

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4200266号  
(P4200266)

(45) 発行日 平成20年12月24日 (2008.12.24)

(24) 登録日 平成20年10月17日 (2008.10.17)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 B 5/28 (2006.01)  
 G O 2 B 5/04 (2006.01)  
 G O 2 B 5/08 (2006.01)  
 G O 2 B 5/26 (2006.01)  
 G O 2 B 27/18 (2006.01)

G O 2 B 5/28  
 G O 2 B 5/04 A  
 G O 2 B 5/04 C  
 G O 2 B 5/08 A  
 G O 2 B 5/26

請求項の数 12 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-98364 (P2002-98364)  
 (22) 出願日 平成14年4月1日 (2002.4.1)  
 (65) 公開番号 特開2003-294938 (P2003-294938A)  
 (43) 公開日 平成15年10月15日 (2003.10.15)  
 審査請求日 平成16年6月18日 (2004.6.18)

(73) 特許権者 000005821  
 パナソニック株式会社  
 大阪府門真市大字門真1006番地  
 (74) 代理人 100097445  
 弁理士 岩橋 文雄  
 (74) 代理人 100109667  
 弁理士 内藤 浩樹  
 (74) 代理人 100109151  
 弁理士 永野 大介  
 (72) 発明者 三戸 真也  
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下  
 電器産業株式会社内

審査官 濱野 隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ダイクロイックミラー及び投写型表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透明基板上に、低屈折率層と高屈折率層からなる周期数が複数の第1の交互周期層と、  
 中間屈折率層と前記高屈折率層からなる周期数が複数の第2の交互周期層と、前記低屈折  
 率層と前記高屈折率層からなる周期数が複数の第3の交互周期層とをこの順に備え、

前記中間屈折率層の屈折率は、前記低屈折率層の屈折率より高く前記高屈折率層の屈折  
 率より低く、

前記中間屈折率層は前記低屈折率層の材料と前記高屈折率層の材料とを含むことを特徴  
 とするダイクロイックミラー。

【請求項 2】

前記中間屈折率層の屈折率層の屈折率は1.6以上1.8以下である請求項1記載のダ  
 イクロイックミラー。

【請求項 3】

前記第2の交互周期層の周期数は7以上12以下であり、前記第1の交互周期層と前記  
 第3の交互周期層の合計層数は7層以上12層以下である請求項1記載のダイクロイック  
 ミラー。

【請求項 4】

前記低屈折率層は $\text{SiO}_2$ であり、前記高屈折率層は $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ のいずれか、もしくはこれらの混合物からなることを特徴とする請求項1記  
 載のダイクロイックミラー。

## 【請求項 5】

光源と、画像形成手段としてのライトバルブと、前記光源の放射光を前記ライトバルブ上に集光する照明光学系と、前記照明光学系からの照明光を赤，緑，青の3原色光に分解し且つ前記3原色光を合成する色分解合成光学系と、前記ライトバルブ上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズとを具備し、前記色分解合成光学系は請求項1記載のダイクロイックミラーを少なくとも1つ用いていることを特徴とする投写型表示装置。

## 【請求項 6】

前記色分解合成光学系は青反射ダイクロイックミラー及び赤反射ダイクロイックミラーを有し、少なくとも一方のダイクロイックミラーに対する媒質側からの光の線入射角が30°以上であることを特徴とする請求項5記載の投写型表示装置。

10

## 【請求項 7】

透明基板上に、低屈折率層と高屈折率層からなる周期数が複数の第1の交互周期層と、前記低屈折率層と中間屈折率層からなる周期数が複数の第2の交互周期層と、前記低屈折率層と前記高屈折率層からなる周期数が複数の第3の交互周期層とをこの順に備え、前記中間屈折率層の屈折率は、前記低屈折率層の屈折率より高く前記高屈折率層の屈折率より低く、

前記中間屈折率層は前記低屈折率層の材料と前記高屈折率層の材料とを含むことを特徴とするダイクロイックミラー。

## 【請求項 8】

20

前記中間屈折率層の屈折率層の屈折率は1.8以上2以下である請求項7記載のダイクロイックミラー。

## 【請求項 9】

前記第2の交互周期層の周期数は7以上12以下であり、前記第1の交互周期層と前記第3の交互周期層の合計層数は7層以上12層以下である請求項7記載のダイクロイックミラー。

## 【請求項 10】

前記低屈折率層は $\text{SiO}_2$ であり、前記高屈折率層は $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{TiO}_2$ のいずれかであることを特徴とする請求項7記載のダイクロイックミラー。

## 【請求項 11】

30

光源と、画像形成手段としてのライトバルブと、前記光源の放射光を前記ライトバルブ上に集光する照明光学系と、前記照明光学系からの照明光を赤，緑，青の3原色光に分解し且つ前記3原色光を合成する色分解合成光学系と、前記ライトバルブ上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズとを具備し、前記色分解合成光学系は請求項7記載のダイクロイックミラーを少なくとも1つ用いていることを特徴とする投写型表示装置。

## 【請求項 12】

前記色分解合成光学系は青反射ダイクロイックミラー及び赤反射ダイクロイックミラーを有し、少なくとも一方のダイクロイックミラーに対する媒質側からの光の線入射角が30°以上であることを特徴とする請求項11記載の投写型表示装置。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、透明基板上に誘電体多層膜を積層して任意の波長を選択的に透過及び反射させるダイクロイックミラーと、このダイクロイックミラーを用いライトバルブ上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写型表示装置に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

大画面映像を得るために、ライトバルブに映像信号に応じた光学像を形成し、その光学像に光を照射し投写レンズによりスクリーン上に拡大投写する投写型表示装置が従来からよ

50

く知られている。赤，緑，青の3原色光に対応してライトバルブを3つ用いれば高輝度、高解像度でかつ色再現性の良好な投写画像を表示できる。

【0003】

3つのライトバルブを用いた投写型表示装置は、一般に、光源と、光源からの放射光をライトバルブ上に集光させる照明光学系と、ライトバルブと、光源の白色光を照明光路中で赤，緑，青の3原色光に分解し、ライトバルブから出力された3原色光を再び1つに合成する色分解合成光学系と、ライトバルブ上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズから構成される。

【0004】

スクリーン上に表示される投写画像の光学性能の中で、解像度は主にライトバルブの画素数と投写レンズの解像力によって決まり、光出力は主に光源から出力される総光量と照明光学系の集光効率とライトバルブの光利用効率と色分解合成光学系のスペクトル利用効率から決まり、色再現性は色分解合成光学系の分光特性によって決まる。

【0005】

この中で、光出力と色再現性に寄与する色分解合成光学系は、青色光を反射して赤色，緑色光を透過する第1のダイクロイックミラーと、赤色光を反射して緑色，青色光を透過する第2のダイクロイックミラーを用いて赤，緑，青の3原色光に分解または合成させる構成を用いることが多い。

【0006】

ここで、例えば空気中からの光の入射角が $47.4^\circ$ となるように構成した青反射ダイクロイックミラーと2つのプリズム状ガラス基板に挟持されガラス中からの光の入射角が $10^\circ$ となるように構成した赤反射ダイクロイックミラーを用いた場合の従来例について、以下に説明する。

【0007】

図12はダイクロイックミラーの分光透過率であり、図12(a)は青反射ダイクロイックミラー、図12(b)は赤反射ダイクロイックミラーの分光透過率である。いずれのダイクロイックミラーもガラス基板上に低屈折率層の誘電体薄膜と高屈折率層の誘電体薄膜の交互周期層を積層させたものであり、低屈折率層として屈折率が1.46の $\text{SiO}_2$ 、高屈折率層として屈折率が2.3の $\text{Nb}_2\text{O}_5$ を用いている。青反射ダイクロイックミラーは青色光と緑色光を分離する波長帯の透過率50%を示す波長（以下、半値波長と呼ぶ）が505nm付近であり、赤反射ダイクロイックミラーは赤色光と緑色光を分離する半値波長が595nm付近である。赤反射ダイクロイックミラーは半値波長付近の透過率曲線が直線的に立ち上がっているのに対し、青反射ダイクロイックミラーの半値波長付近の透過率曲線は透過率50%付近で階段状となっていることがわかる。

【0008】

これは、光の入射角が大きいことに起因するもので、入射角が大きくなるほど図13示すようにS偏光とP偏光の透過率曲線の半値波長の分離幅が大きくなるため、これらの平均光は図12(a)に示すような特性となる。ここで、S偏光とは偏波面がダイクロイックミラー面の法線と光の進行方向とを含む平面と垂直な方向である直線偏光で、P偏光は偏波面がS偏光と垂直な関係にある直線偏光のことである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

図12(a)に示した青反射ダイクロイックミラーの場合、半値波長付近の分光透過率曲線が階段状となっているために、青色側の波長帯域の一部が緑色側に透過し、緑色側の波長帯域の一部が青色側に反射され、それぞれの色純度を劣化させる要因となる。また、この構成のまま色純度を向上させようとする例え図14示すようなシアン光を反射させる第1の色補正フィルタ61と、これを用いたことによって色度特性が変化する白色光の色度を調整するためのイエロー光を反射させる第2の色補正フィルタ62を付加する必要があり、結果的にスペクトル利用効率も大幅な低下を招くことになる。

【0010】

10

20

30

40

50

従って、図 1 2 ( a ) に示した青反射ダイクロイックミラーも図 1 2 ( b ) に示した赤反射ダイクロイックミラーと同様に半値波長付近の波長分離曲線が直線的に立ち上がり、反射波長帯域と透過波長帯域の分離幅を小さくすることができれば色再現性とスペクトル利用効率を良好に両立させることができる。

#### 【 0 0 1 1 】

本発明は、入射角が大きい場合でも、波長分離特性が良好なダイクロイックミラーを実現し、投写画像の色再現性とスペクトル利用効率が良好な投写型表示装置を提供することを目的とする。

#### 【 0 0 1 2 】

##### 【課題を解決するための手段】

この課題を解決するため本発明のダイクロイックミラーは、透明基板上に、低屈折率層と高屈折率層からなる周期数が複数の第 1 の交互周期層と、中間屈折率層と前記高屈折率層からなる周期数が複数の第 2 の交互周期層と、前記低屈折率層と前記高屈折率層からなる周期数が複数の第 3 の交互周期層とをこの順に備え、前記中間屈折率層の屈折率は、前記低屈折率層の屈折率より高く前記高屈折率層の屈折率より低く、前記中間屈折率層は前記低屈折率層の材料と前記高屈折率層の材料とを含むことを特徴とするものである。

#### 【 0 0 1 3 】

また、本発明の投写型表示装置は、光源と、画像形成手段としてのライトバルブと、前記光源の放射光を前記ライトバルブ上に集光する照明光学系と、前記照明光学系からの照明光を赤、緑、青の 3 原色光に分解し且つ前記 3 原色光を合成する色分解合成光学系と、前記ライトバルブ上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズとを具備し、前記色分解合成光学系は上記のダイクロイックミラーを少なくとも 1 つ用いていることを特徴とするものである。

#### 【 0 0 1 4 】

さらに、本発明の他のダイクロイックミラーは、透明基板上に、低屈折率層と高屈折率層からなる第 1 の交互周期層と、前記低屈折率層と中間屈折率層からなる第 2 の交互周期層と、前記低屈折率層と前記高屈折率層からなる第 3 の交互周期層とをこの順に備え、

前記中間屈折率層の屈折率は、前記低屈折率層の屈折率より高く前記高屈折率層の屈折率より低く、

前記中間屈折率層は前記低屈折率層の材料と前記高屈折率層の材料とを含むことを特徴とするものである。

#### 【 0 0 1 5 】

また、本発明の他の投写型表示装置は、光源と、画像形成手段としてのライトバルブと、前記光源の放射光を前記ライトバルブ上に集光する照明光学系と、前記照明光学系からの照明光を赤、緑、青の 3 原色光に分解し且つ前記 3 原色光を合成する色分解合成光学系と、前記ライトバルブ上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズとを具備し、前記色分解合成光学系は上記のダイクロイックミラーを少なくとも 1 つ用いていることを特徴とするものである。

#### 【 0 0 1 6 】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図 1 から図 9 を参照して説明する。

#### 【 0 0 1 7 】

##### (実施の形態 1)

図 1 は本発明の実施の形態 1 における青反射ダイクロイックミラーの概略構成を示したものであり、同図において、1 は透明ガラス基板、2 は低屈折率層、3 は高屈折率層、4 は中間屈折率層、5 は第 1 の交互周期層、6 は第 2 の交互周期層、7 は第 3 の交互周期層である。

#### 【 0 0 1 8 】

また、図 1 0 は図 1 の構成の各層の材質と膜厚を示したものである。設計主波長は 4 7 5 nm、表中の各層の膜厚は薄膜の屈折率と物理的膜厚を乗じた光学的膜厚で表したもので

10

20

30

40

50

あり、設計主波長の  $1/4$  となる場合を 1 としている。

【0019】

透明ガラス基板 1 上に順次、低屈折率層 2 と高屈折率層 3 からなる第 1 の交互周期層 5、中間屈折率層 4 と高屈折率層 3 からなる第 2 の交互周期層 6、低屈折率層 2 と高屈折率層 3 からなる第 3 の交互周期層 7 が形成され、第 2 の交互周期層 6 は周期数 9 で 18 層からなり、第 1 の交互周期層 5 と第 3 の交互周期層 7 の合計層数は 11 層であり、全体として 29 層で構成されている。

【0020】

低屈折率層 2 の材質は  $\text{SiO}_2$  で屈折率が 1.46、高屈折率層 3 の材質は  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  で屈折率が 2.3、中間屈折率層 4 の材質は低屈折率層 2 の  $\text{SiO}_2$  と高屈折率層 3 の  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  からなる混合層であり屈折率が 1.7 である。中間屈折率層は  $\text{SiO}_2$  と  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  とを同時に蒸着し、それぞれの成膜速度を制御して混合比をコントロールすることによって所望の屈折率を得る。成膜方法としては  $\text{Si}$  基板と  $\text{Nb}$  基板を蒸着ターゲットとした反応性スパッタリングを採用すれば屈折率の再現性が高い良好な中間屈折率層を形成できる。

10

【0021】

高屈折率層として本実施の形態においては  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  を用いたが、他に  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$  のいずれか、もしくはこれらの混合物を用いても良い。

【0022】

第 1 の交互周期層 5 と第 3 の交互周期層 7 は青色を反射するために十分な波長帯域を得ることと、膜厚の最適化により緑色と赤色の透過波長帯域に発生するリップルを最小限に押さえる作用を有する。また、第 2 の交互周期層 6 は青色光と緑色光を良好に波長分離する作用を有する。

20

【0023】

図 1 及び図 10 に示した多層膜構成の青反射ダイクロイックミラーの分光透過率特性を図 2 に示す。図中、実線は本実施の形態の青反射ダイクロイックミラーの分光透過率、波線は図 12 (a) に示した従来例の青反射ダイクロイックミラーの分光透過率である。光の入射角は従来例と同様に  $47.4^\circ$  である。従来例の分光透過率曲線と比較してわかるように、本実施の形態の多層膜構成を用いれば、半値波長付近の波長分離帯の曲線が直線的に立ち上がり、従来例においては緑色側に透過した斜線部の青色光 11 は青側に反射させることができ、また青色側に反射した斜線部の緑色光 12 は緑色側に透過させることができる。

30

【0024】

以上のような本実施の形態のダイクロイックミラーを構成する場合、中間屈折率層 4 の屈折率は 1.6 以上 1.8 以下であることが望ましい。屈折率が 1.6 より小さい場合は、分光透過率特性の波長分離帯の曲線が図 2 の波線に近づき本実施の形態の特徴である良好な波長分離性能が得られなくなる。また、屈折率が 1.8 より大きい場合は、第 2 の交互周期層 6 を構成する高屈折率層 3 との屈折率差が小さくなり青色を反射するための十分な反射波長帯域が得られなくなる。

【0025】

また、第 2 の交互周期層 6 の周期数は 7 以上 12 以下が望ましい。周期数が 7 より小さい場合は図 2 に示した本実施の形態のような良好な波長分離特性が得られなくなり、周期層数が 12 より大きい場合は分光透過率特性の変化が小さくなり周期層増加するだけの効果は小さくなる。

40

【0026】

さらに、第 1 の交互周期層 5 と第 3 の交互周期層 7 との合計層数は 7 層以上 12 層以下が望ましい。合計層数が 7 層より小さい場合青色光の十分な反射波長帯域が得られないか、十分な反射率が得られなくなり、合計層数が 12 より大きい場合は分光透過率特性の変化が小さくなり層数を増加するだけの効果は小さくなる。

【0027】

50

図 3 は本発明の実施の形態 1 における投写型表示装置の概略構成を示したものであり、同図において、23 は光源、28 は照明光学系、30 は色分解合成光学系、31 はライトバルブ、32 は投写レンズである。

【0028】

反射型ライトバルブ 31 は、画素ごとにミラー素子がマトリックス状に配列され、映像信号に応じて光の進行方向を変調し反射角の変化として光学像が形成されるものである。

【0029】

光源 23 はランプ 21 と凹面鏡 22 によって構成される。凹面鏡 22 は反射面の断面形状が楕円形をなす楕円面鏡であり、第 1 焦点と第 2 焦点を有する。ランプ 21 としてキセノンランプを用いており、発光体の中心が凹面鏡 22 の第 1 焦点付近に位置するように配置され、ロッドプリズム 24 の光入射面が凹面鏡 22 の第 2 焦点付近に位置するように配置されている。また、凹面鏡 22 はガラス製機材の内面に赤外光を透過させ可視光を反射させる光学多層膜を形成したものである。

【0030】

照明光学系 28 は、ロッドプリズム 24、コンデンサレンズ 25、全反射ミラー 26、フィールドレンズ 27 によって構成される。ロッドプリズム 24 は光の入射面及び出射面が反射型ライトバルブ 31 の有効表示面と同じアスペクト比である四角柱であり、光源 23 からの放射光が集光される場所に配置されるため、材質は耐熱性に優れた石英ガラスからなる。ロッドプリズム 24 の入射面付近に凹面鏡 22 によって集光されたランプ 21 の発光体像を形成させる。凹面鏡 22 によって集光されたランプ 21 の発光体像は光軸に近い中心付近が最も明るく、周辺ほど急激に暗くなる傾向にあるため、面内に輝度の不均一性が残る。これに対し、ロッドプリズム 24 に入射した光線束はロッドプリズム 24 の側面で多重反射され、反射回数分だけ発光体像が細分割及び重畳されて照明されるため、ロッドプリズム 24 の出射面においては輝度が均一化される。このようにランプ発光体像の細分割及び重畳効果によって、ロッドプリズム 24 内で反射される回数が多いほど均一性が向上するので、均一性の度合いはロッドプリズム 24 の長さに依存する。本実施の形態においては、スクリーン上の周辺照度が中心照度に対して 90% 以上となるようにロッドプリズム 24 の長さを設定した。

【0031】

このように輝度が均一化されたロッドプリズム 24 の出射面を 2 次面光源とし、以降に配置されているコンデンサレンズ 25 とフィールドレンズ 27 によって、反射型ライトバルブ 31 の有効表示面積とマッチングする倍率で結像させれば、集光効率の確保と均一性の向上を両立させることが出来る。

【0032】

フィールドレンズ 27 を出射した照明光は、全反射プリズム 29 に入射するように構成している。全反射プリズム 29 は 2 つのプリズムから構成され、互いのプリズムの近接面には非常に薄い空気層を形成している。空気層は、照明光が空気層に入射する場合には臨界角以上の角度で入射して全反射されて反射型ライトバルブ 31 側に斜め方向から進行し、投写画像としてライトバルブ 31 から反射された光（以下、ON 光と呼ぶ）は臨界角以下の角度で空気層に入射及び透過して投写レンズ 32 に入射するように角度設定されている。このように、全反射プリズム 29 を設けることにより、光学系全体をコンパクトに構成できる。

【0033】

全反射プリズム 29 と反射型ライトバルブ 31 との間には色分解合成プリズム 30 が配置されおり、反射型ライトバルブ 31 は赤用、緑用、青用に 3 つ用いている。

【0034】

ここで色分解合成プリズム 30 の構成及び作用について図 4 を参照して以下に説明する。

【0035】

図 4 は図 3 に図示した色分解合成プリズム 30 の水平方向の断面図である。色分解合成プリズム 30 は第 1 のプリズム 33 と第 2 のプリズム 34 と第 3 のプリズム 35 の 3 つのプ

10

20

30

40

50

リズムからなり、それぞれのプリズムの近接面には青反射ダイクロイックミラー 36 と赤反射ダイクロイックミラー 37 が形成されている。青反射ダイクロイックミラー 36 は図 1, 2、図 10 に示した構成のダイクロイックミラーであり、第 1 のプリズム 33 側に形成されている。第 1 のプリズム 33 と第 2 のプリズム 34 との間には空気層が形成され、青反射ダイクロイックミラー 36 への第 1 のプリズム 33 側からの光の入射角は  $29^\circ$  であり、空気層側の出射角は  $47.4^\circ$  となるように構成されている。また、赤反射ダイクロイックミラー 37 は第 2 のプリズム 34 側に形成され、第 2 のプリズム 34 と第 3 のプリズム 35 は赤反射ダイクロイックミラー 37 を挟持して接合されている。赤反射ダイクロイックミラー 37 への第 2 のプリズム 34 及び第 3 のプリズム 35 の入射角及び出射角は  $10^\circ$  となるように構成され、図 1 - b に示した従来例の赤反射ダイクロイックミラーと同じ分光透過率特性を有する。

10

#### 【0036】

全反射プリズム 29 から入射した光が、まず青反射ダイクロイックミラー 36 によって青色光のみ反射され青色光となって青色用反射型ライトバルブ 31B に入射する。次に、青反射ダイクロイックミラー 36 を透過した光は赤反射ダイクロイックミラー 37 によって赤色光のみ反射され赤色光となって赤色用反射型ライトバルブ 31R に入射する。そして、青反射ダイクロイックミラー 36 と赤反射ダイクロイックミラー 37 をいずれも透過した緑色光は緑色用反射型ライトバルブ 31G に入射する。3 色の光はそれぞれ対応する反射型ライトバルブ 31B, 31R, 31G によって反射された後、再び青反射ダイクロイックミラー 36 と赤反射ダイクロイックミラー 37 によって 1 つ合成され、全反射プリズム 29 に入射する。このように、白色光を赤、青、緑の 3 原色に分解及び合成し、それぞれの映像信号に対応する 3 つの反射型ライトバルブ 31B, 31R, 31G を用いることで、高精細でフルカラーの投写画像を表示できる。

20

#### 【0037】

反射型ライトバルブ 31B, 31R, 31G に入射した照明光うち、白表示に相当する ON 光は全反射プリズム 29、投写レンズ 32 を透過してスクリーン上（図示せず）に拡大投写される。一方、黒表示に相当する OFF 光は投写レンズ 32 の有効径外に進行し、スクリーンには到達しない。

#### 【0038】

本実施の形態の投写型表示装置から投写される投写画像の色度を図 5 の  $x-y$  色度座標グラフに示す。図中の赤、緑、青の色度座標を結んだ三角形のうち実線が本実施の形態の青反射ダイクロイックミラー及びこれを用いた投写画像の性能であり、波線が従来例の性能である。三角形の面積が大きいほど色再現範囲が広いことを示し、本実施の形態は従来例に比べ緑と青を結ぶ直線が外側にあり、色再現範囲が広がっていることがわかる。

30

#### 【0039】

また、スペクトル利用効率についても、従来例に対して本実施の形態は約 4% 向上し、光出力の点でも有利となる。さらに、従来例においては本実施の形態と同等の色再現範囲を実現するために、先述の図 14 に示したような色補正フィルタを用いるとスペクトル利用効率は低下するため、本実施の形態においては従来例の色補正フィルタを用いた場合と比較すると光出力は 10 ~ 15% 有利となり、色再現性と光出力の両立という点において著しい効果がある。

40

#### 【0040】

なお、本実施の形態においてはライトバルブとして光の進行方向を変調する反射型のライトバルブを用いたが、本実施の形態におけるダイクロイックミラーを用いた色分解合成光学系は、自然光を変調する方式のライトバルブであれば他の方式や透過型のタイプでも同様の効果を得ることができる。

#### 【0041】

また、本実施の形態のダイクロイックミラーは空気換算の光の角度が  $30^\circ$  以上の時に効果が発揮される。従って、本実施の形態においては色分解合成光学系として 3 つのプリズムを組み合わせた構成を用い、青反射ダイクロイックミラーへの空気換算の光入射角が 4

50

7.4°となる構成を採用したが、ダイクロイックミラーへの空気換算の光入射角が30°以上となる構成であれば他の構成による色分解合成光学系でも同様の効果が得られる。

【0042】

(実施の形態2)

図6は本発明の実施の形態2における青反射ダイクロイックミラーの概略構成を示したものであり、同図において、41は透明ガラス基板、42は低屈折率層、43は高屈折率層、44は中間屈折率層、45は第1の交互周期層、46は第2の交互周期層、47は第3の交互周期層である。

【0043】

また、図11は図1の構成の各層の材質と膜厚を示したものである。設計主波長は475nm、表中の各層の膜厚は薄膜の屈折率と物理的膜厚を乗じた光学的膜厚で表したものであり、設計主波長の1/4となる場合を1としている。

【0044】

透明ガラス基板41上に順次、低屈折率層42と高屈折率層43からなる第1の交互周期層45、低屈折率層42と中間屈折率層44からなる第2の交互周期層46、低屈折率層42と高屈折率層43からなる第3の交互周期層47が形成され、第2の交互周期層46は周期数9で18層からなり、第1の交互周期層45と第3の交互周期層47の合計層数は11層であり、全体として29層で構成されている。

【0045】

低屈折率層42の材質はSiO<sub>2</sub>で屈折率が1.46、高屈折率層43の材質はNb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>で屈折率が2.3、中間屈折率層44の材質は低屈折率層42のSiO<sub>2</sub>と高屈折率層43のNb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>からなる混合層であり屈折率が1.9である。中間屈折率層はSiO<sub>2</sub>とNb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>とを同時に蒸着し、それぞれの成膜速度を制御して混合比をコントロールすることによって所望の屈折率を得る。成膜方法としてはSi基板とNb基板を蒸着ターゲットとした反応性スパッタリングを採用すれば屈折率の再現性が高い良好な中間屈折率層を形成できる。

【0046】

高屈折率層として本実施の形態においてはNb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を用いたが、他にTiO<sub>2</sub>を用いても良い。

【0047】

第1の交互周期層45と第3の交互周期層47は青色を反射するために十分な波長帯域を得ることと、膜厚の最適化により緑色と赤色の透過波長帯域に発生するリップルを最小限に押さえる作用を有する。また、第2の交互周期層46は青色光と緑色光を良好に波長分離する作用を有する。

【0048】

図6及び図11に示した多層膜構成の青反射ダイクロイックミラーの分光透過率特性を図7に示す。図中、実線は本実施の形態の青反射ダイクロイックミラーの分光透過率、波線は図12(a)に示した従来例の青反射ダイクロイックミラーの分光透過率である。光の入射角は本実施の形態においても従来例と同様に47.4°である。従来例の分光透過率曲線と比較してわかるように、本実施の形態の多層膜構成も半値波長付近の波長分離帯の曲線が直線的に立ち上がり、従来例においては緑色側に透過した斜線部の青色光51は青側に反射させることができ、また青色側に反射した斜線部の緑色光52は緑色側に透過させることができる。

【0049】

以上のような本実施の形態のダイクロイックミラーを構成する場合、中間屈折率層44の屈折率は1.8以上2.0以下であることが望ましい。屈折率が1.8より小さい場合は、分光透過率特性の波長分離帯の曲線が図6の波線に近づき本実施の形態の特徴である良好な波長分離性能が得られなくなる。また、屈折率が2.0より大きい場合は、第2の交互周期層46を構成する低屈折率層42との屈折率差が小さくなり青色を反射するための十分な反射波長帯域が得られなくなる。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 5 0 】

また、第 2 の交互周期層 4 6 の周期数は 7 以上 1 2 以下が望ましい。周期数が 7 より小さい場合は図 7 に示した本実施の形態のような良好な波長分離特性が得られなくなり、周期層数が 1 2 より大きい場合は分光透過率特性の変化が小さくなり周期層増加するだけの効果は小さくなる。

## 【 0 0 5 1 】

さらに、第 1 の交互周期層 4 5 と第 3 の交互周期層 4 7 との合計層数は 7 層以上 1 2 層以下が望ましい。合計層数が 7 層より小さい場合青色光の十分な反射波長帯域が得られないか、十分な反射率が得られなくなり、合計層数が 1 2 より大きい場合は分光透過率特性の変化が小さくなり層数を増加するだけの効果は小さくなる。

10

## 【 0 0 5 2 】

本実施の形態の青反射ダイクロイックミラーを、実施の形態 1 で説明した図 3 の投写型表示装置の色分解光学系 3 0 に用い、図 4 に示した青反射ダイクロイックミラー 3 6 として用いた場合の投写画像の色度を図 8 の x y 色度座標グラフに示す。

## 【 0 0 5 3 】

図中の赤、緑、青の色度座標を結んだ三角形のうち実線が本実施の形態の青反射ダイクロイックミラー及びこれを用いた投写画像の性能であり、波線が従来例の性能である。本実施の形態の場合も、従来例に比べ緑と青を結ぶ直線が外側にあり、色再現範囲が広がっていることがわかる。

## 【 0 0 5 4 】

20

また、スペクトル利用効率についても、従来例に対して本実施の形態は約 2 % 向上し、光出力の点でも有利となる。さらに、実施の形態 1 の場合と同様に、従来例において本実施の形態と同等の色再現範囲を実現するために、図 1 4 に示したような色補正フィルタを用いるとスペクトル利用効率は低下するため、本実施の形態においても従来例の色補正フィルタを用いた場合と比較すると光出力は 1 0 ~ 1 5 % 有利となり、色再現性と光出力の両立という点において著しい効果がある。

## 【 0 0 5 5 】

なお、本実施の形態のダイクロイックミラーも空気換算の光の角度が  $30^\circ$  以上の時に効果が発揮される。従って、本実施の形態においても色分解合成光学系として 3 つのプリズムを組み合わせた構成を用い、青反射ダイクロイックミラーへの空気換算の光入射角が  $47.4^\circ$  となる構成を採用したが、ダイクロイックミラーへの空気換算の光入射角が  $30^\circ$  以上となる構成であれば他の構成による色分解合成光学系でも同様の効果が得られる。

30

## 【 0 0 5 6 】

また、例えば、本実施の形態の青反射ダイクロイックミラーと同じ光の空気換算入射角が  $47.4^\circ$  の赤反射ダイクロイックミラーの分光透過率特性例を図 9 に示す。図中の実線が本発明で説明したような中間屈折率層を含む 3 つの交互周期層によって多層膜構成を用いた場合であり、波線が従来例と同様に 2 種類の屈折率層の交互周期層のみで構成した場合である。本実施の形態においてはいずれも青反射ダイクロイックミラーに本発明の効果示した例を示したが、図 9 からわかる通り、光の空気換算入射角が大きい赤反射ダイクロイックミラーを構成した場合においても同様の効果を得ることができる。

40

## 【 0 0 5 7 】

## 【 発明の効果 】

以上のように本発明によれば、入射角が大きい場合でも、波長分離特性が良好なダイクロイックミラーを実現でき、投写画像の色再現性とスペクトル利用効率が良好な投写型表示装置を提供することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の一実施の形態によるダイクロイックミラーの概略構成図

【 図 2 】 本発明の一実施の形態によるダイクロイックミラーの分光透過率特性グラフ

【 図 3 】 本発明の一実施の形態による投写型表示装置の概略構成図

【 図 4 】 本発明の一実施の形態による色分解合成光学系の概略構成図

50

- 【図 5】本発明の一実施の形態による投写画像の x y 色度座標グラフ  
 【図 6】本発明の一実施の形態によるダイクロイックミラーの概略構成図  
 【図 7】本発明の一実施の形態によるダイクロイックミラーの分光透過率特性グラフ  
 【図 8】本発明の一実施の形態による投写画像の x y 色度座標グラフ  
 【図 9】本発明の他のダイクロイックミラーの分光透過率特性グラフ  
 【図 10】図 1 の構成の各層の材質と膜厚を示す図  
 【図 11】図 1 の構成の各層の材質と膜厚を示す図  
 【図 12】従来のダイクロイックミラーの分光透過率特性グラフ  
 【図 13】従来のダイクロイックミラーの分光透過率特性グラフ  
 【図 14】色補正フィルタの分光透過率特性グラフ

10

【符号の説明】

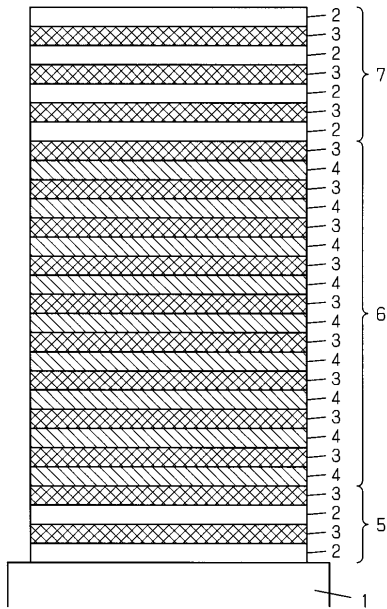
- 1 透明ガラス基板  
 2 低屈折率層  
 3 高屈折率層  
 4 中間屈折率層  
 5 第 1 の交互周期層  
 6 第 2 の交互周期層  
 7 第 3 の交互周期層  
 11 従来例において緑色側に透過した青色光（斜線部）  
 12 従来例において青色側に反射した緑色光（斜線部）  
 21 ランプ  
 22 凹面鏡  
 23 光源  
 24 ロッドプリズム  
 25 コンデンサレンズ  
 26 全反射ミラー  
 27 フィールドレンズ  
 28 照明光学系  
 29 全反射プリズム  
 30 色分解合成光学系  
 31, 31R, 31G, 31B 反射型ライトバルブ  
 32 投写レンズ  
 33 第 1 のプリズム  
 34 第 2 のプリズム  
 35 第 3 のプリズム  
 36 青反射ダイクロイックミラー  
 37 赤反射ダイクロイックミラー  
 41 透明ガラス基板  
 42 低屈折率層  
 43 高屈折率層  
 44 中間屈折率層  
 45 第 1 の交互周期層  
 46 第 2 の交互周期層  
 47 第 3 の交互周期層  
 51 従来例において緑色側に透過した青色光（斜線部）  
 52 従来例において青色側に反射した緑色光（斜線部）  
 61 第 1 の色補正フィルタ  
 62 第 2 の色補正フィルタ

20

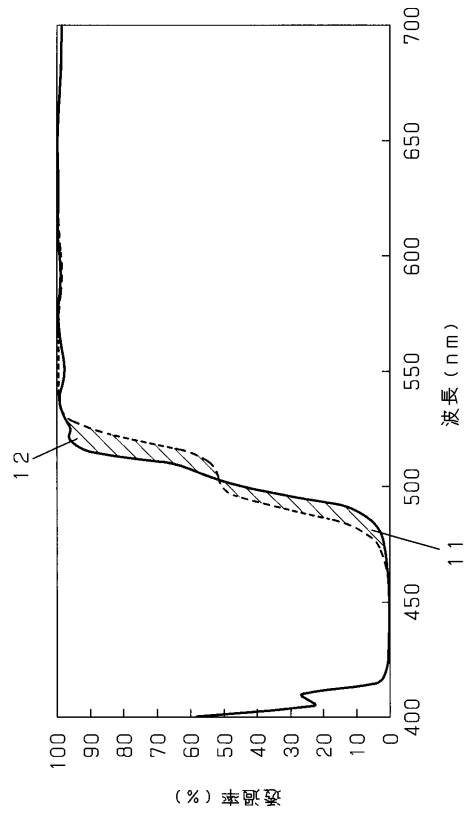
30

40

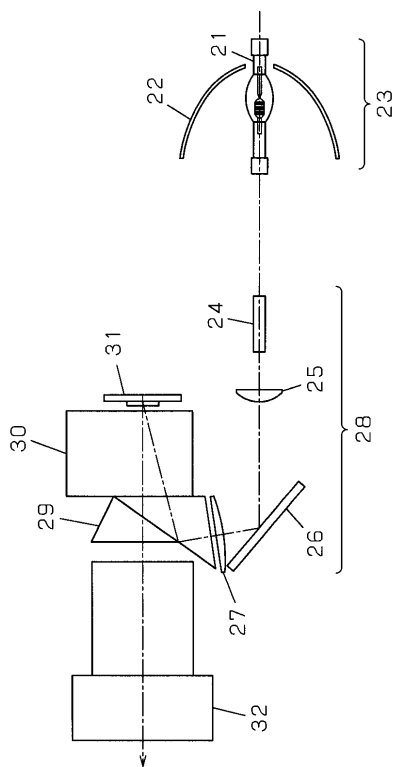
【図 1】



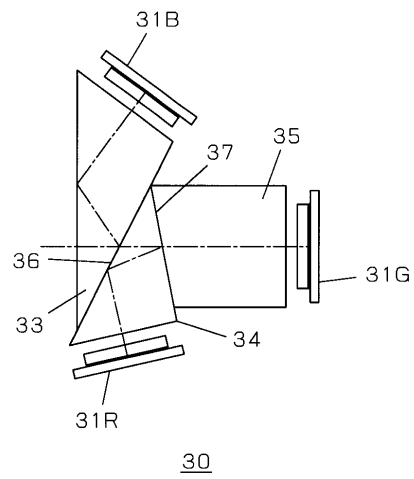
【図 2】



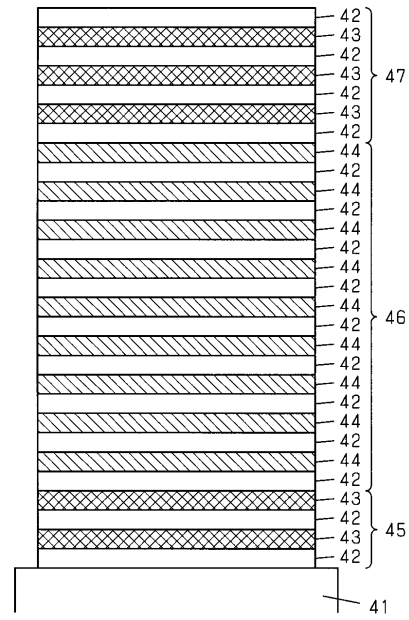
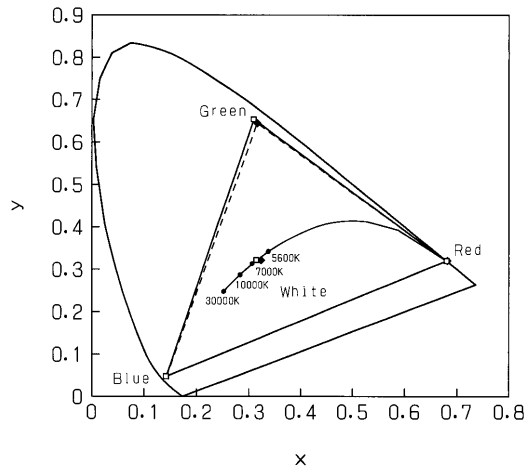
【図 3】



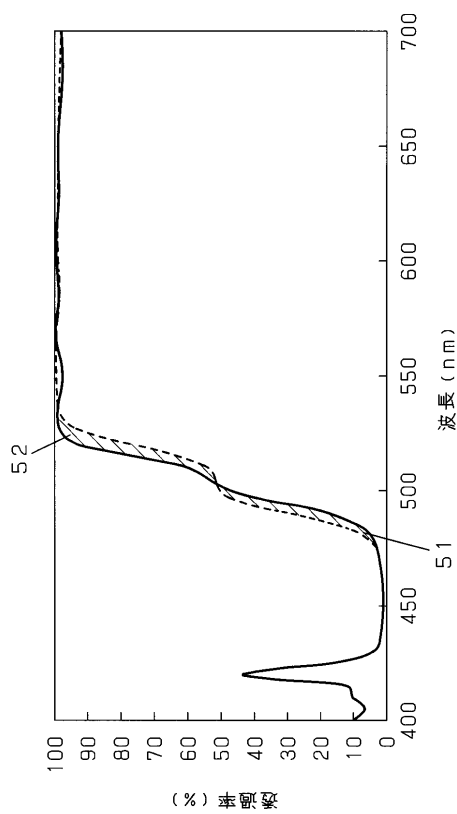
【図 4】



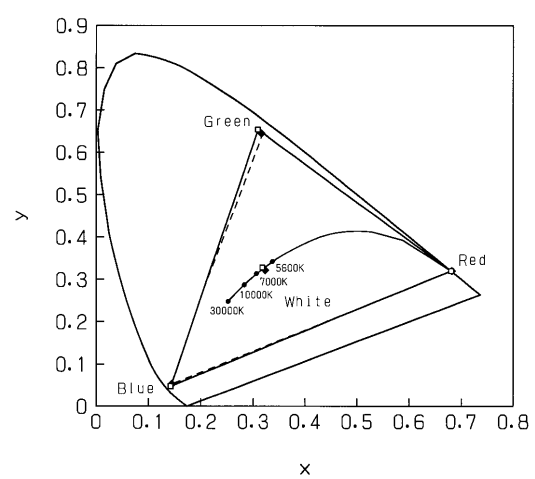
【圖 6】



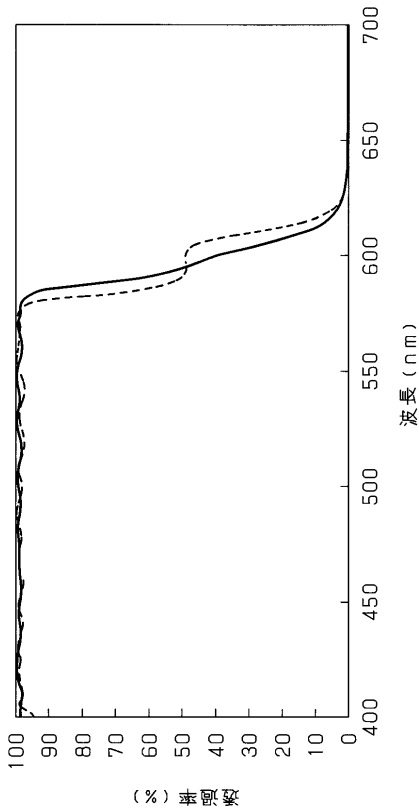
【圖 7】



【 図 8 】



【図 9】



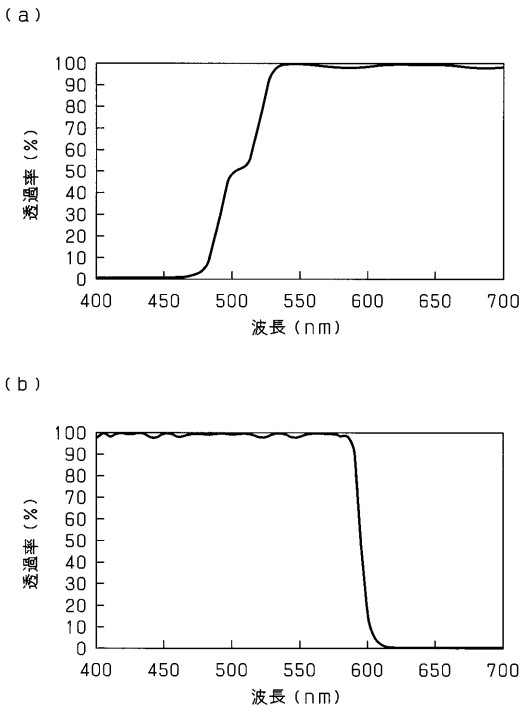
【図 10】

	材料	膜厚
基板	BK7	
1	SiO <sub>2</sub>	1.423
2	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.557
3	SiO <sub>2</sub>	0.617
4	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.586
5	SiO <sub>2</sub>	0.748
6	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.844
7	SiO <sub>2</sub>	0.942
8	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.217
9	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.841
10	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.217
11	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.841
12	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.217
13	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.841
14	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.217
15	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.841
16	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.217
17	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.841
18	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.217
19	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.841
20	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.217
21	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.841
22	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.217
23	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.841
24	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.217
25	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.841
26	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.169
27	SiO <sub>2</sub>	0.708
28	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.941
29	SiO <sub>2</sub>	1.957
媒質	空気	

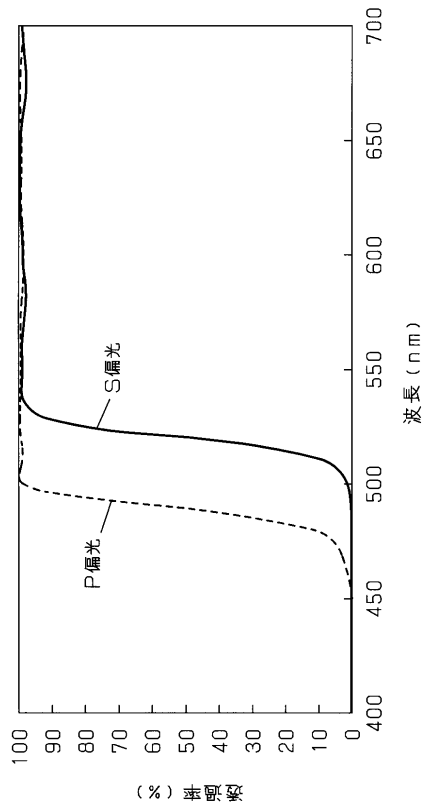
【図 11】

	材料	膜厚
基板	BK7	
1	SiO <sub>2</sub>	1.106
2	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.574
3	SiO <sub>2</sub>	0.847
4	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.023
5	SiO <sub>2</sub>	0.993
6	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.752
7	SiO <sub>2</sub>	1.046
8	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.364
9	SiO <sub>2</sub>	0.808
10	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.364
11	SiO <sub>2</sub>	0.808
12	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.364
13	SiO <sub>2</sub>	0.808
14	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.364
15	SiO <sub>2</sub>	0.808
16	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.364
17	SiO <sub>2</sub>	0.808
18	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.364
19	SiO <sub>2</sub>	0.808
20	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.364
21	SiO <sub>2</sub>	0.808
22	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.364
23	SiO <sub>2</sub>	0.808
24	SiO <sub>2</sub> /Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.364
25	SiO <sub>2</sub>	0.808
26	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.076
27	SiO <sub>2</sub>	0.664
28	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.019
29	SiO <sub>2</sub>	1.907
媒質	空気	

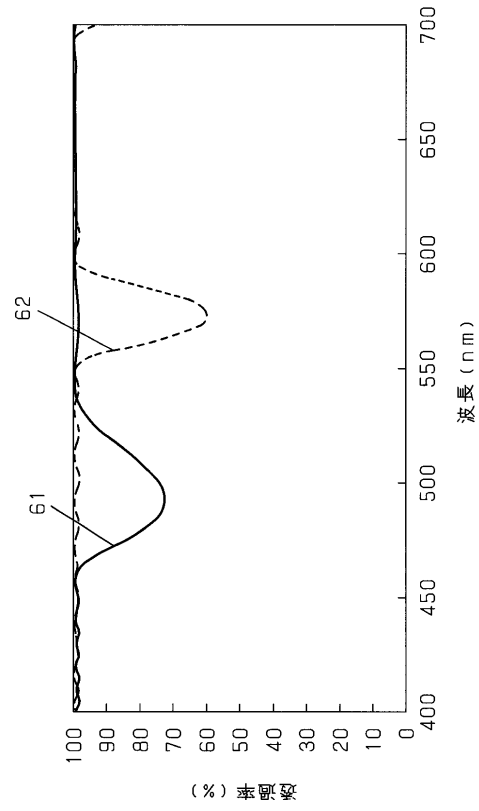
【図 12】



【図 13】



【図 14】



---

 フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
<b>G 0 3 B</b>	<b>21/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G 0 2 B</b>	<b>27/18</b>	<b>Z</b>
<b>G 0 3 B</b>	<b>21/14</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G 0 3 B</b>	<b>21/00</b>	<b>E</b>
<b>G 0 3 B</b>	<b>33/12</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G 0 3 B</b>	<b>21/14</b>	<b>Z</b>
			<b>G 0 3 B</b>	<b>33/12</b>	

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

## (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G02B 5/28  
 G02B 5/04  
 G02B 5/08  
 G02B 5/26  
 G02B 27/18  
 G03B 21/00  
 G03B 21/14  
 G03B 33/12