

(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
2023年7月6日(06.07.2023)



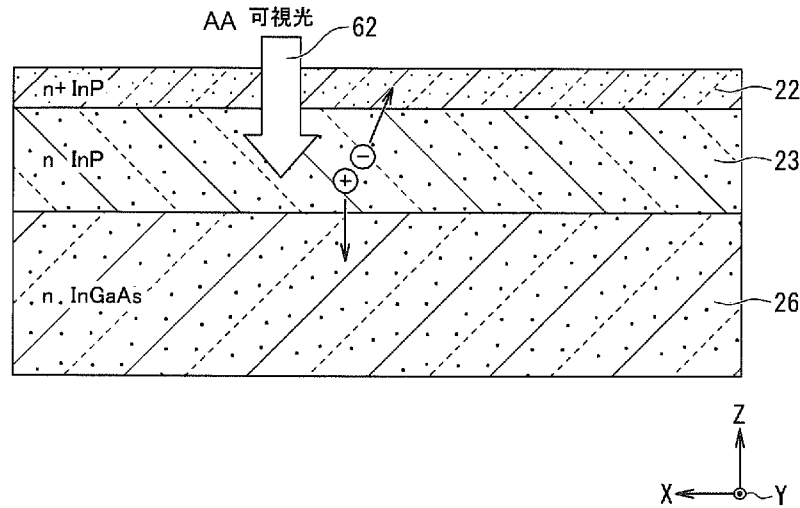
(10) 国際公開番号

WO 2023/127110 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 31/10 (2006.01) *H04N 5/369* (2011.01)
H01L 27/146 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/048832
- (22) 国際出願日: 2021年12月28日(28.12.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (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1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 丸山 俊介 (MARUYAMA Shunsuke); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目1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: 田中 秀 ▲ てつ ▼, 外 (TANAKA Hidetetsu et al.); 〒1056032 東京都港区虎ノ門四丁目3番1号 城山トラストタワー3階 弁理士法人日栄国際特許事務所 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,

(54) Title: LIGHT DETECTING DEVICE AND ELECTRONIC APPARATUS

(54) 発明の名称: 光検出装置及び電子機器



AA Visible light

(57) Abstract: Provided are a light detecting device and an electronic apparatus with which the occurrence of crystal defects is less likely to occur while maintaining visible light sensitivity. This light detecting device comprises a pixel region in which a plurality of pixels capable of generating electrical signals in response to infrared light and visible light incident from outside are arranged in a matrix. The pixel region comprises a light transmission layer and a photoelectric conversion layer. The light transmission layer is composed of a first compound semiconductor and transmits incident infrared light. The photoelectric conversion layer is composed of a second compound semiconductor different from the first compound semiconductor and stacked on a surface of the light transmission layer on the side opposite the light incident surface, and

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

photoelectrically converts the infrared light transmitted through the light transmission layer. The light transmission layer comprises: a first semiconductor layer provided to the light incident surface side and having a thickness that allows the transmission of visible light; and a second semiconductor layer that is stacked on a surface of the first semiconductor layer on the opposite side of the light incident surface, and photoelectrically converts the visible light transmitted through the first semiconductor layer. The second semiconductor layer has an impurity concentration less than that of the first semiconductor layer and an impurity concentration greater than that of the photoelectric conversion layer.

(57) 要約：可視光感度を維持しつつ、結晶欠陥をでき難くし得る光検出装置及び電子機器を提供する。光検出装置は、外部から入射した赤外光及び可視光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素が行列状に配置された画素領域を備える。画素領域は、光透過層と、光電変換層とを備える。光透過層は、第1の化合物半導体から成り、入射した赤外光を透過する。光電変換層は、光透過層の光入射面とは反対側の面に積層され、第1の化合物半導体とは異なる第2の化合物半導体から成り、光透過層を透過した赤外光を光電変換する。光透過層は、光入射面側に設けられ、可視光を透過可能な厚みを有する第1の半導体層と、第1の半導体層の光入射面とは反対側の面に積層され、第1の半導体層を透過した可視光を光電変換する第2の半導体層とを備える。第2の半導体層は、第1の半導体層より不純物濃度が薄く、光電変換層より不純物濃度が濃い。

明 細 書

発明の名称：光検出装置及び電子機器

技術分野

[0001] 本開示は、光検出装置、及びこの光検出装置を備えた電子機器に関する。

背景技術

[0002] 周知のように、赤色の光（R）、緑色の光（G）、青色の光（B）といった可視光を検出するイメージセンサに備えられる撮像素子は、通常、シリコン半導体基板に形成された受光素子（フォトダイオード）を備えている。ところで、赤外光を検出することも、従来から要望されている。しかし、シリコンのエネルギーバンドギャップは 1.1 eV であるため、 $1.1\text{ }\mu\text{m}$ よりも長波長の赤外光（IR）を検出することは原理的にできない。

[0003] このため、シリコンの代わりに、InGaAsを用いることで、赤外光を検出することが可能なInGaAsイメージセンサがある。このInGaAsイメージセンサでは、InP基板上にInGaAsを成膜して作成し、InP基板側から光を入射することが知られている。しかし、InGaAsイメージセンサでは、光入射側のInP基板を取り除かないと可視光を検出することができない。

[0004] そこで、InGaAsイメージセンサで光入射側の $n+\text{InP}$ 層（暗電流発生を抑制する再結合防止層）を薄くすることで、可視光感度をアップできる手法が知られている（例えば、特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2018-125538号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、 $n+\text{InP}$ 層が薄いとプロセス中のダメージがバンドギャップの狭いInGaAs層まで届き結晶欠陥ができて白傷になる。また、光入射

側の InP 層の不純物濃度を低くすることで、InP 層で光電変換可能になり厚膜化しても可視光感度は落ちにくい、界面欠陥で湧き出たキャリアも読み出してしまうため、白傷になる。

[0007] 本開示はこのような事情に鑑みてなされたもので、可視光感度を維持しつつ、結晶欠陥をでき難くし得る光検出装置及び電子機器を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の一態様は、外部から入射した赤外光及び可視光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素が行列状に配置された画素領域を備え、前記画素領域は、第1の化合物半導体から成り、入射した赤外光を透過する光透過層と、前記光透過層の光入射面とは反対側の面に積層され、前記第1の化合物半導体とは異なる第2の化合物半導体から成り、前記光透過層を透過した赤外光を光電変換する光電変換層とを備え、前記光透過層は、光入射面側に設けられ、前記可視光を透過可能な厚みを有する第1の半導体層と、前記第1の半導体層の光入射面とは反対側の面に積層され、前記第1の半導体層を透過した可視光を光電変換する第2の半導体層とを備え、前記第2の半導体層は、前記第1の半導体層より不純物濃度が薄く、前記光電変換層より不純物濃度が濃い光検出装置である。

[0009] 本開示の他の態様は、外部から入射した赤外光及び可視光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素が行列状に配置された画素領域を備え、前記画素領域は、第1の化合物半導体から成り、入射した赤外光を透過する光透過層と、前記光透過層の光入射面とは反対側の面に積層され、前記第1の化合物半導体とは異なる第2の化合物半導体から成り、前記光透過層を透過した赤外光を光電変換する光電変換層とを備え、前記光透過層は、光入射面側に設けられ、前記可視光を透過可能な厚みを有する第1の半導体層と、前記第1の半導体層の光入射面とは反対側の面に積層され、前記第1の半導体層を透過した可視光を光電変換する第2の半導体層とを備え、前記第2の半導体層は、前記第1の半導体層より不純物濃度が薄く、前記光電変換層より不純物

濃度が濃い光検出装置を備えた、電子機器である。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本開示の第1の実施形態に係る光検出装置の一構成例を示す模式的平面レイアウト図である。

[図2]本開示の第1の実施形態に係る光検出装置の一構成例を示すブロック図である。

[図3]本開示の第1の実施形態に係る光検出装置の読出し回路の一構成例を示す回路図である。

[図4]本開示の第1の実施形態に係る光検出装置の一構成例を示す要部模式的断面図である。

[図5] $I_n P$ の膜厚と光透過率との依存性を示す特性図である。

[図6]比較例におけるプロセスダメージの発生の一例を示す光検出装置の断面図である。

[図7]比較例におけるプロセスダメージの発生の他の一例を示す光検出装置の断面図である。

[図8]本開示の第1の実施形態において、可視光で光電変換されたキャリアを光電変換層に転送する様子を説明するために示す図である。

[図9]本開示の第1の実施形態において、プロセスダメージが光電変換層に到達し難くなる様子を説明するために示す図である。

[図10]本開示の第2の実施形態に係る光検出装置の断面図である。

[図11]本開示の第3の実施形態に係る光検出装置の断面図である。

[図12]本開示の第4の実施形態に係る光検出装置の断面図である。

[図13]本開示の第5の実施形態に係る光検出装置の断面図である。

[図14A]本開示の第6の実施形態に係る光検出装置の断面図である。

[図14B]赤外光用の画素と赤外光及び可視光用の画素との配置パターンを示す模式的平面図である。

[図15]本技術を適用した電子機器の構成例を示すブロック図である。

[図16]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17]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

[0011] 以下において、図面を参照して本開示の実施形態を説明する。以下の説明で参照する図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付し、重複する説明を省略する。但し、図面は模式的なものであり、厚みと平面寸法との関係、各装置や各部材の厚みの比率等は現実のものと異なることに留意すべきである。したがって、具体的な厚みや寸法は以下の説明を参酌して判定すべきものである。また、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

[0012] 本明細書において、「第1導電型」はp型又はn型の一方であり、「第2導電型」はp型又はn型のうちの「第1導電型」とは異なる一方を意味する。また、「n」や「p」に付す「+」や「-」は、「+」及び「-」が付記されていない半導体領域に比して、それぞれ相対的に不純物密度が高い又は低い半導体領域であることを意味する。但し、同じ「n」と「n」とが付された半導体領域であっても、それぞれの半導体領域の不純物密度が厳密に同じであることを意味するものではない。

[0013] また、以下の説明における上下等の方向の定義は、単に説明の便宜上の定義であって、本開示の技術的思想を限定するものではない。例えば、対象を90°回転して観察すれば上下は左右に変換して読まれ、180°回転して観察すれば上下は反転して読まれることは勿論である。

なお、本明細書中に記載される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。

[0014] <第1の実施形態>

(光検出装置の全体構成)

まず、光検出装置1Aの全体構成について説明する。

図1は、本開示の第1の実施形態に係る光検出装置の一構成例を示す模式的平面レイアウト図である。

本開示の第1の実施形態に係る光検出装置1Aは、平面視したときの二次

元平面形状が方形状の半導体チップ2を主体に構成されている。すなわち、光検出装置1Aは、半導体チップ2に搭載されている。この光検出装置1Aは、光学レンズ（図示せず）を介して被写体からの入射光を取り込み、撮像面上に結像された入射光の光量を画素単位で電気信号に変換して画素信号として出力する。

[0015] 光検出装置1Aが搭載された半導体チップ2は、二次元平面において、中央部に設けられた方形状の画素領域2Aと、この画素領域2Aの外側に画素領域2Aを囲むようにして配置された周辺領域2Bとを備えている。

[0016] 画素領域2Aは、例えば光学レンズにより集光される光を受光する受光面である。そして、画素領域2Aには、X方向及びY方向を含む二次元平面において複数の画素3が行列状に配置されている。換言すれば、画素3は、二次元平面内で互いに直交するX方向及びY方向のそれぞれの方向に繰り返し配置されている。

[0017] 周辺領域2Bには、複数のボンディングパッド（入出力端子）14が配置されている。複数のボンディングパッド14の各々は、例えば、半導体チップ2の二次元平面における4つの辺に沿って配列されている。複数のボンディングパッド14の各々は、半導体チップ2を外部装置と電氣的に接続する際に用いられる入出力端子である。

[0018] （ロジック回路）

図2は、上記光検出装置1Aの一構成例を示すブロック図である。

半導体チップ2は、垂直駆動回路4、カラム信号処理回路5、水平駆動回路6、出力回路7及び制御回路8などを含むロジック回路13を備えている。ロジック回路13は、例えば、nチャネル導電型のMOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）及びpチャネル導電型のMOSFETを有するCMOS（Complementary MOS）回路で構成されている。

[0019] 垂直駆動回路4は、例えばシフトレジスタによって構成されている。垂直駆動回路4は、所望の画素駆動配線10を順次選択し、選択した画素駆動配

線 10 に画素 3 を駆動するためのパルスを供給し、各画素 3 を行単位で駆動する。即ち、垂直駆動回路 4 は、画素領域 2 A の各画素 3 を行単位で順次垂直方向に選択走査し、各画素 3 の光電変換素子が受光量に応じて生成した信号電荷に基づく画素 3 からの画素信号を、垂直信号配線 11 を通してカラム信号処理回路 5 に供給する。

[0020] カラム信号処理回路 5 は、例えば画素 3 の列毎に配置されており、1 行分の画素 3 から出力される信号に対して画素列毎にノイズ除去等の信号処理を行う。例えばカラム信号処理回路 5 は、画素固有の固定パターンノイズを除去するための CDS (Correlated Double Sampling: 相関 2 重サンプリング) 及び AD (Analog Digital) 変換等の信号処理を行う。

[0021] 水平駆動回路 6 は、例えばシフトレジスタによって構成されている。水平駆動回路 6 は、水平走査パルスをカラム信号処理回路 5 に順次出力することによって、カラム信号処理回路 5 の各々を順番に選択し、カラム信号処理回路 5 の各々から信号処理が行われた画素信号を水平信号配線 12 に出力させる。

[0022] 出力回路 7 は、カラム信号処理回路 5 の各々から水平信号配線 12 を通して順次に供給される画素信号に対し、信号処理を行って出力する。信号処理としては、例えば、バッファリング、黒レベル調整、列ばらつき補正、各種デジタル信号処理等を用いることができる。

[0023] 制御回路 8 は、垂直同期信号、水平同期信号、及びマスタクロック信号に基づいて、垂直駆動回路 4、カラム信号処理回路 5、及び水平駆動回路 6 等の動作の基準となるクロック信号や制御信号を生成する。そして、制御回路 8 は、生成したクロック信号や制御信号を、垂直駆動回路 4、カラム信号処理回路 5、及び水平駆動回路 6 等に出力する。

[0024] (光電変換素子及び読出し回路)

図 3 は、上記光検出装置 1 A の読出し回路 15 の一構成例を示す回路図である。

複数の画素の各々の画素 3 は、光電変換素子 PD を有している。そして、

各画素3の光電変換素子PDには、読出し回路15が接続されている。光電変換素子PDは、受光した光量に応じた電荷（信号電荷）を生成する。光電変換素子PDのカソード側には、所定のバイアス電圧 V_a が印加される。

[0025] 読出し回路15は、光電変換素子PDのアノード側に接続されている。読出し回路15は、電荷蓄積部（電荷保持部）としての容量素子 C_p と、リセットトランジスタRSTと、増幅トランジスタAMPと、選択トランジスタSELと、を有している。これらのトランジスタ（RST、AMP、SEL）は、例えば、酸化シリコン膜をゲート絶縁膜とするMOSFETで構成されている。また、これらのトランジスタ（RST、AMP、SEL）は、窒化シリコン（ Si_3N_4 ）膜、或いは窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜などの積層膜をゲート絶縁膜とするMISFET（Metal Insulator Semiconductor FET）でも構わない。

[0026] 容量素子 C_p は、光電変換素子PDで生成された信号電荷を蓄積する。容量素子 C_p は、例えば、pn接合容量、MOS容量、及び配線容量の何れかによって構成されている。

リセットトランジスタRSTは、ゲート電極にリセット信号が印加されてオン状態となると、容量素子 C_p に蓄積されている信号電荷を排出し、容量素子 C_p の電位をリセットする。

[0027] 増幅トランジスタAMPは、容量素子 C_p の蓄積電位に応じた画素信号を出力する。具体的には、増幅トランジスタAMPは、垂直信号配線11を介して接続されている定電流源としての負荷MOSとソースフォロフ回路とを構成している。ソースフォロフ回路は、容量素子 C_p に蓄積されている信号電荷に応じたレベルを示す画素信号を増幅トランジスタAMPから選択トランジスタSEL及び垂直信号配線11を介してカラム信号処理回路5に出力する。

[0028] 選択トランジスタSELは、ゲート電極に選択信号が印加されてオン状態となると、垂直信号配線11を介してカラム信号処理回路5に画素3の画素信号を出力する。選択信号が転送される信号配線及びリセット信号が転送さ

れる信号線は、図2の画素駆動配線10に対応する。

[0029] (光検出装置の具体的な構成)

次に、光検出装置1Aの具体的な構成について説明する。

図4は、光検出装置1Aの一構成例を示す要部模式的断面図である。

半導体チップ2は、互いに向かい合って積層された光電変換基板部20及び回路基板部40を備えている。光電変換基板部20には、上述の画素領域2Aなどが構成されている。回路基板部40には、上述のロジック回路13、ボンディングパッド14、及び読出し回路15などが構成されている。

[0030] (光電変換基板部20)

光電変換基板部20は、互いに反対側に位置する第1の面25x及び第2の面25yを有する第1化合物半導体層25と、この第1化合物半導体層25の第2の面25y側に配置された第2化合物半導体層23とを備えている。この第2化合物半導体層23の第2の面23y側に配置された第2化合物半導体層としての再結合防止層22とを備えている。これら第1化合物半導体層25、第2化合物半導体層23及び再結合防止層22の各々は、各画素3に共通して設けられている。そして、第1化合物半導体層25には、上述の光電変換素子PDが画素3毎に設けられている。再結合防止層22は、暗電流発生を抑制する。

ここで、第1化合物半導体層25の第1の面25xを素子形成面又は主面、第2の面25yを光入射面又は裏面と呼ぶこともある。また、第2化合物半導体層23の互いに反対側に位置する第1の面23x及び第2の面23yにおいても、第1の面23xを主面、第2の面23yを光入射面又は裏面と呼ぶこともある。

[0031] また、図4に示すように、光電変換基板部20は、第1化合物半導体層25の第1の面25x側に、第1の面25xを覆う保護膜29を更に備えている。保護膜29は、各画素3に共通して設けられている。また、光電変換基板部20は、再結合防止層22の光入射面側に、遮光膜(図示せず)と、反射防止膜(図示せず)と、平坦化膜(図示せず)と、マイクロレンズ(オン

チップレンズ）５７と、を更に備えている。再結合防止層２２及び第２化合物半導体層２３は、赤外領域の波長の光（赤外光６１）及び可視領域の波長の光（可視光６２）を透過する光透過層を構成する。

[0032] 第１化合物半導体層２５は、例えば、第１の面２５×側から光電変換層２６及びキャップ層２７を含んでいる。そして、再結合防止層２２、第２化合物半導体層２３、第１化合物半導体層２５の光電変換層２６及びキャップ層２７は、この順で成長基板（図示せず）にエピタキシャル成長させて形成されたエピタキシャル層である。すなわち、第１化合物半導体層２５は、光電変換層２６とキャップ層２７とが共有結合され、更に光電変換層２６が第２化合物半導体層２３と共有結合されている。

[0033] キャップ層２７は、例えば、全ての画素３に共通して設けられ、保護膜２９と光電変換層２６との間に配置されている。キャップ層２７には例えば半導体領域（不純物拡散領域）からなる複数のコンタクト領域２８が設けられている。キャップ層２７に、光電変換層２６を構成する化合物半導体材料のバンドギャップ（ E_g ）よりも大きなバンドギャップ（ E_g ）の化合物半導体材料を用いることにより、暗電流を抑えることも可能となる。キャップ層２７としては、例えばｎ型のＩｎＰ（インジウムリン）を用いることができる。

[0034] 複数のコンタクト領域２８の各々のコンタクト領域２８は、互いに離間して画素３毎に配置されている。そして、各々のコンタクト領域２８には、保護膜２９に設けられた開口部２９ａを通して接続電極（素子側接続電極）３１がそれぞれ個別に接続されている。

[0035] コンタクト領域２８は、光電変換層２６で発生した信号電荷を画素３毎に読み出すためのものであり、例えばｐ型を呈する不純物を含んでいる。ｐ型を呈する不純物としては、例えばＺｎ（亜鉛）などが挙げられる。このように、コンタクト領域２８と、コンタクト領域２８以外のキャップ層２７との間にｐｎ接合界面が形成され、隣り合う画素３が電氣的に分離されるようになっている。コンタクト領域２８は、キャップ層２７の厚さよりも厚く構成

され、光電変換層 26 の厚さ方向（Z 方向）の一部にも設けられている。

[0036] キャップ層 27 と第 2 化合物半導体層 23 との間の光電変換層 26 は、例えば、全ての画素 3 に共通して設けられている。この光電変換層 26 は、所定の波長の光、この第 1 の実施形態では赤外光 61 及び可視光 62 を吸収して信号電荷を発生させるものであり、例えば、n 型を呈する不純物を含む III-V 族化合物半導体材料、若しくは i 型の III-V 族化合物半導体材料により構成されている。光電変換層 26 を構成する化合物半導体材料としては、例えば、InGaAs（インジウムガリウム砒素）、及び InGaAs/GaAsSb（インジウムガリウムアンチモン）の何れかを含む化合物半導体を採用することができる。この第 1 の実施形態では、光電変換層 26 として i 型の InGaAs を用いている。光電変換層 26 では、赤外領域の波長の光及び可視領域の波長の光を光電変換するようになっている。

[0037] この第 1 実施形態では、再結合防止層 22 及び第 2 化合物半導体層 23 が全ての画素 3 に共通して設けられている。再結合防止層 22 及び第 2 化合物半導体層 23 は、各画素 3 に共通の電極としても機能し、光電変換層 26 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（カソード）。例えば、正孔が、信号電荷として接続電極 31 から読み出される場合には、再結合防止層 22 及び第 2 化合物半導体層 23 を通じて例えば電子を排出することができる。再結合防止層 22 及び第 2 化合物半導体層 23 には、所定のバイアス電圧 V_a が印加される。

[0038] 接続電極（素子側接続電極）31 は、光電変換層 26 で発生した信号電荷（正孔又は電子、以下便宜上、信号電荷が正孔であるとして説明する。）を読み出すための電圧が供給される電極（アノード）であり、画素領域 2A において画素 3 毎に設けられている。すなわち、接続電極 31、光電変換層 26、及び、電極としても機能する再結合防止層 22 及び第 2 化合物半導体層 23 を含む光電変換素子 PD が画素 3 毎に設けられている。そして、接続電極 31 は光電変換素子 PD のアノード側電極として機能し、再結合防止層 22 及び第 2 化合物半導体層 23 は光電変換素子 PD のカソード側電極として

機能する。

[0039] 接続電極 31 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) 及びアルミニウム (Al) のうちの何れかの単体、又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。接続電極 31 は、このような構成材料の単膜であってもよく、或いは、2 種以上を組み合わせた積層膜であってもよい。例えば、接続電極 31 は、チタン及びタングステンの積層膜により構成され、数十 nm から数百 nm 程度の膜厚で構成されている。

[0040] 図 4 に示すように、保護膜 29 は、第 1 化合物半導体層 25 と絶縁層 43 との間に設けられている。保護膜 29 は、例えば、酸化シリコン (SiO_x) 又は酸化アルミニウム (Al₂O₃) などの酸化物を含んで構成されている。保護膜 29 は、複数の膜を積層した積層構造で構成してもよい。保護膜 29 は、例えば酸窒化シリコン (SiON)、炭素含有酸化シリコン (SiOC)、窒化シリコン (SiN) 及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。保護膜 29 の厚さは、例えば数十 nm から数百 nm 程度である。

[0041] 図 4 に示すように、再結合防止層 22 及び第 2 化合物半導体層 23 は、第 1 化合物半導体層 25 の光電変換層 26 よりも不純物濃度が高い n 型の化合物半導体で構成され、上述したように電極としての機能も兼ね備えている。

[0042] 再結合防止層 22 及び第 2 化合物半導体層 23 の材料としては、InP、InGaAsP、InGaAlAs、InAlAs、InAlAsSb、及び AlAsSb の何れかを含む化合物半導体を採用することができる。この第 1 の実施形態では、再結合防止層 22 及び第 2 化合物半導体層 23 を構成する化合物半導体材料として、n 型を呈する不純物を含む InP を用いている。この第 2 化合物半導体層 23 と上述の第 1 化合物半導体層 25 とでは、化合物半導体材料が異なっている。

[0043] (InP の膜厚及び光透過率)

図5は、InPの膜厚と光透過率との依存性を示す特性図である。図5では、InPの膜厚が20nm、50nm、100nm、200nm、500nm、及び1000nmの場合を示している。赤外光の波長範囲は、およそ780nmから1mmである。可視光の波長範囲は、およそ下限360-400nmから上限760-830nmである。

[0044] 図5に示すように、光の波長帯が概ね950nm以下では光透過率が膜厚に依存し、膜厚が薄くなるに従って光透過率が大きくなり、膜厚が厚くなるに従って透過率が小さくなる。

[0045] 図4に示すように、マイクロレンズ57は、再結合防止層22の光入射面側に設けられている。マイクロレンズ57は、画素領域2Aにおいて、画素3毎に設けられ、複数の画素3の配置に対応して行列状に配置されている。マイクロレンズ57は、照射光を集光し、集光した光を、画素3に効率よく入射させる。マイクロレンズ57は、例えば樹脂系材料で構成されている。

[0046] (回路基板部40)

図4では具体的な構成について図示を省略しているが、回路基板部40は、例えば単結晶シリコンからなる半導体基板と、この半導体基板の厚さ方向(Z方向)において互いに反対側に位置する第1の面及び第2の面のうちの第1の面側に配置された多層配線層と、を備えている。この回路基板部40の半導体基板には、上述のロジック回路13や読出し回路15などの回路に含まれる能動素子や受動素子が設けられている。図4では、符号を省略して図3に示す読出し回路15を図示している。

[0047] 図4に示すように、回路基板部40の最上層の配線層には、接続電極41が設けられている。接続電極41は、光電変換基板部20の接続電極31に対応して配置されている。そして、接続電極41は、読出し回路15と電氣的に接続されている。

[0048] 回路基板部40の接続電極41は、バンプ電極42を介して光電変換基板部20の接続電極31と電氣的及び機械的に接続されている。そして、回路基板部40と光電変換基板部20との間には、バンプ電極42を除いて絶縁

層 4 3 が設けられている。回路基板部 4 0 及び光電変換基板部 2 0 は、バンプ電極 4 2 及び絶縁層 4 3 によって接合されている。回路基板部 4 0 の光電変換素子 P D は、アノード側が、接続電極 3 1、バンプ電極 4 2 及び接続電極 4 1 を介して読出し回路 1 5 と電気的に接続されている。

[0049] <実施形態の比較例>

ところで、InGaAs イメージセンサでは、再結合防止層 2 2 の膜厚を薄くすることで、可視光感度をアップすることができるが、プロセス中のダメージが再結合防止層 2 2 よりバンドギャップの狭い光電変換層 2 6 まで届いてしまう。

[0050] 図 6 は、比較例におけるプロセスダメージの発生の一例を示す光検出装置 1-1 の断面図である。図 6 において、上記図 4 と同一部分には同一符号を付して詳細な説明を省略する。

図 6 において、光検出装置 1-1 では、再結合防止層 2 2 の膜厚が薄いとプロセス中のダメージが光電変換層 2 6 まで届き結晶欠陥ができて白傷になる。この白傷は、画像が作成されたときに画像中に白くなる部分が残る。

[0051] 一方、再結合防止層 2 2 の不純物濃度を低くする方法も考えられる。

図 7 は、比較例におけるプロセスダメージの発生の一例を示す光検出装置 1-2 の断面図である。図 7 において、上記図 4 と同一部分には同一符号を付して詳細な説明を省略する。

[0052] 図 7 において、光検出装置 1-2 では、再結合防止層 2 2 の不純物濃度を低くすることで、再結合防止層 2 2 で光電変換可能になり、再結合防止層 2 2 を厚膜化しても可視光感度は落ちにくい、界面欠陥で湧き出たキャリアも読み出してしまうため、白傷になる。

[0053] <第 1 の実施形態の解決手段>

上述の課題に対し、本開示の第 1 の実施形態では、図 8 及び図 9 に示すように、再結合防止層 2 2 と光電変換層 2 6 との間に、再結合防止層 2 2 の不純物濃度より薄い不純物濃度を有する第 2 化合物半導体層 2 3 を設けるようにしている。

[0054] 図8に示す再結合防止層22と第2化合物半導体層23とのトータルの膜厚は、以前のInGaAsイメージセンサの再結合防止層22の膜厚と同じである。このようにすれば、第2化合物半導体層23で可視光62が光電変換するため、可視光感度がアップする。また、トータルのInP層を厚くしても再結合防止層22を薄くすれば、可視光感度を維持しつつ、図9に示すように、プロセスダメージが光電変換層26に到達し難くなり、白傷の元となるInGaAs中の結晶欠陥ができ難くなる。

[0055] なお、再結合防止層22の膜厚は、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上、30nm以下の厚みである。また、第2化合物半導体層23の膜厚は、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。光電変換層26の膜厚は、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。

さらに、第2化合物半導体層23の不純物濃度は、再結合防止層22より薄く、光電変換層26より濃い。再結合防止層22及び第2化合物半導体層23の不純物には、n型の場合に、Si（シリコン）、S（硫黄）のいずれかが用いられる。

[0056] <第1の実施形態による作用効果>

以上のように第1の実施形態によれば、光入射側の再結合防止層22と光電変換層26との間に、再結合防止層22より不純物濃度が薄く、光電変換層26より不純物濃度が濃い第2化合物半導体層23を設けることで、第2化合物半導体層23で光電変換された可視光62のキャリアを光電変換層26へ転送でき、これにより、可視光感度を維持しつつ、白傷の元になる光電変換層26に与えるプロセスダメージを低減できる。

[0057] <第2の実施形態>

本開示の第2の実施形態は、光電変換層、再結合防止層、第2化合物半導体層がp型である例について説明する。

図10は、本開示の第2の実施形態に係る光検出装置1Bの断面図である。光検出装置1Bは、厚さ方向（図10中矢印Zで示す方向）に沿って、光電変換層71、第2化合物半導体層72、再結合防止層73という順に積層

されている。

[0058] 再結合防止層 7 3 の膜厚は、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 30 nm 以下の厚みである。また、第 2 化合物半導体層 7 2 の膜厚は、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。光電変換層 7 1 の膜厚は、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。

さらに、第 2 化合物半導体層 7 2 の不純物濃度は、再結合防止層 7 3 より薄く、光電変換層 7 1 より濃い。再結合防止層 7 3 及び第 2 化合物半導体層 7 2 の不純物には、Mg（マグネシウム）、Cd（カドミウム）、Al（アルミニウム）、Zn（亜鉛）のいずれかが用いられる。

[0059] <第 2 の実施形態による作用効果>

以上のように第 2 の実施形態によれば、上記第 1 の実施形態と同様の作用効果が得られる。

[0060] <第 3 の実施形態>

本開示の第 3 の実施形態は、第 2 化合物半導体層を複数段の層を積層して構成する例について説明する。

図 1 1 は、本開示の第 3 の実施形態に係る光検出装置 1 C の断面図である。図 1 1 において、上記図 8 と同一部分には同一符号を付して詳細な説明を省略する。

[0061] 第 2 化合物半導体層 8 1 は、1 段層 (n - InP_1) 8 1 1 と、1 段層 8 1 1 の光電変換層 2 6 側に積層された 2 段層 (n - InP_2) 8 1 2 とにより構成されている。第 2 化合物半導体層 8 1 の不純物濃度は、再結合防止層 2 2 より薄く、光電変換層 2 6 より濃く、1 段層 8 1 1 の不純物濃度が 2 段層 8 1 2 の不純物濃度より濃い。

[0062] <第 3 の実施形態による作用効果>

以上のように第 3 の実施形態によれば、第 2 化合物半導体層 8 1 を、1 段層 8 1 1 と、2 段層 8 1 2 とにより構成し、光電変換層 2 6 側に位置する 2 段層 8 1 2 の不純物濃度を 1 段層 8 1 1 の不純物濃度より薄くすることで、光検出装置 1 C の製造コストを安くして、可視光 6 2 の光電変換されたキャ

リアを光電変換層 2 6 へ転送することができる。

[0063] なお、第 3 の実施形態では、第 2 化合物半導体層 8 1 を、2 段以上の複数の層の層で構成することもできる。このようにすれば、不純物濃度を光電変換層 2 6 へ向かうにつれて段ごとに薄くしていくことで、さらに可視光 6 2 の光電変換されたキャリアを光電変換層 2 6 へ転送することができる。

[0064] <第 4 の実施形態>

本開示の第 4 の実施形態は、第 2 化合物半導体層をグラデーションにより構成する例について説明する。

図 1 2 は、本開示の第 4 の実施形態に係る光検出装置 1 D の断面図である。図 1 2 において、上記図 8 と同一部分には同一符号を付して詳細な説明を省略する。

[0065] 第 2 化合物半導体層 8 2 は、不純物濃度が再結合防止層 2 2 より薄く、光電変換層 2 6 より濃く、かつ不純物濃度がグラデーションで光電変換層 2 6 側になるほど薄い。

[0066] <第 4 の実施形態による作用効果>

以上のように第 4 の実施形態によれば、第 2 化合物半導体層 8 2 の不純物濃度を光電変換層 2 6 へ向かうにつれてグラデーションで薄くしていくことで、可視光 6 2 の光電変換されたキャリアが光電変換層 2 6 へ落ちやすくなる。

[0067] <第 5 の実施形態>

本開示の第 5 の実施形態は、再結合防止層の光入射側に透明電極及びパッシベーション層を配置する例について説明する。

図 1 3 は、本開示の第 5 の実施形態に係る光検出装置 1 E の断面図である。図 1 3 において、上記図 4 と同一部分には同一符号を付して詳細な説明を省略する。

[0068] 再結合防止層 2 2 の光入射側には、透明電極 9 1 が配置される。そして、透明電極 9 1 の光入射側には、パッシベーション層 9 2 が配置される。透明電極 9 1 は、再結合防止層 2 2 と接して電氣的に接続されている。透明電極

91には、所定のバイアス電圧 V_a が印加される。透明電極91としては、赤外光61及び可視光62の透過可能な例えばITO (Indium Tin Oxide)などの材料を用いることができる。

[0069] パッシベーション層92としては、赤外光61及び可視光62の透過可能な例えば酸化シリコン(SiO_2)、窒化シリコン(SiN)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)などの材料を用いることができる。また、パッシベーション層92は、電極としても機能し、所定のバイアス電圧 V_a が印加されてもよい。

[0070] <第5の実施形態による作用効果>

以上のように第5の実施形態によれば、各画素3に含まれる光電変換素子PDのカソード側に、所定のバイアス電圧 V_a をより安定して印加することができる。

なお、第5の実施形態では、透明電極91及びパッシベーション層92の両方を備える例について説明したが、透明電極91及びパッシベーション層92のいずれか一方であってもよい。

[0071] <第6の実施形態>

本開示の第6の実施形態は、画素ごとに再結合防止層の膜厚が異なる例について説明する。

図14Aは、本開示の第6の実施形態に係る光検出装置1Eの断面図である。図13において、上記図4と同一部分には同一符号を付して詳細な説明を省略する。図14Bは、赤外光61用の画素3bと赤外光61及び可視光62用の画素3aとの配置パターンを示す模式的平面図である。

[0072] 光検出装置1Fは、第2化合物半導体層23の光入射側に設けられ、赤外光61及び可視光62を透過可能な第1の光透過部51と、赤外光61を透過すると共に可視光62の透過を阻止する第2の光透過部52とを形成する再結合防止層93を備えている。第2の光透過部52における再結合防止層93の膜厚は、 $1\mu m$ 以上が望ましい。

[0073] 図14Bに示すように、第1の光透過部51を含む画素3a及び第2の光

透過部 5 2 を含む画素 3 b は、平面視で互いに直交する X 方向及び Y 方向のそれぞれの方向に交互に繰り返し配置されている。

画素 3 a では、赤外光 6 1 を光電変換した画素信号が得られる。そして、この画素 3 a の画素信号（赤外光 6 1 + 可視光 6 2）から画素 3 b の画素信号（赤外光 6 1）を差し引く（引き算する）ことにより、可視光 6 2 の画素信号が得られる。したがって、この第 6 の実施形態に係る光検出装置 1 F によれば、赤外光 6 1 と可視光 6 2 との 2 波長分の画素信号を 1 つの装置で同時に得ることができる。

[0074] <第 6 の実施形態による作用効果>

以上のように第 6 の実施形態によれば、上述したように、再結合防止層 9 3 の膜厚を画素 3 ごとに変えることにより、赤外光 6 1 及び可視光 6 2 を透過する第 1 の光透過部 5 1 と、赤外光 6 1 を透過すると共に可視光 6 2 の透過を阻止する第 2 の光透過部 5 2 とを容易に構成することができる。したがって、この第 6 の実施形態に係る光検出装置 1 F によれば、低コストで、赤外光 6 1 と可視光 6 2 との 2 波長分の画素信号を同時に得ることができる。

[0075] <その他の実施形態>

上記のように、本技術は第 1 から第 6 の実施形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面は本技術を限定するものであると理解すべきではない。上記の第 1 から第 6 の実施形態が開示する技術内容の趣旨を理解すれば、当業者には様々な代替実施形態、実施例及び運用技術が本技術に含まれ得ることが明らかとなろう。また、第 1 から第 6 の実施形態がそれぞれ開示する構成を、矛盾の生じない範囲で適宜組み合わせることができる。例えば、複数の異なる実施形態がそれぞれ開示する構成を組み合わせてもよく、同一の実施形態の複数の異なる変形例がそれぞれ開示する構成を組み合わせてもよい。

[0076] <電子機器への適用例>

上述した光検出装置は、例えば、デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラなどの撮像装置、撮像機能を備えた携帯電話機、または、撮像機能を

備えた他の機器といった各種の電子機器に適用することができる。

図 1 5 は、本技術を適用した電子機器としての撮像装置の構成例を示すブロック図である。

[0077] 図 1 5 に示される撮像装置 2 2 0 1 は、光学系 2 2 0 2、シャッタ装置 2 2 0 3、光検出装置としての固体撮像素子 2 2 0 4、制御回路 2 2 0 5、信号処理回路 2 2 0 6、モニタ 2 2 0 7、およびメモリ 2 2 0 8 を備えて構成され、静止画像および動画像を撮像可能である。

[0078] 光学系 2 2 0 2 は、1 枚または複数枚のレンズを有して構成され、被写体からの光（入射光）を固体撮像素子 2 2 0 4 に導き、固体撮像素子 2 2 0 4 の受光面に結像させる。

シャッタ装置 2 2 0 3 は、光学系 2 2 0 2 および固体撮像素子 2 2 0 4 の間に配置され、制御回路 2 2 0 5 の制御に従って、固体撮像素子 2 2 0 4 への光照射期間および遮光期間を制御する。

[0079] 固体撮像素子 2 2 0 4 は、上述した固体撮像素子を含むパッケージにより構成される。固体撮像素子 2 2 0 4 は、光学系 2 2 0 2 およびシャッタ装置 2 2 0 3 を介して受光面に結像される光に応じて、一定期間、信号電荷を蓄積する。固体撮像素子 2 2 0 4 に蓄積された信号電荷は、制御回路 2 2 0 5 から供給される駆動信号（タイミング信号）に従って転送される。

[0080] 制御回路 2 2 0 5 は、固体撮像素子 2 2 0 4 の転送動作、および、シャッタ装置 2 2 0 3 のシャッタ動作を制御する駆動信号を出力して、固体撮像素子 2 2 0 4 およびシャッタ装置 2 2 0 3 を駆動する。

[0081] 信号処理回路 2 2 0 6 は、固体撮像素子 2 2 0 4 から出力された信号電荷に対して各種の信号処理を施す。信号処理回路 2 2 0 6 が信号処理を施すことにより得られた画像（画像データ）は、モニタ 2 2 0 7 に供給されて表示されたり、メモリ 2 2 0 8 に供給されて記憶（記録）されたりする。

このように構成されている撮像装置 2 2 0 1 においても、上述した固体撮像素子 2 2 0 4 に代えて、光検出装置 1 A、1 B、1 C、1 D、1 E、1 F を適用することが可能となる。

[0082] <移動体への応用例>

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、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。

[0083] 図16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。

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16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。

[0084] 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。

[0085] 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мп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。

[0086] 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。

[0087] 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。

[0088] 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。

[0089] 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。

[0090] 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。

[0091] 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。

[0092] 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22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。

[0093] 図17は、撮像部12031の設置位置の例を示す図である。

図17では、車両12100は、撮像部12031として、撮像部12101, 12102, 12103, 12104, 12105を有する。

[0094] 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。撮像部 12101 及び 12105 で取得される前方の画像は、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。

[0095] なお、図 17 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。

[0096] 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。

[0097] 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、この距離の時間的变化（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。

[0098] 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。

[0099] 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。

[0100] 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、例えば、撮像部

12031等に適用され得る。具体的には、図1の光検出装置1A、図10の光検出装置1B、図11の光検出装置1C、図12の光検出装置1D、図13の光検出装置1E、図14Aの光検出装置1F、に適用することができる。

[0101] なお、本開示は以下のような構成も取ることができる。

(1)

外部から入射した赤外光及び可視光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素が行列状に配置された画素領域を備え、

前記画素領域は、

第1の化合物半導体から成り、入射した赤外光を透過する光透過層と、

前記光透過層の光入射面とは反対側の面に積層され、前記第1の化合物半導体とは異なる第2の化合物半導体から成り、前記光透過層を透過した赤外光を光電変換する光電変換層と

を備え、

前記光透過層は、

光入射面側に設けられ、前記可視光を透過可能な厚みを有する第1の半導体層と、

前記第1の半導体層の光入射面とは反対側の面に積層され、前記第1の半導体層を透過した可視光を光電変換する第2の半導体層と

を備え、

前記第2の半導体層は、前記第1の半導体層より不純物濃度が薄く、前記光電変換層より不純物濃度が濃い

光検出装置。

(2)

前記光透過層の光入射面側に配置され、前記赤外光及び前記可視光を透過する透明電極を有する

前記(1)に記載の光検出装置。

(3)

前記光透過層の光入射面側に配置され、前記赤外光及び前記可視光を透過するパッシベーション層を有する

前記（１）に記載の光検出装置。

（４）

前記光透過層の光入射面側に配置され、前記赤外光及び前記可視光を透過する透明電極及びパッシベーション層を有する

前記（１）に記載の光検出装置。

（５）

前記第２の半導体層は、複数段の層を積層して構成され、

前記複数段のうち光電変換層側に位置する第１の段の不純物濃度は、前記第１の段より光入射面側に積層される第２の段の不純物濃度より薄い

前記（１）に記載の光検出装置。

（６）

前記第２の半導体層は、不純物濃度がグラデーションで光電変換層側になるほど薄い

前記（１）に記載の光検出装置。

（７）

前記第１の半導体層は、前記画素ごとに厚みが異なる

前記（１）に記載の光検出装置。

（８）

前記第１の半導体層は、複数の画素のうち第１の画素において、前記可視光を透過可能な厚みを有し、第２の画素において、前記可視光の透過を阻止する厚みを有する

前記（７）に記載の光検出装置。

（９）

前記光透過層は、 InP 、 InGaAsP 、 InGaAlAs 、 InAlAs 、 InAlAsSb 、及び AlAsSb のいずれかを含む

前記（１）に記載の光検出装置。

(10)

前記光電変換層は、 InGaAs 、及び InGaAs/GaAsSb のいずれかを含む

前記(1)に記載の光検出装置。

(11)

前記光透過層及び前記光電変換層は、 n 型であり、不純物に Si 、 S のいずれかを含む

前記(1)に記載の光検出装置。

(12)

前記光透過層及び前記光電変換層は、 p 型であり、不純物に Mg 、 Cd 、 Al 、 Zn のいずれかを含む

前記(1)に記載の光検出装置。

(13)

前記第1の半導体層は、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 30 nm 以下の厚みである

前記(1)に記載の光検出装置。

(14)

外部から入射した赤外光及び可視光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素が行列状に配置された画素領域を備え、

前記画素領域は、

第1の化合物半導体から成り、入射した赤外光を透過する光透過層と、

前記光透過層の光入射面とは反対側の面に積層され、前記第1の化合物半導体とは異なる第2の化合物半導体から成り、前記光透過層を透過した赤外光を光電変換する光電変換層と

を備え、

前記光透過層は、

光入射面側に設けられ、前記可視光を透過可能な厚みを有する第1の半導体層と、

前記第1の半導体層の光入射面とは反対側の面に積層され、前記第1の半

導体層を透過した可視光を光電変換する第2の半導体層とを備え、

前記第2の半導体層は、前記第1の半導体層より不純物濃度が薄く、前記光電変換層より不純物濃度が濃い光検出装置を備えた、電子機器。

符号の説明

- [0102] 1 A, 1 B, 1 C, 1 D, 1 E, 1 F 光検出装置
- 2 半導体チップ
- 2 A 画素領域
- 2 B 周辺領域
- 3, 3 a, 3 b 画素
- 4 垂直駆動回路
- 5 カラム信号処理回路
- 6 水平駆動回路
- 7 出力回路
- 8 制御回路
- 1 0 画素駆動配線
- 1 1 垂直信号配線
- 1 2 水平信号配線
- 1 3 ロジック回路
- 1 4 ボンディングパッド（入出力端子）
- 1 5 読出し回路
- 2 0 光電変換基板部
- 2 2, 7 3, 9 3 再結合防止層
- 2 3, 7 2, 8 1, 8 2 第2化合物半導体層
- 2 3 x, 2 5 x 第1の面
- 2 3 y, 2 5 y 第2の面
- 2 5 第1化合物半導体層

- 2 6, 7 1 光電変換層
- 2 7 キャップ層
- 2 8 コンタクト領域
- 2 9 保護膜
- 2 9 a 開口部
- 3 1, 4 1 接続電極
- 4 0 回路基板部
- 4 2 バンプ電極
- 4 3 絶縁層
- 5 1 第 1 の光透過部
- 5 2 第 2 の光透過部
- 5 7 マイクロレンズ（オンチップレンズ）
- 6 1 赤外光
- 6 2 可視光
- 9 1 透明電極
- 9 2 パッシベーション層
- 8 1 1 第 1 の段層
- 8 1 2 第 2 の段層
- 2 2 0 1 撮像装置
- 2 2 0 2 光学系
- 2 2 0 3 シャッタ装置
- 2 2 0 4 固体撮像素子
- 2 2 0 5 制御回路
- 2 2 0 6 信号処理回路
- 2 2 0 7 モニタ
- 2 2 0 8 メモリ
- 1 2 0 0 0 車両制御システム
- 1 2 0 0 1 通信ネットワーク

- 1 2 0 1 0 駆動系制御ユニット
- 1 2 0 2 0 ボディ系制御ユニット
- 1 2 0 3 0 車外情報検出ユニット
- 1 2 0 3 1 撮像部
- 1 2 0 4 0 車内情報検出ユニット
- 1 2 0 4 1 運転者状態検出部
- 1 2 0 5 0 統合制御ユニット
- 1 2 0 5 1 マイクロコンピュータ
- 1 2 0 5 2 音声画像出力部
- 1 2 0 6 1 オーディオスピーカ
- 1 2 0 6 2 表示部
- 1 2 0 6 3 インストルメントパネル
- 1 2 1 0 0 車両
- 1 2 1 0 1, 1 2 1 0 2, 1 2 1 0 3, 1 2 1 0 4, 1 2 1 0 5 撮像部
- 1 2 1 1 1, 1 2 1 1 2, 1 2 1 1 3, 1 2 1 1 4 撮像範囲

請求の範囲

- [請求項1] 外部から入射した赤外光及び可視光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素が行列状に配置された画素領域を備え、
前記画素領域は、
第1の化合物半導体から成り、入射した赤外光を透過する光透過層と、
前記光透過層の光入射面とは反対側の面に積層され、前記第1の化合物半導体とは異なる第2の化合物半導体から成り、前記光透過層を透過した赤外光を光電変換する光電変換層とを備え、
前記光透過層は、
光入射面側に設けられ、前記可視光を透過可能な厚みを有する第1の半導体層と、
前記第1の半導体層の光入射面とは反対側の面に積層され、前記第1の半導体層を透過した可視光を光電変換する第2の半導体層とを備え、
前記第2の半導体層は、前記第1の半導体層より不純物濃度が薄く、前記光電変換層より不純物濃度が濃い
光検出装置。
- [請求項2] 前記光透過層の光入射面側に配置され、前記赤外光及び前記可視光を透過する透明電極を有する
請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項3] 前記光透過層の光入射面側に配置され、前記赤外光及び前記可視光を透過するパッシベーション層を有する
請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項4] 前記光透過層の光入射面側に配置され、前記赤外光及び前記可視光を透過する透明電極及びパッシベーション層を有する
請求項1に記載の光検出装置。

- [請求項5] 前記第2の半導体層は、複数段の層を積層して構成され、
前記複数段のうち光電変換層側に位置する第1の段の不純物濃度は、前記第1の段より光入射面側に積層される第2の段の不純物濃度より薄い
請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項6] 前記第2の半導体層は、不純物濃度がグラデーションで光電変換層側になるほど薄い
請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項7] 前記第1の半導体層は、前記画素ごとに厚みが異なる
請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項8] 前記第1の半導体層は、複数の画素のうち第1の画素において、前記可視光を透過可能な厚みを有し、第2の画素において、前記可視光の透過を阻止する厚みを有する
請求項7に記載の光検出装置。
- [請求項9] 前記光透過層は、 InP 、 InGaAsP 、 InGaAlAs 、 InAlAs 、 InAlAsSb 、及び AlAsSb のいずれかを含む
請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項10] 前記光電変換層は、 InGaAs 、及び InGaAs/GaAsSb のいずれかを含む
請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項11] 前記光透過層及び前記光電変換層は、 n 型であり、不純物に Si 、 S のいずれかを含む
請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項12] 前記光透過層及び前記光電変換層は、 p 型であり、不純物に Mg 、 Cd 、 Al 、 Zn のいずれかを含む
請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項13] 前記第1の半導体層は、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 30 nm 以下の厚みである

請求項 1 に記載の光検出装置。

[請求項14]

外部から入射した赤外光及び可視光に応じて電気信号を生成可能な複数の画素が行列状に配置された画素領域を備え、

前記画素領域は、

第 1 の化合物半導体から成り、入射した赤外光を透過する光透過層と、

前記光透過層の光入射面とは反対側の面に積層され、前記第 1 の化合物半導体とは異なる第 2 の化合物半導体から成り、前記光透過層を透過した赤外光を光電変換する光電変換層と

を備え、

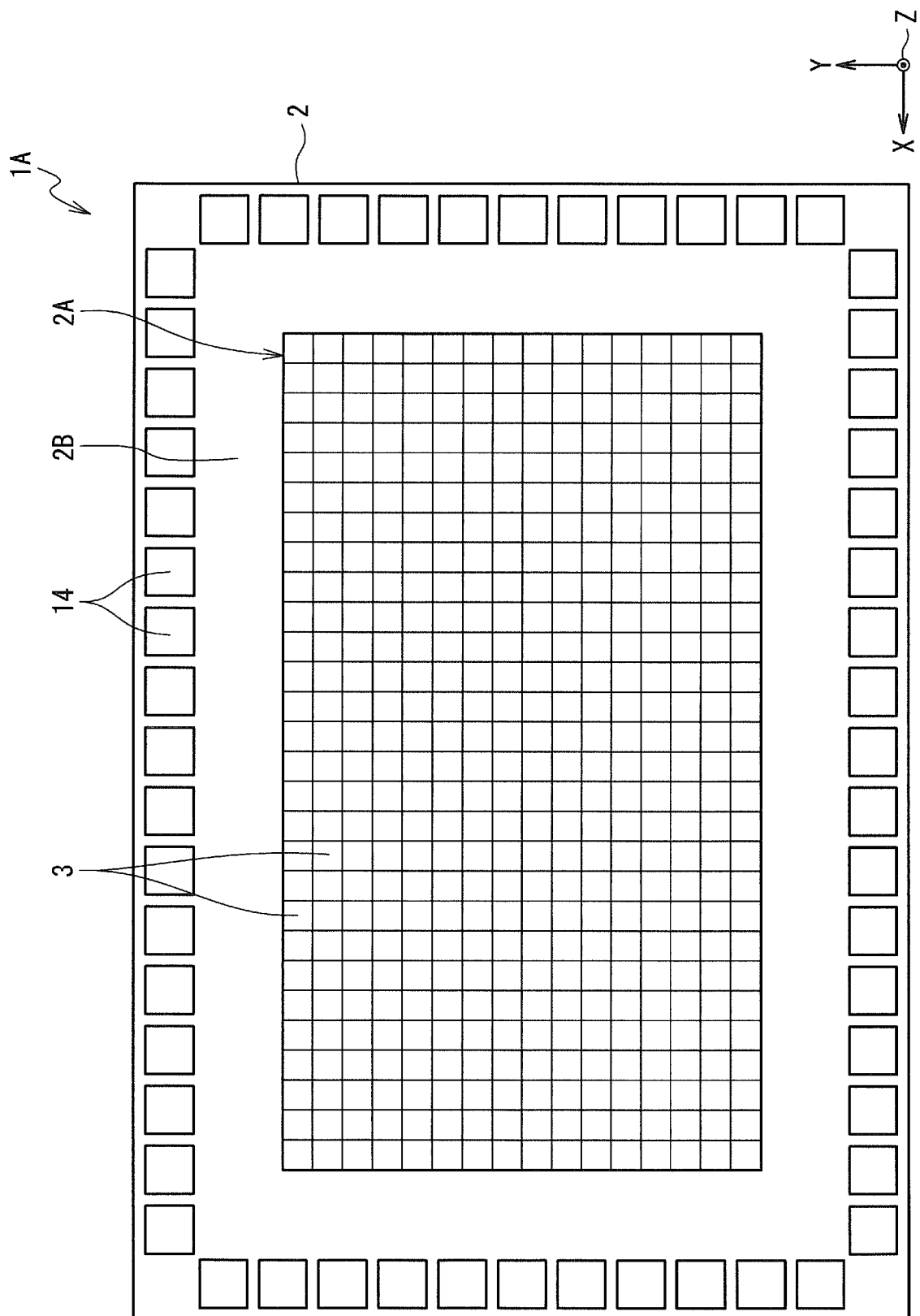
前記光透過層は、

光入射面側に設けられ、前記可視光を透過可能な厚みを有する第 1 の半導体層と、

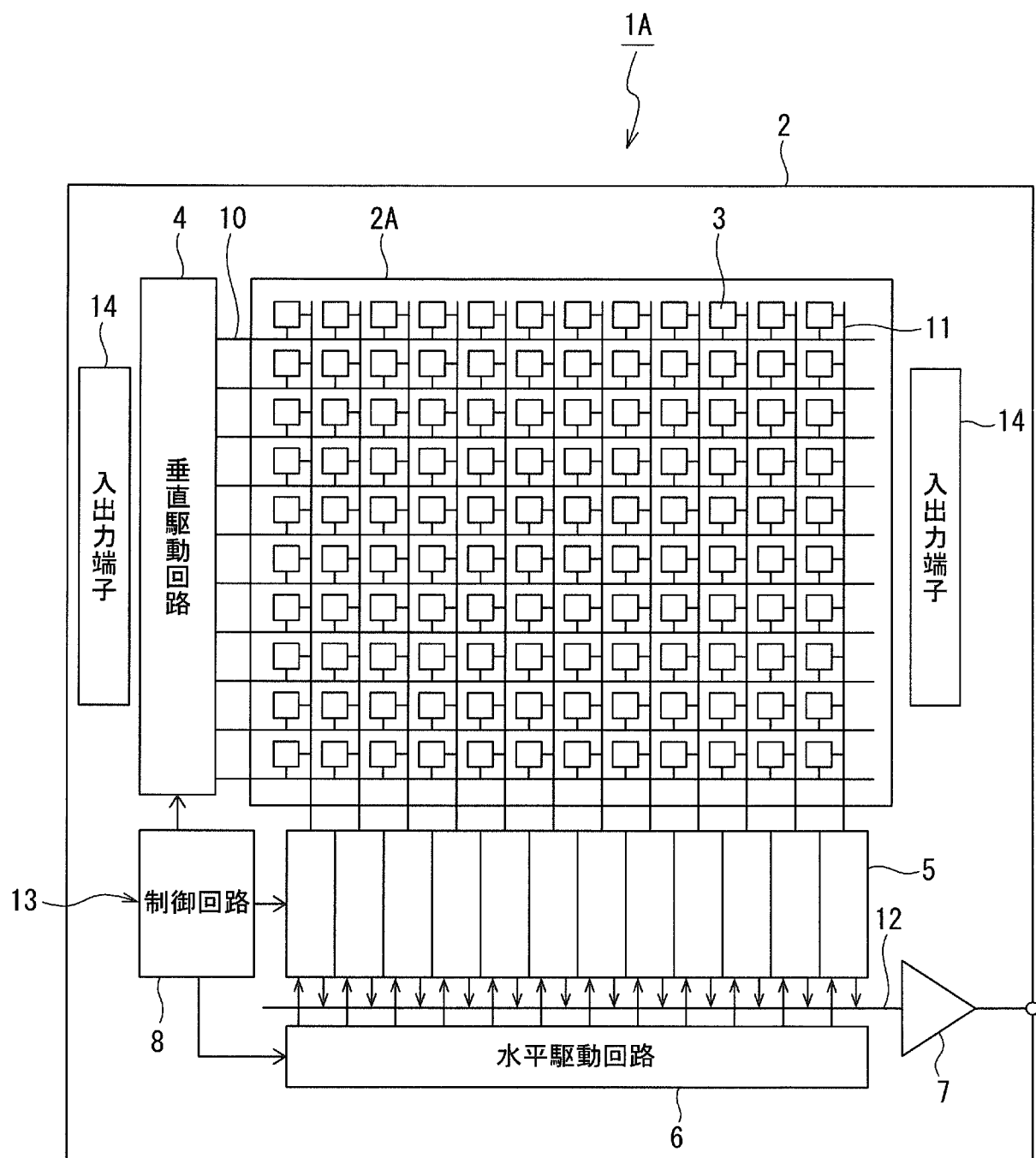
前記第 1 の半導体層の光入射面とは反対側の面に積層され、前記第 1 の半導体層を透過した可視光を光電変換する第 2 の半導体層とを備え、

前記第 2 の半導体層は、前記第 1 の半導体層より不純物濃度が薄く、前記光電変換層より不純物濃度が濃い光検出装置を備えた、電子機器。

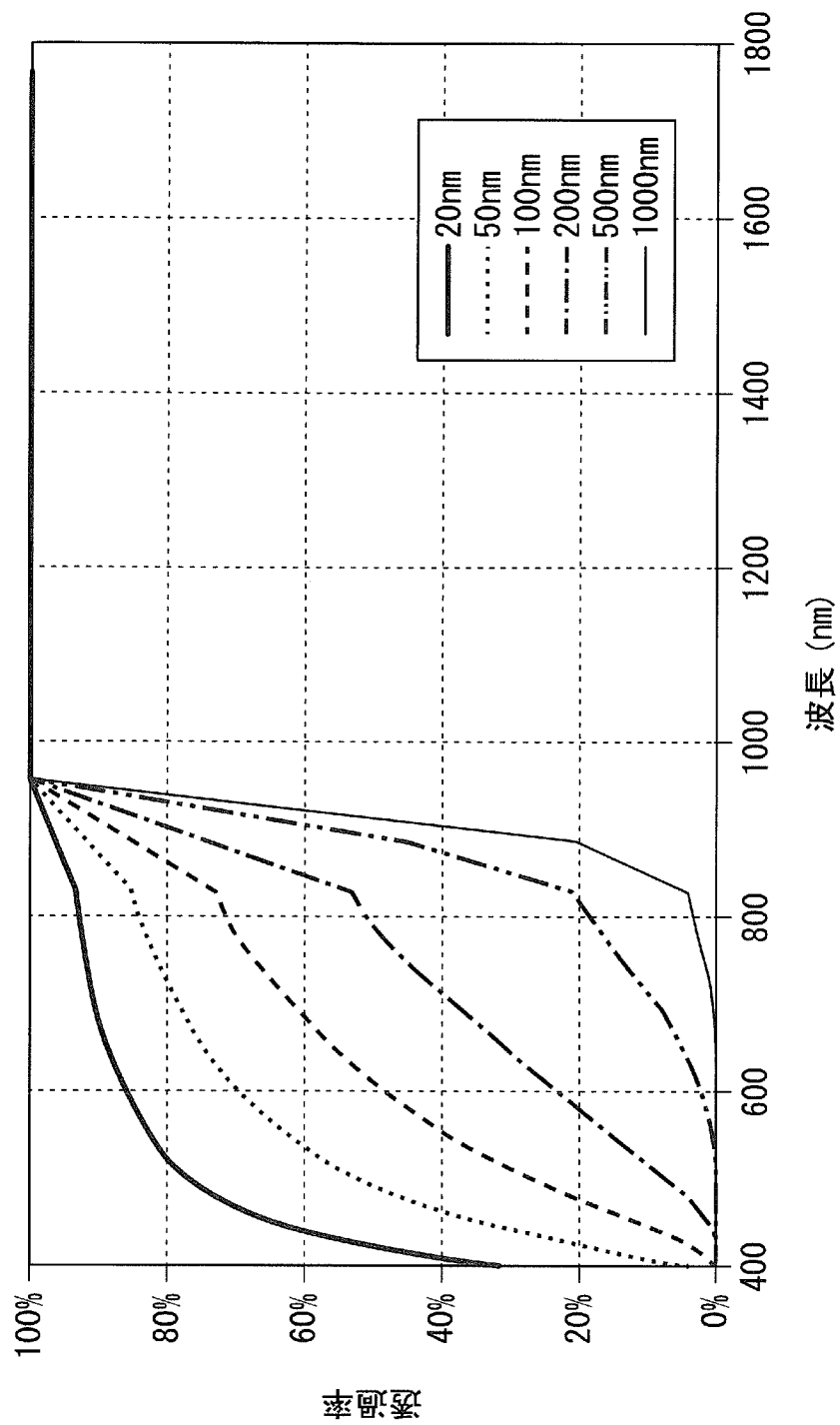
[図1]



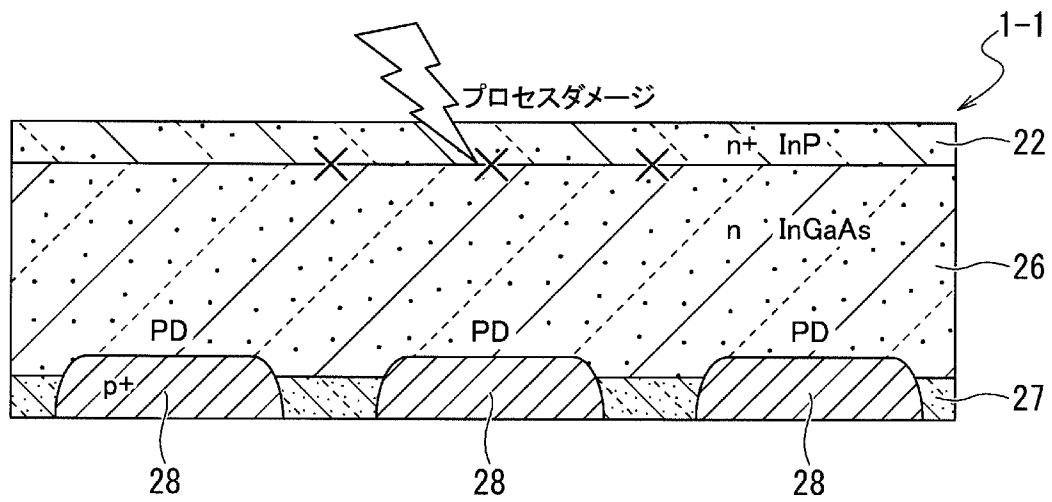
[図2]



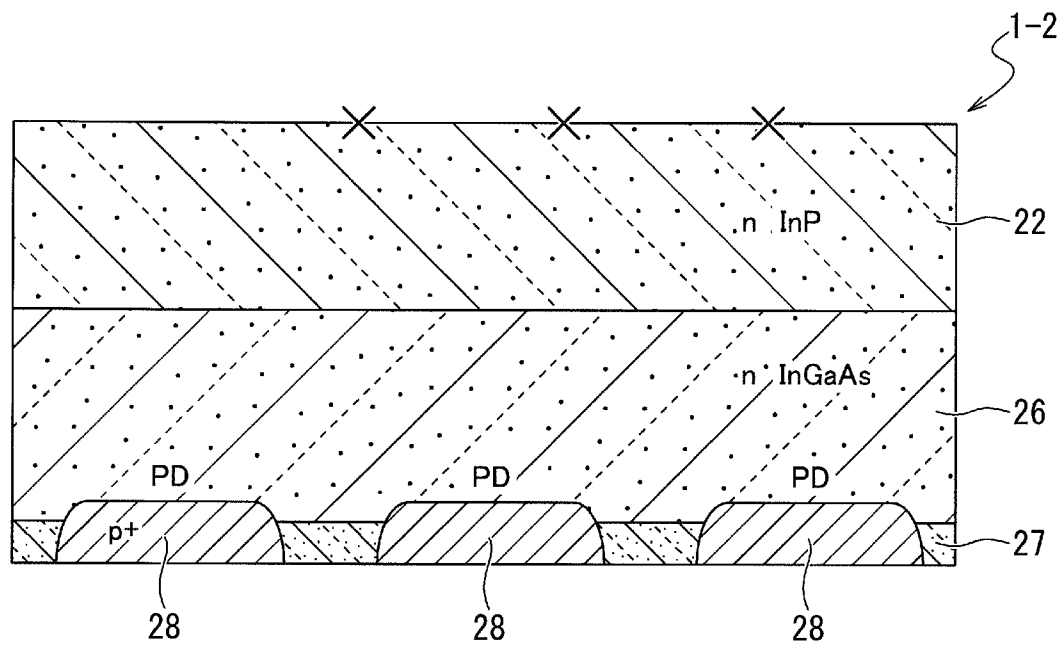
[図5]



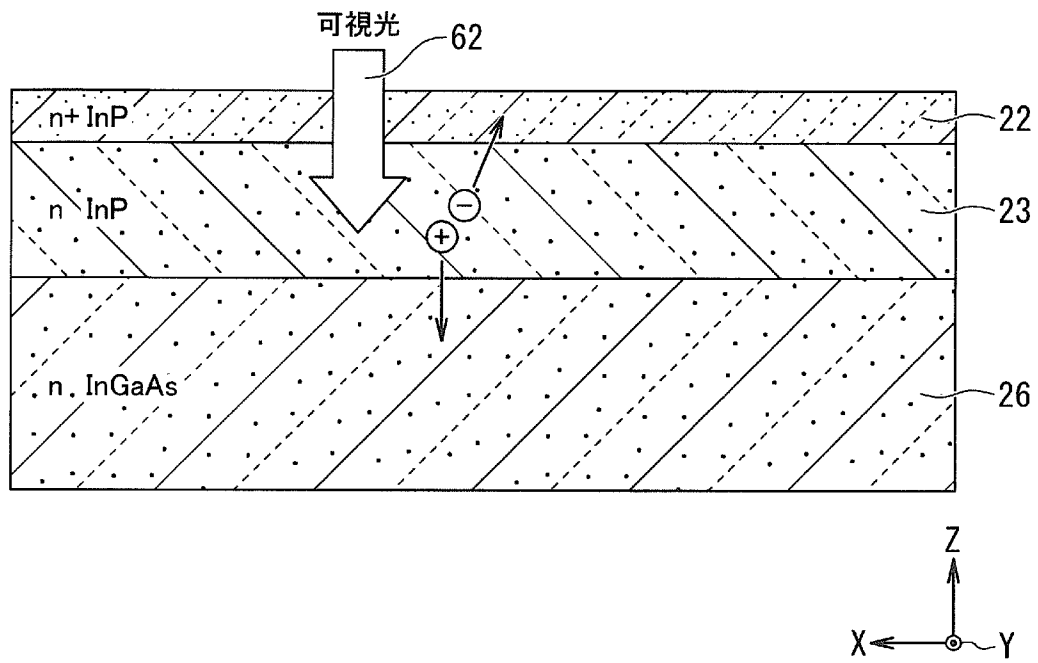
[図6]



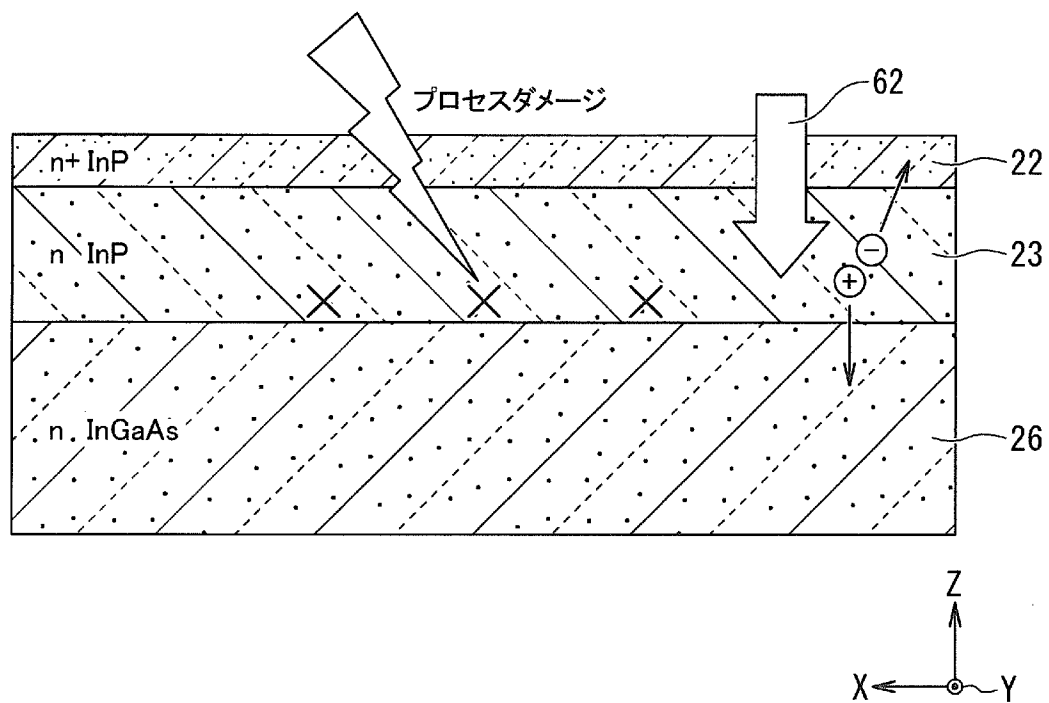
[図7]



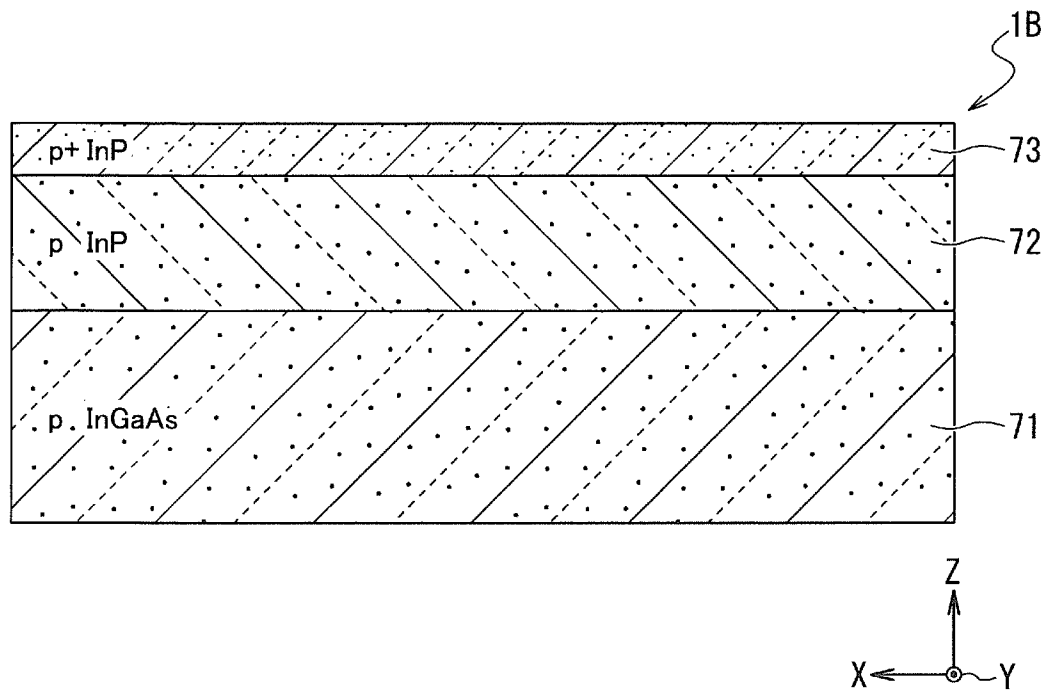
[図8]



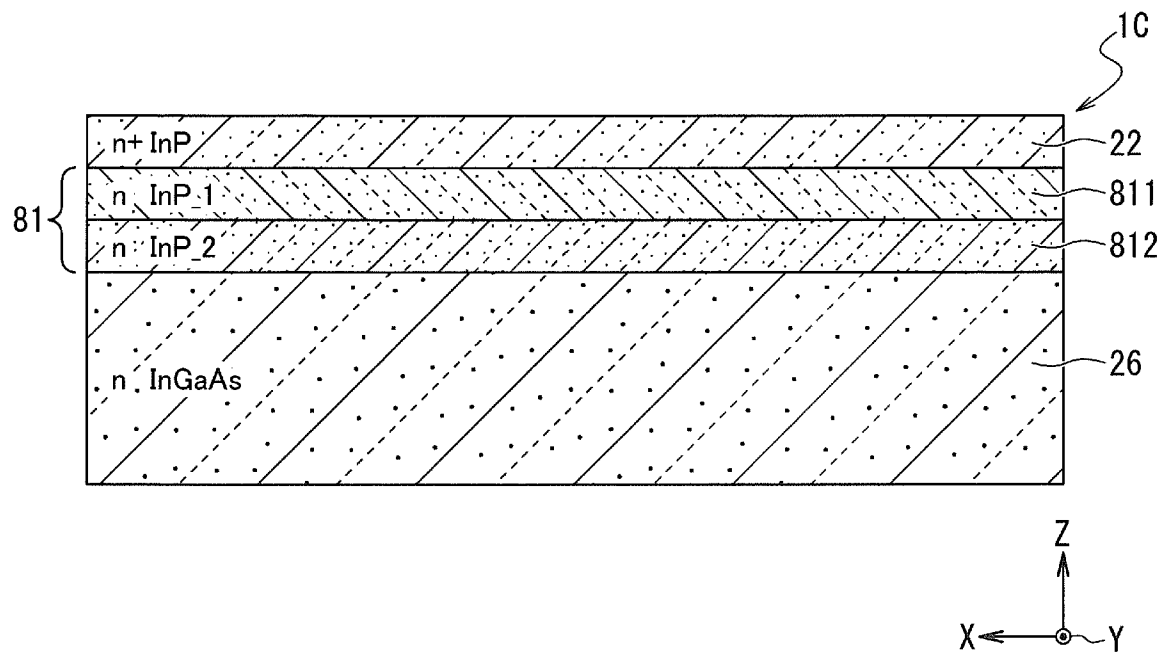
[図9]



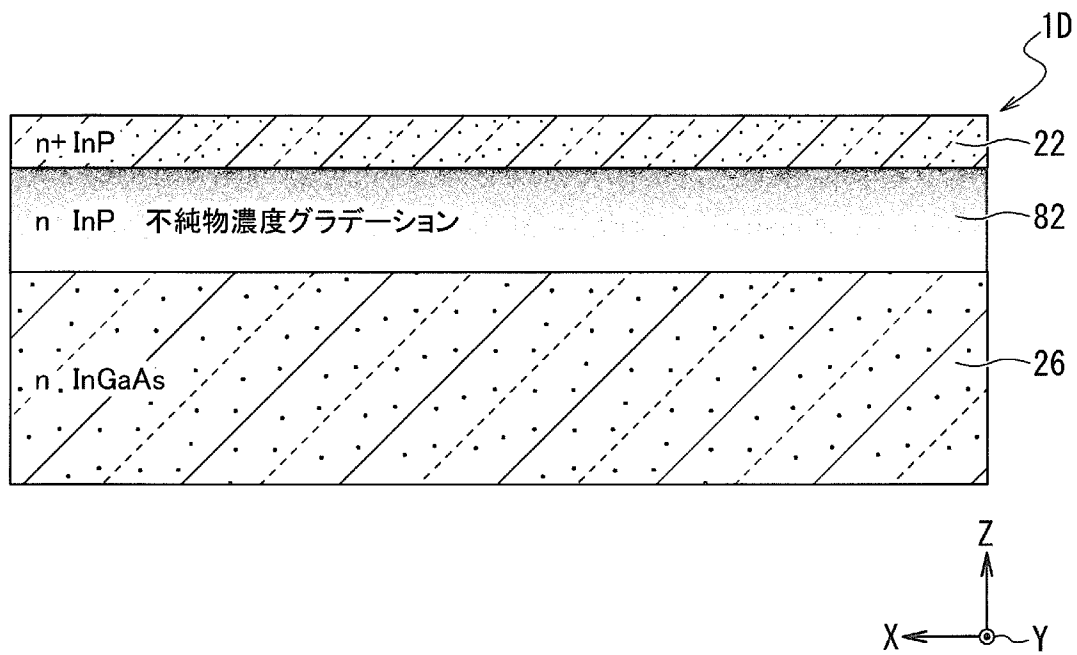
[図10]



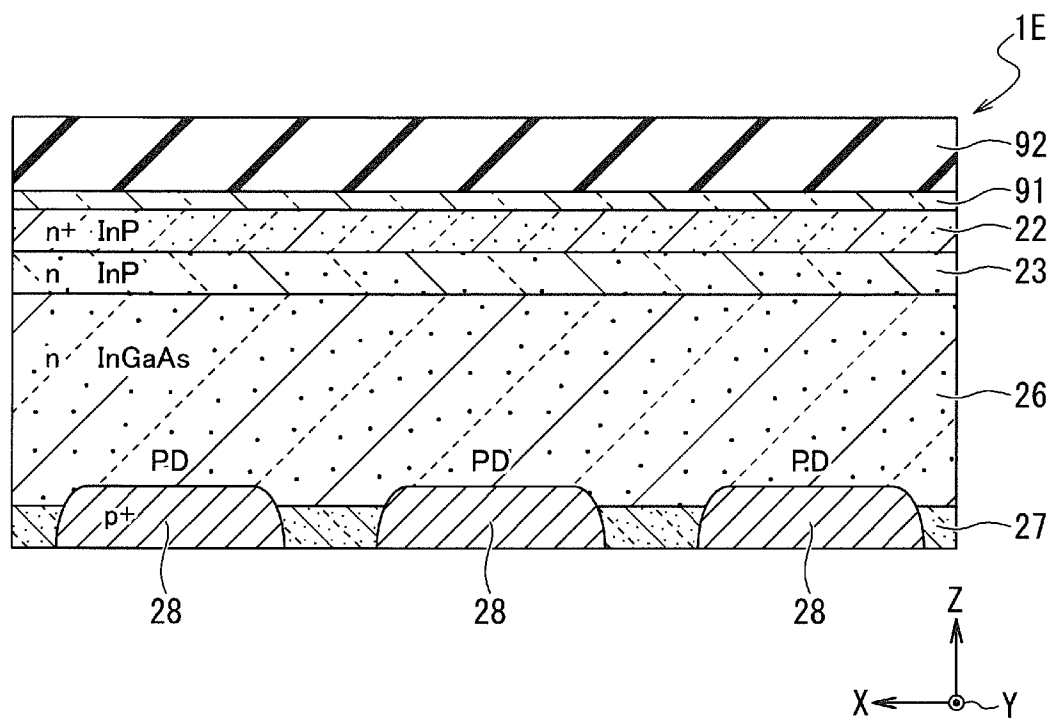
[図11]



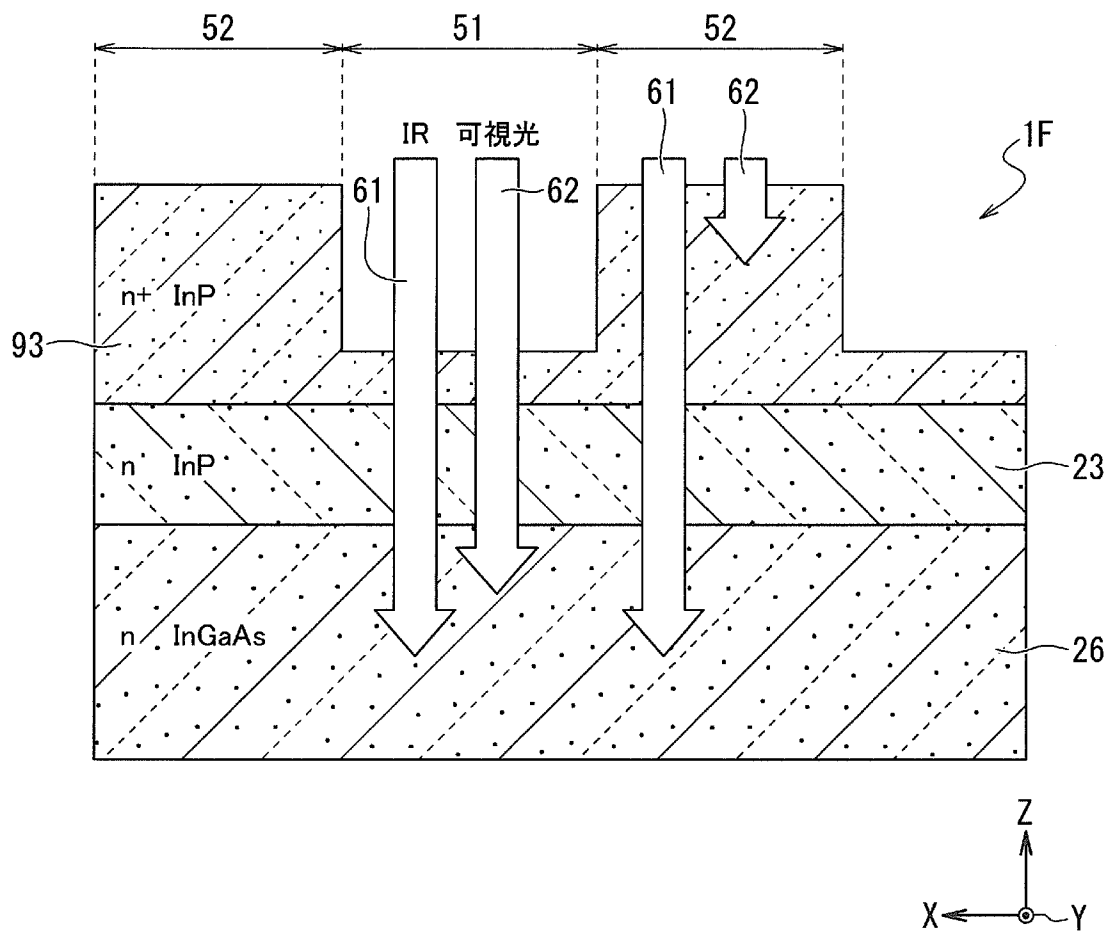
[図12]



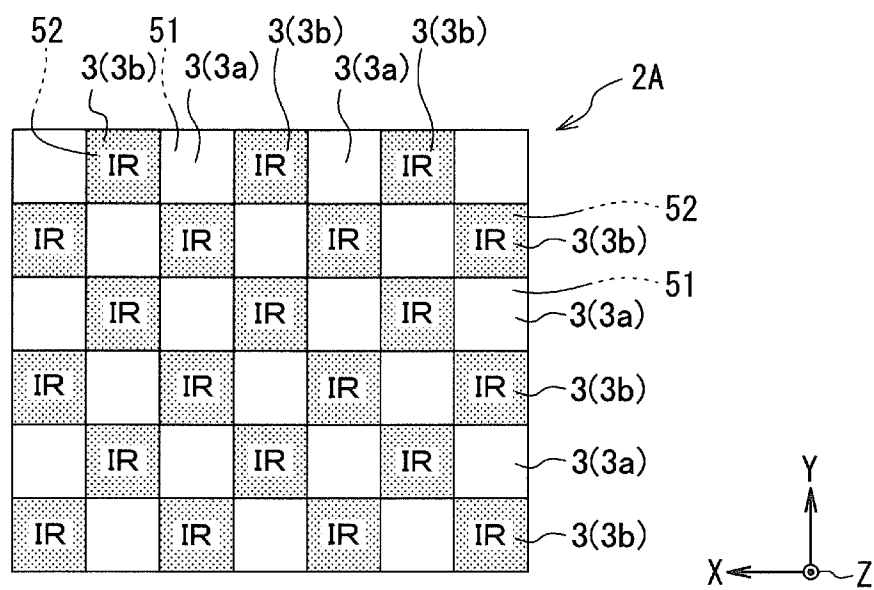
[図13]



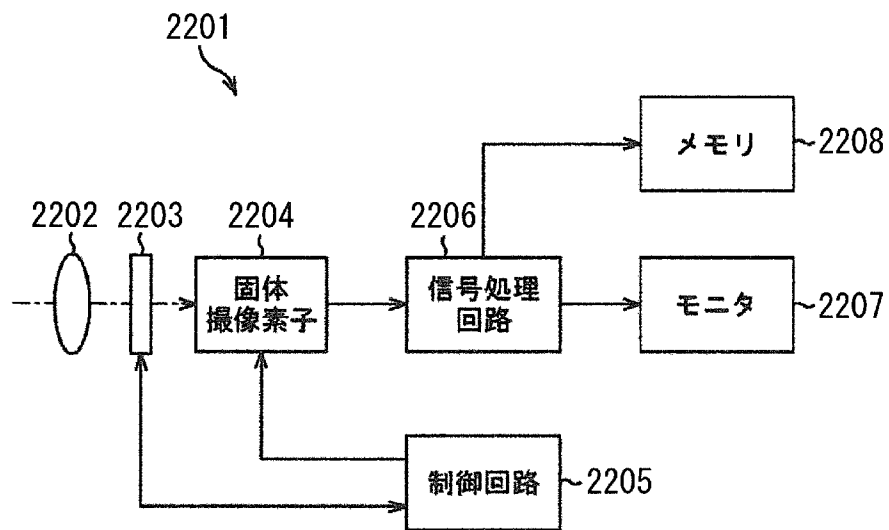
[図14A]



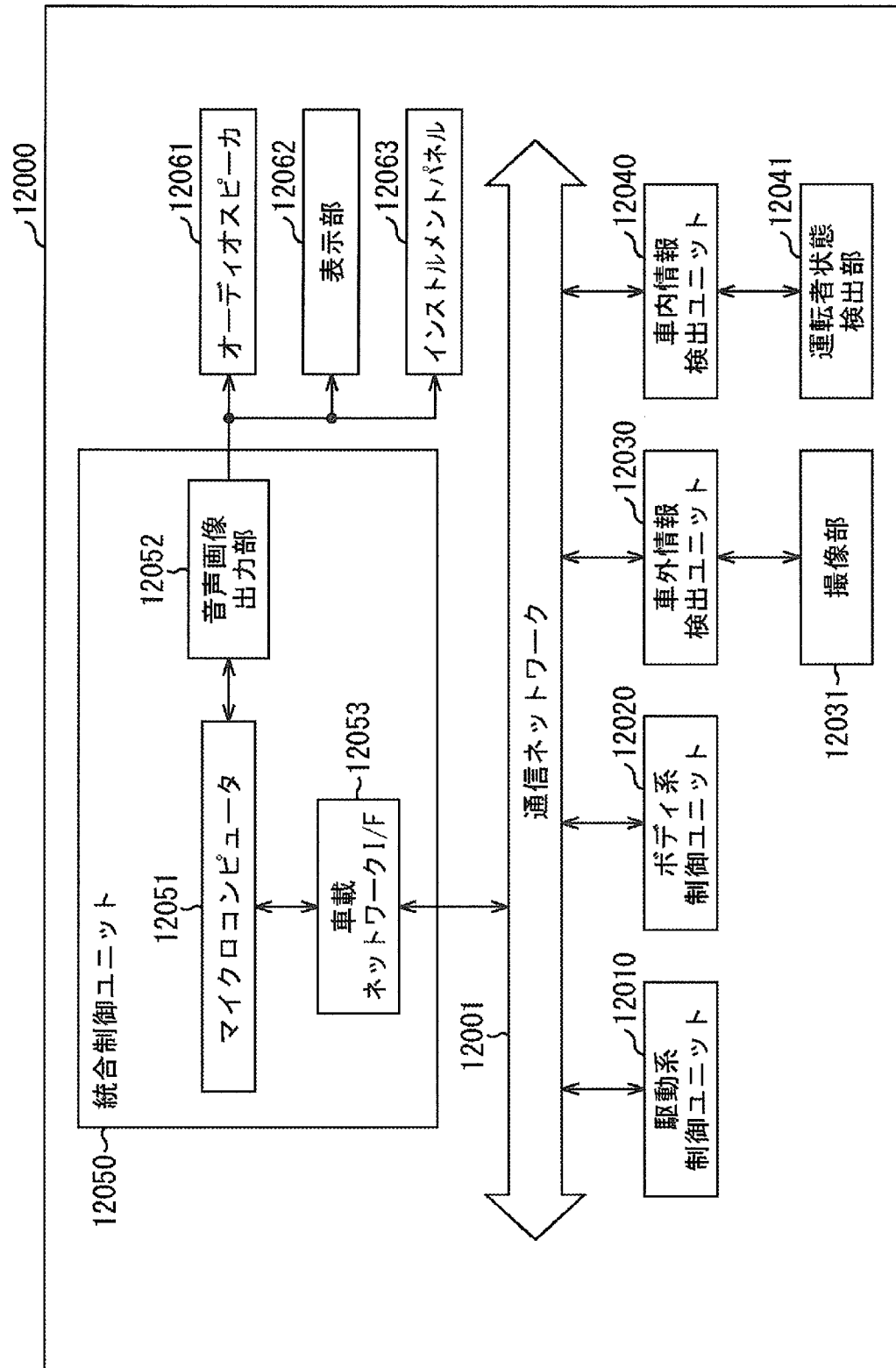
[図14B]



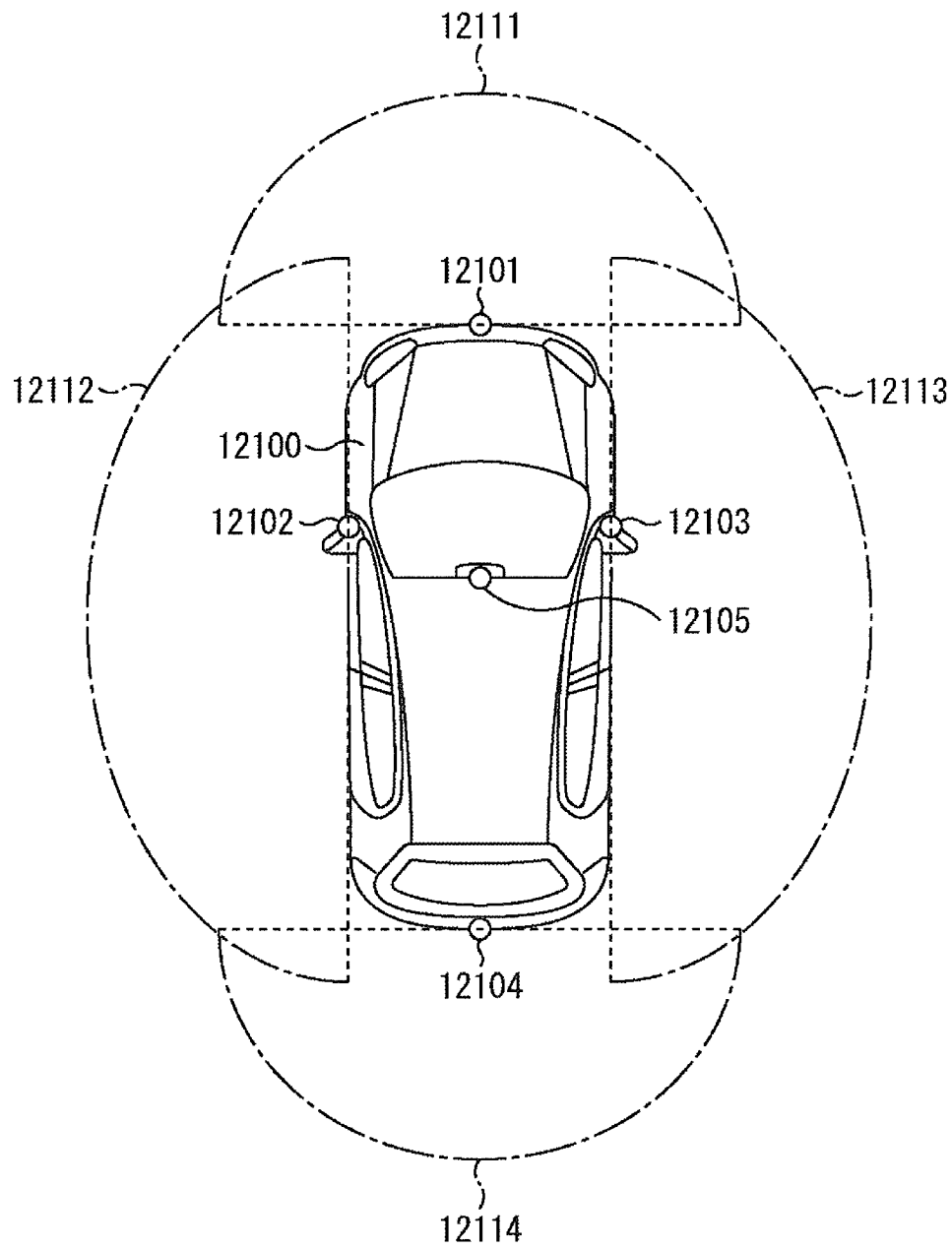
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/048832

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 31/10**(2006.01)i; **H01L 27/146**(2006.01)i; **H04N 5/369**(2011.01)i

FI: H01L27/146 A; H01L31/10 A; H04N5/369

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)

H01L31/10; H01L27/146; 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 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2015-149422 A (SONY CORP.) 20 August 2015 (2015-08-20) paragraphs [0040]-[0061], fig. 1B	1-4, 9, 10, 13, 14
Y		11, 12
A		5-8
Y	JP 2003-234494 A (SUMITOMO ELECTRIC IND., LTD.) 22 August 2003 (2003-08-22) paragraphs [0019]-[0029], fig. 1	11, 12
Y	JP 2015-220463 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 07 December 2015 (2015-12-07) paragraph [0071]	11, 12
A	JP 2018-190798 A (SUMITOMO ELECTRIC IND., LTD.) 29 November 2018 (2018-11-29) paragraphs [0022]-[0036], fig. 1	1-14
A	JP 2013-258328 A (SUMITOMO ELECTRIC IND., LTD.) 26 December 2013 (2013-12-26) paragraphs [0024]-[0028], fig. 1	1-14

☒ 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

16 March 2022

Date of mailing of the international search report

29 March 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/048832**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-104287 A (FUJITSU LTD.) 01 May 1991 (1991-05-01) page 3, upper right column, line 10 to page 4, upper left column, line 1, fig. 1	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/048832

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2015-149422	A	20 August 2015	US 2015/0228685 A1 paragraphs [0091]-[0136], fig. 1B	
JP	2003-234494	A	22 August 2003	US 2003/0151057 A1 paragraphs [0037]-[0057], fig. 1	
JP	2015-220463	A	07 December 2015	US 2015/0333202 A1 paragraph [0093] KR 10-2015-0130829 A	
JP	2018-190798	A	29 November 2018	US 2018/0315873 A1 paragraphs [0030]-[0065], fig. 1	
JP	2013-258328	A	26 December 2013	US 2013/0334492 A1 paragraphs [0068]-[0097], fig. 1	
JP	3-104287	A	01 May 1991	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 31/10(2006.01)i; H01L 27/146(2006.01)i; H04N 5/369(2011.01)i FI: H01L27/146 A; H01L31/10 A; H04N5/369		
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）） H01L31/10; H01L27/146; 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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 2015-149422 A（ソニー株式会社）20.08.2015（2015-08-20） [0040]-[0061], 図1B	1-4, 9, 10, 13, 14
Y		11, 12
A		5-8
Y	JP 2003-234494 A（住友電気工業株式会社）22.08.2003（2003-08-22） [0019]-[0029], 図1	11, 12
Y	JP 2015-220463 A（三星電子株式会社）07.12.2015（2015-12-07） [0071]	11, 12
A	JP 2018-190798 A（住友電気工業株式会社）29.11.2018（2018-11-29） [0022]-[0036], 図1	1-14
A	JP 2013-258328 A（住友電気工業株式会社）26.12.2013（2013-12-26） [0024]-[0028], 図1	1-14
A	JP 3-104287 A（富士通株式会社）01.05.1991（1991-05-01） 第3頁右上欄第10行-第4頁左上欄第1行, 図1	1-14
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 16.03.2022		国際調査報告の発送日 29.03.2022
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） 加藤 俊哉 5F 9554 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/JP2021/048832

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2015-149422	A	20.08.2015	US 2015/0228685 A1 [0091]-[0136], FIG. 1B	
JP	2003-234494	A	22.08.2003	US 2003/0151057 A1 [0037]-[0057], FIG. 1	
JP	2015-220463	A	07.12.2015	US 2015/0333202 A1 [0093] KR 10-2015-0130829 A	
JP	2018-190798	A	29.11.2018	US 2018/0315873 A1 [0030]-[0065], FIG. 1	
JP	2013-258328	A	26.12.2013	US 2013/0334492 A1 [0068]-[0097], FIG. 1	
JP	3-104287	A	01.05.1991	(ファミリーなし)	