

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7366531号
(P7366531)

(45)発行日 令和5年10月23日(2023.10.23)

(24)登録日 令和5年10月13日(2023.10.13)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 L 27/146 (2006.01) H 0 1 L 27/146 A
H 0 4 N 25/70 (2023.01) H 0 4 N 25/70

請求項の数 9 (全17頁)

(21)出願番号	特願2018-202787(P2018-202787)	(73)特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	平成30年10月29日(2018.10.29)	(74)代理人	110002860 弁理士法人秀和特許事務所
(65)公開番号	特開2020-72111(P2020-72111A)	(72)発明者	鳥居 慶大 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社 内
(43)公開日	令和2年5月7日(2020.5.7)	(72)発明者	稲 秀樹 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社 内
審査請求日	令和3年9月28日(2021.9.28)	審査官	田邊 顕人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光電変換装置および機器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光電変換部を有し、表面および裏面を有する半導体層と、
前記半導体層の前記表面の上に配置された、絶縁膜を含む配線構造と、
アライメントマークと、
を備える光電変換装置であって、
前記アライメントマークは、
前記半導体層に設けられた溝の内に配置された第一の絶縁体部と、
前記第一の絶縁体部と前記絶縁膜との間に配置された第二の絶縁体部と、
を備え、
前記第一の絶縁体部の幅の最大値が、前記第二の絶縁体部の幅の最大値よりも大きく、
上面透視したときに、前記第一の絶縁体部の外縁が前記第二の絶縁体部の外縁を内包する、
光電変換装置。

10

【請求項2】

光電変換部を有し、表面および裏面を有する半導体層と、
前記半導体層の前記表面の上に配置された、絶縁膜を含む配線構造と、
アライメントマークと、
を備える光電変換装置であって、
前記アライメントマークは、
前記半導体層に設けられた溝の内に配置された第一の絶縁体部と、

20

前記第一の絶縁体部と前記絶縁膜との間に配置された第二の絶縁体部と、
を備え、

前記第一の絶縁体部および前記第二の絶縁体部は、平面視において矩形形状であり、
上面透視したときに、前記第二の絶縁体部の長手方向に延びる端部の両方が、前記第一の
絶縁体部の長手方向に延びる2つの端部の間に位置する、
光電変換装置。

【請求項3】

前記第一の絶縁体部の前記第二の絶縁体部と接続する部分の幅は、前記第二の絶縁体部
の幅よりも小さい、

請求項1または2に記載の光電変換装置。

10

【請求項4】

前記半導体層の表面と垂直な方向からの上面透視において、前記第二の絶縁体部は、前
記第一の絶縁体部の内部に位置する、

請求項1から3のいずれか1項に記載の光電変換装置。

【請求項5】

前記第一の絶縁体部は、前記表面側よりも前記裏面側の方が幅が大きい、

請求項1から4のいずれか1項に記載の光電変換装置。

【請求項6】

前記第一の絶縁体部は、中間部において幅が最大である、

請求項1から4のいずれか1項に記載の光電変換装置。

20

【請求項7】

前記アライメントマークは、ウエハアライメント用のマークである、

請求項1から6のいずれか1項に記載の光電変換装置。

【請求項8】

前記半導体層は、電極パッドを含む配線構造に積層されており、前記電極パッドを露出
する開口部を有し、

前記第一の絶縁体部および前記第二の絶縁体部は、前記開口部の周囲に配置される、

請求項1から6のいずれか1項に記載の光電変換装置。

【請求項9】

請求項1乃至8のいずれか1項に記載の光電変換装置と、

前記光電変換装置に結像する光学系、

前記光電変換装置を制御する制御装置、

前記光電変換装置から出力された信号を処理する処理装置、

前記光電変換装置で得られた情報を表示する表示装置、

前記光電変換装置で得られた情報を記憶する記憶装置、および、

前記光電変換装置で得られた情報に基づいて動作する機械装置、の少なくとも
もいずれかと、を備えることを特徴とする機器。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光電変換装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

光電変換装置は、画素毎に形成されたフォトダイオードを含む受光部を有しており、受
光部は、光電変換により入射した光に応じた信号電荷を生成する。CCD (Charge Couple
d Device) センサでは、受光部において生成された信号電荷はCCD構造を有する電荷転送
部

内を転送され、出力部において画素信号に変換されて出力される。一方、CMOS (Compl
ementary Metal Oxide Semiconductor) センサでは、受光部において生成された信号
電荷は

50

画素毎に増幅され、増幅された信号が画素信号として信号線により出力される。また、集光効率向上のために、BSI (Back Side Illumination : 裏面照射) 型のセンサが提案されている。BSI型のセンサは、基板に形成されたフォトダイオードと光入射面との距離を短くし、基板の配線構造が形成される側とは反対側 (裏面側) から光を入射させる。

【 0 0 0 3 】

このBSI型のセンサは、以下のように製造される。まず、フォトダイオードや画素トランジスタが形成された基板表面側に、配線構造を形成する。次に、基板を反転させて、反転した基板を、配線構造やASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等の電子回路を形成した別のウエハに貼り付ける。そして、この貼り付けたウエハの裏面側のシリコン層を削って薄くした後、基板裏面側にカラーフィルタ層、及びマイクロレンズを形成する。このように、BSI型のセンサでは、基板を反転させてから基板裏面側にカラーフィルタ層やマイクロレンズを形成するため、カラーフィルタ層やマイクロレンズの位置決めに必要なアライメントマークを基板裏面側に形成する必要がある。

10

【 0 0 0 4 】

このアライメントマークに関して、特許文献 1 にて提案されており、その一例についての断面図を図 9 に示す。

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 のアライメントマーク AM は、図 9 に示す通り、シリコンを貫通した形状に絶縁特性のある材料が埋め込まれた絶縁体部 A I L D 1 (上部の絶縁体部 A I L D 1) とその下部の絶縁体部 A I L D 2 (下部の絶縁体部 A I L D 2) から構成される。これらの絶縁体部 A I L D 1 , A I L D 2 の幅の寸法は図示している通り、下部の絶縁体部 A I L D 2 の方が大きい。これにより、下部の絶縁体部 A I L D 2 が保護膜として機能し、ポリシリコンの堆積による短絡 (電氣的なショート) の防止や、シリコン酸化膜が剥がれてしまった場合の、ウエハ汚染や装置汚染の防止を可能としている。

20

【 0 0 0 6 】

また、BSI型のセンサでは、基板表面側の配線構造に形成された電極パッド PAD を、基板裏面側に導出するために、基板裏面側から電極パッド形成領域が臨む開口部を形成する必要がある。開口部により電極パッド形成領域を露出することで、外部配線となるボンディングワイヤ等を形成して電極パッド PAD を基板裏面側に導出できる。電極パッド PAD にワイヤーボンディングする際や検査工程において電極パッド PAD にプローブする際に、誤って側壁に接触した場合でもリークやダメージを抑制するために、このボンディングワイヤと半導体部とを絶縁する必要がある。そのため開口部に周囲に二層の絶縁体部 I L D 1 , I L D 2 を配置する。この二層の絶縁体部の構成は前述のアライメントマーク AM (A I L D 1 , A I L D 2) と同じく、下部の絶縁体部 I L D 2 が上部の絶縁体部 I L D 1 を保護する構成となっている。

30

【 0 0 0 7 】

また、特許文献 1 では、アライメントマークと電極パッド開口部周囲の二層の絶縁体部を同時に形成するとしている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

40

【 0 0 0 8 】

【 文献 】 特開 2 0 1 1 - 1 1 4 3 2 5 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

特許文献 1 に示される縦構造のアライメントマークを使用すると、固体撮像装置の製造歩留まりや固体撮像装置の品質が低下してしまうことが我々の検討により判明した。

【 0 0 1 0 】

そこで、本発明は、従来よりも光電変換装置の製造歩留まりや光電変換装置の品質を向上するうえで有利な技術を提供する。

50

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一態様に係る光電変換装置は、
 光電変換部を有し、表面および裏面を有する半導体層と、
 前記半導体層の前記表面の上に配置された、絶縁膜を含む配線構造と、
 アライメントマークと、
 を備える光電変換装置であって、
 前記アライメントマークは、
 前記半導体層に設けられた溝の内に配置された第一の絶縁体部と、
 前記第一の絶縁体部と前記絶縁膜との間に配置された第二の絶縁体部と、

10

を備え、
 前記第一の絶縁体部の幅の最大値が、前記第二の絶縁体部の幅の最大値よりも大きく、
上面透視したときに、前記第一の絶縁体部の外縁が前記第二の絶縁体部の外縁を内包する、
 ことを特徴とする。

本発明の他の一態様に係る光電変換装置は、
光電変換部を有し、表面および裏面を有する半導体層と、
前記半導体層の前記表面の上に配置された、絶縁膜を含む配線構造と、
アライメントマークと、
を備える光電変換装置であって、
前記アライメントマークは、

20

前記半導体層に設けられた溝の内に配置された第一の絶縁体部と、
前記第一の絶縁体部と前記絶縁膜との間に配置された第二の絶縁体部と、
を備え、
前記第一の絶縁体部および前記第二の絶縁体部は、平面視において矩形形状であり、
上面透視したときに、前記第二の絶縁体部の長手方向に延びる端部の両方が、前記第一の
絶縁体部の長手方向に延びる2つの端部の間に位置する、
ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、光電変換装置の製造歩留まりや光電変換装置の品質を向上するうえで
 有利な技術が提供される。

30

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第一実施形態に係る光電変換装置の概略構成図（断面図）
 【図2】ウエハアライメント検出用のアライメントマーク形状を示す図
 【図3】半導体露光装置のウエハアライメント検出系の光学の構成を示す図
 【図4】第一実施形態においてアライメント誤差が生じない理由を説明する図
 【図5】第一実施形態の効果の説明する図
 【図6】第一実施形態のアライメントマークを形成する工程を説明する図
 【図7】第二実施形態のアライメントマークの構造を示す図
 【図8】第二の実施形態にかかる重ね合わせ検査用計測マークを説明する図
 【図9】従来技術に係る光電変換装置の概略構成図（断面図）
 【図10】BSIの縦構造を観察したときの観察象を示す図

40

【図11】従来技術のアライメントマークを形成する工程を説明する図
 【図12】従来技術においてアライメント誤差が生じる理由を説明する図

【発明を実施するための形態】

【0014】

<従来のアライメントマークの問題点>

特許文献1に示される縦構造のアライメントマークを使用すると、アライメント精度が
 劣化してしまうことが我々の検討により判明した。

50

【 0 0 1 5 】

精度劣化の理由は、アライメントマーク A M を構成している二層の絶縁膜 A I L D 1 , A I L D 2 のうち、下部の絶縁体部 A I L D 2 もアライメント計測時に観察できてしまうためである。したがって、上部の絶縁体部 A I L D 1 と下部の絶縁体部 A I L D 2 とのアライメント状態に誤差があり二層の相対関係がズレていると、その影響を受けてアライメントマーク A M の位置を正しく検出できず、アライメント精度が劣化する。

【 0 0 1 6 】

上記の検討に用いたアライメントマーク A M を図 1 0 に示す。アライメント検出系 (図 3 参照) は画像処理によりアライメントマークの検出を行う。具体的には、波長 550nm ~ 700nm の光でウエハ上のアライメントマーク (図 2 に詳細図を示す) を照明し、ウエハから反射する光を CCD カメラ上に光学倍率 100 倍以上で結像させ、アライメントマークの光学像を光電変換して画像信号を得る。そして、画像信号に画像処理を施すことでアライメントマークの位置をサブナノメートル精度で検出する。

10

【 0 0 1 7 】

図 1 0 は、検討に用いたアライメントマーク A M の上面図 1 0 1 0 と、A A 断面における断面図 1 0 2 0 を示す。図 1 0 に示す構造は、BSI の構造を模した縦構造であり、シリコン酸化膜 SiO₂ (2500) の高さのパターン 1 0 2 1 を、3 μm の厚さのシリコン 1 0 2 2 を通して観察できることが判る。この像のコントラストが十分高いものであれば、特許文献 1 で提案する様に貫通した形状のアライメントマークを使う必要がない。しかしながら、図 1 0 の様にパターン 1 0 2 1 の観察はできるが、コントラストが低くサブナノメートルの計測ができる信号レベルではない。

20

【 0 0 1 8 】

図 9 に示したアライメントマークを使う場合には、低コントラストの像が、アライメント精度の劣化の原因となる。この説明をするために、アライメントマークをどう形成するかを、図 1 1 A ~ 図 1 1 E を使って説明する。

【 0 0 1 9 】

まず、図 1 1 A に示すように、シリコンウエハ 1 1 1 上にトレンチ (溝) をリソグラフィの露光・現像・エッチングで形成し、その溝にシリコン窒化膜 (SiN) 1 1 2 を埋め込む。このトレンチが、後の「上部の絶縁体部 A I L D 1 」となる (ただし、図 1 1 A ~ 図 1 1 C は基板の上下反転前なのでシリコン窒化膜 (SiN) 1 1 2 は下部にある) 。

30

【 0 0 2 0 】

次に、図 1 1 B に示すように、図 1 1 A で同時に形成したアライメントマーク (不図示) を使って、「上部の絶縁体部 A I L D 1 」上に「下部の絶縁体部 A I L D 2 」となるパターンを、リソグラフィのアライメント・露光・現像・エッチングで形成する。図 1 1 C は、図 1 1 B で形成したパターンに絶縁材であるシリコン酸化膜 (SiO₂) 1 1 3 を埋め込み、「下部の絶縁体部 A I L D 2 」が形成された状態を示す図である。

【 0 0 2 1 】

図 1 1 D は、図 1 1 C に示す基板を上下反転させた状態を示す図である。なお、図 1 1 A ~ 図 1 1 D において、シリコン (Si) の厚さは強調して示されている。最後に、図 1 1 E に示すように、図 1 1 D の基板に対して、BSI プロセスで行う研削を行い、シリコン (Si) の厚さを 3 μm とする。図 1 1 D に示す状態は、図 1 0 で示した縦構造と同一のものである。

40

【 0 0 2 2 】

上記の手順で作成されるアライメントマークにおいて、「上部の絶縁体部 A I L D 1 」と「下部の絶縁体部 A I L D 2 」の中心は同じに配置されるべきだが、実際にはアライメント精度 (許容範囲) 内で位置ずれが生じる。このような状態を「位置ずれが生じている」と呼ぶことにする。また、位置ずれ量が である場合には、「位置ずれ量 の位置ずれが生じている」あるいは「 の位置ずれが生じている」などと呼ぶことにする。

【 0 0 2 3 】

図 1 1 E で示したアライメントマークに位置ずれが生じるとどのように観測されるかを

50

、図12A～図12Cを参照して説明する。図12Aは、位置ずれが生じていない理想的な状態121と、状態121をアライメント検出系によって計測したときに検出される信号122を示す。信号122は歪の無い対称なものとなり、アライメント誤差は生じない。

【0024】

一方、図12Bでは+ の位置ずれが生じている状態123と、状態123を計測したときに検出される信号124を示す。なおここでは、「下部の絶縁体部AILD2」が「上部の絶縁体部AILD1」に対して左にずれている場合の位置ずれ量を、正と定義している。+ の位置ずれに起因して、信号124に歪が発生して非対称となり、アライメント誤差が発生する。信号124に歪みがあると、上部の絶縁体部AILD1の中心からずれた位置がアライメントマークの位置として検出され、アライメント誤差が生じる。図12Bの例では、上部の絶縁体部AILD1の中心から左（正方向）にずれた位置がアライメントマークの位置として検出されることになる。

10

【0025】

図12Cは、図12Bとは逆の方向にずれた状態、すなわち- の位置ずれが生じている状態125と、状態125を計測したときに検出される信号126を示す。図12Bに示す場合と同様に、信号126に歪が発生して非対称となりアライメント誤差が発生する。ただし、アライメント誤差は、図12Bの場合とは逆方向に発生する。

【0026】

このように、上部の絶縁体部AILD1と下部の絶縁体部AILD2のあいだの位置ずれにより発生するアライメントマークの検出位置の誤差が、アライメント精度を劣化させる問題となる。

20

【0027】

またBSI型のセンサでは、重ね合わせ精度が劣化する問題が知られている。重ね合わせ精度の劣化は、前述のBSI型のセンサを形成するプロセス中の、一つのウエハ基板を反転させて別のウエハ基板に貼り付ける工程で生じるウエハ基板全体の歪に起因する。

【0028】

ウエハ基板の貼り付けは、銅と銅を貼り合わせるハイブリッド・ボンディングという方法が一般に使用されている。図9は、上側のボンディング用マークUHBと下側のボンディング用マークLHBを使って、二枚のウエハ基板を貼り合わされた状態を示している。この貼り合わせを行う時にウエハ基板全面で均一に行うことができず、ある特定の部分から貼り合わされることでウエハ基板の平面方向に歪を発生させる。レーザー干渉計を使うことでサブナノメートル制御するウエハステージを使った半導体露光装置で各ショットを露光した時に形成した各ショットの格子形状を歪ませてしまい、重ね合わせ精度を劣化させてしまう。

30

【0029】

全ショットを露光装置で計測することや重ね合わせ検査装置を使った複数の計測結果を反映した非線形補正も提案され使用されているが、著しいスループットの低下を発生させている。

【0030】

そのため、BSI型のセンサでは、重ね合わせ精度の向上が今後の微細化と高生産性には重要な事項である。

40

【0031】

<実施形態1>

本実施形態では、ウエハアライメント用のマークを形成する「下部の絶縁体部AILD2」と「上部の絶縁体部AILD1」の間に位置ずれが生じている場合でも、アライメント精度を劣化させないアライメントマークを提案する。本実施形態で提案するアライメントマークを用いることで、BSI型の光電変換装置を、高精度かつ効率的に製造できるようになる。

【0032】

[構成]

50

図1は、本実施形態の光電変換装置の概略構成図を示す。図1に示すように、本実施形態の光電変換装置は、画素領域P i Aの周辺領域に、製造時において位置決めに用いられるアライメントマークA Mと、外部配線との接続に用いられる電極パッドP A Dが形成された電極パッド形成領域P a Aを有して構成される。

【0033】

裏面照射型の光電変換装置1は、光電変換を行うフォトダイオードP Dが形成された半導体層(シリコン層)1 1と、半導体層の表面側に形成された配線構造1 2と、半導体層の裏面側に形成されたカラーフィルタC FやマイクロレンズM Lから構成される。また、配線構造1 2の半導体層1 1に接する面とは反対側の面には、支持基板1 3が形成されている。

10

【0034】

半導体層1 1の画素領域P i Aには、受光センサ部となるフォトダイオードP Dが形成され、受光センサ部は受光した光の光量に応じた信号電荷を生成する光電変換を行う。画素領域P i Aには、図示はしていないが、画素を駆動する画素トランジスタが各画素に隣接して形成されている。

【0035】

配線構造1 2は、アルミニウムまたは銅からなる配線および層間絶縁膜を含み、配線が層間絶縁膜を介して複数層(図1では2層)積層された構成を有する。各配線間または配線と画素トランジスタの間は、図示しないコンタクト部によって電氣的に接続されている。また、周辺領域では、アルミニウムからなる配線の一部により、電極パッドP A Dが形成されている。

20

【0036】

カラーフィルタC Fは半導体層1 1の光照射側となる裏面側の各画素に対応する領域に形成されており、例えば、赤色(R)、緑色(G)、青色(B)の色素を含む有機材料で構成されている。マイクロレンズM Lは、各画素に対応してカラーフィルタC F上部に有機材料によって形成されている。マイクロレンズM Lは、入射した光が対応する画素のフォトダイオードP Dに効率良く入射するように集光する。

【0037】

アライメントマークA Mは、半導体層1 1のスクライプ領域S Aに形成されており、半導体層内に上部の絶縁体部A T I L D 1(第一の絶縁体部)と下部の絶縁体部A I L D 2(第二の絶縁体部)が積層されている。ここでは、フォトダイオードP Dが受光する光の入射側を上側としているので、上部の絶縁体部A T I L D 1は、下部の絶縁体部A I L D 2に対して、受光する光の側に配置される。上部の絶縁体部A T I L D 1は、半導体層1 1の下側において、下部の絶縁体部A I L D 2と接続している。下部の絶縁体部A I L D 2は、上部の絶縁体部A T I L D 1を被覆しており、保護膜として機能する。アライメントマークA M(上部の絶縁体部A T I L D 1)は、半導体層1 1の裏面側においてカラーフィルタC FやマイクロレンズM Lを形成する際の位置決めに用いられる。

30

【0038】

本実施形態におけるアライメントマークは、平面視において矩形形状である(図2参照)。ここで、図4Aにも示すように、上部の絶縁体部A T I L D 1は、光が入射する上部側ほど幅が大きいテーパー形状を有する。なお、本開示におけるアライメントマークの「幅」は、平面視における矩形の短手方向(図2にしめすx方向)の寸法を意味する。なお、上部の絶縁体部A T I L D 1の長手方向の寸法も上部側ほど長くてもよい。下部の絶縁体部A I L D 2の形状は、図9と同様であり、高さによらずに略一定の幅を有する。スクライプ領域S Aには、図2に示すように、アライメントマークが複数併置される。横方向の位置を検知するためには、縦長のアライメントマークが横方向に複数併置される。

40

【0039】

なお、アライメントマークはスクライプ領域S A以外、すなわちチップ内に配置されてもよい。

【0040】

50

本実施形態において、上部の絶縁体部 A T I L D 1 の上端における幅 W_{ud} (言い換えると幅の最大値) は、下部の絶縁体部 A I L D 2 の幅 W_2 よりも、絶縁体部 A T I L D 1 , A I L D 2 を形成するときのアライメント誤差 (許容誤差) c の二倍以上である。言い換えると上部の絶縁体部 A T I L D 1 の上端における幅 W_{ud} は、下部の絶縁体部 A I L D 2 の幅と、アライメント誤差 c の二倍との和以上 ($W_{ud} > W_2 + 2 \times c$) である。このような構成なので、2つの絶縁体部の位置ずれ量がアライメント誤差 c 以下である限り、アライメントマークを上面透視したときに、下部の絶縁体部 A I L D 2 の幅は、上部の絶縁体部 A T I L D 1 の幅の範囲内に収まる。すなわち、アライメントマークを上面透視したときに、下部の絶縁体部 A I L D 2 の幅方向の端部 E 2 a , E 2 b の両方が、上部の絶縁体部 A T I L D 1 の端部 E 1 a , E 1 b の間に位置する。

10

【 0 0 4 1 】

また、上部の絶縁体部 A T I L D 1 の下端 (下部の絶縁体部 A I L D 2 と接続する部分) の幅は、下部の絶縁体部 A I L D 2 の幅よりも小さい。これにより、下部の絶縁体部 A I L D 2 が保護膜として機能する。

【 0 0 4 2 】

なお、上部の絶縁体部 A T I L D 1 の縦方向の寸法も、光が入射する上部側ほど長くてもよい。この場合、アライメントマークを上面から見たとき、すなわち、シリコン層の表面と垂直な方向からの上面透視において、下部の絶縁体部 A I L D 2 は、上部の絶縁体部 A T I L D 1 の内部に位置する。

【 0 0 4 3 】

また、電極パッド配置領域 P a A 内の電極パッド P A D の周囲に配置される絶縁体部も、アライメントマークと同様に二層構造であり、上部の絶縁体部 T I L D 1 は光が入射する上部側の幅が大きいテーパ形状を有する。下部の絶縁体部 I L D 2 の形状は、図 9 と同様で有り、高さによらずに略一定の幅を有する。半導体基板は、電極パッド P A D を基板裏面側に導出するために、開口部を設けて電極パッド P A D を露出する。絶縁体部 T I L D 1 , I L D 2 が設けられることで、ワイヤーボンディングする際や検査工程などにおいて誤って側壁に接触した場合でもリークやダメージを抑制できる。また、下部の絶縁体部 I L D 2 の幅が小さいので、配置領域 P a A の近傍で生じる、応力を低減できる。そのため、光電変換装置の製造歩留まりや光電変換装置の品質を向上することができる。

20

【 0 0 4 4 】

[効果]

図 4 A ~ 図 4 C を参照して、アライメントマークを構成する上部の絶縁体部 A T I L D 1 と下部の絶縁体部 A I L D 2 のあいだに位置ずれがあっても、カラーフィルタやマイクロレンズ形成時のアライメント精度の劣化が生じないことを説明する。

30

【 0 0 4 5 】

なお、アライメントマークの検出に用いられるアライメント検出系 3 0 の構成を図 3 に示す。図 3 に示したアライメント検出系 3 0 の計測方法は画像処理である。光源 3 1 から波長 550nm ~ 700nm の光が発せられ、反射板 3 2、ビームスプリッタ 3 3、レンズ 3 4 を介して、ウエハ上のアライメントマーク A M を照明する。アライメントマーク A M からの回折光は、レンズ 3 4、ビームスプリッタ 3 3、レンズ 3 5、3 6 により 100 倍程度の結像倍率で拡大されて、C C D カメラ 3 7 に結像される。C C D カメラ 3 7 は、アライメントマーク A M の光学像を光電変換した撮像信号を信号処理部に送出し、信号処理部が撮像信号に基づいてアライメントマークの位置情報を算出する。

40

【 0 0 4 6 】

図 4 A ~ 図 4 C は、図 1 2 A ~ 図 1 2 C と同様に、位置ずれが生じていない場合、+ の位置ずれが生じている場合、- の位置ずれが生じている場合の、アライメントマークの状態および検出されるアライメント信号をそれぞれ示す。

【 0 0 4 7 】

図 4 A は、図 1 2 A と同じように、位置ずれが発生していない、理想的に合った状態 4 1 と、検出されるアライメント信号 4 2 を示す。アライメント検出系 3 0 により検出され

50

る検出信号 4 2 は歪の無い対称なものとなり、アライメント誤差は生じない。

【 0 0 4 8 】

一方、図 4 B は、図 1 2 B と同じように、+ の位置ずれが生じている状態 4 3 と、状態 4 3 を計測したときに検出される信号 4 4 を示す。なおここでは、「下部の絶縁体部 A I L D 2」が「上部の絶縁体部 A T I L D 1」に対して左にずれている場合の位置ずれ量を、正と定義している。

【 0 0 4 9 】

上述したように、テーパ形状の絶縁体部 A T I L D 1 の上部の幅 W_{ud} の大きさは、下部の絶縁体部 A I L D 2 の幅 W_2 と二倍の ($< c$) より大きな寸法である。したがって、アライメント検出系により上部からアライメントマークを観察する際に、下部の絶縁体部 A I L D 2 は、絶縁体部 A T I L D 1 の上部の陰になり観察されない。この結果、検出されるアライメント信号 (の少なくとも両端) の部分は非対称にならない。非対称にならないことはアライメント精度が劣化しないことになり、上述した課題を解決できる。

【 0 0 5 0 】

材質の透過率や吸収率、あるいは検出に使用する光の波長によっては、「下部の絶縁体部 A I L D 2」の影響が、(量としては僅かであるものの) アライメント信号に現れることは考えられる。しかしながら、上部の絶縁体部 A T I L D 1 をテーパ形状とすることで、影響が現れる位置を、図 4 B 中の信号位置 Sib の部分の様に、アライメント信号の両端とならない様にできる。信号処理で実際に使用する部分の処理ウインドウはエッジ部分、すなわちアライメント信号の両端部であるため、信号位置 Sib の部分は、アライメントマークの位置検出に影響を与えない。したがって、上部と下部の絶縁体部の間に位置ずれが生じていても、アライメントマークの位置を正確に検出できる。

【 0 0 5 1 】

図 4 C は、図 4 B とは逆方向の位置ずれが生じている状態 4 5 と、状態 4 5 を計測したときに検出される信号 4 6 を示す。図 4 C の場合も、図 4 B と同様の理由によりアライメント精度が劣化しないので、詳細な説明は省略する。

【 0 0 5 2 】

図 5 A , 図 5 B を参照して、本実施形態の効果をさらに説明する。図 5 A および図 5 B はそれぞれ、従来技術および本実施形態において位置ずれが生じているアライメントマーク (図 1 2 B および図 4 B) を、半導体露光装置のアライメント検出系で観察した場合のアライメントマークの一部を拡大した図である。

【 0 0 5 3 】

図 5 A は、従来技術 (特許文献 1) で提案するアライメントマークの一部を拡大したものである。位置ずれが生じていることにより、下部の絶縁体部 A I L D 2 のズレの影響が左側に現れている。これにより、上部の絶縁体部 A I L D 1 の端部を誤検出し、アライメントマーク (上部の絶縁体部 A I L D 1) の検出位置に誤差が生じる。

【 0 0 5 4 】

一方、図 5 B に示す本実施形態のアライメントマークの一部を拡大したものである。位置ずれによる下部の絶縁体部の影響を受けたとしても、その影響を受ける位置を、マーク端部とならない構成とすることで、アライメントマークの位置を正確に検出できる。つまり、アライメント精度劣化の発生を防ぐことができる。

【 0 0 5 5 】

このように、「下部の絶縁体部 A I L D 2」は保護膜としては機能するが、アライメントマークとしては機能しない。

【 0 0 5 6 】

[製造方法]

図 6 A ~ 図 6 F を参照して、本実施形態におけるアライメントマークを構成する、テーパ形状の絶縁体部 A T I L D 1 の形成する工程を説明する。

【 0 0 5 7 】

まず、図 6 A に示すように、シリコンウエハ 6 0 1 上に逆テーパの形状のトレンチ 6

10

20

30

40

50

02をリソグラフィの露光・現像・エッチングで形成する。なお、図6A～図6Cは、基板の上下反転前を示しており、最終的には図面下側が「上部」となる。

【0058】

使用するドライエッチング装置は、いずれのドライエッチング装置を用いても実施することができ、特に制限されるものではない。そのようなドライエッチング装置として、ICP型エッチング装置、マグネトロンRIE型エッチング装置、2周波平行平板型エッチング装置等を例示することができる。

【0059】

例えば、以下のエッチング条件を用いて二酸化シリコンSiO₂をエッチングマスクとしてシリコン601をエッチングすることで図6Aに示した逆テーパの形状のトレンチ1002を形成することが出来る。

- ・プロセスガスの圧力：10～200mTorr
- ・上部RFパワー：100～2000W
- ・下部RFパワー：100～2000W
- ・HBrガスの流量：20～300sccm
- ・NF₃ガスの流量：0～200sccm
- ・O₂ガスの流量：0～50sccm

【0060】

次に、図6Bに示すように、トレンチ602にシリコン窒化膜(SiN)603を埋め込む。このシリコン窒化膜603が、最終的に上部の絶縁体部ATILD1となる。

【0061】

次に、図6Cに示すように、シリコン窒化膜603(上部の絶縁体部ATILD1)の上に、「下部の絶縁体部AILD2」となるパターン604を、リソグラフィのアライメント・露光・現像・エッチングで形成する。この工程でのアライメントには、図6Aにおいてトレンチ602と同時に形成したアライメントマーク(不図示)を使う。

【0062】

次に、図6Dに示すように、図6Cにおいて形成したパターン604に絶縁材であるシリコン酸化膜(SiO)605を埋め込む。シリコン酸化膜605が、最終的に下部の絶縁体部AILD2となる。

【0063】

次に、図6Eに示すように、図6Dに示す基板の上下を反転する。なお、図6A～図6Eにおいて、シリコン(Si)601の厚さは強調して示されている。

【0064】

次に、図6Fに示すように、図6Eの基板に対して、BSIプロセスで行う研削を行い、シリコン(Si)601の厚さを3μmとする。

【0065】

この様にして、BSIプロセスでカラーフィルタ及びにマイクロレンズを形成するリソグラフィに使用するアライメントマークを形成できる。

【0066】

なお、電極パッドPADの周囲の絶縁体部TILD1,ILD2も、上記のプロセスによってアライメントマーク同時に形成される。

【0067】

[本実施形態の有利な効果]

本実施形態によれば、撮像領域の周辺のテーパ形状の溝に埋め込まれた絶縁体部を、位置合わせマークとして利用して、受光センサ部(フォトダイオードPD等)とカラーフィルタCFやマイクロレンズMLとの位置合わせを高精度に行うことが可能になる。従って、本実施形態により、BSI構造の光電変換装置を高精度かつ効率的に生産可能となる。そして、光電変換装置の製造歩留まりや光電変換装置の品質を向上することができる。BSI構造の光電変換装置は、斜め入射光の実効開口率100%を達成可能であり、感度を大幅に向上し、またシェーディングレスを実現可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 8 】

< 第 2 の実施形態 >

アライメントマークの形状は、第 1 の実施形態で示される構造（図 1、図 4 A）に限定されない。本実施形態は、第 1 の実施形態とは異なる形状のアライメントマークを採用した光電変換装置である。

【 0 0 6 9 】

図 7 は、本実施形態におけるアライメントマークの構造を示す図である。本実施形態におけるアライメントマークは、上部の絶縁体部 A S I L D 1 と下部の絶縁体部 A I L D 2 から構成される。上部の絶縁体部 A S I L D 1 は、上下方向の中間部において、幅が最大である形状を有する。絶縁体部 A S I L D 1 の最大幅 $W 1$ は、第 1 の実施形態と同様に、絶縁体部 A I L D 2 の幅 $W 2$ よりも、絶縁体部のアライメント誤差 c の 2 倍あるいはそれ以上である。すなわち、上部の絶縁体部 A S I L D 1 の幅の最大値 $W 1$ は、下部の絶縁体部 A I L D 2 の幅と、アライメント誤差 c の 2 倍との和以上（ $W 1 \geq W 2 + 2 \times c$ ）である。このような形状であっても、第 1 の実施形態と同様の効果が得られる。

10

【 0 0 7 0 】

本実施形態におけるアライメントマークの製造方法は、基本的に第 1 の実施形態と同様である。ただし、シリコンウエハにトレンチを形成するエッチング処理は、本実施形態では次のように行う。具体的には、以下のエッチングステップ 1 とエッチングステップ 2 を複数回繰り返す。これにより、二酸化シリコン SiO_2 をエッチングマスクとしてシリコンをエッチングすることで図 7 に示した形状のトレンチを形成することが出来る。

20

【 0 0 7 1 】

エッチングステップ 1

- ・プロセスガス圧力：20 ~ 150 mTorr
- ・高周波ソースパワー：400 ~ 1800 W
- ・RF バイアスパワー：150 ~ 1000 W
- ・Cl₂ 流量：30 ~ 300 sccm
- ・O₂ 流量：0 ~ 30 sccm
- ・N₂ 流量：0 ~ 100 sccm
- ・He 流量：0 ~ 500 sccm

【 0 0 7 2 】

エッチングステップ 2

- ・プロセスガス圧力：3 ~ 50 mTorr
- ・高周波ソースパワー：200 ~ 1500 W
- ・RF バイアスパワー：0 ~ 500 W
- ・SF₆ 流量：10 ~ 300 sccm

30

【 0 0 7 3 】

< 第 3 の実施形態 >

第 1 および第 2 の実施形態は、本発明を半導体露光装置のアライメントマークに適用した例を説明してきたが、本実施形態では本発明を重ね合わせ検査用のマークに適用する。これにより、二層のアライメント精度の影響を受けない高精度な重ね合わせ検査を可能とする。

40

【 0 0 7 4 】

図 8 A および図 8 B は、本発明を重ね合わせ検査用計測マークに適用した一実施例を示す。図 8 A は上面図で有り、図 8 B は図 8 A の破線部分の断面図である。

【 0 0 7 5 】

市販されている重ね合わせ検査装置の計測原理は画像処理であり、第 1 の実施形態における半導体露光装置のウエハアライメント検出系の光学の構成に類似している。したがって、重ね合わせ検査用のマークの位置ずれに基づくアライメント精度の低下が同様に発生しうる。

【 0 0 7 6 】

50

重ね合わせ検査では、露光装置でアライメント・露光・現像されたレジストパターンの重ね合わせ検査用マークPRPと、事前に形成された重ね合わせ検査用マークOLX1,OLX2,OLY1,OLY2との相対位置関係が計測される。

【0077】

検査用マークOLX1,OLX2,OLY1,OLY2はいずれも、上部の絶縁体部TOILD1と下部の

絶縁体部OILD2から構成される。露光装置のアライメントマークと同様に図8Bに示すように、下部の絶縁体部で形成したマークOILD2の幅の寸法より、上部の絶縁体部で形成したマークOILD1の幅の寸法を大きい。これにより、下部の絶縁体部のマークOILD2の影響を受けないようにすることで、高精度な重ね合わせ検査が可能となる。

10

【0078】

なお、図8A,図8Bでは第1の実施形態と同様に、上部の絶縁体部TOILD1がテーパー形状を有しているが、第2の実施形態と同様に中間部で最大の幅を取る形状であっても構わない。

【0079】

<その他の実施形態>

更にここまでの説明では二層の絶縁体部をそれぞれシリコン窒化膜SiNとシリコン酸化膜SiOで形成しているが、本発明はそれに限定するものではない。例えば二層の絶縁体部の両方を、シリコン窒化膜SiNで形成したり、シリコン酸化膜SiOで形成したりしても同様に効果がある。二回のリソグラフィでアライメントマークを構成することが無いようにすれば良いためである。

20

【0080】

各実施の形態では、光電変換部を有する半導体層11の表面の上に配置された、絶縁膜を含む配線構造12と、絶縁体部ATILD1、TILD1と、絶縁体部AILD2、ILD2と、を備える。絶縁体部ATILD1、TILD1が、半導体層11に設けられた溝の内に配置されている。絶縁体部AILD2、ILD2が、絶縁体部ATILD1、TILD1と配線構造12の絶縁膜との間に配置されている。そして絶縁体部ATILD1、TILD1の幅の最大値が、絶縁体部AILD2、ILD2の幅の最大値よりも大きい。これにより、絶縁体部ATILD1、TILD1の幅の最大値が、絶縁体部AILD2、ILD2の幅の最大値よりも小さい場合に比べて、配線構造12と半導体層11の間に生じる応力を小さくすることができる。そのため、光電変換装置の製造歩留まりや光電変換装置の品質を向上することができる。このような絶縁体部ATILD1、TILD1と絶縁体部AILD2、ILD2は、上述のように、アライメントマークや検査用マーク、電極パッド部周囲の絶縁部材として用いることができる。絶縁体部AILD2、ILD2は半導体層11に設けられた溝の内に配置されてもよい。上述のアライメントマークや検査用マークは、スクライプライン内に配置されてもよいが、チップ内に配置されてもよい。

30

【0081】

本実施形態の光電変換装置は、カメラや情報端末のような電子機器、自動車等の車両、船舶、飛行機、人工衛星等の輸送機器、医療機器、分析機器に搭載することができる。これらの機器は、光電変換装置の他に、光学系、制御装置、処理装置、表示装置、記憶装置機、および、械装置の少なくともいずれかを備えることができる。光学系は光電変換装置に結像する。制御装置は光電変換装置を制御する。処理装置は光電変換装置から出力された信号を処理する。表示装置は光電変換装置で得られた情報を表示する。記憶装置は光電変換装置で得られた情報を記憶する。機械装置は光電変換装置で得られた情報に基づいて動作する。本実施形態の光電変換装置を各種の機器に搭載することで、機器の価値を向上することができる。

40

【0082】

本発明は、上述の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範

50

囲でその他様々な構成が取り得る。

【 0 0 8 3 】

たとえば、絶縁体部 A T I L D 1、T I L D 1 および絶縁体部 A I L D 2、I L D 2 と同様に積層された絶縁体部を、半導体層の複数の部分を絶縁する絶縁部材として用いることもでき、例えば、画素間を分離部するための絶縁部材として用いることもできる。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 4 】

1 1 : 半導体層

A T I L D 1 : アライメントマークの上部のテーパ形状の絶縁体部

A I L D 2 : アライメントマークの下部の絶縁体部 (保護膜)

T I L D 1 : 電極パッド部周囲の上部のテーパ形状の絶縁体部

I L D 2 : 下部の絶縁体部 (保護膜)

10

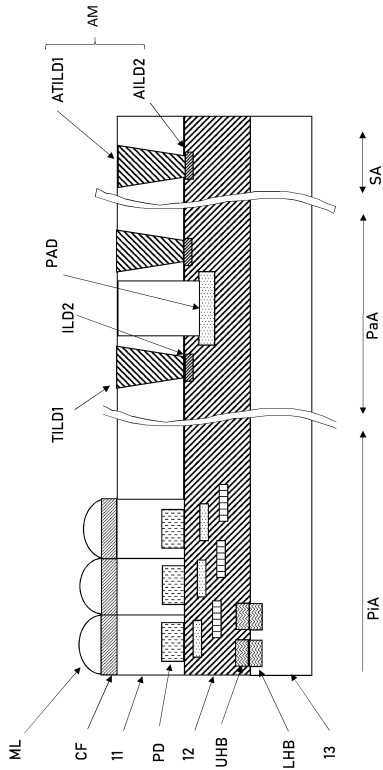
20

30

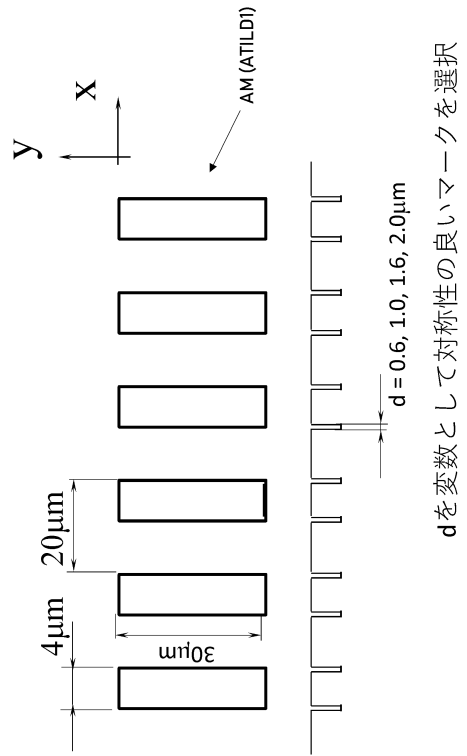
40

50

【図面】
【図 1】



【図 2】

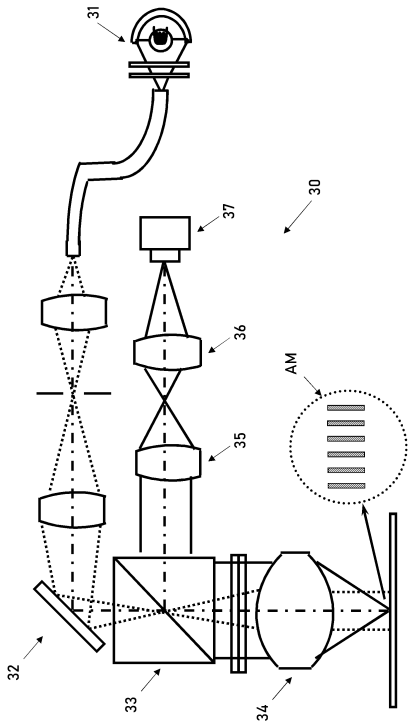


dを変数として対称性の良いマークを選択

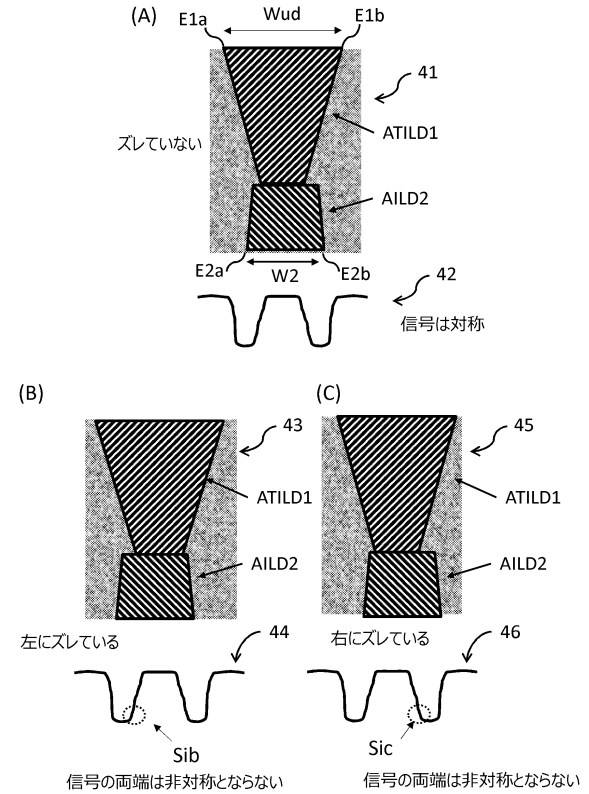
10

20

【図 3】



【図 4】



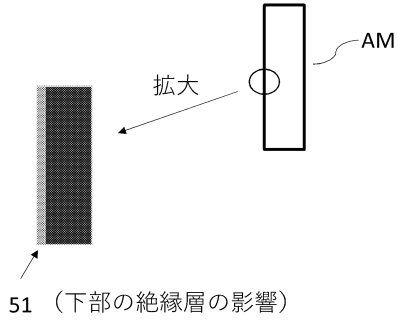
30

40

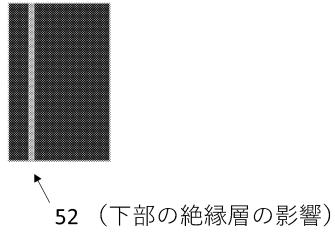
50

【図5】

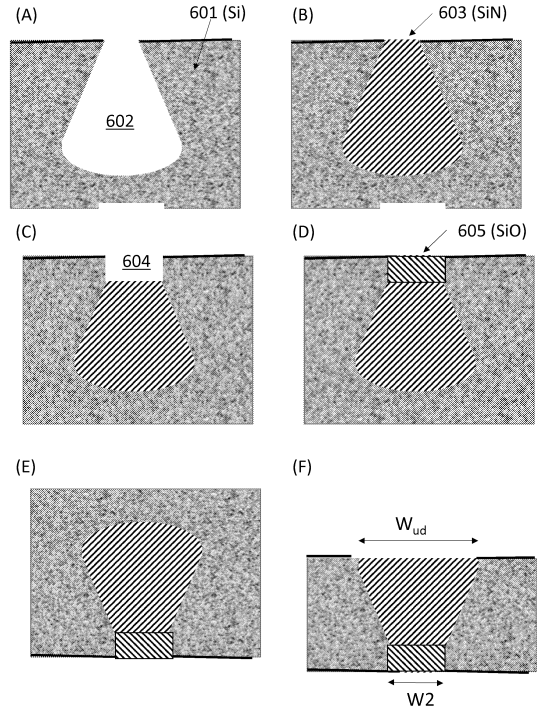
(A) 従来



(B) 本手法



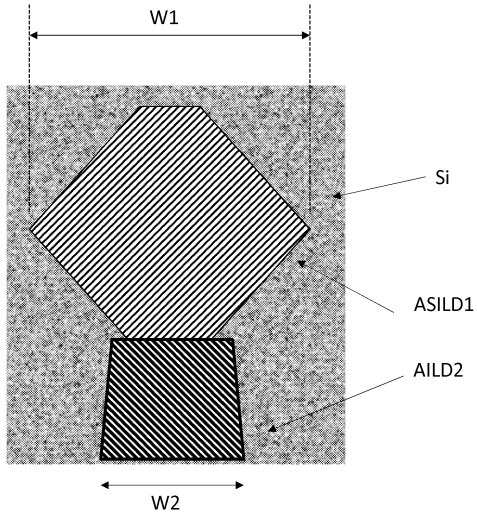
【図6】



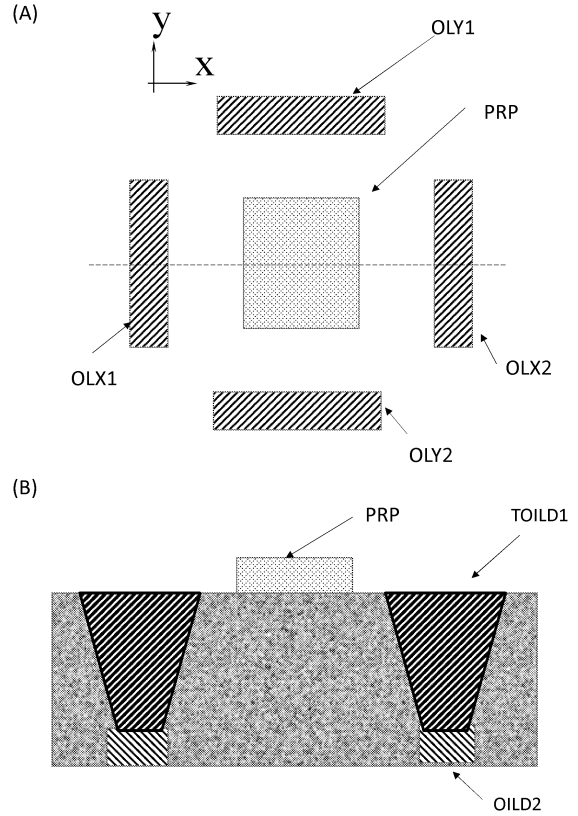
10

20

【図7】



【図8】

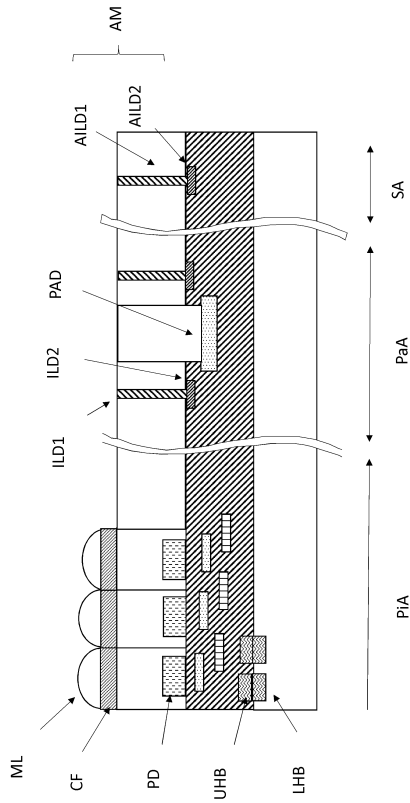


30

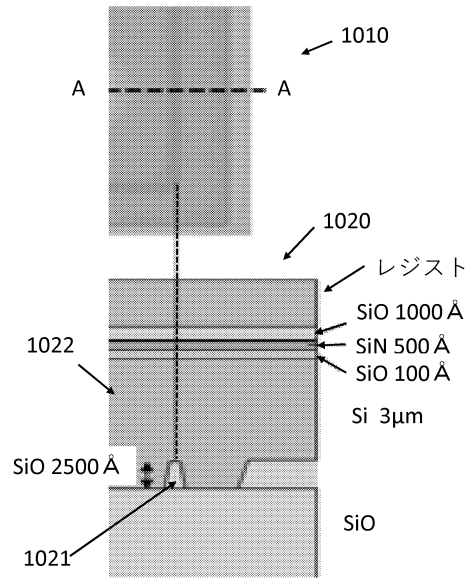
40

50

【 図 9 】



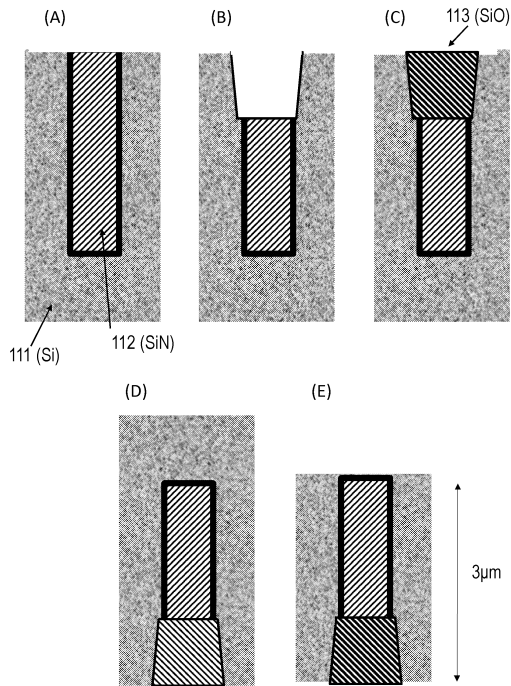
【 図 10 】



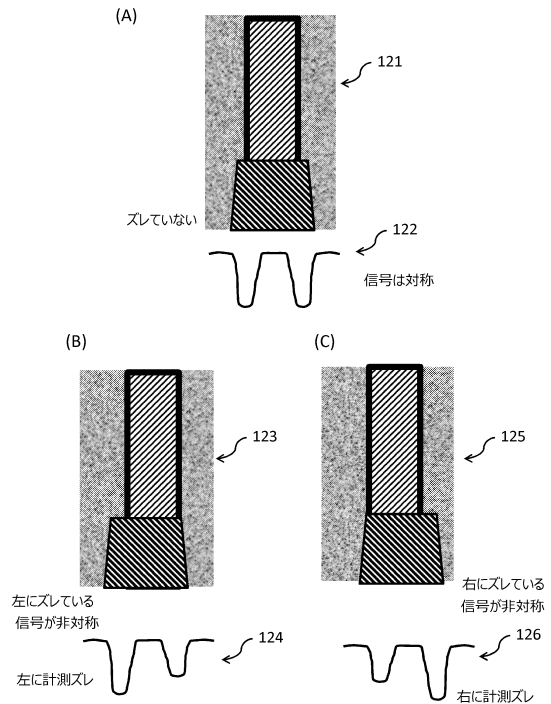
10

20

【 図 11 】



【 図 12 】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2013/0069190 (US, A1)
特開 2005 - 101150 (JP, A)
特開平 09 - 232207 (JP, A)
特開 2010 - 021293 (JP, A)
特開 2016 - 025255 (JP, A)
米国特許出願公開第 2015/0372031 (US, A1)
特開 2014 - 033107 (JP, A)
特開 2005 - 268738 (JP, A)
特開 2011 - 114325 (JP, A)
米国特許出願公開第 2013/0285181 (US, A1)
米国特許出願公開第 2013/0320479 (US, A1)
特開 2005 - 150463 (JP, A)
特開 2010 - 212471 (JP, A)
米国特許出願公開第 2010/0164035 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 27/146
H04N 25/70