぞれ選択的に光電変換される。このような受光素子 1 は、画素 P 毎に設けられた絶縁膜 1 3 の開口（例えば図 2 A の開口 1 3

C～13E)に光電変換層23を形成することで、容易に形成することができる。

[0050] 以上説明したように、本実施の形態の受光素子1では、光電変換層23A～23Dと光電変換層23Eとが互いに異なる無機半導体材料を含むようにしたので、光電変換層23A～23Dと光電変換層23Eとの間で、光電変換可能な波長帯域をずらすことができる。また、光電変換層23A～23Dの間でも、互いの厚みを異ならせるようにしたので、光電変換可能な波長帯域をずらすことができる。よって、広い波長帯域にわたって光電変換を行うことが可能となる。

[0051] 以下、上記実施の形態の変形例および適用例について説明するが、以降の説明において上記実施の形態と同一構成部分については同一符号を付してその説明は適宜省略する。

[0052] <変形例1>

図6は、上記実施の形態の変形例1に係る受光素子(受光素子1A)の断面構成を表したものである。受光素子1Aのように、互いに異なる幅(幅W3, W4)の光電変換層23が設けられていてもよい。この点を除き、受光素子1Aは受光素子1と同様の構成および効果を有している。

[0053] 例えば、受光素子1Aは、光電変換層23Cの幅W3よりも、光電変換層23Dの幅W4が大きくなっている。例えば、光電変換層23A, 23Bの幅は幅W3と略同じであり、光電変換層23Eの幅は幅W4よりも大きくなっている。光電変換層23Cと光電変換層23Dとは、例えば平面視での大きさが異なっており、その長さ(幅W3, W4と直交する方向の大きさ)も異なっている。光電変換層23Cと光電変換層23Dとは、幅W3, W4および長さのどちらか一方のみが異なってもよい。

[0054] <変形例2>

図7は、変形例2に係る受光素子(受光素子1B)の断面構成を表したものである。上記実施の形態では、ROIC基板11側の面(具体的には、第1コンタクト層22の第1電極21との接触面)が平坦である場合を例示し

たが、光入射側の面が平坦であってもよい。具体的には、受光素子 1 B のように、第 2 コンタクト層 2 4 の第 2 電極 2 5 との接触面が画素 P 間で、同一平面上に設けられていてもよい。即ち、受光素子 1 B では、複数の第 2 コンタクト層 2 4 の第 2 電極 2 5 との接触面が、同一平面を構成している。この点を除き、受光素子 1 B は受光素子 1 と同様の構成および効果を有している。

[0055] 図 8 に示したように、受光素子 1 B は、オンチップレンズ（オンチップレンズ 1 7）を有していてもよい。オンチップレンズ 1 7 は、例えば、カラーフィルタ層 1 5 上に、パッシベーション膜 1 6 を介して設けられている。このように、光入射面側が平坦な受光素子 1 B では、オンチップレンズ 1 7 の焦点設計が容易であり、オンチップレンズ 1 7 を容易に形成することができる。

[0056] 受光素子 1 B は、例えば次のようにして製造することができる。図 9 A ～図 1 0 C は、受光素子 1 B の製造工程を工程順に表したものである。図 9 A ～図 1 0 C では、画素 P 1 ～P 3 に対応する領域を示している。

[0057] まず、上記実施の形態で説明したのと同様にして、絶縁膜 1 3 の各画素 P に対応する領域に開口（画素 P 1 ～P 3 に対応する開口 1 3 A ～1 3 C）を形成し、この開口に第 2 コンタクト層 2 4 を形成する（図 9 A）。このとき、部分 a 2 の深さを、画素 P 間で同じにしておくことにより、第 2 コンタクト層 2 4 の第 2 電極 2 5 との接触面が画素 P 間で同一平面上に配置されるようになる。

[0058] 次に、各開口（開口 1 3 A ～1 3 C）に光電変換層 2 3 を形成する（図 9 B）。光電変換層 2 3 A ～2 3 C は、例えば InGaAs（インジウムガリウム砒素）をエピタキシャル成長させた後、エッチングにより画素 P 間で厚みを調整することにより形成する。

[0059] 光電変換層 2 3 を形成した後、図 9 C に示したように、光電変換層 2 3 上に第 1 コンタクト層 2 2 および第 1 電極 2 1 をこの順に形成する。続いて、保護膜 1 2 および貫通電極 1 2 E を形成した後、図 1 0 A に示したように、

この貫通電極 12E を ROIC 基板 11 の電極に接合させる。

[0060] その後、基板 31 を薄膜化し、薄膜化された基板 31 とバッファ層 32 とを例えばエッチングにより除去して、第 2 コンタクト層 24 表面を露出させる (図 10B)。

[0061] 最後に、図 10C に示したように、第 2 電極 25、パッシベーション膜 14 およびカラーフィルタ層 15 をこの順に形成して図 7 に示した受光素子 1B を完成させる。

[0062] 本変形例のように、画素 P 間で光入射面側の面が平坦であってもよく、この場合にも、上記実施の形態と同等の効果を得ることができる。加えて、オンチップレンズ 17 の焦点設計が容易になる。

[0063] <変形例 3>

図 11 は、変形例 3 に係る受光素子 (受光素子 1C) について、画素 P5 の断面構成を表したものである。本変形例のように、光電変換層 23E の厚み方向に、別の光電変換層 (光電変換層 23EA) を積層させるようにしてもよい。このような受光素子 1C では、縦方向分光が可能となる。この点を除き、受光素子 1C は受光素子 1 と同様の構成および効果を有している。

[0064] 光電変換層 23EA (第 3 光電変換層) は、光電変換層 23E の厚み方向に積層され、平面視で一部が光電変換層 23E に重なる位置に設けられている。光電変換層 23EA は、光電変換層 23E とは異なる無機半導体材料により構成されている。例えば、光電変換層 23EA は主に、短赤外領域の波長の光を光電変換するものであり、InGaAs (インジウムガリウム砒素) により構成されている。画素 P5 には、例えば、2 つの光電変換層 23EA が設けられており、これらは厚み方向の位置が同位置に配置されている。画素 P5 には、1 つの光電変換層 23EA を設けるようにしてもよく、あるいは、3 つ以上の光電変換層 23EA を設けるようにしてもよい。

[0065] 光電変換層 23EA の ROIC 基板 11 との対向面には第 1 電極 21A が設けられ、第 1 電極 21A は絶縁膜 13 中の貫通電極 12EA を介して ROIC 基板 11 に接続されている。光電変換層 23EA と第 1 電極 21A との

間には、第1コンタクト層22Aが設けられている。光電変換層23EAの光入射面には、第2コンタクト層24Aおよび第2電極25がこの順に積層されている。

[0066] 図12は、受光素子1Cを製造する際の一工程を表したものである。受光素子1Cは、上記実施の形態で説明したのと同様にして形成することができる。

[0067] 受光素子1Cでは、図13に示したように、1つの画素P5内で、例えば中赤外領域の波長の光L1が光電変換層23Eにより、例えば短赤外領域の波長の光L2が光電変換層23EAにより光電変換される。

[0068] 本変形例のように、1つの画素P内の積層方向に複数の光電変換層（例えば光電変換層23Eおよび光電変換層23EA）を設けるようにしてもよい。このような場合にも、上記第1の実施の形態と同等の効果を得ることができる。加えて、1つの画素P内での縦型分光が可能になるので、画素Pの微細化が容易となる。

[0069] 図11では、画素P5に光電変換層23EAを設ける場合を示したが、画素P5とともに、他の画素P（例えば画素P1～P4）にも光電変換層23EAを設けるようにしてもよい。あるいは、画素P5には光電変換層23EAを設けずに、他の画素Pに光電変換層23EAを設けるようにしてもよい。

[0070] <適用例1>

図14は、上記実施の形態等において説明した受光素子1（または、受光素子1A～1C、以下、まとめて受光素子1という）の素子構造を用いた撮像素子2の機能構成を表したものである。撮像素子2は、例えば赤外線イメージセンサであり、例えば受光素子1を含む画素部10Pと、この画素部10Pを駆動する回路部20とを有している。回路部20は、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を有している。

[0071] 画素部10Pは、例えば行列状に2次元配置された複数の画素P（受光素

子 1) を有している。画素 P には、例えば画素行ごとに画素駆動線 L read (例えば、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 L sig が配線されている。画素駆動線 L read は、画素 P 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 L read 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。

[0072] 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 10 の各画素 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画素 P から出力される信号は、垂直信号線 L sig 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 L sig 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。

[0073] 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 L sig 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 を通して図示しない信号処理部等へ入力される。

[0074] この撮像素子 2 では、図 15 に示したように、例えば、画素部 10 P を有する基板 2 A と、回路部 20 を有する基板 2 B (例えば、図 1 の ROIC 基板 11) とが積層されている。但し、このような構成に限定されず、回路部 20 は、画素部 10 P と同一の基板上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、回路部 20 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。

[0075] システム制御部 132 は、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などを受け取り、また、撮像素子 2 の内部情報など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 などの駆動制御を行う。

[0076] <適用例 2>

上述の撮像素子 2 は、例えば赤外領域を撮像可能なカメラなど、様々なタイプの電子機器に適用することができる。図 16 に、その一例として、電子機器 3（カメラ）の概略構成を示す。この電子機器 3 は、例えば静止画または動画を撮影可能なカメラであり、撮像素子 2 と、光学系（光学レンズ）310 と、シャッタ装置 311 と、撮像素子 2 およびシャッタ装置 311 を駆動する駆動部 313 と、信号処理部 312 とを有する。

[0077] 光学系 310 は、被写体からの像光（入射光）を撮像素子 2 へ導くものである。この光学系 310 は、複数の光学レンズから構成されていてもよい。シャッタ装置 311 は、撮像素子 2 への光照射期間および遮光期間を制御するものである。駆動部 313 は、撮像素子 2 の転送動作およびシャッタ装置 311 のシャッタ動作を制御するものである。信号処理部 312 は、撮像素子 2 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 D out は、メモリなど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。

[0078] 更に、本実施の形態等において説明した受光素子 1 は、下記電子機器（カプセル内視鏡および車両等の移動体）にも適用することが可能である。

[0079] <応用例 1（内視鏡手術システム）>

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、内視鏡手術システムに適用されてもよい。

[0080] 図 17 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。

[0081] 図 17 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。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 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。

[0085] 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。

[0086] 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。

- [0087] 光源装置 1 1 2 0 3 は、例えば L E D (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 1 1 1 0 0 に供給する。
- [0088] 入力装置 1 1 2 0 4 は、内視鏡手術システム 1 1 0 0 0 に対する入力インタフェースである。ユーザは、入力装置 1 1 2 0 4 を介して、内視鏡手術システム 1 1 0 0 0 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 1 1 1 0 0 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。
- [0089] 処置具制御装置 1 1 2 0 5 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 1 1 1 1 2 の駆動を制御する。気腹装置 1 1 2 0 6 は、内視鏡 1 1 1 0 0 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 1 1 1 3 2 の体腔を膨らめるために、気腹チューブ 1 1 1 1 1 を介して当該体腔内にガスを送り込む。レコーダ 1 1 2 0 7 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 1 1 2 0 8 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。
- [0090] なお、内視鏡 1 1 1 0 0 に術部を撮影する際の照射光を供給する光源装置 1 1 2 0 3 は、例えば L E D、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。R G B 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 1 1 2 0 3 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、R G B 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 1 1 1 0 2 の撮像素子の駆動を制御することにより、R G B 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。
- [0091] また、光源装置 1 1 2 0 3 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。

[0092] また、光源装置 11203 は、特殊光観察に対応した所定の波長帯域の光を供給可能に構成されてもよい。特殊光観察では、例えば、体組織における光の吸収の波長依存性を利用して、通常の観察時における照射光（すなわち、白色光）に比べて狭帯域の光を照射することにより、粘膜表層の血管等の所定の組織を高コントラストで撮影する、いわゆる狭帯域光観察（Narrow 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。

[0093] 図 18 は、図 17 に示すカメラヘッド 11102 及び CCU 11201 の機能構成の一例を示すブロック図である。

[0094] 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。CCU 11201 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 CCU 11201 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。

[0095] 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。

[0096] 撮像部 1 1 4 0 2 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 1 1 4 0 2 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 R G B 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 1 1 4 0 2 は、3 D（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。3 D 表示が行われることにより、術者 1 1 1 3 1 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 1 1 4 0 2 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 1 1 4 0 1 も複数系統設けられ得る。

[0097] また、撮像部 1 1 4 0 2 は、必ずしもカメラヘッド 1 1 1 0 2 に設けられなくてもよい。例えば、撮像部 1 1 4 0 2 は、鏡筒 1 1 1 0 1 の内部に、対物レンズの直後に設けられてもよい。

[0098] 駆動部 1 1 4 0 3 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 1 1 4 0 5 からの制御により、レンズユニット 1 1 4 0 1 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 1 1 4 0 2 による撮像画像の倍率及び焦点が適宜調整され得る。

[0099] 通信部 1 1 4 0 4 は、C C U 1 1 2 0 1 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 1 1 4 0 4 は、撮像部 1 1 4 0 2 から得た画像信号を R A W データとして伝送ケーブル 1 1 4 0 0 を介して C C U 1 1 2 0 1 に送信する。

[0100] また、通信部 1 1 4 0 4 は、C C U 1 1 2 0 1 から、カメラヘッド 1 1 1 0 2 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 1 1 4 0 5 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。

- [0101] 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C C U 1 1 2 0 1の制御部1 1 4 1 3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A E (Auto Exposure) 機能、A F (Auto Focus) 機能及びA W B (Auto White Balance) 機能が内視鏡1 1 1 0 0に搭載されていることになる。
- [0102] カメラヘッド制御部1 1 4 0 5は、通信部1 1 4 0 4を介して受信したC C U 1 1 2 0 1からの制御信号に基づいて、カメラヘッド1 1 1 0 2の駆動を制御する。
- [0103] 通信部1 1 4 1 1は、カメラヘッド1 1 1 0 2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1 1 4 1 1は、カメラヘッド1 1 1 0 2から、伝送ケーブル1 1 4 0 0を介して送信される画像信号を受信する。
- [0104] また、通信部1 1 4 1 1は、カメラヘッド1 1 1 0 2に対して、カメラヘッド1 1 1 0 2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。
- [0105] 画像処理部1 1 4 1 2は、カメラヘッド1 1 1 0 2から送信されたR A Wデータである画像信号に対して各種の画像処理を施す。
- [0106] 制御部1 1 4 1 3は、内視鏡1 1 1 0 0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1 1 4 1 3は、カメラヘッド1 1 1 0 2の駆動を制御するための制御信号を生成する。
- [0107] また、制御部1 1 4 1 3は、画像処理部1 1 4 1 2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。

[0108] カメラヘッド 1 1 1 0 2 及び C C U 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。

[0109] 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 C C U 1 1 2 0 1 との間の通信は無線で行われてもよい。

[0110] 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、より鮮明な術部画像を得ることができるため、術者が術部を確実に確認することが可能になる。

[0111] 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。

[0112] <応用例 2（移動体）>

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、ロボット等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。

[0113] 図 1 9 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。

[0114] 車両制御システム 1 2 0 0 0 は、通信ネットワーク 1 2 0 0 1 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19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。

[0115] 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。

[0116] ボディ系制御ユニット12020は、各種プログラムにしたがって車体に装備された各種装置の動作を制御する。例えば、ボディ系制御ユニット12020は、キーレスエントリシステム、スマートキーシステム、パワーウィンドウ装置、あるいは、ヘッドランプ、バックランプ、ブレーキランプ、ウinker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。

[0117] 車外情報検出ユニット12030は、車両制御システム12000を搭載した車両の外部の情報を検出する。例えば、車外情報検出ユニット12030には、撮像部12031が接続される。車外情報検出ユニット12030は、撮像部12031に車外の画像を撮像させるとともに、撮像された画像を受信する。車外情報検出ユニット12030は、受信した画像に基づいて、人、車、障害物、標識又は路面上の文字等の物体検出処理又は距離検出処

理を行ってもよい。

[0118] 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。

[0119] 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。

[0120] 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。

[0121] 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。

[0122] 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12030

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。

[0123] 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 19 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。

[0124] 図 20 は、撮像部 12031 の設置位置の例を示す図である。

[0125] 図 20 では、撮像部 12031 として、撮像部 12101、12102、12103、12104、12105 を有する。

[0126] 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。

[0127] なお、図 20 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。

[0128] 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。

[0129] 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、0 km/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。

[0130] 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。

[0131] 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形輪郭線を重畳表示するように、表示部１２０６２を制御する。また、音声画像出力部１２０５２は、歩行者を示すアイコン等を所望の位置に表示するように表示部１２０６２を制御してもよい。

[0132] 以上、本開示に係る技術が適用され得る車両制御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１２０３１に適用され得る。撮像部１２０３１に本開示に係る技術を適用することにより、より見やすい撮影画像を得ることができるため、ドライバの疲労を軽減することが可能になる。

[0133] 更に、本実施の形態等において説明した受光素子１は、監視カメラ、生体認証システムおよびサーモグラフィ等の電子機器にも適用することが可能である。監視カメラは、例えばナイトビジョンシステム（暗視）のものである。受光素子１を監視カメラに適用することにより、夜間の歩行者および動物等を遠くから認識することが可能となる。また、受光素子１を車載カメラとして適用すると、ヘッドライトや天候の影響を受けにくい。例えば、煙および霧等の影響を受けずに、撮影画像を得ることができる。更に、物体の形状

の認識も可能となる。また、サーモグラフィでは、非接触温度測定が可能となる。サーモグラフィでは、温度分布や発熱も検出可能である。加えて、受光素子 1 は、炎、水分またはガス等を検知する電子機器にも適用可能である。

[0134] 以上、実施の形態および適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、上記実施の形態において説明した受光素子の層構成は一例であり、更に他の層を備えていてもよい。また、各層の材料や厚みも一例であって、上述のものに限定されるものではない。

[0135] 例えば、上記実施の形態等では、第 1 電極 2 1 と第 1 コンタクト層 2 2 とが接し、第 2 コンタクト層 2 4 と第 2 電極 2 5 とが接する場合について説明したが、第 1 電極 2 1 と第 1 コンタクト層 2 2 との間、あるいは、第 2 コンタクト層 2 4 と第 2 電極 2 5 との間に他の層が設けられていてもよい。

[0136] 更に、上記実施の形態等では、便宜上、信号電荷が正孔である場合について説明したが、信号電荷は電子であってもよい。第 1 コンタクト層 2 2 が n 型の不純物を含み、第 2 コンタクト層 2 4 が p 型の不純物を含んでいてもよい。

[0137] また、上記実施の形態等において説明した効果は一例であり、他の効果であってもよいし、更に他の効果を含んでいてもよい。

[0138] 尚、本開示は、以下のような構成であってもよい。

(1)

平面視でそれぞれ異なる領域に配置された、第 1 光電変換層および第 2 光電変換層を含む複数の光電変換層と、

前記複数の光電変換層を互いに分離する絶縁膜と、

前記第 1 光電変換層に含まれる第 1 無機半導体材料と、

前記第 2 光電変換層に含まれ、前記第 1 無機半導体材料とは異なる第 2 無機半導体材料と

を備えた受光素子。

(2)

前記第1光電変換層の厚みと前記第2光電変換層の厚みとは異なっている
前記(1)に記載の受光素子。

(3)

更に、前記第1光電変換層の厚み方向に設けられるとともに、平面視で前記第1光電変換層の一部に重なる第3光電変換層を有し、

前記第3光電変換層は、前記第1無機半導体材料とは異なる第3無機半導体材料を含む

前記(1)または(2)に記載の受光素子。

(4)

前記第1光電変換層および前記第2光電変換層の少なくとも一方は、赤外領域の波長の光を吸収して電荷を発生するように構成されている

前記(1)乃至(3)のうちいずれか1つに記載の受光素子。

(5)

前記第1光電変換層および前記第2光電変換層の少なくとも一方は、可視領域の波長の光を吸収して電荷を発生するように構成されている

前記(1)乃至(4)のうちいずれか1つに記載の受光素子。

(6)

前記第1無機半導体材料および前記第2無機半導体材料の少なくとも一方は、Ge, InGaAs, Ex.InGaAs, InAsSb, InAs, InSbおよびHgCdTeのうちいずれか1つである

前記(1)乃至(5)のうちいずれか1つに記載の受光素子。

(7)

更に、前記第1光電変換層、前記第2光電変換層それぞれに電氣的に接続された第1電極と、

各々の前記第1電極に電氣的に接続されたROIC (readout integrated circuit) 基板とを有する

前記(1)乃至(6)のうちいずれか1つに記載の受光素子。

(8)

更に、前記第1電極と前記第1光電変換層、前記第2光電変換層それぞれとの間に設けられた第1コンタクト層を有する

前記(7)に記載の受光素子。

(9)

複数の前記第1コンタクト層の前記第1電極との接触面が、同一平面上に設けられている

前記(8)に記載の受光素子。

(10)

更に、前記第1光電変換層、前記第2光電変換層それぞれを間にして前記第1電極と対向する第2電極を有する

前記(7)乃至(9)のうちいずれか1つに記載の受光素子。

(11)

更に、前記第2電極と前記第1光電変換層、前記第2光電変換層それぞれとの間に設けられた第2コンタクト層を有する

前記(10)に記載の受光素子。

(12)

複数の前記第2コンタクト層の前記第2電極との接触面が、同一平面上に設けられている

前記(11)に記載の受光素子。

(13)

前記第2電極は、前記第1光電変換層および前記第2光電変換層に共通して設けられている

前記(10)乃至(12)のうちいずれか1つに記載の受光素子。

(14)

平面視で、前記第1光電変換層の大きさと前記第2光電変換層の大きさが異なる

前記(1)乃至(13)のうちいずれか1つに記載の受光素子。

(15)

平面視で異なる領域に配置され、絶縁膜により互いに分離された複数の光電変換層のうち、

第1光電変換層を、第1無機半導体材料を含有させて形成し、

第2光電変換層を、前記第1無機半導体材料とは異なる第2無機半導体材料を含有させて形成する

受光素子の製造方法。

(16)

前記第1光電変換層および前記第2光電変換層は、

基板上に、第1開口および第2開口を有する前記絶縁膜を形成し、

前記第1開口に前記第1無機半導体材料、前記第2開口に前記第2無機半導体材料をそれぞれエピタキシャル成長させて形成する

前記(15)に記載の受光素子の製造方法。

(17)

前記第1開口に前記第1無機半導体材料をエピタキシャル成長させる際には前記第2開口を、前記第2開口に前記第2無機半導体材料をエピタキシャル成長させる際には前記第1開口を、それぞれハードマスクを用いて覆う

前記(16)に記載の受光素子の製造方法。

(18)

平面視でそれぞれ異なる領域に配置された、第1光電変換層および第2光電変換層を含む複数の光電変換層と、

前記複数の光電変換層を互いに分離する絶縁膜と、

前記第1光電変換層に含まれる第1無機半導体材料と、

前記第2光電変換層に含まれ、前記第1無機半導体材料とは異なる第2無機半導体材料と

を備えた撮像素子。

(19)

平面視でそれぞれ異なる領域に配置された、第1光電変換層および第2光

電変換層を含む複数の光電変換層と、
前記複数の光電変換層を互いに分離する絶縁膜と、
前記第 1 光電変換層に含まれる第 1 無機半導体材料と、
前記第 2 光電変換層に含まれ、前記第 1 無機半導体材料とは異なる第 2 無機半導体材料とを備えた
撮像素子を有する電子機器。

[0139] 本出願は、日本国特許庁において 2017 年 1 月 24 日に出願された日本特許出願番号第 2017-10187 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。

[0140] 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] 平面視でそれぞれ異なる領域に配置された、第1光電変換層および第2光電変換層を含む複数の光電変換層と、
前記複数の光電変換層を互いに分離する絶縁膜と、
前記第1光電変換層に含まれる第1無機半導体材料と、
前記第2光電変換層に含まれ、前記第1無機半導体材料とは異なる第2無機半導体材料と
を備えた受光素子。
- [請求項2] 前記第1光電変換層の厚みと前記第2光電変換層の厚みとは異なっている
請求項1に記載の受光素子。
- [請求項3] 更に、前記第1光電変換層の厚み方向に設けられるとともに、平面視で前記第1光電変換層の一部に重なる第3光電変換層を有し、
前記第3光電変換層は、前記第1無機半導体材料とは異なる第3無機半導体材料を含む
請求項1に記載の受光素子。
- [請求項4] 前記第1光電変換層および前記第2光電変換層の少なくとも一方は、赤外領域の波長の光を吸収して電荷を発生するように構成されている
請求項1に記載の受光素子。
- [請求項5] 前記第1光電変換層および前記第2光電変換層の少なくとも一方は、可視領域の波長の光を吸収して電荷を発生するように構成されている
請求項1に記載の受光素子。
- [請求項6] 前記第1無機半導体材料および前記第2無機半導体材料の少なくとも一方は、Ge, InGaAs, Ex.InGaAs, InAsSb, InAs, InSbおよびHgCdTeのうちのいずれか1つである

請求項 1 に記載の受光素子。

[請求項7] 更に、前記第 1 光電変換層、前記第 2 光電変換層それぞれに電氣的に接続された第 1 電極と、

各々の前記第 1 電極に電氣的に接続された R O I C (readout integrated circuit) 基板とを有する

請求項 1 に記載の受光素子。

[請求項8] 更に、前記第 1 電極と前記第 1 光電変換層、前記第 2 光電変換層それぞれとの間に設けられた第 1 コンタクト層を有する

請求項 7 に記載の受光素子。

[請求項9] 複数の前記第 1 コンタクト層の前記第 1 電極との接触面が、同一平面上に設けられている

請求項 8 に記載の受光素子。

[請求項10] 更に、前記第 1 光電変換層、前記第 2 光電変換層それぞれを間にして前記第 1 電極と対向する第 2 電極を有する

請求項 7 に記載の受光素子。

[請求項11] 更に、前記第 2 電極と前記第 1 光電変換層、前記第 2 光電変換層それぞれとの間に設けられた第 2 コンタクト層を有する

請求項 1 0 に記載の受光素子。

[請求項12] 複数の前記第 2 コンタクト層の前記第 2 電極との接触面が、同一平面上に設けられている

請求項 1 1 に記載の受光素子。

[請求項13] 前記第 2 電極は、前記第 1 光電変換層および前記第 2 光電変換層に共通して設けられている

請求項 1 0 に記載の受光素子。

[請求項14] 平面視で、前記第 1 光電変換層の大きさと前記第 2 光電変換層の大きさが異なる

請求項 1 に記載の受光素子。

[請求項15] 平面視で異なる領域に配置され、絶縁膜により互いに分離された複

数の光電変換層のうち、

第1光電変換層を、第1無機半導体材料を含有させて形成し、

第2光電変換層を、前記第1無機半導体材料とは異なる第2無機半導体材料を含有させて形成する

受光素子の製造方法。

[請求項16]

前記第1光電変換層および前記第2光電変換層は、

基板上に、第1開口および第2開口を有する前記絶縁膜を形成し、

前記第1開口に前記第1無機半導体材料、前記第2開口に前記第2無機半導体材料をそれぞれエピタキシャル成長させて形成する

請求項15に記載の受光素子の製造方法。

[請求項17]

前記第1開口に前記第1無機半導体材料をエピタキシャル成長させる際には前記第2開口を、前記第2開口に前記第2無機半導体材料をエピタキシャル成長させる際には前記第1開口を、それぞれハードマスクを用いて覆う

請求項16に記載の受光素子の製造方法。

[請求項18]

平面視でそれぞれ異なる領域に配置された、第1光電変換層および第2光電変換層を含む複数の光電変換層と、

前記複数の光電変換層を互いに分離する絶縁膜と、

前記第1光電変換層に含まれる第1無機半導体材料と、

前記第2光電変換層に含まれ、前記第1無機半導体材料とは異なる第2無機半導体材料と

を備えた撮像素子。

[請求項19]

平面視でそれぞれ異なる領域に配置された、第1光電変換層および第2光電変換層を含む複数の光電変換層と、

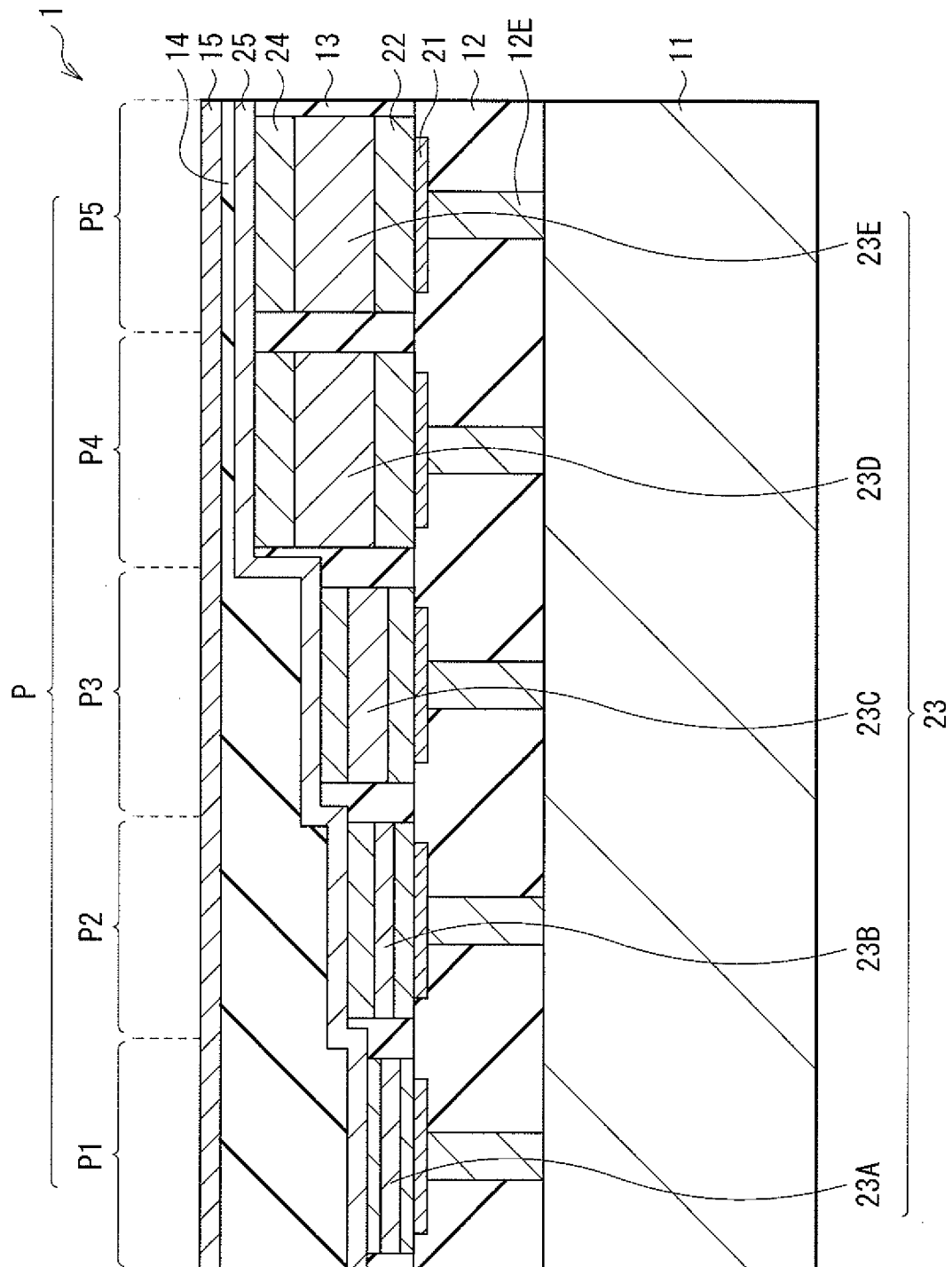
前記複数の光電変換層を互いに分離する絶縁膜と、

前記第1光電変換層に含まれる第1無機半導体材料と、

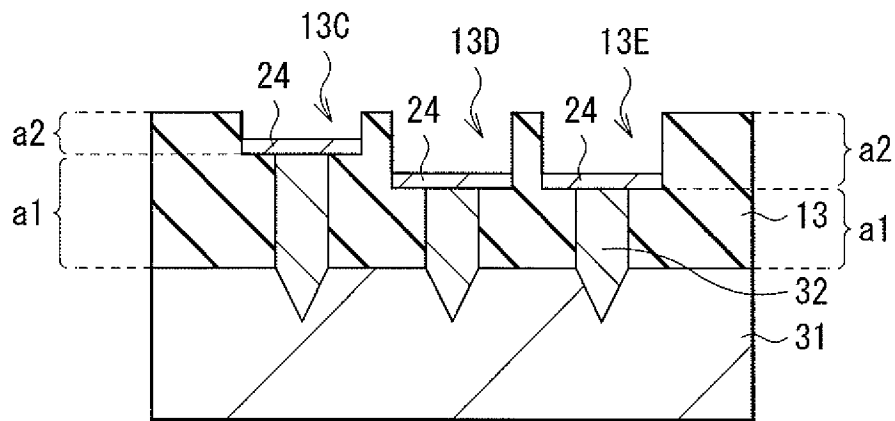
前記第2光電変換層に含まれ、前記第1無機半導体材料とは異なる第2無機半導体材料とを備えた

撮像素子を有する電子機器。

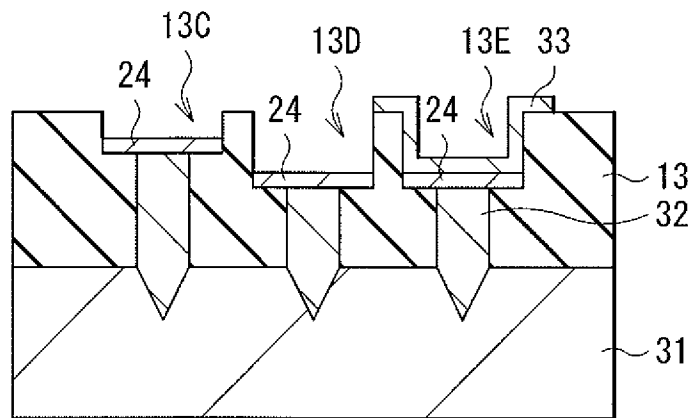
[図1]



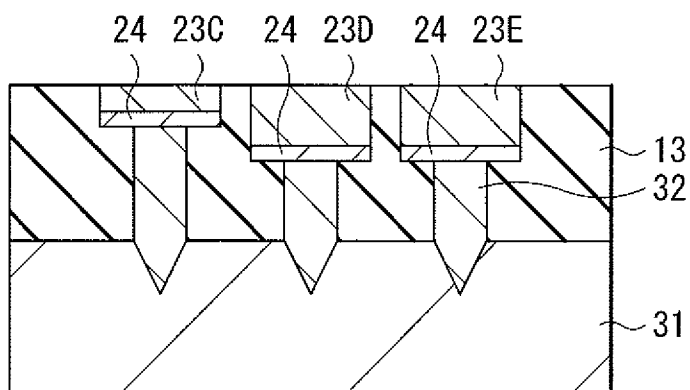
[図2A]



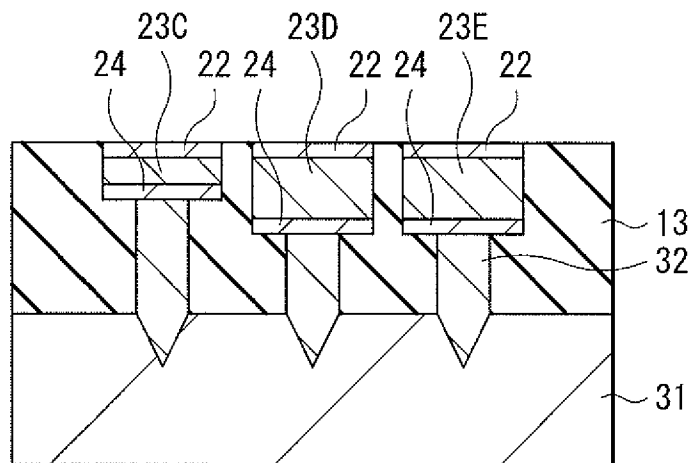
[図2B]



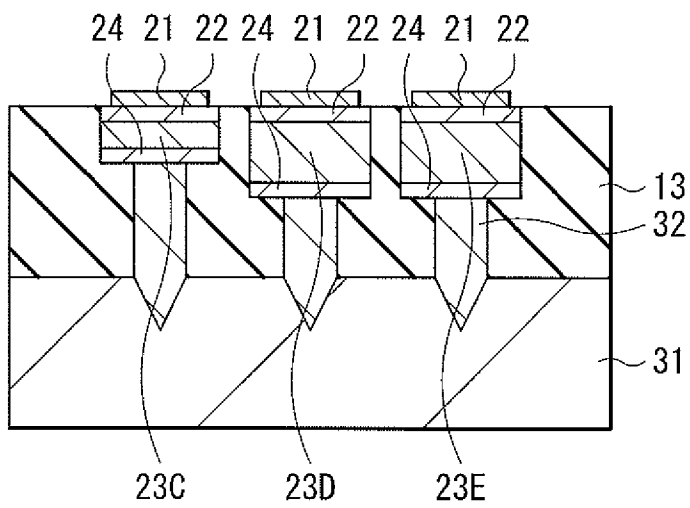
[図2C]



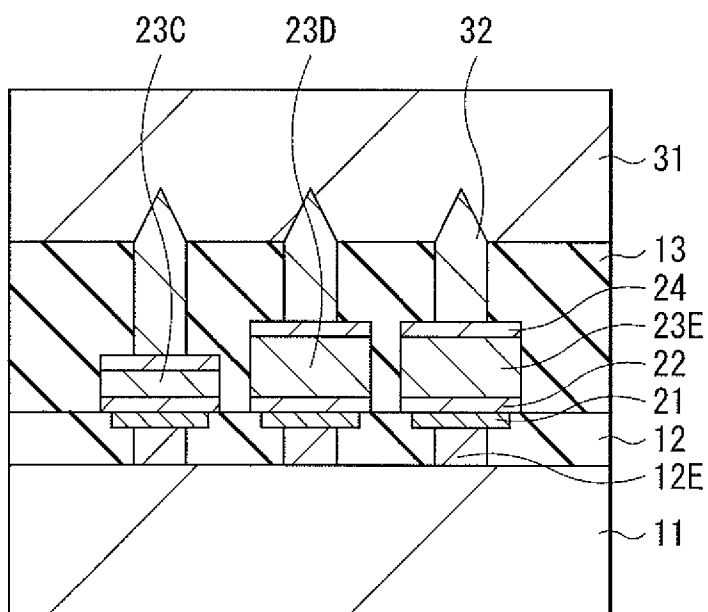
[図2D]



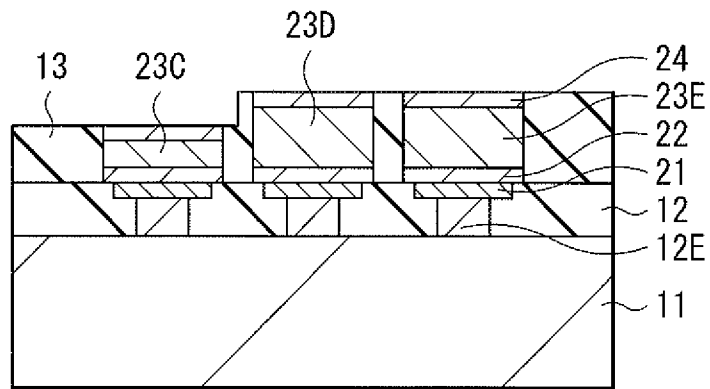
[図2E]



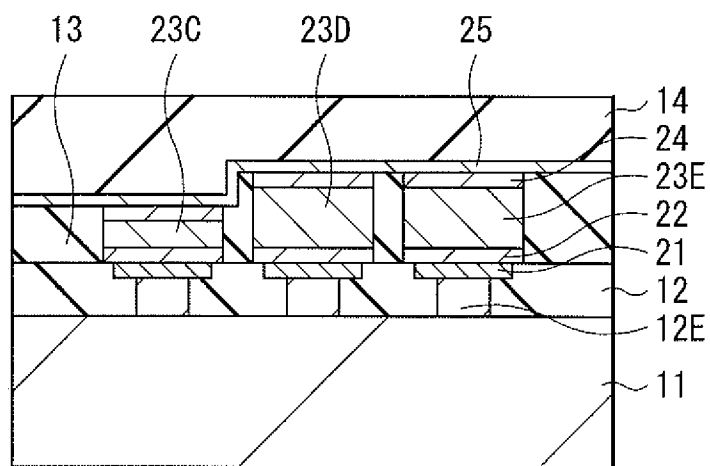
[図3A]



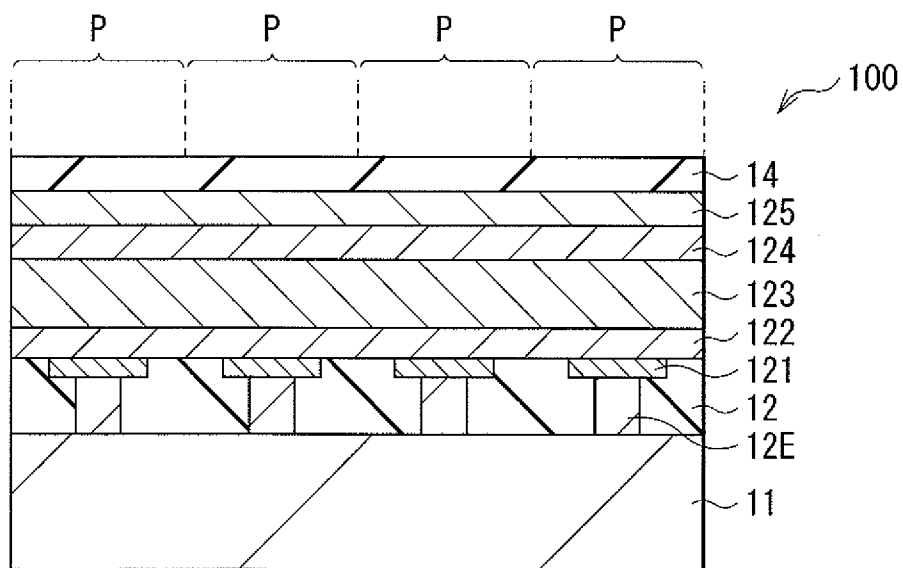
[図3B]



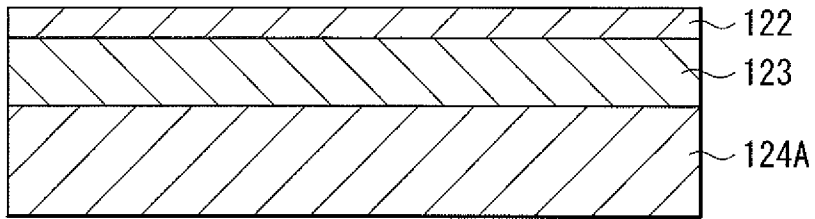
[図3C]



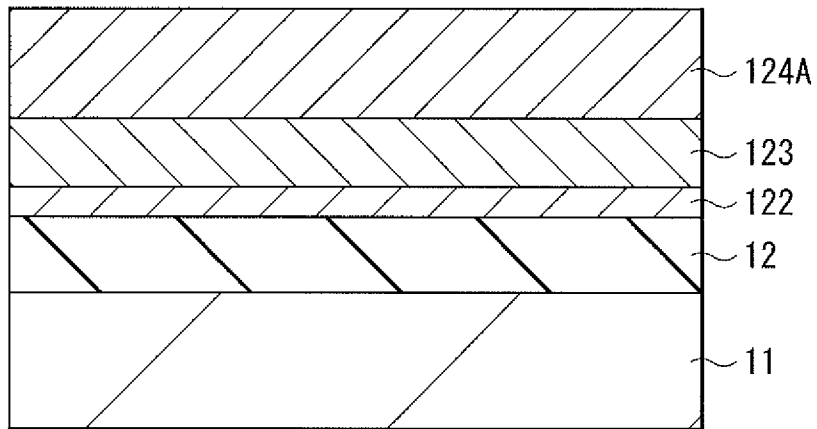
[図4]



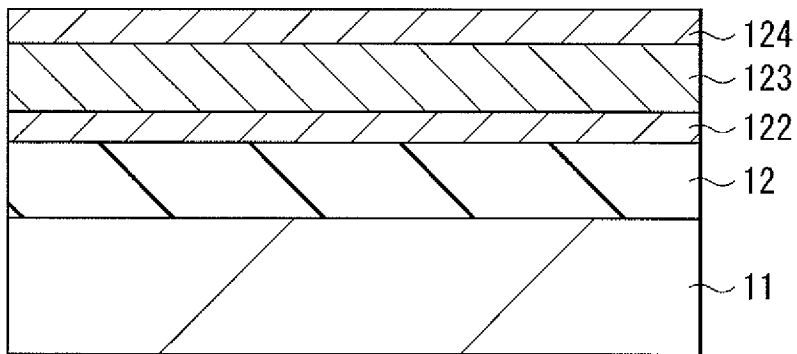
[図5A]



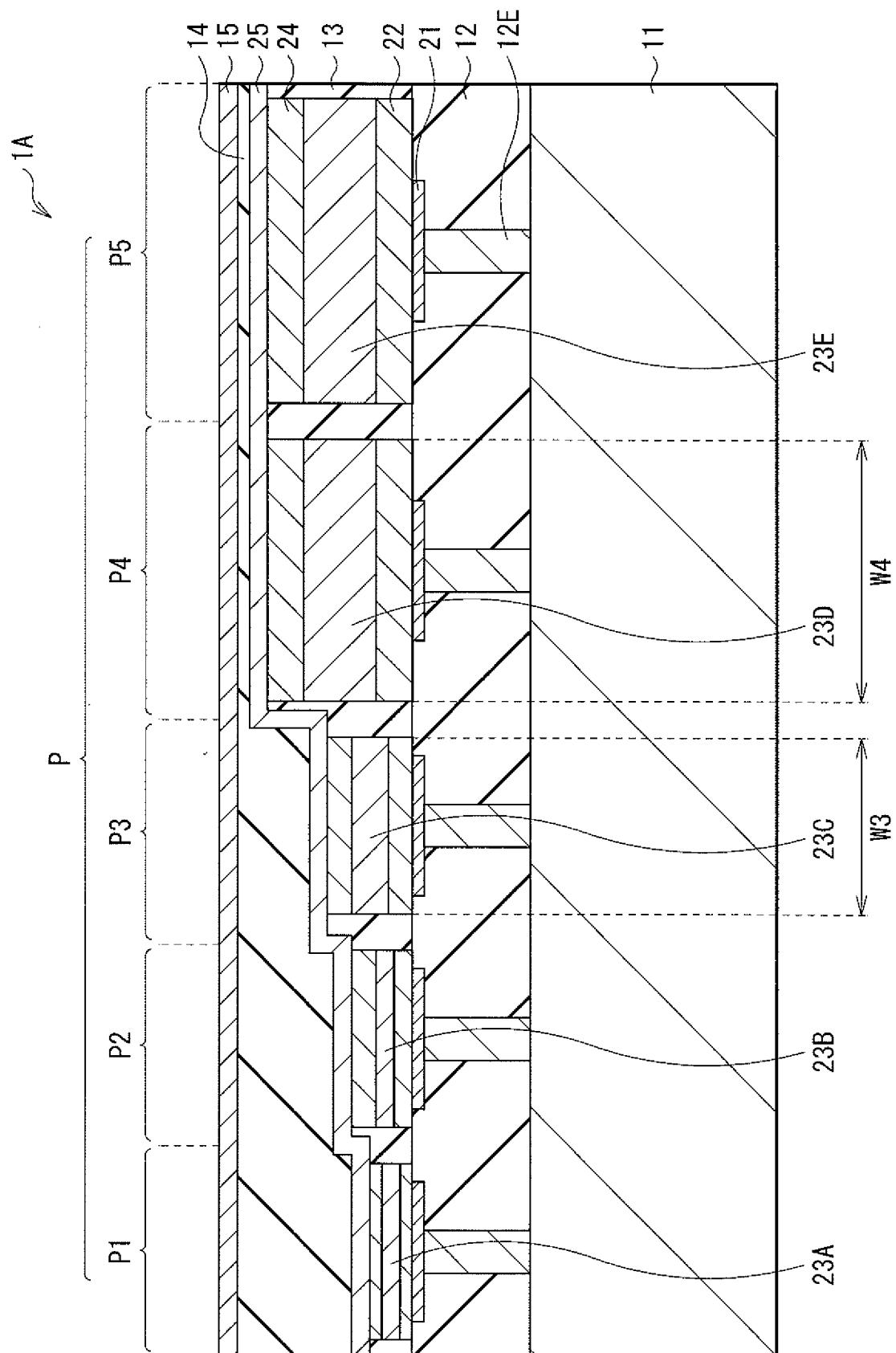
[図5B]



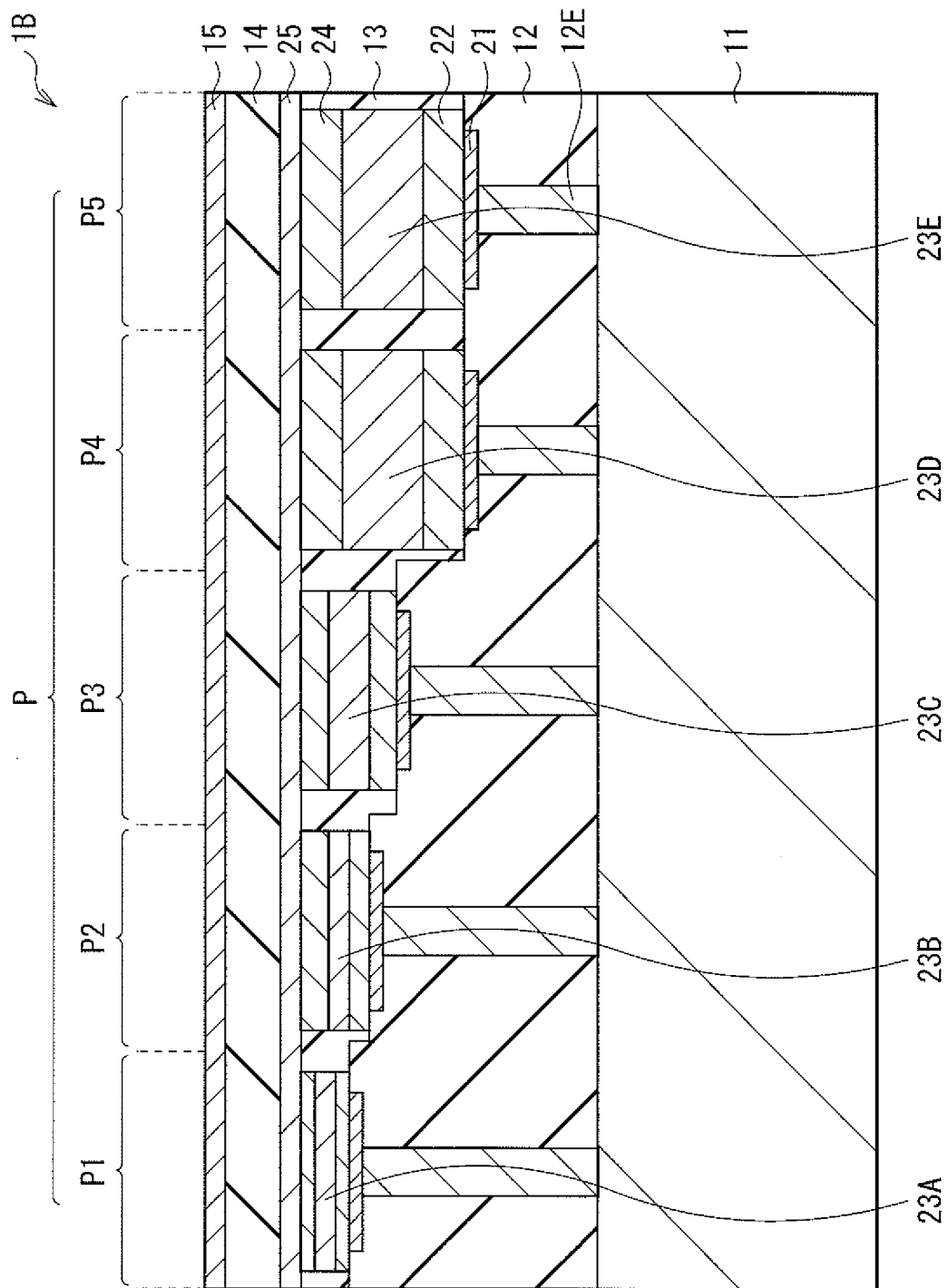
[図5C]



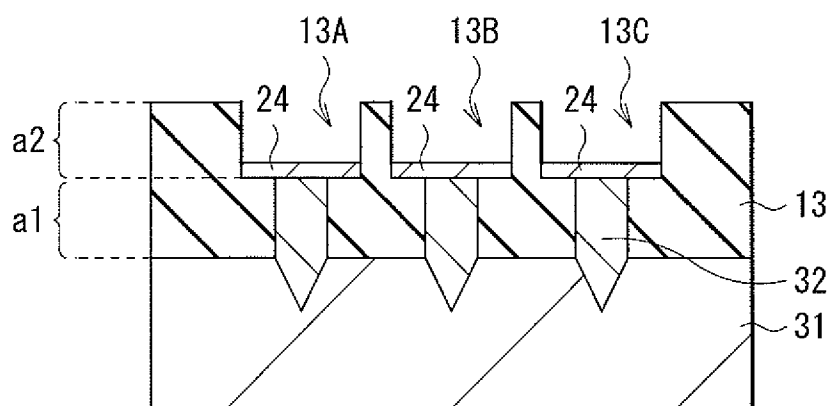
[図6]



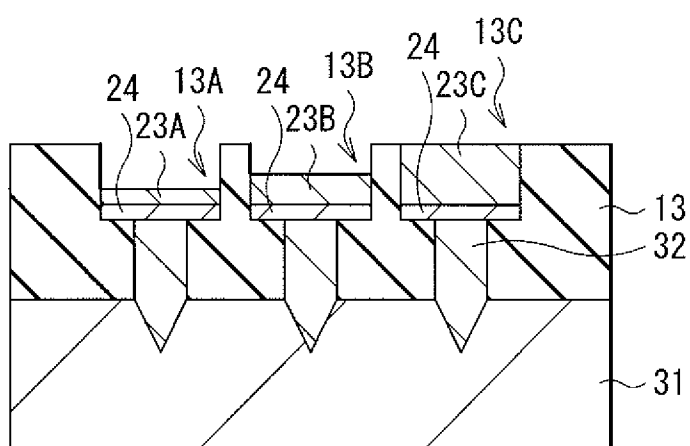
[図7]



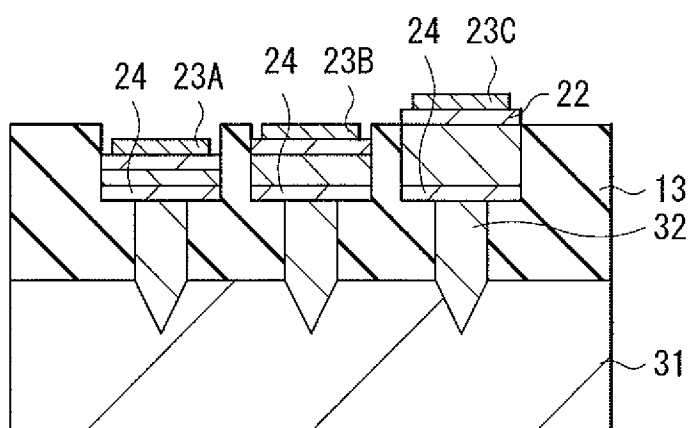
[図9A]



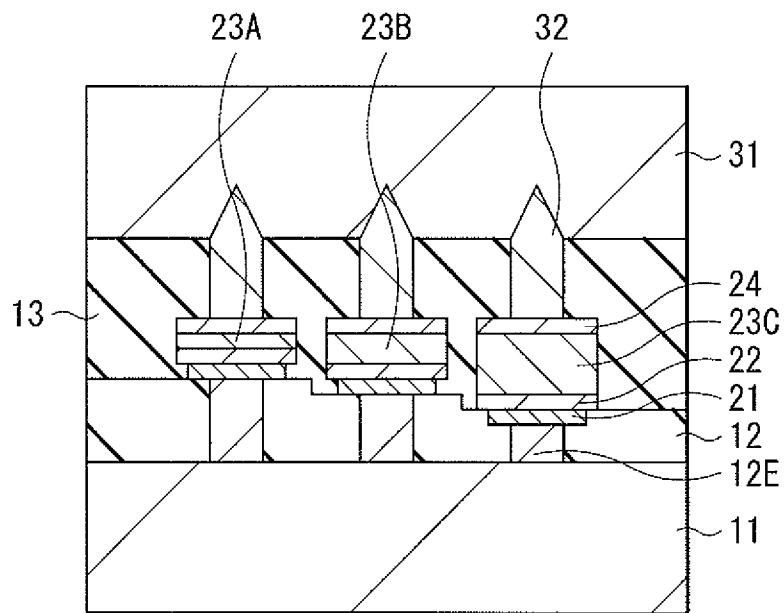
[図9B]



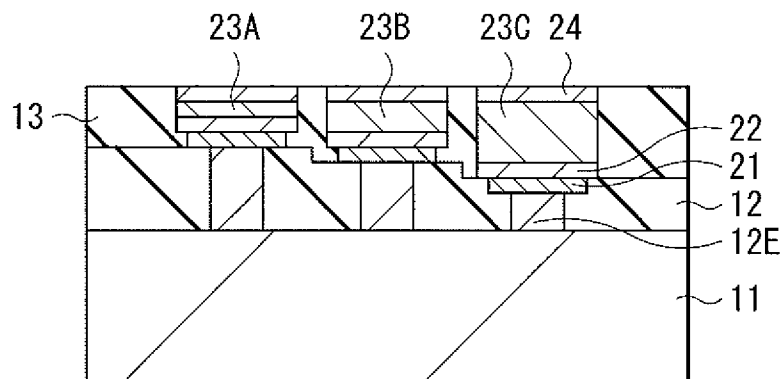
[図9C]



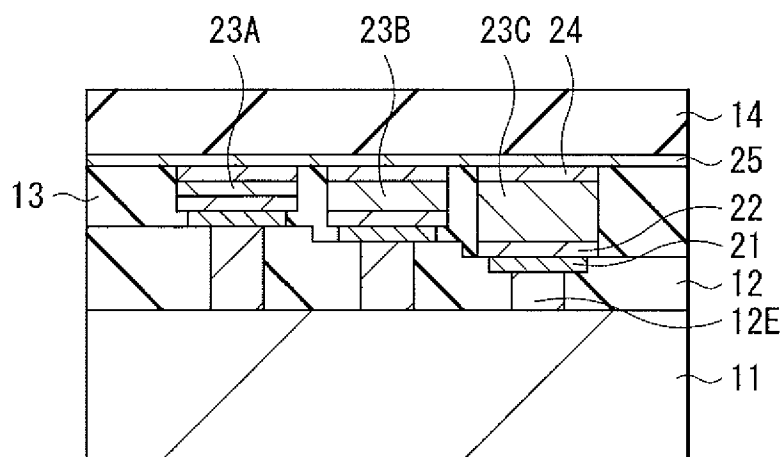
[図10A]



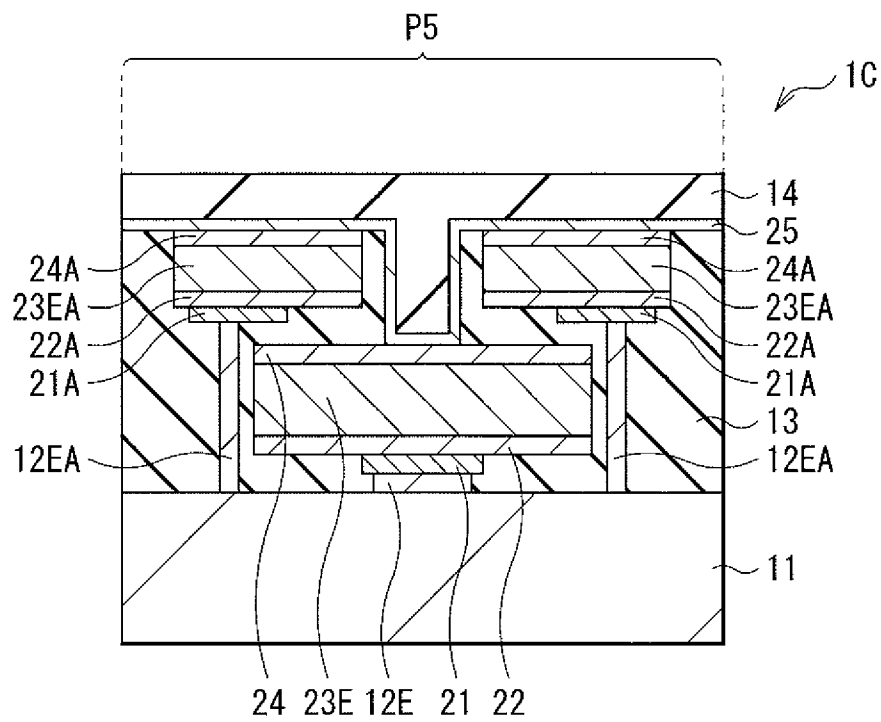
[図10B]



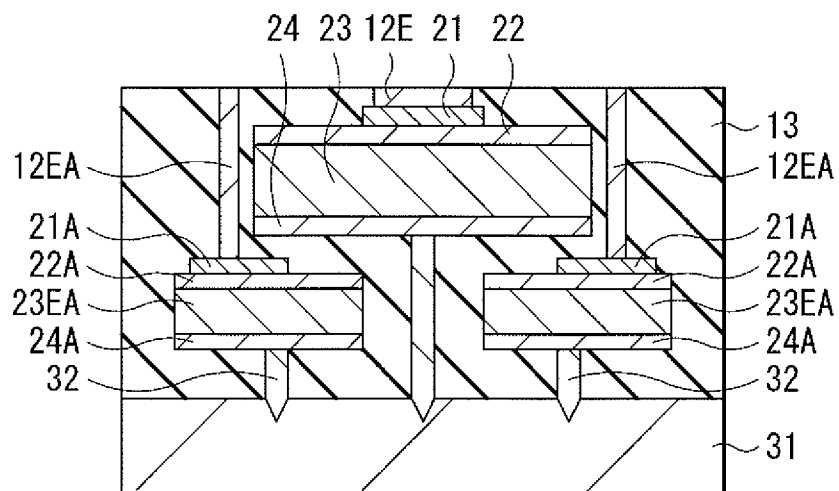
[図10C]



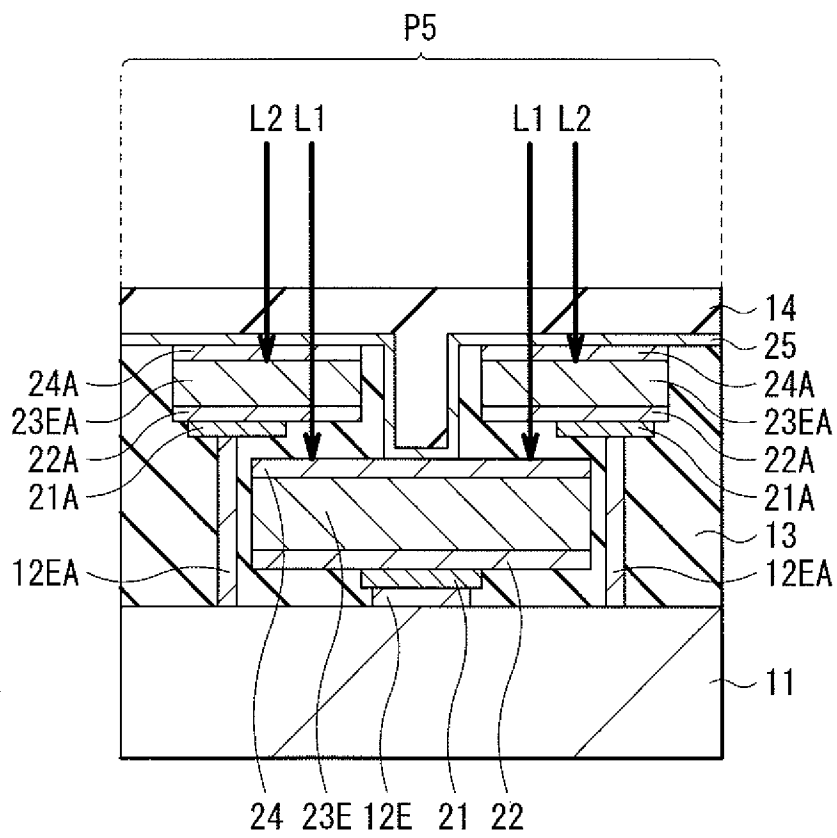
[図11]



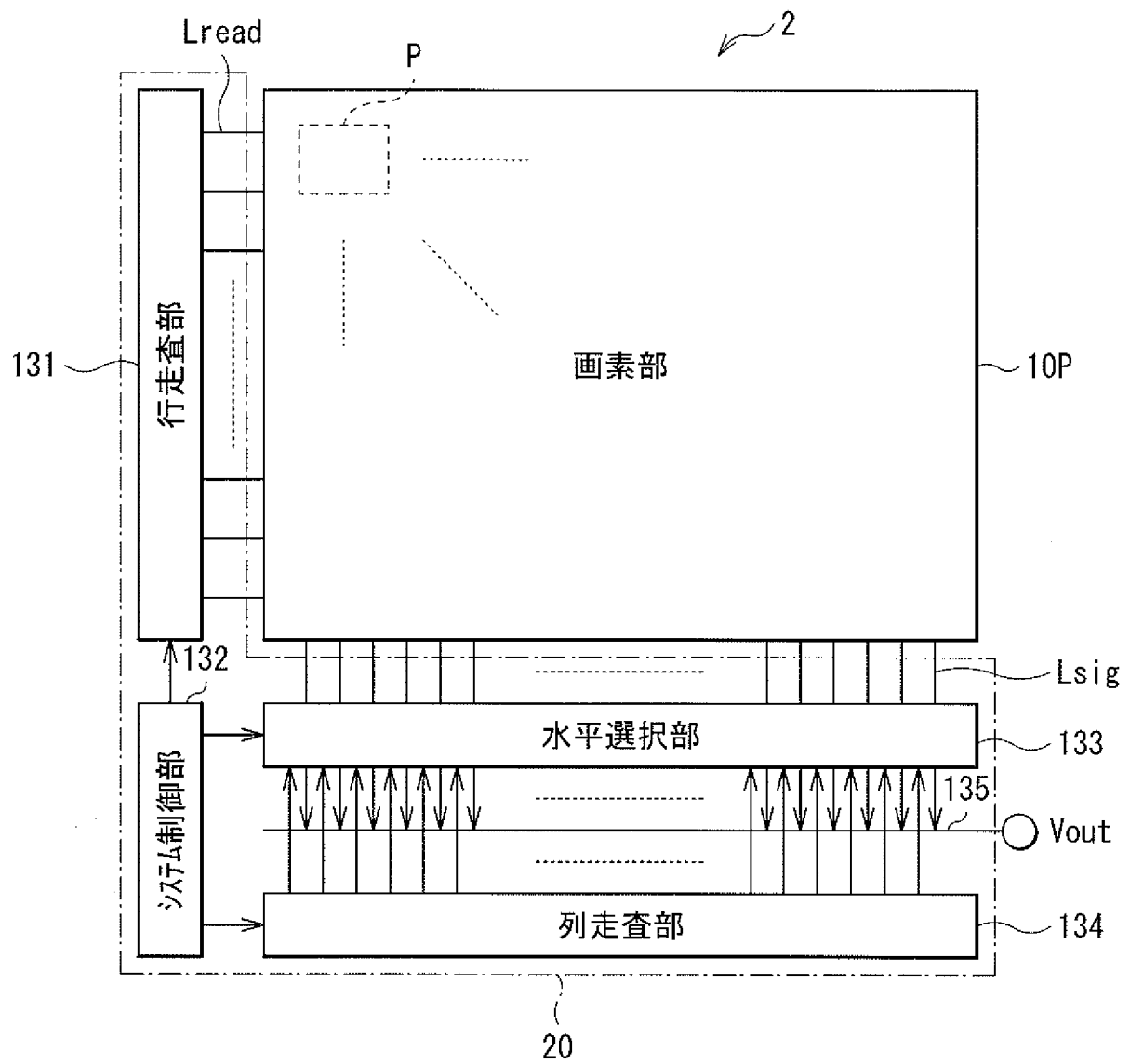
[図12]



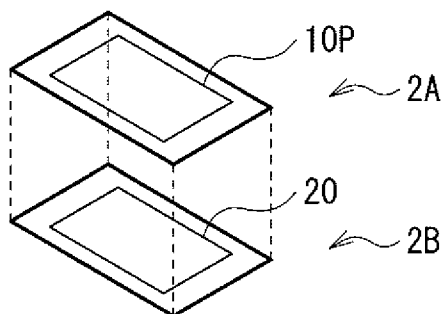
[図13]



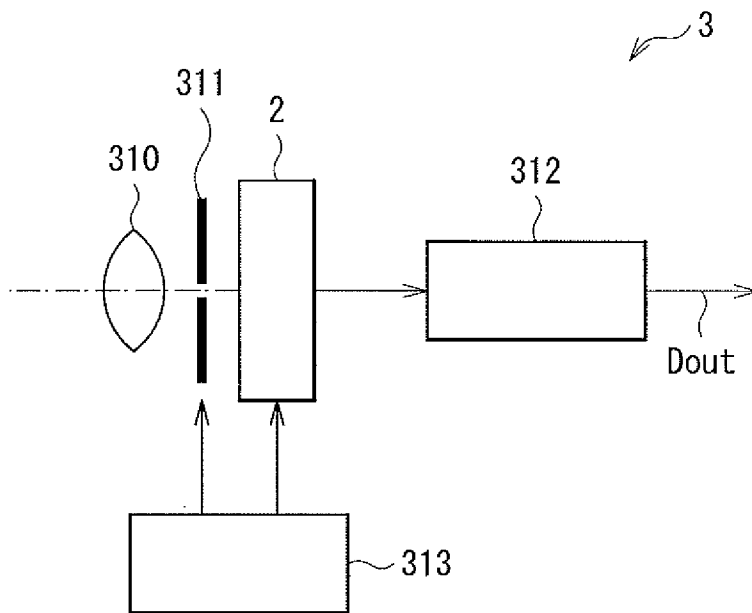
[図14]



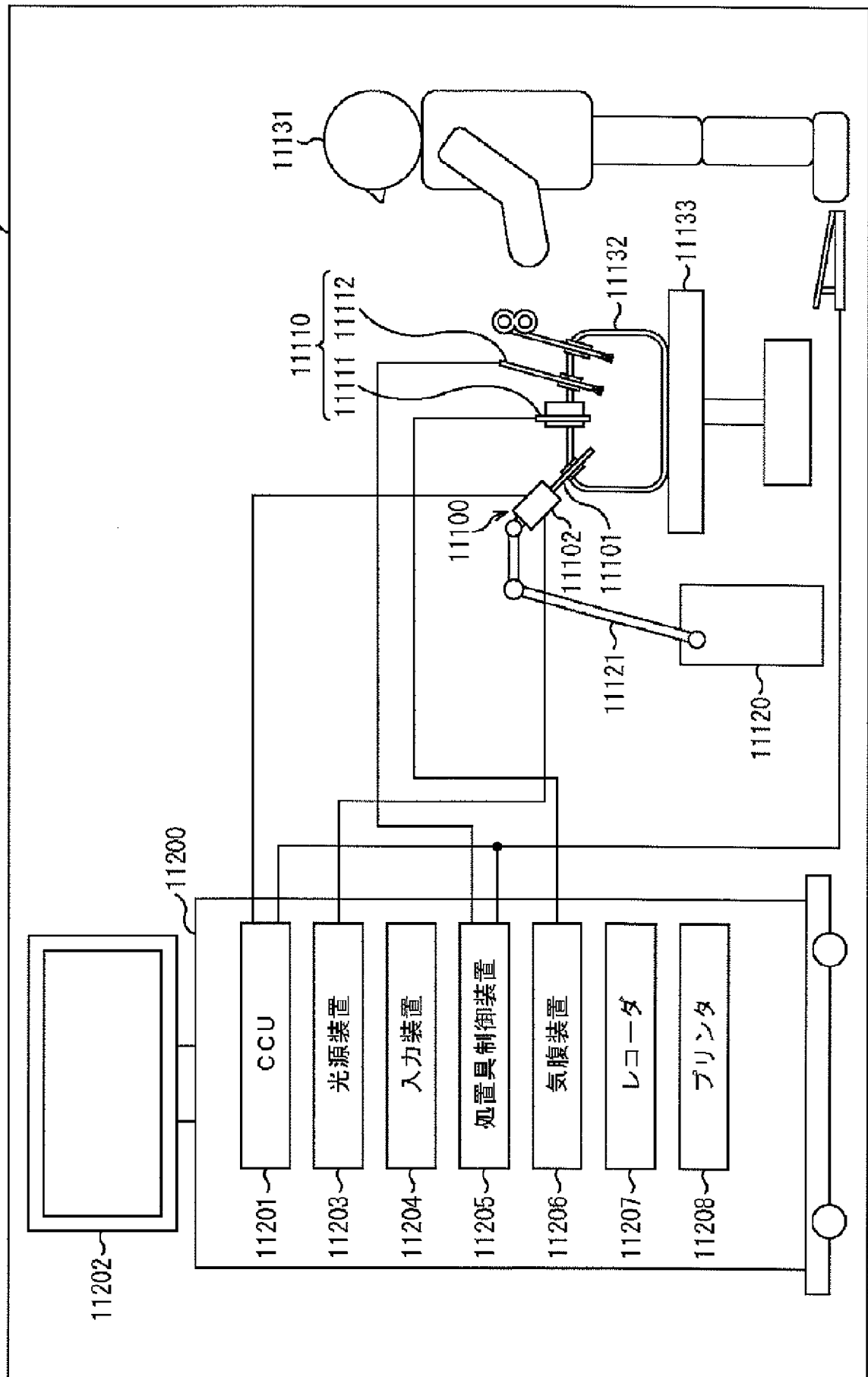
[図15]



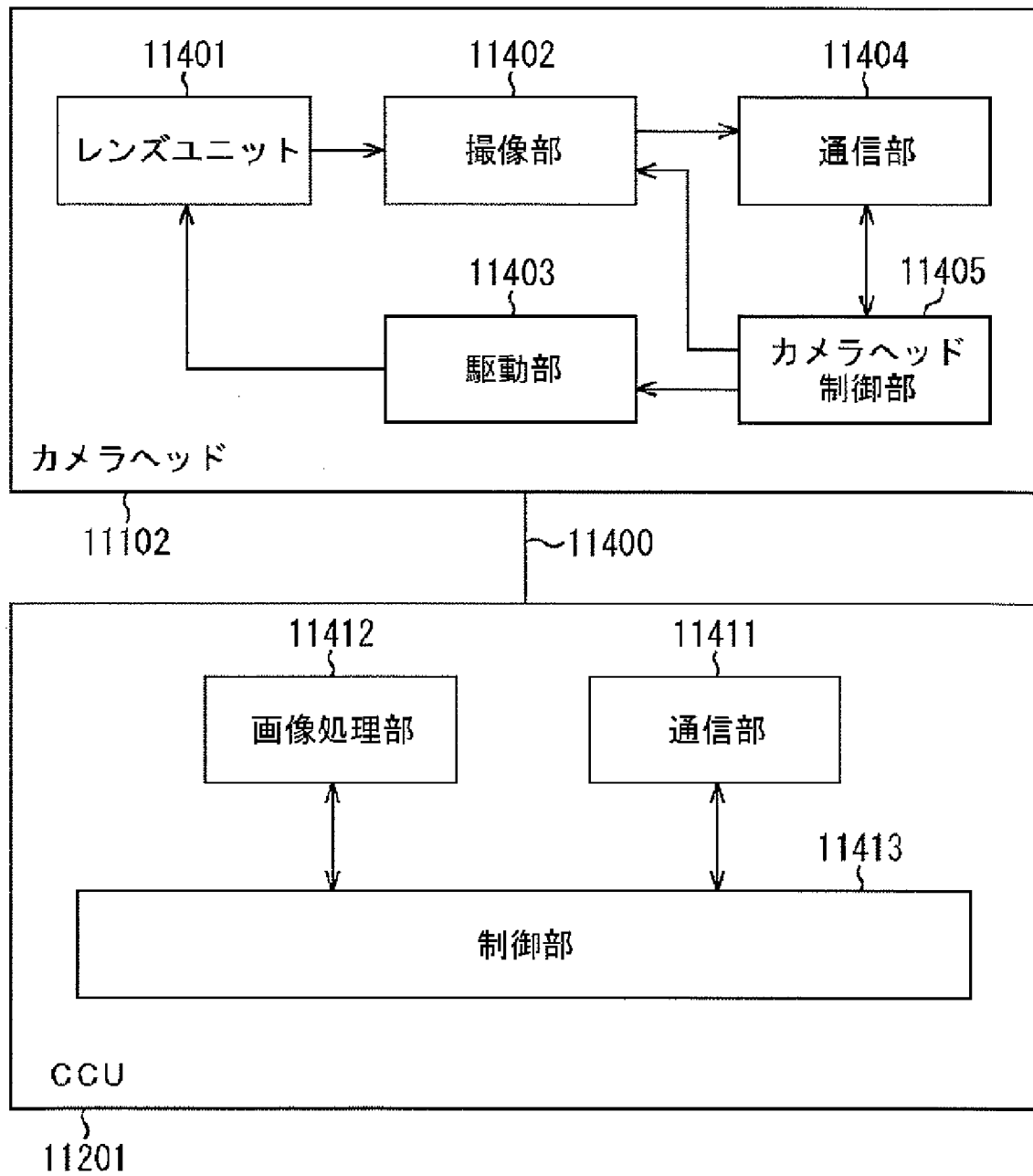
[図16]



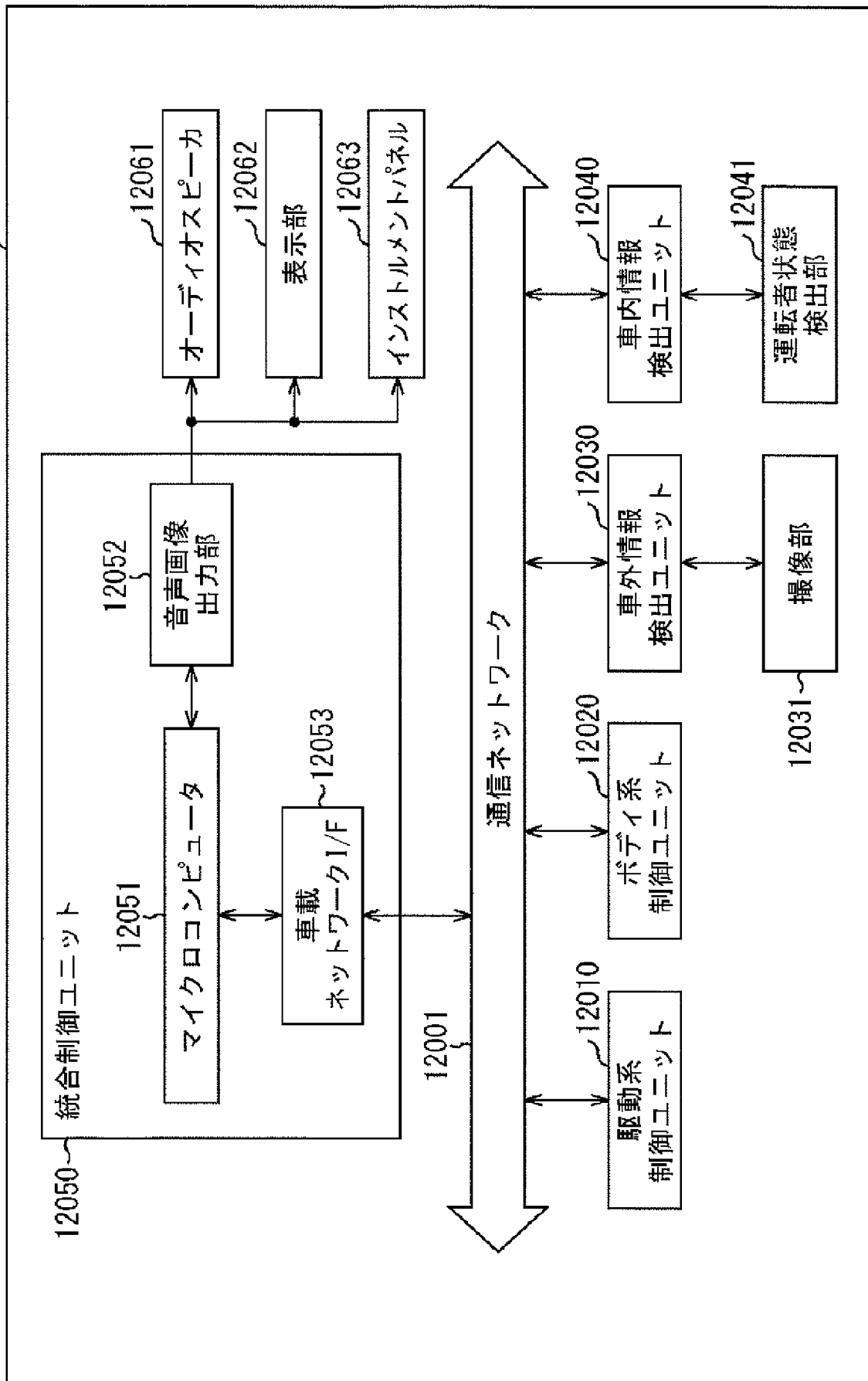
[図17]



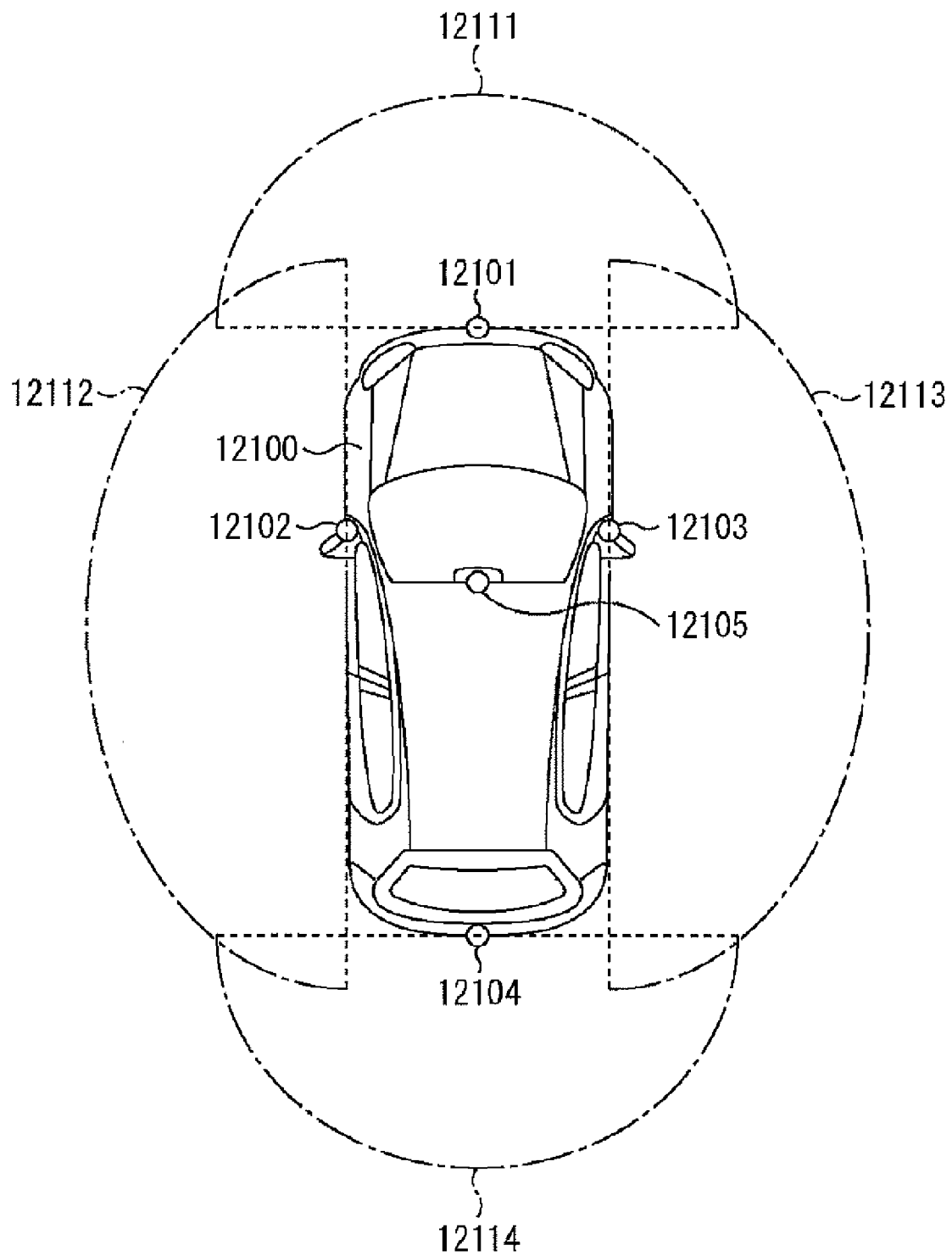
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/045422

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01L27/146 (2006.01) i, H01L27/144 (2006.01) i, H01L31/02 (2006.01) i, H04N5/33 (2006.01) i, H04N5/369 (2011.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H01L27/146, H01L27/144, H01L31/02, H04N5/33, H04N5/369

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2012-114160 A (PANASONIC CORP.) 14 June 2012, paragraphs [0021], [0040]-[0062], fig. 9-17 & WO 2012/070171 A1	1, 5, 7-13, 15, 18, 19
Y		2-4, 6, 14
A		16, 17



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
22.01.2018

Date of mailing of the international search report
30.01.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/045422

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2016-33978 A (CANON INC.) 10 March 2016, paragraphs [0021]-[0030], fig. 3, 4 & US 2016/0035921 A1, paragraphs [0026]-[0035]	2, 14
Y	JP 2011-258729 A (PANASONIC CORP.) 22 December 2011, paragraphs [0051], [0052], [0090], fig. 1B, 4 & WO 2011/155121 A1	2
Y	JP 2003-332551 A (CANON INC.) 21 November 2003, paragraphs [0031]-[0036], [0042]-[0046], fig. 6b (Family: none)	3
Y	JP 2011-171646 A (ROHM CO., LTD.) 01 September 2011, paragraphs [0017]-[0039], fig. 2 & US 2011/0205412 A1, paragraphs [0056]-[0080]	4
Y	JP 2015-149422 A (SONY CORP.) 20 August 2015, paragraphs [0046], [0068], fig. 1, 10 & US 2015/0228685 A1, paragraphs [0104], [0143]	4, 6
Y	JP 9-213923 A (NEC CORP.) 15 August 1997, paragraphs [0020], [0021] (Family: none)	6
Y	JP 60-93893 A (TOSHIBA CORP.) 25 May 1985, page 2, lower right column, line 13 to page 3, lower left column, line 2, fig. 4, 5 (Family: none)	14
A	JP 2007-287977 A (FUJIFILM CORP.) 01 November 2007, entire text, all drawings (Family: none)	1-19
A	JP 2-275670 A (CANON INC.) 09 November 1990, entire text, all drawings & US 5084747 A & EP 379349 A2	1-19

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L27/146(2006.01)i, H01L27/144(2006.01)i, H01L31/02(2006.01)i, H04N5/33(2006.01)i, H04N5/369(2011.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L27/146, H01L27/144, H01L31/02, H04N5/33, H04N5/369

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2012-114160 A（パナソニック株式会社）2012.06.14, [0021], [0040] - [0062], 図9-図17 & WO 2012/070171 A1	1, 5, 7-13, 15, 18, 19
Y		2-4, 6, 14
A		16, 17

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22.01.2018

国際調査報告の発送日

30.01.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

柴山 将隆

5 F

3035

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2016-33978 A (キヤノン株式会社) 2016. 03. 10, [0 0 2 1] – [0 0 3 0], 図 3, 4 & US 2016/0035921 A1, [0026]-[0035]	2, 14
Y	JP 2011-258729 A (パナソニック株式会社) 2011. 12. 22, [0 0 5 1], [0 0 5 2], [0 0 9 0], 図 1 B, 4 & WO 2011/155121 A1	2
Y	JP 2003-332551 A (キヤノン株式会社) 2003. 11. 21, [0 0 3 1] – [0 0 3 6], [0 0 4 2] – [0 0 4 6], 図 6 b (ファミリーなし)	3
Y	JP 2011-171646 A (ローム株式会社) 2011. 09. 01, [0 0 1 7] – [0 0 3 9], 図 2 & US 2011/0205412 A1, [0056]-[0080]	4
Y	JP 2015-149422 A (ソニー株式会社) 2015. 08. 20, [0 0 4 6], [0 0 6 8], 図 1, 1 0 & US 2015/0228685 A1, [0104], [0143]	4, 6
Y	JP 9-213923 A (日本電気株式会社) 1997. 08. 15, [0 0 2 0], [0 0 2 1] (ファミリーなし)	6
Y	JP 60-93893 A (株式会社東芝) 1985. 05. 25, 第 2 頁右下欄第 1 3 行 – 第 3 頁左下欄第 2 行, 図 4, 5 (ファミリーなし)	14
A	JP 2007-287977 A (富士フイルム株式会社) 2007. 11. 01, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-19
A	JP 2-275670 A (キヤノン株式会社) 1990. 11. 09, 全文, 全図 & US 5084747 A & EP 379349 A2	1-19