

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6042482号
(P6042482)

(45) 発行日 平成28年12月14日 (2016. 12. 14)

(24) 登録日 平成28年11月18日 (2016. 11. 18)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 31/0232 (2014. 01)	HO 1 L 31/02 D
HO 1 L 31/10 (2006. 01)	HO 1 L 31/10 A
GO 1 N 21/64 (2006. 01)	GO 1 N 21/64 G

請求項の数 21 外国語出願 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2015-89786 (P2015-89786)	(73) 特許権者	515114201
(22) 出願日	平成27年4月24日 (2015. 4. 24)		體學生物科技股▲ふん▼有限公司
(65) 公開番号	特開2015-222810 (P2015-222810A)		台灣 1 0 5 9 6 臺北市松山區民生東路3段
(43) 公開日	平成27年12月10日 (2015. 12. 10)		1 3 8 號6樓
審査請求日	平成27年4月24日 (2015. 4. 24)	(74) 代理人	100101454
(31) 優先権主張番号	61/984, 389		弁理士 山田 卓二
(32) 優先日	平成26年4月25日 (2014. 4. 25)	(74) 代理人	100081422
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 田中 光雄
		(74) 代理人	100100479
			弁理士 竹内 三喜夫
		(74) 代理人	100112911
			弁理士 中野 晴夫
		(72) 発明者	遊 騰健
			台灣 3 0 0 新竹市北區光華二街7 2 巷3 8
			- 1 8 號5 F - 2

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光センサおよびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

前側と裏側とを含む半導電性ブロックと、

前記半導電性ブロックの前記裏側に配置され、コア層を含み、入射光を導くように構成された導波路領域と、

前記半導電性ブロックにあり、多重接合フォトダイオードを含み、放射光を検出するように構成された光検出領域と、

前記半導電性ブロックの前記前側に配置され、前記光検出領域と結合するように構成された相互接続領域と、を含む光センサ。

【請求項 2】

前記導波路領域は、上部クラッド層と下部クラッド層とを含み、前記下部クラッド層と前記上部クラッド層との膜厚の間の比は、約 1 から約 2 である請求項 1 に記載の光センサ。

【請求項 3】

前記多重接合フォトダイオードは、前記前側に最も近い第 1 の接合と、前記前側から最も遠い第 2 の接合とを含み、前記第 1 の接合から前記第 2 の接合までの距離は、約 2 マイクロメートルから約 3 マイクロメートルである請求項 1 に記載の光センサ。

【請求項 4】

前記多重接合フォトダイオードは、第 2 の水平接合より前記前側に近い第 1 の水平接合を含み、前記第 1 の水平接合は、前記第 2 の水平接合より小さい請求項 1 に記載の光セン

10

20

サ。

【請求項 5】

前記コア層は第 1 の屈折率を含み、クラッド層は第 2 の屈折率を含み、前記第 2 の屈折率は前記第 1 の屈折率より小さい請求項 1 に記載の光センサ。

【請求項 6】

前記導波路領域はフィルタ層を含み、前記フィルタ層は前記裏側と前記コア層との間に配置される請求項 1 に記載の光センサ。

【請求項 7】

前記多重接合フォトダイオードは、
前記前側に最も近い第 1 の接合と、
前記裏側に最も近い第 2 の接合と、
前記第 1 の接合と前記第 2 の接合との間の第 3 の接合と、を含み、
前記裏側から前記第 1 の接合、前記第 2 の接合、および前記第 3 の接合までのそれぞれの距離の比は、約 4 : 1 : 2 から約 9 : 1 : 3 の範囲である請求項 1 に記載の光センサ。

【請求項 8】

前記多重接合フォトダイオードは、第 1 の所定の距離で前記裏側から離れて配置される第 2 の接合を含み、前記第 1 の所定の距離は、約 200 nm から約 500 nm の範囲である請求項 1 に記載の光センサ。

【請求項 9】

前記多重接合フォトダイオードは、第 2 の所定の距離で前記裏側から離れて配置される第 1 の接合を含み、前記第 2 の所定の距離は、約 2.5 μm から約 3 μm の範囲である請求項 8 に記載の光センサ。

【請求項 10】

前記コア層の上にあるクラッド層を更に含み、前記クラッド層はナノウエルを含む請求項 1 に記載の光センサ。

【請求項 11】

前記コア層の上にある被覆層を更に含み、前記被覆層は金属または金属酸化物を含む請求項 1 に記載の光センサ。

【請求項 12】

前記コア層の上にある被覆層を更に含み、前記被覆層はアルミニウムまたは酸化アルミニウムを含む請求項 1 に記載の光センサ。

【請求項 13】

前側を含む半導電性ブロックと、
コア層を含み、入射光を導くように構成された導波路領域と、
放射光を検出するように構成された光検出領域と、
前記前側の上にあり、前記光検出領域と結合するように構成された相互接続領域と、を含み、
前記相互接続領域は、前記光検出領域と前記導波路領域との間にある光センサ。

【請求項 14】

前記導波路領域は、クラッド層を含む請求項 13 に記載の光センサ。

【請求項 15】

前記クラッド層は、ナノウエルを含む請求項 14 に記載の光センサ。

【請求項 16】

前記クラッド層は、単分子を含む検体を受けるように構成されたサンプル保持部分を含む請求項 14 に記載の光センサ。

【請求項 17】

前記コア層は、格子構造を含む請求項 13 に記載の光センサ。

【請求項 18】

前記コア層は、約 150 ナノメートルに約 5 ~ 10 % を加える所定の厚さを含む請求項 13 に記載の光センサ。

10

20

30

40

50

【請求項 19】

前記光検出領域は、多重接合フォトダイオードを含み、前記多重接合フォトダイオードは前記前側と接触する接合を含む請求項 13 に記載の光センサ。

【請求項 20】

前記導波路領域の上部にある被覆層を更に含み、前記被覆層は前記導波路領域を露出させる開口を含み、前記被覆層は金属または金属酸化物を含む請求項 13 に記載の光センサ。

【請求項 21】

前記開口は前記入射光の波長より小さい幅を含む請求項 20 に記載の光センサ。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本開示は、光センサおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

光センサは、カメラ、スキャナ、コピー等のような様々な応用や製品に広く使用されている。様々な技術分野で使用される光センサは、異なる目的を持って設計される。異なるタイプの改良が、適切な技術分野に適用される。

【0003】

光センサの性能の改良と小型化のために、光センサの多くのデザインが採用された。性能を評価するための 1 つの方法は、光センサの量子効率を測定することである。量子効率は、電荷キャリアを生成する光センサに衝突するフォトンの割合である。これは、光センサの、光に対する電気感度の測定である。

20

【図面の簡単な説明】

【0004】

本開示の態様は、添付の図面とともに読んだ場合に、以下の詳細な説明から良く理解できる。なお、業界での標準的な慣習に従って、様々な特徴は縮尺通りには記載されていない。実際、様々な特徴の寸法は、検討を明確にするために、任意に大きくまたは小さくされてもよい。

【0005】

30

【図 1】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの断面図である。

【図 2】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの断面図である。

【図 3】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの断面図である。

【図 4】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの断面図である。

【図 5】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である。

【図 6】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である。

【図 7】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である。

【図 8】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である。

【図 9】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である。

【図 10】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である

40

。

【図 11】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である

。

【図 12】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である

。

【図 13】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である

。

【図 14】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である

。

【図 15】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である

50

- 。
- 【図 1 6】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である
- 。
- 【図 1 7】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である
- 。
- 【図 1 8】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である
- 。
- 【図 1 9】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である
- 。
- 【図 2 0】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である 10
- 。
- 【図 2 1】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である
- 。
- 【図 2 2】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である
- 。
- 【図 2 3】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である
- 。
- 【図 2 4】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である
- 。
- 【図 2 5】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である 20
- 。
- 【図 2 6】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である
- 。
- 【図 2 7】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である
- 。
- 【図 2 8】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である
- 。
- 【図 2 9】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの製造方法の工程の断面図である
- 。
- 【図 3 0】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの断面図である。 30
- 【図 3 1】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの断面図である。
- 【図 3 2】本開示のいくつかの具体例にかかる光センサの断面図である。
- 【詳細な説明】
- 【0006】
- 以下の開示は、例えば与えられた主題の異なる特徴を実施するための多くの異なった具体例を提供する。構成要素と配置の特定の例は、本開示を単純化するために以下に記載される。もちろん、それらは単に例示であり、限定することを意図しない。例えば、以下に続く説明中で、第 2 の特徴の上方または上への第 1 の特徴の形成は、第 1 の特徴と第 2 の特徴とが直接接触して形成される具体例を含み、さらに第 1 の特徴と第 2 の特徴とが直性接触しないように、第 1 の特徴と第 2 の特徴との間に追加の特徴を形成する具体例を含ん 40
- でも良い。加えて、本開示は、様々な例で、参照番号および／または参照文字を繰り返す。この繰り返しは、単純化および明確化を目的とし、それ自身は、検討されるさまざまな具体例および／または構造の間の関係を決定するものではない。
- 【0007】
- 更に、空間的に相対的な用語、例えば「真下に (beneath)」、「下に (below)」、「より低い (lower)」、「上に (above)」、「上方の (upper)」等は、ここでは、図中に示されたような、1 つの要素または特徴の、他の要素または特徴に対する関係を記載するための説明を容易にするために使用される。空間的に相対的な用語は、図に記載された配置に加えて、使用または工程中のデバイスの異なる配置を含むことを意図する。そうでなければ、装置は、(90 度回転して、または他の配置に) 配置しても良く、ここで使用 50

される空間的に相対的な記述は、同じようにそれに応じて解釈しても良い。

【0008】

正面照射光バイオセンサのような正面照射画像センサでは、バイオ検体から放射光は、金属の相互接続とこれを囲む誘電体材料のような導電性材料を通して移動し、放射光を検出するために設計された光検出領域に到達する。金属の相互接続は、光を阻止または散乱させることができ、必然的に光強度を減衰させ、低い感度を示す。

【0009】

バイオ検体と相互接続との間にフォトダイオードを配置することにより、光素子は、画像センサの電氣的素子から分離される。検体からの光は、金属の相互接続により阻止されず、光の損失は減少し、高い量子効率が達成できる。検体に近い光検出領域を有することにより、光検出領域は、より強度の高い検出される光に露出する。

10

【0010】

図1は、相互接続領域73、導波路領域200、および光検出領域55を含む光センサ100を表す。いくつかの具体例では、導波路領域200は、相互接続領域73の上、および／または光検出領域55の上にある。光検出領域55は、導波路領域200と相互接続領域73にある。光検出領域55は、導波路領域200の下にあり、相互接続領域73の上にある。半導電性ブロック511は、エピタキシ領域51中のエピタキシ層を含む。いくつかの具体例では、半導電性ブロック511は、半導電性材料から形成される層を含む。光検出領域55は、エピタキシ領域51中であっても良い。半導電性ブロック511は、前側S1および裏側S2を含む。いくつかの具体例では、導波路領域200は、半導電性ブロック511の裏側S2の上にある。相互接続領域73は、前側S1に近接するか接触する。

20

【0011】

図1を参照して、光8は、挿入部分20で格子構造21の上に入射する。いくつかの具体例では、誘電体層28は、格子構造21の上にリセスを含み、誘電体層27中の格子構造21が露出し、光8は誘電体層27の上に直接入射する。いくつかの具体例では、光8は、約450ナノメートルから約550ナノメートルの波長の範囲を含む。光8は、挿入部分20から伝わり、導波路部分278の中を伝わる。光8は、誘電体層27の中に殆ど閉じ込められる。光8は、導波路領域200の中を伝わるレーザ光でも良い。光8は、誘電体層27中を伝達する入射光でも良い。いくつかの具体例では、誘電体層27は、導波路領域200のコア層27である。導波路領域200は、光8を、光源（図示せず）から導波路領域200のコア層27まで導く。光8は、導波路領域200のサンプル保持部分23に到達し、検体231を照射する。光8は、導波路領域200の中のコア層27中に閉じ込められるため、光8は、それ自身で、サンプル保持部分23に配置された検体231と積極的に相互作用しない。いくつかの具体例では、光8のエバネセント波が、コア層27の上の検体231と結合する。光8のエバネセント波に対応して、検体231は、蛍光光のような所定の波長の光を放射する。放射された蛍光光の波長は、例えば検体231中の材料の特徴である。例えば、いくつかの具体例では、検体231は、例えば光81、光82、および光83のような異なった波長の蛍光光を放射する。光81、82、83は、導波路領域200の底部近傍のフィルタ層30を通る。換言すれば、フィルタ層30は、検体231から放射した波長に対して透明である。いくつかの具体例では、光81、82、83はフィルタ層30を通過してエピタキシ領域51に伝わる。

30

40

【0012】

いくつかの具体例では、フィルタ層30は、所定の波長の範囲を阻止するフィルタである。いくつかの具体例では、フィルタ層30は、光81、82、および83の波長より、小さいか、または大きい波長の光をフィルタするように設計され、フィルタ30は、光81、82、および83に対して透明であるが、光8に対しては不透明である。光81、82、および83はエピタキシ領域51を通過して、光検出領域55に入る。

【0013】

光検出領域55は、導波路領域200からの放射光のような光を検出する。光検出領域

50

55では、光81、82、および83のような放射光が異なる領域552、554、557にそれぞれ吸収される。特に、光81、82、および83は、領域552と領域553、領域554と領域555、および領域557とエピタキシ領域51の接続部でそれぞれ吸収される。いくつかの具体例では、領域557は、深いウエル領域557と呼ばれる。いくつかの具体例では、領域554は、中間のウエル領域554と呼ばれ、領域552は、浅いウエル領域552と呼ばれる。それぞれの領域552、554、557のそれぞれの量子効率、異なる光の波長で異なる。例えば、領域557近傍の量子効率は、光81の波長に対して、光82、83の波長のような他の光の波長に対してより大きい。光81の殆どは、領域557の近傍で吸収される。いくつかの具体例では、光81、82、83の波長は、それぞれの最も短いものから最も長いものまで、増加する順番である。いくつかの具体例では、光81は、約450nmから約550nmであり、光82は約550nmから650nmであり、光83は約650nmから約800nmである。

10

【0014】

光81は、領域552、554、または557の中の光検出素子により、データ情報に変換される。領域557に吸収された光81は、領域557の中で電荷キャリアに変換される。いくつかの具体例では、電荷キャリアは正または負である。電荷キャリアは、コンタクトプラグ551、559または558に流れ、検体231の特徴についての情報を、更なる処理および／または出力のために、相互接続領域732中の回路に伝える。

【0015】

電荷キャリアは、それぞれの領域552、554、および557の中の多量にドーピングされた領域551、558、および559を通して、第1層バイア71にそれぞれ移動する。いくつかの具体例では、第1層バイアはコンタクトとして機能しても良い。例えば、電荷キャリアは、領域552から、領域552中の多量にドーピングされた領域551に伝達される。いくつかの具体例では、多量にドーピングされた領域551と領域552は、例えばp型またはn型のドーパントのような、同じ型のドーパントを含む。

20

【0016】

いくつかの具体例では、領域552、554、または557は、多量にドーピングされた領域551、558、または559を通して、トランジスタ59のような他の半導体デバイスに結合される。いくつかの具体例では、多量にドーピングされた領域551、558、または559は、コンタクト71または相互接続72を通して、トランジスタ59のような他の半導体デバイスに結合されても良い。データ情報は、トランジスタ59から相互接続領域73中の回路に伝達される。相互接続領域73は、前側S1近傍の光検出領域55中の多重接合フォトダイオードに結合される。多重接合フォトダイオードは、前側S1に接触する複数の接合を有する前側S1に接近する。いくつかの具体例では、複数のトランジスタ59は複数の光検出領域55に結合され、複数のサンプル保持部分23中の検体231についてのさまざまなデータ情報を伝達する。トランジスタ59は、前側S1で接する。いくつかの具体例では、光センサ100中の他のトランジスタは、トランジスタ59と同様に構成される。

30

【0017】

トランジスタ59は、光検出領域55中の光検出素子に結合され、更なる処理および／または出力のために、画像データを回路に伝達する。いくつかの具体例では、光検出素子は、光検出ダイオードを含む。いくつかの具体例では、光検出ダイオードは領域557および555を含む。

40

【0018】

いくつかの具体例では、誘電体層28は、 SiO_2 のような材料を含む上部クラッド層である。いくつかの具体例では、誘電体層27は、 Ta_2O_5 または SiON のような材料を含むコア層27の中にある。いくつかの具体例では、相互接続72またはバイア構造25は、アルミニウム、銅、窒化チタン、タングステン、チタン、タンタル、窒化タンタル、ニッケルシリサイド、コバルトシリサイド、 TaC 、 TaSiN 、 TaCN 、 TiAl 、 TiAlN 、他の好適な導電性材料、および／またはそれらの組み合わせから形成さ

50

れる。

【0019】

いくつかの具体例では、誘電体層28は被覆層により置き換えられる。いくつかの具体例では、被覆層は、金属または金属酸化物を含む。金属は、アルミニウムを含み、金属酸化物は、二酸化アルミニウムを含む。いくつかの具体例では、ガラス層が、被覆層とコア層27の間にある。コア層27の上を配置される被覆層は、サンプル保持部分23のようなナノウエルを含む。

【0020】

光センサ領域55は、様々な波長の光を検出するための多重接合フォトダイオードである。いくつかの具体例では、半導電性ブロック511は、p型ドーパントのような第1導電型のドーパントをエピタキシ領域51中に含む。領域557は、n型ドーパントのような第2導電型のドーパントを含む。領域555は、第1導電型のドーパントを含む。いくつかの具体例では、領域555のような半導体層は、ウエル領域である。領域554は、第2導電型のドーパントを含む。領域553は、第1導電型のドーパントを含む。いくつかの具体例では、領域553はウエル領域である。領域552は、第2導電型のドーパントを含む。それぞれの半導体層の導電型は、デザイン要素として交互に入れ替えることができる。多量にドーピングされた領域551、558、または559は、第2導電型のドーパントを含む。いくつかの具体例では、多量にドーピングされた領域551、558、または559のドーピング濃度は、約 1.0×10^{18} から $1.0 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ である。多量にドーピングされた領域551、558、または559は、裏側S2より、前側S1に近い。いくつかの具体例では、多量にドーピングされた領域551、558、または559は、前側S1と接触する。

【0021】

領域552、553、554、555、または557は、ドーピング領域570の薄い層を含む。ドーピング領域570は、前側S1と接触する。いくつかの具体例では、ドーピング領域570は、多量にドーピングされた領域551、558、または559より薄い。いくつかの具体例では、ドーピング領域570のドーピング濃度は、約 1.0×10^{18} から $1.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ である。いくつかの具体例では、ドーピング領域570は、光検出領域55中の他の領域より高いドーピング濃度を含む。ドーピング領域570は、相互接続領域73のような外部環境への電荷の拡散を回避する。ドーピング領域570は、前側S1に近い表面欠陥を分離することにより暗電流を低減する。

【0022】

いくつかの具体例では、エピタキシ領域51のいくつかの領域、および領域552、553、554、555、または557の中のドーピング濃度は、約 1.0×10^{15} から $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ である。いくつかの具体例では、第1導電型のドーパントはホウ素のようなp導電型のドーパントである。エピタキシ領域51は軽くドーピングされたエピタキシであり、エピタキシ領域51中の第1導電型のドーパントのドーピング濃度は、半導電性ブロック511の他の部分中の所定のドーピング濃度より少ない。いくつかの具体例では、エピタキシ領域51は、正の導電型のドーパントのドーピング濃度に対してSiGeから形成される。いくつかの具体例では、エピタキシ領域51は、負の導電型のドーパントのドーピング濃度に対してSiCからなる。いくつかの具体例では、エピタキシ領域51は、SiGeまたはSiCの濃度プロファイルを含む。

【0023】

領域557、554、または552は、所定のドーピング濃度の、例えばリンのような第2導電型のドーパントを含む。いくつかの具体例では、所定のドーピング濃度は、実質的に同じである。いくつかの具体例では、所定のドーピング濃度は、エピタキシ領域51中の第1導電型のドーパントのドーピング濃度より実質的に大きい。

【0024】

領域555または553は、所定のドーピング濃度の、例えばホウ素のような第1導電型のドーパントを含む。いくつかの具体例では、所定のドーピング濃度は、実質的に同じ

である。いくつかの具体例では、領域 555 または 553 中の第 1 導電型のドーパントのドーピング濃度は、領域 557、554、または 552 中の第 2 導電型のドーパントの所定のドーピング濃度より、実質的に大きい。

【0025】

いくつかの具体例では、前側 S1 により近い領域 557、554、または 552 の部分は、領域 557、554、または 552 の他の部分より、それぞれ、より高いドーピング濃度を有する。換言すれば、領域 557、554、または 552 は、それぞれの領域内で、ドーパントの濃度勾配を含んでも良い。多量にドーピングされた領域 559、558、または 551 に近い領域 557、554、または 552 の部分は、外部の接続に対して、領域 557、554、または 552 の端子として機能する。いくつかの具体例では、多量にドーピングされた領域 559、558、または 551 は、例えば金属または他の導電性材料のような材料を含む。

10

【0026】

エピタキシ領域 51 は、前側 S1 の近傍に分離領域 52 を含む。いくつかの具体例では、分離領域 52 は、シャロートレンチ分離 (STI) 構造またはシリコンの局所酸化 (LOCOS) 構造である。分離領域 52 は、エピタキシ領域 51 中、または半導電性ブロック 511 中で、様々な素子または領域を互いに規定および分離する。例えば、分離領域 52 は、隣接する光検出領域 55 を互いに分離し、光検出領域 55 をトランジスタ 59 から分離し、または回路のいくつかの構成を他から分離する。いくつかの具体例では、分離領域 52 は、誘電体材料から形成される。

20

【0027】

トランジスタ 59 は、エピタキシ領域 51 の前側 S1 に配置される。トランジスタ 59 は、ゲート構造 58、ソース領域 53、およびドレイン領域 54 を含む。ゲート構造 58 は、ゲート誘電体 56 およびゲート電極 57 を含む。

【0028】

ゲート誘電体 56 は、高 k 誘電体層 (high-k dielectric layer) またはその組み合わせからなる。ゲート誘電体 56 は、酸化ハフニウム (HfO) または酸化ハフニウムシリコン (HfSiO) のようないずれかの好ましい誘電体材料から形成される。

【0029】

トランジスタ 59 のゲート構造 58、ソース領域 53、およびドレイン領域 54 は、これ以降において「コンタクト」71 と呼ぶ、複数の第 1 層バイアに結合される。コンタクト 71 は、誘電体層 70 を貫通し、ゲート構造 58、ソース領域 53、およびドレイン領域 54 のいくつかの部分に接続する。コンタクト 71 は、ソース領域 53、ドレイン領域 54、または光検出領域 55 の下の、前側 S1 の部分と接触する。いくつかの具体例では、コンタクト 71 および誘電体層 70 は、中間層誘電体 (ILD) 層 75 中にある。ILD 層 75 は、トランジスタ 59 および光検出領域 55 の下にある。トランジスタ 59 は、光検出領域 55 に近接する。相互接続領域 73 は、トランジスタ 59、ILD 層 75、誘電体層 70、および相互接続 72 を含む。簡潔のために、バイア構造および金属線は、本開示中では相互接続として一般化する。相互接続領域 73 は、前側 S1 の下にある。

30

【0030】

図 2 は、光センサ中の様々なパラメータを示す。導波路領域 200 において、サンプル保持部分 23 は、所定の距離だけ、裏側 S2 の上にある。いくつかの具体例では、所定の距離は、膜厚 TH27 と TH28 の合計である。誘電体層 28 は、膜厚 TH28 を含む。誘電体層 27 は、膜厚 TH27 を含む。いくつかの具体例では、膜厚 TH27 は、約 150 ナノメートルに約 5~10 パーセントを加えたものである。いくつかの具体例では、フィルタ層 30 は、裏側 S2 とコア層 27 との間にある。フィルタ層 30 は、膜厚 TH30 を含む。いくつかの具体例では、膜厚 TH30 は約 2 マイクロメートルである。いくつかの具体例では、フィルタ層 30 は、光 8 の異なる波長をフィルタするように設計された、いくつかの誘電体層の多重スタックを含み、光 8 がエピタキシ領域 51 に入ることを阻止する。いくつかの具体例では、誘電体層のスタックは、代替りの配置として、SiO₂/Ta

40

50

$2O_5$ を含む。

【0031】

サンプル保持部分23は、幅W23を含むナノウエルである、サンプル保持部分23は、誘電体層28の膜厚TH28と実質的に等しい高さを含む。いくつかの具体例では、膜厚TH28は、約330ナノメートルに約10パーセントを加え、または減じたものである。いくつかの具体例では、膜厚TH28と膜厚TH27との間の比は、約2である。

【0032】

ILD層75は、エピタキシ領域51の前側S1に接触する。界面S45は、エピタキシ領域51と光検出領域55との間にある。検体231は、所定の高さH235だけ、光検出領域55の上面の上にある。所定の高さTH235は、膜厚TH27、膜厚TH30、および高さH551の合計と殆ど同じである。高さH551は、裏側S2から、光検出領域55の界面S45までである。

10

【0033】

光検出領域55は、半導電性ブロック511の裏側S2と前側S1との間にある。光検出領域55は、多重接合フォトダイオードを含む。多重接合フォトダイオードは、領域552、553、554、555、および557のような半導体層を含む。

【0034】

光検出領域55は、高さH55および幅557を含む。高さH55は、前側S1から、エピタキシ領域51と領域557との間の界面S45までである。幅W557は、領域557の幅である。いくつかの具体例では、高さH551は、約0.2マイクロメートルから約0.5マイクロメートルである。

20

【0035】

高さH551、H557、およびH555の合計は、裏側S2から、領域555と領域554の間の接合までの距離である。いくつかの具体例では、その合計は、約0.5マイクロメートルから約1.5マイクロメートルである。光81、82、または83の異なる波長は、光検出領域55中で異なる貫通深さを有する。高さH551、H557、H555、H554、およびH553の合計は、裏側S2から、領域553と領域552の間の接合までの距離である。いくつかの具体例では、その合計は、約2.5マイクロメートルから約3マイクロメートルである。高さH55と高さH551の合計は、半導電性ブロック511の高さと殆ど同じである。いくつかの具体例では、半導電性ブロック511の高さは、約2.5マイクロメートルから約5マイクロメートルである。

30

【0036】

いくつかの具体例では、領域557、555、または554は、垂直部分と水平部分とを含む。水平部分は、実質的に前側S1に平行である。前側S1は、誘電体層70とエピタキシ領域51との界面である。

【0037】

エピタキシ領域51と領域557との間の界面は、p-n接合である。いくつかの水平界面は、領域557の水平部分と領域555の水平部分の間、領域555の水平部分と領域554の水平部分の間、領域554の水平部分と領域553の水平部分の間、および領域553の水平部分と領域552の水平部分の間、のp-n接合である。いくつかの垂直界面は、領域557の垂直部分と領域555の垂直部分の間、領域555の垂直部分と領域554の垂直部分の間、領域554の垂直部分と領域553の垂直部分の間、領域553の垂直部分と領域552の垂直部分の間の、トランジスタ59に近いp-n接合である。光検出領域55は、異なる界面で、様々な波長の光を検出できる多重接合フォトダイオード構造である。光の異なる波長は、光検出領域55中で異なる侵入深さを有する。多重接合フォトダイオードは、シリコンの光吸収特性に基づく複数の波長検出を含む。例えば、領域553に囲まれた領域552は、第1のフォトダイオードで、領域555と領域553に囲まれた領域554は、第2のフォトダイオードで、エピタキシ領域51に囲まれた領域557は、第3のフォトダイオードである。

40

【0038】

50

光検出領域 5 5 は、サンプル保持部分 2 3 から異なる深さにある領域 5 5 2、5 5 3、5 5 4、5 5 5、および 5 5 7 を含む多重接合フォトダイオード構造であり、光の異なる波長を検出するために使用される。より長い波長を有する光は、第 3 のフォトダイオードのような、サンプル保持部分 2 3 からより遠くに配置されたフォトダイオードにより、より多く検出される。より短い波長を有する光は、第 1 のフォトダイオードのような、サンプル保持部分 2 3 からより近くに配置されたフォトダイオードにより、より多く検出される。

【0039】

いくつかの具体例では、それぞれの領域 5 5 2、5 5 3、5 5 4、5 5 5、または 5 5 7 の構造は、高さ H 5 5 の測定と平行な、または前側 S 1 に直交する、共通の軸を有する。いくつかの具体例では、図 1 7 に示すように、光検出領域 5 5 中のフォトダイオードの周囲を囲む、高いドーパント濃度の多量にドーブされた領域 5 7 9 があり、外部の回路からの騒音影響、および他の隣接するフォトダイオードからのクロストークを防止する。多量にドーブされた領域 5 7 9 は、フォトダイオードのいくつかの内部暗電流を低減する。

【0040】

図 3 は、コア層 2 7 の下に誘電体層 2 8 2 が加えられた以外は図 1 と同じである。違いについて以下で簡単に検討する。

【0041】

コア層 2 7 の下の誘電体層は、膜厚 T H 2 8 2 を含む。誘電体層 2 8 2 は、コア層 2 7 の下の下部クラッド層である。いくつかの具体例では、膜厚 T H 2 8 2 は、膜厚 T H 2 7 または T H 2 8 より実質的に大きく、誘電体層 2 8 2 は、誘電体層 2 7 を保持するサポートを提供する。いくつかの具体例では、サンプル保持部分 2 3 から裏側 S 2 までの距離は、膜厚 T H 2 7、T H 2 8 2、および T H 3 0 の合計と殆ど同じである。その合計は、約 3 マイクロメートルである。表面光センサ中の構造として、導波路領域 2 0 0 と光検出領域 5 5 との間に相互接続領域 7 3 を配置する代わりに、導波路領域 2 0 0 と相互接続領域 7 3 との間に光検出領域 5 5 を配置することにより、裏面光センサ中の高さ H 2 5 2 が低減される。そのような配置では、光 8 1、8 2、または 8 3 のような検体 2 3 1 からの蛍光は、光検出領域 5 5 まで、低減された距離を伝わる。サンプル保持部分 2 3 の近傍に光検出領域 5 5 を配置することにより、界面 S 4 5、S 5 3 4、または S 5 2 3 に到達する蛍光の強度が増加する。増加した強度は、光センサ 1 0 0 の量子効率を増加させる。相互接続領域 7 3 を、導波路領域 2 0 0 から、光検出領域 5 5 より遠くに配置することにより、コンタクト 7 1 またはバイア構造 2 5 のような電気部品が、誘電体層 2 8 または誘電体層 2 7 のような光部品から分離される。そのような配置では、蛍光は、相互接続領域 7 3 中の金属線の散乱および減衰なしに伝わる。蛍光の、雑音に対する信号の比は、上述の配置により増加できる。

【0042】

図 1 のコア層 2 7 の下の層は、フィルタ層 3 0 である。いくつかの具体例では、フィルタ層 3 0 は、これらには限定されないが、S i O₂ および T a₂ O₃ を含む交互の誘電体層のスタック中の上部層を含む。上部層は、例えば S i O₂ のような、より低い屈折率を有する、上述の交互の誘電体層の 1 つでも良い。いくつかの具体例では、交互の誘電体層の S i O₂ は、コア層 2 7 と接触する。交互の誘電体層を繰り返すサイクル数は、フィルタする目標の波長により設計される。図 3 のコア層 2 7 の下の層は、誘電体層 2 8 2 である、誘電体層 2 8 2 は、約 5 1 0 ナノメートルに約 1 0 パーセントを加え、または減じたものである。いくつかの具体例では、膜厚 T H 2 8 2 は、実質的に高さ H 2 5 2 より大きく、下部クラッド層 2 8 2 の膜厚 T H 2 8 2 と上部クラッド層 2 8 の膜厚 T H 2 8 の間の比は約 1 から約 2 である。いくつかの具体例では、誘電体層 2 8 2 は、コア層 2 7 の第 1 屈折率より小さい屈折率を有する材料からなる。いくつかの具体例では、誘電体層 2 8 2 の屈折率は、誘電体層 2 8 の第 2 屈折率より小さいか、等しいか、またはより大きい。図 1 を再度参照すると、光検出領域 5 5 中の領域は、第 2 導電型のドーパントからなる 3 つの領域 5 5 2、5 5 4、および 5 5 7 と、第 1 導電型のドーパントからなる 2 つの領域 5 5

3および555を含む。図3では、光検出領域55中の領域は、第2導電型のドーパントからなる2つの領域552および554と、第1導電型のドーパントからなる1つの領域553を含む。図3の詳細な光検出領域55を、以下に検討する。

【0043】

第1導電型のドーパントからなる領域と、第2導電型のドーパントからなる他の領域との間の界面は、p-n接合である。異なる長さ、または異なる方向を有する、異なる位置での各界面は、光81、82、または83の異なる波長を、別々に検出することができる。p-n接合の異なる組み合わせは、光81、82、または83の異なる波長を検出できる異なるフォトダイオードとして機能する。例えば、領域554とエピタキシ領域51との間の界面S45はp-n接合である。界面S523のような第1水平接合は、前側S1

10

【0044】

界面S523のような第1水平接合は、前側S1に近い。界面S45のような第2水平接合は、前側S1から最も遠く、または裏側S2に最も近い。第1接合から第2接合までの距離は、約2マイクロメートルから約3マイクロメートルである。第1水平接合は、第2水平接合より小さい。界面S534のような第3接合は、第1接合と第2接合との間にある。裏側S2から第1接合、第2接合、および第3接合までの距離の比は、それぞれ約4:1:2から約9:1:3の範囲である。界面S45、S534、またはS523のような水平接合は、実質的に前側S1に平行である。水性接合は、互いに平行である。

【0045】

20

図4は、いくつかの光センサ105および100の間の違いを示す。光センサ100では、光検出領域55が、導波路領域200と相互接続領域73との間にある。光検出領域55は、エピタキシ領域51の下にある。裏側S2は、導波路領域200と光検出領域55との間にある。サンプル保持部分23からの光81は、光検出領域55の上面S55に伝わる。上面S55は所定の強度の光81に露出した露出部分S100を含む。露出部分S100は、幅W100を含む。所定の強度の光81は、高さH100のような距離の二乗に反比例する。高さH100は、露出部分S100に直交する方向に測定される。高さH100は、検体231のようなソースから、露出部分S100までで測定される。

【0046】

光センサ105では、相互接続領域73は、導波路領域200と光検出領域55との間にある。裏側S2は、相互接続領域73と光検出領域55との間にある。サンプル保持部分23からの光81は、光検出領域55の上面S57に伝わる。上面S57は、所定の強度の光81に露出した露出部分S105を含む。露出部分S105は、幅W105を含む。所定の強度の光81は、高さH105のような距離の二乗に反比例する。高さH105は、露出部分S105に直交する方向に測定される。高さH105は、検体231のようなソースから、露出部分S105までで測定される。

30

【0047】

光センサ105および100を比較した場合、高さH100は、高さH105より小さい。露出部分S100は、露出部分S105より小さい。露出部分S100の大きさと、露出部分S100からサンプル保持部分23までの距離は、光センサ100において双方とも減らされているため、露出部分S100およびS105で受けられる全体の光量は、実質的に同じである。露出部分S100は、露出部分S105より小さいサイズで、所定の強度の光81を受けることができる。導波路領域200と相互接続領域73との間に光検出領域55を配置して、検体231から露出部分S100までの距離を低減することにより、露出部分S100を減らすことができる。露出部分S100を減らすことにより、光検出領域55のサイズを縮小できる。いくつかの具体例では、光センサ100のピクセルサイズは、光センサ105のピクセルサイズより、例えば10倍小さい。

40

【0048】

図5では、エピタキシ領域51を形成するために、シリコンゲルマニウム(SiGe)またはシリコン(Si)のような半導電性材料を、半導電性基板50の上にエピタキシャ

50

ル成長さえる。具体例では、成長中にエピタキシ領域51に不純物が加えられる（例えばその場ドーピング）。例示的なドーパントは、ヒ素、リン、アンチモン、ホウ素、2フッ化ホウ素、および／または他の可能性のある不純物である。ホウ素のソースは、SiGeエピタキシ中に使用されるジボロンガスを含む。SiGe中にドーピングされたホウ素は、その場形式で、エピタキシャルSiGe成長にホウ素含有ガスを導入することにより行われる。いくつかの具体例では、ホウ素または他のドーパントが注入工程により形成され、エピタキシ領域51が正のドーパントを含む。

【0049】

レジスト31が、エピタキシ領域51の所定の部分の上を覆う。注入工程33は、エピタキシ領域51の上で行われる。レジスト31は、幅W557の開口パターンを含み、高エネルギーのイオンビームにエピタキシ領域51を露出させる。いくつかの具体例では、負のドーパントが、所定の原子レベルでの高エネルギー衝突を経て、エピタキシ領域51に注入され、ドーパントが前側S1の下方に、所定の距離で止まる。

【0050】

図6では、イオン注入工程33は、第1の所定のエネルギーを有するドーパントを、エピタキシ領域51に注入し、高さH55と実質的に等しい深さで、前側S1の下に、領域557を形成する。レジスト31は、領域557を形成した後に除去する。

【0051】

図7では、幅W555の開口を有する他のレジスト31が、領域557を部分的に覆う。開口は、領域557を、他のイオン注入工程33に露出させる。いくつかの具体例では、幅W555は、図6に示した領域557を形成するための幅W557より小さい。

【0052】

図8では、イオン注入工程33は、第2の所定のエネルギーを有するドーパントが領域557に注入され、高さH557だけ領域557の上で、深さD555だけ前側S1の下方に、領域555の水平部分を形成する。第2の所定のエネルギーは、第1のエネルギーより小さくなるように調整され、ドーパントは、領域557より、浅い領域555の周囲に分布する。いくつかの具体例では、イオン注入工程33は、半導電性ブロック511の前側S1で行われる。いくつかの具体例では、領域555中のドーパントは、p型のような、エピタキシ領域51と同じ型である。領域555が形成された後に、レジスト31が除去される。領域555の上方および下方の領域557は、領域555の導電型と反対のn型のようなドーパントを含む。領域555のような第1の半導体層が形成される。第1の半導体層が形成され、第1の導電型を含む。

【0053】

図9では、幅W575の開口を有する他のレジスト31が、領域557と、その中の領域555を部分的に覆う。開口は、領域557を、他のイオン注入工程33に露出させる。開口は、領域555の一端にアラインされる。

【0054】

図10では、イオン注入工程33は、第3の所定のエネルギーを有するドーパントを注入し、領域555の水平部分の上に、領域555の側方部分を形成する。イオン注入33は、半導電性ブロック511の前側S1の上で行われる。領域555の側方部分は、深さD555を含む。第3の所定のエネルギーは、第2のエネルギーより小さくなる範囲に調整され、深さD555から前側S1までドーパントが注入される。いくつかの具体例では、図10で行われるイオン注入工程33は、様々なイオンエネルギーの多重工程のイオン注入を含む。様々なイオン注入領域を形成するために、異なるエネルギーのイオンが、ドーピングプロファイルを達成するために必要とされる。いくつかの具体例では、ドーパントは、例えばp型のような、領域555の水平部分と同じ型である。領域555側方部分を形成した後に、レジスト31が除去される。領域555の上の領域554は、負のドーパントのような、領域555に対して反対の導電型のドーパントを含む。領域554のような第2の半導体層は、第2の導電型のドーパントを含む。領域554のような第2の半導体層は、例えば領域555のような第1の半導体層の中にある。いくつかの具体例では、

10

20

30

40

50

第2の半導体層は、第1の半導体層の内側に等方的に形成される。第2の半導体層の水平部分は、第1の半導体層の水平部分より、むしろ前側S1により近い

【0055】

図11では、幅W545の開口を有する他のレジスト31が、領域554を部分的に覆う。いくつかの具体例では、幅545は、図8に示す領域555を形成するための幅55より小さい。開口は、領域554を、他のイオン注入工程33に露出させる。開口W545は、領域554とエピタキシ領域51との間の界面にアラインされる。

【0056】

図12では、イオン注入工程33は、第4の所定のエネルギーのドーパントを領域554に注入し、領域555の水平部分の上に領域553の水平部分を形成する。イオン注入工程33は、半導電性ブロック511の前側S1の上で行われる。領域553の水平部分は、深さD553だけ、前側S1の下にある。ドーパントは、深さD53から深さD553まで注入される。いくつかの具体例では、ドーパントは、例えばp型のような、領域555と同じ型である。領域553の水平部分の形成後に、レジスト31が除去される。領域555の上の領域554は、例えば負のドーパントのような、領域553と反対の導電型のドーパントを含む。

10

【0057】

図13では、幅W525の第1の開口と、幅W52の第2の開口とを有する他のレジスト31が、領域553の水平部分の上の領域554を部分的に覆う。第1および第2の開口は、他のイオン注入工程33に対して下層の領域554を露出させる。第2の開口は、領域553の端部に対してアラインされる。第1の開口は、領域553とエピタキシ領域51との間の界面にアラインされる。

20

【0058】

図14では、イオン注入工程33は、第5の所定のエネルギーのドーパントを領域554に注入し、領域553の水平部分の上に領域553の側方部分を形成する。領域553の側方部分は、深さD553を含む。ドーパントは、深さD533から前側S1まで注入される。いくつかの具体例では、図14のイオン注入工程33は、様々なイオンエネルギーを用いたイオン注入の多重工程を含む。いくつかの具体例では、ドーパントは、例えばp型のような、領域555と同じ型である。領域555の側方部分の形成後に、レジスト31が除去される。領域553で部分的に囲まれた領域552は、例えば負のドーパントのような、領域553と反対の導電型のドーパントを含む。

30

【0059】

図15では、コンタクトプラグ551、558、および559が、例えば、領域552、554、および557のような半導体層中に、多量にドーパされた領域として、それぞれ形成される。多量にドーパされた領域は、前側S1に接触する。図15では、3つの開口を有する他のレジスト31が、領域552、554、および557を部分的に覆う。3つの開口は、下層の領域552、554、および557をイオン注入工程33に露出させる部分である。

【0060】

イオン注入工程33は、領域552、554、および557にドーパントを注入してコンタクトプラグ551、558、および559を形成する。いくつかの具体例では、ドーパントは、n型のような、領域557、555、または552と同じ型である。ドーパント濃度は、領域552、554、および557中よりも実質的に大きい。コンタクトプラグ551、558、および559の形成後に、レジスト31が除去される。

40

【0061】

図16において、いくつかの具体例では、光検出領域55の外側のエピタキシ領域51に、開口を有するパターニングされたレジスト31により、多量にドーパされた領域579が形成される。いくつかの他の具体例では、多量にドーパされた領域579の深さまたはドーピング濃度は、領域552、554、または557とは異なるように、多量にドーパされた領域579が形成される。

50

【0062】

図17では、他の多量にドーピングされた領域578が、多量にドーピングされた領域579を形成する工程と同様の工程により形成される。いくつかの具体例では、多量にドーピングされた領域578を形成するためのイオン注入で使用するエネルギーは、多量にドーピングされた領域579を形成するためのエネルギーより高く、多量にドーピングされた領域578は、エピタキシ領域51中に、より深く形成される。いくつかの具体例では、多量にドーピングされた領域578は、多量にドーピングされた領域579または光検出領域55より高いドーピング濃度を有するように形成される。多量にドーピングされた領域578または579は、光検出領域55の周囲を囲むように形成され、外部回路からの雑音衝突および隣接するフォトダイオード（図示せず）からのクロストークを避ける。いくつかの具体例では、多量にドーピングされた領域578は、多量にドーピングされた領域579とは反対の導電型を含む。例えば、多量にドーピングされた領域579は、第1の導電型の正のドーパントを含む。多量にドーピングされた領域578は、第2の導電型の負のドーパントを含む。多量にドーピングされた領域578または579は、負または正の電荷キャリアが光検出領域55に到達するのを防止する。多量にドーピングされた領域578および579は、互いに分離される。

10

【0063】

図18は、図15中の工程に続く工程である。図18では、分離を形成するためのパターンを含むレジスト31が、前側S1を覆う。

【0064】

図19では、エピタキシ領域51は、前側S1上のエピタキシ領域51中にトレンチをエッチングし、例えば酸化シリコン、窒化シリコン、または酸窒化シリコンのような絶縁材料でトレンチを充填することにより形成された分離領域52を含む。

20

【0065】

図20では、ゲート誘電体層561が前側S1を覆う。ある具体例では、ゲート誘電体561は、適切な堆積プロセスで形成された薄膜である。ゲート電極層571は、ゲート誘電体層561の上を覆う。ある具体例では、ゲート誘電体層561とゲート電極層571は、堆積プロセスにより前側S1の上に連続して堆積される。いくつかの具体例では、ゲート誘電体561およびゲート電極層571は、所定の領域の上にのみ堆積され、トランジスタ構造を形成する。ゲート電極層571は、ポリシリコンのような適切な材料から形成される。ゲート誘電体561とゲート電極層571は、リソグラフィプロセスでパターンニングされる。

30

【0066】

図21では、レジストの形状が転写されて、前側S1の上で、分離領域52の間に、ゲート構造58を形成する。ゲート構造58は、ゲート電極層57とゲート誘電体56を含む。

【0067】

図22において、いくつかの具体例では、ソース領域53またはドレイン領域54が、イオン注入またはエピタキシャル成長により形成される。イオン注入またはエピタキシャル成長は、ソース領域53またはドレイン領域54の中にドーパントを導入する。様々な具体例では、ソース領域53またはドレイン領域54は、多重プロセスイオン注入で形成される異なるドーピングプロファイルを有する。

40

【0068】

図23では、誘電体層70が、堆積プロセスのような適切なプロセスにより、前側S1の上を覆う。誘電体層70は、ゲート構造58と接触する。レジスト31は、誘電体層70の上に形成される。エッチング工程331が行われ、パターンニングされたレジストの形状を誘電体層70に転写する。

【0069】

図24では、パターンニングされたレジストの形状が誘電体層70に転写され、トレンチを形成する。いくつかの具体例では、トレンチは選択エッチング、ドライエッチング、および／またはそれらの組み合わせのような適切なエッチングプロセスにより形成される。

50

トレンチは導電性材料により充填され、コンタクト71を形成する。コンタクト71は、堆積プロセスのような適切なプロセスによりトレンチを充填して形成される。コンタクト71は、ゲート構造58、ソース領域53、ドレイン領域54、コンタクトプラグ559、コンタクトプラグ558、およびコンタクトプラグ551と電氣的に結合される。コンタクト71の深さは、CVDプロセス中のプロセスパラメータを調整することにより制御される。プロセスパラメータは、全圧力、反応物質濃度、堆積温度、または堆積速度を含む。

【0070】

図25では、導電性層が堆積され、レジストの形状を導電性層に転写することによりパターンニングされる。レジストの形状は、導電性層に転写され、リセスおよび相互接続72を形成する。リセスは、誘電体材料により埋められ、ILD層75の上に他の誘電体層70を形成する。相互接続72は、誘電体層70の間にある。相互接続領域73は、半導電性ブロック511の前側S1のような、第1の面に形成される。相互接続領域73は、ILD層75、誘電体層70、および相互接続72を含む。図25では、相互接続72と誘電体層70の多重層が堆積およびエッチングされ、相互接続領域73を形成する。いくつかの具体例では、バイア構造25が形成され、異なる層の金属線を結合する。

10

【0071】

図26では、光センサ100のような半導体デバイスは上下反対であり、図26に示すように裏側S2のような第2面が、第1面の上に堆積される。いくつかの具体例では、半導電性基板50は、平坦化工程32により平坦化される。平坦化工程32は、エッチングバックまたは化学機械研磨(CMP)のようないずれかの適切な工程である。平坦化工程32は、エピタキシ領域51の上に配置された半導電性基板50が薄膜化されるように行われる。いくつかの具体例では、半導電性基板50は、裏側S2の近くのエピタキシ領域51が露出する(図26には図示せず)まで薄膜化される。上述の具体例では、フィルタ層30や誘電体層27、28のような上層の光スタックは、エピタキシ領域51の上に直接配置される。他の具体例では、裏側S2の近くのエピタキシ領域51が露出しないように半導電性基板50は部分的に薄膜化される、上述の具体例では、フィルタ層30や誘電体層27、28のような上層の光スタックは、半導電性基板50の上に直接配置される。他の具体例では、半導電性基板50は、薄膜化工程を行わずに保持される。

20

【0072】

平坦化工程32は、裏側S2から界面S45までの高さH525が減るように行われる。いくつかの具体例では、所定の量だけ高さH525を減らすために終点検出が使用される。例えば、平坦化工程32により裏側S2を薄膜化するために、終点検出のために光87を使用できる。いくつかの具体例では、光87は、裏側S2の表面から反射された単色光源である。反射光88は、裏側S2の下または界面S45の上の界面78から反射される。界面78は、エピタキシ領域51中への、挿入された誘電体層または反射層により形成される。平坦化工程32は界面78を露出させるため、反射光88の光特性が変化し、終点に到達したこと、または所定の距離で到達することを表す。

30

【0073】

いくつかの具体例では、終点検出は、半導電性ブロック511中に埋め込まれた配線(図示せず)の抵抗を測定することで行われる。平坦化工程32が膜厚TH8と、例えば埋め込まれた配線の厚さや長さのようないずれかの寸法を減らすと、これにより抵抗が変化する。平坦化工程32は、埋め込まれた配線の所定の抵抗で停止する。いくつかの具体例では、埋め込まれた配線は、前側S1から裏側S2まで接続する。

40

【0074】

図27では、導波路領域220は、半導電性ブロック511の第1面S1と対向する裏側S2のような、第2面に形成される。フィルタ層30は、堆積のような適切な工程で相互接続領域73の上に形成されたブランケットである。図27では、誘電体層27は、フィルタ層30の上に形成されたブランケットである。

【0075】

50

図 27では、誘電体層 27は、適切な堆積プロセスで形成される。誘電体層 27は、誘電体層 28の第2屈折率より大きな第1屈折率を有する材料から形成される。

【0076】

いくつかの具体例では、第1クラッド層（図示せず）が、フィルタ層30の上に形成される。誘電体層27のようなコア層が、続いて第1クラッド層の上に形成される。誘電体層28のような第2クラッド層は、図28に示すように、誘電体層27の上に続いて形成されたブランケットである。

【0077】

図28では、誘電体層27の上の誘電体層28は、リソグラフィ工程中のエッチング工程33のような適切な方法により、サンプル保持部分23のリセスを有するようにパターニングされる。いくつかの具体例では、エッチング工程33は選択エッチングである。

10

【0078】

いくつかの具体例では、誘電体層28は、誘電体層27の上に堆積される。次に、誘電体層28がパターニングされて、誘電体層27の上に開口を形成する。格子構造21が、開口の下に誘電体層27の中に、いずれかの適切なパターニング工程により形成される。

【0079】

いくつかの具体例では、誘電体層28は、ナノウエルのようなサンプル保持部分23を形成するエッチング工程でパターニングされた上部クラッド層28として形成できる。

【0080】

図29は、表面光センサ800を示す。いくつかの具体例では、図26に示すように中間製品を上下反対にして、裏側S2の上に導波路領域200を形成する代わりに、図29は半導電性ブロック511の前側S1の上に、相互接続領域73と導波路領域200の双方の形成を行う。光電子増倍管(PMT)または電荷結合素子(CCD)のような外部検出デバイスを用いる光センサと比較して、ここで記載された表面光センサ800は、モノリシック構造であり、蛍光光を出射するサンプルと光検出領域との間をより短くする。より良い感度が期待される。

20

【0081】

導波路領域200は、相互接続領域73の上に形成され、相互接続領域73は、光検出領域55の上にある。フィルタ層30は、相互接続領域73の上に形成される。コア層27は、適切な堆積工程で、フィルタ層30の上に形成される。コア層27は、適切な誘電体材料を含む誘電体層でも良い。誘電体層は、サンプル保持部分23の下を通すために入射光を導いても良い。

30

【0082】

図29において、コア層27はパターニングされて格子構造21を形成する。被覆層281がコア層の上を覆う。被覆層281は、適切な導電性材料または金属酸化物を、コア層27の上に堆積することにより、形成しても良い。いくつかの具体例では、導電性材料はアルミニウムから形成され、金属酸化物は二酸化アルミニウムから形成される。

【0083】

いくつかの具体例では、被覆層281は、誘電体材料から形成されるクラッド層である。被覆層281は、図29のエッチング工程331と同様のエッチング工程のような、いずれかの適切なリソグラフィ工程によりパターニングされる。被覆層281がパターニングされて、格子構造21が露出し、サンプル保持部分23が形成される。サンプル保持部分23は、開口の上部で幅W231を有し、開口の底部で幅23を有するようにパターニングされても良い。幅W23は、光8のような、入射光の波長より小さくても良い。いくつかの具体例では、サンプル保持部分23はナノウエルである。

40

【0084】

図30において、いくつかの具体例では、相互接続領域73は、半導電性ブロック511の前側S1の上にある。相互接続領域73は、光検出領域55の多重接合フォトダイオードと電氣的に結合される。多重接合フォトダイオードは、半導電性ブロック511の中にある。多重接合フォトダイオードは、前側S1で、相互接続領域73と接する。相互接

50

続領域 73 は、多重接合フォトダイオードと導波路領域 200 との間にある。

【0085】

導波路領域 200 は、コア層 27 を含む。コア層 27 は、格子構造 21 からサンプル保持部分 23 まで入射光 8 を導くための誘電体層でも良い。コア層 27 は格子構造 21 を含み、光 8 のような入射光をコア層 27 の中に向ける。コア層 27 の誘電体層は、約 150 ナノメートルに約 5～10 パーセントを加えた、所定の膜厚 TH 27 を含む。サンプル保持部分 23 は、ナノウェル 23 でも良い。検体 231 からの光 81、82、または 83 のような蛍光光は、ナノウェル 23 から、相互接続領域 73 中の誘電体層 70 を通って、光検出領域 55 に到達するように伝わる。

【0086】

被覆層 281 は、単分子のような検体 231 を受けるための、サンプル保持部分 23 を含むクラッド層でも良い。単分子は、入射光 8 を吸収し、蛍光光 81、82、および 83 を放射する。いくつかの具体例では、被覆層 281 は、コア層 27 の上の導電層でも良い。導電層は、コア層 27 を露出するためのサンプル保持部分 23 を含む。被覆層 281 は、導波路領域 200 のコア層 27 を露出させる開口を含む。開口は、光 8 の波長より短い幅を有する。

【0087】

前側 S1 と接する多重接合フォトダイオードは、導波路領域 200 からの蛍光光 81、82、および 83 を検出できる。多重接合フォトダイオードは、蛍光光 81、82 または 83 のような放射光を検出できる接合 S522 を含む。接合 S522 は、前側 S1 と接触する。

【0088】

図 31 を参照すると、図 31 は半導電性ブロック 511 の裏側 S2 の近くに導波路領域 200 を有する光センサ 100 を示す。いくつかの具体例では、光センサ 100 は、単分子の検体 231 から放射される光 81 のような蛍光光を検出できる。単分子の検体 231 のためのリアルタイムシーケンスは、平行な単分子 DNA シーケンスでも良い。図 30 に示される表面光センサ 800 と比較して、光センサ 100 は、単分子の検体 231 から放射される、より弱い光を検出できる。例えば、単分子の検出のためには、ノイズに対する信号の比を大きくするために、光 8 のような励起光が、光検出領域 55 に到達するのを防止する必要がある。導波路領域 200 中のような、プレーナ導波路中では、コア層 27 は、コア層 27 中を通る励起光の表面散乱から発生するノイズを低減するために、約 0.3 nm より小さい表面粗さを含む。サンプル保持部分 23 は、分析のために単分子を受けることができる。

【0089】

いくつかの具体例では、少なくともサンプル保持部分 23 は、少なくとも上部クラッド層 28 の中に形成されても良い。サンプル保持部分 23 の上部開口は、サンプル保持部分 23 の底部より大きくても良い。サンプル保持部分 23 の形状は、ここでは限定されない。例えば、サンプル保持部分 23 の水平断面は、円形、楕円形、矩形、正方形、またはダイヤモンド形状を有しても良い。

【0090】

図 31 を参照して、サンプル保持部分 23 の底部のサイズは変更可能である。例えば、幅 W23 はサンプル保持部分 23 の底部のサイズである。幅 W23 は、光 8 のような励起光の波長より小さくても良い。いくつかの具体例では、幅 W23 は、励起光の波長の、約 2 分の 1、約 4 分の 1、約 8 分の 1 より小さくても良い。ここで使用されるように、幅 W23 は、円形、楕円形、または矩形を含むサンプル保持部分 23 の直径または最大寸法をいう。正方形またはダイヤモンド形状を有するサンプル保持部分 23 の水平断面に対して、幅 W23 は、形状の一辺の長さに実質的に等しい。ある具体例では、サンプル保持部分 23 の上部開口の直径は、約 0.5 μm から約 1.0 μm で、サンプル保持部分 23 の底部の直径は約 10 nm から約 500 nm である。

【0091】

いくつかの具体例では、サンプル保持部分 2 3 の底部に直交する方向に対するサンプル保持部分 2 3 の側壁 S 2 3 の角度は、約 60 度より小さい。そのような形状は、単分子のみが、サンプル保持部分 2 3 の底部に近い領域まで入り、これを検出することを確かにする。

【0092】

いくつかの具体例では、図 3 1 を参照すると、サンプル保持部分 2 3 は、上部クラッド層 2 8 の全膜厚を通して延びる。有効な励起ゾーン 2 3 4 のようないくつかの有効な励起ゾーンは、サンプル保持部分 2 3 の底部まで延びる。

【0093】

図 3 1 では、サンプル保持部分 2 3 を含むプレーナ導波路に対して、サンプル保持部分 2 3 の底がコア層 2 7 の上面 S 2 7 の直上に位置するため、有効な励起ゾーン 2 3 4 の体積は、エバネセント場の有効領域と等しくなる。

【0094】

図 3 2 は、光検出領域 5 5 が導波路領域 2 0 0 と接することを除いて、図 2 の光センサ 1 0 0 と同様の光センサを含む。フィルタ層 3 0 の底部は、裏側 S 2 に近い光検出領域 5 5 の上に接触する。代わりに、光検出領域 5 5 は、直接接続することなく、導波路領域 2 0 0 に近くても良い。領域 5 3 0 の追加の半導体層は、領域 5 5 7 の上に配置される。領域 5 3 0 は、裏側 S 2 から領域 5 5 7 の上まで高さ H 5 3 0 を含む。いくつかの具体例では、領域 5 3 0 は、領域 5 5 5 より、少なくとも 1 桁以上高いドーパント濃度を有する、多量にドーパされた領域である。いくつかの具体例では、領域 5 3 0 は、垂直部分（図 3 2 には示さず）と水平部分を含む。水平部分は、前側 S 1 または裏側 S 2 と実質的に平行であり、垂直部分は、水平部分に実質的に直交し、領域 5 5 7 の垂直部分と分離領域 5 2 との間に配置される。

【0095】

いくつかの具体例では、高さ H 5 3 0 は、約 0.27 μm から約 0.4 μm の範囲でも良く、高さ H 5 5 7 は、約 0.5 μm から約 0.8 μm の範囲でも良く、高さ H 5 5 5 は、約 0.2 μm から約 0.3 μm の範囲でも良く、高さ H 5 5 4 は、約 0.4 μm から約 0.6 μm の範囲でも良く、高さ H 5 5 3 は、約 0.4 μm から約 0.6 μm の範囲でも良く、高さ H 5 5 2 は、約 0.6 μm から約 0.9 μm の範囲でも良い。

【0096】

いくつかの具体例では、領域 5 3 0、5 5 5、および 5 5 3 は、ホウ素のような正のドーパントを含む。例えば、領域 5 3 0 は、約 $8 \times 10^{18} \text{ atom/cm}^3$ から約 $2 \times 10^{19} \text{ atom/cm}^3$ までの範囲のピークドーピング濃度を含む。領域 5 5 5 は、約 $6 \times 10^{17} \text{ atom/cm}^3$ から約 $1 \times 10^{18} \text{ atom/cm}^3$ までの範囲のピークドーピング濃度を含む。領域 5 5 3 は、約 $2 \times 10^{17} \text{ atom/cm}^3$ から約 $5 \times 10^{17} \text{ atom/cm}^3$ までの範囲のピークドーピング濃度を含む。領域 5 5 5 のドーピング濃度は、領域 5 5 3 のドーピング濃度より大きくても良い。いくつかの具体例では、領域 5 5 7、5 5 4、および 5 5 2 は、リンのような負のドーパントを含む。領域 5 5 7 は、約 $4 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^3$ から約 $1 \times 10^{17} \text{ atom/cm}^3$ までの範囲のピークドーピング濃度を含む。領域 5 5 4 は、約 $8 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^3$ から約 $2 \times 10^{17} \text{ atom/cm}^3$ までの範囲のピークドーピング濃度を含む。領域 5 5 2 は、約 $1 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^3$ のピークドーピング濃度を含む。エピタキシ領域 5 1 は、約 $1 \times 10^{15} \text{ atom/cm}^3$ のピークドーピング濃度を含む。

【0097】

本開示のいくつかの具体例は、光センサを提供する。光センサは、前側と裏側とを含む半導電性ブロックを含む。導波路領域は、半導電性ブロックの裏側の上にある。導波路領域はコア層を含む。導波路領域は、入射光を導くように構成される。光検出領域は、半導電性ブロックにある。光検出領域は、多重接合フォトダイオードを含む。光検出領域は、放射光を検出するように構成される。

【0098】

本開示のいくつかの具体例では、導波路領域は、上部クラッド層と下部クラッド層を含み、下部クラッド層と上部クラッド層の膜厚の間の比は、約 1 から約 2 である。

【0099】

本開示のいくつかの具体例では、多重接合フォトダイオードは、前側に最も近い第 1 の接合と、前側から最も遠い第 2 の接合を含み、第 1 接合から第 2 接合までの距離は、約 2 マイクロメートルから約 3 マイクロメートルである。

【0100】

本開示のいくつかの具体例では、多重接合フォトダイオードは、第 2 の水平接合より前側に近い第 1 の水平接合を含み、第 1 の水平接合は、第 2 の水平接合より小さい。

【0101】

本開示のいくつかの具体例では、コア層は第 1 の屈折率を含み、クラッド層は第 2 の屈折率を含み、第 2 の屈折率は第 1 の屈折率より小さい。

【0102】

本開示のいくつかの具体例では、導波路領域はフィルタ層を含む。フィルタ層は裏側とコア層との間に配置される。

【0103】

本開示のいくつかの具体例では、多重接合フォトダイオードは、前側に最も近い第 1 の接合、裏側に最も近い第 2 の接合、および第 1 の接合と第 2 の接合との間の第 3 の接合を含む。裏側から第 1 の接合、第 2 の接合、および第 3 の接合までのそれぞれの距離の比は、約 4 : 1 : 2 から約 9 : 1 : 3 である。

【0104】

本開示のいくつかの具体例では、多重接合フォトダイオードは、第 1 の所定の距離だけ裏側から離れて配置される第 2 の接合を含み、第 1 の所定の距離は、約 200 nm から約 500 nm の範囲である。

【0105】

本開示のいくつかの具体例では、多重接合フォトダイオードは、第 2 の所定の距離だけ裏側から離れて配置される第 1 の接合を含む。第 2 の所定の距離は、約 2.5 μm から約 3 μm の範囲である。

【0106】

本開示のいくつかの具体例では、クラッド層はコア層の上にあり、クラッド層はナノウエルを含む。

【0107】

本開示のいくつかの具体例では、被覆層はコア層の上にあり、被覆層は金属または金属酸化物を含む。

【0108】

本開示のいくつかの具体例では、被覆層はコア層の上にあり、被覆層はアルミニウムまたは酸化アルミニウムを含む。

【0109】

本開示のいくつかの具体例は、光センサを提供する。光センサは、前側を含む半導電性ブロックを含む。導波路領域はコア層を含む。導波路領域は、入射光を導くように構成される。光検出領域は、放射光を検出するように構成される。相互接続領域は前側の上にある。相互接続領域は、光検出領域に結合するように構成される。相互接続領域は、光検出領域と導波路領域との間にある。

【0110】

本開示のいくつかの具体例では、導波路領域はクラッド層を含む。

【0111】

本開示のいくつかの具体例では、クラッド層はナノウエルを含む。

【0112】

本開示のいくつかの具体例では、クラッド層は、単分子を含む検体を受けるように構成されたサンプル保持部分を含む。

10

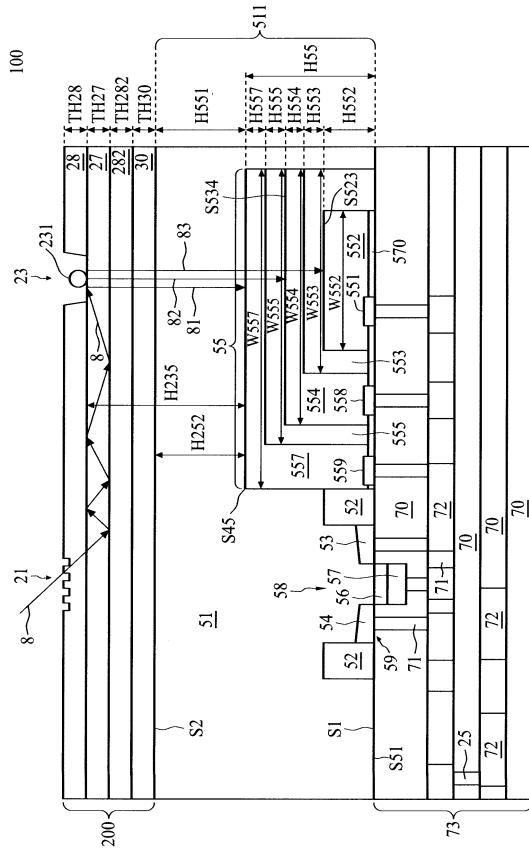
20

30

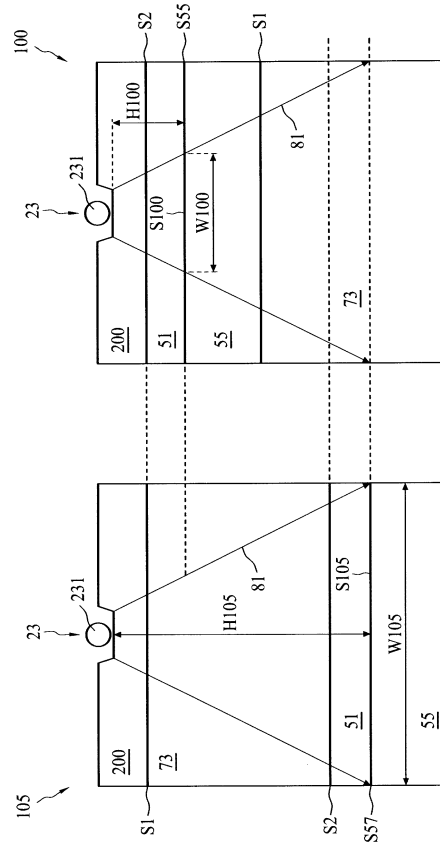
40

50

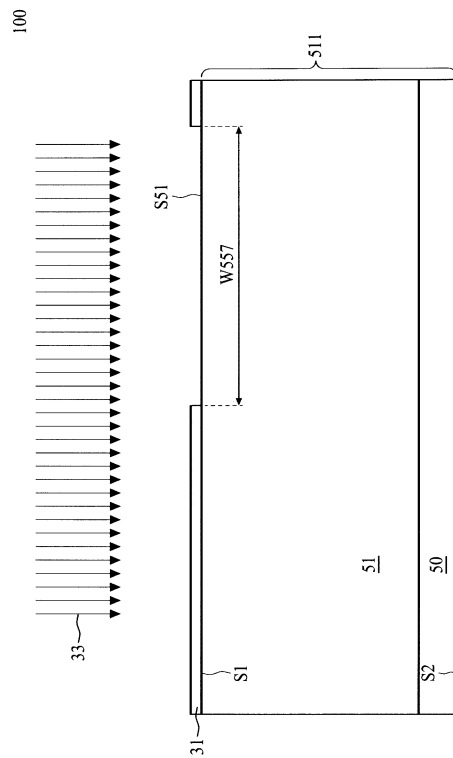
【図 3】



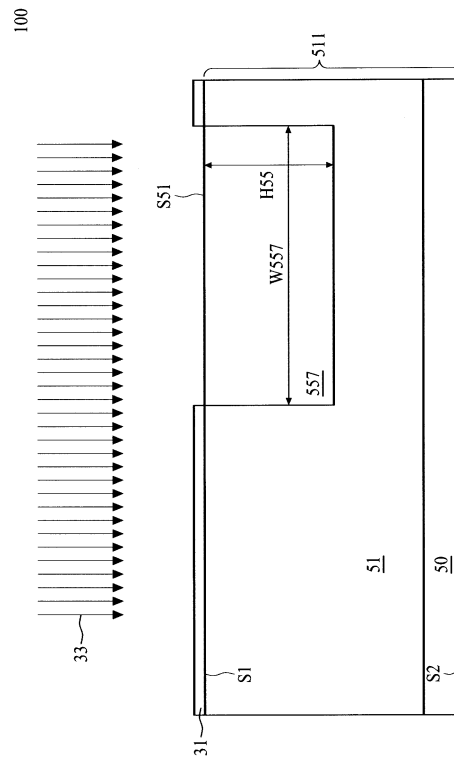
【図 4】



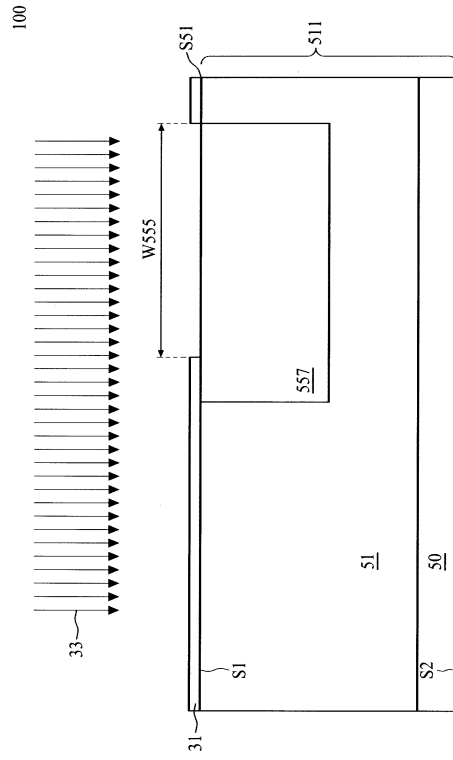
【図 5】



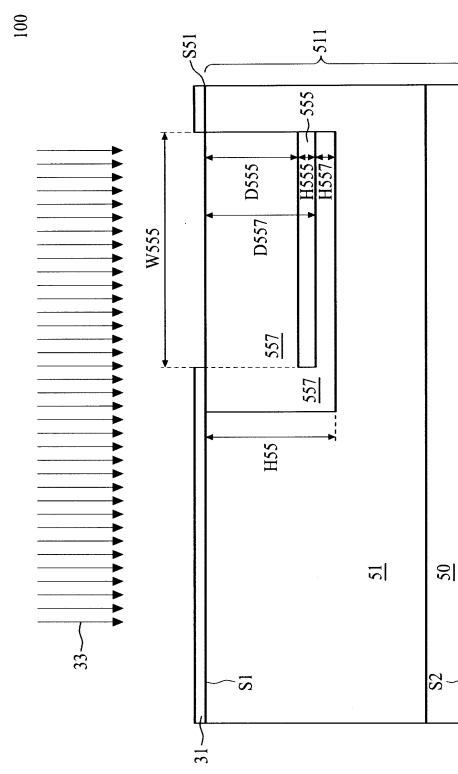
【図 6】



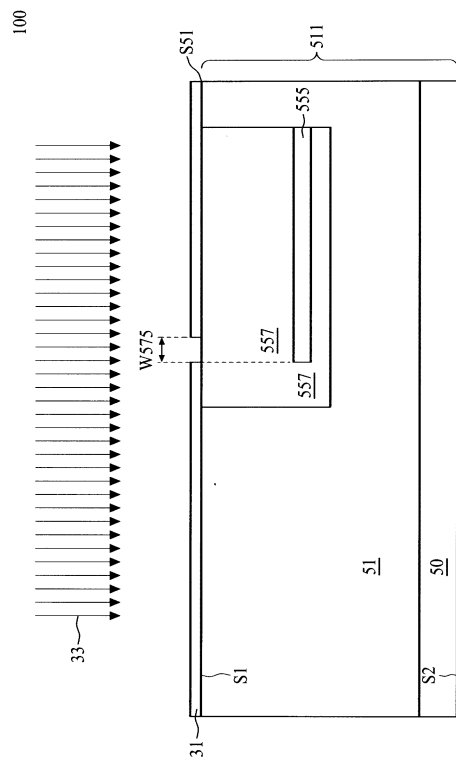
【図 7】



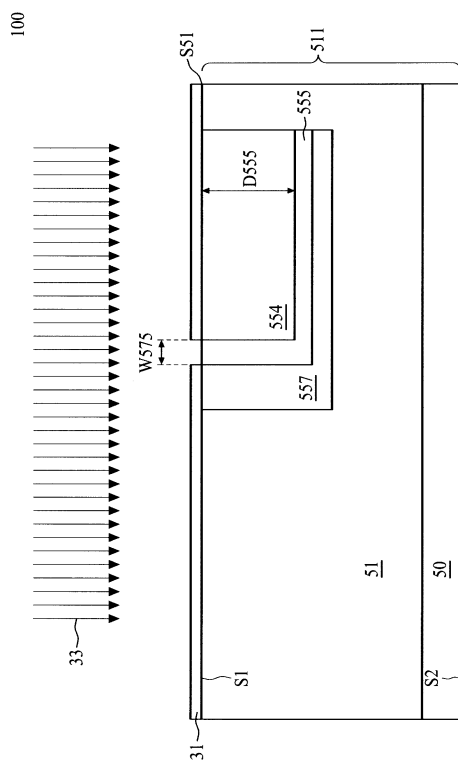
【図 8】



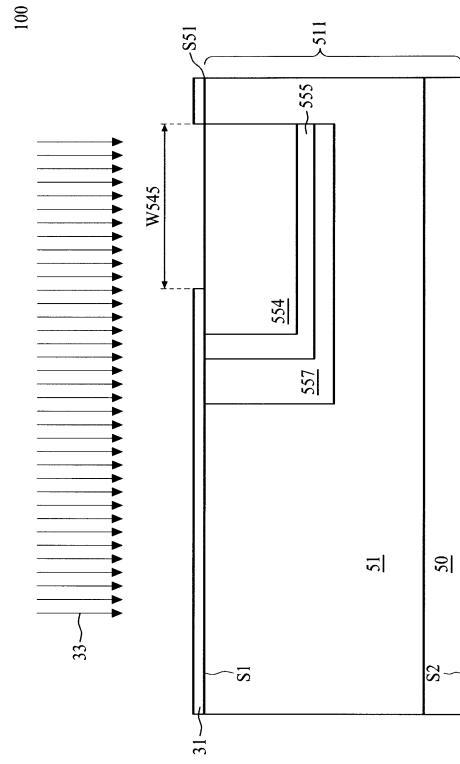
【図 9】



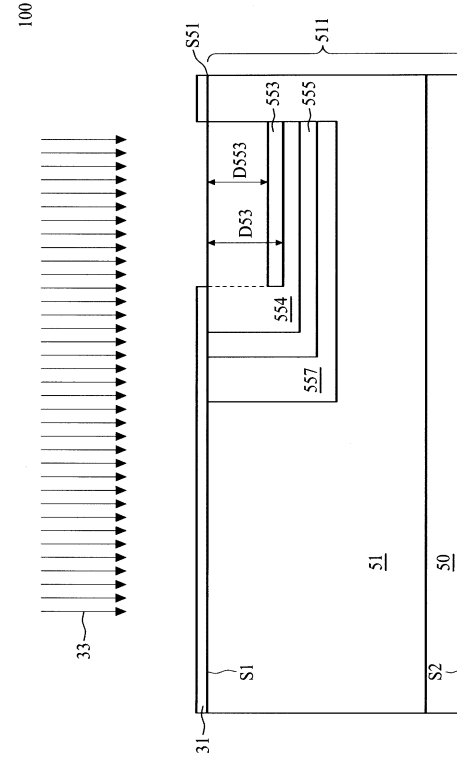
【図 10】



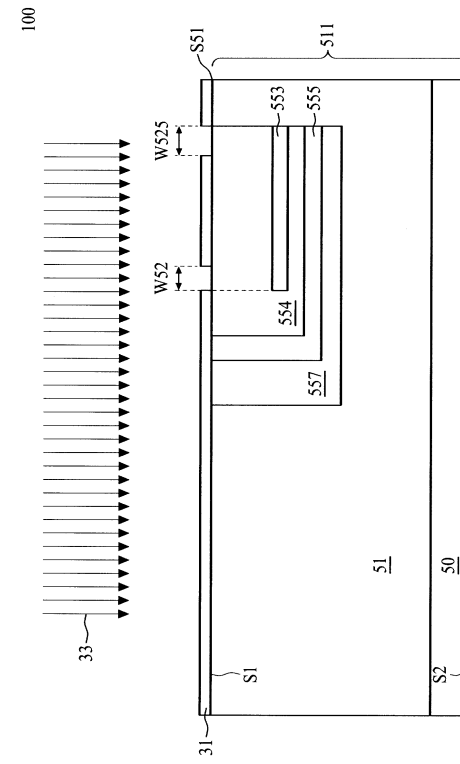
【図 1 1】



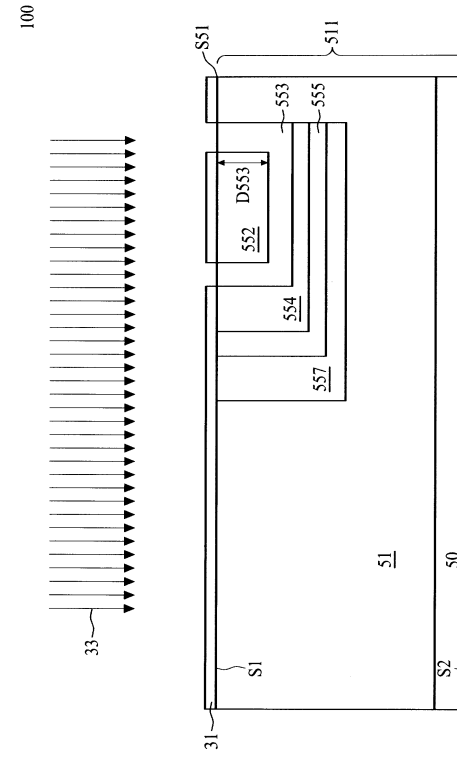
【図 1 2】



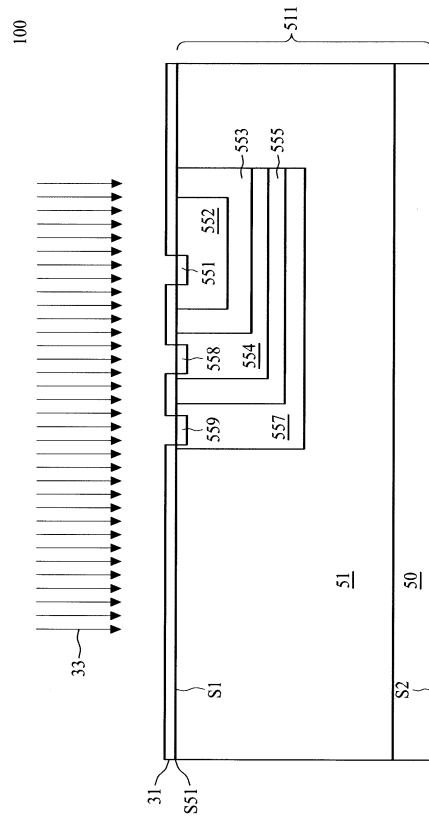
【図 1 3】



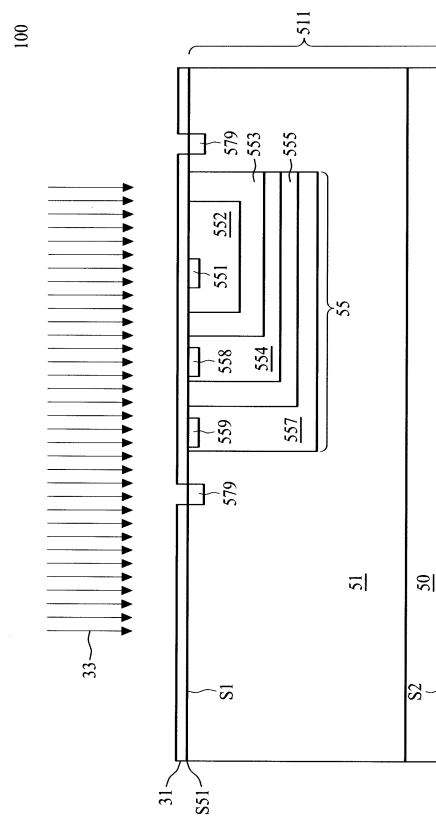
【図 1 4】



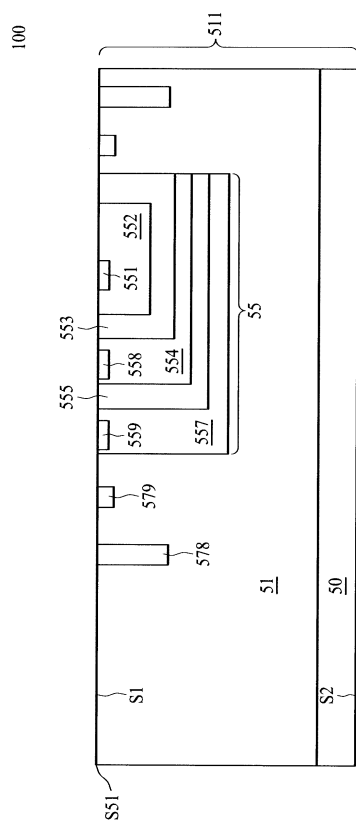
【図 15】



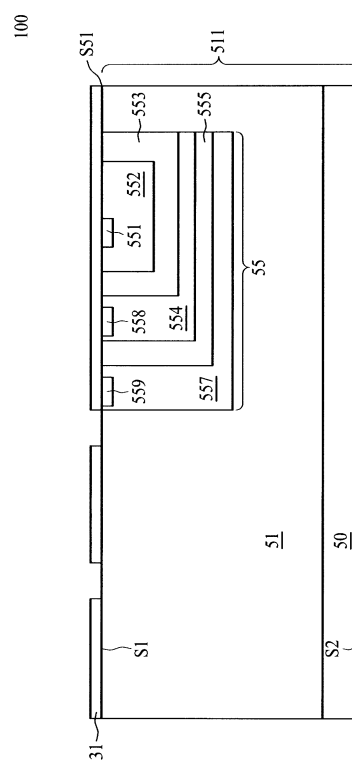
【図 1 6】



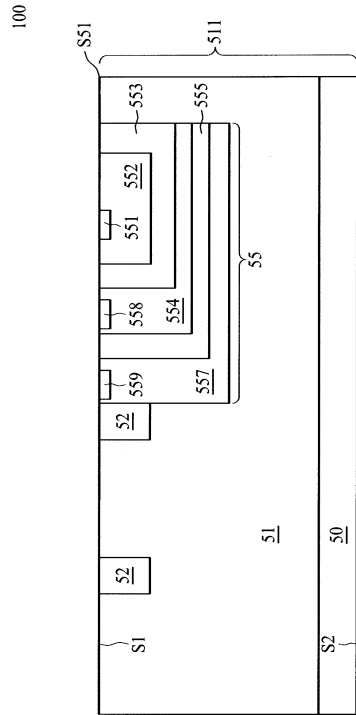
【图 17】



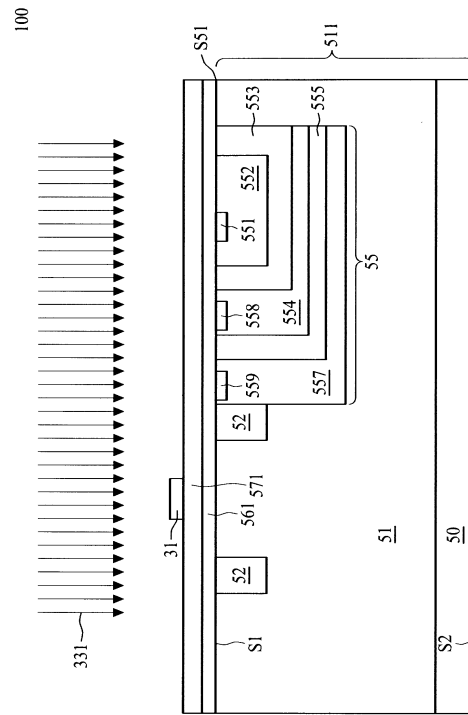
【図 18】



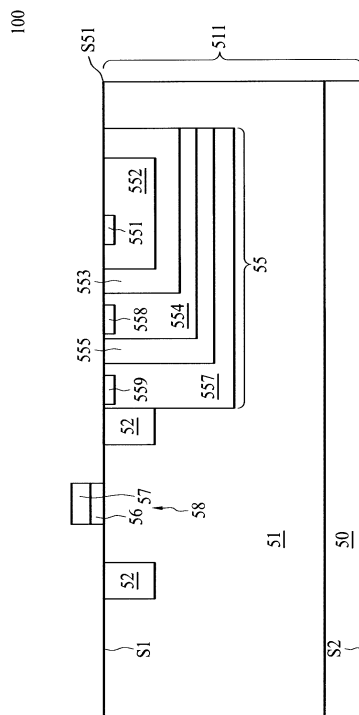
【図 19】



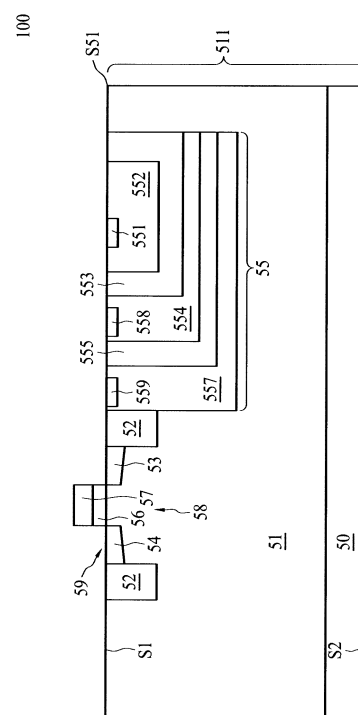
【図 20】



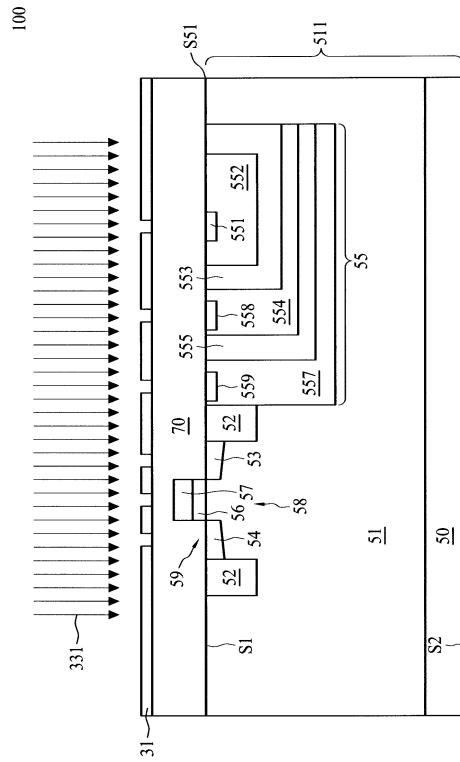
【図 2 1】



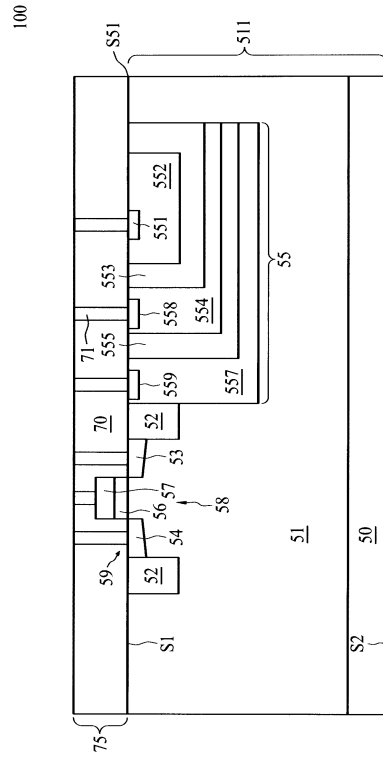
【図 2 2】



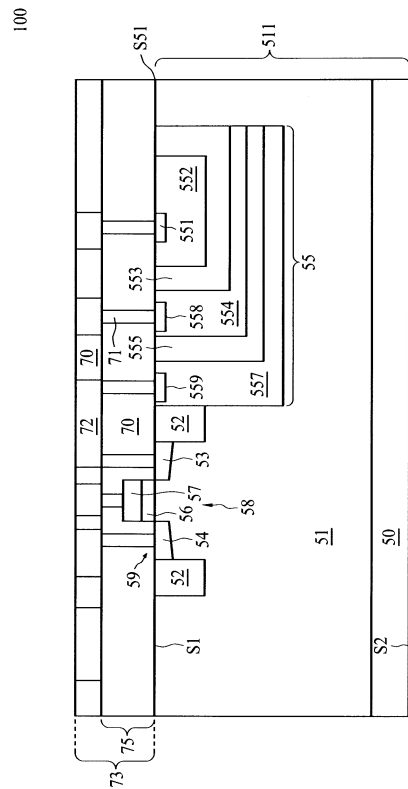
【图 2 3】



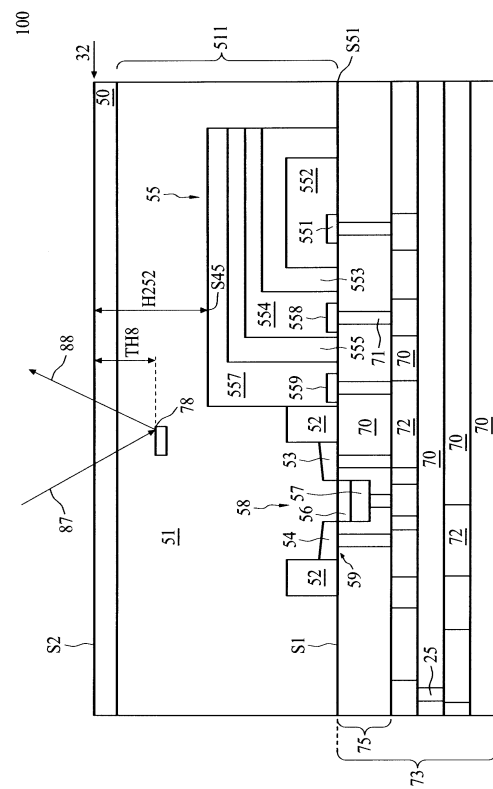
【図 24】



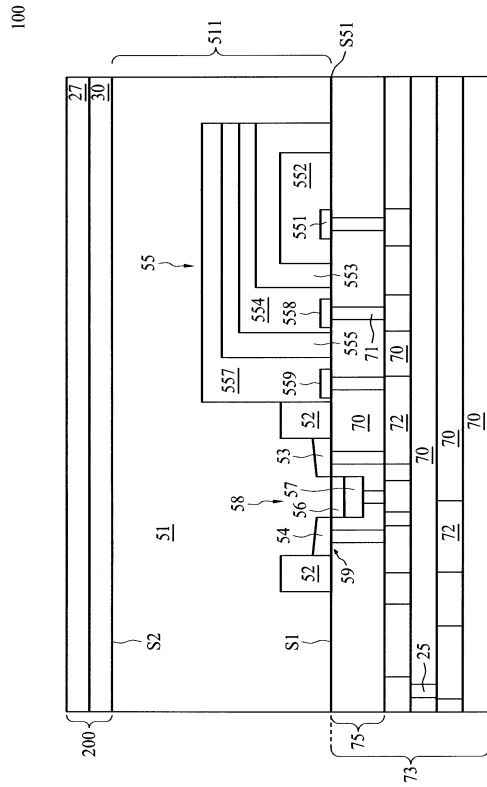
【図 2 5】



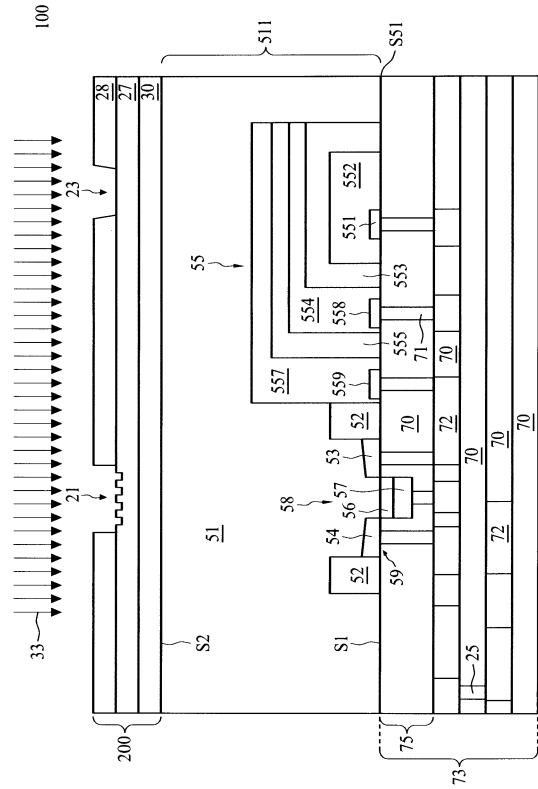
【図 2 6】



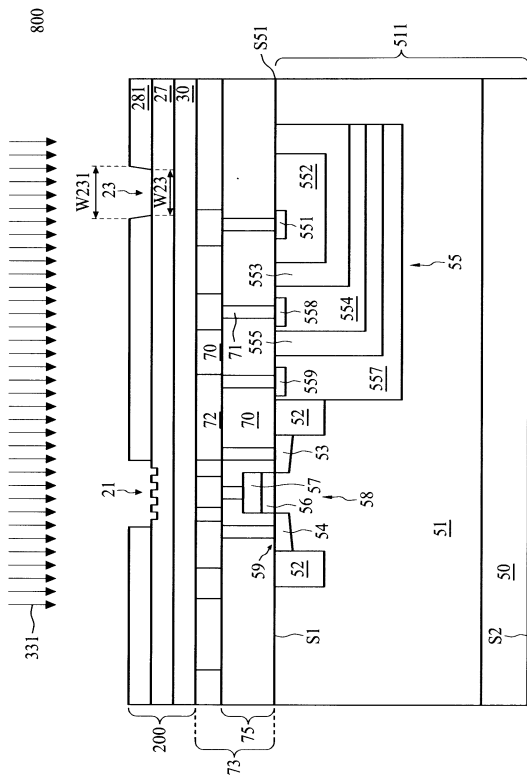
【图 2 7】



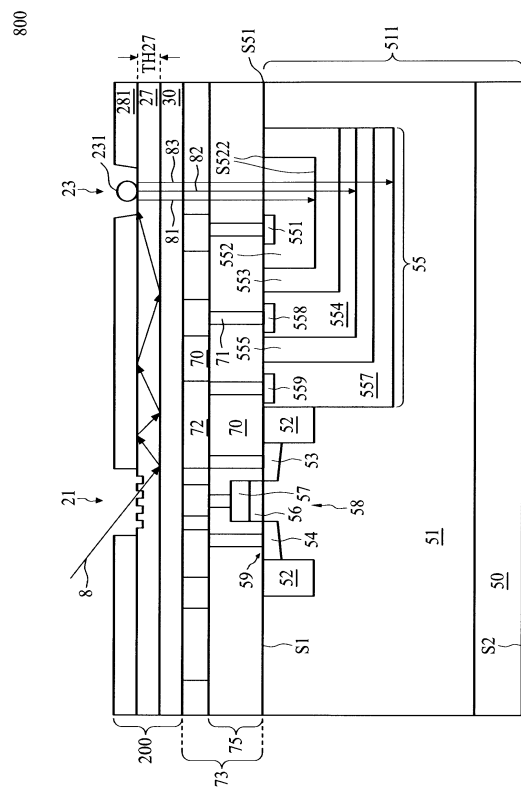
【图 28】



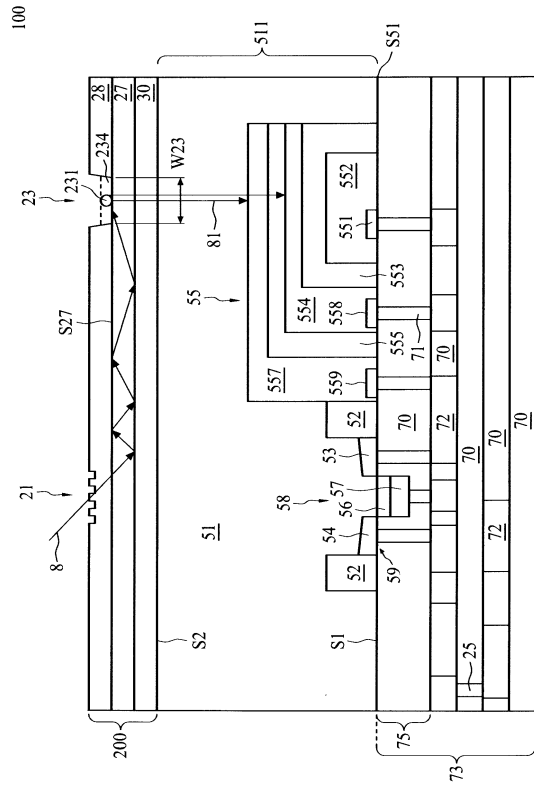
【図 29】



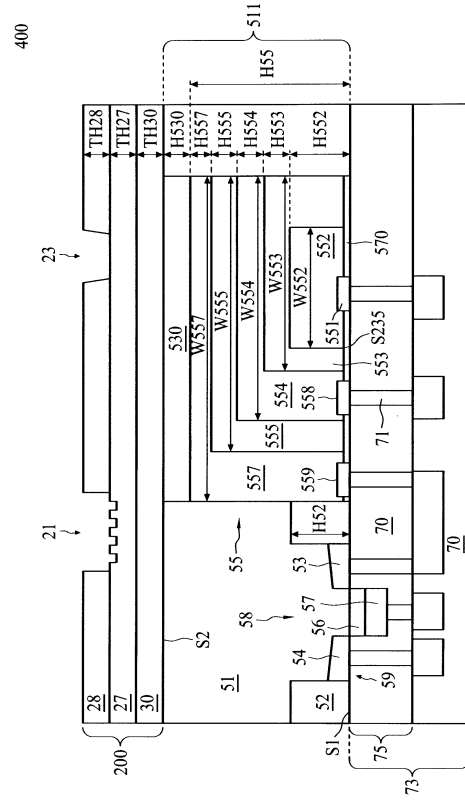
【図 30】



【図 3 1】



【図 3 2】



フロントページの続き

審査官 濱田 聖司

- (56)参考文献 特表2013-524174 (JP, A)
特開2013-98534 (JP, A)
国際公開第97/006422 (WO, A1)
特表2013-522605 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 31/00-31/20
G01N 21/00-21/958