

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2004-45853
(P2004-45853A)

(43) 公開日 平成16年2月12日(2004.2.12)

(51) Int.Cl. ⁷		F I	テーマコード (参考)	
GO2B	5/28	GO2B	5/28	2H048
B32B	7/02	B32B	7/02 1 O 3	2H091
GO2F	1/1335	GO2F	1/1335 5 O 5	4F100
審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 18 頁)				
(21) 出願番号	特願2002-204283 (P2002-204283)	(71) 出願人	000001007	
(22) 出願日	平成14年7月12日 (2002. 7. 12)		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	
		Fターム (参考)	2H048 GA04 GA12 GA36 GA54 GA61 2H091 FA02 FA05 FC02 FC29 FC30 FD06 FD12 FD24 LA03 LA11 LA12 LA15	
最終頁に続く				

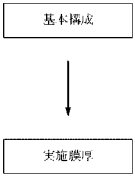
(54) 【発明の名称】 光学多層膜及び光学素子

(57) 【要約】

【課題】 特定波長域で透過率が高くなる光学多層膜及び光学素子を提供する。特には、緑波長帯域の光を反射し、青、赤波長帯域の光を透過する光学多層膜を比較的少ない層数で実現する光学多層膜及び光学素子を提供する。

【解決手段】 各層の基本膜厚及び層構成を定めた基本構成に基づき実際の膜厚を定める光学多層膜。基本構成は、設計波長を λ_0 として、光学的膜厚 $\lambda_0/4$ の単層又は交互層からなる第1薄膜群と、 $2\lambda_0/4$ の単層又は $\lambda_0/4$ と $2\lambda_0/4$ との交互層からなる第2薄膜群と、 $4\lambda_0/4$ の単層又は $\lambda_0/4$ と $4\lambda_0/4$ との交互層からなる第3薄膜群との3つの薄膜群のうち、2種類の薄膜群を7群以上備え、かつ、単層からなる薄膜群同士が隣接しない。但し、前記基本構成の区切りは第3、第2、第1薄膜群の優先順位で決定される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

各層の基本膜厚及び層構成を定めた基本構成に基づき実際の膜厚を定めた光学多層膜であって、前記基本構成は設計波長を λ_0 とした時、光学的膜厚 $\lambda_0/4$ の単層もしくは交互層からなる第 1 薄膜群と、 $2\lambda_0/4$ の単層もしくは $\lambda_0/4$ と $2\lambda_0/4$ との交互層からなる第 2 薄膜群と、 $4\lambda_0/4$ の単層もしくは $\lambda_0/4$ と $4\lambda_0/4$ との交互層からなる第 3 薄膜群との 3 つの薄膜群のうち、少なくとも 2 種類の薄膜群を 7 群以上備え、かつ、単層からなる薄膜群同士が隣接しないことを特徴とする光学多層膜。
但し、前記基本構成において、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は決定される。

10

【請求項 2】

前記基本構成が、第 1 薄膜群と第 2 薄膜群、又は第 1 薄膜群と第 3 薄膜群、又は第 1 薄膜群と連続する第 2 薄膜群と第 3 薄膜群とが交互に設けられ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】

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 4】

前記第 1 薄膜群の実際の総光学膜厚が、前記基本構成の第 1 薄膜群の総光学膜厚の $0.9 \sim 1.15$ 倍の範囲であることを特徴とする請求項 3 記載の光学多層膜。

20

【請求項 5】

前記第 2 薄膜群と前記第 3 薄膜群との実際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 $0.85 \sim 1.0$ 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 6】

前記基本構成が、3 つの $\lambda_0/4$ 層からなる第 1 薄膜群を有することを特徴とする請求項 1 記載の光学多層膜。

【請求項 7】

前記基本構成が、2 つの $\lambda_0/4$ 層と 1 つの $2\lambda_0/4$ 層との 3 層からなる第 2 薄膜群を有することを特徴とする請求項 1 記載の光学多層膜。

30

【請求項 8】

前記 $2\lambda_0/4$ 層が屈折率 2.0 以上の高屈折率膜であることを特徴とする請求項 7 記載の光学多層膜。

【請求項 9】

前記基本構成が、2 つの $\lambda_0/4$ 層と 1 つの $4\lambda_0/4$ 層との 3 層からなる第 3 薄膜群を有することを特徴とする請求項 1 記載の光学多層膜。

【請求項 10】

前記 $4\lambda_0/4$ 層が屈折率 2.0 以上の高屈折率膜であることを特徴とする請求項 7 記載の光学多層膜。

【請求項 11】

前記 3 層からなる第 2 薄膜群の 3 層の実際の光学膜厚の和が、 $2.5\lambda_0/4 \sim 5\lambda_0/4$ の範囲であることを特徴とする請求項 7 記載の光学多層膜。

40

【請求項 12】

前記基本構成が前記 3 層からなる第 1 薄膜群と前記 3 層からなる第 2 薄膜群とを有し、前記 3 層からなる第 2 薄膜群とそれに隣接する 2 つの前記 3 層からなる第 1 薄膜群との 3 つの薄膜群の実際の光学膜厚の和が $8.5\lambda_0/4 \sim 11\lambda_0/4$ の範囲であることを特徴とする請求項 6 又は 7 記載の光学多層膜。

【請求項 13】

前記基本構成が前記 3 層からなる第 1 薄膜群と前記 3 層からなる第 2 薄膜群とを有し、前記 3 層からなる第 1 薄膜群とそれに隣接する 2 つの前記 3 層からなる第 2 薄膜群との 3 つ

50

の薄膜群の実際の光学膜厚の和が $9.5 \lambda_0 / 4 \sim 11.5 \lambda_0 / 4$ の範囲であることを特徴とする請求項 6 又は 7 記載の光学多層膜。

【請求項 14】

基板上に請求項 1 ～ 13 のいずれか 1 項に記載の光学多層膜を成膜することを特徴とする光学素子。

【請求項 15】

光学多層膜の設計方法において、各層の基本膜厚及び層構成を定めた基本構成を設定する工程と、前記基本構成を元に実際の膜厚を定める工程とを有し、前記基本構成は設計波長を λ_0 とした時、光学的膜厚 $\lambda_0 / 4$ の単層もしくは交互層からなる第 1 薄膜群と、 $2 \lambda_0 / 4$ の単層もしくは $\lambda_0 / 4$ と $2 \lambda_0 / 4$ との交互層からなる第 2 薄膜群と、 $4 \lambda_0 / 4$ の単層もしくは $\lambda_0 / 4$ と $4 \lambda_0 / 4$ との交互層からなる第 3 薄膜群との 3 つの薄膜群のうち、少なくとも 2 種類の薄膜群を 7 群以上備え、かつ、単層からなる薄膜群同士が隣接しないことを特徴とする光学多層膜の設計方法。

但し、前記基本構成において、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は決定される。

【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、緑波長帯域の光を透過し、青、赤波長帯域の光を反射するトリミングフィルターに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

液晶プロジェクター等の色分解（合成）光学系において、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光学系が特開 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。

【0004】

そこで、光学多層膜を用いたトリミングフィルター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ーとは特定波長域の光を透過し、他の波長域の光を反射する光学多層膜を有する光学素子のことである。

【0005】

緑光分離特性を有する膜特性を得るための手法としては、青反射特性を有する薄膜群と赤反射特性を有する薄膜群を基板上に重ねて形成し、緑透過、青赤反射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 λ_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】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、青反射特性を有する薄膜群と赤反射特性を有する薄膜群を重ねた2群構成では、所望の特性を得るためには層数が多くなる傾向にあり、又、角度特性（入射角に依存する半値波長のシフト、透過率劣化）が好ましくなかった。

【0008】

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、430～480nmの範囲の低透過率、600～650nmの範囲の低透過率が得られず、又、緑透過帯の高透過率の波長範囲が狭かった。

【0009】

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高くなる新規な光学多層膜を提供することを目的とする。

【0010】**【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、各層の基本膜厚及び層構成を定めた基本構成に基づき実際の膜厚を定めた光学多層膜であって、前記基本構成は設計波長を λ_0 とした時、光学的膜厚 $\lambda_0/4$ の単層もしくは交互層からなる第1薄膜群と、 $2\lambda_0/4$ の単層もしくは $\lambda_0/4$ と $2\lambda_0/4$ との交互層からなる第2薄膜群と、 $4\lambda_0/4$ の単層もしくは $\lambda_0/4$ と $4\lambda_0/4$ との交互層からなる第3薄膜群との3つの薄膜群のうち、少なくとも2種類の薄膜群を7群以上備え、かつ、単層からなる薄膜群同士が隣接しないことを特徴としている。

【0011】

なお、基本構成において、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は決定される。

【0012】**【発明の実施の形態】**

液晶プロジェクターの緑透過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の範囲の低透過率、510～570nmの範囲の高透過率、600～650nmの範囲の低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。

【0013】

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。

【0014】

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 λ_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。

【0015】

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 λ_0 とし、第1薄膜群は光学的膜厚1

10

20

30

40

50

$\theta_0 / 4$ ($= n d \cos \theta_0$, n は屈折率、 d は幾何学的膜厚、 θ_0 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。

【0016】

第2薄膜群は、 $2 \theta_0 / 4$ 層の単層もしくは $2 \theta_0 / 4$ 層と $1 \theta_0 / 4$ 層とが交互に積層された積層膜である。

【0017】

第3薄膜群は、 $4 \theta_0 / 4$ 層の単層もしくは $4 \theta_0 / 4$ 層と $1 \theta_0 / 4$ 層とが交互に積層された積層膜である。

【0018】

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 $1 \theta_0 / 4$ 層の単層からなる第1薄膜群2つと、 $2 \theta_0 / 4$ 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、 $2 \theta_0 / 4$ 層と $1 \theta_0 / 4$ 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、 $1 \theta_0 / 4$ 層の単層からなる第1薄膜群1つとなる。

【0019】

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7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。

【0020】

【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。

【0021】

<実施例1>

第1薄膜群及び第2薄膜群を SiO_2 膜と Ta_2O_5 膜で構成し、11群からなる緑透過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 λ_0 は537nm、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。

【0022】

【表1】

表1

層No	薄膜群No	膜材	基本膜厚	実施膜厚
1	2	S	1.00	1.02
2		Ta	2.00	3.07
3		S	1.00	0.40
4	1	Ta	1.00	0.41
5		S	1.00	1.00
6		Ta	1.00	0.99
7	2	S	1.00	0.87
8		Ta	2.00	2.64
9		S	1.00	0.33
10	1	Ta	1.00	1.03
11		S	1.00	0.84
12		Ta	1.00	1.16
13	2	S	1.00	0.48
14		Ta	2.00	2.30
15		S	1.00	0.49
16	1	Ta	1.00	1.94
17		S	1.00	0.65
18		Ta	1.00	1.17
19	2	S	1.00	0.71
20		Ta	2.00	2.57
21		S	1.00	0.37
22	1	Ta	1.00	1.16
23		S	1.00	0.78
24		Ta	1.00	1.14
25	2	S	1.00	0.59
26		Ta	2.00	2.45
27		S	1.00	0.68
28	1	Ta	1.00	1.03
29		S	1.00	0.94
30		Ta	1.00	1.06
31	2	S	1.00	0.20
32		Ta	2.00	2.57
33		S	1.00	0.22

10

20

30

【0023】

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33TS33は空気側から入射角33度、層数33層のS成分透過率特性を示し、実線45TS33は空気側から入射角45度、層数33層のS成分透過率特性を示し、破線57TS33は空気側から入射角57度、層数33層のS成分透過率特性を示す。

【0024】

本実施例においては、45度入射の時、430～480nmの範囲で平均0.2%の低透過率、510～570nmの範囲で平均98%の高透過率、600～650nmの範囲で平均0.4%の低透過率が得られた。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48nmであつた。共に実用上問題無い特性が得られた。

40

【0025】

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0.96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1.02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0.91倍であり、(4)2つの1₀/4層とそれに挟まれた1つの2₀/4層との計3層(第2群3層基本構成)からなる第2薄膜群において、実施膜厚が約3.0₀/4～4.5₀/4の範囲であり、(5)連続する3つの1₀/4層(第1群3層基本構成)からなる第1薄膜群と第2群3層基本構成からなる第2薄膜群において、1

50

つの第2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 $9.3 \text{ } \mu\text{m} / 4 \sim 10.5 \text{ } \mu\text{m} / 4$ の範囲であり、(6)第1群3層基本構成からなる第1薄膜群と第2群3層基本構成からなる第2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2薄膜群の3群の合計の実施膜厚が約 $9.7 \text{ } \mu\text{m} / 4 \sim 10.7 \text{ } \mu\text{m} / 4$ の範囲を満たしていることである。

【0026】

<実施例2>

実施例1と同様にして、第1薄膜群及び第2薄膜群を SiO_2 膜と Ta_2O_5 膜で構成し、11群からなる緑透過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。 10

【0027】

更に、図4(a)に、この時の透過率特性を示す。図4(a)において、点線12TS33は空気側から入射角12度、層数33層のS成分透過率特性を示し、実線0TS33は空気側から入射角0度、層数33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、 $430 \sim 480 \text{ nm}$ の範囲で平均1.2%の低透過率、 $510 \sim 570 \text{ nm}$ の範囲で平均98%の高透過率、 $600 \sim 650 \text{ nm}$ の範囲で平均0.2%の低透過率が得られ、実用上問題無い特性であった。

【0028】

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、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1において、入射角33度の時の約 $580 \sim 600 \text{ nm}$ の透過光、及び入射角57度の時の約 $485 \sim 500 \text{ nm}$ の透過光)をカットする事が出来た。この時の特性を図2(b)に示す。図2(b)において、33*12Tsは入射角33度と12度で透過したS成分を示し、57*12Tsは入射角57度と12度で透過したS成分を示す。 20

【0029】

【表2】

表2

層No	薄膜群No	膜材	基本膜厚	実施膜厚
1	2	S	1.00	0.93
2		Ta	2.00	1.10
3		S	1.00	1.40
4	1	Ta	1.00	1.26
5		S	1.00	0.95
6		Ta	1.00	1.11
7	2	S	1.00	1.00
8		Ta	2.00	1.28
9		S	1.00	1.31
10	1	Ta	1.00	1.02
11		S	1.00	0.92
12		Ta	1.00	0.99
13	2	S	1.00	1.07
14		Ta	2.00	1.39
15		S	1.00	1.10
16	1	Ta	1.00	1.28
17		S	1.00	0.86
18		Ta	1.00	0.91
19	2	S	1.00	0.85
20		Ta	2.00	2.15
21		S	1.00	0.63
22	1	Ta	1.00	0.82
23		S	1.00	0.82
24		Ta	1.00	0.89
25	2	S	1.00	0.76
26		Ta	2.00	2.16
27		S	1.00	0.78
28	1	Ta	1.00	0.88
29		S	1.00	0.84
30		Ta	1.00	0.73
31	2	S	1.00	0.43
32		Ta	2.00	2.40
33		S	1.00	1.76

10

20

30

【0030】

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の実施膜厚が基本膜厚の約0.94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0.95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0.94倍であり、(4)第2群3層基本構成からなる第2薄膜群において、実施膜厚が約 $3.4 \text{ } \mu\text{m} / 4 \sim 4.6 \text{ } \mu\text{m} / 4$ の範囲であり、(5)第1群3層基本構成からなる第1薄膜群と第2群3層基本構成からなる第2薄膜群において、1つの第2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 $8.7 \text{ } \mu\text{m} / 4 \sim 9.8 \text{ } \mu\text{m} / 4$ の範囲であり、(6)第1群3層基本構成からなる第1薄膜群と第2群3層基本構成からなる第2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2薄膜群の3群の合計の実施膜厚が約 $9.9 \text{ } \mu\text{m} / 4 \sim 10.7 \text{ } \mu\text{m} / 4$ の範囲を満たしていることである。

40

【0031】

<実施例3>

実施例1と同様にして、第1薄膜群及び第2薄膜群を Al_2O_3 膜と TiO_2 膜で構成し、11群からなる緑透過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3において、Tiは TiO_2 膜(588nmでの屈折率2.30)

50

、Aは Al_2O_3 膜（588nmでの屈折率1.63）を示す。

【0032】

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33TS33は空気側から入射角33度、層数33層のS成分透過率特性を示し、実線45TS33は空気側から入射角45度、層数33層のS成分透過率特性を示し、破線57TS33は空気側から入射角57度、層数33層のS成分透過率特性を示す。

本実施例においては、45度入射の時、430～480nmの範囲で平均0.3%の低透過率、510～570nmの範囲で平均98%の高透過率、600～650nmの範囲で平均0.5%の低透過率が得られた。又、角度特性を半値波長巾で示すと、約51nmであつた。共に実用上問題無い特性が得られた。

10

【0033】

【表3】

表3

層No	薄膜群No	膜材	基本膜厚	実施膜厚
1	2	A	1.00	0.00
2		Ti	2.00	3.07
3		A	1.00	0.37
4	1	Ti	1.00	0.46
5		A	1.00	0.97
6		Ti	1.00	0.98
7	2	A	1.00	0.97
8		Ti	2.00	2.68
9		A	1.00	0.30
10	1	Ti	1.00	0.93
11		A	1.00	0.97
12		Ti	1.00	1.00
13	2	A	1.00	0.90
14		Ti	2.00	2.05
15		A	1.00	0.62
16	1	Ti	1.00	1.70
17		A	1.00	0.86
18		Ti	1.00	1.03
19	2	A	1.00	0.98
20		Ti	2.00	2.26
21		A	1.00	0.65
22	1	Ti	1.00	0.96
23		A	1.00	1.02
24		Ti	1.00	0.88
25	2	A	1.00	0.69
26		Ti	2.00	2.33
27		A	1.00	0.98
28	1	Ti	1.00	0.93
29		A	1.00	0.97
30		Ti	1.00	0.96
31	2	A	1.00	0.27
32		Ti	2.00	2.41
33		A	1.00	0.43

20

30

40

【0034】

表3において、第2薄膜群を構成する1層目の Al_2O_3 膜の実施膜厚が0となっている。しかし、これは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2群の基本膜厚合計は約4/4₀）を逸脱するものではない。

【0035】

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

50

施膜厚が基本膜厚の約 0.94 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 0.97 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 0.91 倍であり、(4) 第 2 群 3 層基本構成からなる第 2 薄膜群において、実施膜厚が約 $3.1 \text{ } \mu\text{m} / 4 \sim 4.0 \text{ } \mu\text{m} / 4$ の範囲であり、(5) 第 1 群 3 層基本構成からなる第 1 薄膜群と第 2 群 3 層基本構成からなる第 2 薄膜群において、1 つの第 2 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 $9.2 \text{ } \mu\text{m} / 4 \sim 10.3 \text{ } \mu\text{m} / 4$ の範囲であり、(6) 第 1 群 3 層基本構成からなる第 1 薄膜群と第 2 群 3 層基本構成からなる第 2 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 2 薄膜群の 3 群の合計の実施膜厚が約 $9.8 \text{ } \mu\text{m} / 4 \sim 11.0 \text{ } \mu\text{m} / 4$ の範囲を満たしていることである。

10

【0036】

< 実施例 4 >

第 1 薄膜群及び第 2 薄膜群を SiO_2 膜と Ta_2O_5 膜で構成し、7 群からなる緑透過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。使用入射角は 45 度である。

【0037】

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 33TS21 は空気側から入射角 33 度、層数 21 層の S 成分透過率特性を示し、実線 45TS21 は空気側から入射角 45 度、層数 21 層の S 成分透過率特性を示し、破線 57TS21 は空気側から入射角 57 度、層数 21 層の S 成分透過率特性を示す。

20

【0038】

本実施例においては、45 度入射の時、430 ~ 480 nm の範囲で平均 2.0 % の低透過率、510 ~ 570 nm の範囲で平均 9.8 % の高透過率、600 ~ 650 nm の範囲で平均 2.2 % の低透過率が得られた。青、赤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 48 nm であつた。

【0039】

【表 4】

表 4

層No	薄膜群No	膜材	基本膜厚	実施膜厚
1	2	S	1.00	1.03
2		Ta	2.00	3.00
3		S	1.00	0.29
4	1	Ta	1.00	0.53
5		S	1.00	0.96
6		Ta	1.00	1.02
7	2	S	1.00	0.85
8		Ta	2.00	2.53
9		S	1.00	0.42
10	1	Ta	1.00	1.07
11		S	1.00	0.81
12		Ta	1.00	1.11
13	2	S	1.00	0.51
14		Ta	2.00	2.36
15		S	1.00	0.69
16	1	Ta	1.00	1.36
17		S	1.00	1.22
18		Ta	1.00	1.15
19	2	S	1.00	0.23
20		Ta	2.00	2.41
21		S	1.00	0.02

30

40

50

【0040】

表4において、第2薄膜群を構成する21層目の SiO_2 膜の実施膜厚が略0となっている。しかし、これは空気に接する層として全体特性の上から略0が好ましいという事であり、基本構成(第2群の基本膜厚合計は約 $4/4_0$)を逸脱するものではない。

【0041】

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0.94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1.02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0.9倍であり、(4)第2群3層基本構成からなる第2薄膜群において、実施膜厚が約 $2.7_0/4 \sim 4.3_0/4$ の範囲であり、(5)第1群3層基本構成からなる第1薄膜群と第2群3層基本構成からなる第2薄膜群において、1つの第2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 $9.3_0/4 \sim 10.3_0/4$ の範囲であり、(6)第1群3層基本構成からなる第1薄膜群と第2群3層基本構成からなる第2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2薄膜群の3群の合計の実施膜厚が約 $9.9_0/4 \sim 10.6_0/4$ の範囲を満たしていることである。

10

【0042】

<実施例5>

第1薄膜群、第2薄膜群及び第3薄膜群を SiO_2 膜と Ta_2O_5 膜で構成し、11群からなる緑透過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5に、基板側からの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。使用入射角は45度である。

20

【0043】

更に、図7に、この時の透過率特性を示す。図7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。

本実施例においては、45度入射の時、430~480nmの範囲で平均0.2%の低透過率、510~570nmの範囲で平均98%の高透過率、600~650nmの範囲で平均0.4%の低透過率が得られた。又、角度特性を半値波長巾で示すと、約49nmであつた。共に実用上問題無い特性が得られた。

30

【0044】

【表5】

表5

層No	薄膜群No	膜材	基本膜厚	実施膜厚
1	1	Ta	1.00	1.71
2	3	S	1.00	0.91
3		Ta	4.00	4.06
4		S	1.00	0.76
5	1	Ta	1.00	1.13
6	2	S	1.00	0.70
7		Ta	2.00	2.49
8		S	1.00	0.51
9	1	Ta	1.00	1.12
10		S	1.00	0.81
11		Ta	1.00	1.08
12	2	S	1.00	0.52
13		Ta	2.00	2.48
14		S	1.00	0.81
15	1	Ta	1.00	1.01
16		S	1.00	0.87
17		Ta	1.00	1.06
18	2	S	1.00	0.26
19		Ta	2.00	2.65
20		S	1.00	0.89
21	1	Ta	1.00	1.02
22		S	1.00	1.03
23		Ta	1.00	1.90
24	3	S	1.00	0.98
25		Ta	4.00	3.39
26		S	1.00	1.14
27	1	Ta	1.00	0.24
28		S	1.00	1.37

10

20

30

40

【0045】

表5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1.10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0.94倍であり、(4)第2群3層基本構成からなる第2薄膜群において、実施膜厚が約 $3.7 \text{ } \mu\text{m} / 4 \sim 3.8 \text{ } \mu\text{m} / 4$ の範囲であり、(5)第1群3層基本構成からなる第1薄膜群と第2群3層基本構成からなる第2薄膜群において、1つの第2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 $9.7 \text{ } \mu\text{m} / 4 \sim 10.7 \text{ } \mu\text{m} / 4$ の範囲であり、(6)第1群3層基本構成からなる第1薄膜群と第2群3層基本構成からなる第2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2薄膜群の3群の合計の実施膜厚が約 $10.4 \text{ } \mu\text{m} / 4 \sim 10.6 \text{ } \mu\text{m} / 4$ の範囲を満たしていることである。

【0046】

次に、本発明の比較対象として、本発明とは異なる基本構成の比較例を示した。

【0047】

<比較例1>

Ta₂O₅膜とSiO₂膜の交互層からなる青反射特性を有する薄膜群とTa₂O₅膜とSiO₂膜の交互層からなる赤反射特性を有する薄膜群を真空蒸着法により基板上に重ねて形成し、緑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層目としてを示す。使用入射角は45度である。

【0048】

【表6】

表6

層No	膜材	実施膜厚
1	Ta	1.05
2	S	0.86
3	Ta	0.13
4	S	0.90
5	Ta	1.02
6	S	1.00
7	Ta	1.03
8	S	0.93
9	Ta	0.28
10	S	0.63
11	Ta	0.99
12	S	1.00
13	Ta	1.00
14	S	1.02
15	Ta	1.04
16	S	0.19
17	Ta	0.64
18	S	0.99
19	Ta	1.02
20	S	1.00
21	Ta	1.10
22	S	1.65
23	Ta	1.20
24	S	1.14
25	Ta	1.33
26	S	1.16
27	Ta	1.08
28	S	1.32
29	Ta	1.58
30	S	1.08
31	Ta	1.07
32	S	1.05
33	Ta	1.30
34	S	1.60
35	Ta	1.21
36	S	1.06
37	Ta	1.03
38	S	1.35
39	Ta	1.73
40	S	0.04

10

20

30

【0049】

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33TS40は空気側から入射角33度、層数40層のS成分透過率特性を示し、実線45TS40は空気側から入射角45度、層数40層のS成分透過率特性を示し、破線57TS40は空気側から入射角57度、層数40層のS成分透過率特性を示す。

40

【0050】

本比較例においては、45度入射の時、430～480nmの範囲で平均0.5%の低透過率、510～570nmの範囲で平均98%の高透過率、600～650nmの範囲で平均0.1%の低透過率が得られた。又、角度特性を半値波長巾で示すと、約34nmであつた。透過率特性は本実施例と同等であるが、角度特性では劣り、明るさが不足する結果となり実用上問題であつた。更に、層数が本実施例に比較して多くなるのが難点である。

【0051】

50

< 比較例 2 >

特公昭 60 - 038683 号公報の図 2 に示される 11 層特性のものを実施例 1 と同様に形成した。但し、第 1 薄膜群を SiO_2 膜と ZrO_2 膜、第 2 薄膜群を SiO_2 膜と ZrO_2 膜とし、設計波長 λ_0 は 540 nm、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 9 に示す。図 9 において、実線 0 T 1 1 は空気側から入射角 0 度、層数 11 層の透過率特性を示す。

【0052】

図 7 から、430 ~ 480 nm の範囲の低透過率、600 ~ 650 nm の範囲の低透過率が得られず、本比較例の構成では、緑透過トリミングフィルターとして実用に適しない。 10

【0053】

< 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ーの実施例を示す。

【0054】

図 10 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 10 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) を透過し、青波長帯域の光 (B) と赤波長帯域の光 (R) を反射するトリミングフィルターである。104 a は赤色光の偏光方向を 90 度変換し、青色光の偏光方向は変換しない第 1 の色選択性位相差板、104 b は赤色光の偏光方向は変換せずに、青色光の偏光方向を 90 度変換する第 2 の色選択性位相差板、105 a、105 b、105 c 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。106 R、106 G、106 B 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。107 は投射レンズである。 20

【0055】

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 (P 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、緑色光は透過されるが、青色光と赤色光は反射する。これにより、緑色光と青、赤色光とが色分解される。 30

【0056】

緑色光は第 1 の偏光ビームスプリッタ 105 a を透過して緑用の反射型液晶表示素子 106 G 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 104 a に入射して、ここで赤色光の偏光方向のみが 90 度回転させられ S 偏光となる。

【0057】

第 2 の偏光ビームスプリッタ 105 b 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进行色分解し、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 106 B 及び赤用の反射型液晶表示素子 106 R に入射する。

【0058】

緑用の反射型液晶表示素子 106 G で変調された光のうち S 偏光成分は第 1 の偏光ビームスプリッタ 105 a で反射し、第 3 の偏光ビームスプリッタ 105 c でも反射して投影光となる。 40

【0059】

青用の反射型液晶表示素子 106 B 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 105 b で反射し、第 2 の色選択性位相差板 104 b 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 105 c を透過して、投影光となる。

【0060】

赤用の反射型液晶表示素子 106 R で変調された光のうち P 偏光成分は第 2 の偏光ビーム 50

スプリッタ 105b を透過し、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 を透過して、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 107 より投射されることによってカラー画像を表示する。

【0061】

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透過し、青、赤色光を反射するトリミングフィルターを実現している。

【0062】

【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高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】(a) 薄膜群の切り分け方を示す図である。(b) 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】(a) 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。(b) 本発明の実施例 1 と実施例 2 の光学多層膜を組み合わせたとき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。

【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。

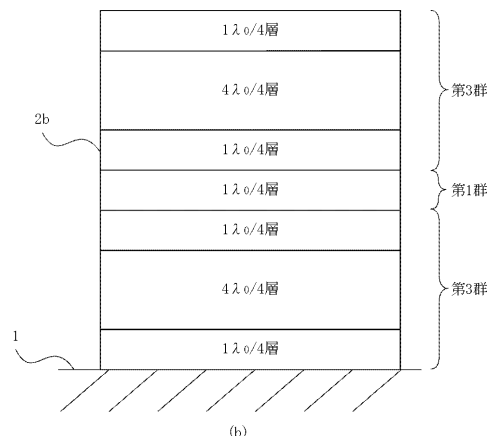
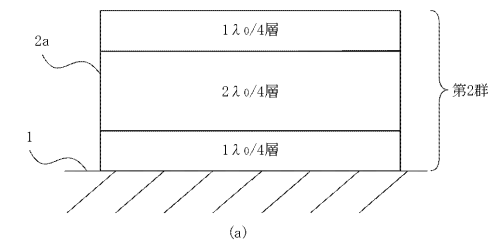
【図 9】本発明の比較例 2 の光学多層膜の透過率特性を示す図である。

【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。

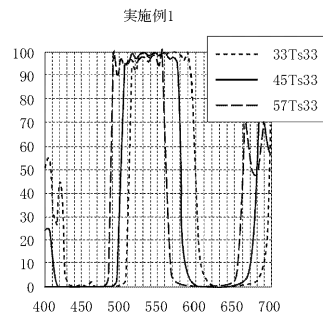
【図 1】



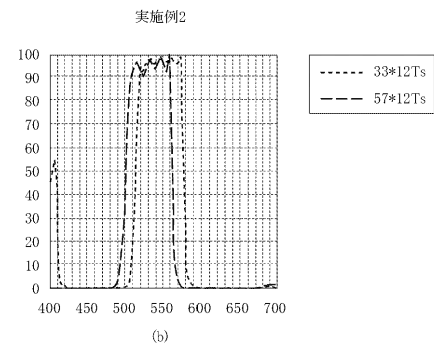
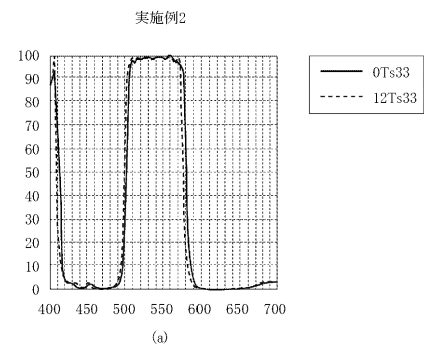
【図 2】



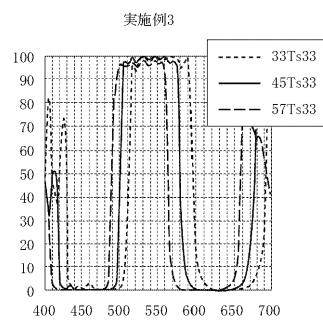
【 図 3 】



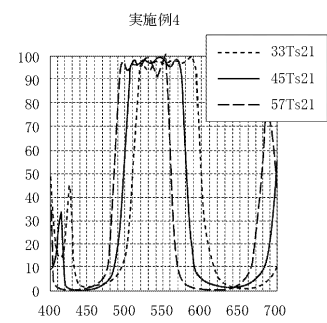
【 図 4 】



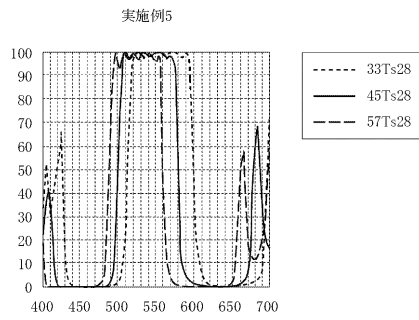
【 図 5 】



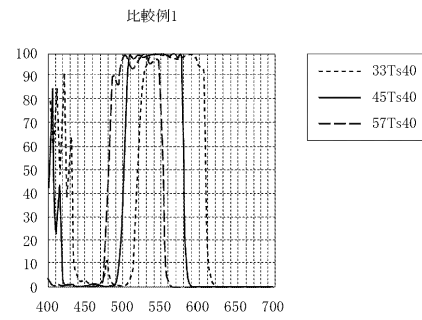
【 図 6 】



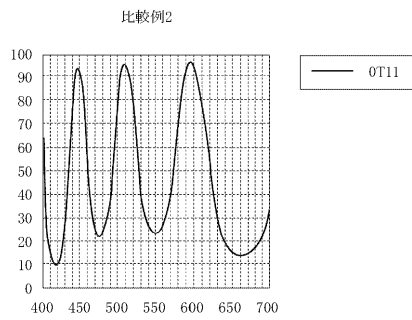
【 図 7 】



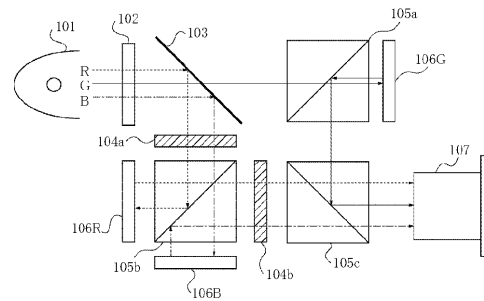
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4F100 AA17 AA20 AS00A AS00B AS00C BA05 BA07 BA08 GB90 JM02A
JM02B JM02C JN18B YY00A YY00B YY00C