

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3884887号
(P3884887)

(45) 発行日 平成19年2月21日(2007.2.21)

(24) 登録日 平成18年11月24日(2006.11.24)

(51) Int. Cl.	F I
B 8 1 B 3/00 (2006.01)	B 8 1 B 3/00
B 8 1 C 1/00 (2006.01)	B 8 1 C 1/00
G O 1 N 13/16 (2006.01)	G O 1 N 13/16 C
H O 1 L 21/027 (2006.01)	H O 1 L 21/30 5 O 2 D
	H O 1 L 21/30 5 4 1 Z
請求項の数 9 (全 14 頁)	

(21) 出願番号	特願平11-241330	(73) 特許権者	503121103
(22) 出願日	平成11年8月27日(1999.8.27)		株式会社ルネサステクノロジ
(65) 公開番号	特開2001-62791(P2001-62791A)		東京都千代田区丸の内二丁目4番1号
(43) 公開日	平成13年3月13日(2001.3.13)	(74) 代理人	110000350
審査請求日	平成15年11月18日(2003.11.18)		ポレール特許業務法人
		(74) 代理人	100068504
			弁理士 小川 勝男
		(72) 発明者	石橋 雅義
			埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株
			式会社日立製作所 基礎研究所内
		(72) 発明者	橋詰 富博
			埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株
			式会社日立製作所 基礎研究所内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 描画用探針及びその製作方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

導電層と絶縁層の積層構造のばね部の両端部のそれぞれに探針先端部と保持部とを有し

、

前記探針先端部は前記ばね部の一つの面に配置され、

前記保持部は前記探針先端部が配置された面の裏面に配置され、

前記探針先端部は前記ばね部の導電層に電氣的に接続された導電部と、該導電部を覆うとともに周辺を支える絶縁部を有し、

前記導電部は膜状構造であるとともに、前記ばね部の面から離れるに従い細くなる構造をとり、もっとも細くなった部分は断面円形の柱状構造の一端に連結され、且つ、該柱状構造の自由端面は前記絶縁部から露出し、

たことを特徴とする走査プローブリソグラフィー描画用探針。

【請求項2】

前記探針先端部の形状が先端に平面部がある四角錐である請求項1記載の走査プローブリソグラフィー描画用探針。

【請求項3】

前記導電部の材質がチタン、タングステン、モリブデン、炭化チタン、炭化タングステン、炭化モリブデン、グラファイト、導電性ダイヤモンド、窒化チタン、窒化タングステン、窒化モリブデン、カーボンナノチューブである請求項1または2に記載の走査プローブリソグラフィー描画用探針。

10

20

【請求項 4】

前記絶縁部の材質が酸化珪素、窒化珪素、ダイヤモンドである請求項 1 または 2 に記載の走査プローブリソグラフィ描画用探針。

【請求項 5】

所定の結晶面方位を持つシリコン基板の一面に底面に所定の広さの平面を持つ逆四角錐形状の穴を作製する工程、

前記基板上に絶縁層を所定の厚さで積層する工程、

前記逆四角錐形状の穴の部分に形成された絶縁層の中央部分に、前記平面の広さの断面円形の開口部を前記シリコン基板に達するまで形成する工程、

前記絶縁層上に導電層を所定の厚さに積層し、前記開口部に前記導電層を埋め込む工程

10

、
前記導電層の上に反り補正層を所定の厚さに積層する工程、

前記基板上の絶縁層、前記導電層および前記反り補正層よりなる積層構造をばね部に形成する工程、

前記シリコン基板上で前記ばね部の前記逆四角錐形状の穴が形成された端部の他端の前記反り補正層の外面に保持部を形成する工程、および、

前記シリコン基板を除去する工程、

とよりなることを特徴とする走査プローブリソグラフィ描画用探針の製作方法。

【請求項 6】

所定の結晶面方位を持つシリコン基板の一面に底面に所定の広さの平面を持つ逆四角錐形状の穴を作製する工程、

20

前記基板上に水素化炭素膜層を所定の厚さで積層する工程、

前記逆四角錐形状の穴の部分に形成された前記水素化炭素膜層の中央部分に前記平面の広さの断面円形のハードマスク層を形成する工程、

X線を前記水素化炭素膜層に照射し、前記水素化炭素膜層のハードマスク層直下の部分を除き、前記水素化炭素膜層を絶縁性ダイヤモンド膜層にする工程、

前記ハードマスク層を除去し、前記ハードマスク層直下にあった水素化炭素膜層、および前記絶縁性ダイヤモンド膜層上に導電層を所定の厚さに積層する工程、

前記基板上の絶縁層、前記絶縁性ダイヤモンド膜層および前記導電層よりなる積層構造をばね部に形成する工程、

30

前記シリコン基板上で前記ばね部の前記逆四角錐形状の穴が形成された端部の他端の前記導電層の外面に保持部を形成する工程、および、

前記シリコン基板を除去する工程、

とよりなることを特徴とする走査プローブリソグラフィ描画用探針の製作方法。

【請求項 7】

導電層と絶縁層の積層構造のばね部の両端部のそれぞれに探針先端部と保持部とを有し

、
前記探針先端部は前記ばね部の一つの面に配置され、

前記保持部は前記探針先端部が配置された面の裏面に配置され、

前記探針先端部は前記ばね部の導電層に電氣的に接続された導電部と、該導電部の両側面を覆うとともに周辺を支える絶縁部を有し、

40

前記導電部は膜状構造であるとともに、前記ばね部の長さ方向の中心線に平行にばね部の面から離れるに従い細くなる構造をとり、もっとも細くなった部分は前記中心線に平行な側面を持つ断面四角形の柱状構造のそれぞれの端面の一端に連結された形であるとともに、該断面四角形の柱状構造の前記ばね部の長さ方向の両側に前記導電部の膜状構造に沿った前記断面四角形の柱状構造の前記中心線と直角の端面の幅と同じ厚さの板の張り出しが形成され、且つ、前記断面四角形の柱状構造の自由端面と前記板の張り出しの外面は前記絶縁部から露出し、

たことを特徴とする走査プローブリソグラフィ描画用探針。

【請求項 8】

50

前記探針先端部の形状が先端に平面部がある四角錐である請求項7記載の走査プローブリソグラフィー描画用探針。

【請求項9】

探針先端部と導電性部分を有する平板のばね部と保持部とを有し、

前記探針先端部は前記ばね部の一端部の一つの面に配置され、

前記探針先端部は前記導電性の平板に電氣的に接続された複数の並行した導電部と、これらの導電部の両側面に設けられた絶縁部を有し、

前記導電性部分を有する平板のばね部の導電性部分がその長さ方向に絶縁して、前記導電部の数と等しい数だけ形成されるとともに、前記導電部が前記導電性部分に電氣的に接続され、

10

前記複数の導電部のそれぞれは膜状構造であるとともに、先端がつぶれたV字状の構造をとり、V字状の構造の外表面は前記絶縁部から露出し、
たことを特徴とする走査プローブリソグラフィー描画用探針。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、走査プローブリソグラフィー用探針及びその製作方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体電子素子の高集積化、記録メディアの高密度化に伴い、これら素子作製のため極微細加工技術が必要とされている。しかし、現在、電子素子の作製に使用される光リソグラフィーでは、それに使用する光の波長やレンズ材料により最小加工寸法が100nm程度に限られ、また、記録メディアの原盤作製に使用されるレーザ加工に関しても200nm程度であり解像度マージンの減少が予想されている。

20

【0003】

近年、これに代わる技術として、例えば、エム・エー・マッコード等によるジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・テクノロジー、ビー4（1986年）第86頁から第88頁（M. A. McCord et al., J. Vac. Sci. Technol. B4(1986), PP86-88）に示されるような、走査プローブ顕微鏡を用いた微細加工技術が注目されている。これは一般に探針と基板間に電圧を印加して加工を行う方法で、解像度が高く、原理的には原子レベルの加工も可能である。特にエム・エー・マッコード等によるジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・テクノロジー、ビー6（1988年）第293頁から第296頁（M. A. McCord et al., J. Vac. Sci. Technol. B6(1988), PP293-296）あるいはエー・マジュンダー等によるアプライド・フィジックス・レター、61（1992年）第2293頁から第2295頁（A. Majumdar et al., Appl. Phys. Lett. 61(1992) PP.2293-2295）で示されるような従来のリソグラフィーと同様にレジスト膜によりパターンを作製する方法（以後走査プローブリソグラフィーと呼ぶ）は、従来のリソグラフィーで開発されてきたレジストパターンから基板へのパターン転写方法がそのまま使えるため、将来のリソグラフィー技術として注目されている。特にケー・ワイルダー等によるジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・テクノロジー、ビー15（1997年）第1811頁から第1817頁（K. Wilder et al., J. Vac. Sci. Technol. B15(1997), PP.1811-1817）に記載のような原子間力顕微鏡用の微小カンチレバー付き探針を用い、照射線量を定電流となるように電圧を変化させて制御する走査プローブリソグラフィー技術は作製したパターンの線幅が均一で制御性、再現性とも高く注目されている。

30

40

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記の従来の走査プローブリソグラフィー技術では解像度は高いが探針の寿命が短く、1つの探針で微細なパターンを大量に描画することはできなかった。すなわち、従来の走査プローブリソグラフィー用の探針はエー・マジュンダー等によるアプライド・フィジックス・レター、61（1992年）第2293頁から第2295頁（A. Majumdar et al.,

50

Appl. Phys. Lett. 61(1992) PP.2293-2295) で示されるような金またはチタンで被覆された原子間力顕微鏡用の探針であった。そのため、描画の際、摩耗や障害物との衝突等により探針先端が変形したり探針先端の被覆されていた金属が剥がれたりするため、大量にパターンを描画することはできなかった。

【0005】

本発明の目的は微細なパターンを大量に描画することのできる走査プローブリソグラフィ用探針およびその製造方法を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明では、探針先端部の導電部の一部を絶縁部で覆う構造として導電部の機械的強度を増加させるとともに、導電部の走査方向に対しては描画する面に対し垂直方向の導電部の大きさが微細で、かつ、ほぼ一定である形状をもつことを特徴とする。これにより、導電部分先端の形状が微細なため微細なパターンが描画でき、また、微細な導電部分は絶縁部分により囲まれているため、導電部分が折れにくい。さらに、レジスト膜との摩耗により探針先端が摩耗しても、レジスト表面と接触する探針の導電部分の形状が変化しないため、パターン幅はほぼ一定に維持される。これらにより、探針の寿命は従来の探針と比べはるかに長くなり、1つの探針で大量のパターンを描画することができるようになる。

【0007】

【発明の実施の形態】

本発明の描画用探針を図1を用いて説明する。

【0008】

図1(a)は本発明の実施例の描画用探針を用いた走査プローブリソグラフィによる描画状態の概要を説明する断面図を示す。本発明の描画用探針1を用い、石橋等によるジャパン・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス、37(1998年)第1565頁から第1569頁(M.Ishibashi et al., 37(1998), PP1565-1569)等に記載された走査プローブリソグラフィ描画装置で、基板6上に塗布されたレジスト膜7にパターンを描画する。描画用探針1は探針先端部2とばね部3からなる。探針先端部2は導電部4(黒の塗りつぶしで示す)と絶縁部5からなり、導電部4の先端部分は細い棒状であり、レジスト膜7に対し水平方向の断面形状が一定であり、周りを絶縁部5により覆われている。すなわち、本実施例では、導電部4は鉛筆の芯のように長さ方向には同じ太さを保ち、周辺部が軸木により強度を与えるものとなっている。導電部4の先端の棒状部分が細いため微細なパターンを描画でき、導電部4は絶縁部5により覆われているため走査しても折れることなく描画できる。さらに、パターンを大量に描画して図1(b)に示すように先端部2が摩耗しても、導電部4の先端の棒状部分の水平方向の断面形状は摩耗する前と変わらないため、微細なパターンを描画し続けることができる。

【0009】

以下、この発明の実施例を図に基づいて詳細に説明する。

【0010】

実施例 1

本実施例で説明する描画用探針は通常の原子間力顕微鏡用探針と同様にばね部と探針先端部からなる構造を持ち、ばね部にはカンチレバーを使用する。描画用探針をこのような構造にする理由は前記ケー・ワイルダー等によるジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・テクノロジー、ビー15(1997年)第1811頁から第1817頁(K. Wilder et al., J.Vac.Sci.Technol. B15 (1997), PP1811-1817)や石橋等によるジャパン・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス、37(1998年)第1565頁から第1569頁(M. Ishibashi et al., 37(1998), PP.1565-1569)あるいは特開平11-73906号公報に記載されている走査プローブリソグラフィ用描画装置で使用可能とするためである。

【0011】

微小カンチレバーに探針先端部が付いた構造の原子間力顕微鏡顕微鏡用探針の作成方法はティー・アール・アルブレクト等によるジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・テクノロジー、エー 8（1990 年）第 3386 頁から第 3396 頁（T. R. Albrecht et al., J.Vac.Sci.Technol.A8(1990), PP.3386-3396）等に記載されるマイクロキャストリング法、等方性反応性イオンエッチングを用いる方法、リフトオフと蒸着を組み合わせた方法等が知られている。本実施例ではマイクロキャストリング法を基盤として描画用探針を作成する。マイクロキャストリング法とはシリコン基板に探針先端部用の鋳型を作製し、その上に膜を積層して最後に鋳型として使用したシリコン基板を溶かして探針を作成する方法である。

【0012】

10

図 2（a）－（h）は本実施例の描画用探針の作成方法の要点を示した工程図である。図の左側は各工程で得られる構造の断面図を示し、右側に（a）－（g）は平面図を、（h）は底面図を示す。

【0013】

結晶面方位が（100）である厚さ 0.4 mm のシリコン基板 21 上に厚さ 100 nm の酸化シリコンであるハードマスク層 22 を積層し、光リソグラフィーと反応性イオンエッチングで 4000 nm 四方の穴パターンをハードマスク層 22 に作製する（図 2（a））。

【0014】

パターンニングされたハードマスク層 22 をマスクとして、水酸化カリウム水溶液を用いた異方性エッチングで、シリコン基板 21 に先端が平面の逆四角錐型の穴を作製し、ハードマスク層 22 を弗化水素酸により取り除く（図 2（b））。水酸化カリウム水溶液を用いたシリコンのエッチングでは、エッチング速度が結晶面方位により異なる。結晶面方位が（100）のシリコン基板を使用すると（111）面のエッチング速度が遅いため、エッチングによる穴の形状が図 2（b）に示すような逆四角錐型となる。本実施例では底面に 50 nm 四方の平面の領域が残るようにエッチング時間を調節する。その結果、底面に 50 nm 四方の平面をもつ高さ 2750 nm の逆四角錐型の溝ができる。この部分が描画用探針先端部の鋳型となる。

20

【0015】

ハードマスク層 22 を除去後、シリコン基板 21 上に絶縁層 23 となる窒化シリコンを 200 nm 積層した後、逆四角錐型くぼみの中央部分に電子線リソグラフィーと反応性イオンエッチングで直径 50 nm の円形の溝を開ける（図 2（c））。本実施例では絶縁層 23 に窒化シリコンを使用した。酸化シリコン、ダイヤモンドなど他の硬質な絶縁体を使用してもよい。

30

【0016】

逆四角錐型くぼみの中央部分に直径 50 nm の円形の溝を開けた後、絶縁層 23 上全体に導電層となるチタンを 250 nm 蒸着することにより、全体に導電層 24 を形成するとともに、直径 50 nm の円形の溝に導電層 24 を埋め込む（図 2（d））。本実施例では導電層 24 をチタンとしたが、その他にタングステン、モリブデン、クロム、炭化チタン、炭化タングステン、炭化モリブデン、窒化チタン、窒化タングステン、窒化モリブデン、導電性ダイヤモンド等を使用してもよい。また、本実施例では探針先端の円形の溝に導電層 24 を埋め込む場合に蒸着でおこなったが、メッキで行ってもよい。しかし、メッキで行う場合は絶縁層 23 の下に電極として金や銅等の金属薄膜が必要である。

40

【0017】

導電層 24 を積層した後、導電層 24 上に反り補正層 25 となる窒化シリコンを 200 nm 積層する（図 2（e））。これは最後の工程で基板 21 を溶かして除去したとき、絶縁層 23 と導電層 24 間に生じる応力によりばね部が反らないようにするための層である。絶縁層 23 と導電層 24 の材料の選択により、ばね部の反りが小さい場合には反り補正層 25 を省略してもよい。

【0018】

50

反り補正層 2 5 を積層した後、光リソグラフィーと反応性イオンエッチングを使用してシリコン基板 2 1 上の絶縁層 2 3、導電層 2 4、反り補正層 2 5 による積層構造をばね部と保持部接合部の形状に形成する（図 2（f））。図 2 では、ばね部の形状を単純な板ばね状として説明してきた。この場合、例えば、幅 0. 0 1 mm、長さ 0. 1 mm の微細な長方形のカンチレバーが形成できる。

【0019】

絶縁層 2 3、導電層 2 4、反り補正層 2 5 をカンチレバーの形状に整えた後、カンチレバーの基部に保持部 2 6 を形成する（図 2（g））。保持部 2 6 としては、たとえば、厚さ 0. 3 mm、幅 2 mm、長さ 4 mm の硝子を接着する。本実施例ではばね部と保持部 2 6 との接着に陽極接合を使用した。光硬化性、あるいはエポキシ系の接着剤で接着してもよい。

10

【0020】

ばね部と保持部 2 6 を接着した後、最後に水酸化カリウム水溶液を用いてシリコン基板 2 1 を溶かすことにより本発明の描画用探針は完成する（図 2（h））。

【0021】

図 2（h）右側に完成した描画用探針を底面図（描画面側から見た図）を示す。探針先端部に絶縁層 2 3 による四角錐が形成され、その中心部に導電層 2 4 による鉛筆の芯のような探針が形成されている。

【0022】

図 3（a）、（b）にカンチレバーの形状の例を描画面側から見た図で示す。（a）は単純な板ばね状のものである。先端に探針が形成されている。（b）は三角板の板ばねの基部の部分を台形状に切り欠いてばね定数を向上させた構造である。やはり先端に探針が形成されている。

20

【0023】

実施例 2

図 2 の実施例では描画用探針先端部の形状を先端に平面を持つ四角錐としたが、半球状でもよい。図 4 に探針先端部の形状が直径 4 0 0 0 nm の半球状の描画用探針のばね部および探針先端部を示す。図 4（a）は描画面側から見た図、図 4（b）は図 4（a）の A－A 位置で矢印方向に見た断面図である。図 4 に示す形状の描画用探針を作製する場合には、シリコン基板 2 1 に探針先端作製の溝を作製する際に、水酸化カリウム溶液を用いた異方性エッチングによる四角錐の溝ではなく、弗化水素酸、硝酸、酢酸混合溶液による等方性エッチングにより半球状の溝を作製する。他の製作過程は図 2 で説明したのと同様である。

30

【0024】

実施例 3

本実施例では実施例 1 の描画用探針とは探針先端の導電部が異なった形状をもつ描画用探針について図 5 を参照して説明する。本実施例でも、全体的には導電部、絶縁部および反り防止部の 3 層構造から成ることは実施例 1 の描画用探針と同様である。また、保持部、ばね部の構造は実施例 1 の描画用探針と変わるところはない。

【0025】

40

図 5（a）は描画面側から見た描画用探針の先端部の概略図、図 5（b）は図 5（a）の A－A 位置で矢印方向に見た断面図、図 5（c）は図 5（a）の B－B 位置で矢印方向に見た断面図である。

【0026】

本実施例の描画用探針は被描画部と図 5（a）の A－A で示す線の方に相対的に移動するものとされる。本実施例では、全体的には、導電部 6 1、絶縁部 6 2、反り補正部 6 3 からなる。描画点となる四角錐の先端部では、図 2 で説明したと同様に、導電部 6 1 が絶縁部 6 2 により囲われている（図 5（c））が、描画点となる四角錐の先端部の移動方向（A－A で示す線の方）には導電部 6 1 の帯が露出するものとされる。したがって、本実施例では、導電部先端の形状が先端部の移動方向についてみると、等価的に長方形とな

50

ることになる。たとえば、本実施例では $50\text{ nm} \times 4000\text{ nm}$ の長方形とした。導電部先端の形状が移動方向に長方形であれば、第1の実施例より長時間の描画に耐えるのみでなく、描画用探針が被描画面の凹凸により、四角錐の先端部で描画面に垂直に接触しない場合でも、長方形の導電部61のどこかが被描画面と接触するから、描画をより確実に行うことができる。

【0027】

図6はこのことを説明する図であり、描画面73表面の凹凸などにより描画用探針71が大きく傾いても導電部72の先端が常に描画面73と接触することができることを示している。ただし、本実施例の描画用探針を用いて微細なパターンを描画する場合、描画用探針に対する走査方向が導電部先端の形状である長方形の短い辺に対し垂直方向（図5（a）のA-Aの方向）に限られることは当然である。。

10

【0028】

本実施例では描画用探針先端部を四角錐としたが、図4のような半球状とする場合でも同様に実施できる。

【0029】

本実施例の描画用探針は、実施例1の描画用探針と同様、図2で説明したと同様の作製工程で作製できる。実施例1との違いは実施例1では図2（c）の工程で逆四角錐型くぼみの中央部分に開けた溝の形状が直径 50 nm の円形であったが、本実施例では、ばね部の長さ方向に $50\text{ nm} \times 4000\text{ nm}$ の長方形の溝を掘ることのみである。

【0030】

20

実施例4

本実施例では探針先端に導電部が複数ある構造の描画用探針について説明する。

【0031】

保持部、ばね部の構造は実施例3の描画用探針と同様である。図7は本実施例の描画用探針先端部とばね部の構造を示す概略図である。図7（a）は描画面側から見た概略図、図7（b）は図7（a）のA-A位置で矢印方向に見た断面図、図7（c）は図7（a）のB-B位置で矢印方向に見た断面図である。描画用探針先端部は第1導電部81、第2導電部82および第3導電部83と独立した三つの導電部とされており、これに対応して、ばね部の電極も、第1導電部電極84、第2導電部電極85および第3導電部電極86の独立した三つの電極とされる。これらの導電部、電極が絶縁部87および反り補正部88に挟まれた形となる。

30

【0032】

本実施例の描画用探針の実施例3のそれとの違いは、実施例3の描画用探針では探針先端の導電部が1個であったのに対し、本実施例の描画用探針では探針先端の導電部が複数個あることである。本実施例の第1導電部81、第2導電部82、第3導電部83の描画面に水平な方向の導電部先端の形状はすべて $50\text{ nm} \times 4000\text{ nm}$ の長方形で、各導電部の間隔は 20 nm である。もちろん、探針先端の導電部が複数個あることに対応して、各導電部のばね部の電極も複数個ある。

【0033】

本実施例の描画用探針の製作過程は、基本的には、図2で説明したのと同じであるが、各導電部およびばね部の電極が複数個あるから、図2（d）で説明した導電部の蒸着の際これに対応したマスクを準備してそれぞれが独立して絶縁されたものにすることが必要になる。

40

【0034】

本実施例の探針を用いて描画すると1本の描画用探針で線幅の異なったパターンを描画することができる。すなわち、細い線幅のパターンが必要な場合は第1ー第3導電部81ー83の一つの導電部だけを用いて描画を行い、太い線幅のパターンが必要な場合は第1ー第3導電部81ー83のすべてを用いて描画をおこなう。中間の太さなら、第1ー第2または第2ー第3導電部の二つを使用して描画をする。ただし、実施例3同様に本実施例の描画用探針を用いた描画では描画用探針に対する走査方向が導電部先端の形状である長

50

形の短い辺に対し垂直方向に限られるのは当然である。

【0035】

実施例 5

図 8 に、図 2 で説明した描画用探針の製作方法とは異なる実施例を説明する。図 2 (a)、(b) と同様に、結晶面方位が (100) である厚さ 0.4 mm のシリコン基板 91 上に底面に 50 nm 四方の平面をもつ高さ 2750 nm の逆四角錐型の溝を作製する (図 8 (a))。

【0036】

溝を作製したシリコン基板 91 上にケミカル・ヴェーパー・デポジションにより導電率 $100 \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 、膜厚 300 nm の水素化炭素膜 92 を形成する (図 8 (b))。

10

【0037】

その上にハードマスク層としてタングステン膜を 500 nm 積層する。この積層されたハードマスク層を、電子線リソグラフィと反応性イオンエッチングで処理して、逆四角錐型くぼみの中央部分に直径 50 nm の円柱状のハードマスク 93 のみを残す (図 8 (c))。

【0038】

逆四角錐型くぼみの中央部分に直径 50 nm の円柱状のハードマスク 93 を作製した後、上方から高エネルギーの X 線を照射し、真空中で 600 度で 30 分間加熱する。本実施例では X 線エネルギーを 4 keV、X 線照射密度を $1 \times 10^{21} \text{ photons/cm}^2 \cdot \text{s}$ 、照射時間を 1 時間とする。導電性の水素化炭素膜 92 は高エネルギーの X 線を照射される結果、ハードマスク 93 直下の部分が導電性の水素化炭素膜として残り導電部 94 となるのみで、他の部分は全て絶縁性のダイヤモンドとなり絶縁層 95 となる。(図 8 (d))。

20

【0039】

導電部 94 と絶縁層 95 を作製した後、ハードマスク 93 を除去し、電極層 96 としてチタンを 20 nm 積層する。(図 8 (e))。

【0040】

電極層 96 を蒸着した後、光リソグラフィと反応性イオンエッチングを使用してシリコン基板 91 上の絶縁層 95、および、電極層 96 による積層構造をばね部と保持部接合部の形状に形成する (図 8 (f))。xy 方向のカンチレバーの形状は実施例 1 と同様である。

30

【0041】

シリコン基板 91 上で絶縁層 95、および、電極層 96 をカンチレバーの形状に整えた後、保持部 97 として硝子を接着剤で接着する (図 8 (g))。

【0042】

ばね部と保持部 97 を接着した後、最後に水酸化カリウム水溶液を用いてシリコン基板 91 を溶かすことにより本発明の描画用探針は完成する (図 8 (h))。

【0043】

本実施例では、電極層 96 をチタンの 20 nm の薄い層としたので、先の実施例で必要であった反り補正部は省略することができる。

40

【0044】

実施例 6

本実施例では上記描画用探針とは異なった形状をもつ描画用探針について説明する。上記実施例での描画用探針では、ばね部としてカンチレバー (片持ち梁) を使用したが、本実施例では両端固定梁を使用する。図 9 は本実施例の描画用探針を示す概略図である。図 9 (a) は描画面側から見た概略図、図 9 (b) は図 9 (a) の A-A 位置で矢印方向に見た断面図、図 9 (c) は図 9 (b) における探針先端部の拡大図である。本実施例の描画用探針ばね部 101、探針先端部 102 からなる。両端固定梁となるばね部 101 は薄板 106 から切り欠き部 107 および 108 を切り取った結果、薄板 106 の中央部に形成される。探針先端部は上記実施例で説明したばね部がカンチレバーの描画用探針と同様に

50

導電部 103 と絶縁部 104、絶縁部 105 からなる。図 9 では、両端固定梁は一つとしたが、これを平行して複数個配列することができるのは当然である。

【0045】

一般に、両端固定梁のばね定数は同じ寸法のカンチレバーと比べ 64 倍大きくなる。両端固定梁、カンチレバーのばね定数は梁の長さの 3 乗に反比例するため、梁の長さを 4 倍にすれば他は同じ寸法のカンチレバーと同様のばね定数を持った両端固定梁を得ることができる。本実施例では梁の幅 0.01 mm、長さ 0.4 mm とする。

【0046】

本実施例の描画用探針を用いて特願平 11-73906 号公報に記載の描画装置を用いて描画すれば、図 10 に示すように描画面 113 表面の凹凸などにより描画用探針 111 が大きく変位しても導電部 112 の先端が常に描画面 113 と接触することができる。

10

【0047】

実施例 7

本実施例では導電層にカーボンナノチューブを用いた描画用探針について図 11 を用いて説明する。

【0048】

カーボンナノチューブとは飯島等によるネイチャー、318 (1991 年) 第 56 頁 (S. Iijima, Nature 318 (1991) PP56) に記載されるような管状の巨大炭素分子である。カーボンナノチューブは導電性を持ち、かつ、直径数十ナノメートル以下で長さ数マイクロメートルにわたり均一な直径のものを容易に作製することができる。このカーボンナノチューブを利用し、エイチ、ダイ等によるネイチャー、384 (1996 年) 第 147 頁から第 150 頁 (H. Dai et al., Nature 384 (1996) PP147-150) に記載されるような探針の先端にカーボンナノチューブをつけた構造の原子間力顕微鏡用の探針が考案され、アスペクト比の高い構造物の表面構造の観察に威力を発揮している。現在ではこの構造の原子間力顕微鏡用の探針はピエゾマックス社より販売されている。

20

【0049】

図 11 は、このカーボンナノチューブを利用した本実施例の描画用探針の断面の概略図である。本実施例の描画用探針 121 も導電部 122、絶縁部 123、および反り防止部 124 の 3 層構造から成ることは実施例 1 の描画用探針と同様である。本実施例の描画用探針の特徴は探針先端の導電部で試料と直接接触する部分にカーボンナノチューブ 125 を使用することにある。このことにより通常の微細加工では困難な直径数十ナノメートル以下で長さ数マイクロメートルの均一直径の導電部が得られ、微細かつ大量の描画を行うことができる。

30

【0050】

図 12 (a) - (c) は本実施例の描画用探針の作成方法の要点を示した工程図である。

【0051】

図 12 (a) は、カーボンナノチューブを利用した市販されている探針 131 の断面の概略図である。探針 131 は保持部 132、ばね部 133、探針部 134、それと探針部 134 の先端に接合されたカーボンナノチューブ 135 からなる。この探針 131 の探針面に絶縁層 136 として窒化シリコンを、探針面の裏の面に反り防止層 137 として窒化シリコンをそれぞれ積層する (図 12 (b))。その後、この探針を用いダイヤモンド薄膜上を負荷をかけて走査することにより探針先端の窒化シリコンを研磨して、カーボンナノチューブ 135 を探針表面に露出させ、周辺を絶縁物で保護された直径数十ナノメートル以下の均一径の導電部をもつ描画用探針を完成する (図 12 (c))。

40

【0052】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、走査プローブリソグラフィーで 1 つの探針を用いて大量のパターンを描画することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 (a)、(b) は本発明の描画用探針の実施例の効果を示す概念図。

50

【図 2】 (a) - (h) は本発明の描画用探針の作製手順の例を示す概略図。

【図 3】 (a)、(b) は図 2 の描画用探針のばね部の二つの例を描画面から見た平面図。

【図 4】 (a) は本発明の探針先端部の形状が半球状である描画用探針の実施例のばね部および探針先端部を描画面側から見た平面図、(b) は (a) の A - A 断面図。

【図 5】 (a) は本発明の他の構造の導電部をもつ描画用探針の実施例の描画用探針先端部を描画面側から見た平面図、(b) は (a) の A - A 断面図、(c) は (a) の B - B 断面図。

【図 6】 図 5 の構造の描画用探針の実施例の効果を表す概念図。

【図 7】 (a) は本発明の他の構造の探針先端部をもつ描画用探針の実施例の描画用探針先端部を描画面側から見た平面図、(b) は (a) の A - A 断面図、(c) は (a) の B - B 断面図。 10

【図 8】 (a) - (h) は本発明の描画用探針の他の作製手順の例を示す概略図。

【図 9】 (a) は本発明の他の構造のばね部をもつ描画用探針の実施例のばね部および描画用探針先端部を描画面側から見た平面図、(b) は (a) の A - A 断面図、(c) は (b) 描画用探針先端部の拡大図。

【図 10】 図 9 の構造の描画用探針の効果を表す概念図。

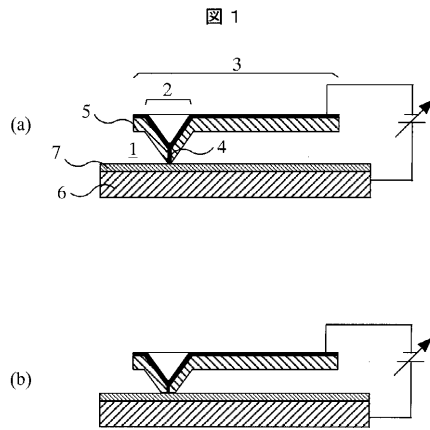
【図 11】 導電層にカーボンナノチューブを用いた本発明の描画用探針の断面の概略図。

【図 12】 (a) - (c) は図 11 の構造の描画用探針の作成手順の例を示す概略図。

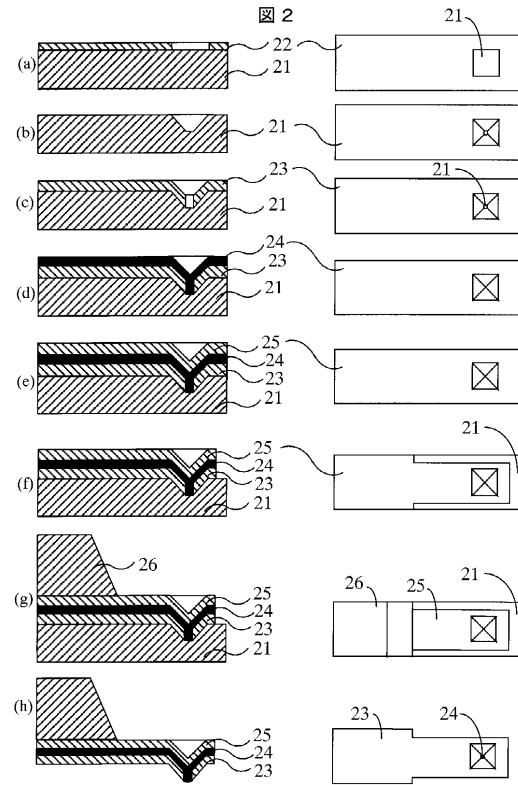
【符号の説明】 20

1 … 描画用探針、2 … 探針先端部、3 … ばね部、4 … 導電部、5 … 絶縁部、6 … 基板、7 … レジスト膜、21 … 基板、22 … ハードマスク層、23 … 絶縁層、24 … 導電層、25 … 反り補正層、26 … 保持部、61 … 導電部、62 … 絶縁部、63 … 反り補正部、71 … 描画用探針、72 … 導電部、73 … 描画面、81 … 右導電部、82 … 中央導電部、83 … 左導電部、84 … 右導電部電極、85 … 中央導電部電極、86 … 左導電部電極、87 … 絶縁部、88 … 反り補正部、91 … 基板、92 … 導電層、93 … ハードマスク層、94 … 導電部、95 … 絶縁部、96 … 電極層、97 … 保持部、101 … ばね部、102 … 探針先端部、103 … 導電部、104 … 絶縁部、105 … 絶縁層、106 … 薄板、107 … 切り欠き部、108 … 切り欠き部、111 … 描画用探針、112 … 導電部、113 … 描画面、121 … 描画用探針、122 … 導電部、123 … 絶縁部、124 … 反り防止部、125 … カ 30
ーボンナノチューブ、131 … ナノチューブチップ、132 … 保持部、133 … ばね部、134 … 探針部、135 … カーボンナノチューブ、136 … 絶縁層、137 … 反り防止層。

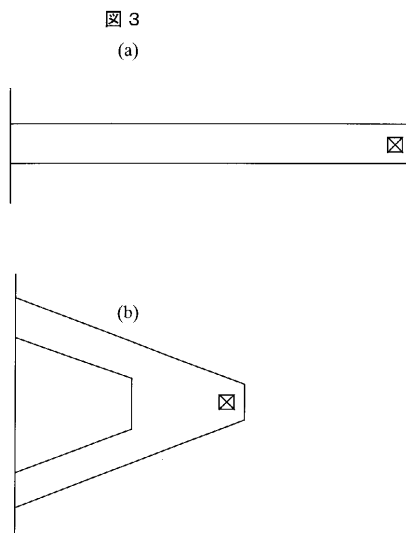
【図 1】



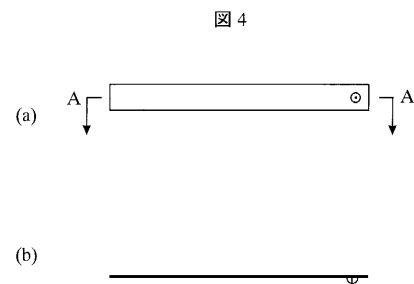
【図 2】



【図 3】

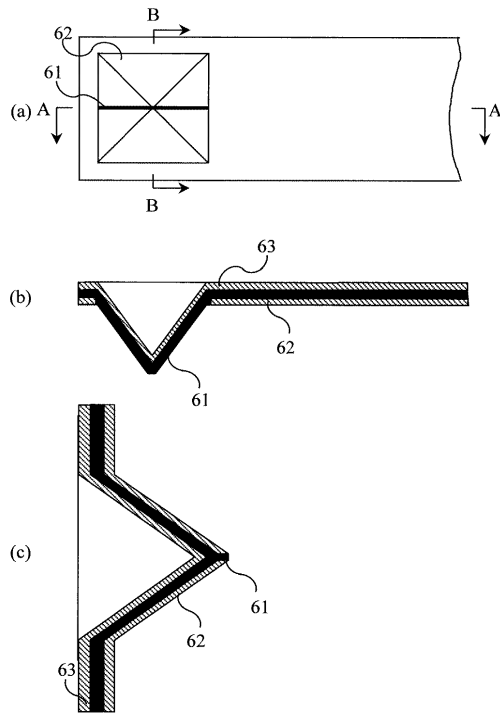


【図 4】



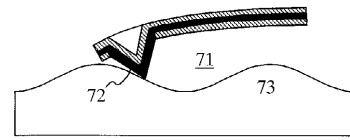
【図 5】

図 5



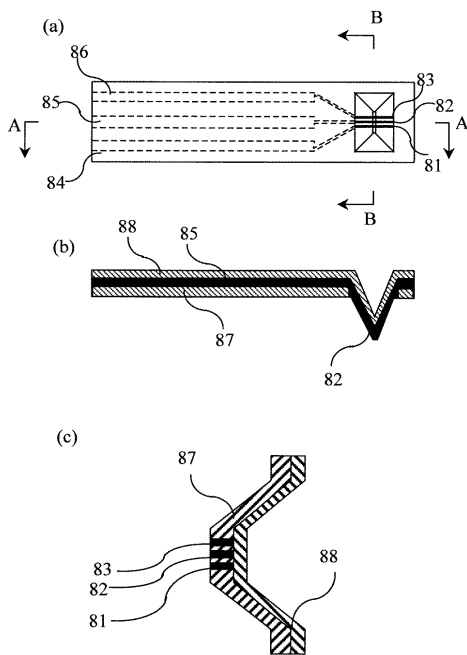
【図 6】

図 6



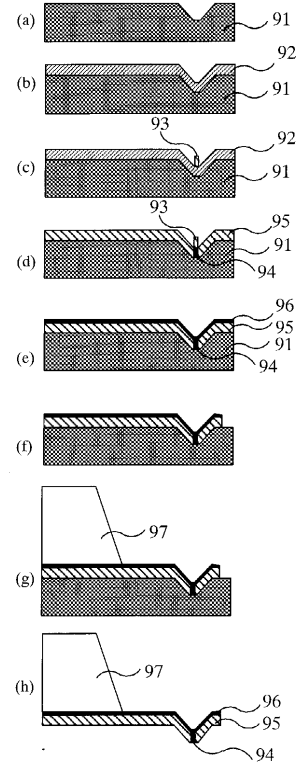
【図 7】

図 7

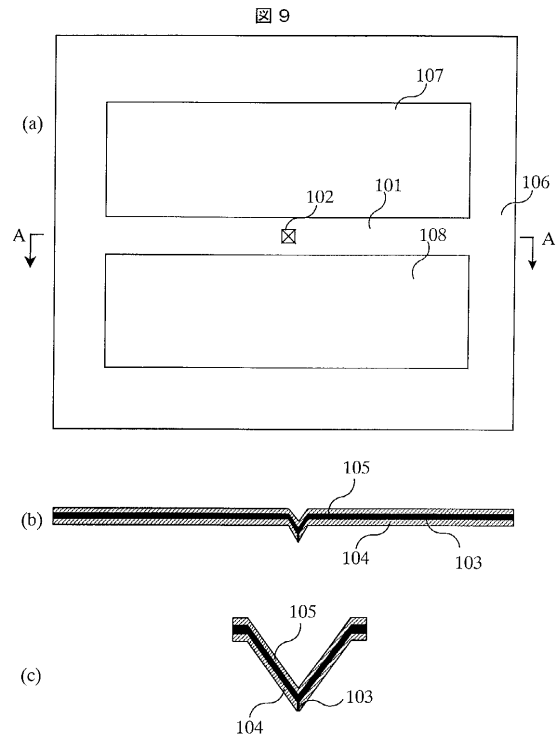


【図 8】

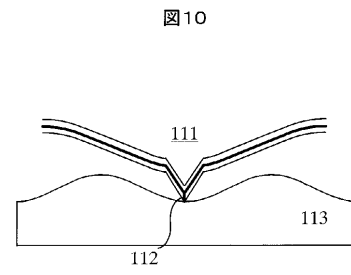
図 8



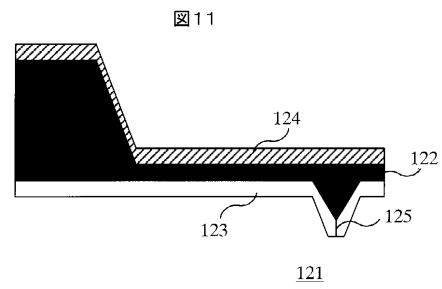
【図 9】



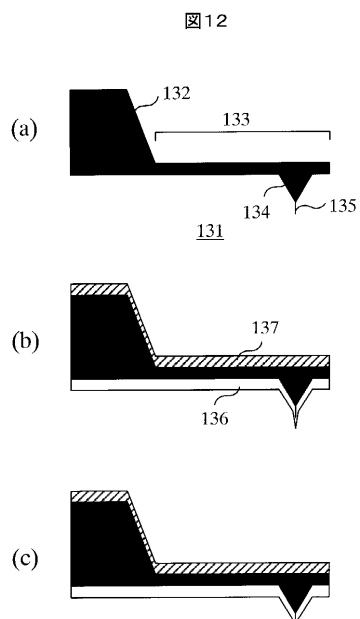
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 梶山 博司

埼玉県比企郡鳩山町赤沼2 5 2 0番地 株式会社日立製作所 基礎研究所内

審査官 塩澤 正和

(56)参考文献 特開平08-054403 (JP, A)

特開平08-129875 (JP, A)

特開平11-094863 (JP, A)

特開平09-251947 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B81B 3/00

B81C 1/00

G01N 13/16