

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3680512号
(P3680512)

(45) 発行日 平成17年8月10日(2005.8.10)

(24) 登録日 平成17年5月27日(2005.5.27)

(51) Int.CI.⁷

F 1

H01L 27/14

H01L 27/14

D

H04N 9/07

H04N 9/07

A

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-222651
 (22) 出願日 平成9年8月19日(1997.8.19)
 (65) 公開番号 特開平10-256518
 (43) 公開日 平成10年9月25日(1998.9.25)
 審査請求日 平成16年4月6日(2004.4.6)
 (31) 優先権主張番号 特願平9-2270
 (32) 優先日 平成9年1月9日(1997.1.9)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 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
 (74) 代理人 100080883
 弁理士 松隈 秀盛
 (72) 発明者 上野 英浩
 鹿児島県国分市野口北5番1号 ソニー国
 分株式会社内
 (72) 発明者 岡崎 雄一
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
 ニー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体撮像素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

開口部を有する受光部が画素として形成されて成る固体撮像素子において、
 上記受光部の上記開口部上に低反射の膜が設けられ、
 上記受光部に入射する光が、画素毎にそれぞれ選定された複数の色であり、
 各画素毎に、上記受光部に入射する光の色に対応して、上記受光部への透過光を増幅さ
 せるように、上記低反射の膜が異なった屈折率の複数膜で形成され、各画素毎に、上記受
光部に入射する光の色に対応して、上記低反射の膜の屈折率を変えている
 ことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項2】

各画素毎に、上記受光部に入射する光の色に対応して、上記低反射の膜の膜厚及び屈折
 率を変える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】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えばCCD固体撮像素子等の開口部を有する受光部を形成した固体撮像素子
 に係わる。

【0002】

【従来の技術】

固体撮像素子において、その光学系が1/3インチ或いは1/4インチと小さくなる傾向

があり、固体撮像素子の小型化及び画素数の増加に対応して、受光部の開口が小さくなっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ここで、感度を向上させる目的で受光部の開口を拡大させると、電荷転送部への光の入射によるスミアが発生がしやすくなることから、受光部の開口を大きくするには限界がある。

【0004】

また、入射光から受光部の光電変換により得た信号電荷を電気的に増幅することにより感度を向上させようとすると、信号値に対するノイズの影響も大きくなり S / N 特性が悪化する。

【0005】

また、素子の製造において半導体基板の結晶欠陥や製造工程における汚染等に起因して発生する白点について、現在もまだ完全に制御できていない微小な白点、及びこれまで不良とならなかったレベルの白点の影響を大きく受けることにより、歩留まりが小さくなってしまう等の問題がある。

【0006】

上述した問題の解決のために、本発明においては、S / N 特性及び感度を向上させ、また歩留まり良く製造できる固体撮像素子を提供するものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の固体撮像素子は、開口部を有する受光部が画素として形成されて成り、受光部の開口部上に低反射の膜が設けられ、この受光部に入射する光が、画素毎にそれぞれ選定された複数の色であり、各画素毎に、受光部に入射する光の色に対応して、この受光部への透過光を増幅させるように、低反射の膜が異なった屈折率の複数膜で形成され、各画素毎に、受光部に入射する光の色に対応して、低反射の膜の屈折率を変えているものである。

【0009】

上述の本発明の構成によれば、受光部上に低反射の膜を設けたことにより、受光部への入射光が反射される割合が低減され、反射して受光部から外に逃げてしまう光の割合を低減し、受光量を多くすることができる。従って、固体撮像素子の感度を向上させることができる。

また、受光部に入射する光が画素毎に選定された複数の色で、この色に対応して受光部への透過光を増幅させるように各画素毎に、受光部に入射する光の色に対応して低反射の膜の屈折率を変えていることにより、それぞれの色毎に感度を最適化することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】

本発明は、開口部を有する受光部が画素として形成されて成り、受光部の開口部上に低反射の膜を設け、受光部に入射する光が、画素毎にそれぞれ選定された複数の色であり、各画素毎に、受光部に入射する光の色に対応して、この受光部への透過光を増幅させるように、低反射の膜が異なった屈折率の複数膜で形成され、各画素毎に、上記受光部に入射する光の色に対応して、上記低反射の膜の屈折率を変えている固体撮像素子である。

【0014】

また本発明は、上記固体撮像素子において、各画素毎に、受光部に入射する光の色に対応して、低反射の膜の膜厚及び屈折率を変える構成とする。

【0018】

以下、図面を参照して本発明の固体撮像素子の実施の形態を説明する。

図 1 に示す C C D 固体撮像素子 1 は、受光部を構成する光電変換を行うフォトセンサ 2 と垂直転送 C C D レジスタ 3 とからなる撮像領域 4 と垂直転送 C C D レジスタ 3 から転送された信号電荷を出力部 6 に転送する水平転送 C C D レジスタ 5 からなっている。

【0019】

図2は、図1のCCD固体撮像素子1の撮像領域4の拡大図である。

入射する光を受光するフォトセンサからなる受光部2に形成された、例えばA1からなる遮光膜の開口による開口部7と、多結晶シリコンからなる読み出し・転送を行う転送電極8(8a, 8b)とを有するCCD固体撮像素子1において、開口部7上に、反射を抑える低反射膜9(9a, 9b, 9c, 9d)を設けている。

この低反射膜9を設けることにより感度向上を行うことができる。

【0020】

この図2の実施の形態では、垂直転送レジスタ3と並行して垂直方向に延在して低反射膜9が設けられ、各フォトセンサ2上の例えば補色系のマゼンタ、シアン、イエロー、グリーンの4色からなるカラーフィルター(図示せず)の色に対応して、後述するように膜厚や屈折率をそれぞれ変えた4種類の低反射膜9a, 9b, 9c, 9dが設けられている。尚、垂直方向に隣接するフォトセンサ2間の低反射膜の膜厚や屈折率等の条件は任意であるが、図2においては4種の低反射膜の内の1種(9c)と同じ条件としている。

また、図示しないが各素子の受光部7のフォトセンサ2上には、カラーフィルター及びオンチップレンズ等が形成される。

【0021】

さらに、図3Aに図2の水平方向(いわゆるH方向)、図3Bに図2の垂直方向(いわゆるV方向)の断面図を示す。

半導体基板10には、図示しないが、電荷蓄積部11を構成する半導体領域、垂直転送レジスタ3を構成する転送チャネル領域、読み出しへゲート部12、チャネルトップ領域などが形成されている。

【0022】

この半導体基板10の表面に、一部がゲート絶縁膜となる絶縁膜13が形成されており、この絶縁膜13を介して転送チャネル領域及び読み出しへゲート部12上に転送電極8が形成され、この転送電極8を覆って層間絶縁層14が全面的に形成される。転送電極8、絶縁膜13及び転送チャネル領域によって、CCD構造の垂直転送レジスタ3が構成される。層間絶縁層14の上に、受光部2を除く他部への光を遮断する遮光膜15、保護膜16が順次形成されてなり、その上に平坦化膜17が形成されてなる。遮光膜15は、例えば金属等により形成され、この遮光膜15の受光部2に対応する部分には、開口がなされ、この開口が受光部2の開口部7に相当している。

平坦化膜17の上には、特定の色の光を透過させるカラーフィルター20、及び球面状に加工されて光を集光するオンチップレンズ21が形成される。

【0023】

そして、本実施の形態においては、前述のように低反射膜9を受光部2の開口部7上に形成するが、この低反射膜9は、絶縁膜13と保護膜16との間に形成され、水平方向においては開口部7上に、垂直方向においては転送電極8上の層間絶縁層14上にこれを覆って形成される。

【0024】

また、保護膜16、特に後述する上層保護膜19(図4参照)にプラズマCVDにより形成されたSiN(プラズマに起因して水素を含む)を用いたり、遮光膜15に水素を含有したA1等を用いることにより、低反射膜9の上層に水素を供給する膜を形成してもよい。

これにより、半導体基板10へ水素を供給して、半導体基板10とその上の絶縁膜13との界面に存在する界面準位を低減することができる。

【0025】

従来は、開口部付近の拡大図を図8に示すように、CCD固体撮像素子のフォトセンサ2の開口部7において、入射光L_Fがカラーフィルター20、平坦化膜17、上層保護膜19、PSG(リン珪酸ガラス)透明保護膜からなる下層保護膜18、SiO₂等からなる絶縁膜13を通って、半導体基板10内で入射光L_Fの約25%程度が反射されて反射光

10

20

30

40

50

L_R となっている。

【0026】

本実施の形態においては、特に、開口部付近の拡大図を図4Aに示すように、絶縁膜13と下層保護膜18及び上層保護膜19から構成される保護膜16との間に、低反射膜9を設けることにより、感度を向上させることができる。

【0027】

エネルギー的には、膜透過や反射等においてエネルギーの減衰がないならば、入射光 L_F のエネルギー = 透過光 L_T のエネルギー + 反射光 L_R のエネルギーという関係が成り立つ。

【0028】

低反射となる膜厚は、入射光 L_F の波長に依存して変化する。

これは、薄膜においての光の干渉と同様に、膜の屈折率及び入射光 L_F の色（波長）により変化する。

代表的な要素としては、入射光 L_F と半導体基板10での反射光 L_R との光路差が位相の遅れとなり得る。そして、透過光 L_F の増幅となる位相差 Δ は、低反射膜9やSiO₂からなる絶縁膜13では、の偶数倍である。

これは、入射光 L_F と、低反射膜9の上面（保護膜16と接する面）での反射光で半導体基板10に入射する光とがなす位相差によるものである。

【0029】

即ち、次の式1の関係が成り立つ。

【0030】

【式1】

$$\begin{aligned} \text{位相差 } \Delta &= [\{ (3nd) / (\lambda \cdot \cos \theta) \} \times 2 - \{ (nd) / (\lambda \cdot \cos \theta) \} \times 2] \times m \\ &= \{ (2nd) / (\lambda \cdot \cos \theta) \} \times 2m \\ n &: \text{膜の屈折率} \\ d &: \text{膜厚} \\ \lambda &: \text{波長} \\ \theta &: \text{半導体基板法線と入射光がなす入射角} \\ m &: \text{自然数} \end{aligned}$$

【0031】

実際には半導体基板10上の絶縁膜13、上層保護膜19等の多層膜構造による多重反射、オンチップレンズによる集光状態等により膜厚と波長の変化は複雑になっている。

【0032】

上述の実施の形態では、作業効率の点から単層の同一屈折率の低反射膜9を設けている。単層の同一屈折率の低反射膜9とした場合には、特定の色のみ増幅して、その他の色については、色によっては逆に減少効果を生じる可能性がある。

【0033】

そこで、例えば図2に示したように、入射光 L_F の色毎即ちセンサ2毎に同一屈折率を有する膜であるならば色に対応して膜厚を変える。図2では補色市松の配列に対して膜厚を変える場合を示している。

【0034】

また、異なった屈折率を有する膜を用いて、これを2層に重ねて組み合わせ、それぞれの色で感度を向上させることもできる。この場合の開口部付近の拡大図を図4Bに示す。この場合には、低反射膜9が、第1低反射膜9Xと第2低反射膜9Yとの積層によって構成されている。

【0035】

例えば第1低反射膜9Xが屈折率 n_A 、第2低反射膜9Yが屈折率 n_B であるとき、 $n_A > n_B$ であれば、図4Bに示すように、例えば屈折率が大きい第1の低反射膜を下に配置して積層形成した場合にも、色によりそれぞれの低反射膜9X, 9Yの膜厚を変化させ

10

20

30

40

50

て感度を向上させることができる。

尚、屈折率の大きい低反射膜9Xと、屈折率が小さい低反射膜9Yとの積層順序は、特に限定されることなく、例えば図4と逆の積層順序でも良い。好ましくは、より良好な信号が得られるような積層順序にする。

【0036】

このように本発明によれば、膜厚や配置に関わらず、色に対応した低反射膜9を用いることで感度を向上させることができる。

【0037】

次に、具体的な実施例として、低反射膜9として減圧CVDによって形成したSiN膜を用いた場合について示す。

このとき膜構造としては、図4Aにおいて、低反射膜9の膜厚が40nm程度、絶縁膜13の膜厚が350nm程度である。

低反射膜9に関しては、半導体基板10と絶縁膜13において、この構造で低反射膜9の膜厚が40nmとすれば、入射光波長600nm～620nmで極小となる反射率が1～2%となつた。

【0038】

また、低反射膜9の膜厚が30nmの場合は、極小の波長は500nm付近であった。

そこで、低反射膜9を例えば減圧CVDで形成したSiN膜により形成し、例えば原色のカラーフィルター20を設けている場合には、赤色に対して低反射膜を45nm程度、緑色に対して低反射膜を35nm程度、青色に対して低反射膜を25nm程度の膜厚で形成すると、それぞれの色に対して最大の感度が得られることになる。

【0039】

また、これと同様に、3板式（レンズからの入射光をプリズム等でR,G,B等の色別に分解し各色別に個別のCCDを設けるタイプ）のCCD固体撮像素子において、それぞれの色に対して上記の膜厚でそれぞれ3つのCCD固体撮像素子を製造することによって感度を向上させることもできる。

【0040】

図4Bに示した異種の屈折率の低反射膜9X,9Yの組み合わせの場合も、同様に波長に対して最小の反射率となる屈折率、膜厚の組み合わせを選ぶことができる。

【0041】

また、カラーフィルター20として補色系のカラーフィルター20を用いる場合には、分光により膜厚を変化させて調整することが可能となる。

特に緑色において感度向上の効果が大きいので、緑色に対しては35nm程度、その他の色に対しては、分光に合わせて膜厚を調整する。これにより、各色においてそれぞれ感度を向上させて感度向上を得ることができる。

【0043】

上述の実施の形態では、マトリックス状の配置の固体撮像素子に適用した場合であったが、いわゆるラインセンサ等のように、同一行のフォトセンサ上に同色のカラーフィルターを形成し、異なる色のカラーフィルターを形成した複数行のフォトセンサを形成して複数色に対応させた固体撮像素子においても、同様に本発明を適用することができる。

この場合も、各色に対応する行毎に、屈折率や膜厚の異なる低反射膜を形成することにより、感度を向上させると共に受光部への透過率を制御して、信号処理しやすくすることができる。

【0044】

次に、本発明のさらに他の実施の形態について説明する。

上述の実施の形態の固体撮像素子30においては、画素の色に対して膜厚を変化させて低反射膜を形成したが、本実施の形態では各画素に対して同じ膜厚の低反射膜を設ける。また、低反射膜9の上層の上層保護膜19や遮光膜15等に水素を含有させて、水素を供給する膜を有する構成とする。

【0045】

10

20

30

40

50

そして、図5に固体撮像素子の撮像領域の平面図を示すように、本実施の形態においては、特に低反射膜9を受光部2の列に対応して短冊状に形成し、かつ受光部2上の開口部7の幅 W_p より狭い幅 W_L に形成する。

【0046】

低反射膜を、減圧CVDにより形成されたSiN(屈折率2.0)により撮像領域全面に形成し、その膜厚を20~40nmとした場合には、従来より感度が約20%向上する一方で、暗電流が増加して低反射膜を設けない場合の約5倍となつた。

これは、低反射膜を全面的に形成したために、低反射膜が上層保護膜や遮光膜等から基板上への水素供給を抑制するため、半導体基板に界面準位が残り、これに起因して暗電流が増加するものである。

10

【0047】

本実施の形態によれば、低反射膜9を受光部2上の開口部7幅 W_p より狭い幅 W_L に形成することにより、開口部7と低反射膜9との隙間及び低反射膜9が形成されない転送電極8付近を通じて上層保護膜19や遮光膜15等から半導体基板10へ水素が供給され、特に開口部7と低反射膜9との隙間を通じて受光部2へも水素が供給されるので、界面準位をなくすことができる。

これらのことから、受光部2上の開口部7への入射光の反射を抑制し上述の感度向上効果を保持しつつ、通常の固体撮像素子と同じ程度に暗電流を低減することができる。

【0048】

上述の構成の低反射膜9は、低反射膜9を全面的に形成した後に、その上にフォトレジスト層を形成し、これを低反射膜除去用にパターンニングし、このフォトレジスト層をマスクに用いてエッチングにより低反射膜9を除去する工程を設けることにより、図5に示すパターンに形成することができる。

20

【0051】

また、上述のように低反射膜9が開口部7の幅 W_p より狭い幅 W_L であることにより、低反射膜9を開口部に対してセルフアラインして形成することができる。

従って、フォトレジスト層によるマスクがずれて、低反射膜9がずれて形成されることに起因する、画素の位置による出力差を小さくすることができる。

【0052】

次に、本発明の固体撮像素子のさらに別の実施の形態を示す。

30

上述の図5に示した実施の形態では、低反射膜9を受光部上の開口部の中央に形成したが、この実施の形態の固体撮像素子40においては、図6に撮像領域の平面図を示すように、特に中央部41の画素の低反射膜9を受光部2上の開口部7の中央に形成するのに対して、周辺部42, 43の画素の低反射膜9を受光部2上の開口部7の中央から外側へずらして形成するものである。

即ち、中央部41から右側の画素42においては開口部7の中央から右側にずらして低反射膜9を設け、中央部から左側の画素43においては開口部7の中央から左側にずらして低反射膜9を設ける。

【0053】

このように構成することにより、例えば光源から固体撮像素子へ入射する光が平行光ではなく、点光源である場合に、中央部の画素41と周辺部の画素42, 43との入射角度の違いに対応することができる。

40

【0054】

図7に、点状光源の場合における、中央部の画素41と周辺部の画素42, 43への入射光の状態を示す。

絞りによって形成されたピンホール等の点状の光源51からの光52は、中央部の画素41にはまっすぐ入射し受光部2上の開口部7の中央に入射するが、周辺部の画素42, 43には斜めに入射する。このため、周辺部の画素42, 43においては、マイクロレンズ21を透過して集束される光53が、受光部2上の開口部7内に入射するよう、マイクロレンズ21を開口部7の真上から内側にずらして形成する。このとき、マイクロレンズ

50

21から受光部2へ入射する光53が遮光膜15に跳られないようにマイクロレンズ21の位置が設定されるので、光53は開口部7の中央より外側に入射する。

【0055】

本実施の形態の固体撮像素子40においては、この図7に示す入射光53に対応して、周辺部の画素42, 43においては、低反射膜9を開口部7の中央から外側にずらして形成し、斜めに入射する光53に対しても効果的に反射を抑制して、感度を向上させることができる。

【0056】

本発明の固体撮像素子は、上述の各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。 10

【0057】

【発明の効果】

上述の本発明による固体撮像素子によれば、開口部上に低反射膜を形成することにより、感度を向上させることができる。

さらに、各色のフィルターに対応して低反射膜の膜厚や屈折率の条件を変えることにより、それぞれの色毎に最大の感度向上が得られる。

また、各色の信号の調整の自由度が向上し、信号処理をより容易にすることができます。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるCCD固体撮像素子の概略構成図（平面図）である。

【図2】図1のCCD固体撮像素子の撮像領域の拡大図である。 20

【図3】図2の受光部付近の断面図である。A 水平方向の断面図である。B 垂直方向の断面図である。

【図4】低反射膜の形成例を示す図3の開口部付近の拡大図である。A 低反射膜を単層とする場合の例である。B 低反射膜を2層の積層とする場合の例である。

【図5】本発明による他のCCD固体撮像素子の撮像領域の平面図である。

【図6】本発明によるさらに他のCCD固体撮像素子の撮像領域の平面図である。

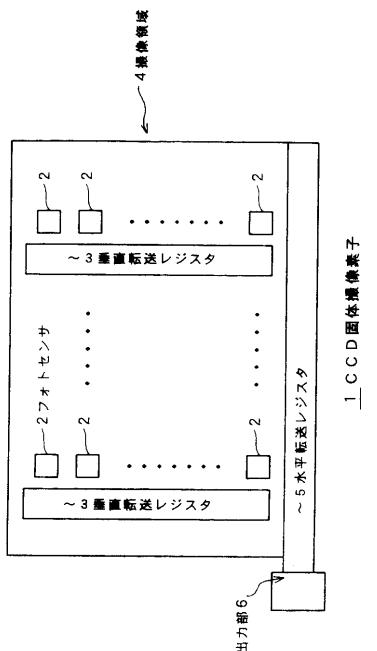
【図7】点状光源の場合における中央部の画素と周辺部の画素への入射光の状態を説明する図である。

【図8】従来のCCD固体撮像素子の開口部付近の拡大図である。

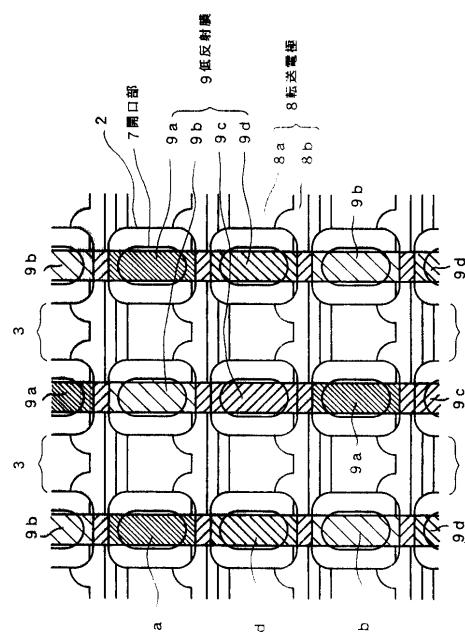
【符号の説明】

1, 30, 40...CCD固体撮像素子、2...フォトセンサ（受光部）、3...垂直転送レジスタ、4...撮像領域、5...水平転送レジスタ、6...出力部、7...開口部、8, 8a, 8b...転送電極、9, 9a, 9b, 9c, 9d...低反射膜、9X...第1低反射膜、9Y...第2低反射膜、10...半導体基板、11...電荷蓄積部、12...読み出しゲート部、13...絶縁膜、14...層間絶縁層、15...遮光膜、16...保護膜、17...平坦化膜、18...下層保護膜、19...上層保護膜、20...カラーフィルター、21...オンチップレンズ、41...中央部の画素、42, 43...周辺部の画素、51...光源、52, 53...入射光、L_F...入射光、L_R...反射光、L_T...透過光 30

【図1】

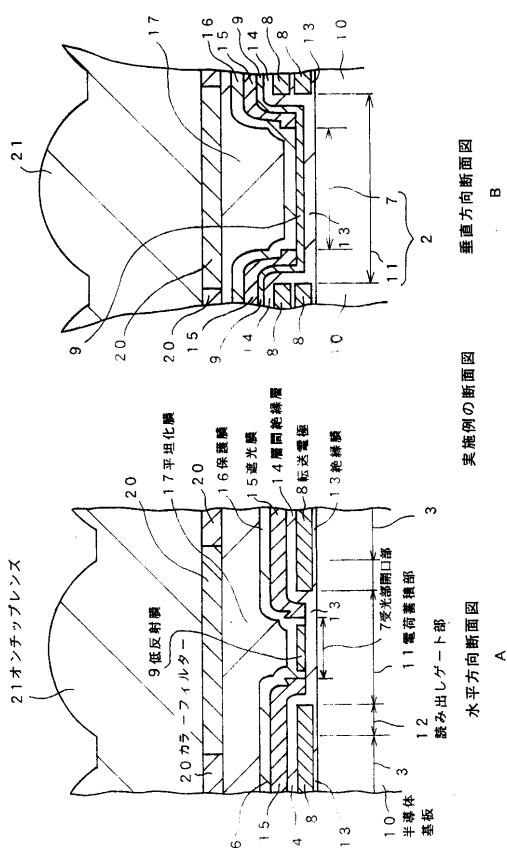


【 図 2 】

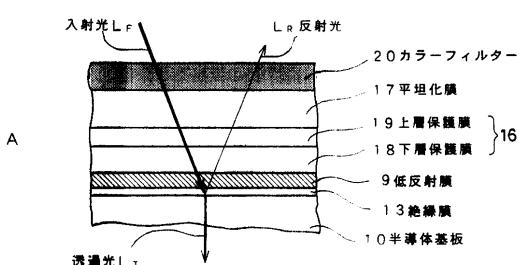


実施例の振像領域の拡大図

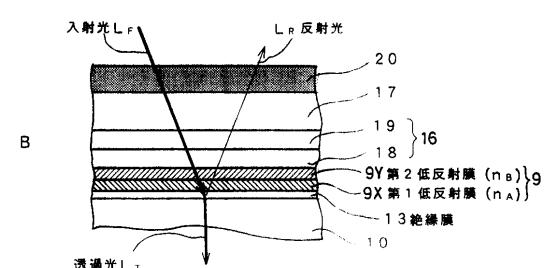
【 図 3 】



【 四 4 】

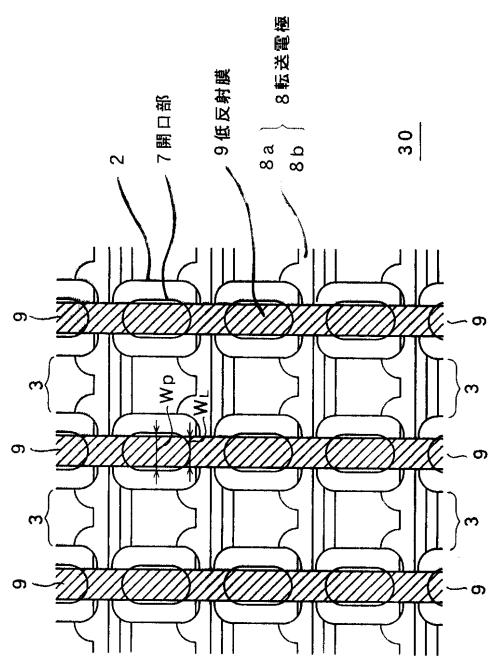


10 半導體基板

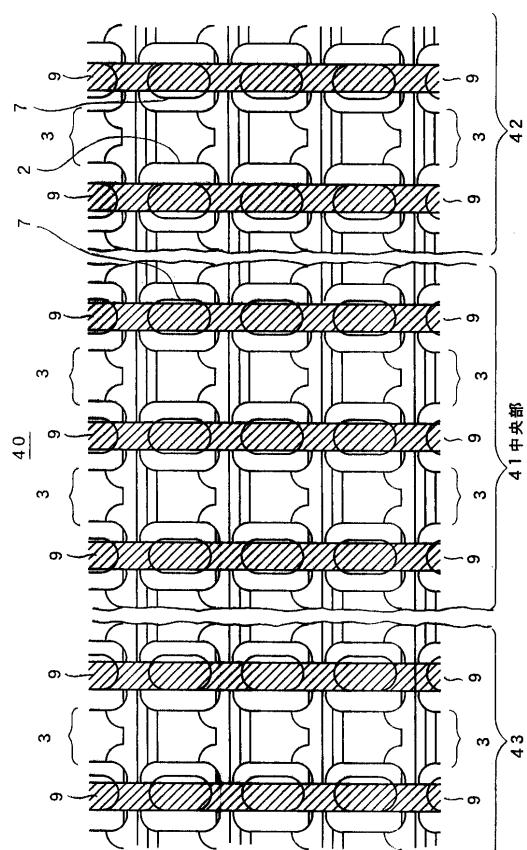


実施例の受光部の拡大図

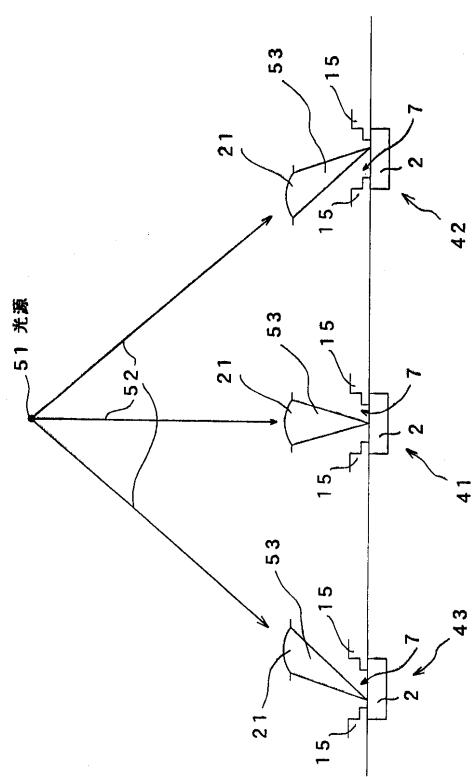
【図5】



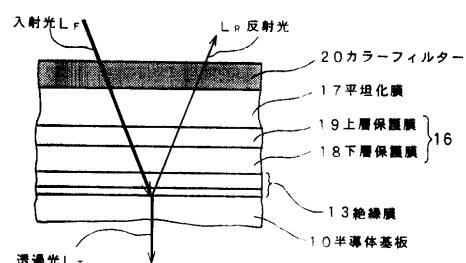
【図6】



【図7】



【図8】



従来例の露光部の拡大図

フロントページの続き

(72)発明者 森 裕之
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

審査官 恩田 春香

(56)参考文献 特開平07-176708(JP,A)
特開平04-206571(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 27/14- 27/148

G02B 3/00