



## 明 細 書

発明の名称：複合荷電粒子線装置およびその制御方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、C F E 電子源を利用した走査電子顕微鏡と、集束イオンビーム装置とを備えた複合荷電粒子線装置に関する。

### 背景技術

[0002] 特開 2 0 0 9 - 4 1 1 2 号公報（特許文献 1）および特開 2 0 0 7 - 1 5 7 6 8 2 号公報（特許文献 2）には、試料断面を加工する集束イオンビーム（F o c u s e d I o n B e a m : F I B）装置と、加工した試料断面を観察する走査電子顕微鏡（S c a n n i n g E l e c t r o n M i c r o s c o p e : S E M）とを組み合わせた複合荷電粒子線装置において、電子源回りなどを高真空（ $10^{-7} \sim 10^{-8} \text{Pa}$ ）に保つためのポンプ機構が開示されている。

[0003] 国際公開第 2 0 1 4 / 1 7 1 2 8 7 号公報（特許文献 3）には、電子源を常に加熱しない冷陰極型（C o l d F i e l d E m i s s i o n : C F E）電子源を利用した S E M（C F E - S E M）において、S E M 観察時に C F E 電子源を低温フラッシングすることが開示されている。なお、フラッシングとは、電子源に吸着したガス分子を脱離させ、清浄表面を得るための加熱処理のことである。また、低温フラッシングとは、フラッシング直後の、残留ガス吸着の影響が少ない一定時間内（高輝度安定領域）を超えてから、C F E 電子源の先端にガスが完全吸着する前の段階で、引出電圧を印加したままフラッシングすることである。ガスが完全に吸着する前であるため、通常のフラッシングよりも遥かに低度で吸着ガスを脱離させることができる。また、低温であるため、引出電圧を印加したままでも、電子源先端の形状を変化させるビルドアップは発生しない。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2009-4112号公報

特許文献2：特開2007-157682号公報

特許文献3：国際公開第2014/171287号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0005] 現在、商用の複合荷電粒子線装置に搭載されたSEMにおいては、ショットキー型（Schottky Emission：SE）電子源が採用されている。SE電子源は、電流安定性が2%/hr以下と非常に安定であり、FIB加工と加工断面のSEM観察を繰り返して実行し、三次元構造・組成解析するような自動シーケンスに適しているためである。

[0006] このような状況において、本願発明者が、精度の高い三次元構造・組成解析の自動シーケンスを鋭意検討したところ、FIBによる加工繰り返しの幅（加工ステップ）を小さくすればするほど、SEMの加速電圧を低くする必要があるとの知見に至った。FIBによる加工繰り返し幅よりも、SEM観察時における試料内への電子ビームの浸入深さが深くなると、現在加工している加工ステップに含まれる試料以外の情報、つまり、次以降の加工ステップの情報も含まれてしまうためである。例えば、加工ステップ10nmとし、材料をシリコンとした場合、加速電圧2kVのSEM観察では、電子ビームの浸入深さは約40nmとなる。加工ステップ内の情報だけを抽出しようとした場合、SEMの加速電圧は1kV以下とする必要がある。

[0007] しかしながら、上述のSE電子源は、そのエネルギー幅が0.6eVと広いため、低加速電圧では分解能が劣化し、断面観察には適さない。

[0008] そこで、本願発明者が、エネルギー幅の狭く、低加速電圧でのSEM観察に適するCFE電子源を採用した、世界初の商用複合荷電粒子線装置を目指し設計及び開発を進めたところ、特許文献1や特許文献2などのポンプ機構を採用して高真空としても、電子ビームを試料に照射しなければならず、試料側からのガスの逆流に曝されるため、高輝度安定領域は、実用的には100min程度であるとの知見を得た。精度の高い三次元構造・組成解析を求

めるほど加工ステップは小さくなり、24時間以上かけて1000枚以上のSEM画像取得を繰り返すことも想定された。

[0009] 一方、特許文献3の低温フラッシングは、SEM観察時に観察条件を維持したまま実施するものであるが、FIB加工とSEM観察を繰り返す自動シーケンスにおいて、SEM観察時に低温フラッシングが実施されると、実施された時間のみ画像に乱れが生じ、断面観察SEM像の一部情報が失われてしまう。FIB加工を繰り返す自動シーケンスにおいては、観察断面は加工を繰り返すことにより失われてしまうため後戻りができない。観察断面情報の欠落は、三次元構造・組成解析では致命的な問題となる。

[0010] 本発明の目的は、低加速電圧のSEM観察とFIB加工を長時間繰り返す自動シーケンスにより、精度の高い三次元構造・組成解析などを実現することに関する。

### 課題を解決するための手段

[0011] 本発明は、CFE電子源を利用した走査電子顕微鏡による試料の観察と、FIB装置による試料の加工と、を繰り返す自動シーケンスにおいて、CFE電子源の低温フラッシングをSEM観察時以外の所定タイミングで実行することに関する。

### 発明の効果

[0012] 本発明によれば、CFE電子源を利用した走査電子顕微鏡による試料の観察と、FIB装置による試料の加工と、を繰り返す自動シーケンスを長時間実行でき、低加速電圧ながら高分解能であり電流安定性の高いSEM画像を取得することができる。

### 図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施例1にかかる複合荷電粒子線装置の概略構成図

[図2]実施例1にかかる低温フラッシングのタイミングを表したタイムチャート

[図3]実施例2にかかる低温フラッシングのタイミングを表したタイムチャート

[図4]実施例3にかかる低温フラッシングのタイミングを表したタイムチャート

[図5]実施例4にかかる低温フラッシングのタイミングを表したタイムチャート

[図6]実施例5にかかる低温フラッシングと強いフラッシングのタイミングを表したタイムチャート

[図7]F I BカラムとS E Mカラムが直交に配置され複合荷電粒子線装置の概略構成図

[図8]トリプルビーム構成の複合荷電粒子線装置の概略構成図

### 発明を実施するための形態

[0014] 実施例は、試料に電子ビームを照射する、C F E 電子源を利用したC F EーS E Mと、試料にイオンビームを照射するF I B装置と、C F EーS E Mによる試料の観察と、F I B装置による試料の加工と、を繰り返す自動シーケンスを制御する制御部と、を備え、当該制御部が、自動シーケンスにおける、F I B装置による試料の加工中、またはC F EーS E Mによる試料の観察と、F I B装置による試料の加工との遷移時間中に、C F E 電子源に引出電圧を印加したままフラッシングを実行する複合荷電粒子線装置を開示する。

[0015] また、実施例は、C F EーS E Mによる試料の観察と、F I B装置による試料の加工と、を繰り返す自動シーケンスにおける制御方法であって、F I B装置による試料の加工中、またはC F EーS E Mによる試料の観察と、F I B装置による試料の加工との遷移時間中に、C F E 電子源に引出電圧を印加したままフラッシングを実行する制御方法を開示する。

[0016] また、実施例は、自動シーケンスが、C F EーS E Mによる試料の観察と、F I B装置による試料の断面加工と、を繰り返し、試料を三次元構造・組成解析するものであることを開示する。

[0017] また、実施例は、複合荷電粒子線装置が、デポジションガスを導入するガスノズルを備えることを開示する。また、自動シーケンスが、C F EーS E

Mによる試料の観察と、FIB装置によるポジション処理と、を繰り返すものであることを開示する。

[0018] また、実施例は、複合荷電粒子線装置が、エッチングガスを導入するガスノズルを備えることを開示する。また、自動シーケンスが、CFE-SEMによる試料の観察と、FIB装置およびアシストエッチングガスによるアシストエッチング処理と、を繰り返すものであることを開示する。

[0019] また、実施例は、フラッシングが、自動シーケンスにおける、FIB装置による試料の加工開始から一定時間経過後に実行されることを開示する。

[0020] また、実施例は、フラッシングが、自動シーケンスにおける、FIB装置による試料の加工終了から一定時間経過後に実行されることを開示する。

[0021] また、実施例は、フラッシングが、自動シーケンスにおける、CFE-SEMによる試料の観察終了から一定時間経過後に実行されることを開示する。

[0022] また、実施例は、自動シーケンスが、FIB装置による試料の加工中にフラッシングを繰り返し実行し、CFE-SEMによる試料の観察後に当該フラッシングよりも強いフラッシングを実行することを開示する。

[0023] また、実施例は、イオンビームが、ガリウムイオンビーム、ネオンイオンビーム、アルゴンイオンビーム、ヘリウムイオンビーム、キセノンイオンビーム、酸素イオンビーム、または窒素イオンビームであることを開示する。

[0024] 以下、上記およびその他の新規な特徴と効果について、図面を参酌して説明する。なお、図面は、もっぱら発明の理解のために用いるものであり、権利範囲を限縮するものではない。

## 実施例 1

[0025] 図1は、本実施例にかかる複合荷電粒子線装置の概略構成図である。

[0026] 本実施例にかかる複合荷電粒子線装置の基本構成は、その内部に試料121が配置される試料室122に対して、試料121に電子ビーム104を照射するSEMカラム101を垂直に、また、試料121にイオンビーム114を照射するFIBカラム111を斜めに設けたものであり、各構成要素を

制御する制御系を備えている。なお、SEMカラム101を斜めに、FIBカラムを垂直に配置してもよい。

[0027] 電子ビーム104を照射するSEMカラム101の内部には、CFE電子源を含む電子銃ユニット102や、電子ビームを静電偏向させるブランキング電極を含む電子ビームブランキングユニット103などが配置されている。電子銃ユニット102は、図示はしていないイオンポンプおよび非蒸発ゲッター（NEG）ポンプにより排気されており、電子源の周りなどは高真空中に保たれている。なお、オービトロンポンプを用いてもよい。CFE電子源は、タングステン単結晶棒の先端を、エッチングや加熱処理により半径100nm程度まで先鋭化させて電子源としたものである。通常使用時は加熱されておらず、常に電子源回りの残留ガスの吸着・脱離現象に曝される。この現象のために、プローブ電流は不安定になる。なお、CFE電子源は、LaB6単結晶、CeB6単結晶などでもよい。

[0028] また、SEMカラム101は、CFE電子源の引出電極に高電圧を印加する他に、上述したタングステン単結晶棒を保持しているフィラメントに通電加熱して加熱処理も行う電子銃制御高圧電源処理部105、上述したブランキング電極を制御して試料121への電子ビーム照射を一時的に遮断する電子ビームブランキング処理部106、およびSEMカラム101の全般的な制御を行うSEMカラム制御処理部107により制御される。図示はしていないが、SEMカラム101には、試料室122内に配置された試料121上に電子ビーム104をフォーカスさせるためのコンデンサレンズ、対物レンズ、絞り、非点補正器、および軸補正器などが含まれる。また、試料121上を偏向やビームシフトさせる偏向器やビームシフト機能なども有する。

[0029] イオンビーム114を照射するFIBカラム111の内部には、イオン源を含むイオン銃ユニット112や、イオンビームを静電偏向させるためのブランキング電極を含むイオンビームブランキングユニット113などが配置されている。イオン銃ユニット112は、図示はしていないイオンポンプおよび非蒸発ゲッター（NEG）ポンプにより排気されており、イオン源の周

りなどは高真空中に保たれている。なお、オービトロンポンプを用いてもよい。イオン源は、ガリウムイオンであるが、アルゴン、ネオン、キセノン、ヘリウムなどの希ガス類や、酸素、窒素などのガスを用いてもよい。

[0030] また、FIBカラム111は、上述のイオン源に高電圧を印加してイオンビームを発生させるイオン銃制御高圧電源処理部115、上述したブランキング電極を制御して試料121へのイオンビーム照射を一時的に遮断するイオンビームブランキング処理部116、およびFIBカラム111の全般的な制御を行うFIBカラム制御処理部117により制御される。図示はしていないが、FIBカラム111には、試料121上にイオンビーム114をフォーカスさせるためのコンデンサレンズ、対物レンズ、絞り、非点補正器、および軸補正器などが含まれる。また、試料121上を偏向やビームシフトさせる偏向器やビームシフト機能なども有する。

[0031] ここで、電子ビームブランキングユニット103およびイオンビームブランキングユニット113は、双方とも、試料にビームを照射しない場合をONとし、照射する場合をOFFとして制御される。この機能は、電子ビームブランキングユニット103およびイオンビームブランキングユニット113を用いなくても、上述の偏向器や軸補正器にて代用することも可能である。

[0032] 真空チャンバである試料室122の内部には、図示はしていないが、試料121を保持して動かす試料ステージや、試料121への電子ビーム104やイオンビーム111の照射によって試料121から発生する信号を検出する検出器が配置されている。試料ステージは、三次元移動ならびに傾斜および回転の5軸駆動が可能なものである。検出器は、二次電子検出器、反射電子検出器、二次イオン検出器、三次電子検出器、X線検出器、および光検出器などである。試料室122の内部は、図示はしていないターボ分子ポンプにより真空排気される。なお、電子銃ユニット102やイオン銃ユニット112を真空排気するポンプと同様なポンプを用いてもよい。SEMカラム101やFIBカラム111と、試料室122とは、細孔（アパーチャ）を介

して接続されており、差動排気構造となっている。

[0033] SEMカラム101とFIBカラム111のそれぞれの制御部は、共通制御マイコン部131にて統合制御されている。画像表示や双方のカラムの操作は、PC/WS132にて実施される。SEM観察とFIB加工の切り替えは、この共通制御マイコン部131が、電子ビームブランキング処理部106およびイオンビームブランキング処理部116を介して、電子ビームブランキングユニット103およびイオンビームユニット113をそれぞれ制御することにより実現される。また、CFE電子源の加熱処理も、共通マイコン部131が電子銃制御高圧電源処理部105を制御することにより実現される。

[0034] 装置使用前は、電子銃ユニット102の周囲などに配置されている電子銃加熱部を発熱させて、電子銃ユニット102を加熱し、電子銃ユニット102の壁面から放出されるガスを枯渇させる（ベーキング）。これにより、電子源の周りなどを高真空に保つことができる。

[0035] 次に、タングステン単結晶棒を保持しているフィラメントを通電加熱して、CFE電子源の表面に吸着ガス層がない状態まで強いフラッシングを実行する。

[0036] SEM観察のみを実施している場合も、電子ビームを試料に照射しなければならず、試料側からのガスの逆流にCFE電子源は曝される。そこで、装置使用開始時の強いフラッシングを含む先のフラッシングから所定時間が経過したら低温フラッシングを実施する。その際、画面に乱れが生じるが再度試料を電子ビームでスキャンすることにより修復できるので問題とはならない。

[0037] 図2は、FIB加工とSEM観察を繰り返す自動シーケンスにおける低温フラッシングのタイミングを表したタイムチャートである。FIB加工の開始から所定時間が経過したFIB加工中のタイミングで低温フラッシングを実施する。FIB加工中にSEM観察は実施されないため、低温フラッシングにより断面観察SEM像が乱れて一部情報が失われることはない。なお、

自動シーケンスを開始する前には、F I Bによる加工ステップ幅、加工範囲、ピクセル時間、加工枚数を設定することにより、加工ステップ枚の加工時間が既知となる。同じく、S E M画像取得では、一枚の画像のフレーム時間、ピクセル時間、フレーム積算数などを設定することにより、一枚のS E M画像を取得する時間が既知となる。加工ステップ毎のF I B加工時間とS E M観察時間の間の時間、すなわち遷移時間は、任意に設定して良い。F I B加工開始、F I B加工終了、S E M観察開始、S E M観察終了は、それぞれソフトウェアでフラグを立てて認識することが可能であり、これらフラグを受けて、低温フラッシング実施のタイミングを設定することが可能となる。加工ステップ毎のF I B加工時間は、前記条件にもよるが、典型的には数秒から数十秒である。またS E Mの観察時間は、前記条件や、必要なS Nを得るのに必要な時間、S E Mのプロープ電流に依存するが、典型的には、数秒～100秒である。

[0038] 本願発明者は、F I B加工とS E M観察を繰り返す自動シーケンスを48時間実施したが（低温フラッシングは、約30分に一回のペースで実施）、フォーカスずれ、視野ずれ、明るさの変化は許容されることも確認できた。

[0039] 従来のS E 電子源を利用した複合荷電粒子線装置において、C F E 電子源と同程度のエネルギー幅を得るためにS E 電子源とモノクロメータとを組み合わせても、ビーム電流が極端に低下し、コントラストが悪くなる。十分なコントラストで加工断面を観察するためには、画像取得時間が必然的に長くなり、電子ビーム照射に弱い試料に対しては特に不向きである。しかし、本実施例によれば、試料の三次元構造・組成解析における加工ステップを小さくでき、各加工断面について低加速電圧ながら高分解能であり電流安定性の高いS E M画像を取得することができる。例えば、シリコンについて、加工ステップを10nmとし、S E Mの加速電圧を1kVとし、C F E 電子源の特長である狭いエネルギー幅の電子ビームにより加工ステップ内の情報だけを抽出して三次元構造・組成解析できる。

## 実施例 2

[0040] 本実施例は、実施例 1 と異なり、F I B 加工後、S E M 観察へ切り替える遷移時間中に低温フラッシングを実施するものである。以下、実施例 1 との相違点を中心に説明する。

[0041] 図 3 は、本実施例にかかる、F I B 加工と S E M 観察を繰り返す自動シーケンスにおける低温フラッシングのタイミングを表したタイムチャートである。本実施例では、F I B 加工の終了から所定時間が経過した遷移時間中のタイミングで低温フラッシングを実施する。S E M 観察直前に低温フラッシングが実行されるため、確実な高輝度安定領域で S E M 画像を取得できる。

### 実施例 3

[0042] 本実施例は、実施例 1 ～ 2 と異なり、S E M 観察後、F I B 加工へ切り替える遷移時間中に低温フラッシングを実施するものである。以下、実施例 1 ～ 2 との相違点を中心に説明する。

[0043] 図 4 は、本実施例にかかる、F I B 加工と S E M 観察を繰り返す自動シーケンスにおける低温フラッシングのタイミングを表したタイムチャートである。本実施例では、S E M 観察の終了から所定時間が経過した遷移時間中のタイミングで低温フラッシングを実施する。S E M 観察直後であり、次の S E M 観察までの時間的余裕があるため、低温フラッシングを確実に実施できる。

### 実施例 4

[0044] 本実施例は、実施例 2 と実施例 3 を組合せたものである。以下、実施例 1 ～ 3 との相違点を中心に説明する。

[0045] 図 5 は、本実施例にかかる、F I B 加工と S E M 観察を繰り返す自動シーケンスにおける低温フラッシングのタイミングを表したタイムチャートである。本実施例では、F I B 加工および S E M 観察のそれぞれの終了から所定時間が経過した遷移時間中のタイミングで低温フラッシングを実施する。こまめに低温フラッシングを継続することにより、実施例 2 と比較して、より確実な高輝度安定領域で画像取得できる。

### 実施例 5

[0046] 本実施例は、実施例 1～4 と異なり、低温フラッシングと強いフラッシングを実施するものである。以下、実施例 1～4 との相違点を中心に説明する。

[0047] 一般的な複合荷電粒子線装置において、Pt や C に代表されるデポジションガスや、XeF<sub>2</sub> に代表されるエッチングガスを導入するガスノズルを備えた導入システムを備えることが多い。そして、FIB 装置は、スパッタ加工だけではなく、前駆ガスを用いたデポジションやアシストエッチング処理にも利用される。このような FIB の動作中、つまり、FIB 装置によるデポジションやアシストエッチングの実行中は、SEM カラム内や CFE 電子源周りにも前駆ガスは到達するため、プローブ電流の減衰時間は短くなる。このような場合には、低温フラッシングと、装置使用前と同様な強いフラッシングを組み合わせる実施することが望ましい。

[0048] 図 6 は、本実施例にかかる、FIB 加工と SEM 観察を繰り返す自動シーケンスにおける低温フラッシングと強いフラッシングのタイミングを表したタイムチャートである。本実施例では、FIB 動作中は、短い間隔で低温フラッシングを繰り返し実行する。一方、SEM に切り替えた後の SEM 観察中は、低温フラッシングはしない。前駆ガスの導入により、FIB 動作へ切り替えるタイミングにおいては、CFE 電子源周りの真空度はまだ悪化した状態である。SEM 観察中にプローブ電流が多く減衰し、低温フラッシングの温度では、高輝度安定領域を維持する清浄表面を得ることができない可能性がある。そこで、FIB 動作に切り替える遷移時間中に、吸着したガスを脱離させるのに十分な強いフラッシングを実施する。清浄表面を得た後、FIB 動作中は、再度低温フラッシングを繰り返すことにより、前駆ガスを導入するようなシーケンスの後でも、SEM 観察に切り替えた直後から安定したプローブ電流を得ることができる。

[0049] なお、電子ビームによるデポジションやエッチングを実行する場合、実行後の処理や、FIB 加工中の処理は、本実施例と同様にすればよい。

産業上の利用可能性

[0050] これまで、実施例 1 にかかる複合荷電粒子線装置を基準に説明したが、図 7 に示すような、F I B カラム 1 1 1 と S E M カラム 1 0 1 が直交に配置されるような構成の複合荷電粒子線装置にも本発明は適用できる。また、図 8 に示すような、例えば、アルゴンイオンビーム 1 4 4 を照射するアルゴンイオンビームカラム 1 4 1 を更に搭載したトリプルビーム構成の複合荷電粒子線装置にも本発明は適用できる。S E M カラム 1 0 1 および F I B カラム 1 1 1 と同様に、アルゴンイオンビームカラム 1 4 1 の内部には、アルゴンイオン源を含むイオン銃ユニット 1 4 2 や、アルゴンイオンビームを静電偏向させるブランキング電極を含むアルゴンイオンビームブランキングユニット 1 4 3 などが配置されている。また、アルゴンイオンカラム 1 4 1 は、上述のアルゴンイオン源に高電圧を印加してアルゴンイオンビームを発生させるアルゴンイオン銃制御高圧電源処理部 1 4 5、上述したブランキング電極を制御して試料 1 2 1 へのアルゴンイオンビーム照射を一時的に遮断するアルゴンイオンビームブランキング処理部 1 4 6、およびアルゴンイオンビームカラム 1 4 1 の全般的な制御を行うアルゴンイオンビームカラム制御処理部 1 4 7 により制御される。

[0051] 本発明が複合荷電粒子線装置に採用されることにより、複合荷電粒子線装置特有のアプリケーションである F I B 動作と S E M 観察を繰り返す自動シーケンスにおいて、長時間自動シーケンスを実施することができ、更に、S E M の加速電圧が低加速でも高分解能で電流安定性の高い画像を取得することが可能となり、ユーザーの利便性が飛躍的に向上する。

## 符号の説明

- [0052] 1 0 1 … S E M カラム  
1 0 2 … 電子銃ユニット  
1 0 3 … 電子ビームブランキングユニット  
1 0 4 … 電子ビーム  
1 0 5 … 電子銃制御高圧電源処理部  
1 0 6 … 電子ビームブランキング処理部

- 1 0 7 … S E Mカラム制御処理部
- 1 1 1 … F I Bカラム
- 1 1 2 … イオン銃ユニット
- 1 1 3 … イオンビームブランキングユニット
- 1 1 4 … イオンビーム
- 1 1 5 … イオン銃制御高圧電源処理部
- 1 1 6 … イオンビームブランキング処理部
- 1 1 7 … F I Bカラム制御処理部
- 1 2 1 … 試料
- 1 2 2 … 試料室
- 1 3 1 … 共通制御マイコン部
- 1 3 2 … P C / W S
- 1 4 1 … アルゴンイオンビームカラム
- 1 4 2 … イオン銃ユニット
- 1 4 3 … アルゴンイオンビームブランキングユニット
- 1 4 4 … アルゴンイオンビーム
- 1 4 5 … アルゴンイオン銃制御高圧電源処理部
- 1 4 6 … アルゴンイオンビームブランキング処理部
- 1 4 7 … アルゴンイオンビームカラム制御処理部

## 請求の範囲

- [請求項1]           試料に電子ビームを照射する、C F E 電子源を利用したC F E - S E Mと、
- 試料にイオンビームを照射するF I B装置と、
- 前記C F E - S E Mによる試料の観察と、前記F I B装置による試料の加工と、を繰り返す自動シーケンスを制御する制御部と、を備え、
- 前記制御部は、前記自動シーケンスにおける、F I B装置による試料の加工中、または前記C F E - S E Mによる試料の観察と、前記F I B装置による試料の加工との遷移時間中に、前記C F E 電子源に引出電圧を印加したままフラッシングを実行することを特徴とする複合荷電粒子線装置。
- [請求項2]           請求項1記載の複合荷電粒子線装置において、
- 前記自動シーケンスは、前記C F E - S E Mによる試料の観察と、前記F I B装置による試料の断面加工と、を繰り返し、試料を三次元構造・組成解析するものであることを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項3]           請求項1記載の複合荷電粒子線装置において、
- デポジションガスを導入するガスノズルを備え、
- 前記自動シーケンスは、前記C F E - S E Mによる試料の観察と、前記F I B装置によるポジション処理と、を繰り返すものであることを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項4]           請求項1記載の複合荷電粒子線装置において、
- エッチングガスを導入するガスノズルを備え、
- 前記自動シーケンスは、前記C F E - S E Mによる試料の観察と、前記F I B装置によるアシストエッチング処理と、を繰り返すものであることを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項5]           請求項1～4のいずれかに記載の複合荷電粒子線装置において、
- 前記フラッシングは、前記自動シーケンスにおける、F I B装置に

よる試料の加工開始から一定時間経過後に実行されることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項6]       請求項1～4のいずれかに記載の複合荷電粒子線装置において、  
前記フラッシングは、前記自動シーケンスにおける、F I B装置による試料の加工終了から一定時間経過後に実行されることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項7]       請求項1～4のいずれかに記載の複合荷電粒子線装置において、  
前記フラッシングは、前記自動シーケンスにおける、C F E－S E Mによる試料の観察終了から一定時間経過後に実行されることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項8]       請求項1～4のいずれかに記載の複合荷電粒子線装置において、  
前記自動シーケンスは、F I B装置による試料の加工中に前記フラッシングを繰り返し実行し、前記C F E－S E Mによる試料の観察後に前記フラッシングよりも強いフラッシングを実行することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項9]       請求項1～4のいずれかに記載の複合荷電粒子線装置において、  
前記イオンビームは、ガリウムイオンビーム、ネオンイオンビーム、アルゴンイオンビーム、ヘリウムイオンビーム、キセノンイオンビーム、酸素イオンビーム、または窒素イオンビームであることを特徴とする複合荷電粒子線装置。

[請求項10]       C F E－S E Mによる試料の観察と、F I B装置による試料の加工と、を繰り返す自動シーケンスにおける制御方法であって、  
前記F I B装置による試料の加工中、または前記C F E－S E Mによる試料の観察と、前記F I B装置による試料の加工との遷移時間中に、前記C F E電子源に引出電圧を印加したままフラッシングを実行することを特徴とする制御方法。

[請求項11]       請求項10記載の制御方法において、  
前記自動シーケンスは、前記C F E－S E Mによる試料の観察と、

前記 F I B 装置による試料の断面加工と、を繰り返し、試料を三次元構造・組成解析するものであることを特徴とする制御方法。

[請求項12]

請求項 10 記載の制御方法において、

前記自動シーケンスは、前記 C F E - S E M による試料の観察と、前記 F I B 装置およびデポジションガスによるポジション処理と、を繰り返すものであることを特徴とする制御方法。

[請求項13]

請求項 10 記載の制御方法において、

エッチングガスを導入するガスノズルを備え、

前記自動シーケンスは、前記 C F E - S E M による試料の観察と、前記 F I B 装置およびアシストエッチングガスによるアシストエッチング処理と、を繰り返すものであることを特徴とする制御方法。

[請求項14]

請求項 10 ～ 13 のいずれかに記載の制御方法において、

前記フラッシングは、前記自動シーケンスにおける、F I B 装置による試料の加工開始から一定時間経過後に実行されることを特徴とする制御方法。

[請求項15]

請求項 10 ～ 13 のいずれかに記載の制御方法において、

前記フラッシングは、前記自動シーケンスにおける、F I B 装置による試料の加工終了から一定時間経過後に実行されることを特徴とする制御方法。

[請求項16]

請求項 10 ～ 13 のいずれかに記載の制御方法において、

前記フラッシングは、前記自動シーケンスにおける、C F E - S E M による試料の観察終了から一定時間経過後に実行されることを特徴とする制御方法。

[請求項17]

請求項 10 ～ 13 のいずれかに記載の制御方法において、

前記自動シーケンスは、F I B 装置による試料の加工中に前記フラッシングを繰り返し実行し、前記 C F E - S E M による試料の観察後に前記フラッシングよりも強いフラッシングを実行することを特徴とする制御方法。

- [請求項18]       請求項10～13のいずれかに記載の制御方法において、  
前記イオンビームは、ガリウムイオンビーム、ネオンイオンビーム、アルゴンイオンビーム、ヘリウムイオンビーム、キセノンイオンビーム、酸素イオンビーム、または窒素イオンビームであることを特徴とする制御方法。

補正された請求の範囲  
[2015年3月17日(17.03.2015)国際事務局受理]

- [請求項1] 試料に電子ビームを照射する、C F E電子源を利用したC F E－S E Mと、  
試料にイオンビームを照射するF I B装置と、  
前記C F E－S E Mによる試料の観察と、前記F I B装置による試料の加工と、を繰り返す自動シーケンスを制御する制御部と、を備え、  
前記制御部は、前記自動シーケンスにおける、F I B装置による試料の加工中、または前記C F E－S E Mによる試料の観察と、前記F I B装置による試料の加工との遷移時間中に、前記C F E電子源に引出電圧を印加したままフラッシングを実行することを特徴とする複合荷電粒子線装置。
- [請求項2] 請求項1記載の複合荷電粒子線装置において、  
前記自動シーケンスは、前記C F E－S E Mによる試料の観察と、前記F I B装置による試料の断面加工と、を繰り返し、試料を三次元構造・組成解析するものであることを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項3] (補正後) 請求項1記載の複合荷電粒子線装置において、  
デポジションガスを導入するガスノズルを備え、  
前記自動シーケンスは、前記C F E－S E Mによる試料の観察と、前記F I B装置によるデポジション処理と、を繰り返すものであることを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項4] 請求項1記載の複合荷電粒子線装置において、  
エッチングガスを導入するガスノズルを備え、  
前記自動シーケンスは、前記C F E－S E Mによる試料の観察と、前記F I B装置によるアシストエッチング処理と、を繰り返すものであることを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれかに記載の複合荷電粒子線装置において、  
前記フラッシングは、前記自動シーケンスにおける、F I B装置に

よる試料の加工開始から一定時間経過後に実行されることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項6] 請求項1～4のいずれかに記載の複合荷電粒子線装置において、  
前記フラッシングは、前記自動シーケンスにおける、FIB装置による試料の加工終了から一定時間経過後に実行されることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項7] 請求項1～4のいずれかに記載の複合荷電粒子線装置において、  
前記フラッシングは、前記自動シーケンスにおける、CFE-SEMによる試料の観察終了から一定時間経過後に実行されることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項8] 請求項1～4のいずれかに記載の複合荷電粒子線装置において、  
前記自動シーケンスは、FIB装置による試料の加工中に前記フラッシングを繰り返し実行し、前記CFE-SEMによる試料の観察後に前記フラッシングよりも強いフラッシングを実行することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項9] 請求項1～4のいずれかに記載の複合荷電粒子線装置において、  
前記イオンビームは、ガリウムイオンビーム、ネオンイオンビーム、アルゴンイオンビーム、ヘリウムイオンビーム、キセノンイオンビーム、酸素イオンビーム、または窒素イオンビームであることを特徴とする複合荷電粒子線装置。

[請求項10] (補正後) CFE-SEMによる試料の観察と、FIB装置による試料の加工と、を繰り返す自動シーケンスにおける制御方法であって、  
前記FIB装置による試料の加工中、または前記CFE-SEMによる試料の観察と、前記FIB装置による試料の加工との遷移時間中に、CFE電子源に引出電圧を印加したままフラッシングを実行することを特徴とする制御方法。

[請求項11] 請求項10記載の制御方法において、  
前記自動シーケンスは、前記CFE-SEMによる試料の観察と、

前記FIB装置による試料の断面加工と、を繰り返し、試料を三次元構造・組成解析するものであることを特徴とする制御方法。

[請求項12] (補正後) 請求項10記載の制御方法において、

前記自動シーケンスは、前記CFE-SEMによる試料の観察と、前記FIB装置およびデポジションガスによるデポジション処理と、を繰り返すものであることを特徴とする制御方法。

[請求項13] (補正後) 請求項10記載の制御方法において、

前記自動シーケンスは、前記CFE-SEMによる試料の観察と、前記FIB装置およびアシストエッチングガスによるアシストエッチング処理と、を繰り返すものであることを特徴とする制御方法。

[請求項14] 請求項10～13のいずれかに記載の制御方法において、

前記フラッシングは、前記自動シーケンスにおける、FIB装置による試料の加工開始から一定時間経過後に実行されることを特徴とする制御方法。

[請求項15] 請求項10～13のいずれかに記載の制御方法において、

前記フラッシングは、前記自動シーケンスにおける、FIB装置による試料の加工終了から一定時間経過後に実行されることを特徴とする制御方法。

[請求項16] 請求項10～13のいずれかに記載の制御方法において、

前記フラッシングは、前記自動シーケンスにおける、CFE-SEMによる試料の観察終了から一定時間経過後に実行されることを特徴とする制御方法。

[請求項17] 請求項10～13のいずれかに記載の制御方法において、

前記自動シーケンスは、FIB装置による試料の加工中に前記フラッシングを繰り返し実行し、前記CFE-SEMによる試料の観察後に前記フラッシングよりも強いフラッシングを実行することを特徴とする制御方法。

[請求項18] 請求項10～13のいずれかに記載の制御方法において、  
前記イオンビームは、ガリウムイオンビーム、ネオンイオンビーム、  
アルゴンイオンビーム、ヘリウムイオンビーム、キセノンイオンビーム、  
酸素イオンビーム、または窒素イオンビームであることを特徴とする制御方法。

条約第 19 条（1）に基づく説明書

1. 補正の内容

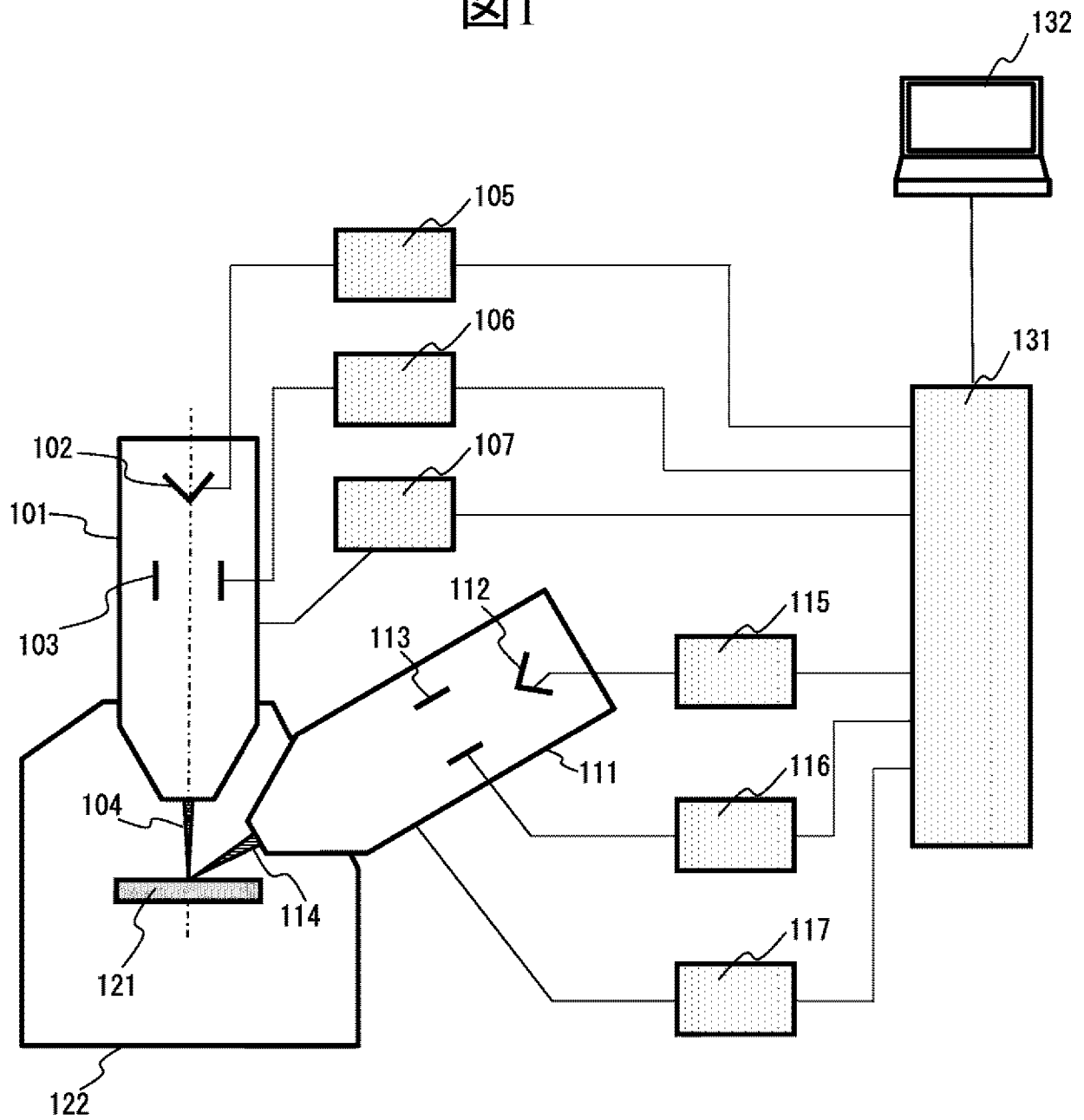
請求項 3、10、12 および 13 について補正しました。

請求項 3、10、12 および 13 の補正は、表面的な補正です。

以上

[図1]

図1



[図2]

図2

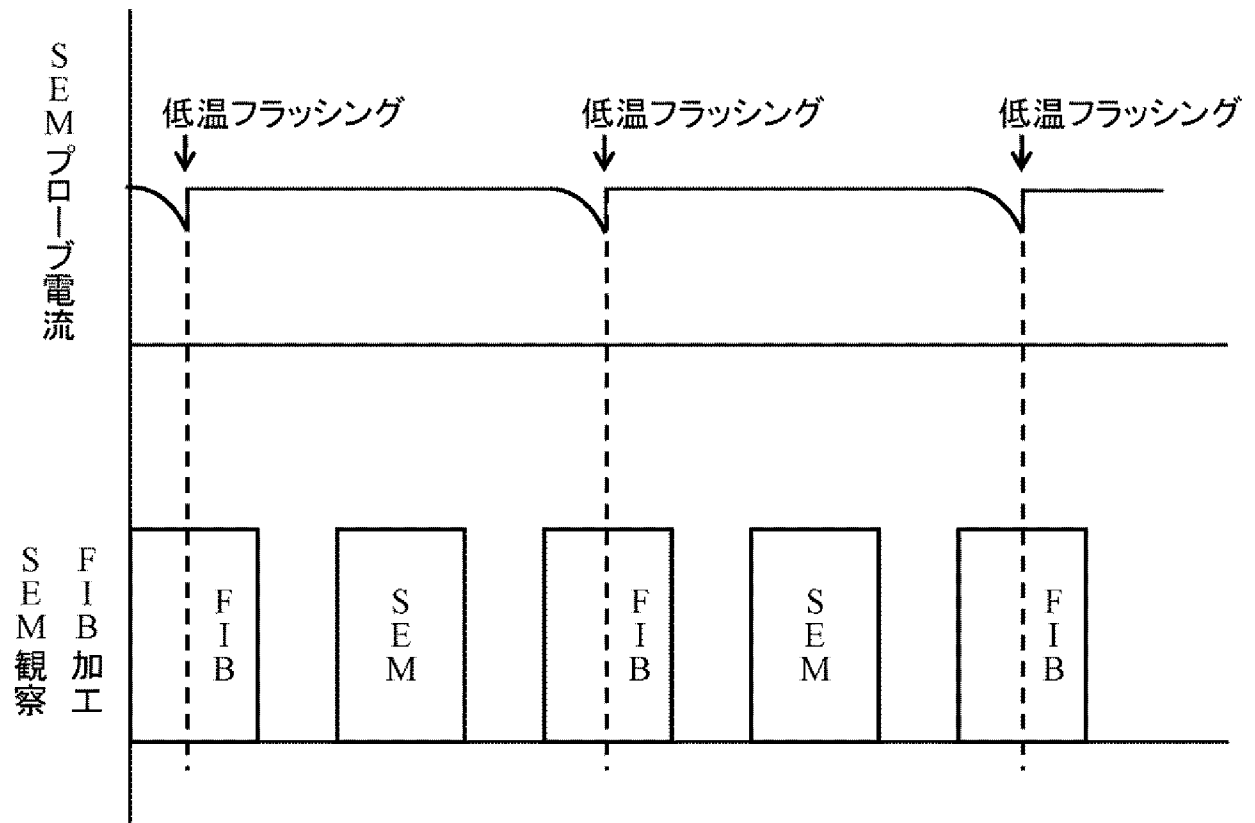
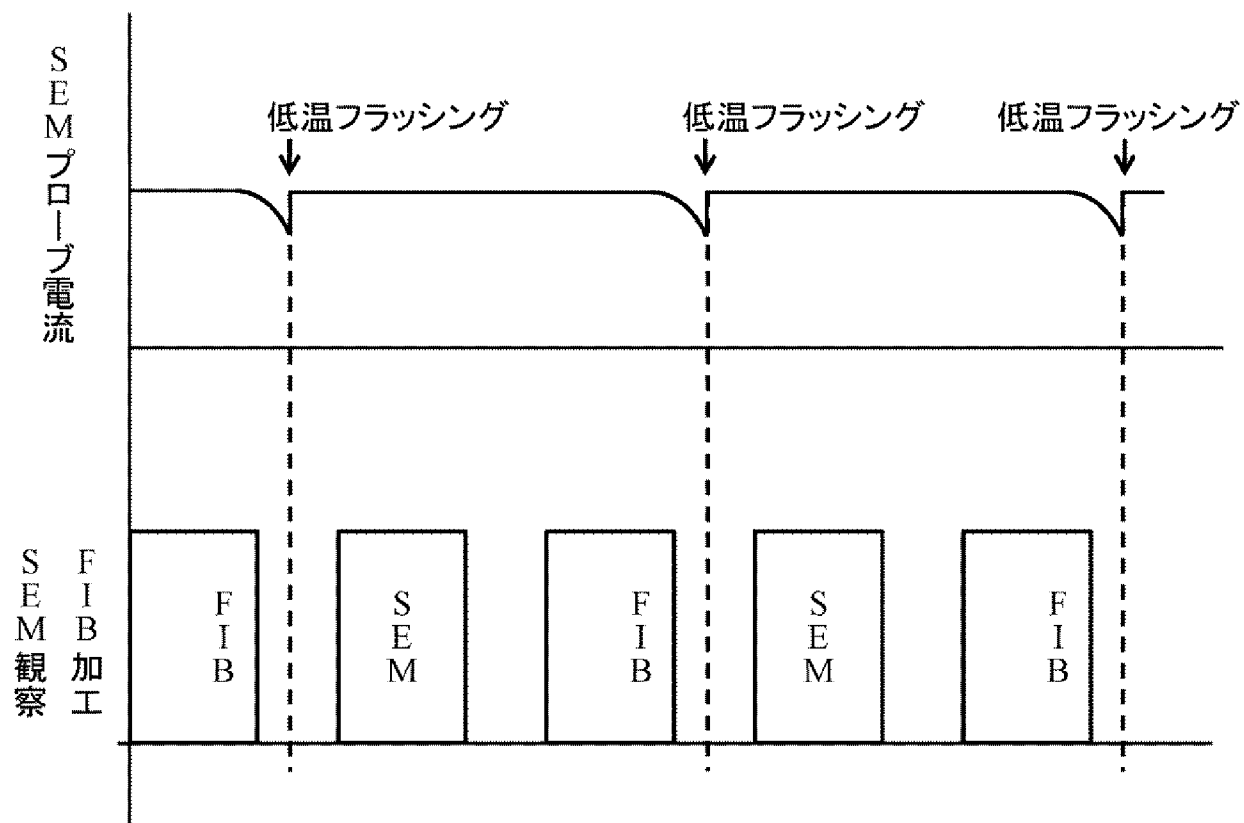
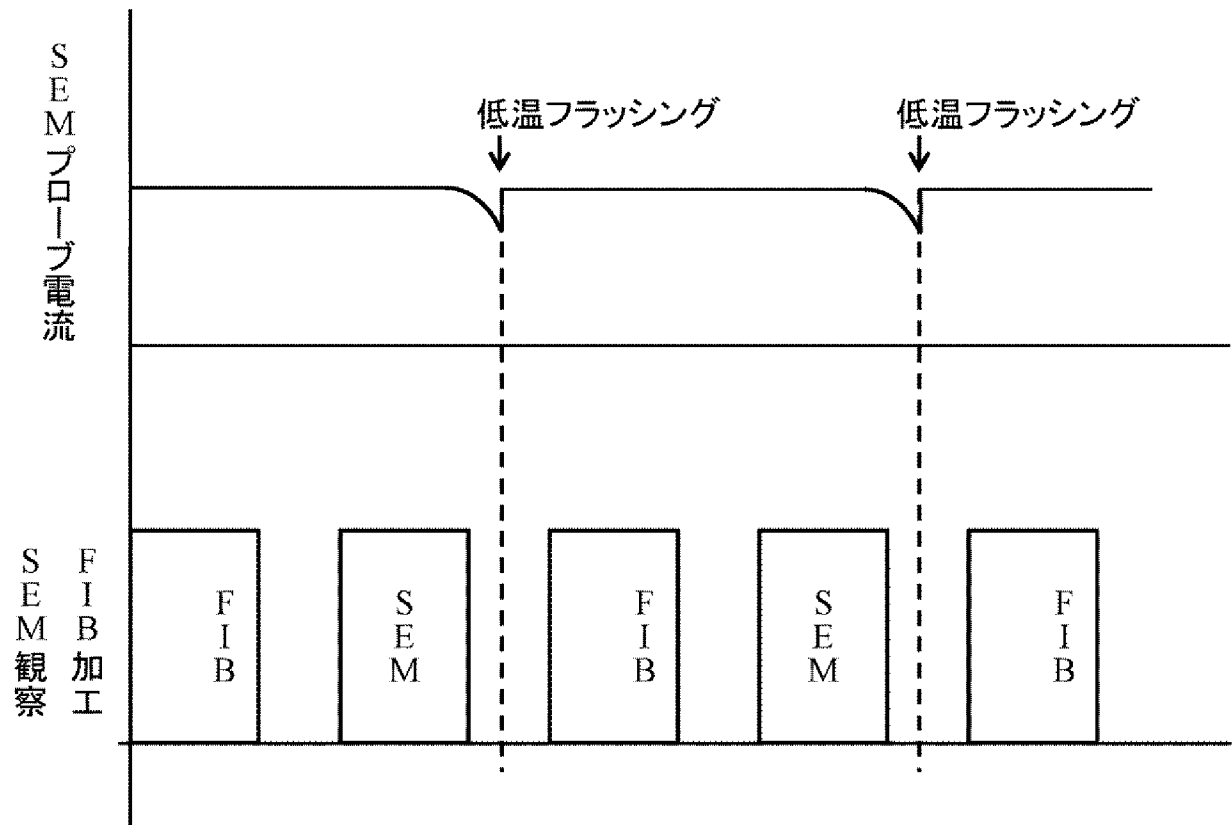


图3



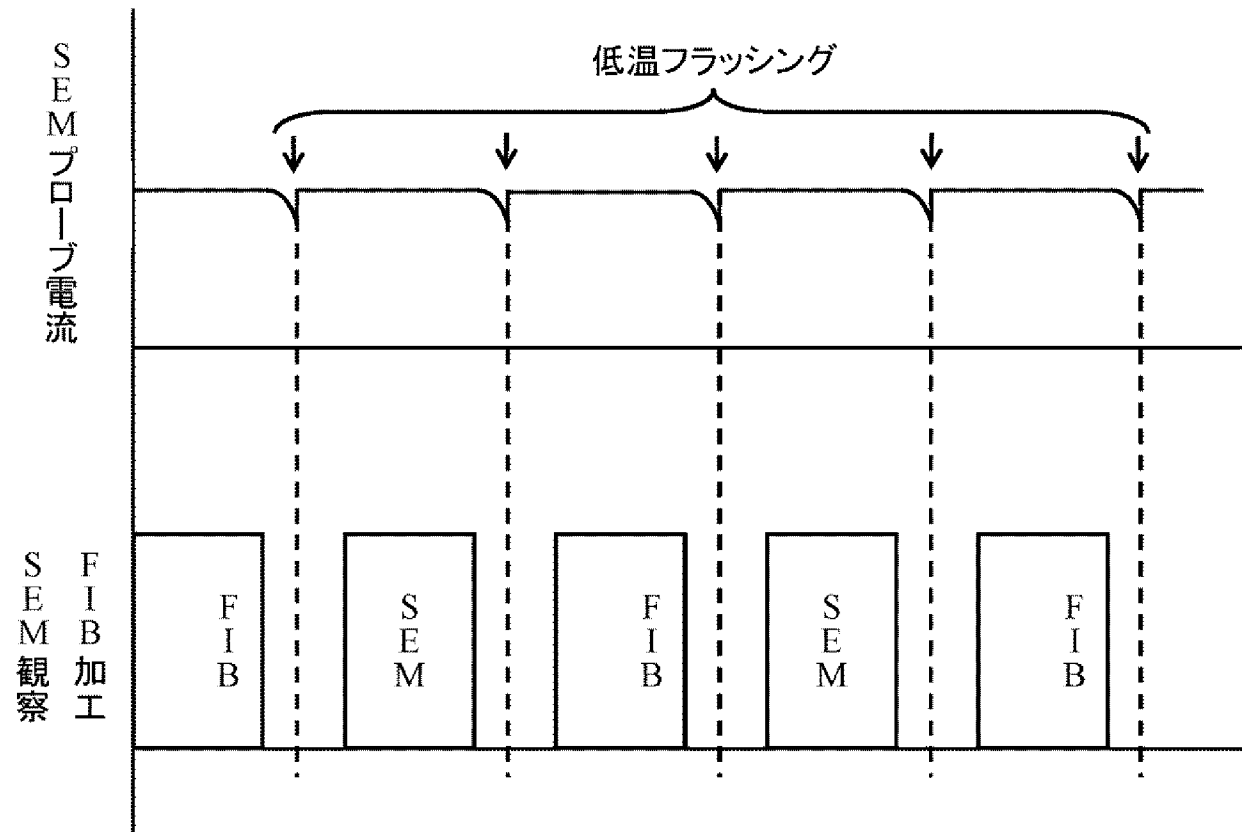
[図4]

図4



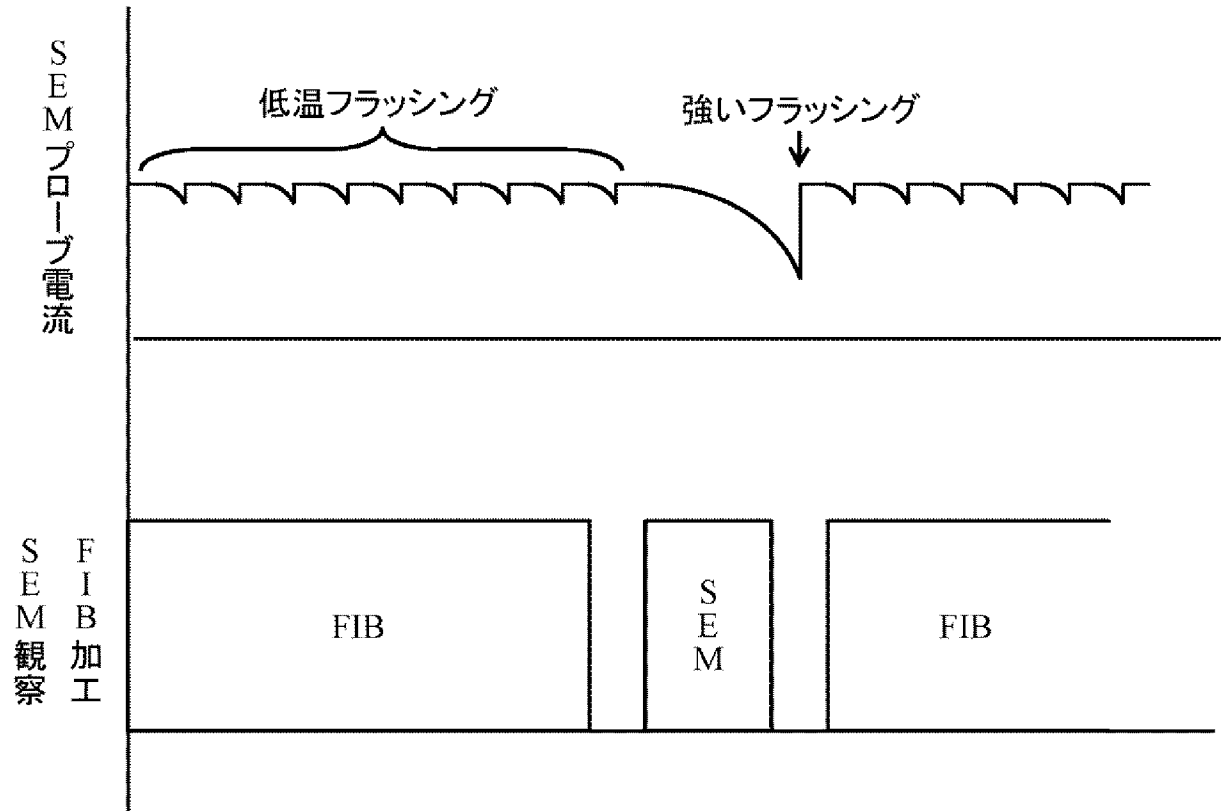
[図5]

図5



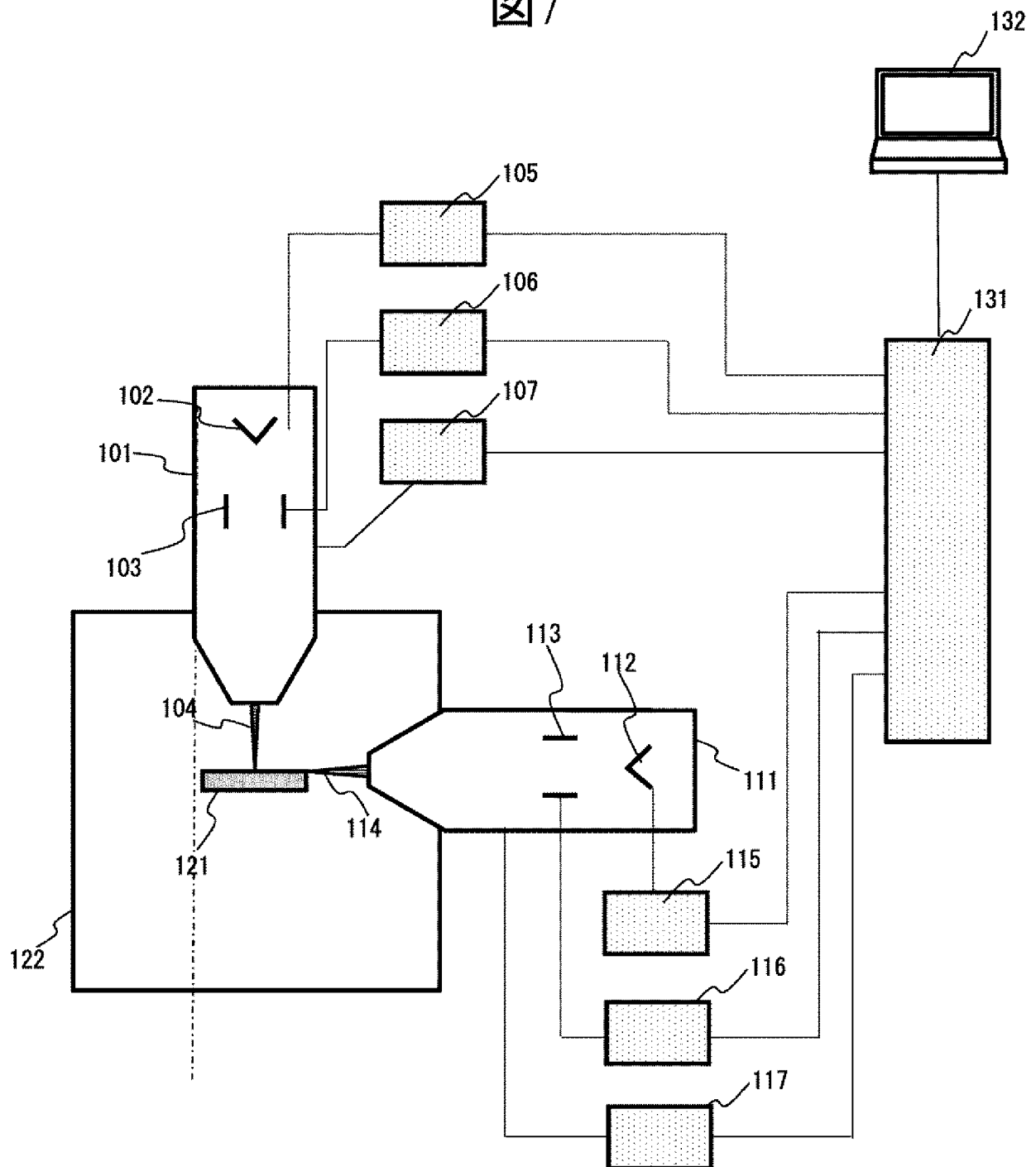
[図6]

図6



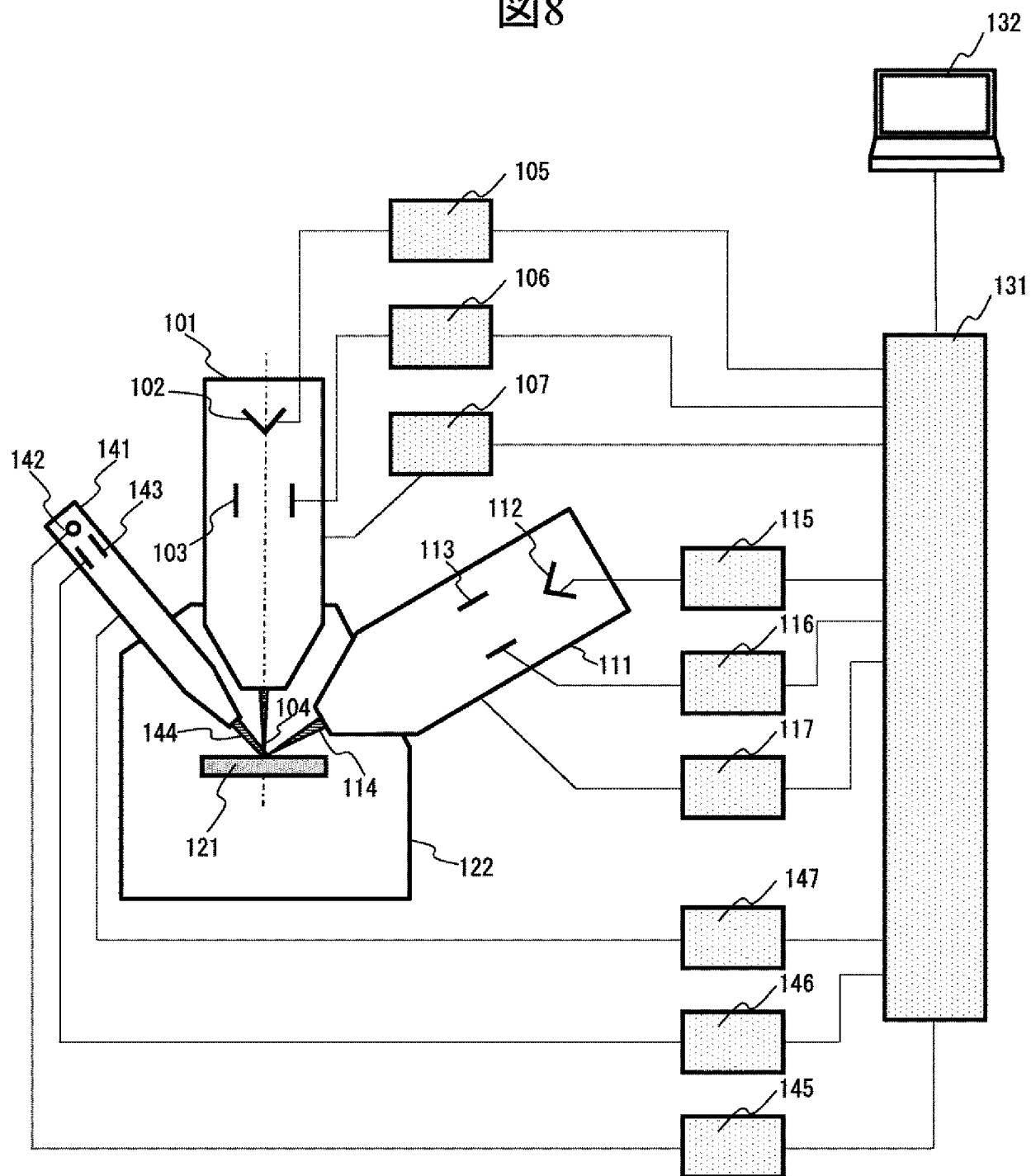
[図7]

図7



[図8]

图 8



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/084454

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/073(2006.01)i, H01J37/28(2006.01)i, H01J37/317(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)

H01J37/073, H01J37/28, H01J37/317

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 | 1996-2015 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2015 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2015 |

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         | WO 2009/153939 A1 (Hitachi High-Technologies Corp.),<br>23 December 2009 (23.12.2009),<br>entire text; all drawings<br>& US 2011/0089336 A1                                       | 1-18                  |
| A         | JP 2014-63726 A (Hitachi High-Tech Science Corp.),<br>10 April 2014 (10.04.2014),<br>entire text; all drawings<br>& US 2014/0061159 A1 & KR 10-2014-0029285 A<br>& TW 201423820 A | 1-18                  |

☐ 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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
28 January 2015 (28.01.15)

Date of mailing of the international search report  
10 February 2015 (10.02.15)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J37/073(2006.01)i, H01J37/28(2006.01)i, H01J37/317(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（I P C））

Int.Cl. H01J37/073, H01J37/28, H01J37/317

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   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 5 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）

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| A               | WO 2009/153939 A1 (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2009.12.23,<br>全文全図 & US 2011/0089336 A1                                          | 1 - 1 8        |
| A               | JP 2014-63726 A (株式会社日立ハイテクサイエンス) 2014.04.10,<br>全文全図 & US 2014/0061159 A1 & KR 10-2014-0029285 A<br>& TW 201423820 A | 1 - 1 8        |

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ 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

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

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 8 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

桐畑 幸▲廣▼

2 G

9 6 0 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 2 6