

(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.	F I
GO 2 B 27/18 (2006. 01)	GO 2 B 27/18 Z
GO 2 B 26/08 (2006. 01)	GO 2 B 26/08 E

請求項の数 23 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2003-56327 (P2003-56327)	(73) 特許権者	500046438
(22) 出願日	平成15年3月3日 (2003. 3. 3)		マイクロソフト コーポレーション
(65) 公開番号	特開2003-270589 (P2003-270589A)		アメリカ合衆国 ワシントン州 9805
(43) 公開日	平成15年9月25日 (2003. 9. 25)		2-6399 レッドモンド ワン マイ
審査請求日	平成18年3月2日 (2006. 3. 2)		クロソフト ウェイ
(31) 優先権主張番号	10/086, 397	(74) 代理人	100077481
(32) 優先日	平成14年3月1日 (2002. 3. 1)		弁理士 谷 義一
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(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、

複数のピクセルアパーチャが貫通するアパーチャプレートであって、前記複数のピクセル
 アパーチャが、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パーチャプ
 レートと、

前記マイクロレンズアレイとは前記アパ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パ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パーチャに戻すように反射し、また
は照明光を前記アパ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パーチャに戻るように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

複数のピクセルアパーチャが貫通するアパーチャプレートであって、前記複数のピクセルアパーチャは、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パーチャプレートと、

前記マイクロレンズアレイとは前記アパーチャプレートに関して反対側に配置されたマイクロ電気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パ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電気トリカルメカニカルアクチュエータを含み、該複数のマイクロ電気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パーチャに戻すように反射し、または照明光を前記アパーチャプレートに向けるとして反射するマイクロ電気トリカルメカニカル反射体アレイと、

前記マイクロ電気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電気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電気トリカルメカニカル光ディスプレイエンジン。

【請求項 15】

前記マイクロ電気トリカルメカニカルアクチュエータは静電マイクロ電気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】

前記マイクロ電気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 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電気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】

前記マイクロ電気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 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、

複数のピクセルアパーチャが貫通するアパーチャプレートであって、前記複数のピクセルアパーチャが、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パーチャプレートと、

前記マイクロレンズアレイとは前記アパーチャプレートに関して反対側に配置されたマイクロ電気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パ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電気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電気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パーチャに戻すように反射し、または照明光を前記アパーチャプレートに向けるとして反射するマイクロ電気トリカルメカニカル反射体アレイと、

前記マイクロ電気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電気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

を備えたマイクロ電気トリカルメカニカル光ディスプレイエンジンであって、

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 2 0】

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 9 に記載の光ディスプレイエンジン。

【請求項 2 1】

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 2 0 に記載の光ディスプレイエンジン。

【請求項 2 2】

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 2 0 に記載の光ディスプレイエンジン。

【請求項 2 3】

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 2 2 に記載の光ディスプレイエンジン。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【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。

【0 0 0 2】

【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。多くのこのようなディスプレイ(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 , 6 5 0 , 4 6 0 号明細書

【0 0 0 3】

【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。

【0 0 0 4】

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。

【0 0 0 5】

【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(例えば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、マイクロマシンシステムオンチップ(micromachined systems-on-a-chip)と呼ばれることもある。

【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)アレイを有しか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電気機械反射体アレイに向けて送る。

10

【0007】

マイクロ電気機械反射体アレイは、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電気機械アクチュエータのアレイを含む。マイクロ電気機械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(ブロックするために)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。

20

【0008】

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ブ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】

本発明のさらなるの目的および利点は、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る。

【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。POLY0と呼ぶ第1層は支持ウェハに結合され、それぞれPOLY1およびPOLY2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パされる。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、500nm 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チング(RIE)システムでエッチングする(図 3)。

【 0 0 1 6 】

図 4 を参照すると、LPCVDにより、2.0 μm ホスホシリケート(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750nm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、エッチングして(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 のエッチングの後、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200nmPSG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 層をドーピングする。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マスク層 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 層のエッチングの後(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 をエッチングした後、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 つの異なるエッチ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エッチング(30で示す)により、第 2 酸化物中にPOLY 1 層 2 4 に至るエッチング穴を設ける。このエッチングにより、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でエッチングする(図 10)。

【 0 0 2 0 】

第 2 に、ANCHOR 2 エッチング(32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 ステップでエッチングする(図 11)。ANCHOR 2 エッチングでは、POLY 1 _POLY 2 _VIAエッチングと同様に、第 2 酸化物層をリソグラフィでパターン形成し、RIEでエッチングする。図 11 に、POLY 1 _POLY 2 _VIAエッチングとANCHOR 2 エッチ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200nm付着させる。次いでウェハをアニールし、POLY 2 層をドーピングして、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でエッチングする。次いで、フォトレジストをはがすことができ、マスクング酸化物を除去する(図 13)。

【 0 0 2 2 】

MUMP工程での最終的な付着層は、プロービング、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 1 4 に示す。

【 0 0 2 3 】

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 1 5 に、犠牲酸化物を剥離した後のデバイスを示す。

【 0 0 2 4 】

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 ~ 1 5 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。

【 0 0 2 5 】

図 1 6 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 5 0 の概略側面図である。ディスプレイシステム 5 0 は、光源 5 2 と、照明光を集光レンズ 5 8 に向けて送る反射体 5 4 とを含む。ビームスプリッタ 6 0 は集光レンズ 5 8 から照明光を受け、その光を、レンズレット 6 4 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 6 2 に向けて反射する。マイクロレンズアレイ 6 2 のレンズレット 6 4 は照明光を受け、その光を、アパーチャプレート 6 8 中のアパーチャ 6 6 を通じて
20
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 0 に集束させる。マイクロレンズアレイ 6 2 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。

【 0 0 2 6 】

MEMS反射変調器 7 0 は、アパーチャプレート 6 8 中の対応するアパーチャ 6 6 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 7 2 の 2 次元アレイを有する。各MEMS反射体 7 2 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 6 6 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 7 8 で別々に制御可能である。例えば、各MEMS反射体 7 2 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 6 6 を通じて光をある時間だけ送り返す。アパーチャ 6 6 を通じてMEMS反射体 7 2 が反射した光は、レンズレット 6 4 およびビームスプリッタ 6 0 を通過して、透過型ディスプレイ画面 8 6 の背面 8 4 まで送られ、閲覧者 8 8 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 8 6 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 6 0 と透過型ディスプレイ画面 8 6 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 7 0 、アパーチャプレート 6 8 、およびマイクロレンズアレイ 6 2 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 9 0 とみなすことができる。

【 0 0 2 7 】

MEMS光ディスプレイシステム 5 0 は、一般に入手可能な液晶ディスプレイと比べていくつ
40
かの利点を有する。例えばMEMS反射変調器 7 0 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 7 0 は、非変調光をほぼ減衰させずに通すことができる。同様に、MEMS反射変調器 7 0 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 6 6 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 6 8 で完全にブロックされて、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 7 0 は、液晶ディスプレイに関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。

【 0 0 2 8 】

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。

【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。

【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つの例示的实施形態では、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ができることを理解されたい。

【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まれる。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。

【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

10

20

30

40

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に電氣的に接続される。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に電氣的に接続される。

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、相補信号または電氣的状態が、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の状態では、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、相補信号または電氣的状態が、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

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 1 ms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

Cx=列xに対する作動電極電圧

10

【0043】

1 つの例示的实施形態として、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)での単一アクチュエータ 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でよい。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 1 ms)活動化電圧を印加するだけでよい。

【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

40

【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。

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

$H_{xy} = |R_y - V_{se}|$ = Ry 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

50

ミラーは、 $A_{xy} > 1\ 1\ 4$ 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、 $A_{xy} < 5\ 3$ ボルトかつ $H_{xy} < 2\ 5$ 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、 $A_{xy} > 5\ 3$ ボルトまたは $H_{xy} > 2\ 5$ ボルト

状態=解放の場合、 $A_{xy} < 1\ 1\ 4$ 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50×50×1ms、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17
0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の例示的实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
に適應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 $R_y = i + 60$ ボルト

C_x = データ状態 ($R_y = iC_1, R_y = iC_2, \dots, R_y = iC_50$ について)

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

($A_x, y = i | 60 - (-60) | = 120$ ボルト \Rightarrow ミラーが作動する)

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

($A_x, y = j | 60 - 60 | = 0$ ボルト, $H_x, y = j | 60 - 60 | = 0$ ボルト (保持されない))

Row-*i* ($R_y = i + 60$ ボルト)以外のミラーでは、

$A_x, y = i | 0 - R_x | (0 \text{ または } 60) \text{ ボルト}$ 作動には不十分

$H_x, y = i | 0 - 60 | = 60$ ボルト 状態を保持するのに十分

$H_x, y = i = 0$ 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 $R_y = 0$ ボルト、かつすべての $C_x = 0$ ボルト

$H_{xy} = 60$ 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】

上述の例示的实施形態では、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へ引き寄せす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。

【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。

【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。

【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1.5 μm 厚のポリシリコンの単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、2 μm Oxide1層中の穴)を形成して、離隔2 μm 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、0.5 μm 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。

【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1.5 μm 厚の層302、(くぼみ202を含む)Poly1の2 μm 厚の層304、ならびに層302と304の間に封入されたOxide2の0.75 μm 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MUMP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、MUMP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

10

20

30

40

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の発明として主張する。

【0068】

【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できる。

【図面の簡単な説明】

【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。

【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。

【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。

【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

10

20

30

40

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 1 3】マイクロ電気機械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 4】マイクロ電気機械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 5】マイクロ電気機械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。

10

【図 1 6】本発明によるマイクロ電気機械(MEMS)光ディスプレイシステムの一実施形態の図である。

【図 1 7】本発明によるマイクロ電気機械(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 1 8】 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 1 9】 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 2 0】図 1 6 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。

20

【図 2 1】 図 2 0 のMEMSアクチュエータの活動化状態の側面図である。

【図 2 2】 図 2 0 のMEMSアクチュエータの弛緩状態の側面図である。

【図 2 3】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 2 4】記憶能力またはメモリ能力を有するアクチュエータの 5 0 × 5 0 アレイの概略図である。

【図 2 5】行順次アドレス指定方法の流れ図である。

【図 2 6】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 2 7】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。

30

【符号の説明】

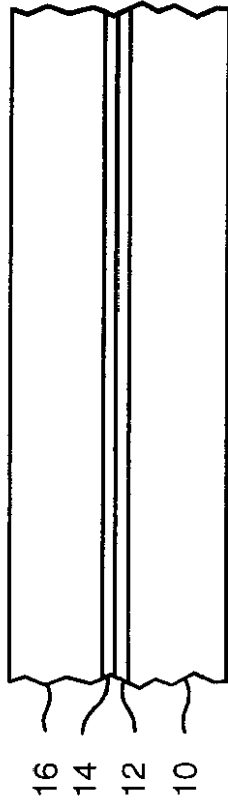
- 1 0 シリコンウェハ、基板
- 1 2 窒化シリコン層、窒化物層
- 1 4 LPCVDポリシリコン被膜POLY 0、POLY 0 層
- 1 6 フォトリソグ
- 1 8 犠牲層、第 1 酸化物層
- 2 0 くぼみ
- 2 2 アンカ穴
- 2 4 POLY 1 層、ポリシリコンの第 1 構造層、PSGマスキング層
- 2 6 PSGマスキング層、PSG層
- 2 8 第 2 PSG層、第 2 酸化物層
- 3 0 POLY 1 _POLY 2 _VIAエッチング
- 3 2 ANCHOR 2 エッチング
- 3 4 第 2 構造層POLY 2
- 3 6 金属層
- 5 0、1 5 0 マイクロ電気機械(MEMS)光ディスプレイシステム
- 5 2 光源
- 5 4、1 5 4 反射体
- 5 8 集光レンズ
- 6 0 ビームスプリッタ

40

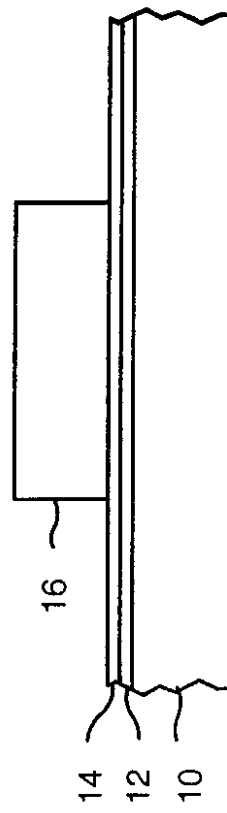
50

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、1 5 8	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	
1 5 2	照明源	
1 5 6 R、1 5 6 G、1 5 6 B	色成分光源	
1 7 0	MEMSアクチュエータ	
1 7 6	基板	
1 7 4	構造アンカ	
1 7 7	アームの一端	
1 7 8	たわみアーム	
1 8 0	浮動パドル端	
1 8 1	半導体アームベース	20
1 8 2	残留応力層	
1 8 4	たわみスコア	
1 9 0	静電活動化電極	
1 9 2、1 9 4	アクチュエータコントローラ	
1 9 6	メモリまたはロック電極	
1 9 8	メモリコントローラ	
2 0 0	メモリ電極	
2 0 2	くぼみ	
2 1 0	アクチュエータ 1 7 0 の 2 × 2 アレイ	
2 3 0	アクチュエータ 1 7 0 の 5 0 × 5 0 アレイ	30
2 3 2	行電極	
2 3 4	行ドライバ	
2 3 6	列電極	
2 3 8	列ドライバ	
2 4 0	共通記憶電極	
2 4 2	記憶ドライバ	
2 4 4	ディスプレイプロセッサ	
2 4 6	ディスプレイ入力	
2 8 0	ヒステリシス特性を示すグラフ	
3 0 0	複合構造	40
3 0 2	Poly 2 の 1 . 5 μm 厚の層	
3 0 4	Poly 1 の 2 μm 厚の層	
3 0 6	Oxide 2 の 0 . 7 5 μm 厚の層	

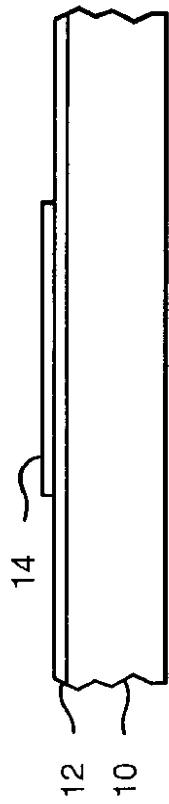
【図 1】



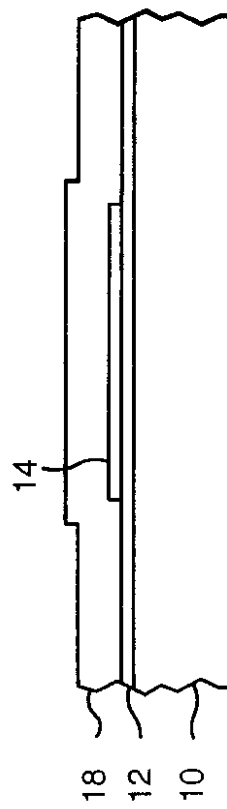
【図 2】



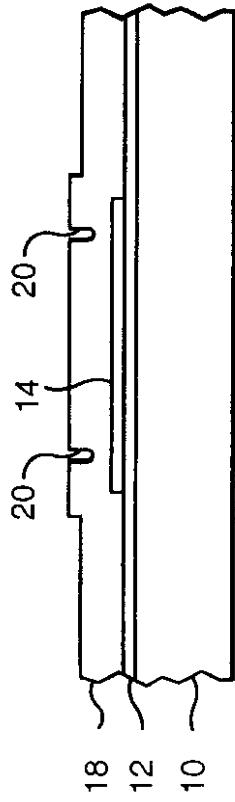
【図 3】



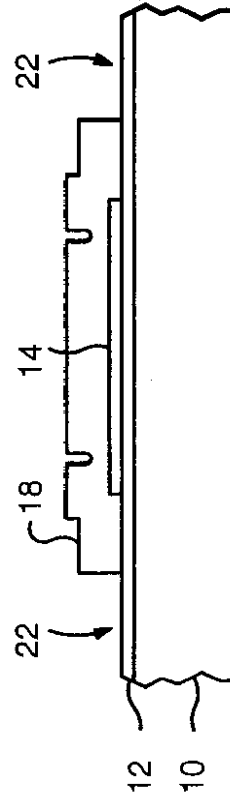
【図 4】



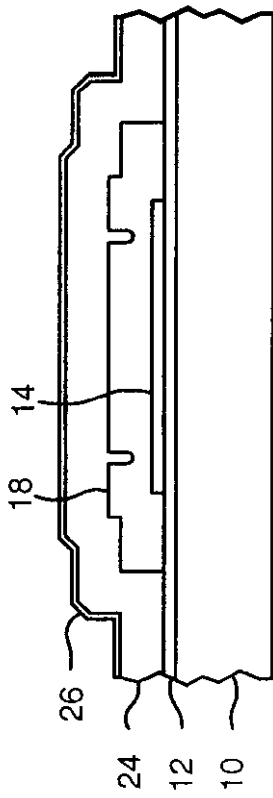
【図 5】



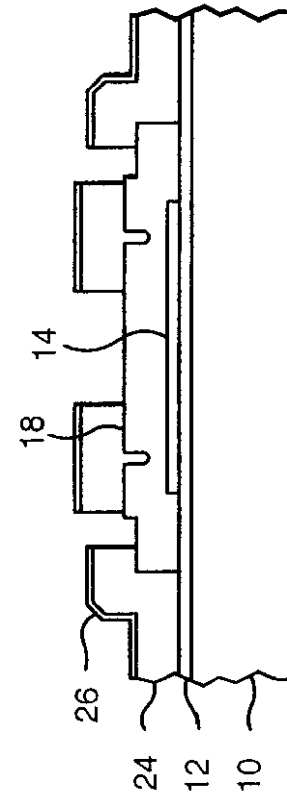
【図 6】



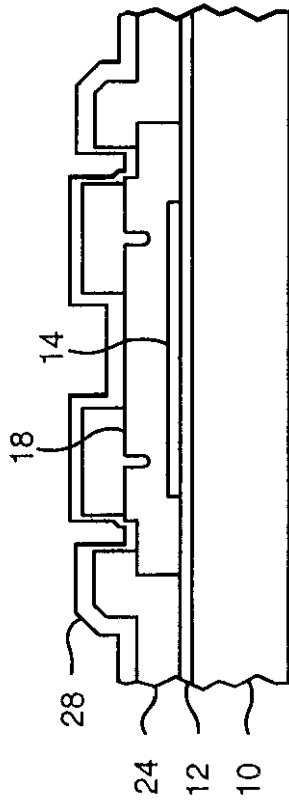
【図 7】



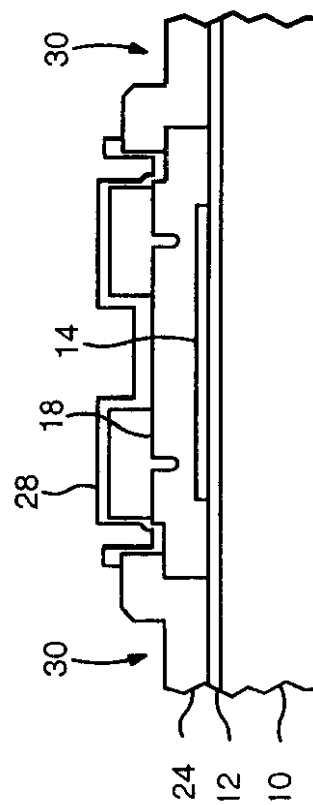
【図 8】



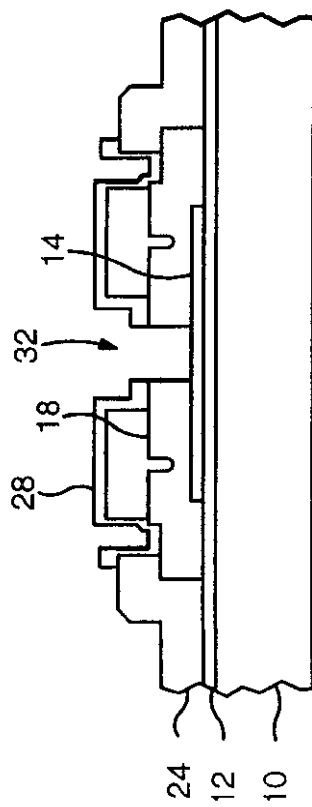
【図 9】



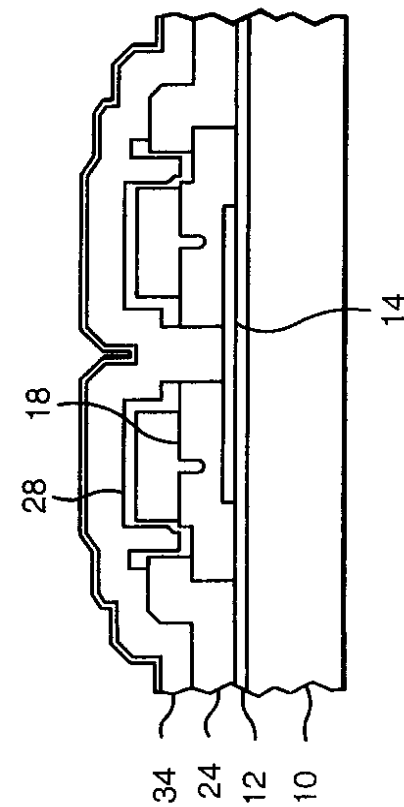
【図 10】



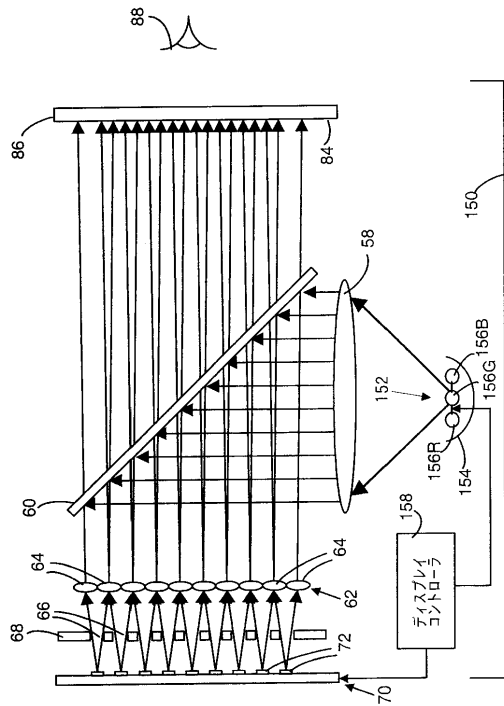
【図 11】



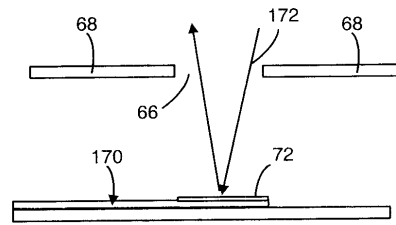
【図 12】



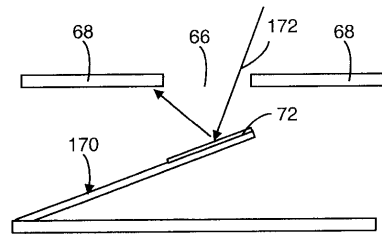
【 図 1 7 】



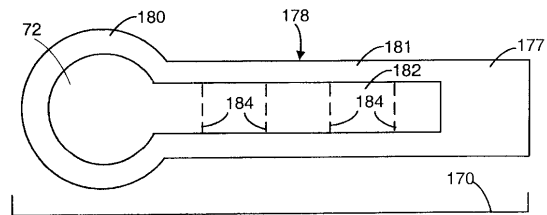
【 図 1 8 】



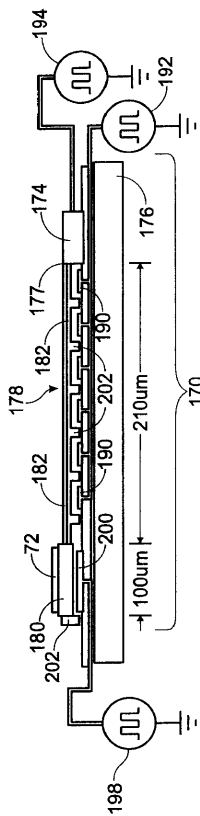
【 図 1 9 】



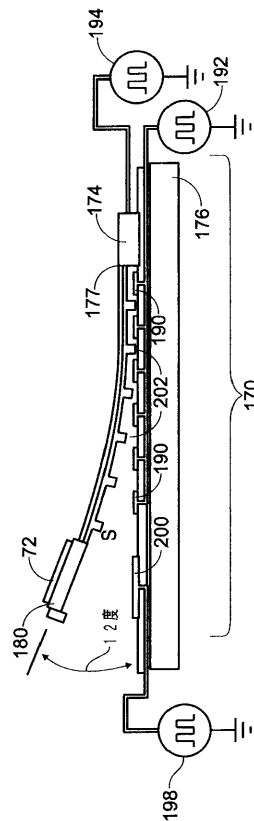
【 図 2 0 】



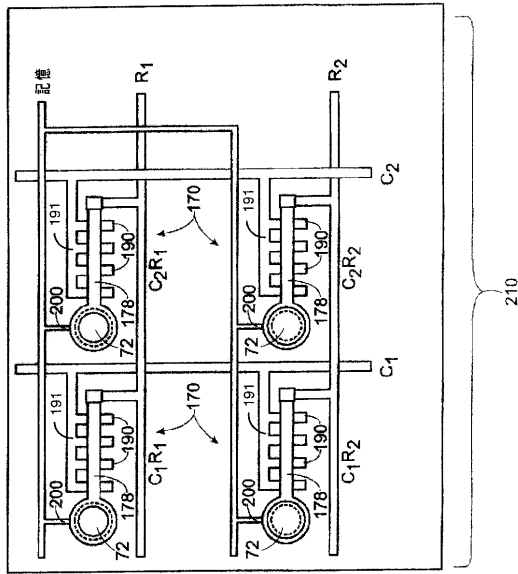
【 図 2 1 】



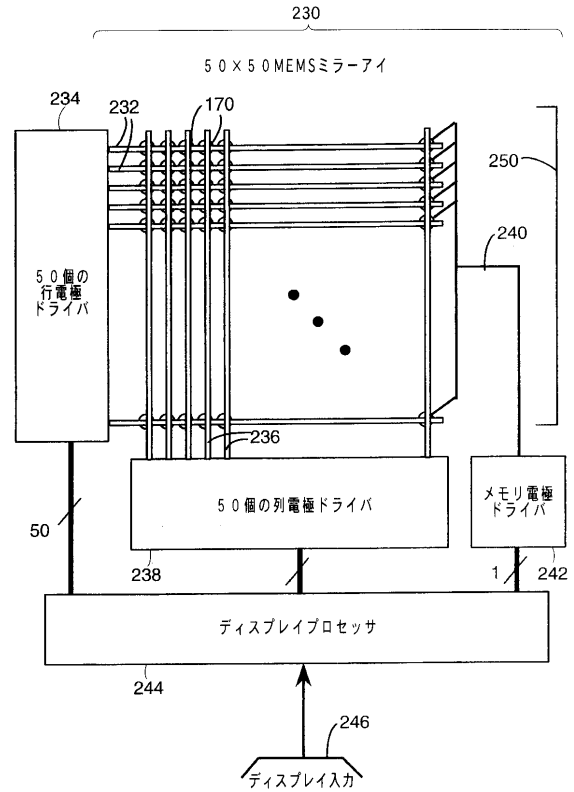
【 図 2 2 】



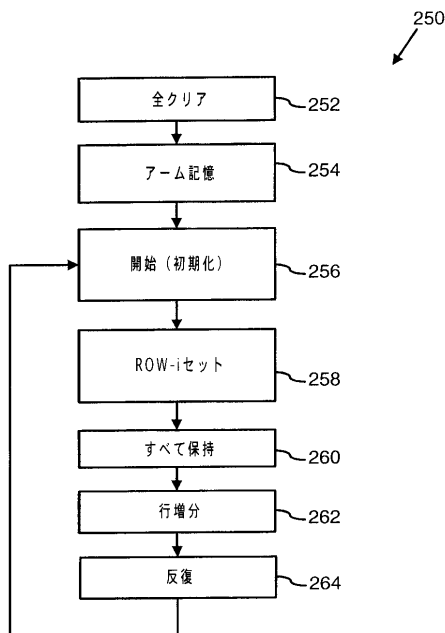
【図 23】



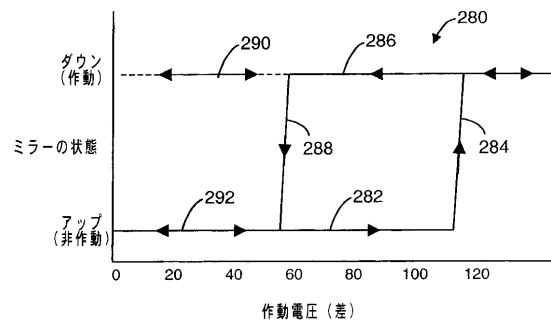
【図 24】



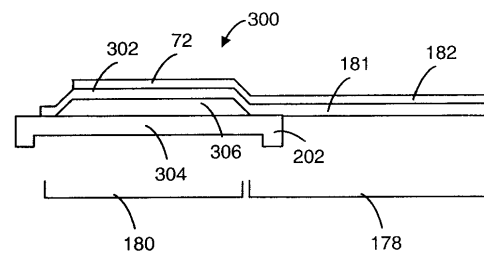
【図 25】



【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