

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成19年1月18日(2007.1.18)

【公開番号】特開2005-158940(P2005-158940A)

【公開日】平成17年6月16日(2005.6.16)

【年通号数】公開・登録公報2005-023

【出願番号】特願2003-393978(P2003-393978)

【国際特許分類】

H 01 L 27/14 (2006.01)

H 04 N 5/335 (2006.01)

H 01 L 31/10 (2006.01)

H 01 L 27/146 (2006.01)

H 04 N 101/00 (2006.01)

【F I】

H 01 L 27/14 D

H 04 N 5/335 U

H 01 L 31/10 D

H 01 L 27/14 A

H 04 N 101:00

【手続補正書】

【提出日】平成18年11月27日(2006.11.27)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の受光部と、前記受光部上に設けられた反射防止膜と、前記反射防止膜上に設けられた複数色のカラーフィルタ層とを有する光電変換装置の設計方法において、

前記反射防止膜の膜厚を第1の膜厚から第2の膜厚へ変化させた場合に、

最も短波長の光を透過するカラーフィルタの分光特性のピーク波長における分光透過率と、最も長波長の光を透過するカラーフィルタの分光特性のピーク波長における分光透過率とが増大方向もしくは減少方向のうち同一の方向に変化するように、前記反射防止膜の膜厚範囲を設計することを特徴とする光電変換装置の設計方法。

【請求項2】

前記最も短波長の光を透過するカラーフィルタはブルーのカラーフィルタであり、前記最も長波長の光を透過するカラーフィルタはレッドのカラーフィルタであることを特徴とする請求項1に記載の光電変換装置の設計方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】光電変換装置の設計方法

【技術分野】

【0001】

本発明は光電変換装置の設計方法に係わり、特に、複数の受光部と、前記受光部上に設けられた反射防止膜と、前記反射防止膜上に設けられた複数色のカラーフィルタ層とを有する光電変換装置の設計方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、固体撮像装置としてはCCD型光電変換素子が多く用いられているが、近年、CMOS型光電変換素子よりも低消費電力で、単一電源で動作させ、受光部と周辺回路とを同じCMOSプロセスで製造できて集積しやすいというメリットにより、CMOS型光電変換素子が見直され、それを製品化する動きが出てきている。

【0003】

従来、固体撮像装置の構成としては、例えば、特許文献1に提案されたものがある。図9に、特許文献1に開示されたMOS型固体撮像装置の画素構造の例を示す。図9に示されたMOS型固体撮像装置は、信号電荷を受光部から検出部に転送し、この検出部で生じる電位変化を出力する方式を採用した固体撮像装置であり、各画素は、受光部と、転送用、增幅用、リセット用および選択用の4個のトランジスタとで構成されている。転送用トランジスタは、p型シリコン基板40内に形成されたn型拡散領域である受光部43および検出部44aと、両領域の間のシリコン基板上に絶縁膜41を介して形成された転送ゲート電極42とで構成されたMOSトランジスタであり、受光部43および検出部44aを各々ソースおよびドレインとする。

【0004】

受光部43の上方に絶縁膜41を介して反射防止膜45aが形成されている。これにより、この反射防止膜45a(シリコン窒化膜)と絶縁膜(シリコン酸化膜)41による干渉作用、更にはその上の層間絶縁膜をも加えた干渉作用により、シリコンとシリコン酸化膜界面における光の反射を抑制して感度を向上させることができる。46aは絶縁膜(シリコン酸化膜)、44bは電界緩和領域、45b、46bはゲート電極の側部絶縁膜(シリコン窒化膜、シリコン酸化膜)である。

【特許文献1】特開2000-12822号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、本発明者は上記特許文献1の構成の反射防止膜上にカラーフィルタを設けた場合に、プロセス工程での膜厚ばらつき等で反射防止膜厚ばらつき、絶縁膜ばらつきが生じ、波長によって光透過率が変わり、B/G、R/Gの色比ずれが生ずる課題があることを見出した。

【0006】

本発明の目的は、プロセス工程で反射防止膜と絶縁膜の膜厚がばらついても、B/G、R/Gの色比ずれがなくなり、色再現性のよい光電変換装置を実現する反射防止膜の設計方法を提案することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するため、本発明は、複数の受光部と、前記受光部上に設けられた反射防止膜と、前記反射防止膜上に設けられた複数色のカラーフィルタ層とを有する光電変換装置の設計方法において、

前記反射防止膜の膜厚を第1の膜厚から第2の膜厚へ変化させた場合に、最も短波長の光を透過するカラーフィルタの分光特性のピーク波長における分光透過率と、最も長波長の光を透過するカラーフィルタの分光特性のピーク波長における分光透過率とが増大方向もしくは減少方向のうち同一の方向に変化するように、前記反射防止膜の膜厚範囲を設計することを特徴とする。

【0008】

本発明において、反射防止膜は基板と絶縁膜との屈折率の差により生ずる基板面での反

射を抑制する膜であり、絶縁膜を間に設けない場合には基板と反射防止膜との屈折率の差により生ずる基板面での反射を抑制する膜である。

【0009】

本発明は、プロセス工程で反射防止膜と絶縁膜の膜厚がばらついても、B/G、R/Gの色比ずれがなくなり、色再現性のよい光電変換装置を実現するものである。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、プロセス工程で反射防止膜と絶縁膜の膜厚がばらついても、B/G、R/Gの色比ずれがなくなり、色再現性のよい光電変換装置を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。

【0012】

まず、本発明に至る経緯について説明する。絶縁膜、反射防止膜の膜厚における従来の設計方法の一例を図10に示す。グラフの縦軸は透過率[%]、横軸は波長[μm]である。この図は、それぞれの波長の入射光が受光部にどのくらい透過してくるかを示している。501は反射防止膜なしのときの分光特性、502は反射防止膜の最適値設計後の分光特性を示している。

【0013】

従来の設計方法では、中央の波長(緑近辺)の透過率(感度)が最大になる図10の502の特性を示すような反射防止膜45aと絶縁膜41の厚さの組み合わせを取るように設計していた。これは中央の波長(緑近辺)の感度が上げると、同時に短い波長側(青近辺)と長い波長側(赤近辺)の感度も上昇する為である。

【0014】

本発明者は、このような設計方法で作製すると、プロセス工程でゲート酸化膜をエッチングする時のエッチングむらや、反射防止膜を堆積させた時のデポジションむらなどで、反射防止膜45aと絶縁膜41の膜厚にはばらつきが生じることを見出した。そして、この膜厚ばらつきにより、B/G、R/Gの色比ずれが大きくなりセンサの色再現性が悪くなることを見出した。

【0015】

表1に従来の設計方法で作成したセンサの色比のはらつきを示す(B=450nm、G=550nm、R=630nmとする。)。ランダムに抜き取った10チップの標準偏差値をで示している。従来の手法では、B/Gのはらつきはで4.28%、R/Gのはらつきはで4.83%であった。

【0016】

【表1】

表1

チップ	B/G	R/G
1	1.02	0.95
2	1.05	0.94
3	1.05	0.96
4	0.97	1.03
5	1.04	0.99
6	1.08	0.94
7	0.98	1.06
8	1.01	1
9	0.95	1.04
10	1.06	0.92
σ	0.0428	0.0483

【0017】

ばらつきが大きくなる原理を図11に示す。点線601は反射防止膜の最適値設計時の分光特性、実線602は反射防止膜厚が薄い方向にばらついた時の分光特性、実線603は反射防止膜厚が厚い方向にばらついた時の分光特性である。従来の手法で反射防止膜を設計した場合、反射防止膜厚が薄いほうにばらついた時の分光曲線と反射防止膜厚が厚いほうにばらついた時の分光曲線とが交わる点604が550nm付近にある。この交点を境にブルー側とレッド側の変化方向が逆転する。このため膜厚にばらつきが生じた場合、G(550nm)点の透過率はあまり変化しないのに対し、B(450nm)点とR(630nm)点の透過率は大きく変化する。このため、色比B/G、R/Gの値に大きなずれが生じ、色再現性が悪くなっていた。

【0018】

以上説明した経緯をふまえ、本発明者は、絶縁膜の膜厚と反射防止膜の膜厚を振って検討したところ、最も短波長側のカラーフィルタのピーク波長と赤外カットフィルタ透過後の最も長波長側のカラーフィルタのピーク波長において分光透過率の変化方向が同じとなるように、絶縁膜、反射防止膜の膜厚を設定できることを見出した。より具体的には、絶縁膜をシリコン酸化膜としたときの膜厚が8nm以下、反射防止膜をシリコン窒化膜としたときの膜厚が25nm～40nmであれば、分光透過率の変化方向が同じとなることを見出した。また、絶縁膜をシリコン酸化膜としたときの膜厚が8nm以下、反射防止膜をシリコン酸窒化膜としたときの膜厚が40nm～60nmであれば、分光透過率の変化方向が同じとなることも見出した。

【0019】

図1に本実施形態の設計方法を用いた光電変換装置の構成を示す。本実施形態の設計方法を用いた光電変換装置は図9に示した特許文献1の固体撮像装置上に、層間膜(SiO₂)30を介してAL配線層33、層間膜(SiO₂)31を介してAL配線層34、層間膜(SiO₂)32を介して平坦化層35、カラーフィルタ(CF)層36、平坦化層37を設け、さらにマイクロレンズ38を設けた構成となっている。ここでは、図9の固体撮像装置と同一構成部材については同一符号を付して説明を省略する。

【0020】

しかしながら、画素の暗電流の増加やホワイトスポットの増加などプロセス上の問題点よりも、反射光の低減を第一に考慮すべき場合には、受光部43上には必ずしも絶縁膜41を設けなくともよい。これは、以下に説明する実施例全てにおいて当てはまる。

【0021】

図2は絶縁膜、反射防止膜の膜厚が本発明の実施形態の設計方法による上記範囲である、絶縁膜としてのシリコン酸化膜の膜厚が8nm、反射防止膜としてのシリコン窒化膜の膜厚が40nmの場合の分光透過率特性図である。図3は比較例1として、絶縁膜としてのシリコン酸化膜の膜厚が8nm、反射防止膜としてのシリコン窒化膜の膜厚が50nmの場合の分光透過率特性図、図4は比較例2として、絶縁膜としてのシリコン酸化膜の膜厚が10nm、反射防止膜としてのシリコン窒化膜の膜厚が40nmの場合の分光透過率特性図である。

【0022】

51は反射防止膜が設計値の時の分光特性である。52は、ばらつきで反射防止膜が10%厚くなった場合の分光特性である。53は、ばらつきで反射防止膜が10%薄くなった場合の分光特性である。54はブルーカラーフィルタの分光特性、55はグリーンカラーフィルタの分光特性、56は赤外カットフィルタを透過した後のレッドカラーフィルタの分光特性である。それぞれのフィルタのピーク波長は、ブルーは450nm、グリーンは550nm、レッドは630nmである。

【0023】

図2に示すように、絶縁膜、反射防止膜の膜厚が本発明の実施形態の上記範囲であれば、分光特性が、ブルーのピーク波長450nmとレッドのピーク波長630nmの間での変化方向が同じである。一方、図3及び図4に示すように、絶縁膜、反射防止膜の膜厚が本発明の実施形態の上記範囲をはずれると、分光特性が、ブルーのピーク波長450nmとレッドのピーク波長630nmの間での変化方向が同じにならず、ブルー側とレッド側の変化方向が逆転することが分かる。

(実施例1)

本発明の設計方法に基づき、図1の光電変換装置の絶縁膜をシリコン酸化膜で8nm形成し、反射防止膜をシリコン窒化膜で30nm形成した後、配線層を形成し、レッド、グリーン、ブルーのカラーフィルタ層を形成した光電変換装置を作製した。本実施例では反射防止膜にばらつきを持たせて作製した。図5に本実施例の分光特性を示す。101は反射防止膜が設計値(30nm)の時の分光特性である。102は、ばらつきで反射防止膜が10%厚くなった(33nm)場合の分光特性である。103は、ばらつきで反射防止膜が10%薄くなった場合(27nm)の分光特性である。104はブルーカラーフィルタの分光特性、105はグリーンカラーフィルタの分光特性、106は赤外カットフィルタを透過した後のレッドカラーフィルタの分光特性である。それぞれのフィルタのピーク波長は、ブルーは450nm、グリーンは550nm、レッドは630nmである。

【0024】

このような条件で作製した光電変換装置の分光特性は図5のようになり、反射防止膜が10%厚くなった場合の分光特性(102)と10%薄くなった場合の分光特性(103)が、ブルーのピーク波長450nmとレッドのピーク波長630nmの間での変化方向が同じであることが特徴である。これは、反射防止膜の膜厚が25nm~40nmであれば、特にこの傾向が顕著である。これは、シリコン酸化膜を反射防止膜の下に設けない場合も同様の傾向を示した。

【0025】

表2に実施例1の設計方法に基づいて作成したセンサの色比のばらつきを示す。(B=450nm、G=550nm、R=630nmとする。)10チップをランダムに抜き取り、それぞれのチップのB/G、R/Gの値を測定した。10チップの標準偏差値をR/G、B/Gそれぞれに対し求めている。実施例1の設計方法に基づいて場合では、B/Gのばらつきはで0.99%、R/Gのばらつきはで0.94%であった。

【0026】

【表2】

表2

チップ	B/G	R/G
1	1.01	1.00
2	1.00	0.99
3	1.00	1.01
4	0.99	1.00
5	0.98	1.02
6	1.01	1.00
7	1.00	0.99
8	1.01	0.99
9	1.00	1.00
10	0.99	1.00
σ	0.0099	0.0094

【0027】

実施例1の設計方法によればブルーのピーク波長とレッドのピーク波長の間で分光透過率の変化の方向が同じである為、従来の設計方法(表1)に比べて色比ばらつきは3%以上改善した。このため、従来の手法より色再現性のよい光電変換装置が実現した。

【0028】

(実施例2)

本発明の設計方法に基づき、図1の光電変換装置の絶縁膜をシリコン酸化膜で8nm形成し、反射防止膜をシリコン窒化膜で30nm形成した後、配線層を形成し、レッド、グリーン、ブルーのカラーフィルタ層を形成した光電変換装置を作製した。本実施例では絶縁膜にばらつきを持たせて作製した。図6に本実施例の分光特性を示す。201は絶縁膜が設計値の時(8nm)の分光特性である。202は、ばらつきで絶縁膜が10%厚くなった場合の分光特性である。203は、ばらつきで絶縁膜が10%薄くなった場合の分光特性である。204はブルーカラーフィルタの分光特性、205はグリーンカラーフィルタの分光特性、206は赤外カットフィルタ透過後のレッドカラーフィルタの分光特性である。それぞれのフィルタのピーク波長は、ブルーは450nm、グリーンは550nm、レッドは630nmである。

【0029】

このような条件で作製した光電変換装置の分光特性は図6のようになる。絶縁膜がばらついてもブルーのピーク波長450nmとレッドのピーク波長630nmの間での変化方向が同じであることが特徴である。これは、絶縁膜の膜厚が6nm~8nmであれば、特にこの傾向が顕著であるが、シリコン酸化膜を反射防止膜の下に設けない場合も同様の傾向を示した。

【0030】

表3に実施例2の設計方法に基づいて作成したセンサの色比のばらつきを示す。(B=450nm、G=550nm、R=630nmとする。)10チップをランダムに抜き取

り、それぞれのチップの B / G、R / G の値を測定した。10チップの標準偏差値 を R / G、B / G それぞれに対し求めている。実施例 2 の設計方法では、B / G のばらつきはで 0.57%、R / G のばらつきはで 0.67% であった。

【0031】

【表3】

表3

チップ	B/G	R/G
1	1.00	1.00
2	1.00	0.99
3	1.00	1.00
4	0.99	1.00
5	1.00	1.00
6	1.01	1.00
7	1.00	1.01
8	1.00	0.99
9	0.99	1.00
10	1.00	1.01
σ	0.0057	0.0067

【0032】

実施例 2 の設計方法では、ブルーのピーク波長とレッドのピーク波長の間で分光透過率の変化の方向が同じである為、従来の設計方法(表1)より色比ばらつきはで 3.5% 以上改善した。このため、従来の設計方法より色再現性のよい光電変換装置が実現した。

【0033】

(実施例 3)

本発明の設計方法に基づき、図 1 の光電変換装置の絶縁膜をシリコン酸化膜($n = 1.66$)で 8 nm 形成し、反射防止膜をシリコン酸窒化膜で 50 nm 形成した後、配線層を形成し、レッド、グリーン、ブルーのカラーフィルタ層を形成した光電変換装置を作製した。本実施例では反射防止膜、絶縁膜にばらつきを持たせて作製した。図 7 に本実施例の分光特性を示す。301 は反射防止膜が設計値の時の分光特性である。302 は、ばらつきで反射防止膜、絶縁膜がそれぞれ 10% 厚くなった場合の分光特性である。303 は、ばらつきで反射防止膜、絶縁膜がそれぞれ 10% 薄くなった場合の分光特性である。304 はブルーカラーフィルタの分光特性、305 はグリーンカラーフィルタの分光特性、306 はレッドカラーフィルタの分光特性である。それぞれのフィルタのピーク波長は、ブルーは 450 nm、グリーンは 550 nm、レッドは 630 nm である。

【0034】

このような条件で作製した光電変換装置の分光特性は図 7 のようになり、反射防止膜、絶縁膜が 10% 厚くなった場合の分光特性(302)と 10% 薄くなった場合の分光特性(303)が、ブルーのピーク波長 450 nm と レッドのピーク波長 630 nm の間での変化方向が同じであることが特徴である。これは、絶縁膜が 6 nm ~ 8 nm、反射防止膜が 40 nm ~ 60 nm であれば特にこの傾向が顕著であるが、シリコン酸化膜を反射防止膜の下に設けない場合も同様であった。

【0035】

表4に実施例3の設計方法に基づいて作成したセンサの色比のばらつきを示す。(B=450nm、G=550nm、R=630nmとする。)10チップをランダムに抜き取り、それぞれのチップのB/G、R/Gの値を測定した。10チップの標準偏差値をR/G、B/Gそれぞれに対し求めている。実施例3の設計方法では、B/Gのばらつきはで1.60%、R/Gのばらつきはで1.42%であった。

【0036】

【表4】

表4

チップ	B/G	R/G
1	1.02	0.98
2	1.00	0.99
3	0.98	1.01
4	0.99	1.01
5	1.00	1.00
6	1.01	0.98
7	1.03	0.97
8	1.00	0.99
9	0.98	1.01
10	1.00	0.99
σ	0.0160	0.0142

【0037】

実施例3の設計方法では、ブルーのピーク波長とレッドのピーク波長の間で分光透過率の変化の方向が同じである為、従来の設計方法(表1)より色比ばらつきはで3.5%以上改善した。このため、従来の設計方法より色再現性のよい光電変換装置が実現した。

【0038】

次に上記光電変換装置を用いた撮像システムについて説明する。図8に基づいて、本発明の設計方法による固体撮像素子をスチルカメラに適用した場合の一実施例について詳述する。

【0039】

図8は、本発明の設計方法による固体撮像素子を「スチルビデオカメラ」に適用した場合を示すブロック図である。

【0040】

図8において、1はレンズのプロテクトとメインスイッチを兼ねるバリア、2は被写体の光学像を固体撮像素子4に結像させるレンズ、3はレンズ2を通った光量を可変するための絞り、4はレンズ2で結像された被写体を画像信号として取り込むための固体撮像素子、6は固体撮像素子4より出力される画像信号のアナログ-デジタル変換を行うA/D変換器、7はA/D変換器6より出力された画像データに各種の補正を行ったりデータを圧縮する信号処理部、8は固体撮像素子4、撮像信号処理回路5、A/D変換器6、信号処理部7に、各種タイミング信号を出力するタイミング発生部、9は各種演算とスチル

ビデオカメラ全体を制御する全体制御・演算部、10は画像データを一時的に記憶する為のメモリ部、11は記録媒体に記録または読み出しを行うためのインターフェース部、12は画像データの記録または読み出しを行う為の半導体メモリ等の着脱可能な記録媒体、13は外部コンピュータ等と通信する為のインターフェース部である。

【0041】

次に、前述の構成における撮影時のスチルビデオカメラの動作について説明する。

【0042】

バリア1がオープンされるとメイン電源がオンされ、次にコントロール系の電源がオンし、更にA/D変換器6などの撮像系回路の電源がオンされる。

【0043】

それから、露光量を制御する為に、全体制御・演算部9は絞り3を開放にし、固体撮像素子4から出力された信号はA/D変換器6で変換された後、信号処理部7に入力される。

そのデータを基に露出の演算を全体制御・演算部9で行う。

【0044】

この測光を行った結果により明るさを判断し、その結果に応じて全体制御・演算部9は絞りを制御する。

【0045】

次に、固体撮像素子4から出力された信号をもとに、高周波成分を取り出し被写体までの距離の演算を全体制御・演算部9で行う。その後、レンズを駆動して合焦か否かを判断し、合焦していないと判断した時は、再びレンズを駆動し測距を行う。

【0046】

そして、合焦が確認された後に本露光が始まる。

【0047】

露光が終了すると、固体撮像素子4から出力された画像信号はA/D変換器6でA/D変換され、信号処理部7を通り全体制御・演算部9によりメモリ部に書き込まれる。

【0048】

その後、メモリ部10に蓄積されたデータは、全体制御・演算部9の制御により記録媒体制御I/F部を通り半導体メモリ等の着脱可能な記録媒体12に記録される。また、外部I/F部13を通り直接コンピュータ等に入力して画像の加工を行ってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0049】

本発明は、ビデオカメラ、スチルカメラ等のカラーフィルタを載せた撮像装置（光電変換装置）を用いる装置の設計に適用できる。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明の実施形態の設計方法による光電変換装置の構成を示す図である。

【図2】絶縁膜としてのシリコン酸化膜の膜厚が8nm、反射防止膜としてのシリコン窒化膜の膜厚が40nmの場合の分光透過率特性図である。

【図3】比較例1としての、絶縁膜としてのシリコン酸化膜の膜厚が8nm、反射防止膜としてのシリコン窒化膜の膜厚が50nmの場合の分光透過率特性図である。

【図4】比較例2としての、絶縁膜としてのシリコン酸化膜の膜厚が10nm、反射防止膜としてのシリコン窒化膜の膜厚が40nmの場合の分光透過率特性図である。

【図5】本発明の第1の実施例に関わる設計方法を示した図である。

【図6】本発明の第2の実施例に関わる設計方法を示した図である。

【図7】本発明の第3の実施例に関わる設計方法を示した図である。

【図8】本発明の設計方法による固体撮像装置をスチルビデオカメラに適用した場合を示すプロック図である。

【図9】従来例の固体撮像装置を示した模式的断面図である。

【図10】従来の反射防止膜の設計方法の一例を示した図である。

【図11】従来例において色比ばらつきが大きくなる原理を示した図である。

【符号の説明】

【0051】

- 3 0 層間膜 (SiO₂)
- 3 3 AL配線層
- 3 1 層間膜 (SiO₂)
- 3 4 AL配線層
- 3 2、層間膜 (SiO₂)
- 3 5 平坦化層
- 3 6 カラーフィルタ (CF) 層
- 3 7 平坦化層
- 3 8 マイクロレンズ
- 4 0 p型シリコン基板
- 4 3 受光部
- 4 4 a 検出部
- 4 1 絶縁膜
- 4 2 転送ゲート電極
- 4 5 a 反射防止膜
- 4 6 a 絶縁膜
- 4 4 b 電界緩和領域
- 4 5 b、4 6 b ゲート電極の側部絶縁膜