

(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2005-294749

(P2005-294749A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

HO 1 L 27/14  
GO 2 B 3/00  
HO 1 L 31/0232  
HO 4 N 5/335

F I

HO 1 L 27/14  
GO 2 B 3/00  
HO 4 N 5/335  
HO 1 L 31/02

テーマコード (参考)

4 M 1 1 8  
5 C 0 2 4  
5 F 0 8 8

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-111225 (P2004-111225)  
(22) 出願日 平成16年4月5日(2004.4.5)

(71) 出願人 000002185  
ソニー株式会社  
東京都品川区北品川6丁目7番35号  
(74) 代理人 100122884  
弁理士 角田 芳末  
(74) 代理人 100113516  
弁理士 磯山 弘信  
(72) 発明者 孤口 徹哉  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ  
ニー株式会社内

Fターム(参考) 4M118 AA05 AA10 AB01 BA08 BA14  
CA02 EA01 FA06 FA33 GA09  
GC07 GD04 GD07  
5C024 CX41 CY47 CY48 EX43 GX03  
5F088 AA01 BA01 BB03 EA04 GA04  
JA12 JA14

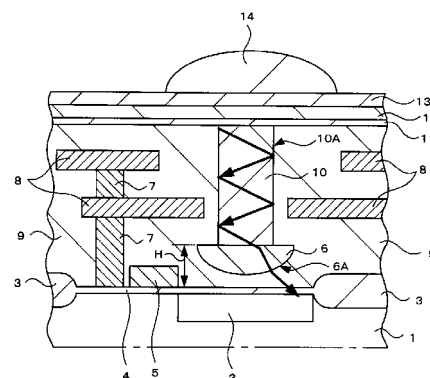
(54) 【発明の名称】 固体撮像素子

## (57) 【要約】

【課題】 容易に歩留まりよく製造することができると共に、感度等の特性が良好である構成の固体撮像素子を提供する。

【解決手段】 半導体基体1に光電変換素子が形成されて成る受光部2の上方に、この受光部2側にレンズ面6Aが形成された層内レンズ6が設けられ、層内レンズ6が周囲の層9よりも屈折率の高い材料から成り、この層内レンズ6上に接続して形成された孔部内に、この孔部の周囲の層9よりも屈折率の高い材料が充填された導波路10を設けて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】

半導体基体に光電変換素子が形成されて成る受光部を有し、  
前記受光部の上方に、前記受光部側にレンズ面が形成された層内レンズが設けられ、  
前記層内レンズが、前記層内レンズの周囲の層よりも屈折率の高い材料から成り、  
前記層内レンズ上に接続して形成された孔部内に、前記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、導波路が構成されている  
ことを特徴とする固体撮像素子。

## 【請求項 2】

前記層内レンズが窒化膜により形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像素子。 10

## 【請求項 3】

前記層内レンズの前記窒化膜がプラズマ CVD 法により形成された窒化膜であることを特徴とする請求項 2 に記載の固体撮像素子。

## 【請求項 4】

前記導波路の充填材料は、前記層内レンズの材料に対して、屈折率が同じか或いは屈折率が低いことを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

20

本発明は、固体撮像素子に係わる。

## 【背景技術】

## 【0002】

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

## 【0003】

その 1 つとして、受光部の直上の位置に孔部を形成し、この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 及び特許文献 2 参照。）。

## 【0004】

30

この導波路構造を設けた固体撮像素子の概略断面図を図 4 に示す。

シリコン基板等の半導体基体 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 の左側の半導体基体 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 を介して半導体基体 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。 40

## 【0005】

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、詳細を後述するように、導波路を構成している。

なお、図中 56 は、エッチングストップパ膜であり、絶縁層 59 に孔部を形成するエッチングの際のエッチングストップパとなるものである。

## 【0006】

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ものである。

導波路内部のコア材となる高屈折率材料層 60 がクラッド部となる絶縁層 59 に比して 50

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  $\theta$  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。

【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

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

10

しかしながら、固体撮像素子の微細化に伴い、各画素の面積が狭くなるため、それに伴い孔部の開口面積も縮小され、孔部のアスペクト比（幅と深さの比）が大きくなる。

また、例えば、図 4 に示したように多層の配線層 58 を有する構成においては、配線層 58 を覆う絶縁層 59 の高さが高くなるため、導波路が深く形成される。これによっても、孔部のアスペクト比が大きくなる。

このように孔部のアスペクト比が大きくなることにより、孔部に高屈折率材料を充填する際に埋め込み性が悪くなる。そのため、集光性の悪化や、画素の特性ばらつきが懸念される。

【0008】

また、導波路の孔部を開口するエッチングの際に、受光部 52 付近の半導体基体 51 等にダメージを与えてしまうことがあり、これが白点の発生原因となる。

20

【0009】

そこで、このエッチングによるダメージを回避するため、導波路の孔部を半導体基体 51 付近まで形成せず、エッチングを途中で止めて、導波路の底面を高くして受光部（フォトダイオード）52 から離すことが考えられる。

しかし、この場合には、導波路から放出される斜め光が、受光部（フォトダイオード）52 に集光されなくなるおそれがある。

【0010】

また、導波路への集光率を上げるために、導波路の径を広げることが考えられる。

この場合にも、導波路の径を広げたことにより、導波路から放出される斜め光が受光部（フォトダイオード）52 に集光されなくなるおそれがある。

30

【0011】

これらの場合のように、導波路から放出される斜め光が、受光部（フォトダイオード）52 に集光されなくなると、図 4 中矢印 71 で示すように隣接するゲート電極 55 に拡散したり、素子分離領域 53 に拡散したりするため、感度向上の効果が充分に得られなくなる。

【0012】

上述した問題の解決のために、本発明においては、容易に歩留まりよく製造することができると共に、感度等の特性が良好である構成の固体撮像素子を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

40

【0013】

本発明の固体撮像素子は、半導体基体に光電変換素子が形成されて成る受光部を有し、この受光部の上方に、この受光部側にレンズ面が形成された層内レンズが設けられ、この層内レンズが、その周囲の層よりも屈折率の高い材料から成り、この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、導波路が構成されているものである。

【0014】

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、この受光部側にレンズ面が形成された層内レンズが設けられ、この層内レンズが、その周囲の層よりも屈折率の高い材料から成ることにより、層内レンズの受光部側のレンズ面で入射光を集光させて、

50

受光部へ入射させることができる。

さらに、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、導波路が構成されているので、導波路をコア部、周囲の層をクラッド部として作用させ、入射光を導波路の外壁で反射させて、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に入射させることができる。

#### 【0015】

そして、導波路の下に接続して層内レンズがあるため、導波路と受光部との間の垂直距離を広げることができ、また導波路の孔部をエッチングにより形成する際のエッチングの終点は層内レンズの上になる。これにより、受光部付近の半導体基体に対するダメージを抑制することができる。

10

同時に、導波路の深さを低減して、アスペクト比を低減することができるため、導波路の充填材料の埋め込み性を向上させることができる。

#### 【0016】

また、上記本発明の固体撮像素子において、層内レンズが窒化膜により形成されている構成とすることも可能である。

このような構成としたときには、窒化膜が高屈折率材料である（例えばシリコン窒化膜では、屈折率  $n = 2.0$  である）ことから、上述した集光効果が得られる。

#### 【0017】

20

また、上記本発明の固体撮像素子において、層内レンズの窒化膜がプラズマCVD法により形成された窒化膜である構成とすることも可能である。

このような構成としたときには、プラズマCVD法により形成した窒化膜が水素を多く含有しているため、製造の際に、窒化膜から受光部の半導体基体に水素を供給することが可能になる。これにより、ダングリングボンドを終端させて、界面準位の発生を抑制し、白点の発生を抑制することが可能となる。

#### 【0018】

また、上記本発明の固体撮像素子において、導波路の充填材料が、層内レンズの材料に対して、屈折率が同じか或いは屈折率が低い構成とすることも可能である。

このような構成としたときには、導波路と層内レンズの境界面で入射光が反射しないようにすることができるため、その分受光部へ向かう入射光を増やして感度を向上することができる。

30

#### 【発明の効果】

#### 【0019】

上述の本発明によれば、層内レンズ及び導波路の各作用によって入射光の集光度を高めて、より多くの入射光を受光部に入射させることができるため、感度を向上することができる。

また、受光部付近の半導体基体に対するダメージを抑制することができるため、半導体基体に対するダメージに起因する白点の発生を抑制することができる。

従って、良好な特性を有する固体撮像素子を実現することができる。

40

#### 【0020】

また、本発明によれば、導波路の充填材料の埋め込み性を向上させることができるため、容易に良好な特性を有する固体撮像素子を製造することができ、製造歩留まりを向上することが可能になる。

従って、信頼性の高い固体撮像素子を実現することができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0021】

本発明の一実施の形態として、固体撮像素子の概略構成図（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。

50

## 【0022】

この固体撮像素子は、シリコン基板等の半導体基体1の素子分離層3によって分離された領域に、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。

この受光部（フォトダイオード）2の左側の半導体基体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を介して半導体基体1に接続された、2層の配線層8が設けられている。

これら2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）11、平坦化膜12、カラーフィルタ13、オンチップレンズ14が形成されている。

10

## 【0023】

本実施の形態においては、受光部2の上方に、層内レンズ6を設けている。

この層内レンズ6は、受光部2側に下に凸の曲面から成るレンズ面6Aが形成され、周囲の絶縁層9よりも屈折率の高い材料から成る。

層内レンズ6の材料としては、例えば、シリコン窒化膜（屈折率 $n = 2.0$ ）等の窒化膜を用いることができる。

そして、窒化膜として、特に、プラズマCVD法により形成された窒化膜を用いることにより、後述するように、水素供給によって白点の発生を抑制する効果が得られる。

## 【0024】

また、本実施の形態においては、特に、層内レンズ6上に接続して導波路10を設けている。

20

この導波路10は、層内レンズ6の上方の絶縁層9に形成された孔部内に、周囲の絶縁層9よりも屈折率の高い材料が充填されて成る。

導波路10の充填材料としては、例えば、ポリイミド系樹脂（屈折率 $n = 1.7$ ）等の比較的屈折率の高い樹脂を用いることができる。

## 【0025】

この導波路10を設けたことにより、内部が周囲の絶縁層9よりも屈折率が高いため、導波路10の内部を光を伝達させるコア部、周囲の絶縁層9をクラッド部として作用させ、図1中矢印で示すように、導波路10の外壁面10Aにおいて、入射光を反射させることができる。これにより、入射光を受光部2の方へ導くことができる。

30

## 【0026】

また、導波路10の充填材料（光伝達コア材料）は、層内レンズ6を構成する材料、例えばプラズマシリコン窒化膜（ $n = 2.0$ ）よりも屈折率が低い材料とすることが望ましい。

これにより、導波路10と層内レンズ6との境界面で、入射光が反射して上方に戻ってしまわないようにすることが可能になる。

## 【0027】

図4に示した構成では、導波路60の底部において、導波路60の孔部に充填された材料よりも屈折率が低い絶縁層59内に向けて光が放出される。このため、臨界角以上の斜め光が、図4中矢印72で示すように、導波路60の底部の界面においても全反射して、導波路60の上部に向けて戻ってしまうことになる。

40

これに対して、本実施の形態の構成では、導波路10の下に層内レンズ6が接続され、この層内レンズ6が導波路10の充填材料のポリイミド系樹脂よりも屈折率の高いシリコン窒化膜から成るため、導波路10と層内レンズ6との界面での反射を生じないようにすることができる。

## 【0028】

また、図4に示した構成において、導波路の充填材料にポリイミド系樹脂を用いると、ポリイミド系樹脂の金属含有量がレジスト等他の樹脂と比べて多いため（例えばナトリウムの含有量が $0.4 \text{ ppm}$ ）、フォトダイオード52の表面に金属の拡散が起こり、その結果、白点が増加することが懸念される。

50

これに対して、本実施の形態の構成では、フォトダイオード 2 と導波路 10 との間に層内レンズ 6 があることから、導波路 10 の充填材料にポリイミド系樹脂を用いても、層内レンズ 6 のシリコン窒化膜により金属の拡散を抑制することが可能である。これにより、金属の拡散に起因する白点の発生を抑制することが可能になる。

【0029】

なお、層内レンズ 6 の材料と導波路 10 の充填材料とを同じ材料としても構わない。

ただし、その場合、上述した金属の拡散を抑制すると共に、良好な埋め込み性を有することが望ましいため、材料がさらに制限されたり、製造工程に工夫を要したりする。

【0030】

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。

10

まず、従来の製造方法と同様にして、例えばシリコン層から成る半導体基体 1 内にフォトダイオード 2 を、半導体基体 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等の絶縁層 21 を形成する（以上図 2 A 参照）。

【0031】

次に、絶縁層 21 に、等方性エッチングにより、図 2 B に示すように、層内レンズを形成するための凹型溝（凹面）21 A を形成する。このエッチングは、例えばダウンフロープラズマを用いて、 $C_4F_8$ 、 $O_2$ 、Ar 等のガスを用いる。

【0032】

20

次に、プラズマ CVD 法により、プラズマシリコン窒化膜を全面に形成する。このとき、例えば、シランガス（ $SiH_4$ ）及び窒素ガスを用いる。

その後、エッチバック法により、絶縁層 21 の表面までプラズマシリコン窒化膜を削って、図 2 C に示すように、絶縁層 21 の凹型溝（凹面）21 A 上に層内レンズ 6 を形成する。このとき、例えば、エッチングガスとして  $CH_2F_2$ 、 $O_2$ 、Ar 等のガスを用いる。

さらに、アニール（例えば 400）を行って、層内レンズ 6 を構成するプラズマシリコン窒化膜から、受光部 2 の半導体基体 1 へ水素 22 を供給する。

【0033】

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、全体を絶縁層で覆う。これにより、図 2 D に示すように、層内レンズ 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。

30

【0034】

次に、図 3 E 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 23 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 RIE（反応性イオンエッチング）により行う。

このとき、層内レンズ 6 のプラズマシリコン窒化膜がエッチングストップとして作用する。そして、絶縁層（例えば酸化シリコン）9 と層内レンズ（プラズマシリコン窒化膜）6 との間で、10 程度のエッチング選択比を確保することが可能である。

【0035】

40

次に、孔部を埋めて、導波路の充填材料の透明膜を形成する。例えば、塗布法によりポリイミド系樹脂を孔部に埋め込む。

続いて、エッチバック法又は CMP（化学的機械的研磨）法により、透明膜を絶縁層 9 の表面まで全面的に除去して、グローバル平坦化処理を施す。これにより、孔部内のみに透明膜が残り、導波路 10 が形成される（以上図 3 F 参照）。

【0036】

その後は、従来の製造方法と同様にして、パッシベーション膜（保護膜）11、平坦化膜 12、カラーフィルタ 13、オンチップレンズ 14 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。

【0037】

50

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６Ａが形成された層内レンズ６が設けられ、この層内レンズ６が周囲の絶縁層６よりも屈折率の高い材料（例えば窒化シリコン膜）から成ることにより、レンズ面６Ａ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。

【００３８】

さらに、層内レンズ６上に接続して、周囲の絶縁層９よりも屈折率の高い材料が充填されて成る導波路１０を設けていることにより、導波路１０をコア部、周囲の絶縁層９をクラッド部として作用させ、入射光を導波路１０の外壁１０Ａで反射させて、受光部２へ導くことが可能になる。

【００３９】

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。

これにより、感度の向上を図ることが可能になる。

【００４０】

また、層内レンズ６上に接続して導波路１０を設けているので、導波路１０の直下に接続して層内レンズ６があり、層内レンズ６によって導波路１０と受光部２との間の垂直距離Ｈを広げることができる。そして、導波路１０の孔部をエッチングにより形成する際のエッチングの終点は、層内レンズ６の上になる。

これにより、受光部２付近の半導体基体１に対するダメージを抑制することができる。

同時に、層内レンズ６の分だけ導波路１０の深さを低減することができ、孔部のアスペクト比を低減することができるため、導波路１０の充填材料の埋め込み性を向上させることができる。

【００４１】

さらに、層内レンズ６の材料を、プラズマＣＶＤ法により形成した窒化膜とすることにより、窒化膜が絶縁層９に用いられる酸化膜よりも高い屈折率を有する（例えばシリコン窒化膜で屈折率 $n = 2.0$ ）ことにより、上述した集光効果が得られる。また、プラズマＣＶＤ法により形成した窒化膜は、水素の含有量が多いため、製造の際に受光部２付近の半導体基体１へ水素を供給することが可能になる。

これにより、ダングリングボンドを終端させて、白点の発生を抑制することができる。

【００４２】

さらにまた、導波路１０の充填材料を、層内レンズ６の材料に対して、屈折率が同じか屈折率が低い材料とすることにより、導波路１０と層内レンズ６との境界面における反射を抑制することができ、斜めに入射した光に対しても、受光部２へ向けて集光させて、受光部２への集光率を向上させることができる。

【００４３】

即ち、本実施の形態の固体撮像素子によれば、高い感度を有し、白点の発生が少なく、良好な特性を有する固体撮像素子を実現することができる。

また、容易に良好な特性を有する固体撮像素子を製造することができ、製造歩留まりを向上することが可能になる。

従って、信頼性の高い固体撮像素子を実現することができる。

【００４４】

なお、層内レンズを形成する方法は、図２Ｂ～図２Ｃに示した等方エッチングにより凹面を形成する方法に限定されるものではなく、その他の方法により層内レンズを形成することも可能である。

例えば、ＰＳＧ（リン珪酸ガラス）やＢＰＳＧ（ボロン・リン珪酸ガラス）等により、配線層等の段差を利用して凹部を形成し、さらにリフローさせて凹部の曲面の形状を整えてレンズ面を形成した後に、この凹部内に窒化膜等の屈折率の高い材料を埋めて層内レンズとする方法がある。

【００４５】

また、層内レンズの上面（受光部とは反対側の面）は、図１に示した平面に限られるも

10

20

30

40

50

のではなく、例えば集光性を高めるために、上側に凸の曲面としてもよい。

【 0 0 4 6 】

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できる。

例えばＣＣＤ固体撮像素子にも、本発明を適用することが可能である。

いずれの構成の固体撮像素子においても、本発明を適用して、受光部の上方に層内レンズを設け、この層内レンズ上に接続して導波路を設けることにより、本発明の効果が得られる。

【 0 0 4 7 】

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。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 8 】

【図 1】本発明の一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】Ａ～Ｄ 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】Ｅ、Ｆ 図 1 の固体撮像素子の製造方法を示す工程図である。

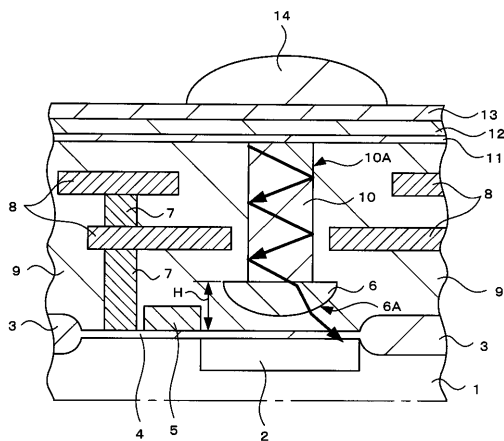
【図 4】受光部上に導波路構造を設けた固体撮像素子の概略断面図である。

【符号の説明】

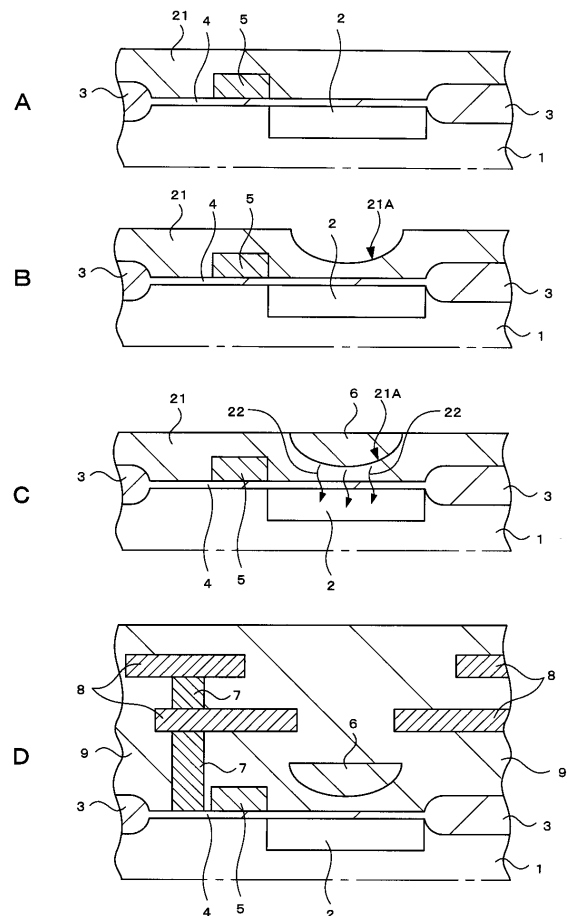
【 0 0 4 9 】

１ 半導体基体、２ フォトダイオード（受光部）、３ 素子分離層、４ ゲート絶縁膜、５ 転送ゲート電極、６ 層内レンズ、７ コンタクト層、８ 配線層、９ 絶縁層、１０ 導波路、１３ カラーフィルタ、１４ オンチップレンズ

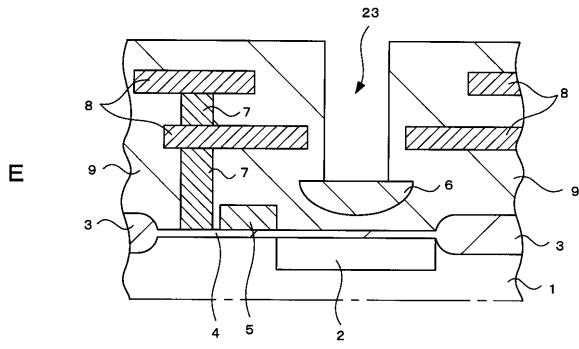
【図 1】



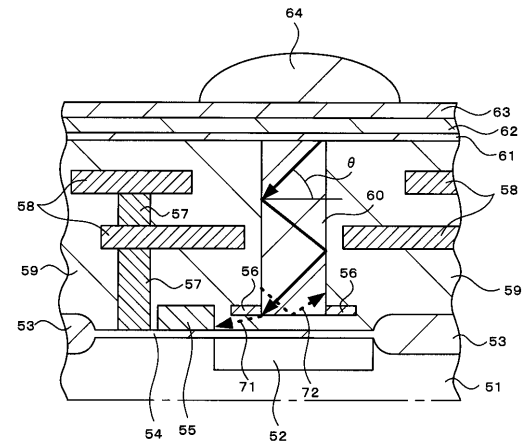
【図 2】



【図 3】



【図 4】

**F**