(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1月27日(27.01.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/019111 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 27/146 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/025543

(22) 国際出願日： 2021年7月7日(07.07.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
63/054,373 2020年7月21日(21.07.2020) US

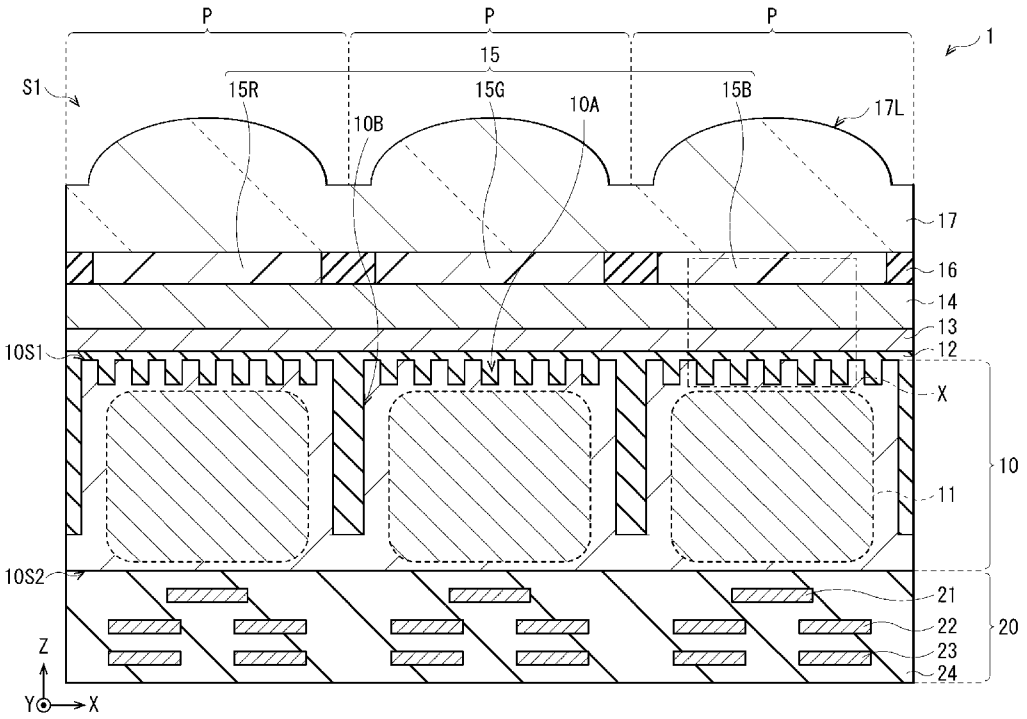
(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(**SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目１４番１号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 押山 到(**OSHIYAMA, Itaru**); 〒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). 蛯子 芳樹(**EBIKO, Yoshiki**); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目１４番１号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人つばさ国際特許事務所 (**TSUBASA PATENT PROFESSIONAL CORPORATION**); 〒1600022 東京都新宿区新宿１丁目１５番９号さわだビル３階 Tokyo (JP).

(54) **Title:** LIGHT DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称： 光検出装置



(57) **Abstract:** A first light detection device according to an embodiment of the present disclosure comprises: a substrate that has a first surface serving as a light-receiving surface and a second surface facing the first surface and has an uneven structure provided on the first surface and a light-receiving unit for generating charges through photoelectric conversion according to the amount of received light for each pixel; a passivation film laminated on the first surface of the substrate; and a reflectance adjustment layer which is configured from the passivation film embedded in a plurality of protrusion

WO 2022/019111 A1

［続葉有］

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

portions constituting the uneven structure and a plurality of recess portions constituting the uneven structure, and has a refractive index between those of the substrate and the passivation film.

(57) 要約:本開示の一実施形態の第1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、第1の面に設けられた凹凸構造および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基板と、基板の第1の面に積層されたパッシベーション膜と、凹凸構造を構成する複数の凸部と凹凸構造を構成する複数の凹部に埋設されたパッシベーション膜とから構成され、基板とパッシベーション膜との間の屈折率を有する反射率調整層とを備える。

明　細　書

発明の名称 ： 光検出装置

技術分野

[0001]　本開示は、例えば、撮像素子として用いられる光検出装置に関する。

背景技術

[0002]　例えば、特許文献１では、感度の向上を目的として、受光部の上に、上面に凹凸を有する反射防止層を設けることで入射光の反射を抑制した固体撮像素子が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００９－２１８３５７号公報

発明の概要

[0004]　このように、例えば、撮像素子として用いられる光検出装置では高い感度が求められている。

[0005]　高感度な光検出装置を提供することが望ましい。

[0006]　本開示の一実施形態としての第１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、第１の面に設けられた凹凸構造および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基板と、基板の第１の面に積層されたパッシベーション膜と、凹凸構造を構成する複数の凸部と凹凸構造を構成する複数の凹部に埋設されたパッシベーション膜とから構成され、基板とパッシベーション膜との間の屈折率を有する反射率調整層とを備えたものである。

[0007]　本開示の一実施形態としての第２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、第１の面に設けられた凹凸構造および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基板と、基板の第１の面に積層され、凹凸構造を構成する複数の凹部を埋設すると共に、凹凸構造に応じた波状構造を表面に有するパッシベ

ーション膜とを備えたものである。

[0008] 本開示の一実施形態としての第１の光検出装置では、受光部を有する半導体基板の受光面に凹凸構造を設けると共に、受光面にパッシベーション膜を積層し、凹凸構造を構成する複数の凸部と凹凸構造を構成する複数の凹部に埋設されたパッシベーション膜とから構成される、基板とパッシベーション膜との間の屈折率を有する反射調整層を受光面に設けるようにした。本開示の一実施形態としての第２の光検出装置では、受光面に凹凸構造を有する基板上に、凹凸構造を構成する複数の凹部を埋設すると共に、凹凸構造に応じた波状構造を表面に有するパッシベーション膜を積層するようにした。これにより、受光面での幅広い波長帯域の入射光の反射および回折を抑制する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示の一実施の形態に係る撮像素子の構成の一例を表す断面模式図である。

[図2]図１に示した撮像素子の全体構成を表すブロック図である。

[図3]図１に示した撮像素子の等価回路図である。

[図4]図１に示した撮像素子の受光面の凹凸構造およびその近傍の断面構成の一例を説明する模式図である。

[図5]凹凸構造のピッチサイズによる可視光の回折量をシミュレーションした特性図である。

[図6]凹凸構造を構成する凹部の幅および深さと受光面の反射特性との関係をシミュレーションした図である。

[図7]凹凸構造の有無による受光面の反射特性をシミュレーションした図である。

[図8]第１反射防止層の厚みによる量子効率の変化を表す特性図である。

[図9A]図１に示した撮像素子の受光面の凹凸構造およびその近傍の断面構成の他の例を説明する模式図である。

[図9B]図１に示した撮像素子の受光面の凹凸構造およびその近傍の断面構成の他の例を説明する模式図である。

[図10A]図１に示した凹凸構造を構成する複数の凹部の平面パターンの一例を表す模式図である。

[図10B]図１に示した凹凸構造を構成する複数の凹部の平面パターンの他の例を表す模式図である。

[図11A]図１に示した撮像素子の製造方法を説明する断面模式図である。

[図11B]図１１Ａに続く工程を表す断面模式図である。

[図11C]図１１Ｂに続く工程を表す断面模式図である。

[図11D]図１１Ｃに続く工程を表す断面模式図である。

[図11E]図１１Ｄに続く工程を表す断面模式図である。

[図11F]図１１Ｅに続く工程を表す断面模式図である。

[図11G]図１１Ｆに続く工程を表す断面模式図である。

[図11H]図１１Ｇに続く工程を表す断面模式図である。

[図12]凹凸構造の有無による受光面での可視光の反射特性を表す図である。

[図13]凹凸構造の有無によるＲＧＢの相対的量子効率を表す特性図である。

[図14]図２に示した撮像素子を有する電子機器の構成例を表すブロック図である。

[図15]撮像素子の使用例を説明する図である。

[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

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

１．実施の形態（受光面に設けられた凹凸構造の複数の凸部と凹凸構造の複数の凹部に埋設されたパッシベーション膜とからなる反射率調整層を受光面に有する撮像素子の例）

２．適用例

３．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の一例としての撮像素子１の断面構成例を模式的に表したものである。図２は、図１に示した撮像素子１の全体構成例を表したものである。撮像素子１は、例えば、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等の電子機器に用いられるＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサ等であり、撮像エリアとして、複数の画素が行列状に２次元配置された画素部（画素部１００Ａ）を有している。撮像素子１は、このＣＭＯＳイメージセンサ等において、例えば１つの画素（単位画素Ｐ）を構成する所謂裏面照射型の撮像素子である。

[0012] 本実施の形態の撮像素子１は、光電変換部１１が埋め込み形成された半導体基板１０の受光面（第１面）１０Ｓ１に反射率調整層１０Ｘを有するものである。反射率調整層１０Ｘは、半導体基板１０の第１面１０Ｓ１に設けられた凹凸構造１０Ａを構成する複数の凸部１０Ａ１と、凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２に埋設されたパッシベーション膜１２とから構成された疑似的な高反射率層であり、半導体基板１０とパッシベーション膜１２との間の屈折率を有する。

[0013] ［撮像素子の概略構成］

撮像素子１は、光学レンズ系（図示せず）を介して被写体からの入射光（像光）を取り込んで、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ものである。撮像素子１は、半導体基板１０上に、撮像エリアとしての画素部１００Ａを有すると共に、この画素部１００Ａの周辺領域に、例えば、垂直駆動回路１１１、カラム信号処理回路１１２、水平駆動回路１１３、出力回路１１４、制御回路１１５および入出力端子１１６を有している。

[0014] 単位画素Ｐには、例えば、画素行毎に画素駆動線Ｌｒｅａｄ（具体的には行選択線およびリセット制御線）が配線され、画素列毎に垂直信号線Ｌｓｉ

ｇが配線されている。画素駆動線Ｌｒｅａｄは、画素からの信号読み出しのための駆動信号を伝送するものである。画素駆動線Ｌｒｅａｄの一端は、垂直駆動回路１１１の各行に対応した出力端に接続されている。

[0015] 垂直駆動回路１１１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１００Ａの各単位画素Ｐを、例えば、行単位で駆動する画素駆動部である。垂直駆動回路１１１によって選択走査された画素行の各単位画素Ｐから出力される信号は、垂直信号線Ｌｓｉｇの各々を通してカラム信号処理回路１１２に供給される。カラム信号処理回路１１２は、垂直信号線Ｌｓｉｇ毎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。

[0016] 水平駆動回路１１３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、カラム信号処理回路１１２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。この水平駆動回路１１３による選択走査により、垂直信号線Ｌｓｉｇの各々を通して伝送される各画素の信号が順番に水平信号線１２１に出力され、当該水平信号線１２１を通して半導体基板１０の外部へ伝送される。

[0017] 出力回路１１４は、カラム信号処理回路１１２の各々から水平信号線１２１を介して順次供給される信号に対して信号処理を行って出力するものである。出力回路１１４は、例えば、バッファリングのみを行う場合もあるし、黒レベル調整、列ばらつき補正および各種デジタル信号処理等が行われる場合もある。

[0018] 垂直駆動回路１１１、カラム信号処理回路１１２、水平駆動回路１１３、水平信号線１２１および出力回路１１４からなる回路部分は、半導体基板１０上に直に形成されていてもよいし、あるいは外部制御ＩＣに配設されたものであってもよい。また、それらの回路部分は、ケーブル等により接続された他の基板に形成されていてもよい。

[0019] 制御回路１１５は、半導体基板１０の外部から与えられるクロックや、動作モードを指令するデータ等を受け取り、また、撮像素子１の内部情報等の

データを出力するものである。制御回路１１５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垂直駆動回路１１１、カラム信号処理回路１１２および水平駆動回路１１３等の周辺回路の駆動制御を行う。

[0020] 入出力端子１１６は、外部との信号のやり取りを行うものである。

[0021] ［単位画素の回路構成］

図３は、図２に示した撮像素子１の単位画素Ｐの読み出し回路の一例を表したものである。単位画素Ｐは、例えば、図３に示したように、光電変換部１１と、転送トランジスタＴＲと、フローティングディフュージョンＦＤ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。

[0022] 光電変換部１１は、例えばフォトダイオード（ＰＤ）である。光電変換部１１は、アノードが接地電圧線に接続され、カソードが転送トランジスタＴＲのソースに接続されている。

[0023] 転送トランジスタＴＲは、光電変換部１１とフローティングディフュージョンＦＤとの間に接続されている。転送トランジスタＴＲのゲート電極には、駆動信号ＴＲｓｉｇが印加される。この駆動信号ＴＲｓｉｇがアクティブ状態になると、転送トランジスタＴＲの転送ゲートが導通状態となり、光電変換部１１に蓄積されている信号電荷が、転送トランジスタＴＲを介してフローティングディフュージョンＦＤに転送される。

[0024] フローティングディフュージョンＦＤは、転送トランジスタＴＲと増幅トランジスタＡＭＰとの間に接続されている。フローティングディフュージョンＦＤは、転送トランジスタＴＲにより転送される信号電荷を電圧信号に電荷電圧変換して、増幅トランジスタＡＭＰに出力する。

[0025] リセットトランジスタＲＳＴは、フローティングディフュージョンＦＤと電源部との間に接続されている。リセットトランジスタＲＳＴのゲート電極には、駆動信号ＲＳＴｓｉｇが印加される。この駆動信号ＲＳＴｓｉｇがア

クティブ状態になると、リセットトランジスタＲＳＴのリセットゲートが導通状態となり、フローティングディフュージョンＦＤの電位が電源部のレベルにリセットされる。

[0026] 増幅トランジスタＡＭＰは、そのゲート電極がフローティングディフュージョンＦＤに、ドレイン電極が電源部にそれぞれ接続されており、フローティングディフュージョンＦＤが保持している電圧信号の読み出し回路、所謂ソースフォロア回路の入力部となる。即ち、増幅トランジスタＡＭＰは、そのソース電極が選択トランジスタＳＥＬを介して垂直信号線Ｌｓｉｇに接続されることで、垂直信号線Ｌｓｉｇの一端に接続される定電流源とソースフォロア回路を構成する。

[0027] 選択トランジスタＳＥＬは、増幅トランジスタＡＭＰのソース電極と、垂直信号線Ｌｓｉｇとの間に接続される。選択トランジスタＳＥＬのゲート電極には、駆動信号ＳＥＬｓｉｇが印加される。この駆動信号ＳＥＬｓｉｇがアクティブ状態になると、選択トランジスタＳＥＬが導通状態となり、単位画素Ｐが選択状態となる。これにより、増幅トランジスタＡＭＰから出力される読み出し信号（画素信号）が、選択トランジスタＳＥＬを介して、垂直信号線Ｌｓｉｇに出力される。

[0028] ［単位画素の構成］

撮像素子１は、光電変換部１１が埋め込み形成された半導体基板１０と、複数の配線層（例えば、配線層２１，２２，２３）を有する多層配線層２０とが積層された構成を有している。半導体基板１０は、対向する第１面１０Ｓ１（裏面）および第２面１０Ｓ２（表面）を有しており、多層配線層２０は、半導体基板１０の第２面１０Ｓ２に設けられている。半導体基板１０の第１面１０Ｓ１には、パッシベーション膜１２と、第１反射防止層１３と、第２反射防止層１４と、例えば同一面内に設けられたカラーフィルタ１５および遮光膜１６と、レンズ層１７とがこの順に積層されている。

[0029] 半導体基板１０は、例えば、シリコン（Ｓｉ）基板あるいはインジウム・ガリウム・ヒ素（ＩｎＧａＡｓ）基板で構成されている。光電変換部１１は

、例えばＰＩＮ（Positive Intrinsic Negative）型のフォトダイオード（ＰＤ）であり、半導体基板１０の所定領域にｐｎ接合を有している。光電変換部１１は、上記のように、単位画素Ｐ毎に１つずつ埋め込み形成されている。

[0030] 半導体基板１０の第１面１０Ｓ１には、微細な凹凸構造１０Ａが形成されている。半導体基板１０の第１面１０Ｓ１には、さらに、第１面１０Ｓ１から第２面１０Ｓ２に向かって延伸する分離部１０Ｂが設けられている。

[0031] 凹凸構造１０Ａは、上記反射率調整層１０Ｘを構成するものであり、詳細は後述するが、半導体基板１０の第１面１０Ｓ１に設けられた複数の凸部１０Ａ１および複数の凹部１０Ａ２によって構成されている。

[0032] 分離部１０Ｂは、隣り合う単位画素Ｐの間に設けられている。換言すると、分離部１０Ｂは単位画素Ｐを囲むように設けられており、画素部１００Ａ全体に平面視において、例えば格子状に設けられている。分離部１０Ｂは、隣り合う単位画素Ｐを電気的に分離するためのものであり、例えば、半導体基板１０の第１面１０Ｓ１側から第２面１０Ｓ２に向かって延伸し、例えば半導体基板１０内に底部を有している。また、分離部１０Ｂは、半導体基板１０の第１面１０Ｓ１側と第２面１０Ｓ２との間を貫通していてもよい。

[0033] パッシベーション膜１２は、半導体基板１０の受光面（第１面１０Ｓ１）を保護すると共に、反射率調整層１０Ｘを構成するものである。パッシベーション膜１２は、半導体基板１０の第１面１０Ｓ１に積層されると共に、凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２および分離部１０Ｂを構成する溝１０Ｈを埋設している。パッシベーション膜１２の表面には、例えば図４に示したように、凹凸構造１０Ａに応じた波状構造が形成されている。

[0034] パッシベーション膜１２を構成する材料としては、半導体基板１０よりも小さい屈折率を有する材料が挙げられる。パッシベーション膜１２の具体的な材料としては、例えば、ハフニウム（Ｈｆ）、アルミニウム（Ａｌ）、チタン（Ｔｉ）、ジルコニウム（Ｚｒ）、タンタル（Ｔａ）、イットリウム（Ｙ）およびストロンチウム（Ｓｒ）のうちの少なくとも１種を含む酸化膜ま

たは窒化膜が挙げられる。

[0035] 第１反射防止層１３は、光入射側Ｓ１から入射した光が半導体基板１０の受光面（第１面１０Ｓ１）において反射するのを低減するためのものである。第１反射防止層１３の表面には、パッシベーション膜１２と同様に、例えば図４に示したように、凹凸構造１０Ａに応じた波状構造が形成されている。

[0036] 第１反射防止層１３を構成する材料としては、パッシベーション膜１２と同様に、半導体基板１０よりも小さい屈折率を有する材料が挙げられる。第１反射防止層１３の具体的な材料としては、例えば、ハフニウム（Ｈｆ）、アルミニウム（Ａｌ）、チタン（Ｔｉ）、ジルコニウム（Ｚｒ）、タンタル（Ｔａ）、イットリウム（Ｙ）およびストロンチウム（Ｓｒ）のうちの少なくとも１種を含む酸化膜または窒化膜が挙げられる。

[0037] 第２反射防止層１４は、光入射側Ｓ１から入射した光が半導体基板１０の受光面（第１面１０Ｓ１）において反射するのを低減すると共に、光入射側Ｓ１の表面を平坦化するためのものである。第２反射防止層１４を構成する材料としては、第１反射防止層１３を構成する材料よりも小さい屈折率を有する材料が挙げられる。第２反射防止層１４の具体的な材料としては、例えば、酸化シリコン（SiO_x）、窒化シリコン（SiN_x）および酸窒化シリコン（SiO_xN_y）等が挙げられる。

[0038] カラーフィルタ１５は、半導体基板１０の光入射側Ｓ１に設けられ、例えば、単位画素Ｐ毎に、例えば赤色光（Ｒ）、緑色光（Ｇ）または青色光（Ｂ）を選択的に透過させるカラーフィルタ１５Ｒ，１５Ｇ，１５Ｂを有している。カラーフィルタ１５Ｒ，１５Ｇ，１５Ｂは、例えば、２行×２列で配置された４つの単位画素Ｐに対して、緑色光（Ｇ）を選択的に透過させるカラーフィルタ１５Ｇが対角線上に２つ配置され、赤色光（Ｒ）および青色光（Ｂ）を選択的に透過させるカラーフィルタ１５Ｒ，１５Ｂが、直交する対角線上に１つずつ配置される。各カラーフィルタ１５Ｒ，１５Ｇ，１５Ｂが設けられた単位画素Ｐでは、例えば、それぞれの光電変換部１１において対応

する色光が検出されるようになっている。即ち、画素部１００Ａでは、それぞれ、赤色光（Ｒ）、緑色光（Ｇ）および青色光（Ｂ）を検出する単位画素Ｐが、ベイヤー状に配列されている。

[0039] 遮光膜１６は、カラーフィルタ１５に斜め入射した光が隣接する単位画素Ｐへの漏れ込むのをを防ぐためのものである。遮光膜１６は、例えば、カラーフィルタ１５と同一面内において、隣り合うカラーフィルタ１５Ｒ，１５Ｇ，１５Ｂの間に設けられている。即ち、遮光膜１６は、画素部１００Ａ全体に平面視において、分離部１９Ｂと同様に例えば格子状に設けられている。遮光膜１６を構成する材料としては、例えば、遮光性を有する導電材料が挙げられる。具体的には、例えば、タングステン（Ｗ）、銀（Ａｇ）、銅（Ｃｕ）、アルミニウム（Ａｌ）およびＡｌと銅（Ｃｕ）との合金等が挙げられる。

[0040] レンズ層２７は、画素部１００Ａ全面を覆うように設けられており、その表面には、例えば単位画素Ｐ毎に設けられた複数のオンチップレンズ１７Ｌを有している。オンチップレンズ１７Ｌは、その上方から入射した光を光電変換部１１へ集光するためのものである。レンズ層２７は、例えば、酸化シリコン（SiO_x）や窒化シリコン（SiN_x）等の無機材料により形成されている。この他、レンズ層２７は、エピスルフィド系樹脂、チエタン化合物やその樹脂等の高屈折率の有機材料を用いて形成してもよい。オンチップレンズ１７Ｌの形状は、特に限定されるものではなく、半球形状や半円筒状等の各種レンズ形状を採用することができる。

[0041] 多層配線層２０は、光入射側Ｓ１とは反対側、具体的には、半導体基板１０の第２面１０Ｓ２側に設けられている。多層配線層２０は、例えば、複数の配線層２１，２２，２３が、層間絶縁層２４を間に積層された構成を有している。多層配線層２０には、例えば、上述した読み出し回路の他に、垂直駆動回路１１１、カラム信号処理回路１１２、水平駆動回路１１３、出力回路１１４、制御回路１１５および入出力端子１１６等が形成されている。

[0042] 配線層２１，２２，２３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。この他、配線層２１，２２，２３は、ポリシリコン（Ｐｏｌｙ－Ｓｉ）を用いて形成するようにしてもよい。

[0043] 層間絶縁層３４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形成されている。

[0044] ［受光面およびその近傍の構成］

本実施の形態の撮像素子１は、受光面（第１面１０Ｓ１）に、例えば屈折率３程度の反射率調整層１０Ｘを有している。反射率調整層１０Ｘは、第１面１０Ｓ１での入射光の反射および回折を抑制するためのものである。反射率調整層１０Ｘは、上記のように、半導体基板１０の第１面１０Ｓ１に設けられた凹凸構造１０Ａを構成する複数の凸部１０Ａ１と、凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２に埋設されたパッシベーション膜１２とから構成されている。

[0045] 図４は、図１に示した半導体基板１０の受光面（第１面１０Ｓ１）およびその近傍（図中Ｘ）の断面構成を拡大して表したものである。半導体基板１０の第１面１０Ｓ１には、所定の孔径（幅：ｗ）、深さ（ｈ）およびピッチサイズ（ｌ）を有する複数の凸部１０Ａ１および複数の凹部１０Ａ２からなる凹凸構造１０Ａが形成されている。半導体基板１０の第１面１０Ｓ１には、上記のように、パッシベーション膜１２が積層されており、複数の凹部１０Ａ２は、パッシベーション膜１２によって埋設されている。

[0046] 反射率調整層１０Ｘは、この凹凸構造１０Ａを構成する複数の凸部１０Ａ１と、凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２に埋設されたパッシベーション膜１２とを含む半導体基板１０の表面構造を疑似的な層として見なしたものである。このため、反射率調整層１０Ｘは、構成要素である半導体基板１０とパッシベーション膜１２との体積比により平均化された屈折率を有している。

[0047] 撮像素子１では、半導体基板１０、その受光面（第１面１０Ｓ１）に積層された第１反射防止層１３および第２反射防止層１４の各々の屈折率n_{10}，n_{13}，n_{14}は、$n_{10}>n_{13}>n_{14}$の関係を有している。末尾の数字は各構成要素の符号に対応する。反射率調整層１０Ｘは、上記のように、半導体基板１０とパッシベーション膜１２との体積比により平均化された屈折率n_{10X}を有している。つまり、反射率調整層１０Ｘを加えた半導体基板１０およびその受光面（第１面１０Ｓ１）に積層された各層の屈折率n_{10}，n_{10X}，n_{13}，n_{14}は、光入射側Ｓ１から半導体基板１０に向かって段階的に高くなるように構成されている（$n_{10}>n_{10X}>n_{13}>n_{14}$）。

[0048] 第１反射防止層１３および第２反射防止層１４の材料として挙げた酸化膜は、それぞれ、以下の屈折率を有する。酸化ハフニウム（HfO_x；１．９）、酸化アルミニウム（AlO_x；１．６３）、酸化チタン（TiO_x；２．４）、酸化ジルコニウム（ZrO_x；２．２）、酸化タンタル（TaO_x；２．２）、酸化イットリウム（YO_x；１．８７）、酸化ストロンチウム（SrO_x；１．９）、酸化シリコン（SiO_x；１．３～１．５）。なお、（）内の数値は、５５０ｎｍ付近の波長に対する屈折率である。一例として、半導体基板１０としてシリコン基板（Ｓｉ；４．１）を用い、第２反射防止層１４を構成する材料として酸化シリコン（SiO_x；１．３～１．５）を用いる場合には、第１反射防止層１３を構成する材料として、例えば酸化タンタル（TaO_x；２．２）を選択することができる。更に、反射率調整層１０Ｘを構成するパッシベーション膜１２には、例えば酸化アルミニウム（AlO_x；１．６３）を選択する。その場合、反射率調整層１０Ｘの屈折率n_{10X}は、構成する半導体基板１０とパッシベーション膜１２との体積比により平均化された値となり、例えば、２．６～３．７となる。これにより、受光面１０Ｓ１での入射光の反射が抑制される。

[0049] 更に、半導体基板１０の受光面（第１面１０Ｓ１）の凹凸構造１０Ａは、所定の形状を有していることが好ましい。

[0050] 図５は、凹凸構造１０Ａを構成する隣り合う複数の凹部１０Ａ２間の距離

（ピッチサイズｌ）による可視光（例えば、波長４００ｎｍ～７５０ｎｍ）の回折量をシミュレーション結果である。凹凸構造１０Ａのピッチサイズｌを２００ｎｍ以下とすることにより、可視光の回折量は７０％程度に低減され、凹凸構造１０Ａのピッチサイズｌを１５０ｎｍ以下とすることにより、可視光の回折量は５０％程度に低減される。更に、凹凸構造１０Ａのピッチサイズｌを１００ｎｍ以下とすることにより、可視光の回折量は２０％以下に低減され、凹凸構造１０Ａのピッチサイズｌを５０ｎｍ以下とすることにより可視光はほぼ回折しなくなる。

[0051] 図６は、凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２の幅ｗおよび深さｈと受光面（第１面１０Ｓ１）の反射特性との関係をシミュレーションした結果である。例えば、凹部１０Ａ２の幅ｗを１５ｎｍ以上３０ｎｍ以下、且つ、凹部１０Ａ２の深さｈを１０ｎｍ以上６０ｎｍ以下とすることにより、４６０ｎｍの波長の光の反射率は８％以下となる。更に、例えば、凹部１０Ａ２の幅ｗを２０ｎｍ以上２５ｎｍ以下、且つ、凹部１０Ａ２の深さｈを４０ｎｍ以上５０ｎｍ以下とすることにより、４６０ｎｍの波長の光の反射率は２％以下となる。

[0052] 図７は、凹凸構造１０Ａの有無による受光面（第１面１０Ｓ１）の反射特性のシミュレーション結果である。半導体基板１０の第１面１０Ｓ１に凹凸構造１０Ａを設けることにより、例えば波長４００ｎｍ～７５０ｎｍの可視光のうち、短波長（例えば、４００ｎｍ）の光の反射率は約１０％程度低減される。

[0053] 以上のシミュレーション結果から、凹凸構造１０Ａのピッチサイズｌ、凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２の幅ｗおよび深さｈは、以下の範囲とすることが好ましい。即ち、凹凸構造１０Ａのピッチサイズｌは、例えば、２００ｎｍ以下とすることが好ましく、より好ましくは１００ｎｍ以下である。凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２の幅ｗは、例えば、１５ｎｍ以３０ｎｍ以下とすることが好ましく、より好ましくは２０ｎｍ以上２５ｎｍ以下である。凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２の

深さｈは、例えば、１０ｎｍ以６０ｎｍ以下とすることが好ましく、より好ましくは４０ｎｍ以上５０ｎｍ以下である。凹凸構造１０Ａを上記所定のサイズとすることにより、受光面１０Ｓ１での入射光の反射に加えて、受光面１０Ｓ１での入射光の回折が抑制される。

[0054] 図８は、第１反射防止層１３（例えば、TaO_x膜）の厚みによる量子効率の変化を表したものである。TaO_x膜からなる第１反射防止層１３の厚みを７５ｎｍとした場合の量子効率は約６３％である。TaO_x膜からなる第１反射防止層１３の厚みを５５ｎｍ以下とすることにより、量子効率は６５％以上に改善され、例えば３５ｎｍの厚みとすることにより、７０％以上の量子効率が得らえる。このことから、第１反射防止層１３の厚みは、例えば、７５ｎｍ以下とすることが好ましく、より好ましくは５５ｎｍ以下である。

[0055] なお、凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２の断面形状は、図４に示したような、例えば第１面１０Ｓ１に対して略垂直な側面および第１面１０Ｓ１に平行な底面を有する形状に限定されるものではない。凹部１０Ａ２の断面形状は、例えば図９Ａに示したように、第１面１０Ｓ１から第２面１０Ｓ２に向かって徐々に狭くなるテーパ形状としてもよい。あるいは、凹部１０Ａ２の断面形状は、例えば図９Ｂに示したように、凹部１０Ａ２の側面および底面が連続する曲面形状としてもよい。いずれの形状においてもパッシベーション膜１２および第１反射防止層１３の表面は凹凸構造１０Ａに応じて波うつ形状となり、パッシベーション膜１２および第１反射防止層１３の表面積が増加する。これにより、第１反射防止層１３を例えばプラズマ酸化によって形成する際に、プラズマに曝される第１反射防止層１３の面積が拡大し、第１反射防止層１３にピニング効果が付加される。よって、受光面（第１面１０Ｓ１）側での暗電流の発生を低減することが可能となる。

[0056] また、凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２の平面パターンは、例えば図１０Ａに示したように、Ｘ方向およびＹ方向に規則的に形成されていてもよい。あるいは、凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２の平面パターンは、例えば図１０Ｂに示したように、Ｘ方向およびＹ方向に規則

的に形成された各々の凹部１０Ａ２が互いに連続する格子形状を有していてもよい。更に、図１０Ａ，１０Ｂでは、複数の凹部１０Ａ２が規則的に形成されている例を示したが、ランダムに形成されていてもよい。その際には、単位画素Ｐ等の所定の範囲内での複数の凹部１０Ａ２の平均値が、上述した凹凸構造１０ＡのピッチサイズＩ、凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２の幅ｗおよび深さｈを満たしていればよい。

[0057] ［撮像素子の製造方法］

本実施の形態の撮像素子１は、例えば、次のようにして形成することができる。

[0058] まず、図１１Ａに示したように、半導体基板１０内に光電変換部１１を形成する。続いて、図示していないが、半導体基板１０の第２面１０Ｓ２側にフローティングディフュージョンＦＤおよび読み出し回路を構成する各種トランジスタを形成した後、図１１Ａに示したように、配線層２１，２２，２３および層間絶縁層２４を含む多層配線層２０を形成する。

[0059] 次に、半導体基板１０の第１面１０Ｓ１に凹凸構造１０Ａおよび分離部１０Ｂを形成する。第１面１０Ｓ１の凹凸構造１０Ａは、例えば、自己組織化技術（ＤＳＡ）を用いて形成することができる。例えば、図１１Ｂに示したように、半導体基板１０の第１面１０Ｓ１にハードマスク３１および中間層３２を成膜する。続いて、中間層３２上にジブロックコポリマーをコーティングした後アニールし、エッチングする。これにより、図１１Ｂに示したように、中間層３２上には所定のパターンを有するマスク３３が形成される。このようにして形成されたパターンは、平面視において、例えば六方細密構造をとる。

[0060] 次に、図１１Ｃに示したように、ハードマスク３１をエッチングする。これによりハードマスク３１にマスク３３のパターンが転写される。続いて、図１１Ｄに示したように、半導体基板１０をエッチングすることにより、半導体基板１０の第１面１０Ｓ１に複数の微細な凹部１０Ａ２が形成される。

[0061] 次に、図１１Ｅに示したように、隣り合う光電変換部１１の間にエッチン

グにより溝１０Ｈを形成する。続いて、図１１Ｆに示したように、パッシベーション膜１２として、例えばＡｌO_x膜を成膜して凹部１０Ａ２および溝１０Ｈを埋設する。次に、図１１Ｇに示したように、第１反射防止層１３として例えばＴａO_x膜および第２反射防止層１４としてＳｉO_x膜を順に成膜する。

[0062] 続いて、例えばＣＭＰ（Chemical Mechanical Polishing）によって、第２反射防止層１４の表面を平坦化する。次に、図１１Ｈに示したように、第２反射防止層１４上に遮光膜１６を形成する。その後、カラーフィルタ１５（１５Ｒ，１５Ｇ，１５Ｂ）およびレンズ層１７を順に形成する。以上により、図１に示した撮像素子１が完成する。

[0063] ［作用・効果］

本実施の形態の撮像素子１では、光電変換部１１を有する半導体基板１０の受光面（第１面１０Ｓ１）に凹凸構造１０Ａを設けると共に、凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２をパッシベーション膜１２で埋設し、第１面１０Ｓ１に、凹凸構造１０Ａを構成する複数の凸部１０Ａ１と、複数の凹部１０Ａ２を埋設されたパッシベーション膜１２とからなる反射率調整層１０Ｘを設けるようにした。これにより、受光面（第１面１０Ｓ１）での幅広い波長帯域の反射および回折を抑制する。以下、これについて説明する。

[0064] 近年、撮像素子には小型化且つ高精細化が求められている。一方で、画素を縮小すると感度が低下するため、高精細な撮像素子では感度の向上が求められている。例えば、撮像素子では、例えばＳｉ基板の表面において入射光が反射する。その結果、受光部まで到達する光の強度が損失し、感度が低下すると共に、意図しない光路からの入射光によりフレアやゴーストが生じる。

[0065] Ｓｉ基板の表面の入射光の反射を抑制する方法としては、前述したように、上面に凹凸構造（モスアイ構造）を有する反射防止層を設ける技術が提案されている。しかしながら、上記モスアイ構造を用いて十分に入射光の反射を抑制するためには、狭ピッチ且つ厚さ１００ｎｍ以上の深い凹凸構造を形

成することが求められる。

[0066] これに対して本実施の形態では、半導体基板１０の受光面（第１面１０Ｓ１）に複数の凸部１０Ａ１および複数の凹部１０Ａ２とからなる凹凸構造１０Ａを設けるようにした。更に、半導体基板１０の第１面１０Ｓ１にパッシベーション膜１２を積層して複数の凹部１０Ａ２を埋設するようにした。これにより、半導体基板１０の第１面１０Ｓ１には、半導体基板１０の屈折率n_{10}と、パッシベーション膜１２に積層される第１反射防止層１３の屈折率n_{13}との間の屈折率n_{10x}を有する反射率調整層１０Ｘが形成される。

[0067] 図１２は、凹凸構造１０Ａの有（実施例）／無（比較例）による受光面（第１面１０Ｓ１）での可視光の反射特性を表したものである。図１３は、凹凸構造１０Ａの有（実施例）／無（比較例）による赤色光（Ｒ）、緑色光（Ｇ）および青色光（Ｂ）の相対的量子効率を表したものである。本実施の形態の撮像素子１では、可視光のうち、特に短波長側の青色光（Ｂ）の反射率が大きく低減され、それに伴い青色光（Ｂ）の量子効率が向上する。

[0068] 以上により、本実施の形態の撮像素子１では、第１面１０Ｓ１での回折光の発生を低減しつつ、第１面１０Ｓ１での幅広い波長帯域の入射光の反射を抑制することが可能となる。よって、クロストークによる混色の発生を抑えつつ、感度を向上させることが可能となる。即ち、高感度な光検出装置を提供することが可能となる。

[0069] また、本実施の形態の撮像素子１では、凹凸構造１０Ａのピッチサイズｌを、例えば、２００ｎｍ以下、より好ましくは１００ｎｍ以下とした。凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２の幅ｗを、例えば、１５ｎｍ以３０ｎｍ以下、より好ましくは２０ｎｍ以上２５ｎｍ以下とした。凹凸構造１０Ａを構成する複数の凹部１０Ａ２の深さｈを、例えば、１０ｎｍ以６０ｎｍ以下、より好ましくは４０ｎｍ以上５０ｎｍ以下した。これにより、受光面１０Ｓ１での入射光の回折がさら抑制され、混色の発生をさらに低減することが可能となる。

[0070] 更に、本実施の形態の撮像素子１では、パッシベーション膜１２および第

１反射防止層１３の表面は凹凸構造１０Ａに応じた波状構造を有している。これにより、第１反射防止層１３の表面積が拡大し、第１反射防止層１３が固定電荷層としての機能を有するようになる。よって、受光面（第１面１０Ｓ１）側での暗電流の発生を低減することが可能となる。

[0071] 更にまた、本実施の形態の撮像素子１では、前述したモスアイ構造を設ける場合と比較して、撮像素子１の厚みを削減することができる。よって、小型化且つ高感度な撮像素子を実現することが可能となる。

[0072] ＜２．適用例＞

上記撮像素子１は、例えば、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等のカメラシステムや、撮像機能を有する携帯電話等、撮像機能を備えたあらゆるタイプの電子機器に適用することができる。図１４は、電子機器１０００の概略構成を表したものである。

[0073] 電子機器１０００は、例えば、レンズ群１００１と、撮像素子１と、ＤＳＰ（Digital Signal Processor）回路１００２と、フレームメモリ１００３と、表示部１００４と、記録部１００５と、操作部１００６と、電源部１００７とを有し、バスライン１００８を介して相互に接続されている。

[0074] レンズ群１００１は、被写体からの入射光（像光）を取り込んで撮像素子１の撮像面上に結像するものである。撮像素子１は、レンズ群１００１によって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ＤＳＰ回路１００２に供給する。

[0075] ＤＳＰ回路１００２は、撮像素子１から供給される信号を処理する信号処理回路である。ＤＳＰ回路１００２は、撮像素子１からの信号を処理して得られる画像データを出力する。フレームメモリ１００３は、ＤＳＰ回路１００２により処理された画像データをフレーム多いんいで一時的に保持するものである。

[0076] 表示部１００４は、例えば、液晶パネルや有機ＥＬ（Electro Luminescence）パネル等のパネル型表示装置からなり、撮像素子１で撮像された動画または静止画の画像データを、半導体メモリやハードディスク等の記録媒体に記

録する。

[0077] 操作部１００６は、ユーザによる操作に従い、電子機器１０００が所有する各種の機能についての操作信号を出力する。電源部１００７は、ＤＳＰ回路１００２、フレームメモリ１００３、表示部１００４、記録部１００５および操作部１００６の動作電源となる各種の電源を、これら供給対象に対して適宜供給するものである。

[0078] また、上記撮像素子１は、以下の電子機器に適用することができる。

[0079] 図１５は、上記実施の形態に係る撮像素子１の使用例を表したものである。撮像素子１は、上述した撮像機能を備えた電子機器の他に、例えば、以下のように、可視光や、赤外光、紫外光およびＸ線等の光をセンシングするさまざまなケースに使用することができる。

[0080] ・ディジタルカメラや、カメラ機能付きの携帯機器等の、鑑賞の用に供される画像を撮影する装置

・自動停止等の安全運転や、運転者の状態の認識等のために、自動車の前方や後方、周囲、車内等を撮影する車載用センサ、走行車両や道路を監視する監視カメラ、車両間等の測距を行う測距センサ等の、交通の用に供される装置

・ユーザのジェスチャを撮影して、そのジェスチャに従った機器操作を行うために、テレビジョンや、冷蔵庫、エアーコンディショナ等の家電に供される装置

・内視鏡や、赤外光の受光による血管撮影を行う装置等の、医療やヘルスケアの用に供される装置

・防犯用途の監視カメラや、人物認証用途のカメラ等の、セキュリティの用に供される装置

・肌を撮影する肌測定器や、頭皮を撮影するマイクロスコープ等の、美容の用に供される装置

・スポーツ用途等向けのアクションカメラやウェアラブルカメラ等の、スポーツの用に供される装置

・畑や作物の状態を監視するためのカメラ等の、農業の用に供される装置

[0081] ＜３．応用例＞

（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。

[0082] 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。

[0083] 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

ィンカー又はフォグランプ等の各種ランプの制御装置として機能する。この場合、ボディ系制御ユニット１２０２０には、鍵を代替する携帯機から発信される電波又は各種スイッチの信号が入力され得る。ボディ系制御ユニット１２０２０は、これらの電波又は信号の入力を受け付け、車両のドアロック装置、パワーウィンドウ装置、ランプ等を制御する。

[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５７の例では、出力装置として、オーディオスピーカ１２０６１、表示部１２０６２及びインストルメントパネル１２０６３が例示されている。表示部１２０６２は、例えば、オンボードディスプレイ及びヘッドアップディスプレイの少なくとも一つを含んでいてもよい。

[0093] 図１７は、撮像部１２０３１の設置位置の例を示す図である。

[0094] 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。

[0095] 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。

[0096] 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。

[0097] 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。

[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基に、撮像範囲１２１１１ないし１２１１４内における各立体物までの距離と、この距離の時間的変化（車両１２１００に対する相対速度）を求めることにより、特に車両１２１００の進行路上にある最も近い立体物で、車両１２１００と略同じ方向に所定の速度（例えば、０ｋｍ／ｈ以上）で走行する立体物を先行車として抽出することができる。さらに、マイクロコンピュータ１２０５１は、先行車の手前に予め確保

すべき車間距離を設定し、自動ブレーキ制御（追従停止制御も含む）や自動加速制御（追従発進制御も含む）等を行うことができる。このように運転者の操作に拠らずに自律的に走行する自動運転等を目的とした協調制御を行うことができる。

[0099] 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。

[0100] 撮像部１２１０１ないし１２１０４の少なくとも１つは、赤外線を検出する赤外線カメラであってもよい。例えば、マイクロコンピュータ１２０５１は、撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像中に歩行者が存在するか否かを判定することで歩行者を認識することができる。かかる歩行者の認識は、例えば赤外線カメラとしての撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像における特徴点を抽出する手順と、物体の輪郭を示す一連の特徴点にパターンマッチング処理を行って歩行者か否かを判別する手順によって行われる。マイクロコンピュータ１２０５１が、撮像部１２１０１ないし１２１０４の撮像画像中に歩行者が存在すると判定し、歩行者を認識すると、音声画像出力部１２０５２は、当該認識された歩行者に強調のための方形輪郭線を重畳表示するように、表示部１２０６２を制御する。また、音声画像出力部１２０５２は、歩行者を示すアイコン等を所望の位置に表示するように表示部１２０６２を制御してもよい。

[0101] 以上、実施の形態および適用例ならびに応用例を挙げて本開示を説明したが、本技術は上記実施の形態等に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、画素部１００Ａには、撮像画素の他に像面位相差画素が形成されていてもよし、単位画素Ｐが像面位相差画素を兼ねていてもよい。撮像画素は、撮像レンズによって結像された被写体像をフォトダイオードＰＤにおいて光電変換して画像生成用の信号を生成するものである。像面位相差画素は、撮像レンズの瞳領域を分割し、分割された瞳領域からの被写体像を光電変換して位相差検出用の信号を生成するものである。

[0102] なお、本明細書中に記載された効果はあくまで例示であってその記載に限定されるものではなく、他の効果があってもよい。

[0103] なお、本開示は以下のような構成をとることも可能である。以下の構成の本技術によれば、受光部を有する半導体基板の受光面に凹凸構造を設けると共に、その凹凸構造を構成する複数の凹部を埋設するパッシベーション膜を受光面に積層するようにした。これにより、受光面での幅広い波長帯域の入射光の反射および回折を抑制する。よって、高感度な光検出装置を提供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、前記第１の面に設けられた凹凸構造および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基板と、

前記基板の前記第１の面に積層されたパッシベーション膜と、

前記凹凸構造を構成する複数の凸部と前記凹凸構造を構成する複数の凹部に埋設された前記パッシベーション膜とから構成され、前記基板と前記パッシベーション膜との間の屈折率を有する反射率調整層と

を備えた光検出装置。

（２）

前記複数の凹部のピッチサイズは２００ｎｍ以下である、前記（１）に記載の光検出装置。

（３）

前記複数の凹部のピッチサイズは１００ｎｍ以下である、前記（１）に記載の光検出装置。

（４）

前記複数の凹部のそれぞれの幅は、１５ｎｍ以上３０ｎｍ以下である、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）

前記複数の凹部のそれぞれの幅は、２０ｎｍ以上２５ｎｍ以下である、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。

（６）

前記複数の凹部のそれぞれの深さは、１０ｎｍ以上６０ｎｍ以下である、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）

前記複数の凹部のそれぞれの深さは、４０ｎｍ以上５０ｎｍ以下である、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。

（８）

前記パッシベーション膜上に設けられた第１の反射防止層と、

前記第１の反射防止層上に設けられた第２の反射防止層とをさらに有する、前記（１）乃至（７）のうちのいずれか１つに記載の光検出装置。

（９）

前記反射率調整層の屈折率は、前記基板よりも低く、且つ、前記第１の反射防止層および前記第２の反射防止層の屈折率よりも高い、前記（８）に記載の光検出装置。

（１０）

前記第１の反射防止層の屈折率は、前記第２の反射防止層の屈折率よりも高い、前記（８）または（９）に記載の光検出装置。

（１１）

前記基板は、シリコン基板またはインジウム・ガリウム・ヒ素基板である

、前記（１）乃至（１０）のうちのいずれか１つに記載の光検出装置。

（１２）

前記パッシベーション膜は、ハフニウム、アルミニウム、チタン、ジルコニウム、タンタル、イットリウムおよびストロンチウムのうちの少なくとも１種を含む酸化膜または窒化膜を含む、前記（１）乃至（１１）のうちのいずれか１つに記載の光検出装置。

（１３）

前記複数の凹部は、前記第１の面から前記第２の面に向かって徐々に狭くなるテーパ形状を有している、前記（１）乃至（１２）のうちのいずれか１つに記載の光検出装置。

（１４）

入射光を前記受光部に集光させる光学部材を前記第２の反射防止層の上方にさらに有する、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）

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、前記第１の面に設けられた凹凸構造および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基板と、

前記基板の前記第１の面に積層され、前記凹凸構造を構成する複数の凹部を埋設すると共に、前記凹凸構造に応じた波状構造を表面に有するパッシベーション膜と

を備えた光検出装置。

（１６）

前記凹凸構造に応じた波状構造を表面に有する第１の反射防止層を前記パッシベーション膜上にさらに有する、前記（１５）に記載の光検出装置。

[0104] 本出願は、米国特許商標庁において２０２０年７月２１日に出願された米国特許出願番号６３／０５４，３７３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。

[0105] 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、前記第１の面に設けられた凹凸構造および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基板と、

前記基板の前記第１の面に積層されたパッシベーション膜と、

前記凹凸構造を構成する複数の凸部と前記凹凸構造を構成する複数の凹部に埋設された前記パッシベーション膜とから構成され、前記基板と前記パッシベーション膜との間の屈折率を有する反射率調整層とを備えた光検出装置。

[請求項2] 前記複数の凹部のピッチサイズは２００ｎｍ以下である、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項3] 前記複数の凹部のピッチサイズは１００ｎｍ以下である、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項4] 前記複数の凹部のそれぞれの幅は、１５ｎｍ以上３０ｎｍ以下である、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項5] 前記複数の凹部のそれぞれの幅は、２０ｎｍ以上２５ｎｍ以下である、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項6] 前記複数の凹部のそれぞれの深さは、１０ｎｍ以上６０ｎｍ以下である、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項7] 前記複数の凹部のそれぞれの深さは、４０ｎｍ以上５０ｎｍ以下である、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項8] 前記パッシベーション膜上に設けられた第１の反射防止層と、

前記第１の反射防止層上に設けられた第２の反射防止層とをさらに有する、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項9] 前記反射率調整層の屈折率は、前記基板よりも低く、且つ、前記第１の反射防止層および前記第２の反射防止層の屈折率よりも高い、請求項８に記載の光検出装置。

[請求項10] 前記第１の反射防止層の屈折率は、前記第２の反射防止層の屈折率

よりも高い、請求項８に記載の光検出装置。

[請求項11] 前記基板は、シリコン基板またはインジウム・ガリウム・ヒ素基板である、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項12] 前記パッシベーション膜は、ハフニウム、アルミニウム、チタン、ジルコニウム、タンタル、イットリウムおよびストロンチウムのうちの少なくとも１種を含む酸化膜または窒化膜を含む、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項13] 前記複数の凹部は、前記第１の面から前記第２の面に向かって徐々に狭くなるテーパ形状を有している、請求項１に記載の光検出装置。

[請求項14] 入射光を前記受光部に集光させる光学部材を前記第２の反射防止層の上方にさらに有する、請求項８に記載の光検出装置。

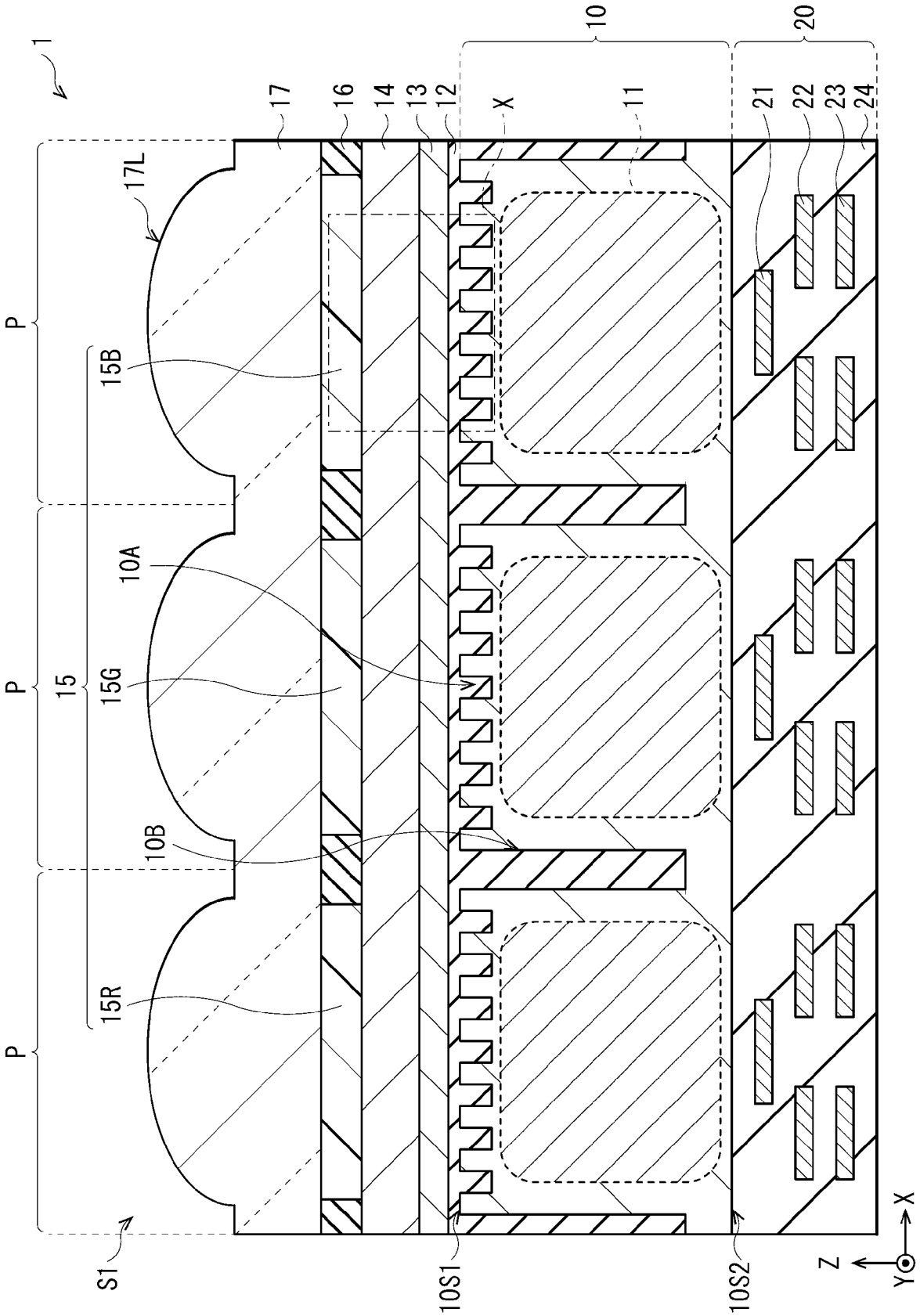
[請求項15] 受光面となる第１の面および前記第１の面と対向する第２の面を有すると共に、前記第１の面に設けられた凹凸構造および画素毎に受光量に応じた電荷を光電変換により生成する受光部を有する基板と、

前記基板の前記第１の面に積層され、前記凹凸構造を構成する複数の凹部を埋設すると共に、前記凹凸構造に応じた波状構造を表面に有するパッシベーション膜と

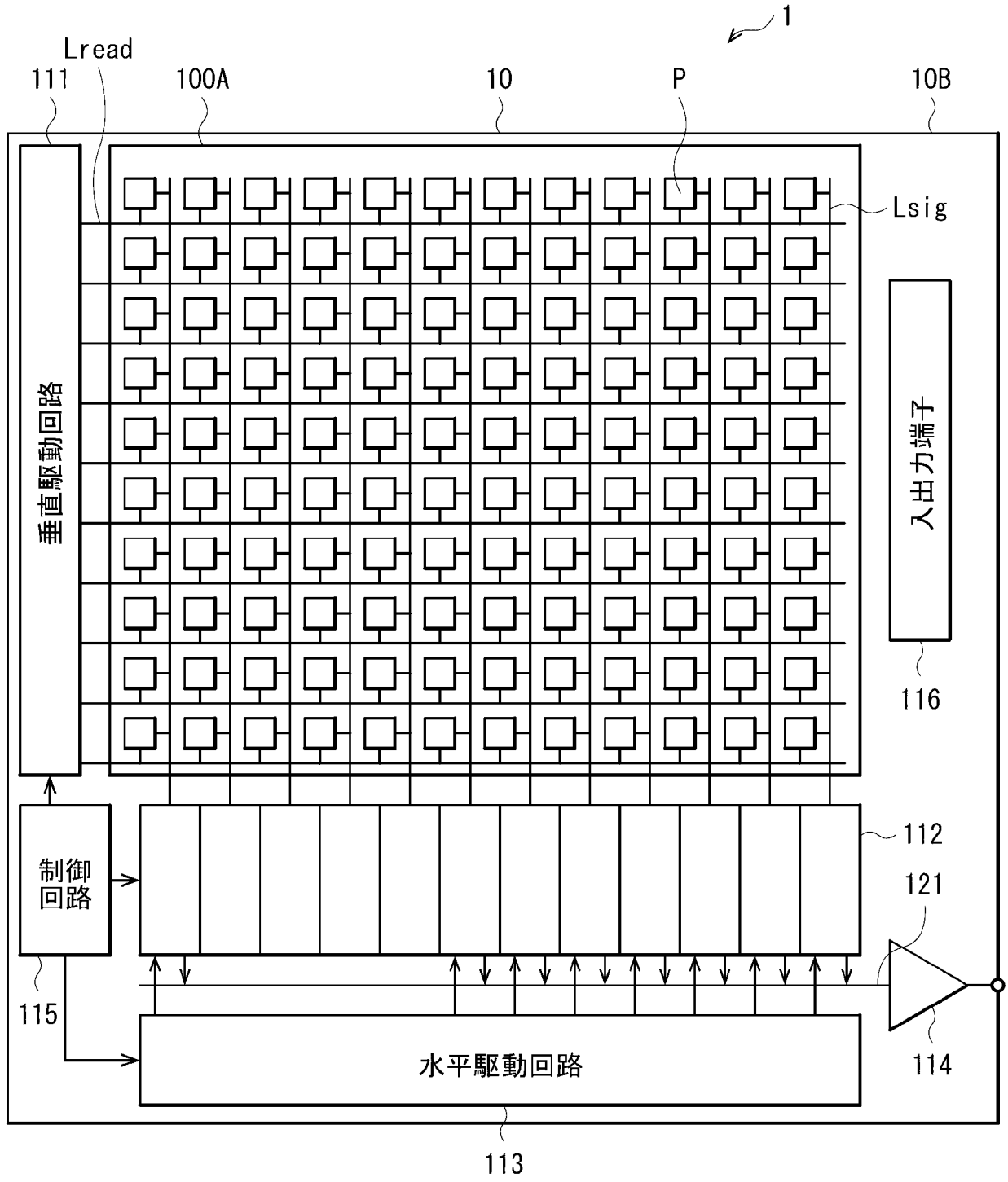
を備えた光検出装置。

[請求項16] 前記凹凸構造に応じた波状構造を表面に有する第１の反射防止層を前記パッシベーション膜上にさらに有する、請求項１５に記載の光検出装置。

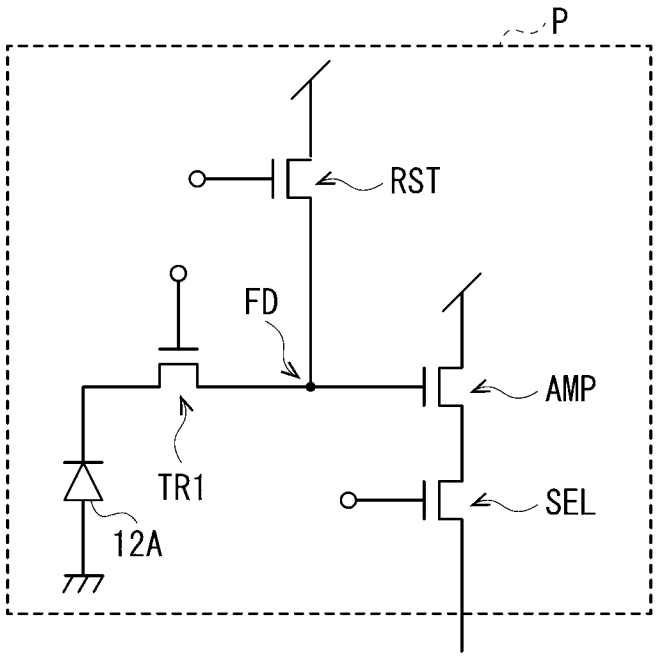
[図1]


1
10
20
17
16
14
13
12
X
11
21
22
23
24
17L
15B
10A
15G
10B
15R
15
P
P
P
S1
10S1
10S2
Z
Y
X

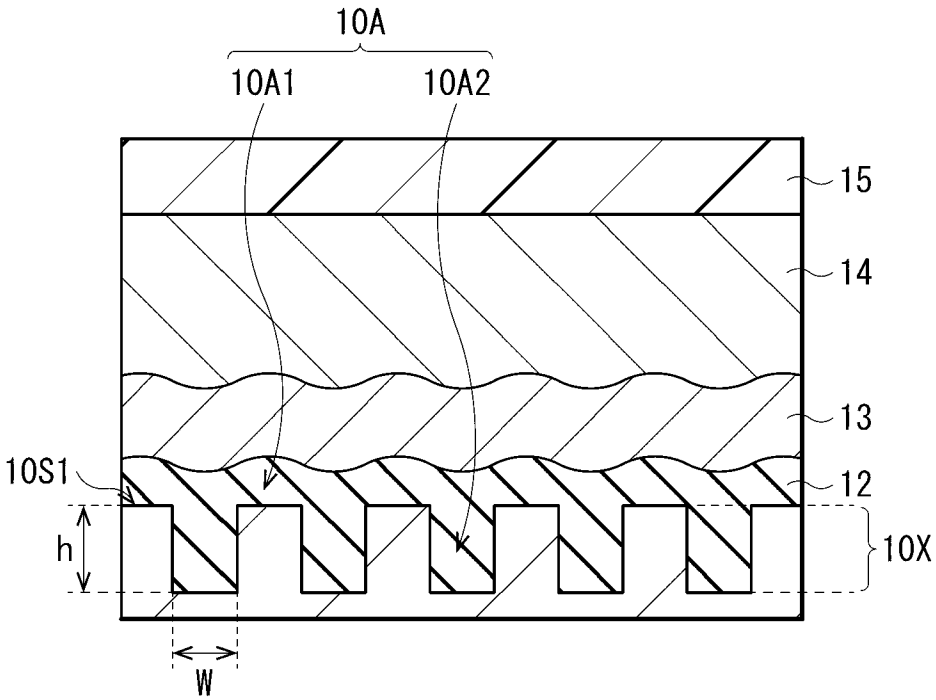
[図2]


1
Lread
111
100A
10
P
10B
Lsig
垂直駆動回路
入出力端子
116
制御回路
112
121
115
水平駆動回路
114
113

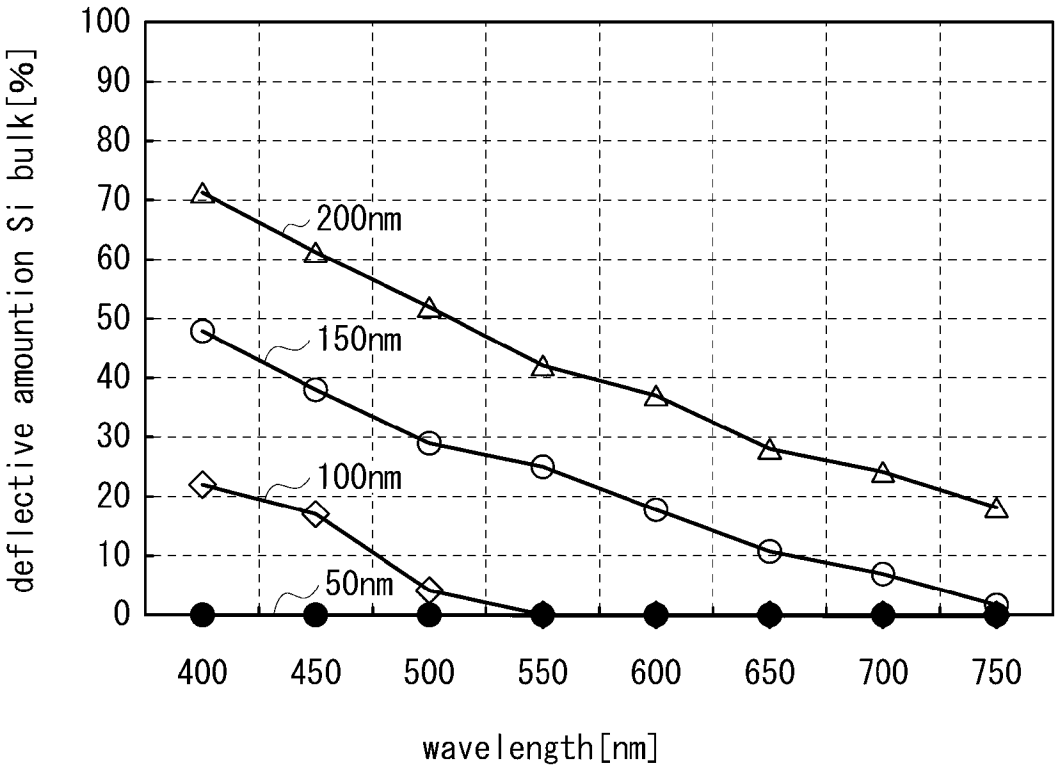
[図3]



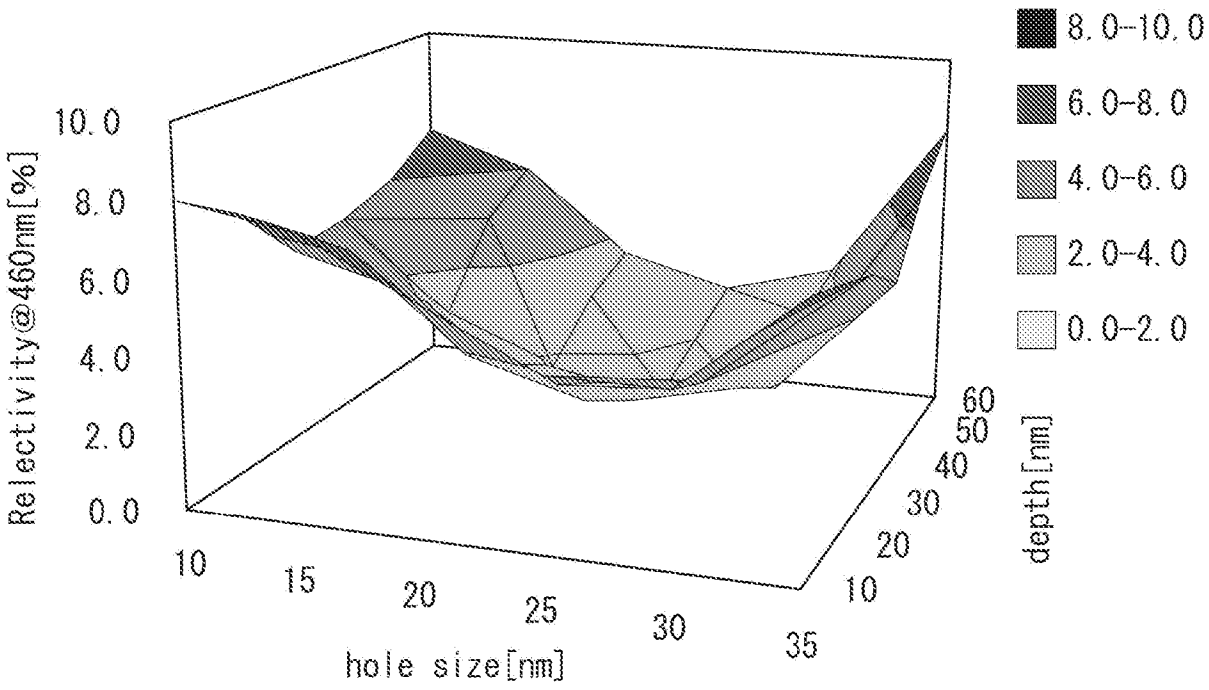
[図4]



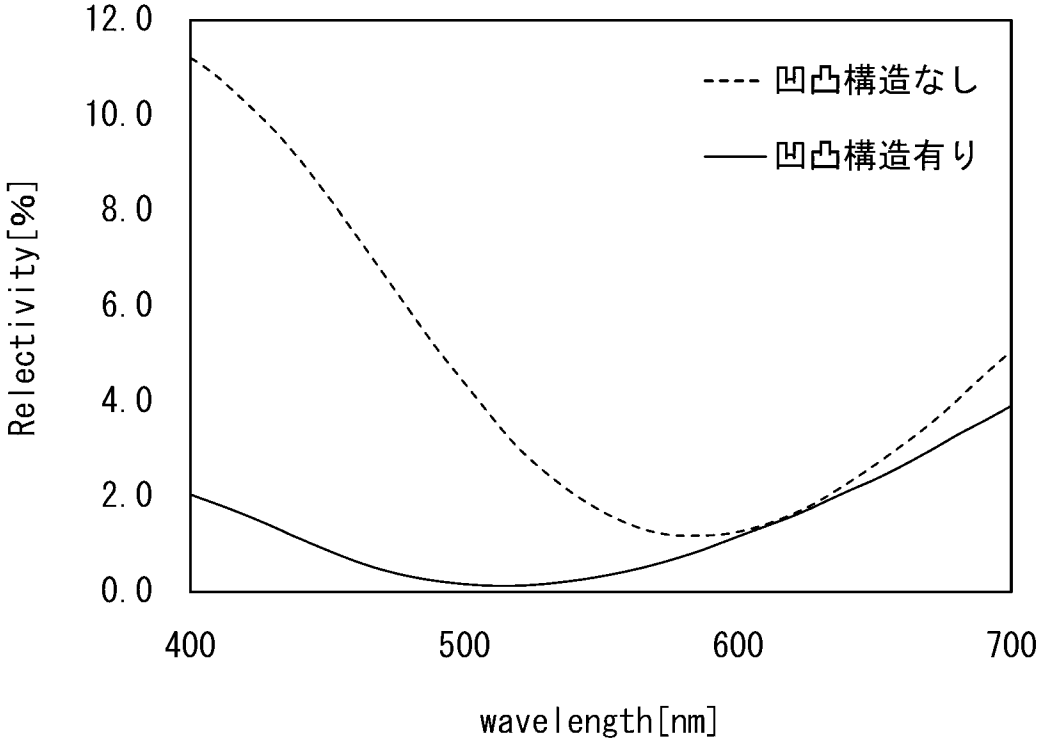
[図5]


deflective amountion Si bulk[%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
200nm
150nm
100nm
50nm
400
450
500
550
600
650
700
750
wavelength[nm]

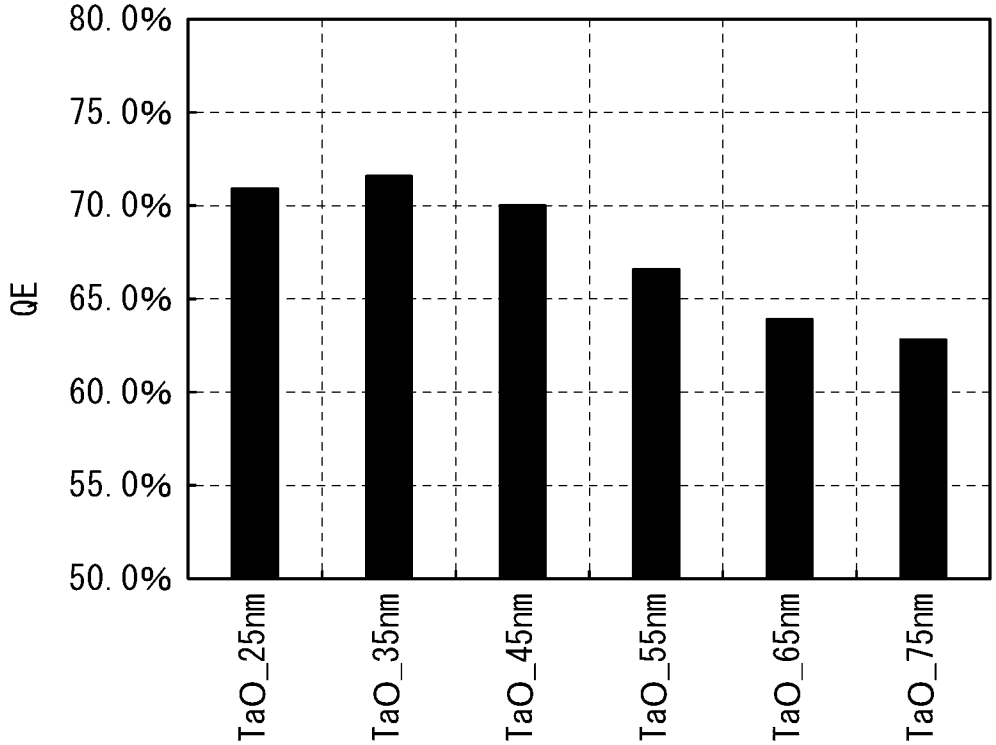
[図6]


Relectivity@460nm[%]
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
10
15
20
25
30
35
hole size[nm]
60
50
40
30
20
10
depth[nm]
8.0-10.0
6.0-8.0
4.0-6.0
2.0-4.0
0.0-2.0

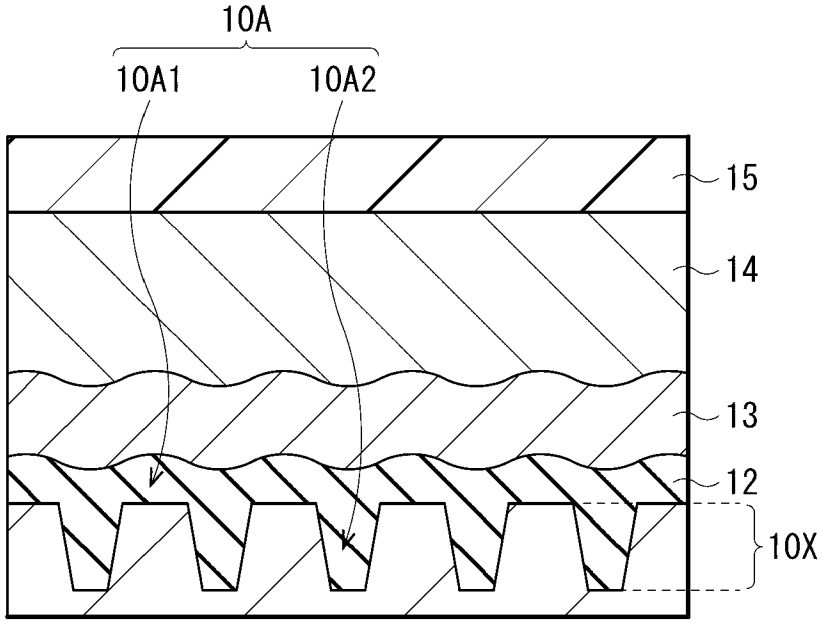
[図7]


12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
Relectivity[%]
凹凸構造なし
凹凸構造有り
400
500
600
700
wavelength[nm]

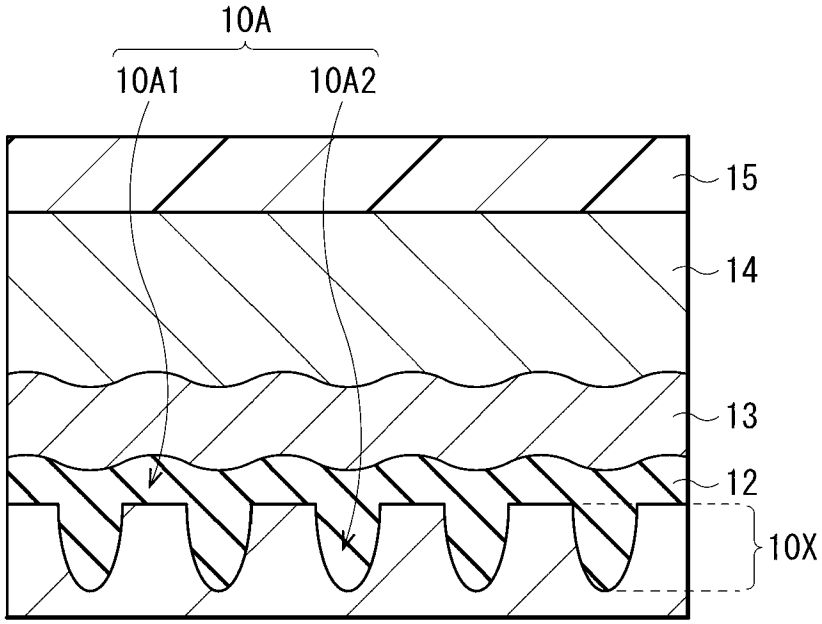
[図8]


80.0%
75.0%
70.0%
65.0%
60.0%
55.0%
50.0%
QE
TaO_25nm
TaO_35nm
TaO_45nm
TaO_55nm
TaO_65nm
TaO_75nm

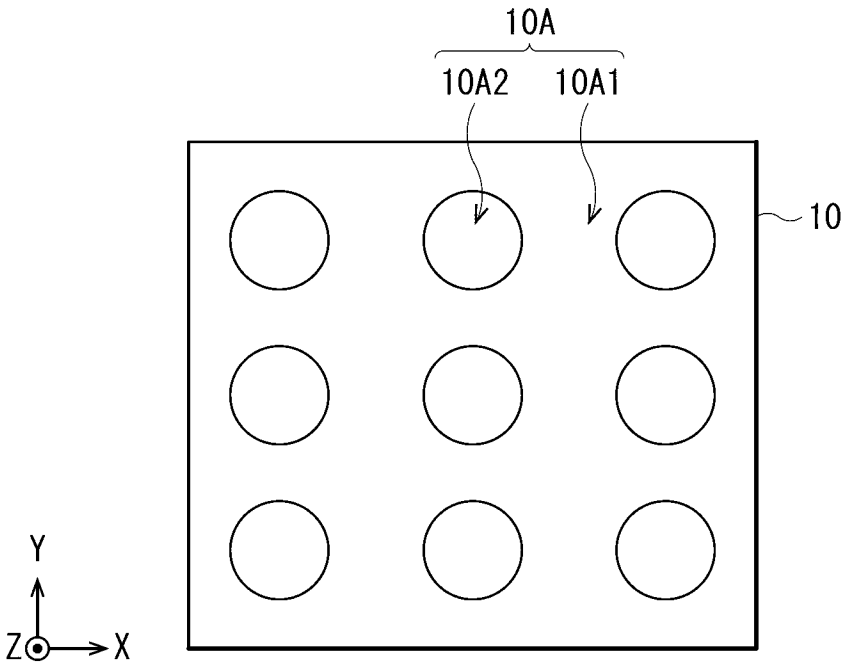
[図9A]



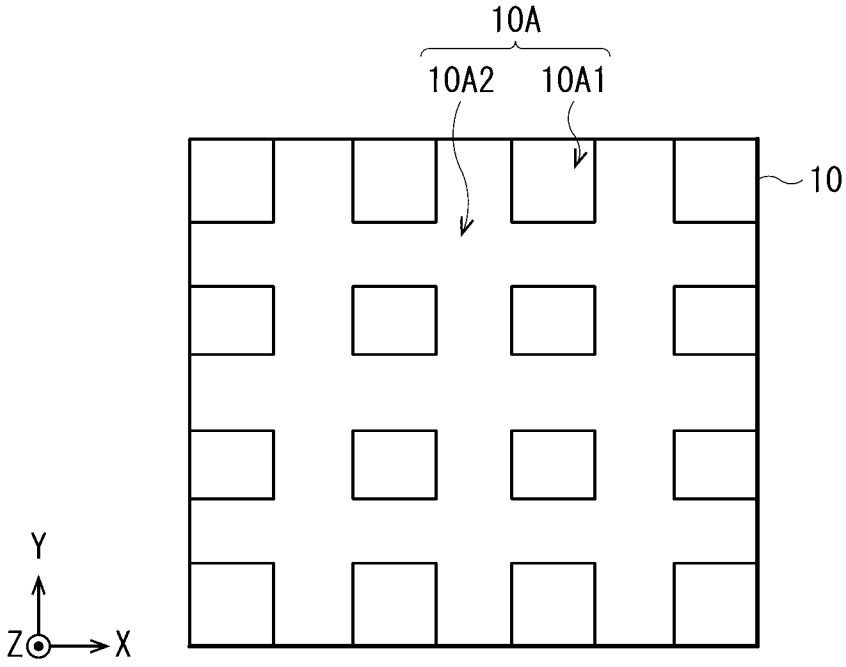
[図9B]



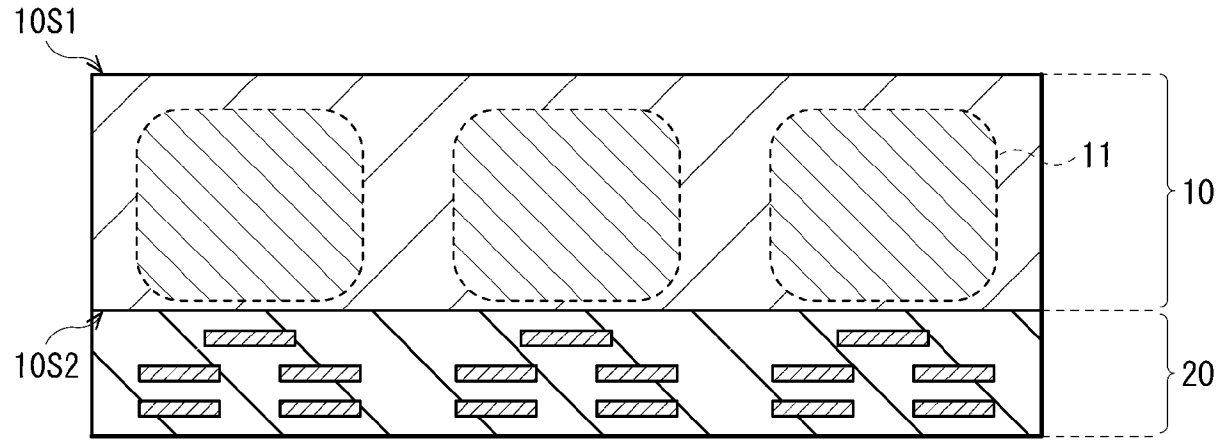
[図10A]



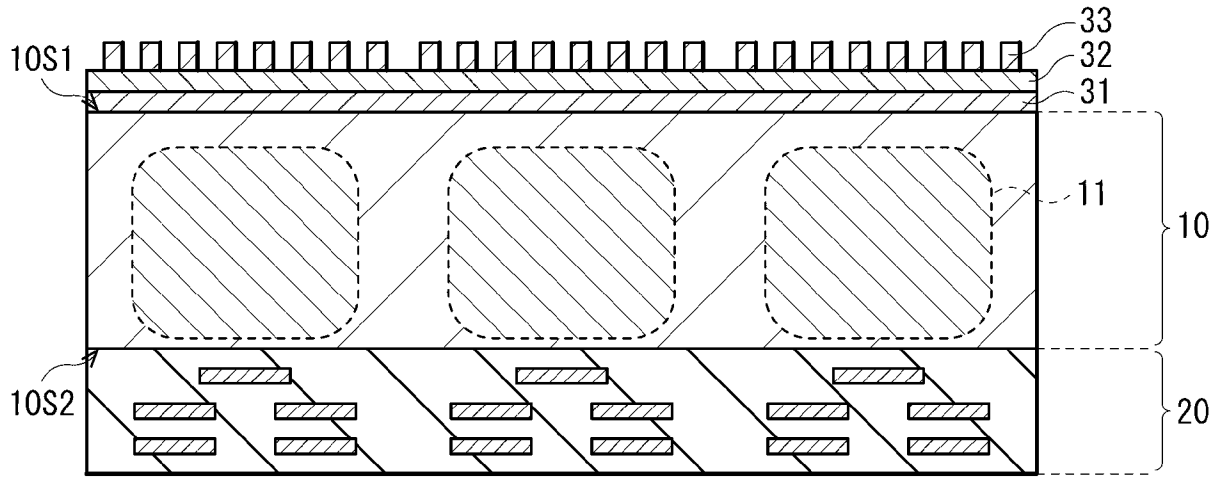
[図10B]



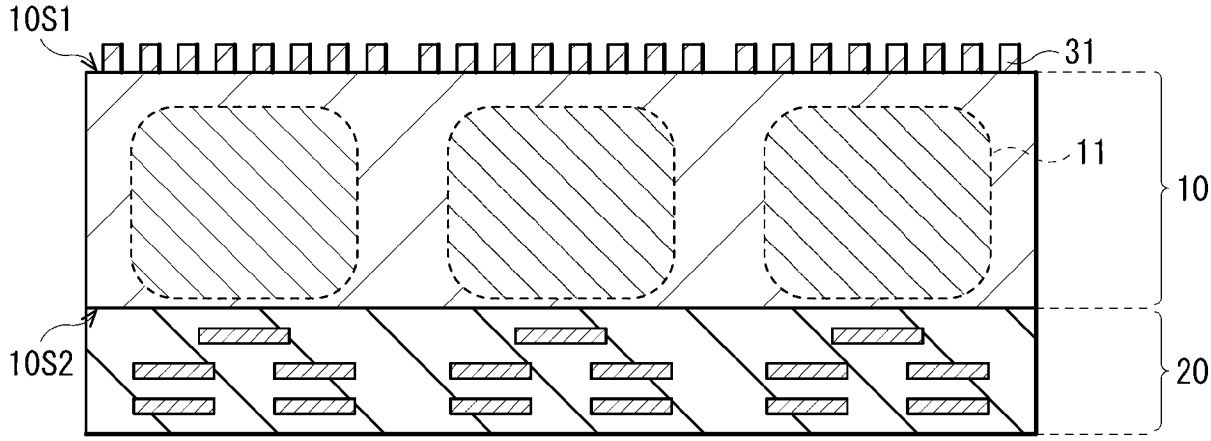
[図11A]



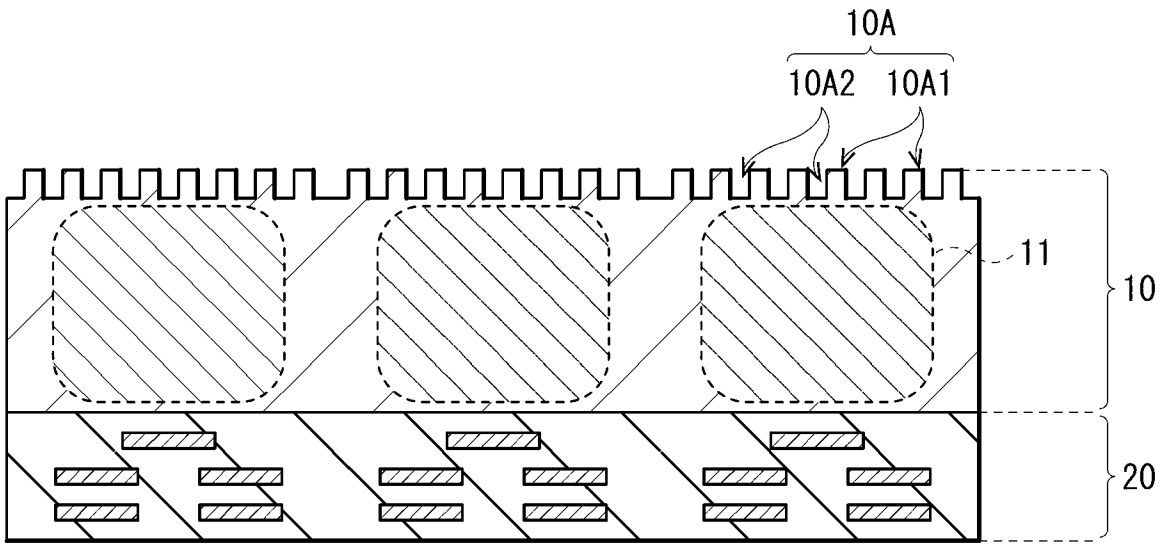
[図11B]



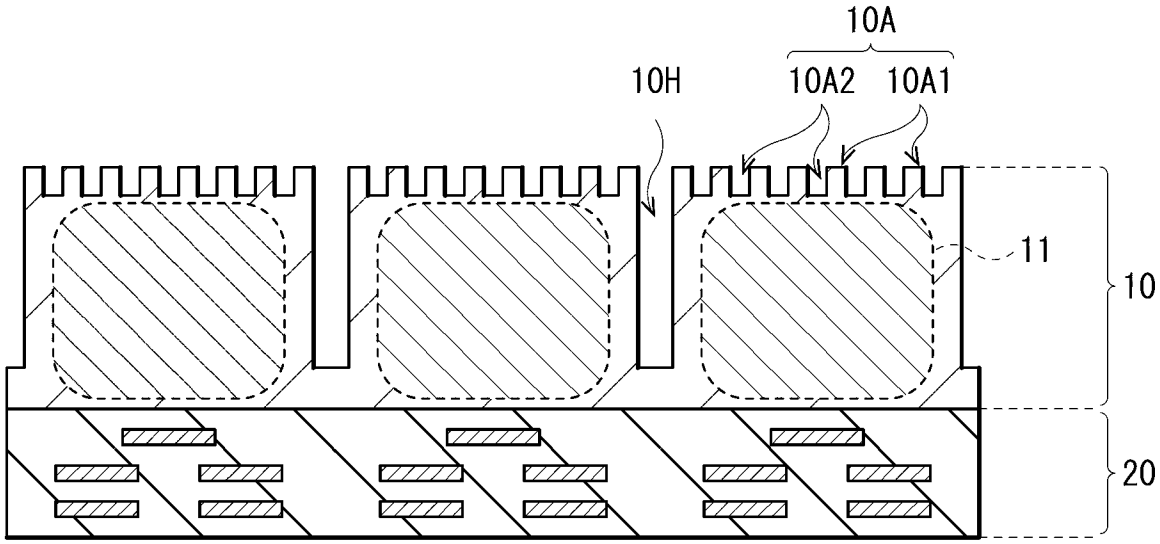
[図11C]



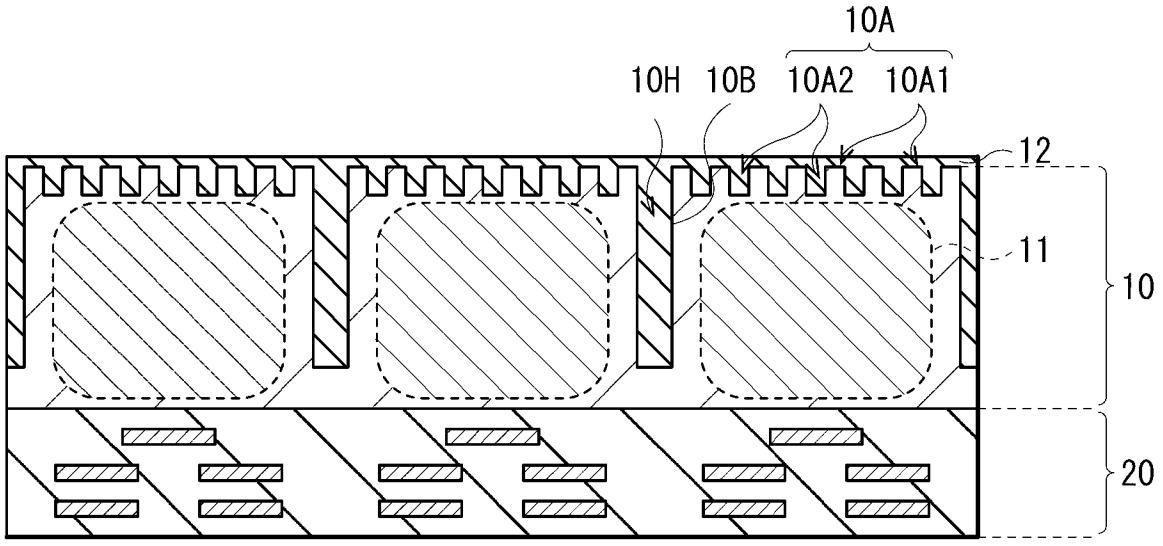
[図11D]



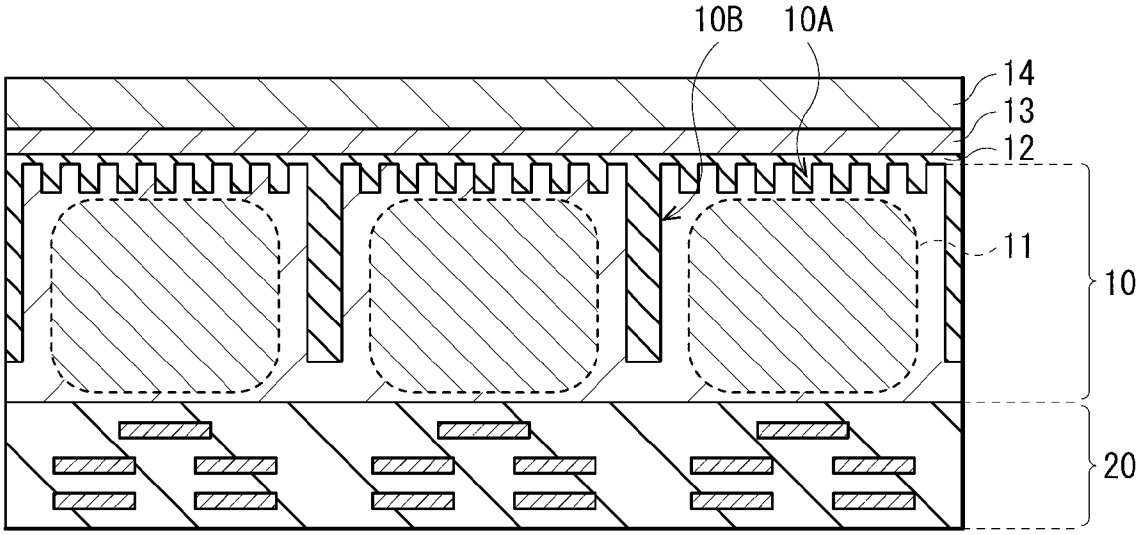
[図11E]



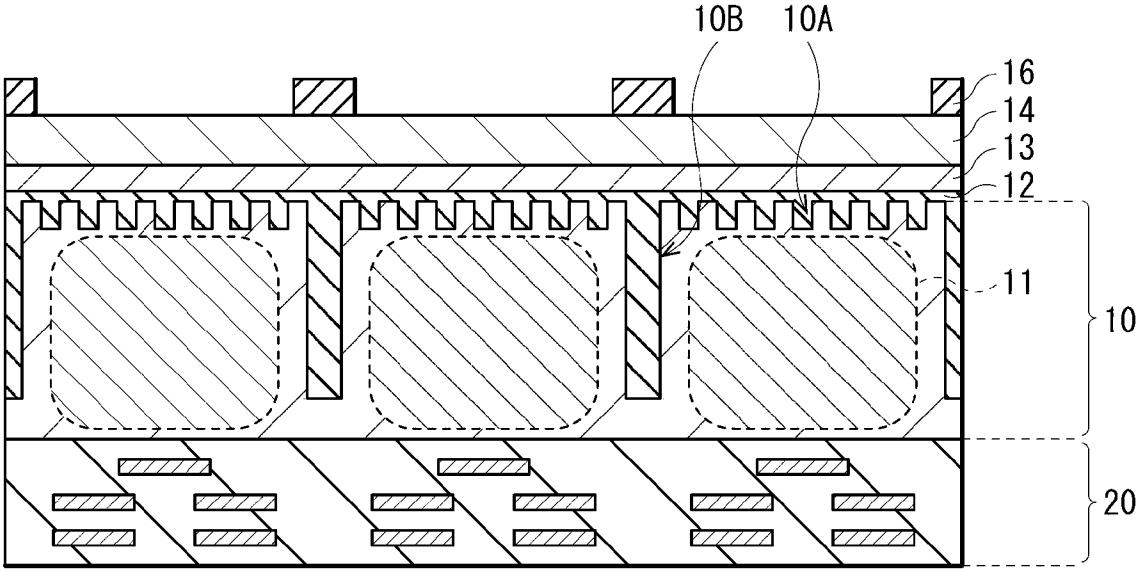
[図11F]



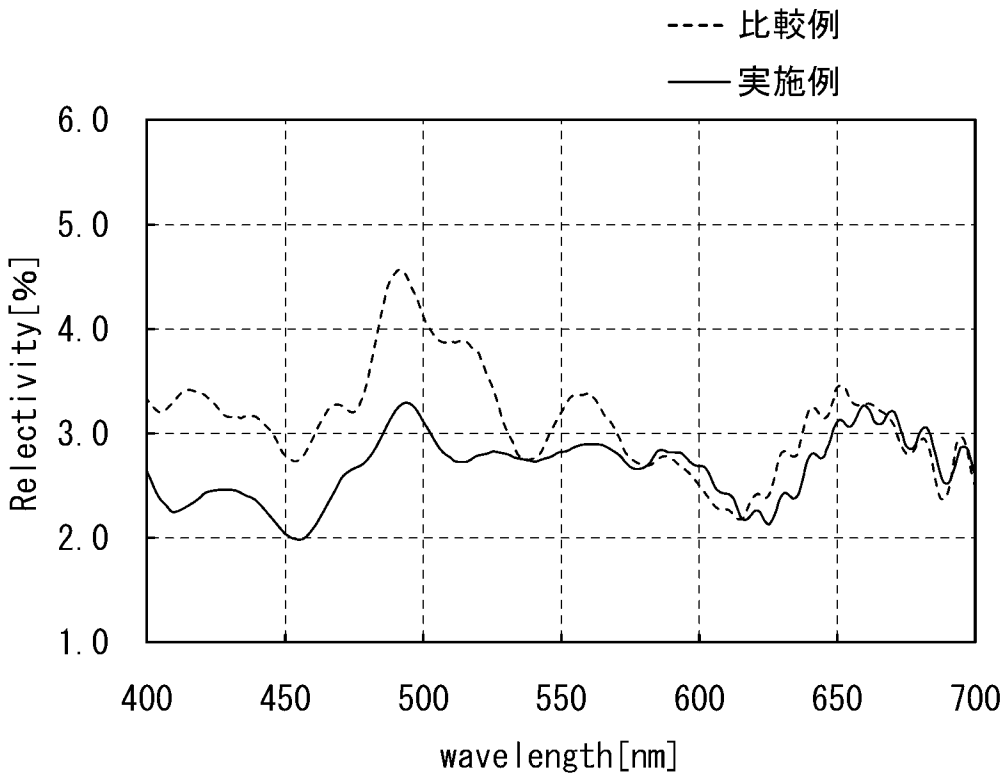
[図11G]



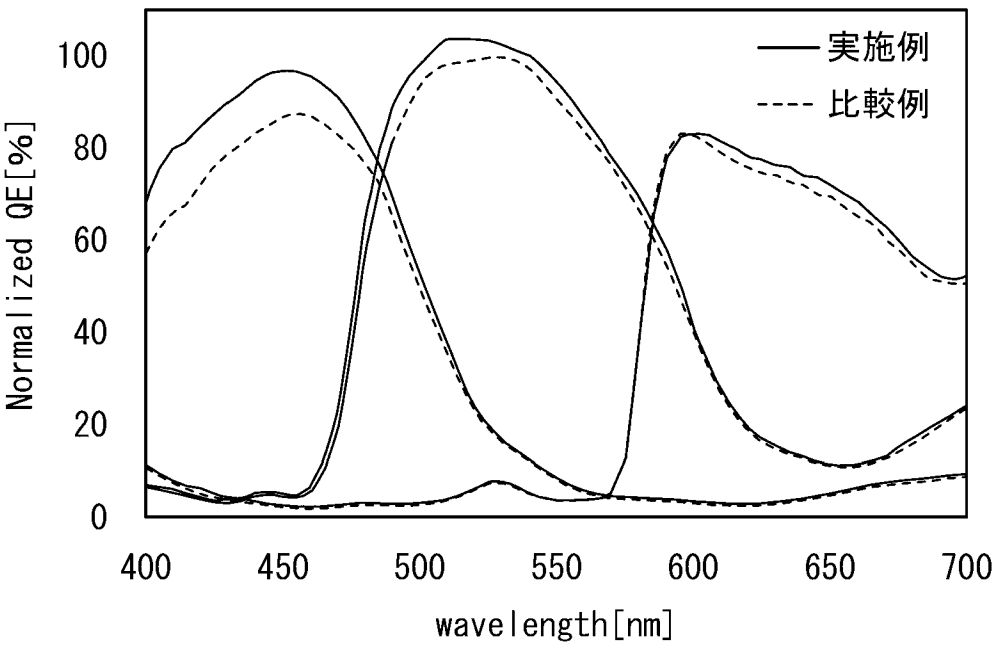
[図11H]



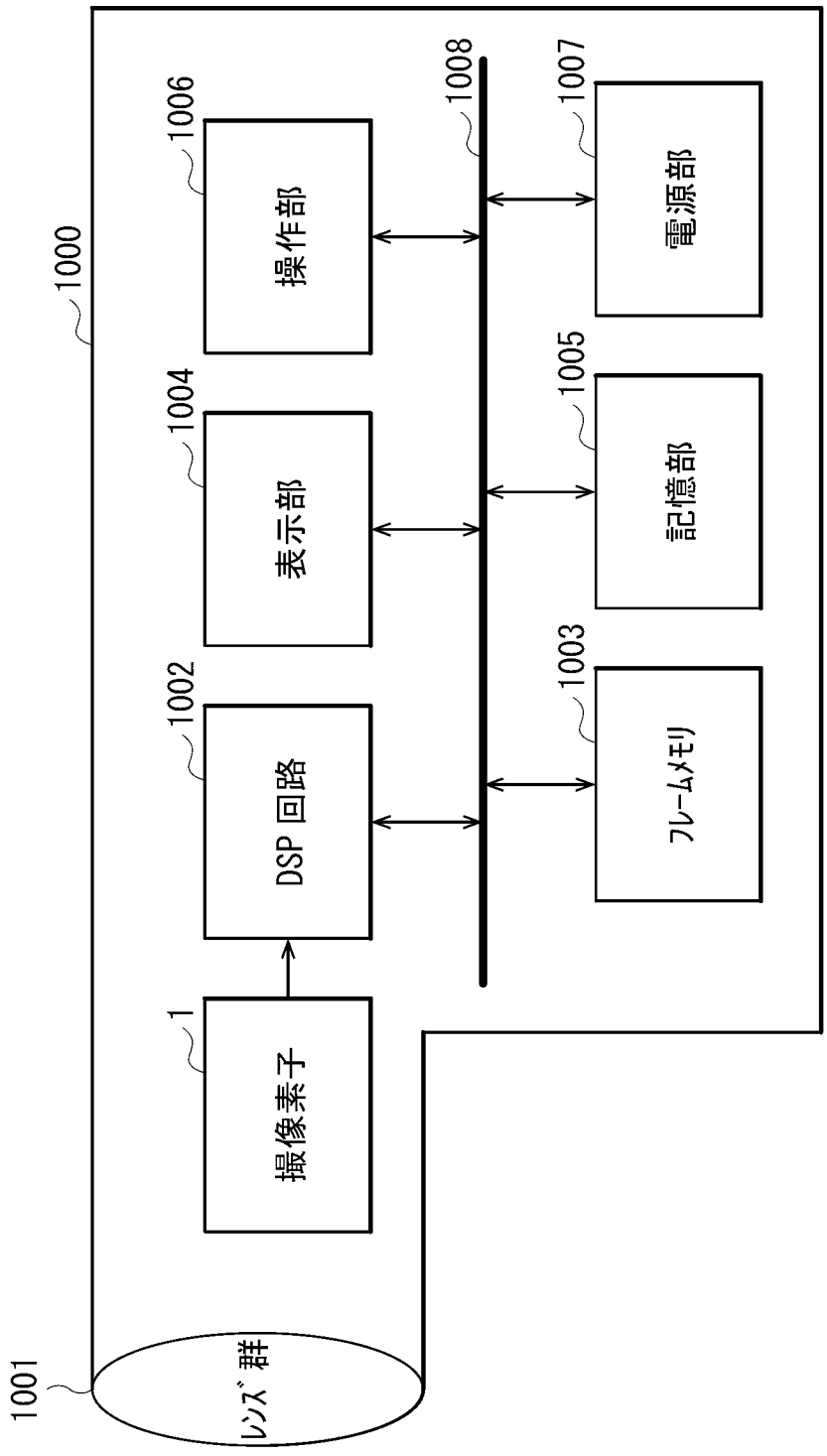
[図12]


---- 比較例
——実施例
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
Relectivity[%]
400
450
500
550
600
650
700
wavelength[nm]

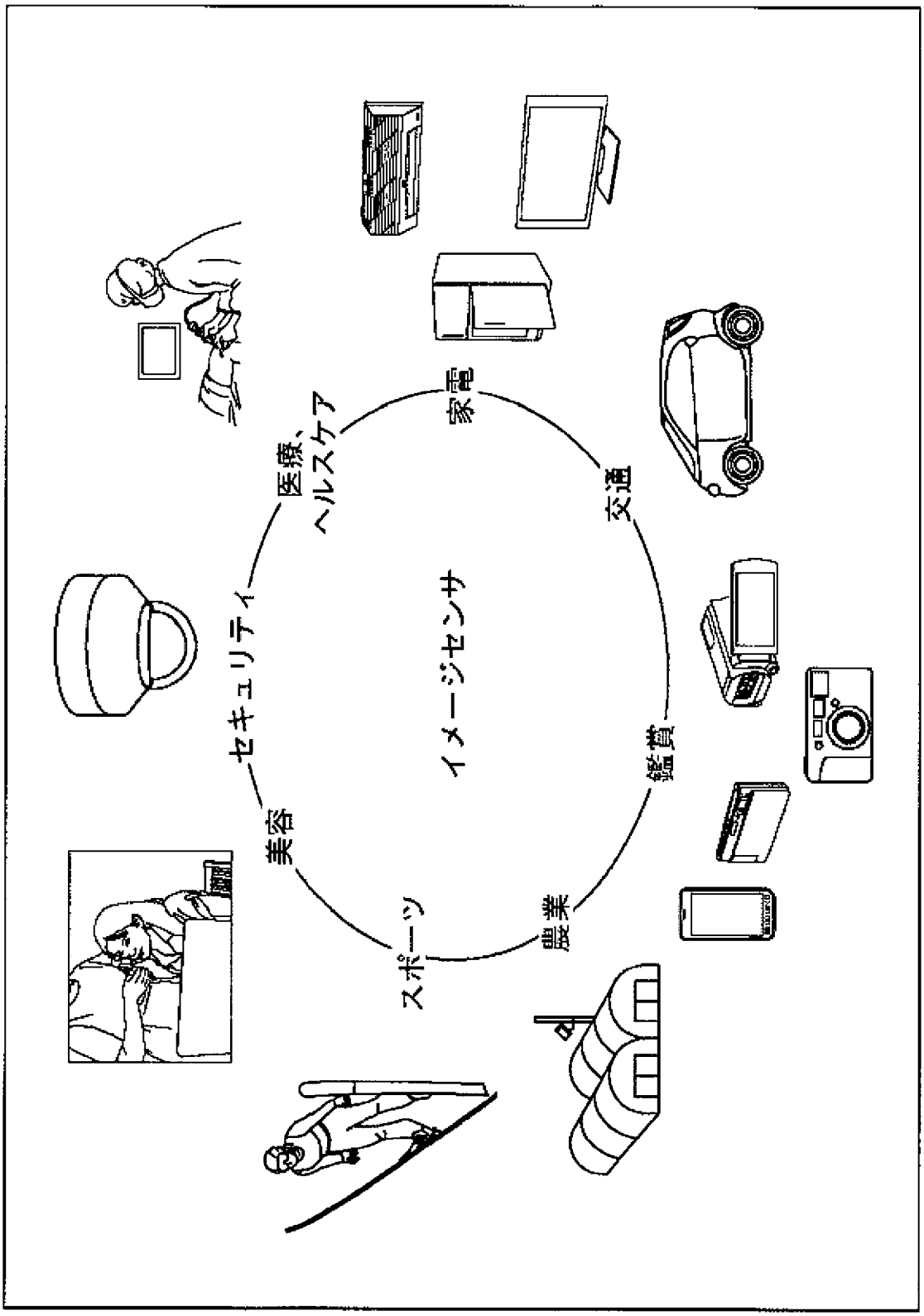
[図13]


——実施例
---- 比較例
100
80
60
40
20
0
Normalized QE[%]
400
450
500
550
600
650
700
wavelength[nm]

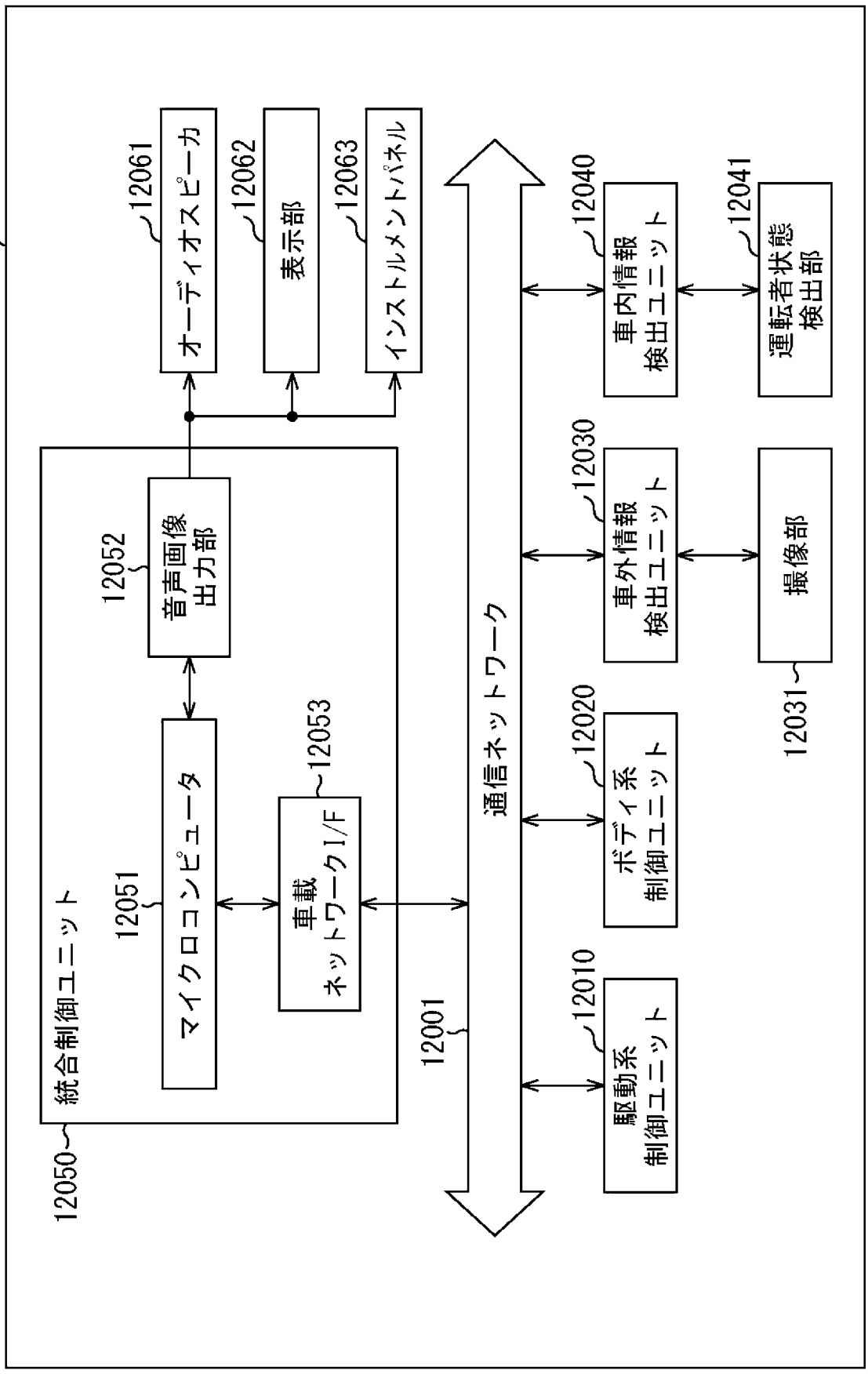
[図14]


1000
1001
レンズ群
1
撮像素子
1002
DSP 回路
1003
フレームメモリ
1004
表示部
1005
記憶部
1006
操作部
1007
電源部
1008

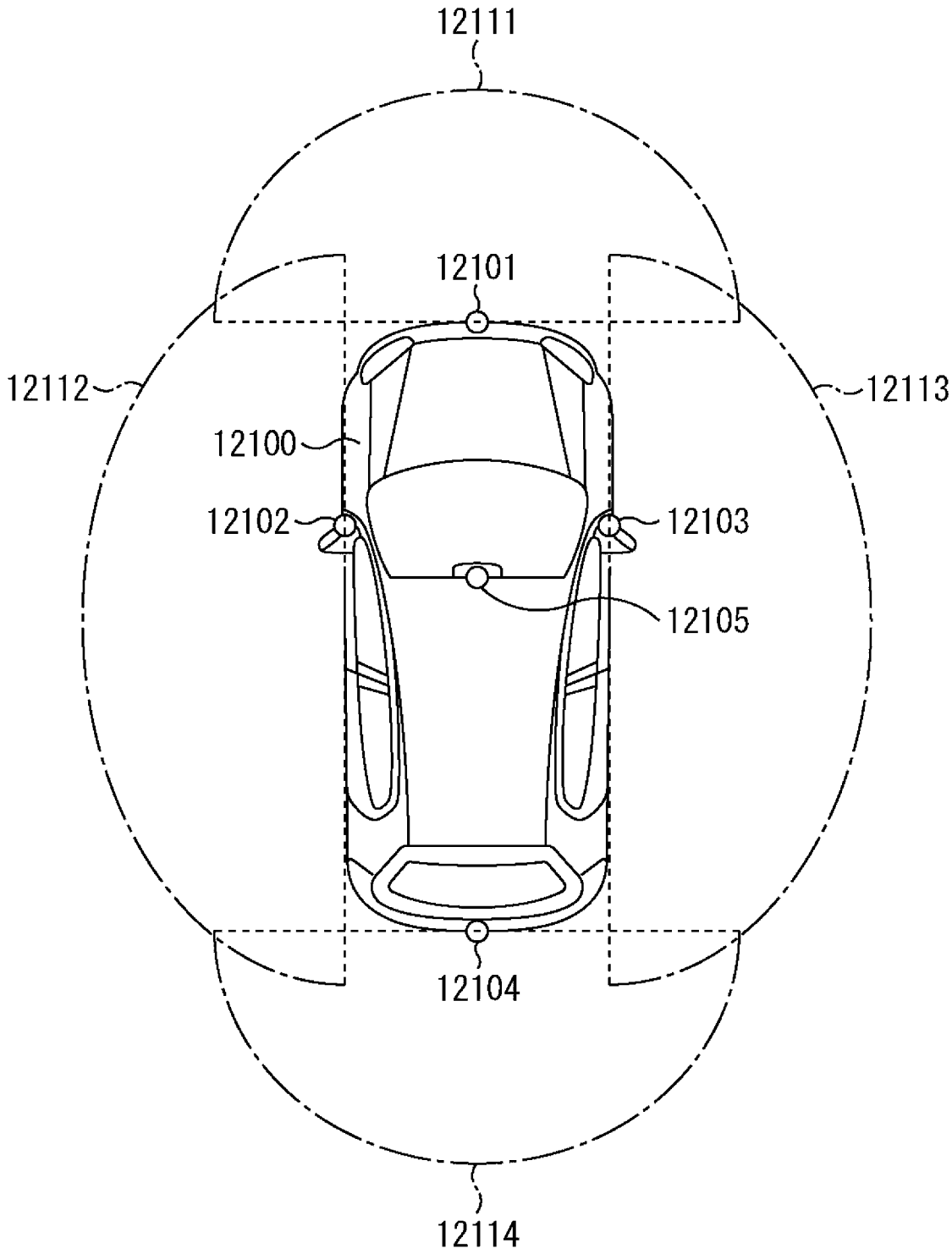
[図15]



[図16]


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

[図17]


12111
12101
12112
12113
12100
12102
12103
12105
12104
12114

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/025543

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 27/146(2006.01)i
FI: H01L27/146 D

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

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2018/092632 A1 (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORP.) 24 May 2018 (2018-05-24) paragraphs [0016]-[0402], fig. 1, 25, 40	1-12, 14, 15
Y		13, 16
Y	WO 2015/170629 A1 (SONY CORP.) 12 November 2015 (2015-11-12) paragraphs [0033]-[0044], fig. 3	13, 16
A	WO 2015/001987 A1 (SONY CORP.) 08 January 2015 (2015-01-08) paragraphs [0026]-[0042], fig. 2	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
15 September 2021	**28 September 2021**
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/JP2021/025543

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2018/092632 A1	24 May 2018	US 2019/0280026 A1 paragraphs [0057]-[0459], fig. 1, 25, 40 CN 109983578 A	
WO 2015/170629 A1	12 November 2015	US 2017/0045644 A1 paragraphs [0044]-[0055], fig. 3 CN 106537593 A	
WO 2015/001987 A1	08 January 2015	US 2016/0112614 A1 paragraphs [0052]-[0068], fig. 2 CN 105229790 A KR 10-2016-0029735 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/025543

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
FI: H01L27/146 D

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

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	WO 2018/092632 A1 (ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社) 24.05.2018 (2018-05-24) [0016]-[0402],図1,25,40	1-12,14,15
Y		13,16
Y	WO 2015/170629 A1 (ソニー株式会社) 12.11.2015 (2015-11-12) [0033]-[0044],図3	13,16
A	WO 2015/001987 A1 (ソニー株式会社) 08.01.2015 (2015-01-08) [0026]-[0042],図2	1-16

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
15.09.2021	28.09.2021

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

権限のある職員（特許庁審査官）
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/JP2021/025543

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2018/092632 A1	24.05.2018	US 2019/0280026 A1 [0057]-[0459],FIGS.1,25,40 CN 109983578 A	
WO 2015/170629 A1	12.11.2015	US 2017/0045644 A1 [0044]-[0055],FIG.3 CN 106537593 A	
WO 2015/001987 A1	08.01.2015	US 2016/0112614 A1 [0052]-[0068],FIG.2 CN 105229790 A KR 10-2016-0029735 A	