

(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2017-118065

(P2017-118065A)

(43) 公開日 平成29年6月29日(2017.6.29)

(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	2 H 1 4 8	
GO 2 B	3/00	(2006.01)	GO 2 B	3/00		A	4 M 1 1 8	
GO 2 B	5/20	(2006.01)	GO 2 B	3/00		Z		
			GO 2 B	5/20	1 O 1			

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2015-255061 (P2015-255061)
 (22) 出願日 平成27年12月25日 (2015.12.25)

(71) 出願人 000003193
 凸版印刷株式会社
 東京都台東区台東1丁目5番1号
 (74) 代理人 100105854
 弁理士 廣瀬 一
 (74) 代理人 100116012
 弁理士 宮坂 徹
 (72) 発明者 井本 知宏
 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内
 Fターム(参考) 2H148 BC09 BC46 BC60 BC65 BD05
 BD11 BE13 BE18 BE32 BF16
 BG11 BH02 BH04
 4M118 AA01 AB01 CA02 GC08 GC14
 GC17 GD04 GD06 GD07 GD20

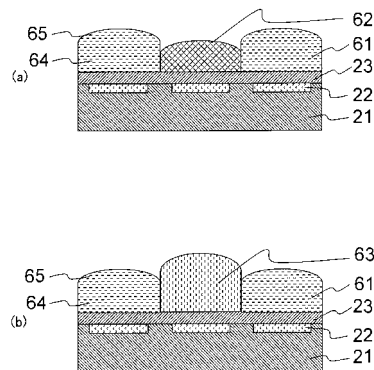
(54) 【発明の名称】 固体撮像素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、量子効率を向上しつつ、各色の量子効率の差を低減可能な固体撮像素子を提供することを課題とする。

【解決手段】 固体撮像素子は、複数のフォトダイオード22が配置された半導体基板21上に、透明平坦化層23と、複数のフォトダイオード22それぞれに対応して形成された複数色のカラーマイクロレンズ61、62、63とがこの順に積層され、複数色のカラーマイクロレンズ61、62、63のそれぞれの高さが色毎に異なっている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数のフォトダイオードが配置された半導体基板上に、透明平坦化層と、前記複数のフォトダイオードそれぞれに対応して形成された複数色のカラーマイクロレンズとがこの順に積層された固体撮像素子であって、

前記複数色のカラーマイクロレンズのそれぞれの高さが色毎に異なっていることを特徴とする固体撮像素子。

【請求項 2】

前記カラーマイクロレンズは、前記透明平坦化層上に配置されたマイクロレンズ本体部と、前記マイクロレンズ本体部上に形成された凸レンズ部とを備え、

前記カラーマイクロレンズの高さは、 $0.2\ \mu\text{m}$ 以上 $0.8\ \mu\text{m}$ 以下であり、

前記凸レンズ部の高さは、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $0.7\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像素子。

【請求項 3】

前記複数色のカラーマイクロレンズは、PG36またはPG58とPY150とを有する緑色顔料分散樹脂液によって形成された緑色カラーマイクロレンズを含み、

前記緑色顔料分散樹脂液の顔料濃度は、50%以上であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の固体撮像素子。

【請求項 4】

互いに隣接する前記カラーマイクロレンズの境界の前記半導体基板側に形成され、屈折率が1.4以上である隔壁を備えることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の固体撮像素子。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の固体撮像素子の製造方法であって、

前記カラーマイクロレンズを、感光性成分を含むカラーレジストを用いて、パターン露光、現像および熱硬化を行って形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【請求項 6】

前記露光時に、半球状または放物面状の凸状に形成可能な透過率分布を有したフォトリソマスクを用いることを特徴とする請求項 5 に記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 7】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の固体撮像素子の製造方法であって、

前記透明平坦化層上に感光性成分を含まない顔料分散樹脂液によってカラーフィルタ層を形成し、形成した前記カラーフィルタ層上にレジストを塗布し、塗布した前記レジストにパターン露光および現像を行ってレジストパターンを形成し、パターニングされた前記レジストをマスクとして前記カラーフィルタ層にドライエッチングを行うことで、前記カラーマイクロレンズを形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【請求項 8】

前記レジストパターンは、前記カラーマイクロレンズのレンズ母型であることを特徴とする請求項 7 に記載の固体撮像素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、固体撮像素子およびその製造方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

ビデオカメラやデジタルカメラは、高画素化が進んでいる。そのため、ビデオカメラやデジタルカメラに組み込まれる固体撮像素子も高画素となり、その画素サイズは、 $1\ \mu\text{m}$ 以下まで微細化が進むものと予想されている。画素サイズの微細化が進めば、画素面積の低下に応じて画素に入射する光の量が減り、フォトダイオードの感度が低くなる。加えて、配線の線幅が小さくなり誘電層が薄くなると、画素へのノイズの影響も受けやすくなる

10

20

30

40

50

。これらの問題を解消するために、固体撮像素子となる半導体基板に形成されたフォトダイオードに対応して形成されたカラーフィルタの上方にマイクロレンズを配置し、入射光を集光することにより光感度を高めている。

【0003】

しかしながら、マイクロレンズを配置したとしても、マイクロレンズと受光素子としてのCMOSやCCDからなるフォトダイオードとの距離が大きいと、入射光を効率よく集光できない。例えば、画素サイズが $1.5\mu\text{m}$ 、マイクロレンズからフォトダイオードまでの距離が $5\mu\text{m}$ であれば、カメラレンズから入射する光が 20° の角度を持っていたとしても、マイクロレンズからフォトダイオードには 10° 程度の角度の範囲の光しか取り込むことができず、集光効率が悪くなって固体撮像素子の感度の低下につながるため、カラーフィルタ層の薄膜化が求められている。

10

【0004】

オンチップカラーフィルタ（フォトダイオードが形成された半導体基板に形成し、対応するフォトダイオードに所定の波長の光を入射させるカラーフィルタ）を有する従来の固体撮像素子は、半導体基板に複数のフォトダイオードが形成され、半導体基板の表面にはシリコン酸化膜またはシリコン窒素酸化膜が形成されている。半導体基板上には、透明樹脂からなる透明平坦化層（PL）が形成されている。透明平坦化層（PL）上には、フォトダイオードに対応して、顔料や染料等の色素を分散させた樹脂からなる緑色カラーフィルタ、青色カラーフィルタおよび赤色カラーフィルタが形成されている。これらのカラーフィルタ上に透明樹脂からなる平滑化層（FL）が形成され、その上にフォトダイオード

20

【0005】

また、マイクロレンズとしては、例えば、透明樹脂層を使用せずに顔料分散型カラーレジストや染料系カラーレジストで形状するカラーマイクロレンズが特許文献1に開示されている。この特許文献1に記載の技術によれば、マイクロレンズに通常使用する透明樹脂の材料や塗布工程を削減することができる。また、レンズとフォトダイオードとの間の距離を短くすることができるため、量子効率を向上することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

30

【特許文献1】特開2003-332547号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、カラーマイクロレンズは、透明樹脂からなるマイクロレンズと違い、集光性能が各色で異なる。それゆえ、各色で量子効率に大きな差を生じる可能性があった。

本発明は、上記の点に着目し、量子効率を向上しつつ、各色の量子効率の差を低減可能な固体撮像素子およびその製造方法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】

【0008】

40

本発明の一態様は、複数のフォトダイオードが配置された半導体基板上に、透明平坦化層と、複数のフォトダイオードそれぞれに対応して形成された複数色のカラーマイクロレンズとがこの順に積層された固体撮像素子であって、複数色のカラーマイクロレンズのそれぞれの高さが色毎に異なっていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、カラーマイクロレンズを用いるため、レンズとフォトダイオードとの距離を短くことができ、量子効率を向上できる。また、カラーマイクロレンズの高さを色毎に調整することで、各色の集光特性の差を低減でき、各色の量子効率の差を低減できる。これにより、量子効率を向上しつつ、各色の量子効率の差を低減できる。

50

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】固体撮像素子の構成を表す端面図である。

【図2】カラーフィルタ配列を表す平面図である。

【図3】フォトリソグラフィ方式でのカラーマイクロレンズの形成順序を説明するための端面図である。

【図4】フォトマスクの1画素辺りの透過率分布を表す平面図である。

【図5】高さが全て同じカラーマイクロレンズの各波長に対する各色の量子効率を表すグラフである。

【図6】フォトリソグラフィ方式で形成した高さが異なるカラーマイクロレンズの各波長に対する各色の量子効率を表すグラフである。

【図7】エッチングプロセスでのカラーマイクロレンズの形成順序を説明するための端面図である。

【図8】ドライエッチング方式で形成した高さが異なるカラーマイクロレンズの各波長に対する各色の量子効率を表すグラフである。

【図9】隔壁を有するカラーマイクロレンズの形成順序を説明するための端面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

(第1実施形態)

(構成)

図1は、固体撮像素子の構造を表す端面図である。

図1(a)(b)に示すように、固体撮像素子は、複数のフォトダイオード22が形成された半導体基板21上に、半導体基板21表面の凹凸を平坦化するための透明平坦化層23、および複数のフォトダイオード22それぞれに対応して形成された複数色のカラーマイクロレンズ61、62、63がこの順に積層されている。複数色のカラーマイクロレンズ61、62、63としては、例えば、緑色の光を透過する緑色カラーマイクロレンズ61、青色の光を透過する青色カラーマイクロレンズ62、赤色の光を透過する赤色カラーマイクロレンズ63がある。カラーマイクロレンズ61、62、63のそれぞれは、フォトダイオード22から遠い側の端部が半球状もしくは放物面状の凸状に形成されている。

【0012】

また、複数色のカラーマイクロレンズ61、62、63のそれぞれは、色毎(緑、青、赤)に高さが異なっている。具体的には、赤色カラーマイクロレンズ63の高さ>緑色カラーマイクロレンズ61の高さ>青色カラーマイクロレンズ62の高さとなっている。

図2は、カラーフィルタ配列20を表す平面図である。図2に示す配列は、一画素おきにG(緑)フィルタ(緑色カラーマイクロレンズ61)が設けられ、隣り合うGフィルタの間に一行おきにR(赤)フィルタ(赤色カラーマイクロレンズ63)とB(青)フィルタ(青色カラーマイクロレンズ62)とが設けられた、いわゆるベイヤー配列である。

【0013】

また、カラーマイクロレンズ61、62、63は、透明平坦化層23上に配置されたマイクロレンズ本体部64と、マイクロレンズ本体部64上に形成された直方体状の凸レンズ部65とを備える。凸レンズ部65は、フォトダイオード22の法線方向に凸面を向けた凸レンズ形状に形成されている。これにより、フォトダイオード22から遠い側の端部が半球状もしくは放物面状の凸状、つまり、凸レンズ形状となっている直方体形状を形成している。また、カラーマイクロレンズ61、62、63の高さは、0.2μm以上0.8μm以下とする。さらに、凸レンズ部65の高さは、0.1μm以上0.7μm以下とする。

【0014】

(製造方法)

10

20

30

40

50

次に、固体撮像素子の製造方法について説明する。第1実施形態では、カラーマイクロレンズ61、62、63をフォトリソグラフィ方式によって形成する。

まず、図3(a)に示すように、半導体基板21に複数のフォトダイオード22を形成する。次に、半導体基板21上にシリコン酸化膜またはシリコン窒素酸化膜を形成する。

次に、半導体基板21上に、透明樹脂からなる透明平坦化層(PL)23を形成する。透明平坦化層(PL)23は、半導体基板21表面の凹凸を平坦化するとともに、カラーマイクロレンズ61、62、63と半導体基板21との接着層としての機能を有する。

【0015】

次に、透明平坦化層23上に、感光性成分を含む緑色カラーレジスト24を塗布する。緑色カラーレジスト24の色材としては、例えば、ピグメントグリーン(PG)36またはPG58とピグメントイエロー(PY)150とを用い、緑色カラーレジスト24の顔料濃度は、例えば50%以上となるように調整することが好ましい。緑色カラーレジスト24の膜厚は、例えば、塗布装置の塗布回転数を1200rpmとすることで500nmとする。また、緑色カラーレジスト24を150度以下(例えば、70度)の温度で加熱することで、完全に硬化はさせないが、ある程度の溶剤耐性を緑色カラーレジスト24に付与する。

10

【0016】

次に、図3(b)に示すように、半球状または放物面状の凸状に形成可能な透過率分布10を有した緑色領域用のフォトマスク40を用いて、緑色カラーレジスト24にパターン露光および現像を行う。次に、フォトダイオード22の光電変換特性に影響の出ない温度である300度以下(例えば、200度)の温度で熱硬化を行って、緑色カラーマイクロレンズ61を形成する。その際、青色カラーマイクロレンズ62および赤色カラーマイクロレンズ63を形成するための場所から、緑色カラーレジスト24を除去する。

20

【0017】

図4は、フォトマスク40の1画素辺りの透過率分布10を表す平面図である。

フォトマスク40は、実際に形成するパターンの4倍の寸法を有し、1/4に縮小してパターン露光を行なう。また、フォトマスク40は、同心円で区切られた円形領域、円環状領域毎に濃淡の段階が設定された同心円状の階調(グレースケール)を有する。同心円状の階調は、例えば、1/4縮小時に露光光の波長以下の寸法になる微細な黒ドット(または白ドット)の単位面積当たりの個数をフォトマスク40上で調整して形成する。黒ドットの個数は、中心部に近い領域(円形領域、円環状領域)ほど多くする。これにより、中心部に近い領域(円形領域、円環状領域)ほど透過率が減少する。例えば、中心部の領域(円形領域11)は透過率20~25%、中心部から2番目の領域(円環状領域12)は透過率25~30%、3番目の円環状領域13は透過率30~35%、4番目の円環状領域14は透過率35~40%、5番目の円環状領域15は透過率40~45%とする。

30

【0018】

なお、青色領域用のフォトマスク41、赤色領域用のフォトマスク42も同様とする。

次に、図3(c)に示すように、透明平坦化層23上に、感光性成分を含む青色カラーレジスト25を塗布する。青色カラーレジスト25の膜厚は、例えば、塗布装置の塗布回転数を2000rpmとすることで400nmとする。また、塗布した青色カラーレジスト25を150度以下(例えば、70度)の温度で加熱することで、完全に硬化はさせないが、ある程度の溶剤耐性を付与する。次に、図3(d)に示すように、半球状または放物面状の凸状に形成可能な透過率分布10を有した青色領域用のフォトマスク41を用いて、青色カラーレジスト25にパターン露光および現像を行う。次に、フォトダイオード22の光電変換特性に影響の出ない温度である300度以下(例えば、200度)の温度で熱硬化を行って、青色カラーマイクロレンズ62を形成する。青色カラーマイクロレンズ62の高さは、緑色カラーマイクロレンズ61よりも低くする。その際、赤色カラーマイクロレンズ63を形成するための場所から、青色カラーレジスト25を除去する。

40

【0019】

次に、図3(e)に示すように、透明平坦化層23上に、感光性成分を含む赤色カラー

50

レジスト 26 を塗布する。赤色カラーレジスト 26 の膜厚は、例えば、塗布装置の塗布回転数を 800 rpm とすることで 600 nm とする。また、塗布した赤色カラーレジスト 26 を 150 度以下（例えば、70 度）の温度で加熱することで、完全に硬化はさせないが、ある程度の溶剤耐性を赤色カラーレジスト 26 に付与する。次に、図 3（f）に示すように、半球状または放物面状の凸状に形成可能な透過率分布 10 を有した赤色領域用のフォトマスク 42 を用いて、赤色カラーレジスト 26 にパターン露光および現像を行う。次に、フォトダイオード 22 の光電変換特性に影響の出ない温度である 300 度以下（例えば、200 度）の温度で熱硬化を行って、赤色カラーマイクロレンズ 63 を形成する。赤色カラーマイクロレンズ 63 の高さは、緑色カラーマイクロレンズ 61 よりも高くする。

10

【0020】

これにより、色毎に高さの異なるカラーマイクロレンズ 61、62、63 を作製する。

図 5 は、緑色、青色および赤色といった色の違いに関わらず、高さが全て同じカラーマイクロレンズの各波長に対する各色の量子効率の計測結果を表すグラフである。また、図 6 は、上述したトリソグラフィ方式で形成した、色毎に高さが異なるカラーマイクロレンズ 61、62、63 の各波長に対する各色の量子効率の計測結果を表すグラフである。図 5、図 6 より、高さが全て同じカラーマイクロレンズの量子効率は各色で差が大きかったが、カラーマイクロレンズの高さを調整することで量子効率の差が小さくなることが確認できた。これにより、第 1 実施形態の固体撮像素子によれば、3 色のカラーマイクロレンズ 61、62、63 の高さを調整することで、量子効率を制御できることを確認できた。

20

【0021】

（第 1 実施形態の効果）

第 1 実施形態に係る発明は、以下の効果を奏する。

（1）第 1 実施形態に係る固体撮像素子は、複数のフォトダイオード 22 が配置された半導体基板 21 上に、透明平坦化層 23 と、複数のフォトダイオード 22 それぞれに対応して形成された複数色のカラーマイクロレンズ 61、62、63 とがこの順に積層され、複数色のカラーマイクロレンズ 61、62、63 のそれぞれの高さが色毎に異なる。

【0022】

このような構成によれば、カラーマイクロレンズ 61、62、63 を用いるため、レンズとフォトダイオード 22 との距離を短くすることができ、量子効率を向上できる。また、カラーマイクロレンズ 61、62、63 の高さを色毎に調整することで、各色の集光特性の差を低減でき、各色の量子効率の差を低減できる。これにより、量子効率を向上しつつ、各色の量子効率の差を低減可能な固体撮像素子を提供することができる。

30

【0023】

（2）第 1 実施形態に係る固体撮像素子は、カラーマイクロレンズ 61、62、63 は、透明平坦化層 23 上に配置されたマイクロレンズ本体部 64 と、マイクロレンズ本体部 64 上に形成された凸レンズ部 65 とを備える。そして、カラーマイクロレンズ 61、62、63 の高さは、0.2 μm 以上 0.8 μm 以下であり、凸レンズ部 65 の高さは、0.1 μm 以上 0.7 μm 以下である。

40

このような構成によれば、各色の量子効率の差をより適切に低減できる。

【0024】

（3）第 1 実施形態に係る固体撮像素子の製造方法は、カラーマイクロレンズ 61、62、63 を、感光性成分を含むカラーレジストを用いて、パターン露光、現像および熱硬化を行って形成することを特徴とする。

このような構成によれば、カラーマイクロレンズ 61 ~ 63 をより容易に形成できる。

（4）第 1 実施形態に係る固体撮像素子の製造方法は、露光時に、半球状または放物面状の凸状に形成可能な透過率分布 10 を有したフォトマスク 40、41、42 を用いる。

このような構成によれば、レンズ形状をより容易に形成できる。

【0025】

50

(第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態について図面を参照しつつ説明する。なお、第1実施形態と同様な構成等については同一の符号を使用して、その詳細は省略する。

図7は、第2実施形態の固体撮像素子の製造方法を表す端面図である。

図7に示すように、第2実施形態は、固体撮像素子の製造時に、カラーマイクロレンズ61、62、63をエッチング方式で形成する点が第1実施形態と異なる。

【0026】

(製造方法)

第2実施形態における、固体撮像素子の製造方法について説明する。

まず、図7(a)に示すように、半導体基板21に複数のフォトダイオード22を形成する。次に、半導体基板21上にシリコン酸化膜またはシリコン窒素酸化膜を形成する。次に、半導体基板21上に、透明樹脂からなる透明平坦化層(PL)23を形成する。

【0027】

次に、透明平坦化層23上に、感光性成分を含まない緑色顔料分散樹脂液31を塗布する。緑色顔料分散樹脂液31の色材としては、例えば、ピグメントグリーン(PG)36またはPG58と、ピグメントイエロー(PY)150とを用い、緑色顔料分散樹脂液31の顔料濃度が、50%以上となるように調整することが好ましい。緑色顔料分散樹脂液31の膜厚は、例えば、塗布装置の塗布回転数を1000rpmとすることで400nmとする。次に、実デバイスに影響の出ない温度である300度以下(例えば、200度)の温度で加熱することで、熱硬化させ、緑色カラーフィルタ層35を形成する。

【0028】

次に、緑色カラーフィルタ層35上に、ポジ型レジスト32を塗布する。ポジ型レジスト32の膜厚は、例えば、塗布装置の塗布回転数を1200rpmとすることで1000nmとする。またポジ型レジスト32を90度で加熱する。次に、図7(b)に示すように、半球状または放物面状の凸状に形成可能な透過率分布10を有した緑色領域用のフォトマスク40を用いて、ポジ型レジスト32にパターン露光および現像を行って、半球状または放物面状のレジストパターンを形成する。レジストパターンは、緑色カラーマイクロレンズ61のレンズ母型とする。次に、図7(c)に示すように、半球状または放物面状にパターンニングされたポジ型レジスト32をマスクとして緑色カラーフィルタ層35にドライエッチングを行い、シクロヘキサノン等の溶剤によってサンプルを洗浄して、緑色カラーマイクロレンズ61を形成する。その際、青色カラーマイクロレンズ62および赤色カラーマイクロレンズ63を形成するための場所から、緑色顔料分散樹脂液31を除去する。

【0029】

次に、図7(d)に示すように、透明平坦化層23上に、感光性成分を含む青色カラーレジスト33を塗布する。青色カラーレジスト33の膜厚は、例えば、塗布装置の塗布回転数を1900rpmとすることで400nmとする。また、塗布した青色カラーレジスト33を150度以下(例えば、70度)の温度で加熱することで、完全に硬化はさせないが、ある程度の溶剤耐性を付与する。次に、図7(e)に示すように、半球状または放物面状の凸状に形成可能な透過率分布10を有した青色領域用のフォトマスク41を用いて、青色カラーレジスト33にパターン露光および現像を行う。次に、青色カラーレジスト33に、実デバイスに影響の出ない温度である300度以下(例えば、230度)の温度で熱硬化を行って、青色カラーマイクロレンズ62を形成する。青色カラーマイクロレンズ62の高さは、緑色カラーマイクロレンズ61よりも低くする。その際、赤色カラーマイクロレンズ63を形成するための場所から、青色カラーレジスト33を除去する。

【0030】

次に、図7(f)に示すように、透明平坦化層23上に、感光性成分を含む赤色カラーレジスト34を塗布する。赤色カラーレジスト34の膜厚は、例えば、塗布装置の塗布回転数を850rpmとすることで600nmとする。また、塗布した赤色カラーレジスト34を150度以下(例えば、70度)の温度で加熱することで、完全に硬化はさせない

10

20

30

40

50

が、ある程度の溶剤耐性を付与する。次に、図7(g)に示すように、半球状または放物面状の凸状に形成可能な透過率分布10を有した赤色領域用のフォトマスク42を用いて、赤色カラーレジスト34にパターン露光および現像を行う。次に、赤色カラーレジスト34に、実デバイスに影響の出ない温度である300度以下(例えば、230度)の温度で熱硬化を行って、赤色カラーマイクロレンズ63を形成する。赤色カラーマイクロレンズ63の高さは、緑色カラーマイクロレンズ61よりも高くする。

【0031】

これにより、色毎に高さの異なるカラーマイクロレンズ61、62、63を作製する。なお、その他の構成は第1実施形態と同様である。

このように、第2実施形態では、緑色カラーマイクロレンズ61のみをドライエッチングで形成する例を示したが、同様の手順で、青色カラーマイクロレンズ62、赤色カラーマイクロレンズ63もドライエッチングで形成することもできる。ドライエッチングでパターンニングすることにより、顔料分散樹脂液に感光性成分を含まなくてよいため、その分、顔料濃度を増大でき、カラーマイクロレンズ61、62、63の薄膜化が可能となる。

【0032】

図5は、緑色、青色および赤色といった色の違いに関わらず、高さが全て同じカラーマイクロレンズの各波長に対する各色の量子効率の計測結果を表すグラフである。また、図8は、上述したドライエッチング方式で形成した、色毎に高さが異なるカラーマイクロレンズ61、62、63の各波長に対する各色の量子効率の測定結果を表すグラフである。図5、図8より、高さが全て同じカラーマイクロレンズの量子効率は各色で差が大きかったが、カラーマイクロレンズの高さを調整することで量子効率の差が小さくなることが確認できた。これにより、第2実施形態の固体撮像素子によれば、3色のカラーマイクロレンズ61~63の高さを調整することで、量子効率を制御できることを確認できた。

【0033】

(第2実施形態の効果)

第2実施形態に係る発明は、第1実施形態の効果に加え、以下の効果を奏する。

(1)第2実施形態に係る固体撮像素子では、複数色のカラーマイクロレンズは、PG36またはPG58とPY150とを有する緑色顔料分散樹脂液31によって形成された緑色カラーマイクロレンズ61を含み、緑色顔料分散樹脂液31の顔料濃度は、50%以上である。

このような構成によれば、感光性成分を含まない緑色顔料分散樹脂液31を用いるため、顔料濃度を増大でき、カラーマイクロレンズ61、62、63を薄膜化できる。

【0034】

(2)第2実施形態に係る固体撮像素子の製造方法は、透明平坦化層23上に感光性成分を含まない顔料分散樹脂液によってカラーフィルタ層(緑色カラーフィルタ層35)を形成し、形成したカラーフィルタ層(緑色カラーフィルタ層35)上にレジストを塗布し、塗布したレジストにパターン露光および現像を行ってレジストパターンを形成し、パターンニングされたレジストをマスクとしてカラーフィルタ層(緑色カラーフィルタ層35)にドライエッチングを行うことで、カラーマイクロレンズ61を形成する。

このような構成によれば、カラーマイクロレンズ61~63をより容易に形成できる。

(3)第2実施形態に係る固体撮像素子の製造方法では、レジストパターンは、カラーマイクロレンズ(緑色カラーマイクロレンズ61)のレンズ母型である。

このような構成によれば、レンズ形状をより容易に形成できる。

【0035】

(第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態について図面を参照しつつ説明する。なお、第1実施形態と同様な構成等については同一の符号を使用して、その詳細は省略する。

図9は、第3実施形態の固体撮像素子の製造方法を表す端面図である。

図9に示すように、第2実施形態は、固体撮像素子の製造時に、互いに隣接するカラーマイクロレンズ61、62、63の境界の半導体基板21側に形成され、屈折率が1.4

10

20

30

40

50

以上である隔壁 5 3 を形成する点が第 1 実施形態と異なる。

【 0 0 3 6 】

(製造方法)

次に、第 3 実施形態における、固体撮像素子の製造方法について説明する。

まず、図 9 (a) に示すように、半導体基板 2 1 に複数のフォトダイオード 2 2 を形成する。次に、半導体基板 2 1 上にシリコン酸化膜またはシリコン窒素酸化膜を形成する。

次に、半導体基板 2 1 上に、物理蒸着 (P V D) 法によって、合成石英 5 1 を膜厚 5 0 0 n m ほど蒸着する。合成石英 5 1 としては、屈折率が 1 . 4 以上のものを採用する。続いて、合成石英 5 1 上に、ポジ型レジスト 5 2 を塗布する。ポジ型レジスト 5 2 の膜厚は、例えば、塗布装置の塗布回転数を 8 0 0 r p m とすることで 2 0 0 0 n m とする。次に、図 9 (b) に示すように、各色のカラーマイクロレンズ 6 1、6 2、6 3 の境界の半導体基板 2 1 側に線幅 5 0 n m の格子パターンが転写されるように設計したフォトマスク 7 0 を用いて、ポジ型レジスト 5 2 を露光および現像し、格子状のレジストパターンを形成する。

10

【 0 0 3 7 】

次に、図 9 (c) に示すように、格子状にパターンニングされたポジ型レジスト 5 2 をマスクとして合成石英 5 1 にドライエッチングを行い、図 9 (d) に示すように、シクロヘキサノン等の溶剤によってレジストを洗浄して、合成石英 5 1 の隔壁 5 3 を形成する。

次に、図 9 (e) に示すように、形成した隔壁 5 3 間の半導体基板 2 1 上に、透明樹脂からなる透明平坦化層 (P L) 2 3 を形成する。次に、透明平坦化層 2 3 および隔壁 5 3 上に、感光性成分を含む緑色カラーレジスト 2 4 を塗布する。緑色カラーレジスト 2 4 の色材としては、例えば、ピグメントグリーン (P G) 3 6 または P G 5 8 と、ピグメントイエロー (P Y) 1 5 0 とを用い、緑色カラーレジスト 2 4 の顔料濃度が、5 0 % 以上となるように調整することが好ましい。緑色カラーレジスト 2 4 の膜厚は、例えば、塗布装置の塗布回転数を 1 1 0 0 r p m とすることで 5 5 0 n m とする。また、塗布した緑色カラーレジスト 2 4 を 1 5 0 度以下 (例えば、7 0 度) の温度で加熱することで、完全に硬化はさせないが、ある程度の溶剤耐性を緑色カラーレジスト 2 4 に付与する。

20

【 0 0 3 8 】

次に、図 9 (f) に示すように、半球状または放物面状の凸状に形成可能な透過率分布 1 0 を有した緑色領域用のフォトマスク 4 0 を用いて、緑色カラーレジスト 2 4 にパターン露光および現像を行う。次に、フォトダイオード 2 2 の光電変換特性に影響の出ない温度である 3 0 0 度以下 (例えば、2 0 0 度) の温度で熱硬化を行って、緑色カラーマイクロレンズ 6 1 を形成する。その際、青色カラーマイクロレンズ 6 2 および赤色カラーマイクロレンズ 6 3 を形成するための場所から、緑色カラーレジスト 2 4 を除去する。

30

【 0 0 3 9 】

次に、図 9 (g) に示すように、透明平坦化層 2 3 上に、感光性成分を含む青色カラーレジスト 2 5 を塗布する。青色カラーレジスト 2 5 の膜厚は、例えば、塗布装置の塗布回転数を 1 9 0 0 r p m とすることで 4 5 0 n m とする。また、塗布した青色カラーレジスト 2 5 を 1 5 0 度以下 (例えば、7 0 度) の温度で加熱することで、完全に硬化はさせないが、ある程度の溶剤耐性を付与する。次に、図 9 (h) に示すように、半球状または放物面状の凸状に形成可能な透過率分布 1 0 を有した青色領域用のフォトマスク 4 1 を用いて、青色カラーレジスト 2 5 にパターン露光および現像を行う。次に、フォトダイオード 2 2 の光電変換特性に影響の出ない温度である 3 0 0 度以下 (例えば、2 0 0 度) の温度で熱硬化を行って、青色カラーマイクロレンズ 6 2 を形成する。青色カラーマイクロレンズ 6 2 の高さは、緑色カラーマイクロレンズ 6 1 よりも低くする。その際、赤色カラーマイクロレンズ 6 3 を形成するための場所から、青色カラーレジスト 2 5 を除去する。

40

【 0 0 4 0 】

次に、図 9 (i) に示すように、透明平坦化層 2 3 上に、感光性成分を含む赤色カラーレジスト 2 6 を塗布する。赤色カラーレジスト 2 6 の膜厚は、例えば、塗布装置の塗布回転数を 7 5 0 r p m とすることで 6 5 0 n m とする。また、塗布した赤色カラーレジスト

50

26を150度以下(例えば、70度)の温度で加熱することで、完全に硬化はさせないが、ある程度の溶剤耐性を付与する。次に、図9(j)に示すように、半球状または放物面状の凸状に形成可能な透過率分布10を有した赤色領域用のフォトマスク42を用いて、赤色カラーレジスト26にパターン露光および現像を行う。次に、フォトダイオード22の光電変換特性に影響の出ない温度である300度以下(例えば、200度)の温度で熱硬化を行って、赤色カラーマイクロレンズ63を形成する。赤色カラーマイクロレンズ63の高さは、緑色カラーマイクロレンズ61よりも高くする。

【0041】

これにより、色毎に高さの異なるカラーマイクロレンズ61、62、63を作製する。

【0042】

【表1】

屈折率	量子効率(%)
1.1	65
1.2	70
1.3	73
1.4	79
1.5	81

【0043】

表1は、隔壁53を有する緑色カラーマイクロレンズ61の波長550nmに対する量子効率の計測結果を表すものである。隔壁53は、屈折率が1.1~1.5の合成石英51を用いて形成した。透明なマイクロレンズと緑色カラーフィルタとを組み合わせからなる従来の構成では、波長550nmに対する量子効率は、77%になった。それゆえ、隔壁53の屈折率は1.4以上が望ましい。これにより、第3実施形態の固体撮像素子は、屈折率1.4以上の隔壁53を有することで、量子効率を向上できることを確認できた。

【0044】

(第3実施形態の効果)

第3実施形態に係る発明は、第1実施形態の効果に加え、以下の効果を奏する。

(1)本実施形態に係る固体撮像素子は、互いに隣接するカラーマイクロレンズ61、62、63の境界の半導体基板21側に形成され、屈折率が1.4以上である隔壁53を備える。

このような構成によれば、量子効率をより向上することができる。

【符号の説明】

【0045】

- 10 フォトマスクの透過率分布
- 11 透過率20~25%の領域
- 12 透過率25~30%の領域
- 13 透過率30~35%の領域
- 14 透過率35~40%の領域
- 15 透過率40~45%の領域

10

20

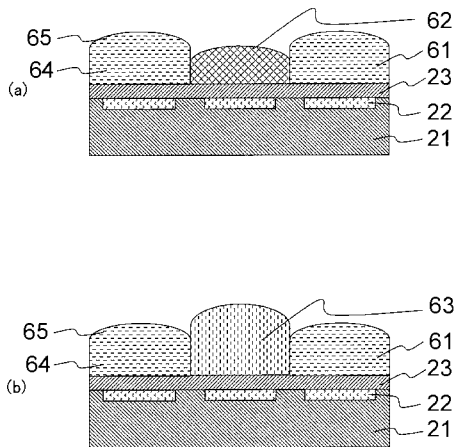
30

40

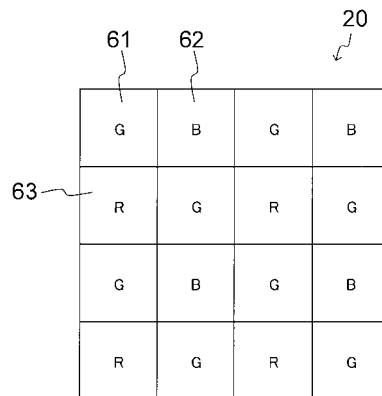
50

- 2 0 カラーフィルタ配列
- 2 1 半導体基板
- 2 2 フォトダイオード
- 2 3 透明平坦化層 (P L)
- 2 4 緑色カラーレジスト
- 2 5 青色カラーレジスト
- 2 6 赤色カラーレジスト
- 3 1 緑色顔料分散樹脂液
- 3 2 ポジ型レジスト
- 3 3 青色カラーレジスト
- 3 4 赤色カラーレジスト
- 4 0 緑色領域用のフォトマスク
- 4 1 青色領域用のフォトマスク
- 4 2 赤色領域用のフォトマスク
- 5 1 合成石英
- 5 2 ポジ型レジスト
- 7 0 フォトマスク

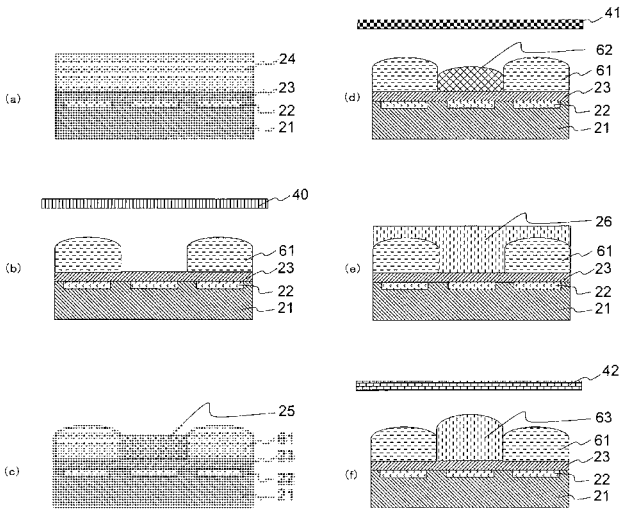
【 図 1 】



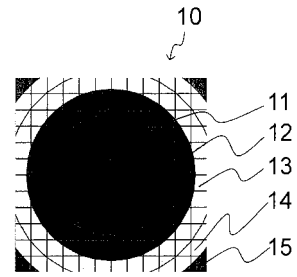
【 図 2 】



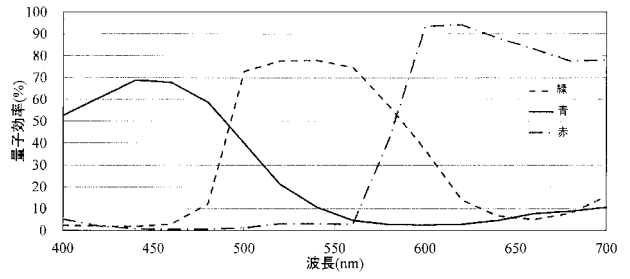
【 図 3 】



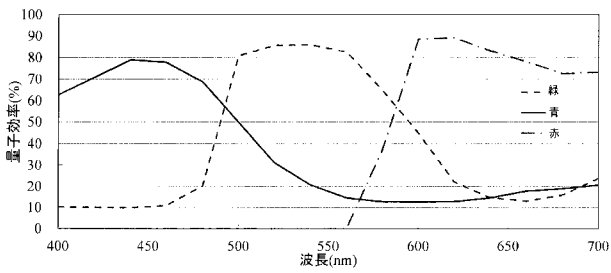
【 図 4 】



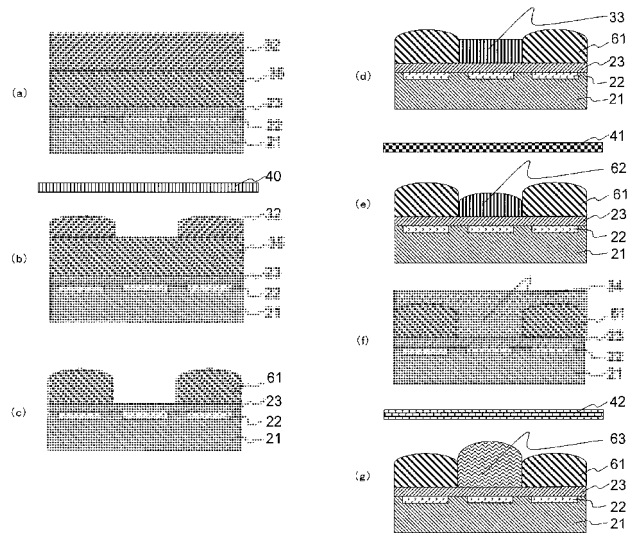
【 図 5 】



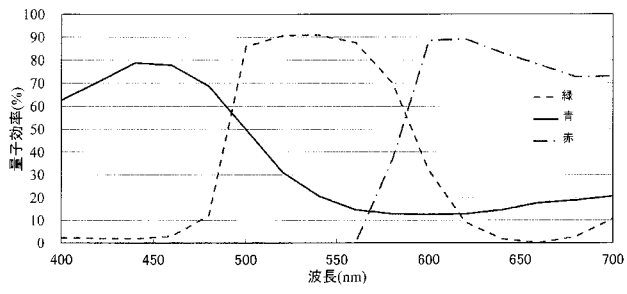
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

