(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年5月17日(17.05.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/088083 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 27/146 (2006.01) *H01L 31/10* (2006.01)
H01L 27/144 (2006.01) *H04N 5/369* (2011.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/036431

(22) 国際出願日： 2017年10月6日(06.10.2017)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2016-220762 2016年11月11日(11.11.2016) JP

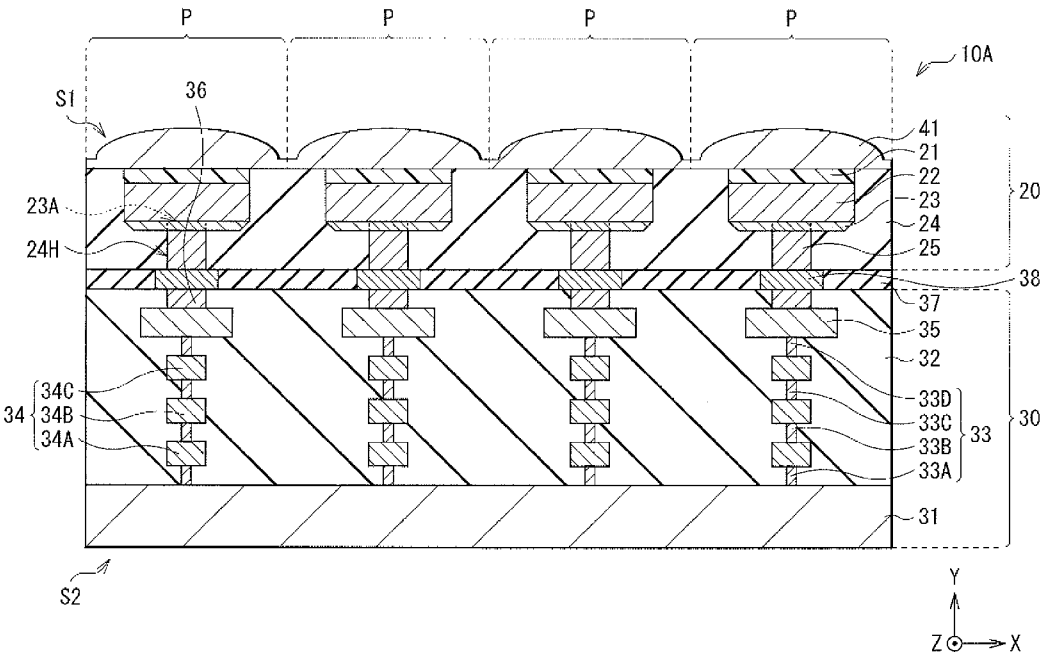
(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 財前 義史 (ZAIZEN, Yoshifumi); 〒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). 丸山 俊介 (MARUYAMA, Shunsuke); 〒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

(54) **Title:** LIGHT-RECEIVING ELEMENT, METHOD FOR MANUFACTURING LIGHT-RECEIVING ELEMENT, AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称： 受光素子、受光素子の製造方法および電子機器



(57) **Abstract:** A light-receiving element of one embodiment of the present invention includes a first compound semiconductor having a first conductivity type, and is provided with: a photoelectric conversion layer that absorbs infrared region wavelengths and generates electrical charges; a first semiconductor layer formed on the photoelectric conversion layer; and an insulation layer formed so as to surround the photoelectric conversion layer and the first semiconductor layer. The first semiconductor layer has a second conductivity-type region in a central portion thereof that does not include the

WO 2018/088083 A1

[続葉有]

区新宿１丁目１５番９号さわだビル３階 Tokyo (JP).

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

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

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

peripheral edge portion opposing the photoelectric conversion layer.

(57) 要約：本開示の一実施形態の受光素子は、第１導電型を有する第１の化合物半導体を含み、赤外領域の波長を吸収して電荷を発生する光電変換層と、光電変換層上に形成された第１の半導体層と、光電変換層および第１の半導体層を囲んで形成された絶縁層とを備え、第１の半導体層は、光電変換層と対向する周縁部を除く中央部に第２導電型領域を有する。

明　細　書

発明の名称 ： 受光素子、受光素子の製造方法および電子機器

技術分野

[0001] 本開示は、例えば赤外線センサ等に用いられる受光素子およびその製造方法ならびに電子機器に関する。

背景技術

[0002] ＩｎＧａＡｓ膜は、赤外領域の量子変換効率の高さから、次世代イメージセンサ向けの光電変換膜として期待されている。例えば、特許文献１では、ＩｎＧａＡｓ膜を受光層として用いた受光デバイスが開示されている。この受光デバイスでは、ＩｎＧａＡｓ膜は、ＩｎＰ基板上にＥｐｉ成長で成膜されている。

[0003] ところで、ＩｎＧａＡｓ膜のＥｐｉ成長の下地となるＩｎＰウェハは、技術課題やウェハコストが高いことから大口径化が進んでいない。そこで、Ｓｉウェハ上にＩｎＰ膜を成膜して大口径化させる方法が開発されている。Ｓｉウェハ上にＩｎＰ膜を成膜し、さらにＩｎＰ膜上に高い結晶性を有するＩｎＧａＡｓ膜をＥｐｉ成長で成膜する方法として、ＡＲＴ（Aspect Ratio Trapping）プロセスが開発されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開昭６３－１６０２８３号公報

発明の概要

[0005] ところで、上記受光デバイスを備えたＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサでは、暗電流の発生を抑制することが求められている。

[0006] 暗電流の発生を抑制することが可能な受光素子、受光素子の製造方法および電子機器を提供することが望ましい。

[0007] 本開示の一実施形態の受光素子は、第１導電型を有する第１の化合物半導

体を含み、赤外領域の波長を吸収して電荷を発生する光電変換層と、光電変換層上に形成された第１の半導体層と、光電変換層および第１の半導体層を囲んで形成された絶縁層とを備えたものであり、第１の半導体層は、光電変換層と対向する周縁部を除く中央部に第２導電型領域を有する。

[0008] 本開示の一実施形態の受光素子の製造方法は、第１導電型を有する第１の化合物半導体を含み、赤外領域の波長を吸収して電荷を発生する光電変換層を形成し、光電変換層上に第１の半導体層を形成し、光電変換層および第１の半導体層を囲む絶縁層を形成し、第１の半導体層に、光電変換層と対向する周縁部を除く中央部に第２導電型領域を形成するものである。

[0009] 本開示の一実施形態の受光素子および一実施形態の受光素子の製造方法では、第１導電型を有する第１の化合物半導体を含む光電変換層上に第１の半導体層を設け、この第１の半導体層の、光電変換層と対向する周縁部を除く中央部に第２導電型領域を形成するようにした。これにより、結晶欠陥の少ないｐｎ接合を形成することが可能となる。

[0010] 本開示の一実施形態の電子機器は、上記本開示の一実施形態の受光素子を備えたものである。

[0011] 本開示の一実施形態の受光素子、一実施形態の受光素子の製造方法および一実施形態の電子機器によれば、第１導電型の第１の化合物半導体を含む光電変換層上に設けられる第１の半導体層の、光電変換層と対向する周縁部を除く中央部に第２導電型領域を形成するようにしたので、結晶欠陥の少ないｐｎ接合を形成することが可能となる。よって、暗電流の発生を抑制することが可能となる。

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

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本開示の一実施の形態に係る受光素子の構成の一例を表す断面模式図である。

[図2A]図１に示した受光素子の製造工程の一例を説明する断面模式図である。

[図2B]図２Ａに続く工程を表す断面模式図である。

[図2C]図２Ｂに続く工程を表す断面模式図である。

[図3A]図２Ｃに続く工程を表す断面模式図である。

[図3B]図３Ａに続く工程を表す断面模式図である。

[図3C]図３Ｂに続く工程を表す断面模式図である。

[図4A]図３Ｃに続く工程を表す断面模式図である。

[図4B]図４Ａに続く工程を表す断面模式図である。

[図5A]図４Ｂに続く工程を表す断面模式図である。

[図5B]図５Ａに続く工程を表す断面模式図である。

[図6]図５Ｂに続く工程を表す断面模式図である。

[図7]本開示の変形例に係る受光素子の構成の一例を表す断面模式図である。

[図8]撮像装置の構成を表すブロック図である。

[図9]図８に示した撮像装置を用いた電子機器（カメラ）の一例を表す機能ブロック図である。

[図10]体内情報取得システムの概略的な構成の一例を示すブロック図である。

[図11]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。

[図12]撮像部の設置位置の一例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

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

１．実施の形態（第１半導体層の中央部に選択的に第２導電型領域を有する受光素子の例）

１－１．受光素子の構成
１－２．受光素子の製造方法
１－３．作用・効果
２．変形例
３．適用例
適用例１（撮像装置の例）
適用例２（電子機器の例）
適用例３（体内情報取得システムの例）
適用例４（移動体制御システムの例）

[0015] ＜１．実施の形態＞

図１は、本開示の一実施形態の受光素子（受光素子１０Ａ）の断面構成を表したものである。受光素子１０Ａは、例えば２次元配置された複数の受光単位領域（画素Ｐとする）にそれぞれ設けられており、例えば、短赤外領域（例えば、７８０ｎｍ以上２５００ｎｍ未満）の波長に対する光電変換機能を有するものである。この受光素子１０Ａは、例えば赤外線センサ等に適用されるものである。

[0016] （１－１．受光素子の構成）

受光素子１０Ａは、例えば、画素Ｐ毎に形成されており、第２半導体層２１の一面（光入射面Ｓ１とは反対側の面（裏面Ｓ２））側に、例えば光電変換層２２と、第１半導体層２３とがこの順に積層された構成を有する。第１半導体層２３には、選択的な領域に第２導電型領域２３Ａが形成されている。第２半導体層２１、光電変換層２２および第１半導体層２３の側面は、絶縁層２４によって囲まれており、これにより、各受光素子１０Ａは、画素Ｐ毎に分離されている。絶縁層２４は、さらに裏面Ｓ２側に延在しており、第１半導体層２３の一面（光電変換層との対向面とは反対側の面）を覆っている。この第１半導体層２３の一面を覆う絶縁層２４には、第１半導体層２３の第２導電型領域２３Ａに対応する位置に開口２４Ｈが設けられている。開口２４Ｈには金属膜が埋め込まれており、コンタクト電極２５を形成してい

る。この第２半導体層２１からコンタクト電極２５までを半導体基板２０とする。半導体基板２０の光入射面Ｓ１側には、例えば画素Ｐ毎にオンチップレンズ４１が設けられている。更に、半導体基板２０の裏面Ｓ２側には、絶縁層３７を介して読み出し回路を有する多層配線基板３０が貼り合わされている。以下、各部の構成について説明する。

[0017] 第２半導体層２１は、例えばｎ型またはｉ型（真性半導体）のＩＩＩ－Ｖ族半導体から構成されている。ここでは、裏面Ｓ２側の第２半導体層２１に接して光電変換層２２が形成されているが、第２半導体層２１と光電変換層２２との間には他の層が介在していていもよい。第２半導体層２１と光電変換層２２との間に介在する層の材料としては、例えば、ＩｎＡｌＡｓ，Ｇｅ，Ｓｉ，ＧａＡｓ，ＩｎＰ，ＩｎＧａＡｓＰ，ＡｌＧａＡｓ等の化合物半導体が挙げられるが、第２半導体層２１および光電変換層２２との間で格子整合するものが選択されることが望ましい。

[0018] 光電変換層２２は、例えば赤外領域の波長（以下、赤外線という）を吸収して、電荷（電子および正孔）を発生させる化合物半導体を含むものである。光電変換層２２に用いられる化合物半導体は、例えばＩＩＩ－Ｖ族半導体であり、例えば$In_xGa_{(1-x)}As$（ｘ：０＜ｘ≦１）が挙げられる。但し、赤外領域でより感度を得るために、ｘ≧０．４であることが望ましい。ＩｎＰよりなる第２半導体層２１と格子整合する光電変換層２２の化合物半導体の組成の一例としては、$In_{0.53}Ga_{0.47}As$が挙げられる。

[0019] 光電変換層２２を構成する化合物半導体は、例えばｎ型（第１導電型）の導電型を有し、第２導電型領域２３Ａを有する第１半導体層２３との積層により、ｐｎ接合を形成している。

[0020] 第１半導体層２３は、光電変換層２２の第２半導体層２１側とは反対側（裏面Ｓ２側）に接して設けられている。第１半導体層２３は、光電変換層２２よりもバンドギャップの大きな化合物半導体を含んで構成されることが望ましい。$In_{0.53}Ga_{0.47}As$（バンドギャップ０．７４ｅＶ）よりもバンドギャップの大きな化合物半導体の一例としては、例えばＩｎＰ（バンドギャッ

プ１．３４ｅＶ）やＩｎＡｌＡｓ等が挙げられる。

[0021] 第１半導体層２３には、選択的な領域に第２導電型領域２３Ａが形成されている。具体的には、光電変換層と対向する周縁部を除く中央部に第２導電型領域２３Ａが形成されている。この周縁部は、第１半導体層２３の側面から、例えば１００ｎｍの範囲とし、第２導電型領域は、第１半導体層２３の側面から１００ｎｍよりも内側の領域に形成されている。

[0022] 第２導電型領域２３Ａは、例えばｐ型の不純物を含む領域（ｐ型の不純物領域）である。ｐ型の不純物としては、例えば、亜鉛（Ｚｎ）、カドミウム（Ｃｄ）およびベリリウム（Ｂｅ）等が挙げられる。なお、第２導電型領域２３Ａを形成するｐ型の不純物領域は、一部が光電変換層２２のまで延在していてもよい。

[0023] 絶縁層２４は、例えば、無機絶縁材料を用いて形成されている。無機絶縁材料としては、窒化シリコン（ＳｉＮ）、酸化アルミニウム（Al_2O_3）、酸化ケイ素（SiO_2）および酸化ハフニウム（HfO_2）が挙げられる。絶縁層２４は、これらのうちの少なくとも１種を含んで構成されている。絶縁層２４は、上記のように、第２半導体層２１、光電変換層２２および第１半導体層２３の側面を囲んで形成されており、これにより、隣り合う画素Ｐ同士が電気的に分離されている。絶縁層２４は、さらに裏面Ｓ２側に延在しており、第１半導体層２３の一面（光電変換層２２との対向面とは反対側の面）を覆っている。絶縁層２４には、第１半導体層２３の第２導電型領域２３Ａに対向する位置に開口２４Ｈが形成されている。

[0024] コンタクト電極２５は、光電変換層２２において発生した電荷（例えば、正孔）を信号電荷として読み出すための電圧が供給される電極であり、画素Ｐ毎に形成されている。このコンタクト電極２５の構成材料としては、例えば銅（Ｃｕ），チタン（Ｔｉ），タングステン（Ｗ），窒化チタン（ＴｉＮ），白金（Ｐｔ），金（Ａｕ），ゲルマニウム（Ｇｅ），パラジウム（Ｐｄ）、亜鉛（Ｚｎ），ニッケル（Ｎｉ）およびアルミニウム（Ａｌ）のうちのいずれかの単体、またはそれらのうちの少なくとも１種を含む合金が挙げら

れる。コンタクト電極２５は、上記構成材料による単層膜でもよいし、例えば２種以上を組み合わせた積層膜として形成するようにしてもよい。

[0025] コンタクト電極２５は、開口２４Ｈを埋設すると共に、第１半導体層２３の第２導電型領域２３Ａと電気的に接続されている。ここでは、コンタクト電極２５は、開口２４Ｈを埋め込み、且つ第２導電型領域２３Ａと直接接している。なお、コンタクト電極２５は、本実施の形態のように、１つの画素Ｐに対して１つのコンタクト電極２５が配置されていてもよいし、１つの画素Ｐに対して複数のコンタクト電極２５が配置されていてもよい。また、１つの画素Ｐに複数のコンタクト電極２５が配置される場合には、それらのうちの一部に実際には電荷取り出しに寄与しない電極（ダミー電極）が含まれていても構わない。

[0026] 半導体基板２０と、多層配線基板３０との間には、絶縁層３７が設けられている。絶縁層３７には、半導体基板２０に設けられたコンタクト電極２５と、多層配線基板３０に設けられた読み出し電極３６との間に、例えば開口２４Ｈの側面よりもＸ軸方向に突出した（張り出した）接続層３８が設けられている。つまり、接続層３８は、コンタクト電極２５の上部（裏面Ｓ２側）および読み出し電極３６の上部（光入射面Ｓ１側）に庇状に形成されている。この接続層３８は、コンタクト電極２５と、読み出し電極３６とを電気的に接続するためのものである。

[0027] 多層配線基板３０には、例えばＳｉからなる支持基板３１上に層間絶縁層３２が設けられており、この層間絶縁層３２を間に、各画素Ｐから信号読み出しを行うための読み出し回路が形成されている。この読み出し回路は、例えば、画素回路３５および各種配線３４Ａ，３４Ｂ，３４Ｃを有する配線層３４から構成されている。画素回路３５および各種配線３４Ａ，３４Ｂ，３４Ｃは、それぞれ貫通電極３３Ａ，３３Ｂ，３３Ｃ，３３Ｄによって電気的に接続されている。画素回路３５上には読み出し電極３６が設けられており、画素回路３５と電気的に接続されている。読み出し電極３６は、接続層３８を介してコンタクト電極２５と電気的に接続されている。これにより、光

電変換層２２で生じた電荷（例えば正孔）が画素Ｐ毎に読み出し可能となっている。

[0028] オンチップレンズ４１は、光電変換層２２に向かって光を集光させる機能を有するものである。レンズ材料としては、例えば有機材料やシリコン酸化膜（SiO_2膜）等が挙げられる。オンチップレンズ４１は、図１では、画素Ｐ毎に設けた例を示したが、これに限らず、複数の画素Ｐに対して１つのオンチップレンズ４１を形成するようにしてもよい。

[0029] （１－２．受光素子の製造方法）

受光素子１０Ａは、例えば次のようにして製造することができる。図２Ａ～図６は、受光素子１０Ａの製造工程の一例を工程順に示したものである。

[0030] まず、図２Ａに示したように、例えばＳｉ基板５１の一面に、例えばSiO_2からなる絶縁層２４Ａを、例えば、ＣＶＤ（Chemical Vapor Deposition）を用いて成膜したのち、例えば、リソグラフィ法およびドライエッチングまたはウェットエッチングを用いて絶縁層２４Ａを部分除去して開口５１Ｈを形成し、Ｓｉ基板を露出させる。続いて、例えばウェット処理によりＳｉ基板５１に凹方向の四角錐形状（１１１面）が出るようにエッチングする。次に、図２Ｂに示したように、Ｓｉ（１１１）面から選択的に、例えばＩｎＰを含む第２半導体層２１Ａを（１１１）面に沿って、例えば有機金属気相成長法（ＭＯＣＶＤ；Metal Organic Chemical Vapor Deposition）を用いてＥｐｉ成長させる。続いて、図２Ｃに示したように、例えば、ＣＭＰ（Chemical Mechanical Polishing）を用いて絶縁層２４Ａおよび第２半導体層２１Ａを平坦化する。

[0031] 次に、図３Ａに示したように、絶縁層２４Ａおよび第２半導体層２１Ａ上に、例えばSiO_2からなる絶縁層２４Ｂを成膜したのち、開口５１Ｈと同形状の開口２４ＢＨを形成する。続いて、開口２４ＢＨ内の第２半導体層２１Ａ上に。例えばＩｎＧａＡｓを含む半導体層２２ＡをＥｐｉ成長させる。次に、図３Ｂに示したように、例えば、ＣＭＰを用いて絶縁層２４Ｂおよび半導体層２２Ａを平坦化する。これにより、第２半導体層２１Ａ上に光電変換

層２２が形成される。

[0032] なお、第２半導体層２１Ａおよび半導体層２２Ａの成長過程において、例えばｎ型の不純物を含むガス等を導入することにより、それぞれｎ型の導電型層として成膜される。

[0033] 続いて、図３Ｃに示したように、ＩｎＧａＡｓを含む光電変換層２２上に、例えばＩｎＰを含む第１半導体層２３をＥｐｉ成長させる。以上により、Ｅｐｉ成長の中で、第２半導体層２１Ａ、半導体層２２Ａおよび第１半導体層２３中の結晶欠陥は絶縁層２４Ａ，２５Ｂの側壁で終端する。これにより、高い結晶性を有する第２半導体層２１Ａ、半導体層２２Ａおよび第１半導体層２３が成膜される。

[0034] 次に、図４Ａに示したように、絶縁層２４Ｂおよび第１半導体層２３上に、例えばSiO_2からなる絶縁層２４Ｃを成膜したのち、第１半導体層２３上に開口２４Ｈを形成する。この開口２４Ｈの形成位置は、図４Ａに示したように、第１半導体層２３の周縁部を除く中央部である。続いて、この開口２４Ｈから第１半導体層２３に、例えば気相拡散により、例えばｐ型の不純物（例えば亜鉛（Ｚｎ））を拡散させる。これにより、第１半導体層２３にＺｎの拡散領域（第２導電型領域２３Ａ）が形成される。

[0035] 次に、図５Ａに示したように、例えば、ダマシン法を用いて、開口２４Ｈ内に、例えばＣｕを埋設してコンタクト電極２５を形成する。なお、このとき、例えば蒸着法、ＰＶＤ法あるいはメッキ法等を用いて、例えばＣｕ膜を成膜したのち、例えばＣＭＰ法によってＣｕ膜の表面を研磨してコンタクト電極２５を形成するようにしてもよい。続いて、図５Ｂに示したように、半導体基板２０を反転させ、別途形成した、上面に接続層３８が埋め込まれた絶縁層３７を有する多層配線基板３０に半導体基板２０を貼り合わせる。コンタクト電極２５具体的には、半導体基板２０側のコンタクト電極２５と、多層配線基板３０側に設けられた接続層３８とを金属接合させ、互いに電気的に接続させる。金属接合方法としては、例えば、プラズマ接合、常温接合、熱拡散接合等が挙げられる。あるいは、バンプによって接続するようにし

てもよい。

[0036] 次に、図６に示したように、Ｓｉ基板５１を除去すると共に、絶縁層２４Ａおよび第２半導体層２１Ａを研磨し、第２半導体層２１Ａを露出させる。最後に、絶縁層２４および第２半導体層２１の光入射面Ｓ１側に、オンチップレンズ４１を形成する。これにより、図１に示した受光素子１０Ａが完成する。

[0037] （１－３．作用・効果）

前述したように、ＩｎＧａＡｓ膜は、赤外領域の量子変換効率の高さから、次世代イメージセンサ向けの光電変換膜として期待されており、ＩｎＰ基板上にＩｎＧａＡｓ膜をＥｐｉ成長で成膜する方法の開発が行われている。このうち、ＩｎＰ基板を大口径化させ、さらに高い結晶性を有するＩｎＧａＡｓ膜をＥｐｉ成長で成膜する方法として、ＡＲＴ（Aspect Ratio Trapping）プロセスが開発されている。ＡＲＴプロセスでは、メサ型のフォトダイオード構造と同じく、絶縁膜によって画素間が分離されるため、物理的に隣接画素と分離することができる。よって、不純物層で分離するプレーナ型フォトダイオードと比較してクロストークの発生を低減することができる。

[0038] また、ＡＲＴプロセスでは、Ｓｉウェハに設けた開口部よりＩｎＰ膜およびＩｎＧａＡｓ膜を順にＥｐｉ成長させるため、結晶欠陥を各半導体膜の側面で終端させることができる。このため、ＩｎＰ膜およびＩｎＧａＡｓ膜の中央部分の結晶性は向上する。しかしながら、ＩｎＰ膜およびＩｎＧａＡｓ膜の周縁部には結晶欠陥が残った状態となる。結晶欠陥は、界面準位や電荷のライフタイムの劣化の原因となる。界面準位や電荷のライフタイムの劣化は、イメージセンサ等において暗電流の発生の原因となり、ノイズを発生させる。このため、周縁部に形成される結晶欠陥は除去することが望ましい。しかしながら、ＡＲＴプロセスでは、ＩｎＰ膜およびＩｎＧａＡｓ膜の側面は絶縁膜によって覆われているため、周縁部の結晶欠陥のみを除去することは難しい。

[0039] これに対して、本実施の形態の受光素子１０Ａおよびその製造方法では、

第１導電型（例えば、ｎ型）を有するＩｎＧａＡｓを含む光電変換層２２上に設けられたＩｎＰを含む第１半導体層２３上の絶縁層２４に、第１半導体層２３の面積よりも口径の小さな開口２４Ｈを設け、この開口２４Ｈを介して第１半導体層２３に、例えばｐ型の不純物（例えば、Ｚｎ）を添加するようにした。これにより、第１半導体層２３の結晶欠陥を多く含む周縁部を除いて、結晶欠陥の少ない中央部に第２導電型領域２３Ａが形成される。よって、結晶欠陥の少ないｐｎ接合界面を形成することが可能となる。

[0040] 以上のように、本実施の形態では、第１半導体層２３上の絶縁層２４に、第１半導体層２３の中央部に、第１半導体層２３の面積よりも口径の小さな開口２４Ｈを設け、この開口２４Ｈを介して、第１半導体層２３に、例えばｐ型の不純物を添加して第２導電型領域２３Ａを形成するようにした。これにより、結晶欠陥の少ない、第１導電型（例えば、ｎ型）の光電変換層２２と、第１半導体層２３の第２導電型領域２３Ａとのｐｎ接合界面を形成することが可能となる。よって、暗電流の原因となるノイズの発生が抑制され、画質を向上させることが可能な受光素子およびこれを備えた撮像装置を含む電子機器を提供することが可能となる。

[0041] 次に、上記実施の形態の変形例について説明する。以下では、上記実施の形態と同様に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。

[0042] ＜２．変形例＞

図７は、本開示の変形例に係る受光素子（受光素子１０Ｂ）の断面構成を表したものである。本変形例の受光素子１０Ｂは、上記実施の形態の受光素子１０Ａと同様に例えば２次元配置された複数の受光単位領域（画素Ｐとする）にそれぞれ設けられたものである。本変形例における受光素子１０Ｂは、半導体基板２０の光入射面Ｓ１側と、オンチップレンズ４１との間に透明電極４２、保護層４３およびカラーフィルタ４４を有する点が上記実施の形態とは異なる。

[0043] 透明電極４２は、半導体基板２０の光入射面Ｓ１上に、例えば、各画素Ｐ

に共通の電極として形成されている。透明電極４２は、半導体基板２０と電気的に接続されており、光電変換層２２において発生した電荷のうち、例えば正孔がコンタクト電極２５を通じて信号電荷として読み出される場合には、透明電極４２を通じて例えば電子を排出することができる。また、本変形例では、透明電極４２を設けることにより、光電変換層２２における電位勾配をより大きく形成しやすくなる。

[0044] 透明電極４２の構成材料としては、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），ニッケル（Ｎｉ）およびアルミニウム（Ａｌ）のうちのいずれかの単体、またはそれらのうちの少なくとも１種を含む合金が挙げられる。この中でも、特に、酸化インジウムチタン（ＩＴｉＯ）は赤外領域に対する透明性が高く、透明電極４２の構成材料として望ましい。透明電極４２は、上記材料のほかに、酸化インジウムスズ（ＩＴＯ）や、スズ（Ｓｎ），酸化スズ（SnO_2），ＩＷＯ，インジウム－亜鉛複合酸化物（ＩＺＯ），亜鉛をドープした酸化アルミニウム（ＡＺＯ），亜鉛をドープした酸化ガリウム（ＧＺＯ），マグネシウムおよび亜鉛をドープした酸化アルミニウム（ＡｌＭｇＺｎＯ），インジウム－ガリウム複合酸化物（ＩＧＯ），Ｉｎ－$GaZnO_4$（ＩＧＺＯ），フッ素をドープした酸化インジウム（ＩＦＯ），アンチモンをドープした酸化スズ（ＡＴＯ），フッ素をドープした酸化スズ（ＦＴＯ），酸化亜鉛（ＺｎＯ），ホウ素をドープしたＺｎＯおよびＩｎＳｎＺｎＯ等が挙げられる。

[0045] 保護層４３は、透明電極４２の表面を平坦化するためのものであり、例えば、無機絶縁材料を用いて形成されている。無機絶縁材料としては、窒化シリコン（SiN_x）、酸化シリコン（SiO_x）、酸化アルミニウム（Al_2O_3）および酸化ハフニウム（HfO_2）が挙げられる。保護層４３は、これらのうちの少なくとも１種を含んで構成されている。

[0046] カラーフィルタ４４は、保護層４３上に設けられ、例えば赤色フィルタ（４４Ｒ）、緑色フィルタ（４４Ｇ）、青色フィルタ（４４Ｂ）およびＩＲフ

ィルタ（４４Ｉ）のいずれかが画素Ｐ毎に配置されている。これらのカラーフィルタ４４は、規則的な色配列（例えばベイヤー配列）で設けられている。このようなカラーフィルタ４４を設けることにより、受光素子１０Ｂは、その色配列に対応した波長の受光データが得られる。即ち、本変形例における受光素子１０Ｂは、可視領域（例えば、３８０ｎｍ以上７８０ｎｍ未満）～短赤外領域（例えば、７８０ｎｍ以上２４００ｎｍ未満）の波長に対して光電変換機能を有するようになる。

[0047] ＜３．適用例＞

（適用例１）

図８は、上記実施の形態等において説明した受光素子１０Ａ（または、受光素子１０Ｂ）を撮像素子として、その素子構造を用いた撮像装置（撮像装置１）の機能構成を表したものである。撮像装置１は、例えば赤外線イメージセンサであり、例えば画素部１ａと、この画素部１ａを駆動する周辺回路部２３０とを有している。周辺回路部２３０は、例えば行走査部２３１、水平選択部２３３、列走査部２３４およびシステム制御部２３２を有している。

[0048] 画素部１ａは、例えば行列状に２次元配置された複数の画素Ｐを有している。この画素Ｐには、例えば画素行ごとに画素駆動線Ｌread（例えば、行選択線およびリセット制御線）が配線され、画素列ごとに垂直信号線Ｌsigが配線されている。画素駆動線Ｌreadは、画素Ｐからの信号読み出しのための駆動信号を伝送するものである。画素駆動線Ｌreadの一端は、行走査部２３１の各行に対応した出力端に接続されている。

[0049] 行走査部２３１は、シフトレジスタやアドレスデコーダ等によって構成され、画素部１ａの各画素Ｐを、例えば行単位で駆動する画素駆動部である。行走査部２３１によって選択走査された画素行の各画素Ｐから出力される信号は、垂直信号線Ｌsigの各々を通して水平選択部２３３に供給される。水平選択部２３３は、垂直信号線Ｌsigごとに設けられたアンプや水平選択スイッチ等によって構成されている。

[0050] 列走査部２３４は、シフトレジスタやアドレスデコーダ等によって構成され、水平選択部２３３の各水平選択スイッチを走査しつつ順番に駆動するものである。この列走査部２３４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２３５に出力され、当該水平信号線２３５を通して図示しない信号処理部等へ入力される。

[0051] システム制御部２３２は、外部から与えられるクロックや、動作モードを指令するデータ等を受け取り、また、撮像装置１の内部情報等のデータを出力するものである。システム制御部２３２はさらに、各種のタイミング信号を生成するタイミングジェネレータを有し、当該タイミングジェネレータで生成された各種のタイミング信号を基に行走査部２３１、水平選択部２３３および列走査部２３４等の駆動制御を行う。

[0052]（適用例２）

上述の撮像装置１は、例えば赤外領域を撮像可能なカメラ等、様々なタイプの電子機器に適用することができる。図９に、その一例として、電子機器２（カメラ）の概略構成を示す。この電子機器２は、例えば静止画または動画を撮影可能なカメラであり、撮像装置１と、光学系（光学レンズ）３１０と、シャッタ装置３１１と、撮像装置１およびシャッタ装置３１１を駆動する駆動部３１３と、信号処理部３１２とを有する。

[0053] 光学系３１０は、被写体からの像光（入射光）を撮像装置１へ導くものである。この光学系３１０は、複数の光学レンズから構成されていてもよい。シャッタ装置３１１は、撮像装置１への光照射期間および遮光期間を制御するものである。駆動部３１３は、撮像装置１の転送動作およびシャッタ装置３１１のシャッタ動作を制御するものである。信号処理部３１２は、撮像装置１から出力された信号に対し、各種の信号処理を行うものである。信号処理後の映像信号Ｄoutは、メモリ等の記憶媒体に記憶されるか、あるいは、モニタ等に出力される。

[0054] 更に、本実施の形態等において説明した受光素子１０Ａ（または、受光素子１０Ｂ）は、下記電子機器（カプセル内視鏡１０１００および車両等の移

動体）にも適用することが可能である。

[0055]（適用例３）

＜体内情報取得システムへの応用例＞

図１０は、本開示に係る技術（本技術）が適用され得る、カプセル型内視鏡を用いた患者の体内情報取得システムの概略的な構成の一例を示すブロック図である。

[0056] 体内情報取得システム１０００１は、カプセル型内視鏡１０１００と、外部制御装置１０２００とから構成される。

[0057] カプセル型内視鏡１０１００は、検査時に、患者によって飲み込まれる。カプセル型内視鏡１０１００は、撮像機能及び無線通信機能を有し、患者から自然排出されるまでの間、胃や腸等の臓器の内部を蠕動運動等によって移動しつつ、当該臓器の内部の画像（以下、体内画像ともいう）を所定の間隔で順次撮像し、その体内画像についての情報を体外の外部制御装置１０２００に順次無線送信する。

[0058] 外部制御装置１０２００は、体内情報取得システム１０００１の動作を統括的に制御する。また、外部制御装置１０２００は、カプセル型内視鏡１０１００から送信されてくる体内画像についての情報を受信し、受信した体内画像についての情報に基づいて、表示装置（図示せず）に当該体内画像を表示するための画像データを生成する。

[0059] 体内情報取得システム１０００１では、このようにして、カプセル型内視鏡１０１００が飲み込まれてから排出されるまでの間、患者の体内の様子を撮像した体内画像を随時得ることができる。

[0060] カプセル型内視鏡１０１００と外部制御装置１０２００の構成及び機能についてより詳細に説明する。

[0061] カプセル型内視鏡１０１００は、カプセル型の筐体１０１０１を有し、その筐体１０１０１内には、光源部１０１１１、撮像部１０１１２、画像処理部１０１１３、無線通信部１０１１４、給電部１０１１５、電源部１０１１６、及び制御部１０１１７が収納されている。

[0062] 光源部１０１１１は、例えばＬＥＤ（light emitting diode）等の光源から構成され、撮像部１０１１２の撮像視野に対して光を照射する。

[0063] 撮像部１０１１２は、撮像素子、及び当該撮像素子の前段に設けられる複数のレンズからなる光学系から構成される。観察対象である体組織に照射された光の反射光（以下、観察光という）は、当該光学系によって集光され、当該撮像素子に入射する。撮像部１０１１２では、撮像素子において、そこに入射した観察光が光電変換され、その観察光に対応する画像信号が生成される。撮像部１０１１２によって生成された画像信号は、画像処理部１０１１３に提供される。

[0064] 画像処理部１０１１３は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）やＧＰＵ（Graphics Processing Unit）等のプロセッサによって構成され、撮像部１０１１２によって生成された画像信号に対して各種の信号処理を行う。画像処理部１０１１３は、信号処理を施した画像信号を、ＲＡＷデータとして無線通信部１０１１４に提供する。

[0065] 無線通信部１０１１４は、画像処理部１０１１３によって信号処理が施された画像信号に対して変調処理等の所定の処理を行い、その画像信号を、アンテナ１０１１４Ａを介して外部制御装置１０２００に送信する。また、無線通信部１０１１４は、外部制御装置１０２００から、カプセル型内視鏡１０１００の駆動制御に関する制御信号を、アンテナ１０１１４Ａを介して受信する。無線通信部１０１１４は、外部制御装置１０２００から受信した制御信号を制御部１０１１７に提供する。

[0066] 給電部１０１１５は、受電用のアンテナコイル、当該アンテナコイルに発生した電流から電力を再生する電力再生回路、及び昇圧回路等から構成される。給電部１０１１５では、いわゆる非接触充電の原理を用いて電力が生成される。

[0067] 電源部１０１１６は、二次電池によって構成され、給電部１０１１５によって生成された電力を蓄電する。図１０では、図面が煩雑になることを避けるために、電源部１０１１６からの電力の供給先を示す矢印等の図示を省略

しているが、電源部１０１１６に蓄電された電力は、光源部１０１１１、撮像部１０１１２、画像処理部１０１１３、無線通信部１０１１４、及び制御部１０１１７に供給され、これらの駆動に用いられ得る。

[0068] 制御部１０１１７は、ＣＰＵ等のプロセッサによって構成され、光源部１０１１１、撮像部１０１１２、画像処理部１０１１３、無線通信部１０１１４、及び、給電部１０１１５の駆動を、外部制御装置１０２００から送信される制御信号に従って適宜制御する。

[0069] 外部制御装置１０２００は、ＣＰＵ，ＧＰＵ等のプロセッサ、又はプロセッサとメモリ等の記憶素子が混載されたマイクロコンピュータ若しくは制御基板等で構成される。外部制御装置１０２００は、カプセル型内視鏡１０１００の制御部１０１１７に対して制御信号を、アンテナ１０２００Ａを介して送信することにより、カプセル型内視鏡１０１００の動作を制御する。カプセル型内視鏡１０１００では、例えば、外部制御装置１０２００からの制御信号により、光源部１０１１１における観察対象に対する光の照射条件が変更され得る。また、外部制御装置１０２００からの制御信号により、撮像条件（例えば、撮像部１０１１２におけるフレームレート、露出値等）が変更され得る。また、外部制御装置１０２００からの制御信号により、画像処理部１０１１３における処理の内容や、無線通信部１０１１４が画像信号を送信する条件（例えば、送信間隔、送信画像数等）が変更されてもよい。

[0070] また、外部制御装置１０２００は、カプセル型内視鏡１０１００から送信される画像信号に対して、各種の画像処理を施し、撮像された体内画像を表示装置に表示するための画像データを生成する。当該画像処理としては、例えば現像処理（デモザイク処理）、高画質化処理（帯域強調処理、超解像処理、ＮＲ（Noise reduction）処理及び／又は手ブレ補正処理等）、並びに／又は拡大処理（電子ズーム処理）等、各種の信号処理を行うことができる。外部制御装置１０２００は、表示装置の駆動を制御して、生成した画像データに基づいて撮像された体内画像を表示させる。あるいは、外部制御装置１０２００は、生成した画像データを記録装置（図示せず）に記録させたり、

印刷装置（図示せず）に印刷出力させてもよい。

[0071] 以上、本開示に係る技術が適用され得る体内情報取得システムの一例について説明した。本開示に係る技術は、以上説明した構成のうち、例えば、撮像部１０１１２に適用され得る。これにより、より鮮明な術部画像を得ることができるため、検査の精度が向上する。

[0072]（適用例４）

＜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。

[0073] 図１１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。

[0074] 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１１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。

[0075] 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。

[0076] 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。

[0077] 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。

[0078] 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。

[0079] 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。

[0080] 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。

[0081] 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。

[0082] 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。

[0083] 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１１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。

[0084] 図１２は、撮像部１２０３１の設置位置の例を示す図である。

[0085] 図１２では、撮像部１２０３１として、撮像部１２１０１，１２１０２，

１２１０３，１２１０４，１２１０５を有する。

[0086] 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。

[0087] なお、図１２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。

[0088] 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。

[0089] 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。

[0090] 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。

[0091] 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。

[0092] 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。撮像部１２０３１に本開示に係る技術を適用することにより、より見やすい撮影画像を得ることができるため、ドライバの疲労を軽減することが可能になる。

[0093] 以上、実施の形態、変形例および適用例を挙げて説明したが、本開示内容は上記実施の形態等に限定されるものではなく、種々変形が可能である。例えば、上記実施の形態等において説明した受光素子１０Ａ（あるいは、受光素子１０Ｂ）の層構成は一例であり、更に他の層を備えていてもよい。また、各層の材料や厚みも一例であって、上述のものに限定されるものではない。

[0094] 更に、上記実施の形態等では、第２半導体層２１および光電変換層２２をｎ型の導電型に、第１半導体層２３にｐ型の導電型領域（第２導電型領域２３Ａ）を設けた例を示したがこれに限らず、第２半導体層２１および光電変換層２２をｐ型の導電型に、第１半導体層２３の第２導電型領域２３Ａをｎ型の導電型としてもよい。

[0095] また、上記実施の形態等において説明した効果は一例であり、他の効果であってもよいし、更に他の効果を含んでいてもよい。

[0096] なお、本開示は、以下のような構成であってもよい。

（１）

第１導電型を有する第１の化合物半導体を含み、赤外領域の波長を吸収して電荷を発生する光電変換層と、

前記光電変換層上に形成された第１の半導体層と、

前記光電変換層および前記第１の半導体層を囲んで形成された絶縁層とを備え、

前記第１の半導体層は、前記光電変換層と対向する周縁部を除く中央部に第２導電型領域を有する

受光素子。

（２）

前記絶縁層は、前記光電変換層および前記第１の半導体層の側面および前記第１の半導体層の上面を囲んで形成され、

前記第１の半導体層上の前記第２導電型領域と対向する位置に開口を有する、前記（１）に記載の受光素子。

（３）

前記開口の口径は、前記第１の半導体層の面積よりも小さい、前記（２）に記載の受光素子。

（４）

前記光電変換層は、光入射面側に第２の半導体層を有し、

前記第２の半導体層は、前記絶縁層によって囲まれている、前記（１）乃至（３）のうちのいずれかに記載の受光素子。

（５）

前記光電変換層の光入射面とは反対側の面には、前記第１の半導体層および前記絶縁層を間に、読み出し回路を含む多層配線基板が配設されている、前記（１）乃至（４）のうちのいずれかに記載の受光素子。

（６）

前記光電変換層の光入射面とは反対側の面に読み出し回路を含む多層配線基板を有し、

前記開口には導電膜が埋設されており、

前記光電変換層は、前記導電膜を介して前記読み出し回路と電気的に接続されている、前記（２）乃至（５）のうちのいずれかに記載の受光素子。

（７）

前記光電変換層、前記第１の半導体層および前記第２の半導体層は、化合物半導体により構成されている、前記（４）乃至（６）のうちのいずれかに

記載の受光素子。

（８）

前記化合物半導体は、ＩＩＩ－Ｖ族半導体である、前記（７）に記載の受光素子。

（９）

前記光電変換層は、$In_xGa_{(1-x)}As$（０＜ｘ≦１）から構成され、

前記第１の半導体層および前記第２の半導体層は、ＩｎＰから構成されている、前記（４）乃至（８）のうちのいずれかに記載の受光素子。

（１０）

前記絶縁層は、窒化シリコン（SiN_x）膜または酸化シリコン（SiO_x）膜により構成されている、前記（１）乃至（９）のうちのいずれかに記載の受光素子。

（１１）

第１導電型を有する第１の化合物半導体を含み、赤外領域の波長を吸収して電荷を発生する光電変換層を形成し、

前記光電変換層上に第１の半導体層を形成し、

前記光電変換層および前記第１の半導体層を囲む絶縁層を形成し、

前記第１の半導体層に、前記光電変換層と対向する周縁部を除く中央部に第２導電型領域を形成する

受光素子の製造方法。

（１２）

前記第１の半導体層を形成したのち、前記第１の半導体層上に設けられた前記絶縁層の前記第１の半導体層と対向する位置に、前記第１の半導体層の面積よりも小さな開口を形成する、前記（１１）に記載の受光素子の製造方法。

（１３）

前記開口を介して前記第１の半導体層に不純物を添加し、前記第２導電型領域を形成する、前記（１２）に記載の受光素子の製造方法。

（１４）

複数の画素を含み、

前記複数の画素毎に設けられ、第１導電型を有する第１の化合物半導体を含み、赤外領域の波長を吸収して電荷を発生する光電変換層と、

前記光電変換層上に形成された第１の半導体層と、

前記光電変換層および前記第１の半導体層を囲んで形成された絶縁層とを備え、

前記第１の半導体層は、前記光電変換層と対向する周縁部を除く中央部に第２導電型領域を有する

電子機器。

（１５）

前記光電変換層は、前記絶縁層によって前記画素毎に分離されている、前記（１４）に記載の電子機器。

[0097] 本出願は、日本国特許庁において２０１６年１１月１１日に出願された日本特許出願番号２０１６－２２０７６２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。

[0098] 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] 第１導電型を有する第１の化合物半導体を含み、赤外領域の波長を吸収して電荷を発生する光電変換層と、

前記光電変換層上に形成された第１の半導体層と、

前記光電変換層および前記第１の半導体層を囲んで形成された絶縁層とを備え、

前記第１の半導体層は、前記光電変換層と対向する周縁部を除く中央部に第２導電型領域を有する

受光素子。

[請求項2] 前記絶縁層は、前記光電変換層および前記第１の半導体層の側面および前記第１の半導体層の上面を囲んで形成され、

前記第１の半導体層上の前記第２導電型領域と対向する位置に開口を有する、請求項１に記載の受光素子。

[請求項3] 前記開口の口径は、前記第１の半導体層の面積よりも小さい、請求項２に記載の受光素子。

[請求項4] 前記光電変換層は、光入射面側に第２の半導体層を有し、

前記第２の半導体層は、前記絶縁層によって囲まれている、請求項１に記載の受光素子。

[請求項5] 前記光電変換層の光入射面とは反対側の面には、前記第１の半導体層および前記絶縁層を間に、読み出し回路を含む多層配線基板が配設されている、請求項１に記載の受光素子。

[請求項6] 前記光電変換層の光入射面とは反対側の面に読み出し回路を含む多層配線基板を有し、

前記開口には導電膜が埋設されており、

前記光電変換層は、前記導電膜を介して前記読み出し回路と電気的に接続されている、請求項２に記載の受光素子。

[請求項7] 前記光電変換層、前記第１の半導体層および前記第２の半導体層は、化合物半導体により構成されている、請求項４に記載の受光素子。

[請求項8] 前記化合物半導体は、ＩＩＩ－Ｖ族半導体である、請求項７に記載の受光素子。

[請求項9] 前記光電変換層は、$InxGa(1-x)As$（０＜ｘ≦１）から構成され、

前記第１の半導体層および前記第２の半導体層は、ＩｎＰから構成されている、請求項４に記載の受光素子。

[請求項10] 前記絶縁層は、窒化シリコン（SiN_x）膜または酸化シリコン（SiO_x）膜により構成されている、請求項１に記載の受光素子。

[請求項11] 第１導電型を有する第１の化合物半導体を含み、赤外領域の波長を吸収して電荷を発生する光電変換層を形成し、

前記光電変換層上に第１の半導体層を形成し、

前記光電変換層および前記第１の半導体層を囲む絶縁層を形成し、

前記第１の半導体層に、前記光電変換層と対向する周縁部を除く中央部に第２導電型領域を形成する

受光素子の製造方法。

[請求項12] 前記第１の半導体層を形成したのち、前記第１の半導体層上に設けられた前記絶縁層の前記第１の半導体層と対向する位置に、前記第１の半導体層の面積よりも小さな開口を形成する、請求項１１に記載の受光素子の製造方法。

[請求項13] 前記開口を介して前記第１の半導体層に不純物を添加し、前記第２導電型領域を形成する、請求項１２に記載の受光素子の製造方法。

[請求項14] 複数の画素を含み、

前記複数の画素毎に設けられ、第１導電型を有する第１の化合物半導体を含み、赤外領域の波長を吸収して電荷を発生する光電変換層と、

前記光電変換層上に形成された第１の半導体層と、

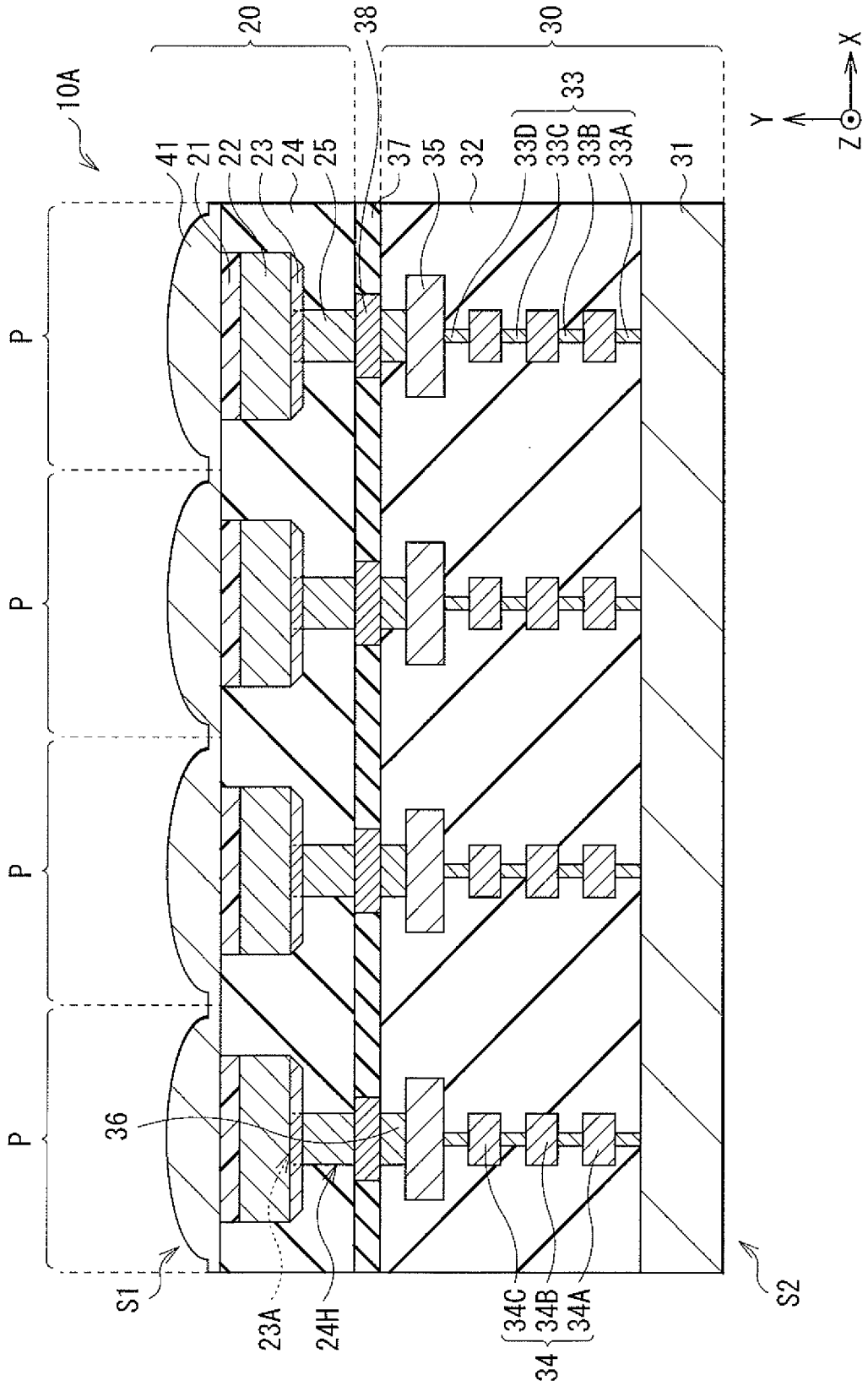
前記光電変換層および前記第１の半導体層を囲んで形成された絶縁層とを備え、

前記第１の半導体層は、前記光電変換層と対向する周縁部を除く中央部に第２導電型領域を有する

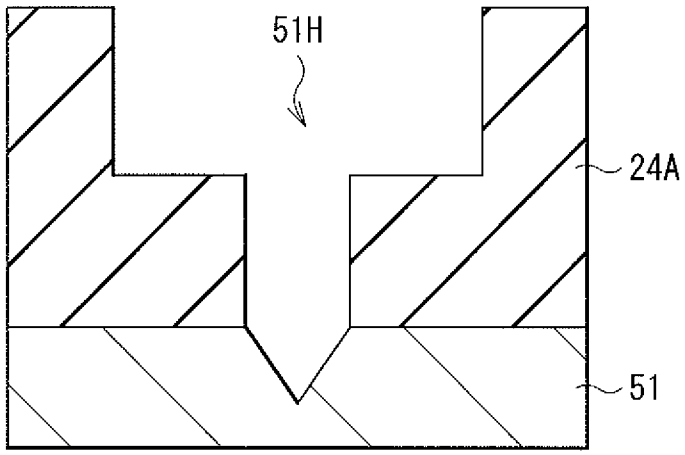
電子機器。

[請求項15] 前記光電変換層は、前記絶縁層によって前記画素毎に分離されている、請求項１４に記載の電子機器。

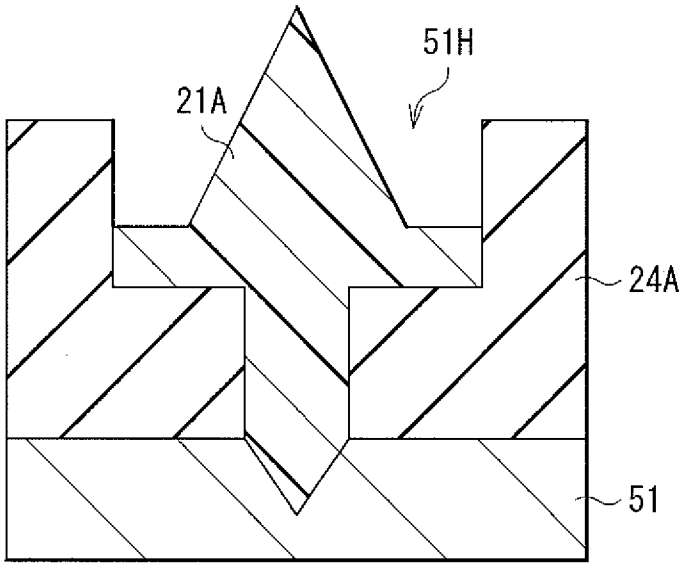
[図1]


10A
20
38
30
33
41
21
22
23
24
25
37
35
32
33D
33C
33B
33A
31
X
Y
Z
P
P
P
P
36
S1
23A
24H
34C
34B
34A
34
S2

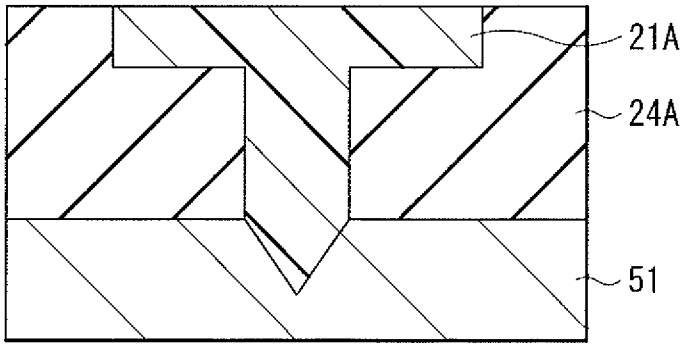
[図2A]



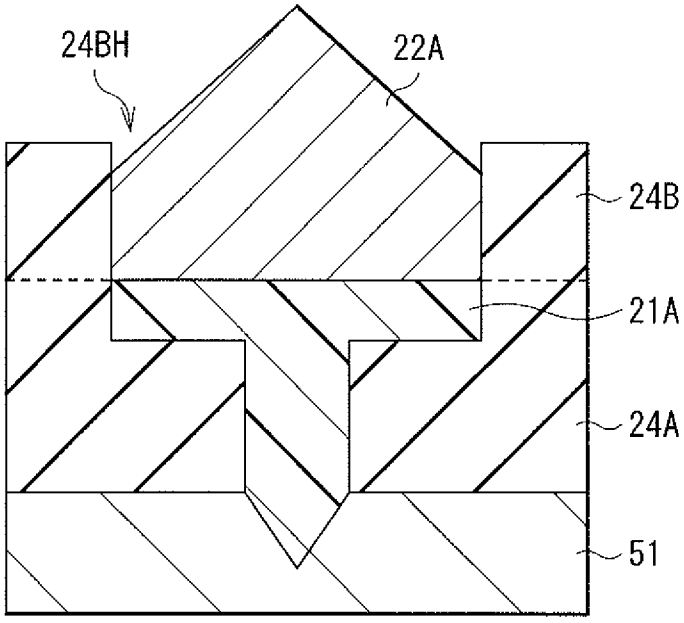
[図2B]



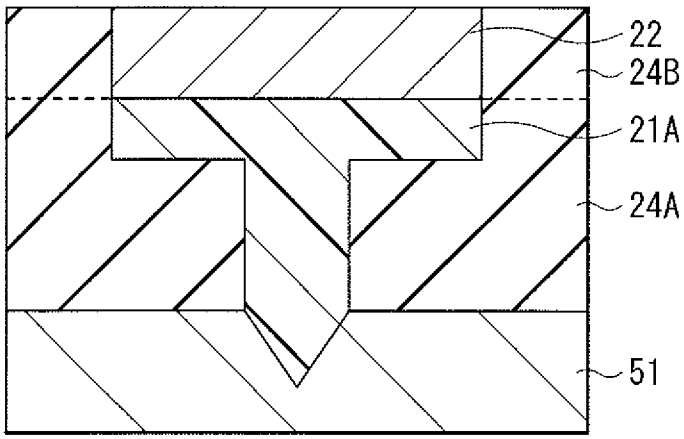
[図2C]



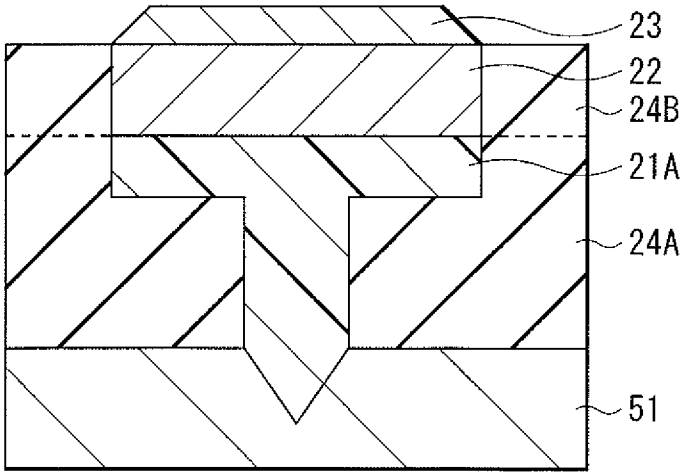
[図3A]



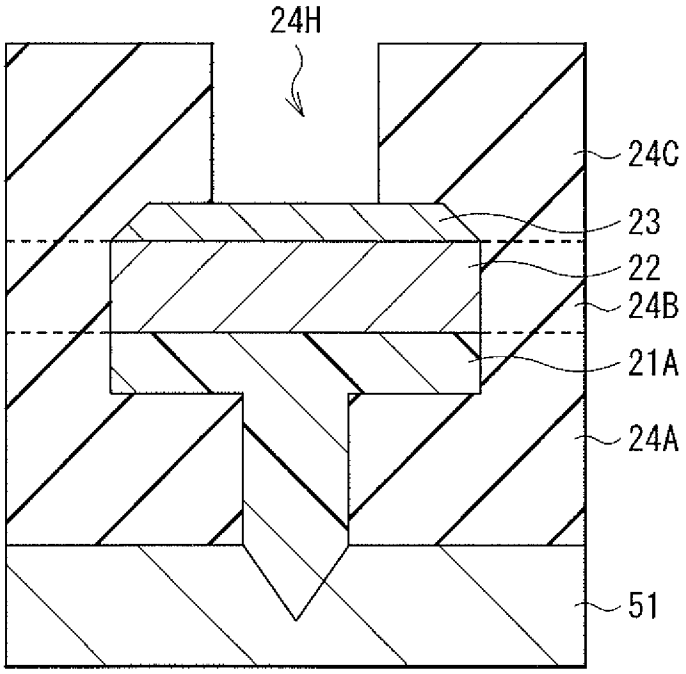
[図3B]



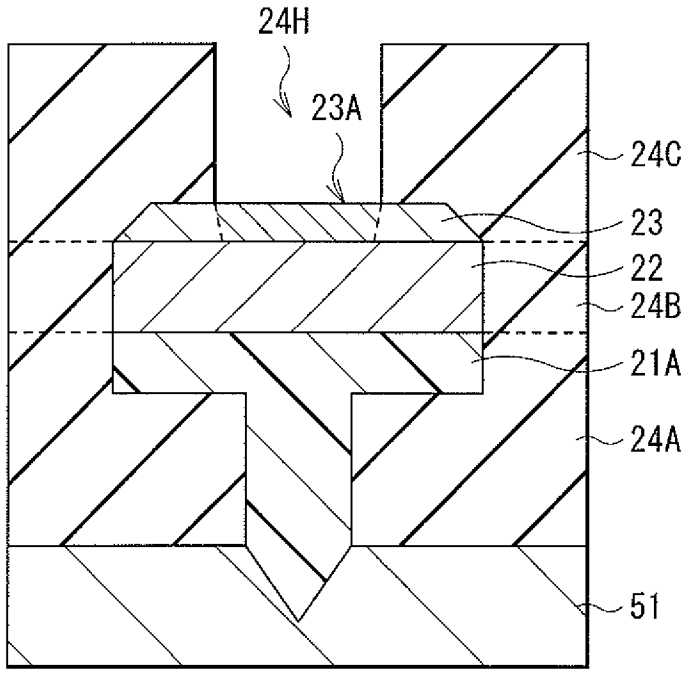
[図3C]



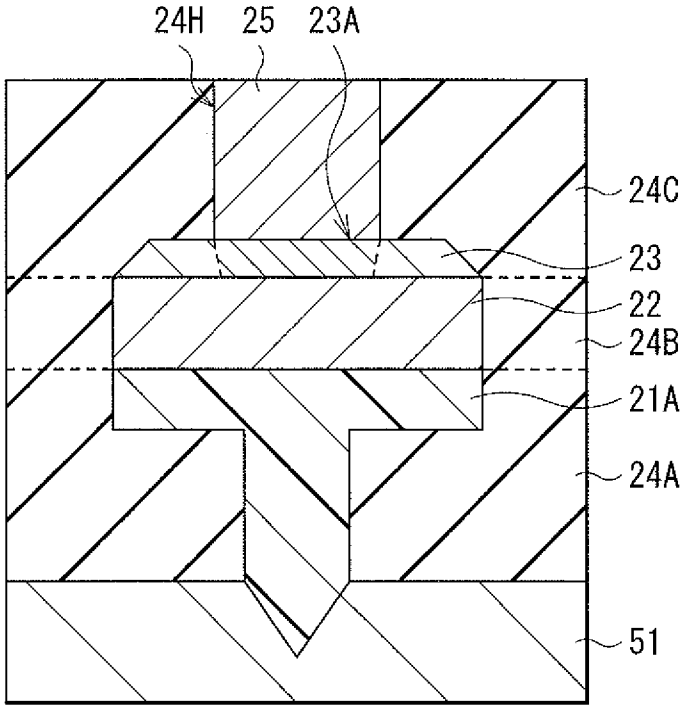
[図4A]



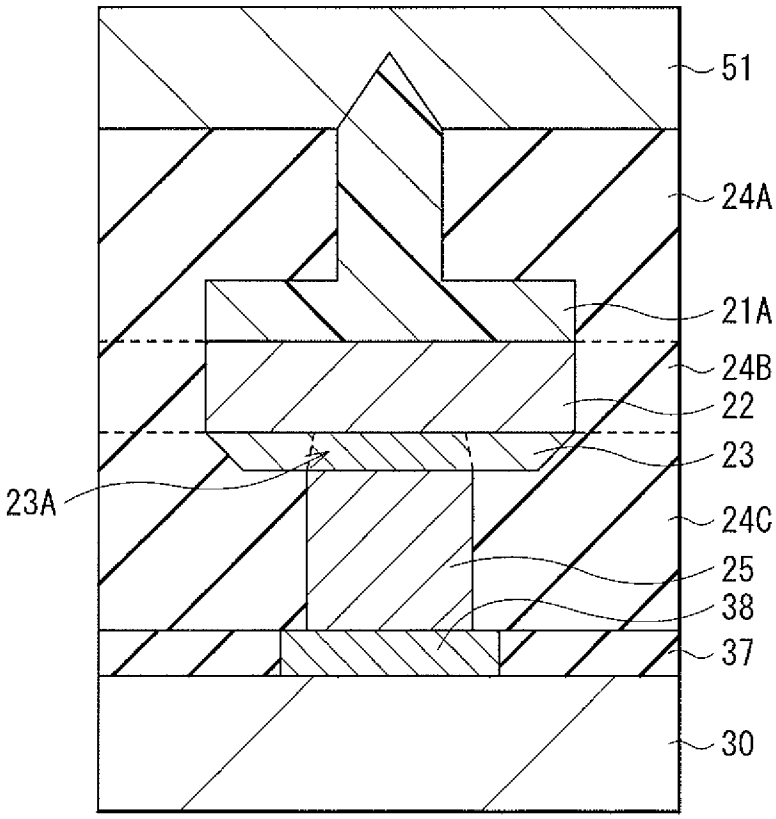
[図4B]



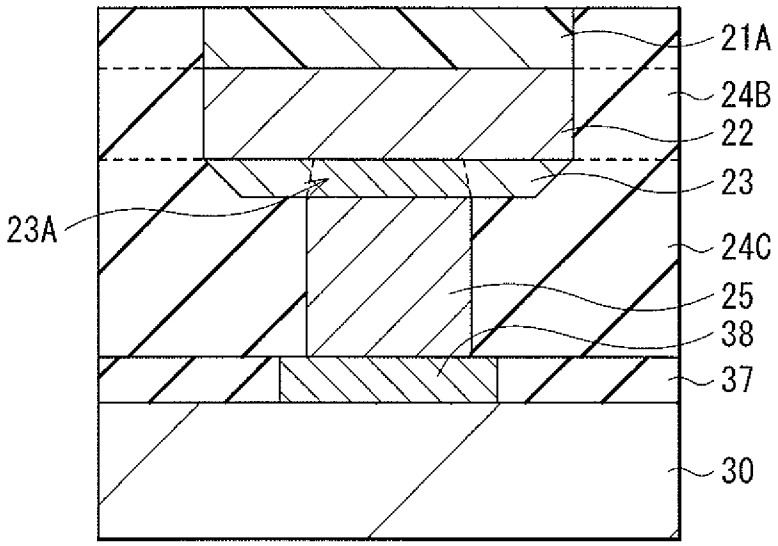
[図5A]


24H
25
23A
24C
23
22
24B
21A
24A
51

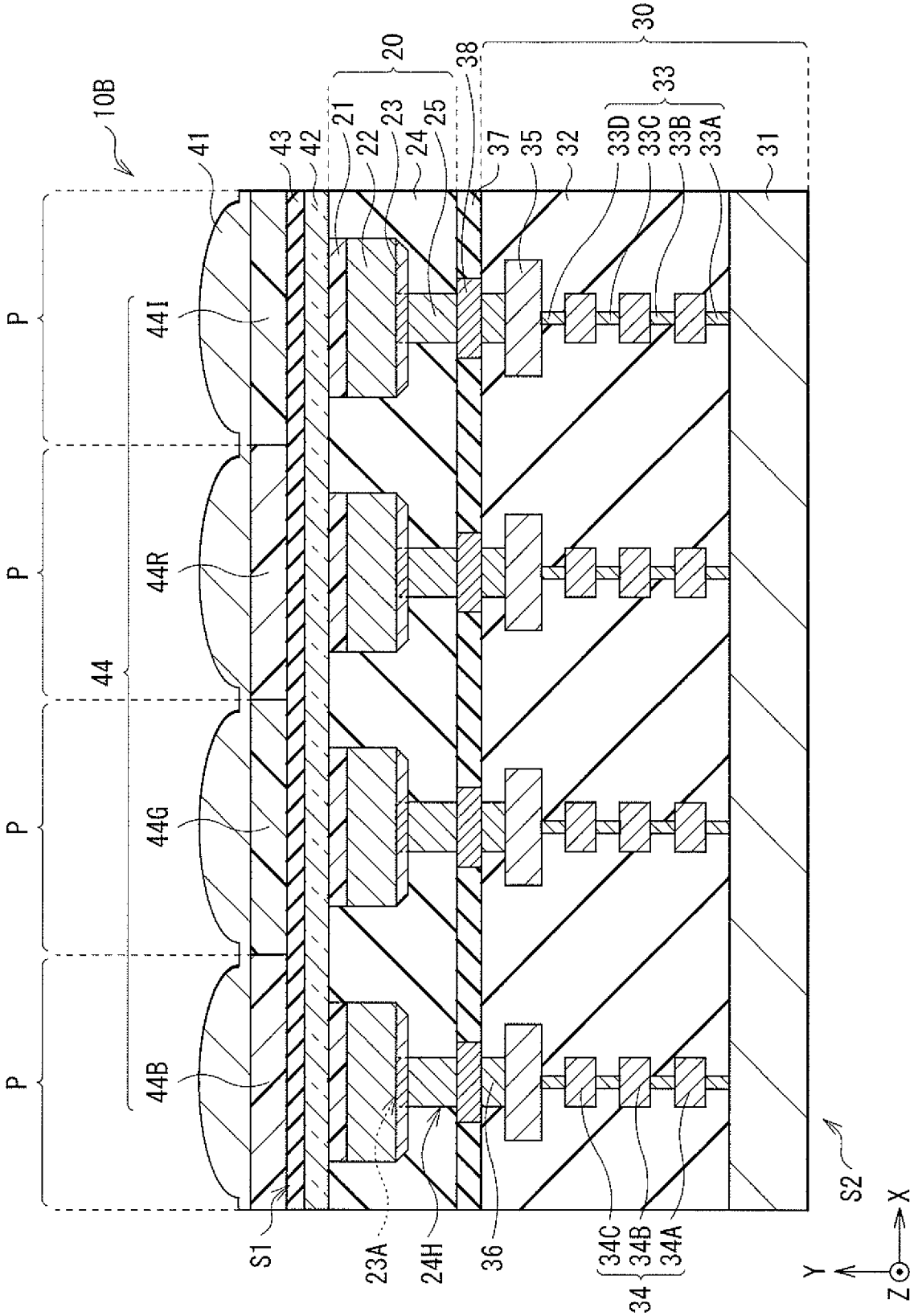
[図5B]


51
24A
21A
24B
22
23
23A
24C
25
38
37
30

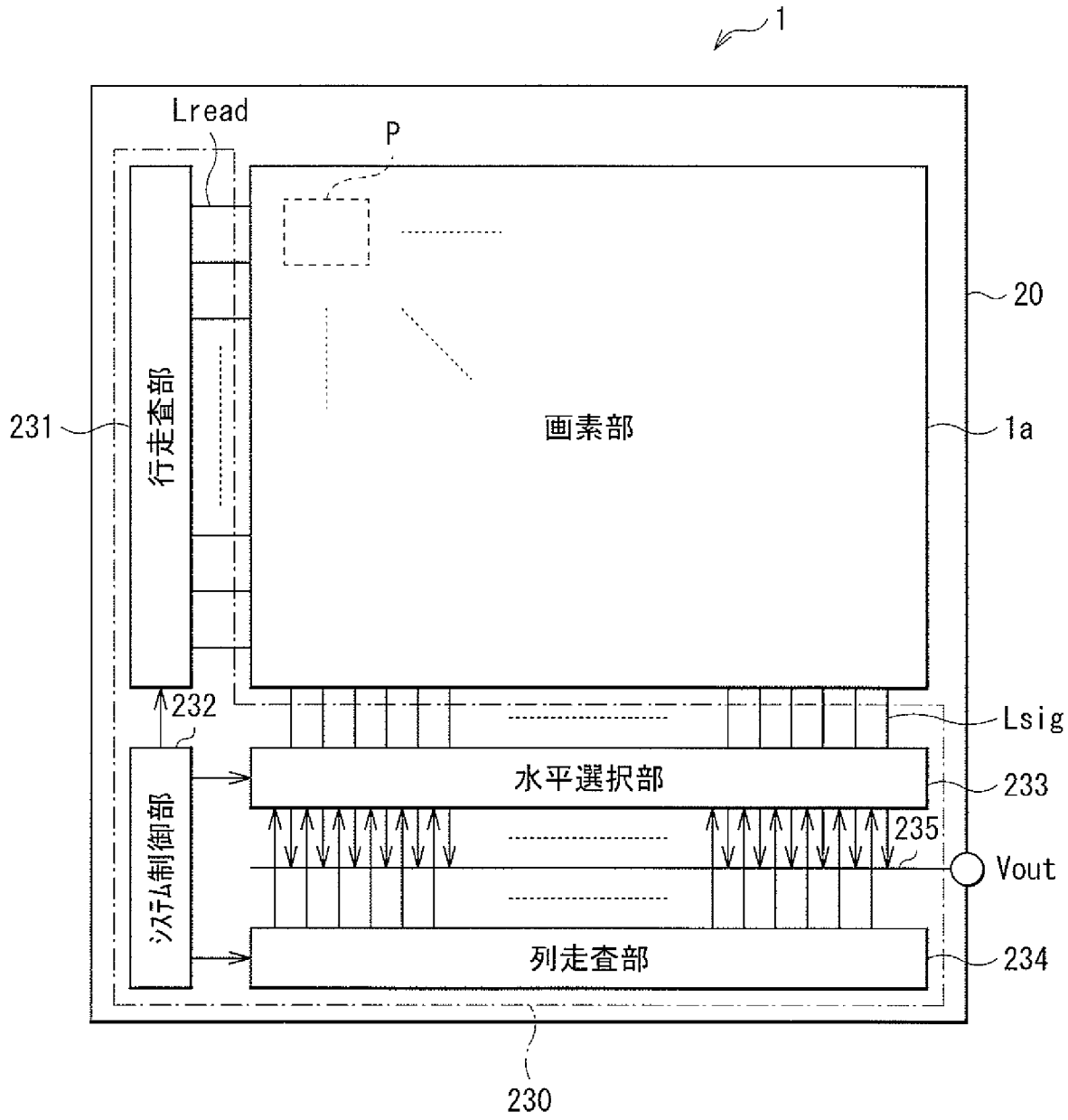
[図6]



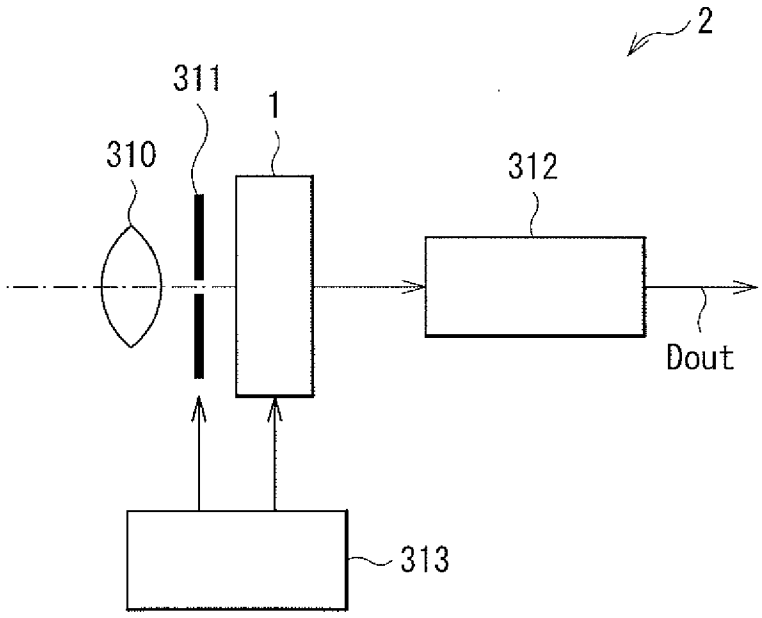
[図7]


10B
41
43
42
21
22
23
24
25
20
38
37
35
32
33D
33C
33B
33A
33
31
30
P
P
P
P
44
44I
44R
44G
44B
S1
23A
24H
36
34C
34B
34A
34
S2
X
Y
Z

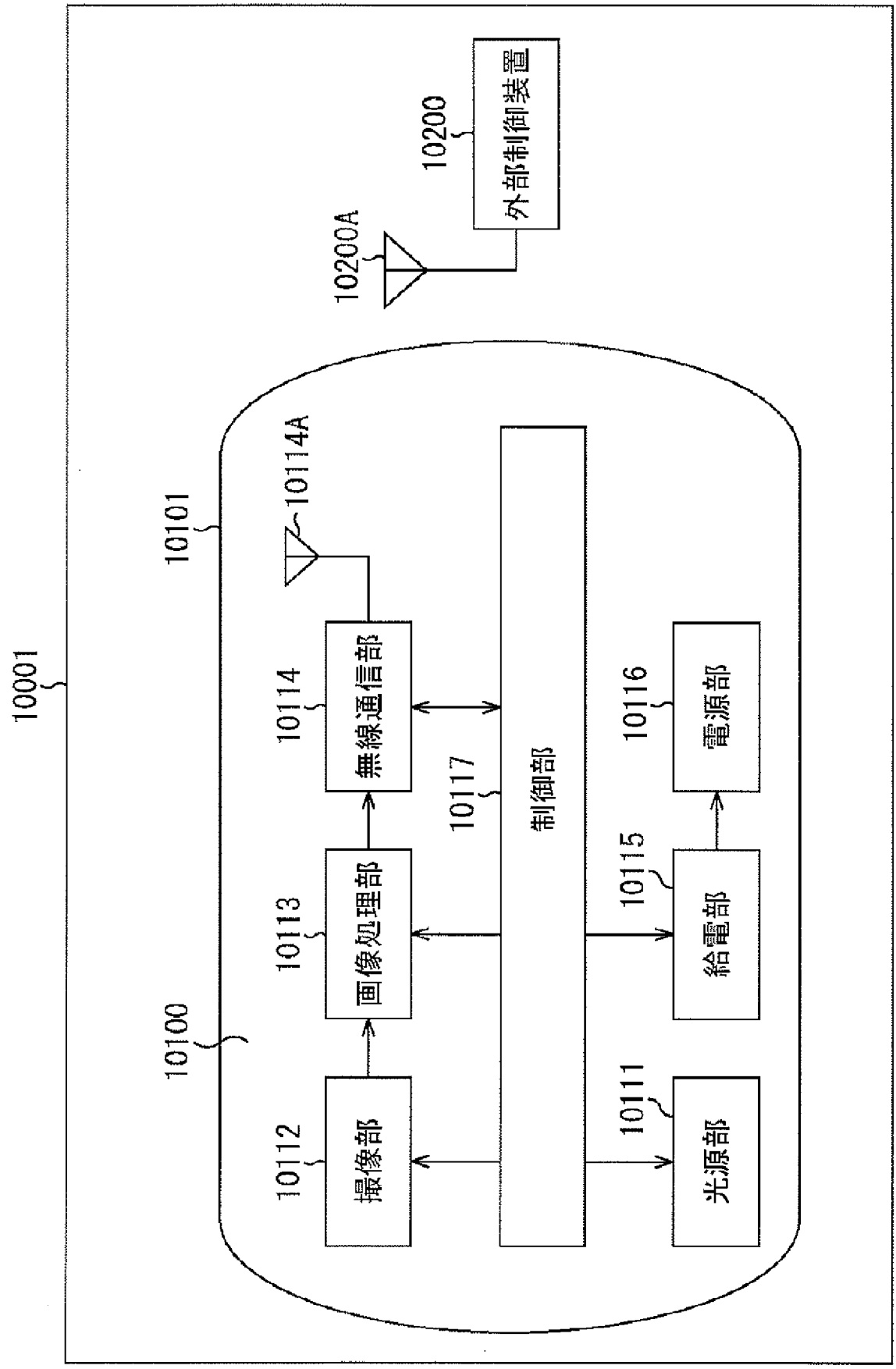
[図8]


1
Lread
P
20
231
行走査部
画素部
1a
232
Lsig
水平選択部
233
235
Vout
システム制御部
列走査部
234
230

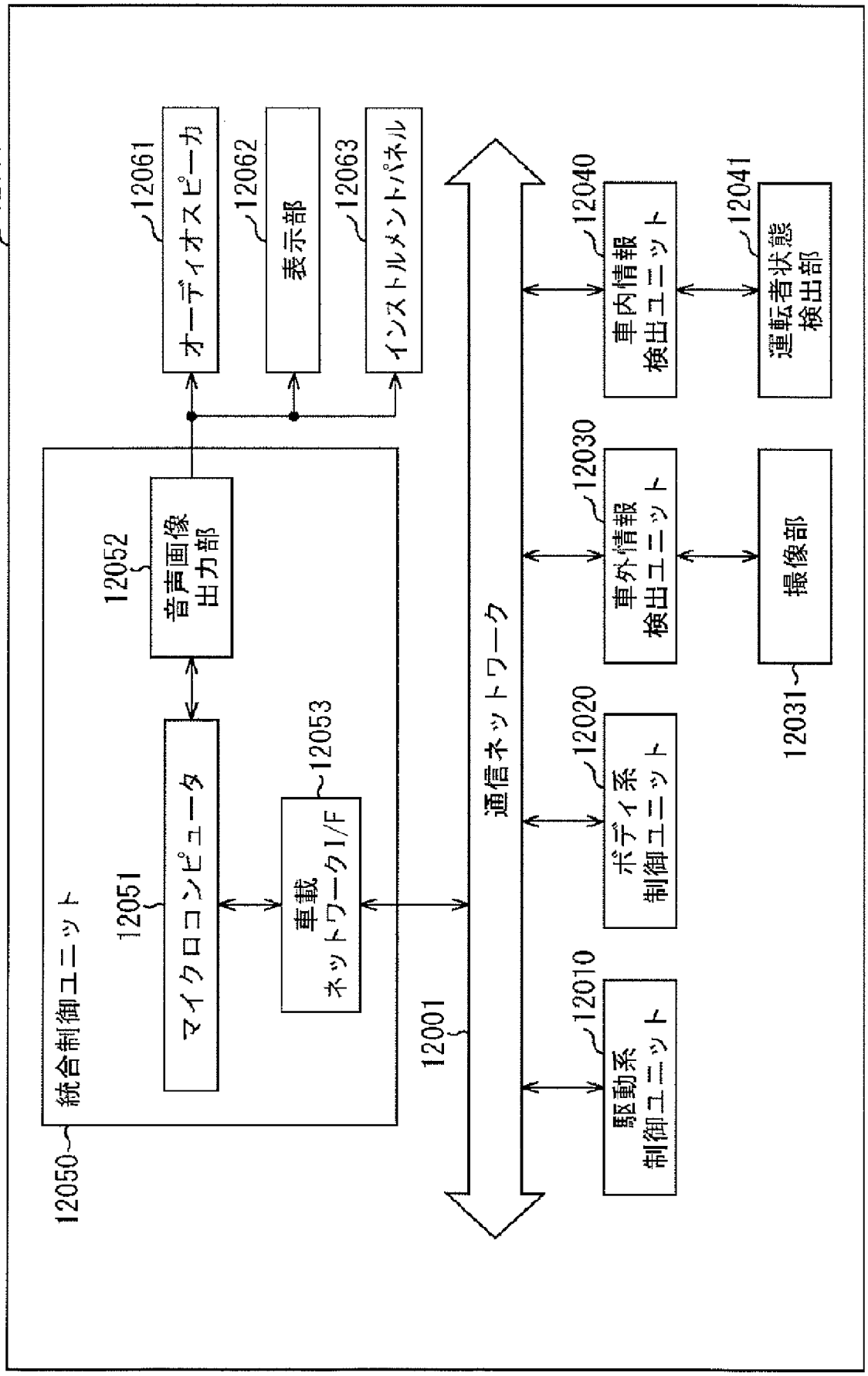
[図9]



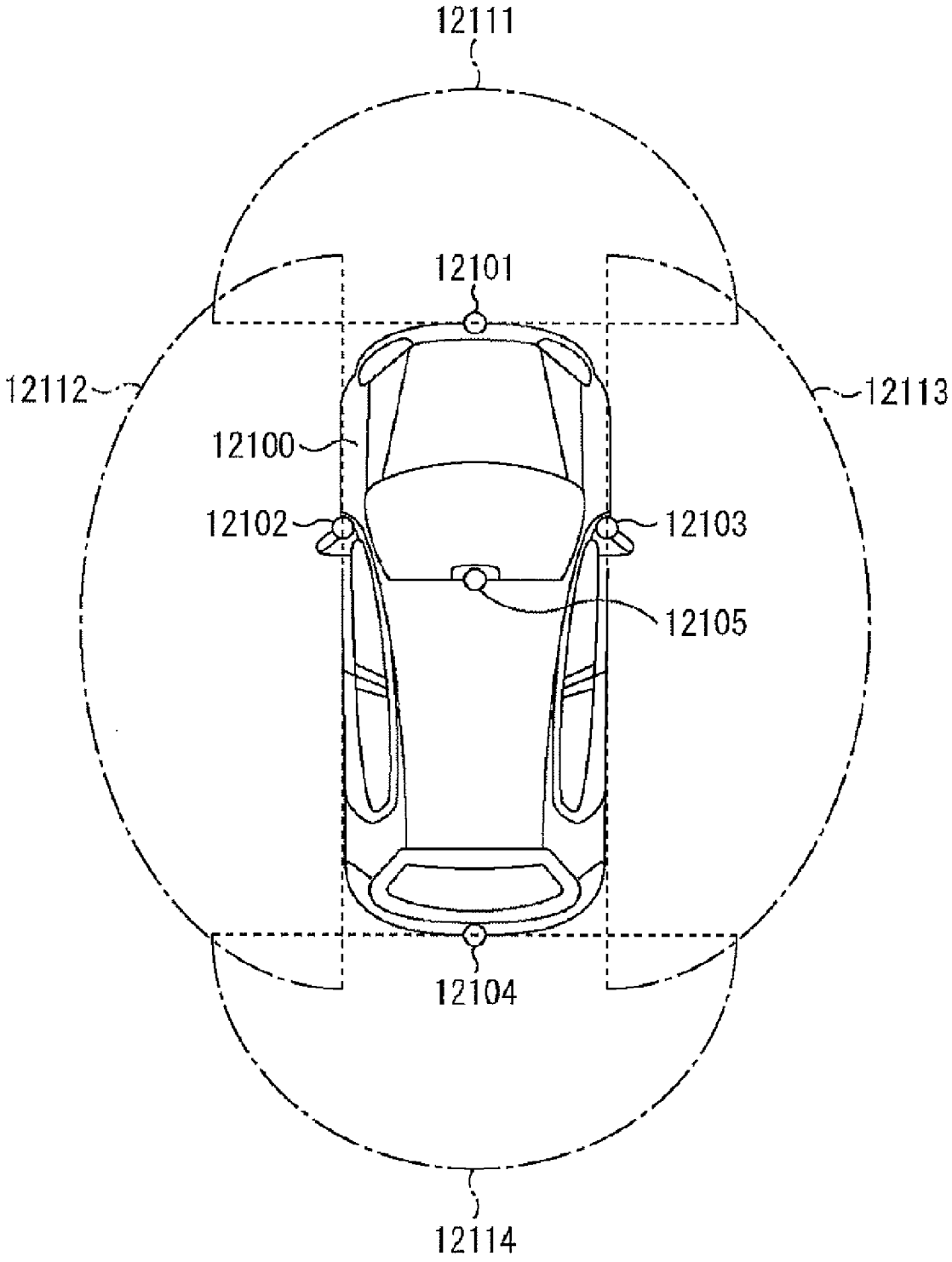
[図10]


10001
10101
10114A
10200
外部制御装置
10200A
10114
無線通信部
10116
電源部
10117
制御部
10113
画像処理部
10115
給電部
10100
10112
撮像部
10111
光源部

[図11]


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
12052
音声画像
出力部
12053
車載
ネットワークI/F
12051
マイクロコンピュータ
12050
統合制御ユニット
通信ネットワーク
12001
12040
車内情報
検出ユニット
12041
運転者状態
検出部
12030
車外情報
検出ユニット
撮像部
12031
12020
ボディ系
制御ユニット
12010
駆動系
制御ユニット

[図12]


12111
12101
12112
12113
12100
12102
12103
12105
12104
12114

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/036431

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L27/146(2006.01)i, *H01L27/144*(2006.01)i, *H01L31/10*(2006.01)i, *H04N5/369*(2011.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L27/146, H01L27/144, H01L31/10, H04N5/369

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 Y	JP 2007-324572 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 13 December 2007 (13.12.2007), paragraphs [0001], [0040] to [0045]; fig. 4, 5 & US 2007/0264835 A1 paragraphs [0002], [0059] to [0061]	1-4,7-15 1-15
Y	JP 2010-205858 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 16 September 2010 (16.09.2010), paragraphs [0016] to [0018]; fig. 1 (Family: none)	5,6

☒ 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
30 October 2017 (30.10.17)	07 November 2017 (07.11.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/036431

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-192838 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 29 September 2011 (29.09.2011), paragraphs [0028] to [0031]; fig. 1 (Family: none)	5,6
Y	JP 2009-105105 A (Yokogawa Electric Corp.), 14 May 2009 (14.05.2009), paragraphs [0020] to [0031]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-15

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０３６４３１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L27/146(2006.01)i, H01L27/144(2006.01)i, H01L31/10(2006.01)i, H04N5/369(2011.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L27/146, H01L27/144, H01L31/10, 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	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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 2007-324572 A（住友電気工業株式会社）2007.12.13, ［０００１］,［００４０］－［００４５］, 図４，５ & US 2007/0264835 A1,[0002],[0059]-[0061]	1-4,7-15
Y		1-15

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

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

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
３０．１０．２０１７	０７．１１．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｏ　３０３５
柴山　将隆
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５９

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2010-205858 A（住友電気工業株式会社）2010.09.16, ［００１６］－［００１８］，図１（ファミリーなし）	5,6
Y	JP 2011-192838 A（住友電気工業株式会社）2011.09.29, ［００２８］－［００３１］，図１（ファミリーなし）	5,6
Y	JP 2009-105105 A（横河電機株式会社）2009.05.14, ［００２０］－［００３１］，図１，２（ファミリーなし）	1-15