(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5499618号
(P5499618)

(45)発行日　平成26年5月21日(2014.5.21)　(24)登録日　平成26年3月20日(2014.3.20)

(51)Int.Cl.　F I
G02F 1/1335 (2006.01)　G02F 1/1335
G03B 21/00 (2006.01)　G03B 21/00　E

請求項の数 2　(全 22 頁)

(21)出願番号　特願2009-238211 (P2009-238211)
(22)出願日　平成21年10月15日 (2009.10.15)
(65)公開番号　特開2010-271687 (P2010-271687A)
(43)公開日　平成22年12月2日 (2010.12.2)
審査請求日　平成24年10月12日 (2012.10.12)
(31)優先権主張番号　特願2009-104370 (P2009-104370)
(32)優先日　平成21年4月22日 (2009.4.22)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南１丁目７番１号
(74)代理人　100080160
弁理士　松尾　憲一郎
(72)発明者　宮崎　勝史
福岡県福岡市早良区百道浜２丁目３番２号
ソニーセミコンダクタ九州株式会社内
(72)発明者　名倉　護益
福岡県福岡市早良区百道浜２丁目３番２号
ソニーセミコンダクタ九州株式会社内
(72)発明者　水口　義弘
福岡県福岡市早良区百道浜２丁目３番２号
ソニーセミコンダクタ九州株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】投射型液晶表示装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
光を発する光源と、
前記光源から出射された光を光学的に変調する液晶表示素子と、
前記液晶表示素子によって変調された光を投射する投射レンズと、を備え、
前記液晶表示素子は、
液晶層と、
高温ポリシリコンで形成されたＴＦＴ素子と、光が通過可能な２次元に配置された複数の画素開口を有する画素電極部と、
前記液晶層に対して光入射側に形成され、前記複数の画素開口に対応して複数の正のパワーを有する第１マイクロレンズを２次元に配列した第１マイクロレンズアレイと、
前記液晶層に対して光出射側に形成され、前記複数の画素開口に対応して複数の正のパワーを有する第２マイクロレンズを２次元に配列した第２マイクロレンズアレイと、を備え、
前記第１マイクロレンズのＦナンバーが前記投射レンズのＦナンバー以上の大きさに設定され、
前記第１マイクロレンズ及び前記第２マイクロレンズは、互いの主点位置が他方のマイクロレンズの焦点位置となるように配置され、
前記画素開口は、前記光源からの光のビームウェストの位置に配置され、
前記液晶層に対して出射側に、前記画素電極部及び前記第２マイクロレンズアレイを有

するアクティブマトリクス基板が設けられており、
前記アクティブマトリクス基板は、前記画素電極部と前記液晶層との間の層間絶縁膜内に前記第２マイクロレンズアレイを配置しており、
前記第２マイクロレンズアレイは、前記画素電極部の上に前記層間絶縁膜を積層し、前記層間絶縁膜を半球状にエッチングして形成された凹部に前記層間絶縁膜とは屈折率が異なる材料をレベリングして化学機械研磨で平坦化して第２マイクロレンズを形成し、前記第２マイクロレンズのコーナー部にコンタクトホールを形成して当該コンタクトホールに導電材料を充填してＩＴＯ－ドレインコンタクトを形成し、前記第２マイクロレンズの上に透明電極と配向膜とを順次に積層する、ことにより形成される投射型液晶表示装置。

【請求項２】
前記第１マイクロレンズ及び／又は前記第２マイクロレンズは、球面、非球面、またはフレネル面のいずれか１つ若しくは２以上を組み合わせて構成されている請求項１に記載の投射型液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、液晶表示素子を搭載した投射型液晶表示装置に関し、さらに詳細には、光入射側にマイクロレンズが形成された液晶表示素子を搭載した投射型液晶表示装置に関する。

【背景技術】
【０００２】
現在、液晶表示素子を搭載した投射型液晶表示装置（液晶プロジェクタ）の開発が盛んに行われている。投射型液晶表示装置には、機能、形態からパーソナルコンピュータ用途などのデータプロジェクタ、ホームシアター用途などのフロントプロジェクタ、リアプロジェクタテレビジョン用途などのリアプロジェクタ等がある。
【０００３】
投射型液晶表示装置は、Ｒ（赤色）、Ｇ（緑色）、Ｂ（青色）３色のサブピクセルを各ドットに設けた液晶表示素子を１枚使った単板式と、モノクロの液晶表示素子をＲ、Ｇ、Ｂの光路ごとに３枚使った３板式とに大別される。また、投射型液晶表示装置は、その中枢となる液晶表示素子が透過型か反射型かに応じて、透過型プロジェクタと反射型プロジェクタとに分けられる。
【０００４】
投射型液晶表示装置においては、高輝度化、高画質化、高精細化、低価格化等に対する要求が高く、特に、投射光量の向上要求が高い。
【０００５】
投射光量は、投射画像の視認性の度合いを示すものであり、かかる投射光量を決定づける要素の１つに液晶表示素子がある。液晶表示素子は、光源から出射される光を画像信号に応じて空間的に変調し、その変調された画像を出射する役割をもつ。液晶表示素子により変調された光は、投射レンズによってスクリーンや壁などの投射面に投射され、その投射面上に画像を形成する。
【０００６】
かかる液晶表示素子では、各画素を駆動するために薄膜トランジスタ（ＴＦＴ；Thin Film Transistor）などが基板上に作り込まれるため、隣接する画素間にはブラックマトリクスと呼ばれる光の遮蔽領域が設けられている。そのため、その開口率は決して１００％とはならない。
【０００７】
そこで、従来では、液晶表示素子における開口率を上げるために、光入射側に配置された基板上に各ドット（１ピクセルまたは１サブピクセル）に対応して光軸方向にマイクロレンズを配置し、液晶表示素子の実効開口率を上げる工夫がなされている。ここで、液晶表示素子における“実効開口率”とは、液晶表示素子に入射する全光束に対する、液晶表

示素子から出射される全光束の割合をいう。なお、投射型液晶表示装置においては、通常、液晶表示素子による光の損失のみならず、後段の投射レンズによる光のケラレを考慮したものを、液晶表示素子の実効開口率という。

【０００８】

このように光入射側に配置された基板上にマイクロレンズを配置することによりブラックマトリクスの遮光による光損失は小さくなる。しかし、その一方で、集光によって出射光の拡散が大きくなり、後段の投射レンズでの光のケラレや、Ｆナンバーの小さい投射レンズを使用することによるコストアップ、結像性能の低下などが発生してしまう。

【０００９】

そこで、入射側に配置されたマイクロレンズの後段にさらにマイクロレンズを設けて、かかる課題を抑制する液晶表示素子が開発されてきている。

【００１０】

例えば、特許文献１，２には、光入射側に配置された第１マイクロレンズで拡散した光を平行光化する第２マイクロレンズを備えた液晶表示素子が開示されている。かかる構成により、第１マイクロレンズでの集光による出射光の発散をキャンセルして、出射光の発散を小さくし、実効開口率を向上させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１１】

【特許文献１】特開平６－７５２１２号公報

【特許文献２】特開平５－３４１２８３号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１２】

しかし、上記特許文献１の液晶表示素子では、第１マイクロレンズの焦点位置と第２マイクロレンズの焦点位置が略一致しており、光源からの照明光の発散成分をコントロールできず、条件次第によっては逆に発散を増長してしまうことになる。

【００１３】

また、上記特許文献２の液晶表示素子では、第１マイクロレンズと第２マイクロレンズとを共に光入射側に配置しているため、Ｆナンバーを大きくするのが難しい。しかも、さらに対向基板側に第１マイクロレンズと第２マイクロレンズとを形成するので、製造バラツキが大きくなり、品質バラツキや歩留り等の課題も発生しやすくなる。

【課題を解決するための手段】

【００１４】

そこで、上記課題を解決するために、請求項１に係る発明は、光を発する光源と、前記光源から出射された光を光学的に変調する液晶表示素子と、前記液晶表示素子によって変調された光を投射する投射レンズと、を備え、前記液晶表示素子は、液晶層と、高温ポリシリコンで形成されたＴＦＴ素子と、光が通過可能な２次元に配置された複数の画素開口を有する画素電極部と、前記液晶層に対して光入射側に形成され、前記複数の画素開口に対応して複数の正のパワーを有する第１マイクロレンズを２次元に配列した第１マイクロレンズアレイと、前記液晶層に対して光出射側に形成され、前記複数の画素開口に対応して複数の正のパワーを有する第２マイクロレンズを２次元に配列した第２マイクロレンズアレイと、を備え、前記第１マイクロレンズのＦナンバーが前記投射レンズのＦナンバー以上の大きさに設定され、前記第１マイクロレンズ及び前記第２マイクロレンズは、互いの主点位置が他方のマイクロレンズの焦点位置となるように配置され、前記画素開口は、前記光源からの光のビームウェストの位置に配置され、前記液晶層に対して出射側に、前記画素電極部及び前記第２マイクロレンズアレイを有するアクティブマトリクス基板が設けられており、前記アクティブマトリクス基板は、前記画素電極部と前記液晶層との間の層間絶縁膜内に前記第２マイクロレンズアレイを配置しており、前記第２マイクロレンズアレイは、前記画素電極部の上に前記層間絶縁膜を積層し、前記層間絶縁膜を半球状にエ

ッチングして形成された凹部に前記層間絶縁膜とは屈折率が異なる材料をレベリングして化学機械研磨で平坦化して第２マイクロレンズを形成し、前記第２マイクロレンズのコーナー部にコンタクトホールを形成して当該コンタクトホールに導電材料を充填してＩＴＯードレインコンタクトを形成し、前記第２マイクロレンズの上に透明電極と配向膜とを順次に積層する、ことにより形成される投射型液晶表示装置とした。

【００１５】

また、請求項２に係る発明は、請求項１に記載の投射型液晶表示装置において、前記第１マイクロレンズ及び／又は前記第２マイクロレンズは、球面、非球面、またはフレネル面のいずれか１つ若しくは２以上を組み合わせて構成されることとした。

【発明の効果】

【００１７】

本発明によれば、液晶表示素子の実効開口率を向上し、かつ投射レンズにおけるケラレを微小にすることができ、これにより投射光量の向上を図ることができる。従って、例えば、従来と同等の投射光量を維持したまま、投射レンズのＦナンバーを大きくし、光学系の低コスト化を実現することもできる。

【図面の簡単な説明】

【００１８】

【図１】本発明の一実施形態に係る投射型液晶表示装置の全体構成の一例を示す図である。

【図２】本発明の一実施形態に係る液晶表示素子の概略構成の一例を示す図である。

【図３】本発明の一実施形態に係る液晶表示素子の概略構成の一例を示す図である。

【図４】図３に示す液晶表示素子におけるマイクロレンズ部分の構成を簡略化して示す説明図である。

【図５】第１マイクロレンズのみを用いた従来の液晶表示素子の出射光角度分布の模式図である。

【図６】本発明の一実施形態に係る液晶表示素子の出射光角度分布の模式図である。

【図７】本発明の一実施形態に係る液晶表示素子の具体的構成の一例を示す図である。

【図８】本発明の一実施形態に係る他の液晶表示素子の具体的構成の一例を示す図である。

【図９】本発明の一実施形態に係る他の液晶表示素子の具体的構成の一例を示す図である。

【図１０】本発明の一実施形態に係る他の液晶表示素子の具体的構成の一例を示す図である。

【図１１】本発明の一実施形態に係る他の液晶表示素子の具体的構成の一例を示す図である。

【図１２】本発明の他の実施形態に係る投射型液晶表示装置の全体構成の一例を示す図である。

【図１３】本発明の他の実施形態に係る液晶表示素子の概略構成の一例を示す図である。

【図１４】本発明の他の実施形態に係る液晶表示素子の概略構成の一例を示す図である。

【図１５】従来の第１マイクロレンズアレイのみの構成のときの青の出射光角度分布の模式図である。

【図１６】本発明の他の実施形態に係る投射型液晶表示装置での青の出射光角度分布の模式図である。

【図１７】従来の第１マイクロレンズアレイのみの構成のときの緑の出射光角度分布の模式図である。

【図１８】本発明の他の実施形態に係る投射型液晶表示装置での緑の出射光角度分布の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【００１９】

本実施形態に係る投射型液晶表示装置は、光を発する光源と、この光源から出射された

光を光学的に変調する液晶表示素子と、この液晶表示素子によって変調された光を投射する投射レンズとを備えている。

【００２０】

液晶表示素子は、液晶層と、光が通過可能な２次元に配置された複数の画素開口を有する画素電極部と、液晶層に対して光入射側に形成され、複数の画素開口に対応して複数の第１マイクロレンズを２次元に配列した第１マイクロレンズアレイを備えている。

【００２１】

このように液晶層に対して光入射側に第１マイクロレンズを形成することにより、画素開口への光の入射率を向上させることができる。

【００２２】

しかも、液晶表示素子には、さらに、液晶層に対して光出射側に形成され、複数の画素開口に対応して複数の第２マイクロレンズを２次元に配列した第２マイクロレンズアレイを備える。

【００２３】

そして、第１マイクロレンズ及び第２マイクロレンズが、互いが他方のマイクロレンズの焦点位置となるように配置している。

【００２４】

かかる構成により、光軸に対して発散角度成分を有して液晶表示素子へ入射した照明光は、発散角度成分が第２マイクロレンズアレイから出射するときに除去され、その出射角度が光軸に平行に入射した主光線の出射角度と略同一となる。

【００２５】

その結果、第２マイクロレンズアレイで、照明光の発散をおおよそ解消することができ、照明光の入射発散角を大きくすることができ、光利用効率を上げることもできる。

【００２６】

しかも、第１マイクロレンズのＦナンバーが投射レンズのＦナンバー以上の大きさに設定されているため、投射レンズでのケラレが極微小な条件で、最もブラックマトリクスでの光のケラレを小さくすることができる。

【００２７】

さらに、第２マイクロレンズを光出射側に配置しているため、Ｆナンバーを大きくしやすくなり、製造バラツキを抑えることができる。

【００２８】

以下、本発明の投射型液晶表示装置について図面を参照して詳細に説明する。

【００２９】

図１は、本発明の一実施の形態に係る投射型液晶表示装置の全体構成の一例を示している。この図に示した投射型液晶表示装置は、透過型の液晶表示素子を３枚用いてカラー画像表示を行ういわゆる３板方式の投射型液晶表示装置である。なお、説明は以下の順序で行う。

１．投射型液晶表示装置の全体構成
２．液晶表示素子の構成及び作用
３．液晶表示素子におけるマイクロレンズの光学的な作用及び効果
４．液晶表示素子の製造方法
５．その他の実施形態

【００３０】

〔１．投射型液晶表示装置の全体構成〕

本実施形態に係る投射型液晶表示装置１は、光を発する光源１１と、一対の第１及び第２フライアイレンズ１２，１３と、これらのフライアイレンズ１２，１３の間に設けられ、光路（光軸１０）を第２フライアイレンズ１３側に略９０度曲げるように配置された全反射ミラー１４とを備えている。

【００３１】

光源１１は、カラー画像表示に必要とされる、赤色光、青色光および緑色光を含んだ白

色光を発するようになっている。この光源１１は、白色光を発する発光体（図示せず）と、発光体から発せられた光を反射する凹面鏡とを含んで構成されている。発光体としては、例えば、ハロゲンランプ、メタルハライドランプまたはキセノンランプ等が使用される。凹面鏡は、例えば回転楕円面鏡や回転放物面鏡等の回転対称な面形状となっている。

【００３２】

第１及び第２フライアイレンズ１２，１３には、それぞれ複数のマイクロレンズ１２Ｍ，１３Ｍが２次元的に配列されている。第１及び第２フライアイレンズ１２，１３は、光の照度分布を均一化させるためのものであり、入射した光を複数の小光束に分割する機能を有している。従って、光源１１から発せられた白色光は、第１及び第２フライアイレンズ１２，１３を透過することにより、複数の小光束に分割される。

【００３３】

この投射型液晶表示装置１は、また、第２フライアイレンズ１３の光出射側に、ＰＳ合成素子１５と、コンデンサレンズ１６と、ダイクロイックミラー１７とを順番に備えている。

【００３４】

第１及び第２フライアイレンズ１２，１３を透過した光は、ＰＳ合成素子１５に入射する。ＰＳ合成素子１５には、第２フライアイレンズ１３における隣り合うマイクロレンズ間に対応する位置に、複数の１／２波長板１５Ａが設けられている。ＰＳ合成素子１５は、入射した光を第１偏光光（Ｐ偏光成分）及び第２偏光光（Ｓ偏光成分）に分離し、一方の偏光光（例えばＰ偏光成分）を、その偏光方向を保ったままＰＳ合成素子１５から出射し、他方の偏光光（例えばＳ偏光成分）を、１／２波長板１５Ａの作用により、他の偏光成分（例えばＰ偏光成分）に変換して出射する。これにより、分離された２つの偏光光の偏光方向が特定の方向（例えばＰ偏光）に揃えられる。

【００３５】

ＰＳ合成素子１５を出射した光は、コンデンサレンズ１６を透過した後、ダイクロイックミラー１７に入射する。ダイクロイックミラー１７は、入射した光を、赤色光ＬＲと、その他の色光とに分離する。

【００３６】

この投射型液晶表示装置１は、また、ダイクロイックミラー１７によって分離された赤色光ＬＲの光路に沿って、全反射ミラー１８と、フィールドレンズ２４Ｒと、液晶表示素子２５Ｒとを順番に備えている。全反射ミラー１８は、ダイクロイックミラー１７によって分離された赤色光ＬＲを、液晶表示素子２５Ｒに向けて反射する。全反射ミラー１８によって反射された赤色光ＬＲは、フィールドレンズ２４Ｒを介して液晶表示素子２５Ｒに入射する。液晶表示素子２５Ｒに入射した赤色光ＬＲは、液晶表示素子２５Ｒにおいて、画像信号に応じて空間的に変調された後、後述するクロスプリズム２６の入射面２６Ｒに入射する。

【００３７】

投射型液晶表示装置１は、さらに、ダイクロイックミラー１７によって分離された他の色光の光路に沿って、ダイクロイックミラー１９を備えている。ダイクロイックミラー１９は、入射した光を、緑色光ＬＧと青色光ＬＢとに分離する。この投射型液晶表示装置１は、また、ダイクロイックミラー１９によって分離された緑色光ＬＧの光路に沿って、フィールドレンズ２４Ｇと、液晶表示素子２５Ｇとを順番に備えている。緑色光ＬＧは、フィールドレンズ２４Ｇを介して液晶表示素子２５Ｇに入射する。液晶表示素子２５Ｇに入射した緑色光ＬＧは、液晶表示素子２５Ｇにおいて、画像信号に応じて空間的に変調された後、後述するクロスプリズム２６の入射面２６Ｇに入射する。

【００３８】

この投射型液晶表示装置１は、さらに、ダイクロイックミラー１９によって分離された青色光ＬＢの光路に沿って、リレーレンズ２０と、全反射ミラー２１と、リレーレンズ２２と、全反射ミラー２３と、フィールドレンズ２４Ｂと、液晶表示素子２５Ｂとを順番に備えている。全反射ミラー２１は、リレーレンズ２０を介して入射した青色光ＬＢを、全

反射ミラー２３に向けて反射する。全反射ミラー２３は、リレーレンズ２２を介して入射した青色光ＬＢを液晶表示素子２５Ｂに向けて反射する。液晶表示素子２５Ｂは、フィールドレンズ２４Ｂを介して入射した青色光ＬＢを、画像信号に応じて空間的に変調した後、後述するクロスプリズム２６の入射面２６Ｂに入射する。

【００３９】

なお、液晶表示素子２５Ｒ，２５Ｇ，２５Ｂのそれぞれの入射面には、第１及び第２フライアイレンズ１２，１３によって分割された複数の小光束が拡大された状態で重畳され、全体的に均一な照明がなされる。第１及び第２フライアイレンズ１２，１３によって分割された各小光束は、コンデンサレンズ１６の焦点距離と第２フライアイレンズ１３に設けられたマイクロレンズ１３Ｍの焦点距離とで決まる拡大率で拡大される。

【００４０】

また、図示しないが、フィールドレンズ２４Ｒ，２４Ｇ，２４Ｂのそれぞれの光出射面側に、液晶表示素子２５Ｒ，２５Ｇ，２５Ｂのそれぞれに偏光を入射するための入射偏光板、また、クロスプリズム２６の光入射面２６Ｒ，２６Ｇ，２６Ｂのそれぞれに液晶表示素子で変調された光を制御する出射偏光板を有している。

【００４１】

この投射型液晶表示装置１は、また、赤色光ＬＲ、緑色光ＬＧおよび青色光ＬＢの光路が交わる位置に、３つの色光ＬＲ、ＬＧ，ＬＢを合成するクロスプリズム２６を備えている。この投射型液晶表示装置１は、また、クロスプリズム２６から出射された合成光を、スクリーン２８に向けて投射するための投射レンズ２７を備えており、クロスプリズム２６の出射光が、投射レンズ２７によってスクリーン２８の前面側または背面側に投射されることにより、スクリーン２８上に画像を形成する。なお、クロスプリズム２６は、３つの入射面２６Ｒ，２６Ｇ，２６Ｂと、一つの出射面２６Ｔとを有している。入射面２６Ｒ，２６Ｇ，２６Ｂには、それぞれ液晶表示素子２５Ｒ，２５Ｇ，２５Ｂから出射された赤色光ＬＲ，緑色光ＬＧ，青色光ＬＢがそれぞれ入射するようになっている。そして、クロスプリズム２６は、入射面２６Ｒ，２６Ｇ，２６Ｇに入射した３つの色光を合成して出射面２６Ｔから出射する。

【００４２】

〔２．液晶表示素子の構成及び作用〕

図２及び図３は、液晶表示素子２５Ｒ，２５Ｇ，２５Ｂの構成例を示している。なお、図３は、図２に示すＡ部分の拡大図である。液晶表示素子２５Ｒ，２５Ｇ，２５Ｂは、それぞれ変調対象となる光の成分が異なるのみで、その機能、構成は実質的に同じである。以下では、各色用の液晶表示素子２５Ｒ，２５Ｇ，２５Ｂの構成をまとめて説明する。

【００４３】

図２に示すように、液晶表示素子２５（２５Ｒ，２５Ｇ，２５Ｂ）は、光入射側より、防塵ガラス３９Ａ、対向基板４０Ａ、液晶層４３、アクティブマトリクス基板４０Ｂ、防塵ガラス３９Ｂを備えている。

【００４４】

対向基板４０Ａは、図３に示すように、光入射側から順に、ガラス基板４１と、このガラス基板４１の光出射面側に積層された第１マイクロレンズアレイ４２とを有している。なお、図示しないが、第１マイクロレンズアレイ４２と液晶層４３との間に、対向電極と配向膜とをさらに有している。対向電極は、画素電極部４５との間で電位を発生させるためのものである。

【００４５】

第１マイクロレンズアレイ４２は、光入射面側に順次形成される低屈折率の光学物質層４２ａと高屈折率の光学物質層４２ｂとにより構成され、後述する各画素電極４６に対応して２次元的に設けられた複数の第１マイクロレンズ４２Ｍを有している。各第１マイクロレンズ４２Ｍは、全体として正の屈折力（パワー）を有している。図３に示す例では、各第１マイクロレンズ４２Ｍのレンズ面は球面形状で構成され、光入射側（光源側）に凸形状となっている。このような面形状で正のパワーを持たせるために、低屈折率の光学物

質層４２ａと高屈折率の光学物質層４２ｂは、その屈折率をそれぞれｎ１，ｎ２とすると、「ｎ２＞ｎ１」の関係を満たすように構成されている。なお、ｎ２とｎ１の相対的な屈折率差は、例えば０．２～０．３程度で、より高い値が確保されていることが望ましい。また、光学物質層４２ａ，４２ｂは、例えばウレタン系やアクリル系の樹脂などにより形成される。

【００４６】

この第１マイクロレンズ４２ＭのＦナンバーは、後段の投射レンズ２７のＦナンバー以上の大きさに設定される。従って、後で詳述するように、液晶表示素子２５に入射した光のうち、第１マイクロレンズ４２Ｍによって集光され後述する画素開口４６Ａに入射した光のほとんどが画像表示に利用可能な有効な光となる。

【００４７】

アクティブマトリクス基板４０Ｂは、ガラス基板４８と、このガラス基板４８の光入射面側に順次形成された第２マイクロレンズアレイ４４と画素電極部４５とを有している。なお、図示しないが、画素電極部４５と液晶層４３との間には配向膜（図示せず）が配置される。画素電極部４５は、画素電極４６とブラックマトリクス４７とが２次元的に配列されて形成されている。各画素電極４６は導電性を有した透明な部材によって構成され、ブラックマトリクス４７は隣り合う画素電極４６の間に形成されている。各ブラックマトリクス４７は、例えば金属膜などにより遮光され、その内部には、隣接する画素電極４６に対して、画像信号に応じて選択的に電圧を印加するための図示しないＴＦＴ素子が形成されている。ブラックマトリクス４７によって囲まれ、入射光が透過可能な一つの画素電極４６の開口領域が、１画素（ドット）分の画素開口４６Ａとなる。

【００４８】

第２マイクロレンズアレイ４４は、光入射面側に順次形成された高屈折率の光学物質層４４ｂと低屈折率の光学物質層４４ａとにより構成され、後述する各画素電極４６に対応して２次元的に設けられた複数の第２マイクロレンズ４４Ｍを有している。各第２マイクロレンズ４４Ｍは、全体として正の屈折力（パワー）を有している。図３の例では、各第２マイクロレンズ４４Ｍのレンズ面は球面形状で構成され、光入射側（光源側）に凸形状となっている。このような面形状で正のパワーを持たせるために、低屈折率の光学物質層４４ａと高屈折率の光学物質層４４ｂは、その屈折率をそれぞれｎ３，ｎ４とすると、「ｎ４＞ｎ３」の関係を満たすように構成されている。なお、ｎ３とｎ４の相対的な屈折率差は、例えば０．２～０．３程度で、より高い値が確保されていることが望ましい。また、光学物質層４４ａ，４４ｂは、例えばウレタン系やアクリル系の樹脂などにより形成される。

【００４９】

このように、本実施形態に係る液晶表示素子２５では、１ドットにつき光軸方向に２つのマイクロレンズ、すなわち、第１マイクロレンズ４２Ｍと第２マイクロレンズ４４Ｍが配置されるように構成されている。

【００５０】

そして、第１マイクロレンズ４２Ｍ及び第２マイクロレンズ４４Ｍを、互いが他方のマイクロレンズの焦点位置となるように配置している。すなわち、第１マイクロレンズ４２Ｍの焦点位置を、第２マイクロレンズ４４Ｍの主点位置Ｈ２（図４参照）に一致させ、かつ第２マイクロレンズ４４Ｍの焦点位置を、第１マイクロレンズ４２Ｍの主点位置Ｈ１（図４参照）に一致させている。

【００５１】

第１マイクロレンズ４２Ｍは、集光機能を有した集光用レンズを形成し、液晶表示素子２５へ入射する照明光が画素開口４６Ａを通過する割合を向上させる。また、第２マイクロレンズ４４Ｍは、フィールド機能を有したフィールドレンズを形成している。第１マイクロレンズ４２Ｍの焦点位置は、画素開口４６Ａ付近にある方が、開口効率が良くなるようにも思われるが、入射光についてすべての角度成分を考慮すると、画素開口４６Ａが焦点位置に完全に一致している場合が最も開口効率が良くなることにはならない。すべての

角度成分を考慮すると、光のビームウェストの位置に画素開口４６Ａを配置することが望ましい。

【００５２】

第１及び第２マイクロレンズ４２Ｍ，４４Ｍは、正のパワーを持ち、所定の光学特性を満たすように構成されていれば良く、図示した形状に限定されない。例えば、球面、非球面、またはフレネル面のいずれか１つ若しくは２以上を組み合わせて構成されるようにしてもよい。また、第１及び第２マイクロレンズ４２Ｍ，４４Ｍは、高屈折率の樹脂を低屈折率の基板でカバーして形成してもよく、あるいは、フォトリソグラフィにより高屈折率材、低屈折率材を成形することにより形成してもよい。このとき、無機材料を用いることにより、材料の長寿命化になる。

【００５３】

〔３．液晶表示素子におけるマイクロレンズの光学的な作用及び効果〕

次に、主として図４を参照して、本実施の形態の特徴部分である液晶表示素子２５における第１及び第２マイクロレンズ４２Ｍ，４４Ｍによる光学的な作用および効果について説明する。

【００５４】

図４では、説明を簡略化するため、液晶表示素子２５における第１及び第２マイクロレンズ４２Ｍ，４４Ｍ部分の主要な構成要素のみを示している。既に説明したように、第１及び第２マイクロレンズ４２Ｍ，４４Ｍは、正のパワーを有している。また、第１マイクロレンズ４２Ｍの焦点位置に第２マイクロレンズ４４Ｍを配置し、第２マイクロレンズ４４Ｍの焦点位置に第１マイクロレンズ４２Ｍを配置している。さらに、光のビームウェストの位置に画素開口４６Ａを配置している。以下、このような構成において、液晶表示素子２５の前段の照明光学系によって液晶表示素子２５に発散角度βの照明光が全体的に照明されるものとして説明する。

【００５５】

第１及び第２マイクロレンズ４２Ｍ，４４Ｍの光軸６０に対して平行な主光線６０Ａ（図中、実線で示す）に対して角度成分を持って入射する発散光６０Ｂ（図中、破線で示す）について考える。光軸６０に対して±βの角度で液晶表示素子２５を照明する光は、主光線６０Ａを中心に、±βの角度で発散した状態で第１マイクロレンズ４２Ｍを通過する。この光は、第２マイクロレンズ４４Ｍの焦点位置に第１マイクロレンズ４２Ｍが配置されているために、第２マイクロレンズ４４Ｍを通過する際に、すべて主光線６０Ａに平行な光に変わってしまう。すなわち、主光線６０Ａと発散光６０Ｂの双方とも、第２マイクロレンズ４４Ｍを出射した後の最大発散角度αは等しくなる。

【００５６】

以上の光学的作用を有する第１及び第２マイクロレンズ４２Ｍ，４４Ｍを搭載することにより、液晶表示素子２５を出射する光の最大発散角度θは、以下の式（１）で表されることになる。

$$\theta = \alpha \quad \cdots\cdots (1)$$

【００５７】

この式（１）は、液晶表示素子２５における出射光の発散角度θも、第２マイクロレンズ４４Ｍの外形（半径）ａと第２マイクロレンズ４４Ｍによる焦点距離ｆ２との２つのパラメータだけで決まり、照明光の発散角度βは、出射光の発散角度θに影響を及ぼさないことを意味している。すなわち、本実施形態によれば、照明光の発散角度βが液晶表示素子２５を出射するときには除去され、第１マイクロレンズ４２Ｍのみの場合と比較して角度βの分だけ出射発散角度θを小さくすることができる。

【００５８】

これにより、本実施の形態では、投射レンズ２７のＦナンバーに合わせ、第１マイクロレンズ４２Ｍの焦点距離を短くすることができ、第１マイクロレンズ４２Ｍのみで構成した場合と比較して、ブラックマトリクス４７における光のケラレの量を低減することができる。この効果によって、実効開口率を悪化させることなく第１マイクロレンズ４２Ｍの

焦点距離を従来に比べて大幅に短くすることが可能になると共に、画素開口４６Ａに形成される集光スポットサイズも大幅に小さくすることができる。これにより、液晶表示素子２５における実効開口率を向上させることが可能となる。

【００５９】

さらに、本実施の形態では、従来に比べて画素開口４６Ａに対して集光スポットサイズを十分に小さくすることが可能になるので、従来に比べて入射発散角度βを大きくすることができる。そして、図４より明らかなように、入射発散角度βを大きくすることによって、集光スポットサイズを画素開口４６Ａの開口寸法限界まで拡大して、出射光量の向上を図ることが可能である。

【００６０】

しかも、図４に示すように、第１マイクロレンズ４２Ｍと第２マイクロレンズ４４Ｍとの間に光のビームウェストが位置するように光学的に設計し、かかるビームウェスト位置に画素開口４６Ａを配置することで、開口効率をさらに向上させることができる。

【００６１】

本発明者らは、本実施形態に係る投射型液晶表示装置１の優位性を確認するためにシミュレーションを行った。かかるシミュレーション結果の模式図を図５及び図６に示す。図５は第１マイクロレンズのみを用いた従来の液晶表示素子での出射光角度分布を示し、図６は本実施形態に係る液晶表示素子での出射光角度分布を示している。なお、本シミュレーションは照明発散角１２°、画素ピッチ８．４μｍ（開口率５５％）条件で行っている。

【００６２】

図５及び図６に示すように、本実施形態に係る投射型液晶表示装置１の方が従来の投射型液晶表示装置に比べて、総合的に光の発散が小さくなっていることがわかる。この条件で、投射レンズのＦナンバーを１．７とした場合、本実施形態に係る投射型液晶表示装置１の方が投射光量が１０％高くなる結果が得られた。

【００６３】

このように、出射光の発散角度αが小さくなるため、従来の投射光量を維持したまま、投射レンズ２７のＦナンバーを従来よりも大きくすることも可能となり、そのようにすることで投射レンズ２７のコスト削減も可能となる。例えば、上記の例の場合、本実施形態の液晶表示素子２５を使用すると、従来の投射光量を維持したまま、投射レンズ２７のＦナンバーを１．７から２．０にすることができる。

【００６４】

以上のように、本実施形態に係る投射型液晶表示装置１では、第１マイクロレンズ４２Ｍ及び第２マイクロレンズ４４Ｍを、互いが他方のマイクロレンズの焦点位置となるように配置しており、照明光の発散を解消することができ、照明光の入射発散角を大きくすることができ、光利用効率を上げることもできる。

【００６５】

しかも、第１マイクロレンズ４２ＭのＦナンバーを投射レンズ２７のＦナンバーの大きさまで小さく設定することができるため、第１マイクロレンズ４２Ｍでは、投射レンズ２７のケラレを考慮して焦点距離を長くする必要がなくなり、ブラックマトリクスでの光のケラレを小さくすることができる。

【００６６】

さらに、第２マイクロレンズが光出射側に配置しているため、Ｆナンバーを大きくしやすくなり、製造バラツキを抑えることができる。

【００６７】

なお、本実施形態においては、第１マイクロレンズ４２Ｍと第２マイクロレンズ４４Ｍとの距離を互いが他方のマイクロレンズの焦点位置となるように配置するが、１００％正確である必要はない。すなわち、第１マイクロレンズ４２Ｍと第２マイクロレンズ４４Ｍが、１００％正確に互いが他方のマイクロレンズの焦点位置にあるとしたときの第１マイクロレンズ４２Ｍと第２マイクロレンズ４４Ｍとの間の距離に対して、これらの距離が±

１６％の範囲内であれば、最適条件のときの明るさに対し９５％以上の明るさとなり、安定した特性を出すことができる。さらに好ましくは、これらの距離が±１１％の範囲内であれば、最適条件のときの明るさに対し９８％以上の明るさとなり、より安定した特性を出すことができる。

【００６８】

〔４．液晶表示素子の製造方法〕

上述の実施形態の液晶表示素子の具体的な構成の一例として、例えば、図７に示すように構成することができる。

【００６９】

図７に示す液晶表示素子２２５は、まず、透明基板２４８に、複数の第２マイクロレンズ２４４Ｍからなる第２マイクロレンズアレイを形成する。さらに、これらの第２マイクロレンズ２４４Ｍ上に、層間絶縁膜２４９を介して裏面遮光膜２５０、ＴＦＴ素子２５１、表面遮光膜２５０’、透明電極２５２などを順次形成することで画素電極部２４５を形成する。その後、この画素電極部２４５上に配向膜２５３を形成することによってアクティブマトリクス基板２４０Ｂが形成される。裏面遮光膜２５０及び表面遮光膜２５０’により実質的なブラックマトリクスが形成される。また、アクティブマトリクス基板２４０Ｂとの間で液晶層２４３を挟む対向基板２４０Ａは、第１マイクロレンズ２４２Ｍ、カバー層２５６、透明電極２５５、配向膜２５４から形成される。

【００７０】

この液晶表示素子２２５は、投射型液晶表示装置で用いられるため、ＴＦＴ素子２５１は、高温ポリシリコンで形成され、ゲート酸化膜形成のプロセス温度が６００℃～１０００℃になる。そのため、第２マイクロレンズ２４４Ｍは高温プロセスに耐える無機材料で形成されねばならず、第２マイクロレンズ２４４ＭからＴＦＴ素子２５１までの製造プロセスは以下のような製造プロセスが一般的に考えられる。

【００７１】

まず、透明基板２４８をエッチングして、半球状の凹部を形成する。その後、この凹部にＳｉＯＮなどの高屈折率の無機膜２４４ａをＰ－ＣＶＤ法で凹部に積層し、無機膜２４４ａを研磨により平坦化する。これにより、第２マイクロレンズ２４４Ｍが形成される。

【００７２】

次に、第２マイクロレンズ２４４Ｍ上に、SiO_2膜などの層間絶縁膜２４９を積層し、この層間絶縁膜２４９上にＷＳｉなどの高融点金属で裏面遮光膜２５０を形成する。その後、層間絶縁膜２４９及び裏面遮光膜２５０上にＴＦＴ素子２５１などを形成している。

【００７３】

かかる製造プロセスでは、上述したように、ＴＦＴ素子２５１のゲート酸化膜形成のプロセス温度が６００℃～１０００℃であるため、第２マイクロレンズ２４４Ｍの無機膜２４４ａも、６００℃～１０００℃の高温でアニールされることになる。

【００７４】

しかし、液晶表示素子２２５全体に広がった無機膜２４４ａはそのサイズに比例して非常に大きく膨張することから、図８に示すように熱ストレスにより無機膜２４４ａにクラックや膜剥がれが発生する恐れがある。この膨張の度合いはプロセス温度に比して大きくなる。

【００７５】

一方、第２マイクロレンズ２４４Ｍの無機膜２４４ａにおけるクラックや膜剥がれを解消するために、ＴＦＴ素子２５１を形成する時のプロセス温度を下げた場合、良好なゲート酸化膜とＴＦＴ特性が得られなくなる。

【００７６】

そこで、プロセス温度を下げず、しかも、第２マイクロレンズ２４４Ｍにクラックや膜剥がれなどを発生させずに第２マイクロレンズ２４４Ｍをアクティブマトリクス基板に内蔵させるために、液晶表示素子の構造として、次に示す構造を採用することができる。

【００７７】
すなわち、図９に示す液晶表示素子３２５のように、第２マイクロレンズ３４４Ｍをアクティブマトリクス基板３４０Ｂの透明電極３５２下の層間絶縁膜３４６内に配置するようにし、ＴＦＴ素子３５１を形成した後に、第２マイクロレンズ３４４Ｍを形成する。なお、第２マイクロレンズ３４４Ｍはマイクロレンズアレイとしてアクティブマトリクス基板３４０Ｂに複数形成される。また、後述する裏面遮光膜３５０及び表面遮光膜３５０’により実質的なブラックマトリクスが形成される。なお、アクティブマトリクス基板３４０Ｂとの間で液晶層３４３を挟む対向基板３４０Ａは、第１マイクロレンズ３４２Ｍ、カバー層４５６、透明電極３５５、配向膜３５４から形成される。

【００７８】
この液晶表示素子３２５では、第２マイクロレンズ３４４Ｍを層間絶縁膜３４６内に形成するため、第２マイクロレンズ３４４Ｍの一部に透明電極３５２とＴＦＴ素子３５１のドレイン電極を接続するコンタクトが必要となる。この液晶表示素子３２５の製造プロセスは以下の通りである。なお、ここではプロセスの主要部分を説明する。

【００７９】
まず、透明基板３４８上にＷＳｉなどで裏面遮光膜３５０を形成する。その後、ＴＦＴ素子３５１を形成する。このとき、プロセス温度はゲート酸化膜の形成時の温度が最も高く６００℃～１０００℃である。

【００８０】
次いで、蓄積容量及び信号線を兼ねた表面遮光膜３５０’を形成する。この構成により、画素開口形状が決まる。

【００８１】
次いで、SiO_2などの低屈折率材料で層間絶縁膜３４４ｂを積層する。この層間絶縁膜３４４ｂを半球状にエッチングし、高屈折率膜であるＳｉＯＮ膜３４４ａをＰ－ＣＶＤ法などでレベリングし、このＳｉＯＮ膜３４４ａをＣＭＰで平坦化して、第２マイクロレンズ３４４Ｍを形成する。

【００８２】
次いで、第２マイクロレンズ３４４Ｍのコーナー部分にコンタクトホールを形成し、このコンタクトホールを導電材料で充填してコンタクトを形成する。

【００８３】
その後、第２マイクロレンズ３４４Ｍの上に透明電極３５２と、配向膜３５３を順次形成する。

【００８４】
以上のように、ＴＦＴ素子３５１を形成した後に、第２マイクロレンズ３４４Ｍを形成することから、６００℃～１０００℃の高温に第２マイクロレンズ３４４Ｍが曝されることがない。従って、第２マイクロレンズ３４４Ｍにおいて、熱ストレスによるクラックや膜剥がれの発生を抑制できる。

【００８５】
また、層間絶縁膜３４６中に形成された第２マイクロレンズ３４４Ｍは、ＴＦＴ画素サイズと同じサイズで形成できるので、第２マイクロレンズ３４４Ｍの面積不足による透過光量損失が生じない。

【００８６】
このとき、対向基板３４０Ａ側の第１マイクロレンズ３４２Ｍと、アクティブマトリクス基板３４０Ｂ側の第２マイクロレンズ３４４Ｍは互いの焦点部に位置するために、第１マイクロレンズ３４２Ｍ側のカバー層３５６の厚さで互いの距離を調整している。

【００８７】
ここで、図１０に、透明電極３５２とＴＦＴ素子３５１のドレイン電極とを電気的に接続するコンタクト部分の断面構造の模式図を示す。

【００８８】
同図に示すように、第２マイクロレンズ３４４ＭはSiO_2などの層間絶縁膜３４９を

介して、透明電極３５２の直下に形成されている。そして、透明電極３５２とＴＦＴ素子３５１のドレイン電極とを電気的に接続するＩＴＯ－ドレインコンタクト３７０，３７２，３７４，３７６が第２マイクロレンズ３４４Ｍの一部を貫通する形で形成されている。なお、ＩＴＯ－ドレインコンタクト３７０，３７２，３７４，３７６は、接続用電極３７１，３７３，３７５によって接続されている。また、図１０中、符号３８５は、信号配線であり、符号３８４はＣｓ電極、符号３９０はゲート電極、符号３８６はソースコンタクト、符号３９１はゲートコンタクトである。表面遮光膜３５０’は、コンタクト３８１，接続用電極３８２、コンタクト３８３を介してＣｓ電極３８４に接続される。

【００８９】

第２マイクロレンズ３４４Ｍは、ＩＴＯ－ドレインコンタクト３７０を避ける形で層間絶縁膜３４６中に形成される。これは、第２マイクロレンズ３４４Ｍの形成前にコンタクトホールを層間絶縁膜３４６に形成し、その後、層間絶縁膜３４６を半球状に等方エッチングして第２マイクロレンズ３４４Ｍを形成する際に、エッチング量を大きくするとコンタクトホールが削られるからである。従って、第２マイクロレンズ３４４Ｍの有効サイズは、第２マイクロレンズ３４４Ｍの中心とＩＴＯ－ドレインコンタクト３７０との位置関係で制約される。

【００９０】

図１１は、第２マイクロレンズ３４４ＭとＩＴＯ－ドレインコンタクト３７０（３７２，３７４，３７６）との位置関係を示した図である。第２マイクロレンズ３４４Ｍは円形であり、その有効半径は第２マイクロレンズ３４４Ｍの中心からドレインコンタクト３７０（３７２，３７４，３７６）までの距離より小さく設定される。

【００９１】

なお、ここでは、第２マイクロレンズ３４４Ｍの形成位置を透明電極３５２直下の層間絶縁膜３４６中として説明したが、形成位置はこれに限定されるものではない。例えば、図１０において表面遮光膜３５０’と信号線３８５間の層間絶縁膜３９２中に形成されても良い。

【００９２】

このように、液晶表示素子３２５の対向基板３４０Ａとアクティブマトリクス基板３４０Ｂの両方にマイクロレンズアレイを内蔵した基板において、アクティブマトリクス基板３４０Ｂ側の第２マイクロレンズ３４４ＭはＴＦＴ素子３５１を形成した後に、透明電極３５２とＴＦＴ素子３５１間の層間絶縁膜３４６内に形成されている。

【００９３】

従って、第２マイクロレンズ３４４ＭがＴＦＴ素子３５１の形成プロセス以降に形成されることになり、熱ストレスによる第２マイクロレンズ３４４Ｍのクラックや膜剥がれが発生しない。これにより第２マイクロレンズ３４４Ｍの特性が損なわれず、また製造性が向上する。

【００９４】

また、対向基板３４０Ａとアクティブマトリクス基板３４０Ｂそれぞれに内蔵された第１マイクロレンズ３４２Ｍと第２マイクロレンズ３４４Ｍとが互いの焦点位置に形成されている。そのため、透過率が向上し、かつ投射レンズにおけるケラレを微小にすることができ、投射光量の大きい液晶投射型表示装置を実現することができる。あるいは従来と同等の投射光量を維持したまま、投射レンズのＦナンバーを大きくし、光学系の低コスト化を実現することができる。

【００９５】

〔５．その他の実施形態〕

上述の実施形態では最も一般的な液晶表示素子を３枚使用する投射型液晶表示装置の例をあげたが、単板式のカラー表示型の投射型液晶表示装置でも同様の効果を得ることができる。図１２に単板式のカラー表示型の投射型液晶表示装置１’の構成を示す。

【００９６】

単板式のカラー表示型の投射型液晶表示装置１’は、図１２に示すように、光源１０１

、リフレクタ１０２、ロッドインテグレータ１０３、色分離部１０４、ＰＳ合成素子１０５、コンデンサレンズ１０６、フィールドレンズ１０７、液晶表示素子１２５、投射レンズ１２７から構成されている。

【００９７】

光源１０１は、カラー画像表示に必要とされる、赤色光、青色光および緑色光を含んだ白色光を発する。光源１０１の発光体から出射された白色光は、リフレクタ１０２によって、ロッドインテグレータ１０３に向けて投射される光となる。リフレクタ１０２からの出射光は、ロッドインテグレータ１０３に集光する。ロッドインテグレータ１０３は、リフレクタ１０２からの入射光の光分布を均一化し、色分離部１０４に出射する。ロッドインテグレータ１０３からの出射光は、色分離部１０４に入射する。

【００９８】

色分離部１０４は、ロッドインテグレータ１０３からの入射光を３原色に色分解する色分離プリズム１０４ａと、色分離プリズム１０４ａにより反射された光を、透過した光と略平行となるように反射する反射プリズム１０４Ｒ、１０４Ｂとから構成されている。色分離部１０４の色分離プリズム１０４ａは、ロッドインテグレータ１０３からの入射光を３原色に色分解し、例えば、緑色光ＬＧを透過し、その他の赤色光ＬＲ、青色光ＬＢをそれぞれ異なる方向に反射する。反射プリズム１０４Ｒは、色分離プリズム１０４ａにより反射された赤色光ＬＲが入射され、入射された赤色光ＬＲを緑色光ＬＧと略平行となる方向に反射する。反射プリズム１０４Ｂは、色分離プリズム１０４ａにより反射された青色光ＬＢが入射され、入射された青色光ＬＢを緑色光ＬＧと略平行となる方向に反射する。

【００９９】

ＰＳ合成素子１０５は、ＰＳ合成素子１５と同様に、入射した光をＰ偏光成分及びＳ偏光成分の偏光に分離し、一方の偏光（例えばＰ偏光）を、その偏光方向を保ったまま偏光変換素子から出射し、他方の偏光（例えばＳ偏光）を、他の偏光成分（例えばＰ偏光成分）に変換して出射する。ＰＳ合成素子１０５から出射した光は、コンデンサレンズ１０６によって集光され、フィールドレンズ１０７を介して液晶表示素子１２５に入射される。

【０１００】

コンデンサレンズ１０６及びフィールドレンズ１０７は、ロッドインテグレータ１０３の出射光が出射される出射面と液晶表示素子１２５とが共役の関係となるように調整され、そのため、液晶表示素子１２５において各色の光ＬＲ、ＬＧ、ＬＢが重畳されて結像する。また、フィールドレンズ１０７は、液晶表示素子１２５において入射光の角度分布が均一であるテレセントリック照明となるようにする働きもする。

【０１０１】

液晶表示素子１２５は、いわゆる透過型の液晶表示素子であり、フィールドレンズ１０７から入射する光各色の光ＬＲ、ＬＧ、ＬＢを入射して、画像信号に応じて光学的に変調して、後段の投射レンズ１２７に向けて出射する。異なる角度で入射した各色の光は、液晶表示素子１２５内に設けられた第１マイクロレンズアレイ４２（図１３参照）により各色の画素に振り分け、液晶により各画素を通る光の透過率をコントロールすることでカラー表示を実現している（基本原理は、特開平４－６０５３８号公報を参照。）。

【０１０２】

かかる液晶表示素子１２５は、図１３に示すように、画素電極部１４５において１画素にＲ，Ｇ，Ｂ毎の画素電極１４６Ｒ，１４６Ｇ，１４６Ｂが形成され、これらの画素電極間にブラックマトリクス１４７が形成される点以外は、上記液晶表示素子２５と同様の構成をしている。なお、液晶表示素子２５と同様の構成については、同一符号を付し、具体的な説明は省略する。

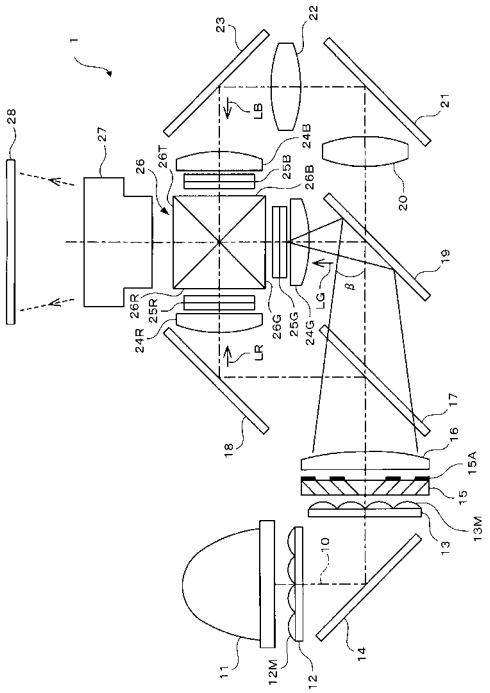
【０１０３】

このように液晶表示素子１２５は、液晶表示素子２５と同様の構成とすることで、第２マイクロレンズ４４Ｍにより照明光の発散がキャンセルされ、液晶表示素子２５と同様の効果を得る上に、赤色光ＬＲや青色光ＬＢの発散も小さくすることができ、投射光量が大きく、かつホワイトバランスのとれた投射型液晶表示装置を実現することができる。

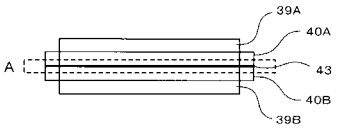
【０１０４】
また、図１４に示すように、第２マイクロレンズ４４Ｍにて赤色光ＬＲの主光線と青色光ＬＢの主光線とが緑色光ＬＧの主光線と平行になる。
【０１０５】
例えば、照明光の発散角度βがＨ方向±３°でＶ方向±７°、それぞれの主光線の角度が青：８°、緑：０°、赤：－８°、投射レンズ１２７のＦナンバー：１．７の場合をシミュレーション計算すると、本実施形態に係る投射型液晶表示装置１’において投射光量に及ぼす効果は従来の第１マイクロレンズアレイのみの構成に比べ、青、赤：１．２１６倍、緑：１．０３３倍となる。
【０１０６】
このときの青色光ＬＢと緑色光ＬＧの出射光角度分布の模式図を図１５～図１８に示す。図１５は従来の第１マイクロレンズアレイのみの構成のときの青の出射光角度分布、図１６は実施形態に係る投射型液晶表示装置１’での青の出射光角度分布、図１７は従来の第１マイクロレンズアレイのみの構成のときの緑の出射光角度分布、図１８は実施形態に係る投射型液晶表示装置１’での緑の出射光角度分布である。
【０１０７】
これらの結果からわかるように、緑色光ＬＧは実施形態に係る投射型液晶表示装置１’の方が総合的に光の発散が小さくなっており、青色光ＬＢや赤色光ＬＲでは主光線角度が第２マイクロレンズ４４Ｍで補正されるため、さらにその効果が大きい。
【０１０８】
なお、上述においては、光源１０１としてアーク光源を例に挙げて説明したが、ＬＥＤやレーザが光源の光学系でも適用可能である。また、ロッドインテグレータ１０３もフライアイレンズやミラーあるいはガラスプリズムでできたロッドインテグレータのいずれも用いることもできる。
【０１０９】
以上、本発明の実施形態のいくつかを図面に基づいて詳細に説明したが、これらは例示であり、当業者の知識に基づいて種々の変形、改良を施した他の形態で本発明を実施することが可能である。
【符号の説明】
【０１１０】
１，１’　投射型液晶表示装置
１１　光源
１２　第１フライアイレンズ
１３　第２フライアイレンズ
１４，１８，２１，２３　全反射ミラー
１５　ＰＳ合成素子
１６　コンデンサレンズ
１７，１９　ダイクロイックミラー
２０，２２　リレーレンズ
２４Ｒ，２４Ｇ，２４Ｂ　フィールドレンズ
２５（２５Ｒ，２５Ｇ，２５Ｂ），１２５　液晶表示素子
２６　クロスプリズム
２７，１２７　投射レンズ
２８　スクリーン
４０Ａ　対向基板
４０Ｂ　アクティブマトリクス基板
４２　第１マイクロレンズアレイ
４２Ｍ，２４２Ｍ，３４２Ｍ　第１マイクロレンズ
４３　液晶層
４４　第２マイクロレンズアレイ

４４Ｍ，２４４Ｍ，３４４Ｍ　第２マイクロレンズ
４５，１４５，２４５　画素電極部
４６，１４６（１４６Ｒ，１４６Ｇ，１４６Ｂ）　画素電極
４７，１４７　ブラックマトリクス
４１，４８　ガラス基板

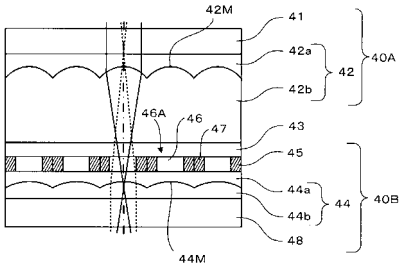
【図１】



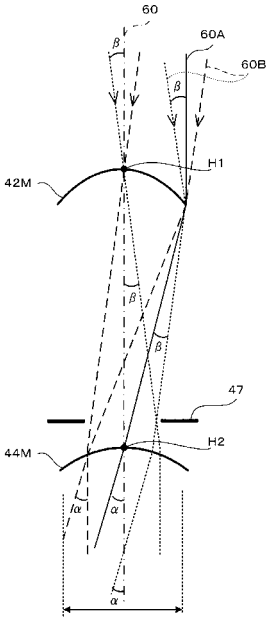
【図２】



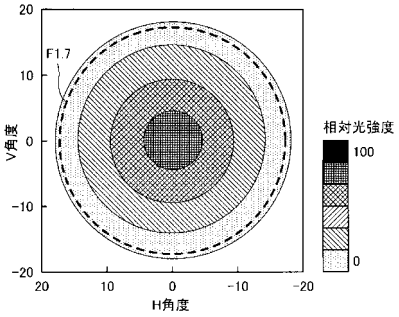
【図３】



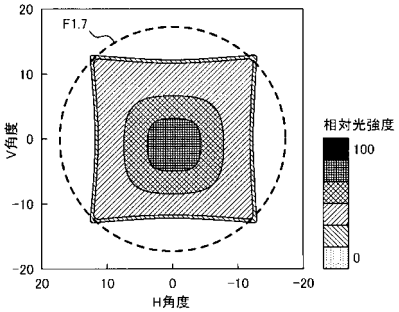
【図４】



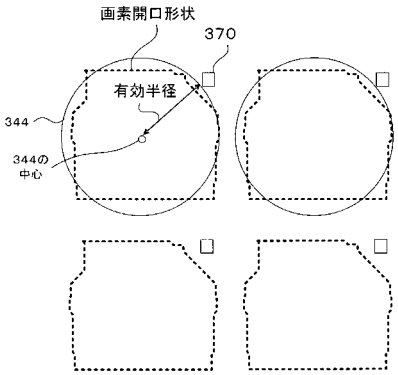
【図５】



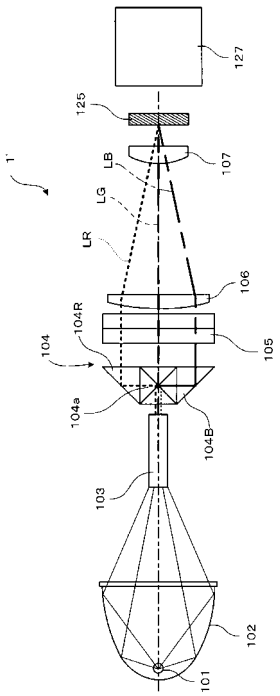
【図６】



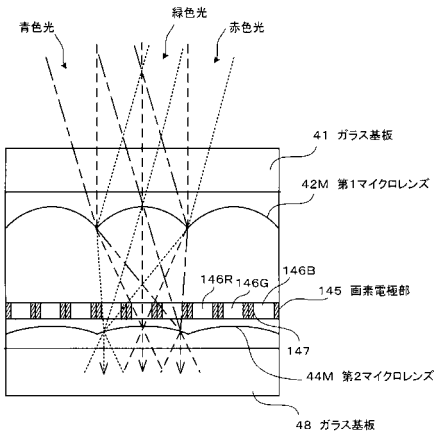
【図１１】



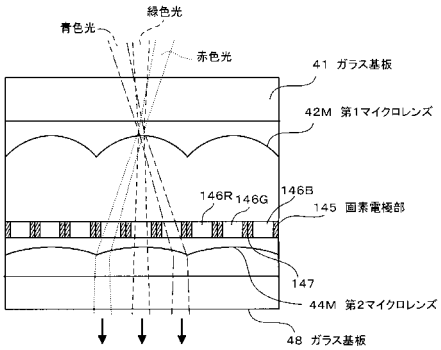
【図１２】



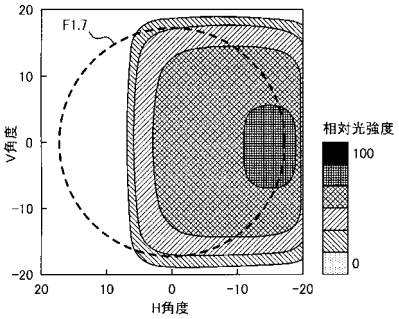
【図１３】



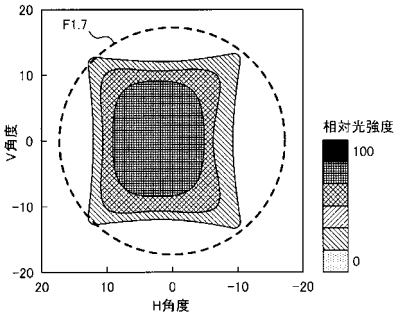
【図１４】



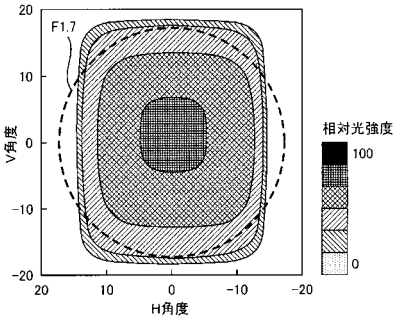
【図１５】



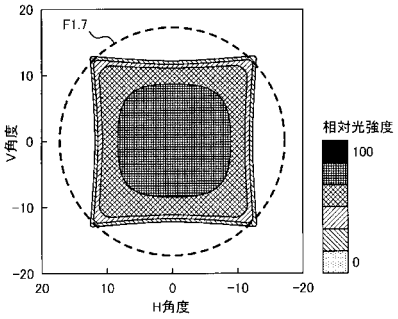
【図１６】



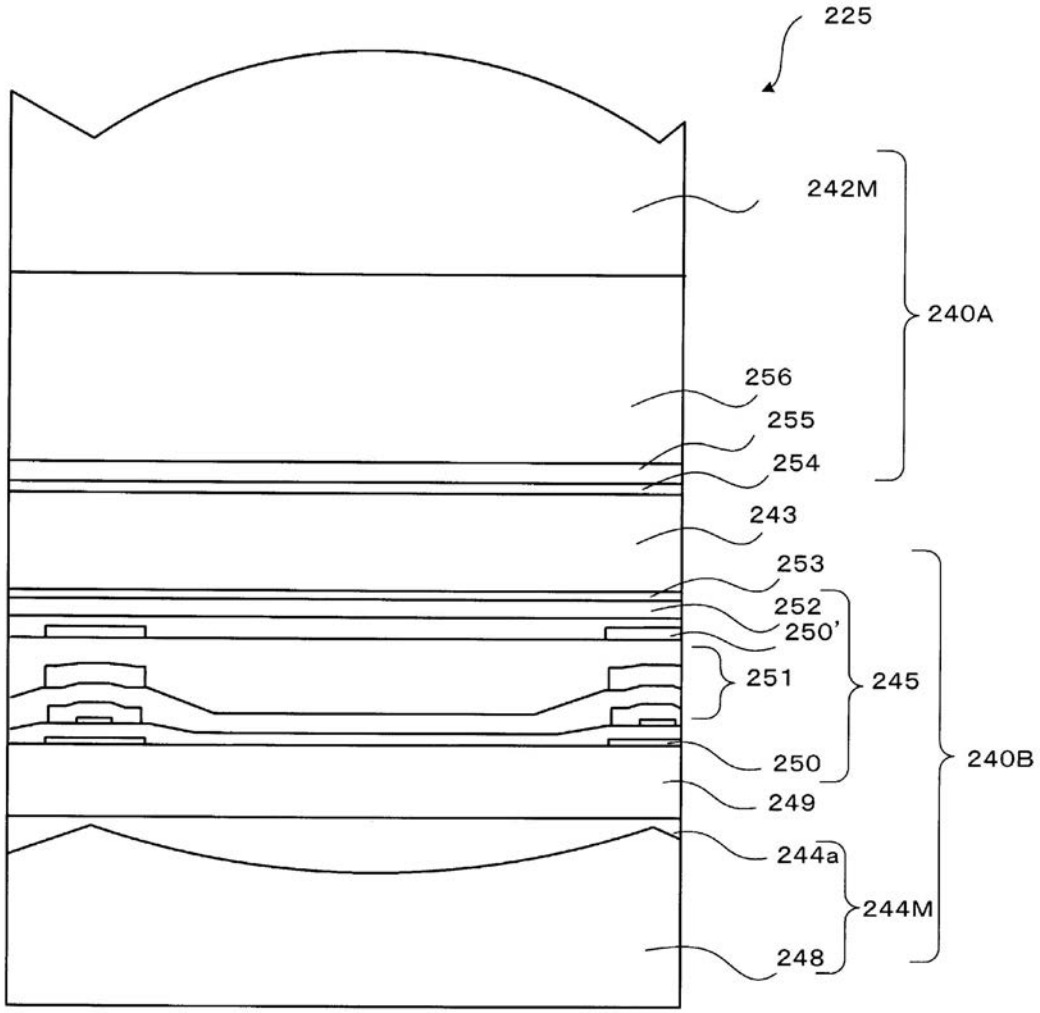
【図１７】



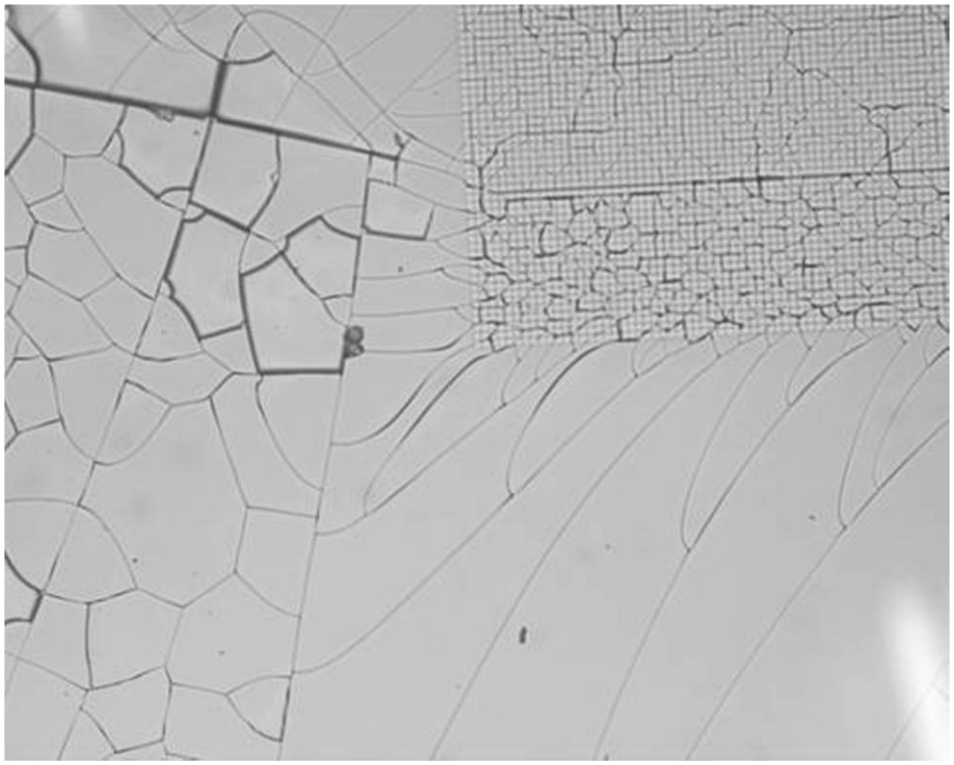
【図１８】



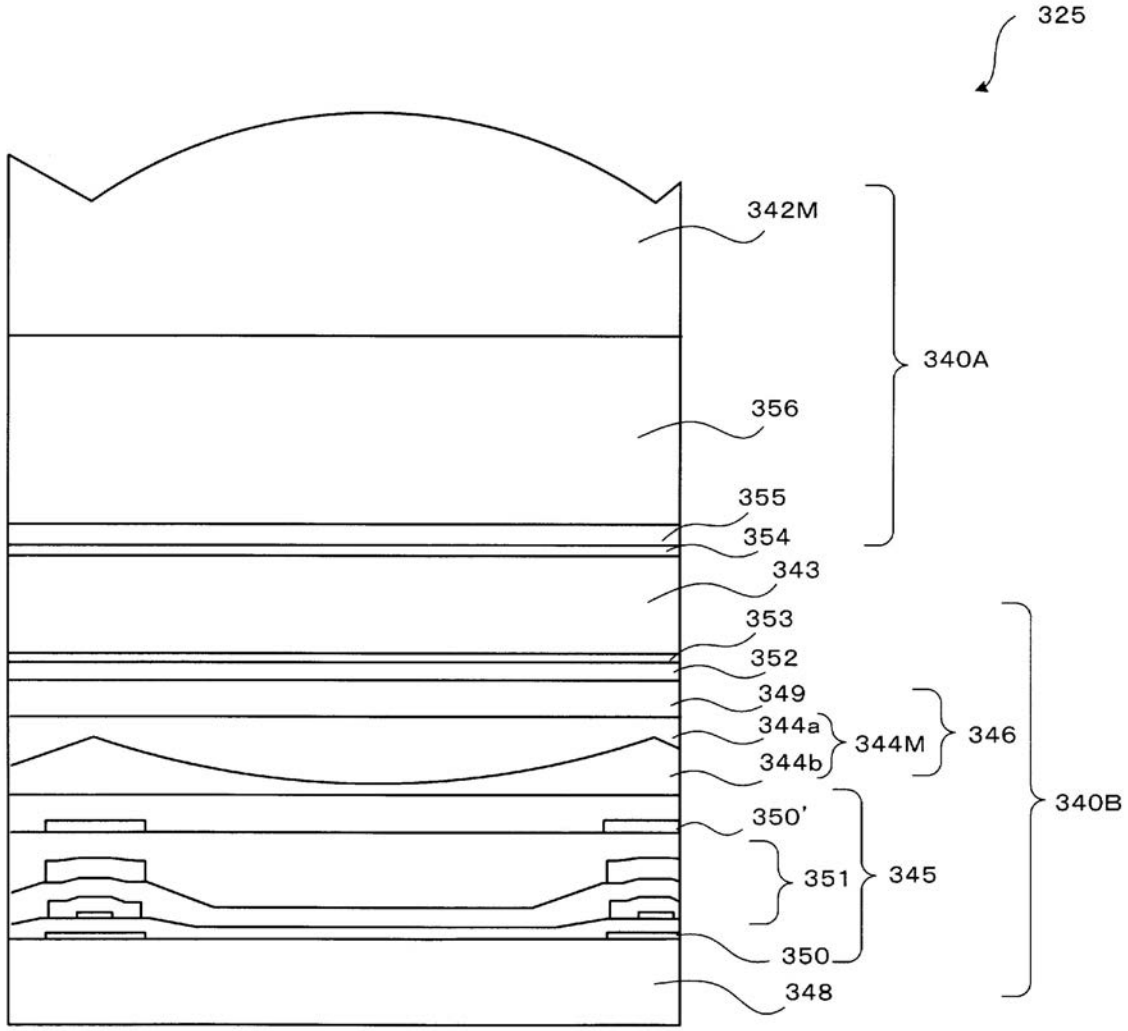
【図７】


225
242M
240A
256
255
254
243
253
252
250'
251
245
250
240B
249
244a
244M
248

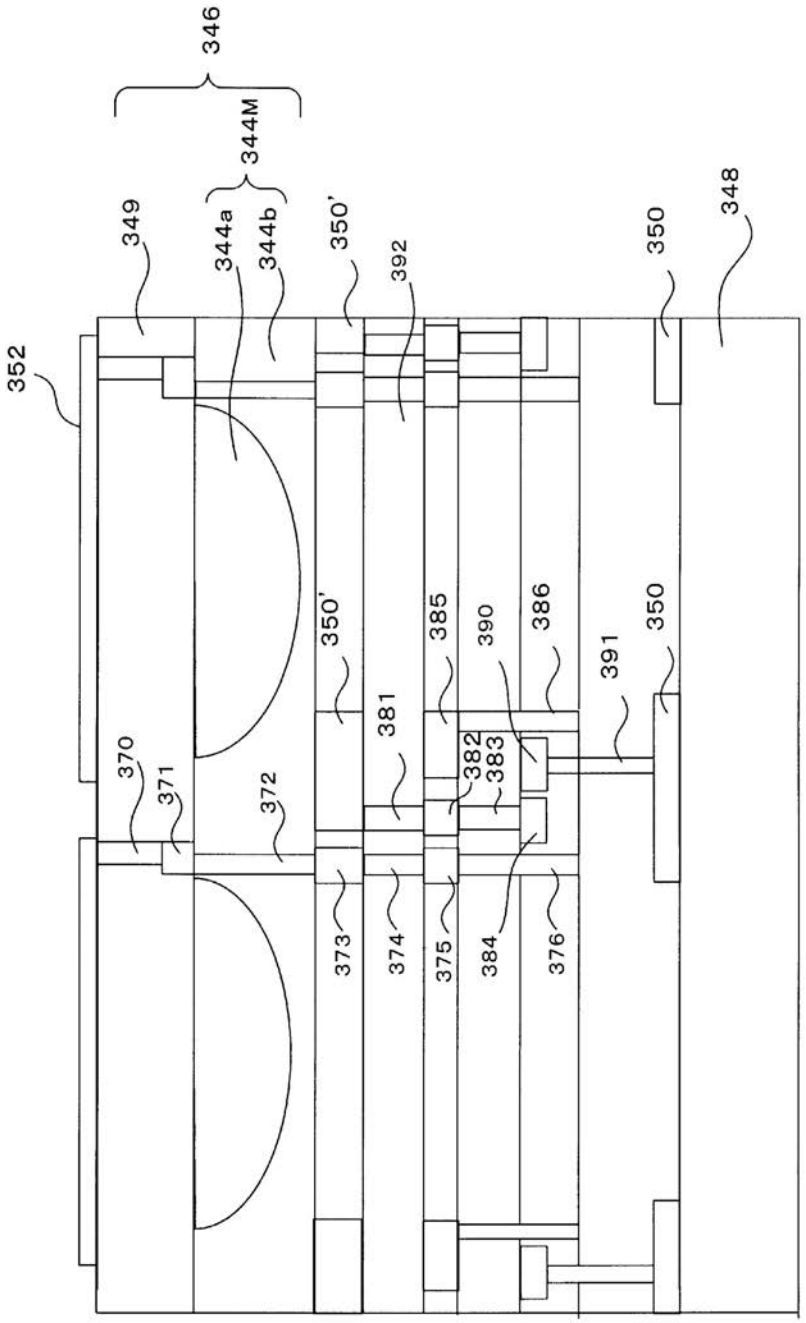
【図８】



【図９】


325
342M
340A
356
355
354
343
353
352
349
344a
344M
346
344b
340B
350'
351
345
350
348

【図１０】


346
344M
344a
344b
349
350'
392
350
348
352
350'
385
390
386
391
350
381
382
383
370
371
372
373
374
375
384
376

フロントページの続き

(72)発明者　畝田　直毅
東京都港区港南１丁目７番１号　ソニー株式会社内

審査官　吉田　英一

(56)参考文献　特開２００２－１４８６０３（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－３０５１７１（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－１９９９１６（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－０９０３１０（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２３４０１７（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－３３７２０７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｆ　　１／１３３５－　１／１３３６３
Ｇ０２Ｆ　　１／１３７　－　１／１４１
Ｇ０３Ｂ　２１／００　　－３３／００