

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6774792号
(P6774792)

(45) 発行日 令和2年10月28日 (2020. 10. 28)

(24) 登録日 令和2年10月7日 (2020. 10. 7)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 L	31/10	(2006. 01)	HO 1 L 31/10 A
GO 1 J	1/02	(2006. 01)	GO 1 J 1/02 H
HO 1 L	33/02	(2010. 01)	HO 1 L 33/02
GO 2 B	6/12	(2006. 01)	GO 2 B 6/12 3 O 1

請求項の数 10 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-123281 (P2016-123281)	(73) 特許権者	303046277 旭化成エレクトロニクス株式会社 東京都千代田区有楽町一丁目1番2号
(22) 出願日	平成28年6月22日 (2016. 6. 22)	(74) 代理人	100066980 弁理士 森 哲也
(65) 公開番号	特開2017-228628 (P2017-228628A)	(74) 代理人	100103850 弁理士 田中 秀▲てつ▼
(43) 公開日	平成29年12月28日 (2017. 12. 28)	(72) 発明者	カマルゴ エジソン ゴメス 東京都千代田区神田神保町一丁目105番 地 旭化成エレクトロニクス株式会社内
審査請求日	令和1年5月9日 (2019. 5. 9)	審査官	桂城 厚

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 赤外線デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の材料で形成されて厚みが0.1 μm 以上100 μm 以下の第1の層、および波長5 μm の赤外線に対する屈折率が第1の材料よりも小さい第2の材料で形成された第2の層を有する複合基板と、

前記第1の層上に形成されて半導体積層部を有する少なくとも1つの光電変換部と、
を備え、

前記第1の層の一部は、前記光電変換部が形成されている側の前記複合基板の表面において露出している

赤外線デバイス。

【請求項 2】

前記第1の材料は、Si単結晶またはGaAs単結晶である
請求項1に記載の赤外線デバイス。

【請求項 3】

前記複合基板は、前記第1の層が存在しない側の面上に第3の材料で形成された第3の層をさらに有し、

前記第3の層の厚みは50 μm 以上1000 μm 以下である
請求項1または2に記載の赤外線デバイス。

【請求項 4】

前記第1の層の厚みは、前記第2の層の厚みよりも薄い

請求項 1 または 2 に記載の赤外線デバイス。

【請求項 5】

前記第 1 の層に接する前記光電変換部の層材料は、波長 5 μm の赤外線に対する屈折率が前記第 1 の材料の屈折率よりも大きい

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の赤外線デバイス。

【請求項 6】

前記光電変換部は、n 型半導体層および p 型半導体層を有する

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の赤外線デバイス。

【請求項 7】

前記光電変換部は、前記 n 型半導体層および前記 p 型半導体層の間に、i 型半導体層をさらに有する

10

請求項 6 に記載の赤外線デバイス。

【請求項 8】

前記光電変換部は、注入電流によって赤外線を発光する発光部、および、入射した赤外線に応じた信号を出力する又は入射した赤外線に応じた抵抗変化を示す受光部の少なくとも一方を有する

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の赤外線デバイス。

【請求項 9】

前記受光部および前記発光部は、同じ材料で形成され且つ同じ積層構造を有し、

前記材料のうち前記第 1 の層に接する前記受光部および前記発光部の材料の波長 5 μm の赤外線に対する屈折率は、前記第 1 の材料の屈折率に対する比が 0.8 以上 1.2 以下である

20

請求項 8 に記載の赤外線デバイス。

【請求項 10】

前記第 1 の材料は、抵抗率が $10\text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $1\text{ G}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下の絶縁材料である

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の赤外線デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、赤外線を受光および発光の少なくとも一方を行う赤外線デバイスに関する。

30

【背景技術】

【0002】

赤外線デバイスのうち、受光した赤外線に応じた信号を出力する赤外線受光デバイスは、光通信分野、省エネルギー分野あるいはガスセンサ等の環境分野において用いられるようになってきている。

【0003】

また、赤外線デバイスのうち、赤外線を発光する赤外線発光デバイスは、注入された電流によって発光する発光ダイオードの形態での開発が進められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0004】

【特許文献 1】特開平 9-61233 号公報

【特許文献 2】特開平 6-21507 号公報

【特許文献 3】特開平 9-231806 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来の赤外線デバイスでは、複合基板に対して垂直方向（便宜的に縦方向とも称する）から入射される赤外線の制御や、複合基板に対して縦方向に出射する赤外線の制御に着目して開発が進められている。しかし、従来の赤外線デバイスでは、複合基板に対して平面

50

方向（便宜的に横方向とも称する）から入射する赤外線や、複合基板に対して横方向に出射する赤外線の制御はあまり着目されていないのが実情である。

【0006】

例えば特許文献1には、視野角を制御するための周辺部材として開口部を有するコールドシールドが開示されているが、横方向から到来する赤外線を受光部に入射させることは困難である。特許文献2には、発光した赤外線のうち、本来意図した出射方向とは逆の方向に発光した赤外線を意図した出射方向に出射させるための周辺部材として反射層を設ける技術が開示されている。しかし、特許文献2に開示された技術では、横方向に広がっていく赤外線には着目されていない。特許文献3には、赤外線を広い面積において均一に照射するために、周辺部材として拡散板を設ける技術が開示されている。この技術は、縦方向に出射した赤外線を横方向に広げるための技術であるが、周辺部材を必要とするため、赤外線デバイスの大型化が避けられない。また、特許文献3に開示された技術では、もと

10

【0007】

本発明は、周辺部材を用いることなく複合基板に対して平面方向からの赤外線の入射および複合基板に対して平面方向への赤外線の出射の少なくとも一方を制御することが可能な赤外線デバイスを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様による赤外線デバイスは、第1の材料で形成されて厚みが $0.1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下の第1の層、および波長 $5\mu\text{m}$ の赤外線に対する屈折率が第1の材料よりも小さい第2の材料で形成された第2の層を有する複合基板と、前記第1の層上に形成されて半導体積層部を有する少なくとも1つの光電変換部と、を備え、前記第1の層の一部は、前記光電変換部が形成されている側の前記複合基板の表面において露出していることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0009】

本発明の一態様による赤外線デバイスによれば、周辺部材を用いることなく複合基板に対して平面方向からの赤外線の入射および複合基板に対して平面方向への赤外線の出射を制御することが可能になる。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本実施形態の第1構成例に係る赤外線デバイスの断面の構成例を示す図である。

【図2】本実施形態の第2構成例に係る赤外線デバイスの断面の構成例を示す図である。

【図3】本実施形態の第3構成例に係る赤外線デバイスの断面の構成例を示す図である。

【図4】本実施形態の第4構成例に係る赤外線デバイスの断面の構成例を示す図である。

【図5】本実施形態の第5構成例に係る赤外線デバイスの動作を説明するための断面の構成例を示す図である。

【図6】参考例としての赤外線デバイスの断面の構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0011】

以下、実施形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが本発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【0012】

＜赤外線デバイス＞

本発明の実施形態による赤外線デバイスは、第1の材料で形成されて厚みが $0.1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下の第1の層、および波長 $5\mu\text{m}$ の赤外線に対する屈折率が第1の材料よりも小さい第2の材料で形成された第2の層を有する複合基板と、第1の層上に形成された半導体積層部を有する少なくとも1つの光電変換部と、を備える。

50

【0013】

本実施形態による赤外線デバイスは、第1の材料で形成されて厚みが $0.1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下の第1の層、および波長 $5\mu\text{m}$ の赤外線に対する屈折率が第1の材料よりも小さい第2の材料で形成された第2の層を有する複合基板を用いることにより、複合基板に対して平面方向から入射した赤外線を効率的に光電変換部に到達させることが可能になる。また、本実施形態による赤外線デバイスは、このような複合基板を用いることにより、光電変換部から複合基板に対して平面方向に出射した赤外線を効率的に外部に出射することが可能になる。

【0014】

ここで、「複合基板に対して平面方向」とは、複合基板の平面を基準にして 45 度以下の角度の範囲の方向を意味する。

10

【0015】

また、屈折率は、各々の大小関係が定まれば特に制限されず、実際に $5\mu\text{m}$ の赤外線を適当な角度で透過させたときに進行する光線の挙動から求めてもよいし、各層の材料の屈折率の絶対値から求めてもよい。

【0016】

<複合基板>

複合基板は、第1の材料で形成されて厚みが $0.1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下の第1の層と、波長 $5\mu\text{m}$ の赤外線に対する屈折率が第1の材料よりも小さい第2の材料で形成された第2の層とを有していれば特に制限されない。第1の層の厚みが $0.1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であることにより、光電変換部へ入射した赤外線や、光電変換部から放出された赤外線の吸収が抑えられ、赤外線デバイスの性能向上が実現できる。赤外線の吸収を抑制することや、横方向に進行する赤外線を制御する観点から、光電変換部が形成される領域と光電変換部が形成されていない領域で、第1の層の厚みが異なっても良い。

20

【0017】

第1の層は光電変換部と接する層である。詳細は後述するが、光電変換部は、分子線エピタキシー (Molecular Beam Epitaxy: MBE) 法、有機金属気相成長 (Metalorganic Chemical Vapor Deposition: MOCVD) 法、または、接着法を用いて形成することが出来る。光電変換部と第1の層との界面を高い品質にする観点から、MBE法またはMOCVD法は好ましい場合がある。光電変換部をMBE法またはMOCVD法で形成する場合、光電変換部の結晶性を向上させる観点から、第1の材料は単結晶であってもよく、具体的にはSi単結晶 (屈折率約 3.4) またはGaAs単結晶 (屈折率約 3.3) であってもよい。

30

【0018】

第2の材料は、第1の材料よりも屈折率が小さい材料である。第2の層の具体的な形成材料としては、 SiO_2 (屈折率は約 1.4) や Al_2O_3 (屈折率は約 1.7) などが挙げられる。複数の光電変換部を有する赤外線デバイスの場合、第1の層をエッチングすることで複合基板側の各々の光電変換部の電氣的絶縁性を向上させる観点から、第2の層は絶縁性であってもよい。

【0019】

特に制限はされないが、電氣的絶縁性及び光学的な透過率を確保する観点から、第1の材料は、抵抗率が $10\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上 $1\text{G}\Omega\cdot\text{cm}$ 以下の絶縁材料であってもよい。複合基板に対して平行方向の赤外線を制御する観点から、光電変換部が形成されている側の複合基板の表面において第1の層の一部が露出しているもよい。すなわち、複合基板に対して平行方向の赤外線を制御する観点から、複合基板の第1の層の表面のうち、光電変換部が形成されていない表面の少なくとも一部が固体で覆われていなくてもよい。

40

【0020】

複合基板は、必要に応じて第1の層が存在しない側の面上に第3の材料で形成された第3の層をさらに有しているもよい。この場合、第3の層の厚みは、複合基板の強度を保つ観点から、 $50\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 以下であってもよい。第3の材料としては、Si、

50

ガラスあるいはGaAsなどが挙げられる。第3の材料がSiの場合、大口径のウェハーが一般的に使われるが、加工時のハンドリングの観点から、加工の段階では第3の層の厚みを500 μ m以上800 μ m以下としておき、加工工程の途中に、デバイスの最終厚みになるように薄くしても良い。また、加工の段階では第3の層を厚く（例えば800 μ m）しておき、一部の工程を通してから、加工の途中で研摩等によって第3の層を薄型化しても良い。

【0021】

第3の層を有さない場合、複合基板の強度を保つ観点から、第1の層の厚みが、第2の層の厚みよりも薄くてもよい。一例としては、第2の層として十分な厚みを有するサファイア（Al₂O₃）上に第1の層としてシリコンが形成されたSOS（Silicon on sapphire）基板が挙げられる。

10

【0022】

複合基板の他の一例としては、第2の層としての絶縁層（例えばSiO₂）の上に第1の層としてシリコンが形成されたSOI（Silicon On Insulator）基板であっても良い。SOI基板の中で、SiO₂を絶縁層にした基板もあれば、 γ アルミナを絶縁層にした基板もある。SiO₂を絶縁層にしたSOI基板である場合、大口径が実現され、一般的なLSIの製造に利用でき、高品質な複合基板が実現できる。第1の層は、高品質の結晶性が要求されると共に、前述のように、ターゲット波長帯に於いて、高い透過率を持つ必要がある。また、第3の層を有する場合は、第2の層と第3の層との界面が急峻であると好ましい場合がある。SOI基板の製造方法としては、SIMOX（separation by implantation of oxygen）や貼り合わせ法（例えばsmart cut process）が挙げられる。第3の層を有するSOI基板の場合、第2の層と第3の層との界面を急峻にするため、貼り合わせ法を用いて造られるSOI複合基板であってもよい。

20

【0023】

<光電変換部>

光電変換部は、入射した赤外線に応じた電気信号を出力する又は入射した赤外線に応じた抵抗変化を示す受光部であってもよいし、注入された注入電流によって赤外線を発光する発光部であってもよい。本実施形態の赤外線デバイスは、受光部および発光部の少なくとも一方を備えていれば特に制限されない。発光部で生成される赤外線をモニタリングする観点や、受光部の温度特性を抑制する観点から、受光部および発光部の両方を備えていてもよい。受光部および発光部は、同じ積層構造を有し、且つ、同じ材料で形成されていてもよい。受光部および発光部の両方を備えている場合、発光部で生成される赤外線のモニタリング精度や温度特性の抑制精度を向上させる観点から、材料のうち第1の層に接する受光部および発光部の材料の波長5 μ mの赤外線に対する屈折率は、第1の材料の屈折率に対する比が0.8以上1.2以下であってよく、0.9以上1.15以下であってもよい。

30

【0024】

また、複合基板に対して平面方向からの赤外線の入射および複合基板に対して平面方向への赤外線の出射の少なくとも一方を制御する観点から、第1の層に接する光電変換部の層材料の波長5 μ mの赤外線に対する屈折率が、第1の材料の屈折率よりも大きくてもよい場合がある。

40

【0025】

受光部の種類としては熱型の光電変換部であってもよいし、量子型の光電変換部であってもよい。量子型の光電変換部の一例としては、光起電力型（具体的にはフォトダイオード等）や光導電型（具体的にはフォトコンダクター等）やフォトリランジスター等が挙げられる。異なる型の光電変換部を有していてもよい。また、光電変換部は、感度および発光効率が高められるという観点から、単結晶の半導体材料から形成されていてもよい。光電変換部が半導体材料から形成されている場合、光電変換部の構成として、n型半導体層およびp型半導体層を有する積層部を含むpn接合を有する構成や、n型半導体層および

50

p型半導体層の間にi型半導体層をさらに含むp i n接合を有する構成が挙げられる。光電変換部が半導体材料を有している場合、光電変換部は、I I I族またはV族の元素から形成されてもよい。具体的な例としては1 μ mから12 μ m波長帯の赤外線吸収または放出する光電変換部であっても良い。具体的な材料としてはInSb（屈折率は約4）、AlGaSb、InAs、InAlSbおよびInAsSbなどが挙げられる。これらの材料を利用した光電変換部は、発光波長帯及び受光波長帯を数 μ mから十数 μ mまで設定することができ、非分散型赤外線（Non Dispersive InfraRed：NDIR）方式を使ったガスセンサに応用できる。

【0026】

制限はされないが、光電変換部は、単結晶成長法を利用して形成されてから、フォトリソグラフィ工程や酸によるウェットエッチング、または、反応性のドライエッチングを利用して形成することが出来る。

【0027】

以下、図面を参酌しながら本実施形態に係る赤外線デバイスをより詳細に説明する。

【0028】

（第1構成例）

図1は、本実施形態の第1構成例に係る赤外線デバイス1の断面の構成例を示す。

図1に示すように、複合基板11は、第1の層111、第2の層113および第3の層115の多層構造を有している。複合基板11は上述の複合基板に相当し、第1の層111は上述の第1の層に相当し、第2の層113は上述の第2の層に相当し、第3の層115は上述の第3の層に相当する。

【0029】

赤外線デバイス1は、複合基板11の第1の層111上に形成された光電変換部10を有している。光電変換部10は、段差を有するメサ状の半導体積層部13と、光電変換部10の接続端子として用いられる電極15及び電極17とを有している。電極15および電極17は半導体積層部13に配置されている。電極15は、電極17よりも第1の層111から離れた位置に配置されている。

【0030】

電極15、17を経由して電流を入力したり光起電力を取り出したりすることができる。光電変換部10は、PNやPINフォトダイオード構造を有していても良いし、同一型の半導体で形成されるフォトコンダクター構造を有していても良い。光電変換部10がフォトコンダクター構造を有している場合、光によって起電力が発生しないため、印加バイアスが必要となる。この場合、光導電型（フォトコンダクター）タイプでは、入力電流が複合基板11の表面に対して垂直および斜めの少なくとも一方に流れることとなる。光デバイスの設計によって、光電変換部10は、いずれかまたは両方のフォトコンダクター構造を有しても良い。

【0031】

（第2構成例）

図2は、本実施形態の第2構成例に係る赤外線デバイス2の断面の構成例を示す。なお、第1構成例による赤外線デバイス1と同様の作用・機能を奏する構成要素には同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0032】

図2に示すように、第2構成例による赤外線デバイス2では、光電変換部20として、複合基板11の表面に対して電流が主に水平方向に流れる光導電型の受光部が採用されている。光電変換部20は、複合基板11を構成する第1の層111の表面にほぼ平行に形成された平板状の半導体積層部19を有している。電極15及び電極17は、半導体積層部19の平坦な面上に第1の層111とほぼ平行に配置されている。赤外線デバイス2において、電極15および電極17を通してバイアスを印加すると、入射光強度によって光電変換部20（より具体的には半導体積層部19）の抵抗が変化する。このため、赤外線デバイス2は、このバイアスによる電圧または電流の変化を光電変換信号として取り出す

10

20

30

40

50

ことができる。

【0033】

(第3構成例)

図3は、本実施形態の第3構成例に係る赤外線デバイス3の断面の構成例を示す。なお、第1構成例による赤外線デバイス1と同様の作用・機能を奏する構成要素には同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0034】

図3に示すように、第3構成例に係る赤外線デバイス3は、2つの光電変換部30a、30bを備えている。光電変換部30aは、段差を有するメサ形状の半導体積層部13aと、光電変換部30aの接続端子として用いられる電極15a及び電極17aとを有している。電極15aおよび電極17aは半導体積層部13aに配置されている。電極15aは、電極17aよりも第1の層111から離れた位置に配置されている。光電変換部30bは、段差を有するメサ形状の半導体積層部13bと、光電変換部30bの接続端子として用いられる電極15b及び電極17bとを有している。電極15bおよび電極17bは半導体積層部13bに配置されている。電極15bは、電極17bよりも第1の層111から離れた位置に配置されている。電極15a、15bは、上記第1構成例における電極15と同様の作用・機能を奏し、電極17a、17bは、上記第1構成例における電極17と同様の作用・機能を奏する。

【0035】

光電変換部30aと光電変換部30bとの間には、エッチング部117が設けられている。エッチング部117を設けることで、光電変換部30aと光電変換部30bとの間の電氣的絶縁を向上することができる。そうすることで、光電変換部30aおよび光電変換部30b同士の直列または並列接続が容易となる。また、発光部と受光部の両方と、これらの間に設けられたエッチング部とを備える赤外線デバイスは、エッチング部を有しない場合と比較して、発光部に導入される電流の一部がリーク電流として複合基板を介して受光部に流入してしまうのを大幅に抑制できる。これにより、この赤外線デバイスは、このリーク電流によるノイズが発光部で生じることを防ぐことができる。例えば光電変換部30aが発光部であり、光電変換部30bが受光部である場合、赤外線デバイス3は、電極15aおよび電極17aの一方から導入される電流の一部がリーク電流として複合基板11を介して光電変換部30bに流入するのをエッチング部117によって大幅に抑制できる。これにより、赤外線デバイス3は、このリーク電流によるノイズが光電変換部30aに生じることを防ぐことができる。

【0036】

(第4構成例)

図4は、本実施形態の第4構成例に係る赤外線デバイス4の断面の構成例を示す。なお、第1構成例による赤外線デバイス1と同様の作用・機能を奏する構成要素には同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0037】

図4に示すように、赤外線デバイス4は、材料および組成の少なくとも一方やドーパントが異なる半導体層が積層された光電変換部40を備えている。光電変換部40は、PIN構造の半導体積層部21を有している。半導体積層部21は、段差を有するメサ状に形成されている。半導体積層部21は、複合基板11の第1の層111上に形成されたn層219と、n層219上に形成されたnバリア層217と、nバリア層217上に形成された活性層215と、活性層215上に形成されたpバリア層213と、pバリア層213上に形成されたp層211とを有している。

【0038】

活性層215は、赤外線を吸収または放出する層である。光電変換部40が例えば受光部である場合には、活性層215は赤外線を吸収する層として機能する。一方、光電変換部40が例えば発光部である場合には、活性層215は赤外線を放出する層として機能する。活性層215は、バンドギャップを変えることで、発光波長帯と受光波長帯を変える

ことができる。一例としては活性層 215 が InSb で形成されている場合、発光波長帯と受光波長帯のピーク波長は 5 μ m 付近となる。

【0039】

n バリア層 217 及び p バリア層 213 は、活性層 215 よりもバンドギャップが大きく設定されても良い。そうすると、光電変換部 40 が受光部として動作される場合、キャリアの拡散防止効果による高 S/N 比が実現でき、光電変換部 40 が発光部として動作される場合、キャリアの閉じこみによる効果によって発光効率が改善できる。また、p バリア層 213 および n バリア層 217 は異なるバンドオフセットを有しても良い。一般的に、p バリア層 213 および n バリア層 217 のバンドオフセットは、半導体積層部 21 の発光効率（光電変換部 40 が発光部として動作する場合）や受光効率（光電変換部 40 が受光部として動作する場合）が最適になるように活性層 215 の形成材料によって設定される。

10

【0040】

p 層 211 は p 型半導体で形成された層である。p 層 211 は、光電変換部 40 が受光部として動作する場合にはホールを取り出し層として動作する。一方、p 層 211 は、光電変換部 40 が発光部として動作する場合にはホール注入層として利用される。

【0041】

n 層 219 は n 型半導体で形成されている。n 層 219 は、光電変換部 40 が受光部として動作する場合には電子の取り出し層として動作する。一方、n 層 219 は、光電変換部 40 が発光部として動作する場合には電子注入層として利用される。

20

【0042】

光電変換部 40 は、半導体積層部 21 の一部を覆って設けられた絶縁層（パッシベーション層）23 を有している。絶縁層 23 は、光電変換部 40 の側面、すなわち半導体積層部 21 の側面の絶縁性を確保する役割を持つ。絶縁層 23 を形成するために使用できる具体的な材料として、例えば窒化ケイ素、酸化ケイ素およびアルミナなどが挙げられる。

【0043】

光電変換部 40 は、メタル層 25 を有している。メタル層 25 の一部は、p 層 211 上の絶縁層 23 の一部に形成されて p 層 211 の少なくとも一部を露出するコンタクトホール 251 に埋め込まれている。これにより、メタル層 25 は p 層 211 に接続される。また、メタル層 25 の他の一部は、n 層 219 上の絶縁層 23 の一部に形成されて n 層 219 の一部を露出するコンタクトホール 252 に埋め込まれている。これにより、メタル層 25 は、n 層 219 に接続される。このように、メタル層 25 は、n 層 219 及び p 層 211 とを接続するために設けられる。但し、メタル層 25 は、一の半導体積層部 21 を構成する n 層 219 と、p 層 211 とを接続するのではない。メタル層 25 は、一の半導体積層部 21 を構成する n 層 219（または p 層 211）と、他の半導体積層部 21 を構成する p 層 211（または n 層 219）とを接続するため、および外界（赤外線デバイス 4 以外のデバイスまたは回路）との電氣的接続のための少なくとも一方の目的のために設けられている。

30

【0044】

p 層 211 および n 層 219 がインジウム（In）およびアンチモン（Sb）の少なくとも一方で形成された層の場合、メタル層 25 は、金（Au）で形成されても良い。また、メタル層 25 が Au で形成されている場合、メタル層 25 と p 層 211 および n 層 219 との間の界面にチタン（Ti）層が設けられていても良い。この場合、p 層 211 および n 層 219 とメタル層 25 との密着性が改善でき、信頼性の良い赤外線デバイス 4 を実現することができる。

40

【0045】

（第 5 構成例）

図 5 は、本実施形態の第 5 構成例に係る赤外線デバイス 5 の断面の構成例を示す。図 5 は、図 4 で示した光電変換部 40 を利用した赤外線デバイス 5 の一例を示している。なお、第 1 構成例による赤外線デバイス 1 と同様の作用・機能を奏する構成要素には同一の符

50

号を付して、その説明は省略する。また、図5では、理解を容易にするため、赤外線デバイス5を構成する構成要素のハッチングの図示が省略されている。

【0046】

図5に示すように、赤外線デバイス5は、光電変換部40に隣接して設けられた開口部27を備えている。第1の層111の一部は、光電変換部40が形成されている側の複合基板11の表面において露出している。第1の層111の一部が複合基板11の表面において露出している領域が開口部27となる。

【0047】

赤外線デバイス5のように開口部27を備える構造は、光、すなわち赤外線の入射や放出の方位を複合基板11の第1の層111側で行いたい場合に有利である。その理由として、光電変換部40が受光部の場合は、次の(1)から(3)が挙げられる。

(1) メタル層25によって入射光が遮光されずに広い感知面積が実現される。

(2) 広い面積で検出した光を小さい感知部に導くことができる。または、用途の必要性に応じて、狭い面積で検出した光を広い感知部に導くこともできる。

(3) 感知平面形状と異なる平面形状を持った感知部へと光を導くことができる。

【0048】

また、光電変換部40が発光部の場合、発光した光がメタル層25に遮光されず、複合基板11の平面方向に広い発光面積が実現される。

【0049】

複合基板11の第1の層111の表面のうち、光電変換部40が形成されていない表面が外界と接する面積が自由に設計できるため、赤外線デバイス5を備える光センサの設計の自由度が高められる。

【0050】

本実施形態に係る赤外線デバイス5の光デバイス構造を利用することで、光電変換部40が形成されている面側へ光を入射または出射させることができる。図5に示すように、赤外線デバイス5は、光電変換部40が受光部として機能する場合には、開口部27を介して第1の層111に入射する赤外線ILを第2の層113で反射させて半導体積層部21に導くことができる。また、赤外線デバイス5は、光電変換部40が発光部として機能する場合には、半導体積層部21から出射する赤外線OLを第2の層113で反射させて第1の層111および開口部27を介して外界に導くことができる。このため、光デバイスの設計の自由度が大幅に上げられるため、多くの用途では設計の自由度や発光効率若しくは受光感度といった効果を発揮できる。また、第1の層111が十分に薄ければ、第1の層111での光の吸収も少なく、光吸収による損失が抑えられ、高性能の赤外線デバイス5が実現できる。

【0051】

(参考例)

図6は、参考例としての赤外線デバイス50の断面の構成例を示す。

図6に示すように、赤外線デバイス50は、光電変換部40が形成されている面側で赤外線を入射・出射できるように、複合基板31の反対の面に反射板33が形成されている。しかしながら、例えば光電変換部40から出射された赤外線OLは、反射板33で反射されるまでに複合基板31によって吸収される。このため、開口部29から出射される赤外線の強度は小さくなる。図示は省略するが、開口部29を介して光電変換部40に入射する入射光も同様に、反射板33で反射されるまでに複合基板31によって吸収される。このため、赤外線デバイス50の性能を十分に向上させることは困難である。複合基板31での赤外線OLや入射光の吸収を最小限に抑制するために、複合基板31を薄くすると、赤外線デバイス50のハンドリングが難しくなる。このため、赤外線デバイス50の製造段階で複合基板31が割れたり欠けたりしてしまい、赤外線デバイス50の生産効率が下がる。このため、複合基板31を薄くすることは望ましくなく、その結果、赤外線デバイス50の性能を十分に向上させることは困難である。

【0052】

これに対し、図5に示すように、第5構成例に係る赤外線デバイス5は、第1の層111に接する第2の層113の表面で赤外線ILや赤外線OLを反射できる。第1の層111での赤外線ILや赤外線OLの吸収を抑制するために、第1の層111を薄くしても、第2の層113および第3の層115を厚くすることによって複合基板11の全体の厚みを確保できる。このため、赤外線デバイス5は、赤外線デバイス5のハンドリングを容易にするとともに、赤外線ILや赤外線OLの光量の低下を防止して光電変換部40としての性能を向上させることができる。このように、赤外線デバイス5は、参考例としての赤外線デバイス50が有する問題を改善できる。

【0053】

また、本発明の赤外線デバイスでは、SOI構造の複合基板を利用することで、斜め方向から入射した赤外線を光電変換部に取り込みやすくなる。つまり、光電変換部が発光部の場合、横方向の発光強度を強められるし、メタル配線などで光電変換部の上面も覆えば横方向に選択的に光を出射することができる。さらに、1つの複合基板上に受光部としての光電変換部と発光部としての光電変換部とが形成される場合、発光部からの光が外乱ノイズを受けずに、受光部に一定量入射される。この効果を利用して形成された赤外線デバイスは、受光部の出力信号をモニターしながら、発光部の光量を安定化することができ、極めて小型且つ安定な光源が実現できる。

【実施例1】

【0054】

(実施例)

本実施形態の実施例に係る赤外線デバイスは、第5構成例に係る赤外線デバイス5と同様の形状を有している。このため、本実施例に係る赤外線デバイスについて、図5を参照して説明する。本実施形態の実施例に係る赤外線デバイス5は、複合基板11としてSiO₂を絶縁層(すなわち第2の層113)にしたSOI基板と、このSOI基板上に形成された光電変換部40とを備えている。このSOI基板の基板直径は100mmであり、第1の層111の厚みは15μmであり、第2の層113の厚みは5μmであり、第3の層115の厚みは600μmである。また、光電変換部40は、錫(Sn)を $7 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ドープしたInSbで形成された厚み1μmのn層219と、錫(Sn)を $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ドープしたAlInSbで形成された厚み0.02μmのnバリア層217と、亜鉛(Zn)を $6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ドープしたInSbで形成された厚み2μmの活性層215と、亜鉛(Zn)を $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ドープしたAlInSbで形成された厚み0.02μmのpバリア層213と、Znを $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ドープしたInSbで形成された厚み0.5μmのp層211とを有している。n層219、nバリア層217、活性層215、pバリア層213およびp層211は、分子線エピタキシャル成長(MBE)法により積層した。光電変換部40を段差を有するメサ状に形成するために、塩酸過水(HCl+H₂O₂+H₂O)を用いて選択的ウェットエッチングを実施した。その後、窒化シリコンをP-CVD(Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition)装置を用いて絶縁層23を形成し、赤外線デバイス5を作製した。さらに、電子ビーム蒸着装置を用いてAu/Pt/Ti(Ti、Pt、Auの順で積層)構造を有するメタル層25を形成した。

【0055】

(比較例1)

基板として厚さ500μmのSi基板を用いた以外は、実施例と同様の方法で赤外線デバイスを作製した。

【0056】

(比較例2)

基板裏面に厚さ100nmのアルミ反射層を形成した以外は、比較例1と同様の方法で赤外線デバイスを作製した。

【0057】

(比較例3)

絶縁層を形成した後にSiを厚さが40 μmになるようにエッチングし、次いで光電変換部を形成しようとしたが、MBE法による結晶成長の工程中に基板が割れてしまい、赤外線デバイスを作製することはできなかった。

【0058】

＜実施例と比較例1, 2との性能比較＞

【0059】

実施例に係る赤外線デバイス5では、外界から活性層215へ効率よく光を導入したり、活性層215から外界へ効率よく光を導出することができた。これに対し、比較例1に係る赤外線デバイスでは、光が基板に吸収されてしまい、実施例に係る赤外線デバイス5と比較して、光の導出および導入効率が低下した。また、比較例2に係る赤外線デバイスでは、一部の光が反射板によって反射され、基板厚み1000 μm相当(500 μmの往復)の吸収が生じて光が減衰され、実施例に係る赤外線デバイス5と比較して性能が大幅に衰えた。

10

【0060】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【0061】

特許請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。特許請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず、」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

20

【産業上の利用可能性】

【0062】

本発明の赤外線デバイスは、フォトカプラー、人感センサ、液体物質濃度測定装置、ガスセンサ等の赤外光の受光および発光の少なくとも一方を行う装置等に好適に用いることが出来る。

30

【符号の説明】

【0063】

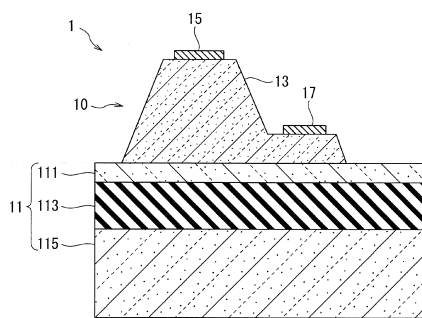
- 1, 2, 3, 4, 5, 50 赤外線デバイス
- 10, 20, 30a, 30b, 40 光電変換部
- 11, 31 複合基板
- 13, 13a, 13b, 19, 21 半導体積層部
- 15, 15a, 15b, 17, 17a, 17b 電極
- 23 絶縁層
- 25 メタル層
- 27, 29 開口部
- 33 反射板
- 111 第1の層
- 113 第2の層
- 115 第3の層
- 117 エッチング部
- 211 p層
- 213 pバリア層
- 215 活性層
- 217 nバリア層
- 219 n層

40

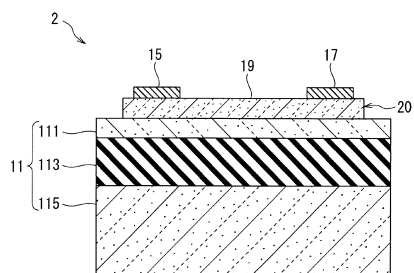
50

251, 252 コンタクトホール

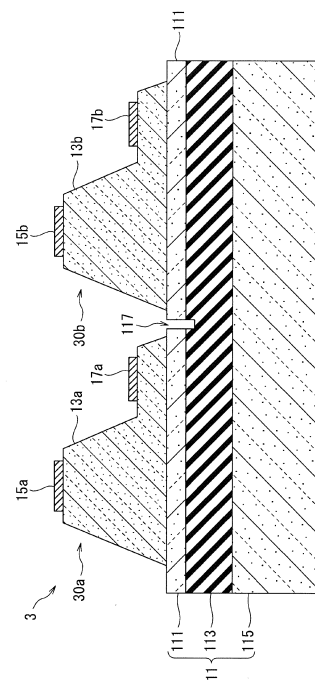
【図1】



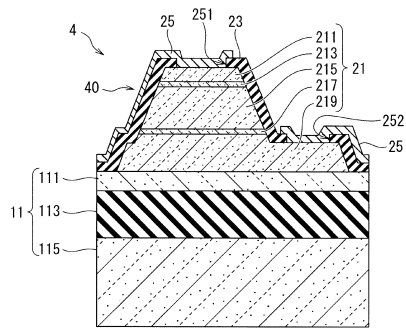
【図2】



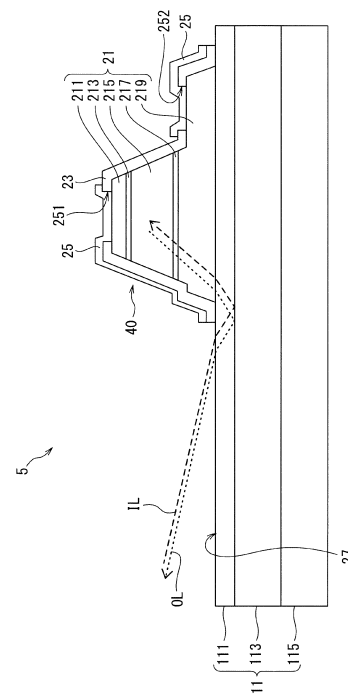
【図3】



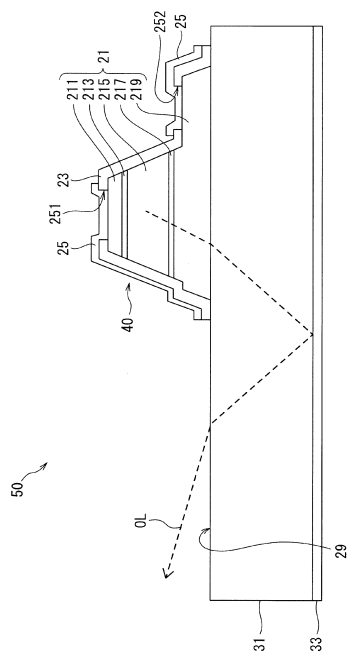
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2014-216389 (JP, A)
特開2011-180555 (JP, A)
特開2013-068692 (JP, A)
特開2015-216169 (JP, A)
特開2015-216231 (JP, A)
特開2014-123593 (JP, A)
特開平04-284676 (JP, A)
特開2007-081225 (JP, A)
特開2016-050833 (JP, A)
特開平08-255923 (JP, A)
国際公開第2013/088490 (WO, A1)
特開2015-179748 (JP, A)
米国特許出願公開第2016/0141455 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 31/00-31/0392
H01L 31/08-31/119