

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4316260号
(P4316260)

(45) 発行日 平成21年8月19日(2009.8.19)

(24) 登録日 平成21年5月29日(2009.5.29)

(51) Int.Cl.

G02B 27/18 (2006.01)
G02B 26/08 (2006.01)

F 1

G02B 27/18
G02B 26/08Z
E

請求項の数 23 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2003-56327 (P2003-56327)
 (22) 出願日 平成15年3月3日 (2003.3.3)
 (65) 公開番号 特開2003-270589 (P2003-270589A)
 (43) 公開日 平成15年9月25日 (2003.9.25)
 審査請求日 平成18年3月2日 (2006.3.2)
 (31) 優先権主張番号 10/086,397
 (32) 優先日 平成14年3月1日 (2002.3.1)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 500046438
 マイクロソフト コーポレーション
 アメリカ合衆国 ワシントン州 9805
 2-6399 レッドmond ワン マイ
 クロソフト ウェイ
 (74) 代理人 100077481
 弁理士 谷 義一
 (74) 代理人 100088915
 弁理士 阿部 和夫
 (72) 発明者 ゲーリー ケイ. スタークウェザー
 アメリカ合衆国 98006 ワシントン
 州 ベルビュー サウスイースト 57
 プレイス 17810

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光ディスプレイシステム及び光ディスプレイエンジン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照明光を供給する照明源と、
 照明光を受けてコリメートするコリメーティングレンズと、
 複数のレンズレットのアレイを有し、前記コリメーティングレンズから照明光を受ける
 マイクロレンズアレイと、
 複数のピクセルアーチャが貫通するアーチャプレートであって、前記複数のピクセルアーチャが、前記マイクロレンズアレイの前記複数のレンズレットと位置合せされ、
 前記マイクロレンズアレイの前記複数のレンズレットからの照明光を受けるアーチャプレートと、

前記マイクロレンズアレイとは前記アーチャプレートに関して反対側に配置されたマイクロエレクトリカルメカニカル反射体アレイであって、照明光を受け、反射させるために、前記複数のピクセルアーチャと位置合せして反射体を支持する複数のマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータを含み、該複数のマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは、ディスプレイドライバによって供給される駆動信号により前記反射体の向きを選択的に変えて、照明光を前記ピクセルアーチャに戻すように反射し、または照明光を前記アーチャプレートに向けるように反射するマイクロエレクトリカルメカニカル反射体アレイと、

前記マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータを現状態に保持するための、前記ディスプレイドライバとは別個のストレージドライバに接続されたすべてのマイクロエ

10

20

レクトリカルメカニカルアクチュエータについての共通ストレージ電極と、マイクロエレクトリカルメカニカル光変調器を通過する照明光を受けるディスプレイ画面と

を備えたことを特徴とするマイクロエレクトリカルメカニカル光ディスプレイシステム。

【請求項 2】

前記コリメーティングレンズからの照明光を受け、照明光を前記マイクロレンズアレイに向けて送るように配置された、ビームスプリッタを含む選択的反射体をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の光ディスプレイシステム。

【請求項 3】

前記反射体によって前記ピクセルアーバーチャに戻るよう反射された照明光は、前記ビームスプリッタを含む前記選択的反射体を介して、前記ディスプレイ画面まで送られることを特徴とする請求項 2 に記載の光ディスプレイシステム。

【請求項 4】

前記マイクロエレクトリカルメカニカル反射体アレイは平面基板上に形成され、前記複数のマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは、ある状態で前記基板および前記反射体と平行になるアクチュエータアーム上で前記反射体を支持することを特徴とする請求項 1 に記載の光ディスプレイシステム。

【請求項 5】

前記マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは静電マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータであることを特徴とする請求項 1 に記載の光ディスプレイシステム。

【請求項 6】

前記マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは、第 1 の方向状態および第 2 の方向状態を有し、それらの一方のみが静電活動化を必要とすることを特徴とする請求項 5 に記載の光ディスプレイシステム。

【請求項 7】

前記複数のマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは、固有残留応力を有するバイモルフとして形成されるアクチュエータアーム上で前記反射体を支持することを特徴とする請求項 5 に記載の光ディスプレイシステム。

【請求項 8】

前記マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは、前記アクチュエータアームの前記固有残留応力に抗して作動する静電活動化を有することを特徴とする請求項 7 に記載の光ディスプレイシステム。

【請求項 9】

前記照明源は 1 つの光源のみを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の光ディスプレイシステム。

【請求項 10】

前記ディスプレイ画面は透過型ディスプレイ画面であることを特徴とする請求項 1 に記載の光ディスプレイシステム。

【請求項 11】

前記照明源は単色であることを特徴とする請求項 1 に記載の光ディスプレイシステム。

【請求項 12】

前記照明源は多色であることを特徴とする請求項 1 に記載の光ディスプレイシステム。

【請求項 13】

前記照明源は、相異なる連続する時間枠にわたって、照明光の相異なる色域を供給することを特徴とする請求項 12 に記載の光ディスプレイシステム。

【請求項 14】

照明光を受けて収束させる複数のレンズレットのアレイを有するマイクロレンズアレイと、

10

20

30

40

50

複数のピクセルアーバーチャが貫通するアーバーチャプレートであって、前記複数のピクセルアーバーチャは、前記マイクロレンズアレイの前記複数のレンズレットと位置合せされ、前記複数のレンズレットからの照明光を受けるアーバーチャプレートと、

前記マイクロレンズアレイとは前記アーバーチャプレートに関して反対側に配置されたマイクロエレクトリカルメカニカル反射体アレイであって、照明光を受け、反射させるために、前記複数のピクセルアーバーチャと位置合せして反射体を支持する複数のマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータを含み、該複数のマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータが、ディスプレイドライバによって供給される駆動信号により前記反射体の向きを選択的に変えて、照明光を前記ピクセルアーバーチャに戻すように反射し、または照明光を前記アーバーチャプレートに向けるように反射するマイクロエレクトリカルメカニカル反射体アレイと、

前記マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータを現状態に保持するための、前記ディスプレイドライバとは別のストレージドライバに接続されたすべてのマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータについての共通ストレージ電極と

を備えたことを特徴とするマイクロエレクトリカルメカニカル光ディスプレイエンジン。

【請求項 15】

前記マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは静電マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータであることを特徴とする請求項 14 に記載の光ディスプレイエンジン。

【請求項 16】

前記マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは、第 1 の方向状態および第 2 の方向状態を有し、それらの一方のみが静電活動化を必要とする特徴とする請求項 15 に記載の光ディスプレイエンジン。

【請求項 17】

前記複数のマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは、固有残留応力を有するバイモルフとして形成されるアクチュエータアーム上で前記反射体を支持することを特徴とする請求項 15 に記載の光ディスプレイエンジン。

【請求項 18】

前記マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは、前記アクチュエータアームの前記固有残留応力を抗して作動する静電活動化を有することを特徴とする請求項 17 に記載の光ディスプレイエンジン。

【請求項 19】

照明光を受けて収束させる複数のレンズレットのアレイを有するマイクロレンズアレイと、

複数のピクセルアーバーチャが貫通するアーバーチャプレートであって、前記複数のピクセルアーバーチャが、前記マイクロレンズアレイの前記複数のレンズレットと位置合せされ、前記複数のレンズレットからの照明光を受けるアーバーチャプレートと、

前記マイクロレンズアレイとは前記アーバーチャプレートに関して反対側に配置されたマイクロエレクトリカルメカニカル反射体アレイであって、照明光を受け、反射させるために、前記複数のピクセルアーバーチャと位置合せして反射体を支持する複数のマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータを含み、前記複数のマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは、ディスプレイドライバによって供給される駆動信号により前記反射体の向きを選択的に変えて、照明光を前記ピクセルアーバーチャに戻すように反射し、または照明光を前記アーバーチャプレートに向けるように反射するマイクロエレクトリカルメカニカル反射体アレイと、

前記マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータを現状態に保持するための、前記ディスプレイドライバとは別のストレージドライバに接続されたすべてのマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータについての共通ストレージ電極と

を備えたマイクロエレクトリカルメカニカル光ディスプレイエンジンであって、

10

20

30

40

50

前記マイクロエレクトリカルメカニカル反射体アレイが平面基板上に形成され、前記複数のマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータが、ある状態で前記基板および前記反射体と平行になるアクチュエータアーム上で前記反射体を支持することを特徴とするマイクロエレクトリカルメカニカル光ディスプレイエンジン。

【請求項 20】

前記マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは静電マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータであることを特徴とする請求項19に記載の光ディスプレイエンジン。

【請求項 21】

前記マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは、第1の方向状態および第2の方向状態を有し、それらの一方のみが静電活動化を必要とする特徴とする請求項20に記載の光ディスプレイエンジン。

【請求項 22】

前記複数のマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは、固有残留応力を有するバイモルフとして形成されるアクチュエータアーム上で前記反射体を支持することを特徴とする請求項20に記載の光ディスプレイエンジン。

【請求項 23】

前記マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータは、前記アクチュエータアームの前記固有残留応力に抗して作動する静電活動化を有することを特徴とする請求項22に記載の光ディスプレイエンジン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ディスプレイシステム及び光ディスプレイエンジンに関し、より詳細には、マイクロエレクトリカルメカニカルシステム(MEMS)光変調器を利用する反射型ディスプレイシステムに係る光ディスプレイシステム及び光ディスプレイエンジンに関する。

【0002】

【従来の技術】

液晶ディスプレイなどのフラットパネル光ディスプレイシステムはよく知られており、広く使用されている。多くのこのようにディスプレイ(例えば液晶ディスプレイ)は、偏光照明光を必要とする。一般に、照明光の偏光により光は著しく減衰し、それによってディスプレイの輝度が低下し、または比較的高価な光構成部品が必要となる。さらに、このようなディスプレイの有するコントラスト比は一般に低く、このことは、イメージの明瞭度とイメージ全体の品質を低下させる。さらに、このようなディスプレイは、一般に複雑な、または困難な製造工程を必要とする。

いくつかの文献に上述のような従来の技術に関連した技術内容が開示されている(例えば、特許文献1参照)。

【特許文献1】

米国特許第6,650,460号明細書

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

従来のシステムには上述したような種々の問題があり、さらなる改善が望まれている。

【0004】

そこで本発明の目的は、従来装置の性能を改善することができるマイクロエレクトリカルメカニカルシステム(MEMS)光変調器を利用した光ディスプレイシステム及び光ディスプレイエンジンを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するために、本発明は、光を変調するためにマイクロエレクトリカルメカニカルシステム(MEMS)アクチュエータを利用するマイクロエレクトロメカニカル光

10

20

30

40

50

ディスプレイシステムを含む。当技術分野で周知の通り、MEMSアクチュエータは、従来の半導体(例えはCMOS)製造工程で半導体基板上に形成される超小型構成部品の制御を実現する。MEMSシステムおよびMEMSアクチュエータは、マイクロマシンドシステムオンチップ(micromachined systems-on-a-chip)と呼ばれることがある。

【0006】

一実施形態では、本発明によるMEMS光ディスプレイシステムは、照明光を供給する照明源と、照明光を受け、その照明光から、コリメートした照明光を形成するコリメーティングレンズと、レンズレット(lenslet)アレイを有しあつコリメーティングレンズから照明光を受けるマイクロレンズアレイとを含む。この集束マイクロレンズアレイは、照明光を、アパーチャプレート中のピクセルアパーチャのアレイを通じて、アパーチャプレートの反対側に配置されたマイクロエレクトリカルメカニカル反射体アレイに向けて送る。

10

【0007】

マイクロエレクトリカルメカニカル反射体アレイは、ピクセルアパーチャのアレイと位置合せして反射体を支持するマイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータのアレイを含む。マイクロエレクトリカルメカニカルアクチュエータのアレイは、反射体を選択的に配向して、(ディスプレイイメージの一部を形成するために)ピクセルアパーチャを通じて照明光を戻し、または(ロックするために)アパーチャプレートに向けて送る。ピクセルアパーチャを通過して戻る照明光は、マイクロレンズアレイおよびビームスプリッタを通過して、ディスプレイ画面まで送られる。

【0008】

20

本発明によるMEMS光ディスプレイシステムは、偏光照明光を用いずに動作可能であり、それによって偏光照明光の光減衰が解消され、または偏光照明光の費用が不要となる。加えて、MEMS反射体とアパーチャプレートとの協働によって光を完全にロックまたは変調することができ、それによって非常に高いコントラスト比を有するディスプレイイメージが得られる。さらに、このようなMEMSアクチュエータは、従来のCMOS回路製造工程で製造することができる。

【0009】

本発明のさらなる目的および利点は、添付の図面を参照しながら行われる、本発明の好適実施形態の詳細な説明から明らかとなろう。

【0010】

30

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0011】

本発明を理解する助けとなるよう、図1～15を参照しながら、MUMP工程(MUMPs process)を用いてマイクロメカニカルデバイスを製造する一般的手順を説明する。

【0012】

MUMP工程は3層のコンフォーマルポリシリコンを提供し、この3層のコンフォーマルポリシリコンをエッチングして所望の物理的構造を作成する。POLY 0と呼ぶ第1層は支持ウェハに結合され、それぞれPOLY 1およびPOLY 2と呼ぶ第2層と第3層はメカニカル層である。このメカニカル層は、層を分離し、工程中に除去される犠牲層を使用することによって、下にある構造と分離することができる。

40

【0013】

添付の図に、MEMS Technology Applications Center、3021 Cornwallis Road、Research Triangle Park、North Carolinaによって提供されるマイクロモータを構築するための一般的工程を示す。

【0014】

図1において、MUMP工程は、100mmのn型シリコンウェハ10から始まる。ウェハ表面は、POCl₃をドーパント源として使用して、標準的な拡散炉でリンを用いて高濃度にドープされる。これにより、その後でウェハ上に取り付けられる静電デバイスからシリコンへの電荷の貫通が減少する。次に、600nm LPCVD (Low Pressure Chemical Vapor Depo

50

sition) 窒化シリコン層 1 2 を電気的分離層としてシリコン上に付着させる。シリコンウェハおよび窒化シリコン層は基板を形成する。

【 0 0 1 5 】

次に、500 nm LPCVDポリシリコン被膜POLY 0 1 4 を基板上に付着させる。次いでPOLY 0 層 1 4 をフォトリソグラフィでパターン形成する。この工程は、後でPOLY 0 層にパターンを転写する目的で、POLY 0 層をフォトレジスト 1 6 で被覆し、マスク(図示せず)でフォトレジストを露光し、露光したフォトレジストを現像して、所望のエッチングマスクを生成することを含む(図 2)。フォトレジストをパターン形成した後、POLY 0 層 1 4 を反応性イオンエッティング(RIE)システムでエッティングする(図 3)。

【 0 0 1 6 】

図 4 を参照すると、LPCVDにより、2.0 μm ホスホシリケイト(phosphosilicate)ガラス PSG 犠牲層 1 8 が、POLY 0 層 1 4 上と窒化物層 1 2 の露出部分上に付着する。本明細書中で第 1 酸化物(First Oxide)と呼ぶこのPSG層は、工程の終わりに除去され、ポリシリコン POLY 1 の第 1 メカニカル層(以下で説明する)が、その下にある構造、すなわちPOLY 0 および窒化シリコン層から剥離される。DIMPLESマスクを用いてこの犠牲層をリソグラフィでパターン形成し、RIEにより第 1 酸化物層中に深さ 750 nm のくぼみ 2 0 を形成する(図 5)。次いでウェハを第 3 マスク層ANCHOR 1 でパターン形成し、エッティングして(図 6)、第 1 酸化物層からPOLY 0 層に延びるアンカ穴 2 2 が得られる。ANCHOR 1 の穴は、次のステップでPOLY 1 層 2 4 によって充填されることになる。

【 0 0 1 7 】

ANCHOR 1 のエッティングの後、ポリシリコンの第 1 構造層(POLY 1) 2 4 を厚さ 2.0 μm 付着させる。次いで薄い 200 nm PSG 層 2 6 をPOLY 1 層 2 4 の上に付着させ、ウェハをアニールして(図 7)、PSG 層からのリンでPOLY 1 層をドープする。アニールにより、POLY 1 層中の応力も減少する。POLY 1 層およびPSGマスキング層 2 4 、 2 6 をリソグラフィでパターン形成し、POLY 1 層の構造を形成する。POLY 1 層のエッティングの後(図 8)、フォトレジストをはがし、残りの酸化物マスクをRIEで除去する。

【 0 0 1 8 】

POLY 1 層 2 4 をエッティングした後、第 2 PSG層(以下「第 2 酸化物(Second Oxide)」と呼ぶ) 2 8 を付着させる(図 9)。異なる目的を有する 2 つの異なるエッティングマスクを使用して、第 2 酸化物をパターン形成する。

【 0 0 1 9 】

第 1 に、POLY 1 _POLY 2 _VIAエッティング(3 0 で示す)により、第 2 酸化物中にPOLY 1 層 2 4 に至るエッティング穴を設ける。このエッティングにより、POLY 1 層と後続のPOLY 2 層との間の機械接続および電気接続が得られる。POLY 1 _POLY 2 _VIA層をリソグラフィでパターン形成し、RIEでエッティングする(図 1 0)。

【 0 0 2 0 】

第 2 に、ANCHOR 2 エッティング(3 2 で示す)を提供して、第 1 酸化物層 1 8 および第 2 酸化物層 2 8 と、POLY 1 層 2 4 の両方を 1 ステップでエッティングする(図 1 1)。ANCHOR 2 エッティングでは、POLY 1 _POLY 2 _VIAエッティングと同様に、第 2 酸化物層をリソグラフィでパターン形成し、RIEでエッティングする。図 1 1 に、POLY 1 _POLY 2 _VIAエッティングとANCHOR 2 エッティングがどちらも完了した後のウェハ断面図を示す。

【 0 0 2 1 】

次いで第 2 構造層POLY 2 3 4 を厚さ 1.5 μm 付着させ、その後にPSGを 200 nm 付着させる。次いでウェハをアニールし、POLY 2 層をドープして、その残留被膜応力を軽減する。次に、POLY 2 層を第 7 のマスクを用いてリソグラフィでパターン形成して、PSGおよびPOLY 2 層をRIEでエッティングする。次いで、フォトレジストをはがすことができ、マスキング酸化物を除去する(図 1 3)。

【 0 0 2 2 】

MUMP工程での最終的な付着層は、プローピング、ボンディング、および電気的経路指定を実現し、高反射率ミラー面を提供する 0.5 μm 金属層 3 6 である。第 8 のマスクを用いて

10

20

30

40

50

ウェハをリソグラフィでパターン形成し、リフトオフ技法を用いて金属を付着させ、パターン形成する。最終的な未剥離の例示的構造を図14に示す。

【0023】

最後に、周知の方法を用いてウェハに犠牲層の剥離および試験を施す。図15に、犠牲酸化物を剥離した後のデバイスを示す。

【0024】

好適実施形態では、本発明のデバイスは、MUMP工程により上述のステップに従って製造される。しかし、本発明のデバイスは、図1～15の一般的工程で図示する特定のマスクを利用するのではなく、本発明の構造に特有のマスクを使用する。さらに、MUMP工程についての上記のステップは、MEMS Technology Applications Centerによって指示されるよう 10 に変更される可能性がある。製造工程は本発明の一部ではなく、本発明を作成するのに使用することができるいくつかのプロセスのうちの1つに過ぎない。

【0025】

図16は、本発明によるマイクロエレクトリカルメカニカル構造(MEMS)光ディスプレイシステム50の概略側面図である。ディスプレイシステム50は、光源52と、照明光を集光レンズ58に向けて送る反射体54とを含む。ビームスプリッタ60は集光レンズ58から照明光を受け、その光を、レンズレット64の2次元アレイ(1次元のみ図示)を有するマイクロレンズアレイ62に向けて反射する。マイクロレンズアレイ62のレンズレット64は照明光を受け、その光を、アパーチャプレート68中のアパーチャ66を通じてマイクロエレクトリカルメカニカル構造(MEMS)反射変調器70に集束させる。マイクロレンズアレイ62は、プラスチックレンズの成形アレイ、またはホロレンズとも呼ばれるホログラフィックレンズのアレイとして形成することができ、あるいは従来のガラスレンズの組立てアレイとすることもできる。 20

【0026】

MEMS反射変調器70は、アパーチャプレート68中の対応するアパーチャ66の反対側に配置されるマイクロエレクトリカルメカニカル構造(MEMS)反射体72の2次元アレイを有する。各MEMS反射体72はピクチャ要素すなわちピクセルに対応し、イメージ制御信号に従ってアパーチャ66を通じて照明光を選択的に反射し、それによってディスプレイイメージを形成するようにディスプレイコントローラ78で別々に制御可能である。例えば、各MEMS反射体72は、所与のピクセル期間についての対応するピクセルの輝度に比例して 30 、そのアパーチャ66を通じて光をある時間だけ送り返す。アパーチャ66を通じてMEMS反射体72が反射した光は、レンズレット64およびビームスプリッタ60を通過して、透過型ディスプレイ画面86の背面84まで送られ、閲覧者88がその光を見る。代替の実施形態では、透過型ディスプレイ画面86上に所望のイメージサイズを提供するように、ビームスプリッタ60と透過型ディスプレイ画面86の間に投影レンズアレイを配置して、光場を拡大または縮小することができる。MEMS反射変調器70、アパーチャプレート68、およびマイクロレンズアレイ62は、広範な応用例のためのコンパクトかつ効率的に製造することができるディスプレイエンジン90とみなすことができる。

【0027】

MEMS光ディスプレイシステム50は、一般に入手可能な液晶ディスプレイと比べていくつかの利点を有する。例えばMEMS反射変調器70は、液晶セルの典型的な動作とは対照的に、照明光を偏光する必要がない。これにより、偏光に通常伴う費用や光減衰が解消される。さらに、典型的な液晶セルが光を著しく減衰させるのに対して、MEMS反射変調器70は、非変調光をほぼ減衰せずに通すことができる。同様に、MEMS反射変調器70は、液晶セルよりずっと高いコントラスト比を実現することができる。光はアパーチャ66を通じて無損失に反射するか、またはアパーチャプレート68で完全にロックされて、光の完全な変調が実現されるからである。最後に、MEMS反射変調器70は、液晶ディスプレイに關して通常は必要となる複雑な工程を必要とせずに、従来のCMOS回路技法で製造することができる。 40

【0028】

10

20

30

40

50

一実施形態では、例えば、MEMS反射変調器70は、アパー・チャ66の対応する200×200アレイを通過する光を制御するために、MEMS反射体72の200×200アレイを含むことができる。この実施形態では、例えば、マイクロレンズアレイ62は、焦点距離約1mmをそれぞれ有する200×200レンズレット64を含むことができ、アパー・チャ66は、間隔が約50μmの、適切で規則的なアレイに配置することができる。このような実施形態でのMEMS反射変調器70は、寸法1cm×1cmを有することができる。マイクロレンズアレイ62のレンズレット64により倍率約2.5が得られると、ディスプレイ画面86は寸法約2.5cm×2.5cm、すなわち約1インチ×1インチを有することができる。

【0029】

図17は、多色照明源152および関連する反射体154の一実施形態を示すマイクロエレクトリカルメカニカル構造(MEMS)光ディスプレイシステム150の概略側面図である。ディスプレイシステム50の構成要素と概して同じMEMS光ディスプレイシステム150の構成要素は、同じ参照符号で示す。

10

【0030】

照明源152は、概して一列に配置され、かつそれぞれ赤色光、緑色光、青色光を生成する複数(例えば3つ)の色成分光源(例えばランプ)156R、156G、および156Bを含む。MEMS反射体72を別々に制御するディスプレイコントローラ158も、色成分光源156R、156G、および156Bを別々に活動化(activate)する。ディスプレイコントローラ158が色成分光源156R、156G、および156Bを次々に活動化する間、ディスプレイコントローラ158は、赤色、緑色、および青色のイメージ成分に対応するMEMS反射体72に制御信号を印加し、それによってフィールド順次式の方法で色成分イメージを形成する。

20

【0031】

例えば、レート180Hzで生成される色成分イメージは、イメージフレームレート60Hzを実現することができる。1つの例示的実施形態では、200×200多色ピクセルのディスプレイでは、レンズレット64の204×204アレイを有するマイクロレンズアレイ62を使用して、表示全域を形成する光の相異なる色成分が取る相異なる光路を補償することができる。アパー・チャプレート68およびMEMS反射変調器70は、それぞれ対応するアパー・チャ66および反射体72のアレイを含む。代替の実施形態として、当技術分野で周知の通り、スピニングカラー・ホイールおよび白色光源によって、複数の連続する照明色を得ることを理解されたい。

30

【0032】

図18および19は、MEMS反射体72を制御するための、それぞれ活動化状態および弛緩状態の例示的MEMSアクチュエータ170の概略側面図である。図18は、関連するアパー・チャ66の後ろで、光伝播方向172に対して概して垂直に配向されるMEMS反射体72を示す。この活動化されたディスプレイONの状態では、アパー・チャ66を通過する方向に向けて送られる照明光は、MEMS反射体72によって反射され、アパー・チャ66を通じて戻り、ディスプレイイメージ中に含められる。図19は、光伝播方向172に対して傾斜した向きに配向されるMEMS反射体72を示す。この弛緩したディスプレイOFFの状態では、アパー・チャ66を通過する方向に向けて送られる照明光は、MEMS反射体72によってアパー・チャプレート68の固体領域に向けて反射されて、ディスプレイイメージからはブロックされ、除外される。

40

【0033】

図20は、MEMSアクチュエータ170の平面図であり、図21および22は、それぞれ活動化状態および弛緩状態のMEMSアクチュエータ170の側面図である。MEMSアクチュエータ170は、MEMS反射体72を制御するのに使用することができる様々なMEMSアクチュエータのうちの1つである。

【0034】

MEMSアクチュエータ170は静電アクチュエータの一実施形態であり、基板176(例えば基板10または窒化物層12、図示せず)に固定された構造アンカ174(図21および

50

22)を含む。カンチレバー式たわみアーム178の一端177はアンカ174に固定され、またはアンカ174と一体的に形成され、かつMEMS反射体72(例えば金製)を支持する自由パドル端または浮動パドル端180まで延びる。たわみアーム178は、半導体(例えばポリシリコン)アームベース181と、アームベース181の半導体(例えばポリシリコン)以外の材料の残留応力層182とを含む。

【0035】

残留応力層182は、アームベース181の半導体(例えばポリシリコン)材料の膨張係数とは異なる膨張係数を有するように選択された材料(例えば金)で形成される。図示する実施形態では、残留応力層182は、アームベース181の上面に形成される。アームベース181と、金および残留応力層182の熱膨張係数が異なることにより、たわみアーム178がバイモルフとして特徴付けられる。 10

【0036】

任意選択のたわみスコア(score)184は、アームベース181の上面に延在し、アームベース181の長手方向を部分的または完全に横切って延びる(前者を図示)。たわみスコア184は、互いに間隔を置いて配置され、たわみアーム178の長手方向に対して、概して垂直である。一実施形態では、残留応力層182は、任意選択のたわみスコア184が存在するとき、たわみスコア184相互間に形成される。

【0037】

MEMSアクチュエータ170は、たわみアーム178に沿い、かつたわみアーム178の下で、間隔を置いて基板176内または基板176上に形成された1つまたは複数の静電活動化(activation)電極190を含む。活動化電極190およびたわみアーム178は、それぞれアクチュエータコントローラ192および194に電気的に接続される。任意選択のメモリまたはロック電極200は、浮動パドル端180の下に形成され、任意選択のメモリコントローラ198に電気的に接続される。 20

【0038】

図21に示す、活動化されたディスプレイONの状態では、相補信号または電気的状態が、アクチュエータコントローラ192および194によって活動化電極190およびたわみアーム178に印加され、それらの間に静電引力が与えられる。活動化電極190とたわみアーム178との間の静電引力は、たわみアーム178を基板176に対して概して水平に保持する役割を果たす。次いで、メモリ電極200に接続された任意選択のメモリコントローラ198を別個に活動化することは、相補信号が活動化電極190に供給され、たわみアーム178が弛緩した後であっても、たわみアーム178を基板176に対して概して水平に保持する役割を果たす。 30

【0039】

たわみアーム178から基板176に向かって延びる離間したくぼみ202により、たわみアーム178が、活動化されたディスプレイON状態で、基板176と離間した関係に保持される。くぼみ202は、基板176の絶縁体(例えば窒化物層)と接触する。パドル端180の端部のところのくぼみ202もまた、活動化されたディスプレイONの状態で、反射体72を水平に(すなわち基板176と平行に)保ち、かつたわみアーム178をメモリ電極200と離間した状態に保つ。 40

【0040】

図22に示す、弛緩したディスプレイOFFの状態では、相補信号または電気的状態が、アクチュエータコントローラ192および194によってそれぞれ活動化電極190およびたわみアーム178に印加されず、または相補信号が、アクチュエータ170を活動化するのに不十分である。同様に、任意選択のメモリコントローラ198は活動化されない。したがって、図21に示すように、アームベース181と残留応力層182の間の残留応力は、たわみアーム178を、下にある基板176の面外に湾曲させ、傾斜させ、または「カール」させる働きをする。

【0041】

一実施形態では、弛緩したディスプレイOFFの状態での反射体72は、基板176に対し

10

20

30

40

50

て約12度の向きに静止する。一実施形態では、アクチュエータ170を活動化または解放する(すなわち、弛緩したディスプレイOFFの状態と、活動化されたディスプレイONの状態との間で変化させる)のに、遷移時間約1msが必要である。この遷移時間は変更することができ、大幅に削減できることを理解されたい。

【0042】

図23は、アクチュエータ170の動作を示すための、ストレージ能力またはメモリ能力を有するアクチュエータ170の2×2アレイ210の概略図である。アレイ210の動作は、以下の活動化信号または制御信号を参照して記述される。

Vse=記憶電極電圧

Ry=行yに対するミラーアーム電圧

10

Cx=列xに対する作動電極電圧

【0043】

1つの例示的実施形態として、活動化されたディスプレイONの状態に対する、アレイ210中の位置CxRy(例えば位置C1R2)での單一アクチュエータ170の作動は、行活動化電圧(例えば+60ボルト)を行電極Ry(例えばR2)に印加し、行電極Ryが行活動化電圧を行中の各アクチュエータのたわみアーム178に送達することによって実施される。列活動化電圧(例えば-60ボルト)は列電極Cx(例えばC1)に印加され、列電極Cxは、列活動化電圧を列中の各アクチュエータ170の活動化電極に送達する。これらの例示的な行と列の活動化電圧により、アレイ210中の位置CxRy(例えば位置C1R2)のアクチュエータ170で、たわみアーム178と活動化電極190との間に電圧差120ボルトが確立される。作動には少なくとも114ボルトの電圧差が必要であり、アクチュエータ170を活動化するには120ボルトの差で十分である。

20

【0044】

たわみアーム178に送達される行活動化電圧に対する差を確立するために、メモリ電圧またはストレージ電圧をメモリ電極200に印加する場合、活動化電圧は一時的に印加するだけよい。具体的には、たわみアーム178をメモリ電極200に向かって反らせ、メモリ電極200がたわみアーム178を保持するのに十分なだけ長く(例えば一実施形態では1ms)活動化電圧を印加するだけよい。

【0045】

行電極Ryと列電極Cx以外の行電極と列電極を中間電位(例えば一実施形態では0ボルト)に保持して、活動化行電極Ryに行活動化電圧を印加し、列電極Cxに列活動化電圧を印加することは、位置CxRyのアクチュエータ170だけを活動化させる働きをする。例えばRy=+60ボルトかつCx=-60ボルトでは、行Ryと列Cx中の他のアクチュエータ170はそれぞれ、作動には不十分な、60ボルトの電圧差しか受けない。さらに、ストレージ電極またはメモリ電極200を通電すると、具体的に活動化されないすべてのアクチュエータ170は、以前の状態を保持することになる。例えば、ストレージ電極またはメモリ電極200には、電圧+60ボルトを通電することができる。このようなメモリ電位またはストレージ電位は、すべてのストレージ電極200と、具体的に活動化されず、アドレス指定されないアクチュエータ170との間に、ディスプレイONの状態にそれらを保持するのに十分な、少なくとも25ボルトの差を確立する。

30

【0046】

アクチュエータ170は、活動化されたディスプレイONの状態の場合に反射体72が水平な(すなわち基板176に平行な)位置に移動する作動(または活動化)状態と、弛緩したディスプレイOFFの状態の場合に反射体72が水平な(すなわち基板176に平行な)位置から解放され、面外にカールする解放状態と、作動後に反射体72が水平な(すなわち基板176に対して平行な)位置に保持されるストレージ状態を有するとみなすことができる。作動状態とストレージ状態は、以下の式で表すことができる。

$A_{xy} = |R_y - C_x| = \text{ミラー} - RxCy$ に対する作動電位差

$H_{xy} = |R_y - V_{se}| = R_y$ 上のミラーに対するストレージ電極を介する保持電位差

(解放状態からの)作動

40

50

ミラーは、 $A_{xy} > 114$ ボルトの場合にのみ作動(ダウン)状態に遷移する
(作動状態からの)解放

ミラーは、 $A_{xy} < 53$ ボルトかつ $H_{xy} < 25$ ボルトの場合にのみ解放(アップ)状態に遷移する
【0047】

ストレージ

ミラーは、以下の場合にのみ現状態を保持する

状態=作動の場合、 $A_{xy} > 53$ ボルトまたは $H_{xy} > 25$ ボルト

状態=解放の場合、 $A_{xy} < 114$ ボルト

【0048】

図24は、ストレージ能力またはメモリ能力を有するアクチュエータ170の 50×50 アレイ230の断片的な概略図である。アレイ230は、対応する行ドライバ234に結合された50個の行電極232と、対応する列ドライバ238に結合された50個の列電極236と、メモリドライバ242に接続されたすべてのアクチュエータ170についての共通ストレージ電極240とを使用する。行ドライバ234と列ドライバ238は、各電極232および236についての個々のドライバを含むことができ、または電極間で多重化された、より少ない数のドライバを含むことができることを理解されたい。ドライバ234、238、および242、ならびに他の電子回路は、複雑さ、パッケージング、および経済性に応じて、基板176上に形成することができ、または別々の装置として形成することができる。ディスプレイプロセッサ244は、ディスプレイ入力246からディスプレイ信号を受け取り、対応する制御信号をドライバ234、238、および242に供給する。

【0049】

この実施形態では、行ドライバ234は、0ボルトと+60ボルトの間で切り換わり、列ドライバ238は、0と、+60と、-60ボルトの間で切り換わる。ストレージ電極ドライバ242は、0ボルトと+60ボルトの間で切り換わる。アクチュエータ170を順次アドレス指定する場合、アレイ230内のすべてのアクチュエータ170をアドレス指定するのに、約 $50 \times 50 \times 1\text{ms}$ 、すなわち2.5秒必要である。アドレス指定する必要があるのは、状態変化が必要な反射体72を備えるアクチュエータ170だけであることを理解されたい。したがって、アドレス指定すべきアクチュエータが全アクチュエータ170よりも少ない場合、必要な時間は短くなる。50個の行ドライバ234と50個の列ドライバ238を使用する場合、その行または列は同時にアドレス指定することができ、行または列中のアクチュエータ170が並列に活動化され、それによってアレイアドレス指定期間が約50msに低減される。

【0050】

図25は、行順次アドレス指定方法250の流れ図である。この方法を、上述のアクチュエータ170およびアレイ230の例示的実施形態を参照しながら説明する。行順次アドレス指定方法250は、アクチュエータ170およびアレイ230の他の実施形態に容易に適応させることができることを理解されたい。

【0051】

ステップ252は「全クリア」ステップを示す。このステップでは、例えばアレイ250内のすべてのアクチュエータ170の反射体72が、弛緩したノーディスプレイ状態に戻る。ステップ252の全クリアは任意選択であり、以下の駆動電圧で表すことができる。 $V_{se}=R_y=C_x=0$ ボルト(すべてのxとyについて)

【0052】

ステップ254は「アームストレージ」ステップを示す。このステップでは、ストレージドライバ242が、すべてのアクチュエータ170についてのストレージ電極240を活動化または通電する。ステップ254のアームストレージは、以下の駆動電圧で表すことができる。

$V_{se}=+60$ ボルト

【0053】

10

20

30

40

50

ステップ254は、+60ボルトをストレージ電極240に印加し、その結果、活動化された任意のアクチュエータ170が、解放されるまで、活動化されたディスプレイONの状態に保持される。ストレージ電極240の活動化は、弛緩状態のアクチュエータ170を活動化するには不十分であるので、このステップは、弛緩したディスプレイOFFの状態のアクチュエータに影響を及ぼさない。

【0054】

ステップ256は「開始」ステップを示す。このステップでは、行または列(例えば行)のカウンタを値「1」に初期化する。ステップ258では、アレイ230内のアクチュエータ170の第1行に行カウンタ"i"をセットする。開始ステップ256は、以下のように表すことができる。

Set "i"=1

【0055】

ステップ258は「Row-iセット」ステップを示す。このステップでは、すべてのアクチュエータ170についてのストレージ電極240を、ストレージドライバ242で活動化または通電する。ステップ258のRow-iセットは以下の駆動電圧で表すことができる。

Set Ry=i=+60ボルト

Cx=データ状態 (Ry=iC1, Ry=iC2, ..., Ry=iC50について)

Row-i (Ry=i=+60ボルト)内のアクチュエータ170を活動化するために、Cx=-60ボルトをセットすると、以下の活動化の差が得られる。

(Ax,y=i=|60-(-60)|=120ボルト=>ミラーが作動する)

Row-i (Ry=i=+60ボルト)内のアクチュエータ170を解放するために、Cx=+60ボルトをセットすると、以下の解放の差が得られる。

(Ax,y=j=|60-60|=0ボルト, Hx,y=j=|60-60|=0ボルト(保持されない))

Row-i (Ry=i=0ボルト)以外のミラーでは、

Ax,y i=|0-Rx|(0または60)ボルト 作動には不十分

Hx,y i=|0-60|=60ボルト 状態を保持するのに十分

Hx,y=i=0ボルトであるので、このステップではRow-i内に保持機能が存在しないことに留意されたい。したがって、ステップ258は、Row-i中のアクチュエータ170の状態を、必要な新しい位置にセットする(または以前に作動し、保持した状態を、必要な新しい位置に解放する)。

【0056】

ステップ260は「すべて保持」ステップを示す。このステップでは、すべての行電極および列電極を中間電位(例えば0ボルト)に設定し、すべてのアクチュエータ170についてのストレージ電極240を、現在の状態を保持するのに十分なストレージドライバ242で活動化または通電する。すべて保持ステップ260は、以下の駆動電圧で表すことができる。

すべてのRy=0ボルト、かつすべてのCx=0ボルト

Hxy=60ボルト

【0057】

ステップ262は「行増分」ステップを示す。このステップでは、カウンタ「i」をカウント1だけ増分する。ステップ262は、すべての行をアドレス指定するまで(例えば、カウント「i」=50まで)反復的にステップ258に戻る。ステップ262の後にステップ262が続く。

【0058】

ステップ264は、ステップ256に戻る「反復」ステップを示す。

【0059】

上述の例示的実施形態では、たわみアーム178と活動化電極190との間の活動化電位が114ボルトよりも大きいと、弛緩状態のカールしたたわみアーム178を基板176へ引き寄せるのに十分な静電力が確立される。その結果、くぼみ202が基板176に対して引き寄せられ、反射体72が水平になり、名目上0度となり、活動化されたディス

10

20

30

40

50

レイONの状態になる。

【0060】

図26は、印加電圧差に対するアクチュエータ170のヒステリシス特性を示すグラフ280である。図26に示すように、アクチュエータ170は、約114ボルトでの活動化の後、アクチュエータ170を解放するために印加電圧差を53ボルト未満に降下させる必要があるようなヒステリシス効果を示す。

【0061】

底部の水平部分282は、弛緩した上向きの状態から、活動化された下向きの状態にたわみアーム178を移動するために、活動化電極190とたわみアーム178との間の電圧差を約114ボルトに上昇させる必要があることを示す。この遷移を垂直部分284で示す。上部の水平部分286は、次いで活動化された下向きの状態から、弛緩した上向きの状態にたわみアーム178を移動するために、約53ボルトまで電圧差を降下させる必要があることを示す。この遷移を垂直部分288で示す。

10

【0062】

ストレージ活動化部分290は、ストレージ電極240の活動化を示し、活動化電極190とたわみアーム178との間の電圧差が53ボルト未満に降下しても、たわみアーム178が依然として活動化された下向きの状態にあることを示す。図示する実施形態では、ストレージ電極240の活動化は、ストレージ電極240とたわみアーム178との間の25ボルトを超える電圧差(例えば60ボルト)を含む。一方、ストレージ非活動化部分292は、ストレージ電極240が活動化されない(例えば0ボルト)ことを示し、活動化電極190とたわみアーム178との間の電圧差が53ボルト未満に降下したとき、たわみアーム178が、弛緩した上向きの状態に戻ることを示す。

20

【0063】

アクチュエータ170のヒステリシスにより、ストレージ電極240を使用せずに、アクチュエータ170を活動化された下向きの状態に操作および保持することが可能となることを理解されたい。このような操作は、行と列の駆動電圧に関してより厳密な許容を必要とし、かつ工程または製造のばらつきに敏感となる可能性があり、動作障害を引き起こす可能性がある。それでも、ストレージ電極240を使用せずにアクチュエータ170を動作させることができ、それによりレイアウトがより単純になり、ストレージドライバの要件が不要となる。

30

【0064】

例示的MUMPs製造工程を参照すると、アームベース181は、Poly2層上にパターン形成された1.5μm厚のポリシリコンの単一クランプカンチレバーとして形成することができる。活動化電極190はPoly0層から形成することができる。Anchor1を有するPoly2層中にくぼみ202(すなわち、2μm Oxide1層中の穴)を形成して、離隔2μmを与えることができ、それによって、たわみアーム178の底面の大半が、作動したときに活動化電極190と電気的に接触することが防止される。残留応力層182は、0.5μm厚の金の層として形成することができる。反射体72もまた、光学的反射率を増大させるために金で被覆することができる。

40

【0065】

たわみアーム178のパドル端180は、アーム178の残りの部分に特有の残留応力によるカーリングに抵抗するように形成することができる。図27は、例えばPoly2(すなわち、アームベース181の材料)の1.5μm厚の層302、(くぼみ202を含む)Poly1の2μm厚の層304、ならびに層302と304の間に封入されたOxide2の0.75μm厚の層306の、比較的厚い複合構造300として形成された一実施形態のパドル端180の概略断面図である。

【0066】

好適実施形態の説明の一部で、前述のMUMPs製造工程のステップを参照している。しかし前述のように、MUMPsは、広範なMEMSデバイス設計に対処する一般的な製造工程である。したがって、本発明のために具体的に設計される製造工程は、異なるステップ、追加のステッ

50

ブ、異なる寸法および厚さ、ならびに異なる材料を含むことがあり得る。このような特定の製造工程は、フォトリソグラフィ工程の技術分野の技術者の知識の範囲内にあり、本発明の一部ではない。

【0067】

本発明者等の発明の原理を適用することができる多くの可能な実施形態に鑑みて、詳細な実施形態は単なる例に過ぎず、本発明者等の発明の範囲を限定するものと解釈すべきでないことを理解されたい。むしろ本発明者は、頭記の特許請求の範囲およびその均等物の範囲および趣旨内に包含される可能性のあるすべての実施形態を本発明者等の発明として主張する。

【0068】

10

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、従来装置の性能を改善することができるマイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーザMEMS工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

【図1】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーザMEMS工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

【図2】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーザMEMS工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

20

【図3】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーザMEMS工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

【図4】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーザMEMS工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

【図5】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーザMEMS工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

30

【図6】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーザMEMS工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

【図7】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーザMEMS工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

【図8】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーザMEMS工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

【図9】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーザMEMS工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

40

【図10】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーザMEMS工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

【図11】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーザMEMS工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

【図12】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーザMEMS工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程

50

が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

【図13】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーチューメンズ工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

【図14】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーチューメンズ工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

【図15】マイクロエレクトリカルメカニカルデバイスを製作するための、従来技術で周知の一般的なマルチユーチューメンズ工程の断面図であり、図示する従来技術の構造および工程が見やすいようにクロスハッチングを省略した図である。

【図16】本発明によるマイクロエレクトリカルメカニカル(MEMS)光ディスプレイシステムの一実施形態の図である。

【図17】本発明によるマイクロエレクトリカルメカニカル(MEMS)光ディスプレイシステムの別の実施形態の図である。

【図18】MEMS反射体を制御するための、活動化状態の例示的MEMSアクチュエータの概略側面図である。

【図19】MEMS反射体を制御するための、弛緩状態の例示的MEMSアクチュエータの概略側面図である。

【図20】図16の光ディスプレイシステムで使用するMEMSアクチュエータの平面図である。

【図21】図20のMEMSアクチュエータの活動化状態の側面図である。

【図22】図20のMEMSアクチュエータの弛緩状態の側面図である。

【図23】記憶能力またはメモリ能力を有するアクチュエータの2×2アレイの概略図である。

【図24】記憶能力またはメモリ能力を有するアクチュエータの50×50アレイの概略図である。

【図25】行順次アドレス指定方法の流れ図である。

【図26】印加電圧差に対するMEMSアクチュエータのヒステリシス特性を示すグラフの図である。

【図27】複合構造を有するMEMSアクチュエータのミラー部分の概略断面図である。

【符号の説明】

10 シリコンウェハ、基板

12 窒化シリコン層、窒化物層

14 LPCVDポリシリコン被膜POLY 0、POLY 0層

16 フォトレジスト

18 犠牲層、第1酸化物層

20 くぼみ

22 アンカ穴

24 POLY 1層、ポリシリコンの第1構造層、PSGマスキング層

26 PSGマスキング層、PSG層

28 第2PSG層、第2酸化物層

30 POLY 1_POLY 2_VIAエッ칭

32 ANCHOR 2エッ칭

34 第2構造層POLY 2

36 金属層

50、150 マイクロエレクトリカルメカニカル構造(MEMS)光ディスプレイシステム

52 光源

54、154 反射体

58 集光レンズ

60 ビームスプリッタ

10

20

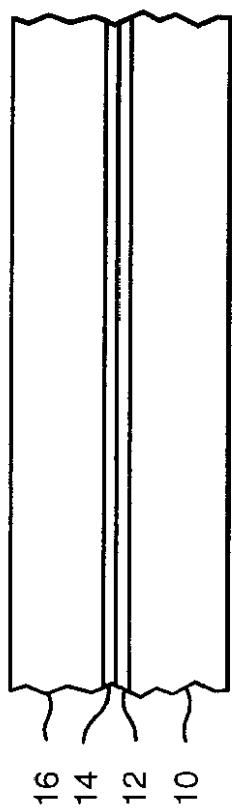
30

40

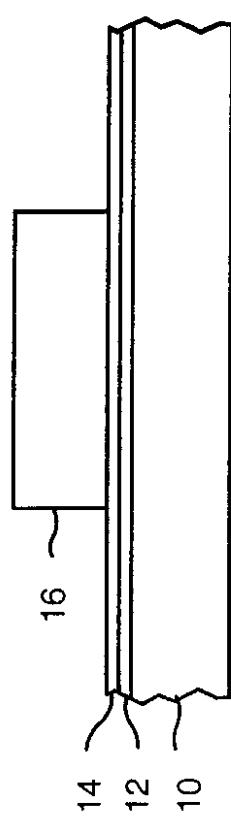
50

6 2	マイクロレンズアレイ	
6 4	レンズレット	
6 6	アパーチャ	
6 8	アパーチャプレート	
7 0	マイクロエレクトリカルメカニカル構造(MEMS)反射変調器	
7 2	マイクロエレクトリカルメカニカル構造(MEMS)反射体	
7 8、158	ディスプレイコントローラ	
8 4	透過型ディスプレイ画面の背面	
8 6	透過型ディスプレイ画面	
8 8	閲覧者	10
9 0	ディスプレイエンジン	
152	照明源	
156 R、156 G、156 B	色成分光源	
170	MEMSアクチュエータ	
176	基板	
174	構造アンカ	
177	アームの一端	
178	たわみアーム	
180	浮動パドル端	
181	半導体アームベース	20
182	残留応力層	
184	たわみスコア	
190	静電活動化電極	
192、194	アクチュエータコントローラ	
196	メモリまたはロック電極	
198	メモリコントローラ	
200	メモリ電極	
202	くぼみ	
210	アクチュエータ170の2×2アレイ	
230	アクチュエータ170の50×50アレイ	30
232	行電極	
234	行ドライバ	
236	列電極	
238	列ドライバ	
240	共通記憶電極	
242	記憶ドライバ	
244	ディスプレイプロセッサ	
246	ディスプレイ入力	
280	ヒステリシス特性を示すグラフ	
300	複合構造	40
302	Poly 2の1.5 μm厚の層	
304	Poly 1の2 μm厚の層	
306	Oxide 2の0.75 μm厚の層	

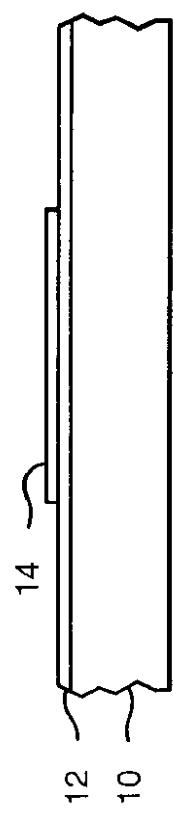
【図1】



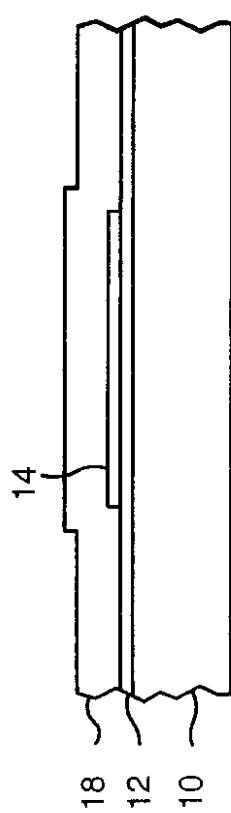
【図2】



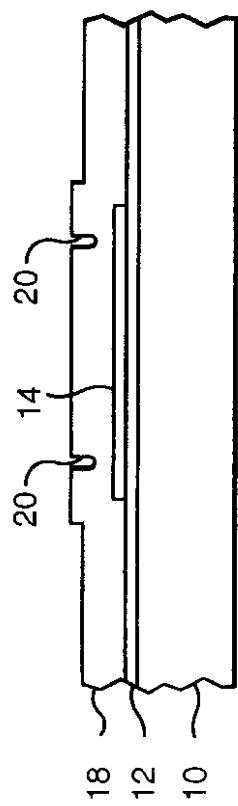
【図3】



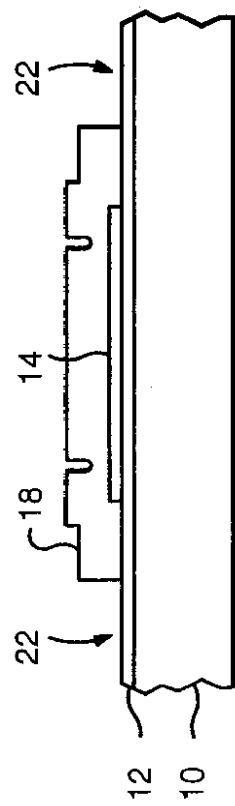
【図4】



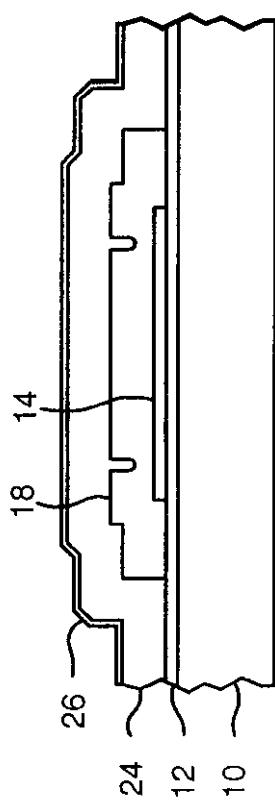
【図5】



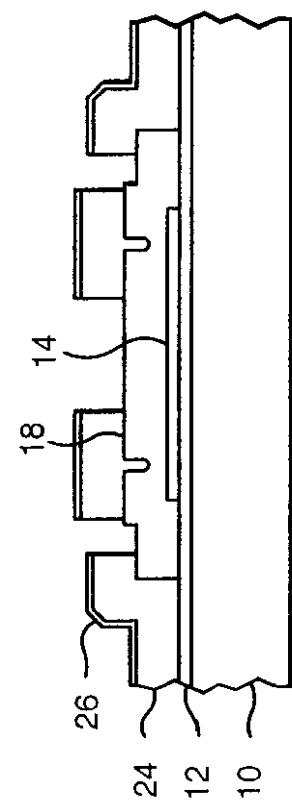
【図6】



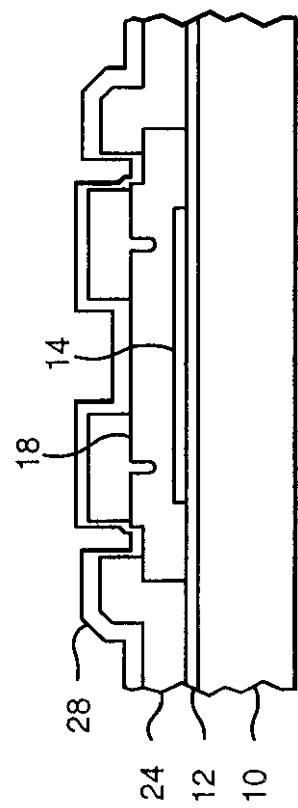
【図7】



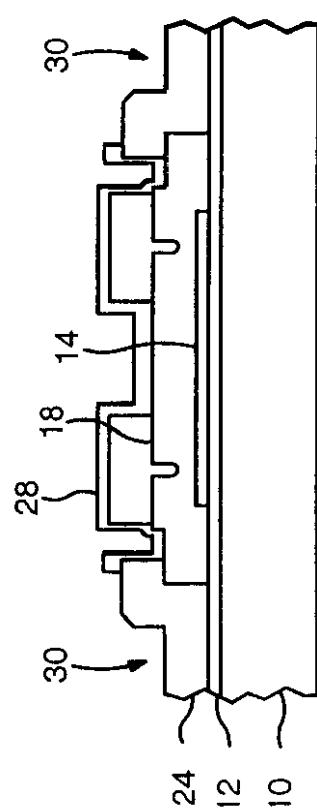
【図8】



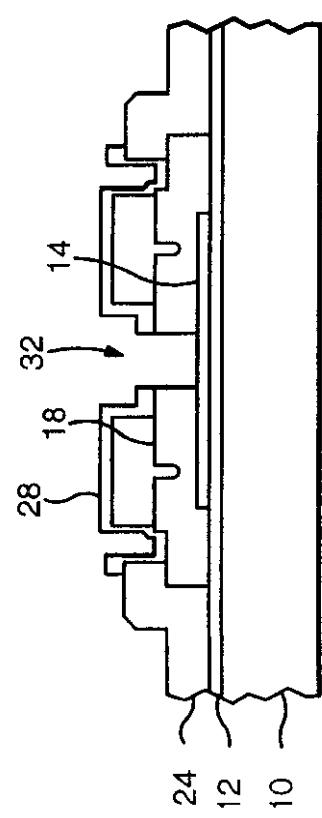
【図9】



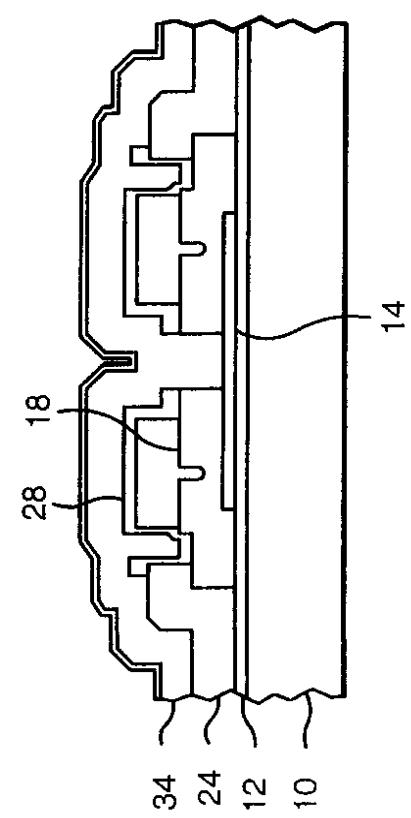
【図10】



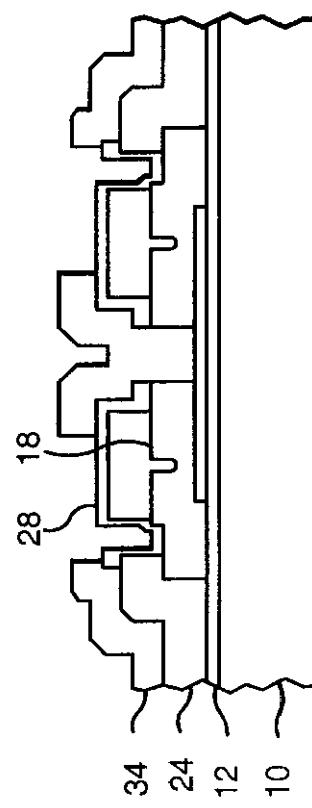
【図11】



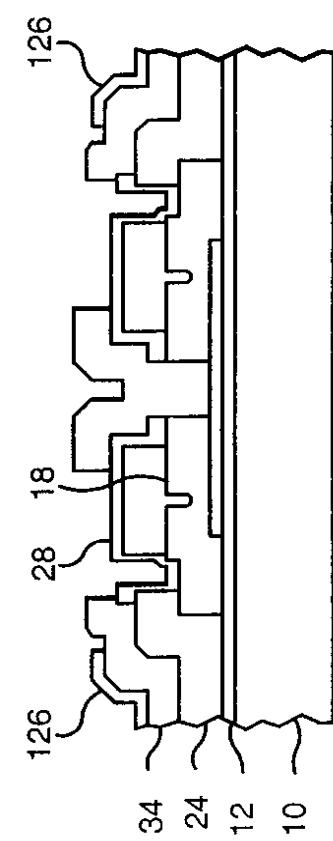
【図12】



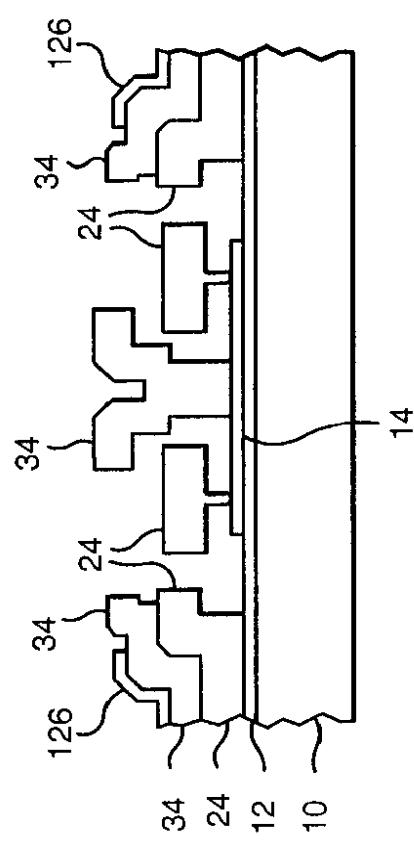
【図13】



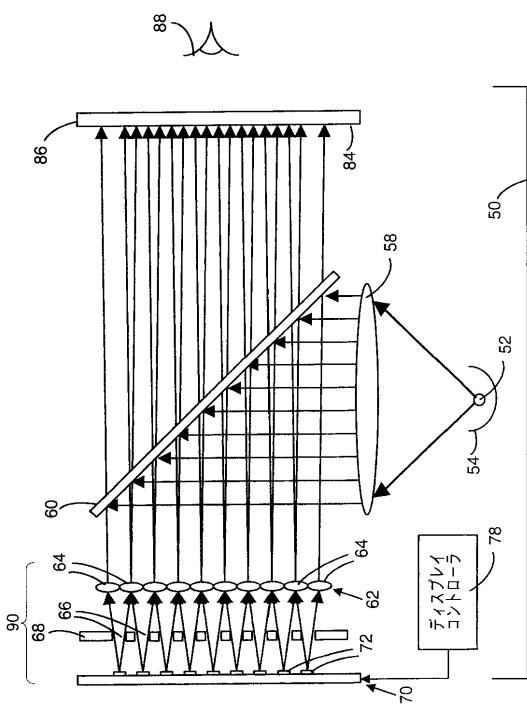
【図14】



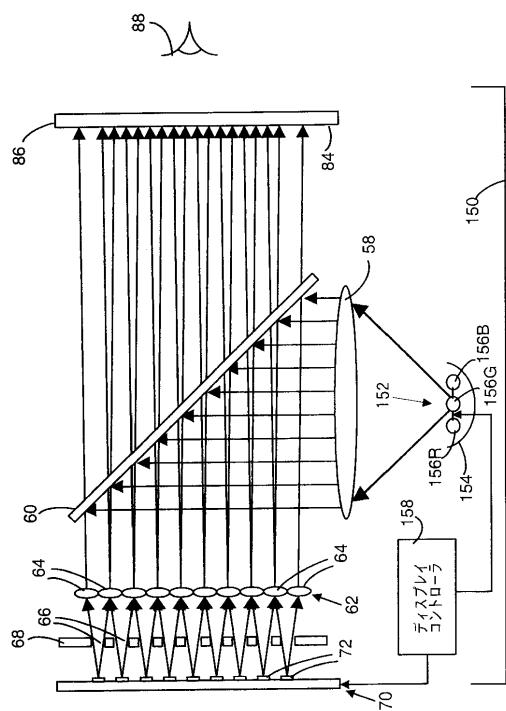
【図15】



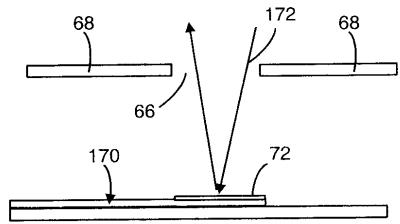
【図16】



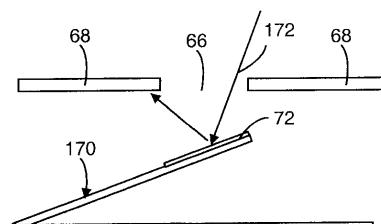
【図17】



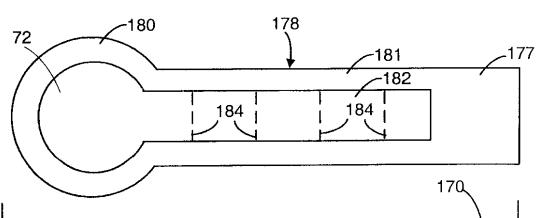
【図18】



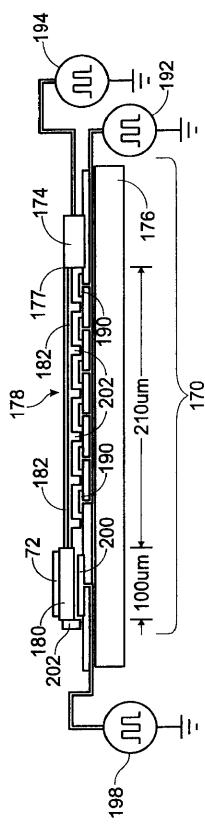
【図19】



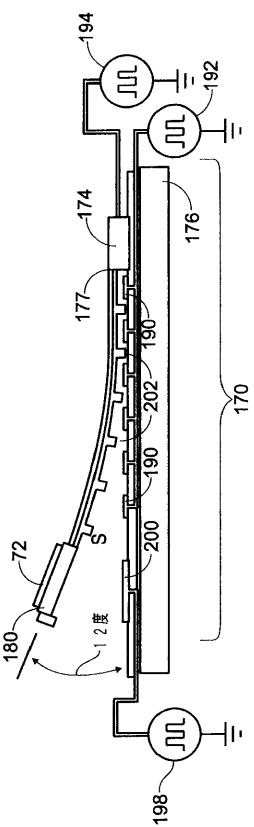
〔 図 20 〕



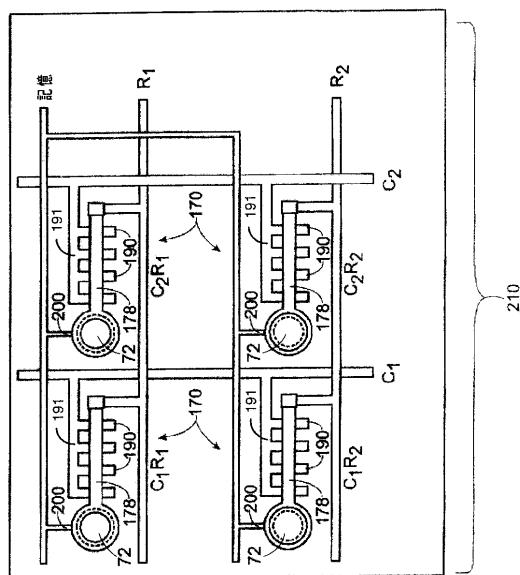
【図21】



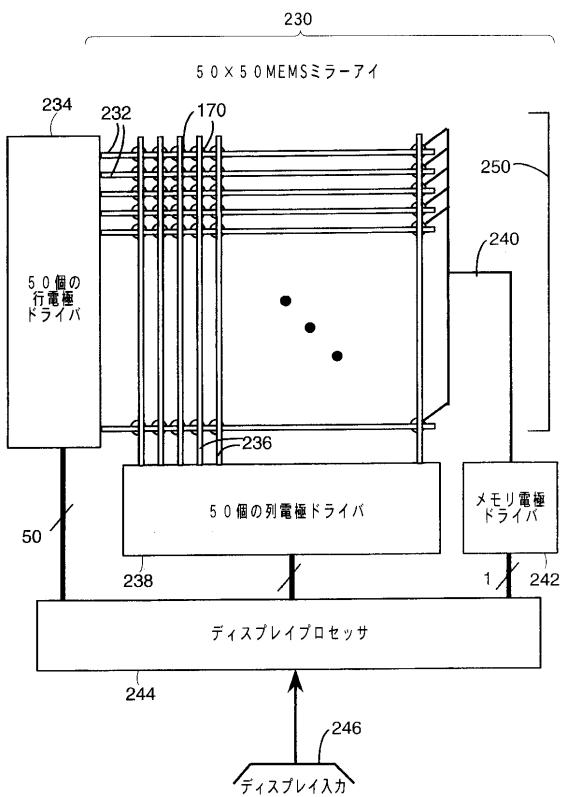
【図22】



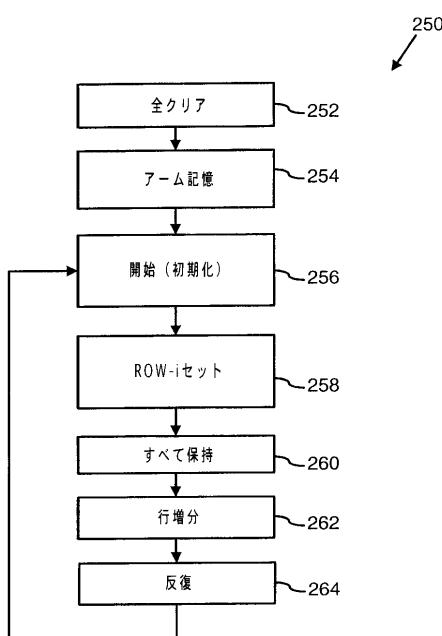
【図23】



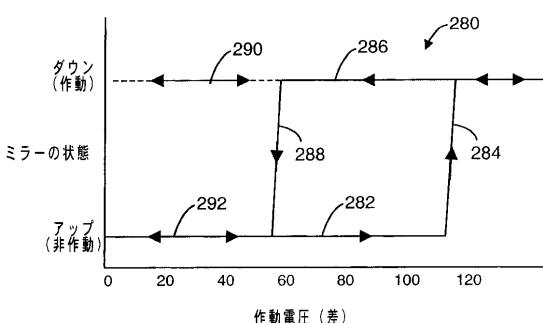
【図24】



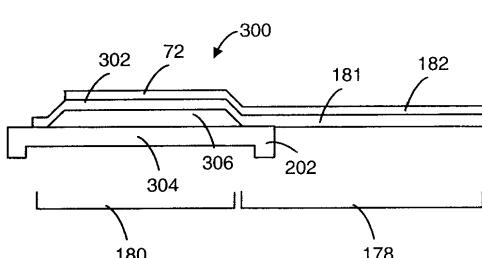
【図25】



【図26】



【図27】



フロントページの続き

(72)発明者 マイケル ジェイ . シンクレア

アメリカ合衆国 98033 ワシントン州 カークランド レイク ワシントン ブールバード
ノースイースト 4331 ナンバー 7309

審査官 山村 浩

(56)参考文献 特表2002-507759 (JP, A)

特表2003-532160 (JP, A)

国際公開第97/031283 (WO, A1)

国際公開第99/047950 (WO, A1)

国際公開第01/084531 (WO, A1)

米国特許第05671083 (US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/18

G02B 26/08