

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5446485号
(P5446485)

(45) 発行日 平成26年3月19日 (2014.3.19)

(24) 登録日 平成26年1月10日 (2014.1.10)

(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 14 頁)

(21) 出願番号	特願2009-139352 (P2009-139352)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成21年6月10日 (2009.6.10)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2010-287676 (P2010-287676A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成22年12月24日 (2010.12.24)	(74) 代理人	110000925
審査請求日	平成24年2月24日 (2012.2.24)		特許業務法人信友国際特許事務所
		(72) 発明者	松谷 弘康
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
		審査官	今井 聖和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体撮像素子及びその製造方法、撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体基体に形成され、光電変換が行われる受光部と、
 前記半導体基体の上に形成された絶縁層と、
 前記受光部の上方の前記絶縁層に形成された底部が平らである孔部の内部の外側に塗布により形成され、前記絶縁層と共に導波路のクラッド部を構成する膜と、
 前記絶縁層の材料及び前記塗布により形成された膜の材料よりも屈折率の高い材料から成り、前記孔部の内部の内側に形成された、導波路のコア部と、
 前記孔部の底部において、前記塗布により形成された膜と前記コア部との界面に前記塗布により形成された膜の表面張力によってレンズ面が形成され、前記導波路と一体化している、層内レンズとを含む
 固体撮像素子。

【請求項2】

前記塗布により形成された膜の材料がシロキサンである、請求項1に記載の固体撮像素子。

【請求項3】

光電変換が行われる受光部が形成された半導体基体の上に、絶縁層を形成する工程と、
 前記受光部の上方の前記絶縁層に、底部が平らである孔部を形成する工程と、
 前記孔部の内壁を含む前記絶縁層の表面上に、塗布法によって、前記孔部の幅よりも十分に薄く、前記絶縁層と共に導波路のクラッド部を構成する膜を形成して、前記孔部の底

部に前記クラッド部を構成する膜の表面張力によってレンズ形状の曲面を形成する工程と

、
前記孔部の内部をも埋めて全面的に、前記絶縁層の材料及び前記膜の材料よりも屈折率の高い、導波路のコア部の材料の層を形成する工程と、

前記孔部の内部以外の前記コア部の材料を除去する工程とを少なくとも有する
固体撮像素子の製造方法。

【請求項 4】

前記孔部の幅を $0.1 \mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$ の範囲内とし、前記膜の膜厚を $1 \text{nm} \sim 100 \text{nm}$ の範囲内とする、請求項 3 に記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 5】

前記コア部も塗布法によって形成する請求項 3 に記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 6】

前記膜の材料として、シロキサンを用いる請求項 3 に記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 7】

入射光を集光する集光光学部と、

半導体基体に形成され、光電変換が行われる受光部と、前記半導体基体の上に形成された絶縁層と、前記受光部の上方の前記絶縁層に形成された底部が平らである孔部の内部の外側に塗布により形成され、前記絶縁層と共に導波路のクラッド部を構成する膜と、前記絶縁層の材料及び前記塗布により形成された膜の材料よりも屈折率の高い材料から成り、前記孔部の内部の内側に形成された、導波路のコア部と、前記孔部の底部において、前記塗布により形成された膜と前記コア部との界面に前記塗布により形成された膜の表面張力によってレンズ面が形成され、前記導波路と一体化している、層内レンズとを含む固体撮像素子と、

前記固体撮像素子で光電変換されて得られた信号を処理する信号処理部とを含む撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固体撮像素子及びその製造方法、並びに、固体撮像素子を備えた撮像装置に係わる。

【背景技術】

【0002】

従来から、固体撮像素子における感度向上を目的として、様々な提案がなされている。

その一つとして、受光部の直上の位置に形成した孔部内に、高屈折率材料を充填して導波路構造とした構成が提案されている（例えば、特許文献 1～特許文献 3 参照。）。

【0003】

導波路構造を設けた固体撮像素子の一例の概略構成図を、図 5 に示す。

シリコン基板等の半導体基板 51 の素子分離層 53 によって分離された領域に、受光部（フォトダイオード）52 が形成されている。この受光部（フォトダイオード）52 の左側の半導体基板 51 上には、ゲート絶縁膜 54 を介して転送ゲート電極 55 が形成されている。

また、コンタクト層（導電プラグ）57 を介して半導体基板 51 に接続された、2 層の配線層 58 が設けられている。これら 2 層の配線層 58 は、絶縁層 59 により覆われている。

この絶縁層 59 の上に、パッシベーション膜（保護膜）61、平坦化膜 62、カラーフィルタ 63、オンチップレンズ 64 が形成されている。

【0004】

そして、受光部（フォトダイオード）52 の上方において、絶縁層 59 に形成された孔部内に、高屈折率材料層 60 が充填されていて、導波路を構成している。

なお、図中 56 は、エッチングストッパー膜であり、絶縁層 59 に孔部を形成するエッ

10

20

30

40

50

チングの際のエッチングストッパーとなるものである。

【0005】

導波路は、オンチップレンズ64と受光部（フォトダイオード）52との間を光学的に接続する。導波路内部のコア部となる高屈折率材料層60が、クラッド部となる絶縁層59に比較して屈折率が高いことを利用して、高屈折率材料層60と絶縁層59との界面において、臨界角よりも大きい入射角をもつ入射光を全反射させることができる。この界面での反射により、入射光を受光部（フォトダイオード）52へ向かうようにすることができるため、受光部（フォトダイオード）52への集光効率を高めることができる。

【0006】

さらに、前記特許文献3には、受光部の上方に、受光部側にレンズ面が形成された層内レンズを設けて、この層内レンズを周囲の層よりも屈折率の高い材料によって形成した構成も提案されている。これにより、層内レンズのレンズ面で入射光を集光させて、受光部へ入射させることができる。また、層内レンズ上に接続して形成された孔部内に、この孔部の周囲の層よりも屈折率の高い材料が充填されることにより、導波路が形成される。これにより、導波路をコア部、周囲の層をクラッド部として作用させ、入射光を導波路の側壁で反射させて、受光部へ導くことが可能になる。

従って、入射光の受光部への集光度を高めて、より多くの入射光を受光部へ導くことができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平11-121725号公報

【特許文献2】特開平10-326885号公報

【特許文献3】特開2005-294749号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

受光部の上方に層内レンズを形成する方法として、等方性エッチングによりレンズ形状に加工する方法や、配線の段差を用いて、BPSG（ボロンリン珪素ガラス）でリフローさせることによりレンズ形状に形成させる方法が提案されている。しかしながら、どちらの方法も、レンズの曲率の制御が難しいという問題点があった。

【0009】

また、レンズ形状に形成した後に、レンズ材料として窒化膜等の高屈折材料をプラズマCVDで埋め込む方法もある。しかし、この方法は、微細化が進むにつれて埋め込み性が厳しくなり、さらには窒化膜で埋め込んだ後に、埋め込み部以外の窒化膜を除去する必要がある。さらにまた、層内レンズの受光部と反対の側を平坦面もしくは凸レンズ面にする必要があるが、これらの面は、エッチングでは形成することが難しく、CMP法では研磨レートの制御が難しく、狙い通りのレンズ形状を得ることが困難であった。

【0010】

さらに、従来提案されている方法は、層内レンズを形成するために、フォトグラフィー、エッチング、埋め込み、平坦化、というプロセスを経るため、デバイス製造上の工程数も多くなり、コスト高になる傾向であった。

【0011】

上述した問題の解決のために、本発明においては、レンズ形状の制御を容易にすることによって、容易に製造が可能であると共に、感度等の特性が良好である構成の固体撮像素子及びその製造方法を提供するものである。また、この固体撮像素子を備えた撮像装置を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の固体撮像素子は、半導体基体に形成され、光電変換が行われる受光部と、半導

10

20

30

40

50

体基体の上に形成された絶縁層とを含む。さらに、受光部の上方の絶縁層に形成された底部が平らである孔部の内部の外側に塗布により形成され、絶縁層と共に導波路のクラッド部を構成する膜と、絶縁層の材料及び塗布により形成された膜の材料よりも屈折率の高い材料から成り、孔部の内部の内側に形成された、導波路のコア部とを含む。さらにまた、孔部の底部において、塗布により形成された膜とコア部との界面に前記塗布により形成された膜の表面張力によってレンズ面が形成され、前記導波路と一体化している層内レンズを含む。

【0013】

本発明の固体撮像素子の製造方法は、光電変換が行われる受光部が形成された半導体基体の上に絶縁層を形成する工程と、受光部の上方の絶縁層に底部が平らである孔部を形成する工程とを有する。さらに、孔部の内壁を含む絶縁層の表面上に、塗布法によって、孔部の幅よりも十分に薄く、絶縁層と共に導波路のクラッド部を構成する膜を形成して、孔部の底部にクラッド部を構成する膜の表面張力によってレンズ形状の曲面を形成する工程を有する。さらに、孔部の内部をも埋めて全面的に、絶縁層の材料及び膜の材料よりも屈折率の高い、導波路のコア部の材料の層を形成する工程と、孔部の内部以外のコア部の材料を除去する工程とを少なくとも有する。

10

【0014】

本発明の撮像装置は、入射光を集光する集光光学部と、この集光光学部で集光した入射光を受光して光電変換する固体撮像素子と、この固体撮像素子で光電変換されて得られた信号を処理する信号処理部とを含む。そして、本発明の撮像装置は、固体撮像素子が前記

20

【0015】

上述の本発明の固体撮像素子の構成によれば、受光部の上方に、コア部とクラッド部とにより構成される導波路が形成されるので、入射光を導波路の外壁で反射させて、受光部へ導くことが可能になる。

また、絶縁層の底部が平らである孔部の内部の外側に形成された膜が塗布により形成された膜であるため、塗布の際の表面張力により、孔部の底部にレンズ面となる曲面を容易に形成することができる。

そして、孔部の底部において、塗布により形成された膜とコア部との界面に塗布により形成された膜の表面張力によってレンズ面が形成され、導波路と一体化している層内レンズにより、レンズ面で入射光を集光させて、受光部に入射させることができる。これにより、受光部への集光度を高めて、より多くの入射光を受光部に入射させることができる。

30

【0016】

上述の本発明の固体撮像素子の製造方法によれば、絶縁層に形成した底部が平らである孔部の内壁を含む絶縁層の表面上に、塗布法によって、孔部の幅よりも十分に薄く、絶縁層と共に導波路のクラッド部を構成する膜を形成して、孔部の底部にクラッド部を構成する膜の表面張力によってレンズ形状の曲面を形成する。これにより、塗布法により形成した膜の材料の表面張力により、孔部の底部において、膜が下側（受光部側）に凸なレンズ形状の曲面となる。

そして、孔部の内部をも埋めて全面的に、絶縁層の材料及び膜の材料よりも屈折率の高い、導波路のコア部の材料の層を形成して、孔部の内部以外のコア部の材料を除去することにより、孔部の内部のみにコア部の材料が残る。これにより、クラッド部（絶縁層及び塗布膜）の内部にコア部がある導波路が形成される。

40

【0017】

上述の本発明の撮像装置の構成によれば、固体撮像素子が前記本発明の固体撮像素子の構成であるので、より多くの入射光を固体撮像素子の受光部に入射させることが可能になる。

【発明の効果】

【0018】

上述の本発明によれば、導波路及び層内レンズの各作用によって、入射光の集光度を高

50

めて、より多くの入射光を受光部に入射させることができるため、感度を向上することができる。

また、絶縁層と共に導波路のクラッド部を構成する膜を塗布により形成することにより、この膜の表面張力によって、導波路の底部に容易に層内レンズのレンズ形状を形成することが可能になる。これにより、層内レンズのレンズ形状の制御を容易にして、固体撮像素子を容易に製造することが可能になる。さらに、導波路及び層内レンズを一体化して同時に形成することができ、導波路と層内レンズを別々に形成した場合よりも、工程数を削減することができる。

【0019】

上述の本発明の撮像装置によれば、固体撮像素子において感度を向上することができるので、固体撮像素子で光電変換された信号を十分に得ることができる。これにより、比較的暗い所でも画像を得ることが可能になる。

従って、高い感度を有し、比較的暗い所でも撮像が可能な撮像装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の固体撮像素子の一実施の形態の概略構成図（断面図）である。

【図2】A～C 図1の固体撮像素子の製造方法を示す工程図である。

【図3】D、E 図1の固体撮像素子の製造方法を示す工程図である。

【図4】F、G 図1の固体撮像素子の製造方法を示す工程図である。

【図5】導波路を形成した固体撮像素子の一例の概略断面図である。

【図6】本発明の撮像装置の一実施の形態の概略構成図（ブロック図）である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、発明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. 本発明の概要
2. 固体撮像素子の実施の形態
3. 撮像装置の実施の形態

【0022】

< 1. 本発明の概要 >

本発明においては、固体撮像素子の半導体基板に形成された受光部（フォトダイオード）の上方に、クラッド部とコア部とから成る導波路を形成する。

そして、この導波路の底部に一体化して、受光部側（下側）に凸なレンズ面を有する層内レンズを形成する。

また、導波路のクラッド部を、絶縁層と、この絶縁層の受光部の上方の部分に形成された孔部の内壁に塗布により形成された膜とによって構成する。これにより、塗布の際の表面張力を利用して、導波路の底部に層内レンズのレンズ面となる曲面を容易に形成することができる。

【0023】

導波路のクラッド部を形成する際には、受光部の上方の絶縁層に形成した導波路用の孔部の内壁を含む絶縁層の表面上に、塗布法によって、絶縁層と共に導波路のクラッド部を構成する膜を、孔部の幅よりも十分に薄く形成する。

これにより、膜の材料の表面張力により、孔部の底部において、膜が受光部側に凸なレンズ形状の曲面となる。

このように、膜を塗布することによって、導波路の底部に容易に層内レンズのレンズ形状を形成することが可能になるため、層内レンズのレンズ形状を容易に制御することが可能になる。

その後、孔部の内部をも埋めて全面的に、絶縁層の材料及び膜の材料よりも屈折率の高

10

20

30

40

50

い、導波路のコア部の材料の層を形成して、孔部の内部以外のコア部の材料を除去する。これにより、孔部の内部のみにコア部の材料が残るので、クラッド部の内部にコア部がある導波路を形成することができる。

【0024】

本発明では、このようにして、クラッド部とコア部との界面をレンズ面とする層内レンズを導波路に一体化して形成する。

導波路と一体化している層内レンズにより、層内レンズのレンズ面で入射光を集光させて、受光部に入射させることができるので、受光部への集光度を高めて、より多くの入射光を受光部に入射させることができる。

従って、固体撮像素子の感度を向上することができる。

10

【0025】

絶縁層と共に導波路のクラッド部を構成する膜の材料としては、表面張力によってレンズ面を形成するために、塗布材料を使用する。

例えば、SOG (Spin On Glass)、無機シロキサン、有機シロキサン、ポリイミド、ポリベンゾオキサゾール、有機膜等が挙げられる。

また、クラッド部はコア部よりも低い屈折率でなければならないので、コア部の材料の屈折率に対応して、膜の材料を選定する。

コア部の材料よりも低い屈折率とするので、周囲の絶縁層の材料とは、同程度もしくは近い屈折率となる。例えば、膜の材料にSOGを使用した場合には、形成される層の屈折率が1.40~1.45程度であり、周囲の絶縁層に使用される、TEOSによって形成した酸化シリコン層(屈折率1.46)に近い。

20

【0026】

導波路のコア部の材料としては、周囲の絶縁層の材料及びクラッド部の膜の材料よりも屈折率が高くなるように、屈折率の高い各種の材料を使用する。

例えば、ポリイミド系樹脂(屈折率 $n = 1.65$)、ポリベンゾオキサゾール($n = 1.7$)、シロキサン($n = 1.5$)、TiO₂含有シロキサン($n = 1.7$)、有機樹脂($n = 1.65$)等の、比較的屈折率の高い樹脂が挙げられる。

また、TiO₂($n = 2.0$)、Ta₂O₅($n = 2.16$)等の、比較的屈折率の高い金属酸化物が挙げられる。

【0027】

30

導波路のコア部の材料も、クラッド部の膜と同様に、塗布材料で形成することが可能である。

コア部の材料を塗布材料で形成すると、クラッド部の膜とコア部とを共通の塗布装置で形成することや、クラッド部の膜及びコア部の各塗布工程を連続して行うことが、可能になる。

【0028】

なお、導波路のコア部の材料は、孔部の内部を埋めて形成することが可能であれば良いので、塗布材料に限定されない。例えば、原子層蒸着(ALD)法や化学的気相成長(CVD)法によっても、孔部の内部を埋めてコア部を形成することが可能である。

【0029】

40

また、導波路のクラッド部の膜の材料を、シロキサン(無機シロキサンや有機シロキサン)とした場合には、シロキサンがシリコンに結合したOH基を多く有するので、クラッド部の膜と周囲の絶縁層やコア部の材料との密着力を向上することができる。

シロキサンに限らず、反応基を有する材料をクラッド部の膜に使用することにより、クラッド部の膜と周囲の絶縁層やコア部の材料との密着力を向上することができる。

【0030】

従来提案されている層内レンズの形成方法では、前述したように、レンズの曲率を制御することが難しく、画素ごとにレンズ効果にばらつきが生じたり、ウエハごとにレンズ効果にばらつきが生じたりすることがある。

これに対して、本発明では、導波路用の孔部の底部に、塗布膜の表面張力によって層内

50

レンズを形成するので、層内レンズの曲率を一定にしてレンズ効果を一定にすることや、層内レンズのレンズ形状を容易に制御することが、可能になる。

さらに、導波路及び層内レンズを一体化して形成するので、これら導波路及び層内レンズを同時に形成することができ、別々に形成した場合と比較して、界面での反射を抑制して感度を向上することができ、かつ製造工程数を大幅に削減することができる。

従って、本発明により、導波路及び層内レンズを共に有する固体撮像素子を、少ない工程数で、容易に製造することができる。

【0031】

本発明の構成では、クラッド部の塗布膜の厚さを変えることによって、層内レンズの曲率を変えることが可能である。例えば、膜を薄くするほど、層内レンズの曲率が小さくなっていく。

また、塗布膜のベーク温度や溶剤の種類等によっても、孔部の外壁の絶縁層との濡れ性が変わるので、このことを利用して、層内レンズの曲率を変えることができる。

従って、塗布の厚さやベーク温度や溶剤の種類を選定することによって、層内レンズの曲率をフレキシブルに変えることが可能であるため、層内レンズの設計の自由度が増大する。

【0032】

クラッド部の塗布膜は、表面張力を利用して孔部の底部にレンズ面を形成するために、孔部の幅と比較して十分に薄く形成する。

塗布膜の膜厚の目安としては、孔部の幅の1/10程度以下であればよい。

現状と今後の固体撮像素子の画素サイズを考慮すると、導波路用の孔部の幅は、おおむね0.1 μ m～2 μ mの範囲内である。これに対応して、クラッド部の塗布膜の膜厚を1nm～100nmの範囲内とすれば、塗布膜を孔部の内壁に良好な状態で形成し、かつレンズ面を問題なく形成することができる。

【0033】

従来提案されているように、段差やリフローを利用して層内レンズを形成した場合には、層内レンズの曲率がある程度の範囲内となるため、受光部（フォトダイオード）に入射光を集光させるために、受光部と層内レンズとの距離がほぼ決まってしまう。

これに対して、本発明によれば、上述のように層内レンズの曲率をフレキシブルに変えることが可能になるため、層内レンズと受光部との距離も層内レンズの曲率に対応して変えることができる。これにより、層内レンズと受光部との距離の自由度も増大する。

そして、例えば、層内レンズの曲率を小さくすれば、集光する深さが深くなるため、導波路を形成するための孔部の底を、受光部から離すことができる。このように孔部の底を受光部から離すことにより、孔部を形成するエッチングの際に、プラズマによる電荷（チャージ）等が半導体基体に与えるダメージを、さらに低減することが可能になる。

【0034】

そして、本発明の撮像装置は、本発明の固体撮像素子を備えて撮像装置を構成する。これにより、固体撮像素子において感度を向上することができるため、固体撮像素子で光電変換された信号を十分に得ることができる。

従って、高い感度を有し、比較的暗い所でも撮像が可能な撮像装置を実現することができる。

【0035】

< 2. 固体撮像素子の実施の形態 >

本発明の固体撮像素子の一実施の形態の概略構成図（断面図）を、図1に示す。図1は、固体撮像素子の1画素分の断面図を示している。

本実施の形態は、本発明をCMOS型の固体撮像素子に適用した場合である。

【0036】

この固体撮像素子は、シリコン基板等の半導体基板1の素子分離層3によって分離された領域に、光電変換が行われる受光部（フォトダイオード）2が形成されて、画素を構成している。

10

20

30

40

50

受光部（フォトダイオード）2の左側の半導体基板1上には、ゲート絶縁膜4を介して転送ゲート電極5が形成されている。

また、コンタクト層（導電プラグ）7を介して、半導体基板1に接続された3層の配線層8が設けられている。これら3層の配線層8は、絶縁層9により覆われている。

そして、この絶縁層9の上に、パッシベーション膜（保護膜）13、3色（赤R、緑G、青B）のカラーフィルタ14、平坦化膜15、オンチップレンズ16が形成されている。

【0037】

本実施の形態においては、特に、受光部2の上方に、絶縁層9に形成された孔部（溝）の内部を埋めて、層内レンズと一体化された導波路10を設けている。

この導波路10は、絶縁層9の孔部の内部の外側の膜11と、この膜11の内側に形成された、周囲の絶縁層9及び膜11よりも高い屈折率を有するコア部12とから成る。そして、周囲の絶縁層9と孔部の内部の外側の膜11とによって、導波路10のクラッド部が構成される。

なお、膜11は、コア部12よりも屈折率が低く、周囲の絶縁層9と同等の屈折率が、それ以上の屈折率を有することが好ましい。

【0038】

そして、この導波路10の底部において、コア部12と膜11との界面により、受光部2側（下側）が凸の曲面が形成されており、この曲面によって、層内レンズのレンズ面10Aを構成している。

【0039】

導波路10の膜11の材料としては、前述した塗布材料を使用する。例えば、無機シロキサン、有機シロキサン、ポリイミド、ポリベンゾオキサゾール、有機膜等が挙げられる。

膜11の材料に塗布材料を使用することにより、塗布材料を塗布する際の表面張力を利用して、孔部の底部において、膜11の表面をレンズ面10Aの形状とすることができる。

【0040】

導波路10のコア部12の材料としては、前述した屈折率の高い各種の材料を使用することができる。例えば、ポリイミド系樹脂（屈折率 $n = 1.65$ ）、ポリベンゾオキサゾール（ $n = 1.7$ ）、シロキサン（ $n = 1.5$ ）、 TiO_2 含有シロキサン（ $n = 1.7$ ）、有機樹脂（ $n = 1.65$ ）等の比較的屈折率の高い樹脂が挙げられる。また、 TiO_2 （ $n = 2.0$ ）等の比較的屈折率の高い酸化物が挙げられる。

【0041】

導波路10の内部のコア部12は周囲のクラッド部（絶縁層9及び膜11）よりも屈折率が高いため、導波路10の内部のコア部12と周囲のクラッド部とによって、図1で示す側壁面10Bにおいて、入射光を反射させることができる。これにより、導波路10を通じて、入射光を受光部2の方へ導くことができる。

【0042】

本実施の形態の固体撮像素子は、例えば、次のようにして、製造することができる。

まず、従来の製造方法と同様にして、例えばシリコンから成る半導体基板1内に受光部（フォトダイオード）2を、半導体基板1上にゲート絶縁膜4を介して転送ゲート電極5を、それぞれ形成する。

その後、転送ゲート電極5を覆って、例えば、酸化シリコン層等の絶縁層21を形成する。

さらに、絶縁層21の上に、例えばプラズマによる窒化シリコン膜を形成して、この窒化シリコン膜をフォトダイオード2上に残るようにパターニングすることにより、エッチングストッパー膜6を形成する（以上、図2A参照）。

【0043】

次に、層間絶縁膜、コンタクト層7、多層の配線層8をそれぞれ形成した後に、全体を

10

20

30

40

50

絶縁層で覆う。これにより、図 2 B に示すように、エッチングストッパー膜 6、コンタクト層 7、多層の配線層 8 が、絶縁層 9 に覆われる。

【 0 0 4 4 】

次に、図 2 C に示すように、絶縁層 9 に、異方性エッチングにより、導波路となる孔部 2 2 を開口する。この異方性エッチングは、例えば、 C_4F_8 、 O_2 、 Ar を用いた R I E (反応性イオンエッチング) により行う。

このとき、エッチングストッパー膜 6 によって、エッチングストッパー膜 6 の上又はエッチングストッパー膜 6 の中間まで孔部 2 2 が形成される。図 2 C では、エッチングストッパー膜 6 の中間まで孔部 2 2 が形成されている。

絶縁層 (例えば、酸化シリコン層) 9 と、エッチングストッパー膜 (プラズマシリコン窒化膜) 6 との間では、1 0 程度のエッチング選択比を確保することができる。

10

【 0 0 4 5 】

次に、孔部 2 2 の内壁に、層内レンズを形成するための膜 1 1 を、塗布法にて形成する。

膜 1 1 の材料としては、前述した塗布材料、例えば、無機シロキサン、有機シロキサン、ポリイミド、ポリベンゾオキサゾール、有機膜等が挙げられる。

そして、膜厚 1 n m ~ 1 0 0 n m 程度となるように、膜 1 1 の材料の塗布を行う。1 n m ~ 1 0 0 n m 程度の薄膜を孔部 2 2 に形成すると、孔部 2 2 の底部に膜 1 1 の材料が溜まるのと同時に、膜 1 1 の材料と絶縁層 9 との間で作用する表面張力により、曲率を持った形状を得ることが可能となる (以上、図 3 D 参照)。

20

【 0 0 4 6 】

次に、図 3 E に示すように、孔部 2 2 内を埋めて全面的に、コア部 1 2 の屈折率の高い材料を形成する。例えば、塗布法によって、ポリイミド系樹脂を孔部 2 2 内に埋め込む。

このとき、先に形成した膜 1 1 の材料が、孔部 2 2 の底部において制御された曲率で形成されているため、コア部 1 2 の底部がレンズ形状となる。

【 0 0 4 7 】

続いて、エッチバック法又は C M P (化学的機械的研磨) 法により、絶縁層 9 の表面上にあるコア部 1 2 の材料を、全面的に除去して、グローバル平坦化処理を施す。これにより、図 4 F に示すように、孔部 2 2 の内部のみにコア部 1 2 の材料が残り、クラッド部 (絶縁層 9 と膜 1 1) 及びコア部 1 2 によって導波路 1 0 が形成される。なお、絶縁層 9 の表面上にあるコア部 1 2 の材料を除去しなくても構わない。

30

さらに、図 4 F に示すように、全面的に絶縁層 9 を形成して、導波路 1 0 を絶縁層 9 内に埋め込む。

【 0 0 4 8 】

その後は、従来の製造方法と同様にして、図 4 G に示すように、パッシベーション膜 (保護膜) 1 3、カラーフィルタ 1 4、平坦化膜 1 5、オンチップレンズ 1 6 を順次形成する。

このようにして、図 1 に示した固体撮像素子を製造することができる。

【 0 0 4 9 】

上述の本実施の形態によれば、受光部 (フォトダイオード) 2 の上方に、この受光部 2 側にレンズ面 1 0 A が形成された層内レンズが設けられ、この層内レンズが、導波路 1 0 のコア部 1 2 の材料、即ち、周囲の絶縁層 9 よりも屈折率の高い材料から成る。これにより、レンズ面 1 0 A で入射光を集光させて、受光部 2 へ入射させることができる。

40

【 0 0 5 0 】

さらに、クラッド部 (絶縁層 9 と膜 1 1) 及びコア部 1 2 により、層内レンズと一体化した導波路 1 0 を構成していることにより、入射光を導波路 1 0 の側壁 1 0 B で反射させていき、層内レンズを通じて、受光部 2 へ導くことが可能となる。

【 0 0 5 1 】

従って、入射光の受光部 2 への集光度を高めて、より多くの入射光を受光部 2 に入射させることができる。

50

これにより、感度の向上を図ることが可能になる。

【0052】

また、本実施の形態によれば、導波路10の底部に、導波路10と同じ材料で一体化した層内レンズを形成している。これにより、導波路の内部と層内レンズの内部とを屈折率が異なる材料で形成した場合に発生する、導波路と層内レンズとの界面における反射や干渉を、防ぐことが可能となる。

従って、導波路と層内レンズとの界面における反射や干渉による損失を低減して、集光度を向上させることができる。

【0053】

さらに、本実施の形態によれば、導波路10及び層内レンズを一体化して形成するので、これら導波路10及び層内レンズを同時に形成することができる。

従って、導波路及び層内レンズを別々に形成した場合と比較して、工程数を大幅に削減することができ、導波路及び層内レンズを共に有する固体撮像素子を、少ない工程数で容易に製造することができる。

【0054】

また、膜11の材料に、同時に例えば、絶縁層9との密着性を得るための成分を併せ持たせることにより、密着力を高める機能を併せ持たせることも可能となる。

もし、膜11の材料と絶縁層9の材料や導波路10とにおいて、反応基同士が少ないと、密着力が悪くなる。

これに対して、膜11に、例えばシロキサン（無機シロキサンや有機シロキサン）を使用すると、Siに結合するOH基が多くなるので、熱分解による密着性が向上する。

なお、シロキサンに限らず、反応基を有する材料を膜11に使用すれば、同様に密着力を高める機能を持たせることが可能になる。

【0055】

上述の実施の形態では、図1に示したように、シリコン基板等の半導体基板1に受光部（フォトダイオード）2を形成していた。

本発明では、半導体基板の代わりに、半導体基板及びその上の半導体エピタキシャル層を半導体基体として、その半導体エピタキシャル層に受光部（フォトダイオード）を形成することも可能である。また、本発明では、半導体基体として、シリコン以外の半導体を使用することも可能である。

【0056】

上述の実施の形態では、絶縁層9に孔部22をエッチングにより形成する際のストッパーとして、エッチングストッパー膜6を形成していた。

本発明では、エッチングストッパー膜は必須ではなく、エッチングストッパーを設けずに導波路用の孔部を形成しても構わない。

エッチングストッパー膜を設けた場合には、導波路形成用の孔部の深さを一定に制御することができる、という利点を有する。

【0057】

上述の実施の形態では、CMOS型固体撮像素子に本発明を適用したが、その他の構成の固体撮像素子にも本発明を適用することが可能である。

例えば、CCD固体撮像素子においても、本発明を適用して、受光部の上方に、導波路の底部に導波路と一体化した層内レンズを設けることにより、同様に本発明の効果が得られる。

【0058】

< 3 . 撮像装置の実施の形態 >

次に、本発明の撮像装置の実施の形態を説明する。

本発明の撮像装置の一実施の形態の概略構成図（ブロック図）を、図6に示す。

この撮像装置としては、例えば、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、携帯電話のカメラ等が挙げられる。

【0059】

図6に示すように、撮像装置500は、固体撮像素子(図示せず)を備えた撮像部501を有している。この撮像部501の前段には、入射光を集光して像を結像させる結像光学系502が備えられている。また、撮像部501の後段には、撮像部501を駆動する駆動回路、固体撮像素子で光電変換された信号を画像に処理する信号処理回路等を有する信号処理部503が接続されている。また、信号処理部503によって処理された画像信号は、画像記憶部(図示せず)によって記憶させることができる。

このような撮像装置500において、固体撮像素子として、前述した実施の形態の固体撮像素子等の、本発明の固体撮像素子を用いることができる。

【0060】

本実施の形態の撮像装置500によれば、本発明の固体撮像素子、即ち、前述したように、導波路に一体化した層内レンズにより感度が向上した固体撮像素子を用いているので、比較的暗い所でも撮像を行うことができる、という利点がある。

【0061】

なお、本発明の撮像装置は、図6に示した構成に限定されることはなく、固体撮像素子を用いる撮像装置であれば、適用することが可能である。

例えば、固体撮像素子は、ワンチップとして形成された形態であってもよいし、撮像部と、信号処理部または光学系とがまとめてパッケージングされた撮像機能を有するモジュール状の形態であってもよい。

本発明の撮像装置は、例えば、カメラや撮像機能を有する携帯機器等、各種の撮像装置に適用することができる。また、「撮像」の広義の意味として、指紋検出装置等も含む。

【0062】

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囲でその他様々な構成が取り得る。

【符号の説明】

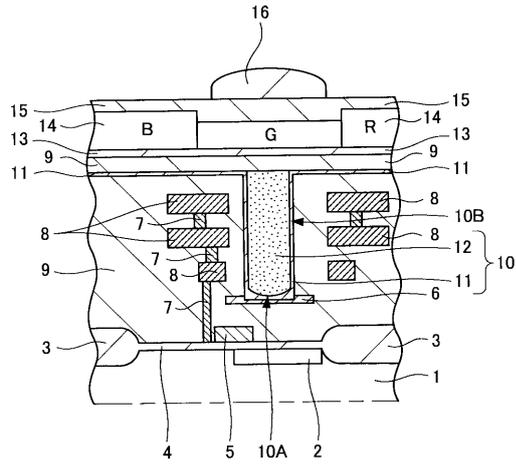
【0063】

1 半導体基板、2 受光部(フォトダイオード)、5 転送ゲート電極、6 エッチングストッパー膜、7 コンタクト層、8 配線層、9 絶縁層、10 導波路、10A レンズ面、11 膜、12 コア部、14 カラーフィルタ、16 オンチップレンズ、500 撮像装置、501 撮像部、502 結像光学系、503 信号処理部

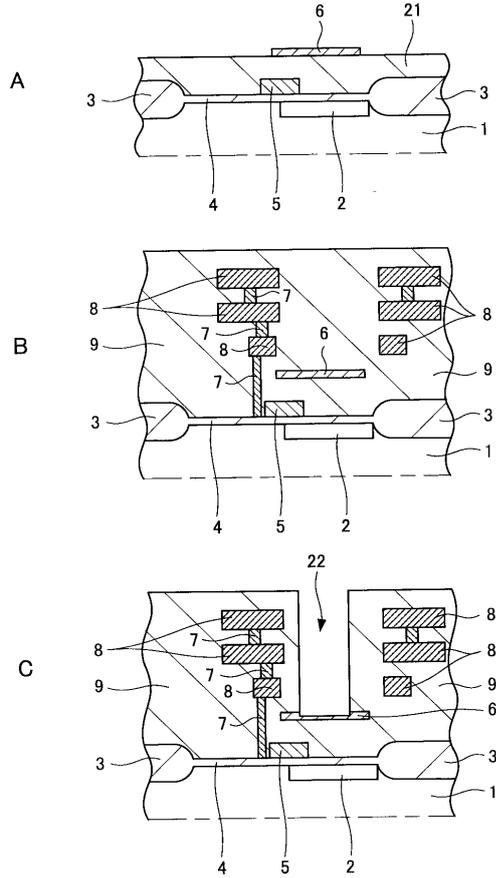
10

20

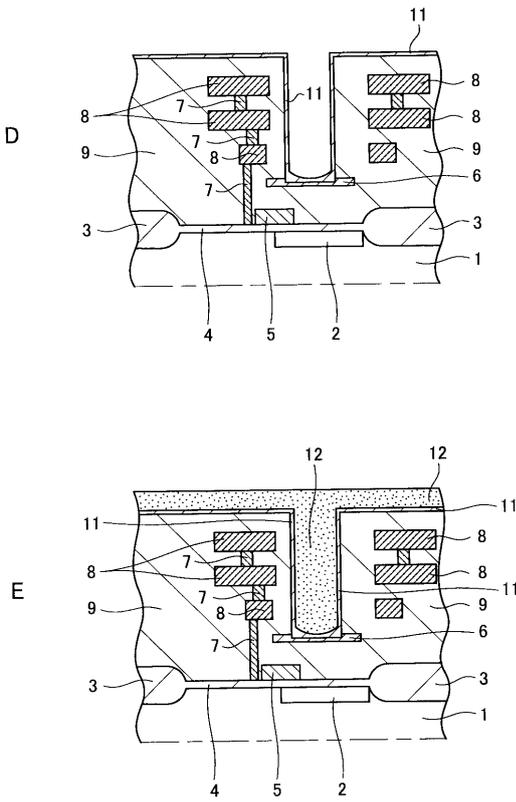
【図1】



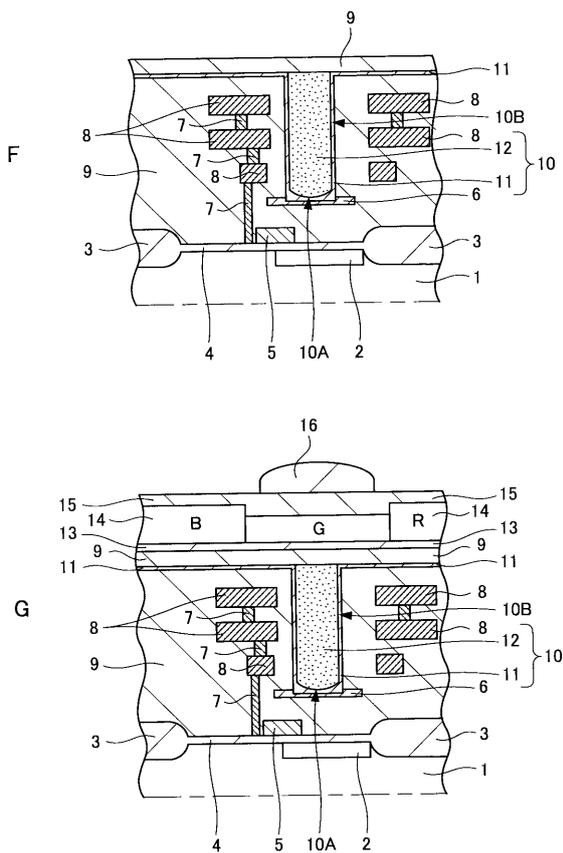
【図2】



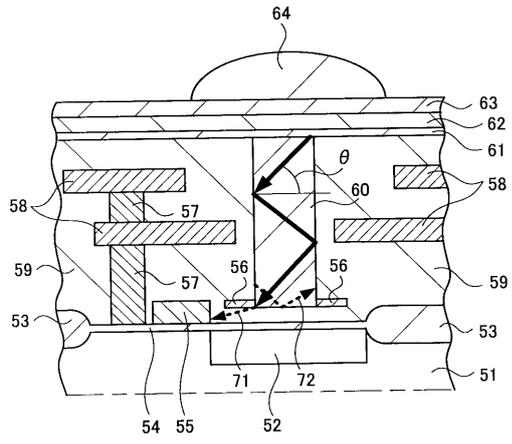
【図3】



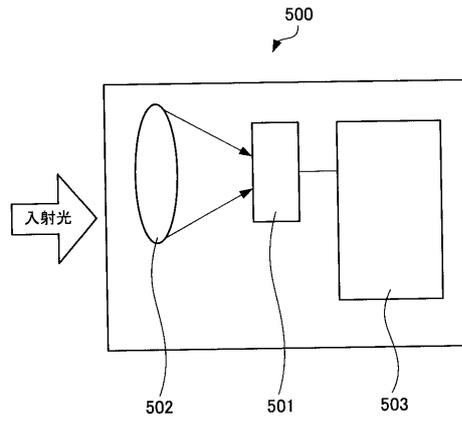
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-166677(JP,A)
特開2006-080533(JP,A)
特開平06-317701(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 27/14
H04N 5/369