

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-505162  
(P2009-505162A)

(43) 公表日 平成21年2月5日(2009.2.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G02B 26/02 (2006.01)</b>	G02B 26/02 J	2H141
<b>B81B 3/00 (2006.01)</b>	B81B 3/00	3C081
<b>B81C 1/00 (2006.01)</b>	B81C 1/00	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2008-527197 (P2008-527197)	(71) 出願人	508095337 クオルコム・メムズ・テクノロジーズ・インコーポレーテッド アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775
(86) (22) 出願日	平成18年8月17日 (2006.8.17)	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
(85) 翻訳文提出日	平成20年4月21日 (2008.4.21)	(74) 代理人	100089037 弁理士 渡邊 隆
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/032511	(74) 代理人	100108453 弁理士 村山 靖彦
(87) 国際公開番号	W02007/022476	(74) 代理人	100110364 弁理士 実広 信哉
(87) 国際公開日	平成19年2月22日 (2007.2.22)		
(31) 優先権主張番号	60/710,019		
(32) 優先日	平成17年8月19日 (2005.8.19)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

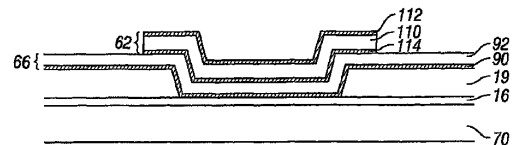
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 応力に起因する変形を最小限に抑えるように構成された支持構造を有するMEMSデバイス、およびその製造方法

(57) 【要約】

応力関連の変形を最小限に抑えるように構成された支持構造を有するMEMSデバイス、およびその製造方法

MEMSデバイスの実施形態は、上位の支持構造によって支持される移動可能層を含み、更に、下位の支持構造を含むことができる。1つの実施形態では、上位の支持構造内の残留応力と、移動可能層内の残留応力とが、実質的に等しい。別の実施形態では、上位の支持構造内の残留応力と、下位の支持構造内の残留応力とが、実質的に等しい。特定の実施形態では、実質的に等しい残留応力は、同じ厚さを有する同じ材料で形成される層の使用を通じて得られる。更なる実施形態では、実質的に等しい残留応力は、互いの鏡像である支持構造および/または移動可能層の使用を通じて得られる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

M E M S デバイスを製造する方法であって、  
 基板を提供する段階と、  
 前記基板の上に電極層を堆積する段階と、  
 前記電極層の上に犠牲層を堆積する段階と、  
 開口を形成するために、前記犠牲層をパターン形成する段階と、  
 前記犠牲層の上に移動可能層を堆積する段階と、  
 前記移動可能層に隣接して、かつ少なくとも部分的に犠牲層内の開口内に、支持構造を形成する段階と、  
 を備え、前記支持構造は、前記支持構造が前記移動可能層に対して相対的に横方向に変形する傾向を最小限に抑えるように選択された材料を含む、方法。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、更に、  
 前記犠牲層を除去するために、前記犠牲層をエッチングすることによって、前記移動可能層と前記電極層との間にキャビティを形成することを備える方法。

## 【請求項 3】

請求項 1 に記載の方法であって、  
 前記支持構造は、前記移動可能層の下に形成される、方法。

## 【請求項 4】

請求項 1 に記載の方法であって、  
 前記支持構造は、前記移動可能層の上に形成される、方法。

20

## 【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法であって、  
 前記移動可能層内の残留応力は、前記支持構造内の残留応力と実質的に等しい、方法。

## 【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法であって、  
 前記移動可能層の熱膨張係数は、前記支持構造の熱膨張係数と実質的に等しい、方法。

## 【請求項 7】

請求項 1 に記載の方法であって、  
 前記支持構造と前記移動可能層とは、実質的に同じ材料を含む、方法。

30

## 【請求項 8】

請求項 7 に記載の方法であって、更に、  
 前記支持構造と前記移動可能層との間で前記移動可能層の上に、エッチング障壁層を形成することを備える方法。

## 【請求項 9】

請求項 7 に記載の方法であって、  
 前記移動可能層を形成する段階は、  
 反射性副層を形成することと、  
 前記反射層の上に機械的副層を形成することと、  
 を含む、方法。

40

## 【請求項 10】

請求項 9 に記載の方法であって、  
 前記支持構造を形成する段階は、  
 前記機械的副層と同じ材料を含む第 1 の副層を形成することと、  
 前記反射性副層と同じ材料を含む第 2 の副層を形成することと、  
 を含む、方法。

## 【請求項 11】

請求項 10 に記載の方法であって、  
 前記第 1 の副層は、前記機械的副層と実質的に同じ厚さであり、前記第 2 の副層は、前

50

記反射性副層と実質的に同じ厚さである、方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 に記載の方法であって、

前記第 1 の副層の厚さは、前記機械的副層の厚さの 5 % 以内であり、前記第 2 の副層の厚さは、前記反射性副層の 5 % 以内である、方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 に記載の方法であって、

前記第 1 の副層は、前記第 2 の副層の上に形成される、方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 1 に記載の方法であって、

前記第 2 の副層は、前記第 1 の副層の上に形成される、方法。

10

【請求項 1 5】

請求項 8 に記載の方法であって、更に、

前記犠牲層を形成することに先立って、前記基板の上に部分反射性材料の層を形成することを備える方法。

【請求項 1 6】

請求項 8 に記載の方法であって、

前記 MEMS デバイスは、インターフェロメトリックモジュレータを含む、方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 に記載の方法によって製造される MEMS デバイス。

20

【請求項 1 8】

MEMS デバイスであって、

基板と、

前記基板の上に位置する電極層と、

前記電極層の上に位置する移動可能層であって、通常、エアギャップによって前記電極層から隔てられる移動可能層と、

前記移動可能層に隣接してかつ少なくとも部分的に前記移動可能層内のくぼみ内に形成される剛性の支持構造と、

を備え、前記剛性の支持構造は、前記支持構造が前記移動可能層に対して相対的に横方向に変形する傾向を最小限に抑えるように選択された材料を含む、MEMS デバイス。

30

【請求項 1 9】

請求項 1 8 に記載の MEMS デバイスであって、

前記移動可能層内の残留応力は、前記支持構造内の残留応力と実質的に等しい、MEMS デバイス。

【請求項 2 0】

請求項 1 8 に記載の MEMS デバイスであって、

前記移動可能層の熱膨張係数は、前記支持構造の熱膨張係数と実質的に等しい、MEMS デバイス。

【請求項 2 1】

請求項 1 8 に記載の MEMS デバイスであって、

前記剛性の支持構造は、前記移動可能層の上位にある（上にある、上に位置する）、MEMS デバイス。

40

【請求項 2 2】

請求項 1 8 に記載の MEMS デバイスであって、

前記剛性の支持構造は、前記移動可能層の下位にある（下にある、下に位置する）、MEMS デバイス。

【請求項 2 3】

請求項 1 8 に記載の MEMS デバイスであって、

前記支持構造と前記移動可能層とは、実質的に同じ材料を含む、MEMS デバイス。

【請求項 2 4】

50

請求項 2 3 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記移動可能層は、反射性副層と機械的副層とを含み、前記反射性副層は、前記電極層に面した側の前記移動可能層上にある、MEMS デバイス。

【請求項 2 5】

請求項 2 4 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記支持構造は、前記機械的副層と同じ材料を含む第 1 の副層と、前記反射性副層と同じ材料を含む第 2 の副層と、を含む、MEMS デバイス。

【請求項 2 6】

請求項 2 5 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記第 1 の副層は、前記機械的副層と実質的に同じ厚さであり、前記第 2 の副層は、前記反射性副層と実質的に同じ厚さである、MEMS デバイス。

10

【請求項 2 7】

請求項 2 5 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記第 1 の副層の厚さは、前記機械的副層の厚さの 5 % 以内であり、前記第 2 の副層の厚さは、前記反射性副層の 5 % 以内である、MEMS デバイス。

【請求項 2 8】

請求項 2 5 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記第 1 の副層は、前記第 2 の副層の上に位置する、MEMS デバイス。

【請求項 2 9】

請求項 2 5 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記第 2 の副層は、前記第 1 の副層の上に位置する、MEMS デバイス。

20

【請求項 3 0】

請求項 2 4 に記載の方法であって、更に、  
前記電極層と同じ側の前記エアギャップ上に位置する部分反射性の層を備える MEMS デバイス。

【請求項 3 1】

請求項 1 8 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記 MEMS デバイスは、インターフェロメトリックモジュレータを含む、MEMS デバイス。

【請求項 3 2】

請求項 1 8 に記載の MEMS デバイスであって、更に、  
前記電極層および前記移動可能層の少なくとも一方と通信するように構成されるプロセッサであって、画像データを処理するように構成されるプロセッサと、  
前記プロセッサと通信するように構成されるメモリデバイスと、  
を備える MEMS デバイス。

30

【請求項 3 3】

請求項 3 2 に記載の MEMS デバイスであって、更に、  
前記電極層および前記移動可能層の少なくとも一方に少なくとも 1 つの信号を送信するように構成されるドライバ回路を備える MEMS デバイス。

【請求項 3 4】

請求項 3 3 に記載の MEMS デバイスであって、更に、  
前記ドライバ回路に前記画像データの少なくとも一部を送信するように構成されるコントローラを備える MEMS デバイス。

40

【請求項 3 5】

請求項 3 2 に記載の MEMS デバイスであって、更に、  
前記プロセッサに前記画像データを送信するように構成される画像ソースモジュールを備える MEMS デバイス。

【請求項 3 6】

請求項 3 5 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記画像ソースモジュールは、レシーバ、トランシーバ、およびトランスミッタの少な

50

くとも1つを含む、MEMSデバイス。

【請求項37】

請求項32に記載のMEMSデバイスであって、更に、  
入力データを受信して、前記入力データを前記プロセッサに伝達するように構成される  
入力デバイスを備えるMEMSデバイス。

【請求項38】

MEMSデバイスを製造する方法であって、  
基板を提供する段階と、  
前記基板の上に電極層を堆積する段階と、  
前記電極層の上に犠牲層を堆積する段階と、  
開口を形成するために、前記犠牲層をパターン形成する段階と、  
少なくとも部分的に前記開口内に、下位の支持構造を形成する段階と、  
前記下位の支持構造の上に移動可能層を形成する段階と、  
前記移動可能層の上位に、かつ少なくとも部分的に前記犠牲層内の開口内に、上位の支  
持構造を形成する段階と、  
を備え、前記支持構造は、前記上位の支持構造が前記下位の支持構造に対して横方向に  
膨張または収縮する傾向によってもたらされるたわみを最小限に抑えるように構成される  
、方法。

10

【請求項39】

請求項38に記載の方法であって、  
前記下位の支持構造内の残留応力は、前記上位の支持構造内の残留応力と実質的に等し  
い、方法。

20

【請求項40】

請求項38に記載の方法であって、  
前記上位の支持構造と前記下位の支持構造とは、同じ材料を含む、方法。

【請求項41】

請求項40に記載の方法であって、  
前記上位の支持構造は、前記下位の支持構造と実質的に同じ厚さである、方法。

【請求項42】

請求項40に記載の方法であって、  
前記上位の支持構造の厚さは、前記下位の支持構造の厚さの5%以内である、方法。

30

【請求項43】

請求項38に記載の方法であって、  
前記移動可能層を形成する段階は、  
反射性副層を堆積することと、  
前記反射性副層の上に機械的副層を堆積することと、  
を含む、方法。

【請求項44】

請求項43に記載の方法であって、更に、  
前記機械的副層の上に上部副層を堆積することを備える方法。

40

【請求項45】

請求項44に記載の方法であって、  
前記上部副層は、前記反射性副層と同じ材料を含む、方法。

【請求項46】

請求項44に記載の方法であって、  
前記上部副層は、前記反射性副層と実質的に同じ厚さである、方法。

【請求項47】

請求項44に記載の方法であって、  
前記上部副層の厚さは、前記反射性副層の厚さの5%以内である、方法。

【請求項48】

50

請求項 4 3 に記載の方法であって、更に、  
前記犠牲層を堆積することに先立って、前記基板の上に部分反射性材料の層を形成することを備える方法。

【請求項 4 9】

請求項 3 8 に記載の方法によって形成される MEMS デバイス。

【請求項 5 0】

MEMS デバイスであって、  
基板と、  
前記基板の上に位置する電極層と、  
前記電極層の上に位置する移動可能層であって、通常、エアギャップによって前記電極層から隔てられる移動可能層と、  
前記移動可能層の下に形成される下位の支持構造と、  
前記移動可能層の上に形成される上位の支持構造と、  
を備え、前記上位の支持構造の少なくとも一部は、前記移動可能層の下の前記下位の支持構造の上位にあり、前記支持構造は、前記上位の支持構造が前記下位の支持構造に対して横方向に膨張または収縮する傾向によってもたらされるたわみを最小限に抑えるように構成される、MEMS デバイス。

【請求項 5 1】

請求項 5 0 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記下位の支持構造内の残留応力は、前記上位の支持構造内の残留応力と実質的に等しい、MEMS デバイス。

【請求項 5 2】

請求項 5 0 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記上位の支持構造と前記下位の支持構造とは、同じ材料を含む、MEMS デバイス。

【請求項 5 3】

請求項 5 2 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記上位の支持構造は、前記下位の支持構造と実質的に同じ厚さである、MEMS デバイス。

【請求項 5 4】

請求項 5 2 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記上位の支持構造の厚さは、前記下位の支持構造の厚さの 5 % 以内である、MEMS デバイス。

【請求項 5 5】

請求項 5 0 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記移動可能層は、機械的副層と、前記エアギャップに面した側の前記機械的副層上にある反射性副層と、を含む、MEMS デバイス。

【請求項 5 6】

請求項 5 5 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記移動可能層は、更に、前記反射性副層と反対の側の前記機械的副層上にある上部副層を含む、MEMS デバイス。

【請求項 5 7】

請求項 5 6 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記上部副層と前記反射性副層とは、同じ材料を含む、MEMS デバイス。

【請求項 5 8】

請求項 5 6 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記上部副層は、前記反射性副層と実質的に同じ厚さである、MEMS デバイス。

【請求項 5 9】

請求項 5 6 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記上部副層の厚さは、前記反射性副層の厚さの 5 % 以内である、MEMS デバイス。

【請求項 6 0】

請求項 5 5 に記載の MEMS デバイスであって、更に、  
前記電極層と同じ側の前記エアギャップ上に位置する部分反射性の層を備える MEMS デバイス。

【請求項 6 1】

MEMS デバイスであって  
電気伝導のための第 1 の手段と、  
電気伝導のための第 2 の手段と、  
前記第 1 の伝導手段の上に前記第 2 の伝導手段を支持するための手段と、  
を備え、前記第 2 の伝導手段は、前記第 1 の伝導手段と前記第 2 の伝導手段との間における静電ポテンシャルの生成に応じて、前記第 1 の伝導手段に対して相対的に移動可能であり、前記支持手段は、支持領域内の構成要素が互いに対して横方向に膨張または収縮する傾向によってもたらされるたわみを最小限に抑えるように構成される、MEMS デバイス。

10

【請求項 6 2】

請求項 6 1 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記第 1 の伝導手段は、基板によって支持される電極層を含む、MEMS デバイス。

【請求項 6 3】

請求項 6 1 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記第 2 の伝導手段は、インターフェロメトリックギャップによって一部を前記第 1 の伝導手段から隔てられた移動可能層を含む、MEMS デバイス。

20

【請求項 6 4】

請求項 6 1 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記支持手段は、前記第 2 の伝導手段の上位の支持構造を含み、前記支持構造は、前記支持構造が前記第 2 の伝導手段に対して相対的に横方向に膨張または収縮する傾向を最小限に抑えるように構成される、MEMS デバイス。

【請求項 6 5】

請求項 6 1 に記載の MEMS デバイスであって、  
前記支持構造は、前記第 2 の伝導手段の下位にある下位の支持構造と、前記第 2 の伝導手段および前記下位の支持手段の上位にある上位の支持構造とを含み、前記上位の支持構造内の残留応力は、前記下位の支持構造内の残留応力と実質的に等しい、MEMS デバイス。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、米国特許法第 119 条 (e) に基づいて、2005 年 8 月 19 日出願の米国仮出願第 60/710,019 号の優先権を主張する。この出願は、参照により全体を本明細書に組み込まれるものとする。

【0002】

微小電気機械システム (MEMS) は、微小機械要素、アクチュエータ、および電子機器を含む。微小機械要素は、堆積プロセス、エッチングプロセス、ならびに / あるいは基板および / もしくは堆積された材料層を部分的にエッチング除去するかまたは層を追加するかによって電気デバイスおよび電気機械デバイスを形成するその他のマイクロマシニングプロセスを使用して作成することができる。MEMS デバイスの 1 つのタイプは、インターフェロメトリックモジュレータと称される。本明細書において使用されるインターフェロメトリックモジュレータまたはインターフェロメトリック光モジュレータという用語は、光干渉の原理を利用して光を選択的に吸収するおよび / または反射させるデバイスを意味する。特定の実施形態において、インターフェロメトリックモジュレータは、一対の伝導板を備えてよく、それらの板の一方または両方は、全体もしくは一部が透明および / もしくは反射性であってよくかつ適切な電気信号の印加によって相対運動することができる。具体的な一実施形態において、一方の板は、基板上に堆積された静止層を備えてよく

40

50

、他方の板は、エアギャップによって静止層から分離された金属膜を備えてよい。本明細書において更に詳述されるように、他方の板に対する一方の板の位置は、インターフェロメトリックモジュレータに入射する光の光干渉を変化させることができる。このようなデバイスは、非常に広範な用途を有しており、当該分野においては、これらのタイプのデバイスの特徴を既存製品の改良およびまだ開発されていない新製品の製造に生かせるように、これらのタイプのデバイスの特性を利用および/または変更すると有益だと考えられる。

#### 【 0 0 0 3 】

1つの実施形態において、MEMSデバイスを製造する方法が提供される。該方法は、基板を提供することと、基板の上に電極層を堆積することと、電極層の上に犠牲層を堆積することと、開口を形成するために、犠牲層をパターン形成することと、犠牲層の上に移動可能層を堆積することと、移動可能層に隣接して、かつ少なくとも部分的に犠牲層内の開口内に、支持構造を形成することと、を備え、支持構造は、支持構造が移動可能層に対して相対的に横方向に変形する傾向を最小限に抑えるように選択された材料を含む。

10

#### 【 0 0 0 4 】

別の一実施形態において、MEMSデバイスが提供される。該MEMSデバイスは、基板と、基板の上に位置する電極層と、電極層の上に位置する移動可能層であって、通常、エアギャップによって電極層から隔てられる移動可能層と、移動可能層に隣接してかつ少なくとも部分的に移動可能層内のくぼみ内に形成される剛性の支持構造と、を備え、剛性の支持構造は、支持構造が移動可能層に対して相対的に横方向に変形する傾向を最小限に抑えるように選択された材料を含む。

20

#### 【 0 0 0 5 】

別の一実施形態において、MEMSデバイスを製造する方法が提供される。該方法は、基板を提供することと、基板の上に電極層を堆積することと、電極層の上に犠牲層を堆積することと、開口を形成するために、犠牲層をパターン形成することと、少なくとも部分的に開口内に、下位の（underlying:下にある、下に位置するという意味。以下では「下位の」または「下位にある」と称する）支持構造を形成することと、下位の支持構造の上に移動可能層を形成することと、移動可能層の上位に（overlying:上にある、上に位置するという意味。以下では「上位の」または「上位にある」と称する）、かつ少なくとも部分的に犠牲層内の開口内に、上位の支持構造を形成することと、を備え、支持構造は、上位の支持構造が下位の支持構造に対して横方向に膨張または収縮する傾向によってもたらされるたわみを最小限に抑えるように構成される。

30

#### 【 0 0 0 6 】

別の一実施形態において、MEMSデバイスが提供される。該MEMSデバイスは、基板と、基板の上に位置する電極層と、電極層の上に位置する移動可能層であって、通常、エアギャップによって電極層から隔てられる移動可能層と、移動可能層の下に形成される下位の支持構造と、移動可能層の上に形成される上位の支持構造と、を備え、上位の支持構造の少なくとも一部は、移動可能層の下の下位の支持構造の上位にあり、支持構造は、上位の支持構造が下位の支持構造に対して横方向に膨張または収縮する傾向によってもたらされるたわみを最小限に抑えるように構成される。

40

#### 【 0 0 0 7 】

別の一実施形態において、MEMSデバイスが提供される。該MEMSデバイスは、電気伝導のための第1の手段と、電気伝導のための第2の手段と、第1の伝導手段の上に第2の伝導手段を支持するための手段と、を備え、第2の伝導手段は、第1の伝導手段と第2の伝導手段との間における静電ポテンシャルの生成に応じて、第1の伝導手段に対して相対的に移動可能であり、支持手段は、支持領域内の構成要素が互いに対して横方向に膨張または収縮する傾向によってもたらされるたわみを最小限に抑えるように構成される。

#### 【 0 0 0 8 】

以下の詳細な説明は、本発明の特定の具体的実施形態に関する。しかしながら、本発明は、多くの異なるかたちで実現することができる。この説明では、図面が参照にされ、図

50

中、類似の構成要素は一貫して類似の符号を使用して示される。以下の説明から明らかなように、これらの実施形態は、動いているもの（例：ビデオ）であれ静止しているもの（例：静止画像）であれ、テキスト形式であれ映像形式であれ、画像を表示するように構成された任意のデバイスにおいて実現可能である。より具体的に言うと、これらの実施形態は、携帯電話、ワイヤレス機器、携帯情報端末（PDA）、手持ちサイズの、すなわち携帯用のコンピュータ、GPSレシーバ/ナビゲータ、カメラ、MP3プレーヤ、カムコーダ、ゲーム機、腕時計、時計、計算機、テレビ用モニタ、フラットパネルディスプレイ、コンピュータ用モニタ、自動車用ディスプレイ（例：走行距離計など）、コックピットのコントロールパネルおよび/もしくはディスプレイ、カメラ視野のディスプレイ（例：車の後方確認用カメラのディスプレイ）、電子写真、電光の掲示板もしくはサイン、プロジェクタ、建造物、パッケージング、ならびに美的構造物（例：宝石の画像のディスプレイ）を非限定的に含む、様々な電子デバイスにおいて実現可能である、またはそのような電子デバイスに関連付けることが可能であると考えられる。また、本明細書において説明されるものと類似の構造のMEMSデバイスを、電子的切り替えデバイスなどの非ディスプレイ用途に使用することも可能である。

10

20

30

40

50

#### 【0009】

インターフェロメトリックモジュレータ素子などの個々のMEMS素子には、個々の素子の内部または縁の両方に支持構造を設けることができる。特定の実施形態では、これらの支持構造は、移動可能層の上位にある「リベット」構造および移動可能層の下位にある「柱」構造の両方または一方を含むことができる。移動可能層は、堆積された際の層の残留応力および動作条件の変動に起因する応力（例えば熱膨張係数の差異によって発生する応力または内部ひずみ）の両方の変動によって、望ましくない形でたわみ、MEMSデバイスの動作を変化させる可能性がある。このような望ましくない応力は、例えば、移動可能層または下位の支持構造のいずれかと材料および厚さが同じ支持構造を用意するなど、材料の選択および支持構造の対称的配置を通じて最小限に抑えるあるいは排除することができる。更なる実施形態では、MEMSデバイス内の2枚の層間の応力不整合は、それらの層を互いの鏡像にした場合に最小限に抑えることができる。

#### 【0010】

インターフェロメトリックMEMSディスプレイ素子を含むインターフェロメトリックモジュレータディスプレイの1つの実施形態が、図1に示されている。これらのデバイスにおいて、ピクセルは、明るい状態または暗い状態のいずれかにある。明るい（「オン」または「開」）状態では、ディスプレイ素子は、入射する可視光の大半をユーザへと反射させる。暗い（「オフ」または「閉」）状態では、ディスプレイ素子は、入射する可視光をほとんどユーザへと反射させない。「オン」状態および「オフ」状態における光反射特性は、実施形態に応じて逆転可能である。MEMSピクセルは、主に選択された色で反射するように構成することができる。これは、白黒に加えてカラーの表示を可能にする。

#### 【0011】

図1は、ビジュアルディスプレイの一連のピクセルのなかの2つの隣接するピクセルを示した等角図である。図中、各ピクセルは、MEMSインターフェロメトリックモジュレータを含む。実施形態によっては、インターフェロメトリックモジュレータディスプレイは、これらのインターフェロメトリックモジュレータの行列からなる配列を含む。各インターフェロメトリックモジュレータは、少なくとも1つの可変次元をとまなう共振光キャビティを形成するために、互いから可変でかつ制御可能な距離に配置された一対の反射層を含む。1つの実施形態において、反射層の一方は、2つの位置の間で移動可能である。本明細書において解放位置と称される第1の位置では、この移動可能層は、固定の部分反射層から比較的大きな距離を隔てて配置されている。本明細書において作動位置と称される第2の位置では、この移動可能層は、部分反射層に対してより近くに隣接して配置されている。これらの2層から反射される入射光は、移動可能な反射層の位置に応じて建設的または相殺的に干渉することによって、ピクセル毎に全反射または非反射のいずれかの状態を生じる。

## 【 0 0 1 2 】

図 1 に示された部分のピクセル配列は、2つの隣接するインターフェロメトリックモジュレータ 1 2 a , 1 2 b を含む。左側のインターフェロメトリックモジュレータ 1 2 a では、移動可能な反射層 1 4 a は、部分反射層を含む光学スタック 1 6 a から所定の距離にある解放位置で示されている。右側のインターフェロメトリックモジュレータ 1 2 b では、移動可能な反射層 1 4 b は、光学スタック 1 6 b に隣接する作動位置で示されている。

## 【 0 0 1 3 】

本明細書において言及される光学スタック 1 6 a , 1 6 b ( 光学スタック 1 6 として総称される ) は、通常、インジウムスズ酸化物 ( I T O ) などの電極層と、クロムなどの部分反射層と、透明な誘電体と、を含むことができる何枚かの溶融層を含む。光学スタック 1 6 は、したがって、導電性であり、部分的に透明であり、かつ部分的に反射性であり、例えば、上記の層の 1 枚または 2 枚以上を透明基板 2 0 上に堆積することによって作成することができる。部分反射層は、各種の金属、半導体、および誘電体など、部分的に反射性である様々な材料で形成することができる。部分反射層は、1 枚または 2 枚以上の材料層で形成することができ、これらの各層は、単一の材料または複数の材料の組み合わせで形成することができる。

## 【 0 0 1 4 】

いくつかの実施形態において、光学スタック 1 6 のこれらの層は、平行な帯状片となるようにパターン形成され、後ほど詳述されるように、ディスプレイデバイスにおける行電極を形成することができる。移動可能な反射層 1 4 a , 1 4 b は、支柱 1 8 の上、および支柱 1 8 間に堆積された介在犠牲材料の上に堆積された、1 枚または 2 枚以上の金属層からなる一連の平行な帯状片 ( 行電極 1 6 a , 1 6 b に直交する ) となるように、形成することができる。犠牲材料がエッチング除去されると、移動可能な反射層 1 4 a , 1 4 b は、定められたエアギャップ 1 9 によって光学スタック 1 6 a , 1 6 b から分離される。反射層 1 4 としては、アルミニウムなどの高伝導性でかつ反射性の材料が使用されてよく、これらの帯状片は、ディスプレイデバイスにおける列電極を形成することができる。

## 【 0 0 1 5 】

電圧を印加されていないとき、キャビティ 1 9 は、移動可能な反射層 1 4 a と光学スタック 1 6 a との間に維持され、移動可能な反射層 1 4 a は、図 1 のピクセル 1 2 a によって示されるように、機械的に解放された状態にある。しかしながら、選択された行および列に電位差が印加されると、対応するピクセルにおいて行電極と列電極との交差位置に形成されたコンデンサは、帯電状態となり、静電力が、これらの電極を引き合わせる。もし電圧が十分に高いと、移動可能な反射層 1 4 は、変形され、光学スタック 1 6 に押し付けられる。図 1 の右側のピクセル 1 2 b によって示されるように、光学スタック 1 6 内の誘電層 ( 不図示 ) が、短絡を阻止し、層 1 4 と層 1 6 との間の分離距離を制御することができる。この挙動は、印加された電位差の極性にかかわらず同じである。このように、反射と非反射との間でピクセルの状態を制御する行 / 列作動は、従来の LCD 技術およびその他のディスプレイ技術で使用されるものと、多くの意味で類似している。

## 【 0 0 1 6 】

図 2 ~ 5 B は、ディスプレイの用途においてインターフェロメトリックモジュレータの配列を使用するための、代表的なプロセスおよびシステムの 1 つを示している。

## 【 0 0 1 7 】

図 2 は、本発明の態様を組み込むことができる電子デバイスの 1 つの実施形態を示したシステムブロック図である。この代表的な実施形態において、電子デバイスは、ARM、Pentium ( 登録商標 )、Pentium II ( 登録商標 )、Pentium III ( 登録商標 )、Pentium IV ( 登録商標 )、Pentium ( 登録商標 ) Pro、8051、MIPS ( 登録商標 )、Power PC ( 登録商標 )、ALPHA ( 登録商標 ) などの任意の汎用のシングルチップマイクロプロセッサもしくはマルチチップマイクロプロセッサ、またはデジタル信号プロセッサ、マイクロコントローラ、もしくはプログラマブルゲートアレイなどの任意の専用マイクロプロセッサでありうるプロセッサ 2 1

を含む。当該分野において常であるように、プロセッサ 2 1 は、1 つまたは複数のソフトウェアモジュールを実行するように構成することができる。オペレーティングシステムの実行に加えて、プロセッサは、Web ブラウザ、テレフォンアプリケーション、電子メールプログラム、もしくはその他の任意のアプリケーションソフトを含む、1 つまたは複数のアプリケーションソフトを実行するように構成することができる。

#### 【0018】

1 つの実施形態において、プロセッサ 2 1 は、また、配列ドライバ 2 2 と通信するようにも構成される。1 つの実施形態において、配列ドライバ 2 2 は、ディスプレイ配列すなわちパネル 3 0 に信号を提供する行ドライバ回路 2 4 および列ドライバ回路 2 6 を含む。図 1 に示された配列の断面は、図 2 において線 1 - 1 で示されている。MEMS インターフェロメトリックモジュレータについて、行 / 列作動プロトコルは、図 3 に示された、これらのデバイスのヒステリシス特性を上手く活用することができる。例えば、移動可能層を解放状態から作動状態へと変形させるために、10 ボルトの電位差が必要とされる。しかしながら、この値から電圧が減少する際に、移動可能層は、自身の状態を、電圧が 10 ボルト未満に降下するあいだ維持する。図 3 の代表的な実施形態において、移動可能層は、電圧が 2 ボルト未満に降下するまで完全には解放されない。したがって、デバイスが解放状態または作動状態のいずれかで安定する印加電圧のウィンドウが存在し、これは、図 3 に示された例では、例えば約 3 ~ 7 ボルトの範囲である。これは、本明細書において、「ヒステリシスウィンドウ」または「安定性ウィンドウ」と称される。図 3 のヒステリシス特性を有するディスプレイ配列に対しては、行 / 列作動プロトコルは、行ストロープ中、ストロープされた行にある作動対象のピクセルは約 10 ボルトの電圧差をかけられ、解放対象のピクセルは 0 ボルトに近い電圧差をかけられるように設計することができる。ストロープ後、ピクセルは、その行ストロープによって置かれた状態に留まるように、約 5 ボルトの定常状態電圧差をかけられる。書き込み後の各ピクセルは、この例では 3 ~ 7 ボルトの「安定性ウィンドウ」内の電位差をかけられている。この特徴は、図 1 に示されたピクセル設計を、既存の作動状態または解放状態のいずれでも、同じ印加電圧条件下で安定させる。インターフェロメトリックモジュレータの各ピクセルは、作動状態であれ解放状態であれ、本質的に、固定の反射層と移動可能な反射層とによって形成されるコンデンサであるので、この安定状態は、ほとんど電力損失を生じることなく、ヒステリシスウィンドウ内の電圧で維持することができる。印加電圧が固定されている間は、基本的に、ピクセルに電流は流れない。

#### 【0019】

代表的な用途では、第 1 の行における所望の作動ピクセルセットに応じて列電極セットをアサートすることによって、表示フレームを作成することができる。次いで、行 1 の電極に行パルスが印加され、アサートされた列ラインに対応するピクセルが作動される。アサートされた列電極セットは、次いで、第 2 の行における所望の作動ピクセルセットに対応するように変化される。次いで、行 2 電極にパルスが印加され、アサートされた列電極に応じて行 2 における適切なピクセルが作動される。行 1 のピクセルは、行 2 パルスによって影響されず、行 1 パルス中に設定された状態に留まる。これは、フレームを生成するために、一連の全ての行に対して順次繰り返すことができる。概して、フレームは、このプロセスをいくらかの所望の毎秒フレーム数で絶えず繰り返すことによって、リフレッシュされる、かつ / または新しい表示データに更新される。この他にも、ピクセル配列の行電極および列電極を駆動して表示フレームを生成するための様々なプロトコルがよく知られており、これらもまた、本発明に関連して使用することができる。

#### 【0020】

図 4、図 5 A、および図 5 B は、図 2 の 3 × 3 配列上に表示フレームを作成するための、考えられる 1 つの作動プロトコルを示している。図 4 は、図 3 のヒステリシス曲線を呈しているピクセルに対して使用可能な列電圧レベルおよび行電圧レベルとして考えられるセットを示している。図 4 の実施形態において、ピクセルの作動は、適切な列を - V バイアスに設定するとともに適切な行を + V に設定することをともない、これらは、- 5 ボ

10

20

30

40

50

ルトおよび + 5 ボルトにそれぞれ対応することができる。ピクセルの解放は、適切な列を + V バイアスに設定するとともに適切な行を + V に設定することによって達成され、これは、そのピクセルの両端に 0 ボルトの電位差を生成する。行電圧を 0 ボルトに保持されている行では、ピクセルは、その列が + V バイアスまたは - V バイアスのいずれであるかにかかわらず、もとの状態に安定して維持される。やはり図 4 に示されるように、上述された場合と逆の極性の電圧も使用可能であることが理解される。例えば、ピクセルの作動は、適切な列を + V バイアスに設定するとともに適切な行を - V に設定することをもなうことができる。この実施形態では、ピクセルの解放は、適切な列を - V バイアスに設定するとともに適切な行を - V に設定することによって達成され、これは、そのピクセルの両端に 0 ボルトの電位差を生成する。

10

#### 【 0 0 2 1 】

図 5 B は、図 2 の 3 × 3 配列に印加される一連の行信号および列信号を示したタイミング図であり、その結果、作動ピクセルが非反射となる図 5 A に示されたディスプレイ構成が得られる。図 5 A に示されたフレームの書き込みに先立って、ピクセルは、任意の状態にあることが可能である。この例では、全ての行は 0 ボルトに、そして全ての列は + 5 ボルトにある。これらの信号を印加された状態で、全てのピクセルは、自身の既存の作動状態または解放状態で安定している。

#### 【 0 0 2 2 】

図 5 A のフレームでは、ピクセル ( 1 , 1 )、( 1 , 2 )、( 2 , 2 )、( 3 , 2 )、および ( 3 , 3 ) が作動されている。これを達成するため、行 1 用の「ライン時間」中、列 1 および列 2 が - 5 ボルトに設定され、列 3 が + 5 ボルトに設定される。これは、いずれのピクセルの状態も変化させない。なぜならば、全てのピクセルは、3 ~ 7 ボルトの安定性ウィンドウ内に留まるからである。次いで、0 から 5 ボルトに上昇して再び 0 に戻るパルスによって、行 1 がストロープされる。これは、( 1 , 1 ) ピクセルおよび ( 1 , 2 ) ピクセルを作動させ、( 1 , 3 ) ピクセルを解放させる。配列内の他のピクセルは、いずれも影響されない。行 2 を望むとおり設定するため、列 2 は - 5 ボルトに設定され、列 1 および列 3 は + 5 ボルトに設定される。次いで、行 2 に対しても同じストロープを印加すると、ピクセル ( 2 , 2 ) が作動され、ピクセル ( 2 , 1 ) およびピクセル ( 2 , 3 ) が解放される。やはり、配列内の他のピクセルは影響されない。行 3 も、列 2 および列 3 を - 5 ボルトに、そして列 1 を + 5 ボルトに設定することによって、同様に設定される。行 3 ストロープは、行 3 のピクセルを、図 5 A に示されるように設定する。フレームの書き込み後、行の電位はゼロであり、列の電位は + 5 ボルトまたは - 5 ボルトのいずれかに留まることができる。そして、ディスプレイは、図 5 A の構成で安定する。数十または数百もの行および列を有する配列にも、同様の手続きが利用可能であることが理解される。また、行および列の作動を実施するために使用されるタイミング、順序、および電圧レベルは、上記に概略を記された一般的原理の範囲内で様々に可変であること、上記の実施例は、例示を目的としたものに過ぎないこと、そして、任意の作動電圧方法が、本明細書において説明されるシステムおよび方法とともに使用可能であることが理解される。

20

30

#### 【 0 0 2 3 】

図 6 A および図 6 B は、ディスプレイデバイス 40 の 1 つの実施形態を示したシステムブロック図である。ディスプレイデバイス 40 は、例えば、セルラー式電話、すなわち携帯電話であることが可能である。しかしながら、ディスプレイデバイス 40 と同じ構成要素、またはそれらを僅かに変更した形態は、テレビおよびポータブルメディアプレーヤなどの様々なタイプのディスプレイデバイスを示すこともできる。

40

#### 【 0 0 2 4 】

ディスプレイデバイス 40 は、ハウジング 41、ディスプレイ 30、アンテナ 43、スピーカ 45、入力デバイス 48、およびマイクロフォン 46 を含む。ハウジング 41 は、概して、射出成形および真空成形を含む、当該分野の当業者にとって周知の様々な製造プロセスのうちの任意のプロセスによって形成される。また、ハウジング 41 は、プラスチック、金属、ガラス、ゴム、およびセラミック、またはそれらの組み合わせを非限定的に

50

含む、様々な材料のうちの任意の材料で作成することができる。1つの実施形態において、ハウジング41は、取り外し可能部分(不図示)を含み、これらの部分は、異なる色の、または異なるロゴ、絵、もしくはマークを含む、他の取り外し可能部分と交換することができる。

#### 【0025】

代表的ディスプレイデバイス40のディスプレイ30は、本明細書において説明されるように、双安定ディスプレイを含む様々なディスプレイのうちの任意のディスプレイであることが可能である。その他の実施形態では、ディスプレイ30は、上述のような、プラズマ、EL、OLED、STN LCD、もしくはTFT LCDなどのフラットパネルディスプレイ、または当業者に良く知られているような、CRTもしくは他の管デバイスなどの非フラットパネルディスプレイを含む。ただし、本実施形態の説明のため、ディスプレイ30は、本明細書において説明されるように、インターフェロメトリックモジュレータディスプレイを含むものとする。

10

#### 【0026】

代表的ディスプレイデバイス40の1つの実施形態の構成要素が、図6Bに概略を示されている。図示されている代表的ディスプレイデバイス40は、ハウジング41を含み、更に、ハウジング41に少なくとも部分的に囲まれた追加の構成要素を含むことができる。例えば、1つの実施形態において、代表的ディスプレイデバイス40は、トランシーバ47に結合されたアンテナ43を含むネットワークインターフェース27を含む。トランシーバ47は、プロセッサ21に接続され、プロセッサ21は、調整ハードウェア52に接続される。調整ハードウェア52は、信号を調整する(例:信号をフィルタリングする)ように構成することができる。調整ハードウェア52は、スピーカ45およびマイクロフォン46に接続される。プロセッサ21は、また、入力デバイス48およびドライバコントローラ29に接続される。ドライバコントローラ29は、フレームバッファ28および配列ドライバ22に結合され、配列ドライバ22は、更に、ディスプレイ配列30に結合される。電源50は、特定の代表的ディスプレイデバイス40の設計要件に応じて全ての構成要素に電力を供給する。

20

#### 【0027】

ネットワークインターフェース27は、代表的ディスプレイデバイス40がネットワークを通じて1つまたは複数のデバイスと通信できるように、アンテナ43およびトランシーバ47を含む。1つの実施形態において、ネットワークインターフェース27は、プロセッサ21の要件を軽減するために、いくらかの処理能力を有することもできる。アンテナ43は、当業者に知られている任意の信号送受信アンテナである。1つの実施形態において、アンテナは、IEEE 802.11(a)、(b)、または(g)を含むIEEE 802.11標準にしたがってRF信号の送受信を行う。別の実施形態では、アンテナは、Bluetooth標準にしたがってRF信号の送受信を行う。セルラー式電話の場合、アンテナは、CDMA信号、GSM信号、AMPS信号、またはワイヤレスセルネットワーク内における通信に使用されるその他の既知の信号を受信するように設計される。トランシーバ47は、アンテナ43から受信される信号に前処理を施すことによって、それらをプロセッサ21によって受信して更なる操作を行うことを可能にする。トランシーバ47は、また、プロセッサ21から受信される信号を処理することによって、それらをアンテナ43を介して代表的ディスプレイデバイス40から送出することを可能にする。

30

40

#### 【0028】

代替の実施形態において、トランシーバ47は、レシーバで置き換えることができる。更に別の代替の実施形態において、ネットワークインターフェース27は、プロセッサ21に送られるべき画像データを格納または生成することができる画像ソースで置き換えることができる。例えば、画像ソースは、画像データを含むデジタルビデオディスク(DVD)もしくはハードディスクドライブなどのメモリデバイス、または画像データを生成するソフトウェアモジュールであることが可能である。

50

## 【 0 0 2 9 】

プロセッサ 2 1 は、概して、代表的ディスプレイデバイス 4 0 の全体の動作を制御する。プロセッサ 2 1 は、ネットワークインターフェース 2 7 または画像ソースからの圧縮画像データなどのデータを受信し、そのデータを処理することによって、生画像データ、または処理によって容易に生画像データにすることができるフォーマットにする。プロセッサ 2 1 は、次いで、処理されたデータを、ドライバコントローラ 2 9 に送信する、または格納のためにフレームバッファ 2 8 に送信する。生データは、通常、画像内の各位置における画像特性を識別する情報を表している。例えば、このような画像特性は、色、彩度、およびグレースケールレベルを含むことができる。

## 【 0 0 3 0 】

1 つの実施形態において、プロセッサ 2 1 は、代表的ディスプレイデバイス 4 0 の動作を制御するためのマイクロコントローラ、CPU、または論理ユニットを含む。調整ハードウェア 5 2 は、概して、スピーカ 4 5 に信号を伝送するための、およびマイクロフォン 4 6 からの信号を受信するための、増幅器とフィルタとを含む。調整ハードウェア 5 2 は、代表的ディスプレイデバイス 4 0 内における個別の構成要素であってもよいし、またはプロセッサ 2 1 もしくはその他の構成要素の中に組み込まれてもよい。

## 【 0 0 3 1 】

ドライバコントローラ 2 9 は、プロセッサ 2 1 によって生成された生画像データを、プロセッサ 2 1 から直接取得し、またはフレームバッファ 2 8 から取得し、その生画像データを、配列ドライバ 2 2 への高速伝送に適するように再フォーマットする。具体的に言うと、ドライバコントローラ 2 9 は、生画像データを、ラスタ状のフォーマットを有するデータフローに再フォーマットすることによって、データに、ディスプレイ配列 3 0 の走査に適した時間順序を付与する。次いで、ドライバコントローラ 2 9 は、フォーマットされた情報を配列ドライバ 2 2 に送信する。LCD コントローラなどのドライバコントローラ 2 9 は、独立型の集積回路 (IC) の形でシステムプロセッサ 2 1 と関連付けられることが多いが、このようなコントローラは、様々な形で実現することができる。例えば、ハードウェアの形でプロセッサ 2 1 に埋め込まれてもよいし、ソフトウェアの形でプロセッサ 2 1 に埋め込まれてもよいし、または配列ドライバ 2 2 をともなう形でハードウェアにまるごと組み込まれてもよい。

## 【 0 0 3 2 】

通常、配列ドライバ 2 2 は、フォーマットされた情報をドライバコントローラ 2 9 から受信し、そのビデオデータを平行波長のセットに再フォーマットする。これらの平行波長のセットは、ディスプレイの x - y ピクセル行列から引かれる何百本もの、ときには何千本ものリードに 1 秒当たり多数回印加される。

## 【 0 0 3 3 】

1 つの実施形態において、ドライバコントローラ 2 9、配列ドライバ 2 2、およびディスプレイ配列 3 0 は、本明細書において説明される任意のタイプのディスプレイに適している。例えば、1 つの実施形態において、ドライバコントローラ 2 9 は、従来のディスプレイコントローラまたは双安定ディスプレイコントローラ (例: インターフェロメトリックモジュレータコントローラ) である。別の実施形態において、配列ドライバ 2 2 は、従来のドライバまたは双安定ディスプレイドライバ (例: インターフェロメトリックモジュレータディスプレイ) である。1 つの実施形態では、ドライバコントローラ 2 9 が、配列ドライバ 2 2 に統合されている。このような実施形態は、セルラー式電話、腕時計、およびその他の小面積型ディスプレイなどの高度に集積されたシステムでよく見られる。更に別の実施形態では、ディスプレイ配列 3 0 は、通常のディスプレイレイまたは双安定ディスプレイレイ (例: インターフェロメトリックモジュレータの配列を含むディスプレイ) である。

## 【 0 0 3 4 】

入力デバイス 4 8 は、ユーザが、代表的ディスプレイデバイス 4 0 の動作を制御することを可能にする。1 つの実施形態において、入力デバイス 4 8 は、Q W E R T Y キーボー

10

20

30

40

50

ドまたは電話キーパッドなどのキーパッド、ボタン、スイッチ、タッチセンサ式画面、感圧式または感熱式の膜などを含む。1つの実施形態において、マイクロフォン46は、代表的ディスプレイデバイス40のための入力デバイスである。デバイスに対するデータの入力にマイクロフォン46が使用される場合は、代表的ディスプレイデバイス40の動作を制御するためにユーザによって音声命令を提供することができる。

#### 【0035】

電源50は、当該分野において周知であるように、様々なエネルギー蓄積デバイスを含むことができる。例えば、1つの実施形態において、電源50は、ニッケルカドミウム電池またはリチウムイオン電池などの充電式電池である。別の実施形態において、電源50は、再生可能なエネルギー源、コンデンサ、またはプラスチック太陽電池および太陽電池塗装を含む太陽電池である。別の実施形態において、電源50は、壁コンセントから電力を受け取るように構成される。

10

#### 【0036】

いくつかの実施形態では、上述のとおり、電子ディスプレイシステム内の複数個所に配置可能なドライバコントローラ内に、制御のプログラム可能性が備わっている。いくつかの実施形態では、配列ドライバ22内に、制御のプログラム可能性が備わっている。当業者ならば、上述された最適化が、任意の数のハードウェアおよび/またはソフトウェアコンポーネント、ならびに様々な構成において実装可能であることを認識できる。

#### 【0037】

上記の原理にしたがって動作するインターフェロメトリックモジュレータの構造の詳細は、様々な可変である。例えば、図7A~7Eは、移動可能な反射層14およびその支持構造の、5つの異なる実施形態を示している。図7Aは、図1の実施形態の断面図であり、帯状の金属材料14が、直交する支持18上に堆積されている。図7Bにおいて、移動可能な反射層14は、その角部のみを、接続線32を介して支持18に取り付けられている。図7Cにおいて、移動可能な反射層14は、可撓性材料を含むことができる変形可能層34から吊り下げられている。変形可能層34は、その外周付近において、基板20に直接的にまたは間接的に接続している。これらの接続は、本明細書において支持構造と称され、隔離された支えもしくは柱、および/または連続した壁もしくはレールの形態をとることができる。図7Dに図示された実施形態は、変形可能層34を上に乗せた支持プラグ42を有する。移動可能な反射層14は、図7A~7Cの場合と同様に、キャビティの上に吊り下げられた状態にとどまるが、変形可能層34は、自身と光学スタック16との間のホールを埋めることによる支柱の形成は行わず、その代わりに、支柱18は、支柱プラグ42の形成に使用される平坦化材料で形成される。図7Eに示された実施形態は、図7Dに示された実施形態に基づくが、図7A~7Cの任意の図に示された実施形態はもちろぬ図示されていないその他の実施形態でも機能するように適合させることができる。図7Eに示された実施形態では、バス構造44を形成するために、金属またはその他の導電性材料の追加層が使用されている。これは、インターフェロメトリックモジュレータの背後に沿った信号のルーティングを可能にする。これは、そうでない場合に基板20上に形成されなければならないはずの多くの電極を排除することができる。

20

30

#### 【0038】

図7に示されたような実施形態では、インターフェロメトリックモジュレータは、モジュレータを配置される側と反対の側である透明基板20の前面から画像を見る直視型デバイスとして機能する。これらの実施形態では、反射層14は、自身を挟んで基板20と反対の側にある、変形可能層34を含む部分のインターフェロメトリックモジュレータを光学的に遮蔽する。これは、遮蔽された領域を、画質に悪影響を及ぼすことなく構成すること、および動作させることを可能にする。このような遮蔽は、アドレッシングおよびアドレッシングの結果として生じる移動などのモジュレータの電気機械的特性からモジュレータの光学特性を分離する能力を提供する図7Eのバス構造44を可能にする。この可分離式のモジュレータアーキテクチャは、モジュレータの電気機械的側面および光学的側面に使用される構造設計と構造材料とを、互いに独立に選択することおよび機能させることを

40

50

可能にする。更に、図7C～7Eに示された実施形態は、変形可能層34によって反射層14の機械的特性から反射層14の光学的特性が切り離されることによる更なるメリットを有する。これは、反射層14に使用される構造設計および構造材料を、光学的特性に関して最適化することを可能にするとともに、変形可能層34に使用される構造設計および構造材料を、所望の機械的特性に関して最適化することを可能にする。

#### 【0039】

特定の実施形態では、図7Aに示された移動可能な反射層14、または図7C～7Eに示された機械層34と移動可能な反射層14との組み合わせなどの移動可能層に対し、追加の支持を提供すると望ましい場合がある。インターフェロメトリックモジュレータなどの光学的MEMSデバイスでは、移動可能層は、後ほど更に詳述されるように、反射性副層および機械的副層を含むことができる。このような支持は、個々のモジュレータ素子の縁に沿ってかつ/またはこのようなモジュレータ素子の内部に位置しうる一連の支持構造によって提供することができる。様々な実施形態において、これらの支持構造は、移動可能層の上または下のいずれかに位置することができる。代替の実施形態では、支持構造は、機械層の上方および下方の両方から支持を提供できるように、機械層内に形成された開口を通して伸びることができる。本明細書において使用される「リベット」という用語は、一般に、機械層に対して機械的支持を付与するために、通常は柱すなわち支持の領域の凹所内すなわちくぼみ内において、MEMSデバイスの機械層の上位にくるような、パターン形成された層を意味する。機械層の動きに安定性および予測可能性を加えるため、リベットは、常ではないものの、機械層の上位の羽を含むことが好ましい。同様に、機械層に対して機械的支持を付与するために、MEMSデバイス内の機械層の下位にくる支持構造は、本明細書において、通常、支「柱」と称される。本明細書の多くの実施形態において、好ましい材料は、有機レジスト材料に対する安定性のため、無機質である。

#### 【0040】

このような支持構造の代表的な配置が、図8に示されている。図8は、MEMS素子の配列を図示したものである。特定の実施形態では、MEMS素子の配列は、インターフェロメトリックモジュレータの配列であってよいが、代替の実施形態では、MEMS素子は、移動可能層を有する任意のMEMSデバイスを含むことができる。図示された実施形態では上位のリベット構造であるが他の実施形態では下位の柱構造を含むことが可能である。支持構造62は、移動可能層66の縁に沿ってと、この実施例ではインターフェロメトリックモジュレータ素子60であるMEMS素子の内部と、の両方に位置することがわかる。特定の支持構造は、隣り合う2枚の移動可能層66間のギャップ65にまたがるレール構造64を含むことができる。移動可能層66は、同じ列内の隣り合う複数の素子60を通して伸びる帯状の変形可能材料を含むことがわかる。レール構造64は、帯状の移動可能層66によって定められた電極に交差する行を定める下部電極と平行に走ることができる。支持構造62は、素子内すなわちピクセル60内において移動可能層66を補強する働きをする。

#### 【0041】

これらの支持構造62は、モジュレータ素子60の周辺領域と比べて小さく作成されると有利である。支柱は、移動可能層66のたわみを抑制し、なおかつ一般に不透明であってよいので、支持構造62の下にあるとともに支持構造62を直に取り囲む領域は、ディスプレイのアクティブ領域として使用するのに不適切である。なぜならば、これらの領域内の移動可能層は、完全に作動された位置（例えば、図7Aの移動可能層14の下面の一部が光学スタック16の上面と接触する位置）へと移動することができないからである。これは、柱を取り囲む領域において望ましくない光学的効果を生じる可能性があるため、意図する色を褪せさせる可能性があるこれらの領域で過剰な反射を回避するためには、支持構造と視聴者との間に暗いすなわち「黒い」マスク層を提供すると有利である。

#### 【0042】

特定の実施形態では、これらの支持構造は、移動可能層の上方および/または下方にある形状維持に有用な実質的に剛性の構造とともに、移動可能層内のくぼみを含むことがで

きる。このような支持構造は、高分子材料で形成されてよいが、好ましくは、より剛性の大きい無機材料を使用することによって、高分子材料を含む類似の構造に勝る利点を提供することができる。

#### 【0043】

例えば、高分子支持構造は、広い範囲の動作温度にわたって所望レベルの剛性を維持することができず、デバイスの寿命期間中に徐々に変形または機械的障害を生じる可能性がある。このような障害は、移動可能層と光学スタックとの間の距離に影響を及ぼす可能性があり、この距離は、インターフェロメトリックモジュレータ素子によって反射される波長を少なくとも部分的に決定するので、このような障害は、時間の経過または作動温度の変化とともに、反射される色のズレを生じる可能性がある。高分子材料で支持が形成される場合は、その他のMEMSデバイスも、時間の経過とともに類似の劣化を経験する。

10

#### 【0044】

上位のリベット支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を形成するための1つのプロセスが、図9A~9Jに関連して説明される。図9Aでは、透明なすなわち光透過性の基板70が提供されることがわかる。これは、例えば、ガラスまたは透明な高分子材料を含むことができる。次いで、透明な基板の上に、インジウムスズ酸化物(ITO)を含みうる導電層72が堆積され、導電層72の上に、クロムを含みうる部分反射層74が堆積される。1つの実施形態では、導電層72は、ITOを含んでよく、本明細書の以下の様々な箇所でそのように言及されるが、層72は、任意の適切な導電性材料を含んでよいこと、そして非光学的MEMS構造の場合は透明である必要がないことが理解される。同様に、部分反射層74は、ときにクロム層として言及されるが、任意の適切な部分反射層を含んでよく、非光学的MEMS構造の場合は省くことが可能である。

20

#### 【0045】

導電層72および部分反射層74は、次いで、底部電極を形成するためにパターン形成およびエッチングを施される。底部電極は、行電極とも称され、図8の移動可能層66に交差するように(例えば垂直に)走るとともに、MEMS素子の行をアドレス指定するために使用される。導電層72および部分反射層74は、また、特定の実施形態では、支柱構造を配置される領域の下位のITOおよびクロムを除去するためにパターン形成およびエッチングを施され、図9Bに示されるように、開口76を形成することもできる。このパターン形成およびエッチングは、行電極を形成する場合と同じプロセスによってなされることが好ましい。支持構造の下位のITOおよびクロム(またはその他の導電性材料)の除去は、移動可能層などの上位の導電層と、底部電極との間における短絡のリスクを最小限に抑えるのに有用である。このため、図9Bおよび後続の図は、層72および層74によって形成されかつ隔離開口76をエッチングされた連続的な行電極を、これらの開口を通る線に沿って図示した断面図である。開口76を形成するための導電層72および部分反射層74のエッチングを施されなかったその他の実施形態では、後ほど説明される誘電層によって、底部電極と移動可能層との間の短絡に対抗する十分な保護を提供することができる。

30

#### 【0046】

導電層72および部分反射層74は、フォトリソグラフィを通じてパターン形成するとともに、例えば市販のウェットエッチングを通じてエッチングすることができる。クロムのウェットエッチングは、酢酸( $C_2H_4O_2$ )の溶液および硝酸アンモニウムセリウム $[Ce(NH_4)_2(NO_3)_6]$ の溶液を含む。ITOのウェットエッチングは、 $HCl$ 、 $HCl$ と $HNO_3$ との混合、または75%/3%/22%の割合の $FeCl_3/HCl/DI$ と $H_2O$ との混合を含む。開口76が形成されると、図9Cに見られるように、導電層72および部分反射層74の上に誘電層78が堆積され、光学スタック16が形成される。誘電層としては、多岐にわたる様々な適切な材料が使用されてよいものの、特定の実施形態では、誘電層は、 $SiO_2$ または $SiNx$ を含むことができる。

40

#### 【0047】

本明細書において開示される各種の実施形態に関連して述べられるパターン形成プロセ

50

スおよびエッチングプロセスを実施するために、様々な方法を使用することができる。使用されるエッチングは、ドライエッチングまたはウェットエッチングのいずれであってもよく、等方性または異方性であることが可能である。適切なドライエッチングは、 $SF_6/O_2$ 、 $CHF_3/O_2$ 、 $SF_2/O_2$ 、 $CF_4/O_2$ 、および $NF_3/O_2$ を含むが、これらに限定されない。一般に、これらのエッチングは、 $SiO_x$ 、 $SiN_x$ 、 $SiO_xNy$ 、スピノンガラス、*Nissan*（商標）ハードコート、および $TaO_x$ のうちの1つまたは複数をエッチングするのに適しているが、その他の材料もまた、このプロセスによってエッチングすることができる。これらのエッチングの1つまたは複数に対して耐性を持ち、このためエッチング障壁層として使用することができる材料は、 $Al$ 、 $Cr$ 、 $Ni$ 、および $Al_2O_3$ を含むが、これらに限定されない。また、本明細書で説明されるプロセスでは、 $PAD$ エッチング、 $BHF$ 、 $KOH$ 、およびリン酸を含むがこれらに限定されないウェットエッチングが用いられてよく、一般に、金属材料をエッチングするために使用することができる。一般に、これらのエッチングは、等方性であってよいが、エッチング化学剤をイオン化してそれらのイオンを基板にぶつけることによる反応性イオンエッチング（ $RIE$ ）の使用を通じて異方性にすることもできる。パターン形成は、フォトレジスト（ $PR$ ）層（ポジ型フォトレジストまたはネガ型フォトレジストのいずれか）の堆積を含み、該層は、次いで、マスクを形成するために使用される。あるいは、ハードマスクを用いることができる。いくつかの実施形態において、ハードマスクは、金属または $SiN_x$ を含んでよいが、ハードマスクの組成は、エッチングされる下位の材料と、使用されるエッチングの選択性とに依存することが理解される。ハードマスクは、通常、 $PR$ 層を使用してパターン形成される。 $PR$ 層は、次いで除去され、ハードマスクは、下位の層をエッチングするためのマスクとして使用される。ハードマスクの使用は、ウェットエッチングが使用される場合において、または $PR$ マスクを扱えないような条件下（高温下である場合、もしくは酸素をベースにしたエッチングを使用する場合など）でマスクを通して行われる処理のあらゆる時点において、とりわけ好都合である。あるいは、アッシングエッチングプロセスまたはリフトオフプロセスなどの、層除去のための代替の方法を用いることも可能である。

10

20

30

40

50

#### 【0048】

光学スタック16を形成する層の厚さおよび配置は、インターフェロメトリックモジュレータ素子が作動され（潰され）、移動可能層66を光学スタックと接触させたときに、該素子によって反射される色を決定する。特定の実施形態では、光学スタックは、移動可能層が作動位置にあるときに、インターフェロメトリックモジュレータ素子がほとんど可視光を反射させない（暗く見える）ように構成される。誘電層78の所望の厚さは、材料の屈折率と、潰された状態でインターフェロメトリックモジュレータによって反射される所望の色と、の両方に基づいて可変であることが理解されるが、通常、誘電層78の厚さは、約450である。簡単のため、図中では平面的（誘電層78がスピノンガラスである場合に実現可能である）なものとして描かれているが、誘電層78は、通常、層72、74で形成されたパターン形成された下部電極の上に形状的に合致する。

#### 【0049】

図9Dに見られるように、次いで、誘電層78の上に、犠牲材料の層82が堆積される。特定の実施形態では、この犠牲層82は、具体的には $XeF_2$ などフッ素をベースにしたエッチャントによってエッチング可能な材料で形成される。例えば、犠牲層82は、モリブデンまたは非晶質シリコン（ $a-Si$ ）で形成することができる。他の実施形態では、犠牲層は、タンタルまたはタングステンを含むことができる。犠牲材料として有用なその他の材料には、シリコン窒化物、特定の酸化物、および有機材料が含まれる。堆積される犠牲層82の厚さは、光学スタック16と移動可能層66との間の距離を決定し、したがって、インターフェロメトリックギャップ19（図7Aを参照せよ）のサイズを定める。ギャップ19の高さは、非作動位置にあるときのインターフェロメトリックモジュレータ素子によって反射される色を決定するので、犠牲層82の厚さは、インターフェロメトリックモジュレータの所望の特性に依存して異なる。例えば、非作動位置にあるときに緑を

反射するモジュレータ素子が形成される一実施形態では、犠牲層 8 2 の厚さは、およそ 2000 である。更なる実施形態では、異なる色を生成するために異なるサイズのインターフェロメトリックギャップが使用されるマルチカラーディスプレイシステムなどのように、MEMS デバイスの配列上の場所によって犠牲層の厚さが異なることが可能である。

#### 【0050】

図 9 E では、テーパー開口 8 6 を形成するために、犠牲層 8 2 がパターン形成されエッチングされたことがわかる。開口 8 6 は、ITO の層 7 2 およびクロムの層 7 4 の中に切り込まれた開口 7 6 の上位に位置する。これらの開口 8 6 は、フォトリソグラフィを使用してマスクで犠牲層を覆い、次いで、ウェットエッチングまたはドライエッチングのいずれかを実施して犠牲材料の一部を除去することによって形成することができる。適切なドライエッチングは、SF<sub>6</sub>、CF<sub>4</sub>、および Cl<sub>2</sub>、あるいはこれらのガスと、O<sub>2</sub>、または He もしくは Ar などの希ガスとの任意の混合を含むが、これらに限定されない。Mo のエッチングに適したウェットエッチングは、リン酸、酢酸、硝酸、および脱イオン水の 16 : 1 : 1 : 2 の割合での混合である PAN エッチングを含む。非晶質シリコンは、KOH および HF 硝酸塩を含むウェットエッチングによってエッチングすることができる。しかしながら、ドライエッチングは、テーパー開口 8 6 の形状をより良く制御することを可能にするので、犠牲層 8 2 のエッチングには、ドライエッチングが使用されることが好ましい。

10

#### 【0051】

図 9 F では、エッチングされた犠牲層 8 2 の上に、移動可能層 6 6 (例えば、図 7 A の移動可能な反射層 1 4 を参照せよ) を形成する構成要素が堆積され、テーパー開口 8 6 を縁取りすることがわかる。図 9 F の実施形態では、先ず、ミラーまたはミラー層とも称される高反射性の層 9 0 が堆積され、次いで、機械層 9 2 が堆積される。高反射層 9 0 は、広い波長スペクトル領域において高い反射性を有するというその特性ゆえに、アルミニウムまたはアルミニウム合金で形成することができる。機械層 9 2 は、Ni および Cr などの金属を含んでよく、残留引っ張り応力を含有するように形成されることが好ましい。残留引っ張り応力は、モジュレータが非作動状態にある、すなわち「解放されている」ときに移動可能層 6 6 を光学スタック 1 6 から引き離す、機械的な力を提供する。便宜のため、高反射性の層 9 0 と機械層 9 2 との組み合わせは、移動可能層 6 6 として総称される。ただし、本明細書において使用される移動可能層という用語は、図 7 C の機械層 3 4 および移動可能な反射層 1 4 など、部分的に分離された機械層および反射層をも範囲に含むことが理解される。

20

30

#### 【0052】

犠牲層を XeF<sub>2</sub> エッチングによってエッチングする一実施形態では、反射層 9 0 および機械層 9 2 の両方が XeF<sub>2</sub> エッチングに対して耐性を持つことが好ましい。もしこれらの層のいずれかが耐性を持たない場合は、その非耐性の層を保護するために、エッチング停止層を使用することができる。また、テーパー開口 8 6 のテーパー形状は、反射層 9 0 および機械層 9 2 の形状合致式の堆積を容易にすることがわかる。このテーパー形状がないと、開口 8 6 の外の表面上および開口 8 6 の内部において実質的に均一の厚さを有するようにこれらの層を堆積することは困難であろう。

40

#### 【0053】

代替の一実施形態では、移動可能層 6 6 は、高反射性であるとともに所望の機械的特性を有する単一の層を含むことができる。しかしながら、2 枚の別々の層を堆積すれば、移動可能層 6 6 内の唯一の材料としての使用には不適切であるかもしれないが反射性は高いような材料を選択することが可能になり、同様に、反射特性にこだわることなく適切な機械層を選択することも可能になる。更なる実施形態では、移動可能層は、曲がらずに垂直に平行移動可能であるように機械層から大きく切り離された反射性副層を含むことができる(例えば、図 7 C ~ 7 E、およびそれらの付随の説明を参照せよ)。このような一実施形態を形成するための方法の 1 つは、犠牲層の上に反射層を堆積し、次いで、この反射層を、個々の反射副層を形成するためにパターン形成することを含む。次いで、反射層の上

50

に、第2の犠牲材料層が堆積され、パターン形成される。これは、第2の犠牲材料層を通して機械的副層と反射性副層との間に接続を形成すること、および支持構造のためのテーパ開口の形成を可能にするために実施される。

#### 【0054】

形成されるMEMSデバイスが非光学的MEMSデバイス（例えばMEMSスイッチ）を含むような他の実施形態では、移動可能層66は、反射性材料を含む必要がないことが理解される。例えば、本明細書で述べられた支持構造を含むMEMSスイッチなどのMEMSデバイスが形成される実施形態では、移動可能層66の下面は、反射性である必要がなく、機械的特性またはその他の所望の特性のみに基づいて選択された単一の層を有利に含むことができる。

10

#### 【0055】

図9Gでは、リベット層とも称される剛性の層96が、機械層92の上に堆積される。リベット層96は、下位の機械層92に対する支持を提供する構造を形成する一方で、モジュレータの作動中はほとんど変形されないため、リベット層96を形成する材料は、機械層92を形成する材料ほど可撓性である必要はない。リベット層96での使用に適した材料は、アルミニウム、AlO<sub>x</sub>、シリコン酸化物、SiNx、ニッケル、およびクロムを含むが、これらに限定されない。リベット構造を形成するために使用されうる代替の材料には、他の金属、セラミック、および高分子が含まれる。リベット層96の厚さは、使用される材料の機械的特性に応じて異なる。

#### 【0056】

機械層および反射層に関連して述べられたように、リベット層96としては、特定の実施形態で犠牲層をエッチングするために使用されうるXeF<sub>2</sub>エッチングに対して耐性の材料を選択することが望ましいであろう。また、移動可能層66に影響を受けない状態にとどめたままリベット層96のエッチングを可能にするため、リベット層96は、図示された実施形態では機械層92である下位の移動可能層66の上面に対して選択的にエッチング可能であることが好ましい。しかしながら、もし、リベット層96が移動可能層66に対して選択的にエッチング可能でない場合は、リベット層96と移動可能層66との間にエッチング停止層（不図示）を提供することができる。

20

#### 【0057】

図9Hにおいて、リベット層96は、フォトリソグラフィを通じてパターン形成され、開口86から離れて位置する部分のリベット層96が除去されるようにエッチングされることによって、移動可能層66に隣接して位置する、リベット構造とも称される支持構造62を形成する。支持構造は、たとえ、支持構造と移動可能層との間にエッチング障壁層などの介在層が配置される場合でも、移動可能層に隣接していると見なすことができる。リベット層96のエッチングは、ウェットエッチングまたはドライエッチングのいずれかによって実施することができる。リベット層96がアルミニウムを含む実施形態では、適切なウェットエッチングは、リン酸、またはKOH、TMAH、およびNaOHなどの塩基を含み、適切なドライエッチングは、Cl<sub>2</sub>を使用する。リベット層96がSiO<sub>2</sub>を含む他の実施形態では、ドライエッチングとして、フッ素をベースにしたガスと、O<sub>2</sub>または希ガスのいずれかとの混合を使用することができ、適切なウェットエッチングは、HFまたは緩衝酸化物エッチング（BOE）である。

30

40

#### 【0058】

やはり図9Hに示されるように、支持構造62は、支持構造62がテーパ開口86の外まで伸びて機械層92の上面を覆うリップ領域98を含みうるということがわかる。このリップは、下位の機械層のたわみを抑制し、インターフェロメトリックモジュレータ素子のアクティブ領域を減少させるので、リップの大きさは、最小限に抑えることが有利である。しかしながら、特定の実施形態では、支持を提供するために、いくらかのごく小さいリップ部分98が望まれる。図示された実施形態からわかるように、支持構造62は、また、傾斜した側壁部分97と、実質的に平坦な基底領域99とを含むことができる。

#### 【0059】

50

次に、図 9 I では、犠牲層のエッチングを容易にするために、フォトリソグラフィを使用することによって、犠牲層 8 2 の一部を露出させるエッチングホール 1 0 0 を形成するための機械層 9 2 のパターン形成ならびに移動可能層 6 6 (すなわち機械層 9 2 および反射層 9 0) のエッチングを行う。特定の実施形態では、犠牲層を露出させるために、複数のエッチングが用いられる。例えば、もし機械層 9 2 がニッケルを含み、反射層 9 0 がアルミニウムを含む場合は、機械層 9 2 をエッチングするために H N O 3 を使用し、反射層 9 0 をエッチングするためにリン酸、または N H 4 O H、K O H、T H A M、もしくは N a O H などの塩基を使用することができる。このパターン形成およびエッチングは、また、帯状の移動可能層 6 6 間にギャップ 6 5 (図 8 を参照せよ) をエッチングし、M E M S デバイスの列どうしを互いに分離することによって、図 8 に見られるような帯状電極を定めるためにも使用することができる。

10

#### 【 0 0 6 0 】

最後に、図 9 J では、犠牲層を除去し、移動可能層 6 6 が中で移動することができるインターフェロメトリックギャップ 1 9 を形成するために、リリースエッチングが実施されることがわかる。特定の実施形態では、犠牲層 8 2 を除去するために、X e F 2 エッチングが使用される。X e F 2 は、犠牲材料をよくエッチングし、上述されたプロセスで使用されるその他の材料に対して極めて選択性であるので、X e F 2 エッチングの使用は、周囲の構造にほとんど影響を及ぼすことなく有利に犠牲材料の除去を可能にする。

#### 【 0 0 6 1 】

このため、図 9 J は、図 8 のインターフェロメトリックモジュレータ素子 6 0 の 1 つなどのインターフェロメトリックモジュレータ素子の一部を、線 9 J - 9 J に沿って示したものである。この実施形態では、移動可能層 6 6 は、移動可能層 6 6 内のくぼみ 8 6 の上に形成された支持構造 6 2 によって、ギャップ 1 9 の全範囲にわたって支持されている。上述されたように、下位の光学スタック 1 6 は、光学スタック 1 6 の導電性部分と移動可能層 6 6 内の導電層との間における短絡のリスクを最小限に抑えるために、その一部をエッチングされていると有利である。しかしながら、このステップは、必ずしも全ての実施形態で実施される必要はない。

20

#### 【 0 0 6 2 】

別の一実施形態では、支持構造は、移動可能層の下位にある柱、好ましくは無機質の柱の形態をとることができる。無機支柱を含むインターフェロメトリックモジュレータを製造するための代表的な一プロセスは、図 9 A ~ 9 E のステップを含み、図 1 0 A ~ 1 0 D に関連して説明される。便宜のため、層 7 2 , 7 4 , 7 8 の組み合わせは、本明細書において光学スタック 1 6 と称され、以降の図面では、便宜のため、単一の層として示される。上述されたように、光学スタック 1 6 の組成は、層の枚数およびこれらの層の成分の両方に関して可変であること、そして上述された層は、単なる代表的なものであることが理解される。

30

#### 【 0 0 6 3 】

図 1 0 A では、無機柱層 8 4 がテーパ開口 8 6 の側壁および基底も覆うように、パターン形成された犠牲層 8 2 の上に、無機柱材料の層 8 4 が堆積される。特定の実施形態では、無機柱層 8 4 は、犠牲層 8 2 より薄く、犠牲層 8 2 の上に形状的に合致する。特定の実施形態では、無機柱層 8 4 は、シリコン窒化物 ( S i N x ) または S i O 2 を含むことができるが、多岐にわたる他の様々な材料も使用することができ、その一部は後ほど詳述される。図 1 0 B において、無機柱層 8 4 は、無機柱 8 8 を形成するために、パターン形成されエッチングされる。図 1 0 B では、無機柱 8 8 の縁が、好ましくは、開口 8 6 のテーパ側壁、すなわち傾斜した側壁と同様にテーパ形状になることによって、上位の層の連続式でかつ形状合致式の堆積を容易にすることがわかる。図示された実施形態の柱構造 8 8 は、犠牲層 8 2 より薄い厚さを有しており、実質的に平坦な基底部分 8 9 と、傾斜した側壁部分 8 7 と、犠牲材料の一部の上に広がる実質的に水平な羽部分 8 5 とを含むことがわかる。このため、柱 8 8 は、上位の移動可能層 6 6 (図 1 0 D を参照せよ) を支持するために、実質的に平坦な表面を柱の縁に提供することによって、もし移動可能層 6 6 がより

40

50

平坦でない縁の上に堆積された場合に生じるであろう応力、およびその結果としての望ましくないたわみを、有利に最小限に抑えることができる。

【0064】

1つの実施形態では、無機柱層84およびその結果としての柱88は、ダイヤモンド状炭素(DLC)を含む。DLCの無機柱層84は、極めて硬質で堅い(SiO<sub>2</sub>のおよそ10倍の硬さである)だけでなく、O<sub>2</sub>ドライエッチングでエッチングすることができる。O<sub>2</sub>ドライエッチングは、Moおよびa-Siの犠牲材料ならびに上述されたその他の犠牲材料を含むがこれらに限定されない多岐にわたる様々な犠牲材料に対して高選択性である点で有利である。このため、DLCを含む無機柱は、多岐にわたる様々な材料に対して比較的害のないエッチングの使用を可能にする一方で、非常に堅い柱を提供することによって、上位の移動層または機械層がMEMS動作中に下方に引っ張られた際に支柱88の縁が下方にたわむ可能性および量を低減させる。

10

【0065】

図10Cでは、無機柱88と、犠牲層82の露出部分との上に、高反射層90が堆積される。次いで、高反射層90の上に、機械層92が堆積される。便宜のため、上記のように、高反射層90および機械層92は、後続の図面において移動可能層66(図10Dを参照せよ)として言及されかつ図示され、より具体的に言うと、高反射層90の上に機械層92が直接堆積される場合は変形可能な反射層として常に言及されかつ図示される。代替の実施形態では、移動可能層66は、所望の光学的特性および機械的特性を有する単一の層を含むことができる。例えば、MEMS機械スイッチのための機械層または移動層は、反射層を含む必要がない。更に別の実施形態では、既に述べられたように、移動可能層は、図7Cの層14および層34のように、実質的に分離された機械層および反射層を含むことができる。図10Dでは、インターフェロメトリックモジュレータ素子60によって反射される色を変化させるべく移動可能層66が中を移動することができるインターフェロメトリックギャップ19を有するインターフェロメトリックモジュレータ素子60が形成される。リリースエッチングに先立って、移動可能層66は、列(不図示)を形成するためにパターン形成されることが好ましく、リリースエッチングによる犠牲層へのアクセスを容易にするエッチングホール(たとえば図9Jのエッチングホール100を参照せよ)を形成するために、更にパターン形成されると有利である。

20

【0066】

支持構造および機械層は、柱構造内の層、より具体的には支持構造内の層と移動可能層とが、これらの層の長さに沿った横方向に、他の層に対して相対的に膨張または収縮する傾向の結果として、望ましくないたわみを生じる。いくつかの状況では、これらの傾向は、支持構造および移動可能層を形成する材料内の固有応力の結果であり、これらの層を形成する材料およびこれらの層を堆積する方式の関数である。このような相対的変形の傾向のもととなる追加の要因は、層の熱膨張の差異であり、これは、2種類の異なる材料間における熱膨張係数の不一致と、MEMSデバイスの動作温度と、材料の弾性係数と、材料の堆積条件と、の関数である。隣り合うまたはその他の形で統合された複数の層が異なる熱膨張係数を有する場合は、統合された層の大きさの相対的变化によってたわみが引き起こされるのみならず、動作温度の結果として全体的なたわみも変動する可能性もある。このようなたわみは、インターフェロメトリックキャビティの高さを変化させ、そうして、インターフェロメトリックモジュレータ素子によって反射される色に影響を及ぼすので、このようなたわみは、可能な限り排除するまたは最小限に抑えることが望まれる。同様の問題は、非光学的MEMSでも生じる可能性がある。本明細書において、「膨張または収縮する傾向」という用語、およびそれに類似する用語は、影響される領域(支柱領域など)内における残留応力の不均衡の結果としてもたらされる相対的変形の傾向と、例えば統合されたまたは隣り合う層間の熱膨張係数の差異の結果としてもたらされる変形に起因する応力と、の両方を意味することが理解される。

30

40

【0067】

1つの実施形態では、支持構造の材料および厚さは、支持構造の領域内において特定の

50

層が互いに対して横方向に膨張または収縮する傾向が最小限に抑えられるように選択されるので、支持構造の縁のたわみは、最小限に抑えられるまたは排除される。図 1 1 に示された具体的な一実施形態では、インターフェロメトリックモジュレータ素子は、あわせて移動可能層 6 6 を形成する機械層 9 2 および反射層 9 0 の上に形成されるリベット構造 6 2 を含む。リベット 6 2 の縁における、このような材料内の相対的変形の傾向を回避するため、リベット 6 2 は、移動可能層 6 6 の実質的鏡像となるように、機械層 9 2 および反射層 9 0 とほぼ同じ内部応力、好ましくは同じ材料および厚さを有する層で形成される。対応する層どうしの厚さは、好ましくは互いの 5 % 以内である。したがって、本実施形態では、リベット 6 2 は、機械層 9 2 と同じ厚さおよび材料の第 1 の副層 1 1 0 を含み、更に、反射層 9 0 と同じ厚さおよび材料の第 2 の副層 1 1 2 を含む。リベット 6 2 と変形可能な移動可能層 6 6 とは、同じ材料 6 6 で形成されるので、対応する層どうしの熱膨張係数は、有利に等しい。熱膨張係数の差異ゆえに、副層 1 1 0 は、副層 1 1 2 と異なる速度で膨張または収縮する可能性があるものの、この格差によってもたらされるいかなる応力も、対称的な下位層内における逆の応力によって実質的に打ち消される。

10

20

30

40

50

#### 【 0 0 6 8 】

リベット構造 6 2 を形成するために、副層 1 1 0 は、機械層 9 2 に対して選択的にエッチングされることが望ましいものの、機械層 1 2 4 と同じ材料で形成されているので、図示されるように、副層 1 1 0 と機械層 9 2 との間には、エッチング停止層 1 1 4 を堆積することができる。エッチング停止層 1 1 4 内の残留応力は、その他のいかなる層内における応力とも釣り合わない一方で、この実施形態の対称性は、エッチング停止層 1 1 4 を、構造の中立軸に沿ってまたは構造の中立軸の極めて近くに配置する。したがって、エッチング停止層 1 1 4 内のいかなる応力も、またはその他の層に対する層 1 1 4 の相対的な熱膨張に起因するいかなる応力も、構造に対して大きなモーメントを作用させることはなく、上向きにも下向きにも大きなたわみをもたらすことはない。特定の実施形態では、エッチング停止層 1 1 4 は、化学気相成長 ( C V D ) またはプラズマ C V D のいずれかによって堆積された、 $S i O_2$ 、 $T E O S$ 、炭素をドーブされた酸化物、または  $S i N_x$  を含むがこれらに限定されない材料を含むことができる。シリコン酸化物をベースにした材料は、リベット層および機械層が  $N i$ 、 $C r$ 、または  $N i C r$  合金を含む場合に適切なエッチング停止層として機能する。これらのエッチング停止層は、200 ~ 2000 オングストロームの厚さを有してよいが、より厚いまたはより薄いことも可能である。その他のエッチング障壁層を使用することも可能である。特定のリベット層 (例えば  $N i$ 、 $C r$ 、または  $N i C r$  合金) をエッチング停止層 (シリコン酸化物またはシリコン窒化物の形態をとる) に対してエッチングするのに適したエッチングの 1 つは、硝酸 (  $H N O_3$  ) エッチングである。このようなエッチング障壁層をリベット層 / 機械層に対して選択的に除去するのに適したエッチングは、フッ素をベースにした (例えば反応性イオンエッチング) エッチングまたは緩衝酸化物エッチング ( B O E ) ウェットエッチングを含むがこれらに限定されない。

#### 【 0 0 6 9 】

上記の構造について、複数の変更形態が可能である。リベット構造 6 2 に使用する材料として、移動可能層 6 6 内の材料と同じではないが移動可能層 6 6 内と類似のもしくは同一の正味残留応力を含む 1 種または複数種の材料を選択することによって、所望の効果を提供することが可能である。これらの材料のいくつかは、機械層 9 2 に対して選択的にエッチング可能であることによって、エッチング障壁層 1 1 4 を有利に排除することができる。同様に、構造構成層の熱膨張の差異の結果として構造全体のたわみを排除するまたは最小限に抑える材料を選択することが可能である。

#### 【 0 0 7 0 】

更なる一実施形態では、無機柱 8 8 の上位にリベット構造 6 2 がある実施形態において、支持構造の、とりわけ縁におけるたわみを排除するまたは最小限に抑えるように、上記の構造を変更することができる。図 1 2 に示された具体的な一実施形態では、リベット 6 2 と無機柱 8 8 とは、実質的に同一の材料によって、実質的に同じ厚さを有する層となる

ように形成される。リベット62および無機柱88が複数の層を含む場合は、これらは、(層として見て)リベット62が無機柱88の鏡像となるように、対称的に形成されることが好ましい。図11の実施形態に関して上述されたのと同様に、リベット62内の残留応力と、無機柱88内の残留応力とは、互いに相殺される。移動可能層66内の残留応力は、いずれも相殺されないが、これらの応力は、支持構造の中立軸に近い線に沿って作用するので、これらの応力の結果として生じるいかなる変形も、最小限に抑えられるまたは排除される。無機柱88およびリベット62が移動可能層66より厚く形成されるまたは移動可能層66より堅い材料で形成される実施形態では、あらゆるたわみを更に最小限に抑えることができる。

#### 【0071】

更なる一実施形態では、図13に示されるように、移動可能層66自体を対称的に作成することができる。基板70側から見るインターフェロメトリックモジュレータなどの光学的MEMSデバイスでは、移動可能層66の上面が反射性である必要はないものの、MEMSデバイスの上面への反射層の追加が、光学的MEMSデバイスの特定の実施形態に悪影響を及ぼすことはない。このため、図13の実施形態は、上部副層120を含む移動可能層66を含み、この上部副層120は、1つの実施形態では反射層90と同じ材料を含む。柱88とリベット62とが対称的であるのに加えて、移動可能層66自体も対称的に構成すれば、反射層90内の残留応力と上部副層120内の残留応力とが互いに打ち消しあい、機械層92内のあらゆる応力が実質的に構造の中立軸に沿って作用するので、これらの応力によって大きなモーメントが働くことはない。上部副層120は、更に、エッチング障壁層としても機能することによって、機械層に対して選択的にエッチング可能でないようなリベット材料および柱材料を使用する(例えば、別々にパターン形成された機械層、柱、およびリベットのそれぞれについて、ニッケル、クロム、またはニッケルクロム合金を使用する)ことを有利に可能にする。

#### 【0072】

図14に示された別の実施形態は、図11の実施形態において、副層110の位置と副層112の位置とを逆転させた変更形態である。このため、1つの実施形態では、反射層90とほぼ同じ材料および厚さの第2の副層112が、機械層92の上に堆積され、機械層92とほぼ同じ材料および厚さの第1の副層110が、第2の副層112の上に堆積される。したがって、リベット62は、変形可能な反射層(機械層と反射層とを含む)と同じ構造を有するが、図11の実施形態と異なり、変形可能な反射層の鏡像ではなく、単に対称性である。第2の副層112は、それ自体がエッチング障壁層として機能してもよいし、あるいは別のエッチング障壁層(不図示、図13のそれと同様)の上に堆積されてもよい。具体的な一実施形態では、反射層はAlを含み、機械層はNiを含む。Alは、様々なエッチング停止層に対してNiよりもよく接着し、リベットと変形可能な反射層との対称性は、たとえ互いの鏡像どうしでない場合でも、望ましくないたわみを最小限に抑える。

#### 【0073】

別の実施形態では、上述された構造を、リベット構造ではなく柱構造に適用することができる。図15は、柱構造88が機械層92と実質的に同じ厚さでかつ実質的に同じ材料を含む一実施形態を示している。反射層90は、基本的に、柱構造の中央部分に沿って走るので、横方向に変形するいかなる傾向も、結果として、支持構造の縁におけるたわみをたとえあるにせよごく小さく抑えられることが理解される。図示された実施形態の柱層は、機械層92と実質的に同じ材料を含むので、このような柱は、ニッケルまたはクロムなどの金属を含むように形成されることが好ましい。

#### 【0074】

上記の構造は、図7C~7Eに図示されかつ関連して説明されたインターフェロメトリックモジュレータなどのように、実質的に分離された機械層および反射層を有するMEMS素子について、その支持構造領域内における相対的変形の傾向を最小限に抑えるように変更可能であることが理解される。支柱領域内に位置する部分の機械層から反射層が切り

10

20

30

40

50

離されているような一実施形態では、ミラー層内におけるいかなる変形の傾向も、結果として支持構造のたわみをもたらさない。このため、1つの実施形態では、柱構造またはリベット構造などの隣接する支持構造を、機械層と同じ材料でかつ機械層と同じ厚さに形成し、これらの支持構造と機械層との間にエッチング停止層を形成することによって、支持構造または機械層のいずれか一方を、選択的にエッチング可能にすることができる。別の一実施形態では、機械層の両側に、実質的に対称的な柱構造およびリベット構造を形成し、必要に応じて、支持構造と機械層との間にエッチング停止層を形成することができる。

【0075】

上記の実施形態は、様々に組み合わせ可能であることが理解される。上述された支持構造の様々な組み合わせが考えられ、発明の範囲内に含まれる。また、上記のどの方法によって形成された支持構造も、これらの支持構造の剛性および耐久性を向上させるために、または支持構造内の層が互いに対して横方向に変形する傾向を最小限に抑えるために、支持構造を形成するその他の方法と組み合わせ用いられてよいことが理解される。

10

【0076】

また、上記の実施形態において、これらの層の順番およびこれらの層を形成する材料は、例示的なものに過ぎないことが認識される。更に、いくつかの実施形態では、MEMSデバイスの部分を形成するために、または基板上のその他の構造を形成するために、図示されていない他の層の堆積および処理を行うことが可能である。当業者には知られているように、他の実施形態では、これらの層は、堆積、パターン形成、およびエッチングに関して代替の材料およびプロセスを使用して形成したり、異なる順序で堆積したり、または異なる材料で構成したりすることが可能である。

20

【0077】

また、文言によって具体的に明記されていない限り、本明細書に記載されたどの方法の行為または実施も、実施形態に応じて、他の順序で実施したり、追加したり、まとめたり、または完全に省略したりすることが可能である（例えば、必ずしも全ての行為または実施が方法の実施に必要なとは限らない）。

【0078】

上記の詳細な説明は、本発明の新規の特徴を、様々な実施形態に照らして図示、説明、および指摘してきたが、当業者ならば、例示されたデバイスまたはプロセスの形態および詳細について、本発明の趣旨から逸脱することなく様々な省略、置換、および変更をなせることが、理解されるであろう。特徴のいくつかは、他の特徴と別個に使用または実施することができるので、本発明は、本明細書に明記された特徴およびメリットの全てを提供するのではない形態の範囲内で実現可能であることがわかる。

30

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図1】インターフェロメトリックモジュレータディスプレイの1つの実施形態の一部分を描いた等角図であり、第1のインターフェロメトリックモジュレータの移動可能反射層が解放位置にあり、第2のインターフェロメトリックモジュレータの移動可能反射層が作動位置にある。

【図2】3×3インターフェロメトリックモジュレータディスプレイを組み込んだ電子デバイスの1つの実施形態を示したシステムブロック図である。

40

【図3】図1のインターフェロメトリックモジュレータの1つの代表的実施形態について、移動可能なミラーの位置と印加される電圧との関係を示した図である。

【図4】インターフェロメトリックモジュレータディスプレイを駆動するために使用することができる行電圧および列電圧のセットを示した説明図である。

【図5A】図2の3×3インターフェロメトリックモジュレータディスプレイにおけるディスプレイデータの、1つの代表的なフレームを示した図である。

【図5B】図5Aのフレームの書き込みに使用することができる行信号および列信号に関する1つの代表的なタイミング図である。

【図6A】複数のインターフェロメトリックモジュレータを含むビジュアルディスプレイ

50

デバイスの一実施形態を示した図である

【図 6 B】複数のインターフェロメトリックモジュレータを含むビジュアルディスプレイデバイスの一実施形態を示したシステムブロック図である。

【図 7 A】図 1 のデバイスの断面図である。

【図 7 B】インターフェロメトリックモジュレータの代替の一実施形態の断面図である。

【図 7 C】インターフェロメトリックモジュレータの別の代替の一実施形態の断面図である。

【図 7 D】インターフェロメトリックモジュレータの更に別の代替の一実施形態の断面図である。

【図 7 E】インターフェロメトリックモジュレータの更なる代替の一実施形態の断面図である。

10

【図 8】個々の素子が支持構造を有しているインターフェロメトリックモジュレータ素子の配列の平面図である。

【図 9 A】移動可能層の上に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

【図 9 B】移動可能層の上に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

【図 9 C】移動可能層の上に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

【図 9 D】移動可能層の上に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

20

【図 9 E】移動可能層の上に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

【図 9 F】移動可能層の上に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

【図 9 G】移動可能層の上に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

【図 9 H】移動可能層の上に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

【図 9 I】移動可能層の上に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

30

【図 9 J】移動可能層の上に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

【図 10 A】移動可能層の下に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

【図 10 B】移動可能層の下に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

【図 10 C】移動可能層の下に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

【図 10 D】移動可能層の下に位置する支持構造を含むインターフェロメトリックモジュレータ素子を製造するための方法を示した概略断面図である。

40

【図 11】上位のリベット構造が移動可能層の鏡像であるインターフェロメトリックモジュレータ素子の一実施形態を示した概略断面図である。

【図 12】上位のリベット構造が下位の柱構造と実質的に同一の材料および厚さであるインターフェロメトリックモジュレータ素子の一実施形態を示した概略断面図である。

【図 13】移動可能層が互いに対称的な複数の層で形成される図 12 のモジュレータ素子などのインターフェロメトリックモジュレータ素子の概略断面図である。

【図 14】上位のリベット構造が移動可能層と実質的に同一の材料および厚さであるインターフェロメトリックモジュレータ素子の一実施形態を示した概略断面図である。

【図 15】下位の柱構造が移動可能層と実質的に同一の材料および厚さであるインターフ

50

エロメトリックモジュレータ素子の一実施形態を示した概略断面図である。

【 図 1 】

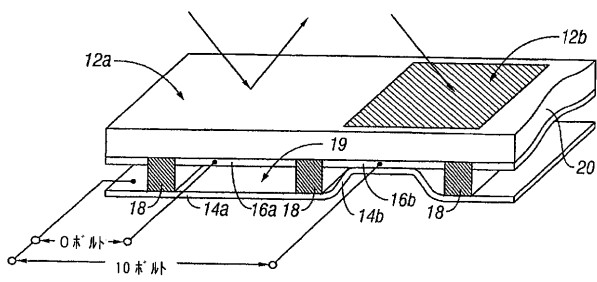


FIG. 1

【 図 2 】

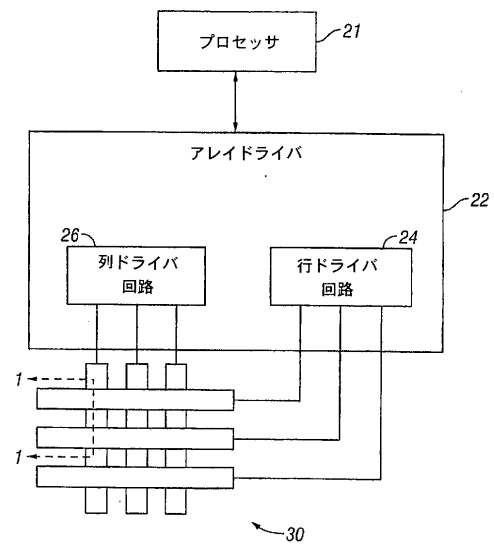


FIG. 2

【 図 3 】

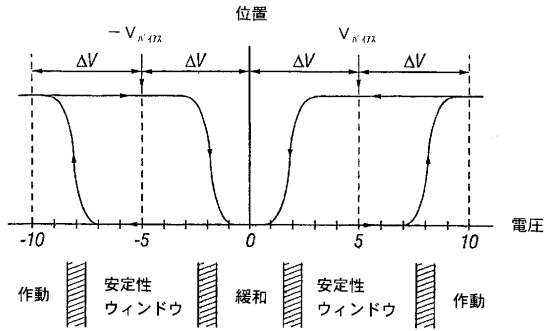


FIG. 3

【 図 5 A 】

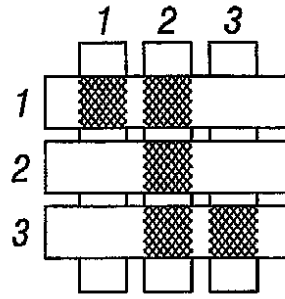


FIG. 5A

【 図 4 】

		列出力信号	
		$+V_{bias}$	$-V_{bias}$
行出力信号	0	安定	安定
	$+\Delta V$	緩和	作動
	$-\Delta V$	作動	緩和

FIG. 4

【 図 5 B 】

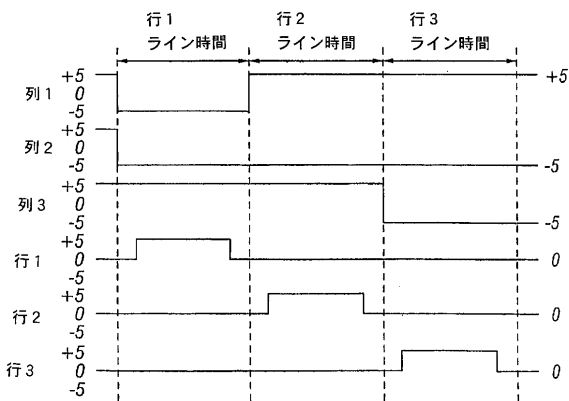


FIG. 5B

【 図 6 A 】

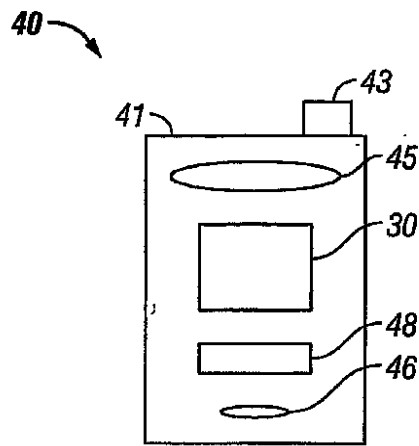


FIG. 6A

【図 6 B】

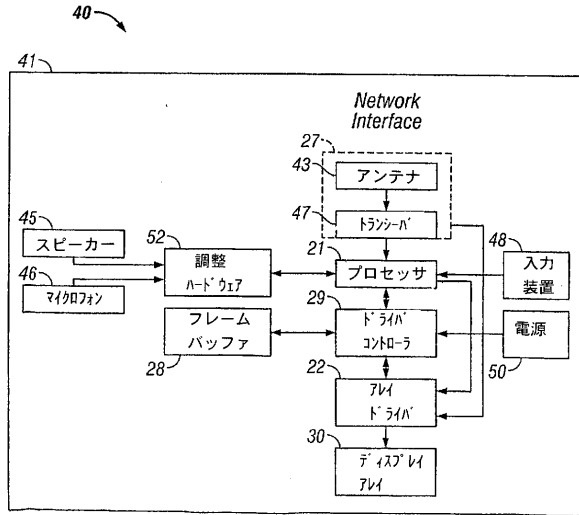


FIG. 6B

【図 7 A】

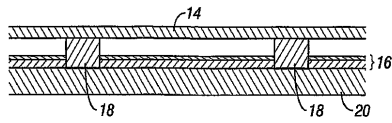


FIG. 7A

【図 7 E】

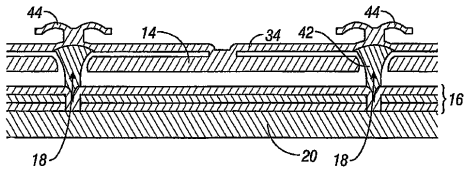


FIG. 7E

【図 8】

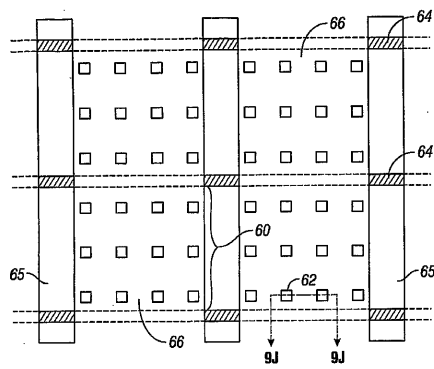


FIG. 8

【図 9 A】

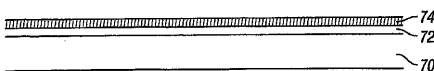


FIG. 9A

【図 7 B】

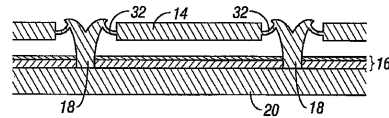


FIG. 7B

【図 7 C】

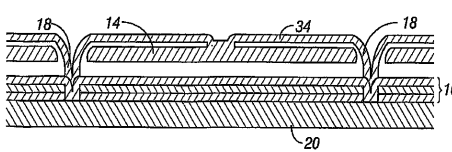


FIG. 7C

【図 7 D】

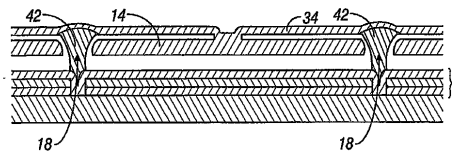


FIG. 7D

【図 9 B】

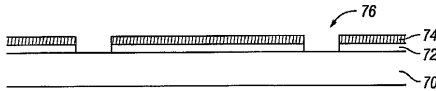


FIG. 9B

【図 9 C】

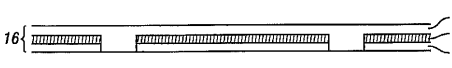


FIG. 9C

【図 9 D】

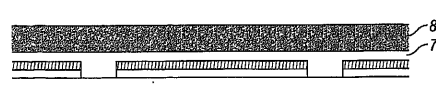


FIG. 9D

【図 9 E】

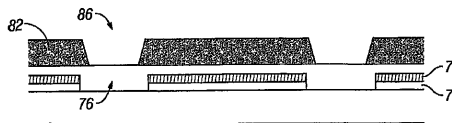


FIG. 9E

【 図 9 F 】

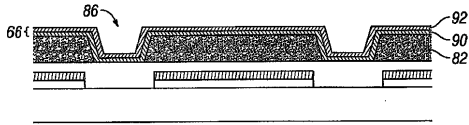


FIG. 9F

【 図 9 G 】

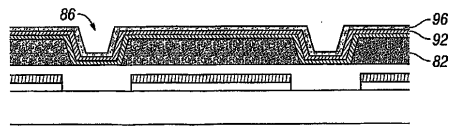


FIG. 9G

【 図 9 H 】

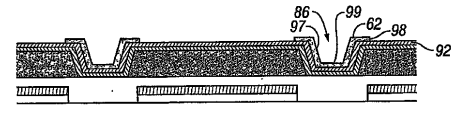


FIG. 9H

【 図 9 I 】

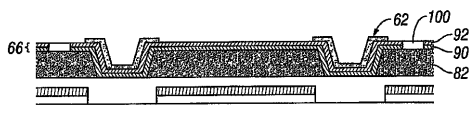


FIG. 9I

【 図 9 J 】

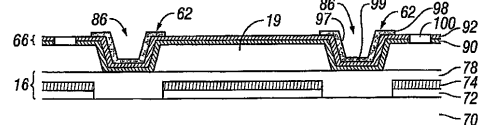


FIG. 9J

【 図 1 0 A 】

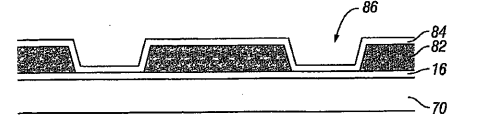


FIG. 10A

【 図 1 0 B 】

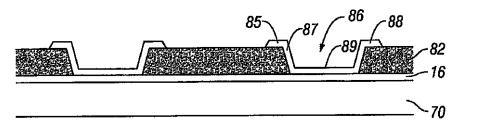


FIG. 10B

【 図 1 0 C 】

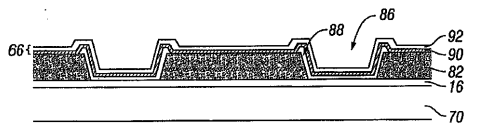


FIG. 10C

【 図 1 0 D 】

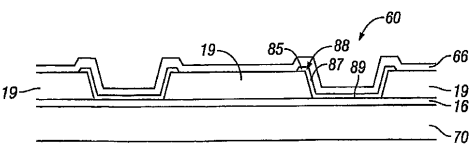


FIG. 10D

【 図 1 4 】

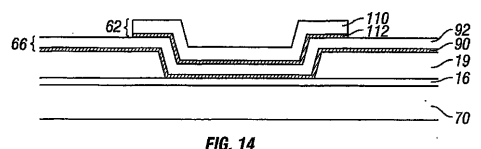


FIG. 14

【 図 1 1 】

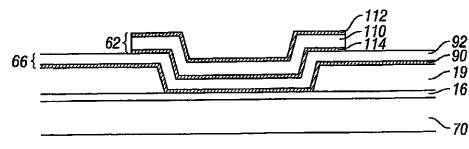


FIG. 11

【 図 1 5 】

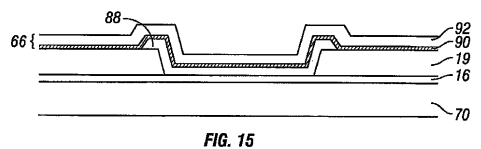


FIG. 15

【 図 1 2 】

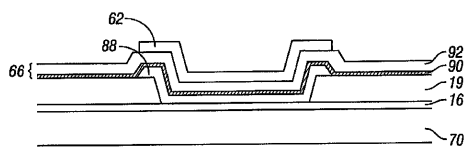


FIG. 12

【 図 1 3 】

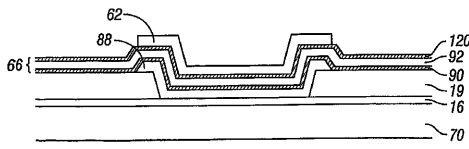


FIG. 13

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2006/032511
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. B81B3/00  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B81B H01H  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004/207497 A1 (HSU TSUNG-YUAN [US] ET AL) 21 October 2004 (2004-10-21)  figures 2A,4A-4F paragraph [0038] - paragraph [0049]  ---	1-14, 16-29, 31-47, 49-59, 61-65
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  <b>5 December 2006</b>		Date of mailing of the international search report  <b>19/12/2006</b>
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2230 HW Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 epo.nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  <b>Meister, Martin</b>

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2006/032511

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ARATANI K ET AL: "SURFACE MICROMACHINED TUNEABLE INTERFEROMETER ARRAY" SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA S.A., vol. A43, no. 1-3, 1 May 1994 (1994-05-01), pages 17-23, XPO00454081 LAUSANNE, CH ISSN: 0924-4247 figures 3,12 paragraph "Introduction" paragraph "Device fabrication"	1-7, 9-14,17, 18, 20-43, 49-54, 61,63-65
X	US 5 600 383 A (HORNBECK LARRY J [US]) 4 February 1997 (1997-02-04)  column 3, line 61 - column 4, line 56 figures 7a-7d	1-3,5-7, 17-20, 22,23, 32-37, 61-65
X	US 2004/100677 A1 (HUIBERS ANDREW G [US] ET AL) 27 May 2004 (2004-05-27)  figures 1A-1E paragraph [0035] - paragraph [0041]	1-3,5-7, 9,17-20, 22,23, 31-37, 61-65

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No  
PCT/US2006/032511

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004207497 A1	21-10-2004	US 2004207499 A1	21-10-2004
US 5600383 A	04-02-1997	NONE	
US 2004100677 A1	27-05-2004	US 2003054588 A1	20-03-2003
		US 2005139940 A1	30-06-2005
		US 2005170540 A1	04-08-2005
		US 2005170614 A1	04-08-2005
		US 2005170557 A1	04-08-2005
		US 2005170547 A1	04-08-2005
		US 2005173711 A1	11-08-2005
		US 2005214976 A1	29-09-2005
		US 2005181532 A1	18-08-2005
		US 2005180686 A1	18-08-2005
		US 2005179982 A1	18-08-2005
		US 2005260792 A1	24-11-2005
		US 2005260793 A1	24-11-2005
		US 2005191789 A1	01-09-2005
		US 2005191790 A1	01-09-2005
		US 2005074919 A1	07-04-2005

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 コグ, リオール

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94087 サニーベール アpartment 9エー ロック  
フェラー ドライブ 920

(72)発明者 ゾン, ファン

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94536 フリーモント サマー ホーリー コモン 37  
497

Fターム(参考) 2H141 MA04 MB28 MB56 MC06 MD02 MD04 MF08 MG03 MZ17 MZ18  
MZ19 MZ20 MZ23 MZ28  
3C081 BA28 BA44 BA46 BA48 BA72 CA03 CA14 CA15 CA16 CA29  
EA08