

(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2010-103458
(P2010-103458A)

(43) 公開日 平成22年5月6日(2010.5.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 27/14 (2006.01)	HO 1 L 27/14 D	4M118
HO 4 N 5/335 (2006.01)	HO 4 N 5/335 U	5C024
HO 1 L 27/148 (2006.01)	HO 1 L 27/14 B	

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2009-42962 (P2009-42962)
 (22) 出願日 平成21年2月25日 (2009. 2. 25)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-251668 (P2008-251668)
 (32) 優先日 平成20年9月29日 (2008. 9. 29)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000002185
 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 100122884
 弁理士 角田 芳末
 (74) 代理人 100133824
 弁理士 伊藤 仁恭
 (72) 発明者 和野 裕美
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
 (72) 発明者 谷園 敬理
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

最終頁に続く

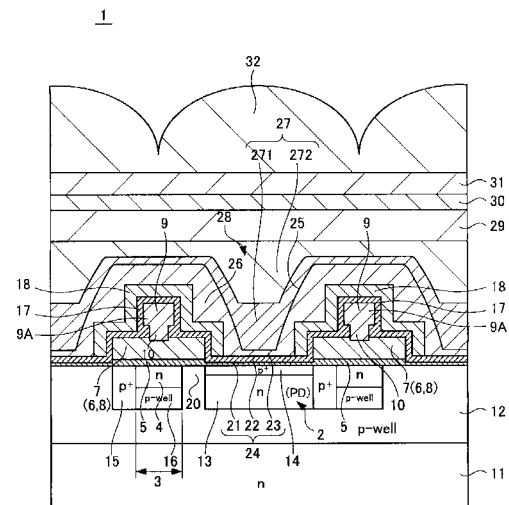
(54) 【発明の名称】 固体撮像装置とその製造方法、及び電子機器

(57) 【要約】

【課題】 固体撮像装置の感度特性の向上、画像むらの発生の抑制を図る。

【解決手段】 画素となる受光部2と、受光部2に対応する位置に形成され、クラッド層26と導波方向に屈折率分布を持って埋め込まれたコア層27とからなる導波路28とを有する。

【選択図】 図2



A-A断面

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画素となる受光部と、
前記受光部に対応する位置に形成され、クラッド層と導波方向に屈折率分布を持って埋め込まれたコア層とからなる導波路とを有する固体撮像装置。

【請求項 2】

前記コア層は、
底部側に形成された埋め込み性が高く屈折率が低い第 1 の膜と、
前記第 1 の膜上に形成され、該第 1 の膜より屈折率の高い第 2 の膜を有している
請求項 1 記載の固体撮像装置。

10

【請求項 3】

前記第 1 の膜が、屈折率を異にした複数層の膜で形成されている
請求項 2 記載の固体撮像装置。

【請求項 4】

前記第 1 の膜は、屈折率を連続して変化させた膜で形成されている
請求項 2 記載の固体撮像装置。

【請求項 5】

前記受光部の表面に、前記コア層に接する反射防止膜を有する
請求項 1 記載の固体撮像装置。

20

【請求項 6】

前記受光部の表面に形成された反射防止膜と前記コア層との間に、前記反射防止膜の屈折率より高く、前記コア層の屈折率より低い屈折率の絶縁膜を有する
請求項 1 記載の固体撮像装置。

【請求項 7】

画素となる受光部上にクラッド層を形成する工程と、
前記クラッド層に囲まれた溝部内に導波方向に屈折率分布を持つコア層を埋め込む工程を有し、
前記クラッド層と前記コア層により導波路を形成する
固体撮像装置の製造方法。

30

【請求項 8】

前記コア層を埋め込む工程では、
高密度プラズマ成膜法を用い、 D/S (D :デポジットレート、 S :スパッタレート) 比を制御して、
前記溝部の底部側に埋め込み性が高く屈折率が低い第 1 の膜を埋め込み、
前記第 1 の膜上に該第 1 の膜より屈折率の高い第 2 の膜を埋め込む
請求項 7 記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項 9】

前記コア層を埋め込む工程では、
高密度プラズマ成膜法を用い、
シラン系、 N_2 、 O_2 、 $TEOS$ 、アンモニア、アルゴン、トリメチルシラン、テトラメチルシランなどのガスから選ばれたガスを使用して、該ガスの比率と流量を制御し、
 $SiON$ 膜、 SiN 膜もしくは SiC 膜を選択的に埋め込んで前記コア層を形成する
請求項 7 記載の固体撮像装置の製造方法。

40

【請求項 10】

前記第 1 の膜を、屈折率を異にした複数層の膜で形成する
請求項 9 記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項 11】

前記第 1 の膜を、屈折率を連続して変化させた膜で形成する
請求項 9 記載の固体撮像装置の製造方法。

50

【請求項 1 2】

前記クラッド層を形成する工程の前に、前記受光部の表面に反射防止膜を形成する工程を有し、

前記コア層を前記反射防止膜に接して埋め込む

請求項 7 記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項 1 3】

前記コア層となる第 2 の膜を形成した後に、前記第 2 の膜上に層内レンズを形成する工程を有する

請求項 8 記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項 1 4】

前記コア層埋め込む工程では、

前記クラッド層に囲まれた溝部内に高密度プラズマ成膜法により第 1 の膜を埋め込む工程と、

前記第 1 の膜上に平行平板プラズマ C V D 法により前記第 1 の膜より屈折率の高い第 2 の膜を形成する工程

を有する、

請求項 7 記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項 1 5】

コア層となる前記第 2 の膜を形成した後に、前記第 2 の膜上に層内レンズを形成する工程を有する

請求項 1 4 記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項 1 6】

前記クラッド層を形成する工程の前に、前記受光部の表面に前記クラッド層より屈折率の高い反射防止膜を形成する工程を有し、

前記クラッド層を前記反射防止膜上に存するように形成する

請求項 7 記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項 1 7】

画素となる受光部と、

前記受光部に対応する位置に形成され、反射膜と該反射膜に囲まれた溝部に導波方向に屈折率分布を持って埋め込まれた埋め込み層とからなる導波管と

を有する固体撮像装置。

【請求項 1 8】

固体撮像装置と、

前記撮像装置に入射光を導く光学系と、

前記固体撮像装置の出力信号を処理する信号処理回路を備え、

前記固体撮像装置は、

画素となる受光部と、

前記受光部に対応する位置に形成され、クラッド層と導波方向に屈折率分布を持って埋め込まれたコア層とからなる導波路とを有する

電子機器。

【請求項 1 9】

前記固体撮像装置において、

前記コア層は、底部側に形成された埋め込み性が高く屈折率が低い第 1 の膜と、前記第 1 の膜上に形成され、該第 1 の膜より屈折率の高い第 2 の膜を有している

請求項 1 8 記載の電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固体撮像装置とその製造方法、及びこの固体撮像装置を備えた電子機器に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

固体撮像装置は、CCDイメージセンサに代表される電荷転送方固体撮像装置と、CMOSイメージセンサに代表される増幅型固体撮像装置に大別される。CCDはCharge Coupled Deviceの略称であり、CMOSはComplementary Metal Oxide Semiconductorの略称である。

【0003】

CCD固体撮像装置は、2次元配列された複数の受光部、すなわち光電変換素子となるフォトダイオードと、各フォトダイオード列に対応して配置されたCCD構造の垂直転送レジスタ部からなる撮像領域を有する。CCD固体撮像装置は、さらに撮像領域からの信号電荷を水平方向に転送するCCD構造の水平転送レジスタ部、出力部、及び信号処理回路を構成する周辺回路などを有して構成される。

10

【0004】

CMOS固体撮像装置は、受光部を構成する光電変換素子となるフォトダイオードと、複数の画素トランジスタからなる画素が複数、2次元配列された画素部（撮像領域）と、画素部の周辺に配置された信号処理等の周辺回路部とを有して構成される。画素トランジスタはMOSトランジスタで構成される。

【0005】

これらの固体撮像装置においては、画素の微細化に伴い、入射光の集光効率を上げるために、各フォトダイオードに対応して屈折率を異にしたクラッド層とコア層からなる導波路を備えた構成が提案されている。導波路機能を備えた固体撮像装置は、例えば特許文献1～5等が開示されている。

20

【0006】

図29～図30に、従来のCCD固体撮像装置の一例を示す。図29は撮像領域の要部の平面図、図30は図29のA-A線上の断面図である。CCD固体撮像装置100は、図29に示すように、通常、正方形の受光部101となるフォトダイオード（PD）が2次元配列され、各受光部列に対応して信号電荷を垂直方向に転送するCCD構造の垂直転送レジスタ部102が配置されて成る。垂直転送レジスタ部102は、埋め込み転送チャンネル領域103と、その上にゲート絶縁膜を介して配置された複数の転送電極とを有して構成される。本例では、1つの受光部101となるフォトダイオード（PD）に対して3つの転送電極が対応するように、1層目のポリシリコン膜からなる複数の転送電極104、105、106が形成される。

30

【0007】

転送電極104及び106は、それぞれ各垂直転送レジスタ部102の対応する電極同士が接続されるように、垂直方向に隣り合う受光部101の間を通して水平方向に連続して形成される。一方、読み出し電極を兼ねる各転送電極105は、島状に独立して形成されているため、2層目のポリシリコン膜による接続配線107に接続される。この接続配線107は、垂直方向に隣り合う受光部101の間に延長する転送電極104及び106上に絶縁膜を介して配置された帯状部107Bと、これと一体に各転送電極105上に延長する延長部107Aとを有して構成される。この延長部107Aが、各垂直転送レジスタ部102における転送電極105のコンタクト部108に接続される。

40

【0008】

断面構造では、図30に示すように、第1導電型、例えばn型の半導体基板111に第2導電型であるp型の第1半導体ウェル領域112が形成され、このp型第1半導体ウェル領域112に受光部101となるフォトダイオード（PD）が形成される。フォトダイオード（PD）は、n型半導体領域113と暗電流を抑制するp型半導体領域114とを有して形成される。p型第1半導体ウェル領域112には、さらにn型の埋め込み転送チャンネル領域115、p+チャンネルストップ領域116が形成され、埋め込み転送チャンネル領域115の直下に、p型第2半導体ウェル領域117が形成される。

【0009】

50

埋め込み転送チャネル領域 115 上には、ゲート絶縁膜 118 を介して 1 層目ポリシリコンによる転送電極 104 ~ 106 が形成され、絶縁膜 119 を介して島状の転送電極 105 と接続される 2 層目ポリシリコンによる接続配線 107 が形成される。ゲート絶縁膜 118 は、例えばシリコン酸化膜で形成され、絶縁膜 119 は例えばシリコン窒化膜で形成される。フォトダイオード (PD) を除いて転送電極 104 ~ 106 及び接続配線 107 を被覆するように、絶縁膜 119 を介して遮光膜 120 が形成される。フォトダイオード (PD) 上には遮光膜 120 が形成されない。フォトダイオード (PD) の表面には、例えばシリコン酸化膜による絶縁膜 121 及び上記転送電極 104 ~ 106 側の絶縁膜 119 であるシリコン窒化膜から延長した反射防止膜 122 となる例えばシリコン窒化膜が形成される。

10

【0010】

各フォトダイオード (PD) に対応する上方には、入射光を有効にフォトダイオード (PD) へ集光するための導波路 124 が形成される。導波路 124 は、屈折率の高い例えばシリコン窒化膜によるコア層 125 と、このコア層 125 を取り囲む屈折率の低い例えばシリコン酸化膜によるクラッド層 126 とから構成される。図 30 に示す導波路 124 は、そのコア層 125 の底部が反射防止膜 122 であるシリコン窒化膜に接するように構成される。

【0011】

さらに、パシベーション膜 130、その上の平坦化膜 127 を介してオンチップカラーフィルタ 128 が形成され、その上にオンチップマイクロレンズ 129 が形成される。

20

【0012】

接続配線 107 の延長部 107A 及び帯状部 107B は、それぞれその幅を送電極 105 の幅及び垂直方向に隣り合う画素間の転送電極 104, 106 の幅より狭くした構成とすることができる。あるいは、図示しないが、接続配線 107 の延長部 107A 及び帯状部 107B は、それぞれその幅を送電極 105 の幅及び垂直方向に隣り合う画素間の転送電極 104, 106 の幅と同じにした構成とすることができる。

【0013】

導波路 124 は、次のようにして形成される。遮光膜 120 を形成した後、フォトダイオード (PD) 上の遮光膜で囲まれた開口部内を埋めるように全面にクラッド層となるシリコン酸化膜を成膜する。次いで、レジストマスクを介して、シリコン酸化膜を選択エッチングしてフォトダイオード (PD) に対応する位置に溝部を形成する。同時に溝部の側壁に残ったシリコン酸化膜がクラッド層 126 として形成される。次いで、クラッド層 126 で囲まれた溝部内に例えばシリコン窒化膜によるコア層 125 を埋め込んで、クラッド層 126 とコア層 125 から成る導波路 124 を形成する。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0014】

【特許文献 1】特開 2000 - 150845 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 324189 号公報

【特許文献 3】特開 2004 - 221532 号公報

【特許文献 4】特開 2005 - 294749 号公報

【特許文献 5】特開 2006 - 86320 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

固体撮像装置、特に、CCD 固体撮像装置においては、画素のセルサイズの縮小に伴い、感度、スミアを初めとして光学特性を維持することが困難になって来ている。この改善策として、上述したように、フォトダイオード (PD) による Si 界面近傍に、屈折率差の界面を持たせ、高屈折率側に光エネルギーを集中させて Si 界面に光を入射させる役割を果たす一種の導波路構造が提案されている。

50

【0016】

導波路構造において、光エネルギーを集中させる高屈折率部分のコア層は、出来るだけ高い屈折率とする方が高い集光効率を得られ、感度およびスミア特性が良くなる。

【0017】

クラッド層126に形成したアスペクト比の大きな深い溝部に、コア層となる高屈折率材料を一様に埋め込むためには、高い埋め込み性が確保できる高密度プラズマ成膜法を用いる必要がある。高密度プラズマ(High Density Plasma)成膜法は、以下、HDP成膜法と略称する。HDP成膜法では、シラン系、N₂、O₂、TEOS、アンモニア等のガスを使用して、SiON膜またはSiN膜によるコア層の成膜ができる。

【0018】

ところで、HDP成膜法は、デポジット(D)とスパッタ(S)の比率(D/S比)の調整、すなわち制御を行うことにより、高い埋め込み性が確保できる。しかし、その反面、埋め込まれる膜の屈折率nと、D/S比で決定される埋め込み性がトレードオフの関係にある。埋め込み性を上げるためにスパッタレートを上げていくと、埋め込み膜の屈折率が低くなる。逆に、屈折率を高くするためにデポジットレートを上げていくと、埋め込み性が悪くなる。すなわち、屈折率が高い膜においては埋め込み性が悪くなる傾向あり、屈折率が低い膜においては埋め込み性が良くなる傾向にある。

【0019】

HDP法では、感度特性を得るためにコア層の屈折率を高くする程、埋め込み性が悪くなり、コア層の底部に空隙140、いわゆる「す」が発生する(図31参照)。すなわち、コア層の高屈折率化は、空隙140を発生させる原因となる。空隙140が発生すると、入射光が空隙140の部分で乱反射を起し、結果として感度特性の悪化や画像ムラが発生する。

【0020】

一方、CCD固体撮像装置では、感度特性を確保するために、受光部であるフォトダイオード(PD)の表面、すなわちSi表面上にシリコン酸化膜121を介してシリコン窒化膜による反射防止膜122が形成される。一般的には、前述したように、転送電極と接続配線との間、転送電極と遮光膜との間の絶縁膜119であるシリコン窒化膜を流用し、反射防止の機能を持たしている。

【0021】

このような構成に導波路124を適用し、反射防止膜(SiN膜)122をストッパーとしてクラッド層126に溝部を形成し、反射防止膜122に接する高屈折率のコア層125を充填すると、反射防止効果が得にくい。理由は、反射防止膜122と高屈折率のコア層125の屈折率差が小さくなるため、導波路のない状態で得られていた反射防止効果が得られにくくなるためである。すなわち、図27に示すように、導波路124を導波してきた光がフォトダイオード(P)のSi面とその上のシリコン酸化膜121との界面で反射L12が起こり、感度特性が得られない。

【0022】

また、このSi表面での界面反射を防ぐために、図28に示すように、シリコン窒化膜による反射防止膜122上にシリコン酸化膜などの屈折率の低い膜141を形成することが考えられる。図28では、反射防止膜122上にクラッド層126のシリコン酸化膜を残すように膜141を形成して構成している。しかし、この構成では、Si表面での界面反射を抑えることができるが、シリコン酸化膜141と高屈折率のコア層125との界面での界面反射L11が増えてしまい、感度特性を損なう。

【0023】

上述した導波路構造にまつわる感度特性の悪化や画像むらの発生の問題は、CCD固体撮像装置に限らず、導波路構造を有するCMOS固体撮像装置においても、同様に起こり得る。

【0024】

本発明は、上述の点に鑑み、感度特性の向上、画像むらの発生を抑えた固体撮像装置と

10

20

30

40

50

その製造方法を提供するものである。

また、本発明は、かかる固体撮像装置を備えたカメラ等を含む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】

【0025】

本発明に係る固体撮像装置は、画素となる受光部と、受光部に対応する位置に形成され、クラッド層と導波方向に屈折率分布を持って埋め込まれたコア層とからなる導波路とを有する。

【0026】

本発明の固体撮像装置では、導波路を構成するコア層として、導波方向に屈折率分布を持って埋め込んだコア層を有している。つまり、埋め込み難い底部側は、埋め込み性が高くなる屈折率の低い膜で埋め込まれ、上部は屈折率の高い膜で埋め込まれる。したがって、コア層の底部側に空隙が発生し難く、空隙に起因した乱反射の発生が抑えられる。また、コア層の底部側の屈折率が低いので、導波路の下地層との間の界面反射が抑えられる。

【0027】

本発明に係る固体撮像装置の製造方法は、画素となる受光部上にクラッド層を形成する工程と、クラッド層に囲まれた溝部内に導波方向に屈折率分布を持つコア層を埋め込む工程を有し、クラッド層と前記コア層により導波路を形成する。

【0028】

本発明の固体撮像装置の製造方法では、クラッド層に囲まれた溝部内に導波方向に屈折率分布を持つコア層を埋め込む工程を有している。つまり、埋め込み難い底部側を、埋め込み性が高くなる屈折率の低い膜で埋め込み、上部を屈折率の高い膜で埋め込むようにしている。これにより、底部側に空隙発生させずにコア層を形成することができる。また、コア層の底部側の屈折率を低くしているので、導波路の下地層との間の界面反射を抑えた導波路を形成することができる。

【0029】

本発明に係る固体撮像装置は、画素となる受光部と、受光部に対応する位置に形成され、反射膜と該反射膜に囲まれた溝部に導波方向に屈折率分布を持って埋め込まれた埋め込み層とからなる導波管とを有する。

【0030】

本発明の固体撮像装置では、導波管を構成する埋め込み層として、導波方向に屈折率分布を持って埋め込んだ埋め込み層を有している。つまり、埋め込み難い底部側は、埋め込み性が高くなる屈折率の低い膜で埋め込まれ、上部は屈折率の高い膜で埋め込まれる。したがって、埋め込み層の底部側に空隙が発生し難く、空隙に起因した乱反射の発生が抑えられる。また、埋め込み層の底部側の屈折率が低いので、導波管の下地層との間の界面反射が抑えられる。

【0031】

本発明に係る電子機器は、固体撮像装置と、撮像装置に入射光を導く光学系と、固体撮像装置の出力信号を処理する信号処理回路を備える。固体撮像装置は、画素となる受光部と、受光部に対応する位置に形成され、クラッド層と導波方向に屈折率分布を持って埋め込まれたコア層とからなる導波路とを有する。

【0032】

本発明の電子機器では、上記固体撮像装置を備えることにより、導波路のコア層での空隙に起因した乱反射の発生が抑えられ、また、導波路の下地層との間の界面反射が抑えられる。

【発明の効果】

【0033】

本発明に係る固体撮像装置によれば、乱反射、界面反射が抑えられるので、感度特性の向上を図り、画像むらの発生を抑えることができる。

本発明に係る固体撮像装置の製造方法によれば、感度特性を向上し、画像むらの発生を

10

20

30

40

50

抑えることができる固体撮像装置を製造することができる。

本発明に係る電子機器によれば、固体撮像装置において、感度特性が向上し、画像むらの発生が抑えられるので、高画質、高品質の電子機器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】本発明の第1実施の形態に係る固体撮像装置の概略平面図である。

【図2】図1のA-A線上の断面図である。

【図3】本発明の説明に供するHDP成膜法におけるD/S比と屈折率の関係を示す特性図である。

【図4】A~B 第1実施の形態に係る固体撮像装置の製造方法の一例を示す製造工程図(その1)である。

【図5】C~D 第1実施の形態に係る固体撮像装置の製造方法の一例を示す製造工程図(その2)である。

【図6】A~B 第1実施の形態に係る固体撮像装置の製造方法の他の例を示す製造工程図である。

【図7】目標、本発明及び従来例のそれぞれの固体撮像装置を比較した感度特性を示すグラフである。

【図8】目標、本発明及び従来例のそれぞれの固体撮像装置を比較した画像むらの発生個数を示すグラフである。

【図9】A~C 図7及び図8のグラフに係る試料の断面図である。

【図10】第1実施の形態及び従来例のそれぞれを比較した感度特性を示すグラフである。

【図11】図10のグラフに係る試料の断面図である。

【図12】本発明の固体撮像装置の感度特性及びスミア特性を示すグラフである。

【図13】A~D 図12のグラフに係る試料の断面図である。

【図14】本発明に係る第2実施の形態に係る固体撮像装置の要部の断面図である。

【図15】第2実施の形態及び従来例のそれぞれを比較した感度特性を示すグラフである。

【図16】A~B 図15のグラフに係る試料の断面図である。

【図17】本発明に係る第3実施の形態に係る固体撮像装置の要部の断面図である。

【図18】本発明に係る第4実施の形態に係る固体撮像装置の要部の断面図である。

【図19】A~B 第4実施の形態に係る固体撮像装置の製造方法の例を示す製造工程図(その1)である。

【図20】C~D 第4実施の形態に係る固体撮像装置の製造方法の例を示す製造工程図(その2)である。

【図21】本発明に係る第5実施の形態に係る固体撮像装置の要部の断面図である。

【図22】A~B 第5実施の形態に係る固体撮像装置の製造方法の例を示す製造工程図(その1)である。

【図23】C~D 第5実施の形態に係る固体撮像装置の製造方法の例を示す製造工程図(その2)である。

【図24】本発明に係る第3実施の形態に係る固体撮像装置の要部の断面図である。

【図25】本発明に係る第4実施の形態に係る固体撮像装置の要部の断面図である。

【図26】本発明に係る第5実施の形態に係る電子機器の概略構成図である。

【図27】比較例に係る固体撮像装置の問題点の説明に供する断面図である。

【図28】従来例に係る固体撮像装置の問題点の説明に供する断面図である。

【図29】従来例の固体撮像装置を示す要部の平面図である。

【図30】図22のA-A線上の断面図である。

【図31】従来例の問題点の説明に供する断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0035】

10

20

30

40

50

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. 第1の実施の形態（固体撮像装置の構成及び製造方法の例）
2. 第2の実施の形態（固体撮像装置の構成例）
3. 第3の実施の形態（固体撮像装置の構成例）
4. 第4の実施の形態（固体撮像装置の構成例及び製造方法の例）
5. 第5の実施の形態（固体撮像装置の構成例及び製造方法の例）
6. 第6の実施の形態（固体撮像装置の構成例）
7. 第7の実施の形態（固体撮像装置の構成例）
8. 第8の実施の形態（電子機器の構成例）

10

【0036】

< 1. 第1の実施の形態 >

[固体撮像装置の構成例]

図1～図2に、本発明に係る固体撮像装置をCCD固体撮像装置に適用した第1実施の形態を示す。図1はCCD固体撮像装置の撮像領域の要部の平面図、図2は図1のA-A線上の断面図である。

【0037】

第1実施の形態に係る固体撮像装置1は、図1に示すように、例えば正方形または長方形、本例では正方形の受光部2が2次元配列され、各受光部2の列に対応してCCD構造の垂直転送レジスタ部3が配置された撮像領域4を有して成る。受光部2は、フォトダイオード（PD）で構成される。固体撮像装置1は、図示しないが、垂直転送レジスタ部3に接続されて電荷を水平方向に転送するCCD構造の水平転送レジスタ部と、水平転送レジスタ部の終段に接続された出力部とを有する。垂直転送レジスタ部3は、受光部2から読み出された信号電荷を垂直方向に順次転送するように構成される。垂直転送レジスタ部3は、埋め込みチャンネル領域（以下、転送チャンネル領域という）4と、その上にゲート絶縁膜を介して転送方向に配列された複数の転送電極6、7、8を有して構成される。転送電流6、7及び8は、1層目のポリシリコン膜で形成される。本例では、1つの受光部2に対して3つの転送電極6、7及び8が対応するように形成される。

20

【0038】

転送電極のうち、転送電極6及び8は、それぞれ各垂直転送レジスタ部3に対応する電極同士が接続されるように、垂直方向に隣り合う受光部2の間を通して水平方向に連続して形成される。一方、両転送電極6及び8に挟まれた読み出し電極を兼ねる各転送電極7は、各垂直転送レジスタ部3において、島状に独立して形成されるため、2層目のポリシリコン膜による接続配線9に接続される。接続配線9は、垂直方向に隣り合う受光部2の間に帯状に伸びる転送電極6、8上に絶縁膜を介して配置された帯状部9Bと、これと一体に各島状の転送電極7上に延長する延長部9Aとを有して構成される。接続配線9の延長部9Aが、各垂直転送レジスタ部3における転送電極7のコンタクト部10に接続される。

30

【0039】

断面構造では、図2に示すように、第1導電型、例えばn型のシリコン半導体基板11に第2導電型であるp型の第1半導体ウェル領域12が形成され、このp型第1半導体ウェル領域12に受光部2を構成するフォトダイオード（PD）が形成される。フォトダイオード（PD）は、電荷蓄積領域となるn型半導体領域13と表面の暗電流を抑制するp+半導体領域14を有して形成される。p型第1半導体ウェル領域12には、さらにn型の転送チャンネル領域4、p+チャンネルストップ領域15が形成され、n型転送チャンネル領域4の直下にp型の第2半導体ウェル領域16が形成される。

40

【0040】

n型転送チャンネル領域4上には、ゲート絶縁膜5を介して1層目のポリシリコン膜による転送電極6～8が形成され、さらに絶縁膜17を介して2層目のポリシリコン膜による接続配線9が形成される。接続配線9の延長部9Aは絶縁膜17のコンタクトホールを介

50

して島状の転送電極 7 のコンタクト部 10 に接続される。転送電極 6 ~ 8 は、それぞれ p + チャネルストップ領域 15、転送チャネル領域 4、及び転送チャネル領域 4 から受光部 2 の端部までの領域に跨って形成される。すなわち、転送電極 7 は、転送チャネル領域 4 と受光部 2 間の読み出し領域 20 まで延長される。また、受光部 2 を除いて、受講部周囲の転送電極 6 ~ 8、接続配線 9 を被覆するように、絶縁膜 17 を介して遮光膜 18 が形成される。

【0041】

ゲート絶縁膜 5 は、例えばシリコン酸化 (SiO_2) 膜で形成される。1 層目ポリシリコン膜と 2 層目ポリシリコン膜との間、遮光膜 18 と転送電極 6 ~ 8、接続配線 9 との間の絶縁膜 17 は、例えばシリコン窒化 (SiN) 膜で形成される。受光部 2 の表面には、シリコン酸化 (SiO_2) 膜 21、反射防止膜 22 となるシリコン窒化 (SiN) 膜及び屈折率が 1.4 ~ 1.6 程度の絶縁膜、例えばシリコン酸化膜 23 による積層絶縁膜 24 が形成される。この反射防止膜 22 のシリコン窒化膜は、上記遮光膜 18 下の絶縁膜 17 のシリコン窒化膜と同時に形成される。また、シリコン酸化膜 23 は、後述する導波路 28 のクラッド層 26 の一部で形成することができる。すなわち、シリコン酸化膜 23 は、反射防止膜 22 と導波路のコア層 27 との間に形成される。

10

【0042】

各受光部 2 の上方には、入射光を受光部 2 へ有効に集光させるための、後述する本発明に係る導波路 28 は形成される。導波路 28 は、基本的には低屈折率の材料からなるクラッド層と高屈折率の材料からなるコア層で構成される。さらに、例えば、シリコン窒化膜からなるパシベーション膜 29、及び、例えば、アクリル樹脂などの有機塗布材料で形成された平坦化膜 30 を介してオンチップカラーフィルタ 31 が形成され、その上にオンチップマイクロレンズ 32 が形成される。

20

【0043】

導波路 28 は、低屈折率のクラッド層 26 と、クラッド層 26 に囲まれた溝部 25 内に高屈折率のコア層 27 を埋め込んで形成される。クラッド層 26 としては、例えば屈折率 n が 1.4 のシリコン酸化膜で形成され、クラッド層 26 の一部が反射防止膜 22 上を被覆するよう形成される。

【0044】

そして、本実施の形態においては、特に、導波路 28 がそのコア層 27 に導波方向に屈折率分布を持たせるように形成される。コア層 27 は、高密度プラズマ (High Density Plasma) 成膜法 (HDP 成膜法) を用いて、クラッド層 26 の溝部 25 内に埋め込まれる。この HDP 成膜法を用いてコア層 27 を埋め込む際に、D/S 比を調整、すなわち制御して埋め込む。すなわち、溝部 25 の底部側の埋め込みでは、D/S 比を小さくして空隙 (いわゆる「す」) が発生しないように埋め込み性を良くして埋め込む。続いて、D/S 比を大きくして埋め込む。この結果、コア層 27 においては、底部側では空隙のない状態で屈折率が比較的低い第 1 の膜 271 が成膜され、その上に緻密性が高く屈折率が比較的高い第 2 の膜 272 が形成される。

30

【0045】

図 3 に、HDP 成膜法における D/S 比と屈折率 n の関係を示す。横軸は D/S 比、縦軸は成膜の屈折率 n である。D/S 比が高くなるにつれて屈折率 n は高くなる。デポジション成分が強くなるため、埋め込み性は悪くなる。D/S 比が低くなるにつれて屈折率 n は低くなる。スパッタ成分が強くなるため、埋め込み性が良くなる。

40

【0046】

本実施の形態では、HDP 成膜法の図 3 に示す特性を利用してコア層 27 の埋め込みを行い、コア層全体で埋め込み性の良い、しかも底部側を屈折率の低い第 1 の膜 271 とし、上部を屈折率の高い第 2 の膜 272 を有するコア層を構成する。コア層 27 は、第 1 の膜 271 及び第 2 の膜 272 のそれぞれの膜内で様の屈折率を持つ 2 層構造とすることができる。第 1 の膜 271 としては、上層部に行くに従って屈折率が高くなるように、複数層、すなわち複数段階 (例えば、多段階) の層で形成しても良く、もしくは連続的に屈

50

折率が変化するように形成することもできる。

このように形成することで、各高さでのコア幅に対して埋め込み性がありながら、最も高い屈折率で埋め込まれた構造となり、コア層 27 全体の実効的な屈折率を高く出来るため、高い感度特性が得られる構造となる。

なお、上記の第 1 の膜及び第 2 の膜のそれぞれの膜内で一様の屈折率を持つ 2 層構造とする構成は後述する第 2 実施の形態以下の各実施の形態に係る固体撮像装置にも適用できる。また、上記の第 1 の膜が屈折率を異にした複数の膜で形成する構成、第 1 の膜を屈折率を変化させた膜で形成する構成は、後述する第 2 実施の形態以下の実施の形態に係る固体撮像装置にも適用できる。

【0047】

コア層 27 を第 1 の膜 271 と第 2 の膜 272 の二層構造としたときには、第 1 の膜 271 の屈折率を 1.6 ~ 1.7 程度、第 2 の膜 272 の屈折率を 1.8 ~ 2.0 程度とすることができる。また、第 1 の膜 271 を複数段階もしくは連続して屈折率が変化する膜としたときには、第 1 の膜 271 の屈折率を 1.45 ~ 1.74 程度、第 2 の膜 272 の屈折率を 1.75 ~ 2.00 とすることができる。

【0048】

本実施の形態では、HDP 成膜法で使用するガスを、シラン系、N₂、O₂、TEOS、アンモニア、アルゴン、トリメチルシラン、テトラメチルシランなどから選択したガスとする。そして、本実施の形態では、選択したガスの比率と流量を制御しながら成膜し、第 1 の膜 271 及び第 2 の膜 272 を SiON 膜、もしくは SiN 膜、もしくは SiC 膜で形成する。また、例えば、第 1 の膜 271 を SiON 膜で形成し、第 2 の膜 272 を SiN 膜もしくは SiC 膜で形成することができる。

【0049】

導波路 28 の一例として、クラッド層 26 は、屈折率が 1.45 のシリコン酸化 (SiO₂) 膜で形成することができる。コア層 27 の第 1 の膜 271 は、屈折率が 1.7 のシリコン窒化 (SiON) 膜で形成し、第 2 の膜 272 は、屈折率が 1.8 のシリコン窒化 (SiN) 膜で形成することができる。

【0050】

図 3 に示す D/S 比と屈折率 n の関係は、HDP 成膜法において、SiC 膜や SiN 膜など以外の、例えば SiO₂ 膜、その他の膜を成膜したときも成立する。SiN 膜を形成する場合は、シラン、O₂、N₂、TEOS のガスを使用する。SiC 膜を形成する場合は、シラン、O₂、N₂ のほか、トリメチルシラン、テトラメチルシランなど、シランの水蒸気にメチル基を含有するガスを使用する。

【0051】

コア層 27 の第 1 の膜 271 の厚み d₀ は、

$$0 < (\text{第 1 の膜 271 の屈折率 } n) \times (\text{第 1 の膜 271 の厚み } d_0) < 720 \text{ nm}$$

の式を満たす厚さに設定されることが望ましい。その理由は、後述する。なお、上限は 720 nm でなくても、固体撮像装置で使用する最も長い波長と概ね一致する値であれば良い。

【0052】

[固体撮像装置の製造方法の例 (1)]

図 4 ~ 図 5 に、第 1 実施の形態の固体撮像装置の製造方法、特に導波路の製法を示す。各工程図は、図 1 の A - A 線上の断面に相当する。

【0053】

まず、図 4 A に示すように、半導体基板 11 上に、例えばシリコン酸化 (SiO₂) 膜によるゲート絶縁膜 5 を介して 1 層目のポリシリコン膜による転送電極 6、7 及び 8 を繰り返して形成する。半導体基板 11 には、既に、一部図示しないが、受光部 2 となるフォトダイオード (PD)、転送チャネル領域 4、p+ チャネルストップ領域 15 などが形成されている。また、例えばシリコン窒化 (SiN) 膜による絶縁膜 17 を介して、延長部 9 A を転送電極 7 に接続した 2 層目のポリシリコン膜による接続配線 9 [9 A, 9 B] を

10

20

30

40

50

形成する。

【0054】

垂直転送レジスタ部3では、1層目ポリシリコン膜による転送電極6～8が幅d1で形成され、2層目ポリシリコン膜による接続配線9の延長部9Aが幅d1より狭い幅d2 ($d1 > d2$)で形成される。また、図示しないが、垂直方向に隣り合う受光部2の間では、1層目ポリシリコン膜による転送電極6, 8が幅d3で形成され、2層目ポリシリコン膜による接続配線9の帯状部9Bが幅d3より狭い幅d4 ($d3 > d4$)で形成される(図1参照)。さらに、例えばシリコン窒化(SiN)膜による絶縁膜17を介して例えばA1膜による遮光膜18を形成する。転送チャンネル領域4、ゲート絶縁膜5及び転送電極6～8により垂直転送レジスタ部3が形成される。受光部2の表面には、シリコン酸化膜21及び絶縁膜17から延長したシリコン窒化膜による反射防止膜22を形成する。

10

【0055】

なお、垂直転送レジスタ部3での転送配線6～8と接続配線9の延長部9Aと遮光膜18との積層構造は、水平方向の断面において、軸心0を中心に左右対称に形成される。また、図示しないが、垂直方向の受光2間での転送電極6, 8と接続配線9の帯状部9Bと遮光膜18との積層構造は、垂直方向の断面において、同様に軸心0を中心に左右対称に形成される。

【0056】

次に、図4Bに示すように、遮光膜18及びフォトダイオード(PD)に対応した開口部を含む全面に、導波路のクラッド層となるクラッド材料膜26Aを成膜する。このクラッド材料膜26Aは、例えばBPSG(ボロン・リン・シリケートガラス)などの酸化シリコン(SiO₂)が用いられる。クラッド材料膜26Aは、例えばCVD(化学気相成長)法により成膜される。その後、例えばCMP(化学機械研磨)法、ドライエッチング法などを用いて表面を平坦化する。

20

【0057】

次に、図5Cに示すように、リソグラフィ技術を用いて、クラッド材料層26A上に、フォトダイオード(PD)に対応する部分に開口部41を有するレジストマスク42を形成する。このレジストマスク42を介して、クラッド材料膜26Aをドライエッチングして溝部25を形成する。これにより、溝部25の内壁にクラッド材料膜26Aによるクラッド層26が形成される。このドライエッチングでは、溝部25の底部が反射防止膜22に達することなく、所要の膜厚だけクラッド材料膜が残るようにエッチングする。これにより、反射防止膜22上にクラッド材料膜によるシリコン酸化膜23が形成される。

30

【0058】

次に、図5Dに示すように、シラン系、N₂、O₂、TEOS、アンモニア、アルゴン、トリメチルシラン、テトラメチルシランなどから選択されたガスを用い、HDP成膜法により、その選択されたガスの比率と流量を制御しながらコア層27を成膜する。最初の成膜では、D/S比が低くなるように選択されたガスの比率及び流量を制御して、溝部25の底部側に、空隙のない埋め込み性が良く、屈折率が比較的低い第1の膜271を形成する。続いて、D/Sが高くなるように選択されたガスの比率及び流量を制御して、溝部25の上部側、すなわち第1の膜271上に、屈折率が比較的高い第2の膜272を形成する。第2の膜272は、D/S比を高くした成膜であるが、既に、第1の膜271が形成されており、残りの溝部のアスペクト比は、最初のアスペクト比より低いので、埋め込み性の良い状態で埋め込むことができる。

40

【0059】

この第1の膜271及び第2の膜272により、埋め込み性が良く、しかも導波方向に屈折率分布を持つコア層27が形成される。

【0060】

使用するガスを上記のガスから選択することにより、SiON膜、もしくはSiN膜、もしくはSiC膜を選択的に埋め込んで、第1及び第2の膜271及び272を形成することができる。

50

【 0 0 6 1 】

一例として、シラン、 N_2 、 O_2 のガスを使用し、これらのガスの流量比を制御しながら、SiON膜（屈折率：1.7）による第1の膜271を成膜し、続いてその上にSiN（屈折率：1.8）による第2の膜272を成膜してコア層27を形成する。

【 0 0 6 2 】

コア層27を形成した後は、通常のように、パシベーション膜、平坦化膜、オンチップカラーフィルタ及びオンチップマイクロレンズを形成して、目的の固体撮像装置1を得る。

【 0 0 6 3 】

[固体撮像装置の製造方法の例(2)]

10

図6に、第1実施の形態の固体撮像装置の製造方法の他の例を示す。本例は、クラッド層26の形成の仕方を異にした製造方法である。本実施の形態では、前述の図4Aの状態の後、図6Aに示すように、クラッド層26を受光部2に対応した凹部周囲の積層構造の表面に倣うように成膜する。

【 0 0 6 4 】

このクラッド層26となるクラッド材としては、例えば、熱CVD（化学気相成長）法によるNSG膜、BPSG膜、PSG膜、あるいはプラズマCVD法によるプラズマ・シリコン酸化（ SiO_2 ）膜などで形成することができる。NSGは窒化シリケートガラスの略称、BPSGはボロン・リン・シリケートガラスの略称、PSGはリン・シリケートガラスの略称である。例えば、BPSG膜であれば、成膜膜厚を50～300nmと薄い膜厚で成膜し、熱処理を行う事で、積層構造の表面に倣って成膜することができる。

20

【 0 0 6 5 】

次に、必要であれば、成膜したクラッド層26の形状を、側壁面（傾斜面、垂直面）の段差を低減し、かつ反射防止膜22上に所要膜厚が残るように整形する。この形状コントロールは、例えばドライエッチング、熱処理によるリフロー等を行うことができる。

【 0 0 6 6 】

これ以降は、製造方法の例(1)で説明したと同様の製法により第1の膜271及び第2の膜272を成膜してコア層27を形成する。その後、通常のように、パシベーション膜29、平坦化膜30、オンチップカラーフィルタ31及びオンチップマイクロレンズ32を形成して、目的の固体撮像装置1を得る。

30

【 0 0 6 7 】

[固体撮像装置の製造方法の例(3)]

本実施の形態は、コア層27の第1の膜271の形成に際して、使用するガスの流量比を制御しながら、下層から上層に向けて屈折率が高くなるように、複数層の膜を成膜する。

その他、コア層27の第1の膜271の形成に際して、使用するガスの流量を制御しながら、下層から上層に向けて屈折率が連続的に高くなるように成膜する。

いずれの場合も、クラッド層26は、製造方法の例(1)または(2)で説明した製法で形成する。

【 0 0 6 8 】

40

上例の各製造方法において、第1の膜271の成膜に際して、使用するガスの流量比を制御しながら、下層から上層に向けて屈折率が高くなるように、複数層（例えば例えば段階）の膜で形成し、あるいは屈折率が連続的に変化させた膜で形成することができる。このように多段階、連続的に屈折率を変化させると、光は界面を認識せず、界面反射を減少させ、感度特性を向上させることができる。

【 0 0 6 9 】

上述の第1実施の形態に係る固体撮像装置1によれば、コア層27を良好な埋め込み性をもって、クラッド層26の溝部25内に形成し、好適な導波路28を構成することができるので、感度特性を向上し、画像むらの発生を抑えることができる。また、上述の各例の固体撮像装置の製造方法によれば、感度特性が向上し、画像むらの発生を抑えた固体撮

50

像装置 1 を製造することができる。

【0070】

すなわち、HDP 成膜法を用いて、アスペクト比の高い溝部 25 内にコア層 27 が成膜される。その際、底部側では、D/S 比が低くなるように使用ガスの比率と流量が制御されて成膜されるので、空隙が生じない、埋め込み性の良い第 1 の膜 271 が形成される。この第 1 の膜 271 は比較的屈折率が低い膜となる。続いて、第 1 の膜 271 の上部側では、D/S 比が高くなるように使用ガスの比率と流量が制御されて成膜され、緻密な膜質を有する高屈折率の第 2 の膜 272 が形成される。このとき、D/S 比が高いが、溝部 25 の底部側に既に第 1 の膜 271 が埋め込まれているので、溝部 25 が浅くなっており、埋め込み性の良い状態で第 2 の膜 272 が形成される。したがって、コア層 27 内に空隙（いわゆる「す」）が存在しないので、空隙に起因した入射光の乱反射が発生せず、導波路 28 としての機能を十分に果たし、集光効率を上げて感度を向上することができる。また、空隙に起因した画像むらの発生を抑えることができる。

10

【0071】

図 7 に、感度特性の比較、図 8 に画像むらの発生状況の比較を示す。図 7 及び図 8 はそれぞれ光学シミュレーションで得たグラフである。グラフでは、図 9 A に示す目標とする導波路を有する固体撮像装置（試料 A）と、図 9 B に示す従来の図 10 に示す導波路を有する固体撮像装置（試料 B）と、図 9 C に示す第 1 実施の形態の固体撮像装置（試料 C）とを比較した。

【0072】

試料 A は、屈折率 1.4 のクラッド層 26 内に、屈折率 n が 1.8 のクラッド層 27 が空隙のない状態で埋め込まれた目標とする導波路 281 を有した固体撮像装置である。試料 B は、屈折率 1.4 のクラッド層 126 内に、屈折率 n が 1.8 のクラッド層 125 が空隙 140 が存在した状態で埋め込まれた導波路 124 を有した固体撮像装置である。試料 C は、屈折率 1.4 のクラッド層 26 内に、屈折率 n が 1.7 の第 1 の膜 271 と、屈折率 n が 1.8 の第 2 の膜 272 からなるクラッド層 27 が空隙のない状態で埋め込まれた波路 28 を有した固体撮像装置である。

20

【0073】

図 7 の感度特性は、縦軸に感度（相対値）、横軸に各 F 値を示す。図 7 の感度特性によれば、試料 C（第 1 実施の形態）と試料 A（目標構造）とは大体同程度の感度特性を有している。これに対して、試料 B（従来構造）は、空隙 140 が有るために、感度特性が悪くなっている。試料 C（第 1 実施の形態）は、空隙での乱反射が発生しないため、感度特性は試料 A（目標構造）と同等以上となっている。

30

【0074】

図 8 の画像むらに関するグラフは、縦軸に画像むらの発生個数（対数標記）、横軸に試料 A、B、C を示す。図 8 によれば、試料 B（従来構造）のみが、桁違いに画像むらの発生個数が増えている。これに対して、試料 A（目標構造）と試料 C（第 1 実施の形態）とは、同程度であり、試料 B と比較して画像むらの発生が桁違いに少ない。

【0075】

さらに、第 1 実施の形態に係る固体撮像装置 1 によれば、コア層 27 として、下層を屈折率 n が低い（ $n = 1.7$ ）の第 1 の膜 271 とし、上層を屈折率 n の高い（ $n = 1.8$ ）の第 2 の膜 272 とした 2 層構造として構成されている。この構成により、反射防止膜 22 上の屈折率の低いシリコン酸化膜 23、本例ではクラッド層 26 と同じシリコン酸化膜 23 と、高屈折率の高いコア層 27 との界面での界面反射が抑制され、感度特性が向上する。勿論、本実施の形態では、屈折率の高い反射防止膜 22 と屈折率の高いコア層 27 との間に屈折率の低いシリコン酸化膜 23 が形成されているので、反射防止の機能が維持され、反射防止膜 22 表面での界面反射も抑制される。

40

【0076】

図 10 に、上記界面反射の影響に基づく感度特性の比較を示す。図 10 は、光学シミュレーションで得たグラフである。グラフでは、図 11 A に示す従来の図 10 に示す導波路を有

50

する固体撮像装置（試料 E）と、図 1 1 B に示す第 1 実施の形態の固体撮像装置（試料 G）とを比較した。試料 E は、前述の試料 B と同じである。但し、空隙 1 4 0 の存在は無視した。試料 G は、前述の試料 C と同じである。

【 0 0 7 7 】

図 1 0 において、縦軸に F 5 . 6 の感度（相対値）、横軸に各試料 E、G を示す。図 1 0 によれば、試料 E（従来構造）では、反射防止膜の表面に屈折率の低いシリコン酸化膜が形成されているので、反射防止膜表面での界面反射 L 1 2（図 2 1 参照）は抑えられる。しかし、低屈折率のシリコン酸化膜と高屈折率のコア層との界面での界面反射 L 1 1 が発生し、感度特性が損なわれている。これに対し、試料 G（第 1 実施の形態）では、コア層 2 7 の下層に屈折率の低い第 1 の膜 2 7 1 を有するので、第 1 の膜 2 7 1 とその下の屈折率の低いシリコン酸化膜 2 3 との界面での界面反射 L 1 1 が抑制される。また、試料 G においても、反射防止膜 2 2 の表面に屈折率の低いシリコン酸化膜 2 3 が形成されているので、反射防止膜表面での界面反射 L 1 2 は抑えられる。したがって、試料 G の第 1 実施の形態は感度特性を向上することができる。

10

【 0 0 7 8 】

さらに、第 1 実施の形態に係る固体撮像装置によれば、感度特性の改善が出来、また、スミア特性は大きな悪化を引き起こすことがなく、同等程度に保てる。

【 0 0 7 9 】

図 1 2 に、感度特性とスミア特性の比較を示す。図 1 2 のグラフにおいて、横軸は（第 1 の膜 2 7 1 の屈折率 n ） \times （第 1 の膜 2 7 1 の厚み d_0 ）の値（ nm ）、左縦軸は白色感度、右縦軸は基準状態に対するスミアの悪化分（ dB ）を示す。図 1 2 は、導波路形状を様々に変化させ、この導波路形状をパラメータとして、コア層 2 7 の第 1 の膜 2 7 1 の厚み d_0 を変化させたときの、感度とスミアの応答を示す。図 1 3 A ~ D に、導波路形状を変化させた各試料、すなわち導波路形状 1 ~ 導波路形状 4 とした試料を示す。導波路形状 1 は、シリコン酸化膜 2 3 の膜厚が $0 nm$ 、導波路形状 2 は、シリコン酸化膜 2 3 の膜厚が $50 nm$ 、導波路形状 3 は、シリコン酸化膜 2 3 の膜厚が $100 nm$ 、導波路形状 4 は、シリコン酸化膜 2 3 の膜厚が $150 nm$ とした場合である。

20

【 0 0 8 0 】

図 1 2 において、曲線 a は導波路形状 1 のときの感度特性である。曲線 b は導波路形状 2 のときの感度特性である。曲線 c は導波路形状 3 のときの感度特性である。曲線 d は導波路形状 4 のときの感度特性である。曲線 e は導波路形状 1 のときのスミア特性である。

30

【 0 0 8 1 】

横軸の $720 nm$ を基準にこれ以下の値であれば、領域 R 1 , R 2 , R 3 で示すように、スミアが若干犠牲になるが、感度改善効果が得られる条件が存在する。曲線 e で示すように、 $720 nm$ を超える値であると、感度への効果が低く、スミアも悪くなる。 $720 nm$ 以下でなくても、概ね固体撮像装置で使用する最も長い波長以下であれば良い。の値を超えるとスミア特性が大きく劣化する。

【 0 0 8 2 】

< 2 . 第 2 の実施の形態 >

[固体撮像装置の構成例]

図 1 4 に、本発明に係る固体撮像装置として CCD 固体撮像装置に適用した第 2 実施の形態を示す。図 1 4 は CCD 固体撮像装置の撮像領域の要部の断面図である。本実施の形態に係る固体撮像装置 5 1 は、受光部 2 であるフォトダイオード（PD）上に、クラッド層 2 6 と、埋め込み性が良くて屈折率が比較的低い第 1 の膜 2 7 1 及び屈折率が高い第 2 の膜 2 7 2 からなるコア層 2 7 とを有する導波路 2 8 が形成される。この導波路 2 8 は、第 1 実施の形態で説明したと同様の導波路である。

40

【 0 0 8 3 】

そして、本実施の形態では、特に、反射防止膜 2 2 上に屈折率の低いシリコン酸化膜 2 3 を形成せず、直接反射防止膜 2 2 にコア層 2 7 の第 1 の膜 2 7 1 が接するように構成される。すなわち、第 1 実施の形態との違いは、コア層 2 7 の第 1 の膜 2 7 1 とシリコン室

50

化膜による反射防止膜 2 2 との間にシリコン酸化膜 2 3 が形成されない点のみである。その他の構成は、第 1 実施の形態と同様であるので、図 1 4 において図 2 と対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【 0 0 8 4 】

第 2 実施の形態に係る固体撮像装置の製造方法は、例えば図 4 及び図 5 で説明した製法に類似して製造することができる。但し、図 4 C の工程で、クラッド層 2 6 に溝部 2 5 を形成する際に、反射防止膜 2 2 が露出するように溝部 2 5 を形成する。その後、コア層 2 7 を成膜するとき、コア層 2 7 が反射防止膜 2 2 に接するほうに成膜する。図 6 の製造方法を適用する場合も、クラッド層 2 6 の成膜に際しては、反射防止膜 2 2 が露出するようにクラッド層 2 6 を成膜する。その後、反射防止膜 2 2 に接するようにコア層 2 7 を成膜する。

10

【 0 0 8 5 】

第 2 実施の形態に係る固体撮像装置 5 1 においても、反射防止膜 2 2 上に形成する導波路 2 8 の構成、特にコア層 2 7 の構成が、HDP 成膜法を用いてその D / S 比を制御しながら成膜した第 1 の膜 2 7 1 及び第 2 の膜 2 7 2 を有している。したがって、第 1 実施の形態で説明したと同様に、感度特性が向上し、画像むらを抑えることができる。

【 0 0 8 6 】

図 1 5 に、界面反射の影響に基く感度特性の比較を示す。図 1 5 は光学シミュレーションで得たグラフである。グラフでは、図 1 6 A に示す従来の導波路を有する固体撮像装置（試料 D）と、図 1 6 B に示す第 2 実施の形態の固体撮像装置（試料 F）とを比較した。試料 D では空隙 1 4 0 の存在は無視した。

20

【 0 0 8 7 】

図 1 5 において、縦軸に F 5 . 6 の簡素（相対値）、横軸に各試料 D、F を示す。図 1 5 によれば、試料 D（従来構造）では、反射防止膜 1 2 2 の上に直接高屈折率のコア層 1 2 5 が形成されているので、反射防止膜 1 2 2 とコア層 1 2 5 の界面で界面反射が生じ、反射防止機能が薄れ、感度特性が得られない。これに対し、試料 F（第 2 実施の形態）では、コア層 2 7 の下層に屈折率の低い第 1 の膜 2 7 1 を有するので、反射防止膜表面での界面反射が抑えられ、反射防止機能が維持され、感度特性を向上することができる。

【 0 0 8 8 】

さらに、第 2 実施の形態の固体撮像装置においても、コア層 2 7 の第 1 の膜 2 7 1 の厚み d_0 は、

30

$$0 < (\text{第 1 の膜 2 7 1 の屈折率 } n) \times (\text{第 1 の膜 2 7 1 の厚み } d_0) < 720 \text{ nm}$$
の式を満たす厚さに設定される。なお、上限は 720 nm でなくても、概ね固体撮像装置で使用する最も長い波長の値 以下であればよい。

これにより、第 1 実施の形態の固体撮像装置と同様に、図 1 2 で示した感度特性の改善とスミア特性の改善を図ることができる。

【 0 0 8 9 】

< 3 . 第 3 実施の形態 >

[固体撮像装置の構成例]

図 1 7 に、本発明に係る固体撮像装置を CCD 固体撮像装置に適用した第 3 実施の形態を示す。図 1 7 は CCD 固体撮像装置の撮像領域の要部の断面図である。本実施の形態に係る固体撮像装置 5 3 は、前述した導波路 2 7 上にさらに層内レンズ 5 4 を形成して構成される。すなわち、本実施の形態に係る固体撮像装置 5 3 は、受光部 2 であるフォトダイオード（PD）上に、クラッド層 2 6 と、このクラッド層 2 6 の溝部に埋め込まれた第 1 の膜 2 7 1 及び第 2 の膜 2 7 2 からなるコア層 2 7 とを有する導波路 2 8 が形成される。コア層を構成する下層の第 1 の膜 2 7 1 は埋め込み性が良く屈折率が比較的 low、上層の第 2 の膜 2 7 2 は第 1 の膜 2 7 1 より屈折率が高い。これら第 1 及び第 2 の膜 2 7 1 及び 2 7 2 は、第 1 実施の形態で説明したと同様に、HDP 成膜法により同一チャンバ内において連続して形成される。つまり、この導波路 2 8 は、第 1 実施の形態で説明したと同様の導波路である。同一チャンバ内で、HDP 成膜法により、第 1 の膜 2 7 1 及び第 2 の膜

40

50

272を連続して形成するときは、工程数が少なくなり、製造の簡素化が図れる。

【0090】

そして、本実施の形態においては、この導波路28上に層内レンズ54が形成される。層内レンズ54は、本例では凸レンズ形状に構成され、第2の膜272と同じシリコン窒化膜で形成される。この層内レンズ54を含む表面全面にパシベーション膜29が形成され、その上に平坦化膜30を介してオンチップカラーフィルタ31及びオンチップマイクロレンズ31が形成される。

その他の構成は、前述の第1実施の形態で説明したと同様であるので、図2と対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0091】

第3実施の形態に係る固体撮像装置53によれば、導波路27上に層内レンズ54が形成されるので、さらにフォトダイオード(PD)への集光効率が上がり、感度の向上が図られる。その他、第1及び第2の膜271及び272がHDP成膜法により成膜されるので、コア層27を空隙のない状態で埋め込むことができ、感度特性の向上、画像むらの抑制、スミア特性の改善が図られるなど、第1実施の形態で説明したと同様の効果を奏する。

【0092】

なお、図示しないが前述の第2実施の形態の固体撮像装置51においても、導波路28上に層内レンズ54を設けた構成とすることができる。

【0093】

< 4. 第4の実施の形態 >

[固体撮像装置の構成例]

図18に、本発明に係る固体撮像装置をCCD固体撮像装置に適用した第4実施の形態を示す。図18はCCD固体撮像装置の撮像領域の要部の断面図である。本実施の形態に係る固体撮像装置55は、受光部2であるフォトダイオード(PD)上に、クラッド層26と、このクラッド層26の溝部に埋め込まれた第1の膜273及び第2の膜274からなるコア層27とを有する導波路28が形成される。コア層を構成する下層の第1の膜273は埋め込み性が良く屈折率が比較的低く、上層の第2の膜274は第1の膜273より屈折率が高い。

【0094】

そして、本実施の形態においては、コア層27を構成する下層の第1の膜273を前述と同様にHDP成膜法により成膜される。第1の膜273は、D/S比を制御して埋め込み性が良く屈折率が比較的低い膜で成膜される。一方、コア層27を構成する上層の第2の膜274は、平行平板電極を用いたプラズマCVD法(以下、平衡平板プラズマCVD法という)により成膜される。

【0095】

HDP成膜法で形成する第1の膜273は、例えばシリコン酸窒化(SiON)膜もしくはシリコン窒化(SiN)膜で形成される。このシリコン酸窒化膜もしくはシリコン窒化膜は、HDP成膜での成膜条件により、屈折率を1.5~1.8まで調整することができる。平行平板プラズマCVD法で形成する第2の膜274は、例えばシリコン窒化(SiN)膜、シリコン炭化(SiC)膜等で形成される。第2の膜274は、第1の膜273と密着性がよく、かつ第1の膜273より屈折率が高い膜特性を有する。平行平板プラズマCVD法で成膜される上記第2の膜274は、1.8を超える屈折率が得られ、例えば1.9~2.1程度の屈折率が得られる。

【0096】

第1の膜273となる例えばHDP SiON膜(N=1.7)より屈折率Nが高い第2の膜274に用いられる材料膜としては、上記以外に、次に示す絶縁膜がある。カッコ内は屈折率を示す。第2の膜274の材料膜としては、ハフニウム(1.95)、アルミニウム(1.76)タンタル(2.16)、チタン(2.5)、イットリウム(1.82)、ランタノイド(1.88)元素のうち、少なくとも1つの元素を含む絶縁膜を用いる

10

20

30

40

50

ことができる。これらの絶縁膜は、第1の膜273との密着性もよい。コア層26は、例えば屈折率が1.45程度のシリコン酸化膜で形成される。

【0097】

導波路28を含む上面には、パシベーション膜29及び平坦化膜30を介して、オンチップカラーフィルタ31及びオンチップマイクロレンズ32が積層して形成される。その他の構成は、前述の第1実施の形態で説明したと同様であるので、図2と対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0098】

[固体撮像装置の製造方法の例]

図19～図20に、第4実施の形態の固体撮像装置55の製造方法、特に導波路の製法を示す。本実施の形態では、図19Aに示すように、前述の図6Aで説明したと同様に、半導体基板にフォトダイオード(PD)、転送電極6～8、接続配線9、絶縁膜17、遮光膜18などを形成する。そして、この状態の後、導波路を構成するクラッド層26を受光部2に対応した凹部周囲の積層構造の表面を成膜するように成膜する。クラッド層26としては、例えば屈折率が1.45のシリコン酸化膜を成膜する。

10

【0099】

次に、図19Bに示すように、埋め込み性の高いHDP成膜法により、クラッド層26の溝底部をボトムアップするように、第1の膜273を成膜する。HDP成膜条件としては、例えば、温度：200～800、RFパワー：1kW～10kW、RFバイアスパワー：1kW～10kW、圧力：2mTorr～50mTorr、ガス種：SiH₄、O₂、N₂、NH₃、Ar、Heとする。(質問：RFパワー、RFバイアスパワーでは、RFの前に高周波、あるいは低周波が付かないのですか)。このHDP成膜条件で、SiON膜もしくはSiN膜を形成する。HDP成膜法により形成するSiON膜もしくはSiN膜の屈折率は、成膜条件により1.5～1.8まで調整可能である。

20

【0100】

次に、図20Cに示すように、HDP成膜後に、平行平板プラズマCVD法により、屈折率の高い第2の膜274となる例えばシリコン窒化(SiN)膜を、溝部内を埋め込むように、上面全面に成膜する。プラズマSiN成膜条件としては、例えば、温度：200～800、高周波RFパワー：100W～1500W、低周波RFバイアスパワー：100W～1500W、圧力：2Torr～10Torr、ガス種：SiH₄、N₂、NH₃、He、O₂とする。この成膜条件で、SiN膜を形成する。ここでは、プラズマSiNで成膜する例を示したが、その他、HDP成膜法による第1の膜273より屈折率の高いコア材、すなわち屈折率1.8を超える高屈折率のコア材料であれば、プラズマSiN膜に限らない。この他の材料としては、前述の絶縁膜を用いることができる。

30

【0101】

次に、図20Dに示すように、第2の膜274を成膜した後、エッチバック処理や化学機械研磨(CMP)などの手法を用いて、第2の膜274を平坦化する。それ以後は、パシベーション膜29、平坦化膜30、オンチップカラーフィルタ31及びオンチップマイクロレンズ32を形成して、目的の固体撮像装置55を得る。

40

【0102】

第4実施の形態に係る固体撮像装置55によれば、導波路28のコア層27を構成する第1の膜273をHDP成膜法により形成しているので、埋め込み性良くクラッド層26の溝底部に埋め込むことができる。また、導波路28のコア層27を構成する第2の膜274を平行平板プラズマCVD法により形成しているので、屈折率が1.8を超える高い屈折率の第2の膜274を形成することができる。これにより、コア層27の屈折率がより高くなるので、導波路28としての集光効率が上がる。

【0103】

導波路28では、コア層27の屈折率が高いほど集光効率が高くなる。固体撮像装置の有効画素領域の周辺部分に対応するいわゆる画角端では、入射する光が斜め光となるため、集光が難しい。このため、画角端ではスミアが増大する傾向になる。しかし、本実施の

50

形態では、コア層 27 の屈折率を高くして導波路の集光効率を上げることが出来るので、画角端でのスミアを低減することができる。

【0104】

HDP 成膜法による例えば SiON 膜は、薄いほど膜剥がれが起こりにくい。本題 4 実施の形態では、第 1 の膜 273 のみを HDP 法による膜で形成しているため、全てのコア層をストレスが強い HDP 法による膜で形成した場合より、薄膜化できるので、膜剥がれを防止できる。コア層 27 のトータルの厚さを 700 nm ~ 800 nm とすると、第 1 の膜 273 の膜厚は 200 nm 程度まで薄膜化することができる。従って、信頼性の高い導波路を形成することができ、信頼性の高い固体撮像装置を提供することができる。

【0105】

導波路 28 のコア層の底部にボトムアップの第 1 の膜 273 を埋め込み性の良い HDP 成膜法による膜で埋め込み、埋め込みアスペクト比を低減することにより、第 1 の膜 273 上に埋め込み性の低い高屈折率材料でも埋め込むことが可能になる。これにより、より集光効率の高い導波路構造を形成することができる。

【0106】

その他、コア層 27 を空隙のない状態で埋め込むことができ、感度特性の向上、画像むらの抑制、スミア特性の改善が図られるなど、第 1 実施の形態で説明したと同様の効果を奏する。

【0107】

< 第 5 の実施の形態 >

[固体撮像装置の構成例]

図 21 に、本発明に係る固体撮像装置を CCD 固体撮像装置に適用した第 5 実施の形態を示す。図 18 は CCD 固体撮像装置の撮像領域の要部の断面図である。本実施の形態に係る固体撮像装置 57 は、前述の第 4 実施の形態において、さらに導波路 27 上に層内レンズ 54 を形成して構成される。すなわち、本実施の形態に係る固体撮像装置 57 は、受光部 2 であるフォトダイオード (PD) 上に、クラッド層 26 と、このクラッド層 26 の溝部に埋め込まれた第 1 の膜 273 及び第 2 の膜 274 からなるコア層 27 とを有する導波路 28 が形成される。コア層を構成する下層の第 1 の膜 273 は埋め込み性が良く屈折率が比較的 low、上層の第 2 の膜 274 は第 1 の膜 273 より屈折率が高い。

【0108】

コア層 27 を構成する下層の第 1 の膜 273 は前述と同様に HDP 成膜法により成膜される。第 1 の膜 273 は、D/S 比を制御して埋め込み性が良く屈折率が比較的 low の膜で成膜される。一方、コア層 27 を構成する上層の第 2 の膜 274 は、平行平板電極を用いたプラズマ CVD 法 (以下、平衡平板プラズマ CVD 法という) により成膜される。クラッド層 26、及びコア層 27 となる第 1 の膜 273、第 2 の膜 274 のそれぞれの材料、屈折率については、第 4 実施の形態で説明したと同様であるので、重複説明を省略する。

【0109】

そして、本実施の形態においては、この導波路 28 上に層内レンズ 54 が形成される。層内レンズ 54 は、本例では凸レンズ形状に構成され、第 2 の膜 274 と同じシリコン窒化膜で形成される。この層内レンズ 54 を含む表面全面にパシベーション膜 29 が形成され、その上に平坦化膜 30 を介してオンチップカラーフィルタ 31 及びオンチップマイクロレンズ 31 が形成される。

その他の構成は、前述の第 4 実施の形態で説明したと同様であるので、図 18 と対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0110】

[固体撮像装置の製造方法の例]

図 22 ~ 図 23 に、第 5 実施の形態の固体撮像装置 57 の製造方法、特に導波路及び層内レンズの製法を示す。図 21A の工程は、前述の図 20C の工程に相当する。すなわち、本実施の形態では、図 21A に示すように、半導体基板にフォトダイオード (PD)、転送電極 6 ~ 8、接続配線 9、絶縁膜 17、遮光膜 18 などを形成する。そして、この状

10

20

30

40

50

態の後、導波路を構成するクラッド層 26 を受光部 2 に対応した凹部周囲の積層構造の表面を做うように成膜する。クラッド層 26 としては、例えば屈折率が 1.45 のシリコン酸化膜を成膜する。

【0111】

次に、埋め込み性の高い HDP 成膜法により、クラッド層 26 の溝底部をボトムアップするように、第 1 の膜 273 を成膜する。このときの HDP 成膜条件は、4 実施の形態の HDP 成膜条件で説明した HDP 成膜条件と同じである。次に、HDP 成膜後に、平行平板プラズマ CVD 法により、屈折率の高い第 2 の膜 274 となる例えばシリコン窒化 (SiN) 膜を、溝部内を埋め込むように、上面全面に成膜する。このときのプラズマ SiN 成膜条件は、第 4 実施の形態で説明したプラズマ SiN 成膜条件と同じである。

10

【0112】

次に、図 22B に示すように、第 2 の膜 274 を成膜した後、エッチバック処理や化学機械研磨 (CMP) などの手法を用いて、第 2 の膜 274 を平坦化する。これによって、クラッド層 26 と、第 1 及び第 2 の膜 273 及び 274 によるコア層 27 とからなる導波路 28 を形成する。次いで、平坦化した第 2 の膜 274 上の導波路 28 に対応する部分に選択的にフォトリソ膜 58 を形成する。

【0113】

次に、図 23C に示すように、フォトリソ膜 58 をルフロー処理してレンズ形状に成形する。

【0114】

次に、図 23D に示すように、レンズ形状のフォトリソ膜 58 を含んで第 2 の膜 274 の表面全面にエッチバック処理を行い、第 2 の膜 274、すなわちシリコン窒化膜による凸レンズの層内レンズ 54 を形成する。この層内レンズ 54 上を覆うパシベーション膜 29 を形成する。そして、それ以後は、平坦化膜 30、オンチップカラーフィルタ 31 及びオンチップマイクロレンズ 32 を形成して、目的の固体撮像装置 57 を得る。

20

【0115】

第 5 実施の形態に係る固体撮像装置 57 によれば、導波路 27 上に層内レンズ 54 が形成されるので、さらにフォトダイオード (PD) への集光効率が上がり、感度の向上が図られる。その他、重複説明を省略するも、集光効率の向上、感度特性の向上、画像むらの抑制、スミア特性の改善が図られるなど、第 1 実施の形態、第 4 実施の形態で説明したと同様の効果を奏する。

30

【0116】

< 6 . 第 6 の実施の形態 >

[固体撮像装置の構成例]

図 24 に、本発明に係る固体撮像装置として CCD 固体撮像装置に適用した第 6 実施の形態を示す。本実施の形態に係る固体撮像装置 61 は、遮光膜 18 を形成した後、全面に絶縁膜 62 を形成し、絶縁膜 62 の受光部 2 となるフォトダイオード (PD) に対応する部分に、溝部 63 を形成し、この溝部 63 内にいわゆる導波管 64 を形成して構成される。導波管 64 は、溝部 63 の側壁に例えば Al 膜による反射膜 65 を形成し、反射膜 65 で囲まれた溝部 63 内に所要の絶縁膜による埋め込み層 66 を形成して構成される。埋め込み層 66 は、例えばシリコン酸化膜などで形成することができる。

40

【0117】

導波管 64 では、埋め込み層 66 に入射された光が、反射膜 65 で反射されながらフォトダイオード (PD) に集光される。

【0118】

そして、本実施の形態においては、この埋め込み層 66 を、前述したような HDP 成膜法を用い、使用するガスの比率、流量を制御しながら、すなわち D/S 比を制御しながら、第 1 の膜 661 及び第 2 の膜 662 を成膜して構成する。第 1 の膜 661 は、D/S 比を小さくした条件で成膜されるので、空隙のない状態で埋め込み性良く、かつ屈折率に低い膜として形成される。D/S 比を大きくした条件で成膜される第 2 の膜 662 は、第 1

50

の膜 661 上に浅くなった溝部 63 内に形成されるので、埋め込み性良く、屈折率の高い緻密な膜として形成される。

その他の構成は、第 1 実施の形態と同様であるので、図 2 と対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0119】

第 3 実施の形態に係る固体撮像装置 61 によれば、画素サイズが微細化され、溝部 63 のアスペクト比が大きくなっても、導波管 64 の埋め込み層が第 1、第 2 の膜 661、662 で形成されるので、埋め込み性の良い膜となる。すなわち、HDP 成膜法を用い、その使用ガスの比率、流量を制御しながら第 1、第 2 の膜 661、662 を成膜して埋め込み層 66 が形成される。これによって、埋め込み層 66 内に空隙が存在せず、空隙に起因した乱反射が防止でき感度特性を向上し、画像むらの発生を抑えることができる。

10

【0120】

< 7 . 第 7 の実施の形態 >

[固体撮像装置の構成例]

図 25 に、本発明に係る固体撮像装置として CMOS 固体撮像装置に適用した第 7 実施の形態を示す。本実施の形態に係る固体撮像装置 71 は、通常の CMOS 固体撮像装置と同様に、半導体基板 74 に、複数の受光部 2 が 2 次元配列された画素部 (撮像領域) 73 と、画素部 63 の周辺に配置された信号処理等の周辺回路部 (図示せず) とを有して構成される。受光部 2 はフォトダイオード (PD) で構成され、画素トランジスタは MOS トランジスタで構成される。画素 72 は、受光部 2 となるフォトダイオード (PD) と、複数の画素トランジスタからなる構成される。

20

【0121】

画素 72 を構成するフォトダイオード (PD) は、第 2 導電型、例えば n 型の電荷蓄積領域 75 とその表面のシリコン酸化膜 77 との界面近傍に形成された暗電流抑制のための第 1 導電型である p 型半導体領域 76 とを有して形成される。画素トランジスタは、通常、例えば転送トランジスタ、リセットトランジスタ、増幅トランジスタ及び選択トランジスタの 4 トランジスタ構成、あるいは選択トランジスタを省略した 3 トランジスタ構成とすることができる。代表として示した画素トランジスタ 78 は、対のソース・ドレイン領域 81 と、ゲート絶縁膜 82 と、ポリシリコンからなるゲート電極 83 とを有して形成される。ソース・ドレイン領域 81 は、紙面奥行き方向に形成される。ゲート電極 83 の端部は、例えば STI (Shallow Trench Isolation) 構造の素子分離領域 84 上に跨るように形成される。

30

【0122】

フォトダイオード (PD) 上のシリコン酸化膜 77 上を含む全面には、例えばシリコン窒化膜による反射防止膜 79 が形成される。画素 62 の上方には、層間絶縁膜 86 を介して多層の配線 87 を配置した多層配線層 88 が形成され、さらにパシベーション膜 89、平坦化膜 90、オンチップカラーフィルタ 91 及びオンチップマイクロレンズ 92 が形成される。

【0123】

そして、本実施の形態においては、フォトダイオード (PD) に対応して、多層配線層 78 の層間絶縁膜 86 に溝部 93 を形成し、この溝部 93 内に前述した本発明に係る導波路 28 形成される。この導波路 28 は、低屈折率のクラッド層 26 と、高屈折率のコア層 27 から構成される。コア層 27 は、HDP 成膜法を用いて成膜され、その成膜に際して、D/S 比を制御して埋め込み性が良く、屈折率の比較的低い第 1 の膜 271 と、その上の高屈折率の第 2 の膜 272 を成膜して形成される。コア層 27 と反射防止膜 77 との間にシリコン酸化膜 23 を形成した構成、あるいはシリコン酸化膜 23 を省略した構成を含めて、コア層 27 の構成、製法は、前述の第 1 実施の形態と同様であるので、詳細説明は省略する。

40

【0124】

第 7 実施の形態に係る固体撮像装置 71 においても、反射防止膜 79 上に形成する導波

50

路 28 の構成、特にコア層 27 の構成が、HDP 成膜法を用いてその D/S 比を制御しながら成膜した第 1 の膜 271 及び第 2 の膜 272 を有している。したがって、第 1 実施の形態で説明したと同様に、感度特性が向上し、画像むらを抑えることができる。また、スミア特性を改善することができる。

【0125】

第 7 実施の形態において、導波路 28 として、第 4 実施の形態で説明したと同様に、コア層 27 を HDP 成膜法による第 1 の膜 273 と平行平板プラズマ CVD 法による第 2 の膜 274 で形成した構成とすることも可能である。また、導波路 28 上に層内レンズ 54 を形成した第 3、第 5 実施の形態と同様の構成とすることも可能である。さらに導波路 28 を導波管 64 に置き換えた構成とすることも可能である。

10

【0126】

上例では、導波路 28 のコア層 27、導波管 56 の埋め込み層 58 を、HDP 成膜法を用いて形成した。本発明では、HDP 成膜法でなく、他の成膜法を用いて、複数段階で成膜して埋め込み、導波方向に屈折率分布を持つコア層 27 あるいは埋め込み層 66 を形成するようにしてもよい。

【0127】

上例の固体撮像装置は、信号電荷を電子として構成したが、信号電荷を正孔として構成することもできる。この場合には n 型を第 1 導電型とし、p 型を第 2 導電型として、各半導体領域の導電型を上述とは逆の導電型にして構成する。

20

【0128】

< 8 . 第 8 の実施の形態 >

[電子機器の構成例]

本発明に係る固体撮像装置は、固体撮像装置を備えたカメラ、カメラ付き携帯機器、固体撮像装置を備えたその他の機器、等の電子機器に適用することができる。

【0129】

図 26 に、本発明の電子機器の一例としてカメラに適用した実施の形態を示す。本実施の形態に係るカメラ 96 は、光学系（光学レンズ）97 と、固体撮像装置 98 と、信号処理回路 99 とを備えてなる。固体撮像装置 98 は、上述した各実施の形態のいずれか 1 つの固体撮像装置が適用される。光学系 97 は、被写体からの像光（入射光）を固体撮像装置の撮像面上に結像させる。これにより、固体撮像装置 98 の光電変換素子において一定期間信号電荷が蓄積される。信号処理回路 99 は、固体撮像装置 98 の出力信号に対して種々の信号処理を施して出力する。本実施の形態のカメラ 96 は、光学系 97、固体撮像装置 98、信号処理回路 99 がモジュール化したカメラモジュールの形態を含む。

30

【0130】

本発明は、図 26 のカメラ、あるいはカメラモジュールを備えた例えば携帯電話に代表されるカメラ付き携帯機器などを構成することができる。

さらに、図 26 の構成は、光学系 97、固体撮像装置 98、信号処理回路 99 がモジュール化した撮像機能を有するモジュール、いわゆる撮像機能モジュールとして構成することができる。本発明は、このような撮像機能モジュールを備えた電子機器を構成することができる。

40

【0131】

本実施の形態に係る電子機器によれば、固体撮像装置における感度特性が向上し、画像むらの発生が抑えられるので、高画質、高品質の電子機器を提供することができる。

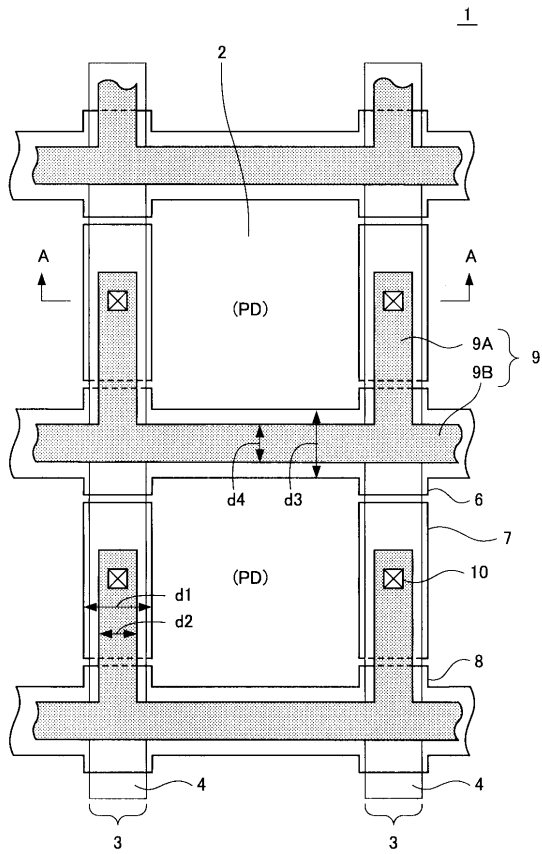
【符号の説明】

【0132】

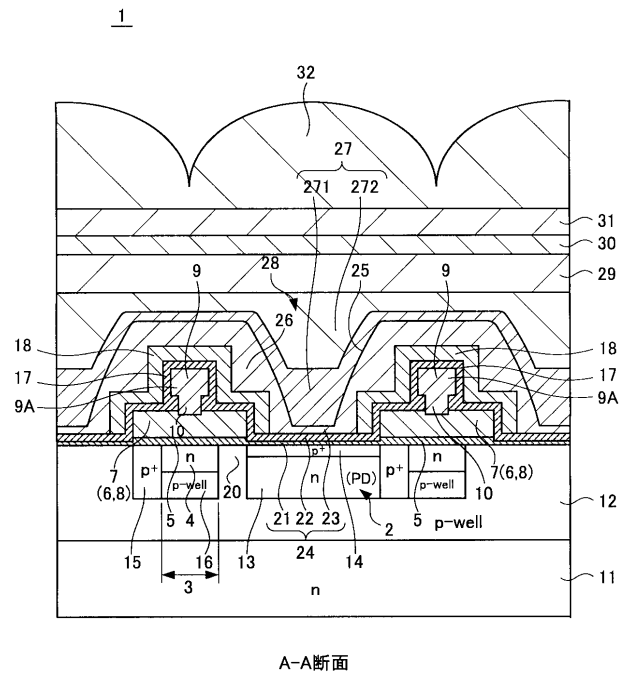
1, 51, 53, 55, 57, 61, 71・・・固体撮像装置、2・・・受光部、3・・・垂直転送レジスタ部、4・・・撮像領域、5・・・ゲート絶縁膜、6～8・・・転送電極、9・・・接続配線、10・・・コンタクト部、26・・・クラッド層、27 [271～274]・・・コア層、28・・・導波路、96・・・カメラ、97・・・光学系、98・・・固体撮像装置、99・・・信号処理回路

50

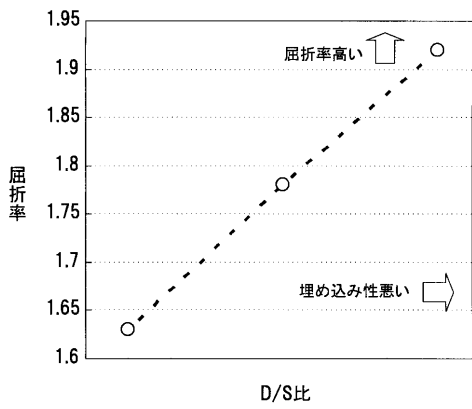
【図1】



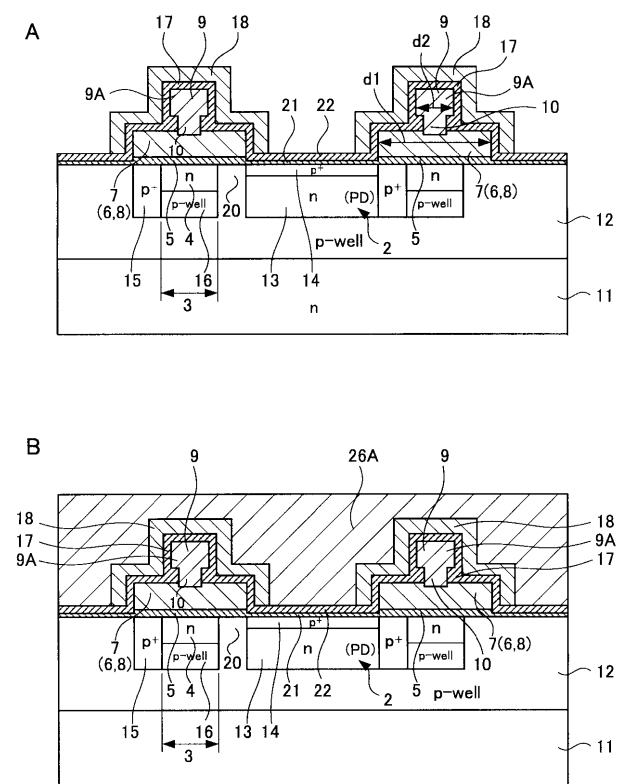
【図2】



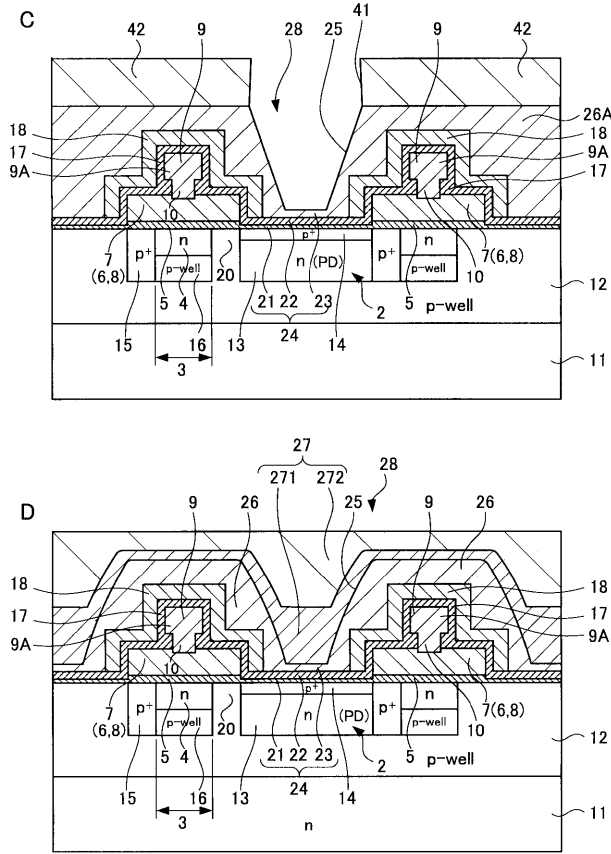
【図3】



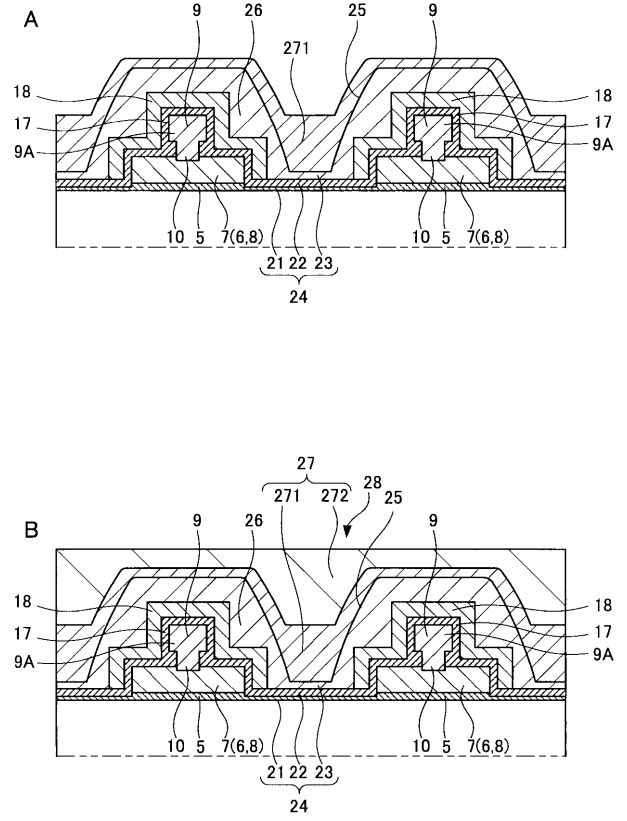
【図4】



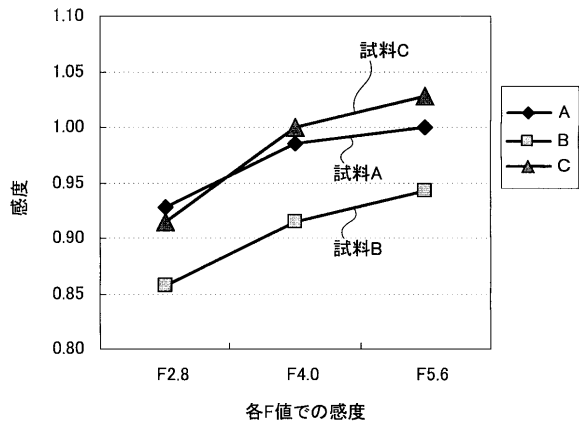
【図5】



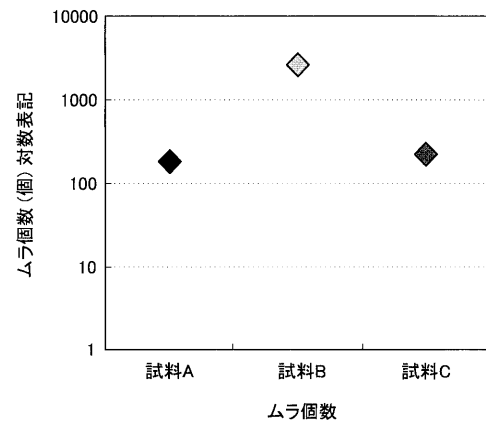
【図6】



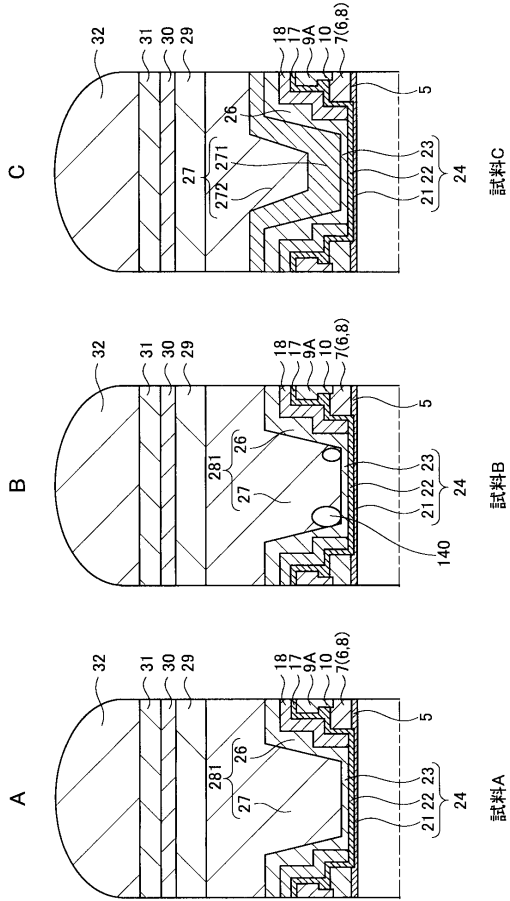
【図7】



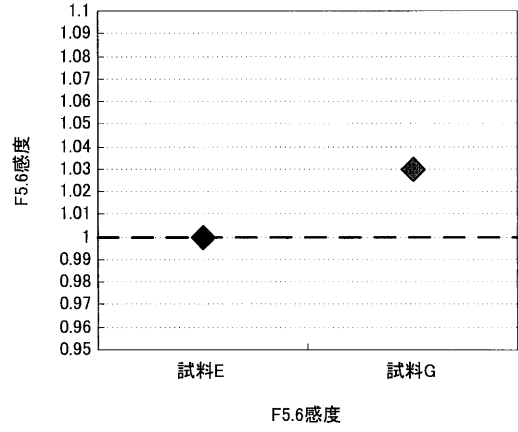
【図8】



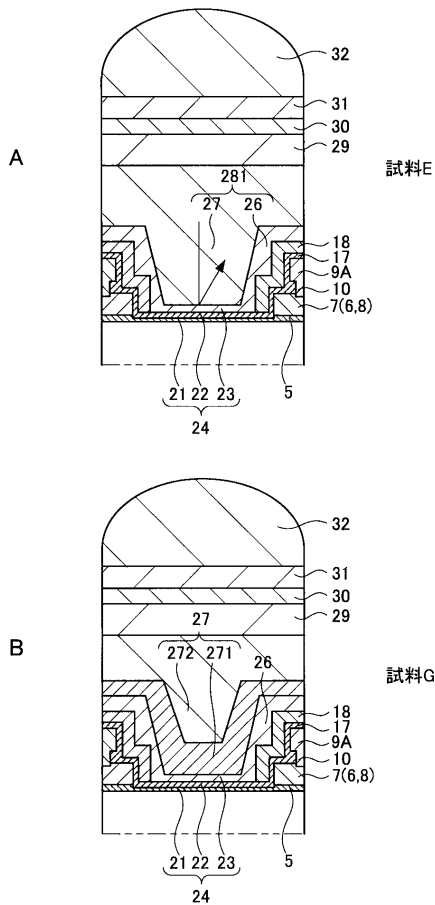
【図9】



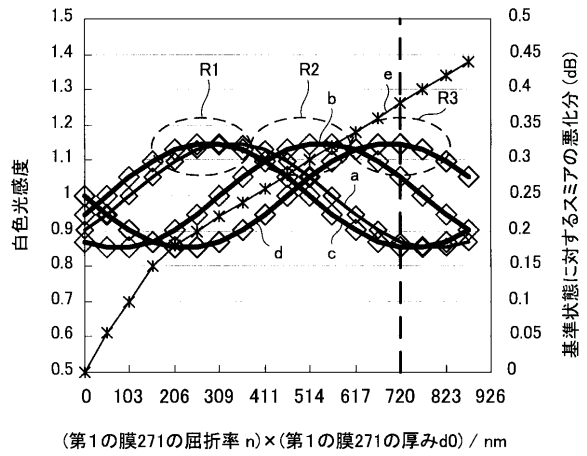
【図10】



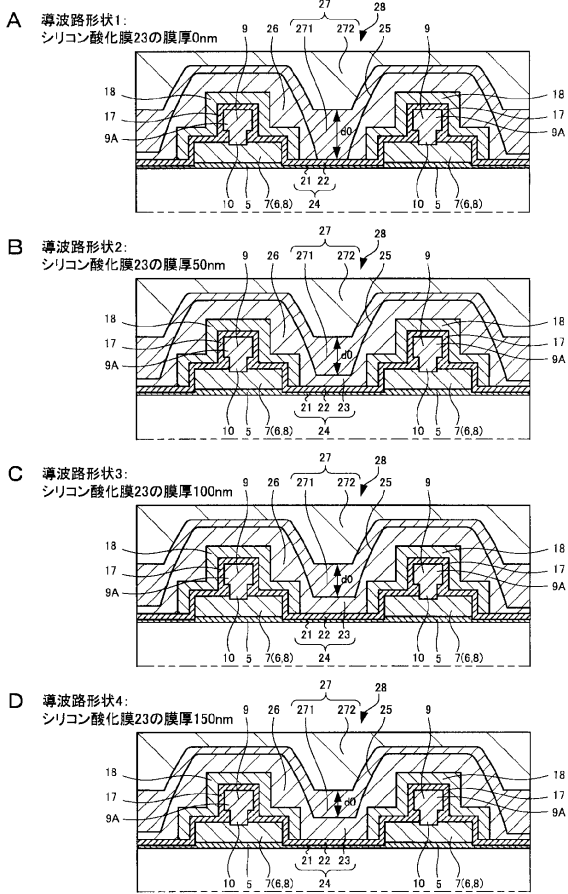
【図11】



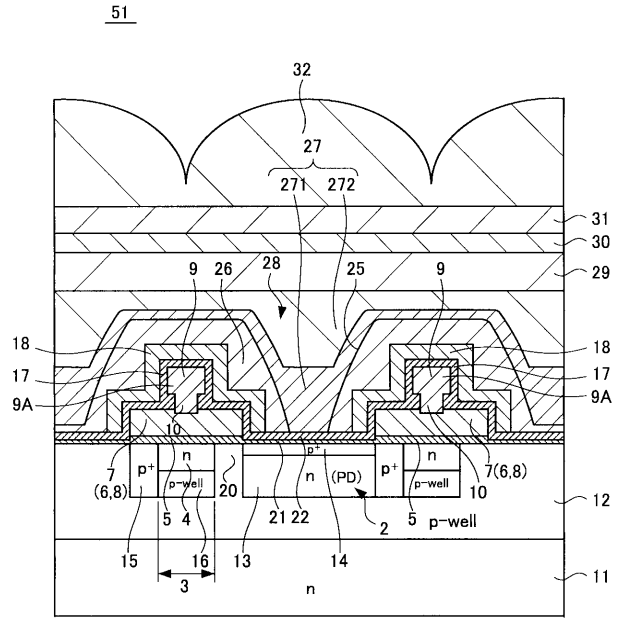
【図12】



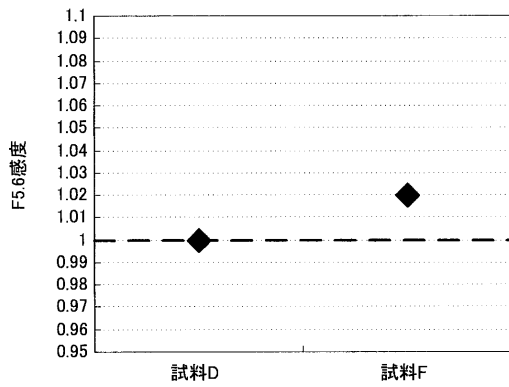
【図13】



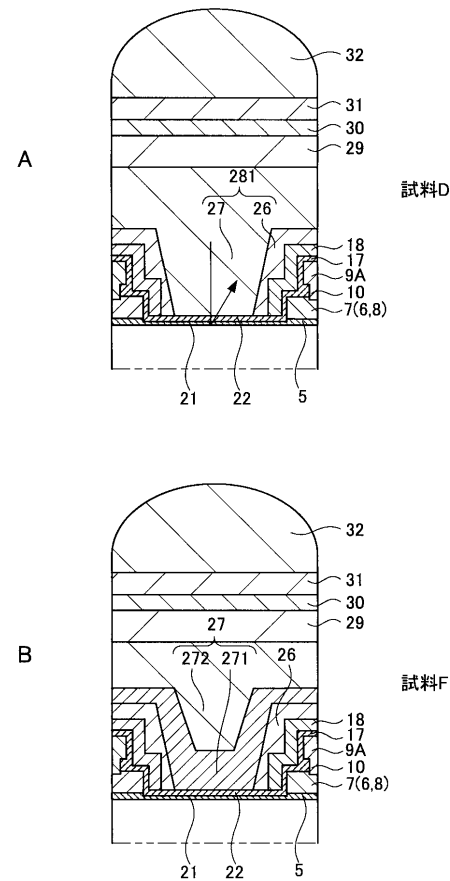
【図14】



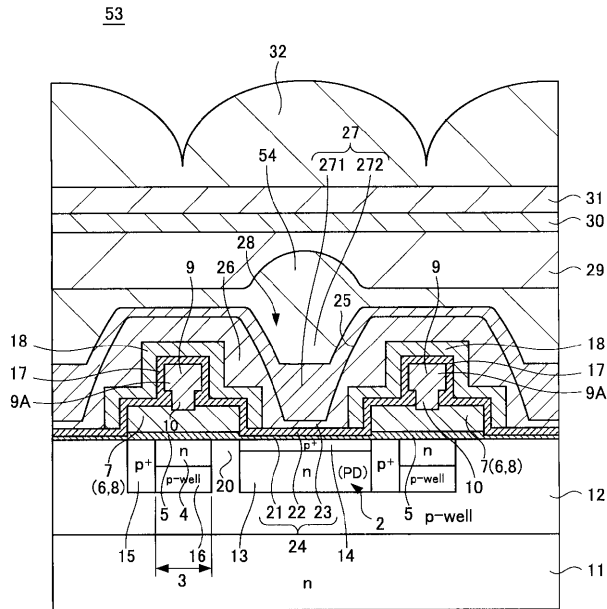
【図15】



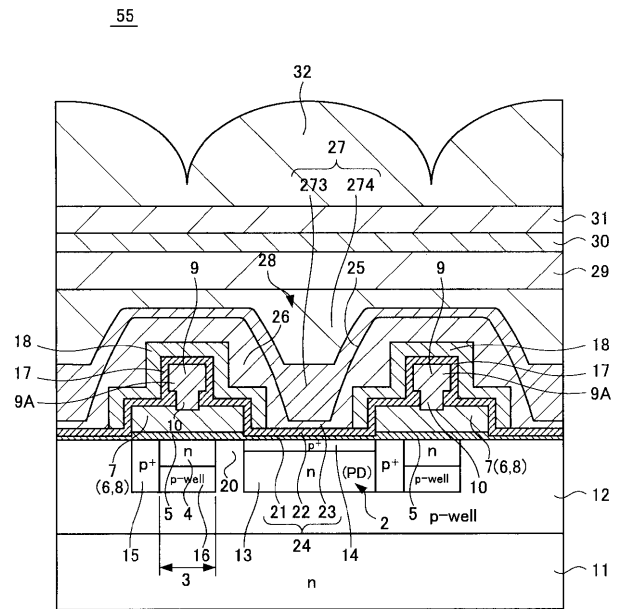
【図16】



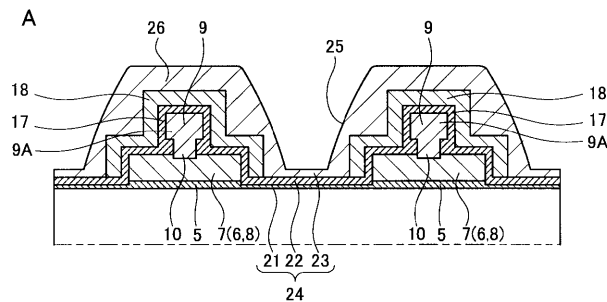
【 図 1 7 】



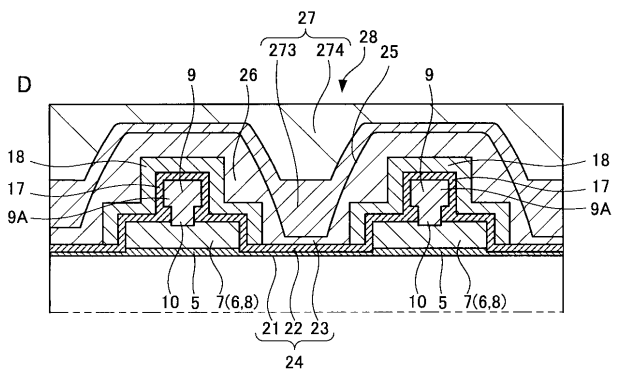
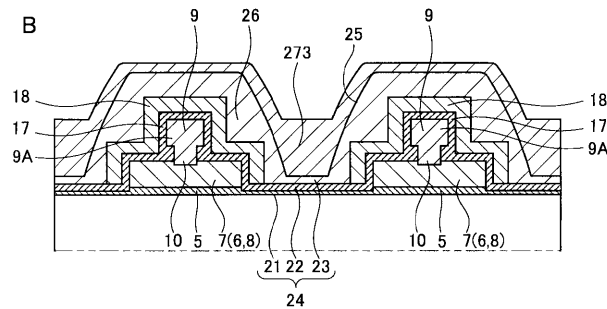
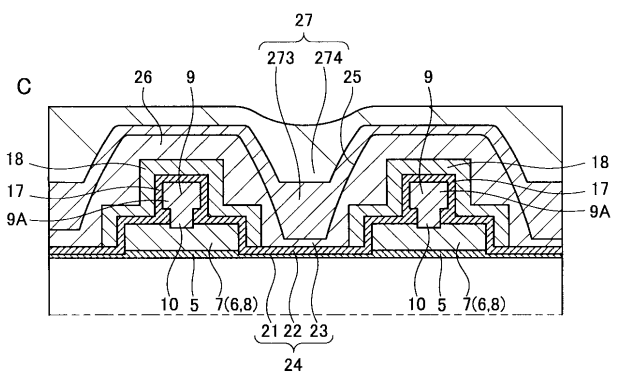
【 図 1 8 】



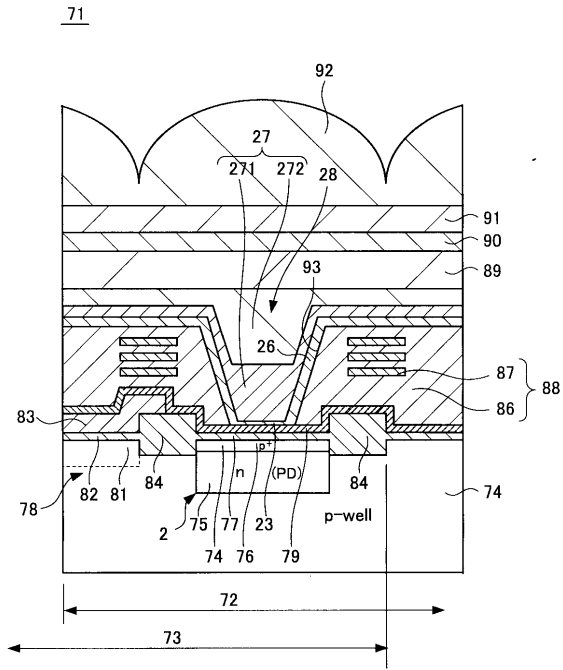
【 図 1 9 】



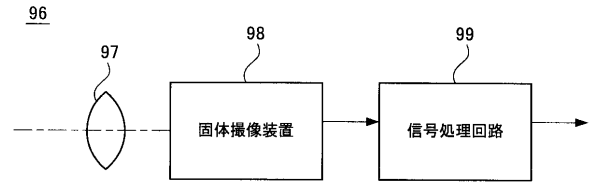
【 図 2 0 】



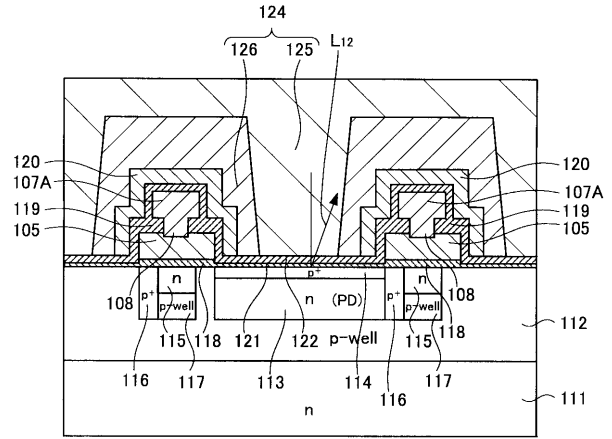
【 図 2 5 】



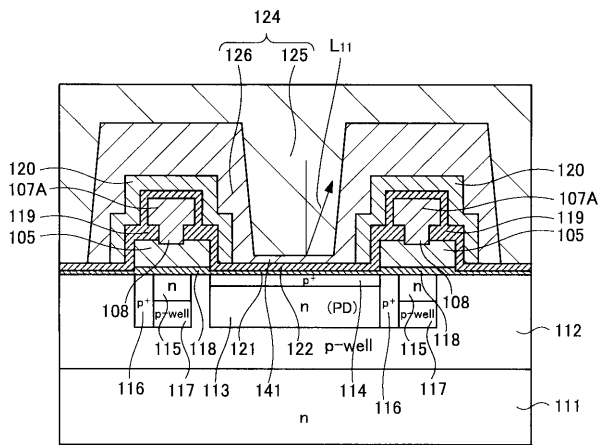
【 図 2 6 】



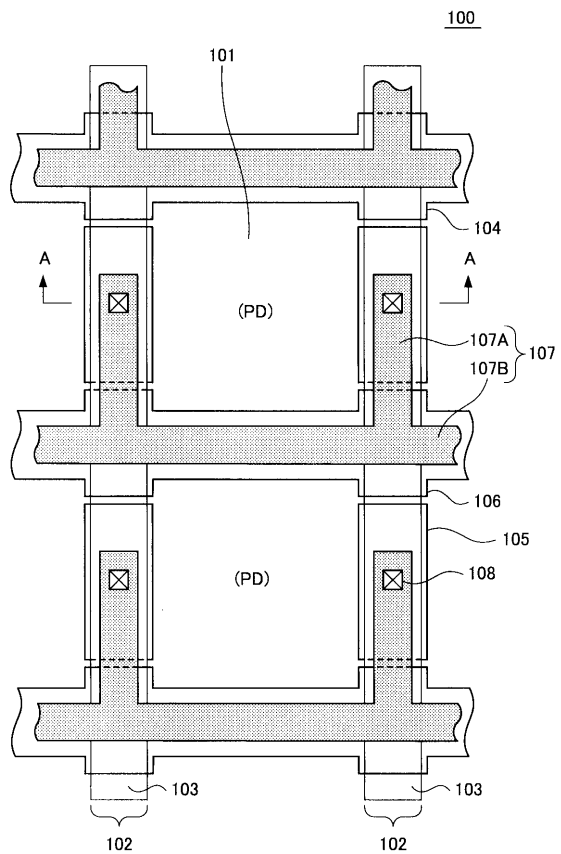
【 図 2 7 】



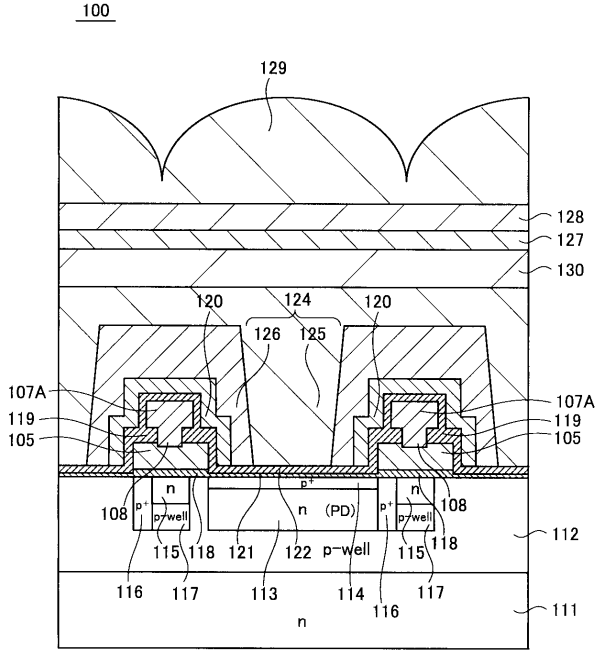
【 図 2 8 】



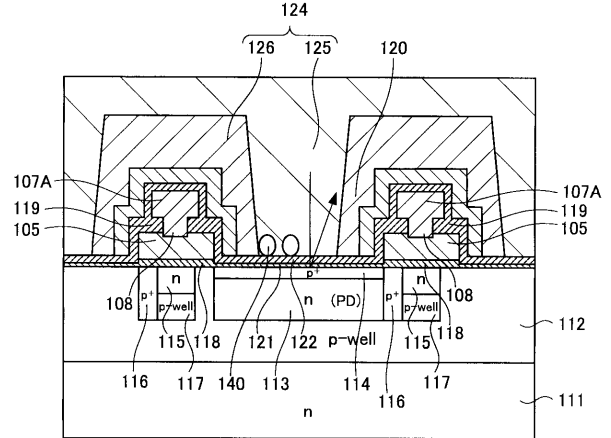
【 図 2 9 】



【図30】



【図31】



【手続補正書】

【提出日】平成21年3月5日(2009.3.5)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0099

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0099】

次に、図19Bに示すように、埋め込み性の高いHDP成膜法により、クラッド層26の溝底部をボトムアップするように、第1の膜273を成膜する。HDP成膜条件としては、例えば、温度：200～800、RFパワー：1kW～10kW、RFバイアスパワー：1kW～10kW、圧力：2mTorr～50mTorr、ガス種：SiH₄、O₂、N₂、NH₃、Ar、Heとする。このHDP成膜条件で、SiON膜もしくはSiN膜を形成する。HDP成膜法により形成するSiON膜もしくはSiN膜の屈折率は、成膜条件により1.5～1.8まで調整可能である。

フロントページの続き

(72)発明者 吉田 慎一

東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

Fターム(参考) 4M118 AB01 BA13 CA04 CA32 CA34 DA18 DA20 EA01 EA14 FA06
FA26 FA35 GA09 GB03 GB08 GC07 GD04 GD07
5C024 CX13 CX41 CY47 GX02 GY01 GY31