

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3888075号  
(P3888075)

(45) 発行日 平成19年2月28日(2007.2.28)

(24) 登録日 平成18年12月8日(2006.12.8)

(51) Int. Cl.

F I

GO2B 26/08 (2006.01)  
 GO2B 5/08 (2006.01)  
 GO2B 5/28 (2006.01)  
 GO2B 26/00 (2006.01)  
 GO2B 27/18 (2006.01)

GO2B 26/08 E  
 GO2B 5/08 D  
 GO2B 5/08 A  
 GO2B 5/08 C  
 GO2B 5/28

請求項の数 10 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-85749 (P2001-85749)  
 (22) 出願日 平成13年3月23日(2001.3.23)  
 (65) 公開番号 特開2002-287047 (P2002-287047A)  
 (43) 公開日 平成14年10月3日(2002.10.3)  
 審査請求日 平成16年4月1日(2004.4.1)

(73) 特許権者 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (74) 代理人 100107836  
 弁理士 西 和哉  
 (74) 代理人 100064908  
 弁理士 志賀 正武  
 (74) 代理人 100101465  
 弁理士 青山 正和  
 (74) 代理人 100095728  
 弁理士 上柳 雅誉  
 (74) 代理人 100107261  
 弁理士 須澤 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光スイッチング素子、光スイッチングデバイス、および画像表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半透過体と反射体との距離を変えることにより前記半透過体に入射した光をオンオフ可能な光干渉型の光スイッチング素子であって、

前記光スイッチング素子は、2次元に複数配置されるとともに、波長が420～620nmの範囲で各色の光が順番に供給され、前記反射体が前記半透過体に密着するオン位置と、前記反射体と前記半透過体との間の光路に沿った距離が100nmから150nmの範囲だけ離れるオフ位置とに移動する光スイッチング素子。

【請求項2】

請求項1において、前記オフ位置では、前記反射体と前記半透過体との間の光路に沿った距離が125nmから135nmの範囲となる光スイッチング素子。 10

【請求項3】

請求項1において、前記半透過体の前記反射体と接する側、または前記反射体の前記半透過体と接する側に吸着防止層が形成されている光スイッチング素子。

【請求項4】

請求項1において、前記反射体を前記オン位置およびオフ位置に移動するアクチュエータを有する光スイッチング素子。

【請求項5】

請求項4において、前記アクチュエータは静電型である光スイッチング素子。

【請求項6】

請求項 5 において、前記アクチュエータは、第 1 および第 2 の電極を備えており、これら電極の最小間隔を設定するストッパーが形成されている光スイッチング素子。

【請求項 7】

請求項 1 において、前記半透過体が形成された第 1 の基板と、前記反射体およびこの反射体を前記オン位置およびオフ位置に移動するアクチュエータとが重ねて形成された第 2 の基板とを有する光スイッチングデバイス。

【請求項 8】

請求項 7 において、前記半透過体および反射体の距離が一定の値以外にならないようにするストッパーを備えている光スイッチングデバイス。

【請求項 9】

請求項 7 に記載の光スイッチングデバイスと、カラーフィルタとを有する直視型の画像表示装置。

【請求項 10】

請求項 7 に記載の光スイッチングデバイスと、この光スイッチングデバイスに各色の光を順番に供給する照明機構と、前記光スイッチングデバイスから出力された光をスクリーン上に投影するレンズとを有する画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、直視型の画像表示装置あるいはプロジェクタ装置などに用いられる光スイッチング素子、光スイッチングデバイスおよびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

プロジェクタなどにおいて、所望の画像を形成する画像表示装置として、高速で光をオンオフ可能な DMD などの光スイッチングデバイスが知られている。さらに、DMD のように反射性のミラーの角度を変えて光をオンオフするものではなく、反射性のミラーと半透過性のミラーを用い、それらの距離を変えて光を制御する干渉型のデバイスが検討されている。図 8 (a) および (b) に示す干渉型表示素子は初澤ら (T.IEE Japan, Vol.119-E, No.12, '99, pp631-635) が提案しているものである。この干渉型のデバイス 100 は、シリコン基板 101 に高反射性のミラー (底部ミラー) 102 を設け、この底部ミラー 102 の上に適当な間隔 D を空けてハーフミラー 103 を設けたものである。このハーフミラー 103 は、ギャップ間隔を開ける SiO<sub>2</sub> などの部材がシリコン基板 101 との間に配置されている。

【0003】

この干渉型素子 100 は、図 8 (b) に示すように、ハーフミラー 103 は透明電極 104 を兼ねており、適当な電圧が印加されると基板 101 の側の底部ミラー 102 と上方のハーフミラー 103 との間に静電吸引力が働く。したがって、ハーフミラー 103 の位置が上下方向に制御され、ハーフミラー 103 と底部ミラー 102 との光路差が半波長 ( $\lambda/2$ ) ずれるに従って干渉が起こり、明暗のコントラスト変化が起こる。例えば、波長の単色光を用いた場合は、ハーフミラー 103 が上下し、底部ミラー 102 との距離 D が  $\lambda/4$  変化すると明暗の変化が起こる。したがって、白色光を用いて、上下に動くハーフミラー 103 の位置を高精度に制御すれば、干渉色によりカラー表示も可能となる。このため、この干渉型素子 100 を多数集積すると、反射型のディスプレイを構成できる。そして、従来の白色光を 3 原色の各色光に時分割するカラーフィルタなどを用いるカラー表示方法に比べて、画素の集積度が約 3 倍に向上することが期待されている。また、液晶の代わりに、機械要素であるミラーにすることで、高速な応答が可能であり、さらに、静電駆動を用いることで、消費電力を低減できることも期待されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

このように、光干渉型素子を用いたデバイスは、従来の液晶デバイスより小型化が容易で

10

20

30

40

50

あり、さらに高速応答が可能で消費電力も少ないといった多くのメリットを備えている。しかしながら、上記の干渉型のデバイス 100 は実用化に向けて多くの問題を抱えている。その 1 つは、スイッチングする色毎にミラーの移動距離を変える必要があり、さらに、その距離をミクロン単位で制御する必要があることである。たとえば、上記のデバイスでは、ハーフミラー 103 が上下してスイッチングするが、底部ミラー 102 との距離  $D$  が  $1/4$  変化すると明暗の変化が起こる。したがって、底部ミラー 102 の距離をスイッチングする光の波長の  $1/4$  の距離で精度良く制御する必要がある。そして、スイッチングする光の波長が異なれば、距離  $D$  を変える必要があり、3 原色をスイッチングするためには少なくとも 3 種類の移動距離の異なる光スイッチング素子を 1 つのデバイスに作り込むか、あるいは、1 つの光スイッチング素子の移動距離を 3 つの異なる距離に制御する必要がある。このため、非常に高い寸法精度が要求されることになり、実際に歩留まり良く製造することは困難である。

10

#### 【0005】

上記のデバイスのように、オフ位置と、オン位置とをそれぞれ波長によって変化させる代わりに、オフ位置は固定してオン位置だけをスイッチングする波長で変えることにより、ミラーが動く距離の制御を簡易にすることが考えられる。しかしながら、オン位置の精度は、各々の波長の  $1/4$  の距離での精度、すなわち、数  $10\text{ nm}$  あるいは  $\text{nm}$  程度さらにはそれ以下の精度が要求され、スイッチングする波長の異なる光スイッチング素子を同一のデバイスに作り込んだり、1 つの光スイッチング素子でスイッチングする距離を  $\text{nm}$  レベルで制御することが要求される。したがって、光干渉型の光スイッチング素子は、サブミクロンオーダでの寸法精度に加えて、マルチカラーを表現するデバイスを実現するためには、寸法の異なる光スイッチング素子を 1 つのデバイスに作り込む必要があるので、構造が複雑になり製造上の問題が多い。このため、歩留りの向上、およびスイッチングの信頼性を向上させることが難しい。

20

#### 【0006】

そこで、本発明においては、光干渉型のデバイスでありながら、量産性が高く、さらに、低コストで提供できる光スイッチング素子およびデバイスを提供することを目的としている。さらに、光スイッチング素子の制御回路も組み込むことができる光スイッチングデバイスおよびその製造方法を提供することを目的としている。また、本発明の光干渉型のデバイスを用いて低コストで高解像度のカラー表示が可能な画像表示装置を提供することも

30

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

このため、本発明においては、各色の光の波長毎に距離を変えるのではなく、1 つの距離で各色の波長をオンオフする光干渉型の光スイッチング素子およびデバイスを提供するようにしている。すなわち、オフ位置のみならず、オン位置も各色の光の波長に共通な光スイッチング素子およびデバイスを提供する。このため、本発明の、半透過体と反射体との距離を変えることにより半透過体に入射した光をオンオフ可能な光スイッチング素子においては、反射体が半透過体に密着するオン位置と、反射体が半透過体から所定の距離だけ離れるオフ位置とに移動する。

40

#### 【0008】

本発明の光スイッチング素子は、反射体と半透過体とを備えた干渉型であるが、モノクロでオンオフを制御する光スイッチング素子であり、反射体がハーフミラー、すなわち半透過体に密着して全反射するオン位置と、反射体が半透過体から所定の距離だけ離れて干渉によって出射される光をオフするオフ位置とを有する。したがって、オフする位置を、各波長の光を干渉によりほぼオフにできる位置に選択することにより、可視光領域の波長の光を 1 つの反射体の移動距離でスイッチングすることができる光スイッチング素子を提供できる。このため、この光スイッチング素子を 2 次元に並べた光スイッチングデバイスを画像の形成のために採用し、その光スイッチングデバイスに入射される色を分割することにより、マルチカラーの画像を出力可能な画像表示装置を提供できる。特に、本発明の光

50

スイッチングデバイスと、カラーフィルタとを有する直視型の画像表示装置、あるいは本発明の光スイッチングデバイスと、この光スイッチングデバイスに各色の光を順番に供給する照明機構と、光スイッチングデバイスから出力された光をスクリーン上に投影するレンズとを有する画像表示装置は、単板式でマルチカラーの画像を表示することが可能である。そして、本発明の光スイッチングデバイスは、波長の異なる光を干渉により制御するために、寸法の異なる光スイッチング素子を1つのデバイスに作り込む必要はないので、構造が簡易となり、製造が容易となる。このため、本発明により歩留りを向上でき、信頼性の高い光スイッチングデバイスを低コストで提供できる。

#### 【0009】

可視光領域の光をオフする位置は、反射体と半透過体との間の光路に沿った距離が100nmから150nmの範囲とすることが望ましい。光路が反射体に垂直であれば反射体と半透過体との距離を上記の範囲にすれば良いが、光路が傾いている場合は、その光路に沿った距離を上記の範囲にすることが望ましい。この範囲であれば、各色の波長を含む入射光、すなわち、420nmから620nmの波長の光の強度をほぼ30%以下にすることが可能であり、10対3のコントラストを確保することができる。したがって、さらに高コントラストが要求される場合は、複数の光スイッチングデバイスを設け、第1の光スイッチングデバイスから出射された光が第2の光スイッチングデバイスの入射光となるように配置することにより、高コントラストの画像を出力する画像表示装置を提供できる。また、デバイスのレベルで、複数の光スイッチング素子が、第1の光スイッチング素子の出射光が第2の光スイッチング素子の入力となるように直列に配置しても良い。

#### 【0010】

さらに、可視光領域の光をオフする位置は、反射体と半透過体との間の光路に沿った距離が125nmから135nmの範囲とすることが望ましい。この範囲であれば、420nmから620nmの波長の光の強度をほぼ10%以下にすることが可能であり、10対1のコントラストを確保することができる。また、さらに高コントラストが要求される場合には、直列に配置するデバイスあるいは素子の数を低減することが可能となる。

#### 【0011】

本発明の光スイッチング素子およびデバイスにおいては、オン位置で全ての波長の光を、高い強度で出射できるように反射体を半透過体に密着させる。したがって、反射体をオフ位置に駆動し易くするためには、反射体の半透過体に接する側、または半透過体の反射体に接する側に吸着防止層を形成することが望ましい。吸着防止層としては、ITO (Indium tin oxide) などの透明導電膜をコーティングすることができる。

#### 【0012】

本発明の光スイッチング素子は、第1の基板に半透過体を形成し、第2の基板に反射体と、反射体をオン位置およびオフ位置に移動する複数のアクチュエータとを重ねて形成し、これら第1および第2の基板、半透過体と反射体とが対面し、オン位置では、反射体が半透過体に密着し、オフ位置では、反射体が半透過体から所定の距離だけ離れるように、第1および第2の基板を組み立てることが望ましい。また、光スイッチングデバイスであれば、第1の基板に複数の半透過体を形成し、第2の基板に複数の反射体と、各々の反射体をオン位置およびオフ位置に移動する複数のアクチュエータとを重ねて形成した後に、上記と同様のオン位置およびオフ位置となるように、第1および第2の基板を組み立てることが望ましい。

#### 【0013】

干渉型の光スイッチングデバイスの半透過体と、反射体とを1つの基板上に配置するのではなく、異なる基板に配置して、それらの基板を合わせることにより干渉型のデバイスを構成し、さらに、反射体を、半透過体と反射体との距離(位置)を制御するアクチュエータを重ねて形成することにより、半透過体および反射体の機能をアクチュエータの機能と分離し、それぞれを最適化できる。また、透過体および反射体を別基板で製造するので、それぞれの構造体を製造する歩留まりが、分散あるいは独立となり、これらを1つの基板に作成していたときのように歩留まりが重なって、光スイッチング素子あるいは光スイッ

10

20

30

40

50

チングデバイスの歩留まりが低下するのを防止できる。このため、低コストで性能の良い、干渉型の光スイッチング素子および光スイッチングデバイスを提供することができる。

【0014】

このような構成および製造方法の光スイッチングデバイスであれば、反射体は、アクチュエータを兼ねる必要がないため、アクチュエータにはピエゾなどを用いることも可能である。これに対して、電極を積層する静電型のアクチュエータであれば、フォトリソグラフィ技術を用いて、サブミクロンオーダーのサイズで製造することができる。さらに、消費電力が低くなる等のメリットもあるので適している。

【0015】

また、静電型のアクチュエータにおいては、オフ位置で第1および第2の電極の距離が最小となる。したがって、これらの電極の最小間隔を設定するストッパーを形成することにより、上述した特定の光路差、すなわち、100nm～150nm、あるいは125nm～135nmの距離にオフ位置を確実に制御でき、これを超えるようなオーバーランを防止できる。また、ストッパーで停止する機構とすることにより、反射体が途中で止まらずにオフ位置まで確実に駆動できるような力を静電型アクチュエータで発揮する構成にでき、オフ位置の制御が簡易となる。

【0016】

さらに、第2の基板に対してアクチュエータにより駆動される光学素子が反射型であるので、第2の基板は透明である必要はない。したがって、第2の基板としてシリコン基板などの半導体回路を形成するが容易で実績のある基板を用いることができる。このため、半導体基板を用いて、この半導体基板にアクチュエータを積層し、各々の光スイッチング素子を駆動する制御回路を第2の基板に組み込むことが容易であり、駆動回路付きの光干渉型の光スイッチングデバイスを低コストで提供することができる。

【0017】

このように、本発明の光スイッチングデバイスであれば、構造が単純になるので、歩留まりが向上し量産性が増す。また、本発明の光スイッチングデバイスは反射型なので、上述したように、反射型の液晶パネルと同様の直視型の画像表示装置を提供できる。そして、液晶パネルより高速で、高解像度であり、さらに、消費電力も少ない画像表示装置を提供でき、携帯電話などの表示パネルとして採用することが可能である。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下に図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。図1に、本発明の光スイッチングデバイス4を備えたプロジェクタ装置1の概略構成を示してある。このプロジェクタ装置1は、光スイッチングデバイス4に、各色の光を順番に供給する照明機構2を備えている。本例の照明機構2は、キセノンランプなどの白色光71Wを出力する光源部2aと、この光源部2aからの白色の光束71Wを時分割する回転式のカラーフィルタ2bと、ここから照射される各色の光束71R、71Gまたは71Bを、直角に反射可能なビームスプリッタ3とを備えている。

【0019】

カラーフィルタ2bおよびビームスプリッタ3の光路上には、光束を平行化して導くコンデンサーレンズ2cと、たとえばS偏光の光束のみを通す偏光板7が配置されている。そして、偏光された各色の光束71R、71Gまたは71Bは、ビームスプリッタ3で垂直に光スイッチングデバイス4に反射される。光スイッチングデバイス4は光スイッチング素子が2次元に配置されており、各々がオンオフして画像を形成する。ビームスプリッタ3とデバイス4との間には、1/4波長板(白色用)8が設置されており、光スイッチングデバイス4でオンオフされた画像を形成する各色の光72R、72Gまたは72BはP偏光になり、ビームスプリッタ3を通過する。そして、レンズシステム6に達し、スクリーン7に投写されてカラー画像が表れる。なお、本例では、本図および以下の図において、赤色の光71Rがオンオフされる様子を図示するが、他の緑色の光71Gおよび青色の光71Bも同様である。また、S偏光およびP偏光は逆にしても、もちろん良い。

10

20

30

40

50

## 【0020】

本例の光スイッチングデバイス4は、すなわちハーフミラーと反射体とを備えた光スイッチング素子が2次元に配列された干渉型のスイッチングデバイス4であり、各々の光スイッチング素子を駆動する回路を内蔵している。したがって、制御機構5から供給された画像データに従って駆動回路が個々の画素を表示する光スイッチング素子をスイッチングし、画像表示デバイスであるスイッチングデバイス4により変調された表示光72が出力される。

## 【0021】

図2に、本例の光スイッチングデバイス4の概略構成を模式的に示してある。

本例の光スイッチングデバイス4は、第2の基板となる半導体基板31と、この半導体基板31に重ねられた第1の基板となるほぼ透明なガラス基板21とを有し、このガラス基板21の下方の面(表面)21aに、ハーフミラー22あるいはハーフミラー膜22aが形成されている。さらに、その表面にITOなどの透明導電膜がコーティングされて吸着防止膜25が形成されている。

## 【0022】

一方、半導体基板31は、その上方の面(表面)31aに、静電型のアクチュエータ33と反射体42とが基板31の側(下側)からこの順番で積層されている。アクチュエータ33は2次元に配列されており、また、アルミニウム製の反射体42も、各々の反射体42がアクチュエータ33により上下方向に駆動されるように2次元に配列されている。したがって、個々の反射体42は、個々のアクチュエータ33に連結されており上下に動く。

## 【0023】

アクチュエータ33は、静電駆動型であり、反射体42が機械的に連結された上電極34と、この上電極34と対峙するように基板の表面31aに形成された下電極35を備えている。上電極34は、弾性部材としての機能を備えており、電極34および35の間で静電力(静電吸引力)が働かないときは、弾性力によって反射体42を上方に加圧する。また、半導体基板31には、これらのアクチュエータ33を駆動する駆動回路(制御回路)38、さらには必要に応じてメモリなどが作り込まれている。

## 【0024】

上側の面31aに反射体42が形成された半導体基板31と、下側の面21aにハーフミラー22が形成されたガラス基板21とは、反射体42の反射面41とハーフミラー22の下面(ハーフミラーの表面)22aとが向かい合うように組み合わせられており、それらの距離は基板31の周囲、またはアクチュエータ33の間に形成された壁39によって一定に保持されている。さらに、下電極35の周囲には、上方に突き出した形状の突起50が形成され、上電極34には突起50に対峙する位置にディンプル51が形成されており、これらにより、上電極34と下電極35との最小距離を正確に確保するストッパー52が構成されている。このため、上電極34と下電極35が最も近づいたときに、ハーフミラー22と反射体42とは最も離れて距離d1となるが、その距離d1が精度良く実現でき、オーバーランも防止することができる。一方、半導体基板31とガラス基板21との距離は、上電極34と下電極35と離れたときに、上電極34のばね弾性で反射面41がハーフミラー22に密着するような距離に設定されている。このため、その位置では、ガラス基板21に入射した光をアルミニウム製の反射面41により高い反射率で光をほぼ垂直に反射することができる。

## 【0025】

このように本例の光スイッチングデバイス4は、半導体基板31の上にアクチュエータ33と、反射体42と、ハーフミラー22を備えた透明基板21とが積層された構成となっており、半導体基板31に作り込まれた駆動回路38と、アクチュエータ33と、反射体42と、これに対面するハーフミラー22によって1つの光スイッチング素子10が形成されている。さらに、光スイッチングデバイス4の全体に複数の光スイッチング素子10が2次元方向にアレイ状に配置あるいは集積された形態となっており、各々の光スイッチ

ング素子が画像を形成する単位である画素に対応させて制御することにより2次元画像を表現できる。

【0026】

図2の左側に示した光スイッチング素子10aはオフ状態であり、図2の右側に示した光スイッチング素子10bはオン状態である。本例の光スイッチング素子10では、駆動回路38により、アクチュエータ33を構成する電極34および35の間に適当な駆動電圧が印加されると、アクチュエータ33の下電極35と上電極34との間で静電力が働き、反射体42が下方方向に駆動される。このため、反射体42の反射面41と、対面するガラス基板21の上のハーフミラー22とが離れて距離d1となる。この距離d1は、ハーフミラー22により反射された可視光と、反射体42により反射された可視光とが干渉して弱め合う距離になっており、この状態、すなわち、光スイッチング素子10aの状態がオフ状態である。

10

【0027】

一方、駆動回路38により駆動電圧が印加されなくなると、上電極34の弾性によって反射体42は上方方向に駆動される。このため、反射体42とハーフミラー22は密着し、反射面41により反射された光とハーフミラー22で反射された光の間には、干渉がないので入射光は略そのまま出射される。したがって、光スイッチング素子10bの状態がオン状態である。

【0028】

このように、本例の光スイッチングデバイス4では、アクチュエータ33に供給される駆動電圧を制御することにより、各々の光スイッチング素子10をオンオフすることが可能である。

20

【0029】

図3ないし図5に、オフ位置における反射体42とハーフミラー22との距離(光路差)d1を変えたときの可視領域における各波長(400nm~700nm)の強度を示している。

【0030】

図3(a)は、オフ位置の距離d1を125nmとしたときに、本例の光スイッチングデバイス4から出射される光の強度であり、図3(b)は、距離d1を130nm、図3(c)は、距離d1を135nmとしたときの強度である。等色関数を考慮すると、青色の光の感度が急激に上昇する波長420nmから、赤色の光の感度が急激に低下する波長620nmの範囲を可視光CRの範囲とし、この範囲の波長の光を干渉によって強度を十分に下げることができれば、オフ位置で可視光をオフできると考えてよい。これらの図3(a)~(c)から分るように、上記の距離d1(125~135nm)にオフ位置を設定すると、420nmから620nmの範囲の波長の光の強度を0.1以下に弱めることができる。したがって、オン位置で入射された光が全て反射されると考えると、オフ位置の距離d1を125nm~135nmの範囲、すなわち、130±5nmの範囲とすることによりオンオフのコントラスト比10:1以上を得ることができる。

30

【0031】

これに対して、図4(a)にはオフ位置の距離d1を100nmとしたとき、図4(b)には距離d1を110nmとしたとき、および、図4(c)には距離d1を120nmとしたときに本例の光スイッチングデバイス4から出射される光の強度を示してある。これらの図から分るように、距離d1が120nmから100nmの範囲では、可視光領域CRの光の強度は最高で0.3程度になる。したがって、この範囲であっても10:3程度のコントラスト比を確保することができる。しかしながら、長波長領域、すなわち赤色側の反射光の強度が高くなってしまい、10:1程度あるいはそれ以下のコントラスト比を得ることは難しくなる。

40

【0032】

また、図5(a)にはオフ位置での距離d1を140nmとした場合を、図5(b)には距離d1を145nmとした場合を、図5(c)には距離d1を150nmとした場合に

50

本例の光スイッチングデバイス4から出射される光の強度を示してある。これらの図から分るように、距離 $d_1$ が140nm以上になると、可視光領域CRの光の強度の最高は0.3程度になる。したがって、この範囲であっても10:3程度のコントラスト比を確保することができる。しかしながら、短波長領域、すなわち青色側での反射光の強度が高くなってしまい、10:1程度あるいはそれ以下のコントラスト比を得ることは難しくなる。

#### 【0033】

このように、本例の光スイッチングデバイス4では、オフ位置における反射体42とハーフミラー22との距離 $d_1$ を100nmから150nmにすることにより、10:3のコントラスト比を確保することができる。一方、距離 $d_1$ を125nm~135nmの範囲に設定することで、コントラスト比を10:1まで高めることが可能である。したがって、これらのコントラスト比が得られれば良い用途においては、本例の光スイッチングデバイス4を単独で使用するにより、画像を形成したり、それを投影することが可能である。一方、さらに高いコントラスト比が要求される用途においては、第1の光スイッチングデバイスあるいは光スイッチング素子から出力された光を第2の光スイッチングデバイスあるいは光スイッチング素子の入力として、さらにスイッチングするアレンジを採用する。これにより、コントラスト比を高くすることが可能であり、高コントラスト比が要求される用途の画像表示装置にも本発明の光スイッチング素子およびデバイスを適用することができる。

#### 【0034】

そして、本例の光スイッチングデバイス4では、1つのオンオフの位置の組み合わせ、すなわち、オフ位置の距離 $d_1$ が1つで、各色の光71R、71Gおよび71Bをオンオフすることができる。従来の光干渉型の光スイッチング素子においては、各色の光の波長R、GおよびBに応じた距離 $d_r$ 、 $d_g$ および $d_b$ をオン位置あるいはオフ位置にしていたのに対し、本例の光スイッチングデバイスでは、オン位置は距離が0、すなわち、反射体42とハーフミラー22が密着した位置とし、オフ位置における距離 $d_1$ を上述した範囲に定めることにより、可視光領域CRの光を一括してオンオフすることができる。

#### 【0035】

たとえば、コントラスト比を10:1に設定したとしても、本例の光スイッチングデバイス4は、全ての光スイッチング素子10のオフ位置 $d_1$ を、130nmを中心に公差 $\pm 5$ nm程度の範囲で製造することにより、設定条件をクリアできる。そして、照明機構2の側で各色の光を順番に光スイッチングデバイス4に供給することにより、全ての色の光を同一の条件、すなわち、移動距離 $d_1$ でオンオフし、マルチカラーの画像を表示することができる。したがって、本例の光スイッチングデバイスは、干渉型の光スイッチングデバイスでありながら、寸法精度は緩やかで良く、高性能の光スイッチング素子およびデバイスの歩留まりを向上でき、品質の良い光スイッチングデバイスを低コストで供給できる。

#### 【0036】

図6(a)~(d)に、本例の光スイッチングデバイス4の製造プロセスの概要を示してある。まず、図6(a)に示すように、予め駆動回路38などがCMOS回路で作り込まれた半導体基板(第2の基板)31の表面31aに、アクチュエータ33を製造する。このプロセスは、図示していないが、シリコンなどの適当な材質の犠牲層を用いたフォトリソグラフィ技術を用いて製造できる。たとえば、先ず、基板の表面31aに電極層(A1膜)をディポジットし、パターニングして下電極35とバネを兼ねた上電極34の構造のアンカー部分36を形成する。さらに、下電極35の周囲に、上電極34のディンプル51に対応する位置に突起50を形成してストッパーを構成する。そして、不図示の犠牲層を挟み、この犠牲層の上にバネを兼ねた上電極34となる層(A1膜)をディポジットする。このA1層をパターニングして、上電極34およびそれを基板31で支持するポスト36を形成する。犠牲層の除去はいつのタイミングでも可能であるが、可動する上電極34を保護するため、素子分離などの最終段階で除去することが望ましい。

#### 【0037】



次に、図 6 ( b ) に示すように、上電極 3 4 に機械的に支持されるようにアルミニウム製の反射体 4 2 を製造する。このプロセスは、アクチュエータ 3 3 に積層するように、上記と同様に犠牲層を用いたフォトリソグラフィ技術により反射体 4 2 を形成することも可能である。これにより、各画素の単位で反射体 4 2 をアクチュエータ 3 3 で上下に駆動する構造が形成される。このタイミングで、アクチュエータ 3 3 を構成するための犠牲層を含めて除去することもできる。なお、図示していないが、アクチュエータ 3 3 および反射体 4 2 を製造するプロセスと同時に、壁 3 9 も半導体基板 3 1 の上に製造する。

#### 【 0 0 3 8 】

一方、図 6 ( a ) および ( b ) に示した第 2 の基板である半導体基板 3 1 の上に構造物を製造する工程と前後して、あるいは同時に、図 6 ( c ) に示すように、第 1 の基板であるガラス基板 2 1 にハーフミラー 2 2 を形成するプロセスを行う。このプロセスでは、ガラス基板 2 1 の表面 2 1 a に、各画素の単位でハーフミラー 2 2 を形成する。あるいは、ガラス基板 2 1 の表面 2 1 a の全体にわたりハーフミラー 2 2 を形成しても良く、画素あるいは素子単位で駆動する反射体 4 2 と組み合わせられることで、画素単位で制御できる光スイッチング素子を構成できる。ハーフミラー 2 2 は、例えば、フッ化マグネシウムや氷晶石などの屈折誘電体の 1 / 4 の層と、硫化亜鉛などの高屈折誘電体の 1 / 4 の層を交互に積層することにより形成できる。そして、画素単位で分離する場合は、エッチングなどの公知の方法を適用できる。

#### 【 0 0 3 9 】

さらに、ハーフミラー 2 2 の上面 ( ハーフミラー膜 ) 2 2 a を含むガラス表面 2 1 a に、ITO などの透明導電膜を吸着防止用の膜 2 5 として設ける。ハーフミラー 2 2 の上面 2 2 a に反射体 4 2 の表面 4 1 が密着する際に、吸着防止層 2 5 を挟むことになる。この吸着防止層 2 5 は、反射面 4 1 とハーフミラーの表面 2 2 a を積極的に同電位 ( GND ) にすることが可能である。このため、ハーフミラー 2 2 が電氣的に浮いている場合でも、ハーフミラー 2 2 の表面 2 2 a がチャージアップし、このハーフミラーの表面 2 2 a と対向する反射面 4 1 とが静電吸着することを防止できる。したがって、反射体 4 2 を駆動するためのアクチュエータ 3 3 の消費電力を低減でき、また、反射体 4 2 の駆動速度を向上することができる。ITO 層などの吸着防止膜 2 5 は、反射体 4 2 の側に設けても良い。

#### 【 0 0 4 0 】

そして、図 6 ( d ) に示すように、ハーフミラー 2 2 が形成されたガラス基板 2 1 と、アクチュエータ 3 3 および反射体 4 2 が形成された半導体基板 3 1 を、ハーフミラーの表面 2 2 a と反射面 4 1 とが対面するように組み合わせる。基板 2 1 および 3 1 との間隔は、光スイッチング素子 1 0 の周囲に形成された柱 3 9 により、上述したように、アクチュエータ 3 3 で反射体 4 2 をオフ位置へ駆動した際にハーフミラー 2 2 と反射体 4 2 と間が距離 d 1 となり、オン位置で駆動したときに反射体 4 2 がハーフミラー 2 2 に密着するように設定する。

#### 【 0 0 4 1 】

このように、本例の光スイッチングデバイス 4 では、ハーフミラー 2 2 を第 1 の基板であるガラス基板 2 1 に設け、反射体 4 2 を第 2 の基板である半導体基板 3 1 に設けてある。ハーフミラー 2 2 と、反射体 4 2 とを異なる基板 2 1 および 3 1 の上に形成することにより、これらの基板 2 1 および 3 1 を並列で製造でき、製造工程を短縮し、また、簡略化だけでなく、光学的な特性も改善できるなどの多くのメリットがある。すなわち、図 8 を参考に説明したように、現在提案されている光干渉型の装置は 1 枚の基板上にスイッチング素子を構成しているために、電極と反射体あるいは半透過体とを兼ねた構造が要求されている。したがって、製造工程が複雑になったり、光学的な特性の改善が難しく、さらに駆動回路を容易には組み込めないといった欠点がある。

#### 【 0 0 4 2 】

これに対し、本例の光スイッチングデバイス 4 においては、まず、ハーフミラー 2 2 と反射体 4 2 とを別々の基板上に製造できるので、歩留まりが相乗されて悪化することがなく、極めて製造しやすい。そして、反射体 4 2 を別基板である半導体基板 3 1 で支持してい

10

20

30

40

50

るので、半導体基板 31 の上にアクチュエータ 33 を積層することが可能となり、アクチュエータ 33 として静電型に限らず、ピエゾなどのタイプも採用可能となる。そして、反射体 42 およびハーフミラー 22 が電極を兼用する必要が無くなるので、これらの両端が基板に固定されたり、支柱に固定されたりすることがない。したがって、スイッチングする間に撓んだり歪んだりする可能性が非常に低くなり、オフ位置で設定した距離  $d_1$  となるように反射体 42 およびハーフミラー 22 を制御できる。このため、本例の光スイッチングデバイス 4 は、距離  $d_1$  の公差も十分に確保できることもあり、所望の性能の光スイッチングデバイスを歩留まり良く製造することができる。

#### 【0043】

また、第 2 の基板 31 は、反射体 42 の反対側に位置することになるので、透明基板である必要はなく、半導体基板として駆動回路を従来の半導体基板を製造するプロセスで作り込むことができる。また、反射体 42 の反射面 41 が第 2 の基板 31 の外面を向き、また、ハーフミラー 22 の面 22a が外側を向くので、吸着防止膜を塗布するなどの処理がし易いなど、本例の光スイッチングデバイス 4 は反射性能の高い光スイッチングデバイスとするのに適した構成となっている。このように、本例の光スイッチングデバイス 4 は光干渉型でありながら、ハーフミラー 22 と反射体 42 とを別々の基板上に構成することにより、光干渉型の光スイッチング素子の各々の構成を最適化することが可能となっており、高性能の光スイッチングデバイス 4 を低コストで提供することができる。もちろん、基板（第 2 の基板）31 は、上記の半導体基板に限らず、アクチュエータ 33 を支持できる基板であれば、本発明の効果が得られる。

#### 【0044】

そして、本例の光スイッチングデバイス 4 では、各色の波長毎にオンオフの位置を変える必要がないので、複数のアレイ状に配置された光スイッチング素子 10 を、全て同じで比較的単純な構成で形成できる。つまり、各色の波長に応じた距離となるように、ハーフミラーと反射体の距離および電極間の距離を複雑に制御あるいは設計・製造する必要はなく、スイッチングする光の波長に依存しない構造を採用でき、アクチュエータの制御においても光の波長に依存しない条件でオンオフできる。この点においても、構造を簡略化でき、さらに信頼性の高い光スイッチングデバイス 4 を提供できる。このため、光スイッチングデバイス 4 の寸法上の制約を緩め、製造の容易化を実現でき、量産性のある光スイッチングデバイス 4 を提供できる。

#### 【0045】

なお、上記では、光スイッチングデバイス 4 に対し垂直に光が入射する画像表示装置を例に説明しているが、斜めに光が入射して出力される光スイッチングデバイスに対しても本発明を適用することができる。この場合は、その入射および出射光路に沿った距離を上記の  $d_1$  の範囲に設定することが望ましい。

#### 【0046】

また、照明機構 2 において、回転型のカラーフィルタ 2b を採用し、これにより時分割して所望の色を光スイッチングデバイス 4 に照射する例を示しているが、これに限られない。例えば、光源部に各色の LED を用いて、各色の光を順番に光スイッチングデバイスに照射できる照明機構であれば良い。また、単板式に限らず、同一の構成、すなわち、オフ位置が同じ光スイッチングデバイスを 3 組用いてダイクロイックミラーを用いた光学系と組み合わせて 3 板式のプロジェクタを構成することも可能である。

#### 【0047】

さらに、図 3 ないし 5 に示したように、波長が  $420\text{ nm} \sim 620\text{ nm}$  の範囲を超えるとコントラスト比が悪化する傾向になるので、照明機構 2 において、白色光を色分離すると共に、ダイクロイックミラーあるいはプリズムを用いて  $420\text{ nm}$  以下の波長の光や、 $620\text{ nm}$  以上の波長の光をカットして光スイッチングデバイス 4 に照射し、コントラスト比を向上させることも可能である。

#### 【0048】

また、上記では、光スイッチング素子 10 をアレイ状に並列に配置した例を示しているが

、複数の光スイッチング素子 10 あるいは光スイッチングデバイス 4 を用いて、光をシリーズに変調し、コントラスト比を向上できることは上述した通りである。

#### 【0049】

さらに、本発明のスイッチングデバイス 4 は反射型なので、図 7 に示すように、カラーフィルタ 81 を重ねて配置し、用いて反射型の液晶パネルと同様の直視型の画像表示装置 80 を提供できる。そして、液晶パネルより高速で、高解像度であり、さらに、消費電力も少ない画像表示装置を提供でき、携帯電話などの表示パネルとして採用することが可能である。

#### 【0050】

##### 【発明の効果】

以上に説明したように、本発明においては、オン位置で反射体と半透過体が密着し、オフ位置で反射体と半透過体とを可視光領域の光を干渉でオフできる距離にしている。特に、オフ位置の距離を  $130\text{ nm} \pm 5\text{ nm}$  程度にすることにより、10 : 1 というコントラストを実現できる。このため、本発明により、干渉型の光スイッチングデバイスにおいて、その寸法上の制約を緩め、製造を容易にでき、信頼性の高い光スイッチングデバイスを低コストで提供できる。

#### 【0051】

さらに、本発明は、ハーフミラー、すなわち半透過体と反射体との距離を制御する干渉型の光スイッチングデバイスに関するものであり、半透過体と、反射体とを異なる基板に形成することにより、歩留まりが相乗されて製品不良が増加するのを防止することができるなどの製造上のメリットを得ることができる。それと共に、反射体を別基板である半導体基板で支持することにより、反射体とアクチュエータとしての機能を分離することが可能となり、光学的性能を向上しやすく、さらに、半導体基板に駆動回路を組み込むことができるなどの上記にて開示した多種多様の効果を得ることができる。このため、本発明により、歩留りの高い、またスイッチングの信頼性も高い光スイッチングデバイスを提供できる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る光スイッチングデバイスを用いたプロジェクタ装置の概要を示す図である。

【図 2】図 1 に示す光スイッチングデバイスにおける光スイッチング素子のオン状態またはオフ状態を示す図である。

【図 3】図 2 に示す、反射体およびハーフミラーとの距離  $d_1$  が  $125\text{ nm} \sim 135\text{ nm}$  の範囲の光スイッチングデバイスから出射される光の波長と強度との関係を示すグラフである。

【図 4】図 2 に示す、反射体およびハーフミラーとの距離  $d_1$  が  $100\text{ nm} \sim 120\text{ nm}$  の範囲の光スイッチングデバイスから出射される光の波長と強度との関係を示すグラフである。

【図 5】図 2 に示す、反射体およびハーフミラーとの距離  $d_1$  が  $140\text{ nm} \sim 150\text{ nm}$  の範囲の光スイッチングデバイスから出射される光の波長と強度との関係を示すグラフである。

【図 6】図 2 に示す光スイッチングデバイスの製造プロセスを模式的に示す図である。

【図 7】本発明に係る光スイッチングデバイスを用いた直視型の表示装置の概要を示す図である。

【図 8】従来の干渉型の光スイッチングデバイスの一例を示す概略図である。

##### 【符号の説明】

- 1 プロジェクタ
- 2 照明機構
- 2 a 白色光源、2 b カラーフィルタ、2 c コンデンサーレンズ
- 3 ビームスプリッタ
- 4 光スイッチングデバイス

10

20

30

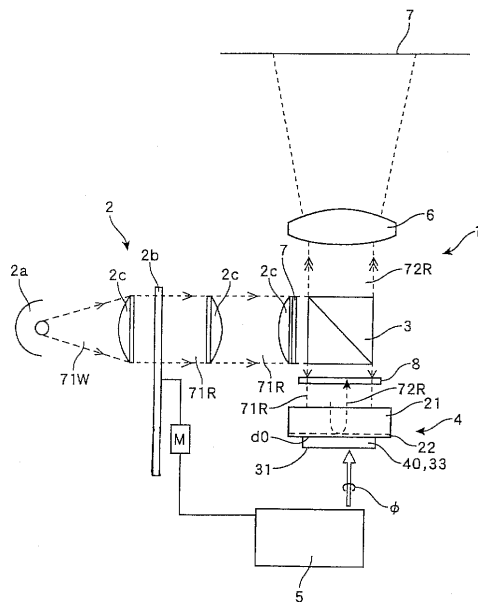
40

50

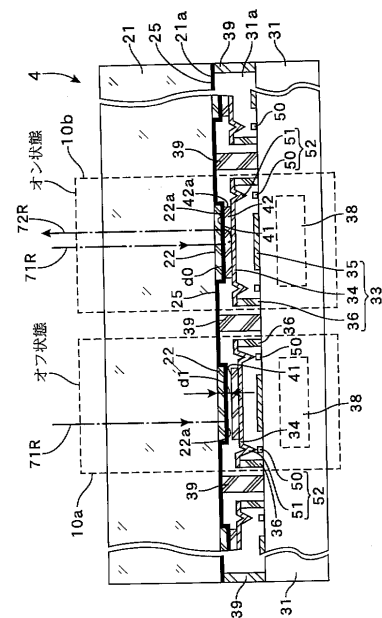
- 5 制御機構
- 6 投写レンズ
- 7 スクリーン
- 10 光スイッチング素子
- 21 ガラス基板（第1の基板）
- 22 ハーフミラー、22a ハーフミラーの表面
- 25 吸着防止層
- 31 半導体基板（第2の基板）
- 33 アクチュエータ
- 34 上電極
- 35 下電極
- 38 駆動回路
- 39 壁（支柱）
- 41 反射面
- 42 反射体
- 50 ストッパー
- 71 入射光
- 72 出力される表示光

10

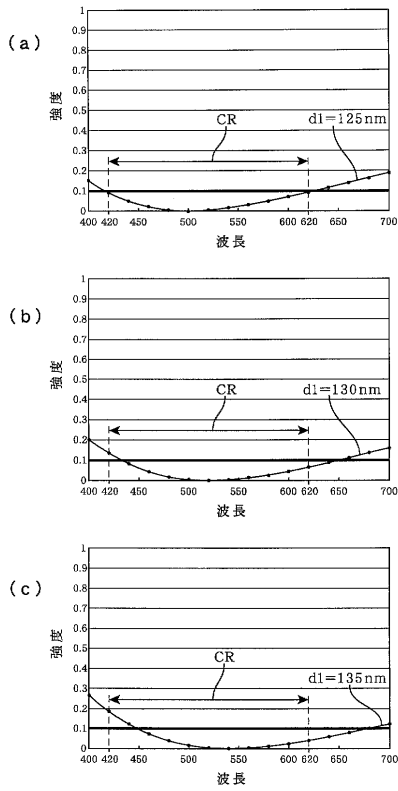
【図1】



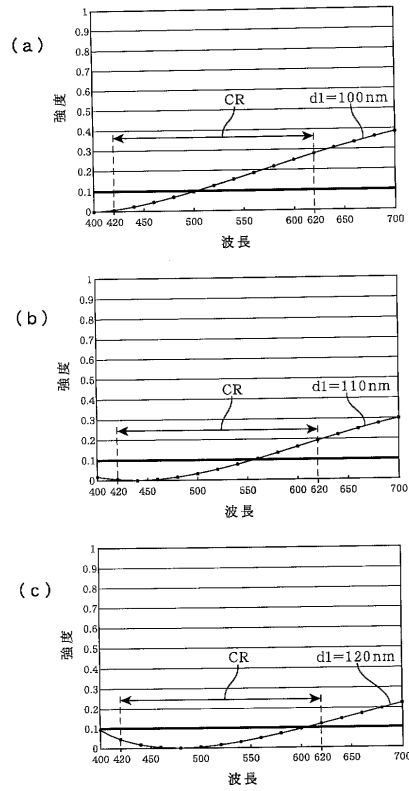
【図2】



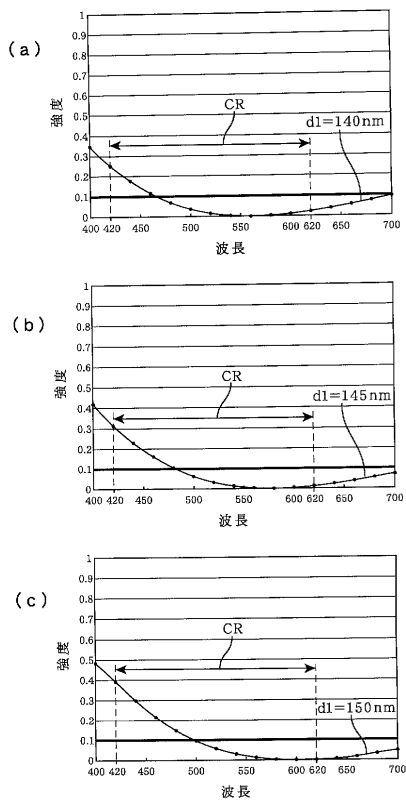
【図 3】



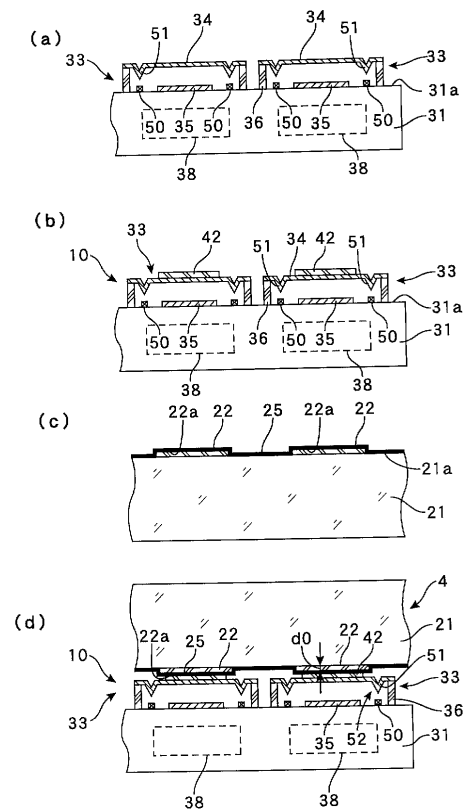
【図 4】



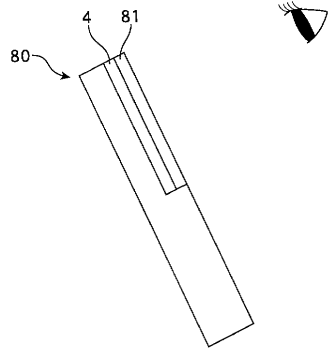
【図 5】



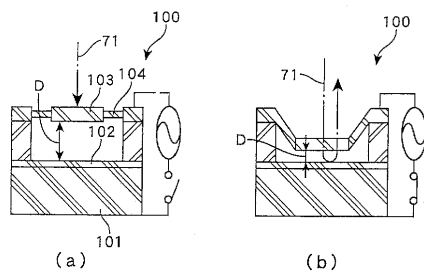
【図 6】



【図 7】



【図 8】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I		
<b>G 0 3 B 21/00 (2006.01)</b>		G 0 2 B 26/00		
<b>G 0 3 B 21/14 (2006.01)</b>		G 0 2 B 27/18		Z
<b>H 0 4 N 5/66 (2006.01)</b>		G 0 3 B 21/00		Z
<b>H 0 4 N 5/74 (2006.01)</b>		G 0 3 B 21/14		Z
		H 0 4 N 5/66		Z
		H 0 4 N 5/74		B

(72)発明者 野島 重男  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 三橋 健二

(56)参考文献 特開昭58-065475(JP,A)  
特開2000-075224(JP,A)  
特開2002-258179(JP,A)  
特開2002-023068(JP,A)  
特開平01-094312(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 26/08  
G03B 21/00  
G03B 21/14  
G09F 9/30