

(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2013-207053  
(P2013-207053A)

(43) 公開日 平成25年10月7日(2013.10.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 27/14 (2006.01)	H O 1 L 27/14 D	2 K 0 0 9
G O 2 B 1/11 (2006.01)	G O 2 B 1/10 A	4 M 1 1 8

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2012-73725 (P2012-73725)	(71) 出願人	000002185
(22) 出願日	平成24年3月28日 (2012. 3. 28)		ソニー株式会社
			東京都港区港南1丁目7番1号
		(74) 代理人	110000925
			特許業務法人信友国際特許事務所
		(72) 発明者	榊田 佳明
			福岡県福岡市早良区百道浜二丁目3番2号
			ソニーセミコンダクタ株式会社内
		(72) 発明者	本渡 恵太
			福岡県福岡市早良区百道浜二丁目3番2号
			ソニーセミコンダクタ株式会社内
		Fターム(参考)	2K009 AA04 AA12 CC03 CC34 FF01
			4M118 AA05 AB01 BA10 CA02 CA04
			CA32 CA34 DA18 GA09 GB07
			GB08 GC07 GD04 GD07 GD11

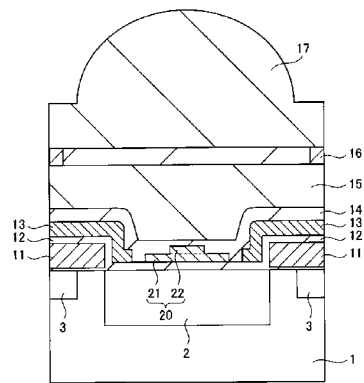
(54) 【発明の名称】 固体撮像素子、電子機器

(57) 【要約】

【課題】 反射防止膜で入射光を集光することができ、かつ、反射防止膜の設計の自由度を大きくすることが可能である固体撮像素子を提供する。

【解決手段】 半導体基体 1 に形成された受光部 2 と、この受光部 2 上に形成され、複数層の平坦層 2 1 , 2 2 から成り、下層の平坦層 2 1 よりも上層の平坦層 2 2 の幅が狭い、反射防止膜 2 0 を有する固体撮像素子を構成する。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

半導体基体に形成された受光部と、  
前記受光部上に形成され、複数層の平坦層から成り、下層の前記平坦層よりも上層の前記平坦層の幅が狭い、反射防止膜を有する  
固体撮像素子。

**【請求項 2】**

前記反射防止膜は、前記反射防止膜上に形成された層よりも高い屈折率を有する膜を含む、請求項 1 に記載の固体撮像素子。

**【請求項 3】**

前記平坦層の幅又は厚さが、画素の色毎に選定されている、請求項 1 に記載の固体撮像素子。

**【請求項 4】**

下層の前記平坦層に対する、上層の前記平坦層の相対位置が、画素部内の画素の位置に対応して補正されている、請求項 1 に記載の固体撮像素子。

**【請求項 5】**

前記反射防止膜の上方に形成された導波路をさらに有する請求項 1 に記載の固体撮像素子。

**【請求項 6】**

光学系と、  
半導体基体に形成された受光部と、前記受光部上に形成され、複数層の平坦層から成り、下層の前記平坦層よりも上層の前記平坦層の幅が狭い、反射防止膜を有する固体撮像素子と、  
前記固体撮像素子の出力信号を処理する信号処理回路を備えた  
電子機器。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本技術は、固体撮像素子、並びに、この固体撮像素子を有する電子機器に係わる。

**【背景技術】****【0002】**

従来から、固体撮像素子において、シリコン基板等の半導体基体とその上の絶縁膜との界面における光の反射による感度の低下を抑制するために、半導体基体の受光部が形成された部分の上に、反射防止膜を設けた構成が採用されている。

**【0003】**

しかしながら、半導体基体に斜め方向から入射する光が、反射防止膜の端部に入射すると、反射防止膜を通過した後、一部の光は受光部に入射せずに、半導体基体の表面で反射して、反射防止膜より外側に向かい、スミア現象や混色等の問題を生じることがある。

**【0004】**

この問題に対して、反射防止膜を上凸の曲面形状とすることが提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。 40

この構成によれば、曲面で屈折させることにより、受光部の中央部に集光することができるので、スミアを低減することができる。とされている。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0005】**

【特許文献 1】特開 2006 - 41026 号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

10

20

30

40

50

特許文献 1 に記載された構成のように、反射防止膜を上凸の曲面形状とするためには、反射防止膜の材料膜の上に、曲面形状を有するレジストを熱リフローによって形成して、レジストの形状を反射防止膜の材料膜に転写する必要がある。

【0007】

しかしながら、熱リフローによって形成したレジストの曲面形状を転写するため、形成可能な寸法・形状が限定されてしまう。例えば、薄い反射防止膜や、幅の狭い反射防止膜を、形成することは困難である。

また、エッチバックでレジストの曲面形状を転写するため、ストッパー膜となる、反射防止膜の下層の層間絶縁膜を厚く形成する必要がある。

これらのことから、反射防止膜において、集光条件や反射防止条件の設計が制限されてしまい、これらの条件の最適化が困難になる。

【0008】

本技術の目的は、反射防止膜で入射光を集光することができ、かつ、反射防止膜の設計の自由度を大きくすることが可能である固体撮像素子を提供するものである。また、この固体撮像素子を備えた電子機器を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本技術の固体撮像素子は、半導体基体に形成された受光部と、この受光部上に形成され、複数層の平坦層から成り、下層の平坦層よりも上層の平坦層の幅が狭い、反射防止膜を有する。

【0010】

本技術の電子機器は、光学系と、固体撮像素子と、固体撮像素子の出力信号を処理する信号処理回路とを備え、固体撮像素子が上記本技術の固体撮像素子の構成である。

【0011】

上述の本技術の固体撮像素子の構成によれば、反射防止膜が、複数層の平坦層から成り、下層の平坦層よりも上層の平坦層の幅が狭い構造であるため、反射防止膜が、上方から入射した光を集めるレンズ作用を有している。これにより、反射防止膜を通過した光を受光部に集光させて、スミアや混色の発生を抑制することができる。

そして、反射防止膜により半導体基体の表面での反射を抑制することができるので、反射による感度の低下を抑制することができる。

また、反射防止膜が複数層の平坦層から成るので、反射防止膜を形成する際の加工が容易になる。

【0012】

上述の本技術の電子機器の構成によれば、本技術の固体撮像素子を含むので、固体撮像素子において、スミアや混色の発生を抑制し、反射による感度の低下を抑制することができる。

【発明の効果】

【0013】

上述の本技術によれば、反射防止膜によりスミアや混色の発生を抑制することができるので、画質を向上することができる。

また、反射防止膜により、反射による感度の低下を抑制することができるので、十分な感度を得られる。

【0014】

さらに、反射防止膜を形成する際の加工が容易になるため、反射防止膜を構成する平坦層の幅や厚さや層数を任意に選定することが可能になり、反射防止膜の設計の自由度を大きくすることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】第 1 の実施の形態の固体撮像素子の概略構成図（断面図）である。

【図 2】図 1 の固体撮像素子の凸形状の反射防止膜及びその周辺の各部の寸法を示す図で

10

20

30

40

50

ある。

【図 3】A ~ F 図 1 の固体撮像素子の凸形状の反射防止膜の形成方法を示す工程図である。

【図 4】A ~ G 凸形状の反射防止膜の内部に低屈折率材料膜を含む構造の第 1 の形成方法を示す工程図である。

【図 5】A ~ G 凸形状の反射防止膜の内部に低屈折率材料膜を含む構造の第 2 の形成方法を示す工程図である。

【図 6】A ~ C 図 3 ~ 図 5 の形成方法において、第 2 の高屈折率材料膜と異なる材料を用いて第 1 の高屈折率材料膜を形成した場合の、形成される反射防止膜の構成を示す図である。

【図 7】第 2 の実施の形態の固体撮像素子の概略構成図（平面図）である。

【図 8】図 7 の A - A における断面図である。

【図 9】A、B 導波路の底面の形状の一形態を示す図である。

【図 10】C M O S 型固体撮像素子に適用して、受光部上に導波路を設けた構成の断面図である。

【図 11】A、B 第 3 の実施の形態の固体撮像素子の概略構成図（断面図）である。

【図 12】A、B 光学シミュレーションにより得られた、感度とスミアの結果である。

【図 13】A ~ C 第 4 の実施の形態の固体撮像素子の凸形状の反射防止膜の断面図である。

【図 14】第 4 の実施の形態において、凸形状の反射防止膜を島状に形成した場合の、平面パターンの一形態を示す図である。

【図 15】第 4 の実施の形態において、凸形状の反射防止膜をストライプ状に形成した場合の、平面パターンの一形態を示す図である。

【図 16】第 5 の実施の形態の固体撮像素子の概略構成図（断面図）である。

【図 17】第 6 の実施の形態の電子機器の概略構成図（ブロック図）である。

【図 18】第 2 の実施の形態に対する比較対照例の固体撮像素子の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本技術を実施するための最良の形態（以下、実施の形態とする）について説明する。

なお、説明は以下の順序で行う。

1. 第 1 の実施の形態（固体撮像素子）
2. 第 2 の実施の形態（固体撮像素子）
3. 第 3 の実施の形態（固体撮像素子）
4. 第 4 の実施の形態（固体撮像素子）
5. 第 5 の実施の形態（固体撮像素子）
6. 第 6 の実施の形態（電子機器）

【0017】

< 1. 第 1 の実施の形態（固体撮像素子） >

第 1 の実施の形態の固体撮像素子の概略構成図（断面図）を、図 1 に示す。

本実施の形態は、本技術を、C C D 固体撮像素子に適用した場合である。

【0018】

本実施の形態の固体撮像素子は、図 1 に示すように、シリコン等の半導体材料から成る、半導体基体 1 内に、フォトダイオードから成り、入射した光により光電変換が行われる受光部 2 が形成されている。

半導体基体 1 としては、例えば、半導体基板単体、半導体基板及びその上に形成されたエピタキシャル層、他の基板上に形成された半導体層、等の構成が挙げられる。

受光部 2 よりも図中外側の半導体基体 1 上には、受光部 2 で光電変換された電荷を転送するための転送電極 11 が形成されている。転送電極 11 の下の半導体基体 1 内には、垂直転送レジスタ 3 が形成されている。転送電極 11 と半導体基体 1 との間には、薄いゲー

10

20

30

40

50

ト絶縁膜が形成されている。

転送電極 1 1 及び受光部 2 上には、層間絶縁膜 1 2 が形成されている。

層間絶縁膜 1 2 上には、転送電極 1 1 の上と横を覆って、遮光膜 1 3 が形成されている。この遮光膜 1 3 は、受光部 2 上に開口を有している。

遮光膜 1 3 の上には、パッシベーション膜 1 4 が形成され、このパッシベーション膜 1 4 の上には、表面が平坦化された平坦化層 1 5 が形成されている。

平坦化層 1 5 の上には、カラーフィルタ 1 6、マイクロレンズ 1 7 が形成されている。

#### 【0019】

本実施の形態では、特に、受光部 2 の中央部の上、遮光膜 1 3 の開口の間の部分に、断面形状が凸形状の反射防止膜 2 0 が設けられている。

この凸形状の反射防止膜 2 0 は、下層の幅の広い下段 2 1 と、上層の幅の狭い上段 2 2 の、2 層の平坦層を積層した 2 層構造となっている。

凸形状の反射防止膜 2 0 は、このような構造となっていることにより、上方から入射した光に対して反射防止効果を有すると共に、入射した光を集めるレンズ効果も有する。

#### 【0020】

反射防止膜 2 0 には、下層の層間絶縁膜 1 2 や、反射防止膜 2 0 の上に形成された層に対して、本実施の形態ではパッシベーション膜 1 4 に対して、高い屈折率を有する材料を使用する。

例えば、層間絶縁膜 1 2 やパッシベーション膜 1 4 をシリコン酸化膜として、反射防止膜 2 0 を、シリコン酸化膜より屈折率が高い、シリコン窒化膜 (SiN 膜) やシリコン酸窒化膜 (SiON 膜) やシリコン炭窒化膜 (SiCN 膜) 等とすることができる。

また、ポリイミド樹脂や、多結晶シリコンや、透明電極に用いられている、ITO (インジウム錫酸化物)、TiO<sub>x</sub> 等の酸化物も、シリコン酸化膜よりも屈折率が高いので、反射防止膜 2 0 に使用することが可能である。

#### 【0021】

ここで、凸形状の反射防止膜 2 0 及びその周囲の各部の寸法について、図 2 を参照して、説明する。

図 2 に示すように、反射防止膜 2 0 の下段 2 1 の幅を W<sub>1</sub> とし、上段 2 2 の幅を W<sub>2</sub> とし、下段 2 1 の厚さを T<sub>1</sub> とし、上段の厚さを T<sub>2</sub> とする。また、下段 2 1 の端から上段 2 2 の端までの長さを L とし、遮光膜 1 3 の開口端から反射防止膜 2 0 の下段 2 1 の端までの距離を D としている。

反射防止膜 2 0 の下段 2 1 の幅 W<sub>1</sub> を広くするほど、反射防止効果が向上して感度が向上するが、上段 2 2 の幅 W<sub>2</sub> との差が大きくなって、反射防止膜 2 0 のレンズ効果が低下する。レンズ効果が低下すると、スミアを生じやすくなる。

逆に、反射防止膜 2 0 の下段 2 1 の幅 W<sub>1</sub> を狭くするほど、スミアを抑制する効果が向上するが、受光部 2 上に反射防止膜 2 0 のない部分が増えるため、感度は低下する。

#### 【0022】

固体撮像素子において、波長 550 nm を中心とする可視光線を受光検出する場合には、遮光膜 1 3 の開口端から反射防止膜 2 0 の下段 2 1 の端までの距離 D を、50 nm ~ 1000 nm の範囲内とすると、感度とスミア抑制の効果のバランスが良くなる。

さらにまた、反射防止膜 2 0 下段 2 1 の幅 W<sub>1</sub> と上段 2 2 の幅 W<sub>2</sub> の差 W<sub>1</sub> - W<sub>2</sub> (= 2L) は、50 nm ~ 2000 nm の範囲内とすることが望ましい。

#### 【0023】

また、反射防止膜 2 0 の上段 2 2 の幅 W<sub>2</sub> については、凸形状の断面面積が一定となるように、下段 2 1 と上段 2 2 を足した総膜厚 (T<sub>1</sub> + T<sub>2</sub>) が厚いときには狭くして、総膜厚 (T<sub>1</sub> + T<sub>2</sub>) が薄いときには広くすることが望ましい。

#### 【0024】

なお、本実施の形態において、凸形状の反射防止膜 2 0 は、画素毎に独立して島状に形成しても良く、同一列の画素で連続してストライプ状に形成しても良い。

凸形状の反射防止膜 2 0 をストライプ状とする場合の画素間の反射防止膜は、例えば、

10

20

30

40

50

特開平 1 0 - 2 5 6 5 1 8 号公報の平板状の反射防止膜と同様に、転送電極と遮光膜の間に反射防止膜を形成すれば良い。

【 0 0 2 5 】

なお、凸形状の反射防止膜 2 0 は、図 1 に示した下段 2 1 及び上段 2 2 から成る 2 層構造に限定されず、3 層以上で構成しても良い。

また、各層の厚さは、同一であっても、異なっても良い。

各層の材料も、同一であっても、異なっても良い。

【 0 0 2 6 】

本実施の形態の固体撮像素子の、凸形状の反射防止膜 2 0 は、例えば、以下に説明するようにして、形成することができる。

まず、図 3 A に示すように、転送電極 1 1 及び層間絶縁膜 1 2 を順次形成した後に、層間絶縁膜 1 2 よりも屈折率の高い材料から成る、第 1 の高屈折率材料膜 3 1、例えば S i N 膜を形成する。

次に、図 3 B に示すように、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 上に、レジストパターン 3 2 を形成する。

続いて、レジストパターン 3 2 をマスクとして用いて、ドライエッチングにより、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 をパターニングする。その後、レジストパターン 3 2 を除去して、図 3 C に示すように、パターニングされた第 1 の高屈折率材料膜 3 1 を残す。このときの、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 の幅は、後に形成される、凸形状の反射防止膜 2 0 の上段 2 2 の幅よりも狭い幅である。

次に、図 3 D に示すように、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 と同じ材料を用いて、層間絶縁膜 1 2 よりも屈折率の高い材料から成る、第 2 の高屈折率材料膜 3 3、例えば S i N 膜を形成する。

次に、図 3 E に示すように、第 2 の高屈折率材料膜 3 3 上に、レジストパターン 3 4 を形成する。このレジストパターン 3 4 は、図 3 B に示したレジストパターン 3 2 よりも幅が広く、反射防止膜 2 0 の下段に対応するパターンに形成する。

続いて、レジストパターン 3 4 をマスクとして用いて、ドライエッチングにより、第 2 の高屈折率材料膜 3 3 をパターニングする。その後、レジストパターン 3 4 を除去して、パターニングされた第 2 の高屈折率材料膜 3 3 を残す。これにより、図 3 F に示すように、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 及び第 2 の高屈折率材料膜 3 3 により形成された、凸形状の反射防止膜 2 0 を形成することができる。

この製造方法の場合、凸形状の反射防止膜 2 0 の下段は、中央部の第 1 の高屈折率材料膜 3 1 と周辺部の第 2 の高屈折率材料膜 3 3 とから形成され、凸形状の反射防止膜 2 0 の上段は、第 2 の高屈折率材料膜 3 3 から形成される。

【 0 0 2 7 】

なお、図 3 F に示した工程の後に、さらに、図 3 D ~ 図 3 F に示した各工程と同様の工程を繰り返すことにより、3 段以上の多層構造の反射防止膜を形成することができる。

【 0 0 2 8 】

上述の製造方法では、高屈折率材料膜 3 1、3 3 のみにより、凸形状の反射防止膜 2 0 を形成していた。

本技術では、凸形状の反射防止膜 2 0 の内部に、高屈折率材料膜よりも屈折率の低い低屈折率材料膜（例えば、S i N 膜に対してシリコン酸化膜）を含んでいても構わない。

この低屈折率材料膜を反射防止膜 2 0 の内部に含む構造を形成する、反射防止膜 2 0 の形成方法を、以下に 2 通り示す。

【 0 0 2 9 】

低屈折率材料膜を反射防止膜 2 0 の内部に含む構造を形成する、第 1 の形成方法を説明する。

まず、図 4 A ~ 図 4 C に示すように、図 3 A ~ 図 3 C に示したと同様の工程を行う。

次に、図 4 D に示すように、パターニングされた第 1 の高屈折率材料膜 3 1 を覆って、全面的に、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 よりも屈折率の低い、低屈折率材料膜 3 5、例えば

10

20

30

40

50

シリコン酸化膜を形成する。

次に、図 4 E に示すように、低屈折率材料膜 3 5 上に、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 と同じ材料を用いて、第 2 の高屈折率材料膜 3 3 を形成する。

次に、図 4 F に示すように、第 2 の高屈折率材料膜 3 3 上に、レジストパターン 3 4 を形成する。このレジストパターン 3 4 は、図 4 B に示したレジストパターン 3 2 よりも幅が広く、反射防止膜 2 0 の下段に対応するパターンに形成する。

続いて、レジストパターン 3 4 をマスクとして用いて、ドライエッチングにより、第 2 の高屈折率材料膜 3 3 をパターンニングする。その後、レジストパターン 3 4 を除去して、パターンニングされた第 2 の高屈折率材料膜 3 3 を残す。これにより、図 4 G に示すように、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 と低屈折率材料膜 3 5 と第 2 の高屈折率材料膜 3 3 により形成された、凸形状の反射防止膜 2 0 を形成することができる。

なお、図 4 D ~ 図 4 G では、層間絶縁膜 1 2 と低屈折率材料膜 3 5 とを区別して記載しているが、これらを同じ材料（例えば、シリコン酸化物）で形成した場合には、一体化して形成される。

この形成方法の場合、凸形状の反射防止膜 2 0 の下段は、中央部の第 1 の高屈折率材料膜 3 1 と、その外側の、低屈折率材料膜 3 5 及び第 2 の高屈折率材料膜 3 3 とから形成され、凸形状の反射防止膜 2 0 の上段は、第 2 の高屈折率材料膜 3 3 から形成される。また、凸形状の反射防止膜 2 0 の中央部では、第 1 の屈折率材料膜 3 1 と第 2 の高屈折率材料膜 3 3 の間に低屈折率材料膜 3 5 が形成された構成となる。

図 4 G に示すように第 1 の屈折率材料膜 3 1 と第 2 の高屈折率材料膜 3 3 の間に低屈折率材料膜 3 5 が形成された構成としても、十分な反射防止効果が得られる。

#### 【 0 0 3 0 】

なお、図 4 G に示した工程の後に、さらに、図 4 D ~ 図 4 G に示した各工程と同様の工程を繰り返すことにより、3 段以上の多層構造の反射防止膜を形成することができる。

#### 【 0 0 3 1 】

低屈折率材料膜を反射防止膜 2 0 の内部に含む構造を形成する、第 2 の形成方法を説明する。

まず、図 5 A に示すように、図 3 A に示したと同様の工程を行う。

次に、図 5 B に示すように、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 上に、幅が広く、反射防止膜 2 0 の下段に対応するパターンのレジストパターン 3 6 を形成する。

続いて、レジストパターン 3 6 をマスクとして用いて、ドライエッチングにより、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 をパターンニングする。その後、レジストパターン 3 6 を除去して、図 5 C に示すように、パターンニングされた第 1 の高屈折率材料膜 3 1 を残す。

次に、図 5 D に示すように、パターンニングされた第 1 の高屈折率材料膜 3 1 を覆って、全面的に、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 よりも屈折率の低い、低屈折率材料膜 3 5、例えばシリコン酸化膜を形成する。

次に、図 5 E に示すように、低屈折率材料膜 3 5 上に、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 と同じ材料を用いて、第 2 の高屈折率材料膜 3 3 を形成する。

次に、図 5 F に示すように、第 2 の高屈折率材料膜 3 3 上に、レジストパターン 3 7 を形成する。このレジストパターン 3 7 は、図 5 B に示したレジストパターン 3 6 よりも幅が狭く、反射防止膜 2 0 の上段に対応するパターンに形成する。

続いて、レジストパターン 3 7 をマスクとして用いて、ドライエッチングにより、第 2 の高屈折率材料膜 3 3 をパターンニングする。その後、レジストパターン 3 7 を除去して、パターンニングされた第 2 の高屈折率材料膜 3 3 を残す。これにより、図 5 G に示すように、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 と低屈折率材料膜 3 5 と第 2 の高屈折率材料膜 3 3 により形成された、凸形状の反射防止膜 2 0 を形成することができる。

なお、図 5 D ~ 図 5 G では、層間絶縁膜 1 2 と低屈折率材料膜 3 5 とを区別して記載しているが、これらを同じ材料（例えば、シリコン酸化物）で形成した場合には、一体化して形成される。

この形成方法の場合、凸形状の反射防止膜 2 0 の下段は、第 1 の高屈折率材料膜 3 1 か

ら形成され、凸形状の反射防止膜 20 の上段は、第 2 の高屈折率材料膜 33 から形成される。また、凸形状の反射防止膜 20 の中央部では、第 1 の屈折率材料膜 31 と第 2 の高屈折率材料膜 33 の間に低屈折率材料膜 35 が形成された構成となる。

また、第 2 の高屈折率材料膜 33 をパターンニングする際に、下段の第 1 の高屈折率材料膜 31 が低屈折率材料膜 35 で覆われているので、低屈折率材料膜 35 によって、第 1 の高屈折率材料膜 31 を保護することができる。

図 5 G に示すように第 1 の屈折率材料膜 31 と第 2 の高屈折率材料膜 33 の間に低屈折率材料膜 35 が形成された構成としても、十分な反射防止効果が得られる。

#### 【0032】

なお、図 5 G に示した工程の後に、さらに、図 5 D ~ 図 5 G に示した各工程と同様の工程を繰り返すことにより、3 段以上の多層構造の反射防止膜を形成することができる。

#### 【0033】

上述したそれぞれの形成方法では、各段の膜厚が 10 nm 程度の極薄膜であっても、凸形状の反射防止膜 20 を形成することが可能である。

#### 【0034】

特許文献 1 に記載された曲面凸レンズ形状の反射防止膜を形成する際には、レジストの曲面形状を転写するため、異方性エッチングが必要であった。

これに対して、本実施の形態の上述したそれぞれの形成方法では、等方性エッチングによって、高屈折率材料膜 31, 33 をパターンニングすることも可能である。そして、異方性エッチングではなく、等方性エッチングとなる条件でエッチングを行うことにより、エッチングの際の、層間絶縁膜 12 や半導体基体 1 へのダメージをなくすることが可能になる。

#### 【0035】

上述した 3 つの形成方法のうち、特に、図 3 に示した形成方法と図 4 に示した形成方法では、反射防止膜 20 として残す部分がレジストパターンで保護されていて、エッチングにさらされることがない。これにより、反射防止膜 20 へのエッチングダメージが少なくなり、欠陥が少なくなる。

#### 【0036】

図 3 ~ 図 5 に示したそれぞれの形成方法では、第 1 の高屈折率材料膜 31 と第 2 の高屈折率材料膜 33 に同じ材料を用いた場合を説明した。

本技術では、第 1 の高屈折率材料膜 31 及び第 2 の高屈折率材料膜 33 に、それぞれ異なる高屈折率材料を使用することが可能である。

図 3 ~ 図 5 に示したそれぞれの形成方法において、第 2 の高屈折率材料膜 33 と異なる材料を用いて、第 1 の高屈折率材料膜 41 を形成した場合の、形成される反射防止膜 20 の構成を、図 6 A ~ 図 6 C に示す。図 6 A は図 3 F に対応する構成であり、図 6 B は図 4 G に対応する構成であり、図 6 C は図 5 G に対応する構成である。

図 6 A ~ 図 6 C では、対向する、図 3 F と図 4 G と図 5 G の第 1 の高屈折率材料膜 31 が、第 1 の高屈折率材料膜 41 に代わっており、第 1 の高屈折率材料膜 41 は、第 2 の高屈折率材料膜 33 とは、材料が異なる膜である。例えば、第 2 の高屈折率材料膜 33 に SiN 膜を用いた場合には、第 1 の高屈折率材料膜 41 には、SiON 膜やポリイミド系樹脂等を用いることができる。

#### 【0037】

上述の本実施の形態の固体撮像素子の構成によれば、受光部 2 上に、下段 21 よりも上段 22 の幅が狭い、2 層の平坦層を積層した構造の凸形状の反射防止膜 20 が形成されている。下段 21 の幅よりも上段 22 の幅が狭いので、反射防止膜 20 が上方から入射した光を集めるレンズ作用を有している。これにより、反射防止膜 20 を通過した光を受光部 2 に集光させて、スミアや混色の発生を抑制することができる。スミアや混色の発生を抑制することにより、画質を向上することができる。

そして、反射防止膜 20 により、半導体基体 1 の表面での反射を抑制することができるので、反射による感度の低下を抑制して、十分な感度を得ることができる。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 3 8 】

また、本実施の形態によれば、凸形状の反射防止膜 2 0 が、下段 2 1 及び上段 2 2 の 2 層の平坦層から成るので、反射防止膜 2 0 を形成する際の加工が容易になる。これにより、反射防止膜 2 0 を構成する平坦層の幅や厚さや層数を任意に選定することが可能になり、反射防止膜 2 0 の設計の自由度を大きくすることが可能になる。

そして、曲面形状の反射防止膜のエッチバックによりレジストを転写する工程が不要になる。また、等方性エッチングとなる条件で反射防止膜 2 0 を構成する膜 3 1 , 3 3 のエッチングを行うことにより、エッチングの際の層間絶縁膜 1 2 や半導体基体 1 へのダメージをなくすることが可能になる。

これにより、反射防止膜 2 0 の下の層間絶縁膜 1 2 を、比較的薄く形成して、層間絶縁膜 1 2 と反射防止膜 2 0 による反射防止条件を最適化することも可能になる。

従って、本実施の形態によれば、反射防止膜 2 0 の集光条件や反射防止条件を最適化するように、反射防止膜 2 0 を設計することが可能になる。

## 【 0 0 3 9 】

## &lt; 2 . 第 2 の実施の形態 &gt;

第 3 の実施の形態の固体撮像素子の概略構成図を、図 7 及び図 8 に示す。

図 7 は固体撮像素子の平面図を示し、図 8 は図 7 の A - A における断面図を示す。

本実施の形態は、本技術を、CCD 固体撮像素子に適用し、さらに受光部の上方に導波路を設けた場合である。

## 【 0 0 4 0 】

本実施の形態では、図 7 の平面図に示すように、転送電極 1 1 A , 1 1 B の上に、一方の転送電極 1 1 A に電圧を供給するための接続配線 7 を形成している。

転送電極 1 1 A , 1 1 B は、いずれも第 1 層の電極層で形成されており、単層電極構造となっている。一方の転送電極 1 1 A は、受光部 2 の左右のみに形成されている。他方の転送電極 1 1 B は、受光部の左右にあり縦方向に延びる垂直転送レジスタ 3 に沿って形成された電極部と、図 7 の上下の画素の受光部 2 の間を通り横方向に延びる配線部とを有している。

接続配線 7 は、図 7 の上下の画素の受光部 2 の間を通り横方向に延びる配線部と、転送電極 1 1 A , 1 1 B 上に沿って延びる接続部とを有している。接続配線 7 は、その接続部のコンタクト部 7 C を介して、図 8 の断面図に示すように、一方の転送電極 1 1 A に接続されている。

## 【 0 0 4 1 】

図 8 の断面図に示すように、転送電極 1 1 A の下の半導体基体 1 内には、N 型半導体領域から成る垂直転送レジスタ 3 が形成され、垂直転送レジスタ 3 の下に P w e l l 領域 4 が形成されている。

受光部 2 は N 型半導体領域で形成され、表面に P <sup>+</sup> の半導体領域から成る正電荷蓄積領域 6 が形成されている。

受光部 2 と右の垂直転送レジスタ 3 との間には、これらを分離する P <sup>+</sup> のチャネルストップ領域 5 が形成されている。

受光部 2 と左の垂直転送レジスタ 3 との間の部分は、受光部 2 から垂直転送レジスタ 3 へ電荷を読み出すための読み出し部となる。

## 【 0 0 4 2 】

転送電極 1 1 A と接続配線 7 を覆って層間絶縁膜 1 2 が形成され、この層間絶縁膜 1 2 上に遮光膜 1 3 が形成されている。

## 【 0 0 4 3 】

本実施の形態では、受光部 2 の上方の層間絶縁膜 1 2 上に、第 1 の実施の形態と同様に、凸形状の反射防止膜 2 0 が形成されている。

この凸形状の反射防止膜 2 0 は、第 1 の実施の形態で説明した構成と同様の構成とすることが出来る。

## 【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

そして、本実施の形態では、受光部 2 の上方、凸形状の反射防止膜 20 のさらに上方に、低屈折率の材料から成るクラッド層 8 と、高屈折率の材料から成るコア層 9 とで構成された、導波路が設けられている。

クラッド層 8 は、転送電極 11A・接続配線 7・層間絶縁膜 12・遮光膜 13 の積層構造と、凸形状の反射防止膜 20 とをそれぞれ覆って形成されており、積層構造の段差に沿って、受光部 2 及び反射防止膜 20 の上方に凹部が形成されている。

コア層 9 は、受光部 2 及び反射防止膜 20 の上方のクラッド層 8 の凹部を埋めて、クラッド層 8 の上に形成されている。

#### 【0045】

クラッド層 8 の低屈折率材料には、例えば、シリコン酸化物を用いることができる。

コア層 9 の高屈折率材料には、例えば、SiN、SiON、SiCN、ポリイミド系樹脂等を用いることができる。

そして、反射防止膜 20 を構成する高屈折率材料と、コア層 9 の高屈折率材料とに、同一の高屈折率材料を使用してもよい。

#### 【0046】

コア層 9 の上には、下層から、パッシベーション膜 18、平坦化膜 19、カラーフィルタ 16、マイクロレンズ 17 が形成されている。

#### 【0047】

本実施の形態では、受光部 2 と導波路との間に、凸形状の反射防止膜 20 が形成されている。これにより、凸形状の反射防止膜 20 においてレンズ作用を生じるので、図 8 中矢印で示すように、導波路を通った光が中央部に集められて、受光部 2 に入射する。

#### 【0048】

ここで、本実施の形態の構成に対する比較対照例として、受光部 2 と導波路との間に平板状の反射防止膜を設けた場合の断面図を、図 18 に示す。

図 18 に示すように、クラッド層 8 の凹部内のコア層 9 による導波路の下に、平板状の反射防止膜 23 が形成されている。

この構成の場合、図 18 中矢印で示すように、導波路を通過した光のうち、導波路の下端で散乱して、外へ広がった光は、反射防止膜 23 には入射しない。そのため、半導体基体の表面と遮光膜 13 との間で反射して、垂直転送レジスタに入り込み、スミアとなってしまう。

#### 【0049】

これに対して、図 8 に示す本実施の形態の構成では、凸形状の反射防止膜 20 によって生じるレンズ作用で光を集めることができるので、反射防止膜 20 に入射しないでノイズとなってしまう光を低減することができる。

#### 【0050】

なお、図 8 では、導波路の底面が水平面であったが、導波路の底面は水平面に限らず他の形状としても良い

このような導波路の底面の形状の一形態を、図 9A と図 9B にそれぞれ示す。

図 9A は、導波路の底面を曲面とした形態である。

図 9B は、導波路の底面を、凸形状の反射防止膜 20 に沿った凹凸を有する面とした形態である。

#### 【0051】

上述の本実施の形態の固体撮像素子の構成によれば、第 1 の実施の形態と同様に、受光部 2 上に、下段 21 よりも上段 22 の幅が狭い、2 層の平坦層を積層した構造の凸形状の反射防止膜 20 が形成されている。

これにより、第 1 の実施の形態と同様に、スミアや混色の発生を抑制することができるので、画質を向上することができる。そして、半導体基体 1 の表面での反射による感度の低下を抑制して、十分な感度を得ることができる。

また、第 1 の実施の形態と同様に、反射防止膜 20 を構成する平坦層の幅や厚さや層数を任意に選定することが可能になり、反射防止膜 20 の設計の自由度を大きくすることが

10

20

30

40

50

可能になる。

【 0 0 5 2 】

また、本実施の形態によれば、凸形状の反射防止膜 2 0 の上に、クラッド層 8 及びコア層 9 により構成された導波路が設けられている。これにより、従来の平板状の反射防止膜ではスミアや混色等のノイズとなっていた、クラッド層 8 に入射した迷光成分も、凸形状の反射防止膜 2 0 で集光することができる。これにより、スミアや混色の改善の他、感度も少なからず改善することが可能になる。

【 0 0 5 3 】

上述の第 2 の実施の形態は、本技術を C C D 固体撮像素子に適用した構成であったが、本技術を C M O S 型固体撮像素子に適用した構成においても、受光部上に導波路を設けて、光導波路の下に凸形状の反射防止膜を設けることが可能である。

10

その場合の概略断面図を、図 1 0 に示す。

【 0 0 5 4 】

図 1 0 に示すように、半導体基体 1 内に受光部 2 が形成され、半導体基体 1 上に、受光部 2 から電荷を転送する転送ゲート 2 6 が設けられている。

半導体基体 1 の上方には、複数層の配線層 2 8 と、配線層 2 8 を絶縁する絶縁層 2 9 とから成る、配線部が形成されている。

半導体基体 1 の転送ゲート 2 6 よりも左の部分には、導体から成るプラグ層 2 7 が接続されており、このプラグ層 2 7 により、配線部の下層の配線層 2 8 と半導体基体 1 内の図示しない半導体領域とを電氣的に接続している。

20

配線部の絶縁層 2 9 の上には、下層から、パッシベーション膜 1 8 、平坦化膜 1 9 、カラーフィルタ 1 6 、マイクロレンズ 1 7 が形成されている。

【 0 0 5 5 】

図 1 0 に示す構成では、特に、受光部 2 が形成された半導体基体 1 の上層の配線部を構成する絶縁層 2 9 に、トレンチを形成して、このトレンチ内を高屈折率材料層 3 0 で埋めて、導波路を形成している。そして、この導波路の下に、凸形状の反射防止膜 2 0 を設けている。

【 0 0 5 6 】

この構成の場合も、凸形状の反射防止膜 2 0 によって生じるレンズ作用で光を集めることができるので、導波路の下端で散乱して外へ広がった光を受光部 2 へ入射させて、ノイズとなってしまう光を低減することが可能になる。

30

【 0 0 5 7 】

< 3 . 第 3 の実施の形態 >

第 3 の実施の形態の固体撮像装置の概略構成図を、図 1 1 A 及び図 1 1 B に示す。

図 1 1 A 及び図 1 1 B は、1 つの画素の断面図を示している。

本実施の形態は、本技術を、C C D 固体撮像素子に適用し、さらに受光部の上方に導波路を設けた場合である。

【 0 0 5 8 】

図 1 1 A は青の画素の断面図を示しており、図 1 1 B は赤の画素や緑の画素の断面図を示している。

40

図 1 1 A に示すように、青の画素では、青 B のカラーフィルタ 1 6 が形成され、クラッド層 8 とコア層 9 により形成された導波路の下に、図 1 8 に示したと同様の、平板状の反射防止膜 2 3 が形成されている。

図 1 1 B に示すように、赤の画素や緑の画素では、赤 R のカラーフィルタ 1 6 や緑 G B のカラーフィルタ 1 6 が形成され、導波路の下に、下段 2 1 と上段 2 2 とから成る、凸形状の反射防止膜 2 0 が形成されている。図 1 1 B では、反射防止膜 2 0 の下段 2 1 と上段 2 2 との間に、低反射率材料から成る、薄い膜が形成されている。即ち、図 5 G に示した構成と同様の構成になっている。

その他の構成は、図 8 に示した第 2 の実施の形態と同様であるので、重複説明を省略する。

50

## 【0059】

図11A及び図11Bに示すように、青の画素と、赤の画素及び緑の画素とでは、反射防止膜の構成が異なっており、青の画素の平板状の反射防止膜23は、赤の画素及び緑の画素の凸形状の反射防止膜20と比較して、反射防止膜全体が薄くなっている。

## 【0060】

このように、画素の色に対応して、反射防止膜の厚さを変えて、波長の短い青の画素では波長の長い他の色よりも反射防止膜を薄くすることにより、反射防止膜の反射防止効果を最適化することができる。

## 【0061】

なお、図11Bにおいて、さらに、赤の画素と緑の画素とで、凸形状の反射防止膜20の下段21の厚さや上段22の厚さを異ならせて、緑の画素は、赤の画素と比較して、凸形状の反射防止膜20の下段21の厚さや上段22の厚さを薄くすることも可能である。

## 【0062】

画素の色に対応して、反射防止膜20の下段21の厚さや上段22の厚さを変える代わりに、凸形状の反射防止膜の段数（層の数）を変えても良い。

また、画素の色に対応して、反射防止膜の厚さだけでなく、反射防止膜の各層の幅を変えても良い。

そして、画素の色毎に、反射防止膜の構成を最適化することによって、全ての画素の感度を改善することが可能になる。

## 【0063】

例えば、青の画素では、平板状の反射防止膜23を、通常の平板状の反射防止膜よりも薄く形成して、さらに、反射防止膜23と半導体基体との間の低反射率材料膜（図11では層間絶縁膜12）を薄く形成することにより、感度を向上することが可能である。

また、赤の画素や緑の画素でも、反射防止膜20の下段21と半導体基体との間の低反射率材料膜（図11では層間絶縁膜12）を薄く形成することにより、感度を向上することが可能である。

## 【0064】

さらにまた、図11Aでは、青の画素に平板状の反射防止膜を形成していたが、赤及び緑の画素と同様に、青の画素にも凸形状の反射防止膜を形成しても良い。

青の画素にも凸形状の反射防止膜を形成する場合、凸形状の反射防止膜の上段の幅は、青の画素を狭く、赤の画素を広く、緑の画素はその中間とすることが望ましい。また、下段と上段を足した総膜厚は、青の画素は薄く、赤の画素は厚く、緑の画素はその中間とすることが望ましい。

## 【0065】

ここで、本実施の形態の構成の固体撮像素子と、各画素の平板状の反射防止膜の厚さを同一とした従来構成の固体撮像素子について、各層の材料（屈折率）や厚さの条件を選定して、光学シミュレーションを行い、感度とスミアの大きさを調べた。

設定した条件は、以下の通りとした。

低屈折率材料（シリコン酸化膜）の屈折率：1.4

高屈折率材料（SiN膜）の屈折率：2.0

平板状の反射防止膜を用いた、従来構造の各層の膜厚は、層間絶縁膜12（シリコン酸化膜）を30nm、平板状の反射防止膜23（SiN膜）を40nm、クラッド層8（シリコン酸化膜）を70nmとした。

本実施の形態の構成の青の画素の各層の膜厚は、層間絶縁膜12（シリコン酸化膜）を10nm、平板状の反射防止膜23（SiN膜）を40nm、クラッド層8（シリコン酸化膜）を70nmとした。赤及び緑の画素の各層の膜厚は、層間絶縁膜12（シリコン酸化膜）を10nm、反射防止膜の下段21（SiN膜）を40nm、シリコン酸化膜を20nm、反射防止膜の上段22（SiN膜）を40nm、クラッド層8（シリコン酸化膜）を50nmとした。また、下段21と上段22の端部の水平距離（図2の距離Lに対応）を150nmとした。

10

20

30

40

50

なお、従来構造及び青の画素の平板状の反射防止膜 2 3 の幅と、赤及び緑の画素の凸形状の反射防止膜 2 0 の下段 2 1 の幅とは、同じ幅とした。

#### 【 0 0 6 6 】

光学シミュレーションにより得られた結果を、図 1 2 A 及び図 1 2 B に示す。図 1 2 A は感度の結果を示し、図 1 2 B はスミア ( d B ) の結果を示す。図 1 2 A 及び図 1 2 B において、左の「平板状」が従来構造の結果を示し、右の「凸形状あり」が本実施の形態の構成の結果を示している。

図 1 2 A に示すように、各色とも、本実施の形態の構成とすることにより、感度が向上することがわかる。

青の画素については、平板状の反射防止膜 2 3 の下の層間絶縁膜 1 2 を薄くしただけで感度が大きく向上している。

赤の画素や緑の画素については、さらに、凸形状の反射防止膜 2 0 としたことにより、感度が向上している。

なお、比較対照として、赤の画素及び緑の画素を、青の画素と同様の構成とした構成についても調べたが、感度の向上が得られなかった。

また、図 1 2 B に示すように、本実施の形態の構成とすることにより、スミアを大きく改善できることがわかる。

#### 【 0 0 6 7 】

さらにまた、凸形状の反射防止膜 2 0 の上段 2 2 の膜厚を 4 0 n m に、下段 2 1 の幅を 5 0 0 n m に、それぞれ固定した緑の画素に、波長 5 5 0 n m の平行光を入射させる条件で、上段 2 2 の幅と下段 2 1 の膜厚とを変えて、光学シミュレーションを行った。

その結果、上段 2 2 の幅と下段 2 1 の膜厚の最適値は、幅 1 5 0 n m のとき膜厚 5 0 n m、幅 2 0 0 n m のとき膜厚 4 0 n m、幅 2 5 0 n m のとき膜厚 3 0 n m となった。

また、このときの集光特性は、それぞれ、ほぼ同等であった。

#### 【 0 0 6 8 】

本実施の形態の固体撮像素子において、波長 5 5 0 n m を中心とする可視光線を撮像する構成とする場合の、各層の膜厚の好適な範囲は以下の通りである。

反射防止膜 2 0 , 2 3 下の層間絶縁膜 1 2	: 3 0 n m 以下
青の画素の平板状の反射防止膜 2 3	: 2 0 n m ~ 6 0 n m
青の画素のクラッド層 8	: 3 0 n m ~ 9 0 n m
赤及び緑の画素の反射防止膜の下段 2 1	: 2 0 n m ~ 5 0 n m
赤及び緑の画素の反射防止膜の中間の酸化膜	: 2 0 n m 以下
赤及び緑の画素の反射防止膜の上段 2 2	: 2 0 n m ~ 5 0 n m
赤及び緑の画素のクラッド層 8	: 3 0 n m ~ 7 0 n m

#### 【 0 0 6 9 】

上述の本実施の形態によれば、先の各実施の形態と同様に、下段 2 1 よりも上段 2 2 の幅が狭い、2 層の平坦層を積層した構造の凸形状の反射防止膜 2 0 が形成されている。

これにより、スミアや混色の発生を抑制することができるので、画質を向上することができる。そして、半導体基体 1 の表面での反射による感度の低下を抑制して、十分な感度を得ることができる。また、反射防止膜 2 0 を構成する平坦層の幅や厚さや層数を任意に選定することが可能になり、反射防止膜 2 0 の設計の自由度を大きくすることが可能になる。

#### 【 0 0 7 0 】

また、本実施の形態によれば、第 2 の実施の形態と同様に、凸形状の反射防止膜 2 0 の上に、クラッド層 8 及びコア層 9 により構成された導波路が設けられている。これにより、第 2 の実施の形態と同様に、クラッド層 8 に入射した迷光成分も、凸形状の反射防止膜 2 0 で集光することができる。これにより、スミアや混色の改善の他、感度も少なからず改善することが可能になる。

#### 【 0 0 7 1 】

さらに、本実施の形態によれば、赤 R、緑 G、青 B の画素の色毎に、反射防止膜の各平

10

20

30

40

50

平坦層の厚さや反射防止膜全体の厚さ、平坦層の幅等の寸法を選定している。

これにより、反射防止条件や感度を、画素の色毎に最適化することが可能になる。例えば、図 1 2 A に示したように、全ての色の画素で、感度を向上することも可能になる。

本技術では、上層の幅が下層の幅より狭くなるように、複数層の平坦層を積層して、凸形状の反射防止膜を構成しているので、反射防止膜の形成が容易になることから、このように画素の色毎に反射防止膜の寸法を選定することも容易に実現することができる。

#### 【 0 0 7 2 】

##### < 4 . 第 4 の実施の形態 >

続いて、第 4 の実施の形態の固体撮像素子を説明する。

本実施の形態では、凸形状の反射防止膜を、瞳補正して形成する場合である。

10

#### 【 0 0 7 3 】

第 4 の実施の形態の固体撮像素子の、画素部における画素の位置に対応して瞳補正を行った、凸形状の反射防止膜の断面形状を、図 1 3 A ~ 図 1 3 C に示す。

図 1 3 A に示すように、画素部の左端の画素では、凸形状の反射防止膜 2 0 の上段 2 2 を、下段 2 1 の右端に寄せて形成している。

図 1 3 B に示すように、画素部の中央の画素では、凸形状の反射防止膜 2 0 の上段 2 2 を、下段 2 1 の中央の上に形成している。

図 1 3 C に示すように、画素部の右端の画素では、凸形状の反射防止膜 2 0 の上段 2 2 を、下段 2 1 の左端に寄せて形成している。

なお、図 1 3 A 及び図 1 3 C では、下段 2 2 の端面と上段 2 1 の端面を同じ位置に揃えて形成しているが、下段と上段の端面の位置は同じ位置に限定されるものではない。

20

このように、瞳補正を行うことにより、シェーディング特性を改善できる。

この構成の凸形状の反射防止膜 2 0 を製造する場合には、例えば、図 3 B ~ 図 3 C、図 4 B ~ 図 4 C、図 5 F に示した製造工程で、瞳補正に対応するように、凸形状の反射防止膜 2 0 の上段をずらして形成しても良い。

#### 【 0 0 7 4 】

本実施の形態においても、凸形状の反射防止膜 2 0 は、画素毎に独立して島状に形成しても良く、同一列の画素で連続してストライプ状に形成しても良い。

本実施の形態において、凸形状の反射防止膜 2 0 をそれぞれの形状とした場合の、平面パターンの一形態を、図 1 4 及び図 1 5 にそれぞれ示す。

30

#### 【 0 0 7 5 】

図 1 4 は、凸形状の反射防止膜 2 0 を、画素毎に独立して島状に形成した場合の平面パターンを示している。図中 2 4 は、遮光膜や金属配線層等の遮光材を示している。

画素毎にそれぞれ独立して、凸形状の反射防止膜 2 0 が形成されており、反射防止膜 2 0 の上段 2 2 は、瞳補正に対応して、横方向の位置をずらして形成されている。

#### 【 0 0 7 6 】

図 1 5 は、凸形状の反射防止膜 2 0 を、同一列の画素で連続して形成した場合の平面パターンを示している。

凸形状の反射防止膜 2 0 が、同一列の画素で連続してストライプ状に形成されており、反射防止膜 2 0 の上段 2 2 は、瞳補正に対応して、横方向の位置をずらして形成されている。

40

なお、凸形状の反射防止膜をストライプ状とする場合の画素間の反射防止膜は、CCD 固体撮像素子では、例えば、前述したように、転送電極と遮光膜の間に反射防止膜を形成すれば良い。CMOS 型固体撮像素子では、遮光材となる配線層よりも下に、反射防止膜を形成すれば良い。

#### 【 0 0 7 7 】

本実施の形態では、画角内における画素の位置による、瞳補正量の変化の態様は、特に限定されず、適宜設定することが可能である。

例えば、瞳補正量を、画角内における位置との関係（画角の中心位置に対する距離等）に対して、線形的に変化させた構成も、非線形的に変化させた構成も、いずれも可能であ

50

る。

#### 【0078】

なお、瞳補正量は、カメラ設計上の狙いとするF値（斜め入射角度）によって、最適値が異なる。

平行に近い光では、瞳補正量を小さくする。

例えば、 $F = 2.8$ のようなF値が大きい光を狙いとするならば、瞳補正量を大きくする。ただし、反射防止膜の上段が下段から横に出てはいけないため、最大の瞳補正量は、 $[(\text{下段幅} - \text{上段幅}) \div 2]$ までとする。

#### 【0079】

特許文献1の構成の製造方法では、先に形成されている転送電極の間に、レジストの曲面形状を反射防止膜に転写しているため、曲面形状の反射防止膜を瞳補正しようとする、左右非対称なレンズになってしまう懸念がある。

特に、画素サイズが微細になるほど、顕著になる。

本技術では、曲面形状ではなく、段差を有する多層構造の反射防止膜を採用していることにより、瞳補正は上段の幅及び位置を制御するだけで良いため、転送電極が先に形成されていても、瞳補正を行った反射防止膜を、問題なく形成することができる。

#### 【0080】

上述の本実施の形態によれば、先の各実施の形態と同様に、下段21よりも上段22の幅が狭い、2層の平坦層を積層した構造の凸形状の反射防止膜20が形成されている。

これにより、スミアや混色の発生を抑制することができるので、画質を向上することができる。そして、半導体基体1の表面での反射による感度の低下を抑制して、十分な感度を得ることができる。また、反射防止膜20を構成する平坦層の幅や厚さや層数を任意に選定することが可能になり、反射防止膜20の設計の自由度を大きくすることが可能になる。

#### 【0081】

また、本実施の形態によれば、凸形状の反射防止膜20の上段22の平坦層の下段21の平坦層に対する相対位置を、画素部内の画素の位置に対応して補正しているため、凸形状の反射防止膜20によって、シェーディングの発生も抑制することができる。

#### 【0082】

本実施の形態の凸形状の反射防止膜20に瞳補正を行う構成は、先の各実施の形態の構成に適用することが可能である。例えば、瞳補正を行った凸形状の反射防止膜20の上に、導波路を形成することが可能である。

#### 【0083】

< 5. 第5の実施の形態 >

第5の実施の形態の固体撮像素子の概略構成図（断面図）を、図16に示す。

本実施の形態は、本技術を、グローバルシャッタを用いた固体撮像素子に適用した場合である。

#### 【0084】

図16に示すように、半導体基体51に、受光部のフォトダイオードPDと、フローティングディフュージョンFDとが形成されている。

そして、これらフォトダイオードPD及びフローティングディフュージョンFDの中間の半導体基体51内に、電荷蓄積領域52が形成されている。

フォトダイオードPDと電荷蓄積領域52との間の、半導体基体51上には、転送ゲート53が形成されている。この転送ゲート53には、グローバルシャッタ信号GSが供給される。

電荷蓄積領域52とフローティングディフュージョンFDとの間の、半導体基体51上には、読み出しゲート54が形成されている。この読み出しゲート54には、読み出し信号TRが供給される。

そして、フォトダイオードPD以外の部分の上方を覆って、遮光膜55が形成されている。

10

20

30

40

50

なお、図 16 では、遮光膜 55 よりも上方の構成の図示を省略している。遮光膜 55 の上方に、図示しないが、カラーフィルタやマイクロレンズ等が形成されている。

【0085】

本実施の形態においては、遮光膜 55 の開口の下、フォトダイオード PD の上方に、凸形状の反射防止膜 20 が形成されている。

凸形状の反射防止膜 20 の構成は、先に説明した各実施の形態の構成と同様の構成を採用することができる。

【0086】

グローバルシャッタ信号 GS は、全画素で同時にオン状態とされて、フォトダイオード PD で光電変換された電荷を、電荷蓄積領域 52 に転送する。

読み出し信号 TR は、画素列毎にオン状態とされて、画素列毎に電荷蓄積領域 52 からフローティングディフュージョン FD へ、電荷が読み出される。

【0087】

上述の本実施の形態によれば、フォトダイオード PD 上に凸形状の反射防止膜 20 を設けたことにより、入射した光をフォトダイオード PD に集光することができる。

これにより、平板状の反射防止膜を設けた場合に、電荷蓄積領域 52 に入射してしまっていたノイズ光を、低減することができる。

【0088】

本技術は、上述したように、CCD 固体撮像素子及び CMOS 型固体撮像素子のいずれにも適用することが可能である。

【0089】

また、本技術は、表面照射型構造と裏面照射型構造のいずれの構造の固体撮像素子にも適用することが可能である。

特に、表面照射型構造では、マイクロレンズから受光部までの距離が長くなるため、画素サイズの微細化に伴い、導波路だけでは十分集光させることが難しくなるので、本技術を採用する効果大きい。

【0090】

本技術では、第 2 の実施の形態で説明した、導波路と凸形状の反射防止膜との組み合わせの他にも、層内レンズと凸形状の反射防止膜との組み合わせ等も可能である。

【0091】

さらにまた、上述した各実施の形態で説明した構成は、適宜組み合わせることが可能である。

【0092】

本技術に係る固体撮像素子は、例えば、デジタルカメラやビデオカメラ等のカメラシステムや、撮像機能を有する携帯電話、撮像機能を備えた他の機器等の、各種電子機器に適用することができる。

【0093】

< 6 . 第 6 の実施の形態 >

第 6 の実施の形態の電子機器の概略構成図 ( ブロック図 ) を、図 17 に示す。

本実施の形態は、本技術を、静止画像又は動画の撮影が可能なカメラを有する電子機器に適用した場合である。

【0094】

図 17 に示すように、この電子機器 121 は、固体撮像素子 122、光学系 123、シャッタ装置 124、駆動回路 125、信号処理回路 126 を有する。

【0095】

光学系 123 は、光学レンズ等により構成され、被写体からの像光 ( 入射光 ) を固体撮像素子 122 の画素部に結像させる。これにより、固体撮像素子 122 内に、一定期間信号電荷が蓄積される。光学系 123 は、複数個の光学レンズから構成された光学レンズ系としても良い。

固体撮像素子 122 としては、前述した各実施の形態の固体撮像素子等、本技術に係る

10

20

30

40

50



固体撮像素子を使用する。

シャッタ装置 1 2 4 は、固体撮像素子 1 2 2 への光照射期間及び遮光期間を制御する。

駆動回路 1 2 5 は、固体撮像素子 1 2 2 の転送動作及びシャッタ装置 1 2 4 のシャッタ動作を制御する駆動信号を供給する。駆動回路 1 2 5 から供給される駆動信号（タイミング信号）により、固体撮像素子 1 2 2 の信号転送を行う。

信号処理回路 1 2 6 は、各種の信号処理を行う。信号処理が行われた映像信号は、メモリ等の記憶媒体に記憶され、或いは、モニタに出力される。

#### 【 0 0 9 6 】

上述の本実施の形態の電子機器 1 2 1 の構成によれば、固体撮像素子 1 2 2 として、前述した各実施の形態の固体撮像素子等、本技術に係る固体撮像素子を使用する。これにより、固体撮像素子 1 2 2 において、スミアや混色の発生を抑制し、反射による感度の低下を抑制することができ、画質の向上及び十分な感度の確保が可能になる。

#### 【 0 0 9 7 】

本技術において、電子機器の構成は、図 1 7 に示した構成に限定されるものではなく、本技術に係る固体撮像素子を使用する構成であれば、図 1 7 に示した以外の構成とする 것도可能である。

#### 【 0 0 9 8 】

なお、本開示は以下のような構成も取ることができる。

（ 1 ）半導体基体に形成された受光部と、前記受光部上に形成され、複数層の平坦層から成り、下層の前記平坦層よりも上層の前記平坦層の幅が狭い、反射防止膜を有する固体撮像素子。

（ 2 ）前記反射防止膜は、前記反射防止膜上に形成された層よりも高い屈折率を有する膜を含む、前記（ 1 ）に記載の固体撮像素子。

（ 3 ）前記平坦層の幅又は厚さが、画素の色毎に選定されている、前記（ 1 ）又は（ 2 ）に記載の固体撮像素子。

（ 4 ）下層の前記平坦層に対する、上層の前記平坦層の相対位置が、画素部内の画素の位置に対応して補正されている、前記（ 1 ）から（ 3 ）のいずれかに記載の固体撮像素子。

（ 5 ）前記反射防止膜の上方に形成された導波路をさらに有する前記（ 1 ）から（ 4 ）のいずれかに記載の固体撮像素子。

（ 6 ）光学系と、前記（ 1 ）から（ 5 ）のいずれかに記載の固体撮像素子と、前記固体撮像素子の出力信号を処理する信号処理回路を備えた電子機器。

#### 【 0 0 9 9 】

本技術は、上述の実施の形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲でその他様々な構成が取り得る。

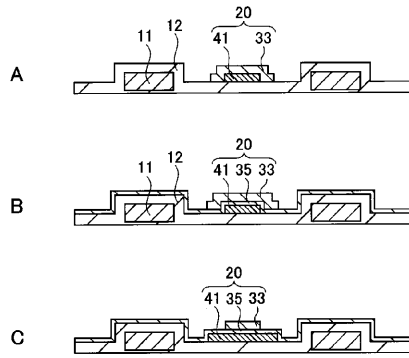
#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 1 0 0 】

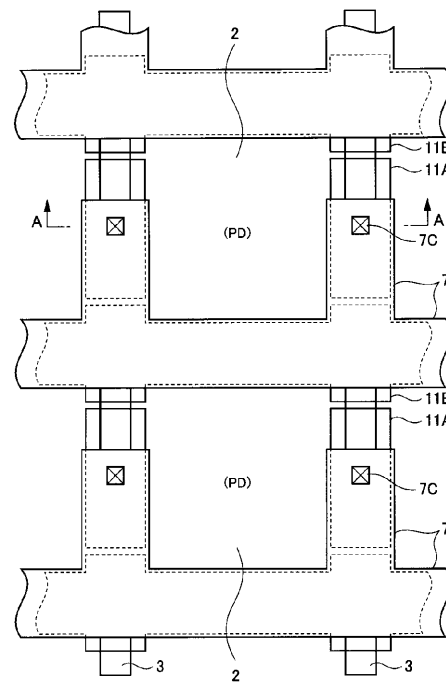
1 , 5 1 半導体基体、 2 受光部、 3 垂直転送レジスタ、 5 チャネルストップ領域、 6 正電荷蓄積領域、 7 接続配線、 7 C コンタクト部、 8 クラッド層、 9 コア層、 1 1 , 1 1 A , 1 1 B 転送電極、 1 2 層間絶縁膜、 1 3 , 5 5 遮光膜、 1 4 , 1 8 パッシベーション膜、 1 5 平坦化層、 1 6 カラーフィルタ、 1 7 マイクロレンズ、 1 9 平坦化膜、 2 0 凸形状の反射防止膜、 2 1 下段、 2 2 上段、 2 4 遮光材、 2 6 転送ゲート、 2 8 配線層、 2 9 絶縁層、 3 0 高屈折率材料層、 3 1 , 4 1 第 1 の高屈折率材料膜、 3 2 , 3 4 , 3 6 , 3 7 レジストパターン、 3 3 第 2 の高屈折率材料膜、 3 5 低屈折率材料膜、 5 2 電荷蓄積領域、 5 3 転送ゲート、 5 4 読み出しゲート、 1 2 1 電子機器、 1 2 2 固体撮像素子、 1 2 3 光学系、 1 2 4 シャッタ装置、 1 2 5 駆動回路、 1 2 6 信号処理回路、 P D フォトダイオード、 F D フローティングディフュージョン



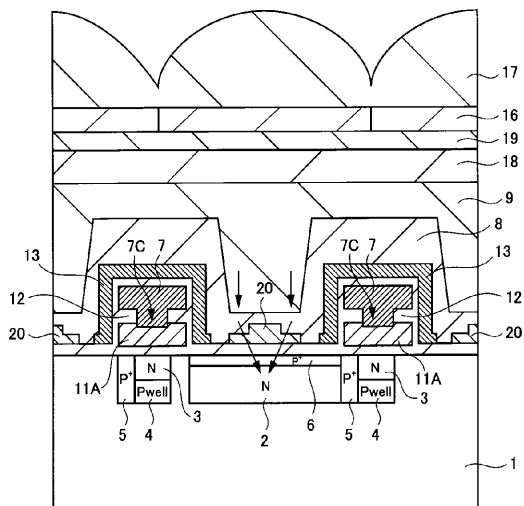
【図 6】



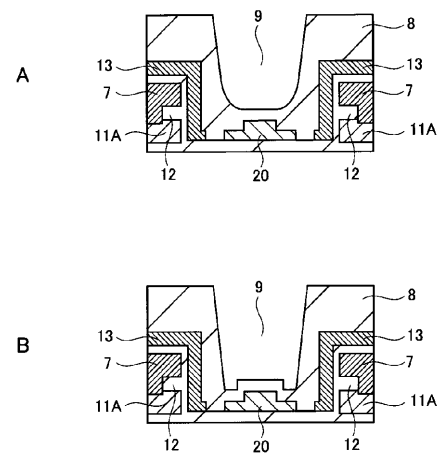
【図 7】



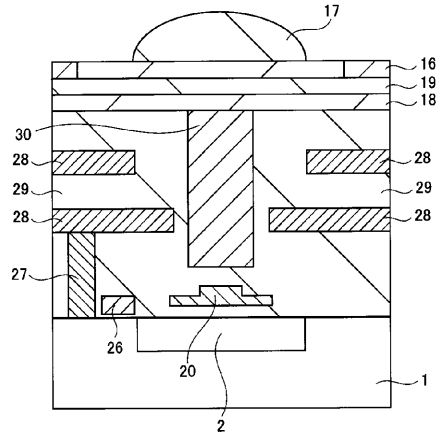
【図 8】



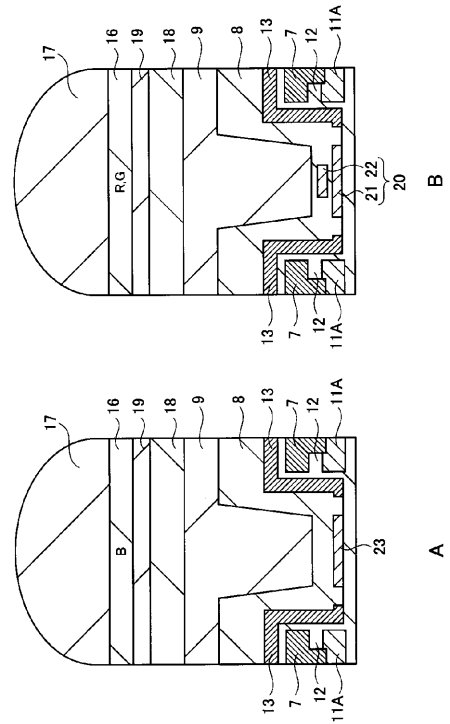
【図 9】



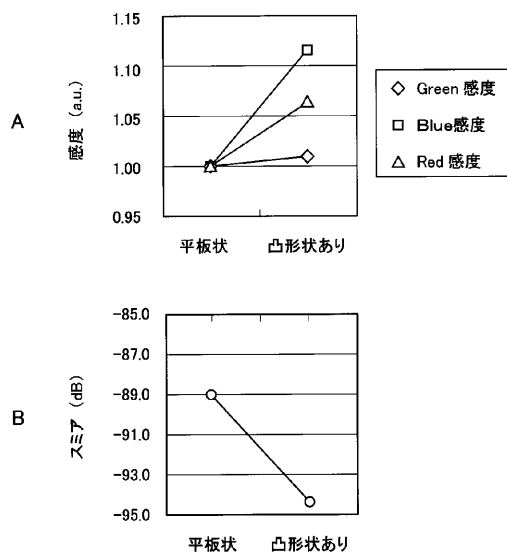
【図 10】



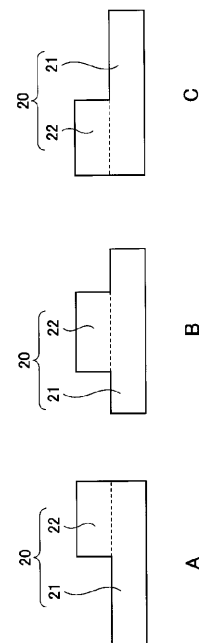
【図 11】



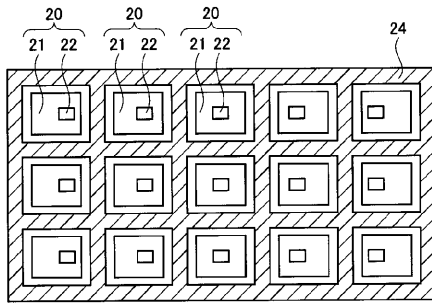
【図 12】



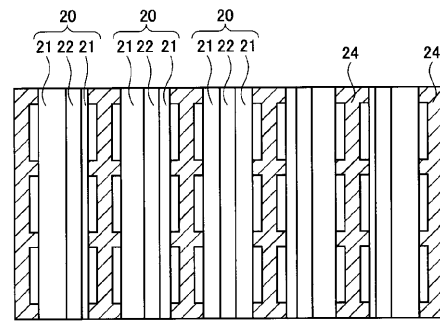
【図 13】



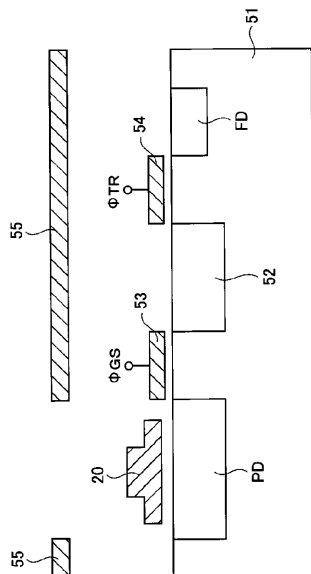
【図 1 4】



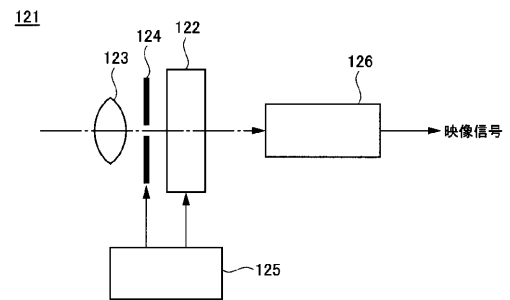
【図 1 5】



【図 1 6】



【図 1 7】



【図 18】

