

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6216032号  
(P6216032)

(45) 発行日 平成29年10月18日 (2017.10.18)

(24) 登録日 平成29年9月29日 (2017.9.29)

(51) Int. Cl.	F I
<b>G 0 2 B 26/02 (2006.01)</b>	G 0 2 B 26/02 B
<b>B 8 1 B 3/00 (2006.01)</b>	B 8 1 B 3/00
<b>B 8 1 C 1/00 (2006.01)</b>	B 8 1 C 1/00

請求項の数 11 (全 69 頁)

(21) 出願番号	特願2016-500670 (P2016-500670)	(73) 特許権者	500480274
(86) (22) 出願日	平成26年3月5日 (2014.3.5)		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2016-516215 (P2016-516215A)		アメリカ合衆国、カリフォルニア 921
(43) 公表日	平成28年6月2日 (2016.6.2)		21, サン ディエゴ, モアハウス
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/020796		ドライブ 5775
(87) 国際公開番号	W02014/164140	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開日	平成26年10月9日 (2014.10.9)		弁理士 村山 靖彦
審査請求日	平成29年2月13日 (2017.2.13)	(74) 代理人	100163522
(31) 優先権主張番号	13/800,459		弁理士 黒田 晋平
(32) 優先日	平成25年3月13日 (2013.3.13)	(72) 発明者	ティモシー・ジェイ・ブロスニハン
(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
早期審査対象出願			21-1714・サン・ディエゴ・モアハ
			ウス・ドライブ・5775・ピクストロニ
			クス・インコーポレイテッド内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高解像度ディスプレイのためのMEMSシャッターアセンブリ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板と、

前記基板の上で支えられる電気機械システム(EMS)ディスプレイ要素とを備える装置であって、前記EMSディスプレイ要素が、

第1のアンカに結合された第1のビーム電極と、

第2のアンカに結合された第2のビーム電極であって、

前記第1および前記第2のアンカが、前記基板の上で前記第1および前記第2のビーム電極を支え、それによって、前記第1および前記第2のビーム電極にわたる電圧の印加にตอบสนองして、前記第1および前記第2のビーム電極の少なくとも一方が、前記第1および前記第2のビーム電極の他方に向かって変形する、第2のビーム電極と

を含む静電アクチュエータと、

導電性側壁を備え、前記基板に実質的に平行な近位のレベルと前記基板に実質的に平行な遠位のレベルとを有するシャッターであって、前記遠位のレベルが、前記近位のレベルが前記基板から離隔されるより大きい距離だけ前記基板から離隔され、前記導電性側壁は、前記第2のビーム電極の大部分を含み、前記近位のレベルと前記遠位のレベルを接続し、前記近位のレベルと前記遠位のレベルは前記導電性側壁と接続し、前記導電性側壁から離れて延び、前記シャッターは外周端を含み、前記シャッターの前記導電性側壁は、前記静電アクチュエータの作動時に、前記シャッターの前記外周端が前記第1のビーム電極の上または下に進むように、前記基板への前記シャッターの前記外周端の投影内に配置され

10

20

る、  
装置。

【請求項 2】

前記第1のアンカと、前記第1のアンカに最も近い近位のレベルの端部との間の最短距離が、前記第1のアンカと、前記第1のアンカに最も近い遠位のレベルの端部との間の最短距離より小さく、前記第2のビーム電極が、前記遠位のレベルにおいて前記シャッターに接続する、請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

前記第1のアンカと、前記第1のアンカに最も近い前記近位のレベルの端部との間の最短距離が、前記第1のアンカと、前記第1のアンカに最も近い前記遠位のレベルの端部との間の最短距離より小さく、前記第2のビーム電極が、前記近位のシャッターレベルにおいて前記シャッターに接続する、請求項1に記載の装置。

10

【請求項 4】

第2の静電アクチュエータに結合され、前記シャッターの方向と反対方向に作動するように構成された第2のシャッターをさらに備え、前記シャッターおよび前記第2のシャッターが、ともに、前記基板上の光遮断層内に画定された共通の光通過領域を選択的に遮るように構成される、請求項1に記載の装置。

【請求項 5】

前記EMSディスプレイ要素を含むディスプレイと、  
前記ディスプレイと通信するように構成され、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さらに備える、請求項1に記載の装置。

20

【請求項 6】

前記シャッターおよび前記第2のシャッターの各々が、前記基板に実質的に平行な遠位および近位のレベルを含み、前記シャッターおよび前記第2のシャッターが光遮断状態にあるときに、前記シャッターおよび前記第2のシャッターの前記遠位のレベルが、前記シャッターおよび前記第2のシャッターの前記近位のレベルが互いに最も近い位置から横にオフセットした位置において互いに最も接近するように、前記シャッターおよび前記第2のシャッターが構成される、請求項4に記載の装置。

30

【請求項 7】

前記シャッターおよび前記第2のシャッターの部分が、電位差が前記シャッターと前記第2のシャッターとにわたって印加されると、前記シャッターおよび前記第2のシャッターが互いに引き寄せられて光遮断状態になるように、第3の静電アクチュエータの対向する電極として働くように構成される、請求項4に記載の装置。

【請求項 8】

前記シャッターと前記第2のシャッターとの間に配置され、前記シャッターおよび前記第2のシャッターに共通の静電力を加えるように構成された中央静電アクチュエータをさらに備える、請求項4に記載の装置。

【請求項 9】

前記ディスプレイに少なくとも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備え、

40

前記プロセッサが、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5に記載の装置。

【請求項 10】

前記プロセッサに前記画像データを送るよう構成された画像ソースモジュールをさらに備え、前記画像ソースモジュールが、受信機、トランシーバ、および送信機のうちの少なくとも1つを備える、請求項5に記載の装置。

【請求項 11】

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

50

カデバイスにさらに備える、請求項5に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願

本特許出願は、本願の譲受人に譲渡され、参照により本明細書に明確に組み込まれている、2013年3月13日に出願された「MEMS SHUTTER ASSEMBLIES FOR HIGH-RESOLUTION DISPLAYS」と題する米国実用新案出願第13/800,459号の優先権を主張する。

【0002】

本開示は、電気機械システム(EMS)に関する。特に、本開示は、EMSシャッター設計に関する。

10

【背景技術】

【0003】

光遮断シャッターを組み込むディスプレイ要素は、画像を形成するために光を変調することにおいて好結果を示すことが実証されている。しかしながら、そのようなシャッターを使用して利用可能になる解像度は、シャッターを移動させるアクチュエータが占める空間によって一部制限される。詳細には、いくつかの横方向に作動されるシャッターにおいて、シャッターを移動させるアクチュエータが、シャッターと、アクチュエータおよびシャッターを支えるアンカとの間に作製される。作動中、アクチュエータの全体が、シャッターとアンカとの間に留まる。

20

【0004】

共通の開口をとともに選択的に遮る2つの対向するシャッターで形成されたシャッター式ディスプレイ要素もまた、提案されている。しかしながら、そのようなシャッター構成は、2つのシャッターが閉状態において互いに接触する場合、シャッター間が吸着するリスクの増大をもたらす。その一方で、2つのシャッターが閉位置において接触しない場合、そのようなシャッター構成は、シャッター間を通過する光に起因して、コントラスト比の減少を生じることがある。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

30

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革新的態様を有し、それらの態様のうちのいずれの1つも、本明細書で開示されている望ましい属性に単独で関与することはない。

【0006】

本開示で説明する主題の1つの発明的態様は、基板と、基板の上で支えられる電気機械システム(EMS)ディスプレイ要素とを含む装置内に実装され得る。EMSディスプレイ要素は、静電アクチュエータとシャッターとを含む。静電アクチュエータは、第1のアンカに結合された第1のビーム電極と、作動ギャップを横切って第1のビーム電極と対向し、第2のアンカに結合された第2のビーム電極とを含む。第1および第2のアンカは、基板の上で第1および第2のビーム電極を支え、それによって、作動ギャップにわたる電圧の印加に応答して、第1および第2のビーム電極の少なくとも一方が、第1および第2のビーム電極の他方に向かって変形する。静電アクチュエータが作動すると、第2のアンカに最も近いシャッターの端部が、第1および第2のビーム電極の一方の少なくとも一部分の上または下に進むように、シャッターが、第2のビーム電極に接続される。

40

【0007】

いくつかの実装形態では、シャッターは、基板に実質的に平行な近位のレベルと、同じく基板に実質的に平行な遠位のレベルとを含む。遠位のレベルは、レベル表面が基板から離隔される距離より大きい距離だけ基板から離隔される。いくつかのそのような実装形態では、第1のアンカと、第1のアンカに最も近い近位のシャッターレベルの端部との間の距離は、第1のアンカと、第1のアンカに最も近い遠位のシャッターレベルの端部との間の距

50

離より小さく、第2のビーム電極は、遠位のシャッターレベルにおいてシャッターに接続する。いくつかの他のそのような実装形態では、第1のアンカと、第1のアンカに最も近い近位のシャッターレベルの端部との間の距離は、第1のアンカと、第1のアンカに最も近い遠位のシャッターレベルの端部との間の距離より小さく、第2のビーム電極は、近位のシャッターレベルにおいてシャッターに接続する。

【0008】

いくつかの実装形態では、第2のビーム電極は、近位と遠位とのシャッターレベルを接続するシャッターの側壁においてシャッターに接続する。いくつかの実装形態では、第2のビーム電極は、近位と遠位とのシャッターレベルを接続するシャッターの側壁に接続し、その側壁を含む。

10

【0009】

いくつかの実装形態では、装置は、第2の静電アクチュエータに結合された第2のシャッターを含む。第2のシャッターは、シャッターの方向と反対の方向に作動するように構成され得る。シャッターと第2のシャッターとはともに、基板上の光遮断層内に画定された共通の光通過領域を選択的に遮るように構成される。いくつかのそのような実装形態では、シャッターおよび第2のシャッターの各々は、基板に実質的に平行な上部および下部光遮断レベルを含む。第1および第2のシャッターはまた、第1および第2のシャッターが光遮断状態にあるときに、第1および第2のシャッターの上部光遮断層が、第1および第2のシャッターの下部光遮断レベルが互いに最も近い位置から横にオフセットした位置において互いに最も接近するように構成され得る。いくつかの他の実装形態では、シャッターおよび第2のシャッターの部分は、第3の静電アクチュエータの対向する電極として働くように構成される。電位差がシャッターおよび第2のシャッターにわたって印加されると、シャッターおよび第2のシャッターは、互いに引き寄せられて光遮断状態になる。いくつかの実装形態では、装置はまた、シャッターと第2のシャッターとの間に配置され、シャッターおよび第2のシャッターに共通の静電力を加えるように構成された中央静電アクチュエータを含み得る。

20

【0010】

いくつかの実装形態では、装置は、EMSディスプレイ要素、プロセッサ、およびメモリデバイスを含むディスプレイを含む。プロセッサは、ディスプレイと通信し、画像データを処理するように構成される。メモリデバイスは、プロセッサと通信するように構成される。いくつかの実装形態では、装置は、ディスプレイに少なくとも1つの信号を送るように構成されたドライバ回路を含む。いくつかのそのような実装形態では、プロセッサは、ドライバ回路に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。いくつかの他のアプリケーションでは、装置は、プロセッサに画像データを送るように構成された画像ソースモジュールを含み、画像ソースモジュールは、受信機、トランシーバ、および送信機のうちの少なくとも1つを含む。いくつかの他の実装形態では、この装置はまた、入力データを受信し、入力データを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含む。

30

【0011】

本開示で説明する主題の別の発明的態様は、ディスプレイ要素を製造する方法で実施され得る。方法は、ディスプレイ要素アンカおよび静電アクチュエータの作製のために形成された犠牲型を基板上に設けるステップと、犠牲型の上に構造材料の第1の層を堆積するステップとを含む。方法は、ディスプレイ要素アンカおよび静電アクチュエータを画定するために構造材料の層をパターニングするステップと、構造材料のパターニングされた第1の層の上に犠牲材料の追加の層を堆積するステップとをさらに含む。加えて、方法は、犠牲材料のパターニングされた追加の層の上に構造材料の第2の層を堆積するステップと、静電アクチュエータに最も近いディスプレイ要素シャッターの部分の端部が、基板から最も遠い静電アクチュエータの端部よりも基板から遠く離隔されるようにディスプレイ要素シャッターの一部分を画定するように、構造材料の第2の層をパターニングするステップとを含む。いくつかの実装形態では、方法はまた、犠牲型および犠牲材料の追加の層が

40

50

ら、ディスプレイ要素アンカ、静電アクチュエータ、およびシャッターを開放するステップを含む。

【0012】

いくつかの実装形態では、犠牲材料の追加の層をパターニングするステップは、側壁および底を有する凹部を犠牲材料の追加の層内に形成するステップを含む。構造材料の第2の層をパターニングするステップは、凹部の側壁および底の上に堆積された構造材料の第2の層からの構造材料を含むようにディスプレイ要素シャッターを画定するステップを含み得る。

【0013】

いくつかの他の実装形態では、構造材料の第2の層をパターニングするステップは、凹部に隣接する犠牲材料の追加の層の上部の上に堆積された構造材料の第2の層からの材料を含むようにディスプレイ要素シャッターを画定するステップを含む。いくつかの他の実装形態では、犠牲材料の追加の層をパターニングするステップは、側壁および上面を有するメサを犠牲材料の追加の層内に形成するステップを含む。いくつかのそのような実装形態では、構造材料の第2の層をパターニングするステップは、メサの側壁および上面の上に堆積された構造材料の第2の層からの構造材料を含むようにディスプレイ要素シャッターを画定するステップを含む。構造材料の第2の層をパターニングするステップは、メサに隣接して堆積された構造材料の第2の層からの材料を含むようにディスプレイ要素シャッターを画定するステップを含み得る。

【0014】

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、液晶ディスプレイ(LCD)、有機発光ダイオード(OLED)ディスプレイ、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、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】

【0015】

【図1A】例示的な直視MEMS方式ディスプレイ装置の概略図である。

【図1B】例示的なホストデバイスのブロック図である。

【図2】例示的なシャッター式光変調器の透視図である。

【図3A】例示的な制御マトリクス of 概略図である。

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

【図4A】例示的な二重アクチュエータシャッターアセンブリの図である。

【図4B】例示的な二重アクチュエータシャッターアセンブリの図である。

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

【図6A】例示的な複合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】例示的な複合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】例示的な複合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】例示的な複合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】例示的な複合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 7 D】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 A】例示的なシャッターアセンブリの図である。

【図 8 B】例示的なシャッターアセンブリの図である。

【図 8 C】例示的なシャッターアセンブリの図である。

【図 8 D】例示的なシャッターアセンブリの図である。

【図 9 A】図 8A ~ 図 8D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 9 B】図 8A ~ 図 8D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 9 C】図 8A ~ 図 8D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 9 D】図 8A ~ 図 8D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 9 E】図 8A ~ 図 8D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 9 F】図 8A ~ 図 8D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 9 G】図 8A ~ 図 8D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 9 H】図 8A ~ 図 8D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 9 I】図 8A ~ 図 8D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 9 J】図 8A ~ 図 8D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 9 K】図 8A ~ 図 8D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 9 L】図 8A ~ 図 8D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 10 A】別の例示的なシャッターアセンブリの図である。

【図 10 B】別の例示的なシャッターアセンブリの図である。

【図 10 C】別の例示的なシャッターアセンブリの図である。

【図 10 D】別の例示的なシャッターアセンブリの図である。

【図 11 A】図 10A ~ 図 10D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 11 B】図 10A ~ 図 10D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 11 C】図 10A ~ 図 10D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 11 D】図 10A ~ 図 10D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 11 E】図 10A ~ 図 10D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 11 F】図 10A ~ 図 10D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 11 G】図 10A ~ 図 10D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 11 H】図 10A ~ 図 10D に示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

10

20

30

40

50

【図 1 1 I】図10A～図10Dに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 1 J】図10A～図10Dに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 1 K】図10A～図10Dに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 2 A】別の例示的なシャッターアセンブリの図である。

【図 1 2 B】別の例示的なシャッターアセンブリの図である。

【図 1 2 C】別の例示的なシャッターアセンブリの図である。

【図 1 3 A】図12A～図12Cに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

10

【図 1 3 B】図12A～図12Cに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 3 C】図12A～図12Cに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 3 D】図12A～図12Cに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 3 E】図12A～図12Cに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 3 F】図12A～図12Cに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

20

【図 1 4 A】別の例示的なシャッターアセンブリの断面図である。

【図 1 4 B】図14Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 4 C】図14Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 4 D】図14Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 4 E】図14Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 4 F】図14Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 4 G】図14Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 4 H】図14Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 4 I】図14Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

30

【図 1 4 J】図14Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 5 A】別の例示的なシャッターアセンブリの開放直前の断面図である。

【図 1 5 B】別の例示的なシャッターアセンブリの開放直後の断面図である。

【図 1 6 A】例示的なシャッターアセンブリの断面図である。

【図 1 6 B】図16Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 6 C】図16Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 6 D】図16Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 6 E】図16Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 6 F】図16Aに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図である。

【図 1 7 A】別の例示的なシャッターアセンブリを含む例示的なディスプレイ装置の断面図である。

40

【図 1 7 B】別の例示的なシャッターアセンブリを含む例示的なディスプレイ装置の断面図である。

【図 1 8 A】図17Aおよび図17Bに示すシャッターアセンブリを作製する例示的な段階の断面図を示す。

【図 1 8 B】図17Aおよび図17Bに示すシャッターアセンブリを作製する例示的な段階の断面図を示す。

【図 1 8 C】図17Aおよび図17Bに示すシャッターアセンブリを作製する例示的な段階の断面図を示す。

【図 1 8 D】図17Aおよび図17Bに示すシャッターアセンブリを作製する例示的な段階の断

50

面図を示す。

【図18E】図17Aおよび図17Bに示すシャッターアセンブリを作製する例示的な段階の断面図を示す。

【図18F】図17Aおよび図17Bに示すシャッターアセンブリを作製する例示的な段階の断面図を示す。

【図18G】図17Aおよび図17Bに示すシャッターアセンブリを作製する例示的な段階の断面図を示す。

【図18H】図17Aおよび図17Bに示すシャッターアセンブリを作製する例示的な段階の断面図を示す。

【図18I】図17Aおよび図17Bに示すシャッターアセンブリを作製する例示的な段階の断面図を示す。

10

【図19】表示素子のセットを含む例示的なディスプレイデバイスのシステムブロック図である。

【図20】表示素子のセットを含む例示的なディスプレイデバイスのシステムブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

様々な図面中の同様の参照番号および名称は、同様の要素を示す。

【0017】

以下の説明は、本開示の発明的態様を説明するためのいくつかの実装形態を対象とする。しかしながら、本明細書の教示は、多数の様々な方法で適用され得ることを、当業者は容易に認識するであろう。説明する実装形態は、動いている(ビデオなど)か静止している(静止画像)かにかかわらず、またテキストか、グラフィックか、図にかかわらず、画像を表示するように構成され得る任意のデバイス、装置またはシステム内に実装され得る。より詳細には、説明する実装形態は、限定はしないが、携帯電話、マルチメディアインターネット対応携帯電話、モバイルテレビジョン受信機、ワイヤレスデバイス、スマートフォン、Bluetooth(登録商標)デバイス、パーソナルデータアシスタント(PDA)、ワイヤレス電子メール受信機、ハンドヘルドまたはポータブルコンピュータ、ネットブック、ノートブック、スマートブック、タブレット、プリンタ、コピー機、スキャナ、ファクシミリデバイス、全地球測位システム(GPS)受信機/ナビゲータ、カメラ、デジタルメディアプレーヤ(MP3プレーヤなど)、カムコーダ、ゲームコンソール、腕時計、時計、計算機、テレビジョンモニタ、フラットパネルディスプレイ、電子読み取りデバイス(電子書籍など)、コンピュータモニタ、自動車ディスプレイ(走行距離計および速度計のディスプレイなどを含む)、コックピット制御機器および/またはディスプレイ、カメラビューディスプレイ(車両内のリアビューカメラのディスプレイなど)、電子写真、電子掲示板または看板、プロジェクタ、建築構造物、電子レンジ、冷蔵庫、ステレオシステム、カセットレコーダまたはプレーヤ、DVDプレーヤ、CDプレーヤ、VCR、ラジオ、ポータブルメモリチップ、洗濯機、乾燥機、洗濯/乾燥機、パーキングメータ、(マイクロ電気機械システム(MEMS)用途を含む電気機械システム(EMS)用途ならびに非EMS用途などにおけるような)パッケージ化、美的構造(aesthetic structure)(一片の宝石または衣服の上への画像の表示など)、および多様なEMSデバイスなど、多様な電子デバイスに含まれ得るかまたは関連付けられ得ることが考えられる。本明細書の教示はまた、限定はしないが、電子スイッチデバイス、無線周波数フィルタ、センサ、加速度計、ジャイロスコープ、動作検知デバイス、磁力計、家庭用電子機器のための慣性コンポーネント(inertial component)、家庭用電子機器製品のパーツ、バラクタ、液晶デバイス、電気泳動デバイス、ドライブ方式(drive scheme)、製造プロセス、および電子試験機器など、非ディスプレイ用途において使用され得る。したがって、教示は、図に示される実装形態だけに限定されることを意図されているのではなく、当業者に容易に明らかとなる広い利用可能性を有することを意図されている。

20

30

40

【0018】

静電アクチュエータを含むシャッター式ディスプレイ要素は、それらが、シャッターに

50



接続するアクチュエータの部分がシャッターの上または下でより少ない空間を使用するように形成されるならば、より少ない空間を使用して作製され得る。そのような構成によって、作動中、アクチュエータは、アクチュエータの少なくとも一部の上または下でシャッターの部分を移動させることができる。その結果、シャッターおよびアクチュエータを構築するために必要な全面積は低減され得る。

【0019】

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。特に、シャッターの位置を制御するアクチュエータの部分の上または下に進み得るシャッターを形成することで、よりコンパクトなシャッターアセンブリが可能になる。これにより、ひいては、より多数のインチ当たり画素(PPI)およびより良好な画像解像度を有するディスプレイの形成が可能になる。

10

【0020】

いくつかの実装形態では、シャッターの一部が、駆動電極に直接対向する静電アクチュエータの部分として働くように、シャッターが作製され得る。そのような構成は、シャッターと駆動電極との間に配置される個別のロード電極の必要性をなくす。これは、同じく、シャッターアセンブリを形成するのに必要な空間を低減し、より高いPPIを可能にする。

【0021】

図1Aは、例示的な直視型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。

20

【0022】

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中のルミナンス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。

30

【0023】

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。

40

【0024】

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

50

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。

#### 【0025】

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きによって画定される。

10

#### 【0026】

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つの書込み許可相互接続110(「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112と、すべての画素に、または少なくとも、ディスプレイ装置100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114とを含む、一連の電気相互接続(たとえば、相互接続110、112および114)を含む。適切な電圧(「書込み許可電圧、VWE」)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110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112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112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102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108の静電駆動移動が生じる。

20

#### 【0027】

図1Bは、例示的なホストデバイス120(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、ネットブック、ノートブックなど)のブロック図を示している。ホストデバイス120は、ディスプレイ装置128、ホストプロセッサ122、環境センサ124、ユーザ入力モジュール126、および電源を含む。

30

#### 【0028】

ディスプレイ装置128は、複数のスキャンドライバ130(「書込み許可電圧源」とも呼ばれる)、複数のデータドライバ132(「データ電圧源」とも呼ばれる)、コントローラ134、共通ドライバ138、ランプ140~146、ランプドライバ148、および、図1Aに示す光変調器102などの表示素子のアレイ150を含む。スキャンドライバ130は、スキャンライン相互接続110に書込み許可電圧を印加する。データドライバ132は、データ相互接続112にデータ電圧を印加する。

#### 【0029】

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132は、特に画像104のルミナンスレベルがアナログ方式で導出されるべきである場合、表示素子のアレイ150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102は、ある範囲の中間電圧がデータ相互接続112を通して印加されると、シャッター108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104におけるルミナンス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132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112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108の各々に対して、開状態、閉状態、または他の不連続状態(discrete state)をセットするように設計される。

40

#### 【0030】

50

スキャンドライバ130およびデータドライバ132は、デジタルコントローラ回路134(「コントローラ134」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132に送る。データドライバ132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。

#### 【0031】

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138を含む。いくつかの実装形態において、共通ドライバ138は、たとえば、一連の共通相互接続114に電圧を供給することによって、表示素子のアレイ150内のすべての表示素子に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138は、コントローラ134からのコマンドに従って、表示素子のアレイ150に対し電圧パルスまたは信号、たとえば、アレイ150の複数の行および列中のすべての表示素子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。

#### 【0032】

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130、データドライバ132、および共通ドライバ138)はすべて、コントローラ134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148と、表示素子のアレイ150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132からの電圧の出力と、表示素子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140、142、144、および146)の照明を調整する。いくつかの実装形態では、ランプは発光ダイオード(LED)である。

#### 【0033】

コントローラ134は、シャッター108の各々が、新規画像104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104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104またはビデオフレームは、10~300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150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140、142、144、および146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、20Hz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100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。

#### 【0034】

ディスプレイ装置100が、開状態と閉状態との間のシャッター108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134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100は、画素ごとに複数のシャッター108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。

#### 【0035】

いくつかの実装形態において、画像状態104についてのデータは、コントローラ134によって、表示素子アレイ150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130は、アレイ150のその行について、書込み許可相互接続110に書込み許可電圧を印加し、続いて、データドライバ132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150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150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

10

20

30

40

50

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104の特定の一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150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150にロードされる。

#### 【0036】

いくつかの実装形態において、アレイ150に画像データをロードするためのプロセスは、アレイ150中の表示素子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、表示素子アレイ150は、アレイ150中の各表示素子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108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138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。

10

#### 【0037】

代替実装形態では、表示素子のアレイ150と、表示素子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、表示素子は、六角形アレイまたは曲線をなす行お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、任意の複数の表示素子を指すものである。

#### 【0038】

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122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122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。

20

#### 【0039】

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126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」、「生のアクション」、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148にデータを提供するように指示する。

30

#### 【0040】

環境センサモジュール124も、ホストデバイス120の一部として含まれ得る。環境センサモジュール124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124は、コントローラ134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。

40

#### 【0041】

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200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

50

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。

【0042】

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203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ンドに電気接続する。

10

【0043】

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。基板がガラスやプラスチックのような透明なものである場合、基板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。

【0044】

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の固定端との近くのロードビーム206に最接近するように湾曲される。

20

【0045】

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。

30

【0046】

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。

【0047】

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、適切なルミナンス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、ディスプレイのルミナンスレベルおよび/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。

40

【0048】

図3Aは、例示的な制御マトリクス300の概略図を示している。制御マトリクス300は、図1A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3Bは、図3Aの制御マトリクス300に接続された例示的な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

50

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を含み得る。各画素は、開口324を含む開口層322も含み得る。

【0049】

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

10

【0050】

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とを含む。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。

20

【0051】

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Vwe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Vwe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Vd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Vat(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Vat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Vwe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Vwe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。

30

40

【0052】

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320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。

50

## 【0053】

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。

## 【0054】

シャッターアセンブリ302はまた、アクチュエータ303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で)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200内のスプリング207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。

## 【0055】

光変調器アレイ320は、画素ごとに単一のMEMS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MEMS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進「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MEMS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324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。

## 【0056】

図4Aおよび図4Bは、例示的な二重アクチュエータシャッターアセンブリ400の図を示している。図4Aに示す二重アクチュエータシャッターアセンブリ400は、開状態にある。図4B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400を示している。シャッターアセンブリ200とは対照的に、シャッターアセンブリ400は、シャッター406の両側にアクチュエータ402および404を含む。各アクチュエータ402および404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402は、シャッター406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404は、シャッター406を閉じるのを担当する。アクチュエータ402および404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402および404は、シャッターがその上方で懸架されている開口層407に対して実質的に平行な平面にあるシャッター406を駆動することによって、シャッター406を開閉する。シャッター406は、アクチュエータ402および404に取り付けられたアンカ408によって、開口層407の少し上方で懸架される。シャッター406の移動軸に沿って、シャッター406の両端に取り付けられたサポートの含有により、シャッター406の面外運動が低減され、基板に対して実質的に平行な平面への運動が制限される。図3Aの制御マトリクス300との類似性によって、シャッターアセンブリ400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402およびシャッター閉アクチュエータ404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。

## 【0057】

シャッター406は、光が通り得る2つのシャッター開口412を含む。開口層407は、3つの開口409からなるセットを含む。図4Aにおいて、シャッターアセンブリ400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402は作動しており、シャッター閉アクチュエータ404はその弛緩位置にあり、シャッター開口412の中心線が開口層の開口409のうちの2つの中心線と一致する。図4Bにおいてシャッターアセンブリ400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402はその弛緩位置にあり、シャッター閉アクチュエータ404は作動しており、シャッター406の遮光部分は今では、開口409(点線と

10

20

30

40

50

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。

【0058】

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409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407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、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。

【0059】

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。

【0060】

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。そのような対向力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。

【0061】

図5は、シャッター式光変調器(シャッターアセンブリ)502を組み込む例示的なディスプレイ装置500の断面図を示している。各シャッターアセンブリ502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、表面の少し上でシャッター503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、プラスチックまたはガラスで作られた基板などの、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層、反射膜506が、シャッターアセンブリ502のシャッター503の閉位置の下に置かれた複数の表面開口508を画定する。反射膜506は、表面開口508を通らない光を、ディスプレイ装置500の後ろに向かって逆反射する。反射開口層506は、スパッタリング、蒸着、イオンめっき、レーザアブレーション、または化学気相堆積(CVD)を含むいくつか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。いくつかの他の実装形態では、後ろ向き反射層506は、誘電鏡などの鏡から形成され得る。誘電鏡は、高および低屈折指数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膜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。

【0062】

ディスプレイ装置500は、基板504を平面光ガイド516から分離する随意的ディフューザ512および/または随意的輝度増強膜514を含む。光ガイド516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)でよい。反射体519は、ランプ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、バックライトからの光線521などの光線は、バックライトに戻され、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

10

20

30

40

50



ディスプレイ装置500を離れることができない光は、リサイクルし、シャッターアセンブリアレイ502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。

【0063】

光ガイド516は、ランプ518から開口508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517を含む。光リダイレクタ517は、交替で断面が三角形、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516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517の密度は概して、ランプ518からの距離とともに増大する。

【0064】

いくつかの実装形態では、開口層506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503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506は、光ガイド516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506は、(後で説明するMEMSダウン構成の場合のように)シャッター503およびアンカ505と同じ基板上に配設される必要はない。

【0065】

いくつかの実装形態では、光源518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502を使って形成される。別の実装形態では、光源518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518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518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有し得る。いくつかの他の実装形態では、追加のランプが光源518に含まれ得る。たとえば、5つの色を使用する場合、光源518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518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518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。

【0066】

カバープレート522は、ディスプレイ装置500の前面を形成する。カバープレート522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524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502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522は、シャッターアセンブリ502から所定の距離だけ離れて支えられ、ギャップ526を形成する。ギャップ526は、機械的サポートもしくはスペーサ527によって、かつ/またはカバープレート522を基板504に付着させる粘着シール528によって維持される。

【0067】

粘着シール528は、流体530を封じ込める。流体530は、好ましくは約10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/cmを上回る誘電破壊強度で工作される。流体530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530は、高い表面湿潤性をもつ疎水性液体である。代替実装形態では、流体530は、基板504の屈折指数よりも大きい、または小さい屈折指数をもつ。

【0068】

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530とも呼ばれる)流体にすべての部品を浸漬し、MEMS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530は通常、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

10

20

30

40

50

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、フッ素化シリコンオイル、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、酢酸ブチルおよび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、ペル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(2-trifluoromethyl-3-ethoxydodecafluorohexane)が含まれる。

#### 【0069】

板金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516に戻すのを助ける。シャッターアセンブリ502およびランプ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。

#### 【0071】

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方式光変調器を収容する基板は、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、光ガイド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。

#### 【0072】

図6A～図6Eは、例示的な複合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、完成された複合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

10

20

30

40

50

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。複合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605または609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)、ニオブウム(Nb)、ネオジウム(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( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、酸化ケイ素( $\text{SiO}_2$ )、五酸化タンタル( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ )、もしくは窒化ケイ素( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、または半導体材料、たとえばダイヤモンドドライカーボン、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( $\text{CdTe}$ )もしくはそれらの合金がある。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(carry charge on to and off of)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、ダイヤモンドドライカーボン、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複合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。

#### 【0073】

いくつかの実装形態では、シャッターアセンブリ600の外側が導体層から形成される一方、シャッターアセンブリ600の内側が機械層から形成されるように、複合シャッターアセンブリ600の層の順序が逆にされ得る。

#### 【0074】

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601、アンカ604、およびビーム602のすべての露出した下面、上面、および側面が均一にコーティングされるように、誘電体のコーティングが共形に適用され得る。そのような薄膜は、熱酸化によって、かつ/または $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、酸化クロム(III)( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )、酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )、酸化ハフニウム( $\text{HfO}_2$ )、酸化バナジウム( $\text{V}_2\text{O}_5$ )、酸化ニオブ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ )、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{SiO}_2$ もしくは $\text{Si}_3\text{N}_4$ などの絶縁体の共形のCVD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発が使用され得る。

#### 【0075】

図6B~図6Eは、図6A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。

#### 【0076】

図6Bは、シャッターアセンブリ600を形成する例示的なプロセスの最初の段階の結果の断面図を示す。図6Bに示されるように、犠牲層613が堆積されパターンニングされる。いくつかの実装形態では、ポリイミドが犠牲層材料として使用される。他の犠牲層材料の候補には、限定はされないが、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サリン、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

10

20

30

40

50

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613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 $\text{SiO}_2$ 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、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 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 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 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( $\text{XeF}_2$ )に対して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。さらに別の代替犠牲層材料としてAlがあり、これは、濃縮苛性ソーダ( $\text{NaOH}$ )溶液など、強力な基礎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。

10

#### 【0077】

次に犠牲層613は、アンカ領域604に穴またはビアを露出させるようにパターンニングされる。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出する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613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ンニングされ得る。犠牲層613は、代替的に、 $\text{SiO}_2$ 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613をコーティングすることによってパターンニングされ得る。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移される。ハードマスクに現れるパターンは、深くて狭いアンカ穴を犠牲層613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耐性があり得る。

20

#### 【0078】

アンカ領域604が犠牲層613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614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、下にある導電面614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613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。

30

#### 【0079】

次に、図6Cに示すように、シャッターアセンブリ600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600は、複数の薄膜、すなわち第1の機械層605、導体層607および第2の機械層609から構成される。いくつかの実装形態では、第1の機械層605はアモルファスシリコン(a-Si)層であり、導体層607はAlであり、第2の機械層609はa-Siである。第1の機械層605、導体層607および第2の機械層609は、犠牲層613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 °C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、導体層607および第2の機械層609は、約400 °Cを下回る温度で堆積され、ポリイミドを犠牲層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 ~ 約350 °Cの範囲の温度でシランガスからプラズマ強化化学気相成長法(PECVD)によって、応力が比較的少ない状態において、約0.15 ~ 約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オーム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( $\text{PH}_3$ )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 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、シリコンリッチな

40

50

Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>もしくはSiO<sub>2</sub>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、堆積が非常に共形になり得る、すなわち、様々な傾斜面または狭いピアホールの内面をコーティングし得る。犠牲層材料に切り込まれたアンカまたはピアホールがほぼ垂直な側壁を提示したとしても、PECVD技法は、アンカの下水平面と上水平面との間に実質的に連続したコーティングを実現することができる。

【0080】

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CVD、蒸発、電気めっきまたは無電解めっきが含まれる。

10

【0081】

導体層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、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、約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、またはより共形に、CVD、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。

【0082】

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、導体層607、および第2の機械層609がフォトリソ加工され、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、フォトリソ加工材料が施され、次いでフォトリソ加工を通して露出され、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、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、およびSiO<sub>2</sub>が、フッ素ベースのプラズマ化学でエッチングされ得る。SiO<sub>2</sub>機械層はまた、HF湿式化学を使用してエッチングでき、導体層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。

20

【0083】

フォトリソ加工を通し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場合がある。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。各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、ビーム寸法比は約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。

30

【0084】

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酸素プラズマにおいて除去される。犠牲層613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<sub>2</sub>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。

40

【0085】

図6A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611がシャッターアセンブリ600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601およびビーム602のすべての下面、上面および側面がCVD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611は共形に施されてよい。いくつかの他の実装形態では、シャッター601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<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が封入誘電体611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。

50

## 【 0 0 8 6 】

最後に、反スティクションコーティングがシャッター601およびビーム602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粘性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、過フッ化炭化水素クロロシラン、たとえばメトキシ末端シラン(methoxy-terminated silane)、ペルフルオロ化、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種(carboxylic acid based monomers and species)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CVD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。反スティクションコーティングは、絶縁表面のフッ素化、シラン化、シロキサン化(siloxidation)、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。

10

## 【 0 0 8 7 】

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ある。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の準拠性が高ま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。

20

## 【 0 0 8 8 】

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(scale with)。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、狭い特徴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ニングが達成され得るエリアは限られている。ガラスまたは他の透明基板の大型パネルでの経済的フォトリソグラフィでは、パターニング解像度または最小特徴サイズは通常、数ミクロンに限定される。

30

## 【 0 0 8 9 】

図7A~図7D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700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718および720ならびにコンプライアントスプリングビーム716(「側壁ビーム716、718および720」と総称される)をもたらし、側壁ビーム716、718および720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7A~図7Dに示すプロセスでは、シャッターアセンブリ700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。

40

## 【 0 0 9 0 】

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701において画定されるパターンは、開きまたはビア702を作り、最終的には開きまたはビア702の中に、シャッターアセンブリ700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、類似の材料および技法を使用する。

## 【 0 0 9 1 】

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

50

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の犠牲材料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の犠牲材料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。第1の犠牲材料701および第2の犠牲材料705として使用するための材料が、図6A～図6Eの犠牲層613に関して上で説明されている。

#### 【0092】

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、犠牲型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、導体層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0.10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物であり得る)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リソマスクが堆積される。次いでフォトリソはパターニングされる。フォトリソ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。

#### 【0093】

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726に対して、または基板726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726(電界が基板726の表面に対して直角である)により、基板726に対してほぼ直角な角度で基板726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726の平面に垂直である方向において、基板726に対して平行な方向と比較して格段に速くなる。フォトリソ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取り除かれる。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の垂直な側壁709に沿って、シャッター材料は異方性エッチングからもかなり保護される。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703の他の(フォトリソ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実質的に完全に除去されている。

#### 【0094】

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は、基板726の電気バイアスまたは基板726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得る。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( $\text{CHF}_3$ )、ペルフルオロブテン( $\text{C}_4\text{F}_8$ )、またはクロロホルム( $\text{CHCl}_3$ )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726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垂直な側壁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。

#### 【0095】

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および第1の犠牲材料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の垂直な側壁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の1つをシャッター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714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じくらいである。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動作中に作成された型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約2ミクロン未満になるように選択される限り、図7A～図7Dに示すプロセスは、とても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は2ミクロンまたは5ミクロン以上となる。

【0096】

図7Dは、上述のプロセスにおける解放動作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の犠牲材料705の厚さが、たとえば、シャッター材料の厚さの約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、約4:1よりも大きくなる。

【0097】

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実質的に同じであるので、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726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724におけるビーム718および720の分離は、フォトレジスト分配およびマスクを通じた露出の第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724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。

【0098】

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716、718および720の外面の周りに堆積される。

【0099】

型703の垂直な側壁709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716、718および720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7Bにおいて、側壁709は、できるだけ垂直に作られ得る。垂直な側壁709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709は、異方性方式による第2の犠牲材料705のパターニングなどの図7Bにおけるパターニング動作によって作られ得る。第2の



犠牲層705のパター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軽減しながら、第2の犠牲材料705の異方性エッチングにおいてアグレッシブなプラズマおよび/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709はまた、UV露出中に焦点深度を制御するように注意され、抵抗の最終硬化(cure)中に過度の収縮が回避される限り、フォトリソ可能な犠牲材料において作られ得る。

#### 【0100】

側壁ビーム処理中に役立つ別のプロセスガイドラインは、シャッター材料の堆積の共形性に関係する。型703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得る。そのような共形性は、CVDにより堆積するときに達成され得る。具体的には、次の共形技法が用いられ得る。PECVD、低压化学気相堆積(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共形に堆積され得る。

#### 【0101】

図7Dのシャッターアセンブリ700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出する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。

#### 【0102】

図8A～図8Dは、例示的なシャッターアセンブリ800を示す。図8Aは、シャッターアセンブリ800の上面図を示す。図8Bは、シャッターアセンブリ800の底面図を示す。図8Cおよび図8Dは、シャッターアセンブリ800の断面図を示す。詳細には、図8Cは、図8Aおよび図8Bに示す線8A-8A'に沿った断面図を示し、図8Dは、同じく図8Aおよび図8Bに示す線8B-8B'に沿った断面図を示す。

#### 【0103】

図8A～図8Dを参照すると、シャッターアセンブリは、基板804の上に懸架されたシャッター802を含む。シャッター802は、基板804から離れて延びる、アンカ808に結合されたロードビーム806のペアによって支えられる。ループした駆動ビーム810のペアは、ロードビーム806のペアに隣接して配置される。ロードビーム806および駆動ビーム810は合わさって、静電アクチュエータの対向する電極を形成する。

#### 【0104】

シャッター802は、基板804に実質的に平行な近位のレベル812および遠位のレベル814の2つのレベルを含む。近位のレベル812は、遠位のレベル814より基板804に近い。加えて、遠位のレベル814は、近位のレベル812の任意の端部よりアンカ808に近い端部815を有する。近位のレベル812は、側壁816のセットによって遠位のレベル814に接続される。近位のレベル812と組み合わせられた側壁816のセットは、遠位のレベル814から下に延びる実質的に方形の突出部を形成する。

#### 【0105】

基板804は、光遮断層818を含む。開口820は、光遮断層818を通して画定される。シャッターアセンブリ800は、シャッター802を開口820の上の位置の中にまたは外に選択的に移動させるようにアクチュエータを制御することによって、開口820を通過する光または開口820に向けられる光を変調する。

#### 【0106】

ロードビーム806は、シャッター802の近位のレベル812に接続する。いくつかの実装形

10

20

30

40

50

態では、図8Dに示すように、ロードビーム806は、基板804に最も近い近位のレベル812の側に接続する。そのようにして、アクチュエータが作動状態にあるとき、図8A～図8Dの各々において示すように、シャッター802の遠位のレベル814の端部は、ロードビーム806の部分および駆動ビーム810の部分の上に進むことができる。ロードビーム806の部分の上に進むことができる結果として、アクチュエータに割り振る必要のある空間がより小さくなり、より小さいシャッターアセンブリと、増大したシャッターアセンブリ密度と、それゆえより高いディスプレイ解像度とが可能になる。

#### 【0107】

シャッターアセンブリ800は、唯一のアクチュエータを含むが、いくつかの他の実装形態では、同様のシャッターアセンブリが2つのアクチュエータを含み得、一方が他方に対して向する。いくつかの他の実装形態では、図4Aおよび図4Bに示すシャッター406と同様に、シャッターアセンブリ800は、下にある光遮断層内に形成された2つ以上の開口を通過する光を選択的に遮るために、シャッターの表面を通して形成された1つまたは複数のシャッター開口を含むシャッターを含み得る。

#### 【0108】

図9A～図9Lは、図8A～図8Dに示すシャッターアセンブリの作製の例示的な段階の断面図を示す。図9A～図9Lに示す断面は、図8Aおよび図8Bに示す線8A-8A'に沿って取られている。

#### 【0109】

図9Aは、いくつかの初期の作製段階が完了した後のシャッターアセンブリ800の構築の状態の断面図を示す。図9Aは、基板の上に堆積された光遮断層818を有する、光遮断層818がパターニングされる前の透明基板804を示す。光遮断層818は、シャッターアセンブリが、MEMSアップ構成を有するディスプレイのために作成されているか、またはMEMSダウン構成を有するディスプレイのために作成されているかに依存することを含めて、1つまたは複数の材料層から形成されるかまたはその材料層を含み得る。MEMSアップ構成を有するディスプレイに対して、光遮断層は、光をディスプレイの後ろに向けて反射するための光反射材料の層と、光遮断層818の前向き表面上に衝突する光に対する光吸収層とを含む。MEMSダウン構成を有するディスプレイに対して、光遮断層818は、光吸収材料の層だけを含み得る。

#### 【0110】

光遮断層818が透明基板804上に堆積された後、光遮断層818は、開口820のような開口を、その表面にわたって画定するためにパターニングされる。各開口820は、それぞれのシャッターアセンブリ800に対応する。開口は、光遮断層818の組成に応じて、多様なフォトリソグラフィ技法を使用してパターニングされ得る。たとえば、フォトリソグ材料から形成される光遮断層818に対して、光遮断層は、光遮断層818の部分をマスクを通る紫外光に露出することによってパターニングされ得る。次に、材料は、不要な材料を除去する現像主薬の中に浸漬され得る。このパターニング段階の結果を、図9Bに示す。いくつかの他の実装形態では、レジストから形成された個別のマスクが適用され、パターニングされ得る。次に、光遮断層の第1の層818の露出された部分が、任意の適するエッチングプロセスを使用してパターニングされたマスクを介してエッチングされ得、その後、マスクは除去され得る。

#### 【0111】

図示しないが、いくつかの実装形態では、金属層および金属間誘電体層を含むいくつかの追加の層が、光遮断層818の上面に堆積され得、パターニングされる。これらの追加の層は、完成するとシャッターアセンブリを制御することになる制御マトリクスを形成するかまたは含む。いくつかの他の実装形態では、追加の金属層および金属間誘電体層が、透明基板804上に堆積され得、光遮断層818の堆積の前にパターニングされる。

#### 【0112】

光遮断層818がパターニングされた後、犠牲材料の第1の層920が、光遮断層818の上部の上に堆積される。犠牲材料の第1の層920に適する材料には、犠牲材料として使用するため

10

20

30

40

50

に図6Bに関して上記で説明した材料のいずれかが含まれる。犠牲材料の第1の層920は、実質的に平らな上面をもたらすためにスピンオンプロセスを介して塗布され得る。いくつかの実装形態では、犠牲材料の第1の層920は、約2ミクロン～約10ミクロンの厚さに堆積される。いくつかの実装形態では、犠牲材料の第1の層920は、約3ミクロン～約5ミクロンの厚さに堆積される。図9Cは、犠牲材料の第1の層920が堆積された後のシャッターアセンブリ800の構築の状態を示す。

【0113】

次に、犠牲材料の第1の層920が、アンカ808の基部を形成するために構造材料で最終的にコーティングされることになる凹部922を作成するためにパターンニングされる。犠牲材料の第1の層920は、図6Bに関して上記で説明した犠牲層パターンニングプロセスのいずれかによってパターンニングされる。この作製の段階の結果を、図9Dに示す。

【0114】

続いて、犠牲材料の第2の層924が、犠牲材料の第1の層920の上部の上に堆積される。犠牲材料の第2の層924が凹部922を満たして、実質的に平らな上面を形成する。犠牲材料の第2の層924は、その上面が、犠牲材料の第1の層920の上面の上に約3～約10ミクロンになるように堆積される。次に、犠牲材料の第2の層924がパターンニングされて、図9Eに示す作製状態がもたらされる。図示のように、凹部926は、凹部922が前に形成された領域の上に形成される。凹部926は、下方に進み、アンカ808(形成されたとき)を下にある制御マトリクスと結合することになる犠牲材料の第1の層の下に配置される導電性パッド(図示せず)に最後に到達する。追加の凹部928および930が、アクチュエータビーム806および810が上に形成されることになる型特徴を作成するために形成される。

【0115】

犠牲材料の第2の層924がパターンニングされた後、構造材料の層932が堆積され、図9Fに示す構造がもたらされる。構造材料932は、CVD、PECVD、PVD、またはALDプロセスを使用して堆積され、犠牲材料の第1の層920、犠牲材料の第2の層924、および光遮断層818の露出した表面が実質的に共形にコーティングされ得る。構造材料932は、適したシャッター材料であるとして図6Cに関して上記で説明した金属、誘電体および/または半導体材料の1つまたは複数の層を含み得る。構造材料932は、約2.0ミクロン未満の全厚さを有するように堆積され得る。

【0116】

図9Gは、構造材料の層932がパターンニングされた後のシャッターアセンブリ800の構築の状態を示す。いくつかの実装形態では、構造材料の層932は、2段階プロセスでパターンニングされる。第1の段階では、適切なマスクが塗付された後、異方性エッチが、犠牲材料の第1の層920および第2の層924の水平面の上に堆積された不要な構造材料を除去するために適用される。次に、後続のマスクが塗付された後、犠牲材料の第2の層924の垂直な側壁上に残っている不要な材料が、等方性エッチを使用して除去され得る。いくつかの他の実装形態では、構造材料の層932は、1段階エッチでパターンニングされ得る。

【0117】

構造材料の層932がパターンニングされた後、犠牲材料の第3の層934が図9Hに示す構造の上部の上に堆積され、図9Iに示す作製の状態がもたらされる。犠牲材料の第3の層934は、その層が、構造材料932の残余部の最上面の上に約2～約4ミクロンの厚さになるように堆積される。凹部936が、犠牲材料の第3の層934の中にパターンニングされる。凹部936は、シャッター802の型の一部分を形成する。詳細には、凹部936は、シャッター802の遠位のレベル814から延びる突出部の形状を画定する。図9Jに堆積されて示される、凹部の底の上の構造材料の第2の層938は、シャッター802の突出部の底および近位のレベル812を形成する。構造材料932が上部層として誘電体材料を含むいくつかの実装形態では、構造材料の層932と構造材料の第2の層938との間に電氣的接続を可能にするために、介在エッチ(intervening etch)がこの誘電体材料の部分の除去するために使用され得る。突出部の側壁上の構造材料938は、シャッター802の遠位のレベル814をシャッターの近位のレベル812に接続する。構造材料の第2の層938は、構造材料の第1の層932と同様の組成および厚さを有し

10

20

30

40

50

得る。

【 0 1 1 8 】

図9Kは、構造材料の第2の層938がパターンニングされた後のシャッターアセンブリ800の作製の状態を示す。いくつかの実装形態では、犠牲材料の第3の層934の水平面上の不要な構造材料を除去するために、構造材料の第2の層938は、唯一のパターンニング段階、異方性エッチを使用してパターンニングされ得る。このパターンニングは、シャッター802を画定する。最後に、図9Lに示すように、シャッターアセンブリ800が、犠牲材料の層920、924、および934から解放される。

【 0 1 1 9 】

図10A～図10Dは、別の例示的なシャッターアセンブリ1000を示す。図8A～図8Dと同様に、図10Aはシャッターアセンブリ1000の上面図を示し、図10Bはシャッターアセンブリ1000の底面図を示し、図10Cおよび図10Dはシャッターアセンブリ1000の断面図を示す。詳細には、図10Cは、図10Aおよび図10Bに示す線10A-10A'に沿った断面図を示し、図10Dは、同じく図10Aおよび図10Bに示す線10B-10B'に沿った断面図を示す。

10

【 0 1 2 0 】

図8A～図8Dに示すシャッターアセンブリ800とは対照的に、シャッターアセンブリ1000では、ロードビーム1002のセットは、シャッター1006の、近位のレベル1008ではなく遠位のレベル1004の遠位の表面に接続する。したがって、作動中、近位のレベル1008の端部1005は、ロードビーム1002および駆動ビーム1010のセットなどのアクチュエータの部分の下に進むことができる。シャッターアセンブリ800と同様に、いくつかの実装形態では、シャッターアセンブリ1000と同様のアーキテクチャを有するシャッターアセンブリが、ロードビーム1002および駆動ビーム1010によって形成される1つだけのアクチュエータを有する代わりに、2つの対向するアクチュエータを有するように作製され得る。同様に、いくつかの実装形態では、シャッターアセンブリ1000は、図4Aおよび図4Bに示すように、1つまたは複数のシャッター開口を有するシャッターを含み得る。

20

【 0 1 2 1 】

図11A～図11Kは、図10A～図10Dに示すシャッターアセンブリ1000の作製の例示的な段階の断面図を示す。図10A～図10Dおよび図11A～図11Kを参照すると、図11Aは、図9Cに示す段階と同様のシャッターアセンブリ1000の作製の状態を示す。すなわち、光遮断層1018が、透明基板1102上に堆積され、光遮断層1018を通る開口1104を画定するためにパターンニングされている。加えて、犠牲材料の第1の層1120が、パターンニングされた光遮断層1018の上部の上に堆積されている。犠牲材料の第1の層1120は、図9C～図9Kに示す犠牲材料の第1の層920と実質的に同じ厚さを有するように堆積され得、また、犠牲材料の第1の層920を形成するために使用されるのと同じ材料から作られるかまたは同じ材料を含み得る。図8に示すシャッターアセンブリ800と同様に、いくつかの実装形態では、制御マトリクスを形成する1つまたは複数の金属層および金属間誘電体層が、基板1102と光遮断層1018との間、または光遮断層1018と犠牲材料の第1の層1120との間に堆積され、パターンニングされていることがある。

30

【 0 1 2 2 】

図11Bは、犠牲材料の第1の層1120に適用されるパターンニングの段階の結果を示す。犠牲材料の第1の層1120は、透明基板1102の上でロードビーム1002およびシャッター1006を支えるロードアンカ1007の基部の型として働くことになる、凹部1122を形成するためにパターンニングされる。次に、犠牲材料の第2の層1124が、図11Bに示す構造の上部の上に堆積され、図11Cに示す構造がもたらされる。次に、犠牲材料の第2の層1124は、図11Dに示す構造をもたらしするためにパターンニングされる。より詳細には、犠牲材料の第2の層1124は、凹部1122が前に形成されていた領域の上に凹部1125を作成するため、およびシャッター1006の型を作成するためにパターンニングされる。

40

【 0 1 2 3 】

次に、構造材料の第1の層1126が、図11Dに示す構造の上部の上に堆積され、図11Eに示す構造がもたらされる。構造材料の第1の層1126は、図9F～図9Lに示す、構造材料の第1の層

50

932の中で使用するために識別された材料のいずれかの1つまたは複数の層を含み得る。次に、図11Fに示す構造を得るために、エッチングが適用される。詳細には、いくつかの実装形態では、構造材料の第1の層1126内の材料のすべてが、シャッター1006を形成する材料を除いてエッチングで除去される。いくつかの他の実装形態では、構造材料はまた、ロードアンカ1007の中間部および下部を形成するために保持される。図11Fに示す構造をもたらしエッチプロセスは、図11Eに示す構造の露出した水平面上の不要な構造材料を除去するための異方性エッチと、それに続く、構造の垂直面上の不要な構造材料を除去するための等方性エッチとを含む、2段階エッチプロセスであり得る。

【0124】

続いて、犠牲材料の第3の層1128が、構造材料の第1の層1126の残余部ならびに犠牲材料の第1および第2の層1120および1124の上部の上に堆積される。これが、図11Gに示す構造をもたらし。次に、この構造は、アンカ1007、ならびにアクチュエータのロードビーム1002および駆動ビーム1010を作製するための型を形成するためにエッチングされ、図11Hに示す構造がもたらされる。構造材料の第2の層1130が、図11Iに示すように、上部の上に堆積される。次に、構造材料の第2の層1130は、図11Jに示すように、アンカ1007ならびにアクチュエータビーム1002および1010を形成するためにパターニングされる。離型剤が塗付され、犠牲材料の第1、第2および第3の層1120、1124および1128の残余部が除去されて、図11Kに示すシャッターアセンブリ1000がもたらされる。

【0125】

図12A～図12Cは、別の例示的なシャッターアセンブリ1200を示す。より詳細には、図12Aおよび図12Bは、シャッターアセンブリ1200の上面図および底面図であり、図12Cは、線12A-12A'に沿って取られたシャッターアセンブリ1200の断面図である。

【0126】

シャッターアセンブリ1200では、駆動ビーム1202のセットが、シャッター1206の側壁1204に直接対向している。それによって、シャッター1206の側壁1204は、静電アクチュエータのロード電極の一部として働く。動作中、作動電圧が駆動ビーム1202のセットに印加されると、電位差が駆動ビーム1202のセットと側壁1204との間に生成され、側壁、それゆえシャッター1206全体が、駆動ビーム1202の方に引き寄せられる。図12Cにおいてわかるように、作動されると、シャッター1206の端部は、駆動ビーム1202のセットの一部の上に進むことができ、シャッターアセンブリ1200を構築するのに必要な空間が低減される。いくつかの実装形態では、シャッターアセンブリ1200は、図4Aおよび図4Bに示すように、1つまたは複数のシャッター開口を有するシャッターを含み得る。

【0127】

図13A～図13Fは、図12A～図12Cに示すシャッターアセンブリ1200の作製の例示的な段階の断面図を示す。図13Aは、図9Cに示す段階と同様のシャッターアセンブリ1200の作製の状態を示す。すなわち、光遮断層1318が、透明基板1302上に堆積され、光遮断層1318を通る開口1304を画定するためにパターニングされている。加えて、犠牲材料の第1の層1320が、パターニングされた光遮断層1318の上部の上に堆積されている。犠牲材料の第1の層1320は、図9C～図9Kに示す犠牲材料の第1の層920と同じ厚さに堆積され得、また、犠牲材料の第1の層920を形成するために使用されるのと同じ材料から作られるかまたは同じ材料を含み得る。図8A～図8Dに示すシャッターアセンブリ800と同様に、いくつかの実装形態では、制御マトリクスを形成する1つまたは複数の金属層および金属間誘電体層が、基板1302と光遮断層1318との間、または光遮断層1318と犠牲材料の第1の層1320との間に堆積され、パターニングされていることがある。

【0128】

図13Bは、犠牲材料の第1の層1320に適用されるパターニングの段階の結果を示す。犠牲材料の第1の層1320は、ロードアンカ1208の基部の型として働くことになる凹部1322を形成するためにパターニングされる。次に、犠牲材料の第2の層1324が、図13Bに示す構造の上部の上に堆積され、図13Cに示す構造がもたらされる。次に、犠牲材料の第2の層1324が、図13Dに示す構造をもたらしするためにパターニングされる。より詳細には、犠牲材料の第2

の層1324は、アンカ1208の型を延ばすために、凹部1322が前に形成されていた領域の上に凹部1326を作成するためにパターンニングされる。2つの追加の凹部1328および1329が、駆動ビーム1202のセットの型およびシャッター1206を作成するために形成される。

【0129】

次に、構造材料の層1330が、図13Dに示す構造の上部の上に堆積され、図13Eに示す構造がもたらされる。構造材料の層1330は、図9Fに関して説明した、構造材料の第1の層932の中で使用するために識別された材料のいずれかの1つまたは複数の層を含み得る。次に、図13Fに示す構造を得るために、エッチングが適用される。図13Fに示す構造をもたすエッチプロセスは、図13Eに示す構造の露出した水平面上の不要な構造材料を除去するための異方性エッチと、それに続く、構造の垂直な側壁上の不要な構造材料を除去するための等方性エッチとを含む、2段階エッチプロセスであり得る。いくつかの他の実装形態では、エッチプロセスは、単一の異方性エッチを使用して完了され得る。

10

【0130】

異方性エッチはまた、構造材料がエッチング中にレジストで保護されていない、図13Eに示す構造の側壁から、限られた量の構造材料を除去する。そのようにして、異方性エッチを適用した後、シャッターアセンブリ1200の駆動ビーム1202を形成する構造材料は、もはや、犠牲材料の第2の層1324の上面まで完全に延びることではない。その結果、駆動ビーム1202は、シャッター1206の側壁1204より短い。それゆえ、作動中、シャッター1206の端部は、駆動ビーム1202の上に進むことができる。

20

【0131】

続いて、離型剤が図13Fに示す構造に塗布され、犠牲材料の第1および第2の層1320および1324が除去される。この開放段階が、図12A～図12Cに示すシャッターアセンブリ1200を結果としてもたらす。

【0132】

図14Aは、別の例示的なシャッターアセンブリ1400の断面図を示す。図8A～図8Dおよび図10A～図10Dに示すシャッターアセンブリ800および1000のように、シャッターアセンブリ1400は、以下でより詳細に説明する、犠牲材料の3つの層を含む型を使用して作製される。シャッターアセンブリ1400は、それがキャップ付きシャッター(capped shutter)1404を含む点で、上記で説明したシャッターアセンブリ800および1000とは異なる。すなわち、シャッターアセンブリ1400は、シャッターキャップ1408と呼ばれる、構造材料の追加の層(extra layer)によってキャップされた突出部1406を含むシャッター1404を含む。突出部1406をキャップすることによって、シャッター1404は、空気力学的に良好になる。特に、シャッターアセンブリ1400を流体(たとえば、オイル)で囲むディスプレイ内に組み込まれるとき、突出部1406をキャップすることで、シャッター1404の動きを遅くすることがある、突出部1406の開きにおける渦の形成が防止される。

30

【0133】

図14B～図14Jは、図14Aに示すシャッターアセンブリ1400を作製する例示的な段階の断面図を示す。シャッターアセンブリ1400を作製するプロセスは、シャッターアセンブリ900を作製するプロセスと同様の方式で始まる。より詳細には、プロセスは、図9A～図9Fに示す段階と同様の作製段階から始まり、そこにおいて、犠牲材料の第1および第2の層1450および1452が、基板1454の上に堆積され、パターンニングされる(図14B～図14Dに示す)。犠牲材料の第2の層1452は、アンカの型の凹部1456およびアクチュエータの型の凹部1458を形成するためにパターンニングされる。アンカの型の凹部1456は、シャッターアセンブリ1400のアンカ1410の型として働く。同様に、アクチュエータの型の凹部1458は、シャッターアセンブリ1400のアクチュエータ1412の型として働く。

40

【0134】

続いて、構造材料の第1の層1460が、図14Eに示すように堆積される。構造材料の第1の層1460は、構造材料として使用するのに適するとして上記で説明した材料のいずれかの1つまたは複数の層であり得るかまたはそれらを含み得る。構造材料の第1の層1460は、約2.0ミクロン未満の厚さに堆積され得る。

50

## 【 0 1 3 5 】

堆積された後、構造材料の第1の層1460は、アンカ1410、アクチュエータ1412、およびシャッターキャップ1408を画定するためにパターニングされる。構造材料の第1の層1460は、等方性エッチおよび異方性エッチの組合せを使用してパターニングされ得る。このパターニング段階の結果を、図14Fに示す。

## 【 0 1 3 6 】

次に、図14Gに示すように、犠牲材料の第3の層1462が、構造材料のパターニングされた第1の層1460の上に堆積され、凹部を満たして、アンカ1410およびアクチュエータ1412をさらなるエッチングから保護する。次に、犠牲材料の第3の層1462は、図14Hに示すように、シャッター1404の残余部の型を形成するためにパターニングされる。より詳細には、凹部1464が、シャッターキャップ1408の実質的に中心にあるメサ1466の両側に形成される。

## 【 0 1 3 7 】

次に、構造材料の第2の層1468が、図14Iに示すように、図14Hに示す構造の上に堆積される。構造材料の第2の層1468は、犠牲材料の第2および第3の層1452および1462ならびにシャッターキャップ1408の露出した表面を、実質的に共形にコーティングする。次に、構造材料の第2の層1468は、余分な構造材料を除去するためにパターニングされ、シャッターキャップ1408をコーティングする材料だけが残される。いくつかの実装形態では、犠牲材料の第3の層1462の一部、すなわちメサ1466を形成する材料は、シャッター1404内に完全に封入される。いくつかの他の実装形態では、シャッター突出部1406の一端または両端(図示せず)がエッチング除去され、メサ1466を形成した犠牲材料の第3の層1462の一部が、露出した状態で残される。このパターニング段階の結果を、図14Jに示す。このパターニング段階が完了した後、開放段階が進行し得、犠牲材料の第1、第2および第3の層1450、1452、1462の残りの部分が、(上記で説明したように、シャッター内に封入され得る材料を除いて)除去され、図14Aに示すシャッターアセンブリ1400がもたらされる。

## 【 0 1 3 8 】

図15Aおよび図15Bは、別の例示的なシャッターアセンブリ1500の開放直前(図15A)および開放直後(図15B)の断面図を示す。図8、図10および図14Aにそれぞれ示すシャッターアセンブリ800、1000および1400のように、シャッターアセンブリ1500は、犠牲材料の3つの層を含む型1502を使用して作製される。シャッターアセンブリは、ロードビーム1508によって基板1506の上で懸架されるシャッター1504を含む。ロードビーム1508は、対向する駆動ビーム1510のセットと連動して、基板1506上に堆積された遮光材料1516の層内に画定された開口1514に対してシャッター1504を移動させるために、静電アクチュエータ1512を形成する。

## 【 0 1 3 9 】

シャッターアセンブリ1500のシャッター1504は、近位の光遮断レベル1518および遠位の光遮断レベル1520の2つの光遮断レベルを含む。上記で使用される「近位の」とおよび「遠位の」という用語は、本明細書では、シャッターアセンブリ1500が上に作製される基板1506に対して使用される。すなわち、シャッター1504の近位の光遮断レベル1518は、遠位のレベル1520より基板1506に近い。加えて、図8、図10および図12に示すシャッターアセンブリ800、1000および1200とは対照的に、シャッターアセンブリ1500は、2つの対向するアクチュエータ1512を含む。したがって、シャッター1504は、シャッター1504をその中立の非作動位置に戻すために受動スプリング力に依存するのではなく、その2つの状態に能動的に駆動され得る。

## 【 0 1 4 0 】

シャッター1504は、端部、詳細には、シャッターがアクチュエータ1512によって作動状態に移動されるとき、駆動ビーム1510の一部の上部の上に進む遠位の光遮断レベル1520の端部を含む。これは、シャッター1504が基板1506上でより少ない空間を占めることを可能にする。いくつかの実装形態では、図15Aおよび図15Bに示すように、遠位の光遮断レベル1520の部分は、それらが、中立の非作動状態においてもロードビーム1508の部分の上に延びるように作製され得る。

## 【 0 1 4 1 】

シャッターアセンブリ1500を作製するプロセスは、図9A～図9Lに示すシャッターアセンブリ900を作製するプロセスと同様である。より詳細には、プロセスは、図9A～図9Fの段階と同様の処理段階から始まり、1つだけではなく2つのアクチュエータ1512の形成を構成するように修正される。詳細には、図9A～図9Eは、犠牲材料の第1および第2の層920および924内の凹部926、928および930の形成を示す。凹部926、928および930は、アンカ1522およびアクチュエータ1512が形成されることになる側壁を提供する。2つのアクチュエータ1512を作製するために、凹部926、928および930は、シャッター1504が作製されることになる型1502上の位置の両側に反映される(mirrored)。

## 【 0 1 4 2 】

次に、構造材料の層932が、(図9Fに示すのと同様に)犠牲材料のパターニングされた第1および第2の層920および924の上部の上に堆積される。次に、構造材料の層932は、パターニングされ、構造材料932がアンカ1522、アクチュエータ1512およびシャッター1504の近位の光遮断層1518を形成する場所を除いて構造材料932のすべてが除去される。

## 【 0 1 4 3 】

作製プロセスの残余が、図9H～図9Lに示すのと同様の方式で継続する。詳細には、犠牲材料の第3の層934が、第1の犠牲層920、犠牲材料の第2の層924、および構造材料の層932の露出した表面の上部の上に堆積される。次に、犠牲材料の第3の層934は、近位の光遮断層1518を形成する構造材料の層まで下に延びる凹部を形成するためにパターニングされる。次に、構造材料の第2の層938が堆積されてパターニングされ、シャッター1504の遠位の光遮断レベル1520および近位の光遮断レベル1518を遠位の光遮断レベル1520に接続する側壁1524が形成される。加えて、構造材料の第2の層938の一部は、すでに存在する近位の光遮断レベル1518の一部の上部の上の、凹部の底を満たし、その厚さが増加する。これらのパターニング段階の結果を、図15Bに示す。最後に、構造が解放され、図15Aに示すシャッターアセンブリ1500がもたらされる。

## 【 0 1 4 4 】

図16Aは、例示的なシャッターアセンブリ1600の断面図を示す。図16B～図16Fは、図16Aに示すシャッターアセンブリ1600を作製する例示的な段階の断面図を示す。図8、図10、図14および図15にそれぞれ示すシャッターアセンブリ800、1000、1400および1500のように、シャッターアセンブリ1600は、犠牲材料の3つの層を含む型を使用して作製される。シャッターアセンブリは、ロードビーム1608によって基板1606の上で懸架されるシャッター1604を含む。ロードビーム1608は、対向する駆動ビーム1610のセットと連動して、基板1606上に堆積された遮光材料1616の層内に画定された開口1614のセットに対してシャッター1604を移動させるために、静電アクチュエータ1612を形成する。シャッター1604は、その厚さを通して画定された対応するシャッターアセンブリ1618を含む。

## 【 0 1 4 5 】

シャッターアセンブリ1604が光通過状態に移動されると、シャッター開口1618は、光遮断層1616内の、1つを除いてすべての開口1614と実質的に整列し、開口1614およびシャッター開口1618を通る光路が作成される。光通過状態では、光遮断層1616内の残りの開口1614は、シャッター1604の端部を超えて配置され、したがって、この開口を通過する光は、シャッター開口1618を通過する必要なしにシャッター1604のそばを進む。シャッター1604が光遮断状態に移動されると、シャッター1604の光遮断部は、光遮断層1616内の開口1614と整列し、前述の光路を遮断する。

## 【 0 1 4 6 】

シャッター1604は、基板1606の上でシャッター1604を支えるロードビーム1608のうちの1つの上に延びる上部光遮断層1620を含む。光通過状態では、上部光遮断層1620はまた、駆動ビーム1610のうちの1つの上だけでなく、ロードビーム1608および/または駆動ビーム1610を支える1つまたは複数のアンカ1622の上にも延びることができる。上部光遮断層1620は、シャッター1604が開位置に達するように進む方向(すなわち、図16Aにおいて右の方)に追加の光遮断(extra light blocking)を設ける。上部光遮断層1620は、シャッター1604



が光遮断状態にあるときに、シャッター1604の光遮断部をバイパスするかまたは遮光部から跳ね返った光に起因する光の漏れを緩和するのを助ける。図16Aに示すように、シャッター1604の反対側は、上部光遮断層1620を欠く。シャッターの反対側の上部光遮断層を含有すると、最後の光遮断層開口1614を遮断解除する(unblock)ために、かなりの追加のシャッター移動距離が必要になる。

#### 【0147】

いくつかの実装形態では、シャッター1604は、光遮断層1616内に形成された同数のシャッター開口1618と開口1614とを含む。いくつかのそのような実装形態では、そのようなシャッターアセンブリは、光通過状態をもたらすために、シャッター1604が光遮断層1616内の任意の開口1614を完全に開くことに依存しないので、シャッターの両側が、上部光遮断層1620を含み得、それによって、場合によっては、第2の上部光遮断層の含有が引き起こすことがある追加のシャッター移動距離の必要性がなくなる。

#### 【0148】

図16B～図16Fを参照すると、シャッターアセンブリ1600の作製は、上記で説明した他のシャッターアセンブリの作製と同様の方式で始まる。図16Bに示すように、犠牲材料の第1および第2の層1632および1634が、パターニングされた光遮断層1616上で、順次、堆積されてパターニングされる。光遮断層1616は、図8、図10および図12に示す光遮断層818、1018および1318とは対照的に、所与のシャッターアセンブリ1600に対して複数の開口1614を画定する。犠牲材料の第1および第2の層1632および1634は、上記で説明した犠牲材料のいずれかを使用して形成され得、同様の厚さに堆積され得る。次に、犠牲材料の第1および第2の層1632および1634は、シャッターアセンブリのアンカ1622の型として働く凹部1636と、シャッターアセンブリのアクチュエータビーム1608および1610の型として働く凹部1638と、シャッターアセンブリ1600のシャッター1604内に組み込まれた突出部の型として働く凹部1640とを形成するためにパターニングされる。

#### 【0149】

次に、構造材料の層が、犠牲材料のパターニングされた第1および第2の層1632および1634の上部の上に堆積される。構造材料の層は、上記で説明したシャッターアセンブリ内の構造材料として使用するために上記で説明した材料のいずれかの1つまたは複数の層から形成され得る。構造材料の層は、アンカ1622と、アクチュエータビーム1608および1610と、シャッター1604の外部境界と、シャッター開口1618とを画定する異方性エッチプロセスを使用して(図16Cに示すように)パターニングされる。いくつかの実装形態では、1つまたは複数の追加の等方性エッチが、アクチュエータビームを形成するために使用される凹部1638の側壁上の不要な構造材料を除去するために、異方性エッチに加えて使用され得る。

#### 【0150】

続いて、犠牲材料の第3の層1642が、図16Cに示す構造の上部の上に堆積され、図16Dに示す構造がもたらされる。犠牲材料の第3の層1642は、犠牲材料として使用するのに適するとして上記で説明した材料のいずれかから形成され得る。いくつかの実装形態では、犠牲材料の第3の層1642は、約2～約4ミクロンの厚さに堆積される。次に、犠牲材料の第3の層1642は、上部光遮断層1620の型として働くことになる凹部1644(図16Eに示す)を形成するためにパターニングされる。次に、構造材料の第2の層が、図16Fに示す、シャッターアセンブリ1600の最後の構造の上部光遮断層1620を形成するために堆積されてパターニングされる。構造材料の第2の層は、第1の構造材料と同じ材料、またはシャッターアセンブリの構造材料に適するとして上記で説明した任意の他の互換性のある材料から形成され得る。最後に、開放プロセスが、図16Aに示すシャッターアセンブリ1600の最後の構造を得るために、犠牲材料の3つの層1632、1634および1642を除去するために進行することができる。

#### 【0151】

図17Aおよび図17Bは、別の例示的なシャッターアセンブリ1701を含む例示的なディスプレイ装置1700の部分の断面図を示す。図17Aは、開いた光通過状態におけるシャッターアセンブリ1701を示す。図17Bは、閉じた光遮断状態におけるシャッターアセンブリ1701を

示す。図8A～図8D、図10A～図10D、図12A～図12C、図14A、図15Aおよび図16Aそれぞれに示すシャッターアセンブリ800、1000、1200、1400、1500および1600とは対照的に、シャッターアセンブリ1701は、2つのシャッター1702aおよび1702bを含む。しかしながら、各シャッター1702aおよび1702bは、シャッターアセンブリ800、1000、1200、1400、1500および1600のシャッター802、1006、1206、1404、1504および1604と同様に、シャッターアセンブリ1701が上に作製される基板1706に実質的に平行な2つの光遮断レベル、すなわち近位のレベル1703aおよび1703b、ならびに遠位のレベル1704aおよび1704bを、それぞれ含む。近位のレベル1703aおよび1703bは、遠位のレベル1704aおよび1704bより、基板1706に近く離隔される。

【0152】

シャッター1702aおよび1702bの遠位のレベル1704aおよび1704bは、内部光遮断部1708aおよび1708b、ならびに外部光遮断部1710aおよび1710bをそれぞれ含む。シャッター1702aの内部光遮断部1708aは、シャッター1702bの内部光遮断部1708bより長い。シャッター1702aの内部光遮断部1708aは十分に長く、シャッター1702bに最も近い、シャッター1702aの近位のレベル1703aの端部を超えて延びる。閉状態において、すなわちシャッター1702aおよび1702bが開口1707のペア(1つはシャッター1702aおよび1702bの上に置かれ、1つはシャッター1702aおよび1702bの下に置かれる)を通る光路を遮るとき、シャッター1702aの内部光遮断部1708aは、シャッター1702bの近位のレベル1703bの上に延びる。シャッター1702bの内部光遮断部1708bは、シャッター1702bの近位のレベル1703bの端部を超えて延びることではない。閉状態において、シャッター1702bの内部光遮断部1708bの最も内側の端部は、シャッター1702aの内部光遮断部1708aに直接隣接するか、またはいくつかの実装形態では接触する。

【0153】

図17Bに示すように、閉状態において、内部光遮断部1708aおよび1708bのこの構成は、たとえシャッター1702aと1702bとが接触しなくても、光1712が2つのシャッター1702aと1702bとの間を通ることは、不可能ではないとしても非常に困難にさせる。

【0154】

両シャッター1702aおよび1702bの外部光遮断部1710aおよび1710bは十分に長く、シャッターを、図17Aに示す開状態に引き付けるアクチュエータ1714aおよび1714bの部分の上に延びる。

【0155】

シャッターアセンブリ1200と同様に、各シャッター1702aおよび1702bは、それぞれのシャッター1702aおよび1702bの側壁1709aおよび1709bに直接対向する駆動ビーム1705aおよび1705bのセットによって駆動される。シャッター1702aおよび1702bの側壁1709aおよび1709bは、静電アクチュエータ1714aおよび1714bのロード電極として働く。動作中、作動電圧が駆動ビーム1705aおよび/または1705bの所与のセットに印加されると、電位差が、駆動ビーム1705aおよび/または1705bのセットと、対応するシャッター1702aまたは1702bの側壁1709aおよび/または1709bとの間に生成され、側壁1709aおよび/または1709bを、それゆえシャッター1702aまたは1702b全体を、駆動ビーム1705aおよび/または1705bのセットの方に引き寄せる。

【0156】

いくつかの実装形態では、中央ビーム1715は、シャッター1702aと1702bとの間のギャップにわたって延びる。これらの実装形態のいくつかでは、これらの中央ビーム1715は、単に、シャッター1702aおよび1702bが互いに接触するのを防止するための機械的止め具として働く。他の実装形態では、中央ビーム1715は、シャッター1702aおよび1702bを閉位置に引き付けるのを助ける追加の駆動ビームとして働く。そのような実装形態では、シャッター1702aおよび1702bを閉じるときに、電圧が中央ビーム1715に印加され、シャッター1702aおよび1702bと中央ビーム1715との間に電位差が生じる。

【0157】

いくつかの実装形態では、シャッター1702aおよび1702bは、単なる開および閉以外に、

追加のシャッター状態をもたらすために独立に制御され得る。たとえば、いくつかの実装形態では、シャッターアセンブリ1701に送られたデータに応じて、シャッター1702aまたは1702bのいずれか一方が閉位置に引き寄せられながら、他方が開位置に保持され得る。内部光遮断部1708aおよび1708bの長さは異なる長さであるので、このタイプの独立したシャッター制御は、4つの異なるシャッター状態をもたらし、所与の数の可能なグレースケール値を有する画像を生成するのに必要な基板の数が低減され得る。

【0158】

いくつかの他の実装形態では、シャッターアセンブリ1701は、駆動ビーム1705なしに構築され得る。代わりに、シャッター1702aおよび1702bは、互いに選択的に引き付けるように構成される。たとえば、いくつかの実装形態では、シャッター1702aは、グラウンドなど、第1の低電圧に維持される。第2のシャッター1702bは、シャッターアセンブリに送信される画像データに応じて第1の低電圧と高電圧との間で切り替えられる。高電圧が第2のシャッター1702bに印加される場合、第1のシャッター1702aと第2のシャッター1702bとの間の電位差が、それらのシャッターと一緒に開口1707の上に引き寄せられる。電位差が取り除かれると、シャッター1702aおよび1702bが互いに引き寄せられるときに変形していた、それぞれのシャッター1702aおよび1702bを支えるビームは、シャッター1702aおよび1702bを引き寄せて再び離れさせ、それによってそれらは元の、応力を受けない状態に戻り得る。

【0159】

図17Aおよび図17Bに示すディスプレイ装置1700は、図5に関して説明したように、MEMSアップ構成で作製される。いくつかの他の実装形態では、ディスプレイ装置1700は、MEMSダウン構成で作製され得る。

【0160】

図18A～図18Iは、図17Aおよび図17Bに示すシャッターアセンブリ1701を作製する例示的な段階の断面図を示す。シャッターアセンブリ1701は、図8A～図8D、図10A～図10D、図12A～図12C、図14A、図15Aおよび図16Aそれぞれに示すシャッターアセンブリ800、1000、1200、1400、1500および1600を形成するために使用されたのと同様のプロセスおよび材料を使用して作製され得る。

【0161】

図17Aおよび図17B、ならびに図18A～図18Fを参照すると、図18Aは、シャッターアセンブリ1701の作製の初期の段階を示す。詳細には、図18Aは、基板1706上に形成された、パターンニングされた光遮断層1818上に堆積された犠牲材料の第1の層1820を示す。光遮断層1818は、開口1707を形成するためにパターンニングされている。次に、犠牲材料の第1の層1820は、アンカの下部が後で形成されることになる凹部1822aおよび1822bを形成するためにパターンニングされる。その結果得られた構造を、図18Bに示す。

【0162】

続いて、犠牲材料の第2の層1824が、図18Cに示すように、図18Bに示す構造の上部の上に堆積される。次に、犠牲材料の第2の層1824が、図18Dに示す構造を形成するためにパターンニングされる。より詳細には、犠牲材料の第2の層1824は、アンカの上部および下部の型を作成するための凹部1825を開けるためにパターンニングされる。追加の凹部1826、1827、1828および1829が、アクチュエータビームならびにシャッター1702aおよび1702bの型を作成するために形成される。

【0163】

次に、構造材料の第1の層1830が、図18Dに示す構造の上部の上に堆積され、図18Eに示す構造がもたらされる。構造材料の第1の層1830は、図9Fに関して説明した、構造材料の第1の層932の中で使用するために識別された材料のいずれかの1つまたは複数の層を含み得る。次に、図18Fに示す構造を得るために、エッチングが適用される。図18Fに示す構造をもたらすエッチプロセスは、図18Fに示す構造の露出した水平面上の不要な構造材料を除去するための異方性エッチと、それに続く、構造の垂直な側壁上の不要な構造材料を除去するための等方性エッチとを含む、2段階エッチプロセスであり得る。いくつかの他の実装形態では、エッチプロセスは、単一の異方性エッチを使用して完了され得る。図18F

10

20

30

40

50

に示す構造は、シャッター1702aおよび1702bの近位のレベル1703aおよび1703b、ならびにアクチュエータ1714aおよび1714bを含む。

【0164】

続いて、犠牲材料の第3の層1832が、構造材料の第1の層1830の残余部ならびに犠牲材料の第1および第2の層1820および1824の上部の上に堆積される。これが、図18Gに示す構造をもたらす。次に、この構造は、シャッター1702aおよび1702bの近位のレベル1703aおよび1703bをシャッター1702aおよび1702bの遠位のレベル1704aおよび1704bに接続することになる側壁1711の型を作成するためにパターニングされる。構造材料の第2の層1834が、図18Hに示すように、上部の上に堆積される。次に、構造材料の第2の層1834は、図18Iに示すように、シャッター1702aおよび1702bの遠位のレベル1704aおよび1704bと、シャッター1702aおよび1702bの遠位のレベル1704aおよび1704bを近位のレベル1703aおよび1703bに接続する側壁1711とを形成するためにパターニングされる。いくつかの実装形態では、このパターニングプロセスは、単一の異方性エッチを使用して遂行され得る。離型剤が塗布され、犠牲材料の第1、第2および第3の層1820、1824および1832の残余部が除去されて、図17Aおよび図17Bに示すシャッターアセンブリ1700がもたらされる。

10

【0165】

図19および図20は、表示素子のセットを含む例示的なディスプレイデバイス40のシステムブロック図を示している。このディスプレイデバイス40はたとえば、スマートフォン、携帯電話またはモバイル電話であってもよい。しかしながら、ディスプレイデバイス40の同じ構成要素またはそれらのわずかな変形は、テレビジョン、タブレット、電子書籍端末、ハンドヘルドデバイスおよびポータブルメディアデバイスのような様々なタイプのディスプレイデバイスも例示している。

20

【0166】

ディスプレイデバイス40は、筐体41と、ディスプレイ30と、アンテナ43と、スピーカ45と、入力デバイス48と、マイクロフォン46とを含む。筐体41は、射出成形および真空成形を含む種々の製造プロセスのいずれかによって形成され得る。加えて、筐体41は、プラスチック、金属、ガラス、ゴム、およびセラミック、またはそれらの組合せを含むがそれらに限らない種々の材料のいずれかから作られ得る。筐体41は、異なる色の、または異なるロゴ、絵、もしくは記号を含む、他の取外し可能な他の部分と交換され得る取外し可能な部分(図示せず)を含み得る。

30

【0167】

ディスプレイ30は、本明細書で説明されるように、双安定ディスプレイまたはアナログディスプレイを含む種々のディスプレイのいずれかであり得る。ディスプレイ30はまた、プラズマ、エレクトロルミネセント(EL)ディスプレイ、OLED、超ねじれネマティック(STN)ディスプレイ、LCD、もしくは薄膜トランジスタ(TFT)LCDなどのフラットパネルディスプレイ、またはブラウン管(CRT)もしくは他のチューブデバイスなどの非フラットパネルディスプレイを含むように構成され得る。加えて、ディスプレイ30は、本明細書で説明するように、機械的光変調器方式ディスプレイを含み得る。

【0168】

ディスプレイデバイス40の構成要素が図19に概略的に示されている。ディスプレイデバイス40は、筐体41を含み、ディスプレイデバイス40内に少なくとも部分的に密閉された追加の構成要素を含み得る。たとえば、ディスプレイデバイス40は、送受信機47に結合され得るアンテナ43を含むネットワークインターフェース27を含む。ネットワークインターフェース27は、ディスプレイデバイス40に表示され得る画像データの源であり得る。したがって、ネットワークインターフェース27は、画像源モジュールの一例であるが、プロセッサ21および入力デバイス48も画像源モジュールとして機能し得る。送受信機47は、条件付けハードウェア52に接続されたプロセッサ21に接続されている。条件付けハードウェア52は、信号を条件付ける(たとえば、信号をフィルタリングする、または別様に操作する)ように構成され得る。条件付けハードウェア52は、スピーカ45およびマイクロフォン46に接続され得る。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

40

50

され得る。ドライバコントローラ29は、フレームバッファ28およびアレイドライバ22に結合されてよく、アレイドライバ22はディスプレイレイ30に結合されてよい。図19で特に示されない要素を含む、ディスプレイデバイス40の中の1つまたは複数の要素は、メモリデバイスとして機能するように、かつプロセッサ21と通信するように構成され得る。いくつかの実装形態では、電源50は、特定のディスプレイデバイス40の設計において実質的にすべての構成要素に電力を供給することができる。

#### 【0169】

ネットワークインターフェース27は、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することができるようにアンテナ43と送受信機47とを含む。ネットワークインターフェース27はまた、たとえばプロセッサ21のデータ処理要件を軽減するいくつかの処理機能を有し得る。アンテナ43は、信号を送受信することができる。いくつかの実装形態では、アンテナ43は、IEEE16.11(a)、IEEE16.11(b)、またはIEEE16.11(g)を含むIEEE16.11標準、あるいはIEEE802.11a、IEEE802.11b、IEEE802.11g、IEEE802.11nを含むIEEE802.11標準、およびそのさらなる実装形態に従ってRF信号を送受信する。いくつかの他の実装形態では、アンテナ43は、Bluetooth(登録商標)規格に従ってRF信号を送受信する。携帯電話の場合、アンテナ43は、符号分割多元接続(CDMA)、周波数分割多元接続(FDMA)、時分割多元接続(TDMA)、Global System for Mobile communications (GSM(登録商標))、GSM(登録商標)/General Packet Radio Service (GPRS)、Enhanced Data GSM(登録商標) Environment (EDGE)、Terrestrial Trunked Radio (TETRA)、Wideband-CDMA (W-CDMA)、Evolution Data Optimized (EV-DO)、1xEV-DO、EV-DO Rev A、EV-DO Rev B、High Speed Packet Access (HSPA)、High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)、High Speed Uplink Packet Access (HSUPA)、Evolved High Speed Packet Access (HSPA+)、Long Term Evolution (LTE)、AMPS、または3G、4G、もしくは5G技術を利用するシステムのような、ワイヤレスネットワーク内で通信するのに使用される他の公知の信号を受信するように設計され得る。送受信機47は、アンテナ43から受信された信号がプロセッサ21によって受信されさらに操作され得るように、受信された信号を前処理することができる。送受信機47はまた、プロセッサ21から受信された信号がディスプレイデバイス40からアンテナ43を介して送信され得るように、受信された信号を処理することができる。

#### 【0170】

いくつかの実装形態では、送受信機47は受信機と置き換えられ得る。加えて、いくつかの実装形態では、ネットワークインターフェース27は、プロセッサ21に送信すべき画像データを記憶または生成することのできる画像源と置き換えられ得る。プロセッサ21は、ディスプレイデバイス40の動作全体を制御し得る。プロセッサ21は、圧縮された画像データなどのデータをネットワークインターフェース27または画像源から受信し、データを処理して生画像データまたは生の画像データへと容易に処理され得るフォーマットへ変換する。プロセッサ21は、処理されたデータを、記憶するためにドライバコントローラ29またはフレームバッファ28に送ることができる。生データは通常、画像内の各位置での画像特性を識別する情報を指す。たとえば、そ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み得る。

#### 【0171】

プロセッサ21は、ディスプレイデバイス40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み得る。条件付けハードウェア52は、信号をスピーカ45に送信し、マイクロフォン46から信号を受信するための増幅器およびフィルタを含み得る。条件付けハードウェア52は、ディスプレイデバイス40内の個別の構成要素であってもよく、プロセッサ21もしくは他の構成要素内に組み込まれてもよい。

#### 【0172】

ドライバコントローラ29は、プロセッサ21によって生成された生画像データをプロセッサ21から直接取り込むことができ、またはフレームバッファ28から取り込むことができ、かつ生画像データをアレイドライバ22への高速送信のために適切に再フォーマットすることができる。いくつかの実装形態では、ドライバコントローラ29は、生画像データをラス

タ状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ができ、したがって、ドライバコントローラ29は、ディスプレイアレイ30全体をスキャンするのに適した時間順を有する。次いで、ドライバコントローラ29は、フォーマットされた情報をアレイドライバ22に送る。LCDコントローラなどのドライバコントローラ29は、スタンドアロンの集積回路(IC)としてのシステムプロセッサ21と関連付けられることが多いが、そのようなコントローラは多数の方法で実施され得る。たとえば、コントローラは、ハードウェアとしてプロセッサ21に埋め込まれても、ソフトウェアとしてプロセッサ21に埋め込まれても、ハードウェアにおいてアレイドライバ22と完全に一体化されてもよい。

【0173】

アレイドライバ22は、ドライバコントローラ29からフォーマットされた情報を受信することができ、ディスプレイの表示素子のx-yマトリクスからの数百本、場合によっては数千本(またはそれよりも多く)のリード線に1秒あたりに何度も印加される波形の類似したセットへと、ビデオデータを再フォーマットすることができる。

【0174】

いくつかの実装形態では、ドライバコントローラ29、アレイドライバ22、およびディスプレイアレイ30は、本明細書で説明されるいずれタイプのディスプレイにも適切である。たとえば、ドライバコントローラ29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であり得る。加えて、アレイドライバ22は、従来のドライバまたは双安定ディスプレイドライバであり得る。その上、ディスプレイアレイ30は、従来のディスプレイアレイまたは双安定ディスプレイアレイであり得る。いくつかの実装形態では、ドライバコントローラ29は、アレイドライバ22と一体化されてもよい。そのような実装形態は、高度に集積されたシステム、たとえば、携帯電話、ポータブル電子デバイス、腕時計または小面積ディスプレイにおいて有益であり得る。

【0175】

いくつかの実装形態では、入力デバイス48は、たとえばユーザがディスプレイデバイス40の動作を制御するのを可能にするように構成され得る。入力デバイス48は、QWERTYキーボードもしくは電話キーパッドのようなキーパッド、ボタン、スイッチ、ロッカー、タッチ感知スクリーン、ディスプレイアレイ30と一体化されたタッチ感知スクリーン、または圧力感知膜もしくは熱感知膜を含み得る。マイクロフォン46は、ディスプレイデバイス40用の入力デバイスとして構成され得る。いくつかの実装形態では、マイクロフォン46を通じた音声コマンドが、ディスプレイデバイス40の動作を制御するために使用され得る。

【0176】

電源50は、種々のエネルギー貯蔵デバイスを含み得る。たとえば、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のような再充電可能電池であり得る。充電式バッテリーを使用する実装形態では、充電式バッテリーは、たとえば、壁コンセントあるいは光起電性デバイスまたはアレイから来る電力を使用して充電可能であり得る。代替的に、充電式バッテリーはワイヤレス充電可能であり得る。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もしくは塗料型太陽電池を含む太陽電池であってもよい。電源50は、壁付きコンセントから電力を受けるように構成され得る。

【0177】

いくつかの実装形態では、電子ディスプレイシステム内のいくつかの場所に配置され得るドライバコントローラ29に制御プログラム性が存在する。いくつかの他の実装形態では、アレイドライバ22に制御プログラム性が存在する。上で説明された最適化は、任意の数のハードウェア構成要素および/またはソフトウェア構成要素ならびに様々な構成において実施され得る。

【0178】

本明細書で使用するように、項目のリスト「のうちの少なくとも1つ」に関するフレーズは、単一のメンバーを含めて、それらの項目の任意の組合せを指す。一例として、「a、b、またはcのうちの少なくとも1つ」は、a、b、c、a-b、a-c、b-c、およびa-b-cを包含することを意図している。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 7 9 】

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。

## 【 0 1 8 0 】

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。

## 【 0 1 8 1 】

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。

## 【 0 1 8 2 】

ソフトウェアで実装される場合、機能は、1つまたは複数の命令もしくはコードとしてコンピュータ可読媒体上に記憶され、または、コンピュータ可読媒体を介して送信され得る。本明細書で開示された方法またはアルゴリズムのプロセスは、コンピュータ可読媒体上に存在し得る、プロセッサ実行可能ソフトウェアモジュールで実施され得る。コンピュータ可読媒体は、コンピュータ記憶媒体と、ある場所から別の場所へのコンピュータプログラムの転送が可能にされ得る任意の媒体を含むコンピュータ通信媒体との両方を含む。記憶媒体は、コンピュータによってアクセスされ得る任意の利用可能な媒体であり得る。限定ではなく例として、そのようなコンピュータ可読媒体は、RAM、ROM、EEPROM、CD-ROMもしくは他の光ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置もしくは他の磁気記憶デバイス、または、命令もしくはデータ構造の形式で所望のプログラムコードを記憶するために使用され得るとともに、コンピュータによってアクセスされ得る任意の他の媒体を含み得る。また、いかなる接続もコンピュータ可読媒体と適切に呼ばれ得る。本明細書で使用される場合、ディスク(disk)およびディスク(disc)は、コンパクトディスク(CD)、レーザディスク、光ディスク、デジタル多用途ディスク(DVD)、フロッピー(登録商標)ディスク、およびブルーレイディスクを含み、ディスク(disk)は、通常、磁氣的にデータを再生し、ディスク(disc)は、レーザで光学的にデータを再生する。上記の組合せもコンピュータ可読媒体の範囲の中に含まれるべきである。加えて、方法またはアルゴリズムの動作は、コンピュータプログラム製品に組み込まれ得る、機械可読媒体および/またはコンピュータ可読媒体上のコードおよび/または命令の1つまたは任意の組合せまたはセットとして存在

し得る。

【0183】

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と合致する最大の範囲を認めるものである。

【0184】

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。

【0185】

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。

【0186】

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、請求項に記載のアクションは、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。

【符号の説明】

【0187】

- 21 プロセッサ
- 22 アレイドライバ
- 27 ネットワークインターフェース
- 28 フレームバッファ
- 29 ドライバコントローラ
- 30 ディスプレイアレイ
- 40 ディスプレイデバイス
- 41 筐体
- 43 アンテナ
- 45 スピーカ
- 46 マイクロフォン
- 47 送受信機



48	入力デバイス	
50	電源	
52	条件付けハードウェア	
100	直視型MEMS方式ディスプレイ装置、ディスプレイ装置、装置	
102	光変調器、色固有光変調器	
102a	光変調器	
102b	光変調器	
102c	光変調器	
102d	光変調器	
104	画像、新規画像、カラー画像、画像状態	10
105	ランプ	
106	画素、カラー画素	
108	シャッター	
109	開口	
110	書込み許可相互接続、相互接続、スキャンライン相互接続	
112	データ相互接続、相互接続	
114	共通相互接続、相互接続	
120	ホストデバイス	
122	ホストプロセッサ	
124	環境センサ、環境センサモジュール、センサモジュール	20
126	ユーザ入力モジュール	
128	ディスプレイ装置	
130	スキャンドライバ、ドライバ、書込み許可電圧源	
132	データドライバ、ドライバ、データ電圧源	
134	コントローラ、デジタルコントローラ回路	
138	共通ドライバ、ドライバ	
140	ランプ	
142	ランプ	
144	ランプ	
146	ランプ	30
148	ランプドライバ、ドライバ	
150	表示素子アレイ、アレイ	
200	シャッター式光変調器、光変調器、シャッターアセンブリ	
202	シャッター	
203	表面	
204	アクチュエータ	
205	コンプライアント電極ビームアクチュエータ、アクチュエータ	
206	コンプライアントロードビーム、ロードビーム、コンプライアント部材、ビーム	
207	スプリング	40
208	ロードアンカ	
211	開口穴	
216	コンプライアント駆動ビーム、駆動ビーム、ビーム	
218	駆動ビームアンカ、駆動アンカ	
220	ローラー式光変調器	
250	光タップ	
270	エレクトロウェットティング式光変調アレイ	
300	制御マトリクス	
301	画素	
302	弾性シャッターアセンブリ、シャッターアセンブリ	50

303	アクチュエータ	
304	基板	
306	スキャンライン相互接続	
307	書込み許可電圧源	
308	データ相互接続	
309	データ電圧源、Vdソース	
310	トランジスタ	
312	キャパシタ	
320	シャッター式光変調器アレイ、画素アレイ、アレイ、光変調器アレイ	
322	開口層	10
324	開口	
400	二重アクチュエータシャッターアセンブリ、シャッターアセンブリ	
402	アクチュエータ、シャッター開アクチュエータ、静電アクチュエータ	
404	アクチュエータ、シャッター閉アクチュエータ、静電アクチュエータ	
406	シャッター	
407	開口層	
408	アンカ	
409	開口、方形開口	
412	シャッター開口、開口	
416	重複	20
500	ディスプレイ装置、複合ディスプレイ装置	
502	シャッター式光変調器、シャッターアセンブリ、シャッターアセンブリアレイ	
503	シャッター	
504	透明基板、基板	
505	アンカ	
506	後ろ向き反射層、反射開口層、反射膜	
508	表面開口、開口	
512	ディフューザ	
514	輝度増強膜	
516	バックライト、平面光ガイド、光ガイド	30
517	光リダイレクタまたはプリズム	
518	ランプ、光源	
519	反射体	
520	前向き反射膜、膜	
521	光線	
522	カバープレート	
524	ブラックマトリクス	
526	ギャップ	
527	スペーサ	
528	粘着シール	40
530	流体	
532	板金または成形プラスチックアセンブリブラケット、アセンブリブラケット	
536	反射体	
600	複合シャッターアセンブリ、シャッターアセンブリ	
601	シャッター	
602	コンプライアントビーム、ビーム	
603	基板	
604	アンカ構造体、アンカ、アンカ領域	
605	第1の機械層、機械層	
606	開口層	50

607	導体層	
609	第2の機械層、機械層	
611	封入誘電体	
613	犠牲層	
614	下にある導電面	
700	シャッターアセンブリ	
701	第1の犠牲材料	
702	開きまたはビア	
703	型、犠牲型	
705	第2の犠牲材料	10
708	下水平レベル、下水平面	
709	垂直な側壁	
710	上水平レベル、上水平面	
712	シャッター	
714	アンカ	
716	コンプライアントスプリングビーム、側壁ビーム	
718	コンプライアントアクチュエータビーム、側壁ビーム、コンプライアントビーム、コンプライアント駆動ビーム、ビーム	
720	コンプライアントアクチュエータビーム、側壁ビーム、コンプライアントビーム、コンプライアントロードビーム、ビーム	20
724	ポイント、分離ポイント	
725	開口層	
726	基板	
800	シャッターアセンブリ	
802	シャッター	
804	基板	
806	ロードビーム	
808	アンカ	
810	駆動ビーム	
812	シャッターの近位のレベル	30
814	シャッターの遠位のレベル	
815	遠位のレベルの端部	
816	側壁	
818	光遮断層	
820	開口	
920	犠牲材料の第1の層	
922	凹部	
924	犠牲材料の第2の層	
926	凹部	
928	凹部	40
930	凹部	
932	構造材料の層、構造材料の第1の層	
934	犠牲材料の第3の層	
936	凹部	
938	構造材料の第2の層	
1000	シャッターアセンブリ	
1002	ロードビーム	
1004	シャッターの遠位のレベル	
1005	近位のレベルの端部	
1006	シャッター	50

1007	ロードアンカ	
1008	シャッターの近位のレベル	
1010	駆動ビーム	
1018	光遮断層	
1102	透明基板	
1104	開口	
1120	犠牲材料の第1の層	
1122	凹部	
1124	犠牲材料の第2の層	
1125	凹部	10
1126	構造材料の第1の層	
1128	犠牲材料の第3の層	
1130	構造材料の第2の層	
1200	シャッターアセンブリ	
1202	駆動ビーム	
1204	側壁	
1206	シャッター	
1208	ロードアンカ	
1302	透明基板	
1304	開口	20
1318	光遮断層	
1320	犠牲材料の第1の層	
1322	凹部	
1324	犠牲材料の第2の層	
1326	凹部	
1328	凹部	
1329	凹部	
1330	構造材料の層	
1400	シャッターアセンブリ	
1404	シャッター	30
1406	突出部	
1408	シャッターキャップ	
1410	アンカ	
1412	アクチュエータ	
1450	犠牲材料の第1の層	
1452	犠牲材料の第2の層	
1454	基板	
1456	アンカの型の凹部	
1458	アクチュエータの型の凹部	
1460	構造材料の第1の層	40
1462	犠牲材料の第3の層	
1464	凹部	
1466	メサ	
1468	構造材料の第2の層	
1500	シャッターアセンブリ	
1502	犠牲材料の3つの層を含む型	
1504	シャッター	
1506	基板	
1508	ロードビーム	
1510	駆動ビーム	50

1512	静電アクチュエータ	
1514	開口	
1516	遮光材料の層	
1518	近位の光遮断レベル	
1520	遠位の光遮断レベル	
1522	アンカ	
1524	側壁	
1600	シャッターアセンブリ	
1604	シャッター	
1606	基板	10
1608	ロードビーム	
1610	駆動ビーム	
1612	静電アクチュエータ	
1614	開口	
1616	遮光材料の層	
1618	シャッター開口	
1620	上部光遮断層	
1622	アンカ	
1632	犠牲材料の第1の層	
1634	犠牲材料の第2の層	20
1636	凹部	
1638	凹部	
1640	凹部	
1642	犠牲材料の第3の層	
1644	凹部	
1700	ディスプレイ装置	
1701	シャッターアセンブリ	
1702a	シャッター	
1702b	シャッター	
1703a	近位のレベル	30
1703b	近位のレベル	
1704a	遠位のレベル	
1704b	遠位のレベル	
1705a	駆動ビーム	
1705b	駆動ビーム	
1706	基板	
1707	開口	
1708a	内部光遮断部	
1708b	内部光遮断部	
1709a	シャッターの側壁	40
1709b	シャッターの側壁	
1710a	外部光遮断部	
1710b	外部光遮断部	
1711	シャッターの側壁	
1712	光	
1714a	静電アクチュエータのロード電極	
1714b	静電アクチュエータのロード電極	
1715	中央ビーム	
1818	光遮断層	
1820	犠牲材料の第1の層	50

1822a	凹部
1822b	凹部
1824	犠牲材料の第2の層
1825	凹部
1826	凹部
1827	凹部
1828	凹部
1829	凹部
1830	構造材料の第1の層
1832	犠牲材料の第3の層
1834	構造材料の第2の層

10

【 図 1 A 】

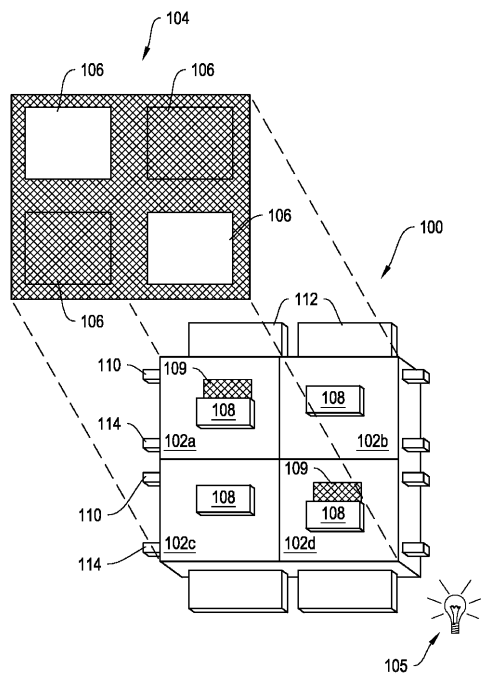
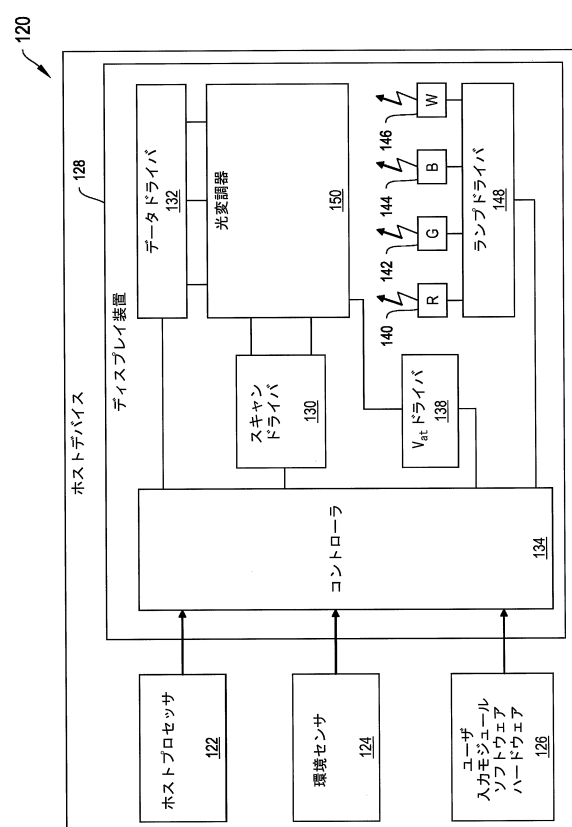


FIGURE 1A

【 図 1 B 】



【 図 2 】

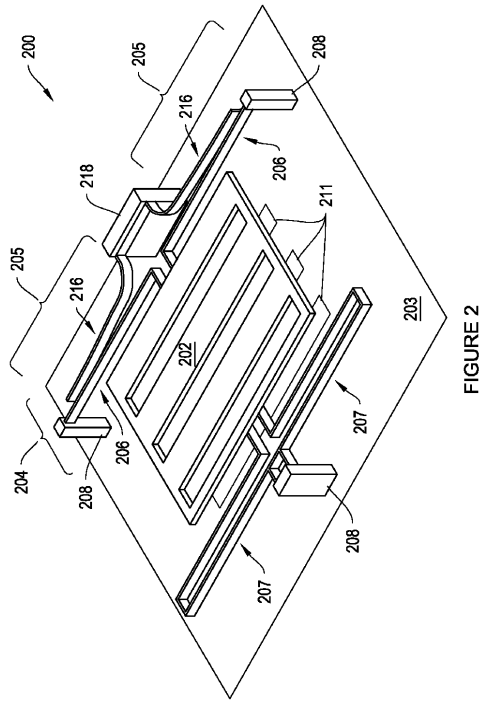
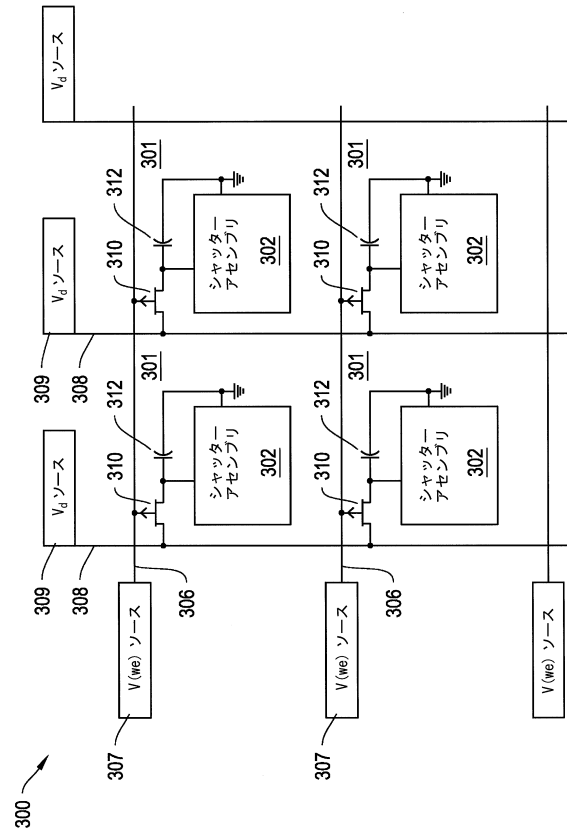


FIGURE 2

【 図 3 A 】



【 ㄨ 3 B 】

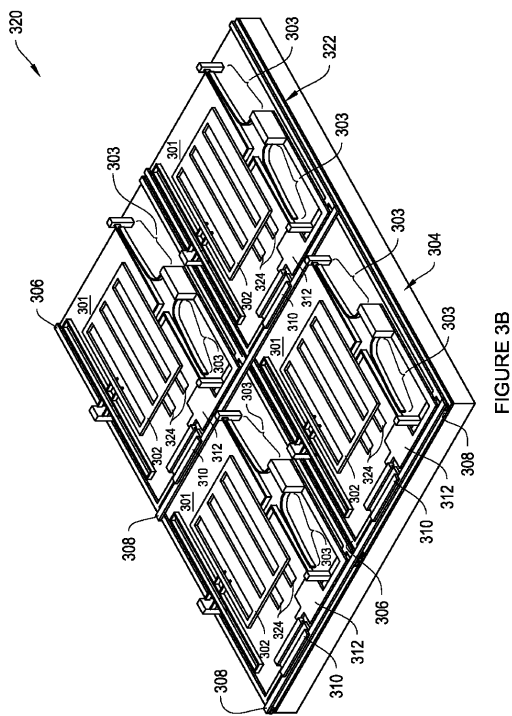


FIGURE 3B

【 図 4 A 】

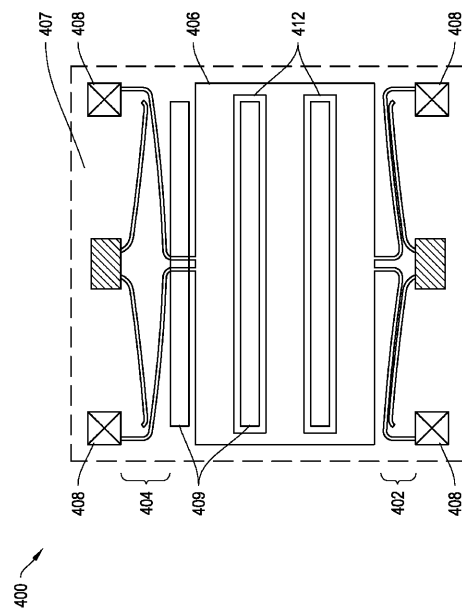


FIGURE 4A

【図 4 B】

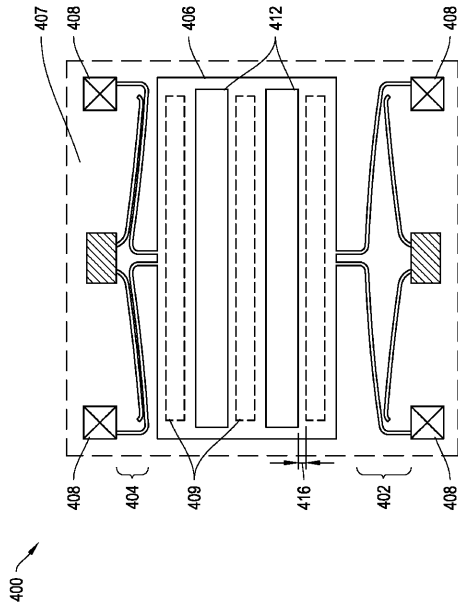
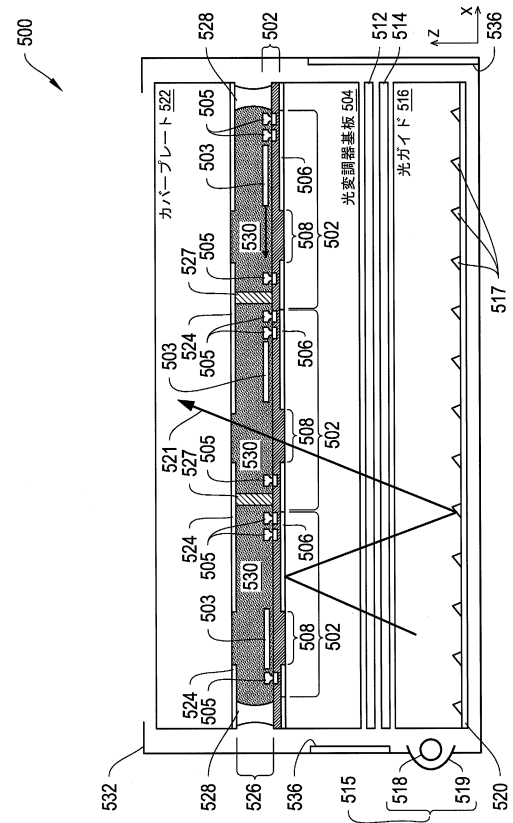


FIGURE 4B

【図 5】



【図 6 A】

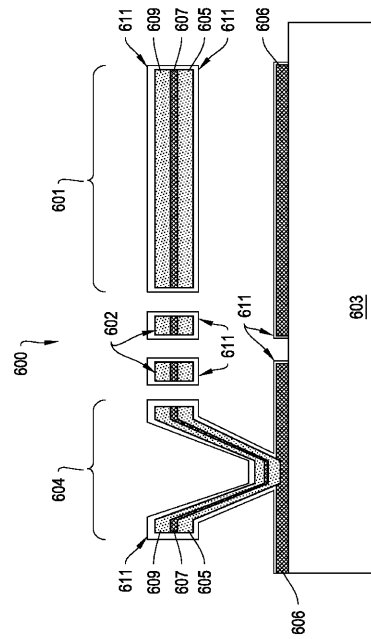


FIGURE 6A

【図 6 B】

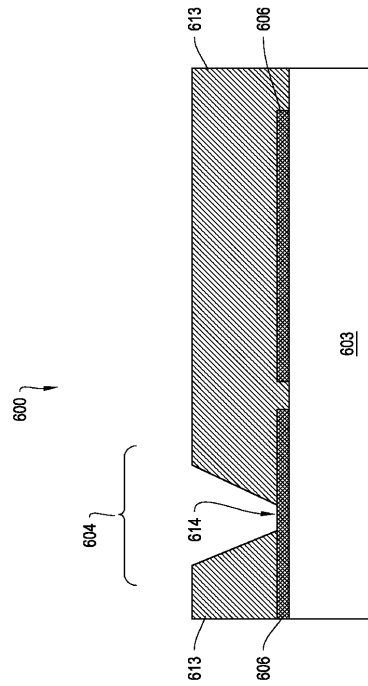


FIGURE 6B



【図 6 C】

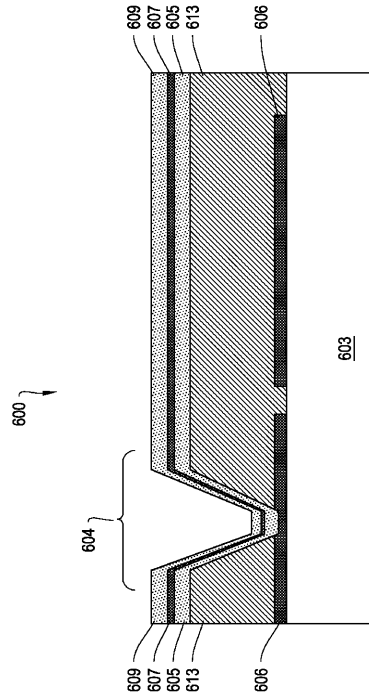


FIGURE 6C

【図 6 D】

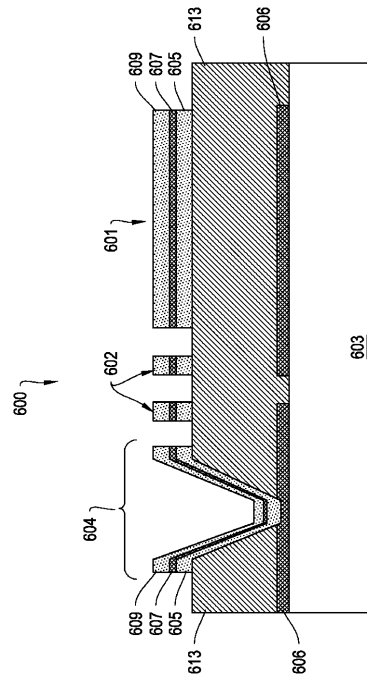


FIGURE 6D

【図 6 E】

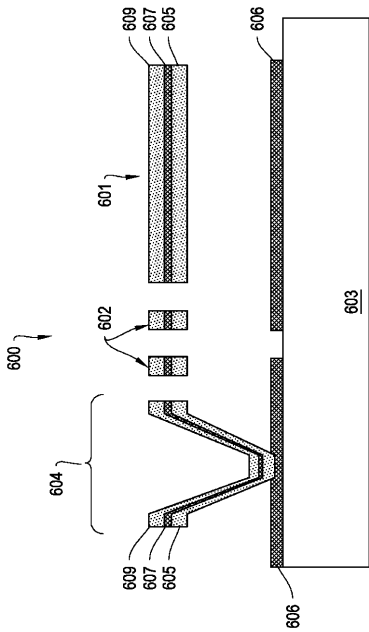


FIGURE 6E

【図 7 A】

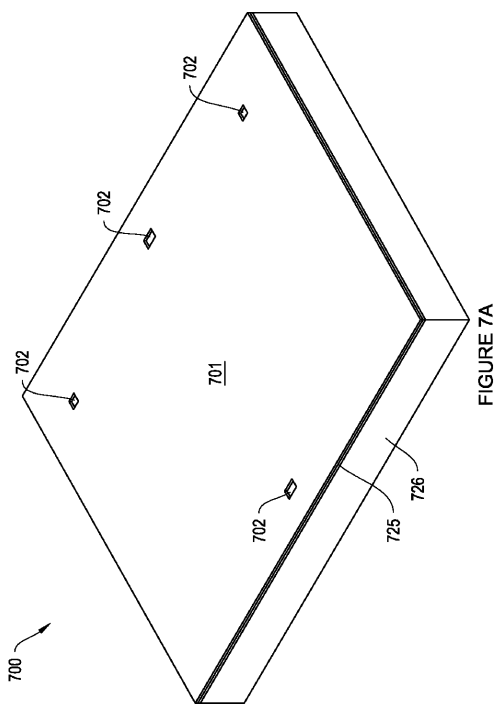
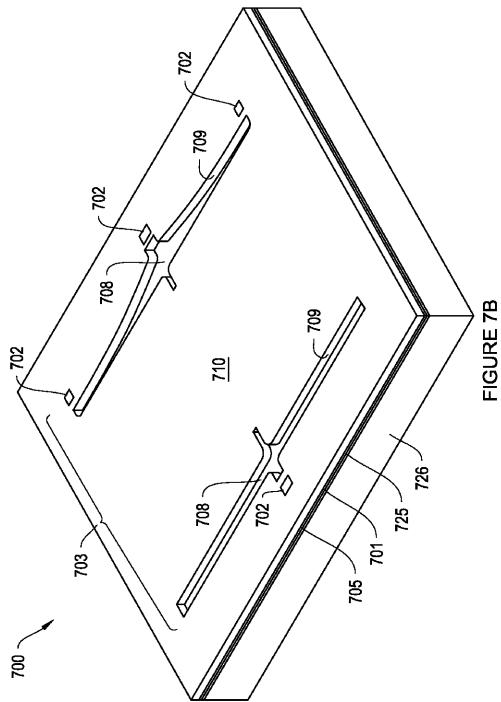
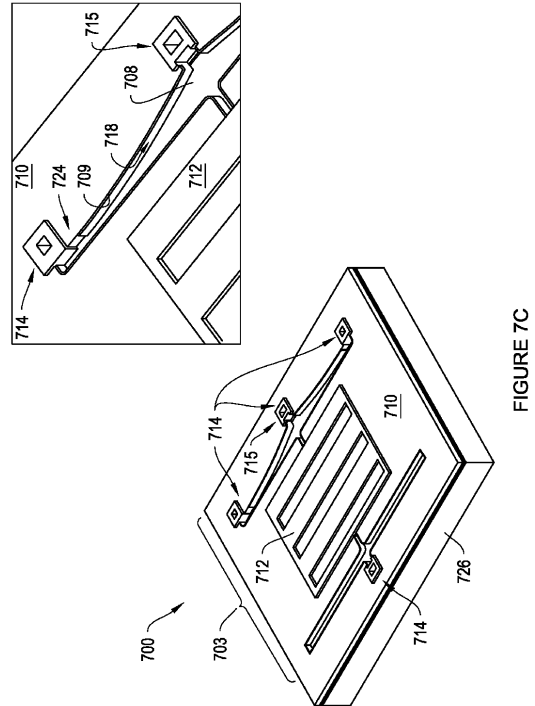


FIGURE 7A

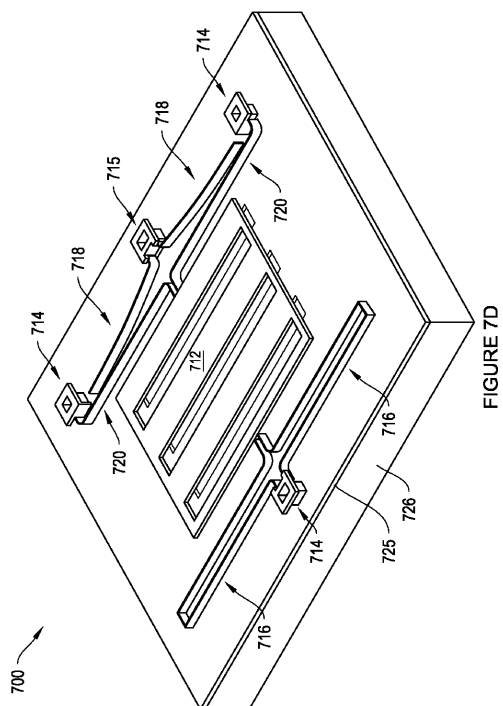
【 図 7 B 】



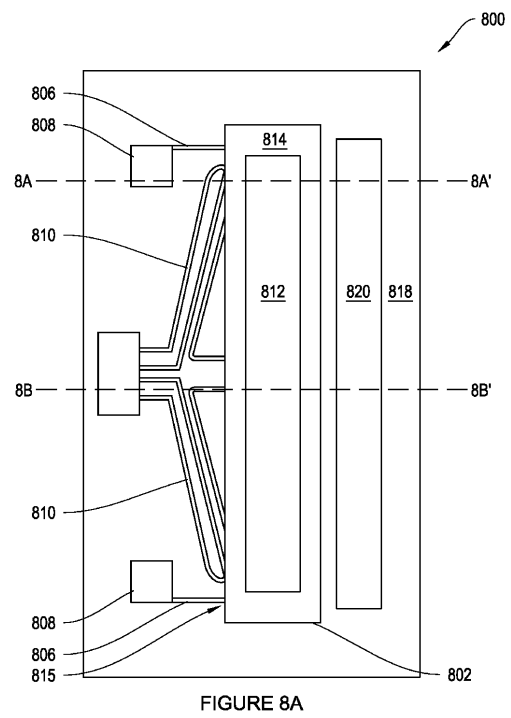
【圖 7 C】



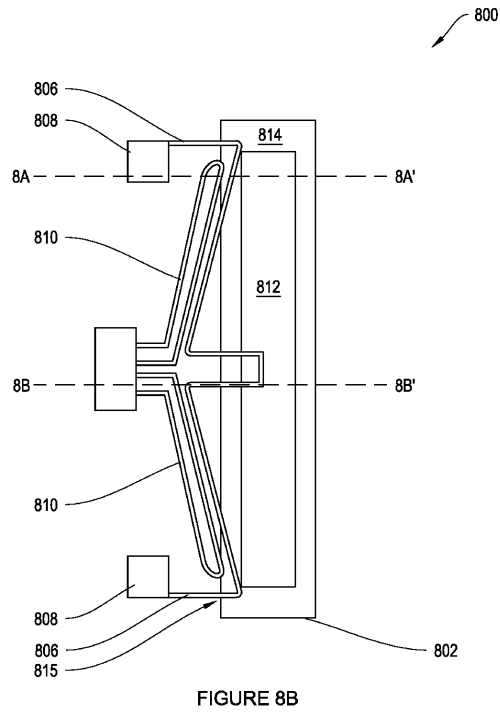
【 図 7 D 】



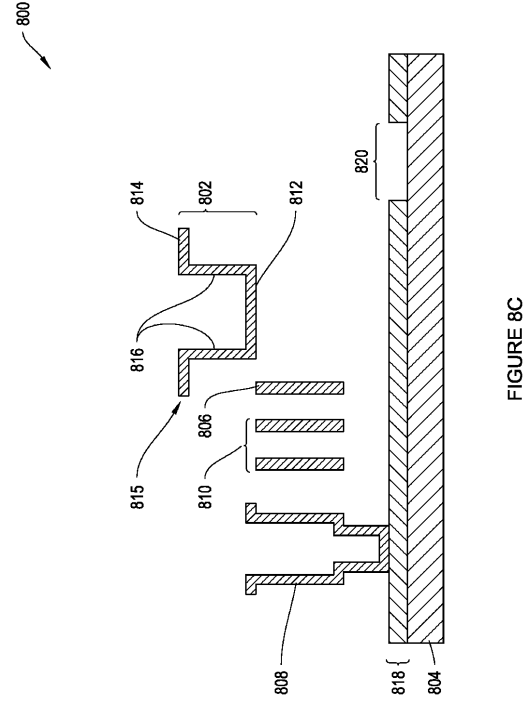
【 図 8 A 】



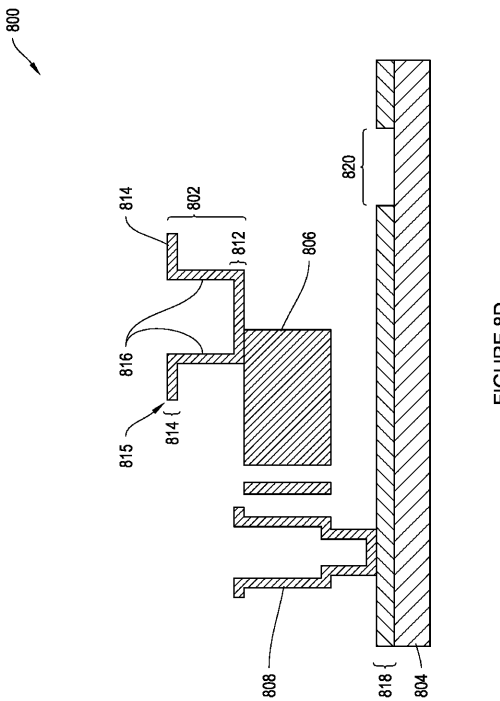
【図 8 B】



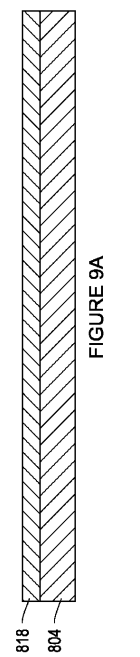
【図 8 C】



【図 8 D】



【図 9 A】



【図 9 B】

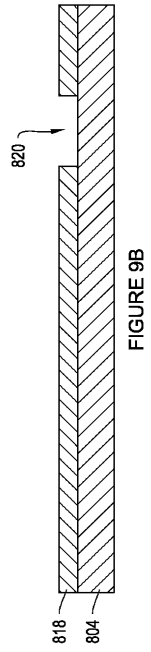


FIGURE 9B

【図 9 C】

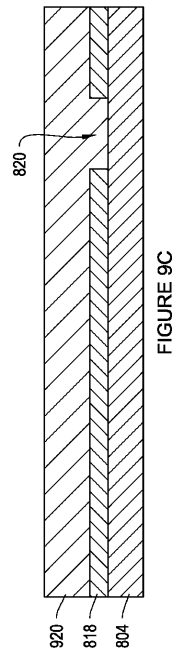


FIGURE 9C

【図 9 D】

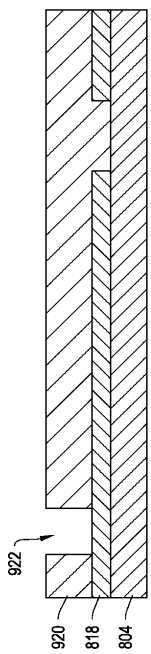


FIGURE 9D

【図 9 E】

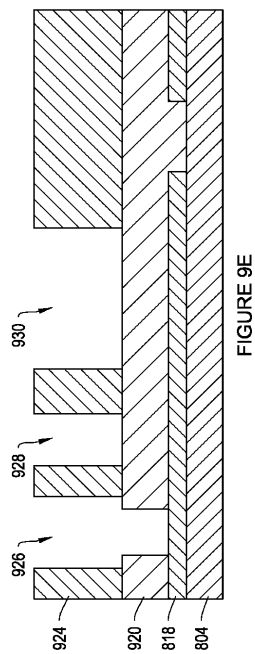
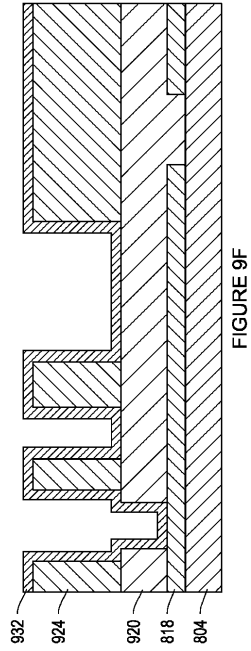
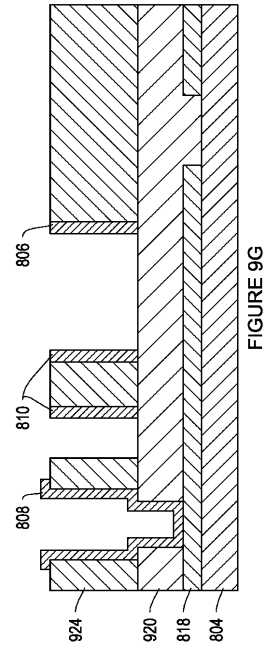


FIGURE 9E

【図 9 F】



【図 9 G】



【図 9 H】

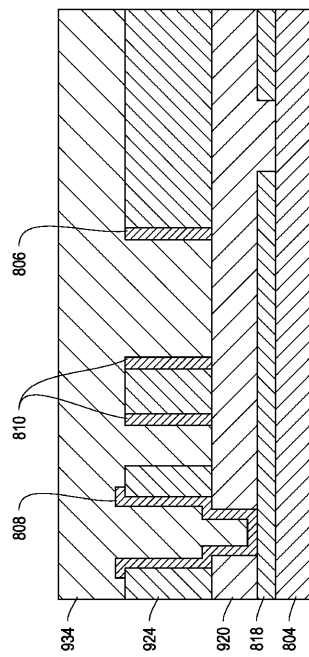


FIGURE 9H

【図 9 I】

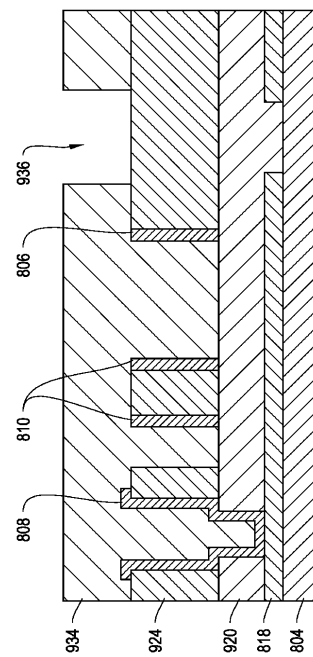


FIGURE 9I

【図 9 J】

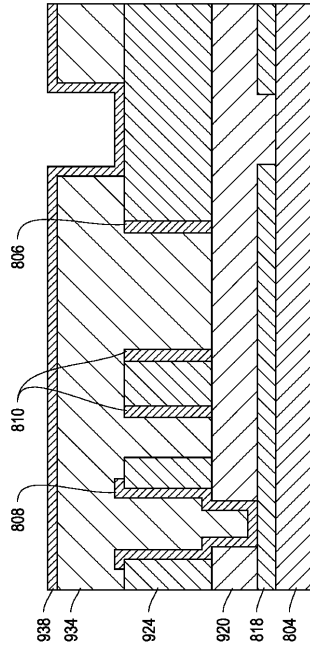


FIGURE 9J

【図 9 K】

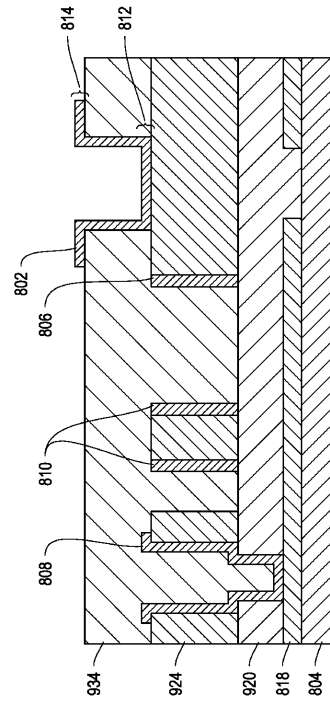


FIGURE 9K

【図 9 L】

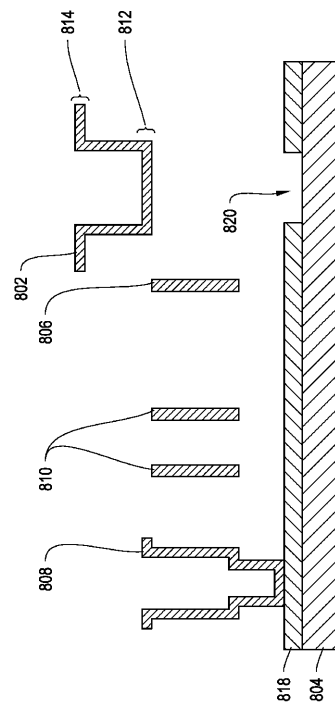


FIGURE 9L

【図 10 A】

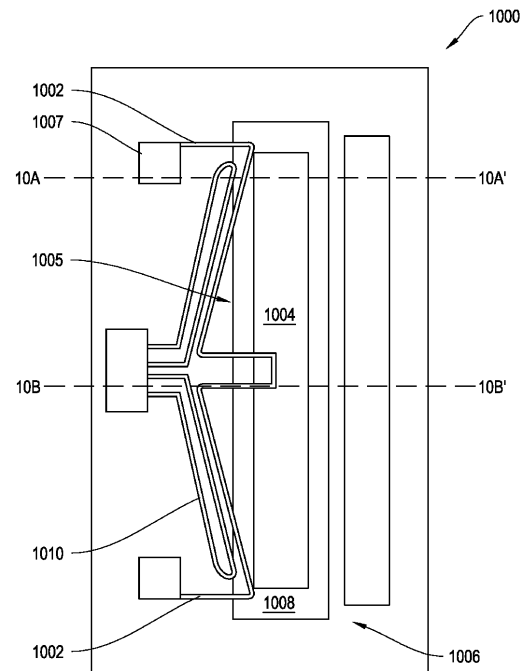


FIGURE 10A

【図 10 B】

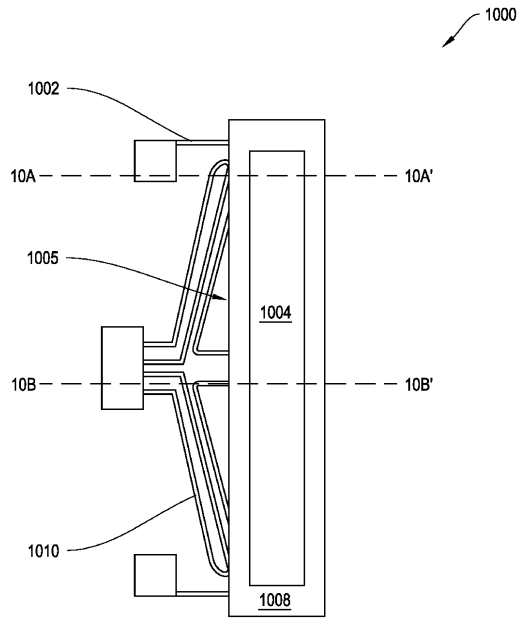


FIGURE 10B

【図 10 C】

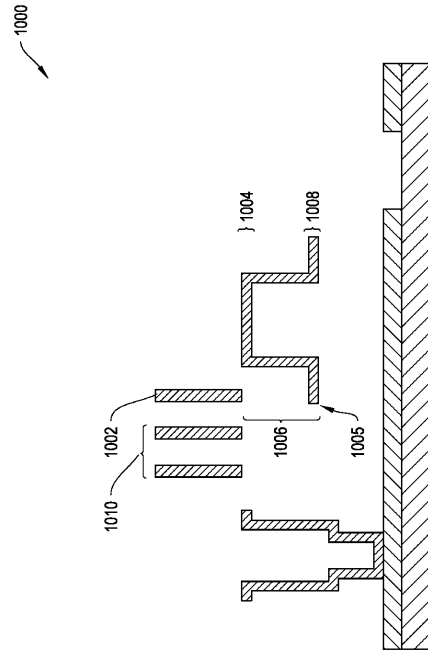


FIGURE 10C

【図 10 D】

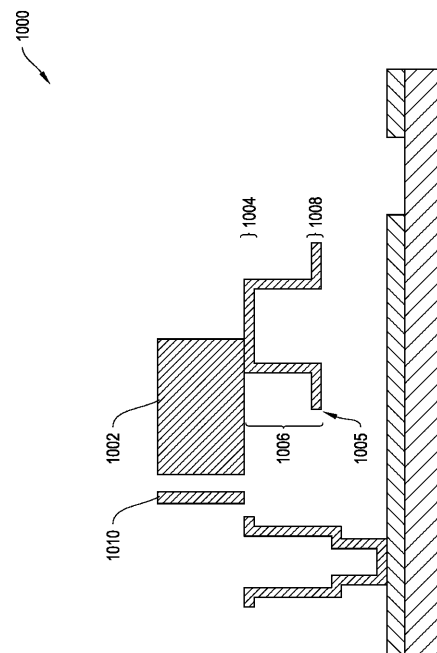


FIGURE 10D

【図 11 A】

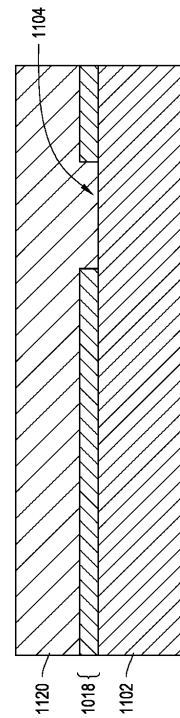
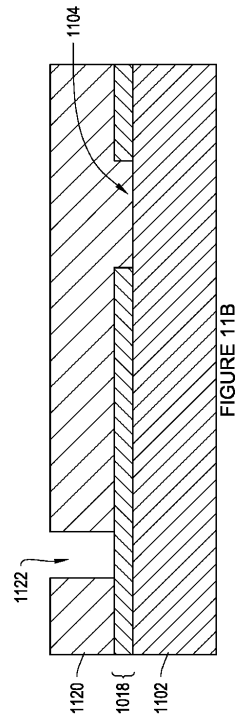
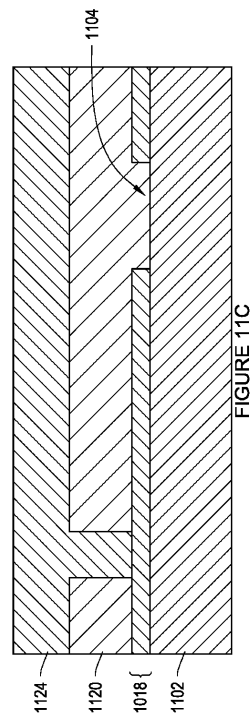


FIGURE 11A

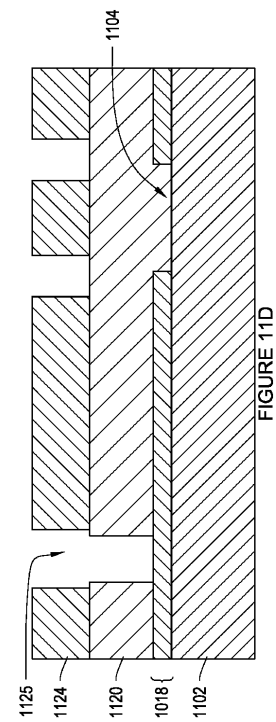
【図 1 1 B】



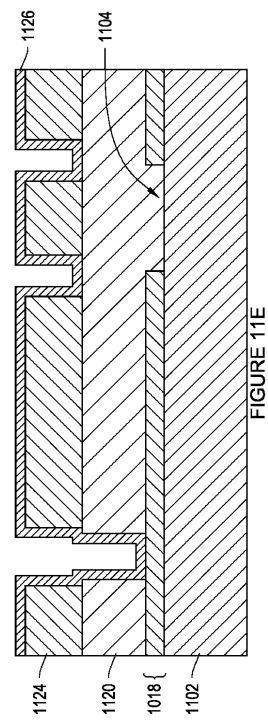
【図 1 1 C】



【図 1 1 D】

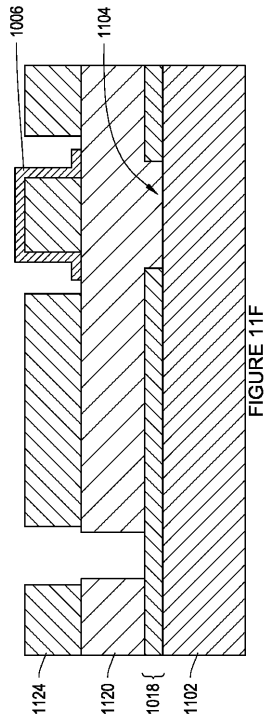


【図 1 1 E】





【図 11 F】



【図 11 G】

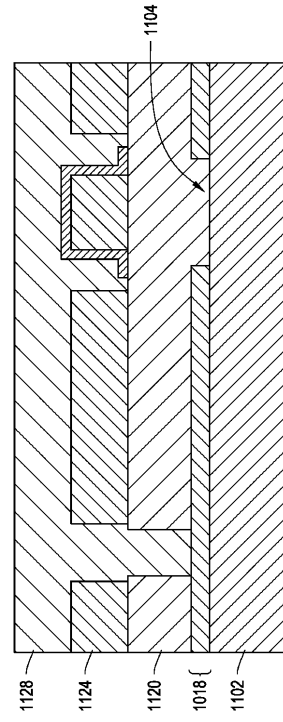


FIGURE 11G

【図 11 H】

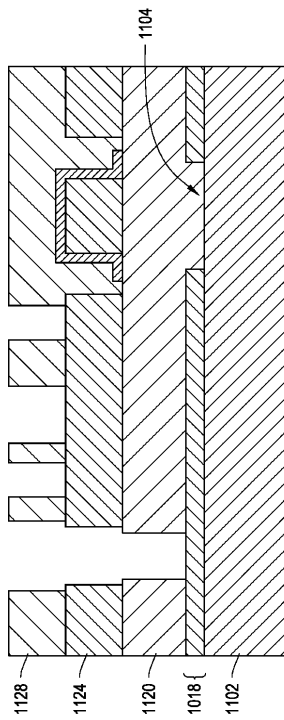


FIGURE 11H

【図 11 I】

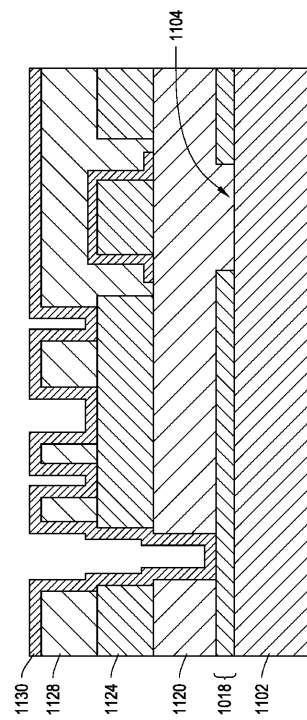


FIGURE 11I

【図 11 J】

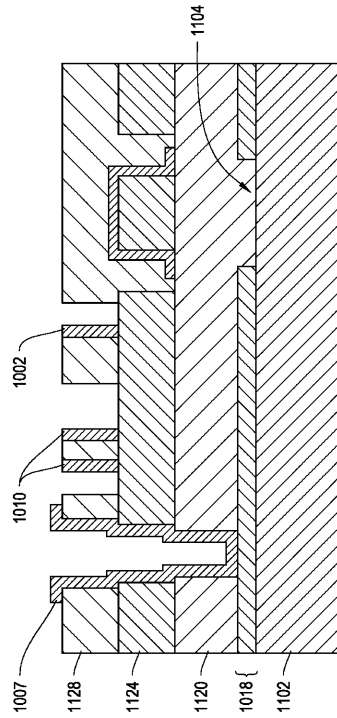


FIGURE 11J

【図 11 K】

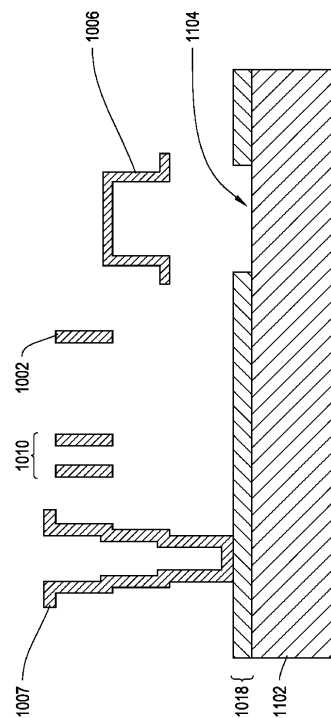


FIGURE 11K

【図 12 A】

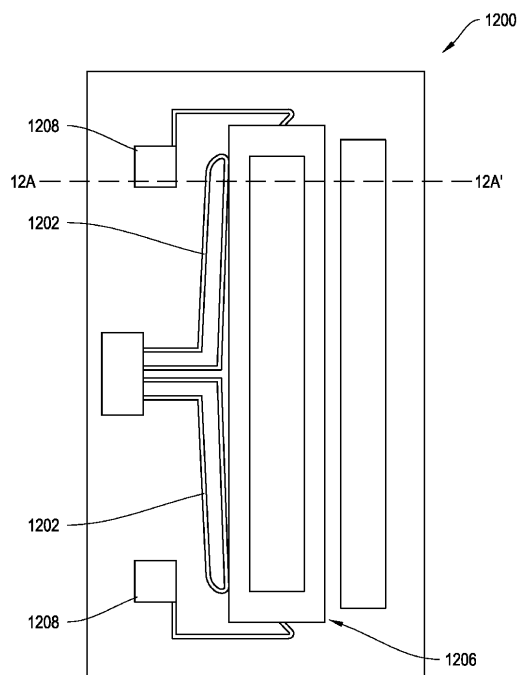


FIGURE 12A

【図 12 B】

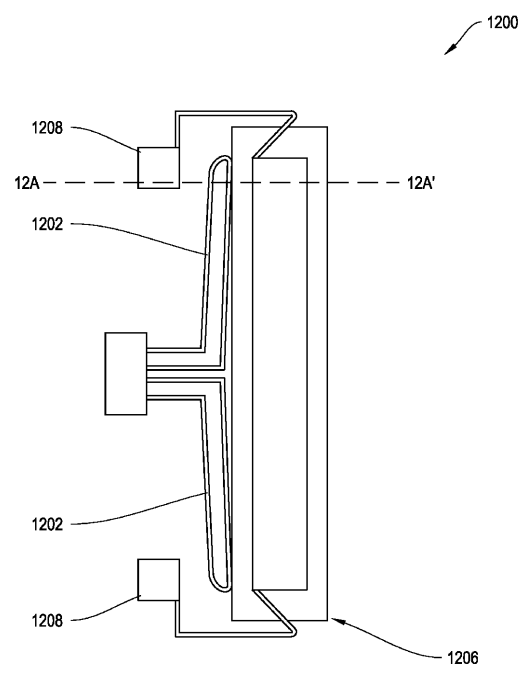


FIGURE 12B

【図 12 C】

1200

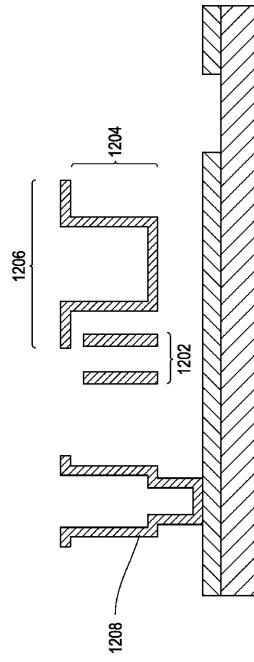


FIGURE 12C

【図 13 A】

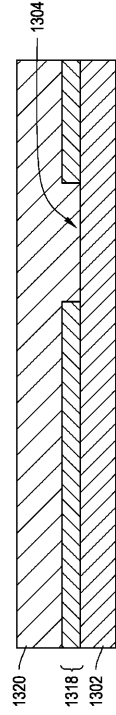


FIGURE 13A

【図 13 B】

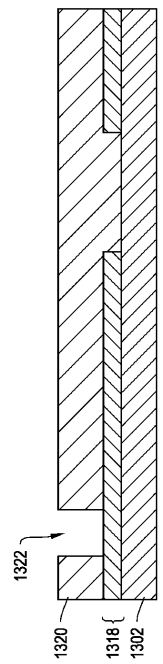


FIGURE 13B

【図 13 C】

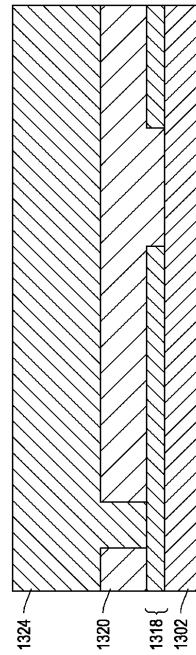
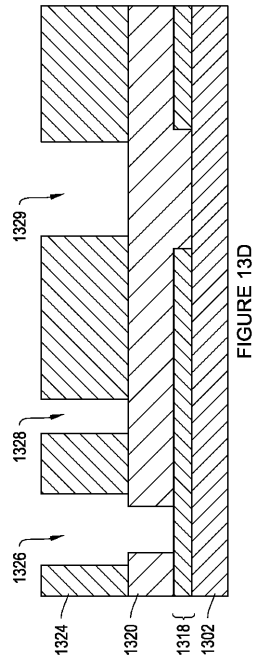
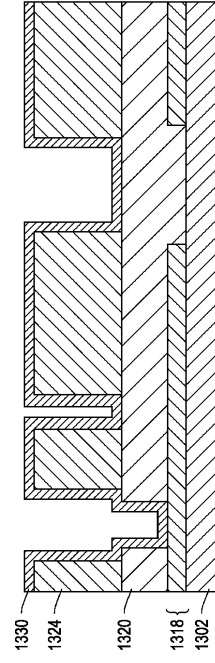


FIGURE 13C

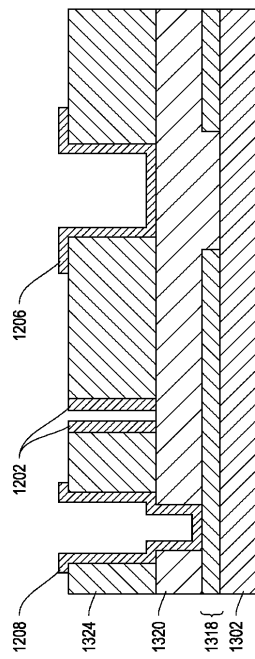
【図 13 D】



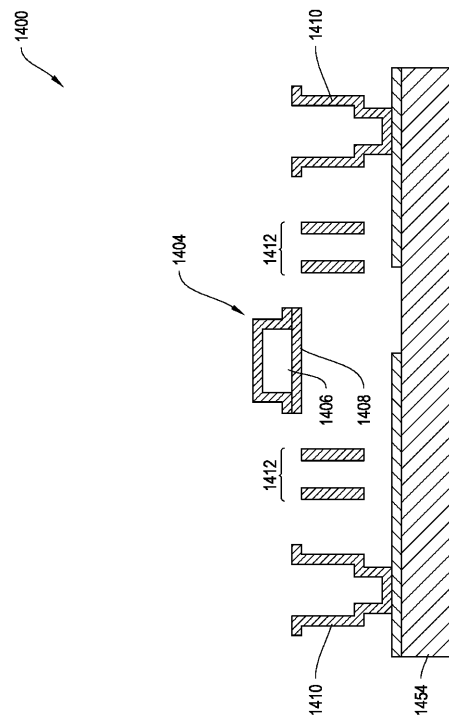
【図 13 E】



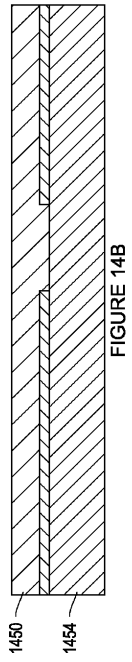
【図 13 F】



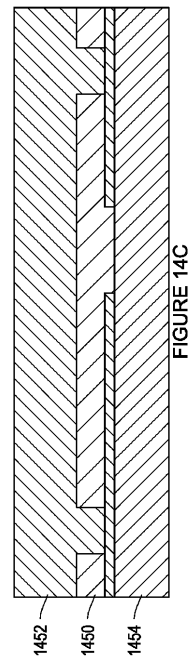
【図 14 A】



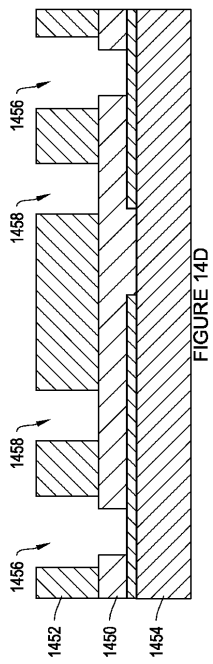
【図 14 B】



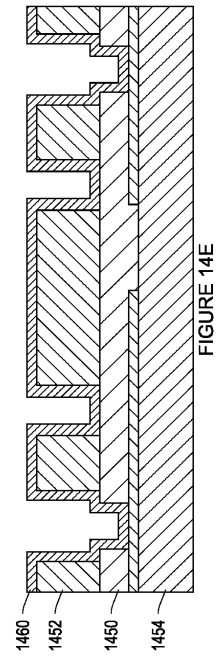
【図 14 C】



【図 14 D】



【図 14 E】



【図 14 F】

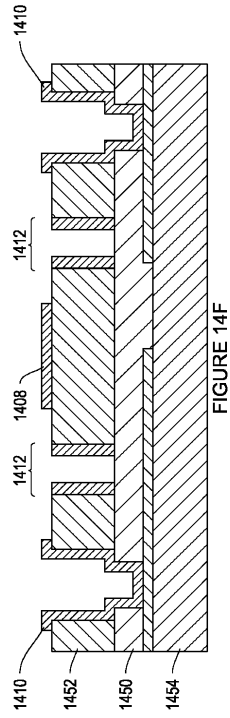


FIGURE 14F

【図 14 G】

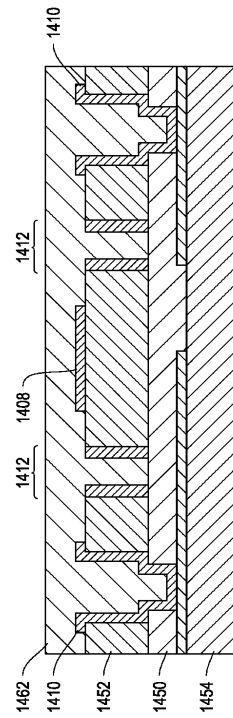


FIGURE 14G

【図 14 H】

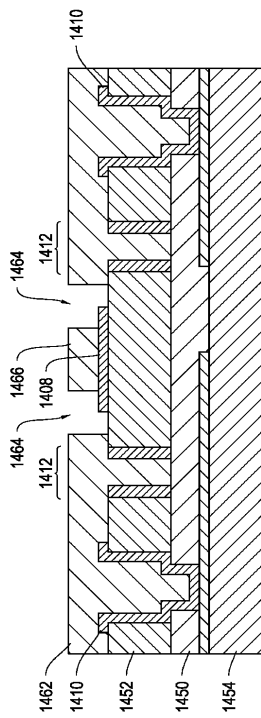


FIGURE 14H

【図 14 I】

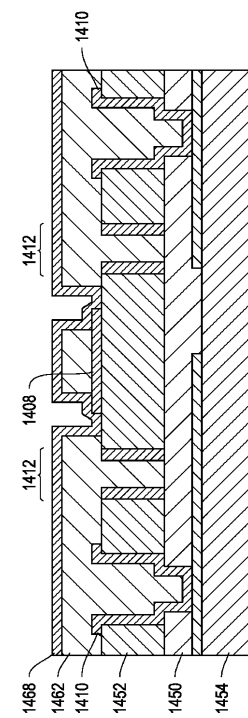


FIGURE 14I

【図 14 J】

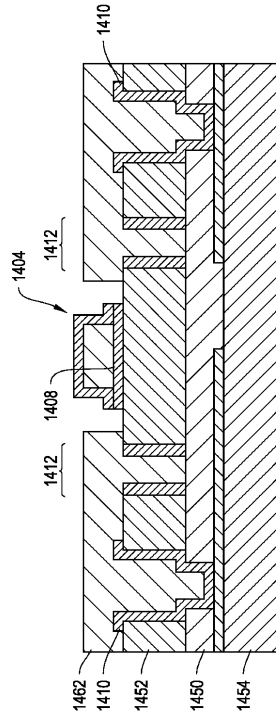


FIGURE 14J

【図 15 A】

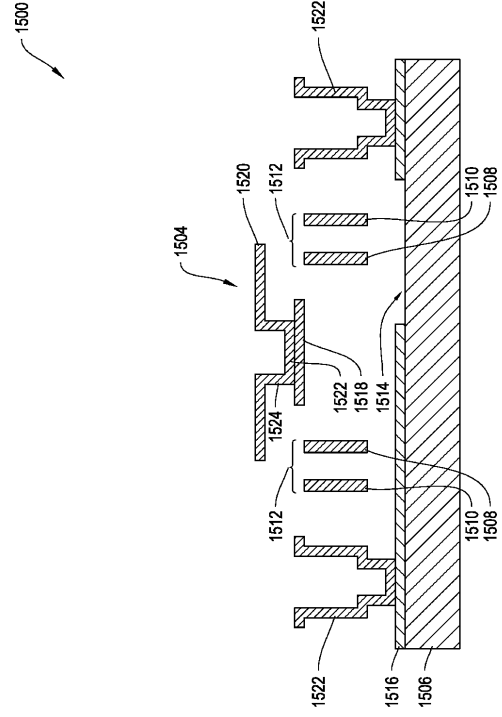


FIGURE 15A

【図 15 B】

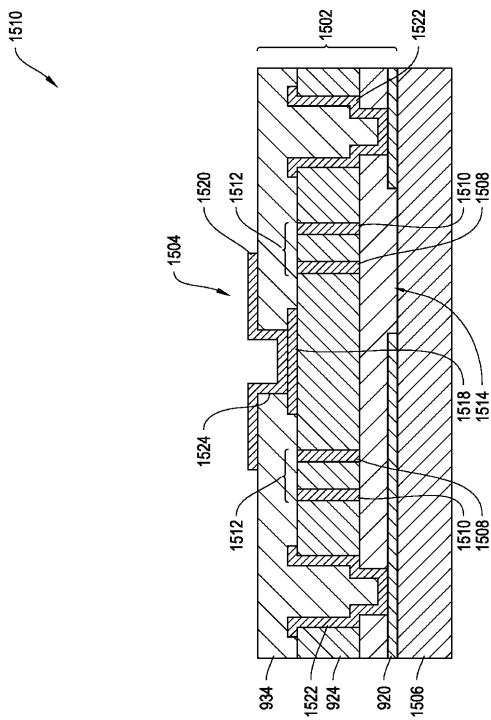


FIGURE 15B

【図 16 A】

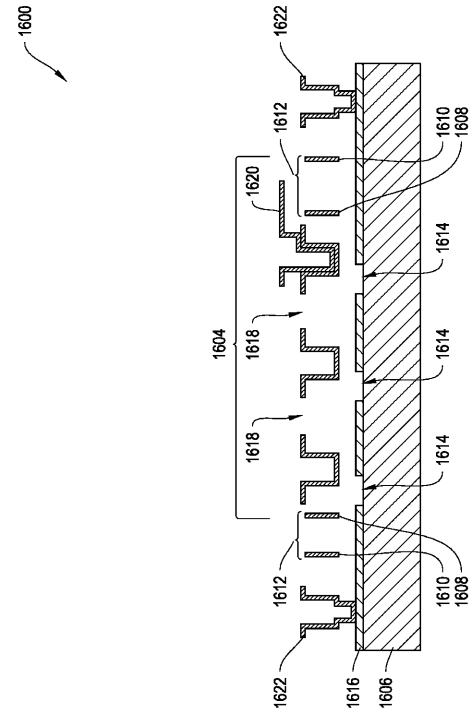


FIGURE 16A

【図 16 B】

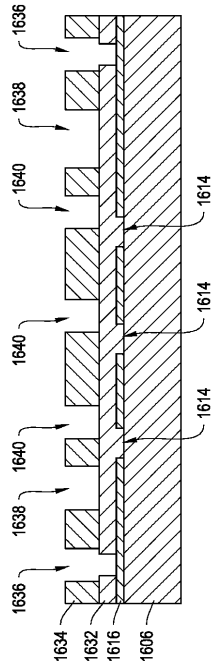


FIGURE 16B

【図 16 C】

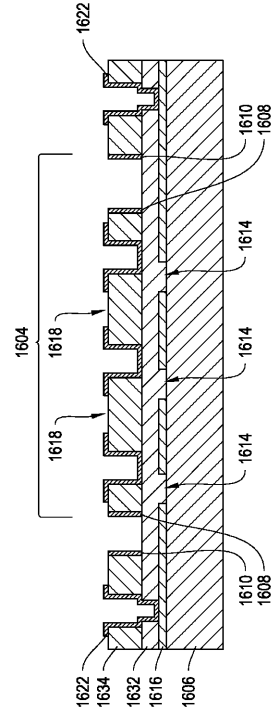


FIGURE 16C

【図 16 D】

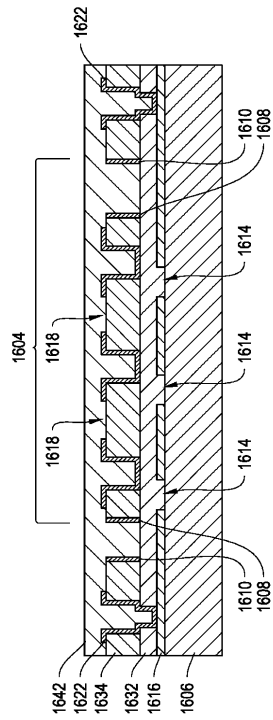


FIGURE 16D

【図 16 E】

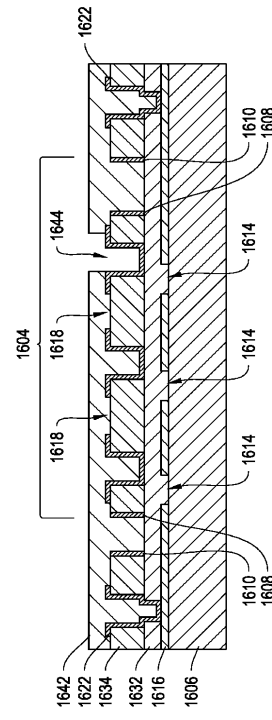


FIGURE 16E



【図 16 F】

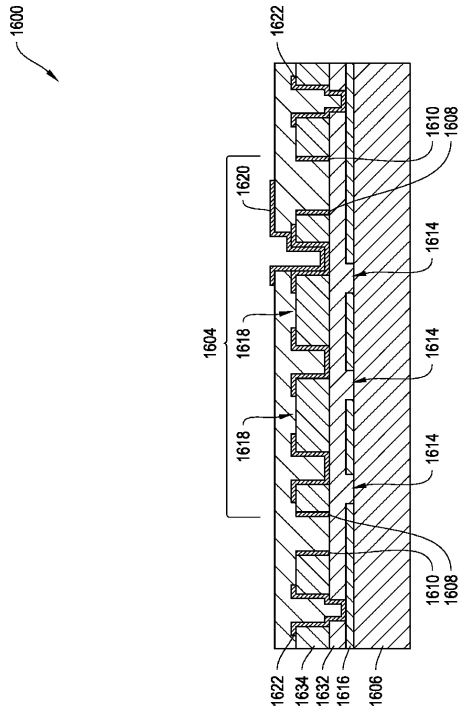
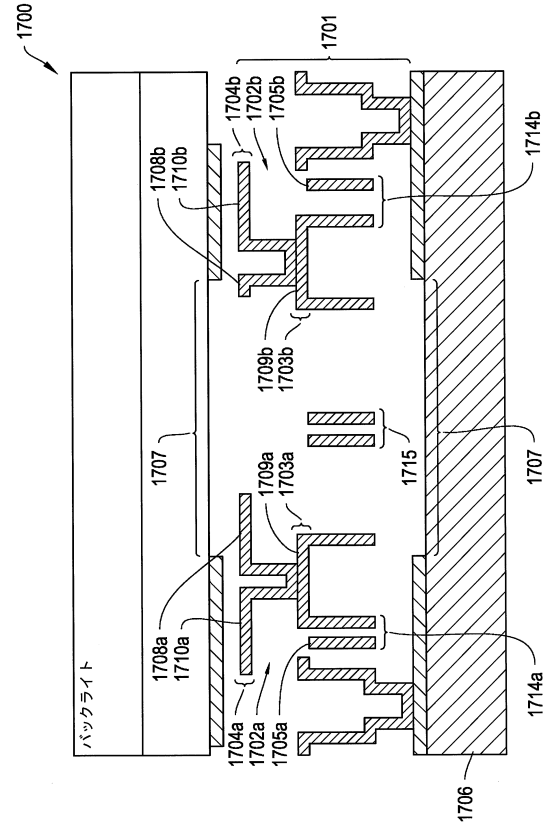
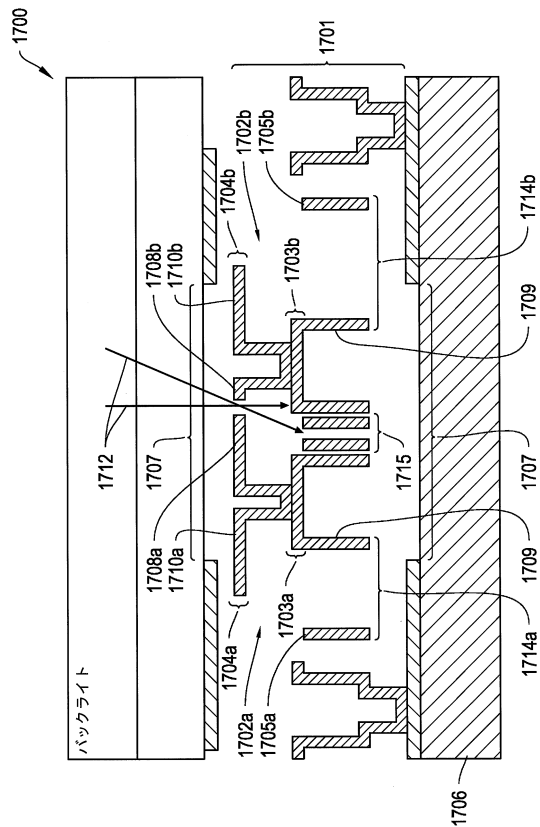


FIGURE 16F

【図 17 A】



【図 17 B】



【図 18 A】

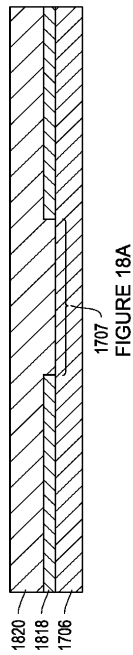
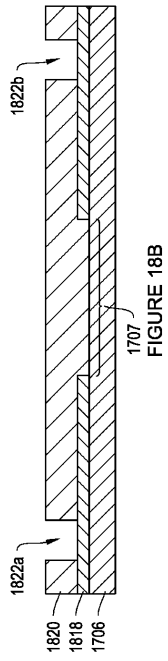
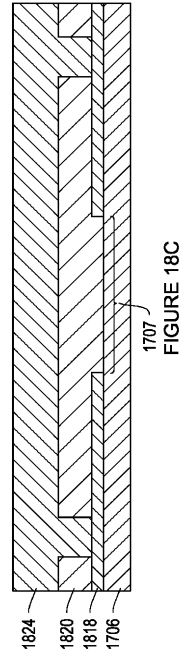


FIGURE 18A

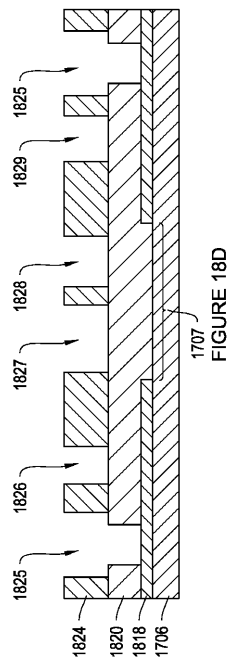
【図 18B】



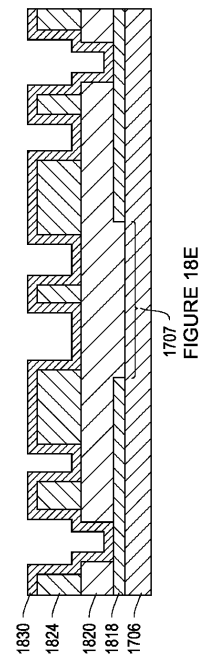
【図 18C】



【図 18D】



【図 18E】



【図 18 F】

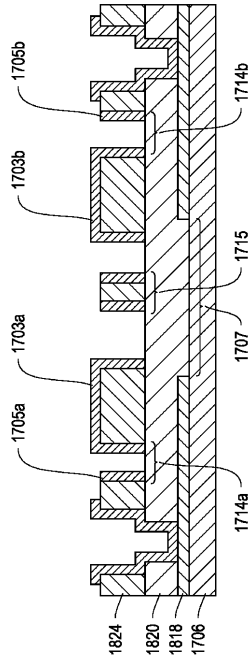


FIGURE 18F

【図 18 G】

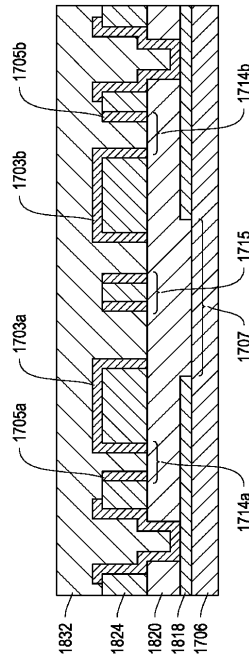


FIGURE 18G

【図 18 H】

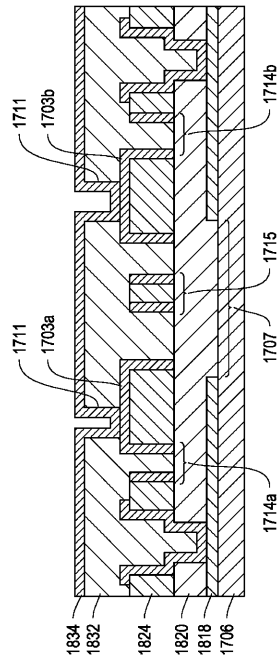


FIGURE 18H

【図 18 I】

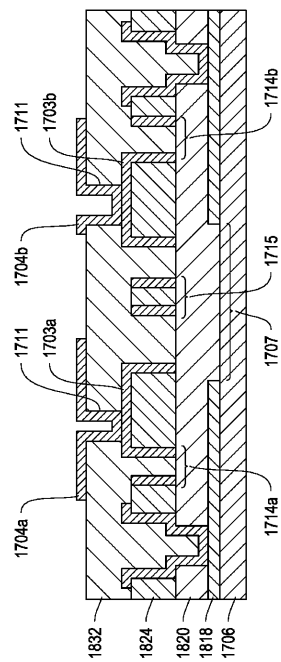


FIGURE 18I

【図 19】

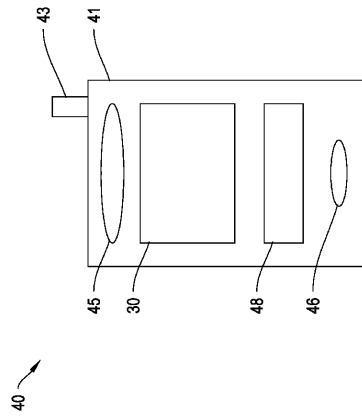
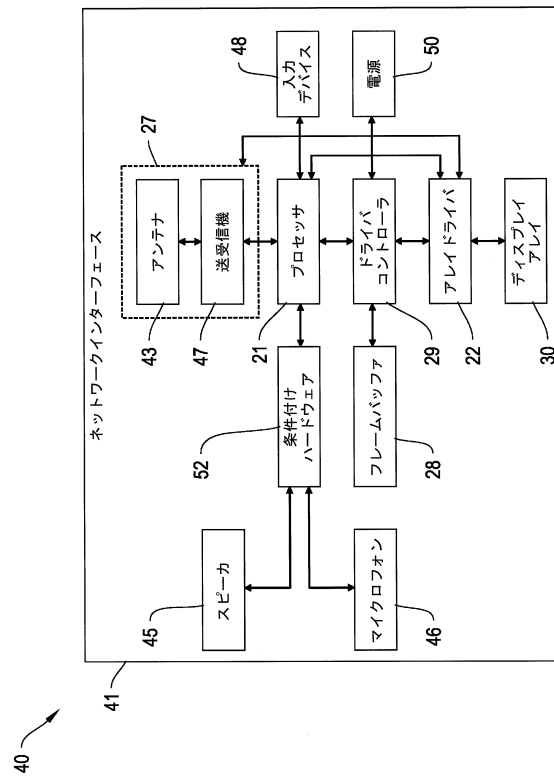


FIGURE 19

【図 20】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ハヴィエル・ヴィラリアル  
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ  
ヴ・5775・ピクストロニクス・インコーポレイテッド内
- (72)発明者 マーク・ビー・アンダーソン  
アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121-1714・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライ  
ヴ・5775・ピクストロニクス・インコーポレイテッド内

審査官 山本 貴一

- (56)参考文献 特開2012-242712(JP, A)  
米国特許出願公開第2013/0050290(US, A1)  
米国特許出願公開第2013/0050794(US, A1)  
国際公開第2012/142849(WO, A1)  
特開2012-230407(JP, A)  
特開平09-218360(JP, A)  
米国特許出願公開第2013/0163063(US, A1)  
特開2010-181495(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| G02B | 26/02 |
| B81B | 3/00  |
| B81C | 1/00  |