

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6175964号
(P6175964)

(45) 発行日 平成29年8月9日(2017.8.9)

(24) 登録日 平成29年7月21日(2017.7.21)

(51) Int.Cl.

H01L 27/146 (2006.01)

F I

H01L 27/146

D

請求項の数 12 (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2013-158558 (P2013-158558)
 (22) 出願日 平成25年7月31日(2013.7.31)
 (65) 公開番号 特開2015-32590 (P2015-32590A)
 (43) 公開日 平成27年2月16日(2015.2.16)
 審査請求日 平成27年12月25日(2015.12.25)

(73) 特許権者 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 100082131
 弁理士 稲本 義雄
 (74) 代理人 100121131
 弁理士 西川 孝
 (72) 発明者 中食 慎太郎
 熊本県菊池郡菊陽町大字原水4000-1
 ソニーセミコンダクタ株式会社内
 (72) 発明者 狭山 征博
 熊本県菊池郡菊陽町大字原水4000-1
 ソニーセミコンダクタ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像素子、撮像装置、並びに、製造装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズと、
 シリコン基板に形成される、外部から前記集光レンズを介して入射する入射光を光電変換する光電変換素子と、

前記集光レンズと前記シリコン基板との間に形成される、自身を透過する前記入射光の波長帯域を制限する光学フィルタと、

青色のカラーフィルタである一部の前記光学フィルタと前記集光レンズの間、前記一部の前記光学フィルタとその他の前記光学フィルタとの間、並びに、前記その他の前記光学フィルタと前記シリコン基板との間に形成される、シリコン化合物からなる保護膜とを備える撮像素子。

【請求項 2】

前記保護膜の少なくとも前記集光レンズ側の面は、非平坦である

請求項 1 に記載の撮像素子。

【請求項 3】

前記シリコン化合物は、二酸化シリコン(SiO₂)、酸窒化シリコン(SiON)、若しくは窒化シリコン(SiN)である

請求項 1 または請求項 2 に記載の撮像素子。

【請求項 4】

前記保護膜の膜厚は、20nm以上である

10

20

請求項 3 に記載の撮像素子。

【請求項 5】

前記光学フィルタと前記シリコン基板との間に形成される平坦化膜をさらに備え、
前記保護膜は、さらに、前記光学フィルタと前記平坦化膜との間にも形成される
請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の撮像素子。

【請求項 6】

前記保護膜は、さらに、前記平坦化膜と前記シリコン基板との間にも形成される
請求項 5 に記載の撮像素子。

【請求項 7】

前記平坦化膜と前記シリコン基板との間の画素周縁部に形成される、前記入射光の隣接
画素への進入を抑制する遮光膜をさらに備え、

前記平坦化膜と前記シリコン基板との間に形成される前記保護膜は、前記平坦化膜と、
前記遮光膜および前記シリコン基板との間に形成される

請求項 6 に記載の撮像素子。

【請求項 8】

前記光学フィルタと前記シリコン基板との間に形成される平坦化膜をさらに備え、
前記保護膜は、さらに、前記平坦化膜と前記シリコン基板との間にも形成される
請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の撮像素子。

【請求項 9】

前記平坦化膜と前記シリコン基板との間の画素周縁部に形成される、前記入射光の隣接
画素への進入を抑制する遮光膜をさらに備え、

前記平坦化膜と前記シリコン基板との間に形成される前記保護膜は、前記平坦化膜と、
前記遮光膜および前記シリコン基板との間に形成される

請求項 8 に記載の撮像素子。

【請求項 10】

金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズと、
シリコン基板に形成される、外部から前記集光レンズを介して入射する入射光を光電
変換する光電変換素子と、

前記集光レンズと前記シリコン基板との間に形成される、自身を透過する前記入射光
の波長帯域を制限する光学フィルタと、

青色のカラーフィルタである一部の前記光学フィルタと前記集光レンズの間、前記一
部の前記光学フィルタとその他の前記光学フィルタとの間、並びに、前記その他の前記光
学フィルタと前記シリコン基板との間に形成される、シリコン化合物からなる保護膜と

を備える撮像素子と、

前記撮像素子により得られる撮像画像データを画像処理する画像処理部と
を備える撮像装置。

【請求項 11】

撮像素子を製造する製造装置であって、

入射光を光電変換する光電変換素子をシリコン基板に形成する光電変換素子形成部と、
自身を透過する前記入射光の波長帯域を制限する光学フィルタを、前記光電変換素子形
成部により前記光電変換素子が形成された前記シリコン基板の前記入射光が入射する側に
形成する光学フィルタ形成部と、

シリコン化合物からなる保護膜を、青色のカラーフィルタである一部の前記光学フィル
タと集光レンズの間、前記一部の前記光学フィルタとその他の前記光学フィルタとの間、
並びに、前記その他の前記光学フィルタと前記シリコン基板との間に形成する保護膜形成
部と、

前記入射光を集光する、金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズを、前記保護膜
形成部により形成された前記保護膜の、前記光学フィルタと反対側に形成する集光レンズ
形成部と

を備える製造装置。

10

20

30

40

50

【請求項 12】

撮像素子の製造方法であって、

入射光を光電変換する光電変換素子をシリコン基板に形成し、

自身を透過する前記入射光の波長帯域を制限する光学フィルタであって青色のカラーフィルタである一部の前記光学フィルタを、前記光電変換素子が形成された前記シリコン基板の前記入射光が入射する側に形成し、

シリコン化合物からなる保護膜を、前記一部の前記光学フィルタが形成された前記シリコン基板の前記入射光が入射する側に形成し、

その他の前記光学フィルタを、前記保護膜の前記シリコン基板と反対側に形成し、

前記入射光を集光する、金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズを、前記その他の前記光学フィルタが形成された前記保護膜の前記シリコン基板と反対側に形成する

製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、撮像素子、撮像装置、並びに、製造装置および方法に関し、特に、撮像画像の画質劣化を抑制することができるようにした撮像素子、撮像装置、並びに、製造装置および方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、固体撮像素子の感度やシェーディング（shading）特性を向上させるために、各画素に設けられた集光レンズ（マイクロレンズ）からフォトダイオード（PD）までの距離を短くする方法（固体撮像素子の低背化）がある。このような低背化における集光効率の低減を抑制するために、マイクロレンズの屈折率を上げることが考えられた。

【0003】

例えば、マイクロレンズの形成に高屈折率の窒化シリコン（SiN）系の無機膜を用いることが考えられた。ただしその場合、精度良くマイクロレンズを形成するために、カラーフィルタの表面を平坦化する平坦化膜が必要であった（例えば、特許文献1参照）。そして、この平坦化膜は、カラーフィルタの表面を平坦化するために膜厚が200nm乃至300nm程度必要であった。そのため固体撮像素子の低背化が困難であった。

【0004】

そこで、金属微粒子を含有させた樹脂系を用いてマイクロレンズを形成する方法が考えられた（例えば、特許文献2参照）。金属微粒子を含有させた樹脂系の場合、スピンコートによってマイクロレンズを形成することができるため、カラーフィルタ表面の段差の影響を受けにくい。したがって、平坦化膜無しに精度よくマイクロレンズを形成することができる。つまり、固体撮像素子の低背化を実現することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2008-277800号公報

【特許文献2】特開2008-060464号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、金属微粒子を含有した樹脂を用いて形成したマイクロレンズは、マイクロレンズ形成後の熱処理によって、高屈折率樹脂に含有しているイオン種がフォトダイオード（PD）に移動することによって、暗電流や白点の悪化が生じる恐れがあった。つまり、その固体撮像素子において得られる撮像画像の画質が低減（劣化）する恐れがあった。

【0007】

本開示は、このような状況に鑑みて提案されたものであり、撮像画像の画質劣化を抑制

10

20

30

40

50

することができるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本開示の一側面は、金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズと、シリコン基板に形成される、外部から前記集光レンズを介して入射する入射光を光電変換する光電変換素子と、前記集光レンズと前記シリコン基板との間に形成される、自身を透過する前記入射光の波長帯域を制限する光学フィルタと、青色のカラーフィルタである一部の前記光学フィルタと前記集光レンズの間、前記一部の前記光学フィルタとその他の前記光学フィルタとの間、並びに、前記その他の前記光学フィルタと前記シリコン基板

【0009】

前記保護膜の少なくとも前記集光レンズ側の面は、非平坦であるようにすることができる。

【0010】

前記シリコン化合物は、二酸化シリコン (SiO_2)、酸窒化シリコン (SiON)、若しくは窒化シリコン (SiN) であるようにすることができる。

【0011】

前記保護膜の膜厚は、20nm以上であるようにすることができる。

【0015】

前記光学フィルタと前記シリコン基板との間に形成される平坦化膜をさらに備え、前記保護膜は、さらに、前記光学フィルタと前記平坦化膜との間にも形成されるようにすることができる。

【0016】

前記保護膜は、さらに、前記平坦化膜と前記シリコン基板との間にも形成されるようにすることができる。

【0017】

前記平坦化膜と前記シリコン基板との間の画素周縁部に形成される、前記入射光の隣接画素への進入を抑制する遮光膜をさらに備え、前記平坦化膜と前記シリコン基板との間に形成される前記保護膜は、前記平坦化膜と、前記遮光膜および前記シリコン基板との間に形成されるようにすることができる。

【0018】

前記光学フィルタと前記シリコン基板との間に形成される平坦化膜をさらに備え、前記保護膜は、さらに、前記平坦化膜と前記シリコン基板との間にも形成されるようにすることができる。

【0019】

前記平坦化膜と前記シリコン基板との間の画素周縁部に形成される、前記入射光の隣接画素への進入を抑制する遮光膜をさらに備え、前記平坦化膜と前記シリコン基板との間に形成される前記保護膜は、前記平坦化膜と、前記遮光膜および前記シリコン基板との間に形成されるようにすることができる。

【0025】

本開示の他の側面は、金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズと、シリコン基板に形成される、外部から前記集光レンズを介して入射する入射光を光電変換する光電変換素子と、前記集光レンズと前記シリコン基板との間に形成される、自身を透過する前記入射光の波長帯域を制限する光学フィルタと、青色のカラーフィルタである一部の前記光学フィルタと前記集光レンズの間、前記一部の前記光学フィルタとその他の前記光学フィルタとの間、並びに、前記その他の前記光学フィルタと前記シリコン基板との間に形成される、シリコン化合物からなる保護膜とを備える撮像素子と、前記撮像素子により得られる撮像画像データを画像処理する画像処理部とを備える撮像装置である。

【0026】

本開示のさらに他の側面は、撮像素子を製造する製造装置であって、入射光を光電変換する光電変換素子をシリコン基板に形成する光電変換素子形成部と、自身を透過する前記

10

20

30

40

50

入射光の波長帯域を制限する光学フィルタを、前記光電変換素子形成部により前記光電変換素子が形成された前記シリコン基板の前記入射光が入射する側に形成する光学フィルタ形成部と、シリコン化合物からなる保護膜を、青色のカラーフィルタである一部の前記光学フィルタと集光レンズの間、前記一部の前記光学フィルタとその他の前記光学フィルタとの間、並びに、前記その他の前記光学フィルタと前記シリコン基板との間に形成する保護膜形成部と、前記入射光を集光する、金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズを、前記保護膜形成部により形成された前記保護膜の、前記光学フィルタと反対側に形成する集光レンズ形成部とを備える製造装置である。

【0027】

本開示のさらに他の側面は、また、撮像素子の製造方法であって、入射光を光電変換する光電変換素子をシリコン基板に形成し、自身を透過する前記入射光の波長帯域を制限する光学フィルタであって青色のカラーフィルタである一部の前記光学フィルタを、前記光電変換素子が形成された前記シリコン基板の前記入射光が入射する側に形成し、シリコン化合物からなる保護膜を、前記一部の前記光学フィルタが形成された前記シリコン基板の前記入射光が入射する側に形成し、その他の前記光学フィルタを、前記保護膜の前記シリコン基板と反対側に形成し、前記入射光を集光する、金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズを、前記その他の前記光学フィルタが形成された前記保護膜の前記シリコン基板と反対側に形成する製造方法である。

【0028】

本開示の一側面においては、撮像素子において、金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズと、シリコン基板に形成される、外部から集光レンズを介して入射する入射光を光電変換する光電変換素子と、集光レンズとシリコン基板との間に形成される、自身を透過する入射光の波長帯域を制限する光学フィルタと、青色のカラーフィルタである一部の光学フィルタと集光レンズの間、一部の光学フィルタとその他の光学フィルタとの間、並びに、その他の光学フィルタとシリコン基板との間に形成される、シリコン化合物からなる保護膜とが備えられる。

【0029】

本開示の他の側面においては、撮像装置において、金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズと、シリコン基板に形成される、外部から集光レンズを介して入射する入射光を光電変換する光電変換素子と、集光レンズとシリコン基板との間に形成される、自身を透過する入射光の波長帯域を制限する光学フィルタと、青色のカラーフィルタである一部の光学フィルタと集光レンズの間、一部の光学フィルタとその他の光学フィルタとの間、並びに、その他の光学フィルタとシリコン基板との間に形成される、シリコン化合物からなる保護膜とを備える撮像素子と、撮像素子により得られる撮像画像データを画像処理する画像処理部とが備えられる。

【0030】

本開示のさらに他の側面においては、撮像素子を製造する製造装置において、入射光を光電変換する光電変換素子がシリコン基板に形成され、自身を透過する入射光の波長帯域を制限する光学フィルタであって青色のカラーフィルタである一部の光学フィルタが、光電変換素子が形成されたシリコン基板の入射光が入射する側に形成され、シリコン化合物からなる保護膜が、一部の光学フィルタが形成されたシリコン基板の入射光が入射する側に形成され、その他の光学フィルタが、保護膜のシリコン基板と反対側に形成され、入射光を集光する、金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズが、その他の光学フィルタが形成された保護膜のシリコン基板と反対側に形成される。

【発明の効果】

【0031】

本開示によれば、被写体を撮像することが出来る。特に、撮像画像の画質劣化を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

10

20

30

40

50

【図 1】撮像素子の一部の構成例を示す断面図である。

【図 2】分光変化の様子 of 例を示す図である。

【図 3】分光変化の様子 of 例を示す図である。

【図 4】暗電流変化の様子 of 例を示す図である。

【図 5】撮像素子の主な構成例を示す断面図である。

【図 6】撮像素子の主な構成例を示す断面図である。

【図 7】撮像素子の主な構成例を示す断面図である。

【図 8】撮像素子の主な構成例を示す断面図である。

【図 9】撮像素子の主な構成例を示す断面図である。

【図 10】製造装置の主な構成例を示すブロック図である。

10

【図 11】製造処理の流れの例を説明するフローチャートである。

【図 12】製造処理の流れの、他の例を説明するフローチャートである。

【図 13】フィルタ保護膜形成処理の流れの例を説明するフローチャートである。

【図 14】撮像装置の主な構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

以下、本開示を実施するための形態（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（撮像素子）

2. 第 2 の実施の形態（製造装置）

3. 第 3 の実施の形態（撮像装置）

20

【0034】

< 1. 第 1 の実施の形態 >

< 撮像素子の低背化とその影響 >

従来、固体撮像素子の感度やシェーディング（shading）特性を向上させるために、各画素に設けられた集光レンズ（マイクロレンズ）からフォトダイオード（PD）までの距離を短くする方法（固体撮像素子の低背化）がある。このような低背化を行うと集光効率が低減する恐れがある。このような集光効率の低減を抑制するためには、マイクロレンズの曲率半径小さくする、若しくは、屈折率を上げる必要があった。

【0035】

30

マイクロレンズは、半球状以上にすることができない。すなわち、マイクロレンズの曲率半径を小さくするには限界がある。また、固体撮像素子においては、近年、画素の微細化が進んでおり、マイクロレンズの曲率半径を小さくすることはより困難になってきた。例えば、一般的に、マイクロレンズは、ポリスチレン系樹脂やアクリル系樹脂等からなるが、これらの屈折率は、 $n=1.5$ 乃至 1.6 程度である。したがって、たとえば固体撮像素子の単位画素サイズが $1\mu\text{m}$ 程度であるとする、各画素のマイクロレンズの曲率半径が半球以上になってしまい、製造が困難になる恐れがあった。

【0036】

そこで、マイクロレンズの屈折率を上げることが考えられた。例えば、窒化シリコン（SiN）系の無機膜を用いることで、高屈折率（例えば、 $n=1.6$ 以上）のマイクロレンズを形成することができる。

40

【0037】

ところで固体撮像素子で用いられるカラーフィルタ（R,G,B）は、一般的に、その表面に段差を有している。このような段差を有するカラーフィルタ上に、例えば窒化シリコン（SiN）系のマイクロレンズを形成する場合、カラーフィルタの段差の影響によってマイクロレンズの表面に凹凸が形成されてしまい、マイクロレンズを精度よく形成することができない恐れがあった。そこでこの凹凸を抑制するために、例えば特許文献 1 に記載のように、カラーフィルタの表面を平坦にする平坦化膜を形成することが考えられた。このような平坦化膜を形成し、その上にマイクロレンズを形成することにより、カラーフィルタの段差の影響を抑制し、より精度良くマイクロレンズを形成することができる。

50

【 0 0 3 8 】

しかしながら、カラーフィルタの表面を平坦化するためには、平坦化膜の膜厚は200nm乃至300nm程度必要である。そのため、マイクロレンズからフォトダイオード（PD）までの距離が長くなり（固体撮像素子の低背化が困難であり）、感度やシェーディング（shading）特性の低減を抑制することが困難であった。つまり、窒化シリコン（SiN）系の無機膜を用いたマイクロレンズでは、感度やシェーディング（shading）特性が低減する恐れがあった。

【 0 0 3 9 】

また、マイクロレンズの高屈折率化を実現する方法として、例えば特許文献2に記載のように、金属微粒子を含有させた樹脂系を用いてマイクロレンズを形成する方法も考えられた。金属微粒子を含有させた樹脂系の場合、スピコートによって、カラーフィルタ表面の段差の影響を受けずにマイクロレンズを形成することができる。したがって、カラーフィルタ表面を平坦にする平坦化膜が不要になり、マイクロレンズからフォトダイオード（PD）までの距離を短くすることができ（固体撮像素子の低背化を実現することができ）、かつ、精度よくマイクロレンズを形成することができる。

【 0 0 4 0 】

しかしながら、金属微粒子を含有した樹脂を用いて形成したマイクロレンズは、マイクロレンズ形成後の熱処理によって、高屈折率樹脂に含有している水素（H）やフッ素（F）等のイオン種がフォトダイオード（PD）に移動することによって、暗電流や白点の悪化が生じる恐れがあった。また、そのイオン種がカラーフィルタに移動することで、カラーフィルタの分光変動が生じる恐れがあった。つまり、その固体撮像素子において得られる撮像画像の画質が低減（劣化）する恐れがあった。

【 0 0 4 1 】

< 撮像素子 >

そこで、撮像素子において、マイクロレンズ（集光レンズ）とフォトダイオード（光電変換素子）が形成されるシリコン基板との間に、シリコン化合物からなる保護膜を形成するようにする。

【 0 0 4 2 】

図1は、本技術を適用した撮像素子の画素の主な構成例を示す断面図である。図1に示される撮像素子100は、被写体を撮像し、撮像画像を電気信号として得る裏面照射型のCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサである。撮像素子100は、例えばアレイ状等、面状に配置される複数の画素を有する。各画素において入射光が光電変換され、撮像画像の画素信号が得られる。図1においては、撮像素子100の受光に関する部分の積層構造の例が断面図として示されている。図1においては、説明の便宜上、積層構造が模式化して示されている。また、図1においては、説明の便宜上、光電変換した電荷を伝送する構成（回路や配線など）については省略されている。

【 0 0 4 3 】

被写体からの光は、図中上から下に向かって撮像素子100に入射する。図1においては、2画素分の構成が示されているが、撮像素子100の画素数は任意である。一般的には、例えば、数十万画素、数百万画素、数千万画素等のように、3画素以上であることが想定される。その各画素の構成は、図1に示される画素と基本的に同様の構成を有する。

【 0 0 4 4 】

図1に示されるように、撮像素子100は、シリコン基板101を有する。このシリコン基板101には、図1中左側の画素の受光領域（入射光を光電変換する光電変換素子）としてフォトダイオード（PD）102Aが形成され、図1中右側の画素の受光領域（光電変換素子）としてフォトダイオード（PD）102Bが形成されている。以下において、各画素のフォトダイオードを区別しない場合、フォトダイオード102と称する。つまり、シリコン基板101には、画素毎にフォトダイオード102が形成される。

【 0 0 4 5 】

また、図1に示されるように、シリコン基板101の光入射面（図中上側）には、遮光

10

20

30

40

50

膜 103A 乃至遮光膜 103C が形成される。遮光膜は、画素周縁部に画素間を区切るように形成される。つまり、図 1 の断面図においては、遮光膜 103A 乃至遮光膜 103C のように、各画素間の遮光膜が互いに独立して形成されているように示されているが、実際には、画素配列に応じて網目状等のように、全ての画素間（若しくは一部の画素間）の遮光膜が一体的に形成されるようにしてもよい。以下において、各画素間の遮光膜を互いに区別しない場合、遮光膜 103 と称する。

【0046】

遮光膜 103 は、入射光の隣接画素への進入を抑制するための構成であり、遮光性の高い素材により形成される。

【0047】

図 1 に示されるように、シリコン基板 101 の光入射面に遮光膜 103 が形成されることにより、この光入射側の表面に凹凸が生じる。そこで、その凹凸を抑制し、表面を平坦化するために、シリコン基板 101 および遮光膜 103 の光入射側の面（図中上側）に平坦化膜 104 が積層される。平坦化膜 104 は、透過性の高い素材により形成される。

【0048】

また、平坦化膜 104 の光入射側の面（図中上側）には、自身を透過する入射光の波長帯域を制限する光学フィルタが形成される。図 1 の例の場合、図中左側の画素において、青色（Blue）のカラーフィルタ 105A が形成され、図中右側の画素において、緑色（Green）のカラーフィルタ 105B が形成されている。なお、図 1 において、カラーフィルタ 105A およびカラーフィルタ 105B に記載した文字（Blue と Green）は、説明の便宜上記載したものであり、実際には書かれていない。

【0049】

カラーフィルタ 105A は、所謂青色の波長帯域の光（青色光）を透過するカラーフィルタである。つまり、フォトダイオード 102A においては、このカラーフィルタ 105A を透過する青色光が光電変換される。すなわち、図 1 の左側の画素は、青色光を検出する画素である。

【0050】

カラーフィルタ 105B は、所謂緑色の波長帯域の光（緑色光）を透過するカラーフィルタである。つまり、フォトダイオード 102B においては、このカラーフィルタ 105B を透過する緑色光が光電変換される。すなわち、図 1 の右側の画素は、緑色光を検出する画素である。

【0051】

以下において、各画素のカラーフィルタを区別しない場合、カラーフィルタ 105 と称する。図 1 に示されるように、撮像素子 100 の各画素には、何らかの波長帯域の光を透過する（つまり、何色かの）カラーフィルタ 105 が形成されるが、その色は任意である。例えば、黄色や白色等のカラーフィルタ 105 が形成されるようにしてもよい。また、そのカラーフィルタ 105 の色数も任意である。一般的には、赤色（R）、緑色（G）、青色（B）の 3 色のカラーフィルタ 105 が用いられることが多いが、4 色以上であってもよいし、2 色以下であってもよい。

【0052】

したがって、図 1 においては、青色の画素と緑色の画素のみ示されているが、カラーフィルタ 105 の色数によっては、これら以外の色の画素が存在する場合がある。例えば、赤色（R）、緑色（G）、青色（B）の 3 色のカラーフィルタ 105 が用いられる場合、撮像素子 100 には、図 1 に示される画素の他に、赤色のカラーフィルタが形成される赤色の画素（図示せず）が存在する。もちろん、各色の画素は、1 画素ずつでなければならないわけではなく、それぞれ複数存在するのが一般的である。

【0053】

さらに、このカラーフィルタ 105 の代わりに、可視光以外の波長帯域の光を透過若しくは抑制する光学フィルタを形成するようにしてもよい。例えば、紫外線や赤外線透過するフィルタが形成されるようにしてもよいし、逆に紫外線や赤外線をカットするフィル

10

20

30

40

50

タが形成されるようにしてもよい。

【0054】

そのカラーフィルタ105の光入射面側(図中上側)には、集光効率を向上させ、より多くの光を入射させるための集光レンズ(マイクロレンズとも称する)が画素毎に形成される。例えば、図1の左側の画素において、集光レンズ106Aが形成され、右側の画素において、集光レンズ106Bが形成されている。以下において、各画素の集光レンズを互いに区別しない場合、集光レンズ106と称する。

【0055】

つまり、被写体からの光は、集光レンズ106により集められ、各画素に入射する。その入射光は、カラーフィルタ105や平坦化膜104等を透過してフォトダイオード102により光電変換される。

10

【0056】

集光レンズ106は、上述したように集光効率を向上させるために、金属微粒子を含有する樹脂により形成される。この金属微粒子を含有する樹脂は、ポリスチレン系樹脂やアクリル系樹脂等と比べて高屈折率の素材であり、例えば、波長500nmにおける屈折率は、1.6乃至2.0である。また、この金属微粒子を含有する樹脂の波長400nm乃至700nmの帯域において透過率は、高い程望ましく、例えば90%以上である。

【0057】

金属微粒子を含有する樹脂は、例えば、共重合系の樹脂に金属化合物の粒子を添加し、分散させたものである。共重合系の樹脂は、例えば、アクリル系樹脂、スチレン系樹脂、若しくはシラン系樹脂である。金属化合物は、例えば、チタン(Ti)、マグネシウム(Mg)、アルミニウム(Al)、若しくは亜鉛(Zn)である。

20

【0058】

カラーフィルタ105は、実際には、色毎に形成されるため、その光入射面(図中上側)には凹凸(画素単位で段差)が形成され、平坦ではないが、上述したように、金属微粒子を含有する樹脂は、スピンコートによって塗布することができるため、カラーフィルタ105の表面の段差の影響を受けにくい。そのため、カラーフィルタ105の光入射面を平坦化するための平坦化膜無しに、精度よくマイクロレンズを形成することができる。つまり、撮像素子100の低背化を実現することができる。

【0059】

30

そして、図1に示されるように、撮像素子100の集光レンズ106とカラーフィルタ105との間には、集光レンズ106からのイオン種の移動を抑制するための保護膜110が形成される。

【0060】

保護膜110は、例えば、二酸化シリコン(SiO₂)、酸窒化シリコン(SiON)、若しくは窒化シリコン(SiN)等のシリコン化合物からなる。保護膜110は、その光入射側の表面(図中上側)を平坦化する必要が無いため、その膜厚は少なくとも20nm程度以上あればよい。つまり、保護膜110の光入射側の表面は、非平坦であってもよい。これに対してカラーフィルタ105の表面を平坦化するには、上述したように、少なくとも200nm乃至300nm程度の膜厚の平坦化膜が必要になる。つまり、保護膜110は、その平坦化膜と比べて大きく薄膜化することができる。

40

【0061】

この保護膜110によって、集光レンズ106からのイオン種の移動を抑制することができるため、このイオン種による画質への影響、例えば、カラーフィルタ105の分光変動や、暗電流や白点の発生等を抑制することができる。つまり、撮像素子100において得られる撮像画像の画質劣化を抑制することができる。

【0062】

<分光変動>

次に、イオン種によるカラーフィルタ105への影響についてより具体的に説明する。図2は、保護膜を形成しない場合のイオン種によるカラーフィルタ105への影響をシミ

50

ュレーションした結果の例を示す。このシミュレーションでは、保護膜が形成されていない撮像素子のモデルとして、図2Aに示されるような構成の素子を用いた。図2Aに示されるように、この素子は、シリコン基板121、青色のカラーフィルタ122、および金属微粒子を含有する高屈折率樹脂123が積層されている。シリコン基板121は、シリコン基板101(図1)のモデルであり、シリコン基板101と同様にフォトダイオード(図示せず)が形成されている。カラーフィルタ122は、カラーフィルタ105A(図1)のモデルである。金属微粒子を含有する高屈折率樹脂123は、集光レンズ106Aのモデルである。

【0063】

このような素子でカラーフィルタ122の分光特性を測定した結果を図2Bのグラフに示す。図2Bのグラフにおいて、横軸は波長を示し、縦軸は透過率を示す。また、曲線124は、熱処理前の測定結果を示し、曲線125は、撮像素子の製造工程において行われる熱処理(マイクロレンズ形成後の熱処理)として230度の加熱を10分間行った後の測定結果を示す。図2Bのグラフに示されるように、230度10分間の加熱の前後において、カラーフィルタ122の分光特性が変化した。

【0064】

この分光変動は、加熱により、金属微粒子を含有する高屈折率樹脂123のイオン種(HやF等)がカラーフィルタ122に移動することにより生じたものである。フィルタの分光特性は、その素材等により決定される。つまりフィルタには、透過する波長域に応じて様々な素材が用いられる。その際、金属微粒子を含有する高屈折率樹脂123から移動するイオン種の影響を受けやすい素材が用いられると、カラーフィルタ122の分光変動が起き易くなることになる。そのような素材としては例えばジオキサン系顔料(PV23)がある。ジオキサン系顔料は例えば青色のカラーフィルタの分光特性を形成するために用いられる。

【0065】

カラーフィルタに分光変動が生じると、フォトダイオードで光電変換される光の帯域が変化するので、撮像画像の画質に影響を及ぼす恐れがある(すなわち、画質が劣化する恐れがある)。

【0066】

図3は、保護膜を形成する場合について、図2と同様のシミュレーションを行った結果の例を示す。このシミュレーションでは、保護膜が形成された撮像素子のモデルとして、図3Aに示されるような構成の素子を用いた。図3Aに示されるように、この素子は、図2Aの構成に加え、青色のカラーフィルタ122と金属微粒子を含有する高屈折率樹脂123との間に保護膜126が形成されている。この保護膜126は、保護膜110(図1)のモデルであり、保護膜110と同様にシリコン化合物からなり、膜厚は数十nm程度(20nm以上)である。

【0067】

この保護膜126が酸化シリコン(SiON)からなる場合、図3Bのグラフに示されるように、230度10分間の加熱の前(曲線124)と後(曲線125)とで、カラーフィルタ122の分光特性は略変化しなかった。また、保護膜126が窒化シリコン(SiN)からなる場合も、図3Cのグラフに示されるように、230度10分間の加熱の前(曲線124)と後(曲線125)とで、カラーフィルタ122の分光特性は略変化しなかった。

【0068】

以上のように、金属微粒子を含有する高屈折率樹脂123とカラーフィルタ122との間にシリコン化合物からなる保護膜を形成することにより、金属微粒子を含有する高屈折率樹脂123からカラーフィルタ122へのイオン種の移動を抑制することができ、カラーフィルタ122の分光変動を抑制することができる。つまり、撮像画像の画質劣化を抑制することができる。

【0069】

10

20

30

40

50

< 暗電流 >

次に、イオン種によるフォトダイオード 102 への影響についてより具体的に説明する。図 4 は、保護膜の有無によるイオン種によるフォトダイオード 102 への影響を比較した結果の例を示す。図 4 A のグラフは、図 2 A に示されるような構成の素子（保護膜が形成されていない撮像素子）における暗電流の発生の様子をシミュレーションした結果の例を示す。図 4 A のグラフにおいて、横軸は時間を示し、縦軸は暗電流量を示す。

【 0070 】

この場合、図 4 A のグラフに示されるように、分光変動のシミュレーションの場合と同様に 230 度 10 分の熱処理を行う前の状態においては、暗電流は略生じなかった。これに対して、熱処理後においては、暗電流が生じた。複数回計測を行ったところ、ばらつきはあるものの、暗電流が生じた。

10

【 0071 】

図 4 B のグラフは、図 3 A に示されるような構成の素子（保護膜 126 が形成されている撮像素子）における暗電流の発生の様子をシミュレーションした結果の例を示す。図 4 B のグラフにおいて、横軸は時間を示し、縦軸は暗電流量を示す。

【 0072 】

この場合、図 4 B のグラフに示されるように、分光変動のシミュレーションの場合と同様に 230 度 10 分の熱処理を行う前後のどちらの状態においても、暗電流は略生じなかった。

【 0073 】

20

以上のように、金属微粒子を含有する高屈折率樹脂 123 とフォトダイオード（シリコン基板 121）との間にシリコン化合物からなる保護膜を形成することにより、金属微粒子を含有する高屈折率樹脂 123 からシリコン基板 121 へのイオン種の移動を抑制することができ、暗電流や白点の発生を抑制することができる。

【 0074 】

以上のようなシミュレーションの結果から、図 1 の撮像素子 100 においても同様の効果を得ることができる。まず、集光レンズ 106 を、金属微粒子を含有する樹脂を用いて形成することにより、上述したように、撮像素子 100 の低背化を実現し、感度やシェーディング特性を向上させながら、精度良く集光レンズ 106 を形成することができる。また、集光レンズ 106 の高屈折率化も実現することができる。

30

【 0075 】

そして、上述したように、さらに、集光レンズ 106 とカラーフィルタ 105（およびフォトダイオード 102）との間にシリコン化合物からなる保護膜 110 を形成することにより、カラーフィルタ 105 の分光変動を抑制したり、フォトダイオード 102 における暗電流や白点の発生を抑制したりすることができる。

【 0076 】

つまり、撮像素子 100 において得られる撮像画像の画質劣化を抑制することができる。

【 0077 】

< 保護膜 >

40

以上のように、シリコン化合物からなる保護膜は、イオン種を発生する層（例えば金属微粒子を含有する樹脂の層）と、そのイオン種を移動させたくない層（例えばカラーフィルタの層やフォトダイオードが形成されるシリコン基板の層）との間に形成すれば良い。換言するに、シリコン化合物からなる保護膜は、イオン種を発生する層と、そのイオン種を移動させたくない層との間であれば、どの層間に形成するようにしてもよい。

【 0078 】

ただし、より上層（イオン種を発生する層に近い側）に形成される程、保護膜は、より多くの層へのイオン種の移動を抑制することができる。例えば、図 1 の撮像素子の場合、保護膜 110 は、集光レンズ 106 のイオン種の、カラーフィルタ 105 とシリコン基板 101 への両方の層への移動を抑制することができる。ただし、より下層（イオン種を発

50

生する層から遠い側)に形成される程、保護膜は、シリコン基板へのイオン種の移動をより確実に抑制することができる。また、保護膜による、イオン種による影響が少ない層への影響を抑制することができる。

【0079】

また、保護膜を複数形成する(多層化する)ようにしてもよい。ただし、保護膜の数が増大するほど追加する工程数が増大するので、コストが増大する恐れがある。なお、保護膜の素材は、その一部若しくは全ての層で互いに同一であってもよいし、互いに異なってもよい。

【0080】

さらに、保護膜の膜厚は任意である。厚い程、より確実にイオン種の移動を抑制することができる。一般的には20nm程度以上あればイオン種の移動を十分に抑制することができる。

10

【0081】

<保護膜の位置の他の例>

つまり、図1においては、集光レンズ106とカラーフィルタ105との間に保護膜110が形成されるように説明したが、保護膜110の位置はこの例に限らない。例えば、以下の図5乃至図9に示されるような位置に保護膜110を形成することができる。

【0082】

例えば、図5に示されるように保護膜110を2層化してもよい。図5Aの例の場合、図1の保護膜110と同じ位置(集光レンズ106とカラーフィルタ105との間)に1層目の保護膜110-1が形成されており、さらに、カラーフィルタ105と平坦化膜104との間に2層目の保護膜110-2が形成されている。保護膜110-1と保護膜110-2はそれぞれ保護膜110(図1)と同様の薄膜であり、例えばシリコン化合物よりなる。保護膜110-1と保護膜110-2の素材は、互いに同一であっても良いし、互いに異なってもよい。また、保護膜110-1と保護膜110-2の膜厚も、互いに同一であっても良いし、互いに異なってもよい。この場合、保護膜110-1は、集光レンズ106のイオン種の、カラーフィルタ105への移動と、シリコン基板101への移動との両方を抑制することができる。また、保護膜110-2は、集光レンズ106のイオン種のシリコン基板101への移動を抑制することができる。

20

【0083】

また、図5Bの例の場合、図5Aの場合と同じ位置に1層目の保護膜110-1が形成されており、さらに、平坦化膜104と遮光膜103およびシリコン基板101との間に2層目の保護膜110-2が形成されている。この場合、保護膜110-2は、集光レンズ106のイオン種のシリコン基板101への移動を抑制することができる。

30

【0084】

また、この場合、保護膜110-2は、遮光膜103を保護することもでき、それより上層の生成工程において使用される薬液の選択枝を増やすことができる(例えば、酸性薬液、塩基性薬液等)。

【0085】

さらに、図5Cの例の場合、図5Aの場合と同じ位置に1層目の保護膜110-1が形成されており、さらに、平坦化膜104および遮光膜103とシリコン基板101との間に2層目の保護膜110-2が形成されている。この場合も、保護膜110-2は、集光レンズ106のイオン種のシリコン基板101への移動を抑制することができる。

40

【0086】

また、例えば、図6に示されるように保護膜110を3層化してもよい。図6Aの例の場合、図5Aの場合と同じ位置に1層目の保護膜110-1が形成されており、図5Aの場合と同じ位置に2層目の保護膜110-2が形成されており、さらに、図5Bの保護膜110-2と同じ位置(平坦化膜104と遮光膜103およびシリコン基板101との間)に3層目の保護膜110-3が形成されている。

【0087】

50

保護膜 110 - 1 乃至保護膜 110 - 3 はそれぞれ保護膜 110 (図 1) と同様の薄膜であり、例えばシリコン化合物よりなる。保護膜 110 - 1 乃至保護膜 110 - 3 の素材は、互いに同一であっても良いし、互いに異なってもよい。また、保護膜 110 - 1 乃至保護膜 110 - 3 の膜厚も、互いに同一であっても良いし、互いに異なってもよい。

【0088】

この場合、保護膜 110 - 3 は、集光レンズ 106 のイオン種のシリコン基板 101 への移動を抑制することができる。保護膜 110 - 3 は、さらに、遮光膜 103 を保護することもできる。

【0089】

また、図 6 B の例の場合、図 6 A の場合と同じ位置に 1 層目の保護膜 110 - 1 と 2 層目の保護膜 110 - 2 が形成されており、さらに、図 5 C の保護膜 110 - 2 と同じ位置 (平坦化膜 104 および遮光膜 103 とシリコン基板 101 との間) に 3 層目の保護膜 110 - 3 が形成されている。この場合も、保護膜 110 - 3 は、集光レンズ 106 のイオン種のシリコン基板 101 への移動を抑制することができる。

【0090】

また、例えば、図 7 に示されるように、保護膜 110 により、カラーフィルタ 105 に含まれる所定の色のカラーフィルタについてのみ (つまり、互いに異なる波長帯域を透過する複数のフィルタの中の、所定の波長帯域を透過するフィルタのみ) 保護するようにしてもよい。

【0091】

上述したように、フィルタには、透過する波長域に応じて様々な素材が用いられるので、例えばジオキサン系顔料のような、金属微粒子を含有する高屈折率樹脂 123 から移動するイオン種の影響を受けやすい素材が、一部のフィルタのみに用いられる可能性がある。このような場合に、図 7 A の例のように、そのイオン種の影響を受けやすい素材が使用されたフィルタのみを、保護膜 110 により保護するようにすることもできる。

【0092】

図 7 A の例において、青色のカラーフィルタ 105 A が、イオン種の影響を受けやすい素材 (例えばジオキサン系顔料) が使用されたフィルタであるものとする。保護膜 110 は、カラーフィルタ 105 の内、その青色のカラーフィルタ 105 A のみを保護するように形成されている。つまり、保護膜 110 は、集光レンズ 106 A と青色のカラーフィルタ 105 A との間、青色のカラーフィルタ 105 A とその隣接画素のその他の色のカラーフィルタ (例えば、緑色のカラーフィルタ 105 B) との間、並びに、隣接画素のその他の色のカラーフィルタ (例えば、緑色のカラーフィルタ 105 B) と平坦化膜 104 との間に形成される。

【0093】

この場合、保護膜 110 は、集光レンズ 106 のイオン種の、青色のカラーフィルタ 105 A への移動と、シリコン基板 101 への移動との両方を抑制することができる。

【0094】

この場合も保護膜 110 を多層化することができる。図 7 B の例の場合、図 7 A の保護膜 110 と同じ位置に 1 層目の保護膜 110 - 1 が形成されており、さらに、図 5 B の保護膜 110 - 2 と同じ位置 (平坦化膜 104 と遮光膜 103 およびシリコン基板 101 との間) に 2 層目の保護膜 110 - 2 が形成されている。この場合、保護膜 110 - 2 は、集光レンズ 106 のイオン種のシリコン基板 101 への移動を抑制することができる。また、この場合、保護膜 110 - 2 は、遮光膜 103 を保護することもできる。

【0095】

また、図 7 C の例の場合、図 7 A の保護膜 110 と同じ位置に 1 層目の保護膜 110 - 1 が形成されており、さらに、図 5 C の保護膜 110 - 2 と同じ位置 (平坦化膜 104 および遮光膜 103 とシリコン基板 101 との間) に 2 層目の保護膜 110 - 2 が形成されている。この場合、保護膜 110 - 2 は、集光レンズ 106 のイオン種のシリコン基板 1

10

20

30

40

50

01への移動を抑制することができる。

【0096】

さらに、例えば、カラーフィルタ105がイオン種の影響を受けにくい場合（例えば、カラーフィルタ105にジオキサン系顔料が用いられていない場合）、図8に示されるように、保護膜110によってカラーフィルタ105を保護しないようにしても良い。図8Aの例の場合、図5Aの保護膜110-2と同じ位置（カラーフィルタ105と平坦化膜104との間）に単層の保護膜110が形成されている。この場合、保護膜110は、集光レンズ106のイオン種のシリコン基板101への移動を抑制することができる。

【0097】

また、図8Bの例の場合、図5Bの保護膜110-2と同じ位置（平坦化膜104と遮光膜103およびシリコン基板101との間）に単層の保護膜110が形成されている。この場合、保護膜110は、集光レンズ106のイオン種のシリコン基板101への移動を抑制することができる。また、保護膜110は、さらに、遮光膜103を保護することもできる。

【0098】

さらに、図8Cの例の場合、図5Cの保護膜110-2と同じ位置（平坦化膜104および遮光膜103とシリコン基板101との間）に単層の保護膜110が形成されている。この場合、保護膜110は、集光レンズ106のイオン種のシリコン基板101への移動を抑制することができる。

【0099】

この場合もまた、図9に示されるように、保護膜110を多層化することができる。図9Aの例の場合、図8Aの保護膜110と同じ位置（カラーフィルタ105と平坦化膜104との間）に1層目の保護膜110-1が形成されており、さらに、図8Bの保護膜110と同じ位置（平坦化膜104と遮光膜103およびシリコン基板101との間）に2層目の保護膜110-2が形成されている。この場合、保護膜110-1および保護膜110-2は、集光レンズ106のイオン種のシリコン基板101への移動を抑制することができる。また、保護膜110-2は、さらに、遮光膜103を保護することもできる。

【0100】

また、図9Bの例の場合、図9Aの場合と同じ位置に1層目の保護膜110-1が形成されており、さらに、図8Cの保護膜110と同じ位置（平坦化膜104および遮光膜103とシリコン基板101との間）に2層目の保護膜110-2が形成されている。この場合、保護膜110-1および保護膜110-2は、集光レンズ106のイオン種のシリコン基板101への移動を抑制することができる。

【0101】

< 2. 第2の実施の形態 >

< 製造装置 >

図10は、本技術を適用した撮像素子100（イメージセンサ）を製造する製造装置の主な構成例を示すブロック図である。図10に示される製造装置200は、制御部201および製造部202を有する。

【0102】

制御部201は、例えば、CPU（Central Processing Unit）、ROM（Read Only Memory）、およびRAM（Random Access Memory）等を有し、製造部202の各部を制御し、撮像素子100の製造に関する制御処理を行う。例えば、制御部201のCPUは、ROMに記憶されているプログラムに従って各種の処理を実行する。また、そのCPUは、記憶部213からRAMにロードされたプログラムに従って各種の処理を実行する。RAMにはまた、CPUが各種の処理を実行するにあたって必要なデータなども適宜記憶される。

【0103】

製造部202は、制御部201に制御されて、撮像素子100の製造に関する処理を行う。製造部202は、フォトダイオード形成部231、配線層形成部232、遮光膜形成部233、平坦化膜形成部234、フィルタ形成部235、集光レンズ形成部236、お

10

20

30

40

50

よび保護膜形成部 2 3 7 を有する。

【 0 1 0 4 】

フォトダイオード形成部 2 3 1 は、シリコン基板 1 0 1 にフォトダイオード 1 0 2 を形成する。配線層形成部 2 3 2 は、シリコン基板 1 0 1 の光入射面と反対側の面（図 1 中下側）に配線層（図示せず）を形成する。遮光膜形成部 2 3 3 は、遮光膜 1 0 3 を形成する。平坦化膜形成部 2 3 4 は、平坦化膜 1 0 4 を形成する。フィルタ形成部 2 3 5 は、カラーフィルタ 1 0 5 を形成する。集光レンズ形成部 2 3 6 は、金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズ 1 0 6 を形成する。保護膜形成部 2 3 7 は、保護膜 1 1 0 を形成する。

【 0 1 0 5 】

これらのフォトダイオード形成部 2 3 1 乃至保護膜形成部 2 3 7 は、制御部 2 0 1 に制御され、後述するように、撮像素子 1 0 0 を製造する各工程の処理を行う。

10

【 0 1 0 6 】

また、製造装置 2 0 0 は、入力部 2 1 1、出力部 2 1 2、記憶部 2 1 3、通信部 2 1 4、およびドライブ 2 1 5 を有する。

【 0 1 0 7 】

入力部 2 1 1 は、キーボード、マウス、タッチパネル、および外部入力端子などよりなり、ユーザ指示や外部からの情報の入力を受け付け、制御部 2 0 1 に供給する。出力部 2 1 2 は、CRT (Cathode Ray Tube) ディスプレイや LCD (Liquid Crystal Display) 等のディスプレイ、スピーカ、並びに外部出力端子などよりなり、制御部 2 0 1 から供給される各種情報を画像、音声、若しくは、アナログ信号やデジタルデータとして出力する。

20

【 0 1 0 8 】

記憶部 2 1 3 は、例えばフラッシュメモリ、SSD (Solid State Drive)、ハードディスク等の任意の記憶媒体を有し、制御部 2 0 1 から供給される情報を記憶したり、制御部 2 0 1 からの要求に従って、記憶している情報を読み出して供給したりする。

【 0 1 0 9 】

通信部 2 1 4 は、例えば、有線 LAN (Local Area Network) や無線 LAN のインタフェースやモデムなどよりなり、インターネットを含むネットワークを介して、外部の装置との通信処理を行う。例えば、通信部 2 1 4 は、制御部 2 0 1 から供給される情報を通信相手に送信したり、通信相手から受信した情報を制御部 2 0 1 に供給したりする。

【 0 1 1 0 】

30

ドライブ 2 1 5 は、必要に応じて制御部 2 0 1 に接続される。そして、例えば磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、或いは半導体メモリなどのリムーバブルメディア 2 2 1 がそのドライブ 2 1 5 に適宜装着される。そして、そのドライブ 2 1 5 を介してリムーバブルメディア 2 2 1 から読み出されたコンピュータプログラムが、必要に応じて記憶部 2 1 3 にインストールされる。

【 0 1 1 1 】

< 製造処理の流れ 1 >

図 1 1 のフローチャートを参照して、製造装置 2 0 0 が実行する、撮像素子 1 0 0 を製造する製造処理の流れの例を説明する。なお、図 1 1 のフローチャートは、図 1 の例の撮像素子 1 0 0 を製造する場合の製造処理の流れの例を示す。

40

【 0 1 1 2 】

つまり、この場合、保護膜形成部 2 3 7 は、フォトダイオード 1 0 2 が形成されたシリコン基板 1 0 1 に配線層、遮光膜 1 0 3、平坦化膜 1 0 4、およびカラーフィルタ 1 0 5 が積層された素子をフィルタ形成部 2 3 5 から取得する。そして保護膜形成部 2 3 7 は、その素子のカラーフィルタ 1 0 5 の光入射面（図 1 中上側）に積層するように保護膜 1 1 0 を形成する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、保護膜 1 1 0 を形成した素子を集光レンズ形成部 2 3 6 に供給する。

【 0 1 1 3 】

製造処理が開始されると、ステップ S 2 0 1 において、フォトダイオード形成部 2 3 1 は、制御部 2 0 1 に制御されて、外部より供給されたシリコン基板 1 0 1 にフォトダイオ

50

ード１０２を画素毎に形成する。

【０１１４】

ステップＳ２０２において、配線層形成部２３２は、制御部２０１に制御されて、フォトダイオード１０２が形成されたシリコン基板１０１の光入射面と反対側の面（図１中下側）に積層するように、銅やアルミニウム等の金属を用いた多層配線を含む配線層（図示せず）を形成する。

【０１１５】

ステップＳ２０３において、遮光膜形成部２３３は、制御部２０１に制御されて、シリコン基板１０１の光入射面（図１中上側）の画素周縁部に遮光膜１０３を形成する。

【０１１６】

ステップＳ２０４において、平坦化膜形成部２３４は、制御部２０１に制御されて、遮光膜１０３が形成されるシリコン基板１０１の光入射面（図１中上側）に、図１中において遮光膜１０３の上から積層するように平坦化膜１０４を形成する。

【０１１７】

ステップＳ２０５において、フィルタ形成部２３５は、制御部２０１に制御されて、平坦化膜１０４の光入射面（図１中上側）に積層するように、カラーフィルタ１０５を形成する。

【０１１８】

ステップＳ２０６において、保護膜形成部２３７は、制御部２０１に制御されて、カラーフィルタ１０５の光入射面（図１中上側）に積層するように、保護膜１１０を形成する。

【０１１９】

ステップＳ２０７において、集光レンズ形成部２３６は、制御部２０１に制御されて、保護膜１１０の光入射面（図１中上側）に、集光レンズ１０６を形成する。

【０１２０】

ステップＳ２０７の処理が終了すると、集光レンズ１０６が形成された素子が撮像素子１００として製造装置２００の外部に供給され、製造処理が終了する。

【０１２１】

以上のように、製造処理を実行することにより、製造装置２００は、本技術を適用した撮像素子１００（図１）を生成することができる。つまり、このように製造することにより、低背化を実現させて感度やシェーディング特性を向上させるとともに、精度良く高屈折率のマイクロレンズ（集光レンズ１０６）を形成することができ、さらに、カラーフィルタ１０５の分光変動の発生やフォトダイオード１０２の暗電流や白点の発生を抑制することができる。したがって、撮像素子１００は、撮像画像の画質劣化を抑制することができる。

【０１２２】

なお、保護膜１１０を他の位置（他の層間）に形成する場合、ステップＳ２０６の処理を図１１の例と異なるタイミングで実行するようにすればよい。また、保護膜１１０を多層化する場合、ステップＳ２０６の処理を、所定のタイミングにおいて、その層数分繰り返して実行すればよい。

【０１２３】

例えば、図５Ａの構成例の撮像素子１００を製造する場合、保護膜形成部２３７は、フォトダイオード１０２が形成されたシリコン基板１０１に配線層、遮光膜１０３、および平坦化膜１０４が積層された素子を平坦化膜形成部２３４から取得する。そして、保護膜形成部２３７は、その素子の平坦化膜１０４の光入射面に積層するように保護膜１１０-２を形成する。そして、保護膜形成部２３７は、保護膜１１０-２を形成した素子をフィルタ形成部２３５に供給する。また、保護膜形成部２３７は、フォトダイオード１０２が形成されたシリコン基板１０１に配線層、遮光膜１０３、平坦化膜１０４、保護膜１１０-２、およびカラーフィルタ１０５が積層された素子をフィルタ形成部２３５から取得する。そして、保護膜形成部２３７は、その素子のカラーフィルタ１０５の光入射面に積層

10

20

30

40

50

するように保護膜 110-1 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110-1 を形成した素子を集光レンズ形成部 236 に供給する。

【0124】

つまり、保護膜形成部 237 は、図 11 のフローチャートにおいて、ステップ S206 の処理を、ステップ S204 の処理とステップ S205 の処理の間に行って保護膜 110-2 を形成し、さらに、ステップ S205 の処理とステップ S207 の処理の間にも行って保護膜 110-1 を形成するようにすればよい。

【0125】

また、例えば、図 5B の構成例の撮像素子 100 を製造する場合、保護膜形成部 237 は、フォトダイオード 102 が形成されたシリコン基板 101 に配線層および遮光膜 103 が積層された素子を遮光膜形成部 233 から取得する。そして、保護膜形成部 237 は、その素子の遮光膜 103 が形成されるシリコン基板 101 の光入射面に積層するように保護膜 110-2 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110-2 を形成した素子を平坦化膜形成部 234 に供給する。また、保護膜形成部 237 は、フォトダイオード 102 が形成されたシリコン基板 101 に配線層、遮光膜 103、保護膜 110-2、平坦化膜 104、およびカラーフィルタ 105 が積層された素子をフィルタ形成部 235 から取得する。そして、保護膜形成部 237 は、その素子のカラーフィルタ 105 の光入射面に積層するように保護膜 110-1 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110-1 を形成した素子を集光レンズ形成部 236 に供給する。

【0126】

つまり、保護膜形成部 237 は、図 11 のフローチャートにおいて、ステップ S206 の処理を、ステップ S203 の処理とステップ S204 の処理の間に行って保護膜 110-2 を形成し、さらに、ステップ S205 の処理とステップ S207 の処理の間にも行って保護膜 110-1 を形成するようにすればよい。

【0127】

さらに、例えば、図 5C の構成例の撮像素子 100 を製造する場合、保護膜形成部 237 は、フォトダイオード 102 が形成されたシリコン基板 101 に配線層が積層された素子を配線層形成部 232 から取得する。そして、保護膜形成部 237 は、その素子のシリコン基板 101 の光入射面に積層するように保護膜 110-2 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110-2 を形成した素子を遮光膜形成部 233 に供給する。また、保護膜形成部 237 は、フォトダイオード 102 が形成されたシリコン基板 101 に配線層、保護膜 110-2、遮光膜 103、平坦化膜 104、およびカラーフィルタ 105 が積層された素子をフィルタ形成部 235 から取得する。そして、保護膜形成部 237 は、その素子のカラーフィルタ 105 の光入射面に積層するように保護膜 110-1 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110-1 を形成した素子を集光レンズ形成部 236 に供給する。

【0128】

つまり、保護膜形成部 237 は、図 11 のフローチャートにおいて、ステップ S206 の処理を、ステップ S202 の処理とステップ S203 の処理の間に行って保護膜 110-2 を形成し、さらに、ステップ S205 の処理とステップ S207 の処理の間にも行って保護膜 110-1 を形成するようにすればよい。

【0129】

また、例えば、図 6A の構成例の撮像素子 100 を製造する場合、保護膜形成部 237 は、フォトダイオード 102 が形成されたシリコン基板 101 に配線層および遮光膜 103 が積層された素子を遮光膜形成部 233 から取得する。そして、保護膜形成部 237 は、その素子の遮光膜 103 が形成されるシリコン基板 101 の光入射面に積層するように保護膜 110-3 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110-3 を形成した素子を平坦化膜形成部 234 に供給する。また、保護膜形成部 237 は、フォトダイオード 102 が形成されたシリコン基板 101 に配線層、遮光膜 103、保護膜 110-3、および平坦化膜 104 が積層された素子を平坦化膜形成部 234 から取得する。そし

て、保護膜形成部 237 は、その素子の平坦化膜 104 の光入射面に積層するように保護膜 110 - 2 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110 - 2 を形成した素子をフィルタ形成部 235 に供給する。さらに、保護膜形成部 237 は、フォトダイオード 102 が形成されたシリコン基板 101 に配線層、遮光膜 103、保護膜 110 - 3、平坦化膜 104、保護膜 110 - 2、およびカラーフィルタ 105 が積層された素子をフィルタ形成部 235 から取得する。そして、保護膜形成部 237 は、その素子のカラーフィルタ 105 の光入射面に積層するように保護膜 110 - 1 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110 - 1 を形成した素子を集光レンズ形成部 236 に供給する。

【0130】

10

つまり、保護膜形成部 237 は、図 11 のフローチャートにおいて、ステップ S206 の処理を、ステップ S203 の処理とステップ S204 の処理の間に行って保護膜 110 - 3 を形成し、ステップ S204 の処理とステップ S205 の処理の間に行って保護膜 110 - 2 を形成し、さらに、ステップ S205 の処理とステップ S207 の処理の間に行って保護膜 110 - 1 を形成するようにすればよい。

【0131】

さらに、例えば、図 6B の構成例の撮像素子 100 を製造する場合、保護膜形成部 237 は、フォトダイオード 102 が形成されたシリコン基板 101 に配線層が積層された素子を配線層形成部 232 から取得する。そして、保護膜形成部 237 は、その素子のシリコン基板 101 の光入射面に積層するように保護膜 110 - 3 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110 - 3 を形成した素子を遮光膜形成部 233 に供給する。また、保護膜形成部 237 は、フォトダイオード 102 が形成されたシリコン基板 101 に配線層、保護膜 110 - 3、遮光膜 103、および平坦化膜 104 が積層された素子を平坦化膜形成部 234 から取得する。そして、保護膜形成部 237 は、その素子の平坦化膜 104 の光入射面に積層するように保護膜 110 - 2 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110 - 2 を形成した素子をフィルタ形成部 235 に供給する。さらに、保護膜形成部 237 は、フォトダイオード 102 が形成されたシリコン基板 101 に配線層、保護膜 110 - 3、遮光膜 103、平坦化膜 104、保護膜 110 - 2、およびカラーフィルタ 105 が積層された素子をフィルタ形成部 235 から取得する。そして、保護膜形成部 237 は、その素子のカラーフィルタ 105 の光入射面に積層するように保護膜 110 - 1 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110 - 1 を形成した素子を集光レンズ形成部 236 に供給する。

20

30

【0132】

つまり、保護膜形成部 237 は、図 11 のフローチャートにおいて、ステップ S206 の処理を、ステップ S202 の処理とステップ S203 の処理の間に行って保護膜 110 - 3 を形成し、ステップ S204 の処理とステップ S205 の処理の間に行って保護膜 110 - 2 を形成し、さらに、ステップ S205 の処理とステップ S207 の処理の間に行って保護膜 110 - 1 を形成するようにすればよい。

【0133】

また、例えば、図 8A の構成例の撮像素子 100 を製造する場合、保護膜形成部 237 は、フォトダイオード 102 が形成されたシリコン基板 101 に配線層、遮光膜 103、および平坦化膜 104 が積層された素子を平坦化膜形成部 234 から取得する。そして、保護膜形成部 237 は、その素子の平坦化膜 104 の光入射面に積層するように保護膜 110 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110 を形成した素子をフィルタ形成部 235 に供給する。

40

【0134】

つまり、保護膜形成部 237 は、図 11 のフローチャートにおいて、ステップ S206 の処理を、ステップ S204 の処理とステップ S205 の処理の間に行って、保護膜 110 を形成するようにすればよい。

【0135】

50

さらに、例えば、図 8 B の構成例の撮像素子 1 0 0 を製造する場合、保護膜形成部 2 3 7 は、フォトダイオード 1 0 2 が形成されたシリコン基板 1 0 1 に配線層および遮光膜 1 0 3 が積層された素子を遮光膜形成部 2 3 3 から取得する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、その素子の遮光膜 1 0 3 が形成されるシリコン基板 1 0 1 の光入射面に積層するように保護膜 1 1 0 を形成する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、保護膜 1 1 0 を形成した素子を平坦化膜形成部 2 3 4 に供給する。

【 0 1 3 6 】

つまり、保護膜形成部 2 3 7 は、図 1 1 のフローチャートにおいて、ステップ S 2 0 6 の処理を、ステップ S 2 0 3 の処理とステップ S 2 0 4 の処理の間に行って、保護膜 1 1 0 を形成するようにすればよい。

10

【 0 1 3 7 】

さらに、例えば、図 8 C の構成例の撮像素子 1 0 0 を製造する場合、保護膜形成部 2 3 7 は、フォトダイオード 1 0 2 が形成されたシリコン基板 1 0 1 に配線層が積層された素子を配線層形成部 2 3 2 から取得する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、その素子のシリコン基板 1 0 1 の光入射面に積層するように保護膜 1 1 0 を形成する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、保護膜 1 1 0 を形成した素子を遮光膜形成部 2 3 3 に供給する。

【 0 1 3 8 】

つまり、保護膜形成部 2 3 7 は、図 1 1 のフローチャートにおいて、ステップ S 2 0 6 の処理を、ステップ S 2 0 2 の処理とステップ S 2 0 3 の処理の間に行って保護膜 1 1 0 を形成するようにすればよい。

20

【 0 1 3 9 】

また、例えば、図 9 A の構成例の撮像素子 1 0 0 を製造する場合、保護膜形成部 2 3 7 は、フォトダイオード 1 0 2 が形成されたシリコン基板 1 0 1 に配線層および遮光膜 1 0 3 が積層された素子を遮光膜形成部 2 3 3 から取得する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、その素子の遮光膜 1 0 3 が形成されるシリコン基板 1 0 1 の光入射面に積層するように保護膜 1 1 0 - 2 を形成する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、保護膜 1 1 0 - 2 を形成した素子を平坦化膜形成部 2 3 4 に供給する。また、保護膜形成部 2 3 7 は、フォトダイオード 1 0 2 が形成されたシリコン基板 1 0 1 に配線層、遮光膜 1 0 3、保護膜 1 1 0 - 2、および平坦化膜 1 0 4 が積層された素子を平坦化膜形成部 2 3 4 から取得する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、その素子の平坦化膜 1 0 4 の光入射面に積層するように保護膜 1 1 0 - 1 を形成する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、保護膜 1 1 0 - 1 を形成した素子をフィルタ形成部 2 3 5 に供給する。

30

【 0 1 4 0 】

つまり、保護膜形成部 2 3 7 は、図 1 1 のフローチャートにおいて、ステップ S 2 0 6 の処理を、ステップ S 2 0 3 の処理とステップ S 2 0 4 の処理の間に行って保護膜 1 1 0 - 2 を形成し、ステップ S 2 0 4 の処理とステップ S 2 0 5 の処理の間に行って保護膜 1 1 0 - 1 を形成するようにすればよい。

【 0 1 4 1 】

さらに、例えば、図 9 B の構成例の撮像素子 1 0 0 を製造する場合、保護膜形成部 2 3 7 は、フォトダイオード 1 0 2 が形成されたシリコン基板 1 0 1 に配線層が積層された素子を配線層形成部 2 3 2 から取得する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、その素子のシリコン基板 1 0 1 の光入射面に積層するように保護膜 1 1 0 - 2 を形成する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、保護膜 1 1 0 - 2 を形成した素子を遮光膜形成部 2 3 3 に供給する。また、保護膜形成部 2 3 7 は、フォトダイオード 1 0 2 が形成されたシリコン基板 1 0 1 に配線層、保護膜 1 1 0 - 2、遮光膜 1 0 3、および平坦化膜 1 0 4 が積層された素子を平坦化膜形成部 2 3 4 から取得する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、その素子の平坦化膜 1 0 4 の光入射面に積層するように保護膜 1 1 0 - 1 を形成する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、保護膜 1 1 0 - 1 を形成した素子をフィルタ形成部 2 3 5 に供給する。

40

【 0 1 4 2 】

つまり、保護膜形成部 2 3 7 は、図 1 1 のフローチャートにおいて、ステップ S 2 0 6

50

の処理を、ステップS 2 0 2の処理とステップS 2 0 3の処理の間に行って保護膜1 1 0 - 2を形成し、ステップS 2 0 4の処理とステップS 2 0 5の処理の間に行って保護膜1 1 0 - 1を形成するようにすればよい。

【0 1 4 3】

< 製造処理の流れ2 >

なお、図7の例の撮像素子1 0 0を製造する場合、図11のステップS 2 0 5の処理とステップS 2 0 6の処理とを並行して実行するようにすればよい。その場合の、製造処理の流れの例を、図12のフローチャートを参照して説明する。図12のフローチャートは、図7Aに示される例の撮像素子1 0 0を製造する場合の製造処理の流れの例を示す。

【0 1 4 4】

つまり、この場合、保護膜形成部2 3 7は、平坦化膜1 0 4の光入射面(図7A中上側)の所定の部分(画素)に、カラーフィルタ1 0 5の一部が形成された(例えば、図7A中左側の画素にカラーフィルタ1 0 5 Aが形成された)状態の素子をフィルタ形成部2 3 5から取得する。そして保護膜形成部2 3 7は、その素子にカラーフィルタ1 0 5 Aおよび平坦化膜1 0 4の光入射面(図7A中上側)側から積層するように保護膜1 1 0を形成する。そして、保護膜形成部2 3 7は、保護膜1 1 0を形成した素子をフィルタ形成部2 3 5に供給する。フィルタ形成部2 3 5においては、保護膜1 1 0の光入射面の所定の部分(画素)に積層するように、カラーフィルタ1 0 5の残りの部分(カラーフィルタ1 0 5 B等)を形成する。

【0 1 4 5】

製造処理が開始されると、ステップS 2 2 1乃至ステップS 2 2 4の各処理が、図11のステップS 2 0 1乃至ステップS 2 0 4の各処理と同様に実行され、シリコン基板1 0 1にフォトダイオード1 0 2が形成され、配線層、遮光膜1 0 3、および平坦化膜1 0 4が形成される。

【0 1 4 6】

ステップS 2 2 5において、フィルタ形成部2 3 5および保護膜形成部2 3 7は、制御部2 0 1に制御されて、フィルタ保護膜形成処理を実行し、平坦化膜1 0 4の光入射面(図7A中上側)に積層するように、カラーフィルタ1 0 5および保護膜1 1 0を形成する。

【0 1 4 7】

カラーフィルタ1 0 5および保護膜1 1 0が図7Aに示されるように形成されると、ステップS 2 2 6において、集光レンズ形成部2 3 6は、制御部2 0 1に制御されて、カラーフィルタ1 0 5および保護膜1 1 0の光入射面(図7A中上側)に、集光レンズ1 0 6を形成する。

【0 1 4 8】

ステップS 2 2 6の処理が終了すると、集光レンズ1 0 6が形成された素子が撮像素子1 0 0として製造装置2 0 0の外部に供給され、製造処理が終了する。

【0 1 4 9】

< フィルタ保護膜形成処理の流れ >

次に、図12のステップS 2 2 5において実行されるフィルタ保護膜形成処理の流れの例を図13のフローチャートを参照して説明する。なお、図13に示されるフローチャートは、カラーフィルタ1 0 5として赤色(R)、緑色(G)、青色(B)の3色のカラーフィルタが形成される場合の処理の流れを示す。

【0 1 5 0】

フィルタ保護膜形成処理が開始されると、ステップS 2 4 1において、フィルタ形成部2 3 5は、平坦化膜1 0 4の光入射面(図7A中上側)の所定の部分(画素)に積層するように、青色フィルタ(図7Aの例の場合、カラーフィルタ1 0 5 A)を形成する。

【0 1 5 1】

ステップS 2 4 2において、保護膜形成部2 3 7は、ステップS 2 4 1において青色フィルタ(カラーフィルタ1 0 5 A)が部分的に形成された平坦化膜1 0 4の光入射面(図

10

20

30

40

50

7 A 中上側)に積層するように(すなわち、平坦化膜 1 0 4 とカラーフィルタ 1 0 5 A に積層するように)、保護膜 1 1 0 を形成する。

【0 1 5 2】

ステップ S 2 4 3 において、フィルタ形成部 2 3 5 は、ステップ S 2 4 2 において形成された保護膜 1 1 0 の光入射面(図 7 A 中上側)の所定の部分(画素)に積層するように、緑色フィルタ(図 7 A の例の場合、カラーフィルタ 1 0 5 B)を形成する。

【0 1 5 3】

ステップ S 2 4 4 において、フィルタ形成部 2 3 5 は、ステップ S 2 4 2 において形成された保護膜 1 1 0 の光入射面(図 7 A 中上側)の所定の部分(画素)に積層するように、赤色フィルタを形成する。

【0 1 5 4】

3 色のカラーフィルタ 1 0 5 と保護膜 1 1 0 が形成されると、フィルタ保護膜形成処理が終了し、処理は図 1 2 に戻る。

【0 1 5 5】

以上のように、各処理を実行することにより、製造装置 2 0 0 は、本技術を適用した撮像素子 1 0 0 (図 7 A)を生成することができる。つまり、このように製造することにより、低背化を実現させて感度やシェーディング特性を向上させるとともに、精度良く高屈折率のマイクロレンズ(集光レンズ 1 0 6)を形成することができ、さらに、所定の帯域を制限するカラーフィルタ 1 0 5 の分光変動の発生やフォトダイオード 1 0 2 の暗電流や白点の発生を抑制することができる。したがって、撮像素子 1 0 0 は、撮像画像の画質劣化を抑制することができる。

【0 1 5 6】

なお、図 1 3 のフローチャートにおいて、ステップ S 2 4 3 の処理とステップ S 2 4 4 の処理は、どちらを先に実行するようにしてもよい。つまり、保護膜 1 1 0 の集光レンズ 1 0 6 と反対側に形成し、保護膜 1 1 0 により保護するフィルタを形成する処理を、ステップ S 2 4 2 より先に行い、保護膜 1 1 0 の集光レンズ 1 0 6 側に形成し、保護膜 1 1 0 により保護しないフィルタを形成する処理をステップ S 2 4 2 より後に行うようにすればよく、それ以外の処理順は任意である。

【0 1 5 7】

したがって、例えば、緑色フィルタ(カラーフィルタ 1 0 5 B)を保護する場合、ステップ S 2 4 3 の処理をステップ S 2 4 2 の処理より先に行い、ステップ S 2 4 1 の処理とステップ S 2 4 4 の処理をステップ S 2 4 2 の処理より後に行うようにすればよい。また、例えば、赤色フィルタを保護する場合、ステップ S 2 4 4 の処理をステップ S 2 4 2 の処理より先に行い、ステップ S 2 4 1 の処理とステップ S 2 4 3 の処理をステップ S 2 4 2 の処理より後に行うようにすればよい。カラーフィルタ 1 0 5 の色数が増えても同様である。フィルタ形成部 2 3 5 がカラーフィルタ 1 0 5 以外のフィルタを形成する場合も同様である。

【0 1 5 8】

また、図 7 B や図 7 C に示される例のように、図 7 A の保護膜 1 1 0 以外の場所にも保護膜をさらに形成する場合、図 1 2 の各ステップの処理に加えて、図 1 1 のステップ S 2 0 6 の処理を所定のタイミングにおいて実行するようにすればよい。

【0 1 5 9】

例えば、図 7 B の構成例の撮像素子 1 0 0 を製造する場合、保護膜形成部 2 3 7 は、フォトダイオード 1 0 2 が形成されたシリコン基板 1 0 1 に配線層および遮光膜 1 0 3 が積層された素子を遮光膜形成部 2 3 3 から取得する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、その素子の遮光膜 1 0 3 が形成されるシリコン基板 1 0 1 の光入射面に積層するように保護膜 1 1 0 - 2 を形成する。そして、保護膜形成部 2 3 7 は、保護膜 1 1 0 - 2 を形成した素子を平坦化膜形成部 2 3 4 に供給する。また、保護膜形成部 2 3 7 は、平坦化膜 1 0 4 の光入射面の所定の部分(画素)に、カラーフィルタ 1 0 5 の一部分が形成された(例えばカラーフィルタ 1 0 5 A が形成された)状態の素子をフィルタ形成部 2 3 5 から取得する

10

20

30

40

50

。そして保護膜形成部 237 は、その素子にカラーフィルタ 105 (カラーフィルタ 105A) および平坦化膜 104 の光入射面 (図 7B 中上側) に積層するように保護膜 110-1 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110-1 を形成した素子をフィルタ形成部 235 に供給する。フィルタ形成部 235 においては、保護膜 110-1 の光入射面の所定の部分 (画素) に積層するように、カラーフィルタ 105 の残りの部分 (カラーフィルタ 105B 等) を形成する。

【0160】

つまり、保護膜形成部 237 は、図 12 のフローチャートにおいて、図 11 のステップ S206 の処理を、ステップ S223 の処理とステップ S224 の処理の間に行って保護膜 110-2 を形成し、さらに、ステップ S225 のフィルタ保護膜形成処理により保護膜 110-1 を形成するようにすればよい。

10

【0161】

また、例えば、図 7C の構成例の撮像素子 100 を製造する場合、保護膜形成部 237 は、フォトダイオード 102 が形成されたシリコン基板 101 に配線層が積層された素子を配線層形成部 232 から取得する。そして、保護膜形成部 237 は、その素子のシリコン基板 101 の光入射面に積層するように保護膜 110-2 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110-2 を形成した素子を遮光膜形成部 233 に供給する。また、保護膜形成部 237 は、平坦化膜 104 の光入射面の所定の部分 (画素) に、カラーフィルタ 105 の一部分が形成された (例えばカラーフィルタ 105A が形成された) 状態の素子をフィルタ形成部 235 から取得する。そして保護膜形成部 237 は、その素子にカラーフィルタ 105 (カラーフィルタ 105A) および平坦化膜 104 の光入射面 (図 7C 中上側) に積層するように保護膜 110-1 を形成する。そして、保護膜形成部 237 は、保護膜 110-1 を形成した素子をフィルタ形成部 235 に供給する。フィルタ形成部 235 においては、保護膜 110-1 の光入射面の所定の部分 (画素) に積層するように、カラーフィルタ 105 の残りの部分 (カラーフィルタ 105B 等) を形成する。

20

【0162】

つまり、保護膜形成部 237 は、図 12 のフローチャートにおいて、図 11 のステップ S206 の処理を、ステップ S222 の処理とステップ S223 の処理の間に行って保護膜 110-2 を形成し、さらに、ステップ S225 のフィルタ保護膜形成処理により保護膜 110-1 を形成するようにすればよい。

30

【0163】

< 3. 第 3 の実施の形態 >

< 撮像装置 >

以上に説明した、本技術を適用して製造した撮像素子 100 (イメージセンサ) は、例えば撮像装置等のデバイスに適用することができる。すなわち、本技術は、撮像素子としてだけでなく、その撮像素子を用いたデバイス (例えば、撮像装置等) として実施することもできる。

【0164】

図 14 は、撮像装置の主な構成例を示すブロック図である。図 14 に示される撮像装置 600 は、被写体を撮像し、その被写体の画像を電気信号として出力する装置である。

40

【0165】

図 14 に示されるように撮像装置 600 は、光学部 611、CMOS センサ 612、A/D 変換器 613、操作部 614、制御部 615、画像処理部 616、表示部 617、コーデック処理部 618、および記録部 619 を有する。

【0166】

光学部 611 は、被写体までの焦点を調整し、焦点が合った位置からの光を集光するレンズ、露出を調整する絞り、および、撮像のタイミングを制御するシャッタ等よりなる。光学部 611 は、被写体からの光 (入射光) を透過し、CMOS センサ 612 に供給する。

【0167】

CMOS センサ 612 は、入射光を光電変換して画素毎の信号 (画素信号) を A/D 変換器 6

50

13に供給する。

【0168】

A/D変換器613は、CMOSセンサ612から、所定のタイミングで供給された画素信号を、デジタルデータ（画像データ）に変換し、所定のタイミングで順次、画像処理部616に供給する。

【0169】

操作部614は、例えば、ジョグダイヤル（商標）、キー、ボタン、またはタッチパネル等により構成され、ユーザによる操作入力を受け、その操作入力に対応する信号を制御部615に供給する。

【0170】

制御部615は、操作部614により入力されたユーザの操作入力に対応する信号に基づいて、光学部611、CMOSセンサ612、A/D変換器613、画像処理部616、表示部617、コーデック処理部618、および記録部619の駆動を制御し、各部に撮像に関する処理を行わせる。

【0171】

画像処理部616は、A/D変換器613から供給された画像データに対して、例えば、混色補正や、黒レベル補正、ホワイトバランス調整、デモザイク処理、マトリックス処理、ガンマ補正、およびYC変換等の各種画像処理を施す。画像処理部616は、画像処理を施した画像データを表示部617およびコーデック処理部618に供給する。

【0172】

表示部617は、例えば、液晶ディスプレイ等として構成され、画像処理部616から供給された画像データに基づいて、被写体の画像を表示する。

【0173】

コーデック処理部618は、画像処理部616から供給された画像データに対して、所定の方式の符号化処理を施し、得られた符号化データを記録部619に供給する。

【0174】

記録部619は、コーデック処理部618からの符号化データを記録する。記録部619に記録された符号化データは、必要に応じて画像処理部616に読み出されて復号される。復号処理により得られた画像データは、表示部617に供給され、対応する画像が表示される。

【0175】

以上のような撮像装置600のCMOSセンサ612に上述した本技術を適用する。すなわち、CMOSセンサ612には、本技術を適用した撮像素子100が用いられる。したがって、CMOSセンサ612は、金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズと、その集光レンズとフィルタやフォトダイオードとの間に形成されるシリコン化合物からなる保護膜を有し、低背化が実現されて感度やシェーディング特性が向上し、精度良く高屈折率のマイクロレンズ（集光レンズ106）が形成され、さらに、カラーフィルタ105の分光変動の発生やフォトダイオード102の暗電流や白点の発生が抑制される。したがって、CMOSセンサ612は、撮像画像の画質劣化を抑制することができる。したがって撮像装置600は、被写体を撮像することにより、より高画質な画像を得ることができる。

【0176】

なお、本技術を適用した撮像装置は、上述した構成に限らず、他の構成であってもよい。例えば、デジタルスチルカメラやビデオカメラだけでなく、携帯電話機、スマートホン、タブレット型デバイス、パーソナルコンピュータ等の、撮像機能を有する情報処理装置であってもよい。また、他の情報処理装置に装着して使用される（若しくは組み込みデバイスとして搭載される）カメラモジュールであってもよい。

【0177】

なお、本明細書において、システムとは、複数のデバイス（装置）により構成される装置全体を表すものである。

【0178】

また、以上において、１つの装置（または処理部）として説明した構成を分割し、複数の装置（または処理部）として構成するようにしてもよい。逆に、以上において複数の装置（または処理部）として説明した構成をまとめて１つの装置（または処理部）として構成されるようにしてもよい。また、各装置（または各処理部）の構成に上述した以外の構成を付加するようにしてももちろんよい。さらに、システム全体としての構成や動作が実質的に同じであれば、ある装置（または処理部）の構成の一部を他の装置（または他の処理部）の構成に含めるようにしてもよい。つまり、本技術の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【 0 1 7 9 】

10

なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

(1) 金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズと、
シリコン基板に形成される、外部から前記集光レンズを介して入射する入射光を光電変換する光電変換素子と、

前記集光レンズと前記シリコン基板との間に形成される、シリコン化合物からなる保護膜と

を備える撮像素子。

(2) 前記保護膜の少なくとも前記集光レンズ側の面は、非平坦である

(1)、(3)乃至(2 7)のいずれかに記載の撮像素子。

(3) 前記シリコン化合物は、二酸化シリコン(SiO_2)、酸窒化シリコン(SiON)、
若しくは窒化シリコン(SiN)である

20

(1)、(2)、(4)乃至(2 7)のいずれかに記載の撮像素子。

(4) 前記保護膜の膜厚は、20nm以上である

(1)乃至(3)、(5)乃至(2 7)のいずれかに記載の撮像素子。

(5) 前記集光レンズと前記シリコン基板との間に、自身を透過する前記入射光の波長帯域を制限する光学フィルタをさらに備え、

前記保護膜は、前記集光レンズと前記光学フィルタとの間に形成される

(1)乃至(4)、(6)乃至(2 7)のいずれかに記載の撮像素子。

(6) 前記光学フィルタは、少なくともジオキサン系顔料を含むカラーフィルタを含む
(1)乃至(5)、(7)乃至(2 7)のいずれかに記載の撮像素子。

30

(7) 前記カラーフィルタは、青色のカラーフィルタである

(1)乃至(6)、(8)乃至(2 7)のいずれかに記載の撮像素子。

(8) 前記光学フィルタと前記シリコン基板との間に形成される平坦化膜をさらに備え、

前記保護膜は、さらに、前記光学フィルタと前記平坦化膜との間にも形成される

(1)乃至(7)、(9)乃至(2 7)のいずれかに記載の撮像素子。

(9) 前記保護膜は、さらに、前記平坦化膜と前記シリコン基板との間にも形成される

(1)乃至(8)、(1 0)乃至(2 7)のいずれかに記載の撮像素子。

(1 0) 前記平坦化膜と前記シリコン基板との間の画素周縁部に形成される、前記入射光の隣接画素への進入を抑制する遮光膜をさらに備え、

40

前記平坦化膜と前記シリコン基板との間に形成される前記保護膜は、前記平坦化膜と、前記遮光膜および前記シリコン基板との間に形成される

(1)乃至(9)、(1 1)乃至(2 7)のいずれかに記載の撮像素子。

(1 1) 前記光学フィルタと前記シリコン基板との間に形成される平坦化膜をさらに備え、

前記保護膜は、さらに、前記平坦化膜と前記シリコン基板との間にも形成される

(1)乃至(1 0)、(1 2)乃至(2 7)のいずれかに記載の撮像素子。

(1 2) 前記平坦化膜と前記シリコン基板との間の画素周縁部に形成される、前記入射光の隣接画素への進入を抑制する遮光膜をさらに備え、

50

前記平坦化膜と前記シリコン基板との間に形成される前記保護膜は、前記平坦化膜と、前記遮光膜および前記シリコン基板との間に形成される

(1)乃至(11)、(13)乃至(27)のいずれかに記載の撮像素子。

(13) 前記集光レンズと前記シリコン基板との間に、自身を透過する前記入射光の波長帯域を制限する光学フィルタと平坦化膜とをさらに備え、

前記保護膜は、一部の光学フィルタと前記集光レンズの間、前記一部の光学フィルタとその他の光学フィルタとの間、並びに、前記その他の光学フィルタと前記平坦化膜との間に形成される

(1)乃至(12)、(14)乃至(27)のいずれかに記載の撮像素子。

(14) 前記一部の光学フィルタは、ジオキサン系顔料を含むカラーフィルタである

(1)乃至(13)、(15)乃至(27)のいずれかに記載の撮像素子。

(15) 前記カラーフィルタは、青色のカラーフィルタである

(1)乃至(14)、(16)乃至(27)のいずれかに記載の撮像素子。

(16) 前記保護膜は、さらに、前記平坦化膜と前記シリコン基板との間にも形成される

(1)乃至(15)、(17)乃至(27)のいずれかに記載の撮像素子。

(17) 前記平坦化膜と前記シリコン基板との間の画素周縁部に形成される、前記入射光の隣接画素への進入を抑制する遮光膜をさらに備え、

前記平坦化膜と前記シリコン基板との間に形成される前記保護膜は、前記平坦化膜と、前記遮光膜および前記シリコン基板との間に形成される

(1)乃至(16)、(18)乃至(27)のいずれかに記載の撮像素子。

(18) 前記集光レンズと前記シリコン基板との間に、自身を透過する前記入射光の波長帯域を制限する光学フィルタと平坦化膜とをさらに備え、

前記保護膜は、前記光学フィルタと前記平坦化膜との間に形成される

(1)乃至(17)、(19)乃至(27)のいずれかに記載の撮像素子。

(19) 前記保護膜は、さらに、前記平坦化膜と前記シリコン基板との間にも形成される

(1)乃至(18)、(20)乃至(27)のいずれかに記載の撮像素子。

(20) 前記平坦化膜と前記シリコン基板との間の画素周縁部に形成される、前記入射光の隣接画素への進入を抑制する遮光膜をさらに備え、

前記平坦化膜と前記シリコン基板との間に形成される前記保護膜は、前記平坦化膜と、前記遮光膜および前記シリコン基板との間に形成される

(1)乃至(19)、(21)乃至(27)のいずれかに記載の撮像素子。

(21) 前記集光レンズと前記シリコン基板との間に、自身を透過する前記入射光の波長帯域を制限する光学フィルタと平坦化膜とをさらに備え、

前記保護膜は、前記平坦化膜と前記シリコン基板との間に形成される

(1)乃至(20)、(22)乃至(27)のいずれかに記載の撮像素子。

(22) 前記平坦化膜と前記シリコン基板との間の画素周縁部に形成される、前記入射光の隣接画素への進入を抑制する遮光膜をさらに備え、

前記平坦化膜と前記シリコン基板との間に形成される前記保護膜は、前記平坦化膜と、前記遮光膜および前記シリコン基板との間に形成される

(1)乃至(21)、(23)乃至(27)のいずれかに記載の撮像素子。

(23) 前記金属微粒子を含有する樹脂は、共重合系の樹脂に金属化合物の粒子を添加し、分散させたものである

(1)乃至(22)、(24)乃至(27)のいずれかに記載の撮像素子。

(24) 前記共重合系の樹脂は、アクリル系樹脂、スチレン系樹脂、若しくはシラン系樹脂である

(1)乃至(23)、(25)乃至(27)のいずれかに記載の撮像素子。

(25) 前記金属化合物は、チタン(Ti)、マグネシウム(Mg)、アルミニウム(Al)、若しくは亜鉛(Zn)である

10

20

30

40

50

(1) 乃至 (2 4)、(2 6)、(2 7) のいずれかに記載の撮像素子。

(2 6) 前記金属微粒子を含有する樹脂の波長500nmにおける屈折率は、1.6乃至2.0である

(1) 乃至 (2 5)、(2 7) のいずれかに記載の撮像素子。

(2 7) 前記金属微粒子を含有する樹脂の波長400nm乃至700nmの帯域において透過率が90%以上である

(1) 乃至 (2 6) のいずれかに記載の撮像素子。

(2 8) 金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズと、
シリコン基板に形成される、外部から前記集光レンズを介して入射する入射光を光電変換する光電変換素子と、

前記集光レンズと前記シリコン基板との間に形成される、シリコン化合物からなる保護膜と

を備える撮像素子と、

前記撮像素子により得られる撮像画像データを画像処理する画像処理部と

を備える撮像装置。

(2 9) 撮像素子を製造する製造装置であって、

入射光を光電変換する光電変換素子をシリコン基板に形成する光電変換素子形成部と、
シリコン化合物からなる保護膜を、前記光電変換素子形成部により前記光電変換素子が形成された前記シリコン基板の前記入射光が入射する側に形成する保護膜形成部と、

前記入射光を集光する、金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズを、前記保護膜形成部により形成された前記保護膜の、前記シリコン基板と反対側に形成する集光レンズ形成部と

を備える製造装置。

(3 0) 撮像素子を製造する製造装置の製造方法であって、

入射光を光電変換する光電変換素子をシリコン基板に形成し、
シリコン化合物からなる保護膜を、前記光電変換素子が形成された前記シリコン基板の前記入射光が入射する側に形成し、

前記入射光を集光する、金属微粒子を含有する樹脂からなる集光レンズを、前記保護膜の前記シリコン基板と反対側に形成する

製造方法。

【符号の説明】

【 0 1 8 0 】

1 0 0 撮像素子， 1 0 1 シリコン基板， 1 0 2 フォトダイオード， 1 0 3 遮光膜， 1 0 4 平坦化膜， 1 0 5 カラーフィルタ， 1 0 6 集光レンズ，
1 1 0 保護膜， 2 0 0 製造装置， 2 0 1 制御部， 2 0 2 製造部， 2 3 1 フォトダイオード形成部， 2 3 2 配線層形成部， 2 3 3 遮光膜形成部， 2 3 4 平坦化膜形成部， 2 3 5 フィルタ形成部， 2 3 6 集光レンズ形成部， 2 3 7 保護膜形成部， 6 0 0 撮像装置， 6 1 2 CMOSセンサ

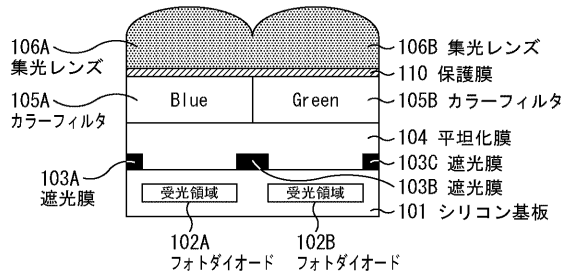
10

20

30

【図 1】

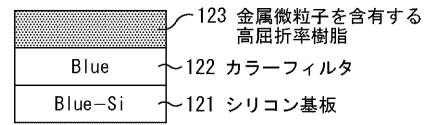
図1



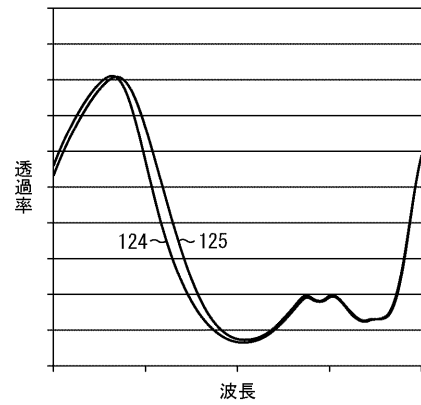
100 撮像素子

【図 2】

図2



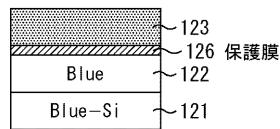
A



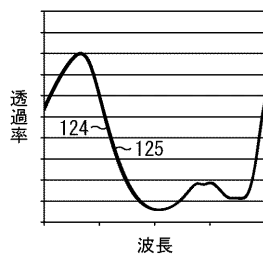
B

【図 3】

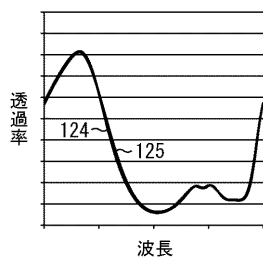
図3



A



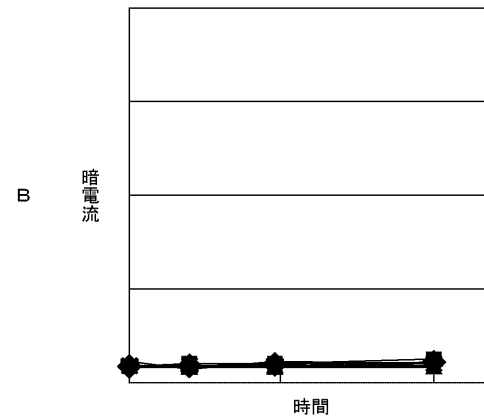
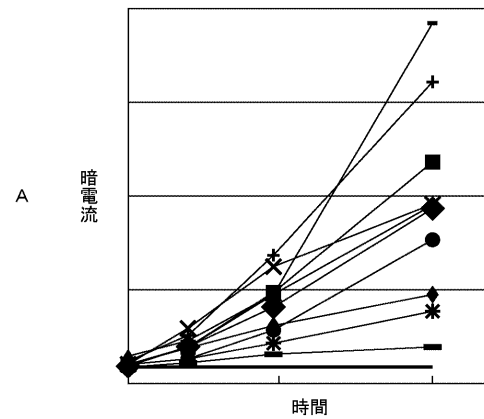
B



C

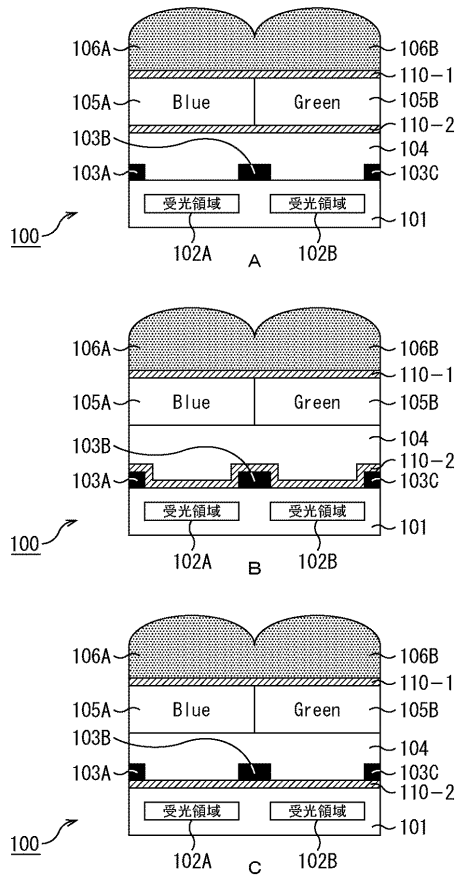
【図 4】

図4



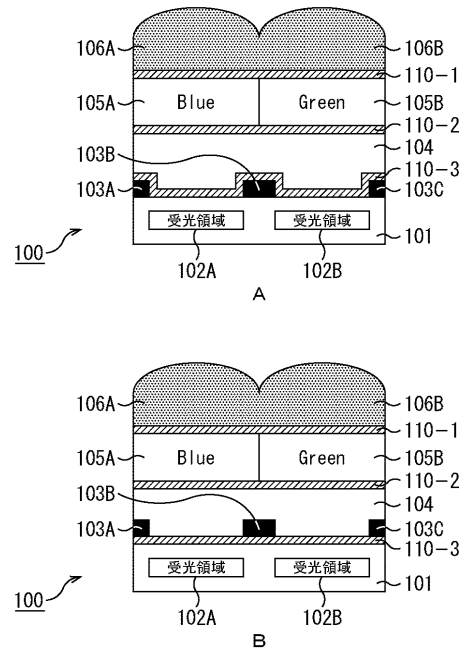
【図 5】

図5



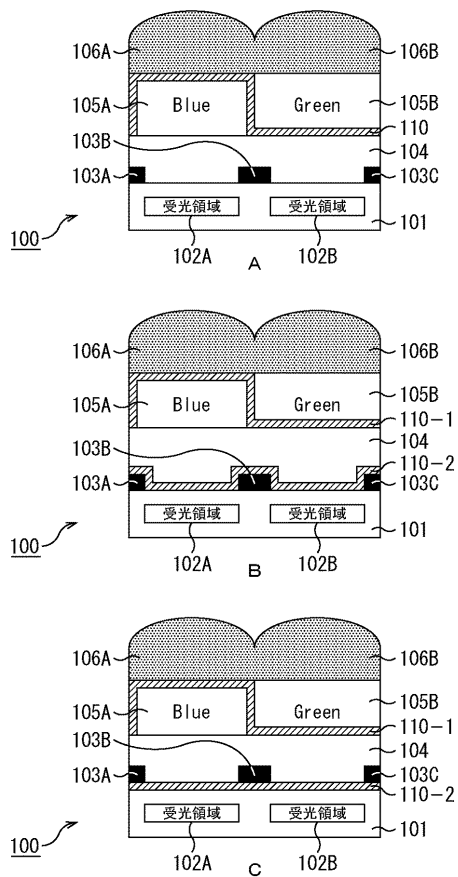
【図 6】

図6



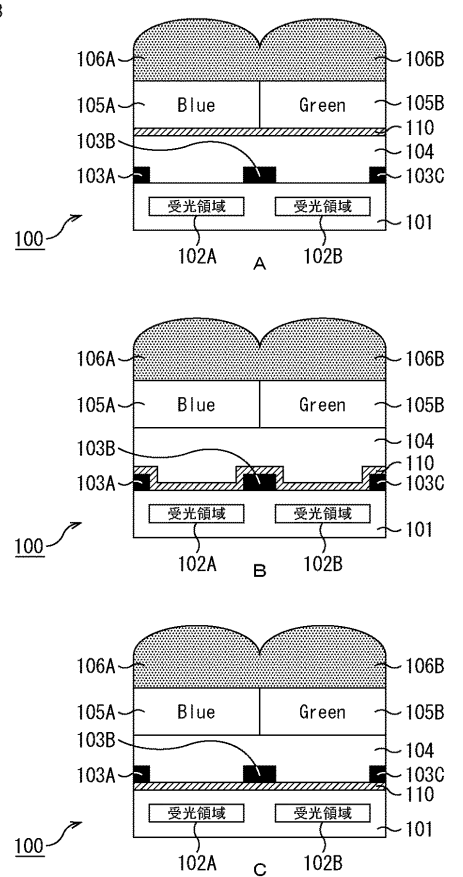
【図 7】

図7



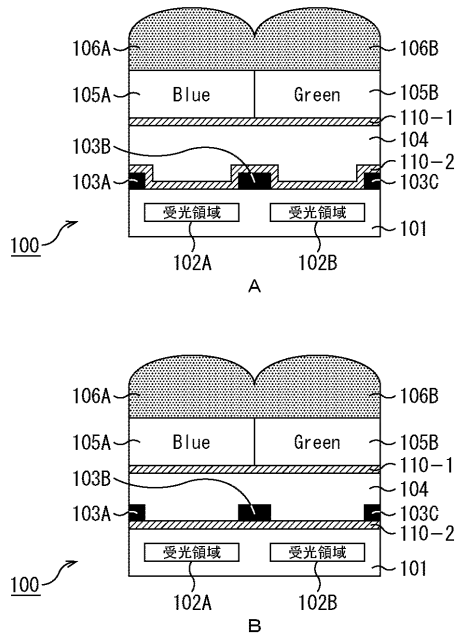
【図 8】

図8



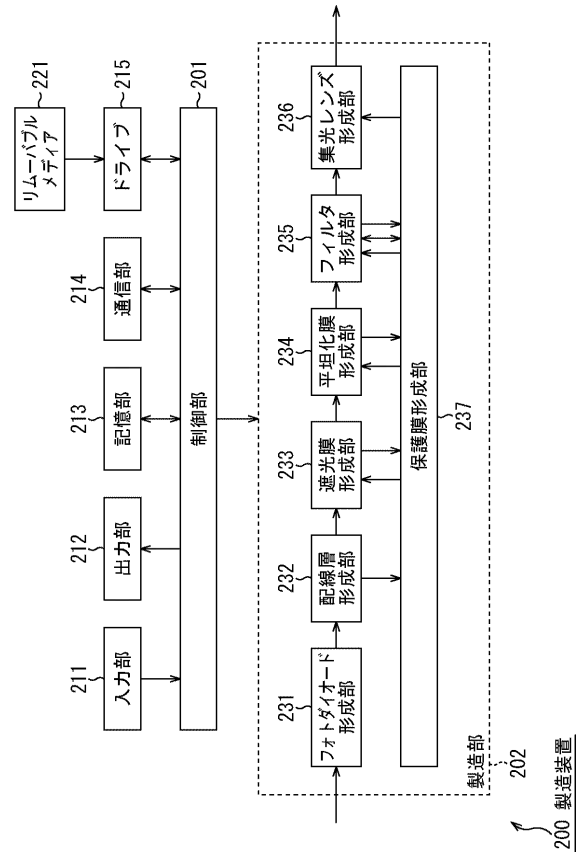
【図 9】

図9



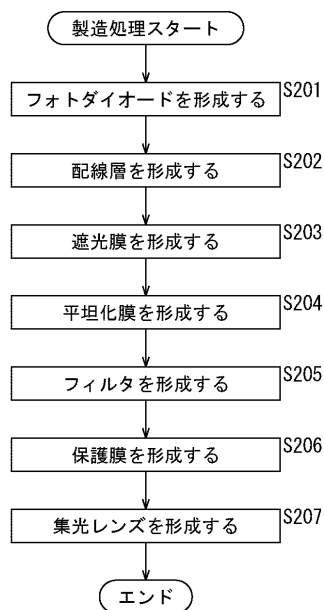
【図 10】

図10



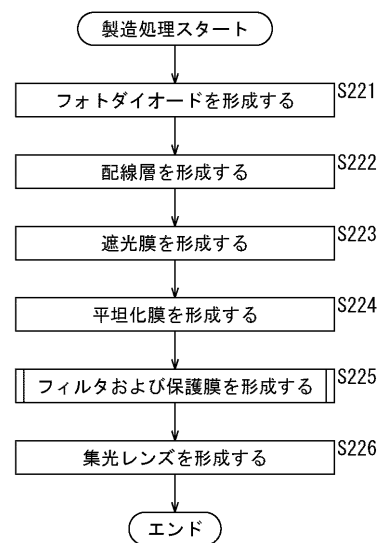
【図 11】

図11



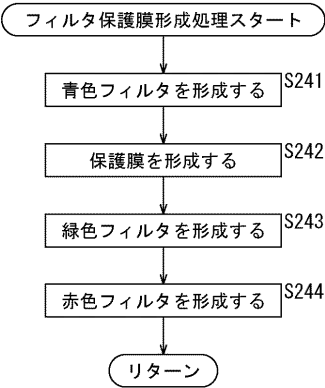
【図 12】

図12



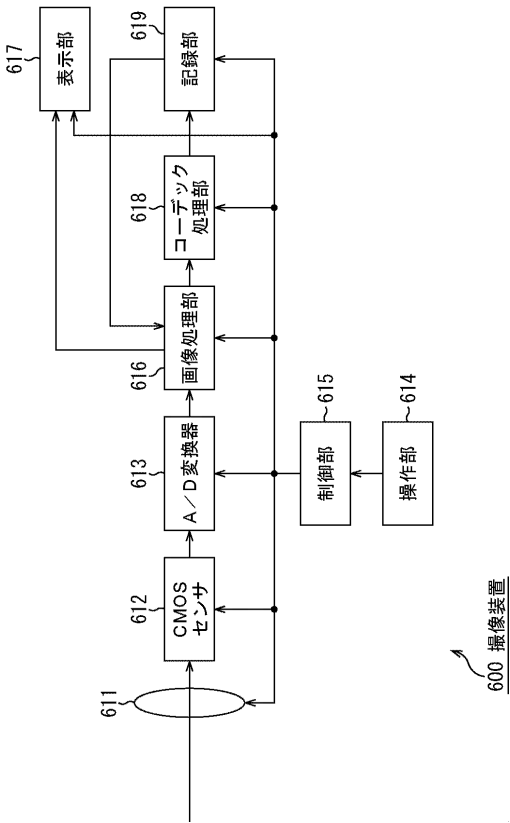
【図 13】

図13



【図 14】

図14



フロントページの続き

- (72)発明者 東宮 祥哲
熊本県菊池郡菊陽町大字原水4000-1 ソニーセミコンダクタ株式会社内
- (72)発明者 堂福 忠幸
熊本県菊池郡菊陽町大字原水4000-1 ソニーセミコンダクタ株式会社内
- (72)発明者 神脇 豊美
熊本県菊池郡菊陽町大字原水4000-1 ソニーセミコンダクタ株式会社内

審査官 今井 聖和

- (56)参考文献 特開2013-120886(JP,A)
特開2008-060464(JP,A)
特開平08-125153(JP,A)
特開平02-312274(JP,A)
特開2006-156511(JP,A)
特開2012-234968(JP,A)
特開2011-216623(JP,A)
特開2013-077740(JP,A)
特開2012-023251(JP,A)
特開2005-049636(JP,A)
特開2012-013758(JP,A)
特開2009-168872(JP,A)
特開2010-4018(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0065684(US,A1)
米国特許出願公開第2013/0100324(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27/146
H04N 5/335
G02B 5/20