

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3853409号
(P3853409)

(45) 発行日 平成18年12月6日(2006.12.6)

(24) 登録日 平成18年9月15日(2006.9.15)

(51) Int. Cl.	F I		
GO2B 26/08 (2006.01)	GO2B	26/08	E
HO4N 5/74 (2006.01)	HO4N	5/74	A
HO4N 9/31 (2006.01)	HO4N	9/31	B

請求項の数 3 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願平7-285388	(73) 特許権者	590000879
(22) 出願日	平成7年11月1日(1995.11.1)		テキサス インスツルメンツ インコーポ レイテッド
(65) 公開番号	特開平8-227042		アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ノース セントラルエクスプレスウェイ 135 00
(43) 公開日	平成8年9月3日(1996.9.3)		
審査請求日	平成14年11月1日(2002.11.1)	(74) 代理人	100066692
(31) 優先権主張番号	333195		弁理士 浅村 皓
(32) 優先日	平成6年11月2日(1994.11.2)	(74) 代理人	100072040
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 浅村 肇
		(74) 代理人	100094673
			弁理士 林 拓三
		(72) 発明者	グレゴリー シー. スミス
			アメリカ合衆国テキサス州キャロルトン, ジョンカ ドライブ 1505
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デジタルマイクロミラーデバイス用の支柱構造およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

金属で被覆された支持ピラーを作製する方法であって、

基板上へピラー材料を堆積させる工程と、

前記ピラー材料をパターニングして支持ピラーを定義する工程であって、該支持ピラーは前記ピラー材料の突出部を有し、該突出部は前記基板と離れた方向に突出した複数の側面と、該側面に囲まれ前記基板から離れた位置に閉じられた形状の上部とを有する形状に定義される、前記支持ピラーを定義する工程と、

前記ピラー材料に該ピラー材料と異なる素材の金属層を堆積させる工程であって、前記金属層は前記突出部全体に堆積され、前記ピラー材料の前記複数の側面と前記閉じられた形状の上部とを均一に覆い、前記ピラー材料は前記金属層によって取り囲まれて金属で被覆された支持ピラーを形成する、前記金属層を堆積させる工程と、

少なくとも1つの可動部であって、前記金属層と異なる層として形成され、前記突出部の前記閉じられた形状の上部を覆う金属層によって支持される前記可動部を形成する工程と、

を含む、前記方法。

【請求項2】

前記金属層を堆積させる工程の後に、前記ピラー材料の少なくとも一部を取り除くことをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

10

20

基板と、

前記基板に支持され、第1のピラー材料から成る少なくとも1つのヒンジ支持ピラーであって、前記第1のピラー材料は第1の突出部を有し、該第1の突出部は、前記基板と離れた方向に突出した複数の側面と、該側面に囲まれ前記基板から離れた位置にある第1の閉じられた形状の上部とを有する、前記ヒンジ支持ピラーと、

前記ヒンジ支持ピラーに支持された少なくとも1つのヒンジと、

前記ヒンジに支持され、第2のピラー材料から成る少なくとも1つのミラー支持ピラーであって、前記第2のピラー材料は第2の突出部を有し、該第2の突出部は、前記基板と離れた方向に突出した複数の側面と、該側面に囲まれ前記基板から離れた位置にある第2の閉じられた形状の上部とを有する、前記ミラー支持ピラーと、

前記ミラー支持ピラーに支持された少なくとも1つのミラー要素と、
を含むマイクロミラーデバイスであって、

前記ヒンジ支持ピラーの前記第1のピラー材料は、前記複数の側面と前記閉じられた形状の上部を含む前記第1の突出部全体を、前記第1のピラー材料と異なる素材の第1の金属シースによって均一に覆われ、

前記ヒンジは、前記第1の金属シースのうち、前記閉じられた形状の上部を覆う金属部分によって支持され、

前記ミラー支持ピラーの前記第2のピラー材料は、前記複数の側面と前記閉じられた形状の上部を含む前記第2の突出部全体を、前記第2のピラー材料と異なる素材の第2の金属シースによって均一に覆われ、

前記ミラー要素は、前記第2の金属シースのうち、前記閉じられた形状の上部を覆う金属部分によって支持される、前記マイクロミラーデバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はマイクロメカニカルデバイスに関するものであって、更に詳細にはそのようなデバイスと一体になった支持構造に関する。

【0002】

【従来の技術】

光を偏向させる空間光変調器(SLM)の1つのタイプはデジタルマイクロミラーデバイス(DMD)である。DMDは各種の異なる形で利用され、それらの中には屈曲性の梁、片持ち梁、並びに従来の、およびヒンジが隠れた型の両振り梁構造が含まれる。各タイプのDMDは、一般に番地信号と呼ばれる電気信号によって発生する静電界にตอบสนองして静止位置から動き出す、すなわち回転あるいは偏向を起こす小型ミラーのアレイを含んでいる。ミラーの静止位置は典型的にはデバイスの表面に対して平行である。光はミラーの表面から反射され、ミラーが動くにつれて反射光の方向も変化する。ミラーの静止位置は、しばしばヒンジと呼ばれミラーを支え、またミラーの移動の間にエネルギーを蓄える梁またはバネによって決まる。この蓄えられたエネルギーは、アドレス電圧が取り除かれるか低下した時には、ミラーを静止位置へ戻そうとする。

【0003】

変形可能なマイクロミラーデバイスもまたDMDと呼ばれる。デジタルマイクロミラーデバイスと変形可能なマイクロミラーデバイスとの違いは、1991年10月29日付けで発行された「空間光変調器およびその方法(Spatial Light Modulator and Method)」と題する米国特許第5,061,049号に記載されているように、デジタルマイクロミラーデバイスが双安定的に動作するという点である。マイクロミラーデバイスのデジタル的な動作は、バイアス電圧を供給して、アドレス電圧の大きさに関わらず、ミラーが「オン」または「オフ」の方向へ最大回転することを保証することを含む。変形可能なマイクロミラーデバイスのミラー偏向はデバイスに与えられる電圧のアナログ的な関数である。デジタルマイクロミラーデバイスの構造と変形可能なマイクロミラーデバイスの構造とは非常に似ており、場合によっては同一である。ここに

10

20

30

40

50

開示する本発明は、デジタルマイクロミラーデバイスおよび変形可能なマイクロミラーデバイスのいずれのデバイスとも一緒に使用することができるものである。

【0004】

DMDは暗視野投影配置で用いられるのが一般的であり、例えば、所望の画像分解能を実現するために大型の画素アレイが必要とされるようなHDTV応用において使用される。DMDの高分解能という性能に加えて、映像表示応用において非常に有用な別の1つの特徴はミラーを制御できるスピード、あるいはデバイスの応答時間である。応答時間が短いため、今のDMDは毎秒あたりに18万回に達するオン/オフの切り替えを行うことができる。各偏向サイクルはDMDの梁またはパネにエネルギーを蓄え、またデバイス構造に対して機械的なストレスを与える。

10

【0005】

DMDはマイクロメカニカルデバイスとして知られる大きなデバイス群の一部である。マイクロメカニカルデバイスには、加速度計、流量センサー、電気モーター、および流量制御デバイスが含まれる。それらのデバイスはマイクロマシニング(微細加工)として知られるプロセスによって作製されることが多い。マイクロマシニングには、デバイスを作り込むべき基板から、あるいはデバイス製造中に堆積された1または複数の材料層から、不必要な材料を除去することが含まれる。この材料の除去は、多くの場合、完成したデバイスの何らかの部品が動けるようにするために行われる。例えば、モーターからそのロータが固定軸の回りに回転できるように材料を除去する必要がある。DMDの場合であれば、ミラーが偏向あるいは回転できるように、DMDミラーの下側の材料を除去しなければならぬ。

20

【0006】

製造工程中に、ダミー層(sacrificial layer)と呼ばれる1つの層全体が用いられる場合がある。例えば、DMDは、ミラーを偏向させるために必要な回路を覆ってダミー層を堆積させることによって作製されることが多い。次に、このスペーサー層の上へ1ないし複数の金属層を堆積させパターニングすることによって、ミラーおよびそれらのヒンジが構築される。これらの金属層の多くはアルミニウムまたはアルミニウム合金であって、ヒンジによって少なくとも1個のヒンジキャップへつながれるミラーを定義するようにパターニングされる。初期の形状のDMDでは、ミラーおよびヒンジの下側からダミー層が除去され、残ったダミー層の一部でヒンジキャップを支えるようになっていた。ミラーはダミー材料を除去することによって形成されるウエルの上方にヒンジで以て吊り下げられていた。

30

【0007】

最近のDMD設計は、ヒンジ材料の堆積に先だって各ヒンジキャップの場所のダミー層中に形成された孔あるいはビアを含むものになっている。ヒンジ材料をダミー層の上へ堆積させる時、それはビアの壁にも堆積され、"スペーサービア(spacer via)"として知られた上部の欠けた中空の柱構造ができる。ミラー、ヒンジ、およびヒンジキャップをパターニングした後、デバイス構造からダミー層をすべて除去して、ヒンジキャップを支えるスペーサービアのみを残す。その他の型のDMD、例えば、1992年1月28日付けで発行された"多重レベル変形可能ミラーデバイス(Multi-Level Deformable Mirror Device)"と題する米国特許第5,083,857号に述べられたようないわゆる"ヒンジの隠れた"振り梁デバイスでは、2ないしそれ以上のダミー層が使用されている。ヒンジが隠れたタイプの振り梁DMDは、デバイス基板の上方へヒンジを支えるために1組のスペーサービアを用い、更にヒンジの上方へミラーを支えるための第2の組のスペーサービアを用いている。

40

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

ミラーを偏向させるために用いられる静電力は、支えているヒンジおよびスペーサービアの構造中へ機械的なストレスを発生させる。それらのストレスは支持構造に故障を生じさせ、デバイスを駄目にしてしまうことがある。このことに関して、DMDおよびその他の

50

マイクロメカニカルデバイス用の進歩した支持構造が必要とされる。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明は支持ピラーと呼ぶ進歩した支柱構造のための構造およびその製造方法を提供する。支持ピラーはマイクロメカニカルデバイス、特にデジタルマイクロミラーデバイス(DMD)において使用されよう。支持ピラーは基板上へピラー材料の層を堆積させ、そのピラー材料をパターニングして支持ピラーの形を定義し、残っているピラー材料を覆って金属層を堆積させ、それによってピラー材料を金属のシース(sheath)で取り囲むことによって作製される。支持ピラーの周りにスペーサー材料を堆積させて、付加的な構造を作製するための平坦な表面を支持ピラーの上部レベルに揃えて形成してもよい。

10

【0010】

支持ピラーは、従来の振り梁DMDやヒンジが隠れたタイプDMDを含む任意のタイプのデジタルマイクロミラーデバイスのミラーおよびヒンジを支えるために使用することができる。ヒンジが隠れたタイプのDMDは、ヒンジ、アドレス電極、あるいはミラー、あるいはそれらの組み合わせのいずれかを支えるために支持ピラーを使用するように作製することができる。

【0011】

この開示する支持ピラーおよびそれを製造する方法は、既存の設計と比べて改善された支持構造の強度を含むいくつかの特長を有している。

【0012】

本発明それ自体、およびその特長をより完全に理解するために、以下に図面を参照した詳細な説明を行う。

20

【0013】

【発明の実施の形態】

DMDおよびその他のタイプのマイクロメカニカルデバイスに使用できる、十分な強度を持ち信頼できる支持構造を得るために、新しい製造プロセスが必要である。既存の支持構造とここに示す進歩した構造との間で混乱を避けるために、従来技術の支持構造を"スペーサーピア"と呼び、ここに提案する進歩した構造を"支持ピラー"と呼ぶことにする。この明細書で示す特定の実施例はDMD構造に関するものだけであるが、本方法および本構造は数多くのその他のマイクロメカニカルデバイスに対しても適用できる。

30

【0014】

図1は、従来技術のヒンジが隠れたタイプの振り梁DMDアレイ100の一部分の鳥瞰図を示す。ヒンジが隠れたタイプのデバイスは、ミラー102を基板104から離して保持するために2つのレベルのスペーサーピアを必要とする。第1のスペーサーピアレベルは、ヒンジ支持スペーサーピア106とアドレス電極支持スペーサーピア108とを含むものである。ヒンジ支持スペーサーピア106は振りヒンジ110の一端をデバイス基板104から離して支えている。振りヒンジ110は厚い金属のヒンジキャップ111を介してヒンジ支持スペーサーピア106の上部へ取り付けられている。金属のヒンジキャップ111はヒンジ金属とスペーサーピア金属との間で適切な金属対金属の接触を保証することによって、薄い金属振りヒンジ110とヒンジ支持スペーサーピア106との間の接続を強化する。各ヒンジキャップ111の上に着地場所112があって、それはミラー102が着地場所112へ向かって回転してくる時に、2つの隣接するミラー102のいずれかの回転を停止させる。アドレス支持スペーサーピア108がアドレス電極114を基板104から離して保持するために使用されている。アドレス支持スペーサーピア108とヒンジ支持スペーサーピア106とは同じ高さであるのが一般的である。

40

【0015】

第2のスペーサーピアレベルは、ミラー102を振りヒンジ110の上方へ保持するミラー支持スペーサーピア116を含むものである。ミラー支持スペーサーピア116はヒンジヨーク118と呼ばれる振りヒンジ110の厚くなった部分の上に形成される。ヒンジキャップ111と同様に、ヒンジヨーク118も振りヒンジ110とミラー支持スペー

50

ービア116との間の適切な金属対金属の接触を保証することによって薄い金属挟りヒンジ110とミラー支持スペーサービア116との間の接続を強化している。ミラー支持スペーサービア116の高さは変えることができ、それによってミラー102の最大回転角度を制御することができる。

【0016】

図2はヒンジが隠れたタイプの挟り梁DMDの1要素の展開図である。図1に関して説明した構造に加えて、図2は基板104の表面上へ堆積された金属のバイアス/リセットバス200と金属パッド202とを示している。金属のバイアス/リセットバス200はヒンジ支持スペーサービア106を支え、金属パッド202はアドレス電極支持スペーサービア108を支えている。金属パッド202は保護用の酸化層203中のビア204を通して、基板104の表面に作り込まれたアドレス回路へつながれており、アドレス電極支持スペーサービア108をアドレス回路へ電気的に接続する働きをしている。バイアス/リセットバス200および金属パッド202は第3のデバイス金属層あるいはM3の一部として作製されるのが一般的である。最初の2つの金属層、M1およびM2は基板上的アドレス回路の相互接続のために用いられる。

10

【0017】

図1に戻って、各ミラー102とそのアドレス電極114とは空気コンデンサーの2つの電極板を構成している。アドレス電極114とそれに付随するミラー102との間にもし十分なバイアス電圧が印加されれば、その結果生ずる静電力がミラー102をアドレス電極114へ向かって偏向させ、それによって挟りヒンジ110を挟る。もし加えられた電圧が十分大きければ、ミラー102はミラー先端103がヒンジキャップ111上に付随の着地場所112に接触するまで偏向し、ミラーの回転は停止する。もしヒンジキャップ111がミラー先端103に接触せずミラー102の回転を停止させなければ、ミラー102はアドレス電極114に接触してバイアス電圧を短絡させることになってしまう。各要素中のヒンジ軸の各側には1つのアドレス電極114があるので、ミラー102はどちらの方向へも回転でき、ミラー102が2つの完全に偏向した状態のうち、いずれかの状態を取ることができるようになっている。

20

【0018】

ミラー102およびアドレス電極114からバイアス電圧が取り除かれると、挟りヒンジ110の変形によって蓄えられていたエネルギーはミラー102を未偏向あるいは中立の状態へ戻そうとする。しかし、ミラー102と着地場所112との間での短距離の引力が、しばしば、ミラー102を着地場所112へ固着させてしまう。このようなことが発生した時には、固着したミラー102を自由にするために共鳴リセット(resonant reset)と呼ばれる方法が用いられる。共鳴リセット法は1個の電圧パルスあるいは一連のパルスを用いて、ミラー102中に機械的なエネルギーを蓄えるものである。典型的な共鳴リセットでは、一連の5個の-24ボルトのパルス列を約5MHz程度のミラー102の共鳴周波数においてミラー102へ供給する。各パルスはミラー102とアドレス電極114との間に非常に強い引力を作り出す。ミラー先端103は着地場所112によって所定の場所に保持されているので、ミラー102の中央部は基板104の方向へ曲がり、ミラー102の上面は凹状になる。パルスが取り除かれると、吸引は停止し、ミラー102は上方へバネ作用で戻り、凸状になる。更に続くパルスによってミラーの変形は増大し、蓄積エネルギーも付加される。最後のリセットパルスが取り除かれる時点までに、ミラー102に蓄えられているエネルギーはミラー102をバネ作用で着地場所112から解放するのに十分となり、挟りヒンジ110に蓄えられたエネルギーでミラー102を中立の位置へ戻すことができる。

30

40

【0019】

ミラー102と挟りヒンジ110とを変形させる静電力は、デバイス一部を支えるスペーサービア106、108、116をも挟り、曲げる。これに含まれるストレスは従来技術のDMDのスペーサービアを破壊し、デバイスを破壊する場合がある。これらの故障は通常、2つの故障モードを通じて発生する。第1の故障モードは、スペーサービアの上部に

50

よって支えられたミラー 102、ヒンジキャップ 111、あるいはアドレス電極 114 が取り付けられている地点あるいはその付近でスペーサービア 106、108、116 が破損した時に発生する。第 2 の主要な故障モードは、スペーサービア 106、108、116 の下側のバイアス/リセットバス 200 またはヒンジヨーク 118 への接触点あるいはその付近でスペーサービア 106、116、あるいは 108 が破損した時に発生する。スペーサービア 106、108、116 の故障は、現在の製造プロセスを通して得られるステップカバレッジ、あるいはスペーサービアの壁面での金属カバレッジの不良が原因であるとされている。金属はスペーサービアの上部付近、あるいは底部において薄過ぎることが多い。

【0020】

従来技術のアドレス電極支持スペーサービア 108、ヒンジ支持スペーサービア 106、およびミラー支持スペーサービア 116 は、ダミー材料中の孔またはビアをスパッタされた金属で内張りすることによって形成するのが一般的である。ダミー材料を除去すると、残る内張り (liner) がスペーサービアを形成することになる。図 3A はダミー材料 304 で部分的に覆われた基板 302 へ向かってスパッタされてつつある金属粒子 300 を示している。スパッタプロセスの間、金属 300 は表面へあらゆる方向から接近する。従って、金属は、領域 306 で示したように 180 度の角度範囲から平坦な表面 320 へ到達する。

【0021】

壁構造 310 の基部にある地点 308 は壁構造 310 の陰になっているため、領域 312 で示したように、地点 308 へ 90 度の角度範囲から飛来する金属だけしか受け取ることができない。地点 308 は平坦な表面が金属を受け取る角度範囲の半分の角度範囲だけから金属を受け取ることしかできないため、陰になるものがない平坦な領域と比較して約半分の量の金属が地点 308 に堆積することになる。陰の問題はビア 314 においてはもっと重大である。ビア 314 の底の隅へ金属が到達するためには、金属は領域 316 で示したようにほとんど垂直に飛来しなければならない。底の部分と比べて壁の上部にはより多くの金属が到達できるので、オーバーハングが成長する。このオーバーハングが更に金属の壁低部への到達を制限し、壁の下側の部分での金属カバレッジは劣悪なものになる。

【0022】

図 3B は図 3A の基板 302 およびスペーサー 304 の上へスパッタされた金属層 318 を示している。金属層 318 は壁構造 310 の側面においては平坦な水平面 320 におけるよりも薄くなっている。金属層 318 はビア 314 の底部で特に薄くなっている。ビア 314 の上部直下にも薄い領域が広がっている。この薄い領域は、金属層 318 がスパッタされるにつれてビア 314 の上部に成長するオーバーハング 322 によってもたらされる。図 3C はダミー材料 304 を除去した後の基板 302 および金属層 318 を示している。これによって、ダミー材料 304 中のビア 314 中に形成されたスペーサービア 324 が残される。スペーサービア 324 の上部および底部付近の金属層 318 の薄く弱い領域は、スペーサービア 324 にストレスが与えられた時に故障を起こしがちである。

【0023】

アスペクト比 (すなわち、ビアの高さ対ビアの幅の比) が高くなればそれだけビア底部付近のステップカバレッジは劣化するであろう。スペーサービア 324 を作製する時、ビア 314 の壁低部へ適量の金属が到達することを保証するためには厚い金属層を堆積させなければならない。残念ながら、金属の厚さは自由に増やすことができない。金属を堆積させると、壁の下側の部分での金属の厚さよりも速くオーバーハング 322 が成長し、結果的にビアを封止してしまい、それ以上金属がビア 314 中へ入ってくるのを阻止してしまう。そのほかにも、典型的な DMD 製造工程においてビア 314 中へ堆積される金属の量を制限する制約が存在する。例えば、従来技術の典型的なヒンジが隠れたタイプの DMD を製造する工程中で、同じ金属堆積工程によってミラー支持スペーサービア 116 とミラー 102 とが形成される。金属をあまり厚く堆積させると、ミラー 102 が厚くなり過ぎて、ミラーの鏡面性が低下し、また、より高い共鳴リセット周波数が必要になる。リセッ

10

20

30

40

50

ト周波数が増大するにつれて、周波数に依存するダンピング効果のためにリセット効率は急激に劣化する。更に、ミラーの厚さを増大させることはミラーの慣性モーメントを増大させることから、ミラー 102 の応答時間を長くしてしまう。

【0024】

スペーサービア324に対してそれらの強度を改善する少なくとも3つの改善点がある。第1に、スペーサービア324の寸法を大きくして、スペーサービア324の側面の金属カバレッジを改善すること。しかし、ミラー支持スペーサービア116がDMDミラー102の能動領域を狭める開いた上部を有することになるため、ミラー支持スペーサービア116を大きくすることはミラー能動領域の許容できない損失につながる。アドレス支持スペーサービア118を大きくすることもまた、アドレス電極114の使用できる寸法を少なくし、従ってアドレス電極114とミラー102との間に生成される静電気を低下させる。第2の方法は、凹角スペーサービア輪郭を回避するためにスペーサービア324の断面形状を変化させることを含む。凹角輪郭(reentrant contour)は、スペーサービア324を形成するために用いられるビア314が、ビア314の形成されるダミー層に入った後で広がる時に発生する。凹角輪郭を持つスペーサービアは上で述べたオーバーハングと似たものである。オーバーハングは、凹角輪郭スペーサービアがスペーサービア324の上部付近で劣悪な金属カバレッジを有する原因となり、また、ヒンジキャップ111またはミラー102がスペーサービア324から破損していく原因ともなる。更に別の解は、金属を堆積させた後にスペーサービア324の内側へ酸化物の内張りを成長させることである。酸化物内張りはスペーサービア324の内側のスペーサービア324の基部に成長し、金属の厚さが不十分な場所での機械的強度を高める。これらの改善は、スペーサービア324の強度を高めはするが、それでもまだDMDのためのスペーサービア324としては十分な強度は得られず、信頼できない。

【0025】

スペーサービア324設計の機械的な弱点に対処するために新しい構造およびプロセスが発明された。それは従来設計のフォトレジストビアをフォトレジストピラーで置き換えるものである。ピラーは比較的間隔を離してあるため、スパッタ工程の間にピラーの基部はビアの底部ほどには陰にならない。ピラーのステップカバレッジは同じアスペクト比を有する孔やトレンチのステップカバレッジよりも優れている。従って、ここに開示される構造を備えた支持ピラーは従来技術のスペーサービア324よりもずっと優れた強度を有する。

【0026】

【実施例】

図4ないし図20は、本発明の1つの実施例に従うDMD要素の、それを製造する工程の各段階における断面図を示す。断面は図2の206で示したヒンジ軸に沿って取ったものである。図4は典型的にはシリコンである基板ウエハ400を示しており、この上にはアドレス回路および最初の2つの金属化層が既に作製されている。第2の金属層は保護用の酸化物層403によって覆われている。図2に示されたように金属パッド202が基板400上に作製されたアドレス回路へ接触できるように、ビア204が酸化物層403中へ開けられる。図4には示されていないが、保護用の酸化物層403を覆って薄い金属層が堆積されるのが一般的である。この薄い金属層は典型的にはタングステンまたはアルミニウムであるが、基板400上のアドレス回路との電気的コンタクトを実現し、更には、後のエッチング工程でのエッチストップとして働くようになっている。

【0027】

典型的には約 $1.0\mu\text{m}$ の厚さのポジ型の有機フォトレジスト層であるピラー材料402の第1の層が基板400へ取り付けられる。このピラー材料402の層はパターンニングされ現像されて、図5に示すようなピラー材料404の部分が残される。これがヒンジ支持ピラーと一体化された部分を構成することになる。ピラー材料402の層の一部はアドレス電極支持ピラーを形成する。しかし、アドレス電極支持ピラーは図4ないし図20の断面図には示されていない。ピラー材料404の一部が形成された後に、それらに対して約

10

20

30

40

50

220 の温度にまで遠紫外線硬化が施され、残りのプロセス工程での溶融やバブル発生を避けるようにされる。

【0028】

ピラー材料402の層としてフォトレジストの代わりにその他の材料を使用してもよい。代替材料としては多結晶シリコン、酸化物、窒化物、あるいはオキシナイトライドのような誘電体が一般的である。誘電体を用いる場合には、ビア204中および保護用の酸化物層403を覆って薄い金属層が堆積され、それをエッチストップとして用いてビア204からピラー材料を完全に除去するのを容易にする。ピラー材料層402としてその他の材料を使用することもできるが、代替材料が追加のパターニングおよびエッチング工程を必要とする点でフォトレジストが望ましい。例えば、基板ウエハ400上へ1 μ mの厚さの二酸化シリコン層を成長させて、フォトレジスト層で覆う。フォトレジスト層をパターニングし現像して、支持ピラーを形成すべき二酸化シリコン層の部分のみを保護するように加工する。次に二酸化シリコン層をエッチして、ピラー材料404の所望の部分だけを残すことを行う。

10

【0029】

ピラー材料402の層をパターニングした後、基板400およびピラー材料404の残りの部分を、図6に示すように金属層406で覆う。典型的にはアルミニウムまたはアルミニウム合金である金属層は第3の金属層M3を構成するが、保護用の酸化物層403および残っているピラー材料404の上へ4000 \AA の厚さにスパッタされるのが一般的である。M3金属層はパターニングされて、図2に示されたバイアス/リセットバス200および金属パッド202が形成される。図4ないし図20の断面はヒンジ軸に沿って取られているので、バイアス/リセットバスは連続した層として見え、M3層のパターニングの結果は示されていない。完成したヒンジ支持ピラー408はピラー材料404の残りの部分とバイアス/リセットバスを形成するM3金属層406のシースとで構成される。

20

【0030】

図21は、M3金属層406の堆積後に部分的に完成したDMD500の、図6から取り出した一部分の断面図であり、金属化されたヒンジ支持ピラー408のステップカバレッジを示している。このピラー材料404の部分は、上部よりも側面が薄い金属のシースの中に收容されている。既に図3に関して説明したように、上部に比べて側面の金属が薄いのは、ピラー材料404が部分的に陰になっているためである。側面はピラー材料404の上部よりも少ない金属を受け取るのであるが、ピラー材料404のその他の残りの部分は十分離れているため、側面は図3Aの領域31で示したような従来技術のスペーサービアよりも広い角度範囲から金属を受け取ることが可能となっている。従って、側面は従来技術のスペーサービアよりも多い金属を受け取り、より均一なカバレッジを実現することができる。進歩した金属カバレッジは、金属化された支持ピラー408の合成特性と相俟って、ずっと強度の高い支持ピラーを実現しており、ヒンジキャップあるいは基板のいずれから破損が始まる傾向は見られない。

30

【0031】

図7を参照すると、ヒンジスペーサー層410と呼ぶ第1のスペーサー層がヒンジ支持ピラー408を覆って基板上へスピン塗布されている。このヒンジスペーサー層410は典型的には1.0 μ mの厚さのポジ型フォトレジストである。図7に示されたように、ヒンジスペーサー層410は各ピラー408の上にバンプ412を有しているであろう。バンプ412はフォトレジストをスピン塗布することで生じたものであって好ましいものではない。ヒンジスペーサー層410を形成するためのフォトレジストを減らせばバンプは無くすることができるであろうが、フォトレジストがピラー408の周囲へ流れる時に、ピラー408による“シャドウ”効果によってフォトレジスト表面の顕著な波打ち現象が発生する可能性がある。温度の関数であるフォトレジストの粘性、基板ウエハ400のスピン回転速度、およびスペーサー層410の厚さはいずれも完成した層の表面に影響する。ある条件下では、1つの厚い層を堆積させるよりも複数の薄い層を堆積させるほうが有利

40

50

である。理想的なスペーサー層 4 1 0 は完全に平坦で、基板ウエハ 4 0 0 からピラー 4 0 8 の上端まで広がっており、以降のデバイス製造工程に対して完全に平坦な表面を引き渡す。

【 0 0 3 2 】

各ピラー 4 0 8 の上に形成されたバンプ 4 1 2 は酸素プラズマエッチによって除去され、ピラー 4 0 8 へのアクセスが提供され、スペーサー層 4 1 0 の表面が平坦化される。ヒンジスペーサー層 4 1 0 の平坦化は堅実なヒンジ強度と一体性を保証するために重要である。更に、スペーサー層 4 1 0 およびピラー 4 0 8 の上部の非平坦な特徴は製造工程によって転写され、以降の層に影響を及ぼす。ヒンジスペーサー層 4 1 0 は、後に続く処理工程の間に流れ出したり、バブル発生を起こしたりしないように約 2 0 0 の温度にまで遠

10

【 0 0 3 3 】

ヒンジ層 4 1 8 は図 9 に示されたように、ヒンジスペーサー層 4 1 0 の上へ薄いアルミニウム合金のスパッタ堆積を行うことによって形成されるのが一般的である。ヒンジ層 4 1 8 は典型的には 6 0 0 オングストロームの厚さで、0.2%のTi、1%のSi、98.8%のAlを含む。米国特許第 5,061,049 号が教えるように、埋め込まれたヒンジを製造するプロセスに従えば、典型的にはヒンジ層 4 1 8 を覆ってプラズマ堆積法によって酸化物層を堆積させ、捺りヒンジの形にパターニングすることで酸化物エッチストップ 4 2 0 が形成される。

【 0 0 3 4 】

第 2 レベルのピラーがヒンジ金属層 4 1 8 を覆って形成され、ミラー支持ピラーとなる。ミラー支持ピラーはヒンジおよびアドレス電極支持ピラーを作製するために用いられたのと同じプロセスで作製される。ピラー材料の第 2 の層が基板ウエハ上へ堆積されパターニングされて、図 1 0 に示すようなピラー材料 4 2 2 の部分が残される。ピラー材料の第 2 層は典型的には 2.2 μm の厚さのフォトレジストであって、それは引き続きプロセス工程において流れ出したり、バブル発生を起こしたりしないように 1 8 0 まで遠紫外線硬化される。ヒンジスペーサー層 4 1 0 あるいはヒンジ支持ピラー 4 0 4 は既にもっと高い温度 (2 0 0 および 2 2 0) まで硬化されているので、これら最初の 2 つのフォトレジスト層の劣化は起こらない。

20

【 0 0 3 5 】

次に図 1 1 に示すように、第 1 のヒンジ金属層 4 1 8 およびピラー材料 4 2 2 を覆って電極金属の厚い層 4 2 4 が堆積される。電極金属層 4 2 4 は典型的には 3 7 5 0 オングストロームの厚さであって、スパッタ堆積されて、ミラー支持ピラー、ヒンジキャップ、およびアドレス電極を形成する。電極が堆積されると、ピラー材料 4 2 2 は電極金属によって取り囲まれて、ピラー材料 4 2 2 と電極金属のシース 4 2 4 とを含むミラー支持ピラー 4 2 6 が形成される。電極金属 4 2 4 を堆積した後に、図 1 2 に示すように、酸化物層が堆積されパターニングされて、ミラー支持ピラーエッチストップ 4 2 8、ヒンジキャップエッチストップ 4 3 0、および番地電極エッチストップ (図示されていない) が形成される。ミラー支持ピラーエッチストップ 4 2 8 はパターニングされて、ミラー支持ピラーおよびヒンジヨークを以降のエッチ工程から保護する。

30

【 0 0 3 6 】

エッチストップのパターニングの後、電極金属層 4 2 4 およびヒンジ金属層 4 1 8 が両方ともにエッチされ、図 1 3 に示すように、エッチストップによって保護された金属層の部分のみが残される。エッチストップ 4 2 0、4 2 8、4 3 0 は次に図 1 4 に示すように剥離される。ミラースペーサー層 4 3 2 と呼ぶ第 2 のフォトレジストスペーサー層が、次にウエハ上へ図 1 5 に示されたようにスピン塗布されエッチバックされて、図 1 6 に示すように、ミラー支持ピラー 4 2 6 の上部へのアクセスを提供し、第 2 のスペーサー層を平坦化する。

40

【 0 0 3 7 】

第 2 のスペーサー層 4 3 2 および支持ピラー 4 2 6 の上部を覆ってミラー金属層 4 3 8 が

50

堆積される。典型的にはこのミラー金属層はスパッタ堆積された4250オングストロームの厚さである。別の酸化物層がプラズマ堆積され、パターニングされて、図18に示すようなミラーエッチストップ440が形成される。次に、図19に示すように、プラズマエッチによってミラー金属層438はミラー442に成形される。

【0038】

ウエハレベルでの処理はこれで完了である。このデバイスは、残っているミラースペーサー432とヒンジスペーサー層410とを除去し、ミラー442からミラー酸化物エッチストップ440を剥離することによってアンダーカット処理を施さなければならない。ミラースペーサー層432を除去した後はミラー442が非常に脆くなるので、デバイスのソーイング(saw)はアンダーカットの前に行われるのが普通である。しかし、この制約はここに開示するプロセスの結果ではなく、むしろ既存のウエハ分離の方法による制限である。損傷を受けた切り屑を生じないウエハ分離プロセスや損傷を完全に取り去ってしまう工程が利用できるようになれば、この工程は順序を入れ替えてウエハの分離の前にデバイスを完成させることができるようになるであろう。

10

【0039】

ミラーエッチストップ440は、ミラー表面を保護するためにウエハ分離の間も所定の場所に残される。ウエハはPMM Aによって被覆され、チップアレイに切り出され、クロロベンゼンによるパルススピン洗浄(pulse spin-clean)を受ける。ウエハ分離の後、チップはプラズマエッチング反応室中へ入れられ、そこでミラーエッチストップ440と、2つのスペーサー層432および410の完全な除去が行われて、図20

20

【0040】

封じ込まれたピラー材料の熱膨張係数はアルミニウムピラーシースの熱膨張係数とほとんど一致するので、封じ込まれた材料を支持ピラーの内側に残したままでも構わない。封じ込まれた材料の熱膨張係数とアルミニウムピラーシースの熱膨張係数との間に違いがあまり大きい場合には、高温あるいは低温に曝された場合に支持ピラーが破壊する可能性がある。熱膨張係数の不一致に起因する支持ピラーに対する損傷を阻止するために、電極あるいはヒンジ金属層中に孔をパターニングして封じ込まれた材料をプラズマエッチングによ

30

【0041】

これまで支持ピラーの製造プロセスについてヒンジが隠れたタイプのDM Dのみに関して説明してきたが、数多くのその他のデバイスで本プロセスを利用することができる。図22に示された従来の捺り梁DM D600は、半導体基板610上に作製されたアドレス電極608の上方へ2つの捺りヒンジ606で以て支えられたミラー604を含んでいる。ここに開示されたプロセスは、基板610から離れた場所にヒンジ606を支えるようになったヒンジ支持ピラー602を形成するために使用することができる。加速度計、流量センサー、温度センサー、およびモーター等のその他のマイクロメカニカルデバイスもここに開示されたプロセスを用いることができる。ここに開示されたプロセスは従来技術の

40

【0042】

このように、ここまで支持ピラーとそのプロセスという特別な1つの実施例について説明してきたが、そのような特定の引用は本発明の特許請求の範囲に示された以外の本発明の範囲を制限するものではないことを理解されるべきである。更に、本発明はそれの特定の実施例に関して説明してきたが、当業者にはそれ以外の修正が自ずと明らかになるであろう。そして、それらすべての修正も本発明の請求の範囲に包含されるものと解釈されるべきである。

【0043】

以上の説明に関して更に以下の項を開示する。以下の各項において、「金属化された」と

50

あるのは、また「金属で強化された」と読みかえることもできる。

(1) 金属化された支持ピラーを作製する方法であって、
基板上へピラー材料を堆積させること、
前記ピラー材料をパターニングして支持ピラーを定義すること、および
前記支持ピラーを覆って金属層を堆積させ、そこにおいて前記支持ピラーが前記金属層によ
って取り囲まれて金属化された支持ピラーが形成されるようにすること、
の工程を含む方法。

【0044】

(2) 第1項記載の方法であって、前記ピラー材料が、フォトレジスト、多結晶シリコン、
酸化物、窒化物、およびオキシナイトライドを含むグループのうちから選ばれたもので
ある方法。 10

【0045】

(3) 第1項記載の方法であって、前記金属層を堆積させる工程が前記支持ピラーを覆っ
て金属層をスパッタすることを含んでいる方法。

【0046】

(4) 第1項記載の方法であって、更に、
前記金属化された支持ピラーの周辺にスペーサー層を堆積させること、
前記金属化された支持ピラーの上部および周辺から前記スペーサー層の一部を除去するこ
と、
の工程を含む方法。 20

【0047】

(5) 第4項記載の方法であって、前記スペーサー層が有機フォトレジストである方法。

【0048】

(6) マイクロミラーデバイスを作製する方法であって、
基板上へピラー材料を堆積させること、
前記ピラー材料をパターニングして第1の支持ピラーを定義すること、
前記第1の支持ピラー上へ第1の金属層を堆積させること、
前記第1の金属層をパターニングして、電極と、前記ピラー材料を前記第1の金属層によ
って覆った第1の金属化された支持ピラーとを形成すること、
前記基板上へ第1のスペーサー層を堆積させること、 30
前記第1のスペーサー層と前記第1の支持ピラーとを覆って、ヒンジを形成する第2の金
属層を堆積させること、
前記第2の金属層の上へ第2のピラー材料を堆積させること、
前記第2のピラー材料をパターニングして、前記ヒンジへ取り付けられた第2の支持ピラ
ーを定義すること、
前記第2の支持ピラーを覆って第3の金属層を堆積させて、第2の金属化された支持ピラ
ーを形成すること、
前記第1のスペーサー層を覆って第2のスペーサー層を堆積させること、
前記第2の金属化された支持ピラーの上部から前記第2のスペーサー層の一部を除去する
こと、 40
前記第2のスペーサー層を覆って、前記第2の支持ピラーに取り付けられた少なくとも1
個のミラーを定義する第4の金属層を堆積させること、および
前記第1のスペーサー層および前記第2のスペーサー層を除去して、前記ヒンジおよび前
記ミラーの下側に空隙を形成すること、
の工程を含む方法。

【0049】

(7) 変形可能なミラーデバイスを作製する方法であって、
基板上へピラー材料を堆積させパターニングして、支持ピラーを定義すること、
前記支持ピラー上へ第1の金属層を堆積させて、金属化された支持ピラーを形成すること
、 50

前記基板上へスペーサー層を堆積させること、
 前記金属化された支持ピラーの上部から前記スペーサー層の一部を除去すること、
 前記スペーサー層および前記金属化された支持ピラーを覆って、ヒンジと前記ヒンジによ
 って前記支持ピラーから回転自在に支持されたミラーとを形成する少なくとも1個の付加
 的な金属層を堆積させること、および
 前記スペーサー層の一部を除去して、前記ヒンジおよび前記ミラーの下側に空隙を形成す
 ること、
 の工程を含む方法。

【0050】

(8) 第7項記載の方法であって、前記ピラー材料が、フォトレジスト、多結晶シリコン 10
 、酸化物、窒化物、およびオキシナイトライドを含むグループのうちから選ばれたもので
 ある方法。

【0051】

(9) 第7項記載の方法であって、前記第1の金属層を堆積させる工程が前記支持ピラー
 上へアルミニウム合金をスパッタする工程を含んでいる方法。

【0052】

(10) マイクロミラーデバイスであって、
 基板、
 前記基板上にあって、第1の金属シースの内側に第1のピラー材料を含む少なくとも1個
 のヒンジ支持ピラー、 20
 前記ヒンジ支持ピラーにつながれた少なくとも1個のヒンジ、
 前記ヒンジにつながれて、第2の金属シースの内側に第2のピラー材料を含む少なく
 とも1個のミラー支持ピラー、および
 前記ミラー支持ピラーによって支えられた少なくとも1個のミラー要素、
 を含むマイクロミラーデバイス。

【0053】

(11) マイクロミラーデバイスであって、
 基板、
 前記基板上にあって、金属シースの内側にピラー材料を含む少なくとも1個のヒンジ支持
 ピラー、 30
 前記ヒンジ支持ピラーにつながれた少なくとも1個のヒンジ、および
 前記少なくとも1個のヒンジによって支えられた少なくとも1個のミラー要素、
 を含むマイクロミラーデバイス。

【0054】

(12) マイクロメカニカルデバイス用の支持ピラーであって、
 基板、
 前記基板によって支えられ、所望の支持ピラー形状に成形されたピラー材料、および
 前記ピラー材料を覆って形成され、前記基板によって少なくとも部分的に支えられた金属
 層、
 を含む支持ピラー。 40

【0055】

(13) マイクロメカニカルデバイス、特にデジタルマイクロミラーデバイスと一緒に使
 用するための支持ピラー408は、基板400によって支えられ、金属層406によって
 覆われたピラー材料422を含んでいる。支持ピラー408は、基板400上へピラー材
 料を堆積させ、前記ピラー材料をパターンニングして支持ピラー408を定義し、そして前
 記支持ピラー408を覆って前記支持ピラーを取り囲むように金属層406を堆積させる
 ことにより作製される。ピラー408を覆ってスペーサー層410を設けることで、ピラ
 ーの上端とレベルの揃った平坦な表面が得られる。スペーサー層410を設けた後、ス
 ペーサー層410はピラーの上部を露出させるためにエッチされる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術の典型的なヒンジが隠れたタイプの捺り梁DMDアレイの部分鳥瞰図。

【図2】従来技術のヒンジが隠れたタイプの捺り梁DMD要素の展開鳥瞰図。

【図3】Aは、基板およびダミー層の上へ金属がスパッタされている状態の断面図。

Bは、図3Aの基板の、金属がスパッタされた後の断面図。

Cは、図3Aの基板の、金属がスパッタされダミー材料が除去された後の断面図。

【図4】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、番地回路と2つの金属層を形成された基板ウエハの上に第1のフォトレジスト層が塗布された段階を示す断面図。

【図5】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、ピラー材料のパターニングを行った段階を示す断面図。 10

【図6】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、基板およびパターニングされたピラー材料を覆って金属層を堆積させた段階を示す断面図。

【図7】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、ヒンジスペーサー層をスピン塗布した段階を示す断面図。

【図8】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、スペーサー層の平坦化を行った段階を示す断面図。 20

【図9】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、ヒンジ層の上へ酸化物のエッチストップをパターニングした段階を示す断面図。

【図10】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、第2のピラー材料をパターニングした段階を示す断面図。

【図11】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、第1のヒンジ金属層と第2のピラー材料を覆って電極金属層を堆積させた段階を示す断面図。 30

【図12】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、酸化物層をパターニングしてエッチストップを形成した段階を示す断面図。

【図13】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、エッチストップをマスクにして金属層のエッチングを行った段階を示す断面図。

【図14】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、エッチストップを剥離した段階を示す断面図。

【図15】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、ミラースペーサー層をスピン塗布させた段階を示す断面図。 40

【図16】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、ミラースペーサー層の平坦化を行った段階を示す断面図。

【図17】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、ミラー金属層を堆積させた段階を示す断面図。

【図18】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、第2のミラーエ 50

ッチストップを形成した段階を示す断面図。

【図19】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、ミラー金属層をプラズマエッチしてミラーを形成した段階を示す断面図。

【図20】本発明の1つの実施例に従う支柱を有するDMD要素の製造中の各段階を示す、DMDアレイの1つの要素のヒンジ軸に沿って取った断面図であって、ヒンジおよびミラーの下側からスペーサー層を除去した段階を示す断面図。

【図21】図6のヒンジ支持ピラーの金属ステップカバレッジを示す断面図。

【図22】本発明の1つの実施例に従う進歩した支柱を有する、典型的な振り梁DMDの部分鳥瞰図。

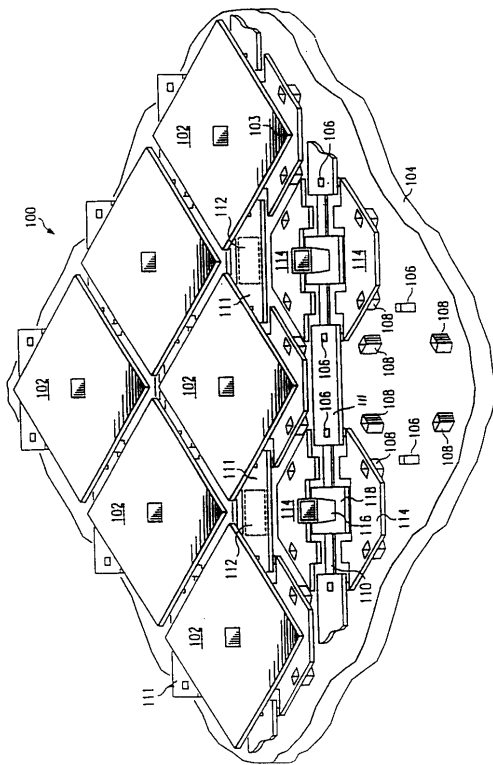
10

【符号の説明】

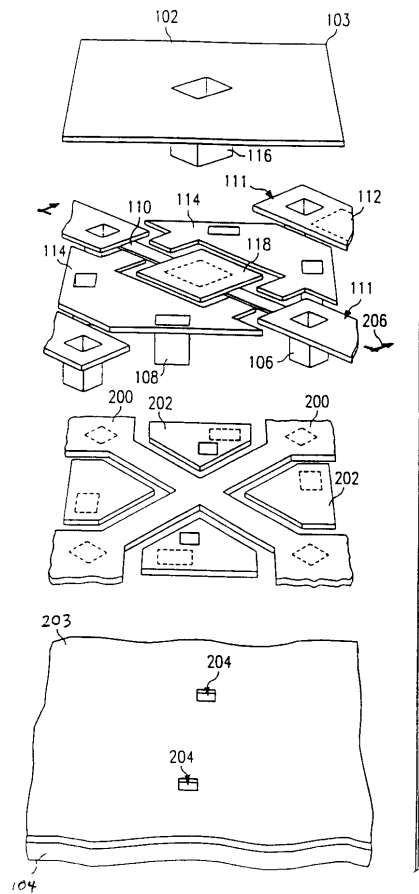
100	DMDアレイ	
102	ミラー	
104	基板	
106	ヒンジ支持スペーサービア	
108	アドレス電極支持スペーサービア	
110	振りヒンジ	
111	ヒンジキャップ	
112	着地場所	
114	アドレス電極	20
116	ミラー支持スペーサービア	
118	ヒンジヨーク	
200	バイアス/リセットバス	
202	金属パッド	
203	保護用酸化物層	
204	ビア	
300	金属粒子	
302	基板	
304	ダミー層	
306	角度範囲	30
308	地点	
310	壁構造	
312	角度範囲	
314	ビア	
316	角度範囲	
318	金属層	
320	平坦な表面	
322	オーバーハング	
324	スペーサービア	
400	基板ウエハ	40
401	DMD要素	
402	第1のピラー材料層	
403	保護用酸化物層	
404	ピラー材料の部分	
406	金属層	
408	ヒンジ支持ピラー	
410	ヒンジスペーサー層	
412	バンプ	
418	ヒンジ層	
420	酸化物エッチストップ	50

- 4 2 2 ピラー材料の部分
- 4 2 4 電極金属
- 4 2 6 ミラー支持ピラー
- 4 2 8 ミラー支持ピラーエッチストップ
- 4 3 0 ヒンジキャップエッチストップ
- 4 3 2 ミラースペーサー層
- 4 3 8 ミラー金属層
- 4 4 0 ミラーエッチストップ
- 4 4 2 ミラー
- 4 4 4 空隙
- 4 4 6 空隙
- 5 0 0 D M D
- 6 0 0 D M D
- 6 0 2 ヒンジ支持ピラー
- 6 0 4 ミラー
- 6 0 6 ヒンジ
- 6 0 8 アドレス電極
- 6 1 0 半導体基板

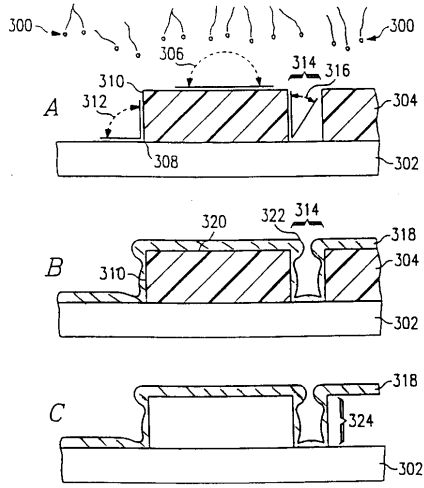
【 図 1 】



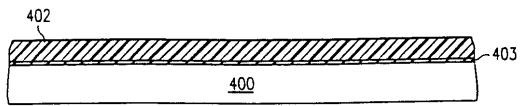
【 図 2 】



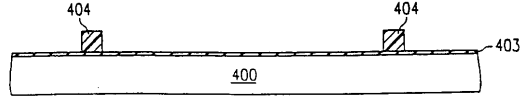
【 図 3 】



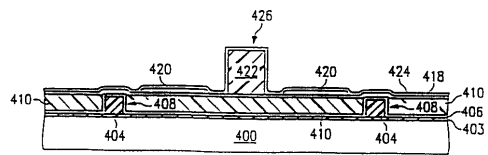
【 図 4 】



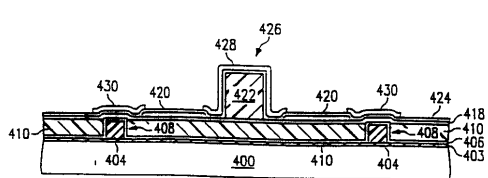
【 図 5 】



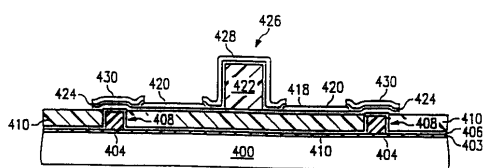
【 図 11 】



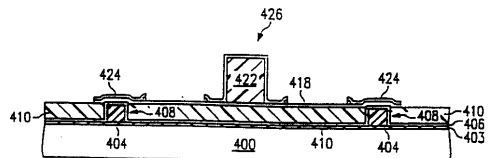
【 図 12 】



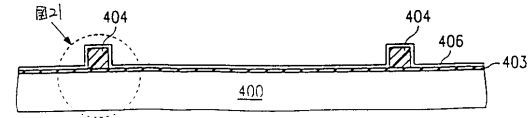
【 図 13 】



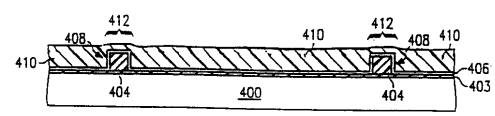
【 図 14 】



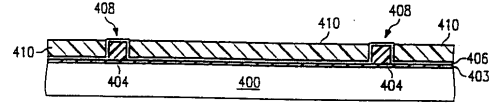
【 図 6 】



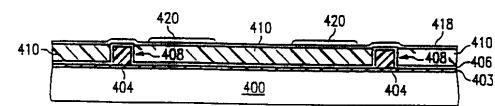
【 図 7 】



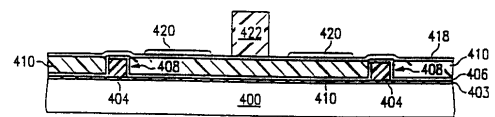
【 図 8 】



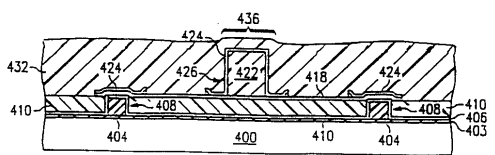
【 図 9 】



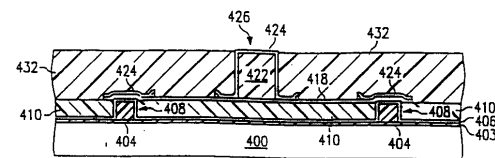
【 図 10 】



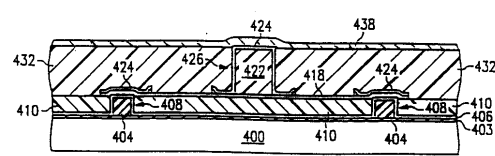
【 図 15 】



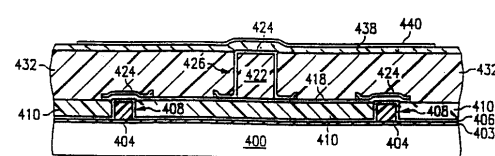
【 図 16 】



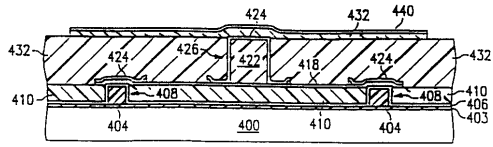
【 図 17 】



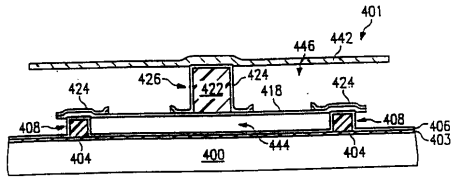
【 図 18 】



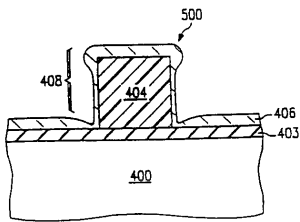
【 図 19 】



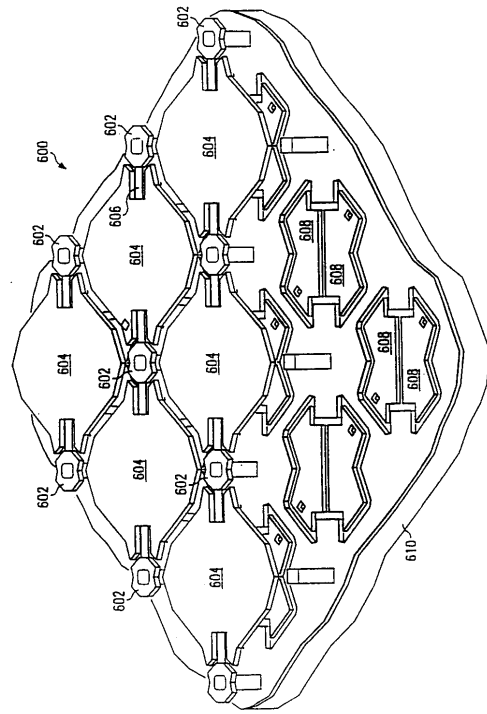
【 図 20 】



【 図 21 】



【 図 22 】



フロントページの続き

(72)発明者 ロバート エム・ボイセル
アメリカ合衆国テキサス州プラノ, ノースリッジ ドライブ 1400

審査官 東 治企

(56)参考文献 特開平05-188309(JP,A)
米国特許第05011580(US,A)
特開平05-196880(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 26/08

B81B 3/00

B81C 1/00