

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4264465号
(P4264465)

(45) 発行日 平成21年5月20日(2009.5.20)

(24) 登録日 平成21年2月20日(2009.2.20)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 L 27/14 (2006.01) HO 1 L 27/14 D
 HO 4 N 5/335 (2006.01) HO 4 N 5/335 U

請求項の数 14 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2008-551594 (P2008-551594)	(73) 特許権者	000005821
(86) (22) 出願日	平成20年7月22日 (2008.7.22)		パナソニック株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2008/001952		大阪府門真市大字門真1006番地
(87) 国際公開番号	W02009/019818	(74) 代理人	110000040
(87) 国際公開日	平成21年2月12日 (2009.2.12)		特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ
審査請求日	平成20年11月5日 (2008.11.5)	(72) 発明者	西脇 青児
(31) 優先権主張番号	特願2007-204394 (P2007-204394)		大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
(32) 優先日	平成19年8月6日 (2007.8.6)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
早期審査対象出願		審査官	空 哲次

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像用光検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に1次元状あるいは2次元状に配列された複数の光検出器と、前記複数の光検出器の上方に形成された低屈折率透明層と、前記複数の光検出器の配列方向に沿って前記低屈折率透明層内に埋め込まれた柱状又は板状の複数の高屈折率透明部とを備え、

1つの前記高屈折率透明部に対して2つ以上の前記光検出器が対応し、

前記低屈折率透明層及び前記高屈折率透明部に入射する光は、それらを通過することでその波面に発生した位相シフトにより、0次回折光と1次回折光と-1次回折光とに分離されることを特徴とする撮像用光検出装置。

【請求項 2】

前記0次回折光、前記1次回折光、及び前記-1次回折光が互いに異なる前記光検出器で検出される請求項1に記載の撮像用光検出装置。

【請求項 3】

前記複数の高屈折率透明部は、少なくとも屈折率、形状、又はサイズにおいて互いに異なる赤仕様高屈折率透明部、緑仕様高屈折率透明部、及び青仕様高屈折率透明部からなり、

a, b, cを0以上の整数とすると、前記高屈折率透明部を通過した光と前記低屈折率透明層を通過した光との間で発生する前記位相シフトが、前記赤仕様高屈折率透明部の場合には赤波長の(a + 1 / 2)倍、前記緑仕様高屈折率透明部の場合には緑波長の(b + 1 / 2)倍、前記青仕様高屈折率透明部の場合には青波長の(c + 1 / 2)倍である請求

項 1 に記載の撮像用光検出装置。

【請求項 4】

前記 a , b , c は、 0 又は 1 である請求項 3 に記載の撮像用光検出装置。

【請求項 5】

前記複数の高屈折率透明部は、赤仕様高屈折率透明部、緑仕様高屈折率透明部、及び青仕様高屈折率透明部からなり、

a , b , c を 0 以上の整数、前記高屈折率透明部及び前記低屈折率透明層の屈折率をそれぞれ n , n_0 とすると、前記高屈折率透明部の厚さ方向の長さ h は、前記赤仕様高屈折率透明部では $h = \text{赤波長} * (2 * a + 1) / \{2 * (n - n_0)\}$ 、前記緑仕様高屈折率透明部では $h = \text{緑波長} * (2 * b + 1) / \{2 * (n - n_0)\}$ 、前記青仕様高屈折率透明部では $h = \text{青波長} * (2 * c + 1) / \{2 * (n - n_0)\}$ を満足する請求項 1 に記載の撮像用光検出装置。

10

【請求項 6】

前記 a , b , c は、 0 又は 1 である請求項 5 に記載の撮像用光検出装置。

【請求項 7】

前記複数の高屈折率透明部は、少なくとも屈折率、形状、又はサイズにおいて互いに異なる第 1 波長に対応した第 1 仕様高屈折率透明部及び第 2 波長に対応した第 2 仕様高屈折率透明部からなり、

a , b を 0 以上の整数とすると、前記高屈折率透明部を通過した光と前記低屈折率透明層を通過した光との間で発生する前記位相シフトが、前記第 1 仕様高屈折率透明部の場合には第 1 波長の $(a + 1 / 2)$ 倍、前記第 2 仕様高屈折率透明部の場合には第 2 波長の $(b + 1 / 2)$ 倍である請求項 1 に記載の撮像用光検出装置。

20

【請求項 8】

前記 a , b は、 0 又は 1 である請求項 7 に記載の撮像用光検出装置。

【請求項 9】

前記複数の高屈折率透明部は、第 1 波長に対応した第 1 仕様高屈折率透明部及び第 2 波長に対応した第 2 仕様高屈折率透明部からなり、

a , b を 0 以上の整数、前記高屈折率透明部及び前記低屈折率透明層の屈折率をそれぞれ n , n_0 とすると、前記高屈折率透明部の厚さ方向の長さ h は、前記第 1 仕様高屈折率透明部では $h = \text{第 1 波長} * (2 * a + 1) / \{2 * (n - n_0)\}$ 、前記第 2 仕様高屈折率透明部では $h = \text{第 2 波長} * (2 * b + 1) / \{2 * (n - n_0)\}$ を満足する請求項 1 に記載の撮像用光検出装置。

30

【請求項 10】

前記 a , b は、 0 又は 1 である請求項 9 に記載の撮像用光検出装置。

【請求項 11】

前記複数の高屈折率透明部は、赤仕様高屈折率透明部、緑仕様高屈折率透明部、及び青仕様高屈折率透明部からなり、

前記 0 次回折光、前記 1 次回折光、及び前記 - 1 次回折光を含む面と前記基板の表面との交線に平行な第 1 方向において、前記赤仕様高屈折率透明部、前記緑仕様高屈折率透明部、及び前記青仕様高屈折率透明部の順の並び、または前記赤仕様高屈折率透明部、前記青仕様高屈折率透明部、及び前記緑仕様高屈折率透明部の順の並びが繰り返して配置されており、

40

前記複数の高屈折率透明部のそれぞれに対応する 3 つの前記光検出器が前記第 1 方向に沿って配置されており、

前記第 1 方向に沿って配置された前記 3 つの光検出器のうちの両外側の 2 つの光検出器は、前記 3 つの光検出器に対応する高屈折率透明部に対して前記第 1 方向において互いに隣り合う 2 つの高屈折率透明部にも対応している請求項 1 に記載の撮像用光検出装置。

【請求項 12】

前記第 1 方向に沿って配置された前記複数の高屈折率透明部の列における前記赤仕様高屈折率透明部、前記緑仕様高屈折率透明部、及び前記青仕様高屈折率透明部の前記第 1 方

50

向の位置が、前記第 1 方向と直交する第 2 方向において互いに隣り合う 2 つの列間で前記第 1 方向の配置ピッチ分だけ位置ずれしている請求項 1 に記載の撮像用光検出装置。

【請求項 1 3】

前記複数の高屈折率透明部は、赤仕様高屈折率透明部、緑仕様高屈折率透明部、及び青仕様高屈折率透明部からなり、

前記 0 次回折光、前記 1 次回折光、及び前記 - 1 次回折光を含む面と前記基板の表面との交線に平行な第 1 方向において、前記赤仕様高屈折率透明部、前記緑仕様高屈折率透明部、及び前記青仕様高屈折率透明部のうちの 2 つが交互に配置されており、

前記複数の高屈折率透明部のそれぞれに対応する 3 つの前記光検出器が前記第 1 方向に沿って配置されており、

前記第 1 方向に沿って配置された前記 3 つの光検出器のうちの外側の 2 つの光検出器は、前記 3 つの光検出器に対応する高屈折率透明部に対して前記第 1 方向において互いに隣り合う 2 つの高屈折率透明部にも対応している請求項 1 に記載の撮像用光検出装置。

【請求項 1 4】

前記 0 次回折光、前記 1 次回折光、及び前記 - 1 次回折光を含む面と前記基板の表面との交線に平行な第 1 方向に沿って配置された前記高屈折率透明部の列における前記高屈折率透明部の前記第 1 方向の位置が、前記第 1 方向と直交する第 2 方向において互いに隣り合う 2 つの列間で前記第 1 方向の配置ピッチの半分だけ位置ずれしている請求項 1 に記載の撮像用光検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は物体の映像を撮影するために用いられる撮像用光検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の撮像用光検出装置が例えば非特許文献 1 及び非特許文献 2 に開示されている。これらに開示された撮像用光検出装置の概略を説明する。

【0003】

図 9 A は、従来の撮像装置の概略構成を示した側面図である。自然光等の光が物体 1 に入射し、これを反射した光は、レンズ系 2 により CCD や CMOS 等の光検出装置 4 上に像 3 を形成する。レンズ系 2 は、一般には光学性能を確保するために光軸に沿って並んだ複数のレンズを組み合わせて構成されるが、図 9 A では図面を簡略化して単一のレンズとして描かれている。

【0004】

図 9 B は、光検出装置 4 の概略構成を示した図であり、図 9 A の部分 9 B の拡大断面図である。複数のフォトディテクター 6 が形成された検出基板 5 上に、SiO₂等からなる低屈折率の透明バッファ層 7、SiN等からなる高屈折率の透明バッファ層 8、複数の色フィルター 9、複数のマイクロレンズ 10 がこの順で積層されている。透明バッファ層 7 の透明バッファ層 8 と接する表面 7 a には、各フォトディテクター 6 の上で透明バッファ層 7 の膜厚が小さくなるような凹凸構造が形成されている。一方、透明バッファ層 8 の色フィルター 9 と接する表面 8 a は平坦である。

【0005】

マイクロレンズ 10 は直交格子の各交点位置に配置されており、各マイクロレンズ 10 の中心軸上に 1 つの色フィルター 9 及び 1 つのフォトディテクター 6 が配置されている。

【0006】

マイクロレンズ 10 は、光線 11 a' のようにマイクロレンズ 10 の中心軸に対してシフトして入射する光を屈折させてフォトディテクター 6 に導く働きをなす。透明バッファ層 7 の表面 7 a の凹凸構造もレンズ効果を有し、フォトディテクター 6 の中心から外れた方向に向かう発散光 11 b' を屈折させてフォトディテクター 6 に導く働きをなす。

【0007】

10

20

30

40

50

色フィルター 9 は赤透過フィルター 9 R、緑透過フィルター 9 G、青透過フィルター 9 B の 3 種類から構成され、赤透過フィルター 9 R は図 10 の曲線 R で示されるように赤以外の波長の光をカット（吸収）する光透過特性（分光感度特性）を有し、緑透過フィルター 9 G は図 10 の曲線 G で示されるように緑以外の波長の光をカット（吸収）する光透過特性（分光感度特性）を有し、青透過フィルター 9 B は図 10 の曲線 B で示されるように青以外の波長の光をカット（吸収）する光透過特性（分光感度特性）を有する（非特許文献 2 参照）。赤透過フィルター 9 R、緑透過フィルター 9 G、青透過フィルター 9 B、及び明るさ検出用の緑透過フィルター 9 G からなる 4 つの色フィルター 9 と、これらに対応した 4 つのフォトディテクター 6 とでカラーの画像情報を検出する一画素を構成する。

【0008】

図 11 は、光検出装置 4 の検出面の拡大平面図である。フォトディテクター 6 が直交格子の交点位置に互いに離間し且つ絶縁されて配置されている。水平方向に隣り合うフォトディテクター 6 間には、垂直方向に延びる信号配線である複数の垂直転送 CCD 17 が設けられており、複数の垂直転送 CCD 17 は水平方向に延びる信号配線である水平転送 CCD 18 と接続されている。マイクロレンズ 10 で集光された光はその真下に位置するフォトディテクター 6 により受光され光電変換される。フォトディテクター 6 に蓄積した電荷は垂直転送 CCD 17 に送られ、さらに水平転送 CCD 18 に送られて、画像信号として出力される。

【0009】

上記の図 9 B に示した光検出装置 4 では、各フォトディテクター 6 に特定の色の光を入射させるために色フィルター 9 を用いている。これに対して、図 12 に示すように、マイクロレンズ（図示せず）を通過した被写体からの光 30 をマイクロプリズム 31 を用いて分散させ、赤（R）、緑（G）、青（B）の各色光をフォトディテクター 32 R、32 G、32 B で検出する光検出装置が提案されている（特許文献 1 参照）。

【非特許文献 1】光技術コンタクト，Vol. 40，No. 1（2002）、P 24

【非特許文献 2】トランジスタ技術，2003 年 2 月号、P 128

【特許文献 1】特表 2002 - 502120 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

撮像用光検出装置に対しては、小型且つ高画素化に対する要求が益々高まっている。しかしながら、上記の従来の撮像用光検出装置では、以下の理由によりこの要求を満たすには限界があった。

【0011】

第 1 の理由は、図 9 B に示した従来の撮像用光検出装置では色フィルター 9 を用いて色分離を行っていることに起因する。例えば青透過フィルター 9 B では、青以外の波長の光は吸収されるので、図 10 から明らかなように、青透過フィルター 9 B を透過する光は入射した光の僅か 2 ~ 3 割程度である。これは他の色フィルター 9 R、9 G についても同様である。高画素化のためにフォトディテクター 6 の間隔を小さくすると、フォトディテクター 6 やマイクロレンズ 10 のサイズが小さくなる。これにより、1 つのマイクロレンズ 10 に入射する光の光量が少なくなり、更に色フィルター 9 でその多くが吸収されてしまうので、十分な量の光をフォトディテクター 6 に供給できなくなる。従って、検出信号は光ショットノイズ等のノイズ信号に埋もれてしまう。このため、従来の撮像用光検出装置ではフォトディテクター 6 の間隔は 1.5 μm 程度が限界とされている。

【0012】

第 2 の理由は、図 9 B に示した従来の撮像用光検出装置では、フォトディテクター 6 に一対一に対応してマイクロレンズ 10 が配置されていることに起因する。高画素化のためにフォトディテクター 6 の間隔を小さくすると、マイクロレンズ 10 のサイズが小さくなり、これにともなってマイクロレンズ 10 を透過する光束のサイズも小さくなる。ピンホールを透過した光の広がり角がピンホール径に反比例するように、光束のサイズ（即ちマ

10

20

30

40

50

マイクロレンズ10の直径)が微小になると光が拡散(回折)する特性が大きくなりすぎるので、マイクロレンズ10を使って所望の集光性能を得ることが困難になる。マイクロレンズ10の集光性能を得るためには、マイクロレンズ10の直径は少なくとも波長の2~3倍以上である必要があり、これが高画素化を妨げていた。

【0013】

図12に示した従来の光検出装置では、光を吸収する色フィルターを用いないので、光利用効率は向上する。しかしながら、プリズムの分散特性を利用した分光の作用(屈折角の波長による差)は極めて小さく、赤と緑、又は緑と青の光の間の変位は極めて小さい。従って、プリズムを光の分光に用いる場合、プリズムと光検出面との間隔を少なくとも数十~数百 μm 以上に設定する必要がある、試作する上で現実的な寸法にはならない。

10

【0014】

本発明は上記の従来の問題を解決し、光利用効率を向上させることでフォトディテクターの間隔を大幅に短縮化し、且つ、マイクロレンズに必要なサイズの確保と画素の高密度化とを両立させることを目的とする。また、本発明は、大きな分光作用を利用することで現実的な寸法を有する光検出装置を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の撮像用光検出装置は、基板上に1次元状あるいは2次元状に配列された複数の光検出器と、前記複数の光検出器の上方に形成された低屈折率透明層と、前記複数の光検出器の配列方向に沿って前記低屈折率透明層内に埋め込まれた柱状又は板状の複数の高屈折率透明部とを備える。1つの前記高屈折率透明部に対して2つ以上の前記光検出器が対応している。前記低屈折率透明層及び前記高屈折率透明部に入射する光は、それらを通過することでその波面に発生した位相シフトにより、0次回折光と1次回折光と-1次回折光とに分離される。

20

【発明の効果】

【0016】

本発明の撮像用光検出装置によれば、光の吸収ではなく回折によって光の色分離を行うので、光の利用効率が大幅に向上する。また、1個のマイクロレンズ当たり2種類の色情報の検出が可能になる。従って、マイクロレンズのサイズ確保と画素の高密度化とを両立させることが可能となる。更に、波長による回折角の差を利用して分光するので、高屈折率透明部と光検出器との間隔を狭くすることができ、現実的な寸法を実現できる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

上記の本発明の撮像用光検出装置において、前記0次回折光、前記1次回折光、及び前記-1次回折光が互いに異なる前記光検出器で検出されることが好ましい。これにより、異なる光検出器で波長が異なる光をそれぞれ検出することができる。

【0018】

また、前記複数の高屈折率透明部は、少なくとも屈折率、形状、又はサイズにおいて互いに異なる赤仕様高屈折率透明部、緑仕様高屈折率透明部、及び青仕様高屈折率透明部からなることが好ましい。この場合、 a 、 b 、 c を0以上の整数とすると、前記高屈折率透明部を通過した光と前記低屈折率透明層を通過した光との間で発生する前記位相シフトが、前記赤仕様高屈折率透明部の場合には赤波長の $(a + 1/2)$ 倍、前記緑仕様高屈折率透明部の場合には緑波長の $(b + 1/2)$ 倍、前記青仕様高屈折率透明部の場合には青波長の $(c + 1/2)$ 倍であることが好ましい。これにより、所望する波長帯域の回折光及び透過光を発生させることができる。ここで、 a 、 b 、 c は、同一の値であっても、異なる値であっても良い。

40

【0019】

上記において、前記 a 、 b 、 c は、0又は1であることが好ましい。 a 、 b 、 c が小さな値をとることにより、高屈折率透明部の厚さ方向の長さを短くすることができるので、光損失を低減でき、また、製作が容易となる。

50

【0020】

また、前記複数の高屈折率透明部は、赤仕様高屈折率透明部、緑仕様高屈折率透明部、及び青仕様高屈折率透明部からなることが好ましい。この場合、 a 、 b 、 c を0以上の整数、前記高屈折率透明部及び前記低屈折率透明層の屈折率をそれぞれ n 、 n_0 とすると、前記高屈折率透明部の厚さ方向の長さ h は、前記赤仕様高屈折率透明部では $h = \text{赤波長} * (2 * a + 1) / \{ 2 * (n - n_0) \}$ 、前記緑仕様高屈折率透明部では $h = \text{緑波長} * (2 * b + 1) / \{ 2 * (n - n_0) \}$ 、前記青仕様高屈折率透明部では $h = \text{青波長} * (2 * c + 1) / \{ 2 * (n - n_0) \}$ を満足することが好ましい。これにより、所望する波長帯域の回折光及び透過光を発生させることができる。ここで、 a 、 b 、 c は、同一の値であっても、異なる値であっても良い。

10

【0021】

上記において、前記 a 、 b 、 c は、0又は1であることが好ましい。 a 、 b 、 c が小さな値をとることにより、高屈折率透明部の厚さ方向の長さ h を短くすることができるので、光損失を低減でき、また、製作が容易となる。

【0022】

また、前記複数の高屈折率透明部は、少なくとも屈折率、形状、又はサイズにおいて互いに異なる第1波長に対応した第1仕様高屈折率透明部及び第2波長に対応した第2仕様高屈折率透明部からなることが好ましい。この場合、 a 、 b を0以上の整数とすると、前記高屈折率透明部を通過した光と前記低屈折率透明層を通過した光との間で発生する前記位相シフトが、前記第1仕様高屈折率透明部の場合には第1波長の $(a + 1 / 2)$ 倍、前記第2仕様高屈折率透明部の場合には第2波長の $(b + 1 / 2)$ 倍であることが好ましい。これにより、所望する波長帯域の回折光及び透過光を発生させることができる。ここで、 a 、 b は、同一の値であっても、異なる値であっても良い。

20

【0023】

上記において、前記 a 、 b は、0又は1であることが好ましい。 a 、 b が小さな値をとることにより、高屈折率透明部の厚さ方向の長さを短くすることができるので、光損失を低減でき、また、製作が容易となる。

【0024】

また、前記複数の高屈折率透明部は、第1波長に対応した第1仕様高屈折率透明部及び第2波長に対応した第2仕様高屈折率透明部からなることが好ましい。この場合、 a 、 b を0以上の整数、前記高屈折率透明部及び前記低屈折率透明層の屈折率をそれぞれ n 、 n_0 とすると、前記高屈折率透明部の厚さ方向の長さ h は、前記第1仕様高屈折率透明部では $h = \text{第1波長} * (2 * a + 1) / \{ 2 * (n - n_0) \}$ 、前記第2仕様高屈折率透明部では $h = \text{第2波長} * (2 * b + 1) / \{ 2 * (n - n_0) \}$ を満足することが好ましい。これにより、所望する波長帯域の回折光及び透過光を発生させることができる。ここで、 a 、 b は、同一の値であっても、異なる値であっても良い。

30

【0025】

上記において、前記 a 、 b は、0又は1であることが好ましい。 a 、 b が小さな値をとることにより、高屈折率透明部の厚さ方向の長さ h を短くすることができるので、光損失を低減でき、また、製作が容易となる。

40

【0026】

また、前記複数の高屈折率透明部は、赤仕様高屈折率透明部、緑仕様高屈折率透明部、及び青仕様高屈折率透明部からなることが好ましい。この場合、前記0次回折光、前記1次回折光、及び前記-1次回折光を含む面と前記基板の表面との交線に平行な第1方向において、前記赤仕様高屈折率透明部、前記緑仕様高屈折率透明部、及び前記青仕様高屈折率透明部の順の並び、または前記赤仕様高屈折率透明部、前記青仕様高屈折率透明部、及び前記緑仕様高屈折率透明部の順の並びが繰り返して配置されていることが好ましい。更に、前記複数の高屈折率透明部のそれぞれに対応する3つの前記光検出器が前記第1方向に沿って配置されており、前記第1方向に沿って配置された前記3つの光検出器のうちの両外側の2つの光検出器は、前記3つの光検出器に対応する高屈折率透明部に対して前記

50

第1方向において互いに隣り合う2つの高屈折率透明部にも対応していることが好ましい。これにより、3つの色の補色の色分離と検出とが可能となる。

【0027】

上記の場合において、前記第1方向に沿って配置された前記複数の高屈折率透明部の列における前記赤仕様高屈折率透明部、前記緑仕様高屈折率透明部、及び前記青仕様高屈折率透明部の前記第1方向の位置が、前記第1方向と直交する第2方向において互いに隣り合う2つの列間で前記第1方向の配置ピッチ分だけ位置ずれしていることが好ましい。これにより、モアレの発生を抑えることができる。

【0028】

また、前記複数の高屈折率透明部は、赤仕様高屈折率透明部、緑仕様高屈折率透明部、及び青仕様高屈折率透明部からなることが好ましい。この場合、前記0次回折光、前記1次回折光、及び前記-1次回折光を含む面と前記基板の表面との交線に平行な第1方向において、前記赤仕様高屈折率透明部、前記緑仕様高屈折率透明部、及び前記青仕様高屈折率透明部のうちの2つが交互に配置されていることが好ましい。更に、前記複数の高屈折率透明部のそれぞれに対応する3つの前記光検出器が前記第1方向に沿って配置されており、前記第1方向に沿って配置された前記3つの光検出器のうちの両外側の2つの光検出器は、前記3つの光検出器に対応する高屈折率透明部に対して前記第1方向において互いに隣り合う2つの高屈折率透明部にも対応していることが好ましい。これにより、3つの色の補色の色分離と検出とが可能となる。

【0029】

また、前記0次回折光、前記1次回折光、及び前記-1次回折光を含む面と前記基板の表面との交線に平行な第1方向に沿って配置された前記高屈折率透明部の列における前記高屈折率透明部の前記第1方向の位置が、前記第1方向と直交する第2方向において互いに隣り合う2つの列間で前記第1方向の配置ピッチの半分だけ位置ずれしていることが好ましい。これにより、被写体からの光の利用効率を更に向上させることができる。

【0030】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。これらの図において従来例と共通する要素には、同一の符号を付している。

【0031】

図1Aは、本発明の一実施形態に係る撮像装置の概略構成を示した側面図である。自然光等の光が物体1に入射し、これを反射した光は、レンズ系2によりCCDやCMOS等の光検出装置4上に像3を形成する。レンズ系2は、一般には光学性能を確保するために光軸に沿って並んだ複数のレンズを組み合わせる構成されるが、図1Aでは図面を簡略化して単一のレンズとして描かれている。以下の説明の便宜のために、光検出装置4の光検出面（または後述する基板5の表面）の法線方向軸をZ軸、光検出面に平行な垂直方向軸をX軸、光検出面に平行な水平方向軸をY軸とするXYZ直交座標系を設定する。

【0032】

図1Bは、光検出装置4の概略構成を示した図であり、図1Aの部分1Bの拡大断面図である。複数のフォトディテクター6が形成された検出基板5上に、SiO₂等からなる低屈折率の透明バッファ層7、SiN等からなる高屈折率の透明バッファ層8、SiO₂等からなる低屈折率透明層12、複数のマイクロレンズ10がこの順で積層されている。低屈折率透明層12内には、SiN等からなる複数の高屈折率透明部13が埋め込まれている。透明バッファ層7の透明バッファ層8と接する表面7aには、各マイクロレンズ10の中心軸上で透明バッファ層7の膜厚が小さくなるような凹凸構造が形成されている。一方、透明バッファ層8の低屈折率透明層12と接する表面8aは平坦である。

【0033】

マイクロレンズ10はX軸方向に平行な複数の直線及びY軸方向に平行な複数の直線によって形成される直交格子の各交点位置に配置されている。高屈折率透明部13はマイクロレンズ10と一対一に対応し、各マイクロレンズ10の中心軸上に1つの高屈折率透明

10

20

30

40

50

部 1 3 が配置されている。フォトディテクター 6 も、X 軸方向に平行な複数の直線及び Y 軸方向に平行な複数の直線によって形成される直交格子の各交点位置に配置されている。X 軸方向（図 1 B の紙面の上下方向）に隣り合う各マイクロレンズ 1 0 の中心軸はひとつおきにフォトディテクター 6 の中心を通過する。Y 軸方向（図 1 B の紙面に直交する方向）に隣り合う各マイクロレンズ 1 0 の中心軸は、隣り合う各フォトディテクター 6 の中心を通過する（後述する図 5 参照）。

【 0 0 3 4 】

マイクロレンズ 1 0 は、光線 1 1 a ' のようにマイクロレンズ 1 0 の中心軸に対してシフトして入射する光を屈折させてフォトディテクター 6 に導く働きをなす。透明バッファ層 7 の表面 7 a の凹凸構造もレンズ効果を有し、フォトディテクター 6 の中心から外れた方向に向かう発散光 1 1 b ' を屈折させてフォトディテクター 6 に導く働きをなす。更に、高屈折率透明部 1 3 は導波路の働きをなすので、マイクロレンズ 1 0 の中心軸に対して傾いた光が入射すると、その光の伝搬方位を矯正し、フォトディテクター 6 に導く働きをなす。

【 0 0 3 5 】

高屈折率透明部 1 3 は、Y 軸方向（図 1 B の紙面に垂直な方向）に連続する板状、または、Y 軸方向のマイクロレンズ 1 0 の配置位置に一对一に対応して分離された柱状をなす。高屈折率透明部 1 3 が柱状の場合、その Y 軸方向寸法は X 軸方向寸法の 2 ~ 3 倍以上である。高屈折率透明部 1 3 は、その幅（X 軸方向寸法） w 及び長さ（光検出装置 4 の厚さ方向、即ち Z 軸方向の寸法） h が異なる赤仕様高屈折率透明部 1 3 R、緑仕様高屈折率透明部 1 3 G、青仕様高屈折率透明部 1 3 B から構成され、これらがこの順で X 軸方向に繰り返して周期的に配置されている。赤仕様高屈折率透明部 1 3 R は幅 w_R 、長さ h_R を有し、緑仕様高屈折率透明部 1 3 G は幅 w_G 、長さ h_G を有し、青仕様高屈折率透明部 1 3 B は幅 w_B 、長さ h_B を有する。赤仕様高屈折率透明部 1 3 R に入射した光 1 1 R は、赤仕様高屈折率透明部 1 3 R を出射する際に垂直方向面（XZ 面）内において 0 次回折光 R_0 、1 次回折光 R_1 、- 1 次回折光 R_{-1} に分離し、それぞれフォトディテクター 6 R、6 R G、6 B R で検出される。緑仕様高屈折率透明部 1 3 G に入射した光 1 1 G は、緑仕様高屈折率透明部 1 3 G を出射する際に垂直方向面（XZ 面）内において 0 次回折光 G_0 、1 次回折光 G_1 、- 1 次回折光 G_{-1} に分離し、それぞれフォトディテクター 6 G、6 G B、6 R G で検出される。青仕様高屈折率透明部 1 3 B に入射した光 1 1 B は、青仕様高屈折率透明部 1 3 B を出射する際に垂直方向面（XZ 面）内において 0 次回折光 B_0 、1 次回折光 B_1 、- 1 次回折光 B_{-1} に分離し、それぞれフォトディテクター 6 B、6 B R、6 G B で検出される。0 次回折光、1 次回折光、及び - 1 次回折光の各光分布が互いにはっきりと分離するためには、高屈折率透明部 1 3 の先端とフォトディテクター 6 との間に $1 \mu\text{m}$ 以上の間隔が設けられることが好ましい。

【 0 0 3 6 】

図 2 は、本実施形態の撮像用光検出装置において、高屈折率透明部 1 3 によって回折光が発生する原理を説明する図である。高屈折率透明部 1 3 は幅（X 軸方向寸法） w 、長さ（Z 軸方向寸法） h の Y 軸方向（図 2 の紙面に垂直な方向）に延びた板状とする。高屈折率透明部 1 3 の屈折率を n 、その周囲の低屈折率透明層 1 2 の屈折率を n_0 とする。マイクロレンズ 1 0 を経て高屈折率透明部 1 3 に入射する光 1 1 の波面を平面波 1 5 とすると、この光 1 1 が高屈折率透明部 1 3 及びその周囲の低屈折率透明層 1 2 を透過することで、出射した光の波面 1 6 には次式で示す位相シフト d が発生する（真空中での長さに換算）。

【 0 0 3 7 】

$$(式 1) \quad d = h(n - n_0)$$

この位相シフトにより出射光は 0 次回折光 D_0 、1 次回折光 D_1 、- 1 次回折光 D_{-1} に回折する。このときの回折効率は、位相シフト d と高屈折率透明部 1 3 の幅 w （すなわち入射光 1 1 の光分布 1 4 の広がりに対する高屈折率透明部 1 3 の断面の面積占有率）の大小により決まる。

10

20

30

40

50

【0038】

赤波長を R 、緑波長を G 、青波長を B とすると、本実施形態では、赤仕様で $d = 1.5 R$ 、緑仕様で $d = 1.5 G$ 、青仕様で $d = 1.5 B$ となるように高屈折率透明部 13 の寸法が設定されている。すなわち、高屈折率透明部 13 の長さが次のように決められている。

【0039】

$$(式2) \quad h_R = 1.5 R / (n - n_0)$$

$$(式3) \quad h_G = 1.5 G / (n - n_0)$$

$$(式4) \quad h_B = 1.5 B / (n - n_0)$$

(式2)より、赤仕様高屈折率透明部 13 Rでは赤波長 R の光は 1.5 波長分の位相シフト、緑波長 G の光は $1.5 * (R / G)$ 波長分の位相シフト、青波長 B の光は $1.5 * (R / B)$ 波長分の位相シフトが発生する。 $R = 0.65 \mu\text{m}$ 、 $G = 0.54 \mu\text{m}$ 、 $B = 0.45 \mu\text{m}$ とすると、緑波長 G の光、青波長 B の光ではそれぞれ 1.81 波長分、 2.17 波長分の位相シフトとなる。光は波であるので整数分の位相シフトはゼロと等価である。従って、各色の位相シフトから整数分を省くと、赤波長の光は 0.5 波長の位相シフト、緑波長の光及び青波長の光はいずれも 0.2 波長以下の位相シフトとなる。従って、赤波長の光は強く回折し、その 0 次回折光 D_0 がゼロになり、そのエネルギーが 1 次回折光 D_1 及び -1 次回折光 D_{-1} に配分される。一方、緑波長の光及び青波長の光の回折は弱く、その 1 次回折光 D_1 及び -1 次回折光 D_{-1} が小さく、大半のエネルギーが 0 次回折光 D_0 に配分される。

10

20

【0040】

(式3)より、緑仕様高屈折率透明部 13 Gでは赤波長 R の光は $1.5 * (G / R)$ 波長分の位相シフト、緑波長 G の光は 1.5 波長分の位相シフト、青波長 B の光は $1.5 * (G / B)$ 波長分の位相シフトが発生する。 $R = 0.65 \mu\text{m}$ 、 $G = 0.54 \mu\text{m}$ 、 $B = 0.45 \mu\text{m}$ とすると、赤波長 R の光、青波長 B の光ではそれぞれ 1.25 波長分、 1.80 波長分の位相シフトとなる。各色の位相シフトから整数分を省くと、緑波長の光は 0.5 波長の位相シフト、赤波長の光及び青波長の光はいずれも 0.25 波長以下の位相シフトとなる。従って、緑波長の光は強く回折し、 0 次回折光 D_0 がゼロになり、そのエネルギーが 1 次回折光 D_1 及び -1 次回折光 D_{-1} に配分される。一方、赤波長の光及び青波長の光の回折は弱く、その 1 次回折光 D_1 及び -1 次回折光 D_{-1} が小さく、大半のエネルギーが 0 次回折光 D_0 に配分される。

30

【0041】

(式4)より、青仕様の高屈折率透明部 13 では赤波長 R の光は $1.5 * (B / R)$ 波長分の位相シフト、緑波長 G の光は $1.5 * (B / G)$ 波長分の位相シフト、青波長 B の光は 1.5 波長分の位相シフトが発生する。 $R = 0.65 \mu\text{m}$ 、 $G = 0.54 \mu\text{m}$ 、 $B = 0.45 \mu\text{m}$ とすると、赤波長 R の光、緑波長 G の光ではそれぞれ 1.04 波長分、 1.25 波長分の位相シフトとなる。各色の位相シフトから整数分を省くと、青波長の光は 0.5 波長の位相シフト、赤波長の光及び緑波長の光はいずれも 0.25 波長以下の位相シフトとなる。従って、青波長の光は強く回折し、 0 次回折光 D_0 がゼロになり、そのエネルギーが 1 次回折光 D_1 及び -1 次回折光 D_{-1} に配分される。一方、赤波長の光及び緑波長の光の回折は弱く、その 1 次回折光 D_1 及び -1 次回折光 D_{-1} が小さく、大半のエネルギーが 0 次回折光 D_0 に配分される。

40

【0042】

従って、図1Bに於いて、フォトディテクター $6R^-$ には赤以外（緑と青、すなわちシアン）の光、 $6G^-$ には緑以外（赤と青、すなわちマゼンタ）の光、 $6B^-$ には青以外（赤と緑、すなわちイエロー）の光が入射し、フォトディテクター $6GB$ には緑と青（すなわちシアン）の光、 $6BR$ には青と赤（すなわちマゼンタ）の光、 $6RG$ には赤と緑（すなわちイエロー）の光が入射する。

【0043】

図3A及び図4Aは、本実施形態の撮像用光検出装置において、マイクロレンズ10か

50

ら赤仕様高屈折率透明部 13R を介してフォトディテクター 6 に伝搬する光の強度分布図を示した図であり（高屈折率透明部から出射後の強度分布のみを表示）、図 3B 及び図 4B は、フォトディテクター 6 上に投影された光の強度分布を示した図である。ここでは、高屈折率透明部として赤仕様高屈折率透明部 13R を用いた場合を例示しており、その幅 $w = 0.35 \mu\text{m}$ 、長さ $h = 1.8 \mu\text{m}$ とした。赤仕様高屈折率透明部 13R の終端は高屈折率の透明バッファ層 8 の平坦面 8a（図 1A 参照）に接し、マイクロレンズ 10 の中心軸上において、マイクロレンズの厚さを $0.3 \mu\text{m}$ 、低屈折の透明バッファ層 7 の膜厚を $1.5 \mu\text{m}$ 、高屈折率の透明バッファ層 8 の膜厚を $0.4 \mu\text{m}$ とした。マイクロレンズ 10 と透明バッファ層 7 及び低屈折率透明層 12 の屈折率は n_0 で同一、透明バッファ層 8 及び高屈折率透明部 13R の屈折率は n で同一とした。図 3A 及び図 3B は光の波長 $\lambda = 0.65 \mu\text{m}$ （赤波長）、 $n = 2.020$ 、 $n_0 = 1.454$ の条件、図 4A 及び図 4B は光の波長 $\lambda = 0.50 \mu\text{m}$ （青緑波長）、 $n = 2.212$ 、 $n_0 = 1.461$ の条件での、マイクロレンズ 10 にその中心軸に沿って入射する光の波動計算結果である。図 3A 及び図 3B では赤波長（ $\lambda = 0.65 \mu\text{m}$ ）の光が強く回折して、0 次回折光がゼロになり、そのエネルギーが ± 1 次回折光に配分されており、図 4A 及び図 4B では青緑波長（ $\lambda = 0.50 \mu\text{m}$ ）の光の回折が弱く、 ± 1 次回折光が小さく、大半のエネルギーが 0 次回折光に配分されていることが分かる。

10

【0044】

図 5 は、本実施形態の撮像用光検出装置の光検出面を含む構成要素の拡大平面図である。Y 軸方向に隣り合うフォトディテクター 6 間には、X 軸方向に延びる信号配線である複数の垂直転送 CCD 17 が設けられており、複数の垂直転送 CCD 17 は Y 軸方向に延びる信号配線である水平転送 CCD 18 と接続されている。

20

【0045】

マイクロレンズ 10 で集光された光は、その真下に位置する高屈折率透明部 13R、13G、13B を透過し、回折することで XZ 面内で波長毎に分別され、フォトディテクター 6R⁻、6G⁻、6B⁻、6GB、6BR、6RG により受光され光電変換される。各フォトディテクターに蓄積した電荷は垂直転送 CCD 17 に送られ、さらに水平転送 CCD 18 に送られて、画像信号として出力される。

【0046】

X 軸方向においては、高屈折率透明部 13R、13G、13B がこの順に並び、この並びが繰り返して配置されている。X 軸方向に沿った高屈折率透明部の列における高屈折率透明部の配置ピッチは一定である。このようにして X 軸方向に沿って配置された高屈折率透明部の列は、X 軸方向に 1 ピッチずつ位置ずれしながら、Y 軸方向に配置されている。その結果、Y 軸方向においても、高屈折率透明部 13R、13G、13B がこの順に並び、この並びが繰り返して配置されている。

30

【0047】

フォトディテクター 6R⁻、6G⁻、6B⁻ はそれぞれ高屈折率透明部 13R、13G、13B の真下（即ち、各マイクロレンズ 10 の中心軸上）に配置されている。さらに、X 軸方向において、フォトディテクター 6R⁻、6G⁻ 間にフォトディテクター 6RG が配置され、フォトディテクター 6G⁻、6B⁻ 間にフォトディテクター 6GB が配置され、フォトディテクター 6B⁻、6R⁻ 間にフォトディテクター 6BR が配置されている。フォトディテクター 6R⁻、6G⁻、6B⁻ の幅（X 軸方向寸法） w_1 はフォトディテクター 6GB、6BR、6RG の幅（X 軸方向寸法） w_2 と同一でも異なっていても良いが、0 次回折光に比べ ± 1 次回折光ではそのスポットが広がりやすいことから $w_2 > w_1$ であることが好ましい。

40

【0048】

図 9B に示した従来の撮像用光検出装置では、赤、緑、青の 3 色の画像情報を取り込み、それを組み合わせてカラー画像を作成していた。これに対して、本実施形態では 3 原色の補色にあたるシアン、マゼンタ、イエローの 3 つの画像情報を取り込み、それを組み合わせてカラー画像を作成する。シアンの信号はフォトディテクター 6R⁻、6GB から検

50

出され、マゼンタの信号はフォトディテクター 6 G⁻、6 B R から検出され、イエローの信号はフォトディテクター 6 B⁻、6 R G から検出される。

【 0 0 4 9 】

上述したように、図 9 B に示した従来の撮像用光検出装置では光の色分離を赤、緑、青の 3 色のうちの 2 色を選択的に吸収する色フィルター 9 により行っていたので、色フィルター 9 により 7 ~ 8 割の光が吸収されていた。これに対して、本実施形態の撮像用光検出装置では、光の色分離を光の吸収ではなく、光の回折を利用して行っているため、光の全エネルギーを活用できる。従って、本実施形態では、光の利用効率が従来の 3 ~ 4 倍に向上する。

【 0 0 5 0 】

また、図 9 B に示した従来の撮像用光検出装置では、マイクロレンズ 1 個で 1 つの色の情報を検出していた。これに対して、本実施形態の撮像用光検出装置では、マイクロレンズ 1 個で 2 種類の色情報を検出する。従って、マイクロレンズ 10 のサイズを一定にして比較すると、本実施形態では従来に比べ画素密度を 2 倍にすることが可能となる。

【 0 0 5 1 】

更に、図 1 2 に示した従来の光検出装置では、光の色分離を行うためにプリズムの分散特性を利用するので分光の作用（屈折角の波長による差）が小さいという問題があった。これに対して、本実施形態の撮像用光検出装置では、光の波面に発生する位相シフトを利用するので分光の作用（回折角の波長による差）が大きい。従って、図 3 B 及び図 4 B に示したように、高屈折率透明部の先端と光検出面との間隔を僅か 1 ~ 2 μm に設定すれば、0 次光（補色）と ± 1 次光（源色）の 3 つのスポット間に 0 . 5 μm 以上の変位を与えることができ、試作する上で十分現実的な寸法といえる。

【 0 0 5 2 】

図 6 A は本実施形態の撮像用光検出装置のフォトディテクターの配置の一例を示した図であり、これは図 5 に示した配置と同一である。図 6 A は多数のフォトディテクターの一部の配置を拡大して示している。一点鎖線で示す任意の位置の矩形枠 1 9 内に含まれる 2 個（X 軸方向） \times 2 個（Y 軸方向）の 4 個のフォトディテクターからは 3 原色の補色の信号を必ず検出することができる。従って、矩形枠 1 9 内の 4 個のフォトディテクターでカラーの画像情報を検出する一画素を構成することができ、この画素を光検出装置の光検出面の全領域に形成することができる。

【 0 0 5 3 】

任意の位置の矩形枠 1 9 内に含まれる 2 個（X 軸方向） \times 2 個（Y 軸方向）の 4 個のフォトディテクターから 3 原色の補色の信号を検出することができるようなフォトディテクターの配置は、図 6 A に限定されない。

【 0 0 5 4 】

例えば、X 軸方向において、高屈折率透明部 1 3 R , 1 3 B , 1 3 G の順の並びを繰り返して配置することで、図 6 A と異なるフォトディテクターの配置を実現できる。

【 0 0 5 5 】

あるいは、X 軸方向において高屈折率透明部 1 3 R , 1 3 G , 1 3 B のうちの 2 つを交互に配置し、且つ、Y 軸方向において高屈折率透明部 1 3 R , 1 3 G , 1 3 B の順の並びを繰り返して配置しても良い。図 6 B は、高屈折率透明部 1 3 R , 1 3 G , 1 3 B をこのように配置した場合のフォトディテクターの配置を示す。この場合も、一点鎖線で示す任意の位置の矩形枠 1 9 内に含まれる 2 個（X 軸方向） \times 2 個（Y 軸方向）の 4 個のフォトディテクターからは 3 原色の補色の信号を必ず検出することができる。なお、X 軸方向において高屈折率透明部 1 3 R , 1 3 G , 1 3 B のうちの 2 つを交互に配置し、且つ、Y 軸方向において高屈折率透明部 1 3 R , 1 3 B , 1 3 G の順の並びを繰り返して配置しても良い。

【 0 0 5 6 】

X 軸方向に沿ったマイクロレンズ及び高屈折率透明部の各列を構成するマイクロレンズ及び高屈折率透明部の X 軸方向の位置を、Y 軸方向に隣り合う列間で X 軸方向の配置ピッ

10

20

30

40

50

チの半分だけずらしてもよい。このように配置された本発明の撮像用光感出装置の拡大平面図の一例を図7に示す。図7は、図5に示したマイクロレンズ及び高屈折率透明部のX軸方向の位置をY軸方向に隣り合う列間でX軸方向に0.5ピッチずつ順にずらしたものである。マイクロレンズ及び高屈折率透明部の位置ずれに応じてフォトディテクターのX軸方向の位置もずれている。図7のように配置することで、Z軸と平行に見たとき円形であるマイクロレンズをハニカム状に配置することができる。従って、マイクロレンズ及び高屈折率透明部のY軸方向の配置ピッチを小さくして、被写体からの光の利用効率を更に高めることができる。図7は図5に示した配置の変形例を示したが、図5以外の配置についても同様に配置することができる。

【0057】

上記の実施形態では、位相シフト d を、赤仕様で $d = 1.5 R$ 、緑仕様で $d = 1.5 G$ 、青仕様で $d = 1.5 B$ となるように各高屈折率透明部13R, 13G, 13Bを設定した。この条件が高屈折率透明部13R, 13G, 13Bのベストな組み合わせであると思われるが、本発明はこれに限定されない。例えば、高屈折率透明部13R, 13G, 13Bのうちの少なくとも1つが、 $d = (0 \text{ 以上の整数} + 0.5) \times$ となるように設定しても良い(は R、 G、 Bのいずれか)。

【0058】

すなわち、高屈折率透明部13の長さが、(式2)、(式3)、(式4)に代えて、 a , b , c を0以上の整数として次のように決められていても良い。

【0059】

$$(式5) \quad h_R = R * (2 * a + 1) / \{ 2 * (n - n_0) \}$$

$$(式6) \quad h_G = G * (2 * b + 1) / \{ 2 * (n - n_0) \}$$

$$(式7) \quad h_B = B * (2 * c + 1) / \{ 2 * (n - n_0) \}$$

例えば、(式3)の代わりに次式

$$(式6') \quad h_G = 2.5 G / (n - n_0)$$

を採用すると、緑仕様高屈折率透明部13Bでは赤波長 Rの光は $2.5 * (G / R)$ 波長分の位相シフト、緑波長 Gの光は 2.5 波長分の位相シフト、青波長 Bの光は $2.5 * (G / B)$ 波長分の位相シフトが発生する。R = $0.65 \mu\text{m}$ 、G = $0.54 \mu\text{m}$ 、B = $0.45 \mu\text{m}$ とすると、赤波長 Rの光、青波長 Bの光ではそれぞれ 2.08 波長分、 3.0 波長分の位相シフトとなる。各色の位相シフトからの整数分を省くと、緑波長の光は 0.5 波長の位相シフト、赤波長の光及び青波長の光はいずれも 0.1 波長以下の位相シフトとなる。従って、緑波長の光は強く回折し、0次回折光 D_0 がゼロになり、そのエネルギーが1次回折光 D_1 及び-1次回折光 D_{-1} に配分される。一方、赤波長の光及び青波長の光の回折は極めて弱く、その1次回折光 D_1 及び-1次回折光 D_{-1} がほぼゼロで、ほとんどのエネルギーが0次回折光 D_0 に配分される。

【0060】

上記の実施形態では、可視光領域の光を赤、緑、青の3原色の補色に分離するために、赤仕様、緑仕様、及び青仕様の3種類の高屈折率透明部を用いる例を示した。しかしながら、本発明はこれに限定されない。

【0061】

例えば、上記3種類の高屈折率透明部に加えて、更に別の波長(例えば赤外光の波長)に対応した1種類以上の高屈折率透明部を追加しても良い。あるいは、赤仕様、緑仕様、及び青仕様の高屈折率透明部のうちのいずれか1つ以上を3原色以外の波長(例えば赤外光の波長)に対応した高屈折率透明部に変更しても良い。

【0062】

更に、高屈折率透明部の仕様の種類数を3つ以上にするのではなく、例えば2つにすることもできる。この場合、第1波長(例えば赤外光の波長)を1、第2波長(緑色光の波長)を2、 a , b を0以上の整数とすると、位相シフト d が、第1波長に対応した第1仕様高屈折率透明部で $1 * (a + 1 / 2)$ 、第2仕様に対応した第2仕様高屈折率透明部で $2 * (b + 1 / 2)$ となるように第1仕様及び第2仕様高屈折率透明部の寸法が

10

20

30

40

50

設定されることが好ましい。即ち、第1仕様及び第2仕様高屈折率透明部の長さ方向の長さ h_1 , h_2 が以下のように設定されることが好ましい。

【0063】

$$(式8) \quad h_1 = 1 * (2 * a + 1) / \{2 * (n - n_0)\}$$

$$(式9) \quad h_2 = 2 * (2 * b + 1) / \{2 * (n - n_0)\}$$

この場合も、上記の実施形態と同様に、 a , b が小さな値（例えば0又は1）をとるほど、高屈折率透明部の長さを短くできるので、光損失を低減することができ、また、製作が容易となる。

【0064】

また、上記の実施形態では各高屈折率透明部13は図2に示すように幅 w がZ軸方向において一定である形状を有していたが、図8Aに示すように異なる2つの幅 w , w' を有する形状であってもよく、図8Bに示すように異なる3つ以上の幅を有する形状であっても良い。更に、図8Cに示すように、Z軸方向において幅が徐々に狭くなる（又は広くなる）形状であっても良い。また、図8Dに示すように、高屈折率透明部13が、割り箸のようにフォトディテクター側において幅方向に2つ以上に分岐していてもよい。Y軸方向に隣り合う高屈折率透明部13は長さ h （Z軸方向の寸法）を変えながら互いに一部で連続していてもよく、完全に独立（分断）していてもよい。独立している場合には、隣り合う高屈折率透明部間には低屈折率透明層12が充填される。

10

【0065】

また、上記の実施形態では、Z軸方向において、高屈折率透明部13がマイクロレンズ10の下面と接していたが、高屈折率透明部13とマイクロレンズ10とは離間していてもよい。この場合、両者間には低屈折率透明層12が設けられてもよい。

20

【0066】

高屈折率透明部13は、入射した光をその広がりを抑えながらフォトディテクター側に導くという導波路としての機能を有するので、条件によってはこれと類似の機能を有するマイクロレンズ10を省略することも可能である。ただし、高屈折率透明部13はY軸方向に延設されているので、Y軸方向には導波路としての効果が少ない。従って、高屈折率透明部13にマイクロレンズ10の代用をさせるには、少なくとも高屈折率透明部13および低屈折率透明層12の入射側表面に、高屈折率透明部の列ごとにX軸方向を中心軸方向とするシリンダリカル面を形成することが好ましい。

30

【0067】

さらに、上記の実施形態では透明バッファ層7の透明バッファ層8と接する表面7aに凹凸構造を形成してレンズ効果を発揮させることで、フォトディテクター6の中心から外れた方向に向かう発散光11b'を屈折させてフォトディテクター6に導いていた。この作用を、高屈折率透明部13のフォトディテクター6側端に、図8Eのレンズ形状13aや図8Fのレンズ形状13bを形成することで、高屈折率透明部13に行わせることが出来る。これにより、透明バッファ層7の表面7aの凹凸構造や高屈折率の透明バッファ層8を省略し、バッファ層7, 8を単層の透明バッファ層に置き換えることが出来る。

【0068】

上記の実施形態では、フォトディテクター6がX軸方向及びY軸方向に沿って2次元状に配列されていたが、1次元状に配列されていてもよい。この場合、マイクロレンズ10及び高屈折率透明部13も、フォトディテクター6の配列方向に沿って1次元状に配列される。

40

【0069】

上記の実施形態では、分光しようとする波長に応じて高屈折率透明部のサイズ（長さ h ）を異ならせていたが、高屈折率透明部の屈折率や形状を異ならせても良く、その場合も上記の実施形態と同様に位相シフトを発生させて所望する波長の光を分光することができる。

【0070】

50

上記の実施形態では、高屈折率透明部 13 の材料として SiN を用いる例を示したが、本発明はこれに限定されず、例えば酸化タンタルや酸化チタン等の高屈折率材料や、低屈折率透明層 12 に対して 0.2 以上の屈折率差を確保できるのであればポリイミド樹脂等の樹脂材料やナノコンポジット等を用いることもできる。

【0071】

図 9B 及び図 11 に示した従来の光検出装置の受光領域には、実際にはマイクロレンズとフォトディテクターとの間に金属配線などの遮光部が存在するため、受光領域に入射した光の一部は遮光部によって遮られてしまう。これは、上記の実施形態に示した光検出装置でも同様である。しかしながら、最近、金属配線の影響を受けずに受光領域の全面で受光できる裏面照射型の固体撮像素子が開発されている。光の回折を利用して色分離を行うことで光利用効率を高めることができる本発明の光検出装置を、上記の裏面照射型の固体撮像素子に適用すると、光利用効率を更に向上させることができ、効果的であると考えられる。

10

【0072】

以上に説明した実施の形態は、いずれもあくまでも本発明の技術的内容を明らかにする意図のものであって、本発明はこのような具体例にのみ限定して解釈されるものではなく、その発明の精神と請求の範囲に記載する範囲内でいろいろと変更して実施することができ、本発明を広義に解釈すべきである。

【産業上の利用可能性】

【0073】

本発明の利用分野は特に制限はなく、物体の像を撮影するための、小型且つ高解像度の撮像用光検出装置として広範囲に利用することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図 1A】図 1A は、本発明の一実施形態に係る撮像装置の概略構成を示した側面図である。

【図 1B】図 1B は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置の概略構成を示した図であり、図 1A の部分 1B の拡大断面図である。

【図 2】図 2 は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置において、高屈折率透明部によって回折光が発生する原理を説明する図である。

30

【図 3A】図 3A は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置において、赤仕様高屈折率透明部を介してマイクロレンズからフォトディテクターに伝搬する赤波長の光の強度分布を示した図である。

【図 3B】図 3B は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置において、赤仕様高屈折率透明部を介してフォトディテクター上に投影された赤波長の光の強度分布を示した図である。

【図 4A】図 4A は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置において、赤仕様高屈折率透明部を介してマイクロレンズからフォトディテクターに伝搬する青緑波長の光の強度分布を示した図である。

【図 4B】図 4B は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置において、赤仕様高屈折率透明部を介してフォトディテクター上に投影された青緑波長の光の強度分布を示した図である。

40

【図 5】図 5 は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置の構成要素の平面配置を示した光検出面の拡大平面図である。

【図 6A】図 6A は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置において、フォトディテクターの配置の一例を示した図である。

【図 6B】図 6B は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置において、フォトディテクターの配置の別の例を示した図である。

【図 7】図 7 は、本発明の別の実施形態に係る撮像用光検出装置の構成要素の平面配置を示した光検出面の拡大平面図である。

50

【図 8 A】図 8 A は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置において、別の高屈折率透明部によって回折光が発生する原理を説明する図である。

【図 8 B】図 8 B は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置において、更に別の高屈折率透明部によって回折光が発生する原理を説明する図である。

【図 8 C】図 8 C は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置において、更に別の高屈折率透明部によって回折光が発生する原理を説明する図である。

【図 8 D】図 8 D は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置において、更に別の高屈折率透明部によって回折光が発生する原理を説明する図である。

【図 8 E】図 8 E は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置において、更に別の高屈折率透明部によって回折光が発生する原理を説明する図である。

【図 8 F】図 8 F は、本発明の一実施形態に係る撮像用光検出装置において、更に別の高屈折率透明部によって回折光が発生する原理を説明する図である。

【図 9 A】図 9 A は、従来の撮像装置の概略構成を示した側面図である。

【図 9 B】図 9 B は、従来の撮像用光検出装置の概略構成を示した図であり、図 8 A の部分 9 B の拡大断面図である。

【図 10】図 10 は、従来の撮像用光検出装置に用いられる 3 種の色フィルタの分光感度特性を示した図である。

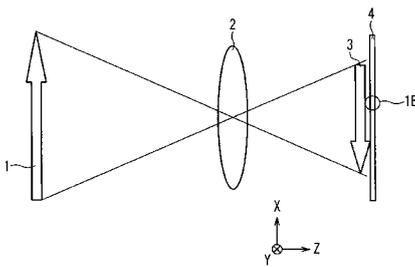
【図 11】図 11 は、従来の撮像用光検出装置の構成要素の平面配置を示した光検出面の拡大平面図である。

【図 12】図 12 は、マイクロプリズムを用いて色分離を行う従来の光検出装置の原理を示した図である。

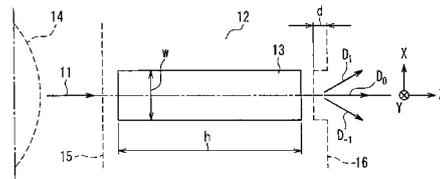
10

20

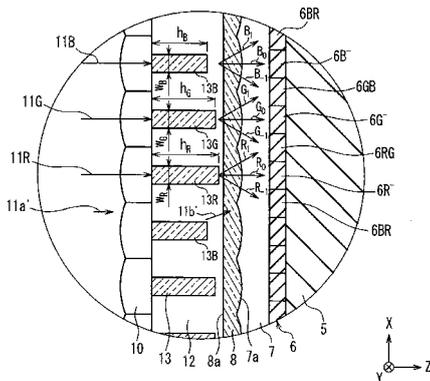
【図 1 A】



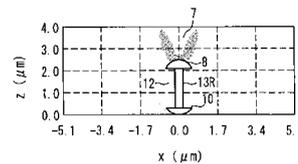
【図 2】



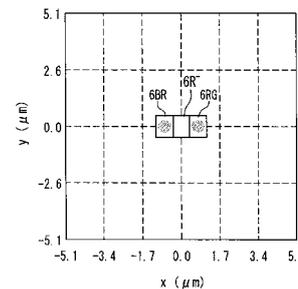
【図 1 B】



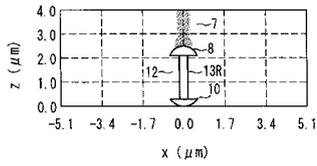
【図 3 A】



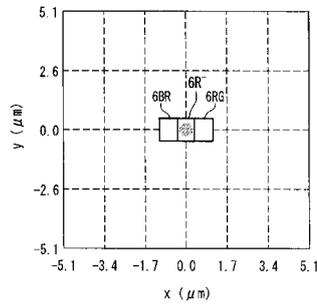
【図 3 B】



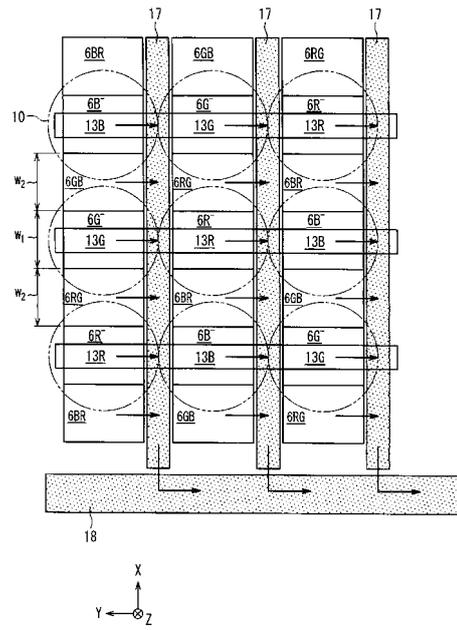
【 図 4 A 】



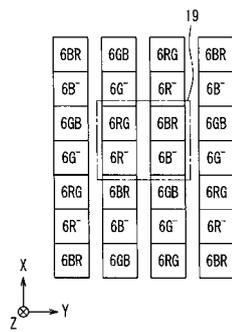
【 図 4 B 】



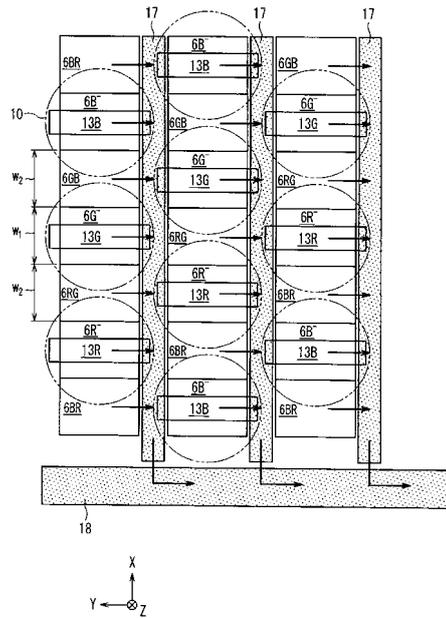
【 図 5 】



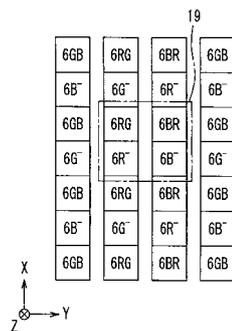
【 図 6 A 】



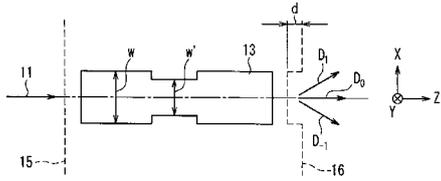
【 図 7 】



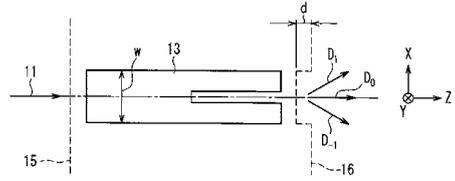
【 図 6 B 】



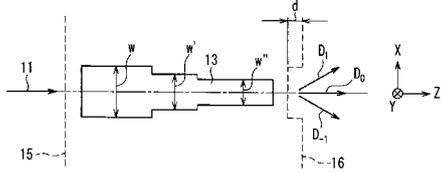
【図 8 A】



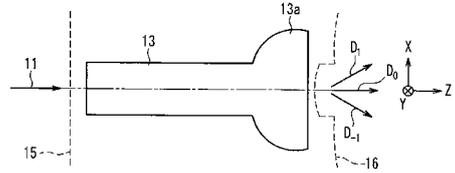
【図 8 D】



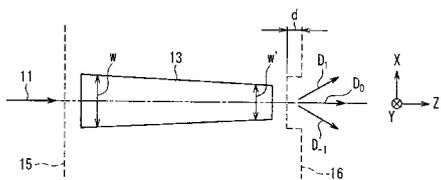
【図 8 B】



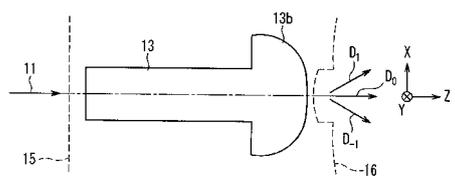
【図 8 E】



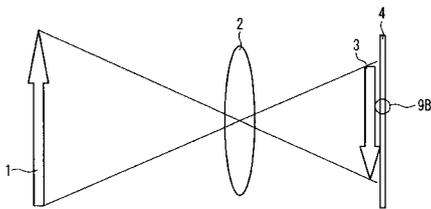
【図 8 C】



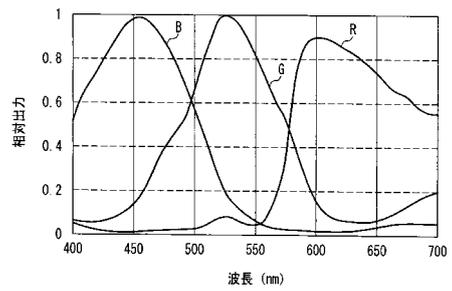
【図 8 F】



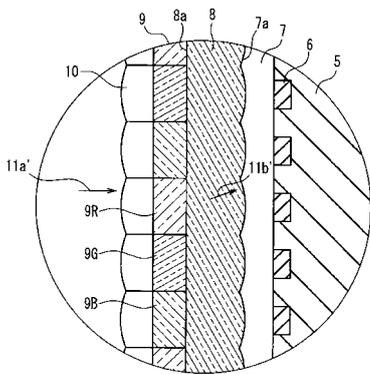
【図 9 A】



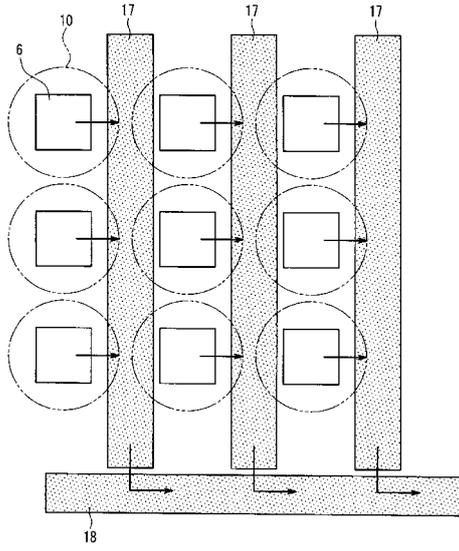
【図 10】



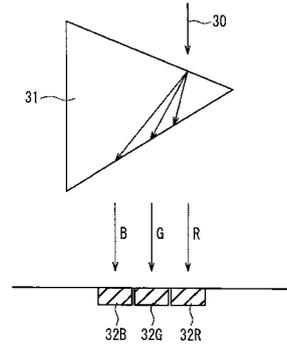
【図 9 B】



【 1 1 】



【 1 2 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005 - 167356 (JP, A)
特開平10 - 163465 (JP, A)
特開平04 - 145662 (JP, A)
特開2005 - 251804 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27/14

H04N 5/335