

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-504835

(P2017-504835A)

(43) 公表日 平成29年2月9日(2017.2.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 2 B 26/02 (2006.01)	G 0 2 B 26/02 E	2 H 1 4 1
B 8 1 B 3/00 (2006.01)	B 8 1 B 3/00	3 C 0 8 1
B 8 1 C 1/00 (2006.01)	B 8 1 C 1/00	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 48 頁)

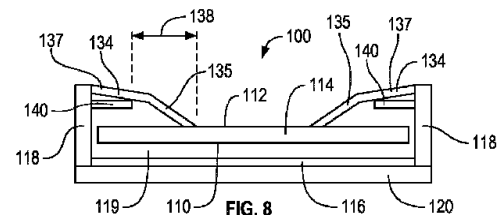
(21) 出願番号	特願2016-545903 (P2016-545903)	(71) 出願人	508095337
(86) (22) 出願日	平成26年12月16日 (2014.12.16)		クオルコム・メムズ・テクノロジーズ・インコーポレーテッド
(85) 翻訳文提出日	平成28年7月8日 (2016.7.8)		アメリカ合衆国・カリフォルニア・92121・サン・ディエゴ・モアハウス・ドライブ・5775
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/070630	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開番号	W02015/108649		弁理士 村山 靖彦
(87) 国際公開日	平成27年7月23日 (2015.7.23)	(74) 代理人	100163522
(31) 優先権主張番号	61/928, 953		弁理士 黒田 晋平
(32) 優先日	平成26年1月17日 (2014.1.17)	(72) 発明者	笹川 照夫
(33) 優先権主張国	米国 (US)		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・ドライブ・5775
(31) 優先権主張番号	14/265, 193		
(32) 優先日	平成26年4月29日 (2014.4.29)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 大きい安定的動き範囲を有する多状態干渉変調器

(57) 【要約】

本開示は、電気機械ディスプレイデバイスに関するシステム、方法、および装置を提供する。一態様では、多段階干渉変調器 (IMOD) が、異なる反射色を生成するために異なる位置に移動し得る可動反射体を含むことができる。IMODは、可動反射体の後面側に結合された、可動反射体に支持を提供する変形可能要素を含むことができる。変形可能要素は、休止位置に可動反射体をバイアスさせる復元力をもたらすことができる。IMODは、かみ合ったときに復元力を増大させるように構成された1つまたは複数の復元力修正部を含むことができる。可動反射体が接触位置に動かされたときに変形可能要素が復元力修正部に接触するように、復元力修正部は可動反射体と変形可能要素との間にあり得る。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

干渉変調器であって、
基板と、

前記基板によって支持された、部分的に反射性および部分的に透過性である光学スタックと、

前記光学スタックの上の、前記光学スタックに面する前面側と、前記前面側とは反対の後面側とを含む可動反射体であって、前記光学スタックおよび前記可動反射体がそれらの間に光キャビティを画定する、可動反射体と、

前記可動反射体の前記後面側に結合された、第 1 の位置に前記可動反射体をバイアスさせるための復元力をもたらしことが可能である変形可能要素と、

前記可動反射体と前記変形可能要素との間の復元力修正部であって、前記干渉変調器が、前記変形可能要素が前記復元力修正部と接触しているときに前記復元力修正部が前記変形可能要素の前記復元力を増大させるように構成された、復元力修正部とを備える干渉変調器。

【請求項 2】

前記復元力修正部が、前記可動反射体が前記第 1 の位置にあるときに前記変形可能要素が前記復元力修正部に接触しないように、前記可動反射体が第 2 の位置にあるときに前記変形可能要素が前記復元力修正部に接触するように、および前記可動反射体が第 3 の位置にあるときに前記変形可能要素が前記復元力修正部に接触するように構成され、前記第 2 の位置が、前記第 1 の位置と前記第 3 の位置との間にある、請求項 1 に記載の干渉変調器。

【請求項 3】

前記変形可能要素が、前記可動反射体が前記第 1 の位置と前記第 2 の位置との間にあるときに、第 1 のばね定数を有し、変形可能要素が、前記可動反射体が前記第 2 の位置と前記第 3 の位置との間にあるときに、前記第 1 のばね定数よりも高い第 2 のばね定数を有する、請求項 2 に記載の干渉変調器。

【請求項 4】

前記可動反射体が前記第 1 の位置にあるときに光の第 1 の色を反射することが可能であり、前記可動反射体が前記第 2 の位置にあるときに光の第 2 の色を反射することが可能であり、前記可動反射体が前記第 3 の位置にあるときに光の第 3 の色を反射することが可能である、請求項 2 に記載の干渉変調器。

【請求項 5】

前記復元力が、前記変形可能要素が前記復元力修正部に接触していないときに前記変形可能要素の第 1 の長さによって少なくとも部分的に規定され、前記復元力が、前記変形可能要素が前記復元力修正部に接触しているときに前記変形可能要素の第 2 の長さによって少なくとも部分的に規定され、前記第 2 の長さが前記第 1 の長さよりも短い、請求項 1 に記載の干渉変調器。

【請求項 6】

前記復元力が、前記復元力修正部が前記変形可能要素と接触しているときに前記変形可能要素の第 1 の領域によって少なくとも部分的に規定され、前記復元力が、前記復元力修正部が前記変形可能要素と接触していないときに前記変形可能要素の前記第 1 の領域および第 2 の領域によって少なくとも部分的に規定される、請求項 1 に記載の干渉変調器。

【請求項 7】

前記光キャビティの上の前記可動反射体を支持する支柱をさらに備え、前記復元力修正部が、前記支柱から概して水平に延びる突出部を含む、請求項 1 に記載の干渉変調器。

【請求項 8】

前記可動反射体の前記前面側に垂直な線が、前記復元力修正部と交差する、請求項 1 に記載の干渉変調器。

【請求項 9】

前記光学スタックに向かって、および前記光学スタックから離れて前記可動反射体を選択的に作動させることが可能である、請求項 1 に記載の干渉変調器。

【請求項 10】

前記復元力修正部と前記可動反射体との間にフレキシブル要素をさらに備え、前記フレキシブル要素が、前記可動反射体が前記光学スタックから離れて作動されたときに前記復元力を増大させることが可能である、請求項 9 に記載の干渉変調器。

【請求項 11】

前記可動反射体が、前記可動反射体が前記光学スタックから離れて作動されたときに前記復元力を増大させるために屈曲することが可能である、請求項 9 に記載の干渉変調器。

【請求項 12】

追加の復元力修正部をさらに備え、前記変形可能要素が、前記可動反射体と前記追加の復元力修正部との間にあり、前記追加の復元力修正部が、前記可動反射体が前記光学スタックから離れて作動されたときに前記復元力を増大させることが可能である、請求項 9 に記載の干渉変調器。

【請求項 13】

第 2 の復元力修正部をさらに備え、前記変形可能要素が、前記可動反射体が第 1 の接触位置にあるときに前記復元力修正部に接触することが可能であり、前記変形可能要素が、前記可動反射体が前記第 1 の接触位置を過ぎてたわんでいるときに前記第 2 の復元力修正部に接触することが可能であり、前記第 2 の復元力修正部が、前記変形可能要素が前記第 2 の復元力修正部に接触しているときに前記復元力をさらに増大させる、請求項 1 に記載の干渉変調器。

【請求項 14】

前記可動反射体が、電極を含み、前記変形可能要素が、前記可動反射体の前記電極に電気的に結合された導電部分を含む、請求項 1 に記載の干渉変調器。

【請求項 15】

前記可動反射体の前記前面側が、前記電極を含み、前記可動反射体が、前記可動反射体の前記後面から前記可動反射体の前記前面に延びる導電層を含む、請求項 14 に記載の干渉変調器。

【請求項 16】

請求項 1 の干渉変調器をそれぞれ含む複数のディスプレイ素子と、
前記複数のディスプレイ素子と通信することが可能であり、画像データを処理することが可能であるプロセッサと、
前記プロセッサと通信することが可能であるメモリデバイスと
を備える装置。

【請求項 17】

前記複数のディスプレイ要素に少なくとも 1 つの信号を送ることが可能なドライバ回路と、

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ことが可能なコントローラと

をさらに備える、請求項 16 に記載の装置。

【請求項 18】

前記プロセッサに前記画像データを送ることが可能な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 つを含む、請求項 16 に記載の装置。

【請求項 19】

入力データを受信し、前記プロセッサに前記入力データを伝達することが可能な入力デバイス

をさらに備える、請求項 16 に記載の装置。

【請求項 20】

基板と、

10

20

30

40

50

前記基板によって支持された、部分的に反射性および部分的に透過性である光学スタックと、

光を反射するための、前記光学スタックの上に配置された、前記光学スタックに面する前面側と、前記前面側とは反対の後面側とを含む可動光反射手段であって、前記光学スタックおよび前記可動光反射手段がそれらの間に光キャビティを画定する、可動光反射手段と、

第 1 の位置に前記可動光反射手段をバイアスさせるための、前記可動光反射手段の前記後面側に結合されたバイアス手段と、

前記バイアス手段の復元力を修正するための、前記可動光反射手段と前記バイアス手段との間にある復元力修正手段とを備える干渉変調器。

10

【請求項 2 1】

前記可動光反射手段が可動反射体を含み、前記バイアス手段が変形可能要素を含み、または前記復元力修正手段が復元力修正部を含む、請求項 2 0 に記載の干渉変調器。

【請求項 2 2】

干渉変調器を製造する方法であって、

基板の上に光学スタックを形成するステップと、

前記光学スタックの上に第 1 の犠牲層を形成するステップと、

前記第 1 の犠牲層の上に可動反射体を形成するステップであって、前記可動反射体が、前記光学スタックに面する前面側と、前記前面側とは反対の後面側とを有する、ステップと、

20

前記可動反射体の上に第 2 の犠牲層を形成するステップと、

前記第 2 の犠牲層の上に復元力修正部を形成するステップと、

前記復元力修正部の上に第 3 の犠牲層を形成するステップと、

前記第 3 の犠牲層の上に変形可能要素を形成するステップと、

前記光学スタックと前記可動反射体との間に第 1 のギャップを作るために前記第 1 の犠牲層を除去するステップと、

前記可動反射体と前記復元力修正部との間に第 2 のギャップを作るために前記第 2 の犠牲層を除去するステップと、

前記復元力修正部と前記変形可能要素との間に第 3 のギャップを作るために前記第 3 の犠牲層を除去するステップとを含む、

30

前記変形可能要素が、第 1 の位置に前記可動反射体をバイアスさせるための復元力をもたらすことが可能になるように、前記犠牲層を除去すると前記可動反射体の前記後面側に前記変形可能要素が結合され、前記干渉変調器が、前記変形可能要素が前記復元力修正部と接触しているときに前記復元力修正部が前記復元力を増大させるように構成された、方法。

【請求項 2 3】

前記第 1 の犠牲層を除去し、前記第 2 の犠牲層を除去し、前記第 3 の犠牲層を除去するために、単一のエッチャントが使用される、請求項 2 2 に記載の方法。

40

【請求項 2 4】

前記変形可能要素の上に第 4 の犠牲層を形成するステップと、

前記第 4 の犠牲層の上にカプセル化層を形成するステップと、

前記変形可能要素と前記カプセル化層との間に第 4 のギャップを作るために前記第 4 の犠牲層を除去するステップと

をさらに含む、請求項 2 2 に記載の方法。

【請求項 2 5】

前記犠牲層へのアクセスを提供するために前記カプセル化層を通る穴を形成するステップをさらに含む、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 6】

50

前記可動反射体を形成するステップが、電極を形成するステップを含み、前記変形可能要素を形成するステップが、前記電極に電氣的に結合された導電層を形成するステップを含む、請求項 22 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、画像を表示するための電気機械システムおよびディスプレイデバイスに関し、より詳細には、大きい安定的動き範囲を有する多状態またはアナログ干渉変調器 (IMOD) に関する。

【背景技術】

10

【0002】

電気機械システム (EMS) は、電気的および機械的な要素と、アクチュエータと、トランスデューサと、センサと、ミラーおよび光学フィルムなどの光学的構成要素と、電子回路とを有するデバイスを含む。EMS デバイスまたは EMS 要素は、限定はしないが、マイクロスケールおよびナノスケールを含む、様々なスケールで製造され得る。たとえば、マイクロ電気機械システム (MEMS) デバイスは、約 1 ミクロンから数百ミクロン以上に及ぶサイズを有する構造を含むことができる。ナノ電気機械システム (NEMS: nanoelectromechanical system) デバイスは、たとえば、数百ナノメートルよりも小さいサイズを含む、1 ミクロンよりも小さいサイズを有する構造を含むことができる。電気および電気機械デバイスを形成するために、堆積、エッチング、リソグラフィを使用して、ならびに / あるいは、基板および / または堆積された材料層の部分をエッチング除去するかまたは層を追加する、他の微細加工プロセスを使用して、電気機械要素が作成され得る。

20

【0003】

EMS デバイスの 1 種は干渉変調器 (IMOD) と呼ばれる。IMOD または干渉光変調器という用語は、光学干渉の原理を使用して光を選択的に吸収および / または反射するデバイスを指す。いくつかの実装形態では、IMOD ディスプレイ素子は、導電性プレートの対を含み得、その対の一方または両方は、全体的にまたは部分的に、透明および / または反射性であり、適切な電気信号を印加すると相対運動が可能であり得る。たとえば、一方のプレートは、基板よりも上もしくは基板上に堆積され、または基板によって支持された固定層を含み得、他方のプレートは、エアギャップによって固定層から分離された反射膜を含み得る。一方のプレートの別のプレートに対する位置は、IMOD ディスプレイ素子に入射する光の光学干渉を変化させることがある。IMOD ベースのディスプレイデバイスは、広範囲の適用例を有しており、特に表示能力がある製品の場合、既存の製品を改善し、新しい製品を作製する際に使用されることが予期される。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

IMOD によって、2 つのプレート間の距離を変えることによって、様々な色が出力され得る。IMOD によっては、プレートの一方または両方は、限られた安定的動き範囲を有することがある。たとえば、場合によっては、2 つのプレート間の距離がしきい値を下回るときに、2 つのプレートは完全閉位置に移行することがある。限られた安定的動き範囲は、IMOD によって確実に生成され得る色を限定し得る。したがって、大きい安定的動き範囲を有する IMOD が必要である。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示のシステム、方法、およびデバイスは、各々いくつかの革新的態様を有し、それらのうちの単一の態様が、単独で、本明細書で開示する望ましい属性に関与するとは限らない。

【0006】

50

本開示で説明する主題の発明的態様は、干渉変調器において実装され得、干渉変調器は、基板と、基板によって支持された、部分的に反射性および部分的に透過性であり得る光学スタックと、光学スタックの上の可動反射体とを含み得る。可動反射体は、光学スタックに面する前面側と、前面側とは反対の後面側とを含み得る。光学スタックおよび可動反射体は、それらの間に光キャビティを画定し得る。干渉変調器は、可動反射体の後面側に結合された変形可能要素を含み得る。変形可能要素は、第１の位置に可動反射体をバイアスさせるための復元力をもたらすことが可能であり得る。干渉変調器は、可動反射体と変形可能要素との間に復元力修正部を含み得、干渉変調器は、変形可能要素が復元力修正部と接触しているときに復元力修正部が変形可能要素の復元力を増大させるように構成され得る。

10

【０００７】

いくつかの実装形態では、復元力修正部は、可動反射体が第１の位置にあるときに変形可能要素が復元力修正部に接触しないように、可動反射体が第２の位置にあるときに変形可能要素が復元力修正部に接触するように、および可動反射体が第３の位置にあるときに変形可能要素が復元力修正部に接触するように構成され得、第２の位置は、第１の位置と第３の位置との間にあり得る。

【０００８】

いくつかの実装形態では、変形可能要素は、可動反射体が第１の位置と第２の位置との間にあるときに、第１のばね定数を有し得、変形可能要素は、可動反射体が第２の位置と第３の位置との間にあるときに、第１のばね定数よりも高い第２のばね定数を有し得る。

20

【０００９】

いくつかの実装形態では、干渉変調器は、可動反射体が第１の位置にあるときに光の第１の色を反射することが可能であり得、干渉変調器は、可動反射体が第２の位置にあるときに光の第２の色を反射することが可能であり得、干渉変調器は、可動反射体が第３の位置にあるときに光の第３の色を反射することが可能であり得る。

【００１０】

いくつかの実装形態では、復元力は、変形可能要素が復元力修正部に接触していないときに変形可能要素の第１の長さによって少なくとも部分的に規定され得、復元力は、変形可能要素が復元力修正部に接触しているときに変形可能要素の第２の長さによって少なくとも部分的に規定され得、第２の長さは第１の長さよりも短くてよい。

30

【００１１】

いくつかの実装形態では、復元力は、復元力修正部が変形可能要素と接触しているときに変形可能要素の第１の領域によって少なくとも部分的に規定され得、復元力は、復元力修正部が変形可能要素と接触していないときに変形可能要素の第１の領域および第２の領域によって少なくとも部分的に規定され得る。

【００１２】

いくつかの実装形態では、干渉変調器は、光キャビティの上の可動反射体を支持する支柱を含み得、復元力修正部は、支柱から概して水平に延びる突出部を含み得る。

【００１３】

いくつかの実装形態では、可動反射体の前面側に垂直な線が、復元力修正部と交差し得る。

40

【００１４】

いくつかの実装形態では、干渉変調器は、光学スタックに向かって、および光学スタックから離れて可動反射体を選択的に作動させることが可能であり得る。

【００１５】

いくつかの実装形態では、干渉変調器は、復元力修正部と可動反射体との間にフレキシブル要素を含み、フレキシブル要素は、可動反射体が光学スタックから離れて作動されたときに復元力を増大させることが可能であり得る。

【００１６】

いくつかの実装形態では、可動反射体は、可動反射体が光学スタックから離れて作動さ

50

れたときに復元力を増大させるために屈曲することが可能であり得る。

【0017】

いくつかの実装形態では、干渉変調器は、追加の復元力修正部を含み得、変形可能要素は、可動反射体と追加の復元力修正部との間にあり得、追加の復元力修正部は、可動反射体が光学スタックから離れて作動されたときに復元力を増大させることが可能であり得る。

【0018】

いくつかの実装形態では、干渉変調器は、第2の復元力修正部を含み得る。変形可能要素は、可動反射体が第1の接触位置にあるときに復元力修正部に接触することが可能であり得、変形可能要素は、可動反射体が第1の接触位置を過ぎてたわんでいるときに第2の復元力修正部に接触することが可能であり得、第2の復元力修正部は、変形可能要素が第2の復元力修正部に接触しているときに復元力をさらに増大させ得る。

10

【0019】

いくつかの実装形態では、可動反射体は、電極を含み得、変形可能要素は、可動反射体の電極に電氣的に結合された導電部分を含み得る。

【0020】

いくつかの実装形態では、可動反射体の前面側は、電極を含み得、可動反射体は、可動反射体の後面から可動反射体の前面に延び得る導電層を含み得る。

【0021】

本開示で説明する主題の別の発明的態様は、干渉変調器をそれぞれ含む複数のディスプレイ素子と、複数のディスプレイ素子と通信することが可能であるプロセッサとを含む装置において実装され得る。プロセッサは、画像データを処理することが可能であり得る。装置は、プロセッサと通信することが可能であるメモリデバイスを含み得る。

20

【0022】

いくつかの実装形態では、装置は、複数のディスプレイ素子に少なくとも1つの信号を送ることが可能なドライバ回路と、ドライバ回路に画像データの少なくとも一部分を送ることが可能なコントローラとを含み得る。

【0023】

いくつかの実装形態では、装置は、プロセッサに画像データを送ることが可能な画像ソースモジュールを含み得、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つを含み得る。

30

【0024】

いくつかの実装形態では、装置は、入力データを受信し、プロセッサに入力データを伝達することが可能な入力デバイスを含み得る。

【0025】

本開示で説明する主題の別の発明的態様は、基板と、基板によって支持された光学スタックとを含む、干渉変調器において実装され得る。光学スタックは、部分的に反射性および部分的に透過性であり得る。干渉変調器は、光を反射するための可動手段を含み得、可動光反射手段は、光学スタックの上に配置され得る。可動光反射手段は、光学スタックに面する前面側と、前面側とは反対の後面側とを含み得る。光学スタックおよび可動光反射手段は、それらの間に光キャビティを画定し得る。干渉変調器は、第1の位置に可動光反射手段をバイアスさせるための手段を含み得る。バイアス手段は、可動光反射手段の後面側に結合され得る。干渉変調器は、バイアス手段の復元力を修正するための手段を含み得、復元力修正手段は、可動光反射手段とバイアス手段との間にあり得る。

40

【0026】

いくつかの実装形態では、可動光反射手段は可動反射体を含み得、バイアス手段は変形可能要素を含み得、かつ/または復元力修正手段は復元力修正部を含み得る。

【0027】

本開示で説明する主題の別の発明的態様は、干渉変調器を製造する方法において実装され得る。方法は、基板の上に光学スタックを形成するステップと、光学スタックの上に第

50

1の犠牲層を形成するステップと、第1の犠牲層の上に可動反射体を形成するステップとを含み得る。可動反射体は、光学スタックに面する前面側と、前面側とは反対の後面側とを有し得る。方法は、可動反射体の上に第2の犠牲層を形成するステップと、第2の犠牲層の上に復元力修正部を形成するステップと、復元力修正部の上に第3の犠牲層を形成するステップと、第3の犠牲層の上に変形可能要素を形成するステップと、光学スタックと可動反射体との間に第1のギャップを作るために第1の犠牲層を除去するステップと、可動反射体と復元力修正部との間に第2のギャップを作るために第2の犠牲層を除去するステップと、復元力修正部と変形可能要素との間に第3のギャップを作るために第3の犠牲層を除去するステップとを含み得る。変形可能要素が、第1の位置に可動反射体をバイアスさせるための復元力をもたらすように構成されるように、犠牲層を除去すると可動反射体の後面側に変形可能要素が結合され得る。

10

【0028】

いくつかの実装形態では、干渉変調器は、変形可能要素が復元力修正部と接触しているときに復元力修正部が復元力を増大させるように構成され得る。

【0029】

いくつかの実装形態では、第1の犠牲層を除去し、第2の犠牲層を除去し、第3の犠牲層を除去するために、単一のエッチャントが使用される。

【0030】

いくつかの実装形態では、方法は、変形可能要素の上に第4の犠牲層を形成するステップと、第4の犠牲層の上にカプセル化層を形成するステップと、変形可能要素とカプセル化層との間に第4のギャップを作るために第4の犠牲層を除去するステップとを含み得る。

20

【0031】

いくつかの実装形態では、方法は、犠牲層へのアクセスを提供するためにカプセル化層を通る穴を形成するステップを含み得る。

【0032】

いくつかの実装形態では、可動反射体を形成するステップは、電極を形成するステップを含み得、変形可能要素を形成するステップは、電極に電気的に結合された導電層を形成するステップを含み得る。

【0033】

本開示で説明する主題の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されている。本開示において提供されている例は主にEMSベースディスプレイおよびMEMSベースディスプレイに関して説明しているが、本明細書で提供される概念は、液晶ディスプレイ、有機発光ダイオード(「OLED」)ディスプレイ、および電界放出ディスプレイなどの他の種類のディスプレイ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であろう。以下の図の相対寸法は一定の縮尺で描かれていないことがあることに留意されたい。

30

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】IMODディスプレイデバイスのディスプレイ素子の系列または配列内の2つの隣接する干渉変調器(IMOD)ディスプレイ素子を示す等角図である。

40

【図2】IMODディスプレイ素子の3つの素子×3つの素子配列を含むIMODベースディスプレイを組み込んだ電子デバイスを示すシステムブロック図である。

【図3A】IMODディスプレイ素子の様々な実装形態の断面図である。

【図3B】IMODディスプレイ素子の様々な実装形態の断面図である。

【図3C】IMODディスプレイ素子の様々な実装形態の断面図である。

【図3D】IMODディスプレイ素子の様々な実装形態の断面図である。

【図3E】IMODディスプレイ素子の様々な実装形態の断面図である。

【図4】IMODディスプレイまたはディスプレイ素子に対する製造プロセスを示す流れ図である。

50

【図 5 A】 I M O D ディスプレイまたはディスプレイ素子を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 5 B】 I M O D ディスプレイまたはディスプレイ素子を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 5 C】 I M O D ディスプレイまたはディスプレイ素子を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 5 D】 I M O D ディスプレイまたはディスプレイ素子を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 5 E】 I M O D ディスプレイまたはディスプレイ素子を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

10

【図 6 A】 E M S 要素の配列とバックプレートとを含む電気機械システム (E M S) パッケージの一部分の概略分解部分斜視図である。

【図 6 B】 E M S 素子の配列とバックプレートとを含む電気機械システム (E M S) パッケージの一部分の概略分解部分斜視図である。

【図 7】 多状態 I M O D の例示的な実装形態の断面図である。

【図 8】 可動反射体が接触位置に作動される、図 7 の多状態 I M O D の断面図である。

【図 9】 可動反射体が接触位置を過ぎて作動される、図 7 の多状態 I M O D の断面図である。

【図 1 0】 線形ばねを有する I M O D に関する例示的な実装形態および非線形ばねを有する I M O D に関する例示的な実装形態の復元力を示すグラフである。

20

【図 1 1】 線形ばねを有する I M O D に関する別の例示的な実装形態および複数の非線形性を有する非線形ばねを有する I M O D に関する別の例示的な実装形態の復元力を示すグラフである。

【図 1 2】 複数の非線形性を有する非線形ばねを有する多状態 I M O D の例示的な実装形態の断面図である。

【図 1 3】 多状態 I M O D の別の例示的な実装形態の断面図である。

【図 1 4】 多状態 I M O D の別の例示的な実装形態の断面図である。

【図 1 5】 フレキシブル可動反射体を有する図 1 4 の I M O D の断面図である。

【図 1 6】 多状態 I M O D の別の例示的な実装形態の断面図である。

【図 1 7】 作動位置における図 1 6 の I M O D の断面図である。

30

【図 1 8】 多状態 I M O D に対する製造プロセスの例示的な実装形態を示す流れ図である。

【図 1 9 A】 多状態 I M O D を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 1 9 B】 多状態 I M O D を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 1 9 C】 多状態 I M O D を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 1 9 D】 多状態 I M O D を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 1 9 E】 多状態 I M O D を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 1 9 F】 多状態 I M O D を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 1 9 G】 多状態 I M O D を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 1 9 H】 多状態 I M O D を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

40

【図 1 9 I】 多状態 I M O D を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 1 9 J】 多状態 I M O D を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 1 9 K】 多状態 I M O D を製作するプロセスにおける様々な段階の断面図である。

【図 2 0 A】 複数の I M O D ディスプレイ素子を含むディスプレイデバイスを示すシステムブロック図である。

【図 2 0 B】 複数の I M O D ディスプレイ素子を含むディスプレイデバイスを示すシステムブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 5 】

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。

50

【 0 0 3 6 】

以下の説明は、本開示の発明的態様について説明する目的で、いくつかの実装形態を対象とする。ただし、本明細書の教示が多数の異なる方法で適用されてもよいことを、当業者は容易に認識されよう。説明する実装形態は、動いていようと（ビデオなど）静止していようと（静止画像など）、および文字であろうと図であろうと絵であろうと、画像を表示するように構成可能ないかなるデバイス、装置、またはシステムでも実装され得る。より具体的には、説明する実装形態は、携帯電話、マルチメディアインターネットに対応したセルラー電話、携帯型テレビ受像機、無線デバイス、スマートフォン、Blue tooth（登録商標）デバイス、携帯情報端末（PDA）、無線電子メール受信機、ハンドヘルドコンピュータまたはポータブルコンピュータ、ネットブック、ノート型コンピュータ、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、ゲーム機、腕時計、時計、計算機、テレビモニタ、フラットパネルディスプレイ、電子書籍端末（たとえば電子書籍リーダー）、コンピュータ用モニタ、自動車のディスプレイ（走行距離計ディスプレイおよび速度計ディスプレイなどを含む）、コックピット制御装置および／またはディスプレイ、カメラ視野のディスプレイ（乗り物の後方監視カメラのディスプレイなど）、電子写真、電子広告板または電光サイン、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カセットプレーヤ、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、洗濯機／乾燥機、パーキングメータ、包装（微小電気機械システム（MEMS）アプリケーションを含む電気機械システム（EMS）アプリケーションならびに非EMSアプリケーションにおいてなど）、芸術的構造（宝石または衣服への画像の表示など）、ならびに様々なEMSデバイスなどであるがこれらに限定されない様々な電子デバイスに含まれても、関連付けられもよいことが企図されている。また、本明細書の教示は、限定はしないが、電子スイッチングデバイス、無線周波数フィルタ、センサ、加速度計、ジャイロスコープ、運動検知デバイス、磁力計、コンシューマーエレクトロニクスのための慣性構成要素、コンシューマーエレクトロニクス製品の部品、バラクタ、液晶デバイス、電気泳動デバイス、駆動方式、製造プロセスおよび電子テスト機器など、非ディスプレイアプリケーションにおいて使用することもできる。したがって、本教示は、単に図に示す実装形態に限定されるものではなく、代わりに、当業者には容易に明らかになるであろう広い適用性を有する。

10

20

30

【 0 0 3 7 】

多状態またはアナログIMODでは、様々な異なる色（たとえば、赤、緑、青、白、および／または黒）を生成するために（たとえば、1つまたは複数の電極に異なるレベルの電圧を印加することによって）様々な異なる位置に可動反射体が駆動され得る。可動反射体は、光キャビティの高さよりも小さい安定的移動範囲を有し得る。たとえば、印加電圧が増大するにつれて、可動反射体は電極に向かって引っ張られ得る。安定的動き範囲内では、可動反射体は、（たとえば、印加電圧を変えることによって）様々な異なる位置に適切に保持され得る。ある点では、可動反射体は不安定点に達し、不安定点では、可動反射体上の静電力は、可動反射体を支持する機構によって提供される復元力よりも大きい。この点では、可動反射体は、（たとえば、光学ギャップが閉じられる）完全作動位置に作動し得る。

40

【 0 0 3 8 】

本明細書で開示する様々な実装形態は、大きい安定的動き範囲を有する多状態IMODに関する。IMODは、可動反射体を支持する1つまたは複数の変形可能要素を含み得、変形可能要素は、休止位置に向かって可動反射体をバイアスさせることができる。可動反射体は一般に、可動ミラー（または単にミラー）と呼ばれることもある。可動反射体が休止位置から離れて移動するとき、変形可能要素は、可動反射体に非線形復元力をもたらすことができる。可動ミラーが電極に近づけられ、静電力が増大するにつれて、非線形復元力も増大し、それによって、可動ミラーの安定的動き範囲を拡張することができる。可動

50

ミラーの安定的動き範囲を拡張すると、I M O Dによって確実に生成され得る色の範囲が増大し得る。変形可能要素は、可動反射体の後面に結合され得る。したがって、変形可能要素は、ビハインドミラーヒンジと呼ばれ得る。変形可能要素が可動反射体の後ろに配設され得るので、可動反射体は、I M O D面積の大部分を充填することができ、I M O Dおよび/またはI M O Dを含むディスプレイのフィルファクタが改善され得る。ディスプレイのフィルファクタは、ディスプレイの光学活性面積とディスプレイの全面積との比と定義され得る。I M O Dのフィルファクタは、I M O Dの光学活性面積とI M O Dの全面積との比と定義され得る。

【0039】

様々な実装形態では、多状態I M O Dは、変形可能要素によってもたらされた復元力を変更するように構成され得る復元力修正部を含むことができる。たとえば、可動反射体が休止位置に、または休止位置の近くにあるとき、復元力修正部は変形可能要素と接触していないことがある。可動反射体が接触位置に動かされたとき、可動反射体は復元力修正部と接触することができる。可動反射体が接触位置を過ぎて動かされたとき、復元力修正部は変形可能要素の復元力を増大させることができる。復元力は、接触位置において非線形であり得る。1つまたは複数の変形可能要素は、たとえば、1つまたは複数の片持ちばねとして機能することができる。変形可能要素が復元力修正部と接触していないとき、変形可能要素は、第1のばね定数を有することができ、変形可能要素が復元力修正部と接触しているとき、変形可能要素は、第1のばね定数よりも高い第2のばね定数を有することができる。復元力修正部は、可動反射体の後ろに配置され得る。たとえば、復元力修正部は、可動反射体と変形可能要素との間に配置され得る。いくつかの実装形態では、復元力修正部は、変形可能要素と可動反射体との間の空間へ延びる概して水平の突出部であり得る。復元力修正部は、可動反射体に支持を提供する支柱から延び得る。いくつかの実装形態では、変形可能要素は、復元力修正部の上のロケーションにおける支柱から延び得る。

【0040】

いくつかの実装形態では、可動反射体は、第1の方向に（たとえば、光学スタックに向かって）および第2の方向に（たとえば、光学スタックから離れて）作動され得る。第1の方向および第2の方向にI M O Dを作動させることによって、追加の色が生成され得る。可動反射体が第1の方向および/または第2の方向に作動されたとき、変形可能要素は非線形復元力を生成することができる。いくつかの実装形態では、第1の突出部が変形可能要素の下にあってよく、可動反射体が下方に（たとえば、光学スタックに向かって）作動されたときに復元力を修正することができる。第2の突出部が変形可能要素の上にあってよく、可動反射体が上方に（たとえば、光学スタックから離れて）作動されたときに復元力を修正することができる。いくつかの実装形態では、可動反射体と復元力修正部との間にフレキシブル要素があってよく、フレキシブル要素は、可動反射体が上方に（たとえば、光学スタックから離れて）移動するにつれて可動反射体と復元力修正部との間で圧縮され、それによって休止位置に向かって復元力を増大させ得る。いくつかの実装形態では、可動反射体はフレキシブルであってよく、可動反射体が屈曲すると、休止位置に向かって復元力が増大し得る。

【0041】

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ために実装され得る。たとえば、本明細書で開示する様々なI M O Dは、広範囲の色を生成するために使用され得る。場合によっては、原色（たとえば、赤、緑、および青）を生成するために単一のI M O Dが使用され得、ディスプレイデバイス上に画像を表示するのに有用であり得る色のセットを生成するために、原色が（空間的または時間的に）組み合わせられ得る。場合によっては、単一のI M O Dが、ディスプレイデバイス上に画像を表示するのに有用であり得る色のセットをI M O Dが生成することができるように、多数の位置に安定的に作動され得る。たとえば、I M O Dは、3個、5個、10個、25個、50個、100個、1000個、またはより多くの位置に安定的に作動され得、いくつかの実装形態では、I M O Dは、ほぼ無限大に等しい複数の位置に安定的に作動

され得る。本明細書で開示する様々な実装形態は、大きいフィルファクタを有するディスプレイを生成するために使用され得る。大きいフィルファクタは、ディスプレイの明るさを改善することができ、画像品質を改善することができる。

【0042】

説明する実装形態が適用され得る好適なEMSデバイスもしくは装置またはMEMSデバイスもしくは装置の一例は、反射型ディスプレイデバイスである。反射型ディスプレイデバイスは、光学干渉の原理を使用してそれに入射する光を選択的に吸収および/または反射するように実装され得る干渉変調器(IMOD)ディスプレイ素子を組み込み得る。IMODディスプレイ素子は、部分光吸収体、吸収体に対して可動である反射体、および吸収体と反射体との間に少なくとも部分的に画定された光共振キャビティを含むことができる。いくつかの実装形態では、反射体は、2つ以上の異なる位置に移動でき、これによって光共振キャビティのサイズを変更でき、それによりIMODの反射率に影響を及ぼす。IMODディスプレイ素子の反射率スペクトルは、かなり広いスペクトルバンドをもたらしことができ、そのスペクトルバンドは、様々な色を生成するために可視波長にわたってシフトされ得る。スペクトルバンドの位置は、光共振キャビティの厚さを変更することによって調整され得る。光共振キャビティを変更する1つの方法は、吸収体に対する反射体の位置を変更することによるものである。

【0043】

図1は、IMODディスプレイデバイスのディスプレイ素子の系列または配列内の2つの隣接する干渉変調器(IMOD)ディスプレイ素子を示す等角図である。IMODディスプレイデバイスは、1つまたは複数の、MEMSなどの干渉EMSディスプレイ素子を含む。これらのデバイスでは、干渉MEMSディスプレイ素子が、明状態または暗状態のいずれかで構成され得る。明(「緩和」、「オープン」、または「オン」など)状態では、ディスプレイ素子は入射可視光の大部分を反射する。逆に、暗(「作動」、「クローズ」、または「オフ」など)状態では、ディスプレイ素子は入射可視光をほとんど反射しない。MEMSディスプレイ素子は、黒および白に加えて、カラーディスプレイを可能にする光の特定の波長で主として反射するように構成することができる。いくつかの実装形態では、複数のディスプレイ素子を使用することによって、様々な原色の明度およびグレーの色合いを実現することができる。

【0044】

IMODディスプレイデバイスは、行と列に配置される場合があるIMODディスプレイ素子の配列を含むことができる。配列内の各ディスプレイ素子は、エアギャップ(光学ギャップ、キャビティ、または光共振キャビティとも呼ばれる)を形成するために互いから可変および制御可能な距離のところに配置された可動反射層(すなわち、機械層とも呼ばれる可動層)および固定部分反射層(すなわち固定層)などの反射層および半反射層からなる少なくとも1対を含むことができる。可動反射層は、少なくとも2つの位置の間で移動され得る。たとえば、第1の位置、すなわち緩和位置では、可動反射層は、固定部分反射層から、ある距離に配置され得る。第2の位置、すなわち作動位置では、可動反射層は、部分反射層により近接して配置され得る。それら2つの層から反射する入射光は、可動反射層の位置および入射光の波長に応じて、強め合うようにおよび/または弱め合うように干渉し、各ディスプレイ素子について全反射状態または無反射状態のいずれかを引き起こすことがある。いくつかの実装形態では、ディスプレイ素子は、作動されていないとき反射状態にあり、可視スペクトル内の光を反射し、かつ作動されているとき暗状態にあり、可視域内で光を吸収するおよび/または弱め合うように干渉することができる。しかし、他のいくつかの実装形態では、IMODディスプレイ素子は、作動されていないときは暗状態になり、作動されているときは反射状態になることができる。いくつかの実装形態では、印加電圧の導入により、ディスプレイ素子を駆動して状態を変更させることができる。他のいくつかの実装形態では、電荷の印加により、ディスプレイ素子を駆動して状態を変更させることができる。

【0045】

図 1 の配列の図示された部分は、I M O D ディスプレイ素子 1 2 の形態で、2 つの隣接する干渉 M E M S ディスプレイ素子を含む。(図示のような) 右側のディスプレイ素子 1 2 では、可動反射層 1 4 は、光学スタック 1 6 の近くの、光学スタック 1 6 に隣接する、または光学スタック 1 6 に接触した作動位置に示されている。右側のディスプレイ素子 1 2 にわたって印加された電圧 V_{bias} は、可動反射層 1 4 を移動させるにも、作動位置に維持するにも十分である。(図示のような) 左側のディスプレイ素子 1 2 では、可動反射層 1 4 は、部分反射層を含む光学スタック 1 6 からの、(設計パラメータに基づいてあらかじめ決定され得る) ある距離における緩和位置に示されている。左側のディスプレイ素子 1 2 にわたって印加された電圧 V_0 は、右側のディスプレイ素子 1 2 の位置などの作動位置まで可動反射層 1 4 を作動させるには不十分である。

10

【0046】

図 1 では、I M O D ディスプレイ素子 1 2 の反射特性が、概して、I M O D ディスプレイ素子 1 2 に入射する光 1 3 と、左側のディスプレイ素子 1 2 から反射する光 1 5 とを示す矢印を用いて示されている。ディスプレイ素子 1 2 に入射する光 1 3 の大部分は、透明基板 2 0 を通して、光学スタック 1 6 の方に透過され得る。光学スタック 1 6 に入射する光の一部は、光学スタック 1 6 の部分反射層を透過され得、一部は反射され、透明基板 2 0 を通って戻ることになる。光学スタック 1 6 を透過された光 1 3 の一部は、可動反射層 1 4 から反射され得、透明基板 2 0 に向かって(およびそれを通して) 戻り得る。光学スタック 1 6 の部分反射層から反射された光と可動反射層 1 4 から反射された光との間の干渉(強め合うおよび/または弱め合う)が、デバイスの視点側または基板側のディスプレイ素子 1 2 から反射される光 1 5 の波長の強度を部分的に決定することになる。いくつかの実装形態では、透明基板 2 0 は、ガラス基板(カラスプレートまたはパネルと呼ばれることもある)であり得る。ガラス基板は、たとえば、ホウケイ酸ガラス、ソーダ石灰ガラス、石英、パイレックス(登録商標)、または他の好適なガラス材料であるか、または、それらを含み得る。いくつかの実装形態では、ガラス基板は、0.3、0.5、または 0.7 ミリメートルの厚さを有し得るが、いくつかの実装形態では、ガラス基板は、より厚い(数十ミリメートルなど)か、またはより薄い(0.3 ミリメートル未満など)可能性がある。いくつかの実装形態では、ポリカーボネート、アクリル、ポリエチレンテレフタレート(PET)、またはポリエーテルエーテルケトン(PEEK)基板などの、非ガラス基板が使用され得る。そのような実装形態では、非ガラス基板は、0.7 ミリメートル未満の厚さを有する可能性があるが、基板は、設計考慮事項に応じてより厚くなり得る。いくつかの実装形態では、金属箔またはステンレス鋼ベースの基板などの不透明基板が使用され得る。たとえば、固定反射層と部分的に透過性および部分的に反射性である可動層を含む逆 I M O D ベースのディスプレイは、基板の反対側から図 1 のディスプレイ素子 1 2 として見られるように構成され得、不透明基板によって支持され得る。

20

30

【0047】

光学スタック 1 6 は、単一の層またはいくつかの層を含むことができる。その層は、電極層と、部分反射および部分透過層と、透明な誘電体層とのうちの 1 つまたは複数を含むことができる。いくつかの実装形態では、光学スタック 1 6 は、導電性であり、部分的に透明で部分的に反射性であり、たとえば、透明基板 2 0 上に上記の層のうちの 1 つまたは複数を堆積させることによって、作製され得る。電極層は、様々な金属、たとえば酸化インジウムスズ(ITO)など、様々な材料から形成され得る。部分反射層は、種々の金属(たとえばクロムおよび/またはモリブデン)、半導体、および誘電体などの部分的に反射性である様々な材料から形成され得る。部分反射層は、材料の 1 つまたは複数の層から形成され得、層のそれぞれは、単一の材料または材料の組合せから形成され得る。いくつかの実装形態では、光学スタック 1 6 の特定の部分は、部分光吸収体と導電体の両方の役割を果たす半透明の単一厚の金属または半導体を含むことができるが、より導電性の高い異なる層または(たとえば、光学スタック 1 6 またはディスプレイ素子の他の構造の)部分が I M O D ディスプレイ素子間で信号をバス送信する役割を果たすことができる。光学スタック 1 6 は、1 つまたは複数の導電層または導電/部分吸収層を覆う 1 つまたは複数

40

50

の絶縁層または誘電体層を含むこともできる。

【0048】

いくつかの実装形態では、光学スタック16の層のうちの少なくともいくつかは、以下でさらに記載されるように、平行ストリップにパターン化することができ、ディスプレイデバイス内の行電極を形成することができる。当業者によって理解されるように、「パターン化」という用語は、本明細書では、マスキングプロセスならびにエッチングプロセスを指すために使用される。いくつかの実装形態では、アルミニウム(A1)などの高い導電性および反射性の材料が可動反射層14に使用される場合があり、これらのストリップはディスプレイデバイス内の列電極を形成することができる。可動反射層14は、(光学スタック16の行電極に直交する)1つまたは複数の堆積された金属層の一連の平行ストリップとして形成されて、図示された支柱18などの担体の上に堆積された列と、支柱18間に配置された介在する犠牲材料とを形成することができる。犠牲材料がエッチング除去されると、画定されたギャップ19または光キャビティが可動反射層14と光学スタック16との間に形成され得る。いくつかの実装形態では、支柱18間のスペースは、約1~1000μmであり得、ギャップ19は、約10,000オングストローム()未満であり得る。

10

【0049】

いくつかの実装形態では、各IMODディスプレイ素子は、作動状態にあると緩和状態にあると、固定反射層および可動反射層によって形成されるキャパシタとして考えることができる。電圧が印加されないとき、可動反射層14は、図1の左側のディスプレイ素子12によって示されるように、機械的に緩和した状態にとどまり、可動反射層14と光学スタック16との間にギャップ19がある。しかしながら、電位差、すなわち電圧が、選択された行および列のうちの少なくとも1つに印加されたとき、対応するディスプレイ素子における行電極と列電極との交差部に形成されたキャパシタは帯電し、静電力がそれらの電極を引き合わせる。印加電圧がしきい値を超える場合、可動反射層14は、変形して光学スタック16の近くに移動するかまたは光学スタック16と逆の方向に移動することができる。図1の右側の作動ディスプレイ素子12によって示されるように、光学スタック16内の誘電体層(図示せず)は、短絡を防止し、層14と16の間の分離距離を制御することができる。この挙動は、印加される電位差の極性にかかわらず同じであり得る。アレイ内の一連のディスプレイ素子は、いくつかの例では「行」または「列」と呼ばれることがあるが、一方向を「行」と呼び、別の方向を「列」と呼ぶことは任意であることが、当業者には容易に理解されよう。言い換えると、いくつかの向きでは、行は列と見なされ、列は行と見なされ得る。いくつかの実装形態では、行が「コモン」ラインと呼ばれることがあり、列が「セグメント」ラインと呼ばれることがあり、またはその逆もある。その上、ディスプレイ素子は、直交する行と列(「配列」)に均等に構成されても、またはたとえば互いに対してある特定の位置のオフセットを有する(「モザイク」)非線形構成に構成されてもよい。「配列」および「モザイク」という用語は、どちらも構成を指すことができる。したがって、ディスプレイは「配列」または「モザイク」を含むと言及されるが、素子自体は、どのような場合でも、互いに直交するように構成されたり均一な分布に配置されたりする必要はないが、非対称の形状および不均一に分布された素子を有する構成を含むことができる。

20

30

40

【0050】

図1は、IMODディスプレイ素子の3つの素子×3つの素子配列を含むIMODベースディスプレイを組み込んだ電子デバイスを示すシステムブロック図である。電子デバイスは、1つまたは複数のソフトウェアモジュールを実行するように構成され得るプロセッサ21を含む。オペレーティングシステムを実行することに加えて、プロセッサ21は、ウェブブラウザ、電話アプリケーション、電子メールプログラム、または他の任意のソフトウェアアプリケーションを含む1つまたは複数のソフトウェアアプリケーションを実行するように構成され得る。

【0051】

50

プロセッサ 21 は、配列ドライバ 22 と通信するように構成され得る。配列ドライバ 22 は、たとえばディスプレイ配列またはパネル 30 に信号を提供する行ドライバ回路 24 および列ドライバ回路 26 を含むことができる。図 1 に示される I M O D ディスプレイデバイスの断面は、図 2 では線 1 - 1 によって示される。図 2 は、わかりやすくするために I M O D ディスプレイ素子の 3 × 3 配列を示しているが、ディスプレイ配列 30 は、非常に多数の I M O D ディスプレイ素子を含むことができ、列と異なる数の I M O D ディスプレイ素子を行に有してもよいし、行と異なる数の I M O D ディスプレイ素子を列に有してもよい。

【0052】

I M O D ディスプレイおよびディスプレイ素子の構造の詳細は大きく変化し得る。図 3 A ~ 図 3 E は、I M O D ディスプレイ素子の様々な実装形態の断面図である。図 3 A は、可動反射層 14 を形成する基板 20 と略直交して延びる支持体 18 に金属材料のストリップが堆積される、I M O D ディスプレイ素子の断面図である。図 3 B では、各 I M O D ディスプレイ素子の可動反射層 14 は、略正方形または略長方形の形状をしており、連結部 32 において、隅部においてまたはその近くで支持体に取り付けられる。図 3 C では、可動反射層 14 は、形状が略正方形または略長方形であり、フレキシブルな金属を含み得る変形可能層 34 から吊るされる。変形可能層 34 は、可動反射層 14 の周辺を囲んで基板 20 に直接的または間接的に接続することができる。これらの接続は、本明細書では、「一体型」支持体または支持支柱 18 の実装形態と呼ばれる。図 3 C に示される実装形態は、可動反射層 14 の光学的機能の、その機械的機能からの分離に由来する追加の利点を有し、機械的機能は変形可能層 34 によって実行される。この分離により、可動反射層 14 に使用される構造設計および材料ならびに変形可能層 34 に使用される構造設計および材料は、互いに独立して最適化可能である。

【0053】

図 3 D は、可動反射層 14 が反射副層 14 a を含む I M O D ディスプレイ素子の別の断面図である。可動反射層 14 は、支持支柱 18 などの支持構造上に載る。支持支柱 18 は、可動反射層 14 の、下方の静止電極からの分離をもたらし、下方の静止電極は、図示の I M O D ディスプレイ素子内の光学スタック 16 の一部とすることができる。たとえば、可動反射層 14 が弛緩位置にあるとき、ギャップ 19 が可動反射層 14 と光学スタック 16 との間に形成される。可動反射層 14 は、電極として作用するように構成され得る導電層 14 c と、支持層 14 b とを含むこともできる。この例では、導電層 14 c は、基板 20 から遠位にある支持層 14 b の片側に配置され、反射副層 14 a は、基板 20 の近位にある支持層 14 b の他方の側に配置される。いくつかの実装形態では、反射副層 14 a は、導電性としてことができ、支持層 14 b と光学スタック 16 の間に配置可能である。支持層 14 b は、誘電材料、たとえば、酸化ケイ素 (S i O N) または二酸化ケイ素 (S i O ₂) の、1 つまたは複数の層を含むことができる。いくつかの実装形態では、支持層 14 b は、たとえば S i O ₂ / S i O N / S i O ₂ の 3 層スタックなどの層のスタックとすることができる。反射副層 14 a と導電層 14 c のいずれかまたは両方は、たとえば、約 0 . 5 % の銅 (C u) または別の反射金属材料を用いた、アルミニウム (A l) 合金を含むことができる。誘電体支持層 14 b の上下に導電層 14 a および 14 c を用いることにより、応力のバランスをとり、導電性の向上をもたらすことができる。いくつかの実装形態では、反射副層 14 a および導電層 14 c は、特定の応力プロファイルを可動反射層 14 内で達成するなどの様々な設計目的のために、異なる材料から形成されてよい。

【0054】

図 3 D に示されるように、いくつかの実装形態は、黒色マスク構造 23 または暗膜層も含むことができる。この黒色マスク構造 23 は、周辺光または迷光を吸収するために、光学的に不活性な領域 (たとえば、ディスプレイ素子の間または支持支柱 18 の下) に形成され得る。黒色マスク構造 23 はまた、光がディスプレイの不活性な部分から反射されるかまたはディスプレイの不活性な部分を透過するのを阻止することによってディスプレイデバイスの光学的特性を向上させ、それによりコントラスト比を増加させることができる

。さらに、黒色マスク構造 23 の少なくともいくつかの部分は、導電性とすることができ、電気ブッシング層 (electrical bussing layer) として機能するように構成可能である。いくつかの実装形態では、行電極は、接続された行電極の抵抗を減少させるために黒色マスク構造 23 に接続され得る。黒色マスク構造 23 は、堆積技法およびパターニング技法を含む様々な方法を使用して形成され得る。黒色マスク構造 23 は、1 つまたは複数の層を含むことができる。いくつかの実装形態では、黒色マスク構造 23 は、エタロン構造であっても、または干渉スタック構造であってもよい。たとえば、いくつかの実装形態では、干渉スタックの黒色マスク構造 23 は、光吸収体の役割を果たすモリブデンクロム (MoCr) 層と、 SiO_2 層と、反射体およびブッシング層の役割を果たすアルミニウム合金とを含み、それぞれ約 30 ~ 80 、500 ~ 1000 、および 500 ~ 6000 の範囲の厚さを有する。1 つまたは複数の層は、たとえば MoCr 層および SiO_2 層の場合はテトラフルオロメタン (すなわち四フッ化炭素、 CF_4) および / または酸素 (O_2) ならびにアルミニウム合金層の場合は塩素 (Cl_2) および / または三塩化ホウ素 (BCl_3) を含む、フォトリソグラフィおよびドライエッチングを含む様々な技法を使用してパターニングされ得る。このような干渉スタックの黒色マスク構造 23 では、導電性吸収体は、各行または各列の光学スタック 16 内の下方の静止電極の間で信号を伝送するかまたはバスで送るために使用され得る。いくつかの実装形態では、スペーサ層 35 は、概して光学スタック 16 内の電極 (すなわち導体) (吸収体層 16a など) を黒色マスク構造 23 内の導電層から電氣的に分離する役割を果たすことができる。

10

20

【0055】

図 3 E は、可動反射層 14 が自己支持性である IMOD ディスプレイ素子の別の断面図である。図 3 D では、可動反射層 14 と構造的および / または物質的に異なる支持支柱 18 が示されているが、図 3 E の実装形態は、可動反射層 14 と一体化された支持支柱を含む。そのような一実装形態では、可動反射層 14 は、下にある光学スタック 16 と複数の場所で接触し、可動反射層 14 の湾曲は、IMOD ディスプレイ素子にかかる電圧が作動を引き起こすのに不十分なときに可動反射層 14 が図 3 E の非作動位置に戻るのに十分な支持を提供する。このようにして、可動反射層 14 の、基板または光学スタック 16 と接触するように下方に湾曲または屈曲する部分は、「一体型」支持支柱と見なされ得る。光学スタック 16 の一実装形態は、複数の異なる層を含むことができ、本明細書では明確にするために、光吸収体 16a と誘電体 16b とを含むように示されている。いくつかの実装形態では、光吸収体 16a は、静止電極と部分反射層の両方の役割を果たすことができる。いくつかの実装形態では、光吸収体 16a は、可動反射層 14 よりも一桁薄い厚とすることができる。いくつかの実装形態では、光吸収体 16a は反射副層 14a よりも薄い。

30

【0056】

図 3 A から図 3 E に示される実装形態などの実装形態では、IMOD ディスプレイ素子は、透明基板 20 の前側、この例では IMOD ディスプレイ素子が形成される側とは反対の側から画像が見られる直視型デバイスの一部を形成する。これらの実装形態では、デバイスの背面部分 (すなわち、たとえば、図 3 C に示す変形可能層 34 を含む、可動反射層 14 の背後のディスプレイデバイスの任意の部分) は、反射層 14 がデバイスのそれらの部分を光学的に遮蔽するので、ディスプレイデバイスの画質に影響を及ぼすことまたは悪影響を及ぼすことなしに、構成され、作用され得る。たとえば、いくつかの実装形態では、バス構造 (図示されていない) は、電圧アドレス指定およびこのようなアドレス指定から生じる動きなどの変調器の電気機械的特性から変調器の光学的特性を分離する機能を提供する可動反射層 14 の後ろに含まれ得る。

40

【0057】

図 4 は、IMOD ディスプレイまたはディスプレイ素子に対する製造プロセス 80 を示す流れ図である。図 5 A ~ 図 5 E は、IMOD ディスプレイまたはディスプレイ素子を製作するための製造プロセス 80 における様々な段階の断面図である。いくつかの実装形態

50

では、製造プロセス 80 は、IMOD ディスプレイまたはディスプレイ素子など、1 つまたは複数の EMS デバイスを製造するために実装され得る。そのような EMS デバイスの製造はまた、図 4 に示されていない他のブロックをも含み得る。プロセス 80 は、ブロック 82 において、基板 20 の上に光学スタック 16 を形成することによって始まる。図 5 A は、基板 20 上で形成されたそのような光学スタック 16 を示している。基板 20 は、図 1 を参照して上記で説明した材料のようなガラスまたはプラスチックなどの透明基板であってよい。基板 20 は、フレキシブルであってよくまたは比較的固くて屈曲しなくてもよく、光学スタック 16 の効率的な形成を容易にするために、洗浄などの事前準備プロセスにかけられていてもよい。上記で説明したように、光学スタック 16 は、導電性、部分的透明性、部分的反射性、および部分的吸収性であり得、たとえば、透明基板 20 上に、所望の特性を有する 1 つまたは複数の層を堆積させることによって作製され得る。

10

【0058】

図 5 A では、光学スタック 16 は、副層 16 a および 16 b を有する多層構造を含むが、いくつかの他の実装形態では、より多いまたはより少ない副層が含まれ得る。いくつかの実装形態では、副層 16 a および 16 b のうちの 1 つは、組み合わされた導体 / 吸収体副層 16 a など、光吸収特性と導電特性の両方で構成され得る。いくつかの実装形態では、副層 16 a および 16 b の一方は、モリブデンクロム（モリクロム（moly chrome）または MoCr）、または好適な複素屈折率を有する他の材料を含み得る。さらに、副層 16 a および 16 b のうちの 1 つまたは複数は、平行ストリップにパターニングされ得、ディスプレイデバイスにおける行電極を形成し得る。そのようなパターニングは、当技術分野で知られているマスキングおよびエッチングプロセスまたは別の好適なプロセスによって実行され得る。いくつかの実装形態では、副層 16 a および 16 b のうちの 1 つは、1 つまたは複数の下のある金属層および / または酸化物層（1 つまたは複数の反射層および / または導電層など）の上に堆積された上部副層 16 b など、絶縁層または誘電体層であり得る。さらに、光学スタック 16 は、ディスプレイの行を形成する個々の平行ストリップにパターニングされ得る。いくつかの実装形態では、副層 16 a および 16 b は図 5 A ~ 図 5 E においていくぶん厚く見えるが、光吸収層など、光学スタックの副層のうちの少なくとも 1 つは、（たとえば、本開示に示す他の層に対して）極めて薄くてよい。

20

【0059】

プロセス 80 はブロック 84 において続き、光学スタック 16 の上の犠牲層 25 の形成を伴う。犠牲層 25 は、キャビティ 19 を形成するために後で除去される（ブロック 90 参照）ので、犠牲層 25 は、得られた IMOD ディスプレイ素子には示されていない。図 5 B は、光学スタック 16 の上に形成された犠牲層 25 を含む、部分的に作製されたデバイスを示している。光学スタック 16 上での犠牲層 25 の形成は、後続の除去後に、所望の設計サイズを有するギャップまたはキャビティ 19（図 5 E も参照）を与えるように選択された厚さの、モリブデン（Mo）またはアモルファスシリコン（Si）など、二フッ化キセノン（XeF₂）エッチング可能材料の堆積を含み得る。犠牲材料の堆積は、物理気相堆積（スパッタリングなど、多くの異なる技法を含む PVD）、プラズマ強化化学気相堆積（PECVD）、熱化学気相堆積（熱CVD）、またはスピンコーティングなど、堆積技法を使用して行われ得る。

30

40

【0060】

プロセス 80 はブロック 86 において続き、支持支柱 18 など支持構造の形成を伴う。支持支柱 18 の形成は、支持構造開口を形成するために犠牲層 25 をパターニングし、次いで、PVD、PECVD、熱CVD、またはスピンコーティングなどの堆積方法を使用して、支持支柱 18 を形成するために開口中に材料（ポリマー、または酸化ケイ素などの無機材料など）を堆積させることを含み得る。いくつかの実装形態では、犠牲層中に形成された支持構造開口は、支持支柱 18 の下側端部が基板 20 に接触するように、犠牲層 25 と光学スタック 16 の両方を通して、下にある基板 20 まで延在し得る。代替的に、図 5 C に示すように、犠牲層 25 中に形成された開口は、犠牲層 25 を通るが、光学スタック

50

ク 16 を通らずに延在し得る。たとえば、図 5 E は、光学スタック 16 の上側表面と接触している支持支柱 18 の下側端部を示している。支持支柱 18、または他の支持構造は、犠牲層 25 の上に支持構造材料の層を堆積させること、および犠牲層 25 中の開口から離れて配置された支持構造材料の部分をパターニングすることによって形成され得る。支持構造は、図 5 C に示すように開口内に配置され得るが、少なくとも部分的に、犠牲層 25 の一部分の上で延在することもある。上述のように、犠牲層 25 および / または支持支柱 18 のパターニングは、マスキングおよびエッチングプロセスによって実行され得るが、代替パターニング方法によっても実行され得る。

【 0 0 6 1 】

プロセス 80 はブロック 88 において続き、図 5 D に示す可動反射層 14 などの可動反射層または膜の形成を伴う。可動反射層 14 は、1 つまたは複数のパターニング、マスキング、および / またはエッチングステップとともに、たとえば、(アルミニウム、アルミニウム合金、または他の反射性材料など) 反射層堆積を含む 1 つまたは複数の堆積ステップを採用することによって形成され得る。可動反射層 14 は、たとえば、ディスプレイの列を形成する個々の平行ストリップにパターニングされ得る。可動反射層 14 は、導電性であり、導電層と呼ばれることがある。いくつかの実装形態では、可動反射層 14 は、図 5 D に示すように複数の副層 14 a、14 b および 14 c を含み得る。いくつかの実装形態では、副層 14 a および 14 c など、副層のうちの 1 つまたは複数の、それらの光学的特性のために選択された高反射性副層を含み得、別の副層 14 b は、その機械的特性のために選択された機械的副層を含み得る。いくつかの実装形態では、機械的副層は誘電材料を含み得る。犠牲層 25 は、ブロック 88 において形成された部分的に作製された I M O D ディスプレイ素子内に依然として存在するので、可動反射層 14 は、一般にこの段階では可動ではない。犠牲層 25 を含んでいる部分的に作製された I M O D ディスプレイ素子は、本明細書では「非解放 (u n r e l e a s e d) 」 I M O D と呼ばれることもある。

【 0 0 6 2 】

プロセス 80 は、ブロック 90 において続き、キャビティ 19 の形成を伴う。キャビティ 19 は、(ブロック 84 において堆積された) 犠牲材料 25 をエッチャントにさらすことによって形成され得る。たとえば、M o またはアモルファス S i などのエッチング可能犠牲材料が、ドライ化学エッチングによって、所望の量の材料を除去するのに有効である期間の間、固体 X e F₂ から生じる蒸気など、気体または蒸気のエッチャントに犠牲層 25 をさらすことによって除去され得る。犠牲材料は、一般に、キャビティ 19 を囲む構造に対して選択的に除去される。ウェットエッチングおよび / またはプラズマエッチングなどの他のエッチング方法も使用され得る。犠牲層 25 がブロック 90 中に除去されるので、可動反射層 14 は、一般に、この段階後に可動となる。犠牲材料 25 の除去後に、得られた完全にまたは部分的に作製された I M O D ディスプレイ素子は、本明細書では「解放」 I M O D と呼ばれることがある。

【 0 0 6 3 】

いくつかの実装形態では、I M O D ベースのディスプレイなど、E M S コンポーネントまたはデバイスのパッケージングは、E M S コンポーネントを損傷から (機械的干渉または潜在的に損傷を引き起こす物質などから) 保護するように構成され得るバックプレート (あるいは、バックプレーン、バックガラス、または埋め込みガラスと称される) を含み得る。バックプレートは、限定はしないが、ドライバ回路、プロセッサ、メモリ、相互接続配列、防湿材、製品ハウジング、および同様のものを含む、様々なコンポーネントに対する構造的サポートも提供し得る。いくつかの実装形態では、バックプレートの使用により、コンポーネントの集積化が容易になり、それにより、携帯型電子デバイスの容積、重量、および / または製造原価が低減され得る。

【 0 0 6 4 】

図 6 A および図 6 B は、E M S 要素およびバックプレート 92 の配列 36 を含む、E M S パッケージ 91 の一部の概略分解部分斜視図である。図 6 A は、バックプレート 92 の

いくつかの部分をわかりやすく示すためにバックプレート 9 2 の 2 隅を切り取って示されているが、図 6 B は、隅を切り取らずに示されている。E M S 配列 3 6 は、基板 2 0、支持支柱 1 8、および可動層 1 4 を含み得る。いくつかの実装形態では、E M S 配列 3 6 は、透明基板上の 1 つまたは複数の光学スタック部分 1 6 を有する I M O D ディスプレイ素子の配列を含むことができ、可動層 1 4 は、可動反射層として実装され得る。

【 0 0 6 5 】

バックプレート 9 2 は、本質的に平坦であるか、または少なくとも 1 つの起伏のある表面を有することができる（たとえば、バックプレート 9 2 は、陥凹部および / または突起部を有するように形成され得る）。バックプレート 9 2 は、透明であろうと不透明であろうと、導電性であろうと絶縁性であろうと、任意の適切な材料から作成され得る。バックプレート 9 2 に適した材料としては、ガラス、プラスチック、セラミック、ポリマー、積層体、金属、金属箔、コパール、およびめっきコパールがあるが、これらに限定されない。

10

【 0 0 6 6 】

図 6 A および図 6 B に示されているように、バックプレート 9 2 は、バックプレート 9 2 内に部分的にまたは全体的に埋め込まれ得る、1 つまたは複数のバックプレート構成要素 9 4 a および 9 4 b を含み得る。図 6 A でわかるように、バックプレート構成要素 9 4 a は、バックプレート 9 2 に埋め込まれている。図 6 A および図 6 B でわかるように、バックプレート構成要素 9 4 b は、バックプレート 9 2 の表面に形成された陥凹部 9 3 内に配設される。いくつかの実装形態では、バックプレート構成要素 9 4 a および / または 9 4 b は、バックプレート 9 2 の表面から突き出る可能性がある。バックプレート構成要素 9 4 b は、基板 2 0 に面するバックプレート 9 2 の側面に配設されるが、他の実装形態では、バックプレート構成要素は、バックプレート 9 2 の反対側に配設され得る。

20

【 0 0 6 7 】

バックプレート構成要素 9 4 a および / または 9 4 b は、トランジスタ、キャパシタ、インダクタ、抵抗器、ダイオード、スイッチ、および / またはパッケージ化された I C、標準 I C、もしくはディスクリット I C などの集積回路（I C）などの、1 つまたは複数の能動電気構成要素または受動電気構成要素を含み得る。様々な実装形態で使用され得るバックプレート構成要素の他の例には、アンテナ、電池、および電氣的、接触式、光学的、もしくは化学的なセンサまたは薄膜堆積デバイスなどのセンサがある。

30

【 0 0 6 8 】

いくつかの実装形態では、バックプレート構成要素 9 4 a および / または 9 4 b は、E M S 配列 3 6 の一部分と導通することができる。トレース、バンプ、支柱、またはビアなどの導電性構造は、バックプレート 9 2 または基板 2 0 の一方または両方に形成され得、互いにまたは他の導電性構成要素と接触して、E M S 配列 3 6 とバックプレート構成要素 9 4 a および / または 9 4 b との間に電気接続を形成し得る。たとえば、図 6 B は、E M S 配列 3 6 内の可動層 1 4 から上方に延びる電気接点 9 8 と整列可能な、バックプレート 9 2 上の 1 つまたは複数の導電性ビア 9 6 を含む。いくつかの実装形態では、バックプレート 9 2 は、バックプレート構成要素 9 4 a および / または 9 4 b を E M S 配列 3 6 の他の構成要素から電氣的に絶縁する 1 つまたは複数の絶縁層も含み得る。バックプレート 9 2 が蒸気透過性材料から形成されるいくつかの実装形態では、バックプレート 9 2 の内表面は、蒸気バリア（図示せず）で被覆され得る。

40

【 0 0 6 9 】

バックプレート構成要素 9 4 a および 9 4 b は、E M S パッケージ 9 1 に入り得る湿気を吸収するように作用する 1 つまたは複数の乾燥剤を含み得る。いくつかの実装形態では、乾燥剤（またはゲッターなどの他の吸湿材料）は、たとえば接着材によりバックプレート 9 2 に装着された（またはその中に形成された凹部内の）シートとして、任意の他のバックプレート構成要素とは別に提供され得る。あるいは、乾燥剤はバックプレート 9 2 に統合されてよい。いくつかの他の実装形態では、乾燥剤は、たとえばスプレー塗装、スクリーン印刷、または任意の他の適切な方法によって、他のバックプレート構成要素の上で

50

直接的にまたは間接的に適用され得る。

【0070】

いくつかの実装形態では、EMS配列36および/またはバックプレート92は、バックプレート構成要素とディスプレイ素子との間の距離を維持するために機械的スタンドオフ97を含み、それによって、それらの構成要素間の機械的干渉を防止することができる。図6Aおよび図6Bに示される実装形態では、機械的スタンドオフ97は、EMS配列36の支持支柱18と整列したバックプレート92から突き出す支柱として形成される。代替的に、またはそれに加えて、ルールまたは支柱などの機械的スタンドオフは、EMSパッケージ91の縁に沿って設けることができる。

【0071】

図6Aおよび図6Bに示されていないが、EMS配列36を部分的または完全に取り巻くシールを設けることができる。バックプレート92および基板20とともに、シールはEMS配列36を囲む保護キャビティを形成することができる。シールは、従来のエポキシペースの接着剤などの、半気密シールとすることができる。いくつかの他の実装形態では、シールは、薄膜金属溶接またはガラスフリットなどの密閉シールであってよい。いくつかの他の実装形態では、シールの材料として、ポリイソブチレン(PIB)、ポリウレタン、液体スピノングラス、ハンダ、ポリマー、プラスチック、または他の材料が挙げられる。いくつかの実装形態では、機械的スタンドオフを形成するために、強化されたシール材が使用され得る。

【0072】

代替実装形態では、シールリングは、バックプレート92または基板20の一方または両方のいずれかの延長部を含み得る。たとえば、シールリングは、バックプレート92の機械的延長部(図示せず)を含み得る。いくつかの実装形態では、シールリングは、リングまたは他の環状部材などの別個の部材を含むことができる。

【0073】

いくつかの実装形態では、EMS配列36とバックプレート92は、互いに取り付けられるまたは結合される前に別個に形成される。たとえば、基板20の縁は、上記で説明したように、バックプレート92の縁に取り付けられ、これに対してシール可能である。代替として、EMS配列36およびバックプレート92は、EMSパッケージ91として形成され、互いに接合可能である。いくつかの他の実装形態では、EMSパッケージ91は、堆積によってEMS配列36の上でバックプレート92の構成要素を形成することによるなど、任意の他の適切な方法で作製され得る。

【0074】

図7は、多状態IMOD100の例示的な実装形態の断面図である。図7のIMOD100は、本明細書で開示する様々な他の実装形態と同様または同一の特徴を含むことができ、IMOD100に関して説明する特徴は、本明細書で開示する様々な他の実装形態に組み込まれ得る。図7のIMOD100は、基板120の上の光学スタック116を含むことができる。光学スタック116の上に可動反射体114があり得る。可動反射体114は、光学スタック116から離間され得、可動反射体114と光学スタック116との間に光キャビティ119があり得る。光学スタック116は、本明細書で説明するように、1つまたは複数の層を含むことができる。いくつかの実装形態では、光学スタック116は第1の電極を含むことができ、可動反射体114は第2の電極を含むことができる。光学スタック116に向かって可動反射体114を引っ張ることができる静電力を生成するために、第1の電極および第2の電極に電圧が印加され得る。

【0075】

可動反射体114は、前面側110および後面側112を含むことができる。前面側110は、光学スタック116の方に面し、可動反射体114の前面側110は、高反射性であり得る。光学スタック116は部分的に反射性および部分的に透過性であり得、可動反射体114から、および光学スタック116から反射された光は、可動反射体114の位置および光キャビティ119のサイズに応じて様々な色を生成するように組み合わせり

10

20

30

40

50

得る。たとえば、光学スタック 1 1 6 から、および可動反射体 1 1 4 から反射された光は、光キャビティ 1 1 9 のサイズに少なくとも部分的に左右される色による光学応答を生成する強め合う干渉および / または弱め合う干渉に直面し得る。様々な色 (たとえば、赤、緑、青、白、および / または黒) が I M O D 1 0 0 によって、(たとえば、電極に印加される電圧を変えることによって) 異なる位置に可動反射体 1 1 4 を配置することによって生成され得る。

【 0 0 7 6 】

可動反射体 1 1 4 は、1 つまたは複数の変形可能要素 1 3 4 によって支持され得る。変形可能要素 1 3 4 は可動反射体 1 1 4 の上にあり得る。変形可能要素 1 3 4 は、可動反射体 1 1 4 の後面側 1 1 2 に結合され得る。変形可能要素 1 3 4 は、可動反射体 1 1 4 の上にある (たとえば、可動反射体 1 1 4 の前面側 1 1 0 に対してよりも、後面側 1 1 2 に対してより近い) ロケーションから延び得る。いくつかの実装形態では、I M O D 1 0 0 は、可動反射体 1 1 4 に支持を提供し得る支柱 1 1 8 を含むことができる。支柱 1 1 8 は、(たとえば、基板 1 2 0 から、および / または光学スタック 1 1 6 から) 概して上方に延び得る。変形可能要素 1 3 4 は、可動反射体 1 1 4 の上にある支柱 1 1 8 上のロケーションから延び得る。可動反射体 1 1 4 の後面側 1 1 2 は、変形可能要素 1 3 4 の方に面し得る。図 7 では、支柱 1 1 8 および変形可能要素 1 3 4 は別個の構成要素として示されているが、いくつかの実装形態では、支柱 1 1 8 および変形可能要素 1 3 4 は一体化され得る。たとえば、1 つまたは複数の変形可能要素 1 3 4 は、支柱 1 1 8 の 1 つまたは複数の変形可能部分であり得る。たとえば、支柱 1 1 8 の変形可能部分は、十分な変形を可能にするほど十分に薄くてよい。支柱 1 1 8 は、(たとえば、基板 1 2 0 から、および / または光学スタック 1 1 6 から) 概して上方に延び得、可動反射体 1 1 4 の後面側 1 1 2 に支柱 1 1 8 が結合されるように湾曲することができる。本明細書で説明するように、可動反射体 1 1 4 の後面側 1 1 2 に変形可能要素 1 3 4 を配置することによって、I M O D 1 0 0 の (およびディスプレイ素子に I M O D 1 0 0 を使用するディスプレイの) フィルファクタが改善され得る。

【 0 0 7 7 】

I M O D は、複数の変形可能要素 1 3 4 を含むことができ、それらは、複数の接続ロケーションにおいて可動反射体 1 1 4 の後面側 1 1 2 に結合され得る。接続ロケーションは、可動反射体 1 1 4 の後面側 1 1 2 の中心から離間され得、それにより可動反射体 1 1 4 に、改善された安定性がもたらされ得る。変形可能要素 1 3 4 と可動反射体 1 1 4 との間の接続ロケーションを可動反射体の中心から離間することで、可動反射体 1 1 4 の不均一な作動 (たとえば、可動反射体 1 1 4 の 1 つの側が、可動反射体 1 1 4 の別の側よりも大きく移動する) を阻止または防止することができる。いくつかの実装形態では、可動反射体 1 1 4 への変形可能要素 1 3 4 の接続点の間の距離は、1 つの接続点と可動反射体 1 1 4 の縁との間の距離よりも大きい。いくつかの実装形態では、接続ロケーション間の距離は、可動反射体 1 1 4 の幅の約 2 5 % 以上、可動反射体 1 1 4 の幅の約 3 3 % 以上、可動反射体 1 1 4 の幅の約 5 0 % 以上、可動反射体 1 1 4 の幅の約 9 0 % 以下、可動反射体 1 1 4 の幅の約 7 5 % 以下、および / または可動反射体 1 1 4 の幅の約 5 0 % 以下であり得る。

【 0 0 7 8 】

可動反射体 1 1 4 が図 7 に示す休止位置から移動したときに、変形可能要素 1 3 4 は復元力をもたらすことができる。復元力は、図 7 に示す休止位置または緩和位置または非作動位置の方へ可動反射体 1 1 4 をバイアスさせることができる。I M O D 1 0 0 は、変形可能要素 1 3 4 が非線形復元力をもたらすように構成され得る。たとえば、I M O D 1 0 0 は、1 つまたは複数の復元力修正部 1 4 0 を含み得る。復元力修正部 1 4 0 は、可動反射体 1 1 4 と変形可能要素 1 3 4 との間にあり得る。復元力修正部 1 4 0 は、支柱 1 1 8 から、たとえば、可動反射体 1 1 4 の上および / または変形可能要素 1 3 4 の起点となる支柱 1 1 8 上のロケーションの下にある支柱 1 1 8 上のロケーションから概して水平に延び得る。復元力修正部 1 4 0 は、支柱 1 1 8 とは別個の構成要素として示されているが、

いくつかの実装形態では、復元力修正部 140 は、（たとえば、支柱 118 の本体から概して水平に延びる突出部または他の構成要素として）支柱 118 と一体であり得る。復元力修正部 140 は、可動反射体 114 の真後ろにあり得る。たとえば、可動反射体 114 の前面側 110 および / または後面側 112 に垂直である線 141 が、復元力修正部 140 と交差し得る。支柱 118 および / または可動反射体 114 に対して他の角度にある（たとえば、可動反射体 114 の方に傾斜した、または可動反射体 114 から離れて傾斜した）復元力修正部も可能である。支柱 118 に対する復元力修正部 140 の角度は、約 45° ~ 約 135°（たとえば、約 80° ~ 約 100°）であり得る。復元力修正部 140 は、復元力修正部 140 がかみ合った（たとえば、変形可能要素 134 が復元力修正部 140 に接触した）ときに変形可能要素 134 の復元力を増大させるように構成され得る。

10

【0079】

図 8 は、可動反射体 114 が接触位置または第 1 の作動位置に作動される、図 7 の多状態 I M O D 100 の断面図である。可動反射体 114 が光学スタック 116 に向かって作動されると、変形可能要素 134 は、少なくとも 1 つの変形可能要素 134 が少なくとも 1 つの復元力修正部 140 と接触するまで、復元力修正部 140 の方に引き寄せられ得る。図 8 の接触位置は、接触が最初に変形可能要素 134 と復元力修正部 140 との間で行われる位置であり得る。図 9 は、可動反射体が接触位置を過ぎてまたは第 2 の作動状態で作動される、図 7 の多状態 I M O D の断面図である。I M O D 100 は、変形可能要素 134 が復元力修正部と接触しているときに（たとえば、図 9 に示すように、可動反射体 114 が接触位置を過ぎて作動されたときに）復元力修正部 140 が変形可能要素 134 の復元力を増大させるように構成され得る。たとえば、変形可能要素 134 の材料、厚さ、および / もしくは形状、復元力修正部 140 の材料、厚さ、および / もしくは形状、復元力修正部 140 のサイズ、復元力修正部 140 と変形可能要素 134 との間の接触面積の量、ならびに / または復元力修正部 140 の端部を過ぎて内側に延びる変形可能要素 134 の量など、復元力修正部 140 が変形可能要素 134 の復元力を増大させることを可能にする構成に、I M O D 100 の様々な態様が寄与し得る。また、I M O D 100 は、変形可能要素 134 が復元力修正部と接触しているときに復元力修正部 140 が変形可能要素 134 の復元力を増大させるように、適切な力を加えるように構成され得る。たとえば、I M O D 100 に印加される電圧および / または I M O D 100 における電極の構成（たとえば、電極のサイズ、ロケーション、および / または材料）は、変形可能要素 134 が復元力修正部と接触しているときに復元力修正部 140 が変形可能要素 134 の復元力を増大させるように構成され得る。

20

30

【0080】

変形可能要素 134 は、片持ちばねとして動作することができ、変形可能要素 134 が復元力修正部 140 とかみ合っているかどうかに応じて変化するばね定数を有し得る。可動反射体 114 が休止位置（図 7）から接触位置（図 8）に移動するとき、変形可能要素 134 は復元力修正部 140 と接触しておらず、変形可能要素 134 の第 1 のばね定数は、第 1 の長さ 136（たとえば、変形可能要素 134 の変形可能な全長）によって少なくとも部分的に規定され得る。変形可能要素 134 が復元力修正部 140 と接触しているとき、変形可能要素 134 の変形可能な実効長は、第 2 の長さ 138 に短縮され得る。可動反射体 114 が接触位置を過ぎて（図 9）作動されたとき、第 2 の長さ 138 は、（たとえば片持ちばねのより短い実効長に起因して）第 1 のばね定数よりも高い第 2 のばね定数で追加の復元力をもたらすように変形する。休止位置（図 7）と接触位置（図 8）との間で、第 1 のばね定数は、（たとえば、復元力修正部 140 から内側の）変形可能要素 134 の第 1 の部分 135 と（たとえば、復元力修正部 140 の真上の）変形可能要素 134 の第 2 の部分 137 の両方によって少なくとも部分的に規定され得る。可動反射体 114 が接触位置を過ぎて（図 9）作動されたとき、第 2 のばね定数は、変形可能要素 134 の第 2 の部分 137 ではなく、変形可能要素 134 の第 1 の部分 135 によって少なくとも部分的に規定され得る。

40

【0081】

50

多状態 I M O D 1 0 0 は、異なる安定位置に異なる色を生成するように構成され得る。たとえば、いくつかの実装形態では、休止位置（図 7）は、第 1 の色応答（たとえば、赤）を生成することができ、接触位置（図 8）は、第 2 の色応答（たとえば、緑）を生成することができ、図 9 に示す位置は、第 3 の色応答（たとえば、青）を生成することができる。I M O D 1 0 0 の構成に応じて、図 7 ~ 図 9 に示す位置によって様々な他の色が生成され得、可動反射体 1 1 4 の様々な他の位置において様々な他の色が生成され得る。たとえば、I M O D 1 0 0 は、可動反射体の休止位置において、または異なる位置において、白、広帯域、または白応答を生成することができる。いくつかの実装形態では、I M O D 1 0 0 は、たとえば、光キャピティ 1 1 9 が取り除かれ、可動反射体 1 1 4 が光学スタック 1 1 6 に接触するように完全に作動される閉位置または第 3 の作動位置（図示せず）において、黒または暗応答を生成することができる。多くの変形形態が可能である。いくつかの実装形態では、I M O D 1 0 0 は、3 個、5 個、1 0 個、2 5 個、5 0 個、1 0 0 個、1 0 0 0 個、またはより多くの色応答を生成するのに十分な安定位置に作動され得、いくつかの実装形態では、I M O D 1 0 0 は、ほぼ無限大に等しい複数の安定位置に作動され得、それにより I M O D 1 0 0 は、I M O D 1 0 0 の安定的動き範囲にわたって実質的に連続的に配置可能となり得る。

10

20

30

40

50

【0082】

図 1 0 は、線形ばねを有する I M O D に関する例示的な実装形態および非線形ばねを有する I M O D に関する例示的な実装形態の復元力を示すグラフである。線 2 0 2 は、復元力修正部 1 4 0 を含まない I M O D の線形復元力を示している。可動反射体 1 1 4 が休止位置 2 0 4 から離れてたわむと、1 つまたは複数の変形可能要素 1 3 4 によってもたらされる復元力は線形的に増大し得る。可動反射体 1 1 4 の電極が（たとえば、光学スタック 1 1 6 における）対応する電極に近づけられると、静電力は非線形的に（たとえば、指数関数的に）増大し得る。可動反射体 1 1 4 がたわむと、可動反射体 1 1 4 は、線形復元力が静電力を打ち消すことが可能ではない不安定位置に達し、可動反射体 1 1 4 は、閉位置に作動し得る。図 1 0 に示す非線形ばねは、復元力修正部 1 4 0 がかみ合う位置では線形ばねよりも強い復元力をもたらし、それによって、線形ばね実装形態の場合には不安定になる安定位置に可動反射体 1 1 4 が配置され得るように安定的動き範囲を拡張することができる。図 1 0 では、ロケーション 2 0 4 は、図 7 の休止位置に対応することができ、ロケーション 2 0 6 は、図 8 の接触位置に対応することができ、ロケーション 2 0 8 は、図 9 に示す可動反射体のたわみの量に対応することができる。

【0083】

多くの変形形態が可能である。たとえば、いくつかの実装形態では、復元力は、複数の非線形性を含むことができる。たとえば、図 1 1 は、線形ばねを有する I M O D に関する別の例示的な実装形態および複数の非線形性を有する非線形ばねを有する I M O D に関する例示的な実装形態の復元力を示すグラフである。図 1 2 は、複数の非線形性を有する非線形ばねを有する多状態 I M O D 1 0 2 の例示的な実装形態の断面図である。図 1 2 の I M O D 1 0 2 は、本明細書で開示する様々な他の実装形態と同様または同一の特徴を含むことができ、I M O D 1 0 2 に関して説明する特徴は、本明細書で開示する様々な他の実装形態に組み込まれ得る。I M O D 1 0 2 は、図 7 ~ 図 9 に関して説明した復元力修正部 1 4 0 と同様の復元力修正部 1 4 0 を含むことができる。I M O D 1 0 2 は、第 2 の復元力修正部 1 4 2 を含むことができ、第 2 の復元力修正部 1 4 2 は、変形可能要素 1 3 4 が第 2 の復元力修正部 1 4 2 と接触する第 2 の接触位置に可動反射体 1 1 4 が作動されたときに、変形可能要素 1 3 4 の復元力をさらに修正する（たとえば、増大させる）ように構成され得る。

【0084】

図 1 1 を参照すると、可動反射体 1 1 4 は、休止位置 2 0 4 から第 1 の接触位置 2 0 6 にたわむことができる。第 1 の接触位置 2 0 6 では、変形可能要素 1 3 4 は、復元力修正部 1 4 0 と接触することができ、本明細書で説明するように、ばね定数および復元力が増大し得る。位置 2 0 8 では、可動反射体 1 1 4 は、接触位置 2 0 6 を過ぎた安定位置にた

わむことができる。可動反射体 1 1 4 が第 2 の接触位置 2 1 0 に達したとき、1 つまたは複数の変形可能要素 1 3 4 は、第 2 の復元力修正部 1 4 2 と接触することができる。第 2 の復元力修正部 1 4 2 は、復元力修正部 1 4 0 に関連する本明細書での説明と同様の方法で復元力を修正するように構成され得る。たとえば、第 2 の復元力修正部 1 4 2 との接触により、変形可能要素 1 3 4 の変形可能な実効長は短縮し得、そのばね定数は増大し得る。第 2 の復元力修正部 1 4 2 を含めることによって、可動反射体 1 1 4 の安定的動き範囲はさらに拡張され得、I M O D 1 0 2 に追加の安定的光学応答をもたらすことができる。たとえば、可動反射体 1 1 4 は、第 2 の接触位置 2 1 0 を過ぎた、可動反射体 1 1 4 を安定的に維持するように静電力を打ち消すのに十分な復元力を有し得る位置 2 1 2 に作動され得る。

10

【0085】

たとえば、変形可能要素 1 3 4 が様々な復元力修正部に接触すると復元力に 3 個、4 個、5 個、またはより多くの非線形性を含む I M O D を製作するために、追加の復元力修正部が追加され得る。図 1 2 は、第 2 の復元力修正部 1 4 2 および復元力修正部 1 4 0 を別個の要素として示しているが、それらは単一の要素に組み込まれてよい。たとえば、突出部は、追加の復元力修正部を生成するために 1 個、2 個、3 個、またはより多くの段階を含む段階形状を有することができる。第 2 の復元力修正部 1 4 2 の少なくとも 1 つのパラメータは、復元力修正部 1 4 0 のパラメータとは異なり得る（たとえば、長さ、変形可能要素 1 3 4 からの距離、支柱 1 1 8 に対する角度、厚さ、材料など）。図 1 2 に示す実装形態では、長さおよび変形可能要素 1 3 4 からの距離は異なる。

20

【0086】

図 1 3 は、多状態 I M O D 1 0 4 の別の例示的な実装形態の断面図である。図 1 3 の I M O D 1 0 4 は、本明細書で開示する様々な他の実装形態と同様または同一の特徴を含むことができ、I M O D 1 0 4 に関して説明する特徴は、本明細書で開示する様々な他の実装形態に組み込まれ得る。いくつかの実装形態では、I M O D 1 0 4 は、可動反射体 1 1 4 を第 1 の方向に（たとえば、光学スタック 1 1 6 に向かって）および第 2 の方向に（たとえば、光学スタック 1 1 6 から離れて）作動させるように構成され得る。たとえば、I M O D 1 0 4 は、（たとえば、可動反射体 1 1 4 の上および変形可能要素 1 3 4 の上にある蓋 1 4 6 に）第 3 の電極を含むことができる。第 3 の電極は、（上記で説明した）可動反射体 1 1 4 にある第 2 の電極と相互作用するように構成され得、または可動反射体 1 1 4 は、可動反射体 1 1 4 を移動させるために第 3 の電極と相互作用するように構成された追加の電極を含み得る。可動反射体 1 1 4 を下方（たとえば、光学スタック 1 1 6 に向かって）と上方（たとえば、光学スタック 1 1 6 から離れて）の両方に作動させることによって、追加の光学応答が選択され得る。

30

【0087】

いくつかの実装形態では、I M O D 1 0 4 は、追加の復元力修正部 1 4 4 を含むことができ、追加の復元力修正部 1 4 4 は、可動反射体 1 1 4 が上方に（たとえば、光学スタック 1 1 6 から離れて）作動されると復元力修正部 1 4 4 が復元力を増大させ得ることを除いて、本明細書で説明した復元力修正部 1 4 0 と同様の方法で機能することができる。多くの変形形態が可能である。追加の復元力修正部 1 4 4 は、復元力修正部 1 4 0 と同じであり得、または復元力修正部 1 4 4 の少なくとも 1 つのパラメータは、復元力修正部 1 4 0 のパラメータとは異なり得る（たとえば、長さ、変形可能要素 1 3 4 からの距離、支柱 1 1 8 に対する角度、厚さ、材料など）。いくつかの実装形態では、復元力修正部 1 4 0 は I M O D 1 0 4 から省かれ得る。いくつかの実装形態では、蓋 1 4 6 は、追加の復元力修正部 1 4 0 として使用され得る。たとえば、蓋 1 4 6 は、可動反射体 1 1 4 が上方接触位置に向かって上方へ作動されたときに変形可能要素 1 3 4 が蓋 1 4 6 の裏面に接触するように配置され得る。変形可能要素 1 3 4 と蓋 1 4 6 との間の接触により、上記の説明と同様の方法で復元力が増大し得る。復元力修正部 1 4 4 は、図 1 3 では支柱 1 1 8 から延びるように示されているが、蓋 1 4 6 から下方に突出してよい。

40

【0088】

50

図14は、多状態IMOD106の別の例示的な実装形態の断面図である。図14のIMOD106は、本明細書で開示する様々な他の実装形態と同様または同一の特徴を含むことができ、IMOD106に関して説明する特徴は、本明細書で開示する様々な他の実装形態に組み込まれ得る。いくつかの実装形態では、たとえば、可動反射体114の電極と蓋146の電極との間に電圧を印加することによって、または変形可能要素134における電極と蓋146の電極との間に電圧を印加することによって、可動反射体114が(図14に示す)上方接触位置に向かって上方へ作動されたときに、可動反射体114は1つまたは複数の復元力修正部140に接触することができる。場合によっては、復元力修正部140は、可動反射体114を停止させることができ、可動反射体114が図14の上方接触位置を過ぎて作動するのを阻止または防止することができる。

10

【0089】

いくつかの実装形態では、可動反射体114はフレキシブルであり得る。図15は、フレキシブル可動反射体114を有する図14のIMOD106の断面図である。可動反射体114は、可動反射体114が上方接触位置にあるときに1つまたは複数の復元力修正部140に接触するように構成され得る1つまたは複数の第1の部分(たとえば、外側部分111)を含むことができる。可動反射体114の第2の部分(たとえば、中心部分113)は、(たとえば、図15に示すように)上方接触位置を過ぎて作動され得、それにより可動反射体114は屈曲または変形し得る。たとえば、外側部分111は、上方接触位置にとどまり得る一方、中心部分113は、上方接触位置を過ぎて上方に伸び得る。休止位置から上方接触位置に移動したとき、復元力は、片持ちばねとして機能することができる変形可能要素134(たとえば、その変形可能な全長)によって少なくとも部分的に規定され得る。可動反射体114の中心部分113が、上方接触位置を過ぎて作動されたとき、復元力は、変形可能要素134(たとえば、その変形可能な全長)のほか、可動反射体114自体の変形によって少なくとも部分的に規定され得る。可動反射体114が変形されたとき(図15)、可動反射体114は、可動反射体を非変形位置(図14)に戻す形でバイアスさせる復元力を発揮することができる。可動反射体114が上方向および/または下方向に作動されたとき、IMOD106は非線形復元力を有することができる。

20

【0090】

いくつかの実装形態では、IMOD106は、可動反射体114が変形位置にあるときに(図15)2重の光学応答を有し得る。たとえば、可動反射体114が変形されたとき、キャビティの高さは、可動反射体114の外側部分111よりも中心部分113の方が大きいことがある。中心部分113は、第1の色を出力するように構成され得、外側部分111は、第1の色とは異なる第2の色を出力するように構成され得る。いくつかの実装形態では、2つの色が混ざって、IMOD106にとって効果的なハイブリッド色を作り得る。たとえば、外側部分111は赤を生成することができ、中心部分113は緑を生成することができ、これらの色は、黄色に見えるように人間の視覚系によって空間的に混ぜられ得る。可動反射体114の異なる部分によって生成された色のそのような混合により、IMODディスプレイ素子に追加の色選択がもたらされ得る。

30

【0091】

図16は、多状態IMOD108の別の例示的な実装形態の断面図である。図16のIMOD108は、本明細書で開示する様々な他の実装形態と同様または同一の特徴を含むことができ、IMOD108に関して説明する特徴は、本明細書で開示する様々な他の実装形態に組み込まれ得る。IMOD108は、可動反射体114が上方向に作動されたときに非線形復元力をもたらすように構成され得る1つまたは複数のフレキシブル要素148を含むことができる。フレキシブル要素148は、可動反射体114と復元力修正部140との間に配置され得る。たとえば、フレキシブル要素148は、可動反射体114の後面側112に(たとえば、その外側部分において)結合され得る。図16に示されていないが、いくつかの実装形態では、フレキシブル要素148は、同じくまたは代替的に、復元力修正部140に(たとえば、その裏面に)結合され得る。図16はフレキシブ

40

50

ル要素 1 4 8 を、可動反射体 1 1 4 および復元力修正部 1 4 0 とは別個の要素として示しているが、いくつかの実装形態では、フレキシブル要素 1 4 8 は、可動反射体 1 1 4 または復元力修正部 1 4 0 と一体であり得る。たとえば、フレキシブル要素 1 4 8 は、可動反射体 1 1 4 のフレキシブル部分または復元力修正部 1 4 0 のフレキシブル部分であり得る。

【 0 0 9 2 】

図 1 6 は、休止位置における可動反射体 1 1 4 を示している。図 1 7 は、作動位置における図 1 6 の I M O D 1 0 8 の断面図である。図 1 7 では、フレキシブル要素 1 4 8 は部分的に圧縮されており、それにより、本明細書で説明する他の実装形態と同様に復元力が増大し得る。可動反射体 1 1 4 が休止位置から（たとえば、可動反射体 1 1 4 の電極と蓋 1 4 6 の電極との間に電圧を印加することによって、または変形可能要素 1 3 4 における電極と蓋 1 4 6 の電極との間に電圧を印加することによって、フレキシブル要素 1 4 8 が可動反射体 1 1 4 と復元力修正部 1 4 0 の両方と接触している）上方接触位置に移動すると、復元力は、上記で説明したように片持ちばねとして機能することができる変形可能要素 1 3 4（たとえば、その変形可能な全長）によって少なくとも部分的に規定され得る。可動反射体 1 1 4 が上方接触位置を過ぎて上方に作動されたとき、フレキシブル要素 1 4 8 は、可動反射体 1 1 4 と復元力修正部 1 4 0 との間で圧縮され得、その結果、可動反射体 1 1 4 を休止位置または非作動位置に向かってバイアスさせる追加の復元力が生じ得る。I M O D 1 0 8 は、それが上方向に作動されたときに非線形復元力を有し得、それにより、本明細書で説明する他の実装形態と同様に、上方向で可動反射体 1 1 4 の安定的動き範囲が増大し得る。

10

20

【 0 0 9 3 】

本明細書で説明する復元力修正部のうちの 2 つ以上の組合せも可能である。たとえば、I M O D は、復元力修正部 1 4 0、1 4 2、および 1 4 4 のうちの 2 つ以上、フレキシブル可動反射体 1 1 4、ならびにフレキシブル要素 1 4 8 を（たとえば、（たとえば、図 1 2 に示すように）復元力修正部 1 4 0 および 1 4 2 を単独で、またはフレキシブル可動反射体 1 1 4 および / もしくはフレキシブル要素 1 4 8 と組み合わせて、（たとえば、図 1 3 に示すように）復元力修正部 1 4 0 および 1 4 4 を単独で、またはフレキシブル可動反射体 1 1 4 および / もしくはフレキシブル要素 1 4 8 と組み合わせて、復元力修正部 1 4 0、1 4 2 および 1 4 4 を単独で、またはフレキシブル可動反射体 1 1 4 および / もしくはフレキシブル要素 1 4 8 と組み合わせて、など）含むことができる。追加の復元力修正部により、I M O D の安定位置の数が増大し得るが、製造の複雑性が増し得る。

30

40

【 0 0 9 4 】

図 1 8 は、多状態 I M O D に対する製造プロセス 3 0 0 の例示的な実装形態を示す流れ図である。図 1 9 A ~ 図 1 9 K は、多状態 I M O D 4 0 0（図 1 9 K）を製作するためのプロセス 3 0 0 における様々な段階の断面図である。方法 3 0 0 および I M O D 4 0 0 は、本明細書で開示する様々な他の実装形態と同様または同一の特徴を含むことができ、方法 3 0 0 および I M O D 4 0 0 に関して説明する特徴は、本明細書で開示する様々な他の実装形態に組み込まれ得る。製造プロセス 3 0 0 は、図 1 8 に示されていない追加のブロックおよび本明細書で詳細には説明していない追加の特徴を含むことができる。プロセス 3 0 0 の多くのブロックおよび特徴は、図 4 に関して説明したブロックおよび特徴と同様または同一であり得る。したがって、図 4 に関して説明した特徴の多くは、プロセス 3 0 0 の説明では繰り返さない。

【 0 0 9 5 】

プロセス 3 0 0 は、ブロック 3 0 2 において、基板 4 2 0 の上に光学スタック 4 1 6 を形成することによって始まり得る。図 1 9 A は、基板 4 2 0 上で形成された光学スタック 4 1 6 の一例を示している。基板 4 2 0 は、図 1 を参照して上記で説明した材料のようなガラスまたはプラスチックなどの透明基板であってよい。基板 4 2 0 は、フレキシブルであってよくまたは比較的固くて屈曲しなくてもよく、光学スタック 4 1 6 の効率的な形成を容易にするために、洗浄などの事前準備プロセスにかけられていてもよい。上記で説明

50

したように、光学スタック 4 1 6 は、導電性、部分的透明性、部分的反射性、および部分的吸収性であり得、たとえば、透明基板 4 2 0 上に、所望の特性を有する 1 つまたは複数の層を堆積させることによって作製され得る。

【0096】

いくつかの実装形態では、（たとえば、光学スタック 4 1 6 を形成する前に）基板 4 2 0 の部分の上にブラックマトリックス 4 1 5 があり得る。図 1 9 A は、基板 4 2 0 上の例示的なブラックマトリックス 4 1 5 を示している。ブラックマトリックス 4 1 5 は、多層構造を含むことができる。たとえば、ブラックマトリックス 4 1 5 は、場合によっては I M O D 4 0 0 の可視領域に広がり得る（約 6 0 オングストローム～約 1 0 0 オングストローム、または約 8 0 オングストロームの厚さを有し得る）酸化アルミニウムまたはアルミナ（ Al_2O_3 ）層を含むことができる。ブラックマトリックス 4 1 5 はまた、（約 4 0 オングストローム～約 6 0 オングストローム、または約 5 0 オングストロームの厚さを有し得る）モリブデンクロム（ $MoCr$ ）層、（約 5 0 0 オングストローム～約 1 0 0 0 オングストローム、または約 7 5 0 オングストロームの厚さを有し得る）二酸化ケイ素（ SiO_2 ）層、および（約 4 0 0 オングストローム～約 6 0 0 オングストローム、または約 5 0 0 オングストロームの厚さを有し得る）アルミニウム銅（ $AlCu$ ）層を含むことができる。本明細書で説明する様々な例示的な材料および厚さに関して、多くの変形形態が可能である。たとえば、ブラックマトリックス 4 1 5 の SiO_2 層の厚さは、 SiO_2 層および / または部分反射体層（ $MoCr$ ）の光学定数（たとえば、 n （屈折率）および k （減衰係数））に依存し得、部分反射体層（ $MoCr$ ）の厚さにも依存し得る。 $MoCr$ の代わりに、部分反射体層にクロム（ Cr ）、バナジウム（ V ）、ゲルマニウム（ Ge ）などの他の材料が使用されてよい。 SiO_2 層と部分反射体層の両方の厚さは、部分反射体層および SiO_2 層の光学定数に依存し得る。いくつかの実装形態では、 $AlCu$ 層は、改善された導電性をもたらし得る約 3 0 0 0 オングストローム～約 5 0 0 0 オングストロームの厚さを有することができ、約 1 ミクロンから約 2 ミクロンの間の厚さを有する平坦層（たとえば、スピンオンガラス（ SOG ））が $AlCu$ 層の上に配設され得る。いくつかの実装形態では、平坦層（たとえば、 SOG ）が省略される場合などに、 $AlCu$ 層は約 3 0 0 オングストロームから約 1 0 0 0 オングストロームの間の厚さを有し得る。 $MoCr$ 層、 SiO_2 層および $AlCu$ 層は、I M O D 4 0 0 の可視領域を少なくとも部分的に画定するためにエッチング除去され得る。

10

20

30

【0097】

図 1 9 A では、光学スタック 4 1 6 は、以下で説明するように副層を有する多層構造を含むが、いくつかの他の実装形態では、より多いまたはより少ない副層が含まれ得る。いくつかの実装形態では、副層のうちの 1 つは、組み合わせられた導体 / 吸収体副層など、光吸収特性と導電特性の両方で構成され得る。いくつかの実装形態では、副層の一方は、モリブデンクロム（モリクロムまたは $MoCr$ ）、または好適な複素屈折率を有する他の材料を含み得る。副層のうちの 1 つまたは複数は、平行ストリップにパターンニングされ得、ディスプレイデバイスにおける行電極を形成し得る。そのようなパターンニングは、当技術分野で知られているマスキングおよびエッチングプロセスまたは別の好適なプロセスによって実行され得る。いくつかの実装形態では、副層のうちの 1 つは、1 つまたは複数の下層にある金属層および / または酸化物層（1 つまたは複数の反射層および / または導電層など）の上に堆積された上部副層など、絶縁層または誘電体層であり得る。光学スタック 4 1 6 は、ディスプレイの行を形成する個々の平行ストリップにパターンニングされ得る。いくつかの実装形態では、光吸収層など、光学スタックの副層のうちの少なくとも 1 つは、（たとえば、本開示に示す他の層に対して）極めて薄くてよい。

40

【0098】

光学スタックは、たとえば、（約 7 5 0 オングストローム～約 1 2 5 0 オングストローム、約 3 0 0 オングストローム～約 3 0 0 0 オングストローム、または約 1 0 0 0 オングストロームの厚さを有し得る） SiO_2 層、（約 4 0 0 0 オングストローム～約 6 0 0 0 オングストローム、または約 5 0 0 0 オングストローム、または約 1 ミクロン～約 2 ミク

50

ロンの厚さを有し得る) スピンオンガラス (SOG) 層、および (約 750 オングストローム ~ 約 1250 オングストローム、約 300 オングストローム ~ 約 3000 オングストローム、または約 1000 オングストロームの厚さを有し得る) 別の SiO_2 層を含むことができる。これらの層は、下の層 (たとえば、ブラックマトリックス 415) を平坦化することができる。 SiO_2 層は、SOG 層と周囲の層との間にバッファをもたらすことができる。光学スタック 416 は (金属など、導電性材料であり得る) 電極を含むことができる。電極として (約 40 オングストローム ~ 約 60 オングストローム、または約 50 オングストロームの厚さを有し得る) クロム (Cr) 層が使用されてよく、電極層 (たとえば、Cr) の上に (約 75 オングストローム ~ 約 125 オングストローム、または約 100 オングストロームの厚さを有し得る) SiO_2 層があり得る。

10

【0099】

プロセス 300 はブロック 304 において続き、光学スタック 416 の上の犠牲層 425 の形成を伴う。犠牲層 425 は、キャビティ 419 を形成するために後で除去される (ブロック 316 参照) ので、犠牲層 425 は、図 19K における得られた IMOD 400 には示されていない。図 19A は、光学スタック 416 の上に形成された犠牲層 425 を含む、部分的に作製されたデバイスを示している。光学スタック 416 上での犠牲層 425 の形成は、後続の除去後に、所望の設計サイズを有するギャップまたはキャビティ 419 (図 19K も参照) を与えるように選択された厚さの、モリブデン (Mo) またはアモルファスシリコン (a-Si) など、二フッ化キセノン (XeF_2) エッチング可能材料の堆積を含み得るが、発射 (launching) および他の要因も、キャビティ 419 のサイズに寄与し得る。犠牲層 425 の厚さは、たとえば、約 2600 オングストローム ~ 約 4600 オングストローム、または約 3600 オングストロームであり得る。犠牲材料、および本明細書で説明する様々な他の層の堆積は、物理気相堆積 (スパッタリングなど、多くの異なる技法を含む PVD)、プラズマ促進化学気相堆積 (PECVD)、熱化学気相堆積 (熱 CVD)、スピンコートプロセス、スリットコートプロセス、スプレーコートプロセス、またはローラーコートプロセスなど、堆積技法を使用して行われ得る。

20

【0100】

プロセス 300 はブロック 306 において続き、可動反射体 414 の形成を伴う。可動反射体 414 は、1 つまたは複数のパターニング、マスキング、および / またはエッチングステップとともに、たとえば、(アルミニウム、アルミニウム合金、または他の反射性材料など) 反射層堆積を含む 1 つまたは複数の堆積ステップを採用することによって形成され得る。可動反射体 414 は、たとえば、ディスプレイの列を形成する個々の平行ストリップにパターニングされ得る 1 つまたは複数の層を含み得る。可動反射体 414 は、導電層を含み得る。いくつかの実装形態では、可動反射体 414 は複数の副層を含み得る。いくつかの実装形態では、副層のうちの 1 つまたは複数の層は、それらの光学的特性のために選択された高反射性副層を含み得、別の副層は、その機械的特性のために選択された機械的副層 (たとえば、支持副層または補強材副層) を含み得る。いくつかの実装形態では、機械的副層は誘電材料を含み得る。

30

【0101】

図 19B は、犠牲層 425 の上の可動反射体 414 を示している。可動反射体 414 は、(約 200 オングストローム ~ 約 400 オングストローム、または約 300 オングストロームであり得る) 酸化チタン (TiO_2) 層、(約 400 オングストローム ~ 約 800 オングストローム、または約 600 オングストロームであり得る) SiO_2 層、および (約 200 オングストローム ~ 約 400 オングストローム、約 200 オングストローム ~ 約 500 オングストローム、または約 300 オングストロームの厚さを有し得る) AlCu 層であり得る導電層を含むことができる。いくつかの実装形態では、導電層 (たとえば、AlCu 層) はまた、高反射性であり得る。それらの層の上に、可動反射体 414 は、(約 7500 オングストローム ~ 約 12,500 オングストローム、約 5000 オングストローム ~ 約 15,000 オングストローム、または約 10,000 オングストロームの厚さを有し得る) シリコン窒化酸化物 (SiON) 層であり得る構造層 (たとえば、補強材

40

50

層)、別の導電層、たとえば、(約200オングストローム~約400オングストローム、約200オングストローム~約500オングストローム、または約300オングストロームの厚さを有し得る)AlCu層であり得る別の導電層、(約400オングストローム~約800オングストローム、または約600オングストロームであり得る)別のSiO₂層、および(約200オングストローム~約400オングストローム、または約300オングストロームであり得る)別のTiO₂層を含むことができる。

【0102】

補強材層の反対側にあり得る導電層(たとえば、AlCu)、および導電層は(たとえば、可動反射体414の各側において)互いに接触すること、または場合によっては互いに電氣的に導通していることがある。いくつかの実装形態では、可動反射体414の後面によって受け取られた電荷は、補強材層の他方の側にある導電層の間の電気接続を介して、可動反射体414の前面に中継され得る。多くの変形形態が可能である。いくつかの実装形態では、電極は、(たとえば、補強材層の下)可動反射体414の前面側にはない。たとえば、可動反射体414上の電極は、(たとえば、補強材層の上)可動反射体414の後面にあり得、静電力は、動作中に可動反射体414を作動させるために可動反射体414の補強材層を通過し得る。

【0103】

プロセス300は、ブロック308に進むことができ、可動反射体414の上の第2の犠牲層426の形成を伴う。図19Cは、パターニング後における可動反射体414の上の第2の犠牲層426を示している。第2の犠牲層426は、第1の犠牲層425と同様の材料から、第1の犠牲層425と同様のプロセスを使用して形成され得るか、または第2の犠牲層426の少なくとも1つのパラメータは、第1の犠牲層425のそのパラメータとは異なり得る(たとえば、厚さ、材料、平坦性など)。第2の犠牲層426は、以下で説明するように可動反射体414と復元力修正部440との間にギャップを形成するのに好適な厚さを有し得る。第2の犠牲層は、たとえば、アモルファスシリコン(-Si)であってよく、約2600オングストローム~約4600オングストローム、約1000オングストローム~約5000オングストローム、または約3600オングストロームの厚さを有し得る。

【0104】

プロセス300は、ブロック310に進むことができ、第2の犠牲層426の上の復元力修正部440の形成を伴う。図19Dは、第2の犠牲層426の上の復元力修正部440を示している。復元力修正部440は、補強材層を含み得、補強材層は、その一方または両方の側にバッファ層を有し得る。たとえば、復元力修正部440は、(約150オングストローム~約350オングストローム、または約250オングストロームの厚さを有し得る)SiO₂層、SiONを含み得、かつ/または約4000オングストローム~約6000オングストローム、または約5000オングストロームの厚さを有し得る補強材層、および(約150オングストローム~約350オングストローム、または約250オングストロームの厚さを有し得る)別のSiO₂層を含むことができる。SiONは、その(たとえば、引張応力または圧縮応力の)応力抵抗性が広範囲にわたって調整され得るので、補強材層に使用され得る。SiO₂層は、硬化層(たとえば、SiON)を保護することができる。たとえば、SiO₂はエッチャント材料(たとえば、XeF₂)に対して、SiONよりも良好な抵抗性を有し得るので、(たとえば、XeF₂または他のエッチャント材料から)SiON材料を保護するために、SiON材料の上、下、周囲などにSiO₂材料は配設され得る。いくつかの実装形態では、復元力修正部440はかなりの剛性を有し得る。たとえば、復元力修正部440は、通常動作中に復元力修正部440が、IMOD400の動作に影響を与える形で屈曲しまたは曲がることのないほど十分な剛性を有し得る。変形可能要素434、可動反射体414、および/またはIMOD400の他の特徴が復元力修正部440に押しつけられたとき、復元力修正部440のいかなる屈曲または曲げも、IMOD400によって出力された光の色を変えることがないほど十分に小さいものであり得る。多くの変形形態が可能である。いくつかの実装形態では

10

20

30

40

50

、変形可能要素 4 3 4、可動反射体 4 1 4、および / または I M O D 4 0 0 の他の特徴が復元力修正部 4 4 0 に押しつけられたときに、復元力修正部 4 4 0 が弾性的に屈曲することができるように、復元力修正部 4 4 0 はフレキシブルに作られ得る。復元力修正部 4 4 0 の屈曲は、いくつかの実装形態では、(たとえば、休止位置に向かって可動反射体 4 1 4 をバイアスさせる) 復元力を増大させ得る。

【0105】

プロセス 3 0 0 は、ブロック 3 1 2 に進むことができ、復元力修正部 4 4 0 の上の第 3 の犠牲層 4 2 7 の形成を伴う。図 1 9 E は、復元力修正部 4 4 0 の上の第 3 の犠牲層 4 2 7 を示している。第 3 の犠牲層 4 2 7 は、第 1 の犠牲層 4 2 5 および / もしくは第 2 の犠牲層 4 2 6 と同様の材料から、第 1 の犠牲層 4 2 5 および / もしくは第 2 の犠牲層 4 2 6 と同様のプロセスを使用して形成され得るか、または第 3 の犠牲層 4 2 7 の少なくとも 1 つのパラメータは、第 1 の犠牲層 4 2 5 および / もしくは第 2 の犠牲層 4 2 6 のそのパラメータとは異なり得る(たとえば、厚さ、材料、平坦性など)。第 3 の犠牲層 4 2 7 は、本明細書で説明するように復元力修正部 4 4 0 と変形可能要素 4 3 4 との間にギャップを形成するのに好適な厚さを有し得る。第 3 の犠牲層 4 2 7 は、たとえば、アモルファスシリコン(- S i)であってよく、約 1 0 0 0 オングストローム ~ 約 2 0 0 0 オングストローム、または約 1 5 0 0 オングストロームの厚さを有し得る。

10

【0106】

プロセス 3 0 0 は、ブロック 3 1 4 に進むことができ、変形可能要素 4 3 4 の形成を伴う。図 1 9 F は、第 3 の犠牲層 4 2 7 の上の変形可能要素 4 3 4 を示している。変形可能要素 4 3 4 が(たとえば、休止位置に可動反射体 4 1 4 をバイアスさせるための)本明細書で説明するような復元力をもたらしことができるように、変形可能要素 4 3 4 が弾性的に屈曲し、曲げることを可能にする材料および厚さで、変形可能要素 4 3 4 は作られ得る。変形可能要素 4 3 4 は、可動反射体 4 1 4 の後面側に結合され得る。いくつかの実装形態では、変形可能要素は、可動反射体 4 1 4 の電極に電氣的に接続され得る導電層を含み得る。いくつかの実装形態では、変形可能要素 4 3 4 は、S i O₂ であり得る、約 1 5 0 オングストローム ~ 約 3 5 0 オングストローム、または約 2 5 0 オングストロームの厚さを有し得るバッファ層、S i O N であり得る、約 7 5 0 オングストローム ~ 約 1 2 5 0 オングストローム、または約 1 0 0 0 オングストロームの厚さを有し得る構造層、A l C u であり得る、約 2 0 0 オングストローム ~ 約 4 0 0 オングストローム、または約 3 0 0 オングストロームの厚さを有し得る導電層を含むことができる。導電層の上では、変形可能要素 4 3 4 は、S i O N であり得る、約 7 5 0 オングストローム ~ 約 1 2 5 0 オングストローム、または約 1 0 0 0 オングストロームの厚さを有し得る構造層、および S i O₂ であり得る、約 1 5 0 オングストローム ~ 約 3 5 0 オングストローム、または約 2 5 0 オングストロームの厚さを有し得るバッファ層を含むことができる。導電層の各側の酸化物層は、たとえば、熱膨張係数の差に起因して応力のバランスをとるのを支援することができる、それにより休止位置の安定性を改善することができる。S i O N は、その(たとえば、引張応力または圧縮応力の) 応力抵抗性が広範囲にわたって調整され得るので、構造層に使用され得る。S i O₂ 層は、構造層(たとえば、S i O N)を、エッチャント材料(たとえば、X e F₂) などから保護することができる。

20

30

40

【0107】

場合によっては、プロセス 3 0 0 はブロック 3 1 6 に進むことができ、以下でより詳細に説明するように、犠牲層 4 2 5、4 2 6 および 4 2 7 が除去され得る。場合によっては、プロセスは、I M O D 4 0 0 の構造を少なくとも部分的にカプセル化するように進むことができる。図 1 9 G を参照すると、変形可能要素 4 3 4 の上に第 4 の犠牲層 4 2 8 があり得る。第 4 の犠牲層 4 2 8 は、第 1 の犠牲層 4 2 5、第 2 の犠牲層 4 2 6 および / もしくは第 3 の犠牲層 4 2 7 と同様の材料から、第 1 の犠牲層 4 2 5、第 2 の犠牲層 4 2 6 および / もしくは第 3 の犠牲層 4 2 7 と同様のプロセスを使用して形成され得るか、または第 4 の犠牲層 4 2 8 の少なくとも 1 つのパラメータは、第 1 の犠牲層 4 2 5、第 2 の犠牲層 4 2 6 および / もしくは第 3 の犠牲層 4 2 7 のそのパラメータとは異なり得る(たとえ

50

ば、厚さ、材料、平坦性など)。第4の犠牲層428は、以下で説明する、カプセル化層450を変形可能要素434から離間するのに好適な厚さを有し得る。第4の犠牲層428は、たとえば、アモルファスシリコン($-Si$)であってよく、約1000オングストローム~約2000オングストローム、または約1500オングストロームの厚さを有し得る。

【0108】

図19Hを参照すると、第4の犠牲層428の上にカプセル化層450があり得る。カプセル化層450は、 SiO_2 であり得る、約150オングストローム~約350オングストローム、または約250オングストロームの厚さを有し得るバッファ層、および $SiON$ であり得る、約4000オングストローム~約6000オングストローム、または約5000オングストロームの厚さを有し得る構造層を含むことができる。図19Iを参照すると、カプセル化層450の上に上部金属層452があり得る。上部金属層452は、アルミニウム(Al)またはアルミニウム銅($AlCu$)であってよく、約3000オングストローム~約12,000オングストローム、または約5000オングストローム~約10,000オングストロームの厚さを有し得る。図19Jを参照すると、上部金属層452の上にパッシベーション層454があり得る。パッシベーション層454は、 $SiON$ を含むことができ、約4000オングストローム~約6000オングストローム、または約5000オングストロームの厚さを有し得る。パッシベーション層454の上に、(たとえば、1000オングストローム~約2000オングストローム、または約1500オングストロームの厚さを有する) SiO_2 を含むことができる平坦化層458があり得る。平坦化層458の上に、(たとえば、750オングストロームから1250オングストロームの間、または約1000オングストロームの厚さを有する、 SiO_2 を含む) キャッピング層456があり得る。

【0109】

図19Kを参照すると、(たとえば、平坦化層458の上に) 薄膜トランジスタが含まれ得る。たとえば、 $IMOD$ 400は、ドレイン460およびソース462を含むことができる。たとえば、 $IMOD$ 400の特徴の間で電気接続を確立するために、 $IMOD$ 構造内に(ビア466などの)ビアが形成され得る。たとえば、可動反射体414の電極は、変形可能要素434における導電層を介して、かつビア466を通してドレイン460に電氣的に結合され得る。

【0110】

いくつかの実装形態では、犠牲層425、426、427および428を除去できるように、 $IMOD$ 構造の層を通じて解放穴464が作られ得る。変形可能要素434とカプセル化層450との間にギャップをもたらすために、第4の犠牲層428が除去され得る。ブロック316において、復元力修正部440と変形可能要素434との間に第3のギャップを作るために、第3の犠牲層427が除去され得る。プロセス300のブロック320において、光学スタック416と可動反射体414との間に第1のギャップを作るために、第1の犠牲層425が除去され得る。ブロック318において、可動反射体414と復元力修正部440との間に第2のギャップを作るために、第2の犠牲層426が除去され得る。犠牲層425、426、427および428を1つまたは複数のエッチャントにさらすことによって、犠牲層425、426、427および428は除去され得る。犠牲層425、426、427および428は、単一のエッチャントによって一緒に除去され得る。犠牲層425、426、427および428は、プロセス300の単一の段階として除去され得る。場合によっては、犠牲層425、426、427および428は、2つ以上のエッチャントによって、またはプロセス300の2つ以上の段階によって除去され得る。 Mo またはアモルファス Si などのエッチング可能犠牲材料が、ドライ化学エッチングによって、所望の量の材料を除去するのに有効である期間の間、固体 XeF_2 から生じる蒸気など、気体または蒸気のエッチャントに犠牲層425、426、427および428をさらすことによって除去され得る。ウェットエッチングおよび/またはプラズマエッチングなどの他のエッチング方法も使用され得る。犠牲材料425、426、427

および 428 の除去後に、得られた完全にまたは部分的に作製された I M O D ディスプレイ素子は、本明細書では「解放」I M O D 400 と呼ばれることがある。

【0111】

いくつかの実装形態では、上記で説明したプロセス 300 の様々な部分は、省略、並べ替えおよび修正ができる。たとえば、いくつかの実装形態では、I M O D 400 はカプセル化されず、図 19G ~ 図 19K に関して説明した様々な特徴が省略され得る。例示的な実装形態で詳細に記載された材料の代わりに、様々な材料が用いられてよく、記載された層の厚さは、詳細に説明された範囲から変わり得る。プロセス 300 および I M O D 400 に関して説明した様々な特徴は、本明細書で説明した特徴の一部を省略する実装形態において使用され得る。たとえば、変形可能要素 434 および / または可動反射体 414 は、復元力修正部 440 を含まないプロセス 300 における例と同様に形成され得る。いくつかの実装形態では、変形可能要素 434 における導電層を介して、可動反射体 414 の後面側に電気接続がもたらされ得る。いくつかの実装形態では、本明細書で説明したように、電気接続が可動反射体 414 の後面側から可動反射体 414 の前面側に拡張され得る。これらの特徴は、プロセス 300 および I M O D 400 に関して説明した他の特徴を含まない実装形態に組み込まれ得る。

10

【0112】

図 20A および図 20B は、複数の I M O D ディスプレイ素子を含むディスプレイデバイス 40 を示すシステムブロック図である。ディスプレイデバイス 40 は、たとえば、スマートフォン、セルラー電話または携帯電話であり得る。しかし、ディスプレイデバイス 40 の同じ構成要素またはそのわずかな変形形態も、テレビ、コンピュータ、タブレット、電子書籍リーダー、ハンドヘルドデバイスおよび携帯型メディアデバイスなどの種々のタイプのディスプレイデバイスを例示するものである。

20

【0113】

ディスプレイデバイス 40 は、ハウジング 41 と、ディスプレイ 30 と、アンテナ 43 と、スピーカー 45 と、入力デバイス 48 と、マイクロフォン 46 とを含む。ハウジング 41 は、射出成形および真空成形を含む様々な製造プロセスのうちのいずれかから形成され得る。さらに、ハウジング 41 は、限定はしないが、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、様々な材料のうちのいずれかから製作され得る。ハウジング 41 は、異なる色の、または異なるロゴ、ピクチャ、もしくはシンボルを含んでいる、他の取外し可能な部分と交換され得る、取外し可能な部分（図示せず）を含むことができる。

30

【0114】

ディスプレイ 30 は、本明細書で説明する、双安定またはアナログディスプレイを含む様々なディスプレイのうちのいずれかであり得る。ディスプレイ 30 はまた、プラズマ、E L、O L E D、S T N L C D、または T F T L C D など、フラットパネルディスプレイ、あるいは C R T または他の管デバイスなど、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。さらに、ディスプレイ 30 は、本明細書において説明するように、I M O D ベースのディスプレイを含むことができる。

【0115】

ディスプレイデバイス 40 の構成要素は図 20A に概略的に示されている。ディスプレイデバイス 40 は、ハウジング 41 を含み、その中に少なくとも部分的に密閉された追加の構成要素を含むことができる。たとえば、ディスプレイデバイス 40 はネットワークインターフェース 27 を含んでおり、ネットワークインターフェース 27 はアンテナ 43 を含んでおり、アンテナ 43 はトランシーバ 47 に結合され得る。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 に表示されることのある画像データのソースであり得る。したがって、ネットワークインターフェース 27 は、画像ソース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、画像ソースモジュールの働きをすることができる。トランシーバ 47 はプロセッサ 21 に接続され、プロセッサ 21 は調整ハードウェア 52 に接続される。調整ハードウェア 52 は、（信号をフィルタリン

40

50

グするか、または別の方法で操作するなど)信号を調整するように構成され得る。調整ハードウェア52は、スピーカ45およびマイクロフォン46に接続され得る。プロセッサ21は、入力デバイス48およびドライバコントローラ29にも接続され得る。ドライバコントローラ29は、フレームバッファ28および配列ドライバ22に結合されてよく、配列ドライバ22は、次いでディスプレイ配列30に結合され得る。図20Aに明示されていない要素を含む、ディスプレイデバイス40における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構成され、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の設計における実質的にすべての構成要素に電力を提供することができる。

【0116】

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がネットワークを介して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とトランシーバ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ための、何らかの処理能力を有し得る。アンテナ43は、信号を送信および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)、(b)、または(g)を含むIEEE16.11規格、あるいはIEEE802.11a、b、g、nを含むIEEE802.11規格、およびそれらのさらなる実装形態に従って、RF信号を送信および受信する。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信号を送信および受信する。セルラ電話の場合、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)/汎用パケット無線サービス(GPRS:General Packet Radio Service)、拡張データGSM(登録商標)環境(EDGE:Enhanced Data GSM(登録商標)Environment)、地上基盤無線(TETRA:Terrestrial Trunked Radio)、広帯域CDMA(W-CDMA)、Evolution Data Optimized(EV-DO)、1xEV-DO、EV-DO Rev A、EV-DO Rev B、高速パケットアクセス(HSPA)、高速ダウンリンクパケットアクセス(HSDPA)、高速アップリンクパケットアクセス(HSUPA)、発展型高速パケットアクセス(HSPA+:Evolved High Speed Packet Access)、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など、ワイヤレスネットワーク内で通信するために使用される他の既知の信号を受信するように設計され得る。トランシーバ47は、アンテナ43から受信された信号を、プロセッサ21によって受信でき、さらにプロセッサ21によって操作できるように前処理することができる。トランシーバ47はまた、プロセッサ21から受信された信号を、アンテナ43を介してディスプレイデバイス40から送信できるように処理することができる。

【0117】

いくつかの実装形態では、トランシーバ47は受信機によって置き換えられ得る。さらに、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に送られるべき画像データを記憶または生成することができる画像ソースによって置き換えられ得る。プロセッサ21は、ディスプレイデバイス40の全体的な動作を制御することができる。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または画像ソースから受信し、そのデータを生の画像データへ、または生の画像データに素早く変換できるフォーマットへと処理する。プロセッサ21は、処理されたデータをドライバコントローラ29に、または記憶のためにフレームバッファ28に送ることができる。生データは、一般に、画像内の各ロケーションにおける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、飽和、およびグレースケールレベルを含むことができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 8 】

プロセッサ 2 1 は、ディスプレイデバイス 4 0 の動作を制御するためのマイクロコントローラ、CPU、または論理ユニットを含むことができる。調整ハードウェア 5 2 は、スピーカ 4 5 に信号を送信するための、およびマイクロフォン 4 6 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。調整ハードウェア 5 2 は、ディスプレイデバイス 4 0 内の個別構成要素であり得、あるいはプロセッサ 2 1 または他の構成要素内に組み込まれ得る。

【 0 1 1 9 】

ドライバコントローラ 2 9 は、プロセッサ 2 1 によって生成された生画像データをプロセッサ 2 1 から直接、またはフレームバッファ 2 8 から取ることができ、配列ドライバ 2 2 への高速送信のために適宜に生画像データを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 2 9 は、生画像データを、ラスタ様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、その結果、そのデータフローは、ディスプレイ配列 3 0 にわたって走査するのに好適な時間順序を有する。次いで、ドライバコントローラ 2 9 は、フォーマットされた情報を配列ドライバ 2 2 に送る。LCD コントローラなどのドライバコントローラ 2 9 は、しばしば、スタンドアロン集積回路 (IC) としてシステムプロセッサ 2 1 に関連付けられるが、そのようなコントローラは多く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 2 1 中に埋め込まれるか、ソフトウェアとしてプロセッサ 2 1 中に埋め込まれるか、またはハードウェアにおいて配列ドライバ 2 2 と完全に一体化され得る。

【 0 1 2 0 】

配列ドライバ 2 2 は、フォーマットされた情報をドライバコントローラ 2 9 から受信でき、ディスプレイのディスプレイ素子の x y 行列から来る、数百、場合によっては数千 (またはそれ以上) のリード線に毎秒多数回印加される波形の並列のセットにビデオデータを再フォーマットすることができる。

【 0 1 2 1 】

いくつかの実装形態では、ドライバコントローラ 2 9、配列ドライバ 2 2、およびディスプレイ配列 3 0 は、本明細書に記載されたディスプレイのタイプのうちのいずれかに適している。たとえば、ドライバコントローラ 2 9 は、従来のディスプレイコントローラまたは双安定ディスプレイコントローラ (IMOD ディスプレイ素子コントローラなど) とすることができる。さらに、配列ドライバ 2 2 は、従来のドライバまたは双安定ディスプレイドライバ (IMOD ディスプレイ素子ドライバなど) とすることができる。さらに、ディスプレイ配列 3 0 は、従来のディスプレイ配列または双安定ディスプレイ配列 (IMOD ディスプレイ素子の配列を含むディスプレイなど) とすることができる。いくつかの実装形態では、ドライバコントローラ 2 9 は配列ドライバ 2 2 と一体化することができる。そのような実装形態は、高集積システム、たとえば、モバイルフォン、ポータブル電子デバイス、ウォッチまたは小面積ディスプレイにおいて、有用であることがある。

【 0 1 2 2 】

いくつかの実装形態では、入力デバイス 4 8 は、たとえば、ユーザがディスプレイデバイス 4 0 の動作を制御することを可能にするように構成することができる。入力デバイス 4 8 は、QWERTY キーボードまたは電話機のキーパッドなどのキーパッド、ボタン、スイッチ、ロッカー (rocker)、タッチセンシティブスクリーン、ディスプレイ配列 3 0 と一体化されたタッチセンシティブスクリーン、または感圧膜もしくは感熱膜を含むことができる。マイクロフォン 4 6 は、ディスプレイデバイス 4 0 のため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、ディスプレイデバイス 4 0 の動作を制御するために、マイクロフォン 4 6 を介したボイスコマンドが使用され得る。

【 0 1 2 3 】

電源 5 0 は様々なエネルギー蓄積デバイスを含むことができる。たとえば、電源 5 0 は、ニッケルカドミウムバッテリーまたはリチウムイオンバッテリーなどの充電式バッテリーとすることができる。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配列から来る電力を使用して充電可能であり得る。代替的には、充電式バッテリーはワイヤレス充電可能とすることができる。電源50はまた、再生可能エネルギー源、キャパシタ、あるいはプラスチック太陽電池または太陽電池塗料を含む太陽電池とすることもできる。電源50はまた、壁コンセントから電力を受け取るように構成することもできる。

【0124】

いくつかの実装形態では、制御プログラマビリティは、電子ディスプレイシステム内のいくつかの場所に位置することができるドライバコントローラ29内に存在する。いくつかの他の実装形態では、制御プログラマビリティが配列ドライバ22中に存在する。上記で説明した最適化は、任意の数のハードウェアおよび/またはソフトウェア構成要素において、ならびに様々な構成において実施され得る。

10

【0125】

本明細書で使用する、項目のリストの「少なくとも1つ」を参照するフレーズは、単一のメンバを含む、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を包含するものである。

【0126】

本明細書で開示する実装形態に関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ステップは、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施され得る。ハードウェアとソフトウェアの互換性が、概して機能に関して説明され、上記で説明した様々な例示的な構成要素、ブロック、モジュール、回路およびステップにおいて示された。そのような機能がハードウェアで実施されるか、ソフトウェアで実施されるかは、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。

20

【0127】

本明細書で開示する態様に関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、および回路を実施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または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配列(FPGA)または他のプログラマブル論理デバイス、個別ゲートまたはトランジスタ論理、個別ハードウェア構成要素、あるい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を用いて実施または実行され得る。汎用プロセッサは、マイクロプロセッサ、あるい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、または状態機械であり得る。プロセッサは、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つまたは複数のマイクロプロセッサ、あるいは任意の他のそのような構成などのコンピューティングデバイスの組合せとして実施することもできる。いくつかの実装形態では、特定のステップおよび方法が、所与の機能に固有である回路によって実行され得る。

30

【0128】

1つまたは複数の態様では、説明した機能は、本明細書で開示する構造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、およびそれらの上記構造の構造的等価物において、またはそれらの任意の組合せにおいて実施され得る。また、本明細書で説明した主題の実装形態は、1つまたは複数のコンピュータプログラムとして、すなわち、データ処理装置が実行するためにコンピュータ記憶媒体上に符号化された、またはデータ処理装置の動作を制御するための、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。

40

【0129】

本開示で説明した実装形態への様々な修正は当業者には容易に明らかであり得、本明細書で定義した一般原理は、本開示の趣旨または範囲から逸脱することなく他の実装形態に適用され得る。したがって、特許請求の範囲は、本明細書で示した実装形態に限定される

50

ものではなく、本開示と、本明細書で開示する原理および新規の特徴とに一致する、最も広い範囲を与えられるべきである。さらに、「上の (upper)」および「下の (lower)」という用語が、図を説明しやすく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向きに対応する相対的位置を示し、たとえば、実施される I M O D ディスプレイ素子の適切な向きを反映しなくてもよいことは、当業者には容易に理解されるであろう。

【0130】

また、別個の実装形態に関して本明細書で説明されたいいくつかの特徴は、単一の実装形態において組合せで実施され得る。また、逆に、単一の実装形態に関して説明した様々な特徴は、複数の実装形態において別個に、あるいは任意の好適な部分組合せで実施され得る。その上、特徴は、いくつかの組合せで働くものとして上記で説明され、初めにそのように請求されることさえあるが、請求される組合せからの1つまたは複数の特徴は、場合によってはその組合せから削除され得、請求される組合せは、部分組合せ、または部分組合せの変形形態を対象とし得る。

【0131】

同様に、動作は特定の順序で図面に示されているが、そのような動作は、望ましい結果を達成するために、示される特定の順序でまたは順番に実行される必要がないこと、またはすべての例示される動作が実行される必要があるとは限らないことは、当業者は容易に認識されよう。さらに、図面は、流れ図の形態でもう1つの例示的なプロセスを概略的に示し得る。ただし、図示されていない他の動作が、概略的に示される例示的なプロセスに組み込まれ得る。たとえば、1つまたは複数の追加の動作が、図示の動作のうちのいずれかの前に、後に、同時に、またはその間で、実行され得る。いくつかの状況では、マルチタスキングおよび並列処理が有利であり得る。その上、上記で説明した実装形態における様々なシステム構成要素の分離は、すべての実装形態においてそのような分離を必要とするものとして理解されるべきでなく、説明するプログラム構成要素およびシステムは、概して、単一のソフトウェア製品において互いに一体化されるか、または複数のソフトウェア製品にパッケージングされ得ることを理解されたい。さらに、他の実装形態が以下の特許請求の範囲内に入る。場合によっては、特許請求の範囲に記載の行為は、異なる順序で実行され、依然として望ましい結果を達成することができる。

【符号の説明】

【0132】

- 12 干渉変調器 (I M O D) ディスプレイ素子
- 13 入射する光
- 14 可動反射層
- 14 a 反射副層、導電層
- 14 b 反射副層、誘電体支持層
- 14 c 反射副層、導電層
- 15 反射する光
- 16 光学スタック
- 16 a 吸収体層
- 16 b 誘電体
- 18 支柱
- 19 ギャップ
- 20 基板
- 21 プロセッサ
- 22 配列ドライバ
- 23 黒色マスク構造
- 24 行ドライバ回路
- 25 犠牲層
- 26 列ドライバ回路

2 7	ネットワークインターフェース	
2 8	フレームバッファ	
2 9	ドライバコントローラ	
3 0	ディスプレイ、ディスプレイ配列	
3 2	連結部	
3 4	変形可能層	
3 5	スペーサ層	
3 6	E M S 配列	
4 0	ディスプレイデバイス	
4 1	ハウジング	10
4 3	アンテナ	
4 5	スピーカー	
4 6	マイクロフォン	
4 7	トランシーバ	
4 8	入力デバイス	
5 0	電源	
5 2	調整ハードウェア	
9 1	E M S パッケージ	
9 2	バックプレート	
1 0 0	多状態 I M O D、I M O D	20
1 0 2	多状態 I M O D、I M O D	
1 0 4	多状態 I M O D、I M O D	
1 0 6	多状態 I M O D、I M O D	
1 0 8	多状態 I M O D、I M O D	
1 1 0	前面側	
1 1 1	外側部分	
1 1 2	後面側	
1 1 3	中心部分	
1 1 4	可動反射体、フレキシブル可動反射体	
1 1 6	光学スタック	30
1 1 8	支柱	
1 1 9	光キャビティ	
1 2 0	基板	
1 3 4	変形可能要素	
1 3 5	第 1 の部分	
1 3 6	第 1 の長さ	
1 3 7	第 2 の部分	
1 3 8	第 2 の長さ	
1 4 0	復元力修正部	
1 4 1	線	40
1 4 2	第 2 の復元力修正部、復元力修正部	
1 4 4	追加の復元力修正部、復元力修正部	
1 4 6	蓋	
1 4 8	フレキシブル要素	
2 0 2	線	
2 0 4	ロケーション、休止位置	
2 0 6	ロケーション、第 1 の接触位置、接触位置	
2 0 8	ロケーション、位置	
2 1 0	第 2 の接触位置	
2 1 2	位置	50

- 3 0 0 製造プロセス、プロセス、方法
 4 0 0 多状態 I M O D、I M O D、「解放」I M O D
 4 1 4 可動反射体
 4 1 5 ブラックマトリックス
 4 1 6 光学スタック
 4 1 9 キャビティ
 4 2 0 基板、透明基板
 4 2 5 犠牲層、第 1 の犠牲層、犠牲材料
 4 2 6 第 2 の犠牲層、犠牲層、犠牲材料
 4 2 7 第 3 の犠牲層、犠牲層、犠牲材料
 4 2 8 第 4 の犠牲層、犠牲層、犠牲材料
 4 3 4 変形可能要素
 4 4 0 復元力修正部
 4 5 0 カプセル化層
 4 5 2 上部金属層
 4 5 4 パッシベーション層
 4 5 6 キャッピング層
 4 5 8 平坦化層
 4 6 0 ドレイン
 4 6 2 ソース
 4 6 4 解放穴
 4 6 6 ビア

10

20

【図 1】

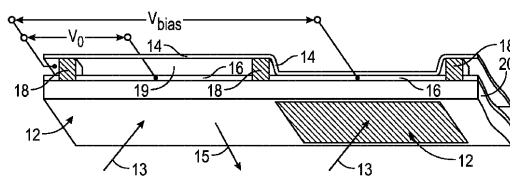


FIG. 1

【図 2】

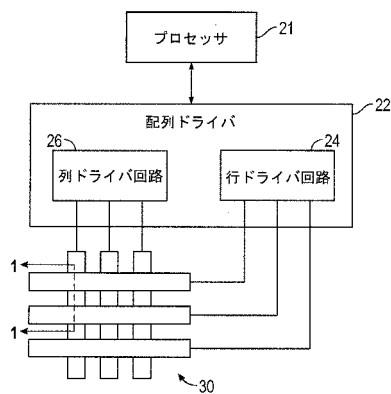


FIG. 2

【図 3 A】

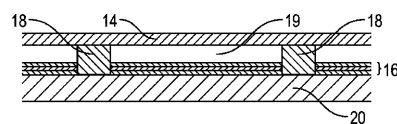


FIG. 3A

【図 3 B】

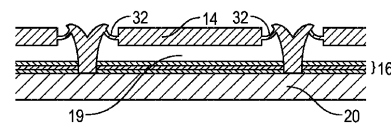


FIG. 3B

【図 3 C】

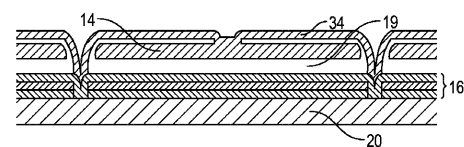


FIG. 3C

【図 3 D】

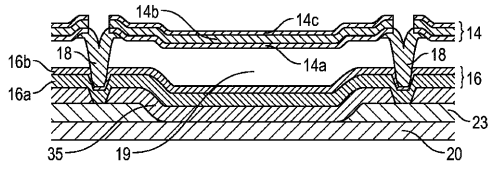


FIG. 3D

【図 3 E】

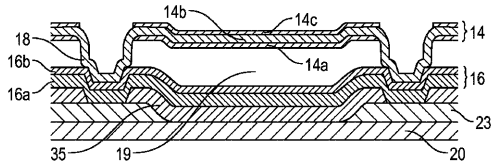


FIG. 3E

【図 4】

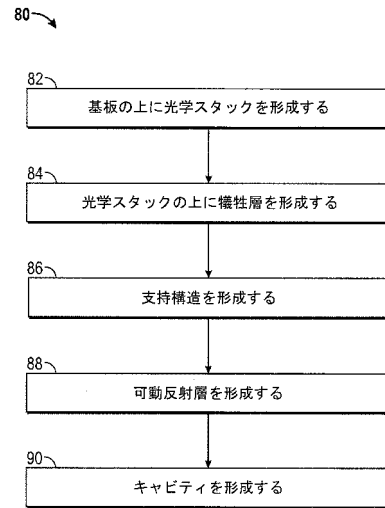


FIG. 4

【図 5 A】

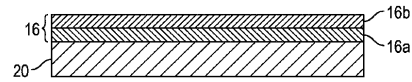


FIG. 5A

【図 5 B】

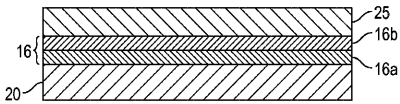


FIG. 5B

【図 5 C】

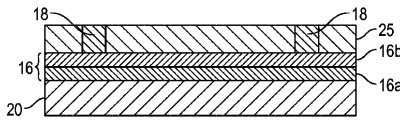


FIG. 5C

【図 5 D】

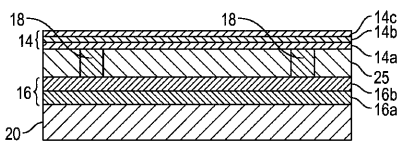


FIG. 5D

【図 5 E】

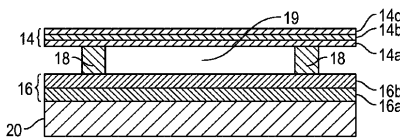


FIG. 5E

【図 6 A】

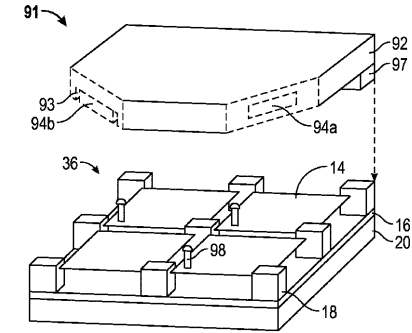


FIG. 6A

【図 6 B】

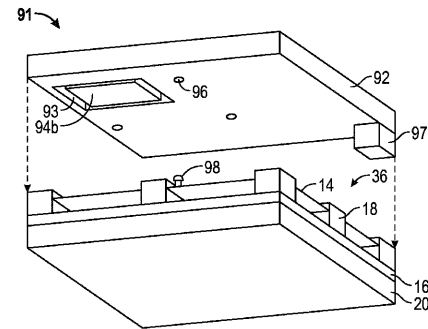


FIG. 6B

【図 7】

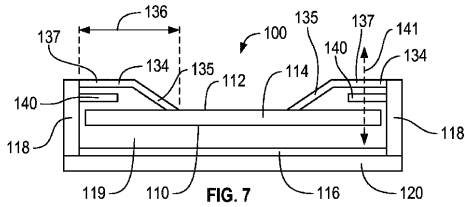


FIG. 7

【図 8】

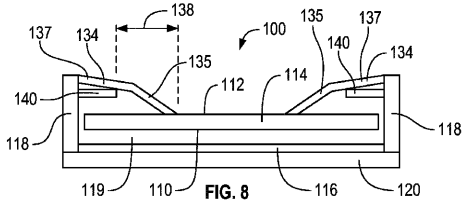


FIG. 8

【図 9】

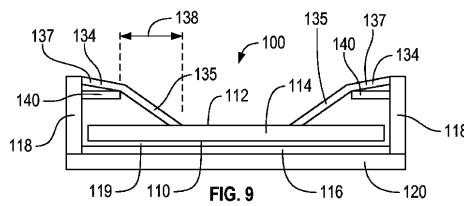


FIG. 9

【図 12】

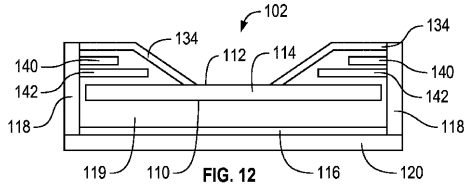


FIG. 12

【図 13】

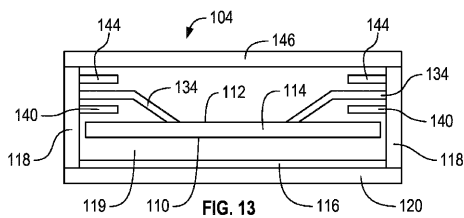


FIG. 13

【図 14】

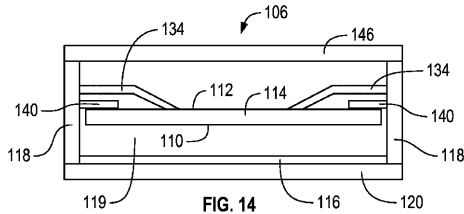


FIG. 14

【図 10】

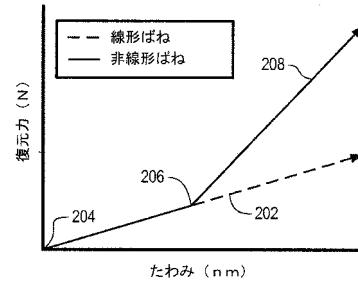


FIG. 10

【図 11】

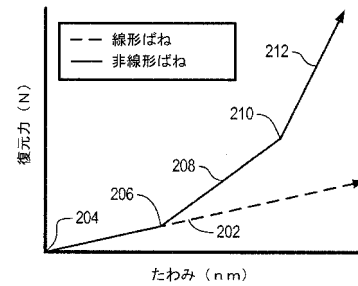


FIG. 11

【図 15】

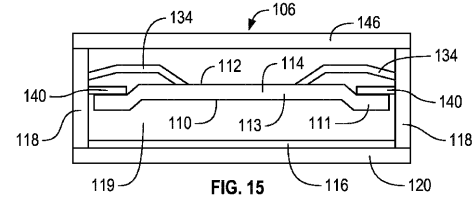


FIG. 15

【図 16】

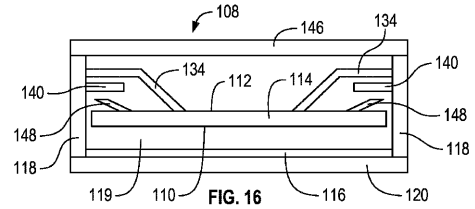


FIG. 16

【図 17】

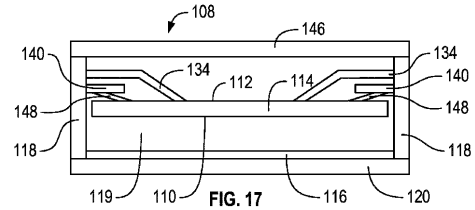


FIG. 17

【図 18】

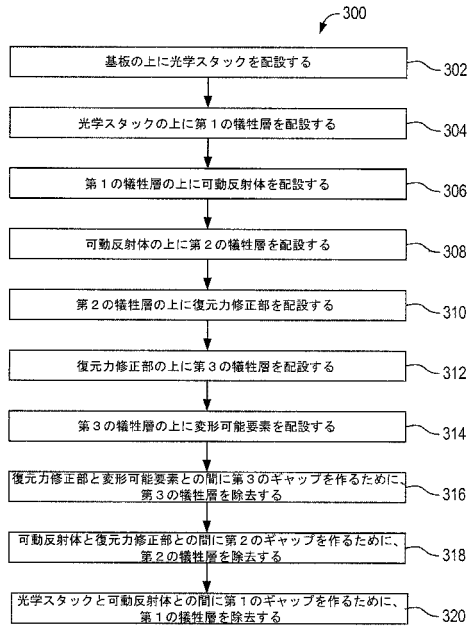
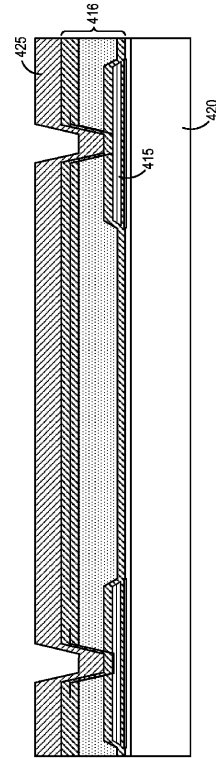
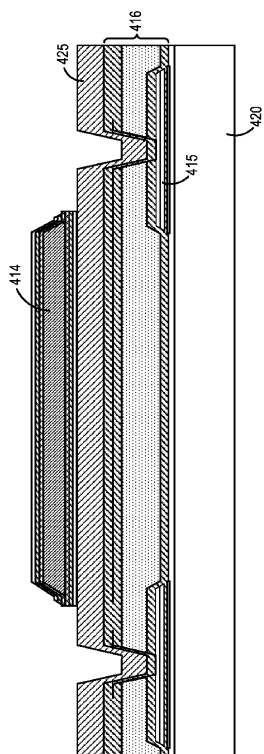


FIG. 18

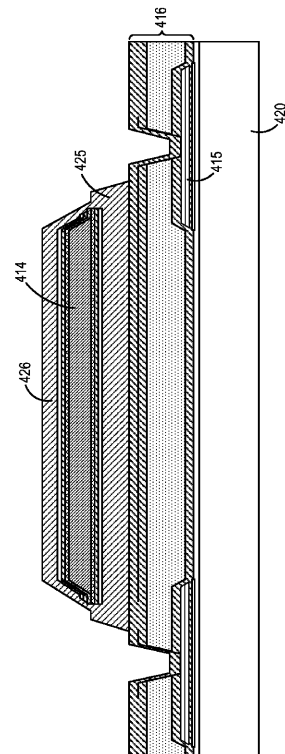
【図 19 A】



【図 19 B】



【図 19 C】



【図 19D】

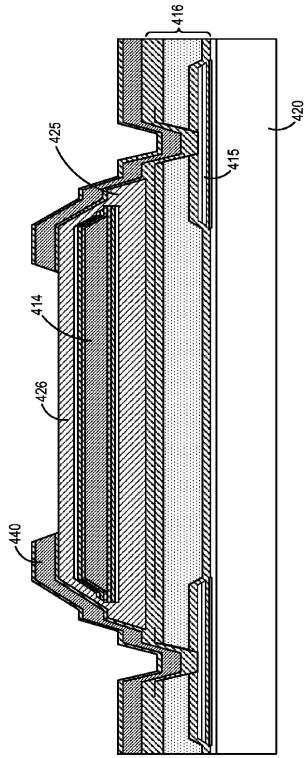


FIG. 19D

【図 19E】

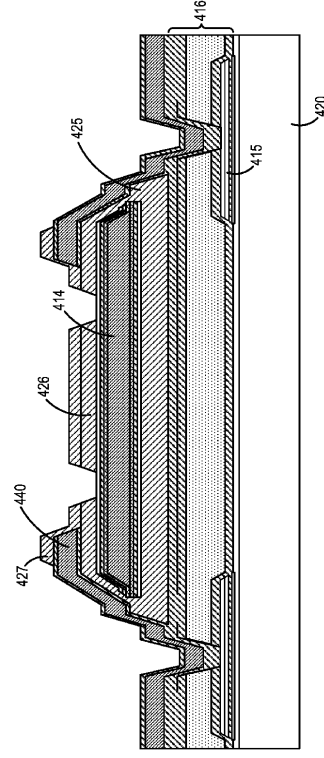


FIG. 19E

【図 19F】

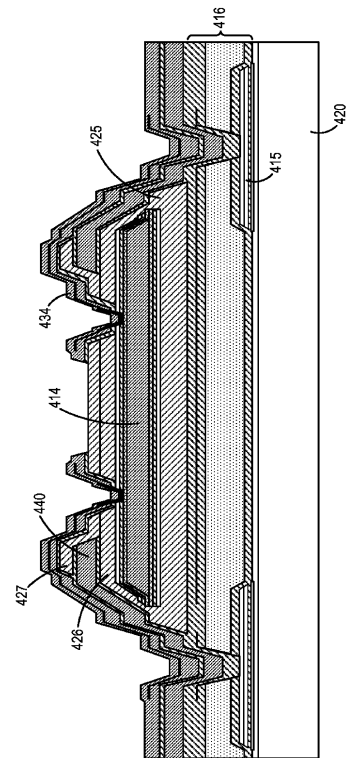


FIG. 19F

【図 19G】

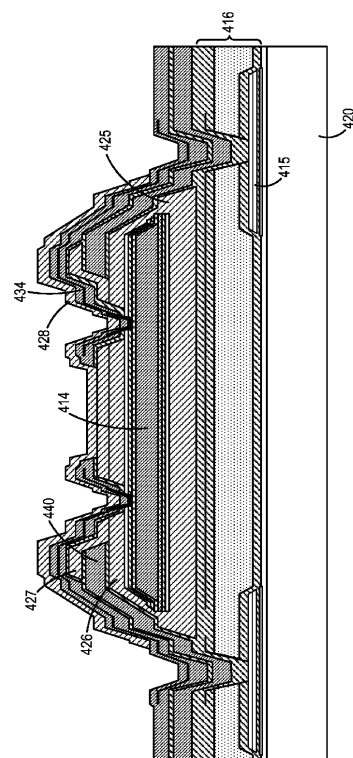


FIG. 19G

【図 19 H】

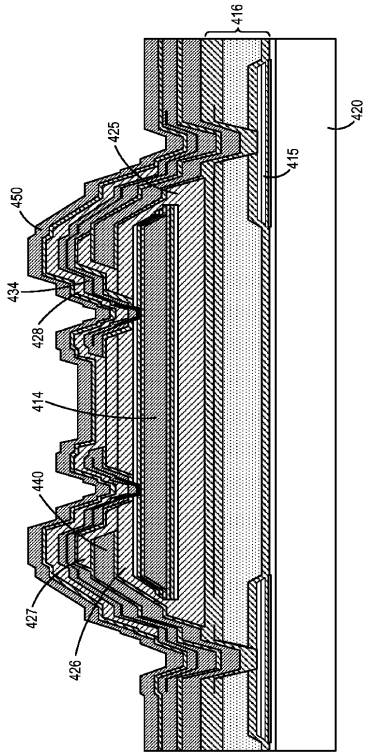


FIG. 19H

【図 19 I】

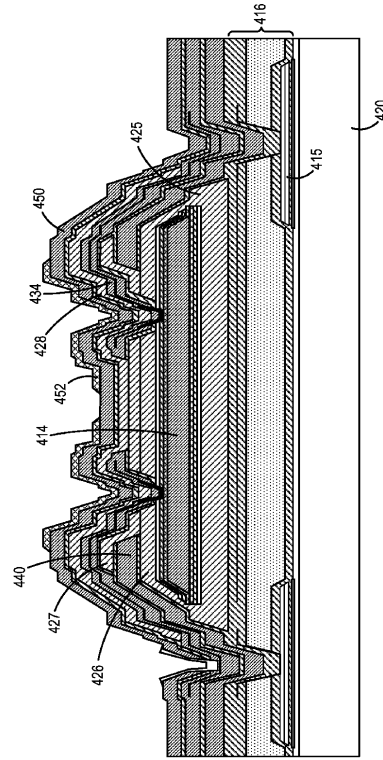


FIG. 19I

【図 19 J】

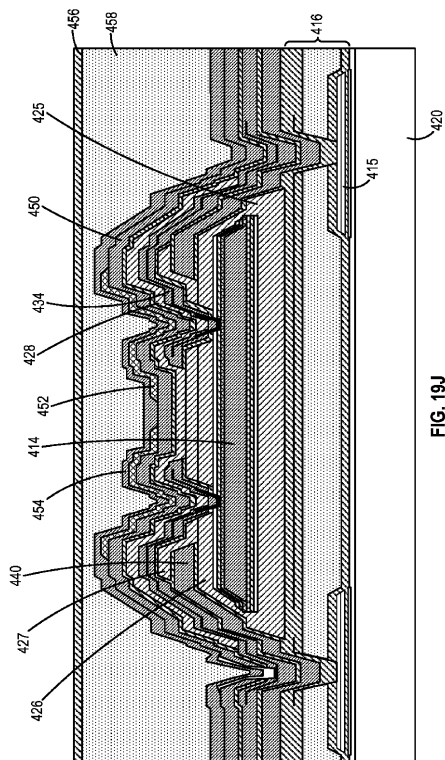


FIG. 19J

【図 19 K】

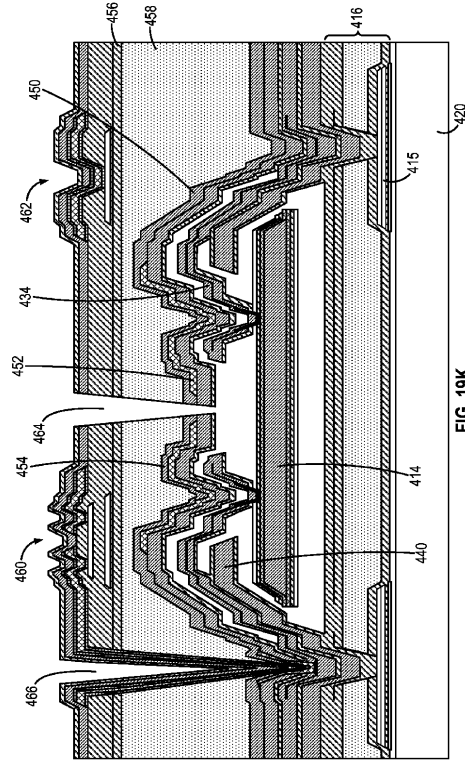


FIG. 19K

【図20A】

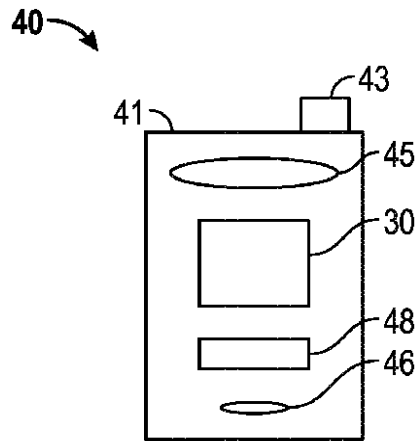


FIG. 20A

【図20B】

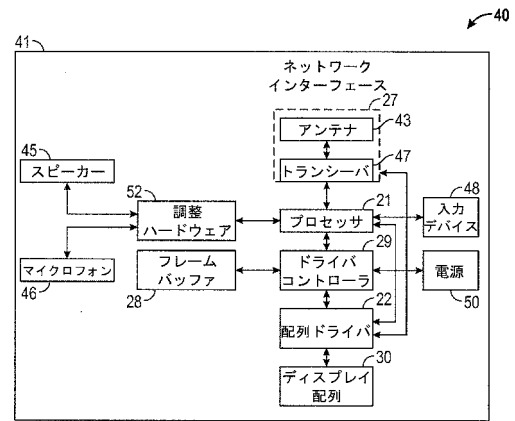


FIG. 20B

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2014/070630

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G02B26/00
ADD. B81B3/00 G02B26/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B B81B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006/024880 A1 (CHUI CLARENCE [US] ET AL) 2 February 2006 (2006-02-02)	1,2,4,5, 8-12, 14-21
Y	figures 1-6B,23A-25D	3,6,13
A	paragraph [0096] paragraph [0113] - paragraph [0114] paragraph [0150] - paragraph [0181] -----	7
X	US 2008/142347 A1 (LEWIS ALAN [US] ET AL) 19 June 2008 (2008-06-19)	1,2,4, 14-26
Y	figures 10A-18C paragraph [0061] - paragraph [0088] -----	3,6,13
Y	US 2009/127082 A1 (ZHANG HUANTONG [US] ET AL) 21 May 2009 (2009-05-21) figures 3A-3E, 7A-7C paragraph [0020] - paragraph [0029] -----	3,6,13
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 March 2015

Date of mailing of the international search report

16/03/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Beutter, Matthias

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2014/070630

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2003/098618 A1 (GREENBERG DAVID R [US] ET AL) 29 May 2003 (2003-05-29) figures 3-10	3,6,13
A	----- US 2005/146241 A1 (WAN CHANG-FEGN [US] WAN CHANG-FENG [US]) 7 July 2005 (2005-07-07) figures 3-15	1,20
A	----- US 6 329 738 B1 (HUNG ELMER S [US] ET AL) 11 December 2001 (2001-12-11) figures 13A-14C -----	1,20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2014/070630

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006024880	A1	02-02-2006	CA 2575314 A1 09-02-2006 EP 1779173 A1 02-05-2007 EP 1855142 A2 14-11-2007 EP 2246726 A2 03-11-2010 KR 20070062508 A 15-06-2007 KR 20120133396 A 10-12-2012 KR 20120135525 A 14-12-2012 TW I407145 B 01-09-2013 US 2006024880 A1 02-02-2006 US 2009022884 A1 22-01-2009 WO 2006014929 A1 09-02-2006
US 2008142347	A1	19-06-2008	EP 2095385 A1 02-09-2009 US 2008142347 A1 19-06-2008 WO 2008076448 A1 26-06-2008
US 2009127082	A1	21-05-2009	US 2009127082 A1 21-05-2009 WO 2009067222 A1 28-05-2009
US 2003098618	A1	29-05-2003	JP 3714624 B2 09-11-2005 JP 2003249137 A 05-09-2003 US 2003098618 A1 29-05-2003
US 2005146241	A1	07-07-2005	NONE
US 6329738	B1	11-12-2001	US 6329738 B1 11-12-2001 US 6664706 B1 16-12-2003

フロントページの続き

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

(72)発明者 リチャード・イエ

アメリカ合衆国・カリフォルニア・94086・サニーヴェール・ゲイル・アヴェニュー・719

(72)発明者 コスタディン・ディミトロフ・ドヨルディエフ

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・ドライブ・5775

(72)発明者 ヒリシケシュ・ヴィジャイクマール・パンチャワグ

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・ドライブ・5775

Fターム(参考) 2H141 MA04 MA05 MB28 MB63 MC06 MD02 MD04 MD31 MD38 MG03
MZ03 MZ16 MZ20 MZ24 MZ27 MZ28 MZ30
3C081 AA02 AA13 BA28 BA30 BA44 BA48 BA53 BA72 CA03 CA05
CA14 CA15 CA27 CA28 CA29 CA31 CA32 DA06 DA10 DA24
DA27 DA45 EA07 EA11