

(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2010-3955

(P2010-3955A)

(43) 公開日 平成22年1月7日(2010.1.7)

(51) Int.Cl.

H01L 21/302 (2006.01)

F1

H01L 21/302 201B

テーマコード (参考)

5F004

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2008-163126 (P2008-163126)
(22) 出願日 平成20年6月23日 (2008. 6. 23)

(71) 出願人 000231073
日本航空電子工業株式会社
東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号
(74) 代理人 100121706
弁理士 中尾 直樹
(74) 代理人 100128705
弁理士 中村 幸雄
(74) 代理人 100066153
弁理士 草野 卓
(72) 発明者 鈴木 晃子
東京都渋谷区道玄坂一丁目21番2号 日
本航空電子工業株式会社内
(72) 発明者 佐藤 明伸
東京都渋谷区道玄坂一丁目21番2号 日
本航空電子工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体表面の加工装置

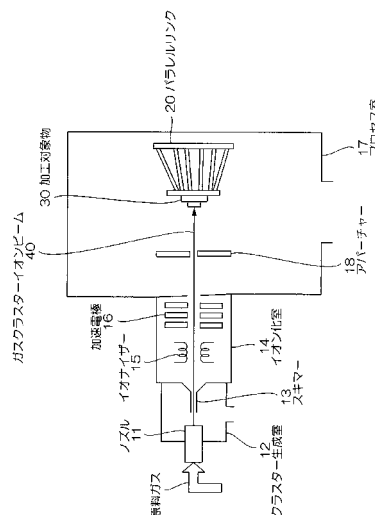
(57) 【要約】

【課題】 3次元構造をもつ加工対象物の各面にガスクラスターイオンビームを照射することができ、かつ各加工対象面の照射位置におけるビーム電流値やビーム電流分布をプロセス中にも計測可能なコンパクトなステージ構造を有する加工装置を提供する。

【解決手段】 ガスクラスターイオンビームに対する加工対象物の位置・角度を並進方向3自由度、回転方向3自由度の計6自由度で制御可能なパラレルリンク20を具備し、パラレルリンク20の可動テーブルの、加工対象物が搭載される上面側と反対の下面にビーム検出器を設置し、可動テーブルを上下反転可能とする。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ガスクラスターイオンビームを用い、固体表面を加工する装置であって、
パラレルリンク構造のステージを具備し、
そのパラレルリンクで囲まれた空間にビーム検出器を有することを特徴とする固体表面の加工装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の固体表面の加工装置において、
前記パラレルリンクは前記ガスクラスターイオンビームに対する加工対象物の位置・角度を並進方向 3 自由度、回転方向 3 自由度の計 6 自由度で制御可能とされ、
前記パラレルリンクの可動テーブルの、前記加工対象物が搭載される上面側と反対の下面に前記ビーム検出器が設置され、
前記可動テーブルが上下反転可能とされていることを特徴とする固体表面の加工装置。

10

【請求項 3】

請求項 1 記載の固体表面の加工装置において、
前記パラレルリンクは前記ガスクラスターイオンビームに対する加工対象物の位置・角度を並進方向 3 自由度、回転方向 3 自由度の計 6 自由度で制御可能とされ、
前記パラレルリンクの可動テーブルの、前記加工対象物が搭載される上面側と反対の下面に前記ビーム検出器が設置され、
前記ビーム検出器に入射するガスクラスターイオンビームが通過する貫通孔が前記可動テーブルに設けられていることを特徴とする固体表面の加工装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 記載のいずれかの固体表面の加工装置において、
前記パラレルリンクが 2 軸もしくは 3 軸のリニアステージ上に設置されていることを特徴とする固体表面の加工装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 記載のいずれかの固体表面の加工装置において、
前記パラレルリンクが予め複数個設定された前記加工対象物への前記ガスクラスターイオンビームの照射位置・照射角度・照射量に基づき、順次駆動制御されることを特徴とする固体表面の加工装置。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は例えば半導体、その他電子デバイス用材料の表面のエッチングや平坦化、また各種デバイス表面、パターン表面、さらには金型などの複雑な構造体表面のエッチングや平坦化に用いることができ、ガスクラスターイオンビーム照射により固体表面を加工する装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、ガスクラスターイオンビームを用いた固体表面の加工方法が、表面損傷が少なく、かつ表面粗さを非常に小さくすることができることから注目を集めている。加工対象物の大きさや形状、種類によって、ガスクラスターイオンビームと加工対象物の相対配置をどのように制御するかがガスクラスターイオンビーム加工装置として重要な要素となる。また、加工対象物への照射量を正確に制御するため、ビーム電流やビーム電流分布を計測することができるファラデーカップなどのビーム検出器を、加工対象物に対してどのように配置するかも重要な要素である。

40

【0003】

これまでに、ガスクラスターイオンビームを用いた固体表面の加工装置に関して、加工対象物とガスクラスターイオンビームとの相対位置・角度を制御するための機構について、いくつかの提案がなされている。例えば、特許文献 1 ではウエハなどの加工対象物の表

50

面全面にビームをスキャンするため、ガスクラスターイオンビームの進行方向に対して垂直な面内で加工対象物の位置を移動させることができる機構として、X-Y位置決定テーブル(X-Yステージ)を用いることが記載されている。また、ビーム検出器の配置については、加工物保持面そのものを利用する方法、すなわち、ステージ上の加工物保持表面を導電性とすることにより、電氣的リードを通じてビームの電流値を測定する方法が提案されている。別の方法として別途ファラデーカップを用いる方法も提案されている。

【0004】

特許文献2ではガスクラスターイオンビームに対する被加工物の姿勢制御のため、XYZステージに傾斜角度および回転角度が変更自在の回転ステージを組み合わせ、6軸ステージの機能を持たせたガスクラスターイオンビーム加工装置が記載されている。ステージとビーム検出器との位置関係については述べられていないが、ビーム検出器をステージ上に設置するか、ステージと連動しない位置に独立に設置していると考えられる。

【特許文献1】特表2004-503064号公報

【特許文献2】特開2007-330992号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に記載されている加工対象物とガスクラスターイオンビームの相対位置制御機構では、ガスクラスターイオンビームの進行方向(Z方向とする)に対して垂直な面内(XY面内)で加工対象物とビームの相対位置を変化させることはできるが、例えば加工対象物に対するビームの照射角度を制御することはできない。このため、ウエハ表面などのガスクラスターイオンビームの進行方向に対して垂直な平面については加工できるが、例えばウエハ上に形成されたパターンや構造体、溝、段差などのウエハ表面に対して垂直な側壁面にはガスクラスターイオンビームを実質的に照射することはできず、エッチングや平坦化をすることができないという問題がある。また、ビーム電流値やビーム電流分布検出を加工物保持面で行うとすると、加工物を取り外した状態でビーム検出を行う必要があるため、プロセス中のビームモニタができないという問題があった。この問題を回避するため、ビーム検出器としてファラデーカップを独立に用意する場合、加工物の照射位置での正確なビーム電流値やビーム電流分布を計測するためには、ファラデーカップの位置を制御する別のステージが必要となり、装置が大型化するという問題があった。あるいは、ファラデーカップをステージ上に取り付けたとすると、XYスキャンできる領域をビーム検出器の分だけ大きくしなければならず、ステージが大型化するという問題があった。

【0006】

また、特許文献2では、XYZステージに傾斜・回転ステージを重ねることにより3軸以上の多軸(この場合X、Y、Zと、各軸周りの回転軸である θ_x 、 θ_y 、 θ_z の計6軸)のステージ機構を実現している。このため、例えばサンプルに対してクラスターイオンビームの照射角度を制御することができる。特に6軸ステージであれば、3次元形状のサンプルの各面への照射位置や照射角度を制御することができ、自由度の高い加工が可能となる。ステージとビーム検出器との関係については述べられていないが、ビーム検出器をステージ上に設置すれば、加工対象物の照射位置でのビーム電流値やビーム電流分布を正確に計測することができる。しかしながら、このステージは各軸のステージをシリアルに重ねた構造であるため、軸数の増加分だけステージが大型化し、またビーム検出器は加工対象物の支持台上に並べる形で設置するしかなく、ビーム検出器の分だけさらにステージが大型化するという問題があった。

【0007】

この発明の目的は上記の問題に鑑み、3次元構造をもつ加工対象物の各面にガスクラスターイオンビームを照射することができ、かつ各加工対象面の照射位置におけるビーム電流値やビーム電流分布をプロセス中にも計測可能なコンパクトなステージ構造を有する固体表面の加工装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

請求項 1 の発明によれば、ガスクラスターイオンビームを用い、固体表面を加工する装置は、パラレルリンク構造のステージを具備し、そのパラレルリンクで囲まれた空間にビーム検出器を有する。

【 0 0 0 9 】

請求項 2 の発明では請求項 1 の発明において、パラレルリンクはガスクラスターイオンビームに対する加工対象物の位置・角度を並進方向 3 自由度、回転方向 3 自由度の計 6 自由度で制御可能とされ、そのパラレルリンクの可動テーブルの、加工対象物が搭載される上面側と反対の下面にビーム検出器が設置され、可動テーブルが上下反転可能とされる。

【 0 0 1 0 】

請求項 3 の発明では請求項 1 の発明において、パラレルリンクはガスクラスターイオンビームに対する加工対象物の位置・角度を並進方向 3 自由度、回転方向 3 自由度の計 6 自由度で制御可能とされ、そのパラレルリンクの可動テーブルの、加工対象物が搭載される上面側と反対の下面にビーム検出器が設置され、そのビーム検出器に入射するガスクラスターイオンビームが通過する貫通孔が可動テーブルに設けられているものとされる。

【 0 0 1 1 】

請求項 4 の発明では請求項 1 乃至 3 のいずれかの発明において、パラレルリンクが 2 軸もしくは 3 軸のリニアステージ上に設置されているものとされる。

【 0 0 1 2 】

請求項 5 の発明では請求項 1 乃至 4 のいずれかの発明において、パラレルリンクが予め複数個設定された加工対象物へのガスクラスターイオンビームの照射位置・照射角度・照射量に基づき、順次駆動制御されるものとされる。

【 0 0 1 3 】

〔 作用 〕

パラレルリンクステージは、3 軸以上の多軸制御が可能なステージであって、リンクで囲まれた部分（可動面の裏側）に空間があるため、可動面の表側にサンプルを、裏側の空間にビーム検出器を設置することができる。図 10 に 3 軸のパラレルリンク 1 と、サンプル保持面の表にサンプル 2 を、裏にビーム検出器 3 を設置したステージの例を示す。3 軸のパラレルリンクでは、Z 軸方向の直線運動と、X, Y 軸周りの傾斜角 θ_x , θ_y を制御することができる。ビーム検出器にビームを入射させる機構、例えば、サンプル支持台を 180 度反転する機構（後述の図 2 参照）を設けることにより、必要な時に支持台を反転させてビームの状態をモニタすることができる。ビーム検出器はパラレルリンクステージに取り付けられているため、その位置や姿勢制御はサンプルと同様に行うことができ、サンプルの照射位置と同等の位置でのビームの状態をモニタすることも可能となる。

【 0 0 1 4 】

ここで、ビームの状態をモニタするためのビーム検出器として、クラスターイオンビームのイオン電流検出器、クラスターサイズ検出器、ビームエネルギー検出器、クラスターイオンビームを中性化するためのニュートライザからの電子電流検出器などを設置することができる。サンプルの加工プロセスの前後、あるいは加工プロセス中の適当な段階で、ビームの状態をモニタすることが可能となる。サンプルとビーム検出器を表裏の位置関係で設置する方法は、ビーム検出器のために新たに設置スペースを設ける必要がなく、パラレルリンクステージの構造上の特徴をうまく利用するものであり、本発明で初めて提案するものである。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 5 】

この発明によれば、ビーム検出器をパラレルリンクで囲まれた空間に設置することにより、ビーム検出器の位置制御を可能とするコンパクトなステージを実現することができる。

【 0 0 1 6 】

また、この発明によれば、3 次元構造を有する加工対象物の複数の平面を一つのプロセ

10

20

30

40

50

ス（一連のプロセス）で順次加工でき、その際、所望の照射位置・照射角度・照射量でガスクラスターイオンビームを照射することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、この発明の実施形態を説明する。

図1はこの発明によるガスクラスターイオンビームを用いる固体表面の加工装置の基本構成を示したものであり、まず、加工装置の基本構成を図1を参照して説明する。

【0018】

原料ガスをノズル11から真空のクラスター生成室12内に噴出させてガス分子を凝集させ、クラスターを生成する。そのクラスターをスキマー13を通してガスクラスタービームとしてイオン化室14に導く。イオン化室14ではイオナイザー15から電子線、例えば熱電子を照射して中性クラスターをイオン化する。このイオン化されたガスクラスタービームは加速電極16によって加速され、ガスクラスターイオンビームがプロセス室17に入射される。プロセス室17内に設けられたパラレルリンク20には加工対象物30が取り付けられており、入射されたガスクラスターイオンビーム40がアパーチャー18により所定のビーム径とされて加工対象物30の表面に照射される。電気的絶縁体の加工対象物30の表面を平坦化する場合などには、ガスクラスターイオンを電子により予め中性化する場合もある。

【0019】

図2Aは図1におけるパラレルリンク20の構成概要を示したものであり、図中、21は固定ベースを示し、22はリンク機構を示す。また、23は可動テーブルを示し、可動テーブル23は伸縮可能な（直動機構を備えた）6本のリンク機構22により連結支持されて並進方向3自由度（ X ， Y ， Z ）、回転方向3自由度（ θ_x ， θ_y ， θ_z ）の計6自由度で駆動されるものとなっている。

【0020】

可動テーブル23はこの例ではリング状をなす枠体23aと、その枠体23a内に位置する円板状の載置台23bとよりなり、載置台23bには一対の軸23cが突設されている。載置台23bはその一対の軸23cが枠体23aに軸支されることにより、回転（上下反転）可能とされている。6本のリンク機構22は枠体23aに連結されている。なお、軸23cを回転させ、載置台23bを上下反転させる機構（例えば、モータ等）の図示は省略している。

【0021】

可動テーブル23の載置台23bの上面には図2Bに示したように、加工対象物30が設置される。一方、載置台23bの下面側にはこの例ではイオン電流検出器50が取り付けられている。イオン電流検出器50は例えばファラデーカップとされる。

【0022】

ガスクラスターイオンビームは輸送距離が長くなると、残留ガス分子との衝突によりクラスターが分解し、平坦化効果やエッチング効果の低下が起こる。そのため、ガスクラスターイオンビームの発生源から加工対象物30までの距離はできるだけ短くするのが望ましい。この例ではイオン化室14の出口から150mmビームの中心が進行した地点Aでビームサイズが直径20mmになるようにアパーチャー18を用いて調整した。この距離150mmの近辺で加工対象物30に対するガスクラスターイオンビームの照射位置・角度を制御できるように、パラレルリンク20の原点位置を地点Aに一致させてパラレルリンク20を配置した。

【0023】

図3は以下に示す実施例1で使用した加工対象物30の形状及び加工対象物30の座標定義について示したものである。円板状の載置台23bの上面の中心を原点とし、照射対象となる加工対象物30の各位置は原点からの（ X ， Y ， Z ）座標で表現する。なお、図3Bでは加工対象物30の底面の中心点が原点と一致するように加工対象物30を設置している。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

ガスクラスターイオンビームと加工対象物 3 0 との相対位置・角度の制御、即ちパラレルリンク 2 0 の駆動制御はパラレルリンク 2 0 の駆動制御部（図示せず）に加工対象物 3 0 の形状データ及び載置台 2 3 b への加工対象物 3 0 の配置データを入力し、さらに以下の情報を入力することにより、所要の駆動を実現することができる。この情報とは、照射面（照射対象面）、照射の中心位置及び照射面に対する照射方向であり、照射面は加工対象物 3 0 の 3 個の座標もしくは照射面の法線ベクトルで表され、照射中心位置は 1 個の座標で表される。また、照射方向は 1 個の 3 次元ベクトル座標で表される。

【 実施例 1 】

【 0 0 2 5 】

原料ガスとして Ar を用い、Ar クラスターイオンビームを生成し、Ar クラスターイオンを 2 0 k V に加速して加工対象物 3 0 に照射した。加工対象物 3 0 は図 3 A に示した形状とし、図 3 B に示したようにパラレルリンク 2 0 の可動テーブル 2 3 の載置台 2 3 b 上に設置した。加工対象物 3 0 の構成材料はこの例では S K D 材（ダイス鋼）とした。

【 0 0 2 6 】

加工対象物 3 0 は直方体を 2 段重ねた形状であり、これら直方体の表面のうち、図 3 A 及び下記に示すように 6 つの表面を表面 a ~ f と定義した。

- 表面 a : 上の直方体の左側面
- 表面 b : 下の直方体の左側面
- 表面 c : 上の直方体の右側面
- 表面 d : 上の直方体の背面
- 表面 e : 上の直方体の上面
- 表面 f : 下の直方体の上面

各面への加工に先立ち、まず、地点 A におけるクラスターイオンビームの電流値を計測した。パラレルリンク 2 0 の可動テーブル 2 3 の載置台 2 3 b の下面に取り付けられているイオン電流検出器 5 0 を 1 8 0 ° 反転させ、検出面の中心位置が地点 A にくるようステージで位置調整を行った。クラスターイオンビームを発生させ、ビーム電流値を計測したところ、5 0 μ A であった。測定後、クラスターイオンビームの発生を一旦停止した。

【 0 0 2 7 】

続いて、加工対象物 3 0 の表面 a の一部をガスクラスターイオンビームを照射角度 8 2 度で照射して平坦化するため、パラレルリンク 2 0 の可動テーブル 2 3 を図 5 (a) に示すように移動させた。パラレルリンク 2 0 をこのように駆動制御するためにパラレルリンク 2 0 の駆動制御部に入力される情報、即ち照射面の法線ベクトル、照射中心位置（座標）、照射方向（3 次元ベクトル座標）を図 4 に示した表 1 の (a) に示す。

【 0 0 2 8 】

表 1 (a) の情報を入力することによりパラレルリンク 2 0 の駆動制御部は所要の移動量を計算し、その計算値に従い、図 5 (a) に示したように可動テーブル 2 3 を移動させる。この状態でガスクラスターイオンビームを再び発生させた。照射実効ドーズ量が 7×10^{16} ions / cm² となる時間だけ照射を行い、その後クラスターイオンビームの発生を停止した。

【 0 0 2 9 】

次に、再び各面への加工に先立ち、まず、地点 A におけるクラスターイオンビームの電流値を計測した。パラレルリンク 2 0 の可動テーブル 2 3 の載置台 2 3 b の下面に取り付けられているイオン電流検出器 5 0 を 1 8 0 ° 反転させ、検出面の中心位置が地点 A にくるようステージで位置調整を行った。クラスターイオンビームを発生させ、ビーム電流値を測定したところ、4 9 μ A であった。測定後、クラスターイオンビームの発生を一旦停止した。

【 0 0 3 0 】

続いて、表面 b の一部を平坦化するため、表 1 (b) の情報を入力し、パラレルリンク 2 0 の可動テーブル 2 3 を図 5 (b) に示すように移動させ、照射実効ドーズ量を同じく

10

20

30

40

50

$7 \times 10^{16} \text{ ions/cm}^2$ としてガスクラスターイオンビームを照射した。以下、同様に地点Aでのビーム電流値を計測後、表1(c)～(f)の情報を与えることによりパラレルリンク20の可動テーブル23を図5(c)～(f)に示すように順次移動させ、ガスクラスターイオンビームを順次、同じドーズ量だけ表面c～fの一部に照射した。

【0031】

照射前後の加工対象物30の表面粗さを原子間力顕微鏡(AFM)を用いて測定した。ビーム照射前の表面粗さRaはいずれも約 $0.20 \mu\text{m}$ であったが、照射後の表面粗さRaはいずれも約 $0.14 \mu\text{m}$ となった。

【0032】

このように、この例では加工対象物30を6自由度のパラレルリンク20上に設置したことにより、加工対象物30の一つの平面上にない複数の表面a～fを一つのプロセスで順次、平坦化することができ、かつその際、所望の照射角度(この例では82度)を選択して平坦化することができる。照射角度は加工面の法線とガスクラスターイオンビームがなす角度であって、この例では82度としているが、60度以上とすることで極めて優れた表面平坦化効果を得ることができる。

【0033】

なお、この例ではイオン電流検出器50がパラレルリンク20の可動テーブル23の載置台23bの下面に取り付けられているため、このイオン電流検出器50によってプロセス中に照射位置でのビーム電流値をモニタすることができ、これにより必要な照射量だけ照射することができる。

【0034】

即ち、ガスクラスターイオンビームを加工面に照射する前に、載置台23bを上下反転させてイオン電流検出器50でビーム電流値をモニタすることにより、ビーム電流値から照射ドーズ量に対応する照射時間を求めることができ、載置台23bを反転させて、その求めた照射時間だけ照射することで、加工面に必要な照射量の照射を行うことができる。これにより、加工対象物30の複数の加工面、さらには複数の加工対象物30を均一に加工することができる。ビーム電流値のモニタはプロセス時間が短く、ビーム電流値をモニタした場所に常に加工面を位置させることができる場合には、プロセス開始前に一度行うだけでもよい。

【0035】

なお、この例では平坦化加工の例を示したが、各面を所望の量だけエッチングする用途についても同様の手順で行うことができる。

【実施例2】

【0036】

パラレルリンク20を図6に示したようにステージ60上に搭載した。ステージ60は図6では簡略化して示しているが、X、Y、Z3軸のリニアステージとした。この例では並進方向の3自由度(X、Y、Z)をステージ60によって担うものとし、回転方向の3自由度(θ_x 、 θ_y 、 θ_z)をパラレルリンク20が担うものとした。

【0037】

図7に示した加工対象物30'をパラレルリンク20の載置台23b上に設置した。この加工対象物30'は実施例1における加工対象物30が4個連結された形状となっている。

【0038】

この加工対象物30'の(1)～(4)の各部分にある表面a～f(図3A参照)をステージ60及びパラレルリンク20を駆動制御し、実施例1と同様にガスクラスターイオンビームを順次、照射して平坦化した。

【0039】

照射前後の加工対象物30'の表面粗さを原子間力顕微鏡(AFM)を用いて測定した。ビーム照射前の表面粗さRaは(1)～(4)の各部分の各表面a～fでいずれも約 $0.23 \mu\text{m}$ であったが、照射後の表面粗さRaはいずれも約 $0.15 \mu\text{m}$ となった。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

このように加工対象物 3 0 ' の形状や大きさによってはパラレルリンク 2 0 とステージ 6 0 とを組み合わせる使用することにより、一つのプロセスで複数の加工面を良好に加工することができる。なお、ステージ 6 0 は X , Y , Z 3 軸のリニアステージに限らず、用途に応じて例えば X , Y 2 軸のリニアステージとすることもできる。

【 0 0 4 1 】

実施例 2 においてもイオン電流検出器 5 0 によりプロセス中に適宜、ビーム電流値をモニタし、ビーム電流値から照射ドーズ量に対応する照射時間を求めて照射するようにすれば、必要な照射量だけ照射を行うことができ、加工対象物 3 0 ' の各加工面を均一に加工することができる。

10

【 0 0 4 2 】

なお、この例では平坦化加工の例を示したが、各面を所望の量だけエッチングする用途についても同様の手順で行うことができる。

【 0 0 4 3 】

上述した実施例ではパラレルリンク 2 0 の可動テーブル 2 3 を枠体 2 3 a と上下反転可能な載置台 2 3 b とよりなるものとして、載置台 2 3 b の下面側にイオン電流検出器 5 0 を設置し、載置台 2 3 b を適宜、反転させることによってビーム電流値をモニタ可能としているが、これに替え、例えば図 8 に示したような構成を採用することもできる。

【 0 0 4 4 】

図 8 ではパラレルリンク 2 0 ' の可動テーブル 2 3 ' の下面にイオン電流検出器 5 0 を取り付け、このイオン電流検出器 5 0 に入射するガスクラスターイオンビームが通過する貫通孔 2 3 d を可動テーブル 2 3 ' に設けたものとなっており、このような構成を採用すれば可動テーブル 2 3 ' を反転させることなく、ビーム電流値をモニタすることができる。貫通孔 2 3 d はわずかな大きさがあればよく、例えば直径 1 mm 程度以上の大きさがあればよい。この貫通孔 2 3 d をパラレルリンク 2 0 ' あるいはリニアステージを移動することによってスキャンする方法により、ビーム電流値およびビーム電流分布を知ることができる。なお、図 8 B では可動テーブル 2 3 ' 上に貫通孔 2 3 d の位置を避け、2 つの加工対象物 3 0 が設置された状態を示している。

20

【 0 0 4 5 】

加工対象物 3 0 (3 0 ') は上述した実施例ではパラレルリンク 2 0 (2 0 ') の可動テーブル 2 3 (2 3 ') 上に直接、設置するものとしているが、例えばパラレルリンクとは別に加工対象物を設置・支持する支持台を用意し、この支持台を介して加工対象物をパラレルリンク上に設置するようにしてもよい。

30

【 0 0 4 6 】

図 9 は前述した実施例 1 における加工対象物 3 0 の複数の表面を順次平坦化する加工を自動的に行う場合の手順をフローチャートで示したものであり、図 1 に示した加工装置に全体を制御する制御手段を設け、その制御手段の制御ソフトウェアのプログラムを用いることにより、複数の表面を自動的に加工することができる。以下、手順を説明する。

【 0 0 4 7 】

まず、プログラムに加工対象物の形状データと、パラレルリンクに対する加工対象物の配置データを入力する (ステップ S 1 , S 2) 。次に、ガスクラスターイオンビームを照射する面、照射の中心位置、照射方向及び照射ドーズ量のデータセットを平坦化に必要な照射条件 (照射面) の数だけ (N 個) 指定する (ステップ S 3) 。この指定された各条件により加工対象物にガスクラスターイオンビームを照射するために必要なパラレルリンクの駆動量がそれぞれ計算される (ステップ S 4) 。

40

【 0 0 4 8 】

$n = 1$ とし (ステップ S 5) 、ビーム電流値 I_n ($n = 1$) をパラレルリンク可動テーブル下面の電流検出器で測定する (ステップ S 6) 。次に、 $n = 1$ 番目のデータセットの照射条件での照射時間 t_n ($n = 1$) を、測定したビーム電流値 I_n ($n = 1$) から計算する (ステップ S 7) 。 $n = 1$ 番目のデータセットに対応してパラレルリンクを駆動し、

50

t_n ($n = 1$) の時間だけ姿勢を保持させる (ステップ S 8)。直ちにガスクラスターイオンビームを ON にし、指定のドーズ量に相当する時間、即ち t_1 だけビームの照射が行われる (ステップ S 9)。続いて、 $n = n + 1$ とされ (ステップ S 11)、 $n = 2$ 番目のデータセットに対応してパラレルリンクが駆動され、ビーム電流値を測定し、指定のドーズ量に相当する時間、 t_2 だけビームの照射が行われる。

【0049】

以下、同様に 3 番目、4 番目、... のデータセットに対応してパラレルリンクが順次、駆動され、指定のドーズ量に相当する時間だけ、順次ビームの照射が行われる。最後に入力されたデータセット ($n = N$) の条件での照射を終えると (ステップ S 10)、ガスクラスターイオンビームを OFF にし、ビームの照射を終了する。

10

【0050】

上記におけるビームの ON / OFF は例えばビームと加工対象物との間に設置したシャッタの ON / OFF あるいはガスクラスターイオンビームの加速電圧を 20 kV (ON) と 0 kV (OFF) にする制御により行うことができる。

【0051】

また、ビーム電流値の測定は $n = 1$ の場合のみ行い、 $n > 1$ の場合のビーム電流値 I_n は I_1 と同じとしてプロセス時間を短縮するフローも実施可能である。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図 1】この発明によるガスクラスターイオンビームを用いた固体表面の加工装置の一実施例の構成を説明するための図。

20

【図 2】A は図 1 におけるパラレルリンクの構成概要を示す斜視図、B は A に示したパラレルリンクの載置台に加工対象物及びイオン電流検出器が設置された状態を示す正面図。

【図 3】A は実施例 1 で用いた加工対象物の形状を示す斜視図、B は A に示した加工対象物の座標 (座標定義) を示す斜視図。

【図 4】図 3 A に示した加工対象物の各表面 a ~ f にガスクラスターイオンビームを照射するためにパラレルリンクに与えられる制御情報を示す表。

【図 5】図 3 A に示した加工対象物の各表面 a ~ f にガスクラスターイオンビームを照射する際のパラレルリンクの駆動状態 (可動テーブルの移動状態) を示す図。

【図 6】この発明によるガスクラスターイオンビームを用いた固体表面の加工装置の他の実施例の構成を説明するための図。

30

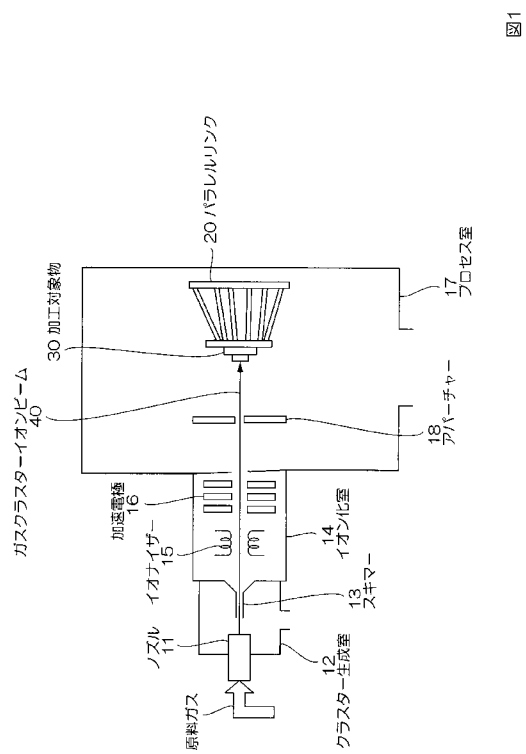
【図 7】実施例 2 で用いた加工対象物の形状を示す斜視図。

【図 8】A はパラレルリンクの他の構成例を示す斜視図、B は A に示したパラレルリンクの可動テーブルに加工対象物及びイオン電流検出器が設置された状態を示す正面図。

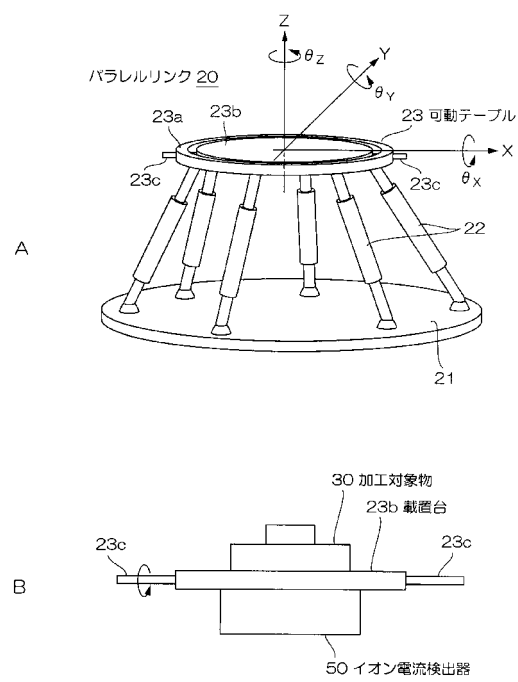
【図 9】加工対象物の複数の表面を順次自動的に加工する場合の手順を示すフローチャート。

【図 10】3 軸のパラレルリンクにサンプル及びビーム検出器が設置された状態を示す斜視図。

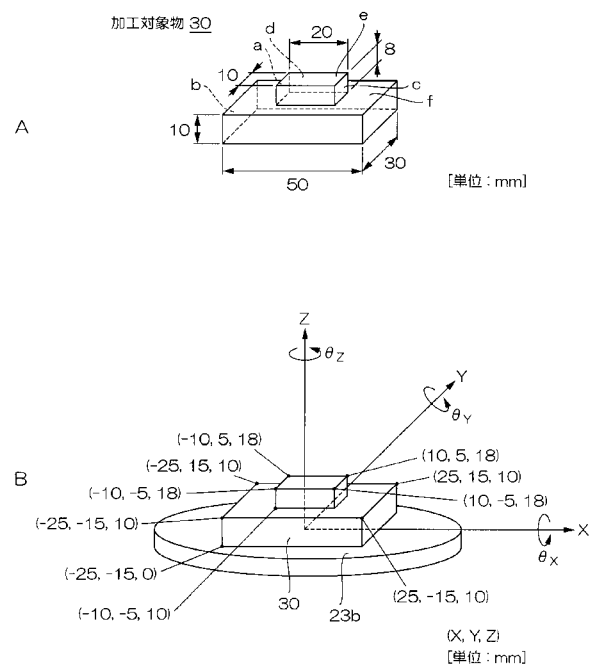
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

表1

	照射面(法線ベクトル)	照射中心位置	照射方向
(a)	(1, 0, 0)	(-10, 0, 14)	(cos82, 0, -1)
(b)	(1, 0, 0)	(-25, 0, 5)	(cos82, 0, -1)
(c)	(1, 0, 0)	(10, 0, 14)	(-cos82, 0, -1)
(d)	(0, 1, 0)	(0, 5, 14)	(0, -cos82, -1)
(e)	(0, 0, 1)	(0, 0, 18)	(0, -1, -cos82)
(f)	(0, 0, 1)	(-20, 0, 10)	(-cos45, -1, -cos82)

図4

【図 9】

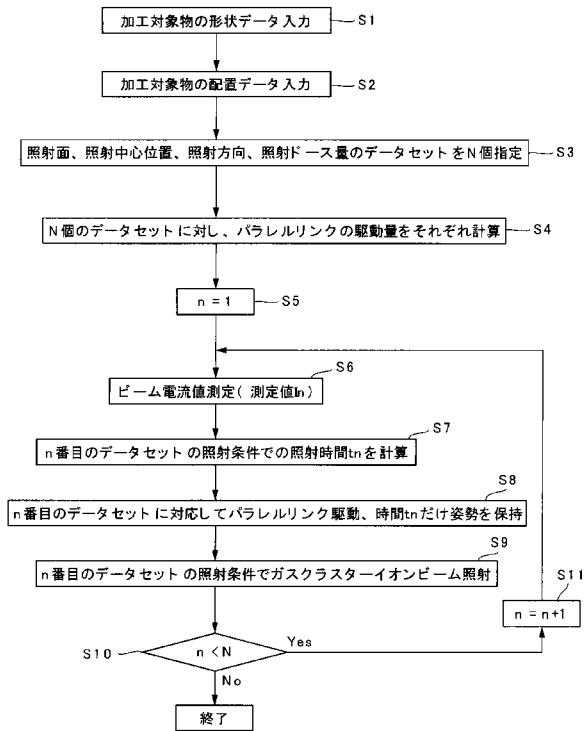


図9

【図 10】

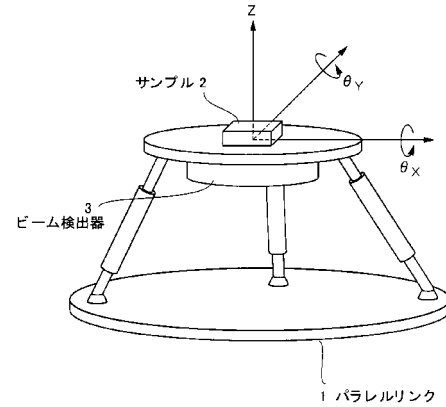


図10

フロントページの続き

Fターム(参考) 5F004 AA16 BA11 BA20 BB18 CA05 CA09 CB05 DA23 EA38