

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4383401号
(P4383401)

(45) 発行日 平成21年12月16日 (2009.12.16)

(24) 登録日 平成21年10月2日 (2009.10.2)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 B 26/02 (2006.01)

G O 2 B 26/02

E

請求項の数 36 外国語出願 (全 48 頁)

(21) 出願番号	特願2005-275187 (P2005-275187)	(73) 特許権者	505258472
(22) 出願日	平成17年9月22日 (2005. 9. 22)		アイディーシー、エルエルシー
(65) 公開番号	特開2006-133744 (P2006-133744A)		アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 4
(43) 公開日	平成18年5月25日 (2006. 5. 25)		5 6 6、プレゼントン、バッジャー・ドラ
審査請求日	平成17年9月22日 (2005. 9. 22)		イブ 3 0 5 5
(31) 優先権主張番号	60/613, 566	(74) 代理人	100058479
(32) 優先日	平成16年9月27日 (2004. 9. 27)		弁理士 鈴江 武彦
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100091351
(31) 優先権主張番号	11/208, 420		弁理士 河野 哲
(32) 優先日	平成17年8月19日 (2005. 8. 19)	(74) 代理人	100088683
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトニックMEMS及びその構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非透明基板と、

前記基板上に配置された導電性層と、

前記基板と前記導電性層の間に配置された不活性化層と、

入射光に対して、少なくとも部分的に透過性でかつ少なくとも部分的に反射性である第 1 の光層と、

入射光に対して、前記第 1 の光層と前記導電性層の間に配置され、少なくとも部分的に反射性であり、前記第 1 の光層から離間している第 2 の光層とを備える光デバイスであって、

前記第 2 の光層は、前記第 1 の光層から第 1 の距離における第 1 の位置と、前記第 1 の光層から第 2 の距離における第 2 の位置との間で可動であり、前記第 2 の距離は前記第 1 の距離より大きく、前記第 2 の光層は前記第 1 の位置において解放状態にありかつ前記第 2 の位置において作動状態にあり、前記導電性層と前記第 2 の光層の間に印加された電圧に応答した前記第 1 の位置と前記第 2 の位置との間の前記第 2 の光層の動きが、前記デバイスの反射性を変調させる、光デバイス。

【請求項 2】

前記基板はスチールを備える、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記基板はアルミニウムを備える、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記基板は金属箔を備える、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 5】

前記基板はプラスチック材を備える、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 6】

前記基板はフレキシブルである、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 7】

前記基板はセラミック材を備える、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 8】

前記基板はシリコンを備える、請求項 1 に記載のデバイス。

10

【請求項 9】

前記基板は回路要素を備え、前記基板は、前記回路要素を光から遮るのに十分な非透過性である、請求項 8 に記載のデバイス。

【請求項 10】

前記回路要素は、前記デバイスのための制御回路を備える、請求項 9 に記載のデバイス。

【請求項 11】

照明源をさらに備えるデバイスであって、前記基板は、前記基板を通る前記照明源からの光の損失を低減するのに十分な反射性である、請求項 1 に記載のデバイス。

20

【請求項 12】

前記基板はプリント回路基板を備える、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 13】

前記導電層に電氣的に結合された導電トレースをさらに備えるデバイスであって、前記基板は、前記導電トレースの光の様子と調和する、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 14】

前記デバイスは、色を有する暗状態を有し、前記基板は前記色に調和する、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 15】

前記デバイスは、前記デバイスが実質的に非反射性である暗状態を有し、前記基板は、実質的に非反射性である、請求項 1 に記載のデバイス。

30

【請求項 16】

前記導電層上に配置された絶縁層をさらに備える、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 17】

前記基板は、約 0.1 mm から約 1.0 mm の厚さを有する、請求項 1 に記載のデバイス。

【請求項 18】

前記導電性層及び前記第 2 の光層と電氣的につながっており、イメージデータを処理するように構成されているプロセッサと、

前記プロセッサと電氣的につながっている記憶装置とをさらに備える、請求項 1 に記載のデバイス。

40

【請求項 19】

少なくとも 1 つの信号を前記導電性層及び前記第 2 の光層へ送るように構成された駆動回路をさらに備える、請求項 18 に記載のデバイス。

【請求項 20】

前記イメージデータの少なくとも一部を前記駆動回路へ送るように構成されたコントローラをさらに備える、請求項 19 に記載のデバイス。

【請求項 21】

前記イメージデータを前記プロセッサへ送るように構成されたイメージソースモジュールをさらに備える、請求項 18 に記載のデバイス。

【請求項 22】

50

前記イメージソースモジュールは、レシーバ、トランシーバ及びトランスミッタのうちの少なくとも１つを備える、請求項２０に記載のデバイス。

【請求項２３】

入力データを受取るように構成され、かつ前記入力データを前記プロセッサへ伝送するように構成された入力装置をさらに備える、請求項１８に記載のデバイス。

【請求項２４】

光を反射し、入射光に対して、少なくとも部分的に透過性で、かつ少なくとも部分的に反射性である、第１の反射手段と、

光を反射し、入射光に対して、少なくとも部分的に反射性であり、前記第１の反射手段から離間している第２の反射手段であって、前記第２の反射手段が、前記第１の反射手段から第１の距離を有する第１の位置と、前記第１の反射手段から第２の距離を有する第２の位置との間で可動であり、前記第２の距離は前記第１の距離より大きく、第２の反射手段は前記第１の位置において解放状態にありかつ前記第２の位置において作動状態にあり、前記第１の位置と前記第２の位置との間の前記第２の反射手段の動きが、デバイスの反射性を変調させる、第２の反射手段と、

前記第１の反射手段及び前記第２の反射手段を支持する非透過性支持手段と

前記支持体上に形成された不活性化層と、

前記不活性化層上に形成されかつ前記不活性化層と前記第２の反射手段の間に配置された導電性層とを備え、

前記第２の反射手段は、前記第１の反射手段と前記導電性層との間に配置され、かつ前記導電性層と前記第２の反射手段の間に印加された電圧に応答して前記第１の位置と前記第２の位置の間で動くように構成される、光デバイス。

【請求項２５】

前記支持手段は金属基板を備える、請求項２４に記載のデバイス。

【請求項２６】

前記第１の反射手段は第１の光層を備える、請求項２４に記載のデバイス。

【請求項２７】

前記第２の反射手段は第２の光層を備える、請求項２４に記載のデバイス。

【請求項２８】

非透過性基板によって支持された１つ以上の層を備え、前記１つ以上の層は、入射光に対して、少なくとも部分的に透過性で、かつ少なくとも部分的に反射性である第１の光層と、入射光に対して、少なくとも部分的に反射性であり、前記第１の光層から離間している第２の光層を含み、前記第２の光層は、前記第１の光層と前記導電性層との間に配置され、かつ前記第１の光層から第１の距離を有する第１の位置と、前記第１の光層から第２の距離を有する第２の位置との間で可動であり、前記第２の距離は前記第１の距離大きく、前記第２の光層は前記第１の位置において解放状態にありかつ前記第２の位置において作動状態にあり、前記導電性層と前記第２の光層の間に印加された電圧に応答する前記第１の位置と前記第２の位置との間の、前記第２の光層の動きがデバイスの反射性を変調させる光デバイスを製造する方法であって、

非透過性基板を設けることと、

前記基板上に不活性化層を形成することと、

前記不活性化層上に導電性層を形成することと、

前記非透過性基板によって支持された１つ以上の層を形成することとを備える、方法。

【請求項２９】

前記基板は金属を備える、請求項２８に記載の方法。

【請求項３０】

前記基板はシリコンを備える、請求項２８に記載の方法。

【請求項３１】

前記１つ以上の層を形成することは、フォトリソグラフィを備え、前記基板は、前記フォトリソグラフィ中に用いられる光に対して実質的に非透過性である、請求項２８に記載

10

20

30

40

50

の方法。

【請求項 3 2】

前記 1 つ以上の層を形成することは、半導体処理装置を用いることを備える、請求項 2 8 に記載の方法。

【請求項 3 3】

請求項 2 8 に記載の方法によって形成された、光デバイス。

【請求項 3 4】

非透過性基板と、前記基板上に配置された不活性化層と、前記不活性化層上に配置された導電性層と、入射光に対して、少なくとも部分的に透過性で、かつ少なくとも部分的に反射性である第 1 の光層と、入射光に対して、少なくとも部分的に反射性であり、前記第 1 の光層から離間している第 2 の光層とを備え、前記第 2 の光層は、前記第 1 の光層から第 1 の距離を有する第 1 の位置と、前記第 1 の光層から第 2 の距離を有する第 2 の位置との間で可動であり、前記第 2 の距離は前記第 1 の距離より大きく、前記第 2 の光層は、前記第 1 の光層と前記導電性層との間に配置され、かつ前記第 1 の位置において解放状態にありかつ前記第 2 の位置において作動状態にあるように構成される光デバイスで光を変調する方法であって、

前記第 2 の光層を前記第 1 の位置と前記第 2 の位置の間で動かすために前記導電性層と前記第 2 の光層の間に電圧を印加すると共に、前記デバイスに光を照射することを備える、方法。

【請求項 3 5】

前記第 2 の反射手段は第 2 の光層を備える、請求項 2 4 の装置。

【請求項 3 6】

前記基板は金属を備える、請求項 3 4 の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、微小電気機械システム (MEMS) に関する。

【背景技術】

【0002】

微小電気機械システム (MEMS) は、微小機械要素、アクチュエータ及び電子機器を含む。微小機械要素は、蒸着、エッチングおよびまたは、基板および / または堆積材料層の部分をエッチング除去する、あるいは、層を加えて電気及び電気機械デバイスを形成する他の微小機械加工プロセスを用いて形成することができる。MEMS デバイスの 1 つのタイプは、干渉変調装置 (interferometric modulator) と呼ばれる。干渉変調装置または干渉光変調装置という用語は、本願明細書において用いる場合、光干渉の原理を用いて、選択的に光を吸収し、および / または光を反射するデバイスを指す。ある実施形態において、干渉変調装置は、その一方または両方が、その全体または一部において透過性および / または反射性であってもよく、かつ適当な電気信号を印加したときに相対運動が可能な、1 対の導電性プレートを用意してもよい。特定の実施形態において、一方のプレートは、基板上に付着された固定層を用意してもよく、他方のプレートは、前記固定層からエアギャップ分だけ離された金属膜を用意してもよい。本願明細書においてより詳細に説明するように、他方のプレートに対する一方のプレートの位置は、前記干渉変調装置に対する入射光の光干渉を変えることができる。このようなデバイスは、広範囲の用途を有しており、当技術分野においては、それらのタイプのデバイスの特徴を利用しおよび / または変更することが有益であるため、既存の製品を改良する際、およびまだ開発されていない新しい製品を考案する際に、それらの特徴を利用することができる。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0003】

ある実施形態において、光デバイスは、非透明基板を備える。前記光デバイスは、さら

10

20

30

40

50

に、入射光に対して、少なくとも部分的に透過性であり、かつ少なくとも部分的に反射性である第1の光層を備える。前記光デバイスは、さらに、入射光に対して、少なくとも部分的に反射性である第2の光層を備える。前記第2の光層は、前記第1の光層から離間している。前記第1の光層及び第2の光層のうちの少なくとも一方は、前記第1及び第2の光層間に第1の距離を有する第1の位置と、前記第1及び第2の光層間に第2の距離を有する第2の位置との間で可動である。前記第1の位置と前記第2の位置との間での、前記第1の光層及び第2の光層のうちの少なくとも一方の動きは、前記デバイスの反射性を調節する。

【0004】

ある実施形態において、光デバイスは、光を反射する第1の手段を備える。前記第1の反射手段は、入射光に対して、少なくとも部分的に透過性であり、かつ少なくとも部分的に反射性である。前記光デバイスは、さらに、光を反射する第2の手段を備える。前記第2の反射手段は、入射光に対して、少なくとも部分的に反射性である。前記第2の反射手段は、前記第1の反射手段から離間している。前記第1の反射手段及び第2の反射手段のうちの少なくとも一方は、前記第1の反射手段及び第2の反射手段間に第1の距離を有する第1の位置と、前記第1の反射手段及び第2の反射手段間に第2の距離を有する第2の位置との間で可動である。前記第1の位置と前記第2の位置との間での、前記第1の反射手段及び第2の反射手段のうちの少なくとも一方の動きは、前記デバイスの反射性を調節する。前記光デバイスは、さらに、前記第1及び第2の反射手段のうちの少なくとも一方を支持する手段を備え、前記支持手段は、非透過性である。

【0005】

ある実施形態において、一方法は光デバイスを製造する。前記方法は、非透過性基板を設けることを含む。前記方法は、さらに、1つ以上の層を前記非透過性基板上に形成することを含む。前記1つ以上の層は、入射光に対して、少なくとも部分的に透過性で、かつ少なくとも部分的に反射性である第1の光層を含む。前記1つ以上の層は、さらに、入射光に対して、少なくとも部分的に反射性である第2の光層を含む。前記第2の光層は、前記第1の光層から離間している。前記第1の光層及び第2の光層のうちの少なくとも一方は、前記第1及び第2の光層間に第1の距離を有する第1の位置と、前記第1及び第2の光層間に第2の距離を有する第2の位置との間で可動である。前記第1の位置と前記第2の位置との間での、前記第1の光層及び第2の光層のうちの少なくとも一方の動きは、前記デバイスの反射性を調節する。

【0006】

ある実施形態において、一方法は、光を調節する。前記方法は、光デバイスを形成することを含む。前記光デバイスは、非透過性基板を備える。前記光デバイスは、さらに、入射光に対して、少なくとも部分的に透過性であり、かつ少なくとも部分的に反射性である第1の光層を備える。前記光デバイスは、さらに、入射光に対して、少なくとも部分的に反射性である第2の光層を備える。前記第2の光層は、前記第1の光層から離間している。前記第1の光層及び第2の光層のうちの少なくとも一方は、前記第1及び第2の光層間に第1の距離を有する第1の位置と、前記第1及び第2の光層間に第2の距離を有する第2の位置との間で可動である。前記方法はさらに、前記第1の光層及び第2の光層のうちの少なくとも一方を動かすと共に、前記デバイスに光を照射することを含む。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

以下の詳細な説明は、本発明のある特定の実施形態を対象とする。しかし、本発明は、多くの異なる方法で実施することができる。この説明においては、図面に関して説明し、同様の部分は、全体を通して、同じ数字を用いて表わすことにする。以下の説明から容易に理解できるように、前記実施形態は、動いていようと（例えば、ビデオ）、静止していようと（例えば、静止イメージ）、およびテキストであろうと写真であろうと、イメージを表示するように構成されている、いかなるデバイスでも実施することができる。より具体的には、前記実施形態を、限定するものではないが、移動電話、無線装置、携帯情報端

10

20

30

40

50

末（PDA）、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、GPSレシーバ/ナビゲータ、カメラ、MP3プレーヤ、カメラ一体型VTR、ゲームコンソール、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、コンピュータモニタ、オートディスプレイ（例えば、走行距離計等）、コックピット制御部および/またはディスプレイ、カメラビューのディスプレイ（例えば、自動車のリアビューカメラのディスプレイ）、電子写真、電子掲示板または電子サイン、プロジェクタ、建築構造物、パッケージング及び審美的構造（例えば、宝石に関するイメージの表示）等の様々な電子デバイスで、または前記様々な電子デバイスに付随して実施してもよいことが意図されている。また、本願明細書中で説明したのと同様の構造のMEMSデバイスは、電子スイッチングデバイスにおける等の非表示用途で用いることもできる。

10

【0008】

（反射防止膜）

上述した干渉変調装置設計の特質は、前記干渉変調装置に対する入射光である光の99.7%程度を吸収することができる、その暗状態の効率である。この高い暗状態効率は、反射ディスプレイに有用である。記載した設計において、前記干渉変調装置は、非作動状態において、ある色の光を反射し、作動状態において光を吸収する。

【0009】

前記干渉変調装置アレイは、基板上にあるため、吸収のポテンシャルは、前記基板の固有反射によって減少する。ガラス基板の場合、反射の量は、可視スペクトルにおいて、一般に約4%である。従って、前記干渉変調装置構造の吸収能力にもかかわらず、暗状態を、前記基板からの前面反射を可能にするほど単に暗くすることができる。

20

【0010】

干渉変調装置をベースとするディスプレイの全体の能力を改善する1つの方法は、反射防止膜（anti-reflection coatings；AR膜）の組み込みである。前記膜は、基板の表面に堆積された絶縁膜からなる1つ以上の層を備えることができ、かつ前記表面からの反射を低減するように設計される。このような膜に対しては、多くの異なる可能な構成があり、それらの設計及び製造は、公知の技術である。1つの単純な膜設計は、当該光の波長の約4分の1の厚さを有するフッ化マグネシウムからなる単一の膜である。別の実施例は、フッ化マグネシウムからなる4分の1波長膜に随伴して、前記ガラス上に堆積されたフッ化鉛からなる4分の1波長膜を用い、また第3の実施例は、前記2つの膜の間に、硫化亜鉛からなる膜を挿入している。

30

【0011】

図1Aは、ディスプレイシステムの性能を改善するために、AR膜を干渉変調ディスプレイに組み込むことができる例示的な方法を示す。図1Aにおいて、上述したように、1つ以上の薄い膜を備えることができるAR膜100は、ガラス基板106に結合されるガラス層102の表面に成膜され、前記ガラス基板の反対側には、干渉変調装置アレイ108が形成される。ある実施形態におけるAR膜100の存在は、より多くの入射光をガラス層102に結合することにより、前記表面から反射される入射光109の量を低減する。その結果として、より多くの入射光109が、前記干渉変調装置アレイ108によって作用し、前記干渉変調装置が吸収モードで作動しているときに、暗いディスプレイ状態を得ることができる。また、ある実施形態におけるAR膜100は、干渉変調装置アレイ108の反対側の面において、ガラス基板106の表面に直接成膜することもできる。

40

【0012】

（一体化ライティング）

また、図1Aは、ある実施形態において、補足照射源をそのようなディスプレイにどのように供給することができるかを示す。図1Aの例示的な実施形態において、微小アークランプ104からなるアレイがガラス層102に形成されている。アークランプは、光の有効な供給体である。アークランプは、歴史的に、普通の白熱電球の製造に関連する技術を用いて製造されてきた。そのようなランプの典型的な説明は、米国特許第4,987,496号明細書に記載されている。ガラス管が形成され、別に形成された電極が前記管内

50

に封入される。適当なガスが充填された後、前記管は密封される。このような電球は、十分小さく形成することができるが、その製造方法は、そのような電球からなる大きなモノリシックアレイの製造に適していない可能性がある。

【0013】

微小機械構造の製造に用いる技術は、微小放電ランプまたは微小アークランプの製造に適用することができる。それらの「マイクロランプ」の微小サイズのため、ある実施形態における前記ランプを駆動する電圧及び電流は、従来の手段及びサイズを用いて製造されたアークランプを供給するのに必要な電圧及び電流より著しく低い。図1Aの実施例において、前記アレイは、ランプ104によって放射された光113が、以下に説明する固有反射層111によって、干渉変調装置アレイ108の方へ行くように形成される。

10

【0014】

図2は、フラットパネルディスプレイ用に最適化された1つのそのような例示的なランプが、どのように製造されるかに関する詳細を説明するものである。前記シーケンスを次に説明する。工程1を見て分かるように、反射ボウル201を形成するために、ウェットまたはドライ化学エッチングを用いて、ガラス層200がエッチングされる。前記ボウルの深さ及び形状は、各ランプに必要な照射面積によって決まる。浅いボウルは、広い反射ビーム拡散を生じ、放物線状のボウルは、前記反射光を平行にする傾向がある。前記ボウルの直径は、10から数100ミクロンの範囲で変化させることができる。この寸法は、ある実施形態において、観察者の視点から良好に隠すことができる表示領域の量によって決まる。また、前記寸法は、マイクロランプからなるアレイの密度の関数でもある。工程2において、反射体/メタルハロゲン化物層204及び犠牲層202は、一般的な成膜技術、例えば、スパッタリング、および一般的なフォトリソグラフィ技術を用いて、成膜され、パターンニングされる。前記反射体/金属ハロゲン化物層は、アルミニウム（前記反射体）と、ヨウ化タリウム、ヨウ化カリウム及びヨウ化インジウム等の金属ハロゲン化物を含む積層膜とすることができる。前記金属ハロゲン化物は、本質的ではないが、生成される光の特性を強めることができる。前記犠牲層は、例えば、シリコン等の層とすることができる。

20

【0015】

次に、工程3において、2つの独立した電極を形成するために、電極層206が堆積されて、パターンニングされる。この材料は、タングステン等の耐熱性金属とすることができる。また、およそ数千オングストロームの、機械的支持を可能にするのに十分な厚さを有する。そして、犠牲層202は、ドライ剥離技術を用いて除去される。（このようなランプからなるアレイの形の）アセンブリは、ある実施形態において、前記反射体が前記プレートと対向するように、（図1Aに示す）ガラスプレート状基板106に結合することにより、シールされる。前記シーリングプロセス中に前記ランプによって形成される空洞を埋めるために、約1気圧までのキセノン等のガスが用いられる。このことは、前記シーリングプロセスを、キセノンがすでに充填されている気密チャンバ内で実行することによって実現することができる。

30

【0016】

工程4において、各ランプの電極に対する十分な電圧の印加が、前記電極の端部間のガス中での放電と、反射体204から離れる方向への光205の放射とを生じることとなる。この電圧は、ギャップ間隔が、およそ数100ミクロン以下である場合、数10ボルト程度まで低くすることができる。前記電極材料が、最小限の応力で堆積された場合、犠牲層202は、上記ボウル内での前記電極の位置を決定することになる。この場合、前記厚さは、ある実施形態において、前記ボウルの焦点に前記放電を位置させるように選定される。解放時に前記電極を動かす可能性のある残留応力がある場合、前記厚さは、ある実施形態において、この動きを補正するように選定される。一般に、前記厚さは、前記ボウルの深さの数分の1、数ミクロンから数10ミクロンになる。

40

【0017】

再び図1Aを参照すると、光は、経路113に沿って進んで示されている。すなわち、

50

光は、上記干渉変調装置アレイに向かって放射されており、前記光は前記アレイに対して作用して、その後、前記アレイにより経路 1 1 0 に沿って反射し、インタフェース 1 0 7 及び観察者 1 1 5 に向かう。

【 0 0 1 8 】

上記ランプは、光を全方向に放射しないように、前記反射層を含むことなく形成してもよい。

【 0 0 1 9 】

上記反射体を備えてまたは備えることなく形成されたランプは、微小光源または微小光源アレイを要する様々な用途で用いることができる。前記ランプは、投影ディスプレイ、放射フラットパネルディスプレイ用バックライト、または、室内（家庭、建物）用または

10

【 0 0 2 0 】

図 1 B を参照すると、代替の例示的な補足照明源アプローチが示されている。光ガイド 1 1 8 は、基板 1 1 2 にすでに結合されているガラスまたはプラスチック層を備える。蛍光灯、LED アレイ、または上述したマイクロランプアレイ等のいくつかの放射源を備えることができる光源 1 1 6 が、前記光ガイドの両端部に設けられている。光 1 2 2 は、前記光のほとんどが、内部全反射によって前記ガイド内に捕えられるように、コリメータ 1 2 0 を用いて前記光ガイドに結合される。散乱パッド 1 2 4 は、ウェットまたはドライ化学手段を用いて粗面化されている前記光ガイドの領域である。前記散乱パッドは、基板 1 1 2 に対して反射面を呈し、かつ観察者 1 2 8 に対して吸収面を呈する、材料または薄膜

20

【 0 0 2 1 】

前記ガイド内に捕えられた光が前記散乱パッドに入射すると、内部全反射の条件が乱されて、前記光のある部分 1 2 9 が全方向に散乱する。通常、周囲の媒体中へ漏れて観察者 1 2 8 に向かっていくであろう散乱光は、被覆 1 2 6 の反射面の存在により、基板 1 1 2 中へ反射する。上述したマイクロランプと同様に、ある実施形態の前記散乱パッドは、直視を妨げる前記ディスプレイの部分が目立たないように、各パッドの寸法を決めて、アレイ内に形成される。これらの寸法は、およそ数 1 0 ミクロンと小さく、前記寸法は、下にある干渉変調装置アレイ 1 1 4 の固有の光効率のため、十分な補足ライティングを実現できる。前記散乱パッドの形状は、円形、矩形、または前記観察者による認知を最小化する

30

【 0 0 2 2 】

（アレイ内の要素の処理）

ある実施形態においては、表示目的のための調整された方法で、干渉変調装置からなるアレイを作動させるために、「行単位」方式として一般に知られているもので前記アレイの列及び行に電圧のシーケンスが印加される。基本的なコンセプトは、選択された行に印加された電圧が、選択された列の対応する要素を、前記行電圧により、作動または解放させるように、十分な電圧を特定の列に印加することである。ある実施形態のしきい値電圧及び印加電圧は、選択された列の要素のみが、前記行電圧の印加によって作用するよう

40

【 0 0 2 3 】

このことを実現する 1 つの例示的で単純な方法を図 3 に示す。ヒステリシス曲線 3 0 0 は、反射干渉変調装置の電気光学応答を理想化したものである。x 軸は印加電圧を示し、y 軸は、反射光の振幅を示す。ある実施形態の前記干渉変調装置は、ブルインしきい値を越えて電圧が増加した場合、前記干渉変調装置構造が作動して高い吸収性を持つため、ヒステリシスを呈する。前記印加電圧が減少すると、前記印加電圧は、前記構造を非作動状態に戻すために、解放しきい値以下にしなければならない。前記ブルインしきい値と解放しきい値との差は、ヒステリシスウィンドウを生成する。前記ヒステリシス効果及び代替の処理スキームは、米国特許第 5 , 9 8 6 , 7 9 6 号明細書に記載されている。前記ヒス

50

テリシスウィンドウは、ある実施形態において、前記干渉変調装置が駆動されているまたは解放されている、どのような状態にも前記干渉変調装置をいつでも保つように、バイアス電圧 V_{bias} を維持することにより活用することができる。電圧 V_{off} 及び V_{on} は、前記干渉変調装置構造を作動または解放するのに必要な電圧に相当する。上記アレイは、ある実施形態において、行及び列ドライバとして知られている電子装置を用いて、前記行及び列に電圧を印加することによって駆動される。干渉変調装置は、6ボルトのプルインしきい値及び3ボルトの解放しきい値を用いて製造されてきている。このようなデバイスの場合、 V_{bias} 、 V_{off} 及び V_{on} の典型的な値は、それぞれ、4.5ボルト、0ボルト及び9ボルトである。

【0024】

10

図3において、タイミング図302は、曲線300に似ているヒステリシス曲線を呈する干渉変調装置からなるアレイを作動させるのに印加することができる波形の種類を示す。全体で、5つの電圧、2つの行電圧及び3つの列電圧が、ある実施形態において用いられる。前記電圧は、ある実施形態において、 V_{col1} が、 V_{bias} の値のちょうど2倍になるように、および V_{col0} が0ボルトになるように選択される。列電圧は、ある実施形態において、 $V_{sel F0}$ と V_{col0} との差が V_{on} に等しく、かつ $V_{sel F0}$ と V_{col1} との差が V_{off} に等しくなるように選択される。逆に、ある実施形態においては、 $V_{sel F1}$ と V_{col1} との差が V_{on} に等しく、かつ $V_{sel F1}$ と V_{col0} との差が V_{off} に等しい。

【0025】

20

上記処理は、フレーム0及び1を交互に行われる。例示的な処理シーケンスにおいて、列0のデータは、フレーム0の間に、前記行ドライバにロードされ、その結果として、前記データがそれぞれバイナリ1か0かにより印加される V_{col1} または V_{col0} の電圧レベルのいずれかが生じる。前記データが確定されると、列ドライバ0は、 $V_{sel F0}$ の値を有する選択パルスを印加する。このことは、 V_{col0} を有する行のいずれかの干渉変調装置を作動させ、かつ V_{col1} を有する行の干渉変調装置を解放させることになる。次の列のデータは前記行にロードされ、選択パルスがその列に印加され、以下同様に、上記ディスプレイの端部に達するまで続く。そして、処理は、再び列0で始まるが、このとき、前記処理は、フレーム1内で行われる。

【0026】

30

前記フレーム間の違いは、データと行電圧との間の対応が切り替わり、バイナリ0が、ここで V_{col0} で表わされ、列選択パルスが、ここで $V_{sel F1}$ のレベルになっているということである。この方法を用いて、前記ディスプレイアレイに印加される電圧の全体の極性は、ある実施形態において、各フレームを用いて交番される。このことは、単一極性の電圧のみが印加されたときに発生する可能性があるDCレベルの充電立上りの補正を可能にするため、特に、MEMSをベースとするディスプレイに有用である。上記構造内での充電の立上りは、前記干渉変調装置または他のMEMSデバイスの電気光学曲線を著しくオフセットする可能性がある。

【0027】

(カラー表示スキーム)

40

上記干渉変調装置は、様々なポテンシャル光応答を有する汎用性のあるデバイスであるため、異なる特性を有する多数の異なるカラー表示スキームが可能である。1つの可能性のあるスキームは、カラー状態、暗または黒状態及び白状態を同じ干渉変調装置で実現することが可能なバイナリ干渉変調装置設計があるという事実を利用する。この能力は、「ベース+着色」として説明することができるカラースキームを実現するのに用いることができる。前記アプローチが、ホワイトベースに着色を加えて所望の色を実現することによりペイントカラーが生成される方法と似ているため、この用語を用いる。このアプローチを用いると、特定のペイントは、前記ベースに加えられる着色の内容及び量を制御することにより、どのようなスペクトルの色でも、およびどのようなレベルの彩度でも実現することができる。カラー画素および黒及び白の画素を含むディスプレイの場合も同じことが

50

言える。

【0028】

図4Aに示すように、例示的なピクセル400は、それぞれ、赤、緑、青及び白を反射することが可能な、5つのサブピクセル要素402、404、406及び408を備える。前記サブピクセルの全ては、暗状態が可能である。各サブピクセルの輝度に関する制御は、米国特許第5,835,255号明細書に記載されているパルス幅変調関連技術を用いて実施することができる。このことは、適切に選択された相対サブピクセルサイズとともに、輝度及び彩度に関して、非常に大きな制御を行うことができるピクセルをもたらす。例えば、白のサブピクセルの全体の輝度を最小化することにより、高い彩度の色を実現することができる。逆に、カラーサブピクセルの輝度を最小化することにより、または、白のサブピクセルとともに、前記カラーサブピクセルの輝度を最大化することにより、明るい黒及び白モードを実現することができる。また、間にある全ての変形例は、明らかに実現可能である。

10

【0029】

(カラスキームのユーザ制御)

上述したカラスキームに関するある実施形態、および解像度、濃淡階調深度及びリフレッシュ速度に関する、干渉変調装置をベースとするディスプレイの固有の特性は、ディスプレイ性能の柔軟性をもたらす。この範囲内においては、一般的な特性に対してこのような表示制御を含む製品をユーザに与えることが有用である。別法として、前記ディスプレイを、異なる視野の必要性に自動的に適応させることが有利である可能性もある。

20

【0030】

例えば、ユーザは、ある状況において、テキストのみを見る場合、黒及び白モードで製品を使用したい可能性もある。しかし、別の状況において、前記ユーザは、高品質のカラー静止イメージを見たい可能性があり、あるいは、また別のモードでライブビデオを見たい可能性もある。これらのモードの各々は、所定の干渉変調装置のディスプレイ構成の範囲内に潜在的にあることとともに、特定の特性において折り合いを必要とする。この折り合いは、高解像度イメージが必要な場合の低リフレッシュ速度の必要性、または、黒及び白のみが必要な場合に、高濃淡深度を実現する能力を含む。

【0031】

ユーザに、この種のオンデマンド柔軟性を与えるため、ある実施形態の制御部のハードウェアは、ある程度変更可能にしてもよい。折り合いは、どのようなディスプレイも、ピクセル要素の応答時間によって基本的に制限され、それに伴って、一定時間に表示することができる情報量が決まる、一定の帯域幅のみを有しているということの結果である。

30

【0032】

このような柔軟性をもたらす1つの例示的なディスプレイ構造を図4Bに示す。このブロック図において、制御部論理412は、前記コンポーネントが工場から出荷された後に、前記コンポーネントの機能性を変更または再構成することが可能な、プログラマブル論理素子(programmable logic devices; PLA)及びフィールドプログラマブルゲートアレイ(field programmable gate arrays; FPGA)を含む、様々なIC(集積回路)技術のうちの1つを用いて実施される。従来は、デジタル信号処理またはイメージ圧縮等の特定の用途に用いられていたこのようなデバイスは、そのような処理に必要な高性能を実現することができるとともに、このようなデバイスを含む製品の設計段階において、柔軟性を与えることができる。

40

【0033】

ある実施形態の制御部412は、ディスプレイ418を処理するドライバ電子装置414及び416に信号及びデータを供給する。従来の制御部は、製造中の設計によって有効に「プログラムされている」ICまたは特定用途向け集積回路(ASIC)に基づいている。ある実施形態の制御部412は、多数の基本的かつ高度なレベルの論理コンポーネント(論理ゲート及び論理モジュールまたはゲートからなるアセンブリ)を備える内部チップ

50

プレイアウトを備える。P L AまたはF P G A等のフィールドプログラマブル素子を使用することにより、異なるディスプレイ構成を、記憶装置または従来のマイクロプロセッサ及び記憶装置とすることができるコンポーネント410から、ハードウェアアプリケーションまたは「ハードアプス(hard apps)」の形で、前記表示制御部コンポーネントにロードすることができる。前記記憶装置は、E E P R O M (電気的消去可能プログラマブル読み取り専用メモリ)または他の再プログラム可能なストレージデバイスの形態とすることができ、また、前記マイクロプロセッサは、プロセッサに関連付けられている前記製品のどのような一般的な機能性によっても実行されない限り、前記マイクロプロセッサの機能が、記憶装置からのハードウェアアプリケーション(hard app)を前記F P G Aにロードすることである、単純なマイクロコントローラの形態をとることができる。このアプローチは、比較的単純な回路構成を用いて、幅広い異なる表示動作構成、混成表示スキャンレート及びこれらを組み合わせるポテンシャルを実現することが可能であるため有利である。

【0034】

スクリーンの一部は、例えば、低解像度のテキストエントリ領域として作動し、他の部分が、受信したEメールの高品質翻訳を実行してもよい。このことは、前記ディスプレイの異なるセグメントに対するリフレッシュ速度及びスキャン回数を変えることにより、前記ディスプレイの全体の帯域幅制限の範囲内で実現することができる。前記低解像度のテキスト領域は、1または2ビットの濃淡階調深度に対応して、迅速に、かつ1度または2度だけスキャンすることができる。前記高品質翻訳Eメール領域は、3ビットまたは4ビットの濃淡階調深度に対応して、迅速に、かつ3回または4回の通過によってスキャンすることができる。

【0035】

(構成可能な電子製品)

このアイデアは、ある実施形態において、前記ディスプレイ制御部の機能性だけでなく、製品全体の機能性も含むように一般化することができる。図4Cは、プログラマブル論理素子または等価物をこのコア420に有する、包括的なポータブル電子製品418の例示的な構成を示す。P D A (携帯情報端末)や電子手帳等の、多くのディスプレイ中心のパーソナル電子製品においては、前記中央プロセッサは、縮小命令セットを使用するR I S C (縮小命令セットコンピュータ)プロセッサの変形である。R I S Cプロセッサは、たいていのパーソナルコンピュータを動かすC P Uのより有効なバージョンであるが、前記R I S Cプロセッサは、記憶装置からの検索命令等の繰り返しタスクを実行する多くのエネルギーを消費する汎用プロセッサでもある。

【0036】

パーソナルコンピュータにおいては、電力消費は問題ではなく、前記ユーザは、典型的には、大量の複雑なソフトウェアアプリケーションを実行することを望んでいる。典型的なディスプレイ中心のパーソナル電子製品に関しては逆である。前記ディスプレイ中心のパーソナル電子製品は、電力をあまり消費しないことを必要とし、かつ比較的小数の比較的単純なプログラムを要する。このような形態は、ウェブブラウザ、カレンダー機能、製図プログラム、電話/アドレスデータベース及び手書き/スピーチ認識をハードウェアアプリケーションとして含むことができる、特定目的のプログラムを実装するのに有利である。従って、機能、例えば、プログラムの特定のモードが前記ユーザに必要な場合はいつでも、前記コアプロセッサは、適当なハードウェアアプリケーションを用いて再構成されて、前記ユーザは、前記製品と情報を交換する。それに伴って、前記ハードウェアアプリケーションプロセッサ、すなわちフィールドプログラマブルゲートアレイの変形は、新たなハードウェアアプリケーションがロードされるたびに再配置及び再配線される内部論理及び接続に明示されている、ハードウェアアプリケーションを有する。それらのコンポーネントの多数のサプライヤも、専用プログラミング言語(ハードウェア記述言語)を、適当なプロセッサを形成する論理表現に変換することができるアプリケーション開発システムを提供する。また、プロセスを単純化する、あるいは、高水準プログラム言語をこの形

に変換する多くの努力が進行中である。このようなプロセッサを実現する1つのアプローチは、Kouichi Nagamiらの「汎用再構成可能演算のためのプラスチックセルアーキテクチャ (Plastic Cell Architecture: Towards Reconfigurable Computing for General-Purpose)」1998年、FPGAベースのカスタム演算マシンに関するIEEEの研究集会会報に詳説されている。

【0037】

再び、図4Cを参照すると、ある実施形態において、ハードウェアアプリケーションプロセッサ420は、I/Oデバイスの集合の中心にあり、前記プロセッサが利用し、変更し、又は無視する周辺装置は、現在ロードされている前記ハードウェアアプリケーションの性質及び機能に基づいている。前記ハードウェアアプリケーションは、ある実施形態において、前記製品中の記憶装置422から、または、RFまたはIRインタフェースを介して外部ソースからロードすることができ、前記インタフェースは、インターネット、セルラーネットワーク、または他の電子装置から、特定のハードウェアアプリケーションの内容とともに、ハードウェアアプリケーションを持ってくることができる。ハードウェアアプリケーションの他の実施例は、オーディオインタフェース432のための音声認識アルゴリズムまたは音声合成アルゴリズム、ペン入力426のための手書き認識アルゴリズム、およびディスプレイ428及びイメージ入力装置430のためのイメージ圧縮及び処理モードを含む。このような製品は、その主要コンポーネント、すなわち、1次ユーザインタフェースとしてのディスプレイ及び再構成可能コアプロセッサによって、多くの機能を実行することができる。このような装置の総消費電力は、およそ数10ミリワットであり、一方、既存の製品の消費電力は、数100ミリワットである。

【0038】

(光学的態様から電気機械的態様への減結合)

米国特許第6,674,562号明細書は、干渉変調装置の光学的性能から前記干渉変調装置の電気機械的性能を減結合することをもくろむ、例示的な干渉変調装置設計を記載している。本願明細書に記載したある実施形態は、光学的性能から電気機械的性能を少なくとも部分的に減結合する反転形干渉変調装置構成を用い、前記構成の実施例を図5A、5B、6A、6B、22A及び22Bに示す。多くの他の干渉変調装置設計と同様に、前記反転形干渉変調装置設計は、静電力を用いて、干渉空洞の形態を変える。本願明細書に記載したある実施形態は、前記干渉変調装置の光学的作用から前記干渉変調装置の電気機械的作用を減結合し、それにより、前記干渉変調装置のある構成要素に使用される構造的設計及び材料を、前記材料の光学的特性と無関係に選択できるようにする。

【0039】

図5A及び図5Bに示す例示的な干渉変調装置において、電極502は、基板500上に形成され、絶縁膜504によって膜/ミラー506と電気的に絶縁されている。電極502は、観察面と反対側に堆積されており、電極としてだけ機能し、ミラーとしては機能しない。光空洞505は、膜/ミラー506と第2のミラー508との間に形成されている。第2のミラー508に対する支持は、透明上部構造510によって実現することができ、前記上部構造は、SU-8、ポリイミドまたは無機材料等の厚い堆積有機膜とすることができる。

【0040】

ある実施形態において、電圧が印加されない状態で、膜/ミラー506は、製造中に堆積した犠牲層の厚さによって決まるような、第2のミラー508に対して図5Aに示すある位置を維持する。約4ボルトの作動電圧の場合、数1000オングストロームの厚さが適当であろう。前記第2のミラーが適当な材料、例えば、クロムで形成されており、かつ前記ミラー/膜が反射性材料、例えばアルミニウムで形成されている場合、前記構造は、観察者512が知覚することができるある周波数の光511を反射することになる。具体的には、前記クロムは、半透明になるのに十分な薄さ、すなわち、約40オングストロームであり、前記アルミニウムが、不透明になるように十分厚い、すなわち少なくとも50

0 オングストロームである場合、前記構造は、広範囲の光学的応答を有する可能性がある。図5C及び図5Dは、それぞれ、図5A及び図5Bの例示的な干渉変調装置に対する、黒、白及びカラーの応答の実施例を示す。このようなある実施形態において、前記光応答は、前記空洞の長さ及び前記構成層の厚さによって決まる。

【0041】

図5Bは、図5Aの例示的な干渉変調装置の1次電極502と膜/ミラー506との間に電圧を印加した結果を示す。図5Bに示すように、膜/ミラー506は、垂直方向に変位し、それに伴って、前記光空洞の長さが増加するため、前記干渉変調装置の光学特性も変化する。図5Cは、前記デバイスが完全に作動している暗状態521と、前記デバイスが完全に作動していない白状態523とを示す、2つの状態に関して可能な1つの例示的な反射光応答を示す。図5Dは、それぞれ、青、緑及び赤のカラーに対応する、カラーピーク525、527及び529を有する例示的な光応答を示す。ある実施形態における前記デバイスの電気機械的作用は、前記光性能とは無関係に制御することができる。ある実施形態において、基板500、1次電極502または絶縁膜504の材料及び構成は、前記干渉変調装置の電気機械的構造に影響を及ぼすが、前記干渉変調装置の光学性能にはさほど影響を及ぼさない。このようなある実施形態においては、構成要素の1つ以上は、前記2次ミラーを構成する材料とは無関係に選択することができる。

【0042】

図22Aに示す反転形干渉変調装置の他の実施例においては、変調装置2200は、不透明基板2202と、保護不活性化層2222と、導体2204と、絶縁体2206と、第1の支持ポスト2208と、メカニカル/ミラー層2210と、第2の支持ポスト2212と、金属ミラー2214と、透明層2216とを備える。第1の空洞2218は、絶縁体2206とメカニカル/ミラー層2210との間に形成されており、第2の空洞2220は、メカニカル/ミラー層2210と金属ミラー2214との間に形成されている。メカニカル/ミラー層2210は、第1の支持ポスト2208によって支持されており、透明層2216は、第2の支持ポスト2212によって支持されている。ある実施形態において、導体2204は、駆動メカニズムに接続されており、メカニカル/ミラー層2210の静電変位に用いられる。図22Aのメカニカル/ミラー層2210の実線は、非駆動状態または非変位状態を示し、一方、図22Aのメカニカル/ミラー層2210の点線は、駆動状態または変位状態を示す。メカニカル/ミラー層2210は、一般に、前記層が絶縁体2206に接触したときに、入射光に対して所望の光応答を生じるように選定される。

【0043】

ある実施形態において、観察者2201は、基板2202の反対側面からイメージを見る。メカニカル/ミラー層2210が、ある実施形態において、静電変位を受けている場合、第1の空洞2218はつぶれ、かつ第2の空洞2220が拡大し、その結果、金属ミラー層2214とメカニカル/ミラー層2210との間のギャップが増加する。米国特許第6,055,090号明細書に記載されているのと同様の、他の例示的な単純な干渉変調装置設計は、吸収による干渉及び暗状態を用いて、反射性カラー状態を実現する。結果として生じる定在波のピークは、吸収を最大化するように、第2の空洞2220内で最適に位置するため、前記暗状態は、このようなある例示的な干渉変調装置において実現される。メカニカル/ミラー層2210が絶縁体2206と接触するか、あるいは前記絶縁体2206にかなり近づくと、前記定在波は、定位置から外れて、絶縁体2206とメカニカル/ミラー層2210との間の所定の間隔により、青、緑または赤の光を反射する。金属ミラー層2214とメカニカル/ミラー層2210との間隔を狭めることにより、前記変調装置は、可視スペクトル内の実質的に全ての波長を反射して、反射白状態を生じることができる。上述したように、ある実施形態において、反転形干渉変調装置の観察者2201は、前記基板を通さずに、前記基板の反対側からイメージを見る。

【0044】

ある実施形態において、前記基板は、可動ミラーの表示面と反対側に配置され、かつ変

10

20

30

40

50

調される光と実質的に反応しない、前記反転形干渉変調装置の一部を備える。本願明細書において使用する場合、「表示面」という用語は、前記観察者が、そこから前記変調光を見る前記反転形干渉変調装置の面を指すのに用いられる。図22Aの基板2202、導体2204及び絶縁体2206は、それぞれメカニカル/ミラー層2210の下にあり、それにより、メカニカル/ミラー層2210の表示面とは反対側に配置されている。メカニカル/ミラー層2210が実質的に非透明（例えば、完全に反射性）である実施形態においては、前記表示面から変調装置2200に突き当たって、変調装置2200によって変調される光は、基板2202、導体2204または絶縁体2206の光学特性による影響を実質的にうけない。そのため、ある実施形態において、基板2202、導体2204及び絶縁体2206のうちの少なくとも1つは、光に対して実質的に非透明（例えば、不透明、高い反射性、または半透明）となるように選択することができる。ある実施形態において、基板2202は、導体2204及び絶縁体2206を、あるいは、導体2204及び絶縁体2206の両方を備える。

10

【0045】

上記反転形干渉変調装置の上記基板、導体及び絶縁層のうちの少なくとも1つが非透明である実施形態は、他の反転形干渉変調装置にはない効果をもたらす。例えば、典型的な反転形干渉変調装置は、前記基板の上または基板内に導電トレースを有しており、それらの導電トレースは、前記導電体に電気的に結合されている。前記基板が実質的に透明な場合、これらの導電トレースは、目に見えるいかなる支持構造も要することなく、「浮いて」前記表示面から見えてくる。前記反転形干渉変調装置を前記表示面から見た場合、前記導電トレースと前記透明基板の組合せは、灰色に見えるまたは波形模様を有する、変調装置間の周縁部を生成することができる。また、（例えば、前記基板の透明部分を通して）下から前記変調装置に入ってくる光は、前記表示面から見る可以看到。従って、透明基板を有する反転形干渉変調装置を用いるディスプレイは、前記表示面から見た場合、低減されたコントラストを呈する可能性がある。

20

【0046】

光マスクまたは光マットは、この低減されたコントラストを回避するのに用いることができるが、このようなマスキングは、前記反転形干渉変調装置に付加される追加的な構造及び処理工程を要する。ある実施形態において、前記基板は、前記導電トレースの光学現象に合うように、非透明（例えば、不透明、高い反射性、または半透明）になるように選定され、それによって、前記表示面から見た場合に、均一な周辺部をもたらす。ある他の実施形態においては、前記基板は、前記変調装置が暗状態にあるときに、前記反転形干渉変調装置のカラーに合うように、非透明かつ非反射的（例えば、暗）になるように選定される。ある別の実施形態においては、前記基板は、マスク構造または処理工程を用いることを回避するように選定される。

30

【0047】

ある実施形態においては、非透明基板を有することにより、フォトリソグラフィ中の光散乱による問題を処理することが有利に回避される。ある実施形態において、前記反転形干渉変調装置の製造中には、前記変調装置の様々な形状構成を形成するために、フォトリソグラフィ技術が用いられる。前記構造の前記基板上へのフォトリソグラフィ製造の場合、前記基板が、フォトリソグラフィに用いられる光（例えば、紫外光）に対して実質的に透過性であると、前記基板の下にある形状構成または表面による前記光の散乱は、前記フォトリソグラフィ光の拡散を生じる可能性がある。この光散乱は、結果として生じるフォトリソグラフィで形成した構造物の寸法に影響を及ぼす（例えば、鋭さ、精度または最小サイズを制限する）可能性がある。同様に、透明導体または透明絶縁層は、フォトリソグラフィ光の好ましくない散乱を生じて、それによって上に重なるフォトリソグラフィで形成した構造物の寸法に影響を及ぼす可能性がある。本願明細書に記載したある実施形態において、このような散乱は、フォトリソグラフィ光に対して実質的に非透過性である基板を用いることにより低減され、あるいは排除される。

40

【0048】

50

ある実施形態においては、非透明基板を有することにより、下にある回路構成が迷光から有利に遮断される。ある実施形態において、上記反転形干渉変調装置は、半導体基板（例えば、シリコン）上に形成され、前記半導体基板は、限定するものではないが、受動構成要素（例えば、薄膜抵抗器、コンデンサ、インダクタ）及び能動構成要素（例えば、ダイオード、トランジスタ、集積回路）を含む回路構成を備える。例えば、シリコン基板は、前記干渉変調装置アレイのサイズに対して一定の割合で形成することができる容量性検知回路構成を有するように製造することができる。ある実施形態において、このような検知回路構成は、前記アレイ内の各干渉変長装置の状態をモニタするために（例えば、メモリ性能を与えるために）、または前記基板に加わる外力を検知するために（例えば、タッチスクリーン性能を与えるために）用いることができる。ある他の実施形態においては、

10

【0049】

前記基板が透明である場合、迷光は、前記基板の回路構成に入る可能性がある。前記迷光は、前記回路構成にダメージを与え、または、前記回路構成内に充電キャリアを生成し、それにより、前記回路構成によって生成された信号のノイズ及び精度に影響を及ぼす可能性がある。非透明基板を用いることにより、前記基板の下にある回路構成は、迷光から実質的に保護される。

【0050】

ある実施形態においては、非透明基板を有することは、上記干渉変調装置を製造するのに標準的な半導体処理装置を使用することを有利に可能にする。例えば、シリコン基板を使用するフラットパネルディスプレイ製造の場合、様々な製造工程は、前記シリコンウェハのオリエンテーションに依存する。前記シリコンウェハの上面は、典型的には、前記処理された上面の光学特性が、前記シリコンウェハの処理されていない底面の光学特性とは異なるように、種々の構造物をこの上に形成させる。既存の処理装置は、前記処理されていない底面とは異なる前記処理された上面の光学特性を用いて、前記シリコンウェハのオリエンテーションを決める。

20

【0051】

この既存の処理装置を用いて、透明ガラス基板を有する干渉変調装置を製造するのは大変困難である。前記上面の光学特性は、前記上面に形成された構造物が両面から見えるため、前記底面の光学特性と実質的に等しいと思われる。そのため、ガラス基板は、既存の処理装置が前記ウェハのオリエンテーションを決めるために用いる、前記2つの面の異なる光学特性を生成しない。ガラス基板を使用する際のこの困難性を克服するにあたっては、前記2つの面を差別化するために、様々な技術が必要となる。しかし、それらの技術は、他の製造技術と統合するのに扱い難く、かつ難しい可能性がある。ある実施形態においては、非透明基板（例えば、シリコン）を用いることにより、前記上面に形成される構造物が前記底面からもはや見えないため、前記基板上に前記干渉変調装置を形成するのに、標準的な半導体処理装置を容易に用いることができる。

30

【0052】

ある実施形態においては、非透明基板を有することは、前記干渉変調装置の製造と、下にある制御回路要素の製造との統合を、有利に可能にする。例えば、半導体（例えば、シリコン）基板内に制御回路要素を形成し、かつ前記基板上に前記干渉変調装置を形成するのに、標準的な半導体処理装置を用いることができる。

40

【0053】

ある実施形態においては、非透明基板を有することにより、制御回路要素のための領域が有利に増加し、かつ制御回路を前記干渉変調装置内に一体化することに関連する制約が有利に減る。制御回路要素をその中に有する干渉変調装置の場合、前記制御回路要素は、変調光に用いることができる領域もとおり、それにより、光学的にアクティブである前記表示の領域が制限される。従って、前記制御回路要素にとられる前記表示領域の部分を減らすことが望ましい。前記制御回路要素を、前記干渉変調装置の光コンポーネントの下の前記基板内または前記基板上に配置することにより、本願明細書に記載したある実施形態は

50

、前記表示領域から前記制御回路要素を有利に取り除き、かつ前記制御回路要素を形成するための大きな領域を与える。

【0054】

ある実施形態においては、非透明基板を有することは、前記干渉変調装置アレイに一体化された照明源を用いることを有利に容易にする。照明源を干渉変調装置アレイに組み込むことは、すでに説明してきた。例えば、反転形干渉変調装置の場合、前記照明源（例えば、有機発光ダイオード）を、前記干渉変調装置に組み込んで、前記ディスプレイから照明光を生成することができる。しかし、透明基板は、前記ディスプレイの輝度に寄与することなく抜け出るために、前記照明源からの光のための経路を形成するであろう。ある実施形態において、前記基板の少なくとも一部は、前記基板を通過する前記照明源からの光の損失を低減するために、高い反射性を有する。

10

【0055】

ある実施形態においては、代替の反転形干渉変調装置構造を、反射性基板を用いて形成することができる。図22Bは、基板2202が高反射性である別の例示的な反転形干渉変調装置2200を概略的に示す。図22Bのメカニカル/ミラー層2210は、部分的に透明であり、かつ部分的に反射性である。例えば、ある実施形態において、メカニカル/ミラー層2210は、光を部分的に透過させかつ反射させる薄いクロム層と、干渉変調装置2200を作動させる適当な電圧の印加のための透明ITO層とを備える。図22Bの基板2202は、高反射性であり、固定反射体として作用する。ある実施形態において、干渉変調装置2200は、さらに、基板2202上の不活性化層2222と、不活性化層2222上の導体2204と、導体2204上の絶縁体2206とを備える。ある実施形態において、導体2204は透明ITO層を備えるが、ある他の実施形態においては、導体2204は、不活性化層を有するメタルを備える。適当な電圧をメカニカル/ミラー層2210及び導体2204に印加することによる干渉変調装置2200の作動は、メカニカル/ミラー層2210を基板2202に対して動かし、それにより、前記層と前記基板間の光空洞のサイズが変化する。ある他の実施形態においては、導体2204は、高反射性であり、固定反射体として作用する。

20

【0056】

上述したように、前記干渉変調装置の光性能及び電気機械的性能を減結合することによって、ある実施形態においては、反転形構成は、基板2202、導体2204及び絶縁体2206を、透明観察面2216およびそれに伴って、前記干渉変調装置と相互に作用する光の光学経路の外側から、反射メカニカルミラー2210の反対面に配置する。従って、他の干渉変調装置設計の場合とは異なり、基板2202、導体2204及び絶縁体2206を製造するのに用いる材料物質は、特定の光学特性を有する必要はなく、どのような適当な材料物質で構成してもよい。

30

【0057】

ある実施形態において、基板2202、絶縁体2206及び導体2204を形成するのに用いる材料物質の選択の自由は、限定するものではないが、サイズ、物理的耐久性、強度、重量、柔軟性、コスト、製造時間/資源及び電気機械的性能を含む、前記干渉変調装置の1つ以上の特性の改良を有利に可能にする。例えば、ある実施形態において、基板2202、絶縁体2206および/または導体2204は、従来の干渉変調装置構造に必要な透明材料物質に対する優れた構造特性を有する、不透明材料を含むことができる。例えば、材料物質は、従来必要であった透明材料物質よりも大きな密度および/またはヤング率を有する基板2202、絶縁体2206および/または導体2204に用いることができる。より強固でより小さなコンポーネントを前記干渉変調装置に使用することができる。例えば、金属基板を使用することにより、前記基板の厚さ、すなわち、前記干渉変調装置の全体の厚さを有利に低減することができる。また、フラットスクリーンディスプレイのフィールドリターンに対する共通の理由は、これらのディスプレイのガラス基板の破損である。より強くかつより耐久性のある材料物質を前記基板に使用することにより、前記ディスプレイの寿命は有利に延びる。ある実施形態においては、基板2202、絶縁体22

40

50

06 および / または導体 2204 は、 2.5 g/cm^3 、 3.0 g/cm^3 、 3.5 g/cm^3 、 4.0 g/cm^3 、 5.0 g/cm^3 、 6.0 g/cm^3 または 7.0 g/cm^3 より大きい密度を有し、および / または 60 ギガパスカル、70 ギガパスカル、80 ギガパスカル、90 ギガパスカル、100 ギガパスカル、150 ギガパスカル、200 ギガパスカルまたは 300 ギガパスカルより大きいヤング率を有する、材料物質で構成されている。

【0058】

反転形干渉変調装置の前記基板は、不透明及び半透明の材料物質を含む、任意の適当な材料物質で構成することができる。適当な基板材料は、限定するものではないが、金属（例えば、ステンレススチール、アルミニウム）、陽極酸化した金属、シリコン（例えば、シリコンウェハ）、ポリシリコン、プラスチック、セラミック、ポリマー（例えば、ポリイミド、MYLAR（登録商標））、カーボン（例えば、グラファイト）、ガラス及び石英、および合金及びそのような材料物質からなる合成物を含む。前記基板が、柔軟なプラスチックまたは金属箔材料を含むある実施形態において、前記基板は、電子回路要素（例えば、薄膜トランジスタ、抵抗器、コンデンサ）が（例えば、堆積またはフォトリソグラフィ技術によって）前記基板上に形成される、「ロール・トゥ・ロール（roll-to-roll）」または「ウェブ」処理に用いられる十分な柔軟性を有する。このようなある実施形態において、前記回路要素は、大きな領域（例えば、1メートル以上の長さ）にわたって製造することができ、大きな干渉変調ディスプレイの後に続く製造と両立できる。一実施形態において、前記基板は、不活性化プリント回路基板を含む不透明プラスチック基板である。このような実施形態において、前記不活性化プリント回路基板は、所望の回路要素を含むように製造することができ、前記干渉変調装置を前記不活性化プリント回路基板上に製造するのに薄膜処理を用いることができる。このような実施形態は、前記回路要素の製造を前記干渉変調装置の製造から有利に独立させる。また、前記基板は、複数の基板材料からなる積層体を含んでもよい。前記基板は、固くするまたは柔軟にすることができる。例えば、柔軟基板は、薄膜金属またはプラスチック箔を含んでもよい。本願明細書に列挙した厚さ範囲に限定するものではないが、前記基板は、約 0.1 mm から約 1.0 mm、より好ましくは、約 0.3 mm から約 0.7 mm の厚さを有してもよい。薄い不透明基板は、引き伸ばし（例えば、少なくとも 1 つのダイの上でまたは前記ダイを介して金属シートを引き伸ばして、前記シートを薄くすること）等の金属フォーミング工程によって得ることができる。

【0059】

上記基板は、好ましくは、湿気に対して不透過性であり、かつ適切に不活性化されている。様々な実施形態において、保護不活性化層が、不透明基板の表面に形成されている。ある実施形態においては、前記不活性化層を形成することが、後の処理（例えば、上記導体または絶縁層の形成）のために前記基板を準備することになる。金属基板が用いられるある実施形態においては、前記不活性化層は、電気的絶縁を形成して、他の構造物が前記金属基板に対して短絡しないようにする。前記保護不活性化層は、独立した層とする必要はなく、予備的な不活性化処理によって、前記不透明基板の上面に形成することができる。ある実施形態の前記不活性化処理は、限定するものではないが、化学溶解による、最も典型的には、表面汚染物を除去するが、前記不透明基板自体には著しい影響を及ぼさない酸性溶液を用いた処理による、表面からの外因性鉄または鉄化合物の除去を含む。このような処理は、保護不活性化層の自発的な形成を強めるために、硝酸溶液等のマイルドな酸化体を有する不透明基板の化学的処理を含む。また、前記不活性化工程は、酸化物堆積と、有機平坦化層のスピンコーティングとを含むことができる。

【0060】

上記反転干渉変調装置の絶縁層は、金属酸化物（例えば、酸化アルミニウムまたは二酸化シリコン）、窒化シリコン等の、当技術分野では公知である、任意の適当な材料物質を含むことができる。上述したように、前記反転干渉変調装置の絶縁層は、特定の光特性を有する必要はなく、およびそれに伴って、前記絶縁層の構造設計及び材料物質は、これの

電気的特性を最適化するように選定することができる。例えば、前記絶縁層は、他の干渉変調装置設計には用いることができない非透明材料（例えば、不透明、高反射性、または半透明材料）で構成することができる。また、反転干渉変調装置の前記絶縁層は、前記絶縁層が光性能に影響を及ぼす干渉変調装置における同じ材料物質からなる絶縁層よりも、かなり厚くすることができる。厚みが増加した絶縁層は、電気的特性及び製造コスト等の、前記絶縁層および／または干渉変調装置の様々な態様を改善することができる。また、より厚い絶縁層は、材料物質、構成、および前記基板および前記導体を含む、前記観察面と反対側の前記絶縁層の面上の前記干渉変調装置の他の層に用いることができる製造方法の範囲で、改善をもたらすことが可能である。例えば、電気化学めっき法を、厚みの増した絶縁層の堆積が後続する、前記基板上への前記導体の形成に用いることができる。様々な実施形態において、反転干渉変調装置の前記絶縁層は、約 200 オングストローム、約 300 オングストローム、約 400 オングストローム、約 500 オングストローム、約 600 オングストローム、約 700 オングストローム、約 800 オングストローム、約 900 オングストローム、約 1000 オングストローム、約 2000 オングストローム、または数 1000 オングストロームより大きい厚さを有する。

10

【0061】

反転形干渉変調装置は、様々な方法で製造することができ、また、様々な構造及び構成に適用することができる。例えば、反転形干渉変調装置は、フォトリソグラフィ、堆積（例えば、化学気相成長（CVD）等の「ドライ」法やスパインコーティング等のウェット法）、マスキング、シャドーマスキング、リフトオフ処理及びエッチング（例えば、プラズマエッチ及びウェット法等のドライ法）等の半導体製造技術を用いて、製造することができる。本願明細書に記載した実施形態と両立できる適当な技術の実施例は、米国特許第 6,040,937 号明細書に記載されている。

20

【0062】

一実施形態において、図 22A に示すような反転形干渉変調装置は、不透明基板 2202 上に保護不活性化層 2222 を形成した後、電極材料の堆積により導体 2204 を形成し、パターニング及びエッチングを施すことにより形成される。前記導体材料は、導電性であり、金属、あるいは、（インジウムスズ酸化物等の）所望の導電性を有するようにドーピングした（シリコン等の）半導体等の、当技術分野において公知である、任意の適当な材料物質を含んでもよい。いくつかの実施形態においては、前記導体及び基板は、プリント回路基板を構成する。そして、絶縁体 2206 が、堆積により、好ましくは、化学気相成長（CVD）によって導体 2204 上に形成される。その後、後のエッチング工程で除去される犠牲層（図示せず）が堆積される。前記犠牲層は、限定するものではないが、モリブデン、シリコン、タングステンまたはチタンを含む、当技術分野では公知である、任意の適当な材料物質であってもよい。前記犠牲層の上面には、好ましくは、エッチングストップが用いられ、前記エッチングストップは、前記犠牲層よりも後のエッチング工程に対してより耐性があり、また、金属（例えば、チタン、アルミニウム、銀、クロム）、絶縁材料、好ましくは、金属酸化物（例えば、酸化アルミニウム）、または当技術分野では公知である、任意の他の適当な材料物質とすることができる。前記犠牲層は、第 1 の支持ポスト 2208 を形成するマスクを用いてパターニングされ、エッチングされて、その後、任意の平坦化が続く。そして、メカニカル／ミラー層 2210 が（任意の平坦化が後に続く）堆積によって形成される。いくつかの実施形態においては、前記メカニカル／ミラー層は、この上に、アルミニウム、銀、またはいくつかの金属等の金属膜が数 100 オングストローム程度で形成される基板として、窒化シリコン、二酸化シリコン、フッ化マグネシウムまたはフッ化カルシウムを含んでもよい。これらの材料物質は、スペクトル特性や抵抗特性等に基づいて選択することができ、また、当技術分野において公知で従来用いられているどのような材料物質も含むことができる。必要に応じて、絶縁体および／または金属酸化物等の反射強化膜を形成することができる。

30

40

【0063】

エッチングストップは、メカニカル／ミラー層 2210 の上面に形成してもよい。第 2

50

の支持ポスト 2 2 1 2 を形成するために（後に任意の平坦化が続く）、別の犠牲層が堆積され、パターニングされ、エッチングされる。Cr または当技術分野では公知である、任意の適当な材料物質を含んでもよい金属ミラー層 2 2 1 4 が堆積され、透明層 2 2 1 6 が前記ミラー層の上に堆積される。上記の製造の後、例えば、 XeF_2 を用いたエッチングが、前記犠牲層を除去するために実施される。 XeF_2 は、 F_2 ガスの有利なソースである。 F_2 等の他の当技術分野では公知である、任意のエッチング剤を、 XeF_2 の代わりに、または XeF_2 に加えて用いてもよい。

【0064】

反転形干渉変調装置の他の実施例を図 6 A に示す。図 5 に示す実施形態と同様に、基板 6 0 0 上に形成された電極 6 0 2 は、絶縁膜 6 0 4 により膜 / ミラー 6 0 8 と電氣的に絶縁されている。電極 6 0 2 は、観察面と反対側に堆積されており、電極としてだけ機能し、ミラーとしては機能しない。図 5 に示す実施形態とは異なり、膜 / ミラー 6 0 8 を支持する支持構造 6 0 6 は、膜 / ミラー 6 0 8 によって隠されるように設けられている。このように、観察者 6 1 4 は、膜 / ミラー 6 0 8 によって被覆された前記領域と、隣接する干渉変調装置間の最小スペースのみを見るため、不活性化領域の量が有効に低減される。このことは、前記膜支持体が見え、かつカラーの見地から、不活性かつ不正確な領域を構成する、図 5 の構造とは異なる。図 6 A は、非作動状態の構造を示し、膜 / ミラー 6 0 8 は、透明上部構造 6 1 0 によって支持されている第 2 のミラー 6 1 2 と接触している。図 6 B は、作動状態の同じ構造を示し、膜 / ミラー 6 0 8 は、絶縁膜 6 0 4、電極 6 0 2 及び基板 6 0 0 の方へ向かって変形している。

【0065】

図 7 A においては、干渉変調装置構造にて用いるための別の形態構造が示されている。この設計は、米国特許第 5, 638, 084 号明細書に示されているものと同様である。前記設計は、本質的に湾曲状態にあるように、非等方的に応力が加えられている不透明プラスチック膜を基にしている。電圧の印加は、前記膜を平坦化して、MEMS をベースとする光シャッタを形成する。

【0066】

前記デバイスの機能性は、前記デバイスを干渉性にすることによって改善することができる。干渉変調装置の変形例を図 7 A に示し、薄膜積層体 7 0 4 は、米国特許第 6, 040, 937 号明細書に記載されている誘導吸収体干渉変調装置設計の基本である誘電体 / 誘導体 / 絶縁体積層体と同様である。

【0067】

ある実施形態において、アルミニウム膜 7 0 2 と積層体 7 0 4 との間への電圧の印加は、膜 7 0 2 を前記積層体に対して平坦な状態にさせる。ある実施形態においては、製造中に、他の反射性金属（銀、銅、ニッケル）、誘電体、または、すでに反射性金属がアンダーコートされている有機材料を含むこともできるアルミニウム膜 7 0 2 は、ウェットエッチング、または気相剥離技術を用いて剥離することができるように、薄い犠牲層（図示せず）上に堆積されている。アルミニウム膜 7 0 2 はさらに、光積層体 7 0 4 上に直接堆積されている支持タブ 7 1 6 により基板 7 0 0 に機械的に固着されている。このため、前記タブと前記積層体とが重なっている領域に入射する光が吸収されて、この機械的に不活性領域をさらに光学的にも不活性にする。この技術は、これ及び他の干渉変調装置設計における独立した黒マスクの必要性をなくす。

【0068】

ある実施形態において、入射光 7 0 6 は、完全に吸収されるか、あるいは、特定の周波数の光 7 0 8 が、上記積層体からなる層の間隔により反射される。前記光学的作用は、米国特許第 6, 040, 937 号明細書に記載されている誘導吸収体干渉変調装置のものと同様である。

【0069】

図 7 B は、電圧が印加されていないときのデバイス構造を示す。ある実施形態において、膜 7 0 2 における残留応力は、前記膜をきつく巻かれたコイル状に巻き上げる。前記残

留応力は、(図7Aに示す)材料物質718からなる薄い層の堆積によって、膜702の上面へ伝えることができ、前記膜は、極端に高い残留引っ張り応力を有する。クロムは、数100オングストロームほどの薄い膜厚によって、高い応力を実現することができる1つの実例である。膜702がもはやその経路を妨げない状態で、光ビーム706は、(図7Aに示す)積層体704を通過することができる。そして、光ビーム712は、プレート710と交わる。プレート710は、光ビーム712が吸収される高吸収状態か、あるいは、光ビーム712が反射714される(特定の色または白の)高反射状態のいずれかに存することができる。反射性ディスプレイに用いられる変調装置の場合、光積層体704は、前記デバイスが作動したときに、(プレート710が吸収している場合)前記デバイスが特定の色を反射し、あるいは、(プレート710が反射性の場合)吸収することになるように設計される。

10

【0070】

(回転動作)

図8Aに示すように、別の干渉変調装置構造は、回転動作を基にしている。米国特許第6,040,937号明細書に記載されている例示的なプロセスを用いて、電極802と、約1000オングストローム厚のアルミニウム膜と、絶縁体806とが基板800上に形成される。支持ポスト808及び回転ヒンジ810は、反射膜813のセットがこの上にすでに堆積されているシャッタ812を支持する。前記支持シャッタは、数1000オングストローム厚のアルミニウム膜とすることができる。このX-Y寸法は、およそ数10から数100ミクロンとすることができる。前記膜は、干渉性とすることができ、かつ特定の色を反射するように設計することができる。米国特許第6,040,937号明細書に記載されているのと同様の誘導吸収体の形の固着された干渉積層体が十分であろう。また、前記膜は、色素が注入されたポリマーを含んでもよく、あるいは、前記膜は、広帯域の反射を可能にするアルミニウムまたは銀とすることができる。ある実施形態の電極802及びシャッタ812は、これら2つの間への電圧(例えば、10ボルト)の印加が、シャッタ812をヒンジ810の軸周りに部分的にまたは完全に回転させるように設計される。シャッタ818のみを回転した状態で図示しているが、典型的には、所定の画素に対する全ての前記シャッタが、共通バス電極804上の信号によって同時に駆動されることになる。このようなシャッタは、前記ヒンジと電極の距離が、前記電極の静電引力が前記回転中のいくつかの箇所における前記ヒンジのばね張力に勝るように設計されている場合、電気機械ヒステリシスの形態をとる。従って、前記シャッタは、2つの電気機械的安定状態を有することになる。

20

30

【0071】

透過可能モードの動作時、上記シャッタは、入射光を遮断するか、あるいは、前記入射光を通過できるようにすることになる。図8Aは、入射光822が観察者820の方へ戻って反射される反射モードを示す。このモードにおいて、および1つの状態において、シャッタ812は、シャッタ812がメタライズされている場合には白光を反射し、あるいは、前記シャッタが干渉性膜または色素で被覆されている場合には、特定の色または色のセットを反射する。干渉性積層体の典型的な厚さ及び結果として生じる色は、米国特許第6,040,937号明細書にも記載されている。他方の状態においては、光は、シャッタ812を通過できるようになっており、この場合、基板800の表面が1つ又は複数の吸収性膜(図示せず)で被覆されている場合には、前記光を基板800で吸収することができる。これらの膜は、別の色素が注入された有機膜、または、吸収性となるように設計された誘導吸収積層体を備えることができる。逆に、シャッタ812は、高吸収性(例えば、黒)であってもよく、基板800の表面は、高反射膜824で被覆してもよく、あるいは、色素または上述したカラー反射膜のような色を反射する干渉膜で、選択的に被覆してもよい。

40

【0072】

上記デバイスの動作は、ある実施形態において、追加電極814の追加によってさらに向上させることができ、前記追加電極は、追加電極814とシャッタ812との間に静電

50

引力を誘導する電位が充電されたときに、シャッタに追加的なトルクを生成する。追加電極 8 1 4 は、導体 8 1 4 と支持構造 8 1 6 との組合せを備える。前記電極は、約 1 0 0 0 オングストローム厚とすることができる I T O (インジウムスズ酸化物) 等の透明導体を含んでもよい。全ての構造物及び関連する電極は、好ましくは、単一の基板の表面に一体に堆積される材料物質から機械加工され、そのため、容易に製造され、かつ電極ギャップ空間に対する良好な制御により確実に作動する。例えば、このような電極が、反対側の基板に設けられた場合、前記デバイス基板及び反対側の基板の両方の表面のバリエーションは、数ミクロン以上のずれをもたらすように組み合わせることができる。従って、作用の特定の変化に影響を及ぼすのに必要な電圧は、数 1 0 ボルト以上ほどの電圧によって変化させることができる。一体となっている構造物は、厳密に基板表面の変化に追従し、かつ

10

【 0 0 7 3 】

図 8 B の工程 1 から工程 7 は、回転変調体の場合の例示的な製造シーケンスを示す。工程 1 において、基板 8 3 0 は、電極 8 3 4 及び絶縁体 8 3 2 で被覆されている。典型的な電極及び絶縁体の材料は、アルミニウム及び二酸化シリコンであり、これらの厚さは、それぞれ 1 0 0 0 オングストロームである。これらは、工程 2 においてパターニングされる。犠牲スペーサ 8 3 6、すなわち、数ミクロンの厚さのシリコン等の材料物質が、工程 3 においてすでに堆積され、パターニングされており、工程 4 において、ポスト/ヒンジ/シャッタ材料 8 3 8 で被覆される。これは、約 1 0 0 0 オングストローム厚のアルミニウム合金またはチタン/タングステン合金とすることができる。工程 5 においては、材料物

20

【 0 0 7 4 】

(スイッチング素子)

バイナリデバイスである干渉変調装置を備えるある実施形態の場合、単に、小電圧レベルが、ディスプレイを処理するのに必要となる。前記駆動電子装置は、濃淡階調動作を実現するのに必要なアナログ信号を生成する必要はない。

30

【 0 0 7 5 】

従って、前記電子装置は、他の手段を用いて実施してもよい。具体的には、前記駆動電子装置及び論理機能は、M E M S をベースとするスイッチ素子をを用いて実施することができる。

【 0 0 7 6 】

図 9 A から図 9 E は、ある実施形態のコンセプトを示す。図 9 A は、制御信号 9 0 2 の印加によって、出力 9 0 4 への接続を形成する入力 9 0 0 を有する、基本的なスイッチ確立ブロックの図である。図 9 B は、列ドライバをどのように実施することができるかを示す。上述した処理スキームのための前記列ドライバは、3つの電圧レベルからなる出力を要する。前記列ドライバへの適切な制御信号の印加は、前記入力電圧レベルのうちの1つを、出力 9 1 2 に対して選択できるようにする。前記入力電圧は、図 9 B の 9 0 6、9 0 8 及び 9 1 0 に対応して V c o l 1、V c o l 0 及び V b i a s である。同様に、図 9 C に示す行ドライバの場合、適切な制御信号は、出力 9 2 0 への供給のための一方または他方の入力電圧レベルの選択をもたらす。前記入力電圧は、図 9 C の 9 1 4、9 1 6 及び 9 1 8 に対応して V s e l F 1、V s e l F 0 及びアースである。図 9 D は、論理素子 9 3 2、この場合 N A N D ゲートを、基本的なスイッチ確立ブロック 9 3 4、9 3 6、9 3 8 及び 9 4 0 を用いてどのように実施することができるかを示す。これら全ての構成要素は、図 9 E に示すディスプレイサブシステムの製造を可能にする方法で構成し、かつ組み合わせることができる。前記サブシステムは、制御部論理 9 2 6、列ドライバ 9 2 4、

40

50

行ドライバ 9 2 8 及び表示アレイ 9 3 0 を備え、図 3 で説明した処理スキームを用いる。

【 0 0 7 7 】

M E M S デバイスとしてのスイッチ素子の製造は、単一のプロセスを用いたディスプレイ装置全体の製造を可能にする。前記スイッチ製造プロセスは、上記干渉変調装置の製造プロセスのサブプロセスになり、図 1 0 A から図 1 0 H に示す。

【 0 0 7 8 】

工程 1 を図 1 0 A 及び図 1 0 B に示し、これらの図は、それぞれ、初期段階の側面図及び平面図を示す。矢印 1 0 0 4 は、前記側面図の視点の方向を示す。基板 1 0 0 0 は、約 2 0 0 0 オングストローム厚のシリコン層である犠牲スペーサ 1 0 0 2 を、前記基板の表面に堆積させてパターニングしている。(図 1 0 A 及び図 1 0 B と同じ視点から見た)図 1 0 C 及び図 1 0 D に示す工程 2 においては、構造材料である数ミクロン厚のアルミニウム合金が堆積され、パターニングされて、ソースビーム 1 0 1 0、ドレイン構造 1 0 0 8 及びゲート構造 1 0 0 6 が形成されている。前記スイッチの寿命を通して低接触抵抗を維持するために、この時点で、金、イリジウムまたはプラチナ等の数 1 0 0 オングストロームの非腐食性金属を前記構造材料上にめっきしてもよい。前記基板の面と平行な面内での前記ビームの動きを容易にするために、ノッチ 1 0 1 2 がソースビーム 1 0 1 0 にエッチングされている。工程 3 を図 1 0 E から図 1 0 H に示す。図 1 0 E 及び図 1 0 G は、前面図を示し、矢印 1 0 1 6 は、前記視点の方向を示し、図 1 0 F 及び図 1 0 H は平面図を示す。工程 3 においては、前記犠牲材料がすでにエッチング除去されており、ソースビーム 1 0 1 0 がそっくり残っており、自由に動けるようになっている。

【 0 0 7 9 】

図 1 0 F は、非作動状態 1 0 1 4 のスイッチを示す。図 1 0 H に示す作動状態 1 0 1 8 においては、電圧源 1 0 1 7 が、(図 1 0 D に示す)ソースビーム 1 0 1 0 とゲート構造 1 0 0 6 との間に電圧を印加し、ソースビーム 1 0 1 0 は、ドレイン 1 0 0 8 に接触するまで、ゲート 1 0 0 6 の方へ反り、それにより、ソースビーム 1 0 1 0 とドレイン 1 0 0 8 との間に電氣的接触が確立される。作動の様態は、前記基板の表面と平行であり、そのため、上記干渉変調装置の主製造プロセスと両立することができる製造プロセスが可能になる。また、ある実施形態において、このプロセスは、前記基板表面と垂直な方向に作動させるスイッチを製造するのに用いられるプロセスよりも少ない工程を要する。

【 0 0 8 0 】

図 1 0 I 及び図 1 0 J は、平面 M E M S スwitch の 2 つの代替設計を示す。図 1 0 I のスイッチは、スイッチビーム 1 0 2 8 とゲート構造 1 0 2 2 との間に電圧を印加したときに、スイッチビーム 1 0 2 8 が、ドレイン 1 0 2 4 とソース 1 0 2 6 との間に接触を形成するように作用する点が異なる。図 1 0 A から図 1 0 H のスイッチにおいては、前記ソースビームを通して前記ドレインへ流れなければならない電流が、スイッチングしきい値をもたらす可能性があり、回路設計を複雑化する。このことは、図 1 0 I に示すスイッチを用いた場合ではない。図 1 0 J のスイッチは、さらなる性能向上を示す。この場合、絶縁体 1 0 4 0 は、スイッチビーム 1 0 4 2 と接触ビーム 1 0 3 8 とを電氣的に絶縁し、前記接触ビームは、ゲート構造 1 0 3 2 とスイッチビーム 1 0 4 2 との間に電圧を印加したときに、ドレイン 1 0 3 4 とソース 1 0 3 6 との接触を可能にする。絶縁体 1 0 4 0 は、従来技術を用いて堆積し、かつパターニングすることができる、S i O 2 等の材料物質とすることができる。このようなスイッチの使用は、これらのスイッチを備える回路において、スイッチ駆動電圧と論理信号とを電氣的に絶縁する必要性を排除する。

【 0 0 8 1 】

(多次元フォトニック構造)

一般に、干渉変調装置は、有用な光特性を有し、かつ作動手段によって、それ自体に対して、あるいは、他の電氣的、機械的または光学的要素に対して可動である要素を特徴としている。

【 0 0 8 2 】

干渉性積層体を生成する薄膜のアセンブリは、多次元フォトニック構造と呼ばれるより

10

20

30

40

50

大きなクラスの構造のサブセットである。概して、発明者等は、フォトニック構造を、前記形態、および前記構造の屈折率の関連する変化により、電磁波の伝播を変更させる能力を有するものとして定義する。このような構造は、主として1つ以上の軸に沿って光と相互に作用するため、次元的様相を有する。また、多次元的である構造は、フォトニックバンドギャップ構造 (photonic band gap structures; PBG) またはフォトニッククリスタルとも呼ばれている。John D. Joannopoulosらによる「フォトニッククリスタル (Photonic Crystals)」という論文は、周期的なフォトニッククリスタルについて記述している。

【0083】

1次元PBGは、薄膜積層体の形で生じることが可能である。例証として、図16は、絶縁ファブリペローフィルタの形の干渉変調装置の製造及び最終製品を示す。各々が4分の1波長の厚さである、シリコン及び二酸化シリコンからなる層を1つおきに設けた膜積層体1614及び1618が基板1600上に製造されて、中央空洞1616を含む干渉変調装置構造が形成されている。一般に、前記積層体はX及びY方向に連続しているが、前記材料物質が、高屈折率及び低屈折率を有する1つおきの層で構成されているため、前記材料物質の屈折率の変化による、Z方向の光学的周期性を有している。この構造は、前記周期性の効果が、この場合Z軸である1つの軸に沿って伝播する波に対して最大化されるため、1次元と考えることができる。

【0084】

図11A及び図11Bは、2次元フォトニック構造の2つの図である。図11Aにおいて、マイクロリング共振器1102は、公知の技術を用いて、多数の公知の材料物質のうちの1つ、例えば、5酸化タンタルと二酸化シリコンとの合金で製造することができる。1.55 μm の範囲の波長に対して最適化したデバイスの場合、典型的な寸法は、 $w = 1.5 \mu\text{m}$ 、 $h = 1.0 \mu\text{m}$ 、 $r = 10 \mu\text{m}$ である。

【0085】

基板1100上に製造した場合（ガラスは1つの可能性であるが、他にも多くのものがある）、前記構造は、本質的に、前記屈折率及び寸法 w 、 r 及び h が、円形導波管内で伝播する光の周波数及びモードを前記導波管に対して決める、円形導波管である。このような共振器は、正しく設計された場合、前記共振器に結合される幅広い放射のための周波数選択フィルタとして作用することができる。この場合、前記放射は、一般に、方向シンボル1101で示すようなXY面内で伝播する。このデバイスの1次元類似物は、単一の層ミラーを用いて形成したファブリペローフィルタである。どちらのデバイスも、単一の層である、前記ミラーによって形成された「境界線」により、高次の光学的周期性を呈さないが、これらのデバイスは、広い意味でフォトニック構造とみなすことができる。

【0086】

従来のPBGを図11Bに示す。基板1104上に形成された柱状アレイ1106は、X及びYの両方向において、屈折率の周期的変化を示す。この媒質を通して伝播する電磁放射は、前記放射が、方向符号1103で示されるXY面内で伝播した場合に、最も顕著に影響を受ける。

【0087】

その周期的性質のため、図11Bのアレイは、これのより高次の次元性を除いて、1次元薄膜積層体と特性を共有する。前記アレイは、前記XY面内で、前記アレイを通るある軸に沿って、前記屈折率は、前記柱状材料の屈折率と、一般に空気である周囲の物質の屈折率との間で変化する、という意味で周期的である。薄膜積層体の設計に適用される同じ原理に対する変形例を用いる、このアレイの適当な設計は、前記XY面で動く放射に作用する幅広い光応答の製造（ミラー、帯域フィルタ、エッジフィルタ等）を可能にする。図11Bのアレイ1106は、その寸法および/または屈折率が異なる柱状体の形の特異体または欠損部1108を含む。例えば、この柱状体の直径は、（約4分の1波長の直径とすることができる）残りの柱状体よりもわずかに大きくまたは小さくしてもよく、または異なる材料物質（おそらくは、空気対二酸化シリコン）からなってもよい。前記アレ

イの全体のサイズは、処理する必要がある光学系またはコンポーネントのサイズによって決まる。また、前記欠損部は、所望の作用により、1つ又は複数の柱状体(列)がない形で生じてよい。この構造は、図16の絶縁体ファブリペローフィルタと類似しているが、前記構造は、2次元のみで機能する。この場合、前記欠損部は、(図16に示す)空洞1616と類似している。前記残りの柱状体は、隣接する2次元積層体と類似している。

【0088】

図11Bの構造の関連する寸法は、柱状体 x 間隔 s_x 、柱状体 y 間隔 s_y (これらのうちのいずれかは、格子定数とみなすことができる)、柱状体の直径 d 及びアレイの高さ h によって表わされる。上記4分の1波積層体と同様に、1次元の同等の柱状体の直径及び間隔は、約4分の1波とすることができる。前記高さ h は、単一モード伝播に用いられる半波長よりもわずかに大きい、所望の伝播モードによって決まる。前記構造の関連するサイズと、光に対するそれらの効果の等式は公知であり、John D. Joannopoulosらによる「フォトニッククリスタル(Photonic Crystals)」という論文に記載されている。

【0089】

また、この種の構造は、(図11Aに示す)共振器1102を製造するのに用いられるのと同じ材料及び方法を用いて製造することができる。例えば、シリコンからなる単一の膜は、従来の技術を用いて、ガラス基板上に堆積させて、パターンニングすることができ、反応性イオンエッチングを用いてエッチングして、高アスペクト比の柱状体を形成することができる。1.55 μm の波長の場合、前記柱状体の直径及び間隔は、それぞれ、約0.5 μm 及び0.1 μm とすることができる。

【0090】

また、フォトニック構造は、放射を、限定的幾何学的制約の下で方向付けることも可能にする。すなわち、前記フォトニック構造は、次元的制約が厳しい場合に、光の周波数のある周波数または帯域を再び方向付けおよび/または選択するのが好ましい用途において非常に有用である。光の波長よりも小さい空間内で光を90度回転させることができる、前記XY面内を伝播する光を導く導波管を製造することができる。これは、例えば、前記柱状欠陥部を、前記導波管として作用することができる線型列の形で形成することによって実現することができる。

【0091】

3次元構造を図12に示す。基板1200上に形成された3次元周期構造1202は、XY、YZ及びXZ面内で伝播する放射に対して作用する。様々な光応答を、前記構造の適当な設計及びその構成材料の選択によって得ることができる。同じ設計ルールを適用することもできるが、ここでは、3次元的に適用する。欠損部は、周りの媒質とはサイズおよび/または屈折率が異なる、ポイント、ライン、ポイント及びラインの形で存在する。図12において、欠損部1204は、単一のポイント要素であるが、線型または線型及びポイント要素または領域の組合せとしてもよい。例えば、ポイント欠損部の「線型」または「蛇行」アレイは、上記PBGを通る任意の3次元経路をたどり、かつ導波管内を伝播する光のための厳しく制限された導波管として作用するように製造することができる。前記欠損部は、通常、内部に設けられるが、説明のため表面に図示してある。この構造の関連する寸法を図に示す。前記PBGの直径、間隔及び材料は、完全に用途次第であるが、上述した設計ルール及び等式も適用できる。

【0092】

3次元PBGは、形成するのがより煩雑である。1次元または2次元形状構成を製造する従来の手段は、3次元に適用した場合、前記3次元を前記構造内に実現するために、堆積、パターン及びエッチサイクルに関して多くの応用を伴うことになる。周期的3次元構造を形成するための製造技術は、感光材料が、定常波にさらされて、前記材料自体の指数変化の形で前記波が繰り返されるホログラフィー技術と、前記材料物質の堆積中に、柱状または球状構造からなるアレイを形成する、ある共重合性材料物質の本質的な付着力と指向性との依存する自己組織性有機材料または自己集合性材料の使用と、いったん凝固する

と、前記構造を組織化し、かつ溶解または高温により除去することができる液体懸濁液への、制御された寸法からなる球状構造の装備の組み込みを含むことができるセラミックアプローチと、これらのアプローチの組合せと、公知の他の技術とを含む。

【0093】

共重合自己集合性技術は、低温であり、かつ最小限のフォトリソグラフィを要するか、またはフォトリソグラフィを必要としないため、特に興味深いものである。一般に、この技術は、二硫化炭素等の溶媒へのポリマーの溶解を含み、PPQmPSn (polyphenylquinoline-block-polystyrene) は1つの事例である。前記溶液を基板上に塗布して、前記溶液が蒸発できるようになった後、空気が充填されたポリマー球体の密集六边形配列が生じる。このプロセスは、多層を形成するために、多数回繰り返すことができ、前記配列の周期は、前記ポリマーの成分(m及びn)の繰り返し単位の数によって操作することによって制御することができる。金属、酸化物、または半導体を含むナノメータサイズのコロイドの導入は、前記配列の周期をさらに小さくするとともに、前記ポリマーの屈折率を増加させるという効果を持たせることができる。

10

【0094】

欠損部は、収束ビームまたは原子間力顕微鏡等の手段を用いて、サブミクロンスケールの前記材料物質の直接的操作によって導入してもよい。前者は、非常に小さな選択領域内の材料物質を除去するのに、または前記領域に材料物質を付加するのに、あるいは、前記材料物質の光学特性を変更するのに用いることができる。材料物質の除去は、収束イオンビーム装置によって用いられるビーム等の強力な粒子ビームが、この経路内の材料物質を吹き飛ばしたときに行われる。材料物質の付加は、前記収束ビームが、六フッ化タングステン(タングステン導体の場合)または四フッ化シリコン(絶縁二酸化シリコンの場合)等の揮発性金属を含有するガス中を通過したときに生じる。前記ガスが分解されて、その成分が、前記ビームが前記基板に接触した箇所に付着される。原子間力顕微鏡は、分子レベルの極小サイズで材料物質を除去するのに用いることができる。

20

【0095】

別のアプローチは、米国特許第5,641,391号明細書に詳細に説明されているマイクロ電着と呼ぶことができる方法の使用を含む。このアプローチにおいては、様々な材料物質及び構造を用いて、サブミクロン分解能の3次元形状構成を画成するのに、単一の微小電極を用いることができる。このようにして付着させた金属「欠損部」は、後に酸化させて、上述した技術を用いて、上記PBG配列をその周囲に形成することができる絶縁欠損部を形成することができる。

30

【0096】

上記PBGがこの上に形成される前記基板上での、他の材料物質のパターンの形での表面形状構成の存在は、前記PBGの形成中の前記PBG内での欠損部の形成のための枠組としても作用する。このことは、特に、基板状態に敏感であるPBGプロセス、主に自己集合性アプローチに関連性がある。これらの特徴は、前記プロセスの特定の性質により、前記シードの周囲の高度に局在化された領域内での前記PBGの「成長」を促進または抑制する可能性がある。このようにして、欠損部の「シード」のパターンを生成することができ、その後、前記PBGを、前記PBG形成プロセス中に、前記欠損部を中に形成した状態で形成することができる。

40

【0097】

従って、干渉変調装置として知られているデバイスの種類は、多次元フォトニック構造のより大きなファミリーを前記変調装置自体に組み込むことにより、さらに広げることができる。本質的に静的なデバイスであるどのような種類のフォトニック構造も、その幾何図形的配列を変更することによりおよび/または他の構造物に対するその近接性を変えることにより、動的に形成することができる。同様に、各々が1次元フォトニック構造である2つのミラーを具備する(図16に示す)微小機械ファブリペローフィルタは、前記空洞幅を静電的に変更することにより調整することができる。

【0098】

50

図13は、2次元PBGを含む干渉変調装置設計の2つの実施例を示す。図13Aにおいて、カットウェイ図1300は、自己支持膜1304を示し、前記膜は、基板1303と対向する面上に設けられたマイクロリング共振器1306を用いて形成されている。基板1303のかさの中に存在している導波管1301及び1302は、平面的でかつ平行であり、公知の技術を用いて形成することができる。図13Aにおいて、前記干渉変調装置は、前記マイクロリングと前記基板との間に限定的なエアギャップ(部材)を有した非駆動状態で示されている。前記マイクロリングは、その位置が、下の前記基板内の1対の導波管に重なりかつ前記1対の導波管と整列するように形成される。前記マイクロリングの寸法は、図11Aで説明した実施例と同じである。断面1305は、 $w = 1\mu\text{m}$ 、 $h = 0.5\mu\text{m}$ 、及び $t = 100\text{nm}$ とすることができる前記導波管の寸法を示す。前記非駆動状態において、光1308は、妨げられることなく導波管1302内を伝播し、出力ビーム1310は、入力1308とスペクトル的に同一である。

【0099】

上記干渉変調装置を駆動して、前記マイクロリングを前記基板及び導波管と密接に接触させると、前記デバイスの光学的作用が変わる。導波管1302内での光の伝播は、消失現象により、前記マイクロリングに結合する。前記マイクロリングは、適切な大きさに形成されている場合、導波管1302からの選択された周波数を結合し、かつ前記周波数を導波管1301に注入する光共振器として作用する。このことを図13bに示し、入力ビーム1308及び出力ビーム1310の方向とは反対側の方向に伝播する光ビーム1312が図示されている。このようなデバイスは、前記構造を、下にある導波管と密接に接触させるのに必要な電圧の印加または他の駆動手段によって、特定の波長を導波管から選出する周波数選択スイッチとして機能することができる。この構造の静的バージョンは、B. E. Little等の研究論文「垂直結合マイクロリング共振器チャネルドロップリングフィルタ(Vertically Coupled Microring Resonator Channel Dropping Filter)」、IEEEのフォトニクステクノロジー通信、vol. 11、no. 2、1999年に説明されている。

【0100】

他の実施例を図13Cに示す。この場合、1対の導波管1332及び1330と共振器1314とが前記基板上に、柱状PBGの形で形成されている。前記PBGは、均一な配列であり、前記導波管は、2つの列(各導波管に対して1つ)を取り除くことによって画成され、前記共振器は、2つの行を取り除くことによって画成されている。平面図133は、導波管1330及び1332、及び共振器1314の構造の詳細を示す。寸法は、当該導波管及び使用する材料物質による。1.55 μm の波長の場合、前記柱状体の直径及び間隔は、それぞれ、約0.5 μm 及び1 μm とすることができる。高さhは、単一モードのみを伝播すべき場合にサポートされ、かつ、半波長よりもわずかに大きくすべきである伝播モードを決める。

【0101】

膜1315の内面には、2つの絶縁柱状体1311が形成されており、前記2つの絶縁柱状体は、下方に向けられており、かつ前記基板上の柱状体と同じ寸法を有し、前記基板上の柱状体と同じ材料物質(または光学的に等価な材料物質)からなる。前記共振器及び柱状体は、互いに補完するように設計されており、前記膜上の前記柱状体が配置されている箇所の前記共振器内には、それに対応して柱状体が存在していない。

【0102】

上記干渉変調装置が非駆動状態にあるとき、上記PBGと、膜柱状体との間には、少なくとも数100ナノメートルの限定された垂直方向のエアギャップ1312があり、そのため光相互作用は起きない。上記共振器内に柱状体がないことが欠損部のように作用し、導波管1330と導波管1332との間に結合が生じさせる。この状態で、前記デバイスは、図13Bに示したのものと同じように作用し、導波管1330に沿って伝播する光1328の選択された周波数が導波管1332に注入され、入力ビーム1328及び出力ビーム1326の反対方向1329に伝播する。

【0103】

しかし、上記干渉変調装置を上記PBGに接触させることは、上記柱状体を上記共振器内に置くことになる。前記共振器の欠損部は、前記膜柱状体の配置によってなくなる。この状態の前記デバイスは、図13Aに示したものと同様に作用し、光1328は干渉なしに伝播する。

【0104】

この構成の静的バージョンは、H. A. Hausの論文「フォトニッククリスタルにおけるチャネルドロップフィルタ(Channel drop filters in photonic crystals)」光学エクスプレス、vol. 3、no. 1、1998年に記載されている。

10

【0105】

(光スイッチ)

図14Aにおいて、誘導吸収体をベースとするデバイスは、材料物質の積層体1402の上に浮遊している、数10から数100平方ミクロン程度の自己支持性アルミニウム膜1400を含み、前記積層体は、透明基板1404上にパターンニングされた金属と酸化物との組み合わせを備える。米国特許第6,040,937号明細書に記載されている、前記誘導吸収体変調装置に用いられる膜は、この目的のために機能することができる。また、前記基板上の前記膜は、ITO(インジウムスズ酸化物)等の透明導体を含んでもよい。前記構造は、その下面に、厚さが数100オングストロームの、モリブデン又はタンゲステン等の光沢性金属膜を備えてもよい。

20

【0106】

ある実施形態の材料物質は、非駆動状態において、前記デバイスが、特定の波長領域で反射するが、前記膜が接触したときには、高吸収性になるように構成される。側面図1410は、基板1412の側面を見た前記デバイスの図である。光ビーム1408は、基板1412を通るある任意の角度で伝播し、前記非駆動状態で示す干渉変調装置1406に入射する。前記光の周波数が、非駆動状態の前記干渉変調装置の反射領域と調和すると仮定すると、前記光は、余角1411で反射して伝播していく。側面図1414は、駆動状態における同じ干渉変調装置を示す。前記デバイスは、このとき、高吸収性であるため、前記干渉変調装置に入射する光は、もはや反射せずに、前記材料物質によって前記干渉変調装置の積層体に吸収される。

30

【0107】

従って、この構成において、前記干渉変調装置は、前記基板が形成されたときに前記基板内で伝播する光に対して光スイッチとして作用する。前記基板は、高度に研磨され、(当該光の波長の1/10以内に)高度に平行であり、かつ前記光の波長の多数倍の厚さ(少なくとも数100ミクロン)である表面を形成するように機械加工される。このことは、前記基板が、光ビームが、概して前記基板と平行であるが、一方の面から他方への多数の反射をうける方向に伝播する基板/導波管として機能することを可能にする。このような構造における光波は、基板導波と呼ばれることもある。

【0108】

図14Bは、このテーマに関する変形例を示す。膜1422は、膜1422がもはや矩形形状ではなく、一端部1420に向かって先細りになっているように、基板1426上で、光積層体1424を覆ってパターンニングされている。前記構造の機械的ばね定数は、その長さに沿って一定であるが、電極領域は減少する。従って、静電的に印加することができる力の量は、前記先細り部分の狭い方の端部よりも小さい。徐々に増加する電圧を印加すると、膜1422は、まず、幅広の方の端部で作動し、動作は、前記電圧が増加するにつれて、矢印1428に沿って進んでいく。

40

【0109】

上記干渉変調装置は、入射光に対して、前記印加電圧の値に依存する領域を有する吸収性領域として作用する。側面図1434は、電圧を印加しない場合の、基板伝播ビームに関する効果を示す。前記入射ビームの視点から前記干渉変調装置を示す図1435におけ

50

る対応する反射領域 1 4 2 9 は、反射領域 1 4 2 9 上に重ね合わされた前記ビームの「足跡」 1 4 3 1 を示す。反射領域 1 4 2 9 全体は非吸収性であるため、ビーム 1 4 3 0 は、ビーム 1 4 3 2 の形で（最小限の損失で）干渉変調装置 1 4 2 8 から反射される。

【 0 1 1 0 】

側面図 1 4 3 6 においては、中間の電圧値が印加され、図 1 4 3 7 に示す反射領域 1 4 2 9 が部分的に吸収性であるため、反射ビーム 1 4 4 0 は、ある程度減衰されている。図 1 4 3 8 及び図 1 4 3 9 は、反射領域 1 4 2 9 が完全に吸収性であるため、前記ビームの完全な作用及び完全な減衰の結果を示す。

【 0 1 1 1 】

従って、先細りの外形構造を用いることにより、可変光アッテネータを形成することができ、その応答は、前記印加電圧の値に直接的に関連する。

10

【 0 1 1 2 】

光スイッチの他の種類を図 1 5 A に示す。支持フレーム 1 5 0 0 は、ミラー 1 5 0 2 に電氣的に接続されるように、厚さ数 1 0 0 0 オングストロームのアルミニウム等の金属で形成されている。ミラー 1 5 0 2 は、透明光スタンドオフ 1 5 0 1 上にあり、前記スタンドオフは、支持フレーム 1 5 0 0 に接合されている。ミラー 1 5 0 2 は、単一の金属膜、又は、金属、酸化物及び半伝導性膜の組み合わせを備えてもよい。

【 0 1 1 3 】

スタンドオフ 1 5 0 1 は、基板 1 5 0 4 の屈折率と同じか、又はそれ以上の屈折率を有する材料物質で形成されている。これは、 SiO_2 （同じ屈折率）又は可変屈折率を有するポリマーとすることができる。スタンドオフ 1 5 0 1 は、ミラー 1 5 0 2 が、45度の角度で支持されるように機械加工されている。スタンドオフ 1 5 0 1 の機械加工は、光密度によって連続的に変化することが可能な形状構成を有するフォトリソグラフィを用いて実現することができる。特定の形状構成に対するこの密度の適当な変化により、3次元形状を、このマスクを用いてさらされるフォトリソグラフィに形成することができる。そして、前記形状は、反応性イオンエッチングによって、他の材料物質に転写することができる。全体のアセンブリは、さえぎるものがない「ウィンドウ」を下にある基板 1 5 0 4 に設けるようにパターンニングされている導体 1 5 0 3 の上に浮遊している。換言すれば、導体 1 5 0 3 のかさは、むきだしのガラスからなるウィンドウ 1 5 0 5 が露出するようにエッチング除去されている。前記スイッチは、他の干渉変調装置と同様に、前記アセンブリ全体を前記基板 / 導波管に接触させるように作動させることができる。ビーム 1 5 1 0 は、前記基板内で、前記ビームが前記基板の境界線を越えて伝播するのを防ぐために、垂直から45度の角度で伝播する。このことは、45度が前記角度以上であるため、前記ビームを、全内部反射（total internal reflection; TIR）の原理により、前記基板と外側の媒質との間の境界において、最小限の損失で、又は損失なしで、反射させる1508ことを可能にする臨界角度として知られている。

20

30

【 0 1 1 4 】

TIRの原理は、スネルの法則に従属するが、基本的な必要条件是、前記基板の外側の媒質が、前記基板の屈折率よりも低い屈折率を有していなければならないということである。側面図 1 5 1 2 において、前記デバイスは、非駆動状態のスイッチ 1 5 0 6 と、妨げられない状態で伝播しているビーム 1 5 1 0 とを有して示されている。側面図 1 5 1 4 に示すように、スイッチ 1 5 0 6 が作動して基板 1 5 1 6 に接触すると、前記ビームの経路 1 5 1 8 は変更される。上記スタンドオフは、基板 1 5 1 6 の屈折率以上の屈折率を有しているため、前記ビームはもはや前記境界においてTIRをうけない。

40

【 0 1 1 5 】

前記ビームは、基板 1 5 1 6 から出て前記光スタンドオフ内に伝播していき、そこで前記ミラーにより反射される。前記ミラーは、45度の角度がつけられており、そのため、反射ビーム 1 5 1 8 は、前記基板の面と垂直な角度で伝わっていく。その結果、前記光は、もはやTIRの基準に合わないため、前記基板の境界を通過して伝播し、かつ前記基板

50

／導波管の反対側に設けられているファイバカブラ1520によって捕捉することができる。同様のコンセプトは、X. Zhou等の論文、「電気機械的空間変調器を用いた導波管パネルディスプレイ (Waveguide Panel Display Using Electromechanical Spatial Modulators)」、SIDダイジェスト、vol. XXIX、1998年に記載されている。この特定のデバイスは、放射性表示用途のために設計されていた。また、前記ミラーは、反射格子の形で実施することもでき、前記格子は、従来のパターンニング技術を用いて、前記スタンドオフの表面にエッチングすることができる。しかし、このアプローチは、波長依存状態を呈し、かつ薄膜ミラーに関しては問題とはならない多くの回折傾向により損失を伴う。また、代替の光構造は、各々の特徴及び欠点を伴って、前記ミラーと置き換えることができる。これらは、屈折性、反射性及び回折性として類別することができ、(透過性及び反射性の)マイクロレンズと、凹状又は凸状ミラーと、回折光素子、ホログラフィック光素子、プリズム、及びマイクロ製造技術を用いて形成することができる他の形態の光素子とを含むことができる。代替の光素子を用いた場合、上記スタンドオフ及び前記光学素子に伝わる角度は、前記微小光学系の性質により必要ない。

【0116】

上記干渉変調装置に関するこの変形例は、光に対して減結合スイッチとして作用する。前記ミラーが適当に設計されている場合の広範囲の放射又は特定の周波数は、随意に、前記基板／導波管の外に結合することができる。側面図1526は、45度の角度が付けられた追加的な固定ミラー1528が、減結合スイッチ1506の面とは反対側の、基板1524の面上に形成されている、より複雑な実施を示す。このミラーは、作動させることができない点が前記スイッチとは異なる。両構造に対する前記ミラーの角度の注意深い選択により、スイッチ1506により前記基板1524の外部に有効に減結合されている光1522を、再結合ミラー1528によって、前記基板内に再結合(点線)することができる。しかし、再結合ミラー1528を、前記XY面内に異なる方向で形成することにより、前記ミラーの組み合わせは、光を、前記基板／導波管内のどのような新たな方向にも再指向させるのに用いることができる。これら2つの構造の組み合わせは、指向性スイッチと呼ぶことにする。また、再結合ミラーは、前記基板内を伝播するどのような光も、前記表面に対して垂直な方向に結合するのに用いることができる。

【0117】

図15Bは、指向性スイッチからなる配列の実施を示す。基板1535を見下ろすと、リニアアレイ1536は、光を、前記XY面に対して垂直な角度で基板1535内へ向けるファイバカブラの配列である。再結合ミラー(図には見えない)の配列は、光を基板1535内へ結合するために、前記ファイバカブラアレイのちょうど反対側に配置されている。基板1535の表面には、指向性スイッチからなる配列が配置されており、各スイッチ1531は、典型的な実施例である。これらのスイッチは、入力ファイバカブラ1536のいずれか1つから前記基板内に結合された光を、出力ファイバカブラ1532のいずれか1つに向けることができるように配置されている。このようにして、前記デバイスは、ある数の異なる入力のうちのいずれか1つを、ある数の異なる出力のいずれか1つに切り替えることができるN×N光スイッチとして作用することができる。

【0118】

(調節可能フィルタ)

図16を見ると、調節可能なファブリペローフィルタの形の干渉変調装置が示されている。この場合、導電接触パッド1602が、絶縁ミラー1604及び1608と、犠牲層1606と共に、基板1600上に堆積されパターンニングされている。これは、半波長の何倍かの厚さを有するシリコン膜で構成してもよい。前記ミラーは、高屈折率と低屈折率とを1つおきにした、材料物質、すなわち、2つの実施例であるTiO₂(高屈折率)及びSiO₂(低屈折率)からなる積層体を備えてもよい。これらの層のうちの1つは、空気でもよい。絶縁層1610は、第2の接触パッド1612がミラー1608のみに接触するように堆積され、かつパターンニングされている。ミラー1608は、その後、パター

ニングされて、支持体 1615 によって接続されたミラー「アイランド」1614 が残される。前記アイランドの横方向の寸法は、主に、前記アイランドがそれと相互に作用する光ビームのサイズによって決まる。前記寸法は、一般に、およそ数 10 から数 100 ミクロンである。犠牲層 1606 は、化学的に、しかし、物理的安定性をもたらす十分なサイズの、好ましくは、およそ数 10 平方ミクロンのスタンドオフ 1613 を残すように、部分的にエッチングされる。ミラー 1608 の上部層及びミラー 1604 の底部層が、導電性になるように軽くドーブされている場合、接触パッド 1602 と接触パッド 1612 との間への電圧の印加は、前記ミラーアイランドをずらすことになる。従って、前記構造の光応答を調節することができる。

【0119】

図 17A は、この調節可能フィルタの応用を示す。基板 1714 の上面には、調節可能フィルタ 1704 と、ミラー 1716 と、反射防止膜 1712 とが形成されている。また、ミラー 1717 が、少なくとも 100 nm 厚の金等の金属によって、前記基板の底面に形成されている。前記基板の上面には、光上部構造 1706 が設けられており、前記上部構造の内面は、例えば、反射性金膜の追加によって、少なくとも 95 % の反射性になっており、また、角度が付けられたミラー 1710 を支持している。このデバイスにおいて、光ビーム 1702 は、ガラス基板及び空気の媒質に対して約 41 度である臨界角度よりも大きいある角度で、前記基板内を伝播する。そのため、ミラー 1716 は、前記基板 / 導波管の領域内にビーム 1702 を閉じ込めることを要する。この構造は、前記光が伝播する角度の選択において、大きな柔軟性をもたらす。

【0120】

ビーム 1702 は、ファブリペローフィルタ 1704 に入射し、前記フィルタは、光の特定の周波数 1708 を透過させると共に、その残り 1709 を反射させる。透過した周波数 1708 は、反射性上部構造 1706 に入射した後、前記上部構造から反射され、ミラー 1716 によって再び反射されて、角度の付いたミラー 1710 に入射する。ミラー 1710 は、フィルタ 1704 によって透過された光が、基板 1714 に対して垂直な角度で反射防止膜 1712 の方へ向けられ、その後、基板 1714 を通過して外部の媒質に達するように、傾けられている。反射した周波数 1709 は、ミラー 1717 とミラー 1716 との間の基板 1714 内で反射し、最終的に基板 1714 を通過して反射され 1718、外部媒質に達する。従って、前記デバイスは、全体として、波長選択フィルタとして作用する。

【0121】

上記上部構造は、多数の技術を用いて製造することができる。その 1 つは、精密な深さ、例えば、およそ前記基板の厚さで、かつ少なくとも数 100 ミクロンの空洞を形成するための、シリコンのスラブのバルク微小機械加工を含むであろう。前記角度の付いたミラーは、前記空洞のエッチング後に形成され、前記アセンブリ全体は、例えば、多くのシリコン / ガラス接合技術のうちのいずれか 1 つを用いて、前記基板、すなわちガラスに接合される。

【0122】

図 17B は、より複雑なバージョンである。この実施例においては、第 2 の調節可能なフィルタ 1739 が、追加的な周波数選択チャンネルを設けるために付加されており、前記フィルタは、2 つの別々の周波数を独立して選択できるようにする。ビーム 1730 は、基板 1744 を通過して、第 1 のファブリペローフィルタ 1732 に入射し、前記フィルタは、光の特定の周波数 1734 を透過させると共に、その残りを反射させる。透過した周波数 1734 は、ミラー 1736 に入射した後、前記ミラーから反射し、第 2 のミラーにより再び反射されて、2 つの検出器 1738 のうち的一方に入射する。反射した周波数は、ミラー 1740 と追加的なミラーとの間の基板 1744 内で反射されて、第 2 のファブリペローフィルタ 1739 に入射し、前記フィルタは、光の特定の周波数を透過させ、その残りを反射させて基板 1744 を通過させ、外部の媒質に入れる。第 2 のフィルタ 1739 によって透過された周波数は、反射性上部構造 1742 と追加的なミラーとの間で

反射されて検出器 1738 に達する。検出器 1738 は、高度の統合機能性を可能にする。

【0123】

図 17C は、集積回路を含む。光ビーム 1750 が基板 1770 に結合されており、調節可能フィルタ 1752 に入射している。このフィルタは、前記フィルタの可動ミラーの表面に形成されている再結合ミラー 1756 を含む点で図 17A 及び図 17B のフィルタとは異なっている。前記ミラーの角度は、フィルタ 1752 により選択された周波数が、ここで再び、光ビーム 1758 の形で垂直に、前記基板に直接結合されるようになっている。光ビーム 1750 に含まれる残りの周波数は、伝播するビームに対して垂直な面を呈するような角度になっている再結合ミラー 1760 に達するまで伝播する。従って、前記ビームは、その経路を逆に再トレースして前記デバイスから出ていき、そこで、光学的に接続されている他のデバイスによって用いることができる。光ビーム 1758 は、前記ビームに含まれる情報を検出して、デコードすることができる IC 1764 に入射する。IC 1764 は、FPGA 又は他のシリコン、シリコン/ゲルマニウム、又は、情報伝達光に直接結合されることによって利益を得ることができるヒ化ガリウムをベースとする集積回路の形とすることができる。例えば、高帯域幅光相互配線を、双方向光経路 1772 によって、IC 1764 と IC 1762 との間に形成することができる。これは、ミラー 1776、ミラー 1778 及び再結合ミラー 1768 の組合せによって形成されている。光は、VCSELs (vertical cavity surface emitting lasers) 又は発光ダイオード (LED) 等のいずれかのコンポーネントを含む IC によって放射することができる。光は、前記 IC を製造するのに用いられる半導体技術に依存する前記コンポーネントの性質を用いて、いくつかの光感知コンポーネントによって検知することができる。また、前記 IC に入射する光は、基板伝播光にさらされる前記 IC の表面に製造されている干渉変調装置によって変調することができる。

【0124】

(基板導波管を用いた光ミキサー)

図 18A 及び図 18B は、基板/導波管の TIR バージョンを用いて実施した 2 チャネル光ミキサーの図である。図 18A は、前記デバイスの概略図である。多数の波長を含む光は、分離されて、2 つの独立した可変アッテネータ 1805 へ向けられる 2 つの特定の波長 1801、1803 を有する。そして、前記 2 つの波長は、いくつかの可能なチャネル 1807 又は光ストップ 1813 へ出力される。

【0125】

図 18B は実施を示す。前記入力光は、前記デバイスに注がれて、ファイバカブラ 1800、反射防止膜 1802 を通過して、再結合ミラー 1806 を用いて基板 1804 に結合される。前記再結合ミラーは、前記光を調節可能フィルタ 1808 に向けて、周波数 λ_1 を分離し、全ての非選択周波数 λ_2 を第 2 の調節可能フィルタ 1809 へ向け、前記第 2 の調節可能フィルタは、周波数 λ_2 を分離し、残りの周波数 (ビーム 1819) を TIR によってさらに下流へ伝播させる。調節可能フィルタ 1808 によって伝達された周波数 λ_1 の経路に続いて、前記光は、ミラー 1810 によって再び前記基板導波管へ向けられ (ビーム 1815)、AR 膜を通過し、再結合ミラー 1811 により再び基板 1804 へ再結合され、前記ミラーは、ビーム 1815 をアッテネータ 1812 へ向ける。第 2 の調節可能フィルタ 1809 によって伝達された周波数 λ_2 は、ミラー 1810 と同様に配置されたミラーによって基板 1804 内へ再び向けられ (ビーム 1817)、そこで前記ビームは、ビーム 1815 と平行な経路をたどる。ビーム 1815 及び 1817 は、TIR により基板 1804 内を伝播し、ビームリポジショナ (beam reposit ioner) 1816 によって位置がずらされる。

【0126】

ビームリポジショナ 1816 は、再結合ミラーが、前記基板の表面と平行であることを除いて、前記再結合ミラーと同じ結果を生じる。前記ミラーは、前記基板表面を越える固定距離に懸下されているため、反対側の基板境界面への入射点の位置は、右側へずれる。

このずれは、前記リポジショナの高さによって直接決まる。また、第2の調節可能フィルタ1809により選択されなかった波長を含むビーム1819も、リポジショナ1818によってずらされる。その結果は、3つのビーム1815、1817及び1819全てが、減結合スイッチ1820及び1824のアレイに入射したときに、均一に離れているということである。前記スイッチは、前記ビームを、2つの光コンバイナ(optical combiner)1828のうちの一方へ、又は、検出器/吸収体1830へ再び選択的に向けるように作用する。前記光コンバイナは、光を、それぞれ、減結合スイッチ1820及び1824から出力ファイバケーブル1822及び1826へ向ける。前記光コンバイナは、様々な方法を用いて製造することができる。反応性イオンエッチングを用いて、その上面をレンズ状に形成した柱(pillar)の形にパターンニングした重合膜は、1つのアプローチである。前記基板に接合されている半導体デバイスを備える前記検出器/検出器は、前記ミキサの出力の測定を可能にするように作用する。光上部構造1829は、外部の光コンポーネントをサポートし、前記ミキサのための密封パッケージを形成する。

10

【0127】

平面干渉変調装置と基板導波管との組合せは、光デバイスが、導波管及び/又は前記上部構造の上にあり、かつ前記導波管内を伝播し、かつ前記導波管と前記上部構造との間を伝播する光に対して作用することが可能であるため、容易に製造、構成され、容易に外部に対して結合される光デバイスからなるファミリーを形成する。全てのコンポーネントは、平面状に形成されるため、大面積への大量製造により、スケールメリットが得られ、異なるピースを容易かつ正確に整列及び接合することができる。また、全ての能動コンポーネントは、前記基板に対して垂直方向への作用を呈するため、前記コンポーネントは、より複雑な非平面状ミラー及びビームと比較して、比較的簡単に製造することができる。能動電子コンポーネントは、機能性を高めるために、前記上部構造又は前記基板/導波管のいずれかに接合してもよい。別法として、能動素子は、特に、シリコン又はヒ化ガリウム等の半導体である場合には、前記上部構造の一部として製造してもよい。

20

【0128】

(印刷式製造プロセス)

上記能動コンポーネントは平面状であり、また、前記層のほとんどは、専用の基板を必要とする半伝導性の電気的特性を要しないため、干渉変調装置や多くの他のMEMS構造は、印刷産業の製造技術に似た製造技術を利用することができる。それらのプロセスは、典型的には、フレキシブルで、例えば、紙やプラスチックからなる連続シート状の「基板」を必要とする。ウェブ送給プロセスと呼ばれるものは、一般に、一連のツールに送給される基板材料の連続ロールを必要とし、各ツールは、フルカラーグラフィックイメージを連続的に形成するために、前記基板をインクで選択的にコートする。このようなプロセスは、製品をその速度で製造することができる高速度のため重要である。

30

【0129】

図19は、単一の干渉変調装置の製造、ひいては、干渉変調装置のアレイ又は他の微小電気機械構造の製造に適用されるそのようなシーケンスの説明図である。ウェブソース1900は、透明プラスチック等の基板材料からなるロールである。前記ロールからの材料部分の典型的な領域1902は、この説明のため、単一のデバイスのみを含んでいる。エンボス加工ツール1904は、くぼみのパターンを前記プラスチックシートに押しつける。このことは、上にエッチングされた隆起部からなる適当なパターンを有するメタルマスタによって実現することができる。

40

【0130】

前記メタルマスタは、十分な圧力で前記シートに対して押圧されて、前記プラスチックを変形させて前記くぼみを形成するドラム上に設けられる。図1906はこのことを示す。コート1908は、スパッタリング又は蒸着等の公知の薄膜堆積プロセスを用いて、材料物質からなる薄い層を付着させる。その結果として生じるのが、酸化物、金属、酸化物及び犠牲層を含む4つの膜からなる積層物1910である。これらの材料物質は、誘導吸

50

収体干渉変調装置設計に相当する。ツール 1912 は、それらの層をパターニングするフォトレジストを一定量供給し、硬化させて露光させる。前記パターンが一旦、画成されると、前記膜のエッチングがツール 1914 で行われる。別法として、パターニングは、レーザアブレーションとして知られているプロセスを用いて実行してもよい。この場合、レーザは、動く基板と同期できるような方法で、前記材料物質上で走査される。前記レーザの周波数及びパワーは、当該材料物質を、ミクロン単位の特徴寸法まで蒸発させることができるようになっている。前記レーザの周波数は、前記基板自体ではなく、前記基板上の材料物質とのみ反応するように調整される。蒸発は急速に行われるため、前記基板は、最小限度加熱されるだけである。

【0131】

10

このデバイスの実施例においては、全ての膜は、同じパターンを用いてエッチングされる。このことは、ツール 1916 の適用後に、フォトレジストが除去されている 1918 を見れば分かる。ツール 1920 は、前記干渉変調装置の構造層になるものを堆積させる別の堆積ツールである。アルミニウムは、この層 1922 の 1 つの候補である。この材料物質は、最小限の残留応力を呈し、かつ様々な PVD 及び PECVD 技術を用いて堆積させることができる有機材料を含んでもよい。この層は、その後、それぞれツール 1924、1926 及び 1928 を用いて、パターニングされ、エッチングされて、フォトレジストが除去される。ツール 1930 は、前記犠牲層をエッチング除去するのに用いられる。前記層がシリコンである場合、これは、XeF₂、すなわち、このような目的のために用いられる気相エッチング液を用いて実行することができる。この結果として生じるのが、前記干渉変調装置を構成する自己支持性膜構造 1932 である。

20

【0132】

結果として生じるデバイスのパッケージングは、フレキシブルシート 1933 を、前記基板シートの上面に接着することによって実現される。これは、コーティングツール 1934 を用いて、金属等の密封膜がコーティングされている連続ロール 1936 によっても供給される。前記 2 つのシートは、接着ツール 1937 を用いて接合され、その結果として、パッケージされたデバイス 1940 が形成される。

【0133】

(応力測定)

残留応力は、MEMS 構造の設計及び製造における 1 つの要素である。干渉変調装置、及び、構造部材が、製造プロセス中に物理的に剥離されている他の構造においては、前記残留応力は、前記部材の結果として生じる構造を決める。

30

【0134】

干渉変調デバイスとしての前記干渉変調装置は、前記可動膜の結果として生じる構造の変化に敏感である。反射した、又は他の設計において透過した、カラーは、前記空洞のエアギャップ間隔の直接機能である。したがって、空洞の長さに沿ったこの距離の変化は、カラーの許容できない変化を生じる可能性がある。一方、この特性は、カラーの変化を、前記膜の変化及び変形の程度を決めるのに用いることができるため、前記構造自体の残留応力を決める際に、有用な手段である。材料物質の変形した状態を知ることは、前記材料物質の残留応力の判断を可能にする。コンピュータモデリングプログラム及びアルゴリズムは、このことを判断するために、前記変形状態に関する 2 次元データを用いることができる。従って、前記干渉変調装置構造は、この評価を実行するツールを形成することができる。

40

【0135】

図 20A から図 20F は、干渉変調装置を、どのようにこの様式で用いることができるかの実施例を示す。図 20A の干渉変調装置 2000、2002、図 20C の干渉変調装置 2004、2006、及び図 20E の干渉変調装置 2008、2010 は、側面図を示し、同じ干渉変調装置が、それぞれ図 20B、図 20D 及び図 20F に基板を通した底面図で示されている。左側の前記干渉変調装置は、2 重カンチレバー形態であり、右側の前記干渉変調装置は、シングルカンチレバー形態である。図 20A の場合、その構造材料は

50

、残留応力を有しておらず、両膜は、変形を呈していない。図 20B に示すように、前記デバイスは、前記基板を通して見た場合、前記デバイスがその上に形成されるスペーサ層の厚さによって決まる一様なカラーを呈している。図 20C の干渉変調装置 2004 及び 2006 は、底部よりも上部の方が圧縮性のある応力傾斜を有して示されている。前記構造膜は、その結果として変形を呈し、カラー変化の性質は、図 20D の底面図に明示されている。干渉変調装置 2004 の前記膜の中間領域に相当するカラー領域 2018 は、前記膜の側面に位置する領域 2018 の領域よりも前記基板から離れているため、赤になる可能性がある。逆に、干渉変調装置 2006 の左側の膜の部分に相当するカラー領域 2016 が緑である場合には、干渉変調装置 2006 の右側の膜の部分に相当するカラー領域 2014 は、前記基板に近い場合、青となる可能性がある。

10

【0136】

図 20E の干渉変調装置 2008 及び 2010 は、応力傾斜が、底部よりも上部の方が高い引っ張り応力を呈する状態を示す。前記構造部材は、それに応じて変形し、図 20F の底部に示すような色変化を生じる。この場合、前記基板から離れているため、干渉変調装置 2008 の膜の中間部に相当する領域 2024 は青となり、干渉変調装置 2008 の膜の外側部に相当する膜側面領域 2024 の部分は緑となる。同様に、前記基板から離れているため、干渉変調装置 2010 の膜の左側に相当する領域 2020 は赤であり、干渉変調装置 2010 の膜の右側に相当する膜側面領域 2022 は青となる。

【0137】

図 20G には、堆積膜の残留応力状態を迅速かつ正確に評価するのに用いることができるシステムが示されている。ウェハ 2030 は、可変長さ及び幅を有するシングル及び 2 重の両カンチレバー膜からなる干渉変調装置構造からなるアレイを備える。前記構造膜は、物理的特性及び残留応力特性が良好に特徴付けられている材料物質から形成されている。この場合の前記干渉変調装置は、表示目的のために使用しないと仮定した場合、かなり低くすることができる必要な反射性の制限を受ける多くの材料物質が可能である。良好な候補は、製造の観点から両立的に形成することができ、ある程度の反射性を呈し、高度な精度に特徴付けることができる物理的特性を有する結晶形の材料物質（例えば、シリコン、アルミニウム、ゲルマニウム）を含むであろう。これらの「テスト構造」は、独立しているように製造され、解放される。前記材料物質が応力を伴わない場合、前記構造は、色変化を呈しないことになる。このことは問題にならないであろうが、前記色状態又はカラーマップは、光学装置 2032 を介して高倍率のイメージを得ることができる高解像度イメージング装置 2034 の使用によって記録することができる。

20

30

【0138】

前記イメージング装置は、前記イメージデータを記録及び処理可能なハードウェアに属するコンピュータシステム 2036 に接続されている。前記ハードウェアは、多数の演算を高速で実行する容易に使用可能な高速処理ボードを備えることができる。ソフトウェアは、色情報を集めて、表面変形を計算する収集ルーチンで構成することができる。コアルーチンは、変形データを用いて、全体形状を形成することが可能な、前記膜の厚さの全域にわたる均一な応力と応力傾斜との最適な組合せを決定する。

【0139】

使用の 1 つの態様は、後の利用のために保存しておく、非堆積応力状態の詳細な記録を有する「バージンの」検査ウェハの収集を生成することができる。堆積膜の残留応力を決める必要が生じた場合、検査ウェハが選択され、前記膜が前記ウェハの上面に堆積される。前記堆積膜は、前記構造形態を変え、その結果として、前記構造のカラーマップも変える。前記コンピュータシステムに常駐するソフトウェアを用いると、前記検査ウェハの検査前後のカラーマップを比較することができ、また、形成された前記堆積膜の残留応力の評価を正確にすることができる。また、前記検査構造は、堆積後に作動するように設計することもできる。新たに堆積された膜に対する、作動中の前記膜の作用の観察は、前記残留応力状態に関するより多くの情報、及び多数の作動周期にわたる前記膜特性の変化を提供することができる。

40

50

【 0 1 4 0 】

この方法は、前記膜が堆積されたときの前記膜の応力を判断するのに用いることもできる。前記堆積装置の適当な変更を用いて、光経路を形成して、前記イメージングシステムが、前記構造を観察し、かつ前記構造のカラーマップの変化を実時間で追跡することを可能にすることができる。このことは、このように残留応力を制御する試みにおいて、堆積パラメータを制御する実時間フィードバックシステムを容易にするであろう。前記ソフトウェア及びハードウェアは、前記検査ウェハに対して定期的に質問してもよく、前記堆積ツールのオペレータが、前記膜が成長するにつれて条件を変更できるようにしてもよい。全般的に、このシステムは、電気機械的作用のみに基づいている、あるいは、形成された構造の変形を測定する高価で複雑な干渉変調システムを用いる、残留応力を測定する他の方法よりも優れている。前者は、前記デバイスからなる大きなアレイに対する駆動電子装置を設ける必要性があり、また、ずれを電氣的に測定する際の不正確さがある。後者は、観察時の前記膜の光特性及び必要な外部光学系及びハードウェアの複雑性に従属する。

10

【 0 1 4 1 】

(不連続膜)

興味ある特性を有する材料物質の他のクラスは、その構造が同質ではない膜である。これらの膜は、いくつかの形態で生じることが可能であり、それらをまとめて不連続膜と呼ぶことにする。図 2 1 A は、不連続膜の 1 つの形態を示す。基板 2 0 0 0 は、輪郭 2 1 0 4、2 1 0 6 及び 2 1 0 8 を前記基板にエッチング形成した、金属、絶縁体又は半導体とすることができる。当該光の波長の数分の 1 の高さ 2 1 1 0 を有する個々の構造断面を備える前記輪郭は、2 1 0 4 (三角形)、2 1 0 6 (円筒型) 及び 2 1 0 8 (クロブフェンシュタイン・テーパー) によって示されるものと同様の断面を実現するフォトリソグラフィ及び化学エッチング技術を用いてエッチングされる。個々の断面のいずれかのベース 2 1 0 2 の有効径も、前記パターンの高さ程度である。各輪郭はわずかに異なっているが、これらは全て、1 つが入射から前記基板内を横切ったとき、有効な屈折率が、前記入射媒質の屈折率から膜基板 2 0 0 0 自体の屈折率まで徐々に傾斜していく特性を共通に共有している。この種の構造は、角度的な依存性からさほど影響を受けないため、薄膜の組合せから形成された構造と比較して、優れた反射防止膜として作用する。従って、前記構造は、幅広い入射角から高度に反射防止性のままである。

20

【 0 1 4 2 】

図 2 1 B は、基板 2 1 2 2 上に付着しており、かつ金属、絶縁体又は半導体とすることができる被覆 2 1 2 0 を示す。前記膜は、この場合、まだ約 1 0 0 0 オングストローム厚以下の形成の初期段階である。ほとんどの堆積プロセス中、前記膜は、漸進的な核形成プロセスを受け、前記膜同士がある時点で接合して、不連続膜を形成するまで、どんどん大きく成長する材料物質の局所性を形成する。図 2 1 C は、膜 2 1 2 4 の平面図を示す。前記初期段階の膜の光特性は、連続膜の特性とは異なる。金属の場合、不連続膜は、連続的な等価物よりも高い損失を呈する傾向がある。

30

【 0 1 4 3 】

図 2 1 D は、不連続膜の第 3 の形態を示す。この場合、膜 2 1 3 0 は、連続的とみなされるように、少なくとも 1 0 0 0 オングストロームの厚さで基板 2 1 3 2 上に堆積されている。(当該波長よりも小さな径を有する)「サブ波長」ホール 2 1 3 4 のパターンが、上述した自己組織化アプローチと同様の技術を用いて、前記材料物質中に形成されている。この場合、前記ポリマーは、前記エッチングパターンを下にある材料物質に転写するマスクとして作用することができ、また、前記ホールは、反応性イオンエッチング技術を用いてエッチングすることができる。前記材料物質は、連続的であるが、穴があるため、図 2 1 B の初期段階の膜と同じようには作用しない。その代わり、その光特性は、入射放射が、低損失をうけ、かつ表面のプラズモンに基づいて透過ピークを呈する可能性があるという点で、非エッチング膜とは異なる。また、前記ホールの構造、及び入射角及び前記入射媒質の屈折率は、透過する光のスペクトル特性を制御するために操作することができる。図 2 1 E は、穴が開いた膜 2 1 3 6 の平面図を示す。このような膜は、T a e J i n

40

50

Kimの「サブ波長ホールアレイによって穴が開けられた金属を通る光伝送の制御 (Control of optical transmission through metals perforated with subwavelength hole arrays)」という論文に記載されている。これらは規則的な構造であるが、PBGとは異なっている。

【0144】

これら3種類全ての不連続膜は、干渉変調装置構造への包含の候補である。換言すれば、これらの不連続膜は、干渉変調装置構造の静止及び/又は可動部分において、1つ以上の材料物質膜として作用することができる。前記3種類全ては、可変厚みを有する膜の組合せの代わりに、個々の膜の構造及び外形に主に基づく方法で操作することができる固有の光特性を呈する。これらは、これらが備えることができる、干渉変調装置の他の電子的、光学的及び機械的要素と共に用いることができる。非常に単純な場合においては、これらの膜の各々の光特性は、これらの膜を、表面伝導又は光干渉によって、他の膜に直接接触させるか又は近づけることによって変化させることができる。このことは、前記膜の伝導性を直接変更することにより、及び/又はその周囲の媒質の有効屈折率を変更することにより行える。従って、個々の干渉変調装置におけるより複雑な光応答を、より複雑でない製造プロセスを有するより単純な構造を用いて得ることができる。

【0145】

(視覚的表示装置)

本発明の追加の実施形態は、反射性ディスプレイ内にピクセルを形成するために、大きなアレイ状に形成された複数の干渉変調デバイスを備える視覚的表示装置を含む。図23A及び図23Bは、表示装置40の一実施形態を示すシステムブロック図である。表示装置40は、例えば、携帯電話又は移動電話とすることができる。しかし、表示装置40又は、そのわずかな変形例の同じ構成要素も、テレビ及びポータブルメディアプレーヤ等の様々なタイプの表示装置の例証である。

【0146】

表示装置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44と、入力装置48と、マイクロフォン46とを含む。ハウジング41は、一般に、射出成形及び真空成形を含む、当業者によく知られているような種々の製造プロセスのうちのいずれかによって形成されている。また、ハウジング41は、限定するものではないが、プラスチック、金属、ガラス、ゴム及びセラミック又はこれらの組合せを含む様々な材料のうちのいずれかから形成することができる。一実施形態において、ハウジング41は、異なる色の、又は、異なるロゴ、写真又はシンボルを含む他の取外し可能な部分と交換することができる取外し可能な部分(図示せず)を含む。

【0147】

例示的な表示装置40は、本明細書で説明したようなバيسティブル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ってもよい。他の実施形態においては、ディスプレイ30は、上述したように、プラズマ、EL、OLED、STN LCD又はTFT LCD等のフラットパネルディスプレイ、あるいは、当業者にはよく知られているようなCRT又は他のブラウン管装置等の非フラットパネルディスプレイを含む。しかし、本実施形態を説明するために、ディスプレイ30は、本明細書に記載したように、干渉変調ディスプレイを含む。

【0148】

例示的な表示装置40の一実施形態の構成要素を図23Bに概略的に示す。図示した例示的な表示装置40は、ハウジング41を含み、また、前記ハウジングの中に少なくとも部分的に閉じ込められた追加的な構成要素を含むことができる。例えば、一実施形態において、例示的な表示装置40は、トランシーバ47に結合されているアンテナ43を含むネットワークインタフェース27を含む。トランシーバ47はプロセッサ21に接続されており、前記プロセッサは、調整ハードウェア52に接続されている。調整ハードウェア52は、信号を調整する(例えば、信号をフィルタリングする)ように構成してもよい。

調整ハードウェア 52 は、スピーカ 44 及びマイクロフォン 46 に接続されている。また、プロセッサ 21 は、入力装置 48 及びドライバコントローラ 29 にも接続されている。ドライバコントローラ 29 は、フレームバッファ 28 及びアレイドライバ 22 に結合されており、前記アレイドライバは、ディスプレイアレイ 30 にも結合されている。電源 50 は、特定の例示的な表示装置 40 設計に要求される全ての構成要素に電力を供給する。

【0149】

ネットワークインタフェース 27 は、例示的な表示装置 40 が、ネットワークを介して 1 つ以上のデバイスと通信することができるように、アンテナ 43 及びトランシーバ 47 を含む。一実施形態において、ネットワークインタフェース 27 は、プロセッサ 21 の要求を軽減するためのいくつかの処理能力も有してもよい。アンテナ 43 は、当業者に知られている、信号を送受信するいずれかのアンテナである。一実施形態において、前記アンテナは、IEEE 802.11(a)、(b) 又は (g) を含む IEEE 802.11 規格に従って RF 信号を送受信する。別の実施形態においては、前記アンテナは、ブルートゥース規格に従って RF 信号を送受信する。携帯電話の場合、前記アンテナは、CDMA、GSM、AMPS、又は、無線セル電話ネットワーク内で通信するのに用いられる他の公知の信号を受信するように設計される。トランシーバ 47 は、アンテナ 43 から受取った信号を、プロセッサ 21 によって受取り、かつ前記プロセッサによってさらに処理できるように、前記信号を前処理する。また、トランシーバ 47 は、プロセッサ 21 から受取った信号を、アンテナ 43 を介して例示的な表示装置 40 から送信できるように、前記信号を処理する。

【0150】

代替の実施形態においては、トランシーバ 47 は、レシーバと置き換えることができる。また別の代替の実施形態においては、ネットワークインタフェース 27 は、イメージソースと置き換えることができ、前記イメージソースは、プロセッサ 21 へ送るべきイメージデータを格納又は生成することができる。例えば、前記イメージソースは、イメージデータを含む DVD (digital video disc) 又はハードディスクドライブ、あるいは、イメージデータを生成するソフトウェアモジュールとすることができる。

【0151】

プロセッサ 21 は、一般に、例示的な表示装置 40 の全体の動作を制御する。プロセッサ 21 は、ネットワークインタフェース 27 又はイメージソースからの圧縮されたイメージデータ等のデータを受取り、前記データを処理して生イメージデータに、又は生イメージデータに容易に処理されるフォーマットにする。そして、プロセッサ 21 は、前記処理されたデータをドライバコントローラ 29 又は格納のためにフレームバッファ 28 へ送る。生データは、典型的には、イメージ内の各位置におけるイメージ特性を識別する情報を指す。例えば、そのようなイメージ特性は、色、飽和及び濃淡階調レベルを含むことができる。

【0152】

一実施形態において、プロセッサ 21 は、マイクロコントローラ、CPU、又は、例示的な表示装置 40 の動作を制御する論理ユニットを含む。調整ハードウェア 52 は、一般に、信号をスピーカ 45 へ転送し、かつマイクロフォン 46 から信号を受取る増幅器及びフィルタを含む。調整ハードウェア 52 は、例示的な表示装置 40 内の個別の構成要素であってもよく、あるいは、プロセッサ 21 又は他の構成要素に組み込んでもよい。

【0153】

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イメージデータを、プロセッサ 21 から直接、又はフレームバッファ 28 から取得して、アレイドライバ 22 への高速転送に適した生イメージデータに再フォーマット化する。具体的には、ドライバコントローラ 29 は、表示アレイ 30 の全域を走査するのに適した時間順序を有するように、前記生イメージデータを、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化する。そして、ドライバコントローラ 29 は、前記フォーマット化した情報をアレイドライバ 22 へ送る。LCD コントローラ等のドライバコントローラ 29 は、独立型

集積回路（ＩＣ）としてシステムプロセッサ２１と関連付けられる場合があるが、そのようなコントローラは、多くの方法で実施することができる。前記コントローラは、ハードウェアとしてプロセッサ２１に、ソフトウェアとしてプロセッサ２１に埋め込んでもよく、又は、ハードウェア内で、アレイドライバ２２と完全に一体化してもよい。

【０１５４】

典型的には、アレイドライバ２２は、ドライバコントローラ２９から上記フォーマット化された情報を受取って、前記ビデオデータを、上記ディスプレイの画素の $x-y$ マトリックスからくる何１００及び時には何１０００ものリードに毎秒多数回印加される波形の並行セットに再フォーマット化する。

【０１５５】

一実施形態において、ドライバコントローラ２９、アレイドライバ２２及び表示アレイ３０は、本明細書に記載したいずれかの種類のディスプレイに適している。例えば、一実施形態において、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又はバイステイブルディスプレイコントローラ（例えば、干渉変調コントローラ）である。別の実施形態においては、アレイドライバ２２は、従来のドライバ又はバイステイブルディスプレイドライバ（例えば、干渉変調ディスプレイ）である。一実施形態において、ドライバコントローラ２９は、アレイドライバ２２と一体化されている。そのような実施形態は、携帯電話、時計及び他の小面積ディスプレイ等の高度に一体化されたシステムにおいては共通である。また別の実施形態においては、表示アレイ３０は、典型的な表示アレイ又はバイステイブルディスプレイアレイ（例えば、干渉変調装置からなるアレイを含むディスプレイ）である。

【０１５６】

入力装置４８は、ユーザが例示的な表示装置４０の動作を制御できるようにする。一実施形態において、入力装置４８は、ＱＷＥＲＴＹキーボード又は電話キーパッド、ボタン、スイッチ、タッチスクリーン、圧力又は熱センシティブ膜等のキーパッドを含む。一実施形態において、マイクロフォン４６は、例示的な表示装置４０のための入力装置である。マイクロフォン４６を、前記装置にデータを入力するのに使用する場合、例示的な表示装置４０の動作を制御するために、ユーザがボイスコマンドを与えてもよい。

【０１５７】

電源５０は、公知の様々なエネルギーストレージデバイスを含むことができる。例えば、一実施形態において、電源５０は、ニッケル-カドミウム電池又はリチウムイオン電池等の充電可能な電池である。別の実施形態において、電源５０は、回復可能なエネルギー源、コンデンサ、又は、プラスチックソーラーセル及びソーラーセルペイントを含む太陽電池である。別の実施形態において、電源５０は、壁コンセントから電力を受取るように構成される。

【０１５８】

いくつかの実施においては、制御プログラム性は、上述したように、電子表示システムのいくつかの箇所に配置することができるドライバコントローラに存する。制御プログラム性は、アレイドライバ２２に存する場合もある。当業者は、上述した最適化を、多数のハードウェア及び／又はソフトウェア構成要素のどれでも、及び様々な構成で実施することができることを認識するであろう。

【０１５９】

その他の実施形態は、特許請求の範囲内に含まれる。

【図面の簡単な説明】

【０１６０】

【図１Ａ】反射防止膜及び一体化した補足光を含む例示的なディスプレイ基板の概略断面図である。

【図１Ｂ】補足光の別のスキームを概略的に示す図である。

【図２】微小機械加工したアーク光源の例示的な製造プロセスの詳細を概略的に示す図である。

10

20

30

40

50

【図 3】ディスプレイの干渉変調装置のアレイに対する例示的なバイアス中心駆動スキームを示す図である。

【図 4 A】「ベース + 着色」コンセプトに基づく例示的なカラー表示スキームを示す図である。

【図 4 B】フィールド変更可能ディスプレイ中心製品を可能にする例示的な装置のブロック図である。

【図 4 C】例示的な汎用ディスプレイ中心製品を概略的に示す図である。

【図 5 A】非作動状態を示す、電気機械的作用から光学的作用を分断する例示的な干渉変調装置構造を概略的に示す図である。

【図 5 B】作動状態の図 5 A の干渉変調装置を概略的に示す図である。

10

【図 5 C】白及び黒状態における図 5 A 及び図 5 B の干渉変調装置設計の動作を示すプロットである。

【図 5 D】いくつかのカラー状態における図 5 A 及び図 5 B の干渉変調装置設計の動作を示すプロットである。

【図 6 A】電気機械的作用から光学的作用を分断し、かつ支持構造を隠し、非作動状態を示す別の例示的な干渉変調装置を概略的に示す図である。

【図 6 B】作動状態の図 6 A の干渉変調装置を概略的に示す図である。

【図 7 A】1 つの状態において、異方性応力膜を用いる例示的な干渉変調装置設計を概略的に示す図である。

【図 7 B】別の状態における、図 7 A の干渉変調装置を概略的に示す図である。

20

【図 8 A】回転動作を用いる例示的な干渉変調装置を概略的に示す図である。

【図 8 B】図 8 A の干渉変調装置の例示的な製造順序を概略的に示す図である。

【図 9 A】例示的な MEMS スイッチのブロック図である。

【図 9 B】MEMS スイッチに基づく例示的な列ドライバのブロック図である。

【図 9 C】MEMS スイッチに基づく例示的な行ドライバのブロック図である。

【図 9 D】MEMS スイッチに基づく例示的な NAND ゲートのブロック図である。

【図 9 E】MEMS をベースとする論理及びドライバコンポーネントを含む例示的なディスプレイシステムのブロック図である。

【図 10 A】例示的な MEMS スイッチの構造、製造及び動作を概略的に示す図である。

【図 10 B】例示的な MEMS スイッチの構造、製造及び動作を概略的に示す図である。

30

【図 10 C】例示的な MEMS スイッチの構造、製造及び動作を概略的に示す図である。

【図 10 D】例示的な MEMS スイッチの構造、製造及び動作を概略的に示す図である。

【図 10 E】例示的な MEMS スイッチの構造、製造及び動作を概略的に示す図である。

【図 10 F】例示的な MEMS スイッチの構造、製造及び動作を概略的に示す図である。

【図 10 G】例示的な MEMS スイッチの構造、製造及び動作を概略的に示す図である。

【図 10 H】例示的な MEMS スイッチの構造、製造及び動作を概略的に示す図である。

【図 10 I】代替の例示的なスイッチ設計を示す図である。

【図 10 J】代替の例示的なスイッチ設計を示す図である。

【図 11 A】例示的なマイクロリングをベースとする 2 次元フォトニック構造を概略的に示す図である。

40

【図 11 B】例示的な周期的 2 次元フォトニック構造を概略的に示す図である。

【図 12】例示的な 3 次元フォトニック構造を概略的に示す図である。

【図 13 A】非作動状態のマイクロリング構造を含む例示的な干渉変調装置を概略的に示す図である。

【図 13 B】作動状態の図 13 A の干渉変調装置を概略的に示す図である。

【図 13 C】周期的 2 次元フォトニック構造を含む例示的な干渉変調装置を概略的に示す図である。

【図 14 A】光スイッチとして機能する例示的な干渉変調装置を概略的に示す図である。

【図 14 B】光減衰器として機能する、図 14 A の干渉変調装置の例示的な変形例を概略的に示す図である。

50

【図 1 5 A】光スイッチ又は光減結合器として機能する例示的な干渉変調装置を概略的に示す図である。

【図 1 5 B】 $N \times N$ 光スイッチとして機能する干渉変調装置の組合せを概略的に示す図である。

【図 1 6】調節可能な干渉変調装置構造の例示的な製造順序を概略的に示す図である。

【図 1 7 A】波長選択スイッチに組込んだ例示的な調節可能干渉変調装置構造を概略的に示す図である。

【図 1 7 B】固体素子をさらに組込んだ、図 1 7 A の波長選択スイッチを概略的に示す図である。

【図 1 7 C】波長選択スイッチと一体化したパンプ結合コンポーネントを概略的に示す図である。

10

【図 1 8 A】例示的な 2 チャネルイコライザ/ミキサーの概略図である。

【図 1 8 B】干渉変調装置をベースとしたコンポーネントを用いた、図 1 8 A のイコライザ/ミキサーの例示的な実施を概略的に示す図である。

【図 1 9】連続的なウェブをベースとした製造プロセスを概略的に示す図である。

【図 2 0 A】干渉変調装置によって表示される色の変化をもたらす、干渉変調装置の膜層の変形を概略的に示す図である。

【図 2 0 B】干渉変調装置によって表示される色の変化をもたらす、干渉変調装置の膜層の変形を概略的に示す図である。

【図 2 0 C】干渉変調装置によって表示される色の変化をもたらす、干渉変調装置の膜層の変形を概略的に示す図である。

20

【図 2 0 D】干渉変調装置によって表示される色の変化をもたらす、干渉変調装置の膜層の変形を概略的に示す図である。

【図 2 0 E】干渉変調装置によって表示される色の変化をもたらす、干渉変調装置の膜層の変形を概略的に示す図である。

【図 2 0 F】干渉変調装置によって表示される色の変化をもたらす、干渉変調装置の膜層の変形を概略的に示す図である。

【図 2 0 G】堆積膜の残留応力状態を評価するのに用いることができる例示的なシステムを概略的に示す図である。

【図 2 1 A】固有の反射防止特性を有する不連続膜の例示的な構成を概略的に示す図である。

30

【図 2 1 B】形成時の初期段階における例示的な不連続膜を概略的に示す図である。

【図 2 1 C】形成時の初期段階における例示的な不連続膜を概略的に示す図である。

【図 2 1 D】例示的な穿孔した不連続膜を概略的に示す図である。

【図 2 1 E】例示的な穿孔した不連続膜を概略的に示す図である。

【図 2 2 A】前記構成が、デバイスの光特性と電気機械的特性とを減結合する、逆形干渉変調装置の実施例を概略的に示す図である。

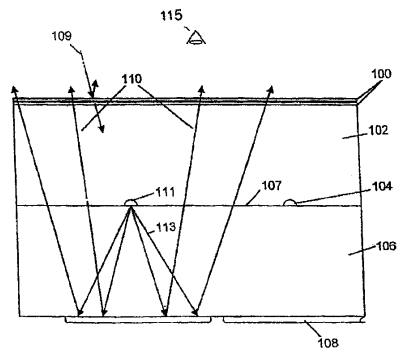
【図 2 2 B】基板が高反射性である、別の例示的な逆形干渉変調装置を概略的に示す図である。

【図 2 3 A】干渉変調装置を備える例示的な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。

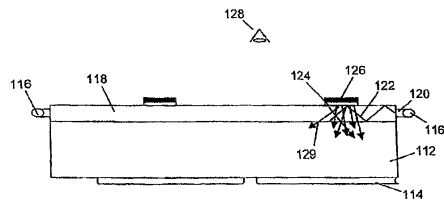
40

【図 2 3 B】干渉変調装置を備える例示的な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。

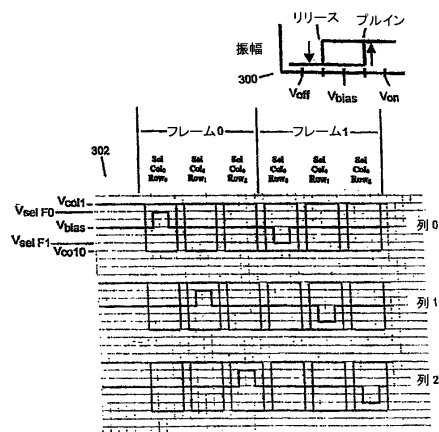
【図 1 A】



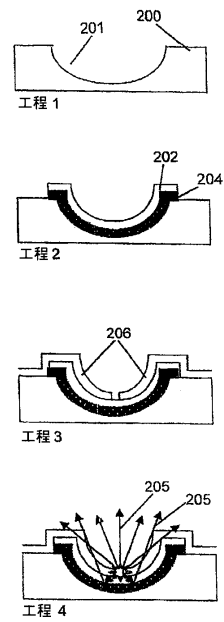
【図 1 B】



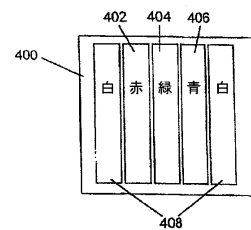
【図 3】



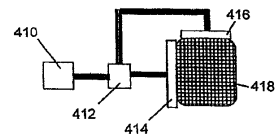
【図 2】



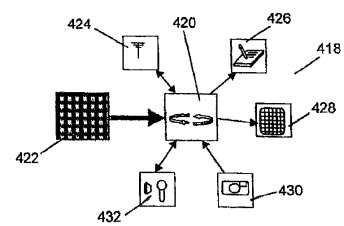
【図 4 A】



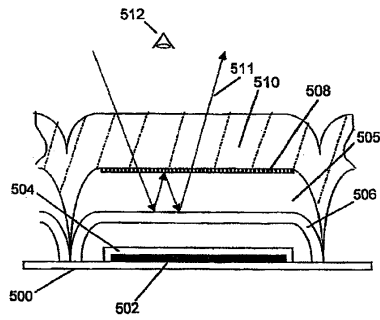
【図 4 B】



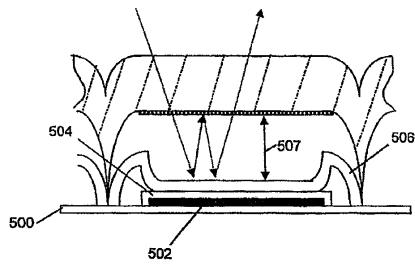
【図 4 C】



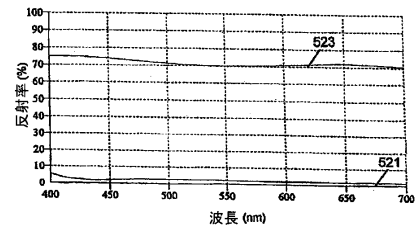
【図 5 A】



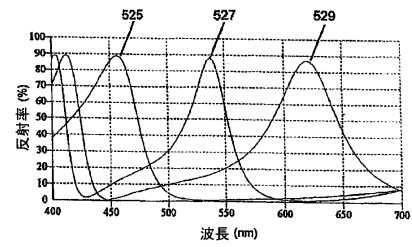
【図 5 B】



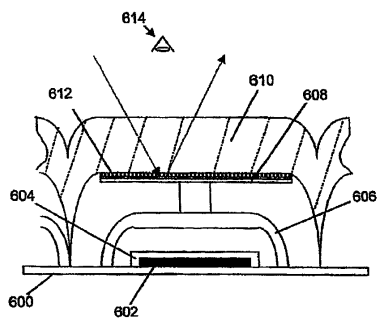
【図 5 C】



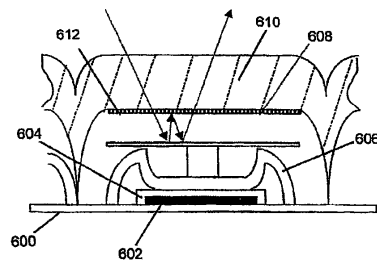
【図 5 D】



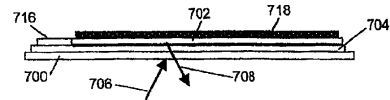
【図 6 A】



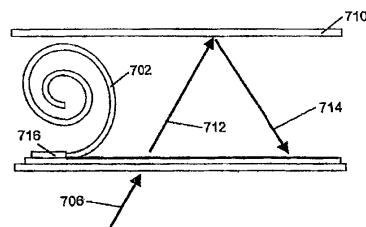
【図 6 B】



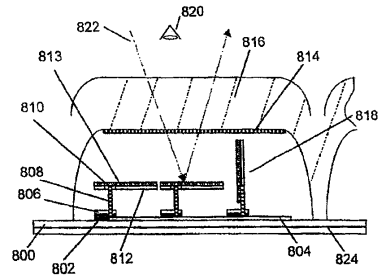
【図 7 A】



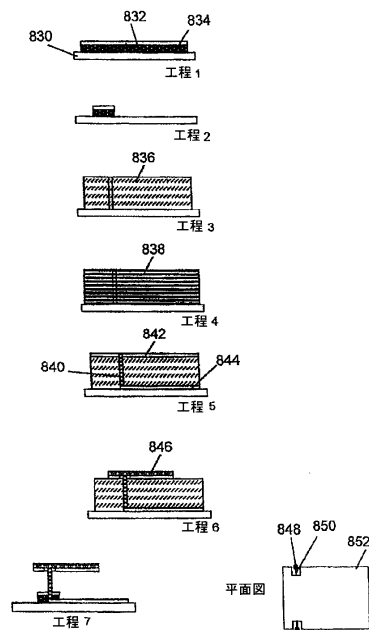
【図 7 B】



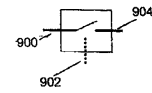
【図 8 A】



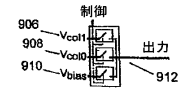
【図 8 B】



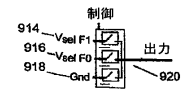
【図 9 A】



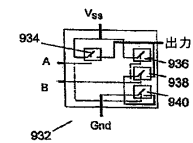
【図 9 B】



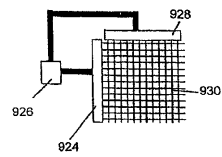
【図 9 C】



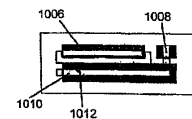
【図 9 D】



【図 9 E】



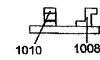
【図 10 D】



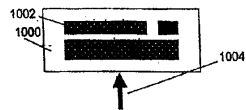
【図 10 A】



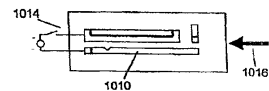
【図 10 E】



【図 10 B】



【図 10 F】



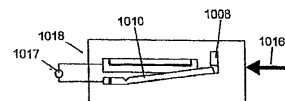
【図 10 C】



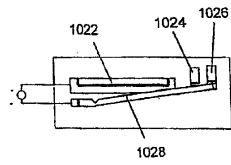
【図 10 G】



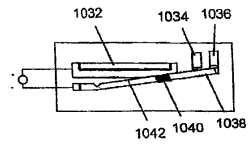
【図 10 H】



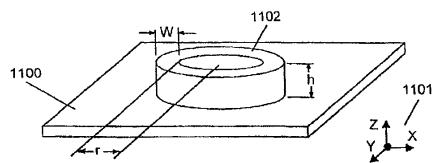
【図 10 I】



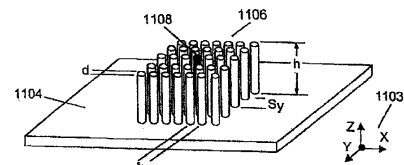
【図 10 J】



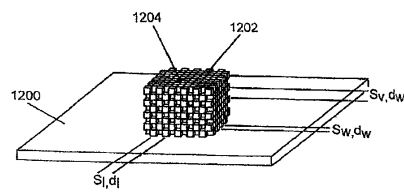
【図 11 A】



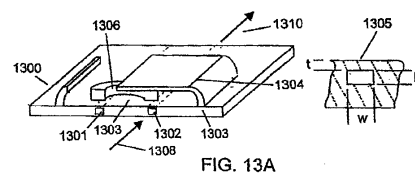
【図 11 B】



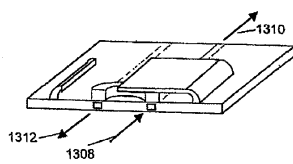
【図 12】



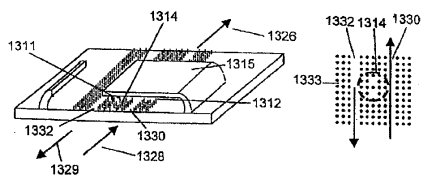
【図 13 A】



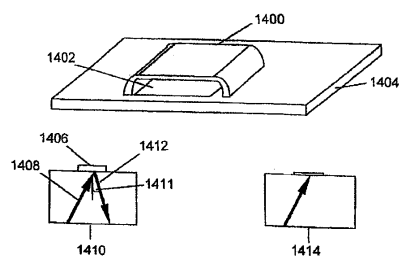
【図 13 B】



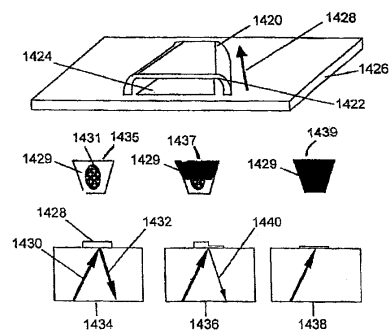
【図 13 C】



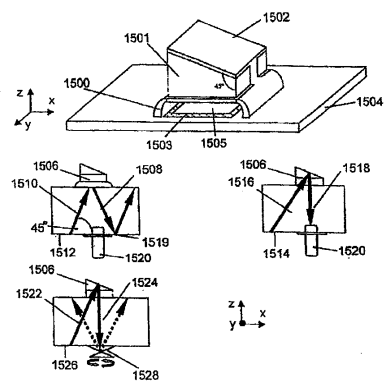
【図 14 A】



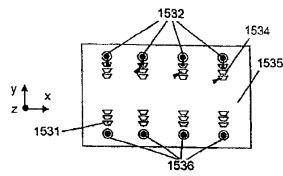
【図 14 B】



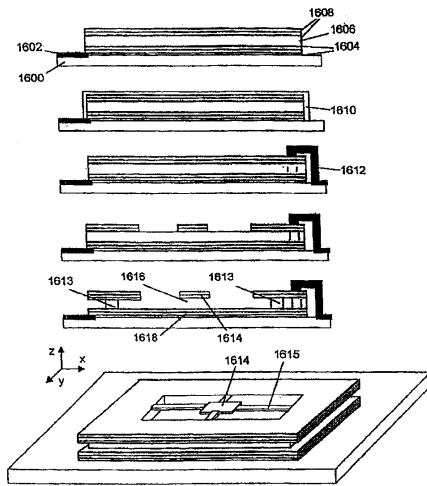
【図 15 A】



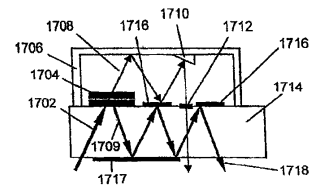
【図15B】



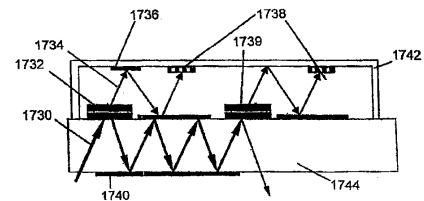
【図16】



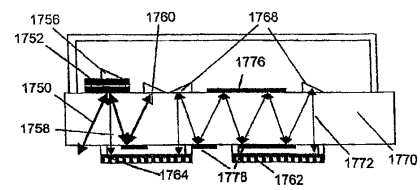
【図17A】



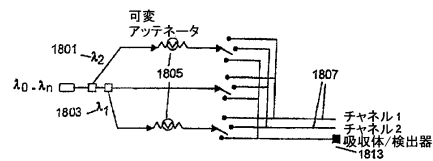
【図17B】



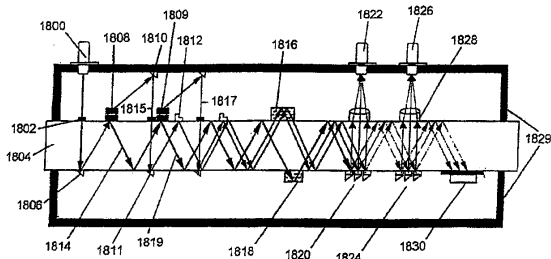
【図17C】



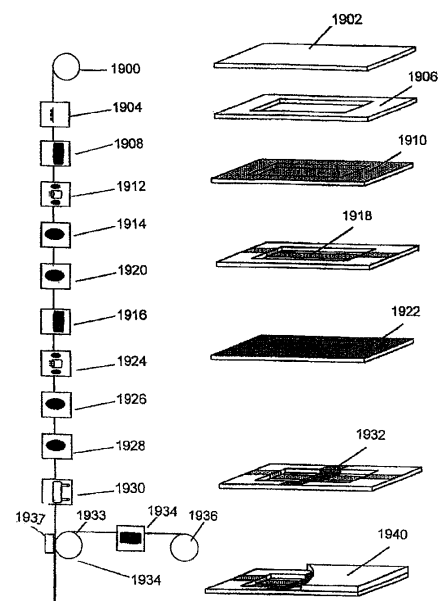
【図18A】



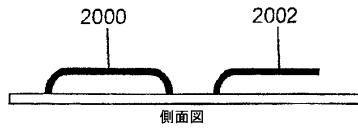
【図18B】



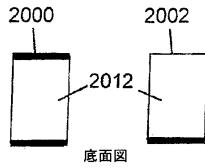
【図19】



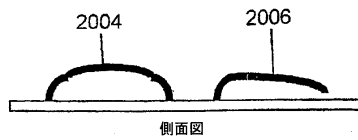
【図 20 A】



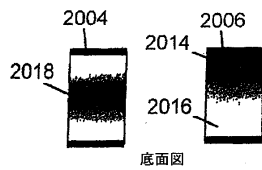
【図 20 B】



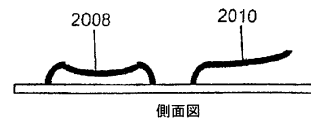
【図 20 C】



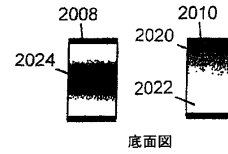
【図 20 D】



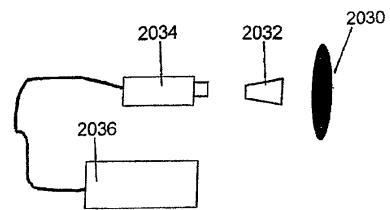
【図 20 E】



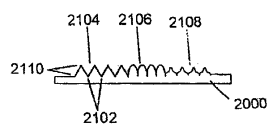
【図 20 F】



【図 20 G】



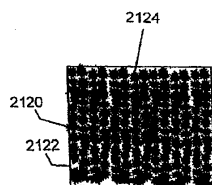
【図 21 A】



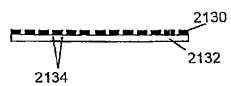
【図 21 B】



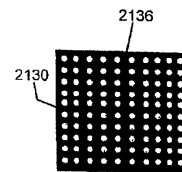
【図 21 C】



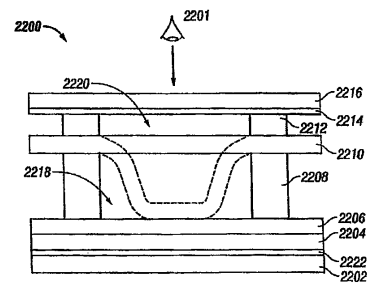
【図 21 D】



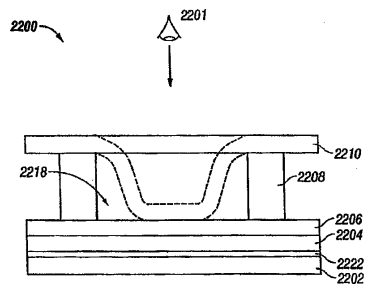
【図 21 E】



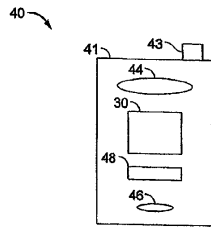
【図 22 A】



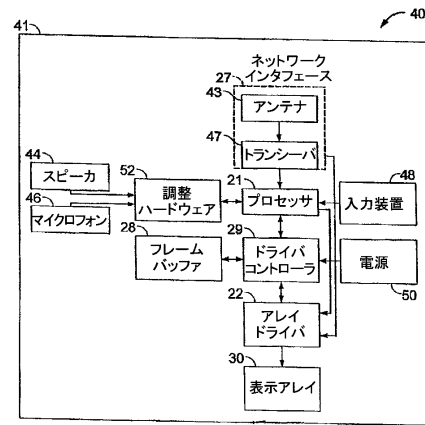
【図 2 2 B】



【図 2 3 A】



【図 2 3 B】



フロントページの続き

- (74)代理人 100109830
弁理士 福原 淑弘
- (74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100092196
弁理士 橋本 良郎
- (74)代理人 100100952
弁理士 風間 鉄也
- (72)発明者 クラレンス・チュイ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 95014、クーパティノ、ロス・アルトス・ドライブ
1954

審査官 吉田 英一

- (56)参考文献 特開昭62-082454(JP,A)
米国特許出願公開第2002/0054424(US,A1)
米国特許出願公開第2002/0024711(US,A1)
米国特許出願公開第2004/0140557(US,A1)
米国特許出願公開第2004/0027671(US,A1)
米国特許出願公開第2002/0139981(US,A1)
米国特許第05986796(US,A)
米国特許第06466354(US,B1)
米国特許第04859060(US,A)
米国特許第04666254(US,A)
米国特許第05994174(US,A)
Jeffrey T. Butler, and Victor M. Bright, An Embedded Overlay Concept for Microsystems Packaging, IEEE TRANSACTIONS ON ADVANCED PACKAGING, 2000年11月, Vol. 23, No. 4, p. 617 - 622

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 26/02