

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-141208

(P2005-141208A)

(43) 公開日 平成17年6月2日(2005.6.2)

(51) Int.Cl.⁷

G02B 26/08

B81B 3/00

B81C 1/00

G02B 26/06

H01L 41/09

F I

G02B 26/08

B81B 3/00

B81C 1/00

G02B 26/06

H02N 2/00

E

B

テーマコード (参考)

2H041

審査請求 有 請求項の数 24 O L (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-300211 (P2004-300211)

(22) 出願日 平成16年10月14日 (2004.10.14)

(31) 優先権主張番号 2003-077389

(32) 優先日 平成15年11月3日 (2003.11.3)

(33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(71) 出願人 591003770

三星電機株式会社

大韓民国京畿道水原市靈通區梅灘3洞314番地

(74) 代理人 100065226

弁理士 朝日奈 宗太

(74) 代理人 100117112

弁理士 秋山 文男

(72) 発明者 シン、ドンーホ

大韓民国、ソウル、ソチョーグ、ソチョー
ドン、1648-2、ソチョ ヒョンデ
アパート、101-1302

最終頁に続く

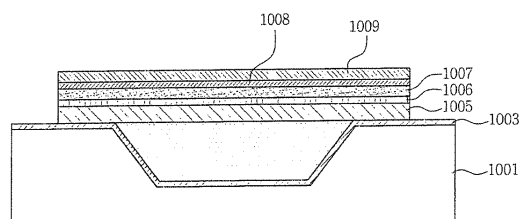
(54) 【発明の名称】 回折型薄膜圧電マイクロミラーおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 圧電駆動方式によりマイクロミラーの駆動を可能にして、変位、駆動速度、信頼性、線形性および低電圧駆動確保に優れた回折型薄膜圧電マイクロミラーおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 中央部にエアスペースを提供するための陥没部が形成されたシリコン基板と、リボン形状を取っており、中央部が前記基板の陥没部から離隔するように、両端の下面がそれぞれ前記基板の陥没部を外れた両側に付着され、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層に電圧が印加されると、前記陥没部から離隔した部分が上下に駆動され、入射ビームを回折させる圧電ミラー層とを含んでなる。

【選択図】 図10i



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中央部にエアスペースを提供するための陥没部が形成された基板と、
リボン形状を取っており、中央部が前記基板の陥没部から離隔するように、両端の下面がそれぞれ前記基板の陥没部を外れた両側に付着され、薄膜の圧電材料層を含み、前記薄膜の圧電材料層に電圧が印加されると、前記陥没部から離隔した部分が上下に駆動され、入射ビームを回折させる圧電ミラー層とを含んでなることを特徴とする回折型薄膜圧電マイクロミラー。

【請求項 2】

前記圧電ミラー層が、
リボン形状を取っており、中央部が前記基板の陥没部から離隔するように、両端の下面がそれぞれ前記基板の陥没部を外れた両側に位置し、圧電電圧を提供するための下部電極層と、
前記下部電極層上に積層され、両面に電圧が印加されると、収縮および膨張して上下に駆動力を発生させる圧電材料層と、
前記圧電材料層上に積層され、前記圧電材料層に圧電電圧を提供し、入射ビームを回折させるための上部電極およびミラー層とを含むことを特徴とする請求項 1 記載の回折型薄膜圧電マイクロミラー。

【請求項 3】

リボン形状を取っており、中央部が前記基板の陥没部から離隔するように、両端の下面がそれぞれ前記基板の陥没部を外れた両側に付着され、前記圧電ミラー層が上部に積層され、前記基板の陥没部に位置する部分が上下に移動可能な下側支持部をさらに含むことを特徴とする請求項 1 記載の回折型薄膜圧電マイクロミラー。

【請求項 4】

前記圧電ミラー層が、
リボン形状を取っており、中央部が前記基板の陥没部から離隔するように、両端の下面がそれぞれ前記基板の陥没部を外れた両側に位置し、圧電電圧を提供するための第 1 電極層と、
前記第 1 電極層上に多層に積層され、各層に電圧が印加されると、電圧が印加された層が収縮および膨張して上下に駆動力を発生させる複数の圧電材料層と、
前記多層の圧電材料層間に積層され、前記圧電材料層に圧電電圧を提供するための複数の第 2 電極層と、
前記多層の圧電材料層の最上層上に積層され、前記圧電材料層に圧電電圧を提供し、入射光を回折させるための電極およびミラー層とを含むことを特徴とする請求項 1 記載の回折型薄膜圧電マイクロミラー。

【請求項 5】

中央部にエアスペースを提供するための陥没部が形成された基板と、
リボン形状を取っており、中央部が前記基板の陥没部から離隔するように、両端の下面がそれぞれ前記基板の陥没部を外れた両側に付着され、前記基板の陥没部から離隔した部分が上下に移動可能な下側支持部と、
両端が前記基板の陥没部上に位置するように前記下側支持部に積層され、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層の両側に電圧が印加されると、前記陥没部から離隔した部分が上下に駆動され、入射ビームを回折させる圧電ミラー層とを含んでなることを特徴とする回折型薄膜圧電マイクロミラー。

【請求項 6】

前記圧電ミラー層が、
両端が前記基板の陥没部上に位置するように前記下側支持部に積層され、圧電電圧を提供するための下部電極層と、
前記下部電極層上に積層され、両面に電圧が印加されると、収縮および膨張して上下に駆動力を発生させる圧電材料層と、

10

20

30

40

50

前記圧電材料層上に積層され、前記圧電材料層に圧電電圧を提供し、入射ビームを回折させるための上部電極およびミラー層とを含むことを特徴とする請求項 5 記載の回折型薄膜圧電マイクロミラー。

【請求項 7】

前記圧電ミラー層が、
両端が前記基板の陥没部に位置するように前記下側支持部に積層され、圧電電圧を提供するための第 1 電極層と、
前記第 1 電極層上に多層に積層され、各層に電圧が印加されると、電圧が印加された層が収縮および膨張して上下に駆動力を発生させる複数の圧電材料層と、
前記多層の圧電材料層間に積層され、前記圧電材料層に圧電電圧を提供するための複数の第 2 電極層と、
前記多層の圧電材料層の最上層上に積層され、前記圧電材料層に圧電電圧を提供し、入射光を回折させるための電極およびミラー層とを含むことを特徴とする請求項 5 記載の回折型薄膜圧電マイクロミラー。 10

【請求項 8】

中央部にエアスペースを提供するための陥没部が形成された基板と、
リボン形状を取っており、中央部が前記基板の陥没部から離隔するように、両端の下面がそれぞれ前記基板の陥没部を外れた両側に付着された下側支持部と、
一端が前記下側支持部の一端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から一端側に所定距離だけ離隔して位置し、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層に電圧が印加されると、収縮および膨張により上下に駆動力を提供する第 1 圧電層と、
一端が前記下側支持部の他端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から他端側に所定距離だけ離隔して位置し、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層に電圧が印加されると、収縮および膨張により上下に駆動力を提供する第 2 圧電層と、
前記下側支持部の中央部に位置し、入射ビームを回折させるためのマイクロミラー層とを含んでなることを特徴とする回折型薄膜圧電マイクロミラー。 20

【請求項 9】

前記第 1 圧電層が、
リボン形状を取っており、一端が前記下側支持部の一端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から一端側に所定だけ離隔して位置し、圧電電圧を提供するための第 1 下部電極層と、
前記第 1 下部電極層上に積層され、一端が前記下側支持部の一端側に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から一端側に所定距離だけ離隔して位置し、両面に電圧が印加されると、収縮および膨張して駆動力を発生させる第 1 圧電材料層と、
前記第 1 圧電材料層上に積層され、一端が前記下側支持部の他端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から一端側に所定距離だけ離隔して位置し、圧電電圧を提供するための第 1 上部電極層とを含み、
前記第 2 圧電層が、
リボン形状を取っており、一端が前記下側支持部の他端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から他端側に所定だけ離隔して位置し、圧電電圧を提供するための第 2 下部電極層と、
前記第 2 下部電極層上に積層され、一端が前記下側支持部の他端側に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から他端側に所定距離だけ離隔して位置し、両面に電圧が印加されると、収縮および膨張して駆動力を発生させる第 2 圧電材料層と、
前記第 2 圧電材料層上に積層され、一端が前記下側支持部の他端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から他端側に所定距離だけ離隔して位置し、圧電電圧を提供するための第 2 上部電極層とを含むことを特徴とする請求項 8 記載の回折型薄膜圧電マイクロミラー。 30 40

【請求項 10】

前記第 1 圧電層および前記第 2 圧電層が多層に積層されることを特徴とする請求項 8 記載 50

の回折型薄膜圧電マイクロミラー。

【請求項 1 1】

絶縁層が表面に形成された基板と、

リボン形状を取っており、中央部が前記基板上に所定距離だけ立ち上がり、両端の下面がそれぞれ前記基板に付着され、前記基板から所定距離だけ離隔した部分が上下に移動可能な下側支持部と、

前記下側支持部に積層され、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層の両側に電圧が印加されると、収縮および膨張による上下駆動力を発生させて、前記基板から所定距離だけ離隔した中央部を上下に駆動させ、入射ビームを回折させるための圧電ミラー層とを含んでなることを特徴とする回折型薄膜圧電マイクロミラー。

10

【請求項 1 2】

前記圧電ミラー層の両端が、前記下側支持部の、前記基板から離隔した部分に位置することを特徴とする請求項 1 1 記載の回折型薄膜圧電マイクロミラー。

【請求項 1 3】

前記圧電ミラー層が、

前記下側支持部に積層され、圧電電圧を提供するための下部電極層と、

前記下部電極層上に積層され、両面に電圧が印加されると、収縮および膨張により上下駆動力を発生させる圧電材料層と、

前記圧電材料層上に積層され、前記圧電材料層に圧電電圧を提供し、入射ビームを反射するための上部電極およびミラー層とを含んでなることを特徴とする請求項 1 1 記載の回折型薄膜圧電マイクロミラー。

20

【請求項 1 4】

前記圧電ミラー層が、

前記下側支持部に積層され、圧電電圧を提供するための第 1 電極層と、

前記第 1 電極層上に多層に積層され、各層に電圧が印加されると、電圧印加層が収縮および膨張して上下駆動力を発生させる複数の圧電材料層と、

前記多層の圧電材料層間に積層され、前記圧電材料層に圧電電圧を提供するための複数の第 2 電極層と、

前記多層の圧電材料層の最上層に積層され、前記圧電材料層に圧電電圧を提供し、入射光を回折させる電極およびミラー層とを含んでなることを特徴とする請求項 1 1 記載の回折型薄膜圧電マイクロミラー。

30

【請求項 1 5】

絶縁層が表面に形成された基板と、

リボン形状を取っており、中央部が前記基板から立ち上がり、両端の下面がそれぞれ前記基板の両側に付着され、前記基板から立ち上がった部分が上下移動可能な下側支持部と、一端が前記下側支持部の一端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から一端側に所定距離だけ離隔して位置し、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層に電圧が印加されると、収縮および膨張により上下に駆動力を提供する第 1 圧電層と、

一端が前記下側支持部の他端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から他端側に所定距離だけ離隔して位置し、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層に電圧が印加されると、収縮および膨張により上下に駆動力を提供する第 2 圧電層と、

40

前記下側支持部の中央部に位置し、入射ビームを回折させるためのマイクロミラー層とを含んでなることを特徴とする回折型薄膜圧電マイクロミラー。

【請求項 1 6】

前記第 1 圧電層が、

リボン形状を取っており、一端が前記下側支持部の一端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から一端側に所定だけ離隔して位置し、圧電電圧を提供するための第 1 下部電極層と、

前記第 1 下部電極層上に積層され、一端が前記下側支持部の一端側に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から一端側に所定距離だけ離隔して位置し、両面に電圧が印加される

50

と、収縮および膨張して駆動力を発生させる第 1 圧電材料層と、
前記第 1 圧電材料層上に積層され、一端が前記下側支持部の他端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から一端側に所定距離だけ離隔して位置し、圧電電圧を提供するための第 1 上部電極層とを含み、

前記第 2 圧電層が、

リボン形状を取っており、一端が前記下側支持部の他端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から他端側に所定だけ離隔して位置し、圧電電圧を提供するための第 2 下部電極層と、

前記第 2 下部電極層上に積層され、一端が前記下側支持部の他端側に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から他端側に所定距離だけ離隔して位置し、両面に電圧が印加されると、収縮および膨張して駆動力を発生させる第 2 圧電材料層と、

前記第 2 圧電材料層上に積層され、一端が前記下側支持部の他端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から他端側に所定距離だけ離隔して位置し、圧電電圧を提供するための第 2 上部電極層とを含むことを特徴とする請求項 15 記載の回折型薄膜圧電マイクロミラー。

10

【請求項 17】

前記第 1 圧電層および前記第 2 圧電層が多層に積層されることを特徴とする請求項 15 記載の回折型薄膜圧電マイクロミラー。

【請求項 18】

基板上にマスク層を形成し、パターニングを行って陥没部を形成する第 1 段階と、
前記第 1 段階で形成された陥没部を埋め込むように犠牲層を形成する第 2 段階と、
前記陥没部が埋め込まれた基板上に圧電ミラー層を形成する第 3 段階と、
前記第 3 段階で形成された圧電ミラー層を、複数のリボン形状の配列となるように、エッチングし、犠牲層を除去することで、回折型薄膜圧電マイクロミラーを形成する第 4 段階とを含んでなることを特徴とする回折型薄膜マイクロミラーの製造方法。

20

【請求項 19】

前記第 2 段階の後、前記圧電ミラー層を積層するための下側支持部を前記陥没部の埋め込まれた基板上に形成する第 5 段階をさらに含むことを特徴とする請求項 18 記載の回折型薄膜圧電マイクロミラーの製造方法。

【請求項 20】

前記第 4 段階の後、前記圧電ミラー層の両端が前記陥没部上に位置するように、前記圧電ミラー層の両側をエッチングする第 6 段階をさらに含むことを特徴とする請求項 19 記載の回折型薄膜圧電マイクロミラーの製造方法。

30

【請求項 21】

基板上にマスク層を形成し、パターニングを行って陥没部を形成する第 1 段階と、
前記第 1 段階で形成された陥没部を埋め込むように犠牲層を形成する第 2 段階と、
前記陥没部が埋め込まれた基板上に下側支持部を形成する第 3 段階と、
前記第 3 段階で形成された下側支持部上に、一端の下面が前記陥没部の外側に位置し、他端の下面が前記陥没部の中央部から外側に所定距離だけ離隔して位置し、互いに対向するように形成された一对の圧電ミラー層を形成する第 4 段階と、
前記下側支持部の中央部にマイクロミラー層を形成する第 5 段階と、
前記一对の圧電ミラー層と下側支持部を、複数のリボン形状の配列となるようにエッチングし、犠牲層を除去することで、回折型薄膜圧電マイクロミラーを形成する第 6 段階とを含んでなることを特徴とする回折型薄膜マイクロミラーの製造方法。

40

【請求項 22】

基板上に犠牲層を積層し、マスク層を形成し、エッチングすることで、立ち上がり部を形成する第 1 段階と、

前記第 1 段階で立ち上がり部が形成された基板上に下側支持部を積層する第 2 段階と、

前記第 2 段階で形成された下側支持部上に圧電ミラー層を形成する第 3 段階と、

前記第 3 段階で形成された圧電ミラー層を、複数のリボン形状の配列となるように、エッ

50

チングし、犠牲層を除去することで、回折型薄膜圧電マイクロミラーを形成する第４段階とを含んでなることを特徴とする回折型薄膜マイクロミラーの製造方法。

【請求項２３】

前記第４段階の後、前記圧電ミラー層の両端が前記立ち上がり部上に位置するように、前記圧電ミラー層の両側をエッチングする第５段階をさらに含むことを特徴とする請求項２記載の回折型薄膜圧電マイクロミラーの製造方法。

【請求項２４】

基板上に犠牲層を積層し、マスク層を形成し、エッチングすることで、立ち上がり部を形成する第１段階と、

前記第１段階で立ち上がり部が形成された基板上に下側支持部を積層する第２段階と、

前記第２段階で形成された下側支持部上に、一端の下面が前記立ち上がり部の外側に位置し、他端の下面が前記立ち上がり部の中央部から外側に所定距離だけ離隔して位置し、互いに対向するように形成された一对の圧電ミラー層を形成する第３段階と、

前記下側支持部の中央部にマイクロミラー層を形成する第４段階と、

前記一对の圧電ミラー層と下側支持部を、複数のリボン形状の配列となるようにエッチングし、犠牲層を除去することで、回折型薄膜圧電マイクロミラーを形成する第５段階とを含んでなることを特徴とする回折型薄膜マイクロミラーの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は回折型薄膜圧電マイクロミラーおよびその製造方法に係り、より詳しくは圧電駆動方式によりマイクロミラーの駆動を可能にして、変位、駆動速度、信頼性、線形性および低電圧駆動確保に優れた回折型薄膜圧電マイクロミラーおよびその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

一般に、光信号処理は、データ量が多く実時間処理ができない既存のデジタル情報処理とは異なり、高速性、並列処理能力、大容量情報処理の利点を有し、空間光変調理論を用いて、二進位相フィルタ設計および製作、光論理ゲート、光増幅器などと、映像処理技法、光素子、光変調器などの研究が進んでいる。このうち、空間光変調器は、光メモリ、光ディスプレイ、プリンタ、光インターコネクション、ホログラムなどの分野に使用され、これを用いる表示装置の開発、研究が進んでいる。

【０００３】

このような空間光変調器の一例は図１に示すような反射型変形可能格子光変調器１０である（例えば、特許文献１参照）。この変調器１０は、反射表面部を有し、基板１６の上部に突出する複数の一定間隔で離隔する変形可能反射型リボン１８を含む。この変調器１０の製造において、絶縁層１１がシリコン基板１６上に蒸着される。ついで、犠牲二酸化シリコン膜１２および低応力窒化シリコン膜１４の蒸着が行われる。窒化物膜１４はリボン１８の形態にパターンニングされ、二酸化シリコン層１２の一部がエッチングされることにより、リボン１８が窒化物フレーム２０により酸化物スペーサ層１２上に維持される。単一波長の光を変調させるため、変調器は、リボン１８の厚さと酸化物スペーサ１２の厚さが $\lambda/4$ となるように、設計される。

【０００４】

リボン１８上の反射表面２２と基板１６の反射表面間の垂直距離 d により決められる変調器１０の格子振幅は、リボン１８（第１電極としての役割をするリボン１８の反射表面２２）と基板１６（第２電極としての役割をする基板１６の下部伝導膜２４との間に電圧を印加することにより制御される。変形されていない状態で、すなわち、何の電圧も印加されていない状態で、格子振幅は $\lambda/2$ となり、リボンと基板から反射された光間の全体経路差は $\lambda/2$ となるので、このような反射光の位相を補強させる。したがって、変形されていない状態で、変調器１０は平面ミラーとして光を反射する。変形されていない状態での

10

20

30

40

50

入射光と反射光を図 2 に 20 で示す。

【0005】

適正電圧がリボンと基板 16 間に印加されるとき、静電気力がリボン 18 を基板 16 の表面方向に下方に変形させて、格子振幅が $\lambda/4$ となる。全体経路差は波長の $1/2$ であり、変形されたリボン 18 から反射された光と基板 16 から反射された光が干渉する。このような干渉の結果、変調器は入射光 26 を回折させる。変形された状態が $+/-$ 回折モード (D_{+1} 、 D_{-1}) に回折された光を図 3 に 28 と 30 で示す。

【0006】

リボン 18 の下部に空間を形成するのに用いられる湿式工程のうち、かつ変調器 10 の動作のうち、リボン 18 と基板 16 間の付着がこのような装置に大きな問題点であることが判明された。このような付着を減少させるいろいろの方法としては、冷凍乾燥、フォトレジスト - アセトン犠牲層の乾式エッチング、OTS 断層処理、リボンの短縮による固いリボンおよび/またはぴんとした窒化物膜の使用、片面または両面を粗くするかまたは屈曲を形成する方法、リボンの下部に反転レールを形成する方法、および表面の化学特性を変化させる方法などがある。1994 年 6 月にスコットランドのヒルトンヘッドアイランドで開催された固状センサおよびアクチュエータに関するワークショップでのサンデヤス等の“高分解能ディスプレイ用変形可能な格子光バルブの表面微細製造”およびアプテ (Apte) 等の“高分解能ディスプレイ用格子光バルブ”で、ブリッジの下部に反転レールを形成することで接触領域を減少させ、粗いポリシリコン膜をそれぞれ使用することにより、このような付着を防止することに関して発表した。

【0007】

さらに、アプテ等は、変調器 10 の機械的動作の特性が印加された電圧の関数としてリボン 18 の変形でのヒステリシスであることを見つけた。ヒステリシスに対する理論的根拠は、リボン 18 と基板 16 間の静電的引力が変形量の非線形関数である反面、リボン 18 の硬度と張力による復元力が実質的に線形関数であることによる。図 4 は、光出力 (リボン 18 の変形量の間接的な表示) が垂直軸上に示され、リボン 18 と基板 16 間の電圧が水平軸に示される誘導ヒステリシス特性を示す。したがって、リボン 18 が基板 16 と接触する下方への変形の際、これらはその位置にラッチされ、本来印加された電圧より小さい維持電圧を必要とする。

【0008】

特許文献 1 は、変調器 10 に活性素子なしで活性マトリックス設計の利点を提供するラッチング特性を開示する。さらに、特許文献 1 は、このような特性が使用可能な電力の効率的使用が非常に重要な低電力応用に好ましいことを開示する。しかし、付着問題点において、特許文献 1 は、接触領域を減少させるように、リボン 18 の下部に小さなリッジを添加して付着問題を減少させることを開示している。しかし、変調器 10 の基板が光表面として使用されるため、表面に小さなリッジを追加するための製造工程は、基板 16 の反射部が高反射率を有するように滑らかでなければならなく、リボン 18 に平行な平面内に位置しなければならない複雑性を有する。

【0009】

通常のディスプレイは、画素の 2 次元アレイ内で形成される。複数の画素のそれぞれにより形成された不連続イメージは使用者の眼により統合され、全体イメージを表す画素の複合相を形成する。不幸にも、このようなディスプレイ装置の費用は、それぞれの画素が全体アレイを形成するために重複し、それぞれの画素を製造する費用も増加することにより、増加する。このような画素化されたディスプレイの例はテレビジョンまたはコンピュータシステムである。それぞれの画素は LCD 装置または CRT により形成できる。

【0010】

したがって、反射エレメントと基板間の付着を減少させるための複雑な表面処理なしで、このような付着を減少または除去させることが可能な回折格子光バルブが必要である。

【0011】

また、イメージ品質の低下なしで、システムを設計するのに必要な画素の数を減少させ

10

20

30

40

50

ることにより製造費用を減少させるディスプレイが必要である。

【0012】

このような必要性を満足させるための改善された従来技術としては、シリコンライトマシズ社の特許文献2の“2次元イメージを形成するため、入射光ビームを変調させる方法および装置”がある。

【0013】

特許文献2に開示された“2次元イメージを形成するため、入射光ビームを変調させる方法および装置”において、回折格子光バルブは、それぞれ反射表面を有する複数の細長いエレメントを含む。細長いエレメントは、基板上部で互いに平行であり、支持される端部を有し、隣接反射表面の列（GLV（Grating Light Valve）アレイ）を形成するように整列される。細長いエレメントはディスプレイエレメントによって群を形成する。それぞれの群が基板に対して交互に電圧を印加することにより変形される。それぞれの変形された長細いエレメントのほぼ平面の中心部はそれぞれの変形されていないエレメントの中心部から、前もって設定された距離だけ実質的に平行である。前もって設定された距離は変形されていない反射表面と基板間の距離の $1/3 \sim 1/4$ に選択して、長細いエレメントが基板の表面と接触しないようにする。基板との接触を防止することにより、長細いエレメントが基板と付着することを防止する。さらに、前もって設定された距離を制限することで、長細いエレメントを変形させるヒステリシスを防止する。

10

【0014】

図5は改善された従来技術による変形されていない状態のGLVの長細いエレメント100の側断面図を示す。同図において、長細いエレメント100はその端部により基板（構成層含み）の表面上に突出する。図面で、図面符号102はエアスペースを示す。

20

【0015】

図6は6本の長細いエレメント100を含むGLVお部分平面図を示す。同図に示すように、細長いエレメント100は同じ幅を有し、互いに平行に配置される。細長いエレメント100は小さい隙間を置いて互いに離隔される。したがって、それぞれの長細いエレメント100がほかのエレメントに対して選択的に変形できるようにする。図6に示す六つの長細いエレメント100は、好ましくは単一ディスプレイエレメント200に相当する。したがって、1920本の長細いエレメントの列は、列内に配置された320のディスプレイを有するGLVアレイに相当する。

30

【0016】

図7は図5の線A-Aについて取った図面で、変形されていない長細いエレメント100を有するディスプレイエレメント100の断面図である。変形されていない状態は、導電体層106に対し、それぞれの長細いエレメント100上のバイアスをイコライジングすることにより、選択される。長細いエレメント100の反射表面が実質的に同一平面上にあるため、長細いエレメント100に入射する光は反射される。

【0017】

図8はGLVの変形された長細いエレメント100の側断面図を示す。図8は、変形された状態で、長細いエレメント100が長細いエレメント100の下部の後続層表面と接触せずに突出した状態を維持するもの示す。これは図1～図3の従来の変調器とは対照される。細長いエレメント100と基板表面間の接触を防止することにより、従来技術の変調器に関連した問題点が防止される。しかし、変形された状態で、長細いエレメント100は垂れる傾向がある。これは、長細いエレメント100がその長手方向に沿って一様に、長手方向に垂直な基板側への静電気引力を受け、反面長細いエレメント100の張力は長細いエレメント100の長手方向に受けるからである。したがって、長細いエレメントの反射表面は平面形でなく曲線形である。

40

【0018】

しかし、細長いエレメント100の中心部はほぼ平面状態を維持して、それぞれの細長いエレメント100の中心部によってのみ得られた回折光のコントラスト比が満足な値となるようにする。実際に、ほぼ平面の中心部102はポストホール110間の距離の $1/$

50

3である。したがって、ポストホール75間の距離が75ミクロンであるとき、ほぼ平面の中心部102の長さはおよそ25ミクロンである。

【0019】

図9は変形された細長いエレメント100が交互に配置されたディスプレイエレメント200の正面図を示す。図9は図8の線B-B'についての断面図である。実質的に除去されていない細長いリボン100が、印加されたバイアス電圧により所望位置に維持される。移動する細長いリボン100の変形状態は、導電体層106に対し長細いエレメント100に交互に駆動電圧を印加することにより達成される。垂直距離 d_1 は、たいてい平面が中心部102（図8参照）に対して一定であり、これによりGLVの格子振幅を限定する。格子振幅 d_1 は駆動される細長いエレメント100上の駆動電圧を調整することで調整可能である。これは、最適のコントラスト比でGLVの精密なチューニングを可能にする。

10

【0020】

単一波長(λ_1)を有する回折入射光に対し、GLVはディスプレイされるイメージでの最大コントラスト比のため、入射光波長の $1/4$ ($\lambda_1/4$)と同一格子振幅 d_1 を有することが好ましい。しかし、格子振幅 d_1 は、波長 λ_1 の $1/2$ と波長 λ_1 の全体数の合(すなわち、 $d_1 = \lambda_1/4, 3\lambda_1/4, 5\lambda_1/4, \dots, N\lambda_1/2 + \lambda_1/4$)と同一の一周距離のみを必要とする。

【0021】

図9を参照すると、それぞれの長細いエレメント100の下部表面が距離 d_2 だけ基板から分離されていることが分かる。したがって、長細いエレメント100はGLVの動作のうちに基板と接触しない。これは、反射リボンと基板間での従来技術の変調器の付着に関連した問題点を防止する。

20

【0022】

図4に示す履歴曲線を参照すると、細長いエレメント100を基板表面に対して $1/3$ ないし $1/4$ の距離で移動させることで入射光を回折させるため、ヒステリシスが防止される。

【0023】

しかし、シリコンライトマシズ社製の光変調器は、マイクロミラーの位置制御のため、静電気方式を用いるが、この場合、動作電圧が比較的高く(通常30V程度)印加電圧と変位の関係が線形的でないなどの欠点があるため、結果として光調節の信頼性が高くないという欠点がある。

30

【0024】

【特許文献1】米国特許第5,311,360号明細書

【特許文献2】大韓民国特許出願第10-2000-7014798号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0025】

したがって、本発明は前記のような問題点を解決するためになされたもので、従来の静電駆動方式の反射回折型光変調器の構成とは異なり、圧電駆動方式でマイクロミラーを駆動することにより、変位、駆動速度、信頼性、線形性、および低電圧駆動確保に優れた回折型薄膜圧電マイクロミラーおよびその製造方法を提供することにその目的がある。

40

【0026】

また、本発明のほかの目的は、薄膜圧電駆動方式でマイクロミラーを駆動して、シリコンウェーハ上の多様な構造設計を可能にする回折型薄膜圧電マイクロミラーおよびその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0027】

前記のような目的を達成するため、本発明は、中央部にエアスペースを提供するための陥没部が形成されたシリコン基板と、リボン形状を取っており、中央部が前記基板の陥没

50

部から離隔するように、両端の下面がそれぞれ前記基板の陥没部を外れた両側に付着され、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層に電圧が印加されると、前記陥没部から離隔した部分が上下に駆動され、入射ビームを回折させる圧電ミラー層とを含んでなる回折型薄膜圧電マイクロミラーを提供する。

【0028】

また、前記目的を達成するため、本発明は、中央部にエアスペースを提供するための陥没部が形成された基板と、リボン形状を取っており、中央部が前記基板の陥没部から離隔するように、両端の下面がそれぞれ前記基板の陥没部を外れた両側に付着され、前記基板の陥没部から離隔した部分が上下に移動可能な下側支持部と、両端が前記基板の陥没部上に位置するように前記下側支持部に積層され、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層の両側に電圧が印加されると、前記陥没部から離隔した部分が上下に駆動され、入射ビームを回折させる圧電ミラー層とを含んでなる回折型薄膜圧電マイクロミラーを提供する。

10

【0029】

また、前記目的を達成するため、本発明は、中央部にエアスペースを提供するための陥没部が形成された基板と、リボン形状を取っており、中央部が前記基板の陥没部から離隔するように、両端の下面がそれぞれ前記基板の陥没部を外れた両側に付着された下側支持部と、一端が前記下側支持部の一端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から一端側に所定距離だけ離隔して位置し、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層に電圧が印加されると、収縮および膨張により上下に駆動力を提供する第1圧電層と、一端が前記下側支持部の他端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から他端側に所定距離だけ離隔して位置し、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層に電圧が印加されると、収縮および膨張により上下に駆動力を提供する第2圧電層と、前記下側支持部の中央部に位置し、入射ビームを回折させるためのマイクロミラー層とを含んでなる回折型薄膜圧電マイクロミラーを提供する。

20

【0030】

また、前記目的を達成するため、本発明は、絶縁層が表面に形成されたシリコン基板と、リボン形状を取っており、中央部が前記シリコン基板上に所定距離だけ立ち上がり、両端の下面がそれぞれ前記シリコン基板に付着され、前記シリコン基板から所定距離だけ離隔した部分が上下に移動可能な下側支持部と、前記下側支持部に積層され、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層の両側に電圧が印加されると、収縮および膨張による上下駆動力を発生させて、前記シリコン基板から所定距離だけ離隔した中央部を上下に駆動させ、入射ビームを回折させるための圧電ミラー層とを含んでなる回折型薄膜圧電マイクロミラーを提供する。

30

【0031】

また、前記目的を達成するため、本発明は、絶縁層が表面に形成された基板と、リボン形状を取っており、中央部が前記基板から立ち上がり、両端の下面がそれぞれ前記基板の両側に付着され、前記基板から立ち上がった部分が上下移動可能な下側支持部と、一端が前記下側支持部の一端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から一端側に所定距離だけ離隔して位置し、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層に電圧が印加されると、収縮および膨張により上下に駆動力を提供する第1圧電層と、一端が前記下側支持部の他端に位置し、他端が前記下側支持部の中央部から他端側に所定距離だけ離隔して位置し、薄膜の圧電材料層を含み、前記圧電材料層に電圧が印加されると、収縮および膨張により上下に駆動力を提供する第2圧電層と、前記下側支持部の中央部に位置し、入射ビームを回折させるためのマイクロミラー層とを含んでなる回折型薄膜圧電マイクロミラーを提供する。

40

【0032】

また、前記目的を達成するため、本発明は、シリコンウェーハ上にマスク層を形成し、パターンングを行って陥没部を形成する第1段階と、前記第1段階で形成された陥没部を埋め込むように犠牲層を形成する第2段階と、前記陥没部が埋め込まれたシリコンウェーハ上に圧電ミラー層を形成する第3段階と、前記第3段階で形成された圧電ミラー層を、

50

複数のリボン形状の配列となるように、エッチングし、犠牲層を除去することで、回折型薄膜圧電マイクロミラーを形成する第４段階とを含んでなる回折型薄膜マイクロミラーの製造方法を提供する。

【００３３】

また、前記目的を達成するため、本発明は、シリコン基板上にマスク層を形成し、パターンニングを行って陥没部を形成する第１段階と、前記第１段階で形成された陥没部を埋め込むように犠牲層を形成する第２段階と、前記陥没部が埋め込まれたシリコン基板上に下側支持部を形成する第３段階と、前記第３段階で形成された下側支持部上に、一端の下面が前記陥没部の外側に位置し、他端の下面が前記陥没部の中央部から外側に所定距離だけ離隔して位置し、互いに対向するように形成された一对の圧電ミラー層を形成する第４段階と、前記下側支持部の中央部にマイクロミラー層を形成する第５段階と、前記一对の圧電ミラー層と下側支持部を、複数のリボン形状の配列となるようにエッチングし、犠牲層を除去することで、回折型薄膜圧電マイクロミラーを形成する第６段階とを含んでなる回折型薄膜マイクロミラーの製造方法を提供する。

10

【００３４】

また、前記目的を達成するため、本発明は、シリコン基板上に犠牲層を積層し、マスク層を形成し、エッチングすることで、立ち上がり部を形成する第１段階と、前記第１段階で立ち上がり部が形成されたシリコン基板上に下側支持部を積層する第２段階と、前記第２段階で形成された下側支持部上に圧電ミラー層を形成する第３段階と、前記第３段階で形成された圧電ミラー層を、複数のリボン形状の配列となるように、エッチングし、犠牲層を除去することで、回折型薄膜圧電マイクロミラーを形成する第４段階とを含んでなる回折型薄膜マイクロミラーの製造方法を提供する。

20

【００３５】

また、前記目的を達成するため、本発明は、シリコン基板上に犠牲層を積層し、マスク層を形成し、エッチングすることで、立ち上がり部を形成する第１段階と、前記第１段階で立ち上がり部が形成されたシリコン基板上に下側支持部を積層する第２段階と、前記第２段階で形成された下側支持部上に、一端の下面が前記立ち上がり部の外側に位置し、他端の下面が前記立ち上がり部の中央部から外側に所定距離だけ離隔して位置し、互いに対向するように形成された一对の圧電ミラー層を形成する第３段階と、前記下側支持部の中央部にマイクロミラー層を形成する第４段階と、前記一对の圧電ミラー層と下側支持部を、複数のリボン形状の配列となるようにエッチングし、犠牲層を除去することで、回折型薄膜圧電マイクロミラーを形成する第５段階とを含んでなる回折型薄膜マイクロミラーの製造方法を提供する。

30

【発明の効果】

【００３６】

以上のような本発明によると、従来技術による静電気方式は非線形的であるに対し、圧電素子を用いると、印加電圧と変位の関係が線形成を有する効果がある。

【００３７】

また、本発明によると、静電気方式に比べ、相対的に低い電圧で同等程度の変位を得ることができ、高い駆動速度を得ることができる効果がある。

40

【００３８】

また、本発明によると、信頼性のあるリボン変位の調節を可能にすることで、静電気方式によっては難しかったアナログコントロール（gray scale control）が可能である効果がある。

【００３９】

また、本発明によると、圧電マイクロミラーアレイの構成において、リボンの長さおよび幅に対する多様なデザインが可能であるので、当該アプリケーションで要求される光効率の調節が容易になる効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【００４０】

50

以下、図10aないし図17cに基づいて本発明の好ましい一実施例を詳細に説明するとつぎのようである。

【0041】

図10a～10jは本発明の一実施例による陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの製造過程の側断面図である。

【0042】

図10aに示すように、シリコンウェーハ1001上に、エッチングを行うため、熱酸化などの方法でマスク層1002を0.1～1.0μmの厚さに形成し、パターニングを行うことで、シリコンエッチングを準備する。

【0043】

図10bに示すように、TMAHまたはKOHなどのシリコンをエッチングし得る溶液でシリコンを適当な厚さにエッチングした後、マスク層1002を除去する。このエッチングにおいては、湿式エッチングだけでなく乾式エッチングも用いることができる。

【0044】

図10cに示すように、エッチングされたシリコンに、さらに熱酸化などの方法で絶縁および食刻防止層1003を形成する。

【0045】

図10dに示すように、シリコンウェーハ1001のエッチング部位に、低圧化学気相蒸着(LPCVD)または化学気相蒸着(PECVD)の方法でポリシリコンまたはアモルファスシリコンなどを蒸着して犠牲層1004を形成した後、平坦にポリシングを行う。この際、SOI(Silicon On Insulator)を使用する場合は、ポリシリコンの蒸着およびポリシングなしでも可能である。

【0046】

その後、 Si_3N_4 などのシリコンナイトライド系列をLPCVDまたはPECVD方法で、一例として0.1～5.0μmの厚さ範囲に蒸着した後、 SiO_2 を熱酸化またはPECVD法で0.1～5μmの範囲に蒸着するが、必要に応じて省略可能である。

【0047】

ついで、図10eに示すように、圧電材料を支持するための下側支持部1005をシリコンウェーハ1001に蒸着し、下側支持部1005を構成する材料としてはSi酸化物(一例として、 SiO_2)、Si窒化物系列(一例として、 Si_3N_4 など)、セラミック基板(Si、 ZrO_2 、 Al_2O_3)、Siカーバイドなどが可能である。このような下側支持部1005は必要に応じて省略できる。

【0048】

図10fに示すように、下側支持部1005上に下部電極1006を形成する。この際、下部電極1006の電極材料としては、Pt、Ta/Pt、Ni、Au、Al、 AuO_2 などが使用でき、0.01～3μmの範囲でスパッタリングまたは蒸発などの方法で蒸着する。

【0049】

図10gに示すように、下部電極1006上に、圧電材料1007を湿式法(スクリーンプリンティング、Sol-Gel coatingなど)および乾式法(スパッタリング、蒸発、MOCVD、蒸着など)で0.01～20.0μmの範囲に形成する。そして、使用される圧電材料1007としては、上下型圧電材料と左右型圧電材料を共に使用することができるが、PZT、PMN-PT、PLZT、AlN、ZnOなどの圧電材料を使用することができ、Pb、Zr、Znまたはチタンなどを少なくとも1種以上含む圧電電解材料を対象とする。

【0050】

図10hに示すように、圧電材料1007上に上部電極1008を形成する。このときに使用可能な材料としては、Pt、Ta/Pt、Ni、Au、Al、Ti/Pt、 IrO_2 、 RuO_2 などが使用でき、0.01～3μmの範囲でスパッタリングまたは蒸発などの方法で形成する。

10

20

30

40

50

【0051】

図10iに示すように、上部電極1008上にマイクロミラー1009を付着するが、その材料としては、Ti、Cr、Cu、Ni、Al、Au、Ag、Pt、Au/Crなどの光反射物質が使用される。

【0052】

この際、上部電極1008をマイクロミラーとして使用するか、または別途のマイクロミラーを上部電極1008上に蒸着することができる。

【0053】

図10jに示すように、このように形成された回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイの母体から、回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイを形成するためには、フォトレジストなどのマスク層を介してパターニングを行った後、マイクロミラー1009、上部電極1008、圧電材料1007、下部電極1006、下側支持部1005をエッチングすることにより、回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイを形成する。その後、犠牲層1004をXeF₂ガスでエッチングする。

【0054】

ここでは、回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイの母体から回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイを形成した後、犠牲層1004を除去する過程を説明したが、犠牲層1004を除去した後、マイクロミラーアレイを形成することもできる。

【0055】

すなわち、まず回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイの母体の、下側支持部1005の形成されていない区間にホールを形成し、犠牲層1004をXeF₂ガスでエッチングした後、回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイの母体にフォトレジストなどのマスク層を介してパターニングを行った後、マイクロミラー1009、上部電極1008、圧電材料1007、下部電極1006、下側支持部1005をエッチングしてマイクロミラーアレイを形成する。

【0056】

図11a～11cは変形されていない圧電材料を持っている多様な形態の陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

【0057】

図11aはシリコンウェーハの犠牲層がエアスペースで取り替えられているものを示す。したがって、圧電材料は、その端部により基板の表面上に懸架される。そして、下部電極層1006a、圧電材料層1007a、上部電極層1008a、マイクロミラー1009aは下側支持部1005a上に位置していることが分かる。

【0058】

図11bはシリコンウェーハの犠牲層がエアスペースで取り替えられているものを示す。したがって、圧電材料は、その端部により基板の表面上に懸架される。ここで、マイクロミラー1009bは下側支持部1005bの中央に位置していることが分かる。また、下部電極層1006b、圧電材料層1007b、上部電極層1008bは下側支持部1005bの両側に位置していることが分かる。このような形態の回折型薄膜圧電マイクロミラーを形成するためには、上部電極層1008bまで形成した後、中央部の下部電極層1006b、圧電材料層1007b、上部電極層1008bをエッチングした後、エッチングされた中央部にマイクロミラー1009bを形成する。

【0059】

図11cはシリコンウェーハの犠牲層がエアスペースで取り替えられているものを示す。したがって、圧電材料は、その端部により基板の表面上に懸架される。ここで、下部電極層1006c、圧電材料層1007c、上部電極層1008c、マイクロミラー1009cは下側支持部1005c上に位置していることが分かる。

【0060】

図12a～図12cは変形された後の圧電材料を持っている多様な形態の陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

図 1 2 a は、圧電材料 1 0 0 7 a の上下に電圧が印加されることにより、圧電材料の収縮力および膨張力により、下側支持部 1 0 0 5 a、下部電極層 1 0 0 6 a、圧電材料層 1 0 0 7 a、上部電極層 1 0 0 8 a、マイクロミラー 1 0 0 9 a が下方に垂れている上体を示す。この際、圧電材料 1 0 0 7 a は左右に収縮して左右方向への力を発生させるが、下側支持部 1 0 0 5 a に圧電材料 1 0 0 7 a の下部が強く固着されているため、左右方向に作用する力は究極に圧電材料 1 0 0 7 a を下方に引き下げる。

【 0 0 6 2 】

図 1 2 b は、下側支持部 1 0 0 5 b の両側に位置する圧電材料層 1 0 0 7 b の上下に電圧が印加されることにより、左右方向に収縮する力が発生することが分かる。この際、圧電材料 1 0 0 7 b は左右に収縮して左右方向への力を発生させるが、下側支持部 1 0 0 5 b に圧電材料 1 0 0 7 b の下部が強く固着されているため、左右方向に作用する力は究極に圧電材料 1 0 0 7 b を上方に引き上げることになる。その結果、下側支持部 1 0 0 5 b は上方に膨らみ、下側支持部 1 0 0 5 b の中央に位置するマイクロミラー 1 0 0 9 b は上方に膨らむ。

10

【 0 0 6 3 】

図 1 2 c は下側支持部 1 0 0 5 c の中央に位置する圧電材料 1 0 0 7 c の上下に電圧が印加されると、下部電極層 1 0 0 6 c、圧電材料層 1 0 0 7 c、上部電極層 1 0 0 8 c、マイクロミラー 1 0 0 9 c が上方に立ち上がることが分かる。

【 0 0 6 4 】

図 1 3 a は陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーが同一幅で配置されたディスプレイエレメントの駆動例を示す側断面図である。回折型薄膜圧電マイクロミラーは電圧の印加により上下に移動する。

20

【 0 0 6 5 】

図 1 3 b は陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーが相違した幅で交互に配置されたディスプレイエレメントの駆動例を示す側断面図である。回折型薄膜圧電マイクロミラーは電圧の印加により上下に移動する。

【 0 0 6 6 】

図 1 3 c は陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーが同一間隔で配置されたディスプレイエレメントの駆動例を示す側断面図である。ここで、絶縁層の上面にマイクロミラーが全面に形成されて、入射光を回折させる。

30

【 0 0 6 7 】

図 1 4 a ~ 図 1 4 h は本発明のほかの実施例による立ち上がり部を有する薄膜圧電光変調器の製造過程を示す側断面図である。

【 0 0 6 8 】

図 1 4 a に示すように、シリコンに、熱酸化などの方法で絶縁および食刻防止層 2 0 0 2 を形成する。すなわち、シリコンウェーハの表面に、 SiO_2 などで絶縁および食刻防止層 2 0 0 2 を形成する。

【 0 0 6 9 】

そして、エアスペースを形成するため、シリコンウェーハ 2 0 0 1 の絶縁および食刻防止層 2 0 0 2 の上面に、LPCVD または PECVD の方法でポリシリコンまたはアモルファスシリコンなどを蒸着した後、平坦にポリシングを行って、犠牲層 2 0 0 3 を形成する。

40

【 0 0 7 0 】

その後、犠牲層 2 0 0 3 上に、エッチングのため、熱酸化などの方法でマスク層 2 0 0 4 を $0.1 \sim 3.0 \mu\text{m}$ の厚さに形成し、パターンニングを行うことで、シリコンエッチングを準備する。

【 0 0 7 1 】

図 1 4 b に示すように、TMAH または KOH などのシリコンをエッチングし得る溶液でシリコンを適当な厚さにエッチングした後、マスク層 2 0 0 4 を除去する。

50

【0072】

Si₃N₄などのシリコンナイトライド系列をLPCVDまたはPECVD方法で、一例として0.1~5.0μmの厚さ範囲に蒸着した後、SiO₂を熱酸化またはPECVD法で0.1~3μmの範囲に蒸着するが、必要に応じて省略可能である。

【0073】

ついで、図14cに示すように、圧電材料を支持するための下側支持部2005を絶縁および食刻防止層2002および犠牲層2003上に蒸着し、下側支持部2005を構成する材料としては、Si酸化物（一例として、SiO₂）、Si窒化物系列（一例として、Si₃N₄など）、セラミック基板（一例として、Si、ZrO₂、Al₂O₃）、シリコンカーバイドなどが可能である。このような下側支持部2005は必要に応じて省略可能である。 10

【0074】

図14dに示すように、下側支持部2005上に下部電極2006を形成する。この際、下部電極2006の電極材料としては、Pt、Ta/Pt、Ni、Au、Al、AuO₂などが使用でき、0.01~3μmの範囲でスパッタリングまたは蒸発などの方法で蒸着する。

【0075】

図14eに示すように、下部電極2006上に、圧電材料2007を湿式法（スクリーンプリンティング、Sol-Gel coatingなど）および乾式法（スパッタリング、蒸発、蒸着など）で0.01~20.0μmの範囲に形成する。そして、使用される圧電材料2007としては、上下圧電材料と左右圧電材料を全て使用することができるが、PZT、PMN-PT、PLZT、AlN、ZnOなどの圧電材料を使用することができ、Pb、Zr、Znまたはチタンなどを少なくとも1種以上含む圧電電解材料を対象とする。 20

【0076】

図14fに示すように、圧電材料2007上に上部電極2008を形成する。このときに使用可能な材料としては、Pt、Ta/Pt、Ni、Au、Al、Ti/Pt、IrO₂、RuO₂などが使用でき、0.01~3μmの範囲でスパッタリングまたは蒸発などの方法で形成する。

【0077】

図14gに示すように、上部電極2008上にマイクロミラー2009を付着するが、その材料としては、Ti、Cr、Cu、Ni、Al、Au、Ag、Pt、Au/Crなどの光反射物質が使用される。 30

【0078】

この際、上部電極2008をマイクロミラーとして使用するか、または別途のマイクロミラーを上部電極2008上に蒸着することができる。

【0079】

図14hに示すように、このように形成された回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイの母体から、回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイを形成するためには、フォトレジストなどのマスク層を介してパターニングを行った後、マイクロミラー2009、上部電極2008、圧電材料2007、下部電極2006、下側支持部2005をエッチングすることにより、回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイを形成する。その後、犠牲層2003をXeF₂ガスでエッチングする。 40

【0080】

ここでは、回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイの母体から回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイを形成した後、犠牲層2003を除去する過程を説明したが、犠牲層2003を除去した後、マイクロミラーアレイを形成することもできる。

【0081】

すなわち、まず回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイの母体の、下側支持部2005の形成されていない区間にホールを形成し、犠牲層2003をXeF₂ガスでエッチングした後、回折型薄膜圧電マイクロミラーアレイの母体にフォトレジストなどのマスク層を介 50

してパターンニングを行った後、マイクロミラー 2009、上部電極 2008、圧電材料 2007、下部電極 2006、下側支持部 2005 をエッチングしてマイクロミラーアレイを形成する。

【0082】

図 15a ~ 15c は変形されていない圧電材料を持っている多様な形態の立ち上がり部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

【0083】

図 15a はシリコンウェーハの犠牲層がエアスペースで取り替えられているものを示す。したがって、圧電材料は、その端部により基板の表面上に立ち上がる。そして、下部電極層 2006a、圧電材料層 2007a、上部電極層 2008a、マイクロミラー 2009a は下側支持部 2005a 上に位置していることが分かる。図 11a と異なる点は、圧電材料が絶縁および食刻防止層上に立ち上がっていることである。

10

【0084】

図 15b はシリコンウェーハの犠牲層がエアスペースで取り替えられているものを示す。したがって、圧電材料は、その端部により基板の表面上に立ち上がる。ここで、マイクロミラー 2009b は下側支持部 2005b の中央に位置していることが分かる。また、下部電極層 2006b、圧電材料層 2007b、上部電極層 2008b は下側支持部 2005b の両側に位置していることが分かる。このような形態の回折型薄膜圧電マイクロミラーを形成するためには、上部電極層 2008b まで形成した後、中央部の下部電極層 2006b、圧電材料層 2007b、上部電極層 2008b をエッチングした後、エッチングされた中央部にマイクロミラー 2009b を形成する。図 11b と異なる点は圧電材料が絶縁および食刻防止層上に立ち上がっていることである。

20

【0085】

図 15c はシリコンウェーハの犠牲層がエアスペースで取り替えられているものを示す。したがって、圧電材料は、その端部により基板の表面上に立ち上がる。ここで、下部電極層 2006c、圧電材料層 2007c、上部電極層 2008c、マイクロミラー 2009c は下側支持部 2005c 上に位置していることが分かる。図 11c と異なる点は、圧電材料が絶縁および食刻防止層上に立ち上がっていることである。

【0086】

図 16a ~ 図 16c は変形された後の圧電材料を持っている多様な形態の立ち上がり部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

30

【0087】

図 16a は、圧電材料 2007a の上下に電圧が印加されることにより、圧電材料の収縮力および膨張力により、下側支持部 2005a、下部電極層 2006a、圧電材料層 2007a、上部電極層 2008a、マイクロミラー 2009a が下方に垂れている状態を示す。この際、圧電材料 2007a は左右に収縮して左右方向への力を発生させるが、下側支持部 2005a に圧電材料 2007a の下部が強く固着されているため、左右方向に作用する力は究極に圧電材料 2007a を下方に引き下げる。

【0088】

図 16b は、下側支持部 2005b の両側に位置する圧電材料層 2007b の上下に電圧が印加されることにより、左右方向に収縮する力が発生することが分かる。この際、圧電材料 2007b は左右に収縮して左右方向への力を発生させるが、下側支持部 2005b に圧電材料 2007b の下部が強く固着されているため、左右方向に作用する力は究極に圧電材料 2007b を上方に引き上げることになる。その結果、下側支持部 2005b は上方に膨らみ、下側支持部 2005c の中央に位置するマイクロミラー 2009b は上方に膨らむ。

40

【0089】

図 16c は下側支持部 2005c の中央に位置する圧電材料 2007c の上下に電圧が印加されると、下部電極層 2006c、圧電材料層 2007c、上部電極層 2008c、マイクロミラー 2009c が上方に膨らむことが分かる。

50

【0090】

図17aは立ち上がり部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーが同一幅で配置されたディスプレイエレメントの駆動例を示す側断面図である。回折型薄膜圧電マイクロミラーは電圧の印加により上下に移動する。

【0091】

図17bは立ち上がり部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーが相違した幅で交互に配置されたディスプレイエレメントの駆動例を示す側断面図である。回折型薄膜圧電マイクロミラーは電圧の印加により上下に移動する。

【0092】

図17cは立ち上がり部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーが同一間隔配置されたディスプレイエレメントの駆動例を示す側断面図である。ここで、絶縁層の上面にマイクロミラーが上面に形成され、形成されたマイクロミラーは入射光を回折させる。

【0093】

本発明においては、圧電材料層が単層の場合について説明したが、低電圧駆動のため、圧電材料層を多層に構成することができる。この際、下部電極層と上部電極層も多層に構成される。

【0094】

すなわち、下から第1下部電極層、第1圧電材料層、第1上部電極層、および第2下部電極層、第2圧電材料層、第2上部電極層、および第3下部電極層、・・・などに構成可能である。

【0095】

以上説明した本発明による回折型薄膜圧電マイクロミラーおよびその製造方法を実施するための一実施例に過ぎないもので、本発明は前記実施例に限定されなく、特許請求の範囲に記載された本発明の範囲から逸脱することなく、本発明が属する分野の通常の知識を持った者であればだれでも本発明を多様に変更実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【0096】

【図1】従来技術の静電気方式格子光変調器を示す斜視図である。

【図2】従来技術の静電気方式格子光変調器が変形されていない状態で入射光を反射させることを示す断面図である。

【図3】従来技術の格子光変調器が静電気力により変形された状態で入射光を回折させることを示す断面図である。

【図4】従来技術の静電気方式格子光変調器に対する履歴曲線を示すグラフである。

【図5】従来の改善された技術によるコラム型静電気方式回折格子光バルブの側断面図である。

【図6】従来の改善された技術による単一ディスプレイエレメントに相当する6本の長細いエレメントを含むGLV(Grating Light Valve)の部分平面図である。

【図7】従来の改善された技術による変形されていない状態で入射光を反射させる6本の細長いエレメントを含むGLVのディスプレイエレメントの断面図である。

【図8】従来の改善された技術によるGLVの静電気力により変形された長細いエレメントの側断面図である。

【図9】従来の改善された技術による変形された状態で入射光を回折させる6本の細長いエレメントが交互に配置されたGLVのディスプレイエレメントの断面図である。

【図10a】本発明の一実施例による陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの製造過程を示す側断面図である。

【図10b】本発明の一実施例による陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの製造過程を示す側断面図である。

【図10c】本発明の一実施例による陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの製造過程を示す側断面図である。

【図10d】本発明の一実施例による陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの製

10

20

30

40

50

造過程を示す側断面図である。

【図10e】本発明の一実施例による陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの製造過程を示す側断面図である。

【図10f】本発明の一実施例による陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの製造過程を示す側断面図である。

【図10g】本発明の一実施例による陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの製造過程を示す側断面図である。

【図10h】本発明の一実施例による陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの製造過程を示す側断面図である。

【図10i】本発明の一実施例による陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの製造過程を示す側断面図である。 10

【図10j】本発明の一実施例による陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの製造過程を示す側断面図である。

【図11a】変形されていない圧電材料を有する多様な形態の陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

【図11b】変形されていない圧電材料を有する多様な形態の陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

【図11c】変形されていない圧電材料を有する多様な形態の陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

【図12a】変形された圧電材料を有する多様な形態の陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。 20

【図12b】変形された圧電材料を有する多様な形態の陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

【図12c】変形された圧電材料を有する多様な形態の陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

【図13a】陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーが同一幅で配置されたディスプレイエレメントの駆動例を示す側断面図である。

【図13b】陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーが相違した幅で交互に配置されたディスプレイエレメントの駆動例を示す側断面図である。

【図13c】陥没部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーが同一間隔で配置されたディスプレイエレメントの駆動例を示す側断面図である。 30

【図14a】本発明のほかの実施例による立ち上がり部を有する薄膜圧電光変調器の製造過程を示す側断面図である。

【図14b】本発明のほかの実施例による立ち上がり部を有する薄膜圧電光変調器の製造過程を示す側断面図である。

【図14c】本発明のほかの実施例による立ち上がり部を有する薄膜圧電光変調器の製造過程を示す側断面図である。

【図14d】本発明のほかの実施例による立ち上がり部を有する薄膜圧電光変調器の製造過程を示す側断面図である。

【図14e】本発明のほかの実施例による立ち上がり部を有する薄膜圧電光変調器の製造過程を示す側断面図である。 40

【図14f】本発明のほかの実施例による立ち上がり部を有する薄膜圧電光変調器の製造過程を示す側断面図である。

【図14g】本発明のほかの実施例による立ち上がり部を有する薄膜圧電光変調器の製造過程を示す側断面図である。

【図14h】本発明のほかの実施例による立ち上がり部を有する薄膜圧電光変調器の製造過程を示す側断面図である。

【図15a】変形されていない圧電材料を有する多様な形態の立ち上がり部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

【図15b】変形されていない圧電材料を有する多様な形態の立ち上がり部を有する回折 50

型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

【図 1 5 c】変形されていない圧電材料を有する多様な形態の立ち上がり部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

【図 1 6 a】変形された圧電材料を有する多様な形態の立ち上がり部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

【図 1 6 b】変形された圧電材料を有する多様な形態の立ち上がり部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

【図 1 6 c】変形された圧電材料を有する多様な形態の立ち上がり部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーの側断面図である。

【図 1 7 a】立ち上がり部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーが同一幅で配置されたディスプレイエレメントの駆動例を示す側断面図である。 10

【図 1 7 b】立ち上がり部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーが相違した幅で交互に配置されたディスプレイエレメントの駆動例を示す側断面図である。

【図 1 7 c】立ち上がり部を有する回折型薄膜圧電マイクロミラーが同一間隔で配置されたディスプレイエレメントの駆動例を示す側断面図である。

【符号の説明】

【 0 0 9 7 】

1 0 0 1、2 0 0 1 シリコンウェーハ

1 0 0 2、2 0 0 4 マスク層

1 0 0 3 絶縁および食刻防止層

1 0 0 4、2 0 0 3 犠牲層

1 0 0 5、0 0 5 下側支持部

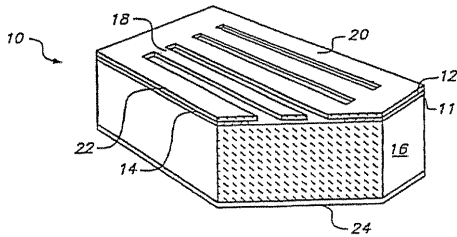
1 0 0 6、2 0 0 6 下部電極

1 0 0 7、2 0 0 7 圧電材料

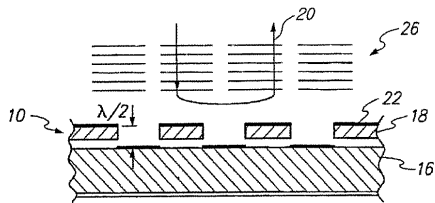
1 0 0 8、2 0 0 8 上部電極

1 0 0 9、2 0 0 9 マイクロミラー

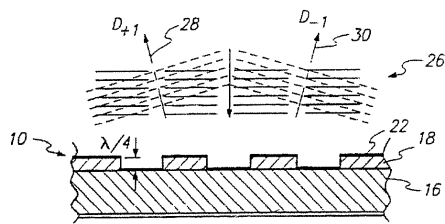
【図 1】



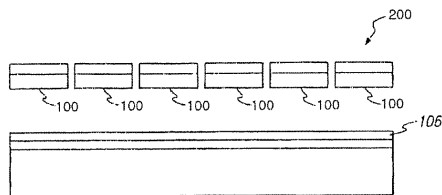
【図 2】



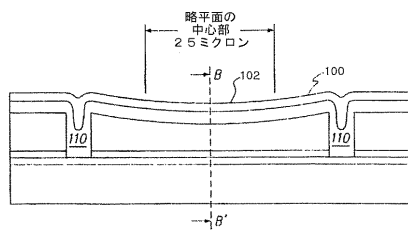
【図 3】



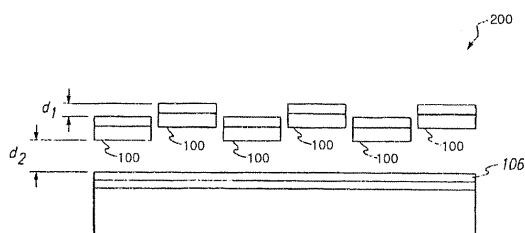
【図 7】



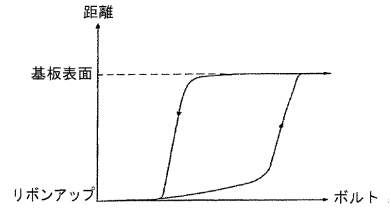
【図 8】



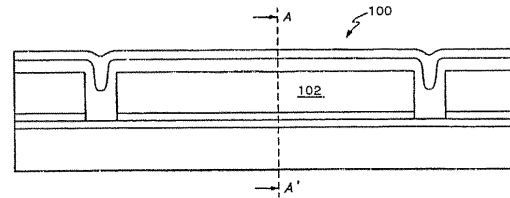
【図 9】



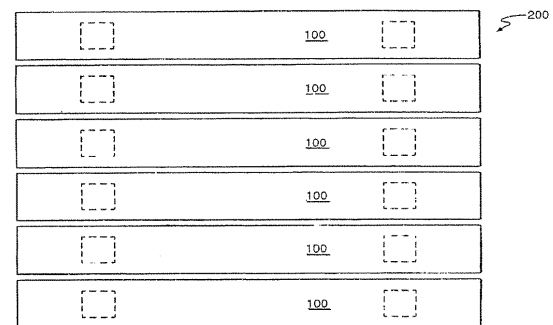
【図 4】



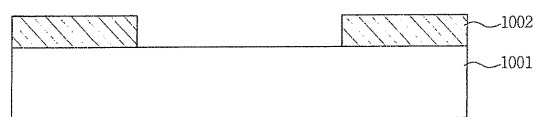
【図 5】



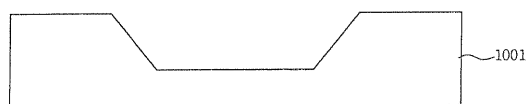
【図 6】



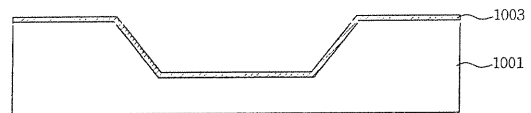
【図 10 a】



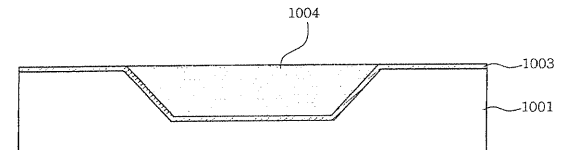
【図 10 b】



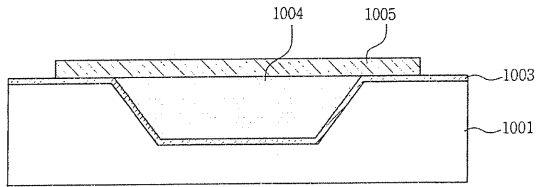
【図 10 c】



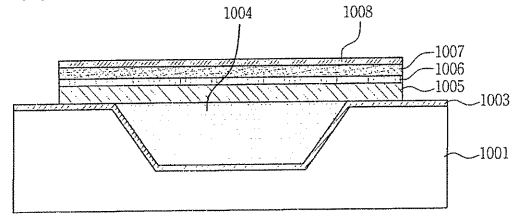
【図 10 d】



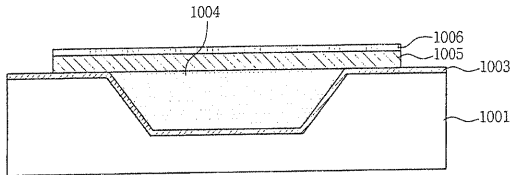
【図 10 e】



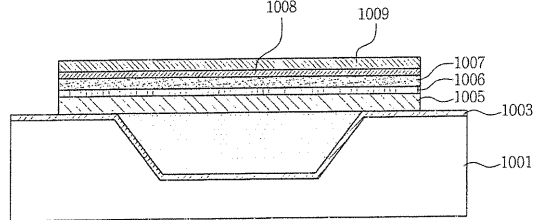
【図 10 h】



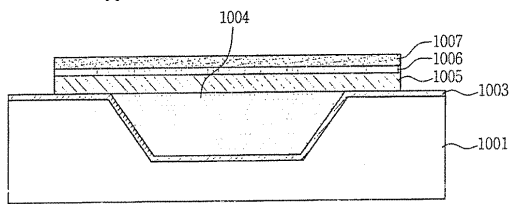
【図 10 f】



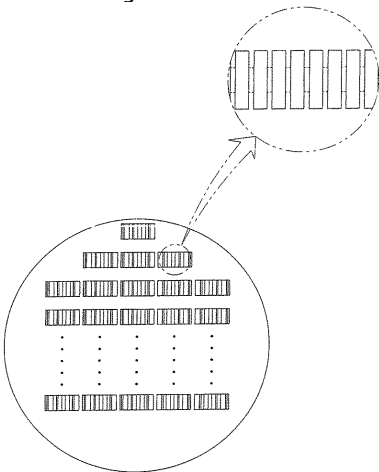
【図 10 i】



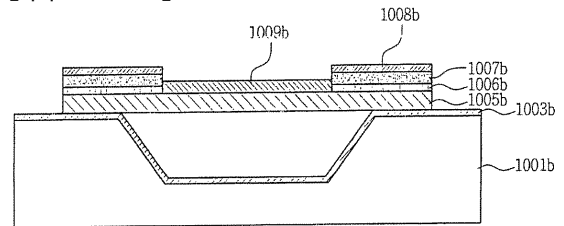
【図 10 g】



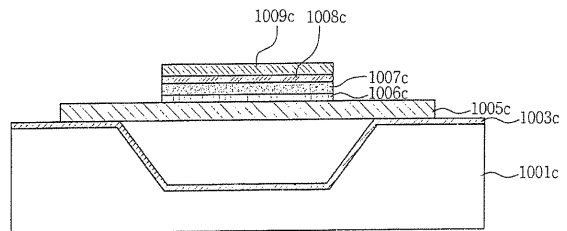
【図 10 j】



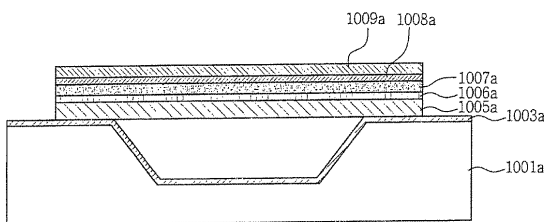
【図 11 b】



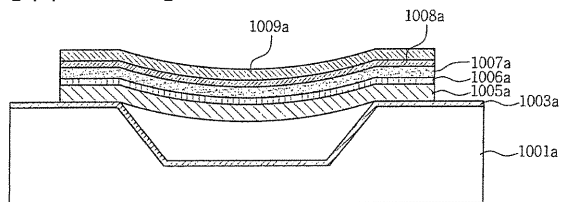
【図 11 c】



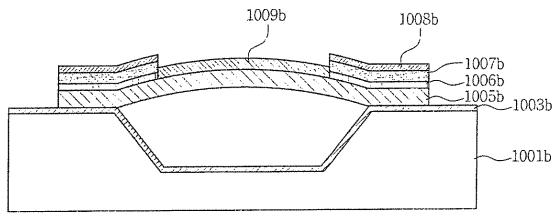
【図 11 a】



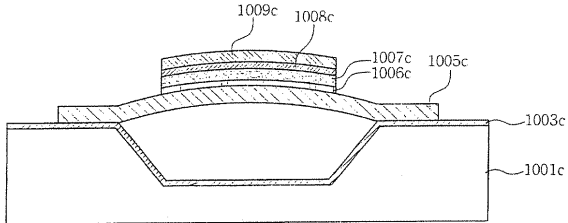
【図 12 a】



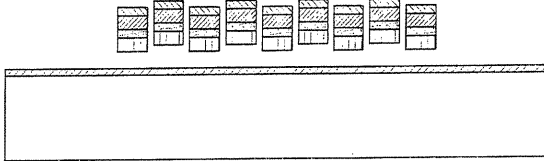
【図 1 2 b】



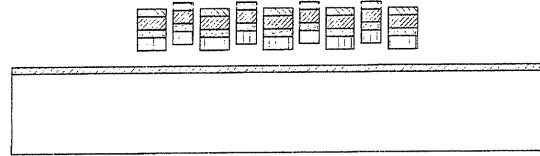
【図 1 2 c】



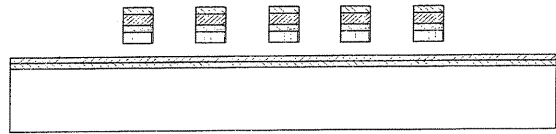
【図 1 3 a】



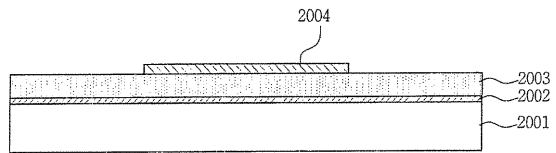
【図 1 3 b】



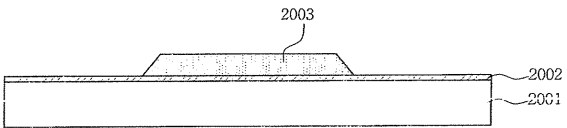
【図 1 3 c】



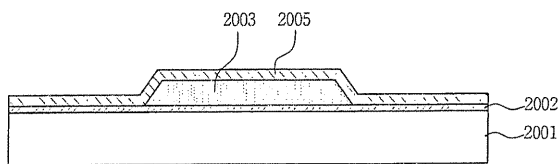
【図 1 4 a】



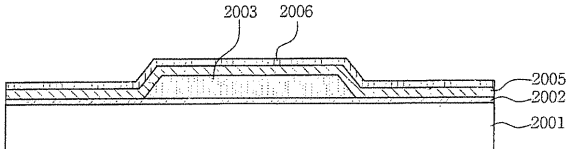
【図 1 4 b】



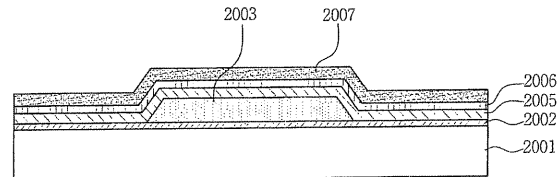
【図 1 4 c】



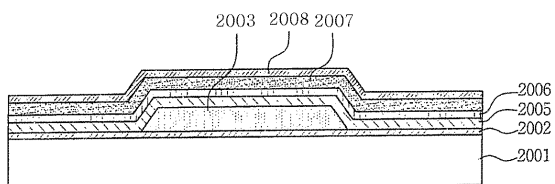
【図 1 4 d】



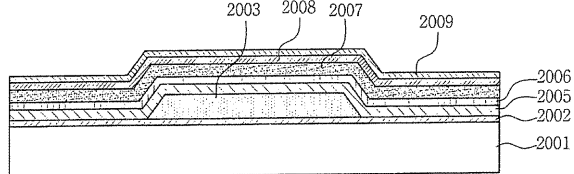
【図 1 4 e】



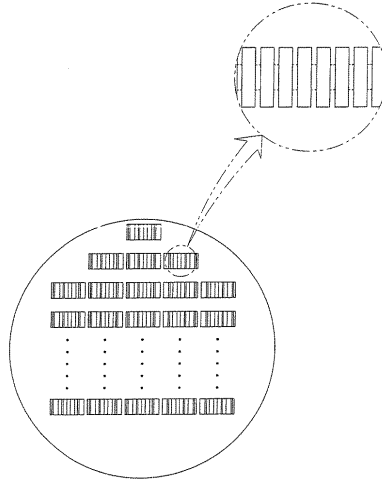
【図 1 4 f】



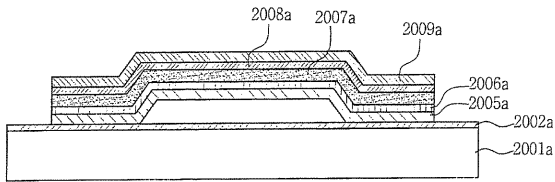
【図 1 4 g】



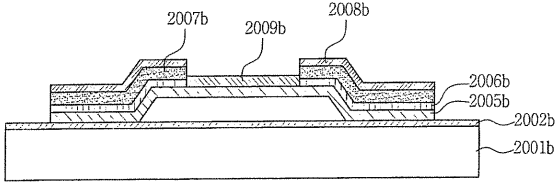
【図 1 4 h】



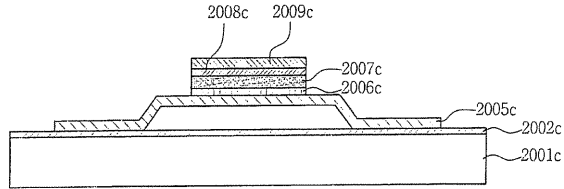
【図 15 a】



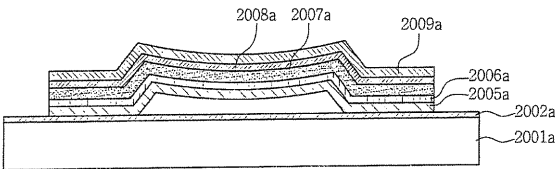
【図 15 b】



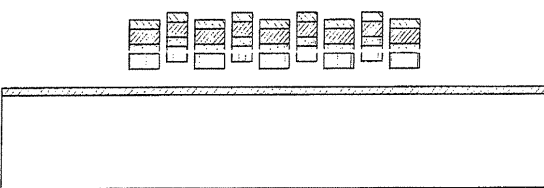
【図 15 c】



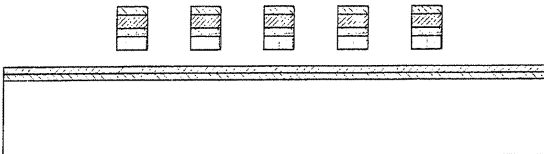
【図 16 a】



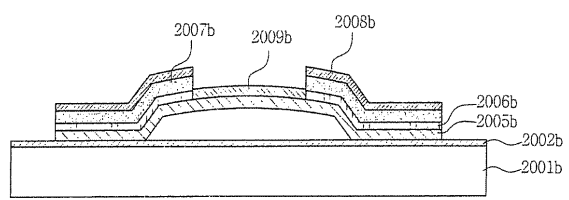
【図 17 b】



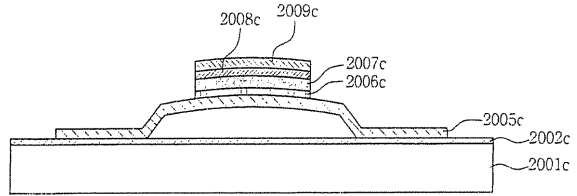
【図 17 c】



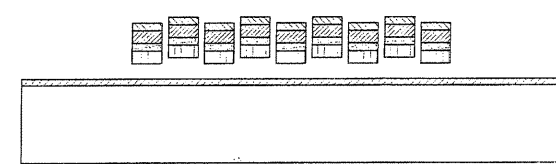
【図 16 b】



【図 16 c】



【図 17 a】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 41/18	H 0 1 L 41/08	C
H 0 1 L 41/187	H 0 1 L 41/18	1 0 1 B
H 0 1 L 41/22	H 0 1 L 41/18	1 0 1 D
H 0 2 N 2/00	H 0 1 L 41/18	1 0 1 Z
	H 0 1 L 41/22	Z

(72)発明者 ソン、ゾン - ヒョン
大韓民国、ギョンギ - ド、スウォン - シ、ヨントン - グ、ヨントン - ドン、チョンミョン マウル
4 - ダンジ アパート、4 1 1 - 5 0 3

(72)発明者 アン、スン - ド
大韓民国、ギョンギ - ド、スウォン - シ、ヨントン - グ、ウォンチョン - ドン、ウォンチョン ジ
ュゴン アパート、2 0 6 - 6 0 6

(72)発明者 オ、ミン - ソク
大韓民国、ソウル、ソチヨ - グ、バンポ 2 - ドン、ギョンナム アパート、1 - 5 1 2

(72)発明者 ヨ、イン - ゼ
大韓民国、ギョンギ - ド、ヨンイン - シ、ギフン - ウプ、ボラ - リ、ミンソク マウル サヨン
アパート、1 1 7 - 1 0 3

(72)発明者 ユン、サン - ギョン
大韓民国、ギョンギ - ド、スウォン - シ、ヨントン - グ、マンポ - ドン、ヌルプルン ビョクサン
アパート、1 1 8 - 1 6 0 3

F ターム(参考) 2H041 AA13 AB14 AC08 AZ02 AZ08