

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4564794号
(P4564794)

(45) 発行日 平成22年10月20日 (2010.10.20)

(24) 登録日 平成22年8月6日 (2010.8.6)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 27/14 (2006.01)

H O 1 L 27/14 D

H O 4 N 5/335 (2006.01)

H O 4 N 5/335 6 9 0

請求項の数 5 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2004-210379 (P2004-210379)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成16年7月16日 (2004.7.16)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2006-32713 (P2006-32713A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成18年2月2日 (2006.2.2)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成19年7月17日 (2007.7.17)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体撮像素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固体撮像素子であって、
 入射光をその光量に応じて電気信号に変換する光電変換素子と、
 入射面に配設されたマイクロレンズと、
 前記光電変換素子と前記マイクロレンズの間に配設され、樹脂に、酸化チタン (TiO₂)、
 窒化シリコン (Si₃N₄)、五酸化ニオブ (Nb₂O₅) のいずれかを分散させたコンポジット
 材から成る光導波路と、

前記光導波路の周囲に配設された、疎水性多孔質シリカから成る層間絶縁層と
 を有し、

複数の前記固体撮像素子を2次元に並べて成るイメージセンサを搭載する撮像装置の撮
 像光学系の射出瞳から前記光電変換素子までの距離をL、前記イメージセンサの中心から
 、前記イメージセンサ上の前記固体撮像素子の位置までの距離をH、前記光電変換素子から
 前記マイクロレンズの頂点までの高さをD、前記イメージセンサにおける、前記複数の
 固体撮像素子の間隔をP、前記光導波路の屈折率をN_H、前記層間絶縁層の屈折率をN_L
 とした場合に、前記距離 (H) に位置する前記固体撮像素子が、

$$\frac{H \cdot D}{L \cdot P} < a \cdot \frac{N_H}{N_L}$$

但し、0 < a < 1

を満たすことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項 2】

固体撮像素子であって、
入射光をその光量に応じて電気信号に変換する光電変換素子と、
入射面に配設されたマイクロレンズと、
前記光電変換素子と前記マイクロレンズの間に配設され、酸化シリコン (SiO₂) から成る光導波路と、
前記光導波路の周囲に配設された、疎水性多孔質シリカから成る層間絶縁層と
を有し、

複数の前記固体撮像素子を 2 次元に並べて成るイメージセンサを搭載する撮像装置の撮像光学系の射出瞳から前記光電変換素子までの距離を L、前記イメージセンサの中心から、前記イメージセンサ上の前記固体撮像素子の位置までの距離を H、前記光電変換素子から前記マイクロレンズの頂点までの高さを D、前記イメージセンサにおける、前記複数の固体撮像素子の間隔を P、前記光導波路の屈折率を N_H、前記層間絶縁層の屈折率を N_L とした場合に、前記距離 (H) に位置する前記固体撮像素子が、

$$\frac{H \cdot D}{L \cdot P} < a \cdot \frac{N_H}{N_L}$$

但し、 $0 < a < 1$

を満たすことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項 3】

前記マイクロレンズと前記光導波路との間に配設され、酸化シリコン (SiO₂) から成る平坦化層を更に有し、

前記マイクロレンズを酸化チタン (TiO₂) により構成した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】

前記マイクロレンズと前記光導波路との間に配設され、窒化酸化シリコン (SiON) から成る平坦化層を更に有し、

前記マイクロレンズは、疎水性多孔質シリカから成る両凹の層内レンズ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 5】

前記光電変換素子が分光感度の異なる複数層の光電変換層から成ることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の固体撮像素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、監視カメラ、あるいは撮像機能付き携帯電話などの撮像装置に関し、詳しくは、撮影光学系に変倍機能やピント調節機能を有する撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

図 17 は、従来の交換レンズ方式のデジタルスチルカメラの概略図である。一例として、カメラ本体 1200 に対してテレフォト型の望遠レンズ 1220 が装着されたカメラシステムを図示している。

カメラ本体 1200 と望遠レンズ 1220 はカメラ側マウント 1211 とレンズ側マウント 1221 にて連結されている。望遠レンズ 1220 に設けられた不図示のレンズ M P U 等の電気回路は、レンズ側接点 1222 とカメラ側接点 1212 とを介して不図示のカメラ M P U 等の電気回路と結線されている。

撮影者がファインダーを介して被写体を観察する時は、望遠レンズ 1220 を透過した被写体光の一部が跳ね上げミラー 1201 で反射してフォーカシングスクリーン 120

10

20

30

40

50

2に到達し、フォーカシングスクリーン1202で拡散透過した被写体光がペンタダハプリズム1203及び接眼レンズ1204を介して不図示の撮影者の目に導かれる。

また、被写体光の一部は跳ね上げミラー1201を透過し、サブミラー1205にて反射して焦点検出ユニット1206に導かれる。カメラMPUは焦点検出ユニット1206にて得られた像信号に基づいて望遠レンズ1220の焦点調節量を演算し、望遠レンズ1220のレンズ1223を駆動する。

撮影時は、跳ね上げミラー1201及びサブミラー1205がフォーカシングスクリーン1202方向に回転し、望遠レンズ1220を透過した被写体光を固体撮像素子を用いたイメージセンサ1208に導く。なお、カメラ本体1200に装着される交換レンズの焦点距離等によって射出瞳位置が異なるため、イメージセンサ1208の、特に周辺部分の画素において受光可能な光束が、装着される交換レンズによって変化する。

【0003】

近年、上述したようなデジタルスチルカメラ等に主に用いられている固体撮像素子は、大別すると、CCD(Charge-Coupled Device)とCMOS(Complimentary Metal Oxide Semiconductor)とに分類される(例えば特許文献1及び特許文献2参照)。

まず、CCDの構造について、図18を用いてその主要部について簡単に説明する。

図18はCCD1000の1画素分の断面図である。同図において、1001はシリコンなどからなる半導体基板、1002はフォトダイオードからなる光電変換素子、1003は半導体基板1001上に形成した酸化膜、1004は光電変換素子1002で変換された電荷などを転送するためのクロック信号が伝送されるポリシリコンなどからなる3層の配線、1006は主として配線1004の下に設けられている電荷転送用の垂直CCDレジスタ1005を遮光する、タングステンなどからなる遮光層、1007は光電変換素子1002などを外気(O_2 、 H_2O)、不純物イオン(K^+ 、 Na^+)などから保護する SiO_2 などからなる第1保護膜、及びSiON系などの第2保護膜1008である。1009は第2保護膜1008の凹凸を少なくするための有機材料からなる平坦化層であり、1010は光電変換素子1002に被写体からの光を集めるマイクロレンズである。

平坦化層1009はCCD1000の主面1011の凹凸を無くすと共に、マイクロレンズ1010の焦点が光電変換素子1002上に結ぶように、マイクロレンズ1010の焦点距離を調整する役目も兼ねている。よって、透明感光性樹脂により構成される平坦化層1009の厚さは、レンズの曲率、レンズ材料の屈折率によって決められる。

次に、CMOSの構造について、図19を用いてその主要部について簡単に説明する。

【0004】

図19はCMOS1050の1画素分の断面図である。同図において、1051はシリコン基板(Si基板)で、フォトダイオード等の光電変換素子となる光電変換部1052が設けられている。1054は SiO_2 等で形成された層間絶縁層、1053は光電変換部1052にて発生した光電荷を不図示のフローティングディフュージョン部(FD部)に転送するための転送電極である。また、1055は光電変換部1052以外に光が入射しないように形成された遮光作用を有する配線電極、1056は電極や不図示の配線により形成される凹凸表面上に形成されて平坦な表面を提供するための平坦化膜、1057は例えば赤、緑、青などのカラーフィルタ、1059はマイクロレンズである。マイクロレンズ1059は、平坦化層1058の上部に形成されている。マイクロレンズ1059は、不図示の撮影レンズから入射する光束を光電変換部1052に集光するようにレンズ形状が決められている。

【0005】

上述したように、イメージセンサ1208の画面の周辺では画素に対して斜めに光線が入射する。このとき、特許文献3に開示されているように、マイクロレンズを光電変換部に対して偏芯させれば、光線を光電変換部に導くことができるものの、撮影レンズの射出瞳の条件が変わると、再び光電変換部に光線が入らなくなってしまう、画面周辺が暗くなることがある。こういった現象は、画素を小さくしていくと顕著に生じ、特に変倍機能や

10

20

30

40

50

ピント調節機構を備えた撮影レンズを用いる際には大きな制約となってしまう。

【0006】

従来、この現象に対処する幾つかの技術が知られており、特許文献4は、オンチップマイクロレンズを備えた撮像素子を用いる撮像装置において、シェーディングを補正するためにゲイン制御を行う技術を開示している。撮影レンズの射出瞳の位置に関する情報を用いて各色成分ごとにゲインの制御を行うことによって、シェーディングを解消できるという利点がある。

【0007】

特許文献5は、交換レンズを含む撮像システムのシェーディング補正情報に関する技術を開示している。交換レンズ側に口径蝕データおよび射出瞳位置データを格納し、カメラ本体側に撮像素子出力の入射角依存性に基づくデータを格納することによって、交換レンズとカメラ本体の両者の特性を反映したシェーディング補正を行う。

10

【0008】

特許文献6は、オンチップマイクロレンズの色収差に起因する画像の色相変化を防ぐための色補正手段に関する技術の開示例である。撮像素子の光電変換部上に投影される射出瞳の集光スポットの大きさが光の波長に依存して変化することに起因し、画像の色相が変化してしまうのを、撮影レンズの射出瞳位置に応じて画像信号の色刺激値の比率を補正する色補正手段を用いることによって解消する。

【0009】

【特許文献1】特開2002-141488号公報(第7頁、図6)

20

【特許文献2】特開2002-083948号公報(第17頁、図6)

【特許文献3】特開平1-213079

【特許文献4】特開2000-324505

【特許文献5】特開2003-163826

【特許文献6】特開平8-223587

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

特許文献4、5、6に開示された方式のシェーディング補正や色補正の技術は、基本的に撮影レンズの射出瞳の位置に基づいて画像信号を電氣的に補正するものである。電氣的にゲインをかけて適切な信号レベルまで引き上げるということは、信号成分だけでなくノイズ成分も拡大してしまうために、減光が補正された周辺部でノイズが目立つ低品位の画像になってしまうという問題があった。

30

【0011】

本発明は上記問題点を鑑みてなされたものであり、変倍機能もしくはピント調節機能を備えた撮影レンズを有する撮像装置において、撮像素子の集光効率を高めることによって品位の高い画像を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明の固体撮像素子は、入射光をその光量に応じて電気信号に変換する光電変換素子と、入射面に配設されたマイクロレンズと、前記光電変換素子と前記マイクロレンズの間に配設され、樹脂に、酸化チタン(TiO_2)、窒化シリコン(Si_3N_4)、五酸化ニオブ(Nb_2O_5)のいずれかを分散させたコンポジット材から成る光導波路と、前記光導波路の周囲に配設された、疎水性多孔質シリカから成る層間絶縁層とを有し、複数の前記固体撮像素子を2次元に並べて成るイメージセンサを搭載する撮像装置の撮像光学系の射出瞳から前記光電変換素子までの距離をL、前記イメージセンサの中心から、前記イメージセンサ上の前記固体撮像素子の位置までの距離をH、前記光電変換素子から前記マイクロレンズの頂点までの高さをD、前記イメージセンサにおける、前記複数の固体撮像素子の間隔をP、前記光導波路の屈折率を N_H 、前記層間絶縁層の屈折率を N_L とした場合に、前記距離(H)に位置する前記固体撮像素子が、

40

50

【 0 0 1 3 】

$$\frac{H \cdot D}{L \cdot P} < a \cdot \frac{N_H}{N_L}$$

但し、 $0 < a < 1$

【 0 0 1 4 】

を満たすことを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

更に別の構成によれば、本発明の固体撮像素子は、入射光をその光量に応じて電気信号に変換する光電変換素子と、入射面に配設されたマイクロレンズと、前記光電変換素子と前記マイクロレンズの間に配設され、酸化シリコン (SiO_2) から成る光導波路と、前記光導波路の周囲に配設された、疎水性多孔質シリカから成る層間絶縁層とを有し、複数の前記固体撮像素子を2次元に並べて成るイメージセンサを搭載する撮像装置の撮像光学系の射出瞳から前記光電変換素子までの距離をL、前記イメージセンサの中心から、前記イメージセンサ上の前記固体撮像素子の位置までの距離をH、前記光電変換素子から前記マイクロレンズの頂点までの高さをD、前記イメージセンサにおける、前記複数の固体撮像素子の間隔をP、前記光導波路の屈折率を N_H 、前記層間絶縁層の屈折率を N_L とした場合に、前記距離 (H) に位置する前記固体撮像素子が、

【 0 0 1 7 】

$$\frac{H \cdot D}{L \cdot P} < a \cdot \frac{N_H}{N_L}$$

但し、 $0 < a < 1$

【 0 0 1 8 】

を満たすことを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 9 】

本発明によれば、集光効率を高めることによって品位の高い画像を得ることが可能である。また、画面周辺での撮像素子の感度が向上し、撮像素子に起因するシェーディングを解消することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 0 】

以下、添付図面を参照して本発明を実施するための最良の形態を詳細に説明する。ただし、本形態において例示される構成部品の寸法、材質、形状、それらの相対配置などは、本発明が適用される装置の構成や各種条件により適宜変更されるべきものであり、本発明がそれらの例示に限定されるものではない。

【 0 0 2 1 】

< 第1の実施形態 >

図1は本発明の第1の実施形態における撮像装置であるデジタルカラーカメラの概略構成を示す側方視断面図である。本カメラは、CCDあるいはCMOSセンサなどの撮像素子を用いた単板式のデジタルカラーカメラであり、撮像素子を連続的または単発的に駆動して動画像または静止画像を表わす画像信号を得る。ここで、撮像素子は、入射光をその光量に応じて電荷に変換して画素毎に蓄積し、蓄積した電荷を読み出すタイプのエリアセンサである。

【 0 0 2 2 】

図1に於いて、101はカメラ本体、102は内部に撮影レンズ103を有し、カメラ本体101から取り外し可能なレンズ装置である。なお、図1では撮影レンズ103としてレンズを1つ図示しているが、通常、複数のレンズを組み合わせで構成される。レンズ装置102は、公知のマウント機構を介してカメラ本体101に電氣的、機械的に接続されている。撮影レンズの焦点距離が異なるレンズ装置に交換することによって、様々な画

10

20

30

40

50

角の撮影をすることが可能である。また、レンズ装置 102 は不図示の駆動機構を内部に有し、撮影レンズ 103 の一部の要素であるフォーカシングレンズを光軸 L1 方向に移動させたり、フォーカシングレンズを柔軟性のある透明弾性部材や液体レンズで構成した場合には、界面形状を変化させて屈折力を変えることで、被写体に対するピント調節を行う。

【0023】

106 はパッケージ 124 に収納された撮像素子である。撮影レンズ 103 から撮像素子 106 に至る光路中には、撮像素子 106 上に被写体像の必要以上に高い空間周波数成分が伝達されないように、撮影レンズ 103 の空間周波数特性を制御する光学ローパスフィルター 156 が設けられている。また、撮影レンズ 103 には赤外線カットフィルター（不図示）も形成されている。

10

【0024】

撮像素子 106 で捉えられた被写体像は表示装置 107 上に表示される。表示装置 107 はカメラの背面に取り付けられており、使用者は表示された画像を直接観察することができる。表示装置 107 は有機 EL 空間変調素子や液晶空間変調素子、微粒子の電気泳動を利用した空間変調素子などで構成すると消費電力が小さくかつ薄型に構成可能であるので、携帯機器として都合が良い。

【0025】

また、撮像素子 106 は、本第 1 の実施形態においては、増幅型撮像素子の 1 つである CMOS プロセスコンパチブルのセンサーであるものとする。CMOS 撮像素子の特長の 1 つに、エリアセンサ部の MOS トランジスタと撮像素子 駆動回路、AD 変換回路、画像処理部といった周辺回路を同一工程で形成できるため、マスク枚数、プロセス工程が CCD と比較して大幅に削減できるということが挙げられる。また、任意の画素へのランダムアクセスが可能といった特長も有し、ディスプレイ用に画素出力の間引き読み出しが容易であって、高い表示レートでリアルタイム表示を行うことができる。撮像素子 106 は、この特長を利用し、ディスプレイ画像出力動作、高精彩画像出力動作を行う。なお、本発明は CMOS センサに限るものではなく、CCD 等、他のタイプの固体撮像素子を用いることが可能であることは言うまでもない。

20

【0026】

111 は光学ファインダーへ撮影レンズ 103 からの光路を分割する可動型のハーフミラー、105 は被写体像の予定結像面に配置されたフォーカシングスクリーン、112 はペンタプリズムである。109 はファインダー像を観察するためのレンズであり、実際には視度調節機能のために複数のレンズで構成されている。フォーカシングスクリーン 105、ペンタプリズム 112、レンズ 109 はファインダー光学系を構成する。ハーフミラー 111 の屈折率はおよそ 1.5、厚さは 0.5 mm である。ハーフミラー 111 の背後には可動型のサブミラー 122 が設けられ、ハーフミラー 111 を透過した光束のうち光軸に近い部分の光束を焦点検出ユニット 121 に偏向する。サブミラー 122 は不図示の回転軸を中心に回転し、撮像時にはハーフミラー 111 とともに撮像光路から退避する。また、焦点検出ユニット 121 は、例えば、位相差検出方式の焦点検出を行う。

30

【0027】

ハーフミラー 111 の表面に可視光の波長よりも小さなピッチを持つ微細な角錐状の周期構造を樹脂によって形成し、いわゆるフォトリソグラフィ結晶として作用させることによって、空気と樹脂との屈折率差による光の表面反射を低減し、光の利用効率を高めることも可能である。このように構成すると、ハーフミラーの裏面と表面での光の多重反射によって発生するゴーストを抑制することができる。

40

【0028】

不図示の電磁モータとギア列からなるミラー駆動機構は、ハーフミラー 111 とサブミラー 122 の位置を変化させて、撮影レンズ 103 からの光束を直接的に撮像素子 106 に入射させる状態と、光学ファインダーに光路を分割する状態を切り換える。

【0029】

50

104は可動式の閃光発光装置、113はフォーカルブレンシャッター、119はメインスイッチ、120はリリースボタン、123は光学ファインダーと電子ファインダーを切り換えるためのファインダーモード切り換えスイッチ、180は光学ファインダー内情報表示装置である。

【0030】

図2は上述したデジタルカラーカメラの機能構成を示すブロック図である。なお、図1と同じ構成には同じ参照番号を付す。

【0031】

カメラは、撮像系、画像処理系、記録再生系、制御系を有する。撮像系は、撮影レンズ103および撮像素子106を含み、画像処理系は、A/D変換器130、RGB画像処理部131およびYC処理部132を含む。また、記録再生系は、記録処理部133および再生処理部134を含み、制御系は、カメラシステム制御部135、操作検出部136および撮像素子106の駆動回路137を含む。138は外部のコンピュータ等に接続して、データの送受信をするための規格化された接続端子である。これら各構成は、例えば、アルカリ電池やリチウム電池等の一次電池やNiCd電池やNiMH電池、Li電池等の二次電池、小型燃料電池、ACアダプター等からなる不図示の電力供給手段によって駆動される。

【0032】

撮像系は、被写体からの光を撮影レンズ103を介して撮像素子106の撮像面に結像する光学処理系であり、レンズ装置102の不図示の絞りと、必要に応じてさらにフォーカルブレンシャッター113を調節し、適切な光量の被写体光により撮像素子106を露光する。撮像素子106は、正方画素が、例えば、長辺方向に7400個、短辺方向に5600個並べられ、合計で約4000万個の画素数を有し、4画素を一組として各画素にR(赤色)G(緑色)B(青色)のいずれかのカラーフィルターを所謂ベイヤー配列に配している。ベイヤー配列では、観察者が画像を見たときに強く感じやすいGの画素をRやBの画素よりも多く配置することで、総合的な画像の品質を上げている。一般に、この方式の撮像素子を用いる画像処理では、輝度信号の多くの部分をG信号から生成し、色信号はR、G、B信号から生成する。なお、画素数及びカラーフィルタの配列については上述したものに限るものではなく、適宜変更可能であることは言うまでもない。

【0033】

撮像素子106から読み出された画像信号は、A/D変換器130を介して画像処理系に供給される。A/D変換器130は、露光した各画素の信号の振幅に応じた、たとえば12ビットのデジタル信号に変換して出力する信号変換回路であり、A/D変換器130より後段における画像信号処理はデジタル処理にて実行される。

【0034】

画像処理系は、R、G、Bデジタル信号から所望の形式の画像信号を得る信号処理回路であり、R、G、B信号を、輝度信号Yと色差信号(R-Y)、(B-Y)で表わされるYC信号などに変換する。

【0035】

RGB画像処理部131は、A/D変換器130を介して撮像素子106から受けた7400×5600画素の画像信号を処理する信号処理回路であり、ホワイトバランス回路、ガンマ補正回路、補間演算による高解像度化を行う補間演算回路を有する。

【0036】

YC処理回路132は、輝度信号Yおよび色差信号R-Y及びB-Yを生成する信号処理回路である。高域輝度信号YHを生成する高域輝度信号発生回路、低域輝度信号YLを生成する低域輝度信号発生回路、および、色差信号R-Y及びB-Yを生成する色差信号発生回路で構成されている。輝度信号Yは高域輝度信号YHと低域輝度信号YLを合成することによって形成される。

【0037】

記録再生系は、不図示のメモリへの画像信号の出力と、表示装置107への画像信号の

10

20

30

40

50

出力とを行う処理系であり、記録処理部 1 3 3 はメモリへの画像信号の書き込み処理および読み出し処理を行い、再生処理部 1 3 4 はメモリから読み出した画像信号を再生して、表示装置 1 0 7 に出力する。

【 0 0 3 8 】

また、記録処理部 1 3 3 は、静止画像および動画像を表わす Y C 信号を所定の圧縮形式にて圧縮し、また、圧縮データを読み出した際に伸張する、圧縮伸張回路を内部に有する。圧縮伸張回路は、信号処理のためのフレームメモリなどを含み、このフレームメモリに画像処理系からの Y C 信号をフレーム毎に蓄積して、それぞれ複数のブロック毎に読み出して圧縮符号化する。圧縮符号化は、たとえば、ブロック毎の画像信号を 2 次元直交変換、正規化およびハフマン符号化することにより行われる。

10

【 0 0 3 9 】

再生処理部 1 3 4 は、輝度信号 Y および色差信号 R - Y 及び B - Y をマトリックス変換して、例えば R G B 信号に変換する回路である。再生処理部 1 3 4 によって変換された信号は表示装置 1 0 7 に出力され、可視画像が再生表示される。再生処理部 1 3 4 と表示装置 1 0 7 の間はBluetoothなどの無線通信手段を介して接続してもよく、このように構成すれば、このデジタルカラーカメラで撮像する画像を離れたところからモニタすることができる。

【 0 0 4 0 】

制御系は、リリースボタン 1 2 0 やファインダーモード切り換えスイッチ 1 2 3 等の操作を検出する操作検出部 1 3 6 と、その検出信号に応動してハーフミラー 1 1 1 やサブミラー 1 2 2 を含む各部を制御し、撮像の際のタイミング信号などを生成して出力するカメラシステム制御部 1 3 5 と、このカメラシステム制御部 1 3 5 の制御の下で撮像素子 1 0 6 を駆動する駆動信号を生成する駆動回路 1 3 7 と、光学ファインダー内情報表示装置 1 8 0 を制御する情報表示部 1 4 2 を含む。

20

【 0 0 4 1 】

制御系は、外部操作に応動して撮像系、画像処理系、記録再生系をそれぞれ制御し、例えば、リリースボタン 1 2 0 の押下を検出して、撮像素子 1 0 6 の駆動、R G B 画像処理部 1 3 1 の動作、記録処理部 1 3 3 の圧縮処理などを制御し、さらに情報表示部 1 4 2 によって光学ファインダー内に情報表示を行う情報表示装置 1 8 0 の各セグメントの状態を制御する。

30

【 0 0 4 2 】

カメラシステム制御部 1 3 5 は、Y C 処理部 1 3 2 から得られる輝度信号 Y に基づいて被写体の輝度を判断し、被写体の輝度が低く、十分な焦点検出精度が得られないと判定されるときには、閃光発光装置 1 0 4、あるいは不図示の白色 L E D や蛍光管によって被写体を照明するように指示したり、逆に被写体の輝度が高く、白飛びしてしまうと判定されるときには、フォーカルプレーンシャッター 1 1 3 のシャッタースピードを早くしたり、電子シャッターにより撮像素子 1 0 6 の電荷蓄積期間を短くするなどの露出量の調節を行う。

【 0 0 4 3 】

カメラシステム制御部 1 3 5 には、さらに A F 制御部 1 4 0 とレンズシステム制御部 1 4 1 が接続されている。これらはカメラシステム制御部 1 3 5 を中心にして各々の処理に必要なとするデータを相互に通信している。

40

【 0 0 4 4 】

A F 制御部 1 4 0 は、撮影画面上の所定の位置に設定された焦点検出領域内の焦点検出用センサー 1 6 7 の信号出力を得て、この信号出力に基づいて焦点検出信号を生成し、撮影レンズ 1 0 3 の結像状態を検出する。デフォーカスが検出されると、これを撮影レンズ 1 0 3 の一部の要素であるフォーカシングレンズの駆動量に変換し、カメラシステム制御部 1 3 5 を中継してレンズシステム制御部 1 4 1 に送信する。また、移動する被写体に対しては、リリースボタン 1 2 0 が押下されてから実際の撮像制御が開始されるまでのタイムラグを勘案し、適切なレンズ位置を予測した結果によるフォーカシングレンズの駆動量

50

を指示する。

【0045】

レンズシステム制御部141はフォーカシングレンズの駆動量を受信すると、レンズ装置102内の不図示の駆動機構によってフォーカシングレンズを光軸L1方向に移動させるなどの動作を行い、被写体にピントを合わせる。AF制御部140によって、被写体にピントが合ったことが検出されると、この情報はカメラシステム制御部135に伝えられる。このとき、リリースボタン120が押下されれば、前述のごとく撮像系、画像処理系、記録再生系による撮像制御が成される。

【0046】

図3と図4はレンズ装置102に組み込まれる撮影レンズの一つであるズームレンズ(変倍レンズ)の構成図である。ここでは、一眼レフカメラなどに用いられる正・負・正・正・負の5群構成の望遠ズームレンズを一例として示す。被写体側から順に、第1群ZG1～第5群ZG5と呼ぶ。図3は広角端、図4は望遠端の状態を示し、絞り開放状態での光線トレースを表している。また、広角端の焦点距離とFナンバーを100mm/5.6、望遠端の焦点距離とFナンバーを400mm/8.0とする。

【0047】

図3と図4に示すとおり、第1群ZG1は、被写体側に凸面を向けた正レンズ511と、被写体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ512と、負メニスカスレンズ512に接合されて被写体側により強い曲率の面を向けた正レンズ513から成っている。第2群ZG2は、両凹形状の負レンズ521と、被写体側により強い曲率の面を向けた正レンズ522から成り、第3群ZG3は像側に凸面を向けた正レンズ531で構成されている。第4群ZG4は、両凸形状の正レンズ541と、正レンズ541に接合されて被写体側に凹面を向けた負レンズ542から成り、第5群ZG5は像側により強い曲率の面を向けた正レンズ551と、正レンズ551に接合されて両凹形状の負レンズ552より成っている。絞りZSは第2群ZG2と第3群ZG3との間に配置されている。

【0048】

広角端から望遠端へのズーミングに際しては、第1群ZG1と第2群ZG2との空気間隔が拡大しながら、第2群ZG2と第3群ZG3の空気間隔が縮小し、さらに、第3群ZG3と第4群ZG4の空気間隔が拡大しながら、第4群ZG4と第5群ZG5の空気間隔が縮小する。より詳しくは、第4群ZG4が撮像面501に対して固定された状態で、第1群ZG1が被写体側へ移動し、第2群ZG2が像側へ移動し、さらに、第3群ZG3が被写体側へ移動し、第5群ZG5が被写体側へ移動する。

【0049】

射出瞳位置はズーミングによって変動するために、光軸外の撮像位置に入射する光線の入射角も設定された焦点距離に応じて変化する。図3に示す角度 θ_1 は広角端において最大画角位置へ入射する光束を、その光量重心で代表させたときの入射角、図4に示す角度 θ_2 は望遠端において最大画角位置へ入射する光束を、その光量重心で代表させたときの入射角である。広角側では射出瞳位置が撮像面に近づき、逆に望遠側では射出瞳位置が撮像面から遠ざかるために、 $\theta_1 > \theta_2$ の関係となる。なお、一般に中間画角での光線入射角は角度 θ_1 と角度 θ_2 の間である。

【0050】

さらに、図3及び図4に示すような望遠ズームレンズでは、絞りZSを開放状態にしたときに、光軸外の撮像位置に入射する光線は絞り面上の偏った位置を通過しているので、絞りZSを絞り込むと、撮像面への光線入射角は変化する。

【0051】

図5と図6は、絞りZSを実質的に点開口と見なせるまで絞り込んだときの広角端と望遠端での光路図である。図5に示す角度 θ_3 は広角端において最大画角位置へ入射する光束の入射角、図6に示す角度 θ_4 は望遠端において最大画角位置へ入射する光束の入射角である。最大画角位置へ入射する光束の入射角の大小関係は、

$$\theta_3 > \theta_1 > \theta_4 > \theta_2$$

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

であり、焦点距離に加えて絞り ZS の開度を考慮すると、入射角の変動幅はさらに拡大することが判る。最大の角度と最少の角度の差は、変倍比やレンズ構成に依存するが、およそ 10 度から 40 度の範囲である。

こういった光軸外に入射する光線の入射角の変化は、ズーミングだけでなくフォーカシング（ピント調節）でも生じる。図 7 と図 8 はレンズ装置 102 に組み込まれる撮影レンズの一つであるマクロレンズの構成図であって、F ナンバーが明るく一眼レフカメラ用として好適なレンズを例としている。図 7 は無限遠にある被写体にフォーカスした状態、図 8 は結像倍率が -0.2 倍となる近距離にある被写体にフォーカスした状態を表している。ここでは、マクロレンズの焦点距離と F ナンバーを $50\text{mm}/2.0$ とし、また、被写体側から順に、第 1 群 $MG1$ ～ 第 3 群 $MG3$ と呼ぶ。また、 MS は絞りである。

10

【 0 0 5 3 】

正の屈折力を有する第 1 群 $MG1$ と、絞り MS と、正の屈折力を有する第 2 群 $MG2$ と、正の屈折力を有する第 3 群 $MG3$ とからなり、第 1 群 $MG1$ は両凹形状の負レンズ 611 を最も被写体側に配し、第 3 群 $MG3$ は負メニスカスレンズ 632 を最も像側に配している。負レンズ 611 と負レンズ 632 はいわゆるガウスタイプのレンズ系を挟み込み、両凸形状の正レンズ 612、被写体側により強い曲率の面を向けた正レンズ 613、両凹形状の負レンズ 614、両凹形状の負レンズ 621、負レンズ 621 に接合された正レンズ 622、両凸形状の正レンズ 623、正メニスカスレンズ 631 がガウスタイプのレンズ構成である。絞り MS は第 1 群 $MG1$ と第 2 群 $MG2$ の間に配置されている。ガウス

20

【 0 0 5 4 】

さらに、このマクロレンズは無限遠にある被写体から近距離にある被写体の何れに対しても良好な光学性能が得られるように、フローティング機構を備えている。無限遠にある被写体にフォーカシングをしている状態から近距離にある被写体へのフォーカシングに際しては、第 1 群 $MG1$ と第 2 群 $MG2$ とを一体に被写体側へ繰り出すとともに、第 3 群 $MG3$ を第 2 群 $MG2$ との空気間隔が増大するように繰り出す。

【 0 0 5 5 】

射出瞳位置はフォーカシングによって変動するために、光軸外の撮像位置に入射する光線の入射角も設定された被写体距離に応じて変化する。図 7 に示す角度 θ_5 は無限遠にある被写体にフォーカスした状態において最大画角位置へ入射する光束を、その光量重心で代表させたときの入射角、図 8 に示す角度 θ_6 は近距離にある被写体にフォーカスした状態において最大画角位置へ入射する光束を、その光量重心で代表させたときの入射角である。無限遠にある被写体にフォーカスした状態では射出瞳位置が撮像面に近づき、逆に近距離にある被写体にフォーカスした状態では射出瞳位置が撮像面から遠ざかるために、 $\theta_5 > \theta_6$ なる関係となる。なお、一般に中間距離被写体での光線入射角は角度 θ_5 と角度 θ_6 の間である。

30

【 0 0 5 6 】

さらに、被写体距離に加えて絞り MS の開度を考慮すると、入射角の変動幅はさらに拡大する場合がある。最大の角度と最少の角度との差は、フォーカス可能とする至近被写体距離やレンズ構成に依存するが、およそ 3 度から 30 度の範囲である。

40

【 0 0 5 7 】

次に、図 9 から図 12 を用いて撮像素子 106 の構造について説明する。

【 0 0 5 8 】

図 9 は図 1 に示した撮像素子 106 の平面図である。図 9 において、106 は撮像素子、124 は撮像素子 106 を収納するセンサーパッケージである。撮像素子 106 は CMOS 撮像素子であって、数千万画素の画像データを得るために数千万個の画素を縦横に、あるいは斜め方向に規則的に配列して成る。したがって、センサーパッケージの内部は、空気、不活性ガス、あるいはハイドロフルオロエーテルといった屈折率 1.27 程度の低

50

屈折率液体が充填されている。

【 0 0 5 9 】

図 1 0 は撮像素子 1 0 6 の部分断面図である。ここでは、撮像素子 1 0 6 の周辺部を拡大したものであって、撮像素子 1 0 6 の光軸が左方向にあるものとし、マイクロレンズは図の左方向に偏芯している。カラーフィルターの配列には様々な種類があるが、ここではベイヤー配列とする。

【 0 0 6 0 】

図 1 0 において、7 0 は緑色光を透過する緑色カラーフィルター、7 1 は赤色光を透過する赤色カラーフィルターである。ベイヤー配列の撮像素子の断面では、図 1 0 に示すように緑色カラーフィルターと赤色カラーフィルターが交互に配列された行か、または、青

10

【 0 0 6 1 】

3 0 はシリコン基板、3 1 はピッチ L で規則的に配列された埋め込みフォトダイオードの光電変換部、3 2 はポリシリコン配線、3 3、3 4 は銅配線、3 8 は疎水性多孔質シリカ等から成る層間絶縁層である。金属の配線が層間絶縁層を挟んで一種のコンデンサーを形成し、信号の遅延を引き起こすため、多孔質シリカはこれを抑制すべく従来多用されて来たシリコン酸化膜 SiO_2 よりも誘電率を低くしてある。また、屈折率は誘電率の平方根に比例するので、屈折率も 1 . 3 程度と低くなっている。

【 0 0 6 2 】

3 6 は埋め込み透明樹脂層、3 5 はシリコン酸化窒化膜 SiON からなる保護膜である。

20

【 0 0 6 3 】

埋め込み透明樹脂層 3 6 は、先ず、シリコン内部のポテンシャル構造、光電変換部 3 1、MOS トランジスタアンプ、画素選択トランジスタ、銅配線 3 3 及び 3 4、および層間絶縁層 3 8 等を形成し、さらにその上層に保護膜 3 5 を成長させた後に、保護膜 3 5 の上から光電変換部 3 1 に向けて異方性エッチングを施すことによって開口を形成し、この開口に液体透明樹脂を流し込んで熱硬化させるといった工程で製作する。

【 0 0 6 4 】

透明樹脂層 3 6 の屈折率は 1 . 6 であり、透明樹脂層 3 6 に隣接する層間絶縁層 3 8 の屈折率 1 . 3 とは 1 . 2 倍ほどの屈折率の差異をもって光導波路を構成している。この界面に高屈折率側から低屈折率側に臨界角を越えて斜入射する光線を全反射することが可能

30

【 0 0 6 5 】

なお、埋め込み透明樹脂層 3 6 はベースとなる樹脂にナノスケールの酸化チタン TiO_2 粒子、あるいは窒化シリコン Si_3N_4 粒子や五酸化ニオブ Nb_2O_5 粒子などを均一に分散させたコンポジット材であっても良い。このようなコンポジット材では、酸化チタン粒子や窒化シリコン粒子や五酸化ニオブ粒子が十分に光の波長よりも小さいサイズであることと、その屈折率が酸化チタン粒子で 2 . 3 5、窒化シリコン粒子で 2 . 0、五酸化ニオブで 2 . 2 と高いことに起因して、コンポジット材内部での光の直進性を保ったまま屈折率を 1 . 8 乃至 2 . 1 程度にまで引き上げることができ、全反射が生じる臨界角をかなり小さくすることができる。

40

【 0 0 6 6 】

また、3 7 及び 3 9 は平坦化層、9 0 2 はマイクロ凸レンズである。平坦化層 3 7 は保護膜 3 5 と透明樹脂層 3 6 の上部に形成された透明樹脂による層である。また、平坦化層 3 9 の上部を凹面状にエッチングして、その上部にシリコン酸化窒化膜 SiON 層を形成し、さらにその上面を凸面状にエッチングすることによって、 SiON によるマイクロ凸レンズ 9 0 2 が形成される。マイクロ凸レンズ 9 0 2 の一つひとつを光軸方向から見た形状は正方形であり、各マイクロ凸レンズ 9 0 2 の面は、上面と下面の何れもが軸対象性の非球面となっている。図 1 1 はマイクロ凸レンズ 9 0 2 の形状を説明した図で、マイクロ凸レンズ 9 0 2 を斜め上方から俯瞰した俯瞰図である。

【 0 0 6 7 】

50

平坦化層 3 9 の屈折率が 1 . 5 8、マイクロ凸レンズ 9 0 2 の屈折率が 1 . 8 であるので、マイクロ凸レンズ 9 0 2 は収束系としての焦点距離を有する。したがって、隣り合う埋め込み透明樹脂層 3 6 の間には隙間があっても、光束は隙間なく敷きつめられているマイクロ凸レンズ 9 0 2 を必ず通るので、何れかの埋め込み透明樹脂層 3 6 に無駄なく集められることとなる。なお、マイクロ凸レンズ 9 0 2 は円筒形状にエッチングで成形した樹脂を溶融させて作成しても良い。

【 0 0 6 8 】

一般に、C M O S 撮像素子の光電変換部付近には配線層などがあり、また、C C D 撮像素子においても電荷転送部などがあるため、斜めに撮像素子の内部を進む光線は光電変換部に到達し難い。光電変換部に到達できなかった光線は配線層などで吸収されて最終的に熱に変わるだけである。

10

【 0 0 6 9 】

前述したように、本撮像素子 1 0 6 は、こういった撮像素子 1 0 6 の内部を進む光線を光電変換部 3 1 に導くための光導波路構造を備えている。図 1 2 は、撮像素子 1 0 6 に入射する光束の光路の内、代表的に、マイクロ凸レンズ 9 0 2 a に入射する光束の光路を示す光線トレース図である。

【 0 0 7 0 】

撮像素子 1 0 6 の上方から入射する光線 6 0 はマイクロ凸レンズ 9 0 2 a に入射し、マイクロ凸レンズ 9 0 2 a で屈折作用を受けて、平坦化層 3 7 を経て埋め込み透明樹脂層 3 6 a に入射する。埋め込み透明樹脂層 3 6 a は層間絶縁膜 3 8 よりも高屈折率であるために、層間絶縁膜 3 8 との界面では臨界角を越えて斜入射する光線は全反射し、埋め込み透明樹脂層 3 6 a から層間絶縁膜 3 8 に出ることはできない。すなわち、例えば、光線 6 2 は埋め込み透明樹脂層 3 6 a と層間絶縁膜 3 8 の界面 6 4 で全反射し、光線 6 3 となって埋め込み透明樹脂層 3 6 a 内に留まり、光電変換部 3 1 a に入射して光電変換される。

20

【 0 0 7 1 】

次に、図 1 3 から図 1 5 を用いて、光導波路内の光線の挙動と瞳位置との関係について詳述する。

【 0 0 7 2 】

図 1 3 は撮影レンズ 1 0 3 と撮像素子 1 0 6 との関係を示す概念図、図 1 4 と図 1 5 は、撮像素子 1 0 6 の最外周部に位置する 1 画素の詳細を示す図であって、例えば、図 1 3 に示す A 部にある画素の断面図である。図 1 4 には撮影レンズの瞳距離が撮像素子から比較的近い状態における光線の状態を、図 1 5 には、撮影レンズの瞳距離が撮像素子から比較的遠い状態における光線の状態を示してある。

30

【 0 0 7 3 】

図 1 3 において、撮像素子 1 0 6 は被写体光束が撮像光学系 1 0 3 を介して焦点を結ぶ受光面 3 0 2 を有する。なお、撮像光学系 1 0 3 と撮像素子 1 0 6 の受光面 3 0 2 との光軸 3 0 3 方向の距離を L (以下、「瞳距離」と呼ぶ。)、光軸 3 0 3 から受光面 3 0 2 の最外周辺部までの距離を H とする。従って、距離 H は像高に相当する。また、光軸 3 0 3 と撮像光学系 1 0 3 の射出瞳 3 0 4 との交点から射出する主光線 3 0 5 と光軸 3 0 3 とが成す角を θ とする。

40

【 0 0 7 4 】

図 1 4 において、2 0 1 は光電変換部、2 0 2 は光電変換部 2 0 1 が構成されるシリコン (Si) 基板、2 0 3 は屈折率の高い材料である SiN 等で構成された光導波路で、その中心軸は光電変換部 2 0 1 の中心軸とほぼ一致している。なお、光導波路 2 0 3 の光入射側は、より多くの光が入射可能なように開口が広くなるように形成されている。2 1 0 は、屈折率の低い SiO₂ 等で形成された層間絶縁層 2 1 1 の間に形成され、光電変換部 2 0 1 にて発生した光電荷を不図示のフローティングディフュージョン部 (FD 部) に転送するための転送電極、2 0 4 は光電変換部 2 0 1 以外に光が入射しないように形成された遮光作用を有する配線電極である。また、2 0 6 は、電極や不図示の配線により形成される凹凸表面上に形成されて平坦な表面を提供するための平坦化層であり、平坦化層 2 0 6 を介し

50

てカラーフィルタ 207 が設けられており、さらに平坦化層 208 を介してマイクロレンズ 209 が形成されている。マイクロレンズ 209 は、図 2 に示す撮像光学系 101 から入射する被写体光束を光電変換部 201 に集光するようにレンズ形状及びその配置位置が決められている。

【0075】

図 14 に示すように、撮像光学系 103 が撮像素子 106 に「近い」、即ち、瞳距離が短く、光束 330 の入射角 θ が大きい場合 ($\theta = 1$) は、光束 330 は光導波路 203 の傾斜面で全反射し、また、図 15 に示すように瞳距離が長く光束 330 の入射角 θ が小さい場合 ($\theta = 2$) は、光導波路 203 の傾斜面で反射せずに、光電変換部 201 に導かれる。

10

【0076】

このように、光導波路構造を用いれば、入射角 θ が変化しても、光電変換部に導くことが可能である。

【0077】

したがって、埋め込み透明樹脂層 36 が無い場合には、ズーミングやフォーカシングで射出瞳位置が撮像素子に適合せず、光電変換部 31 に入射できなかった光線が、図 12 に示したような埋め込み透明樹脂層 36 による光導波路構造を用いることによって光電変換部 31 に入射できるようになり、画面周辺での撮像素子の感度は向上する。したがって、撮像素子に起因するシェーディングが解消できる。

【0078】

光導波路の構成は次のような性質に基づいて決定する。

20

【0079】

1. 像高 H が増加すると、入射角 θ が大きくなる。
2. 瞳距離 L が増加すると、入射角 θ が小さくなる。
3. 光導波路の屈折率 N_H と層間絶縁層の屈折率 N_L の比、 N_L / N_H が小さいほど、屈折率界面で全反射を起こすための臨界角は小さくなって、入射角 θ が大きい光線を捉えることができる。
4. 画素ピッチ P が減少すると、各画素の回路部が占める面積が増大して、相対的に光電変換部の大きさが減少し、入射角 θ が大きい光線を捉えることができなくなる。CMOS 型固体撮像素子の場合、回路部は電荷転送用 MOS トランジスタ、リセット電位を供給するリセット用 MOS トランジスタ、ソースフォロワアンプ MOS センサトランジスタ、選択的にソースフォロワアンプ MOS トランジスタから信号を出力させるための選択用 MOS トランジスタ等である。
5. 光電変換部からマイクロレンズまでの高さ D が増加すると、マイクロレンズから光電変換部を見込む角が小さくなるため、入射角 θ が大きい光線を捉えることができなくなる。

30

これらの性質から、像高 H 、瞳距離 L 、画素ピッチ P 、高さ D 、光導波路の屈折率 N_H 、層間絶縁層の屈折率 N_L で表した式 (1) の評価量 E の大きさが、如何に入射角 θ の大きな光線を光電変換部まで導けるかを表す好適な指標となる。

【0080】

$$E = \frac{H \cdot D \cdot N_L}{L \cdot P \cdot N_H} \quad \dots (1)$$

40

【0081】

一例として、

- ・像高 $H = 4251 [\mu m]$
- ・瞳距離 $L = 15000 [\mu m]$
- ・画素ピッチ $P = 3.25 [\mu m]$
- ・高さ $D = 5.0 [\mu m]$
- ・層間絶縁層 211 の屈折率 $N_L = 1.46$

50

・光導波路の屈折率 N_H 1.65
の場合は、 $E = 0.39$ である。このように、
 $E < 1.0$... (2)

【0082】

となるように、像高 H 、瞳距離 L 、画素ピッチ P 、高さ D 、光導波路の屈折率 N_H 、層間絶縁膜の屈折率 N_L を選択すると、光導波路構造の効果は大きい。

【0083】

< 第2の実施形態 >

光導波路は他の物質との組み合わせによっても構成可能である。

【0084】

本第2の実施形態では、図10に示す構造を有するカラー撮像素子において、第1の実施形態とは異なり、相関絶縁層38を酸化シリコン SiO_2 で、埋め込み透明樹脂層36を窒化シリコン Si_3N_4 で形成する。

【0085】

埋め込み窒化シリコン層36の屈折率は2.0であり、埋め込み窒化シリコン36に隣接する層間絶縁層38を構成する酸化シリコン SiO_2 の屈折率は1.46であるので、1.37倍ほどの屈折率の差異がある。このため、界面に高屈折率側から低屈折率側に臨界角を越えて斜入射する光線を全反射することが可能である。こういった光導波路構造によって、斜入射光を効率的に光電変換部31に導いている。

【0086】

さらに、本第2の実施形態では、平坦化層39を酸化シリコン SiO_2 で構成し、この平坦化層39の上部を凹面状にエッチングして、その上部に酸化チタン TiO_2 層を形成し、その上面を凸面上にエッチングすることによって、酸化チタン TiO_2 によるマイクロ凸レンズ902を形成する。

【0087】

平坦化層39を構成する酸化シリコン SiO_2 の屈折率が1.46、マイクロ凸レンズ902を構成する酸化チタン TiO_2 の屈折率が2.35であるので、マイクロ凸レンズ902は収束系としての焦点距離を有する。したがって、隣り合う埋め込み窒化シリコン36の間には隙間があっても、光束は隙間なく敷きつめられているマイクロ凸レンズ902を必ず通るので、無駄なく埋め込み窒化シリコン36に集められることになる。

【0088】

このように、異なる物質を組み合わせても、上記第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0089】

なお、光導波路を構成する窒化シリコンの代わりに、酸化窒化シリコン膜 $SiON$ で構成しても良い。酸化窒化シリコン $SiON$ を用いると、残留応力を小さくできるので、膜剥がれなどが発生する確率が下がり、撮像素子の製造歩留まりを高めることができる。

【0090】

< 第3の実施形態 >

光導波路はさらに別の物質の組み合わせによっても構成可能である。また、撮像素子内の低屈折率層を利用して層内レンズを形成することができる。

【0091】

図16は、本発明の第3の実施形態における光導波路を有するカラー撮像素子の一部画素の断面図である。第1および第2の実施形態には無かった層構造の光電変換部が形成されている。

【0092】

図16において、340はシリコン基板、331B、331B、331Rは埋め込みフォトダイオードの光電変換部、332はポリシリコン配線、333、334は銅配線、338は層間絶縁膜である疎水性多孔質シリカである。336は埋め込み酸化シリコン SiO_2 層、335はシリコン酸化窒化膜 $SiON$ からなる保護膜である。

10

20

30

40

50

【0093】

光電変換部331Bは可視域全体を、光電変換部331Gは主に緑色光と赤色光を、光電変換部331Rは主に赤色光を光電変換する。こういった一画素に分光感度の異なる3つの光電変換部を備える構成によれば、カラー画像を得る際の色毎の被写体像サンプリング位置が一致するため、偽色の発生が無い。

【0094】

埋め込み酸化シリコン層336は、まず、シリコン内部のポテンシャル構造、光電変換部331B、331B、331R、MOSトランジスタアンプ、画素選択トランジスタ、銅配線333及び334、および層間絶縁膜338等を形成し、さらにその上層に保護膜335を成長させた後に、保護膜335上から光電変換部331に向けて異方性エッチングを施すことによって開口を形成し、この開口にCVD装置により酸化シリコンSiO₂を埋め込むといった工程で製作する。

10

【0095】

埋め込み酸化シリコン層336の屈折率は1.46であり、埋め込み酸化シリコン層336に隣接する層間絶縁膜の屈折率1.3とは1.12倍ほどの屈折率の差異があって、この界面に高屈折率側から低屈折率側に臨界角を越えて斜入射する光線を全反射することが可能である。こういった光導波路構造によって、斜入射光を効率的に光電変換部331B、331B、331Rに導いている。

【0096】

さらに、337は平坦化層、90は層内レンズ、339は透明樹脂による平坦化層である。平坦化層337は保護膜335と埋め込み酸化シリコン層336の上部に形成された窒化酸化シリコンSiONによる層である。この平坦化層337の上部を凸面状にエッチングして、その上部に疎水性多孔質シリカ層を形成し、今度はその上面を凹面上にエッチングすることによって、疎水性多孔質シリカによる層内レンズ90が形成される。層内レンズ90の一つひとつを正面から見た形状は正方形であり、各層内レンズ90の面は、上面と下面の何れもが軸対象性の非球面となっている。

20

【0097】

平坦化層337の屈折率が1.80、層内レンズ90の屈折率が1.30、平坦化層339の屈折率が1.58であるので、層内レンズ90は両凹レンズでありながら収束系としての焦点距離を有する。したがって、隣り合う埋め込み酸化シリコン層336の間には隙間があっても、光束は隙間なく敷きつめられている層内レンズ90を必ず通るので、無駄なく埋め込み酸化シリコン層336に集められることとなる。

30

【0098】

代表的に、マイクロ凸レンズ90aに入射する光束の光路を示す光線トレース図を図16に示している。層内レンズ90aに入射した光線360は、層内レンズ90aで屈折作用を受けて、平坦化層337を経て埋め込み酸化シリコン層336aに入射する。埋め込み酸化シリコン層336aは層間絶縁膜338よりも高屈折率であるために、この界面では臨界角を越えて斜入射する光線は全反射し、埋め込み酸化シリコン層から層間絶縁膜338に出ることはできない。すなわち、例えば、光線362は埋め込み酸化シリコン層336aと層間絶縁膜338の界面364で全反射し、光線363となって埋め込み酸化シリコン層336a内に留まり、次に光電変換部331aに入射して光電変換される。

40

【0099】

このように、本第3の実施形態によれば、上記第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0100】

なお、上記第1乃至第3の実施形態では物質の屈折率の差を利用して全反射を行う光導波路構造について説明したが、金属面反射を利用した光導波路を用いることもできる。また、層間絶縁膜の代わりに気体を封入した空隙や、真空の空隙を用いても良い。

【図面の簡単な説明】

【0101】

50

【図 1】本発明の第 1 の実施形態におけるデジタルカラーカメラの概略構成を示す側方視断面図である。

【図 2】図 1 に示すデジタルカラーカメラの機能構成を示すブロック図である。

【図 3】広角端におけるズームレンズのレンズ構成と、絞りを開放した状態での光線トレースを表す図である。

【図 4】望遠端におけるズームレンズのレンズ構成と、絞りを開放した状態での光線トレースを表す図である。

【図 5】広角端におけるズームレンズのレンズ構成と、絞りを点開口と見なせるまで絞り込んだ状態での光線トレースを表す図である。

【図 6】望遠端におけるズームレンズのレンズ構成と、絞りを点開口と見なせるまで絞り込んだ状態での光線トレースを表す図である。

10

【図 7】マクロレンズのレンズ構成と、無限遠にある被写体にフォーカスした状態での光線トレースを表す図である。

【図 8】マクロレンズのレンズ構成と、近距離にある被写体にフォーカスした状態での光線トレースを表す図である。

【図 9】本発明の第 1 の実施形態における撮像素子の平面図である。

【図 10】撮像素子の部分断面図である。

【図 11】マイクロ凸レンズを斜め上方から俯瞰した俯瞰図である。

【図 12】図 10 に示す撮像素子内における入射光の光路を示す光線トレース図である。

【図 13】撮影レンズと撮像素子との関係を示す概念図である。

20

【図 14】撮影レンズの瞳距離が撮像素子から比較的近い状態である場合の撮像素子の周辺部にある 1 画素における光線トレース図である。

【図 15】撮影レンズの瞳距離が撮像素子から比較的遠い状態である場合の撮像素子の周辺部にある 1 画素における光線トレース図である。

【図 16】本発明の第 3 の実施形態における撮像素子の部分断面図である。

【図 17】望遠レンズをレンズ交換方式のデジタルカメラシステムに装着した場合の従来のデジタルスチルカメラの概略断面図である。

【図 18】従来の CCD 型固体撮像素子の概略断面図である。

【図 19】従来の CMOS 型固体撮像素子の概略断面図である。

30

【符号の説明】

【0102】

30 シリコン基板

31 光電変換部

32 ポリシリコン配線

33、34 銅配線

35 保護膜

36 埋め込み透明樹脂層

37、39 平坦化層

38 層間絶縁層

70 緑色カラーフィルター

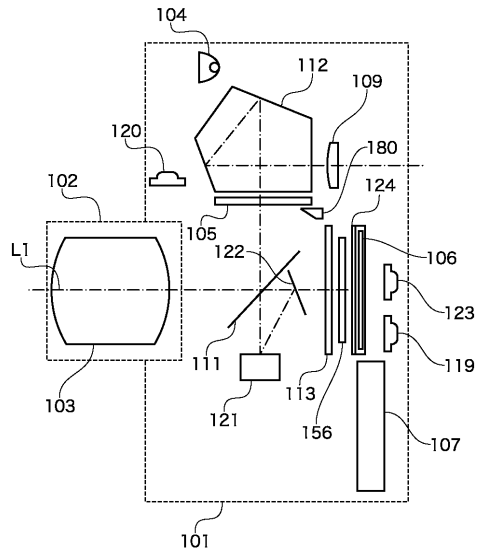
71 赤色カラーフィルター

106 撮像素子

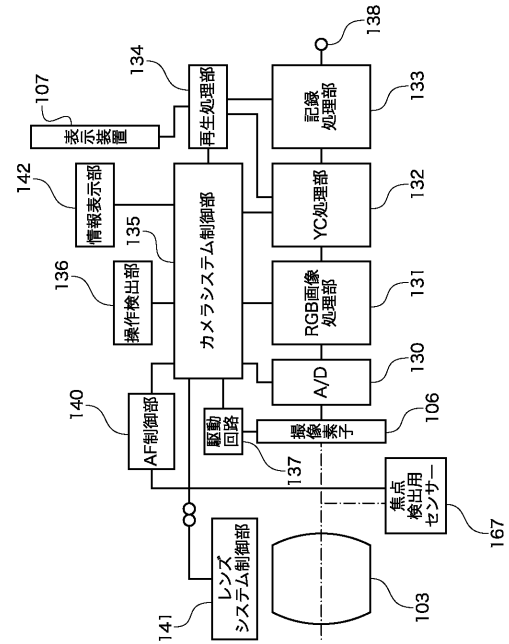
902 マイクロ凸レンズ

40

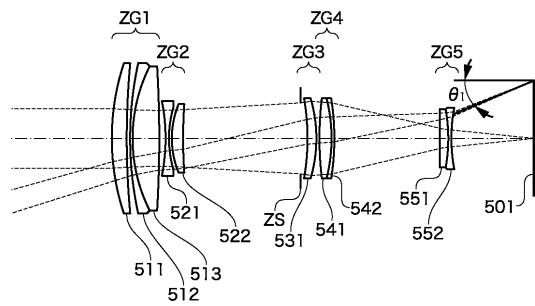
【図 1】



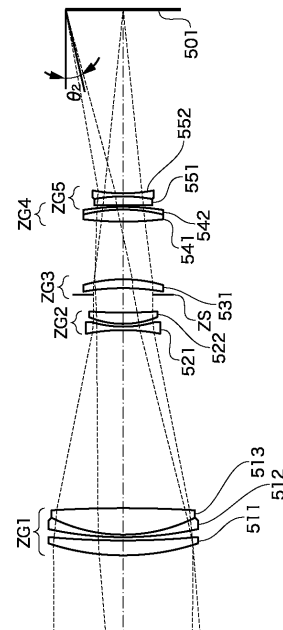
【図 2】



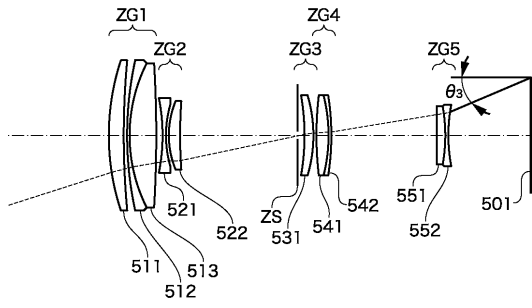
【図 3】



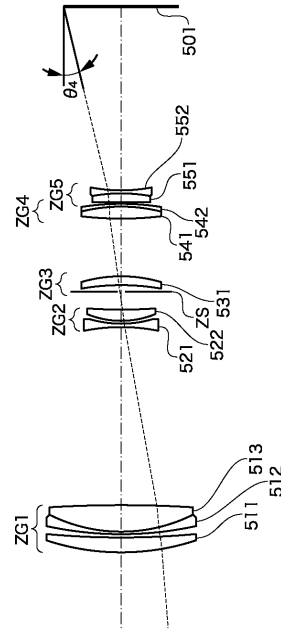
【図 4】



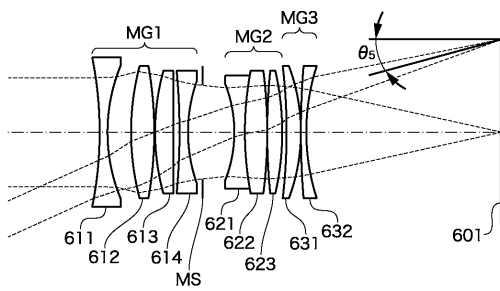
【図 5】



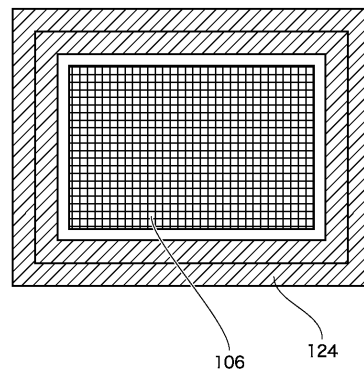
【図 6】



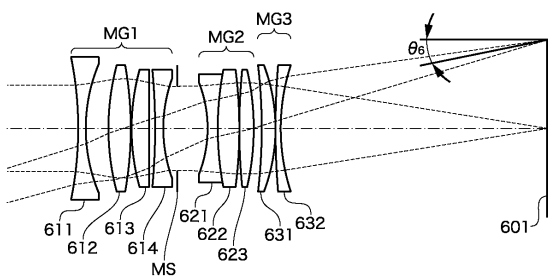
【図 7】



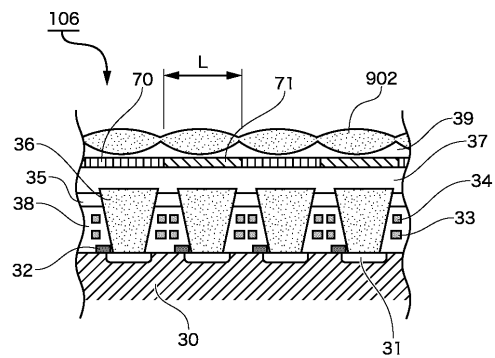
【図 9】



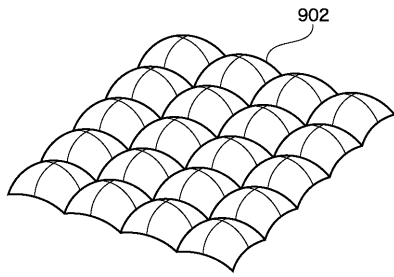
【図 8】



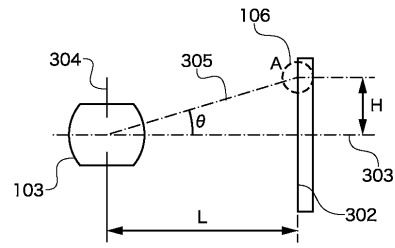
【図 10】



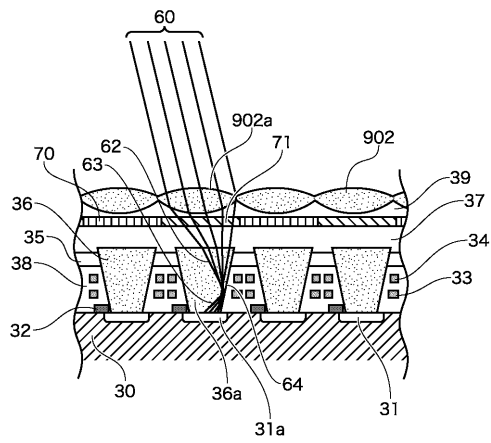
【図 1 1】



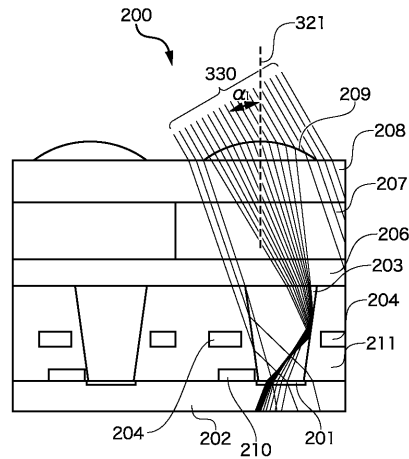
【図 1 3】



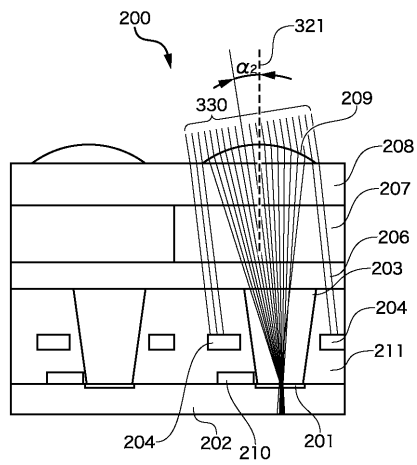
【図 1 2】



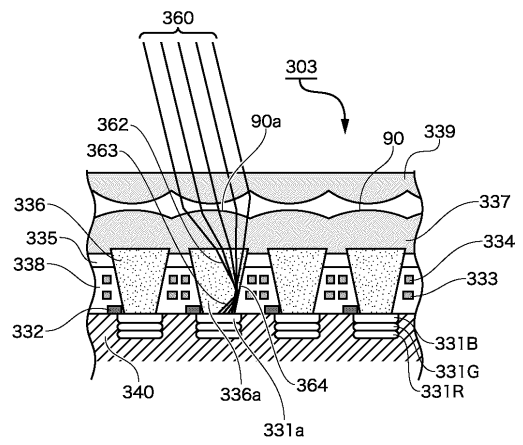
【図 1 4】



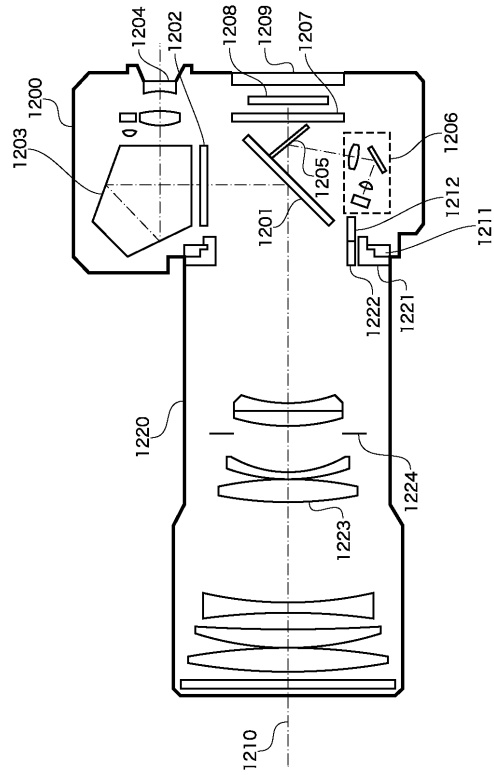
【図 1 5】



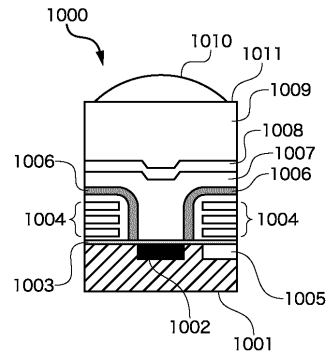
【図 1 6】



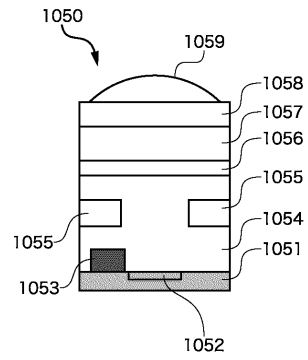
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

- (72)発明者 須田 康夫
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 長野 明彦
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 能登 悟郎
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

審査官 恩田 春香

- (56)参考文献 特開2003-224249(JP,A)
特開平08-139300(JP,A)
特開平03-190166(JP,A)
特開平01-134966(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 27/14 - 27/148