

(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2004-276177

(P2004-276177A)

(43) 公開日 平成16年10月7日(2004.10.7)

(51) Int. Cl.⁷

B82B 3/00
B81C 5/00
G01B 21/20
G01N 13/10

F I

B82B 3/00
B81C 5/00
G01B 21/20 101
G01N 13/10 D

テーマコード(参考)

2F069

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2003-72051 (P2003-72051)
(22) 出願日 平成15年3月17日(2003.3.17)

(71) 出願人 301021533
独立行政法人産業技術総合研究所
東京都千代田区霞が関1-3-1
(71) 出願人 591124721
立山マシン株式会社
富山県富山市大泉1583番地
(74) 代理人 100095430
弁理士 廣澤 勲
(72) 発明者 森田 昇
茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内
(72) 発明者 芦田 極
茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

最終頁に続く

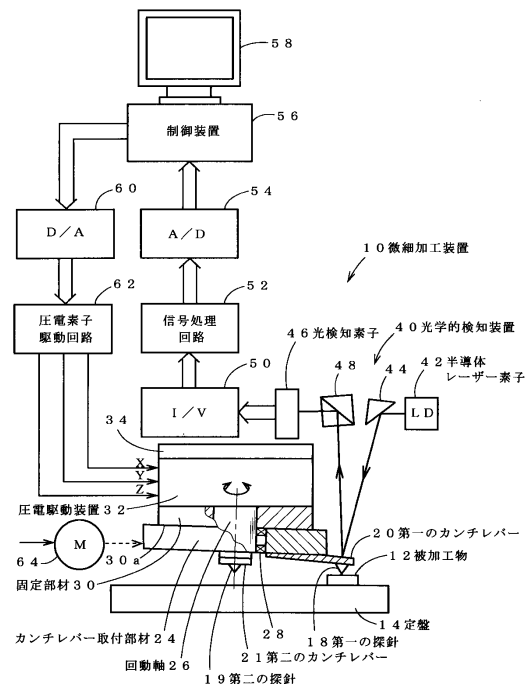
(54) 【発明の名称】 微細加工装置

(57) 【要約】

【課題】簡単な構成で、超微細寸法の機械加工を行うことができ、可搬性があり、加工対象を選ばない微細加工装置を提供する。

【解決手段】被加工物12に接触して加工を行う第一の探針18と、探針18が固定された第一のカンチレバー20と、被加工物12に接近してその形状を検知する第二の探針19と、探針19が固定された第二のカンチレバー21とを備える。第一、第二のカンチレバー20、21を所定間隔空けて保持したカンチレバー取付部材24と、カンチレバー取付部材24を移動自在に保持した固定部材30と、固定部材30とともに第一、第二のカンチレバー20、21を任意の方向に微小駆動する圧電駆動装置32を備える。カンチレバー取付部材24を移動させて、第一、第二のカンチレバー20、21の位置を切り替えるモータ64を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被加工物に接触して加工を行う第一の探針と、この探針が固定された第一のカンチレバーと、被加工物に接近してその性状を検知する第二の探針と、この第二の探針が固定された第二のカンチレバーと、これら第一、第二のカンチレバーを所定間隔空けて保持したカンチレバー取付部材と、このカンチレバー取付部材を移動自在に保持した支持部材と、この支持部材とともに上記第一、第二のカンチレバーを任意の方向に微小駆動する圧電駆動装置と、上記第一、第二のカンチレバーの各探針の変位を検知する光学的検知装置と、上記圧電駆動装置を作動させて上記支持部材を介して上記第一のカンチレバーを微小変位させ上記第一の探針により被加工物を機械加工する加工制御手段と、上記第二の探針及び上記光学的検知装置により被加工物の表面を測定する計測制御手段とを備え、上記カンチレバー取付部材を移動させて上記第一、第二のカンチレバーの位置を切り替え可能に設けたことを特徴とする微細加工装置。

10

【請求項 2】

上記圧電駆動装置は本体ケースに固定され、上記第一、第二のカンチレバーは上記圧電駆動装置により上記本体ケースに対して微小変位可能に設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の微細加工装置。

【請求項 3】

上記カンチレバー取付部材を、上記第一、第二の探針の先端から等距離の回動軸であって上記第一、第二の探針の先端を含む面に対して直角な回動軸で回転自在に設け、上記カンチレバー取付部材を回動させて上記第一、第二のカンチレバーの位置を切り替えるカンチレバー切換装置を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の微細加工装置。

20

【請求項 4】

上記支持部材は、上記被加工物の設置面に対して上記カンチレバー取付部材を僅かに斜めに位置決めして支持し、上記回動軸も上記被加工物の設置面に立てた垂線に対して僅かに傾斜して設けられ、上記被加工物に一方の上記探針が接する状態で、他方の探針は上記被加工物の設置面から離れた退避位置に位置決めされることを特徴とする請求項 1 記載の微細加工装置。

【請求項 5】

上記光学的検知装置は、半導体レーザー素子と、この半導体レーザー素子からの光を上記第一または第二のカンチレバー上に導く光学系と、上記カンチレバーに照射されたレーザー光の反射光を検知するとともに上記カンチレバーの変位を検知する光検知素子と、上記カンチレバーに照射されたレーザー光の反射光を上記光検知素子に導く光学系とから成ることを特徴とする請求項 1 記載の微細加工装置。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、原子間力顕微鏡の原理を利用した、ナノメートルオーダーの加工や素子の作製のための微細加工装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

【特許文献 1】特開 2001 - 246600 号公報

【特許文献 2】特開 2002 - 14024 号公報

【特許文献 3】特開 2002 - 154100 号公報

近年超精密加工技術が発達し、機械加工においてもマイクロメートルレベルの機械加工が存在している。しかし、今日の電子機器における IC や素子などの高集積化やマイクロマシン等の製造において、より微細な加工技術が求められている。そのような情勢の中で、ナノメートルオーダーから原子分解能を有する原子間力顕微鏡 (AFM) や走査型トンネル顕微鏡 (STM) といった走査型プローブ顕微鏡 (SPM) を応用した微細加工の研究が行われている。

40

50

【0003】

例えば特許文献3に開示されている微細加工装置は、弾性体に支持され少なくとも先端に導電性部分を有する探針を、被加工物表面に対向させ、この探針を被加工物表面と平行な方向に相対的に移動させ、探針先端の導電性部分と被加工物の間に電圧を印加して、被加工物に微細加工を施すものである。被加工物は、探針先端から被加工物に電流が流れることにより、形状、導電率、屈折率、電気分極率などの物性や構造が変化するものである。

【0004】

特許文献3の微細加工装置は、試料台をピエゾ素子により駆動して、探針に対して任意の方向に任意の距離移動させることが可能である。さらに、探針を支持した弾性体をその共振周波数近傍の振動数で被加工物表面に対して垂直方向に振動させ、被加工物表面上の凹凸構造による、探針と被加工物表面の距離のずれによる弾性体の共振周波数のずれの信号を制御装置へフィードバックして、探針と被加工物表面間の距離を一定に保つものである。

10

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来技術の特許文献3に記載された微細加工装置は、探針から被加工物に電流を流して、被加工物の物性を变化させて加工を行うもので、純粋な機械加工を行うことができるものではない。また、加工を施した部分の加工状態や形状を簡単に知ることができるのではなく、一定の加工が終了した後、被加工物を原子間力顕微鏡等にセットし直して加工状態を確認しなければならないものであり、加工の修正や追加工等を簡単にすることができるものではない。

20

【0006】

この発明は、上記従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、簡単な構成で、超微細寸法の機械加工を行うことができ、可搬性があり、加工対象を選ばない微細加工装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

この発明は、被加工物に接触して加工を行う角錐状ダイヤモンドバルクチップ等の第一の探針と、この探針が固定された第一のカンチレバーと、被加工物に接近してその形状や物性その他の性状を検知する探針であって、角錐状のシリコン系材料のチップにダイヤモンドコーティングした第二の探針と、この第二の探針が固定された第二のカンチレバーと、これら第一、第二のカンチレバーを所定間隔空けて保持したカンチレバー取付部材とを備えた微細加工装置である。そして、このカンチレバー取付部材を移動自在に保持した支持部材と、この支持部材とともに上記第一、第二のカンチレバーを任意の方向に微小駆動する圧電駆動装置と、上記第一、第二のカンチレバーの各探針の変位を検知する光学的検知装置と、上記圧電駆動装置を作動させて上記支持部材を介して上記第一のカンチレバーを微小変位させ上記第一の探針により被加工物を機械加工する加工制御手段と、上記第二の探針及び上記光学的検知装置により被加工物の表面を測定する計測制御手段とを備え、上記カンチレバー取付部材を移動させて上記第一、第二のカンチレバーの位置を切り替え可能に設けた微細加工装置である。

30

40

【0008】

上記圧電駆動装置は本体ケースに固定され、上記第一、第二のカンチレバーは上記圧電駆動装置により、上記本体ケースに対して微小変位可能に設けられている。また、上記カンチレバー取付部材を、上記第一、第二の探針の先端から等距離の回動軸であって上記第一、第二の探針の先端を含む面に対して直角な回動軸で回転自在に設け、上記カンチレバー取付部材を回動させて上記第一、第二のカンチレバーの位置を切り替えるカンチレバー切換装置を備えたものである。上記カンチレバー切換装置は、駆動用のモータと、ウォームホイール機構等により構成しても良い。

【0009】

上記支持部材は、上記被加工物の設置面に対して上記カンチレバー取付部材を僅かに斜め

50

に位置決めして支持し、上記回動軸も上記被加工物の設置面に立てた垂線に対して僅かに傾斜して設けられ、上記被加工物に一方の上記探針が接する状態で、他方の探針は上記被加工物の設置面から離れた退避位置に位置決めされるものである。

【0010】

上記光学的検知装置は、半導体レーザー素子と、この半導体レーザー素子からの光を上記第一または第二のカンチレバー上に導く光学系と、上記カンチレバーに照射されたレーザー光の反射光を検知するとともに上記カンチレバーの変位を検知する4分割フォトダイオード等の光検知素子と、上記カンチレバーに照射されたレーザー光の反射光を上記光検知素子に導く光学系とから成る。

【0011】

この発明の微細加工装置は、第一、第二の探針を切り換え可能に設け、第一の探針で加工を行い、第一、第二の探針を切り換えて、その加工状態を第二の探針で簡単に測定できるようにしたものである。また、第一、第二探針を保持した第一、第二のカンチレバー及びそのカンチレバー取付部材を圧電駆動装置により駆動可能に設け、被加工物を固定した状態で、任意の微細加工を行うことができるようにしたものである。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施形態について図面に基づいて説明する。図1～図4はこの発明の一実施形態を示すもので、この実施形態の微細加工装置10は、図示するように、被加工物12が載せられた定盤14に設置可能なもので、一側面が開口した金属製の箱状の本体ケース16に設けられている。本体ケース16内には、被加工物12に接触して加工を行う角錐状のダイヤモンドバルクチップ等の第一の探針18と、この探針が固定された第一のカンチレバー20、及び被加工物12に接近してその形状や物性その他の性状を検知する探針であって、角錐状のシリコン系材料のチップにダイヤモンドコーティングした第二の探針19と、この第二の探針19が固定された第二のカンチレバー21とを有する。第一、第二のカンチレバー20, 21は、互いに90°の角度を成して延出し、この第一、第二のカンチレバー20, 21を保持したカンチレバー取付部材24が本体ケース16内に設けられている。

【0013】

カンチレバー取付部材24は、第一、第二の探針18, 19の先端から等距離の位置にある軸であって第一、第二の探針18, 19の先端を含む仮想の面に対して直角な回動軸26で回動自在に軸支されている。この回動軸26とカンチレバー取付部材24との間には、ベアリング28が設けられている。また、回動軸26は、固定部材30に固定され、回動軸26と固定部材30により、カンチレバー取付部材24の支持部材を構成している。固定部材30の取付面30aは、図1に示すように、カンチレバー取付部材24を定盤14の表面に対して僅かに斜めに位置決めし、回動軸26も、定盤14の表面に立てた垂線に対して僅かに傾斜して設けられている。そして、本体ケース16に設けられた状態で、被加工物12に第一または第二の探針18または19が接する状態で、他方の探針19または18は定盤12から僅かに離れた退避位置に位置決めされるように設けられている。

【0014】

固定部材30は、図示しない圧電素子を備えた圧電駆動装置32に固定されている。圧電駆動装置32は、互いに直角な方向であるXYZ方向に固定部材を変位させ、カンチレバー取付部材24を介して、第一、第二のカンチレバー20, 21を任意の方向に微小変位させる。圧電駆動装置32は、位置決めステージ34に固定され、位置決めステージ34は本体ケース16の内面である天井面16aに固定されている。

【0015】

第一、第二のカンチレバー20, 21の所定の加工計測位置には、第一、第二の探針18, 19の変位を検知する光学的検知装置40が、本体ケース16内に設けられている。光学的検知装置40は、レーザーダイオードである半導体レーザー素子42と、この半導体レーザー素子42からのレーザー光を所定の加工計測位置の、第一または第二のカンチレ

10

20

30

40

50

バー 20 または 21 上に導くミラーやその他図示しないレンズから成る光学系 44 を備えている。さらに、光学的検知装置 40 は、第一または第二のカンチレバー 20 または 21 上に照射されたレーザー光の反射光を検知するとともに、その第一または第二のカンチレバー 20 または 21 の変位を検知する 4 分割フォトダイオードから成る光検知素子 46 と、第一または第二のカンチレバー 20 または 21 に照射されたレーザー光の反射光を、光検知素子 46 に導くプリズムやその他図示しないレンズから成る光学系 48 とを備えている。

【0016】

光検知素子 46 の出力は、電流 / 電圧変換回路 50 を介して信号処理回路 52 に接続されている。信号処理回路 52 では、4 分割フォトダイオードの光検知素子 46 からの出力を 10 処理して、第一または第二のカンチレバー 20 または 21 の変位を計測可能な信号にする。信号処理回路 52 の出力は、A / D 変換器 54 によりアナログ信号をデジタル信号に変換されて、コンピュータである制御装置 56 に入力する。制御装置 56 には、モニタ 58 が接続され、さらに、制御装置 56 の制御信号出力は、D / A 変換器 60 を介して、デジタル信号がアナログ信号に変換されて、圧電駆動装置 32 の圧電素子を駆動する圧電素子駆動回路に入力している。

【0017】

コンピュータである制御装置 56 は、内部に所定のプログラムを有し、圧電駆動装置 32 を作動させて第一カンチレバー 20 を微小変位させ、第一の探針 18 により被加工物 12 を機械加工する加工制御手段と、第二のカンチレバー 21 を微小変位させ、第二の探針 1 20 9 により被加工物 12 の表面を検知し、光学的検知装置 40 により被加工物 12 の表面を測定する計測制御手段とを兼ねている。

【0018】

また、カンチレバー取付部材 24 は、本体ケース 16 内の図示しないウォームホイール機構を介して、本体ケース 16 内に固定されたモータ 64 に接続されている。モータ 64 は、制御装置 56 からの指示により、カンチレバー取付部材 24 を 90° 回転させ、第一、第二のカンチレバー 20, 21 の位置を任意に切り替える。

【0019】

この実施形態の微細加工装置の動作は、定盤 14 上に被加工物 12 を載置し、先ず加工用の第一の探針 18 により被加工物 12 の所定位置に微細加工を施す。この微細加工は、制 30 御装置 56 により被加工物 12 の表面上で探針 18 が所定の圧力で所定の動きをするように、圧電素子駆動回路 62 を介して圧電駆動装置 32 を動作させる。これにより、固定部材 30 を経てカンチレバー取付部材 24 が駆動され、第一のカンチレバー 20 が微小変位し、先端の探針 18 が微細に移動する。この探針 18 の移動により、ダイヤモンドチップ等の探針 18 の先端により被加工物 12 の表面が切削され、ナノメートルオーダーの加工が成される。この加工は、制御装置 56 により 3 次元的に X Y Z 方向に制御される。加工データは、第一のカンチレバー 20 のたわみとして光学的検知装置 40 により検出される。この検出は、第一のカンチレバー 20 の加工時の力により第一のカンチレバー 20 の上面に僅かなたわみが生じ、このたわみにより半導体レーザー素子 42 からのレーザー光の 40 反射光の位置が僅かにずれ、この反射光の変化を 4 分割フォトダイオードによる光検知素子 46 により検知し、信号処理回路 52 等を介して制御装置 56 にフィードバックされる。これにより、所定の形状の微細加工が行われる。

【0020】

次に、微細加工の途中または終了後に、モータ 64 によりカンチレバー取付部材 24 を 90° 回転させて第一の探針 18 を退避位置に位置させるとともに、第二の探針 19 を被加工物 12 の微細加工箇所上に位置させる。この回転時には、第一、第二の探針 18, 19 を、圧電駆動装置 32 等により被加工物 12 の表面よりも上方に対比させて回転する。そして、計測用の第二の探針 19 を、加工を施した箇所に接触させ、制御装置 56 により被加工物 12 の表面形状を検知する。この計測は、従来の原子間力顕微鏡と同様である。このときも、第二探針 19 の位置変化を第二のカンチレバー 21 に照射されたレーザー光の 50

反射光の位置により検知し、被加工物 1 2 の表面形状を計測する。

【0021】

この実施形態の微細加工装置 10 は、第一、第二の探針 18, 19 が切り換え可能に設けられ、第一の探針 18 で微細な加工を行い、その加工状態を第二の探針 19 で簡単に計測することができる。これにより、加工後に加工状態を迅速に測定することができ、より微細な加工や複雑な加工も行うことができ、被加工物 1 2 の材質も問わないものである。さらに、装置全体がケース本体 16 内に設けられ、可搬性が高く、被加工物 1 2 の場所や位置を問わず微細加工を行うことができる。

【0022】

なお、この発明の微細加工装置は、上記実施形態に限定されるものではなく図 5 に示すように、カンチレバー取付部材 24 は、微細加工用の第一の探針 18 を保持した第一のカンチレバー 20 と、計測用の第二の探針 19 を保持した第二のカンチレバー 21 の他、さらに、他の加工を行う加工工具 70 を第二のカンチレバー 21 に対し回転軸 26 を中心に、180° 反対側に設けても良い。この位置に設ける加工工具 70 としては、例えば、ナノメートルオーダーの切削加工を行うことができるフライス装置 72 である。このフライス装置 72 の加工工具 70 の先端には、第一の探針 18 と同様に、ダイヤモンドバルクチップ等の微細加工用チップ 74 が固定される。またこのフライス装置 72 の加工工具 70 は、超小型モータ 76 の回転軸に接続され、この超小型モータ 76 がカンチレバーまたはカンチレバー取付部材 24 に設けられている。この超小型のフライス装置 72 によれば、広い範囲で微細な切削加工を行うことができる。

【0023】

また、加工工具 70 以外の測定用探針や加工工具をさらに付加しても良く、カンチレバー取付部材に直接または間接的に設けられる探針や工具の数は適宜設定することができる。

【0024】

さらに、カンチレバー取付部材の移動方向は、回転以外に一定方向に摺動するようにしたものでも良い。第一、第二の探針等は摺動によっても同様に切り替えることができ、同様の効果を得ることができる。また、第一、第二のカンチレバーに設けられる探針は、ダイヤモンドバルクチップ以外に微細加工が可能な工具であれば良く、加工は切削加工のみならず塑性加工も可能であり、切削加工の形態も問わないものである。さらに、探針と被加工物との間に通電しながら加工を行うものでも良く、加工環境や雰囲気は問わない。

【0025】

【発明の効果】

この発明の微細加工装置は、簡単な構造で、加工と計測を適宜切り替えることができ、より微細な加工を高精度に行うことができる。また、被加工物の材質を選ばず微細な加工が可能である。さらに、装置がケース本体内に設けられているので、可搬性が高く、任意の場所での微細加工が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の一実施形態の微細加工装置の概略ブロック図である。

【図 2】この実施形態の微細加工装置の部分破断斜視図である。

【図 3】この実施形態の微細加工装置の光学的検知装置を示す部分破断斜視図である。

【図 4】この実施形態の微細加工装置の背面を示す斜視図である。

【図 5】この発明の微細加工装置の他の実施形態の背面を示す斜視図である。

【符号の説明】

- 10 微細加工装置
- 12 被加工物
- 14 定盤
- 16 本体ケース
- 18 第一の探針
- 19 第二の探針
- 20 第一のカンチレバー

10

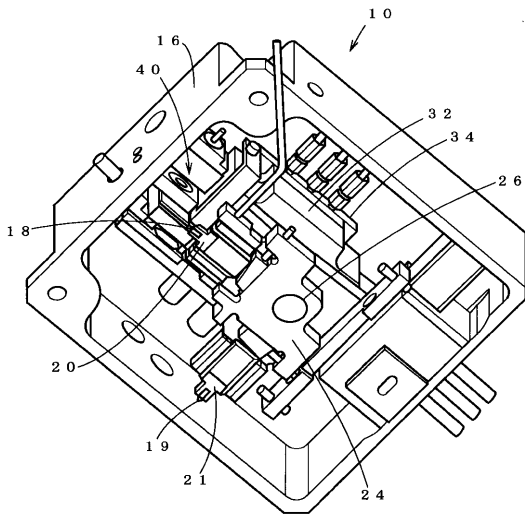
20

30

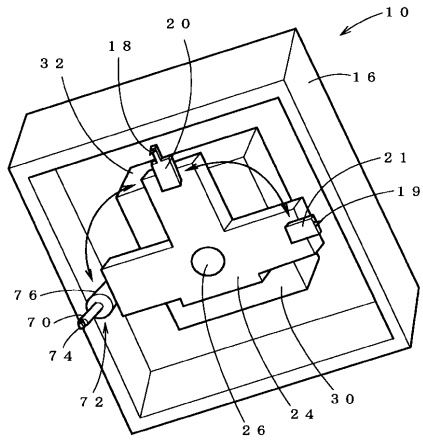
40

50

【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 斎藤 潤二
富山県上新川郡大山町下番30 立山マシン株式会社内
- (72)発明者 稲垣 清紀
富山県上新川郡大山町下番30 立山マシン株式会社内
- (72)発明者 山下 弘樹
富山県上新川郡大山町下番30 立山マシン株式会社内
- Fターム(参考) 2F069 AA61 BB01 GG01 GG07 HH01 HH04 JJ21 LL03