

(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2007-242697

(P2007-242697A)

(43) 公開日 平成19年9月20日(2007.9.20)

(51) Int.C1.

HO1L 27/14

(2006.01)

F1

HO1L 27/14

テーマコード(参考)

D

4M118

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2006-59589 (P2006-59589)

(22) 出願日

平成18年3月6日 (2006.3.6)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人 100090538

弁理士 西山 恵三

(74) 代理人 100096965

弁理士 内尾 裕一

(72) 発明者 沖田 駿

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ

ノン株式会社内

(72) 発明者 樋山 拓己

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ

ノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】撮像装置および撮像システム

## (57) 【要約】

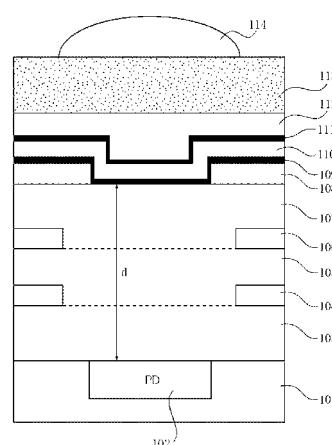
【課題】 受光部面にて反射した光による光の干渉を低減し、色ムラを抑制した撮像装置を提供する。

【解決手段】 本発明の撮像装置は、半導体基板に配された複数の光電変換素子と、前記半導体基板上に配された複数の層間絶縁膜を有する多層配線構造と、前記多層配線構造上に配された保護層とを有している。

そして、その保護層の下面に第1の絶縁層が配され、上面に第2の絶縁層が配され、この保護層と第1の絶縁層との屈折率および保護層と第2の絶縁層との屈折率が、夫々異なる。また、層間絶縁膜および第1の絶縁層の少なくとも一層に平坦化工程が施されている。更に、保護層と第1の絶縁層との間に第1の反射防止膜、保護層と第2の絶縁層との間に第2の反射防止膜が配される。

このような構成によって、受光部上にて反射した光が保護層の上下界面で反射することの低減が可能となり、反射光の干渉が減少するため、色ムラが低減される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

半導体基板に配された複数の光電変換素子と、  
 前記半導体基板上に配された複数の層間絶縁膜を有する多層配線構造と、  
 前記多層配線構造上に配された保護層と、  
 前記保護層の下面に配される第1の絶縁層と、  
 前記保護層の上面に配される第2の絶縁層と、を有する撮像装置において、  
 前記保護層と前記第1の絶縁層の屈折率が異なり、且つ前記保護層と前記第2の絶縁層の屈折率が異なり、  
 前記層間絶縁膜および前記第1の絶縁層の少なくとも一層に平坦化工程が施されており 10  
 、  
 前記保護層と前記第1の絶縁層との間に第1の反射防止膜が配され、  
 前記保護層と前記第2の絶縁層との間に第2の反射防止膜が配されていることを特徴とする撮像装置。

## 【請求項 2】

前記第1の絶縁層は、前記多層配線構造の一部を構成することを特徴とする請求項1に記載の撮像装置。

## 【請求項 3】

前記第1の反射防止膜と前記第2の反射防止膜との屈折率が等しく、  
 前記第1の反射防止膜と前記第2の反射防止膜との膜厚が等しいことを特徴とする請求項1あるいは2に記載の撮像装置。 20

## 【請求項 4】

前記第1の反射防止膜および前記第2の反射防止膜のうち、少なくとも1つが複数の膜からなることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の撮像装置。

## 【請求項 5】

前記保護層が前記第1の絶縁層および前記第2の絶縁層よりも高い屈折率を有し、  
 前記第1の反射防止膜の膜厚をd<sub>1</sub>、屈折率をn<sub>1</sub>、前記第2の反射防止膜の膜厚をd<sub>2</sub>、屈折率をn<sub>2</sub>とし、  
 少なくとも三つの輝線を有する三波長蛍光灯に含まれる緑の輝線と赤の輝線との平均波長を1とすると、下記範囲に含まれる前記第1の反射防止膜および前記第2の反射防止膜の膜厚と屈折率とを有することを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の撮像装置。 30

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & / & 4 & & 2 & n_1 & d_1 \\ & & & & & 3 & 1 & / & 4 \\ 1 & / & 4 & & 2 & n_2 & d_2 \\ & & & & & 3 & 1 & / & 4 \end{array}$$

## 【請求項 6】

前記光電変換素子の受光部上から前記第1の絶縁層の上面までの厚さのばらつきが、入射光の波長の6分の1以上であることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の撮像装置。

## 【請求項 7】

前記平坦化工程は、CMPによることを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の撮像装置。 40

## 【請求項 8】

半導体基板に配された光電変換素子と、  
 前記半導体基板上に配された層間絶縁膜を有する多層配線構造と、  
 前記多層配線構造上に配された窒化シリコン膜と、  
 前記窒化シリコン膜の下面に配される第1の絶縁層と、  
 前記窒化シリコン膜の上面に配される第2の絶縁層と、を有し、  
 前記窒化シリコン膜と前記第1の絶縁層および前記窒化シリコン膜と前記第2の絶縁層とは屈折率が異なり、  
 前記層間絶縁膜および前記第1の絶縁層の少なくとも一層はCMP処理を施された表面 50

を有し、

前記窒化シリコン膜の下面と前記第1の絶縁層との間および前記窒化シリコン膜と前記第2の絶縁層との間に酸窒化シリコン膜を有していることを特徴とする撮像装置。

【請求項9】

前記第1の酸窒化シリコン膜と前記第2の酸窒化シリコン膜の膜厚が等しいことを特徴とする請求項8に記載の撮像装置。

【請求項10】

請求項1から9のいずれか1項に記載の撮像装置と、  
該撮像装置へ光を結像する光学系と、  
該撮像装置からの出力信号を処理する信号処理回路と、を有することを特徴とする撮像システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は撮像装置、および撮像システムに関するものであり、デジタルカメラ、ビデオカメラ、複写機、ファクシミリなどに関する。

【背景技術】

【0002】

光電変換素子を含む画素を1次元あるいは2次元に配列した撮像装置は、デジタルカメラ、ビデオカメラ、複写機、ファクシミリなどに数多く搭載されている。撮像装置としては、CCDイメージセンサや増幅型撮像装置であるCMOSイメージセンサが用いられている。近年、撮像装置には多画素化あるいは小チップ化が求められており、DRAM (Dynamic Random Access Memory) に代表される微細な配線ルールなどの半導体技術の導入が進められている。その導入されている半導体技術には、例えば、次のような技術がある。CMOSイメージセンサにおいては、配線層は少なくとも2層以上用いられる。この複数の配線層を微細に配置するために、CMP (Chemical Mechanical Polishing) などに代表される平坦化技術が用いられる。例えば特許文献1には、CMOSイメージセンサの層間絶縁膜の平坦化工程としてCMP法を用いた例が開示されている。そして表面が平坦化した層間絶縁膜上に遮光膜を設け、更にこの遮光膜を覆ってパッシベーション膜が配された構成が開示されている。

【0003】

また、撮像装置においては、このような微細化のための半導体技術だけでなく光学技術も深く関わっており、様々な配慮が求められる。

【0004】

例えば、特許文献2には、受光センサ部上に層内レンズを設ける技術が開示されている。そして層内レンズの上下に反射防止膜を配置する。その反射防止膜によって、CCDイメージセンサの感度を向上させている。

【特許文献1】特開2001-284566号公報

【特許文献2】特開平11-103037号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に示した複数の配線層を有するCMOSイメージセンサにおいて、表面をCMP法などにより平坦化した層間絶縁膜上に屈折率の高いSiN膜(シリコン窒化膜)を設ける場合には、以下のような問題が生じる場合がある。

【0006】

それは、均一な白い輝度面を撮影した際に、撮影された画像が場所によって少し緑や赤みがかる色ムラの発生である。発明者は、これが主に、光電変換素子の受光部とその受光部上の絶縁膜との界面で反射した光が、SiN膜と層間絶縁膜の界面にて再び反射し、受光部への入射光が干渉することによって生じることを見出した。そして、その干渉が層間

10

20

30

40

50

絶縁膜の膜厚に依存することを見出した。これは、特許文献2のように層間絶縁膜が平坦化されておらず、平坦化による画素部内での巨視的な膜厚分布が生じない場合には生じない。なぜなら、特許文献2では層間絶縁膜の凹部に層内レンズを配した構成となっており、1画素内で層間絶縁膜に膜厚分布を有する構成となっているためである。

#### 【0007】

したがって、上述した干渉による色ムラは、平坦化された層間絶縁膜上に屈折率の異なる膜を配した際に顕著となる。つまり、屈折率の異なる膜を有する撮像装置において、受光部と層間絶縁膜上に配された屈折率の異なる膜との間の距離が、撮像領域内にてばらつく場合に顕著となる。以下にこの現象について説明する。

#### 【0008】

まず入射光の干渉について説明する。図7に特許文献1で示したCMOSイメージセンサの概略的な断面図を示す。701がシリコン半導体基板(以降、基板と称する)、702が受光部であるフォトダイオード、703、705、707が層間絶縁膜、704、706、708が配線層である。最上配線層である708上には、保護層としてP-SiN膜(プラズマCVD法で形成したシリコン窒化膜)709が堆積されている。さらに、カラーフィルタ710、マイクロレンズ711が配されている。

#### 【0009】

ここで各層の屈折率の一例を以下に示す。シリコン半導体基板701の屈折率は3.50~5.20、SiOを用いた層間絶縁膜703、705、707の屈折率は1.40~1.50である。また、P-SiN膜709の屈折率は2.00、カラーフィルタ710の屈折率が1.58、マイクロレンズ711の屈折率が1.58である。

#### 【0010】

この場合、基板701と層間絶縁膜703との界面、層間絶縁膜707とP-SiN膜709との界面、P-SiN膜709とカラーフィルタ710との界面での屈折率の差が大きいため、反射が大きくなる。図7に、受光部表面での反射光と保護層での反射光をref1、ref2にて示す。ここで、ref2は簡単のため1つの反射光を示しているが、P-SiN膜709と層間絶縁層707との界面およびP-SiN膜709とカラーフィルタ710との界面での反射光を示している。このような反射光が干渉し、受光部702への入射光量が波長依存性を有してしまう。

#### 【0011】

このような構成において少なくとも一層の層間絶縁膜に対して平坦化を行った場合に、その層間絶縁膜は微視的(数μm~数十μm)な範囲では平坦である。しかし、巨視的(数mm~)な範囲ではその膜厚にばらつき(膜厚分布)が生じてしまう。例えば、CMP法で研磨した層間絶縁膜の膜厚は、MOSトランジスタといった素子や配線の配置密度の影響を受ける。撮像装置は配置密度の高い周辺回路部と、配置密度が低い画素が配列している画素部(撮像領域とも呼ぶ)を有するため、周辺回路部と画素部とでCMP法の研磨速度が異なる。そのため、撮像装置の層間絶縁膜の膜厚は、周辺回路部では厚くなり、画素部では薄くなる。従って、その境界では膜厚が徐々に変化する為、画素部内において膜厚の分布が生じてしまう。また、配線密度にあまり差がなかった場合においても、この画素部内における層間絶縁膜の膜厚分布が生じる場合もある。さらに他の平坦化技術であるエッチバック法を用いた場合においても、装置内の面内依存性が大きい為、撮像装置における層間絶縁膜に膜厚分布が発生する。

#### 【0012】

そしてこの膜厚分布は、少なくとも一層が平坦化された場合には、その後に形成される層間絶縁膜にも踏襲される。

#### 【0013】

このように巨視的にみて撮像領域内において膜厚分布を有している場合、上述した干渉の度合いが撮像領域内の場所によって異なるため、結果として撮像装置の色ムラとなってしまう。つまり、色ムラという問題は、撮像領域内において巨視的にみて層間絶縁膜の総膜厚の分布が生じている場合に、層間絶縁膜と異なる屈折率の膜を保護膜として用いた際

に顕著といえる。

#### 【0014】

これに対して、上記特許文献においては、周囲の膜と屈折率の異なる保護膜を用いた場合に、受光部表面での反射光が保護膜界面で再び反射し、入射光が干渉して生じる色ムラという技術課題に関しては見出されていない。特許文献1には、配線上に配された保護層であるSiN膜の段差によって、入射光が予期せぬ方向に屈折されるという課題の開示があり、この課題に対して、SiN膜の平坦化を行う開示がある。しかし、受光部における反射光が、高い屈折率を有する保護層と層間絶縁膜との界面で反射し、再び受光部へ入射する。その際の、受光部への入射光が干渉を生じ、層間絶縁膜の膜厚分布により、その干渉の度合いが異なるという課題に関しては認識されていない。このような構成では上述のような色ムラが生じ、画質が低下してしまう。

#### 【0015】

そして、本発明はその課題に鑑み、層間絶縁膜が巨視的な膜厚分布を有する構成において、層間絶縁膜と屈折率の異なる層を配した場合の、光の干渉による色ムラを低減することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0016】

本発明は上記課題に鑑みて成されたものであり、本発明の撮像装置は、半導体基板に配された複数の光電変換素子と、前記半導体基板上に配された複数の層間絶縁膜を有する多層配線構造と、前記多層配線構造上に配された保護層と、前記保護層の下面に配される第1の絶縁層と、前記保護層の上面に配される第2の絶縁層と、を有する撮像装置において、前記保護層と前記第1の絶縁層の屈折率が異なり、且つ前記保護層と前記第2の絶縁層の屈折率が異なり、前記層間絶縁膜および前記第1の絶縁層の少なくとも一層に平坦化工程が施されており、前記保護層と前記第1の絶縁層との間に第1の反射防止膜が配され、前記保護層と前記第2の絶縁層との間に第2の反射防止膜が配されていることを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0017】

本発明によって、保護層を有し、平坦化工程を施した撮像装置において、その受光部上で反射する光が保護層と絶縁膜の界面にて再度反射をすることを低減することが可能となる。よって、その反射光によって生じる受光部へ入射する光の強め合いを低減させることができとなるため、色ムラを低減させることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0018】

本発明の撮像装置は、半導体基板に配された複数の光電変換素子と、前記半導体基板上に配された複数の層間絶縁膜を有する多層配線構造と、前記多層配線構造上に配された保護層が配されている。

#### 【0019】

その保護層の下面に第1の絶縁層が配され、上面に第2の絶縁層が配され、この保護層と第1の絶縁層の屈折率が異なり、かつ保護層と第2の絶縁層の屈折率が異なっている。さらに、層間絶縁膜および第1の絶縁層の少なくとも一層に平坦化工程が施されている。そして、保護層と第1の絶縁層との間に第1の反射防止膜が配され、保護層と第2の絶縁層との間に第2の反射防止膜が配されている。

#### 【0020】

この構成によって、受光部上にて反射した光の保護層の上下界面での反射を低減させることができとなる。そして、反射光の干渉が減少し、色ムラが低減される。

#### 【0021】

また、各反射防止膜において、屈折率条件による透過率の向上だけでなく、その膜厚をその反射防止膜の上下界面における反射光が弱め合う厚みにすることで、より反射光の光量を低減することが可能となる。結果として、図7に模式的に示したref2の光量が低

10

20

30

40

50

減される。

【0022】

ここで、色ムラについて述べる。一般的な半導体デバイスに対してC M Pにおいて平坦化を行った場合には、C M Pにより巨視的な膜厚分布が、デバイスの特性に大きな影響を与えることは少ない。しかし、上述したように撮像装置においては撮像領域内の巨視的な膜厚分布により色ムラが発生する。

【0023】

更に、図7を用いて層間絶縁膜の膜厚と色ムラとの関係について説明する。図7に示すような受光部上から層間絶縁層最上部までの層間絶縁膜の総膜厚をL、屈折率をn、波長をλとすると、それらの反射における関係は、次のようになる。

$$2nL = (\lambda/2) \times (2m) \quad (\text{式1})$$

を満たす光は強め合い、

$$2nL = (\lambda/2) \times (2m+1) \quad (\text{式2})$$

を満たす光は弱め合う(mは整数)。この式に基づいた反射光と層間絶縁膜の総膜厚Lとの関係の一例を示す。層間絶縁膜の屈折率n=1.46、および総膜厚L=3000nmの場合には、λ=548nm(m=16)の波長が強め合う。それに対し総膜厚L=3100nmに変化した場合には、λ=566nm(m=16)の波長が強めあう関係となる。

【0024】

可視光(400~700nm)における強め合う波長について表1にまとめた。これから、層間絶縁膜の総膜厚Lにより強め合う波長が異なることが判る。

【0025】

【表1】

m	L=3000nm	L=3100nm	CF
13	674	696	R
14	626	647	R
15	584	603	R~G
16	548	566	G
17	515	532	G
18	487	503	G~B
19	461	476	B
20	438	453	B
21	417	431	B

【0026】

ここでは、RGBの三原色を有するカラーフィルタ(CF)を用いた構成について説明する。CFのB(波長:400~500nm)に対応する画素、G(波長:500~600nm)に対応する画素、R(波長:600~700nm)に対応する画素が配されている。同色のCFを有する複数の画素に同一の光が入射した場合を考えてみると、それらの層間絶縁膜の総膜厚が異なることによって、各色に対応した波長域の中で、どの波長が強め合うかが異なることがわかる。

【0027】

また例えば、RとGの境界にあたる550~650nmに注目してみると、L=3000nmの膜厚では、GのCFを有する画素の出力が大きくなり、L=3100nmの膜厚では、RのCFを有する画素の出力が大きくなる。

【0028】

したがって、層間絶縁膜の総膜厚によってR、G、Bの出力比が異なる。これを図8に示す。図8は、保護層の下面に屈折率1.60の反射防止膜を設けた撮像装置における層間絶縁膜の総膜厚に対して、CFを有する撮像装置から出力される信号のRとGの出力比(R/G比)をシミュレーションにて求めたものである。Rの出力が大きい場合とGの出力が大きい場合とが、膜厚にともなって変化することが分かる。

10

20

30

40

50

## 【0029】

従って、画素部内の層間絶縁膜の総膜厚  $L$  に分布のある撮像装置に、一様な白色光が入射したとき、撮像装置に色ムラが生じることとなる。更に、輝線を有する光源下の環境においては特定の波長のみ強いピークを持つ為、この傾向が顕著となる。輝線を有する光源とは、例えば、家庭用の照明として主流となっている3波長蛍光灯である。3波長蛍光灯は、人間の目が色をよく感じる青・緑・赤の3波長に輝線を有するため、演色性が高い照明である。このような環境下において本発明の撮像装置を用いた場合には特に効果が大きい。

## 【0030】

次に、層間絶縁膜の総膜厚  $L$  の絶対値と色ムラの影響に関して説明する。  $L = 3500$  10  $\text{nm}$  と  $L = 1000 \text{ nm}$  の場合の比較をする。先ほどと同様に、可視光の範囲で、層間絶縁膜の屈折率  $n = 1.46$  とすると、  $L = 3500 \text{ nm}$  の場合の強め合う波長は、  $k$  が 1 5  $k = 25$  の 11 の波長である。つまり、波長と光の強度をプロットすると、ピークが 11 個現れる。しかし、  $L = 1000 \text{ nm}$  の場合の強め合う波長は、  $k$  が 5  $k = 7$  の 3 つの波長である。よって、  $L = 1000 \text{ nm}$  の場合の方が、強め合う波長の間隔が広く、絶縁層を 3500 から 1000 nm に薄膜化すると、分光特性が平滑化されるため、色ムラは約 1/3 程度に低減することがわかる。

## 【0031】

したがって、層間絶縁膜の総膜厚が  $3 \sim 5 \mu\text{m}$  と厚く、C M P を代表とする平坦化工程による巨視的な膜厚分布が生じている場合には、色ムラが生じやすく本発明の効果が特に大きい。つまり、多層配線構造を有する C M O S イメージセンサにおいて生じやすい。

## 【0032】

ここで、保護膜に関しては、一般的に、保護膜としての機能に加え、水素シンタリング効果によるシリコン基板のダングリングボンドの終端化に効果の高い p - S i N 膜にて形成されるのが好ましい。また、層間絶縁膜とは、多層配線構造で配線層間を絶縁および分離する膜である。また、反射防止膜とは、反射光の量を低減させる膜のことであり、完全に反射を抑制する膜でなくてもよい。

## 【0033】

材料基板である半導体基板を「基板」と表現するが、以下のような材料基板が処理された場合も含む。例えば、1又は複数の半導体領域等が形成された状態の部材、又は、一連の製造工程を途中にある部材、又は、一連の製造工程を経た部材を基板と呼ぶこともできる。更に、「半導体基板上」とは、光電変換素子が形成された半導体基板の主表面上を表し、「積層方向」および「上方向」とは、半導体基板の主表面から入射光へ向かう方向を示す。「下方向」とはその逆であり、半導体基板の主表面から半導体基板内部への方向である。

## 【0034】

以下、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。

## 【0035】

## (画素の回路構成)

まず、撮像装置の画素について説明する。図 6 に撮像装置の一種である C M O S 型イメージセンサにおける画素の回路構成の一例を示す。1つの画素は、610 にて示される。

## 【0036】

画素 610 は、光電変換素子であるフォトダイオード 600、転送トランジスタ 601、リセットトランジスタ 602、増幅トランジス 603、選択トランジスタ 604 を含み構成される。ここで、電源線は Vcc、出力線は 605 にて示している。

## 【0037】

フォトダイオード 600 は、そのアノードが接地線に接続され、そのカソードが転送トランジスタ 601 のソースに接続されている。また、転送トランジスタ 601 のソースがフォトダイオードのカソードを兼ねることも可能である。

## 【0038】

10

20

30

40

50

転送トランジスタ 601 のドレインが転送領域であるフローティングディフュージョン(以下 F D )を構成し、そのゲートが転送信号線に接続されている。更に、リセットトランジスタ 602 は、そのドレインが電源線 Vcc に接続され、そのソースが F D を構成し、そのゲートがリセット信号線に接続されている。

【 0039 】

増幅トランジスタ 603 は、そのドレインが電源線 Vcc に接続され、そのソースが選択トランジスタ 604 のドレインに接続され、そのゲートが F D に接続されている。選択トランジスタ 604 は、そのドレインが増幅トランジスタ 603 のソースに接続され、そのソースが出力線 605 に接続され、そのゲートが垂直選択回路(不図示)によって駆動される垂直選択線に接続されている。

10

【 0040 】

ここで示した回路構成は、本発明の全ての実施例に適用可能であるが、例えば、転送トランジスタがない構成や複数画素でトランジスタを共有するような他の回路構成も本発明においては、適用可能である。また、光電変換素子は、フォトダイオードを始め、フォトトランジスタ等も適用可能である。

【 0041 】

(第一の実施形態)

図 1 に第一の実施形態を示す。図 1 は、図 6 に示した撮像装置の画素におけるフォトダイオード上の断面模式図である。図 1 の 102 は、P 型半導体領域 101 と N 型半導体領域 102 とで形成されるフォトダイオード(受光部と称する場合がある)である。この N 型半導体領域 102 の上側に更に P 型半導体領域が形成されている場合もある。103 は、第 1 層目の層間絶縁膜であり、例えばプラズマ CVD 法により形成された SiO 膜により形成されている。104 は第 1 の配線層であり、103 を例えば CMP 法で平坦化した後に、アルミニウムによって形成されている。105 は第 2 層目の層間絶縁膜、106 は第 2 の配線層、107 は第 1 の絶縁層となる第 3 層目の層間絶縁膜である。そして、108 は第 3 の配線層である。これらの層間絶縁膜と配線層は、先の第 1 層目の層間絶縁膜や第 1 の配線層と同様の材料や工程で形成することができる。他の方法および材料としては、エッチバック法による平坦化や銅の配線層が挙げられる。

20

【 0042 】

図中に示すように、これら複数の層間絶縁膜における各膜厚の和を膜厚 d とする。 CMP により平坦化されているため、狭い領域内、例えば 1 画素内では膜厚 d は一定である。しかし、撮像領域全体を見たときの巨視的な膜厚には分布が生じる。

30

【 0043 】

更に、積層方向に最上部の層間絶縁膜である第 3 層目の層間絶縁膜 107 上に保護層と反射防止膜が配されている。まず、109 は第 1 の反射防止膜であり、P-SiON 膜で形成される。その上部に保護層 110 が配されている。保護層 110 は、P-SiN 膜である。111 は第 2 の反射防止膜であり、P-SiON 膜で形成される。112 は第 2 の絶縁層となる樹脂層である。例えば、平坦化層として機能する樹脂層の他に、BPSG 膜等の絶縁層がある。更に、上層には、113 のカラーフィルタ、114 のマイクロレンズが配されている。少なくとも、保護層とそれに近接する膜とは屈折率が異なる必要がある。保護層としては高い保護機能、水素のシンタリング効果などからシリコン窒化膜が好適に用いられる。しかし保護膜は、結晶構造が緻密な場合が多く、層間絶縁膜として用いられるシリコン酸化膜や、カラーフィルタ、平坦化膜としての有機膜に比べて屈折率が高くなる。したがって保護膜とそれに近接する膜とは屈折率が異なることが多い。

40

【 0044 】

従来の色ムラが生じるメカニズムは、受光部面 102 からの反射光が保護層にて反射し、再度受光部 102 へ入射することが要因である。この色ムラを低減するには、受光部 102 から反射した光が保護層で反射することを抑制すればよい。そこで、本実施形態のよう、第 1 の反射防止膜 109 および第 2 の反射防止膜 111 を P-SiN 膜 110 の上下に形成し、反射を抑制する。

50

## 【0045】

図2を用いて、この反射防止膜について詳細に説明を行う。

図2において、複数の層間絶縁膜を簡単のため、201で示す屈折率 $n_1$ の単層の絶縁膜とした。実際は、第1の反射防止膜209に接する層の屈折率を用いればよい。202は屈折率 $n_2$ 、厚さ $d_2$ の第1の反射防止膜、203は屈折率 $n_3$ 、厚さ $d_3$ の保護層、204は屈折率 $n_4$ 、厚さ $d_4$ の第2の反射防止膜、205は屈折率 $n_5$ の樹脂層とする。他、図1と同様の機能を有するものには同符号を記した。本実施形態では、保護層をP-SiN膜、保護層の下面に配された絶縁膜をP-SiO膜、そして保護層の上面に配された絶縁層を樹脂層とした。それぞれの屈折率は、例えば $n_1 = 1.46$ 、 $n_3 = 2.00$ 、 $n_5 = 1.55$ である。また、図2において、入射光 $h$ とその反射光を矢印にて示している。各界面における反射光は1から4とした。

## 【0046】

この場合において、絶縁層201と保護層203との第1の界面および保護層203と材料層205との第2の界面に挿入すべき第1の反射防止膜202および第2の反射防止膜204の特徴は、以下のように決めることが出来る。

## 【0047】

まず、第1の反射防止膜202には、以下の関係式が与えられる。

( $n_3 > n_1 > n_2$  と  $n_2 > n_3 > n_1$  の場合)

$$2n_2d_2 = ( / 2 ) \times 2m \quad (m = 1, 2, \dots) \quad (\text{式3})$$

( $n_3 > n_2 > n_1$  の場合)

$$2n_2d_2 = ( / 2 ) \times (2m + 1) \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (\text{式4})$$

この関係が成り立つ際に反射光1と2は干渉にて最も弱め合い、受光部102へ向かう反射光が低減される。

## 【0048】

同様に第2の反射防止膜204には、以下の関係式が与えられる。

( $n_3 > n_5 > n_4$  と  $n_4 > n_3 > n_5$  の場合)

$$2n_4d_4 = ( / 2 ) \times 2m \quad (m = 1, 2, \dots) \quad (\text{式5})$$

( $n_3 > n_4 > n_5$  の場合)

$$2n_4d_4 = ( / 2 ) \times (2m + 1) \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (\text{式6})$$

この関係が成り立つ際に、反射光3と4は干渉にて最も弱め合い、受光部102へ向かう反射光が低減される。なおこの式を満たす屈折率、膜厚が反射光を最も弱めることができるために好ましいが、必ずしもこの式を完全に満たす必要はない。所定の範囲内にあればよい。詳細は後述する。

## 【0049】

以上の式を満たすような第1の反射防止膜202および第2の反射防止膜204を設けることで、保護層203の界面における反射を抑制することが可能となる。

## 【0050】

従って、図1における層間絶縁膜の膜厚の和 $d$ が、CMP法による平坦化によってばらつくことがあっても、保護層界面における反射光を弱めるため、色ムラを抑制することができる。また、輝線を有する光源下の環境の場合には、特に色ムラが見えやすいため、このような環境下においては、特に効果的である。

## 【0051】

ここで、反射防止膜の膜厚ばらつきについて、説明する。まず、層間絶縁膜の膜厚分布に関しては、既に、本実施形態のような配線層を2層以上有する撮像装置では、層間絶縁膜の総膜厚が大きくなり、その膜厚分布も大きくなることを述べた。その大きさは、撮像装置において使用する光の波長以上の場合がある。例えば、層間絶縁膜の総膜厚 $d$ を3000nmで設計し、その製造上の膜厚分布が10%とした場合には、300nmがばらつき量となる。本実施形態の層間絶縁膜の屈折率は、1.46であるから、光学的な距離としては、 $300 \times 1.46 = 438\text{nm}$ となる。この値は、撮像装置において使用する可視光の波長領域(400~700nm)に当たり、膜厚のばらつきによる干渉の影響を受

10

20

30

40

50

けやすい。

【0052】

一方、図2に示すような第1の反射防止膜202および第2の反射防止膜204の膜厚においては、次のようにある。(式3)から(式6)にて示した関係式において、 $m = 1$ 、波長 $400 \sim 700 \text{ nm}$ とする。また、膜の屈折率を図1で説明したP-SiONを用いたとし、その屈折率を1.7とした場合には、それらの膜厚は $100 \sim 300 \text{ nm}$ 程度となる。その製造上の膜厚のばらつきを10%としても、 $10 \sim 30 \text{ nm}$ のばらつきである。よって、その光学的な距離においても、可視光の波長領域( $400 \sim 700 \text{ nm}$ )の範囲に比べて十分小さい。よって、第1の反射防止膜202および第2の反射防止膜204を設けたとしても、撮像装置の特性に影響を与えるににくい。よって、保護層203の上下に第1の反射防止膜202および第2の反射防止膜204を形成した場合には、それらの膜厚ばらつきによる色ムラを生じることなく、絶縁膜のばらつきに起因する色ムラを低減することが可能となる。

【0053】

また、具体的に、層間絶縁膜の膜厚ばらつきによって、干渉の影響を生じるのは、(式3)から(式6)に示すように、入射光の波長の4分の1以上のばらつきを有するときである。すなわち、層間絶縁膜の屈折率を $n$ 、その膜厚ばらつきを $\Delta d$ 、入射光の波長を $\lambda$ とすると、 $n \times \Delta d > \lambda / 4$ となる。本実施形態において、 $n$ は1.46以上であるので、概ね、ばらつきが $\Delta d / \lambda > 1/6$ 以上にて、色ムラが生じ易い。例えば、 $\lambda = 600 \text{ nm}$ の場合においては、ばらつきが $100 \text{ nm}$ 以上ということになる。このような膜厚ばらつきの層間絶縁膜を有する際に、第1および第2の反射防止膜を設ければ特に、反射を低減することが可能となる。

【0054】

図2を用いて、本実施形態の反射防止膜の具体的な膜厚、屈折率について説明する。例えば、保護膜 $n_3 = 2.00$ 、絶縁層 $n_1 = 1.46$ の場合において $\lambda = 600 \text{ nm}$ に輝線を有する光源による色ムラを抑制する場合においては、次のようになる。まず、第1の反射防止膜の屈折率および膜厚は、(式4)より $2n_2d_2 = \lambda / 2$ を用いると、

$$n_2d_2 = 150 \text{ nm} \quad (\text{式7})$$

の条件が導かれる。この際、反射光 $\text{R}_1$ と $\text{R}_2$ の大きさをそろえるとより反射光の低減が望まれる。よって、反射の式より導かれる以下の関係を満たす屈折率が好ましい。

$$n_2 = n_1 / n_3 = 1.71 \quad (\text{式8})$$

その結果、膜厚は $d_2 = 88 \text{ nm}$ となる。

【0055】

なお、本実施形態において、反射光 $\text{R}_1$ と $\text{R}_2$ が位相の違いにより弱め合うことにより効果があるため、 $2n_2d_2$ と波長 $\lambda$ の関係式は、以下のような範囲を満たしていればよい。

$$\lambda / 2 - \lambda / 4 < 2n_2d_2 < \lambda / 2 + \lambda / 4 \quad (\text{式9})$$

また、第2の反射防止膜204の屈折率および膜厚に関しても同様に求めることができる。また、同様に以下の範囲を満たしていればよい。

$$\lambda / 2 - \lambda / 4 < 2n_4d_4 < \lambda / 2 + \lambda / 4 \quad (\text{式10})$$

本実施形態においては、(式4)から膜厚を求めているが、保護層や絶縁層との屈折率関係に対応して適宜(式3)を用いればよい。その場合にも(式9)や(式10)と同様の関係式を用いることが可能である。

【0056】

ここで、具体的に、一般的に普及している3波長蛍光灯に対応する反射防止膜の膜厚を求めてみる。まず、3波長蛍光灯には、3原色であるRGBに対応する波長範囲にそれぞれ輝線を有する。Rの輝線が約 $610 \text{ nm}$ 、Gの輝線が約 $540 \text{ nm}$ 、Bの輝線が約 $450 \text{ nm}$ である。しかし、3波長管の分光特性の中では、Bに対応する分光特性は、他の2つに比べてやや広がりを持ち、その強度も低い。また、量子効率も他の2つに比べて低いため、撮像装置の感度も上がりにくい。よって、色ムラにより影響を与えやすいGとRに

10

20

30

40

50

着目して反射防止膜を設計するのが好ましい。

【0057】

まず第1の反射防止膜について膜厚を求める。保護膜  $n_3 = 2.00$ 、絶縁層  $n_1 = 1.46$ 、G、Rの輝線の波長として、Gを544nm、Rを612nmとする。また、反射防止膜の屈折率は、(式8)より得られた  $n_2 = 1.71$  とする。

【0058】

$2n_2d_2 = /2$  および、Gの輝線の光の反射量を低減するためには、 $d_G = 79.5$  nm であり、Rの輝線の光の反射量を低減するためには、 $d_R = 89.5$  nm である。よって、両方の輝線の光の反射量を低減するには、膜厚が  $d = (d_R + d_G) / 2 = 84.4$  nm であればよい。つまり、両者の輝線の光の反射量を低減するには、GとRの輝線の波長の平均値から膜厚を求めればよい。 10

【0059】

さらに、(式9)より、次の関係式が与えられる。

$$544/4 \quad 2n_2d_2 \quad (3 \times 544) / 4 \quad (\text{式11})$$

$$612/4 \quad 2n_2d_2 \quad (3 \times 612) / 4 \quad (\text{式12})$$

Gに対応した膜厚範囲は、約39.8  $d_2$  119、Rに対応した膜厚範囲は、約44.7  $d_2$  134となる。よって、約44.7 ~ 119 nmの範囲の膜厚を有していれば、いずれの輝線に対しても、効果を有する。また、輝線の数が更にあったとしても、同様に求めることで、複数の輝線の反射を抑制する膜厚を求めることが可能である。第2の反射防止膜に関しても、同様に求めることができ、(式10)を満たせばよい。 20

【0060】

反射防止膜の屈折率  $n_2$  と  $n_4$  や膜厚  $d_2$  と  $d_4$  を、これまで述べてきたように定めればよいが、絶縁膜201の屈折率  $n_1$  と樹脂層205の屈折率  $n_5$  が異なる場合には、 $n_2$  と  $n_4$  の最適値、あるいは  $d_2$  と  $d_4$  の最適値は異なった値になる。

【0061】

しかし、第1の反射防止膜202および第2の反射防止膜204に、同じ屈折率の材料(屈折率  $n_6$ )を用いて、膜種を統一することによって、製造コストを削減することが可能となる。その際には、上記の関係式より導かれる  $n_2$  と  $n_4$  に関して、更に下の式を満たせばよい。すなわち  $n_2$  と  $n_4$  の間の屈折率をもつ材料を用いる必要がある。その屈折率を  $n_6$  とすると、 30

$$n_2 \quad n_6 \quad n_4 \quad \text{もしくは} \quad n_4 \quad n_6 \quad n_2 \quad (\text{式14})$$

更に、以下の式のような  $n_2$  と  $n_4$  の屈折率の平均値が好ましい。

$$n_6 = (n_2 + n_4) / 2 \quad (\text{式15})$$

また、同じ屈折率  $n_6$  を有する第1の反射防止膜202および第2の反射防止膜204の膜厚を等しい膜厚  $d_6$  にすれば、製造工程の条件を統一することができ、さらに製造コストを削減することが可能となる。例えば、第1の反射防止膜202の工程を行うウエハと第2の反射防止膜204の工程を行うウエハを同時に製造することも可能である。

【0062】

このように、同一の屈折率  $n_6$  からなる材料および同一の膜厚  $d_6$  の反射防止膜にする場合には、次式を満たせばよい。

$$n_2d_2 \quad n_6d_6 \quad n_4d_4 \quad \text{もしくは} \quad n_4d_4 \quad n_6d_6 \quad n_2d_2 \quad (\text{式16})$$

また、より反射を低減するには、次式を満たすとよい。

$$n_6d_6 = (n_2d_2 + n_4d_4) / 2 \quad (\text{式17})$$

図9は、屈折率1.73の第1の反射防止膜および第2の反射防止膜を設けた撮像装置におけるグラフである。これは、図8と同様に撮像装置における層間絶縁膜の総膜厚に対して、CFを有する撮像装置から出力される信号のR/G比を求めており。図8に比べ、層間絶縁膜の総膜厚が変化しても、そのR/G比に変動はなく、色ムラが抑制されていることが分かる。

【0063】

以上、本実施形態の撮像装置においては、反射光の干渉に起因する色ムラを抑制するこ

とが可能となる。特に、輝線を有する照明において、色ムラを抑制することが可能となり、演色性のよい画像を得ることが可能となる。

#### 【0064】

(第二の実施形態)

図3に第二の実施形態を示す。図1と同様の断面模式図である。図1と同様の機能を有するものについては、図1と同じ符号を記してあり、それらの説明は省略する。

#### 【0065】

図では、第3層目の層間絶縁膜上に、更に第1の絶縁層115を有する。第1の絶縁層115上には、第1の反射防止膜109、保護層110、第2の反射防止膜111が配される。更に、第2の反射防止層上にカラーフィルタ113、マイクロレンズ114が配されている。ここで、第1の絶縁層は、第1の実施形態と同様に多層配線構造の最上部に配される層間絶縁膜でもよい。

#### 【0066】

本実施形態において、第2の絶縁層は、カラーフィルタ113となる。本実施形態におけるカラーフィルタ113は樹脂からなり、第一の実施形態における平坦化のための樹脂層205と同様の屈折率1.58を有する。反射防止膜の機能については、第一の実施形態と同様であり、その設計等にはカラーフィルタ113の屈折率を考慮して行えばよい。

#### 【0067】

本実施形態の撮像装置によれば、第2の反射防止層111上にカラーフィルタ113を形成することが可能となり、撮像装置の薄膜化が可能となる。よって、マイクロレンズ114から受光部までのアスペクト比を小さくし、入射効率を向上させることが可能となる。よって、色ムラを抑制しつつ、入射効率の向上した撮像装置を提供することが可能となる。

#### 【0068】

(デジタルカメラへの応用)

図4は、上述の実施形態にて説明した撮像装置を、撮像システムに用いた例としてデジタルカメラへ適用した場合のブロック図である。

#### 【0069】

撮像装置である撮像装置404へ光を取り込むための構成として、シャッタ401、撮像レンズ402、絞り403がある。シャッタ401は撮像装置404への露出を制御し、入射した光は、撮像レンズ402によって撮像装置404に結像される。このとき、絞り403によって光量が制御される。

#### 【0070】

取り込まれた光に応じて撮像装置404から出力された信号は、撮像信号処理回路405にて処理され、A/D変換器406によってアナログ信号からデジタル信号へ変換される。出力されたデジタル信号は、更に信号処理部407にて演算処理され撮像画像データが生成される。撮像画像データは、撮影者の動作モードの設定に応じ、デジタルカメラに搭載されたメモリ410への蓄積や、外部I/F部413を通してコンピュータやプリンタなどの外部の機器への送信ができる。また、記録媒体制御I/F部411を通して、デジタルカメラに着脱可能な記録媒体412に撮像画像データを記録することも可能である。

#### 【0071】

撮像装置404、撮像信号処理回路405、A/D変換器406、信号処理部407はタイミング発生部408により制御されるほか、システム全体は制御部・演算部409にて制御される。また、これらのシステムは、撮像装置404と同一の半導体基板(図1、1)上に、同一工程によって形成することも可能である。

#### 【0072】

本発明の撮像装置を404に用いることによって、色ムラの低減されたデジタルカメラを提供することが可能となる。

#### 【0073】

10

20

30

40

50

## (ビデオカメラへの応用)

図5は、上述の実施形態にて説明した撮像装置を、撮像システムの別の一例であるビデオカメラへ適用した場合のブロック図である。以下、図5を元に詳細に説明する。

## 【0074】

501は撮影レンズで焦点調節を行うためのフォーカスレンズ501A、ズーム動作を行うズームレンズ501B、結像用のレンズ501Cを備えている。502は絞り及びシャッタ、503は撮像面に結像された被写体像を光電変換して電気的な撮像信号に変換する撮像装置である。504は撮像装置503より出力された撮像信号をサンプルホールドし、さらに、レベルをアンプするサンプルホールド回路(S/H回路)であり、映像信号を出力する。

10

## 【0075】

505は、サンプルホールド回路504から出力された映像信号にガンマ補正、色分離、プランギング処理等の所定の処理を施すプロセス回路で、輝度信号Yおよびクロマ信号Cを出力する。プロセス回路505から出力されたクロマ信号Cは、色信号補正回路521で、ホワイトバランス及び色バランスの補正がなされ、色差信号R-Y, B-Yとして出力される。また、プロセス回路505から出力された輝度信号Yと、色信号補正回路521から出力された色差信号R-Y, B-Yは、エンコーダ回路(ENC回路)524で変調され、標準テレビジョン信号として出力される。そして、図示しないビデオレコーダ、あるいはモニタ電子ビューファインダ(EVF)等の電子ビューファインダへと供給される。

20

## 【0076】

次いで、506はアイリス制御回路で有り、サンプルホールド回路504から供給される映像信号に基づいてアイリス駆動回路507を制御し、映像信号のレベルが所定レベルの一定値となるように、絞り502の開口量を制御すべくintegrator508を自動制御するものである。

## 【0077】

513及び514は、サンプルホールド回路504から出力された映像信号中より合焦検出を行うために必要な高周波成分を抽出するバンドパスフィルタ(BPF)である。それぞれ異なる帯域制限である第1のバンドパスフィルタ513(BPF1)及び第2のバンドパスフィルタ514(BPF2)から出力された信号は、ゲート回路515及びフォーカスゲート枠信号で各々でゲートされ、ピーク検出回路516でピーク値が検出されてホールドされる。それと共に、論理制御回路517に入力される。この信号を焦点電圧と呼び、この焦点電圧によってフォーカスを合わせている。

30

## 【0078】

また、518はフォーカスレンズ1Aの移動位置を検出するフォーカスエンコーダ、519はズームレンズ1Bの合焦を検出するズームエンコーダ、520は絞り502の開口量を検出するアイリスエンコーダである。これらのエンコーダの検出値は、システムコントロールを行う論理制御回路517へと供給される。

40

## 【0079】

その論理制御回路517は、設定された合焦検出領域内に相当する映像信号に基づいて、被写体に対する合焦検出を行い、焦点調節を行う。即ち、各々のバンドパスフィルタ513、514より供給された高周波成分のピーク値情報を取り込み、高周波成分のピーク値が最大となる位置へとフォーカスレンズ501Aを駆動する。そのために、フォーカス駆動回路509にフォーカスモーター510の回転方向、回転速度、回転/停止等の制御信号を供給し、これを制御する。

## 【0080】

ズーム駆動回路511は、ズームが指示されると、ズームモーター512を回転させる。ズームモーター512が回転すると、ズームレンズ501Bが移動し、ズームが行われる。

## 【0081】

50

以上、本発明の撮像装置によれば、その受光部面にて反射した光が保護膜の界面で反射し、再度、受光部へ入射する現象において、保護膜界面での反射を抑制することが可能となる。また、本発明の反射防止膜の膜厚によれば、各反射防止膜界面での反射に関しても、反射光同士を干渉させ、反射光量を低減させることが可能となる。よって、色ムラを抑制し、質のよい画像情報を得ることが可能となる。

【0082】

本発明の形態は、各実施形態に限られるものではない。例えば、各反射防止膜が多層構造を有していてもよく、その膜種も例示したものに限られるものでない。いずれの場合においても、反射を低減する効果を有していればよい。また、反射防止膜の上下の構造については、特に限られるものではない。反射防止膜が接する層と反射防止膜との関係を考慮すればよい。その他、例えば、配線層が2層であってもよく、絶縁層や配線層の材料や工程は各実施形態に示されたものに限らない。

10

20

30

40

【図面の簡単な説明】

【0083】

【図1】第1の実施形態における撮像装置の断面模式図

【図2】第1の実施形態における撮像装置の断面模式図

【図3】第2の実施形態における撮像装置の断面模式図

【図4】撮像システムの構成図

【図5】撮像システムの構成図

【図6】画素回路の例

【図7】従来の撮像装置の模式図

【図8】従来の撮像装置における層間絶縁膜の総膜厚と得られるR/G比

【図9】第1の実施形態における撮像装置の層間絶縁膜の総膜厚と得られるR/G比

【符号の説明】

【0084】

101 P型半導体領域

102 N型半導体領域

103 第1層目の絶縁層

104 第1の配線層

105 第2層目の絶縁層

106 第2の配線層

107 第3層目の絶縁層

108 第3の配線層

109 第1の反射防止膜

110 保護層

111 第2の反射防止膜

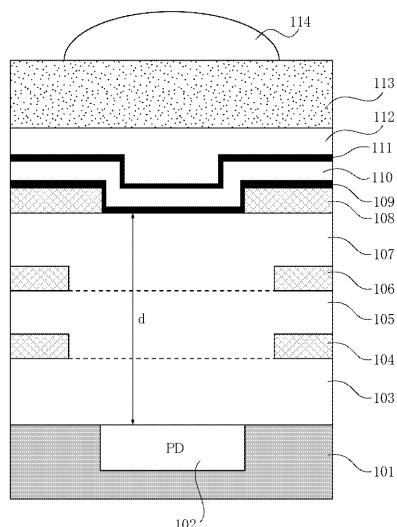
112 樹脂層

113 カラーフィルタ

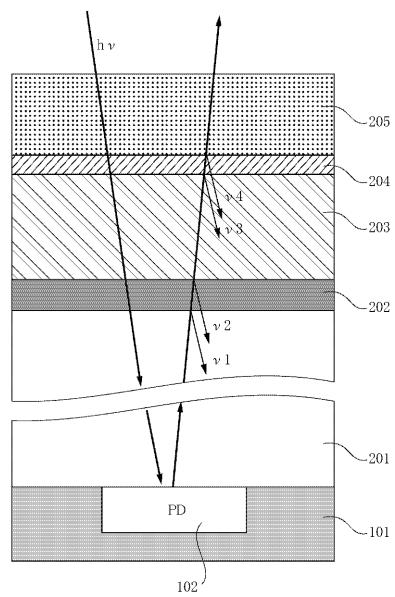
114 マイクロレンズ

115 第4層目の絶縁層

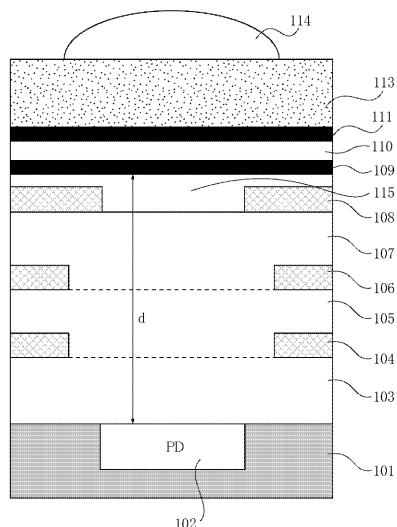
【図1】



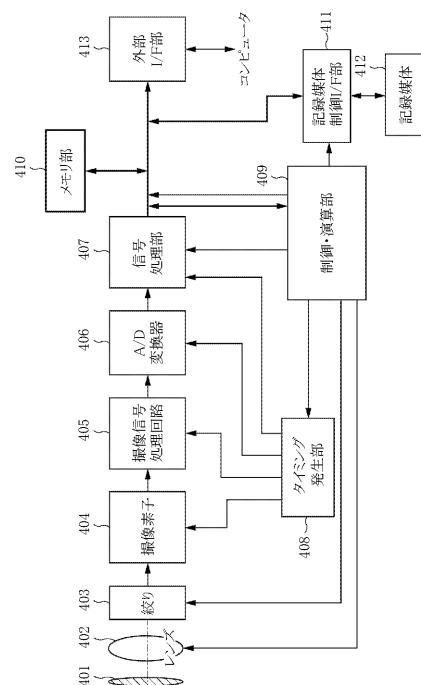
【図2】



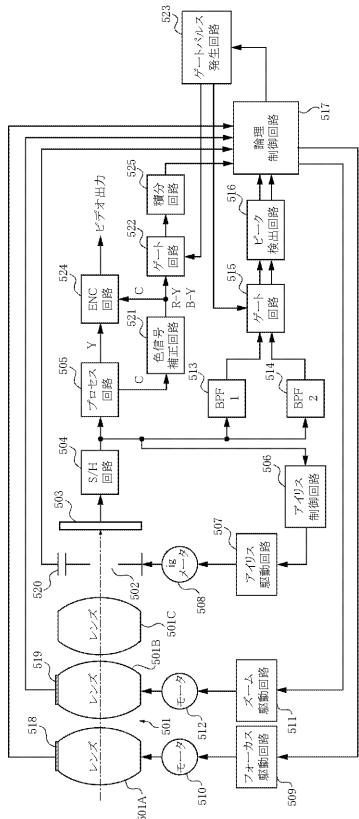
【図3】



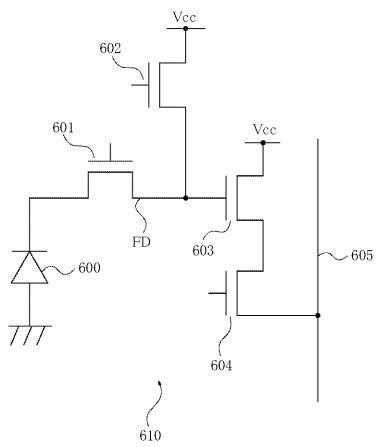
【図4】



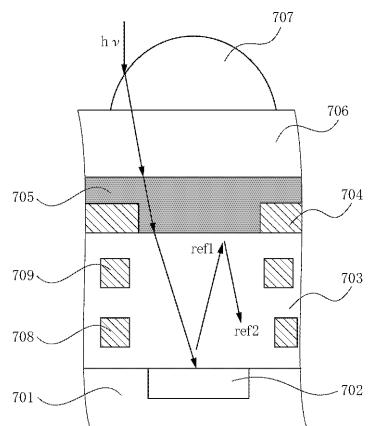
【図5】



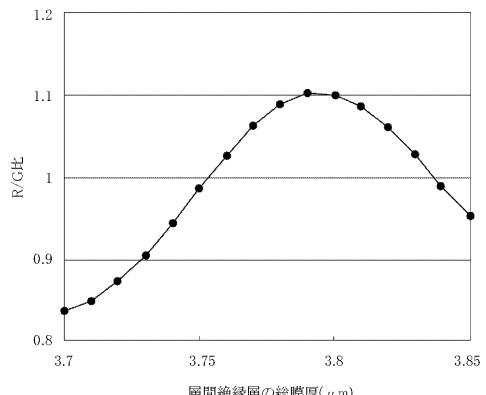
【図6】



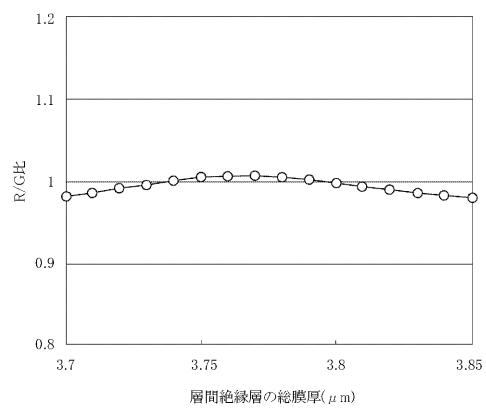
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 三島 隆一  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72)発明者 浦 朝子  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

F ターム(参考) 4M118 AB01 BA14 CA02 CA03 CA32 CA34 DD04 DD12 FA33 GB15  
GB17 GB18 GC07 GD03 GD04 GD07