

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4468307号
(P4468307)

(45) 発行日 平成22年5月26日(2010.5.26)

(24) 登録日 平成22年3月5日(2010.3.5)

(51) Int. Cl. F I
G 0 2 B 26/02 (2006.01) G O 2 B 26/02 E

請求項の数 36 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2005-518934 (P2005-518934)	(73) 特許権者	505258472
(86) (22) 出願日	平成16年8月12日 (2004.8.12)		アイディーシー、エルエルシー
(65) 公表番号	特表2006-514756 (P2006-514756A)		アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94
(43) 公表日	平成18年5月11日 (2006.5.11)		566、プレゼントン、バッジャー・ドラ
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/026458		イブ 3055
(87) 国際公開番号	W02005/019899	(74) 代理人	100058479
(87) 国際公開日	平成17年3月3日 (2005.3.3)		弁理士 鈴江 武彦
審査請求日	平成17年9月30日 (2005.9.30)	(74) 代理人	100091351
(31) 優先権主張番号	10/644, 312		弁理士 河野 哲
(32) 優先日	平成15年8月19日 (2003.8.19)	(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】 分離可能な変調器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1および第2の面を有し、前記第1の面の下に配置されたキャビティの上に吊り下げられたミラーと、

前記ミラーの前記第2の面の少なくとも中心部分に取り付けられた複数の支持体と、

前記複数の支持体によって前記キャビティの上に前記ミラーを吊り下げる複数の支柱であって、当該複数の支柱と複数の支持体とは同一材料の層から形成されている複数の支柱と、

前記ミラーから前記キャビティを横切って前記第1の面の反対側に配置される電極および光学スタックであって、前記電極の活性化が前記ミラーを前記電極に向かって移動させ、前記キャビティの寸法と干渉特性とを変化させるように配置される電極および光学スタックと、を備える、光変調器。

10

【請求項 2】

前記ミラーの前記第2の面に隣接する前記複数の支柱に取り付けられたバス構造を備える、請求項1に記載の光変調器。

【請求項 3】

前記電極および光学スタックの上に配置されたランディングパッドを備える、請求項1に記載の光変調器。

【請求項 4】

前記ランディングパッドは前記ミラーの下に配置される、請求項3に記載の光変調器。

20

【請求項 5】

前記ランディングパッドは前記複数の支持体に接触するように配置される、請求項 3 に記載の光変調器。

【請求項 6】

第 1 および第 2 の面を有し、前記第 1 の面の下に配置されたキャビティの上に吊り下げられたミラーと、

前記ミラーの前記第 2 の面の少なくとも中心部分に取り付けられた複数の支持体と、前記複数の支持体によって前記キャビティの上に前記ミラーを吊り下げる複数の支柱であって、複数の支柱プラグを有する複数の支柱と、

前記ミラーから前記キャビティを横切って前記第 1 の面の反対側に配置される電極および光学スタックであって、前記電極の活性化が前記ミラーを前記電極に向かって移動させ、前記キャビティの寸法と干渉特性とを変化させるように配置される電極および光学スタックと、を備える、光変調器。

10

【請求項 7】

前記ミラーの前記第 2 の面に隣接する前記複数の支柱に取り付けられたバス構造を備える、請求項 6 に記載の光変調器。

【請求項 8】

前記電極および光学スタックの上に配置されたランディングパッドを備える、請求項 6 に記載の光変調器。

【請求項 9】

前記ランディングパッドは前記ミラーの下に配置される、請求項 8 に記載の光変調器。

20

【請求項 10】

前記ランディングパッドは前記複数の支持体に接触するように配置される、請求項 8 に記載の光変調器。

【請求項 11】

第 1 および第 2 の面を有し、前記第 1 の面の下に配置されたキャビティの上に吊り下げられたミラーと、

前記ミラーの前記第 2 の面の少なくとも中心部分に取り付けられた複数の支持体と、前記複数の支持体によって前記キャビティの上に前記ミラーを吊り下げる複数の支柱と、

30

前記ミラーの前記第 2 の面に隣接する前記複数の支柱に取り付けられたバス構造と、前記ミラーから前記キャビティを横切って前記第 1 の面の反対側に配置される電極および光学スタックであって、前記電極の活性化が前記ミラーを前記電極に向かって移動させ、前記キャビティの寸法と干渉特性とを変化させるように配置される電極および光学スタックと、を備える、光変調器。

【請求項 12】

前記複数の支柱は前記複数の支持体と同じ層から形成される、請求項 11 に記載の変調器。

【請求項 13】

前記複数の支柱は複数の支柱プラグによって形成される、請求項 11 に記載の変調器。

40

【請求項 14】

前記電極および光学スタックの上に配置されたランディングパッドを備える、請求項 11 に記載の変調器。

【請求項 15】

透明な基板の背面に電極および光学スタックを形成することと、前記電極および光学スタックの上に第 1 の犠牲層を堆積することと、前記第 1 の犠牲層の上に複数のミラーを形成することと、前記複数のミラーの上に第 2 の犠牲層を堆積することと、前記複数のミラーに隣接して複数の支柱孔を形成することと、複数の支柱プラグを形成するために平坦化層で前記複数の支柱孔を満たすことと、

50

前記複数の支柱プラグの上に可撓性の層を堆積して、前記可撓性の層から前記ミラーを吊り下げることと、

前記第1および第2の犠牲層を除去することと、を備える、光変調器を製造する方法。

【請求項16】

前記複数の支柱プラグの上に配置された前記可撓性の層の上にバス構造を形成することを備える、請求項15に記載の方法。

【請求項17】

前記可撓性の層から前記ミラーを吊り下げることがを備え、前記可撓性の層から前記ミラーを吊り下げるとは、前記ミラーが、前記電極および光学スタックから所定の垂直位置において静止状態を呈するように、複数の支持体を形成することを更に備える、請求項15に記載の方法。

10

【請求項18】

前記可撓性の層から前記ミラーを吊り下げることがを備え、前記可撓性の層から前記ミラーを吊り下げるとは、前記ミラーを、一定の電圧の印加時に前記電極および光学スタックに関して所定の位置に移動させる、複数の支持体を形成することを更に備える、請求項15に記載の方法。

【請求項19】

前記電極および光学スタックの上にランディングパッドアレイを形成することを備える、請求項15に記載の方法。

【請求項20】

20

ランディングパッドを形成することは、前記ミラーの動き量を制御するために、異なる厚さのランディングパッドを形成することを更に備える、請求項19に記載の方法。

【請求項21】

第1の犠牲層を堆積することは、前記第1の犠牲層を3つの厚さで堆積することを更に備え、一の変調器に対して堆積される厚さは、当該変調器の色指定に依存する、請求項15に記載の方法。

【請求項22】

透明な基板の背面に電極および光学スタックを形成することと、
前記電極および光学スタックの上に第1の犠牲層を堆積することと、
前記第1の犠牲層の上に複数のミラーを形成することと、
前記複数のミラーの上に第2の犠牲層を堆積することと、
前記複数のミラーに隣接して複数の支柱孔を形成することと、
可撓性の層を、前記可撓性の層が前記複数の支柱孔を充填するように、前記第2の犠牲層の上に堆積することと、

30

前記可撓性の層から前記ミラーを吊り下げるために、前記可撓性の層と前記ミラーとの間にアタッチメントが形成されるように、及び前記複数の支柱孔内の前記可撓性の層が複数の支柱を形成するように、前記可撓性の層をパターンニング及びエッチングすることと、
前記第1、および第2の犠牲層を除去することと、を備える、光変調器を製造する方法。

【請求項23】

40

前記複数の支柱の上にバス構造を形成することを備える、請求項22に記載の方法。

【請求項24】

前記可撓性の層を堆積することは、前記ミラーが、前記電極および光学スタックから所定の垂直位置において静止状態を呈するように複数の支持体を提供するために、前記可撓性の層を堆積し、それをパターンニングおよびエッチングすることを更に備える、請求項22に記載の方法。

【請求項25】

前記可撓性の層から前記ミラーを吊り下げることがを備え、前記可撓性の層から前記ミラーを吊り下げるとは、前記ミラーを一定の電圧の印加時に前記電極および光学スタックに関して所定の位置に移動させる複数の支持体を形成するために、前記可撓性の層を堆積

50

し、それをパターニングおよびエッチングすることを更に備える、請求項 2 2 に記載の方法。

【請求項 2 6】

前記電極および光学スタックの上にランディングパッドアレイを形成することを備える、請求項 2 2 に記載の方法。

【請求項 2 7】

ランディングパッドアレイを形成することは、前記ミラーの動き量を制御するために、異なる厚さのランディングパッドを形成することを更に備える、請求項 2 6 に記載の方法。

【請求項 2 8】

第 1 の犠牲層を堆積することは、前記第 1 の犠牲層を 3 つの厚さで堆積することを更に備え、1 つの変調器に対して堆積される厚さは、当該変調器の色指定に依存する、請求項 2 2 に記載の方法。

【請求項 2 9】

バス構造を形成することは、第 3 の犠牲層を前記可撓性の層の上に堆積することと、前記第 3 の犠牲層の上の導電層にバス構造を形成することとを備え、前記バス構造は前記複数の支柱の上に配置される、請求項 1 6 記載の方法。

【請求項 3 0】

バス構造を形成することは、第 3 の犠牲層を前記可撓性の層の上に堆積することと、前記第 3 の犠牲層の上の導電層にバス構造を形成することとを備え、前記バス構造は前記複数の支柱の上に配置される、請求項 2 2 記載の方法。

【請求項 3 1】

前記ミラーの前記第 2 の面の少なくとも前記中心部分に取り付けられた前記複数の支持体は、1 つの中心支持体と該中心支持体を取り囲む 4 つの支持体を備える、請求項 1 記載の光変調器。

【請求項 3 2】

前記ミラーの前記第 2 の面の少なくとも前記中心部分に取り付けられた前記複数の支持体は、1 つの中心支持体と該中心支持体を取り囲む 4 つの支持体を備える、請求項 6 記載の光変調器。

【請求項 3 3】

前記ミラーの前記第 2 の面の少なくとも前記中心部分に取り付けられた前記複数の支持体は、1 つの中心支持体と該中心支持体を取り囲む 4 つの支持体を備える、請求 1 1 記載の光変調器。

【請求項 3 4】

該支持体は、1 つの中心支持体によって前記ミラーの前記第 2 の面に取り付けられた 4 つのストラップを備える、請求 1 記載の光変調器。

【請求項 3 5】

該支持体は、1 つの中心支持体によって前記ミラーの前記第 2 の面に取り付けられた 4 つのストラップを備える、請求 6 記載の光変調器。

【請求項 3 6】

該支持体は、1 つの中心支持体によって前記ミラーの前記第 2 の面に取り付けられた 4 つのストラップを備える、請求 1 1 記載の光変調器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本出願は、2 0 0 2 年 2 月 1 9 日に出願された米国特許出願第 1 0 / 0 7 8 , 2 8 2 号の一部継続出願であり、これは 2 0 0 1 年 1 1 月 2 1 日に出願された出願第 0 9 / 9 9 1 , 3 7 8 号の分割出願であり、これは現在放棄されている 1 9 9 6 年 1 2 月 1 9 日に出願された出願第 0 8 / 7 6 9 , 9 4 7 号の継続出願であり、これは現在、特許第 5 , 8 3 5 , 2 5 5 号になっている 1 9 9 4 年 5 月 5 日に出願された出願第 0 8 / 2 3 8 , 7 5 0 号

10

20

30

40

50

の一部継続出願であり、またこれは現在放棄されている1995年11月6日に出願された出願第08/554,630号の一部継続出願である。

【背景技術】

【0002】

画像形成の用途に使用される空間光変調器は、多くの異なる形式で提供されている。透過型液晶装置(LCD)変調器は、光を阻止または透過するように結晶性材料の捩れおよび/または配列を制御することによって光を変調する。反射型の空間光変調器は、画像形成面に反射される光の量を制御するために種々の物理的効果を利用する。このような反射型変調器の例は、反射型LCDとデジタルマイクロミラー装置(DMD(商標))を含む。

10

【0003】

空間光変調器の別の例は、iMOD(商標)といった、干渉によって光を変調する干渉応用変調器(interferometric modulator)である。iMODは、少なくとも1つの可動壁または偏向可能(deflectable)壁を有するキャビティを使用する。通常は少なくとも部分的には金属で構成される上記の壁が、キャビティの前面に向かって動くにつれて、当該前面で観察される光の色に影響を及ぼす干渉が発生する。iMODは直視型装置であるので、前面は通常、観察者によって見られる画像が現れる面である。

【0004】

一般にiMODは、支持体の上に形成された膜から構成されるが、当該支持体は、画像の画素(ピクセル)を含む個々の機械的要素を定義する。黒と白の間で切り替わるディスプレイといったモノクロームディスプレイでは、1個のiMOD要素は1ピクセルに対応するであろう。カラーディスプレイでは、3個のiMOD要素が、各ピクセルを構成し得るが、各々が赤、緑、青に対応する。

20

【0005】

個々のiMOD要素は、所望のピクセル反射率を生成するために別々に制御される。通常は、キャビティの可動壁に電圧が印加されるが、これにより観察者によって見られるピクセルの色に順に(inturn)影響を及ぼす前面に、可動壁が静電的に引き寄せられる。しかしながら、iMODは膜に基づいているので、要素のエッジの周囲に、ある好ましくない人為的な影響が発生し得る。膜は前面に向かって偏向または変形するので、通常、膜は均一な平坦さを達成しない。前面にしっかり保持された十分に変形した膜から遠ざかるように湾曲する膜の部分は、前面から種々の距離で離間するが、これは好ましくない人為的な影響をもたらし得る。

30

【0006】

iMODは通常、直視型装置として機能するので、キャビティの可動部分の背面は、画像品質に悪影響を及ぼさずに作動させ得る。これはまた、これらの装置の製造の別の面により多くの自由を与え得る。

【発明の開示】

【0007】

[概要]

本発明の一実施形態は、分離可能な変調器構成である。前記変調器は、キャビティの上の可撓性の層から吊り下げられたミラーを有する。前記可撓性の層はまた、前記ミラーのための支持体と支柱とを形成し得る。

40

【0008】

分離可能な変調器構成の別の実施形態は、キャビティの上に吊り下げられたミラーを有する。前記ミラーは、可撓性の層と支持体と支柱とによって支持される。前記可撓性の層は、前記支持体を形成し、前記支柱の上に静止する。本実施形態では、前記支柱は前記可撓性の層とは別々に製造される。

【0009】

更に別の実施形態では、可撓性の層の上にバス構造が形成される。前記バス構造は、支

50

柱の全部または一部に電氣的に接続され、また物理的に支持されるように配置される。

【0010】

本発明は、図面を参照しながら本開示を読むことによって最もよく理解され得る。

【0011】

[実施形態の詳細な説明]

図1は、干渉応用変調器の側面図を示す。変調器2は、透明な基板10の上に配置されるが、これは通常ガラスである。1次(primary)ミラー12は、干渉応用変調器のアレイの個々の要素のアドレス指定を可能とする電極の表面に配置される。キャビティ14の上には、2次(secondary)ミラー16が吊り下げられるが、これは膜15の上に乗っているか、膜15の一部である。13のような支持アームは、膜15と同じ層の一部であっても、ミラー16を支持しても、それを支柱18に取り付けてもよい。支持アームと膜15は可撓性を有する。これは、2次ミラー16がキャビティ14内に移動されることを可能にし、2次ミラーを1次ミラーに近づけ、それによってキャビティの干渉特性に影響を及ぼす。

10

【0012】

一般に2次ミラーは、1次ミラーから離れる静止状態をとるが、この状態は「白い」(white)状態または遠隔位置とも称され得る。「白い」状態またはON状態は、白以外の如何なる個別の色にもなり得ることが理解されなくてはならない。赤、緑、青といった多数の個別の彩色された要素で構成される如何なるピクセルでも、以下でより詳細に論じられるように観測者にとって白に見えることがあり得る。

20

【0013】

2つのミラーが分離されるとき、画像内の結果的に得られるピクセルは、白またはONに見える。一方のまたは他方のミラーに電圧が印加されると、キャビティ内に静電位が形成され、これが2次ミラーを1次ミラーの方に引き寄せさせる。ミラーの動きは、キャビティの寸法(dimension)を変化させる。「近接」位置においては、干渉効果によってモノクロームシステムで結果的に得られるピクセルが黒になる。あるいは、近接位置は、更に論じられるように、干渉が赤、緑、青といった光の他の色という結果になることを引き起こし得る。

【0014】

キャビティ14の干渉特性を変化させることは、透明基板10の前面から、すなわち変調器が配置されている側とは反対の側から見られる画像が変化することを可能にする。例えば干渉応用変調器要素4に対応する画素(ピクセル)は、前面で見られる画像がモノクロームであれば、黒いピクセルとして現れ得る。カラー画像に関しては、前面で見られる各ピクセルごとに3個の干渉応用変調器要素が存在し得る。これは後で更に詳細に論じられるであろう。

30

【0015】

図1の要素4に見られるように、支持アームのカーブが1次ミラーと2次ミラーとの間に变化する距離を生じさせ得る領域17が存在する。この变化する距離は、観測されるピクセルのエッジの周囲のキャビティの干渉特性に順に(in turn)影響を及ぼし得る。この問題を軽減するために、背面支持体から2次ミラーを吊り下げることができる。

40

【0016】

図2に見られるように、2次ミラー24は、背面支持体26によって1次ミラー22の上に吊り下げられる。基板20は、同じくガラスといった透過性基板である。図2に示す構成は、図1のような構成で発生するフリッジ効果をより良く制御し得る。更に、高架ライン28は、制御配線(control interconnections)を基板から離して配置する機会を与え、それによって透過性基板上におけるピクセルのために利用可能な活性領域(active area)を増加させ得る。

【0017】

現行の実装(current implementations)より良好な性能を呈する干渉応用変調器の別の実施形態の断面図は、図3、4、5に示されている。図3で変

50

調器 100 は、膜 40 によってキャビティの上に吊り下げられたミラー 38 を備える。ガラス基板 30 はその上に、電極層 32 と、クロムなどの金属層で形成された光学スタック (optical stack) 34 と、酸化層 36 とを有している。本実施形態では、膜 40 は可撓性のある金属であり得、したがってここでは可撓性の層と称され得るが、支柱を形成する光学スタック層に接触する。

【0018】

これに対して図 4 の変調器 200 は、42 のような支柱プラグ (support posts) を有するが、この上に可撓性の層 40 が載っている。ミラー 38 は、前述の変調器と同様にキャビティの上に吊り下げられたままになっているが、可撓性の層は可撓性の層と光学スタックとの間の孔を充填することによって支柱を形成しない。むしろ支柱は、後でより詳細に論じられるように平坦化材料で形成される。

10

【0019】

図 5 には干渉応用要素の更に別の実施形態が示される。変調器 300 のこの特定の実施形態は、図 4 の変調器 200 に基づいているが、干渉応用変調器の他の構成はもちろん、実施形態 100 または 200 のいずれかとも共に作動するように適合させ得る。実施形態 300 では、バス構造 44 を形成するために金属または他の導電材料の特別な層が使用されている。これは、干渉応用変調器の背面に沿った信号ルーティングを可能にし、さもなければガラス基板上に形成されなくてはならなかったであろう多数の電極を、おそらくは除去するであろう。

【0020】

20

図 6 c に戻ると、フォトレジスト層 48 が堆積されて、適切にパターンニングされる。この構造は、次にフォトレジストパターンで規定されたようにエッチングされて、図 6 d に示すように犠牲アイランドの上にミラーを形成する。次に図 6 e で第 2 の犠牲層 51 が堆積される。次に図 6 f で、第 2 の犠牲層にフォトレジスト 52 が塗布されて、パターンニングされる。図 6 g で支柱のための 54 b、および支持体のための 54 a といった場所を形成するために、第 1 および第 2 の犠牲層 46、51 の一部分がエッチング除去され、フォトレジスト層が剥ぎ取られている。

【0021】

カラーピクセルを形成する 1 つの方法は、キャビティ 3 つの異なる深さのキャビティから結果的に得られる静止カラーが赤、緑、青となるように、異なる深さのキャビティを構成することである。キャビティの干渉特性は、それらの深さによって直接影響される。これらの変化するキャビティ寸法に影響を及ぼすために、3 層の犠牲層 46 が堆積され得る。第 1 の層が堆積され、マスクされ、パターンニングされて、各ピクセルを形成する 3 個の変調器のうちの 1 つの領域を画定するであろう。次に第 2 の層が堆積されるであろう。次に第 2 のマスクがこの層に塗布され (applied)、そしてそれがパターンニングされて、各ピクセルを形成する第 2 の変調器のみならず上記の確定された第 1 の変調器をも結合した領域を画定するであろう。最後に第 3 の犠牲層が塗布されるであろう。この第 3 の層は、その厚さが各ピクセルを形成する 3 個の変調器全てに含まれるので、パターンニングされる必要はない。

30

【0022】

40

ここに述べた 3 層の個々の堆積層は、必ずしも同じ厚さであるとは限らないであろう。これは、3 層を組み合わせた厚さを有する各ピクセルのための 1 つの変調器と、2 層を組み合わせた厚さを有する 1 つの変調器と、単一の犠牲層の厚さを有する 1 つの変調器という結果をもたらすであろう。犠牲層材料が除去されると、キャビティ寸法は 3 層の犠牲層を種々に組み合わせた厚さに従って変化し、赤、緑、青のような 3 つの異なる色が得られるであろう。

【0023】

図 6 c に戻ると、フォトレジスト層 48 が堆積されて、適切にパターンニングされる。この構造は、次にフォトレジストパターンで規定されたようにエッチングされて、図 6 d に示すように犠牲アイランド 50 の上にミラーを形成する。次に図 6 e で第 2 の犠牲層 51

50

が堆積される。次に図 6 f で、第 2 の犠牲層にフォトレジスト 5 2 が塗布されて、パターニングされる。図 6 g で支柱のための 5 4 b、および支持体のための 5 4 a といった場所を形成するために、第 1 および第 2 の犠牲層 4 6、5 1 の一部分がエッチング除去され、フォトレジスト層が剥ぎ取られている。

【 0 0 2 4 】

図 3 の変調器 1 0 0 または図 4 の変調器 2 0 0 のいずれかを製造する方法は、プロセスのこの時点で分岐する。支柱プラグ 4 2 を有する図 4 の変調器 2 0 0 は、図 7 a から図 7 f に示すプロセスを有する。図 7 a において、図 6 g に示すような構造は、当該構造に平坦化層 (planarization layer) 5 6 を加えている。平坦化材料は、場所 5 4 a および 5 4 b を充填する。平坦化材料は図 7 b に示すように部分的に除去されて、支柱プラグ 5 8 を形成する。次に可撓性の層が、これは機械層 4 0 とも称され得るが、図 7 c の支柱プラグの上に塗布される。

10

【 0 0 2 5 】

図 7 d でフォトレジスト層 6 2 が塗布され、パターニングされる。これは、可撓性の層 4 0 をパターニングするためのエッチマスクとして使用される。図 7 e では可撓性の層 4 0 がパターニングされている。パターニングの効果は、ここに示す断面図においては顕著ではない。可撓性の層パターニングの実施形態を示す変調器要素の背面図は、図 1 0 a、および 1 0 b に関して論じられるであろう。最後に、もしバス層が使用されないのであれば、犠牲層は図 7 f において一般的にはプラズマエッチングによって除去される。この結果得られる変調器 2 0 0 は、キャビティ 6 0 を有するが、この中でミラーが光学スタックの上に吊り下げられる。

20

【 0 0 2 6 】

図 6 g に戻り、変調器 1 0 0 のためのプロセスについて論じる。図 7 a で論じたような平坦化層を塗布する代わりに、図 8 a に示すように第 2 の犠牲層 5 1 と場所 5 4 a および 5 4 b とに金属層 4 0 が直接塗布される。これは、可撓性の層をして、可撓性の層が場所 5 4 b を充填する支柱を形成させ、また可撓性の層が 5 4 a のような場所を充填する背面支持体を形成させる。このアプローチは、平坦化プロセスを除去するという利点を有するが、これは製造プロセスと、結果的に得られる構造との双方を単純化し得る。

【 0 0 2 7 】

いったん可撓性の層 4 0 が塗布されると、図 8 b に示すように、可撓性の層 4 0 をパターニングするためにフォトレジスト 6 2 が使用される。図 8 c において、この図では見分けられないが、可撓性の層 4 0 は、更に論じられる変調器の独自の機械的特性を作り出すようにパターニングされている。最後に図 8 d では、犠牲層は除去されており、変調器 1 0 0 にキャビティ 6 0 を形成している。本実施形態では背面バス構造 (back bussing structure) は使用されなかった。

30

【 0 0 2 8 】

背面バス構造を付加するためのプロセスの流れの一例が、図 9 a から 9 c に示されている。図示のプロセスは、図 7 e および 8 c で形成された構造から、すなわち、可撓性の層のパターニング後であって、ただし犠牲層除去の前から始まる。説明の目的上、図 7 e のような支柱プラグを有する変調器の構成が使用されるが、図 8 c のように支柱プラグが存在しない実施形態にも同様に適用可能であろう。

40

【 0 0 2 9 】

図 9 a において、可撓性の層 4 0 に第 3 の犠牲層 6 4 が塗布される。図 9 b において、フォトレジスト層 6 6 が塗布される。次にフォトレジスト層はパターニングされ、6 9 のような孔を形成するためにこの構造はエッチングされる。図 9 c において、導電性バス層 6 8 が塗布され、当該バス層 6 8 と可撓性の層 4 0 との間に孔 6 9 を介して接触を与える。これは、バス層 6 8 上の信号が可撓性の層 4 0 を制御するために使用できるように電気的接続を与える。

【 0 0 3 0 】

図 9 d において、フォトレジスト層 7 0 が塗布されてパターニングされる。図 9 e にお

50

いて、バス層 68 の残存部分が図 9 f のバス構造 71 を形成するように、バス層 68 がパターンニングされ、エッチング、さもなければ除去される。図 9 f では犠牲層も除去され、その結果バス構造 71 とキャビティ 60 とを有する変調器 300 が得られる。

【0031】

バス構造は、基板の観察側と可撓性の層の背面との間のミラーによって与えられる光学シールド (optical shielding) のために可能となる。これは、変調器の光学的特性と電気機械的特性とを分離する能力を与える。光学特性は、実施形態のいずれにおいても吊下げミラー 38 を使用することで改善されるが、アドレス指定や当該アドレス指定の結果得られる動きといった電気機械的特性から分離される。この分離可能な変調器構成は、付加される可撓性の膜または構造の背面に対して実行される如何なるプロセスも変調器の光学性能に影響を及ぼさないようにするので、変調器の背面の使用に、より多くの自由を与える。

10

【0032】

柔軟膜 40 の背面で使用され得るパターンが、図 10 a および図 10 b に示されている。これらの図は変調器の背面からのものであるが、先の図に示した変調器の上部としても見ることができる。図 10 a において、犠牲層 52 はパターンニングされて、引き続いて柔軟層 40 によって充填された 4 個の小さな支持体 76 a から 76 d によって取り囲まれた、大きな中心背面支持体 74 を形成する。層 40 は、隣接する変調器要素からそれを分離するように、さもなければ支柱 72 a から 72 b よりミラーを吊り下げるようにだけパターン化され、膜のエッジから除去されるであろう。

20

【0033】

あるいは、図 10 b において柔軟層は、各支柱 72 a から 72 d に接続された薄い直線状のストラップ 78 a から 78 d を形成するようにパターンニングされる。上記ストラップは、中心支持体 74 によってミラーに取り付けられる。これら 2 つの代替手段は、数ある中でも、ミラーの動きの自由とこの動きの詳細な機械的特性とに影響を及ぼし得る。場合によっては、これは利点となり得る。

【0034】

例えば、上述のカラー変調器の例では、3 つの異なるキャビティ深さを形成するために、3 つのマスキングおよび堆積プロセスが必要とされた。別の方法として、柔軟層と、支持構造と、柔軟層と支柱の間のインタフェースとの詳細な機械的特性を、種々の設計パラメータとプロセスパラメータによって変更することができる。これは、異なる色のピクセルに同じ深さのキャビティが使用されることを可能にする。種々の設計パラメータは、犠牲層の除去時にキャビティ内におけるミラーの静止位置を修正する。

30

【0035】

図 11 a には、1 つの可能なピクセル構成 80 が示されている。この図は、基板の前面から観察者によって見られるものであって、9 個の要素、すなわち、赤、緑、青の各色ごとに 3 個ずつ、から成る。図示のように、変調器 80 2 は青に、80 4 は緑に、80 6 は赤に対応し得る。これら 3 つの異なる色は、ミラーと光学スタックとの間の距離を変化させることによって達成され得る。これらの変調器に電圧が印加されると、これらは全て電極に向かって均一な距離を移動し得る、あるいはこれらは全て電極に向かって異なる距離を移動し得る。実際には、3 個の変調器全てがキャビティ全体を横切り、これらを基板に直接接触させる近接位置に移動し得る。静止状態のキャビティの寸法は、図 11 b、図 11 c、図 11 d においてそれぞれ垂直寸法 (vertical dimensions) 82、84、86 によって示されている。

40

【0036】

例えば、結果として得られるピクセルの 1 つの色に対応する 1 つの変調器の 1 つのミラー 38 a は、製造されたとおりの (as-fabricated) 犠牲層より小さな距離 82 にミラーを静止させるように設計された、背面支持体と柔軟層と支柱インタフェースとを有してもよい。別の色に対応する 1 つの変調器の第 2 のミラー 38 b は、犠牲層が除去された後に、犠牲層の製造されたとおりの厚さ 84 にミラーを静止させるように設計さ

50

れた、背面支持体と柔軟層と支柱インタフェースとを有してもよい。最後に、更に別の色に対応する別の変調器の第3のミラー38cは、犠牲層の除去後に、犠牲層の製造されたとおりの厚さより大きな距離86にミラーを静止させるように設計された、背面支持体と柔軟層と支柱インタフェースとを有してもよい。このようにして、これらの支持体の機械的特性および/または物理的制限 (physical restraints) を制御することで、3つの異なるキャビティ寸法が得られ、こうして単一の厚さの犠牲材料を使用して3つの異なるピクセルカラーが生成される。

【0037】

あるいは、変調器の全てが、犠牲層から解放され、全てが同じ位置に留まってもよい。柔軟層と支持体との異なる特性は、同じ電圧の印加時にミラーが異なる距離移動するように操作されてもよい。更に別の方法として、変調器が全て同じ構造を有するが、異なる色のために異なる電圧が印加されるようにしてもよい。

10

【0038】

変調器の電気機械特性を光学特性から分離することによって与えられる自由に加えて、吊下げミラーは他の機会を与える。上述したように、吊下げミラーは膜の湾曲に起因して発生する可能性のある、好ましくない人為的な影響を軽減する。上述のように、ピクセルの黒の状態は、キャビティの前面の光学スタックに、ミラーを極めて近くまで、または直接接触させるように偏向させることによって、達成され得る。暗い状態を達成するこれらの方法は両者とも、欠点を有する可能性がある。極めて小さなギャップでミラーのアレイを静電的に保持することは、変調器が非常に高い精度で構成されることを必要とする可能性がある。ミラーが光学スタックに直接接触することを可能にすることは、設計者がミラー/光学スタック材料の、ある幾つかの相容れない組合せを使用することを防止する。

20

【0039】

これらの制限を除去するために、変調器100に適用される図12aに示すような小さなランディングパッド90の配列を、酸化層36の上に製造することができる。このようなランディングパッドは、iMODのその他の層に使用されるのと同じ堆積およびリソグラフィ手法を使用して、一般的な薄膜プロセス適合材料で構成され得る。これらのランディングパッドは、ミラー38全体の動作に影響を及ぼすようにキャビティ全体の前面に亘って分散配置されながら、本質的に人間の目には見えないように、十分に小さくすることができる。

30

【0040】

幾つかの異なる目的が、これらのランディングパッドによって達成できる。ランディングパッドは、ミラー38が酸化層36に接触することを防止するので、光学スタック材料の選択に完全な自由を与えることができる。実際に、絶縁性ランディングパッド90は原理上、光学スタックの最上層が絶縁体よりもむしろ導体となることを可能にするであろう。ランディングパッドは、キャビティにおける電界分布を変化させることによってiMODの機械的動作を変化させることができる。ランディングパッドは、ミラー38がランディングパッドに当たるまでミラー38が平らな状態に留まっており、次に電圧の上昇につれて、膜がそうするように、ミラー38が曲がって、各ピクセルが多数の正確なカラー値 (color value) を達成することを可能にするという一種のデュアルモードのような動作を可能にすることができる。

40

【0041】

ミラー38よりむしろ可撓性の層40がランディングパッド92に接触する第2のランディングパッド構成が、図12bに示されている。このように、変調器は、可撓性の層がランディングパッドに接触する前と後という2つの別個の範囲の機械的動作を有する。これは、ランディングパッド92の厚さによって設定される正確な均一性によって、ピクセルごとの多数の色が達成されることを可能にする。

【0042】

このようにして、干渉応用変調器の製造と動作が、改善され得る。吊下げミラーは、画像内に結果的に得られるピクセルを生成するために使用可能な活性領域を増加させ、多く

50

の発生し得る好ましくない人為的な影響を除去する。ミラー背面に取り付けられる支持構造もまた、製造プロセスに、より多くの自由を与える。背面支持体によって可能となる相互接続はまた、ガラス上に堆積されなくてはならない電極の数を減らし、利用可能なガラスの面積を大きくする結果をもたらす。光学特性の電気機械特性からの分離は、変調器の光学特性からの可撓膜の分離によって、以前には利用できなかった機会を与える結果をもたらす。

【0043】

このようにしてここまで、干渉応用変調器のための方法と装置、およびそれらの製造方法に関する特定の実施形態が説明されてきたが、このような特定の参照事項が、添付の特許請求の範囲に記載の範囲を除いて、本発明の範囲に対する限定と見なされることは意図されていない。

10

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】干渉応用変調器の一実施形態を示す図である。

【図2】干渉応用変調器の別の実施形態を示す図である。

【図3】干渉応用変調器の断面図である。

【図4】干渉応用変調器の別の実施形態の断面図である。

【図5】可撓性の層の背後にアドレスバスを有する干渉応用変調器の一実施形態の断面図である。

【図6a】干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の初期の工程における変調器の断面図である。

20

【図6b】干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の初期の工程における変調器の断面図である。

【図6c】干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の初期の工程における変調器の断面図である。

【図6d】干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の初期の工程における変調器の断面図である。

【図6e】干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の初期の工程における変調器の断面図である。

【図6f】干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の初期の工程における変調器の断面図である。

30

【図6g】干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の初期の工程における変調器の断面図である。

【図7a】平坦化層を使用する干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の後期の工程における変調器の断面図である。

【図7b】平坦化層を使用する干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の後期の工程における変調器の断面図である。

【図7c】平坦化層を使用する干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の後期の工程における変調器の断面図である。

【図7d】平坦化層を使用する干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の後期の工程における変調器の断面図である。

40

【図7e】平坦化層を使用する干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の後期の工程における変調器の断面図である。

【図7f】平坦化層を使用する干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の後期の工程における変調器の断面図である。

【図8a】平坦化層を有さない干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の後期の工程における変調器の断面図である。

【図8b】平坦化層を有さない干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の後期の工程における変調器の断面図である。

【図8c】平坦化層を有さない干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の後期の

50

工程における変調器の断面図である。

【図 8 d】平坦化層を有さない干渉応用変調器を製造するプロセスの一実施形態の後期の工程における変調器の断面図である。

【図 9 a】可撓性の層の背後にアドレスバス形成を有する干渉応用変調器を製造するプロセスの後期の工程の断面図である。

【図 9 b】可撓性の層の背後にアドレスバスを有する干渉応用変調器を製造するプロセスの後期の工程の断面図である。

【図 9 c】可撓性の層の背後にアドレスバスを有する干渉応用変調器を製造するプロセスの後期の工程の断面図である。

【図 9 d】可撓性の層の背後にアドレスバスを有する干渉応用変調器を製造するプロセスの後期の工程の断面図である。

10

【図 9 e】可撓性の層の背後にアドレスバスを有する干渉応用変調器を製造するプロセスの後期の工程の断面図である。

【図 9 f】可撓性の層の背後にアドレスバスを有する干渉応用変調器を製造するプロセスの後期の工程の断面図である。

【図 10 a】分離可能な干渉応用変調器の背面支持体の別の実施形態を示す図である。

【図 10 b】分離可能な干渉応用変調器の背面支持体の別の実施形態を示す図である。

【図 11 a】ピクセルカラーが可撓性の層特性によって制御され得る干渉応用変調器の別の実施形態のレイアウトおよび断面図である。

【図 11 b】ピクセルカラーが柔軟層特性によって制御され得る干渉応用変調器の別の実施形態のレイアウトおよび断面図である。

20

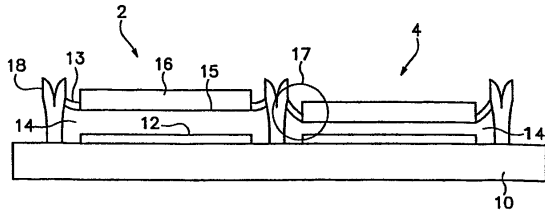
【図 11 c】ピクセルカラーが柔軟層特性によって制御され得る干渉応用変調器の別の実施形態のレイアウトおよび断面図である。

【図 11 d】ピクセルカラーが柔軟層特性によって制御され得る干渉応用変調器の別の実施形態のレイアウトおよび断面図である。

【図 12 a】可動ミラーと可撓性の層の電気機械的特性を修正するためにランディングパッドが使用される干渉応用変調器の実施形態の断面図である。

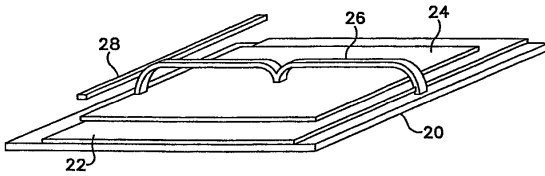
【図 12 b】可動ミラーと可撓性の層の電気機械的特性を修正するためにランディングパッドが使用される干渉応用変調器の実施形態の断面図である。

【図1】



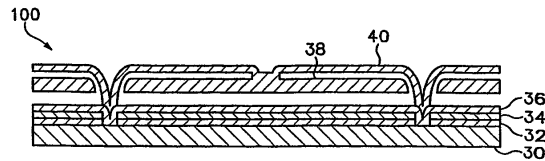
(従来技術)

【図2】

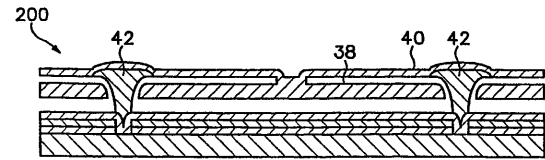


(従来技術)

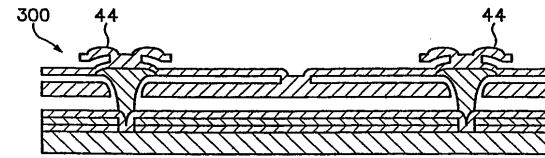
【図3】



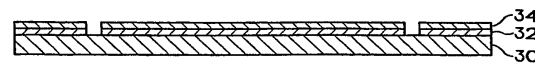
【図4】



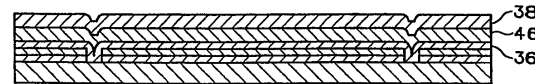
【図5】



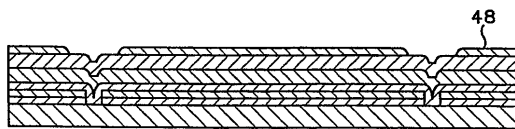
【図6a】



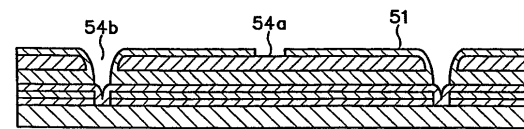
【図6b】



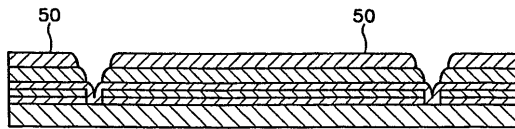
【図6c】



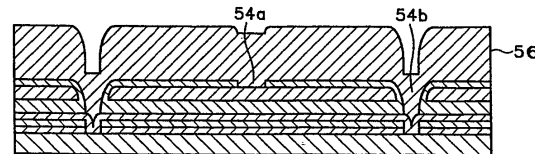
【図6g】



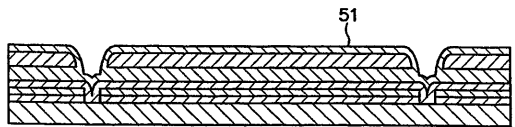
【図6d】



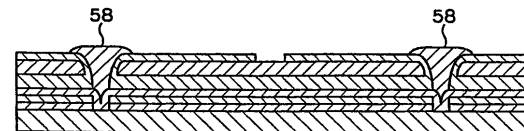
【図7a】



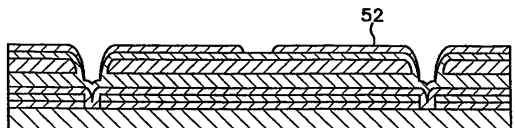
【図6e】



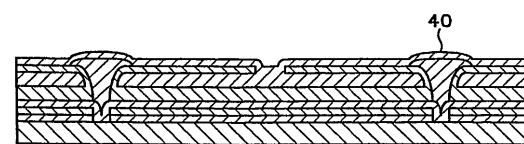
【図7b】



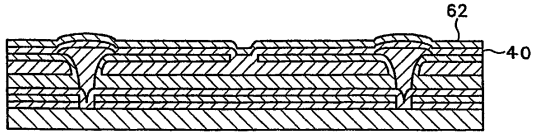
【図6f】



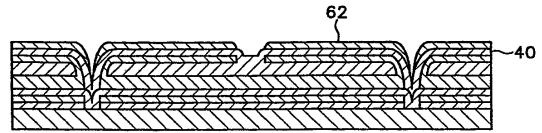
【図7c】



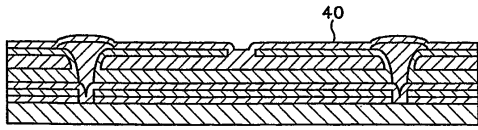
【図7d】



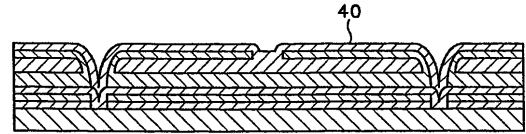
【図8b】



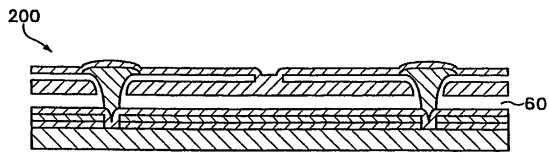
【図7e】



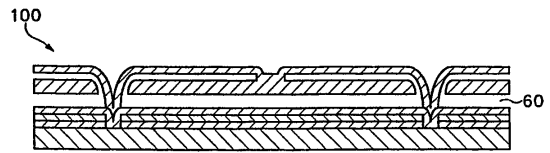
【図8c】



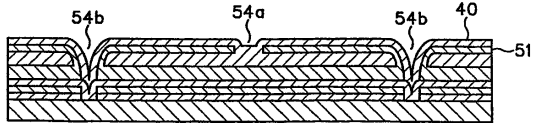
【図7f】



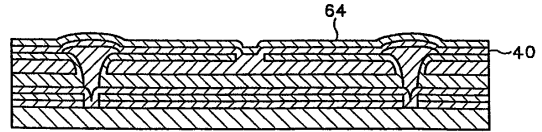
【図8d】



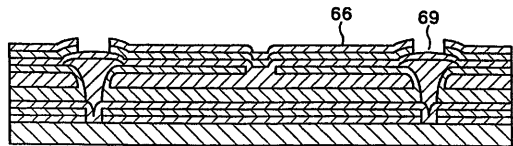
【図8a】



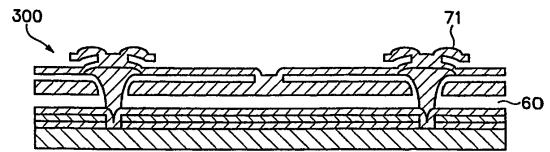
【図9a】



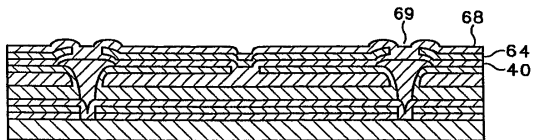
【図9b】



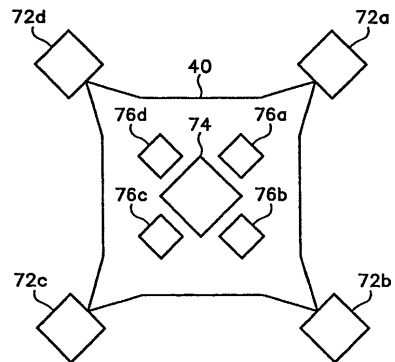
【図9f】



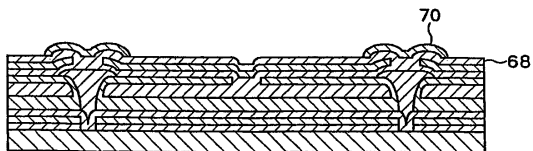
【図9c】



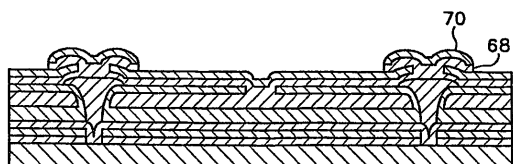
【図10a】



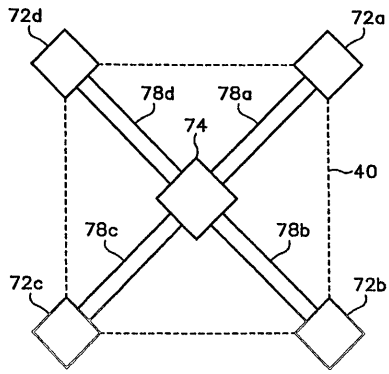
【図9d】



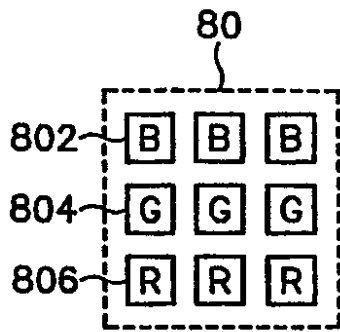
【図9e】



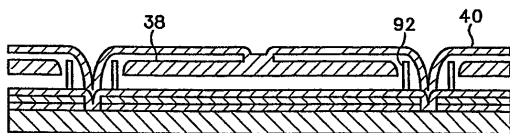
【図10b】



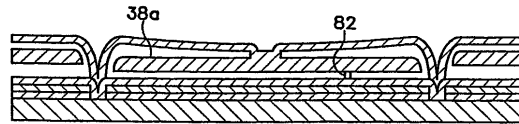
【図11a】



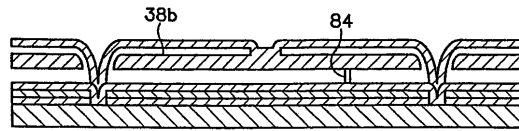
【図12b】



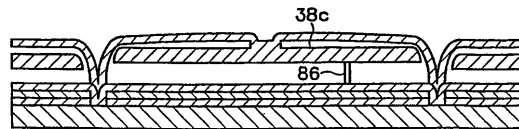
【図11b】



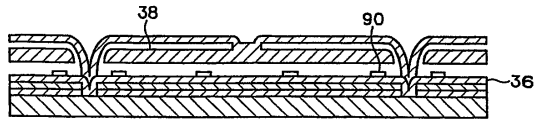
【図11c】



【図11d】



【図12a】



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 サンプルセル、ジェフレイ・ビー。
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94107、サン・フランシスコ、トゥエンティーフィフス
・ストリート 1468、アパートメント 403
- (72)発明者 マイルズ、マーク・ダブリュ。
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94123、サン・フランシスコ、フォート・メイソン、ピ
ルディング 43
- (72)発明者 チュイ、クラレンス
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94402、サン・マテオ、ロスト・アルトス・ドライブ
1954
- (72)発明者 コサリ、マニシュ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94065、レッドウッド・シティー、メディタレニアン・
レーン 811

審査官 吉田 英一

- (56)参考文献 特開2004-326077(JP,A)
米国特許出願公開第2002/0015215(US,A1)
米国特許第05835255(US,A)
米国特許第06407851(US,B1)
米国特許第06055090(US,A)
独国特許出願公開第10228946(DE,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 26/02