

(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2004-286961

(P2004-286961A)

(43) 公開日 平成16年10月14日(2004.10.14)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO2F 1/1337	GO2F 1/1337 510	2H088
GO2F 1/133	GO2F 1/133 535	2H090
GO2F 1/1333	GO2F 1/1333 505	2H091
GO2F 1/1335	GO2F 1/1335	2H092
GO2F 1/1343	GO2F 1/1343	2H093

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-77350 (P2003-77350)
 (22) 出願日 平成15年3月20日 (2003.3.20)

(71) 出願人 000006747
 株式会社リコー
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
 (74) 代理人 100101177
 弁理士 柏木 慎史
 (74) 代理人 100102130
 弁理士 小山 尚人
 (74) 代理人 100072110
 弁理士 柏木 明
 (72) 発明者 錫田 才明
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
 会社リコー内
 (72) 発明者 逢坂 敬信
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
 会社リコー内

最終頁に続く

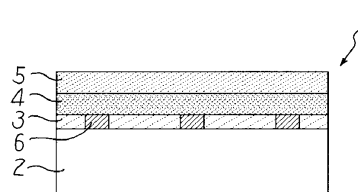
(54) 【発明の名称】 光学素子、光偏向素子及び画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】 波面収差を改善し、シャープな結像を得ることができるようになる

【解決手段】 透明な一対の基板2間には、ホメオトロピック配向をなすキラルスメクチックC相よりなる液晶を含む液晶層5が充填されている。ライン電極6は、一対の基板2のうち少なくとも一方に基板2の板幅方向に間隔をあけて並べて複数本設けられている。誘電体層4は、液晶層5とライン電極6との間に設けられている。充填材3は、ライン電極6間に充填され、ライン電極6の回折を低減する。ライン電極6の厚みをd、波長 λ での屈折率を n_{e1} とし、充填材3の屈折率を n_{f1} としたときに、“ $|(n_{e1} - n_{f1}) \cdot d| < 0.11 (\mu\text{m})$ ”である。

【選択図】 図9



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透明な一对の基板と、
 この基板間に充填された液晶層と、
 前記一对の基板のうち少なくとも一方に当該基板の板幅方向に間隔をあけて並べて設けられた複数本の電極と、
 前記電極間に充填され前記電極の回折を低減する充填材と、
 を備え、
 前記電極の厚みを d 、波長 546 nm での屈折率を n_{e1} とし、前記充填材の屈折率を n_{f1} としたときに、
 $| (n_{e1} - n_{f1}) \cdot d | < 0.11 (\mu\text{m})$
 である、光学素子。

10

【請求項 2】

前記液晶層と前記電極との間に設けられた誘電体層をさらに備え、
 この誘電体の屈折率を n_{de} としたときに、
 $| n_{e1} - n_{de} | < 0.56$
 である、請求項 1 に記載の光学素子。

【請求項 3】

透明な一对の基板と、
 この基板間に充填されたホメオトロピック配向をなすキラルスメクチック C 相よりなる液晶を含む液晶層と、
 前記一对の基板のうち少なくとも一方に当該基板の板幅方向に間隔をあけて並べて設けられた複数本の電極と、
 前記電極間に充填され前記電極の回折を低減する充填材と、
 前記各電極に対して隣接する電極間で段階的に大きさの異なる電圧を印加することで光を偏向させる電圧印加手段と、
 を備え、
 前記電極の厚みを d 、波長 546 nm での屈折率を n_{e1} とし、前記充填材の屈折率を n_{f1} としたときに、
 $| (n_{e1} - n_{f1}) \cdot d | < 0.11 (\mu\text{m})$
 である、光偏向素子。

20

30

【請求項 4】

前記液晶層と前記電極との間に設けられた誘電体層をさらに備えている、請求項 3 に記載の光偏向素子。

【請求項 5】

前記誘電体の屈折率を n_{de} としたときに、
 $| n_{e1} - n_{de} | < 0.56$
 である、請求項 4 に記載の光偏向素子。

【請求項 6】

前記電極は、その屈折率 n_{e1} が、
 $1.5 < n_{e1} < 2.0$
 である、請求項 3 ~ 5 のいずれかの一に記載の光偏向素子。

40

【請求項 7】

前記電極は、酸化亜鉛・アンチモン又は酸化スズ・アンチモンを含んでなる、請求項 3 ~ 6 のいずれかの一に記載の光偏向素子。

【請求項 8】

前記充填材は、光硬化又は熱硬化型樹脂である、請求項 3 ~ 7 のいずれかの一に記載の光偏向素子。

【請求項 9】

前記誘電体層は、ガラス材である、請求項 4 に記載の光偏向素子。

50

【請求項 10】

前記誘電体層は、光硬化又は熱硬化型樹脂であって前記充填材を兼ねている、請求項 4 又は 9 に記載の光偏向素子。

【請求項 11】

前記誘電体層は、その前記液晶側の表面に透明な無機材料よりなるハードコート層が形成されている、請求項 4、9 又は 10 に記載の光偏向素子。

【請求項 12】

前記充填材は、透明な無機材料よりなる、請求項 3、4～7、9 のいずれかの一に記載の光偏向素子。

【請求項 13】

前記充填材は、酸化シリコンによりなる、請求項 3、4～7、9、12 のいずれかの一に記載の光偏向素子。

【請求項 14】

前記複数の電極の電極幅は不揃いである、請求項 3～13 のいずれかの一に記載の光偏向素子。

【請求項 15】

前記複数の電極は、その隣接する 3 本が形成する 2 つの電極の中心線間距離が異なる値に設定されている、請求項 14 に記載の光偏向素子。

【請求項 16】

前記複数の電極は、電極厚が不揃いである、請求項 3～15 のいずれかの一に記載の光偏向素子。

【請求項 17】

画像フィールドを時間的に更に細分割した複数の画像サブフィールドごとに照明光を画像情報に基づいて空間光変調して画像光として出射する画像表示素子と、この画像表示素子と同期し、前記画像サブフィールドごとに駆動される前記画像表示素子の各画素から入射されてくる画像光の光路を偏向して前記画像表示素子の見かけ上の画素数を増倍して表示する請求項 3～16 のいずれかの一に記載の光偏向素子と、を備えている画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液晶を用いた光学素子、及び光偏向素子、並びにこの光偏向素子を備えた画像表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

液晶材料を用いた光偏向素子である光学素子については、従来、各種提案がなされている（特許文献 1～3 を参照）。

【0003】

また、ピクセルシフト素子に関しても、従来、各種提案がなされている（特許文献 4～7 を参照）。

【0004】

【特許文献 1】

特開平 6 - 18940 号公報

【特許文献 2】

特開平 9 - 133904 号公報

【特許文献 3】

特開平 10 - 221703 号公報

【特許文献 4】

特許第 2939826 号公報

【特許文献 5】

10

20

30

40

50

特開平 5 - 3 1 3 1 1 6 号公報

【特許文献 6】

特開平 6 - 3 2 4 3 2 0 号公報

【特許文献 7】

特開平 1 0 - 1 3 3 1 3 5 号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

光偏向素子に関する技術について、まず、特許文献 1 では、光空間スイッチの光の損失を低減することを目的に、人工複屈折板からなる光ビームシフタが提案されている。内容的には、2枚のくさび形の透明基板を互いに逆向きに配置し、該透明基板間に液晶層を挟んだ光ビームシフタ、及びマトリクス形偏向制御素子の後面に前記光ビームシフタを接続した光ビームシフタが提案され、併せて、2枚のくさび形の透明基板を互いに逆向きに配置し、該透明基板間にマトリクス駆動が可能で、入射光ビームを半セルシフトする液晶層を挟んだ光ビームシフタを半セルずらして多段接続した光ビームシフタが提案されている。

10

【0006】

また、特許文献 2 には、大きな偏向を得ることが可能で、偏向効率が高く、しかも、偏向角と偏向距離とを任意に設定することができる光偏向スイッチが提案されている。具体的には、2枚の透明基板を所定の間隔で対向配置させ、対向させた面に垂直配向処理を施し、透明基板間にスメクチック A 相の強誘電性液晶を封入し、前記透明基板に対して垂直配向させ、スメクチック層と平行に交流電界を印加できるように電極対を配置し、電極対に交流電界を印加する駆動装置を備えた液晶素子である。即ち、スメクチック A 相の強誘電性液晶による電傾効果を用い、液晶分子の傾斜による複屈折によって、液晶層に入射する偏光の屈折角と変位する方向を変化できるようにしたものである。

20

【0007】

特許文献 1 の技術においては、液晶材料にネマチック液晶を用いているため、応答速度をサブミリ秒にまで速めることは困難であり、高速なスイッチングが必要な用途には用いることはできない。また、特許文献 2 の技術においては、スメクチック A 相強誘電性液晶を用いて電傾効果によるスイッチングを提案しているが、電傾効果は、温度依存性が高く安定したシフトが望めない。

【0008】

そこで、特許文献 3 においては、光学的に透明な共通電極を有する第 1 窓と、電氣的に束ねた平行ストライプ形状をした多数の透明導電電極を有する第 2 窓と、第 1 窓と第 2 窓の中間に設けられた液晶分子層とを含む光学要素を備え、光学装置は、光学ビームが第 1 窓に入射して第 2 窓により反射又は透過されるように位置決めされ、さらに、制御信号を各セルの外側の電極に個々に印加する手段を備えることにより、接合電極に沿いまたセル領域を通して直線情報の電圧傾度を発生させ、それにより、LC の電子光学特性の直線又は非直線部分により液晶層に屈折率の局所的な変化を生ぜしめす様に構成されていることを特徴とする光学ビームを波面変調する装置を提案している。また、その請求項 4 において、0 度と 3 度間の予め定めた傾斜角度で CL 層の LC 電子光学特性の直線部分内からの電圧で活性区域をアドレスすることにより、透過又は反射光学波面からなるブレイズ効果をもつ相特性を発生することによって光学ビームを偏向するのに使用される事を特徴とする装置を提案している。

30

40

【0009】

この特許文献 3 の技術によれば、液晶としてやはりネマチック液晶を使用しているため、特許文献 1 のものと同様、高速応答性を必要とする用途には適さない。また、特許文献 3 においては、平行ストライプ形状をした透明導電電極について記載されているが、この構造においては、本発明の課題として述べている電界の局所的な変動が発生する可能性があり、均一な光偏向量を得にくい。

【0010】

次に、ピクセルシフト素子に関する技術について、まず、特許文献 4 には、表示素子に表

50

示された画像を投写光学系によりスクリーン上に拡大投影する投影表示装置において、前記表示素子から前記スクリーンに至る光路の途中に透過光の偏光方向を旋回できる光学素子を少なくとも1個以上と複屈折効果を有する透明素子を少なくとも1個以上を有してなる投影画像をシフトする手段と、前記表示素子の開口率を実効的に低減させ、表示素子の各画素の投影領域が前記スクリーン上で離散的に投影される手段と、を備えた投影表示装置が開示されている。

【0011】

この特許文献4においては、偏光方向を旋回できる光学素子（旋光素子と呼ぶ）を少なくとも1個以上と複屈折効果を有する透明素子（複屈折素子と呼ぶ）を少なくとも1個以上を有してなる投影画像シフト手段（ピクセルシフト手段）によりピクセルシフトを行っているが、問題点として、旋光素子と複屈折素子とを組合せて使用するため、光量損失が大きいこと、光の波長によりピクセルシフト量の変動し解像度が低下しやすいこと、旋光素子と複屈折素子との光学特性のミスマッチから本来画像が形成されないピクセルシフト外の位置に漏れ光によるゴースト等の光学ノイズが発生しやすいこと、素子化のためのコストが大きいことが挙げられる。特に、複屈折素子に前述したような、 KH_2PO_4 （ KDP ）、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ （ ADP ）、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 、 GaAs 、 CdTe など、第1次電気光学効果（ポッケルス効果）の大きな材料を使用した場合、顕著である。

10

【0012】

また、特許文献5に開示されている投影機においては、制御回路により、画像蓄積回路に蓄積した本来表示すべき画像を市松状に画素選択回路へサンプリングして順次空間光変調器に表示し、投影させ、さらに、制御回路により、この表示に対応させてパネル揺動機構を制御して空間光変調器の隣接画素ピッチ距離を整数分の一ずつ移動させることで、本来表示すべき画像を時間的な合成により再現するようにしている。これにより、空間光変調器の画素の整数倍の分解能で画像を表示可能にするとともに、画素の粗い空間光変調器と簡単な光学系を用いて安価に投影機を構成可能としている。

20

【0013】

ところが、特許文献5においては、画像表示用素子自体を画素ピッチよりも小さい距離だけ高速に揺動させるピクセルシフト方式が記載されており、この方式では、光学系は固定されているので諸収差の発生が少ないが、画像表示素子自体を正確かつ高速に平行移動させる必要があるため、可動部の精度や耐久性が要求され、振動や音が問題となる。

30

【0014】

さらに、特許文献6に開示の技術によれば、 LCD 等の画像表示装置の画素数を増加させることなく、表示画像の解像度を、見掛け上、向上させるため、縦方向及び横方向に配列された複数個の画素の各々が、表示画素パターンに応じて発光することにより、画像が表示される画像表示装置と、観測者又はスクリーンとの間に、光路をフィールド毎に変更する光学部材を配し、また、フィールド毎に、前記光路の変更に応じて表示位置がずれている状態の表示画素パターンを画像表示装置に表示させるようにしている。ここに、屈折率が異なる部位が、画像情報のフィールド毎に、交互に、画像表示装置と観測者又はスクリーンとの間の光路中に現れるようにすることで、前記光路の変更が行われるものである。

40

【0015】

特許文献6の技術においては、光路を変更する手段として、電気光学素子と複屈折材料の組合せ機構、レンズシフト機構、バリアングルプリズム、回転ミラー、回転ガラス等が記述されており、上記旋光素子と複屈折素子を組合せてなる方式の他に、ボイスコイル、圧電素子等によりレンズ、反射板、複屈折板等の光学素子を変位（平行移動、傾斜）させ光路を切り替える方式が提案されているが、この方式においては、光学素子を駆動するために構成が複雑となりコストが高くなる。

【0016】

また、特許文献7の技術によれば、回転機械要素を不要化でき、全体の小型化、高精度・高分解能化を実現でき、しかも外部からの振動の影響を受け難い光ビーム偏向装置が提案

50

されている。具体的には、光ビームの進行路上に配置される透光性の圧電素子と、この圧電素子の表面に設けられた透明の電極と、圧電素子の光ビーム入射面 A と光ビーム出射面 B との間の光路長を変化させて光ビームの光軸を偏向させるために電極を介して圧電素子に電圧を印加する電圧印加手段とを備えている。

【0017】

この技術では、透光性の圧電素子を透明の電極で挟み、電圧を印加することで厚みを変化させて光路をシフトさせる方式が提案されているが、比較的大きな透明圧電素子を必要とし、装置コストがアップする等、前述の特許文献 6 の場合と同様の問題点がある。

【0018】

上述した従来技術の課題を整理すると、従来のピクセルシフト素子において問題となっているのは、

1. 構成が複雑であることに伴う高コスト、装置大型化、光量損失、ゴースト等の光学ノイズ又は解像度低下
 2. 特に可動部を有する構成の場合の位置精度や耐久性、振動や音の問題
 3. ネマチック液晶などにおける応答速度
- である。

【0019】

そこで、これらの課題を解決するため、本出願人は、電界を印加するための、基板上的光路を含む領域に所望の光路シフト方向に対して略平行に配置された複数本の電極ライン群を有している光偏向素子を提案している（特願 2001-287907 を参照）。

【0020】

しかしながら、例えば、このような光偏向素子において、前述の課題の解決のために必要な電極や誘電体の詳細な構造や物性などについては知られていなかった。

【0021】

本発明の目的は、光学素子、光偏向素子において、波面収差を改善し、シャープな結像を得ることができるようにすることである。

【0022】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 に記載の発明は、透明な一对の基板と、この基板間に充填された液晶層と、前記一对の基板のうち少なくとも一方に当該基板の板幅方向に間隔をあけて並べて設けられた複数本の電極と、前記電極間に充填され前記電極の回折を低減する充填材と、を備え、前記電極の厚みを d 、波長 546nm での屈折率を n_{e1} とし、前記充填材の屈折率を n_{f1} としたときに、

$$|(n_{e1} - n_{f1}) \cdot d| < 0.11 (\mu\text{m})$$

である、光学素子である。

【0023】

したがって、電極が周期構造を持つ場合に光の回折が生じ、本来の結像位置とは異なる位置に結像することを防止して、波面収差を改善し、シャープな結像を得ることができる。本光学素子を、ピクセルシフト技術を取り入れた画像表示装置に使用した場合は、スクリーン上での MTF (Modulation Transfer Function) を改善することができ、光メモリに適用した場合は、媒体上のビーム形状を改善でき記録時のピット形状の改善、読み出し時の S/N の改善が可能となり、光スイッチに適用した場合においても、S/N を改善できる。

【0024】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の光学素子において、前記液晶層と前記電極との間に設けられた誘電体層をさらに備え、この誘電体の屈折率を n_{de} としたときに、

$$|n_{e1} - n_{de}| < 0.56$$

である。

【0025】

したがって、液晶に印加する電界の局所的な変動を抑制する誘電体層をかかるとの条件のもの

とすることで、電極が周期構造を持つ場合に回折が生じ、本来の結像位置とは異なる位置に結像することを防止して、波面収差を改善し、シャープな結像を得ることができる。

【0026】

請求項3に記載の発明は、透明な一对の基板と、この基板間に充填されたホメオトロピック配向をなすキラルスメクチックC相よりなる液晶を含む液晶層と、前記一对の基板のうち少なくとも一方に当該基板の板幅方向に間隔をあけて並べて設けられた複数本の電極と、前記電極間に充填され前記電極の回折を低減する充填材と、前記各電極に対して隣接する電極間で段階的に大きさの異なる電圧を印加することで光を偏向させる電圧印加手段と、を備え、前記電極の厚みを d 、波長 546nm での屈折率を n_{e1} とし、前記充填材の屈折率を n_{f1} としたときに、

10

$$|(n_{e1} - n_{f1}) \cdot d| < 0.11 (\mu\text{m})$$

である、光偏向素子である。

【0027】

したがって、電極が周期構造を持つ場合に回折が生じ、本来の結像位置とは異なる位置に結像することを防止して、波面収差を改善し、シャープな結像を得ることができる。

【0028】

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の光偏向素子において、前記液晶層と前記電極との間に設けられた誘電体層をさらに備えている。

【0029】

したがって、液晶層に印加する電界の局所的な変動を抑制することができる。

20

【0030】

請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の光偏向素子において、前記誘電体の屈折率を n_{de} としたときに、

$$|n_{e1} - n_{de}| < 0.56$$

である。

【0031】

したがって、液晶に印加する電界の局所的な変動を抑制する誘電体層をかかるとすることで、電極が周期構造を持つ場合に回折が生じ、本来の結像位置とは異なる位置に結像することを防止して、波面収差を改善し、シャープな結像を得ることができる。

【0032】

請求項6に記載の発明は、請求項3～5のいずれかの一に記載の光偏向素子において、前記電極は、その屈折率 n_{e1} が、

30

$$1.5 < n_{e1} < 2.0$$

である。

【0033】

したがって、一般に使用されている基板や誘電体層の材料との屈折率差が大きくなって、界面反射量が増加し、回折光量が増加することを防止して、波面収差を改善し、シャープな結像を得ることができる。

【0034】

請求項7に記載の発明は、請求項3～6のいずれかの一に記載の光偏向素子において、前記電極は、酸化亜鉛・アンチモン又は酸化スズ・アンチモンを含んでなる。

40

【0035】

したがって、透明性に優れ、表面抵抗値も液晶に印加する電界を発生する上で問題のない値に制御でき、屈折率も従来一般的に使用されていた酸化インジウム・スズに比較して小さく制御できるため、波面収差を改善し、シャープな結像を得ることができる。

【0036】

請求項8に記載の発明は、請求項3～7のいずれかの一に記載の光偏向素子において、前記充填材は、光硬化又は熱硬化型樹脂である。

【0037】

したがって、光硬化型樹脂を透明充填材として用いた場合、樹脂充填から硬化まで短時間

50

に行えるので製造時間を短縮でき、熱硬化型樹脂を透明充填材として用いた場合、光硬化型樹脂を用いる場合に比べ光による劣化が発生しないため、通常白色照明下で製造作業が行えて作業性に優れる。また、いずれの樹脂においても十分な光透過性を確保でき、良好な光学特性が得られる。

【0038】

請求項9に記載の発明は、請求項4に記載の光偏向素子において、前記誘電体層は、ガラス材である。

【0039】

したがって、所望の厚みに制御でき、また、請求項8の充填材を介して電極を有する基板と貼り合せた後、光学研磨を行うことで、きわめて平滑性に優れた表面を得ることができ、かつ光の回折、散乱等を抑えることが可能となる。

10

【0040】

請求項10に記載の発明は、請求項4又は9に記載の光偏向素子において、前記誘電体層は、光硬化又は熱硬化型樹脂であって前記充填材を兼ねている。

【0041】

したがって、製造工程を短縮でき、請求項9の構造に比べて界面を減らすことができるため、光学性能の劣化を低減できる。

【0042】

請求項11に記載の発明は、請求項4、9又は10に記載の光偏向素子において、前記誘電体層は、その前記液晶側の表面に透明な無機材料よりなるハードコート層が形成されている。

20

【0043】

したがって、液晶の配向膜を形成する際に用いられる溶剤によって、光硬化又は熱硬化型樹脂よりなる誘電体層が変質することを防ぎ、誘電体層の変質による光学劣化を防止できる。

【0044】

請求項12に記載の発明は、請求項3、4～7、9のいずれかの一に記載の光偏向素子において、前記充填材は、透明な無機材料よりなる。

【0045】

したがって、請求項8の充填材に比べて、組成による屈折率の選択自由度が大きく、電極との屈折率差を小さくすることができる。

30

【0046】

請求項13に記載の発明は、請求項3、4～7、9、12のいずれかの一に記載の光偏向素子において、前記充填材は、酸化シリコンによりなる。

【0047】

したがって、透過率が高く、組成により屈折率を調整できるため、電極との屈折率差を小さくできる。また、請求項7の電極に用いた場合、液晶層、電極、充填材がほぼ等しい屈折率に設定できるため、波面収差を改善し、シャープな結像を得ることができる。

【0048】

請求項14に記載の発明は、請求項3～13のいずれかの一に記載の光偏向素子において、前記複数の電極の電極幅は不揃いである。

40

【0049】

したがって、所定方向とは異なる方向に進行するノイズ光を低減し、電極の配列に起因する光の回折が低減できる。

【0050】

請求項15に記載の発明は、請求項14に記載の光偏向素子において、前記複数の電極は、その隣接する3本が形成する2つの電極の中心線間距離が異なる値に設定されている。

【0051】

したがって、所定方向とは異なる方向に進行するノイズ光を低減し、電極の配列に起因する光の回折が低減できる。

50

【0052】

請求項16に記載の発明は、請求項3～15のいずれかの一に記載の光偏向素子において、前記複数の電極は、電極厚が不揃いである。

【0053】

したがって、所定の方向とは異なる方向に進行するノイズ光を低減し、電極の配列に起因する光の回折が低減できる。

【0054】

請求項17に記載の発明は、画像フィールドを時間的に更に細分割した複数の画像サブフィールドごとに照明光を画像情報に基づいて空間光変調して画像光として出射する画像表示素子と、この画像表示素子と同期し、前記画像サブフィールドごとに駆動される前記画像表示素子の各画素から入射されてくる画像光の光路を偏向して前記画像表示素子の見かけ上の画素数を増倍して表示する請求項3～16のいずれかの一に記載の光偏向素子と、を備えている画像表示装置である。

10

【0055】

したがって、コントラスト、光利用効率を改善し、より高精細画像を得ることができる画像表示装置を提供することができる。

【0056】

【発明の実施の形態】

[定義]

以下では、本明細書で用いる主要な用語について説明する。

20

【0057】

(1) 光偏向素子

「光偏向素子」とは、外部からの電気信号により光の光路を偏向、即ち、入射光に対して出射光を平行にシフトさせるか、或る角度を持って回転させるか、或いは、その両者を組合せて光路を切替えることが可能な光学素子を意味する。この説明において、平行シフトによる光偏向に対してそのシフトの大きさを「シフト量」と呼び、回転による光偏向に対してその回転量を「回転角」と呼ぶものとする。「光偏向デバイス」とは、このような光偏向素子を含み、光の光路を偏向させるデバイスを意味する。

【0058】

(2) 光偏向切替時間

光偏向方向切替時間とは、光路切替えに要する時間であり、液晶スイッチング時間に相当する時間である。

30

【0059】

(3) サブフィールド

通常液晶プロジェクタ等の画像表示装置においては、ある周期で画像を順次書き換え表示している。その1枚当たりの画像をフィールドと呼ぶ。本発明においては、前記の通り時分割で光路シフトを行うことで画素を倍増して表示するが、その時分割され表示される画像をサブフィールドと呼ぶ。従って例えば分割数を2、すなわち光路シフトを2つの位置でスイッチングする場合は、2つのサブフィールドで1フィールドの画像を形成することになる。

40

【0060】

サブフィールド切替時は光路をシフトさせている時間であり、サブフィールド表示時は光路シフトが完了し、1つのサブフィールドを表示する時間である。

【0061】

(4) ピクセルシフト素子

「ピクセルシフト素子」とは、少なくとも画像情報に従って光を制御可能な複数の画素を二次元的に配列した画像表示素子と、画像表示素子を照明する光源と、画像表示素子に表示した画像パターンを観察するための光学部材と、画像フィールドを時間的に分割した複数のサブフィールド毎に画像表示素子と光学部材の間の光路を偏向する光偏向手段とを有し、光偏向手段によりサブフィールド毎の光路の偏向に応じて表示位置がずれている状態

50

の画像パターンを表示させることで、画像表示素子の見掛け上の画素数を増倍して表示する画像表示装置における光偏向手段を意味する。従って、基本的には、上記定義による光偏向素子や光偏向デバイスを光偏向手段として応用することが可能といえる。

【0062】

[発明の実施の形態]

本発明の一実施の形態について説明する。

【0063】

まず、本実施の形態である光偏向素子1の基本的な構成と動作について説明する。

【0064】

図1は、光偏向素子1の全体構成の説明図である。図1の光偏向素子1は、本発明の光学素子、光偏向素子を実施するもので、まず、一对の透明な基板2が対向配置されて設けられている。そして、少なくとも一方の基板2の内面に配向膜(図1において図示せず)を形成するのが、液晶層5を良好に配向させる上で好ましい。この配向膜と他方の基板2との間にはキラルスメクチックC相よりなる強誘電液晶なる液晶層5が充填されている。

【0065】

このような一对の基板2及び液晶層5を有する液晶パネルに対して、目的とする光偏向方向に対応させて液晶層5に電界を印加するための、電界印加手段である複数のライン電極6が配置され、電圧制御手段である電源7に接続されている。それぞれのライン電極6は、光路外に設けられ、直列に配列された抵抗7aの各抵抗端に接続され、隣接する透明電極6間で電位勾配が発生し、電界が印加されるように構成されている。

【0066】

次に、液晶層5に関して説明する。「スメクチック液晶」は、液晶分子の長軸方向を層状に配列してなる液晶分子である。このような液晶に関し、上記層の法線方向(層法線方向)と液晶分子の長軸方向とが一致している液晶を「スメクチックA相」、法線方向と一致していない液晶を「キラルスメクチックC相」と呼んでいる。

【0067】

キラルスメクチックC相よりなる強誘電液晶は、一般的に外部電界が働かない状態において各層毎に液晶分子方向が螺旋的に回転している、いわゆる螺旋構造をとり、キラルスメクチックC相反強誘電液晶は各層毎に液晶分子が対向する方向を向く。これらのキラルスメクチックC相よりなる液晶は、不斉炭素を分子構造に有し、これによって自発分極しているため、この自発分極 P_s と外部電界 E により定まる方向に液晶分子が再配列することで、光学特性が制御される。なお、以下では、液晶層5として強誘電液晶を例にとって光偏向素子1の説明を行うが、本発明はこれに限定されるものではなく、反強誘電液晶の場合にも同様に使用することができる。

【0068】

キラルスメクチックC相よりなる強誘電液晶の構造は、主鎖、スペーサ、骨格、結合部、キラル部などよりなる。主鎖構造としてはポリアクリレート、ポリメタクリレート、ポリシロキサン、ポリオキシエチレンなどが利用可能である。スペーサは分子回転を担う骨格、結合部、キラル部を主鎖と結合させるためのものであり、適当な長さのメチレン鎖等が選ばれる。また、カイラル部とビフェニル構造など剛直な骨格とを結合する結合部には -COO- 結合等が選ばれる。

【0069】

本実施の形態の光偏向素子1においては、キラルスメクチックC相よりなる強誘電液晶層5は配向膜により基板2の面に垂直に分子螺旋回転の回転軸が向いており、いわゆるホメオトロピック配向をなす。このようなホメオトロピック配向のための配向法としては、周知の技術を適用することができる。即ち、1 ずり応力法、2 磁場配向法、3 温度勾配法、4 SiO斜法蒸着法、5 光配向法等が挙げられる(これらについての詳細は、例えば、竹添、福田「強誘電性液晶の構造と物性」コロナ社、p235を参照)。

【0070】

本光偏向素子 1 は、キラルスメクチック C 相がネマチック液晶に比較して極めて高速な応答性を有しており、サブ ms でのスイッチングが可能である。また、電界方向に対して液晶分子方向が一義的に決定され、ある電界強度以上でダイレクタの方向が固定されるため、電界強度に比例したダイレクタ角度をとる電傾効果を利用したスメクチック A 相よりなる液晶に比べ、ダイレクタ方向の制御が容易であり扱いやすい。

【0071】

また、ホメオロトピック配向をなすキラルスメクチック C 相よりなる液晶層 5 は、ホモジニアス配向（液晶分子が基板面に平行に配向している状態）をとる場合に比べて、液晶分子の動作が基板 2 からの規制力を受けにくく、外部電界方向の調整で光偏向方向の制御が行いやすく、必要電界が低いという利点を有する。また、液晶分子がホモジニアス配向している場合、電界方向だけでなく基板面に液晶分子が強く依存するため、光偏向素子の設置についてより位置精度が求められることになる。逆に、本実施の形態のようなホメオロトピック配向の場合は、光偏向に対して光偏向素子 1 のセッティング余裕度が増す。これらの特徴を活かす上で、厳密に螺旋軸を基板面に垂直に向ける必要はなく、或る程度傾いていても差し支えない。例えば、螺旋構造をなす側面の一部が基板 2 に垂直であって螺旋軸そのものは基板法線方向から傾いている状態であっても、液晶分子が基板 2 からの規制力を受けずに 2 つの方向を向くことが可能であればよい。

10

【0072】

次に、本光偏向素子 1 の基本的な動作原理について、図 2 及び図 3 を参照して説明する。図 2 は、図 1 に示した構成に関して液晶分子配向状態を模式的に示したものである。図 2 では、ライン電極 6 は、光偏向素子 1 の両側の図示しない基板に設けられており、ライン電極 6 は、その片側基板のみに形成するのでも良いが、液晶層 5 に効率的に横方向の電界を付与するためには両側に形成していた方が望ましい。

20

【0073】

また、光偏向素子 1 に対する入射光は直線偏光であり、その偏光方向は、図 2 中で矢印に示すように上下方向であって（以後、同様に偏光方向については上下或いは左右の矢印で入射光に重ねて示す）、その偏光方向に電界方向が直交するようにライン電極 6 は対向配置され、該ライン電極群の隣接する各ライン電極に対して段階的に異なる電圧値が設定される。なお、電極 6 からの漏洩電界が光偏向素子 1 の周辺の機器に悪影響を及ぼさないように、電磁シールドを設けるのが好ましい。液晶分子 8 は、印加される電界方向によって前述のとおり螺旋状に配向方向をとることが可能であり、図 2 には、そのとり得る配向状態をコーン状に示している。

30

【0074】

図 2 において、XYZ 直交座標系を図示するようにとったときの液晶層 5 内の XZ 断面を図 3 に示す。図 3 に示すように、液晶分子 8 は、十分大きな電界であれば、その電界方向によって第 1 の配向状態又は第 2 の配向状態の何れかの状態（図 3 (b) 参照）をとって分布する。は液晶回転軸からの液晶分子 8 のチルト角であり、以後、単に「チルト角」と呼ぶ。液晶層 5 の自発分極 P_s が正であり、Y 軸正方向（紙面上向き）に電界 E がかかっているものとする、液晶分子 8 は液晶回転軸が略基板垂直方向であるため、図 3 (b) に示す第 1 の配向方向と一致する。

40

【0075】

液晶層 5 の長軸方向の屈折率を n_e 、短軸方向の屈折率を n_o とすると、入射光として、偏光方向を Y 軸方向に持つ直線偏光を選び、X 軸正方向に入射光が進むとき、光は液晶層 5 内で常光として屈折率 n_o を受けて直進し、図 3 (a) 中の a 方向に進む。即ち、光偏向は受けない。

【0076】

一方、偏光方向が Z 軸方向である直線偏光が入射するとき、入射方向の屈折率は液晶分子の方向及び屈折率 n_o 、 n_e の両者から求められる。より詳しくは、屈折率 n_o 、 n_e を主軸に持つ屈折率楕円体において楕円体中心を通過する光の方向との関係から求められるが、ここでは詳細は省略する。光は屈折率 n_o 、 n_e 及び液晶分子 8 の方向（チルト角

50

) に対応した偏向を受け、図 3 (a) 中の b (第 1 の配向状態の場合) に示す方向にシフトする。

【 0 0 7 7 】

今、液晶層 5 の厚み (ギャップ) を d とするとき、シフト量 S は、以下の式 1 で表される (例えば、「結晶光学」応用物理学会、光学懇話会編、p 1 9 8 を参照) 。

【 0 0 7 8 】

$$S = [(1/n_o)^2 - (1/n_e)^2] \sin(2\theta \cdot d) / [2 ((1/n_e)^2 \sin^2\theta + (1/n_o)^2 \cos^2\theta)] \quad \dots \quad (1)$$

また、電界方向を反転させた時、液晶分子 8 は図 3 において X 軸を中心とした線対称の配置 (第 2 の配向状態) を取り、偏光方向が Z 軸方向である直線偏光の進行方向は、図 3 (a) 中の b ' に示す通りとなる。

【 0 0 7 9 】

従って、この直線偏光に対して液晶層 5 に作用させる電界方向を制御することで、b と b ' との 2 位置、即ち、2 S 分の光偏向が可能となる。

【 0 0 8 0 】

液晶層 5 の材料の代表的物性値 ($n_o = 1.6$, $n_e = 1.8$) に対して得られる光偏向量について、光偏向量 S を計算した結果を図 4 に示す。図 4 に明らかなように、 $\theta = 45^\circ$ 付近が最も光偏向量が大きい。仮に、液晶分子 8 のチルト角 θ が 22.5° のとき、 $2S = 5$ (μm) の偏向量を得るためには、ここに示される通り、液晶の厚みを $32 \mu\text{m}$ 厚に設定すれば良い。また、ホメオトロピック配向強誘電液晶において、約 700 V/cm の電界に対して、 0.1 ms の応答速度が報告されており (Ozaki 他、J. J. Appl. Physics、Vol. 30、No. 9 B、pp 2366 - 2368 (1991) を参照)、サブ ms オーダの十分高速な応答速度が得られる。

【 0 0 8 1 】

また、キラルスメクチック C 相よりなる液晶においては、チルト角 θ は温度 T により変化し、相転移点を T_c とすると、 $\theta = (T - T_c)$ なる関係がある。 θ は材料により異なるが、0.5 程度の値をとる。この特性を利用した温度制御で光偏向量を制御することも可能である。

【 0 0 8 2 】

例えば、仮にチルト角 θ として上記の 22.5° を設定し、これに対応する温度を $T = 22.5^\circ$ とすれば、 $T > T = 22.5^\circ$ では、 $\theta = 22.5^\circ$ であり、 $T = 22.5^\circ$ では $\theta > 22.5^\circ$ であるため、温度によりチルト角 θ を制御でき、これによって光偏向量を制御できることとなる。また、位置制御に関しては、電界による微調を同様に行うことができ、温度、電界あるいはその両者の組合せにより適切な光偏向を達成できる。

【 0 0 8 3 】

以上は、電界強度が E_s 以上で螺旋構造が解けてチルト角 θ が光学軸の傾斜角に等しい場合について説明したが、電界強度が E_s 以下の場合には、上記 θ を液晶分子 8 の方向を平均化した光学軸の傾斜角として扱えば良い。

【 0 0 8 4 】

図 5 は、電界発生用の印加電圧とそれともなう光偏向量の変化を示すグラフである。印加電圧は一般的には矩形波状である。図 1 及び図 2 の光偏向素子 1 の構成において、この電圧印加により液晶層 5 の内部に所定方向 ($\pm Y$ 方向) の電界が発生する。電圧の切替え直後に液晶分子 8 の回転が発生し、液晶物性や発生電界により決まる時間 (光偏向方向切替時間) 後、光偏向量が一定となる。この偏向方向は電圧値を保持する間は変化しない (光偏向方向保持時間) 。

【 0 0 8 5 】

次に、本光偏向素子 1 のさらに詳細な構成や、その作用効果について説明する。

【 0 0 8 6 】

10

20

30

40

50

図6は、本実施の形態の光偏向素子1におけるライン電極6周辺の断面構造を説明するための模式図である。図6において、基板2上の隣接するライン電極6間には、透明な充填材3が充填されている。また、液晶層5と基板2上のライン電極6との間には誘電体層4が設けられている。なお、液晶層5と対向する側の基板2、ライン電極6等は図示を省略している。

【0087】

また、ライン電極6として透明材料を用いることで、光利用効率を高め信号品質を向上させることができる。この場合、透明なライン電極6としては、酸化スズ(SnO_2)、酸化インジウム(In_2O_3)、酸化インジウム・スズ(ITO)、酸化亜鉛(ZnO)、酸化亜鉛・アンチモン($\text{ZnO} \cdot \text{Sb}_2\text{O}_5$)、酸化スズ・アンチモン(ATO)などを用いることができる。

10

【0088】

これらを形成する場合、ライン電極6の形状の開口マスクを重ねた状態で、スパッタリング法、蒸着法、イオンプレーティング法などの方法で直接基板2上に所定形状の膜を成長させる方法や、塗布法、浸漬法、ゾルゲル法などで基板全面に成膜させた後、所定のマスクングを施した上で、塩酸系エッチャントなどによりウェットエッチングさせ、あるいはドライエッチングする方法がある。

【0089】

中でも、酸化亜鉛・アンチモン及び酸化スズ・アンチモンよりなるライン電極6の材料は、透明性に優れ、表面抵抗値も液晶に印加する電界を発生する上で問題のない値に制御でき、さらに、屈折率も従来多く使用されていた酸化インジウム・スズ(屈折率1.8~2.0)に比較して小さく制御できるため、透明充填材との屈折率差を低くでき有用である。

20

【0090】

これらのライン電極6を基板2上に形成する場合、回折を低減するため、隣接するライン電極6の電極幅を異なる値に設定したり、隣接する3本のライン電極6において形成される2つのライン電極6間の距離(ライン電極の中心線間距離)を異なる値に設定したり、隣接するライン電極6の電極厚を異なる値に設定したり、電極6の断面形状に曲線を持たせたりすることが有効である。ライン電極6の電極幅やライン電極間距離としては、光路内のライン電極6の形成面に周期構造が発生しないように、ランダマイズするのが好ましい。ただし、その構造によって、液晶層5に印加される電界が局所的に変動しない範囲に設定する必要がある。

30

【0091】

具体的構造を、図7を参照して説明する。図7は、基板2、ライン電極6などの正面図(部分図)である。図7において、ライン電極6に番号($(i-1) \sim (i+3)$)をつけ、各ライン電極の幅を W 、電極間距離を D とした場合、

$W_i \quad W_{i+1}, W_{i+1} \quad W_{i+2}, D_{i/(i+1)} \quad D_{(i+1)/(i+2)}$
を満たすように設定する。

【0092】

図8は、基板2及びライン電極6の側面図(部分図)である。ライン電極6の電極厚は、図8に示すように、

40

$t_i \quad t_{i+1}$
とする。

【0093】

透明な充填材3は、無機系であれば、酸化チタン(TiO_x)、窒化チタン(TiN_x)、酸化ジルコニア(ZrO_x)、窒化ジルコニア(ZrN_x)、酸化アルミニウム(AlO_x)、酸化シリコン(SiO_x)、ホウ素添加酸化シリコン(SiBO_x)、ホウ素添加窒化シリコン(SiBN_x)、炭化シリコン(SiC)、硫化亜鉛(ZnS)、酸化シリコン-硫化亜鉛($\text{SiO}_x - \text{ZnS}$)、炭化シリコン-硫化亜鉛($\text{SiC} - \text{ZnS}$)などを用いることができる。これらは、スパッタリング法、蒸着法、イオンプレーティング

50

法、塗布法、浸漬法、ゾルゲル法などで、基板 2 の全面にライン電極 6 の膜厚以上に成膜させた後、CMP（化学機械的研磨）により平坦化するのが望ましい。

【0094】

透明な充填材 3 として有機系材料を用いる場合、光硬化又は熱硬化型樹脂が利用可能である。これらは、プレポリマー状態で基板 2 上にスピンコート、ディッピング、バーコートなどの塗布法や、スクリーン印刷、グラビア印刷、フレキソ印刷等の印刷法で形成可能である。基板 2 上の隣接するライン電極 6 間に充填するため、あらかじめ離型可能な平滑面と基板 2 とを光硬化又は熱硬化型樹脂を介して圧接し、硬化処理後、平滑面を剥離してもよい。

【0095】

本実施の形態において、透明な充填材 3 はライン電極 6 の回折を低減させる目的で設けられるため、その屈折率はライン電極 6 の屈折率に極力近いことが望ましい。後述の実施例で示す通り、本出願人が検討したところ、該ライン電極 6 の厚みを d 、屈折率（波長 546 nm での値、以下同様）を n_{f1} としたとき、

“ $| (n_{e1} - n_{f1}) \cdot d |$ ” が、 $0.11 \mu\text{m}$ 未満、さらに望ましくは $0.07 \mu\text{m}$ 未満のときに優れた光学特性を示した。

【0096】

特に、透明な一对の基板 2 と、基板 2 間に充填されたホメオトロピック配向をなすキラルスメクチック C 相よりなる液晶層 5 と、少なくとも一方の基板 2 上の光路を含む領域に配置された複数本のライン電極 6 と、基板 2 上の隣接するライン電極 6 間に充填された透明な充填材 3 と、を備え、ライン電極群の隣接する各ライン電極 6 に対して段階的に異なる電圧値を設定することで光を偏向させる光偏向素子 1 において、上記屈折率の関係を満たすことで、所定偏向位置と異なる位置に形成される回折光のビームスポットを抑えることができ有用である。

【0097】

図 9 は、光偏向素子 1 の別の構成例におけるライン電極 6 周辺の断面構造を説明するための模式図である。図 9 において、前述の図 9 の構成の光偏向素子 1 と異なるのは、まず、液晶層 5 と基板 2 上のライン電極 6 との間に誘電体層 4 設けられている点である。なお、図 9 の例においても、液晶層 5 と対向する側の基板 2、ライン電極 6 等は図示を省略している。この構成においても、透明な充填材 3 には前述の無機系あるいは有機系材料を用いることが可能である。特に有機系材料の場合、上記離型可能な平滑面に変え誘電体層 4 をそのまま使用してもよい。当然ながらこの場合は剥離の必要はない。また、有機材料を用いて誘電体層 4 と透明な充填材 3 を一体に成形することも可能である。この場合、上述の離型可能な平滑面を利用し、誘電体層 4 の厚みと透明充填材 3 の厚みの和に相当するギャップをあらかじめ確保した状態で、ライン電極 6 側の基板表面と平滑面を対向させ、硬化前のプレポリマーを充填させた後硬化させればよい。

【0098】

有機材料によって透明な充填材 3 を形成し、誘電体層 4 を設けない場合、又は、誘電体層 4 が有機材料によって構成される場合、その液晶層 5 側表面に溶剤によって変質しないハードコート形成するのが望ましい。特に、液晶層 5 を配向させるための配向膜として、溶剤に溶解しているタイプの物を用いる場合は、その形成時に溶剤が上記誘電体層 4 や透明な充填材 3 を変質させる恐れがあるため、ハードコートを形成するのは極めて有用である。

【0099】

ハードコート層は溶剤に汚染されない無機材料が好ましく、酸化チタン (TiO_x)、窒化チタン (TiN_x)、酸化ジルコニア (ZrO_x)、窒化ジルコニア (ZrN_x)、酸化アルミニウム (AlO_x)、酸化シリコン (SiO_x)、ホウ素添加酸化シリコン (SiBO_x)、ホウ素添加窒化シリコン (SiBN_x)、炭化シリコン (SiC)、硫化亜鉛 (ZnS)、酸化シリコン - 硫化亜鉛 ($\text{SiO}_x - \text{ZnS}$)、炭化シリコン - 硫化亜鉛 ($\text{SiC} - \text{ZnS}$) などを用いることができる。特に液晶の屈折率と近い酸化シリコン (

10

20

30

40

50

SiO₂)が界面反射を低減する上で優れている。

【0100】

誘電体層4の機能は、液晶層5に印加する電界の局所的な変動を抑制することであり、光学的には、内部吸収、界面反射、回折等極力発生しないよう構成するのが望ましい。特に、界面反射については反射光がノイズ光となり結像性能を劣化させるので小さく抑える必要がある。誘電体層4としては、透明で電氣的に絶縁性を有し、耐候性が高く、しかも複屈折性の小さいものが望ましく、無機材料であればガラス、有機材料であればポリカーボネート、アクリルなどを好適に用いることができる。特にガラスは複屈折がなく、変形が少ないことから有用である。

【0101】

後述の実施例で示す通り、本発明者が検討したところ、誘電体層4の屈折率を n_{de} とするとき、

$$|n_{e1} - n_{de}| < 0.56$$

さらに望ましくは、

$$|n_{e1} - n_{de}| < 0.46$$

であるときに、反射光によるコントラスト劣化が小さく、好適であることが確認できた。

【0102】

特に、透明な一对の基板2と、基板2間に充填されたホメオトロピック配向をなすキラルスメクチックC相よりなる液晶層5と、少なくとも一方の基板2上の光路を含む領域に配置された複数本のライン電極6と、基板2上の隣接するライン電極6間に充填された透明な充填材3と、を備え、ライン電極群の隣接する各ライン電極6に対して段階的に異なる電圧値を設定することで光を偏向させるようにした光偏向素子1において、これをピクセルシフト技術に応用した場合、光利用効率改善、コントラスト改善が図れて有用である。

【0103】

図10は、光偏向素子1を用いた画像表示装置の概要を示す概念図である。図10において、符号11は、照明用の光源であり、白色あるいは任意の色の光を高速にON、OFFできるものであるならば、いかなる種類や型の光源であっても利用することができる。たとえば、LEDランプやレーザ光源、あるいは、白色のランプ光源などを2次元アレイ状に配列して、かかる光源に対して高速動作するシャッタを組合せたものなどを照明用の光源として用いることができる。

【0104】

符号12は、光源から出た光を均一に画像表示素子13に照射させるための照明装置であり、拡散板12a、コンデンサレンズ12bなどから構成される。

【0105】

符号13は、照明装置12から入射した均一の照明光を、画像フィールドを時間的に更に細分割した複数個の画像サブフィールドごとに、画像情報に基づいて空間光変調して、画像光として出射する画像表示素子である。画像表示素子13としては、透過型液晶ライトバルブ、反射型液晶ライトバルブ、DMD素子などを用いることができる。

【0106】

符号14は、前記画像サブフィールドごとに、画像表示素子13から出射される画像光の光路を偏向して、偏向画像光として出射する光偏向素子である。該光偏向素子14により、画像サブフィールドごとの光路の偏向量に応じて、スクリーン16上に投射される画像表示位置がずらされる状態となる画像パターンを表示させることが可能となり、画像表示素子3の実際の画素数を見かけ上増倍した画素数として、画像表示させることができる。

【0107】

符号15は、画像表示素子13に表示された画像パターンを観察するための光学部材であり、符号5は投射レンズ、符号6はスクリーンである。さらに、符号17は光源11を駆動するための光源駆動手段であり、符号18は画像表示素子13を駆動するための表示駆動回路であり、符号19は光偏向素子1を駆動するための光偏向駆動回路である。また、符号20は、光源駆動回路17、表示駆動回路18、光偏向駆動回路19などを含め画像

10

20

30

40

50

表示装置の全体を制御するための画像表示制御回路である。

【0108】

次に、図10に示す画像表示装置の基本的な動作について説明する。光源駆動回路17で制御されて光源11から放射された光は、拡散板12aにより均一化された照明光となり、コンデンサレンズ12bにより、光源駆動回路17と同期して動作する表示駆動回路18により制御されている画像表示素子13をクリティカルに照明する。ここでは、画像表示素子13の例として、透過型液晶パネル、すなわち、透過型液晶ライトバルブを用いている。透過型液晶ライトバルブからなる画像表示素子13により空間光変調された照明光は、画像光として光偏向素子1に入射され、光偏向素子1から出射された出射光は、偏向画像光として、投射レンズ15で拡大された後、スクリーン16に投射される。すなわち、透過型液晶ライトバルブからなる画像表示素子13の画像光の出射側に配置されている光偏向素子1によって、画像光は、光偏向駆動回路19からの駆動信号に応じて、画素の配列方向に任意の距離だけシフト(偏向)された偏向画像光として出射されて、投射レンズ15を介して、スクリーン16上に投射される。

10

【0109】

なお、図10においては、透過型液晶ライトバルブからなる画像表示素子13の直後に、光偏向素子1を配置しているが、光偏向素子1の配置位置はかかる場合に限定されるものではなく、スクリーン16の直前などに配置することとしても良い。ただし、スクリーン16付近に配置する場合、光偏向素子1を形成する光偏向素子の大きさや、更には、光偏向素子を形成する透明電極の配設ピッチなどを、光偏向素子1の配置位置における画面サイズや画素サイズに応じて設定することが必要になる。

20

【0110】

しかし、いかなる配置位置に光偏向素子14を配置する場合であっても、前記偏向画像光の光路のシフト(偏向)量は、画素ピッチの整数分の1であることが望ましい。すなわち、画素の配列方向に対して2倍の画素増倍を行なう場合は、偏向画像光の光路のシフト量は、画素ピッチの1/2とし、配列方向に対して3倍の画素増倍を行なう場合は、画素ピッチの1/3とすることが望ましい。また、光偏向素子4の構成によって、偏向画像光の光路のシフト量が画素ピッチよりも大きくなる場合には、光路のシフト量を画素ピッチの(整数倍+整数分の1)の距離に設定してもよい。

【0111】

この光偏向素子1を画素配列方向の縦横2次元に用いることにより、例えば2倍の画像増倍を行なう光偏向素子を2枚用いることにより、見かけ上の画素4倍の効果が得られ、使用した透過型液晶ライトバルブの解像度以上の高精細な画像を表示することができる。また、光偏向素子1の構成によってシフト量が大きくなる場合には、シフト量を画素ピッチの(整数倍+整数分の1)の距離に設定しても良い。いずれの場合も、画素のシフト位置に対応したサブフィールドの画像信号で透過型液晶ライトバルブである画像表示素子13を駆動する。

30

【0112】

なお、図10では、単板の透過型液晶ライトバルブと単色LEDランプを用いた単色の画像表示装置を示したが、3原色の光源11と、照明装置12と、3枚の画像表示素子13とを用いて、3原色の画像を混合してフルカラー画像を表示させることもできる。また、単板の画像表示素子13を時間順次に三原色光で照明するフィールドシーケンシャル方式でもフルカラー画像を表示することができる。この場合、三色の光源11からの光路をクロスプリズムで混合して照明しても良いし、白色ランプ光源11と回転カラーフィルターの組合せで、時間順次の三原色光を生成してもよい。

40

【0113】

【実施例】

本発明の一実施例について説明する。

【0114】

以下では、前述の図9を参照して説明した光偏向素子1を作成し、さまざまな条件で検証

50

している。

【0115】

[実施例1]

大きさ30mm×40mm、厚さ3mmのガラス製の基板2の中央領域表面に0.1mmピッチ、0.01mm幅、0.2μm厚の酸化インジウム・スズ(ITO)よりなる100本のライン電極6を、高周波マグネトロンスパッタリング法により形成した。そのピッチと幅は、フォトリソ工程により、あらかじめレジスト材料でライン電極6の形成部以外をカバリングし、成膜後、レジストをリフトオフすることで所定値を得た。このITOの屈折率をエリプソメータにより測定したところ、波長546nmにおいて2.00であった(以後の屈折率測定値もすべて同波長による)。その後、レジストを洗浄除去した後、市販のUV硬化樹脂を基板上に滴下し、150μm厚の誘電体(珪酸ガラス)をその上から重ね、加圧した状態で紫外線露光し、樹脂を硬化させた。このUV硬化樹脂と珪酸ガラスの屈折率は、それぞれ1.63、1.47であった。この誘電体の表面に、IPA(イソプロピルアルコール)に溶解したポリアミック酸を塗布して焼結させることで、ポリイミドよりなる垂直配向膜を形成した。これを基板2とし、同条件で作製した2枚の基板2を、ITOを半ピッチずらした状態で重ね、空セルを形成した。なお両基板2のギャップを調整するためのスペーサは、基板2の端部に配置し、この部分を接着剤で固定した。基板2を約90度に加熱した状態で、二枚の基板2間に強誘電性液晶(チソ製CS1029)を毛管法にて注入した。冷却後の液晶層5は透明であり、コノスコープ像観察から基板に垂直に配向していることが確認できた。

10

20

【0116】

図11に示すように、この液晶サンプル21に、レーザ光源22により波長633nmのHe-Neレーザを照射した。レーザはビームエキスパンダ23で電極6の形成部(10mm幅)近傍まで広げて照射した。透過した光はコリメートレンズ24で集光させた。集光面25上には、0次光のビームスポットが形成され、近傍にかすかに回折光が発生していたものの、利用可能なレベルであった。

【0117】

本サンプル21を図10に示す画像表示装置の光偏向素子1の位置に挿入し、画像表示素子13に対して、縦方向に1画素幅からなる白黒の周期的な線を形成させた。この周期的な線の数本分をCCDカメラで撮影して、その画像をコンピュータに採り込み、画像処理ソフトウェアで幅方向の輝度分布を計算した。輝度の最高値 I_{max} (白部)と最低値 I_{min} (黒部)を用いて、以下の式によりコントラストCを低量化した。

30

【0118】

$$C_{sample} = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min})$$

このサンプル21に使用しているガラス基板2と同じ屈折率で、サンプル全体21の厚さとはほぼ等しい厚さのガラス基板を用意し、同様にコントラスト $C_{reference}$ を測定・計算した。両者の比 $C_{sample} / C_{reference}$ (コントラスト比)は75%であり、多重反射や回折による画像劣化は少ないことが判明した。そして、

$$(n_{e1} - n_{f1}) \cdot d$$

を計算したところ、0.074であった。

40

【0119】

[比較例1]

実施例1の比較例として、実施例1のUV硬化樹脂に代えて屈折率1.42のUV硬化樹脂を用い、その他は実施例1と同様の条件で、サンプルの作製、その評価を実施した。これによると、数次の回折光がはっきり現れ、コントラスト比は50%であり、良好な特性ではなかった。そして、

$$(n_{e1} - n_{f1}) \cdot d$$

を計算したところ、0.116であった。

【0120】

[比較例2]

50

実施例 1 の別の比較例として、実施例 1 の UV 硬化樹脂に代えて屈折率 1.52 の UV 硬化樹脂を用い、その他は実施例 1 と同様の条件で、サンプル 21 作製、その評価を実施した。その結果、数次の回折光がわずかに現れ、コントラスト比は 65% であった。光学特性としては、実施例 1 と比較例 1 の中間のものであるが使用可能なレベルであった。そして、

$$(n_{e1} - n_{f1}) \cdot d$$

を計算したところ、0.096 であった。

【0121】

[実施例 2]

大きさ 30 mm × 40 mm、厚さ 3 mm のガラス製の基板 2 の中央領域表面に 0.1 mm ピッチ、0.01 mm 幅、0.2 μm 厚の酸化亜鉛・アンチモン (ZnO-Sb2O5) よりなる 100 本のライン電極 6 を形成した。酸化亜鉛・アンチモン微粒子をアルコール溶剤に分散させ、これを基板 2 にスピンコーティングした。その後、これを 200 で加熱し固着させた。電極 6 のピッチと幅は、フォトリソ工程によりレジスト材料でライン電極形成部以外をカバリングした後、酸化亜鉛・アンチモンをドライエッチングした。そして、この酸化亜鉛・アンチモンの屈折率をエリプソメータにより測定したところ、波長 546 nm において 1.60 であった。その後のデバイス化及び評価の工程を、比較例 2 と同様に実施した。すなわち、He-Ne レーザを照射したところ、回折はまったく発生していなかった。コントラスト比は 80% であった。比較例 2 に比べて光学特性が向上していた。

【0122】

[実施例 3]

実施例 1, 2、比較例 1, 2 のサンプル構成で、ライン電極 6、透明な充填材 3 の種類、厚みを変化させて、サンプル 21 を作製し、上記回折とコントラストにかかる光学特性を評価した。

【0123】

結果を表 1 に示す。表 1 中、光学特性で、○ は一次回折光が全く確認できないか、コントラスト比が 70% 以上のものである。△ のものは、一次回折光がわずかに確認できるか、コントラスト比が 70% 以下 60% 以上のものである。× は、一次回折光がはっきり認識できるか、コントラスト比が 60% 以下のものである。実施例 1 に示す条件は表中で示される。

【0124】

【表 1】

ライン電極材料[屈折率 n_e]	透明充填材[屈折率 n_f]	厚み d (μm)	$(n_e - n_f) \cdot d$	光学特性
酸化インジウム・スズ[2.00]	UV 樹脂[1.63]	0.2	0.074	○
酸化インジウム・スズ[2.00]	UV 樹脂[1.52]	0.2	0.096	△
酸化インジウム・スズ[2.00]	UV 樹脂[1.42]	0.2	0.116	×
酸化インジウム・スズ[2.00]	UV 樹脂[1.52]	0.3	0.144	×
酸化インジウム・スズ[2.00]	UV 樹脂[1.42]	0.3	0.174	×
酸化亜鉛・アンチモン[1.60]	UV 樹脂[1.63]	0.2	0.006	○
酸化亜鉛・アンチモン[1.60]	UV 樹脂[1.52]	0.2	0.016	○
酸化亜鉛・アンチモン[1.60]	UV 樹脂[1.42]	0.2	0.036	○
酸化亜鉛・アンチモン[1.60]	UV 樹脂[1.52]	0.3	0.024	○
酸化亜鉛・アンチモン[1.60]	UV 樹脂[1.42]	0.3	0.054	○

【0125】

この表から、光学特性は、透明ライン電極群の厚み d 、屈折率 n_{e1} 、および透明充填材の屈折率を n_{f1} に依存し、

$$|(n_{e1} - n_{f1}) \cdot d| < 0.11 (\mu m)$$

を満たす場合に有用であることが判明した。

10

20

30

40

50

【0126】

また透明な充填材3の材料や厚みを選択する上で、ライン電極6の材料として酸化亜鉛・アンチモンが一般的な透明な充填材3の屈折率に近く、有用であることが判明した。酸化亜鉛・アンチモンに代えて、酸化スズ・アンチモンにて構成した場合も同様の結果が得られた。

【0127】

[実施例4]

比較例2と同様のサンプル21の構成で、誘電体層4の種類を変化させてサンプル21を作製し、上記と同様にコントラストにかかる光学特性を評価した。

【0128】

ライン電極材料の屈折率 n_{e1} と誘電体層屈折率 n_{de} との関係を表2に示す。2種の屈折率の異なる酸化インジウム・スズは酸化インジウムと酸化スズの配合比を変化させ得た。ここでの光学特性判定は、実施例1に示すコントラスト比に基づいて実施した。

【0129】

【表2】

ライン電極材料[屈折率 n_{e1}]	誘電体材料[屈折率 n_{de}]	$n_{e1} \cdot n_{de}$	光学特性
酸化インジウム・スズ[2.10]	Neoceram*[1.54]	0.56	×
酸化インジウム・スズ[2.10]	硼珪酸ガラス[1.47]	0.63	×
酸化インジウム・スズ[2.10]	UV樹脂[1.42]	0.68	×
酸化インジウム・スズ[2.00]	Neoceram*[1.54]	0.46	○
酸化インジウム・スズ[2.00]	硼珪酸ガラス[1.47]	0.53	△
酸化インジウム・スズ[2.00]	UV樹脂[1.42]	0.58	×
酸化亜鉛・アンチモン[1.60]	Neoceram*[1.54]	0.06	○
酸化亜鉛・アンチモン[1.60]	硼珪酸ガラス[1.47]	0.13	○
酸化亜鉛・アンチモン[1.60]	UV樹脂[1.42]	0.18	○

*Neoceram (日本電気硝子製)

【0130】

本実施例から、

$$|n_{e1} - n_{de}| < 0.56$$

さらに望ましくは、

$$|n_{e1} - n_{de}| \leq 0.46$$

であるときに、反射光によるコントラスト劣化が小さく、望ましいことが確認できた。

【0131】

また、ライン電極6の材料の屈折率として、基板2の材料や誘電体層4の材料の材料選択幅を広く持つ意味から、2.10以下が望ましいといえる。

【0132】

[実施例5]

比較例2のUV硬化樹脂に代えて、市販の2液性の熱硬化樹脂(屈折率1.52)を使用した。硬化は、熱硬化樹脂を基板2上に塗布し、150 μ m厚の誘電体(硼珪酸ガラス)をその上から重ね、加圧した状態で一昼夜放置して硬化させた。その後、比較例2と同様にデバイス化し、光学特性を評価したところ、比較例2に示すUV硬化樹脂と同程度の性能であり、使用可能な品質が得られた。

【0133】

[実施例6]

比較例2で形成したライン電極6を有する基板2に対して、30mm長の短冊状マイラーフィルム(厚み150 μ m)を基板2の短辺側両端に配置し、その内部にポリカーボネート系のUV硬化樹脂を滴下した。これは平滑なテフロン樹脂(テフロンは登録商標である(以下同様))で、その上から加圧し、UV照射することで硬化させた。テフロンを外し

10

20

30

40

50

て厚みを測定したところ、ほぼ150 μm の樹脂層(誘電体層4)が得られた。硬化後の樹脂層の屈折率は1.58であった。その後SiO₂膜をスパッタリング法で0.2 μm 形成した後、比較例2と同様にデバイス化し、光学特性を評価したところ、比較例2に示すUV硬化樹脂よりも回折が少なく、コントラスト比に優れた特性が得られた。

【0134】

なお、SiO₂を形成せずにIPA溶液を塗布したところ、樹脂よりなる誘電体層4の表面が劣化した。従って、無機透明材料よりなるハードコート層が有用であることが確認された。

【0135】

[実施例7]

実施例2と同様の方法で、酸化亜鉛・アンチモンよりなるライン電極6を形成した。その後、スパッタリング法でSiO₂膜を基板全面に2000 \AA 形成し、CMPによりこのSiO₂膜表面を研磨、平坦化した。SiO₂膜の屈折率は1.47であった。これに配向膜を形成し、以後の工程を実施例1と同様に行った。そして、光学特性を評価したところ、回折のないコントラスト比に優れた特性が得られた。

【0136】

[実施例8]

比較例2におけるライン電極6のパターン(0.1mmピッチ、0.01mm幅)に代え、表3に示すパターンを形成した。表3において、数値が範囲で示されている部分は、乱数によって各寸法を求めていった。その他の条件は比較例2と同様にデバイス化し、評価を行った。表3中に示すとおり、光学特性は比較例2に比較して性能が向上した。これは、比較例2でわずかに観察された1次回折光が、低減又は消滅したためである。従って、隣接するライン電極6の電極幅を異なる値に設定し、あるいは、隣接する3本のライン電極6において形成される2つの電極間距離(ライン電極6の中心線間距離)を異なる値に設定することの効果を確認できた。

【0137】

【表3】

ライン電極間距離 (mm)	ライン電極幅 (mm)	光学特性
0.1	0.01	△
0.05~0.1	0.01	○
0.1	0.01~0.015	○
0.05~0.1	0.01~0.015	○

【0138】

[実施例9]

大きさ30mm \times 40mm、厚さ3mmのガラス製の基板2の全面に酸化インジウム・スズ(ITO)を高周波マグネトロンスパッタリング法により形成した。一方、フォトリソ工程用の露光マスクとして、ITO以外の部分を光が完全透過し、ITO部分は、隣接するライン電極6毎に透過率が異なるものを用意した。ポジ型レジストを、上記ITOを全面に形成した基板2に塗布し、前記の露光マスクをITO面に密着させ露光した。露光条件として、洗浄時に、ITO以外の部分のレジストが完全に除去され、ITO部分のレジストが、透過率に依存した厚みで残存するようにした。この状態でドライエッチングを行い、ライン電極6を形成した。各電極6は前記レジスト厚に依存し、その膜厚が変化している。この膜厚は0.15 μm ~0.2 μm となるようにエッチング条件を設定した。その他の条件は、比較例2と同様にしてデバイス化し、その評価を行った。表1~3中に示すとおり、光学特性は比較例2に比較して性能が向上した。これは、比較例2でわずかに観察された1次回折光が低減したためである。従って、隣接するライン電極6の電極厚を

10

20

30

40

50

異なる値に設定することの効果を確認できた。

【0139】

[実施例10]

比較例2の光偏向素子1の各ライン電極6を、異方性導電ペーストを介在させ、対応する金属線を有するフレキシブル基板と接続した。金属線の逆側には図1に示す抵抗回路7aを接続し、抵抗回路7aに電圧を印加することで、各ライン電極6に電位勾配が発生するようにした。このときの電位勾配は100V/mmとなるように電圧を選んだ。この電圧を印加しながら、図10の装置を用いて画像表示を行った。この場合、電圧の方向を切り替えることで、画像表示素子13の半ピッチ分の光路シフトがなされることを確認した。この場合の画像表示のフレーム周波数は60Hzとした。この時、サブフィールド時間は8.3msに相当する。

10

【0140】

表1に示す各サンプル21に同様の実装を施し、画像表示装置内に装填し、ピクセルシフト画像を形成した。表1~3中、 \square がついているサンプルではコントラストに優れた画像が得られた。一方、 \times がついているサンプル21ではコントラストが低く画像品質が低下していた。

【0141】

このように、本発明の光学素子を用いることで、極めて良好な画像が得られる事を確認した。

【0142】

20

【発明の効果】

請求項1~5に記載の発明は、電極が周期構造を持つ場合に光の回折が生じ、本来の結像位置とは異なる位置に結像することを防止して、波面収差を改善し、シャープな結像を得ることができる。

【0143】

請求項6に記載の発明は、請求項3~5のいずれかの一に記載の発明において、一般に使用されている基板や誘電体層の材料との屈折率差が大きくなって、界面反射量が増加し、回折光量が増加することを防止して、波面収差を改善し、シャープな結像を得ることができる。

【0144】

30

請求項7に記載の発明は、請求項3~6のいずれかの一に記載の発明において、透明性に優れ、表面抵抗値も液晶に印加する電界を発生する上で問題のない値に制御でき、屈折率も従来一般的に使用されていた酸化インジウム・スズに比較して小さく制御できるため、波面収差を改善し、シャープな結像を得ることができる。

【0145】

請求項8に記載の発明は、請求項3~7のいずれかの一に記載の発明において、光硬化型樹脂を透明充填材として用いた場合、樹脂充填から硬化まで短時間に行えるので製造時間を短縮でき、熱硬化型樹脂を透明充填材として用いた場合、光硬化型樹脂を用いる場合に比べ光による劣化が発生しないため、通常白色照明下で製造作業が行えて作業性に優れる。また、いずれの樹脂においても十分な光透過性を確保でき、良好な光学特性が得られる。

40

【0146】

請求項9に記載の発明は、請求項4に記載の発明において、所望の厚みに制御でき、また、請求項8の充填材を介して電極を有する基板と貼り合せた後、光学研磨を行うことで、きわめて平滑性に優れた表面を得ることができ、かつ光の回折、散乱等を抑えることが可能となる。

【0147】

請求項10に記載の発明は、請求項4又は9に記載の発明において、製造工程を短縮でき、請求項9の構造に比べて界面を減らすことができるため、光学性能の劣化を低減できる。

50

【0148】

請求項11に記載の発明は、請求項4, 9又は10に記載の発明において、液晶の配向膜を形成する際に用いられる溶剤によって、光硬化又は熱硬化型樹脂よりなる誘電体層が変質することを防ぎ、誘電体層の変質による光学劣化を防止できる。

【0149】

請求項12に記載の発明は、請求項3, 4~7, 9のいずれかの一に記載の発明において、請求項8の充填材に比べて、組成による屈折率の選択自由度が大きく、電極との屈折率差を小さくすることができる。

【0150】

請求項13に記載の発明は、請求項3, 4~7, 9, 12のいずれかの一に記載の発明において、透過率が高く、組成により屈折率を調整できるため、電極との屈折率差を小さくできる。また、請求項7の電極に用いた場合、液晶層、電極、充填材がほぼ等しい屈折率に設定できるため、波面収差を改善し、シャープな結像を得ることができる。

【0151】

請求項14に記載の発明は、請求項3~13のいずれかの一に記載の発明において、所定の方向とは異なる方向に進行するノイズ光を低減し、電極の配列に起因する光の回折が低減できる。

【0152】

請求項15に記載の発明は、請求項14に記載の発明において、所定の方向とは異なる方向に進行するノイズ光を低減し、電極の配列に起因する光の回折が低減できる。

【0153】

請求項16に記載の発明は、請求項3~15のいずれかの一に記載の発明において、所定の方向とは異なる方向に進行するノイズ光を低減し、電極の配列に起因する光の回折が低減できる。

【0154】

請求項17に記載の発明は、コントラスト、光利用効率を改善し、より高精細画像を得ることができる画像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である光偏向素子の全体構成の説明図である。

【図2】光偏向素子の液晶分子配向状態を模式的に示した説明図である。

【図3】光偏向素子の液晶分子配向状態を模式的に示した説明図である。

【図4】光偏向素子の液晶配向角と光軸シフト量との関係を示すグラフである。

【図5】光偏向素子の電圧と光偏向量の時間変化を示すグラフである。

【図6】光偏向素子におけるライン電極の周辺の断面構造を説明するための模式図である。

【図7】基板、ライン電極などの正面図である。

【図8】基板及びライン電極の側面図である。

【図9】光偏向素子の別の構成例におけるライン電極の周辺の断面構造を説明するための模式図である。

【図10】本発明の一実施の形態である画像表示装置の概要を示す概念図である。

【図11】本発明の一実施例を説明する説明図である。

【符号の説明】

- 1 光学素子、光偏向素子
- 2 基板
- 3 充填層
- 4 誘電体層
- 5 液晶層
- 6 電極
- 13 画像表示素子

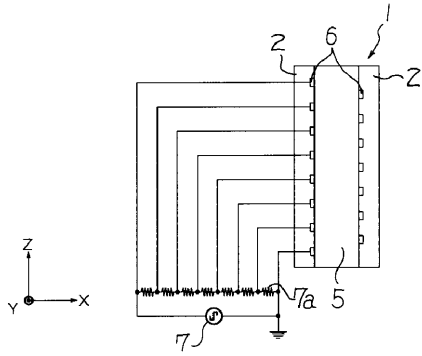
10

20

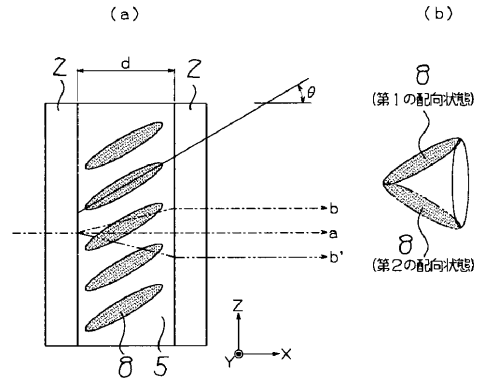
30

40

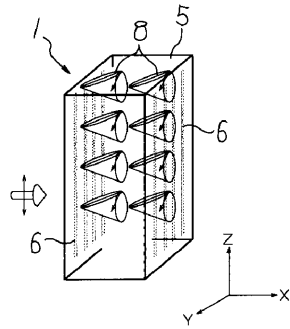
【 図 1 】



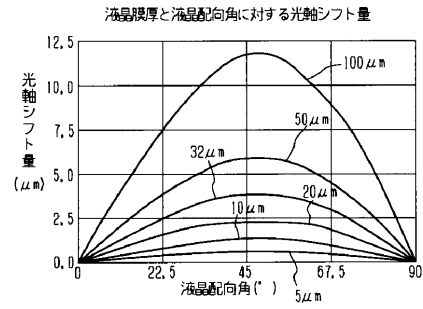
【 図 3 】



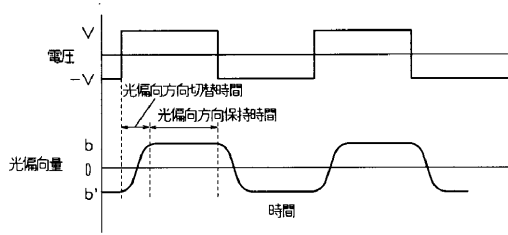
【 図 2 】



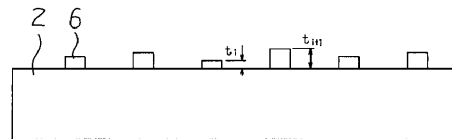
【 図 4 】



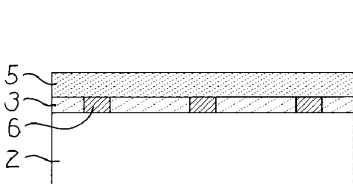
【 図 5 】



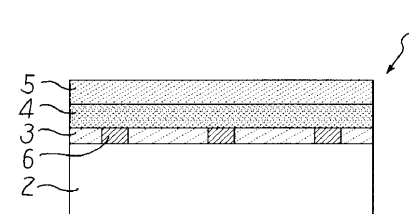
【 図 8 】



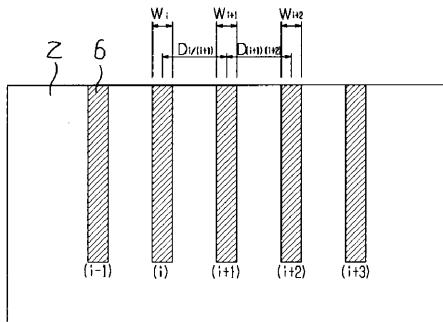
【 図 6 】



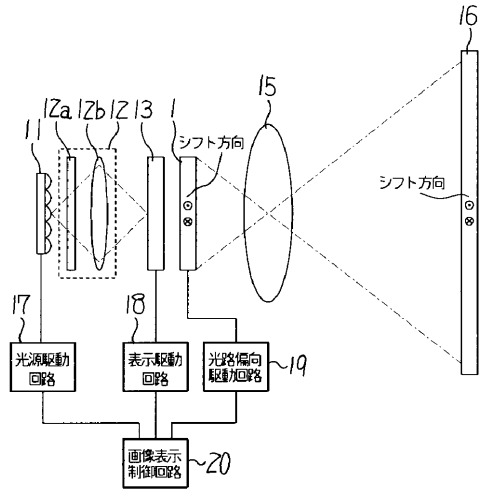
【 図 9 】



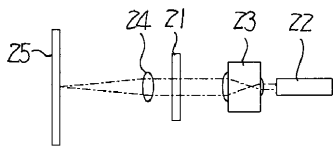
【 図 7 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
G 0 2 F 1/29	G 0 2 F 1/29	2 K 0 0 2
// G 0 2 F 1/141	G 0 2 F 1/141	

(72)発明者 小林 正典
 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

(72)発明者 松木 ゆみ
 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

(72)発明者 杉本 浩之
 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

(72)発明者 宮垣 一也
 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

(72)発明者 浪江 健史
 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

(72)発明者 高浦 淳
 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

(72)発明者 藤田 和弘
 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

F ターム(参考) 2H088 GA04 HA02 HA03 HA04 HA06 HA28 KA07
 2H090 HA03 HA05 HA07 HA08 HB03X HD06 KA14 LA01 LA04 LA16
 MA01
 2H091 GA02 GA06 GA07 GA11 GA16 HA12 JA00 KA02 KA10 LA16
 2H092 GA13 GA16 HA03 PA02 PA06 PA07 PA13
 2H093 NC42 NC44 ND23
 2K002 AA07 AB06 AB07 BA06 CA14 DA14 EB09 HA02