

(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2007-192589

(P2007-192589A)

(43) 公開日 平成19年8月2日(2007.8.2)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 K 7/02 (2006.01)	GO 1 K 7/02 A	2 F 0 5 6
GO 1 N 13/16 (2006.01)	GO 1 N 13/16 C	
GO 1 N 13/10 (2006.01)	GO 1 N 13/10 H	
G 1 2 B 21/08 (2006.01)	GO 1 N 13/10 F	
	G 1 2 B 1/00 6 O 1 D	
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 22 頁)		

(21) 出願番号 特願2006-9153 (P2006-9153)
 (22) 出願日 平成18年1月17日 (2006.1.17)

(71) 出願人 000002325
 セイコーインスツル株式会社
 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
 (74) 代理人 100079212
 弁理士 松下 義治
 (72) 発明者 濱尾 尚範
 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツル株式会社内
 (72) 発明者 松澤 修
 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツル株式会社内
 (72) 発明者 高橋 寛
 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツル株式会社内
 Fターム(参考) 2F056 CL06

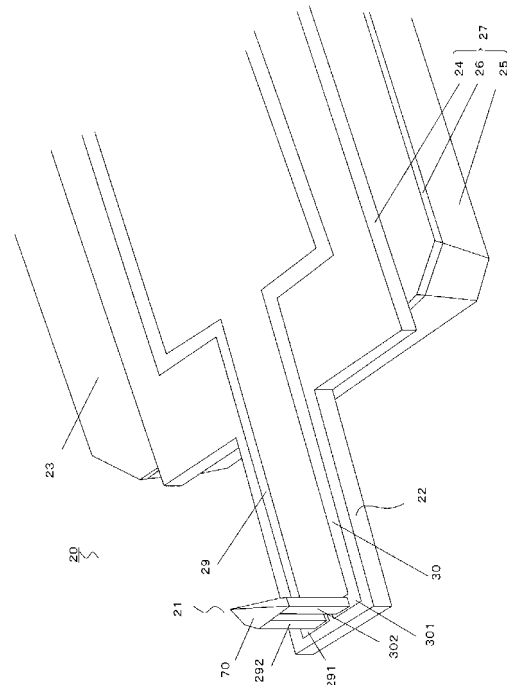
(54) 【発明の名称】 温度測定用プローブ

(57) 【要約】

【課題】 SPMにおいてアスペクト比の高い凹凸を有する試料の温度特性および表面形状を精度よく測定し、正確な温度特性や観察像を得ることができるプローブを提供する。

【解決手段】 本発明は、カンチレバー22の先端に温度を測定するための温度測定用素子を形成した温度測定用プローブ1であって、カンチレバー22に形成された第1の金属構造体29の第1の端部291の上面に設けられ、棒状に形成された第1の探針基部292と、第2の金属構造体30の第2の端部301の上面に設けられ、棒状に形成された第2の探針基部302と、第1の探針基部292と第2の探針基部302の上面に設けられ、第1の探針基部292と第2の探針基部302を接続する形に形成された先端部が先鋭化された探針先端部70で構成されている探針21が温度測定素子を兼ねていることとした。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面に絶縁層を有するカンチレバーと、

前記カンチレバーの上面に設けられ、前記カンチレバーの先端部に第 1 の端部を有する第 1 の金属構造体と、

前記カンチレバーの上面に前記第 1 の金属構造体と離間して設けられ、前記カンチレバーの先端部に第 2 の端部を有する第 2 の金属構造体と、

前記第 1 の端部の上面に設けられ、棒状に形成された第 1 の探針基部と、前記第 2 の端部の上面に前記第 1 の探針基部と離間して設けられ、棒状に形成された第 2 の探針基部と、前記第 1 の探針基部および前記第 2 の探針基部の上面に形成され、前記第 1 の探針基部と前記第 2 の探針基部を電氣的に接続し、先の尖鋭化された探針先端部と、
を有する温度測定用プローブ。

10

【請求項 2】

表面に絶縁層を有するカンチレバーと、

前記カンチレバーの基端部に設けられた第 1 の電極に接続された、第 1 の金属構造体の第 1 の端部の上面に設けられ、棒状に形成された第 1 の探針基部と、

前記カンチレバーの基端部に前記第 1 の電極に離間して設けられた第 2 の電極に接続された、第 2 の金属構造体の第 2 の端部の上面に設けられ、棒状に形成された第 2 の探針基部と、

前記第 1 の探針基部および前記第 2 の探針基部の上面に設けられ、前記第 1 の探針基部と前記第 2 の探針基部を電氣的に接続する探針先端部からなる、温度測定用素子を兼ねた探針部と、
を有する温度測定用プローブ。

20

【請求項 3】

前記探針先端部が、前記第 1 の探針基部と同じ材料からなる請求項 1 または 2 に記載の温度測定用プローブ。

【請求項 4】

前記探針先端部が、前記第 2 の探針基部と同じ材料からなる請求項 1 または 2 に記載の温度測定用プローブ。

【請求項 5】

請求項 1 または 2 に記載の温度特性測定用プローブと、

前記探針部を試料の被測定面に接近させて試料表面を走査することにより試料表面形状に応じて変位する前記探針の変位データを検出する変位検出手段と、

前記探針部を前記試料に対して相対的に前記試料の表面に平行で、互いに直交する二方向の走査及び前記試料の表面に垂直方向の移動を行う移動手段と、

前記温度測定用素子の熱起電力を検出する熱起電力検出部と、
を備える走査型プローブ顕微鏡。

30

【請求項 6】

前記探針部を振動用周波数で共振または強制振動させる加振手段を備え、

前記変位検出手段は、前記探針の振動状態を検出する振動検出手段である請求項 5 に記載の走査型プローブ顕微鏡。

40

【請求項 7】

前記変位検出手段を前記カンチレバー内に設ける請求項 5 に記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項 8】

前記変位検出手段は piezo 抵抗素子である請求項 5 に記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項 9】

シリコン基板を切欠いて、カンチレバーを形成する工程と、

前記カンチレバーの上面に絶縁膜を形成する工程と、

前記カンチレバーの先端部側の前記絶縁膜の上面に、第 1 の金属構造体の第 1 の端部を

50

形成し、前記カンチレバーの先端部側の前記絶縁膜の上面に、第2の金属構造体の第2の端部を形成する工程と

前記第1の端部の上面に電鍍法によって第1の探針基部を形成し、前記第2の端部の上面に電鍍法によって第2の探針基部を形成し、前記第1の探針基部と前記第2の探針基部の上面に電鍍法によって探針先端部を形成して、温度測定用素子を形成する工程と、

前記探針先端部を電解研磨によって先鋭化させて探針部とする工程と

前記シリコン基板を切欠いて、前記カンチレバーの基端部側に本体部を形成する工程と

を有する温度測定用プローブの製造方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、試料表面の微小領域での熱物性を測定するための温度測定用プローブおよび温度測定装置に関する

【背景技術】

【0002】

現在、試料表面におけるナノメートルオーダの微小な領域を観察するための顕微鏡は、走査型プローブ顕微鏡（SPM：Scanning Probe Microscope）が使われている。このSPMの中でも、先端部にプローブを設けたカンチレバーを走査プローブとして使用する、原子間力顕微鏡（AFM：Atomic Force Microscope）が、特に注目されている。この原子間力顕微鏡は、カンチレバーのプローブを試料表面に沿って走査し、試料表面と探針との間に発生する原子間力（引力または斥力）をカンチレバーの撓み量として検出することにより、試料表面の形状測定が行われる。カンチレバーには、その撓み量の測定方法の違いから光てこ式と自己検知型のものがある。このような走査型プローブ顕微鏡において、近年、試料表面の凹凸形状とともに試料表面の微小領域での温度分布を測定する方法が提案されている（例えば、特許文献1または2参照。）。

20

【特許文献1】特開平8-105801号公報

【特許文献2】特開2001-4455号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上述の特許文献1のプローブにおいては、シリコン基板をエッチング等することにより錘状の凹溝を形成し、この凹溝の形状にそって探針が形成されるため、この技術においては、製作プロセス上の制約により、探針の形状は根本部分の径が大きく、先端が尖っている錐状になる。そのため、アスペクト比（（探針の高さ）/（探針の根本部分の径））の高い探針の形成が困難になるという問題があった。

【0004】

このようなアスペクト比の低い探針を用いると、例えば、略垂直な面を有する表面形状を観察する際に、錐状の探針の側面が上記略垂直な面と接触してしまい、正確な表面形状および温度分布が観察できないという問題があった。

40

【0005】

また、特許文献2のプローブにおいては、ニッケル細線をカンチレバー及び探針として用いるので、探針の根元部分の径は大きくなってしまいうためアスペクト比の高い探針とすることが困難であった。

【0006】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、アスペクト比の高い凹凸を有する試料の表面形状を感度良く観察することが可能であるとともに、試料の温度特性を検出することが可能であるプローブを提供することである。

【課題を解決するための手段】

50

【0007】

上記課題を解決するために、この発明は以下の手段を提案している。

【0008】

本発明のプローブは表面に絶縁層を有するカンチレバーと、カンチレバーの上面に設けられ、カンチレバーの先端部に第1の端部を有する第1の金属構造体と、カンチレバーの上面に第1の金属構造体と離間して設けられ、カンチレバーの先端部に第2の端部を有する第2の金属構造体と、第1の端部の上面に設けられ、棒状に形成された第1の探針基部と、第2の端部の上面に設けられ、棒状に形成された第2の探針基部と、第1の探針基部と第2の探針基部を接続する形に形成され、先の尖鋭化された探針先端部を有し、カンチレバーの基端部に設けられた第1の電極に接続された第1の金属構造体の第1の端部の上面に設けられ、棒状に形成された第1の探針基部と、カンチレバーの基端部に第1の電極に離間して設けられた第2の電極に接続された第2の金属構造体の第2の端部の上面に第1の探針基部と離間して設けられ、棒状に形成された第2の探針基部と、第1の探針基部および第2の探針基部の上面に設けられ第1の探針基部と第2の探針基部を電氣的に接続し、先の先鋭化された探針先端部からなる、温度測定用素子を兼ねた探針部を有することとした。

10

【0009】

この発明に係るプローブによれば、温度測定用素子が探針先端部の直下、つまり探針先端部近傍に配設されているので、試料の表面形状を測定するとともに試料の温度特性を正確に測定することができる。また、探針基部から探針先端部にかけてその形状が柱状であるためアスペクト比の高い探針とすることができ、それゆえにアスペクト比の高い凹凸に対して正確に追従し測定することができる。

20

【0010】

また、上記のプローブにおいて、探針先端部が第1の探針基部と同じ材料からなることが好ましい。

【0011】

この発明に係わるプローブによれば、探針先端部を構成する材料と第1の金属構造体を構成する材料が同一であることから異種材料接合による温度測定素子は探針先端部と第2の探針基部の接合部においてのみ形成される。そのため探針先端部と第1の探針基部、あるいは探針先端部と第2の探針基部の接続部でそれぞれ異種材料が接合部を形成することによる温度特性の測定誤差を生じてしまうことも無く、安定した測定結果を得ることができる。

30

【0012】

あるいは、上記のプローブにおいて、探針先端部が第2の探針基部と同じ材料からなることとしてもよい。

【0013】

この発明に係わるプローブによれば、探針先端部を構成する材料と第2の金属構造体を構成する材料が同一であることから異種材料接合による温度測定素子は探針先端部と第1の探針基部の接合部においてのみ形成される。そのため探針先端部と第1の探針基部、あるいは探針先端部と第2の探針基部の接続部でそれぞれ異種材料が接合部を形成することによる温度特性の測定誤差を生じてしまうことも無く、安定した測定結果を得ることができる。

40

【0014】

また、本発明の走査型プローブ顕微鏡は、温度特性測定用プローブと、探針部を試料の被測定面に接近させて試料表面を走査することにより試料表面形状に応じて変位する探針部の変位データを検出する変位検出手段と、探針部を試料に対して相対的に試料の表面に平行で、互いに直交する二方向の走査及び試料の表面に垂直方向の移動を行う移動手段と、温度測定用素子の熱起電力検出する熱起電力検出部と、を備える。

【0015】

この発明に係わる走査型プローブ顕微鏡によれば、アスペクト比が高く、温度測定用素

50

子と試料表面形状測定を行う探針を兼ねたプローブを搭載している。このため、アスペクト比が高い凹凸を表面に有する試料表面微小領域の形状および温度分布、熱特性を感度良く測定することができる。

【0016】

また、本発明の走査型プローブ顕微鏡は、探針部を振動用周波数で共振または強制振動させる加振手段を備え、変位検出手段は、探針部の振動状態を検出する振動検出手段である。

【0017】

この発明に係わる走査型プローブ顕微鏡によれば、DFM(Dynamic Force Mode)などのカンチレバーを振動させて試料の表面形状を測定する場合において、カンチレバーの共振周波数が高まり、試料との相互作用を感度良く測定することができる。

10

【0018】

また、本発明のプローブは、変位検出手段をカンチレバー内に設ける。

【0019】

また、さらには変位検出手段は piezo 抵抗素子であることとした。

【0020】

この発明にかかわるプローブによればカンチレバーにレーザ光を反射させる反射面を設ける必要がないので、カンチレバーの形状に制限を受ける必要がなく、プローブの設計の自由度が向上し、製造し易い。また、レーザ光源等の大がかりな装置が不要なので、装置コスト及び装置スペースの削減を図ることができる。

20

【0021】

また、本発明のプローブは、シリコン基板を切欠いて、カンチレバーを形成する工程と、カンチレバーの上面に絶縁膜を形成する工程と、カンチレバーの先端部側の絶縁膜の上面に、第1の金属構造体の第1の端部を形成し、カンチレバーの先端部側の絶縁膜の上面に、第2の金属構造体の第2の端部を形成する工程と、第1の端部の上面に電鍍法によって第1の探針基部を形成し、第2の端部の上面に電鍍法によって第2の探針基部を形成し、第1の探針基部と第2の探針基部の上面に電鍍法によって第1の探針基部と第2の探針基部を物理的、および電氣的に接続するかたちに探針先端部を形成して、温度測定用素子を兼ねる探針部を形成する工程と、探針先端部を電解研磨によって先鋭化させる工程と、シリコン基板を切欠いて、カンチレバーの基端部側に本体部を形成する工程と、からなることとした。

30

【0022】

この発明に係わる温度測定用プローブの製造方法によれば、探針部を電鍍法によって形成することで、従来の製造方法で困難であったアスペクト比が高い探針を精度良くかつ容易に製造することが可能となる。

【0023】

また、電界研磨などの手法を用いて先鋭化することで更に試料表面微小領域の温度特性や凹凸を高い分解能にて観察することが可能になる。

【発明の効果】

40

【0024】

本発明によれば、アスペクト比が高くかつ先鋭化された探針とすることができる。また、温度測定素子が試料近傍に形成されているため、アスペクト比の高い凹凸を有する試料表面の微小領域の形状および温度分布、熱特性を精度よく測定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下に本願発明の実施の形態について説明する。

【実施例1】

【0026】

図1から図12は、この発明に係る一実施形態を示している。図1に走査型プローブ顕

50

微鏡のブロック図を示す。図 2 にプローブの斜視図、図 3 に平面図、図 4、図 5 に断面図を示す。図 6 から図 12 にはプローブの製造工程の工程図を示す。

【0027】

図 1 に示すように、走査型プローブ顕微鏡 1 は、試料 100 を支持する試料支持部 9 と、試料 100 を移動させる試料移動手段 3 と、試料移動手段 3 によって試料 100 の試料上面 S 上を相対的に走査される探針部 21 を有するプローブ 20 と、プローブ 20 の探針部 21 をカンチレバー 22 が共振または強制振動する周波数で振動させる加振手段 51 とを備えている。プローブ 20 は、探針部 21 が先端部に突出して設けられるカンチレバー 22 と、カンチレバー 22 の基端部を先端部が自由端となるように片持ち状態で固定する本体部 23 とを備えている。

10

試料移動手段 3 は、試料支持部 9 を支持し、試料上面 S に平行で互いに直交する 2 方向である X、Y 方向及び試料上面 S に垂直な方向である Z 方向に移動する試料移動手段 3 と、試料移動手段 3 を駆動させる駆動装置 4 とを備える。より詳しくは、試料移動手段 3 は、試料 100 を X、Y、Z 方向に粗動移動させる粗動機構及び微小移動させる XY スキャナ、及び Z スキャナとで構成される。粗動機構に対応する駆動装置 4 としては、例えばステッピングモータなどである。また、XY スキャナ及び Z スキャナに対応する駆動装置 4 としては、例えば PZT (チタン酸ジルコン酸鉛) 等からなる圧電素子であり、電圧が印加されると、電圧印加量及び極性等に応じて試料 100 を XYZ 方向に微小移動させることが可能である。また、加振手段 51 は、プローブ 20 に接続され所定の周波数及び振幅で振動するようにプローブ 20 を加振する PZT からなる圧電素子と、圧電素子に電圧を印

20

加して圧電素子を振動させる加振電源 5 とを備える。さらに、図 1 に示すように、走査型プローブ顕微鏡 1 は、加振手段 51 によって加振されたプローブ 20 の探針部 21 の振動状態を検出する変位検出手段 6 を備える。変位検出手段 6 は、探針部 21 の裏面に形成された反射面 (例えば、金やアルミニウム等の金属材料をコーティングして形成：図示しない) にレーザ光を照射するレーザ光源と、レーザ光源の電源であるレーザ電源と、反射面で反射したレーザ光を検出するフォトダイオードとを備えている。フォトダイオードで検出されるレーザ光は、DIF 信号として出力され、プリアンプで増幅され、交流 - 直流変換器によって直流変換され、コンピュータ 7 に送られる。コンピュータ 7 には、Z 電圧フィードバック回路が備えられており、コンピュータ 7 に入力された DIF 信号に基づいて試料移動手段 3 の Z スキャナに電圧を印加して試料 1

30

00 を Z 方向に微小移動させる。また、図 1 に示すように、走査型プローブ顕微鏡 1 は、プローブ 20 に接続され、探針部 21 で発生する熱起電力を測定する温度特性検出手段 8 とを備える。また、コンピュータ 7 は、前述のように駆動装置 4、加振電源 5、変位検出手段 6、及び温度特性検出部 8 と接続されている。

【0028】

以上の構成により、走査型プローブ顕微鏡 1 は、以下に示すように、試料 100 の表面形状及び温度特性を測定する。まず、コンピュータ 7 による制御のもとに加振電源 5 で加振手段 51 を振動させるとともに、変位検出手段 6 からプローブ 20 のカンチレバー 22 の反射面にレーザ光を照射させる。カンチレバー 22 は加振手段 51 から伝達される振動

によって上下に振動し、これによりカンチレバー 22 で反射され変位検出手段 6 のフォトダイオードで検出されるレーザ光は一定の振幅及び周波数の振動波形を形成する。この状態で、コンピュータ 7 による制御のもと、駆動装置 4 を駆動させて、試料 100 を X、Y 方向に走査させて試料 100 の表面形状及び温度特性を測定する。プローブ 20 の探針部 21 が走査された位置に凹凸があると、変位検出手段 6 のフォトダイオードで検出されるレーザ光の振動振幅が減衰される。この振動振幅は、DIF 信号としてプリアンプで増幅され、交流 - 直流変換器によって直流変換され、コンピュータ 7 に入力される。コンピュータ 7 には前述の Z 電圧フィードバック回路が備えられており、DIF 信号化された振動振幅がしきい値を超えた場合、入力された DIF 信号に基づいて駆動装置 4 を駆動させ、振動振幅がしきい値内で一定となるように試料移動手段 3 を Z 方向に移動し、調整する。

40

50

これを駆動装置 4 によって試料 100 を X、Y 方向に移動させて、繰り返すことによって試料 100 の表面形状の測定を行う。

【0029】

さらに、試料 100 の表面形状の測定と平行して、探針部 21 に発生する熱起電力を測定する。これらの試料 100 の表面形状及び温度特性の測定結果は、試料 100 の X、Y 方向の走査位置とともにコンピュータ 7 によって表示される。

【0030】

次に、このような走査型プローブ顕微鏡 1 に搭載されるプローブ 20 の詳細の構成について説明する。

図 2 はプローブ 20 の全体斜視図であるが、走査型プローブ顕微鏡 1 に搭載される向きと上下逆となるように記載されている。 10

【0031】

図 2 に示すように、プローブ 20 は、第 1 の金属構造体 29 と第 2 の金属構造体 30 と、第 1 の金属構造体 29 の第 1 の端部 291 の上面に設けられ、棒状に形成された第 1 の探針基部 292 と、第 2 の金属構造体 30 の第 2 の端部 301 の上面に設けられ、棒状に形成された第 2 の探針基部 302 と、尖鋭化された探針先端部 70 からなる、探針部 21 と、探針部 21 が先端部に突出して設けられたカンチレバー 22 と、カンチレバー 22 の基端部を先端部が自由端となるように片持ち状態で固定する本体部 23 とを備える。カンチレバー 22 及び本体部 23 は、シリコン基板、特に、シリコンからなるシリコン活性層 24 及びシリコン支持層 25 と、シリコン活性層 24 とシリコン支持層 25 とに介装され、SiO₂ からなる BOX 層 26 とを貼り合わせた SOI 基板 27 (Silicon on Insulator) から形成されている。 20

【0032】

また、図 3、図 4 (図 3 における A - A' 断面)、図 5 (図 3 における C - C' 断面) に示すとおり、カンチレバー 22 の表面には絶縁膜 28 が形成され、絶縁膜 28 上において、先端部から基端部にかけて第 1 の金属構造体 29、および第 2 の金属構造体 30 が形成されている。絶縁膜 28 は、SiO₂ からなるシリコン酸化膜である。また、第 1 の金属構造体 29 はクロム、第 2 の金属構造体 30 はニッケルからなる金属膜である。なお、第 1 の金属構造体と第 2 の金属構造体は、それぞれクロム、ニッケルに限ること無く、金、白金、白金ロジウム、ニクロム、クロメル、アルメルなど、熱電対を形成できる材料であれば良い。探針部 21 は、カンチレバー 22 の表面の先端部、第 1 の金属構造体 29 の第 1 の端部 291、および第 2 の金属構造体 30 の第 2 の端部 301 上に突出して設けられた棒状に形成された第 1 の探針基部 292、同じく棒状に形成された第 2 の探針基部 302、および尖鋭化された探針先端部 70 で構成されている。第 1 の探針基部 292 はクロムで形成されており、導電性を有している。なお、第 1 の探針基部 292 を形成する材料は、クロムに限らず、後述する電鍍法で形成可能な材料であれば良く、例えば、金、銅、ロジウム、パラジウム、タングステンなどでもよい。また、第 2 の探針基部 302 はニッケルで形成されており、導電性を有している。なお、第 2 の探針基部 302 を形成する材料は、ニッケルに限らず、後述する電鍍法で形成可能な材料であれば良く、例えば、金、銅、ロジウム、パラジウム、タングステンなどでもよい。また、探針先端部 70 は、ニッケルで形成されており、導電性を有している。なお、探針先端部 70 を形成する材料は、第 1 の探針基部 292、あるいは第 2 の探針基部 302 と同一の材料で形成されていることが望ましい。形成する材料としては、ニッケルやクロムに限らず、後述する電鍍法で形成可能な材料であれば良く、例えば、金、銅、ロジウム、パラジウム、タングステンなどでもよい。 30

【0033】

この実施形態のプローブ 20 では、探針先端部 70 が、電鍍によって第 1 の探針基部 292 および第 2 の探針基部 302 上に直接形成されているため、試料の温度が、第 1 の探針基部 292 と第 2 の探針基部 302 と探針先端部 70 で形成された温度測定用素子兼ねた探針部 21 にロスが少ない状態伝わるために図 1 に示す温度特性検出手段 8 によって試 40

料100の温度特性を測定することができる。また、探針部21は先端部が先鋭化されるとともに基部が棒状に形成されているので、アスペクト比の高い探針部とすることができる。このため、試料100がアスペクト比の高い凹凸を有する表面形状であったとしても、探針部21が凹凸に対して正確に追従し、凹凸の深さ、幅を高い精度で測定し、正確な観察像を得ることができる。さらに、凹凸の深い部分の温度特性の測定も可能となる。

【0034】

次に、この実施形態のプローブ20の製造方法について説明する。前述のとおり、プローブ20のカンチレバー22及び本体部23は、シリコン活性層24、BOX層26、シリコン支持層25から構成されるSOI基板27から形成される。ここで、シリコン活性層24の厚さはカンチレバー22の厚さに設定され、また、BOX層26及びシリコン支持層25の厚さは本体部23の厚さに設定されている。以下、順に説明する。 10

図6(a)から(c)に示すように、カンチレバー形成工程において、カンチレバー22を形成する。まず、図6(a)のように、フォトリソグラフィ技術によって、カンチレバー22を形成する範囲にフォトレジスト膜31を形成する。そして、図6(b)に示すとおり、フォトレジスト膜31をマスクとして、シリコン活性層24をBOX層26に達するまでエッチングすることで、カンチレバー22となる部分の周囲のシリコン活性層24を切欠く。そして、フォトレジスト膜32を除去することで、図6(c)に示すとおり、カンチレバー22が形成される。フォトレジスト膜としては、ポジ型でもネガ型でも良い。カンチレバー22をエッチングする方法としては、ドライエッチングでもウェットエッチングでもいずれの方法でも良いが、ドライエッチングが好適である。ドライエッチングであれば、反応性イオンエッチング(RIE: Reactive Ion Etching)やDRIE(Deep Reactive Ion Etching)などがある。またウェットエッチングであれば、水酸化カリウム(KOH)やテトラメチルアンモニウムハイドロオキシド(TMAH)等のアルカリ性エッチャントによる異方性エッチングなどがある。 20

【0035】

次に、図7(a)に示すように、絶縁膜形成工程において、カンチレバー22の表面上に絶縁膜28を形成する。絶縁膜28は熱酸化法によって形成される。また、この際、カンチレバー22の裏面側、つまりシリコン支持層25の表面のうち、本体部23となる部分にも酸化膜33を形成する。すなわち、図7(a)に示すように、シリコン支持層25の表面の全面に、絶縁膜28を形成すると同時に酸化膜33を形成する。次に、図7(b)に示すように、本体部23の裏面の部分及びカンチレバー22が形成された側の全体をフォトレジスト膜32でパターンニングする。そして、図7(c)に示すように、フォトレジスト膜32がパターンニングされた部分以外の酸化膜33をフッ酸によって除去し、最後に、図7(d)に示すように、フォトレジスト膜32を除去する。 30

【0036】

次に、図8(a)から図8(c)に示すように、金属構造体形成工程において、絶縁膜28上に第1の金属構造体29および第2の金属構造体配線30を形成する。まず、図8(a)に示すように、第1の金属構造体29となる部分以外の部分をフォトレジスト膜34でパターンニングする。次に、図8(b)に示すように、クロム膜をスパッタリング法によって全面に形成する。そして、図8(c)に示すように、フォトレジスト膜34を除去することによって第1の金属構造体29が形成される。 40

【0037】

なお、第1の金属構造体29となるクロム膜を形成する方法は、スパッタリング法に限らず、蒸着法としても良い。また、あらかじめ全体にスパッタリング法あるいは蒸着法によってクロム膜を成膜し、第1の金属構造体29となる部分にフォトレジスト膜をパターンニングする。つづいてフォトレジスト膜が形成されていない部分のクロム膜をエッチングにより除去することで第1の金属構造体29を形成する方法としても良い。同様にして、金属構造体30も形成する。第2の金属構造体30となる部分以外の部分をフォトレジスト膜でパターンニングする。次に、ニッケル膜をスパッタリング法によって全面に形成する。そして、フォトレジスト膜を除去することによって第2の金属構造体30 50

が形成される。

【0038】

なお、第1の金属構造体30となるニッケル膜を形成する方法は、スパッタリング法に限らず、蒸着法としても良い。また、あらかじめ全体にスパッタリング法あるいは蒸着法によってニッケル膜を成膜し、第2の金属構造体30となる部分にフォトレジスト膜をパターンニングする。つづいて、フォトレジスト膜が形成されていない部分のニッケル膜をエッチングにより除去することで、第2の金属構造体30を形成する方法としても良い。

【0039】

次に探針部を形成する。探針部形成工程においては、第1の金属構造体29の第1の端部291の上面に第1の探針基部292を形成し、第2の金属構造体30の第2の端部301の上面に第2の探針基部302を形成し、さらに第1の探針基部292と第2の探針基部302の上面に探針先端部70形成する。

探針部形成工程は、探針基部形成工程および先端部形成工程の2工程で構成される。

図9(a)から(d)は、探針基部形成工程を示している。まず、図9(a)に示すように、カンチレバー22側全体に第1の探針基部292の高さと略等しい厚さのフォトレジスト膜35を形成する。フォトレジスト膜35としては、ポジレジストとネガレジストがあるが、紫外線、電子ビームあるいはレーザ等で照射された部分のパターンが残るネガレジストが好適であり、例えば、SU-8(化薬マイクロケム株式会社製SU-8シリーズ)などがある。そして、第1の探針基部292の位置に、基部の断面形状と等しくなるようにマスクングする。ここでは、基部の断面形状が四角形状であるので、四角形状にマスクングする。そして図9(b)に示すように、フォトレジスト膜35を露光し、現像液を滴下して、未露光範囲を溶かし込む。次に、図9(c)に示すように、第1の金属構造体29を一方の電極として電解液に浸潤させて、電鍍法によりクロムを空洞部分に電鍍し、フォトレジスト膜35を除去することで図9(d)に示すように第2の探針基部292が形成できる。

【0040】

図示しないが同様にして、カンチレバー22側全体に第2の探針基部302の高さと略等しい厚さのフォトレジスト膜を形成する。フォトレジスト膜としては、ポジレジストとネガレジストがあるが、紫外線、電子ビームあるいはレーザ等で照射された部分のパターンが残るネガレジストが好適であり、例えば、SU-8(化薬マイクロケム株式会社製SU-8シリーズ)などがある。そして、第2の探針基部302の位置に、探針基部の断面形状と等しくなるようにマスクングする。ここでは、探針基部の断面形状が四角形状であるので、四角形状にマスクングする。そして、フォトレジスト膜を露光し、現像液を滴下して、未露光範囲を溶かし込む。次に、第2の金属構造体30を一方の電極として電解液に浸潤させて、電鍍法によりニッケルを空洞部分に電鍍し、フォトレジスト膜を除去することで第2の探針基部302が形成できる。

【0041】

図10(a)から(c)は先端部形成工程を示している。

図10(a)に示すように、第1の探針基部292および第2の探針基部302(図示せず)の先端が突出する形にフォトレジスト膜36を形成する。次にフォトレジスト膜36全体を露光する。つづいて、フォトレジスト膜36上の全面に、少なくとも探針先端部70の高さ以上の厚さのフォトレジスト膜37を形成する。フォトレジスト膜37としては、ポジレジストとネガレジストがあるが、紫外線、電子ビームあるいはレーザ等で照射された部分のパターンが残るネガレジストが好適であり、例えば、SU-8(化薬マイクロケム株式会社製SU-8シリーズ)などがある。次に、図10(b)に示すように、探針先端部70の位置に、探針先端部70の断面形状の範囲にマスクをマスクングする。そして、フォトレジスト膜37を露光し、マスクを除去する。このようにすることで、探針先端部70が形成される範囲に、研磨しろを含んだ未露光範囲が形成される。この未露光範囲に現像液を滴下して、未露光範囲を溶かし込む。次に、図10(c)に示すように、第2の金属構造体30を一方の電極として電解液に浸潤させて、電鍍法によりニッケルを空

洞部分に電鍍することで探針先端部 70 が形成できる。

次に、フォトレジスト膜 37 から露出する探針先端部 70 を電解研磨によって、研磨しろを研磨することで先鋭化させ、フォトレジスト膜 36 およびフォトレジスト膜 37 を除去すれば、先端部が先鋭化され、基部が棒状である探針部 21 が形成される。

【0042】

次に、図 11 (a) から (c) に示すように、本体部形成工程において、本体部 23 を形成する。まず、図 11 (a) に示すように、探針部 21、第 1 の金属構造体 29 および第 2 の金属構造体 30 (図示せず) が配設されたカンチレバー 22 を保護するため、カンチレバー 22 側の全面にフォトレジスト膜 38 を形成する。次に、図 12 (b) に示すように、絶縁膜形成工程で形成した酸化膜 33 をマスクとして、本体部 23 以外のシリコン支持層 25 をエッチングする。この場合、ドライエッチングでもウェットエッチングでもいづれでも構わないが、ウェットエッチングが好適である。そして、図 11 (c) に示すように、フッ酸によって SiO₂ 層である酸化膜 33 及び本体部 23 以外の BOX 層 26 を除去し、フォトレジスト膜 38 を除去すれば、図 12 に示すプローブ 20 が製作される。

10

【0043】

本実施例においては、探針基部および探針先端部の断面形状を四角形としたが、これに限られることはなく、円形や半円形などいづれの形状でも良い。

【実施例 2】

【0044】

図 13 から図 23 は、この発明に係る一実施形態を示している。図 13 に走査型プローブ顕微鏡のブロック図を示す。図 14 にプローブの平面図、図 15 から図 22 にはプローブの製造工程の工程図を示す。図 23 は本実施形態のカンチレバーの基部にスリットを形成した例を示している。この実施形態において前述した実施形態で用いた部材と共通の部材には同一の符号を付して、その説明を省略する。

20

図 13 に示すように、本実施の形態における走査型プローブ顕微鏡 2 は、試料 100 を支持する試料支持部 9 と、試料 100 を移動させる試料移動手段 3 と、試料移動手段 3 によって試料 100 の試料上面 S 上を相対的に走査される探針部 21 を有するプローブ 201 と、プローブ 201 の探針部 21 をカンチレバー 22 が共振または強制振動する周波数で振動させる加振手段 51 とを備えている。プローブ 201 は、探針部 21 が先端部に突出して設けられるカンチレバー 22 と、カンチレバー 22 の基端部を先端部が自由端となるように片持ち状態で固定する本体部 23 とを備えている。

30

試料移動手段 3 は、試料支持部 9 を支持し、試料上面 S に平行で互いに直交する 2 方向である X、Y 方向及び試料上面 S に垂直な方向である Z 方向に移動する試料移動手段 3 と、試料移動手段 3 を駆動させる駆動装置 4 とを備える。より詳しくは、試料移動手段 3 は、試料 100 を X、Y、Z 方向に粗動移動させる粗動機構及び微小移動させる XY スキャナ、及び Z スキャナとで構成される。粗動機構に対応する駆動装置 4 としては、例えばステッピングモータなどである。また、XY スキャナ及び Z スキャナに対応する駆動装置 4 としては、例えば PZT (チタン酸ジルコン酸鉛) 等からなる圧電素子であり、電圧が印加されると、電圧印加量及び極性等に応じて試料 100 を XYZ 方向に微小移動させることが可能である。また、加振手段 51 は、プローブ 201 に接続され所定の周波数及び振幅で振動するようにプローブ 201 を加振する PZT からなる圧電素子と、圧電素子に電圧を印加して圧電素子を振動させる加振電源 5 とを備える。

40

【0045】

また、探針部 21 の変位を測定する変位検出手段 60 はカンチレバー 22 の基端部に備えられカンチレバーの撓みを検出するピエゾ抵抗素子により検出した抵抗変化に基づいて探針部の変位を測定するものとした。

【0046】

図 14 はプローブ 201 の全体平面図であるが、走査型プローブ顕微鏡 2 に搭載される向きと上下逆となるように記載されている。

50

【0047】

図14に示すように、プローブ201は、第1の金属構造体29と第2の金属構造体30と、先端部が先鋭化されるとともに基部が棒状に形成された探針部21と、探針部21が先端部に突出して設けられたカンチレバー22と、カンチレバー22の基端部を先端部が自由端となるように片持ち状態で固定する本体部23とを備える。カンチレバー22の基端部には、カンチレバーの撓みを検出する piezo 抵抗素子40が形成され、カンチレバー22の本体部23には piezo 抵抗素子40の抵抗変化を検出するための piezo 抵抗素子用電極配線41および42が形成されている。カンチレバー22及び本体部23は、シリコン基板、特に、シリコンからなるシリコン活性層24及びシリコン支持層25と、シリコン活性層24とシリコン支持層25とに介装され、SiO₂からなるBOX層26とを貼り合わせたSOI基板27 (Silicon on Insulator) から形成されている。

10

【0048】

次に、この実施形態のプローブ201の製造方法について説明する。図16および図18は図14のB-B'断面図であり、図15、図17、および図19から図23は図14のA-A'断面図である。

【0049】

前述のとおり、プローブ201のカンチレバー22及び本体部23は、シリコン活性層24、BOX層26、シリコン支持層25から構成されるSOI基板27から形成される。ここで、シリコン活性層24の厚さはカンチレバー22の厚さに設定され、また、BOX層26及びシリコン支持層25の厚さは本体部23の厚さに設定されている。以下、順

20

に説明する。図15(a)から(c)に示すように、カンチレバー形成工程において、カンチレバー22を形成する。まず、図15(a)のように、フォトリソグラフィ技術によって、カンチレバー22を形成する範囲にフォトレジスト膜31を形成する。そして、図15(b)に示すとおり、フォトレジスト膜31をマスクとして、シリコン活性層24をBOX層26に達するまでエッチングすることで、カンチレバー22となる部分の周囲のシリコン活性層24を切欠く。そして、フォトレジスト膜31を除去することで、図15(c)に示すとおり、カンチレバー22が形成される。フォトレジスト膜としては、ポジ型でもネガ型でも良い。カンチレバー22をエッチングする方法としては、ドライエッチングでもウェットエッチングでもいずれの方法でも良いが、ドライエッチングが好適である。ドライエッチングであれば、反応性イオンエッチング (RIE: Reactive Ion Etching) や DRIE (Deep Reactive Ion Etching) などがある。またウェットエッチングであれば、水酸化カリウム (KOH) やテトラメチルアンモニウムハイドロオキシド (TMAH) 等のアルカリ性エッチャントによる異方性エッチングなどがある。

30

【0050】

次に、図16に示すように piezo 抵抗素子形成工程においてカンチレバー22の基端部に piezo 抵抗素子40を形成する。まず、図16(a)のように、カンチレバー22が形成された側の全体をフォトレジスト膜50でパターンニングする。つぎに図16(b)に示すようにフォトリソグラフィ技術によって、piezo 抵抗素子40を形成する範囲のフォトレジスト膜50を除去する。そして、図16(c)に示すとおり、フォトレジスト膜50

40

をマスクとして、シリコン活性層24にボロンをイオンインプラしてフォトレジスト膜50を除去することで、図16(d)に示すようにカンチレバー22の基端部に piezo 抵抗素子40を形成する。フォトレジスト膜としては、ポジ型でもネガ型でも良い。

【0051】

次に、図17(a)に示すように、絶縁膜形成工程において、カンチレバー22の表面上に絶縁膜28を形成する。絶縁膜28は熱酸化法によって形成される。また、この際、カンチレバー22の裏面側、つまりシリコン支持層25の表面のうち、本体部23となる部分にも酸化膜33を形成する。すなわち、図17(a)に示すように、シリコン支持層25の表面の全面に、絶縁膜28を形成すると同時に酸化膜33を形成する次に、図17(b)に示すように、本体部23の裏面の部分及びカンチレバー22が形成された側の

50

全体をフォトリソ膜 5 1 でパターンニングする。そして、図 1 7 (c) に示すように、フォトリソ膜 5 1 がパターンニングされた部分以外の酸化膜 3 3 をフッ酸によって除去し、最後に、図 1 7 (d) に示すように、フォトリソ膜 5 1 を除去する。

【 0 0 5 2 】

次に、図 1 8 (a) から図 1 8 (d) に示すように、ピエゾ抵抗素子 4 0 に電極配線を形成する。まず、図 1 8 (a) に示すように、ピエゾ抵抗素子 4 0 とピエゾ抵抗素子用電極配線 4 1 および 4 2 の接続部となる部分以外の部分をフォトリソ膜 5 2 でパターンニングする。次に、レジストで保護されていない部分の絶縁膜 2 8 をフッ酸により除去し、更にレジスト 5 2 を除去する。次に、図 1 8 (b) に示すようにカンチレバー 2 2 のピエゾ抵抗素子を形成した面全体に電極配線材料となるアルミ膜をスパッタリングにより形成し、図 1 8 (c) に示すように、ピエゾ抵抗素子用電極配線 4 1 および 4 2 となる部分にフォトリソ膜 5 3 を形成する。図 1 8 (d) に示すようにフォトリソ膜 5 3 を形成していない部分のアルミ膜を除去しフォトリソ膜 5 3 を除去することによってピエゾ抵抗素子用電極配線 4 1 および 4 2 が形成される。

10

【 0 0 5 3 】

なお、ピエゾ抵抗素子用電極配線 4 1 および 4 2 を形成する方法は、スパッタリング法に限らず、蒸着法としても良い。また、あらかじめ全体にフォトリソ膜 5 3 を形成し、ピエゾ抵抗素子用電極配線 4 1 および 4 2 を形成する部分のフォトリソ膜 5 3 を除去する。つづいて、スパッタリング法あるいは蒸着法によってアルミ膜を成膜し、つづいてフォトリソ膜 5 3 を除去することでピエゾ抵抗素子用電極配線 4 1 および 4 2 を形成する方法としても良い。

20

次に、図 1 9 (a) から図 1 9 (c) に示すように、金属構造体形成工程において、絶縁膜 2 8 上に第 1 の金属構造体 2 9 および第 2 の金属構造体配線 3 0 を形成する。まず、図 1 9 (a) に示すように、第 1 の金属構造体 2 9 となる部分以外の部分をフォトリソ膜 5 4 でパターンニングする。次に、図 1 9 (b) に示すように、クロム膜をスパッタリング法によって全面に形成する。そして、図 1 9 (c) に示すように、フォトリソ膜 5 4 を除去することによって第 1 の金属構造体 2 9 が形成される。

【 0 0 5 4 】

なお、第 1 の金属構造体 2 9 となるクロム膜を形成する方法は、スパッタリング法に限らず、蒸着法としても良い。また、あらかじめ全体にスパッタリング法あるいは蒸着法によってクロム膜を成膜し、第 1 の金属構造体 2 9 となる部分にフォトリソ膜をパターンニングする。つづいてフォトリソ膜が形成されていない部分のクロム膜をエッチングにより除去することで第 1 の金属構造体 2 9 を形成する方法としても良い。

30

図示しないが同様に、金属構造体 3 0 も形成する。第 2 の金属構造体 3 0 となる部分以外の部分をフォトリソ膜でパターンニングする。次に、ニッケル膜をスパッタリング法によって全面に形成する。そして、フォトリソ膜を除去することによって第 2 の金属構造体 3 0 が形成される。

【 0 0 5 5 】

なお、第 1 の金属構造体 3 0 となるニッケル膜を形成する方法は、スパッタリング法に限らず、蒸着法としても良い。また、あらかじめ全体にスパッタリング法あるいは蒸着法によってニッケル膜を成膜し、第 2 の金属構造体 3 0 となる部分にフォトリソ膜をパターンニングする。つづいて、フォトリソ膜が形成されていない部分のニッケル膜をエッチングにより除去することで、第 2 の金属構造体 3 0 を形成する方法としても良い。

40

【 0 0 5 6 】

次に探針部を形成する。探針部形成工程においては、第 1 の金属構造体 2 9 の第 1 の端部 2 9 1 の上面に第 1 の探針基部 2 9 2 を形成し、第 2 の金属構造体 3 0 の第 2 の端部 3 0 1 の上面に第 2 の探針基部 3 0 2 を形成し、さらに第 1 の探針基部 2 9 2 と第 2 の探針基部 3 0 2 の上面に探針先端部 7 0 形成する。

探針部形成工程は、探針基部形成工程および先端部形成工程の 2 工程で構成される。

図 2 0 (a) から (d) は、探針基部形成工程を示している。まず、図 2 0 (a) に示す

50

ように、カンチレバー 22 側全体に第 1 の探針基部 292 の高さと同程度の厚さのフォトリソ膜 56 を形成する。フォトリソ膜 56 としては、ポジレジストとネガレジストがあるが、紫外線、電子ビームあるいはレーザー等で照射された部分のパターンが残るネガレジストが好適であり、例えば、SU-8 (化薬マイクロケム株式会社製 SU-8 シリーズ) などがある。そして、第 1 の探針基部 292 の位置に、基部の断面形状と同程度になるようにマスクングする。ここでは、基部の断面形状が四角形状であるので、四角形状にマスクングする。そして図 20 (b) に示すように、フォトリソ膜 56 を露光し、現像液を滴下して、未露光範囲を溶かし込む。次に、図 20 (c) に示すように、第 1 の金属構造体 29 を一方の電極として電解液に浸潤させて、電鍍法によりクロムを空洞部分に電鍍し、フォトリソ膜 56 を除去することで図 20 (d) 第 2 の探針基部 292 が形成できる。

10

【0057】

図示しないが同様に、カンチレバー 22 側全体に第 2 の探針基部 302 の高さと同程度の厚さのフォトリソ膜を形成する。フォトリソ膜としては、ポジレジストとネガレジストがあるが、紫外線、電子ビームあるいはレーザー等で照射された部分のパターンが残るネガレジストが好適であり、例えば、SU-8 (化薬マイクロケム株式会社製 SU-8 シリーズ) などがある。そして、第 2 の探針基部 302 の位置に、探針基部の断面形状と同程度になるようにマスクングする。ここでは、探針基部の断面形状が四角形状であるので、四角形状にマスクングする。そして、フォトリソ膜を露光し、現像液を滴下して、未露光範囲を溶かし込む。次に、第 2 の金属構造体 30 を一方の電極として電解液

20

【0058】

図 21 (a) から (c) は先端部形成工程を示している。

図 21 (a) に示すように、第 1 の探針基部 292 および第 2 の探針基部 302 の先端が突出する形にフォトリソ膜 57 を形成する。次にフォトリソ膜 57 全体を露光する。つづいて、フォトリソ膜 57 上の全面に、少なくとも探針先端部 70 の高さ以上の厚さのフォトリソ膜 58 を形成する。フォトリソ膜 58 としては、ポジレジストとネガレジストがあるが、紫外線、電子ビームあるいはレーザー等で照射された部分のパターンが残るネガレジストが好適であり、例えば、SU-8 (化薬マイクロケム株式会社

30

製 SU-8 シリーズ) などがある。次に、図 21 (b) に示すように、探針先端部 70 の位置に、探針先端部 70 の断面形状の範囲にマスクをマスクングする。そして、フォトリソ膜 58 を露光し、マスクを除去する。このようにすることで、探針先端部 70 が形成される範囲に、研磨しろを含んだ未露光範囲が形成される。この未露光範囲に現像液を滴下して、未露光範囲を溶かし込む。次に、図 21 (c) に示すように、第 2 の金属構造体 30 を一方の電極として電解液に浸潤させて、電鍍法によりニッケルを空洞部分に電鍍することで探針先端部 70 が形成できる。

40

次に、フォトリソ膜 58 から露出する探針部 21 の先端部を電解研磨によって、研磨しろを研磨することで先鋭化させ、フォトリソ膜 57 およびフォトリソ膜 58 を除去すれば、先端部が先鋭化され、基部が棒状である探針部 21 が形成される。

【0059】

次に、図 22 (a) から (c) に示すように、本体部形成工程において、本体部 23 を形成する。まず、図 22 (a) に示すように、探針部 21、第 1 の金属構造体 29 および第 2 の金属構造体配線 30 が配設されたカンチレバー 22 を保護するため、カンチレバー 22 側の全面にフォトリソ膜 59 を形成する。次に、図 22 (b) に示すように、絶縁膜形成工程で形成した酸化膜 33 をマスクとして、本体部 23 以外のシリコン支持層 25 をエッチングする。この場合、ドライエッチングでもウェットエッチングでもいづれでも構わないが、ウェットエッチングが好適である。そして、図 22 (c) に示すように、フッ酸によって SiO₂ 層である酸化膜 33 及び本体部 23 以外の BOX 層 26 を除去し、フォトリソ膜 59 を除去すれば、プローブ 201 が製作される

50

以上説明したいずれの実施の形態においてもカンチレバー 22 を上述のカンチレバー形成工程で、探針部 21 を上述の探針部形成工程で形成することにより、カンチレバー 22 の形成と探針部 21 の形成とを完全に別工程することができる。このため、カンチレバー 22 を S O I 基板 27 から形成し、探針部 21 を電鍍法によってニッケルから形成することができる。さらに、温度測定用素子形成工程は、探針部形成工程に先立って探針部 21 が形成されていない状態で行うことができるので、第 1 の金属構造体 29 および第 2 の金属構造体配線 30 を容易に形成することができる。なお、上述の各工程において、フォトリソ膜を露光させることでパターンニングするが、これに限らず、電子ビームなどによる直接描画する方法でも構わない。

【0060】

また、本実施例においては、第 1 の探針基部および第 2 の探針基部はそれぞれ 1 本とした例を示したがこの限りではなく、たとえば第 1 の探針基部および第 2 の探針基部を複数本形成し、交互に直列となるように接続することで、いわゆるサーモパイル（熱電堆）を形成することもできる。図 23 はサーモパイルを形成した例の斜視図である。図 24 はサーモパイルを形成した例の断面図である。それぞれ走査型プローブ顕微鏡に搭載される向きと上下逆となるように記載されている。カンチレバー 22 上に第 1 の金属構造体 29 および第 1 の接続部 293 が形成されており、さらに第 1 の金属構造体 29 の第 1 の端部 291 および第 1 の接続部 293 上に第 1 の探針基部 292 および第 2 の探針基部 302 が交互に並ぶ形で形成されている。第 1 の探針基部 292 および第 2 の探針基部 302 は第 1 の接続部 293 および第 2 の接続部 303 により電氣的に直列に接続されている。また、探針先端部 70 は絶縁層 60 を介して第 2 の接続部 303 上に形成されている。

【0061】

本方式によれば、第 1 の探針基部と第 2 の探針基部が直列に接続されていることから、温度変化による熱起電力が大きくなりさらに高感度の温度測定を行うことが可能となる。

【0062】

また、本実施例においては、探針基部および探針先端部の断面形状を四角形としたが、これに限られることはなく、円形や半円形などいずれの形状でも良い。

【0063】

またさらには、図 25 に示すようにカンチレバー 22 の基端部にはスリット 245 が形成されている構造としてもよい。これによりカンチレバー 22 の基端部はたわみやすい構造となり、更に精度の高い測定を可能とする。

【0064】

以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。なお、プローブのカンチレバー及び本体部は S O I 基板から形成されるものとしたが、これに限ることは無く、樹脂、半導体、ガラス、あるいは金属に絶縁膜をコートしたものなどでも良い。また、プローブの製造工程の中で、探針部形成工程において、先端部先鋭化と基部形成の 2 工程に分けられるとしたが、これに限ることは無い。基部をさらに複数の工程に分けることで、基部の断面形状を変化させることも可能である。

また、プローブに振動を与えて試料の表面形状を測定する D F M モードの走査型プローブ顕微鏡としたが、これに限ることは無く、探針部の変位を直接測定する A F M モードに使用するものとしても、アスペクト比の高い凹凸を感度良く測定することができる。

また、プローブには、探針部が 1 つ設けられるものとしたが、これに限ることは無く、複数の探針部を突出して設けることで、アレイ化したプローブとしても良い。さらに、プローブは走査型プローブ顕微鏡に備えられるものとしたこれに限ることはない。

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図 1】この発明の第 1 の実施形態の走査型プローブ顕微鏡のブロック図である。

【図 2】この発明の第 1 の実施形態のプローブの斜視図である。

【図 3】この発明の第 1 の実施形態のプローブの平面図である。

10

20

30

40

50

【図 4】この発明の第 1 の実施形態のプローブの断面図である。

【図 5】この発明の第 1 の実施形態のプローブの断面図である。

【図 6】この発明の第 1 の実施形態のプローブのカンチレバー形成工程を示す工程図である。

【図 7】この発明の第 1 の実施形態のプローブの絶縁膜形成工程を示す工程図である。

【図 8】この発明の第 1 の実施形態のプローブの金属構造体の形成工程を示す工程図である。

【図 9】この発明の第 1 の実施形態のプローブの探針部形成工程（基部）を示す工程図である。

【図 10】この発明の第 1 の実施形態のプローブの探針部形成工程（先端部）を示す工程図である。 10

【図 11】この発明の第 1 の実施形態のプローブの本体部形成工程を示す工程図である。

【図 12】この発明の第 1 の実施形態のプローブの本体部形成工程を示す工程図である。

【図 13】この発明の第 2 の実施形態の走査型プローブ顕微鏡のブロック図である。

【図 14】この発明の第 2 の実施形態のプローブの平面図である。

【図 15】この発明の第 2 の実施形態のプローブのカンチレバー形成工程を示す工程図である。

【図 16】この発明の第 2 の実施形態のプローブのピエゾ抵抗素子形成工程を示す工程図である。

【図 17】この発明の第 2 の実施形態のプローブの絶縁膜形成工程を示す工程図である。 20

【図 18】この発明の第 2 の実施形態のプローブのピエゾ抵抗素子用電極配線形成工程を示す工程図である。

【図 19】この発明の第 2 の実施形態のプローブの金属構造体の形成工程を示す工程図である。

【図 20】この発明の第 2 の実施形態のプローブの探針部形成工程（基部）を示す工程図である。

【図 21】この発明の第 2 の実施形態のプローブの探針部形成工程（先端部）を示す工程図である。

【図 22】この発明の第 2 の実施形態のプローブの本体部形成工程を示す工程図である。

【図 23】この発明の温度測定素子をサーモパイル（熱電堆）とした例を示すプローブの斜視図である。 30

【図 24】この発明の温度測定素子をサーモパイル（熱電堆）とした例を示すプローブの断面図である。

【図 25】この発明の第 2 の実施形態のプローブの平面図である。

【符号の説明】

【0066】

1、2 走査型プローブ顕微鏡

3 試料移動手段

4 駆動装置

5 1 加振手段 40

5 加振電源

6、60 変位検出素子

7 コンピューター

8 温度特性検出手段

9 試料支持部

20、201 プローブ

21 探針部

22 カンチレバー

23 本体部

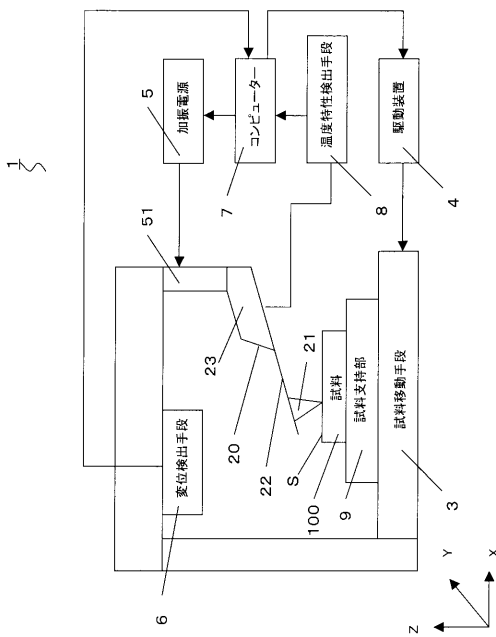
24 シリコン活性層 50

- 2 4 S スリット
- 2 5 シリコン支持層
- 2 6 B O X 層
- 2 7 S O I 基板 (シリコン基板)
- 2 8 絶縁膜
- 2 9 第 1 の金属構造体
- 2 9 1 第 1 の端部
- 2 9 2 第 1 の探針基部
- 2 9 3 第 1 の接続部
- 3 0 第 2 の金属構造体
- 3 0 1 第 2 の端部
- 3 0 2 第 2 の探針基部
- 3 0 3 第 2 の接続部
- 3 3 酸化膜
- 3 1、3 2、3 4、3 5、3 6、3 7、3 8、5 0、5 1
- 5 2、5 3、5 4、5 5、5 6、5 7、5 8、5 9 フォトリジスト膜
- 4 0 ピエゾ抵抗素子
- 4 1、4 2 ピエゾ抵抗素子用電極配線
- 6 0 絶縁層
- 7 0 探針先端部
- 1 0 0 試料

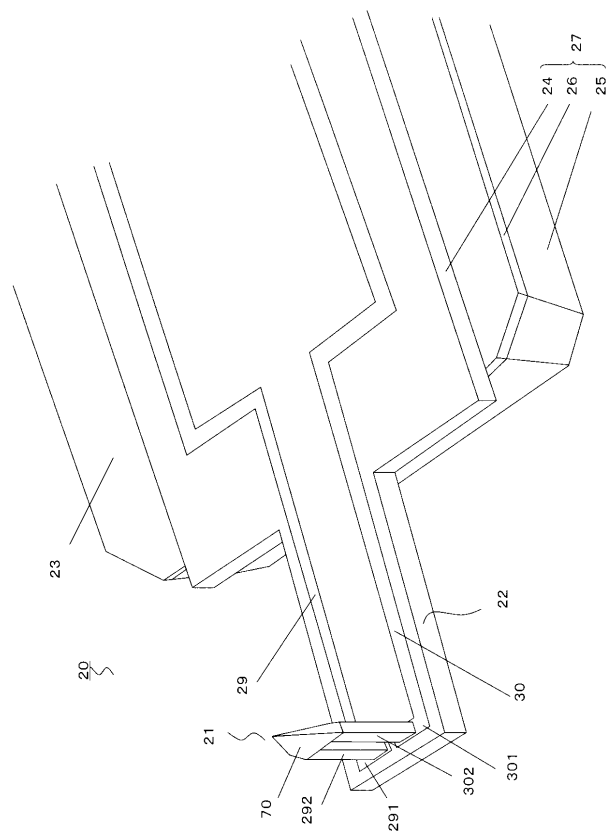
10

20

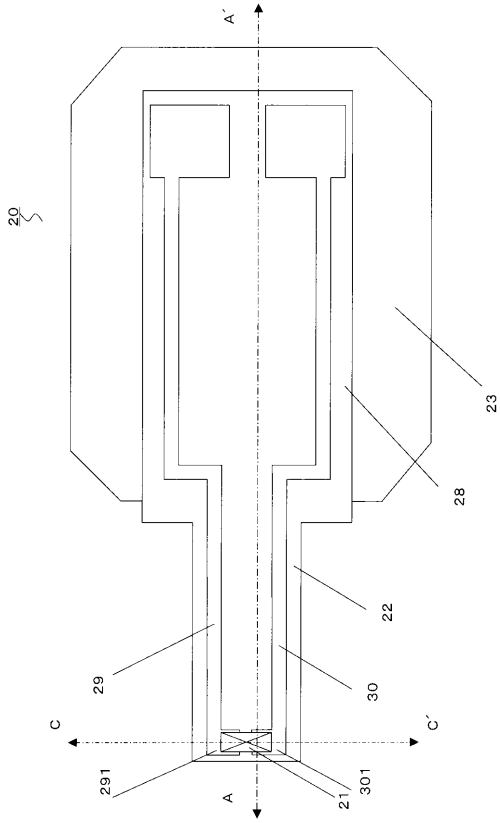
【 図 1 】



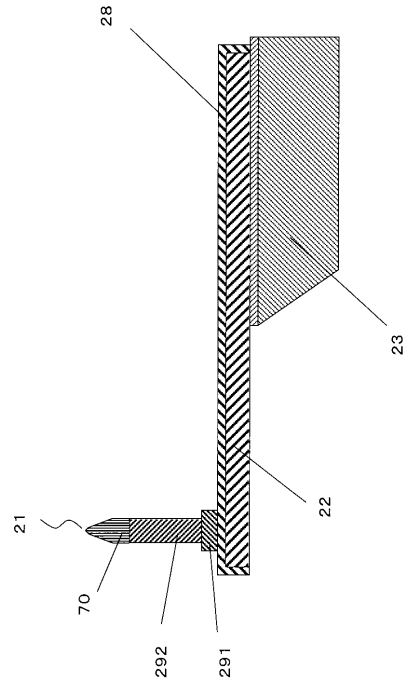
【 図 2 】



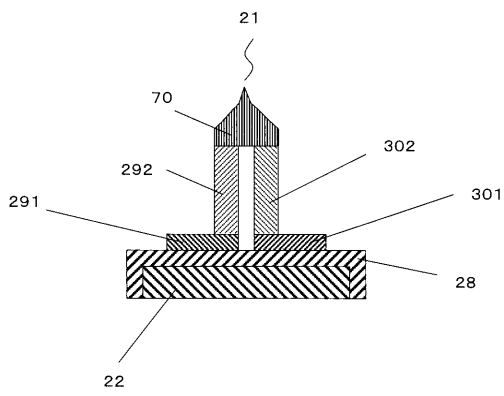
【 図 3 】



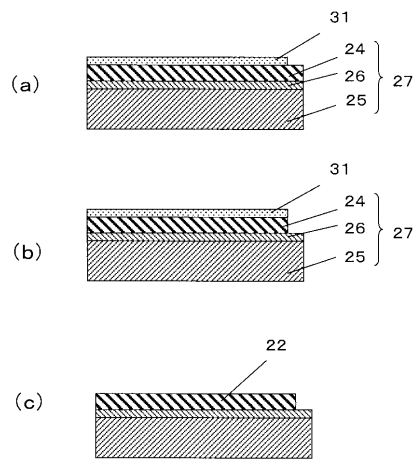
【 図 4 】



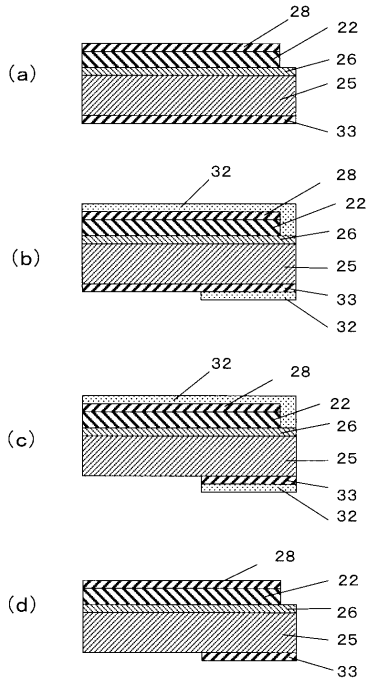
【 図 5 】



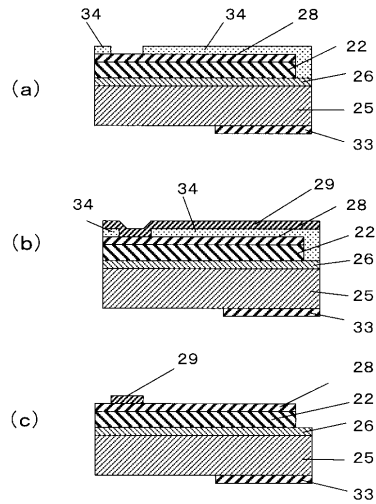
【 図 6 】



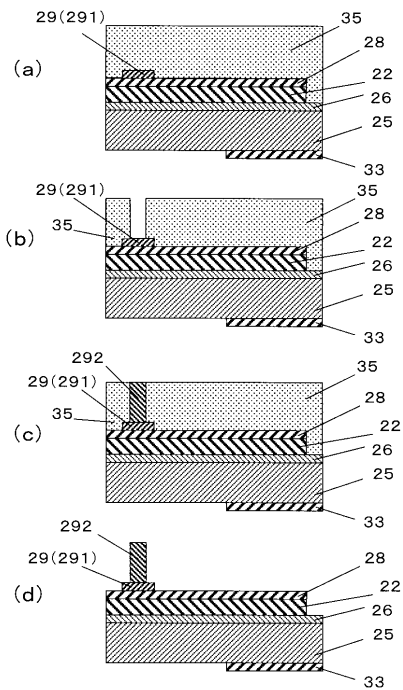
【 図 7 】



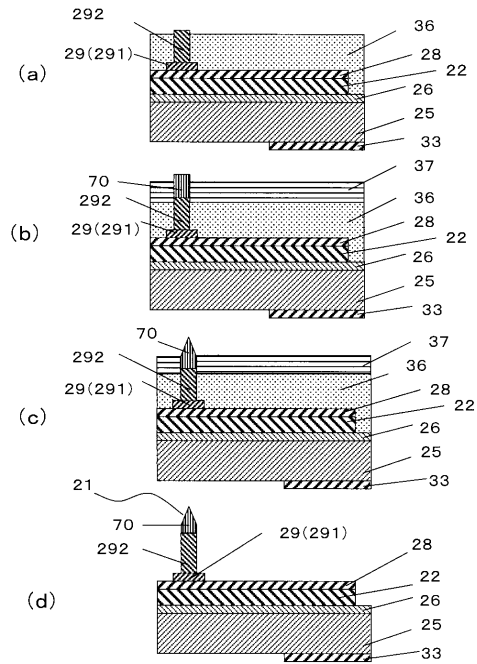
【 図 8 】



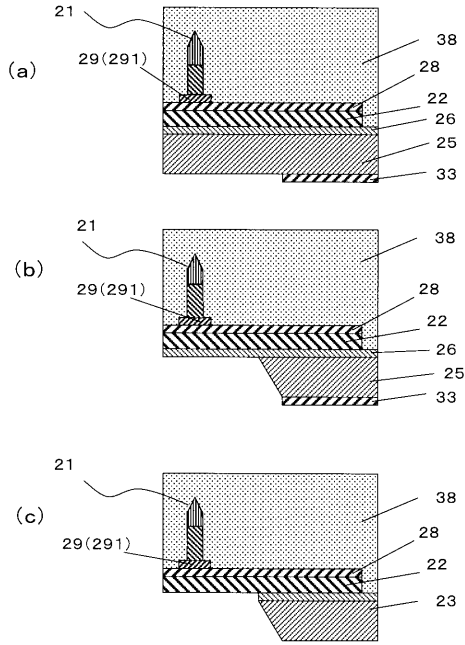
【 図 9 】



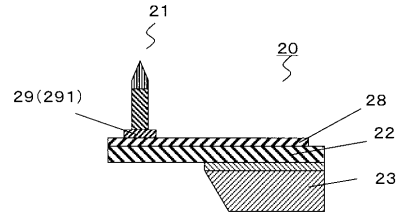
【 図 10 】



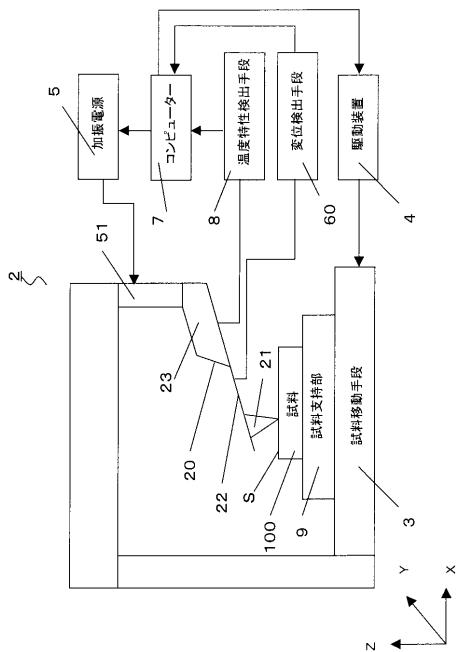
【図 1 1】



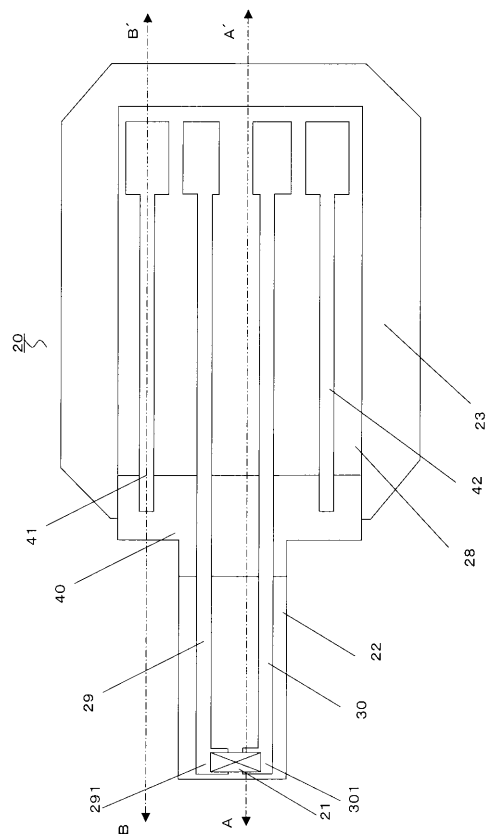
【図 1 2】



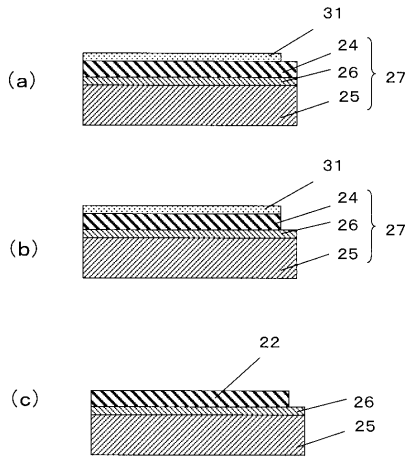
【図 1 3】



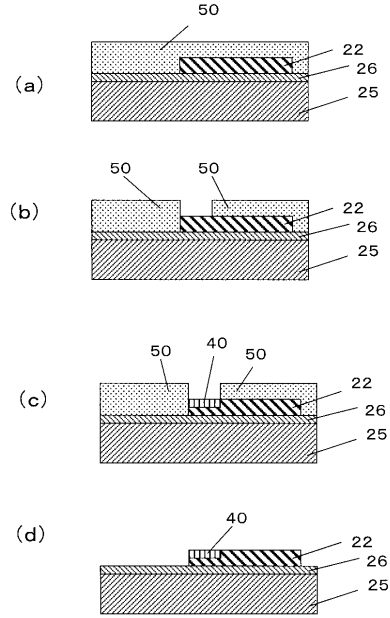
【図 1 4】



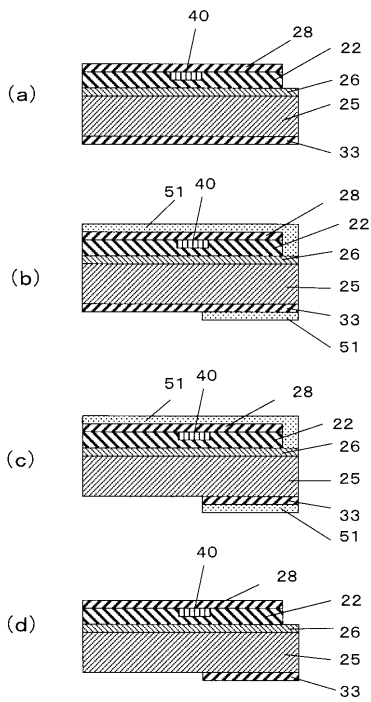
【 図 1 5 】



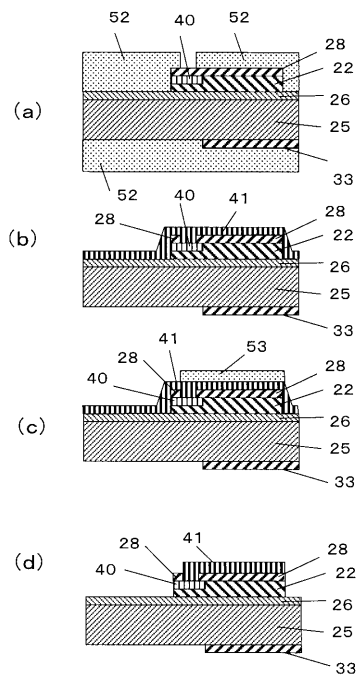
【 図 1 6 】



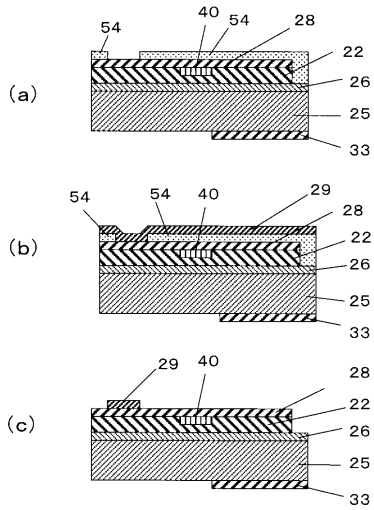
【 図 1 7 】



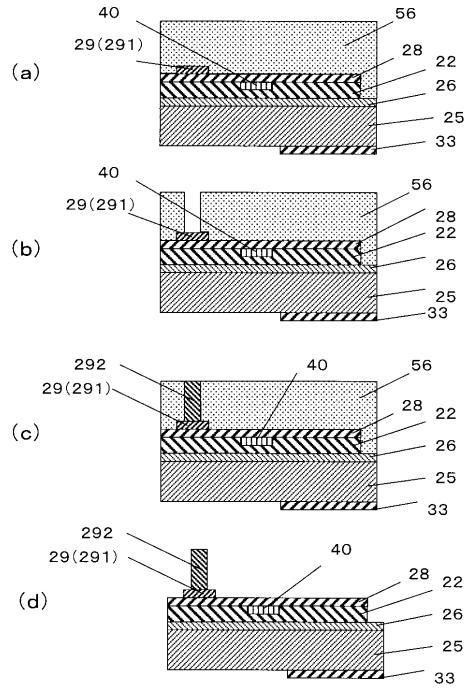
【 図 1 8 】



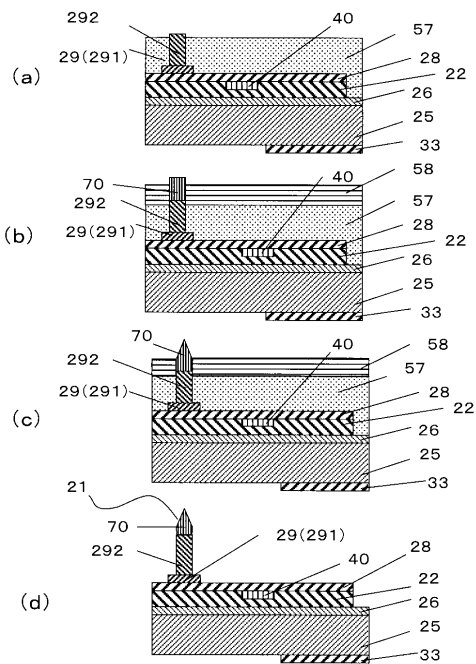
【 図 1 9 】



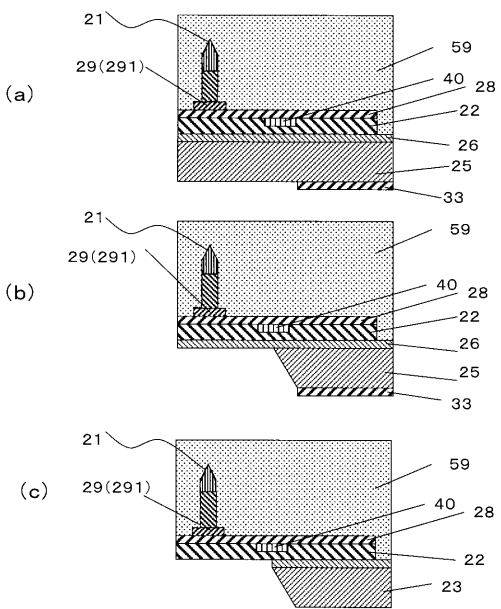
【 図 2 0 】



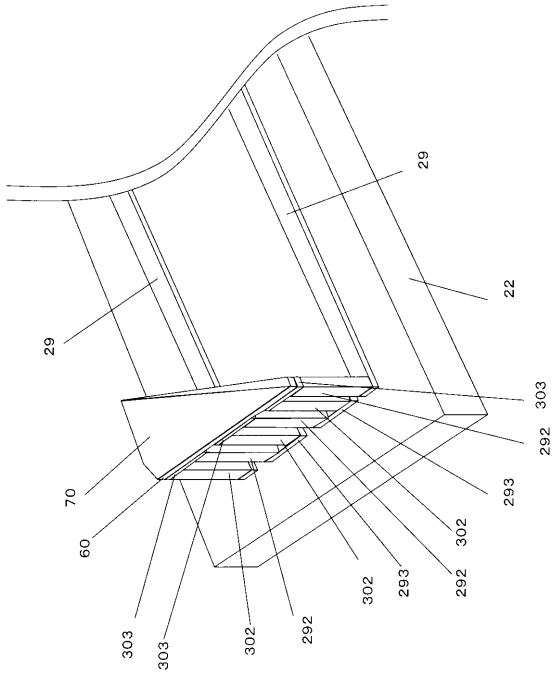
【 図 2 1 】



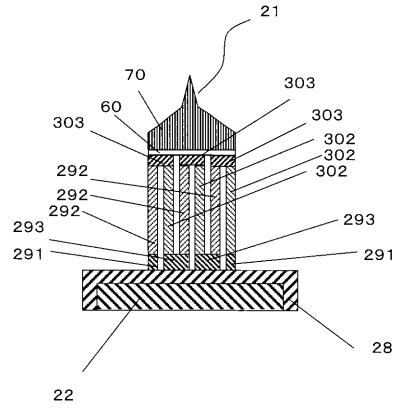
【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】

