

(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2018-152183

(P2018-152183A)

(43) 公開日 平成30年9月27日(2018.9.27)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
 HO 1 J 37/317 (2006.01) HO 1 J 37/317 D 5C034

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2017-46223 (P2017-46223)	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成29年3月10日 (2017.3.10)	(74) 代理人	110002066 特許業務法人筒井国際特許事務所
		(72) 発明者	渡邊 敬司 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72) 発明者	志知 広康 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72) 発明者	龍崎 大介 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		Fターム(参考)	5C034 DD06 DD09

(54) 【発明の名称】 微細構造体の製造方法および製造装置

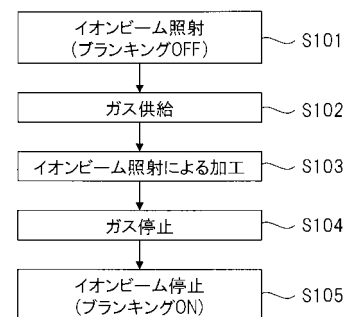
(57) 【要約】

【課題】 所望の加工位置以外にイオンビームが照射されることを回避する技術を提供する。

【解決手段】 微細構造体の製造方法は、試料へイオンビームを照射する工程(S101)と、試料へガスを供給する工程(S102)と、試料へのガスの供給を停止する工程(S104)と、試料へのイオンビームの照射を停止する工程(S105)と、を有する。そして、イオンビームを照射する工程(S101)はガスを供給する工程(S102)より先に行われる、もしくは、ガスの供給を停止する工程(S104)はイオンビームの照射を停止する工程(S105)より先に行われる。

【選択図】 図3

図 3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

試料へイオンビームを照射して微細構造体を製造する微細構造体の製造方法であって、前記試料へ前記イオンビームを照射する工程と、前記試料へガスを供給する工程と、前記試料への前記ガスの供給を停止する工程と、前記試料への前記イオンビームの照射を停止する工程と、を有し、前記イオンビームを照射する工程は前記ガスを供給する工程より先に行われる、もしくは、前記ガスの供給を停止する工程は前記イオンビームの照射を停止する工程より先に行われる、微細構造体の製造方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の微細構造体の製造方法において、前記ガスが供給された前記試料に前記イオンビームを照射することで前記試料を加工する工程をさらに有する、微細構造体の製造方法。

【請求項 3】

請求項 1 記載の微細構造体の製造方法において、前記イオンビームを照射する工程および前記イオンビームの照射を停止する工程は、ランキング制御により行われる、微細構造体の製造方法。

【請求項 4】

請求項 1 記載の微細構造体の製造方法において、前記ガスを供給する工程および前記ガスの供給を停止する工程は、前記ガスの供給方向を制御することにより行われる、微細構造体の製造方法。

20

【請求項 5】

請求項 1 記載の微細構造体の製造方法において、前記ガスを供給する工程および前記ガスの供給を停止する工程は、ガス供給ノズルと前記試料との間に配置される可動シャッタの動作により行われる、微細構造体の製造方法。

【請求項 6】

請求項 1 記載の微細構造体の製造方法において、前記イオンビームは、成形マスクを用いて形成された投射ビームである、微細構造体の製造方法。

30

【請求項 7】

試料へイオンビームを照射して微細構造体を製造する微細構造体の製造装置であって、前記試料へ前記イオンビームを照射する制御と、前記試料へガスを供給する制御と、前記試料への前記ガスの供給を停止する制御と、前記試料への前記イオンビームの照射を停止する制御と、を行う制御装置を有し、

前記制御装置において、前記イオンビームを照射する制御は前記ガスを供給する制御より先に行われる、もしくは、前記ガスの供給を停止する制御は前記イオンビームの照射を停止する制御より先に行われる、微細構造体の製造装置。

【請求項 8】

請求項 7 記載の微細構造体の製造装置において、前記制御装置において、前記ガスが供給された前記試料に前記イオンビームを照射することで前記試料を加工する制御がさらに行われる、微細構造体の製造装置。

40

【請求項 9】

請求項 7 記載の微細構造体の製造装置において、前記イオンビームを照射する制御および前記イオンビームの照射を停止する制御は、ランキング制御により行われる、微細構造体の製造装置。

【請求項 10】

請求項 7 記載の微細構造体の製造装置において、前記ガスを供給する制御および前記ガスの供給を停止する制御は、前記ガスの供給方向

50

を制御することにより行われる、微細構造体の製造装置。

【請求項 1 1】

請求項 7 記載の微細構造体の製造装置において、

前記ガスを供給する制御および前記ガスの供給を停止する制御は、ガス供給ノズルと前記試料との間に配置される可動シャッタの動作により行われる、微細構造体の製造装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 記載の微細構造体の製造装置において、

前記可動シャッタと前記ガス供給ノズルとは互いに分離して配置される、微細構造体の製造装置。

【請求項 1 3】

請求項 7 記載の微細構造体の製造装置において、

前記イオンビームは、成形マスクを用いて形成された投射ビームである、微細構造体の製造装置。

【請求項 1 4】

試料へイオンビームを照射して微細構造体を製造する微細構造体の製造方法であって、

前記試料へ前記イオンビームを照射する工程と、

前記試料に前記イオンビームを照射することで前記試料を加工する工程と、

前記試料への前記イオンビームの照射を停止する工程と、

を有し、

前記イオンビームを照射する工程または前記イオンビームの照射を停止する工程において、前記イオンビームが前記試料上を動作する方向が複数の選択肢の中から指定される、微細構造体の製造方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 記載の微細構造体の製造方法において、

前記イオンビームが前記試料上を動作する方向の選択肢は、前記イオンビームの複数のブランキング電極にそれぞれ印加される電圧の設定により実現される、微細構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、微細構造体の製造方法および製造装置に関し、例えばMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) などの微細構造体を製造する微細構造体の製造方法および製造装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、集束イオンビーム装置において、ガス種毎にブランキング電極に電圧印加するタイミングの設定値を記憶し、ガス種に対応するタイミングの設定値をブランキング電極に設定する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2011 - 210492 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述した特許文献 1 の技術では、ガス種毎にブランキング電極に電圧印加するタイミングを切り替えることができる。しかしながら、特許文献 1 の技術を用いて、ガス種毎にブランキングのタイミングを切り替えるだけでは、所望の加工位置以外にイオンビームが照射されることを回避できない。

【0005】

10

20

30

40

50

本発明の目的は、所望の加工位置以外にイオンビームが照射されることを回避する技術を提供することにある。

【0006】

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴については、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【0008】

一実施の形態における微細構造体の製造方法は、試料へイオンビームを照射して微細構造体を製造する微細構造体の製造方法である。微細構造体の製造方法は、試料へイオンビームを照射する工程と、試料へガスを供給する工程と、試料へのガスの供給を停止する工程と、試料へのイオンビームの照射を停止する工程と、を有する。そして、イオンビームを照射する工程はガスを供給する工程より先に行われる、もしくは、ガスの供給を停止する工程はイオンビームの照射を停止する工程より先に行われる。

【0009】

一実施の形態における微細構造体の製造装置は、試料へイオンビームを照射して微細構造体を製造する微細構造体の製造装置である。微細構造体の製造装置は、試料へイオンビームを照射する制御と、試料へガスを供給する制御と、試料へのガスの供給を停止する制御と、試料へのイオンビームの照射を停止する制御と、を行う制御装置を有する。そして、制御装置において、イオンビームを照射する制御はガスを供給する制御より先に行われる、もしくは、ガスの供給を停止する制御はイオンビームの照射を停止する制御より先に行われる。

【0010】

一実施の形態における別の微細構造体の製造方法は、試料へイオンビームを照射して微細構造体を製造する微細構造体の製造方法である。微細構造体の製造方法は、試料へイオンビームを照射する工程と、試料にイオンビームを照射することで試料を加工する工程と、試料へのイオンビームの照射を停止する工程と、を有する。そして、イオンビームを照射する工程またはイオンビームの照射を停止する工程において、イオンビームが試料上を動作する方向が複数の選択肢の中から指定される。

【発明の効果】

【0011】

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

【0012】

一実施の形態によれば、所望の加工位置以外にイオンビームが照射されることを回避することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】実施の形態1におけるデバイス製造装置の構成の一例を示す構成図である。

【図2】図1のデバイス製造装置のソフトウェア構成の一例を示す説明図である。

【図3】実施の形態1におけるデバイス製造方法の手順の一例を示すフローチャートである。

【図4】実施の形態1のスポットビーム方式の場合におけるデバイス製造方法の手順の一例を示すフローチャートである。

【図5】実施の形態1のプロジェクションビーム方式の場合におけるデバイス製造方法の手順の一例を示すフローチャートである。

【図6】(a)～(c)は図5において、各工程における加工状態の一例を示す説明図である。

10

20

30

40

50

【図 7】実施の形態 2 におけるデバイス製造方法において、可動シャッタの開閉によるガス供給制御の一例を示す説明図である。

【図 8】図 7 の可動シャッタの開閉によるガス供給制御のタイミングの一例を示す説明図である。

【図 9】(a) ~ (c) は実施の形態 2 におけるデバイス製造方法の各工程における加工状態の一例を示す説明図である。

【図 10】実施の形態 3 におけるデバイス製造方法において、ブランキング方向制御の一例を示す説明図である。

【図 11】実施の形態 3 において、ブランキング方向制御による図形外エリアへの加工進行の抑制の一例を示す説明図である。

【図 12】(a) (b) は実施の形態 3 において、ブランキング電極の構造の一例を示す説明図である。

【図 13】(a) (b) は改善の余地において、ブランキング動作の一例を示す説明図である。

【図 14】(a) (b) は改善の余地において、試料に一定面積の加工図形の加工を行う場合のイオンビーム動作の一例を示す説明図である。

【図 15】改善の余地において、F I B で膜の細線パターンを成膜した結果の上面 S I M 画像の一例を示す説明図である。

【図 16】改善の余地において、F I B 加工の動作手順の一例を示すフローチャートである。

【図 17】改善の余地において、設定エリア外への成膜が課題となる一例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。以下の実施の形態を説明するための全図において、同一の部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。なお、図面をわかりやすくするために、平面図であってもハッチングを付す場合があり、また断面図であってもハッチングを省略する場合がある。

【0015】

以下の実施の形態の特徴をわかりやすくするために、まず、関連技術に存在する改善の余地について説明する。

【0016】

[改善の余地]

改善の余地について、図 13 ~ 図 17 を用いて説明する。この改善の余地について説明する内容において、F I B (Focused Ion Beam : 集束イオンビーム) 加工における材料や寸法などは一例を示すものであり、本実施の形態を限定するものではない。

【0017】

例えば、M E M S などの微細構造体の製造において、F I B の加工を用いた M E M S センサ製造技術の開発が進んでいる。F I B の加工には、例えば、エッチング、成膜および接着などがあるが、以下においては、エッチングおよび成膜について説明する。

【0018】

まず、ブランキング動作について、図 13 を用いて説明する。図 13 は、ブランキング動作の一例を示す説明図である。一般的に F I B 装置 (後述する図 1 参照) では、図 13 に示すように、試料 13 にイオンビーム 7 を照射するかどうかを、ブランキング電極 8 に電圧を印加するかどうかで制御する。図 13 (a) に示すように、ブランキング電極 8 に電圧を印加しないブランキング O F F 状態では、イオンビーム 7 は試料 13 に到達する。また、図 13 (b) に示すように、ブランキング電極 8 に電圧を印加するブランキング O N 状態では、イオンビーム 7 の経路が変化し、イオンビーム 7 はビーム制限アパーチャ 4 に遮られ、試料 13 に到達しない。

【0019】

10

20

30

40

50

試料 1 3 に一定面積の加工図形の加工を行う場合のイオンビーム動作について、図 1 4 を用いて説明する。図 1 4 は、試料に一定面積の加工図形の加工を行う場合のイオンビーム動作の一例を示す説明図である。図 1 4 に示すように、試料 1 3 に一定面積の加工図形 7 1 の加工を行う場合、加工直前まではイオンビーム 7 はブランキング（ブランキング ON）されており、加工中のみブランキングが解除される。これは、スポットビーム（集束ビーム）、プロジェクションビーム（投射ビーム）のいずれの方式を用いた場合でも共通している。

【 0 0 2 0 】

スポットビーム方式の場合、図 1 4 (a) に示すように、(1) 加工図形 7 1 の加工始点 7 2 にイオンビーム 7 を照射（ブランキング解除）、(2) イオンビーム 7 のスキャン、(3) 加工図形 7 1 の加工終点 7 3 でブランキング、の手順となる。プロジェクションビーム方式の場合、図 1 4 (b) に示すように、(1) イオンビーム 7 の照射（ブランキング解除）、(2) 加工図形 7 1 の加工（一定時間保持）、(3) ブランキング、の手順となる。

10

【 0 0 2 1 】

本発明者らは、F I B で種々のパターンの加工を行う中で、ブランキングが加工形状に影響を与える場合があることを見出した。図 1 5 は、F I B で膜（例えば SiO_2 膜）の細線パターンを成膜した結果の上面 S I M 画像の一例を示す説明図である。図 1 5 に示すように、試料 1 3 上の設定エリアに細線パターン 8 1 を成膜する工程で、ブランキング動作により設定エリア以外に、この細線パターン 8 1 の上端から斜めに筋状の膜 8 2 が成膜された。この成膜された膜 8 2 の筋の方向と、ブランキング時のイオンビーム動作方向が一致することから、この筋状の膜 8 2 はブランキングの ON / OFF 時のイオンビーム動作で形成されたものと判明した。

20

【 0 0 2 2 】

図 1 6 は、F I B 加工（成膜）の動作手順の一例を示すフローチャートである。F I B 加工（成膜）の動作は、ガス供給（工程 S 4 0 1）、イオンビーム照射（ブランキング OFF）（工程 S 4 0 2）、イオンビーム照射による加工（工程 S 4 0 3）、イオンビーム停止（ブランキング ON）（工程 S 4 0 4）、ガス停止（工程 S 4 0 5）、の順に行われる。ブランキング ON / OFF 時には、原料ガスが存在している状態でイオンビーム 7 が動作するため、図 1 5 に示したような成膜がされる可能性がある。特に、イオンビーム照射（ブランキング OFF）時には、制御回路の特性上、イオンビーム 7 の位置を安定化させることが困難であるため、この問題が生じやすい。なお、図 1 6 ではガスアシスト成膜の例を示しているが、ガスアシストエッチングについても同様のことが言える。

30

【 0 0 2 3 】

このような F I B 加工中のイオンビームブランキングの影響による設定エリア外への成膜は、F I B によるデバイス製造時に深刻な課題となる。図 1 7 は、設定エリア外への成膜が課題となる一例を示す説明図である。例えば図 1 7 に示すように、複数の電極を隣接して形成する際に、電極間のショート不良が発生する。図 1 7 では、基板 5 1（試料 1 3）の絶縁膜 5 2 上に電極（A）5 3、電極（B）5 4 および電極（C）5 5 を成膜する構成において、電極（B）5 4 の形成時に、電極（B）5 4 の上端から電極（C）5 5 の方向へ斜めに筋状の膜 5 4 a が成膜され、電極（B）5 4 と電極（C）5 5 とのショート不良が発生している。

40

【 0 0 2 4 】

本発明者らは、デバイス製造スループット向上のため、大電流（例えば最大 1 0 0 m A）のイオンビーム 7 を使用可能な F I B 装置を開発中である。ブランキング時にイオンビーム 7 が試料 1 3 上を走査する時間は短いため、小電流（例えば 1 n A 以下）のイオンビーム 7 の使用時には、本現象は深刻ではないが、大電流化に伴い、設定エリア外へのエッチングの深さ、成膜の膜厚が増大することが予想される。

【 0 0 2 5 】

また、図 1 5 に示した実験ではスポットビーム方式を用いたため、ブランキングの影響

50

は筋状の成膜となったが、プロジェクションビーム方式を用いた場合には、成膜図形がそのまま設定エリア外に引きずられた成膜が発生すると予想される。

【0026】

そこで、本実施の形態では、上述した関連技術に存在する改善の余地に対する工夫を施している。以下では、この工夫を施した本実施の形態における技術的思想について、図面を参照しながら説明する。本実施の形態における技術的思想は、所望の加工位置以外にイオンビーム7が照射されることを回避する技術を提供することにある。より具体的には、FIB加工中のブランキング動作による設定エリア外への加工の進行を抑制する技術を提供することにある。

【0027】

[実施の形態1]

実施の形態1について、図1～図6を用いて説明する。実施の形態1では、デバイスの一例として、MEMS構造体(MEMS素子)、特にMEMSセンサを説明するが、他の微細構造体や他のセンサなどにも適用できるものである。

【0028】

<デバイス製造装置>

実施の形態1におけるデバイス製造装置について、図1～図2を用いて説明する。図1は、実施の形態1におけるデバイス製造装置の構成の一例を示す構成図である。

【0029】

本実施の形態におけるデバイス製造装置は、図1に示すFIB装置を有する。FIB装置は、真空容器1を有しており、真空容器1内には、イオンを放出するイオン源2、コンデンサレンズ3、ブランキング電極8、ビーム制限アパーチャ4、イオンビーム走査偏向器5およびアパーチャ回転機構6などから構成されるイオンビーム照射系が配置されている。イオンビーム照射系からは、イオンビーム7が照射される。イオンビーム照射系の部分を、FIB鏡筒18とも呼ぶ。

【0030】

イオン源2としては、例えば液体金属イオン源およびプラズマイオン源などを有する。液体金属イオン源はガリウムイオンを放出し、イオンビーム照射系からガリウムイオンビームとして照射される。プラズマイオン源はアルゴンイオンまたはキセノンイオンを放出し、イオンビーム照射系からアルゴンイオンビームまたはキセノンイオンビームとして照射される。

【0031】

また、FIB装置には、電子銃9、電子銃9から放出する電子ビーム10を集束する電子レンズ11および電子ビーム走査偏向器12などから構成される電子ビーム照射系が配置されている。さらに、FIB装置には、試料13、二次粒子検出器14、試料ステージ15、プローブ(マニピレータ)16および成膜する際のソースガス(堆積ガス)または切削する際のエッチングを促進するためのガスを真空容器1に導入するガス源17などが配置されている。ここで試料13とは、複数のMEMS構造体(MEMS素子)を形成する半導体ウェハなどの基板である。

【0032】

このように、本実施の形態におけるデバイス製造装置は、イオンビーム照射系および二次粒子検出器14を備えていることで、二次粒子検出器14をSIM(Scanning Ion Microscope)画像取得に用いることができる。また、本実施の形態におけるデバイス製造装置は、電子ビーム照射系も備えていることで、二次粒子検出器14をSEM(Scanning Electron Microscope)画像取得にも用いることができる。

【0033】

また、本実施の形態におけるデバイス製造装置には、FIB装置を制御する制御装置として、試料ステージ制御装置21、マニピレータ制御装置22、ガス源制御装置23、二次粒子検出器制御装置24、アパーチャ回転制御装置25、イオン源制御装置26、レンズ制御装置27、ブランキング制御装置28、計算処理装置31およびデータベース3

10

20

30

40

50

2を記憶する記憶装置などを有する。これらの各制御装置21~28は、計算処理装置31からの指令によって制御を行う。本実施の形態におけるデバイス製造装置は、計算処理装置31およびデータベース32を記憶する記憶装置を含むコンピュータを有している。

【0034】

試料ステージ15は、試料載置面内の直交2方向への直線移動機構、試料載置面に垂直方向への直線移動機構、試料載置面内回転機構、および試料載置面に傾斜軸を持つ傾斜機構を備え、これらの制御は計算処理装置31からの指令によって試料ステージ制御装置21で行われる。

【0035】

また、計算処理装置31は、装置ユーザが必要な情報を入力する情報入力手段、二次粒子検出器14の検出信号を基に生成された画像や、情報入力手段によって入力した情報などを表示するディスプレイなどを備える。情報入力手段には、例えば後述する図2に示すモード入力部34などを含む。ディスプレイには、例えば後述する図2に示すモード選択画面33などを表示する。また、計算処理装置31は、後述する図2に示す中央制御部35などのソフトウェア機能部を実現する。また、データベース32は、例えば後述する図2に示す構造物ライブラリ32a、CAD(Computer-Aided Design)データ32bおよび加工条件データ32cなどを格納している。

【0036】

FIB装置では、イオン源2より放出されたイオンは、コンデンサレンズ3および対物レンズによって試料13上にイオンビーム7として集束される。なお、集束条件設定は計算処理装置31への入力によってなされる。また、試料13上に照射されるイオンビーム7のビーム径は、イオン源2を光源とする試料13上への結像と、コンデンサレンズ3などによる収差によって決定される。コンデンサレンズ3などによる収差は、ビーム制限アパーチャ4の開口が大きくなると増大し、ビーム径の拡大となる。

【0037】

また、FIB装置では、ブランキング制御装置28によるブランキング制御が行われる。ブランキング制御装置28は、試料13にイオンビーム7を照射するかどうかを、ブランキング電極8に電圧を印加するかどうかで制御する。ブランキング電極8に電圧を印加しないブランキングOFF状態では、イオンビーム7は試料13に到達する(上述した図13(a)参照)。ブランキング電極8に電圧を印加するブランキングON状態では、イオンビーム7の経路が変化し、イオンビーム7はビーム制限アパーチャ4に遮られ、試料13に到達しない(上述した図13(b)参照)。

【0038】

次に、上述したデバイス製造装置のソフトウェア構成について、図2を用いて説明する。図2は、デバイス製造装置のソフトウェア構成の一例を示す説明図である。

【0039】

図2に示すように、デバイス製造装置のFIB装置には、データベース32、モード選択画面33、モード入力部34、中央制御部35、ビーム制御データ36に基づいて制御するビーム制御部37、ガス制御データ38に基づいて制御するガス源制御装置23、および、位置情報に基づいて制御する試料ステージ制御装置21などが備わっている。ビーム制御部37は、図1に示したアパーチャ回転制御装置25、イオン源制御装置26、レンズ制御装置27およびブランキング制御装置28などである。ビーム制御部37は、試料13へイオンビーム7を照射する制御と、試料13へのイオンビーム7の照射を停止する制御とを行う。ガス源制御装置23は、試料13へガスを供給する制御と、試料13へのガスの供給を停止する制御とを行う。さらに、ビーム制御部37およびガス源制御装置23は、ガスが供給された試料13にイオンビーム7を照射することで試料13を加工する制御を行う。

【0040】

中央制御部35は、デバイス製造装置のソフトウェア構成を構築するために、加工制御

10

20

30

40

50

プログラムを有している。この加工制御プログラムとして、例えば、デバイス加工を自動的に行うためのプログラムの他、プランキング制御、ガス供給 ON / OFF 制御、イオンビーム照射 ON / OFF 制御などの各プログラムを含んでいる。

【 0 0 4 1 】

また、データベース 3 2 には、各種データが格納されており、例えば、構造物ライブラリ 3 2 a、MEMS 構造体の形状および寸法の設計データなどの CAD データ 3 2 b、MEMS 構造体の加工位置および加工条件などの加工条件データ 3 2 c などが格納されている。

【 0 0 4 2 】

例えば、デバイス製造装置においては、デバイス加工の実行に先立って、作業者により計算処理装置 3 1 の情報入力手段から、構造物ライブラリ 3 2 a、CAD データ 3 2 b および加工条件データ 3 2 c が入力されて、データベース 3 2 に格納されている。

【 0 0 4 3 】

デバイス加工時には、モード選択画面 3 3 において、作業者が計算処理装置 3 1 のモード入力部 3 4 から、デバイス製造方法を選択する。デバイス製造方法には、本実施の形態 1 のデバイス製造方法（図 3 ~ 図 6）、後述する実施の形態 2 のデバイス製造方法（図 7 ~ 図 9）、および後述する実施の形態 3 のデバイス製造方法（図 10 ~ 図 12）などがある。このデバイス製造方法の選択では、ガス種、加工位置、および材料情報（CAD データ、加工条件データ）の指定や、スポットビーム方式またはプロジェクションビーム方式の選択などの指定も行う。

【 0 0 4 4 】

そして、計算処理装置 3 1 の中央制御部 3 5 は、モード選択画面 3 3 において選択されたデバイス製造方法のシーケンスに基づいて、データベース 3 2 内の構造物ライブラリ 3 2 a、CAD データ 3 2 b および加工条件データ 3 2 c を参照し、ビーム制御データ 3 6 およびガス制御データ 3 8 を作成する。

【 0 0 4 5 】

この中央制御部 3 5 で作成されたビーム制御データ 3 6 およびガス制御データ 3 8 は、ビーム制御部 3 7 およびガス源制御装置 2 3 にそれぞれ送られる。そして、ビーム制御部 3 7 において、ビーム制御データ 3 6 に基づいて、FIB 装置の FIB 鏡筒 1 8 に配置されたイオンビーム照射系の制御が行われる。また、ガス源制御装置 2 3 において、ガス制御データ 3 8 に基づいて、ガス源 1 7 の制御が行われる。この時、試料ステージ制御装置 2 1 において、加工条件データ 3 2 c に含まれる位置情報に基づいて、試料ステージ 1 5 の制御が行われる。

【 0 0 4 6 】

また、デバイス加工時に、二次粒子検出器 1 4 で取得した SIM 画像の加工形状は、データベース 3 2 内に CAD データ 3 2 b として格納され、これに基づいて、中央制御部 3 5 において、試料ステージ制御装置 2 1、ビーム制御部 3 7 およびガス源制御装置 2 3 にフィードバックを行う。

【 0 0 4 7 】

このように、本実施の形態におけるデバイス製造装置では、デバイス製造方法の選択などの指定を受け付けると、MEMS 構造体の形成を自動的に行うことができる。この場合に、FIB 装置の制御プログラムによる画面上で、ガス供給 ON / OFF の画面およびイオンビーム照射 ON / OFF の画面などを表示することができる。

【 0 0 4 8 】

< デバイス製造方法 >

実施の形態 1 におけるデバイス製造方法について、図 3 ~ 図 6 を用いて説明する。図 3 は、実施の形態 1 におけるデバイス製造方法の手順の一例を示すフローチャートである。図 4 は、スポットビーム方式の場合におけるデバイス製造方法の手順の一例を示すフローチャートである。図 5 は、プロジェクションビーム方式の場合におけるデバイス製造方法の手順の一例を示すフローチャートである。図 6 は、図 5 において、各工程における加工

10

20

30

40

50

状態の一例を示す説明図である。

【0049】

本実施の形態1におけるデバイス製造方法は、上述(図1)したFIB装置を有するデバイス製造装置を、上述(図2)したデバイス製造装置のソフトウェア構成を構築する加工制御プログラムを実行することで実現可能となるものである。

【0050】

FIB加工(成膜、エッチング)においては、上述した図16で示したように、設定エリア外への加工が進行する原因は、ブランキング時にアシストガスが試料13に供給されていることである。そこで、本実施の形態においては、図3に示すように、イオンビーム照射(ブランキングOFF)後にガス供給を行い、ガス停止後にイオンビーム停止(ブランキングON)を行うフローに変更することで、上述した改善の余地で説明した課題を解決することが可能となる。

10

【0051】

すなわち、本実施の形態におけるデバイス製造方法では、図3に示すように、まず、FIB装置は、試料13へイオンビーム7を照射する(工程S101)。この工程S101は、ブランキング制御により行われる。この工程S101では、ブランキング制御装置28の制御により、ブランキング電極8に電圧を印加しないブランキングOFF状態で行われ、試料13へイオンビーム7の照射を開始する。ブランキングOFF状態では、ブランキング電極8による影響がないので、イオンビーム7は試料13に到達する。

【0052】

次に、FIB装置は、試料13へガスを供給する(工程S102)。この工程S102では、ガス源制御装置23の制御により、試料13へガス源17からガスの供給を開始する。この工程S102は、ガスの供給方向を制御することにより行われる。

20

【0053】

次に、FIB装置は、ガスが供給された試料13にイオンビーム7を照射することで試料13を加工する(工程S103)。この工程S103では、ガス源制御装置23の制御によりガス源17からガスを供給しながら、ビーム制御部37の制御によりイオンビーム7をスキャンすることで、試料13を加工する。

【0054】

次に、FIB装置は、試料13へのガスの供給を停止する(工程S104)。この工程S104では、ガス源制御装置23の制御により、試料13へのガス源17からのガスの供給を終了する。この工程S104は、ガスの供給方向を制御することにより行われる。

30

【0055】

次に、FIB装置は、試料13へのイオンビーム7の照射を停止する(工程S105)。この工程S105は、ブランキング制御により行われる。この工程S105では、ブランキング制御装置28の制御により、ブランキング電極8に電圧を印加するブランキングON状態で行われ、試料13へのイオンビーム7の照射を終了する。ブランキングON状態では、ブランキング電極8による影響があるので、イオンビーム7の経路が変化し、イオンビーム7はビーム制限アパーチャ4に遮られ、試料13に到達しない。

【0056】

このように、本実施の形態におけるデバイス製造方法では、イオンビームを照射する工程S101はガスを供給する工程S102より先に行われ、かつ、ガスの供給を停止する工程S104はイオンビームの照射を停止する工程S105より先に行われる。但し、本実施の形態におけるデバイス製造方法においては、前者および後者の両方が成り立つ場合に限らず、どちらか一方が成り立つ場合にも適用できるものである。すなわち、イオンビームを照射する工程S101はガスを供給する工程S102より先に行われる、もしくは、ガスの供給を停止する工程S104はイオンビームの照射を停止する工程S105より先に行われる。

40

【0057】

このような手順では、ガスの供給が無い状態で試料13にイオンビーム7を照射すると

50

エッチングが進行するが、上述した図 17 に示したようなショート不良の発生は回避できる。また、直前にイオンビーム 7 を照射して成膜した膜がエッチングされるため、そのエッチング後に所望の膜厚が得られるように調整が必要である。この調整には、デバイス製造装置のデータベース 32 に内蔵の成膜レートのデータに、予め上記エッチング量を登録しておくのが有効である。

【0058】

以下において、本実施の形態におけるデバイス製造方法を詳細に説明する。本実施の形態におけるデバイス製造方法は、スポットビーム方式、プロジェクションビーム方式のいずれを用いる場合にも適用可能である。スポットビーム方式は、試料 13 上に集束されたイオンビーム 7 を走査して成膜を行う集束ビーム方式である。プロジェクションビーム方式は、成形マスクを用いてマスク図形の形状のイオンビーム 7 を試料 13 上に投射し、成膜を行う投射ビーム方式である。両者の動作フローを、上記工程 S 101 ~ S 105 を参照して説明する。

10

【0059】

スポットビーム方式の場合におけるデバイス製造方法の手順は、図 4 に示すように、まず、FIB 装置は、試料 13 の加工始点へイオンビーム 7 を照射する（工程 S 201）。この工程 S 201 では、上記工程 S 101 と同様に、試料 13 へイオンビーム 7 の照射を開始する。

【0060】

次に、FIB 装置は、試料 13 へガスを供給する（工程 S 202）。この工程 S 202 では、上記工程 S 102 と同様に、試料 13 へガス源 17 からガスの供給を開始する。

20

【0061】

次に、FIB 装置は、ガスが供給された試料 13 にイオンビーム 7 をスキャン（1 周目）しながら照射することで試料 13 を加工する（工程 S 203）この工程 S 203 では、上記工程 S 103 と同様に、試料 13 を加工する。

【0062】

次に、イオンビーム 7 のスキャン（1 周目）が試料 13 の加工終点に到達したら（工程 S 204）、FIB 装置は、試料 13 へのガスの供給を停止する（工程 S 205）。この工程 S 205 では、上記工程 S 104 と同様に、試料 13 へのガス源 17 からのガスの供給を終了する。

30

【0063】

次に、FIB 装置は、試料 13 へのイオンビーム 7 の照射を停止する（工程 S 206）。この工程 S 206 では、上記工程 S 105 と同様に、試料 13 へのイオンビーム 7 の照射を終了する。

【0064】

以上により、イオンビーム 7 の 1 周目のスキャンによる試料 13 の加工が終了する。続けて、工程 S 207 ~ S 212 を上記工程 S 201 ~ S 206 と同様に行い、以後、所定のスキャン回数だけ繰り返すことで、スポットビーム方式の場合の加工が完了する。このように、スポットビーム方式の場合には、加工図形を 1 スキャンする毎にブランキングを行うのが一般的である。

40

【0065】

プロジェクションビーム方式の場合におけるデバイス製造方法の手順は、図 5 に示すように、まず、FIB 装置は、試料 13 へイオンビーム 7 を照射する（工程 S 301）。この工程 S 301 では、上記工程 S 101 と同様に、試料 13 へイオンビーム 7 の照射を開始する。

【0066】

次に、FIB 装置は、試料 13 へガスを供給する（工程 S 302）。この工程 S 302 では、上記工程 S 102 と同様に、試料 13 へガス源 17 からガスの供給を開始する。

【0067】

次に、FIB 装置は、ガスが供給された試料 13 にイオンビーム 7 を照射することで試

50

料 1 3 を加工する（工程 S 3 0 3）。この工程 S 3 0 3 では、上記工程 S 1 0 3 と同様に、試料 1 3 を加工する。この工程 S 3 0 3 では、スポットビーム方式の場合と異なり、イオンビーム 7 の位置の移動はない。すなわち、プロジェクションビーム方式では、成形マスクを用いてマスク図形の形状のイオンビーム 7 を試料 1 3 上に投射する。

【 0 0 6 8 】

次に、F I B 装置は、試料 1 3 へのガスの供給を停止する（工程 S 3 0 4）。この工程 S 3 0 4 では、上記工程 S 1 0 4 と同様に、試料 1 3 へのガス源 1 7 からのガスの供給を終了する。

【 0 0 6 9 】

次に、F I B 装置は、試料 1 3 へのイオンビーム 7 の照射を停止する（工程 S 3 0 5）。この工程 S 3 0 5 では、上記工程 S 1 0 5 と同様に、試料 1 3 へのイオンビーム 7 の照射を終了する。

10

【 0 0 7 0 】

以上により、プロジェクションビーム方式の場合の加工が完了する。このように、プロジェクションビーム方式の場合には、一旦イオンビーム 7 の照射を開始してからは、加工終了までイオンビーム 7 の照射を保持する。

【 0 0 7 1 】

このプロジェクションビーム方式の場合におけるデバイス製造方法では、例えば、図 6 に示すような各工程における加工状態となる。図 6 の例では、上記工程 S 3 0 3 ~ S 3 0 5 を示している。上記工程 S 3 0 3 では、図 6 (a) に示すように、ガス源 1 7 のガス供給ノズル 4 1 からガス 4 2 が供給された試料 1 3 に、成形マスク 4 3 を用いてマスク図形の形状のイオンビーム 7 を投射イオンとして照射することで、試料 1 3 に膜 4 4 が成膜される。上記工程 S 3 0 4 では、図 6 (b) に示すように、試料 1 3 へガス源 1 7 のガス供給ノズル 4 1 からのガス 4 2 の供給が終了される。上記工程 S 3 0 5 では、図 6 (c) に示すように、試料 1 3 へイオンビーム 7 の照射が終了される。これにより、試料 1 3 に膜 4 4 が形成される。

20

【 0 0 7 2 】

以上において、イオンビーム照射とガス供給との順序について、イオンビーム照射の開始後にガス供給の開始を行うことで、設定エリア外への加工を抑制することができる。但し実際には、ガス供給開始（ガスバルブ開）から、試料表面に安定的にガス供給がなされるまでは、ある程度の時間がかかる（例えば、数十 m s ~ 数百 m s 程度）。そのため、ガスバルブを開けてから、例えば数 m s 以内の間にイオンビーム照射を開始しても、設定エリア外への加工はほとんど発生しないと予想される。

30

【 0 0 7 3 】

以上説明した本実施の形態 1 によれば、F I B 加工（成膜、エッチング）中のブランキング動作による設定エリア外への加工の進行を抑制することができる。これにより、F I B 加工中に、ブランキング動作の影響で、設定エリア以外の領域に対して加工が進行する課題を解決することができる。すなわち、所望の加工位置以外にイオンビーム 7 が照射されることを回避することができる。

【 0 0 7 4 】

[実施の形態 2]

実施の形態 2 について、図 7 ~ 図 9 を用いて説明する。本実施の形態 2 において、デバイス製造装置は、前記実施の形態 1（図 1、図 2）と同じなので、ここでの説明は省略する。本実施の形態 2 では、前記実施の形態 1 と異なるデバイス製造方法について主に説明する。

40

【 0 0 7 5 】

< デバイス製造方法 >

実施の形態 2 におけるデバイス製造方法について、図 7 ~ 図 9 を用いて説明する。図 7 は、実施の形態 2 におけるデバイス製造方法において、可動シャッタの開閉によるガス供給制御の一例を示す説明図である。図 8 は、図 7 の可動シャッタの開閉によるガス供給制

50

御のタイミングの一例を示す説明図である。図9は、実施の形態2におけるデバイス製造方法の各工程における加工状態の一例を示す説明図である。

【0076】

前記実施の形態1では、ガス供給の開始/終了方法について言及していないが、その点に関してさらに改良を加えたのが本実施の形態2である。一般的なFIB装置でのガス供給制御はバルブの開閉により行われる。バルブを開けてから、ガス供給ノズル41内をガス42が満たし、試料13へのガス供給量が安定化するまでには比較的時間がかかる(例えば、数秒単位の待ち時間を設ける)。また、ガス供給を終了する際にも、ガス供給ノズル41内のガス42が開放されるまでの時間を要する。

【0077】

これに対して、本実施の形態2では、図7に示すように、ガス供給ノズル41と試料13との間に可動シャッタ46を設け、可動シャッタ46の開閉によってガス供給のON/OFFを制御する。ガスを供給する工程およびガスの供給を停止する工程は、可動シャッタ46の動作により行われる。可動シャッタ46の開閉の動作は、可動シャッタ制御装置47で行う。可動シャッタ制御装置47は、例えば上述した図1に示した計算処理装置31に接続され、FIB装置を制御する制御装置として機能する。

【0078】

可動シャッタ46の動作によりガス供給のON/OFFを制御すれば、ガス供給ノズル41内は常にガス42で満たされているため、図8に示すように、ガス供給のON/OFFを高速化することができる。図8に示すように、可動シャッタ方式は、ガス供給開始コマンドが実行されると、加工時のガス供給量になるまでの時間がバルブ開閉方式に比べて早くなる。また、加工後にガス供給終了コマンドが実行されると、ガス供給量がゼロになるまでの時間がバルブ開閉方式に比べて早くなる。この時、加工(成膜)に必要な時間は両方式ともに同じである。これにより、ガス供給開始コマンド/ガス供給終了コマンドの実行によるガス供給のON/OFFを高速化することが可能となる。

【0079】

図7において、可動シャッタ46とガス供給ノズル41とは互いに分離して配置し、可動シャッタ46はガス供給ノズル41と非接触であることが望ましい。この理由は、FIB装置では昇温されたガス42を用いるため、可動シャッタ46の接触によりガス供給ノズル41やガス42の温度が変化するのを避けるためである。

【0080】

本実施の形態2におけるデバイス製造方法では、例えば、図9に示すような各工程における加工状態となる。図9の例では、図9(a)に示すように、可動シャッタ46を開いた状態で、ガス供給ノズル41からガス42が供給された試料13に、イオンビーム7を投射イオンとして照射することで、試料13に膜44が成膜される。図9(b)に示すように、可動シャッタ46を閉じることで、試料13へガス供給ノズル41からのガス42の供給が終了される。図9(c)に示すように、試料13へイオンビーム7の照射が終了される。これにより、試料13に膜44が形成される。

【0081】

以上説明した本実施の形態2においても、前記実施の形態1と同様に、FIB加工(成膜、エッチング)中のブランキング動作による設定エリア外への加工の進行を抑制することができる。特に、本実施の形態2においては、ガス供給ノズル41と試料13との間に可動シャッタ46を設けることで、可動シャッタ46の開閉によってガス供給のON/OFFを高速化することができる。

【0082】

[実施の形態3]

実施の形態3について、図10~図12を用いて説明する。本実施の形態3において、デバイス製造装置は、前記実施の形態1(図1、図2)と比較して、ブランキング電極の構造が異なる。さらに、本実施の形態3はデバイス製造方法が異なる。本実施の形態3では、前記実施の形態1と異なるデバイス製造方法およびブランキング電極の構造について

10

20

30

40

50

主に説明する。

【0083】

<デバイス製造方法>

実施の形態3におけるデバイス製造方法について、図10～図12を用いて説明する。図10は、実施の形態3におけるデバイス製造方法において、ブランキング方向制御の一例を示す説明図である。図11は、実施の形態3において、ブランキング方向制御による図形外エリアへの加工進行の抑制の一例を示す説明図である。図12は、実施の形態3において、ブランキング電極の構造の一例を示す説明図である。

【0084】

本実施の形態3は、前記実施の形態1、2のアプローチと異なり、ブランキング時にイオンビーム7が試料13上を動作する方向を制御することによって、ブランキング時の加工がデバイス製造時に悪影響をもたらさないようにするものである。すなわち、本実施の形態3は、イオンビーム7を照射する工程またはイオンビーム7の照射を停止する工程において、イオンビーム7が試料13上を動作する方向が複数の選択肢の中から指定される。このイオンビーム7が試料13上を動作する方向の選択肢は、イオンビーム7の複数のブランキング電極8(8a、8b)にそれぞれ印加される電圧の設定により実現される。

10

【0085】

本実施の形態3では、例えば図10に示すように、ブランキング時の成膜が、周囲の電極等と干渉しないエリアに成膜されるように、ブランキングの方向を制御する。上述した図17では、基板51(試料13)の絶縁膜52上に電極(A)53、電極(B)54および電極(C)55を成膜する構成において、電極(B)54と電極(C)55とのショート不良が発生していた。これに対して、本実施の形態3においては、図10に示すように、電極(B)54の形成時に、電極(B)54の上端から電極(C)55とは反対の方向へ斜めに筋状の膜54aが成膜されるようにブランキングの方向を制御することで、電極(B)54と電極(C)55とのショートによるデバイス特性の不良を回避することができる。

20

【0086】

また、例えば図11に示すように、ブランキング時のイオンビーム動作線が、加工図形61の中に含まれるように設定すれば、加工図形外エリアに加工が進行する恐れはない。図11に示すように、加工図形61の加工始点62にイオンビーム7を照射するブランキング解除時には、イオンビームスキャンエリア63の内側方向を加工始点62でのブランキング方向64とする。また、加工終点65でのブランキング時にも、イオンビームスキャンエリア63の内側方向を加工終点65でのブランキング方向66とする。この方法でも、加工図形外エリアへの加工の進行を抑制することができる。

30

【0087】

ブランキングの方向を制御するには、FIB装置のブランキング電極8(上述した図1参照)の構造を変更すればよい。一般的なFIB装置では、ブランキング電極8として1対の平行平板型電極を用いているため、イオンビーム7を一定方向にのみ動作させることができる。これに対して、本実施の形態3においては、例えば図12((a)は上面図、(b)は鳥瞰図)に示すように、イオンビーム7の進行方向(Z方向)に2対の平行平板型のブランキング電極8a、8bを配置し、上部のブランキング電極8aでイオンビーム7をX方向に動作させ、下部のブランキング電極8bでイオンビーム7をY方向に動作させる機構とする。これにより、ブランキング時の両ブランキング電極8a、8bの印加電圧を制御することで、任意の方向にイオンビーム7を動作させることができる。

40

【0088】

以上説明した本実施の形態3においても、前記実施の形態1と同様に、FIB加工(成膜、エッチング)中のブランキング動作による設定エリア外への加工の進行を抑制することができる。特に、本実施の形態3においては、前記実施の形態1、2のアプローチと異なり、ブランキング時にイオンビーム7が試料13上を動作する方向を制御することで、ブランキング時の加工がデバイス製造時に悪影響をもたらさないようにすることができる。

50

。

【0089】

[付記]

本発明は、特許請求の範囲に記載の特徴に加えて、以下の特徴を有する。

【0090】

(1) 試料へイオンビームを照射して微細構造体を製造する微細構造体の製造装置であって、

前記試料へ前記イオンビームを照射する制御と、前記試料に前記イオンビームを照射することで前記試料を加工する制御と、前記試料への前記イオンビームの照射を停止する制御と、を行う制御装置を有し、

前記制御装置において、前記イオンビームを照射する制御または前記イオンビームの照射を停止する制御は、前記イオンビームが前記試料上を動作する方向が複数の選択肢の中から指定される、微細構造体の製造装置。

10

【0091】

(2) 前記(1)記載の微細構造体の製造装置において、

前記イオンビームが前記試料上を動作する方向の選択肢は、前記イオンビームの複数のブランキング電極にそれぞれ印加される電圧の設定により実現される、微細構造体の製造装置。

【0092】

(3) 試料へイオンビームを照射して微細構造体を製造する微細構造体の加工制御プログラムであって、

前記試料へ前記イオンビームを照射する工程と、

前記試料へガスを供給する工程と、

前記試料への前記ガスの供給を停止する工程と、

前記試料への前記イオンビームの照射を停止する工程と、

をコンピュータに実行させ、

前記イオンビームを照射する工程は前記ガスを供給する工程より先に行われる、もしくは、前記ガスの供給を停止する工程は前記イオンビームの照射を停止する工程より先に行われる、微細構造体の加工制御プログラム。

20

【0093】

(4) 試料へイオンビームを照射して微細構造体を製造する微細構造体の加工制御プログラムであって、

前記試料へ前記イオンビームを照射する工程と、

前記試料に前記イオンビームを照射することで前記試料を加工する工程と、

前記試料への前記イオンビームの照射を停止する工程と、

をコンピュータに実行させ、

前記イオンビームを照射する工程または前記イオンビームの照射を停止する工程において、前記イオンビームが前記試料上を動作する方向が複数の選択肢の中から指定される、微細構造体の加工制御プログラム。

30

【0094】

以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

40

【0095】

例えば、前記実施の形態においては、デバイスの一例として、MEMS構造体(MEMS素子)を説明したが、他の微細構造体などにも適用することができる。また、MEMS構造体の一例として、MEMSセンサを説明したが、他のセンサなどにも適用することができる。

【0096】

なお、本発明は上記した実施の形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれ

50

る。例えば、上記した実施の形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。

【0097】

また、ある実施の形態の構成の一部を他の実施の形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施の形態の構成に他の実施の形態の構成を加えることも可能である。また、各実施の形態の構成の一部について、他の構成の追加、削除、置換をすることが可能である。

【符号の説明】

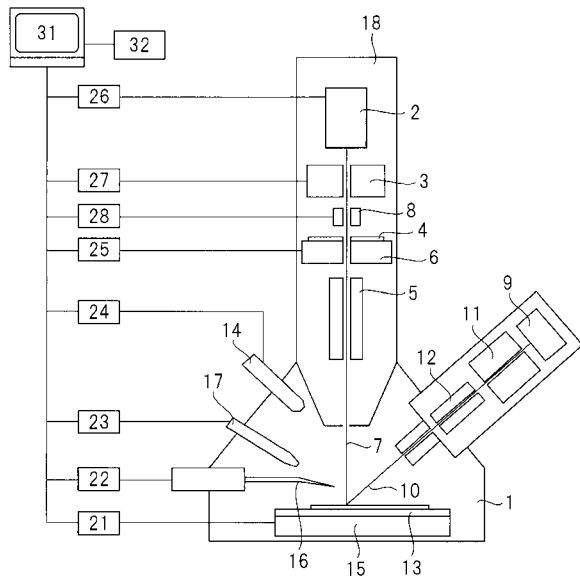
【0098】

1	真空容器	10
2	イオン源	
7	イオンビーム	
8、8 a、8 b	ブランキング電極	
9	電子銃	
10	電子ビーム	
13	試料	
14	二次粒子検出器	
15	試料ステージ	
16	プローブ	
17	ガス源	20
18	F I B 鏡筒	
21	試料ステージ制御装置	
22	マニピレータ制御装置	
23	ガス源制御装置	
24	二次粒子検出器制御装置	
25	アパーチャ回転制御装置	
26	イオン源制御装置	
27	レンズ制御装置	
28	ブランキング制御装置	
31	計算処理装置	30
32	データベース	
32 a	構造物ライブラリ	
32 b	C A D データ	
32 c	加工条件データ	
33	モード選択画面	
34	モード入力部	
35	中央制御部	
36	ビーム制御データ	
37	ビーム制御部	
38	ガス制御データ	40
41	ガス供給ノズル	
42	ガス	
43	成形マスク	
44	膜	
46	可動シャッタ	
47	可動シャッタ制御装置	
51	基板	
52	絶縁膜	
53 ~ 55	電極	
54 a	膜	50

- 6 1 加工図形
- 6 2 加工始点
- 6 3 イオンビームスキャンエリア
- 6 4 ブランキング方向
- 6 5 加工終点
- 6 6 ブランキング方向

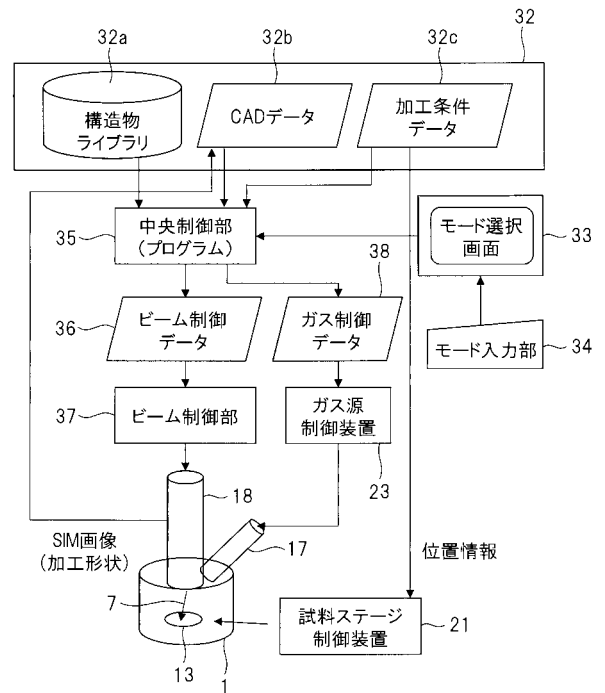
【図 1】

図 1

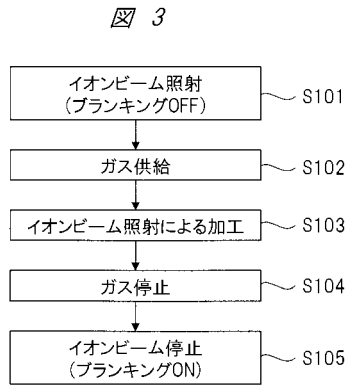


【図 2】

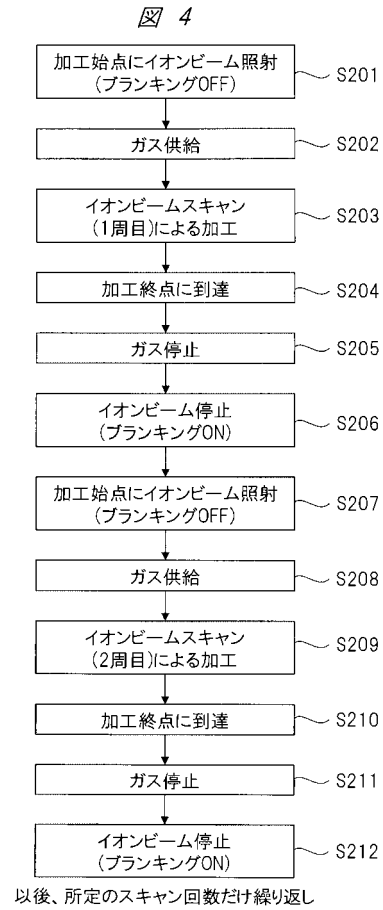
図 2



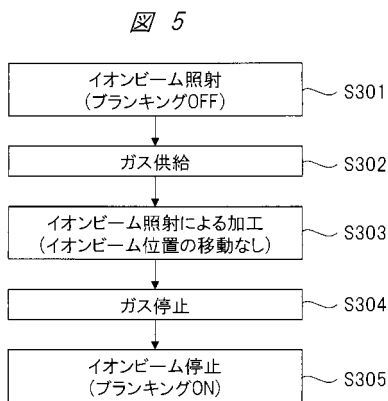
【 図 3 】



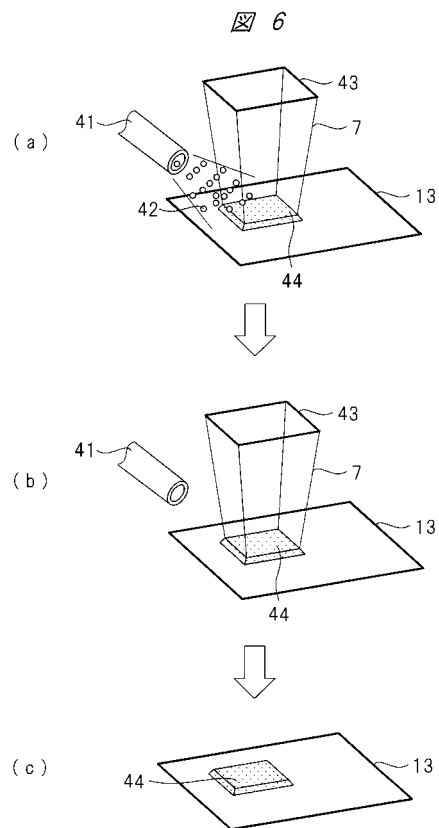
【 図 4 】



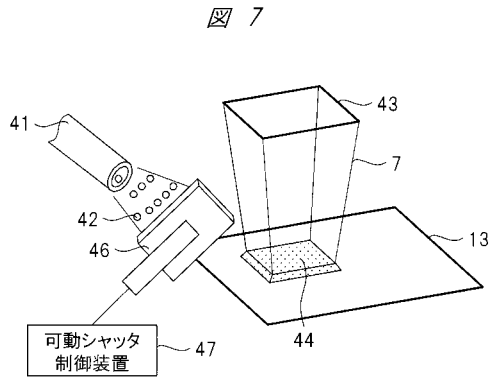
【 図 5 】



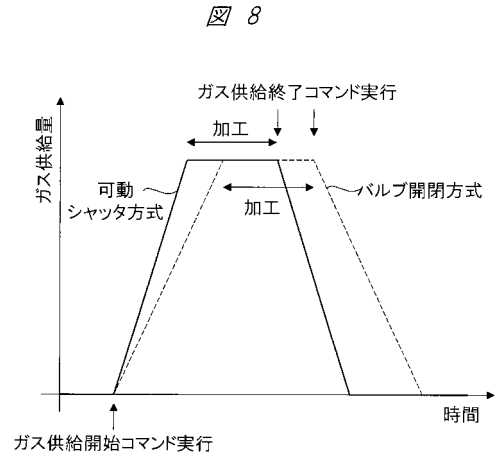
【 図 6 】



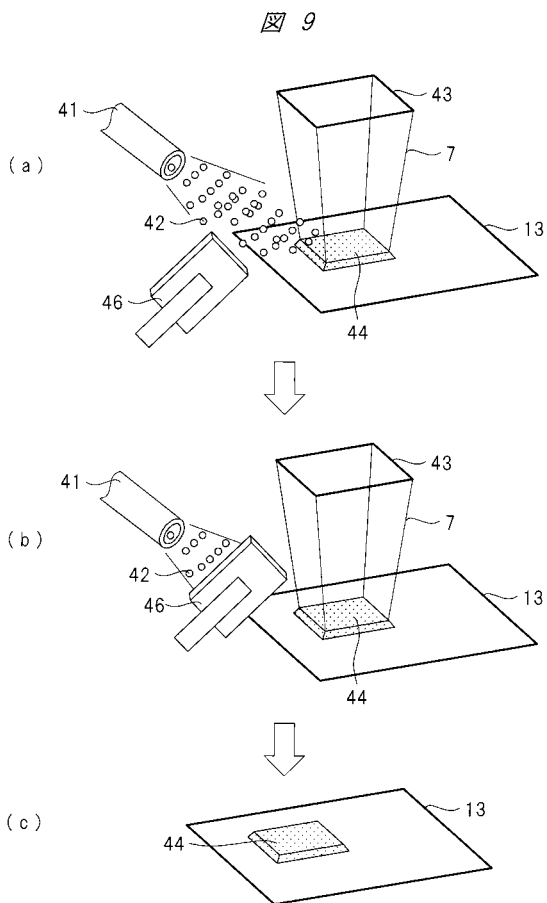
【 図 7 】



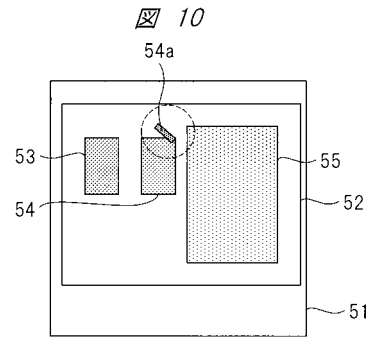
【 図 8 】



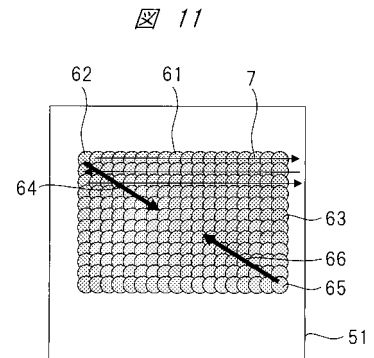
【 図 9 】



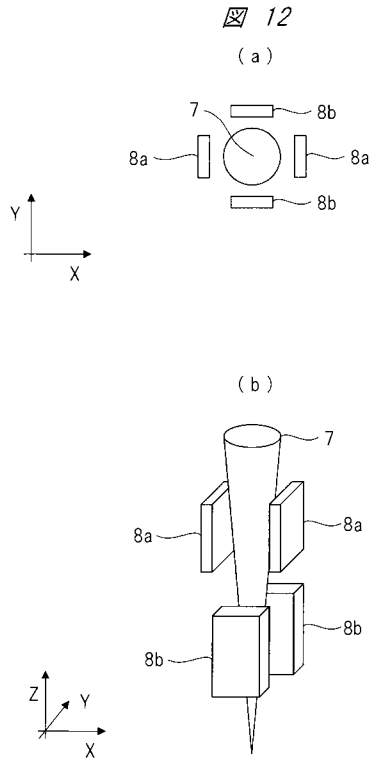
【 図 10 】



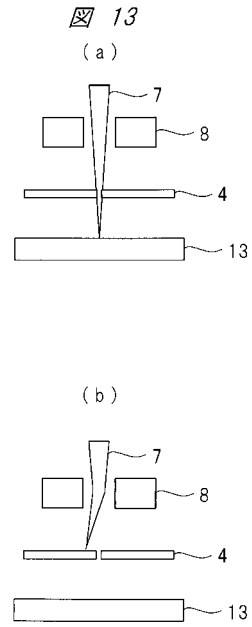
【 図 11 】



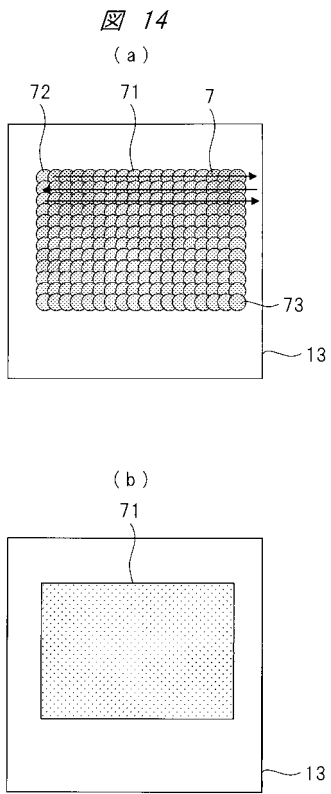
【図 12】



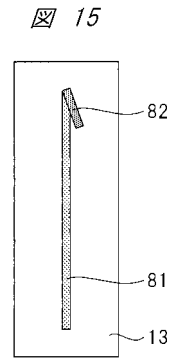
【図 13】



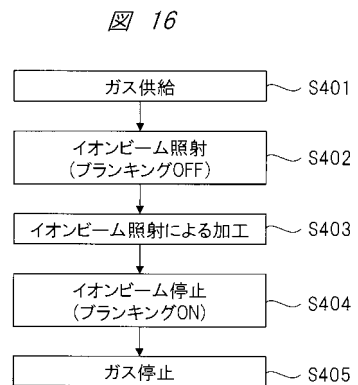
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【 図 17 】

