

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4871499号
(P4871499)

(45) 発行日 平成24年2月8日(2012.2.8)

(24) 登録日 平成23年11月25日(2011.11.25)

(51) Int.Cl.
H 0 1 L 27/14 (2006.01)

F I
H 0 1 L 27/14 D

請求項の数 17 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2004-257254 (P2004-257254)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成16年9月3日 (2004.9.3)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2006-73882 (P2006-73882A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成18年3月16日 (2006.3.16)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成19年9月3日 (2007.9.3)		弁理士 阿部 琢磨
早期審査対象出願		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	板野 哲也
			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	栗野 正明
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 固体撮像装置及び該固体撮像装置を用いた撮像システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光電変換素子を有する半導体基板と、
前記半導体基板の上に配された配線層と、
前記配線層の上に配され、CMPによって平坦化が施された絶縁層と、
前記絶縁層の上に配され、前記絶縁層よりも高い屈折率を有する絶縁膜と、を有する固
体撮像装置において、
前記絶縁層の上面に接し、前記絶縁膜の下面に接して配された第1の反射防止膜と、
前記半導体基板の上に、前記半導体基板に接して配された第2の反射防止膜と、を有する
ことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 2】

前記絶縁膜は、層内レンズであることを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像装置。

【請求項 3】

前記層内レンズは上に凸の形状を有することを特徴とする請求項 2 に記載の固体撮像装
置。

【請求項 4】

前記第2の反射防止膜は、前記半導体基板に接して配されたシリコン酸化膜と、前記シ
リコン酸化膜の上に配され、前記シリコン酸化膜に接して配されたシリコン窒化膜と、を
含む請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 5】

前記絶縁膜がシリコン窒化膜であり、前記絶縁層がシリコン酸化膜であり、前記第 1 の反射防止層が酸窒化シリコン膜である請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 6】

前記酸窒化シリコン膜の屈折率は $1.6 \sim 1.8$ である請求項 5 に記載の固体撮像装置。

【請求項 7】

前記酸窒化シリコン膜の膜厚は $0.05 \mu\text{m} \sim 1.0 \mu\text{m}$ である請求項 5 あるいは 6 のいずれかに記載の固体撮像装置。

【請求項 8】

前記絶縁膜の上にカラーフィルタを有する請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 9】

前記絶縁膜の上にオンチップレンズを有する請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 10】

前記絶縁膜は、上に凸型の層内レンズであり、
前記絶縁膜の上に配された平坦化膜と、前記平坦化膜の上に配されたカラーフィルタと、前記カラーフィルタの上に配された平坦化層と、を有する請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 11】

前記平坦化層の上に配されたオンチップレンズを有する請求項 10 に記載の固体撮像装置。

【請求項 12】

前記配線層と前記第 2 の反射防止膜との間に、別の配線層を有する請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 13】

光電変換素子を有する半導体基板と、
前記半導体基板の上に配された配線層と、
前記配線層の上に配され、CMP によって平坦化が施されたシリコン酸化膜と、
前記シリコン酸化膜の上に配された第 1 のシリコン窒化膜と、を有する固体撮像装置において、

前記シリコン酸化膜の上面に接して、前記第 1 のシリコン窒化膜の下面に接して配されたシリコン酸窒化膜と、

前記半導体基板の表面に接して配されたシリコン酸化膜と、

前記シリコン酸化膜の上面に接して配された第 2 のシリコン窒化膜と、を有することを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 14】

前記第 1 のシリコン窒化膜は層内レンズである請求項 13 に記載の固体撮像装置。

【請求項 15】

前記第 1 のシリコン窒化膜は、上に凸型の層内レンズであり、
前記第 1 のシリコン窒化膜の上に配された平坦化膜と、前記平坦化膜の上に配されたカラーフィルタと、前記カラーフィルタの上に配された平坦化層と、前記平坦化層の上に配されたオンチップレンズと、を有する請求項 13 あるいは 14 のいずれかに記載の固体撮像装置。

【請求項 16】

前記配線層と前記第 2 のシリコン窒化膜との間に、別の配線層を有する請求項 13 乃至 15 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置。

【請求項 17】

請求項 1 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置と、該固体撮像装置からの信号

10

20

30

40

50

を処理する信号処理部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】

本発明は光電変換装置にかかわるものであって、特に層内レンズ構造を有する装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、光電変換装置の画素数の増加や、イメージサイズの縮小がすすんでいる。このような光電変換装置においては、オンチップレンズを形成し、受光部へ光を集光させる構成が用いられている（特許文献1）。オンチップレンズを設けることによって、入射光を光電変換素子の受光部に集光させることが可能となり、光電変換に寄与する光が増加する。

【0003】

しかしながら、更に有効画素領域が大きくなった場合や画素面積の減少に伴い、オンチップレンズを設けた構成においても、受光領域の位置によって光の入射角度が異なり、それが、周辺画素の受光光量の低減につながる場合がある。更に、1つの画素が受光できる光量が光電変換素子の面積の減少に伴い減少し、また、画素周期の縮小に伴って斜め入射光に対する感度の低下が著しくなる。図1は撮像装置の画素領域を示しており、図2は単位画素の断面図を示している。単位画素は、半導体基板内に形成された光電変換素子と、本例ではメタル層（第1の配線層）1、メタル層（第2の配線層）2、最上メタル層（第3の配線層）3、および第1の絶縁層4、平坦化のために設けられた有機材料層5とカラーフィルタ層6、オンチップレンズ7から構成される。ここで、図1中のA点（受光領域の中央部）、B点（受光領域の周辺部）における画素に光が入射する様子を図3A、図3Bに模式的に示す。図3Bでは中心部に比べて光軸が角度をもっているため、オンチップレンズが画素に対して偏心されている。ここでは図中に示される光軸に平行な入射光成分を示しているが実際には光軸に対して角度をもった入射光成分も存在し、入射光の角度分布を考慮した偏心量が決定されている。ここで、図3A、図3Bの比較により、図3Bでは入射光を光電変換素子の受光領域に集光できず、感度が低下する。これは、撮像装置の画素領域において中央部の画素は感度が高く、端部の画素は感度が低い、すなわち周辺光量低下という問題となる。

【0004】

この問題点を改善するために光電変換装置表面に形成する光電変換素子上に層内レンズを形成した光電変換装置が特許文献2、3に開示されている。

【0005】

ここで、本明細中において、“層内レンズ”とは、“光電変換装置表面（受光面を有する半導体基板表面）と空気界面の間にあり、層間膜中にあるレンズ構造”と定義する。カラーフィルタに接して設けられていてもよい。

【0006】

従来の層内レンズを有する光電変換装置の例を特許文献2を引用して図4に示す。401が層内レンズである。図4に示した構造とすることにより、図1中のA点、B点における画素に光が入射する様子は図5A、図5Bのようになる。図5Bと図3Bとの比較において、図5Bでは層内レンズ構造により半導体基板とレンズ間の距離を小さくすることができ、斜め入射光に対する感度落ちを低減させる、すなわち撮像装置の周辺光量落ちを低減することが可能である。

【特許文献1】特開平04-044267号公報

【特許文献2】特開平11-040787号公報

【特許文献3】アメリカ合衆国特許公報6221687

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

10

20

30

40

50

ここで、層内レンズに要求される条件として、次のような項目が挙げられる。層内レンズが集光能力を有するためには、層内レンズの屈折率は層内レンズの直上層の屈折率と異なる必要がある。屈折率 1.4 ~ 1.7 の有機材料で形成されることが多く、層内レンズの材料としては、これらに対して十分な屈折率差を有するシリコン窒化膜（屈折率 2 程度）が好適に用いられる。

【0008】

しかしながら、このように屈折率の大きな材質による層内レンズを形成する場合に、光の多重干渉による影響という問題がある。これは、半導体基板表面の反射光成分が層内レンズ下面において再反射することによって干渉成分となることによって生じるものであり、図 6 に示すように波長 - 透過率特性上でうねりをもつ。撮像装置のチップ内で半導体基板表面から層内レンズ下面までの距離が分布を持つことにより波長 - 透過率特性上のうねりがチップ内で分布を持つこととなる。これは、すなわちイメージセンサの特性としては、チップ内において色にムラが生じる。特に、第 1 の絶縁層 4 を CMP (Chemical Mechanical Polishing) で平坦化を行ったときに第 1 の絶縁層 4 の厚さがチップ内で分布をもつ場合があり、特に問題が顕著となることがあることを見出した。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、光電変換素子を有する半導体基板と、半導体基板の上に配された配線層と、配線層の上に配され、CMPによって平坦化が施された絶縁層と、絶縁層の上に配され、絶縁層よりも高い屈折率を有する絶縁膜と、を有する固体撮像装置において、絶縁層の上面に接し、絶縁膜の下面に接して配された第 1 の反射防止膜と、半導体基板の上に、半導体基板に接して配された第 2 の反射防止膜と、を有することを特徴とする。また、本発明は、光電変換素子を有する半導体基板と、半導体基板の上に配された配線層と、配線層の上に配され、CMPによって平坦化が施されたシリコン酸化膜と、シリコン酸化膜の上に配された第 1 のシリコン窒化膜と、を有する固体撮像装置において、シリコン酸化膜の上面に接して、第 1 のシリコン窒化膜の下面に接して配されたシリコン窒化膜と、半導体基板の表面に接して配されたシリコン酸化膜と、シリコン酸化膜の上面に接して配された第 2 のシリコン窒化膜と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、屈折率の大きな材質による層内レンズを形成した場合に顕著となる波長 - 透過率特性上のうねりを軽減することが可能となり、撮像装置の色ムラ特性を悪化させることなく層内レンズ構造による光学特性の向上を得ることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

上述したように層内レンズとは、光電変換装置表面、つまり光電変換装置と空気界面よりも半導体基板側に形成されたレンズ構造と定義する。具体的には、光電変換をなす受光部の直上において層間膜中に形成される集光機能を有する部材である。

【0012】

本発明の特徴とする構成は、層内レンズと最上配線層の間に配された絶縁層との界面で起こる反射が小さくなるように、この層内レンズと絶縁層の間に界面における反射を低減させるための反射防止膜を設けるものである。特に、通常用いられる光電変換素子が光電変換可能な入射波長に対して、好適に界面での反射を低減させるために、その膜厚を 0.05 ~ 1.0 μm としたものである。以下具体的に実施例をあげて本発明の特徴となる構成を詳細に説明する。なお本発明において、配線、層の位置関係の説明で“上”、“下”とした場合には、下とはその構造体に対して半導体基板側の方向を示し、上とはその構造体に対して半導体基板から離れていく方向を示す。以下実施例において配線層の数は全て 3 層で説明するが、これに限られるものではなく、センサの形態に応じて、単層や更に配

10

20

30

40

50

線を増やすことも可能である。

【 0 0 1 3 】

[実施例 1]

本発明の第 1 の実施例を図 7 にて説明する。背景技術において説明した、図 2 の構成と同様の機能を有する場合には、同様の符号を付し説明は省く。本図は単位画素の断面図である。半導体基板上に形成された光電変換素子と、第 1 の配線層 1、第 2 の配線層 2、および最上配線（第 3 の配線）層とを有し、最上配線層 3 上に、層間絶縁層としてのシリコン酸化膜 4（屈折率 1.4 ~ 1.5）、シリコン窒化膜からなる層内レンズ 10（屈折率 1.9 ~ 2.1）を有し、層内レンズとシリコン酸化膜間に界面での反射を低減させるための反射防止膜 9 を配している。層内レンズ 10 の直上にシリコン酸化膜と異なる屈折率を有する平坦化膜として形成される有機材料層 5、該有機材料と同一の屈折率を有する有機材料より成るカラーフィルタ 6、更に同一の屈折率を有する平坦層 7 とオンチップレンズ 8 により構成される光電変換装置である。そして、反射防止層の膜厚が 0.05 μm ~ 1.0 μm である。ここで反射防止層とは、近接する膜と異なる屈折率を有し、膜と膜の界面で起こる反射を低減させることを目的として用いられるものである。

10

【 0 0 1 4 】

本実施例においては、発明の基本構成、すなわち層内レンズと、該層内レンズと最上配線層上に設けられた層間絶縁層としてのシリコン酸化膜間に設けられた絶縁層（酸窒化シリコン膜）を有する構成に、更に層内レンズ上にカラーフィルタを形成する際の平坦化膜としての有機材料膜、カラーフィルタ、オンチップレンズを形成する際の平坦化膜、オンチップレンズを含んだ構成となっている。

20

【 0 0 1 5 】

ここで、特許文献 3 においては、シリコン窒化膜より成る層内レンズ構造を形成するとともに、層内レンズの下に応力によるストレスの緩和層として酸窒化シリコン膜が 2.5 μm ~ 3.5 μm の膜厚で形成される。

【 0 0 1 6 】

しかし、半導体基板から層内レンズの距離を小さくすることが光学特性向上の要点となることを考慮するに、層内レンズの下に形成する膜は可能な限り薄いことが望ましい。

【 0 0 1 7 】

本発明で反射防止層として用いられる酸窒化シリコン膜の膜厚 D の条件は、

30

$$2 \cdot n \cdot D = \lambda / 2 \cdot (2 \cdot k - 1)$$

（ λ : 波長, n : 酸窒化シリコン膜の屈折率, k : 任意の自然数 ）

の反射防止条件を満たす膜厚 D である。酸窒化シリコン膜の屈折率が 1.6 ~ 1.8 程度であり、波長が可視光のおよそ 0.4 μm ~ 0.8 μm であることを考慮すると、反射防止条件を満たす最低膜厚（上式で k = 1 に対応）は、およそ 0.05 μm ~ 0.1 μm 程度となる。光学特性、反射防止条件、製造ばらつきを考慮することにより、反射防止層として用いられる酸窒化シリコン膜の膜厚は 0.05 μm ~ 1.0 μm に設定することが望ましい。

【 0 0 1 8 】

本例では反射防止層の膜厚は波長 - 透過率特性上のうねりが大きく、かつ撮像装置の特性上重要である波長 0.7 μm 付近で反射防止条件を満足する 0.1 μm、0.3 μm、あるいは 0.5 μm 程度とした。この場合の波長 - 透過率特性を図 8 に示す。図 6 と比較して波長 - 透過率特性上のうねりが軽減されていることが確認される。本例においては波長 0.7 μm 付近での反射防止条件を満足するように設定されているが、本発明は撮像装置の用途、あるいは半導体基板内の分光感度特性により他の波長での最適化も考えられるものであり、層内レンズと最上配線上の絶縁層との界面における反射を低減するものであればよい。

40

【 0 0 1 9 】

[実施例 2]

本発明の第 2 の実施例を図 9 にて説明する。本図は単位画素の断面図である。第 1 の実

50

施例との差異は表面にオンチップレンズが形成されていない本図で示される構造においても本発明は有効である。

【 0 0 2 0 】

[実施例 3]

本発明の第 3 の実施例を図 1 0 にて説明する。本図は単位画素の断面図である。第 1 の実施例と異なる点は、更に、半導体基板表面に第 2 の反射防止膜が形成されている点である。本例では、半導体基板にシリコンが用いられる。第 2 の反射防止膜はシリコン基板表面のシリコン酸化物およびシリコン酸化物上に形成されるシリコン窒化物より成る。その膜厚は各々およそ 5 n m ~ 1 0 0 n m の範囲となっている。この第 2 の反射防止膜により半導体基板表面の反射光成分すなわち干渉成分を低減することができ、さらに波長 - 透過率特性上のうねりを軽減することが可能となる。ただし、ここで用いられる反射防止膜は、層内レンズ下に用いられる第 1 の反射防止膜とは異なる層構成となっている。これは、第 1 の反射防止膜は、入射光及び第 1 の反射防止膜を透過した後に、第 1 の反射防止膜よりも下層の界面によって反射された反射光に対しても反射防止の機能を有している必要があり、第 2 の反射防止膜は、該第 2 の反射防止膜を透過した後は、半導体基板内の受光部等により、光は吸収されて光電変換されるため、第 2 の反射防止膜よりも下層（半導体基板）からの反射光を考慮する必要がないためである。すなわち、第一の反射防止膜は図 6 で示したような波長 - 透過率特性を改善するために設けられており、第 2 の反射防止膜はこの必要がないために構造が異なるのである。本発明は他の構成の反射防止膜にも適用されるものである。

【 0 0 2 1 】

(デジタルカメラへの応用)

図 1 1 は、本発明による固体撮像装置をカメラに応用する場合の回路ブロックの例を示したものである。撮影レンズ 1 0 0 2 の手前にはシャッター 1 0 0 1 があり、露出を制御する。絞り 1 0 0 3 により必要に応じ光量を制御し、固体撮像装置 1 0 0 4 に結像させる。固体撮像装置 1 0 0 4 から出力された信号は信号処理回路 1 0 0 5 で処理され、A / D 変換器 1 0 0 6 によりアナログ信号からディジタル信号に変換される。出力されるディジタル信号はさらに信号処理部 1 0 0 7 で演算処理される。処理されたディジタル信号はメモリ 1 0 1 0 に蓄えられたり、外部 I / F 1 0 1 3 を通して外部の機器に送られる。固体撮像装置 1 0 0 4、撮像信号処理回路 1 0 0 5、A / D 変換器 1 0 0 6、信号処理部 1 0 0 7 はタイミング発生部 1 0 0 8 により制御される他、システム全体は全体制御部・演算部 1 0 0 9 で制御される。記録媒体 1 0 1 2 に画像を記録するために、出力ディジタル信号は全体制御部・演算部で制御される記録媒体制御 I / F 部 1 0 1 1 を通して、記録される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 2 】

【図 1】イメージセンサの画素領域を示す概念図である。

【図 2】単位画素の断面図である。

【図 3】図 2 の単位画素に光が入射する様子を示した概念図である。

【図 4】層内レンズを有する単位画素の断面図である。

【図 5】図 3 の単位画素に光が入射する様子を示した概念図である。

【図 6】従来技術における入射光の波長と透過率との関係を示したグラフである。

【図 7】本発明の第一の実施例を説明する単位画素の断面図である。

【図 8】本発明の入射光の波長と透過率との関係を示したグラフである。

【図 9】本発明の第二の実施例を説明する単位画素の断面図である。

【図 1 0】本発明の第三の実施例を説明する単位画素の断面図である。

【図 1 1】第一 ~ 第三の実施例の光電変換装置を用いた撮像システムを示すブロック図である。

【符号の説明】

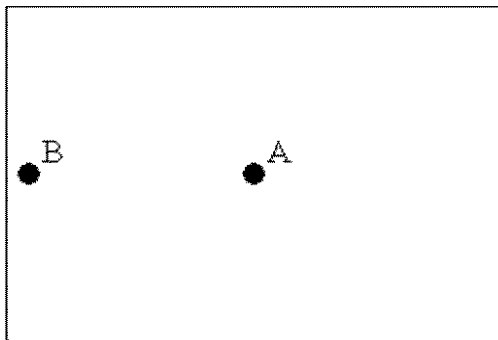
【 0 0 2 3 】

- 1 第一の配線層
- 2 第二の配線層
- 3 第三の配線層
- 4 絶縁層
- 5 第一の平坦化層
- 6 カラーフィルタ
- 7 第二の平坦化層
- 8 オンチップレンズ
- 9 反射防止膜
- 10、401 層内レンズ
- 1001 シャッター
- 1002 撮影レンズ
- 1003 絞り
- 1004 固体撮像装置
- 1005 信号処理回路
- 1006 A/D変換器
- 1007 信号処理部
- 1008 タイミング発生部
- 1009 制御部・演算部
- 1010 メモリ部
- 1011 インターフェース部
- 1012 記録媒体

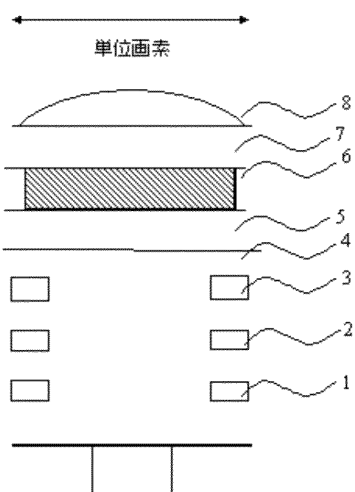
10

20

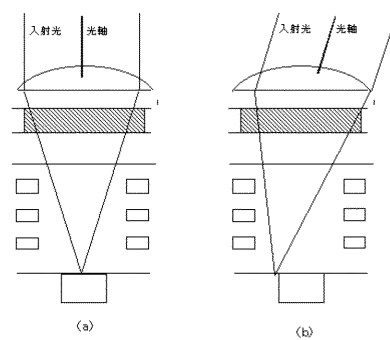
【図1】



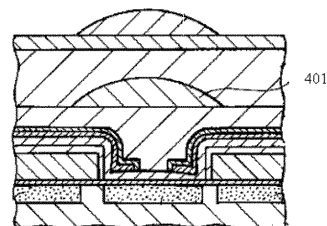
【図2】



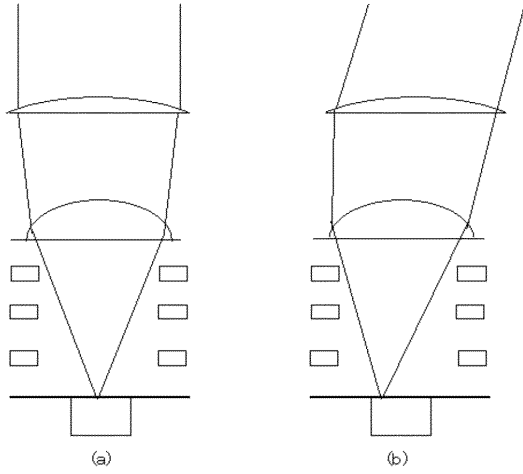
【図3】



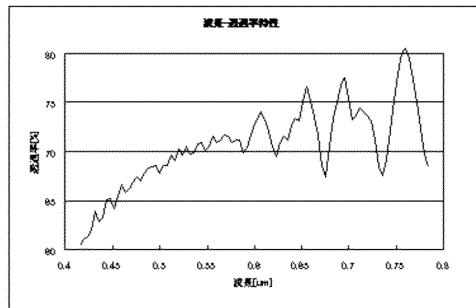
【図4】



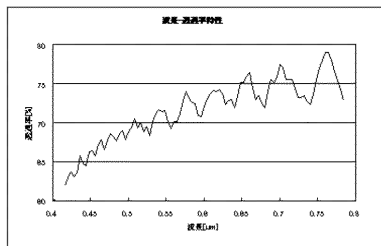
【図 5】



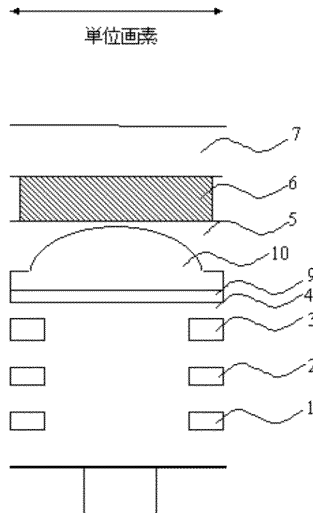
【図 6】



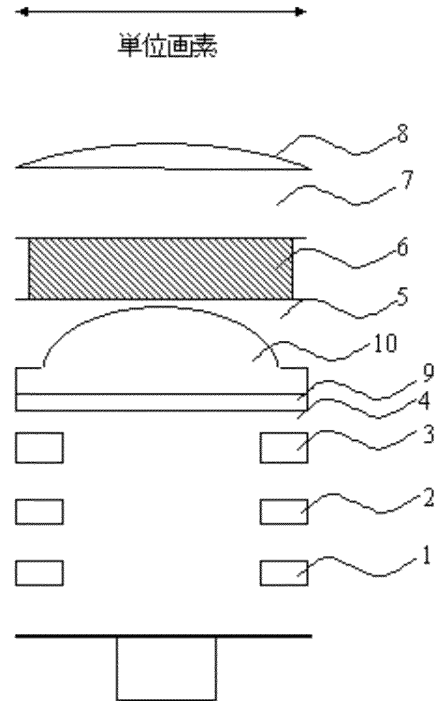
【図 8】



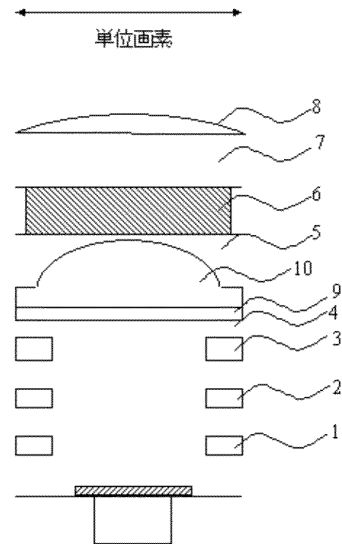
【図 9】



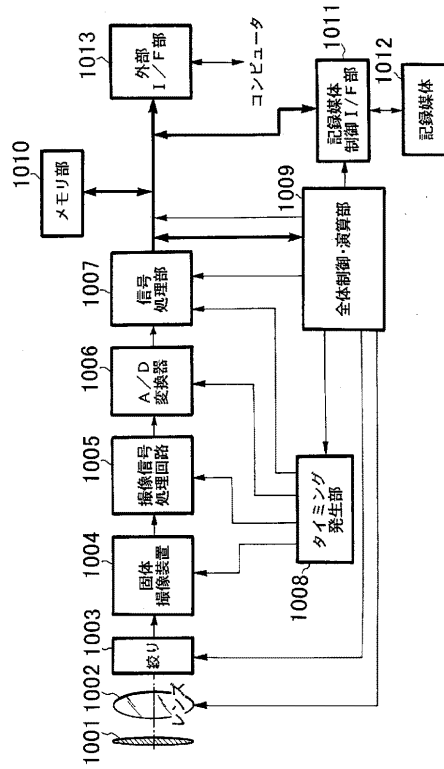
【図 7】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 1 1 - 1 0 3 0 3 7 (J P , A)
特開平 1 1 - 1 0 3 0 3 6 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 2 9 5 5 3 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 0 4 0 5 0 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 3 3 2 5 4 7 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 3 1 4 0 5 7 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 0 1 3 5 2 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 7 / 1 4
H 0 4 N 5 / 3 6 9