

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6246798号
(P6246798)

(45) 発行日 平成29年12月13日 (2017.12.13)

(24) 登録日 平成29年11月24日 (2017.11.24)

(51) Int. Cl.	F I
G O 2 B 26/02 (2006.01)	G O 2 B 26/02 B
B 8 1 B 3/00 (2006.01)	B 8 1 B 3/00

請求項の数 13 (全 46 頁)

(21) 出願番号	特願2015-515016 (P2015-515016)	(73) 特許権者	500480274
(86) (22) 出願日	平成25年5月6日 (2013.5.6)		スナップトラック・インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2015-519607 (P2015-519607A)		アメリカ合衆国、カリフォルニア 921
(43) 公表日	平成27年7月9日 (2015.7.9)		21, サン ディエゴ, モアハウス
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/039652		ドライブ 5775
(87) 国際公開番号	W02013/180903	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開日	平成25年12月5日 (2013.12.5)		弁理士 村山 靖彦
審査請求日	平成28年4月6日 (2016.4.6)	(74) 代理人	100163522
(31) 優先権主張番号	13/486,722		弁理士 黒田 晋平
(32) 優先日	平成24年6月1日 (2012.6.1)	(72) 発明者	ジョイス・エイチ・ウー
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国・カリフォルニア・921
			21・サン・ディエゴ・モアハウス・ドラ
			イヴ・5775

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロ電気機械デバイスおよび製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ディスプレイ装置であって、

バックライトと、

複数の開口を画定する、前記バックライトの前面に配置された開口層と、

前記ディスプレイ装置上に画像を形成するために、前記開口を通る前記バックライトによって発せられた光を変調するように構成されたマイクロ電気機械システム (MEMS) 光変調器と

を含み、前記 MEMS 光変調器はシャッターを含み、前記シャッターは、

開口層向き表面および前向き表面を有する遮光部分と、

前記遮光部分に形成された少なくとも1つの窪みと

を有し、前記少なくとも1つの窪みの幅は、前記シャッターの2つの辺を分離する距離の50%以上を占め、

前記遮光部分は、前記遮光部分に形成された前記少なくとも1つの窪みの側壁から離れる方向であって、前記遮光部分に確定されたシャッター開口に向かう方向に延設する最上面を含み、前記最上面は、前記シャッター開口と前記少なくとも1つの窪みの側壁との間に配置され、

前記最上面は、前記側壁の、前記少なくとも1つの窪みの底部とは反対方向の端部に配置され、

前記遮光部分に形成された前記少なくとも1つの窪みの面積は、前記開口層における対

10

20

応する開口の面積よりも広い、ディスプレイ装置。

【請求項 2】

前記少なくとも 1 つの窪みは、前記開口層の方に開いている、請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 3】

前記少なくとも 1 つの窪みは、幅が深さよりも大きくなるように長さ、幅および深さを有する、請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 4】

前記シャッター開口は、開位置において光が前記シャッターを通ることを可能にするように構成され、

前記シャッターの前記 2 つの辺は、前記シャッターの外周囲辺および前記シャッター開口の辺を含む、請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 5】

前記シャッターは、前記シャッターの前記外周囲辺と前記シャッター開口の前記辺との間に少なくとも 2 つの窪みを含む、請求項 4 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 6】

前記シャッター開口は、開位置において光が前記シャッターを通ることを可能にするように構成され、

前記シャッターは、前記窪みの長さが前記シャッター開口の長さに対して直角になるように前記シャッター開口と前記シャッターの側面との間に配置された側面窪みをさらに含む、請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの窪みは、少なくとも 1 つの縦窪み部分および少なくとも 1 つの横窪み部分を含む、請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 8】

前記シャッターは、少なくとも約 20 度である前記ディスプレイの法線に対する角度を有する周囲面を含む、請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 9】

前記ディスプレイの法線に対する前記周囲面の前記角度は約 70 度未満である、請求項 8 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 10】

前記窪みが前記シャッターの前記 2 つの辺のうちの一方に、前記 2 つの辺の他方よりも近くなるように、前記窪みは前記シャッターの前記 2 つの辺の間の中心位置から外れている、請求項 4 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 11】

画像データを処理するように構成されたプロセッサと、

前記プロセッサと通信するように構成されたメモリデバイスとを含む、請求項 1 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 12】

前記 MEMS 光変調器および前記バックライトのうちの 1 つに少なくとも 1 つの信号を送るように構成されたドライバ回路をさらに含み、

前記プロセッサは、前記ドライバ回路に前記画像データの少なくとも一部分を送るようにさらに構成される、請求項 11 に記載のディスプレイ装置。

【請求項 13】

入力データを受信し、前記入力データを前記プロセッサに通信するように構成された入力デバイス

をさらに含む、請求項 11 に記載のディスプレイ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

関連出願

本特許出願は、「Microelectromechanical Device And Method Of Manufacturing」と題する2012年6月1日に出願された米国非仮出願第13/486,722号の利益を主張する。先願の開示は、本特許出願の一部と見なされ、参照により本特許出願に組み込まれる。

【 0 0 0 2 】

本開示は、マイクロ電気機械システム(MEMS)の分野に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 3 】

MEMSは、有用な機能を達成するためにマイクロメートルサイズの構造体の機械的運動が利用され得る様々なアプリケーションに組み込まれている。興味深い例として、液晶ディスプレイの魅力的な代替である機械的光変調器から作られたディスプレイがある。機械的光変調器は、良好な視角で、また幅広い色およびグレースケールでビデオコンテンツを表示するのに十分な速さを示す。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 4 】

本開示のシステム、方法およびデバイスはそれぞれ、いくつかの発明的態様を有し、これらのうちの1つが、本明細書で開示する望ましい属性に対して単独で寄与することはない。

【 0 0 0 5 】

本開示で説明する主題の1つの発明的態様は、バックライトおよびバックライトの前面に配置され、複数の開口を画定する開口層を有するディスプレイ装置で実施され得る。ディスプレイ装置はまた、ディスプレイ装置上に画像を形成するために、開口を通るバックライトによって発せられた光を変調するように構成された少なくとも1つのMEMS光変調器を含む。MEMS光変調器は、開口層向き表面および前向き表面を有する遮光部分ならびに遮光部分に形成された少なくとも1つの窪みを有するシャッターを含む。少なくとも1つの窪みの幅は、シャッターの2つの辺を分離する距離の50%以上100%未満を占める。いくつかの実装形態では、少なくとも1つの窪みは開口層の方に開いている。いくつかの実装形態では、少なくとも1つの窪みは、幅が深さよりも大きくなるように長さ、幅および深さを有する。

【 0 0 0 6 】

いくつかの実装形態では、シャッターは、開位置にあるときに光がシャッターを通ることを可能にするためのシャッター開口をさらに含み、シャッターの2つの辺は、シャッターの外周囲辺およびシャッター開口の辺を含む。いくつかの実装形態では、シャッターは、シャッターの外周囲辺とシャッター開口の辺との間に少なくとも2つの窪みを含む。いくつかの実装形態では、シャッターは、開位置にあるときに光がシャッターを通ることを可能にするためのシャッター開口、および側面窪みの長さがシャッター開口の長さに対して直角になるようにシャッター開口とシャッターの側面との間に配置された側面窪みを含む。いくつかの実装形態では、少なくとも1つの窪みは、少なくとも1つの縦窪み部分および少なくとも1つの横窪み部分を含む。いくつかの実装形態では、シャッターは、少なくとも約20度であるディスプレイの法線に対する角度を有する周囲面を含む。いくつかの実装形態では、シャッター周囲面は、開口層の方に曲げられている。いくつかの実装形態では、シャッター周囲面は、開口層に背を向けて曲げられている。いくつかの実装形態では、ディスプレイの法線に対する周囲面の角度は約70度未満である。いくつかの実装形態では、遮光部分に形成された少なくとも1つの窪みは、開口層における対応する開口よりも広い。

【 0 0 0 7 】

本開示で説明する主題の別の発明的態様は、バックライト、バックライトの前面に配置

10

20

30

40

50

され、複数の開口を画定する開口層、およびディスプレイ装置上に画像を形成するために、開口を通るバックライトによって発せられた光を変調するように構成された少なくとも1つのMEMS光変調器を有するディスプレイ装置で実施され得る。MEMS光変調器は、開口層向き表面および前向き表面を有する遮光部分、開位置において光がシャッターを通ることを可能にするためのシャッター開口、ならびに遮光部分に形成された少なくとも1つの窪みを有するシャッターを含む。少なくとも1つの窪みは、開口とシャッターの第1の側面との間に、窪みの長さがシャッター開口の長さに対して直角になるように配置される。いくつかの実装形態では、ディスプレイ装置は、第2の窪みの長さが開口の長さに対して平行になるように、開口と第1の側面に接続されたシャッターの第2の側面との間に配置された少なくとも第2の窪みを含む。いくつかの実装形態では、少なくとも1つの窪みの幅は、シャッターの遮光部分のエリアの少なくとも50%を占める。いくつかの実装形態では、少なくとも1つの窪みは、幅が深さよりも大きくなるように長さ、幅および深さを有する。

【0008】

いくつかの実装形態では、シャッターの遮光部分における窪みは、開口層の方に開いている。いくつかの実装形態では、少なくとも1つの窪みは、少なくとも1つの縦窪み部分および少なくとも1つの横窪み部分を含む。いくつかの実装形態では、遮光部分に形成された少なくとも1つの窪みは、開口層における対応する開口よりも広い。いくつかの実装形態では、シャッターは、少なくとも約20度のディスプレイの法線に対する角度を有する周囲面を含む。いくつかの実装形態では、シャッター周囲面は、開口層の方に曲げられている。いくつかの実装形態では、シャッター周囲面は、開口層に背を向けて曲げられている。いくつかの実装形態では、ディスプレイの法線に対する周囲面の角度は約70度未満である。

【0009】

本開示で説明する主題の別の発明的態様は、バックライト、バックライトの前面に配置され、複数の開口を画定する開口層、およびディスプレイ装置上に画像を形成するために、開口を通るバックライトによって発せられた光を変調するように構成された少なくとも1つのMEMS光変調器を含むディスプレイ装置で実施され得る。MEMS光変調器は、開口層向き表面および前向き表面を有する遮光部分ならびに遮光部分に形成された少なくとも1つの窪みを有するシャッターを含む。少なくとも1つの窪みは、開口層における対応する開口よりも広い。いくつかの実装形態では、少なくとも1つの窪みは、幅が深さよりも少なくとも大きくなるように長さ、幅および深さを有する。

【0010】

いくつかの実装形態では、少なくとも1つの窪みは、シャッターの遮光部分のエリアの少なくとも50%を占める。いくつかの実装形態では、少なくとも1つの窪みは、少なくとも1つの縦窪み部分および少なくとも1つの横窪み部分を含む。いくつかの実装形態では、シャッターは、少なくとも約20度であるディスプレイの法線に対する角度を有する周囲面を含む。いくつかの実装形態では、ディスプレイの法線に対する周囲面の角度は約70度未満である。

【0011】

本開示で説明する主題の別の発明的態様は、バックライト、バックライトの前面に配置され、複数の開口を画定する開口層、およびディスプレイ装置上に画像を形成するために、開口を通るバックライトによって発せられた光を変調するように構成されたMEMS光変調器を含むディスプレイ装置で実施され得る。MEMS光変調器は、ディスプレイの法線に対して概ね直角であり、ディスプレイの法線に対して20度~70度の間で曲げられた少なくとも1つの周囲面を有する遮光部分を有するシャッターを含む。

【0012】

いくつかの実装形態では、シャッターは、シャッター開口周囲を有するシャッター開口を含み、少なくとも1つの周囲面は、シャッター開口周囲のすぐ隣にある表面を含む。いくつかの実装形態では、少なくとも1つの周囲面は、シャッターの外周囲のすぐ隣にある

10

20

30

40

50

表面を含む。いくつかの実装形態では、少なくとも1つの周囲面は、開口層の方に曲げられている。いくつかの実装形態では、少なくとも1つの周囲面は、開口層に背を向けて曲げられている。

【0013】

本明細書で説明する主題の1つまたは複数の実装形態の詳細は、添付の図面および以下の説明において示す。本概要で提供する例は、主にMEMS方式ディスプレイに関して説明するが、本明細書で提供する概念は、他のタイプのディスプレイ、たとえば、LCD、OLED、電気泳動ディスプレイおよび電界放出ディスプレイ、ならびに他の非ディスプレイMEMSデバイス、たとえば、MEMSマイクロフォン、センサ、および光スイッチに適用することができる。他の特徴体、態様および利点は、説明、図面および特許請求の範囲から明らかになる。以下の図の相対寸法は、一定の縮尺で描かれてはいない場合があることに留意されたい。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1A】直視マイクロ電気機械システム(MEMS)方式ディスプレイ装置の例示的な概略図である。

【図1B】ホストデバイスの例示的なブロック図である。

【図2】例示的なシャッター式光変調器の例示的な透視図である。

【図3A】制御マトリクス of 例示的な概略図である。

【図3B】図3Aの制御マトリクスに接続されたシャッター式光変調器アレイの透視図である。

【図4A】二重アクチュエータシャッターアセンブリの例示的な図である。

【図4B】二重アクチュエータシャッターアセンブリの例示的な図である。

【図5】シャッター式光変調器を組み込むディスプレイ装置の例示的な断面図である。

【図6A】例示的な合成シャッターアセンブリの構築の段階の断面図である。

【図6B】例示的な合成シャッターアセンブリの構築の段階の断面図である。

【図6C】例示的な合成シャッターアセンブリの構築の段階の断面図である。

【図6D】例示的な合成シャッターアセンブリの構築の段階の断面図である。

【図6E】例示的な合成シャッターアセンブリの構築の段階の断面図である。

【図7A】狭い側壁ビームを有する例示的なシャッターアセンブリの構築の段階の等角図である。

【図7B】狭い側壁ビームを有する例示的なシャッターアセンブリの構築の段階の等角図である。

【図7C】狭い側壁ビームを有する例示的なシャッターアセンブリの構築の段階の等角図である。

【図7D】狭い側壁ビームを有する例示的なシャッターアセンブリの構築の段階の等角図である。

【図8】ループ状駆動ビームを組み込むシャッターアセンブリの平面図である。

【図9】3マスクプロセスに従って構築されたシャッターアセンブリの等角図である。

【図10】図9のシャッターアセンブリの製造に適した例示的な型を示す図である。

【図11】別の例示的なシャッターアセンブリの俯瞰図である。

【図12】別の例示的なシャッターアセンブリの等角図である。

【図13】例示的なディスプレイ装置の一部分の断面図である。

【図14】別の例示的なディスプレイ装置の一部分の断面図である。

【図15A】シャッター窪みに適した例示的な選択的断面形状を示す図である。

【図15B】シャッター窪みに適した例示的な選択的断面形状を示す図である。

【図15C】シャッター窪みに適した例示的な選択的断面形状を示す図である。

【図15D】シャッター窪みに適した例示的な選択的断面形状を示す図である。

【図15E】シャッター窪みに適した例示的な選択的断面形状を示す図である。

【図15F】シャッター窪みに適した例示的な選択的断面形状を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 1 5 G】シャッター窪みに適した例示的な選択的断面形状を示す図である。

【図 1 5 H】シャッター窪みに適した例示的な選択的断面形状を示す図である。

【図 1 5 I】シャッター窪みに適した例示的な選択的断面形状を示す図である。

【図 1 6 A】曲げられた周囲面を有する例示的なシャッターの俯瞰図である。

【図 1 6 B】図 1 6 A のシャッターの断面図である。

【図 1 7】曲げられた周囲面を有するシャッターを形成するための例示的な型の断面図である。

【図 1 8】曲げられた周囲面を有するシャッターを含む例示的なディスプレイ装置の断面図である。

【図 1 9】曲げられた周囲面を有するシャッターを含む別の例示的なディスプレイ装置の断面図である。

10

【図 2 0】曲げられた周囲面を有するシャッター 2 0 0 2 を含む別の例示的なディスプレイ装置 2 0 0 0 の一部分の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 5】

ある種のディスプレイ装置は、機械的シャッターを使用して光を変調することによって画像を生成するように設計される。これらのシャッターは、シャッターアセンブリによって支えられ、作動し、シャッターアセンブリは、シャッターに加えて、シャッターを作動させるためのアクチュエータ、および基板の上方でシャッターを支えるためのアンカを含む。しかしながら、そのようなシャッターは、それらの望ましい構成から外れて変形する傾向を有する。この傾向は、シャッターに 3 次元特徴体を組み込むことによって対処され得る。そのような 3 次元特徴体の一例に、シャッターの平面から外に延び、発光開口の方に開いているリブまたは窪みがある。

20

【0 0 1 6】

さらに、いくつかのシャッターアセンブリは、閉位置にある間でも光が開口から意図せずに漏れうる傾向を示す。この光漏れは 3 つの要素に帰せられ得る。第一に、シャッターの遮光部分によって遮断された光は、シャッターに、次いで、バックライトから光を発する下にある開口層に、そして最後にディスプレイの外に反射し得る。第二に、光は、近接している遮光面で、シャッター開口内に位置するいくつかの垂直補強用壁が終端する場所において、シャッターを通して漏れることが可能である。第三に、高角度で開口層中の開口を通る光は、シャッターの辺に当たり、その結果、ディスプレイの法線の方に戻って、そしてディスプレイの外に屈折することがある。

30

【0 0 1 7】

光漏れのこれらの原因の各々は、シャッターの剛性を高め、シャッターが変形する傾向に対抗する同じ 3 次元特徴体の変更によって、部分的に対処され得る。上記の反射現象から生じる光漏れは、シャッターの遮光部分のサイズおよび/または開口のサイズに対して比較的大きいリブまたは窪みを含むシャッターによって軽減され得る。シャッターの長さに沿って延びるリブまたは窪みを使用することによって、光漏れを軽減することができ、シャッター剛性を高めることができる。屈折に起因する光漏れは、ディスプレイの法線に対して平行にも垂直にもならないようにシャッターの様々な周囲面を曲げることによって軽減され得る。

40

【0 0 1 8】

本開示で説明する主題の特定の実装形態は、以下の潜在的な利点のうちの 1 つまたは複数を実現するように実装され得る。シャッターの遮光部分に比較的大きい横窪みを含めることで、シャッターをさらに補強し、その望ましい形状が保持される可能性が増す。そのような窪みはまた、閉じられることが意図されている画素からディスプレイの外に光が漏れるのを防ぐのを助け、それによりディスプレイのコントラスト比を改善する。シャッターの側面に沿った窪みも同様に、光漏れを防ぎ、さらに補強するのを助ける。シャッターの周囲面を曲げることで、光漏れの別の原因、すなわちシャッター辺での屈折を軽減し、場合によってはなくし、コントラスト比をさらに改善することができる。

50

【0019】

図1Aは、直視型マイクロ電気機械システム(MEMS)方式ディスプレイ装置100の概略図を示している。ディスプレイ装置100は、行および列に配列された複数の光変調器102a~102d(全体として「光変調器102」)を含む。ディスプレイ装置100において、光変調器102aおよび102dは開状態にあり、光を通させる。光変調器102bおよび102cは閉状態にあり、光の通過を妨げる。光変調器102a~102dの状態を選択的にセットすることによって、ディスプレイ装置100は、1つのランプまたは複数のランプ105で照射された場合、バックライト付きディスプレイ用の画像104を形成するのに利用することができる。別の実装形態では、装置100は、装置の前面から発する周辺光の反射によって、画像を形成することができる。別の実装形態では、装置100は、ディスプレイの前面に配置された1つのランプまたは複数のランプからの光の反射によって、すなわちフロントライトを使用して、画像を形成することができる。

10

【0020】

いくつかの実装形態では、各光変調器102は、画像104中の画素106に対応する。いくつかの他の実装形態では、ディスプレイ装置100は、複数の光変調器を利用して、画像104中の画素106を形成することができる。たとえば、ディスプレイ装置100は、3つの色固有光変調器102を含み得る。特定の画素106に対応する色固有光変調器102のうちの1つまたは複数を選択的に開くことによって、ディスプレイ装置100は、画像104中のカラー画素106を生成することができる。別の例では、ディスプレイ装置100は、画像104中の輝度レベルを提供するために、画素106ごとに2つ以上の光変調器102を含む。画像に関して、「画素」は、画像の解像度によって定義される最も小さいピクチャ要素に対応する。ディスプレイ装置100の構造構成要素に関して、「画素」という用語は、画像の単一画素を形成する光を変調するのに使用される、機械構成要素と電気構成要素との組合せを指す。

20

【0021】

ディスプレイ装置100は、投影型アプリケーションで通常見出される結像光学素子を含まなくてよいという点で、直視型ディスプレイである。投影型ディスプレイでは、ディスプレイ装置の表面に形成される画像は、スクリーンまたは壁に投影される。ディスプレイ装置は、投影画像よりもかなり小さい。直視型ディスプレイでは、ユーザは、光変調器を含み、場合によってはディスプレイ上で見られる輝度および/またはコントラストを増強するためのバックライトまたはフロントライトを含むディスプレイ装置を直接見ることによって、画像を見る。

30

【0022】

直視型ディスプレイは、透過モードまたは反射モードのいずれかで動作し得る。透過型ディスプレイでは、光変調器は、ディスプレイの後ろに配置された1つのランプまたは複数のランプから発する光をフィルタリングし、または選択的に遮断する。場合によっては、各画素を均一に照明できるように、ランプからの光は、光ガイドまたは「バックライト」に注入される。透過直視型ディスプレイは、光変調器を含む一方の基板がバックライトのすぐ上に配置されるサンドイッチアセンブリ配列を円滑にするように、透明基板またはガラス基板の上に構築されることが多い。

40

【0023】

各光変調器102は、シャッター108および開口109を含むことができる。画像104中の画素106を照明するために、シャッター108は、見ている人に向かって光が開口109を通るように配置される。画素106を未点灯のまま保つために、シャッター108は、光が開口109を通過するのを妨げるように配置される。開口109は、各光変調器102中の反射材料または光吸収材料を通じてパターンニングされた開放部によって画定される。

【0024】

ディスプレイ装置は、シャッターの移動を制御するための、基板と、光変調器とに接続された制御マトリクスも含む。制御マトリクスは、画素の行ごとに、少なくとも1つの書

50

込み許可相互接続 1 1 0 (「スキャンライン相互接続」とも呼ばれる)と、各画素列に対する 1 つのデータ相互接続 1 1 2 と、すべての画素に、または少なくとも、ディスプレイ装置 1 0 0 中の複数の列と複数の行の両方にある画素に共通電圧を与える 1 つの共通相互接続 1 1 4 とを含む、一連の電気相互接続(たとえば、相互接続 1 1 0、1 1 2 および 1 1 4)を含む。適切な電圧(「書込み許可電圧、 V_{WE} 」)の印加に応じて、所与の画素行に対する書込み許可相互接続 1 1 0 は、行中の画素を、新規シャッター移動命令を受諾するように準備する。データ相互接続 1 1 2 は、新規移動命令を、データ電圧パルスの形で伝達する。データ相互接続 1 1 2 に印加されるデータ電圧パルスは、いくつかの実装形態において、シャッターの静電的な移動に直接寄与する。いくつかの他の実装形態では、データ電圧パルスは、スイッチ、たとえばトランジスタ、または、データ電圧よりも通常、規模が高い別個の作動電圧の、光変調器 1 0 2 への印加を制御する他の非線形回路要素を制御する。次いで、これらの作動電圧を印加した結果、シャッター 1 0 8 の静電駆動移動が生じる。

【0025】

図 1 B は、ホストデバイス(すなわち、セルフォン、スマートフォン、PDA、MP3 プレーヤ、タブレット、電子リーダーなど)のブロック図 1 2 0 の一例を示している。ホストデバイスは、ディスプレイ装置 1 2 8、ホストプロセッサ 1 2 2、環境センサ 1 2 4、ユーザ入力モジュール 1 2 6、および電源を含む。

【0026】

ディスプレイ装置 1 2 8 は、複数のスキャンドライバ 1 3 0 (「書込み許可電圧源」とも呼ばれる)、複数のデータドライバ 1 3 2 (「データ電圧源」とも呼ばれる)、コントローラ 1 3 4、共通ドライバ 1 3 8、ランプ 1 4 0 ~ 1 4 6、およびランプドライバ 1 4 8 を含む。スキャンドライバ 1 3 0 は、スキャンライン相互接続 1 1 0 に書込み許可電圧を印加する。データドライバ 1 3 2 は、データ相互接続 1 1 2 にデータ電圧を印加する。

【0027】

ディスプレイ装置のいくつかの実装形態において、データドライバ 1 3 2 は、特に画像 1 0 4 の輝度レベルがアナログ方式で導出されるべきである場合、光変調器にアナログデータ電圧を提供するように構成される。アナログ動作において、光変調器 1 0 2 は、ある範囲の中間電圧がデータ相互接続 1 1 2 を通して印加されると、シャッター 1 0 8 における、ある範囲の中間開状態が生じ、その結果、ある範囲の中間照明状態または画像 1 0 4 における輝度レベルが生じるように設計される。他の場合には、データドライバ 1 3 2 は、2 つ、3 つまたは 4 つのデジタル電圧レベルの縮小セットのみをデータ相互接続 1 1 2 に印加するように構成される。これらの電圧レベルは、デジタル方式で、シャッター 1 0 8 の各々に対して、開状態、閉状態、または他の個別の状態をセットするように設計される。

【0028】

スキャンドライバ 1 3 0 およびデータドライバ 1 3 2 は、デジタルコントローラ回路 1 3 4 (「コントローラ 1 3 4」とも呼ばれる)に接続される。コントローラはデータを、行および画像フレームでグルーピングされた所定のシーケンスに編成されて、ほぼ直列方式でデータドライバ 1 3 2 に送る。データドライバ 1 3 2 は、直列並列データコンバータと、レベルシフティングと、一部のアプリケーション向けにはデジタルアナログ電圧コンバータとを含み得る。

【0029】

ディスプレイ装置は、場合によっては、共通電圧源とも呼ばれる 1 組の共通ドライバ 1 3 8 を含む。いくつかの実装形態において、共通ドライバ 1 3 8 は、たとえば、一連の共通相互接続 1 1 4 に電圧を供給することによって、光変調器アレイ内のすべての光変調器に DC 共通電位を提供する。いくつかの他の実装形態では、共通ドライバ 1 3 8 は、コントローラ 1 3 4 からのコマンドに従って、光変調器アレイに対し電圧パルスまたは信号、たとえば、アレイの複数の行および列中のすべての光変調器の同時作動を駆動および/または開始することが可能であるグローバル作動パルスを出す。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

異なるディスプレイ機能のためのドライバ(たとえば、スキャンドライバ 1 3 0、データドライバ 1 3 2、および共通ドライバ 1 3 8)はすべて、コントローラ 1 3 4 によって時間同期される。コントローラからのタイミングコマンドが、ランプドライバ 1 4 8 と、画素アレイ内の特定の行の書込み許可およびシーケンシングと、データドライバ 1 3 2 からの電圧の出力と、光変調器作動を可能にする電圧の出力とにより、赤、緑および青および白色ランプ(それぞれ 1 4 0、1 4 2、1 4 4、および 1 4 6)の照明を調整する。

【 0 0 3 1 】

コントローラ 1 3 4 は、シャッター 1 0 8 の各々が、新規画像 1 0 4 に適した照明レベルにリセットされ得るためのシーケンシングまたはアドレス指定方式を決定する。新規画像 1 0 4 は、周期的間隔でセットされ得る。たとえば、ビデオディスプレイの場合、カラー画像 1 0 4 またはビデオフレームは、1 0 ~ 3 0 0 ヘルツ(Hz)の範囲の周波数でリフレッシュされる。いくつかの実装形態において、アレイへの画像フレームの設定は、交替画像フレームが、赤、緑および青など、交替する一連の色で照射されるように、ランプ 1 4 0、1 4 2、1 4 4、および 1 4 6 の照明と同期される。それぞれの色のための画像フレームは、カラーサブフレームと呼ばれる。フィールド順次式カラー方法と呼ばれるこの方法では、カラーサブフレームが、2 0 Hz を超過する周波数で交替される場合、人間の脳は、交替するフレーム画像を、広い連続する範囲の色を有する画像の知覚に平均する。代替実装形態では、原色をもつ 4 つ以上のランプが、ディスプレイ装置 1 0 0 において利用されてよく、赤、緑、および青以外の原色を利用する。

【 0 0 3 2 】

ディスプレイ装置 1 0 0 が、開状態と閉状態との間のシャッター 1 0 8 のデジタル切替えのために設計されるいくつかの実装形態において、コントローラ 1 3 4 は、前述のように、時分割グレースケールの方法によって画像を形成する。いくつかの他の実装形態では、ディスプレイ装置 1 0 0 は、画素ごとに複数のシャッター 1 0 8 を使用することによって、グレースケールを提供することができる。

【 0 0 3 3 】

いくつかの実装形態において、画像状態 1 0 4 についてのデータは、コントローラ 1 3 4 によって、変調器アレイに、スキャンラインとも呼ばれる個々の行の順次アドレス指定によりロードされる。シーケンス中の行またはスキャンラインごとに、スキャンドライバ 1 3 0 は、アレイのその行について、書込み許可相互接続 1 1 0 に書込み許可電圧を印加し、続いて、データドライバ 1 3 2 が、選択された行中の各列について、所望のシャッター状態に対応するデータ電圧を供給する。このプロセスは、アレイ中のすべての行についてデータがロードされるまで繰り返す。いくつかの実装形態において、データローディングのための選択された行のシーケンスは、線形であり、アレイ中の上から下に進む。いくつかの他の実装形態では、選択された行のシーケンスは、視覚的アーティファクトを最小限にするために擬似ランダム化される。また、いくつかの他の実装形態では、シーケンシングはブロックで編成され、この場合、ブロックに対して、画像状態 1 0 4 の特定の部分のみについてのデータが、たとえば、シーケンス中のアレイの 5 行おきにのみアドレス指定することによってアレイにロードされる。

【 0 0 3 4 】

いくつかの実装形態において、アレイに画像データをロードするためのプロセスは、シャッター 1 0 8 を作動させるプロセスとは、時間的に分離される。これらの実装形態において、変調器アレイは、アレイ中の各画素に対するデータメモリ要素を含むことができ、制御マトリクスは、メモリ要素に記憶されたデータに従って、シャッター 1 0 8 の同時作動を開始するためのトリガ信号を、共通ドライバ 1 3 8 から搬送するためのグローバル作動相互接続を含み得る。

【 0 0 3 5 】

代替実装形態では、画素アレイと、画素を制御する制御マトリクスとが、方形の行および列以外の構成で配列され得る。たとえば、画素は、六角形アレイまたは曲線をなす行お

10

20

30

40

50

よび列で配列され得る。概して、本明細書で使用するスキャンラインという用語は、書込み許可相互接続を共有する、任意の複数の画素を指すものである。

【0036】

ホストプロセッサ122は全般的に、ホストの動作を制御する。たとえば、ホストプロセッサは、ポータブル電子デバイスを制御するための汎用または専用プロセッサであり得る。ホストデバイス120内に含まれるディスプレイ装置128に対して、ホストプロセッサは、画像データならびにホストに関する追加データを出力する。そのような情報は、環境センサからのデータ、たとえば周辺光もしくは温度、ホストに関する情報、たとえば、ホストの動作モードもしくはホストの電源に残っている電力量、画像データの内容に関する情報、画像データのタイプに関する情報、および/または画像を選択する際に使用するディスプレイ装置に関する指示を含み得る。

10

【0037】

ユーザ入力モジュール126は、ユーザの個人的好みをコントローラ134に直接、またはホストプロセッサ122を介して伝える。いくつかの実装形態では、ユーザ入力モジュールは、ユーザが「色をより濃く」、「コントラストをより良好に」、「電力をより低く」、「輝度を増して」、「スポーツ」、「ライブアクション」、または「アニメーション」などの個人的好みをプログラムしているソフトウェアによって制御される。いくつかの他の実装形態では、これらの好みは、スイッチまたはダイヤルなどのハードウェアを使用して、ホストに入力される。コントローラ134への複数のデータ入力はコントローラに対し、最適な画像化特性に対応する様々なドライバ130、132、138および14

20

【0038】

環境センサモジュール124も、ホストデバイスの一部として含まれ得る。環境センサモジュールは、温度および/または周辺の採光条件など、周辺環境に関するデータを受信する。センサモジュール124は、デバイスが屋内またはオフィス環境で動作しているのか、明るい昼光の中の屋外環境で動作しているのか、夜間の屋外環境で動作しているのかを区別するようにプログラムされ得る。センサモジュールは、コントローラが周辺環境に応答して表示条件を最適化できるように、この情報をディスプレイコントローラ134に通信する。

【0039】

30

図2は、例示的なシャッター式光変調器200の透視図を示している。シャッター式光変調器は、図1Aの直視型MEMS方式ディスプレイ装置100への組込みに適している。光変調器200は、アクチュエータ204に結合されたシャッター202を含む。アクチュエータ204は、2つの別個のコンプライアント電極ビームアクチュエータ205(「アクチュエータ205」)から形成され得る。シャッター202は、一方では、アクチュエータ205に結合する。アクチュエータ205は、表面203に対して実質的に平行である運動面における表面203の上方で、シャッター202を横方向に移動する。シャッター202の反対側は、アクチュエータ204によって加えられる力に対向する復元力を与えるスプリング207に結合する。

【0040】

40

各アクチュエータ205は、シャッター202をロードアンカ208に接続するコンプライアントロードビーム206を含む。ロードアンカ208は、コンプライアントロードビーム206とともに、機械的サポートとして働き、シャッター202を、表面203に近接して懸架されたまま保つ。表面は、光を通過させるための1つまたは複数の開口穴211を含む。ロードアンカ208は、コンプライアントロードビーム206とシャッター202とを表面203に物理接続し、ロードビーム206を、バイアス電圧、一部の事例ではグラウンドに電気接続する。

【0041】

基板がシリコンのような不透過性のものである場合、基板204を通して穴アレイをエッチングすることによって、基板に開口穴211が形成される。基板204がガラスやブ

50

ラスチックのような透明なものである場合、基板 203 に堆積された遮光材料の層に開口穴 211 が形成される。開口穴 211 は概して、円形、楕円、多角形、蛇状、または形状が不規則でよい。

【0042】

各アクチュエータ 205 は、各ロードビーム 206 に隣接して配置されたコンプライアント駆動ビーム 216 も含む。駆動ビーム 216 は、一方の端部において、駆動ビーム 216 の間で共有される駆動ビームアンカ 218 に結合する。各駆動ビーム 216 の他端は、自由に移動する。各駆動ビーム 216 は、駆動ビーム 216 の自由端と、ロードビーム 206 の固定端との近くで、ロードビーム 206 に最接近するように湾曲される。

【0043】

動作時、光変調器 200 を組み込むディスプレイ装置は、駆動ビームアンカ 218 を介して駆動ビーム 216 に電位を印加する。第 2 の電位が、ロードビーム 206 に印加され得る。駆動ビーム 216 とロードビーム 206 との間の得られる電位差は、駆動ビーム 216 の自由端を、ロードビーム 206 の固定端の方に引き付け、ロードビーム 206 のシャッター端を、駆動ビーム 216 の固定端の方に引き付け、そうすることによって、シャッター 202 を、駆動アンカ 218 に向かって横に駆動する。コンプライアント部材 206 は、ビーム 206 および 216 の電位にわたる電圧が除去されたとき、ロードビーム 206 がシャッター 202 をその初期位置に押し戻すように、スプリングとして働き、ロードビーム 206 に蓄えられた応力を解放する。

【0044】

光変調器 200 などの光変調器は、電圧が除去された後にシャッターをその休止位置に戻すための、スプリングなどの受動復元力を組み込む。他のシャッターアセンブリは、「開」および「閉」アクチュエータの 2 種セット、ならびにシャッターを開状態または閉状態のいずれかに移動させるための「開」および「閉」電極の別個のセットを組み込むことができる。

【0045】

制御マトリクスによりシャッターおよび開口のアレイを制御して、画像が生じるようにし、多くの場合、適切な輝度レベルで画像を移動させるための様々な方法がある。一部のケースでは、制御は、ディスプレイの周囲にあるドライバ回路に接続された行および列相互接続の受動マトリクスアレイを用いて遂行される。他のケースでは、速度、ディスプレイの輝度レベルおよび/または電力消散性能を向上させるために、切替えおよび/またはデータ記憶要素を、アレイ(いわゆるアクティブマトリクス)の各画素中に含めることが適切である。

【0046】

図 3 A は、制御マトリクス 300 の例示的な概略図を示している。制御マトリクス 300 は、図 1 A の MEMS 方式ディスプレイ装置 100 に組み込まれた光変調器を制御するのに適している。図 3 B は、図 3 A の制御マトリクス 300 に接続されたシャッター式光変調器アレイ 320 の透視図を示している。制御マトリクス 300 は、画素アレイ 320 (「アレイ 320」) をアドレス指定することができる。各画素 301 は、アクチュエータ 303 によって制御される、図 2 のシャッターアセンブリ 200 などの弾性シャッターアセンブリ 302 を含む得る。各画素は、開口 324 を含む開口層 322 も含む得る。

【0047】

制御マトリクス 300 は、シャッターアセンブリ 302 が形成される基板 304 の表面に、拡散または薄膜堆積電気回路として組み立てられる。制御マトリクス 300 は、制御マトリクス 300 中の画素 301 の各行に対するスキャンライン相互接続 306 と、制御マトリクス 300 中の画素 301 の各列に対するデータ相互接続 308 とを含む。各スキャンライン相互接続 306 は、書込み許可電圧源 307 を、対応する画素 301 の行中の画素 301 に電気接続する。各データ相互接続 308 は、データ電圧源 309 (「V_d ソース」) を、対応する画素の列中の画素 301 に電気接続する。制御マトリクス 300 中で、V_d ソース 309 は、シャッターアセンブリ 302 の作動に使用されるエネルギーの

10

20

30

40

50

大部分を提供する。このように、データ電圧源、 V_d ソース 309 は、作動電圧源としても働く。

【0048】

図3Aおよび図3Bを参照すると、画素アレイ320中の各画素301または各シャッターアセンブリ302に対して、制御マトリクス300は、トランジスタ310とキャパシタ312を含む。各トランジスタ310のゲートは、画素301が置かれているアレイ320中の行のスキャンライン相互接続306に電気接続される。各トランジスタ310のソースは、それに対応するデータ相互接続308に電気接続される。各シャッターアセンブリ302のアクチュエータ303は、2つの電極を含む。各トランジスタ310のドレインは、対応するキャパシタ312の1つの電極、および対応するアクチュエータ303の電極のうちの1つと並列に電気接続される。シャッターアセンブリ302内のキャパシタ312の他方の電極およびアクチュエータ303の他方の電極は、共通または接地電位に接続される。代替実装形態では、トランジスタ310は、半導体ダイオードおよび/または金属絶縁体金属サンドイッチ型スイッチ素子で置き換えることができる。

【0049】

動作時、画像を形成するために、制御マトリクス300は、各スキャンライン相互接続306に V_{we} を順に印加することによって、シーケンス中のアレイ320中の各行を書込み可能にする。書込み可能にされた行に対して、行中の画素301のトランジスタ310のゲートへの V_{we} の印加により、トランジスタ310を通してデータ相互接続308に電流が流れて、シャッターアセンブリ302のアクチュエータ303に電位が印加される。行が書込み可能にされている間、データ電圧 V_d が、データ相互接続308に選択的に印加される。アナロググレースケールを与える実装形態では、各データ相互接続308に印加されるデータ電圧は、書込み可能にされたスキャンライン相互接続306とデータ相互接続308との交差位置に置かれた画素301の所望の輝度との関係で変えられる。デジタル制御方式を提供する実装形態では、データ電圧は、比較的低規模の電圧(すなわち、グラウンドに近い電圧)になるように、または V_{at} (作動閾電圧)を満たし、もしくは超えるように選択される。データ相互接続308への V_{at} の印加に応答して、対応するシャッターアセンブリ内のアクチュエータ303が作動し、シャッターアセンブリ302内のシャッターを開く。データ相互接続308に印加された電圧は、制御マトリクス300が行に V_{we} を印加するのをやめた後でも、画素301のキャパシタ312に蓄えられたまま留まる。したがって、シャッターアセンブリ302が作動するのに十分な程長い時間、行において電圧 V_{we} を待ち、保持する必要はなく、そのような作動は、書込み許可電圧が行から除去された後も進行し得る。キャパシタ312は、アレイ320内のメモリ要素としても機能し、画像フレームの照明のために作動命令を記憶する。

【0050】

アレイ320の画素301ならびに制御マトリクス300は、基板304上に形成される。アレイは、基板304上に配設された開口層322を含み、開口層322は、アレイ320中のそれぞれの画素301に対する1組の開口324を含む。開口324は、各画素中のシャッターアセンブリ302と整列される。いくつかの実装形態では、基板304は、ガラスまたはプラスチックなどの透明材料から作られる。いくつかの他の実装形態では、基板304は、不透過性材料から作られるが、この場合、穴がエッチングされて開口324を形成する。

【0051】

シャッターアセンブリ302は、アクチュエータ303とともに、双安定にされ得る。すなわち、シャッターは、いずれかの位置にシャッターを保持するための電力がほとんどまたはまったく要求されることなく、少なくとも2つの均衡位置(たとえば開または閉)に存在し得る。より具体的には、シャッターアセンブリ302は、機械的に双安定であり得る。シャッターアセンブリ302のシャッターが正しい位置でセットされると、その位置を維持するのに、電気エネルギーまたは保持電圧は要求されない。シャッターアセンブリ302の物理要素に対する機械的圧力が、シャッターを所定の場所で保持し得る。

【 0 0 5 2 】

シャッターアセンブリ 3 0 2 はまた、アクチュエータ 3 0 3 とともに、電氣的に双安定にされ得る。電氣的に双安定のシャッターアセンブリでは、シャッターアセンブリの作動電圧を下回る電圧範囲が存在し、この電圧範囲は、(シャッターが開または閉のいずれかの状態)閉アクチュエータに印加されると、シャッターに対向力が加えられたとしても、アクチュエータを閉のまま、かつシャッターを所定の位置で保持する。対向力は、図 2 に示すシャッター式光変調器 2 0 0 内のスプリング 2 0 7 などのスプリングによって加えることができ、または対向力は、「開」もしくは「閉」アクチュエータなどの対向アクチュエータによって加えることができる。

【 0 0 5 3 】

光変調器アレイ 3 2 0 は、画素ごとに単一の M E M S 光変調器を有するものとして示されている。各画素中に複数の M E M S 光変調器が設けられる他の実装形態も可能であり、そうすることによって、各画素中の単なる 2 値の「オン」または「オフ」光学状態以上のものを可能にする。画素中の複数の M E M S 光変調器が設けられ、光変調器の各々に関連付けられた開口 3 2 4 が不等面積をもつ符号化面積分割グレースケールのいくつかの形が可能である。

【 0 0 5 4 】

図 4 A および図 4 B は、二重アクチュエータシャッターアセンブリ 4 0 0 の例示的な図を示している。図 4 A に示す二重アクチュエータシャッターアセンブリは、開状態にある。図 4 B は、閉状態にある二重アクチュエータシャッターアセンブリ 4 0 0 を示している。シャッターアセンブリ 2 0 0 とは対照的に、シャッターアセンブリ 4 0 0 は、シャッター 4 0 6 の両側にアクチュエータ 4 0 2 および 4 0 4 を含む。各アクチュエータ 4 0 2 および 4 0 4 は、独立に制御される。第 1 のアクチュエータ、シャッター開アクチュエータ 4 0 2 は、シャッター 4 0 6 を開くのを担当する。第 2 の対向アクチュエータ、シャッター閉アクチュエータ 4 0 4 は、シャッター 4 0 6 を閉じるのを担当する。アクチュエータ 4 0 2 および 4 0 4 は両方とも、コンプライアントビーム電極アクチュエータである。アクチュエータ 4 0 2 および 4 0 4 は、シャッターがその上方で懸架されている開口層 4 0 7 に対して実質的に平行な平面にあるシャッター 4 0 6 を駆動することによって、シャッター 4 0 6 を開閉する。シャッター 4 0 6 は、アクチュエータ 4 0 2 および 4 0 4 に取り付けられたアンカ 4 0 8 によって、開口層 4 0 7 の上方で小さな間隔で懸架される。シャッター 4 0 6 の移動軸に沿って、シャッター 4 0 6 の両端に取り付けられたサポートを含むことにより、シャッター 4 0 6 の面外運動が低減され、運動が基板に対して実質的に平行な平面へ閉じ込められる。図 3 A の制御マトリクス 3 0 0 との類似性によって、シャッターアセンブリ 4 0 0 とともに使用するのに適した制御マトリクスは、対向するシャッター開アクチュエータ 4 0 2 およびシャッター閉アクチュエータ 4 0 4 の各々につき、1 つのトランジスタおよび 1 つのキャパシタを含み得る。

【 0 0 5 5 】

シャッター 4 0 6 は、光が通り得る 2 つのシャッター開口 4 1 2 を含む。開口層 4 0 7 は、3 つの開口 4 0 9 からなるセットを含む。図 4 A において、シャッターアセンブリ 4 0 0 は開状態にあり、したがって、シャッター開アクチュエータ 4 0 2 は作動しており、シャッター閉アクチュエータ 4 0 4 はその弛緩位置にあり、シャッター開口 4 1 2 の中心線が開口層の開口 4 0 9 のうちの 2 つの中心線と一致する。図 4 B においてシャッターアセンブリ 4 0 0 は閉状態に移されており、したがって、シャッター開アクチュエータ 4 0 2 はその弛緩位置にあり、シャッター閉アクチュエータ 4 0 4 は作動しており、シャッター 4 0 6 の遮光部分はこの場合、開口 4 0 9 (点線として示す)を通る光の透過を遮断するための所定の位置にある。

【 0 0 5 6 】

各開口は、その周囲に、少なくとも 1 つの辺をもつ。たとえば、方形開口 4 0 9 は、4 つの辺をもつ。円形、楕円、卵型、または他の湾曲開口が開口層 4 0 7 に形成される代替実装形態では、各開口は、単一辺のみを有し得る。いくつかの他の実装形態では、開口は

10

20

30

40

50

、数学的な意味において分離され、または独立する必要はなく、連結されてよい。すなわち、開口の一部または成形断面が、各シャッターとの対応を維持し得る間、これらのセクションのいくつかは、開口の単一の連続外周が複数のシャッターによって共有されるように連結され得る。

【0057】

様々な出口角をもつ光を、開状態にある開口412および409に通すために、開口層407中の開口409の対応する幅またはサイズよりも大きい幅またはサイズをシャッター開口412に与えることが有利である。閉状態において光が漏れるのを効果的に阻止するために、シャッター406の遮光部分が開口409と重なるのが好ましい。図4Bは、シャッター406内の遮光部分の辺と、開口層407内に形成される開口409の1つの辺との間の所定の重複416を示す。

10

【0058】

静電アクチュエータ402および404は、その電圧変位挙動により、シャッターアセンブリ400に双安定特性が与えられるように設計される。シャッター開アクチュエータおよびシャッター閉アクチュエータの各々について、作動電圧を下回る電圧範囲が存在し、この電圧範囲は、そのアクチュエータが閉状態である(シャッターは開または閉のいずれかである)間に印加されると、対向アクチュエータに作動電圧が印加された後でも、アクチュエータを閉じたまま、かつシャッターを所定の位置に保持する。そのような対向方に対してシャッターの位置を維持するのに必要とされる最小電圧は、維持電圧 V_m と呼ばれる。

20

【0059】

図5は、シャッター式光変調器(シャッターアセンブリ)502を組み込むディスプレイ装置500の例示的な断面図を示している。各シャッターアセンブリは、シャッター503とアンカ505とを組み込む。アンカ505とシャッター503との間で接続されると、表面の上で短い距離でシャッターを懸架するのを助けるコンプライアントビームアクチュエータについては図示していない。シャッターアセンブリ502は、好ましくはプラスチックまたはガラスで作られた、透明基板504上に配設される。基板504上に配設された後ろ向き反射開口層506が、シャッターアセンブリ502のシャッター503の開位置の下に置かれた複数の表面開口508を画定する。反射開口層506は、表面開口508を通らない光を、ディスプレイ装置500の後ろに向かって反射して戻す。反射開口層506は、スパッタリング、蒸着、イオンプレーティング、レーザアブレーション、または化学気相堆積を含む多数の堆積技法によって薄膜方式で形成された含有物をもたない微粒金属膜であり得る。いくつかの実装形態では、反射開口層506は、誘電鏡などの鏡から形成され得る。誘電鏡は、高および低屈折率の材料を交互に繰り返す誘電薄膜の積層として組み立てられ得る。シャッターが自由に移動する反射開口層506からシャッター503を分離する垂直ギャップは、0.5~10ミクロンの範囲内である。垂直ギャップの規模は、図4Bに示す重複416など、閉状態における、シャッター503の辺と、開口508の辺との間の横の重複よりも小さいのが好ましい。

30

【0060】

ディスプレイ装置500は、基板504を平面光ガイド516から分離する随意のディフューザ512および/または随意の輝度増強膜514を含む。光ガイドは、透明材料、すなわちガラス材料またはプラスチック材料を含む。光ガイド516は、1つまたは複数の光源518によって照射され、バックライト515を形成する。光源518は、たとえば、限定はしないが、白熱電球、蛍光灯、レーザ、または発光ダイオード(LED)(全体的に「ランプ」と呼ぶ)でよい。反射体519は、光源518から光ガイド516に光を向けるのを助ける。前向き反射膜520が、バックライト515の後ろに配設され、シャッターアセンブリ502に向かって光を反射する。シャッターアセンブリ502のうちの1つを通らない、バックライト515からの光線521などの光線は、バックライト515に戻され、膜520から再度反射される。この方式において、第1のパス上に画像を形成するためにディスプレイを離れることができない光は、リサイクルし、シャッターアセ

40

50

ンブリアレイ 5 0 2 中の他の開いた開口の透過のために利用可能にすることができる。そのような光リサイクルは、ディスプレイの照明効率を上げることがわかっている。

【 0 0 6 1 】

光ガイド 5 1 6 は、光源 5 1 8 から開口 5 0 8 の方に、したがってディスプレイの前面の方に光を向け直す 1 組の幾何学的光リダイレクタまたはプリズム 5 1 7 を含む。光リダイレクタは、代替可能に断面が三角形、台形になる、または湾曲することができる形状をもつ光ガイド 5 1 6 のプラスチック本体内に成形することができる。プリズム 5 1 7 の密度は概して、光源 5 1 8 からの距離とともに増大する。

【 0 0 6 2 】

いくつかの実装形態では、開口層 5 0 6 は、光吸収材料で作ることができ、代替実装形態では、シャッター 5 0 3 の表面は、光吸収材料または光反射材料のいずれかでコーティングすることができる。いくつかの他の実装形態では、開口層 5 0 6 は、光ガイド 5 1 6 の表面に直接堆積され得る。いくつかの実装形態では、開口層 5 0 6 は、(後で説明する M E M S ダウン構成の場合のように)シャッター 5 0 3 およびアンカ 5 0 5 と同じ基板上に配設される必要はない。

【 0 0 6 3 】

いくつかの実装形態では、光源 5 1 8 は、異なる色、たとえば、赤、緑、および青色のランプを含み得る。人間の脳が、異なる色の画像を単一の多色画像に平均するのに十分なレートで、異なる色のランプで画像を連続して照明することによって、カラー画像が形成され得る。様々な色固有画像が、シャッターアセンブリアレイ 5 0 2 を使って形成される。別の実装形態では、光源 5 1 8 は、3 つよりも多い異なる色をもつランプを含む。たとえば、光源 5 1 8 は、赤、緑、青および白色ランプまたは赤、緑、青および黄色ランプを有し得る。いくつかの他の実装形態では、光源 5 1 8 は、シアン、マゼンタ、黄色および白色ランプまたは赤、緑、青および白色ランプを含み得る。いくつかの他の実装形態では、追加のランプが光源に含まれ得る。たとえば、5 つの色を使用する場合、光源は、赤、緑、青、シアンおよび黄色ランプを含み得る。いくつかの他の実装形態では、光源 5 1 8 は、白、オレンジ、青、紫および緑色ランプまたは白、青、黄色、赤およびシアン色ランプを含み得る。6 つの色を使用する場合、光源は、赤、緑、青、シアン、マゼンタおよび黄色ランプまたは白、シアン、マゼンタ、黄色、オレンジおよび緑色ランプを含み得る。

【 0 0 6 4 】

カバープレート 5 2 2 は、ディスプレイ装置 5 0 0 の前面を形成する。カバープレート 5 2 2 の後側は、コントラストを増すために、ブラックマトリクス 5 2 4 でカバーされ得る。代替実装形態では、カバープレートは、カラーフィルタ、たとえば、シャッターアセンブリ 5 0 2 のうちの異なるものに対応する、固有の赤、緑、および青フィルタを含む。カバープレート 5 2 2 は、シャッターアセンブリ 5 0 2 から所定の距離だけ離れて支えられ、ギャップ 5 2 6 を形成する。ギャップ 5 2 6 は、機械的サポートもしくはスペーサ 5 2 7 によって、かつ/またはカバープレート 5 2 2 を基板 5 0 4 に付着させる粘着シール 5 2 8 によって維持される。

【 0 0 6 5 】

粘着シール 5 2 8 は、流体 5 3 0 を封じ込める。流体 5 3 0 は、好ましくは約 1 0 センチポアズを下回る粘度、好ましくは約 2 . 0 を上回る比誘電率、および約 10^{-4} V / c m を上回る誘電破壊強度で作製される。流体 5 3 0 は、潤滑油としても働き得る。いくつかの実装形態では、流体 5 3 0 は、高い表面濡れ性をもつ疎水性液体である。代替実装形態では、流体 5 3 0 は、基板 5 0 4 の屈折率よりも大きい、または小さい屈折率をもつ。

【 0 0 6 6 】

機械的光変調器を組み込むディスプレイは、数百、数千、または場合によっては数百万の可動要素を含み得る。いくつかのデバイスでは、要素が移動するたびに、静止摩擦が要素のうちの 1 つまたは複数を無効にする機会が生じる。この移動は、(流体 5 3 0 とも呼ばれる)流体にすべての部品を浸漬し、M E M S ディスプレイセルの流体空間またはギャップ内に(たとえば接着剤で)流体を密閉することによって、促進される。流体 5 3 0 は通

10

20

30

40

50

常、摩擦係数が低く、粘度が低く、長期的に劣化の影響が最小である。MEMS方式ディスプレイアセンブリが流体530用に液体を含むとき、液体は少なくとも部分的に、MEMS方式光変調器の可動部のうちのいくつかを囲む。いくつかの実装形態では、作動電圧を下げるために、液体は、70センチポアズを下回る粘度を有する。いくつかの他の実装形態では、液体は、10センチポアズを下回る粘度を有する。70センチポアズを下回る粘度を有する液体は、4,000グラム/モルを下回るか、または場合によっては400グラム/モルを下回る低分子量を有する材料を含み得る。そのような実装形態に好適であり得る流体530は、限定はしないが、脱イオン水、メタノール、エタノールおよび他のアルコール、パラフィン、オレフィン、エーテル、シリコンオイル、フッ化シリコンオイル、または他の天然もしくは合成の溶剤もしくは潤滑油を含む。有用な流体は、ポリジメチルシロキサン(PDMS)、たとえば、ヘキサメチルジシロキサンおよびオクタメチルトリシロキサン、またはアルキルメチルシロキサン、たとえば、ヘキシルペンタメチルジシロキサンであり得る。有用な流体はアルカン、たとえば、オクタンまたはデカンであり得る。有用な流体はニトロアルカン、たとえば、ニトロメタンであり得る。有用な流体は芳香族化合物、たとえば、トルエンまたはジエチルベンゼンであり得る。有用な流体はケトン、たとえば、ブタノンまたはメチルイソブチルケトンであり得る。有用な流体はクロロカーボン、たとえば、クロロベンゼンであり得る。有用な流体はクロロフルオロカーボン、たとえば、ジクロロフルオロエタンまたはクロロトリフルオロエチレンであり得る。これらのディスプレイアセンブリについて考えられる他の流体には、酢酸ブチル、ジメチルホルムアミドが含まれる。これらのディスプレイアセンブリについてのさらに他の有用な流体には、ハイドロフルオロエーテル、パーフルオロポリエーテル、ハイドロフルオロポリエーテル、ペンタノール、およびブタノールが含まれる。例示的な適切なハイドロフルオロエーテルには、エチルノナフルオロブチルエーテルおよび2-トリフルオロメチル-3-エトキシドデカフルオロヘキサンが含まれる。

【0067】

薄板金属または成形プラスチックアセンブリブラケット532は、カバープレート522と、基板504と、バックライト515と、他の構成要素部とを合わせて、辺の周りに保持する。アセンブリブラケット532は、複合ディスプレイ装置500に剛性を加えるために、ねじまたは刻みタブで取り付けられる。いくつかの実装形態において、光源518は、エポキシポッティング化合物によって、所定の場所に成形される。反射体536は、光ガイド516の辺から漏れた光を光ガイドに戻すのを助ける。シャッターアセンブリ502および光源518に制御信号ならびに電力を与える電気相互接続は、図5に示していない。

【0068】

ディスプレイ装置500は、MEMSアップ構成と呼ばれ、MEMS方式光変調器が、基板504の前面、すなわち見ている人の方を向く表面に形成される。シャッターアセンブリ502は、反射開口層506のすぐ上に構築される。MEMSダウン構成と呼ばれる代替実装形態において、シャッターアセンブリは、反射開口層が形成される基板とは別個の基板上に配設される。複数の開口を画定する反射開口層が形成される基板は、本明細書では、開口プレートと呼ばれる。MEMSダウン構成において、MEMS方式光変調器を積載する基板は、ディスプレイ装置500におけるカバープレート522に取って代わり、上部基板の後面、すなわち見ている人に背を向けて、バックライト516の方を向く表面にMEMS方式光変調器が配置されるように配向される。MEMS方式光変調器は、そうすることによって、反射開口層506にあるギャップに直接対向して、かつギャップにわたって配置される。ギャップは、開口プレートと、MEMS変調器が形成される基板とを接続する一連のスペーサポストによって維持することができる。いくつかの実装形態において、スペーサは、アレイ中の各画素内に、または各画素の間に配設される。MEMS光変調器を、それに対応する開口から分離するギャップまたは距離は、好ましくは10ミクロン未満、または重複416など、シャッターと開口との間の重複よりも小さい距離である。

10

20

30

40

50

【0069】

図6A～図6Eは、例示的な合成シャッターアセンブリの構築の段階の断面図を示している。図6Aは、完成された合成シャッターアセンブリ600の例示的な断面図を示している。シャッターアセンブリ600は、シャッター601、2つのコンプライアントビーム602、ならびに基板603および開口層606の上に構築されたアンカ構造体604を含む。合成シャッターアセンブリ600の要素は、第1の機械層605、導体層607、第2の機械層609、および封入誘電体611を含む。機械層の一方または両方は、シャッターアセンブリ600の主要ロードベアリングおよび機械的作動部材として働くので、機械層605または609のうちの少なくとも1つは、0.15ミクロンを上回る厚さで堆積され得るが、いくつかの実装形態では、機械層605および609はより薄い場合がある。機械層605および609の材料の候補として、限定はしないが、金属、たとえばアルミニウム(Al)、銅(Cu)、ニッケル(Ni)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、チタン(Ti)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、ネオジム(Nd)、もしくはそれらの合金、誘電体材料、たとえば酸化アルミニウム(Al_2O_3)、酸化ケイ素(SiO_2)、五酸化タンタル(Ta_2O_5)、もしくは窒化ケイ素(Si_3N_4)、または半導体材料、たとえばダイヤモンドライクカーボン、ケイ素(Si)、ゲルマニウム(Ge)、ガリウムヒ素(GaAs)、テルル化カドミウム(CdTe)もしくはそれらの合金が含まれる。導体層607などの層のうちの少なくとも1つは、作動要素との間で電荷を授受するように導電性であるべきである。材料の候補として、限定はしないが、Al、Cu、Ni、Cr、Mo、Ti、Ta、Nb、Ndもしくはそれらの合金、または半導体材料、たとえば、ダイヤモンドライクカーボン、Si、Ge、GaAs、CdTeもしくはそれらの合金がある。いくつかの実装形態では、半導体層を用いて、半導体にリン(P)、ヒ素(As)、ホウ素(B)、またはアルミニウム(Al)などの不純物をドーピングする。図6Aは、同様の厚さおよび機械的特性を有する機械層605および609が導体層607の両側に堆積された合成物のサンドイッチ構成を示している。いくつかの実装形態では、サンドイッチ構造は、堆積後に残っている応力および/または温度変動によって課せられる応力がシャッターアセンブリ600の曲げ、反りまたは他の変形を引き起こさないようにするのを助ける。

【0070】

いくつかの実装形態では、シャッターの外側が導電層から形成される一方、シャッターの内側が機械層から形成されるように、合成シャッターアセンブリ600における層の順序は逆になってよい。

【0071】

シャッターアセンブリ600は、封入誘電体611を含み得る。いくつかの実装形態では、シャッターおよびビームのすべての下面、上面および側面が均一にコーティングされるように、誘電体コーティングはコンフォーマルに適用されてよい。そのような薄膜は、熱酸化によって、かつ/または酸化アルミニウム(Al_2O_3)、酸化クロム(III)(Cr_2O_3)、酸化チタン(TiO_2)、酸化ハフニウム(HfO_2)、酸化バナジウム(V_2O_5)、酸化ニオブ(Nb_2O_5)、五酸化タンタル(Ta_2O_5)、酸化ケイ素(SiO_2)もしくは窒化ケイ素(Si_3N_4)などの絶縁体のコンフォーマルコンフォーマル化学気相堆積によって、または原子層堆積を通じて同様の材料を堆積することによって成長し得る。誘電体コーティング層は、10nm～1ミクロンの範囲内の厚さで加えられ得る。いくつかの実装形態では、誘電体コーティングを側壁に堆積するために、スパッタリングおよび蒸着が使用され得る。

【0072】

図6B～図6Eは、図6に示すシャッターアセンブリ600を形成するために使用される例示的なプロセスのいくつかの中間製造段階の結果の例示的な断面図を示している。いくつかの実装形態では、シャッターアセンブリ600は、図3Aおよび図3Bに示す制御マトリクスのような薄膜トランジスタのアクティブマトリクスアレイなどの既存の制御マトリクスの上に構築される。

【0073】

10

20

30

40

50

図 6 B は、シャッターアセンブリ 6 0 0 を形成する例示的なプロセスにおける第 1 の段階の結果の断面図を示している。図 6 B に示すように、犠牲層 6 1 3 が堆積され、パターニングされる。いくつかの実装形態では、犠牲材料としてポリイミドが使用される。他の犠牲材料の候補として、ポリマー材料、たとえばポリアミド、フルオロポリマー、ベンゾシクロブテン、ポリフェニルキノキシレン、パリレン、またはポリノルボルネンがある。これらの材料は、粗い表面を平坦化し、250 を上回る処理温度で機械的完全性を維持する能力、ならびにエッチングおよび/または除去中の熱分解の容易さを理由に選ばれる。他の実装形態では、犠牲層 6 1 3 は、ポリ酢酸ビニル、ポリビニルエチレンおよびフェノール樹脂またはノボラック樹脂などのフォトレジストから形成される。いくつかの実装形態で使用される代替犠牲層材料として SiO_2 があり、これは、その除去に使用されるフッ化水素酸溶液に対して他の電子層または構造層が耐性を有する限り、優先的に除去され得る。1つのそのような適した耐性材料として、 Si_3N_4 がある。別の代替犠牲層材料として Si があり、これは、大半の金属および Si_3N_4 など、その除去に使用されるフッ素プラズマまたはフッ化キセノン (XeF_2) に対して他の電子層および構造層が耐性を有する限り、優先的に除去され得る。さらに別の代替犠牲層材料として Al があり、これは、濃縮水酸化ナトリウム (NaOH) 溶液など、強力なアルカリ溶液に対して他の電子層または構造層が耐性を有する限り、優先的に除去され得る。適した材料には、たとえば、 Cr 、 Ni 、 Mo 、 Ta および Si がある。さらに別の代替犠牲層材料として Cu があり、これは、硝酸溶液または硫酸溶液に対して他の電子層または構造層が耐性を有する限り、優先的に除去され得る。そのような材料には、たとえば、 Cr 、 Ni 、および Si がある。

【0074】

次に犠牲層 6 1 3 は、アンカ領域 6 0 4 に穴またはビアを露出させるようにパターニングされる。ポリイミドまたは他の非感光性材料を犠牲層材料として用いる実装形態では、犠牲層材料は感光剤を含むように作られてよく、それにより、UV フォトマスクを通じて露光された領域を現像液中で優先的に除去することができる。他の材料から形成された犠牲層は、フォトレジストの追加層において犠牲層 6 1 3 をコーティングし、フォトレジストをフォトパターニングし、最後にフォトレジストをエッチングマスクとして使用することによってパターニングされ得る。犠牲層 6 1 3 は、代替的に、 SiO_2 または Cr などの金属の薄層であり得るハードマスクにより犠牲層 6 1 3 をコーティングすることによってパターニングされ得る。次いでフォトパターンが、フォトレジストおよび湿式化学エッチングによってハードマスクに転写される。ハードマスクに現像されるパターンは、非常に深くて狭いアンカ穴を犠牲層 6 1 3 に与えるために使用され得る乾式化学エッチング技法、異方性エッチング技法、またはプラズマエッチング技法に対して非常に耐性があり得る。

【0075】

アンカ領域 6 0 4 が犠牲層 6 1 3 中に開かれた後、表面の酸化物層を除去するために、露出した下にある導電面 6 1 4 を化学的に、またはプラズマのスパッタリング効果によってエッチングすることができる。そのようなコンタクトエッチング段階により、下にある導体とシャッター材料とのオーム接触を改善することができる。犠牲層のパターニングの後、フォトレジスト層またはハードマスクが、溶剤洗浄法または酸エッチング法のいずれかを使用して除去され得る。

【0076】

次に、図 6 C に示すように、シャッターアセンブリ 6 0 0 を構築するためのプロセスにおいて、シャッター材料が堆積される。シャッターアセンブリ 6 0 0 は、複数の薄膜、すなわち第 1 の機械層 6 0 5、導体層 6 0 7 および第 2 の機械層 6 0 9 から構成される。いくつかの実装形態では、第 1 の機械層 6 0 5 はアモルファスシリコン (a-Si) 層であり、導体層 6 0 7 は Al であり、第 2 の機械層 6 0 9 は a-Si である。第 1 の機械層 6 0 5、導体層 6 0 7 および第 2 の機械層 6 0 9 は、犠牲層 6 1 3 に物理的劣化が生じる温度を下回る温度で堆積される。たとえば、ポリイミドは約 400 を上回る温度で分解する

。したがって、いくつかの実装形態では、第1の機械層605、導電層607および第2の機械層609は、400 を下回る温度で堆積され、ポリイミドを犠牲材料として使用することを可能にする。いくつかの実装形態では、水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)は、約250~350 の範囲の温度でシランガスからプラズマ支援化学気相成長法(PECVD)によって、応力が比較的少ない状態において、約0.15~3ミクロンの範囲の厚さに成長可能であるので、第1の機械層605および第2の機械層609にとって有用な機械材料である。そのような実装形態のうちのいくつかでは、a-Siが約1オーhm cmを下回る抵抗率で成長し得るように、ドーパントとしてホスフィンガス(PH₃)が使用される。代替実装形態では、同様のPECVD技法が、第1の機械層605としてSi₃N₄、シリコンリッチなSi₃N₄もしくはSiO₂材料の堆積に、または第1の機械層605のためにダイヤモンドライクカーボン、Ge、SiGe、CdTeもしくは他の半導体材料の堆積に使用され得る。PECVD堆積技法の利点として、堆積が非常にコンフォーマルになり得る、すなわち、様々な傾斜面または狭いビアホールの内面をコーティングし得る。犠牲材料に切り込まれたアンカまたはビアホールがほぼ垂直な側壁を呈しているとしても、PECVD技法は、アンカの下水平面と上水平面との間に連続したコーティングを実現することができる。

【0077】

PECVD技法に加えて、第1の機械層605および第2の機械層609の成長のために利用可能な代替の適した技法には、RFまたはDCスパッタリング、金属有機化学気相成長法、蒸着、電気めっきまたは無電解めっきが含まれる。

【0078】

導電層607には、いくつかの実装形態では、Alなどの金属薄膜が利用される。いくつかの他の実装形態では、Cu、Ni、Mo、またはTaなどの代替金属が選択され得る。そのような導電性材料を含めることは、2つの目的を果たす。それは、シャッター601の全体的なシート抵抗を軽減するほか、a-Siは、シャッター601のいくつかの実装形態で使用され得るように、2ミクロン未満の厚さである場合に、可視光をある程度透過し得るので、シャッター601を可視光が通るのを妨げるのを助ける。導電性材料は、スパッタリングによって、またはよりコンフォーマルに、化学気相堆積技法、電気めっきもしくは無電解めっきによって、堆積され得る。

【0079】

図6Dは、シャッターアセンブリ600の形成に使用される次の1組の処理段階の結果を示している。第1の機械層605、導電層607、および第2の機械層609がフォトリソマスクされ、エッチングされる一方、犠牲層613は依然として基板603上にある。第1に、フォトレジスト材料が施され、次いでフォトリソマスクを通して露光され、次いで現像されてエッチマスクが形成される。次いでアモルファスシリコン、Si₃N₄、およびSiO₂が、フッ素ベースのプラズマ化学でエッチングされ得る。SiO₂機械層はまた、HF湿式化学を使用してエッチングでき、導電層607におけるいずれの金属も、湿式化学または塩素ベースのプラズマ化学反応のいずれかを使用してエッチングできる。

【0080】

フォトリソマスクを通じて付与されるパターン形状は、シャッターアセンブリ600のアクチュエータおよびシャッター601における剛性、コンプライアンス、電圧応答などの機械的特性に影響を及ぼす。シャッターアセンブリ600は、断面で示すコンプライアントビーム602を含む。コンプライアントビーム602は、幅がシャッター材料の全体的な高さまたは厚さを下回るように形成される。いくつかの実装形態では、ビーム寸法比は1.4:1以上に、コンプライアントビーム602が幅よりも高くまたは厚くなるように維持される。

【0081】

シャッターアセンブリ600を構築するための例示的な製造プロセスの後続段階の結果が、図6Eに示されている。犠牲層613が除去されて、アンカポイントを除いて基板603からすべての可動部が解放される。いくつかの実装形態では、ポリイミド犠牲材料が

10

20

30

40

50

酸素プラズマにおいて除去される。犠牲層 6 1 3 に使用された他のポリマー材料も、酸素プラズマにおいて、または場合によっては熱分解によって除去され得る。いくつかの犠牲層材料(SiO_2 など)は、湿式化学エッチングによって、または気相エッチングによって除去され得る。

【0082】

図 6 A に結果が示されている最終プロセスにおいて、封入誘電体 6 1 1 がシャッター 6 0 1 のすべての露出面に堆積される。いくつかの実装形態では、シャッター 6 0 1 およびビーム 6 0 2 のすべての下面、上面および側面が化学気相堆積を使用して均一にコーティングされるように、封入誘電体 6 1 1 はコンフォーマルに施されてよい。いくつかの他の実装形態では、シャッター 6 0 1 の上面および側面のみがコーティングされる。いくつかの実装形態では、 Al_2O_3 が封入誘電体 6 1 1 に使用され、約 10 ~ 約 100 ナノメートルの範囲内の厚さで原子層堆積によって堆積される。

【0083】

最後に、反スティクションコーティングがシャッター 6 0 1 およびビーム 6 0 2 の表面に施され得る。これらのコーティングは、アクチュエータの 2 つの独立したビーム間の不要な貼り付きまたは粘着を防止する。適したコーティングは、炭素膜(グラファイトとダイヤモンド状の両方)ならびにフルオロポリマーおよび/または低蒸気圧潤滑油ならびにクロロシラン、炭化水素クロロシラン、フッ化炭素クロロシラン、たとえばメトキシ終端化シラン、パーフルオロ化、アミノシラン、シロキサンおよびカルボン酸ベースのモノマーおよび化学種を含む。これらのコーティングは、分子蒸気への露出、または化学気相堆積による前駆体化合物の分解のいずれかによって施され得る。スティクション防止コーティングは、絶縁表面のフッ化、シラン化、シロキサン化、または水素化におけるような、シャッター表面の化学変換によって作成されてもよい。

【0084】

MEMS 方式シャッターディスプレイにおいて使用するのに適したアクチュエータの種類の 1 つとして、ディスプレイ基板に対して横であるか、またはディスプレイ基板の面内であるシャッター運動を制御するためのコンプライアントアクチュエータビームが含まれる。そのようなシャッターアセンブリの作動に用いられる電圧は、アクチュエータビームがよりコンプライアントになるにつれて低下する。作動している運動の制御はまた、面外運動に対して面内運動が優先または促進されるようにビームが形成される場合に改善する。それによって、いくつかの実装形態では、コンプライアントアクチュエータビームは、ビームが幅よりも高くまたは厚くなるような方形断面を有する。

【0085】

特定の平面内の曲げに対する長い方形ビームの剛性は、その平面におけるそのビームの最も薄い寸法の 3 乗に比例する。したがって、面内運動の作動電圧を下げるためにコンプライアントビームの幅を縮小することは有利である。しかしながら、従来型のフォトリソグラフィ機器を使用してシャッターおよびアクチュエータ構造体を画定し、組み立てるとき、ビームの最小幅は光学素子の解像度に限定され得る。そして、15 ナノメートルという狭い特徴体によりフォトレジストにおいてパターンを画定するようにフォトリソグラフィ機器が開発されてきたものの、そのような機器は高価であり、単一の露出においてパターンニングが達成され得るエリアは限られている。ガラスの大型パネルでの経済的フォトリソグラフィでは、パターンニング解像度または最小特徴体サイズは通常、1 ミクロンまたは 2 ミクロン以上に限定される。

【0086】

図 7 A ~ 図 7 D は、狭い側壁ビームを有する例示的なシャッターアセンブリ 7 0 0 の構築の段階の等角図である。この代替プロセスは、コンプライアントアクチュエータビーム 7 1 8 および 7 2 0 ならびにコンプライアントスプリングビーム 7 1 6 (「側壁ビーム 7 1 6、7 1 8 および 7 2 0」と総称される)をもたらし、側壁ビーム 7 1 6、7 1 8 および 7 2 0 の幅は、大きいガラスパネルに対する従来型のリソグラフィの限度を大きく下回る。図 7 A ~ 図 7 D に示すプロセスでは、シャッターアセンブリ 7 0 0 のコンプライアン

トビームは、犠牲材料から作られる型上の側壁特徴体として形成される。このプロセスは側壁ビームプロセスと呼ばれる。

【0087】

側壁ビーム716、718および720を有するシャッターアセンブリ700を形成するプロセスは、図7Aに示すように、第1の犠牲材料701の堆積およびパターニングで始まる。第1の犠牲材料において画定されるパターンは、開口またはビア702を作り、最終的には開口またはビア702の中に、シャッターのアンカが形成される。第1の犠牲材料701の堆積およびパターニングは、図6A～図6Eに関して説明した堆積およびパターニングについて述べたものと概念的に類似しており、類似の材料を使用する。

【0088】

側壁ビーム716、718および720を形成するプロセスは、第2の犠牲材料705の堆積およびパターニングで続く。図7Bは、第2の犠牲材料705のパターニング後に作られた型703の形状を示している。型703はまた、第1の犠牲材料701およびその以前に画定されたビア702を含む。図7Bにおける型703は、2つの別個の水平レベルを含む。型703の下水平レベル708は、第1の犠牲材料701の上面によって確立されており、第2の犠牲層705がエッチング除去されているエリアにおいてアクセス可能である。型703の上水平レベル710は、第2の犠牲層705の上面によって確立されている。図7Bに示す型703はまた、実質的に垂直な側壁709を含む。

【0089】

第1の犠牲層701および第2の犠牲層705として使用するための材料は、図6A～図6Eの犠牲層613に関して上述している。

【0090】

側壁ビーム716、718および720を形成するプロセスは、図7Cに示すように、型703の露出面のすべてへのシャッター材料の堆積およびパターニングで続く。シャッター712を形成する際に使用するのに適した材料については、図6A～図6Eの第1の機械層605、導電層607、および第2の機械層609に関して上述している。シャッター材料は、約2ミクロン未満の厚さで堆積される。いくつかの実装形態では、シャッター材料は、約1.5ミクロン未満の厚さを有するように堆積される。いくつかの他の実装形態では、シャッター材料は、約1.0ミクロン未満の厚さを有するように、また約0.1ミクロンほどの薄さで堆積される。堆積後、シャッター材料(上述したように、いくつかの材料の複合材であり得る)は、図7Cに示すようにパターニングされる。第1に、シャッター材料上にフォトレジストマスクが堆積される。次いでフォトレジストはパターニングされる。フォトレジストに現れるパターンは、シャッター材料が後続のエッチング段階の後、シャッター712の領域に、かつアンカ714に留まるように設計される。

【0091】

製造プロセスは、異方性エッチングを施すことで継続し、その結果、図7Cに示す構造が生じる。シャッター材料の異方性エッチングは、基板に対して、または基板に近接した電極に対して電圧バイアスがかけられたプラズマ環境において実行される。バイアスされた基板(電界が基板の表面に対して直角である)により、基板に対してほぼ直角な角度で基板の方へイオンが加速する。そのような加速したイオンとエッチング化学物質とが相まって、エッチング速度は、基板の平面に垂直である方向において、基板に対して平行な方向と比較して格段に速くなる。フォトレジストによって保護された領域におけるシャッター材料のアンダーカットエッチングは、それによって大幅に防止される。加速したイオンの軌道に対して実質的に平行である型703の側壁面709に沿って、シャッター材料は異方性エッチングからかなり保護される。そのような保護された側壁シャッター材料は、シャッター712を支えるための側壁ビーム716、718、および720を形成する。上水平面710または下水平面708などの型の他の(フォトレジストで保護されていない)水平面に沿って、シャッター材料は、エッチングによって完全に除去されている。

【0092】

側壁ビーム716、718および720を形成するために使用される異方性エッチング

10

20

30

40

50

は、基板の電気バイアスまたは基板に極めて近接した電極の電気バイアスのための設備が供給される限り、RFまたはDCのいずれかのプラズマエッチングデバイスで達成され得る。RFプラズマエッチングの場合、励起回路の接地板から基板ホルダを切り離すことによって、基板電位がプラズマにおいて浮動可能になり、等価セルフバイアスが取得される。いくつかの実装形態では、炭素と水素の両方および/または炭素とフッ素の両方がエッチングガス中の成分であるトリフルオロメタン(CHF_3)、パーフルオロブテン(C_4F_8)、またはクロロホルム(CHCl_3)などのエッチングガスを提供することが可能である。再び基板の電圧バイアスを通じて達成される、方向性プラズマと組み合わせられたとき、解放された炭素(C)、水素(H)および/またはフッ素(F)の原子が、受動型または保護型の準ポリマーコーティングを作り上げる場所となる側壁709の方へ移動することができる。この準ポリマーコーティングはさらに、側壁ビーム716、718および720をエッチングまたは化学攻撃から保護する。

【0093】

側壁ビームを形成するプロセスは、第2の犠牲層705および第1の犠牲層701の残余を除去することで完了する。その結果は図7Dに示されている。犠牲材料を除去するプロセスは、図6Eに関して説明したプロセスと同様である。型703の側壁709上に堆積された材料は、側壁ビーム716、718および720として留まる。側壁ビーム716は、アンカ714をシャッター712に機械的に接続するスプリングとして働くとともに、受動的復元力をもたらし、コンプライアントビーム718および720から形成されたアクチュエータによって加えられた力に対抗する。アンカは、開口層725に接続する。側壁ビーム716、718および720は、高く、狭い。型703の表面から形成される側壁ビーム716、718および720の幅は、堆積されたシャッター材料の厚さと同程度である。いくつかの実装形態では、側壁ビーム716の幅は、シャッター712の厚さと同じになる。いくつかの他の実装形態では、ビーム幅は、シャッター712の厚さの約1/2のみとなる。側壁ビーム716、718および720の高さは、第2の犠牲材料705の厚さによって、または言い換えれば、図7Bに関して説明したパターニング段階中に作成された型703の深さによって決定される。堆積されたシャッター材料の厚さが2ミクロン未満になるように選択される限り、図7A～図7Dに示す方法は、非常に狭いビームの作成に好適である。実際、多くの適用例では、0.1～2.0ミクロンの範囲の厚さが非常に適している。従来型のフォトリソグラフィは、図7A、図7Bおよび図7Cに示すパターニングされる特徴体を、格段に大きい寸法に限定し、たとえば、許容される最小分解特徴体は2ミクロンまたは5ミクロン以上となる。

【0094】

図7Dは、上述のプロセスにおける解放段階後に形成されたシャッターアセンブリ700の等角図を示しており、高いアスペクト比の断面を有するコンプライアントビームがもたらされている。第2の犠牲層の厚さが、たとえば、シャッター材料の厚さの4倍よりも大きい限り、結果的に、ビーム高とビーム幅の比は同様の比、すなわち、4:1よりも大きくなる。

【0095】

上記には示していないが、図7Cに至るプロセスの一部として含まれる随意的段階は、コンプライアントロードビーム720をコンプライアント駆動ビーム718から分離または分断するための側壁ビーム材料の等方性エッチングを伴う。たとえば、ポイント724におけるシャッター材料が、等方性エッチングを使用して側壁から除去されている。等方性エッチングでは、エッチング速度がすべての方向において同じであるので、ポイント724などの領域における側壁材料はもはや保護されない。等方性エッチングは、バイアス電圧が基板に印加されない限り、通常のプラズマエッチング機器において達成され得る。等方性エッチングはまた、湿式化学または気相エッチング技法を使用して達成され得る。この随意的第4のマスキングおよびエッチング段階に先立って、側壁ビーム材料は、型703における凹部特徴体の外周に基本的に連続して存在する。第4のマスキングおよびエッチング段階を使用して、側壁材料を分離、分割し、別個のビーム718および720を

形成する。ポイント 7 2 4 におけるビームの分離は、フォトレジストの供給およびマスクを通じた露光の第 4 のプロセスを通じて達成される。この場合におけるフォトレジストパターンは、分離ポイント 7 2 4 を除くすべてのポイントで等方性エッチングに対して側壁ビーム材料を保護するように設計される。

【 0 0 9 6 】

側壁プロセスの最終段階として、封入誘電体が側壁ビームの外面の周りに堆積される。

【 0 0 9 7 】

型 7 0 3 の側壁 7 0 9 上に堆積されたシャッター材料を保護するために、また実質的に均一の断面の側壁ビーム 7 1 6、7 1 8 および 7 2 0 を作るために、いくつかの特定のプロセスガイドラインに従い得る。たとえば、図 7 B において、側壁 7 0 9 は、できるだけ垂直に作られ得る。側壁 7 0 9 および/または露出面における傾斜は、異方性エッチングの影響を受けやすくなる。いくつかの実装形態では、垂直な側壁 7 0 9 は、図 7 B におけるパターンニング段階、すなわち異方性方式による第 2 の犠牲材料 7 0 5 のパターンニングによって作られ得る。第 2 の犠牲層 7 0 5 のパターンニングとともに追加のフォトレジストコーティングまたはハードマスクを使用することにより、フォトレジストの過度の損耗を懸念することなく、第 2 の犠牲材料 7 0 5 の異方性エッチングにおいて強いプラズマおよび/または高い基板バイアスを使用することができるようになる。垂直な側壁 7 0 9 はまた、UV 露光中に焦点深度を制御するように注意され、レジストの最終硬化中に過度の収縮が回避される限り、フォトイメージ可能な犠牲材料において作られ得る。

【 0 0 9 8 】

側壁ビーム処理中に役立つ別のプロセス仕様は、シャッター材料の堆積のコンフォーマル性に関係する。型 7 0 3 の表面は、垂直か水平かを問わず、それらの表面の方位に関係なく、同様の厚さのシャッター材料で覆われることが好ましい。そのようなコンフォーマル性は、化学気相堆積技法 (CVD) により堆積するときに達成され得る。具体的には、次のコンフォーマル技法が用いられ得る。プラズマ化学気相堆積 (PECVD)、低圧化学気相堆積 (LPCVD)、および原子層または自己限定層堆積 (ALD)。上記の CVD 技法では、薄膜の成長速度は、ソース原子の方向性フラックスに表面を露出させるのとは対照的に、表面の反応速度によって制限され得る。いくつかの実装形態では、垂直面上で成長する材料の厚さは、水平面上で成長する材料の厚さの少なくとも 50 % である。代替的に、シャッター材料は、めっきの前に表面をコーティングする金属シード層が提供された後、無電解めっきまたは電気めっきによって溶液からコンフォーマルに堆積され得る。

【 0 0 9 9 】

図 7 D のシャッターアセンブリ 7 0 0 に至るプロセスは、4 マスクプロセスであり、これはプロセスが、フォトマスクを通じて所望のパターンを照明することによって感光性ポリマーが露光される 4 つの別個のフォトリソグラフィ段階を組み込んでいることを意味する。フォトリソグラフィ段階は、マスキング段階とも呼ばれ、MEMS デバイスの製造において最も高価なもの 1 つであり、したがって、マスキング段階の数を減らした製造プロセスを作るのが望ましい。

【 0 1 0 0 】

図 8 は、ループ状駆動ビームを組み込むシャッターアセンブリ 8 5 2 の平面図を示している。ループ状駆動ビームは、二重コンプライアントアクチュエータアセンブリ 8 5 4 の一部を形成する。二重コンプライアントアクチュエータアセンブリ 8 5 4 は、図 4 A および図 4 B のシャッターアセンブリ 4 0 0 向けに設計されたアクチュエータ 4 0 4 と同様に機能する。アクチュエータアセンブリ 8 5 4 は、コンプライアント駆動ビーム 8 5 6 および 8 5 7 のほか、コンプライアントロードビーム 8 5 8 および 8 5 9 を含む。ロードビーム 8 5 8 および 8 5 9 は、一方の端部でシャッター 8 6 0 を支え、他端においてロードビームアンカ 8 6 2 および 8 6 3 にそれぞれ取り付けられる。駆動ビーム 8 5 6 および 8 5 7 はループとして形成される。駆動ビーム 8 5 6 および 8 5 7 の各端部は、共通アンカ 8 6 4 に取り付けられる。ループに沿って、外向きビームのセクションであって、同じビームの戻りセクションに対して実質的に平行であるセクションがある。これらの 2 つのルー

ブセクションの長さは等しい。駆動ビーム 8 5 6 および 8 5 7 の外向きセクションを変形する傾向がある応力は、側壁ビームプロセス中に形成されたとき、ビームの戻りセクションに沿った応力をミラーリングするか、または応力に対向する。

【 0 1 0 1 】

駆動ビーム 8 5 6 および 8 5 7 を構成するコンプライアントビームは、図 7 A ~ 図 7 D に示すシャッターアセンブリ 7 0 0 に関して説明した最初の 3 つのマスキング段階のみを使用して、完全に画定され得る。駆動ビームがロードビームから分離される第 4 のフォトリソグラフィ段階が、ビーム 8 5 6 および 8 5 7 を製造するために使用されることはない。ループは、空間の境界の周囲を完全に包囲または形成する。(包囲された空間の周りの境界に予想されるように)ループには終端がないので、第 4 のフォトリソグラフィ段階は必要とされない。

10

【 0 1 0 2 】

第 4 のマスクを完全に除去するために、構造体における他のコンプライアントビームにも、ループに類似した形状を組み込ませる方法が求められる。側壁ビームの終端は、空間を完全に包囲する境界を当該ビームが形成する限り、必要ない。シャッターアセンブリ 8 5 2 におけるロードビーム 8 5 8 は、ロードビームアンカ 8 6 2 で終端するので、本実装形態では、ビーム 8 5 8 がアンカ 8 6 2 で終端するように第 4 のマスキング段階が使用される。

【 0 1 0 3 】

図 9 は、3 マスキングプロセスに従って構築されたシャッターアセンブリ 9 0 0 の等角図を示している。すなわち、シャッターアセンブリ 9 0 0 は、3 つのマスキング段階のみを使用して製造され得る。それらの 3 つのマスキング段階は、アンカ画定段階、型画定段階、およびシャッター画定段階と呼ばれ、これらの段階を使用して、それぞれ第 1 の犠牲層、第 2 の犠牲層、およびシャッター材料にパターンを現像する。シャッターアセンブリ 7 0 0 に関して説明したように、コンプライアントビームが、第 2 の犠牲層とも呼ばれる型の側壁に形成される。シャッターアセンブリ 9 0 0 は、型の特徴体の周囲を包囲する閉じた境界としてビームが設計されるので、3 マスキングプロセスを使用して組み立てられ得る。

20

【 0 1 0 4 】

シャッターアセンブリ 9 0 0 は、シャッター 9 0 2、補強用リブ 9 0 3、ロードビーム 9 0 4、ロードビームアンカ 9 0 6、駆動ビーム 9 0 8、および駆動ビームアンカ 9 1 0 を含む。駆動ビーム 9 0 8 はループへと形成され、これはアンカ 9 1 0 において基板に取り付けられる。駆動ビーム 9 0 8 は、ループ内の空間を包囲する。シャッターアセンブリはさらに、周辺ビーム 9 1 2 ならびに周辺アンカ 9 1 4 を含む。ロードビーム 9 0 4 および駆動ビーム 9 0 8 は合わさって、1 組のコンプライアントアクチュエータビームを形成する。これらの 2 つのビーム間に電圧が課せられたとき、シャッターは開位置と閉位置との間で動かされる。

30

【 0 1 0 5 】

ロードビーム 9 0 4 はシャッターからロードビームアンカ 9 0 6 まで延びる。周辺ビームは、ロードビームアンカ 9 0 6 から周辺アンカ 9 1 4 まで延びる。周辺ビームはまた、周辺アンカ 9 1 4 に連結される。いくつかの実装形態では、周辺ビーム 9 1 2 は、シャッターアセンブリ 9 0 0 内ではアクティブな機械的機能または光学的機能を働かせない。周辺ビーム 9 1 2 は、ロードビーム 9 0 4 の幾何学的形状を拡張するように働き、それにより、これらのコンプライアントビームは接続され得る。ロードビーム 9 0 4 と周辺ビーム 9 1 2 とが合わさって、空間を完全に包囲する境界を形成する。

40

【 0 1 0 6 】

図 1 0 は、図 9 のシャッターアセンブリ 9 0 0 の製造に適した例示的な型 1 0 0 0 を示している。型 1 0 0 0 は、第 2 の犠牲材料から形成され、シャッターアセンブリ 9 0 0 の組立てにおける 2 D フォトリソグラフィ段階の一部としてパターンニングされる。図 1 0 は、シャッター材料が堆積される前の型 1 0 0 0 を示している。したがって、シャッター 9 0 2 の外形は図 1 0 に示されていない。しかしながら、型 1 0 0 0 は、シャッターアセン

50

ブリ 900 に示す補強用リブを形成するために使用されることになるリブへこみ 1003 を含む。

【0107】

型 1000 は一般に、3 種類の表面を含む。型 1000 は、コンプライアントビームが形成される側壁ならびに上側面および下側面を含む。型の下側面は、型 1000 を形成する第 1 の犠牲材料と第 2 の犠牲材料との間の界面によって形成された水平面である。型の上側面は、下にある基板から最も離れた平面にある水平面である。

【0108】

型 1000 は一般に、2 種類の形状を画定し、それらの両方が、コンプライアントビームが形成され得る側壁によって包囲または区画されている。本明細書で使用するメサは、型側壁によって包囲された型材料の存在によって画定される空間である。本明細書で使用する凹部は、型側壁によって包囲された型材料不在の空間によって画定される。

10

【0109】

型 1000 は、メサ形状 1008 を含む。メサ 1008 を包囲する側壁を使用して、駆動ビーム 908 を形成する。それによって、駆動ビームは、終端のないループの形状を有することになる。

【0110】

型 1000 はまた、凹部 1004 を含む。この凹部 1004 を包囲する側壁を使用して、ロードビーム 904 を形成する。

【0111】

20

型 1000 はまた、ロードビームアンカ穴 1006 を含む。ロードビームアンカ穴 1006 は、第 1 の犠牲層の一部として先行段階で形成されている。型 1000 はまた、駆動ビームアンカ穴 1010 を含む。

【0112】

したがって、シャッターアセンブリ 900 におけるロードビーム 904 と駆動ビーム 908 の両方が、空間を完全に包囲する境界として形成される。空間が型 1000 におけるメサ形状または凹部形状のいずれか 1 つから形成される。ロードビーム 904 および駆動ビーム 908 を形成する形状の境界は、交差しない。駆動ビーム 908 のループは、ロードビーム 904 を形成するループ内に完全に包囲される。

【0113】

30

上述のように、シャッターアセンブリ 900 などのいくつかのシャッターアセンブリは、閉位置にある間でも光が開口から意図せずに漏れうる傾向を示す。上記で識別された光漏れの原因は、シャッター設計の変更によって部分的に対処され得る。図 11 ~ 図 14 に関して説明するように、閉じたシャッターの下側からの光の反射から生じる光漏れは、シャッターの遮光部分のサイズおよび/または対応する開口層の開口のサイズに対して比較的大きいリブまたは窪みをシャッターに導入することによって軽減され得る。これらのリブはまた、有利にシャッターをさらに補強し、曲げを防止する。図 11 ~ 図 14 にも示されているように、シャッター開口内の垂直壁を、シャッターの長さに沿って延びるリブに置き換えることによって、シャッターの剛性を犠牲にすることなく光漏れが軽減され得る。図 16A ~ 図 19 に関して説明するように、屈折に起因する光漏れは、ディスプレイの法線に対して平行にも垂直にもならないようにシャッターの様々な周囲面を曲げることによって軽減され得る。

40

【0114】

図 11 は、別の例示的なシャッターアセンブリ 1100 の俯瞰図を示している。シャッターアセンブリ 1100 は、シャッター 1102 と、2 つの静電アクチュエータ 1104 と、基板 1108 の上方でシャッター 1102 およびアクチュエータ 1104 を支えるアンカ 1106 とを含む。シャッター 903 と同様に、シャッター 1102 は、窪みとも呼ばれるリブへこみのセットを含む。より具体的には、シャッター 1102 は 4 つの横窪み 1110 および 2 つの縦窪み 1112 を含む。

【0115】

50

横窪み 1 1 1 0 は、シャッター 1 1 0 2 にわたって延び、シャッター 1 1 0 2 の運動の方向に対して直角である長さを有する。それらの長さは、シャッター 1 1 0 2 が開位置にあるときに光が通ることを可能にするためにシャッター 1 1 0 2 に形成されたシャッター開口 1 1 1 4 のセットに対して平行に延びている。シャッター開口 1 1 1 4 は、シャッターの実質的な平面 1 1 1 5 に形成される。実質的な平面 1 1 1 5 は、対応する型の最外面上に形成されたシャッターの部分に対応する。

【 0 1 1 6 】

図 9 のシャッター 9 0 2 のリブへこみ 9 0 3 とは対照的に、シャッター 1 1 0 2 の横窪み 1 1 1 0 は、シャッターの近接している辺の間の距離の実質的部分にわたって延びている。いくつかの実装形態では、横窪み 1 1 1 0 は、シャッター 1 1 0 2 の外周囲辺と、最も近いシャッター開口 1 1 1 4 の辺との間の距離 d_1 、または近接しているシャッター開口の辺の間の距離 d_2 など、シャッター辺の間の距離の少なくとも約 50 % を占める。いくつかの他の実施形態では、横窪み 1 1 0 8 の幅は、シャッター辺の間の距離の少なくとも約 50 %、少なくとも約 60 %、少なくとも約 70 %、または少なくとも約 80 % を占める。横窪み 1 1 1 0 および 1 1 1 2 とは、それらの深さ対幅のアスペクト比によってさらに特徴付けられ得る。いくつかの実施形態では、横窪み 1 1 1 0 および 1 1 1 2 の深さ対幅は、少なくとも約 1 : 1、約 2 : 3 未満、または 1 : 2 未満である。以下でさらに説明するように、比較的広い窪みは、閉位置にある間にシャッターの下側に反射している光が、シャッター 1 1 0 2 を組み込んだディスプレイの前面の方に戻って、また場合によってはディスプレイの外に反射するのを防ぐ役割を果たす。

【 0 1 1 7 】

縦窪み 1 1 1 2 は、シャッター 1 1 0 2 の運動の方向に対して平行である長さを有する。それらは、シャッター 1 1 0 2 の側辺とシャッター開口 1 1 1 2 の側辺との間に位置し、したがって、「側面リブ」または「側面窪み」と呼ばれ得る。横窪み 1 1 1 0 と同様に、縦窪み 1 1 1 0 の幅は、シャッターの辺とシャッター開口 1 1 1 4 の辺との間の距離の実質的部分を占める。いくつかの実施形態では、縦窪み 1 1 1 2 は実質的に、シャッター 1 1 0 2 の長さ全体に延びている。いくつかの他の実施形態では、縦窪み 1 1 1 2 はより短い。いくつかの他の実施形態では、シャッターは、シャッター 1 1 0 2 の長さに沿って次々に、所与の側面に複数の縦窪み 1 1 1 2 を含み得る。

【 0 1 1 8 】

概して、縦窪み 1 1 1 2 はシャッター 1 1 0 2 をさらに補強し、シャッター 1 1 1 2 の変形を防ぐのを助ける。同様の補強は、シャッターアセンブリ 9 0 0 のシャッター 9 0 2 において、シャッター開口 9 0 5 を通る垂直壁 9 0 9 によってもたらされている。しかしながら、これらの垂直壁 9 0 9 の土台には、閉位置でも、より高い角度の光がシャッター 9 0 2 を通って漏れる機会をもたらず開口が見出されている。縦窪み 1 1 1 2 の形態で開口の外側に垂直壁を動かすことによって、シャッター 1 1 0 2 は、光漏れの可能性を回避しつつ、同程度の補強を実現することが可能である。

【 0 1 1 9 】

上述のように、個別的に、各窪みは、シャッター辺の間の距離の実質的部分を占める。まとめて、いくつかの実装形態では、窪みはまた、シャッターの遮光部分の全エリア(すなわち、シャッター開口 1 1 1 2 を除くシャッター 1 1 0 2 のエリア)の実質的部分を占める。いくつかの実装形態では、窪みは、シャッター 1 1 0 2 の遮光部分のエリアの少なくとも 50 % を占める。いくつかの他の実装形態では、窪み 1 1 1 0 および 1 1 1 2 は、シャッター 1 1 0 2 の遮光部分のエリアの少なくとも 60 %、少なくとも 70 %、少なくとも 80 %、またはそれよりも多くの割合を占める。

【 0 1 2 0 】

図 1 2 は、別の例示的なシャッターアセンブリ 1 2 0 0 の等角図である。シャッターアセンブリ 1 2 0 0 は、シャッター 1 2 0 2 と、2 つの静電アクチュエータ 1 2 0 4 と、基板 1 2 0 8 の上方でシャッター 1 2 0 2 およびアクチュエータ 1 2 0 4 を支えるアンカ 1 2 0 6 とを含む。図 1 2 では、図 1 1 に示すシャッター 1 1 0 2 と異なり、シャッター 1

202は、3つのシャッター開口1212を囲む1つの連続窪み1207を含む。別個の横窪みおよび縦窪みを有しないが、連続窪み1207は、横窪み部分および縦窪み部分を有すると見なされ得る。図11に示すシャッター1102の別個の横窪み1110および縦窪み1112と同様に、連続窪み1207の横部分および縦部分の各々は、シャッターの近接している辺の間の距離の実質的部分を占める。様々な実施形態では、窪み部分は、近接しているシャッター辺の間の距離の少なくとも50%、少なくとも60%、少なくとも70%、少なくとも80%、またはそれよりも多くの割合を占めることができる。さらに、いくつかの実装形態では、連続窪み1207の横部分のアスペクト比は、約1:1未満、約2:3未満、または約1:2未満である。

【0121】

10

図13は、図12のシャッターアセンブリ1200を含む例示的なディスプレイ装置1300の一部分の断面図を示している。ディスプレイ装置1300はMEMSダウン構成に従って構築され、シャッターアセンブリ1200は閉位置にある。断面図は、図12の線A~A'で取られている。

【0122】

図12および図13を参照すると、ディスプレイ装置1300は、開口プレート1350、バックライト1352、および光をバックライト1352に取り込むための光源1354を含む。さらに、コントラストを改善するために(図12に示されていない)ブラックマトリクスが基板1210上に堆積されている。開口プレート1350は開口層1356を含み、開口層1356は開口1358を画定し、光は開口1358を通じてディスプレイの前面に向かってバックライト1352から抜け出すことができ、シャッターアセンブリ1200によって変調される。いくつかの実装形態では、開口層1356は、後ろ向き反射層および前向き光吸収層を含む。

20

【0123】

ディスプレイ装置1300では、シャッターアセンブリ1200の連続窪み1207は、連続窪み1207が開口層1356の方に開くように、土台にされた基板1210の方に突出している。この構成では、シャッター1202が閉位置にあるとき、たいていの角度で開口層1356を通じて抜け出す光は、連続窪み1207の内面でシャッター1202に衝突する。したがって、この光は、ディスプレイ装置1300の前面の方に戻って反射され得る前に、窪み1207の2つではないにせよ少なくとも1つの追加の内面に反射する可能性が高い。シャッター1202が反射性の高い材料から製造されていなければ、各反射は、残りの光エネルギーの実質的部分を吸収し、それにより、ディスプレイ装置1300の外に漏れる可能性のある光の量を大幅に減らす。

30

【0124】

図13に示すように、連続窪み1207の幅(W_d)は、開口の幅(W_a)に対して比較的大きい。図示のように、 W_d は W_a よりも大きい。いくつかの他の実装形態では、 W_d は W_a のサイズの少なくとも50%である。いくつかの他の実装形態では、 W_d は W_a の少なくとも60%、少なくとも70%、または少なくとも80%である。 W_a に対して比較的大きいサイズの W_d は、開口を通る光が窪み1207の内面に衝突するのを促す。

【0125】

40

図14は、別の例示的なディスプレイ装置1400の一部分の断面図を示している。ディスプレイ装置1400は、図1400のディスプレイ装置1400と実質的に同様であるが、ディスプレイ装置1400は、MEMSアップ構成で構築される。すなわち、ディスプレイ装置1400に含まれるシャッターアセンブリ、シャッターアセンブリ1402が、図14に示すように、対向する基板上ではなく、開口プレート1404のすぐ上に形成される。シャッターアセンブリ1402は、シャッターアセンブリ1200と同様に、いくつかのシャッター開口1408を囲む横窪み部分および縦窪み部分を有する連続窪みを有するシャッター1406を含む。図14に示す断面図では、横窪み部分1410のみが見える。

【0126】

50

図 1 1 ~ 図 1 4 では、シャッターアセンブリの各々に含まれる窪みは実質的に垂直の側壁を、土台にされた基板の表面に平行または垂直である表面とともに含んでいた。いくつかの他の実装形態では、他の窪みの形状が採用され得る。さらに、図示されたシャッターアセンブリの各々は、近接しているシャッター辺の任意のペアの間に、単一の窪み(または窪み部分)のみを含んでいる。いくつかの他の実装形態では、シャッターは、近接しているシャッター辺の間に複数の窪みを含み得る。いくつかの他の実装形態では、窪みは、シャッターの辺の間の距離の、上記の提案よりも小さい割合を占める。

【 0 1 2 7 】

図 1 5 A ~ 図 1 5 I は、シャッター窪みに適した例示的な選択的断面形状を示している。図 1 5 A ~ 図 1 5 I に示す断面形状の各々は、図 1 1 に示す断面 B ~ B' の形状に対応する。

10

【 0 1 2 8 】

図 1 5 A は、傾斜壁を有するシャッター窪み 1 5 0 0 の断面図を示している。図 1 5 B は、凹角傾斜壁を有するシャッター窪み 1 5 1 0 の断面図を示している。図 1 5 C は、実質的に円形の窪み 1 5 2 0 を含む。

【 0 1 2 9 】

図 1 5 D および図 1 5 E は、V 字形窪み 1 5 3 0 を示している。図 1 5 C に示す V 字形窪み 1 5 3 0 は、シャッター辺の間の距離の実質的部分を占めていないが、いくつかの他の実装形態では、はるかに浅い角度を有する V 字形窪みが形成され得る。そのような浅い V 字形窪みは、そのような距離の実質的部分を占め得る。代替として、図 1 5 E に示すように、シャッターは、2 つの近接しているシャッター辺の間に複数の V 字形窪み 1 5 3 0 を含み得る。図 1 5 E では、全部で 3 つの V 字形窪み 1 5 3 0 が、シャッター辺の間の距離の実質的部分を占める。

20

【 0 1 3 0 】

図 1 5 F ~ 図 1 5 I は、選択的シャッター断面形状を示しているが、実質的に水平な表面および実質的に垂直な表面を保持し、方形窪み 1 5 4 0 をもたらしめている。図 1 5 F は、複数の、比較的低いアスペクト比の方形窪み 1 5 4 0 を含むシャッターの一部分を示している。図 1 5 G は、シャッター部分の中心から外れた方形窪み 1 5 4 0 を有するシャッターの一部分を示している。すなわち、方形窪み 1 5 4 0 は、シャッター辺の一方に、他方よりも近い。図 1 5 H は、シャッター部分のいずれの辺にも垂直側壁を有する、中心の方形窪み 1 5 4 0 を有するシャッター部分を示している。図 1 5 I は、シャッター部分のいずれの端部にも 2 つの方形窪み 1 5 4 0 を有するシャッター部分を示している。実質的な平面が方形窪み 1 5 4 0 を分離している。

30

【 0 1 3 1 】

図 1 5 A ~ 図 1 5 I に示す選択的シャッター断面形状の各々は、図 7 A ~ 図 7 D に関して上述した製造プロセスと同様の製造プロセスを使用して達成され得る。具体的には、いくつかの実装形態では、図示のシャッター部分を含むシャッターは、2 つの層状の型に堆積された構造材料をパターニングしエッチングすることによって形成される。型の最上側面に堆積された材料は、MEMS ダウン構成方位に(すなわち、図 1 5 A ~ 図 1 5 I に示された方位に)配置されたときにシャッター部分の下側面としての役割を果たす。それぞれの窪みの底は、2 つの型層の間の界面に堆積された材料から形成されている。型に形成される形状は、標準的なフォトパターニングおよびエッチングのプロセスを使用して形成され得る。たとえば、傾斜壁窪み 1 5 0 0 または V 字形窪み 1 5 3 0 の曲げられた表面は、型材料への露光の侵入を変化させるためにハーフトーンまたは高エネルギービーム感応型ガラスマスクを使用して上側型層をパターニングすることによって達成され得る。凹角壁を有するシャッター窪み 1 5 1 0 などの他の形状は、リフトオフプロセスで通常使用される凹角型材料を使用して達成され得る。

40

【 0 1 3 2 】

1 5 H に示すシャッター部分は、バックライトから抜け出す光の直接経路の外にシャッター部分の辺があるという点で、さらなる利点をもたらす。上記で示したように、いくつ

50

かの実装形態では、本明細書で開示するシャッターは、内部金属層を含む材料の複数の層から形成される。そのようなシャッターの辺が、上側または下側の型層に実質的に平行である場合、シャッターの製造で使用する異方性エッチングプロセスおよび/またはリリースプロセスは、それらの辺における外側シャッター層の部分を除き、下にある内部金属層を露出させることができる。

【0133】

露出したシャッター辺は、ディスプレイ装置の前面の方に高角度入射光を屈折させ得る。この屈折現象は図14に示されている。図14では、光1450は、ディスプレイ装置1400の前面の方に、シャッター1402の最右部分の辺で屈折する。そのような光がディスプレイから抜け出し、それによりディスプレイのコントラスト比が低下するのを防ぐために、重複Oによってシャッター1402の辺が実質的に重複するように、ディスプレイ装置1400のブラックマトリクス1460が適用される。この重複は、屈折現象から生じる光漏れを防ぐが、開口比およびディスプレイから発せられ得る角度の範囲を縮小させる。図15Hに示すように、高角度の光の経路の外にシャッター辺を位置付けることで、シャッター辺での屈折による光漏れの可能性を低減し、場合によってはなくし、それにより、ブラックマトリクスの重複の理由を除去することができる。したがって、そのようなシャッターを含むディスプレイは、ブラックマトリクスにおける開口を拡大して、視野角を拡大し、ディスプレイの輝度を上げることができる。

【0134】

図16Aは、曲げられた周囲面を有する例示的なシャッター1600の俯瞰図を示している。図16Bは、図16Aのシャッター1600の断面図を示している。断面図は、図16Aの線C~C'で取られている。図16Aおよび図16Bを参照すると、シャッター1600は、2つのシャッター開口1604を囲む連続窪み1602を含む。シャッター1600は、2つのタイプの曲げられた周囲面、すなわち、1つの曲げられた外周囲面1606および2つ(各シャッター開口1604の周りに1つ)の曲げられたシャッター開口周囲面1608(合わせて「曲げられた周囲面1606および1608」)を含む。曲げられた周囲面1606および1608は、連続窪み1602と同じ方向で、シャッターの最上側面1610に背を向けて下に曲がっている。図16Aと図16Bの両方で、シャッター1600は、型にシャッターが形成される方法の観点から示されている。したがって、ディスプレイ装置に導入されるとき、いくつかの実装形態では、連続窪み1602がディスプレイ装置の後面の方に開き、曲げられた周囲面1606および1608がディスプレイ装置の前面の方に延びるように、シャッター1600はひっくり返される。

【0135】

いくつかの実装形態では、曲げられた周囲面1606および1608は、シャッター1600の平面の約20度~約70度の間で曲げられる。いくつかの実装形態では、曲げられた周囲面1606および1608は、シャッターの平面の約40度~約50度の間で曲げられる。いくつかの他の実装形態では、曲げられた周囲面1606および1608は、シャッターの平面の45度で曲げられる。総じて、選択される角度は、連続窪み1602の幅、シャッター1600が閉位置にある間に曲げられた周囲面1606および1608が開口層の対応する部分と重複する度合い、および付随するブラックマトリクスの寸法のうちの1つまたは複数の関数である。いくつかの実装形態では、外周囲面1606は、シャッター開口周囲面1608と同じ角度で曲げられる。いくつかの他の実装形態では、外周囲面1606は、シャッター開口周囲面1608とは異なる角度で曲げられる。シャッター1600のさらにいくつかの他の実装形態では、外周囲面1606のみ、またはシャッター開口周囲面1608のみが曲げられる。

【0136】

この実装形態では、連続窪み1602の壁は、シャッター1600の平面に対して実質的に垂直または直角である。いくつかの実装形態では、連続窪み1602の壁も曲げられている。

【0137】

10

20

30

40

50

図17は、曲げられた周囲面を有する例示的なシャッターを形成するための型1700の例示的な断面図を示している。たとえば、型1700は、図16Aおよび図16Bのシャッター1600を形成するために使用され得る。図16A、16Bおよび図17を参照すると、たとえば、2つのレベルで水平面を含む図7A～図7Cまたは図10に関して上述した型とは異なり、型1700は3つのレベルで水平面を含む。しかしながら、型1700は、依然として型材料の2つの層のみから作られ、したがって依然として2つのパターンニング段階のみを使用して十分にパターンニングされ得る。下側レベル水平面1702は、下側型材料1704と上側型材料1706との間の界面1703に対応する。これらの下側レベル水平面1702上で、シャッター1600の連続窪み1602の底が形成される。中間レベル水平面1708は、シャッター開口1604およびシャッターの間の空間を形成するためにエッチングされることになるエリアに対応する。最上側水平面1710は、シャッター1600の最上側面1610が形成されるエリアに対応する。

【0138】

図18は、曲げられた周囲面を有するシャッター1802を含む例示的なディスプレイ装置1800の一部分の断面図である。ディスプレイ装置1800は、シャッター1802を閉位置にしてMEMSアップ構成に従って構築される。

【0139】

シャッター1802は、開口プレート1850上に形成されたシャッターアセンブリ1803の一部である。ディスプレイ装置1800はまた、バックライト1852、および光をバックライト1852に取り込むための光源1854を含む。さらに、コントラストを改善するためにブラックマトリクス1855がカバープレート1810上に堆積されている。開口プレート1850は開口層1856を含み、開口層1856は開口1858を画定し、光は開口1858を通じて、シャッターアセンブリ1803によって変調されるためにディスプレイ装置1800の前面に向かってバックライト1852から抜け出すことができる。いくつかの実装形態では、開口層1856は、後ろ向き反射層および前向き光吸収層を含む。

【0140】

ディスプレイ装置1800では、シャッター1802は連続窪み1807を含み、連続窪み1807は、窪み1807が開口層1856の方に開くように、カバープレート1810の方に突出している。この構成では、シャッター1806が閉じているとき、たいいてい角度で開口層1856を通じて抜け出す光は、連続窪み1807の内面でシャッター1802に影響を与える。したがって、この光は、ディスプレイ装置1800の前面の方に戻って反射され得る前に、連続窪み1807の2つではないにせよ少なくとも1つの追加の内面に反射する可能性が高い。

【0141】

図18に示されているように、連続窪みの幅(W_d)は、開口の幅(W_a)に対して比較的大きい。図示の実装形態では、 W_d は W_a よりも小さいが、 W_d は依然として、 W_a のサイズの少なくとも80%である。いくつかの他の実装形態では、 W_d は W_a のサイズの少なくとも50%である。いくつかの他の実装形態では、 W_d は W_a の少なくとも60%、または少なくとも70%である。さらに他の実装形態では、 W_d は W_a よりも大きい。 W_a に対して比較的大きいサイズの W_d は、開口を通る光が窪み1807の内面に衝突するのを促す。

【0142】

図14のディスプレイ装置1400とは対照的に、ディスプレイ1800のシャッターアセンブリ1803は、曲げられた周囲面1812を有するシャッター1802を含む。したがって、シャッター1802の辺は、図14のディスプレイ装置におけるシャッター1307の辺で屈折した高角度の光の経路の外にある。その結果、ディスプレイ装置1800は、ブラックマトリクス1855とシャッター1802の辺との間の重複を解消する。代わりに、いくつかの実装形態では、ブラックマトリクス1855の辺は、シャッター1802の辺と実質的に整合する。

【 0 1 4 3 】

図 19 は、曲げられた周囲面を有するシャッター 1902 を含む別の例示的なディスプレイ装置 1900 の一部分の断面図を示している。ディスプレイ装置 1900 は、シャッター 1902 を閉位置にして MEMS アップ構成に従って構築されている。図 18 のディスプレイ装置 1800 のシャッター 1802 とは対照的に、シャッター 1902 は 2 つの連続窪み 1904 を含む。さらに、各窪み 1904 の 1 つの壁は、窪みがちょうどシャッター 1902 の辺にちょうど一致して延びているので、曲げられた周囲面としての役割を果たしている。その上、シャッター 1902 の曲げられた表面は、ディスプレイ装置 1900 の前面の方ではなく後面の方に延びている。窪みは、シャッターの辺に一致して配置されており、光を捕捉するのに非常に効果的である。その上、曲げられた周囲面を形成するようにシャッター 1902 の辺を曲げることによって、光がディスプレイ装置 1900 の前面の方に屈折する可能性がより小さくなる。

10

【 0 1 4 4 】

図 20 は、曲げられた周囲面を有するシャッター 2002 を含む別の例示的なディスプレイ装置 2000 の一部分の断面図を示している。ディスプレイ装置 2000 は、シャッター 2002 を閉位置にして MEMS アップ構成に従って構築されている。図 19 のディスプレイ装置 1900 のシャッター 1902 とは対照的に、シャッター 2002 は、シャッターの外壁を形成し、シャッター開口を囲む曲げられた周囲面 2006 によって境界が示されたただ 1 つのより大きい連続窪み 2004 のみを含む。図 19 のシャッター 1902 と同様に、シャッター 2002 の曲げられた表面 2006 は、ディスプレイ装置 2000 の前面の方ではなく後面の方に延びている。窪み 2004 は、シャッターの辺に一致して延びており、光を捕捉するのに非常に効果的である。その上、曲げられた周囲面 2006 を形成するようにシャッター 2002 の辺を曲げることによって、光がディスプレイ装置 2000 の前面の方に屈折する可能性がより小さくなる。

20

【 0 1 4 5 】

本明細書で開示した実装形態に関連して説明した様々な例示的な論理、論理ブロック、モジュール、回路およびアルゴリズムのプロセスは、電子ハードウェア、コンピュータソフトウェア、または両方の組合せとして実装され得る。ハードウェアとソフトウェアの互換性は、全体的にそれらの機能に関して説明し、上述の様々な例示的な構成要素、ブロック、モジュール、回路およびプロセスにおいて示してきた。そのような機能がハードウェアとして実装されるか、またはソフトウェアとして実装されるかは、特定の適用例および全体的なシステムに課された設計制約に依存する。

30

【 0 1 4 6 】

本明細書で開示した態様に関連して説明した様々な例示的な論理、論理ブロック、モジュールおよび回路を実装するために使用されるハードウェアおよびデータ処理装置は、汎用シングルチッププロセッサもしくは汎用マルチチッププロセッサ、デジタル信号プロセッサ(DSP)、特定用途向け集積回路(ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)もしくは他のプログラマブル論理デバイス、個別ゲートもしくはトランジスタ論理、個別ハードウェア構成要素、または、本明細書で説明した機能を実行するように設計されたそれらの任意の組合せで、実装または実行することができる。汎用プロセッサはマイクロプロセッサ、または任意の従来のプロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、もしくは状態機械であり得る。プロセッサはまた、コンピューティングデバイスの組合せ、たとえば、DSPとマイクロプロセッサとの組合せ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアと連携する 1 つもしくは複数のマイクロプロセッサ、または任意の他のそのような構成として実装され得る。いくつかの実装形態では、特定のプロセスおよび方法は、所与の機能に固有の回路によって実行され得る。

40

【 0 1 4 7 】

1 つまたは複数の態様では、説明した機能は、本明細書で開示した構造およびそれらの構造の同等物を含む、ハードウェア、デジタル電子回路、コンピュータソフトウェア、ファームウェアにおいて、またはそれらの任意の組合せで実装され得る。本明細書で説明し

50

た対象の実装形態はまた、１つまたは複数のコンピュータプログラム、すなわち、データ処理装置による実行のために、またはデータ処理装置の動作を制御するために、コンピュータ記憶媒体上に符号化されたコンピュータプログラム命令の１つまたは複数のモジュールとして実装され得る。

【０１４８】

本開示で説明した実装形態の様々な修正形態が当業者にはすぐに理解でき、本明細書に定める一般的原理は、本開示の趣旨または範囲から離れることなく他の実装形態に適用できる。したがって、特許請求の範囲は、本明細書に示す実装形態に限定されることを意図しておらず、本開示、この原理および本明細書で開示する新規の特徴体と合致する最大の範囲を認めるものである。

10

【０１４９】

さらに、当業者は、「上側」および「下側」という用語が、図の説明を簡単にするために使用されることがあり、適切に配向されたページ上の図の方位に対応する相対位置を示しており、実装される任意のデバイスの適切な方位を反映していない場合があることを容易に諒解する。

【０１５０】

個別の実装形態との関連で本明細書で説明しているいくつかの特徴体は、単一の実装形態において組合せで実装されてもよい。反対に、単一の実装形態との関連で説明している様々な特徴体は、複数の実装形態で個別に、または任意の適切な副組合せで実装されてもよい。さらに、特徴体は一定の組合せで機能するものとして上述され、当初はそういうものとして特許請求されることもあるが、特許請求される組合せによる１つまたは複数の特徴体は、場合によっては、当該組合せにより実施可能であり、特許請求される組合せは、副組合せまたは副組合せの変形を対象にし得る。

20

【０１５１】

同様に、動作は特定の順序で図面に示されているが、これについては、所望の結果を達成するために、そのような動作を示された特定の順序でもしくは順次に行うこと、またはすべての示された動作を実行することを要求するものとして理解すべきではない。さらに、図面は、１つまたは複数の例示的なプロセスをフロー図の形式で概略的に示し得る。しかしながら、図示されていない他の動作を、概略的に示す例示的なプロセスに組み込むことができる。たとえば、１つまたは複数の追加の動作は、示された動作のいずれかの前、示された動作のいずれかの後、示された動作のいずれかと同時に、または示された動作のいずれかの間に実行され得る。いくつかの状況において、マルチタスキングおよび並列処理は有利であり得る。また、上述の実装形態における様々なシステム構成要素の分離については、すべての実装形態でかかる分離を要求するものとして理解すべきではなく、説明されるプログラム構成要素およびシステムは一般に単一のソフトウェア製品への統合、または複数のソフトウェア製品へのパッケージ化が可能であると理解されたい。さらに、他の実装形態も、以下の特許請求の範囲内に入る。場合によっては、請求項に記載の動作は、異なる順序で実行されながらもなお、望ましい結果を達成することが可能である。

30

【符号の説明】

【０１５２】

- １００ ディスプレイ装置
- １０２ 光変調器
- １０２ a 光変調器
- １０２ b 光変調器
- １０２ c 光変調器
- １０２ d 光変調器
- １０４ 画像
- １０５ ランプ
- １０６ 画素
- １０８ シャッター

40

50

1 0 9	開口	
1 1 0	書込み許可相互接続	
1 1 2	データ相互接続	
1 1 4	共通相互接続	
1 2 0	ブロック図	
1 2 2	ホストプロセッサ	
1 2 4	環境センサ	
1 2 6	ユーザ入力モジュール	
1 2 8	ディスプレイ装置	
1 3 0	スキャンドライバ	10
1 3 2	データドライバ	
1 3 4	コントローラ	
1 3 8	共通ドライバ	
1 4 0	ランプ	
1 4 2	ランプ	
1 4 4	ランプ	
1 4 6	ランプ	
1 4 8	ランプドライバ	
2 0 0	シャッターアセンブリ	
2 0 2	シャッター	20
2 0 3	表面	
2 0 4	アクチュエータ	
2 0 5	コンプライアント電極ビームアクチュエータ	
2 0 6	コンプライアントロードビーム	
2 0 7	スプリング	
2 0 8	ロードアンカ	
2 1 1	開口穴	
2 1 6	コンプライアント駆動ビーム	
2 1 8	駆動ビームアンカ	
3 0 0	制御マトリクス	30
3 0 1	画素	
3 0 2	シャッターアセンブリ	
3 0 3	アクチュエータ	
3 0 4	基板	
3 0 6	スキャンライン相互接続	
3 0 7	書込み許可電圧源	
3 0 8	データ相互接続	
3 0 9	データ電圧源	
3 1 0	トランジスタ	
3 1 2	キャパシタ	40
3 2 0	光変調器アレイ	
3 2 2	開口層	
3 2 4	開口	
4 0 0	二重アクチュエータシャッターアセンブリ	
4 0 2	シャッター開アクチュエータ	
4 0 4	シャッター閉アクチュエータ	
4 0 6	シャッター	
4 0 7	開口層	
4 0 8	アンカ	
4 0 9	開口	50

4 1 2	シャッター開口	
4 1 6	重複	
5 0 0	ディスプレイ装置	
5 0 2	シャッターアセンブリ	
5 0 3	シャッター	
5 0 4	基板	
5 0 5	アンカ	
5 0 6	反射開口層	
5 0 8	表面開口	
5 1 2	ディフューザ	10
5 1 4	輝度増強膜	
5 1 5	バックライト	
5 1 6	光ガイド	
5 1 7	光リダイレクタ	
5 1 8	光源	
5 1 9	反射体	
5 2 0	前向き反射膜	
5 2 1	光線	
5 2 2	カバープレート	
5 2 4	ブラックマトリクス	20
5 2 6	ギャップ	
5 2 7	スペーサ	
5 2 8	粘着シール	
5 3 0	流体	
5 3 2	アセンブリブラケット	
5 3 6	反射体	
6 0 0	シャッターアセンブリ	
6 0 1	シャッター	
6 0 2	コンプライアントビーム	
6 0 3	基板	30
6 0 4	アンカ	
6 0 5	第1の機械層	
6 0 6	開口層	
6 0 7	導体層、導電層	
6 0 9	第2の機械層	
6 1 1	封入誘電体	
6 1 3	犠牲層	
6 1 4	導電面	
7 0 0	シャッターアセンブリ	
7 0 1	第1の犠牲材料	40
7 0 2	開口またはビア	
7 0 3	型	
7 0 5	第2の犠牲材料	
7 0 8	下水平レベル、下水平面	
7 0 9	側壁	
7 1 0	上水平レベル、上水平面	
7 1 2	シャッター	
7 1 4	アンカ	
7 1 6	コンプライアントスプリングビーム	
7 1 8	コンプライアントアクチュエータビーム	50

7 2 0	コンプライアントアクチュエータビーム	
7 2 4	分離ポイント	
7 2 5	開口層	
8 5 2	シャッターアセンブリ	
8 5 4	二重コンプライアントアクチュエータアセンブリ	
8 5 6	コンプライアント駆動ビーム	
8 5 7	コンプライアント駆動ビーム	
8 5 8	コンプライアントロードビーム	
8 5 9	コンプライアントロードビーム	
8 6 0	シャッター	10
8 6 2	ロードビームアンカ	
8 6 3	ロードビームアンカ	
8 6 4	共通アンカ	
9 0 0	シャッターアセンブリ	
9 0 2	シャッター	
9 0 3	リブへこみ	
9 0 4	ロードビーム	
9 0 5	シャッター開口	
9 0 6	ロードビームアンカ	
9 0 8	駆動ビーム	20
9 0 9	垂直壁	
9 1 0	駆動ビームアンカ	
9 1 2	周辺ビーム	
9 1 4	周辺ビームアンカ	
1 0 0 0	型	
1 0 0 3	リブへこみ	
1 0 0 4	凹部	
1 0 0 6	ロードビームアンカ穴	
1 0 0 8	メサ形状	
1 0 1 0	駆動ビームアンカ穴	30
1 1 0 0	シャッターアセンブリ	
1 1 0 2	シャッター	
1 1 0 4	静電アクチュエータ	
1 1 0 6	アンカ	
1 1 0 8	基板	
1 1 1 0	横窪み	
1 1 1 2	縦窪み	
1 1 1 4	シャッター開口	
1 1 1 5	平面	
1 2 0 0	シャッターアセンブリ	40
1 2 0 2	シャッター	
1 2 0 4	静電アクチュエータ	
1 2 0 6	アンカ	
1 2 0 7	連続窪み	
1 2 0 8	基板	
1 2 1 0	基板	
1 2 1 2	シャッター開口	
1 3 0 0	ディスプレイ装置	
1 3 5 0	開口プレート	
1 3 5 2	バックライト	50

1 3 5 4	光源	
1 3 5 6	開口層	
1 3 5 8	開口	
1 4 0 0	ディスプレイ装置	
1 4 0 2	シャッターアセンブリ	
1 4 0 4	開口プレート	
1 4 0 6	シャッター	
1 4 0 8	シャッター開口	
1 4 1 0	横窪み部分	
1 4 5 0	光	10
1 4 6 0	ブラックマトリクス	
1 5 0 0	シャッター窪み	
1 5 1 0	シャッター窪み	
1 5 2 0	円形の窪み	
1 5 3 0	V字形窪み	
1 5 4 0	方形窪み	
1 6 0 0	シャッター	
1 6 0 2	連続窪み	
1 6 0 4	シャッター開口	
1 6 0 6	外周囲面	20
1 6 0 8	シャッター開口周囲面	
1 6 1 0	最上側面	
1 7 0 0	型	
1 7 0 2	下側レベル水平面	
1 7 0 3	界面	
1 7 0 4	下側型材料	
1 7 0 6	上側型材料	
1 7 0 8	中間レベル水平面	
1 7 1 0	最上側水平面	
1 8 0 0	ディスプレイ装置	30
1 8 0 2	シャッター	
1 8 0 3	シャッターアセンブリ	
1 8 0 7	連続窪み	
1 8 1 0	カバープレート	
1 8 1 2	曲げられた周囲面	
1 8 5 0	開口プレート	
1 8 5 2	バックライト	
1 8 5 4	光源	
1 8 5 5	ブラックマトリクス	
1 8 5 6	開口層	40
1 8 5 8	開口	
1 9 0 0	ディスプレイ装置	
1 9 0 2	シャッター	
1 9 0 4	連続窪み	
2 0 0 0	ディスプレイ装置	
2 0 0 2	シャッター	
2 0 0 4	連続窪み	
2 0 0 6	曲げられた周囲面	

【図 1 A】

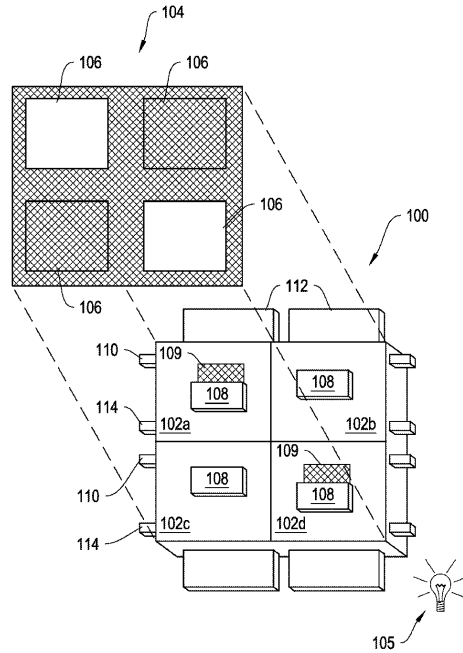


FIGURE 1A

【図 1 B】

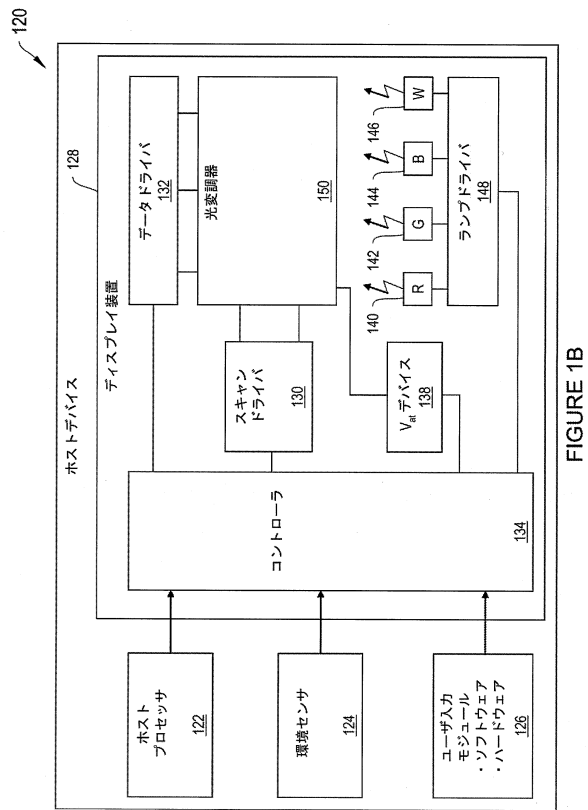


FIGURE 1B

【図 2】

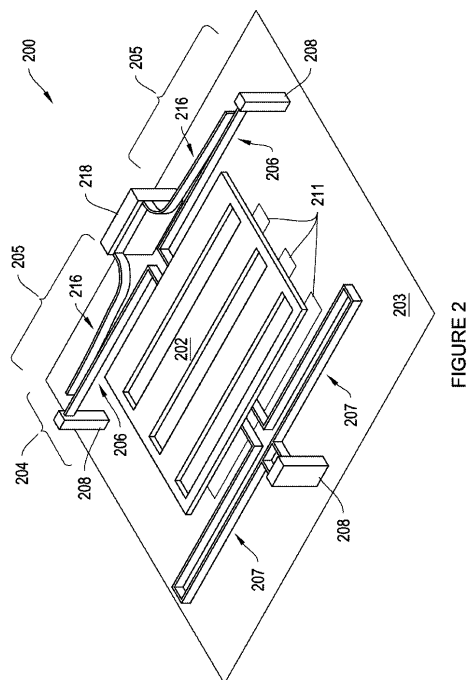


FIGURE 2

【図 3 A】

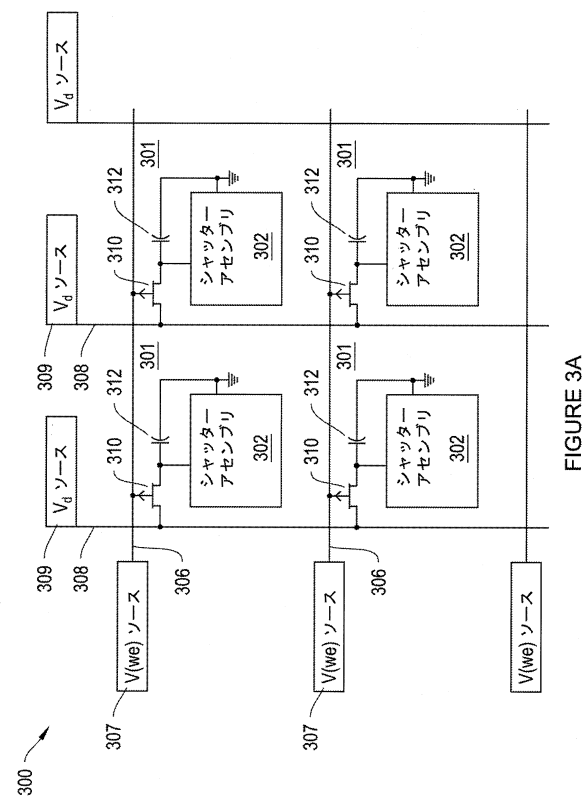


FIGURE 3A

【図 3 B】

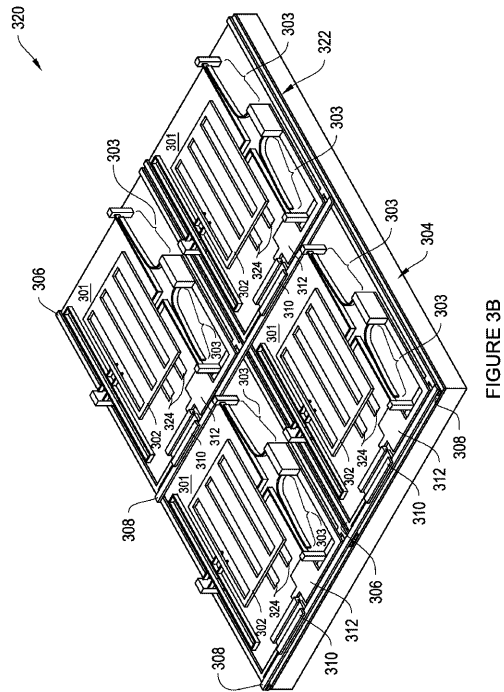


FIGURE 3B

【図 5】

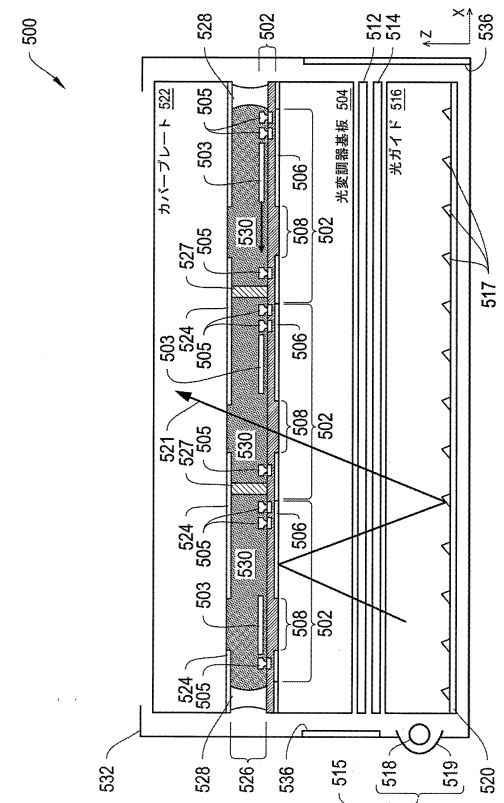


FIGURE 5

【図 4 A】

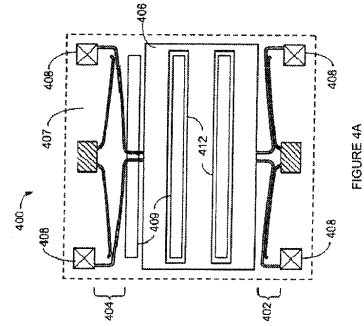


FIGURE 4A

【図 4 B】

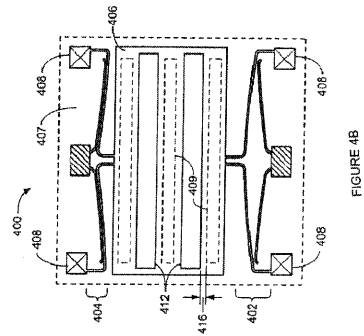


FIGURE 4B

【図 6 A】

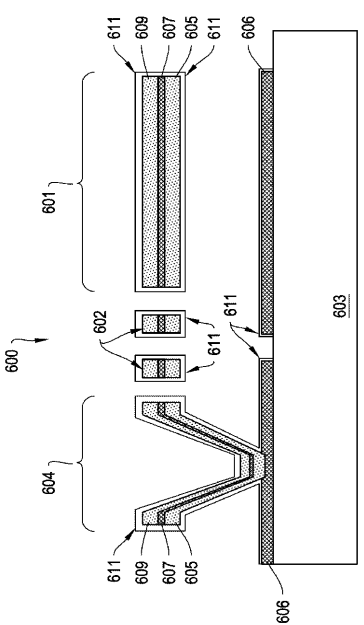


FIGURE 6A

【図 6 B】

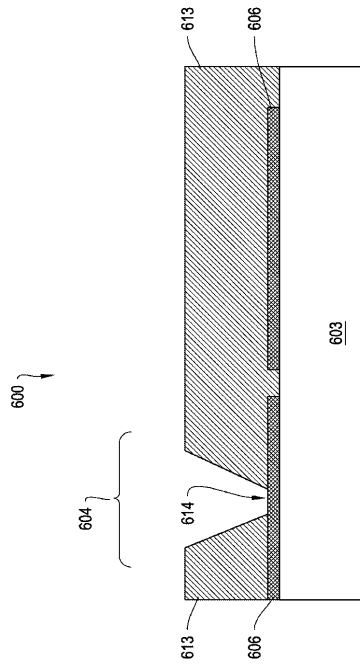


FIGURE 6B

【図 6 C】

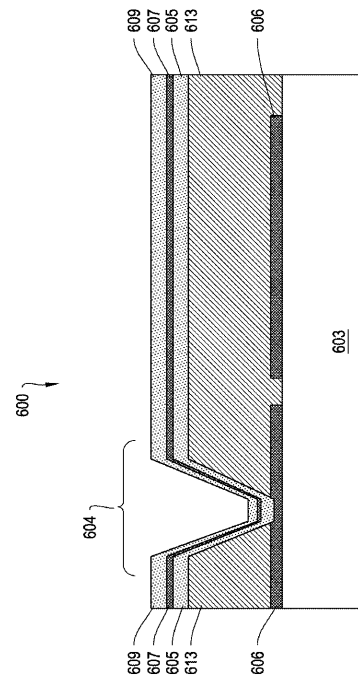


FIGURE 6C

【図 6 D】

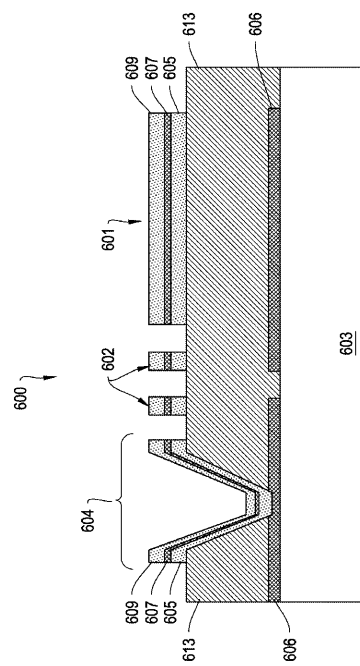


FIGURE 6D

【図 6 E】

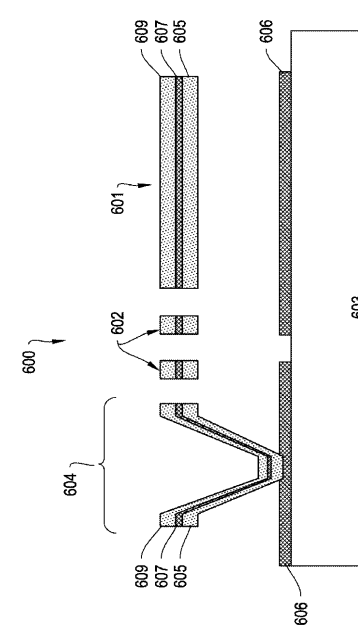
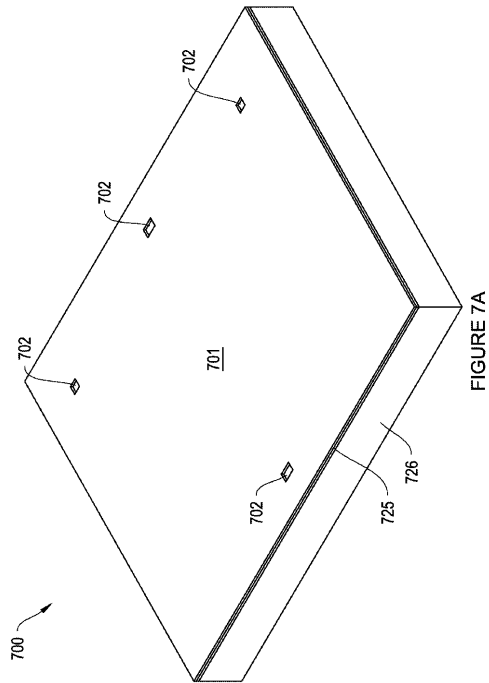
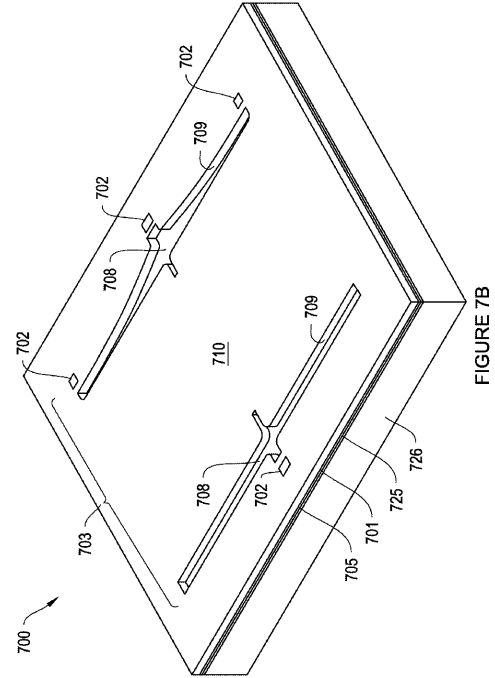


FIGURE 6E

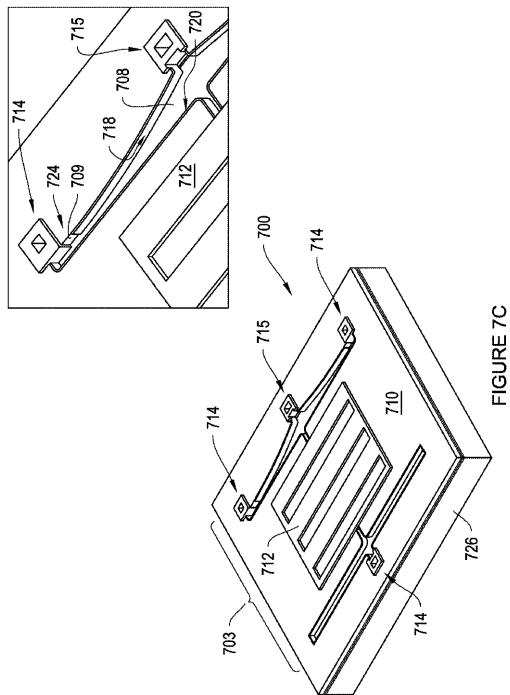
【図 7 A】



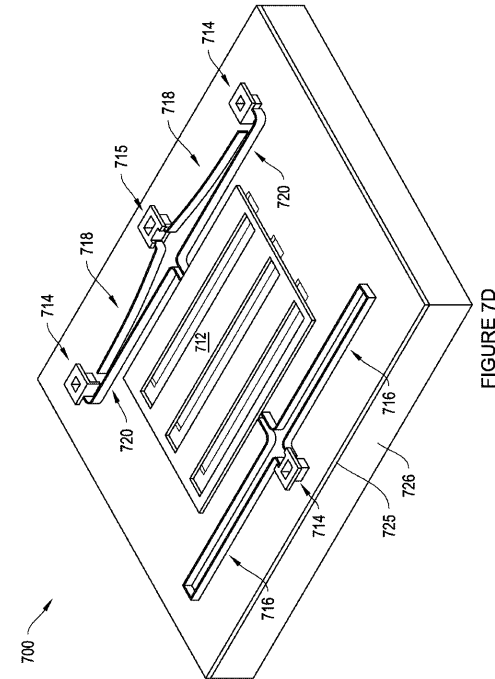
【図 7 B】



【図 7 C】



【図 7 D】



【図 8】

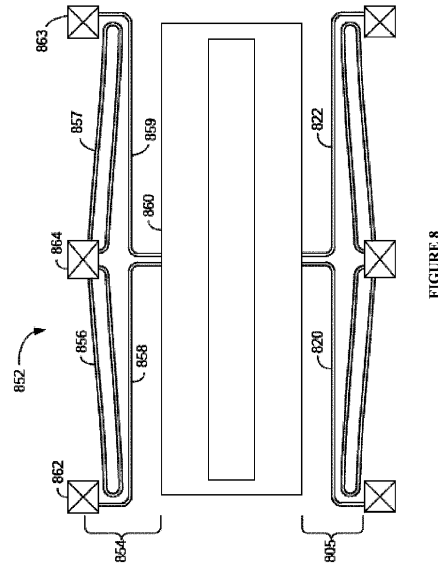


FIGURE 8

【図 9】

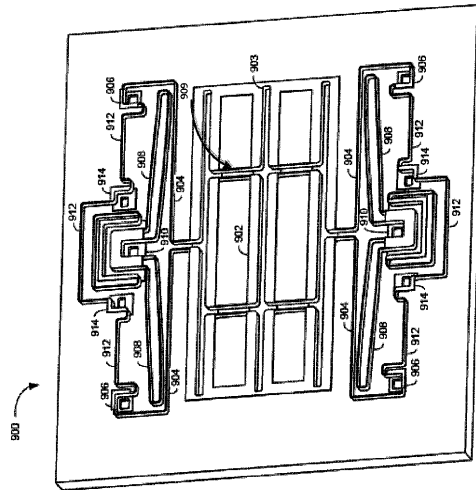


FIGURE 9

【図 10】

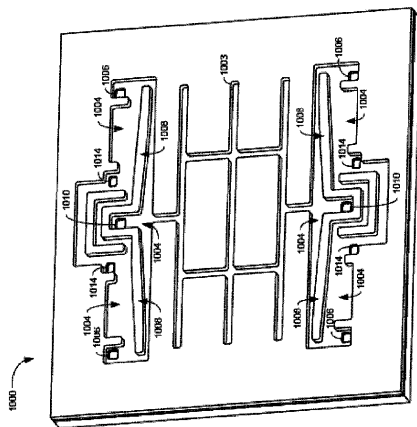


FIGURE 10

【図 11】

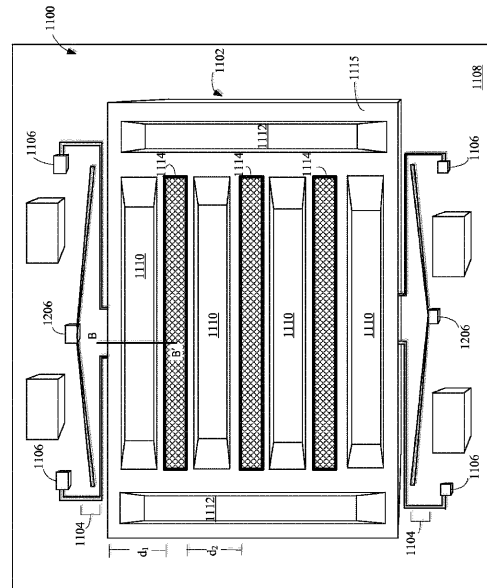


FIGURE 11

【図 1 2】

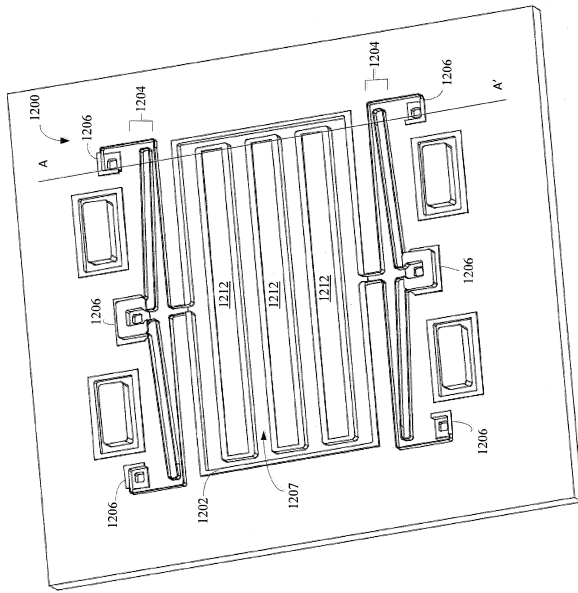


FIGURE 12

【図 1 3】

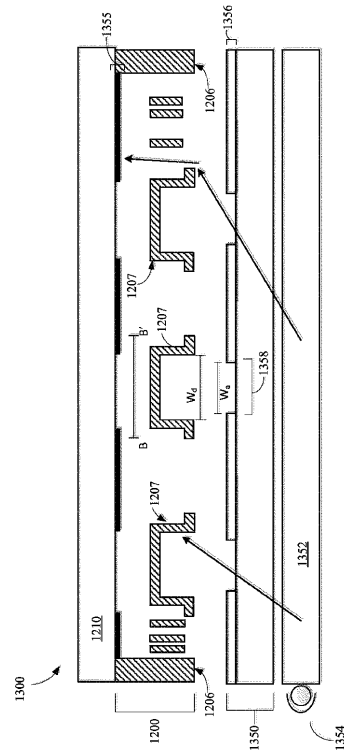


FIGURE 13

【図 1 4】

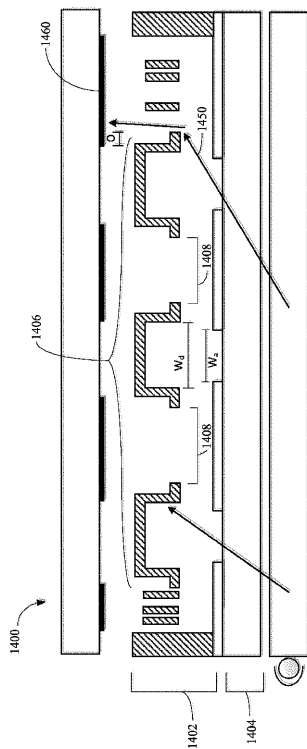


FIGURE 14

【図 1 5 A】



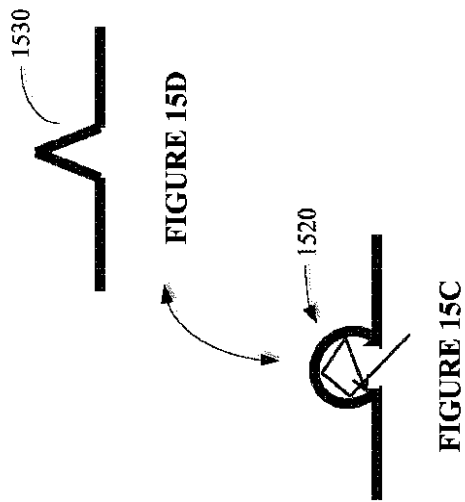
FIGURE 15A

【図 1 5 B】

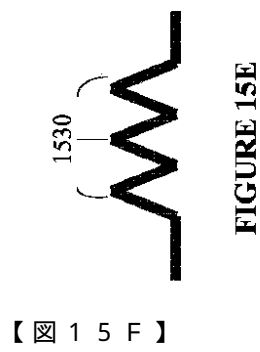


FIGURE 15B

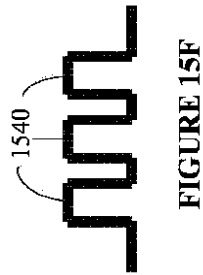
【 図 1 5 C - 1 5 D 】



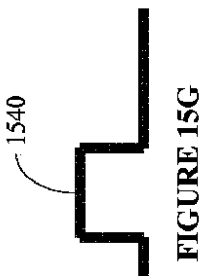
【 図 1 5 E 】



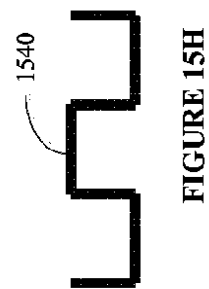
【 図 1 5 F 】



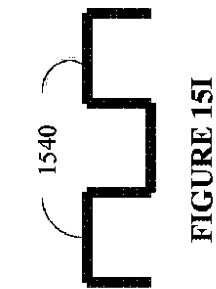
【 図 1 5 G 】



【 図 1 5 H 】



【 図 1 5 I 】



【図 16 A】

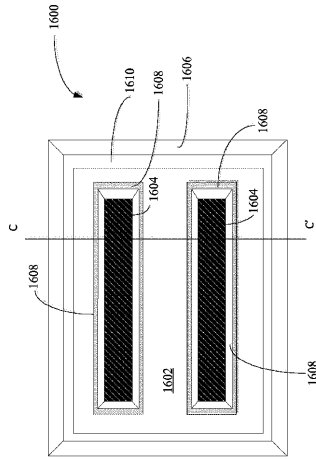


FIGURE 16A

【図 16 B】

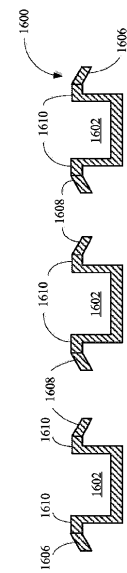


FIGURE 16B

【図 17】

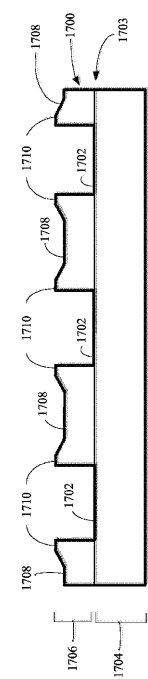


FIGURE 17

【図 18】

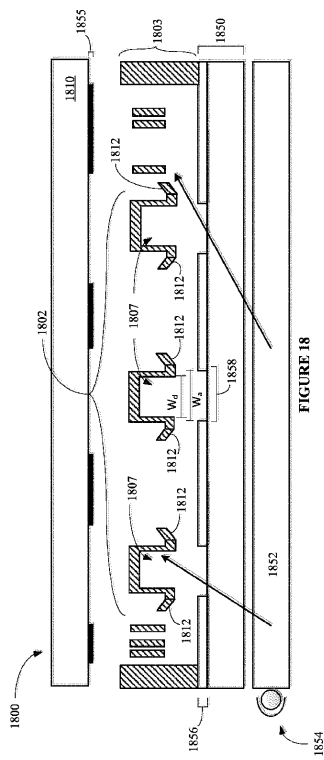


FIGURE 18

フロントページの続き

- (72)発明者 ジェンルー・シー
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・５７７
５
- (72)発明者 マーク・ビー・アンデション
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・５７７
５
- (72)発明者 ジャスパー・ローデウィク・ステーン
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・５７７
５
- (72)発明者 ティモシー・ジェイ・ブロスニハン
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・５７７
５

審査官 山本 貴一

- (56)参考文献 特開２０１２－２５２２０５（ＪＰ，Ａ）
特表２０１２－５０７０５０（ＪＰ，Ａ）
特表２００８－５３３５１０（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１０／０１１０５１８（ＵＳ，Ａ１）

- (58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ ２６／０２
Ｂ８１Ｂ ３／００
Ｇ０９Ｆ ９／００