

(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
2024年6月27日(27.06.2024)

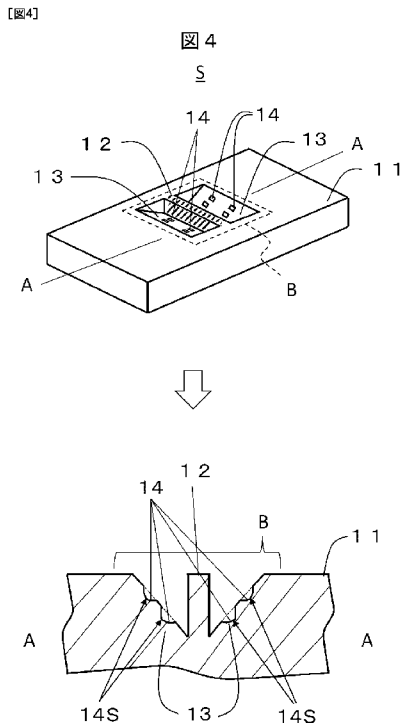


(10) 国際公開番号
WO 2024/134744 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/26 (2006.01) *G01N 1/28* (2006.01)
H01J 37/317 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/046768
- (22) 国際出願日: 2022年12月20日(20.12.2022)
- (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: 株式会社日立ハイテク
(**HITACHI HIGH-TECH CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 森下 司 (**MORISHITA Tsukasa**); 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株式会社日立ハイテク内 Tokyo (JP). 長谷川 晶一 (**HASEGAWA Shoichi**); 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株式会社日立ハイテク内 Tokyo (JP). 一宮 豊 (**IKKU Yutaka**); 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株式会社日立ハイテク内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: ポレール弁理士法人 (**POLAIRE I.P.C.**); 〒1030021 東京都中央区日本橋本石町三丁目3番5号 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** BEAM DEVICE, LAMELLA EXTRACTION DEVICE, LAMELLA OBSERVATION SYSTEM, AND LAMELLA PRODUCTION METHOD

(54) 発明の名称: ビーム装置、ラメラ抽出装置、ラメラ観察システムおよびラメラ作製方法



(57) **Abstract:** The present invention provides a lamella processing method that enable safe lift-out (lift-up) of a lamella while maintaining throughput of lamella production using a white interference microscope as an observation means. This lamella production method for extracting a lamella from a sample using a lamella transfer means comprises: a step for making a mark on an inclined surface made for lamella processing; a step for acquiring surface information through microscopic measurement of the mark; and a step for controlling a sample stage or the lamella transfer means so as to reduce the distance between the position of the mark and the position of the lamella transfer means.

(57) 要約: 白色干渉顕微鏡を観察手段としてラメラ作製のスループットを維持しつつ、安全なラメラのリフトアウト(つり上げ)を可能にするラメラの加工法を提供する。試料よりラメラ移設手段を用いてラメラを抽出するラメラ作製方法は、ラメラ加工で作製される傾斜面にマークを作製する工程と、マークを顕微測定することにより表面情報を取得する工程と、マークの位置とラメラ移設手段の位置との間の距離が小さくなるように試料ステージまたはラメラ移設手段を制御する工程と、を含む。

(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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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, ME, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

ビーム装置、ラメラ抽出装置、ラメラ観察システムおよびラメラ作製方法

技術分野

[0001] 本開示は、ラメラ作製方法およびラメラ観察システムに関し、特に、TEM観察用試料(ラメラ)を作製する技術に関する。

背景技術

[0002] 半導体の微細化に伴い、集積回路製造工程の検査を行うための高分解能な観察手段として透過型電子顕微鏡(TEM: Transmission Electron Microscope)が用いられている。TEMで観察を行うためのTEM試料の作製には集束イオンビーム(FIB: Focused Ion Beam)などを用いて観測対象部を含む領域を薄片化させたラメラ(試料片)を作製する工程と、これをTEM観察用のラメラホルダ(試料片ホルダ)に搭載する工程と、から構成される。ラメラホルダへのラメラの搭載には集束イオンビーム装置と走査型電子顕微鏡(SEM: Scanning Electron Microscope)の複合装置であるFIB-SEM複合装置を用いたマイクロサンプリング法やガラスプローブと光学顕微鏡を用いた手法などが挙げられる(特許文献1参照)。

[0003] FIB-SEM複合装置や光学顕微鏡で試料の加工領域を観察しながらプローブを用いてピックアップを行う従来の方法では、いずれの観察手法においても観察対象の平面上の位置を把握することはできるが、深さ方向の位置は把握できないため、プローブがラメラや試料に接触し、ラメラやプローブの破損やラメラの喪失の恐れがあった。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2001-141620号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] ピンセットを用いて作製したラメラをピックアップし、ラメラホルダに搭載する方法を運用するにあたり、ピンセットと試料が衝突する恐れがあるため、ピンセットと試料のそれぞれの位置関係を把握することが重要である。
- [0006] ピンセットと試料の位置関係を把握する手法の一つとして、白色干渉顕微鏡がある。白色干渉顕微鏡は、干渉計を含む光学系をフォーカス方向に駆動し、干渉パターンの発生位置を検出することで、3次元（3D）像を取得することができるので、位置把握手法として利用できる。しかし、光学系の開き角よりも大きく傾斜した傾斜面の位置は干渉する光が光学系に届かないため、把握できないという問題点を抱えている。一方で、ラメラ作製では、白色干渉顕微鏡の光学系の開き角よりも小さい傾斜面を作製するためには、加工時間が長くなり、ラメラ作製のプロセスのスループットを低下させてしまうという問題があった。
- [0007] 本開示は、白色干渉顕微鏡を観察手段としてラメラ作製のスループットを維持しつつ、安全なラメラのリフトアウト（つり上げ）を可能にするラメラの加工法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0008] 本開示の一の形態は、試料よりラメラ移設手段を用いてラメラを抽出するラメラ作製方法において、ラメラ加工で作製される傾斜面（試料のラメラ作製予定部分に向かって掘り込まれた傾斜面）にマークを作製する工程と、マークを顕微測定することにより表面情報を取得する工程と、マークの位置とラメラ移設手段の位置との間の距離が小さくなるように試料ステージまたはラメラ移設手段を制御する工程と、からなるラメラ作製方法を用いる。これにより、白色干渉顕微鏡の光学系の開き角よりも大きく傾斜した傾斜面であっても、ラメラピックアップ時に深さも含めた加工領域の形状情報を正確に把握し、ピックアップ時にピンセットがサンプルや加工領域と接触することを防ぐことができる。

発明の効果

[0009] 本開示の一の形態によれば、白色干渉顕微鏡を観察手段として、ラメラ加工で作製される傾斜面が光学系の開き角よりも大きく傾斜した場合であっても、安全なラメラのリフトアウトをすることができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]実施形態に係るラメラ観察システムの構成図である。
- [図2]実施形態に係るFIB-SEM複合装置の構成図である。
- [図3]実施形態に係るラメラ作製およびリフトアウト動作の工程を示すラメラ作製方法のフローチャートである。
- [図4]実施形態に係るリフトアウト用のラメラ加工領域を示す図である。
- [図5]実施形態に係るラメラリフトアウト装置の構成図である。
- [図6]実施形態に係るTEM観察用ラメラホルダの構成図である。
- [図7]実施形態に係るピンセットおよびラメラ加工領域のラメラリフトアウト装置の顕微鏡像である。
- [図8]実施形態に係るピンセットおよびスロープ部マーキングのラメラリフトアウト装置の顕微鏡像である。
- [図9]実施形態に係るマークの加工について説明する概念図である。
- [図10]実施形態に係るマークの形状を説明する図である。
- [図11]実施形態に係るスパッタリングによるスロープの加工を説明する図である。
- [図12]実施形態に係るスパッタリングによるマークの加工を説明する図である。
- [図13]スロープの傾斜面とマークの凹状の微細加工面とに図5で説明した光L1を照射した場合の概念図が示されている。
- [図14]実施形態に係るラメラの把持位置の直前の位置にピンセットを移動させた状態を説明する概念図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、実施例について図面を用いて説明する。

実施例 1

[0012] 図1は、実施形態に係るラメラ観察システムの構成図である。図2は、実施形態に係るFIB-SEM複合装置の構成図である。図5は、実施形態に係るラメラリフトアウト装置の構成図である。図6は、実施形態に係るTEM観察用ラメラホルダの構成図である。

[0013] 実施形態に係るラメラ観察システム100は、FIB-SEM複合装置（集束イオンビーム装置(FIB: Focused Ion Beam)-走査型電子顕微鏡(SEM: Scanning Electron Microscope)の複合装置)1と、ラメラリフトアウト装置(LLA: Lamella Liftout Apparatus)2と、TEM装置（透過型電子顕微鏡: TEM: Transmission Electron Microscope)3と、を備えている。走査型電子顕微鏡は、走査型電子顕微鏡鏡筒を具備する。

[0014] ラメラ作製工程及びマーク作製工程はFIB-SEM複合装置1で実施される。マーク観察工程およびラメラ抽出工程はラメラリフトアウト装置2で実施される。ラメラ観察工程はTEM装置3で実施される。

[0015] つまり、ラメラ観察システム100は、
ラメラ作製加工で試料に作製されるラメラに向かって掘り込まれた傾斜面（対象物）にマークを作製するビーム装置としてのFIB-SEM複合装置1と、
マークを観察する顕微鏡を含み、マークを観察し、マークに基づき試料からラメラを抽出するラメラ抽出装置としてのラメラリフトアウト装置2と、
抽出されたラメラを観察する透過型電子顕微鏡であるTEM装置3と、
を含む。

[0016] ここで、FIB-SEM複合装置1は、集束イオンビームを照射することで透過型電子顕微鏡の試料作製を行う集束イオンビーム装置と言い換えることができる。

[0017] FIB-SEM複合装置1は、図2に示されるように、集束イオンビーム(FIB)9の照射光学系4と、電子ビーム(EB)10の照射光学系5と

、これらの照射光学系4、5からの荷電粒子ビーム(9、10)の照射により照射対象(例えば、試料片)から発生する二次荷電粒子を検出する電子検出器6と、デポジション膜作製のためのガスを噴射するガス銃(デポジションガス供給部)7と、試料ホルダ8と、により構成される。また、FIB-SEM複合装置1は、FIB-SEM複合装置1の動作を総合的に制御する第1制御装置201と、第1制御装置201に電氣的に接続される第1入力装置202と、第1制御装置201に電氣的に接続される第1表示装置203と、を備える。

[0018] 集束イオンビーム9の照射光学系4は照射対象の表面に集束イオンビーム9を走査しながら照射することにより、照射対象の表面に対してスパッタリングによるエッチング加工を行うことができる。また、デポジションガス供給部であるガス銃7よりガスを噴射しながら集束イオンビーム9を照射対象の表面に照射することにより、照射対象の表面の照射位置に対してデポジション膜を形成することができる。また、集束イオンビーム9を照射対象の表面に走査しながら照射し、照射対象から発生する二次電子や二次イオンなどの二次荷電粒子を電子検出器6で検出する。そして、各照射位置において電子検出器6により検出された信号を第1制御装置201で処理することにより、照射対象の表面の照射部の画像化が可能である。画像化された照射対象の表面の画像は、例えば、第1表示装置203に表示することができる。

[0019] 第1制御装置201は、マウスやキーボードなどの第1入力装置202から出力される信号、または、あらかじめ設定された自動運転制御装置により生成される信号などによってFIB-SEM複合装置1の動作を総合的に制御する。自動運転制御装置は、例えば、第1制御装置201に内蔵された中央処理装置(CPU)などの制御回路(CNT)と、制御回路(CNT)により実行される自動運転制御処理のための動作制御プログラムと、から構成することができる。自動運転制御処理が第1制御装置201内の制御回路(CNT)により実行されることで、FIB-SEM複合装置1の動作は、第1制御装置201の制御下において、自動的に運転させることができる。

[0020] また、第1制御装置201は、FIB-SEM複合装置1の各種情報と電子検出器6から得られた信号によって生成された画像データを表示させる画像表示用画面とともに、各画像データの拡大、縮小、移動および回転などの操作の指示を実行するための操作メニュー表示用画面を、第1表示装置203に表示させることができる。操作者は、第1表示装置203から出力される情報（画像表示用画面に表示された画像データ等）を参照して操作メニュー表示用画面に表示された操作の指示を第1入力装置202を使用して選択し、第1制御装置201に操作の命令を与える。これにより、第1制御装置201は、FIB-SEM複合装置1を操作することができる。

[0021] ラメラリフトアウト装置2は、図5に示されるように、白色干渉顕微鏡15と、鏡筒駆動機構25と、試料ステージ26と、ラメラリフトアウト用のピンセット27と、ピンセット27の駆動を行うピンセット駆動機構28と、により構成される。白色干渉顕微鏡15は、光源16、フィルタ17、第1ビームスプリッタ18、第2ビームスプリッタ19、第1対物レンズ20、第2対物レンズ21、固定鏡22および光検出器24と、を含むように構成されている。つまり、ラメラ抽出装置としてのラメラリフトアウト装置2は、観察手法として、光源16と、第1対物レンズ20および第2対物レンズ21の二つの対物レンズを備える干渉計と、光検出器24を搭載し、検出された干渉縞の分布より高さ情報を取得する走査型白色干渉顕微鏡を備える。

[0022] ラメラリフトアウト装置2は、また、ラメラリフトアウト装置2の動作を総合的に制御する制御部としての第2制御装置29と、第2制御装置29に接続される第2入力装置30と、第2表示装置31と、TEM観察用ラメラホルダ32と、を備える。

[0023] 白色干渉顕微鏡15は光源16から光L0を射出する。光L0は、フィルタ17を通過した後、第1ビームスプリッタ18で反射し、第2ビームスプリッタ19で測定対象物である試料Sへ向かう光L1と、固定鏡22へと向かう参照光L2と、に分割される。光L1は第1対物レンズ20を通り、光

L 1 は試料 S に当たり反射して戻る。光 L 1 の試料 S に反射して戻った反射光 L 1 R は、第 2 ビームスプリッタ 1 9 で固定鏡 2 2 から反射した参照光 L 2 と合成され、干渉光 L 3 として光検出器 2 4 で検出される。第 2 ビームスプリッタ 1 9 で合成される際の光 L 1 と参照光 L 2 との位相差により干渉光 L 3 の強度が変化し、同位相であれば干渉光強度は最大となり、逆位相に近づくほど干渉光強度は小さくなる。第 2 ビームスプリッタ 1 9 と固定鏡 2 2 との距離が一定の条件で鏡筒駆動機構 2 5 により光干渉計測装置である光検出器 2 4 を Z 軸方向へ走査し、光 L 1 の光路の距離を変える。これにより、光 L 1 と参照光 L 2 との位相差を変動させ、干渉光 L 3 の強度推移の情報から計測対象物である試料 S の Z 位置を含む形状の情報を取得する。

[0024] ピンセット 2 7 は、たとえば、一对のアームによって試料片であるラメラ 1 2 を挟み込み把持を行う。ラメラ 1 2 は、図 4 で説明される様に、試料 S に形成されている。ピンセット 2 7 は、試料移送手段、または、ラメラ移設手段と言い変えることができる。なお、試料移送手段は、ピンセット 2 7 に限らず、例えば、ガラスプローブや吸引プローブを用いてもよい。ピンセット駆動機構 2 8 は任意の角度に傾斜させたピンセット 2 7 をその状態のまま X 軸、Y 軸、Z 軸の方向に並進させたり、ピンセット 2 7 のアームを軸に回転させたりする。

[0025] 第 2 制御装置 2 9 は接続されているマウスやキーボードなどの第 2 入力装置 3 0 から出力される信号またはあらかじめ設定された自動運転制御装置によって生成される信号などによってラメラリフトアウト装置 2 の動作を総合的に制御する。自動運転制御装置は、例えば、第 2 制御装置 2 9 に内蔵された中央処理装置 (CPU) などの制御回路 (CNT) と、制御回路 (CNT) により実行される自動運転制御処理のための動作制御プログラムと、から構成することができる。自動運転制御処理が第 2 制御装置 2 9 内の制御回路 (CNT) により実行されることで、ラメラリフトアウト装置 2 の動作は、第 2 制御装置 2 9 の制御下において、自動的に運転させることができる。

[0026] また、第 2 制御装置 2 9 はラメラリフトアウト装置 2 の各種情報と光検出

器 2 4 から得られた信号によって生成された画像データとともに、各画像データの拡大、縮小、移動および回転などの操作を実行するための画面を、接続されている第 2 表示装置 3 1 に表示させる。操作者は第 2 表示装置 3 1 から出力される情報を参照し、第 2 入力装置 3 0 を使用して第 2 制御装置 2 9 に命令を与え、ラメラリフトアウト装置 2 を操作する。

[0027] TEM 観察用ラメラホルダ 3 2 は、図 6 に示されるように、例えば、平面視において、格子状のメッシュ 3 4 と、円形状のメッシュ 3 4 の外周を囲むように設けられたグリッド枠 3 3 と、により構成される。

[0028] 次に、本発明の実施形態に係る F I B - S E M 複合装置 1 によるマーク加工およびその利用例について図 3 のラメラ作製方法に係るフローチャートを使用して説明する。図 3 は、実施形態に係るラメラ作製およびリフトアウト動作の工程を示すラメラ作製方法のフローチャートである。図 4 は、実施形態に係る試料に形成されリフトアウト用のラメラ加工領域を部分的に拡大して示す図である。図 9 は、実施形態に係るマークの加工について説明する概念図である。

[0029] まず、図 4 を用いて、ラメラ加工領域 B のスロープ 1 3 に形成されたマーク 1 4 について説明する。図 4 には、ラメラ加工領域 B の斜視図と、ラメラ加工領域 B の斜視図の A - A 線に沿った部分的な断面図とが描かれている。

[0030] 図 4 に示すように、半導体ウェーハなどの試料 S の表面 1 1 には、ラメラ加工領域 B が設けられている。ラメラ作製予定部分であるラメラ加工領域 B には、ラメラ 1 2 と、ラメラ 1 2 との両側に設けられたスロープ 1 3 とが設けられている。F I B - S E M 複合装置 1 を用いて集束イオンビーム 9 を照射し、ラメラ 1 2 に対して 2 方向からスパッタリングによりスロープを彫り込むことで、スロープ 1 3 が形成されている。スロープ 1 3 は、試料 S のラメラ 1 2 の作製予定部分に向かって掘り込まれた傾斜面と言い変えることができる。そして、スロープ 1 3 の表面には、この例では、F I B - S E M 複合装置 1 を用いて集束イオンビーム 9 を照射し、スロープ 1 3 の表面に対してスパッタリングによりマーク 1 4 が彫り込まれるように形成されている。

この例では、1つのスロープ13に、4個のマーク14が形成されている。1つのスロープ13に設けられるマーク14の個数は少なくとも1個である。1つのスロープ13に設けられるマーク14の個数は、2個、3個、5個等の複数の個数でも良い。スロープ13の立体形状を推定する場合、スロープ13の1面につき3個以上のマーク14を作製するのが好ましい。

[0031] ラメラ12を作製する方法において、FIB-SEM複合装置1を用いて集束イオンビーム9を照射し、2方向からスパッタリングによりスロープを彫り込むことで薄片を作る方法は広く一般的に用いられている。この方法でラメラ12の形状を変えずに加工時間を短縮する手段として、スロープ13の表面の傾斜角度を大きくすることで、スパッタリング量を減少させることが挙げられる。ただし、スロープの傾斜角度を大きくした場合、そのスロープ部分をラメラリフトアウト装置2の白色干渉顕微鏡15の光検出器24で測定できない可能性がある。そのようになるのは、白色干渉顕微鏡15を用いた顕微鏡測定において原理的に測定可能な対象物の傾斜角度には限界があるためである。

[0032] 対物レンズ20を通る入射光L1の光路と、試料Sに入射光L1が当たり反射した光L1Rの光路がなす角度のうち、反射した光L1Rが再び対物レンズ20に入射する条件内でとりうる最大角度を θ 、対物レンズ20の開口数をNA、対物レンズ20と試料Sとの間に存在する媒質の屈折率を n とすると、これらの値の関係は下記の式(1)で表すことができる。試料Sの傾きにより反射光L1Rが最大角度 θ の範囲に収まらない場合は白色干渉顕微鏡15の光検出器24で測定することができない。

[0033]
$$NA = n \cdot \sin \theta \quad (1)$$

図4で示す様に、本実施例で用いるマーク14により、通常の白色干渉顕微鏡15の光検出器24による測定では不可能な角度のスロープ13の検出を可能とする。つまり、スロープ13の傾斜面の角度は、顕微鏡測定をする白色干渉顕微鏡15の測定限界よりも大きい角度とされている。また、スロープ13の傾斜面は、白色干渉顕微鏡15により照射される入射光L1の光

軸に対して傾斜した面をもつと、言い換えることができる。

[0034] マーク14によって、スロープ13の表面（傾斜面、または、スロープ面とも言う）とは異なる面が形成される。したがって、スロープ13の表面による反射光L1Rが最大角度 θ の範囲に収まらない場合であっても、マーク14によって形成された面14Sにおいて、反射光L1Rが最大角度 θ の範囲に収まるように構成される。その結果、第2制御装置29が、ラメラ12の位置の情報やスロープ13の位置の情報を白色干渉顕微鏡15の光検出器24から把握することができるように構成されている。

[0035] そして、第2制御装置29が、ラメラ12の位置（X軸方向、Y軸方向）の情報やスロープ13のZ軸方向（高さ方向）の情報を把握することで、ピックアップに用いるピンセット27を、サンプル加工領域（ラメラ12の加工領域）10と接触させることなく、ピンセット27によるラメラ12の把持位置の直前の位置まで、移動させることができる。

[0036] マーク14の加工は、図9に示されるように、試料Sとしての測定対象物118中の傾斜面（スロープ13の表面）119に対して微細な加工を施し、傾斜面119の表面の形状を変更させることで、傾斜面119とは異なる角度を持つ凹加工領域120、または、凸加工領域121を発生させる。凹加工領域120または凸加工領域121の面には反射光L1Rが式（1）の最大角度 θ の範囲に収まる角度となる傾きを持つ部分（反射面）が存在するため、その部分に照射された入射光L1は最終的に光検出器24に到達することができ、検出可能となる。

[0037] 凹加工領域120は、例えば、FIB-SEM複合装置1を用いて集束イオンビーム9を照射しスパッタリングによってエッチングを行って加工することができる。よって、凹加工領域120は、傾斜面119の表面を削って形成された凹状の微細加工面（14S1）とすることができる。

[0038] 凸加工領域121は、例えば、FIB-SEM複合装置1を用いて、ガス銃7よりガスを噴射しながら集束イオンビーム9を照射対象の表面に照射することにより、照射対象の表面の照射位置に対してデポジション膜の形成を

行って加工することができる。よって、凸加工領域 1 2 1 は、傾斜面 1 1 9 の表面にデポジション膜を塗布して形成された凸状の微細加工面 (1 4 S 2) ということができる。

[0039] 凹状の微細加工面 (1 4 S 1) および凸状の微細加工面 (1 4 S 2) は、スロープ 1 3 の表面 (傾斜面 1 1 9) による反射光 L 1 R が最大角度 θ の範囲に収まらない場合であっても、マーク 1 4 によって形成された面 1 4 S としての凹状の微細加工面 (1 4 S 1) および凸状の微細加工面 (1 4 S 2) において、反射光 L 1 R が最大角度 θ の範囲に収まるように構成される。

[0040] マーク 1 4 によって形成された面 1 4 S (凹状の微細加工面 1 4 S 1、凸状の微細加工面 1 4 S 2) は、白色干渉顕微鏡 1 5 により照射される入射光 L 1 の光軸に対してほぼ垂直な面を有する。この垂直な面は、入射光 L 1 を反射して、反射光 L 1 R が最大角度 θ の範囲に収まるように構成されている。

[0041] つまり、マーク 1 4 の加工は、スロープ 1 3 の傾斜面の表面に対して、この表面の平面粗度を荒くするために、一か所以上のマークをエッチング加工またはデポジション膜の形成加工を施すマーク加工工程と見なすことができる。

[0042] 以下、図 3 のラメラ作製方法のフローチャートを使用して説明する。以下の例では、マーク 1 4 の加工をスパッタリングで形成する例を代表例として説明する。マーク 1 4 の加工はデポジション膜を塗布して形成してもよい。図 7 は、実施形態に係るピンセットおよびラメラ加工領域のラメラリフトアウト装置の顕微鏡像である。図 1 0 は、実施形態に係るマークの形状を説明する図である。図 1 1 は、実施形態に係るスパッタリングによるスロープの加工を説明する図である。図 1 2 は、実施形態に係るスパッタリングによるマークの加工を説明する図である。図 1 3 は、スロープの傾斜面とマークの凹状の微細加工面とに図 5 で説明した光 L 1 を照射した場合の概念図が示されている。図 1 4 は、実施形態に係るラメラの把持位置の直前の位置にピンセットを移動させた状態を説明する概念図である。

[0043] (ステップS 1：スロープ加工条件決定工程)

まず、操作者はF I B - S E M複合装置1の試料ホルダ8に試料Sを搭載する。

[0044] 次に第1制御装置201は試料ホルダ8の位置を制御しながら、集束イオンビーム9の照射光学系4を制御して集束イオンビーム9を照射し、二次電子を電子検出器6で検出することで試料Sを確認しながら加工条件（加工位置や加工形状）を決定する。加工条件は、第1表示装置203で確認しながら、第1入力装置202を用いて入力および決定ができるように構成されている。加工条件は、図4のスロープ13の表面の形状、ラメラ12の最終的な厚さ、および、マーク14のパターン形状、スロープ13の表面におけるマークの位置、マーク14の加工の個数、凹加工および凸加工の種類等を含む。マーク14のパターン形状は、図10に例示される様に、円形形状（スポット形状）のマークS P T、線状（ライン形状）のマークL I N、矩形形状のマークR E C等から選択できるように構成されている。マーク14のパターン形状は、図10に記載の形状に限定されない。マーク14のパターン形状は、反射光L 1 Rが最大角度 θ の範囲に収まるように構成される加工面または反射面を有していればよい。

[0045] ステップS 1で設定したスロープ加工条件は、例えば、第1制御装置201内の制御回路（C N T）により実行される自動運転制御処理のための動作制御プログラムにより参照される。これにより、ステップS 2，S 3を自動で行うことができるようになる。

[0046] (ステップS 2：スロープ加工工程)

次に、スロープ13の加工の前に、T E M観察の要求仕様に応じてラメラ12の保護のためのデポジション加工や加工精度を高めるためのリファレンスマークR E Fを作製する工程を実行する（ステップS 21）。その後、第1制御装置201はステップS 1で決定した加工条件で集束イオンビーム9の照射光学系4より集束イオンビーム9を照射し、図11に示すように、スパッタリングによるスロープ13の加工工程を実行する（ステップS 22）

。スロープ13の加工は、試料Sのラメラ12の作製予定部分に向かって掘り込まれた傾斜面を形成する工程である。スロープ13の加工工程（ステップS22）は、傾斜面の作製工程と言い変えることができる。また、スロープ13の加工は、試料Sからラメラ12を作製する荒加工工程と言い換えることもできる。ここで、スロープ13の傾斜面の角度は、顕微鏡測定をする白色干渉顕微鏡15の測定限界よりも大きい角度とされている。

[0047] また、ピンセット27の強度や形状などの仕様に依じてラメラ12の分離を容易にするために支持部12aを残してラメラ12の側部12SSおよび底部12BOをエッチングにより削り込む加工を実行する。

[0048] （ステップS3：マーク加工工程）

スロープ13の加工の後、第1制御装置201は集束イオンビーム9を照射し、図12に示すように、スパッタリングによるエッチング加工によりマーク14の加工工程を実施する（ステップS31）。マーク14は、この例では、円形形状のマークSPTが、1つのスロープ13の面に対して、4個形成されている。マーク14が円形形状のマークSPTの場合、スポット加工が行われる。マーク14が線状のマークLINの場合、ライン加工が行われる。マーク14が矩形形状のマークRECの場合、矩形加工が行われる。マーク14の加工は、デポジション膜を塗布して形成してもよい。マーク加工工程（ステップS31）は、スロープ13の傾斜面の表面に対して、表面の平面粗度を荒くするために、一か所以上のマーク加工を施す工程と言い換えることができる。

[0049] その後、仕上げ加工工程（ステップS32）が実施される。仕上げ加工（ステップS32）では、ラメラ12を最終的に要求する厚さになるまで削ることで、ラメラ12のTEM観察する面を露出させる。

[0050] マーク14の加工によりリデポジションが起こりラメラ12を汚染することを防ぐため、マーク14の加工はスロープ13の作製加工（ステップS2）の後、かつ、ラメラ12を最終的に要求する厚さになるまで削る仕上げ加工（ステップS32）より前に実施する。つまり、スロープ13の加工（ステッ

プS 2)の後、マーク14の加工(ステップS 3 1)が実施され、その後、仕上げ加工(ステップS 3 2)が実施される。なお、マーク14の加工の形状および加工の深さに制約はないが、マーク14の加工のサイズはラメラリフトアウト装置2の検出分解能を超える大きさで作製することが望ましい。マーク14の加工の個数は立体形状を推定する場合はスロープ1面につき3個以上作製する必要がある。

[0051] (ステップS 4 : ラメラリフトアウト装置へ搬送)

マーク14の加工の後、操作者は試料SをF I B - S E M複合装置1から移動させ、ラメラリフトアウト装置2の試料ステージ26に搭載する。

[0052] (ステップS 5 : T E M試料加工領域へ移動)

試料Sをラメラリフトアウト装置2に搭載した後、第2制御装置29は光検出器24から出力される信号を参照しながら試料ステージ26とピンセット駆動機構28を制御し、ラメラリフトアウト装置2の光検出器24から出力される顕微鏡像に試料Sのラメラ加工領域Bとピンセット27の先端部が同時に検出されるように試料Sおよびピンセット27を移動させる。

[0053] (ステップS 6 : マーク位置情報取得)

次に、マーク14を白色干渉顕微鏡15によって顕微測定することにより、ラメラ12のラメラ加工領域Bやスロープ13の表面情報を取得する。第2制御装置29は鏡筒駆動機構25によって白色干渉顕微鏡15をZ軸方向に移動させながら、光検出器24から出力される顕微鏡像の信号に基づき、試料Sおよびピンセット27のZ軸方向の位置を顕微測定する。図13には、スロープ13の傾斜面とマーク14の凹状の微細加工面(14 S 1)とに図5で説明した光L 1を照射した場合の概念図が示されている。

[0054] スロープ13の傾斜面に照射された光L 1は、例えば、水平方向へ反射された反射光L 1 R 2となる。反射光L 1 R 2は、光検出器24へは到達しない光である。一方、マーク14の凹状の微細加工面14 S 1に照射された光L 1は、例えば、垂直方向に反射された反射光L 1 R 1となる。また、光L 1は、ラメラ12の表面にも照射されて、ラメラ12の表面で、例えば、垂

直方向に反射された反射光L1R1となる。反射光L1R1は、参照光L2と合成されて干渉光L3として光検出器24へ到達することができる。これにより、第2制御装置29は、ラメラ12およびスロープ13の位置（X軸方向、Y軸方向）の情報およびスロープ13の傾斜面のZ軸方向の情報を把握することができる。

[0055] 図7には、ピンセット27およびラメラ12のラメラ加工領域Bのラメラリフトアウト装置2の顕微鏡像が示されている。図7は測定によって得られた顕微鏡像の結果である。図7において、顕微鏡像である像114が加工されたマーク14にあたる。この像114とラメラ12表面に該当する顕微鏡像である像112、ラメラ加工領域Bの周辺に該当する顕微鏡像である像110およびピンセット27の上面にあたる顕微鏡像である像115のそれぞれについて、その立体的な形状の位置情報（X軸方向、Y軸方向、Z軸方向）を取得する。

[0056] （ステップS7：試料とピンセットの位置情報に基づき加工領域とピンセットの形状を推定）

次に、取得した表面情報から試料Sの立体形状を推定する。ピンセット27は得られた像115を上面の形状とし、既知の取り付け角度情報と寸法データを用いてその立体形状および存在位置を推定する。また、試料Sについて試料Sのラメラ加工領域Bの表面11およびラメラ12の上面は、得られた像の位置情報をそのまま使用し、スロープ13の傾斜面はマーク14の像114の位置情報を使用して、三次元の平面としてフィッティングを行うことで、試料Sの表面11、ラメラ12およびスロープ13の傾斜面の表面形状のおよびその存在位置を推定する。

[0057] 以上により決定された試料Sのラメラ加工領域Bの表面11、ラメラ12およびスロープ13の傾斜面の形状および位置データを利用して、ピンセット27および試料Sのラメラ加工領域Bとの間の距離を推定する。

[0058] （ステップS8：推定された形状に基づきピンセットを移動）

制御部である第2制御装置29は、得られたラメラ加工領域Bとピンセッ

ト27との間の距離に応じて、ピンセット駆動機構28により、ピンセット27を閉じることでラメラ12をピンセット27で把持でき、かつ接触しない範囲で最もピンセット27とラメラ間との距離が短くなるような位置（ピンセット27によるラメラ12の把持位置の直前の位置）にピンセット27を移動させる。図14には、ラメラ12の把持位置の直前の位置にピンセット27を移動させた状態の概念図が示されている。

[0059] ステップS8は、推定したスロープ13の傾斜面の表面の形状（マーク14の位置）とラメラ移設手段であるピンセット27の位置との間の距離が小さくなるように、試料Sの載置された試料ステージ26またはピンセット27を制御する工程と見なすことができる。

[0060] つまり、ラメラ抽出装置であるラメラリフトアウト装置2は、走査型白色干渉顕微鏡15でラメラ移設手段であるピンセット27とラメラ12のラメラ加工領域Bとを同時に測定することで、ピンセット27とマーク14およびラメラ12の上面の座標を取得し、ピンセット27とマーク14との間の距離が小さく、かつ接触しないように、ピンセット27を制御する工程を実施する。

[0061] （ステップS9：試料のピックアップ）

移動後、第2制御装置29は、ピンセット27を閉じてラメラ12を把持し、ピンセット駆動機構28によりピンセット27を任意の方向へ移動または回転させることでラメラ12を試料Sから分離させる。

[0062] ラメラ12を分離した後、第2制御装置29は、ピンセット27が試料Sと接触しない高さまで、ピンセット駆動機構28によりピンセット27をZ軸方向へと退避させる。

[0063] （ステップS10：TEMメッシュまでステージ移動）

ピンセット27の退避の後、第2制御装置29は、TEM観察用ラメラホルダ32のラメラ設置位置の上空にラメラ12が存在するように、光検出器24から得られる顕微鏡像を参照しながら試料ステージ26およびピンセット駆動機構28を駆動させる。

- [0064] (ステップS 11 : TEMメッシュにサンプル (ラメラ12) を載置)
その後、ラメラ12とTEM観察用ラメラホルダ32が接触するまでピンセット駆動機構28をZ軸方向へ下降させる。つまり、ラメラ抽出装置であるラメラリフトアウト装置2は、ラメラ12の上面とピンセット27の先端 (ピンセット27のラメラ12を把持する部分) のXY座標が一致するように、ピンセット27を制御する工程によりラメラ12を試料Sから摘出し (抽出し)、ラメラホルダ32へ移送、搭載する。
- [0065] TEM観察用ラメラホルダ32のメッシュ34が物体 (ラメラ12) の接触に伴い変形することで、光L1の光路の距離が変化し、干渉光L3の強度が変わることで光検出器24から出力される顕微鏡像が変化するため、これを検知することで、ラメラ12とメッシュ34とが接触したか否かの接触判定を行う。TEM観察用ラメラホルダ32に接触後、ピンセットを開放して、TEM観察用ラメラホルダ上にラメラ12を載置する。この工程によりラメラリフトアウトは終了する。
- [0066] その後、操作者はラメラ12をリフトアウトしたTEM観察用ラメラホルダ32をラメラリフトアウト装置2からTEM装置3へ移設する。そして、TEM装置3により、ラメラ12のTEM観察が行われる。
- [0067] 実施例によれば、白色干渉顕微鏡15を観察手段として、ラメラ12の加工で作製される傾斜面 (スロープ13の表面) が光検出器24の光学系の開き角よりも大きく傾斜した場合であっても、スロープ13の表面に、マーク14を形成することで、スロープ13の表面 (傾斜面、または、スロープ面とも言う) とは異なる面 (14S、14S1、14S2) が形成される。したがって、スロープ13の表面による反射光L1Rが最大角度 θ の範囲に収まらない場合であっても、マーク14によって形成された面14Sにおいて、反射光L1Rが最大角度 θ の範囲に収まるように構成される。
- [0068] その結果、第2制御装置29が、ラメラ12の位置 (X軸方向、Y軸方向) の情報やスロープ13のZ軸方向 (高さ方向) の情報を白色干渉顕微鏡15の光検出器24から把握することができるよう構成されている。

[0069] 第2制御装置29が、ラメラ12の位置（X軸方向、Y軸方向）の情報やスロープ13のZ軸方向（高さ方向）の情報を把握することができるので、ピックアップに用いるピンセット27を、サンプル加工領域（ラメラ12のラメラ加工領域）Bと接触させることなく、ピンセット27によるラメラ12の把持位置の直前の位置まで、移動させることができる。

[0070] したがって、試料Sからのラメラ12の安全なリフトアウトを実施することができる。

[0071] （変形例）

以下、実施例1の実施形態の変形例について説明する。なお、前記実施形態と重複する工程については説明を省略または簡略化する。

[0072] 実施例1の構成では、FIB-SEM複合装置1の操作は操作者が行うことを想定しているが、この動作は第1制御装置201に各ステップの操作を自動運転制御処理のための動作制御プログラムに登録することで、FIB-SEM複合装置1が各ステップを自動で行うこともできる。

[0073] 実施例1の構成では、ラメラリフトアウト装置2の操作は操作者が行うことを想定しているが、この動作は第2制御装置29に各ステップの操作を自動運転制御処理のための動作制御プログラムに登録し、ラメラリフトアウト装置2が各ステップを自動で行うこともできる。

[0074] 実施例1の構成では、集束イオンビーム9の照射光学系4および電子ビーム10の照射光学系5を備えるFIB-SEM複合装置1を用いているが、これに限定されない。例えば、電子ビーム10の照射光学系5を備えない集束イオンビーム装置のみでも実施可能である。

[0075] 実施例1の構成では、白色干渉顕微鏡15は干渉機構として第1対物レンズ20および第2対物レンズ21の二つの対物レンズを備えるリニク干渉計を用いているが、これに限定されない。例えば、マイケルソン干渉計やミラウ干渉計などを用いてもよい。

[0076] 実施例1の構成では、TEM観察用ラメラホルダ32は円形の物を用いているが、これに限定されない。グリッド枠33は半円形状などであってもよ

い。

- [0077] 実施例1では、マーク加工はスパッタリング加工を用いて行っていたが、これに限定されない。マーク加工はデポジション加工を用いてもよい。
- [0078] 実施例1では、マーク加工をラメラ加工領域Bに対して実施したが、マーク14を施す対象物はスロープ13に限らない。例えば、ピンセット27にマーク14をつけてもよい。図8に示すように、ピンセット116の傾斜が測定限界の角度より大きい場合、ピンセットからの反射光(L1R)は検出できない。そこで、ピンセット116にマーク117を付けることでマーク領域が顕微鏡で測定できるようになり、ピンセット116の位置を把握することができるようになる。
- [0079] また、ピンセットに限らず、測定限界の角度より大きい傾斜角を持つ対象物にマーク(14、117)をつけることで、その位置(Z軸方向、高さ方向)の情報を把握することができる。この場合も、マーク(14、117)のマーク加工はスパッタリング加工またはデポジション加工を用いることができる。
- [0080] なお、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、適宜、変形、改良、等が可能である。その他、上述した実施形態における各構成要素の材質、形状、寸法、数値、形態、数、配置箇所、等は本発明を達成できるものであれば任意であり、限定されない。

符号の説明

- [0081] 1 : F I B - S E M複合装置
2 : ラメラリフトアウト装置
3 : T E M装置
7 : ガス銃 (デポジションガス供給部)
12 : ラメラ
13 : スロープ
14 : マーク
15 : 白色干渉顕微鏡

25 : 鏡筒駆動機構

26 : 試料ステージ

27 : ピンセット

114 : マークの顕微鏡像

100 : ラメラ観察システム

請求の範囲

- [請求項1] ラメラ作製加工で試料に作製されるラメラに向かって掘り込まれた傾斜面にマークを作製するビーム装置。
- [請求項2] 試料を搭載する試料ステージと、
前記試料よりラメラを移設するラメラ移設手段と、
前記試料に作製されたマークを観察することにより表面情報を取得する顕微鏡と、
前記マークの位置とラメラ移設手段の位置との間の距離が小さくなるように前記試料ステージまたは前記ラメラ移設手段を制御する制御部と、を含むラメラ抽出装置。
- [請求項3] ラメラ作製加工で試料に作製されるラメラに向かって掘り込まれた傾斜面にマークを作製するビーム装置と、
前記マークを観察する顕微鏡を含み、前記マークを観察し、前記マークに基づき前記試料から前記ラメラを抽出するラメラ抽出装置と、
抽出された前記ラメラを観察する透過型電子顕微鏡と、を含むラメラ観察システム。
- [請求項4] 請求項3に記載のラメラ観察システムにおいて、
前記傾斜面は、前記顕微鏡により照射される光の光軸に対して傾斜した面をもつ、ラメラ観察システム。
- [請求項5] 請求項3に記載のラメラ観察システムにおいて、
前記ビーム装置は、集束イオンビームを照射することで前記透過型電子顕微鏡の試料作製を行う集束イオンビーム装置である、ラメラ観察システム。
- [請求項6] 請求項5に記載のラメラ観察システムにおいて、
前記集束イオンビーム装置は、走査型電子顕微鏡鏡筒を有するFIB-SEM装置である、ラメラ観察システム。
- [請求項7] 請求項3に記載のラメラ観察システムにおいて、
前記ラメラ抽出装置は、観察手法として光源と干渉計と検出器を搭

載し、検出された干渉縞の分布より高さ情報を取得する走査型白色干渉顕微鏡を備える、ラメラ観察システム。

[請求項8] 請求項7に記載のラメラ観察システムにおいて、
前記ラメラ抽出装置は、

前記走査型白色干渉顕微鏡でラメラ移設手段とラメラ加工領域とを同時に測定することで、前記ラメラ移設手段と前記マークおよび前記ラメラの上面の座標を取得し、前記ラメラ移設手段と前記マークとの間の距離が小さく、かつ接触しないように前記ラメラ移設手段を制御する工程と、

前記ラメラの上面と前記ラメラ移設手段のXY座標が一致するように、前記ラメラ移設手段を制御する工程により前記ラメラを抽出しラメラホルダへ移送、搭載する、ラメラ観察システム。

[請求項9] 請求項3に記載のラメラ観察システムにおいて、前記試料よりラメラ移設手段を用いて前記ラメラを抽出するラメラ作製方法であり、

ラメラ作製加工で前記試料に作製される前記ラメラに向かって掘り込まれた傾斜面に前記マークを作製するマーク作製工程と、

前記マークを顕微測定することにより表面情報を取得する工程と、

取得した前記表面情報から前記試料の立体形状を推定する工程と、

推定した前記傾斜面の表面と前記ラメラ移設手段の位置との間の距離が小さくなるように前記試料または前記ラメラ移設手段を制御する工程と、を含む、ラメラ作製方法。

[請求項10] 請求項9に記載のラメラ作製方法において、

前記試料から前記ラメラを作製する荒加工工程と、

TEM観察する面を露出させる仕上げ加工工程と、を含み、

前記仕上げ加工工程よりも前に、前記マーク作製工程を実施する、ラメラ作製方法。

[請求項11] 請求項9に記載のラメラ作製方法において、

前記傾斜面の角度は、前記顕微測定をする前記顕微鏡の測定限界よ

りも大きい角度である、ラメラ作製方法。

[請求項12]

請求項9に記載のラメラ作製方法において、

前記マーク作製工程は、

前記傾斜面の作製工程と、

前記傾斜面の表面に対して、前記表面の平面粗度を荒くするために、一か所以上のマーク加工を施すマーク加工工程と、

前記マーク加工工程の後に、仕上げ加工を実行する工程と、を含む、ラメラ作製方法。

[請求項13]

請求項9に記載のラメラ作製方法において、

前記マーク作製工程は、スポット形状の前記マークを形成するスポット加工を含む、ラメラ作製方法。

[請求項14]

請求項9に記載のラメラ作製方法において、

前記マーク作製工程は、ライン形状の前記マークを形成するライン加工を含む、ラメラ作製方法。

[請求項15]

請求項9に記載のラメラ作製方法において、

前記マーク作製工程は、矩形形状の前記マークを形成する矩形加工を含む、ラメラ作製方法。

[請求項16]

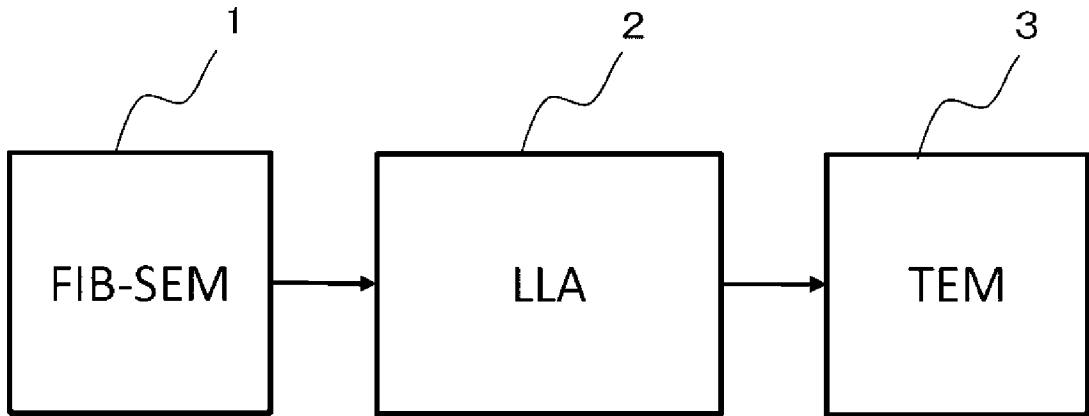
請求項9に記載のラメラ作製方法において、

前記マーク作製工程は、エッチング加工またはデポジション加工を含む、ラメラ作製方法。

[図1]

図 1

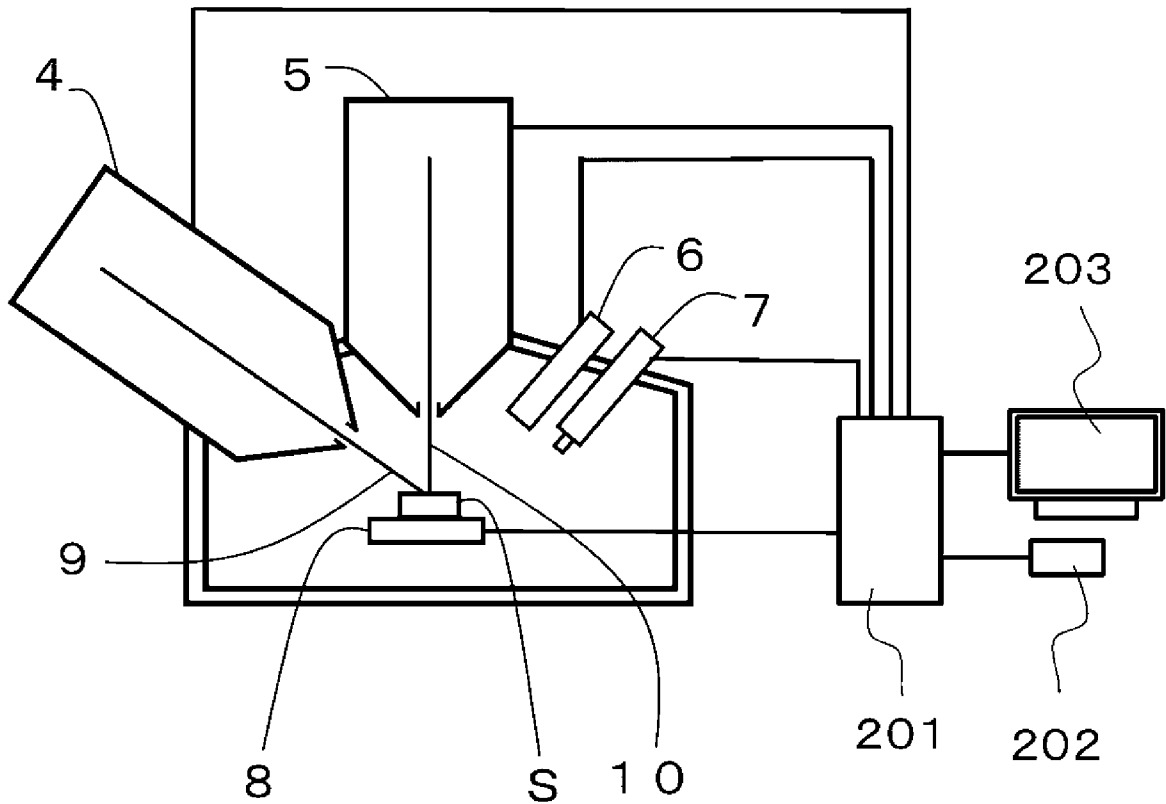
100



[図2]

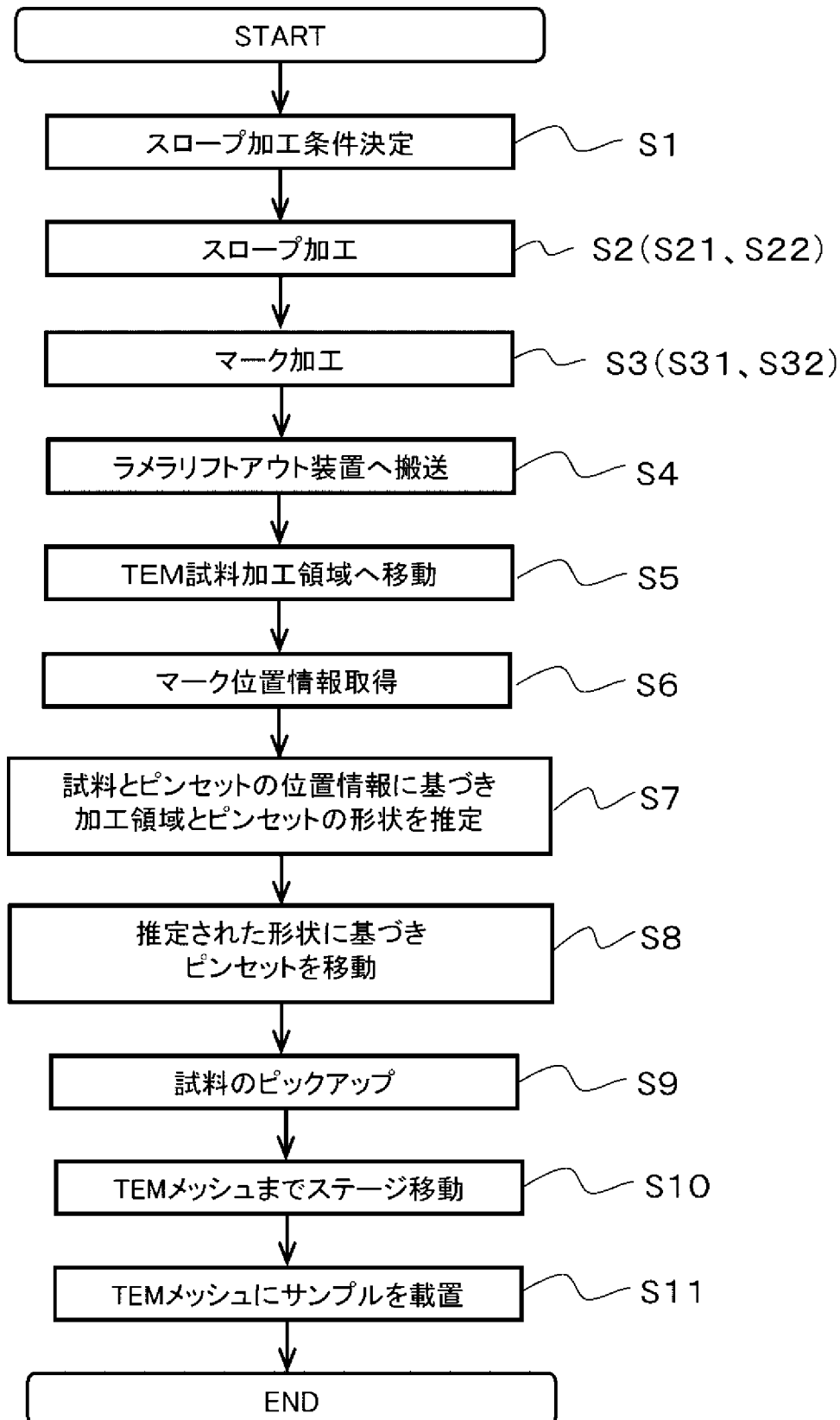
図 2

1

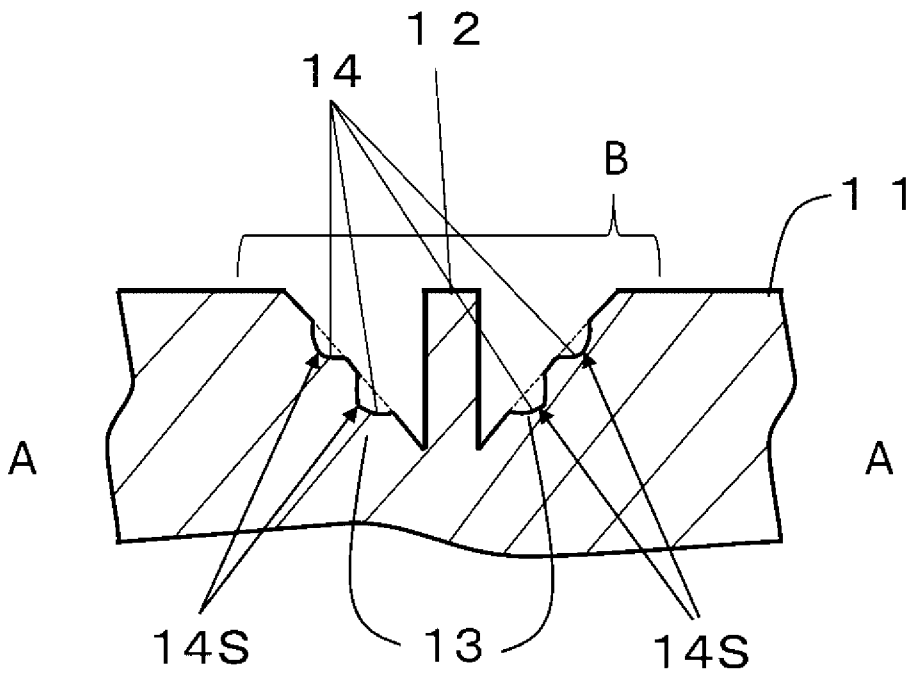
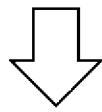
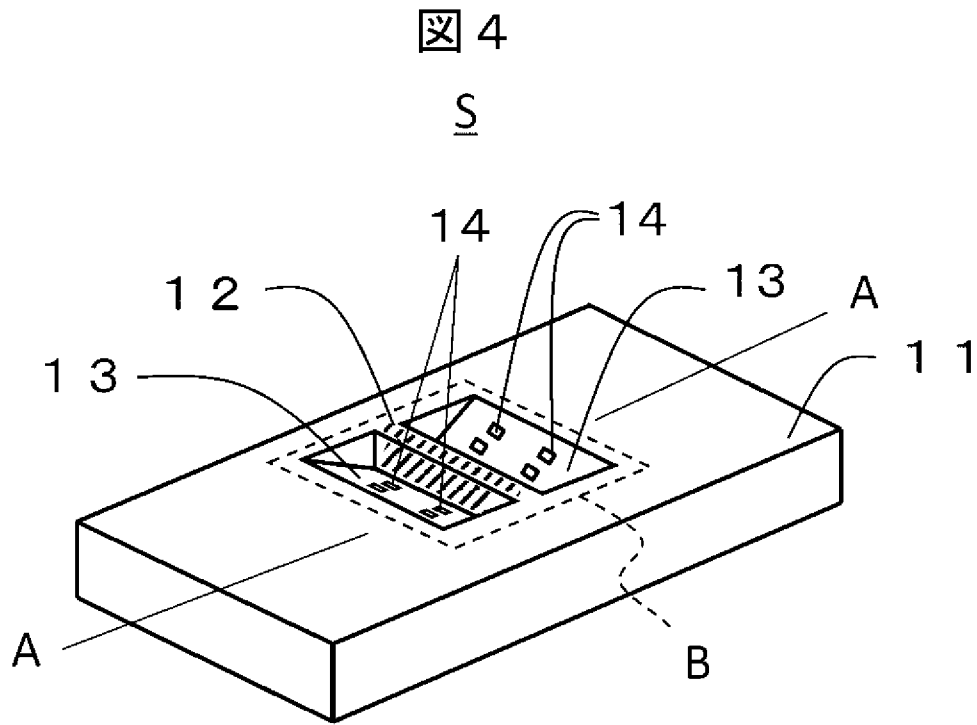


[図3]

図 3

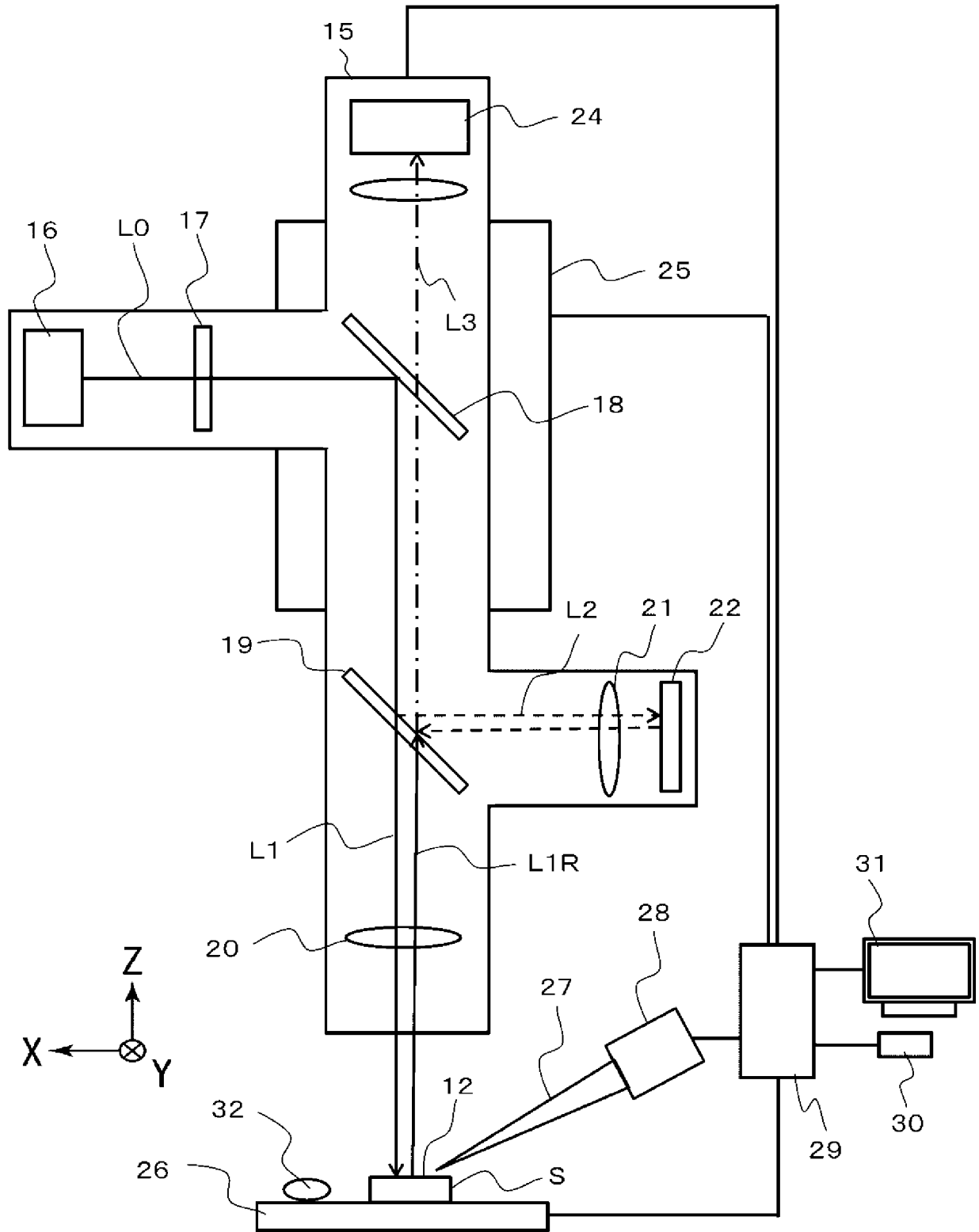


[図4]



[図5]

図 5
2



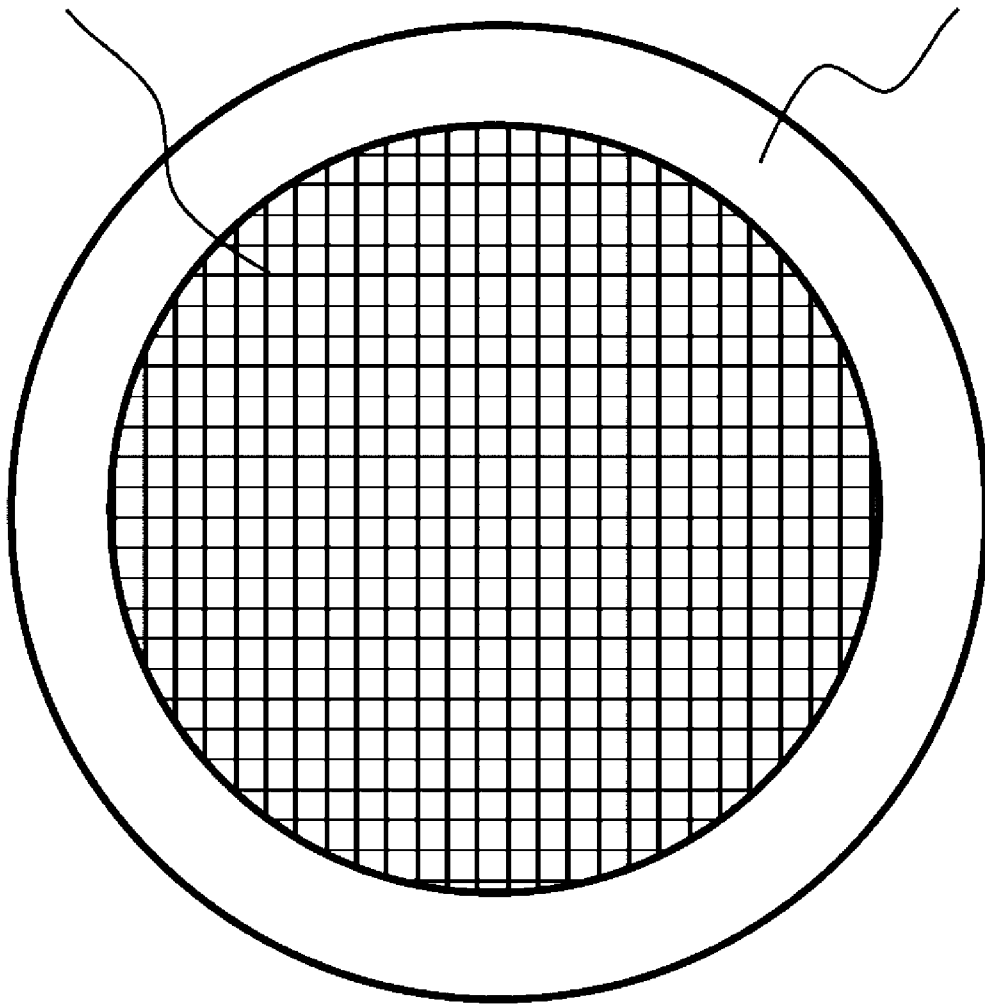
[図6]

図6

32

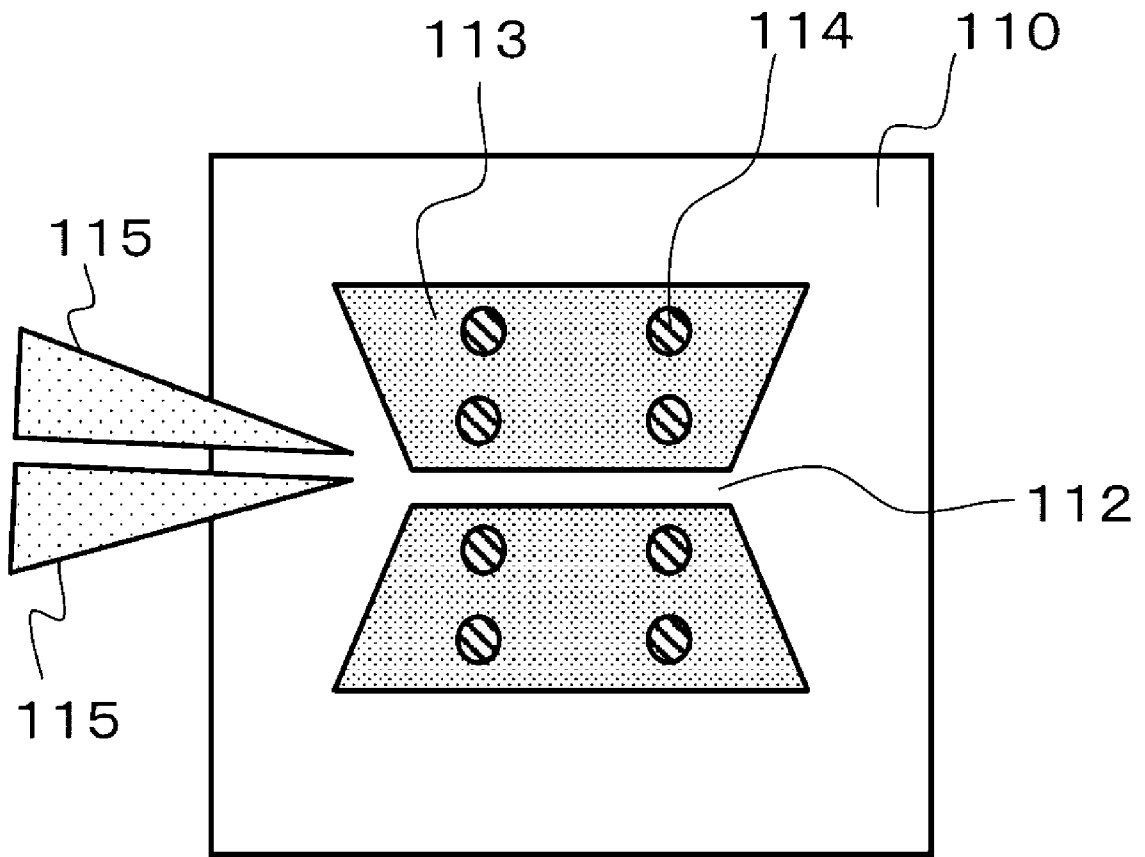
34

33



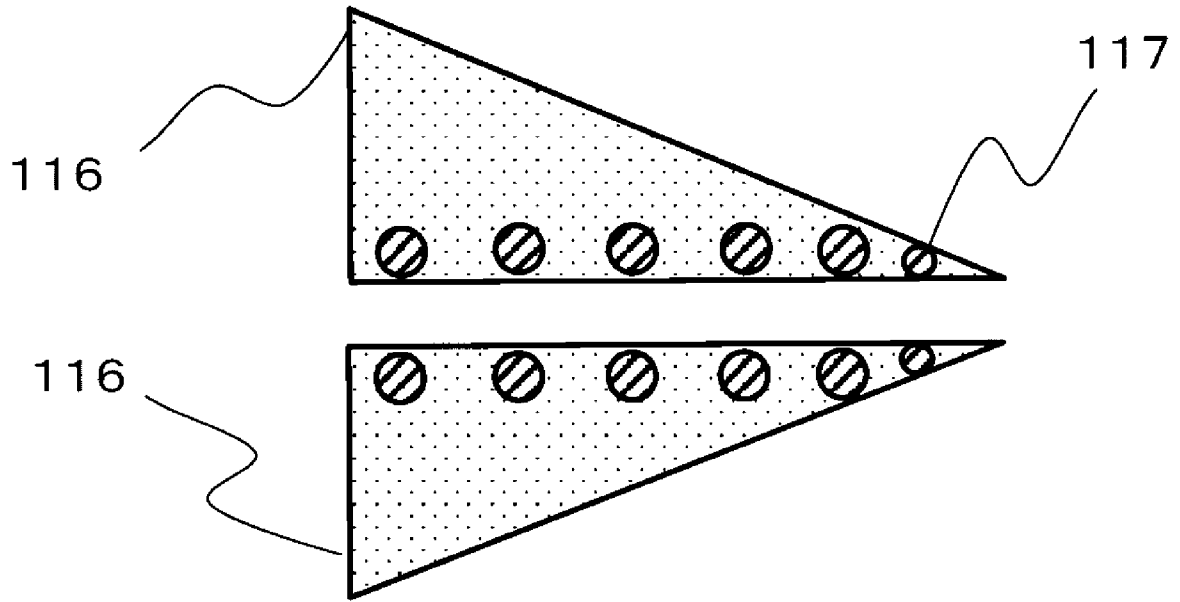
[図7]

図7



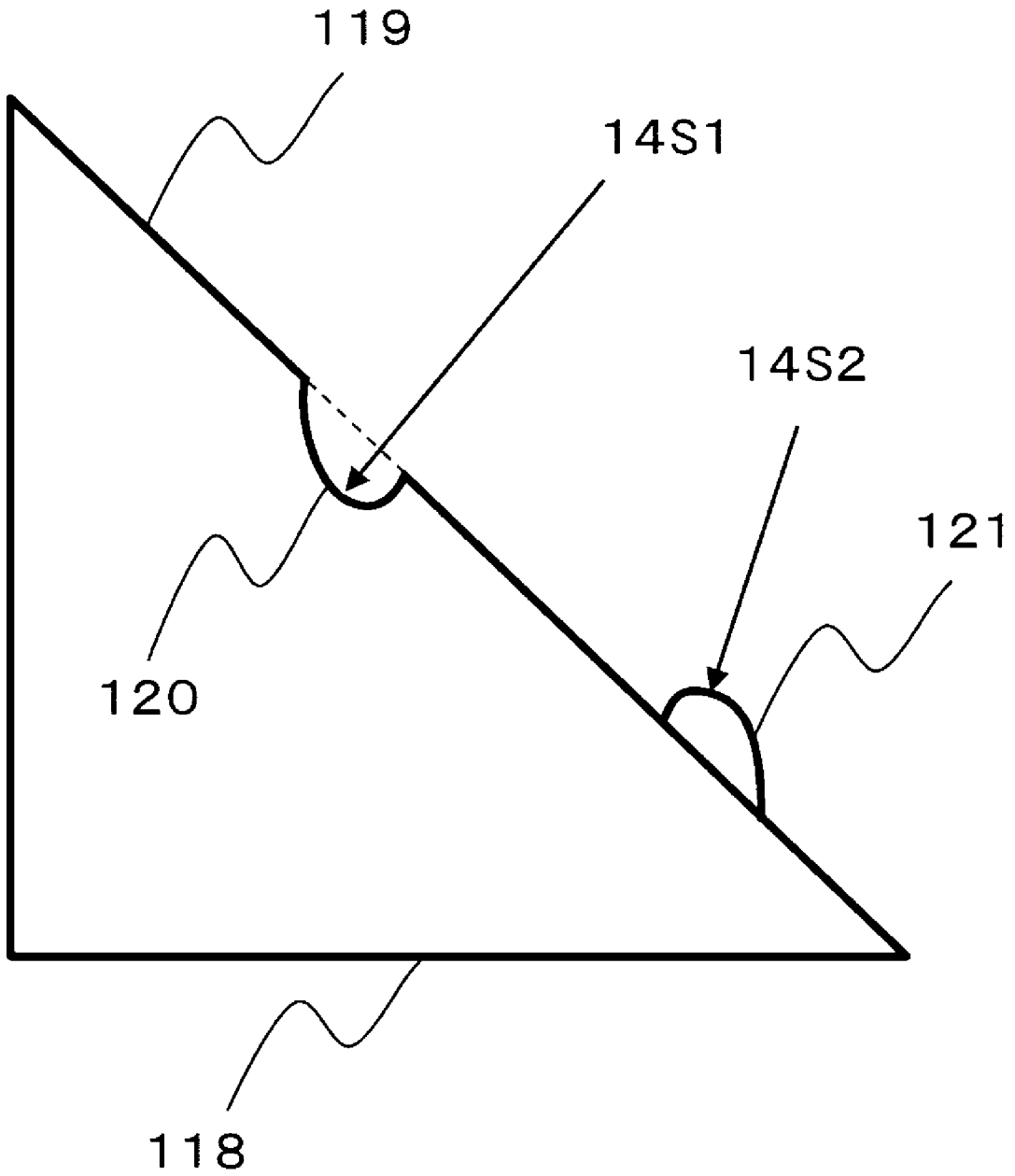
[図8]

図8



[図9]

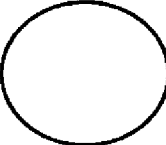


図9



[図10]

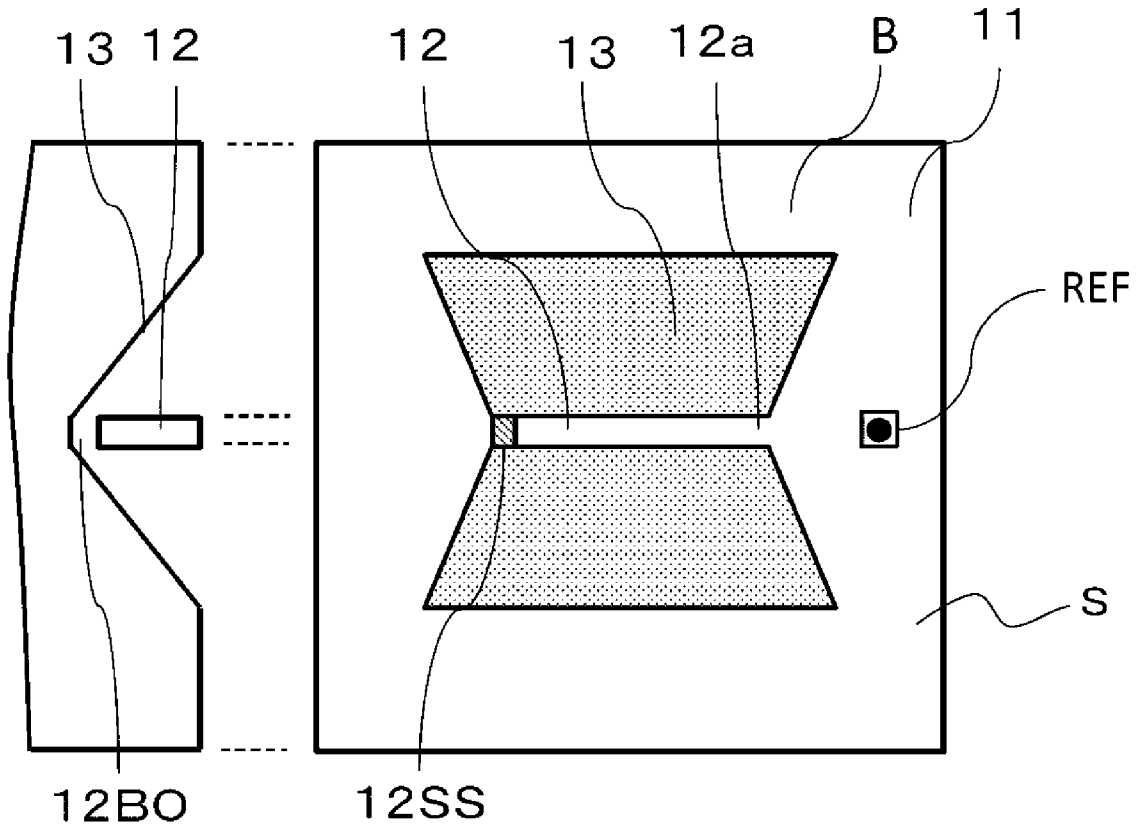
図 10

14

SPT	
LIN	
REC	

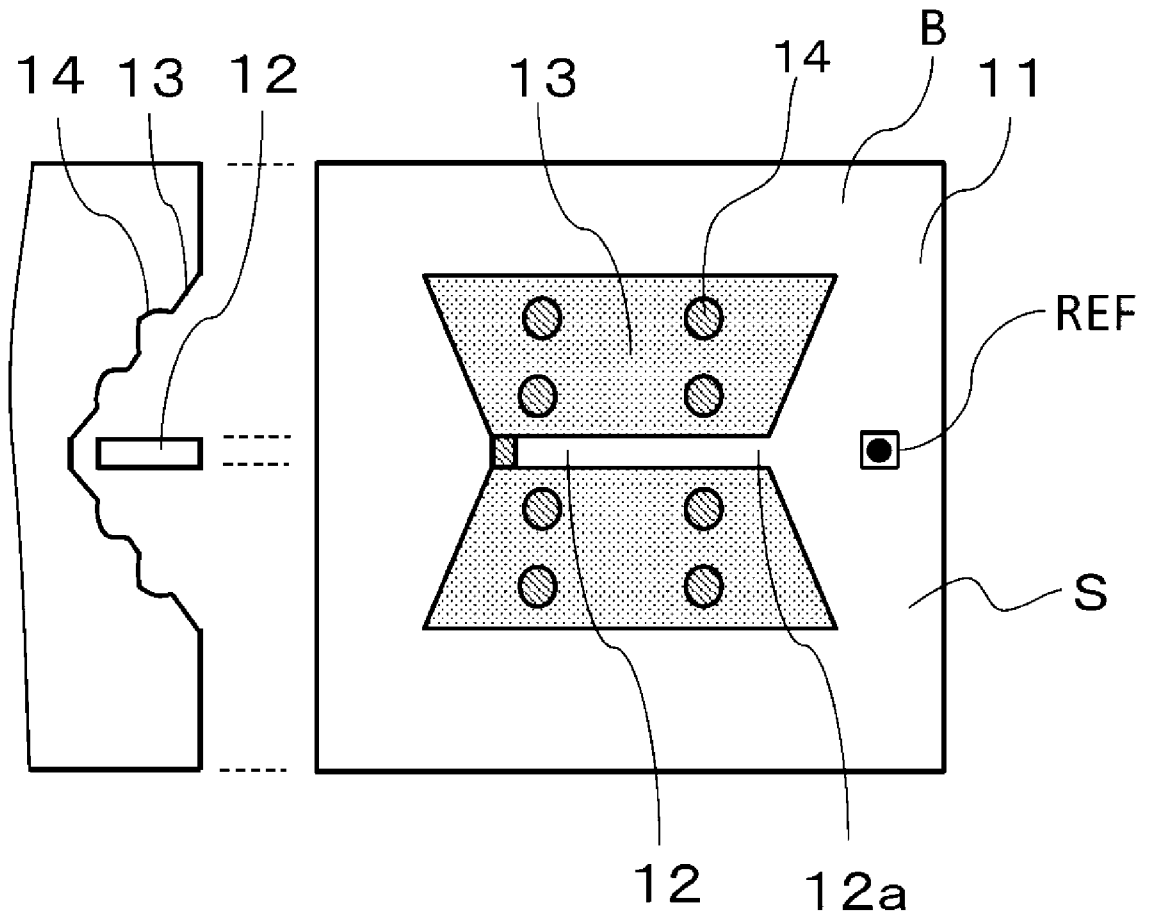
[図11]

図 1 1



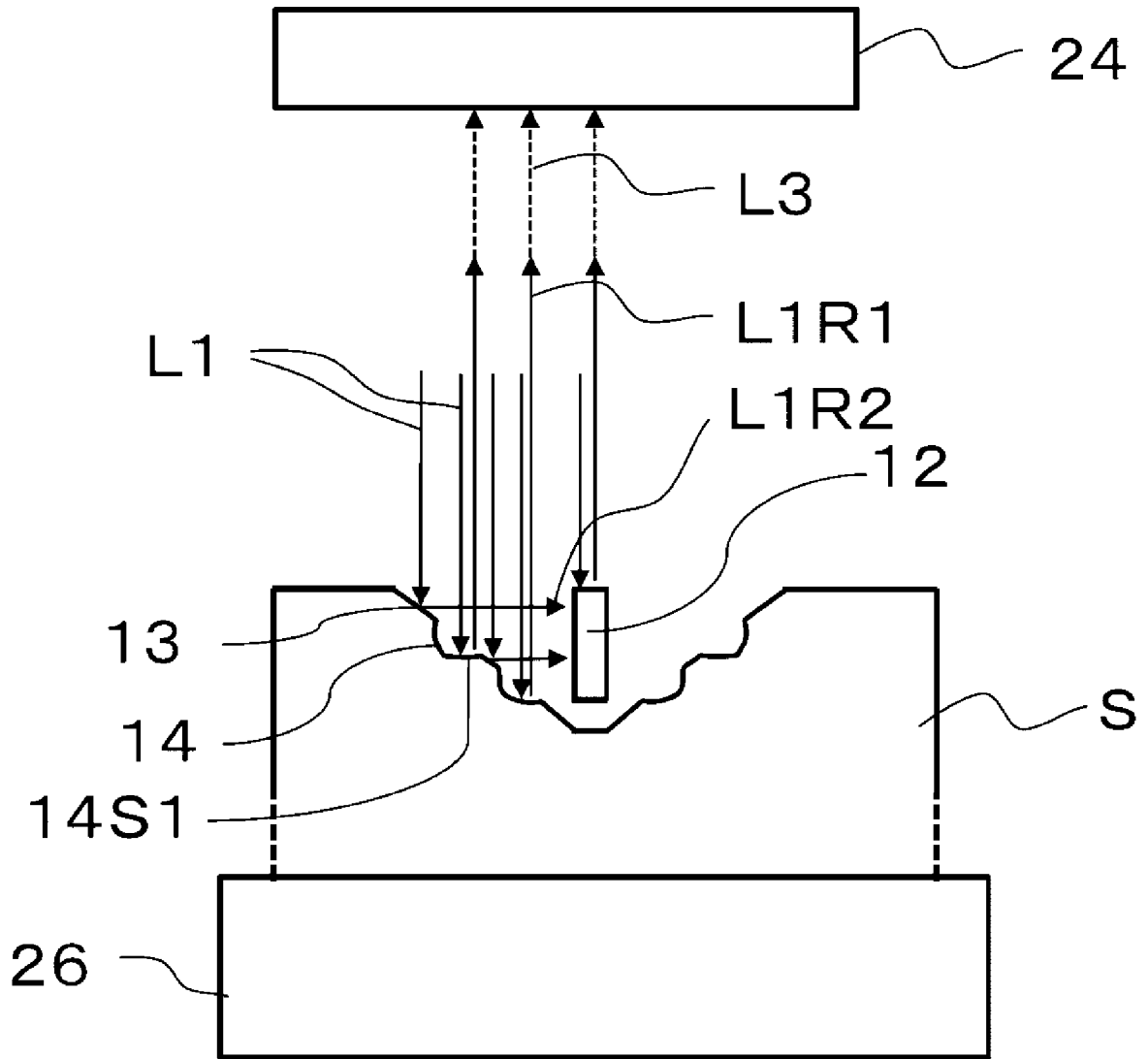
[図12]

図 1 2



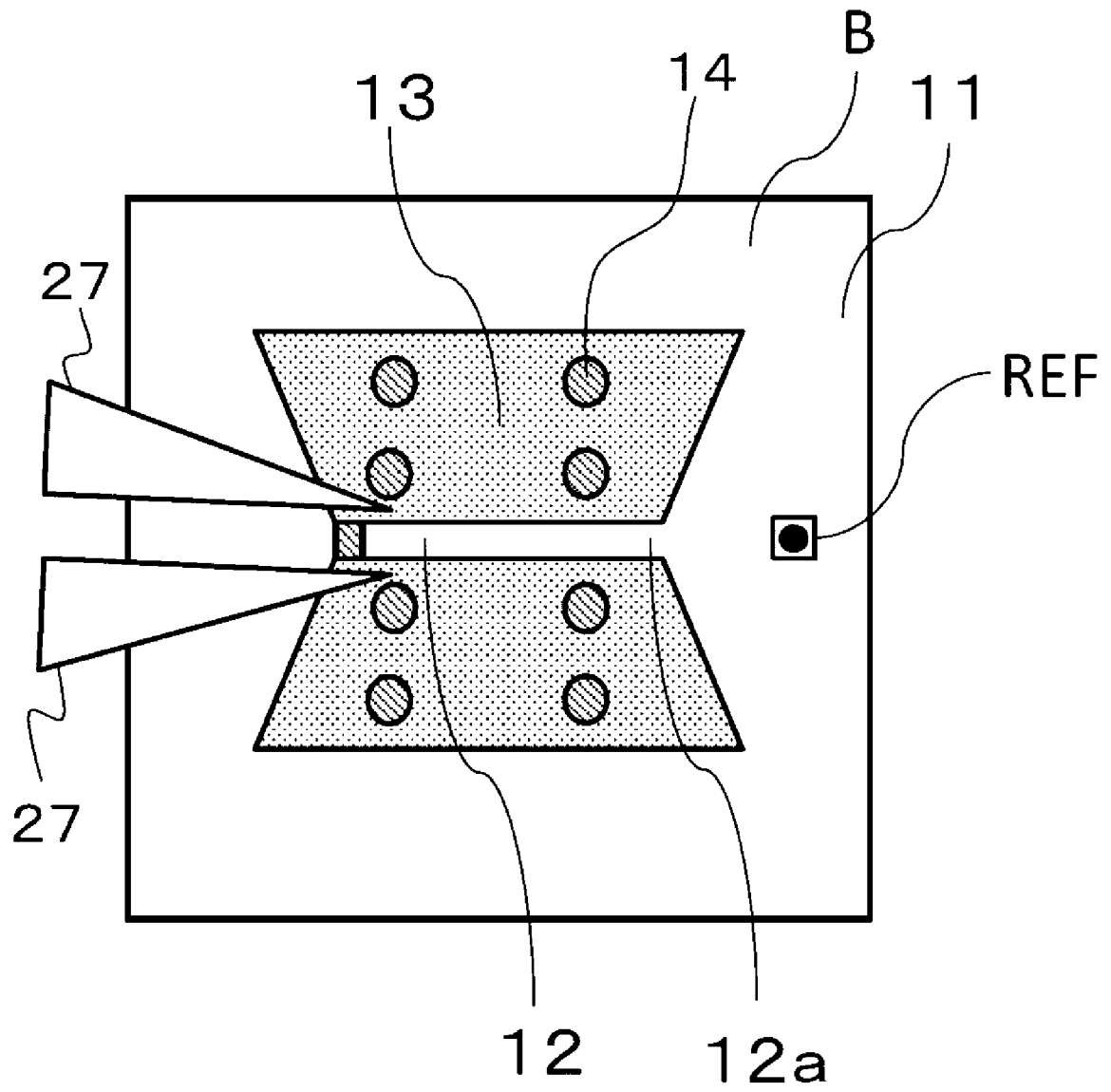
[図13]

図 13



[図14]

図14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/046768

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01J 37/26</i> (2006.01)i; <i>H01J 37/317</i> (2006.01)i; <i>G01N 1/28</i> (2006.01)i FI: H01J37/317 D; G01N1/28 F; H01J37/26		
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) H01J37/26; H01J37/317; G01N1/28		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-148159 A (HITACHI LTD) 22 May 2002 (2002-05-22) fig. 3, paragraph [0010]	1-16
A	JP 2012-178347 A (FEI CO) 13 September 2012 (2012-09-13) fig. 11, 3	1-16
A	US 2013/0323937 A1 (CARL ZEISS MICROSCOPY GMBH) 05 December 2013 (2013-12-05) fig. 2	1-16
A	JP 2016-503890 A (FEI CO) 08 February 2016 (2016-02-08) fig. 3, 4	1-16
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 07 February 2023		Date of mailing of the international search report 21 February 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2022/046768

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2002-148159 A	22 May 2002	US 2002/0079463 A1 fig. 3, paragraph [0010]	
JP 2012-178347 A	13 September 2012	US 2012/0217152 A1 fig. 11, 3 CN 102651299 A	
US 2013/0323937 A1	05 December 2013	DE 102012010708 A CZ 2013404 A NL 2010889 A	
JP 2016-503890 A	08 February 2016	US 2015/0357159 A1 fig. 3, 4 TW 201442054 A KR 10-2015-0102119 A CN 105264635 A	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01J 37/26(2006.01)i; H01J 37/317(2006.01)i; G01N 1/28(2006.01)i FI: H01J37/317 D; G01N1/28 F; H01J37/26</p>										
<p>B. 調査を行った分野</p>										
<p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01J37/26; H01J37/317; G01N1/28</p>										
<p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年									
<p>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）</p>										
<p>C. 関連すると認められる文献</p>										
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								
A	JP 2002-148159 A (株式会社日立製作所) 22.05.2002 (2002 - 05 - 22) 図3; 段落0010	1-16								
A	JP 2012-178347 A (エフ・イー・アイ・カンパニー) 13.09.2012 (2012 - 09 - 13) 図11, 3	1-16								
A	US 2013/0323937 A1 (CARL ZEISS MICROSCOPY GMBH) 05.12.2013 (2013 - 12 - 05) 図2	1-16								
A	JP 2016-503890 A (エフ・イー・アイ・カンパニー) 08.02.2016 (2016 - 02 - 08) 図3, 4	1-16								
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>										
<p>* 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の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抵触するものではなく、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</p>										
国際調査を完了した日	07.02.2023	国際調査報告の発送日 21.02.2023								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 右▲高▼ 孝幸 2G 9808 電話番号 03-3581-1101 内線 3226									

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
 PCT/JP2022/046768

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2002-148159 A	22.05.2002	US 2002/0079463 A1 図3; 段落0010	
JP 2012-178347 A	13.09.2012	US 2012/0217152 A1 図11, 3 CN 102651299 A	
US 2013/0323937 A1	05.12.2013	DE 102012010708 A CZ 2013404 A NL 2010889 A	
JP 2016-503890 A	08.02.2016	US 2015/0357159 A1 図3, 4 TW 201442054 A KR 10-2015-0102119 A CN 105264635 A	