

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4054623号  
(P4054623)

(45) 発行日 平成20年2月27日 (2008. 2. 27)

(24) 登録日 平成19年12月14日 (2007. 12. 14)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 B 5/26 (2006. 01)

G O 2 B 5/26

G O 2 B 5/28 (2006. 01)

G O 2 B 5/28

G O 2 F 1/1335 (2006. 01)

G O 2 F 1/1335 5 O 5

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2002-199017 (P2002-199017)  
 (22) 出願日 平成14年7月8日 (2002. 7. 8)  
 (65) 公開番号 特開2004-45452 (P2004-45452A)  
 (43) 公開日 平成16年2月12日 (2004. 2. 12)  
 審査請求日 平成17年7月6日 (2005. 7. 6)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100090538  
 弁理士 西山 恵三  
 (74) 代理人 100096965  
 弁理士 内尾 裕一  
 (72) 発明者 沢村 光治  
 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 竹村 真一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学多層膜及び光学素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

相対的に屈折率の高い高屈折率膜と、相対的に屈折率の低い低屈折率膜とを交互に積層した光学多層膜において、前記光学多層膜の基本構成は設計波長を 0 とした時、光学的膜厚が  $70/32$  の単層からなる高屈折率膜、もしくは該高屈折率膜と低屈折率膜との交互層からなる第1薄膜群と、光学的膜厚が  $70/16$  の単層からなる高屈折率膜、もしくは該高屈折率膜と光学的膜厚が  $70/32$  の低屈折率膜との交互層からなる第2薄膜群と、光学的膜厚が  $70/8$  の単層からなる高屈折率膜、もしくは該高屈折率膜と光学的膜厚が  $70/32$  の低屈折率膜との交互層からなる第3薄膜群との3つの薄膜群とからなり、前記第3薄膜群、第2薄膜群、第1薄膜群の優先順位で各薄膜群の区切りを決定すると、前記第3薄膜群を少なくとも2群以上含む5群以上を備え、かつ、単層からなる薄膜群同士が隣接していない基本構成からなっており、緑帯域の光を反射し、青帯域及び赤帯域の光を透過することを特徴とする光学多層膜。

【請求項 2】

全薄膜群の実際の総光学膜厚が前記基本膜厚の総光学膜厚の  $0.9 \sim 1.05$  倍の範囲であることを特徴とする請求項1記載の光学多層膜。

【請求項 3】

前記第1薄膜群の総光学膜厚が、前記基本構成の第1薄膜群の総光学膜厚の  $0.7 \sim 1.8$  倍の範囲であることを特徴とする請求項2記載の光学多層膜。

【請求項 4】

前記第2薄膜群と前記第3薄膜群との総光学膜厚の和が、前記基本膜厚の第2薄膜群と第3薄膜群との総光学膜厚の和の0.9～1.05倍の範囲であることを特徴とする請求項2記載の光学多層膜。

【請求項5】

前記高屈折率膜は $\text{Ta}_2\text{O}_5$ であり、低屈折率膜は $\text{SiO}_2$ であることを特徴とする請求項1記載の光学多層膜。

【請求項6】

前記第3薄膜群は、2つの $70/32$ の低屈折率膜と1つの $70/8$ の高屈折率膜と3層からなっており、該3層の実際の光学膜厚の和が、 $40/4 \sim 650/4$ の範囲であることを特徴とする請求項1記載の光学多層膜。

10

【請求項7】

前記第3薄膜群は2つの前記第1薄膜群と隣接しており、前記3つの薄膜群の光学膜厚の和が $600/4 \sim 800/4$ の範囲であることを特徴とする請求項5記載の光学多層膜。

【請求項8】

前記第3薄膜群は2つの前記第1薄膜群と隣接しており、前記3つの薄膜群の光学膜厚の和が $1100/4 \sim 1300/4$ の範囲であることを特徴とする請求項5記載の光学多層膜。

【請求項9】

前記請求項1乃至8のいずれか1つの光学多層膜が基板上に成膜されたことを特徴とする光学素子。

20

【請求項10】

前記請求項9に記載の光学素子において、前記光学多層膜のうち、最も基板側薄膜群と最も空気側の薄膜群はともに、前記第3薄膜群であることを特徴とする光学素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光学多層膜及び光学素子に関するものである。特に、液晶プロジェクター等の色分解（合成）光学系に用いられる光学多層膜に関し、緑波長帯域の光を反射し、青、赤波長帯域の光を透過するトリミングフィルタに関するものである。

30

【0002】

【従来の技術】

液晶プロジェクター等の色分解（合成）光学系を、偏光ビームスプリッタと特定波長域の偏光方向を変換させる光学素子（色選択性位相差板）とを組み合わせ形成する点が特開2001-154152号公報において知られている。

【0003】

色選択性位相差板は、特定波長域の偏光方向を変換させることにより、偏光ビームスプリッタと組み合わせることによりその波長域の光を分離することができるが、波長域の境界付近の偏光変換特性がよくなく、光を純度よく分離することが困難である。例えば、波長帯域の連続する緑色光と赤色光からなるP偏光を色選択性位相差板によって赤色光のみをS偏光に変換し、偏光ビームスプリッタによって緑色光と赤色光を分離しようとしても、緑色光と赤色光の中間の波長帯域の光を純度よく分離することが困難である。

40

【0004】

そこで、光学多層膜を用いたトリミングフィルタにより緑色光を分離し、その後、青、赤色光を色選択性位相差板により分離（合成）すると、青色光と赤色光の波長帯域が離れているため青、赤色光を分離（合成）し易いという利点がある。ここでいうトリミングフィルタとは特定波長域の光を反射し、他の波長域の光を透過する光学多層膜を有する光学素子のことである。

【0005】

緑色光分離特性を有する膜を得るための手法としては、 $\lambda_0/4$ の交互層を基本に、高屈折

50

率膜と低屈折率膜の光学膜厚比を換えて多層膜を基板上に形成し、緑反射、青赤透過特性を得る方法が知られている。

【0006】

又、緑反射、青赤透過特性ではないが青、緑、赤の波長帯の光が主成分となるように分割するトリミングフィルターの例が特公昭60-038683号公報に提案されている。この例では、設計波長を  $\lambda_0$  とした時、光学的膜厚  $\lambda_0/4$  の交互層からなる第1薄膜群と、 $2\lambda_0/4$  と  $4\lambda_0/4$  の交互層からなる第2薄膜群の2つの薄膜群を4群以上含む構成が開示されている。

【0007】

緑色光分離特性を有する膜を得るための手法としては、 $\lambda_0/4$  の交互層を基本に、高屈折率膜と低屈折率膜の光学膜厚比を換えて多層膜を基板上に形成し、緑反射、青赤透過特性を得る方法が知られている。

10

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、 $\lambda_0/4$  の交互層を基本に、高屈折率膜と低屈折率膜の光学膜厚比を変えて多層膜を形成する構成では、所望の特性を得るためには層数が多くなる傾向があった。

【0009】

又、先行例の特公昭60-038683号公報のトリミングフィルターは、青、緑、赤の各波長帯の光が主成分となるように分割するものの、各成分の高透過率の得られる波長範囲は狭く、430～480nmの範囲の高透過率、600～650nmの範囲の高透過率は得られなかった。又、緑透過帯の低透過率は得られなかった。

20

【0010】

本発明は、上記従来例を鑑み、緑波長帯域等の特定波長域で透過率が低くなる新規な光学多層膜を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の光学多層膜は、相対的に屈折率の高い高屈折率膜と、相対的に屈折率の低い低屈折率膜とを交互に積層した光学多層膜において、前記光学多層膜の基本構成は設計波長を  $\lambda_0$  とした時、光学的膜厚が  $7\lambda_0/32$  の単層からなる高屈折率膜、もしくは該高屈折率膜と低屈折率膜との交互層からなる第1薄膜群と、光学的膜厚が  $7\lambda_0/16$  の単層からなる高屈折率膜、もしくは該高屈折率膜と光学的膜厚が  $7\lambda_0/32$  の低屈折率膜との交互層からなる第2薄膜群と、光学的膜厚が  $7\lambda_0/8$  の単層からなる高屈折率膜、もしくは該高屈折率膜と光学的膜厚が  $7\lambda_0/32$  の低屈折率膜との交互層からなる第3薄膜群との3つの薄膜群とからなり、前記第3薄膜群、第2薄膜群、第1薄膜群の優先順位で各薄膜群の区切りを決定すると、前記第3薄膜群を少なくとも2群以上含む5群以上を備え、緑帯域の光を反射し、青帯域及び赤帯域の光を透過することを特徴とする。

30

【0013】

【発明の実施の形態】

液晶プロジェクターの緑反射用トリミングフィルターには、光源ランプのスペクトル特性を考慮した特性が必要となる。即ち430～480nmの範囲の高透過率、510～570nmの範囲の低透過率、600～650nmの範囲の高透過率が要求される。ただし、この特定波長域、つまり高透過域の波長範囲は必ずしも上記の固定値というわけではなく、仕様によっては例えば、特定波長域を500～600nmになる、といった具合に所望の特性によって変動する。

40

【0014】

上記特性を実現する本実施形態のトリミングフィルターは、光学的膜厚の異なる複数の薄膜を積層した多層膜を基板上に成膜した構成となっている。成膜方法は真空蒸着法でも良いし、スパッタ法やその他薄膜作成方法であれば何でも良い。また、基板としては、ガラス基板をはじめプラスチックや結晶基板等何でも良い。

【0015】

上記多層膜は、図1に示したように、まず、所望特性の特定波長域の中心波長を設計波長

50

$\lambda_0$ として各層の光学的膜厚を定めた基本構成が決定される。次に、基本構成の各層の光学的膜厚を透過率改善のため調整する。この調整とは、所望の特性を得るために基本構成の各層の光学的膜厚である基本膜厚を変化させることである。調整後の各層の膜厚を基本膜厚に対し、実施膜厚と呼ぶ。例えば、基本構成は等しくても仕様によって所望の特定波長域の波長範囲が異なったり、使用入射角（想定している光の入射角度）が異なれば実施膜厚も異なる。この基本膜厚から実施膜厚への変換は公知の計算手法によって行われる。

#### 【0016】

基本構成は、複数の薄膜群により構成されている。薄膜群とは、光学的膜厚により分類された1層あるいは複数層からなる薄膜の集団のことである。（1層の場合は厳密には集団ではないが、ここでは1層のみでも集団に含まれるとする）薄膜群は第1薄膜群、第2薄膜群、第3薄膜群の全部で3種類ある。設計波長  $\lambda_0$  とし、第1薄膜群は光学的膜厚  $7 \lambda_0 / 32$  ( $= nd \cos \theta$ ,  $n$ は屈折率、 $d$ は幾何学的膜厚、 $\theta$ は屈折角)の層が1層もしくは複数層積層された薄膜群である。

10

#### 【0017】

第2薄膜群は、 $7 \lambda_0 / 16$ 層の単層もしくは  $7 \lambda_0 / 16$ 層と  $7 \lambda_0 / 32$ 層とが交互に積層された積層膜である。

#### 【0018】

第3薄膜群は、 $7 \lambda_0 / 8$ 層の単層もしくは  $7 \lambda_0 / 8$ 層と  $7 \lambda_0 / 32$ 層とが交互に積層された積層膜である。

#### 【0019】

また、群の切り分けは、第3、第2、第1の薄膜群の順で優先して行い、優先順位の高い薄膜群からその群の定義を逸脱しない範囲で最も層数が多くなるようにする。更に、単層からなる薄膜群同士は連続して接しない。即ち、図2(a)に示すように基板1上に基本構成2aがあるとすると、第1、第2薄膜群の定義のみに基づいて薄膜群の切り分けを行うと、基本構成2aは  $7 \lambda_0 / 32$ 層の単層からなる第1薄膜群2つと、 $7 \lambda_0 / 16$ 層の単層からなる第2薄膜群1つの合わせて3つの薄膜群ともとれるし、 $7 \lambda_0 / 16$ 層と  $7 \lambda_0 / 32$ 層とが交互に積層された1つの第2薄膜群ともとれる。しかし、薄膜群の切り分けは上述のとおり第3、第2、第1の順で優先して行うので、基本構成2aは後者の1つの第2薄膜群となる。また、図2(b)に示すような基板1上に基本構成2bがあるとすると、群の切り分けは第3群より行い、3層からなる第3薄膜群2つと、 $7 \lambda_0 / 32$ 層の単層からなる第1薄膜群1つとなる。

20

#### 【0020】

本発明は、上記3種類の薄膜群の中から、少なくとも2種類の薄膜群を全部で5群以上有する基本構成とすることにより所望の特性を実現している。

30

#### 【0021】

#### 【実施例】

以下、本発明の実施例を示すが、本発明はこれらに限定されるものではない。

#### 【0022】

#### <実施例1>

第1薄膜群を単層の  $Ta_2O_5$  膜、第2薄膜群を  $SiO_2$  膜と  $Ta_2O_5$  膜、第3薄膜群を  $SiO_2$  膜と  $Ta_2O_5$  膜で構成し、11群からなる緑反射トリミングフィルタをBK7基板上に真空蒸着法により形成した。表1に、基板側を第1層とした各薄膜群を含む基本構成の基本膜厚、及び透過率改善のための調整後の実施膜厚を示す。但し、表1において、設計波長  $\lambda_0$  は534nm、膜厚は  $\lambda_0 / 4$ の倍数を示し、Taは  $Ta_2O_5$  膜（588nmでの屈折率2.15）、Sは  $SiO_2$  膜（588nmでの屈折率1.46）を示す。使用入射角は45度である。

40

#### 【0023】

#### 【表1】

表1

層No	薄膜群No	膜材	基本膜厚	実施膜厚
1	3	S	0.88	1.00
2		Ta	3.50	3.57
3		S	0.88	0.27
4	1	Ta	0.88	1.22
5	2	S	0.88	0.26
6		Ta	1.75	1.97
7		S	0.88	0.44
8	1	Ta	0.88	1.63
9	3	S	0.88	0.52
10		Ta	3.50	3.38
11		S	0.88	0.39
12	1	Ta	0.88	1.61
13	2	S	0.88	0.40
14		Ta	1.75	1.67
15		S	0.88	0.55
16	1	Ta	0.88	1.66
17	3	S	0.88	0.26
18		Ta	3.50	3.15
19		S	0.88	0.80
20	1	Ta	0.88	1.45
21	3	S	0.88	1.26
22		Ta	3.50	2.20
23		S	0.88	2.58

10

20

## 【0024】

更に、図3に、この時の透過率特性を示す。横軸は波長、縦軸は透過率を示す。図3において、点線33TS23は空気側から入射角33度、層数23層のS成分透過率特性を示し、実線45TS23は空気側から入射角45度、層数23層のS成分透過率特性を示し、破線57TS23は空気側から入射角57度、層数23層のS成分透過率特性を示す。

## 【0025】

本実施例においては、45度入射の時、430～480nmの範囲で平均98.9%の高透過率、510～570nmの範囲で平均2.2%の低透過率、600～650nmの範囲で平均98.8%の高透過率が得られた。又、角度特性を半値波長巾（33度の時の短波長側の半値波長と57度の時の長波長側の半値波長の差を示し、緑成分の明るさに対応）で示すと、約49nmであった。共に実用上問題無い特性が得られた。

30

## 【0026】

表1の結果から分かるように、本実施例の膜の特徴は、(1)全薄膜群の総光学膜厚の実施膜厚が基本膜厚の約1.0倍であり、(2)第1薄膜群の総光学膜厚の実施膜厚が基本膜厚の約1.73倍であり、(3)第2、第3薄膜群の総光学膜厚の実施膜厚が基本膜厚の約0.88倍であり、(4)2つの $7_{0/32}$ 層とそれに挟まれた1つの $7_{0/8}$ 層との計3層（3層基本構成）からなる第3薄膜群において、実施膜厚が約 $4.2_{0/4} \sim 6.0_{0/4}$ の範囲であり、(5) $7_{0/32}$ 層の単層（単層基本構成）からなる第1薄膜群と3層基本構成からなる第3薄膜群において、1つの第3薄膜群とそれに隣接する2つの第1薄膜群の3群の合計の実施膜厚が約 $7.3_{0/4} \sim 7.5_{0/4}$ の範囲であり、(6)単層基本構成からなる第1薄膜群と3層基本構成からなる第3薄膜群において、1つの第1薄膜群とそれに隣接する2つの第3薄膜群の3群の合計の実施膜厚が約 $11.7_{0/4}$ を満たしていることである。

40

## 【0027】

## &lt;実施例2&gt;

実施例1と同様にして、第1薄膜群を $Ta_2O_5$ 膜、第2薄膜群を $SiO_2$ 膜と $Ta_2O_5$ 膜、第3薄膜群を $SiO_2$ 膜と $Ta_2O_5$ 膜で構成し、11群からなる緑反射トリミングフィルタをBK7基板上に真空蒸着法により形成した。表2に、各薄膜群を含む基本構成の基本膜厚、及び透過率改善の

50

ための調整後の実施膜厚を示す。但し、使用入射角は0度である。

【0028】

更に、図4に、この時の透過率特性を示す。図4において、実線0T23は空気側から入射角0度、層数23層の透過率特性を示す。

【0029】

本実施例においては、0度入射の時、430～480nmの範囲で平均97.4%の高透過率、510～570nmの範囲で平均2.9%の低透過率、600～650nmの範囲で平均98.3%の高透過率が得られ、実用上問題無い特性であった。

【0030】

更に、本実施例2の0度入射フィルターと実施例1の45度入射フィルターを組み合わせる事により、コントラストを向上させる事が出来た。即ち、45度入射フィルターの後に0度入射フィルターを設置する事により、入射角度に依存する不要な光（図3において、入射角33度の時の約500～515nmの透過光、及び入射角57度の時の約565～580nmの透過光）をカットする事が出来た。この時の特性を図4に示す。図4において、0T23\*33Tsは入射角33度と0度で透過したS成分を示し、0T23\*57Tsは入射角57度と12度で透過したS成分を示す。

【0031】

【表2】

表2

層No	薄膜群No	膜材	基本膜厚	実施膜厚
1	3	S	0.88	0.97
2		Ta	3.50	3.33
3		S	0.88	1.00
4	1	Ta	0.88	0.49
5	2	S	0.88	0.38
6		Ta	1.75	1.73
7		S	0.88	1.46
8	1	Ta	0.88	0.81
9	3	S	0.88	0.78
10		Ta	3.50	3.49
11		S	0.88	0.54
12	1	Ta	0.88	0.87
13	2	S	0.88	1.11
14		Ta	1.75	1.78
15		S	0.88	0.43
16	1	Ta	0.88	0.75
17	3	S	0.88	1.19
18		Ta	3.50	2.84
19		S	0.88	1.65
20	1	Ta	0.88	0.41
21	3	S	0.88	0.92
22		Ta	3.50	3.42
23		S	0.88	1.54

【0032】

表2の結果から分かるように、本実施例の膜の特徴は、(1)全薄膜群の総光学膜厚が実施膜厚が基本膜厚の約0.98倍であり、(2)第1薄膜群の総光学膜厚の実施膜厚が基本膜厚の約0.76倍であり、(3)第2、第3薄膜群の総光学膜厚の実施膜厚が基本膜厚の約1.02倍であり、(4)3層基本構成からなる第3薄膜群において、実施膜厚が約 $4.8 \text{ } \mu\text{m}/4 \sim 5.9 \text{ } \mu\text{m}/4$ の範囲であり、(5)単層基本構成からなる第1薄膜群と3層基本構成からなる第3薄膜群において、1つの第3薄膜群とそれに隣接する2つの第1薄膜群の3群の合計の実施膜厚が約 $6.5 \text{ } \mu\text{m}/4 \sim 6.8 \text{ } \mu\text{m}/4$ の範囲であり、(6)単層基本構成からなる第1薄膜群と3層基本構成からなる第3薄膜群において、1つの第1薄膜群とそれに隣接する2つの第3薄膜群の3群の合計の実施膜厚が約 $12.0 \text{ } \mu\text{m}/4$ を満たしていることである。

## 【 0 0 3 3 】

## &lt; 実施例3 &gt;

実施例1と同様にして、第1薄膜群を $\text{TiO}_2$ 膜、第2薄膜群を $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜と $\text{TiO}_2$ 膜、第3薄膜群を $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜と $\text{TiO}_2$ 膜で構成し、11群からなる緑反射トリミングフィルターをBK7基板上に真空蒸着法により形成した。表3に、各薄膜群を含む基本構成の光学膜厚、及び透過率改善のための調整後の実施した光学膜厚を示す。但し、表3において、Tiは $\text{TiO}_2$ 膜（588nmでの屈折率2.30）、Aは $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜（588nmでの屈折率1.63）を示す。

## 【 0 0 3 4 】

更に、図5に、この時の透過率特性を示す。図5において、点線33TS23は空気側から入射角33度、層数23層のS成分透過率特性を示し、実線45TS23は空気側から入射角45度、層数23層のS成分透過率特性を示し、破線57TS23は空気側から入射角57度、層数23層のS成分透過率特性を示す。

## 【 0 0 3 5 】

## 【表 3】

表3

層No	薄膜群No	膜材	基本膜厚	実施膜厚
1	3	A	0.88	0.00
2		Ti	3.50	3.22
3		A	0.88	1.35
4	1	Ti	0.88	0.25
5	2	A	0.88	0.66
6		Ti	1.75	1.75
7		A	0.88	0.67
8	1	Ti	0.88	1.48
9	3	A	0.88	0.66
10		Ti	3.50	3.00
11		A	0.88	1.47
12	1	Ti	0.88	0.38
13	2	A	0.88	0.90
14		Ti	1.75	1.52
15		A	0.88	1.06
16	1	Ti	0.88	0.43
17	3	A	0.88	1.61
18		Ti	3.50	2.47
19		A	0.88	1.18
20	1	Ti	0.88	1.25
21	3	A	0.88	1.07
22		Ti	3.50	4.30
23		A	0.88	0.71

## 【 0 0 3 6 】

本実施例においては、45度入射の時、430～480nmの範囲で平均98.1%の高透過率、510～570nmの範囲で平均2.0%の低透過率、600～650nmの範囲で平均98.8%の高透過率が得られた。又、角度特性を半値波長巾で示すと、約50nmであつた。共に実用上問題無い特性が得られた。

## 【 0 0 3 7 】

表3において、第3薄膜群を構成する1層目の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜の実施膜厚が0となっている。しかし、これは透過率改善のための調整後、基板に接する層として全体特性の上から0が好ましいという事であり、基本構成（第3群の基本膜厚合計は約5.25/4<sub>0</sub>）を逸脱するものではない。

## 【 0 0 3 8 】

表3の結果からわかるように、本実施例の膜の特徴は、(1)全薄膜群の総光学膜厚の実施膜厚が基本膜厚の約0.97倍であり、(2)第1薄膜群の総光学膜厚の実施膜厚が基本膜厚の合計

の約0.87倍であり、(3)第2、第3薄膜群の総光学膜厚の実施膜厚が基本膜厚の合計の約0.98倍であり、(4) 3層基本構成からなる第3薄膜群において、実施膜厚が約 $4.6 \lambda_0/4 \sim 6.1 \lambda_0/4$ の範囲であり、(5) 単層基本構成からなる第1薄膜群と3層基本構成からなる第3薄膜群において、1つの第3薄膜群とそれに隣接する2つの第1薄膜群の3群の合計の実施膜厚が約 $6.9 \lambda_0/4 \sim 7.0 \lambda_0/4$ の範囲であり、(6) 単層基本構成からなる第1薄膜群と3層基本構成からなる第3薄膜群において、1つの第1薄膜群とそれに隣接する2つの第3薄膜群の3群の合計の実施膜厚が約 $12.6 \lambda_0/4$ を満たしていることである。

【0039】

<実施例4>

第2薄膜群を単層の $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 膜、第3薄膜群を $\text{SiO}_2$ 膜と $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 膜で構成し、5群からなる緑反射トリミングフィルターをBK7基板上に真空蒸着法により形成した。表4に、基板側からの各薄膜群を含む基本構成の光学膜厚、及び透過率改善のための調整後の実施した光学膜厚を示す。使用入射角は45度である。

【0040】

【表4】

表4

層No	薄膜群No	膜材	基本膜厚	実施膜厚
1	3	S	0.88	1.41
2		Ta	3.50	3.31
3		S	0.88	0.32
4	2	Ta	1.75	1.76
5	3	S	0.88	0.37
6		Ta	3.50	3.32
7		S	0.88	0.82
8		Ta	3.50	3.21
9		S	0.88	0.96
10		Ta	3.50	3.14
11		S	0.88	0.30
12	2	Ta	1.75	1.75
13	3	S	0.88	0.65
14		Ta	3.50	3.54
15		S	0.88	1.31

【0041】

更に、図6に、この時の透過率特性を示す。図6において、点線33TS15は空気側から入射角33度、層数15層のS成分透過率特性を示し、実線45TS15は空気側から入射角45度、層数15層のS成分透過率特性を示し、破線57TS15は空気側から入射角57度、層数15層のS成分透過率特性を示す。

【0042】

本実施例においては、45度入射の時、430～480nmの範囲で平均94.7%の高透過率、510～570nmの範囲で平均6.1%の低透過率、600～650nmの範囲で平均97.1%の高透過率が得られた。緑領域のモレ透過光がやや多いが、実用上は問題無かった。又、角度特性を半値波長巾で示すと、実施例1と同様約49nmであつた。

表4において、第2の第3薄膜群は5層目～11層目までの交互層で構成されるが、第3薄膜群は必ずしも該3層基本構成で構成されるものではない。

表4の結果からわかるように、本実施例の膜の特徴は、(1)全薄膜群の総光学膜厚の実施膜厚が基本膜厚の約0.93倍であり、(2)第2、第3薄膜群の総光学膜厚の実施膜厚が基本膜厚の約0.93であることである。

【0043】

<実施例5>

実施例2と同様にして、第1薄膜群を $\text{SiO}_2$ 膜と $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 膜、第2薄膜群を $\text{SiO}_2$ 膜と $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 膜、第3薄膜群を $\text{SiO}_2$ 膜と $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 膜で構成し、7群からなる緑反射トリミングフィルターをBK7基板

10

20

30

40

50



上に真空蒸着法により形成した。表5に、各薄膜群を含む基本構成の光学膜厚、及び透過率改善のための調整後の実施膜厚を示す。但し、使用入射角は0度である。更に、図7に、この時の透過率特性を示す。

【 0 0 4 4 】

【表 5】

表 5

層No	薄膜群No	膜材	基本膜厚	実施膜厚
1	3	Ta	0.88	1.313
2		S	3.50	3.514
3		Ta	0.88	0.17
4	1	S	0.88	0.843
5		Ta	0.88	1.273
6		S	0.88	1.278
7	2	Ta	0.88	0.898
8		S	1.75	2.039
9		Ta	0.88	0.312
10	1	S	0.88	0.438
11		Ta	0.88	0.994
12		S	0.88	0.897
13		T a	0.88	1.321
14		S	0.88	1.401
15		Ta	0.88	0.636
16		S	0.88	0.934
17	2	Ta	0.88	0.26
18		S	1.75	2.018
19		Ta	0.88	0.26
20	1	S	0.88	1.345
21		Ta	0.88	1.365
22		S	0.88	1.008
23	3	Ta	0.88	0.299
24		S	3.50	4.018
25		T a	0.88	0.244

【 0 0 4 5 】

図7において、実線0T25は空気側から入射角0度、層数25層の透過率特性を示す。本実施例においては、0度入射の時、430～480nmの範囲で平均97.5%の高透過率、510～570nmの範囲で平均3.7%の低透過率、600～650nmの範囲で平均98.5%の高透過率が得られ、実用上問題無い特性であった。

【 0 0 4 6 】

表5の結果から分かるように、本実施例の膜の特徴は、(1)全薄膜群の総光学膜厚の実施膜厚が基本膜厚の約1.01倍であり、(2)第1薄膜群の総光学膜厚の実施膜厚が基本膜厚の約1.21倍であり、(3)第2、第3薄膜群の総光学膜厚の実施膜厚が基本膜厚の約0.88倍であり、(4)3層基本構成からなる第3薄膜群において、実施膜厚が約 $4.6 \lambda_0/4 \sim 5.0 \lambda_0/4$ の範囲であることである。

【 0 0 4 7 】

次に、本発明の比較対照として、本発明とは異なる基本構成の比較例を示した。

【 0 0 4 8 】

< 比較例1 >

Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜とSiO<sub>2</sub>膜の  $\lambda_0/4$ の交互層を基本に、高屈折率膜と低屈折率膜の光学膜厚比を換えて多層膜をBK7基板上に形成し、緑反射、青赤透過トリミングフィルターを得た。表6に、透過率改善のための調整後の実施膜厚を基板側から第1層の光学膜厚を示す。使用入射角は45度である。

【 0 0 4 9 】

表6において、1、2層目と25～28層目は青、赤領域の透過率（リップル）改善のための調

整層であり、3～24層目までが緑領域で高反射率を得るための交互層である。交互層の基本構成は1：1であるが、反射帯の半値波長巾を満たすためには約1.7：0.3程度の膜厚比の交互層が好ましいことがわかる。

【0050】

【表6】

表6

層No	膜材	基本膜厚	実施膜厚
1	Ta	1.00	1.66
2	S	1.00	4.54
3	Ta	1.00	1.70
4	S	1.00	0.29
5	Ta	1.00	1.70
6	S	1.00	0.29
7	Ta	1.00	1.70
8	S	1.00	0.29
9	Ta	1.00	1.70
10	S	1.00	0.29
11	Ta	1.00	1.70
12	S	1.00	0.29
13	Ta	1.00	1.70
14	S	1.00	0.29
15	Ta	1.00	1.70
16	S	1.00	0.29
17	Ta	1.00	1.70
18	S	1.00	0.29
19	Ta	1.00	1.70
20	S	1.00	0.29
21	Ta	1.00	1.70
22	S	1.00	0.29
23	Ta	1.00	1.70
24	S	1.00	0.29
25	Ta	1.00	0.90
26	S	1.00	1.66
27	Ta	1.00	1.66
28	S	1.00	0.97

10

20

30

【0051】

更に、図8に、この時の透過率特性を示す。図8において、点線33TS28は空気側から入射角33度、層数28層のS成分透過率特性を示し、実線45TS28は空気側から入射角45度、層数28層のS成分透過率特性を示し、破線57TS28は空気側から入射角57度、層数28層のS成分透過率特性を示す。

【0052】

本比較例においては、45度入射の時、430～480nmの範囲で平均91.4%の高透過率、510～570nmの範囲で平均3.2%の低透過率、600～650nmの範囲で平均95.5%の高透過率が得られた。又、角度特性を半値波長巾で示すと、約49nmであった。角度特性は本実施例と同等であるが、透過率特性では劣り、青、赤領域で明るさが不足する結果となり実用上問題であった。

40

【0053】

<比較例2>

比較例1の青、赤領域の透過率を改善するため、約1.7:0.3程度の膜厚比の交互層を基本に膜厚調整して、多層膜をBK7基板上に同様に形成し、緑反射、青赤透過トリミングフィルターを得た。表7に、透過率改善のための調整後の実施した基板側からの光学膜厚を示す。使用入射角は45度である。

【0054】

【表7】

50

表7

層No	膜材	基本膜厚	実施膜厚
1	Ta	1.00	1.56
2	S	1.00	2.22
3	Ta	1.00	1.77
4	S	1.00	0.45
5	Ta	1.00	1.64
6	S	1.00	0.25
7	Ta	1.00	1.74
8	S	1.00	0.18
9	Ta	1.00	1.69
10	S	1.00	0.30
11	Ta	1.00	1.64
12	S	1.00	0.38
13	Ta	1.00	1.73
14	S	1.00	0.36
15	Ta	1.00	1.66
16	S	1.00	0.31
17	Ta	1.00	1.63
18	S	1.00	0.25
19	Ta	1.00	1.73
20	S	1.00	0.29
21	Ta	1.00	1.67
22	S	1.00	0.37
23	Ta	1.00	1.71
24	S	1.00	0.30
25	Ta	1.00	1.99
26	S	1.00	0.17
27	Ta	1.00	0.81
28	S	1.00	1.63
29	Ta	1.00	2.06
30	S	1.00	0.81

10

20

## 【0055】

更に、図9に、この時の透過率特性を示す。図9において、点線33TS30は空気側から入射角33度、層数30層のS成分透過率特性を示し、実線45TS30は空気側から入射角45度、層数30層のS成分透過率特性を示し、破線57TS30は空気側から入射角57度、層数30層のS成分透過率特性を示す。

30

## 【0056】

本比較例においては、45度入射の時、430～480nmの範囲で平均99.0%の高透過率、510～570nmの範囲で平均2.1%の低透過率、600～650nmの範囲で平均98.8%の高透過率が得られた。又、角度特性を半値波長巾で示すと、約49nmであつた。角度特性、透過率特性は本実施例と同等であるが、層数が多く、製造上好ましくなかった。

## 【0057】

<比較例3>

40

特公昭60-038683の図4に示される11層特性のものを実施例1と同様にして形成した。但し、第1薄膜群をSiO<sub>2</sub>膜とZrO<sub>2</sub>膜、第2薄膜群をSiO<sub>2</sub>膜とZrO<sub>2</sub>膜とし、設計波長 $\lambda_0$ は540nm、使用入射角は0度とした。第1薄膜群は $\lambda_0/4$ の交互層であり、第2薄膜群は $4\lambda_0/4 - 2\lambda_0/4 - 4\lambda_0/4$ の基本構成である。この基本構成膜厚の時の特性を図10に示す。図10において、実線0T11は空気側から入射角0度、層数11層の透過率特性を示す。

図10から、430～480nmの範囲の高透過率、600～650nmの範囲の高透過率が得られず、本比較例の構成では、緑反射トリミングフィルターとして実用に適しない。

## 【0058】

<液晶プロジェクターの実施例>

次に、本実施形態の光学多層膜を用いたトリミングフィルターを有する液晶プロジェクタ

50

ーの実施例を示す

図11は本実施形態の光学多層膜を用いたトリミングフィルターを有する液晶プロジェクターの図である。図11において、101は光源、102は偏光板、103は本実施形態の光学多層膜を用いた、緑波長帯域の光(G)を反射し、青波長帯域の光(B)と赤波長帯域の光(R)を透過するトリミングフィルターである。104a、は青色光の偏光方向を90度変換し、赤色光の偏光方向は変換しない第1の色選択性位相差板、104bは青色光の偏光方向は変換せずに、赤色光の偏光方向を90度変換する第2の色選択性位相差板、105a、105b、105cは夫々P偏光を透過し、S偏光を反射する第1、第2及び第3の偏光ビームスプリッタである。106R、106G、106Bは夫々入射した光を反射するとともに画像変調する赤用の反射型液晶表示素子、緑用の反射型液晶表示素子、青用の反射型液晶表示素子である。108は投射レンズである。

10

【0059】

光源101から出射した無偏光の光は、偏光板102によって直線偏光(S偏光)とされ、トリミングフィルター103に入射する。トリミングフィルター103によって、緑色光は反射されるが、青色光と赤色光は透過する。これにより、緑色光と青、赤色光とが色分解される。

【0060】

緑色光は第1の偏光ビームスプリッタ105aで反射して緑用の反射型液晶表示素子106Gに入射する。一方、トリミングフィルター103を透過した青色光と赤色光は第1の色選択性位相差板104aに入射して、ここで青色光の偏光方向のみが90度回転させられP偏光となる。

【0061】

第2の偏光ビームスプリッタ105bは、P偏光である青色光を透過し、S偏光である赤色光を反射することでこれらを色分解し、青色光および赤色光はそれぞれ青用の反射型液晶表示素子106B及び赤用の反射型液晶表示素子106R入射する。

20

【0062】

緑用の反射型液晶表示素子106Gで変調された光のうちP偏光成分は第1の偏光ビームスプリッタ105aを透過し、第3の偏光ビームスプリッタ105cも透過して投影光となる。

【0063】

青用の反射型液晶表示素子106Bで変調された光のうちS偏光成分は第2の偏光ビームスプリッタ105bで反射し、第2の色選択性位相差板104bを透過し、第3の偏光ビームスプリッタ105cで反射して、投影光となる。

30

【0064】

赤用の反射型液晶表示素子106Rで変調された光のうちP偏光成分は第2の偏光ビームスプリッタ105bを透過し、第2の色選択性位相差板104bによって偏光方向が90度回転し、P偏光となり、第3の偏光ビームスプリッタ105cで反射して、投影光となる。第3の偏光ビームスプリッタ105cで1つに合成された緑色光と青色光と赤色光は、投射レンズ108より投射されることによってカラー画像を表示する。

【0065】

本実施例の液晶プロジェクターは、本実施形態の光学多層膜を用いることによって、少ない層数で緑色光を反射し、青、赤色光を透過するトリミングフィルターを実現している。

【0066】

40

【発明の効果】

本発明により、比較的少ない層数で、特定波長域で透過率が低くなる光学多層膜を実現することが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の概略を示す図である

【図2】薄膜群の切り分け方を示す図である

【図3】本発明の実施例1の光学多層膜の透過率特性を示す図である

【図4】本発明の実施例2の光学多層膜の透過率特性を示す図である

【図5】本発明の実施例3の光学多層膜の透過率特性を示す図である

【図6】本発明の実施例4の光学多層膜の透過率特性を示す図である

50

【図 7】本発明の実施例5の光学多層膜の透過率特性を示す図である

【図 8】本発明の比較例1の光学多層膜の透過率特性を示す図である

【図 9】本発明の比較例2の光学多層膜の透過率特性を示す図である

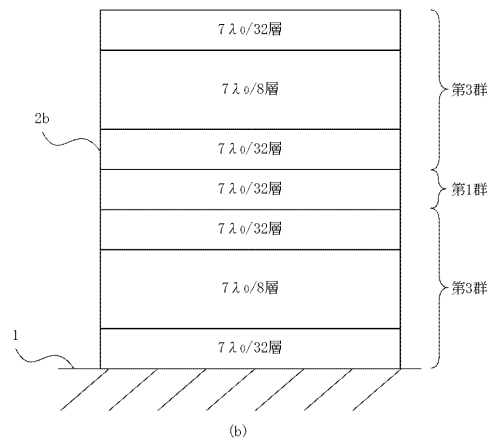
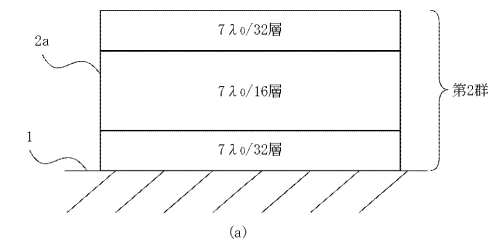
【図 10】本発明の比較例3の光学多層膜の透過率特性を示す図である

【図 11】本実施形態のトリミングフィルターを有する液晶プロジェクターの図である

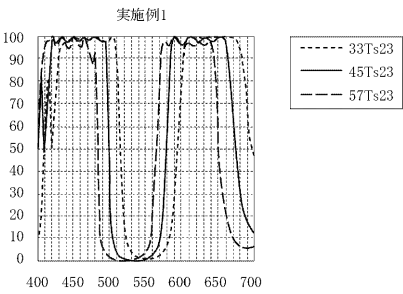
【図 1】



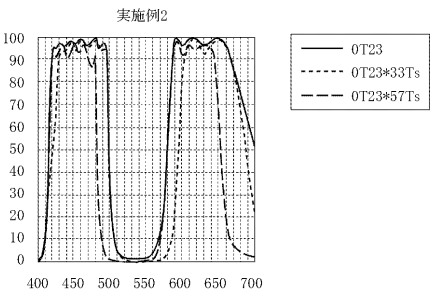
【図 2】



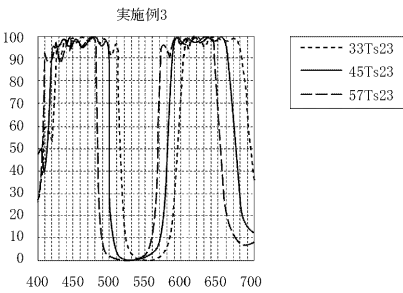
【図 3】



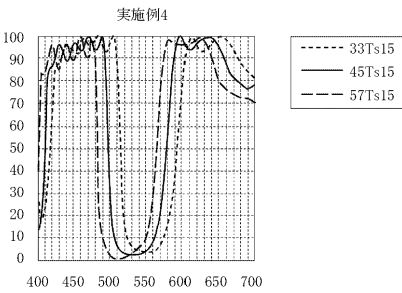
【図 4】



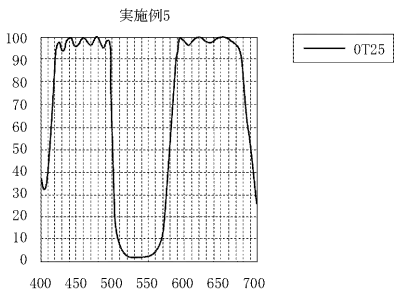
【図 5】



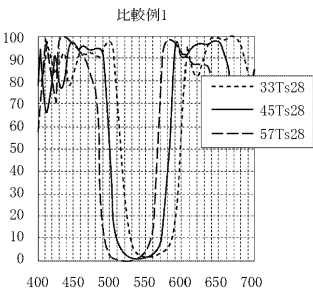
【図 6】



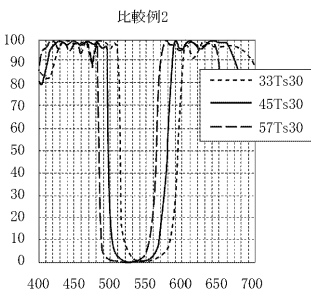
【図 7】



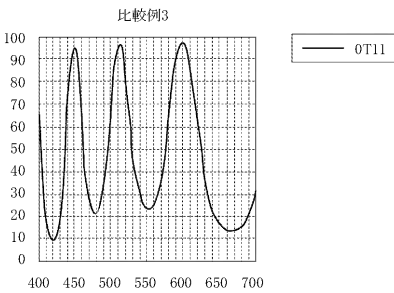
【図 8】



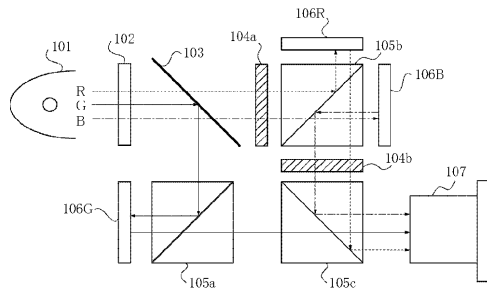
【図 9】



【図 10】



【図 11】





---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 1 - 1 0 8 5 0 4 ( J P , A )  
特開昭 6 2 - 2 9 9 9 0 5 ( J P , A )  
特開昭 6 3 - 0 1 8 3 0 4 ( J P , A )  
特開平 0 5 - 0 3 4 7 1 5 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G02B 5/26  
G02B 5/28  
G02F 1/1335