

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-71484
(P2011-71484A)

(43) 公開日 平成23年4月7日(2011.4.7)

(51) Int.Cl.
H01L 31/10 (2006.01)

F I
H01L 31/10 A

テーマコード(参考)
5F049

審査請求 有 請求項の数 20 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2010-154742 (P2010-154742)
 (22) 出願日 平成22年7月7日(2010.7.7)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-192822 (P2009-192822)
 (32) 優先日 平成21年8月24日(2009.8.24)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000005049
 シャープ株式会社
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
 (74) 代理人 100085501
 弁理士 佐野 静夫
 (74) 代理人 100128842
 弁理士 井上 温
 (74) 代理人 100145207
 弁理士 酒本 裕明
 (72) 発明者 夏秋 和弘
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
 シャープ株式会社内
 Fターム(参考) 5F049 MA02 MB03 NA04 NA17 NA19
 NB10 QA03 RA03 RA06 SE05
 SS03 SZ07 SZ08

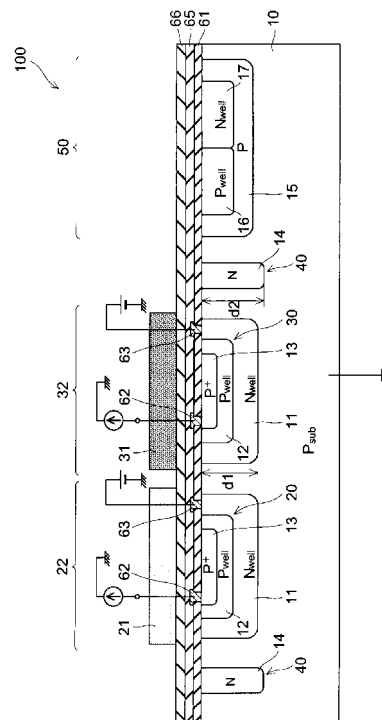
(54) 【発明の名称】 半導体光検出素子および半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 製造コストを低減することが可能であるとともに、精度を向上させることが可能な半導体光検出素子を提供する。

【解決手段】 この半導体光検出素子100は、P型シリコン基板10に形成された第1フォトダイオード20と、このP型シリコン基板10に形成され、第1フォトダイオード20と同一構造を有する第2フォトダイオード30と、第1フォトダイオード20上に形成され、グリーンフィルタから構成されるカラーフィルタ層21と、第2フォトダイオード30上に形成され、ブラックフィルタから構成されるカラーフィルタ層31と、第1フォトダイオード20の検出信号から第2フォトダイオード30の検出信号を減算する演算回路部50とを備えている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

一 導電型の半導体層に形成された第 1 受光素子部と、
前記半導体層に形成され、前記第 1 受光素子部と同一構造を有する第 2 受光素子部と、
前記第 1 受光素子部上に形成され、第 1 波長領域の光および前記第 1 波長領域とは異なる第 2 波長領域の光を透過する第 1 フィルタと、
前記第 2 受光素子部上に形成され、前記第 2 波長領域に含まれる第 3 波長領域の光を透過する第 2 フィルタとを備え、
前記第 1 受光素子部の検出信号と前記第 2 受光素子部の検出信号との差を取るよう構成されていることを特徴とする、半導体光検出素子。

10

【請求項 2】

前記半導体層には、複数の前記第 1 受光素子部が互いに並列接続された状態で形成されているとともに、前記第 1 受光素子部の数と同数の前記第 2 受光素子部が互いに並列接続された状態で形成されており、
前記第 1 受光素子部と前記第 2 受光素子部とが、交互に配置されていることを特徴とする、請求項 1 に記載の半導体光検出素子。

【請求項 3】

前記第 1 受光素子部および前記第 2 受光素子部が、互いに近接されて配置されていることを特徴とする、請求項 2 に記載の半導体光検出素子。

【請求項 4】

前記第 1 受光素子部および前記第 2 受光素子部が、平面的に見て、上下左右対称に配置されていることを特徴とする、請求項 2 または 3 に記載の半導体光検出素子。

20

【請求項 5】

前記半導体層には、前記第 1 受光素子部および前記第 2 受光素子部が、それぞれ、2 つ形成されており、

これら第 1 および第 2 受光素子部が、格子状に近接配置されていることを特徴とする、請求項 2 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の半導体光検出素子。

【請求項 6】

前記第 1 波長領域は、450 nm ~ 650 nm の可視光領域であり、

前記第 2 波長領域および前記第 3 波長領域は、700 nm 以上の近赤外領域であることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の半導体光検出素子。

30

【請求項 7】

前記第 1 受光素子部および前記第 1 フィルタを含んで構成される、周囲の明るさを検知する第 1 センサ部をさらに備え、

前記第 1 センサ部は、450 nm ~ 650 nm の波長領域にピーク感度を持つとともに、700 nm 以上の波長領域においても感度を有することを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の半導体光検出素子。

【請求項 8】

前記第 2 受光素子部および前記第 2 フィルタを含んで構成される、対象物との距離を検知する第 2 センサ部をさらに備え、

前記第 2 センサ部は、分光感度において、700 nm 以上の波長領域に感度を有することを特徴とする、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の半導体光検出素子。

40

【請求項 9】

前記第 1 フィルタおよび前記第 2 フィルタによって、700 nm 以上の波長領域における、前記第 1 受光素子部の分光感度特性と前記第 2 受光素子部の分光感度特性とが実質的に一致するように構成されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の半導体光検出素子。

【請求項 10】

前記第 1 フィルタは、グリーンフィルタであり、

前記第 2 フィルタは、ブラックフィルタであることを特徴とする、請求項 1 ~ 9 のい

50

れか 1 項に記載の半導体光検出素子。

【請求項 1 1】

前記半導体層には、前記第 1 受光素子部の検出信号と前記第 2 受光素子部の検出信号との差分演算を行う演算回路部が形成されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載の半導体光検出素子。

【請求項 1 2】

前記半導体層は、P 型半導体層であり、

前記第 1 受光素子部および前記第 2 受光素子部は、それぞれ、前記 P 型半導体層の上面側に拡散形成された N 型ウェル層と、前記 N 型ウェル層の上面側に拡散形成された P 型ウェル層とを含んで構成されており、

前記第 1 受光素子部および前記第 2 受光素子部の検出信号が、前記 P 型ウェル層から取り出されるように構成されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 1 1 のいずれか 1 項に記載の半導体光検出素子。

10

【請求項 1 3】

前記 N 型ウェル層は、7 μm 以上 10 μm 以下の厚みに形成されていることを特徴とする、請求項 1 2 に記載の半導体光検出素子。

【請求項 1 4】

前記第 2 フィルタは、単膜から構成されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 1 3 のいずれか 1 項に記載の半導体光検出素子。

【請求項 1 5】

前記半導体層には、平面的に見て、前記第 1 受光素子部および前記第 2 受光素子部を囲む第 3 受光素子部がさらに形成されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 1 4 のいずれか 1 項に記載の半導体光検出素子。

20

【請求項 1 6】

前記第 3 受光素子部は、前記半導体層の表面領域に、前記半導体層とは逆導電型の拡散層が形成されることによって構成されており、

前記拡散層が、前記第 1 受光素子部および前記第 2 受光素子部の深さ以上の深さを有することを特徴とする、請求項 1 5 に記載の半導体光検出素子。

【請求項 1 7】

対象物に対して光を出射する発光素子と、

この対象物からの反射光を受光する、請求項 1 ~ 1 6 のいずれか 1 項に記載の半導体光検出素子とを備えることを特徴とする、半導体装置。

30

【請求項 1 8】

前記発光素子は、発光波長が 700 nm 以上 1150 nm 以下の近赤外光を発光する赤外発光ダイオード素子であることを特徴とする、請求項 1 7 に記載の半導体装置。

【請求項 1 9】

前記発光素子の上方に配設され、前記発光素子からの光を対象物に対して集光する第 1 レンズをさらに備えることを特徴とする、請求項 1 7 または 1 8 に記載の半導体装置。

【請求項 2 0】

前記半導体光検出素子における、前記第 1 受光素子部および前記第 2 受光素子部の上方に配設され、前記半導体光検出素子に対して光を集光するための 1 つの第 2 レンズをさらに備えることを特徴とする、請求項 1 7 ~ 1 9 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体光検出素子およびその半導体光検出素子を備えた半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、携帯電話端末を含む多くの携帯機器が製品開発されている。これらの携帯機器は

50

、通常、電池で駆動しているため低消費電力であることが望まれている。また、上記した携帯機器では、高機能化にともなう消費電力の増大により、使用可能時間の短縮が大きな問題となっている。

【0003】

このような携帯機器は、一般的に、液晶表示画面などの画像表示画面を備えており、消費電力の多くは、画面表示に使われている。このため、画面表示が必要でない場合には表示を行わないようにするという機能を携帯機器に持たせることが、消費電力を低減するための手段として有効である。たとえば、携帯電話端末では、通話時は画面表示を行う必要がないため、通話時には画面表示を自動的に切るようにしておけば、消費電力を低減することができ、携帯電話端末の使用可能時間も長くすることができる。

10

【0004】

ここで、携帯電話端末による通話時には、通常、携帯電話端末は使用者の頭の近くにある。このため、通話時であるか否かを判別するために、従来、電話端末と使用者の頭との距離を検知する近接センサをスピーカ近傍に搭載した携帯電話端末が知られている。この近接センサは、近赤外光を発光する発光ダイオード（LED：Light Emitting Diode）を用いた発光素子と、フォトダイオードを用いた受光素子とを有しており、発光素子から発光された近赤外光が使用者の頭で反射され、その反射光を受光素子で受光することによって、電話端末のスピーカ近傍に人の頭が近接しているか否かを検知する。そして、電話端末のスピーカ近傍に人の頭を検知すると画面表示を自動的に切るように制御する。

20

【0005】

また、近年では、地球温暖化などの環境問題を踏まえて、テレビジョン装置などの画像表示装置に関しても、消費電力の低減化が要求されている。さらに、近年では、テレビジョン機能などが搭載された携帯機器が増加してきており、このような携帯機器では、電池で駆動しているために消費電力の低減化がより要求されている。このため、人がいない時に、画面表示を自動的に切るために、上記した近接センサ（測距センサ）を用いることも検討されている。

【0006】

一方、消費電力を低減する他の手段として、周囲の明るさに応じて表示画面の表示明るさを自動的に調節することも有効な手段として用いられている。具体的には、周囲の明るさを検知する照度センサを搭載し、これによる照度データを基に表示画面の輝度を自動的に調節することによって、表示画面の輝度を最適化する。これにより、消費電力の低減化と表示画面の視認性向上とが同時に実現される。

30

【0007】

このような照度センサとしては、一般的に、半導体基板に形成されたフォトダイオードが用いられている。ここで、人の目は、可視光領域の光に対して感度を有しているのに対し、フォトダイオードを用いた照度センサは、赤外光などの不可視光に対しても感度を有している。このため、周囲の光に赤外光が含まれる場合には、赤外光の影響により、人の目で感じる明るさと照度センサによる検出明るさとに差が生じてしまう。そのため、従来では、フォトダイオード上に赤外光を遮光する干渉膜フィルタを配置することによって、不要な赤外光をカットしていた。

40

【0008】

しかしながら、上記干渉膜フィルタは、ガラス基板上に蒸着を繰り返し行うことによって製造されるため、製造工程が煩雑であるとともに、複数の材料を多層に積層するため製造コストが非常に高くなる。このため、干渉膜フィルタを用いた場合には、照度センサの製造コストが高くなるという問題点がある。また、干渉膜フィルタを配置することによって、その分のスペースをとるため、小型化が困難になるという問題点もある。

【0009】

そこで、従来、干渉膜フィルタを設けることなく、赤外光の感度を低減することが可能な照度センサが提案されている（たとえば、特許文献1参照）。

50

【 0 0 1 0 】

上記特許文献 1 には、異なる深さの 2 つのフォトダイオードを、縦方向に重なる状態で半導体層に形成し、各フォトダイオードの検出信号を演算することによって、赤外光の感度を低減する照度センサが記載されている。この照度センサでは、半導体層の表面側に第 1 のフォトダイオードが形成されており、第 1 のフォトダイオードの下方に第 2 のフォトダイオードが形成されている。そして、第 1 のフォトダイオードの検出信号から、第 2 のフォトダイオードの検出信号を所定倍して減算することにより、赤外光の感度が低減されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

10

【 0 0 1 1 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 4 - 1 1 9 7 1 3 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 2 】

しかしながら、特許文献 1 に記載された従来 of 照度センサでは、2 つのフォトダイオードの構造や導電型、不純物プロファイルのバラツキなどにより、2 つのフォトダイオードの赤外光に対する感度バラツキを低減することが困難であるという不都合がある。このため、2 つのフォトダイオードの赤外光に対する感度が異なる場合、完全に演算で赤外光の影響を除去するのが困難となる。そのため、赤外光の感度を十分に低減することが困難となる。したがって、特許文献 1 の照度センサでは、精度を向上させることが困難であるという問題点がある。

20

【 0 0 1 3 】

ところで、携帯電話端末を含む携帯機器などにおいては、消費電力の低減化を図るために、近接センサと照度センサとの両方の機能が必要とされる場合がある。このような場合、各機能を有するセンサをそれぞれ搭載する必要があるが、コスト面や実装サイズ面で課題があった。このため、それらを同一チップで形成した半導体光検出素子の実現が望まれていた。

【 0 0 1 4 】

しかしながら、近接センサと照度センサとを同一チップで形成した場合、近接センサに入射される赤外光が照度センサにも入射される。このため、半導体光検出素子の照度センサ側の構成に、上記特許文献 1 に記載の照度センサの構成を適用した場合には、赤外光の影響によって照度センサに誤動作が生じるという問題が発生する。

30

【 0 0 1 5 】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の 1 つの目的は、製造コストを低減することが可能であるとともに、精度を向上させることが可能な半導体光検出素子および半導体装置を提供することである。

【 0 0 1 6 】

この発明のもう 1 つの目的は、信頼性の高い半導体光検出素子および半導体装置を提供することである。

40

【 0 0 1 7 】

この発明のさらにもう 1 つの目的は、小型化を図ることが可能な半導体光検出素子および半導体装置を提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 8 】

上記目的を達成するために、この発明の第 1 の局面による半導体光検出素子は、一導電型の半導体層に形成された第 1 受光素子部と、上記半導体層に形成され、第 1 受光素子部と同一構造を有する第 2 受光素子部と、第 1 受光素子部上に形成され、第 1 波長領域の光および第 1 波長領域とは異なる第 2 波長領域の光を透過する第 1 フィルタと、第 2 受光素子部上に形成され、第 2 波長領域に含まれる第 3 波長領域の光を透過する第 2 フィルタと

50

を備えている。そして、第1受光素子部の検出信号と第2受光素子部の検出信号との差を取るよう構成されている。なお、本発明の「半導体層」は、半導体基板を含む。また、本発明の「第1フィルタ」および「第2フィルタ」は、干渉膜フィルタとは異なる。

【0019】

この第1の局面による半導体光検出素子では、上記のように、第1受光素子部上に、第1波長領域の光および第2波長領域の光を透過する第1フィルタを形成するとともに、第2受光素子部上に、第2波長領域に含まれる第3波長領域の光を透過する第2フィルタを形成することによって、第1受光素子部では、第1波長領域の光および第2波長領域の光が検出されるとともに、第2受光素子部では、第2波長領域に含まれる第3波長領域の光が検出される。そして、第1受光素子部の検出信号から第2受光素子部の検出信号を減算することによって、第2波長領域の光の感度を低減することができる。このため、たとえば、第1波長領域の光が可視光であり、第2波長領域の光および第3波長領域の光がそれぞれ赤外光の場合、赤外光の感度を低減することができる。したがって、このように構成することにより、赤外光による影響を除去することができるので、人の視感度特性に近い波長感度特性を有するセンサ（照度センサ）を得ることができる。

10

【0020】

また、第2受光素子部上に第2フィルタを形成することによって、第2受光素子部では、第1波長領域とは異なる第3波長領域の光を検出することができるので、この第2受光素子部を、第3波長領域の光を発光する発光素子からの光を検出する受光素子としても用いることができる。すなわち、第2受光素子部を、近接センサ（測距センサ）の受光素子としても用いることができる。これにより、照度センサと近接センサ（測距センサ）とを1チップで形成することができる。なお、照度センサと近接センサ（測距センサ）とを1チップで形成することによって、半導体光検出素子の実装サイズを小さくすることができるので、半導体光検出素子を実装（搭載）するパッケージ（半導体装置）を小型化することができる。

20

【0021】

また、第1の局面では、第1受光素子部上および第2受光素子部上に、それぞれ、第1フィルタおよび第2フィルタを形成することによって、高価な干渉膜フィルタを用いる必要がないため、その分、製造コストを低減することができる。なお、第1フィルタおよび第2フィルタには、たとえば、カラーイメージセンサなどに利用される有機カラーフィルタを用いることができる。

30

【0022】

また、第1の局面では、第1受光素子部と第2受光素子部とを同一構造にすることによって、第1受光素子部および第2受光素子部における不純物プロファイルのバラツキなどを低減することができるので、第1受光素子部と第2受光素子部との感度バラツキを低減することができる。すなわち、第1受光素子部と第2受光素子部との感度特性を均一化することができる。このため、第2受光素子部の検出信号を所定倍することなく、第1受光素子部の検出信号から第2受光素子部の検出信号を減算するだけで、第2波長領域の光の感度を十分に低減することができる。これにより、第2波長領域の光による影響を効果的に除去することができるので、高精度な半導体光検出素子を得ることができる。

40

【0023】

さらに、第1の局面では、第1受光素子部と第2受光素子部とを同一の半導体層に形成することによって、第1受光素子部に入射された光は、第2受光素子部にも入射されるので、第1受光素子部の検出信号から第2受光素子部の検出信号を減算することにより、第2波長領域の光による影響を効果的に除去することができる。このため、第2波長領域の光および第3波長領域の光がそれぞれ赤外光（近赤外光）の場合には、赤外光による影響を効果的に除去することができる。したがって、近接センサと照度センサとを同一チップで形成することによって、第2受光素子部に入射される赤外光が第1受光素子部に入射された場合でも、赤外光の影響を除去することができるので、赤外光の影響による誤動作を抑制することができる。その結果、信頼性を向上させることができる。

50

【0024】

なお、第1の局面では、上記のように構成することによって、第1受光素子部と第2受光素子部とに同様に光が入射されるように構成することができるので、外乱光などが照射された場合でも、照射された外乱光などが、第1受光素子部および第2受光素子部に同じように入射するように構成することができる。これにより、外乱光などが入射された場合でも、第1受光素子部の検出信号から第2受光素子部の検出信号を減算することで、外乱光などの影響を除去することができる。また、上記第1の局面による半導体光検出素子は、照度センサ単体として用いることもできるし、近接センサ単体としても用いることができる。

【0025】

上記第1の局面による半導体光検出素子において、好ましくは、上記半導体層には、複数の第1受光素子部が互いに並列接続された状態で形成されているとともに、第1受光素子部の数と同数の第2受光素子部が互いに並列接続された状態で形成されている。そして、第1受光素子部と第2受光素子部とが、交互に配置されている。このように構成すれば、半導体光検出素子に光が照射された際に、第1受光素子部に入射される光と第2受光素子部に入射される光とをほぼ同一に容易にすることができる。このため、外乱光などが照射された場合でも、照射された外乱光などが、第1受光素子部および第2受光素子部に同じように入射するように容易に構成することができる。これにより、外乱光などが入射された場合でも、第1受光素子部の検出信号から第2受光素子部の検出信号を減算することで、外乱光などの影響を容易に除去することができる。したがって、外乱光などの影響による誤動作を容易に抑制することができるので、信頼性をさらに向上させることができる。

【0026】

なお、このような半導体光検出素子を、発光素子とともにパッケージ（半導体装置）に搭載し機器に搭載した場合には、発光素子からの回り込みによる光が半導体光検出素子に入射される場合がある。しかしながら、上記のように構成することによって、外乱光などが照射された場合と同様、発光素子からの回り込みによる光の影響を容易に除去することができる。したがって、上記のように構成することにより、容易に、照度センサの精度向上を図ることができる。

【0027】

上記第1受光素子部および第2受光素子部を複数備えた構成において、第1受光素子部および第2受光素子部が、互いに近接されて配置されているのが好ましい。このように構成すれば、半導体光検出素子の精度をより向上させることができる。

【0028】

上記第1受光素子部および第2受光素子部を複数備えた構成において、好ましくは、第1受光素子部および第2受光素子部が、平面的に見て、上下左右対称に配置されている。このように構成すれば、半導体光検出素子の精度をさらに向上させることができる。

【0029】

また、上記第1受光素子部および第2受光素子部を複数備えた構成において、上記半導体層に、第1受光素子部および第2受光素子部を、それぞれ、2つ形成し、これら第1および第2受光素子部を、格子状に近接配置することもできる。

【0030】

上記第1の局面による半導体光検出素子において、第1波長領域は、450nm～600nmの可視光領域とすることができ、第2波長領域および第3波長領域は、それぞれ、700nm以上の赤外領域とすることができる。このように構成すれば、赤外光の感度が低減された人の視感度特性に近い分光感度特性を有するセンサ（照度センサ）と、近赤外光を受光するセンサ（近接センサ）とが同一チップで形成された半導体光検出素子を容易に得ることができる。

【0031】

上記第1の局面による半導体光検出素子において、好ましくは、第1受光素子部および

10

20

30

40

50

第1フィルタを含んで構成される、周囲の明るさを検知する第1センサ部をさらに備え、第1センサ部は、450nm~600nmの波長領域にピーク感度を持つとともに、700nm以上の波長領域においても感度を有する。このように構成すれば、第1受光素子部の検出信号から第2受光素子部の検出信号を減算することで、第1センサ部を、可視光領域にピーク感度を持つとともに、赤外光の感度が低減された、人の視感度特性により近いセンサ(照度センサ)として機能させることができる。

【0032】

上記第1の局面による半導体光検出素子において、好ましくは、第2受光素子部および第2フィルタを含んで構成される、対象物との距離を検知する第2センサ部をさらに備え、第2センサ部は、分光感度において、700nm以上の波長領域に感度を有する。このように構成すれば、第2受光素子部の分光感度特性を、第1受光素子部における700nm以上の波長領域の分光感度特性に近付けることができる。これにより、第2受光素子部で検出された検出信号を、第1受光素子部で検出された検出信号から減算することにより、赤外光の感度を十分に低減することができる。また、このように構成すれば、第2センサ部を、近赤外光を受光するセンサ(近接センサ)として容易に機能させることができる。

10

【0033】

上記第1の局面による半導体光検出素子において、好ましくは、第1フィルタおよび第2フィルタによって、700nm以上の波長領域における、第1受光素子部の分光感度特性と第2受光素子部の分光感度特性とが実質的に一致するように構成されている。このように構成すれば、700nm以上の長波長領域の感度をより十分に低減することができるので、赤外光の影響がより十分に除去されたセンサ(照度センサ)を得ることができる。

20

【0034】

上記第1の局面による半導体光検出素子において、好ましくは、第1フィルタは、グリーンフィルタであり、第2フィルタは、ブラックフィルタである。このように構成すれば、第1フィルタおよび第2フィルタを、バックエンドプロセスで一般的に用いられる方法を用いて形成することができるので、受光素子部(第1受光素子部および第2受光素子部)上に容易にフィルタ(第1フィルタおよび第2フィルタ)を形成することができる。これにより、容易に、製造コストを低減することができる。また、このように構成すれば、グリーンフィルタは可視光および赤外光を透過するため、第1フィルタにグリーンフィルタを用いることによって、450nm~600nmの波長領域の光(可視光)を透過するとともに、700nm以上の波長領域の光(赤外光)を透過するフィルタ(第1フィルタ)を容易に形成することができる。また、ブラックフィルタは可視光をカットする一方、赤外光は透過するため、第2フィルタにブラックフィルタを用いることによって、700nm以上の波長領域の光(赤外光)を透過するフィルタ(第1フィルタ)を容易に形成することができる。

30

【0035】

なお、グリーンフィルタを第1受光素子部上に形成することにより、可視光領域では、人の視感度特性とほぼ同じ感度特性を第1受光素子部に持たせることができる。一方、グリーンフィルタおよびブラックフィルタは、有機カラーフィルタであるため、いずれも、赤外光を透過する。したがって、グリーンフィルタが形成された第1受光素子部の検出信号から、ブラックフィルタが形成された第2受光素子部の検出信号を減算することによって、700nm以上の長波長領域の光の感度をさらに低減することができるので、人の視感度特性にさらに近い波長感度特性を有するセンサ(照度センサ)を得ることができる。

40

【0036】

上記第1の局面による半導体光検出素子において、好ましくは、半導体層には、第1受光素子部の検出信号と第2受光素子部の検出信号との差分演算を行う演算回路部が形成されている。

【0037】

上記第1の局面による半導体光検出素子において、半導体層は、P型半導体層であり、

50

第1受光素子部および第2受光素子部は、それぞれ、P型半導体層の上面側に拡散形成されたN型ウェル層と、N型ウェル層の上面側に拡散形成されたP型ウェル層とを含んで構成されており、第1受光素子部および第2受光素子部の検出信号が、P型ウェル層から取り出されるように構成されているのが好ましい。すなわち、第1受光素子部および第2受光素子部が、それぞれ、カソードコモンとされているのが好ましい。

【0038】

この場合において、好ましくは、N型ウェル層は、7 μ m以上10 μ m以下の厚みに形成されている。このように構成すれば、波長による侵入長の違いにより、N型ウェル層における長波長の光の吸収を抑制することができるので、長波長の光の感度を低減することができる。このため、長波長の光の感度が低い状態で、第1受光素子部の検出信号から第2受光素子部の検出信号を減算することにより、赤外光の感度をより十分に低減することができる。

10

【0039】

上記第1の局面による半導体光検出素子において、好ましくは、第2フィルタは、単膜から構成されている。このように構成すれば、製造プロセスを簡略化することができるので、これによっても、製造コストを低減することができる。なお、上記第2フィルタは、多層膜から構成されていてもよい。たとえば、グリーンフィルタとレッドフィルタとを積層することにより、可視光をカットする一方、赤外光は透過するブラックフィルタと同様の機能を持ったフィルタを形成することができる。

【0040】

上記第1の局面による半導体光検出素子において、好ましくは、半導体層には、平面的に見て、第1受光素子部および第2受光素子部を囲む第3受光素子部がさらに形成されている。このように構成すれば、第1受光素子部および第2受光素子部の受光面以外の領域に光が入射されることによって発生した余分なキャリアを、第3受光素子部で捕捉することができるので、第1受光素子部および第2受光素子部以外の領域で発生した光電流を除去することができる。これにより、精度をより向上させることができる。

20

【0041】

この場合において、好ましくは、第3受光素子部は、半導体層の表面領域に、半導体層とは逆導電型の拡散層が形成されることによって構成されており、拡散層が、第1受光素子部および第2受光素子部の深さ以上の深さを有する。このように構成すれば、素子の側面や裏面から入射された光によって発生した余分なキャリアを、第3受光素子部で容易に捕捉することができる。また、素子の深いところを通ってくる光電流を除去することもできる。なお、この場合、第3受光素子部に出来る限り高い逆バイアスをかけることにより、空乏層を伸ばしておくのが好ましい。

30

【0042】

この発明の第2の局面による半導体装置は、対象物に対して光を出射する発光素子と、この対象物からの反射光を受光する、上記第1の局面による半導体光検出素子とを備えている。

【0043】

この第2の局面による半導体装置では、上記のように、半導体光検出素子と発光素子とを備えることによって、照度センサと近接センサとを1パッケージ化することができるので、半導体装置の小型化を図ることができる。

40

【0044】

また、第2の局面では、上記した半導体光検出素子を搭載することによって、高価な干渉膜フィルタを用いる必要がないため、その分、製造コストを低減することができる。また、干渉膜フィルタを取り付けるスペースを確保する必要がないので、パッケージ(半導体装置)の小型化を容易に図ることができる。

【0045】

また、第2の局面では、上記した半導体光検出素子を搭載することによって、精度の高い半導体装置を得ることができる。また、上記のように構成することによって、誤動作の

50

発生を抑制することができるので、信頼性を向上させることができる。

【0046】

さらに、上記のように構成された第2の局面による発光装置では、発光素子からの回り込みによる光が半導体光検出素子に入射された場合でも、発光素子からの回り込みによる光の影響を除去することができる。

【0047】

なお、上記のように構成された第2の局面による半導体装置を、たとえば、携帯電話端末などの携帯機器に採用すれば、低消費電力および画面が見やすい携帯機器を実現することができる。また、テレビジョン装置などの種々の映像機器に採用すれば、それらの低消費電力化を図ることができるとともに、視認性の高いディスプレイ（画像表示装置）を実現することができる。

10

【0048】

上記第2の局面による半導体装置において、発光素子は、発光波長が700nm以上1150nm以下の近赤外光を発光する赤外発光ダイオード素子であるのが好ましい。

【0049】

上記第2の局面による半導体装置において、発光素子の上方に配設され、発光素子からの光を対象物に対して集光する第1レンズをさらに備えているのが好ましい。

【0050】

上記第2の局面による半導体装置において、好ましくは、半導体光検出素子における、第1受光素子部および第2受光素子部の上方に配設され、半導体光検出素子に対して光を集光するための1つの第2レンズをさらに備える。このように構成すれば、各センサ用のレンズ（照度センサ用のレンズ、近接センサ用のレンズ）を共通化することができるので、これによっても、製造コストを低減することができる。

20

【発明の効果】

【0051】

以上のように、本発明によれば、製造コストを低減することが可能であるとともに、精度を向上させることが可能な半導体光検出素子および半導体装置を容易に得ることができる。

【0052】

また、本発明によれば、信頼性の高い半導体光検出素子および半導体装置を容易に得ることができる。

30

【0053】

さらに、本発明によれば、小型化を図ることが可能な半導体光検出素子および半導体装置を容易に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明の第1実施形態による半導体光検出素子の断面図である。

【図2】本発明の第1実施形態による半導体光検出素子の一部を示した平面図である。

【図3】本発明の第1実施形態による半導体光検出素子のカラーフィルタ層（グリーンフィルタ）の分光透過率曲線を示した図である。

40

【図4】本発明の第1実施形態による半導体光検出素子のカラーフィルタ層（ブラックフィルタ）の分光透過率曲線を示した図である。

【図5】第1実施形態におけるグリーンフィルタの分光透過率曲線とブラックフィルタの分光透過率曲線との差分により得られた分光透過率曲線を示した図である。

【図6】第1実施形態における第1フォトダイオード（照度センサ部）の感度と光波長との関係を示した図である。

【図7】第1実施形態における第2フォトダイオード（近接センサ部）の感度と光波長との関係を示した図である。

【図8】第1実施形態における第1フォトダイオード（照度センサ部）の分光感度曲線と第2フォトダイオード（近接センサ部）の分光感度曲線とを重ねて示した図である。

50

【図 9】第 1 フォトダイオード（照度センサ部）の分光感度曲線（検出信号）から第 2 フォトダイオード（近接センサ部）の分光感度曲線（検出信号）を差分することにより得られた分光感度曲線を示した図である。

【図 10】人の比視感度特性スペクトル分布を示した図である。

【図 11】本発明の第 1 実施形態による半導体光検出素子の演算回路部の構成を示す回路図である。

【図 12】照明に用いられる蛍光管の代表的な発光スペクトル分布を示した図である。

【図 13】太陽光の発光スペクトル分布を示した図である。

【図 14】波長 830 nm の近赤外光を発光する LED の代表的な発光スペクトル分布を示した図である。

10

【図 15】本発明の第 1 実施形態による半導体光検出素子の製造方法を説明するための断面図である。

【図 16】本発明の第 1 実施形態による半導体光検出素子の製造方法を説明するための断面図である。

【図 17】本発明の第 1 実施形態による半導体光検出素子の製造方法を説明するための断面図である。

【図 18】本発明の第 1 実施形態による半導体光検出素子の製造方法を説明するための断面図である。

【図 19】本発明の第 1 実施形態による半導体光検出素子の製造方法を説明するための断面図である。

20

【図 20】本発明の第 1 実施形態による半導体光検出素子の製造方法を説明するための断面図である。

【図 21】本発明の第 1 実施形態による半導体光検出素子の製造方法を説明するための断面図である。

【図 22】本発明の第 1 実施形態による半導体装置の断面図である。

【図 23】本発明の第 2 実施形態による半導体光検出素子の一部を示した平面図である。

【図 24】本発明の第 2 実施形態による半導体光検出素子の演算回路部の構成を示す回路図である。

【図 25】本発明の第 3 実施形態による半導体光検出素子の一部を示した平面図である。

【図 26】受光素子上に形成した SiO_2 膜の膜厚による波長依存性をシミュレーションした結果を示す図である。

30

【図 27】 SiO_2 膜の膜厚が異なる場合の第 1 フォトダイオードの分光感度曲線、第 2 フォトダイオードの分光感度曲線およびこれらを差分した分光感度曲線をシミュレーションにより求めた図である。

【図 28】シリコンフォトダイオードの分光感度曲線を示した図である。

【図 29】A 光源のスペクトル分布を示した図である。

【図 30】本発明の第 3 実施形態による半導体光検出素子の一部を示した平面図（他の例を示した図）である。

【図 31】第 3 実施形態の変形例による半導体光検出素子を示した断面図である。

【図 32】第 3 実施形態の変形例による半導体光検出素子における N 型ウェル層と P 型シリコン基板との PN 接合で構成されるフォトダイオードの分光感度特性を示した図（照度センサ部における感度と光波長との関係を示した図）である。

40

【図 33】第 3 実施形態の変形例による半導体光検出素子における N 型ウェル層と P 型シリコン基板との PN 接合で構成されるフォトダイオードの分光感度特性の一例を示した図（近接センサ部における感度と光波長との関係を示した図）である。

【図 34】第 3 実施形態の変形例による半導体光検出素子における N 型ウェル層と P 型シリコン基板との PN 接合で構成されるフォトダイオードの分光感度特性の一例を示した図（照度センサ部の分光感度曲線と近接センサ部の分光感度曲線とを重ねて示した図）である。

【図 35】第 3 実施形態の変形例による半導体光検出素子における N 型ウェル層と P 型シ

50

リコン基板とのPN接合で構成されるフォトダイオードの分光感度特性の一例を示した図（照度センサ部の分光感度曲線（検出信号）から近接センサ部の分光感度曲線（検出信号）を差分することにより得られた分光感度曲線を示した図）である。

【発明を実施するための形態】

【0055】

以下、本発明を具体化した実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0056】

（第1実施形態）

図1は、本発明の第1実施形態による半導体光検出素子の断面図である。図2は、本発明の第1実施形態による半導体光検出素子の一部を示した平面図である。図3～図11は、本発明の第1実施形態による半導体光検出素子の構造を説明するための図である。まず、図1～図11を参照して、本発明の第1実施形態による半導体光検出素子100の構造について説明する。

10

【0057】

第1実施形態による半導体光検出素子100は、照度センサとしての機能と近接センサとしての機能とを有している。また、第1実施形態による半導体光検出素子100は、図1に示すように、P型不純物が比較的低濃度（たとえば、 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ）で導入されたP型シリコン基板10に、複数のフォトダイオードが形成された構造を有している。上記複数のフォトダイオードは、第1フォトダイオード20と、この第1フォトダイオード20と同一構造を有する第2フォトダイオード30とを含んでいる。また、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30は、互いに隣り合うように形成されている。さらに、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30とは、受光面の面積が同じになるように形成されている。なお、P型シリコン基板10は、本発明の「半導体層」および「P型半導体層」の一例である。また、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30は、それぞれ、本発明の「第1受光素子部」および「第2受光素子部」の一例である。

20

【0058】

第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30の具体的な構造としては、P型シリコン基板10の表面側の所定領域に、N型ウェル層11が形成されている。このN型ウェル層11は、P型シリコン基板10の表面側からN型不純物が選択拡散されることによって形成されている。N型ウェル層11の不純物濃度は、たとえば、 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 程度である。また、N型ウェル層11の表面側には、P型ウェル層12が形成されている。P型ウェル層12の表面側には、P型ウェル層12よりもP型不純物が高濃度でイオン注入されたP⁺型ウェル層13が形成されている。P型ウェル層12およびP⁺型ウェル層13は、それぞれ、P型シリコン基板10の表面側から、P型不純物が選択拡散されることによって形成されている。また、P型ウェル層12の不純物濃度は、たとえば、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 程度であり、P⁺型ウェル層13の不純物濃度は、たとえば、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 程度である。そして、上記P型ウェル層12と上記N型ウェル層11とにより形成されるPN接合によってフォトダイオード（第1フォトダイオード20、第2フォトダイオード30）が構成されている。

30

40

【0059】

また、図1および図2に示すように、P型シリコン基板10の所定領域には、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30を囲む枠状の第3フォトダイオード40が形成されている。この第3フォトダイオード40は、N型不純物の選択拡散によって形成されたN型半導体層14とP型シリコン基板10とのPN接合によって構成されている。N型半導体層14の不純物濃度は、たとえば、 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 程度である。なお、第3フォトダイオード40は、本発明の「第3受光素子部」の一例であり、N型半導体層14は、本発明の「拡散層」の一例である。

【0060】

また、P型不純物としては、P（リン）が用いられており、N型不純物としては、B（

50

ボロン)が用いられている。

【0061】

ここで、第1実施形態では、上記N型ウェル層11は、その厚みd1(イオン注入による拡散後の深さ)が約7 μ m~約10 μ mとなるように形成されている。また、第3フォトダイオード40を構成するN型半導体層14は、その厚みd2(イオン注入による拡散後の深さ)が、N型ウェル層11の厚みd1以上の厚みに形成されている。

【0062】

また、図1に示すように、P型シリコン基板10には、第1フォトダイオード20で検出された検出信号と、第2フォトダイオード30で検出された検出信号との差分演算を行う演算回路部50を含む信号処理回路が形成されている。上記演算回路部50は、たとえば、CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)回路などから構成されており、P型シリコン基板10に形成されたP型半導体層15、P型ウェル領域16およびN型ウェル領域17などを含んで構成されている。なお、演算回路部50には、トランジスタを構成するゲート絶縁膜(図示せず)、ポリシリコンからなるゲート電極(図示せず)、ソースおよびドレインとなる拡散層(図示せず)なども形成されている。

10

【0063】

また、P型シリコン基板10には、フォトダイオード間、信号処理回路内部、および、フォトダイオードと信号処理回路との間などを電氣的に絶縁して素子分離を行う選択酸化膜(図示せず)が形成されている。

20

【0064】

フォトダイオードなどの素子が形成されたP型シリコン基板10の上面上には、コンタクトホールを有する絶縁膜61が形成されている。そして、P⁺型ウェル層13の上面上に、上記コンタクトホールを介して、P⁺型ウェル層13と電氣的に接続された電極62が形成されている。また、N型ウェル層11の上面上には、上記コンタクトホールを介して、N型ウェル層11と電氣的に接続された電極63が形成されている。なお、第1実施形態による半導体光検出素子100では、P⁺型ウェル層13(P型ウェル層12)およびN型ウェル層11のみならず、P型シリコン基板10やN型半導体層14なども含めて、表面で各々独立の電極が引き出されている。このため、各々独立して電位を変えることが可能に構成されている。また、光が照射される直前に、フォトダイオードに溜まっている電荷を初期化することも可能に構成されている。

30

【0065】

また、P型シリコン基板10の上面上には、各素子間を接続するための配線層(図示せず)が形成されている。この配線層は、たとえば、AlCu、AlSiなどから構成されている。さらに、上記演算回路部50を含む信号処理回路などの上方には、光の入射に起因する誤動作を抑制するために、配線層と同じ材質からなる遮光マスク(図示せず)が形成されている。なお、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30の受光面以外の領域にも、遮光マスク(図示せず)が形成されている。

【0066】

また、上記絶縁膜61の上面上には、カバー膜65が形成されており、このカバー膜65の上面上には、平坦化膜66が形成されている。なお、上記カバー膜は絶縁膜61の膜厚ばらつきによる表面反射ばらつきを抑える為にフォトダイオード上のみ除去しておくことが望ましい。

40

【0067】

ここで、第1実施形態による半導体光検出素子100では、第1フォトダイオード20の受光面上(平坦化膜66上)に、カラーフィルタ層21が形成されている。このカラーフィルタ層21は、緑色光を透過するグリーンフィルタ(有機カラーフィルタ)から構成されており、第1フォトダイオード20の受光面を覆うように形成されている。また、第2フォトダイオード30の受光面上(平坦化膜66上)には、カラーフィルタ層31が形成されている。このカラーフィルタ層31は、可視光をカットするブラックフィルタ(有

50

機カラーフィルタ)から構成されており、第2フォトダイオード30の受光面を覆うように形成されている。また、上記カラーフィルタ層21および31は、それぞれ、約1.4 μm の厚みに形成されている。なお、カラーフィルタ層21は、本発明の「第1フィルタ」の一例であり、カラーフィルタ層31は、本発明の「第2フィルタ」の一例である。

【0068】

グリーンフィルタから構成されるカラーフィルタ層21は、図3に示すように、可視光領域では緑色領域を透過させる比較的緩やかなバンドパスフィルタとなっている一方、650nm以上の波長領域では、波長が長くなるにしたがい透過率が上昇する特性となっている。また、上記カラーフィルタ層21は、図10に示す比視感度のスペクトルのピーク(ピーク波長:555nm)とほぼ同じ波長に透過率のピークを持ち、かつ450nmから650nmの波長領域では比視感度と実質的に一致した良好なフィルタ特性を有している。なお、グリーンフィルタからなる上記カラーフィルタ層21は、長波長側(700nm以上)の光をも透過する。

10

【0069】

一方、ブラックフィルタから構成されるカラーフィルタ層31は、図4に示すように、可視光領域の光は透過せず、長波長側の光を透過する。すなわち、上記カラーフィルタ層31は、赤外光は透過する一方、可視光はカットする。また、上記カラーフィルタ層31は、長波長側(700nm以上)の透過率が、グリーンフィルタから構成されるカラーフィルタ層21の長波長側(700nm以上)の透過率と実質的に一致している。このような特性を有するブラックフィルタは、たとえば、グリーンフィルタを構成する染料・顔料の成分(グリーンフィルタに用いる量と同量)とレッドフィルタを構成する染料・顔料の成分(レッドフィルタに用いる量と同量)とを混合することにより得ることができる。なお、カラーフィルタ層21(グリーンフィルタ)の長波長側(700nm以上)の透過率とカラーフィルタ層31(ブラックフィルタ)の長波長側(700nm以上)の透過率とにずれがある場合には、カラーフィルタ層21およびカラーフィルタ層31の層厚を適宜調節することにより、カラーフィルタ層21とカラーフィルタ層31との長波長側(700nm以上)の透過スペクトルを同じにすることができる。

20

【0070】

また、図3に示したグリーンフィルタのフィルタ特性と図4に示したブラックフィルタのフィルタ特性との差を取ることににより、図5に示すような、比視感度のスペクトルのピーク(ピーク波長:555nm)とほぼ同じ波長に透過率のピークを持ち、長波長の光(赤外光)をカットするフィルタ特性が得られる。この際、差により得られた分光感度波形が比視感度と実質的に一致した状態とすることが望ましい。

30

【0071】

また、第1実施形態による半導体光検出素子100では、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30は、それぞれ、カソードコモンとされており、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30の検出信号が、P⁺型ウェル層13(P型ウェル層12)から取り出されるように構成されている。

【0072】

また、第1実施形態では、周囲の明るさを検知する照度センサ部22と、対象物との距離を検知する近接センサ部32とを備えている。上記照度センサ部22は、第1フォトダイオード20およびカラーフィルタ層21を含んで構成されており、上記近接センサ部32は、第2フォトダイオード30およびカラーフィルタ層31を含んで構成されている。また、近接センサ部32は、後述するLEDとともに、近接センサを構成する。なお、照度センサ部22は、本発明の「第1センサ部」の一例であり、近接センサ部32は、本発明の「第2センサ部」の一例である。

40

【0073】

また、第1実施形態では、上記照度センサ部22(第1フォトダイオード20)は、グリーンフィルタからなるカラーフィルタ層21が形成されることによって、図6に示すように、450nm~650nmの波長領域(可視光領域;第1波長領域)にピーク感度を

50

有するとともに、700 nm以上の波長領域（近赤外領域；第2波長領域）においても感度を有する分光感度特性となっている。一方、上記近接センサ部32（第2フォトダイオード30）は、ブラックフィルタからなるカラーフィルタ層31が形成されることによって、図7に示すように、700 nm以上の波長領域（近赤外領域；第3波長領域）に感度を有する分光感度特性となっている。なお、第1実施形態では、近接センサ用の発光ダイオード素子に、発光ピーク波長が830 nmの赤外発光ダイオード素子を用いることを想定して、830 nmとほぼ同じ波長にピークを持つように構成されている。

【0074】

また、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30とを同一構造に構成するとともに、カラーフィルタ層21およびカラーフィルタ層31の長波長側（700 nm以上）の透過率を実質的に一致させることによって、図8に示すように、照度センサ部22（第1フォトダイオード20）の長波長側（700 nm以上）の分光感度と近接センサ部32（第2フォトダイオード30）の長波長側（700 nm以上）の分光感度とが実質的に一致した状態となっている。

10

【0075】

このため、上記演算回路部50によって、照度センサ部22（第1フォトダイオード20）で検出された検出信号から近接センサ部32（第2フォトダイオード30）で検出された検出信号を減算することにより、図9に示すような、赤外光の感度が十分に低減された、人の視感度特性と同等の感度特性を得ることが可能となる。これにより、人の視感度特性と同等の波長感度特性を有する照度センサが得られる。なお、上記した「実質的に一致した状態」とは、たとえば、減算処理を行った後に、700 nm以上の波長領域に残る感度が、450 nm～650 nmの波長領域におけるピーク感度の10%以下となるような状態を含む。

20

【0076】

また、演算回路部50は、たとえば、図11に示すような回路構成とすることができる。この回路構成では、照度センサ部22を構成する第1フォトダイオード20のアノード端子がカレントミラー回路51の出力と接続されるとともに、電流アンプ52の入力側にも接続されている。また、第1フォトダイオード20のカソード端子は定電圧源端子Vrefに接続されている。さらに、電流アンプ52の出力側は、照度センサ用の出力端子OUT1と接続されている。一方、近接センサ部32を構成する第2フォトダイオード30は、アノード端子がカレントミラー回路51の入力と接続されており、カソード端子が定電圧源端子Vrefと接続されている。また、カレントミラー回路51は、カレントミラー回路53とも接続されており、このカレントミラー回路53は、電流アンプ54の入力側に接続されている。そして、電流アンプ54の出力側が近接センサ用の出力端子OUT2と接続されている。なお、カレントミラー回路51および53は、等倍の増幅率となっている。

30

【0077】

次に、図1、図4、図7および図11～図14を参照して、第1実施形態による半導体光検出素子100の動作について説明する。なお、図12は、照明に用いられる蛍光管の代表的な発光スペクトル分布を示した図である。図13は、太陽光の発光スペクトル分布を示した図である。図14は、波長830 nmの近赤外光を発光するLEDの代表的な発光スペクトル分布を示した図である。

40

【0078】

まず、P型シリコン基板10およびP型ウェル層12（P⁺型ウェル層13）を、グラウンド電位とし、この状態で、N型ウェル層11に定電圧Vrefを印加することによって、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30に逆バイアス（たとえば、+0.7V）を印加する。これにより、N型ウェル層11中の電子が最小になるように初期化される。また、光受光時にフォトダイオード20および30に加える逆バイアスを0Vバイアスとすることで、暗電流を低減する効果が得られる。

【0079】

50

この後、半導体光検出素子100に光が照射されると、照射された光が、第1フォトダイオード20（照度センサ部22）および第2フォトダイオード30（近接センサ部32）に入射される。そして、P型ウェル層12およびN型ウェル層11で発生した光キャリアが光電流として検出される。

【0080】

上述したように、人の目は、可視光領域の光に対して感度を有しているのに対し、フォトダイオードは、赤外光などの不可視光に対しても感度を有している。このため、照度センサとして機能させる場合には、赤外光の感度を極力低減させる必要がある。

【0081】

ここで、室内照明に用いられる一般的な蛍光灯は、図12に示すように、300nm～700nmの波長範囲でのみ発光しているため、赤外光による影響はほとんど問題とならない。これに対し、太陽光は、図13に示すように、緑色近傍の500nmに発光のピークを持ち、波長が長くなるにしたがい発光強度は減少するものの、近赤外の750nm以上の波長でも発光強度が存在する。このように、照射される光によっては、第1フォトダイオード20（照度センサ部22）および第2フォトダイオード30（近接センサ部32）に、700nm以上の長波長領域の光も入射される。

【0082】

また、近接センサ用のLEDとして、発光ピーク波長が830nmのLEDを用いた場合、その発光スペクトルは、図14に示すように、発光強度が最大となる波長の両側は急峻な分布を持ち、その半値幅は、50nm程度となる。また、短波長側のテールは、約770nm程度となる。

【0083】

一方、第1実施形態による半導体光検出素子100では、照射される光に赤外光が含まれる場合、有機カラーフィルタからなるカラーフィルタ層21および31は、赤外光を透過してしまうため、第1フォトダイオード20（照度センサ部22）および第2フォトダイオード30（近接センサ部32）には、赤外光が同じように入射される。

【0084】

ここで、図4に示すように、ブラックフィルタからなるカラーフィルタ層31は、赤外光は透過する一方、可視光はカットするため、近接センサ部32では、図7に示すように、700nm以上の波長領域（近赤外領域）に感度を有する分光感度特性となる。

【0085】

そして、照度センサ部22（第1フォトダイオード20）および近接センサ部32（第2フォトダイオード30）で光電流が検出されると、演算回路部50（図1参照）によって、照度センサ部22（第1フォトダイオード20）で検出された検出信号から近接センサ部32（第2フォトダイオード30）で検出された検出信号を減算する減算処理が行われる。具体的には、図11に示すように、カレントミラー回路51によって、第1フォトダイオード20で検出された検出信号から第2フォトダイオード30で検出された検出信号が減算される。減算された検出信号は、電流アンプ52で増幅されて、出力端子OUT1から照度センサ用の信号として出力される。これにより、照度センサ部22を、赤外光の感度が十分に低減された、人の視感度特性と同等の感度特性を有する照度センサとして機能させることが可能となる。

【0086】

また、近接センサ部32（第2フォトダイオード30）で検出された検出信号は、電流アンプ54で増幅されて、出力端子OUT2から近接センサ用の信号として出力される。これにより、近接センサ部32を、対象物が近接しているか否かを検知する近接センサとして機能させることが可能となる。なお、近接センサ用のLEDからの近赤外光と、外光に含まれる近赤外光とを区別する場合には、たとえば、LEDをパルス発光させるなどすればよい。

【0087】

図15～図21は、本発明の第1実施形態による半導体光検出素子の製造方法を説明す

10

20

30

40

50

るための断面図である。次に、図1および図15～図21を参照して、本発明の第1実施形態による半導体光検出素子100の製造方法について説明する。なお、半導体光検出素子100の製造方法は、CMOSプロセスと同様のプロセスに従う。

【0088】

まず、図15に示すように、比較的低濃度（たとえば、 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 程度）のP型シリコン基板10の上面上に、 $2 \mu\text{m}$ 程度の厚みを有する、通常よりは厚みの大きいレジスト70を全面に形成する。次に、図16に示すように、フォトリソグラフィ技術などを用いて、演算回路部50（図1参照）となる領域上のレジスト70を除去する。そして、上記レジスト70をマスクとして、加速エネルギー 150 KeV 、注入量 $5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ の条件で、P型不純物としてのボロンイオンをP型シリコン基板10にイオン注入する。この際、P型シリコン基板10の表面から約 $0.4 \mu\text{m}$ の深さまでボロン不純物を導入する。その後、レジスト70を酸素プラズマで除去する。

10

【0089】

続いて、図17に示すように、P型シリコン基板10の上面上に、 $5 \mu\text{m}$ 程度の厚みを有する、厚みの大きいレジスト80を全面に形成する。次に、図18に示すように、フォトリソグラフィ技術などを用いて、第1フォトダイオード20（図1参照）、第2フォトダイオード30（図1参照）および第3フォトダイオード40（図1参照）が形成される領域上のレジスト80を除去する。そして、上記レジスト80をマスクとして、加速エネルギー 3 MeV 、注入量 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ の条件で、N型不純物としてのリンイオンをP型シリコン基板10にイオン注入する。この際、P型シリコン基板10の表面から約 $2.5 \mu\text{m}$ の深さまでリン不純物を導入する。

20

【0090】

ここで、通常用いられる $1 \mu\text{m}$ 程度の厚みを有するレジストに対して、約5倍もの厚みを有するレジスト80を形成しているのは、リンイオンの注入エネルギーが非常に高い条件を用いているため、レジストを通してP型シリコン基板10にリンイオンが到達し、注入領域以外の注入しない領域にまでリンイオンが注入されてしまうのを防止するためである。

【0091】

その後、レジスト80を酸素プラズマで除去する。そして、洗浄工程を行った後、1100で半日程度（約12時間）の高温長時間アニール処理を行う。これにより、約 $7 \mu\text{m}$ ～約 $10 \mu\text{m}$ の深さを有するN型ウェル層11、および、約 $7 \mu\text{m}$ ～約 $10 \mu\text{m}$ の深さを有するP型半導体層15が形成される。また、第3フォトダイオード40（図1参照）を構成するN型半導体層14は、N型ウェル層11と同じ深さに形成される。なお、N型半導体層14を形成するためのイオン注入を、N型ウェル層11を形成するためのイオン注入とは別行程で行うことにより、N型半導体層14を、その深さ（厚み）がN型ウェル層11より大きくなるように形成することができる。

30

【0092】

次に、図19に示すように、演算回路部50（図1参照）が形成される領域（P型半導体層15）に、P型ウェル領域16およびN型ウェル領域17を形成する。この際、同時に、フォトダイオードを形成する領域（N型ウェル層11）に、P型ウェル層12を形成する。

40

【0093】

また、図示は省略するが、フォトダイオード間、信号処理回路内部、および、フォトダイオードと信号処理回路との間などを電氣的に絶縁して素子分離を行うための選択酸化膜を形成する。次に、トランジスタを構成するゲート絶縁膜を形成した後、ポリシリコンを用いたゲート電極を形成し、さらに、トランジスタのソースおよびドレインとなる拡散層を形成する。

【0094】

このソースおよびドレインを形成する行程において、高濃度のP⁺型ウェル層13を形成する。これにより、P型シリコン基板10に、同一構造を有する第1フォトダイオード

50

20および第2フォトダイオード30が形成される。

【0095】

なお、N型半導体層とP型半導体層との不純物濃度や深さは、最終的に形成されるフォトダイオードの感度スペクトルに大きな影響を与えるので、目的とする性能（たとえば、感度スペクトル）が得られるように最適化する。

【0096】

次に、図20に示すように、素子が形成されたP型シリコン基板10の上面上に絶縁膜61を酸化膜で形成する。そして、絶縁膜61の所定領域に、コンタクトホールを形成する。次に、絶縁膜61の上面上にメタル層を形成した後、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術などを用いてパターンングすることにより、電極62および63を形成する。

10

【0097】

なお、第1実施形態による半導体光検出素子100の製造方法では、P型シリコン基板10やN型半導体層14なども含めて、表面で各々独立の電極を形成することにより、各々独立して電位を変えることが可能に構成する。また、P型シリコン基板10の上面上には、各素子間を接続するための配線層（図示せず）を形成する。さらに、上記演算回路部50を含む信号処理回路などの上方に、配線層と同じ材質からなる遮光マスク（図示せず）を形成するとともに、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30の受光面以外の領域にも、遮光マスク（図示せず）を形成する。

【0098】

その後、上記絶縁膜61の上面上に、カバー膜65をシリコン窒化膜で形成した後、このカバー膜65の上面上に、平坦化膜66を有機材料で形成する。その際、フォトダイオード20および30上のカバー膜65は除去しておく方が望ましい。これにより、フォトダイオード上の無機材料膜は、酸化膜単一となり、フォトダイオード上での光反射のばらつきを抑えるのに効果がある。

20

【0099】

最後に、図21に示すように、第1フォトダイオード20の上面上に、グリーンフィルタからなるカラーフィルタ層21を形成するとともに、第2フォトダイオード30の上面上に、ブラックフィルタからなるカラーフィルタ層31を形成する。

【0100】

このようにして、第1実施形態による半導体光検出素子100が形成される。

30

【0101】

第1実施形態では、上記のように、第1フォトダイオード20上に、450nm～650nmの可視光領域の光および700nm以上の赤外領域の光（赤外光）を透過するカラーフィルタ層21（グリーンフィルタ）を形成するとともに、第2フォトダイオード30上に、700nm以上の赤外領域の光（赤外光）を透過するカラーフィルタ層31（ブラックフィルタ）を形成することによって、第1フォトダイオード20では、450nm～650nmの可視光領域の光および700nm以上の赤外領域の光が検出されるとともに、第2フォトダイオード30では、700nm以上の赤外領域の光が検出される。そして、演算回路部50によって、第1フォトダイオード20の検出信号から第2フォトダイオード30の検出信号を減算することにより、700nm以上の赤外領域の光（赤外光）の感度を低減することができる。これにより、赤外光による影響を除去することができるので、人の視感度特性に近い波長感度特性を有する照度センサを得ることができる。

40

【0102】

また、第1実施形態では、第2フォトダイオード30上にカラーフィルタ層31（ブラックフィルタ）を形成することによって、第2フォトダイオード30では、700nm以上の赤外領域の光（赤外光）を検出することができるので、この第2フォトダイオード30（近接センサ部32）を、近赤外光を発光するLEDからの光を検出する受光素子としても用いることができる。すなわち、第2フォトダイオード30を、近接センサ（測距センサ）の受光素子としても用いることができる。これにより、照度センサと近接センサ（

50

測距センサ)とを1チップで形成することができる。なお、照度センサと近接センサ(測距センサ)とを1チップで形成することによって、半導体光検出素子の実装サイズを小さくすることができるので、半導体光検出素子を実装(搭載)するパッケージ(半導体装置)を小型化することができる。

【0103】

また、第1実施形態では、第1フォトダイオード20上および第2フォトダイオード30上に、それぞれ、カラーフィルタ層21および31を形成することによって、高価な干渉膜フィルタを用いる必要がないため、その分、製造コストを低減することができる。

【0104】

また、第1実施形態では、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30とを同一構造にすることによって、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30における不純物プロファイルのパラッキなどを低減することができるので、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30との感度パラッキを低減することができる。すなわち、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30との感度特性を均一化することができる。このため、第2フォトダイオード30の検出信号を所定倍することなく、第1フォトダイオード20の検出信号から第2フォトダイオード30の検出信号を減算するだけで、赤外光の感度を十分に低減することができる。これにより、赤外光による影響を効果的に除去することができるので、高精度な半導体光検出素子を得ることができる。

10

【0105】

さらに、第1実施形態では、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30とを同一のP型シリコン基板10に形成することによって、第1フォトダイオード20に入射された光は、第2フォトダイオード30にも同じように入射されるので、第1フォトダイオード20の検出信号から第2フォトダイオード30の検出信号を減算することにより、赤外光による影響を効果的に除去することができる。このため、近接センサと照度センサとを同一チップで形成することによって、第2フォトダイオード30に入射される赤外光が第1フォトダイオード20に入射された場合でも、赤外光の影響を除去することができるので、赤外光の影響による誤動作を抑制することができる。その結果、信頼性を向上させることができる。

20

【0106】

なお、上記のように構成することによって、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30とに同様に光が入射されるように構成することができるので、外乱光などが照射された場合でも、照射された外乱光などが、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30に同じように入射するように構成することができる。これにより、外乱光などが入射された場合でも、第1フォトダイオード20の検出信号から第2フォトダイオード30の検出信号を減算することで、外乱光などの影響を除去することができる。

30

【0107】

また、上記のように構成することによって、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30との間に赤外光を透過しない遮光壁などを形成する必要がなくなるので、これによっても、製造コストを低減できるとともに、パッケージ(半導体装置)の小型化を図ることができる。

40

【0108】

また、第1実施形態では、カラーフィルタ層21および31によって、700nm以上の波長領域における、第1フォトダイオード20の分光感度特性と第2フォトダイオード30の分光感度特性とが実質的に一致するように構成することによって、700nm以上の長波長領域の感度をより十分に低減することができるので、赤外光の影響がより十分に除去された照度センサを得ることができる。なお、上記した「実質的に一致する」とは、たとえば、減算処理を行った後に、700nm以上の波長領域に残る感度が、450nm~650nmの波長領域におけるピーク感度の10%以下となるような状態を含む。

【0109】

50

また、第1実施形態では、カラーフィルタ層21をグリーンフィルタから構成するとともに、カラーフィルタ層31をブラックフィルタから構成することによって、カラーフィルタ層21および31を、バックエンドプロセスで一般的に用いられる方法を用いて形成することができるので、第1フォトダイオード20上および第2フォトダイオード30上に、それぞれ、カラーフィルタ層21およびカラーフィルタ層31を容易に形成することができる。これにより、容易に、製造コストを低減することができる。

【0110】

また、第1実施形態では、グリーンフィルタは可視光および赤外光を透過するため、カラーフィルタ層21にグリーンフィルタを用いることによって、450nm~650nmの波長領域の光(可視光)を透過するとともに、700nm以上の波長領域の光(赤外光)を透過するフィルタ(カラーフィルタ層21)を容易に形成することができる。また、ブラックフィルタは可視光をカットする一方、赤外光は透過するため、カラーフィルタ層31にブラックフィルタを用いることによって、700nm以上の波長領域の光(赤外光)を透過するフィルタ(カラーフィルタ層31)を容易に形成することができる。

10

【0111】

なお、グリーンフィルタを第1フォトダイオード20上に形成することにより、可視光領域では、人の視感度特性とほぼ同じ感度特性を第1フォトダイオード20に持たせることができる。一方、グリーンフィルタおよびブラックフィルタは、有機カラーフィルタであるため、いずれも、赤外光を透過する。したがって、グリーンフィルタが形成された第1フォトダイオード20の検出信号から、ブラックフィルタが形成された第2フォトダイオード30の検出信号を減算することによって、700nm以上の長波長領域の光の感度をさらに低減することができるので、人の視感度特性にさらに近い波長感度特性を有するセンサ(照度センサ)を得ることができる。

20

【0112】

また、第1実施形態では、照度センサ部22を構成する第1フォトダイオード20および近接センサ部32を構成する第2フォトダイオード30を、それぞれ、カソード共通とすることによって、N型ウェル層11とP型ウェル層12とのPN接合により、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30を構成することができる。このため、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30を、P型シリコン基板10とN型ウェル層11とのPN接合により構成する場合と異なり、P型シリコン基板10のDZ(Denuded Zone)幅のパラツキに起因する感度バラツキの発生を抑制することができる。

30

【0113】

また、第1実施形態では、N型ウェル層11を、7μm以上10μm以下の厚みd1に形成することによって、波長による侵入長の違いにより、N型ウェル層11における長波長の光の吸収を抑制することができるので、長波長の光の感度を低減することができる。このため、長波長の光の感度が低い状態で、第1フォトダイオード20の検出信号から第2フォトダイオード30の検出信号を減算することにより、赤外光の感度をより十分に低減することができる。

【0114】

なお、近接センサには、例えば、赤外光LEDとして一般的な波長830nmのLEDが用いられる。この光のシリコン基板中への吸収係数()は、約 $1/10\mu\text{m}^{-1}$ であり、フォトダイオードに入射される光の強度を $I(0,)$ とした場合、シリコン表面からの深さdでの光強度 $I(d,)$ は、以下の(1)式で表すことができる。

40

【0115】

$$I(d,) = I(0,) \cdot \exp(-d / ()) \cdot \dots \cdot (1)$$

ここで、上記(1)式を変形すると、 $I(d,)$ になる時の侵入深さdは、以下の(2)式に示すように、減衰した光強度と吸収係数から求めることができる。

【0116】

$$d = \ln(I(0,) / I(d,)) \cdot () \cdot \dots \cdot (2)$$

50

【0117】

たとえば、入射光が半分に減衰する場合 ($I(0,) / I(d,) = 0.5$) には、入射光の侵入深さは、約 $7 \mu\text{m}$ となる。このため、赤外光に感度をもつセンサ (近接センサ部 32) において、 830 nm の赤外光の入射光の半分以上を検知するためには、上述のように、約 $7 \mu\text{m}$ 以上に形成するのが好ましい。これにより、発光ピーク波長が 830 nm の LED を用いた場合に、LED からの光も感度よく検出することが可能となる。また、シリコン基板内部には酸素凝結による酸素析出微小欠陥が存在するが、その深さは一般的に $10 \mu\text{m}$ 以上であり、それ以下の N 型ウェル層 11 の深さとすることで酸素析出微小欠陥の影響による感度ばらつきを抑えるとともに、赤外光の入射を抑えて減算する際の赤外信号を実質的に小さくし、減算結果として得られる可視光信号の精度を上げることが可能となる。

10

【0118】

また、第 1 実施形態では、カラーフィルタ層 21 および 31 を、単膜から構成することによって、製造プロセスを簡略化することができるので、これによっても、製造コストを低減することができる。

【0119】

また、第 1 実施形態では、P 型シリコン基板 10 に、平面的に見て、第 1 フォトダイオード 20 および第 2 フォトダイオード 30 を囲む第 3 フォトダイオード 40 を形成することによって、第 1 フォトダイオード 20 および第 2 フォトダイオード 30 の受光面以外の領域に光が入射されることによって発生した余分なキャリアを、第 3 フォトダイオード 40 で捕捉することができるので、第 1 フォトダイオード 20 および第 2 フォトダイオード 30 以外の領域で発生した光電流を除去することができる。これにより、精度をより向上させることができる。なお、近接センサと照度センサとを同一チップとした場合、近接センサ用 LED から回りこむ迷光が照度センサに影響する場合がある。このため、上記構造とすることが望ましい。

20

【0120】

また、第 1 実施形態では、第 3 フォトダイオード 40 を構成する N 型半導体層 14 を、N 型ウェル層 11 の深さ以上の深さを有するように形成することによって、素子の側面や裏面から入射された光によって発生した余分なキャリアを、第 3 フォトダイオード 40 で容易に捕捉することができる。また、素子の深いところを通ってくる光電流を除去することもできる。なお、この場合、第 3 フォトダイオード 40 に出来る限り高い逆バイアスをかけることにより、空乏層を伸ばしておくのが好ましい。

30

【0121】

図 22 は、本発明の第 1 実施形態による半導体装置の断面図である。次に、図 22 を参照して、本発明の第 1 実施形態による半導体装置について説明する。

【0122】

第 1 実施形態による半導体装置は、上記した半導体光検出素子 100 と、近赤外光を発光する近接センサ用の赤外発光ダイオード素子 (以下、LED) 110 とを備えている。また、上記半導体光検出素子 100 および上記 LED 110 は、ハウジング 120 に格納され、このハウジング 120 内において、透光性を有する樹脂部材 130 で埋め込まれている。また、半導体光検出素子 100 と LED 110 との間は、直接ハウジング 120 内で反射して戻ってきた信号により誤動作することを防ぐため、赤外光を通さない遮光壁 125 により遮られる。なお、LED 110 は、本発明の「発光素子」の一例である。

40

【0123】

また、半導体光検出素子 100 と LED 110 とは、所定の距離を隔てて配置されている。この LED 110 は、発光ピーク波長が 830 nm の近赤外光を発光する機能を有しており、LED 110 の上方には、LED 110 からの近赤外光を対象物に対して集光するためのレンズ 140 が設けられている。一方、半導体光検出素子 100 の上方には、半導体光検出素子 100 に対して光を集光するためのレンズ 150 が設けられている。なお、レンズ 140 は、本発明の「第 1 レンズ」の一例であり、レンズ 150 は、本発明の「

50

第2レンズ」の一例である。

【0124】

また、第1実施形態による半導体装置では、上記のように、LED110と半導体光検出素子100とを仕切る遮光壁125が形成された構造となっている。この遮光壁125は、LED110からの赤外光を透過しない材料（たとえば、エポキシ樹脂など）から構成されている。

【0125】

第1実施形態による半導体装置は、上記のように、半導体光検出素子100とLED110とを備えることによって、照度センサと近接センサとを1パッケージ化することができるので、半導体装置の小型化を図ることができる。

10

【0126】

また、第1実施形態では、上記した半導体光検出素子100を搭載することによって、高価な干渉膜フィルタを用いる必要がないため、その分、製造コストを低減することができる。また、干渉膜フィルタを取り付けるスペースを確保する必要がないので、パッケージ（半導体装置）の小型化を容易に図ることができる。

【0127】

また、第1実施形態では、上記した半導体光検出素子100を搭載することによって、精度の高い半導体装置を得ることができる。また、上記のように構成することによって、誤動作の発生を抑制することができるので、信頼性を向上させることができる。

【0128】

また、第1実施形態では、半導体光検出素子100の上方に、半導体光検出素子100に対して光を集光するためのレンズ150を設けることによって、各センサ用のレンズ（照度センサ用のレンズ、近接センサ用のレンズ）を共通化することができるので、これによっても、製造コストを低減することができる。

20

【0129】

（第2実施形態）

図23は、本発明の第2実施形態による半導体光検出素子の一部を示した平面図である。図24は、本発明の第2実施形態による半導体光検出素子の演算回路部の構成を示す回路図である。なお、図23は、第1フォトダイオード20（照度センサ部22）と第2フォトダイオード30（近接センサ部32）とを交互に配置した平面レイアウトを示している。次に、図23および図24を参照して、本発明の第2実施形態による半導体光検出素子200について説明する。

30

【0130】

この第2実施形態による半導体光検出素子200では、図23に示すように、P型シリコン基板10に複数の第1フォトダイオード20が形成されるとともに、第1フォトダイオード20と同数の第2フォトダイオード30が形成されている。また、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30とは、受光面の平面積が同じになるように形成されている。

【0131】

また、図24に示すように、複数の第1フォトダイオード20は、互いに並列接続されているとともに、複数の第2フォトダイオード30も、互いに並列接続されている。そして、図23に示すように、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30とが、交互に、格子状に配置されている。

40

【0132】

なお、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30は、上記した格子配置以外に、たとえば、千鳥配置されていてもよい。また、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30は、X方向に並ぶフォトダイオードの数（第1フォトダイオード20の数と第2フォトダイオード30の数）が一致するように配置されているのが好ましい。同様に、X方向に並ぶフォトダイオードの数も、一致するように配置されているのが好ましい。このように構成することにより、たとえば、X方向から光の回り込みがあ

50

った場合、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30に、同じように回り込みによる光を入射されることが可能となる。

【0133】

また、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30とは、完全に交互でなくても、平面的な規則性を持って、素子の裏面や周囲からの回り込みについて考慮された配置形態であればよい。また、上記第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30は、幾何学的に均等になるように配置されているのが好ましい。

【0134】

第2実施形態による半導体光検出素子200のその他の構成は、上記第1実施形態と同様である。

【0135】

第2実施形態では、上記のように、P型シリコン基板10に、複数の第1フォトダイオード20を形成するとともに、第1フォトダイオード20の数と同数の第2フォトダイオード30を形成し、かつ、これら第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30を、交互に配置することによって、半導体光検出素子200に光が照射された際に、第1フォトダイオード20（照度センサ部22）に入射される光と第2フォトダイオード30（近接センサ部32）に入射される光とをほぼ同一に容易にすることができる。このため、外乱光などが照射された場合でも、照射された外乱光などが、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30に同じように入射するように容易に構成することができる。これにより、外乱光などが入射された場合でも、第1フォトダイオード20の検出信号から第2フォトダイオード30の検出信号を減算することで、外乱光などの影響を容易に除去することができる。したがって、外乱光や近接センサ用LEDからの迷光や距離の違いによる入射光の不均一性などの影響による誤動作を容易に抑制することができるので、信頼性をさらに向上させることができる。

【0136】

第2実施形態による半導体光検出素子200のその他の効果は、上記第1実施形態と同様である。

【0137】

また、第2実施形態による半導体装置は、上記した第2実施形態による半導体光検出素子200が搭載された半導体装置である。

【0138】

第2実施形態による半導体装置では、上記のように構成することによって、外乱光やLEDからの回り込みによる光の影響を、演算により容易に除去することができるので、精度および信頼性を向上させながら、パッケージの小型化を容易に図ることができる。

【0139】

第2実施形態による半導体装置のその他の効果は、上記第1実施形態と同様である。

【0140】

（第3実施形態）

図25は、本発明の第3実施形態による半導体光検出素子の一部を示した平面図である。図26は、受光素子上に形成したSiO₂膜の膜厚による波長依存性をシミュレーションした結果を示す図であり、図27は、SiO₂膜の膜厚が異なる場合の第1フォトダイオードの分光感度曲線、第2フォトダイオードの分光感度曲線およびこれらを差分した分光感度曲線をシミュレーションにより求めた図である。図28は、シリコンフォトダイオードの分光感度曲線を示した図であり、図29は、A光源のスペクトル分布を示した図である。

【0141】

なお、図26では、2つのSiO₂膜の膜厚（2.00μm、1.95μm）における受光素子（フォトダイオード）上での光の干渉についてシミュレーションを行った結果を示している。また、図27では、第1実施形態の構成において、図26の光の干渉を考慮した場合の分光感度曲線を示している。さらに、図26および図27におけるシミュレー

10

20

30

40

50

ションでは、基板はシリコン基板として計算している。次に、図1および図25～図29を参照して、本発明の第3実施形態による半導体光検出素子300について説明する。

【0142】

図1に示したように、P型シリコン基板10の上面上には、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30を覆うように、絶縁膜61が形成されている。この絶縁膜61は、たとえば、 SiO_2 から構成されている。そして、この絶縁膜61の上面上に、カラーフィルタ層21およびカラーフィルタ層31が形成されている。そのため、第1フォトダイオード20には、カラーフィルタ層21および絶縁膜61などを介して、光が入射されるとともに、第2フォトダイオード30には、カラーフィルタ層31および絶縁膜61などを介して、光が入射される。

10

【0143】

ここで、P型シリコン基板10上に形成される絶縁膜61は、製造上の要因などにより、その膜厚が位置によってばらつく場合がある。このため、絶縁膜61における第1フォトダイオード20上の部分と第2フォトダイオード30上の部分とで膜厚が異なってしまう場合がある。

【0144】

また、本願発明者が、 $2.00\mu\text{m}$ の厚みを有する SiO_2 膜と $1.95\mu\text{m}$ の厚みを有する SiO_2 膜とで、受光素子上での光の干渉についてシミュレーションを行ったところ、図26に示すように、 SiO_2 膜の膜厚により位相にズレが生じることが確認された。そして、2つの SiO_2 膜における光の干渉を、カラーフィルタを重ねた受光素子からの信号に重ね合わせ、差分後の結果を確認したところ、図27に示すように、絶縁膜61の膜厚が、第1フォトダイオード20上と第2フォトダイオード30上とで異なると、差分後の赤外光が完全にゼロにならないという問題が生じることが分かった。

20

【0145】

これより、カラーフィルタの分光感度が完全に一致していても、フォトダイオード上の絶縁膜61の膜厚が第1フォトダイオード20上と第2フォトダイオード30上とでずれていると、干渉の位相にズレが生じることにより、波長 600nm 以上に見られるような信号の揺れが発生してしまう場合がある。

【0146】

なお、シミュレーションの結果より、上記した信号の揺れは、図28に示すシリコン(フォトダイオード)の分光感度の最も大きい波長 $800\text{nm} \sim 900\text{nm}$ の付近で最も大きい。また、赤外光はカラーフィルタ(カラーフィルタ層21および31)では透過する上、視感度特性と一致させる場合、差分により除去されるべき部分である一方、差分を行った際に、波長 $800\text{nm} \sim 900\text{nm}$ の付近の揺れが最も大きくなる。特に、図29に示すようなA光源のように、光源の分光が波長依存性を有する場合、この信号の揺れにより、実際の視感度とズレが生じてしまうおそれがある。

30

【0147】

そのため、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30との演算によって赤外光を完全に除去しようとする場合は、絶縁膜61の膜厚を、第1フォトダイオード20上と第2フォトダイオード30上とで完全に合わせておくのが好ましい。

40

【0148】

しかしながら、絶縁膜61を均一な膜厚で形成するのは、製造上の要因などにより、困難な場合がある。

【0149】

そのため、この第3実施形態による半導体光検出素子300では、図25に示すように、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30とを同数形成し、これら第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30を、平面的に見て、上下左右対称となるように、近接配置することにより、絶縁膜61の膜厚に起因する信号のズレ(誤差)を低減している。

【0150】

50

具体的には、この第3実施形態では、P型シリコン基板10に複数の第1フォトダイオード20が形成されているとともに、第1フォトダイオード20と同数の第2フォトダイオード30が形成されている。また、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30とは、受光面の面積が同じになるように形成されている。なお、第3実施形態では、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30は、それぞれ、2つ形成されている。

【0151】

また、複数(2つ)の第1フォトダイオード20は、互いに並列接続されているとともに、複数(2つ)の第2フォトダイオード30も、互いに並列接続されている。そして、第1フォトダイオード20(カラーフィルタ層21)と第2フォトダイオード30(カラーフィルタ層31)とが、交互に、格子状に近接配置されている。すなわち、第1フォトダイオード20(カラーフィルタ層21)および第2フォトダイオード30(カラーフィルタ層31)は、幾何学的に対称となるように配置されている。

10

【0152】

なお、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30とは、デザインルール(設計規則)などで許容される範囲内で最も近くなる(近接する)ように配置されているのが好ましい。また、「上下左右対称」および「幾何学的に対称」とは、点対称(特に2回対称)および線対称(特に、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30との位置関係が線対称)を含む。

【0153】

このように構成することにより、絶縁膜61の膜厚が、たとえば図25の矢印R方向に厚くなっていく傾向があったとしても、受光素子(フォトダイオード)が交互に配置されているため、左側(X1側)では、第1フォトダイオード20上と第2フォトダイオード30上とで、絶縁膜61の膜厚が同じになるとともに、右側(X2側)でも、第1フォトダイオード20上と第2フォトダイオード30上とで、絶縁膜61の膜厚が同じになる。このため、左側および右側のそれぞれにおいて、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30とで検出される信号は同じになる。これにより、2つの第1フォトダイオード20の信号を合算(積算)した信号と、2つの第2フォトダイオード30の信号を合算(積算)した信号とは、同じ大きさになる。したがって、製造上の要因などにより、絶縁膜61の膜厚にばらつきがあった場合でも、検出される信号は、合算(積算)されることで平均化される。その結果、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30における絶縁膜61の膜厚差に起因する信号ズレ(誤差)を極めて小さくすることができる。

20

30

【0154】

なお、絶縁膜61の膜厚は、図25の矢印R方向以外に、たとえば、上下方向、斜め方向(斜め右上右下等)などに厚くなっている場合でも、上記と同様に、信号ズレ(誤差)を極めて小さくすることができる。

【0155】

第3実施形態では、上記のように、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30を、上下左右対称(交互)に、互いに近接配置することにより、絶縁膜61の膜厚がばらついた場合でも、絶縁膜61の膜厚差に起因する信号ズレを極めて小さくすることができるので、半導体光検出素子の精度をより向上させることができる。

40

【0156】

第3実施形態のその他の構成および効果は、上記第1および第2実施形態と同様である。

【0157】

また、上記第3実施形態では、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30を、それぞれ、2つ形成し、これら4つのフォトダイオードを、幾何学的に対称に配置した例を示したが、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30の数は、2つより多くてもよい。

50

【0158】

たとえば、図30に示すように、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30を、それぞれ、4つ形成し、これら8つのフォトダイオードを、幾何学的に対称となるように配置してもよい。むしろ、これ以外の数に構成することもできる。

【0159】

このように、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30を増やすことにより、絶縁膜61の膜厚バラツキによる影響をより平均化することが可能となり、絶縁膜61の膜厚差に起因する信号ズレをさらに小さくすることができる。

【0160】

ところが、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30を増やした場合、さらなる精度向上を図ることが可能となるものの、第1フォトダイオード20と第2フォトダイオード30と間の無効領域（光を検出しない領域）が大きくなる。このため、同じ大きさの受光面積を確保しようとした場合、素子サイズ（チップサイズ）が大きくなる。

10

【0161】

その一方、第3実施形態で示したように、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30を、それぞれ、2つ形成した場合には、無効領域が大きくなるのを抑制しながら、絶縁膜61の膜厚差に起因する信号ズレを極めて小さくすることができるため、好ましい。

【0162】

（第3実施形態の変形例）

図31は、第3実施形態の変形例による半導体光検出素子を示した断面図である。図32～図35は、3実施形態の変形例による半導体光検出素子におけるN型ウェル層とP型シリコン基板とのPN接合で構成されるフォトダイオードの分光感度特性を示した図である。次に、図31～図35を参照して、第3実施形態の変形例による半導体光検出素子400について説明する。

20

【0163】

この第3実施形態の変形例による半導体光検出素子400では、上記第3実施形態と異なり、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30は、それぞれ、アノード共通とされている。そして、第1フォトダイオード20および第2フォトダイオード30の検出信号が、N型ウェル層11から取り出されるように構成されている。このため、第3実施形態の変形例では、N型ウェル層11とP型シリコン基板10とのPN接合で構成されるフォトダイオードでも、光を検出可能に構成されている。

30

【0164】

N型ウェル層11とP型シリコン基板10とのPN接合で構成される上記フォトダイオードは、図32に示すように、照度センサ部22においては、第1フォトダイオード20と同様、450nm～650nmの波長領域（可視光領域；第1波長領域）にピーク感度を有するとともに、700nm以上の波長領域（近赤外領域；第2波長領域）においても感度を有する分光感度特性となっている。また、図33に示すように、近接センサ部32においては、第2フォトダイオード30と同様、700nm以上の波長領域（近赤外領域；第3波長領域）に感度を有する分光感度特性となっている。ただし、N型ウェル層11とP型シリコン基板10とのPN接合で構成されるフォトダイオードでは、可視光領域の感度に比べて、近赤外領域の感度の方が大きくなっている。これにより、照度センサの精度よりも近接センサの感度を重視したセンサ設計をする場合、近接センサに使用する赤外光の感度が高いため、第3実施形態の方式に比べて、S/N比のより良好な近接センサを構成することが可能となる。

40

【0165】

また、N型ウェル層11とP型シリコン基板10とのPN接合で構成されるフォトダイオードは、図34に示すように、照度センサ部22の長波長側（700nm以上）の分光感度と近接センサ部32の長波長側（700nm以上）の分光感度とが実質的に一致した

50

状態となっている。このため、上記演算回路部 50 によって、照度センサ部 22 で検出された検出信号から近接センサ部 32 で検出された検出信号を減算することにより、図 35 に示すような、赤外光の感度が十分に低減された、人の視感度特性と同等の感度特性が得られる。

【0166】

また、P型シリコン基板 10 の不純物濃度を低くすることで、PN接合で形成されるP型シリコン基板 10 側に延びる空乏層を広くできるため、単位表面積あたりのフォトダイオードで発生するホールの量が増し、さらに、P型シリコン基板 10 中のキャリアの再結合中心密度が低減される。このため、光により発生したキャリアの消滅割合も減るために、シリコン中への侵入深さが大きくなる波長の長い光（特に、赤色の光）の感度を向上させることが可能となる。

10

【0167】

ただし、シリコンの場合、バンドギャップよりもエネルギーの低い光は、ほとんど吸収が生じないため、波長が $1.15 \mu\text{m}$ 以下の光の感度のみ向上させることが可能となる。たとえば、波長が $1.15 \mu\text{m}$ の光のシリコンへの吸収係数 () は、約 $1/10^4 \mu\text{m}^{-1}$ であるため、通常用いられる厚さ 1mm 以下のシリコン基板では、ほとんど透過し、感度が得られない。

【0168】

第3実施形態の変形例による半導体光検出素子 400 のその他の構成は、上記第3実施形態と同様である。また、第3実施形態の変形例による半導体光検出素子 400 のその他の効果も、上記第3実施形態と同様である。また、第1および第2実施形態の変形例も、上記第3実施形態の変形例と同様である。

20

【0169】

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

【0170】

たとえば、上記第1～第3実施形態（変形例を含む）では、シリコン基板にフォトダイオードを形成した例を示したが、本発明はこれに限らず、シリコン基板上にエピタキシャル層を形成した後、このエピタキシャル層にフォトダイオードを形成してもよい。

30

【0171】

また、上記第1～第3実施形態（変形例を含む）では、N型ウェル層を約 $7 \mu\text{m}$ ～約 $10 \mu\text{m}$ の厚み（深さ）に形成した例を示したが、本発明はこれに限らず、N型ウェル層の厚み（深さ）は上記以外であってもよい。

【0172】

また、上記第1～第3実施形態（変形例を含む）では、第1フォトダイオードおよび第2フォトダイオードを第3フォトダイオードで完全に囲むように構成した例を示したが、本発明はこれに限らず、第1フォトダイオードおよび第2フォトダイオードは、第3フォトダイオードで完全に囲まれていなくてもよい。すなわち、第3フォトダイオードの一部に途切れた部分があってもよい。

40

【0173】

また、上記第1～第3実施形態（変形例を含む）では、近接センサ用のLEDに、発光ピーク波長が 830nm のLEDを用いた例を示したが、本発明はこれに限らず、近接センサ用のLEDとして、上記以外の発光ピーク波長の光を発光するLEDを用いてもよい。たとえば、近接センサ用のLEDとして、発光ピーク波長が 940nm のLEDを用いてもよい。この場合、 700nm 以上の波長領域（近赤外領域）において、 940nm とほぼ同じ波長にピークを持つ分光感度特性となるように、半導体光検出素子を構成するのが好ましい。特に、上記変形例で示した半導体光検出素子（300）は長波長の光の感度が高い構成となるため、 940nm の波長を用いたLEDを近接センサに使用する場合に優

50

れている。

【0174】

また、上記第1～第3実施形態（変形例を含む）において、各導電型を、上記実施形態による半導体光検出素子とは、逆の導電型にしてもよい。

【0175】

また、上記第1～第3実施形態では、P型シリコン基板上の絶縁膜（フォトダイオードを覆う絶縁膜61）をSiO₂から構成した例を示したが、本発明はこれに限らず、上記絶縁膜は、SiO₂以外の誘電体から構成されていてもよい。たとえば、上記絶縁膜は、酸化膜以外に窒化膜から構成されていてもよい。また、たとえば、上記絶縁膜は、複数の誘電体膜が積層された積層構造に構成されていてもよい。具体的には、たとえば、基板側から、酸化膜（膜厚：約8nm）/窒化膜（膜厚：約50nm）/酸化膜（膜厚：約2μm）の積層構造とすることができる。酸化膜としては、たとえば、SiO₂などを用いることができ、窒化膜としては、たとえば、SiNなどを用いることができる。むろん、上記以外の構成であってもよい。

【0176】

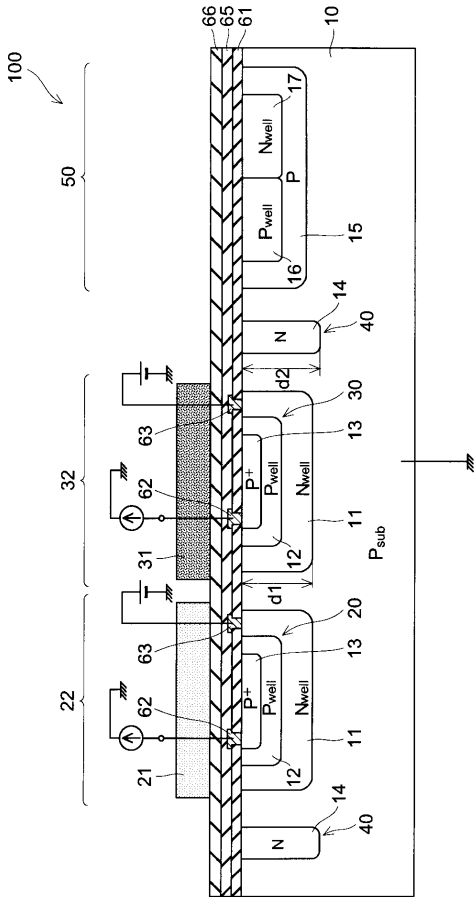
なお、上記第3実施形態では、第1フォトダイオードおよび第2フォトダイオードを格子状に配置した例を示したが、本発明はこれに限らず、第1フォトダイオードおよび第2フォトダイオードは、格子状以外の形状に配置してもよい。なお、上記第1フォトダイオードおよび第2フォトダイオードは、絶縁膜の膜厚差に起因する信号ズレを抑制することが可能な形状に配置（たとえば、幾何学的に対称に配置）されているのが好ましい。

【符号の説明】

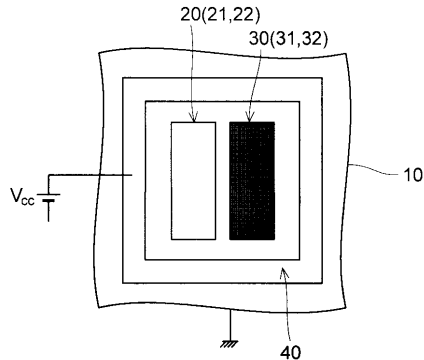
【0177】

10	P型シリコン基板（半導体層、P型半導体層）	
11	N型ウェル層	
12	P型ウェル層	
13	P ⁺ 型ウェル層	
14	N型半導体層（拡散層）	
15	P型半導体層	
16	P型ウェル領域	
17	N型ウェル領域	30
20	第1フォトダイオード（第1受光素子部）	
21	カラーフィルタ層（第1フィルタ）	
22	照度センサ部（第1センサ部）	
30	第2フォトダイオード（第2受光素子部）	
31	カラーフィルタ層（第2フィルタ）	
32	近接センサ部（第2センサ部）	
40	第3フォトダイオード（第3受光素子部）	
50	演算回路部	
51、53	カレントミラー回路	
52、54	電流アンプ	40
61	絶縁膜	
62、63	電極	
65	カバー膜	
66	平坦化膜	
100	半導体光検出素子	
110	LED（発光素子）	
140	レンズ（第1レンズ）	
150	レンズ（第2レンズ）	
200、300、400	半導体光検出素子	

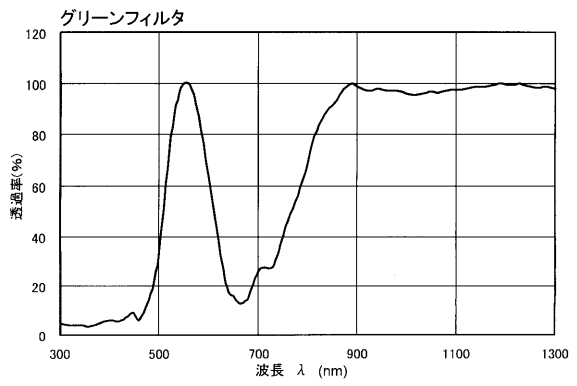
【図 1】



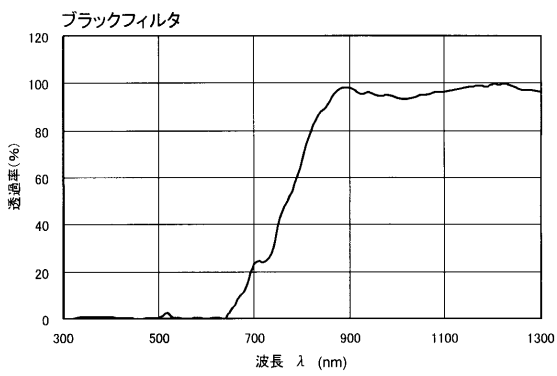
【図 2】



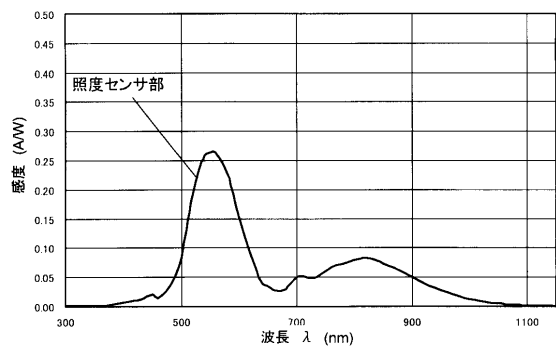
【図 3】



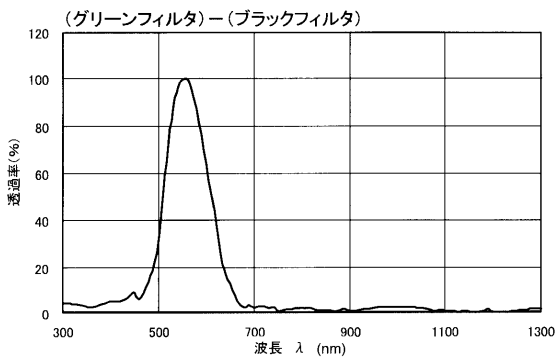
【図 4】



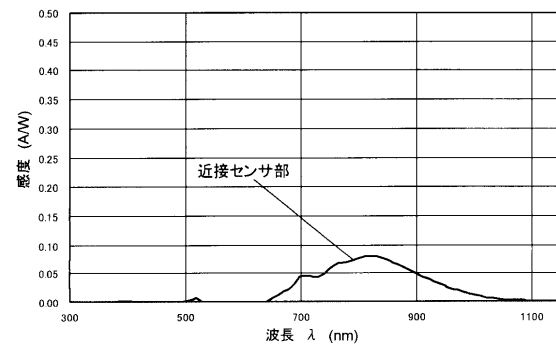
【図 6】



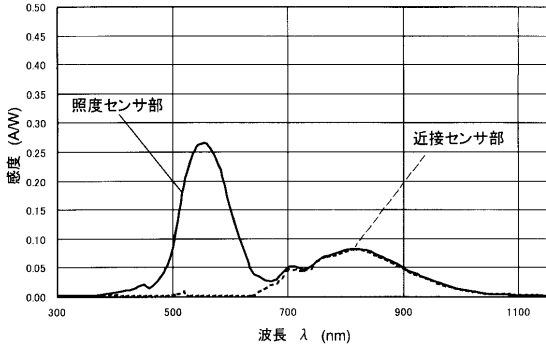
【図 5】



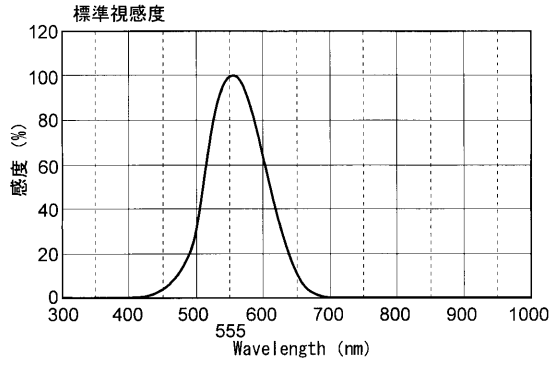
【図 7】



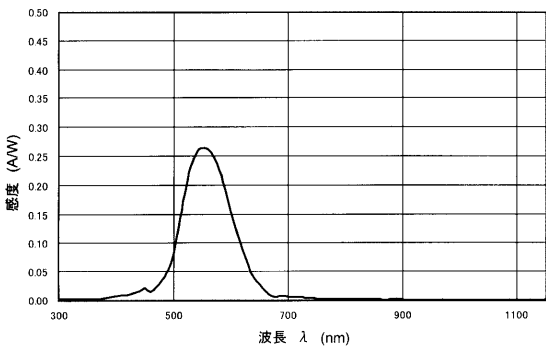
【 図 8 】



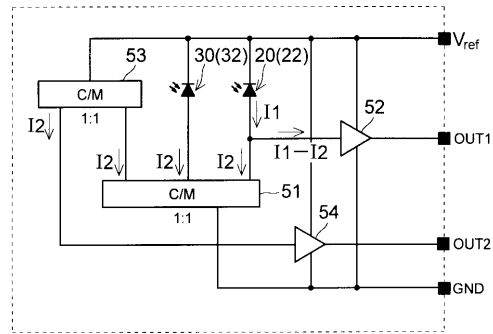
【 図 10 】



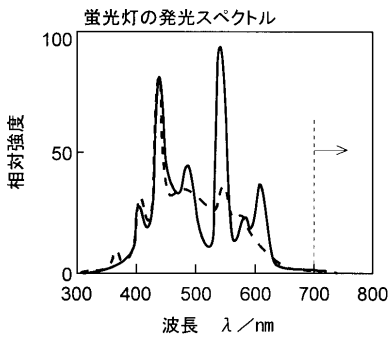
【 図 9 】



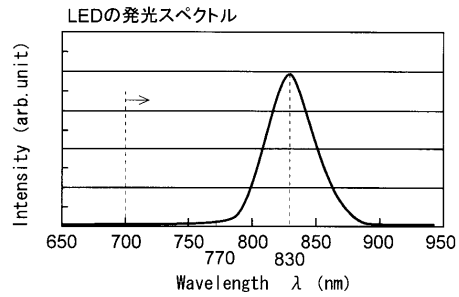
【 図 11 】



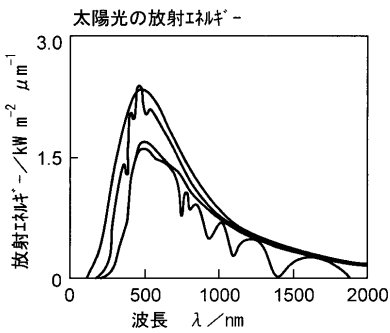
【 図 12 】



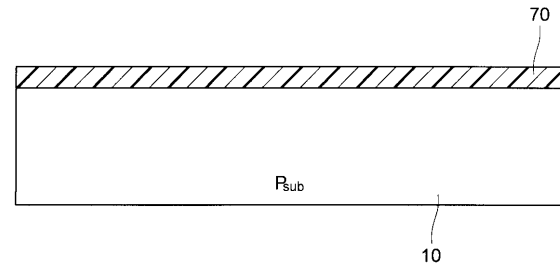
【 図 14 】



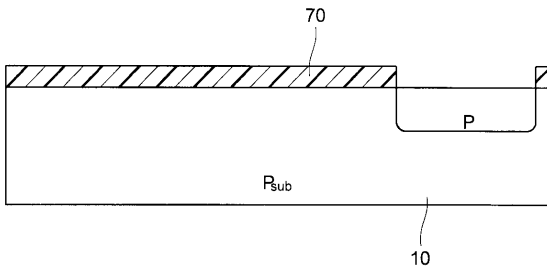
【 図 13 】



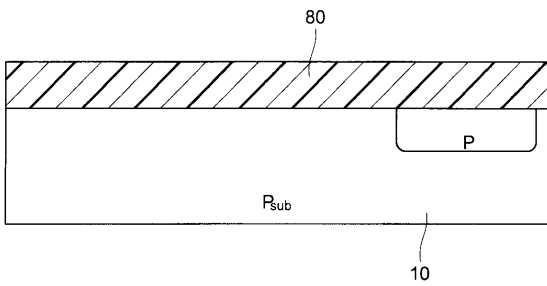
【 図 15 】



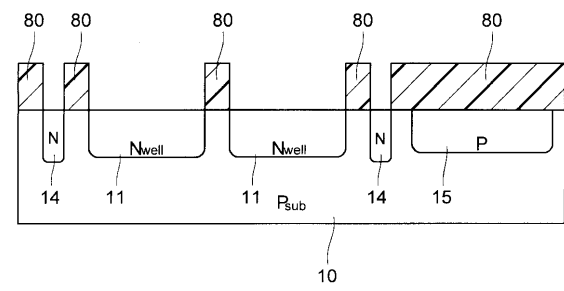
【図16】



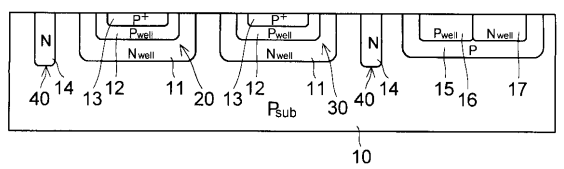
【図17】



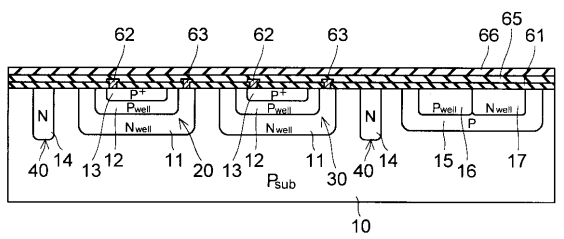
【図18】



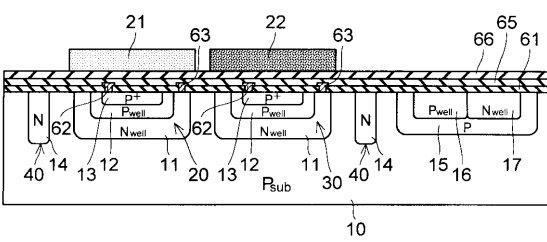
【図19】



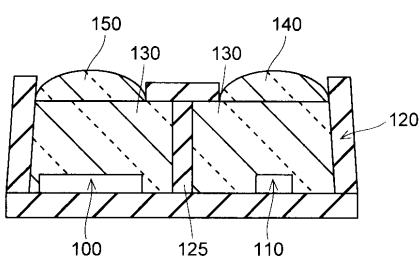
【図20】



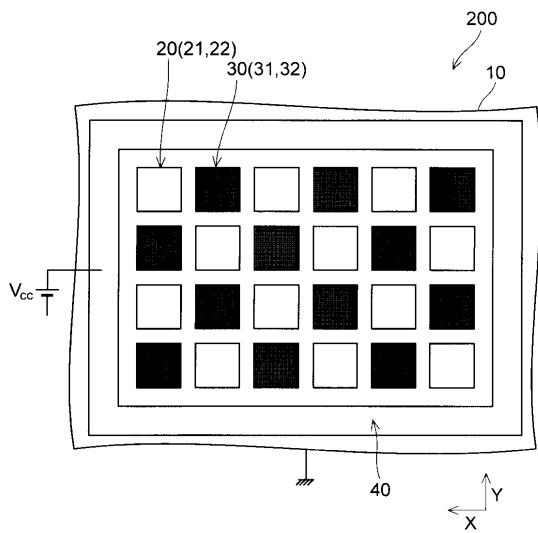
【図21】



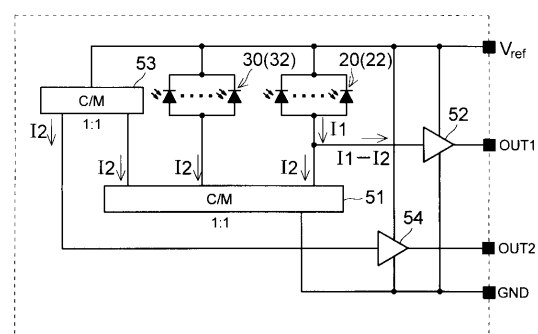
【図22】



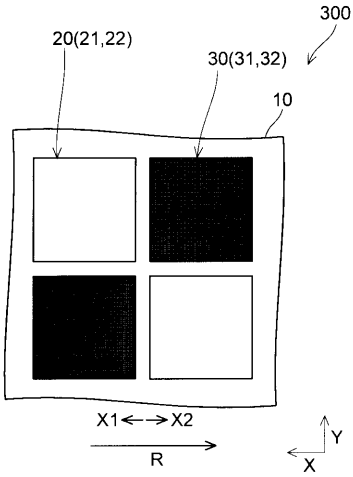
【図23】



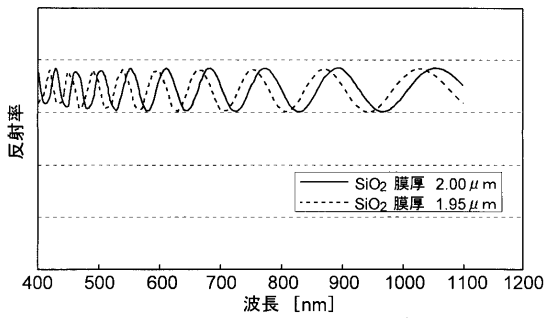
【図24】



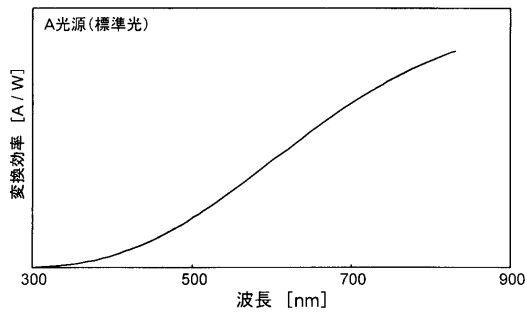
【図 2 5】



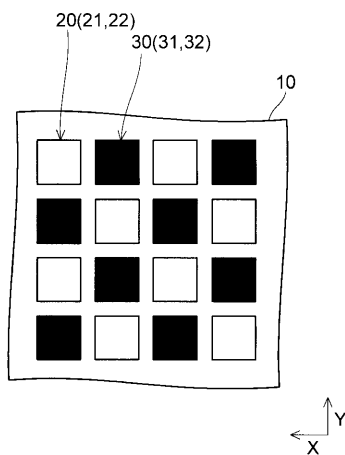
【図 2 6】



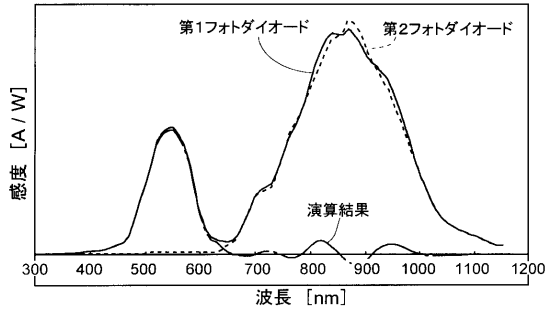
【図 2 9】



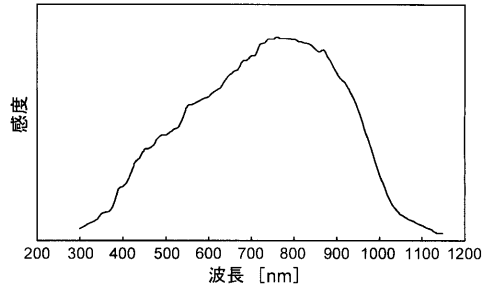
【図 3 0】



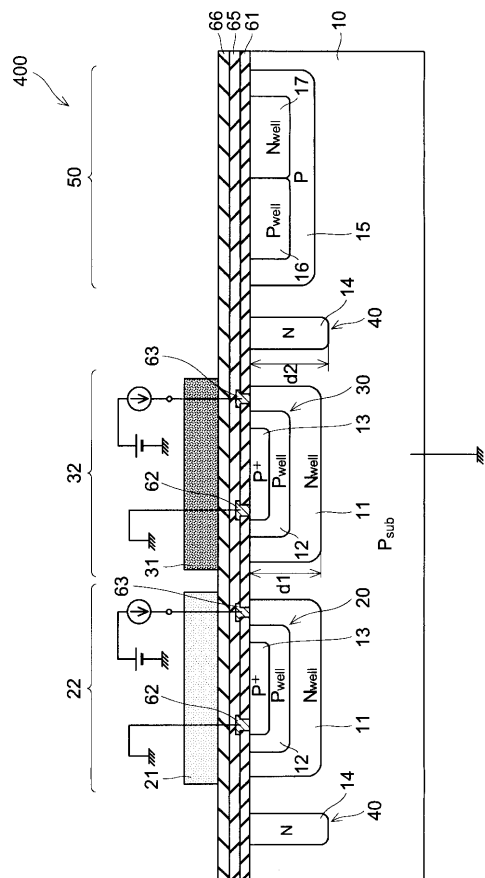
【図 2 7】



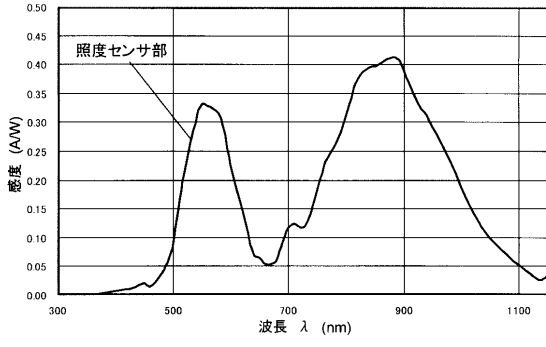
【図 2 8】



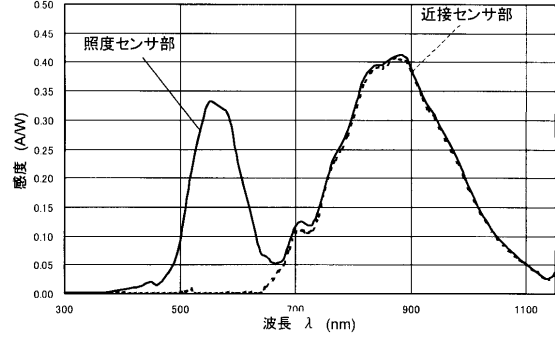
【図 3 1】



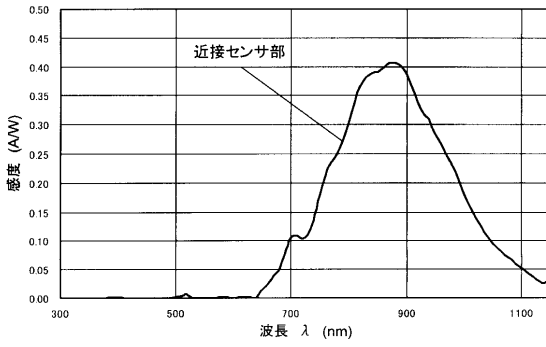
【 図 3 2 】



【 図 3 4 】



【 図 3 3 】



【 図 3 5 】

