

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2014年12月11日(11.12.2014)



(10) 国際公開番号  
WO 2014/195998 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01J 37/20 (2006.01) H01J 37/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/065317
- (22) 国際出願日: 2013年6月3日(03.06.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 常田 るり子 (TSUNETA, Ruriko); 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP). 原田 研 (HARADA, Ken); 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外 (INOUE, Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

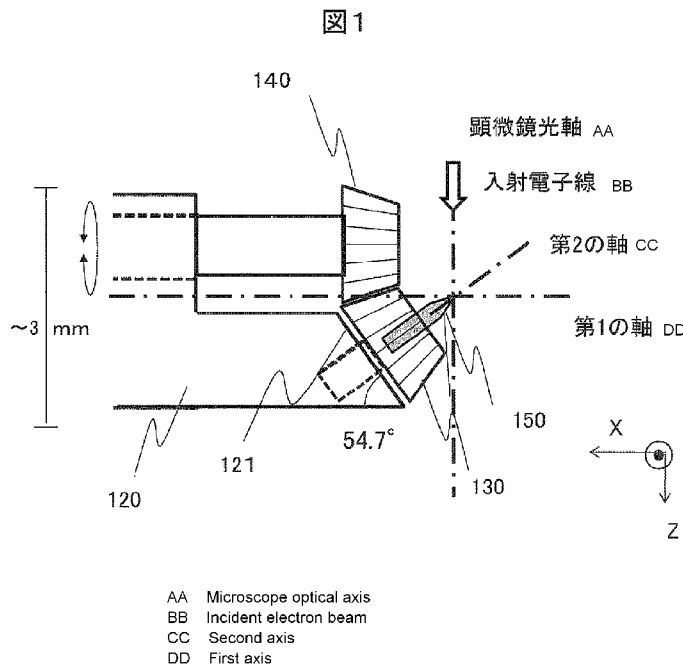
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロシヤ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: CHARGED PARTICLE MICROSCOPE, SAMPLE HOLDER FOR CHARGED PARTICLE MICROSCOPE AND CHARGED PARTICLE MICROSCOPY METHOD

(54) 発明の名称: 荷電粒子線顕微鏡、荷電粒子線顕微鏡用試料ホルダ及び荷電粒子線顕微方法



(57) Abstract: Provided is a device allowing charged particle-generated images to be taken in a rotation series around an x-axis, a y-axis and a z-axis of an observed area, having, in a sample holder of a charged particle beam device, a needle-shaped sample stage having a sample mounted at the tip, a first rotating fixture having the needle-shaped sample stage mounted thereon, and a holding rod having the first rotating fixture mounted at the tip, and constituted by a first rotation angle control mechanism rotating the holding rod inside a sample chamber around a first axis orthogonal to an optical axis of a microscope, a second rotation angle control mechanism for rotating the first rotating fixture inside the sample chamber around a second axis, and an angle setting mechanism for setting the angle between the first axis and the second axis to about 54.7 degrees.

(57) 要約: 観察領域のx軸、y軸及びz軸回りの回転シリーズ荷電粒子線像を撮影できる装置を提供する。荷電粒子線装置の試料ホルダに、試料を先端に装着した針状試料台と、針状試料台を先端に装着した第1の回転治具と、第1の回転治具を先端に装着した保持棒とを持ち、保持棒を試料室内で顕微鏡光軸と直行する第1の軸回りに回転させる第1の回転角度制御機構と、第1の回転治具を試料室内で第2の軸回りに回転させる第2の回転角度制御機構と、第1の軸と第2の軸のなす角を54.7度近傍に設定する角度設定機構とから構成される。

WO 2014/195998 A1

## 明 細 書

発明の名称：

荷電粒子線顕微鏡、荷電粒子線顕微鏡用試料ホルダ及び荷電粒子線顕微方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、荷電粒子線顕微鏡を用いて試料の電磁場構造を解析する顕微鏡及び方法に関する。

### 背景技術

[0002] 透過電子顕微鏡像から試料の3次元的な電磁場構造を再構成する方法として、非特許文献1に記載の方法がある。

[0003] ベクトル成分、すなわち各画素に割り当てられた直交3成分（ $x$ ， $y$ ， $z$ ）を再構成するには、観察領域の $x$ 軸周りの回転シリーズ像から $x$ 軸方向の磁場成分 $B_x(x, y, z)$ を再構成し、 $y$ 軸周りの回転シリーズ像から $y$ 軸方向の磁場成分 $B_y(x, y, z)$ を再構成し、残りの $z$ 軸方向の磁場成分 $B_z(x, y, z)$ は磁場の特性である $\text{Max} \text{e} \parallel$ 方程式 $\text{div} B = 0$ から計算できると示されている。

[0004] また、3次元再構成に用いる回転シリーズ像撮影に使用される試料ホルダとしては、以下の試料ホルダが公知である。

[0005] 特許文献1には、「試料ホルダ1の先端部には球体5と、球体5の中心に貫通して固定された試料保持棒6と、球体5を保持する球面座を有する回転内筒3と、球体5の傾斜操作を行なう傾斜用ロッド4とが設けられており、先端部は電子顕微鏡の電子レンズ11の間に挿入されている。試料7は試料保持棒6の電子ビーム12側に保持される。試料保持棒6の一端に傾斜用ロッド4の先端の斜面を押し付けてZ軸とY軸の傾斜を操作し、傾斜用ロッド4を退避させ所定の傾斜方向に斜面を回転させて所定の傾斜角まで再び押し付けて傾斜方向を変更する。」と記載されている（特許文献1の図1及び「要約」の「解決手段」参照）。

[0006] また、「試料ホルダ 1 の大気側にはユーセントリック型の移動機構を具備するサイドエントリー型の試料移動装置の二つの回転駆動機構と一つの直進駆動機構が設けられている。このうち一つの回転駆動機構は 360 度の X 軸の回転  $\theta_x$  に用いられ、回転内筒 3 に接続されている。また、他の一つの回転駆動機構と直進駆動機構とは Z 軸、Y 軸の傾斜操作  $\theta_z$ 、 $\theta_y$  に用いられ、回転内筒 3 の内部に設置された傾斜用ロッド 4 に接続されている。」との記載もある（特許文献 1 の段落「0013」参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0007] 特許文献 1：特開 2004-688661 号公報  
特許文献 2：特開 2001-256912 号公報

#### 非特許文献

[0008] 非特許文献 1：C. Phatak, M. Beleggia and M. De Graef : Ultramicroscopy, Vol. 108, (2008) 503-513.

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、従来の技術では磁場成分  $B_x$  の再構成像や磁場成分  $B_y$  の再構成像に投影角度制限によるアーティファクトが発生するため、 $B_x$  や  $B_y$  から  $\text{Maxell}$  方程式  $\text{div} B = 0$  を用いて計算した  $B_z$  には更に多くのアーティファクトが発生することが判明した。

[0010] まず、特許文献 1 に示す試料ホルダを用いた場合、試料の x 軸を試料クレードル (12) の傾斜軸に合わせて設置し、x 軸回り  $\pm 70$  度範囲の回転シリーズ像を得ることが出来る。その後、移動機構 (16) を用いて試料の y 軸を試料クレードル (12) の傾斜軸に合わせ、x 軸回り  $\pm 70$  度範囲の回転シリーズ像を得ることが出来る。しかしこれらの回転シリーズ像から再構成された  $B_x$  及び  $B_y$  には投影角度制限によるアーティファクトが発生する

。そして、Maxell方程式  $\text{div } B = 0$  とならない成分が  $B_x$  と  $B_y$  に混入しているため、 $B_z$  において更に多くのアーティファクトが発生する。なお、試料を  $\pm 70$  度以上傾斜させるとクレードル (12) や移動機構 (16) などが入射電子線もしくは透過電子線の光路を塞ぐため、 $360$  度範囲の投影像を得ることは不可能であり、投影角度制限によるアーティファクトをなくすことはできない。

[0011] 次に、特許文献2に示す試料ホルダを用いた場合、試料の  $x$  軸を回転内筒31の回転軸に合わせて設置し、回転  $\theta_x$  を変化させて  $x$  軸回り  $360$  度範囲の回転シリーズ像を得ることが出来る。しかしながらその後、傾斜用ロッド4を用いて  $\theta_y$  及び  $\theta_z$  を調整し、試料の  $y$  軸を回転内筒31の回転軸に合わせることは困難である。

[0012] なぜなら、 $\theta_y$  及び  $\theta_z$  は  $\pm$  数  $10$  度しか変化できないからである。これは  $\theta_y$  及び  $\theta_z$  の変化範囲は球体5を支える回転内筒3に試料保持棒6が接触する角度で制限されることに起因する。仮に、 $\theta_y$  及び  $\theta_z$  の回転角度範囲を  $\pm 45$  度まで拡大するために回転内筒3先端の穴径を大きくすると、試料を傾斜させるために傾斜用ロッド4を押しつけると球体5が飛び出すことになる。従って  $y$  軸回りの回転シリーズ像を得ることができないので、磁場成分  $B_y$  を求めることが出来ず、Maxell方程式  $\text{div } B = 0$  を用いて  $B_z$  を計算する事も出来ない。

[0013] 以上の課題をふまえて、本発明の目的は、試料の荷電粒子線像から試料の3次元的な電磁場構造を再構成する技術において、3次元再構成で発生するアーティファクトを低減させ、高精度な3次元磁場構造を提供することである。

### 課題を解決するための手段

[0014] 上記課題を解決するために、以下の装置及び方法を考案した。以下にその一例を示す。すなわち、本出願の試料ホルダは、荷電粒子線を試料へ照射し観察する荷電粒子線装置に用いる試料ホルダであって、前記試料ホルダは、先端部に前記試料を取り付ける取付部を有する回転冶具と、前記回転冶具を

保持する保持部を有する保持棒と、前記保持棒を前記荷電粒子線と直交する第1の軸回りに回転させる第1の回転角度制御部と、前記回転治具を第2の軸回りに回転させる第2の回転角度制御部と、を有し、前記保持部は、前記第1の軸と前記第2の軸のなす角を任意の角度に定める角度設定部と、を有することを特徴とする。

[0015] また、本出願の荷電粒子線装置は、荷電粒子線を試料へ照射する照射光学系と、前記試料を保持する試料ホルダと、前記試料からの荷電粒子を検出する検出光学系と、を有する荷電粒子線装置であって、前記試料ホルダは、先端部に前記試料を取り付ける取付部を有する回転治具と、前記回転治具を保持する保持部を有する保持棒と、前記保持棒を前記荷電粒子線と直交する第1の軸回りに回転させる第1の回転角度制御部と、前記回転治具を第2の軸回りに回転させる第2の回転角度制御部と、を有し、前記保持部は、前記第1の軸と前記第2の軸のなす角を任意の角度に定める角度設定部と、を有することを特徴とする。

[0016] また、本出願の荷電粒子線顕微法は、試料取付台の先端部に試料を取り付けるステップと、前記試料のx軸を第1の回転軸と平行にするステップと、前記試料のx軸回りの回転シリーズ像を得るステップと、前記試料のy軸を第1の回転軸と平行にするステップと、前記試料のy軸回りの回転シリーズ像を得るステップと、前記試料のz軸を第1の回転軸と平行にするステップと、前記試料のz軸回りの回転シリーズ像を得るステップと、を含み、前記x軸と前記y軸と前記z軸とはそれぞれ直交座標系であることを特徴とする。

## 発明の効果

[0017] 本装置及び方法を用いることで、試料の電磁場分布を再構成することができる。

## 図面の簡単な説明

[0018] [図1]実施例1で用いた保持棒先端の基本構成の平面図である。

[図2]試料に固定された直交座標系x y zと第1の軸と第2の軸の関係を示す

説明図である。

[図3]電子線干渉顕微鏡の基本構成図である。

[図4]実施例1から5で用いた試料ホルダ及び試料ステージの基本構成図である。

[図5]針状試料台および突起状試料部分を拡大した構成図である。

[図6]実施例1から4で用いた第1の回転治具の基本構成図である。

[図7]実施例1で用いた保持棒先端の基本構成の鳥瞰図である。

[図8]試料のx軸回り、y軸回り及びz軸回りの回転シリーズ像を撮影するためのフローチャートである。

[図9]実施例2で用いた保持棒先端の基本構成の平面図である。

[図10]実施例2から4で用いた第1の回転治具の基本構成図である

[図11]実施例2で用いた傾斜治具の基本構成の平面図である。

[図12(A)]実施例3で用いた保持棒先端の基本構成図であり、Y方向からみた平面図である。

[図12(B)]実施例3で用いた保持棒先端の基本構成図であり、X方向からみた平面図である。

[図12(C)]実施例3で用いた保持棒先端の基本構成図であり、全体の鳥瞰図である。

[図13]実施例4で用いた保持棒先端の基本構成の平面図である。

[図14(A)]実施例4で用いた傾斜治具の基本構成図であり、2本のワイヤーと1本のネジを用い、2本のワイヤーの移動量の組み合わせで2軸制御する場合の基本構成図である。

[図14(B)]実施例4で用いた傾斜治具の基本構成図であり、2本のワイヤーと2本のネジを用い、各ワイヤーが各軸を制御する場合の基本構成図である。

[図14(C)]実施例4で用いた傾斜治具の基本構成図であり、2本のワイヤーと2本のネジを用い、2本のワイヤーの移動量の組み合わせで2軸制御する場合の基本構成図である。

[図15]実施例5で用いた保持棒先端の基本構成の平面図である。

[図16]実施例5で用いた第1の回転冶具の基本構成図である。

[図17]実施例5で用いた保持棒先端の基本構成の鳥瞰図である。

[図18]実施例6で用いた保持棒先端の基本構成の平面図である。

[図19]実施例6で用いた試料ホルダ及び試料ステージの基本構成図である。

[図20]実施例7で用いた薄膜状試料と針状試料台の基本構成図である。

### 発明を実施するための形態

[0019] 磁場成分  $B_x(x, y, z)$  及び磁場成分  $B_y(x, y, z)$  を再構成する技術の詳細は、非特許文献1に示されている。すなわち、非特許文献1では試料の  $x$  軸周りの回転シリーズ透過電子顕微鏡像から  $x$  軸方向の磁場成分  $B_x(x, y, z)$  を再構成し、 $y$  軸周りの回転シリーズ透過電子顕微鏡像から  $y$  軸方向の磁場成分  $B_y(x, y, z)$  を再構成し、残りの  $z$  軸方向の磁場成分  $B_z(x, y, z)$  は磁場の特性である  $\text{Maxell}$  方程式  $\text{div } B = 0$  から計算できると示されている。

[0020] それに対し、本発明では磁場成分  $B_z(x, y, z)$  も  $z$  軸回りの回転シリーズ透過電子顕微鏡像から再構成する。

[0021] 図1に、 $z$  軸回りの回転シリーズ透過電子顕微鏡像の取得を実現するための具体的な構成を示した。試料10を先端に装着した針状試料台150と、針状試料台150を装着した第1の回転冶具130と、第1の回転冶具130を先端に装着した保持棒120とを持ち、保持棒120を試料室内で顕微鏡光軸と直行する第1の軸回りに回転させる第1の回転角度制御機構と、第1の回転冶具130を試料室内で第2の軸回りに回転させる第2の回転角度制御機構と第1の軸と第2の軸のなす角を  $54.7$  度近傍に設定する角度設定機構を持つ試料ホルダ100を図示している。ここで、 $54.7$  度近傍とは第2の軸が回転した際に試料の位置ずれが起こらない代表的な角度の例示であり、精度を満たす範囲ならば、この角度に限定されるものではない。

[0022] 図2に、試料に固定された直交座標系  $xyz$  と第1の軸と第2の軸の関係を示す。第2の軸は  $xyz$  の中心と一致させてある。すなわち、第2軸と  $x$  軸のなす角も、第2軸と  $y$  軸のなす角も、第2軸と  $z$  軸のなす角も  $54.7$

度になっている。x軸を顕微鏡光軸と直行する第1の回転軸回と平行に設定した後、第1の回転角度制御機構を用いて試料をx軸回りに回転させ、x軸回り回転シリーズ像を得ることができる。その後、第2の回転角度制御機構を用いて試料のy軸を第1の回転軸と平行に設定した後、第1の回転機構を用いて試料をy軸回りに回転させ、y軸回りの回転シリーズ像を得ることができる。

[0023] 同様に、第2の回転角度制御機構を用いて試料のz軸を第1の回転軸と平行に設定した後、第1の回転機構を用いて試料をz軸回りに回転させ、z軸回りの回転シリーズ像を得ることができる。以下、その実施形態を示す。

[0024] 上記により、互いに直交する3軸回りの回転シリーズ像が撮影できるようになり、各回転シリーズ像から各ベクトル成分を直接再構成できるので、アーティファクトの影響の少ない、高精度な3次元電磁場分布を再構成できるようになる。

### 実施例 1

[0025] 実施例1では、突起状に加工された試料を図1の試料ホルダに装着した事例を示す。また詳細な部分は後述する図6にて説明する。第2の回転角度制御機構の形態として、第1の回転治具130に加工された笠歯車部131と、笠歯車部131と噛み合うように加工された笠歯車部141を持つ第2の回転治具140であり、第2の回転治具140を回転させることで第1の回転治具130を回転させる制御機構を採用した。また、角度設定機構の形態として、第1の回転軸150を設置するテーパ面121であり、テーパ面121の法線と第1の回転軸のなす角が54.7度近傍に設定されている構造を採用した。以下、詳細を示す。

[0026] まず図3に、試料の撮影に用いる装置として、2段電子線バイプリズム干渉光学系を構成した電子線干渉顕微鏡を模式的に示す。前提として、鏡体に固定した直交座標系をXYZと設定している。

[0027] そして、電子源としての電子銃1が電子線の流れる方向の最上流部に位置し、電子線は加速管40にて所定の速度にされた後、照射光学系（第1照射



レンズ4 1、第2照射レンズ4 2)を経て試料ホルダ1 0 0に載置された試料3にZ方向から照射される。第1照射レンズ4 1、第2照射レンズ4 2はコンデンサレンズを用いる。

[0028] 試料1 0を透過した電子線は、対物レンズ5にて結像される。対物レンズ5の下側に第1の電子線バイプリズム9 1が配置され、第1の結像レンズ6 1を介した下側に第2の電子線バイプリズム9 3が配置されている。

[0029] 第1、第2の電子線バイプリズム(9 1、9 3)により干渉縞間隔 $s$ や干渉領域幅 $W$ が定まった電子線干渉顕微鏡像は、第2、第3、第4の結像レンズ(6 2、6 3、6 4)を経て所定の倍率に調整され、観察記録面8 9で画像観察・記録媒体7 9(例えばTVカメラやCCDカメラ)により記録される。その後、演算処理装置7 7により振幅像、位相像などに再生され、例えばモニタ7 6などに表示される。

[0030] 次に図4は試料ホルダ及び試料ステージの基本構成図である。試料ホルダ1 0 0は保持筒1 1 0と、保持筒1 1 0内の保持棒1 2 0から構成される。保持筒1 1 0は電子線が通過できる開口部1 1 1を持つ。保持棒1 2 0は、保持筒1 1 0とは独立に、第1の軸回りに3 6 0度回転可能である。一般に、保持筒の直径は7~8 mm、保持棒の直径は~3 mmに設計される。

[0031] ちなみに、汎用の透過電子顕微鏡では試料ホルダをインレンズ型の対物レンズの間に挿入する。インレンズ型の対物レンズにおけるレンズギャップは5 mm程度であり、さらにX線発生抑制の軽元素カバーが装備されていると、レンズギャップに挿入可能な厚さは3 mm程度になる。

[0032] 一方、図3は試料の電磁場構造を観察する装置であり、レンズギャップ内の強磁場で試料の磁場構造が変化することを避けるために、試料は対物レンズ5と第2照射レンズ4 2の間を挿入する。試料室のZ方向のサイズは1 0 mm以上あるので、保持筒及び保持棒の直径を増加させることは可能であるが、保持筒及び保持棒の直径を増加させる場合は、試料ステージ等の新規設計が必要になる。

[0033] また、集束イオンビーム加工装置を用いた試料加工や汎用の透過電子顕微

鏡を用いた試料形状評価を共通の試料ホルダで行いたいというニーズがある。以上の理由から本実施例で用いる試料ホルダも、多くの装置で用いられる目的を考慮して保持筒の直径を7～8 mmに、保持棒の直径を～3 mmにすることにした。したがって、試料ホルダの各構成部品のサイズは、そのホルダが用いられる装置によって異なるものであり、上記にて述べたサイズに必ずしも限定でされるものではない。

[0034] そして、試料ホルダ110は試料ステージにX方向から挿入される。試料10のX、Y、Z方向の位置は試料ステージのパルスモータ及びエンコーダ（図示せず）からなる3個のリニアアクチュエータ101～103を用いて制御する。また、保持棒120の回転を制御する第1の回転角度制御機構には、例えば保持棒120を回転させるパルスモータ104を用いる。また上記の動作を精度よく実現できるのであれば、パルスモータ以外を用いてもよい。

[0035] 図5には、突起状に形成された試料10の形状と、試料10を装着する針状試料台150の基本構造を示す。試料10は台座部13と、試料10における観察領域11と、観察領域11を内包する突起部12とを持ち、針状試料台150の先端に設置される。透過電子像を得るために、突起部12の直径は50 nmから200 nmに細線化されている。

[0036] また、試料10を第1の軸回りに回転させた場合でも、第2の軸回りに回転させた場合でも針状試料台150が電子線（すなわち顕微鏡の光路）を遮断しないように、針状試料台150はテーパ角が35度以下の円錐状もしくは多角錐状になっている。針状試料台150はテーパ部151と、針状試料台150をピンセットなどでハンドリングする際に用いるグリップ部152と、針状試料台150と第1の回転治具130との脱着に用いるネジ部153と、ネジ部153の直径よりも小さい直径を持つ円柱状もしくは多角柱状のガイド部154とを持つ。

[0037] 汎用のピンセットはピンセット先端の内側は平面になっているが、針状試料台150のグリップ部152に適合する溝がピンセット先端の内側に作成

された専用ピンセットを用いると、針状試料台 150 のハンドリングが容易になる。また、針状試料台 150 を第 1 の回転治具 140 に挿入する際、ネジ部 153 よりも直径の小さいガイド部 154 を先にネジ穴部 133 に挿入することで、ネジ部 153 の挿入が容易になる。

[0038] ちなみに、突起部 12 の形状は必ずしも図示したような細線化されている必要は無く、台座部 13 からみて突出している形状を有していればよい。また本実施例では針状試料台 150 はテーパ角が 30 度の円錐状として説明する。

[0039] 図 6 に第 1 の回転治具 130 の基本構造を示す。第 1 の回転治具 130 は傘歯車部 131、保持棒 120 に差し込む差し込み部 132 と、針状試料台 150 の脱着に用いるネジ穴部 133 を持つ。試料 10 を第 1 の軸回りに回転させても第 2 の軸回りに回転させても第 1 の回転治具が顕微鏡光路を遮断しないように、試料 10 と傘歯車 131 の最外周とを結ぶ線と第 2 の軸のなす角が 35 度以下になるように、グリップ部 152 の長さや傘歯車 131 の直径を定める。今回、試料 10 と傘歯車 131 の最外周とを結ぶ線と第 2 の軸のなす角は 30 度で作成した。

[0040] 図 7 に保持棒 120 先端の基本構造を示す。保持棒 120 先端には第 1 の回転治具 130 が装着され、傘歯車部 131 と噛み合うように設置された笠歯車部 141 を持つ第 2 の回転治具 140 と、第 2 の回転治具 140 を保持棒 120 とは独立に回転させるモーター（図示せず）から構成される。モーターの回転は支柱部 142 を介して第 2 の回転治具 140 を回転させ、この回転で第 1 の回転治具 130 を回転させる。

[0041] 前述した図 1 について、さらに詳細に説明する。保持棒 120 先端における第 1 の軸、第 2 の軸、第 1 の回転治具 130、第 2 の回転治具 140 の配置を示す。保持棒 120 の先端には第 2 の軸の方向を設定する角度設定機構としてテーパ面 121 が設けられている。また、テーパ面の法線と第 1 の回転軸のなす角が 54.7 度近傍に設定されている。

[0042] また、汎用の透過電子顕微鏡における試料ステージの稼働範囲は X 方向で

± 1. 0 mm、Y方向で1. 0 mm、Z方向で± 0. 5 mmであるから、第1の軸及び第2の軸回りに試料を回転させた時の試料移動は試料ステージで追従できる範囲以下に定める必要がある。

[0043] そのために、顕微鏡光軸と第1の軸が交差するように定める。また、顕微鏡光軸と第1の回転軸の交点に第2の軸が交わるように第1の回転治具を差し込む穴の位置を定める。

[0044] これら3つの軸の交点に試料10を設置することで、第1及び第2の軸回りに試料を回転させた時、試料の移動を最も少なくすることが出来る。また、試料10を第1の軸及び第2の軸回りに回転させても試料ホルダの部材（特にテーパー部151）が顕微鏡光軸を遮断しないような形状になっており、x軸、y軸及びz軸回りの各々において360度範囲の回転シリーズ像の撮影が可能な構造になっている。

[0045] 最後に図8にて撮影手順を説明する。撮影手順は主に以下の手順から構成される。

顕微鏡光軸と直行する第1の軸と試料のx軸とを平行に設定する（S1）。

第1の回転角度制御機構を用いて試料のx軸回りの回転シリーズ像を撮影する（S2）。

第2の回転角度制御機構を用いて試料のy軸を第1の回転軸と平行に設定する（S3）。

第1の回転角度制御機構を用いて試料のy軸回りの回転シリーズ像を撮影する（S4）。

第2の回転角度制御機構を用いて試料のz軸を第1の回転軸と平行に設定する（S5）。

第1の回転角度制御機構を用いて試料のz軸回りの回転シリーズ像を撮影する（S6）。

[0046] 前述したように、試料のx軸周りの回転シリーズ像からx軸方向の磁場成分 $B_x(x, y, z)$ を再構成し、y軸周りの回転シリーズ像からy軸方向の磁場成分 $B_y(x, y, z)$ を再構成する技術の詳細は、非特許文献1を

参照されたい。同じ手順で z 軸周りの回転シリーズ像から z 軸方向の磁場成分  $B_z(x, y, z)$  を再構成し、3次元磁場構造を再構成する。

[0047] なお、非特許文献 1 ではローレンツ像から再生した回転シリーズ位相像を用いて 3次元磁場構造を再構成する技術を示している。ここで示された技術を電子線干渉顕微鏡像から再生した回転シリーズ位相像に適用することは可能である。また、回転シリーズ像をローレンツ走査透過電子顕微鏡像を用いて撮影しても良い。上記以外の装置で撮影した x 軸回り、y 軸回り、z 軸回りの回転シリーズ像から観察領域の 3次元構造を解析する場合にも、本発明の試料ホルダおよび顕微方法を用いることが可能である。

## 実施例 2

[0048] 実施例 2 では、突起状に加工された試料を図 9 の試料ホルダに装着した事例を示す。本実施例では第 2 の回転角度制御機構の形態として、第 1 の回転治具 130 に加工された第 1 の笠歯車部 131 と、第 1 の笠歯車部 131 と噛み合うように加工された第 2 の笠歯車部 141 を持つ第 2 の回転治具 140 であり、第 2 の回転治具 140 を回転させることで第 1 の回転治具 130 を回転させる制御機構を採用した。また、角度設定機構の形態として、第 1 の回転軸 130 を装着する傾斜治具 160 と、傾斜治具 160 を装着する保持棒先端のテーパ面 121 であり、第 2 の軸と第 1 の軸のなす角が 54.7 度近傍になるようにテーパ面 121 の角度が設計されている構造を採用した。実施例 1 と実施例 2 との違いは、傾斜治具 160 である。また、第 1 の回転治具 130 のガタつきやズレを防止するために、バネ 134 を追加している。

[0049] 図 10 には、バネ追加に伴い、第 1 の回転治具の構造を変更した構造を示している。第 1 の回転治具 130 を装着する際、傘歯車部 131 と抑え治具 135 で傾斜治具 160 を挟み込む構造とし、抑え治具 135 と傾斜治具 160 の間にバネ 134 を設置した。抑え治具 135 には抑え治具 135 と傾斜治具 160 の距離を調整するネジが設けられており、抑え治具 135 と傾斜治具 160 の距離を調整することでバネの強さを調整する構造とした。

[0050] なお、バネ134は傘歯車部131と傾斜治具160の間に設置しても良い。また図11に示すように傾斜治具160には第1の回転治具130の差し込み部132を通すための穴161と、第2の回転治具140の支柱部142を通すための穴162と、傾斜治具160を支持棒120に装着するためにネジ穴163-1、163-2、を設けた。ただし、それぞれの部品を固定できるのであれば、必ずしも図11のようにする必要はない。また、実施例1の傘歯車部131と保持棒120との間にバネ134を設けても第1の回転治具130のガタつきやズレを防止することができる。

[0051] 第1の回転治具及び角度設定機構以外は実施例1と同様であるので、顕微鏡本体や撮影手順などの説明は省略する。

### 実施例 3

[0052] 実施例3では、図12(A)及び図12(B)の構成を用いて、突起状に加工された試料を試料ホルダに装着した事例を示す。

[0053] 本実施例では第2の回転角度制御機構の形態として、第1の回転治具130に加工された第1の笠歯車部131と、第1の笠歯車部131と噛み合うように加工された第2の笠歯車部141を持つ第2の回転治具140であり、第2の回転治具140を回転させることで第1の回転治具130を回転させる制御機構を採用した。また、角度設定機構の形態として、第1の回転軸130を装着する傾斜治具160と、傾斜治具160に設けられたピポット部164と、傾斜治具160に取り付けられたワイヤー166と、傾斜治具160に取り付けられたバネ167と、保持棒120に設けられた支柱部122と、支柱部122に設けられたピポット受け部123とを持ち、ワイヤー166の移動によって傾斜治具160の傾斜角度を制御する機構を採用した。

[0054] 実施例2と実施例3との違いは、傾斜治具160の傾斜角度を制御する機構が付加された点である。支持棒120先端には2つの支柱部122が設けられており、ネジ125を用いて傾斜軸160及び保持棒120を挟み込む構造になっている。傾斜治具160の両脇には第1及び第2の軸と直交する

第3の軸上に2つピポット部164が、支持棒120先端に設けられた支柱部122にはそれらを受ける2つのピポット受け部123が設けられている。傾斜冶具160の一端と保持棒先端との間にバネ167が取り付けられており、傾斜冶具160の他端にはワイヤー166が取り付けられており、ワイヤー166を移動によって傾斜冶具160の傾斜角度を制御する。

[0055] 角度設定機構と、角度設定機構を用いて傾斜冶具の角度を設定する手順が図8のS1の前に加わる以外は実施例2と同様であるので、顕微鏡本体や撮影手順などの説明は省略する。

#### 実施例 4

[0056] 実施例4では、図13の構成を用いて、突起状に加工された試料を試料ホルダに装着した事例を示す。本実施例では第2の回転角度制御機構の形態として、第1の回転冶具130に加工された第1の笠歯車部131と、第1の笠歯車部131と噛み合うように加工された第2の笠歯車部141を持つ第2の回転冶具140であり、第2の回転冶具140を回転させることで第1の回転冶具130を回転させる制御機構を採用した。

[0057] また、角度設定機構の形態として、第1の回転軸130を装着する傾斜冶具160と、傾斜冶具160に設けられたピポット受け部165と、傾斜冶具160に取り付けられたワイヤー166と、傾斜冶具160に取り付けられたバネ167と、保持棒120に設けられたピポット部124とを持ち、ワイヤー166の移動によって傾斜冶具160の傾斜角度を制御する機構を採用した。

[0058] 実施例3と実施例4との違いは、傾斜冶具160の第3の軸回りだけでなく第4の軸回りの傾斜する機構が付加された点である。図14(A)から図14(C)を用いてワイヤー166による傾斜冶具160と傾斜角度の制御方法を説明する。

[0059] 図14(A)に示す位置に2本のワイヤー166と1本のバネを取り付けた場合、第1のワイヤーと第2のワイヤーとを同方向に移動させることで傾斜冶具を第3の軸回りに、反対方向に移動させることで第4の軸回りに傾

斜させる。図14(A)は部品点数を最小限にするために、2本のワイヤーと1本のネジで2軸制御を行っている。

[0060] 次に、図14(B)に示すように2本のワイヤーと2本のバネで2軸制御することも可能である。第1のワイヤー166-1を移動させることで傾斜冶具を第3の軸回りに、第2のワイヤーを移動させることで第4の軸回りに傾斜させることができる。

[0061] また、図14(C)に示すように、ワイヤー及びバネを第3の軸上もしくは第4の軸上に取り付ける必要はなく、他の部品と干渉しない位置に取り付け、第1のワイヤー166-1と第2のワイヤー166-2の移動を適時調整することで、傾斜冶具を第3の軸回り及び第4の軸回りの傾斜させることができる。

[0062] 角度設定機構と、角度設定機構によって第3の軸回りだけでなく第4の軸回りに傾斜可能になったこと以外は実施例3と同様であるので、顕微鏡本体や撮影手順などの説明は省略する。

## 実施例 5

[0063] 実施例5では、図15の構成を用いて、突起状に加工された試料を試料ホルダに装着した事例を示す。本実施例では第2の回転角度制御機構の形態として、第1の回転冶具130に加工された滑車部136と、滑車部136に掛けられたワイヤー137であり、ワイヤー137を移動させることで第1の回転冶具130を回転させる制御機構を採用した。また、角度設定機構の形態として、第1の回転軸150を設置するテーパ面121であり、テーパ面121の法線と第1の回転軸のなす角が54.7度近傍に設定されている構造を採用した。

[0064] 図16に第1の回転冶具130の基本構造を示す。第1の回転冶具130はワイヤー137をかける滑車部136と、保持棒120に差し込む差し込み部133と、針状試料台150の脱着に用いるネジ穴部132を持つ。試料10を第1の軸回りに回転させても第2の軸回りに回転させても第1の回転冶具が顕微鏡光路を遮断しないように、試料10と滑車部外周とを結ぶ線



と第2の軸のなす角が35度以下、今回は30度になるように、グリップ部152の長さや滑車の直径を定めた。

[0065] 次に図17に、保持棒120先端の基本構造を示す。保持棒120の先端には第1の回転部130が装着され、第1の回転治具130の滑車部136にはワイヤー137が掛けられている。ワイヤー137を移動させるモーター（図示せず）を用い、ワイヤー137を移動させることで第1の回転治具130を回転させる。

[0066] なお、第1の回転治具を傘歯車ではなく、滑車及びワイヤーで回転させた場合の問題点として、滑車とワイヤーとの滑りがある。滑りがあるとモーターの移動量と第1の回転軸の回転量にずれが発生することがあるため、第1の回転治具の回転角度を直接測定する手段を設けるとより好適である。今回は滑車の上面、もしくは試料の台座部13（図5参照）に等角度間隔の目印138を付けることで回転角度を顕微鏡内で測れるようにした。

[0067] この等間隔の目印（マーク）の作成には、傘歯車の回転軸と集束イオンビーム加工装置の光軸とを平行に設定できる試料ホルダに針状試料台を装着し、傘歯車を等角度間隔で回転させるたびにイオンビームで目印を加工する方法が一例として挙げられる。

[0068] 第2の回転角度制御機構以外は実施例1と同様であるので、顕微鏡本体や撮影手順などの説明は省略する。また実施例2、3、4における第2の回転角度制御機構に実施例5の形態を用いることも可能である。この場合、傾斜治具160に設けられた穴162にワイヤー137を通すことになる。

## 実施例 6

[0069] 実施例1～5で用いた試料ホルダは保持筒110と保持棒120から構成されているが、保持筒110は必須の部品ではない。すなわち、図19に示す試料ホルダを用いることで、他の実施例に適用する事も可能である。なお、保持筒110を用いることで保持棒120先端の試料ドリフトが抑制されることから、高分解能観察には図4の試料ホルダの方が適している。一方、図19に示される構成を取ること、部品点数を減らした測定を行うことが

できる。保持筒 110 の有無以外は実施例 1～5 と同様であるので、顕微鏡本体や撮影手順などの説明は省略する。

## 実施例 7

[0070] 実施例 1～6 では突起状に加工した試料を試料ホルダに装着しているが、これらの試料ホルダに薄膜状に加工した試料を装着することも可能である。図 20 に、薄膜加工した試料 10 の形状と、試料 10 を装着する針状試料台 150 の基本構造を示す。試料 10 は支柱部 15 と観察領域 11 を内包する薄膜部 14 とを持ち、針状試料台 150 の先端に設置される。

[0071] 透過電子像を得るために、薄膜部 12 の膜厚は 50 nm から 200 nm に薄膜化されている。試料 10 を第 1 の軸及び第 2 の軸回りに回転させると支柱部が顕微鏡光路を遮断する角度範囲が存在するため、360 度範囲の投影像を得ることができない。そのため、x 軸回りの回転シリーズ像から再構成した磁場成分  $B_x$ 、y 軸回りの回転シリーズ像から再構成した磁場成分  $B_y$ 、及び z 軸回りの回転シリーズ像から再構成した磁場成分  $B_z$  には投影角度制限によるアーティファクトが発生する。

[0072] しかしながら、投影角度範囲制限の発生している磁場成分  $B_x$  と磁場成分  $B_y$  からから  $\text{Max } e \parallel$  方程式  $\text{div } B = 0$  を用いて計算した  $B_z$  に比べ、 $B_z$  で発生するアーティファクトは大幅に低減される。観察目的によっては観察領域を突起部に内包できない場合があり、この場合は図 20 の試料形状を採用することが効果的である。

試料形状が異なる以外は実施例 1～6 と同様であるので、顕微鏡本体や撮影手順などの説明は省略する。

## 実施例 8

[0073] 実施例 1～7 では試料ホルダを観察装置で使用した例を示したが、この試料ホルダを試料加工装置と共通使用することも可能である。図示はしていないが、試料観察装置と試料加工装置とを共通で使用することにより、針状試料台 150 を試料ホルダから脱着する際の試料破損を防止することが出来る。

[0074] また、試料加工装置においては、本試料ホルダを用いることで、試料に対する荷電粒子線の入射方向を任意に設定できるようになり、加工の任意度が増加するという利点もある。

### 符号の説明

[0075] 1…電子源もしくは電子銃、2…光軸、10…試料、11…試料の観察領域、12…試料の突起部、13…試料の台座部、14…試料の薄膜部、15…試料の支柱部、18…真空容器、19…電子源の制御ユニット、27…電子線の軌道、39…試料ステージの制御ユニット、40…加速管、41…第1照射（コンデンサ）レンズ、42…第2照射（コンデンサ）レンズ、47…第2照射レンズの制御ユニット、48…第1照射レンズの制御ユニット、49…加速管の制御ユニット、5…対物レンズ、51…制御系コンピュータ、52…制御系コンピュータのモニタ、53…制御系コンピュータのインターフェース、59…対物レンズの制御ユニット、61…第1結像レンズ、62…第2結像レンズ、63…第3結像レンズ、64…第4結像レンズ、66…第4結像レンズの制御ユニット、67…第3結像レンズの制御ユニット、68…第2結像レンズの制御ユニット、69…第1結像レンズの制御ユニット、76…画像観察・記録装置のモニタ、77…画像記録装置、78…画像観察・記録媒体の制御ユニット、79…画像観察・記録媒体（例えばTVカメラやCCDカメラ）、8…干渉縞、89…観察・記録面、91…第1の電子線バイプリズムの中央極細線電極、93…第2の電子線バイプリズムの中央極細線電極、97…第2の電子線バイプリズムの制御ユニット、98…第1の電子線バイプリズムの制御ユニット、100…試料ホルダ、101…X方向移動用リニアアクチュエータ、102…Y方向移動用リニアアクチュエータ、103…Z方向移動用リニアアクチュエータ、104…試料ホルダ先端のピポット部、105…第1の軸回り回転用モーター、110…保持筒、111…保持筒の開口部、120…保持棒、121…保持棒先端のテーパ一面、122…保持棒先端の支柱部、123…保持棒先端のピポット受け部、124…保持棒先端のピポット部、125…保持棒先端の支柱部抑え用ネジ、

130…第1の回転治具、131…第1の回転治具の笠歯車部、132…第1の回転治具の差し込み部、133…第1の回転治具のネジ穴部、134…第1の回転治具のバネ、135…第1の回転治具の抑え治具、136…第1の回転治具滑車部、137…第1の回転治具用のワイヤー、138…第1の回転治具の回転角度測定用の目印、140…第2の回転治具、141…第2の回転治具の傘歯車部、142…第2の回転治具の支柱部、150…針状試料台、151…針状試料台のテーパー部、152…針状試料台のグリップ部、153…針状試料台のネジ部、154…針状試料台のガイド部、160…傾斜治具、161…傾斜治具に第1の回転治具の差し込み部132を通すための穴161と、162…傾斜治具に第2の回転治具の支柱部142もしくはワイヤー137を通すための穴、163…傾斜治具を支持棒120に装着するためのネジ穴163、164…傾斜治具のピボット部、165…傾斜治具のピボット受け部、166…傾斜治具のワイヤー、167…傾斜治具のバネ、

## 請求の範囲

- [請求項1] 荷電粒子線を試料へ照射し観察する荷電粒子線装置に用いる試料ホルダであって、  
前記試料ホルダは、  
先端部に前記試料を取り付ける取付部を有する回転冶具と、  
前記回転冶具を保持する保持部を有する保持棒と、  
前記保持棒を前記荷電粒子線と直交する第1の軸回りに回転させる第1の回転角度制御部と、  
前記回転冶具を第2の軸回りに回転させる第2の回転角度制御部と、  
を有し、  
前記保持部は、前記第1の軸と前記第2の軸のなす角を任意の角度に定める角度設定部と、を有することを特徴とする試料ホルダ。
- [請求項2] 請求項1において、  
前記保持部は、前記第1の軸と前記第2の軸のなす角を54.7度近傍に定めるテーパ面を有することを特徴とする試料ホルダ。
- [請求項3] 請求項1において、  
前記保持棒は、前記第1の軸方向に回転する第1の歯車を有し、  
前記回転冶具は、前記第1の歯車から回転が伝達される第2の歯車を有し、  
前記第2の回転角度制御部は、前記第1の歯車と前記第2の歯車との回転動作によって前記回転冶具を回転させることを特徴とする試料ホルダ。
- [請求項4] 請求項1において、  
前記保持棒は、前記回転冶具に接続されたワイヤを有し、  
前記角度設定部は、前記ワイヤによって前記回転冶具を回転させることを特徴とする試料ホルダ。
- [請求項5] 請求項1において、  
前記保持部は、前記第1の軸と傾斜関係にあるテーパ面を有し、

前記角度設定部は、前記テーパ面に設けられたピボットにより前記第1の軸と前記第2の軸のなす角を任意の角度に定めることを特徴とする試料ホルダ。

[請求項6] 請求項1において、

前記取付台保持部は、前記荷電粒子線装置にて観察可能でかつ前記第2の回転に対して等角度の間隔にて印されたマークを有することを特徴とする試料ホルダ。

[請求項7] 荷電粒子線を試料へ照射する照射光学系と、前記試料を保持する試料ホルダと、前記試料からの荷電粒子を検出する検出光学系と、を有する荷電粒子線装置であって、

前記試料ホルダは、

先端部に前記試料を取り付ける取付部を有する回転冶具と、

前記回転冶具を保持する保持部を有する保持棒と、

前記保持棒を前記荷電粒子線と直交する第1の軸回りに回転させる第1の回転角度制御部と、

前記回転冶具を第2の軸回りに回転させる第2の回転角度制御部と、を有し、

前記保持部は、前記第1の軸と前記第2の軸のなす角を任意の角度に定める角度設定部と、を有することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項8] 請求項7において、

前記保持部は、前記第1の軸と前記第2の軸のなす角を54.7度近傍に定めるテーパ面を有することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項9] 請求項7において、

前記保持部は、前記第1の軸と傾斜関係にあるテーパ面を有し、

前記角度設定部は、前記テーパ面に設けられたピボットにより前記第1の軸と前記第2の軸のなす角を任意の角度に定めることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項10] 試料取付台の先端部に試料を取り付けるステップと、

前記試料の x 軸を第 1 の回転軸と平行にするステップと、  
前記試料の x 軸回りの回転シリーズ像を得るステップと、  
前記試料の y 軸を第 1 の回転軸と平行にするステップと、  
前記試料の y 軸回りの回転シリーズ像を得るステップと、  
前記試料の z 軸を第 1 の回転軸と平行にするステップと、  
前記試料の z 軸回りの回転シリーズ像を得るステップと、を含み、  
前記 x 軸と前記 y 軸と前記 z 軸とはそれぞれ直交座標系であることを特徴とする荷電粒子線顕微法。

[請求項11]

請求項 10 において、

前記試料の x 軸を第 1 の回転軸と平行にするステップと前記試料の y 軸を第 1 の回転軸と平行にするステップと前記試料の z 軸を第 1 の回転軸と平行にするステップとは、前記第 1 の回転軸に対して 54.7 度近傍にて傾斜している第 2 の軸回りに前記試料を回転させるステップであることを特徴とする荷電粒子線顕微法。

[請求項12]

請求項 10 において、

前記試料の x 軸回りの回転シリーズ像を得るステップと前記試料の y 軸回りの回転シリーズ像を得るステップと前記試料の z 軸回りの回転シリーズ像を得るステップとは、前記試料の回転角度の範囲がそれぞれの軸において 1 回転以上であることを特徴とする荷電粒子線顕微法。

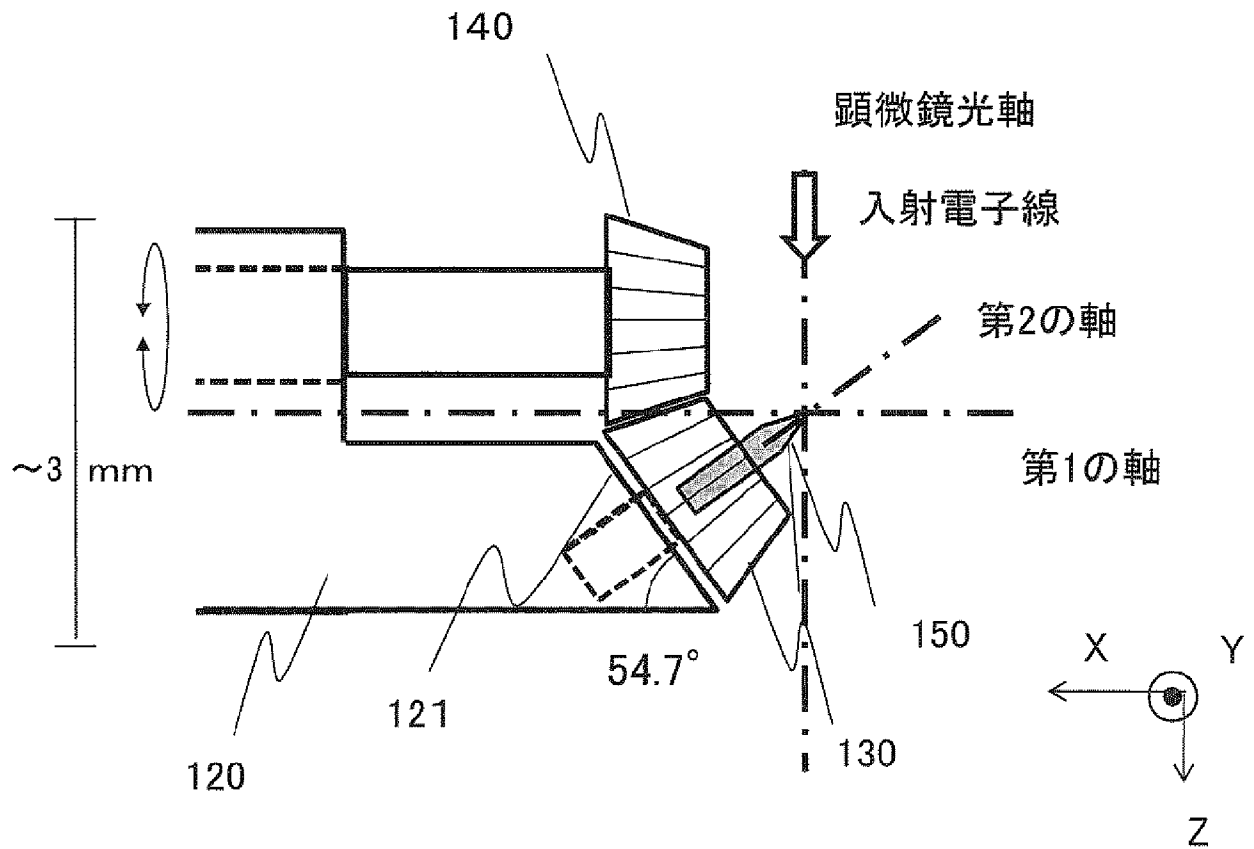
[請求項13]

請求項 10 において、

第 2 の荷電粒子線を前記試料に照射し、前記試料を突起状もしくは薄膜状に加工するステップをさらに有することを特徴とする荷電粒子線顕微法。

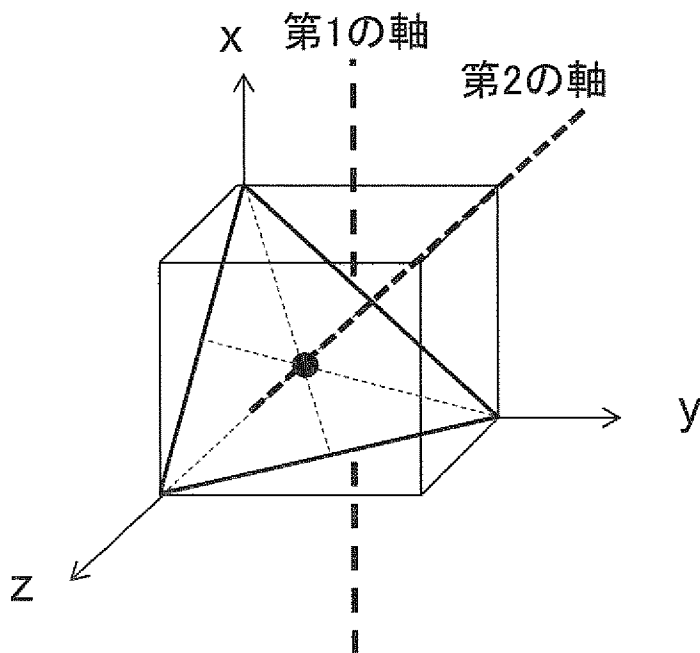
[図1]

図1



[図2]

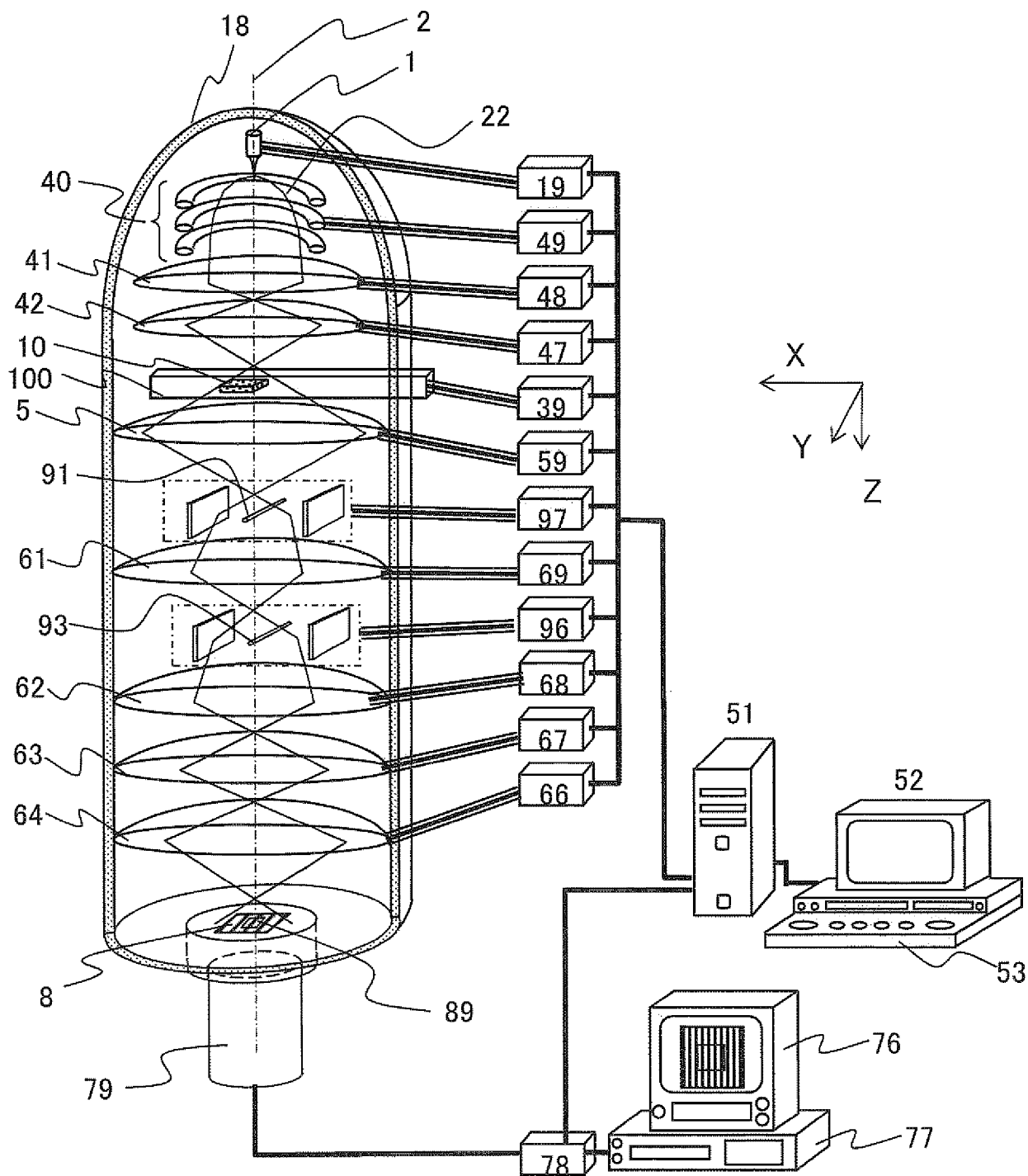
図2





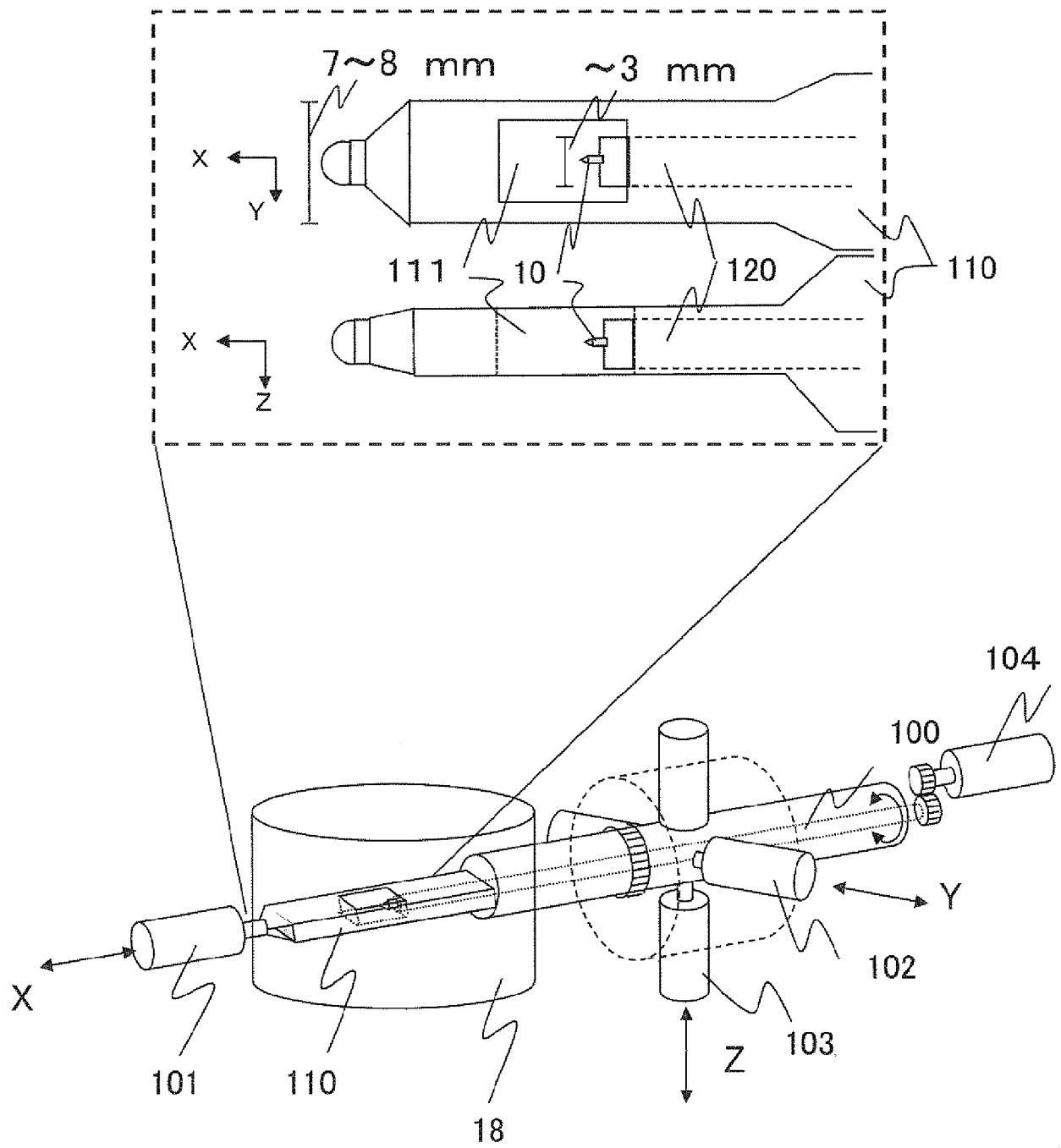
[図3]

図3



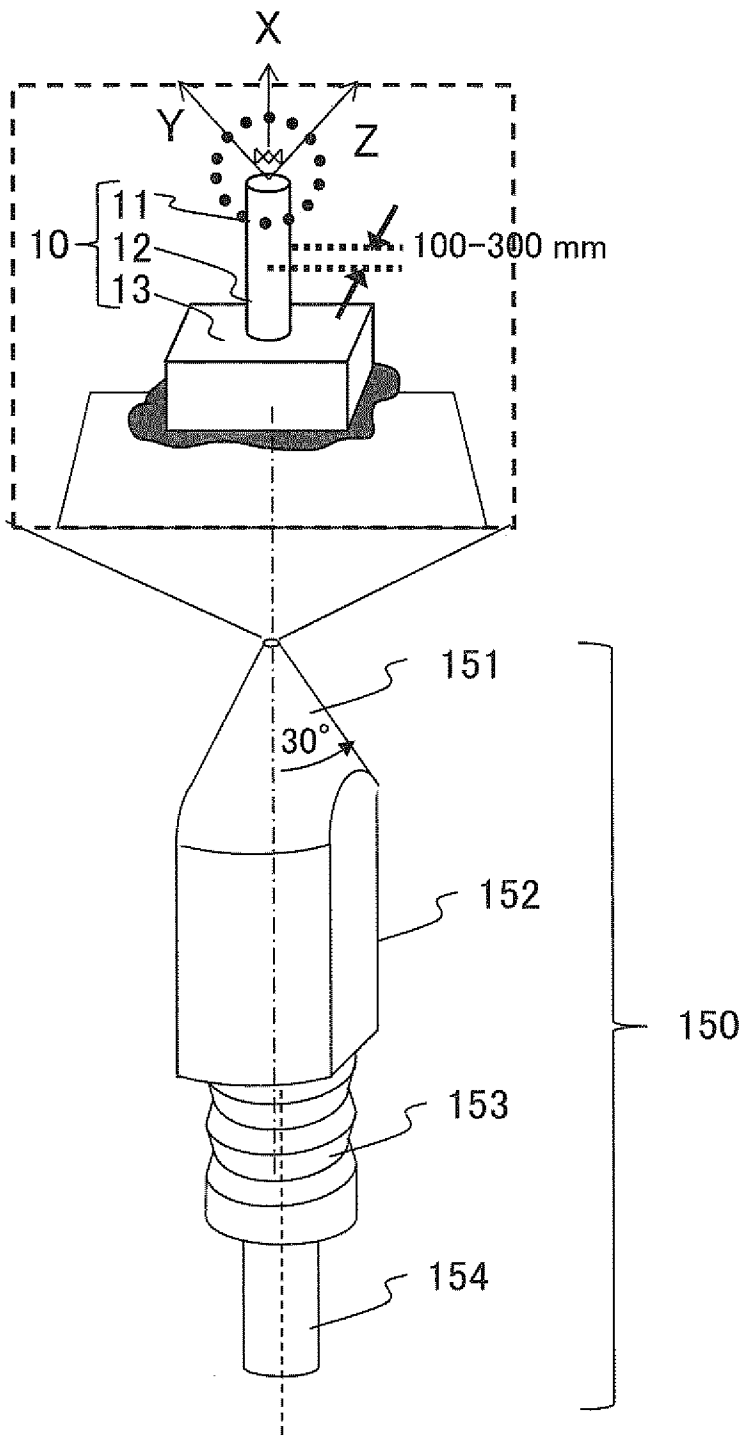
[図4]

図4



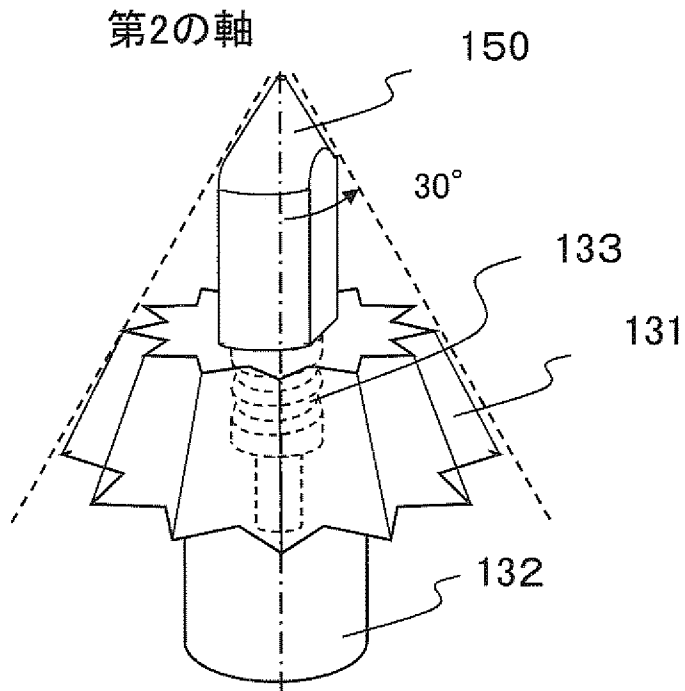
[図5]

図5



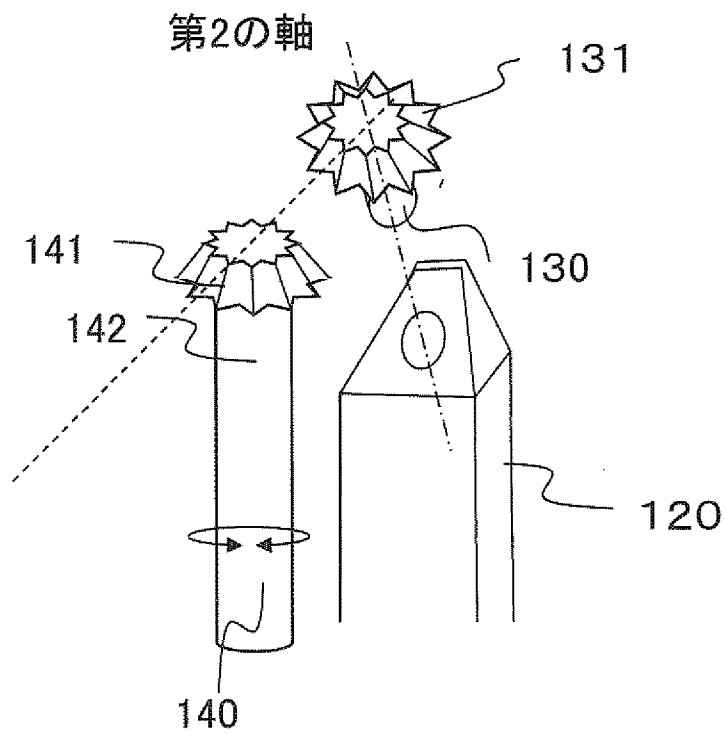
[図6]

図6



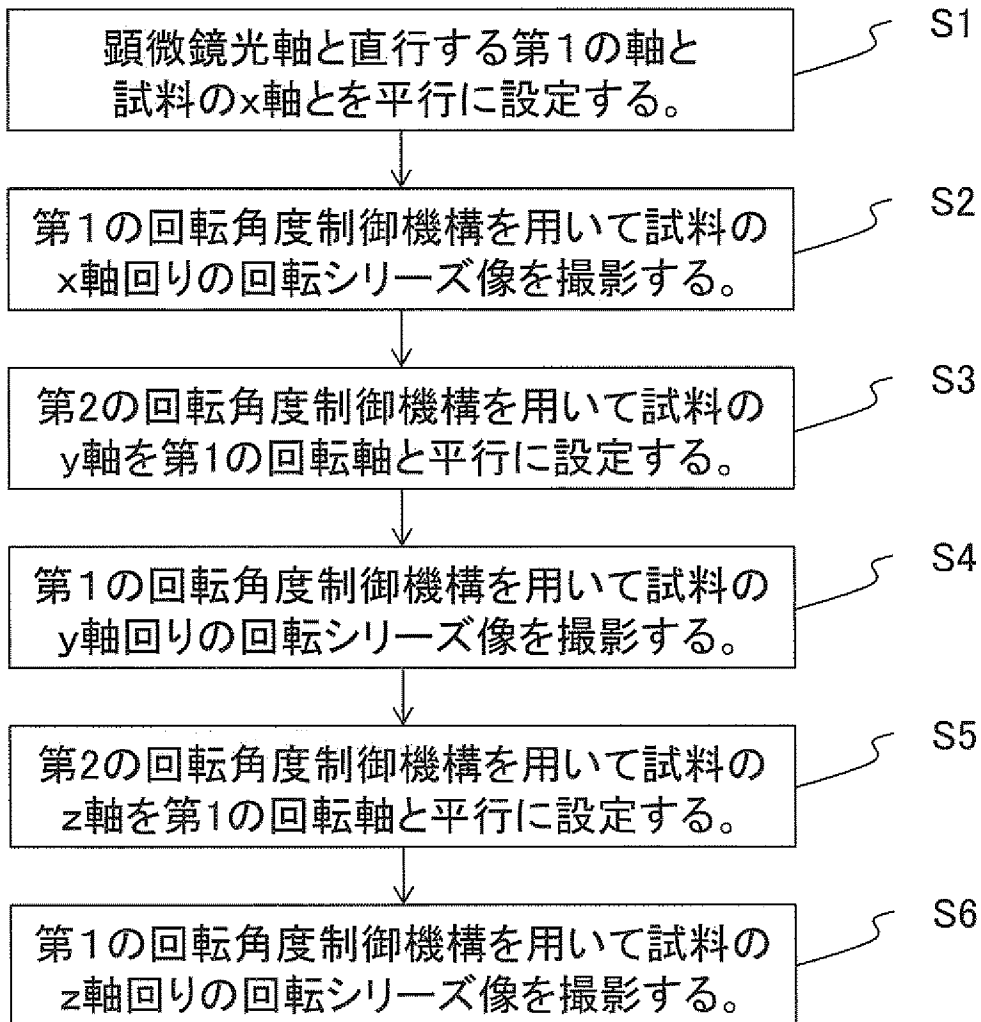
[図7]

図7



[図8]

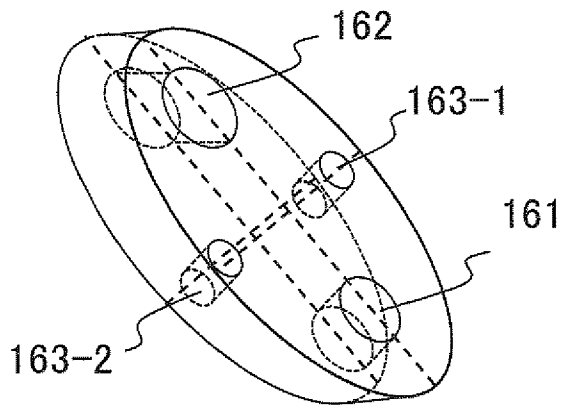
図8





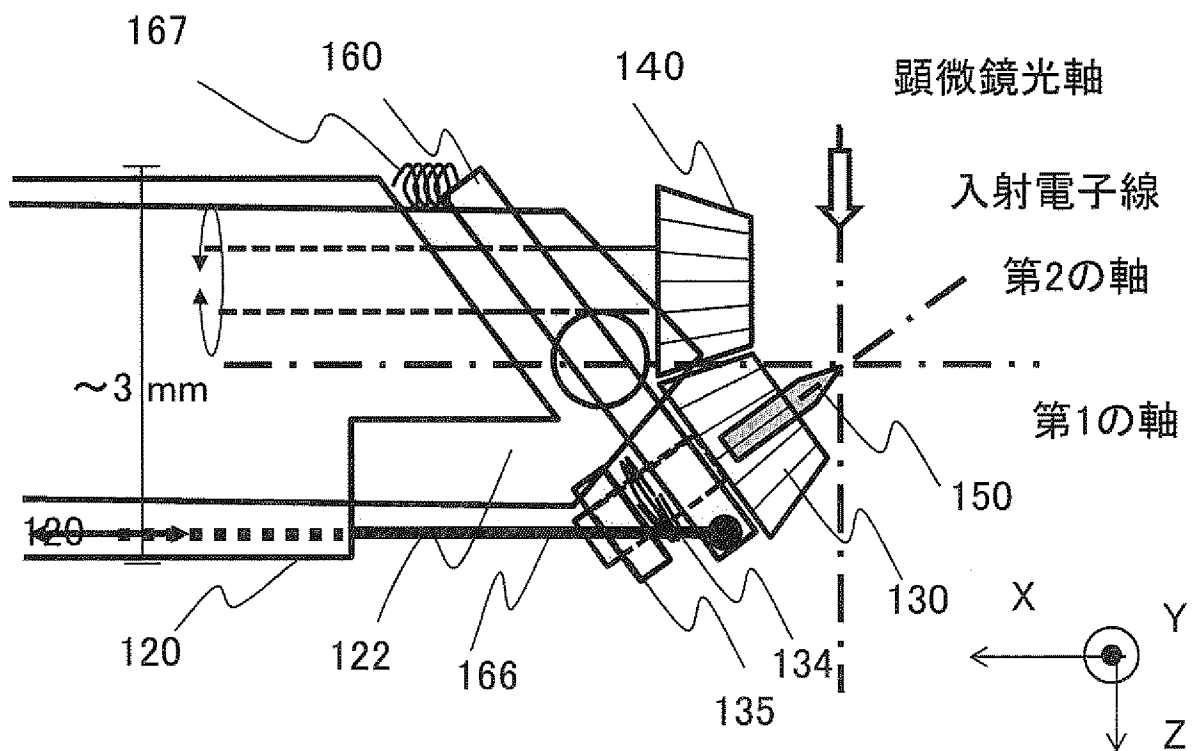
[図11]

図11

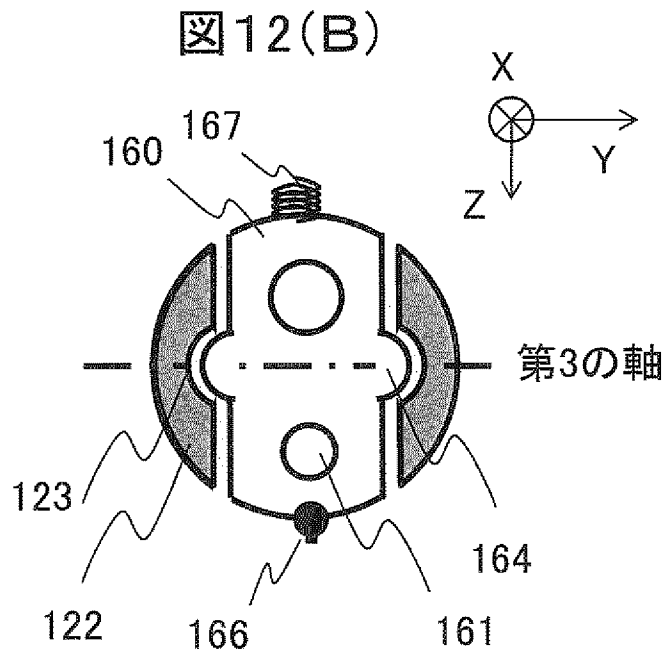


[図12(A)]

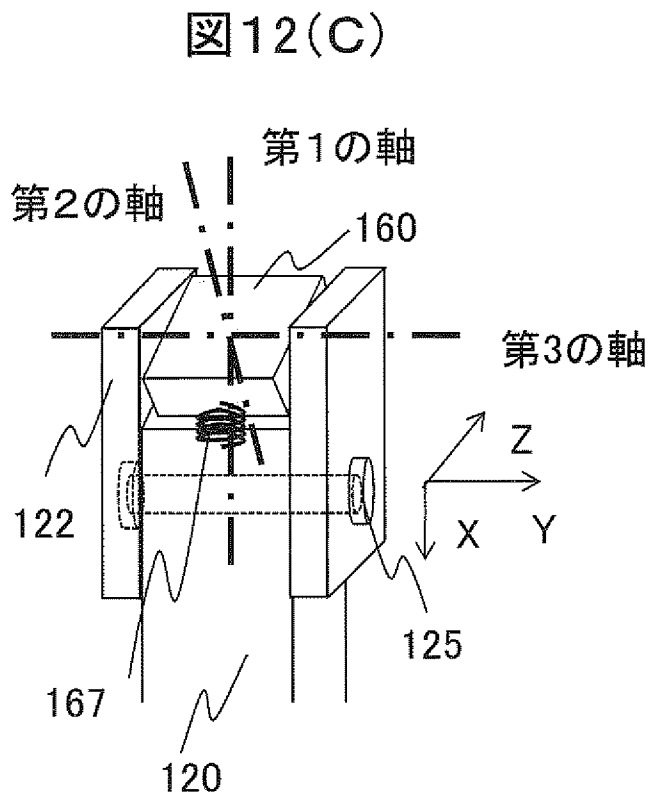
図12(A)



[図12(B)]



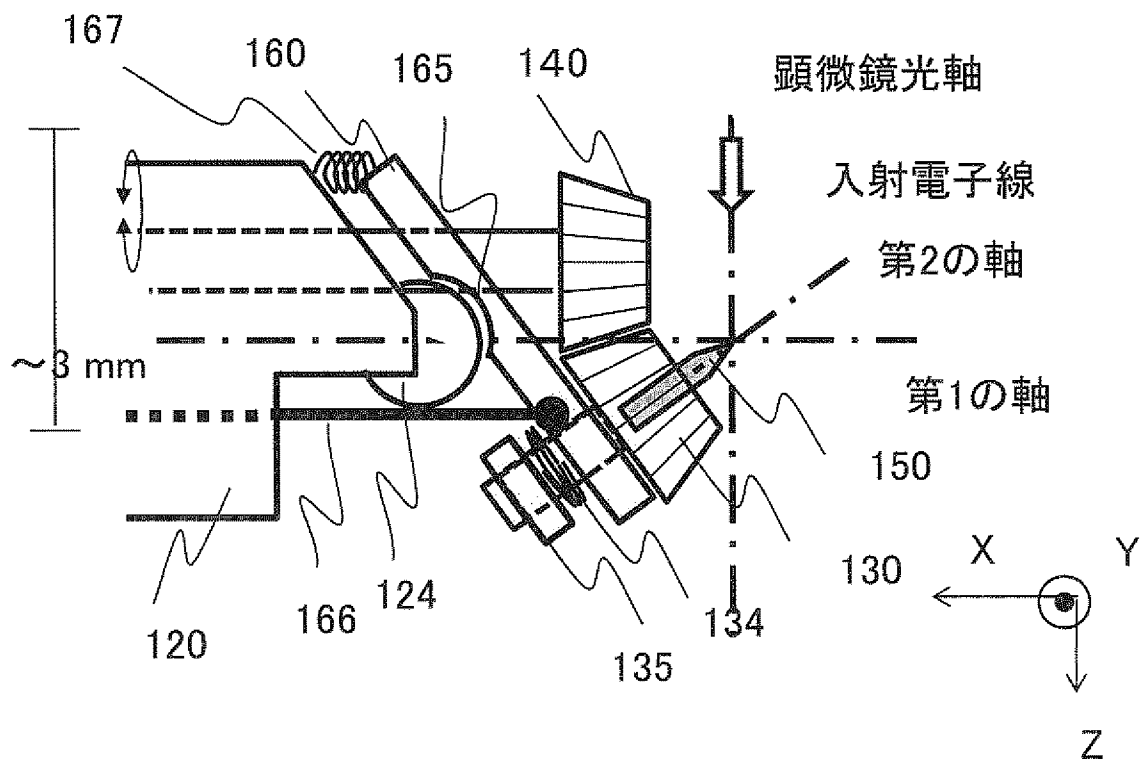
[図12(C)]





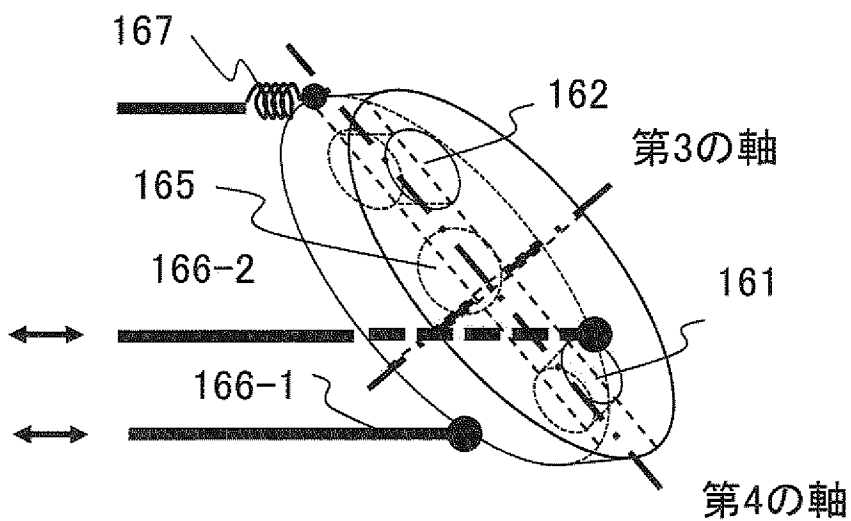
[図13]

図13



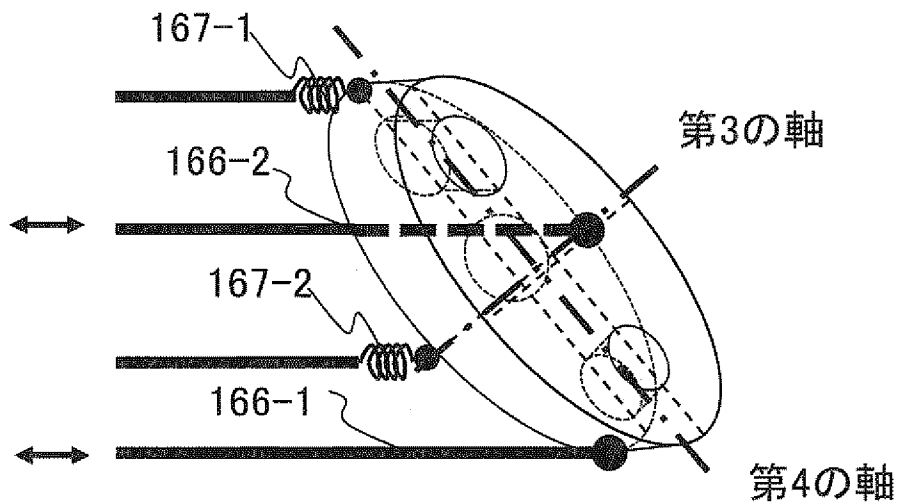
[図14(A)]

図14(A)



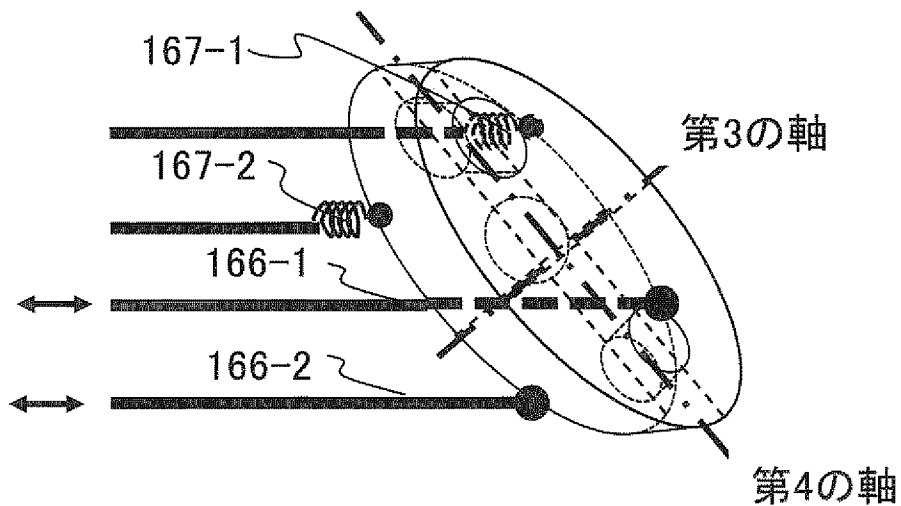
[図14(B)]

図14(B)



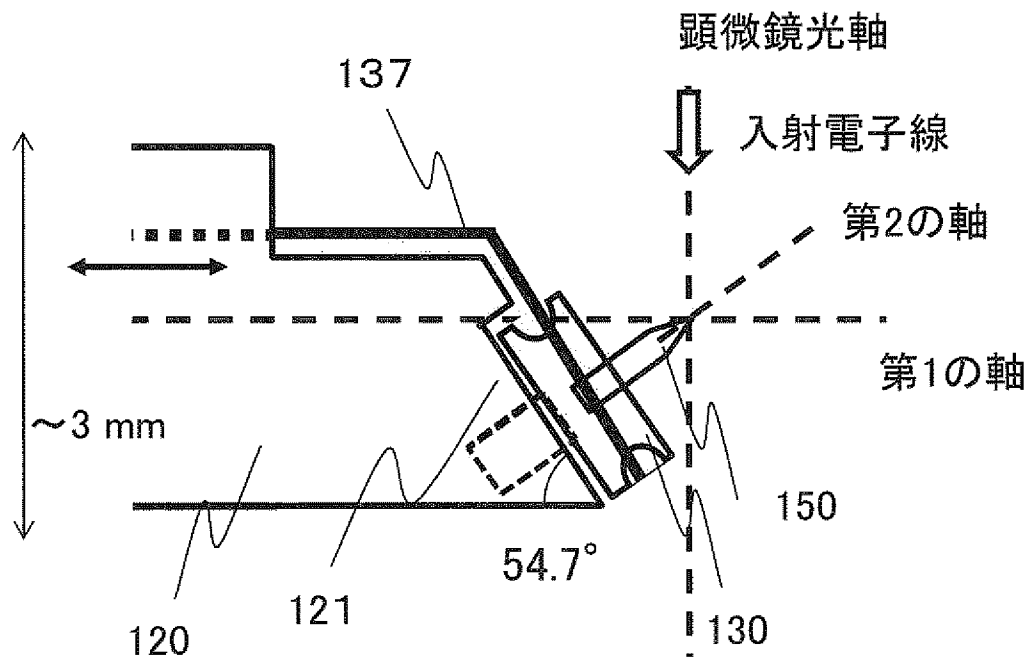
[図14(C)]

図14(C)



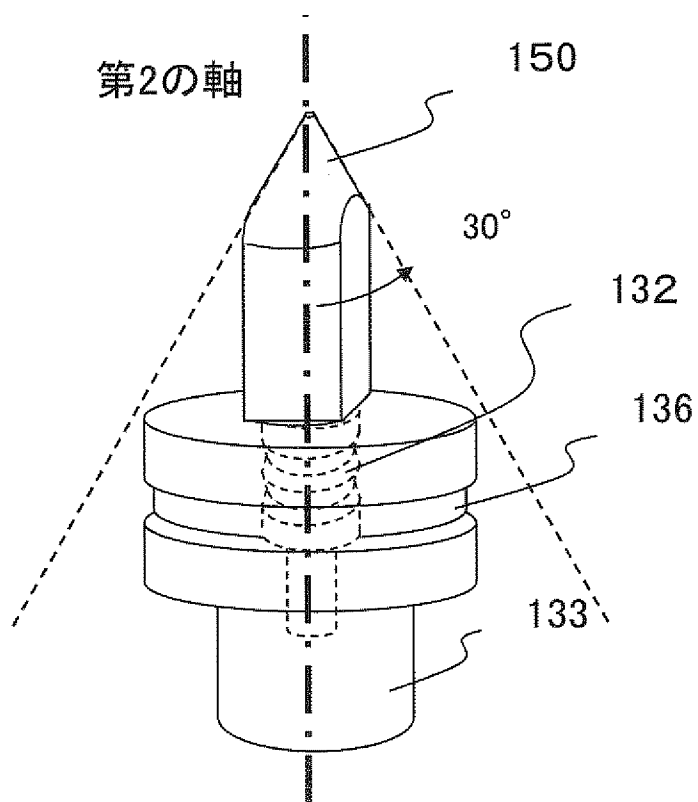
[図15]

図15



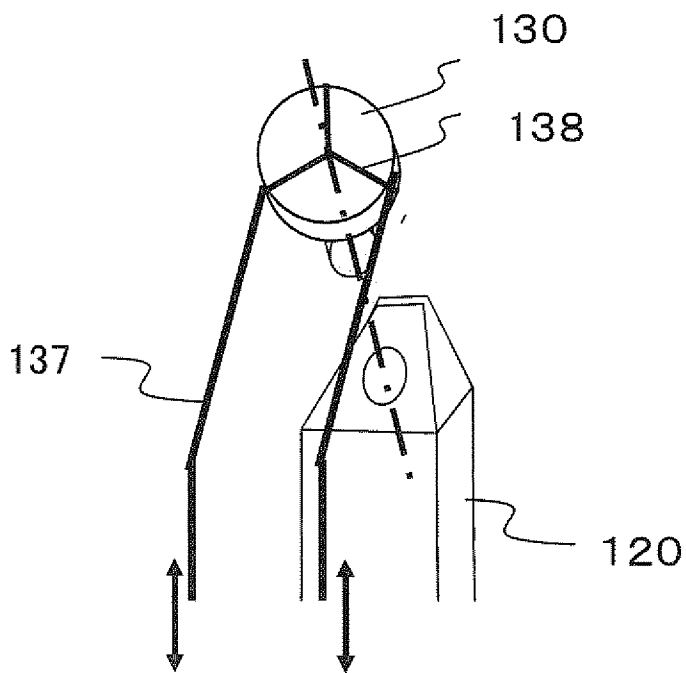
[図16]

図16



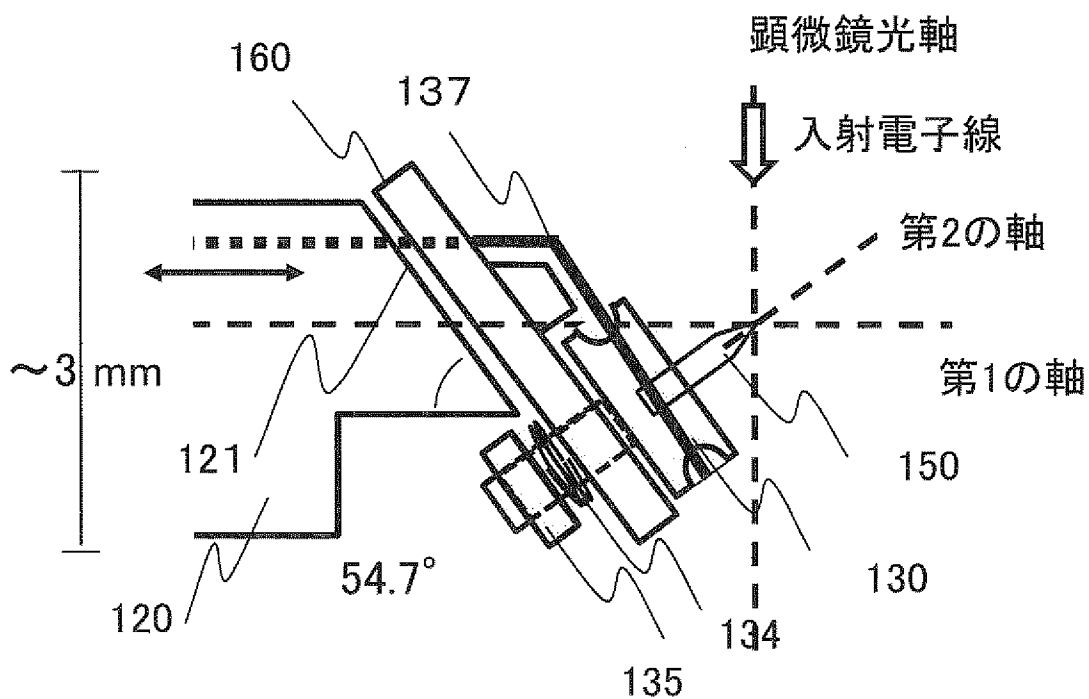
[図17]

図17



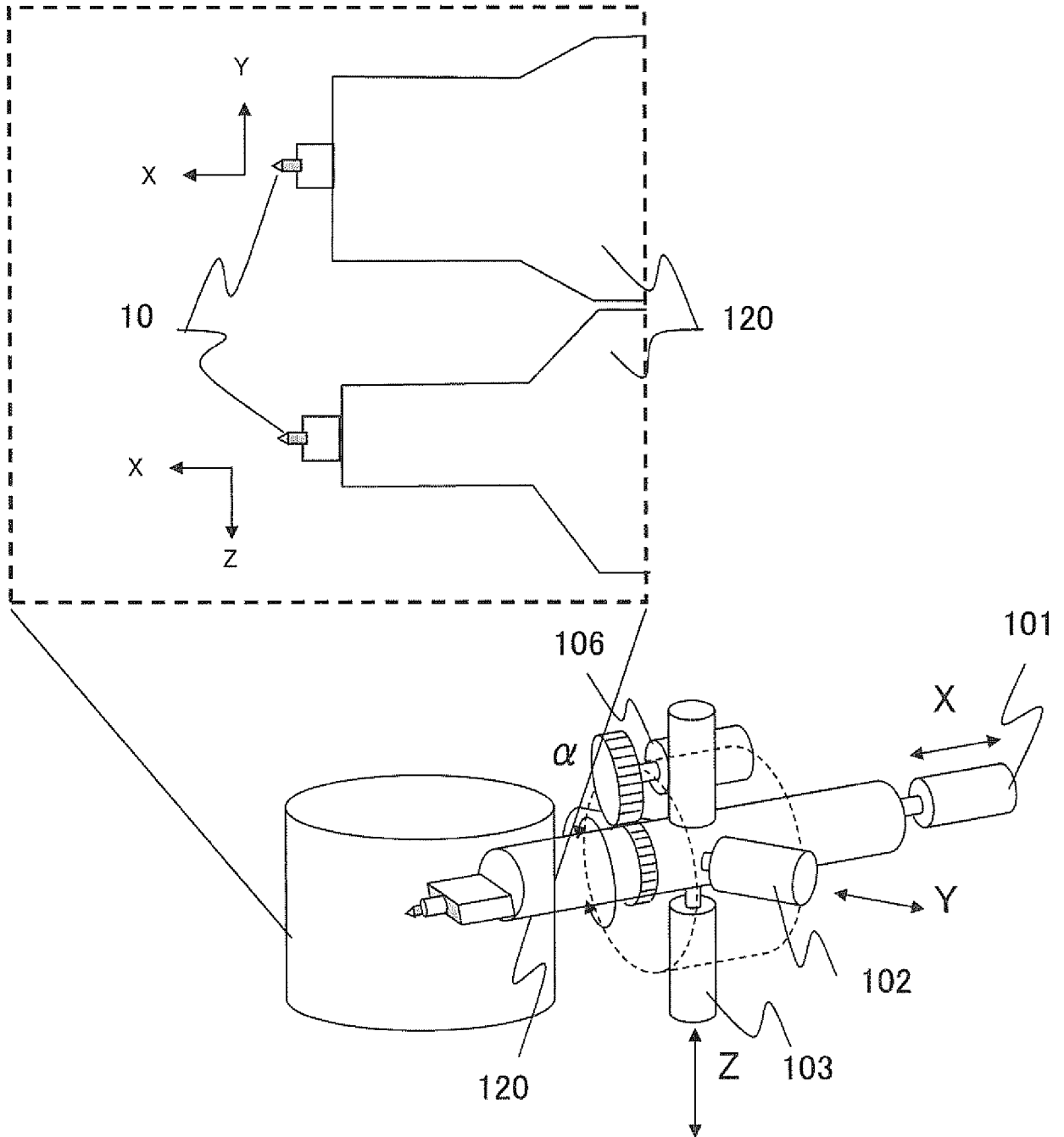
[図18]

図18



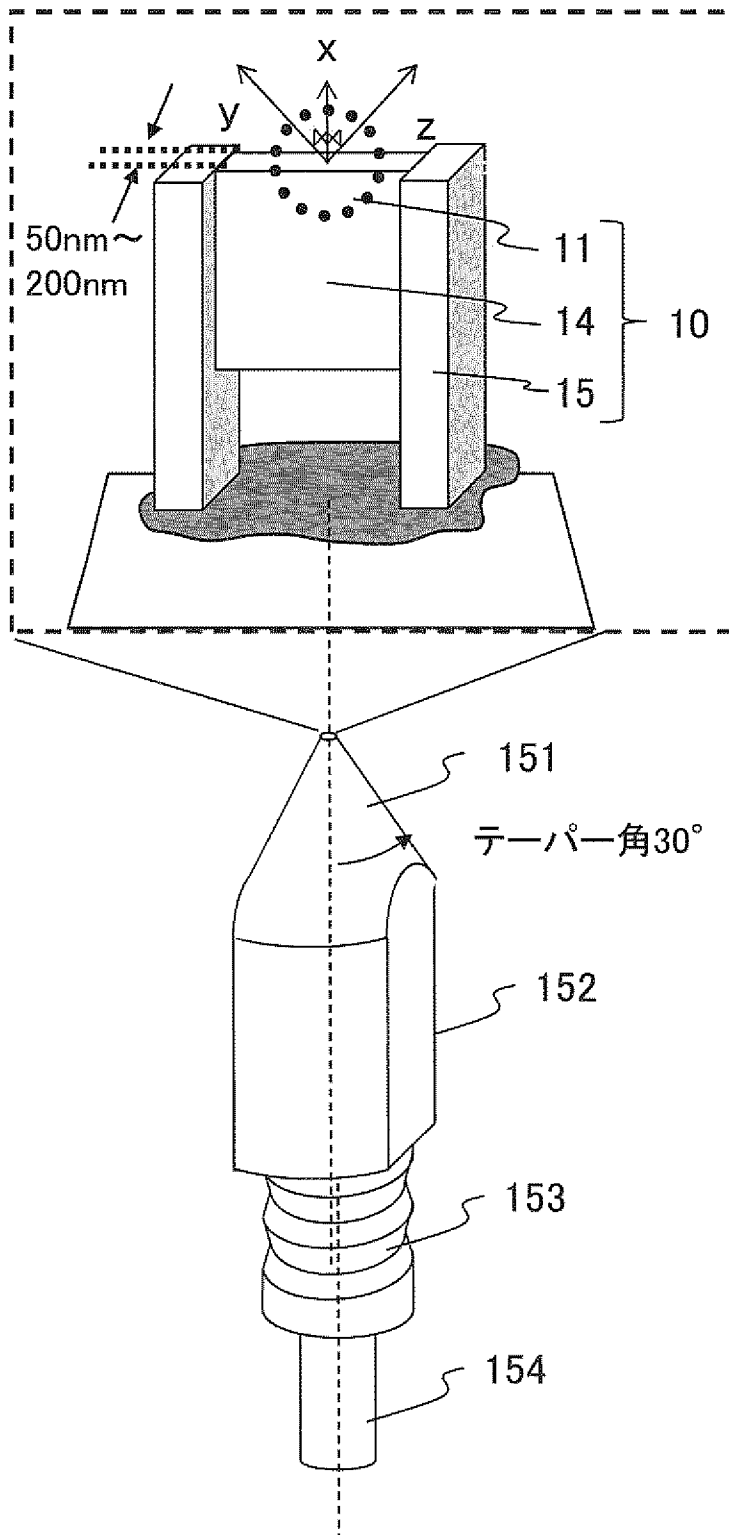
[図19]

図19



[図20]

図20



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/065317

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/20(2006.01)i, H01J37/26(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J37/20, H01J37/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

Science Direct

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2004-87214 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 18 March 2004 (18.03.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1, 3, 7 4, 6 2, 5, 8-13
Y	JP 2005-174808 A (JEOL Ltd.), 30 June 2005 (30.06.2005), paragraphs [0069] to [0072]; fig. 12 to 15 (Family: none)	4
Y	JP 2007-18944 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 25 January 2007 (25.01.2007), fig. 9 (Family: none)	6

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 June, 2013 (17.06.13)

Date of mailing of the international search report

25 June, 2013 (25.06.13)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/065317

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-304243 A (Nippon Steel Corp.), 22 November 1996 (22.11.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 2010-3617 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 07 January 2010 (07.01.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-13



A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01J37/20(2006.01)i, H01J37/26(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01J37/20, H01J37/26		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2013年 日本国実用新案登録公報 1996-2013年 日本国登録実用新案公報 1994-2013年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） Science Direct		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A Y Y	JP 2004-87214 A（株式会社日立ハイテクノロジーズ）2004.03.18, 全文全図（ファミリーなし） JP 2005-174808 A（日本電子株式会社）2005.06.30, [0069]-[0072], 図12-15（ファミリーなし） JP 2007-18944 A（株式会社日立ハイテクノロジーズ）2007.01.25, 図9（ファミリーなし）	1, 3, 7 4, 6 2, 5, 8-13 4 6
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 17.06.2013	国際調査報告の発送日 25.06.2013	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 佐々木 祐 電話番号 03-3581-1101 内線 3226	2G 4633

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 8-304243 A (新日本製鐵株式会社) 1996. 11. 22, 全文全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2010-3617 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2010. 01. 07, 全文全図 (ファミリーなし)	1-13