

(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
2022年11月24日(24.11.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/244384 A1

(51) 国際特許分類:

H01L 27/146 (2006.01) G01S 17/894 (2020.01)
G01J 1/02 (2006.01) G01S 17/931 (2020.01)
G01J 1/42 (2006.01) H01L 31/107 (2006.01)
G01S 7/481 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/009234

(22) 国際出願日: 2022年3月3日(03.03.2022)

(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 2021-085631 2021年5月20日(20.05.2021) 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)

LUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).

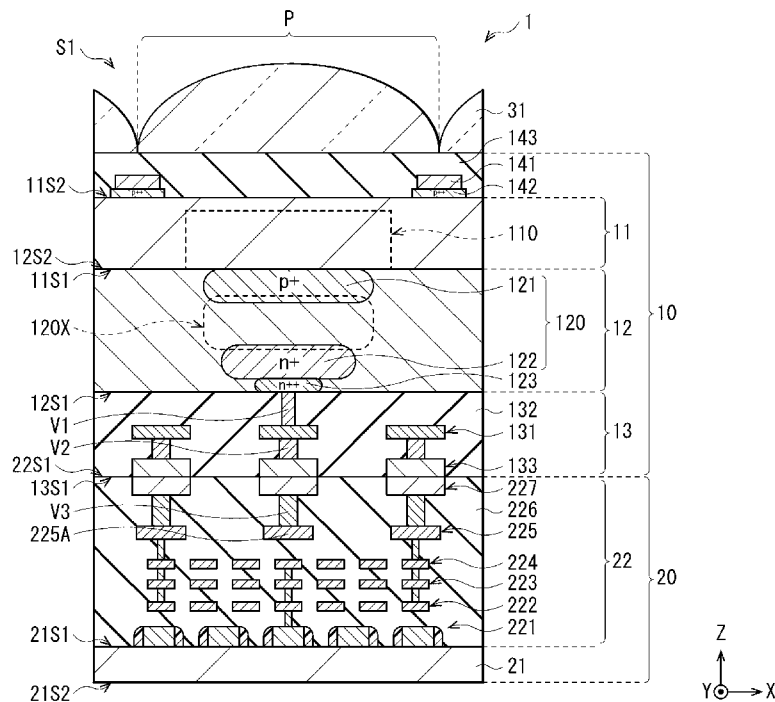
(72) 発明者: 松村 勇佑 (MATSUMURA, Yusuke); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 弁理士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,

(54) Title: LIGHT DETECTING DEVICE AND DISTANCE MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 光検出装置および測距装置



(57) Abstract: A light detecting device according to an embodiment of the present disclosure is provided with: a first substrate having a first face serving as a light-receiving face and a second face opposing the first face, and having a light-receiving portion in which a plurality of pixels are arranged in an array to generate charge corresponding to an amount of received light for each pixel by photoelectric conversion; a second substrate disposed on the second face side of the first substrate and having a third face facing the second face and a fourth face opposing the third face, the second substrate

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

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

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

having a wider band gap than the first substrate and further having a multiplying portion for each pixel for performing avalanche multiplication of the charge generated in the light-receiving portion; a first electrode provided on the first face of the first substrate and electrically connected to the light-receiving portion; and a second electrode provided on the fourth face of the second substrate and electrically connected to the multiplying portion.

(57) 要約: 本開示の一実施形態の光検出装置は、受光面となる第1の面および第1の面と対向する第2の面を有すると共に、複数の画素がアレイ状に配置され、画素毎に受光量に応じた電荷を光電変換により生成する受光部を有する第1の基板と、第1の基板の第2の面側に配置され、第2の面に正対する第3の面および第3の面と対向する第4の面を有すると共に、第1の基板よりもバンドギャップが広く、受光部において生成された電荷をアバランシェ増倍する増倍部を画素毎に有する第2の基板と、第1の基板の第1の面に設けられ、受光部と電氣的に接続された第1の電極と、第2の基板の第4の面に設けられ、増倍部と電氣的に接続された第2の電極とを備える。

明 細 書

発明の名称：光検出装置および測距装置

技術分野

[0001] 本開示は、例えば、アバランシェフォトダイオードを用いた光検出装置およびこれを備えた測距装置に関する。

背景技術

[0002] 例えば、特許文献1では、シリコン半導体基板の主表面に、シリコンで構成される第1の光電変換素子と、シリコンよりも小さいバンドギャップを有する半導体材料を含んで構成される第2の光電変換素子とを有する受光装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2018-032810号公報

発明の概要

[0004] ところで、測距装置等を構成する光検出装置では、近赤外および短波赤外の波長の感度の向上と、ノイズの発生の低減とが求められている。

[0005] 近赤外および短波赤外の波長の感度を向上させつつ、ノイズの発生を低減することが可能な光検出装置および測距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光検出装置は、受光面となる第1の面および第1の面と対向する第2の面を有すると共に、複数の画素がアレイ状に配置され、画素毎に受光量に応じた電荷を光電変換により生成する受光部を有する第1の基板と、第1の基板の第2の面側に配置され、第2の面に正対する第3の面および第3の面と対向する第4の面を有すると共に、第1の基板よりもバンドギャップが広く、受光部において生成された電荷をアバランシェ増倍する増倍部を画素毎に有する第2の基板と、第1の基板の第1の面に設けられ、受光部と電氣的に接続された第1の電極と、第2の基板の第4の面に設けられ、増倍部と電氣的に接続された第2の電極とを備えたものである。

[0007] 本開示の一実施形態の測距装置は、光学系と、光検出装置と、光検出装置の出力信号から測定対象物までの距離を算出する信号処理回路とを備えたものであり、光検出装置として、上記本開示の一実施形態の光検出装置を有する。

[0008] 本開示の一実施形態の光検出装置および一実施形態の測距装置では、受光部をバンドギャップの狭い第1の基板に設け、増倍部を第1の基板よりもバンドギャップの広い第2の基板に設けるようにした。これにより、近赤外（NIR）および短波赤外（SWIR）の波長に対する量子効率を向上させつつ、増倍部での暗電流の発生を低減する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示の実施の形態に係る光検出装置の構成の一例を表す断面模式図である。

[図2]図1に示した光検出装置の全体の概略構成の一例を表すブロック図である。

[図3]図1に示した光検出装置の単位画素の等価回路図の一例である。

[図4A]図1に示した光検出装置のアノードのレイアウトを説明する平面模式図である。

[図4B]図1に示した光検出装置の単位画素での増倍部の構成を説明する平面模式図である。

[図5]図1に示した光検出装置のアノード電極の引き回しの一例を説明する断面模式図である。

[図6]図1に示した光検出装置での電荷の流れを説明する模式図である。

[図7]比較例としての光検出装置での電荷の流れを説明する模式図である。

[図8]本開示の実施の形態に係る光検出装置の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図9]本開示の変形例1に係る光検出装置の構成の一例を表す断面模式図である。

[図10]本開示の変形例2に係る光検出装置の構成の一例を表す断面模式図で

ある。

[図11]本開示の変形例3に係る光検出装置の構成の一例を表す断面模式図である。

[図12]本開示の変形例4に係る光検出装置の構成の一例を表す断面模式図である。

[図13]本開示の変形例4に係る光検出装置の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図14]本開示の変形例5に係る光検出装置の構成の一例を表す断面模式図である。

[図15]本開示の変形例5に係る光検出装置の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図16]本開示の変形例5に係る光検出装置の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図17]本開示の変形例6に係る光検出装置の構成の一例を表す断面模式図である。

[図18]本開示の変形例6に係る光検出装置の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図19]本開示の変形例6に係る光検出装置の構成の他の例を表す断面模式図である。

[図20]図1等にした光検出装置を用いた電子機器の一例を表す機能ブロック図である。

[図21]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22]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、本開示における実施の形態について、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

(G e 基板に受光部を、S i 基板に増倍部を設けると共に、G e 基板の受光面側にアノードを設けた光検出装置)

1-1. 光検出装置の構成

1-2. 光検出装置の製造方法

1-3. 作用・効果

2. 変形例

2-1. 変形例 1

(G e 基板の受光面の全面に p 型コンタクト層を設けた例)

2-2. 変形例 2

(G e 基板と S i 基板との間に S i G e 層を設けた例)

2-3. 変形例 3

(S i 基板の G e 基板との対向面全面に不純物拡散領域を設けた例)

2-4. 変形例 4

(S i 基板の隣接する単位画素の間に素子分離部を設けた例)

2-5. 変形例 5

(アバランシェ増倍領域を単位画素 P の中央に局所的に設けた例)

2-6. 変形例 6

(さらに G e 基板の隣接する単位画素の間に素子分離部を設けた例)

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光検出装置（光検出装置 1）の断面構成の一例を模式的に表したものである。図 2 は、図 1 に示した光検出装置 1 の概略構成を表したブロック図であり、図 3 は、図 1 に示した光検出装置 1 の単位画素 P の等価回路の一例を表したものである。光検出装置 1 は、例えば、T o F（Time-of-Flight）法により距離計測を行う距離画像センサ（

後述の距離画像装置 1000、図 20 参照) やイメージセンサ等に適用されるものである。

[0012] (1-1. 光検出装置の構成)

光検出装置 1 は、例えば、複数の単位画素 P が行方向および列方向にアレイ状に配置された画素アレイ部 100A と、その周囲に周辺部 100B とを有している。周辺部 100B には、図 2 に示したように、例えばバイアス電圧印加部 210 が設けられている。バイアス電圧印加部 210 は、画素アレイ部 100A の単位画素 P 毎にバイアス電圧を印加するものである。本実施の形態では、電子 (e) を信号電荷として読み出す場合について説明する。

[0013] 単位画素 P は、図 3 に示したように、受光素子 101 と、p 型 MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) からなるクエンチング抵抗素子 102 と、例えば相補型の MOSFET からなるインバータ 103 とを備えている。

[0014] 受光素子 101 は、入射した光を光電変換により電気信号に変換して出力する。付带的には、受光素子 101 は、入射した光 (フォトン) を光電変換により電気信号に変換し、フォトン入射に応じたパルスを出力する。受光素子 101 は、例えば SPAD 素子であり、例えば、カソードに大きな正電圧が印加されることによってアバランシェ増倍領域 (空乏層) 120X を形成し、1 フォトン入射に応じて発生した電子がアバランシェ増倍を生じて大電流が流れる特性を有している。受光素子 101 は、例えば、アノードがバイアス電圧印加部 210 と接続され、カソードがクエンチング抵抗素子 102 のソース端子と接続されている。受光素子 101 のアノードには、デバイス電圧印加部からデバイス電圧 V_B (例えば、負電圧) が印加される。

[0015] クエンチング抵抗素子 102 は、受光素子 101 と直列に接続され、ソース端子が受光素子 101 のカソードと接続され、ドレイン端子が図示しない電源と接続されている。クエンチング抵抗素子 102 のドレイン端子には、電源から励起電圧 V_E が印加される。クエンチング抵抗素子 102 は、受光素子 101 でアバランシェ増倍された電子による電圧が正電圧 V_{BD} に達すると

、受光素子 101 で増倍された電子を放出して、当該電圧を初期電圧に戻すクエンチングを行う。

[0016] インバータ 103 は、入力端子が受光素子 101 のカソードおよびクエンチング抵抗素子 102 のソース端子と接続され、出力端子が図示しない後段の演算処理部と接続されている。インバータ 103 は、受光素子 101 で増倍された電荷（信号電荷）に基づいて受光信号を出力する。より具体的には、インバータ 103 は、受光素子 101 で増倍された電子により発生する電圧を整形する。そして、インバータ 103 は、1 フォントの到来時刻を始点として、例えば図 3 に示したパルス波形が発生する受光信号（APD OUT）を演算処理部に出力する。例えば、演算処理部は、それぞれの受光信号において 1 フォントの到来時刻を示すパルスが発生したタイミングに基づいて、被写体までの距離を求める演算処理を行って、単位画素 P 毎に距離を求める。そして、それらの距離に基づいて、複数の単位画素 P により検出された被写体までの距離を平面的に並べた距離画像が生成される。

[0017] 光検出装置 1 は、例えば、センサ基板 10 の表面側にロジック基板 20 が積層され、センサ基板 10 の裏面側から光を受光する、所謂裏面照射型の光検出装置である。センサ基板 10 は、対向する一对の面（第 1 面 11 S1 および第 2 面 11 S2）を有する Ge 基板 11 と、対向する一对の面（第 3 面 12 S1 および第 4 面 12 S2）を有する Si 基板 12 とを有している。Ge 基板 11 は、第 2 面 11 S2 を受光面として光入射側 S1 に配置され、Si 基板 12 は光入射側 S1 とは反対側に、第 4 面 12 S2 と Ge 基板 11 の第 1 面 11 S1 とが正対するように配置されている。光検出装置 1 は、単位画素 P 毎に受光素子 101 を有している。受光素子 101 は、受光部 110 と増倍部 120 とを有し、受光部 110 は Ge 基板 11 に、増倍部 120 は Si 基板 12 にそれぞれ設けられている。Ge 基板の第 2 面 11 S2 には受光部 110 と電氣的に接続されるアノード 141 が設けられており、カソード 225 A は、Si 基板 12 の第 3 面 12 S1 側に設けられている。

[0018] なお、図中の「p」および「n」の記号は、それぞれ p 型半導体領域およ

びn型半導体領域を表している。さらに、「p」の末尾の「+」または「-」は、いずれもp型半導体領域の不純物濃度を表している。同様に、「n」の末尾の「+」または「-」は、いずれもn型半導体領域の不純物濃度を表している。ここで、「+」の数が多いほど不純物濃度が高いことを示し、「-」の数が多いほど不純物濃度が低いことを示す。これは、以降の図面についても同様である。

[0019] センサ基板10は、例えば、Ge基板11と、Si基板12と、多層配線層13とを有している。Ge基板11には、例えば、単位画素P毎に受光部110が形成される。Si基板12には、第3面12S1側にp型半導体領域(p⁺)121が、第4面12S2側にn型半導体領域(n⁺)122が設けられており、これにより、増倍部120が形成されている。

[0020] なお、受光部110が形成される基板は、増倍部120が形成される基板(Si基板12)よりもバンドギャップが狭いものであれば、ゲルマニウム(Ge)以外の基板でもよく、例えば、シリコン(Si)とGeとの化合物半導体基板(例えば、SiGe基板)やインジウム(In)・ガリウム(Ga)・ヒ素(As)からなる基板を用いてもよい。

[0021] 受光素子101は、高電界領域により電荷をアバランシェ増倍させる増倍領域(アバランシェ増倍領域)を有するものであり、上記のように、カソード225Aに大きな正電圧を印加することによってアバランシェ増倍領域(空乏層)120Xを形成し、1フォトン入射で発生する電子をアバランシェ増倍させることが可能なSPAD素子である。

[0022] 受光素子101は、受光部110と、増倍部120とから構成されている。

[0023] 受光部110は、本開示の「受光部」の一具体例に相当し、Ge基板11の第2面11S2から入射した光を吸収し、その受光量に応じた電荷を生成する光電変換機能を有するものである。受光部110において生成された電荷(電子)は、ポテンシャル勾配によって増倍部120へ転送される。

[0024] 増倍部120は、本開示の「増倍部」の一具体例に相当し、受光部110

において生成された電荷（ここでは、電子（ e^- ））をアバランシェ増倍するものである。増倍部120は、上記のように、p型半導体領域（ p^+ ）121と、n型半導体領域（ n^+ ）122とを含んで構成されている。p型半導体領域（ p^+ ）121は、Si基板12の第4面12S2の界面近傍に設けられている。n型半導体領域（ n^+ ）122は、Si基板12の第3面12S1の界面近傍に形成されている。

[0025] 受光素子101では、Si基板12の第4面12S2の界面近傍に設けられたp型半導体領域（ p^+ ）121と、Si基板12の第3面12S1の界面近傍に設けられたn型半導体領域（ n^+ ）122との間にアバランシェ増倍領域120Xが形成される。アバランシェ増倍領域120Xは、カソードに印加される大きな正電圧によってp型半導体領域（ p^+ ）121とn型半導体領域（ n^+ ）122との間に形成される高電界領域（空乏層）である。アバランシェ増倍領域120Xでは、受光素子101に入射する1フォトンで発生する電子（ e^- ）が増倍される。

[0026] Ge基板11の第2面11S2には、デバイス電圧 V_B が印加されるアノード141がp型コンタクト層（ p^{++} ）142を介して設けられている。図4Aは、アノード141の平面レイアウトを模式的に表したものである。本実施の形態では、アノード141は、アレイ状に配置された複数の単位画素Pの間に設けられており、平面視においてGe基板11の第2面11S2に格子状に設けられている。また、アノード141は、図5に示したように、周辺部100Bまで延在している。具体的には、アノード141は、周辺部100BにおいてGe基板11の第2面11S2から側面を介してSi基板12の第4面12S2まで延在している。アノード141は、Si基板12の第3面12S1と第4面12S2との間を貫通し、例えば、配線層131にまで達する貫通配線142Vを介してロジック基板20に設けられたバイアス電圧印加部210と電氣的に接続されている。

[0027] アノード141は、例えば、アルミニウム（Al）、銅（Cu）またはタングステン（W）等を用いて形成されている。

[0028] Si基板12には、カソード225Aとn型半導体領域(n⁺)122とを電氣的に接続するためのn型コンタクト領域(n⁺⁺)123がさらに設けられている。n型コンタクト領域(n⁺⁺)123は、Si基板12内に、第3面12S1に面し、n型半導体領域(n⁺)122に接するように設けられている。図4Bは、単位画素Pでの増倍部120の平面構成を模式的に表したものである。p型半導体領域(p⁺)121およびn型半導体領域(n⁺)122は、それぞれ、単位画素Pの略中央に、例えば単位画素Pと同様に略矩形状に設けられている。n型半導体領域(n⁺)122はp型半導体領域(p⁺)121よりも小さく形成されており、n型コンタクト領域(n⁺⁺)123はさらに小さく形成されている。

[0029] センサ基板10の光入射側S1とは反対側(具体的には、Si基板12の第3面12S1側)には、多層配線層13が設けられている。多層配線層13では、1または複数の配線からなる配線層131が層間絶縁層132内に形成されている。配線層131は、例えば、受光素子101に印加する電圧を供給したり、受光素子101において発生した電荷を取り出すためのものである。配線層131の一部の配線はビアV1を介してn型コンタクト領域(n⁺⁺)123と電氣的に接続されている。層間絶縁層132の、Si基板12側とは反対側の表面(多層配線層13の表面13S1)には、複数のパッド電極133が埋め込まれている。複数のパッド電極133は、ビアV2を介して配線層131の一部の配線と電氣的に接続されている。なお、図1では、多層配線層13内に1つの配線層131が形成されている例を示したが、多層配線層13内の配線層の総数は限定されず、2層以上の配線層が形成されていてもよい。

[0030] 層間絶縁層132は、例えば、酸化シリコン(SiO_x)、TEOS、窒化シリコン(SiN_x)および酸窒化シリコン(SiO_xN_y)等のうちの1種よりなる単層膜、あるいはこれらのうちの2種以上よりなる積層膜により構成されている。

[0031] 配線層131は、例えば、アルミニウム(Al)、銅(Cu)またはタン

グステン（W）等を用いて形成されている。

[0032] パッド電極 133 は、ロジック基板 20 との接合面（多層配線層 13 の表面 13S1）に露出しており、例えば、ロジック基板 20 との接続に用いられるものである。パッド電極 133 は、例えば、銅（Cu）を用いて形成されている。

[0033] ロジック基板 20 は、例えば、Si 基板で構成された半導体基板 21 と、多層配線層 22 とを有している。ロジック基板 20 には、例えば、上述したバイアス電圧印加部 210 や、画素アレイ部 100A の単位画素 P から出力された電荷に基づく画素信号を出力する読み出し回路や、垂直駆動回路、コラム信号処理回路、水平駆動回路および出力回路等を含むロジック回路が構成されている。

[0034] 多層配線層 22 は、例えば、読み出し回路を構成するトランジスタのゲート 221 と、1 または複数の配線を含む配線層 222, 223, 224, 225 とが層間絶縁層 226 を間に、半導体基板 21 側から順に積層されている。層間絶縁層 226 の、半導体基板 21 側とは反対側の表面（多層配線層 22 の表面 22S1）には、複数のパッド電極 227 が埋め込まれている。複数のパッド電極 227 は、配線層 225 の一部の配線とビア V3 を介してと電氣的に接続されている。

[0035] 層間絶縁層 117 は、層間絶縁層 182 と同様に、例えば、酸化シリコン（ SiO_x ）、TEOS、窒化シリコン（ SiN_x ）および酸窒化シリコン（ SiO_xN_y ）等のうちの 1 種よりなる単層膜、あるいはこれらのうちの 2 種以上よりなる積層膜により構成されている。

[0036] ゲート 221 および配線層 222, 223, 224, 225 は、配線層 181 と同様に、例えば、アルミニウム（Al）、銅（Cu）またはタングステン（W）等を用いて形成されている。

[0037] パッド電極 227 は、センサ基板 10 との接合面（多層配線層 22 の表面 22S1）に露出しており、例えば、センサ基板 10 との接続に用いられるものである。パッド電極 227 は、パッド電極 133 と同様に、例えば、銅

(Cu)を用いて形成されている。

[0038] 光検出装置1では、パッド電極133とパッド電極227との間で、例えばCuCu接合がなされている。これにより、カソード225Aは、ロジック基板20側に設けられたクエンチング抵抗素子102と電氣的に接続され、アノード141は、バイアス電圧印加部210と電氣的に接続される。

[0039] Ge基板11の第2面11S2側には、アノード141を覆うと共に、光入射側S1を平坦化する保護層143が設けられている、保護層143上には集光レンズ31が、例えば単位画素P毎に設けられている。

[0040] 集光レンズ31は、その上方から入射した光を受光部110へ集光させるものであり、例えば、酸化シリコン(SiO_x)等を用いて形成されている。

[0041] (1-2. 光検出装置の製造方法)

センサ基板10は、例えば、次のようにして製造することができる。まず、イオン注入により、Si基板12に、p型またはn型の不純物濃度を制御してp型半導体領域(p⁺)121およびn型半導体領域(n)122を形成する。次に、Si基板12の第3面12S1上に多層配線層13を形成する。その後、別途作成したロジック基板20を貼り合わせる。このとき、多層配線層13の接合面(表面13S1)に露出した複数のパッド電極133と、ロジック基板20側の多層配線層22の接合面(表面22S1)に露出した複数のパッド部217とがCuCu接合される。

[0042] 続いて、Si基板12の第4面12S2を、例えばCMPにより研磨して薄膜化する。次に、例えば有機金属気相成長(Metal Organic Chemical Vapor Deposition : MOCVD)法等のエピタキシャル結晶成長法により、Si基板12の第4面12S2に、例えば、Ge基板11を形成する。

[0043] 続いて、Ge基板11の第2面11S2を、例えばCMPにより研磨した後、Ge基板11の第2面11S2に、レジスト膜をパターンニングし、レジスト膜から露出した第2面11S2に、例えばMOCVD法等のエピタキシャル結晶成長法によりp型コンタクト層(p⁺⁺)142を形成する。次に、レジスト膜を除去した後、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法、PVD

(Physical Vapor Deposition) 法、A L D (Atomic Layer Deposition) 法または蒸着法等により、例えばタングステン (W) や銅 (C u) 、アルミニウム (A l) 膜等を用いた金属膜を成膜する。続いて、フォトリソグラフィ技術およびエッチングにより金属膜をパターニングしてアノード 1 4 1 を形成する。その後、保護層 1 4 3 および集光レンズ 3 1 を順に形成する。これにより、図 1 に示した光検出装置 1 が完成する。

[0044] (1-3. 作用・効果)

本実施の形態の光検出装置 1 は、受光部 1 1 0 をバンドギャップの狭い G e 基板 1 1 に設け、増倍部 1 2 0 を G e 基板 1 1 よりもバンドギャップの広い S i 基板 1 2 に設けるようにした。これにより、N I R および S W I R に対する量子効率を向上させつつ、増倍部 1 2 0 での暗電流の発生を低減する。以下、これについて説明する。

[0045] N I R や S W I R 等を検出する光検出装置では、感度の向上が求められている。そのための方法としては、増倍画素に G e を用いる技術がある。G e は S i に対してバンドギャップが狭く、N I R および S W I R の波長に対する量子効率が高い。このため、前述したように、光電変換素子に G e を用いた受光装置が開発されている。この技術を用いた場合、光電変換領域および増倍領域を全て G e 内に形成することになる。しかしながら、G e はバンドギャップが狭い分暗電流が多発してしまい、ノイズの悪化の原因となる。

[0046] これに対して、本実施の形態では、受光部 1 1 0 をバンドギャップの狭い G e 基板 1 1 に設けることにより N I R および S W I R に対する量子効率を向上させつつ、増倍部 1 2 0 は G e 基板 1 1 よりもバンドギャップの広い S i 基板 1 2 に設けて暗電流の発生を低減するようにした。

[0047] 以上により、本実施の形態の光検出装置 1 では、N I R および S W I R の波長の感度を向上させつつ、ノイズの発生を低減することが可能となる。

[0048] また、本実施の形態の光検出装置 1 では、アノード 1 4 1 を受光面となる G e 基板 1 1 の第 2 面 1 1 S 2 の隣り合う単位画素 P の間に設けるようにした。

- [0049] アバランシェ増倍領域 120X 内に形成される強電界は均一ではないため、受光部 110 で光電変換された電荷が通る位置によって増倍される確率（感度）にばらつきが生じる虞がある。図 6 は、アノード 141 を Ge 基板 11 の第 2 面 11S2 の単位画素 P の中央に設けた場合の電荷の流れを模式的に表したものである。アノード 141 を単位画素 P の中央に設けた場合、受光部 110 で光電変換された電荷は単位画素 P の中央から外側に広がりながら増倍部 120 に輸送される。このため、増倍部 120 に転送された電荷は、アバランシェ増倍領域 120X 全体を通るようになり、増倍確率にばらつきが生じてしまう。
- [0050] 一方、本実施の形態のように、アノード 141 を Ge 基板 11 の第 2 面 11S2 の隣り合う単位画素 P の間に設けた場合には、単位画素 P の周縁部のポテンシャルが負側に引っ張られ、受光部 110 で光電変換された電荷は、図 7 に示したように、単位画素 P の中央部に移動しながら増倍部 120 に転送される。このため、増倍部 120 に転送された電荷は、アバランシェ増倍領域 120X の中央を集中して通るようになり、増倍される確率が均一化される。
- [0051] 更に、増倍部 120 を構成する p 型半導体領域 (p^+) を光入射側 S1 の第 4 面 12S2 の界面に形成した場合、受光部 110 からの電荷転送パスに転送障壁が形成される虞がある。しかしながら、本実施の形態では、アノード 141 に、例えば負電圧を印加するようにした。これにより、カソード 225A 側との電位差がより大きくなり、増倍部 120 内での電荷の転送が促進される。
- [0052] よって、NIR および SWIR の波長の感度をさらに向上させることが可能となる。
- [0053] 更にまた、本実施の形態では、光入射側 S1 に、例えば単位画素 P 毎に集光レンズ 31 を設けるようにした。これにより、アノード 141 による週遮光のケラレを低減することができ、NIR および SWIR の波長の感度をさらに向上させることが可能となる。

[0054] なお、図1等では、増倍部120を構成するp型半導体領域(p^+)121と、n型半導体領域(n^+)122との間に不純物を含まない領域を有する例を示したが、これに限らない。増倍部120を構成するp型半導体領域(p^+)121と、n型半導体領域(n^+)122は、例えば図8に示したように、Si基板12内で互いに接していてもよい。これにより、タイミングジッタ特性を改善することができる。また、Si基板12のZ軸方向の厚みを削減し、低背化することができる。

[0055] 次に、本開示の変形例1～6ならびに適用例および応用例について説明する。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。

[0056] <2. 変形例>

(2-1. 変形例1)

図9は、本開示の変形例1に係る光検出装置(光検出装置1A)の断面構成の一例を模式的に表したものである。光検出装置1Aは、例えば上記実施の形態と同様に、ToF法により距離計測を行う距離画像センサ(距離画像装置1000)やイメージセンサ等に適用されるものである。本変形例の光検出装置1Aは、p型コンタクト層(p^{++})142をGe基板11の第2面11S2の全面に形成した点が、上記実施の形態とは異なる。

[0057] このように、本変形例の光検出装置1Aでは、p型コンタクト層(p^{++})142をGe基板11の第2面11S2の全面に設けるようにした。これにより、アノード141の近傍だけでなく単位画素Pの中央部においても電界勾配を形成することができ、受光部110内での電荷の転送が促進される。また、Ge基板11の第2面11S2界面近傍が高濃度の正孔で満たされるようになるため、第2面11S2界面での暗電流の発生を抑制することが可能となる。

[0058] (2-2. 変形例2)

図10は、本開示の変形例2に係る光検出装置(光検出装置1B)の断面構成の一例を模式的に表したものである。光検出装置1Bは、例えば上記実

施の形態と同様に、T o F 法により距離計測を行う距離画像センサ（距離画像装置 1 0 0 0）やイメージセンサ等に適用されるものである。本変形例の光検出装置 1 B は、G e 基板 1 1 と S i 基板 1 2 との間に、それぞれの基板 1 1, 1 2 のバンドギャップの間のバンドギャップを有する S i G e 層 1 4 を配置した点が、上記実施の形態とは異なる。

[0059] このように、本変形例の光検出装置 1 B では、G e 基板 1 1 と S i 基板 1 2 との間に、本開示の「半導体層」の一具体例に相当する S i G e 層 1 4 を配置するようにした。これにより、G e 基板 1 1 と S i 基板 1 2 との界面における格子不整合に起因する界面準位の発生が抑制される。よって、G e 基板 1 1 と S i 基板 1 2 との界面での暗電流の発生を低減することが可能となる。

[0060] （2－3．変形例 3）

図 1 1 は、本開示の変形例 3 に係る光検出装置（光検出装置 1 C）の断面構成の一例を模式的に表したものである。光検出装置 1 C は、例えば上記実施の形態と同様に、T o F 法により距離計測を行う距離画像センサ（距離画像装置 1 0 0 0）やイメージセンサ等に適用されるものである。本変形例の光検出装置 1 C は、p 型半導体領域（p⁺）1 2 1 が形成される S i 基板 1 2 の第 4 面 1 2 S 2 の全面に p 型半導体領域（p⁺）1 2 4 を設けた点が、上記実施の形態とは異なる。

[0061] このように、本変形例の光検出装置 1 C では、S i 基板 1 2 の第 4 面 1 2 S 2 の全面に p 型半導体領域（p⁺）1 2 1, 1 2 4 を設けるようにした。これにより、G e 基板 1 1 の第 2 面 1 1 S 2 の界面近傍が高濃度の正孔で満たされるようになるため、G e 基板 1 1 と S i 基板 1 2 との界面における格子不整合に起因する暗電流の発生を低減することが可能となる。

[0062] なお、S i 基板 1 2 の第 4 面 1 2 S 2 の全面に p 型半導体領域（p⁺）1 2 1, 1 2 4 の不純物濃度は均一でもよいが、p 型半導体領域（p⁺）1 2 4 の不純物濃度は、単位画素 P 毎に設けられた p 型半導体領域（p⁺）1 2 1 よりも相対的に低いことが好ましい。これにより、強電界を単位画素 P の中央に

選択的に形成することが可能となる。

[0063] (2-4. 変形例4)

図12は、本開示の変形例4に係る光検出装置（光検出装置1D）の断面構成の一例を模式的に表したものである。光検出装置1Dは、例えば上記実施の形態と同様に、ToF法により距離計測を行う距離画像センサ（距離画像装置1000）やイメージセンサ等に適用されるものである。本変形例の光検出装置1Dは、増倍部120が形成されるSi基板12の隣り合う単位画素Pの間に素子分離部125を設けた点が、上記変形例3とは異なる。

[0064] 素子分離部125は、隣り合う単位画素Pの間を電氣的に分離するものであり、本開示の「分離部」の一具体例に相当するものである。素子分離部125は、例えば、上記変形例3において隣り合うp型半導体領域(p⁺)121の間にもうけられたp型半導体領域(p⁺)124を、隣り合う単位画素Pの間において第3面12S1に向かって延在させることで形成することができる。

[0065] このように、本変形例では、増倍部120が形成されるSi基板12の隣り合う単位画素Pの間に素子分離部125を設けるようにしたので、隣接する単位画素Pでの電荷の漏れ込みによる混色の発生を低減することが可能となる。

[0066] また、素子分離部125は、例えば図13に示したように、Si基板12の第4面12S2から第3面12S1に向かって延在するp型半導体領域(p⁺)124に、絶縁膜127を間にして遮光膜126を埋め込んで形成するようにしてもよい。遮光膜126は、例えば、遮光性を有する導電材料を用いて形成されている。このような材料としては、例えば、タングステン(W)、銀(Ag)、銅(Cu)、アルミニウム(Al)またはAlと銅(Cu)との合金等が挙げられる。絶縁膜127は、例えば、シリコン酸化(SiO_x)膜等を用いて形成されている。

[0067] これにより、隣り合う単位画素Pの間を電氣的および光學的に分離することができ、アバランシェ増倍領域120Xでの自発光成分が隣接する単位画

素Pへ漏れ込むことによる混色の発生を防ぐことが可能となる。

[0068] 更に、遮光膜126には、独立して電圧を印加できるようにしてもよい。

例えば、遮光膜126に負電圧を印加することにより、素子分離部125の界面近傍が正孔で満たされるようになるため、素子分離部125界面での暗電流の発生を低減することが可能となる。

[0069] (2-5. 変形例5)

図14は、本開示の変形例5に係る光検出装置(光検出装置1E)の断面構成の一例を模式的に表したものである。光検出装置1Eは、例えば上記実施の形態と同様に、ToF法により距離計測を行う距離画像センサ(距離画像装置1000)やイメージセンサ等に適用されるものである。本変形例の光検出装置1Eは、素子分離部125の側面に延在するp型半導体領域(p^+)124に、Si基板12の内部において単位画素Pの中央に向かって延在すると共に、単位画素P中央部において開口124Hを有する拡張部124Xを設け、この拡張部124Xに接してp型半導体領域(p^+)121を局所的に第3面12S1側に設けた点が、上記変形例4とは異なる。

[0070] このように、本変形例の光検出装置1Eでは、p型半導体領域(p^+)121をSi基板12の第4面12S2の界面から離し、例えば、Si基板12の第3面12S1の界面近傍に設けられたn型半導体領域(n^+)122と接するように局所的に設けるようにした。これにより、Ge基板11とSi基板12との間の界面や、素子分離部125の界面で発生した暗電流がアバランシェ増倍領域120Xにおいて増倍されるのを防ぐことが可能となる。

[0071] また、本変形例では、p型半導体領域(p^+)121をSi基板12の第3面12S1寄りに設けるようにしたので、例えばGe基板11の受光部110で吸収しきれなかった光をp型半導体領域(p^+)121上方のSi基板12で吸収することができる。これにより、上記実施の形態等と比較して、光電変換効率を向上させることができ、感度をさらに向上させることが可能となる。

[0072] なお、本変形例の光検出装置1Eは、以下のような構成としてもよい。

[0073] 例えば、光検出装置 1 E は、図 1 5 に示したように、拡張部 1 2 4 X に変えて、p 型半導体領域 (p^+) 1 2 1 を単位画素 P の全面に形成し、素子分離部 1 2 5 の側面に延在する p 型半導体領域 (p^+) 1 2 4 と接するようにしてもよい。これにより、拡張部 1 2 4 X と p 型半導体領域 (p^+) 1 2 1 とによる p 型不純物の重ね合わせのばらつきに起因する感度のばらつきを抑制することが可能となる。

[0074] 例えば、光検出装置 1 E は、図 1 6 に示したように、拡張部 1 2 4 X を p 型半導体領域 (p^+) 1 2 1 で置き換えてもよい。具体的には、p 型半導体領域 (p^+) 1 2 1 を Si 基板 1 2 内において例えば n 型半導体領域 (n^+) 1 2 2 から離して単位画素 P の全面に形成し、略中央部に開口 1 2 1 H を設けるようにしてもよい。図 1 6 に示した光検出装置 1 E では、p 型半導体領域 (p^+) 1 2 1 と n 型半導体領域 (n^+) 1 2 2 との間には、フリンジ電界による強電界が形成される。これにより、例えば、図 1 4 や図 1 5 に示したように、単位画素 P の中央に p 型半導体領域 (p^+) 1 2 1 を設けた場合と比較して、ポテンシャルバリアの発生による増倍部 1 2 0 への電荷の転送が阻害される虞が改善される。

[0075] (2-6. 変形例 6)

図 1 7 は、本開示の変形例 6 に係る光検出装置 (光検出装置 1 F) の断面構成の一例を模式的に表したものである。光検出装置 1 F は、例えば上記実施の形態と同様に、ToF 法により距離計測を行う距離画像センサ (距離画像装置 1 0 0 0) やイメージセンサ等に適用されるものである。本変形例の光検出装置 1 F は、p 型コンタクト層 (p^{++}) 1 4 2 に変えて受光部 1 1 0 が形成される Ge 基板 1 1 の第 2 面 1 1 S 2 に p 型不純物拡散領域 (p^{++}) 1 1 3 を設けると共に、その周囲に、例えば Ge 基板 1 1 の第 1 面 1 1 S 1 と第 2 面 1 1 S 2 との間を貫通する p 型半導体領域 (p^+) 1 1 4 を設けた点が、上記変形例 5 とは異なる。

[0076] このように、本変形例では、p 型コンタクト層 (p^{++}) 1 4 2 に変えて p 型不純物拡散領域 (p^{++}) 1 1 3 を Ge 基板 1 1 の第 2 面 1 1 S 2 の界面に

埋め込み形成し、アノード141をGe基板11の第2面11S2上に直接設けるようにした。これにより、アノード141の位置が相対的に受光部110に近くなるため、受光部110における隣接する単位画素Pでの電荷の漏れ込みによる混色の発生を低減することが可能となる。

[0077] また、本変形例では、p型不純物拡散領域(p^{++})113の周囲にはGe基板11の第1面11S1と第2面11S2との間を貫通するp型半導体領域(p^{+})114を設けるようにしたので、受光部110における隣接する単位画素Pでの電荷の漏れ込みによる混色の発生を低減することが可能となる。

[0078] 更に、p型不純物拡散領域(p^{++})113の周囲に設けられるp型半導体領域(p^{+})114は、図17に示したように、Ge基板11の第1面11S1側において、Si基板12に設けられたp型半導体領域(p^{+})124と接していることが好ましい。これにより、アノード141の印加電圧をアバランシェ増倍領域120Xへ効率よく伝えることが可能となる。

[0079] なお、本変形例の光検出装置1Fは、以下のような構成としてもよい。

[0080] 例えば、光検出装置1Fは、図18に示したように、アノード141の一部をGe基板11に埋設するようにしてもよい。これにより、受光部110における隣接する単位画素Pでの電荷の漏れ込みによる混色の発生を低減することが可能となる。

[0081] 例えば、光検出装置1Fは、図19に示したように、アノード141の一部がGe基板11およびSi基板12を貫通するようにしてもよい。これにより、隣り合う単位画素Pの間を受光部110および増倍部120両方で電気的および光学的に分離することができ、混色の発生をさらに防ぐことが可能となる。

[0082] また、図19に示した光検出装置1Fでは、アノード141を周辺部100Bに引き回すことなく、アノード141とバイアス電圧印加部210とを画素アレイ部100Aにおいて接続することが可能となる。

[0083] なお、図19では、Ge基板11およびSi基板12を貫通するアノード

141A, 141Bが同じ線幅で形成されている例を示したが、これに限らない。Ge基板11およびSi基板12を貫通するアノード141A, 141Bは、それぞれ別の工程で形成する等して、異なる線幅となっても構わない。

[0084] <3. 適用例>

図20は、上記実施の形態および変形例1～6に係る光検出装置（例えば、光検出装置1）を備えた電子機器としての距離画像装置1000の概略構成の一例を表したものである。この距離画像装置1000が、本開示の「測距装置」の一具体例に相当する。

[0085] 距離画像装置1000は、例えば、光源装置1100と、光学系1200と、光検出装置1と、画像処理回路1300と、モニタ1400と、メモリ1500とを有している。

[0086] 距離画像装置1000は、光源装置1100から照射対象物2000に向かって投光され、照射対象物2000の表面で反射された光（変調光やパルス光）を受光することにより、照射対象物2000までの距離に応じた距離画像を取得することができる。

[0087] 光学系1200は、1枚または複数枚のレンズを有して構成され、照射対象物2000からの像光（入射光）を光検出装置1に導き、光検出装置1の受光面（センサ部）に結像させる。

[0088] 画像処理回路1300は、光検出装置1から供給された距離信号に基づいて距離画像を構築する画像処理を行い、その画像処理により得られた距離画像（画像データ）は、モニタ1400に供給されて表示されたり、メモリ1500に供給されて記憶（記録）されたりする。

[0089] このように構成された距離画像装置1000では、上述した光検出装置（例えば、光検出装置1）を適用することで、安定性の高い単位画素Pからの受光信号のみに基づいて照射対象物2000までの距離を演算し、精度の高い距離画像を生成することが可能となる。即ち、距離画像装置1000は、より正確な距離画像を取得することができる。

[0090] <4. 応用例>

(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。

[0091] 図21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。

[0092] 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21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。

[0093] 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。

[0094] 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。

[0095] 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。

[0096] 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。

[0097] 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。

[0098] 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A D A S (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。

[0099] 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。

[0100] 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。

[0101] 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21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。

[0102] 図22は、撮像部12031の設置位置の例を示す図である。

[0103] 図22では、撮像部12031として、撮像部12101, 12102, 12103, 12104, 12105を有する。

[0104] 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。

[0105] なお、図 22 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。

[0106] 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。

[0107] 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。

[0108] 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。

[0109] 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。

[0110] 以上、実施の形態および変形例 1 ～ 6 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、本開示の光検出装置では、上記実施の形態等で説明した各構成要素の全てを備えている必要はなく、また逆に他の層を備えていてもよい。例えば、光検出装置 1 が可視光以外の光（例えば、近赤外光（I R））を検出する場合には、カラーフィルタ 3 2 は省略しても構わない。

[0111] また、本開示の光検出装置を構成する半導体領域の極性は反転していてもよい。更に、本開示の光検出装置は、正孔を信号電荷としてもよい。

[0112] 更にまた、本開示の光検出装置は、アノードとカソードとの間に逆バイアスを印加することでアバランシェ増倍が起きるような状態であれば、それぞれの電位は限定されない。

[0113] また、上記実施の形態等では、センサ基板 1 0 とロジック基板 2 0 とが積層された積層型の光検出装置を例に本技術を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、本技術は、上記実施の形態等においてロジック基板 2 0 に設けられたバイアス電圧印加部 2 1 0 や読み出し回路や、垂直駆動回路、カラム信号処理回路、水平駆動回路および出力回路等を含むロジック回路が周辺部 1 0 0 B に設けられた光検出装置においても同様の効果を得ることができる。

[0114] なお、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。

[0115] なお、本開示は、以下のような構成であってもよい。以下の構成の本技術によれば、受光部をバンドギャップの狭い第 1 の基板に設け、増倍部を第 1 の基板よりもバンドギャップの広い第 2 の基板に設けるようにした。これにより、近赤外（N I R）および短波赤外（S W I R）の波長に対する量子効率を向上させつつ、増倍部での暗電流の発生を低減する。よって、近赤外および短波赤外の波長の感度を向上させつつ、ノイズの発生を低減することが可能となる。

(1)

受光面となる第 1 の面および前記第 1 の面と対向する第 2 の面を有すると

共に、複数の画素がアレイ状に配置され、前記画素毎に受光量に応じた電荷を光電変換により生成する受光部を有する第1の基板と、

前記第1の基板の前記第2の面側に配置され、前記第2の面に正対する第3の面および前記第3の面と対向する第4の面を有すると共に、前記第1の基板よりもバンドギャップが広く、前記受光部において生成された電荷をアバランシェ増倍する増倍部を前記画素毎に有する第2の基板と、

前記第1の基板の前記第1の面に設けられ、前記受光部と電氣的に接続された第1の電極と、

前記第2の基板の前記第4の面に設けられ、前記増倍部と電氣的に接続された第2の電極と

を備えた光検出装置。

(2)

前記第1の電極は、前記複数の画素間に設けられ、前記第1の基板の前記第1の面に格子状に設けられている、前記(1)に記載の光検出装置。

(3)

前記第1の電極には負電圧が印加される、前記(1)または(2)に記載の光検出装置。

(4)

前記第1の基板の前記第1の面に設けられた、第1の導電型の不純物を含む不純物拡散層をさらに有し、

前記第1の電極は、前記不純物拡散層を間にして前記第1の基板の前記第1の面に設けられている、前記(1)乃至(3)のうちのいずれか1つに記載の光検出装置。

(5)

前記不純物拡散層は、前記第1の面全体に設けられている、前記(4)に記載の光検出装置。

(6)

前記第1の基板と前記第2の基板との間には、前記第1の基板および前記

第2の基板のそれぞれのバンドギャップの間のバンドギャップを有する半導体層がさらに設けられている、前記（1）乃至（5）のうちのいずれか1つに記載の光検出装置。

（7）

前記増倍部は、前記第3の面側に設けられた第1の導電型領域と、前記第4の面側に設けられた第2の導電型領域とを有する、前記（1）乃至（6）のうちのいずれか1つに記載の光検出装置。

（8）

前記増倍部は、前記第3の面の界面近傍に、前記第1の導電型領域よりも相対的に不純物濃度の低い第1の第1導電型層をさらに有する、前記（7）に記載の光検出装置。

（9）

前記第2の基板は、隣り合う前記画素の間を電氣的に分離する分離部をさらに有し、

前記分離部は、前記第1の第1導電型層が隣り合う前記画素間において前記第3の面から前記第4の面に向かって延在することによって形成されている、前記（8）に記載の光検出装置。

（10）

前記第2の基板は、隣り合う前記画素の間を電氣的に分離する分離部をさらに有し、

前記分離部は、遮光性を有する材料によって形成されている、前記（1）乃至（9）のうちのいずれか1つに記載の光検出装置。

（11）

前記第1の第1導電型層は、前記第2の基板の内部において前記画素の中央に向かって延在すると共に、前記画素の中央に第1の開口を有する拡張部をさらに有し、

前記第1の導電型領域は、前記第4の面側において前記拡張部と接している、前記（9）または（10）に記載の光検出装置。

(12)

前記第1の導電型領域は、前記第2の基板の内部において、前記第3の面から前記第4の面に向かって延在する前記第1の第1導電型層に接するように前記画素の全面に形成されている、前記(9)または(10)に記載の光検出装置。

(13)

前記第1の導電型領域は、前記画素の中央に第2の開口を有している、前記(12)に記載の光検出装置。

(14)

前記第1の基板の前記第1の面に埋め込み形成された、第1の導電型の不純物を含む不純物拡散領域と、

前記不純物拡散領域の周囲に設けられ、前記第1の基板の前記第1の面と前記第2の面との間を貫通すると共に、前記第1の第1導電型層と電氣的に接続された、前記不純物拡散領域よりも不純物濃度の低い第2の第1導電型領域とをさらに有する、前記(8)乃至(13)のうちのいずれか1つに記載の光検出装置。

(15)

前記第1の電極の一部は前記不純物拡散領域に埋め込まれている、前記(14)に記載の光検出装置。

(16)

前記第1の電極の一部は前記第2の基板の前記第4の面まで貫通している、前記(14)に記載の光検出装置。

(17)

前記第1の基板は、ゲルマニウム、シリコンゲルマニウムおよびインジウム・ガリウム・ヒ素からなる基板である、前記(1)乃至(16)のうちのいずれか1つに記載の光検出装置。

(18)

前記第2の基板はシリコン基板である、前記(1)乃至(17)のうちの

いずれか１つに記載の光検出装置。

(19)

前記第１の面には、さらに、入射光を前記受光部に集光する集光レンズが前記画素毎に設けられている、前記(1)乃至(18)のうちのいずれか１つに記載の光検出装置。

(20)

光学系と、光検出装置と、前記光検出装置の出力信号から測定対象物までの距離を算出する信号処理回路とを備え、

前記光検出装置は、

受光面となる第１の面および前記第１の面と対向する第２の面を有すると共に、複数の画素がアレイ状に配置され、前記画素毎に受光量に応じた電荷を光電変換により生成する受光部を有する第１の基板と、

前記第１の基板の前記第２の面側に配置され、前記第２の面に正対する第３の面および前記第３の面と対向する第４の面を有すると共に、前記第１の基板よりもバンドギャップが広く、前記受光部において生成された電荷をアバランシェ増倍する増倍部を前記画素毎に有する第２の基板と、

前記第１の基板の前記第１の面に設けられ、前記受光部と電氣的に接続された第１の電極と、

前記第２の基板の前記第４の面に設けられ、前記増倍部と電氣的に接続された第２の電極と

を有する測距装置。

[0116] 本出願は、日本国特許庁において２０２１年５月２０日に出願された日本特許出願番号２０２１－０８５６３１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。

[0117] 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] 受光面となる第1の面および前記第1の面と対向する第2の面を有すると共に、複数の画素がアレイ状に配置され、前記画素毎に受光量に応じた電荷を光電変換により生成する受光部を有する第1の基板と、
- 前記第1の基板の前記第2の面側に配置され、前記第2の面に正対する第3の面および前記第3の面と対向する第4の面を有すると共に、前記第1の基板よりもバンドギャップが広く、前記受光部において生成された電荷をアバランシェ増倍する増倍部を前記画素毎に有する第2の基板と、
- 前記第1の基板の前記第1の面に設けられ、前記受光部と電氣的に接続された第1の電極と、
- 前記第2の基板の前記第4の面に設けられ、前記増倍部と電氣的に接続された第2の電極と
- を備えた光検出装置。
- [請求項2] 前記第1の電極は、前記複数の画素間に設けられ、前記第1の基板の前記第1の面に格子状に設けられている、請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項3] 前記第1の電極には負電圧が印加される、請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項4] 前記第1の基板の前記第1の面に設けられた、第1の導電型の不純物を含む不純物拡散層をさらに有し、
- 前記第1の電極は、前記不純物拡散層を間にして前記第1の基板の前記第1の面に設けられている、請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項5] 前記不純物拡散層は、前記第1の面全体に設けられている、請求項4に記載の光検出装置。
- [請求項6] 前記第1の基板と前記第2の基板との間には、前記第1の基板および前記第2の基板のそれぞれのバンドギャップの間のバンドギャップ

を有する半導体層がさらに設けられている、請求項 1 に記載の光検出装置。

[請求項7] 前記増倍部は、前記第 3 の面側に設けられた第 1 の導電型領域と、前記第 4 の面側に設けられた第 2 の導電型領域とを有する、請求項 1 に記載の光検出装置。

[請求項8] 前記増倍部は、前記第 3 の面の界面近傍に、前記第 1 の導電型領域よりも相対的に不純物濃度の低い第 1 の第 1 導電型層をさらに有する、請求項 7 に記載の光検出装置。

[請求項9] 前記第 2 の基板は、隣り合う前記画素の間を電氣的に分離する分離部をさらに有し、

前記分離部は、前記第 1 の第 1 導電型層が隣り合う前記画素間において前記第 3 の面から前記第 4 の面に向かって延在することによって形成されている、請求項 8 に記載の光検出装置。

[請求項10] 前記第 2 の基板は、隣り合う前記画素の間を電氣的に分離する分離部をさらに有し、

前記分離部は、遮光性を有する材料によって形成されている、請求項 1 に記載の光検出装置。

[請求項11] 前記第 1 の第 1 導電型層は、前記第 2 の基板の内部において前記画素の中央に向かって延在すると共に、前記画素の中央に第 1 の開口を有する拡張部をさらに有し、

前記第 1 の導電型領域は、前記第 4 の面側において前記拡張部と接している、請求項 9 に記載の光検出装置。

[請求項12] 前記第 1 の導電型領域は、前記第 2 の基板の内部において、前記第 3 の面から前記第 4 の面に向かって延在する前記第 1 の第 1 導電型層に接するように前記画素の全面に形成されている、請求項 9 に記載の光検出装置。

[請求項13] 前記第 1 の導電型領域は、前記画素の中央に第 2 の開口を有している、請求項 1 2 に記載の光検出装置。

- [請求項14] 前記第1の基板の前記第1の面に埋め込み形成された、第1の導電型の不純物を含む不純物拡散領域と、
- 前記不純物拡散領域の周囲に設けられ、前記第1の基板の前記第1の面と前記第2の面との間を貫通すると共に、前記第1の第1導電型層と電氣的に接続された、前記不純物拡散領域よりも不純物濃度の低い第2の第1導電型領域とをさらに有する、請求項8に記載の光検出装置。
- [請求項15] 前記第1の電極の一部は前記不純物拡散領域に埋め込まれている、請求項14に記載の光検出装置。
- [請求項16] 前記第1の電極の一部は前記第2の基板の前記第4の面まで貫通している、請求項14に記載の光検出装置。
- [請求項17] 前記第1の基板は、ゲルマニウム、シリコンゲルマニウムおよびインジウム・ガリウム・ヒ素からなる基板である、請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項18] 前記第2の基板はシリコン基板である、請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項19] 前記第1の面には、さらに、入射光を前記受光部に集光する集光レンズが前記画素毎に設けられている、請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項20] 光学系と、光検出装置と、前記光検出装置の出力信号から測定対象物までの距離を算出する信号処理回路とを備え、
- 前記光検出装置は、
- 受光面となる第1の面および前記第1の面と対向する第2の面を有すると共に、複数の画素がアレイ状に配置され、前記画素毎に受光量に応じた電荷を光電変換により生成する受光部を有する第1の基板と、
- 前記第1の基板の前記第2の面側に配置され、前記第2の面に正対する第3の面および前記第3の面と対向する第4の面を有すると共に、前記第1の基板よりもバンドギャップが広く、前記受光部において

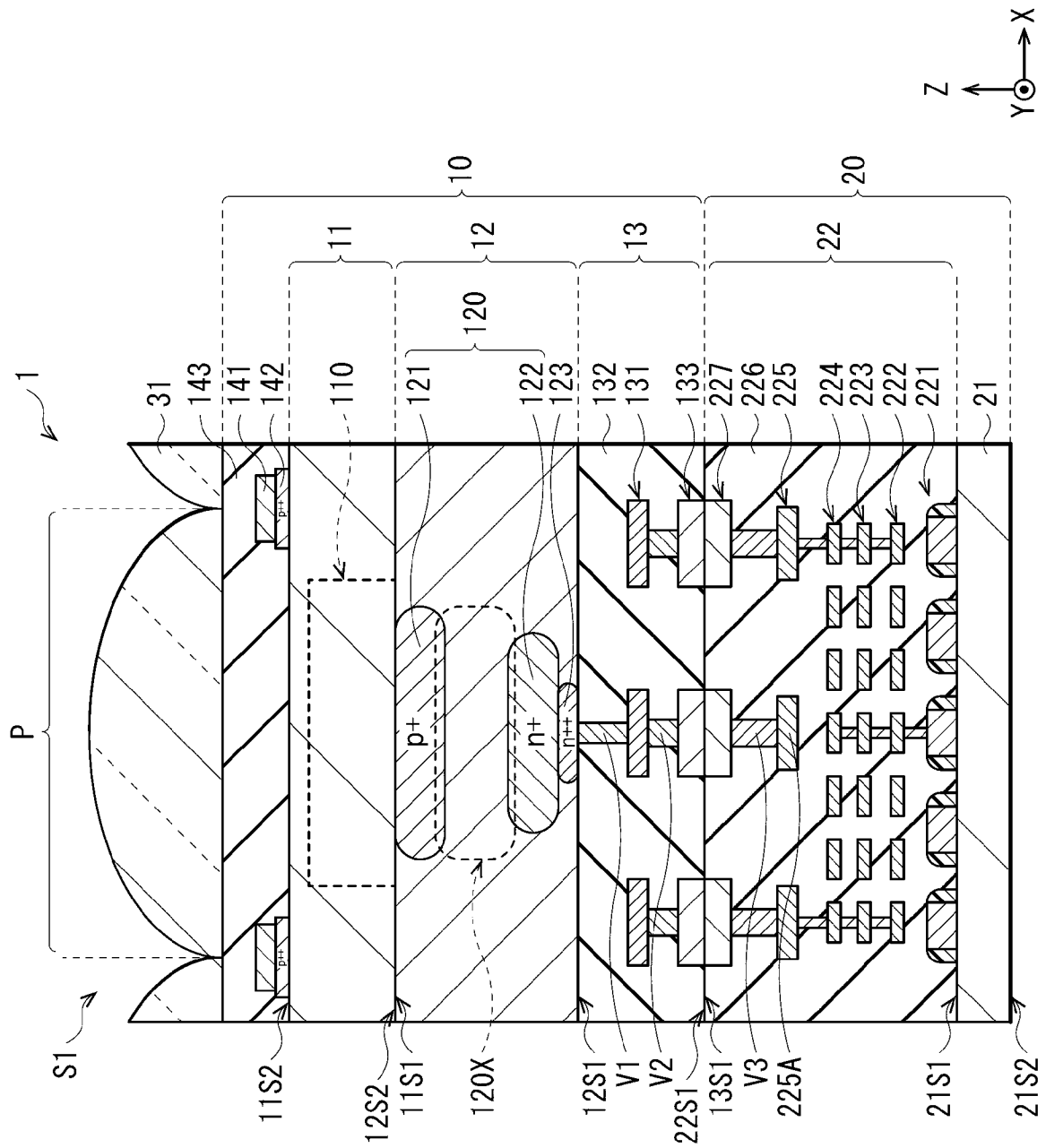
生成された電荷をアバランシェ増倍する増倍部を前記画素毎に有する第 2 の基板と、

前記第 1 の基板の前記第 1 の面に設けられ、前記受光部と電氣的に接続された第 1 の電極と、

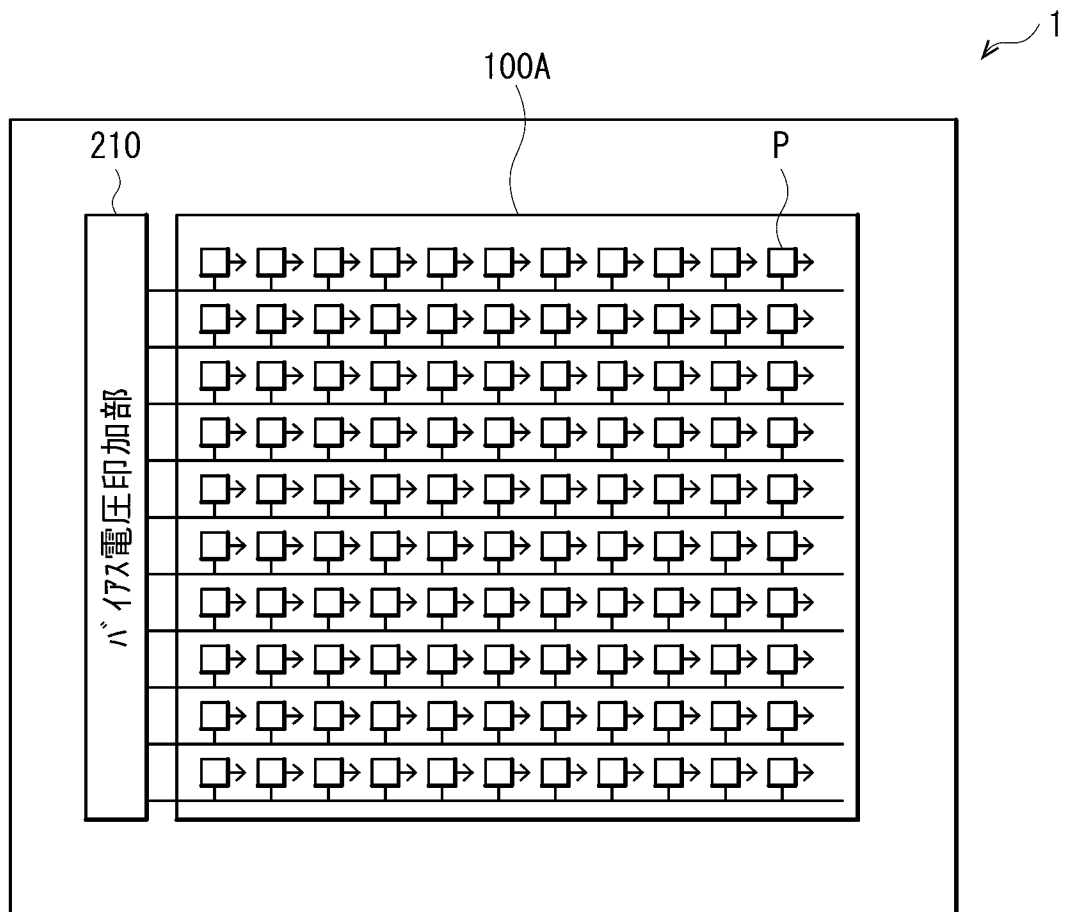
前記第 2 の基板の前記第 4 の面に設けられ、前記増倍部と電氣的に接続された第 2 の電極と

を有する測距装置。

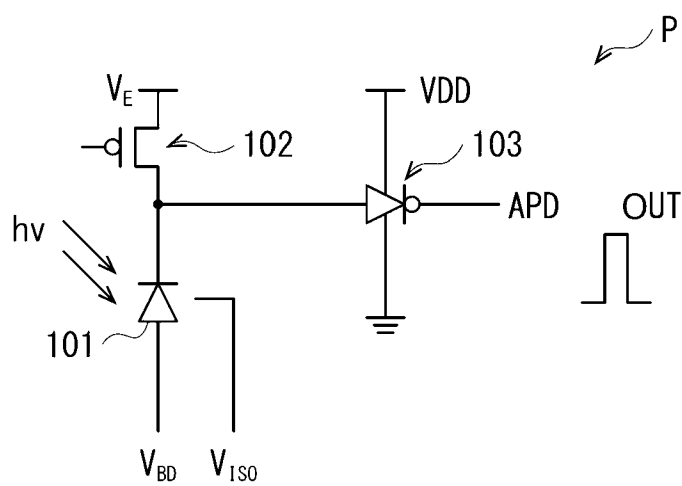
[図1]



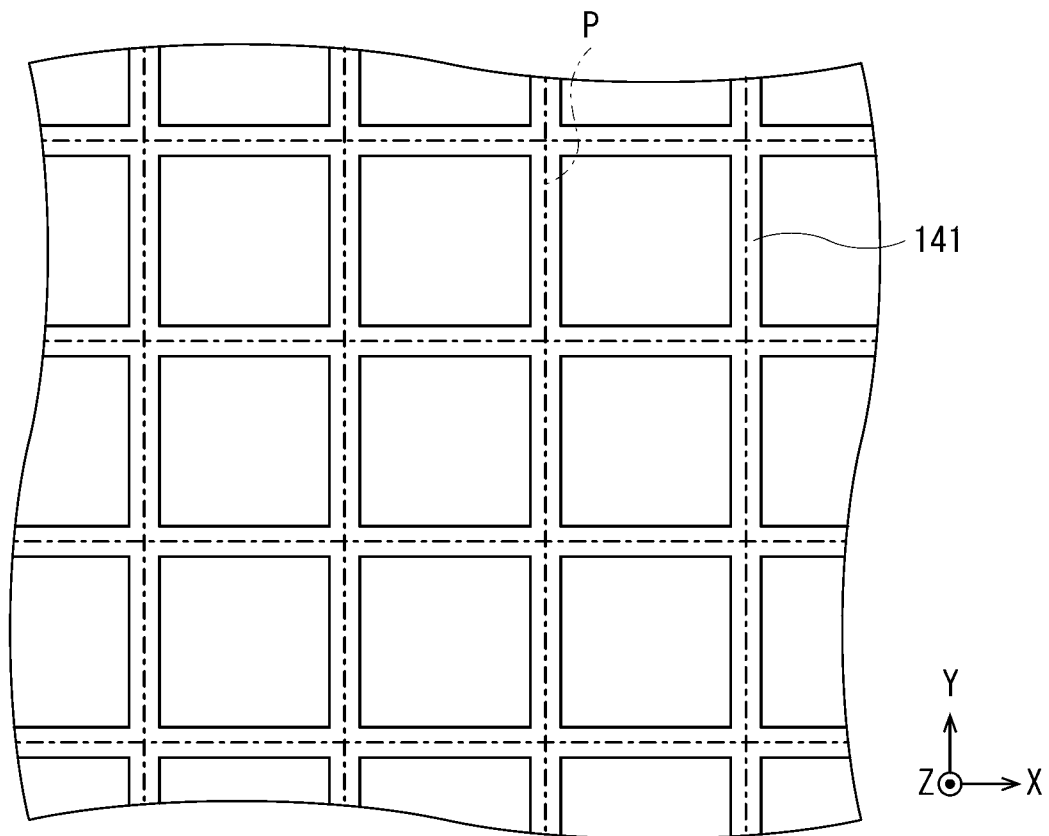
[図2]



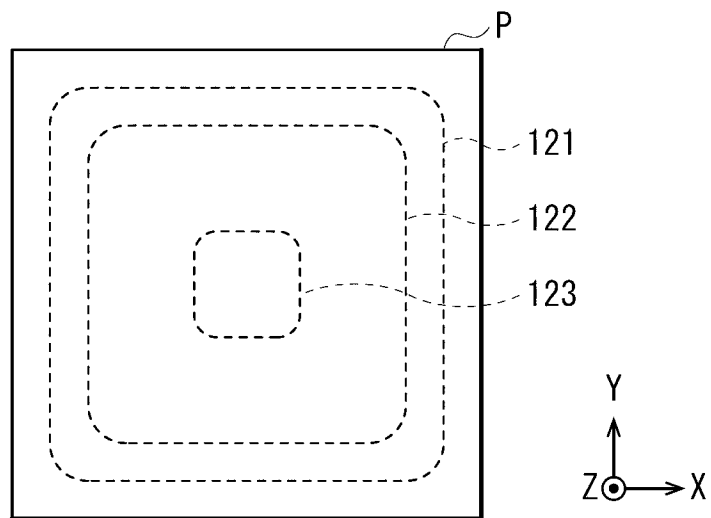
[図3]

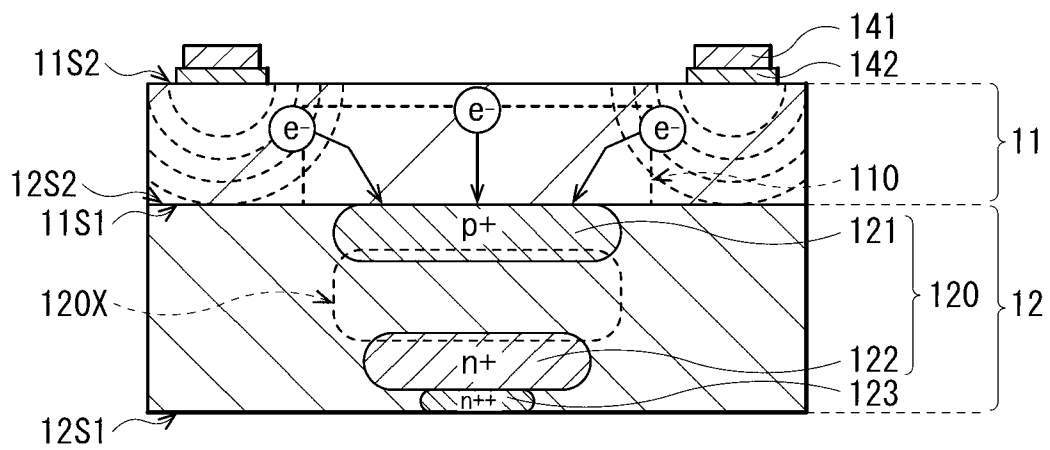


[図4A]

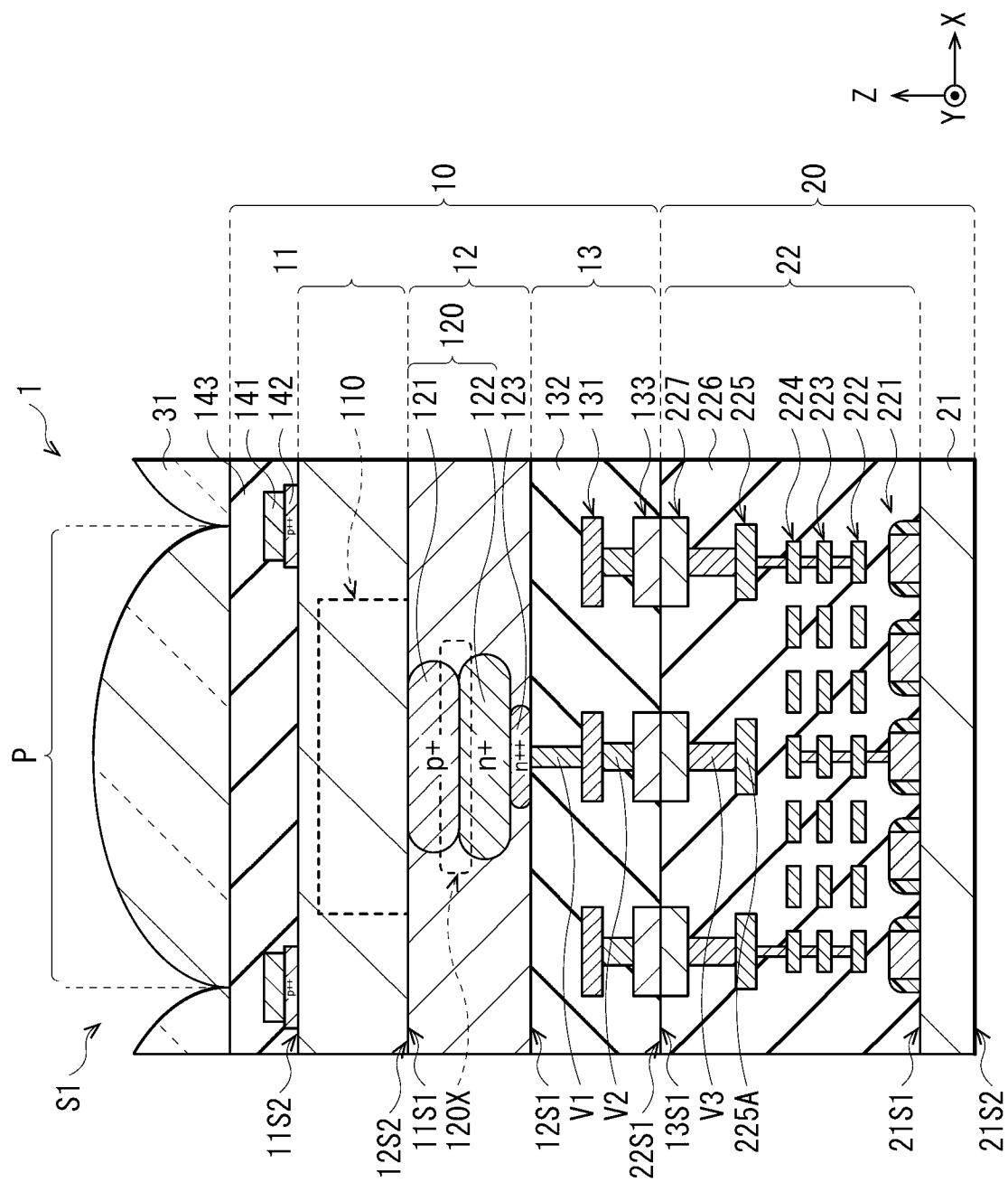


[図4B]

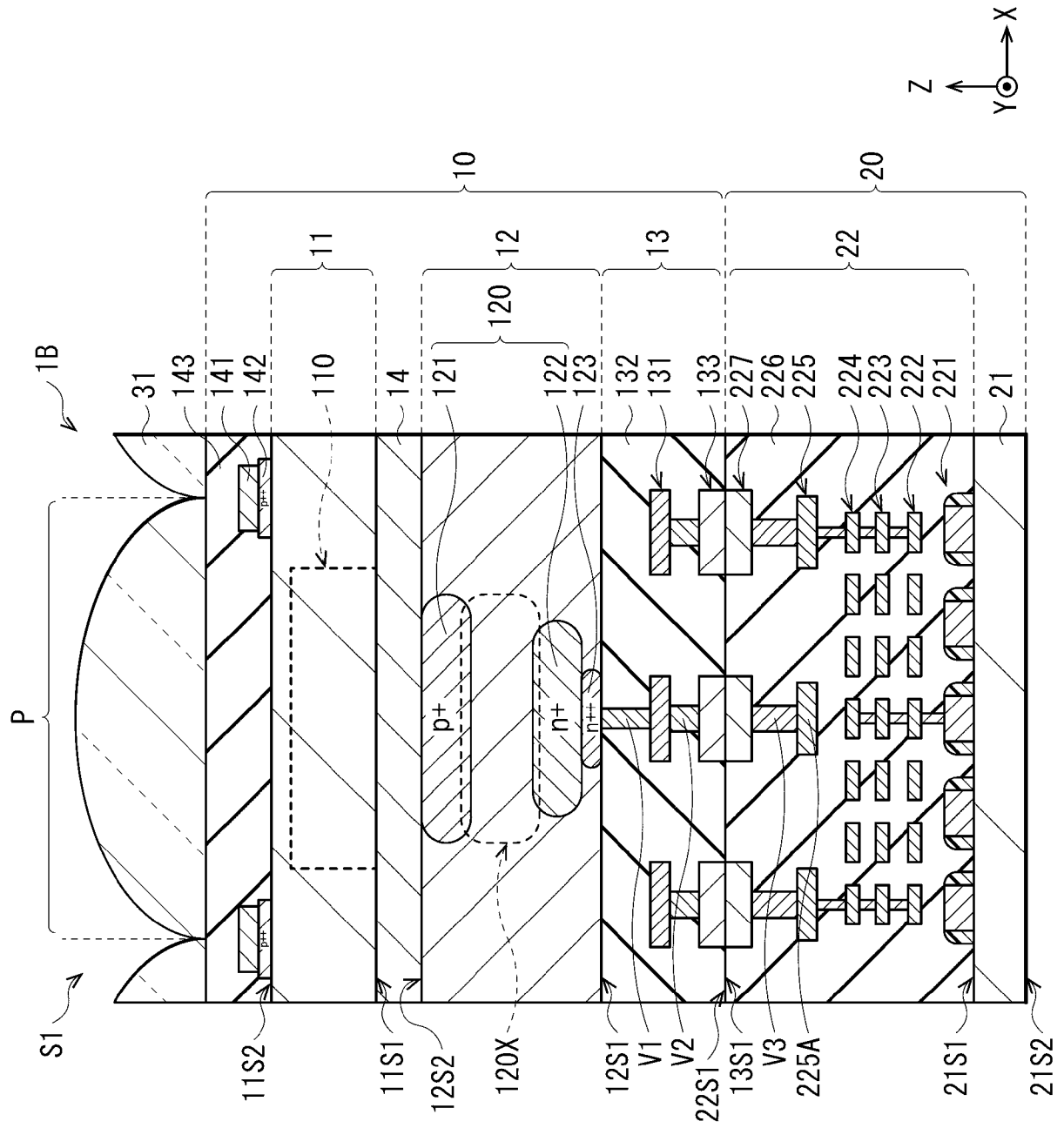




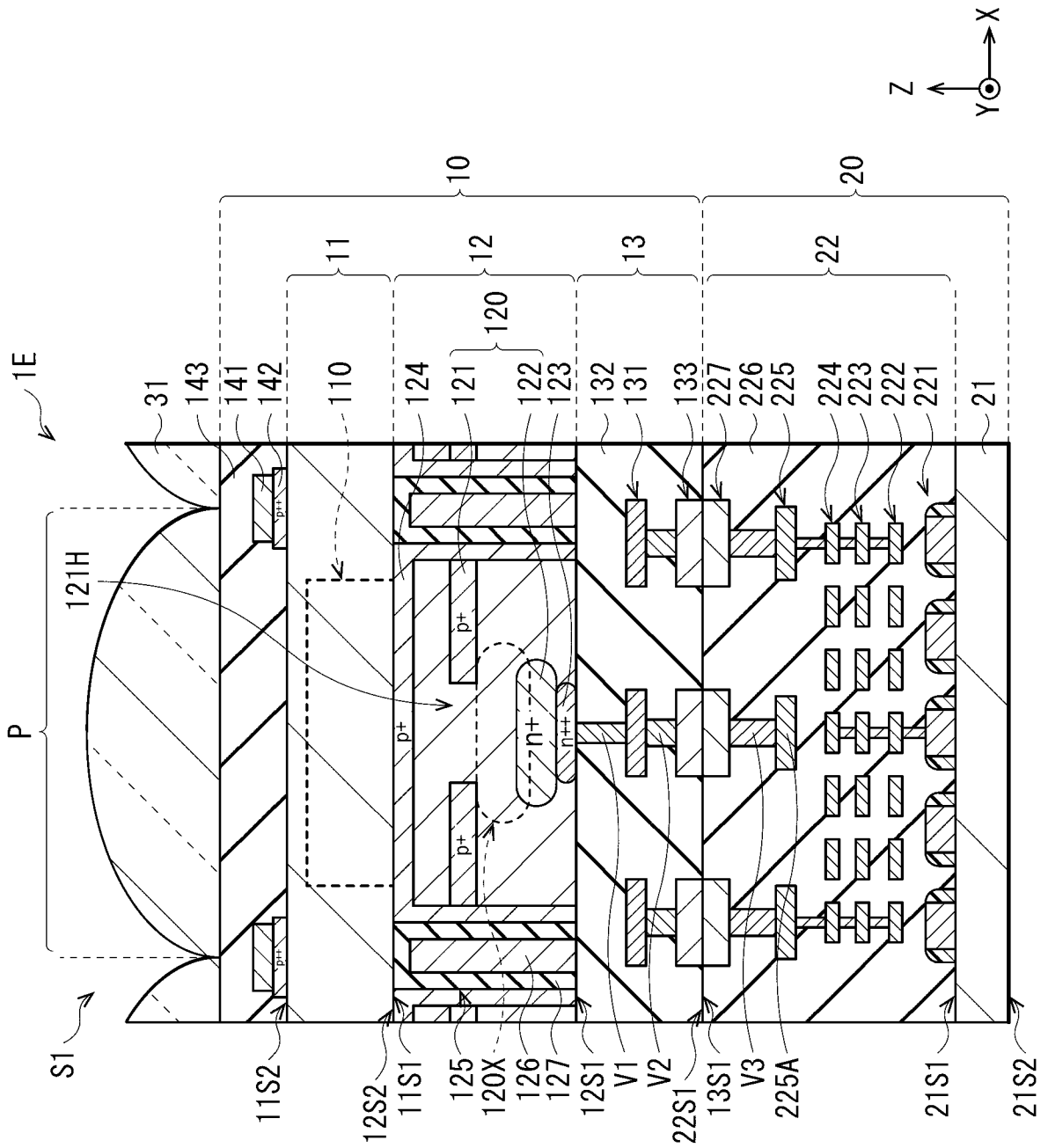
[図8]



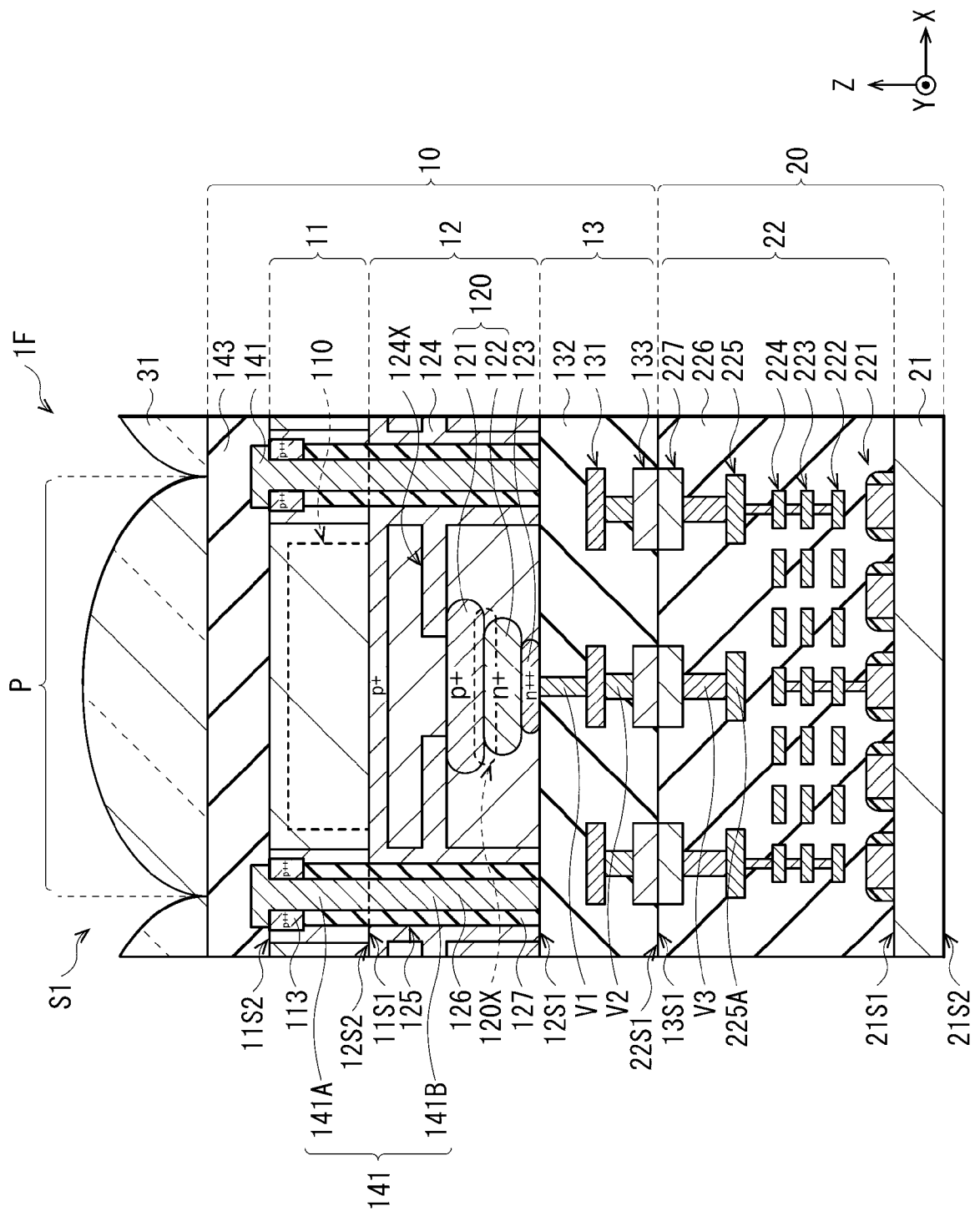
[図10]



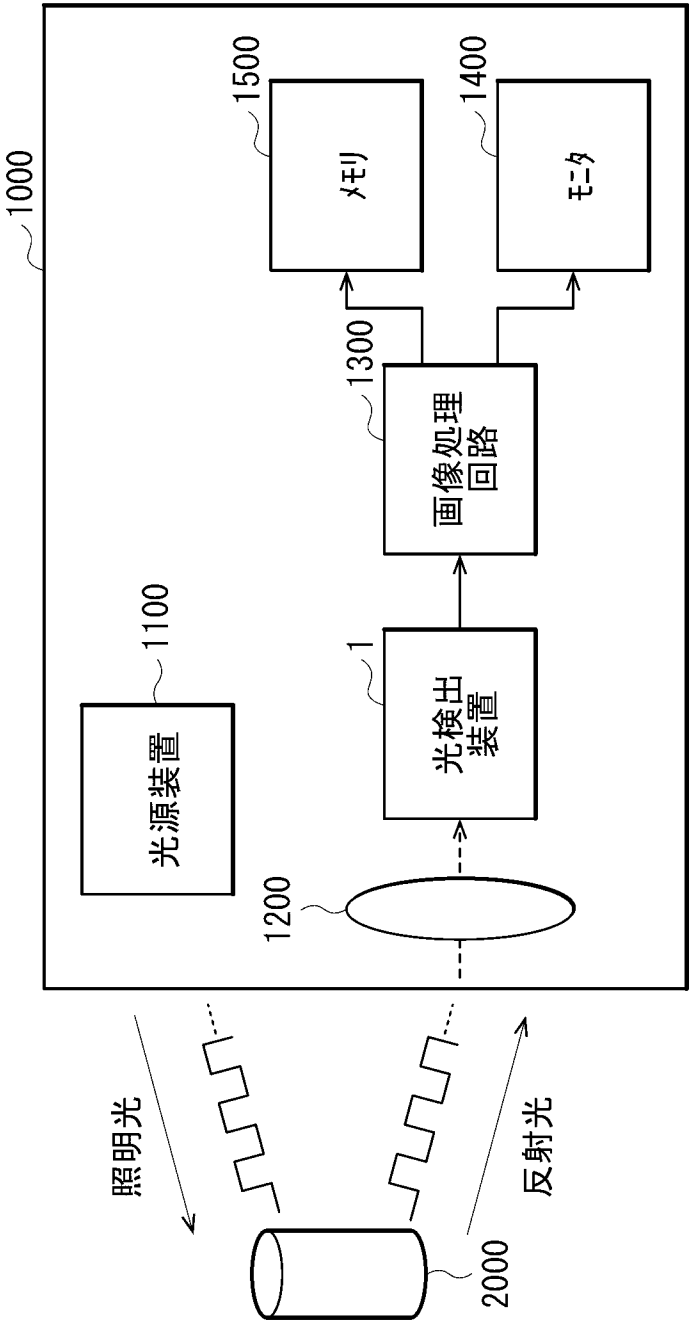
[図16]



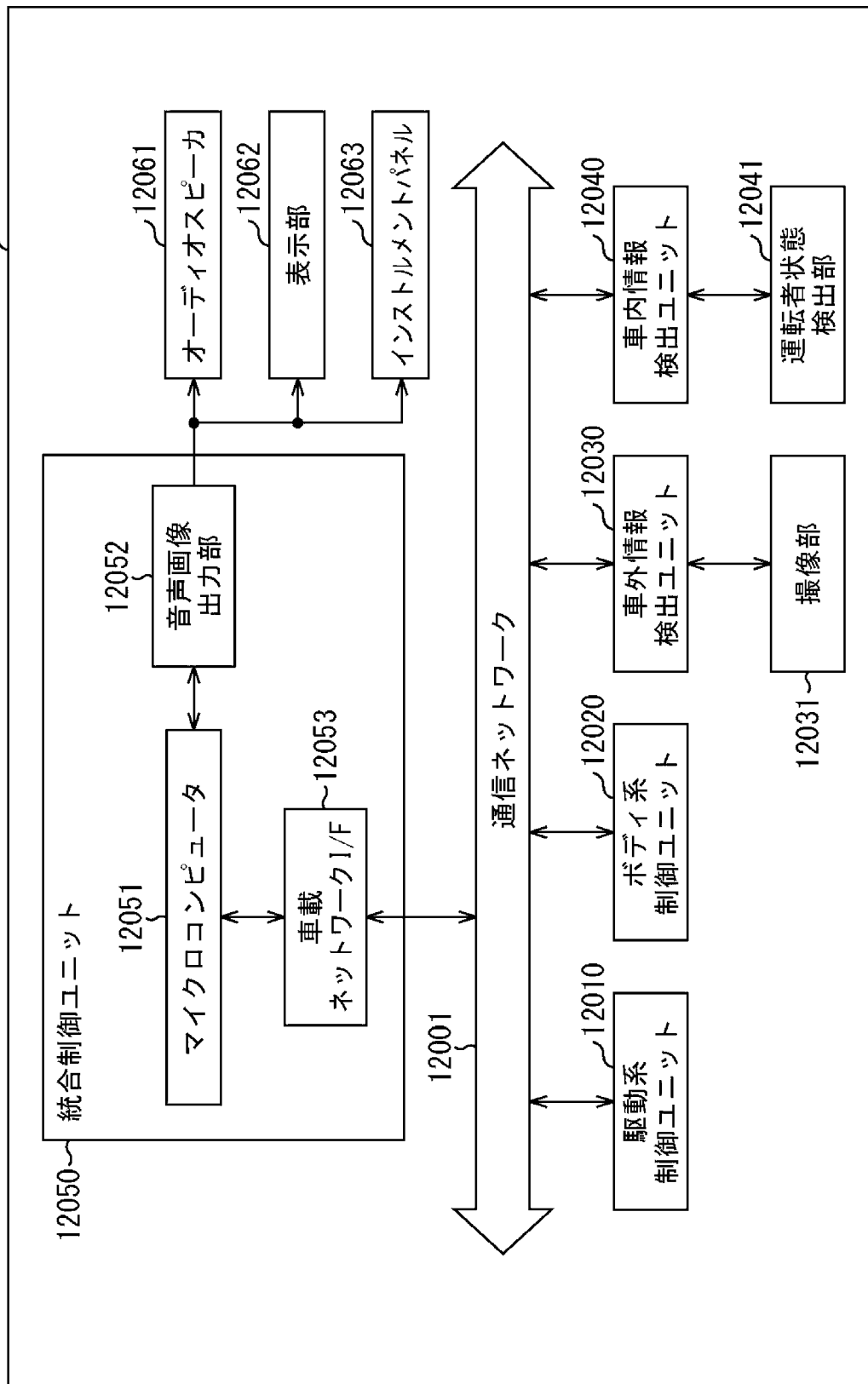
[図19]



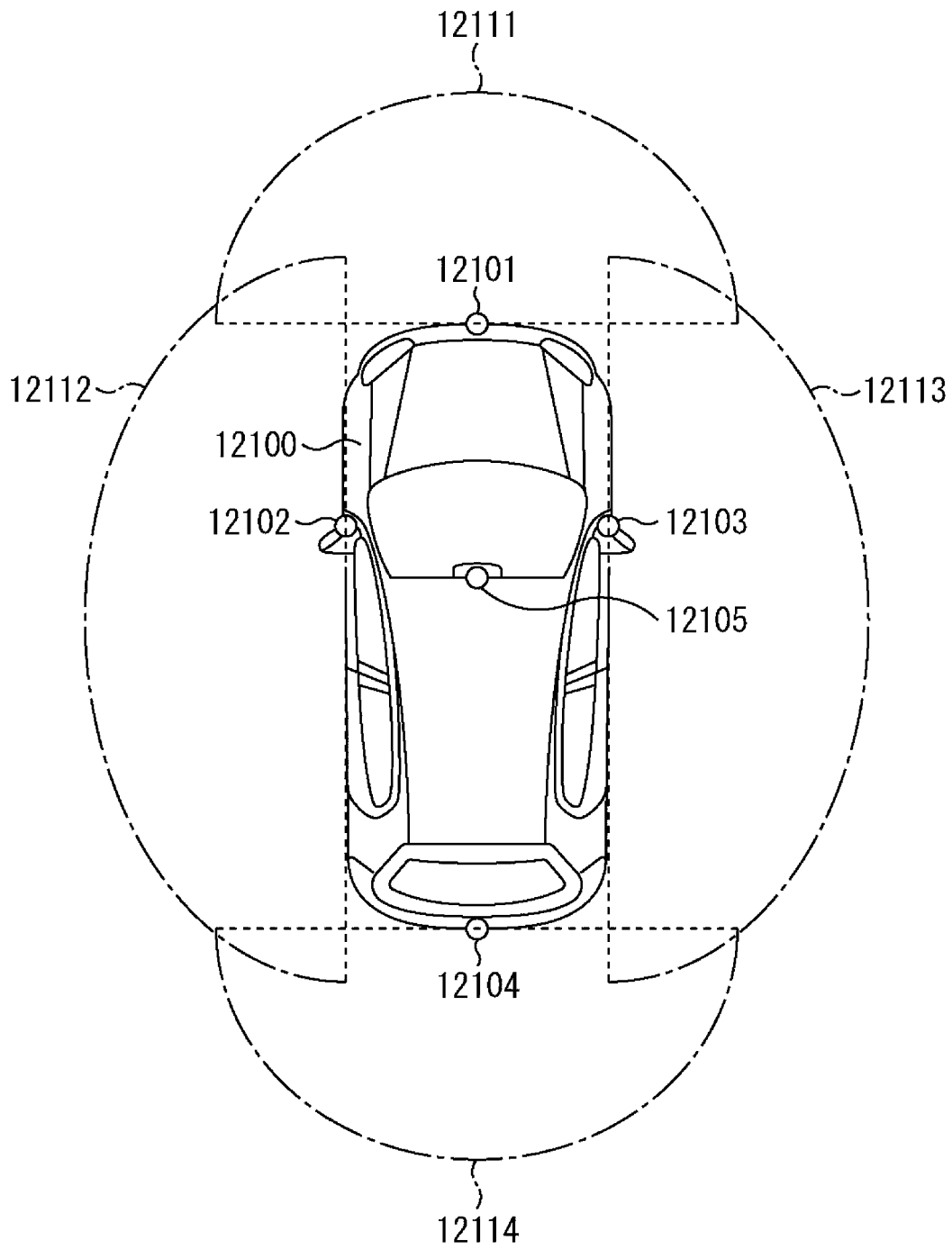
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/009234

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>H01L 27/146</i> (2006.01)i; <i>G01J 1/02</i> (2006.01)i; <i>G01J 1/42</i> (2006.01)i; <i>G01S 7/481</i> (2006.01)i; <i>G01S 17/894</i> (2020.01)i; <i>G01S 17/931</i> (2020.01)i; <i>H01L 31/107</i> (2006.01)i FI: H01L27/146 A; H01L27/146 F; H01L31/10 B; G01J1/42 H; G01J1/02 Q; G01S7/481 A; G01S17/894; G01S17/931 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) H01L27/146; G01J1/02; G01J1/42; G01S7/481; G01S17/894; G01S17/931; H01L31/107 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 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Category*</th> <th style="width: 70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width: 20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td>US 2019/0288026 A1 (G-RAY INDUSTRIES SA) 19 September 2019 (2019-09-19) paragraphs [0089]-[0091], [0277], fig. 1-20</td> <td style="text-align: center;">1, 3-5, 17-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td></td> <td style="text-align: center;">2, 6-16</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>JP 2021-27358 A (W&WSENS DEVICES INC) 22 February 2021 (2021-02-22) paragraphs [0062], [0064], [0138], [0157], fig. 1-110</td> <td style="text-align: center;">1-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>WO 2017/094362 A1 (SONY CORP) 08 June 2017 (2017-06-08) paragraphs [0033]-[0041], fig. 1-15</td> <td style="text-align: center;">1-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>JP 2005-532695 A (QINETIQ LIMITED) 27 October 2005 (2005-10-27) paragraphs [0020]-[0041], fig. 1-6</td> <td style="text-align: center;">1-20</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 2019/0288026 A1 (G-RAY INDUSTRIES SA) 19 September 2019 (2019-09-19) paragraphs [0089]-[0091], [0277], fig. 1-20	1, 3-5, 17-20	A		2, 6-16	A	JP 2021-27358 A (W&WSENS DEVICES INC) 22 February 2021 (2021-02-22) paragraphs [0062], [0064], [0138], [0157], fig. 1-110	1-20	A	WO 2017/094362 A1 (SONY CORP) 08 June 2017 (2017-06-08) paragraphs [0033]-[0041], fig. 1-15	1-20	A	JP 2005-532695 A (QINETIQ LIMITED) 27 October 2005 (2005-10-27) paragraphs [0020]-[0041], fig. 1-6	1-20
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
X	US 2019/0288026 A1 (G-RAY INDUSTRIES SA) 19 September 2019 (2019-09-19) paragraphs [0089]-[0091], [0277], fig. 1-20	1, 3-5, 17-20																		
A		2, 6-16																		
A	JP 2021-27358 A (W&WSENS DEVICES INC) 22 February 2021 (2021-02-22) paragraphs [0062], [0064], [0138], [0157], fig. 1-110	1-20																		
A	WO 2017/094362 A1 (SONY CORP) 08 June 2017 (2017-06-08) paragraphs [0033]-[0041], fig. 1-15	1-20																		
A	JP 2005-532695 A (QINETIQ LIMITED) 27 October 2005 (2005-10-27) paragraphs [0020]-[0041], fig. 1-6	1-20																		
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.																				
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> * 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 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> “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 </td> </tr> </table>			* 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																
* 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 23 May 2022		Date of mailing of the international search report 31 May 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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/009234

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2019/0288026	A1	19 September 2019	JP 2020-510308 A paragraphs [0046]-[0049], fig. 1-16	
				WO 2018/158631 A1	
JP	2021-27358	A	22 February 2021	US 2020/0028000 A1 paragraphs [0297], [0299], [0372], [0391], fig. 1-110	
				WO 2016/081476 A1	
				EP 3772104 A1	
WO	2017/094362	A1	08 June 2017	US 2018/0211990 A1 paragraphs [0047]-[0055], fig. 1-15	
				EP 3385987 A1	
JP	2005-532695	A	27 October 2005	US 2005/0253132 A1 paragraphs [0025]-[0046], fig. 1-6	
				WO 2004/008537 A2	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 27/146(2006.01)i; G01J 1/02(2006.01)i; G01J 1/42(2006.01)i; G01S 7/481(2006.01)i; G01S 17/894(2020.01)i; G01S 17/931(2020.01)i; H01L 31/107(2006.01)i FI: H01L27/146 A; H01L27/146 F; H01L31/10 B; G01J1/42 H; G01J1/02 Q; G01S7/481 A; G01S17/894; G01S17/931																				
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）） H01L27/146; G01J1/02; G01J1/42; G01S7/481; G01S17/894; G01S17/931; H01L31/107 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table> 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）			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										
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																			
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 2019/0288026 A1 (G-RAY INDUSTRIES SA) 19.09.2019 (2019-09-19) 段落0089-0091, 0277, 図1-20</td> <td>1, 3-5, 17-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>2, 6-16</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2021-27358 A (ダブリュアンドダブリュセンス デバイシーズ, インコーポレイ テッド) 22.02.2021 (2021-02-22) 段落0062, 0064, 0138, 0157, 図1-110</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2017/094362 A1 (ソニー株式会社) 08.06.2017 (2017-06-08) 段落0033-0041, 図1-15</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2005-532695 A (キネティック リミテッド) 27.10.2005 (2005-10-27) 段落0020-0041, 図1-6</td> <td>1-20</td> </tr> </tbody> </table>			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	US 2019/0288026 A1 (G-RAY INDUSTRIES SA) 19.09.2019 (2019-09-19) 段落0089-0091, 0277, 図1-20	1, 3-5, 17-20	A		2, 6-16	A	JP 2021-27358 A (ダブリュアンドダブリュセンス デバイシーズ, インコーポレイ テッド) 22.02.2021 (2021-02-22) 段落0062, 0064, 0138, 0157, 図1-110	1-20	A	WO 2017/094362 A1 (ソニー株式会社) 08.06.2017 (2017-06-08) 段落0033-0041, 図1-15	1-20	A	JP 2005-532695 A (キネティック リミテッド) 27.10.2005 (2005-10-27) 段落0020-0041, 図1-6	1-20
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	US 2019/0288026 A1 (G-RAY INDUSTRIES SA) 19.09.2019 (2019-09-19) 段落0089-0091, 0277, 図1-20	1, 3-5, 17-20																		
A		2, 6-16																		
A	JP 2021-27358 A (ダブリュアンドダブリュセンス デバイシーズ, インコーポレイ テッド) 22.02.2021 (2021-02-22) 段落0062, 0064, 0138, 0157, 図1-110	1-20																		
A	WO 2017/094362 A1 (ソニー株式会社) 08.06.2017 (2017-06-08) 段落0033-0041, 図1-15	1-20																		
A	JP 2005-532695 A (キネティック リミテッド) 27.10.2005 (2005-10-27) 段落0020-0041, 図1-6	1-20																		
☐ 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 “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 23.05.2022		国際調査報告の発送日 31.05.2022																		
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） 小山 満 5F 9458 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/JP2022/009234

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
US	2019/0288026	A1	19.09.2019	JP	2020-510308	A	
				段落0046-0049, 図1-16			
				WO	2018/158631	A1	
JP	2021-27358	A	22.02.2021	US	2020/0028000	A1	
				段落0297, 0299, 0372, 0391, 図1-110			
				WO	2016/081476	A1	
				EP	3772104	A1	
WO	2017/094362	A1	08.06.2017	US	2018/0211990	A1	
				段落0047-0055, 図1-15			
				EP	3385987	A1	
JP	2005-532695	A	27.10.2005	US	2005/0253132	A1	
				段落0025-0046, 図1-6			
				WO	2004/008537	A2	