

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5121764号  
(P5121764)

(45) 発行日 平成25年1月16日(2013.1.16)

(24) 登録日 平成24年11月2日(2012.11.2)

(51) Int.Cl. F I  
 HO 1 L 27/14 (2006.01) HO 1 L 27/14 D  
 HO 4 N 5/369 (2011.01) HO 4 N 5/335 6 9 0

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2009-72918 (P2009-72918)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成21年3月24日 (2009.3.24)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2010-225944 (P2010-225944A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成22年10月7日 (2010.10.7)	(74) 代理人	100108062
審査請求日	平成22年9月25日 (2010.9.25)		弁理士 日向寺 雅彦
前置審査		(72) 発明者	塩澤 一史
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
		(72) 発明者	今野 有作
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
		(72) 発明者	岡田 直忠
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の受光部が形成された基板と、  
 前記複数の受光部の直上にそれぞれ設けられた導波モード共鳴格子を有するカラーフィルタと、

を備え、

前記導波モード共鳴格子は、前記基板の主面に対して平行な方向の第1の方向と、前記基板の前記主面に対して平行な方向且つ前記第1の方向に対して垂直な第2の方向と、に周期的に配置され、ピッチが0.26 μm ~ 0.4 μmの範囲のいずれかにあり、ドット状に配列された回折格子を有し、

前記導波モード共鳴格子の上面側または下面側の少なくともいずれか一方は、前記回折格子よりも屈折率が低い層により被覆され、

前記上面側から前記導波モード共鳴格子に入射する特定の波長領域の第1の光は、前記導波モード共鳴格子を透過して前記受光部に到達し、

前記上面側から前記導波モード共鳴格子に入射する前記特定の波長領域以外の第2の光に関しては、

前記導波モード共鳴格子によって前記上面側に反射される前記第2の光の位相と、前記導波モード共鳴格子内を導波し前記回折格子によって前記上面側に回折される前記第2の光の位相と、は、同じであり、

前記導波モード共鳴格子の前記下面側に透過される前記第2の光の位相と、前記導波モ

ード共鳴格子内を導波し前記回折格子によって前記下面側に回折される前記第2の光の位相と、は、だけ異なり、

前記回折格子の周期は、5以上であることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項2】

前記基板の主面に対して略平行な方向に、前記回折格子が碁盤目状に配列されていることを特徴とする請求項1記載の固体撮像装置。

【請求項3】

前記基板の主面に対して略平行な方向における、前記回折格子の切断面は、円形状であることを特徴とする請求項1記載の固体撮像装置。

【請求項4】

前記回折格子は、平面板内に孔部を配列した構成をなしていることを特徴とする請求項1記載の固体撮像装置。

【請求項5】

前記導波モード共鳴格子の材料は、珪素(Si)であり、

前記導波モード共鳴格子の上面または下面に配置された前記層の材料は、酸化珪素(SiO<sub>2</sub>)であることを特徴とする請求項1に記載の固体撮像装置。

【請求項6】

前記カラーフィルタの上には、それぞれレンズが設けられていることを特徴とする請求項1～5のいずれか1つに記載の固体撮像装置。

【請求項7】

前記レンズの直下に、前記カラーフィルタが配置されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか1つに記載の固体撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固体撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、固体撮像装置の応用範囲は、デジタルカメラに限らず、携帯電話などの各種のモバイル端末や、監視カメラ、インターネットを介したチャット用のウェブカメラなど、広範な範囲に拡がりつつある。

このような固体撮像装置は、消費電力が低く小型であることが要求される。これらの要求を満たす固体撮像装置として、CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor: 相補型金属酸化膜半導体)型エリアセンサ(以下、CMOSセンサと呼称する。)、あるいは、CCD(Charge-Coupled Device: 電荷結合素子)型エリアセンサ等が注目されている。

【0003】

CMOSセンサの一例では、シリコン基板の表面部に、フォトダイオード等からなる受光部等を形成し、受光部領域外のシリコン基板上に多層配線層を形成したものがある(例えば、特許文献1参照)。

また、このような固体撮像装置には、光を集光するためのマイクロレンズと、特定の波長域の光のみを透過させる有機樹脂製の顔料カラーフィルタとが受光部上に設けられている。そして、固体撮像装置では、その高解像度化を図るために、固体撮像装置の微細化が益々進行しつつある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-317859号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

## 【0005】

しかしながら、微細化が進行するほど、カラーフィルタのアスペクト比が高くなってS/N比の劣化による画質低下が顕著に現れてしまう。例えば、カラーフィルタのアスペクト比が高くなるほど、隣接するカラーフィルタ間でのクロストークが顕著になる。

本発明では、受光効率を向上させ、高解像度化を実現させる固体撮像装置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】

## 【0006】

本発明の一態様によれば、複数の受光部が形成された基板と、前記複数の受光部の直上にそれぞれ設けられた導波モード共鳴格子を有するカラーフィルタと、を備え、前記導波モード共鳴格子は、前記基板の主面に対して平行な方向の第1の方向と、前記基板の前記主面に対して平行な方向且つ前記第1の方向に対して垂直な第2の方向と、に周期的に配置され、ピッチが $0.26\mu\text{m} \sim 0.4\mu\text{m}$ の範囲のいずれかにあり、ドット状に配列された回折格子を有し、前記導波モード共鳴格子の上面側または下面側の少なくともいずれか一方は、前記回折格子よりも屈折率が低い層により被覆され、前記上面側から前記導波モード共鳴格子に入射する特定の波長領域の第1の光は、前記導波モード共鳴格子を透過して前記受光部に到達し、前記上面側から前記導波モード共鳴格子に入射する前記特定の波長領域以外の第2の光に関しては、前記導波モード共鳴格子によって前記上面側に反射される前記第2の光の位相と、前記導波モード共鳴格子内を導波し前記回折格子によって前記上面側に回折される前記第2の光の位相と、は、同じであり、前記導波モード共鳴格子の前記下面側に透過される前記第2の光の位相と、前記導波モード共鳴格子内を導波し前記回折格子によって前記下面側に回折される前記第2の光の位相と、は、だけ異なり、前記回折格子の周期は、5以上であることを特徴とする固体撮像装置が提供される。

## 【発明の効果】

## 【0007】

本発明によれば、固体撮像装置の受光効率が向上し、さらに高解像度化が実現する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0008】

【図1】本発明の実施の形態に係わる固体撮像装置の要部断面模式図である。

【図2】導波モード共鳴格子を備えたカラーフィルタの作用を説明するための要部断面模式図である。

【図3】カラーフィルタの効果を説明するための図である。

【図4】カラーフィルタの効果を説明するための図である。

【図5】カラーフィルタの効果を説明するための図である。

【図6】カラーフィルタの効果を説明するための図である。

【図7】ライン&スペース状の導波モード共鳴格子の光の偏向依存を説明する図である。

【図8】本発明の実施の形態に係わるカラーフィルタの要部斜視模式図である。

【図9】カラーフィルタの効果を説明するための図である。

【図10】カラーフィルタの効果を説明するための図である。

【図11】カラーフィルタの効果を説明するための図である。

【図12】本発明の実施の形態に係わる固体撮像装置の要部断面模式図である。

【図13】本発明の実施の形態に係わるカラーフィルタの要部斜視模式図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0009】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。

## 【実施例1】

## 【0010】

図1は、本発明の実施の形態に係わる固体撮像装置の要部断面模式図である。

固体撮像装置1においては、その基材として、シリコン(Si)基板10が用いられ、シリコン基板10の表面部の一部に、受光部であるフォトダイオード(PD)10aが形

10

20

30

40

50

成されている。このようなフォトダイオード10aは、その内部において、例えば、PN接合を形成している。

【0011】

また、フォトダイオード10aは、シリコン基板10の主面に垂直な方向から見て、例えば、正方形をしており、固体撮像装置1の平面内において、複数のフォトダイオード10aがマトリクス状（碁盤目状、ハニカム状等）に配列されている（図示しない）。

また、シリコン基板10には、これらの他に、電荷転送部であるCCD、またはCMOSトランジスタの拡散層が形成されている（図示しない）。

【0012】

また、固体撮像装置1においては、シリコン基板10の上層に、多層配線層20が設けられている。多層配線層20においては、絶縁機能を備えた層間絶縁膜20aが設けられ、この層間絶縁膜20a内に、配線20bが多層となって配置されている。このような、配線20bは、光の遮光膜としても機能する。但し、配線20bは、図中のA領域には、設けられていない。

10

【0013】

そして、固体撮像装置1においては、フォトダイオード10aの直上域に、導波モード共鳴格子40a（以下、格子部40a）を備えたカラーフィルタ40を配置している。このカラーフィルタ40は、その内部に配置された格子部40aと、格子部40aの上面及び下面を被覆する絶縁層40bとを含む構成としている。また、カラーフィルタ40は、多層配線層20と、フォトダイオード10aとの間に挟まれている。このカラーフィルタ40をフォトダイオード10a上に配置することによって、フォトダイオード10aに特定の波長の光が入射される。

20

【0014】

また、固体撮像装置1においては、多層配線層20上に、光を集光するための凸レンズ型のマイクロレンズ50が配置されている。

なお、固体撮像装置1においては、多層配線層20内に、専用の遮光膜を形成してもよい（図示せず）。また、多層配線層20内には、電荷転送部への転送電極を形成してもよい（図示せず）。

【0015】

また、固体撮像装置1を構成する、個々の固体撮像素子1aの幅（シリコン基板10の主面に略平行な方向の幅）は、約1.4 $\mu\text{m}$ 程度である。また、多層配線層20内に配列させたフォトダイオード10aのピッチは、約1.4 $\mu\text{m}$ であり、カラーフィルタ40の厚みは、例えば、0.2 $\mu\text{m}$ である。

30

【0016】

また、多層配線層20の厚さは、例えば、2~3 $\mu\text{m}$ であり、マイクロレンズ50の厚さは、例えば、0.5 $\mu\text{m}$ 程度である。

また、層間絶縁膜20aの材質は、例えば、 $\text{SiO}_2$ （屈折率：約1.45）等の絶縁材が適用される。

また、配線20bの材質は、例えば、銅（Cu）、チタン（Ti）、モリブデン（Mo）、タングステン（W）等の高融点金属、または、 $\text{TiSi}$ 、 $\text{MoSi}$ 、 $\text{WSi}$ 等の高融点金属のシリサイドが適用される。

40

また、カラーフィルタ40の格子部40aの材質は、例えば、シリコン（Si）、窒化シリコン（ $\text{SiN}$ ）等が適用される。特に、シリコン（Si）を格子部40aの主成分としたときは、格子部40aは、回折格子を備えた高屈折率材層となる。また、カラーフィルタ40の絶縁層40bの材質は、格子部40aよりも屈折率の低い材料が適用され、例えば、その材質としては、 $\text{SiO}_2$ が該当する。

【0017】

次に、固体撮像装置1に配置したカラーフィルタ40の作用について説明する。

図2は、導波モード共鳴格子を備えたカラーフィルタの作用を説明するための要部断面模式図である。

50

この図2には、絶縁層40b上に格子部40aが配置された状態が例示されている。

【0018】

格子部40aは、矩形状の溝が周期的にパターンニングされた、凹凸状の回折格子部40aaと、回折格子部40aaに接触する平面部40abとを含む構成としている。また、格子部40aから上方の領域層を領域1とし、回折格子部40aaの領域層を領域2とし、平面部40abの領域層を領域3とし、絶縁層40bの領域層を領域4とすると、領域2、3は、領域1、4よりも屈折率が高い構成となっている。なお、領域1については、例えば、真空あるいは空気層としてもよい。

【0019】

このようなカラーフィルタ40に光を入射すると、光の位相は、

(1) 低屈折率材層から高屈折率材層への入射（または、高屈折率材層から低屈折率材層への入射）で透過光には、位相差が生じない。

(2) 格子部により反射して、領域1に戻された光の位相には、位相差が生じる。

(3) 格子部による回折で光の位相には、位相差  $\pi/2$  が生じる。

という規則に従う。

【0020】

従って、入射光A（波長  $\lambda$ ）の位相を  $\phi_A = 0$  とすると、その透過光Bの位相は  $\phi_B = 0$  となり、反射光Cの位相は、 $\phi_C = \pi$  となる。

そして、回折格子部40aaによって回折された回折光Dの位相は、上記規則に従えば、 $\phi_D = \pi/2$  となる。さらに回折光Dが格子部40a内で導波され、再び回折格子部40aaに入射すると、その一部に新たな回折が生じて、格子部40aの上方及び下方に回折する。そして、その回折光Dの位相は、結果的に  $\phi_D = \pi$  となる。さらに、格子部40a内での導波の繰り返しが生じ、回折格子部40aaによって再び格子部40aの上方及び下方に回折する回折光Dの位相は、 $\phi_D = \pi$  となる。

【0021】

従って、カラーフィルタ40の下方へ出射した光は、位相が  $\phi_B = 0$  である透過光Bと、位相が  $\phi_D = \pi$  である回折光Dが混在することから、それらが互いに弱め合う。また、カラーフィルタ40の上方へ出射した光の位相は、全て位相が  $\phi_D = \pi$  であることから、それらは互いに強め合う。

このように、波長  $\lambda$  の入射光Aは、格子部40aによる回折光が格子部40a内での全反射条件を満たし、導波モードを満たす場合に、カラーフィルタ40内で、その透過が抑制（遮断）される。

【0022】

なお、このような光の遮断は、入射光の波長、領域1～4の各屈折率、回折格子部40aaのピッチと高さ、回折格子部40aaの凸部の幅、平面部40abの高さ等が特定の条件で整合した場合に達成される。換言すれば、これらのパラメータを適宜調節することにより、特定の波長の光をカラーフィルタ40によって、反射させたり、透過させたりすることができる。

また、このようなカラーフィルタ40は、光の反射作用や透過作用に主に寄与する格子部40aが2次元平面の構成となっているために、カラーフィルタの薄型化を実現し易い。

【0023】

なお、図1に示す固体撮像装置1においては、領域1の部分に、領域4と同じ材で構成された層を形成している。このような構造であっても、領域1の部分は、領域2、3よりも屈折率が低くなるので、図2に例示するカラーフィルタ40と同様の作用を示す。

【0024】

次に、カラーフィルタ40の効果について説明する。

図3は、カラーフィルタの効果の説明するための図である。ここで、図3(a)には、カラーフィルタ40に、波長530nmの光を入射させた場合の光の強度のシミュレーション結果が示され、図中の色が濃いほど、その場所での光の強度が強いことを表している

10

20

30

40

50

。なお、シミュレーションは、FDTD (Finite-Difference Time-Domain) 法に依っている。また、図3 (b) には、このシミュレーションで用いたカラーフィルタ40のモデル構造が示されている。そして、図3 (a) の横軸は、モデルの横方向 (図中のX軸方向) の寸法 ( $\mu\text{m}$ ) が示され、縦軸は、モデルの横方向 (図中のZ軸方向) の寸法 ( $\mu\text{m}$ ) が示されている。また、このシミュレーションでは、モデルの両端をPML (完全吸収) 条件で計算している。

【0025】

また、図3 (b) に示すモデルは、ライン&スペース状の格子部40aと、その下方に配置された絶縁層40bと、を備え、格子部40aの上方 (Z軸方向) は、空気層として  
10  
いる。ここで、モデルの幅 (X軸方向) は、 $1.4\mu\text{m}$ としている。また、格子部40aの材質は、例えば、シリコン (Si) であり、その屈折率Nを $N=4.14$ とし、吸収率Kを $0.043$ としている。また、絶縁層40bの材質は、例えば、酸化シリコン (SiO<sub>2</sub>) であり、その屈折率Nを $N=1.45$ としている。

【0026】

また、図示する格子部40aにおいては、上述した平面部40abの高さdを $d=0\mu\text{m}$ としている。また、回折格子部40aaの高さhを $h=0.05\mu\text{m}$ とし、回折格子部40aaの凸部のピッチPを $0.28\mu\text{m}$ とし、凸部の幅をピッチの半分としている。

また、図3 (a) の縦軸の $0\mu\text{m}$ の位置は、絶縁層40bの上面に対応している。

【0027】

このようなカラーフィルタ40に、例えば、波長が $530\text{nm}$ の光を上方から入射させると、図3 (a) に示すように、カラーフィルタ40の下方よりも、その上方に、色が濃くなる部分が存在することが分かった。すなわち、カラーフィルタ40を用いることにより、光の反射効果があることが分かった。そして、その反射率は、シミュレーション結果から $74\%$ となった。  
20

【0028】

なお、格子部40aの材質として、シリコンよりも屈折率の低い窒化シリコン (SiN, 屈折率:  $1.9$ ) を用いて、反射率を計算すると、その値は $10\%$ 程度しか得られずカラーフィルタとして作用しない。これは、画素ピッチ $1.4\mu\text{m}$ 内には格子は5個程度しか配置することができず、光と格子との相互作用が弱いためである。従って、格子部40aにおいては、光と格子との相互作用を強くするために、その屈折率が窒化シリコンの屈  
30  
折率よりも高くなる材質 (例えば、シリコン) を用いることがより望ましい。

【0029】

図4は、カラーフィルタの効果の説明するための図である。ここで、図4には、FDTD法による反射率のシミュレーション結果が示されている。また、図4の横軸には、図3 (b) に示すモデルの凸部の個数が示され、回折格子の格子数に対応している。また、縦軸には、カラーフィルタ40による光の反射率 (%) が示されている。また、このシミュレーションでは、モデルの両端をPML (完全吸収) 条件で計算している。

図4の結果から分かるように、回折格子部40aaの凸部の個数が1個では、光 ( $530\text{nm}$ ) の反射率が $13(\%)$ となった。そして、その個数が2個になると反射率が $50(\%)$ になり、3個で反射率が $65(\%)$ 、4個で反射率が $70(\%)$ になった。さら  
40  
に、5個以上で、 $74(\%)$ 以上になることが分かった。

すなわち、カラーフィルタ40の反射率を高くするには、カラーフィルタ40の回折格子部40aaの凸部の個数として、5個以上周期的に形成されていることが望ましい。

【0030】

また、カラーフィルタ40の反射率は、上述したように、入射光の波長、各部材の屈折率、回折格子部40aaのピッチと高さ、回折格子部40aaの凸部の幅、平面部40abの高さ等が適宜調節されて決定される。

【0031】

例えば、図5は、カラーフィルタの効果の説明するための図である。ここで、図5 (a) には、カラーフィルタ40に、波長 $530\text{nm}$ の光を入射させた場合の光の強度のシミ  
50

シミュレーション結果が示され、図中の色が濃いほど、その場所での光の強度が強いことを表している。なお、シミュレーションは、FDTD法に依っている。また、図5(b)には、カラーフィルタ40を2個並列させたモデル構造が示されている。そして、右側のモデルには、回折格子部40aaの平面部40abがないモデルが示され、左側のモデルには、平面部40abが存在するモデルが示されている。なお、このシミュレーションではモデルの両端をPeriod(周期)条件で計算している。

#### 【0032】

これらの結果から、格子部40aに平面部40abを設けるか否かで光( $\lambda$ : 530nm)の反射率が異なることが分かった。例えば、図5(b)の右側のモデルでは、カラーフィルタ40の上方が相対的に光の強度が強くなり、光の反射率が78(%)となり、透過率が13.6%となった。また、図5(a)の左側のモデルでは、カラーフィルタ40の下方が相対的に光の強度が強くなり、光の反射率が3.2(%)となり、透過率が60%となった。

このように、カラーフィルタ40の構成を変えることにより、特定の波長の光の反射率、透過率を変えることができる。

#### 【0033】

さらに、カラーフィルタ40による光の遮断効果を詳細にシミュレーションした結果を、図6に示す。

図6は、カラーフィルタの効果の説明するための図である。ここで、図6(a)の横軸には、光の波長( $\mu\text{m}$ )が示され、縦軸には、透過率(%)が示されている。透過率の計算は、RCWA(Rigorous Coupled Wave Analysis)法シミュレーションに依っている。また、図6(b)には、このシミュレーションで用いたカラーフィルタ40のモデル構造が示されている。なお、このシミュレーションでは、複数の画素を横方向に並べることを想定し、モデルの両端をPeriod(周期)条件で計算している。

#### 【0034】

例えば、図6(b)に示すモデルでは、ライン&スペース状の格子部40aと、その下方に配置された絶縁層40bと、を備え、格子部40aの上方(Z軸方向)は、空気層としている。ここで、モデルの横方向(X軸方向)の周期のピッチPは、 $0.28\mu\text{m}$ としている。また、格子部40aの材質は、例えば、シリコン(Si)であり、その屈折率Nを $N=4.14$ とし、吸収率Kを $0.043$ としている。また、絶縁層40bの材質は、例えば、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )であり、その屈折率Nを $N=1.45$ としている。

また、格子部40aにおいては、上述した平面部40abの高さd( $\mu\text{m}$ )としている。また、回折格子部40aaの高さをh( $\mu\text{m}$ )とし、回折格子部40aaの凸部の幅をWとしている。

#### 【0035】

例えば、 $h=0.04\mu\text{m}$ 、 $d=0\mu\text{m}$ 、 $W=0.16\mu\text{m}$ の場合は、図6(a)に示すように、主に、青色の波長範囲の光の透過率が高くなることが分かった。

また、 $h=0.04\mu\text{m}$ 、 $d=0.1\mu\text{m}$ 、 $W=0.12\mu\text{m}$ の場合は、主に、緑色の波長範囲の光の透過率が高くなることが分かった。

また、 $h=0.1\mu\text{m}$ 、 $d=0\mu\text{m}$ 、 $W=0.16\mu\text{m}$ の場合は、主に、赤色の波長範囲の光の透過率が高くなることが分かった。

このように、カラーフィルタ40の構成を変えることにより、特定の波長の光の透過率を変えることができる。すなわち、このようなカラーフィルタ40を、フォトダイオード10aの直上域に配置することにより、特定の波長領域の光をフォトダイオード10aに入射させることができる。

#### 【0036】

但し、上述したライン&スペース状のカラーフィルタ40では、光の偏向依存が生じる場合がある。

図7は、ライン&スペース状の導波モード共鳴格子の光の偏向依存を説明する図である。

ここで、図7の横軸には、光の波長 ( $\mu\text{m}$ ) が示され、縦軸には、透過率 (%) が示されている。透過率の計算は、RCWA法シミュレーションによる。また、図7(a)には、ライン&スペースのライン(または、スペース)に平行に偏向させた光(TEと称する)をカラーフィルタ40に入射させた場合の透過率が示され、図7(b)には、ライン&スペースのライン(または、スペース)に垂直に偏向させた光(TMと称する)をカラーフィルタ40に入射させた場合の透過率が示されている。また、モデルは、図6(b)に示すモデルを用い、 $h = 0.06 \mu\text{m}$ 、 $d = 0 \mu\text{m}$ 、 $W = 0.16 \mu\text{m}$ としている。そして、図7には、ピッチPを偏向させた場合の透過率が併せて示されている。

#### 【0037】

図示するように、ピッチPが $P = 0.24 \mu\text{m} \sim 0.36 \mu\text{m}$ の範囲では、同じ光の波長であっても、TEの場合とTMの場合で透過率に差が生じてしまう。従って、ライン&スペース状の導波モード共鳴格子を用いると、固体撮像装置1に入射する光の偏光に制約が生じる。

#### 【0038】

そこで、本実施の形態では、上述したライン&スペース状の格子部40aのほかに、シリコン基板10の主面に対して略平行な方向の2次元平面において、島状に格子を配置させた、ドット状の格子部40aを提唱する。

#### 【0039】

図8は、本発明の実施の形態に係わるカラーフィルタの要部斜視模式図である。

図示するカラーフィルタ40においては、絶縁層40b内にドット状の格子部40aを備えている。この格子部40aは、それぞれ島状の層となって独立し、複数の回折格子が2次元平面で碁盤目状(格子状)に配列されている。格子部40aの材質は、シリコン(Si)が適用される。そして、このようなカラーフィルタ40を用いると、さらには、以下のような有利な効果を奏する。

#### 【0040】

図9は、カラーフィルタの効果を説明するための図である。ここで、図9(a)の横軸には、光の波長 ( $\mu\text{m}$ ) が示され、縦軸には、反射率 (%) が示されている。反射率の計算は、RCWA法シミュレーションによる。また、図9(b)には、光の偏向角度が示されている。すなわち、図9(a)には、シリコン基板10の主面をX-Y平面に略平行に配置した場合に、X軸方向に平行に光を偏向させた場合( $= 0^\circ$ )からY軸方向に平行に光を偏向させた場合( $= 90^\circ$ )まで、その偏向角度を変化させた場合の反射率が示されている。

#### 【0041】

結果は、図9(a)に示すように、 $0^\circ \sim 90^\circ$ までの範囲では反射率は、光の波長依存がなく、全てのスペクトルが重なった。すなわち、カラーフィルタ40の反射率において、光の偏向依存がないことが分かった。

このシミュレーションでのパラメータは、格子部40aの材質を、例えば、シリコン(Si)とし、その屈折率Nを $N = 4.14$ とし、吸収率Kを $0.043$ としている。また、絶縁層40bの材質を、例えば、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )とし、その屈折率Nを $N = 1.45$ としている。また、 $P = 0.32 \mu\text{m}$ 、 $h = 0.06 \mu\text{m}$ 、 $d = 0 \mu\text{m}$ 、 $W = 0.16 \mu\text{m}$ としている。

#### 【0042】

なお、光の偏向依存を抑制するためには、図9(b)に示すように、ドット状の格子部40aの配置を碁盤目状とし、格子部40aのX-Y平面内での切断面を円形状とすることが望ましい。このような形態であれば、X-Y平面において、X軸方向に光を偏向させた場合とY軸方向に光を偏向させた場合の格子部40aの形態、ピッチが同じになるからである。仮に、格子部40aの主面を多角形としたり、碁盤目状から外れるように格子部40aを配置したりすると、図9(a)の $0.53 \mu\text{m}$ 付近に現れた主ピークのほかに、不要なサブピークが反射率として現れる場合があり好ましくない。

また、ドット状の格子部40aを備えたカラーフィルタ40の入射角依存についても調

10

20

30

40

50

査した。この場合のパラメータは、図9を用いて説明したときと同じである。

【0043】

図10は、カラーフィルタの効果を説明するための図である。ここで、図10(a)の横軸には、光の波長( $\mu\text{m}$ )が示され、縦軸には、反射率(%)が示されている。反射率の計算は、RCWA法シミュレーションによる。また、図10(b)には、光の入射角が示されている。すなわち、図10(a)には、シリコン基板10の主面をX-Y平面に略平行に配置した場合に、Z軸方向に平行に光を入射させた場合( $\theta = 0^\circ$ )から $\theta = 12^\circ$ となるまで、その角度を変えたときの反射率が示されている。

【0044】

結果は、図10(a)に示すように、入射角 $\theta$ が $0^\circ \sim 12^\circ$ までの範囲では反射率がほぼ重なり、反射率の入射角依存がないことが分かった。

10

【0045】

そして、このようなドット状の格子部40aを備えたカラーフィルタ40でも、各部材の屈折率、格子部40aのピッチと高さ、格子部40aの凸部の幅等を適宜調節することにより、特定の波長の光をカラーフィルタ40によって遮断することができる。例えば、その一例を、図11に示す。

【0046】

図11は、カラーフィルタの効果を説明するための図である。ここで、図11(a)の横軸には、光の波長( $\mu\text{m}$ )が示され、縦軸には、反射率(%)が示されている。反射率の計算は、RCWA法シミュレーションによる。この図11には、ドット状の格子部40aのピッチPを変化させたときの反射率の変化が示されている。

20

【0047】

なお、このシミュレーションでのパラメータは、格子部40aの材質を、例えば、シリコン(Si)とし、その屈折率Nを $N = 4.14$ とし、吸収率Kを $0.043$ としている。また、絶縁層40bの材質を、例えば、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )とし、その屈折率Nを $N = 1.45$ としている。また、 $h = 0.1 \mu\text{m}$ 、 $d = 0 \mu\text{m}$ 、WをピッチPの半分としている。

【0048】

図示するように、ドット状の格子部40aのピッチPを $0.26 \mu\text{m} \sim 0.4 \mu\text{m}$ まで変化させると、反射率のピークが光の波長により異なることが分かった。すなわち、パラメータの一つであるピッチPを変えることにより、特定の波長領域の光を選択的に反射させることができる。

30

【0049】

このように、固体撮像装置1においては、有機樹脂製の顔料カラーフィルタを設けず、特定の波長領域の光を遮断する部材として、上述したカラーフィルタ40を組み込んでいる。さらに、このカラーフィルタ40をフォトダイオード10aの直上に配置している。これにより、固体撮像装置1では、クロストークが抑制され、固体撮像装置としての受光効率が向上する。

【0050】

これに対し、従前の顔料カラーフィルタでは、十分な光の遮断効果を得るために、その膜厚として $0.7 \mu\text{m} \sim 0.8 \mu\text{m}$ 程度を要してしまう。そして、固体撮像素子1aの狭ピッチ化が進行し、その幅が $2 \mu\text{m}$ 以下になると、顔料カラーフィルタのアスペクト比は益々高くなってしまふ。従って、従前の顔料カラーフィルタを組み込んだ装置構成では、顔料カラーフィルタ間でのクロストークが抑制できない。

40

【0051】

然るに、本実施の形態では、カラーフィルタ40をフォトダイオード10aの直上に配置している。さらに、その厚みは、 $0.2 \mu\text{m}$ 程度であり、アスペクト比がより小さい。従って、固体撮像装置1では、クロストークが抑制され、固体撮像装置としての受光効率が向上する。これにより、固体撮像装置1の高解像度化が実現する。また、カラーフィルタ40の厚みが $0.2 \mu\text{m}$ 程度であることから、固体撮像装置1の薄型化が実現する。

50

また、カラーフィルタ40は、無機材料で構成されていることから、カラーフィルタ40の耐熱性が高く、製造工程中または長時間使用しても劣化が起きにくい。従って、信頼性の高い固体撮像装置1が実現する。

【実施例2】

【0052】

次に、固体撮像装置の変形例について説明する。

図12は、本発明の実施の形態に係わる固体撮像装置の要部断面模式図である。

図12(a)に示す固体撮像装置2においては、その基材として、シリコン基板10が用いられ、シリコン基板10上に、多層配線層20が設けられている。多層配線層20においては、絶縁機能を備えた層間絶縁膜20aが設けられ、この層間絶縁膜20a内に、配線20bが多層となって配置されている。また、多層配線層20上には、受光部であるフォトダイオード10aが形成されている。

10

また、多層配線層20には、これらの他に、電荷転送部であるCCD、またはCMOSトランジスタの拡散層が形成されている(図示しない)。

【0053】

また、固体撮像装置2においては、フォトダイオード10aの直上域に、カラーフィルタ40を配置している。カラーフィルタ40は、その内部に配置された格子部40aと、格子部40aの上面及び下面を被覆する絶縁層40bとを含む構成としている。

【0054】

そして、固体撮像装置2においては、カラーフィルタ40の直上に、凸レンズ型のマイクロレンズ50が配置されている。換言すれば、固体撮像装置2においては、凸レンズ型のマイクロレンズ50の直下に、カラーフィルタ40が配置されている。

20

【0055】

このような構成であれば、マイクロレンズ50で集光された光が直接、カラーフィルタ40に入射される。すなわち、固体撮像装置2では、マイクロレンズ50からフォトダイオード10aまでの光のパスが固体撮像装置1よりも短くなることから、その受光効率がさらに向上する。また、マイクロレンズ50直下にカラーフィルタ40を配置していることからクロストークがより起き難くなる。

また、固体撮像装置2では、多層配線層20をフォトダイオード10aの下方に配置することから、配線20bによる遮光の影響がなくなり、固体撮像装置2のさらなる狭ピッチ化を図ることができる。

30

【0056】

また、図12(b)に示す固体撮像装置3のように、層間絶縁膜20a内に光を導波する光導波路30を設けてもよい。このような光導波路30内には、配線、転送電極及び遮光膜などの部材が存在しない。この場合、光導波路30の幅は、例えば、1.0 $\mu$ m程度である。光導波路30の材質は、例えば、層間絶縁膜20aよりも屈折率が高いポリマー系有機材、窒化シリコン(SiN)等が適用される。また、光導波路30に代えて、この部分に集光レンズを設けてもよい。

【実施例3】

【0057】

また、ドット状の格子部を備えたカラーフィルタ40の形態は、図8に示す形態とは限らない。以下に、カラーフィルタの変形例について説明する。

図13は、本発明の実施の形態に係わるカラーフィルタの要部斜視模式図である。

例えば、図13(a)に示すカラーフィルタ40においては、絶縁層40b内にドット状の格子部40aを備え、さらに格子部40aが平面部40abで支持されている。このようなカラーフィルタ40を固体撮像装置1、2に組み込んでもよい。なお、この場合、平面部40abの厚みdも、上述したカラーフィルタ40の反射率(または、透過率)を決定するパラメータの一部に含まれる。

40

【0058】

また、上述した導波モードを起きやすくするために、図13(b)に示すカラーフィル

50

タ40のように、平面板状のシリコン板40ac内に孔部40ahを形成させたものであってもよい。このような孔部40ahは、X-Y平面において円形であり、シリコン板40acのX-Y平面において碁盤目状に配置されている。このようなカラーフィルタ40を固体撮像装置1、2に組み込んでもよい。

【0059】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本実施の形態はこれらの具体例に限定されるものではない。すなわち、以上の具体例に、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、前述した各具体例が備える各要素およびその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。

10

また、前述した各実施の形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて複合させることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

その他、本発明の思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものも含まれる。

【符号の説明】

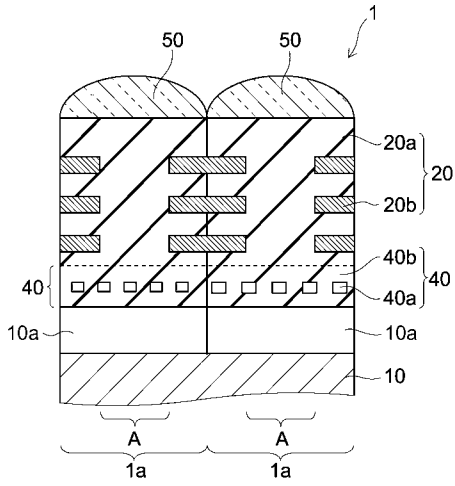
【0060】

- 1、2、3 固体撮像装置
- 1a 固体撮像素子
- 10 シリコン基板
- 10a フォトダイオード
- 20 多層配線層
- 20a 層間絶縁膜
- 20b 配線
- 30 光導波路
- 40 カラーフィルタ
- 40a 格子部
- 40aa 回折格子部
- 40ab 平面部
- 40ac シリコン板
- 40ah 孔部
- 40b 絶縁層
- 50 マイクロレンズ

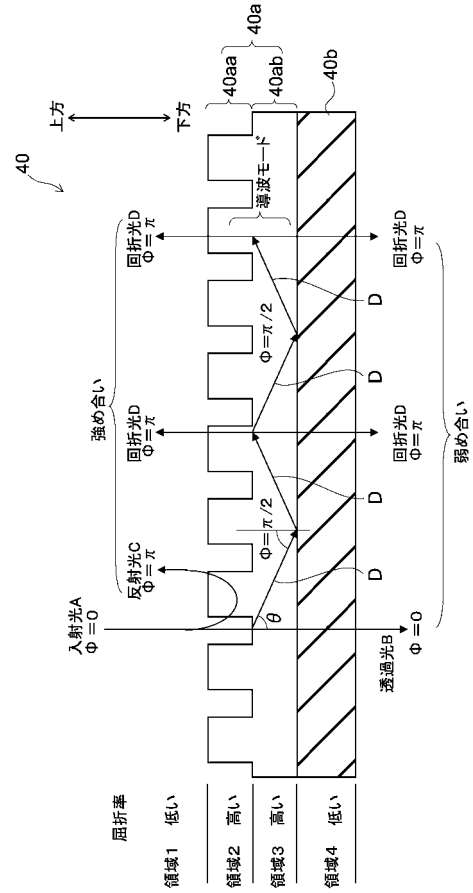
20

30

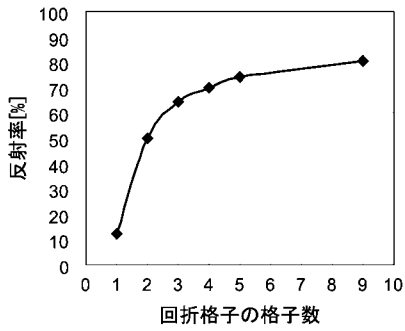
【図1】



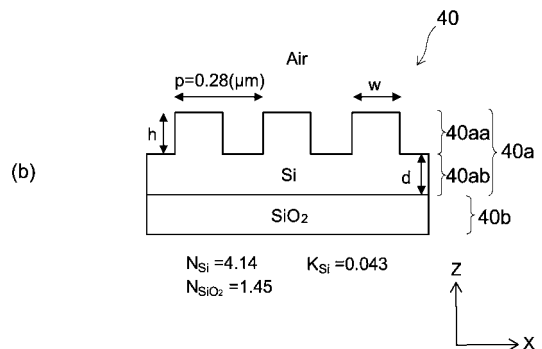
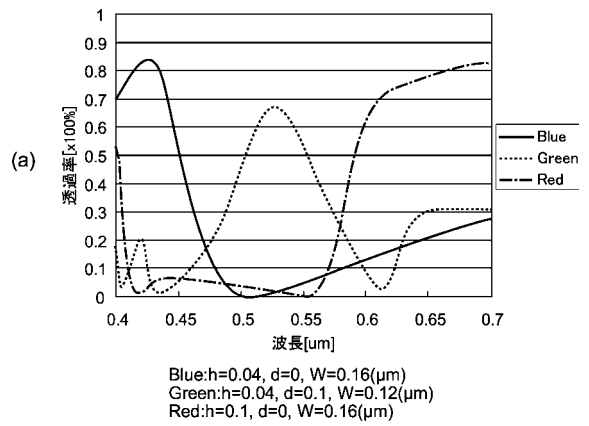
【図2】



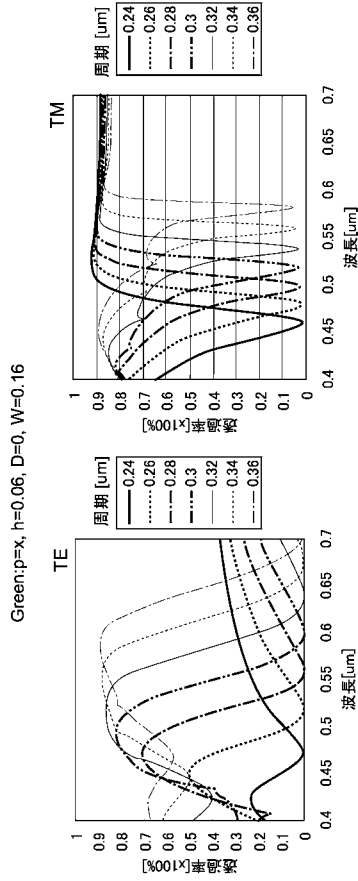
【図4】



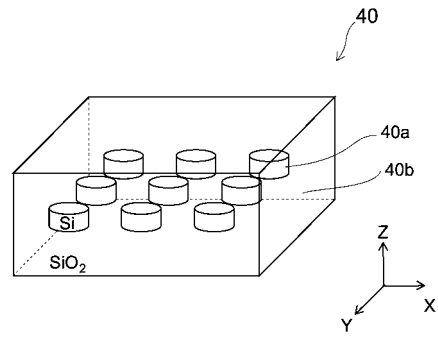
【図6】



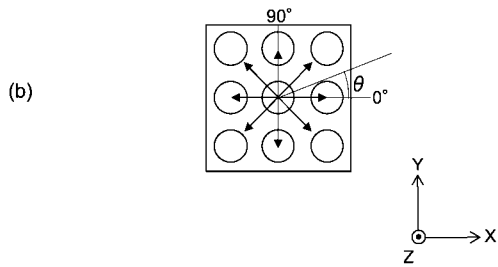
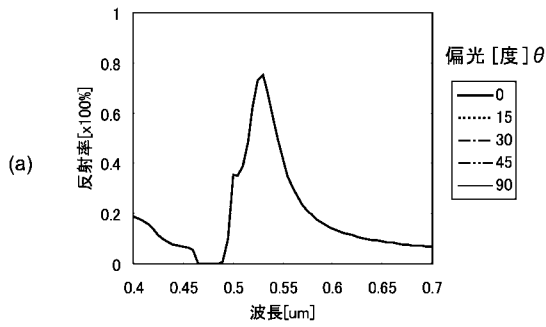
【 図 7 】



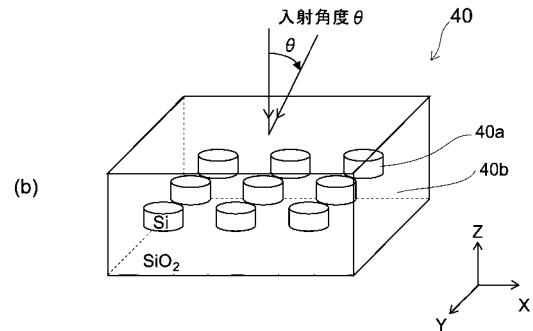
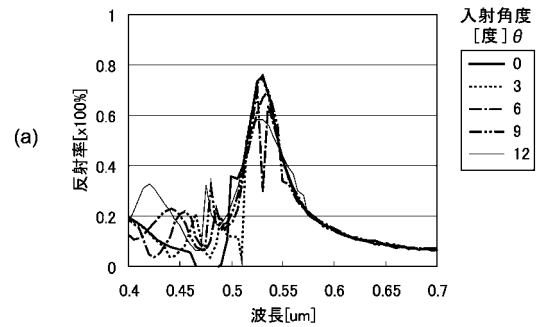
【 図 8 】



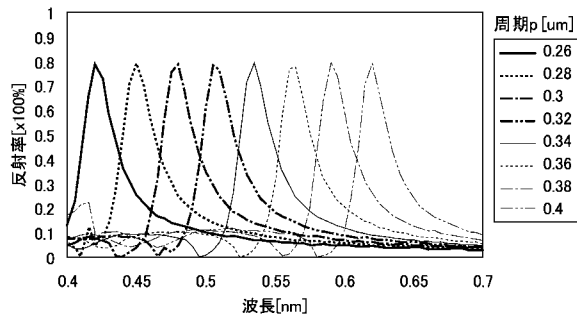
【 図 9 】



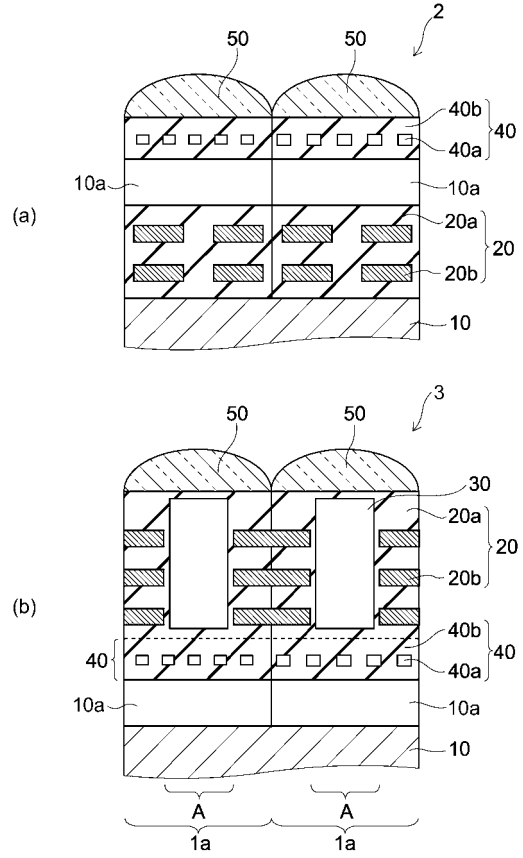
【 図 10 】



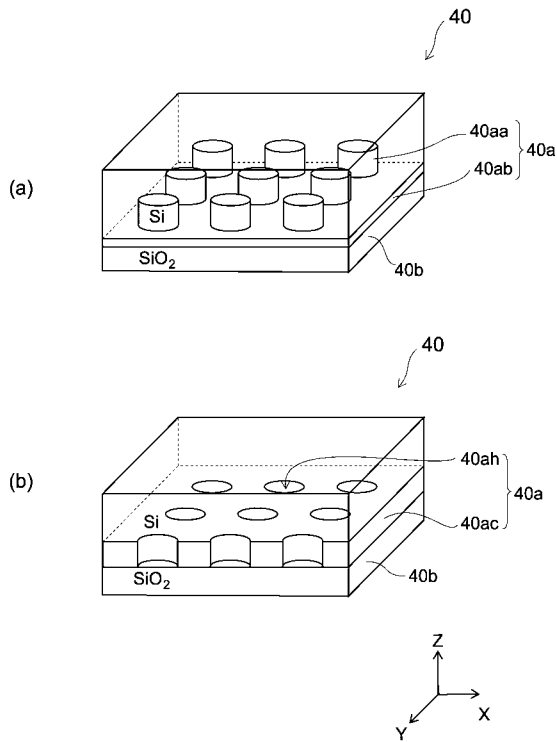
【図 1 1】



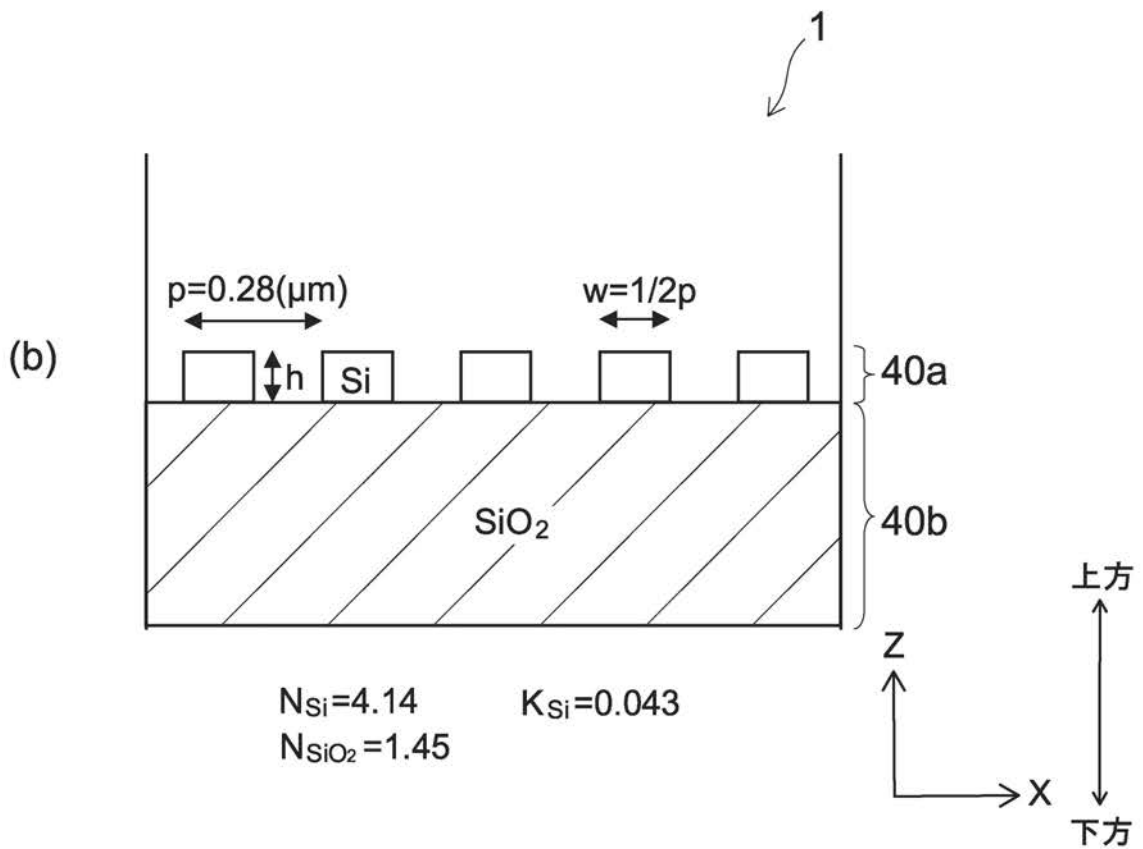
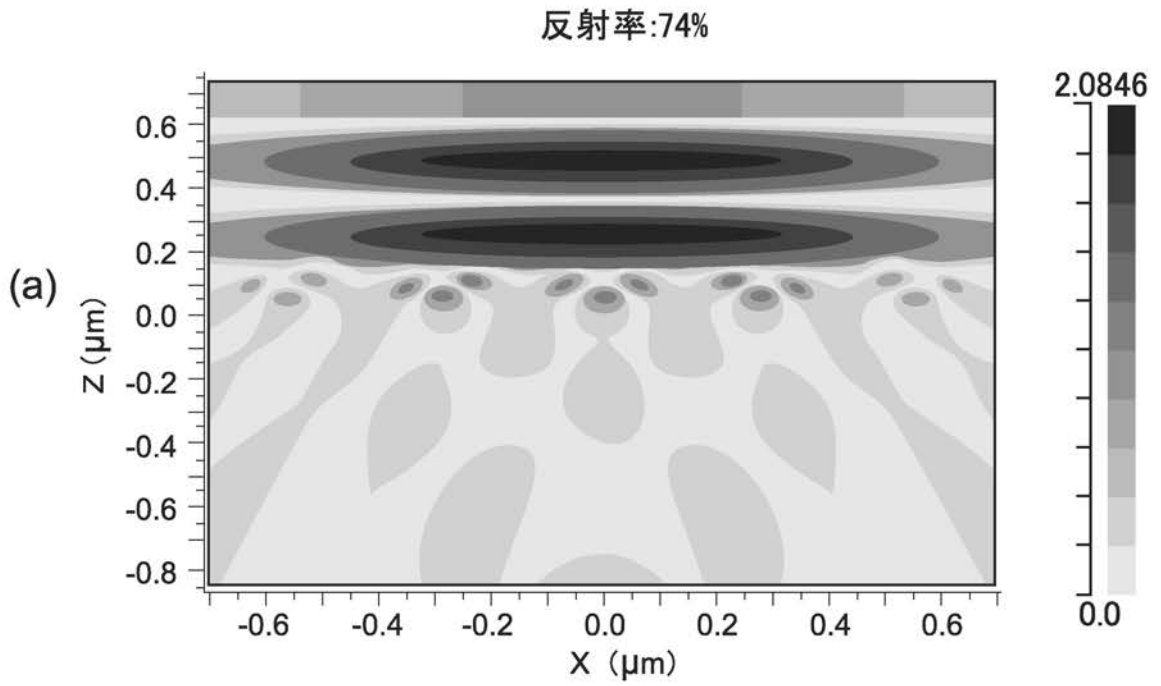
【図 1 2】



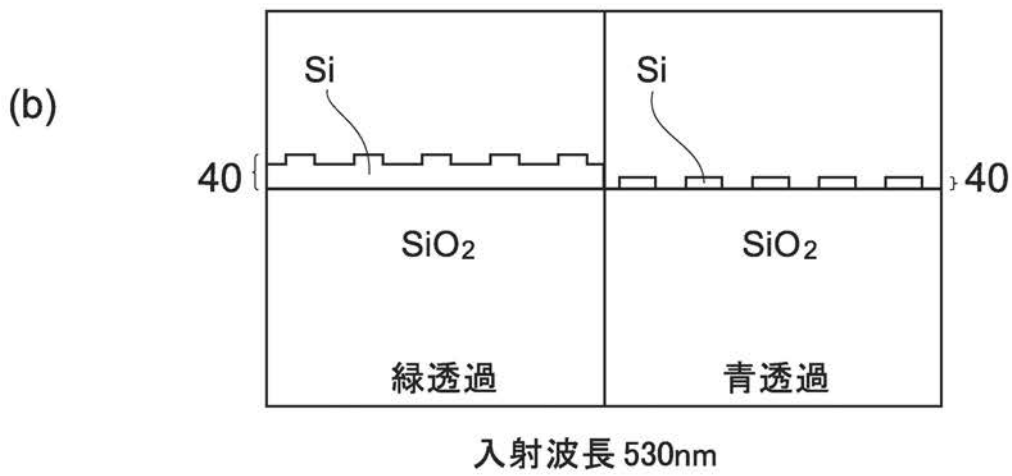
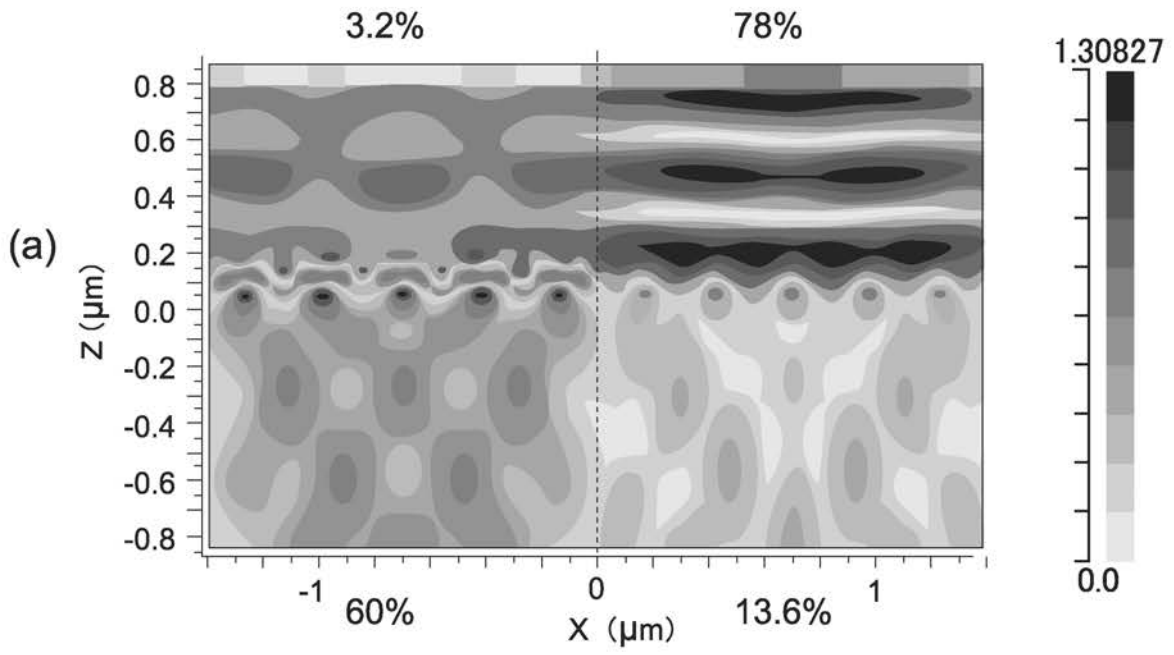
【図 1 3】



【 図 3 】



【 図 5 】



---

フロントページの続き

審査官 青鹿 喜芳

- (56)参考文献 特開2005-101109(JP,A)  
特開2009-025558(JP,A)  
特開2009-038352(JP,A)  
特開2008-053627(JP,A)  
国際公開第2008/123461(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 27/14  
H04N 5/335