

(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2017-208501

(P2017-208501A)

(43) 公開日 平成29年11月24日(2017.11.24)

(51) Int.Cl.
H01L 31/10 (2006.01)F1
H01L 31/10テーマコード (参考)
5F849

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2016-101452 (P2016-101452)
(22) 出願日 平成28年5月20日 (2016. 5. 20)(71) 出願人 501330503
マイクロシグナル株式会社
京都府宇治市五ヶ庄平野5-2-506
(74) 代理人 110001069
特許業務法人京都国際特許事務所
(72) 発明者 渡辺 國寛
京都府久世郡久御山町市田新珠城207
マイクロシグナル株式会社内
(72) 発明者 岡田 昌也
京都府久世郡久御山町市田新珠城207
マイクロシグナル株式会社内
(72) 発明者 野原 和則
京都府久世郡久御山町市田新珠城207
マイクロシグナル株式会社内
Fターム(参考) 5F849 AA02 AB02 BA04 FA18 GA04
HA10 XB03 XB36

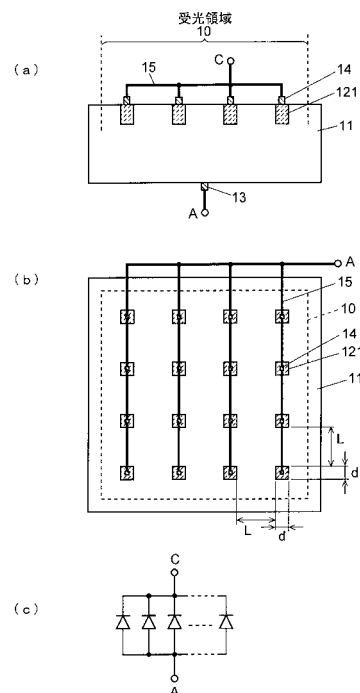
(54) 【発明の名称】 光電変換素子

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 光電変換素子のPN接合の接合容量を低減してノイズを下げ、受光信号のSN比を向上させる。

【解決手段】 矩形状のN型半導体領域121を基体11であるP型半導体領域中にドット状に多数形成し、各N型半導体領域121に接触し且つN型半導体領域121のほぼ全体を覆うように形成したコンタクト部14を配線部15で接続して共通のカソード端子とする。N型半導体領域121には光が入射せず、N型半導体領域121はその周囲の空乏層とその外側で生成されたキャリアの収集を担う。N型半導体領域121の離間間隔を適宜に定めることでP型半導体領域中で生成されるキャリアを効率的に収集し、PN接合の接合容量を小さくする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- a) 半導体基体自体又は該半導体基体内に形成された該半導体基体とは異なる領域であり、第 1 の導電型である第 1 の領域と、
- b) 受光範囲内の前記第 1 の領域の表面に不純物を拡散することで形成された前記第 1 の導電型とは異なる第 2 の導電型の点状である第 2 の領域と、
- c) 外部からの光を受ける入射面側にあって前記受光範囲内に入射した光のうち前記第 2 の領域に入射する光を遮る遮光部と、
- を備え、前記第 2 の領域が、前記受光範囲に入射した光により前記第 1 の領域において発生したキャリアを周囲から収集することで受光信号を生成することを特徴とする光電変換素子。

10

【請求項 2】

- 請求項 1 に記載の光電変換素子であって、
- 一つの受光信号を得るための受光範囲内に複数の前記第 2 の領域を相互に離間して配置し、該複数の第 2 の領域を接続し各第 2 領域で生成された受光信号を加算することを特徴とする光電変換素子。

【請求項 3】

- 請求項 2 に記載の光電変換素子であって、
- 前記受光範囲内に配置される前記複数の第 2 の領域の面積の和は該受光範囲の面積の 5 % 以下であることを特徴とする光電変換素子。

20

【請求項 4】

- 請求項 2 に記載の光電変換素子であって、
- 前記複数の第 2 の領域の上方に設けられ、それぞれ下方に位置する第 2 の領域と電氣的に接続された複数のコンタクト部と、
- 前記受光範囲内に存在する複数の第 2 の領域を並列に接続するように前記複数のコンタクト部同士を接続する導電体である配線部と、
- を備え、前記受光範囲内の全ての前記第 2 の領域が前記コンタクト部及び／又は前記配線部の直下に配置されることで、前記コンタクト部及び／又は前記配線部が前記遮光部として機能することを特徴とする光電変換素子。

30

【請求項 5】

- 請求項 4 に記載の光電変換素子であって、
- 前記第 2 の領域の周囲の第 1 の領域に形成される空乏層広がり領域の上に配置される前記配線部は、前記第 2 の領域の上に配置されるコンタクト部及び配線部よりも線幅が狭いことを特徴とする光電変換素子。

【請求項 6】

- 請求項 2 に記載の光電変換素子であって、
- 前記第 1 の領域と前記複数の第 2 の領域との接合部の接合容量の和が前記受光範囲の全面に第 2 の領域を形成したと仮定した場合における第 1 の領域と第 2 の領域との接合部の接合容量よりも小さくなるように、前記第 2 の領域の数、並びに、各第 2 の領域の面積及び周辺長が定められてなることを特徴とする光電変換素子。

40

【請求項 7】

- 請求項 2 に記載の光電変換素子であって、
- 前記複数の第 2 の領域は上面視でドット状に形成され、1 行おき又は 1 列おきに隣接する第 2 の領域の間隔の 1 / 2 だけその行又は列の延伸方向にずらして配置されてなることを特徴とする光電変換素子。

【請求項 8】

- 請求項 2 に記載の光電変換素子であって、
- 前記複数の第 2 の領域は、その各第 2 の領域の周囲の第 1 の領域に形成される空乏層広がり領域が隙間無く重なるように配置されることを特徴とする光電変換素子。

【請求項 9】

50

請求項 2 に記載の光電変換素子であって、

前記複数の第 2 の領域は、その各第 2 の領域の周囲の第 1 の領域に形成される空乏層広がり領域が重ならないように互いに離して配置され、受光面の中で、各第 2 の領域の周囲の空乏層広がり領域よりも外側の領域の全体又はその一部に光の入射を遮る遮光部を備えることを特徴とする光電変換素子。

【請求項 10】

請求項 2 に記載の光電変換素子であって、

前記第 1 の領域内に分散配置された前記複数の第 2 の領域の間に、その周囲の第 1 の領域よりも第 1 の導電型の不純物濃度が濃い、上面視でドット状又は線状の高濃度領域が形成されてなることを特徴とする光電変換素子。

10

【請求項 11】

請求項 4 に記載の光電変換素子であって、

前記コンタクト部及び前記配線部を被覆するように形成された絶縁膜と、

該絶縁膜の上であって前記コンタクト部及び前記配線部の直上に配設された導電体部と

をさらに備え、

該導電体部に所定の固定電位を与えることにより該導電体部を電氣的なシールドとして機能させるようにしたことを特徴とする光電変換素子。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の光電変換素子であって、

前記配線部の直上に絶縁膜を間に挟んで設けられた前記導電体部から該絶縁膜中に延出して前記配線部の側方を囲むように複数の導電性の柱状部を形成し、又は前記配線部を両側から挟むように該配線部に略平行に延伸する導電性の線状部を形成し、前記導電体部と共に前記柱状部又は前記線状部を電氣的なシールドとして機能させるようにしたことを特徴とする光電変換素子。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光を受けて電気信号に変換する光電変換素子に関する。ここでいう光電変換素子は、フォトダイオード、フォトランジスタ、フォトダーリントランジスタ、フォトサイリスタ、フォトライアックなどを含む。また、この光電変換素子はその形態が素子単体である場合もあるし、他の機能が搭載された IC や LSI の一部である場合もある。

30

【背景技術】

【0002】

フォトダイオードは一般に、N 型半導体領域と、該 N 型半導体領域中にボロン等の不純物を選択拡散することで形成された P 型半導体領域とを有し、その P 型半導体領域と N 型半導体領域とにより PN 接合が形成される。フォトダイオードに適宜の強度の光が到達すると、P 型半導体領域と N 型半導体領域との接合部付近の空乏層、P 型半導体領域、及び、N 型半導体領域のいたるところで、電子－正孔対が発生する。通常、空乏層中では電界の作用により、電子は N 型半導体領域へ、正孔は P 型半導体領域へと加速される。また、N 型半導体領域中で生じた電子正孔対のうちの電子は N 型半導体領域から移動して来た電子とともに N 型半導体領域中に残る一方、正孔は N 型半導体領域中を空乏層まで拡散し、空乏層に達すると電界により加速されて P 型半導体領域に集まる。こうして、P 型半導体領域には正孔が、N 型半導体領域には電子がそれぞれ収集され、それらは外部に接続された負荷に光電流として流れる。

40

なお、半導体の導電型が上述したものと逆である場合もあるが、基本的な構成や動作は同じである。

【0003】

一般的なフォトダイオードでは、P 型半導体領域と N 型半導体領域との接合部全体に光

50

が到達するように、光が入射する受光領域のほぼ全面に選択拡散によるP型半導体領域が形成されている。図15(a)は典型的なフォトダイオードの概略断面図、図15(b)はその上面視平面図である。この例では、基体11そのものがN型半導体領域となっており、その基体11表面の受光領域10とほぼ同じ範囲に、P型半導体領域12が選択拡散により形成されている。基体11に接触するように形成された導電体からなるコンタクト部13がカソード端子(C)であり、P型半導体領域12に接触するように形成された導電体からなるコンタクト部14がアノード端子(A)である。

【0004】

こうしたフォトダイオードにおいて高い受光感度を実現するには、受光領域10が広いことが望ましい。上記理由から、受光領域10を広くした場合には、それに伴ってP型半導体領域12も広くする。ところが、P型半導体領域12の面積を広くすると接合容量も大きくなり、接合容量が大きくなると、フォトダイオードの光電流を電圧に変換するために接続したアンプ等でのノイズが大きくなる。その結果、受光信号のSN比が低下するために、アンプの周波数帯域を狭くするか或いはゲインを小さくする必要がある。

即ち、フォトダイオードにおいて高周波ノイズを低減するためには接合容量を下げる必要がある(特許文献1など参照)ものの、そのために選択拡散によるP型半導体領域の面積を小さくすると、受光感度の低下に繋がるおそれがある。

【0005】

PN接合の接合容量を下げるために、特許文献2に記載の従来のフォトダイオードでは、N型基板表面に複数の島状のP型拡散層を形成し、その島状の拡散層の数だけ電極を設け、その複数の電極を相互に接続した構造が採られている。ここで、島状のP型拡散層の相互の間隔は、少数キャリアが拡散する距離(少数キャリア拡散長)以下に定められている。このような構造のフォトダイオードでは、島状のP型拡散層から水平方向及び垂直方向に実質的に有効に動作する受光範囲が拡がり、複数のP型拡散層の間の部分(拡散層欠落部)においても光入射に対応した光電流が得られるので、島状のP型拡散層の間に同じ拡散層が形成されている場合と比べても、受光感度は殆ど低下しないとされている。また、拡散層欠落部の分だけPN接合の面積が小さくなるので、接合容量を小さくすることができる。とされている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平11-312823号公報(段落[0020])

【特許文献2】特公昭59-12034号公報

【特許文献3】特開2010-102387号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献2に記載の素子の構造では、拡散領域の面積が大きいこともあって、接合容量の減少の程度はそれほど大きくなく、接合容量が低減されたことによる性能の改善もそれほど見込めない。そのため、受光感度の低下を抑えつつ、PN接合容量をより一段と下げることができる新規の構造の光電変換素子が望まれている。例えば光電スイッチでは外乱光の影響を受けにくくするために変調光が利用されるが、変調周波数を高めた場合には、PN接合容量を下げることによってSN比をできるだけ高くすることが重要になる。そのため、光電スイッチの光検出器等に利用される光電変換素子では、PN接合容量を下げるのが特に重要である。

【0008】

また、一般的な構造のフォトダイオードでは、拡散層の厚さや不純物濃度などをコントロールすることで波長感度特性を或る程度制御することができるものの、大きな感度調整は難しい。そのため、例えば、紫外光が多い状況の下で光学測定を行うような場合等、短波長の光の影響を小さくしたいような場合には、通常、不要な波長域の光を遮断する光学

10

20

30

40

50

フィルタが併用される。しかしながら、そうした光学フィルタをフォトダイオードに一体に形成しようとする製造工程が増加することになるし、フォトダイオードとは別体の光学フィルタを用いる場合でも部品点数が増加することになり、大幅にコストが増加することになる。こうしたことから、その構造自体で短波長の光を遮断することが可能なフォトダイオードやそれ以外の光電変換素子が望まれている。

【0009】

本発明はこうした課題に鑑みて成されたものであり、その主たる目的は、受光感度の低下を抑えつつPN接合等における接合容量を従来よりもさらに小さくすることで、接合容量に依存するノイズを低減し受光信号のSN比を改善することができる光電変換素子を提供することにある。

10

また、本発明の他の目的は、実現容易である構造上の工夫によって、その光電変換部で得られる分光感度の中で短波長側の波長域の光を有効に遮断し、それよりも波長が長い波長域の光に対しては高い受光感度を確保することができる光電変換素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために成された本発明に係る光電変換素子は、

- a) 半導体基体自体又は該半導体基体内に形成された該半導体基体とは異なる領域であり、第1の導電型である第1の領域と、
- b) 受光範囲内の前記第1の領域の表面に不純物を拡散することで形成された前記第1の導電型とは異なる第2の導電型の点状である第2の領域と、
- c) 外部からの光を受ける入射面側にあって前記受光範囲内に入射した光のうち前記第2の領域に入射する光を遮る遮光部と、

20

を備え、前記第2の領域が、前記受光範囲に入射した光により前記第1の領域において発生したキャリアを周囲から収集することで受光信号を生成することを特徴としている。

【0011】

また本発明に係る光電変換素子では、好ましくは、

一つの受光信号を得るための受光範囲内に複数の前記第2の領域を相互に離間して配置し、該複数の第2の領域を接続し各第2領域で生成された受光信号を加算する構成とする

30

【0012】

本発明に係る光電変換素子は、例えばフォトダイオード、フォトリンジスタ、フォトダーリントランジスタ、フォトサイリスタ、フォトライアックなどを含むものとする。また、本発明に係る光電変換素子は、その形態が素子単体であっても、複数のフォトダイオードが配置されたフォトダイオードアレイ等の中の一つであっても、或いは、他の機能が搭載されたICやLSIの一部であってもよい。

【0013】

また本発明に係る光電変換素子では、第1の導電型がN型で第2の導電型がP型であるか、逆に、第1の導電型がP型で第2の導電型がN型であるか、のいずれかである。

【0014】

40

特許文献2に記載の素子を含め従来の一般的な光電変換素子では、第1の領域のみならず、不純物の拡散によって受光範囲内に形成された第2の領域自体も、光を受けてキャリアを発生する機能を有する。これに対し、本発明に係る光電変換素子では、微小な第2の領域は遮光部により遮光されており、実質的には光電変換に寄与せず、専らその周囲つまりは第1の領域において光電変換によって生成されたキャリアを収集する作用を果たす。即ち、第1の領域に光が入射してキャリアが生成されると、該キャリアは第2の領域の周りに形成される空乏層ではドリフトによって移動し、またその空乏層よりも外側の第1の領域では拡散によって移動する。第2の領域は、その周囲で生成され上述したように移動して来たキャリアを収集し、それによって、それらキャリアは光電流に反映される。このように、第2の領域は周囲からキャリアを収集できさえすればよいから、その面積はかな

50

り小さくてよく、一つの第2の領域における接合容量はかなり小さくなる。

【0015】

また、光は波長が長いほど第1の領域内の深い部位まで侵入してキャリアを生成する。一方、波長の短い光は第1の領域内の表面付近でキャリアを生成する。このように表面付近で生成されたキャリアは自己拡散により移動する際に表面まで達すると表面再結合し易く、光電流の損失が大きい。そのため、相対的に長波長の光により生成されたキャリアは第2の領域に到達し易く、相対的に短波長の光により生成されたキャリアは第2の領域に到達しにくい。本発明に係る光電変換素子では、第2の領域を遮光部で遮光し第2の領域中でのキャリアの発生をほぼ無くしているため、通常であれば第2の領域で生成される短波長の光に由来するキャリアは実質的に無視できる。それにより、比較的長い波長の光に対する受光感度を低下させることなく、短波長の光、具体的には400～450nm以下の波長の光、に対する受光感度を低くすることができる。即ち、短波長である紫外光の影響を軽減し、目的とする光を感度良く検出することができる。

10

【0016】

なお、本発明に係る光電変換素子における点状である第2の領域とは従来のこの種の光電変換素子における拡散領域に比べて十分に小さいものであり、例えばその面積が受光範囲全体の面積に対し1%以下であるような、受光範囲全体からみて点状とみなし得る領域である。より具体的には、一般的な光電スイッチに用いられるフォトダイオードにおける受光範囲の面積（およそ1万 μm^2 ～100万 μm^2 程度）を想定すると、第2の領域の面積は100 μm^2 以下（正形状である場合にはサイズが10 μm 以下）、より好ましくは、25 μm^2 以下（正形状である場合にはサイズが5 μm 以下）以下とするとよい。

20

【0017】

ただし、受光範囲内に複数の第2の領域を配置する場合、一つの第2の領域の面積は小さくても、受光範囲当たりの第2の領域の総面積（個々の第2の領域の合計）は第2の領域の数に依存し、その総面積が大きいほど、実質的に光電変換に寄与する領域が狭くなるし、受光範囲における接合容量も大きくなる。

【0018】

そこで本発明に係る光電変換素子では、一つの目安として、受光範囲内の前記複数の第2の領域の面積の和を該受光範囲の面積の5%程度以下に抑えるようにするとよい。

30

即ち、本発明に係る光電変換素子の好ましい態様としては、受光範囲内の第1の領域の表面に、上述した程度のサイズの微小な第2の領域を例えば適度な点在密度でドット状に多数配置し、且つ、その多数の第2の領域の面積の和を該受光範囲の面積の5%程度以下に抑えた構成とするとよい、

【0019】

この構成によれば、受光範囲における第1の領域と第2の領域との接合部の接合容量を小さくすることで接合容量に依存するノイズを低減する一方、受光範囲に到達した光によって第1の領域で生成されたキャリアを効率良く収集し、十分な信号強度を得ることができる。それによって、信号のSN比を向上させることができる。

【0020】

40

また、上述したようなキャリアの移動の態様を考えたとき、拡散によるキャリアの移動の方向は様々であるのに対しドリフトによるキャリアの移動は第2の領域に向かうため、後者のほうがキャリアの収集効率は高い。そこで、受光光量に対応した信号強度をできるだけ大きくするには、第2の領域の周りに形成される空乏層の間隔を狭くすることが望ましく、そのためには、隣接する第2の領域の間隔を広げすぎないようにする必要がある。そこで、それを考慮して、受光面積に対する第2の領域の面積の和の割合のほかに、複数の第2の領域の点在の密度や単位面積当たりの第2の領域の個数を決めるとよい。

【0021】

また上述した特許文献2では、PN接合の接合容量がN型領域内のP型拡散領域の面積に依存するとして論じられているが、第1の領域中に島状に形成された第2の領域と該第

50

1の領域との接合部（典型的にはPN接合）の静電容量は、その第2の領域の面積のみならず、第2の領域の周辺長や空乏層の深さなどの関数となる。ただし、空乏層の深さは第1、第2の領域における不純物濃度やそれら領域間に印加されるバイアス電圧に依存するから、不純物濃度やバイアス電圧が同一であるとの条件の下では、接合容量は、第2の領域の面積と第2の領域の周辺長とに依存するものとみなし得る（特許文献3など参照）。

【0022】

そこで、本発明に係る光電変換素子の一態様として、前記第1の領域と前記複数の第2の領域との接合部の接合容量の和が前記受光範囲の全面に第2の領域を形成したと仮定した場合における第1の領域と第2の領域との接合部の接合容量よりも小さくなるように、前記第2の領域の数、並びに、各第2の領域の面積及び周辺長が定められてなる構成とするとよい。特に、第2の領域の数を多くすると、接合容量における第2の領域一つ当たりの周辺長の影響が大きくなるので注意を要する。

【0023】

この構成によれば、PN接合の接合容量を従来の一般的な光電変換素子の接合容量よりも確実に小さくすることができる。それにより、接合容量に依存するノイズを低減して受光信号のSN比を改善することができる。

【0024】

また、本発明に係る光電変換素子では、

前記複数の第2の領域の上方に設けられ、それぞれ下方に位置する第2の領域と電氣的に接続された複数のコンタクト部と、

前記受光範囲内に存在する複数の第2の領域を並列に接続するように前記複数のコンタクト部同士を接続する導電体である配線部と、

を備え、前記受光範囲内の全ての前記第2の領域が前記コンタクト部及び／又は前記配線部の直下に配置されることで、前記コンタクト部及び／又は前記配線部が前記遮光部として機能する構成とすることができる。

【0025】

なお、一般的な半導体プロセスでは、第2の領域は不純物の拡散によって形成されるため、不純物の打ち込まれた範囲よりも外側に若干拡がる。一方、コンタクト部は第1の領域との短絡を避けるため、接合境界よりも若干内側に形成される。したがって、設計上、第2の領域の直上を被覆するようにコンタクト部や配線部が形成された場合であっても、そのコンタクト部の外縁部よりも第2の領域の外縁部が僅かに外側に位置することになるが、その場合でも十分に遮光の機能を果たし得る。

【0026】

この構成では、複数の第2の領域を互いに接続するためのコンタクト部と配線部の少なくとも一方を遮光部として利用することができるので、遮光部を設けるために特別な製造工程を必要としない。

【0027】

また本発明に係る光電変換素子において、好ましくは、第2の領域の周囲の第1の領域に形成される空乏層広がり領域の上に配置される配線部は、第2の領域の上に配置されるコンタクト部及び配線部よりも線幅が狭い構成とするとよい。

【0028】

コンタクト部同士を繋ぐ配線部は少なくともその一部が第1の領域の上を通過することは避けられない。それに対し上記いずれかの構成によれば、アルミニウム等の一般的な導電体材料を配線部として用いた場合に比べて、配線部による遮光の度合いが小さい又は殆どないので、得られる光電流を増加させることができる。

【0029】

また基本的には、第2の領域の上面視形状は任意であるものの、同じ面積であれば周辺長が小さいほうが接合容量を小さくするうえで有利である。そのため、第2の領域の上面視形状は長方形よりは正方形に近い矩形状が好ましく、さらには多角形状が好ましく、理想的には円形状とするのがよい。

【0030】

また、上述したようにドット状に複数の第2の領域を配置する場合、十字の格子の交点位置に各第2の領域を配置するようにしてもよいが、1行おき又は1列おきに隣接する第2の領域の間隔の $1/2$ だけ第2の領域の位置をその行又は列の延伸方向にずらした配置としてもよい。

【0031】

この構成によれば、十字の格子の交点位置に第2の領域を配置する場合と比べて、受光領域内の任意の点から直近の第2の領域までの距離が一定以内になるという条件の下で第2の領域を配置したときに、配置すべき第2の領域の数が少なく済む。その結果、同程度の受光感度を保ちつつ、接合部の接合容量を一層低減することができる。

10

【0032】

さらにまた、上述したようにドット状に多数の第2の領域を形成する場合に、複数の第2の領域が直線上に位置するようにし、その直線上の複数の第2の領域を直線的な配線部で結線し、その配線部の延伸方向における第2の領域の間隔を該配線部の延伸方向に直行する方向における第2の領域の間隔よりも小さくするとよい。これにより、受光領域内の任意の点から直近の第2の領域までの距離が一定以内になるという条件の下で、配線部の並びの間隔を大きくすることができるので、配線部による遮光の度合いを小さくすることができる。その結果、より多くの光を受光することができ、信号強度を大きくすることができる。

【0033】

20

また、本発明に係る光電変換素子では、前記第1の領域内に分散配置された前記複数の第2の領域の間の空乏層領域の外側に、その周囲の第1の領域よりも第1の導電型の不純物濃度が濃い、上面視でドット状又は線状の高濃度領域が形成されてなる構成としてもよい。この高濃度領域の拡散は、表面からの拡散のみならず埋め込み型の拡散でもよい。

この構成によれば、第1の領域内において高濃度領域の位置から第2の領域に向かって不純物濃度勾配が形成され、それによってキャリアの移動を促進するポテンシャル勾配が形成されることになる。その結果、第2の領域へのキャリアの移動効率が向上し、受光感度の向上や動作速度の改善を図ることができる。

【0034】

30

また本発明に係る光電変換素子では、接合容量の観点からみて、上述したように、一つの第2の領域の面積はコンタクト部との電氣的接続が確実に確保できる等の条件を満たしたうえで、できるだけ小さいほうが好ましい。一方、隣接する第2の領域の間隔は、光入射によって第1の領域内で生成されたキャリアがドリフト可能であるドリフト領域の幅以内であって且つ第2の領域に到達する効率が十分に高い（つまりは受光感度の低下が十分に小さい）距離以内であることが望ましい。

【0035】

40

ただし、空乏層よりも外側の第1の領域におけるキャリアの拡散による移動速度を空乏層におけるキャリアのドリフトによる移動速度並みに上げることは難しいから、特に高速性を重視する場合には、第2の領域の周囲に形成される空乏層広がり領域の隙間がないように第2の領域を配置することが好ましい。それによって、入射光に応じて生成されたキャリアのほぼ全てがドリフトによって第2の領域に到達するので、応答を高速化することができる。また、キャリアの収集効率も高くなる。もちろん、その場合でも、受光範囲全体の接合容量を低減するには、第2の領域の間隔をできるだけ広くすることが望ましい。そこで、本発明に係る光電変換素子の一態様として、空乏層広がり領域の隙間がないように且つ空乏層広がり領域の重なりができるだけ小さくなるように第2の領域を配置するために、複数の第2の領域が上面視でハニカム形状の交点の位置に配置されるようにするとよい。

【0036】

また、応答の高速化と受光範囲の大面积化とを両立させるには、複数の第2の領域は、その各第2の領域の周囲の第1の領域に形成される空乏層広がり領域が重ならないように

50

互いに離して配置され、受光面の中で、各第2の領域の周囲の空乏層広がり領域よりも外側の領域の全体又はその一部に光の入射を遮る遮光部を備える構成とするとよい。

【0037】

この構成によれば、受光面の面積を広くした場合でも、入射光に応じたキャリアのほぼ全てが各第2の領域の周囲の空乏量広がり領域で生成されるので、キャリアは迅速に第2の領域に到達し高速応答が実現できる。また、受光面の面積を広くした場合でも第2の領域の総数を抑えることができるので、接合容量も抑えることができる。一方、受光面の面積が大きいことで、広い範囲に到達する入射光を効率良く受けることができるし、また広い範囲内の様々な位置に到達する入射光を確実に受けることができ、入射光の光軸調整の許容度を広げることができる。

10

【0038】

また、第2の領域をドット状に形成する場合には、第2の領域同士を接続する配線部が受光領域内に配設されることが避けられないが、配線部に電磁ノイズが飛び込むと受光信号のノイズレベルを増加させる大きな要因となる。

【0039】

そこで、本発明に係る光電変換素子において、好ましくは、
前記コンタクト部及び前記配線部を被覆するように形成された絶縁膜と、
該絶縁膜の上であって前記コンタクト部及び前記配線部の直上に配設された導電体部と、
をさらに備え、
該導電体部に所定の固定電位を与えることにより該導電体部を電氣的なシールドとして機能させるようにした構成とするとよい。

20

【0040】

この構成によれば、導電体部は、外来ノイズが下層の配線部に飛び込むのを防止する電磁遮蔽効果を有するので、受光信号への外来ノイズの影響を軽減することができる。

【0041】

本発明に係る光電変換素子において、より好ましくは、
前記配線部の直上に絶縁膜を間に挟んで設けられた前記導電体部から該絶縁膜中に延出して前記配線部の側方を囲むように複数の導電性の柱状部を形成し、又は前記配線部を両側から挟むように該配線部に略平行に延伸する導電性の線状部を形成し、前記導電体部と共に前記柱状部又は前記線状部を電氣的なシールドとして機能させるようにした構成とするとよい。

30

【0042】

この構成によれば、導電体部が電磁遮蔽効果を有するのみならず、配線部の側方に配置された複数の柱状部又は線状部も電磁遮蔽効果を有するので、斜め方向から配線部に飛び込もうとするノイズも遮蔽することができ、電磁遮蔽性が一層向上する。

また、それぞれ絶縁膜を間に挟んで前記配線部の少なくとも一部の直上と直下とに導電体部を設け、その上側の導電体部と下側の導電体部とを接続するビアを前記柱状部とする構成としてもよい。

【発明の効果】

【0043】

本発明に係る光電変換素子によれば、光電変換のための接合部の接合容量を低減することができ、それによって、接合容量に依存する高周波ノイズを低減し、受光信号のSN比を改善することができる。また本発明に係る光電変換素子によれば、第2の領域を形成するための選択拡散の面積が従来よりも小さくなるので、例えばPN接合面積が小さくなり、結晶欠陥などによる特性劣化や不良の発生率を低減することができる。

40

【0044】

また、本発明に係る光電変換素子では、コンタクト部や配線部等による遮光部で第2の領域を遮光しているため、光電変換のための接合部の接合容量を低減するとともに、短波長の光に対する感度を落とした受光感度特性を簡単な構造で実現することができる。それにより、例えば紫外域の波長光がノイズとして多く存在するような状況下で光電変換素子

50

を利用する場合でも、そうしたノイズの影響を低減して目的とする光信号を高いS/N比で得ることが可能となる。また、遮光部は通常の光電変換素子の製造工程により形成されるので、上記のような効果を得るために特段のコストの増加を招くこともない。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明に係る光電変換素子の一実施例であるフォトダイオードの概略断面図（a）、上面視平面図（b）、及び等価的な回路図（c）。

【図2】本実施例のフォトダイオードにおける一つのP型半導体領域付近の拡大断面図。

【図3】本実施例のフォトダイオードにおける一つのP型半導体領域付近の拡大上面視平面図。

【図4】一変形例であるフォトダイオードの上面視平面図。

【図5】別の変形例であるフォトダイオードの上面視平面図（a）及び概略断面図（b）。

【図6】別の変形例であるフォトダイオードの概略断面図。

【図7】別の変形例であるフォトダイオードの上面視平面図。

【図8】別の変形例であるフォトダイオードの上面視平面図。

【図9】別の変形例であるフォトダイオードの上面視平面図。

【図10】シールド用配線部を追加した一変形例の拡大断面図（a）及び概略断面図（b）。

【図11】シールド用配線部を追加した別の変形例の概略断面図。

【図12】従来の一般的なフォトリソスタの概略断面図（a）及び本発明に係る光電変換素子の一実施例であるフォトリソスタの概略断面図（b）。

【図13】本発明に係る光電変換素子の一実施例である集積回路上のフォトリソスタの概略断面図。

【図14】本発明に係る光電変換素子の一実施例であるフォトダーリントリソスタの概略断面図。

【図15】従来の一般的なフォトダイオードの概略断面図（a）及び上面視平面図（b）。

【発明を実施するための形態】

【0046】

以下、本発明に係る光電変換素子のいくつかの実施例について、添付図面を参照して説明する。

【0047】

〔第1実施例〕

図1（a）は本発明に係る光電変換素子の一実施例であるフォトダイオードの概略断面図、図1（b）は上面視平面図、図1（c）は等価的な回路図である。また、図2は第1実施例のフォトダイオードにおける一つのN型半導体領域付近の拡大断面図、図3は第1実施例のフォトダイオードにおける一つのN型半導体領域付近の拡大上面視平面図である。

【0048】

図1（b）に示すように、本実施例のフォトダイオードでは、シリコン（Si）のP型半導体である基体（本発明における「第1の領域」に相当）11の表面（図1（a）では上面）における一つの受光領域10の範囲内に、上面視で微小な矩形状のN型半導体の拡散層である複数（この例では16個）のN型半導体領域121が互いに離間してドット状に形成されている。このN型半導体領域121は例えばリンなどの不純物の選択拡散により形成されたものである。

【0049】

この実施例では、1個のN型半導体領域121は上面視正方形でそのサイズは $d \times d$ であり、隣接するN型半導体領域121の間隔はLである。例えば、N型半導体領域121の一辺の長さdは $1[\mu\text{m}]$ 、N型半導体領域間隔Lは上記長さdの5～20倍程度の大き

10

20

30

40

50

さ、つまりは $5 \sim 20 [\mu\text{m}]$ 程度である。つまり、受光領域 10 内の面積でいうと、 $25 \sim 400 [\mu\text{m}^2]$ の面積の受光面毎に、 $1 [\mu\text{m}^2]$ 程度の面積の N 型半導体領域 121 が設けられている。即ち、一つの受光領域 10 の面積に対して、該受光領域 10 内にドット状に配置された全ての N 型半導体領域 121 の面積を合計した総面積の割合はかなり小さく、5% 以下である。

【0050】

N 型半導体領域 121 は上面視で十字状の格子の交点位置に規則的に配置されており、各 N 型半導体領域 121 に接触するように、それぞれ金属又はそれ以外の導電体であるコンタクト部 14 が形成されている。即ち、図 2 に示すように、P 型半導体である基体 11 及び N 型半導体領域 121 の表面を覆うように SiO_2 等である絶縁膜 16 が形成され、N 型半導体領域 121 の上の絶縁膜 16 の一部はエッチング等により除去されてコンタクトホール（又はビアホール）17 が形成されている。コンタクトホール 17 の大きさは N 型半導体領域 121 の大きさよりも一回り小さく（図 2、図 3 では $s \times s$ の矩形状）、このコンタクトホール 17 を通して N 型半導体領域 121 と接触するようにコンタクト部 14 が形成されている。本実施例では、コンタクト部 14 はその直下の N 型半導体領域 121 の境界線とほぼ同じ大きさであるか又はそれよりも若干大きい矩形状である。つまり、1 個のコンタクト部 14 のサイズも約 $d \times d$ である。

【0051】

ただし、不純物拡散によって N 型半導体領域 121 が形成される場合には、製造時に意図した境界線よりも若干外側に拡散領域が広がってしまうことがよくある。図 2、図 3 では、このように拡散が若干広がってしまった場合の N 型半導体領域を符号 121a で示している。この N 型半導体領域 121a の大きさは $D \times D$ （ただし $D > d$ ）である。このように、N 型半導体領域の境界線の位置には或る程度のばらつきが生じるから、コンタクト部 14 を同じ大きさに形成した場合であっても、図 3（b）に示すように、コンタクト部 14 が N 型半導体領域 121 全体をカバーする場合もあれば、図 3（a）に示すように、コンタクト部 14 が N 型半導体領域 121 の周縁部の一部をカバーしない場合もある。

【0052】

受光領域 10 内の全ての N 型半導体領域 121 に対応して設けられたコンタクト部 14 は、該コンタクト部 14 と同時に形成される、金属又はそれ以外の導電体である配線部 15 で互いに接続され、これがフォトダイオードのカソード端子（C）となっている。一方、基体 11 に接触するように形成された共通のコンタクト部 13 はフォトダイオードのアノード端子（A）となっている。なお、図 3 に示すように、本実施例では、配線部 15 の幅をコンタクト部 14 の 1 辺のサイズと同じにしてあるが、これは必須ではない。

こうした構成により、本実施例のフォトダイオードは、回路的には、図 1（c）に示すように、N 型半導体領域 121 の個数と同数の微小フォトダイオードを並列に接続した構成であるとみることができる。

【0053】

一つの N 型半導体領域 121 による接合容量は、略扁平矩形状である該 N 型半導体領域 121 とそれを囲む P 型半導体の基体 11 との接触面積に依存する。ただし、N 型半導体領域 121 の深さはほぼ一定であるから、周囲温度、バイアス電圧などが一定であるとの条件の下では、接合容量は、その N 型半導体領域 121 の面積と周辺長との関数として計算することができる。即ち、この場合、接合容量 C は、

$$C \propto A \times [\text{N 型半導体領域 121 の面積}] + B \times [\text{N 型半導体領域 121 の周辺長}] \quad \dots (1)$$

である。ここで、A、B は所定の定数である。

この定数 A、B 値は拡散層の不純物濃度分布や拡散深さなどにより異なるが、例えば P 型半導体である基体 11 の不純物濃度が $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 程度の一様な濃度であって拡散深さが $2 \mu\text{m}$ 程度である場合には、A と B の値の比は 0.5 ～ 2 程度である。周辺長の値が面積の値よりも大きいようなドット状の拡散である場合には、拡散領域を多く形成するほど周辺長に比例する容量成分の割合が接合容量において多くなる。

【0054】

本実施例のフォトダイオードでは、接合容量は並列接続された多数の微小フォトダイオードの接合容量の総和となる。したがって、一つのN型半導体領域121の1辺の長さdを小さくしつつ、隣接するN型半導体領域121同士の間隔Lを大きくして受光領域10に包含されるN型半導体領域121の数を少なくすることで、接合容量の総和を従来のフォトダイオードの接合容量よりも小さくすることができる。そこでここでは、N型半導体領域121の1辺のサイズdを1[μm]とする一方、間隔Lを5~20[μm]に定めている。これにより、接合容量を従来のフォトダイオードの接合容量よりも小さくしている。その結果、本実施例のフォトダイオードの後段に接続したアンプにおける、ゲインの周波数特性上でのピーキングを抑制し、高周波ノイズを低減し帯域を広げることができる。

10

【0055】

一方、本実施例のフォトダイオードでは従来のフォトダイオードと比較して受光領域10の面積は同じでも、N型半導体領域121の面積が減るために、N型半導体領域121の周囲に形成される空乏層領域の面積は減少する。空乏層領域の外側の基体11であるP型半導体領域中でもキャリアは発生するが、その領域での光電変換効率は空乏層の広がり領域に比べると落ちる。また、P型半導体領域上に配設される配線部15によって、ごく一部ではあるものの入射光は遮光されるため、光電変換に寄与し得る光量も少なくなる。そうしたことのため、従来のフォトダイオードと比較すれば受光信号の低下は避けられない。しかしながら、本実施例のフォトダイオードでは、受光信号の低下の度合いに比べて接合容量を抑えることによる高周波ノイズの低減の度合いのほうが大きいので、受光信号のSN比を従来よりも改善することができる。

20

【0056】

一般的なフォトダイオードでは、N型半導体領域とP型半導体領域とが接触するPN接合面が基体内部に略水平に形成され、基体内に侵入した光がそのPN接合面に達してキャリアを生成する。それに対し、本実施例のフォトダイオードでは、図2を見れば明らかなように、基体内部のPN接合面の上部は殆どコンタクト部14で覆われているために、光は該PN接合面には殆ど達しない。したがって、本実施例のフォトダイオードでは、光電流に寄与するキャリアの大部分は、N型半導体領域121内部やPN接合面ではなく、P型半導体である基体11内で生成されていると推測できる。このことから、本実施例のフォトダイオードでは、受光領域10内にドット状に分散配置された微小なN型半導体領域121はキャリアの生成ではなく、その周囲（空乏層の広がり領域やさらにその外側の領域）で生成されたキャリアを収集する機能に特化しているといえることができる。

30

【0057】

また、本実施例のフォトダイオードでは、コンタクト部14によってN型半導体領域121のほぼ全面の直上を覆っているが、これは次のような作用・効果を有する。即ち、コンタクト部14は金属又は透明でない他の導電体であり、光を遮蔽する作用を有する。そのため、受光領域10の中で、N型半導体領域121には殆ど光が入射せず、基体11に対してのみ光が入射する。そのため、受光領域10に光が入射したとき、N型半導体領域121ではキャリアは殆ど生成されず、光電流に反映されるキャリアはその殆どが基体11内部で生成するものである。

40

【0058】

よく知られているように、光は波長が長いほど基体11内部の深い位置まで侵入してキャリアを生成するから、例えば紫外光（近紫外光）や紫外域に近い可視光などの短波長の光は基体11表面付近の浅い位置でキャリアを生成する。こうしたキャリアも自由拡散によってN型半導体領域121の方向に移動するものの、その多くは、基体11の表面（絶縁膜16との界面）に出てしまい消散する。そのため、短波長の光に対して生成されたキャリアがN型半導体領域121にまで達して光電流に反映される確率は、長波長の光に対して生成されたキャリアがN型半導体領域121にまで達して光電流に反映される確率に比べて格段に低くなる。その結果、本実施例のフォトダイオードでは、短波長の光に対する受光感度は長波長の光に対する受光感度に比べて格段に低くなり、実質的に短波長の光

50

を光学フィルタで除去したのと同様の効果を得ることができる。不純物濃度や直流バイアス電圧などに依存するものの、おおむね400～450nm以下の短波長の受光感度を大幅に下げることができる。また、本実施例のフォトダイオードの構造によれば、接合容量の電圧依存性を小さくすることができる。

【0059】

このようにして本実施例のフォトダイオードでは、受光領域10の全面にN型半導体領域が形成されていた従来一般的なフォトダイオードに対して、受光感度をそれほど落とすことなく、接合容量に依存するノイズを低減することができる。また、短波長の光の受光感度を低下させることにより、長波長の光に対する受光感度を相対的に上げることができる。それによって、本実施例のフォトダイオードは、ノイズである紫外光が多い環境下で目的とする可視光や近赤外光による信号を高感度で検出したいような場合に、特に有用である。

〔第1実施例の変形例〕

【0060】

上記第1実施例のフォトダイオードでは、一つの受光領域10内に上面視正形状のN型半導体領域121を多数設けていたが、各N型半導体領域121の上面視形状はこれに限らず、例えば細長い矩形状としたり円形状や多角形状などとしたりしてもよい。ただし、(1)式から理解できるように、N型半導体領域の面積を小さくしてもその領域の周辺長が長くなる場合には、必ずしも接合容量は小さくならない。したがって、接合容量が小さくなるように、各N型半導体領域の面積と周辺長とのバランスをとることが必要である。また、受光領域10内に配置するN型半導体領域の数、つまりは点在密度も同様である。

【0061】

図4は、第1実施例と同様にN型半導体領域124を略正形状とし、且つ、N型半導体領域124を配置する位置を一例おきに略 $L/2$ だけずらした変形例である。この図4に示したように、N型半導体領域124の配置をずらすと次のような利点がある。

【0062】

即ち、図1(b)に示したようなN型半導体領域121の配置の場合、縦方向及び横方向に隣接する4個のN型半導体領域121のちょうど中間の位置が、それら4個のN型半導体領域121から最も遠い点となり、その点までの距離は約 $0.7L$ である。これに対し、図4に示したようなN型半導体領域124の配置の場合、隣接する3個のN型半導体領域124で囲まれる領域の中の任意の点とN型半導体領域124との距離を $0.7L$ 以下にするという条件の下で、列の間隔(横方向の距離)を L より大きくすることができる。それにより、図1(b)に示したような配置とした場合に比べて、より少ないN型半導体領域の数で受光領域10全体からキャリアを収集できるように該受光領域10をカバーすることができる。その結果、接合容量をさらに一層小さくすることができる。また、配線部15の間隔を広げることができるので、配線部15による遮光率を下げ、受光信号を増加させることができる。

【0063】

また、第1実施例のフォトダイオードでは、コンタクト部14が拡散により形成された微小なN型半導体領域121の直上のほぼ全体を覆っていたが、短波長の受光感度の低下の効果は薄れるものの、配線部15の幅を小さくすることでN型半導体領域121の一部のみを覆うような構造としても構わない。

【0064】

また第1実施例のフォトダイオードでは、受光領域10の大半を占めるP型半導体領域における不純物濃度は略一定であるが、P型半導体領域におけるポテンシャル勾配は不純物濃度勾配に依存するから、該領域内で生成されたキャリアを効率良くN型半導体領域121まで移動させるには、P型半導体領域中に不純物濃度勾配を形成するとよい。そのためには、例えば図5に示すように、隣接するN型半導体領域121の間の空乏層領域よりも外側で、且つ周囲の複数のN型半導体領域121からほぼ等距離の位置に、ドット状に高濃度のP型不純物を拡散することで形成した高濃度P型拡散領域20を設けるようにす

るとよい。これによって、この高濃度 P 型拡散領域 20 付近から N 型半導体領域 121 に向かって不純物濃度勾配が形成され、それに伴い、緩やかなポテンシャル勾配も形成される。それによって、P 型である基体 11 内で生成されたキャリアの移動を促進し、受光感度や動作速度を向上させることができる。

【0065】

高濃度 P 型拡散領域 20 はドット状ではなく例えば線状など、他の形状でもよい。図 7 は、上面視で略六角形線状（ハニカム状）の高濃度 P 型拡散領域 20 を形成し、それぞれの高濃度 P 型拡散領域 20 の中心付近に N 型半導体領域 121 を設けた構成の例である。この構成では、N 型半導体領域 121 を取り囲むように、その周囲から該 N 型半導体領域 121 に向かって不純物濃度勾配が形成される。それによって、各 N 型半導体領域 121 においてその周囲全体から該領域 121 に向かって緩やかなポテンシャル勾配が形成され、より効率良く且つ迅速にキャリアを N 型半導体領域 121 に収集することができる。

【0066】

また、図 5、図 7 の例は、キャリアの移動を促すポテンシャル勾配を水平方向（横方向）に形成するものであるが、ポテンシャル勾配を垂直方向（縦方向）に形成することもできる。図 6 はその一例を示す概略断面図である。この例では、相対的に不純物濃度の高い P 型半導体である基体 11 の上層に同じ導電型（この例では P 型）で相対的に不純物濃度の低い低濃度 P 型層 11a を形成し、その低濃度 P 型層 11a の表面付近に N 型半導体領域 121 を形成している。この構成によれば、基体 11 から上方に向かって、つまり N 型半導体領域 121 に向かって不純物濃度勾配が形成されるから、逆バイアス電圧を基体 11 側から印加すると上向きにキャリアの移動を促す緩やかなポテンシャル勾配が形成される。

もちろん、水平方向の不純物濃度勾配と垂直方向の不純物濃度勾配とを併用しても構わない。

【0067】

また、第 1 実施例及び上記各変形例では、N 型半導体領域 121 の周囲の空乏層領域のみならず、その外側で生成され、拡散によって N 型半導体領域 121 に移動するキャリアも光電流として利用していたが、特に応答の高速性を必要とする用途に対しては、空乏層領域で生成されたキャリアのみを光電流として利用するようにしてもよい。そのためには、隣接する N 型半導体領域 121 の空乏層領域の端部同士ができるだけ重なるように、隣接する N 型半導体領域 121 の間隔を定める。上述したように、接合容量の総和を小さくするには、N 型半導体領域 121 の間隔を広げ、N 型半導体領域 121 の点在密度を下げるほうがよい。そこで、接合容量の総和をできるだけ小さく抑えながら、隣接する空乏層領域の隙間を空けないように N 型半導体領域 121 を配置するには、例えば図 8 に示すように、一つの N 型半導体領域 121 に対しその周囲に上面視で所定の大きさの略六角形状の領域を与え、これをハニカム状に配置するようにするとよい。図 8 において、符号 121b で示すのは、N 型半導体領域 121 の周囲に形成される空乏層領域である。このように N 型半導体領域 121 を配置することで、空乏層領域 121b の無駄な重なりをできるだけ避けながら、隣接する空乏層領域 121b の間に隙間が生じないようにすることができる。

【0068】

受光領域 10 内に配置される N 型半導体領域 121 の総数が同じで上述したように空乏層領域 121b に隙間がないように N 型半導体領域 121 を配置すると、当然のことながら、受光領域 10 の面積は小さくなる。これに対し、例えば入射光が広い領域に到達する場合には、受光領域 10 の面積が大きいほうが入射光を効率良く受けることができる。また、逆に入射光が狭い領域にしか到達せず且つその領域が或る範囲内の異なる様々な位置となり得る場合にも、受光領域 10 の面積が大きいほうが入射光を確実に受けることができる。そこで、受光領域 10 の大面積化しつつ応答の高速化を図るために、図 9 に示すような構成としてもよい。

【0069】

このフォトダイオードでは、空乏層領域の隙間が生じないようにN型半導体領域の間隔を狭めて配置する代わりに、それぞれの空乏層領域が重ならないように或る程度離して配置したN型半導体領域121の周囲の空乏層領域121bの外側のほぼ全体に、入射光が基体（P型半導体領域）11に到達するのを遮る遮光部50を設けている。遮光部50は例えば配線部と同様の金属などにより形成すればよい。受光領域10は広いものの、各N型半導体領域121の周囲の空乏層領域121b以外に到達する光は遮光部50によって遮られるため、空乏層領域121bの外側、つまりは拡散によってキャリアが移動する領域ではキャリアは殆ど発生しない。そのため、入射光によって生成されたキャリアはドリフトによって迅速にN型半導体領域121に到達し光電流に反映されることになり、高速応答が達成される。また、受光領域10の面積自体は大きい（ただし、遮光部50の下側の領域は実質的には受光に寄与しない）ため、広い領域に達した入射光を効率良く受けることができるし、また広い受光領域10内のいずれの部分に当たった入射光も検出することができる。受光領域10の面積が小さいとその受光領域に確実に入射光が当たるような精度の高い光軸合わせが必要になる場合があるが、このように受光領域10の面積が大きいと光軸合わせの精度が低くても（場合によっては光軸合わせを行わなくても）確実に入射光を検出することが可能となるという利点がある。

10

【0070】

また、第1実施例のフォトダイオードでは、従来のフォトダイオードに比べて、受光領域10内に配設される配線部15が必然的に多くなるが、外部から配線部15に飛び込んだノイズは受光信号に現れる。そこで、外部から配線部15に飛び込むノイズを軽減するために、シールド用配線部を別途設けてもよい。図10及び図11はこうしたシールド用配線部を設ける場合の断面構造を示す図である。

20

【0071】

図10の例では、複数のN型半導体領域121を接続する配線部15は基体11の表面に形成された絶縁膜（第1絶縁膜）16の上に形成されるが、この絶縁膜16及び配線部15を被覆するようにさらに第2絶縁膜18を設け、この第2絶縁膜18の上で且つ配線部15及びコンタクト部14の直上のみにシールド用配線部19を形成する。このシールド用配線部19は受光領域10の外側において、例えば接地電位など固定された電位の供給ラインなどに接続される。これによって、シールド用配線部19がない場合であれば配線部15へ飛び込んでいた筈のノイズが主としてシールド用配線部19に飛び込み、下層の配線部15へのノイズの飛び込みを軽減することができる。

30

【0072】

図11の例では、基体11の表面に形成された絶縁膜（第1絶縁膜）16の上で且つ後述する配線部15の直下のみに下層シールド用配線部19aが形成され、その下層シールド用配線部19aを被覆するように第2絶縁膜18aが形成されている。そして、複数のN型半導体領域121を接続する配線部15はこの第2絶縁膜18aの上に形成されている。また、第2絶縁膜18a及び配線部15を被覆するように第3絶縁膜18bを設け、この第3絶縁膜18bの上で且つ配線部15及びコンタクト部14の直上のみに上層シールド用配線部19bが形成されている。さらに、下層シールド用配線部19aと上層シールド用配線部19bとは、第2絶縁膜18aと第3絶縁膜18bとを上下方向に貫通し且つ配線部15の延伸方向に沿ってその両側に複数設けられたビア19cにより接続されている。

40

【0073】

このビア19cは下層シールド用配線部19aと上層シールド用配線部19bとの導通を確保するものであって、配線部15とは導通しない。下層シールド用配線部19a又は上層シールド用配線部19bは受光領域10の外側において、例えば接地電位など固定された電位の供給ラインなどに接続されており、ビア19cを介して接続された下層シールド用配線部19aと上層シールド用配線部19b、及びビア19c自体も同電位である。この構成では、配線部15は下層シールド用配線部19aと上層シールド用配線部19bとでその上下方向にサンドイッチ状に挟まれており、さらにその両側方はビア19cによ

50

って囲まれている。これによって、図 10 に示した構成に比べて、さらに一層、配線部 15 への外来ノイズの飛び込みを軽減することができる。

【0074】

なお、図 11 に示した例では、配線部 15 の直下に下層シールド用配線部 19a を設けているが、この下層シールド用配線部 19a は無くてもシールドの効果はそれほど変わらない。何故なら、多くの場合、基体 11 は接地電位になっており、下層シールド用配線部 19a がなくても、配線部 15 の直下の電位は実質的に固定電位となっているからである。下層シールド用配線部 19a を設けない場合には、ビア 19c を上端のみが上層シールド用配線部 19b に接続された柱状部とするか、或いは、ビア 19c の下端を基体 11 に接続し（この場合には、基体 11 の接触部位に高濃度 P 領域を形成するとよい）、基体 11、ビア 19c 及び上層シールド用配線部 19b を接地電位とするとよい。

10

【0075】

また、配線部 15 の両側方を囲む柱状のビア 19c の代わりに、配線部 15 を両側から挟むように該配線部 15 と略平行に延伸する側方シールド用配線部を設け、この側方シールド用配線部の電位を下層シールド用配線部 19a と上層シールド用配線部 19b と同電位としてもよい。

【0076】

上記第 1 実施例は本発明に係る光電変換素子を Si フォトダイオードに適用した例であるが、本発明は光電変換を行う様々な素子に適用することができる。

【0077】

20

〔第 2 実施例〕

図 12 (a) は従来の一般的なフォトランジスタの概略断面図、図 12 (b) は本発明の一実施例であるフォトランジスタの概略断面図である。この例では、P 型半導体である基体 21 がコレクタ領域、基体 21 表面に拡散により形成された N 型半導体領域 22 (又は 221) がベース領域、その N 型半導体領域 22 (又は 221) 中に拡散により形成された P 型半導体領域 23 がエミッタ領域であり、コレクタ領域とベース領域との接合部が光電変換領域である。基体 21 に接触するように形成したコンタクト部 24 をコレクタ端子 (CL)、N 型半導体領域 22 (又は 221) に接触するように形成したコンタクト部 26 (又は 261) をベース端子 (B)、P 型半導体領域 23 に接触するように形成したコンタクト部 25 をエミッタ端子 (E) としている。

30

【0078】

図 12 (b) に示すように、本実施例のフォトランジスタでは、複数の微小な N 型半導体領域 221 を設け、各 N 型半導体領域 221 に接触するように形成したコンタクト部 261 を配線部 27 によって相互に接続している。これにより、図 1 (c) と同様に、等価的には、コレクタ領域とベース領域との複数の接合部が並列に接続される。これによっても、第 1 実施例のフォトダイオードと同様に、各 N 型半導体領域 221 のサイズと隣接間隔とを適宜に定めることによって、受光感度を実質的に落とすことなく、PN 接合部の接合容量を従来よりも小さくし、ノイズを低減することができる。また、ベース領域である N 型半導体領域 221 に接続されたコンタクト部を、該 N 型半導体領域 221 全体の直上を覆うように設けることで、短波長の光に対する受光感度を大幅に低下させることができる。

40

【0079】

また、第 2 実施例のフォトランジスタは、基体 21 自体がコレクタ領域であるが、集積回路の中の一つの素子としてフォトランジスタを用いる場合には、図 13 に示すように、基体 30 上に形成された P 型半導体であるウェル 31 をコレクタ領域とし、そのウェル 31 の中に、図 12 (b) と同様に、複数の N 型半導体領域 221 を設ける構成とすることができる。

【0080】

〔第 3 実施例〕

図 14 は本発明の一実施例であるフォトダーリントランジスタの概略断面図である

50

。このフォトダーリントランジスタでは、１段目のトランジスタのエミッタ領域であるＰ型半導体領域２３に接触するように形成されたコンタクト部２５と２段目のトランジスタのベース領域であるＮ型半導体領域４１に接触するように形成されたコンタクト部４３とは、配線部４５で接続されている。このＮ型半導体領域４１中に２段目のトランジスタのエミッタ領域であるＰ型半導体領域４２が形成され、Ｐ型半導体領域４２に接触するように形成されたコンタクト部４４がエミッタ端子となっている。それ以外の基本的な構造は、図１２（ｂ）に示したフォトリソトランジスタと違いはない。

【００８１】

また、当然のことながら、本発明に係る光電変換素子はフォトカプラに組み込まれるフォトリソトランジスタなどにも利用可能である。また、フォトカプラには、交流負荷の制御等のためにトライアック出力或いはサイリスタ出力を有するものがあるが、こうした素子に利用されるフォトリソトライアックやフォトリソサイリスタにも本発明を適用できることは明らかである。

【００８２】

なお、上記実施例はいずれも本発明の単なる一例であって、本発明の趣旨の範囲で適宜変形や修正、又は追加を行っても、本願特許請求の範囲に包含されることは明らかである。

【符号の説明】

【００８３】

１０…受光領域

１１、２１、３０…基体

１２１、１２１ａ、１２２、１２３、１２４、２２１、４１…Ｎ型半導体領域

１３、１４、２４、２５、２６１、４３、４４…コンタクト部

１５、２７、４５…配線部

１６、１８、１８ａ、１８ｂ…絶縁膜

１７…コンタクトホール

１９、１９ａ、１９ｂ…シールド用配線部

１９ｃ…ビア

２０…高濃度Ｐ型拡散領域

２３、４２…Ｐ型半導体領域

３１…ウェル

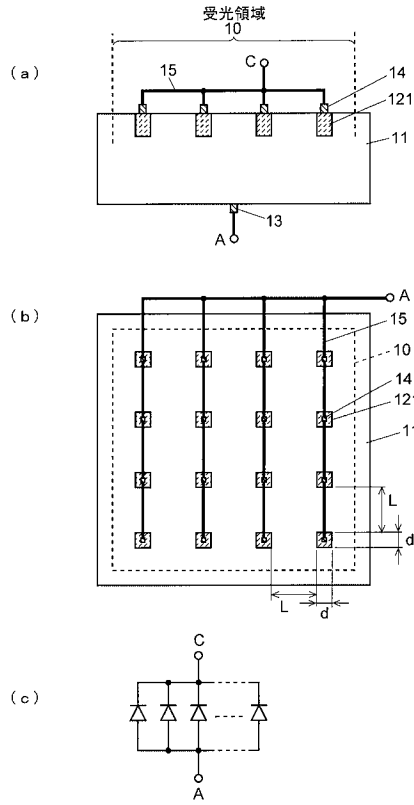
５０…遮光部

10

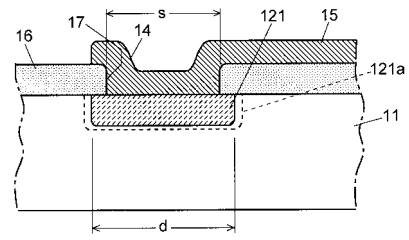
20

30

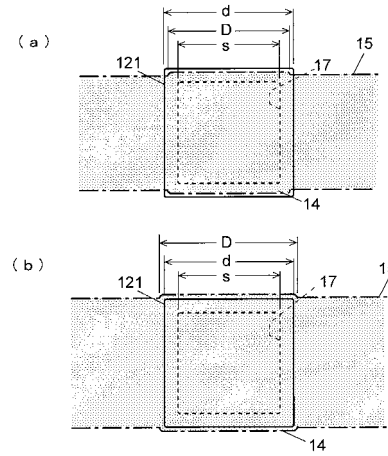
【図 1】



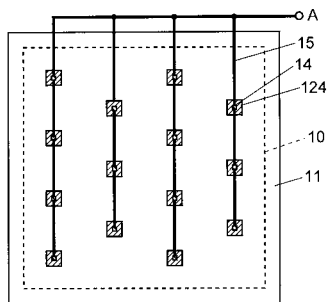
【図 2】



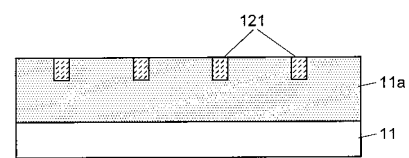
【図 3】



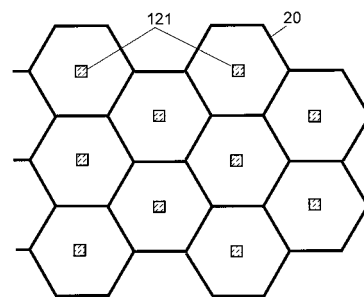
【図 4】



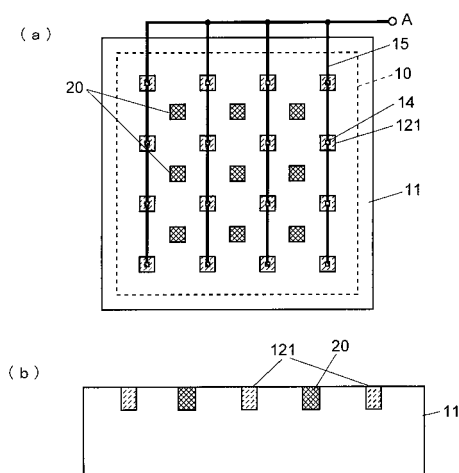
【図 6】



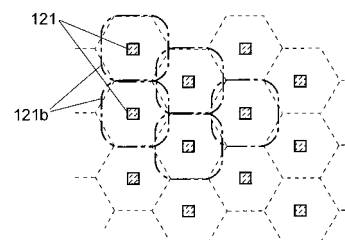
【図 7】



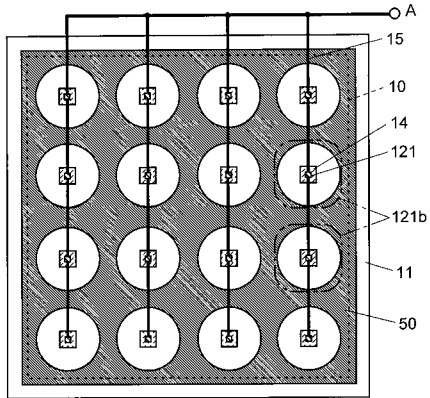
【図 5】



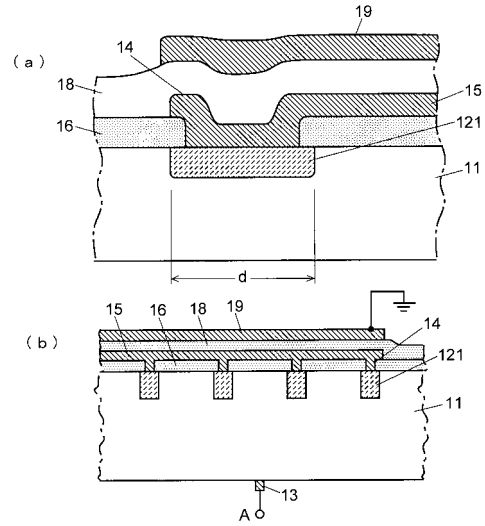
【図 8】



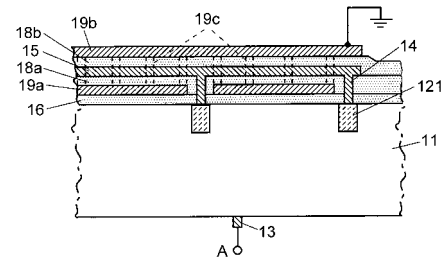
【図 9】



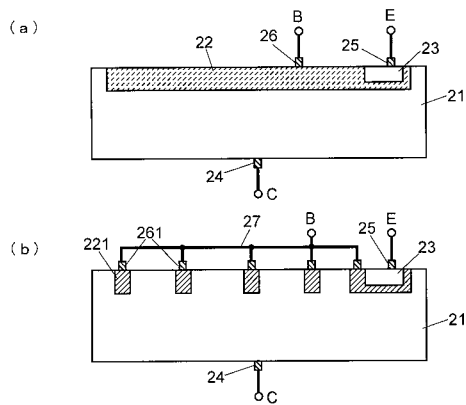
【図 10】



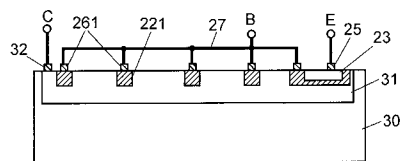
【図 11】



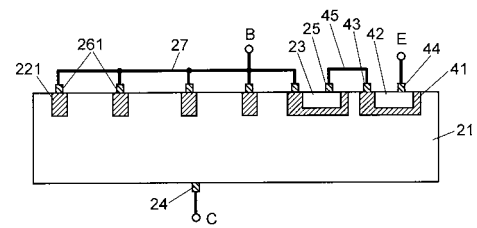
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【図 15】

