

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4984528号
(P4984528)

(45) 発行日 平成24年7月25日(2012.7.25)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

(51) Int.Cl.		F I			
GO2B	5/28	(2006.01)	GO2B	5/28	
HO4N	9/07	(2006.01)	HO4N	9/07	A
			HO4N	9/07	D

請求項の数 5 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2005-377052 (P2005-377052)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成17年12月28日(2005.12.28)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2007-178713 (P2007-178713A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成19年7月12日(2007.7.12)	(74) 代理人	110000925
審査請求日	平成20年9月5日(2008.9.5)		特許業務法人信友国際特許事務所
前置審査		(72) 発明者	戸田 淳
			東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		審査官	濱野 隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板の異なる深さに積層されて設けられている2つ以上の受光センサと、
前記2つ以上の受光センサに向けて入射する光の波長を、赤、緑及び青に対する補色から選択する誘電体多層膜から成る干渉フィルタとを備え、

前記フィルタが、選択する光の中心波長を、多層膜の各層の厚さをd、各層の屈折率をnとした場合、

$$d = \lambda / (4 \times n)$$

を満たす

撮像装置。

【請求項2】

前記フィルタを構成する多層膜は、窒化シリコン膜と酸化シリコン膜との組み合わせから成る請求項1記載の撮像装置。

【請求項3】

前記フィルタが赤に対する補色を選択する場合、窒化シリコン膜の厚さをd1、酸化シリコン膜の厚さをd2とすると

d1 = 81 nm、d2 = 110 nmで各々±10%の範囲に収まるよう構成されている請求項2記載の撮像装置。

【請求項4】

前記フィルタが緑に対する補色を選択する場合、窒化シリコン膜の厚さをd1、酸化シ

リコン膜の厚さを d_2 とすると

$d_1 = 67 \text{ nm}$ 、 $d_2 = 91 \text{ nm}$ で各々 $\pm 10\%$ の範囲に収まるよう構成されている

請求項 2 記載の撮像装置。

【請求項 5】

前記フィルタが青に対する補色を選択する場合、窒化シリコン膜の厚さを d_1 、酸化シリコン膜の厚さを d_2 とすると

$d_1 = 56 \text{ nm}$ 、 $d_2 = 76 \text{ nm}$ で各々 $\pm 10\%$ の範囲に収まるよう構成されている

請求項 2 記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、入射した光を受光センサによって取り込み電気信号に変換する撮像装置に関し、特に受光センサへ向かう光のうち特定波長を選択するフィルタを備えた撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

撮像装置であるイメージセンサにおいては、色フィルタを用いることで色を識別する機能を備えたものが現在の主流となっている。通常、色の三原色である赤、緑、青色の減色フィルタを用いることによって色を識別し、それぞれのフィルタの下に光を検出する半導体層を設けることで、フィルタを透過した三原色光をそれぞれ別に検出する。

20

【0003】

これに対し、近年では光の波長によって半導体の吸収係数が異なることを利用して色を識別するセンサが考えられている。これは、三原色光の吸収係数が青、緑、赤の順に小さくなることを利用して、Si（シリコン）半導体の表面から深さ方向に青、緑、赤色光を検出するための層を青、緑、赤の順に設けたものである（例えば、特許文献 1 参照。）。

【0004】

【特許文献 1】米国特許第 5965875 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

しかしながら、撮像装置として色フィルタ方式を用いる場合、カットされる光が多いため効率が悪い。特に赤、緑、青の三原色のフィルタを用いてそれぞれの色を識別する場合、光量はそれだけで $1/3$ 以下に落ちてしまう。また色別にセンサが必要であるために 1 つの画素に 3 つのセンサが必要となるので解像度が落ちる。その上、色フィルタが必要であるためにコストが高くなる。また色フィルタは通常、染料や顔料と高分子が用いられているので、高温状況や経時変化に弱く、耐光性にも問題がある。

【0006】

一方、波長による吸収係数の違いを利用した撮像装置では、理論上検知できる光量が低下しないものの、青色光を検知する層では赤色光や緑色光が通過するときにある程度吸収を受けるためにそれらの光が青色光として検知されてしまう（混色）。このために青の信号が本来ない場合でも緑や赤の信号が入ることで青にも信号が入ることになる。

40

【0007】

これを避けるために三原色全体で計算による信号処理で補正を行っている。しかしながら、例えば三元色のうちどれか一色が飽和するとその飽和した光の本来の値が判らなくなることによって計算に狂いが生じ、結果として本来の色とは異なるように信号を処理することになる。また、計算に必要な回路を別途必要となるのでコスト的に高くなる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明はこのような課題を解決するために成されたものである。すなわち、本発明は、基板の異なる深さに積層されて設けられている 2 つ以上の受光センサと、 2 つ以上の受光

50

センサに向けて入射する光の波長を、赤、緑及び青に対する補色から選択する誘電体多層膜から成る干渉フィルタとを備える。そして、このフィルタが、選択する光の中心波長を、多層膜の各層の厚さを d 、各層の屈折率を n とした場合、 $d = \lambda_0 / (4 \times n)$ を満たす撮像装置である。

【0009】

特に、本発明では、このフィルタの多層膜として、窒化シリコン膜 (Si_xN_y 膜：例えば、 Si_3N_4 膜) と酸化シリコン (SiO_x 膜：例えば、 SiO_2 膜) との組み合わせから成るものを用いている。このような多層膜、特に誘電体多層膜をフィルタとして用いることで、染料や顔料から成る色フィルタを用いる場合に比べて光の透過性に優れ、耐光性や耐久性、経時変化にも強いフィルタを実現できるようになる。

10

【0010】

また、上述のフィルタとして原色の波長を選択する原色フィルタを備えた撮像装置において、原色フィルタが、2つ以上の周期をもつ複数組の多層膜によって構成される。

【0011】

このような本発明では、2つ以上の周期をもつ複数組の多層膜によって原色フィルタが構成されているため、染料や顔料から成る色フィルタを用いる場合に比べて光の透過性に優れ、耐光性や耐久性、経時変化にも強いフィルタを実現できるようになる。

【0012】

また、本発明は、基板の異なる深さに設けられている2つ以上の受光センサと、この2つ以上の受光センサに向けて入射する光の波長を、赤、緑及び青に対する補色から選択する誘電体多層膜から成る干渉フィルタとを備える撮像装置である。

20

【0013】

このような本発明では、誘電体多層膜から成る干渉フィルタによって入射する光の波長を選択し、その選択された波長の光について基板の異なる深さに設けられた2つ以上の受光センサで基板深さによる波長選択機能によって各受光センサに対応した波長の光を受光する。このフィルタとして、誘電体多層膜から成る干渉フィルタを用いることから、染料や顔料から成る色フィルタを用いる場合に比べて光の透過性に優れ、耐光性や耐久性、経時変化にも強いフィルタを実現できるようになる。

【発明の効果】

【0014】

したがって、本発明によれば、光電変換による混色を抑制し、色再現性の優れた撮像装置を提供することが可能となる。また、フィルタとして染料や顔料や高分子材料を使用しないことから、耐光性が良くかつ高温状態でも耐久性があり、経時変化にも強い撮像装置を実現することが可能となる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態を図に基づき説明する。図1は、本実施形態に係る撮像装置で適用されるフィルタの概念図である。本実施形態に係る撮像装置では、光電変換を行うセンサ(撮像素子：フォトダイオード)に入射される光の波長を選択するため誘電体多層膜から成るフィルタ10を用いたものである。フィルタ10の誘電体多層膜は、この図のように屈折率が異なる層を複数積層した構造であり、このような構造に光を入射させると多層膜中での光の干渉により反射率が波長に対してある依存性を持つようになる。

40

【0016】

特に、この誘電体多層膜が周期的な構造や、ある条件(例えば、各層の厚み d の条件 $d = \lambda_0 / (4 \times n)$)を持つことで、ある特定波長域の光の反射率だけを効果的に高めて(すなわち透過率が小さい)、かつそれ以外の波長域の光の反射率を低く(すなわち透過率が大きく)することができる。ここで λ_0 はある波長域の中心波長で、 n はその層の屈折率である。

【0017】

このような誘電体多層膜から成るフィルタ10によって、例えば、図2(a)に示す反

50

射スペクトルのように、ある特定の波長領域だけを反射させることができる。本実施形態では、誘電体多層膜をセンサの上側（光入射面側）に形成し、可視光の一部を反射してその残りの光を透過させることで、透過光をセンサ内部に進入させる。このとき、波長に対する透過率は図2（b）に示すような透過スペクトルとなる。

【0018】

図3は、本実施形態に係る撮像装置の断面構造を示す模式断面図である。誘電体多層膜から成るフィルタ10の各層の厚みは計算上の厚さに対して±10%以内に収めることで望みの波長の色フィルタとなる。とりわけ±5%以内であればさらに望ましい特性を得ることができる。

【0019】

このようなフィルタ10をセンサ20の上に形成することによって、図2に示すようなスペクトルに基づき、入射光の一部を反射、一部を透過して目的の波長から成る光のみをセンサ20に入射できるようになる。

【0020】

次に、本実施形態に係る撮像装置で用いられるフィルタの特性について説明する。図4は、多層膜構造のフィルタの模式構成図である。また、図5～図8は、下式の条件を満たして図4に示す多層膜構造のフィルタを構成し、屈折率差を変えて計算した反射スペクトルについての結果である。ただし、この計算では、2種類の層のうち片方の層の屈折率を固定して（ $n_1 = 1.48$ ）、もう一つの層の屈折率 n_2 を変化させて計算している。

【0021】

$$d_1 = c / (4 \times n_1)$$

$$d_2 = c / (4 \times n_2)$$

【0022】

ここで c は反射させたい光の中心波長で d_1 と n_1 , d_2 と n_2 は屈折率と厚みである。図5～図8は、それぞれ $c = 200 \text{ nm}$, 250 nm , 700 nm , 900 nm の場合である。

【0023】

以上の結果から、次の図9に示すような反射率のピーク値の半値になるところの波長 $\lambda_{1/2}$ と最初の底値の波長 λ_{Edge} とを求め、横軸に屈折率差 n として縦軸に波長としてプロットした結果を図10、図11に示す。ここで $c = \lambda_1 = 200 \text{ nm}$, 250 nm の場合（図9（a）、図10参照）はピークより長波長側で、逆に $c = \lambda_2 = 700 \text{ nm}$, 900 nm の場合（図9（b）、図11参照）はピークより短波長側での波長を読み取っている。

【0024】

図10に示すプロットから最小二乗法で求めた各式をまとめると以下のようになる。

$$\lambda_1 = 200 \text{ nm}$$

$$\lambda_{\text{Edge}} = 29.657 \times n + 388.54$$

$$\lambda_{1/2} = 42.678 \times n + 246.86$$

$$\lambda_1 = 250 \text{ nm}$$

$$\lambda_{\text{Edge}} = 37.054 \times n + 485.37$$

$$\lambda_{1/2} = 53.088 \times n + 308.73$$

【0025】

これより、

$$\lambda_{\text{Edge}} = (0.148 \times n + 1.942) \times \lambda_1 \dots (1)$$

$$\lambda_{1/2} = (0.213 \times n + 1.234) \times \lambda_1 \dots (2)$$

の式が求められる。

【0026】

また、図11に示すプロットから同様に最小二乗法で求めた各式をまとめると次のようになる。

$$\lambda_2 = 700 \text{ nm}$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned} \text{Edge} &= -8.4997 \times n' + 468.38 \\ 1/2 &= -28.452 \times n' + 563.21 \\ &= 900 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Edge} &= -9.8745 \times n' + 600.13 \\ 1/2 &= -38.326 \times n' + 728.34 \end{aligned}$$

【0027】

これから、

$$\text{Edge} = (-0.0115 \times n' + 0.668) \times \lambda_2 \dots (3)$$

$$1/2 = (-0.0415 \times n' + 0.807) \times \lambda_2 \dots (4)$$

の式が求められる。

10

【0028】

以上の結果は図4に示すような多層膜構造が2周期(2層で1周期に対応)の場合であるが、次に屈折率差 $n = 2.62$ に固定して周期依存性について $c = 250 \text{ nm}$, 700 nm の条件で調べた結果をそれぞれ図12、図13に示す。

【0029】

これらの結果から同様に反射率のピーク値の半値になる場所の波長 $\lambda_{1/2}$ と最初の底値の波長 Edge を求め、横軸に周期 m , m' とし縦軸に波長としてプロットした結果を図14、図15に示す。

【0030】

図14に示す結果から最小二乗法で求めた各式をまとめると以下ようになる。

20

$$\lambda_1 = 250 \text{ nm}$$

$$\text{Edge} = 329.03 + 1534.9 \times \exp(-1.0374 \times m)$$

$$1/2 = 317.55 + 281.56 \times \exp(-0.946 \times m)$$

【0031】

これから

$$\text{Edge} = (1.316 + 6.1396 \times e^{-1.0374 \times m}) \times \lambda_1$$

$$1/2 = (1.2702 + 1.12624 \times e^{-0.946 \times m}) \times \lambda_1$$

【0032】

これらの結果は屈折率差 $n = 2.62$ に固定した結果である。ここで $m = 2$ のときに左側の係数の項を1に規格化した式はそれぞれ以下ようになる。

30

$$1 / (1.316 + 6.1396 \times e^{-1.0374 \times 2}) \times (1.316 + 6.1396 \times e^{-1.0374 \times m}) \times \lambda_1$$

$$1 / (1.2702 + 1.12624 \times e^{-0.946 \times 2}) \times (1.2702 + 1.12624 \times e^{-0.946 \times m}) \times \lambda_1$$

【0033】

したがって(1)式と(2)式と合せて屈折率差と周期依存性も含めた式に書き直すと以下ようになる。

【0034】

$$\begin{aligned} \text{Edge} &= 1 / (1.316 + 6.1396 \times e^{-1.0374 \times 2}) \times (1.316 + 6.1396 \times e^{-1.0374 \times m}) \times (0.148 \times n + 1.942) \times \lambda_1 \\ &= (0.6363 + 2.94 \times e^{-1.0374 \times m}) \times (0.148 \times n + 1.942) \times \lambda_1 \dots (5) \end{aligned}$$

40

$$\begin{aligned} 1/2 &= 1 / (1.2702 + 1.12624 \times e^{-0.946 \times 2}) \times (1.2702 + 1.12624 \times e^{-0.946 \times m}) \times (0.213 \times n + 1.234) \times \lambda_1 \\ &= (0.882 + 0.782 \times e^{-0.946 \times m}) \times (0.213 \times n + 1.234) \times \lambda_1 \dots (6) \end{aligned}$$

上記(5)式、(6)式が求める式となる。

【0035】

また、図15に示す結果から同様に最小二乗法で求めた各式をまとめると以下ようになる。

50

$$\lambda_2 = 700 \text{ nm}$$

$$E_{\text{Edge}} = 574.89 - 380.94 \times \exp(-0.600 \times m')$$

$$E_{1/2} = 583.12 - 167.36 \times \exp(-0.633 \times m')$$

【0036】

これから、

$$E_{\text{Edge}} = (0.821 - 0.544 \times e^{-0.600 \times m'}) \times \lambda_2$$

$$E_{1/2} = (0.833 - 0.239 \times e^{-0.600 \times m'}) \times \lambda_2$$

となる。

【0037】

さらに同様に、 $m = 2$ のときに左側の係数の項を 1 に規格化した式はそれぞれ以下のようになる。

【0038】

$$1 / (0.821 - 0.544 \times e^{-0.600 \times 2}) \times (0.821 - 0.544 \times e^{-0.600 \times m'}) \times \lambda_2$$

$$1 / (0.833 - 0.239 \times e^{-0.600 \times 2}) \times (0.833 - 0.239 \times e^{-0.600 \times m'}) \times \lambda_2$$

【0039】

したがって(3)式と(4)式と合せて屈折率差と周期依存性も含めた式に書き直すと以下のようになる。

【0040】

$$E_{\text{Edge}} = 1 / (0.821 - 0.544 \times e^{-0.600 \times 2}) \times (0.821 - 0.544 \times e^{-0.600 \times m'}) \times (-0.0115 \times n' + 0.668) \times \lambda_2$$

$$= (1.250 - 0.828 \times e^{-0.600 \times m'}) \times (-0.0115 \times n' + 0.668) \times \lambda_2 \dots (7)$$

$$E_{1/2} = 1 / (0.833 - 0.239 \times e^{-0.600 \times 2}) \times (0.833 - 0.239 \times e^{-0.600 \times m'}) \times (-0.0415 \times n' + 0.807) \times \lambda_2$$

$$= (1.095 - 0.314 \times e^{-0.600 \times m'}) \times (-0.0415 \times n' + 0.807) \times \lambda_2 \dots (8)$$

上記(7)式、(8)式が求める式となる。

【0041】

次に、どのような条件であれば光の透過領域が有効に形成できるかについて、図16に基づき説明する。それを示したのが図16である。短波長ピークAの長波長側で1/2の反射率となる波長を λ_3 として、長波長ピークBの短波長側で半値1/2の反射率となる波長を λ_4 とした。また、透過させたい波長領域の中心波長を λ_0 とした。ここで、図16(a)は、 $\lambda_3 = \lambda_0 = \lambda_4$ の場合、図16(b)は、 $\lambda_3 < \lambda_0 < \lambda_4$ の場合である。これにより、図16(b)に示すような $\lambda_3 < \lambda_0 < \lambda_4$ の条件を満たせば良いことがわかる。

【0042】

ここで、(6)式、(8)式より、

$$\lambda_3 = (0.882 + 0.782 \times e^{-0.946 \times m}) \times (0.213 \times n + 1.234) \times \lambda_1$$

$$\lambda_4 = (1.095 - 0.314 \times e^{-0.600 \times m'}) \times (-0.0415 \times n' + 0.807) \times \lambda_2$$

となる。

【0043】

さらに望ましくは、図17のように最初の底値の波長 E_{Edge} が中心波長を λ_0 と一致するほうが中心波長での透過が高く、フィルタとして好特性であることがわかる。すなわち短波長ピークAの底値となる波長を λ_3 として、長波長ピークBの短波長側で底値となる波長を λ_4 とした場合、

$$\lambda_3 = \lambda_0 = \lambda_4$$

となる。

10

20

30

40

50

【0044】

ここで、(5)式、(7)式より、

$$n_3 = (0.6363 + 2.94 \times e^{-1.0374 \times m}) \times (0.148 \times n + 1.942) \times 1$$

$$n_4 = (1.250 - 0.828 \times e^{-0.600 \times m'}) \times (-0.0115 \times n' + 0.668) \times 2$$

となる。

【0045】

次に、具体的なフィルタの構成について説明する。図18は、第1実施形態(その1)のフィルタを説明する模式構成図である。図18に示すフィルタ10では、多層膜の材料として通常のSi(シリコン)系プロセスで使われる窒化シリコン Si_xN_y (本実施形態では、 Si_3N_4 (以下SiNと記す)を用いる)と酸化シリコン SiO_x (本実施形態では、 SiO_2 を用いる)とを用いている。したがって、多層膜をプラズマCVD(Chemical Vapor Deposition)でも作製できるし、あるいは真空過熱法やスパッタによる製膜方法でも可能である。このような誘電体多層膜は高温状態での径時変化に強く、耐光性に優れている。

10

【0046】

この例では、R(赤)、G(緑)、B(青)の補色に対応した構造で、SiN層と SiO_2 層の厚みをそれぞれ d_1 、 d_2 としているが、Rに対応した $d_1 = 81 \text{ nm}$ 、 $d_2 = 110 \text{ nm}$ 、Gに対応した $d_1 = 67 \text{ nm}$ 、 $d_2 = 91 \text{ nm}$ 、Bに対応した $d_1 = 56 \text{ nm}$ 、 $d_2 = 76 \text{ nm}$ としている。

20

【0047】

この構造に垂直方向から光が入射した場合の反射スペクトルを有効フレネル係数法で見積もった結果を図19に示す。この結果から主にRGB三元色を反射していることがわかる。

【0048】

さらに、図20に透過スペクトルを示すが、主にRGBの補色の光を透過していることがわかる。このような構造から成るフィルタを、例えば図21に示されるようなCCD構造に作製することで、補色フィルタに対応させることが可能となる。

【0049】

図22は、第1実施形態(その2)のフィルタを説明する模式構成図である。図22に示すフィルタの誘電体多層膜は、Siと SiO_2 との組み合わせから成るものである。図23は、上記フィルタの反射スペクトル、図24は、上記フィルタの透過スペクトルを示す。図22に示すフィルタの誘電体多層膜では、下側5層と上側4層で厚みが異なっている。ここでSiと SiO_2 の厚みとして、上側4層をそれぞれ d_1 、 d_2 、下側5層をそれぞれ d_1' 、 d_2' とする。この構造の場合、原色フィルタに相当する。

30

【0050】

このようなフィルタは、例えば図25に示すような画素配列構造に適用することができる。この場合、G(緑)が4画素中2つあるので通常のペア配列と同じで解像度が低下せずに色再現性の良い画像を提供できる。

40

【0051】

図26はCCD構造を示す模式図、図27はCMOS構造を示す模式図である。このようなCCD(Charge Coupled Devices)やCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)構造の回路を形成した後に、Siフォトダイオードの上に例えばCVDなどを用いて SiO_2 膜とSiN膜、または SiO_2 膜とSi膜を順次積層した後、例えば4つの画素の内2つの画素の多層膜をRIE(Reactive Ion Etching)法などを用いてエッチングする。さらに別構造の多層膜で埋め込みを行い、平坦化プロセスをすることでデバイスが作製できる。

【0052】

次に、第2実施形態の説明を行う。第2実施形態に係る撮像装置は、基板の深さ方向に

50

複数のフォトダイオードが形成された例である。図28は、第2実施形態に係る撮像装置で適用されるフィルタの概念図である。本実施形態に係る撮像装置では、光電変換を行うセンサ（撮像素子：フォトダイオード）に入射される光の波長を選択するため誘電体多層膜から成るフィルタ10を用いたものである。

【0053】

フィルタ10の誘電体多層膜は、この図のように屈折率が異なる層を複数積層した構造であり、このような構造に光を入射させると多層膜中での光の干渉により反射率が波長に対してある依存性を持つようになる。特に、この多層膜が周期的な構造やある条件（例えば各層の厚み d の条件 $d = \lambda_0 / 4 \times n$ ）を持つことで、ある特定波長域の光の反射率だけを効果的に高めて（すなわち透過率が小さい）、かつそれ以外の波長域の光の反射率を低くすることができる（すなわち透過率が大きい）。ここで λ_0 はある波長域の中心波長で、 n はその層の屈折率である。

10

【0054】

例えば、図29(a)に示す反射スペクトルのようなある特定の波長領域だけを反射させることができる。本実施形態では、多層膜をフォトダイオードの上側に形成させ、可視光の一部を反射してその残りの光を透過させることで、透過光がフォトダイオード内部に進入する。このとき、図29(b)に示すような多層膜の透過スペクトルとなる。

【0055】

さらに図30に示すようなフォトダイオード部において、厚み方向に2つ以上のセンサ（ここではセンサS1、S2）が積層されており、吸収係数の違いによって長波長側の光と短波長側の光とに分けられて別々のセンサS1、S2で感知されることになる。

20

【0056】

図31は、吸収係数の違いだけで厚み方向に二つセンサを配置した場合の感度特性を示す図である。この場合、短波長側で感度が高いセンサS1と、長波長側で感度が高いセンサS2とで、両者の感度が重なる部分において混色する多く発生し、色分離特性の悪化を招くことがわかる。

【0057】

一方、図29に示す透過スペクトルを持つフィルタと、図31に示す厚さの違いで感度特性を変えたセンサ構造とを掛け合わせるにより、図32に示すような感度特性を実現できることになる。このように単純にシリコン基板の深さ方向の色分離だけでなく、上層に多層膜のフィルタを用いた色分離をすることで混色が小さくなり、色再現が良くなるセンサを提供できることになる。

30

【0058】

ところで、特開2003-298038号公報および特開2003-298102号公報において、フォトダイオードの上層に色フィルタを配置する構造が提案されているが、色フィルタによる方法では色分離が必ずしも良くないといった問題や、染料や顔料を用いるため耐光性や高温にすることで劣化するという問題が生じるという問題が生じる。本実施形態では、色分離のフィルタとして誘電体多層膜を用いることから、これらの問題を抑制することが可能となる。

【0059】

次に、具体的なフィルタの構成について説明する。図33は、第2実施形態（その1）のフィルタを説明する模式構成図である。ここで、フィルタ10の多層膜の材料として、通常のSi（シリコン）系プロセスで使われる窒化シリコンSiNやシリコンSi、酸化シリコンSiO₂を用いている。したがって、多層膜をプラズマCVDでも作製できるし、あるいは真空過熱法やスパッタによる製膜方法でも可能である。このような誘電体多層膜は高温状態での径時変化に強く、耐光性に優れている。

40

【0060】

この構造に垂直方向から光が入射した場合の反射スペクトルを有効フレネル係数法で見積もった結果を図34に示す。この結果から主に緑色を反射していることがわかる。さらに、図35に透過スペクトルを示す。この結果から赤と青の光を透過していることがわ

50

かる。

【0061】

次に、図36に示すセンサ構造において、 S_i の吸収係数から見積もられるセンサ S_1 とセンサ S_2 との感度特性について計算結果を図37に示す。ここでセンサ S_1 は、表面から厚み $0.5\mu\text{m}$ までに感度があるとして、さらにセンサ S_2 は厚み $0.5\mu\text{m}$ から厚み $5\mu\text{m}$ まで感度があるように設計されている。ここでセンサ S_2 は $0.5\mu\text{m}$ 以上の深さであれば良い。

【0062】

さらに、図35に示す透過スペクトルを持つフィルタと図37に示す感度特性を備えたセンサとを掛け合わせることで図38に示すような分光感度特性が得られる。深さ方向だけの分光感度特性(図37参照)に比べて図38に示す分光感度特性では、B(青)とR(赤)の分離が効率良く行われているのがわかる。

10

【0063】

図39は、第2実施形態(その2)のフィルタを説明する模式構成図である。このフィルタ構造は、誘電体多層膜として S_i と S_iO_2 とを組み合わせたものである。図40は、このフィルタ構造の反射スペクトル、図41は透過スペクトルを示す図である。さらに深さの異なるセンサによる分光を取り入れることで図42に示されるような分光感度特性が得られる。このようにすることでB(青)とR(赤)の分離(分光特性)が良くなり、混色の問題を抑制できることが可能となる。

【0064】

20

以上、主にB(青)とR(赤)との分離について述べたが、さらにデバイス内にG(緑)の画素を追加してもよい。つまり、図43(a)に示すように、誘電体多層膜の干渉フィルタと深さ方向でR(赤)とB(青)とを分離できる画素を2つ、また色フィルタまたは誘電体多層膜だけでG(緑)を分離できる画素を2つ配置する。

【0065】

誘電体多層膜のフィルタだけで構成する場合には、G(緑)の多層膜として、例えば図44に示すような多層膜構造にすれば、図45に示す反射スペクトルおよび図46に示す透過スペクトルになってG(緑)のフィルタの役目を果たす。

【0066】

さらに、G(緑)に対応した画素について、さらに深さ方向に分光することでE(エメラルド色)とG(緑)とに分けることも可能である(図43(b)参照)。このようなR(赤)、G(緑)、B(青)、E(エメラルド)の4色分光をすることで、さらなる色再現性の向上を図ることが可能となる。

30

【0067】

上記のようなフィルタが適用される画素構造としては、第1実施形態と同様に、図26に示すようなCCD構造や、図27に示すようなCMOS構造が挙げられる。このようなCCDやCMOS構造の回路を形成した後に、 S_i フォトダイオードの上に例えばCVDなどを用いて S_iO_2 膜と S_iN 膜を、または S_iO_2 膜と S_i 膜とを順次積層した後、例えば、4つの画素の内2つの画素の多層膜をRIE法などを用いてエッチングする。さらに別構造の多層膜で埋め込みを行い、平坦化プロセスをすることでデバイスが作製できる。

40

【産業上の利用可能性】

【0068】

上記実施形態で示した波長や多層膜の各膜の厚さ、材質、屈折率は一例であり、本発明はこれに限定されるものではない。また、上記実施形態では、撮像装置(入射した光を電気信号に変換するデバイス)について説明したが、各実施形態に記載のフィルタ構成は、生成(発生)した光を外部に放出する発光デバイスのフィルタとしても適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図1】本実施形態に係る撮像装置で適用されるフィルタの概念図である。

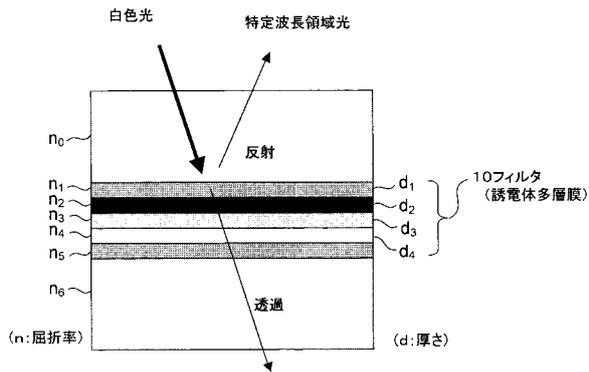
50

- 【図 2】フィルタの反射および透過スペクトルを示す模式図である。
- 【図 3】本実施形態に係る撮像装置の断面構造を示す模式断面図である。
- 【図 4】多層膜構造のフィルタの模式構成図である。
- 【図 5】多層膜構造のフィルタにおいて屈折率差を変えて計算された反射スペクトルの図（その 1）である。
- 【図 6】多層膜構造のフィルタにおいて屈折率差を変えて計算された反射スペクトルの図（その 2）である。
- 【図 7】多層膜構造のフィルタにおいて屈折率差を変えて計算された反射スペクトルの図（その 3）である。
- 【図 8】多層膜構造のフィルタにおいて屈折率差を変えて計算された反射スペクトルの図（その 4）である。 10
- 【図 9】反射率の半値を示す図である。
- 【図 10】屈折率差と波長との関係を示し図（その 1）である。
- 【図 11】屈折率差と波長との関係を示し図（その 2）である。
- 【図 12】反射率の周期依存性を示す図（その 1）である。
- 【図 13】反射率の周期依存性を示す図（その 2）である。
- 【図 14】周期と波長との関係を示す図（その 1）である。
- 【図 15】周期と波長との関係を示す図（その 2）である。
- 【図 16】透過領域の形成について説明する図（その 1）である。
- 【図 17】透過領域の形成について説明する図（その 2）である。 20
- 【図 18】第 1 実施形態（その 1）のフィルタを説明する模式構成図である。
- 【図 19】第 1 実施形態（その 1）のフィルタの反射スペクトルを示す図である。
- 【図 20】第 1 実施形態（その 1）のフィルタの透過スペクトルを示す図である。
- 【図 21】本実施形態のフィルタが適用される CCD 構造を示す模式断面図である。
- 【図 22】第 1 実施形態（その 2）のフィルタを説明する模式構成図である。
- 【図 23】第 1 実施形態（その 2）のフィルタの反射スペクトルを示す図である。
- 【図 24】第 1 実施形態（その 2）のフィルタの透過スペクトルを示す図である。
- 【図 25】画素配列構造を示す模式図である。
- 【図 26】CCD 構造を示す模式図である。
- 【図 27】CMOS 構造を示す模式図である。 30
- 【図 28】第 2 実施形態に係る撮像装置で適用されるフィルタの概念図である。
- 【図 29】フィルタの反射および透過スペクトルを示す模式図である。
- 【図 30】第 2 実施形態に係る撮像装置の模式構造図である。
- 【図 31】波長に対する感度特性を示す図である。
- 【図 32】フィルタを合わせた場合の感度特性を示す図である。
- 【図 33】第 2 実施形態（その 1）のフィルタを説明する模式構成図である。
- 【図 34】第 2 実施形態（その 1）のフィルタの反射スペクトルを示す図である。
- 【図 35】第 2 実施形態（その 1）のフィルタの透過スペクトルを示す図である。
- 【図 36】第 2 実施形態のフィルタが適用されるセンサの模式断面図である。
- 【図 37】分光感度特性を示す図である。 40
- 【図 38】フィルタを合わせた場合の分光感度特性を示す図である。
- 【図 39】第 2 実施形態（その 2）のフィルタを説明する模式構成図である。
- 【図 40】第 2 実施形態（その 2）のフィルタの反射スペクトルを示す図である。
- 【図 41】第 2 実施形態（その 2）のフィルタの透過スペクトルを示す図である。
- 【図 42】フィルタを合わせた場合の分光感度特性を示す図である。
- 【図 43】デバイス構造の例を示す模式図である。
- 【図 44】G（緑）に対応したフィルタの多層膜構造例を示す模式断面図である。
- 【図 45】G（緑）に対応したフィルタの反射スペクトルを示す図である。
- 【図 46】G（緑）に対応したフィルタの透過スペクトルを示す図である。
- 【符号の説明】 50

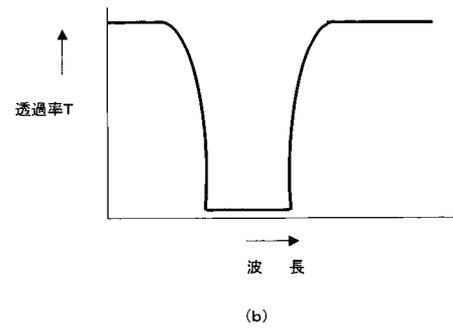
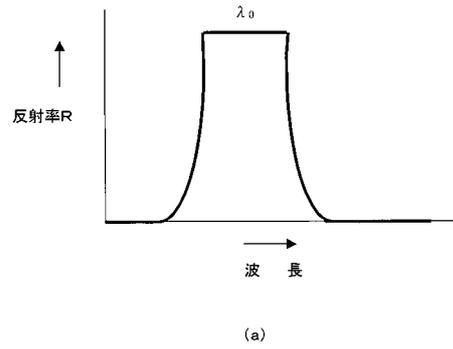
【 0 0 7 0 】

1 0 ... フィルタ、 2 0 ... センサ、 S 1 ... センサ、 S 2 ... センサ

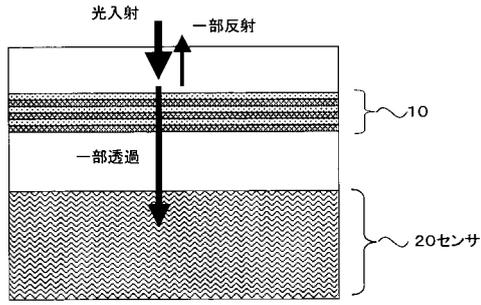
【 図 1 】



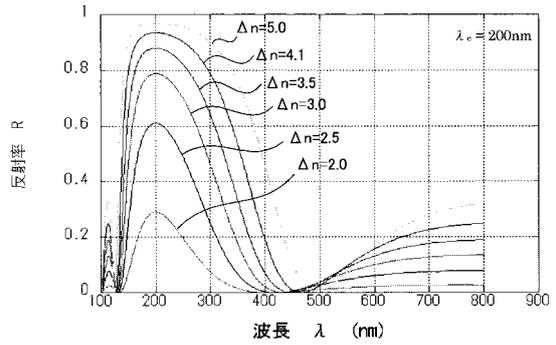
【 図 2 】



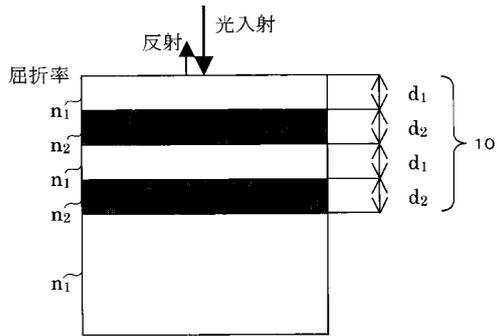
【図3】



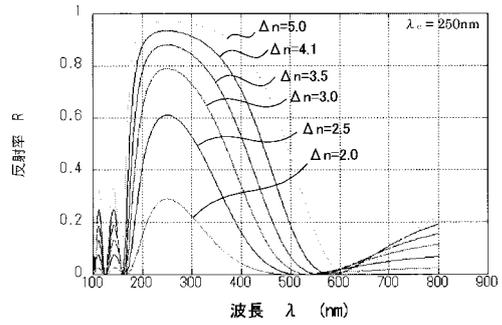
【図5】



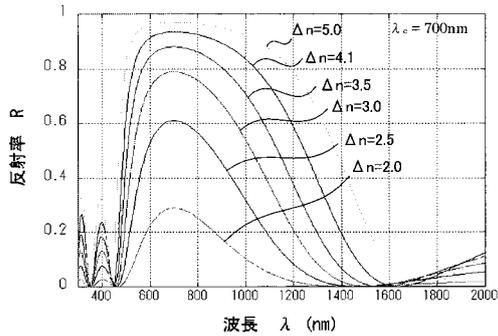
【図4】



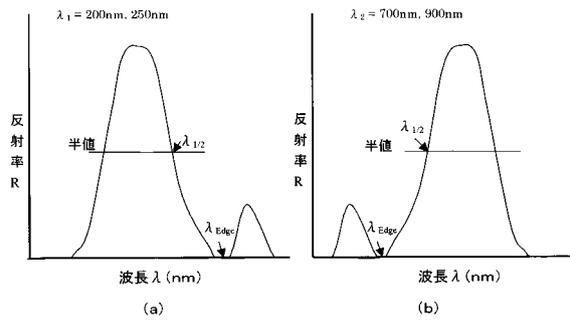
【図6】



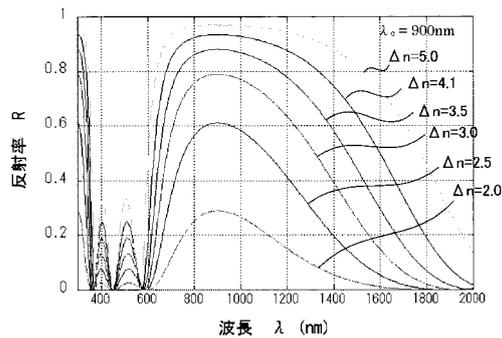
【図7】



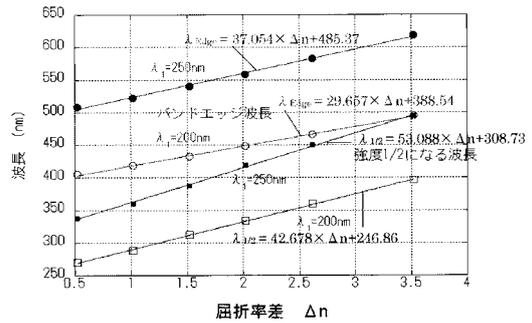
【図9】



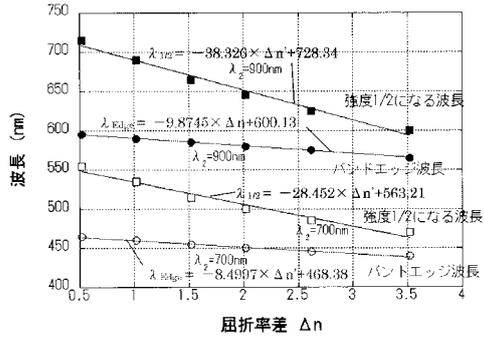
【図8】



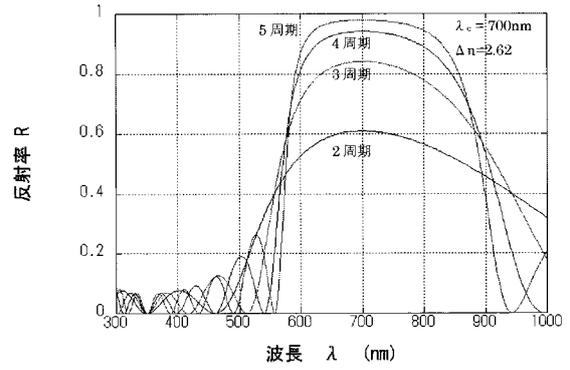
【図10】



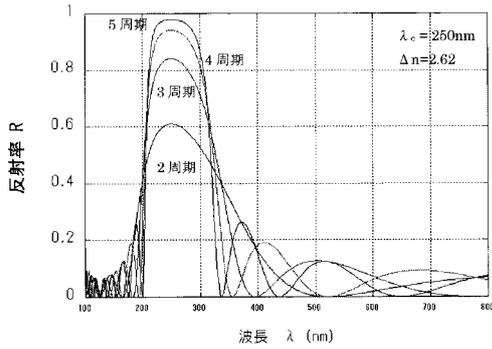
【図11】



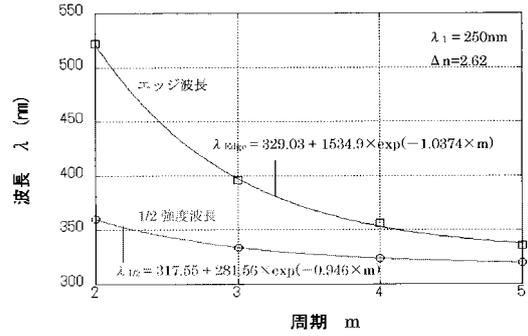
【図13】



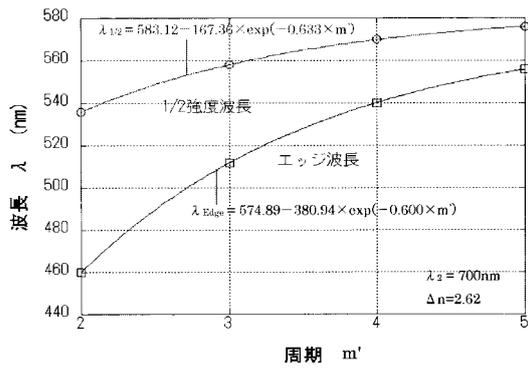
【図12】



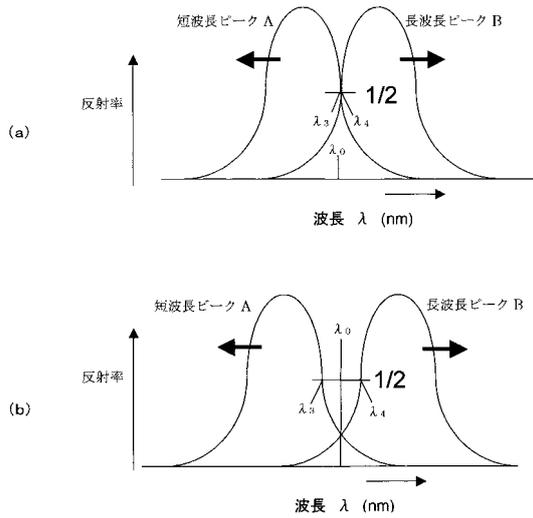
【図14】



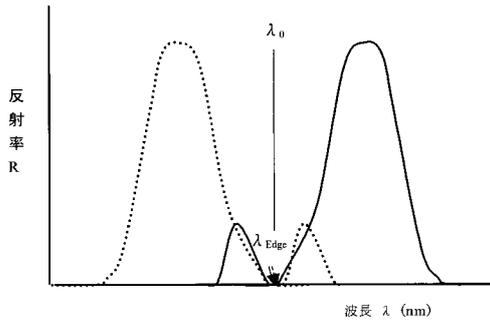
【図15】



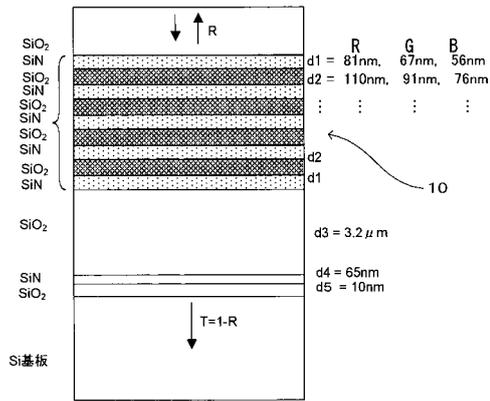
【図16】



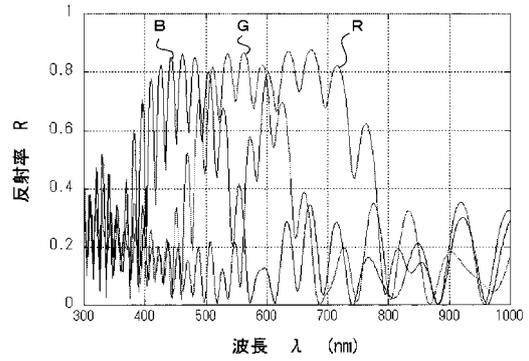
【図17】



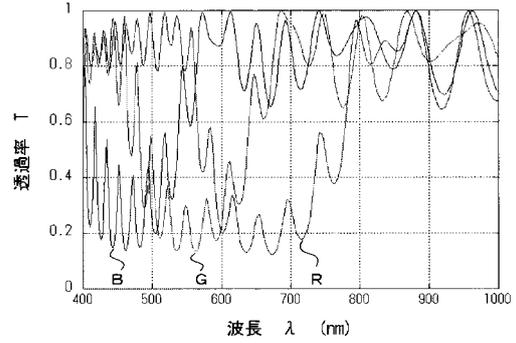
【図18】



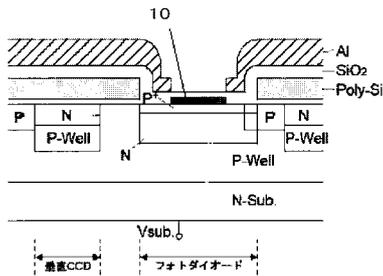
【図19】



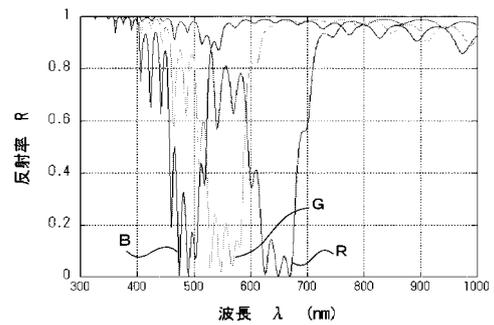
【図20】



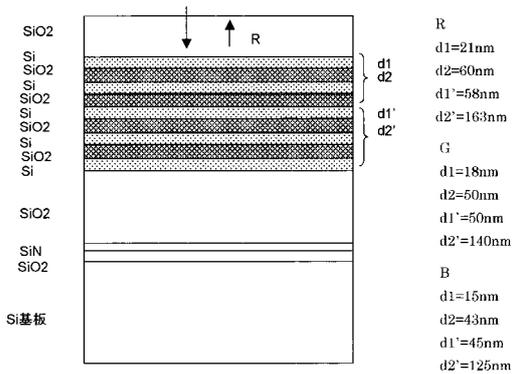
【図21】



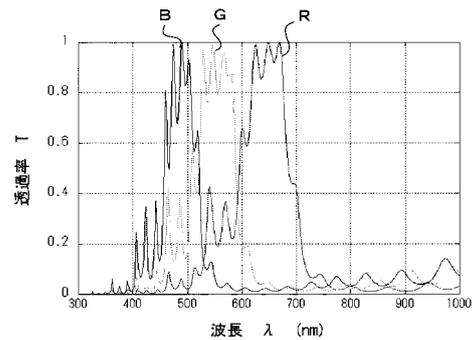
【図23】



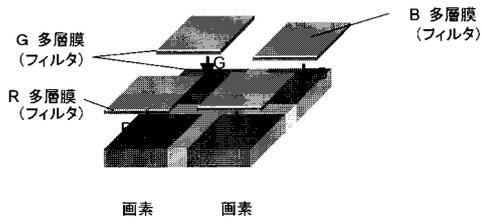
【図22】



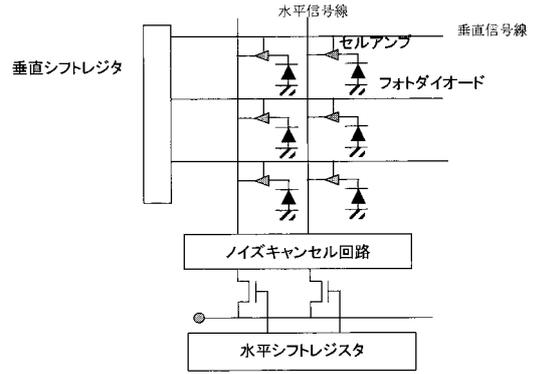
【図24】



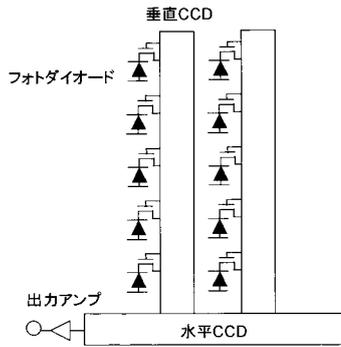
【図25】



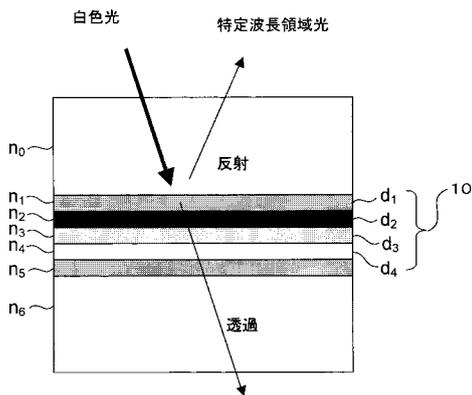
【図27】



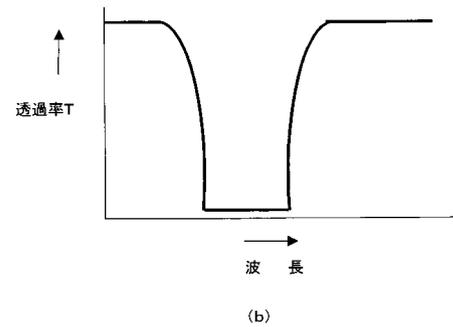
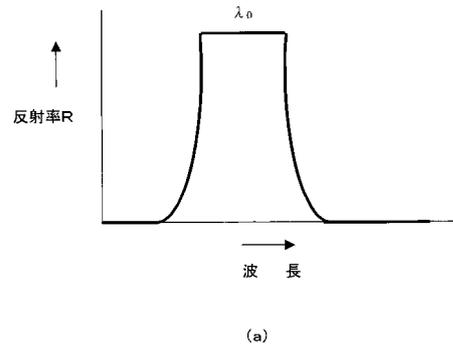
【図26】



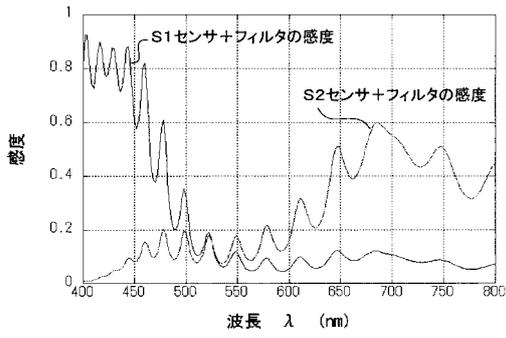
【図28】



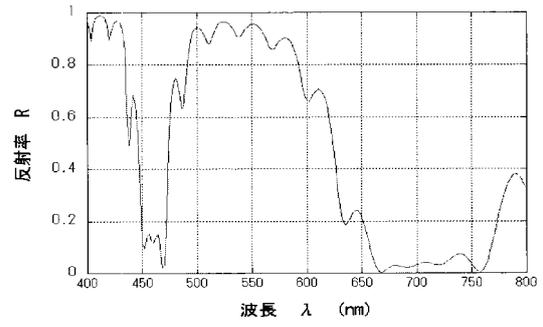
【図29】



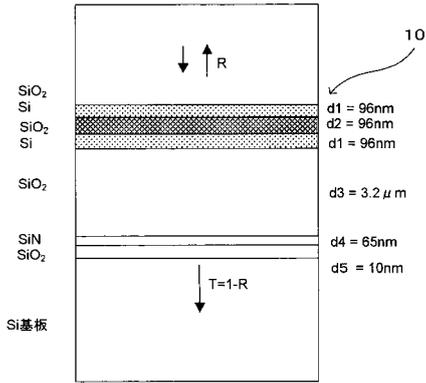
【図38】



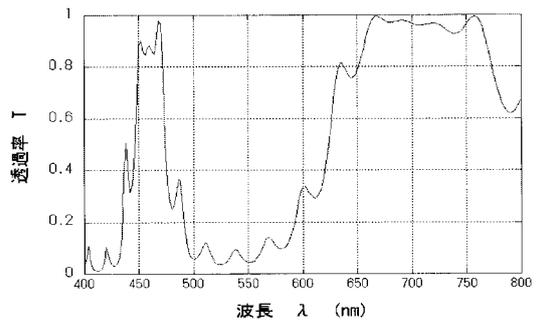
【図40】



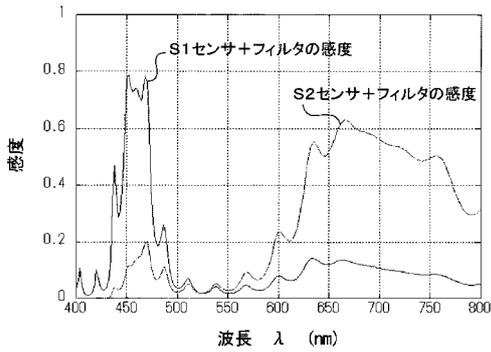
【図39】



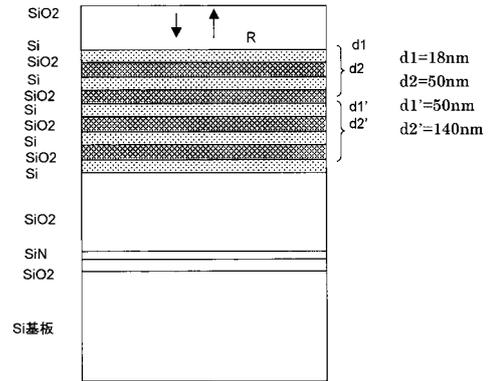
【図41】



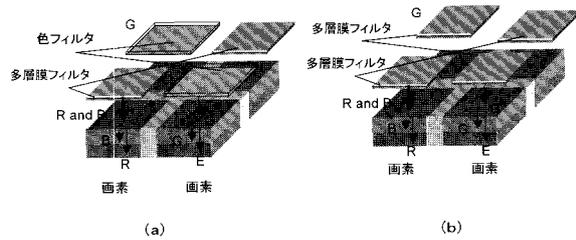
【図42】



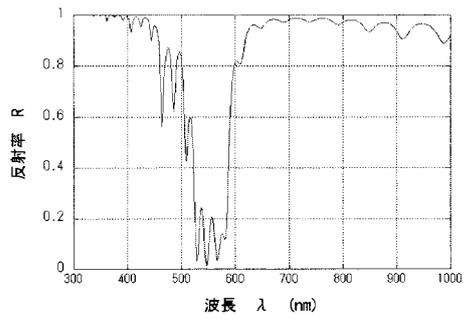
【図44】



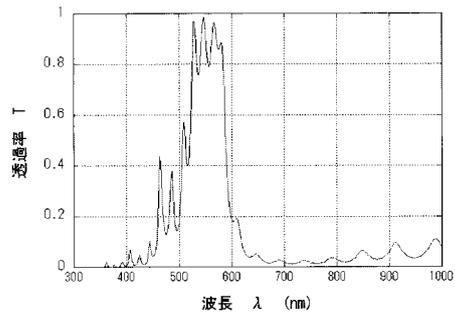
【図43】



【 4 5】



【 4 6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-078917(JP,A)
国際公開第2005/069376(WO,A1)
特開2004-273952(JP,A)
特開2003-332551(JP,A)
特開2006-270021(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/28

H04N 9/07