

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4128764号
(P4128764)

(45) 発行日 平成20年7月30日(2008.7.30)

(24) 登録日 平成20年5月23日(2008.5.23)

(51) Int. Cl. F I
B 8 1 C 1/00 (2006.01) B 8 1 C 1/00
G 0 3 F 7/20 (2006.01) G 0 3 F 7/20 5 0 1

請求項の数 17 外国語出願 (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2001-311468 (P2001-311468) (22) 出願日 平成13年10月9日 (2001.10.9) (65) 公開番号 特開2002-192498 (P2002-192498A) (43) 公開日 平成14年7月10日 (2002.7.10) 審査請求日 平成16年4月13日 (2004.4.13) (31) 優先権主張番号 00870227-6 (32) 優先日 平成12年10月9日 (2000.10.9) (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP) (31) 優先権主張番号 60/239226 (32) 優先日 平成12年10月10日 (2000.10.10) (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(73) 特許権者 591060898 アンテルユニヴェルシテール・マイクロエレクトロニカ・サントリュム・ヴェー・ゼッド・ドゥブルヴェ INTERUNIVERSITAIRE MICRO-ELEKTRONICA CENTRUM VZW ベルギー、ペー-3001ルーヴァン、カペルドリーフ75番 (73) 特許権者 590000846 イーストマン コダック カンパニー アメリカ合衆国、ニューヨーク14650、ロチェスター、ステイト ストリート343</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロマシンデバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

表面を有する結晶性ウエハを準備するステップと、
 前記ウエハから、少なくとも一つの延在する開口部を有する少なくとも一つのマイクロマシンデバイスを加工処理するステップと
 を含み、

前記開口部は長手軸を有し、前記長手軸と、前記ウエハの表面と第1の劈開面との間の交線とによって所定の角度をなしており、前記第1の劈開面は、当該面に沿って前記ウエハの劈開が生じやすい面として規定され、

前記長手軸は、第2の劈開面と非平行であって、前記第2の劈開面は、当該面に沿って前記ウエハの劈開が生じやすい面として規定されるマイクロエレクトロメカニカルシステム用のバルクマイクロマシンデバイスの製造方法。

【請求項2】

前記ウエハは円形ディスク形状であり、前記円形ディスクの形状の一つの弦に沿って切断して得た少なくとも一つの水平部を備えたことを特徴とする請求項1に記載のマイクロマシンデバイスの製造方法。

【請求項3】

前記水平部は、前記長手軸とは非平行としていることを特徴とする請求項2に記載のマイクロマシンデバイスの製造方法。

【請求項4】

10

20

前記水平部は、前記長手軸と平行としていることを特徴とする請求項 2 に記載のマイクロマシンデバイスの製造方法。

【請求項 5】

前記ウエハは、シリコンウエハであって、その表面及び裏面が { 1 0 0 } 等価面に沿って配向され、前記劈開面は { 1 1 1 } 等価面に属することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のマイクロマシンデバイスの製造方法。

【請求項 6】

前記ウエハは、シリコンウエハであって、その表面及び裏面が { 1 0 0 } 等価面に沿って配向され、前記劈開面は { 1 1 0 } 等価面に属することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のマイクロマシンデバイスの製造方法。

10

【請求項 7】

前記開口部の前記長手軸と前記交線との間の角度は 45°未満であることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載のマイクロマシンデバイスの製造方法。

【請求項 8】

前記加工処理ステップは、
前記ウエハ上にマスクを介してパターンを印刷するフォトリソグラフィステップと、
前記ウエハをエッチングするエッチングステップと
を含み
前記フォトリソグラフィステップは、前記マスクを前記ウエハについて角度をなすように回転させるステップを含むことを特徴とする請求項 4 から 7 のいずれか一項に記載のマイクロマシンデバイスの製造方法。

20

【請求項 9】

前記加工処理ステップは、
前記ウエハ上にマスクを介してパターンを印刷するフォトリソグラフィステップと、
前記ウエハをエッチングするエッチングステップと
を含み
前記パターンは、前記マスクについて角度をなして配置されていることを特徴とする請求項 4 から 7 のいずれか一項に記載のマイクロマシンデバイスの製造方法。

【請求項 10】

前記加工処理ステップは、
前記ウエハ上にマスクを介してパターンを印刷するフォトリソグラフィステップと、
前記ウエハをエッチングするエッチングステップと
を含み
前記フォトリソグラフィステップは、前記ウエハを前記マスクについて角度をなすように回転させるステップを含むことを特徴とする請求項 4 から 7 のいずれか一項に記載のマイクロマシンデバイスの製造方法。

30

【請求項 11】

前記フォトリソグラフィステップは、接触印刷ステップを含むことを特徴とする請求項 8 から 10 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 12】

前記フォトリソグラフィステップは、近接印刷ステップを含むことを特徴とする請求項 8 から 10 のいずれか一項に記載の方法。

40

【請求項 13】

前記加工処理ステップは、
前記ウエハ上にマスクを介してパターンを印刷するフォトリソグラフィステップと、
前記ウエハをエッチングするエッチングステップと
を含むことを特徴とする請求項 3、5、6 又は 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 14】

前記フォトリソグラフィステップは、複数の射影印刷ステップを含むことを特徴とする請求項 13 に記載の方法。

50

【請求項 15】

前記フォトリソグラフィステップは、接触印刷ステップを含むことを特徴とする請求項 13 に記載の方法。

【請求項 16】

前記フォトリソグラフィステップは、近接印刷ステップを含むことを特徴とする請求項 13 に記載の方法。

【請求項 17】

請求項 1 から 16 のいずれか一項に記載の製造方法によって製造されたことを特徴とするマイクロエレクトロメカニカルシステム用のマイクロマシンデバイス。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、マイクロエレクトロメカニカル・システム(微小電子工学システム(MEMS))に使用するマイクロマシンデバイスを製造する方法に関する。また、本発明は、上記方法によって得られるマイクロマシンデバイス及びその用途に関する。

【0002】

【従来の技術】

マイクロエレクトロメカニカルシステム(MEMS)は、マイクロシステムやマイクロ・マシン・システムとしても知られ、このマイクロエレクトロメカニカルシステムでは、特にMEMS技術と結びついて半導体加工処理において発展した技術に基づいて製造したデバイスがよく使用されている。このMEMS技術によって、ビームや空洞等の構造をマイクロ電子回路に付加することができる。通常の半導体デバイスと比較すると、これらのマイクロマシンデバイスの機械的特性は、破壊特性、重量、耐振性等の点で、これらのデバイスの加工処理において非常に高い水準が要求されている。

20

【0003】

所定タイプのマイクロマシンデバイスを得るためには、体積(bulk)マイクロマシン方法が用いられ、この場合、半導体ウエハ内にウェルをエッチングして、膜を取り除いて開口部やビームとする。これによって、例えば圧力センサ、加速度計、傾斜計、又は光デバイス等を得ることができる。

【0004】

30

例えば、体積マイクロマシンによる加速度計の場合には、半導体ウエハの内部に開口部がエッチングされる。また、この開口部は、大きく、狭いので、ウエハ中に延在するクラックに似ている。

【0005】

通常、マイクロマシン内部に形成される空洞や開口部は、直径がおよそ5 μ m未満で、深さが2 μ m未満のコンタクトホールやビアホール等の通常の半導体加工処理で形成される開口部と比べて、大きく、しかも深い。このような大きな開口部や空洞は、ウエハを弱くする原因となり、例えば、加工処理中に導かれるストレスの影響下でウエハの破壊の可能性が大きくなる。

【0006】

40

当業界においては、半導体、特にSiウエハの結晶構造に関する所定の特性を利用することが知られている。例えば、 $\langle 100 \rangle$ 方向に平行な開口部のエッチングには、異方的湿式エッチングステップによる方法が有効である。これは、例えば、ヨーロッパ特許第0658927号公開公報及び米国特許第4969359号に記載されているところである。しかし、 $\langle 100 \rangle$ 方向に平行な狭い開口部によって、ウエハは相当弱くなる傾向にあり、加工処理の間に劈開によって意図しない破壊が起きる危険性が増す。

【0007】

ヨーロッパ特許第0562880号公開公報において、基板上の半導体赤外線発光デバイスやLEDが記載されており、この場合に、基板は、積層LEDに対して傾けられている。基板上のデバイスの傾斜方位によって、上述の方法で基板を劈開させることができ

50

とを意味する。この公報は、劈開や機械的欠陥を避けることに関するものではなく、この劈開を起こさせようとするものである。この公報は、開口部や空洞からなるMEMSの製造物に関するものでもない。ただ、劈開によってウエハを個々のデバイスに分割する方法であるだけである。同じことがドイツ特許第3435138公開公報についても言える。ここには、意図した方向と垂直な第2の方向に沿って起きる分割の危険性を減らしながら、劈開を利用して一つのチップを得る方法が記載されている。

【0008】

米国特許第4278987号には、くぼみがエッチングされ、次いで、埋設される方法によって作製される半導体デバイスが記載されており、このくぼみは、 $\langle 100 \rangle$ 方向に沿った平行な側面又は $\langle 100 \rangle$ 方向について 25° 傾斜させた側面を備えた多角形状を有する。この傾斜配置の目的は、機械的強度のためではなく、エピタキシャル成長させるためであり、平坦性を目的としている。また、この公報によるデバイスは、MEMSに関するものではない。

10

【0009】

特開平3-219618号公報は、SEM検査用の劈開しているウエハに関する。結晶構造の方位はデバイスにわたる劈開を得るために用いられており、劈開を避けるためではない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、加工処理中及び加工後のクラック伝播に高い抵抗性を有するマイクロマシンデバイスの製造方法を提供することである。

20

【0011】

本発明のもう一つの目的は、クラック伝播に優れた抵抗性を有するマイクロマシンデバイスを提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明は、マイクロエレクトロメカニカルシステム(MEMS)に使用されるマイクロマシンデバイスの製造方法に関し、該方法は、結晶性ウエハを準備するステップと、前記ウエハから、少なくとも一つの長手軸を有して延在する開口部及び/又は空洞を有する少なくとも一つのマイクロマシンデバイスを加工処理するステップとを含み、前記長手軸は、ウエハの表面と劈開面との間の交線に沿って延在する方向と所定の角度をなしており、前記劈開面は、当該面に沿って前記ウエハの劈開が最も生じやすい面として規定されることを特徴とする。

30

【0013】

本発明は、マイクロマシンデバイスの製造方法に関し、前記ウエハは円形ディスク形状であり、前記円形ディスクの形状の一つの弦に沿って切断して得た少なくとも一つの水平部(flat)を備えたことを特徴とする。

【0014】

本発明の好ましい第1実施の形態によれば、前記水平部は、前記交線とは非平行としている。

40

【0015】

本発明の好ましい第2実施の形態によれば、前記水平部は、前記交線と平行としている。

【0016】

本発明の好ましい実施の形態によれば、前記ウエハはシリコンウエハであって、その表面及び裏面が $\{100\}$ 等価面に沿って配向され、前記劈開面は $\{111\}$ 等価面又は $\{110\}$ 等価面に属する。後者の場合には、前記開口部及び/又は空洞の前記長手軸と前記交線との間の角度は 45° 未満である。

【0017】

ある実施の形態では、前記水平部は前記交線に沿って配向されており、本発明に係る前記方法は、

50

前記ウエハ上にマスクを介してパターンを印刷するフォトリソグラフィステップと、前記ウエハをエッチングするエッチングステップとを含み、前記フォトリソグラフィステップは、前記マスクを前記ウエハについて角度をなすように回転させるステップを含み、又は、前記パターンは、前記マスクについて角度をなして配置されているか、又は、前記フォトリソグラフィステップは、前記ウエハを前記マスクについて角度をなすように回転させるステップを含んでいる。

【0018】

ある実施の形態によれば、前記水平部は前記交線に沿って配向されていると共に、前記フォトリソグラフィステップは、接触印刷ステップ又は近接印刷ステップを含む。

【0019】

ある実施の形態では、前記水平部は前記交線に沿って配向されていないと共に、本発明に係る方法は、

前記ウエハ上にマスクを介してパターンを印刷するフォトリソグラフィステップと、前記ウエハをエッチングするエッチングステップとを含み、前記フォトリソグラフィステップは、接触印刷ステップ、近接印刷ステップ、又は複数の射影印刷ステップを含んでいてもよい。

【0020】

本発明は、また、マイクロエレクトロメカニカルシステム用のマイクロマシンデバイスに関し、該マイクロマシンは本発明に係る上記方法によって製造されたことを特徴とする。

【0021】

また、本発明は、マイクロマシンデバイスの用途に関し、該デバイスは本発明に係る製造方法によって製造されたことを特徴とする。

【0022】

【発明の実施の形態】

図1 aに示すように、半導体ウエハは、概して円形状ディスクの弦に沿った直線状の端部又は水平部2を備えた円形状の平坦ディスク1の形状で供給されている。この水平部は処理工程でウエハの位置合せに用いられる。さらに、図1 bに示すように、水平部2よりは短い別の直線部10を備えていてもよい。これ以降、「水平部」とは、ウエハのエッジにおける最も長い直線部を表わす。

【0023】

標準の半導体デバイスの場合には、ウエハは、多数のダイス3に分割されており、処理後には分離されて個々のチップができる。通常、ステップ・アンド・リピート印刷等の投影印刷に基づいて作製されるデバイスは、同じ大きさのダイスへ分割される。接触印刷又は近接印刷等を用いて行う他の印刷処理によれば、図1 cに示すような別の配置を作製できる。一方、発明者らは図2 aの典型例についての以下の記載を基礎としている。即ち、このマイクロマシンニングは、水平部2を備えたウエハ1から、長く狭い開口部4を含むデバイス5を形成する形成ステップからなる。

【0024】

ウエハに印加される負荷、例えば、機械応力、熱応力又は衝撃等の影響下において、開口部4が展延してウエハを破壊するきっかけとなることがある。ウエハの破壊は、いわゆる劈開面に沿って生じる。ウエハが破壊し、さらに劈開面に沿って破壊するかどうかの問題は、開口部の形状、印加されるストレス、それに開口部についてのウエハの結晶型における結晶方位に依存している。応力を生じるものから離れており、平均的なストレスレベルであってさえ、クラックの先端や他の割れ目にストレスが集中し、ウエハを破壊させてしまう。

【0025】

通常、長さ2cのクラックが物体上に形成され、均質な物体内にストレス σ が生じた場合に、クラックの伝播する可能性を数値的に評価するのにストレス強度因子Kが使われる。この外的引張り力Fによって生じたシリコンウエハ上の引張りストレス σ の典型例を図2(a)に示した。ストレス σ は、均質な物体内の開口部4から十分に遠く離れた場所で

10

20

30

40

50

の引張りストレスであることがわかる。割れ目（シャープな端部、クラックチップとを有する）の周辺では、ストレスレベルが局所的に非常に高い値に上昇しており、均質な物体内の値からかなり上回っていることが知られている。なぜなら、均質な物体内のストレスの許容値レベルにおいて、ウエハの破壊は、開口部 4 等の開口部の端部から生じるためである。

【 0 0 2 6 】

このストレス強度因子 K ($\text{MPa m}^{1/2}$) は、下記式で得られる。

$$K = \sigma \sqrt{c\pi} \quad (1)$$

ひとたびストレス強度因子が臨界値 K_c を越えると、クラックは伝播する。これは、同様に、均質な物体内における臨界印加ストレス σ_c に関して表わすことができる。

$$\sigma_c = \frac{K_c}{\sqrt{c\pi}} \quad (2)$$

が c を越えた場合には、クラックの伝播が始まる。

【 0 0 2 7 】

マイクロマシデバイスでは、シリコンは広く利用された物質である。シリコンは、その大きな光電特性、熱電特性、それに相応なキャリア移動度は別として、優れた機械的特性を有している。

【 0 0 2 8 】

これらの多くの特性は、シリコンの結晶構造に関係している。シリコンウエハの原子は、異なる角度から見ると異なる原子のパターンが見える結晶格子を形成している。シリコンウエハにおける面及び方位は、当業者において周知のミラー指数で示した。

【 0 0 2 9 】

シリコンウエハにおいて、 $\{100\}$ 、 $\{110\}$ 及び $\{111\}$ の 3 つの等価面の群は重要である。通常のシリコンウエハは、 $\{100\}$ 型であり、これは平坦な表面と裏面とが一群の $\{100\}$ 等価面に属する面に沿って配向されていることを意味する。また、通常のシリコンウエハでは、水平部 2 は、一方では $\{100\}$ 等価面と $\{110\}$ 等価面との間の共通の交線、他方では $\{100\}$ 等価面と $\{111\}$ 等価面との間の共通の交線の $\langle 110 \rangle$ 方向に沿って配向されている。また、図 1 a は、 $\langle 100 \rangle$ 方向について示しており、この方向は、一方では $\{100\}$ 等価面のうちの 2 つの面の間の共通の交線であり、他方では $\{100\}$ 面と $\{110\}$ 面との間の共通の交線である。その結果、上述したようにストレスが集中するシリコンウエハの欠陥では、劈開と呼ばれる現象が生じる。これは、ウエハの結晶構造によってストレスが集中することが知られている劈開面に沿ってウエハが 2 つに割れることを意味している。

【 0 0 3 0 】

シリコンでは、 K_c 値は、3 つの主なミラー指数等価面に沿った劈開について測定されており、その結果が表 1 に示されている (P . J . バーネット、 「 Properties of Silicon 」 (シリコンの物性)、EMIS dataview シリーズ no.4、INSPEC、London、UK、1988、第 30 頁)。これによって、上述の 3 つの等価面のいずれに属する面に沿ってウエハが劈開するかを説明することができる。

【 0 0 3 1 】

ストレスの集中がある場合に、 $\{100\}$ 等価面が最も劈開に抵抗し、以下、 $\{110\}$ 等価面、 $\{111\}$ 等価面の順に続くことが明らかである。しかし、そうであるからといって $\{111\}$ 等価面の面に沿って必ず劈開が生じることを意味するものではない。このことを以下に説明する。

【 0 0 3 2 】

上述のように、通常の平坦状のシリコンウエハは、 $\langle 100 \rangle$ 方向に沿って配向されている。ここで、図 2 a に示すように、開口部 4 が上記水平部に平行であると考える。図 2 a に示すように、相対的に低い引張りストレス σ でさえ、開口部の先端に臨界ストレスを生じ

10

20

30

40

50

させる。臨界ストレスレベルに達すると、図 2 b の線 6 に沿って劈開が生じる。劈開面は、ストレスの方向やストレスの種類によって決まる。引っ張りストレスや曲げストレスは、 $\{110\}$ 等価面や $\{111\}$ 等価面の面に沿って劈開を生じさせることがある。これは、 K_c 因子だけでなく、ストレスの劈開面に垂直な射影が重要だからである。これらのどの面に沿った劈開の機会も減少させるために、本発明は、以下のような解答を提示する。

【0033】

本発明は、ウエハの処理方法を提示する。それによれば、開口部は $\langle 110 \rangle$ 方向について角度 θ をなすようにエッチングされ、それによってクラックの伝播が抑制される。さらに、開口部の長手軸は、同じ方向について角度 θ をなし、この長手軸はウエハに平行であって、開口部の長辺方向と平行に規定されている。長方形の開口部の場合には、この軸は通常、長方形の最も長い対称軸である。

10

【0034】

図 2 a は通常の設定を示している。開口部 4 は、 $\langle 110 \rangle$ 方向に沿って配向されている。 $\langle 110 \rangle$ に垂直な引っ張りストレスの影響下では、臨界ストレスレベルに達するやいなや劈開が生じる。

【0035】

図 3 a は、第 1 の別例を示しており、ここでは、デバイス 5 と開口部 4 は $\langle 110 \rangle$ について角度 θ だけ回転されている。典型的な垂直な引っ張りストレスが水平部に返った場合には、長さ $2c$ のクラックの $\langle 110 \rangle$ 方向への射影が、図 2 b の同じ面に沿った劈開の可能性を評価するために考慮されるべきである。

20

【0036】

このような劈開は、 c' より高いストレスレベルから生じ始める。

$$\sigma_c' = \frac{K_c}{\sqrt{c\pi \cos \theta}} \quad (3)$$

ここで、式 (2) と比べると、因子 $(1 / \cos \theta)^{1/2}$ 分だけ増えている。この式によれば、図 2 b に示す同じ面に沿った劈開によるウエハの破壊の可能性は減っている。

【0037】

最適な角度 θ は使用される物質に依存する。例えば、シリコンの $\langle 110 \rangle$ の方位においては、ある面に沿った劈開の可能性は減少するが、他の面に沿って劈開が生じないようにすることも考慮すべきである。

30

【0038】

これは、ストレスの開口部 4 に垂直な方向への射影が、開口部 4 を傾斜させて補強された面よりももう一つの面に沿って劈開し始めるのに十分に高い場合に起きる場合がある。

【0039】

Si ウエハについて、最適の角度 θ は 0° から 45° までの間にある。 45° では開口部は $\langle 100 \rangle$ 方向に沿って延在するため、図 3 b に示す線 7 に沿って $\{100\}$ 等価面の他の面に沿った劈開を招く場合がある。

【0040】

図 4 は、第 2 の別例を示しており、ここではウエハの水平部は、 $\langle 110 \rangle$ 方向に沿って配向していないが、 $\langle 110 \rangle$ 方向について角度 θ をなす方向に沿って配向されている。通常のウエハの場合のように、デバイス 5 と開口部 4 とは水平部に平行なままである。

40

【0041】

以前と同じ状態に維持するために、図 4 のウエハは、再度、水平部に垂直な引っ張りストレス σ_c を受けている。上記の同じ劈開面に沿ってウエハが破損する可能性を評価するために、考慮すべき適切なクラック長さは、実際のクラック長さ $2c$ の $\langle 110 \rangle$ 方向への射影である。しかし、この射影長さは、 c' の $\langle 110 \rangle$ 方向に垂直な方向への射影である。これは、劈開が次式を満たす場合に生じることを意味している。

$$\sigma \cos \theta > \frac{K_c}{\sqrt{\pi c \cdot \cos \theta}} \quad (4)$$

即ち

$$\sigma > \frac{K_c}{\cos \theta \sqrt{\pi c \cdot \cos \theta}} \quad (5)$$

この場合には、図 2 b に示す同じ面に沿った劈開が生じる臨界ストレスは、さらに因子 $1 / \cos$ 分だけ増えている。

【 0 0 4 2 】

上述した 2 つの効果に基づいて、本発明による方法の好ましい実施の形態を提案する。2 つの実施の形態によれば、ウエハは、当業者に知られたフォトリソグラフィ及びエッチングのステップからなる処理を受ける。フォトリソグラフィには、図 1 a 又は図 1 c に示すように、ウエハ上にダイスのパターンを印刷することを伴っている。この印刷ステップは、他の方法で実施してもよい。全ての場合において、ウエハ上にパターンを印刷するために、印刷パターンが光源とウエハとの間に配置されるいわゆるマスク上に提供される。印刷のあるタイプでは、マスクはウエハに接触して、又は、ウエハに非常に接近して配置される。これは、それぞれ接触印刷又は近接印刷と呼ばれ、これらの方法は、(図 1 a や図 1 c のように) 全部のダイスのセットを印刷するために好んで用いられている。一方、射影印刷があり、これによれば、光学系はマスクとウエハとの間で機能し、マスク上のパターンのサイズを縮小した印刷パターンとすることができる。この最後の方法は、同じウエハ上に同じ大きさの複数のダイスを順にそれぞれ印刷する場合に好ましく用いられ、ステップ・アンド・リピート印刷とも呼ばれている。

【 0 0 4 3 】

最初の好ましい実施の形態において、図 3 a に示すように、開口部は通常ウエハに配向されているので、水平部、即ち、 $\langle 1 1 0 \rangle$ 方向について角度 θ だけ傾いて配置されている。

【 0 0 4 4 】

この実施の形態によれば、マイクロマシンデバイスは、Si ウエハのフォトリソグラフィ及びエッチングステップからなる方法によって作製され、この場合に、フォトリソグラフィステップは、好ましくは接触印刷又は近接印刷ステップからなる。角度 θ だけ傾いたダイスのセットを得るために、別の方法としては以下の場合がある。パターンの露光前に、マスクは、固定したウエハについて角度 θ をなすように回転させてもよい。もちろん、このように回転させるには、印刷装置を回転させる必要がある。別の場合として、マスク上のパターンは、マスクについて角度 θ だけ傾けて配置してもよく、通常位置にあるマスクを介して印刷される。これは通常の印刷装置を用いて行うことができる。そして、固定させた通常の印刷装置やマスクについて角度 θ だけウエハ自体を回転させてもよい。この実施の形態に用いるウエハは、 $\langle 1 1 0 \rangle$ 方向に沿った水平部を有する通常のウエハである。

【 0 0 4 5 】

図 4 に示す第 2 の実施の形態では、開口部は水平部に平行であるが、水平部自体は $\langle 1 1 0 \rangle$ 方向について角度 θ だけ傾いている。このタイプのウエハは、通常のものではなく、この方法で特に作製される。

【 0 0 4 6 】

この実施の形態によれば、マイクロマシンデバイスの製造方法は、同様に、標準的なフォトリソグラフィ及びエッチングステップからなり、この場合には、フォトリソグラフィステップは、接触印刷又は近接印刷ステップからなってもよい。通常の方法によれば、マスクのみならずウエハを回転させることなく、弱い $\langle 1 1 0 \rangle$ 方向について水平部を傾けることによって、ダイスのセットを印刷することができる。

【 0 0 4 7 】

それはさておき、第 2 実施の形態による方法が特に好ましく、この場合ではフォトリソグ

10

20

30

40

50

ラフィは、図 5 に示すように、ステップ・アンド・リピート印刷等の射影印刷によっている。上述のようにこのタイプの印刷ステップは、図 1 a 及び図 1 b で示すように、同じ大きさのダイスのセットを得るために最も用いられている。ステップ・アンド・リピート印刷では、ダイス 3 は、ウエハ 1 上に一つずつ連続して印刷される。通常のウエハ (< 1 1 0 > 方向に平行な水平部を有するもの) 上に描かれたダイ及び / 又は開口部の配向を得るためには、印刷ステップの間に、別のダイスを並べるために、より複雑に、しかも時間を浪費する追加の転写 / ウエハの回転を行う必要がある。この実施の形態による方法で用いられるウエハについて、水平部は < 1 1 0 > 方向に沿って配向されておらず、印刷ステップの間に余分の転写や回転を要することなく、ウエハは、標準的な方法で作製されているもよい。

10

【 0 0 4 8 】

表 1

ミラー指数面	{ 1 0 0 }	{ 1 1 0 }	{ 1 1 1 }
K c (MP A (m ^{1/2}) MP A)	0. 9 5	0. 9	0. 8 2

20

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 a 】 標準処理における標準 { 1 0 0 } 面の S i ウエハ上のダイスの方向を示す図である。

【 図 1 b 】 標準 { 1 0 0 } 面の別の型の S i ウエハを示す図である。

【 図 1 c 】 標準ウエハ上のデバイスの別のパターンを示す図である。

【 図 2 a 】 エッチング処理された長く狭い開口部を備えた標準 { 1 0 0 } 面の S i ウエハを示す図である。

【 図 2 b 】 図 2 a のウエハの劈開後を示す図である。


【 図 3 a 】 デバイスが水平軸から角度 だけ傾けられて作製される標準 { 1 0 0 } 面の S i ウエハを示す図である。

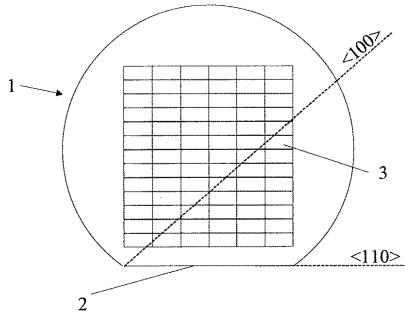
30


【 図 3 b 】 図 3 a で、 が 4 5 ° の場合を示す図である。

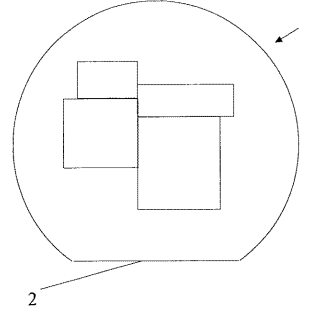
【 図 4 】 デバイスが水平軸に平行であるが、デバイスと水平軸とが < 1 1 0 > 軸に対して角度 だけ傾いているウエハを示す図である。


【 図 5 】 フォトリソグラフィにおいて、繰り返されるステップの投影印刷ステップで用いられるダイスが印刷されているウエハを示す図である。

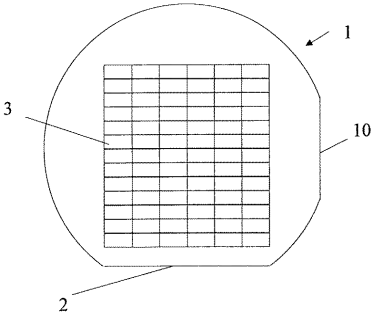
【 1 a】




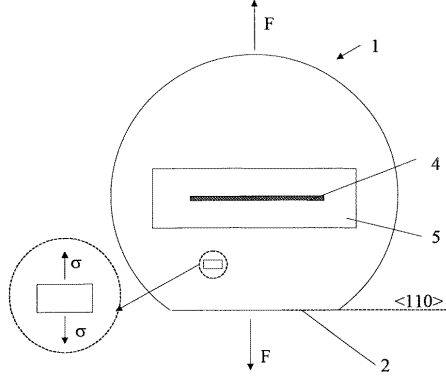
【 1 c】




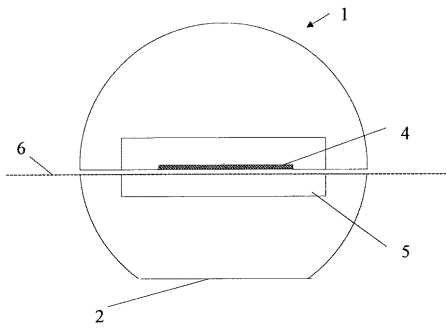
【 1 b】




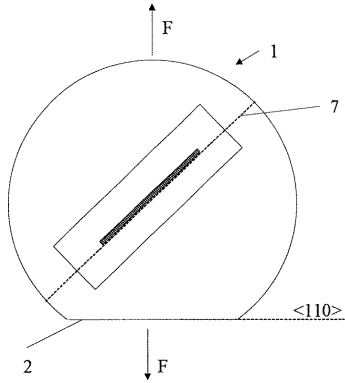
【 2 a】




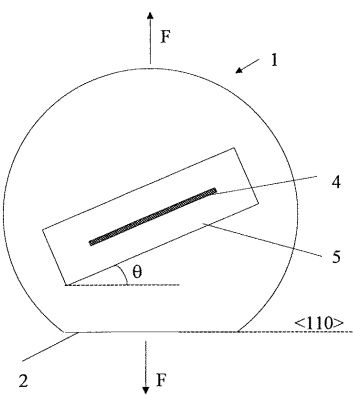
【 2 b】



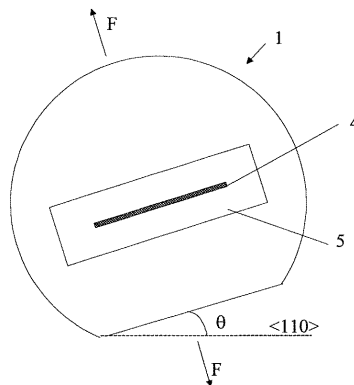
【 3 b】



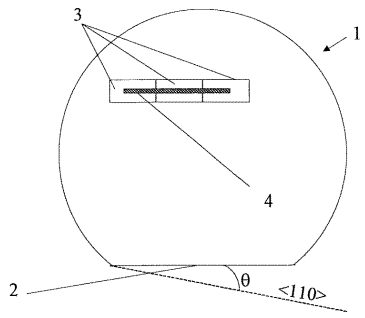
【 3 a】



【 4】



【 5 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100101454
弁理士 山田 卓二
- (74)代理人 100081422
弁理士 田中 光雄
- (74)代理人 100091524
弁理士 和田 充夫
- (74)代理人 100113170
弁理士 稲葉 和久
- (74)代理人 100062144
弁理士 青山 葆
- (72)発明者 アン・ウィトフルーウ
ベルギー 3 0 2 0 ヘレント、フルールストラート 4 8 番
- (72)発明者 アトゼ・デ・フリース
ベルギー 3 0 0 0 ルーヴァン、ブルーウェルスストラート 4 ・ブス 2 番
- (72)発明者 コンスタンティン・アナグノストポロス
アメリカ合衆国 1 4 5 0 6 ニューヨーク州メンドン、ドラムリン・ビュー・ドライブ 1 0 0 番
- (72)発明者 ピート・デ・モール
ベルギー 3 2 1 0 リュベーク - リンデン、コルトレイクストラート 3 3 番
- (72)発明者 リュック・ハスベスラーフ
ベルギー 3 2 1 0 リュベーク - リンデン、パストレイストラート 7 番
- (72)発明者 プリジット・パルマンティエ
ベルギー 3 0 0 1 ルーヴァン、ウィレム・デ・クロイラーン 2 7 番、アーバーペー 9
- (72)発明者 アニエス・ヴェルビス
ベルギー 3 0 2 0 ウィンクセレ - ヘレント、ウーリングストラート 1 へー番

審査官 塩澤 正和

- (56)参考文献 特開平 0 9 - 1 4 0 1 7 1 (J P , A)
特開平 0 8 - 1 0 4 9 8 8 (J P , A)
特開平 0 3 - 2 1 9 6 1 8 (J P , A)
特開昭 5 5 - 0 3 0 8 4 4 (J P , A)
特開昭 6 1 - 1 6 1 7 1 9 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 0 7 2 1 2 7 (J P , A)
欧州特許出願公開第 0 0 6 5 8 9 2 7 (E P , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B81C 1/00

G03F 7/20