

(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2010-67829

(P2010-67829A)

(43) 公開日 平成22年3月25日(2010.3.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 27/14 (2006.01)	H01L 27/14 D	4M118
H04N 5/335 (2006.01)	H04N 5/335 U	5C024
H04N 9/07 (2006.01)	H04N 9/07 A	5C065
H01L 27/146 (2006.01)	H01L 27/14 E	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2008-233319 (P2008-233319)	(71) 出願人	306037311
(22) 出願日	平成20年9月11日 (2008.9.11)		富士フイルム株式会社
			東京都港区西麻布2丁目26番30号
		(74) 代理人	100115107
			弁理士 高松 猛
		(74) 代理人	100132986
			弁理士 矢澤 清純
		(72) 発明者	乾谷 正史
			神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地
			富士フイルム株式会社内
		Fターム(参考)	4M118 AA10 AB01 BA07 BA08 CA14
			CA26 CA32 CB14 GA09 GC08
			GD04 GD15
			5C024 CX03 CY47 DX01 EX52 GX03
			GX16 GY31 HX01 HX40 HX41
			最終頁に続く

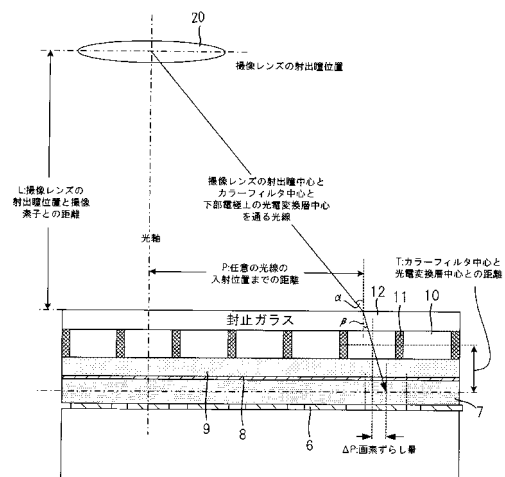
(54) 【発明の名称】 固体撮像素子及び撮像装置

(57) 【要約】

【課題】画素部サイズが1 μm オーダーでも、混色を実用上問題ないレベルまで低減することが可能な固体撮像素子を提供する。

【解決手段】p型シリコン基板1上方に配列された多数の画素部を有する固体撮像素子であって、画素部が、p型シリコン基板1上方に設けられた光電変換部(下部電極6、光電変換層7、上部電極8)と、光電変換部上方に設けられたカラーフィルタ10とを含み、画素部のカラーフィルタ10に対する下部電極6の位置が、固体撮像素子の中心から周辺に向かうにしたがって周辺側にずれている。

【選択図】図24



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板上方に配列された多数の画素部を有する固体撮像素子であって、
前記画素部が、前記基板上方に設けられた光電変換部と、前記光電変換部上方に設けられたカラーフィルタとを含み、
前記光電変換部が、前記基板上方に設けられた下部電極、前記下部電極上方に設けられた上部電極、及び前記下部電極と前記上部電極の間に設けられた光電変換層を含み、
前記画素部の前記カラーフィルタに対する前記下部電極の位置が、前記固体撮像素子の中心から周辺に向かうにしたがって周辺側にずれている固体撮像素子。

【請求項 2】

請求項 1 記載の固体撮像素子であって、
前記画素部の前記下部電極が、前記固体撮像素子を搭載する撮像装置内の撮像レンズの射出瞳中心を出て前記画素部の前記カラーフィルタの中心を通る光線が前記画素部の前記下部電極及び前記上部電極で挟まれる前記光電変換層の領域の中心に到達するように周辺側にずらされている固体撮像素子。

【請求項 3】

請求項 2 記載の固体撮像素子であって、
前記画素部の前記光電変換層中心と前記下部電極中心とのずれ量が、前記撮像レンズの射出瞳位置と前記固体撮像素子との距離を L 、前記カラーフィルタ中心と前記光電変換層中心との距離を T とすると、前記画素部の前記光電変換層の中心を通る前記光線と前記固体撮像素子表面との交点から前記撮像レンズの光軸までの距離の $(0.303 \times T / L)$ 倍以上、 $(0.909 \times T / L)$ 倍以下となっている固体撮像素子。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の固体撮像素子であって、
前記画素部の前記カラーフィルタに入射した光が隣の前記画素部に入射するのを防止するための隔壁を備え、
前記隔壁が、隣接する前記画素部の前記カラーフィルタ同士の間前記カラーフィルタの側面を覆って設けられており、
前記画素部が、前記カラーフィルタと前記上部電極との間に設けられた、前記光電変換部を保護するための保護層を含み、
前記保護層の厚さが、 0 より大きく $1.0 \mu\text{m}$ 以下である固体撮像素子。

【請求項 5】

請求項 4 記載の固体撮像素子であって、
前記隔壁の前記カラーフィルタ表面に平行な方向の幅が、 $0.05 \mu\text{m}$ 以上で且つ前記画素部のサイズの 0.2 倍以下であり、
前記カラーフィルタと前記保護層の厚みの合計が、 $0.2 \mu\text{m}$ より大きく $1.4 \mu\text{m}$ 以下である固体撮像素子。

【請求項 6】

請求項 4 又は 5 記載の固体撮像素子であって、
前記隔壁が、光を吸収又は反射する材料で構成されたもの、又は、光を全反射する空気層である固体撮像素子。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項記載の固体撮像素子であって、
前記光電変換層が、可視域の光を吸収し、吸収した光に応じた信号電荷を発生する光電変換材料で構成されており、
前記多数の画素部に含まれる前記カラーフィルタが、それぞれ異なる波長域の光を透過する 3 種類以上のカラーフィルタを含む固体撮像素子。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項記載の固体撮像素子であって、
前記光電変換層が有機又は無機の光電変換材料で構成されている固体撮像素子。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項記載の固体撮像素子であって、
前記画素部が、前記カラーフィルタ上に、前記光電変換部に光を集光するためのマイクロレンズを備える固体撮像素子。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項記載の固体撮像素子を備える撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板上方に配列された多数の画素部を有する固体撮像素子及びこれを備えた撮像装置に関する。 10

【背景技術】

【0002】

可視域の光を吸収して信号電荷を発生するアモルファスシリコン及び化合物半導体等の無機光電変換材料や有機光電変換材料と、この上方に設けられたモザイクカラーフィルタとを有する積層型カラー撮像素子が知られている（特許文献 1，非特許文献 1 参照）。

【0003】

これら積層型カラー撮像素子は、可視光全域に感度を有する、いわゆるパнковロ光電変換層が画素電極と透明対向電極で挟まれ、透明対向電極上に保護層を介してモザイクカラーフィルタが積層されている。モザイクカラーフィルタは、画素部毎に R G B や C y M g Y e の何れかの光を透過するカラーフィルタが配置された構成であり、撮像素子に入射した光線は、モザイクカラーフィルタにより画素部毎に R G B や C y M g Y e の何れかの色に分光された後、光電変換層で信号電荷に変換される。光電変換層で発生した信号電荷は画素電極に集められ、画素電極に接続されたプラグを介してシリコン基板内に形成された電荷蓄積ダイオードに一定時間蓄えられた後、C M O S 回路や C C D 等の信号読み出し回路によって外部に読み出される。 20

【0004】

これらの積層型カラー撮像素子は、画素電極と透明対向電極間にバイアス電圧を印加して電位勾配を形成して光電変換層内で発生した信号電荷のほとんどを画素電極側に読み出す。そのため、画素電極間のギャップを狭くすれば、開口率が 1 に近い、高光利用率の高感度撮像素子を実現することができる。しかしながら、光電変換層とモザイクカラーフィルタの間に距離があると、斜め入射した光線が隣接画素部に漏れこむ場合があり、混色の発生や光利用率の低下が懸念される。 30

【0005】

従来、この種の積層型カラー撮像素子は、モザイクカラーフィルタの厚さが $0.6 \sim 1.2 \mu\text{m}$ 、保護層の厚さが $0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 、パнковロ光電変換層の厚さが $0.3 \sim 1.0 \mu\text{m}$ に対して画素部サイズが $3 \sim 10 \mu\text{m}$ であったため、斜め入射光に対しても隣接画素部への光漏れ比率は小さく、混色や光利用率の低下の心配は少なかった。しかしながら、今後、画素部の微細化が進み、画素部サイズが $2 \mu\text{m}$ 以下、特に $1 \mu\text{m}$ オーダーになるとこの混色や光利用率の低下が無視できなくなる。 40

【0006】

このような斜め入射光に対する混色や光利用率の低下が無視できない固体撮像素子を搭載した撮像装置では、撮像された画像の中心と周辺とで色や明るさが変化する、所謂、色シェーディングや輝度シェーディングが発生する。この色シェーディングや輝度シェーディングは、補正回路を用いて補正することができるが、補正回路を搭載することで、撮像装置のコストアップや消費電力アップを生む。

【0007】

【特許文献 1】特開 2005 - 347475 号公報

【非特許文献 1】日立製作所 テレビジョン学会技術報告 TEBS76-1-1「非晶質 Si を用いた単板カラー固体撮像素子」 50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、画素部サイズが $1\mu\text{m}$ オーダーでも、色シェーディングや輝度シェーディングを抑制することが可能な固体撮像素子及びこれを備えた撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の固体撮像素子は、基板上方に配列された多数の画素部を有する固体撮像素子であって、前記画素部が、前記基板上方に設けられた光電変換部と、前記光電変換部上方に設けられたカラーフィルタとを含み、前記光電変換部が、前記基板上方に設けられた下部電極、前記下部電極上方に設けられた上部電極、及び前記下部電極と前記上部電極の間に設けられた光電変換層を含み、前記画素部の前記カラーフィルタに対する前記下部電極の位置が、前記固体撮像素子の中心から周辺に向かうにしたがって周辺側にずれている。

10

【0010】

本発明の固体撮像素子は、前記画素部の前記下部電極が、前記固体撮像素子を搭載する撮像装置内の撮像レンズの射出瞳中心を出て前記画素部の前記カラーフィルタの中心を通る光線が前記画素部の前記下部電極及び前記上部電極で挟まれる前記光電変換層の領域の中心に到達するように周辺側にずらされている。

【0011】

20

本発明の固体撮像素子は、前記画素部の前記光電変換層中心と前記下部電極中心とのずれ量が、前記撮像レンズの射出瞳位置と前記固体撮像素子との距離を L 、前記カラーフィルタ中心と前記光電変換層中心との距離を T とすると、前記画素部の前記光電変換層の中心を通る前記光線と前記固体撮像素子表面との交点から前記撮像レンズの光軸までの距離の $(0.303 \times T / L)$ 倍以上、 $(0.909 \times T / L)$ 倍以下となっている。

【0012】

本発明の固体撮像素子は、前記画素部の前記カラーフィルタに入射した光が隣の前記画素部に入射するのを防止するための隔壁を備え、前記隔壁が、隣接する前記画素部の前記カラーフィルタ同士の間前記カラーフィルタの側面を覆って設けられており、前記画素部が、前記カラーフィルタと前記上部電極との間に設けられた、前記光電変換部を保護するための保護層を含み、前記保護層の厚さが、 0 より大きく $1.0\mu\text{m}$ 以下である。

30

【0013】

本発明の固体撮像素子は、前記隔壁の前記カラーフィルタ表面に平行な方向の幅が、 $0.05\mu\text{m}$ 以上で且つ前記画素部のサイズの 0.2 倍以下であり、前記カラーフィルタと前記保護層の厚みの合計が、 $0.2\mu\text{m}$ より大きく $1.4\mu\text{m}$ 以下である。

【0014】

本発明の固体撮像素子は、前記隔壁が、光を吸収又は反射する材料で構成されたもの、又は、光を全反射する空気層である。

【0015】

本発明の固体撮像素子は、前記光電変換層が、可視域の光を吸収し、吸収した光に応じた信号電荷を発生する光電変換材料で構成されており、前記多数の画素部に含まれる前記カラーフィルタが、それぞれ異なる波長域の光を透過する3種類以上のカラーフィルタを含む。

40

【0016】

本発明の固体撮像素子は、前記光電変換層が有機又は無機の光電変換材料で構成されている。

【0017】

本発明の固体撮像素子は、前記画素部が、前記カラーフィルタ上に、前記光電変換部に光を集光するためのマイクロレンズを備える。

【0018】

50

本発明の撮像装置は前記固体撮像素子を備える。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、画素部サイズが $1\mu\text{m}$ オーダーでも、色シェーディングや輝度シェーディングを抑制することが可能な固体撮像素子及びこれを備えた撮像装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の実施形態を説明するための固体撮像素子について図面を参照して説明する。この固体撮像素子は、デジタルカメラやデジタルビデオカメラ等の撮像装置に搭載して用いられるものである。

10

【0021】

図1(a)は、本発明の実施形態を説明するための固体撮像素子の概略構成を示す断面模式図である。図1(a)に示す固体撮像素子は、基板の一例であるp型シリコン基板1上方に2次元状(例えば正方格子状)又は1次元状に配列された例えば四角形状の多数の画素部を備える。図1(a)では、所定方向に並ぶ3つの画素部の断面を示している。

【0022】

各画素部は、p型シリコン基板1上方に設けられた下部電極6、下部電極6上方に設けられた上部電極8、及び下部電極6と上部電極8の間に設けられた光電変換層7を含む光電変換部と、上部電極8上に設けられた保護層9と、保護層9上に設けられたカラーフィルタ10とを備える。

20

【0023】

下部電極6は、アルミニウムやチタンナイトライド等の入射光に対して不透明な電極であり、画素部毎に分離されている。カラーフィルタ10の中心と下部電極6の中心とは平面視において一致している。

【0024】

光電変換層7は、可視域の光を吸収し、吸収した光に応じた信号電荷を発生する光電変換材料で構成されている。この光電変換材料としては、公知の有機又は無機材料を用いることができる。光電変換層7は、全ての画素部で共通の一枚構成となっているが、画素部毎に分離した構成としても良い。

30

【0025】

上部電極8は、ITO等の入射光に対して透明な電極であり、全ての画素部で共通の一枚構成となっている。上部電極8は、画素部毎に分離した構成としても良い。上部電極8には、光電変換層7に電界をかけられるように、所定のバイアス電圧が印加可能となっている。

【0026】

保護層9は、光電変換部を保護するためのものであり、入射光に対して透明な絶縁材料等で構成されている。光電変換層7を有機材料で形成する場合、有機材料は一般に水や溶剤による特性劣化が大きく、フォトリソグラフィ法に不向きである。しかし、カラーフィルタ10形成時にはフォトリソグラフィ法が一般的に用いられるため、保護層9を設けないと、光電変換層7の特性劣化が懸念される。そこで、図1(a)に示す固体撮像素子では光電変換層7とカラーフィルタ10との間に保護層9を設けている。保護層9は、例えばアルミナ膜や窒化膜を用いることができる。

40

【0027】

カラーフィルタ10には、赤色(R)の波長域の光を透過するRカラーフィルタと、緑色(G)の波長域の光を透過するGカラーフィルタと、青色(B)の波長域の光を透過するBカラーフィルタとの3種類が含まれる。多数の画素部は、Rカラーフィルタを含む画素部と、Gカラーフィルタを含む画素部と、Bカラーフィルタを含む画素部で構成されており、カラー画像を生成できるように、各画素部が所定のパターンで配置されている。

【0028】

50

p型シリコン基板1内には、画素部に対応させて高濃度のn型不純物層からなる電荷蓄積部2が形成されている。電荷蓄積部2は、対応する画素部の光電変換層7で発生した信号電荷を蓄積するものであり、タングステン等の導電性材料のプラグ5を介して、対応する画素部の下部電極6と電氣的に接続されている。

【0029】

p型シリコン基板1には、更に、電荷蓄積部2に対応させて信号読み出し回路4が形成されている。信号読み出し回路4は、対応する電荷蓄積部2に蓄積された信号電荷に応じた電圧信号を出力するためのものであり、CMOS回路やCCDとアンプを用いた回路等を用いることができる。

【0030】

図1(b)は、図1(a)に示す信号読み出し回路4の構成例を示した図である。

図1(b)に示すように、信号読み出し回路4は、電荷蓄積部2に蓄積された信号電荷をリセットするためのリセットトランジスタ4aと、電荷蓄積部2に蓄積された信号電荷を電圧信号に変換するための出力トランジスタ4bと、出力トランジスタ4bから出力された電圧信号を列信号線に出力するための選択トランジスタ4cとを備えた公知の3トランジスタ構成となっている。p型シリコン基板1上には、これらトランジスタのゲート酸化膜3が形成されている。ゲート酸化膜3は例えば酸化シリコンで構成されている。

【0031】

図1(a)に示す固体撮像素子は、任意の画素部のカラーフィルタ10に入射した光が該画素部の隣の画素部に入射するのを防止するための隔壁11を備える。隔壁11は、隣接する画素部のカラーフィルタ10同士の間、カラーフィルタ10の側面を覆って設けられている。

【0032】

隔壁11は、入射光を吸収又は反射する領域であれば良く、入射光を吸収又は反射する材料(例えばタングステンやアルミニウム等の金属、黒色の染料や顔料等)で構成したり、入射光を全反射する空気層で構成したりすることができる。空気層で入射光を全反射させるには、画素部のカラーフィルタ10への入射光の入射角を α とし、空気層の屈折率を n とすると、「 $\sin(90^\circ - \alpha) > (1/n)$ 」の条件を満たせば良い。例えば、 $n = 1.5$ とすると、 $\alpha < 48.2^\circ$ で条件を満たすため、ほとんどの斜め光を全反射させることができる。

【0033】

カラーフィルタ10及び隔壁11の上には固体撮像素子全体を封止する封止ガラス12が設けられている。

【0034】

以上のように構成された固体撮像素子の動作について説明する。

【0035】

入射光のうちのR光はRカラーフィルタ10を透過し、Rカラーフィルタ10下方の光電変換層7に入射し、ここでR光に応じた信号電荷が発生する。入射光のうちのG光はGカラーフィルタ10を透過し、Gカラーフィルタ10下方の光電変換層7に入射し、ここでG光に応じた信号電荷が発生する。入射光のうちのB光はBカラーフィルタ10を透過し、Bカラーフィルタ10下方の光電変換層7に入射し、ここでB光に応じた信号電荷が発生する。各カラーフィルタ10に斜めに入射してきた光は、その一部がカラーフィルタ10の側面を覆う隔壁11によって吸収又は反射されるため、隣の画素部に到達してしまう光は減少する。

【0036】

各光電変換層7で発生した信号電荷は、そこに加わる電界によって下部電極6に集められ、ここからプラグ5を介して電荷蓄積部2に移動し、ここで蓄積される。蓄積された信号電荷は、信号読み出し回路4によって電圧信号として列信号線に順次出力される。固体撮像素子から出力された電圧信号に所定の信号処理を施すことで、カラー画像データを生成することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

以上のように、図 1 (a) に示した固体撮像素子によれば、カラーフィルタ 1 0 同士の間隔に隔壁 1 1 が設けられているため、任意の画素部のカラーフィルタ 1 0 に入射してきた光が該画素部の隣の画素部に入射してしまう確率を減らすことができる。このため、混色を低減することができ、高画質撮像が可能な固体撮像素子を実現することができる。画素部のサイズが $2 \mu\text{m}$ 以下になると、光電変換層 7 の下面からカラーフィルタ 1 0 の上面までの厚みと、画素部のサイズが同程度となり、斜め入射光が隣の画素部に漏れこみやすくなる。そこで、隔壁 1 1 を設けて、斜め入射光が隣の画素部に漏れこむ確率を減らすことで、微細化が進んだ場合でも、画質を維持することが可能となる。

【 0 0 3 8 】

隔壁 1 1 は、R カラーフィルタ、G カラーフィルタ、B カラーフィルタを保護層 9 上に順に形成後、カラーフィルタ 1 0 同士の境界部分に開口を形成し、この開口に光を反射又は吸収する材料を埋めたり、開口内に何も埋めないまま封止ガラス 1 2 を形成したりすることで形成することができる。または、光を反射又は吸収する材料によって保護層 9 上に隔壁 1 1 を形成した後、隔壁 1 1 で囲まれた空間内にカラーフィルタ 1 0 を埋め込む方法を採用しても良い。これらの製造方法を採用することで、異なる色のカラーフィルタ 1 0 が境界部分でオーバーラップしてしまうのを防ぐことができるため、混色を更に防止することが可能となる。また、隔壁 1 1 を空気層で形成した場合は、製造工程を簡略化することができるため、製造コストを削減することができる。

【 0 0 3 9 】

なお、図 1 (a) に示した固体撮像素子では、保護層 9 の厚みが 0 より大きく $1.0 \mu\text{m}$ 以下であれば、混色を実用上問題ないレベルまで低減できることが分かった。また、隔壁 1 1 のカラーフィルタ 1 0 表面に平行な方向の幅が、 $0.05 \mu\text{m}$ 以上で且つ画素部のサイズの 0.2 倍以下であり、更に、カラーフィルタ 1 0 と保護層 9 の厚みの合計が $0.2 \mu\text{m}$ 以上 $1.4 \mu\text{m}$ 以下であれば、光利用率を実用上問題ないレベルにまで低減できることが分かった。

【 0 0 4 0 】

画素部のサイズとは、図 2 に示すように、カラーフィルタ 1 0 を正方形としたとき、(隣接するカラーフィルタ 1 0 同士の間隔の隔壁 1 1 の幅の $1/2$) + (カラーフィルタ 1 0 の 1 辺の長さ) + (隣接するカラーフィルタ 1 0 同士の間隔の隔壁 1 1 の幅の $1/2$) で定義される。以下では、これらの数値の根拠をシミュレーションによって得た結果により説明する。

【 0 0 4 1 】

図 3 は、シミュレーションした撮像装置の構成を示した図である。図 3 に示す撮像装置は、図 1 に示した固体撮像素子と、撮像レンズ 2 0 とを備える。本シミュレーションでは、固体撮像素子の封止ガラス 1 2 を省略している。

【 0 0 4 2 】

図 4 は、図 3 に示す撮像装置に $x-y$ 座標を設定した図である。撮像レンズ 2 0 の光軸を y 軸、光軸と直交する方向を x 軸とし、光軸上の撮像レンズ 2 0 の射出瞳の中心位置を $(0, L)$ 、光軸上のカラーフィルタ 1 0 上面位置を $(0, 0)$ 、光軸上の保護層 9 上面位置を $(0, -Tf)$ 、光軸上の光電変換層 7 の y 軸方向の中央位置を $(0, -Tf - Tp - To/2)$ とする。

【 0 0 4 3 】

なお、光電変換層 7 に入射した光線は、光電変換層 7 の上部電極 8 と下部電極 6 とで挟まれる領域の y 軸方向の中央位置で 100% 光電変換されるものと仮定する。さらに、上部電極 8 は数 nm と非常に薄いのでシミュレーションでは無視する。

【 0 0 4 4 】

また、撮像レンズ 2 0 の x 軸方向の径を D とする。撮像レンズ 2 0 の光軸、つまり固体撮像素子の中心から任意の画素部の中心までの距離 (画素シフト量) を PS とする。画素部サイズを Pp とする。隔壁 1 1 の x 軸方向の幅を K とする。下部電極 6 の x 軸方向の幅

10

20

30

40

50

を P_a とする。撮像レンズ 20 の射出瞳面の座標を (x_1, L) 、カラーフィルタ 10 表面の座標を $(x_2, 0)$ 、保護層 9 表面の座標を $(x_3, -T_f)$ 、光電変換層 7 の y 軸方向中央の座標を $(x_4, -T_f - T_p - T_o/2)$ とする。

【0045】

このような設定により、撮像レンズ 20 の左端の座標は $(-D/2, L)$ となり、右端の座標は $(D/2, L)$ となる。任意の画素部の左端の座標は $(P_S - P_p/2, 0)$ となり、右端の座標は $(P_S + P_p/2, 0)$ となる。

【0046】

任意の画素部のカラーフィルタ 10 上面の左端の座標は $(P_S - P_p/2 + K/2, 0)$ となり、右端の座標は $(P_S + P_p/2 - K/2, 0)$ となる。任意の画素部のカラーフィルタ 10 下面の左端の座標は $(P_S - P_p/2 + K/2, -T_f)$ となり、右端の座標は $(P_S + P_p/2 - K/2, -T_f)$ となる。

10

【0047】

下部電極 6 の左端上方の光電変換層 7 中央の座標は $(P_S - P_a/2, -T_f - T_p - T_o/2)$ となり、右端上方の光電変換層 7 中央の座標は $(P_S + P_a/2, -T_f - T_p - T_o/2)$ となる。

【0048】

カラーフィルタ 10、保護層 9、上部電極 8、光電変換層 7 の屈折率をそれぞれ n とし、カラーフィルタ 10 に入射する光線の入射角を α 、屈折角を β とする。

【0049】

20

以下、このような設定のもと行った光線追跡法のシミュレーションの手順を説明する。

【0050】

1) 撮像レンズ 20 の射出瞳面の点 A (x_1, L) から画素部最上面 (カラーフィルタ 10 表面) の点 B $(x_2, 0)$ に光線が入射したとする。点 A B を通る直線は以下の一般式 (1) で示される。

【0051】

【数 1】

$$y - y_2 = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} (x - x_2) \quad (1)$$

30

【0052】

$y_1 = L$ 、 $y_2 = 0$ より、上記式は以下の直線の式 (2) で示される。

【0053】

【数 2】

$$y = \frac{L}{x_1 - x_2} (x - x_2) \quad (2)$$

40

【0054】

2) 次に、点 B $(x_2, 0)$ に入射した光線は、画素部最上面で屈折するため、屈折後の直線の式を求める。

【0055】

【数 3】

$$\tan \alpha = \frac{x_1 - x_2}{L}, \quad \sin \alpha = n \sin \beta, \quad \tan^2 \beta = \frac{\sin^2 \alpha}{1 - \sin^2 \alpha}$$

【0056】

であるので、点 B (x_2 , 0) を通り、傾き $1 / \tan \beta$ の直線 (屈折後の直線) の式は、下記式 (3) で示される。

【0057】

10

【数 4】

$$y = \frac{1}{\tan \beta} (x - x_2) \quad (3)$$

【0058】

屈折後の直線と保護層 9 表面 (x_3 面) との交点は、式 (3) において $x = x_3$ 、 $y = -Tf$ であるため、

“ $x_3 = -Tf \cdot \tan \beta + x_2$ ” となる。

20

【0059】

また、屈折後の直線と光電変換層 7 の中央 (x_4 面) との交点は、式 (3) において $x = x_4$ 、 $y = -Tf - Tp - To / 2$ であるため、

“ $x_4 = - (Tf + Tp + To / 2) \tan \beta + x_2$ ” となる。

【0060】

3) 撮像レンズ 20 の射出瞳面上の左端 ($-D / 2$, L) から、カラーフィルタ 10 表面上の画素シフト量 PS の画素部の左端 ($PS - Pp / 2$, 0) から右端 ($PS + Pp / 2$, 0) まで dp ピッチで N 本の光線を引き、更に、各光線の屈折後の光線が、 x_2 面、 x_3 面、 x_4 面で

($PS - Pp / 2 + K / 2$, 0) から ($PS + Pp / 2 - K / 2$, 0) の範囲

30

($PS - Pp / 2 + K / 2$, $-Tf$) から ($PS + Pp / 2 - K / 2$, $-Tf$) の範囲

($PS - Pa / 2$, $-Tf - Tp - To / 2$) から ($PS + Pa / 2$, $-Tf - Tp - To / 2$) の範囲

を満たす光線の本数を数える。

【0061】

4) 撮像レンズ 20 の射出瞳面上の光線射出位置を左端から右端まで dD ピッチで移動させながら上記計算を繰り返す。

【0062】

5) 全光線数を TN 、撮像レンズ 20 の射出瞳中心 (0 , L) からカラーフィルタ 10 表面上の中心 (PS , 0) への光束の入射角を θ ($\tan \theta = PS / L$) とし、入射角 θ で該カラーフィルタ 10 を含む画素部内の下部電極 6 上の光電変換層 7 の中央面に到達した光線数を $P1(\theta)$ 、入射角 θ で該画素部の隣りの画素部の下部電極 6 上の光電変換層 7 の中央面に到達した光線数を $Pc(\theta)$ とすると、2次元面での光利用効率及び混色率は、

40

2次元光利用率 $Q1(\theta) = P1(\theta) / TN$

2次元混色率 $Qc(\theta) = Pc(\theta) / TN$

となる。

【0063】

6) 以上の計算を、カラーフィルタ 10 表面上の画素シフト量 PS を増加 (θ を増加) させながら繰り返す。

【0064】

50

7) さらに、3次元空間での光利用効率及び混色率を、入射角 $\theta = 0$ ($PS = 0$) での2次元光利用率 $Q1(0)$ を用い次式で近似した。この場合、レンズ瞳を矩形と近似した場合と一致する。

$$\text{光利用率 } S1(\theta) = Q1(\theta) \cdot Q1(0)$$

$$\text{混色率 } Sc(\theta) = Qc(\theta) \cdot Q1(0)$$

【0065】

デジタルカメラ、ビデオカメラ、携帯モジュール等に用いる固体撮像素子においては、撮像レンズ20の絞りを変化させた時の撮像特性変化(F値依存)と、撮像画像の中心と周辺、即ち撮像レンズ20の射出瞳から固体撮像素子への光束の入射角の違いによる撮像特性変化(入射角依存)が許容値以内であることが重要となる。そこで、画素部サイズ、カラーフィルタ10の厚さ、保護層9の厚さをパラメータにして、F値依存と入射角依存を考察した。その結果を以下に示す。

10

【0066】

A) 隔壁11が有る場合と無い場合の特性の違い

画素部サイズ: $2\mu\text{m}$ 、カラーフィルタ10厚さ Tf : $1\mu\text{m}$ 、保護層9厚さ Tp : 可変として、隔壁11有無でのF値依存と入射角依存のシミュレーション結果を図5～図12に示す。隔壁11なしとは、即ち、上記Kの値がゼロであることを意味する。

【0067】

図5は、図3の構成において隔壁11なしのときの光利用率のF値依存特性のシミュレーション結果を示す図である。図6は、図3の構成において隔壁11ありのときの光利用率のF値依存特性のシミュレーション結果を示す図である。図7は、図3の構成において隔壁11なしのときの光利用率の入射角依存特性のシミュレーション結果を示す図である。図8は、図3の構成において隔壁11ありのときの光利用率の入射角依存特性のシミュレーション結果を示す図である。

20

【0068】

図9は、図3の構成において隔壁11なしのときの混色率のF値依存特性のシミュレーション結果を示す図である。図10は、図3の構成において隔壁11ありのときの混色率のF値依存特性のシミュレーション結果を示す図である。図11は、図3の構成において隔壁11なしのときの混色率の入射角依存特性のシミュレーション結果を示す図である。図12は、図3の構成において隔壁11ありのときの混色率の入射角依存特性のシミュレーション結果を示す図である。

30

【0069】

上記結果より、

- ・ 隔壁11を用いることで光利用率には大差ないが混色率は大幅に低減される。
- ・ 混色率は、保護層9厚さ Tp に依存する。
- ・ 任意のF値と入射角で混色率が低くなる条件は、全てのF値と入射角で混色率が低くなる。

ことが分かった。次に、隔壁11ありについて、F値: 5.6、入射角: 25度における、光利用率及び混色率と、カラーフィルタ10厚さ Tf 、保護層9厚さ Tp 、画素部サイズ Pp の関係を考察した。その結果を以下に示す。

40

【0070】

B) 光利用率及び混色率と、カラーフィルタ10厚さ Tf 、保護層9厚さ Tp 、画素部サイズ Pp の関係

(a) 保護層9厚さ $Tp = 1\mu\text{m}$ に固定し、カラーフィルタ10厚さ Tf を変化させた場合

図13は、図3の構成において保護層9厚さ $Tp = 1\mu\text{m}$ に固定し、カラーフィルタ10厚さ Tf を変化させた場合の光利用率のシミュレーション結果を示す図である。図14は、図3の構成において保護層9厚さ $Tp = 1\mu\text{m}$ に固定し、カラーフィルタ10厚さ Tf を変化させた場合の混色率のシミュレーション結果を示す図である。

【0071】

50

(b) カラーフィルタ 10 厚さ $T_f = 1 \mu m$ に固定し、保護層 9 厚さ T_p を変化させた場合

図 15 は、図 3 の構成においてカラーフィルタ 10 厚さ $T_f = 1 \mu m$ に固定し、保護層 9 厚さ T_p を変化させた場合の光利用率のシミュレーション結果を示す図である。図 16 は、図 3 の構成においてカラーフィルタ 10 厚さ $T_f = 1 \mu m$ に固定し、保護層 9 厚さ T_p を変化させた場合の混色率のシミュレーション結果を示す図である。

【0072】

(c) $T_f + T_p = 2 \mu m$ に固定し、保護層 9 厚さ T_p を変化させた場合

図 17 は、図 3 の構成において $T_f + T_p = 2 \mu m$ に固定し、保護層 9 厚さ T_p を変化させた場合の光利用率のシミュレーション結果を示す図である。図 18 は、図 3 の構成において $T_f + T_p = 2 \mu m$ に固定し、保護層 9 厚さ T_p を変化させた場合の混色率のシミュレーション結果を示す図である。

【0073】

(d) 保護層 9 厚さ $T_p = 0.4 \mu m$ に固定して $T_f + T_p$ を変化させた場合

図 19 は、図 3 の構成において保護層 9 厚さ $T_p = 0.4 \mu m$ に固定して $T_f + T_p$ を変化させた場合の光利用率のシミュレーション結果を示す図である。図 20 は、図 3 の構成において保護層 9 厚さ $T_p = 0.4 \mu m$ に固定して $T_f + T_p$ を変化させた場合の混色率のシミュレーション結果を示す図である。

【0074】

上記結果より、

- ・保護層 9 厚さ T_p が一定ならカラーフィルタ 10 厚さ T_f が変化しても混色率はあまり変化しない。

- ・ $T_f + T_p$ が一定なら保護層 9 厚さ T_p が変化しても光利用率はあまり変化しない。

ことが分かり、この結果、混色率の特性は T_p で規定でき、光利用率の特性は $T_f + T_p$ で規定できることが分かった。

【0075】

次に、固体撮像素子として許容できる混色率を実現できる T_p の値、固体撮像素子として許容できる光利用率を実現できる $T_f + T_p$ の値を調べた。

【0076】

図 21 は、図 3 の構成において保護層 9 厚さ T_p を変化させた場合の混色率のシミュレーション結果を示す図である。ここで、混色率は、入射角 25 度、F 値 5.6、画素部サイズ $1 \mu m$ 以上の条件で 20% 以下が許容できると仮定する。この仮定は、従来の固体撮像素子の特性と比較して当業者にとっては適切な仮定である。図 21 に示すシミュレーション結果から、保護層 9 厚さ T_p が $1.0 \mu m$ 以下、好ましくは $0.4 \mu m$ 以上 $1.0 \mu m$ 以下であれば、混色率は許容されることが分かった。なお、保護層 9 の厚さの下限値は 0 より大きい。したがって、保護層 9 の厚さは、0 より大きく $1.0 \mu m$ 以下であることが望ましい。

【0077】

図 22 は、図 3 の構成において $T_f + T_p$ を変化させた場合の光利用率のシミュレーション結果を示す図である。ここで、光利用率は、入射角 25 度、F 値 5.6、画素部サイズ $1 \mu m$ 以上の条件での光利用率が、入射角 0 度、F 値 5.6、画素部サイズ $1 \mu m$ 以上の条件での光利用率の 50% 以上となることを許容できると仮定する。この仮定は、従来の固体撮像素子の特性と比較して当業者にとっては適切な仮定である。図 22 に示すシミュレーション結果から、 $T_f + T_p$ が $1.4 \mu m$ 以下であれば、光利用率は許容されることが分かった。なお、カラーフィルタ 10 の厚さは、カラーフィルタを構成する顔料や染料の吸光度、バインダーへの分散率と、所望する分光透過率特性で決まるが、概ね $0.2 \mu m$ 以上が必要となる。したがって、 $T_f + T_p$ は、 $0.2 \mu m$ より大きく $1.4 \mu m$ 以下であることが望ましい。

【0078】

本シミュレーションの固体撮像素子は、隔壁 11 を有しているが、隔壁 11 はその幅 K

が小さいほど、画素部における隔壁 11 の占める割合が減るため、画素部の開口率が大きくなる。開口率が大きくなれば、光利用率も向上する。図 23 は、図 3 の構成において画素部サイズ $2\ \mu\text{m}$ 、F 値 1.6、隔壁幅 K：可変における光利用率の入射角依存特性のシミュレーション結果を示す図である。

【0079】

実用上、光利用率は、入射角 0 度で 0.6 以上が望ましいとすると、図 23 に示す結果から、隔壁幅 K は $0.4\ \mu\text{m}$ 以下、つまり、画素部サイズに占める隔壁 11 の幅 K の割合は 0.2 以下である必要がある。一方、隔壁幅 K の下限値は、それを構成する材料で決まり、隔壁 11 が入射光を十分に吸収又は反射するためには、例えばチタンブラックが分散されたレジストの場合で $0.2\ \mu\text{m}$ 以上、金属の場合で $0.05\ \mu\text{m}$ 以上の幅が必要となる。したがって、隔壁幅 K は、 $0.05\ \mu\text{m}$ 以上で且つ画素部サイズの 0.2 倍以下であることが望ましい。

【0080】

以下、図 1 に示した固体撮像素子の別の構成例について説明する。

【0081】

図 24 は、図 1 に示した固体撮像素子の別の構成例の固体撮像素子を搭載した撮像装置の概略構成を示した図である。図 24 では、固体撮像素子の下部電極 6 より下の構成要素の図示を省略している。また、図 3 と同じ構成には同一符号を付してある。

【0082】

図 24 に示す撮像装置の固体撮像素子は、各画素部のカラーフィルタ 10 に対する下部電極 6 の位置が、固体撮像素子の中心から周辺に向かうにしたがって周辺側にずれていることが図 1 に示す固体撮像素子と異なる点である。

【0083】

図 24 に示すように、中央に光軸が通る画素部以外の各画素部では、カラーフィルタ 10 の中心を通る光線が、光電変換層 7 の下部電極 6 と上部電極 8 で挟まれる領域の中心に到達するように、下部電極 6 の中心が、カラーフィルタ 10 の中心よりも ΔP だけ周辺側にずれている。

【0084】

周辺の画素部では、入射光の入射角度が大きくなるため、カラーフィルタ 10 の中心と下部電極 6 の中心とが重なっている中央の画素部と周辺の画素部とが同じ構成では、周辺の画素部で検出できる光量が相対的に少なくなって輝度シェーディングが発生したり、画素部に入射した光が該画素部の隣の画素部に入射しやすくなって色シェーディングが発生したりする。

【0085】

図 24 に示した構成によれば、各画素部において光を検出する領域（光電変換層 7 の下部電極 6 と上部電極 8 とで挟まれる領域）を周辺に行くにしたがって周辺側にずらしている（このことを画素ずらしとも言う）ため、周辺での光量不足を回避することができる。この結果、輝度シェーディングや色シェーディングを抑制することができる。

【0086】

フォトダイオードが形成された半導体基板上方にカラーフィルタを設けた一般的な固体撮像素子では、中心から周辺に向かうにしたがってカラーフィルタ及びフォトダイオードを周辺側にずらすことで、色シェーディングや輝度シェーディングを抑制することが従来行われている。しかし、このような一般的な固体撮像素子では、カラーフィルタ中心を通った光線がフォトダイオード表面の中心に到達するようにしており、図 24 に示した構成とは異なる。図 24 に示した構成によれば、光電変換層 7 の中心にカラーフィルタ中心を通った光線が到達するようにしているため、光利用率を良くすることができ、混色率を低くすることができる。

【0087】

以下、上述した ΔP の好ましい値について考察する。

【0088】

図 2 4 に示す撮像装置において、撮像レンズ 2 0 の射出瞳面と固体撮像素子表面（封止ガラス 1 2 表面）との光軸方向の距離を L 、撮像レンズ 2 0 の射出瞳中心を出て各カラーフィルタ 1 0 の中心を通り、下部電極 6 上の光電変換層 7 中心に到達する任意の光線の固体撮像素子表面との交点と光軸との光軸に直交する方向の距離を P 、該光線の入射角を α 、該光線の屈折角を β 、カラーフィルタ 1 0 の中心と光電変換層 7 の中心との光軸方向の距離を T 、封止ガラス 1 2、カラーフィルタ 1 0、保護層 9、上部電極 8、及び光電変換層 7 の屈折率を n とすると次式（4）が成立つ。

【 0 0 8 9 】

【 数 5 】

$$\tan \alpha = \frac{P}{L}, \quad \sin \alpha = n \sin \beta, \quad \Delta P = T \tan \beta \quad (4)$$

10

【 0 0 9 0 】

例えば、 $L = 500 \mu\text{m}$ 、 $\alpha = 25^\circ$ 、 T （カラーフィルタ 1 0 の光軸方向の厚さの $1/2$ + 保護層 9 の光軸方向の厚さ + 光電変換層 7 の光軸方向の厚さの $1/2$ ） $= 1.65 \mu\text{m}$ 、屈折率 $n = 1.5$ とすると、 $P = 233 \mu\text{m}$ 、 $\beta = 16.36^\circ$ 、 $\Delta P = 0.484 \mu\text{m}$ となる。したがって、固体撮像素子の中心から任意の画素部までの距離 P に対する当該画素部における画素ずらし量の比率は $\Delta P / P = 0.002$ が理想的となる。

20

【 0 0 9 1 】

次に、 $\Delta P / P = 0.002$ としたときの混色率及び光利用効率を、上述した光線追跡法によるシミュレーションで求めた。なお、このシミュレーションでは、固体撮像素子が封止ガラス 1 2 を有する構成であるため、封止ガラス 1 2 の光軸方向の厚みを G とし、封止ガラス 1 2 表面の座標を $(x5, G)$ とし、この面に入射してきた光線の屈折後の光線の軌跡を前述した要領で求めることで、混色率及び光利用効率を求めた。

【 0 0 9 2 】

まず、撮像レンズ 2 0 の F 値：5.6、 $L : 500 \mu\text{m}$ 、画素部サイズ $Pp : 2 \mu\text{m}$ 、隔壁幅 $K : 0.1 \mu\text{m}$ 、カラーフィルタ 1 0 厚さ $Tf : 1 \mu\text{m}$ 、保護層 9 厚さ $Tp : 1 \mu\text{m}$ 、光電変換層 7 厚さ $To : 0.3 \mu\text{m}$ 、下部電極 6 幅 $Pa : 1.9 \mu\text{m}$ の条件で、カラーフィルタ 1 0 と下部電極 6 の位置関係を、下部電極 6 の方が固体撮像素子の周辺に向かって外側に、カラーフィルタ 1 0 の中心位置から $\Delta P = 0.002 P$ ずらした場合と、下部電極 6 をずらさない場合とをシミュレーションし、それぞれについて混色率及び光利用率を求めた。

30

【 0 0 9 3 】

図 2 5 は、図 2 4 に示した構成において、画素ずらしを行った場合と画素ずらしを行わない場合の光利用率のシミュレーション結果を示した図である。図 2 6 は、図 2 4 に示した構成において、画素ずらしを行った場合と画素ずらしを行わない場合の混色率のシミュレーション結果を示した図である。

【 0 0 9 4 】

図 2 5 に示すように、画素ずらしを行うことにより、輝度シェーディング（入射角の増加にともなって光利用率低下）は明らかに改善される。一方、色シェーディング（入射角の増加にともなって混色増加）は、画素ずらしの有無によってほとんど差異が見られない。これは、今回の条件では、隔壁 1 1 が既に混色を抑圧している結果だと考えられる。

【 0 0 9 5 】

次に、同条件で、 $\Delta P / P$ を変化させた時の入射角 25 度に対する光利用率変化と混色率変化を求めた。結果を図 2 7 及び図 2 8 に示す。

【 0 0 9 6 】

図 2 7 及び図 2 8 より、 $\Delta P / P$ が $0.001 \sim 0.0032$ の範囲で、入射角 25 度に対する光利用率が最大、混色率が最少、即ち、輝度シェーディング最少、色シェーディ

40

50

ング最少となることが分かった。

【 0 0 9 7 】

なお、式 (4) より

【 0 0 9 8 】

【 数 6 】

$$\Delta P / P = \frac{T \tan \beta}{L \tan \alpha} \approx \frac{T \sin \beta}{L \sin \alpha} = \frac{T}{Ln}$$

10

【 0 0 9 9 】

であるので、 $n = 1.5$ とすると、 $\Delta P / P = 0.667 T / L$ となる。

【 0 1 0 0 】

一方、 $L = 500 \mu m$ 、 $T = 1.65 \mu m$ 、 $n = 1.5$ 、入射角 25° の場合について、シミュレーションすると、図 27 より、光利用率については、 $\Delta P / P = 0.001$ から 0.0032 が、最適点から約 5 % ダウン以内 (ほぼ最適点と同じ) となる。また、図 28 より、混色率は、 $\Delta P / P = 0 \sim 0.003$ で最適点からは変化がない。

【 0 1 0 1 】

ここで、図 27、図 28 は、横軸が $\Delta P / P$ で標記されているが、 $L = 500 \mu m$ 、 $T = 1.65 \mu m$ 、つまり $T / L = 0.0033$ の場合なので、 $\Delta P / P = 0.001 \sim 0.003 T / L$ 、 $\Delta P / P = 0.0032 \sim 0.97 T / L$ 、 $\Delta P / P = 0 \sim 0 \times T / L$ 、 $\Delta P / P = 0.003 \sim 0.909 T / L$ と変換できる。

20

【 0 1 0 2 】

以上、上記 $\Delta P / P$ の変換式とシミュレーション結果を鑑み、 $\{ \Delta P (\text{任意の画素部のカラーフィルタ 10 の中心と下部電極 6 の中心とのずれ量}) \div P (\text{任意の画素部のカラーフィルタ 10 の中心を通る光線と固体撮像素子表面 (封止ガラス 12 表面) との交点から、固体撮像素子表面と光軸との交点までの距離}) \}$ を、 $0.303 T / L$ 以上 $0.909 T / L$ 以下とすることが望ましい。

【 0 1 0 3 】

なお、図 1 に示した固体撮像素子や図 24 に示した固体撮像素子の各画素部のカラーフィルタ 10 上に、光電変換層 7 に光を集光するためのマイクロレンズを設けた構成としても良い。マイクロレンズを設けることにより、画素部間の光漏れを更に抑制して、色シェーディングや輝度シェーディングを抑制することができる。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 0 4 】

【 図 1 】 本発明の実施形態を説明するための固体撮像素子の概略構成を示す断面模式図

【 図 2 】 図 1 に示す信号読み出し回路の構成例を示した図

【 図 3 】 シミュレーションした撮像装置の構成を示した図

【 図 4 】 図 3 に示す撮像装置に $x y$ 座標を設定した図

【 図 5 】 図 3 の構成において隔壁なしのときの光利用率の F 値依存特性をシミュレーションした結果を示す図

40

【 図 6 】 図 3 の構成において隔壁ありのときの光利用率の F 値依存特性をシミュレーションした結果を示す図

【 図 7 】 図 3 の構成において隔壁なしのときの光利用率の入射角依存特性をシミュレーションした結果を示す図

【 図 8 】 図 3 の構成において隔壁ありのときの光利用率の入射角依存特性をシミュレーションした結果を示す図

【 図 9 】 図 3 の構成において隔壁 11 なしのときの混色率の F 値依存特性のシミュレーション結果を示す図

【 図 10 】 図 3 の構成において隔壁 11 ありのときの混色率の F 値依存特性のシミュレー

50

ション結果を示す図

【図 1 1】図 3 の構成において隔壁 1 1 なしのときの混色率の入射角依存特性のシミュレーション結果を示す図

【図 1 2】図 3 の構成において隔壁 1 1 ありのときの混色率の入射角依存特性のシミュレーション結果を示す図

【図 1 3】図 3 の構成において保護層 9 厚さ $T_p = 1 \mu m$ に固定し、カラーフィルタ 1 0 厚さ T_f を変化させた場合の光利用率のシミュレーション結果を示す図

【図 1 4】図 3 の構成において保護層 9 厚さ $T_p = 1 \mu m$ に固定し、カラーフィルタ 1 0 厚さ T_f を変化させた場合の混色率のシミュレーション結果を示す図

【図 1 5】図 3 の構成においてカラーフィルタ 1 0 厚さ $T_f = 1 \mu m$ に固定し、保護層 9 厚さ T_p を変化させた場合の光利用率のシミュレーション結果を示す図

【図 1 6】図 3 の構成においてカラーフィルタ 1 0 厚さ $T_f = 1 \mu m$ に固定し、保護層 9 厚さ T_p を変化させた場合の混色率のシミュレーション結果を示す図

【図 1 7】図 3 の構成において $T_f + T_p = 2 \mu m$ に固定し、保護層 9 厚さ T_p を変化させた場合の光利用率のシミュレーション結果を示す図

【図 1 8】図 3 の構成において $T_f + T_p = 2 \mu m$ に固定し、保護層 9 厚さ T_p を変化させた場合の混色率のシミュレーション結果を示す図

【図 1 9】図 3 の構成において保護層 9 厚さ $T_p = 0.4 \mu m$ に固定して $T_f + T_p$ を変化させた場合の光利用率のシミュレーション結果を示す図

【図 2 0】図 3 の構成において保護層 9 厚さ $T_p = 0.4 \mu m$ に固定して $T_f + T_p$ を変化させた場合の混色率のシミュレーション結果を示す図

【図 2 1】図 3 の構成において保護層 9 厚さ T_p を変化させた場合の混色率のシミュレーション結果を示す図

【図 2 2】図 3 の構成において $T_f + T_p$ を変化させた場合の光利用率のシミュレーション結果を示す図

【図 2 3】図 3 の構成において画素部サイズ $2 \mu m$ 、F 値 1.6、隔壁幅 K：可変における光利用率の入射角依存特性のシミュレーション結果を示す図

【図 2 4】図 1 に示した固体撮像素子の別の構成例の固体撮像素子を搭載した撮像装置の概略構成を示した図

【図 2 5】図 2 4 に示した構成において、画素ずらしを行った場合と画素ずらしを行わない場合の光利用率のシミュレーション結果を示した図

【図 2 6】図 2 4 に示した構成において、画素ずらしを行った場合と画素ずらしを行わない場合の混色率のシミュレーション結果を示した図

【図 2 7】図 2 4 に示した構成において、 $\Delta P / P$ を変化させた時の入射角 25 度に対する光利用率のシミュレーション結果を示した図

【図 2 8】図 2 4 に示した構成において、 $\Delta P / P$ を変化させた時の入射角 25 度に対する混色率のシミュレーション結果を示した図

【符号の説明】

【0105】

- 1 p 型シリコン基板
- 6 下部電極
- 7 光電変換層
- 8 上部電極
- 9 保護層
- 10 カラーフィルタ
- 11 隔壁

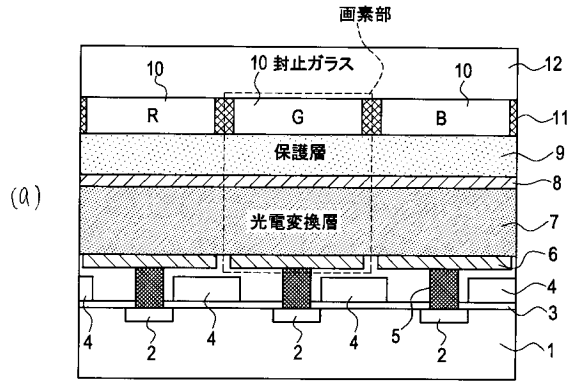
10

20

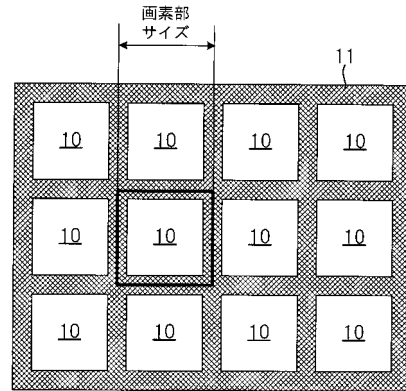
30

40

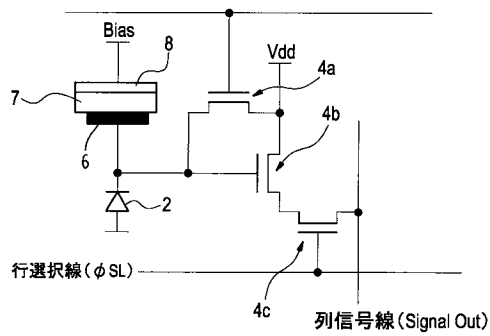
【図 1】



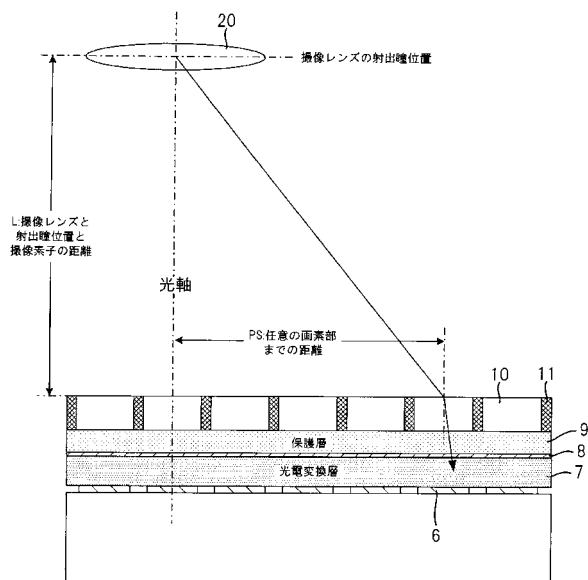
【図 2】



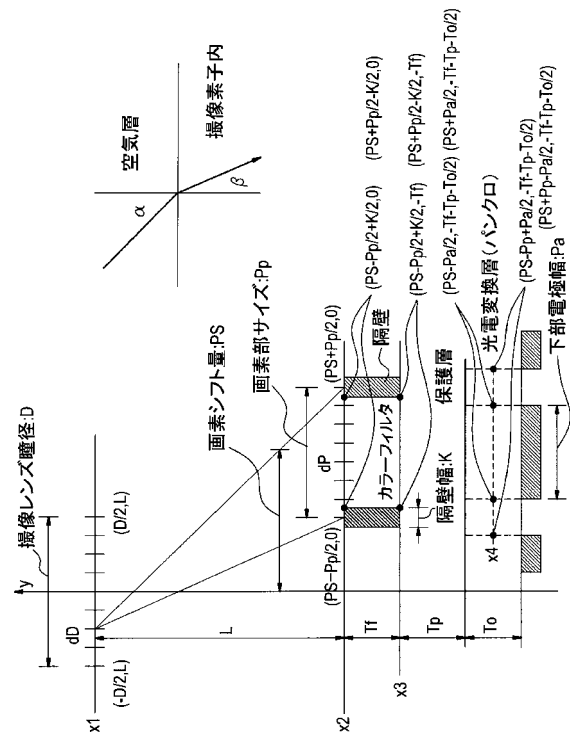
(b)



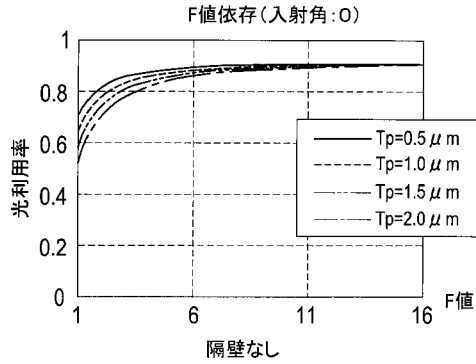
【図 3】



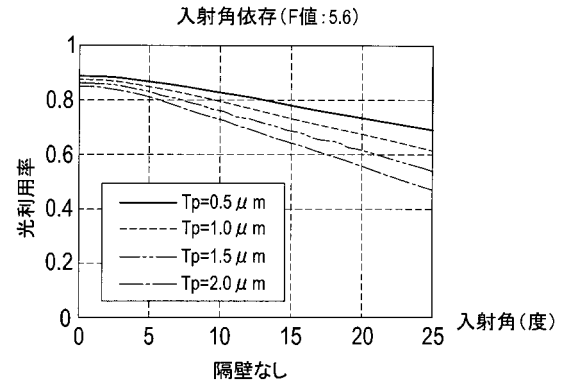
【図 4】



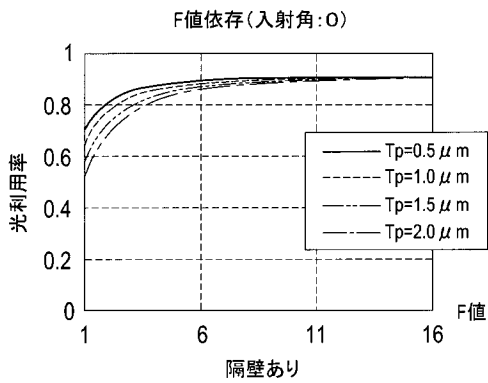
【 図 5 】



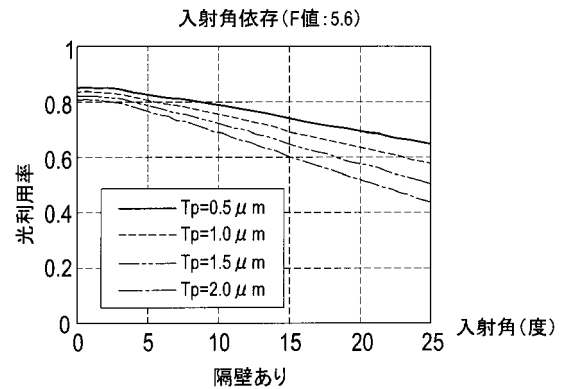
【 図 7 】



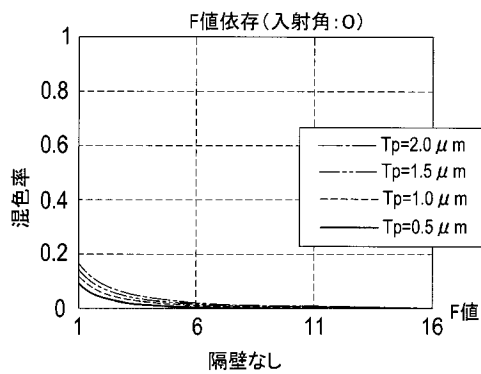
【 図 6 】



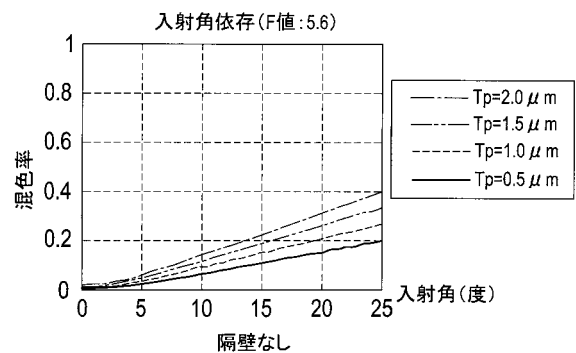
【 図 8 】



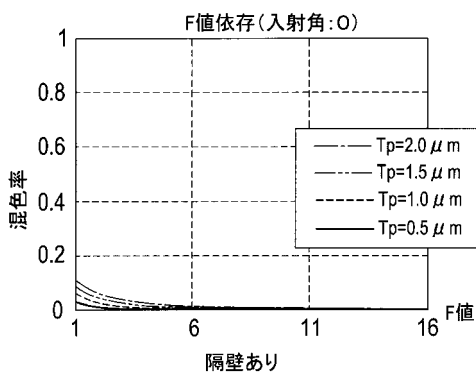
【 図 9 】



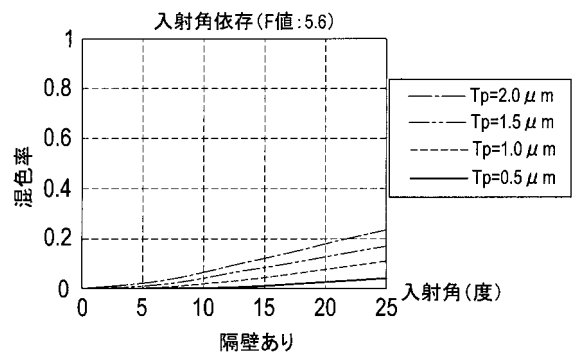
【 図 1 1 】



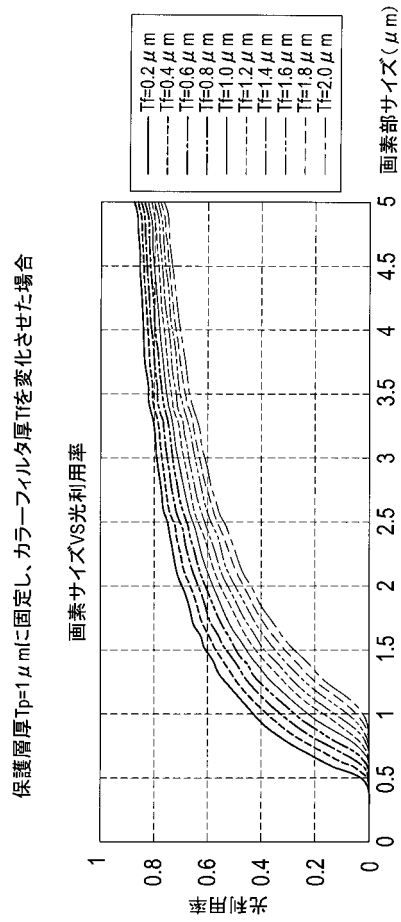
【 図 1 0 】



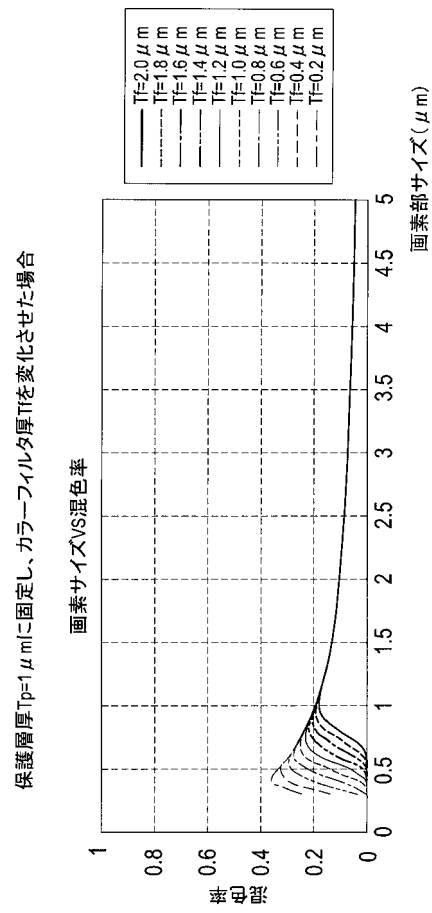
【 図 1 2 】



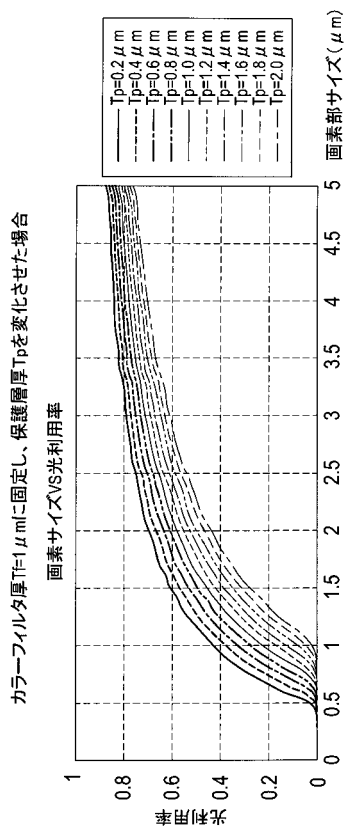
【図 13】



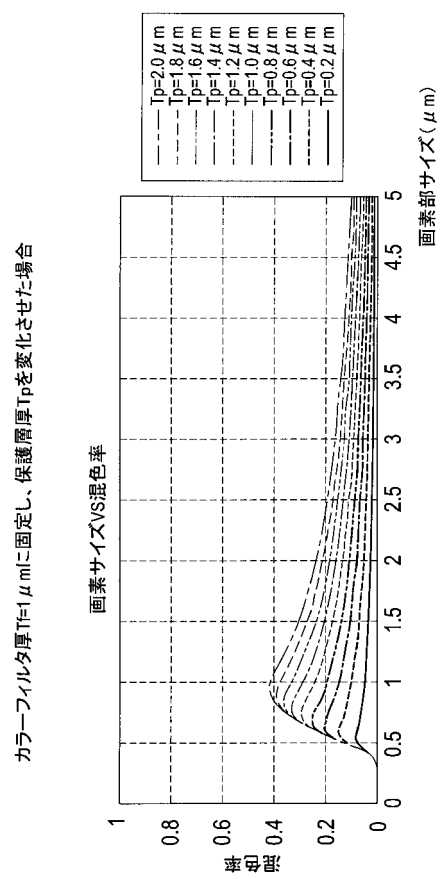
【図 14】



【図 15】

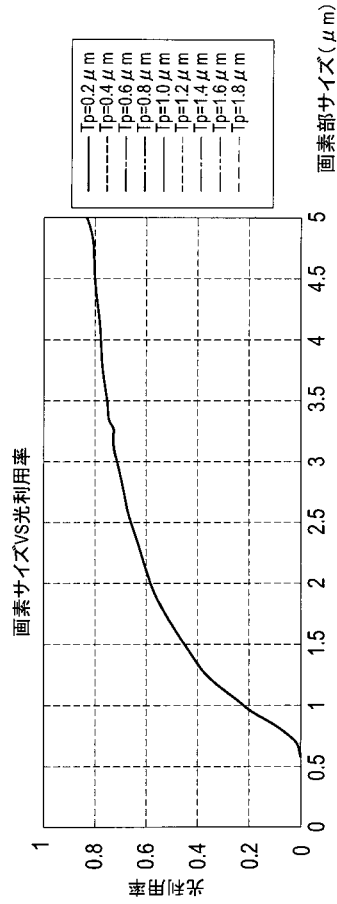


【図 16】



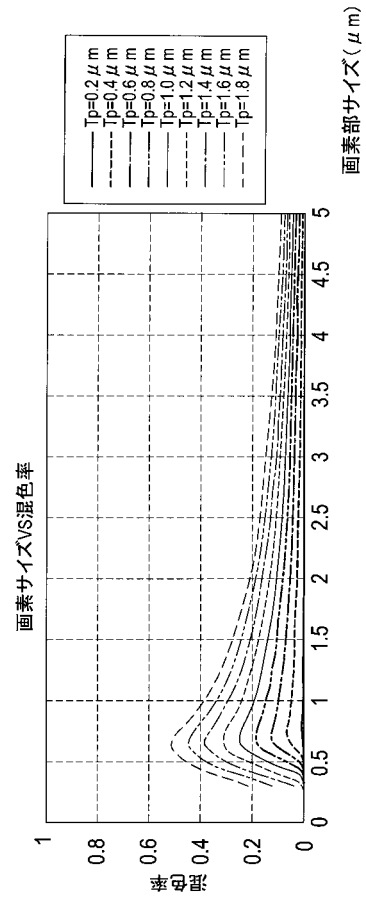
【図 17】

$T_f+T_p=2\mu\text{m}$ に固定し、保護層厚 T_p を変化させた場合



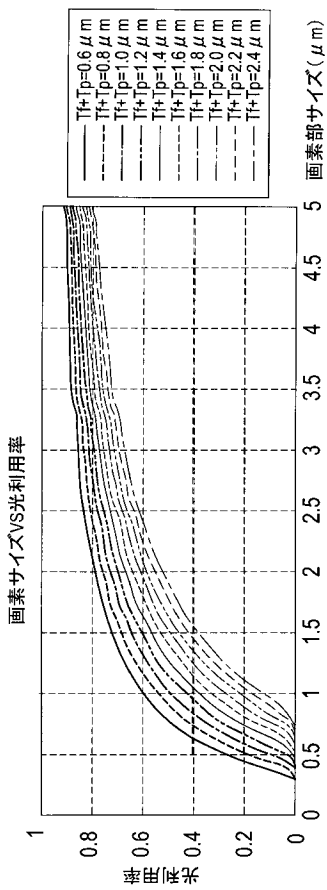
【図 18】

$T_f+T_p=2\mu\text{m}$ に固定し、保護層厚 T_p を変化させた場合



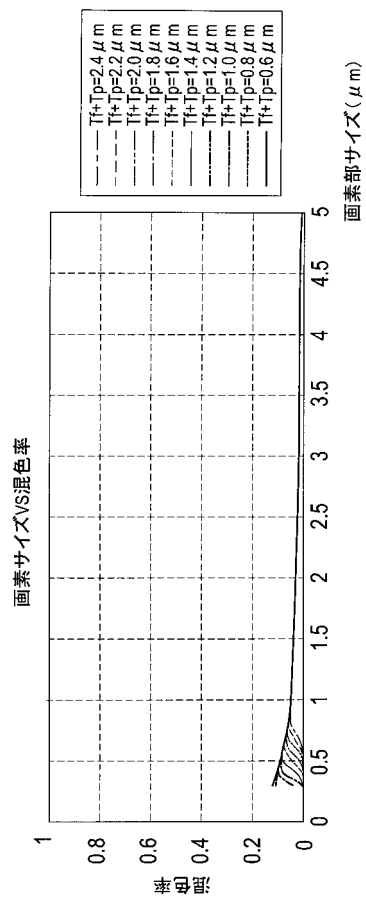
【図 19】

保護層厚 $T_p=0.4\mu\text{m}$ に固定し、 T_f+T_p を変化させた場合



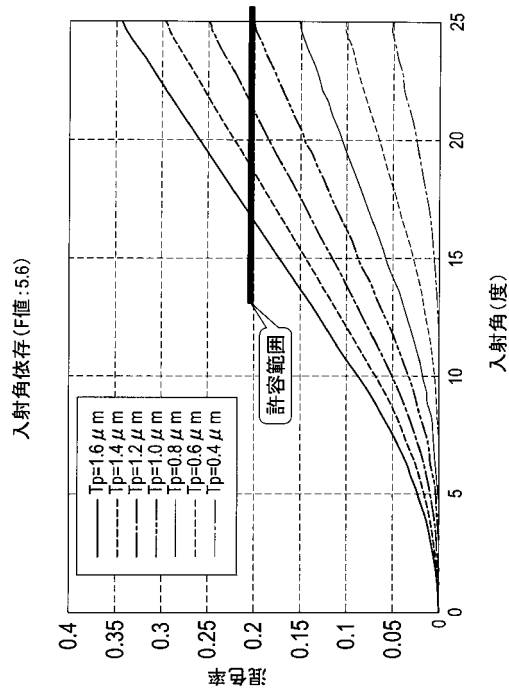
【図 20】

保護層厚 $T_p=0.4\mu\text{m}$ に固定し、 T_f+T_p を変化させた場合



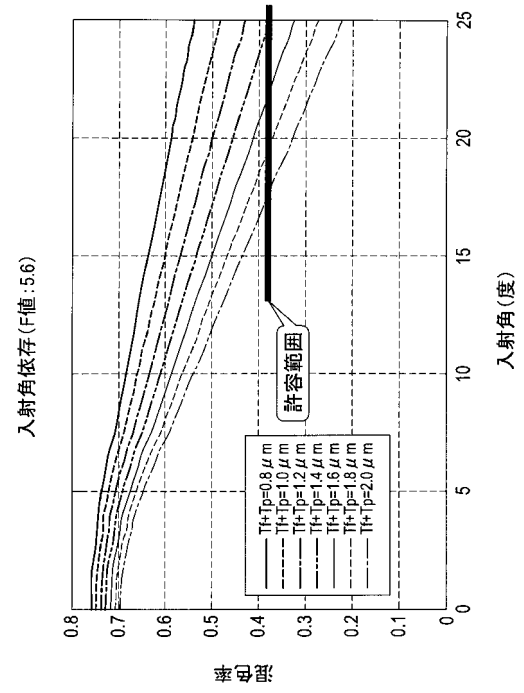
【図 2 1】

Tpを変化させた場合の混合率変化



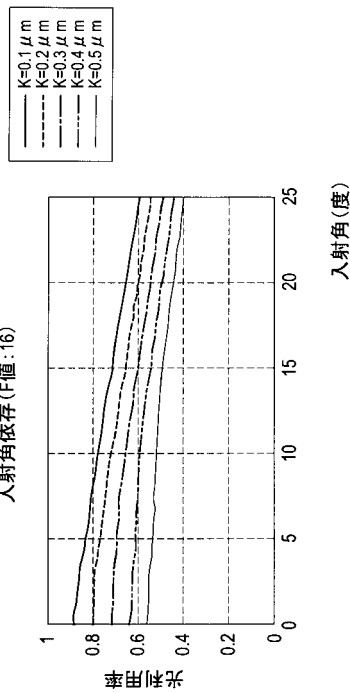
【図 2 2】

Tf+Tpを変化させた場合の光利用率変化

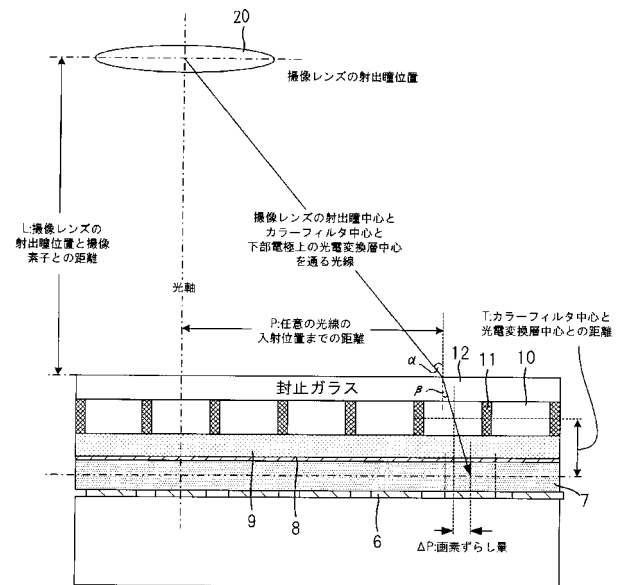


【図 2 3】

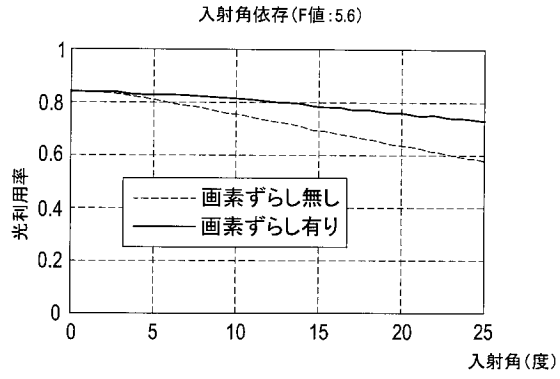
入射角依存 (F値: 16)



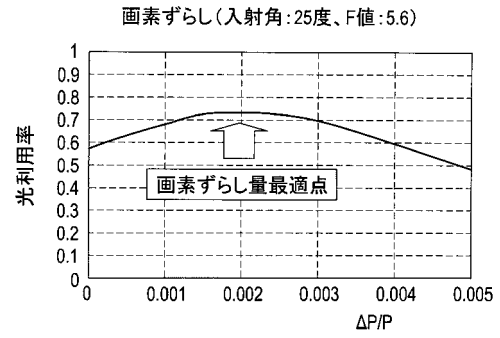
【図 2 4】



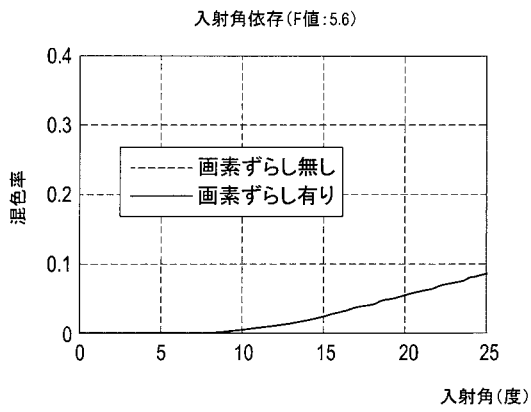
【図 2 5】



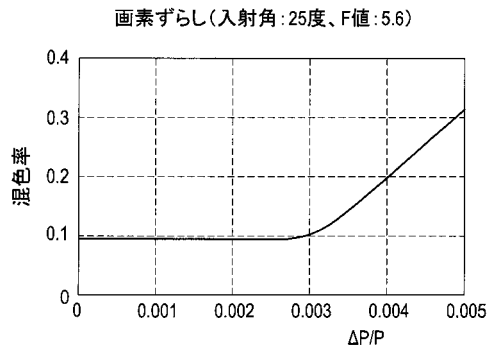
【図 2 7】



【図 2 6】



【図 2 8】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5C065 BB19 BB42 BB43 CC01 DD15 DD17 EE03