

(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2013-4685

(P2013-4685A)

(43) 公開日 平成25年1月7日(2013.1.7)

(51) Int.Cl.

H01L 27/14 (2006.01)

F 1

H01L 27/14

テーマコード(参考)

D 4M118

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願2011-133539 (P2011-133539)

(22) 出願日

平成23年6月15日 (2011.6.15)

(71) 出願人 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

(74) 代理人 100076428

弁理士 大塚 康徳

(74) 代理人 100112508

弁理士 高柳 司郎

(74) 代理人 100115071

弁理士 大塚 康弘

(74) 代理人 100116894

弁理士 木村 秀二

(74) 代理人 100130409

弁理士 下山 治

(74) 代理人 100134175

弁理士 永川 行光

最終頁に続く

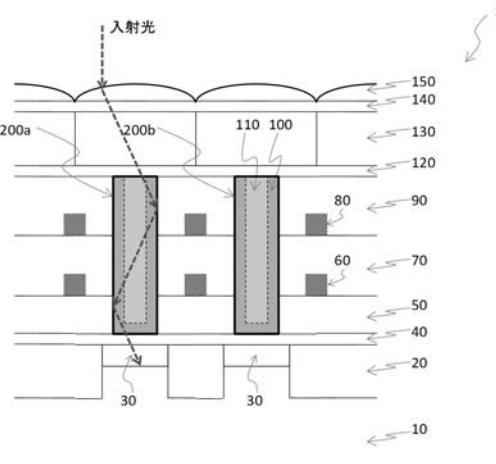
(54) 【発明の名称】 固体撮像装置の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】光導波路の材料とそれを取り囲む絶縁膜との間に作用する熱応力により、プロセス欠陥が生じうる。

【解決手段】光導波路の材料を堆積させる工程と、堆積された前記材料に光または放射線を照射することによって前記材料をアニールするアニール工程により、前記堆積工程および前記アニール工程を経て前記光電変換部に光を導く光導波路を形成する。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

光電変換部が設けられ、前記光電変換部の上の領域に開口を有する絶縁膜が形成された半導体基板を準備する工程と、

前記開口の中に前記絶縁膜よりも高い屈折率の材料を堆積させる堆積工程と、

前記開口に堆積された前記材料に光または放射線を照射することによって前記材料をアニールするアニール工程と、を含み、

前記堆積工程および前記アニール工程を経て、前記光電変換部に光を導く光導波路が形成される、

ことを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

10

**【請求項 2】**

前記堆積工程と前記アニール工程を複数回にわたって実施することにより前記光導波路を形成する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像装置の製造方法。

**【請求項 3】**

前記アニール工程は、前記材料の温度が 100 以上 400 以下の範囲内の温度になるように実施される、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像装置の製造方法。

**【請求項 4】**

前記アニール工程は、前記材料の表面の照度が 10 mW/cm<sup>2</sup> 以上 1000 mW/cm<sup>2</sup> 以下の範囲内の照度になるよう実施される、

20

ことを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像装置の製造方法。

**【請求項 5】**

前記光は紫外光を含む、

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置の製造方法。

**【請求項 6】**

前記放射線は電子線を含む、

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置の製造方法。

30

**【請求項 7】**

前記材料は窒化シリコンおよび酸窒化シリコンの少なくとも一つを含む、

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、固体撮像装置の製造方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

画素を構成するフォトダイオードなどの光電変換部の上の領域に、高い屈折率の材料からなる光導波路を設けることにより、光導波路の界面において光を全反射させ、光の集光性を高める技術が知られている（特許文献 1、特許文献 2 参照）。この光導波路の材料の代表的な例として、高密度プラズマ CVD 法を用いた窒化シリコンが挙げられる。

40

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開平 05 - 235313 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 193500 号公報

**【発明の概要】**

50

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0004】**

光導波路の材料として窒化シリコンを使用することには、窒化シリコンとそれを取り囲む絶縁膜との間の熱膨張係数の違いに起因する熱応力の問題がある。光導波路を形成するために、光電変換部の上部の絶縁膜に開口を設け、この開口に窒化シリコンを充填した場合、この窒化シリコンと絶縁膜との間に作用する熱応力によりプロセス欠陥が生じうる。例えば、シリコンウエハが反り返ることによるプロセスばらつきの増大、絶縁膜におけるクラックの発生、またチップのリーク電流の増大等をもたらしうる。

**【0005】**

本発明の目的は、光導波路の材料と絶縁膜との間に作用する熱応力を低減することにより、これらの問題を解決し、固体撮像装置の品質・信頼性を高めることである。

10

**【課題を解決するための手段】**

**【0006】**

本発明の一つの側面は固体撮像装置の製造方法にかかり、光電変換部が設けられ、前記光電変換部の上の領域に開口を有する絶縁膜が形成された半導体基板を準備する工程と、前記開口の中に前記絶縁膜よりも高い屈折率の材料を堆積させる堆積工程と、前記開口に堆積された前記材料に光または放射線を照射することによって前記材料をアニールするアニール工程と、前記堆積工程および前記アニール工程を経て前記光電変換部に光を導く光導波路を形成する工程と、を含むことを特徴とする。

20

**【発明の効果】**

**【0007】**

本発明によれば、光導波路の材料と絶縁膜との間に作用する熱応力を低減することが可能となる。

**【図面の簡単な説明】**

**【0008】**

**【図1】固体撮像装置の構成例を示す断面図。**

**【図2】本発明の実施形態による固体撮像装置の製造工程を説明するための図。**

**【図3】本発明の実施形態による固体撮像装置の製造工程を説明するための図。**

**【図4】本発明の実施形態による固体撮像装置の製造工程を説明するための図。**

30

**【図5】本発明の実施形態による固体撮像装置の製造工程を説明するための図。**

**【図6】本発明の実施形態による固体撮像装置の製造工程を説明するための図。**

**【図7】本発明の実施形態による固体撮像装置の製造工程を説明するための図。**

**【図8】本発明の実施形態による固体撮像装置の製造工程を説明するための図。**

**【図9】窒化シリコンの熱応力と、窒化シリコンの熱応力起因によるシリコンウエハ反り返り量の、UV照射時間依存性を示す測定結果の図。**

**【発明を実施するための形態】**

**【0009】**

図1を参照しながら本発明の実施形態の固体撮像装置について説明する。固体撮像装置は、例えば、CMOSイメージセンサとして、または、CCDイメージセンサとして構成されうる。固体撮像装置1は、半導体基板10に複数の光電変換部30が配置されうる。それぞれの光電変換部30の間には素子分離領域20が配置されうる。光電変換部30および素子分離領域20の上には、絶縁層40が配置されうる。ここで、光電変換部30のそれぞれの近傍には、電荷転送用の転送トランジスタや増幅トランジスタが配置していてもよい(不図示)。また、これらのトランジスタの上に絶縁層40を配置してもよい。絶縁層40はエッチングトップとして機能しうる。絶縁層40の上には第1の絶縁膜50が配置されうる。さらに、第1の絶縁膜50の上には第1のメタル配線層60と第2の絶縁膜70が配置され、第2の絶縁膜70の上には第2のメタル配線層80と保護層90が配置されうる。第1の絶縁膜50と第2の絶縁膜70と保護層90の領域において、保護層90の表面から絶縁層40の上面まで開口190(図3参照)を有する。このようにして、光電変換部30の上の領域に開口190を有する絶縁膜が形成された半導体基板を準備

40

50

することができる。その後、開口 190 には、第 1 の絶縁膜 50 と第 2 の絶縁膜 70 と保護層 90 よりも高い屈折率の材料が充填され、光導波路 200（図 1において、200a と 200b と区別する）が形成されうる。さらに、保護層 90 と光導波路 200 の上には第 1 の平坦化層 120、カラーフィルタ層 130、第 2 の平坦化層 140 が配置され、その上部にマイクロレンズ 150 が配置されうる。

#### 【0010】

マイクロレンズ 150 に入射した光はマイクロレンズにおいて屈折し、光導波路 200 に導かれる。前述の通り、光導波路 200 は、第 1 の絶縁膜 50、第 2 の絶縁膜 70、および保護層 90 よりも高い屈折率の材料で構成されているため、入射角の大きい光は、光導波路 200 の界面において全反射して光電変換部 30 へと導かれうる。ここで光導波路 200 は、それを構成する材料に、光または放射線を照射することによってアニールされたものである。光導波路 200 は、1 つの円柱状部分と、それを取り囲む少なくとも 1 つの筒状部分で構成される同心状構造とすることも可能である。図 1においては一例として、1 つの円柱状部分（高屈折率材料 110）と、それを取り囲む 1 つの筒状部分（高屈折率材料 100）で構成される同心状構造の場合を示す。また、光導波路 200 を構成するこれらの材料は同じ材料であってもよく、これらの材料の屈折率を同一もしくは略等しいものとすることにより、これらの材料間ににおける入射光の反射を防止することができ、光の損失を少なく集光することができる。

10

#### 【0011】

ここで、第 1 のメタル配線層 60 と第 2 のメタル配線層 80 は、光電変換部 30 からの電気信号を伝達するために用いることも可能である。また、第 1 のメタル配線層 60 と第 2 のメタル配線層 80 とを、各光導波路、例えば、光導波路 200a から漏れた光が、他の光導波路、例えば、光導波路 200b に入射することを妨げる用途で利用することも可能である。あるいは、導波路の間に入射した光が光電変換部に入射することを妨げる用途で利用することも可能である。

20

#### 【0012】

以下、添付図面を参照しながら、固体撮像装置 1 の製造方法である、本発明の実施形態を説明する。まず、図 2 を用いて説明する。シリコンウエハ等である P 型半導体基板 10 が用意され、STI (Shallow Trench Isolation) 等の素子分離領域 20 が設けられる。その後、光電変換部 30 として例えば、N 型不純物イオンを注入し熱処理することによりフォトダイオードが形成される。このとき、光電変換部 30 の表面には自然酸化膜や、近傍に MOS トランジスタが存在する場合にはゲート絶縁膜が形成されていてもよく、その膜厚は入射光の波長より十分に小さいため、光の反射には影響はない。

30

#### 【0013】

次に、光電変換部 30 および素子分離領域 20 の上に、CVD（化学的気相成長）法などにより、絶縁層 40 が形成される。絶縁層 40 は、後述の第 1 の絶縁膜 50、および第 2 の絶縁膜 70 よりもエッティング速度の低い層であることが望ましい。これにより、絶縁層 40 は、後述の光導波路 200 となる開口 190 をエッティングにより形成する際に、エッティングの進行を停止させるエッティングストップとしての役割をもつことが可能である。ここで、絶縁層 40 は、例えば窒化シリコンとする。

40

#### 【0014】

絶縁層 40 の上には、CVD 法などにより、第 1 の絶縁膜 50 が形成される。ここで、第 1 の絶縁膜 50 を CMP（化学的機械研磨）法などにより平坦化することにより、第 1 の絶縁膜 50 の上に配置される第 1 のメタル配線層 60 のパターニング精度を向上させることもできる。第 1 の絶縁膜 50 は、例えば酸化シリコンであり、層間絶縁膜として機能する。

#### 【0015】

次に、第 1 の絶縁膜 50 の上には、スパッタリング法などにより、第 1 のメタル配線層 60 となるべき層が形成される。この層は、Al、Mo、W、Ta、Ti、Cu などで形

50

成されうる。そしてフォトリソグラフィ工程とエッチング工程などにより、第1のメタル配線層60を除く領域を選択的にエッティングして、第1のメタル配線層60が形成される。なお、第1のメタル配線60はダマシン法やデュアルダマシン法によって形成されていてもよい。

#### 【0016】

第1の絶縁膜50と第1のメタル配線層60の上には、CVD法などにより、第2の絶縁膜70が形成される。ここで、第2の絶縁膜70をCMP法などにより平坦化することもできる。第2の絶縁膜70は、例えば酸化シリコンであり、層間絶縁膜として機能する。

#### 【0017】

第2の絶縁膜70の上には、スパッタリング法などにより、第2のメタル配線層80となるべき層が形成される。この層は、Al、Mo、W、Ta、Ti、Cuなどで形成される。そしてフォトリソグラフィ工程とエッチング工程などにより、第2のメタル配線層80を除く領域を選択的にエッティングして、第2のメタル配線層80が形成される。第2のメタル配線層80も第1のメタル配線層と同様に他の方法でも形成可能である。

#### 【0018】

第2の絶縁膜70と第2のメタル配線層80の上には、プラズマCVD法などにより保護層90が形成される。保護層90は、窒化シリコン、酸窒化シリコン、または酸化シリコン等の絶縁材料により形成される。ここで、少なくとも第1の絶縁膜50と第2の絶縁膜70とは、光導波路200を構成する材料より屈折率が低い絶縁材料を選択すればよい。その結果、図2の断面図の状態となる。

#### 【0019】

その後、フォトリソグラフィ工程とドライエッティング工程などにより、保護層90の表面から絶縁層40の上面まで、光導波路200となる開口190が形成され、図3の断面図の状態となる。ここで、絶縁層40において、エッティングの進行速度が低下するので、この速度低下を検知してエッティングを終了とさせることが可能である。また、このエッティング工程は、層間の各絶縁膜を除去するために最適なエッティング条件で、それぞれエッティングを行うことが好ましい。

#### 【0020】

次に、開口190には、HDP(高密度プラズマ)-CVD法などにより、高屈折率材料100が堆積される。高屈折率材料100は、例えば窒化シリコン、酸窒化シリコンなどであり、第1の絶縁膜50、第2の絶縁膜70、および保護層90よりも高い屈折率の材料である。ここで、開口190は、開口半径1μm、開口深さ3.5μmの場合を考える。開口190に、HDP-CVD法により、厚さ1μm程度の高屈折率材料100が堆積される。その後、高屈折率材料100に、光(例えば、UV(紫外光))や、放射線(例えば、EB(電子線))を照射することによるアニール工程を行う。その結果、図4の断面図の状態となる。このアニール工程は、高屈折率材料100の温度が100以上400以下の範囲内の温度であること、または、高屈折率材料100の表面の照度が10mW/cm<sup>2</sup>以上1000mW/cm<sup>2</sup>以下の範囲内の照度であることが条件となりうる。

#### 【0021】

さらに、同様にして、開口190には、HDP-CVD法により、厚さ1μm程度の高屈折率材料110が堆積され、光や放射線を照射することによるアニール工程を行う。その結果、図5の断面図の状態となる。また、高屈折率材料110は、開口190の上部を平坦化するため、さらに1μm程度の成膜をすることも可能である。ここで、光導波路200が、1つの円柱状部分とそれを取り囲む複数の筒状部分で構成される同心状構造で構成される場合は、これらの工程を複数回にわたって実施することもできる。

#### 【0022】

その後、高屈折率材料100および高屈折率材料110は、保護層90の上面までCMP法により平坦化処理がなされ、光導波路200が形成され、図6の断面図の状態となる。ここで、CMP法に代えて、プラズマエッティングによるエッチバック法を用いることも

10

20

30

40

50

可能である。この平坦化処理により、その後の工程の製造ばらつきや、その層との界面における反射を低減することが可能となる。なお、上記の保護層90の形成工程を省略して、この平坦化処理を高屈折率材料100および高屈折率材料110の領域まで実施することも可能であり、図7の断面図の状態となる。この場合は、保護層90に代えて、高屈折率材料100および高屈折率材料110が保護層として利用することが可能である。また、図1の保護層90を第3の絶縁膜とし、更に、保護層を形成してもよい。

#### 【0023】

その後、保護層90と光導波路200の上には、第1の平坦化層120が塗布法により形成される。次に、第1の平坦化層120の上には、カラーフィルタ層130、例えば、Red層、Green層、Blue層が、塗布法、露光処理、現像処理を経て形成される。さらに、カラーフィルタ層130の上には、第2の平坦化層140が塗布法により形成される。そして、第2の平坦化層140の上にはマイクロレンズ150が、塗布法、露光処理、現像処理の後、リフロー処理を経て形成され、図8の断面図の状態となる。

10

#### 【0024】

以下、光導波路200の形成工程において行われたアニール工程について述べる。具体的には、高屈折率材料100および高屈折率材料110に光もしくは放射線を照射することによるアニール工程の効果を述べる。ここでは一例として、高屈折率材料である窒化シリコンにUV照射することによるアニール工程の効果を、測定結果を示すことにより述べる。図9は、窒化シリコンの熱応力変化のUV照射時間依存性を示す測定結果のプロット図(a)と、窒化シリコンの熱応力起因によるシリコンウェハ反り量の変化のUV照射時間依存性を示す測定結果のプロット図(b)である。UV照射の条件は、450nm以下の波長を含み、温度は100~200、照度は500~700mW/cm<sup>2</sup>である。図9のそれぞれのプロット図において、UV照射時間0秒は窒化シリコン成膜直後の値を示し、それぞれUV照射時間0秒時の値で規格化している。図9から分かるように、UV照射により、本来の窒化シリコンの熱応力が緩和され、これに伴ってシリコンウェハの反り返りも低減する。これはUV照射を行うことにより、窒化シリコン中において、Si-H、N-H結合が切れ、Si-N結合が形成されることで熱応力が変化するからである。

20

#### 【0025】

さらに、UV照度を強くする、UV照射時間を長くする、UV照射温度を上げる、またはこれらを組み合わせることにより、この熱応力を0にすること、さらには引張り応力を反転させることも可能である。また、本実施形態では、高屈折率材料100及び110を用いたが、高屈折率材料100のみでもよい。更には、高屈折率材料100及び110のために堆積工程及びアニール工程を2回繰り返したが、高屈折率材料100の堆積工程及びアニール工程の後に、高屈折率材料の堆積工程のみを行ってもよい。つまり、少なくとも1回の堆積工程及びアニール工程が行われれば良い。

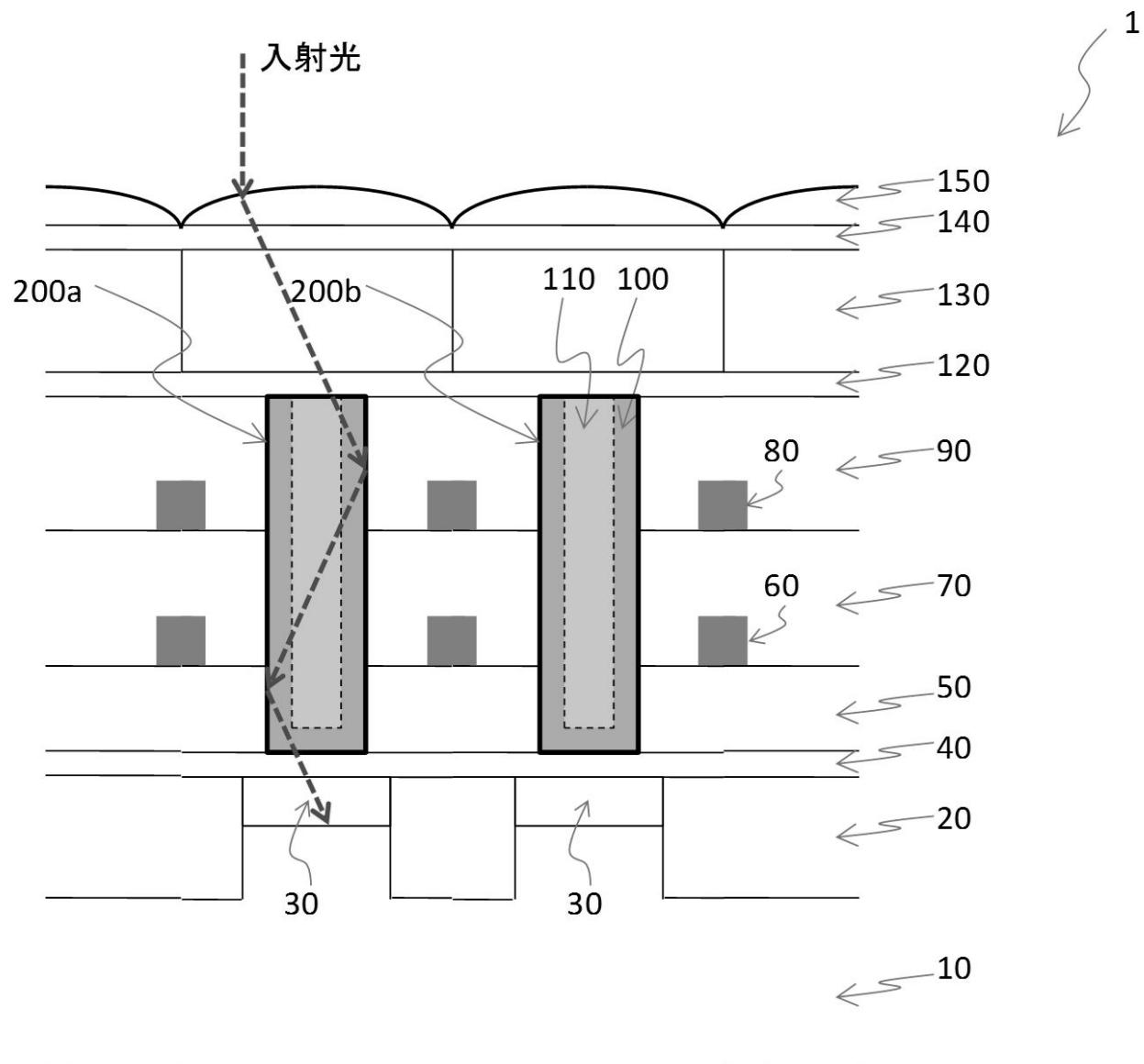
30

#### 【0026】

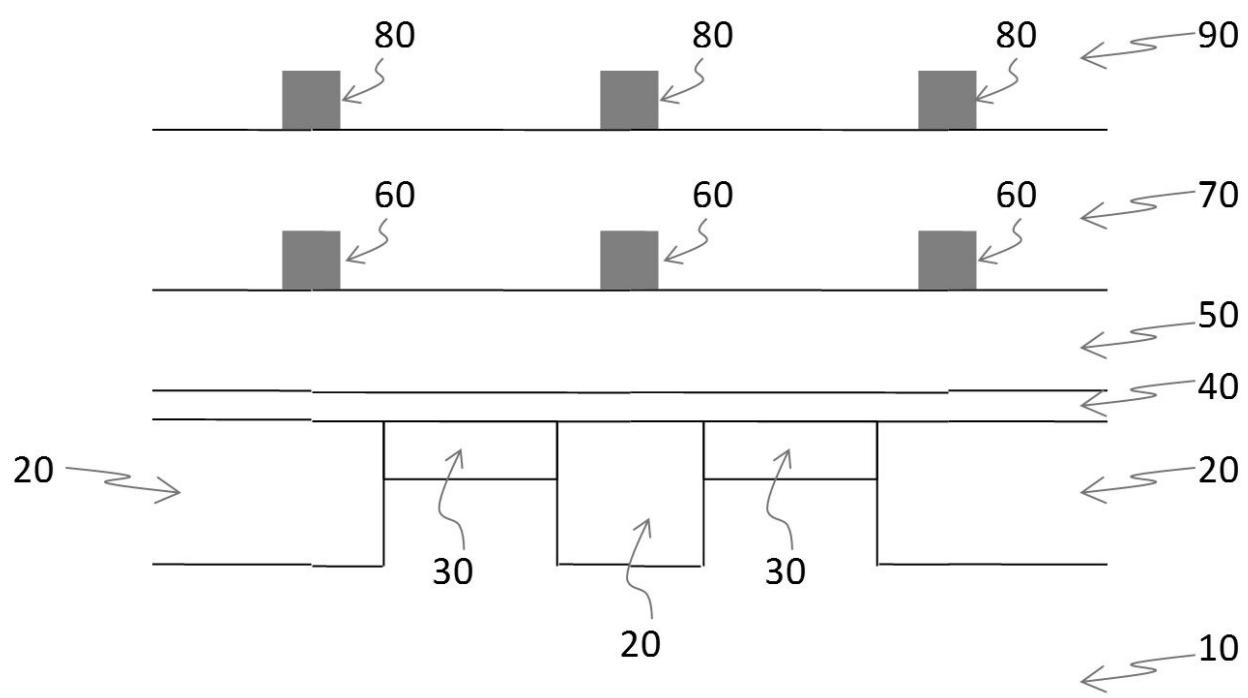
以上のように、本実施形態によれば、シリコンウェハの反り返りを抑制することができ、プロセスばらつきを抑制し、高屈折率材料の下の絶縁膜におけるクラックの発生を防止し、チップのリーク電流を低減することができる。また、本発明による固体撮像装置の製造方法は、以上の実施形態に限定されるものではなく、適宜変形や組み合わせが可能であることは言うまでもない。例えば、高屈折率材料として窒化シリコンを例に挙げたが、他の材料であってもよい。

40

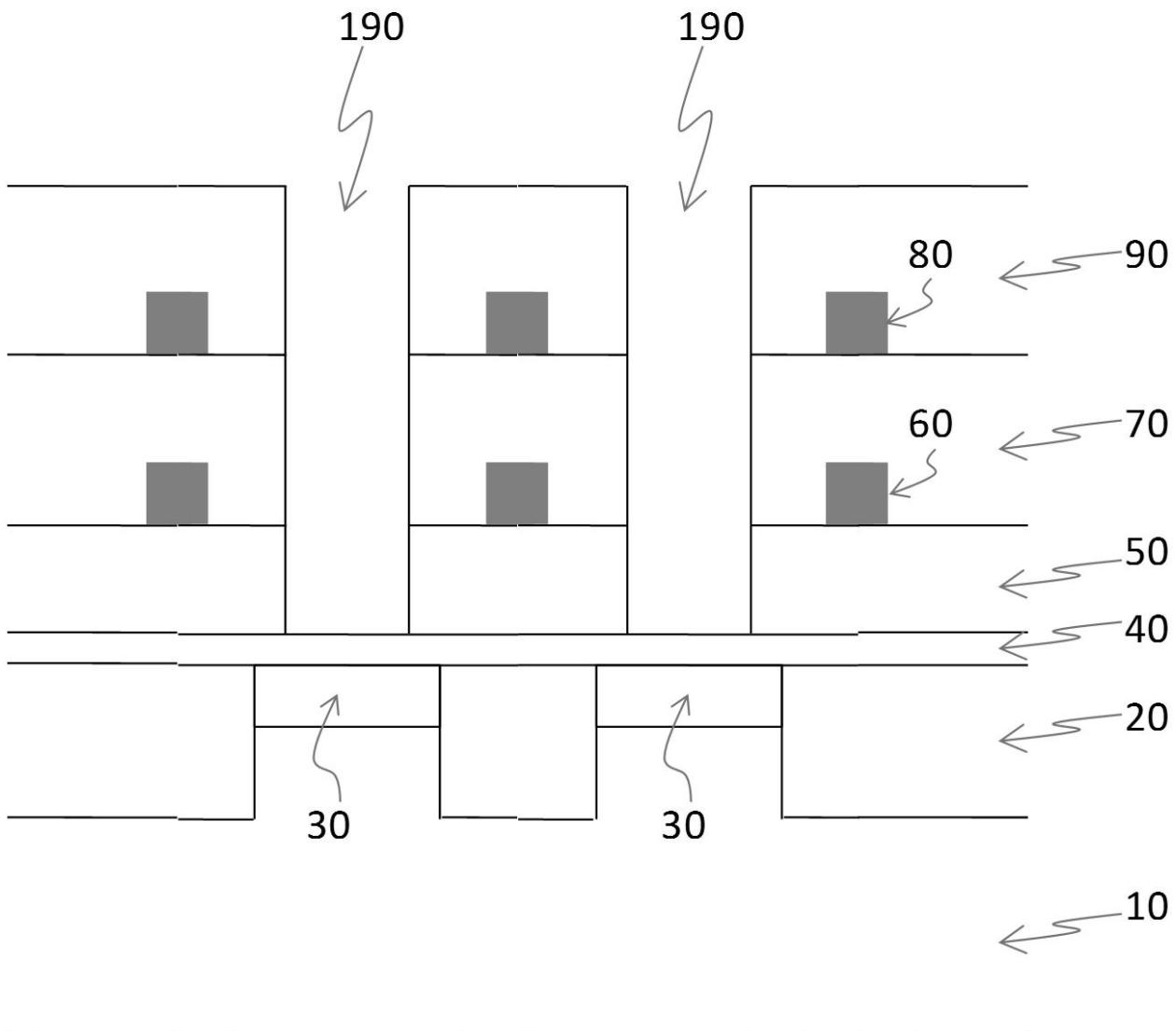
【図1】



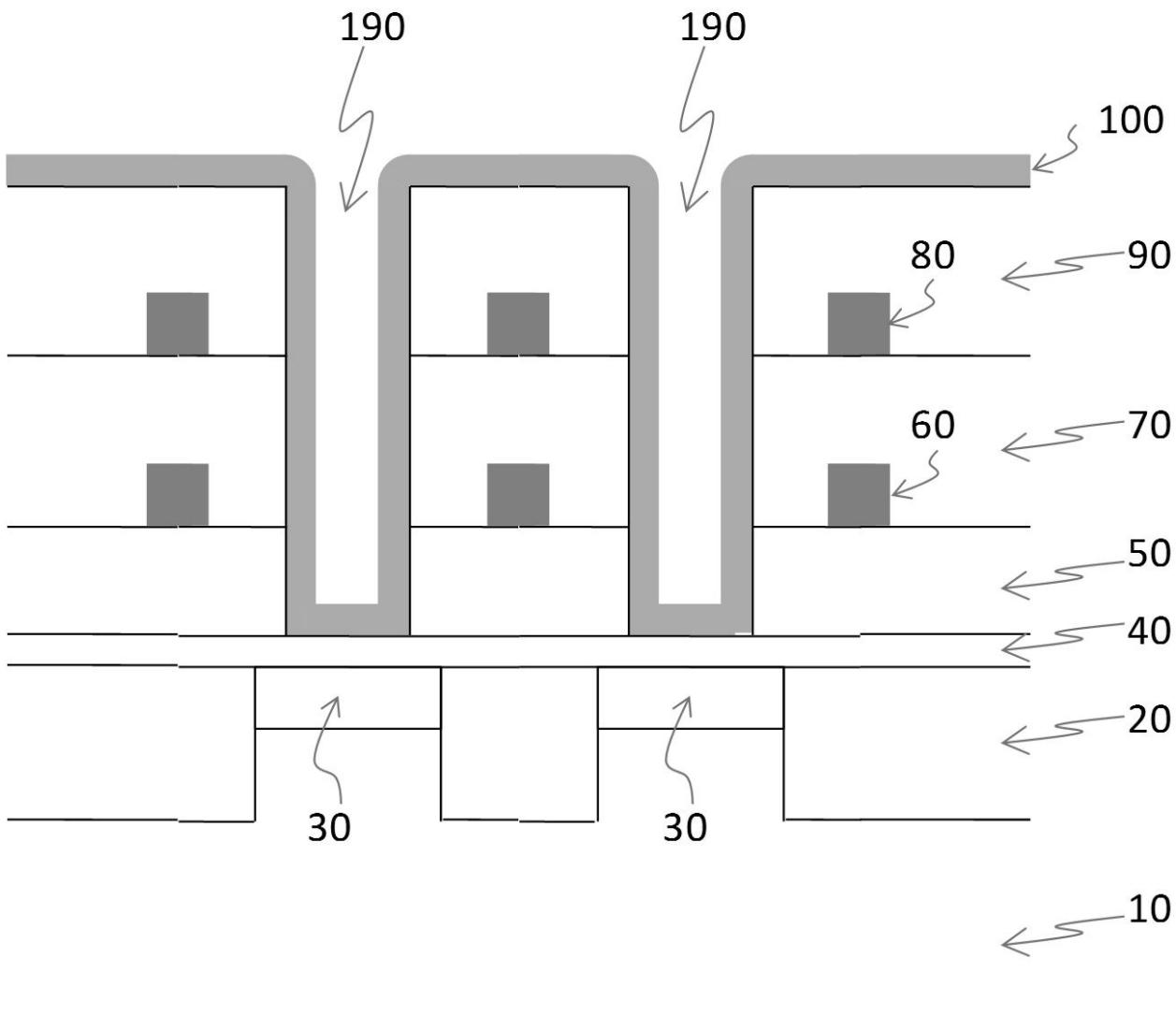
【図2】



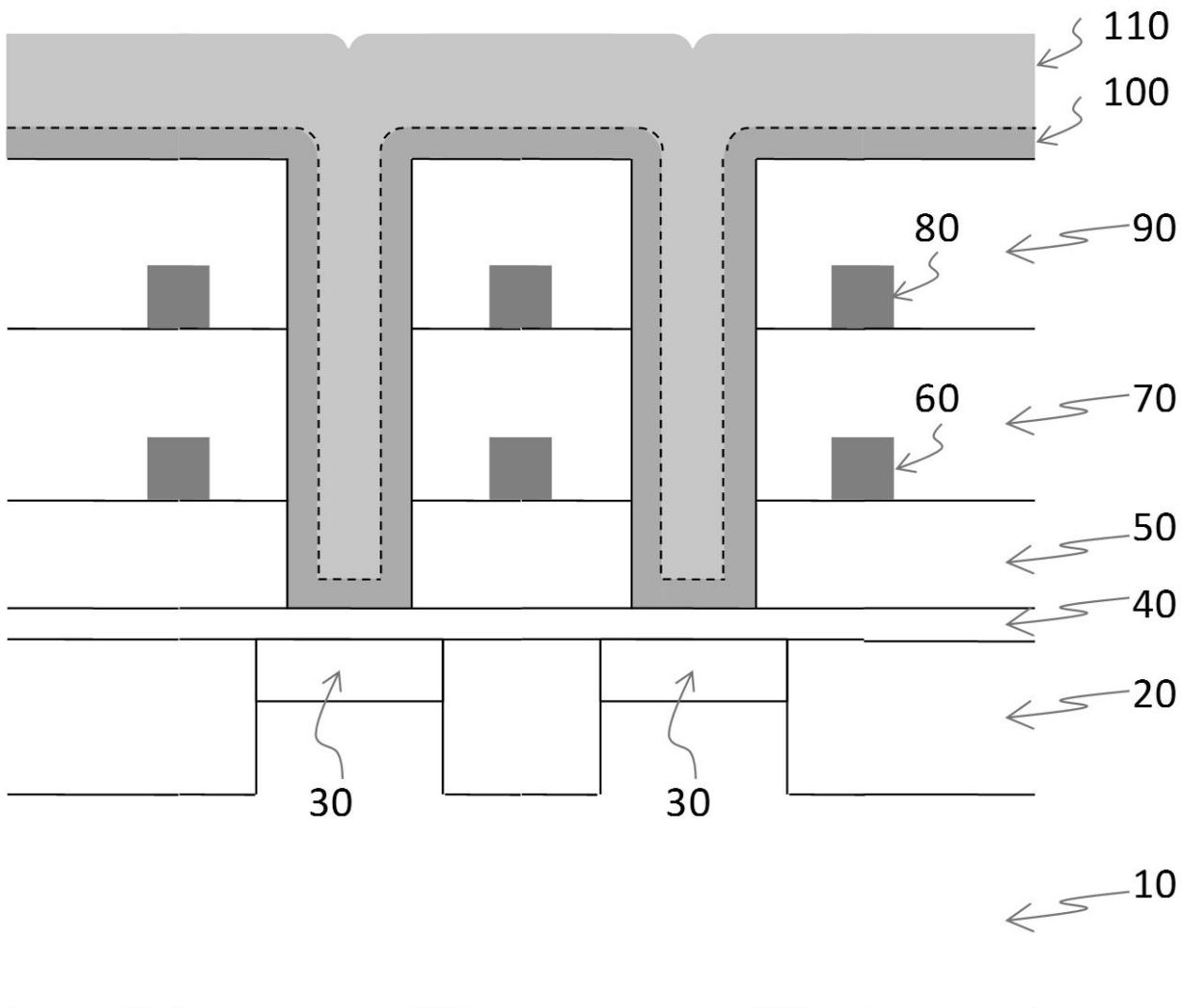
【図3】



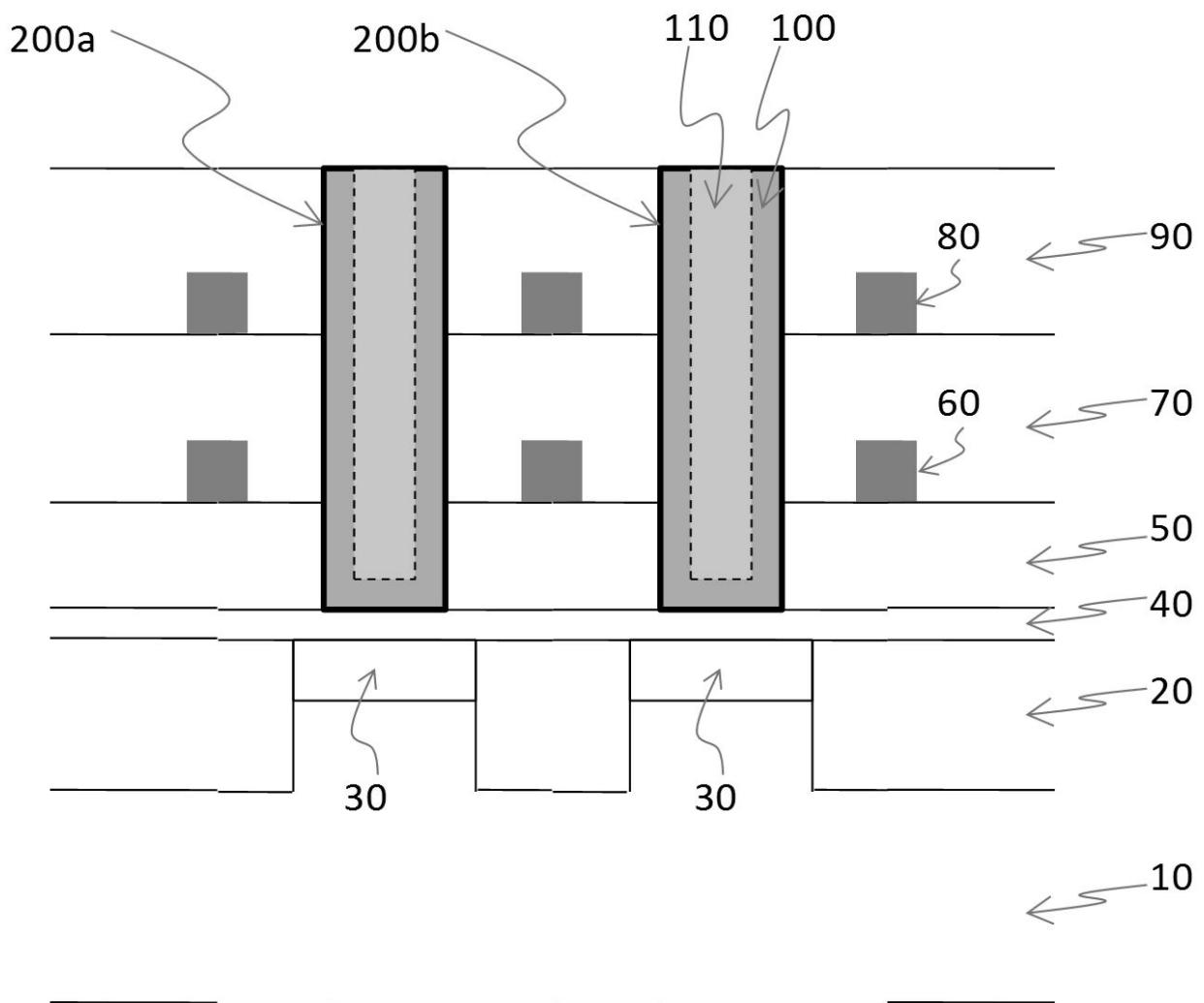
【図4】



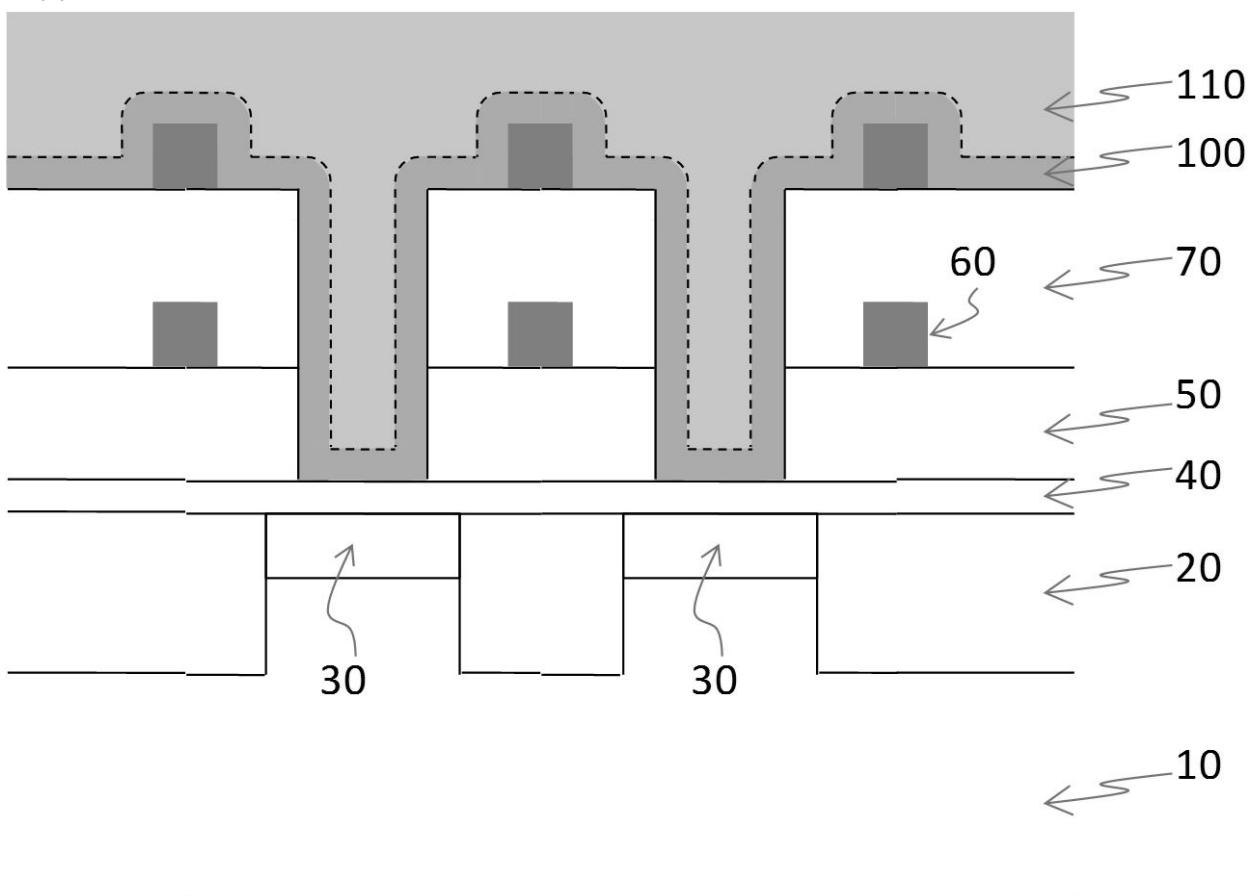
【図5】



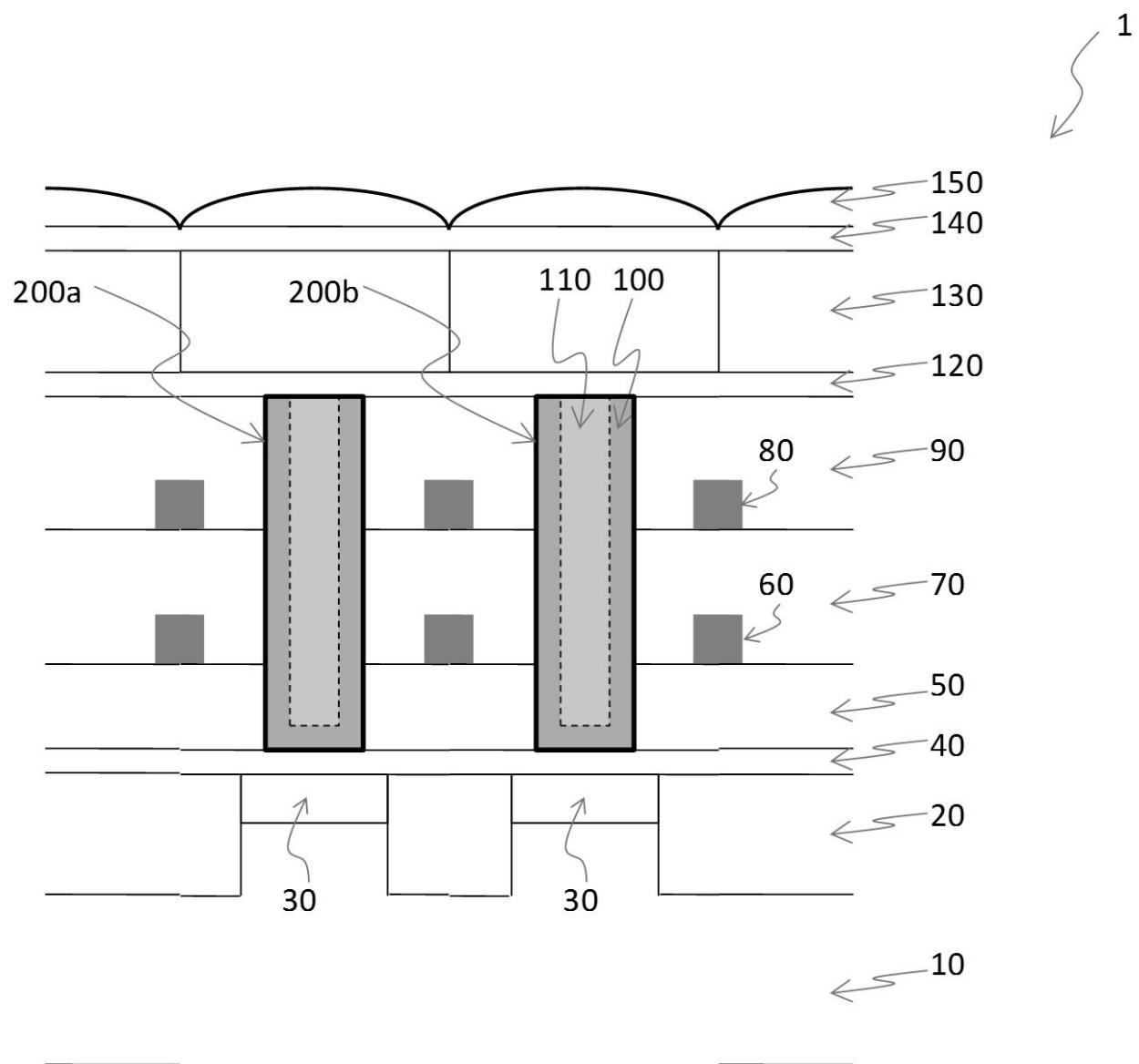
【図6】



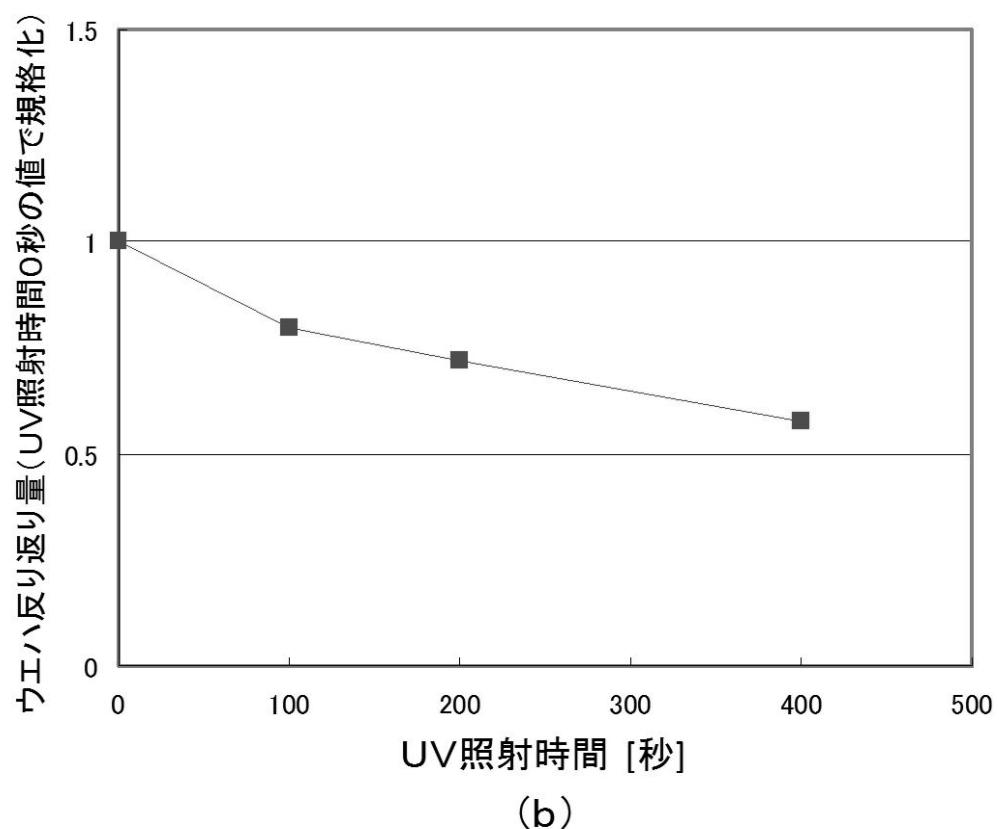
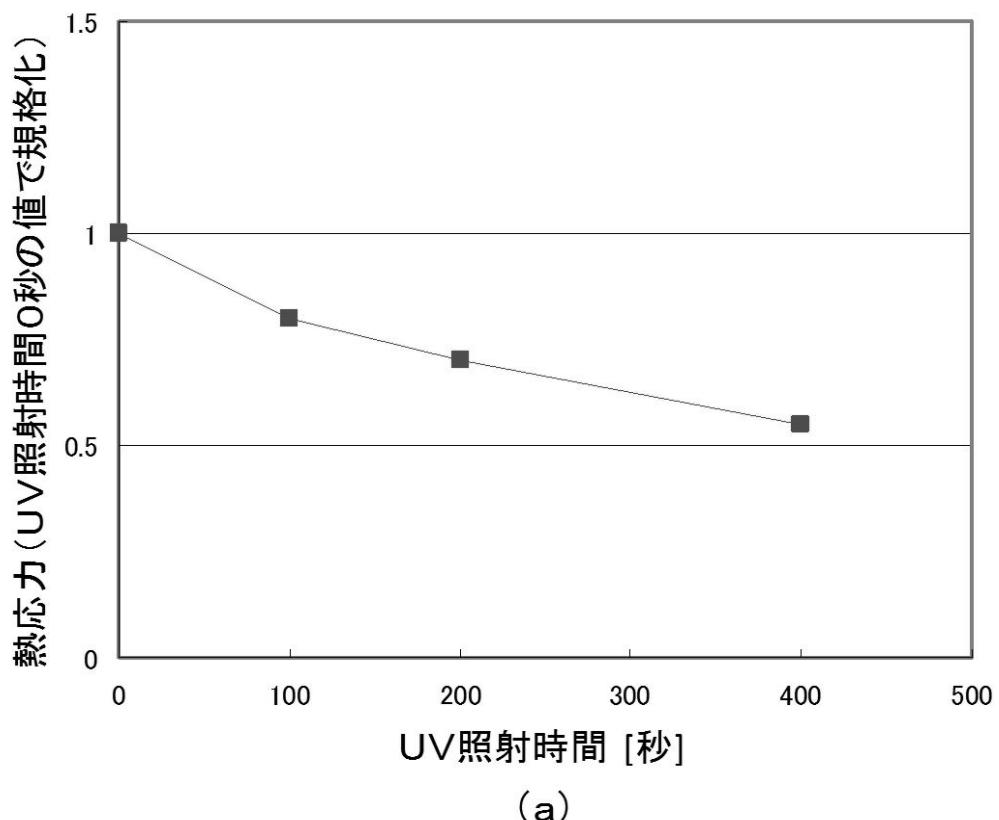
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 熊野 秀臣

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

Fターム(参考) 4M118 AB01 BA10 BA14 CA02 CA03 CA32 EA01 EA14 FA27 FA28  
GA09 GC07 GD04 GD07 GD11