

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5171489号  
(P5171489)

(45) 発行日 平成25年3月27日(2013.3.27)

(24) 登録日 平成25年1月11日(2013.1.11)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/306 (2006.01)

G O 2 B 26/10 (2006.01)

G O 2 B 26/08 (2006.01)

B 8 1 B 3/00 (2006.01)

B 8 1 C 1/00 (2006.01)

H O 1 L 21/306 B

G O 2 B 26/10 1 O 4 Z

G O 2 B 26/08 E

B 8 1 B 3/00

B 8 1 C 1/00

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-226542 (P2008-226542)  
 (22) 出願日 平成20年9月4日(2008.9.4)  
 (65) 公開番号 特開2010-62336 (P2010-62336A)  
 (43) 公開日 平成22年3月18日(2010.3.18)  
 審査請求日 平成23年8月31日(2011.8.31)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100086483  
 弁理士 加藤 一男  
 (72) 発明者 小川 俊之  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
 ヤノン株式会社内  
 (72) 発明者 加藤 貴久  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
 ヤノン株式会社内  
 (72) 発明者 虎島 和敏  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
 ヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 異方性エッチングによる構造体の作製方法、及びエッチングマスク付きシリコン基板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(100)面を主面とする単結晶シリコン基板上に、凸部コーナーを有する部分を含む目標形状に対応する基本エッチングマスクと、第1の部分と第2の部分と開口部とを有する補正エッチングマスクと、を形成する第1の工程と、

前記基本エッチングマスクと前記補正エッチングマスクを有する前記単結晶シリコン基板を異方性エッチングし前記目標形状を形成する第2の工程と、を含む構造体の作製方法であって、

前記第1の工程において、

前記第1の部分は<110>方向に伸び、

前記第1の部分は両方の端部が前記基本エッチングマスクに連結され、

前記第1の部分は少なくとも1つの端部が前記基本エッチングマスクの凸部コーナーに連結され、

前記第2の部分は、前記第1の部分の<110>方向に伸びる辺において前記第1の部分に接合し、

前記第2の部分は少なくとも1つの凸部コーナーを有し、

前記開口部は、前記第1の部分と前記第2の部分とが接合する境界を跨いで伸びていることを特徴とする構造体の作製方法。

【請求項2】

前記第2の工程は、前記補正エッチングマスクを形成した部分の単結晶シリコン基板を除

10

20

去する工程を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の構造体の作製方法。

【請求項 3】

前記第 1 の工程において、前記基本エッチングマスクと補正エッチングマスクは、前記単結晶シリコン基板の両面に形成され、

前記第 2 の工程において、異方性エッチング溶液により、前記 ( 1 0 0 ) 面を主面とする単結晶シリコン基板を貫通エッチングし凸部コーナーを有する目標形状を作製することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の構造体の作製方法。

【請求項 4】

前記第 1 の工程において、

前記単結晶シリコン基板は厚さ  $t$  で、

10

前記第 1 の部分は、前記基本エッチングマスクの凸部コーナーと接する第 1 の長辺と、前記第 1 の長辺と略平行な第 2 の長辺と、を有し、

前記第 1 の長辺と前記第 2 の長辺との距離は  $t/1.41$  以上で、

前記第 2 の部分は、前記第 2 の長辺或いは前記第 1 の長辺から  $\langle 110 \rangle$  方向に伸び、

前記開口部は前記第 1 の長辺或いは前記第 2 の長辺からの距離が  $t/1.41$  以下であることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の構造体の作製方法。

【請求項 5】

前記第 1 の工程において、

前記開口部は、前記第 1 の部分と前記第 2 の部分とで囲まれる様に形成されることを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の構造体の作製方法。

20

【請求項 6】

前記第 1 の工程において、

前記シリコン基板の裏面の前記補正エッチングマスクは、前記シリコン基板の表面の前記補正エッチングマスクを前記シリコン基板の裏面へ射影した形状で形成されることを特徴とする請求項 3 に記載の構造体の作製方法。

【請求項 7】

( 1 0 0 ) 面を主面とする単結晶シリコン基板上に、凸部コーナーを有する部分を含む目標形状に対応する基本エッチングマスクと、補正エッチングマスクと、を有し、

前記補正エッチングマスクは第 1 の部分と第 2 の部分と開口部とを有し、

前記第 1 の部分は  $\langle 110 \rangle$  方向に伸び、

30

前記第 1 の部分は両方の端部が前記基本エッチングマスクに連結され、

前記第 1 の部分は少なくとも 1 つの端部が前記基本エッチングマスクの凸部コーナーに連結され、

前記第 2 の部分は、前記第 1 の部分の  $\langle 110 \rangle$  方向に伸びる辺において前記第 1 の部分に接合し、

前記第 2 の部分は少なくとも 1 つの凸部コーナーを有し、

前記開口部は、前記第 1 の部分と前記第 2 の部分とが接合する境界を跨いで伸びていることを特徴とするエッチングマスク付きシリコン基板。

【請求項 8】

前記単結晶シリコン基板は厚さ  $t$  で、

40

前記第 1 の部分は、前記基本エッチングマスクの凸部コーナーと接する第 1 の長辺と、前記第 1 の長辺と略平行な第 2 の長辺と、を有し、

前記第 1 の長辺と前記第 2 の長辺との距離は  $t/1.41$  以上で、

前記第 2 の部分は、前記第 2 の長辺或いは前記第 1 の長辺から  $\langle 110 \rangle$  方向に伸び、

前記開口部は前記第 1 の長辺或いは前記第 2 の長辺からの距離が  $t/1.41$  以下であることを特徴とする請求項 7 に記載のエッチングマスク付きシリコン基板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、異方性エッチングによる構造体の作製方法、エッチングマスク付きシリコン基

50

板などに関する。より詳細には、エッチングマスク付き単結晶シリコン基板、これを用いた揺動体装置などのマイクロ構造体等の構造体の作製方法、この作製方法により作製された光偏向器等に関する。この光偏向器は、例えば、光の偏向走査によって画像を投影するプロジェクションディスプレイや、電子写真プロセスを有するレーザビームプリンタ、デジタル複写機等の画像形成装置に好適に利用されるものである。

【背景技術】

【0002】

従来、半導体プロセスによってシリコン基板から製造される微小機械部材は、マイクロメータオーダの加工が可能であり、これらを用いて様々な微小機能素子が実現されている。特に、このような技術によって形成される光偏向器は、ポリゴンミラー等の回転多面鏡を使用した光走査光学系に比べ、次の様な特徴がある。すなわち、光偏向器を小型化することが可能であること、消費電力が少ないこと、等の特徴がある。

10

【0003】

この種の技術の提案例として、半導体プロセスの一つである異方性ウェットエッチング技術を用いて作製した光偏向器がある（特許文献1参照）。また、異方性ウェットエッチング技術によってシリコン基板をエッチングして、所望の目標形状（基本エッチングマスクに対応する形状）にするための技術として、補正エッチングマスクを用いる提案例がある（特許文献2及び特許文献3参照）。

【特許文献1】特開2002-321196号公報

【特許文献2】特開平6-163511号公報

20

【特許文献3】特開平7-58345号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

シリコンの異方性ウェットエッチングにより目標形状を精度良く作製する場合、通常、基本エッチングマスクとは別に補正エッチングマスクを配置するスペースが必要となる。特に、エッチング量が大きい場合は、より大きな補正エッチングマスクが必要になる。そのため、シリコンウェハ上にマイクロ構造体などの構造体を配置する際により多くの制約を受け、1枚のシリコンウェハから作製できる構造体の数が減少する可能性が高くなる。そのため、ひいては、コスト削減の障害となりやすい。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題に鑑み、本発明の構造体の作製方法は、第1の工程と第2の工程を含む。第1の工程では、(100)面を主面とする単結晶シリコン基板上に、凸部コーナーを有する目標形状に対応する基本エッチングマスクと、第1の部分と第2の部分と開口部とを有する補正エッチングマスクと、を形成する。第2の工程では、前記基本エッチングマスクと前記補正エッチングマスクを有する前記単結晶シリコン基板を異方性エッチングし前記目標形状を形成する。そして、前記第1の工程では、次の様な形状の補正エッチングマスクを形成する。すなわち、前記第1の部分は<110>方向に伸び、前記第1の部分は両方の端部が前記基本エッチングマスクに連結され、前記第1の部分は少なくとも1つの端部が前記基本エッチングマスクの凸部コーナーに連結される。更に、前記第2の部分は、前記第1の部分の<110>方向に伸びる辺において前記第1の部分に接合し、前記第2の部分は少なくとも1つの凸部コーナーを有し、前記開口部は、前記第1の部分と前記第2の部分とが接合する境界を跨いで伸びている。

40

【0006】

また、上記課題に鑑み、本発明のエッチングマスク付きシリコン基板は、(100)面を主面とする単結晶シリコン基板上に、凸部コーナーを有する目標形状に対応する基本エッチングマスクと、補正エッチングマスクを有する。前記補正エッチングマスクは第1の部分と第2の部分と開口部とを有する。そして、前記第1の部分は<110>方向に伸び、前記第1の部分は両方の端部が前記基本エッチングマスクに連結され、前記第1の部分は

50

少なくとも１つの端部が前記基本エッチングマスクの凸部コーナーに連結される。更に、前記第２の部分は、前記第１の部分の＜１１０＞方向に伸びる辺において前記第１の部分に接合し、前記第２の部分は少なくとも１つの凸部コーナーを有し、前記開口部は、前記第１の部分と前記第２の部分とが接合する境界を跨いで伸びている。

【０００７】

また、上記課題に鑑み、本発明の光偏向器などの揺動体装置は、支持体と、前記支持体に対して可動に支持された可動部と、前記支持体に対して前記可動部をねじり軸回りに揺動可能に弾性的に連結する弾性支持部と、前記可動部を駆動する駆動手段を有する。そして、揺動体装置は、前記構造体の作製方法により作製される。

【０００８】

また、上記課題に鑑み、本発明の画像形成装置などの光学機器は、前記揺動体装置と、前記可動部に設けられた光偏向素子を有する光偏向器を有し、光偏向器は、光源からの光ビームを反射・偏向し、該光ビームの少なくとも一部を光照射対象物に入射させる。

【発明の効果】

【０００９】

本発明によれば、マイクロ構造体などの構造体を異方性エッチングする際の補正エッチングマスクを上述した様な形状にしているので、補正エッチングマスクを配置するスペースをより小さくすることができる。したがって、シリコンウェハ上に、より多くの構造体を配置することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１０】

以下、本発明の実施の形態について説明する。本発明の構造体の作製方法やエッチングマスク付きシリコン基板などにおいて重要なことは、次のことである。すなわち、補正エッチングマスクは、少なくとも１つの端部が基本エッチングマスクの凸部コーナーに連結されて、屈曲部を有し、屈曲部付近に開口部を有し、少なくとも１つの凸部コーナーを有することである。こうした形状の補正エッチングマスクは、比較的狭いスペースに配置できると共に、基本エッチングマスクに対応する凸部コーナーを有する目標形状が形成されるまで適切な速度でエッチングされて該凸部コーナーを保護することができる。この考え方に基づき、本発明による構造体の作製方法やエッチングマスク付きシリコン基板などの基本的な実施形態は以下の様な構成を有する。

【００１１】

マイクロ構造体などの構造体の作製方法の基本的な一実施形態は、次の様な第１の工程と第２の工程を含む。第１の工程では、（１００）面を主面とする単結晶シリコン基板上に、凸部コーナーを有する目標形状に対応する基本エッチングマスクと、第１の部分と第２の部分と開口部とを有する補正エッチングマスクを形成する。第２の工程では、基本エッチングマスクと補正エッチングマスクを有する単結晶シリコン基板を異方性エッチングし目標形状を形成する。そして、第１の工程において形成される補正エッチングマスクは次の様な形状を有する。第１の部分は＜１１０＞方向に伸び、第１の部分は両方の端部が基本エッチングマスクに連結され、第１の部分は少なくとも１つの端部が基本エッチングマスクの凸部コーナーに連結される。更に、第２の部分は、第１の部分の＜１１０＞方向に伸びる辺において第１の部分に接合し、第２の部分は少なくとも１つの凸部コーナーを有し、開口部は、第１の部分と第２の部分とが接合する境界を跨いで伸びている。

【００１２】

また、エッチングマスク付きシリコン基板の基本的な一実施形態は、（１００）面を主面とする単結晶シリコン基板上に、凸部コーナーを持つ目標形状に対応する基本エッチングマスクと、補正エッチングマスクを有し、補正エッチングマスクは上述した形状を持つ。こうした形状の補正エッチングマスクは、より小さいスペースに配置することができるため、シリコンウェハ上により多くの構造体を配置することができ、より安価なマイクロ構造体などの構造体を提供することができる。

【００１３】

前記実施形態において、典型的には、次の様になっている。例えば、第２の工程は、補正エッチングマスクを形成した部分の単結晶シリコン基板を除去する工程を含む。また、基本エッチングマスクと補正エッチングマスクは、単結晶シリコン基板の両面に形成される。そして、第２の工程において、異方性エッチング溶液により、(100)面を主面とする単結晶シリコン基板を貫通エッチングし凸部コーナーを有する目標形状を作製する。

【0014】

また、単結晶シリコン基板は厚さ $t$ で、第１の部分は、基本エッチングマスクの凸部コーナーと接する第１の長辺と、第１の長辺と略平行な第２の長辺を有し、第１の長辺と第２の長辺との距離 $w_1$ は $t/1.41$ 以上である。そして、第２の部分は、第２の長辺或いは第１の長辺から $<110>$ 方向に伸び、開口部は第１の長辺或いは第２の長辺からの距離 $w_2$ が $t/1.41$ 以下である。このことで、補正エッチングマスクがエッチングされたときに基本エッチングマスクの凸部コーナー下のシリコンのエッチングを最小限にできる。よって、目標形状の凸部コーナーをより精度良く作製でき、構造体の目標形状をより精度良く作製でき、より高性能な揺動体装置などの構造体を提供することができる。

10

【0015】

また、前記開口部は、第１の部分と第２の部分とで囲まれる様に形成される。このことで、補正エッチングマスクがエッチングされたときに基本エッチングマスクの凸部コーナー下のシリコンのエッチングを最小限にできる。したがって、目標形状の凸部コーナーをより精度良く作製でき、構造体の目標形状をより精度良く作製でき、より高性能なマイクロ構造体などの構造体を提供することができる。

20

【0016】

また、前記第１の工程において、シリコン基板の裏面の補正エッチングマスクは、シリコン基板の表面の補正エッチングマスクをシリコン基板の裏面へ射影した形状で形成される。このことで、作製に必要なフォトマスクの枚数を減らすことができるため、より安価なマイクロ構造体などの構造体を提供することができる。

【0017】

上述の作製方法により作製された構造体を用いて、支持体と、支持体に対して可動に支持された可動部と、支持体に対して可動部をねじり軸回りに揺動可能に弾性的に連結する弾性支持部と、可動部を駆動する駆動手段を有する揺動体装置を構成できる。

【0018】

また、前記揺動体装置と前記可動部に設けられた光偏向素子とを有する光偏向器を用いて、光源からの光ビームを反射・偏向し、該光ビームの少なくとも一部を光照射対象物に入射させる画像形成装置などの光学機器を構成できる。なお、本発明は、凸部コーナーを持つ目標形状を有する構造体であれば、どのようなものの作製にも適用することができる。光学機器以外にも、例えば、マイクロマシン技術を用いて作製する加速度センサや角速度センサ等のマイクロ構造体の作製にも適用することができる。

30

【0019】

以下、図を参照して本発明の実施形態をより詳しく説明する。

(第１の実施形態)

【0020】

図１(a)は、本発明の第１の実施形態のマイクロ構造体などの構造体のエッチングマスクを示す上面図であり、図１(b)は図１(a)のa-a'断面図である。また、図２-1は、異方性エッチング溶液によって単結晶シリコン基板をエッチングして作製するマイクロ構造体などの構造体を示す上面図であり、図２-2はその断面図である。また、図３は、本実施形態の補正エッチングマスクの拡大上面図であり、補正エッチングマスクの下の単結晶シリコン基板が異方性エッチングによってどの様にエッチングされるかを説明するための図である。

40

【0021】

本発明のマイクロ構造体の作製方法では、支持体２０１と、弾性支持部２０２と、弾性支持部２０２で決定されるねじり軸回りに揺動可能な可動部２０３とを有する図２-1に示

50

す様なマイクロ揺動体が目標形状である。このマイクロ構造体は、反射面 204 を有し、図 2 - 2 に示す様な磁性体 205 及びコイル 206、コイル支持部 207 を有しているので、反射面 204 で入射光を反射偏向する光偏向器として利用することができる。本実施形態の適用範囲は、微小なマイクロ構造体に限らないが、以下の説明ではマイクロ構造体として説明する。

#### 【0022】

本実施形態のマイクロ構造体の作製方法では、(100)面を主面とする単結晶シリコン基板を異方性ウェットエッチングすることによって、目標形状が形成される。異方性ウェットエッチングとは、特定の結晶方位に対してエッチングが進まない性質を有するエッチング液を用いるエッチングであり、特定の結晶面を基準とした微細構造、即ちこうした結晶面

10

#### 【0023】

で画された構造体を非常に高い加工精度で作製することができる。異方性エッチング液には、KOH (水酸化カリウム)、TMAH (水酸化テトラメチルアンモニウム水溶液)、EDP (エチレンジアミンピロカテコール + 水)、NaOH (水酸化ナトリウム)、ヒドラジン等がある。

異方性エッチング溶液で単結晶シリコン基板をエッチングする場合、目標形状に忠実な形状に基板をエッチングするためには、目標形状に対応する基本エッチングマスクと共に、目標形状の凸部コーナーを保護するための補正エッチングマスクが用いられる。つまり、補正エッチングマスクは、シリコン基板を目標形状に加工するまでエッチングしている間、目標形状の凸部コーナーがエッチングされるのを防止する。このために、凸部コーナーと連結される補正エッチングマスクの端部は、凸部コーナーの形状が無くなる様に凸部コーナーと連結される。図 1 の実施形態において、基本エッチングマスクは、支持体 201、弾性支持部 202、可動部 203 にそれぞれ対応する部分 101、102、103 (以下において、こうしたマスク部分を支持体 101 などと記すこともある) を含む。また、補正エッチングマスクは、部分 107 を含む (以下において、部分 107などを補正エッチングマスク 107 などと記すこともある)。こうして、図 2 - 1 に示す支持部 201、弾性支持部 202、可動部 203 が作製されるまで、図 1 の補正エッチングマスク 107 は可動部 203 の凸部コーナーがエッチングされるのを防止する。

20

#### 【0024】

本実施形態のマイクロ構造体の作製方法を説明する。(100)面を主面とする単結晶シリコン基板 100 の両面に、マスク材料を成膜する。マスク材料は、シリコン基板が異方性エッチング溶液でエッチングされている間、消失しない材料であればよい。例えば、窒化シリコン膜や酸化シリコン膜等である。マスク材料をフォトリソグラフィ及びパターンニングすることによって、図 1 (a) 及び図 1 (b) に示す様なマスクパターンをシリコン基板 100 の表面及び裏面に形成することができる。シリコン基板 100 の裏面のマスクパターンはシリコン基板 100 の表面のマスクパターンを射影した形状になっている。マスクパターン形成後、シリコン基板 100 を異方性エッチング溶液に浸すことによって、図 2 - 1 に示す様な最終形状を形成することができる。この際、シリコン基板 100 の側面がエッチング溶液に晒される場合には、側面にもマスク材料を成膜しておくのが望ましい。また、一枚のシリコン基板上にマイクロ構造体を複数並べて作製することもできる。その場合、各マイクロ構造体は隣接しているので、一枚のシリコン基板の側面にマスク材料を成膜しておけばよい。更に、マスクパターンは単結晶シリコン基板の片面だけに形成し、その他の面はマスク材料を成膜しておいて、エッチングを実行することもできる。ただし、この場合は、こうしたエッチングに合わせて、シリコン基板の厚さ  $t$  に対して上記  $w_1$ 、 $w_2$ などを適切に設定する必要がある、エッチングのされ方も、後述する図 3 (g)、(h)、(i) に示す様なものとは異なることになる。

30

40

#### 【0025】

本発明のマイクロ構造体の作製方法では、補正エッチングマスク 107 は、基本エッチングマスクである可動部 103 及び支持体 101 と連結する。ここで、結晶の等価方位、等価面は同じ表記をする。例えば、 $\langle 001 \rangle$  方向も  $\langle 100 \rangle$  方向と表記する。

50

## 【 0 0 2 6 】

次に、本実施形態のエッチングマスクについて更に詳細に説明する。図3は、補正エッチングマスクの拡大図である。図3は、図1の補正エッチングマスクの右上の部分107におけるエッチング過程を拡大して示し、図1の対応する部分を3百番台の数字で示す図である。図3の破線は、基本エッチングマスク301、303、補正エッチングマスク306、307下のシリコンの形状を表す。図3(a)に示す様に、(100)面を主面とする単結晶シリコン基板300上に可動部の基本エッチングマスク303と支持部の基本エッチングマスク301が形成される。更に、補正エッチングマスク306、307が形成され、可動部の基本エッチングマスク303と支持部の基本エッチングマスク301とを連結している。図3の例では、補正エッチングマスク306は<100>方向に伸びて基本エッチングマスク303と基本エッチングマスク301とを連結し、補正エッチングマスク307は、補正エッチングマスク306の図3(a)下側の辺から<110>方向に伸びている。

10

## 【 0 0 2 7 】

開口部308は、補正エッチングマスク306、307の境界を跨いで<110>方向に伸び、補正エッチングマスク306、307に囲まれる様に形成されている。補正エッチングマスク306、307の寸法は、シリコン基板300の厚さを $t$ とすると、 $w_1$ が $t/1.41$ 以上、 $w_2$ が $t/1.41$ 以下である。補正エッチングマスク307は、補正エッチングマスク306の基本エッチングマスク303の凸部コーナーと接する辺(図3(a)上側の辺)の逆方向に<110>方向に伸びる。これにより、目標形状の凸部コーナーがエッチングされることを最小限にすることができる。補正エッチングマスク307は、補正エッチングマスク306の基本エッチングマスク303の凸部コーナーと接する辺から<110>方向に伸びてもよいが、この場合は、目標形状の凸部コーナーのエッチングが前者の場合より多少多くなる。

20

## 【 0 0 2 8 】

シリコン基板300を異方性ウェットエッチング溶液に浸すと、紙面垂直方向<100>方向にエッチングが進む。それと共に、補正エッチングマスク307の凸部コーナー307aを始点として補正エッチングマスク307下のシリコンもエッチングされていく(図3(b)に破線で示す)。更にエッチングが進むと、シリコン基板300が紙面垂直方向<100>方向に貫通する(図3(c))。このとき、補正エッチングマスク306の部分の断面b-b'は図3(g)に示す様になっている。

30

## 【 0 0 2 9 】

更にエッチングが進むと、補正エッチングマスク307下のシリコンが完全にエッチングされ、補正エッチングマスク306下のシリコンがエッチングされる(図3(d))。このとき、可動部の基本エッチングマスク303付近の補正エッチングマスク306の部分の断面c-c'は図3(h)に示す様になる。基板表面(100)面と側壁(111)面とのなす角は $54.7^\circ$ である。

## 【 0 0 3 0 】

すなわち、ここでは、次の式で表される関係が成り立っている。

$$a = t / 2 \tan 54.7^\circ \quad (\tan 54.7^\circ = 1.41)$$

40

$$2a = t / 1.41$$

幅 $w_1$ が $t/1.41$ より大きい場合、側壁(111)面は殆どエッチングされないため、対向する側壁(111)面同士は貫通しない。

## 【 0 0 3 1 】

一方、開口部308付近の補正エッチングマスク306の部分の断面d-d'は、図3(i)に示す様になる。幅 $w_2$ は $t/1.41$ 以下のため、対向する側壁(111)面同士が貫通する。更にエッチングが進むと、貫通した部分から基板表面に向けてエッチングが進み、開口部308付近の補正エッチングマスク306下のシリコンが完全にエッチングされる(図3(e))。

## 【 0 0 3 2 】

50

最終的に、可動部の基本エッチングマスク 303 下のシリコン部分が残し、最終形状となる（図 3（f））。最終形状では、補正エッチングマスク 306 下のシリコンを完全にエッチングする間に、サイドエッチングが進み、可動部 103 の凸部コーナーが僅かにエッチングされる。上述の変形例の場合（補正エッチングマスク 307 が上方に伸びる場合）、目標形状の凸部コーナーのエッチングが多少多くなると述べたが、その理由は、図 3（e）に相当する段階で破線の突起部が下方に形成されて凸部コーナーのエッチングが進むからである。

#### 【0033】

ここで、比較例として、マイクロ構造体の最終形状を作製するために、図 7 に示すエッチングマスクを用いるとする。図 7 に示す補正エッチングマスク 707 の一端は基本エッチングマスク 703 の凸部コーナーと連結している。一方、補正エッチングマスク 707 の他端はどこにも連結していない。図 8 は、図 7 の補正エッチングマスク 707 の拡大図である。

10

#### 【0034】

比較例では、図 8（a）に示す様に、（100）面を主面とする単結晶シリコン基板 300 上に可動部の基本エッチングマスク 703 と補正エッチングマスク 707 が形成されている。補正エッチングマスク 707 の一端は基本エッチングマスク 703 の凸部コーナーと連結しているが、他端は基本エッチングマスクと連結していない。図 8（b）、（c）に示す様に、シリコン基板 700 を異方性ウェットエッチング溶液に浸すと、紙面垂直方向 <100> 方向にエッチングが進むと共に、補正エッチングマスク 707 下のシリコンもエッチングされていく（破線で示す）。最終的に、図 8（d）に示す様に、可動部の補正エッチングマスク 703 下のシリコン部分が残し、最終形状となる。

20

#### 【0035】

この場合、補正エッチングマスク 707 は、基本エッチングマスクの部分に必要なエッチング時間に応じた長さが必要となる。エッチング時間が長い場合、補正エッチングマスク 707 の寸法が大きくなり、マイクロ構造体を近接して配置することができない。そのため、1 枚のシリコンウェハから作製できるマイクロ構造体の数が減少し、マイクロ構造体を安価に作製できないことになり易い。

#### 【0036】

一方、補正エッチングマスクが <110> 方向に伸びた長方形のみから構成され両端が基本エッチングマスクに連結している場合、エッチング速度の遅い（111）面が露出するため、補正エッチングマスクの下のシリコンがエッチングされないことになり易い。従って、シリコンを最終形状に加工することが出来なくなって、補正エッチングマスクとして機能しないことにもなり得る。

30

#### 【0037】

これに対して、本実施形態では、隣接する基本エッチングマスクを連結する様に上述した補正エッチングマスクを配置する。このことで、シリコンウェハ上の補正エッチングマスクの配置に必要な面積をより小さく抑えることができる。したがって、シリコンウェハ上に、より多くのマイクロ構造体などの構造体を配置することができるため、構造体をより安価に作製することができる。

40

#### 【0038】

本実施形態を光偏向器の作製に適用する場合、上述した様に、可動部上には反射面が形成される。その材料は、例えば、アルミニウムであり、真空蒸着により形成することができる。反射面上には、更に保護膜或いは誘電体多層膜を形成してもよい。サイズとしては、例えば、可動部は、ねじり軸に垂直な方向の長さが 1.3 mm、ねじり軸に平行な方向の長さが 1.5 mm、厚さが 0.2 mm である。光偏向器のチップ全長は、例えば、10 mm である。

#### 【0039】

また、上述した様に、エッチングマスクは、例えば、窒化シリコン膜を LPCVD（Low Pressure CVD）によって約 2000 Å 成膜する。窒化シリコン膜は、水

50



酸化カリウム溶液に対して高い耐性を有するため、シリコン基板が異方性エッチング溶液でエッチングされている間、消失しない。エッチングは、例えば、 $110$  に加熱した異方性エッチング溶液である水酸化カリウム溶液（ $30\%$ 重量濃度）によって、パターンニングしたシリコン単結晶基板をエッチングする。エッチング終了後、エッチングマスクである窒化シリコン膜は、例えば、ドライエッチングにより剥離する。

#### 【0040】

（第2の実施の形態）

本発明に係るマイクロ構造体の第2の実施形態について、図4から図6を用いて説明する。図4は、本実施形態のマイクロ構造体のエッチングマスクの上面図である。また、図5は、異方性エッチング溶液によって、単結晶シリコン基板をエッチングして作製するマイクロ構造体である。また、図6は、本実施形態の補正エッチングマスクの拡大図であり、補正エッチングマスクの下の単結晶シリコン基板が異方性エッチング溶液によってどのようにエッチングされるかを説明するための図である。基本的な構成は前述の第1の実施形態とほぼ同じである。

10

#### 【0041】

本実施形態の目標形状では、図5に示す様に、複数のマイクロ構造体が隣接して周期的に配置されている。支持体201には複数の弾性支持部202が連結され、それぞれの弾性支持部202に可動部203が連結されている。エッチングマスクの構成は、図4に示す様に、隣接する可動部の基本エッチングマスク103の凸部コーナーを連結する形で補正エッチングマスク107が配置されている。図4において、図1の部分と対応する部分は、同じ符号で示されている。

20

#### 【0042】

本実施形態のエッチングマスクについて更に詳細に説明する。図6は、補正エッチングマスクの拡大図である。図6において、図3の部分と対応する部分は、同じ符号で示されている。

#### 【0043】

図6(a)に示す様に、 $(100)$ 面を主面とする単結晶シリコン基板300上に可動部の基本エッチングマスク303と支持部の基本エッチングマスク（図6では不図示）が形成される。更に、補正エッチングマスク306、307が形成され、隣接する可動部の基本エッチングマスク303を連結している。図6の例では、補正エッチングマスク306は $\langle 100 \rangle$ 方向に伸びて隣接する基本エッチングマスク303を連結し、補正エッチングマスク307は、補正エッチングマスク306の図6(a)下側の辺の中央部辺りから $\langle 110 \rangle$ 方向に伸びている。開口部308は、補正エッチングマスク306、307の境界を跨いで $\langle 110 \rangle$ 方向に伸び、補正エッチングマスク306、307に囲まれる様に形成されている。これは、基本的に、第1の実施形態の補正エッチングマスク306、307及び開口部308と同じである。

30

#### 【0044】

補正エッチングマスク307は、補正エッチングマスク306の基本エッチングマスク303の凸部コーナーと接する辺の逆方向に $\langle 110 \rangle$ 方向に伸びる。これにより、目標形状の凸部コーナーがエッチングされてしまうことを最小限にすることができる。図6において、破線は、エッチング過程での基本エッチングマスク303、補正エッチングマスク306、307下のシリコンの形状を表す。

40

#### 【0045】

本実施形態でも、シリコン基板300を異方性ウェットエッチング溶液に浸すと、次のようになる。紙面垂直方向 $\langle 100 \rangle$ 方向にエッチングされると共に、補正エッチングマスク307の凸部コーナー307aを始点として補正エッチングマスク307下のシリコンもエッチングされる（図6(b)）。更にエッチングが進むと、シリコン基板300が紙面垂直方向 $\langle 100 \rangle$ 方向に貫通する（図6(c)）。このとき、補正エッチングマスク306の部分の断面e-e'は図6(g)である。

#### 【0046】

50

更にエッチングが進むと、補正エッチングマスク307下のシリコンが完全にエッチングされ、補正エッチングマスク306下のシリコンがエッチングされる(図6(d))。このとき、基本エッチングマスク303付近の補正エッチングマスク306の部分の断面f-f'は図6(h)のようになる。側壁は(111)面が露出し、基板表面(100)面と側壁(111)面とのなす角は $54.7^\circ$ である。ここでも、シリコン基板300の厚さを $t$ とすると、補正エッチングマスク306の幅 $w1$ は $t/1.41$ 以上である。よって、側壁(111)面はエッチングがほぼ止まるため、対向する側壁(111)面が貫通することはない。

#### 【0047】

一方、開口部308付近の補正エッチングマスク306の部分の断面g-g'は、図6(i)のようになる。ここでも、補正エッチングマスク306の幅 $w2$ は $t/1.41$ 以下であり、対向する側壁(111)面が貫通する。更にエッチングが進むと、貫通した部分から基板表面に向けてエッチングが進み、開口部308付近の補正エッチングマスク306下のシリコンが完全にエッチングされる(図6(e))。

#### 【0048】

最終的に、可動部の基本エッチングマスク303下のシリコン部分が残し、最終形状となる(図6(f))。最終形状では、補正エッチングマスク306下のシリコンを完全にエッチングする間にサイドエッチングが進み、可動部203の凸部コーナーが僅かにエッチングされる。

#### 【0049】

この様に、隣接する基本エッチングマスクの凸部コーナー同士を本実施形態の補正エッチングマスクで連結する様に配置することで、シリコンウェハ上の補正エッチングマスクの配置に必要な面積をより小さく抑えることができる。よって、シリコンウェハ上に複数のマイクロ構造体を配置する際に、隣接するマイクロ構造体同士の距離をより小さくすることができる。したがって、シリコンウェハ上に、より多くのマイクロ構造体を配置することができるため、マイクロ構造体をより安価に作製することができる。

#### 【0050】

##### (第3の実施形態)

図9は上記光偏向器を用いた光学機器の実施形態を示す図である。ここでは、光学機器として画像形成装置を示している。図9において、803は本発明の光偏向器であり、本実施形態では入射光を1次元に走査する。801はレーザ光源である。802はレンズ或いはレンズ群であり、804は書き込みレンズ或いはレンズ群である。805は、光照射対象物である感光体、806は走査軌跡である。

#### 【0051】

レーザ光源801から射出されたレーザ光は、光の偏向走査のタイミングと関係した所定の強度変調を受けて、光偏向器803により1次元的に走査される。この走査されたレーザ光は、書き込みレンズ804により、感光体805上へ画像を形成する。感光体805は図示しない帯電器により一様に帯電されており、この上に光を走査することでその部分に静電潜像が形成される。次に、図示しない現像器により静電潜像の画像部分にトナー像が形成され、これを例えば図示しない用紙に転写・定着することで用紙上に画像が形成される。比較的安価に作製できる本発明の光偏向器を利用した画像形成装置であるので、比較的安価に画像形成装置を提供できる。

#### 【0052】

本発明の光偏向器は、他の光学機器にも使用でき、これらの装置において、光源からの光ビームを反射・偏向し、該光ビームの少なくとも一部を光照射対象物に入射させる。こうした光学機器としては、レーザビームプリンタなどの画像形成装置の他に、画像表示装置、バーコードリーダー等の光ビームを走査する機器などがある。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0053】

【図1】(a)は本発明の第1の実施形態におけるエッチングマスクを説明するための上

10

20

30

40

50

面図であり、(b)は(a)のa-a'断面図である。

【図2-1】本発明のマイクロ構造体の作製方法により作製した第1の実施形態のマイクロ揺動体ないし光偏向器の上面図である。

【図2-2】図2-1の断面図である。

【図3】(a)～(f)は本発明の第1の実施形態における補正エッチングマスクの付近のエッチング過程を説明するための上面図であり、(g)～(i)はそれぞれb-b'、c-c'、d-d'における断面図である。

【図4】本発明の第2の実施形態におけるエッチングマスクを説明するための上面図である。

【図5】本発明のマイクロ構造体の作製方法により作製した第2の実施形態のマイクロ揺動体ないし光偏向器の上面図である。 10

【図6】(a)～(f)は本発明の第2の実施形態における補正エッチングマスクの付近のエッチング過程を説明するための上面図であり、(g)～(i)はそれぞれe-e'、f-f'、g-g'における断面図である。

【図7】比較例を説明するためのエッチングマスクの上面図である。

【図8】比較例を説明するための補正エッチングマスクの付近のエッチング過程を説明する上面図である。

【図9】本発明の画像形成装置に係る第3の実施形態を説明するための斜視図である。

【符号の説明】

【0054】

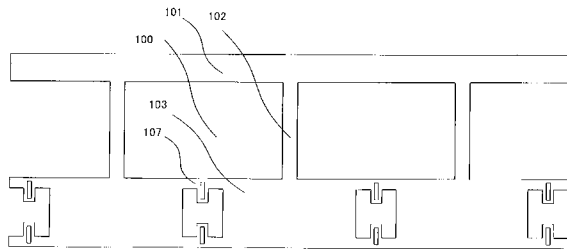
- 100、300 単結晶シリコン基板
- 101、301 支持体の基本エッチングマスク
- 102 弾性支持部の基本エッチングマスク
- 103、303 可動部の基本エッチングマスク
- 107、306、307 補正エッチングマスク
- 201 支持体
- 202 弾性支持部
- 203 可動部
- 204 光偏向素子(反射面)
- 205 駆動手段(磁性体)
- 206 駆動手段(コイル)
- 306 補正エッチングマスクの第1の部分
- 307 補正エッチングマスクの第2の部分
- 307a 補正エッチングマスクの凸部コーナー
- 308 開口部
- 801 光源(レーザ光源)
- 803 本発明の光偏向器(光走査系)
- 805 光照射対象物(感光体)

20

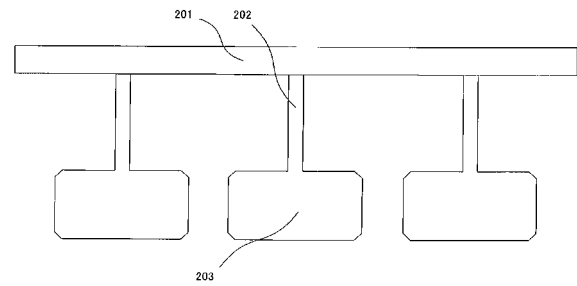
30



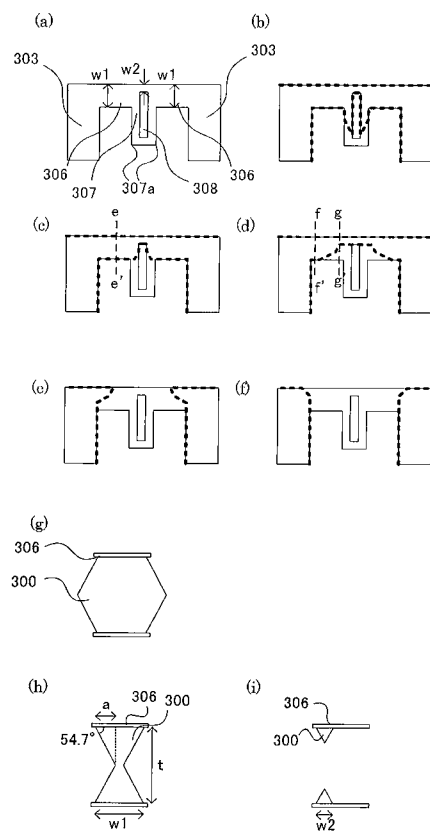
【図 4】



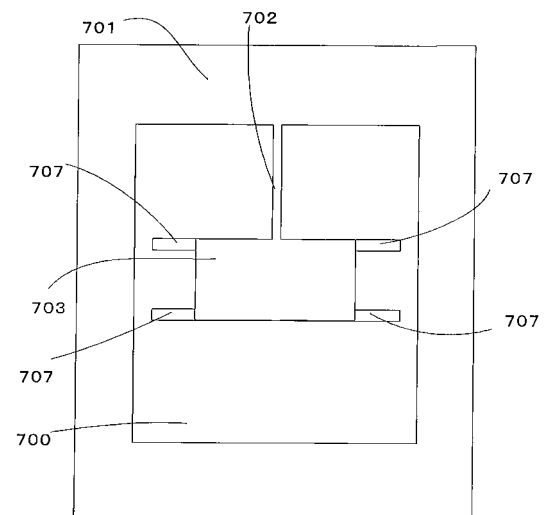
【図 5】



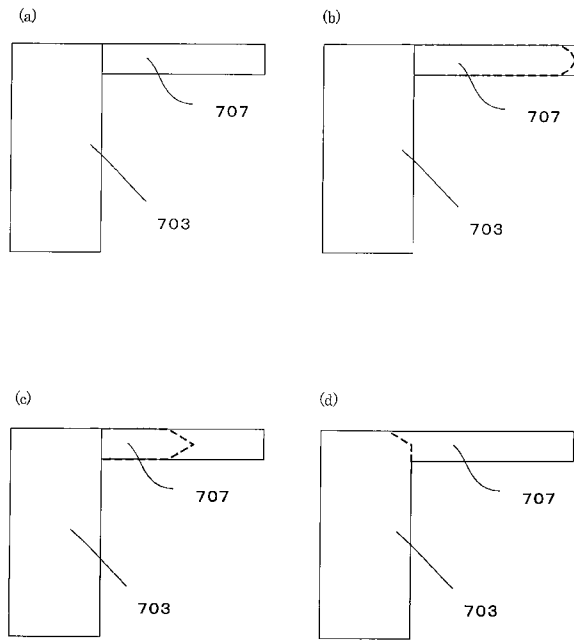
【図 6】



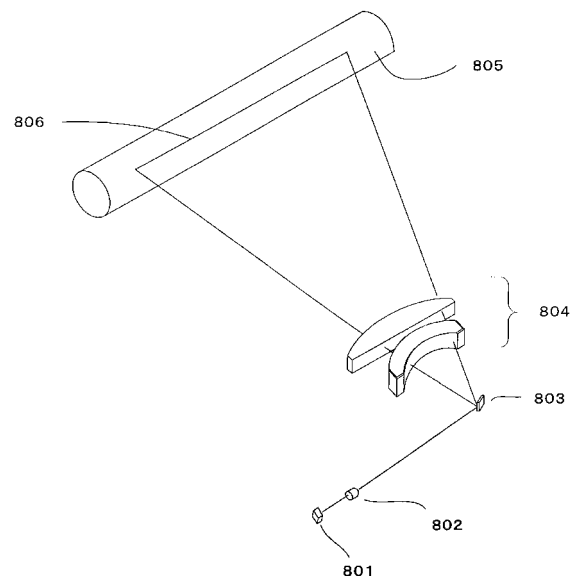
【図 7】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 秋山 貴弘  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 和瀬田 芳正

(56)参考文献 特開2002-321196(JP,A)  
特開平8-45897(JP,A)  
特開平7-78800(JP,A)  
特開2009-122520(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B81B 3/00  
B81C 1/00  
G02B 26/08 - 26/10  
H01L 21/306