

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4575682号
(P4575682)

(45) 発行日 平成22年11月4日 (2010. 11. 4)

(24) 登録日 平成22年8月27日 (2010. 8. 27)

(51) Int. Cl.

F I

G O 3 B 21/16 (2006. 01)

G O 3 B 21/16

G O 2 B 5/18 (2006. 01)

G O 2 B 5/18

G O 2 B 5/30 (2006. 01)

G O 2 B 5/30

G O 2 B 27/28 (2006. 01)

G O 2 B 27/28

Z

G O 3 B 21/00 (2006. 01)

G O 3 B 21/00

E

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2004-59569 (P2004-59569)
 (22) 出願日 平成16年3月3日 (2004. 3. 3)
 (65) 公開番号 特開2005-250057 (P2005-250057A)
 (43) 公開日 平成17年9月15日 (2005. 9. 15)
 審査請求日 平成19年2月6日 (2007. 2. 6)

(73) 特許権者 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 110000350
 ポレール特許業務法人
 (74) 代理人 100068504
 弁理士 小川 勝男
 (74) 代理人 100086656
 弁理士 田中 恭助
 (74) 代理人 100094352
 弁理士 佐々木 孝
 (72) 発明者 中島 努
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地
 株式会社日立製作所 デジタルメディア事業
 業部内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投射型映像表示装置及び偏光分離用構造体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源側からの光を偏光変換してライトバルブに照射し、映像信号に応じた光学像を形成して拡大投射する投射型映像表示装置であって、

格子構造に基づく回折により光を偏光分離する偏光分離面が、光透過性の液体中において空気層を介し光透過性の平板上に形成され、上記ライトバルブに照射された光及び該ライトバルブで変調された光を偏光分離する偏光分離手段と、

上記偏光分離された光を色合成する色合成手段と、

上記色合成された光を拡大投射する投射レンズユニットと、

上記ライトバルブを駆動する駆動回路と、

を備えた構成を特徴とする投射型映像表示装置。

【請求項 2】

光源側からの光を映像表示素子に照射し、映像信号に応じた光学像を形成して拡大投射する投射型映像表示装置であって、

光源側からの光の偏光方向を揃え P 偏光光または S 偏光光を形成する偏光変換手段と、

上記偏光変換された偏光光を、R、G、Bの各色光に分離する分離手段と、

上記分離された各色光の偏光光が照射され映像信号に基づき該偏光光を変調するライトバルブと、

格子構造に基づく回折により光を偏光分離する偏光分離面が、光透過性の液体中において空気層を介し光透過性の平板上に形成され、上記ライトバルブに照射された光及び該ラ

イトバルブで変調された光を偏光分離する偏光分離手段と、
上記偏光分離された光を色合成する色合成手段と、
上記色合成された光を拡大投射する投射レンズユニットと、
上記ライトバルブを駆動する駆動回路と、
を備えた構成を特徴とする投射型映像表示装置。

【請求項 3】

上記ライトバルブは、反射型ライトバルブである請求項 1 または請求項 2 に記載の投射型映像表示装置。

【請求項 4】

入射された光を偏光分離する偏光分離用構造体であって、
格子構造に基づく回折により光を偏光分離する偏光分離面が、光透過性の液体中において空気層を介し光透過性の平板上に形成された構成を特徴とする偏光分離用構造体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光源側からの光を液晶パネル等のライトバルブに照射し映像信号に応じた光学像を形成して拡大投射する投射型映像表示装置における偏光分離技術に関する。

【背景技術】

【0002】

業務用途の液晶プロジェクタが大きく普及してきている。また、従来のブラウン管に表示された画像をスクリーンに投影する方式の画像表示装置に代わるものとして、液晶パネルを用いた投射型テレビの開発が行われてきた。特に、家庭用の投射型テレビとしては、業務用の液晶プロジェクタに比べて、より忠実な色再現性、高いコントラスト性能及び素早い動画表示性能が求められている。

【0003】

反射型液晶パネルの場合、液晶層を反射により往復で 2 回通過するので、透過型液晶パネルに比べてその液晶層の厚さを約半分にできる。液晶層の厚さが半分になれば、その応答速度は 4 倍となり、動画表示に有利である。

【0004】

この反射型液晶パネルを用いた投射型液晶プロジェクタ装置では、一般に、反射型液晶パネルの前に、偏光子および検光子の作用を有する、所定偏光方向の偏光波を透過し、それと直交する偏光方向の偏光波を反射させる偏光分離手段が配置される。このような技術は、例えば、特開 2001-142028 号公報（特許文献 1）や特開 2003-131212 号公報（特許文献 2）に記載されている。

【0005】

これらの特許文献では、赤色・緑色・青色光用の反射型液晶パネルと偏光分離手段が 3 組配置され、3 色光はクロスダイクロイックプリズムで色合成する構成となっている。

【0006】

偏光分離手段としては、2 つの直角プリズムの界面に誘電体多層膜である偏光ビームスプリッタ（Polarized Beam Splitter）（以下、PBS という）が形成された PBS プリズム（特許文献 1 記載）や、ガラス基板上にワイヤグリッド（金属格子）を所定のピッチ（形成周期）で形成して回折格子とした格子構造回折格子であるワイヤグリッド型偏光分離素子（特許文献 2 記載）等がある。

【0007】

【特許文献 1】特開 2001-142028 号公報

【0008】

【特許文献 2】特開 2003-131212 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

10

20

30

40

50

上記特許文献 1 記載の P B S プリズムは、垂直に入射した光線に対する消光比が大きく、偏光分離作用が優れている。しかしながら、光軸と P B S 膜面の法線とで形成する面（主入射面）に平行でない斜め光が P B S プリズムに入射した場合には漏れ光が生じ、消光比が低下する。このための改善策として、該特許文献 1 では、反射型液晶パネルの前に 1 / 4 波長板を設けているが、その効果は十分ではなく、コントラストを高くできないおそれがある。

【 0 0 1 0 】

また、上記特許文献 2 記載のワイヤグリッド型偏光分離素子の場合は、入射角 4 5 ° での消光比のピーク値は低い。該特許文献 2 中の図 4 の偏光分離特性に示されているように、角度の付いた光線（斜め光）に対する消光比の劣化が少ない。このため、光束全体としてのコントラスト性能が良くなるが、該ワイヤグリッド型偏光分離素子については、以下のことが懸念される。

【 0 0 1 1 】

反射型液晶パネルを反射した光束が投射レンズに入射する光路上に、ワイヤグリッド型偏光分離素子を配置する方法として、2 つが考えられる。図 1 2 はその配置方法を示すものである。図 1 2 (1) の配置方法では、照明光学系からの S 偏光の入射光束はワイヤグリッド型偏光分離素子 1 7 を反射して、反射型液晶パネル 2 1 4 に入射し、反射型液晶パネル 2 1 4 で P 偏光に変換された出射光（反射光）はワイヤグリッド型偏光分離素子 1 7 を透過して投射レンズ（図示なし）へ向かう（以下、便宜上、この配置を、反射型液晶パネルからの反射光がワイヤグリッド型偏光分離素子を透過して投射レンズへ向かうことから「透過配置」という）。図 1 2 (2) の配置方法では、照明光学系からの P 偏光の入射光束はワイヤグリッド型偏光分離素子 1 7 を透過し、反射型液晶パネル 2 1 7 に入射し、反射型液晶パネル 2 1 7 で S 偏光に変換された出射光（反射光）は、ワイヤグリッド型偏光分離素子 1 7 で反射して投射レンズ（不図示）へ向かう（以下、便宜上、この配置を、反射型液晶パネルからの反射光がワイヤグリッド型偏光分離素子を反射して投射レンズへ向かうことから「反射配置」という）。

【 0 0 1 2 】

図 1 2 (2) に示すワイヤグリッド型偏光分離素子を反射配置した場合は、ワイヤグリッド型偏光分離素子の配置ズレや、ワイヤグリッド型偏光分離素子の熱による膨張変形が起きると、投射性能が劣化するとおそれがある。一方、図 1 2 (1) に示すワイヤグリッド型偏光分離素子を透過配置した場合は、平板状のワイヤグリッド型偏光分離素子を透過することで、非点収差が生じ、同様に、投射性能が劣化するとおそれがある。

【 0 0 1 3 】

上記特許文献 2 では、その図 1 に示されているように、ワイヤグリッド型偏光分離素子を透過配置とし、また、その図 2 で示されているように、透過配置で生じる非点収差を低減するために、2 つの直角プリズムの斜面の間にワイヤグリッド型偏光分離素子を配設して、偏光分離手段を構成している。この場合、ワイヤグリッド型偏光分離素子のガラス基板と直角プリズムがほぼ同じ屈折率を有するため、非点収差は低減される。

【 0 0 1 4 】

また、このような 2 つの直角プリズムの斜面の間にワイヤグリッド型偏光分離素子を配設して偏光分離手段とした偏光分離プリズム（以下、「回折プリズム」という）では、光路長を短くできるため、投射レンズのバックフォーカスを短くするすなわち投射レンズを小型化することができ、さらには、光線の拡がりを小さくできるため、回折プリズムを小さくすることもできる。

【 0 0 1 5 】

外形形状が直方体の透光性容器の中にワイヤグリッド型偏光分離素子のガラス基板と略同等の屈折率を持つ液体媒質を充填し、この媒質中にワイヤグリッド型偏光分離素子を配設しても同様の効果が得られる。

【 0 0 1 6 】

しかし、ワイヤグリッド型偏光分離素子のワイヤグリッドは、入射光量の 5 ~ 1 0 % 程

10

20

30

40

50

度を吸収して高温となる。温度上昇により、透光性基板であるガラス基板に熱応力に基づく複屈折が生じてコントラストが低下したり、また、ガラス基板が熱膨張変形を起して投射性能が劣化したりする。そこで、ワイヤグリッド型偏光分離素子を液体媒質中に配設すれば、温度上昇を低減することができ、かつ、上記した回折プリズムと同様の効果を持たせることができる。

【 0 0 1 7 】

ところで、ワイヤグリッド型偏光分離素子を、回折プリズムのように、屈折率が空気より大きい媒質、例えばガラスやエチレングリコール液など屈折率が1以上の媒質の中に配設した場合、ワイヤグリッド型偏光分離素子を空気中で使用する場合に比べ、光の波長が短くなるため、適切な偏光分離特性を確保するためには、ワイヤグリッドの格子ピッチを小さくする必要がある。

10

【 0 0 1 8 】

ワイヤグリッド型偏光分離素子の製造方法としては、上記特許文献2の段落0039に記載されているように、ガラス基板上にアルミニウム下地膜を形成し、電子線描画によりレジストパターンを作製し、次に所定膜厚のアルミニウムを蒸着し、リフトオフにより選択的に不要なアルミニウムを除去して金属格子を形成する方法が考えられる。従って、寸法精度は電子線描画装置の性能に依存することになる。現在の電子線描画装置では最小描画線幅が、通常の解像度のもので 100×10^{-9} m前後、高解像度のもので 30×10^{-9} m前後である。

【 0 0 1 9 】

20

現在市販されている製品では、例えばワイヤグリッドの線幅が 65×10^{-9} m、格子間隔が $150 \sim 200 \times 10^{-9}$ m、ワイヤグリッドのガラス基板の厚さは 0.7×10^{-3} mから 1.6×10^{-3} m (MOXTEK社製)程度であり、屈折率が1.5である媒質中で同等の偏光分離性能を得るためには線幅が 43×10^{-9} m、格子間隔が $100 \sim 130 \times 10^{-9}$ m程度である必要がある。この数値は寸法精度を考慮すると、高解像度の電子線描画装置でも対応が難しい。

【 0 0 2 0 】

このように、ワイヤグリッドの格子ピッチを小さくすることは、製造上の困難を伴うことになる。現在、市販されているものは、空気中での使用を前提としている。

【 0 0 2 1 】

30

図13、図14は、空気中での使用を前提に設計したワイヤグリッド型偏光分離素子を、空気中に配設した場合と、屈折率1.45のエチレングリコールとグリセリンの混合液(以下、この混合液を「GE55」という)の媒質中に配設した場合における偏光分離特性を示す。図13はP偏光光透過率特性の説明図、図14はS偏光光透過率特性の説明図である。図13、図14から明らかなように、空気中での使用を前提に設計されたワイヤグリッド型偏光分離素子をGE55の媒質中に配設すると、透過光であるP偏光光の透過量が低下し、反射光であるS偏光光の透過量が増加する。上記透過配置において、P偏光光の透過量が低下すると、反射型液晶パネルから投射レンズに向かうP偏光光の反射光の透過量が低下するため、明るさが低下する。また、除去されるべきS偏光光の透過量が増加するため、偏光度が低下し、コントラストが低下することになる。

40

【 0 0 2 2 】

本発明の課題点は、上記従来技術の状況に鑑み、上記ワイヤグリッド型偏光分離素子等、格子構造に基づく回折により光を偏光分離する偏光分離素子を、空気より屈折率の大きい媒質中で用いた場合にも、偏光分離性の劣化を抑えることができるようにすることである。

【 0 0 2 3 】

本発明の目的は、上記課題点を解決し、偏光分離素子の温度上昇を抑えた状態で、映像の解像度、明るさ及びコントラストを確保できる投射型映像表示技術の提供にある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 4 】

50

上記課題点を解決するために、本発明では、偏光分離用構造体として、光の屈折率が1よりも大きい光透過性の液体中に偏光分離素子を配設した構成とし、該偏光分離素子としては、ワイヤグリッド構造等の格子構造に基づく回折により光を偏光分離する偏光分離面が、上記光透過性の液体中において空気層を介し光透過性の平板上に形成された構成とする。また、光源側からの光を偏光変換してライトバルブに照射し、映像信号に応じた光学像を形成して拡大投射する投射型映像表示装置としては、上記ライトバルブに照射された光及び該ライトバルブで変調された光を上記偏光分離用構造体により偏光分離し、該偏光分離した光を色合成手段で色合成し、該色合成した光を投射レンズユニットでスクリーン等に拡大投射する構成とする。

【発明の効果】

10

【0025】

本発明によれば、投射型映像表示技術において、偏光分離素子部の温度上昇を抑えられると同時に、映像の高画質性を確保することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、本発明を実施するための最良の形態につき、図面を用いて説明する。なお、全図面において共通な機能を有する構成要素には、同一符号を付す。

【0027】

本発明は、ワイヤグリッド型偏光分離素子を空気より屈折率の大きい媒質中に配設した場合に生じる偏光分離特性の劣化を低減するために、該ワイヤグリッド型偏光分離素子のワイヤグリッドと媒質との間に非点収差に影響を及ぼさない程度の薄い空気層を備えることに特徴がある。

20

【0028】

図1は、本発明の実施形態としての投射型映像表示装置の構成例であって、ライトバルブに反射型液晶パネルを用いた液晶プロジェクタ装置の場合の例を示す。

【0029】

図1において、11は光源、12は放物反射面形状のリフレクタ、13、14はそれぞれ、インテグレート光学系を構成する第1マルチレンズアレイ、第2マルチレンズアレイ、15はプリズムアレイから成る平板型偏光変換手段、16は集光レンズで、10はこれらから構成される照明光学系である。21、22はフィールドレンズ、23はリレーレンズ、18、19はダイクロイックミラー、20は、ダイクロイックミラー18、19から成る色分離手段、24は全反射ミラー、291、292、293はそれぞれ、S偏光光を透過させる入射側偏光板、301、302、303は、P偏光光を透過しS偏光光を反射することで偏光分離を行う偏光分離用構造体である偏光分離手段、411、412、413はP偏光光を透過させる出射側偏光板、401、402、403は、ライトバルブ（反射型ライトバルブ）としての反射型液晶パネル、42、43は、P偏光光とS偏光光を変換する1/2波長位相差板、44は色合成用のクロスダイクロイックプリズム、45は、色合成された光をスクリーン等に拡大投射する投射レンズユニットである。

30

【0030】

光源11から出射した光は、放物反射面形状のリフレクタ12で反射され、レンズアレイ方式のインテグレート光学系に入射する。インテグレート光学系は、リフレクタ12の出射開口と略同等サイズの矩形枠に設けられた矩形状の複数のレンズセルにより構成され、複数の2次光源像を形成するための第1レンズアレイ13と、同じく矩形状の複数のレンズセルにより構成され、前述の複数の2次光源像が形成される近傍に配置され、かつ反射型液晶パネル401、402、403に、第1レンズアレイ13の個々のレンズセル像を結像させる第2レンズアレイ14とから成る。インテグレート光学系で複数光束に分割された各光束は、平板型偏光変換手段15で所定偏光方向（ここではS偏光光）に揃えられ、S偏光光に揃えられた各光束は、集光レンズ16により集光され、フィールドレンズ21、22により主光線が平行光とされた（テレセントリック化された）後、反射型液晶パネル401、402、403上に重畳して照射される。これにより、該反射型液晶パネ

40

50

ル 4 0 1、4 0 2、4 0 3 には均一な光照射がなされる。なお、光源 1 1、インテグレート光学系、平板型偏光変換手段 1 5、集光レンズ 1 6 は照明光学系を構成する。

【 0 0 3 1 】

集光レンズ 1 6 から出た光は、光軸に対し 4 5 ° の角度で配置されたダイクロイックミラー 1 8 により、R G (赤色 + 緑色) 光と B (青色) 光に色分離され、R G 光はダイクロイックミラー 1 8 を透過し、B 光はダイクロイックミラー 1 8 を反射する。ダイクロイックミラー 1 8 を透過した R G 光は、ダイクロイックミラー 1 9 により R 光と G 光に色分離され、R 光はダイクロイックミラー 1 9 を透過して反射型液晶パネル 4 0 1 に入射し、G 光はダイクロイックミラー 1 9 を反射して、反射型液晶パネル 4 0 2 に入射する。一方、ダイクロイックミラー 1 8 を反射した B 光は、リレーレンズ 2 3 を透過し、全反射ミラー 2 4 によりその光路を 9 0 ° 曲げられ、フィールドレンズ 2 2 で主光線が光軸に平行とされ、反射型液晶パネル 4 0 3 に入射する。なお、反射型液晶パネル 4 0 3 の光路長は他の 2 つの光路に比べて長いため、リレーレンズ 2 3 は他の 2 つの光路長より長い反射型液晶パネル 4 0 3 に照明光束を導く。

10

【 0 0 3 2 】

次に、各色光用の反射型液晶パネル 4 0 1、4 0 2、4 0 3 (以下、これらを総称して反射型液晶パネル 4 0 という) の手前に配置された各色光用の偏光分離手段 3 0 1、3 0 2、3 0 3 (以下、これらを総称して偏光分離手段 3 0 という) について説明する。

【 0 0 3 3 】

偏光分離手段 3 0 は、光の屈折率が 1 よりも大きい媒質中に偏光分離素子を配設した構成を有し、該偏光分離素子としては、ワイヤグリッド構造等の格子構造に基づく回折により光を偏光分離する偏光分離面を備え、該偏光分離面に接して空気層が形成された構成のものを用いる。該偏光分離素子では、前述のように、P B S プリズムに比べて偏光度が不足するため、偏光分離手段 3 0 の入射側に補助偏光子 (S 偏光光を透過) としての入射側偏光板 2 9 1、2 9 2、2 9 3 (以下、これらを総称して入射側偏光板 2 9 という) を設け、出射側に補助検光子 (P 偏光光を透過) としての出射側偏光板 4 1 1、4 1 2、4 1 3 (以下、これらを総称して出射側偏光板 4 1 という) を設ける。

20

【 0 0 3 4 】

色分離手段 2 0 で色分離された各色光 (S 偏光光) は、対応する反射型液晶パネル 4 0 に向かうが、入射側偏光板 2 9 で S 偏光光の偏光度が高められた後、偏光分離手段 3 0 により偏光分離され S 偏光光のみが反射されて反射型液晶パネル 4 0 に略垂直に照射される。反射型液晶パネル 4 0 では、照射された S 偏光光は、画素毎に映像信号に応じて光強度変調され光学像を形成するとともに、偏光状態を変えられて P 偏光光に変換される。光学像を形成し P 偏光光に変換された状態で反射型液晶パネル 4 0 から反射される各色光は、再び偏光分離手段 3 0 に入射する。該 P 偏光光は、該偏光分離手段 3 0 の偏光分離素子で偏光分離され、該偏光分離手段 3 0 を透過する。偏光分離手段 3 0 を透過した該 P 偏光光は、出射側偏光板 4 1 で偏光度を増大され、さらに、クロスダイクロイックプリズム 4 4 で色合成される。

30

【 0 0 3 5 】

反射型液晶パネル 4 0 は、駆動回路 (図示なし) により映像信号に応じて駆動され、上記入射した S 偏光光を画素毎に偏光方向を変えながら光強度変調し、映像信号に応じ P 偏光光の光学像を形成する。

40

【 0 0 3 6 】

反射型液晶パネル 4 0 からの各色光の光学像のうち、R 色光と B 色光は 1 / 2 波長位相差板 4 2、4 3 で P 偏光光が S 偏光光に変換されて、クロスダイクロイックプリズム 4 4 で色合成されてカラーの光学像 (画像) が形成され、投射レンズ 4 5 によりスクリーンなどに拡大投射される。なお、1 / 2 波長位相差板 4 2、4 3 を配置せずに、全色光を P 偏光光のままクロスダイクロイックプリズム 4 4 において色合成するようにしてもよい。

【 0 0 3 7 】

上記図 1 の構成において、光源 1 1 から投射レンズユニット 4 5 までの一連の光学系は

50

、液晶プロジェクタ装置の照明光学系を含み構成される光学ユニットを形成している。

【 0 0 3 8 】

図 2 ~ 図 3 は、偏光分離手段 3 0 の第 1 の構成例の説明図である。図 2 は、偏光分離手段 3 0 の第 1 の構成例図、図 3 はその光線図である。本第 1 の構成例においては、偏光分離手段 3 0 を偏光分離手段 3 0 A という。偏光分離手段 3 0 A において媒質中に設ける偏光分離素子には、空気層に接する偏光分離面がワイヤグリッド構造を備えたワイヤグリッド型偏光分離素子を用いる。

【 0 0 3 9 】

図 2 において、偏光分離手段 3 0 A は、外形形状が直方体であるガラスやプラスチックから成る透光性容器 3 5 と、その内部に充填された媒質としての液体 3 1 と、該液体 3 1 中に配設されたワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 とから成る。ワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 は、板厚 t_2 が $0.7 \times 10^{-3} \text{ m}$ である透光性基板 5 1 と、その上に所定の周期間隔で形成された回折格子すなわち偏光分離面を形成した、例えばアルミニウムのワイヤグリッド（金属格子）5 2 と、透光性基板 5 1 に対向して平行に配置され板厚 t_1 が $0.7 \times 10^{-3} \text{ m}$ である透光性の平板 5 4 と、透光性基板 5 1 と平板 5 4 の周辺部側面を覆う側板 5 5 と、所定の間隔をあけて平行に配置された透光性基板 5 1 と平板 5 4 と側板 5 5 とで囲まれた空間内に空気が気密に充填されて形成された空気層 5 6 とから成る。偏光分離手段 3 0 A の透光性容器 3 5 の 1 つの面（XY 平面に平行）に反射型液晶パネル 4 0 が配設されており、ワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 は、反射型液晶パネル 4 0 から投射レンズ 4 5 に向かう光路上（Z 軸方向）に 45° （ここでは 45° ）傾斜して配設されている。また、偏光分離手段 3 0 A の透光性容器 3 5 の入射面 3 5 i には入射側偏光板 2 9 が、出射面には出射側偏光板 4 1 が設けられている。

【 0 0 4 0 】

偏光分離手段 3 0 A に入射する主光線 L 1 は、まず、入射側偏光板 2 9 で所定偏光方向（ここでは S 偏光光）の偏光度が高められ、偏光分離手段 3 0 A に入射する。入射側偏光板 2 9 で S 偏光度が高められた主光線 L 1 のうち、P 偏光光成分はワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 の偏光分離面を透過し、S 偏光光成分は該偏光分離面で反射され、反射型液晶パネル 4 0 に入射する。反射型液晶パネル 4 0 では、S 偏光光の入射光束を映像信号に応じて光強度変調して P 偏光光の光学像を形成し Z 軸方向に反射する。反射型液晶パネル 4 0 からの P 偏光光の反射光は、ワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 を透過し、出射側偏光板 4 1 で検光されて投射レンズ 4 5 側に向かう。

【 0 0 4 1 】

なお、偏光分離手段 3 0 A の入射側と出射側に設けた偏光板は、ワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 の偏光分離機能を補うためのものである。また、透光性基板 5 1 と平板 5 4 との間は空気で満たされ空気層 5 6 を形成している。該空気層 5 6 の厚さ（以下、「エア厚」という）が厚過ぎる場合は、反射型液晶パネル 4 0 からの反射光がワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 を透過する際に該空気層 5 6 で非点収差が発生する。このため、エア厚は適切な値とする必要がある。この点については、後述する。

【 0 0 4 2 】

以上述べたように、上記ワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 は空気層 5 6 を有する構成のため、ワイヤグリッドの格子ピッチを、少なくとも空気中で用いる格子ピッチと同じとすることができる。このため、上記ワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 の製造が困難になるという問題はない。また、ワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 は、光の屈折率が空気よりも大きい液体 3 1 中に配設されているため、光路長を短くすることができ、投射レンズのバックフォーカスを短くして投射レンズを小型化することが可能となる。さらに、液体 3 1 で冷却することができ、投射性能の劣化や複屈折によるコントラスト低下を改善することができる。

【 0 0 4 3 】

ワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 は、空気層 5 6 を備えているため、光の屈折率が高い媒質と同屈折率が小さい媒質との境界で生じる全反射に対して注意する必要がある。

以下、計算を容易とするために、平板 5 4 と液体 3 1 の光の屈折率は互いに略同じとする。例えば、液体 3 1 の光の屈折率が 1.5 である場合、空気層との間で全反射を起こす角度は、スネルの法則から $41.8^\circ (= \sin^{-1}(1/1.5))$ となる。ワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 に入射する光の光軸上の S 偏光光のみならず、ワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 で透過すべき P 偏光光も反射してしまう。偏光分離面で全反射が生じると消光比すなわちコントラストが劣化してしまうことがある。

【0044】

図 3 は、図 2 の偏光分離手段 3 0 A における光線図である。

【0045】

図 3 において、5 3 は、ワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 の偏光分離面（ワイヤグリッド構造が設けられ光を偏光分離する面）、N は、媒質としての液体 3 1 における光の屈折率である。

【0046】

照明光学系から反射型液晶パネル 4 0 に入射して反射され、投射レンズユニットに入射する光束は、光軸に平行な平行光束の他、角度を有した光束もある。この角度を有する光束を F 値に換算した値を F とすると、図 3 において、F 値最大角の光線 L 2 が、液体媒質と空気層との界面で全反射を起さないためには、入射面 3 5 i において下記数 2 の関係を満足し、空気層 5 6 との界面で下記数 3 の関係を満足することが必要である。なお、は光軸上の主光線 L 1 の空気層界面、あるいは透光性の平板 5 1、5 4 での入射角であって、Z 軸とワイヤグリッド型偏光分離素子とのなす角に等しい。

【0047】

$$\sin \theta = \sin \{ \tan^{-1} \{ 1 / (2F) \} \} = N \sin \theta \quad \dots (\text{数 } 2)$$

$$N \sin \theta < 1 \quad \dots (\text{数 } 3)$$

数 2 と数 3 とから下記数 4 が得られる。

【0048】

$$\theta < \sin^{-1} (1/N) - \sin^{-1} [(1/N) \sin \{ \tan^{-1} \{ 1 / (2F) \} \}] \quad \dots (\text{数 } 4)$$

ただし、数 4 において、 $\theta > 0$ である。

【0049】

従って、媒質の光の屈折率 N が小さくて入射光線 L 2 が上記数 4 を満足すれば、媒質とワイヤグリッド型偏光分離素子の空気層との界面では全反射が起きない。しかし、媒質の光の屈折率 N が大きく、上記数 4 を満足しない場合は全反射が起こり、偏光分離機能が劣化する。例えば、F = 3、N = 1.2 の場合は、全反射が起きない入射角 θ は、数 4 から、 48.6° 未満の値となり、この結果、ワイヤグリッド型偏光分離素子を 45° 傾斜させても全反射は起きない。しかし、F = 3、N = 1.39 であれば、全反射が起きない入射角 θ は 39.2° 未満の値となり、ワイヤグリッド型偏光分離素子を 45° 傾斜させた場合には全反射が起きる。なお、主光線の場合は、上記数 4 の右辺第 2 項がなくなるため、 θ は 46° 未満の値となり、偏光分離手段は、媒質とワイヤグリッド型偏光分離素子の空気層との界面で全反射は起きない。

【0050】

図 4 ~ 図 5 は、偏光分離手段 3 0 の第 2 の構成例の説明図である。図 4 は、偏光分離手段 3 0 の第 2 の構成例図、図 5 はその光線図である。本第 2 の構成例においては、偏光分離手段 3 0 を偏光分離手段 3 0 B という。偏光分離手段 3 0 B において媒質中に設ける偏光分離素子としては、上記第 1 の構成例の場合と同様、空気層に接する偏光分離面がワイヤグリッド構造を備えたワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 を用いる。本第 2 の構成例は、該ワイヤグリッド型偏光分離素子 5 0 が Z 軸と成す角を、 45° より所定角 θ だけ大きくし、主入射光線 L 3 を Y 軸に対して 2θ 傾斜させ、全反射を回避できるようにした場合の例である。

【0051】

10

20

30

40

50

図 4 において、偏光分離手段 30B は、光の通る部分には透光性の窓 37 が設けられた金属容器 36 と、その内部に充填された媒質としての液体 32 と、液体 32 中に配設されたワイヤグリッド型偏光分離素子 50 とから成る。液体 32 としては、例えば、エチレングリコールとグリセリンの混合液である GE55 などを用いる。GE55 の光の屈折率は 1.45 である。

【0052】

図 5 は、図 4 の偏光分離手段における光線図である。本図 5 では、入射側偏光板 29、出射側偏光板 41 等の図示は省いてある。また、説明の便宜上、平板 54 と液体 32 の光の屈折率を略同じものとする。図 5 から明らかなように、ワイヤグリッド型偏光分離素子 50 は、Z 軸に対して 45° の傾斜位置から反時計方向に角度 θ だけずれた位置に配置されている。従って、ワイヤグリッド型偏光分離素子 50 で反射された S 偏光光が Z 軸の負方向に向かうようにした場合、反射角は 45° - θ となり、主光線 L3 のワイヤグリッド型偏光分離素子 50 への入射角も 45° - θ となる。このとき、主光線 L3 が Y 軸と成す角は 2 θ となる。金属容器 36 の入射面 36i は Z 軸の負方向に対して 2 θ 傾斜し、金属容器 36 の透光性の窓 37 に入射する主光線 L3 は入射面 36i に垂直に入射する。

【0053】

このように構成された偏光分離手段 30B では、主光線 L3 のワイヤグリッド型偏光分離素子 50 への入射角は 45° - θ となるため、角度を持った光束（換算 F 値が F の光束）を考慮しても、空気層での全反射をなくすることができる。従って、偏光分離手段 30B に入射した入射光線のうちの S 偏光光は、ワイヤグリッド型偏光分離素子 50 で反射して反射型液晶パネル 40 に入射し、光強度変調され光学像を形成するとともに P 偏光光として該反射型液晶パネル 40 から反射される。該反射型液晶パネル 40 から出射された P 偏光光は、再び偏光分離手段 30B に入射し、偏光分離手段 30B 中のワイヤグリッド型偏光分離素子 50 を透過して、色合成用のクロスダイクロイックプリズム 44 側に出射される。クロスダイクロイックプリズム 44 で色合成された光はさらに、投射レンズユニット 45 側に出射される。

【0054】

従って、上記数 4 から算出する θ を臨界入射角 θ_m とすれば、上記角度 θ は次の数 5 を満たす必要がある。

【0055】

$$45^\circ - \theta_m < \theta \quad \dots (\text{数 } 5)$$

例えば、媒質の光の屈折率 N を 1.45、F を 3 とすれば、数 4 から主光線の空気層界面での臨界入射角 θ_m は 37.1° となり、数 5 から、 θ は 7.9° 以上にする必要がある。 θ を 7.9° 以上とすれば、数 4 が満たされるため、空気層界面での全反射は生じない。

【0056】

上記第 2 の構成例では、ワイヤグリッド型偏光分離素子 50 を Z 軸に対し 45° 傾斜の位置から角度 θ だけ傾けて配置しているが、PBS プリズムの場合とは異なり、該ワイヤグリッド型偏光分離素子 50 の偏光分離特性の入射角に対する依存性が低いため、第 1 の構成の場合と同様、良好な偏光分離特性が得られる。

【0057】

図 6 は、偏光分離手段 30 の第 3 の構成例の説明図である。本第 3 の構成例においては、偏光分離手段 30 を偏光分離手段 30C という。偏光分離手段 30C においても媒質中に設ける偏光分離素子としては、上記第 1、第 2 の構成例の場合と同様、空気層に接する偏光分離面がワイヤグリッド構造を備えたワイヤグリッド型偏光分離素子を用いる。本第 3 の構成例では、2 つのプリズムの間にワイヤグリッド型偏光分離素子を配設する。

【0058】

図 6 において、偏光分離手段 30C は、直角プリズム 33 と、これに対向するプリズム 34 と、直角プリズム 33 とプリズム 34 との間に配設されたワイヤグリッド型偏光分離素子 60 とから成る。そして、ワイヤグリッド型偏光分離素子 60 は、板厚が 0.7 × 1

10

20

30

40

50

0.3 mの透光性基板 61 と、その上に所定の周期間隔で形成された回折作用を有するすなわち偏光分離面を形成したワイヤグリッド（金属格子）62 と、透光性基板 61 とプリズム 34 の周辺部側面を覆う側板 65 と、透光性基板 61 とプリズム 34 と側板 65 とで囲まれた空間内に空気が気密に充填されて形成された空気層 66 とから成る。プリズム 34 の、ワイヤグリッド型偏光分離素子 60 側面以外の一方の面 34₁（XY 平面に平行）に平行に、反射型液晶パネル 40 が配設されており、ワイヤグリッド型偏光分離素子 60 は、反射型液晶パネル 40 から投射レンズ 45 に向かう光路上（Z 軸方向）に、上記第 2 の構成例の場合と同様に、Z 軸に対して 45° 傾斜位置から反時計方向に角度 θ だけずれた位置に配置されている。また、プリズム 34 の入射面 34_i は Z 軸の負方向に対して角度 2 θ だけ傾斜しており、偏光分離手段 30 C に入射する主光線 L5 は Y 軸に対して角度 2 θ 傾斜している。従って、偏光分離手段 30 C の入出射の光線図は、上記図 5 の場合と同様である。

【0059】

上記第 3 の構成例の偏光分離手段では、媒質がガラス例えば HOYA 社の BSC7（商品名）であり、光の屈折率が 1.52 と、上記第 2 の構成例の液体媒質（例えば屈折率 1.45）のそれよりも大きいため、45° 傾斜位置からのずれ角度 θ を、液体媒質の場合よりも大きくする必要がある。例えば、ガラス媒質の屈折率 N を 1.52、F を 3 とすれば、数 4 から、主光線の空気層界面での臨海入射角 θ_m は 34.9° となる結果、角度 θ は、数 5 から、45° - 34.9° = 10.1° より大きくする必要があり、液体媒質の場合よりも大きい角度 θ が必要となる。

【0060】

以上述べた偏光分離手段のワイヤグリッド型偏光分離素子は、空気層を備えているため、該空気層で発生する非点収差の影響を抑える必要がある。該非点収差の影響を抑えるには、該空気層の厚さを薄くすることが有効である。

【0061】

図 7 ~ 図 9 は、空気層を備えたワイヤグリッド型偏光分離素子を媒質中に配設した場合における空気層の厚さ（エア厚）と光束サイズ（スポットサイズ）の関係をシミュレーションにより求めた結果を示すグラフである。図 10 に、該シミュレーションの条件を示す。

【0062】

図 10（a）に示すように、0.8 インチ WIDE の反射型液晶パネル 40 上のスポット像を倍率約 56 倍の投射レンズユニット 45 で 45 インチのスクリーン 90 上に投射し、スクリーン 90 上の各点 A ~ F でスポットサイズ比を求め、平均化する。スポットサイズの基準は、空気層の厚さが 0.01×10^{-3} m で、図 10（b）に示すように、偏光分離手段 30' の媒質中にワイヤグリッド型偏光分離素子 50（60）を光軸に垂直となるように配設した場合のスポットサイズである。これを基準として各エア厚毎にスポットサイズ比を求める。各エア厚毎のスポットサイズは、図 10（c）に示すように、偏光分離手段 30 の媒質中にワイヤグリッド型偏光分離素子 50（60）を主光線の入射角が 35° となるように傾斜させて配設し、求めた。そして、各エア厚で、投射レンズユニット 45 を構成する非球面レンズの 2 面の形状と、偏光分離手段 30 の媒質から投射レンズユニット 45 の 1 枚目のレンズまでの距離 d とを変化させ、最適化してスポットサイズを求める。

【0063】

図 7 は、光の屈折率 N が 1.3 である偏光分離手段の液体媒質の場合、図 8 は、光の屈折率 N が 1.45 である液体媒質（例えば GE55）の場合、図 9 は、光の屈折率が 1.52 である媒質（例えばガラス BK7）の場合の、それぞれスポットサイズ比である。

【0064】

図 7 では、空気層の厚さが約 $0.1 \sim 0.15 \times 10^{-3}$ m のときに、スポットサイズ比が最小となり、また、図 8 では、空気層の厚さが約 0.01×10^{-3} m 前後のときに、スポットサイズ比が最小となる。これは、図 11 に示すように、媒質より屈折率の低い

10

20

30

40

50

空気層 5 6 が媒質より屈折率の高い透光性基板 5 1 と透光性の平板 5 4 の間にあり、これらにより生じる非点収差の方向が空気層と透光性基板 5 1 及び平板 5 4 では逆であるため、横収差が相殺され、所定の空気層の厚さでスポットサイズが最小になるためと考えられる。すなわち、空気層をはさんで両側に媒質より高い屈折率を有する平行平板（透光性基板も平行平板である）がある場合には、平行平板の板厚及び平行平板と媒質の光の屈折率差に対応した非点収差を最小にできる適切なエア厚が存在し、該適切なエア厚値にすることが望ましい。

【 0 0 6 5 】

これに対し、図 9 では、透光性基板 5 1 及び透光性の平板 5 4 の屈折率は媒質と同等であり、非点収差は空気層のみで生じるため、空気層の厚さを薄くするほど、非点収差は低減されることになる。透光性基板 5 1 及び透光性の平板 5 4 として、光の屈折率が媒質よりも高いものを使用した場合には、上記図 7 及び図 8 の場合と同様に、平行平板の板厚及び平行平板と媒質の光の屈折率差に対応した非点収差を最小にできる適切なエア厚があり、該適切なエア厚値にするのが望ましい。しかしながら、空気層の厚さを薄くし過ぎると干渉作用が生じるため、少なくとも約 $3/2$ （赤色 $r = 700 \times 10^{-9} \text{ m}$ ）である $1 \times 10^{-6} \text{ m}$ （ミクロン）以上であることが望ましい。

【 0 0 6 6 】

上記本発明の実施形態によれば、上記ワイヤグリッド型偏光分離素子等格子構造に基づく回折により光を偏光分離する偏光分離素子を、光の屈折率が空気よりも大きい媒質中で用いた場合にも、偏光分離性の劣化を抑えることができる。このため、投射型映像表示装置において、偏光分離素子の温度上昇を抑えた状態で、非点収差を抑えて映像解像度を確保し、かつ明るさ及びコントラストを確保することができる。

【 0 0 6 7 】

なお、上記実施形態では、偏光分離手段として、ワイヤグリッド型偏光分離素子を用いる構成としたが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、透光性基板上に所定周期で光回折用の凹凸が形成されて成る偏光分離面を有した偏光分離素子を用いる構成などとしてもよい。また、ライトバルブは、反射型のライトバルブに限定されず、透過型のライトバルブであってもよい。また、該ライトバルブは、液晶パネル以外のものであってもよい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 8 】

【図 1】本発明の実施形態としての投射型映像表示装置の構成例図である。

【図 2】図 1 の投射型映像表示装置に用いる偏光分離手段の第 1 の構成例図である。

【図 3】図 2 の偏光分離手段の光線図である。

【図 4】図 1 の投射型映像表示装置に用いる偏光分離手段の第 2 の構成例図である。

【図 5】図 4 の偏光分離手段の光線図である。

【図 6】図 1 の投射型映像表示装置に用いる偏光分離手段の第 3 の構成例図である。

【図 7】偏光分離手段の空気層の影響についてのシミュレーション結果の図である。

【図 8】偏光分離手段の空気層の影響についてのシミュレーション結果の図である。

【図 9】偏光分離手段の空気層の影響についてのシミュレーション結果の図である。

【図 10】非点収差のシミュレーション条件を示す図である。

【図 11】偏光分離手段における空気層の非点収差の説明図である。

【図 12】ワイヤグリッド型偏光分離素子の配置方法の説明図である。

【図 13】ワイヤグリッド型偏光分離素子の P 偏光光の透過率特性の説明図である。

【図 14】ワイヤグリッド型偏光分離素子の S 偏光光の透過率特性の説明図である。

【符号の説明】

【 0 0 6 9 】

1 0 ... 照明光学系、

1 1 ... 光源、

1 2 ... リフレクタ、

10

20

30

40

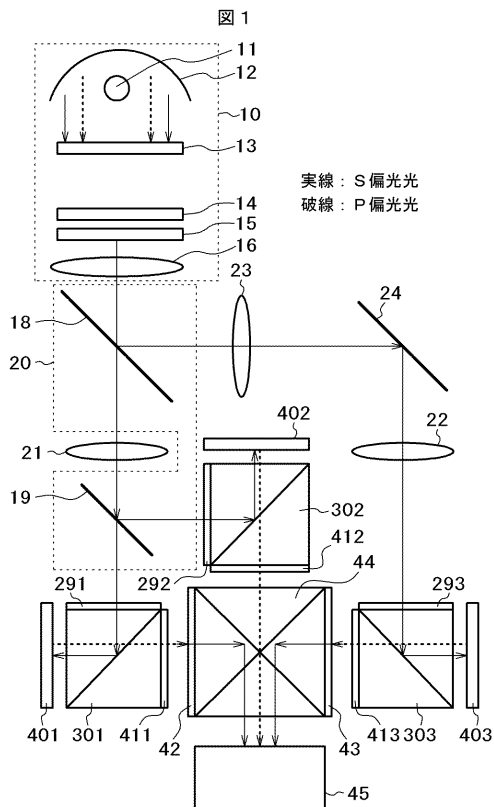
50

- 13、14 ... マルチレンズアレイ、
 15 ... 平板型偏光変換手段、
 16 ... 集光レンズ、
 21、22 ... フィールドレンズ、
 23 ... リレーレンズ、
 18、19 ... ダイクロイックミラー、
 20 ... 色分離手段、
 24 ... 全反射ミラー、
 29、291、292、293 ... 入射側偏光板、
 30、301、302、303、30A、30B、30C ... 偏光分離手段、
 31、32 ... 液体、
 33 ... 直角プリズム、
 34 ... プリズム、
 35 ... 透光性容器、
 36 ... 金属容器、
 41、411、412、413 ... 出射側偏光板、
 40、401、402、403 ... 反射型液晶パネル、
 42、43 ... $1/2$ 波長位相差板、
 44 ... クロスダイクロイックプリズム、
 45 ... 投射レンズユニット、
 50、60 ... ワイヤグリッド型偏光分離素子、
 51、61 ... 透光性基板、
 56、66 ... 空気層。

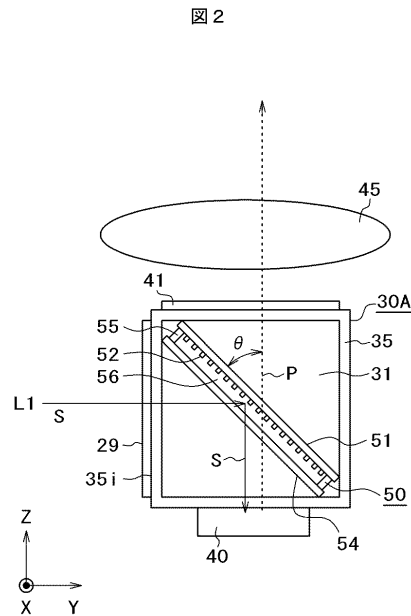
10

20

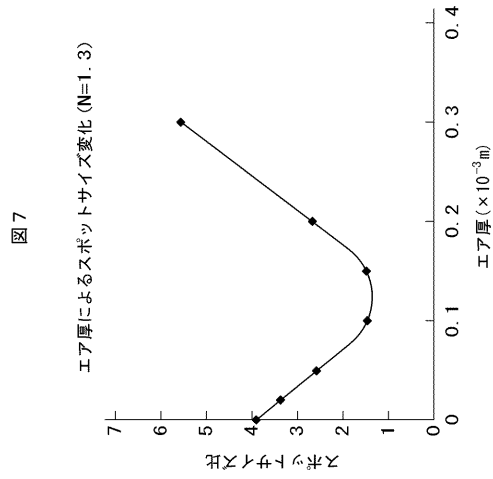
【図1】



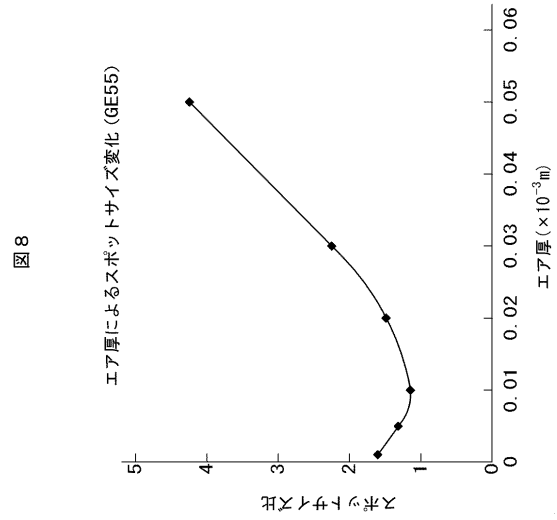
【図2】



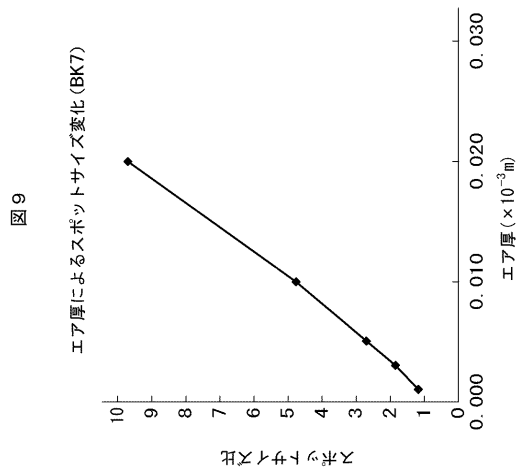
【図 7】



【図 8】

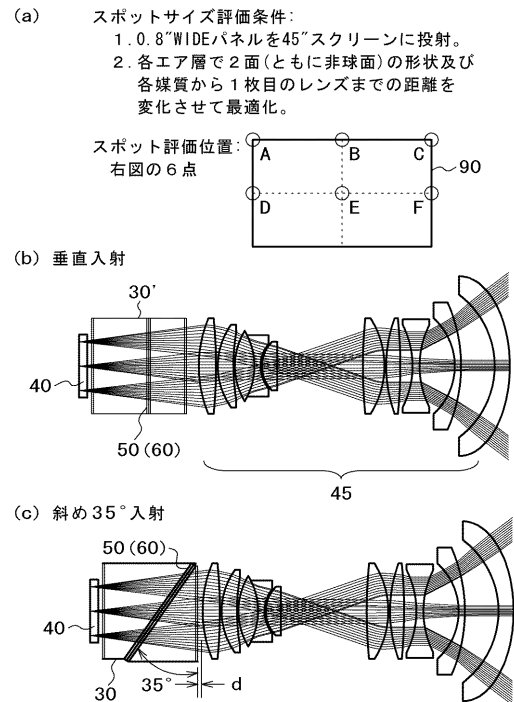


【図 9】



【図 10】

図 10



フロントページの続き

(72)発明者 谷津 雅彦

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 デジタルメディア事業部内

(72)発明者 平田 浩二

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 デジタルメディア事業部内

審査官 中塚 直樹

(56)参考文献 特開2002-365591(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03B 21/00

G03B 21/16

G02B 5/18

G02B 5/30-32

G02B 27/28