

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3859614号
(P3859614)

(45) 発行日 平成18年12月20日(2006.12.20)

(24) 登録日 平成18年9月29日(2006.9.29)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 N 13/16 (2006.01)

G O 1 N 13/16

C

G 1 2 B 21/08 (2006.01)

G 1 2 B 1/00

G O 1 D

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2003-116970 (P2003-116970)
 (22) 出願日 平成15年4月22日(2003.4.22)
 (65) 公開番号 特開2004-4052 (P2004-4052A)
 (43) 公開日 平成16年1月8日(2004.1.8)
 審査請求日 平成15年4月23日(2003.4.23)
 (31) 優先権主張番号 02009921.4
 (32) 優先日 平成14年5月3日(2002.5.3)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 502226782
 ナノワールド アーゲー
 スイス, ツェーハー-2007 ヌーシャ
 テル, リュ ジャッケードロズ 1
 (74) 代理人 100066061
 弁理士 丹羽 宏之
 (72) 発明者 シュテファン ルッター
 スイス, ツェーハー-2000 ヌーシャ
 テル, リュ ジェ. -ア. マティール 6
 (72) 発明者 マンフレート デッターベック
 スイス, ツェーハー-2000 ヌーシャ
 テル, アブニュ デュ ブルミエール マ
 ルス 6

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 SPMセンサーとその製造法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

片持ちばり 9、片持ちばり 9 の一端部にある保持要素 10 および片持ちばり 9 の他端部にあり片持ちばり 9 の面から突出するセンサーチップ 8 を持つ一つの SPM センサーであって、保持要素 10 および片持ちばり 9 がフォトレジストで作られ、全センサーチップ 8 がもう一つ別の物質で作られ、あるいは、保持要素 10 がフォトレジストで作られ、片持ちばり 9 およびまたは全センサーチップ 8 がもう一つの物質で作られ、SPM センサー 13 がフォトレジストで作られた少なくとも 1 個の保持部 12 により、フォトレジストで作られたフレーム 11 に接続される多数の SPM センサーを持つ SPM センサーアセンブリに配列可能に構成されることを特徴とする SPM センサー。

【請求項 2】

請求項 1 記載の SPM センサーであって、ここで片持ちばり 9 およびまたはセンサーチップ 8 がシリコン、シリコン化合物、金属またはこれらを組み合わせたもので作られることを特徴とする SPM センサー。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 のいずれか 1 項記載の SPM センサーであって、ここでフォトレジストが SU-8 であることを特徴とする SPM センサー。

【請求項 4】

保持要素 10、片持ちばり 9 およびセンサーチップ 8 を含む SPM センサーを製造する方法であって、センサーチップ 8 は、片持ちばり 9 の自由端部で片持ちばり 9 の面

から突出し、以下のステップ、すなわち

A．基板 1 にチップ様切開部 4 を形成し、

B．チップ様切開部 4 を充填し、少なくとも基板の一部を被覆するシリコン、シリコン化合物または金属の層 6 を蒸着し、

C．センサーチップ 8 を形成し、または片持ちばり 9 およびセンサーチップ 8 を形成するために、層 6 のフォトリソグラフィでのパターン形成を行い、

D．片持ちばり 9 と共に保持要素 10 を形成するか又は保持要素 10 のみを形成し、且つ保持要素 10 に接続する保持部 12 を持つフレーム 11 を形成するために、フォトレジスト層を被覆し、更に

E．SPM センサー 13 を基板から分離する、
ステップを含むことを特徴とする製造法。

10

【請求項 5】

請求項 4 記載の方法であって、ここで保持要素 10 に接続する保持部 12 を持つフレーム 11 が、ステップ D で更に製造されることを特徴とする製造法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、SPM センサー、およびこの型のセンサーを製造する方法に関する。

【0002】

走査プローブ顕微鏡 (SPMs) は一般に公知であり、原子分解能を持つ精緻なセンサーを使用して、標本の表面を実際に走査するために使用される。SPMs は STM (走査トンネル顕微鏡) および AFM (原子間力顕微鏡) として、一般に公知であるものを含む。

20

【0003】

【従来の技術】

これらすべての公知の顕微鏡は、以下で片持ちばりとして引用される微小規模のベンディングバーを持つセンサーを使用し、この片持ちばりは一端に保持要素と、他の端部にセンサーチップを持ち、それらにより標本は走査される。

【0004】

フォトレジスト、とりわけ SU-8 からこの型のセンサーを完全に製造することが公知である (例えば、特許文献 1 参照。)。この刊行物に記載された製造法は、この型のセンサーの一連の製造を可能にはするけれども、その方法は基板から個別に分離されねばならないという難点がある。

30

【0005】

更にシリコン、シリコン化合物または金属から、センサー、とりわけセンサーチップおよび片持ちばりを製造することが一般に公知である。SU-8 からのセンサーの製造は、とりわけ低価格の製造法を代表するものである。しかし相変わらず、SU-8 以外の物質から作られるセンサーチップを持つセンサーに対する需要が存在する。

【0006】

【特許文献 1】

欧州特許第 990 195 号明細書

40

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

従って本発明は、低コストで製造できる新規なセンサーを提案するという目的に基礎をおく。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明に従って、この目的は請求項 1 記載の特徴を持つセンサーによりまた、請求項 4 記載の特徴を持つ方法により解決される。更なる有利な構成は、これらの請求項を引用する個々の従属請求項で見出すことができ、前記課題を解決することができる。

50

【 0 0 0 9 】

(1) 片持ちばり 9、片持ちばり 9 の一端部にある保持要素 1 0 および片持ちばり 9 の他端部にあり片持ちばり 9 の面から突出するセンサーチップ 8 を持つ一つの S P M センサーであって、保持要素 1 0 および片持ちばり 9 がフォトレジストで作られ、全センサーチップ 8 がもう一つ別の物質で作られ、あるいは、保持要素 1 0 がフォトレジストで作られ、片持ちばり 9 およびまたは全センサーチップ 8 がもう一つの物質で作られ、S P M センサー 1 3 がフォトレジストで作られた少なくとも 1 個の保持部 1 2 により、フォトレジストで作られたフレーム 1 1 に接続される多数の S P M センサーを持つ S P M センサーアセンブリに配列可能に構成されることを特徴とする S P M センサー。

【 0 0 1 0 】

(2) 前記 (1) 記載の S P M センサーであって、ここで片持ちばり 9 およびまたはセンサーチップ 8 がシリコン、シリコン化合物、金属またはこれらを組み合わせたもので作られることを特徴とする S P M センサー。

【 0 0 1 1 】

(3) 前記 (1) または (2) 記載の S P M センサーであって、ここでフォトレジストが S U - 8 であることを特徴とする S P M センサー。

【 0 0 1 2 】

(4) 保持要素 1 0、片持ちばり 9 およびセンサーチップ 8 を含む S P M センサーを製造する一つの方法であって、センサーチップ 8 は、片持ちばり 9 の自由端部で片持ちばり 9 の面から突出し、以下のステップ、すなわち

A . 基板 1 にチップ様切開部 4 を形成し、

B . チップ様切開部 4 を充填し、少なくとも基板の一部を被覆するシリコン、シリコン化合物または金属の層 6 を蒸着し、

C . センサーチップ 8 を形成し、または片持ちばり 9 およびセンサーチップ 8 を形成するために、層 6 のフォトリソグラフィでのパターン形成を行い、

D . 片持ちばり 9 と共に保持要素 1 0 を形成するか又は保持要素 1 0 のみを形成し、且つ保持要素 1 0 に接続する保持部 1 2 を持つフレーム 1 1 を形成するために、フォトレジスト層を被覆し、更に

E . S P M センサー 1 3 を基板から分離する、
ステップを含むことを特徴とする製造法。

【 0 0 1 3 】

(5) 前記 (4) 記載の方法であって、ここで保持要素 1 0 に接続する保持部 1 2 を持つフレーム 1 1 が、ステップ D で更に製造されることを特徴とする製造法。

【 0 0 1 4 】

【 発明の実施の形態 】

本発明に従って、保持要素はフォトレジストで製造され、また片持ちばりおよびまたはセンサーチップは、も一つの物質から作られる。その結果、ハイブリッドセンサーが生成され、これは異なる物質より成り、またセンサーの大部分がフォトレジスト、望ましくは S U - 8 で作られるために、とりわけ低コストで製造することができる。望ましい実施例に従って、片持ちばりおよびまたはセンサーチップは、シリコン、シリコン化合物、金属、またはこれらの組み合わせたもので作られる。フォトレジスト、とりわけ S U - 8 の、シリコン、窒化ケイ素または金属への付着は、非常に劣ることが知られているけれども、この型の組合せ S P M センサーの生産が可能になってきている。これを実行するために、物質間の付着が改良されてきた。これは例えば、保持要素下部の片持ちばり構造を拡げることにより、エポキシ樹脂に基づく付着促進剤を使用することにより、あるいは三次元で片持ちばりをパターン形成して表面域を増加することにより、フォトレジストを同じように垂直方向で金属または窒化ケイ素に結合させて達成することができる。

【 0 0 1 5 】

本発明の更なる改良に従って、これら S P M センサーの製造を簡略化するために、更に多数の S P M センサーを持つ S P M センサーアセンブリにこれらは配列され、S P M セン

10

20

30

40

50

サーは少なくとも1個の保持部を介してフォトレジスト、望ましくはSU-8で作られるフレームに接続される。すべてのSPMセンサーは、公知の方法でその下部にあるシリコンから分離され、必要に応じて保持フレームから折り取ることができる。

【0016】

本発明の方法に従って、この型のセンサーは、以下で説明されるように製造される。

【0017】

何よりもまず、チップ様トレンチが、基板、例えばシリコン内で形成される。次いでシリコン、シリコン化合物または金属、例えばクロムまたはアルミニウム、あるいはこれらの物質の組み合わせたものの層が、チップ様トレンチを充填し、基板の少なくとも一部を被覆して、基板に蒸着される。これに続き、片持ちばりとセンサーチップを形成するため

10

【0018】

保持要素を形成するためのフォトレジスト層の被覆は、保持要素との基板でフレーム構造と保持部を生産するために、追加として使用することができる。

【0019】

センサーの基板からの分離を改良するために、チップ様トレンチを充填する層が蒸着される前に、犠牲層が基板に被覆されることが望ましい。

【0020】

20

本方法のも一つの実施例に従って、片持ちばりは、更にフォトレジスト、とりわけSU-8より構成される。

【0021】

従って本発明は、SPMセンサーを製造する高性能で、しかも簡略化された方法を提供し、このSPMセンサーは、費用のかからないフォトレジスト、とりわけSU-8を使用することにより、また個々のセンサー間の接続により、SPMセンサーを急速に分離して第三者に転嫁することができる。センサーチップの鑄型は既知の方法で再使用でき、このセンサーの表面に絶えず再被覆する新しいセンサー用の物質を必要とするのみで足りる。

【0022】

30

本発明は、実施例と関連して下記でより詳細に説明され、ここで、図1-11は、SPMセンサーアセンブリ内でこの型のSPMハイブリッドセンサーを製造する方法の断面図、およびある場合には平面図を示し、また、図12および13は、付着を改良するための特殊な手段を持つ、SPMセンサーの2個の異なる変形の平面図を示す。

【0023】

本実施例においては、フレーム、および従ってSPMセンサーアセンブリは、全てフォトレジストSU-8より成る。本テキストがフォトリソグラフィーでのパターン形成を引用する場合には、フォトレジストを被覆し、マスクに基づきフォトレジストを露出し、フォトレジストを現像し、またその後フォトレジストを除去する既知の方法で行われる手段をいつも意味することは理解されるべきである。

40

【0024】

一般に、生産は基板、例えばシリコンを使用してトレンチが生産され、その助けによって、SPMセンサーとしての使用に適したマイクロチップを成型することが可能であるようなやり方で行われる。マイクロチップは、ヨーロッパ特許第990 195号に記載されたように成型される。それは、基板に被覆される例えばアルミニウムまたは酸化ケイ素などの犠牲層も選択可能である。片持ちばりとチップの生産のための物質の蒸着が次いで行われる。片持ちばりは、次に蒸着された物質からフォトリソグラフィーでパターン形成され、そのため成型チップは、片持ちばりの一つの端部に位置を占める。次いで、SU-8フォトレジストが適用され、その後保持要素、フレームおよび、保持要素とフレームを相互に接続する保持部とがパターン形成される。保持要素は、成型チップを持つ片持ちば

50

りが、保持要素を越えて突出するように配置される。次いで基板および犠牲層は、エッチング段階で除去され、それによりフォトリソストSU-8と、片持ちばりとチップを構成する物質とに関連して選択的に基板と犠牲層をエッチングすることができる。残存するのは、フレーム、保持部およびフォトリソストSU-8から製作される保持要素を持つ多様なSPMセンサーを持つSPMセンサーアセンブリであり、この保持要素にチップを持つ片持ちばりが固設される。犠牲層が配設される場合には、それは除去され、かつSPMセンサーアセンブリは、それから分離されねばならない。

【0025】

図1乃至図11は、実施例に従って、SU-8から作られる保持要素と、窒化ケイ素から作られる片持ちばりおよびチップとを持つSPMセンサーの生産を記載する。従って窒化ケイ素に代えて、金属、例えばアルミニウム、またはクロムあるいは選択的にシリコンを使用することも可能である。

10

【0026】

添付の図は、シリコン基板1のみを図示する。これは、その上で数多くのセンサーが同時に処理加工される完全ウェーハであることを、従来の技術に習熟した者には明らかであるに違いないであろう。

【0027】

図1は、出発物質としてのシリコン1を示し、その両側部に酸化ケイ素2が被覆される。

【0028】

20

次いで酸化物層は、フォトリソスト、フォトリソストの露出、フォトリソストの現像、酸化物層のエッチング、例えばフッ化水素酸(HF)の使用によるエッチング、およびフォトリソストの除去などの適用により、通常の方法でパターン形成され、そのため図2で示されるように、図3で図示されるトレンチ4の生産のための開口部3が、酸化物層2に作られる。シリコン基板1にあり図3で示されるトレンチ4は、例えば水酸化カリウム水溶液(KOH)などのエッチング液により生産される。このトレンチは、SPMセンサーに必要とされるチップを成型することを可能にする。

【0029】

次いで酸化物層2は、図4で図示されるように、例えばHFなどのエッチング液により両側面から除去される。

30

【0030】

トレンチ4を先鋭化するために、シリコン基板1は基板1の両側面に犠牲層を持つように、更に酸化ケイ素層5で再びその両側面を酸化される(図5)。このプロセス段階は、一般に周知であり、習慣的にトレンチを先鋭化するステップとなっている。

【0031】

次いで窒化ケイ素層6は、トレンチ4を充填するために酸化ケイ素層5に被覆される。窒化ケイ素層6は、例えばPECVD(プラズマ強化化学蒸気蒸着)プロセスを用いて適用することができる。層厚みは0.1μm乃至0.3μmである。この結果は、図6に示される。

【0032】

40

図7は、窒化ケイ素層6に適用されたフォトリソスト7を持つ構造を示し、この構造は、その下部の窒化ケイ素層の部分パターン形成するのに使用され、それは次いで片持ちばり9を形成するものとなる。酸化ケイ素層5にあるトレンチ4のチップ8は、同じようにフォトリソスト7の下部に横たわる。片持ちばり9は、フォトリソスト7を全ウェーハに適用し、またフォトリソスト7を露出し、更にフォトリソスト7を現像することで、通常の方法でパターン形成される。

【0033】

乾式エッチングと続くフォトリソスト7の除去により、窒化ケイ素層6はパターン形成され、その結果、片持ちばり9とチップ8が形成される(図8A)。図8Bは、既に形成されまたそこに続いて保持要素が適用される広い領域と、その自由端部にチップが位置す

50

る狭い領域とをもつ数多くの長方形片持ちばりを持つウェーハの平面図を示している。

【 0 0 3 4 】

次いで S U - 8 層 1 0 が全ウェーハに適用され、通常の方法でフォトリソグラフィーでパターン形成され、またその過程で、保持要素 1 0 と、保持部 1 2 を持つフレーム 1 1 とがパターン形成される。図 9 A は、このプロセス段階の断面の結果を示し、また図 9 B は、このプロセス段階の結果を平面図で示す。図 9 B はまた、同じように、S U - 8 で作られた保持部 1 2 を持つフレーム 1 1 を示す。保持要素 1 0 とフレーム 1 1 の S U - 8 層は、200 μ m 乃至 400 μ m である。

【 0 0 3 5 】

S U - 8 から作られた保持要素 1 0、片持ちばり 9 およびチップ 8 を持つ完成 S P M センサーは、次いで H F により犠牲層：この場合には酸化ケイ素層 5 の除去により、基板 1 から分離される（図 1 0）。

10

【 0 0 3 6 】

図 1 1 は、保持部 1 2 および平面図でそこに位置を占める S P M センサー 1 3 を持つ完成フレーム 1 1 の平面図を示し、それが販売できるように、保持要素 1 0、フレーム 1 1 および S U - 8 から作られる保持部 1 2 を図示する。個別の S P M センサー 1 3 は、フレーム 1 1 から解体されてフレーム 1 1 から分離される。

【 0 0 3 7 】

S P M センサー 1 3 が分離された後、調製されたトレンチを持つウェーハは、更なる S P M センサーの生産に再使用することができる。

20

【 0 0 3 8 】

図 1 2 は、保持要素 1 0、片持ちばり 9 およびチップ 8 を持つ S P M センサー 1 3 の平面図を示し、ここで保持要素 1 0 の下部で、窒化ケイ素からの本実施例で作られた片持ちばり 9 は拡張され、付着を改善するより大きな表面域を生み出す。

【 0 0 3 9 】

図 1 3 は、例えば開口部 1 4 を持つ片持ちばり 9 を通じて、例えば表面域がいかにして増加され、そのため S U - 8 フォトレジスト 7 が対応する金属または窒化ケイ素と垂直方向で同じように結合することを示している。

【 0 0 4 0 】

も一つの可能性は、このように十分な付着を確実に行えるように、エポキシ樹脂をベースにする付着を使用し、個別の提案された手段をお互いに組み合わせることに存在する。

30

【 0 0 4 1 】

前記の明細書は、S U - 8 から作られる保持要素 1 0 を持つ S P M センサー 1 3 の生産を記載してきた。もしチップ 8 のみが他の物質から生産されるものとする、このチップ 8 のみがパターン形成され、また S U - 8 層の適用の後で、片持ちばり 9 も同じく適切なマスクにより生産される。片持ちばり構造の厚みは、物質と片持ちばりの物性に従って変化し、多分 0 . 1 μ m および 6 μ m の間に存在する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 酸化ケイ素層が両側面に適用されたシリコン基板 1 を示す図

【図 2】 トレンチ 4 の生産のための開口部 3 が生産されたことを示す図

40

【図 3】 トレンチ 4 の生産を示す図

【図 4】 酸化ケイ素層 2 がエッチング液で両側面から除去されたことを示す図

【図 5】 両側面が犠牲層として更に酸化ケイ素層 5 で再度酸化されることを示す図

【図 6】 窒化ケイ素層 6 が酸化ケイ素層 5 に P E C V D プロセスなどにより適用され、層の厚みが 0 . 1 μ m 乃至 0 . 3 μ m となった結果を示す図

【図 7】 窒化ケイ素層 6 に適用されたフォトレジスト 7 を持つ構造を示す図

【図 8 A】 乾式エッチングとフォトレジスト 7 の除去により窒化ケイ素層 6 がパターン形成され、チップ 8 を持つ片持ちばり 9 の形成を示す図

【図 8 B】 片持ちばり 9 を持つウェーハを示す平面図

【図 9 A】 S U - 8 層 1 0 が全ウェーハに適用され、フォトリソグラフィーでパターン

50

形成され、保持要素 10、フレーム 11、保持部 12 がパターン形成されることを示す断面図

【図 9 B】 図 9 A の平面図

【図 10】 H F で犠牲層、ここでは酸化物層 5 の除去で片持ちばり 9 とチップ 8 が基板 1 から分離されることを示す図

【図 11】 保持部 12 と S P M センサー 13 を持つ完成フレーム 11 を示す平面図

【図 12】 保持要素 10、片持ちばり 9 およびチップ 8 を持つ S P M センサー 13 を示す平面図

【図 13】 表面域の増加した S P M センサーを示す図

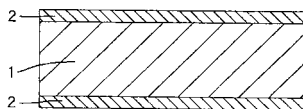
【符号の説明】

- 1 基板，シリコン基板，シリコン
- 2 酸化ケイ素層，酸化物層
- 3 開口部
- 4 トレンチ，チップ用トレンチ，チップ様切開部
- 5 酸化ケイ素層，酸化物層，犠牲層
- 6 窒化ケイ素層
- 7 フォトリソグ
- 8 チップ
- 9 片持ちばり
- 10 保持要素
- 11 フレーム
- 12 保持部
- 13 S P M センサー
- 14 開口部

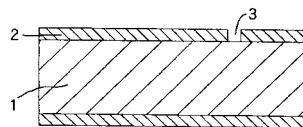
10

20

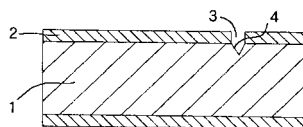
【図 1】



【図 2】



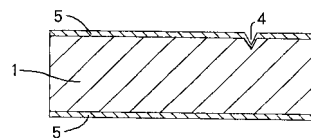
【図 3】



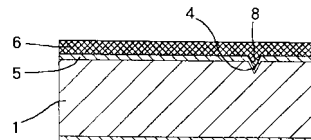
【図 4】



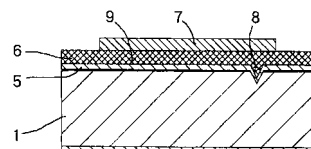
【図 5】



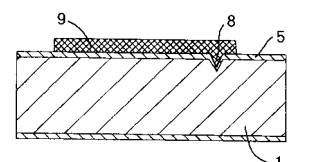
【図 6】



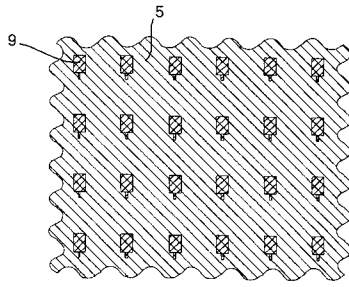
【図 7】



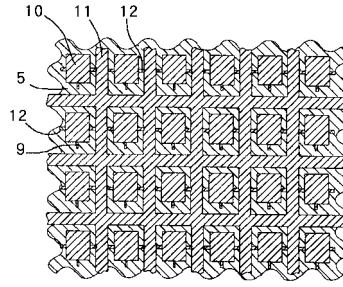
【図 8 A】



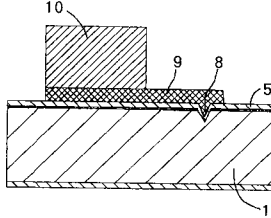
【図 8 B】



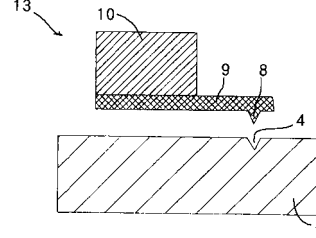
【図 9 B】



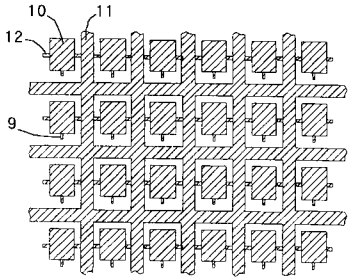
【図 9 A】



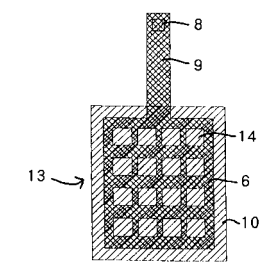
【図 10】



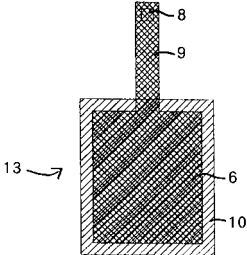
【図 11】



【図 13】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 テオ ハルトマン

スイス, ツェーハー - 2000 ヌーシャテル, リュ デュ マラディエール 15

審査官 遠藤 孝徳

(56)参考文献 特許第3053456(JP, B2)

特開平9-304411(JP, A)

特開平11-271015(JP, A)

国際公開第99/56176(WO, A1)

特開2000-46717(JP, A)

特開平6-241777(JP, A)

特開平9-126833(JP, A)

特開平7-311207(JP, A)

特開平5-302829(JP, A)

特開平9-218208(JP, A)

米国特許第6066265(US, A)

特開平11-201978(JP, A)

G. Genolet, J. Brugger, M. Despont, U. Drechsler, P. Vettiger, N. F. de Rooij, and D. Anselmetti, "Soft, entirely photoplastic probes for scanning force microscopy", REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, 米国, American Institute of Physics, 1999年 5月, 第70巻、第5号, p. 2398 - 2401

G. Genolet, M. Despont, P. Vettiger, D. Anselmetti, and N. F. de Rooij, "All-photoplastic, soft cantilever cassette probe for scanning force microscopy", Journal of Vacuum Science and Technology B, 米国, American Vacuum Society, 2000年 3月, 第18巻、第2号, p. 617 - 620

G. Genolet, M. Despont, P. Vettiger, U. Stauffer, W. Noell, N. F. de Rooij, T. Cueni, M. -P. Bernal, and F. Marquis-Weible, "Micromachined photoplastic probe for scanning near-field optical microscopy", REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, 米国, American Institute of Physics, 2001年10月, 第72巻、第10号, p. 3877 - 3879

M. Despont, H. Lorenz, N. Fahrni, J. Brugger, P. Renaud and P. Vettiger, "HIGH-ASPECT-RATIO, ULTRATHICK, NEGATIVE-TONE NEAR-UV PHOTORESIST FOR MEMS APPLICATIONS", IEEE MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS, IEEE, 1997年 5月29日, 第10回, p. 518 - 522

R. Pechmann, J. M. Koehler, W. Fritzsche, A. Schaper, and T. M. Jovin, "The Novolever: A new cantilever for scanning force microscopy microfabricated from polymeric materials", REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, 米国, American Institute of Physics, 1994年12月, 第65巻、第12号, p. 3702 - 3706

J Thaysen, A D Yalcinkaya, P Vettiger and A Menon, "Polymer-based stress sensor with integrated readout", Journal of Physics D: Applied Physics, 英国, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, 2002年11月 7日, 第35巻、第21号, p. 2698 - 2703

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 13/10 - 13/24

G12B 21/00 - 21/24

JST7580(JDream2)

JSTPlus(JDream2)