

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6867015号
(P6867015)

(45) 発行日 令和3年4月28日(2021.4.28)

(24) 登録日 令和3年4月12日(2021.4.12)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 N	1/28	(2006.01)	GO 1 N	1/28	G
GO 1 N	1/32	(2006.01)	GO 1 N	1/28	H
GO 1 N	23/2251	(2018.01)	GO 1 N	1/28	F
HO 1 J	37/317	(2006.01)	GO 1 N	1/32	B
			GO 1 N	23/2251	

請求項の数 3 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-60902(P2017-60902)
 (22) 出願日 平成29年3月27日(2017.3.27)
 (65) 公開番号 特開2018-163067(P2018-163067A)
 (43) 公開日 平成30年10月18日(2018.10.18)
 審査請求日 令和2年2月5日(2020.2.5)

(73) 特許権者 503460323
 株式会社日立ハイテクサイエンス
 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号
 (74) 代理人 100165179
 弁理士 田▲崎▼ 聡
 (74) 代理人 100126664
 弁理士 鈴木 慎吾
 (74) 代理人 100161207
 弁理士 西澤 和純
 (74) 代理人 100175824
 弁理士 小林 淳一
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動加工装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

荷電粒子ビームを、繰り返し構造を有する試料に照射することにより当該試料から試料片を作製する自動加工装置であって、

加工前の試料の構造を示す情報であって、加工前の前記試料の前記繰り返し構造が撮像された画像である構造情報を取得する構造情報取得部と、

前記試料の前記繰り返し構造の繰り返し数を示す情報であって、加工の終了位置を指定する終了位置指定情報を取得する加工終了位置取得部と、

荷電粒子ビームが前記試料に照射された位置に現れる加工面が撮像された加工面画像を取得する画像取得部と、

前記構造情報取得部が取得する加工前の前記試料が撮像された画像が示す前記繰り返し構造の繰り返し数と、前記画像取得部が取得する前記加工面画像が示す前記繰り返し構造の繰り返し数との比較に基づいて、荷電粒子ビームによる加工位置が前記終了位置に到達したか否かを判定する判定部と、

を備える自動加工装置。

【請求項2】

前記判定部は、加工前の前記試料が撮像された画像が示す前記繰り返し構造の繰り返し数と、前記加工面画像が示す前記繰り返し構造の残数との比較に基づいて、荷電粒子ビームによる加工位置が前記終了位置に到達したか否かを判定する

請求項1に記載の自動加工装置。

【請求項3】

前記判定部は、加工前の前記試料が撮像された画像が示す前記繰り返し構造の繰り返し数と、加工過程において前記加工面画像に順次現れる前記繰り返し構造の変化数との比較に基づいて、荷電粒子ビームによる加工位置が前記終了位置に到達したか否かを判定する

請求項1に記載の自動加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動加工装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

従来、試料に電子またはイオンから成る荷電粒子ビームを照射することによって作製した試料片を摘出して、走査電子顕微鏡および透過電子顕微鏡などによる観察、分析、並びに計測などの各種工程に適した形状に試料片を加工する装置が知られている（例えば、特許文献1、2参照）。

例えばメモリーデバイスなどの同じ構造物が並んで繰り返し構造を有している試料を荷電粒子ビームで加工する場合において、例えば任意の構造物一つを残してTEM解析用試料（TEM試料）を作製する場合がある。このように細長い構造物の長手方向に対して試料を作製する場合や列を成している構造物の列に沿って試料を作製する場合、構造物や列に対して水平に加工できるよう荷電粒子ビームの走査方向を補正する。これは、TEM試料作製に限らず断面を作製する場合は全て同様である。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013-170941号公報

【特許文献2】特開2013-200987号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

例えば任意の構造物一つを残してTEM解析用試料（TEM試料）を作製する場合には、荷電粒子ビーム装置の操作者が荷電粒子ビームで加工した断面を適宜観察し、所望の構造物が一つだけ残るようにして手作業で加工をしていた。しかしながら、近年の最新デバイスは微細化や複雑化が進んでいるため、荷電粒子ビームによる解析用試料作製の難易度は年々高くなっている。したがって、対応可能な技術者が限られることとなり、未熟な技術者が扱うと非常に時間を要する上、加工の終了位置を誤ってしまい解析対象を消失させてしまうリスクも高くなる。そのため、荷電粒子ビームによる試料作製において簡易化や省力化が課題となっている。

30

【0005】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、荷電粒子ビームによる加工位置が終了位置に到達したか否かを判定することが可能な自動加工装置を提供することを目的としている。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決して係る目的を達成するために、本発明は以下の態様を採用した。

（1）本発明の一態様に係る自動加工装置は、荷電粒子ビームを、繰り返し構造を有する試料に照射することにより当該試料から試料片を作製する自動加工装置であって、加工前の試料の構造を示す情報であって、加工前の前記試料の前記繰り返し構造が撮像された画像である構造情報を取得する構造情報取得部と、前記試料の前記繰り返し構造の繰り返し数を示す情報であって、加工の終了位置を指定する終了位置指定情報を取得する加工終了位置取得部と、荷電粒子ビームが前記試料に照射された位置に現れる加工面が撮像された

50

加工面画像を取得する画像取得部と、前記構造情報取得部が取得する加工前の前記試料が撮像された画像が示す前記繰り返し構造の繰り返し数と、前記画像取得部が取得する前記加工面画像が示す前記繰り返し構造の繰り返し数との比較に基づいて、荷電粒子ビームによる加工位置が前記終了位置に到達したか否かを判定する判定部と、を備える。

【0009】

(2) 上記(1)に記載の自動加工装置において、前記判定部は、加工前の前記試料が撮像された画像が示す前記繰り返し構造の繰り返し数と、前記加工面画像が示す前記繰り返し構造の残数との比較に基づいて、荷電粒子ビームによる加工位置が前記終了位置に到達したか否かを判定する。

【0010】

(3) 上記(1)に記載の自動加工装置において、前記判定部は、加工前の前記試料が撮像された画像が示す前記繰り返し構造の繰り返し数と、加工過程において前記加工面画像に順次現れる前記繰り返し構造の変化数との比較に基づいて、荷電粒子ビームによる加工位置が前記終了位置に到達したか否かを判定する。

【発明の効果】

【0012】

本発明の自動加工装置によれば、荷電粒子ビームによる加工位置が終了位置に到達したか否かを判定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施形態に係る自動加工装置の構成図である。

【図2】本実施形態の試料の構造の一例を示す図である。

【図3】本実施形態の制御部の機能構成の一例を示す図である。

【図4】本実施形態の加工開始前の試料の外観の一例を示す図である。

【図5】本実施形態の加工終了後の試料の外観の一例を示す図である。

【図6】本実施形態の制御部の動作の一例を示す図である。

【図7】本実施形態の判定部による加工の終了位置の判定の一例を示す図である。

【図8】本実施形態の構造情報の一例を示す図である。

【図9】本実施形態のスライス加工の断面の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態に係る自動加工装置1について図面を参照しながら説明する。

図1は、本発明の実施形態に係る自動加工装置1の構成図である。

本実施形態の自動加工装置1は、図1に示すように、FIB鏡筒2と、試料室3と、二次電子検出器4と、試料台6とを備えている。

FIB鏡筒2は、試料室3内に収容された試料7に集束イオンビーム(FIB)を照射する。以下の説明において集束イオンビームを単にイオンビーム9とも記載する。

二次電子検出器4は、荷電粒子検出器であって、イオンビーム9の照射により試料7から発生した二次電子を検出する。

試料台6には、試料7が載置される。試料台6は、傾斜させることにより試料7へのイオンビーム9の入射角度を変更する。

【0015】

自動加工装置1は、入力部10と、制御部11と、FIB制御部13と、像形成部14と、試料台制御部16と、表示部17を備える。

試料台制御部16は、試料台6に傾斜角制御信号を出力することにより、試料台6の傾斜を制御する。

FIB制御部13は、FIB鏡筒2に照射制御信号を出力することにより、FIB鏡筒2からイオンビーム9を照射させる。

像形成部14は、FIB制御部13のイオンビーム9を走査させる信号と、二次電子検出器4で検出した二次電子の信号とからSIM像のデータを生成する。

10

20

30

40

50

表示部 17 は、像形成部 14 が生成した SIM 像のデータに基づいて SIM 像を表示する。

入力部 10 は、オペレータの操作を検出し、検出した操作を示す情報を制御部 11 に供給する。オペレータが入力部 10 に対して加工の開始の操作を行うと、入力部 10 は加工開始の指示を制御部 11 に送信する。

制御部 11 は、自動断面加工観察のアルゴリズムを実行する。

【0016】

[試料 7 の構造]

次に図 2 を参照して、本実施形態の試料 7 の構造の一例について説明する。

図 2 は、本実施形態の試料 7 の構造の一例を示す図である。なお、以下において必要な場合には $x y z$ 直交座標系を用いて説明する。この $x y z$ 直交座標系の x 軸及び y 軸は、試料 7 が試料台 6 に載置されている平面を示す。 z 軸は、試料 7 が試料台 6 に載置されている平面の法線を示す。この一例の場合、試料 7 は、 x 軸方向に同一の構造が繰り返される繰り返し構造 RS を有する。この具体例では、試料 7 は、繰り返し構造 RS 1 から繰り返し構造 RS 7 までの 7 個の繰り返し構造 RS を有する。

本実施形態では、試料 7 を加工することにより、繰り返し構造 RS のうち繰り返し構造 RS 4 を解析対象の試料片として試料 7 から切り出す場合を一例にして説明する。

【0017】

[制御部 11 の機能構成]

図 3 は、本実施形態の制御部 11 の機能構成の一例を示す図である。制御部 11 は、例えば CPU を備えており、画像取得部 110 と、構造情報取得部 111 と、終了位置取得部 112 と、判定部 113 と、加工制御部 114 とをその機能部として備える。

【0018】

画像取得部 110 は、像形成部 14 が形成した画像を取得する。この一例の場合、像形成部 14 は、イオンビーム 9 が試料 7 に照射された位置に現れる加工面の画像である加工面画像 SF を生成する。この場合、画像取得部 110 は、加工面画像 SF を取得する。

【0019】

構造情報取得部 111 は、加工前の試料 7 の構造を示す構造情報 ST を取得する。この一例において、構造情報 ST とは、加工前の試料 7 が撮像された画像である。

終了位置取得部 112 は、終了位置指定情報 PS を取得する。この終了位置指定情報 PS とは、試料 7 の構造に対応する加工の終了位置 P_{STOP} を指定する情報である。この加工の終了位置 P_{STOP} の指定は、加工開始前にオペレータによって行われる。具体的には、オペレータは、試料 7 の繰り返し構造 RS のうちから解析対象の試料片にする部分を決定する。この一例では、オペレータは、試料 7 の繰り返し構造 RS 4 を解析対象の試料片として決定する。オペレータは、入力部 10 に対して繰り返し構造 RS 4 を解析対象の試料片として決定する操作を行う。入力部 10 は、オペレータによるこの操作を検出すると、試料 7 を加工した際に繰り返し構造 RS 4 が残される位置を加工の終了位置とする終了位置指定情報 PS を、終了位置取得部 112 に対して出力する。終了位置取得部 112 は、この終了位置指定情報 PS を取得する。

【0020】

判定部 113 は、イオンビーム 9 による加工位置が終了位置 P_{STOP} に到達したか否かを判定する。この一例では、判定部 113 は、構造情報取得部 111 が取得する構造情報 ST と、画像取得部 110 が取得する加工面画像 SF との比較に基づいて、イオンビーム 9 による加工位置が終了位置 P_{STOP} に到達したか否かを判定する。

【0021】

加工制御部 114 は、FIB 制御部 13 に FIB 制御指示 ICF を出力し、試料台制御部 16 に試料台制御指示 ICS を出力することにより試料 7 の加工を制御する。判定部 113 が加工位置が終了位置 P_{STOP} に到達したことを示す終了指示 IS を出力した場合、加工制御部 114 は、試料 7 に対する加工を終了する。

【0022】

10

20

30

40

50

[制御部 1 1 の動作]

次に、図 4 から図 7 を参照して制御部 1 1 の動作の一例について説明する。なお、本実施形態では、自動加工装置 1 が、図 2 に示した試料 7 に対してイオンビーム 9 を照射することにより試料 7 から試料片である繰返し構造 R S 4 を作成する場合を一例にして説明する。

【 0 0 2 3 】

図 4 は、本実施形態の加工開始前の試料 7 の外観の一例を示す図である。上述したように、試料 7 は、 x 軸方向に繰返し構造 R S を有している。本実施形態の一例では、自動加工装置 1 は、繰返し構造 R S 4 を解析対象として切り出す。具体的には、自動加工装置 1 は、繰返し構造 R S 1 ~ R S 3 及び繰返し構造 R S 5 ~ R S 7 をイオンビーム 9 によってスライス加工することにより、繰返し構造 R S 4 を露出させる。

10

【 0 0 2 4 】

ここで、自動加工装置 1 は、 y 軸方向の位置 y_0 から位置 y_1 の範囲を照射範囲にして、この照射範囲を x 軸方向に移動させることにより、イオンビーム 9 を走査照射する。自動加工装置 1 は、 x 軸方向の位置 x_0 から位置 x_5 の順に、つまり加工の進行方向 D にイオンビーム 9 を移動させることにより、繰返し構造 R S 1 ~ R S 3 を順次スライス加工する。なお、自動加工装置 1 は、繰返し構造 R S 7 ~ R S 5 についても順次スライス加工するが、その手順は、繰返し構造 R S 1 ~ R S 3 をスライス加工する場合と同様であるためその説明を省略する。

【 0 0 2 5 】

図 5 は、本実施形態の加工終了後の試料 7 の外観の一例を示す図である。自動加工装置 1 は、繰返し構造 R S 1 ~ R S 3 に対してスライス加工する第 1 加工と、繰返し構造 R S 7 ~ R S 5 に対してスライス加工する第 2 加工とによって、繰返し構造 R S 4 を切り出す。具体的には、自動加工装置 1 は、イオンビーム 9 の照射位置を位置 x_0 から第 1 加工の進行方向 D 1 ($+x$ 方向) に移動させてスライス加工し、照射位置が繰返し構造 R S 4 の位置である位置 x_{s1} に到達した場合に加工を終了する。また、自動加工装置 1 は、イオンビーム 9 の照射位置を位置 x_n から第 2 加工の進行方向 D 2 ($-x$ 方向) に移動させてスライス加工し、照射位置が繰返し構造 R S 4 の位置である位置 x_{s2} に到達した場合に加工を終了する。この第 1 加工及び第 2 加工の結果、図 6 に示す試料片が作成される。

20

30

次に、図 6 を参照して、自動加工装置 1 が、図 4 に示した加工前の試料 7 を図 5 に示した加工後の試料 7 に加工する手順について、図 6 を参照して説明する。

【 0 0 2 6 】

図 6 は、本実施形態の制御部 1 1 の動作の一例を示す図である。
(ステップ S 1 0) 構造情報取得部 1 1 1 は、構造情報 S T を取得する。構造情報取得部 1 1 1 が取得する構造情報 S T とは、加工前の試料 7 の構造を示す情報である。この具体例では、構造情報 S T が、図 4 に示す加工前の試料 7 の画像であるとして説明する。この場合、構造情報 S T には、試料 7 の xz 断面に現れている繰返し構造 R S の画像が含まれている。つまり構造情報 S T は、試料 7 に含まれる繰返し構造 R S の数を示している。

40

【 0 0 2 7 】

(ステップ S 2 0) 終了位置取得部 1 1 2 は、終了位置指定情報 P S を取得する。
ここで、自動加工装置 1 のオペレータは、試料片として切り出す対象を、試料 7 の座標ではなく繰返し構造 R S の数によって指定したい場合がある。例えば、オペレータは「試料 7 の位置 x_0 からカウントして 4 個目の繰返し構造 R S (つまり繰返し構造 R S 4) を試料片として切り出す」と指定したい場合がある。この場合、オペレータは「4 個目を試料片として切り出す」と指定する操作を行う。終了位置取得部 1 1 2 は、このオペレータによる操作を終了位置指定情報 P S として取得する。

【 0 0 2 8 】

つまり、終了位置取得部 1 1 2 は、繰返し構造の繰返し数を示す情報を終了位置指

50

定情報 P S として取得する。

【 0 0 2 9 】

ここで、判定部 1 1 3 は、構造情報取得部 1 1 1 が取得する構造情報 S T と、終了位置取得部 1 1 2 が取得する終了位置指定情報 P S とに基づいて、加工の終了位置を判定する。図 7 を参照して判定部 1 1 3 による加工の終了位置の判定の一例について説明する。

【 0 0 3 0 】

図 7 は、本実施形態の判定部 1 1 3 による加工の終了位置の判定の一例を示す図である。構造情報取得部 1 1 1 が取得する構造情報 S T は、図 7 (A) に示すように試料 7 の x z 断面の状態を示す。判定部 1 1 3 は、構造情報 S T が示す試料 7 の x z 断面の状態を解析して、図 7 (B) の波形 W 1 に示すように試料 7 のうち構造がある部分とない部分とを判別する。ここで波形 W 1 は、試料 7 の繰り返し構造 R S の周期及び繰り返し数を示している。

10

上述した具体例の場合、試料 7 の位置 x_0 からカウントして 4 個目の繰り返し構造 R S (つまり、繰り返し構造 R S 4) を試料片として切り出す。この場合、判定部 1 1 3 は、波形 W 1 の山の数を位置 x_0 から第 1 加工の進行方向 D 1 方向 (+ x 方向) にカウントする。判定部 1 1 3 は、図 7 (C) に示すように、波形 W 1 の山の数のカウント結果が “ 4 ” になる位置 x_{s1} を第 1 加工の終了位置 P S T O P と判定する。

【 0 0 3 1 】

図 6 に戻り、自動加工装置 1 による試料 7 の加工手順について説明を続ける。

(ステップ S 3 0) 加工制御部 1 1 4 は、試料 7 に対する加工を開始する。

20

(ステップ S 4 0) 加工制御部 1 1 4 は、F I B 制御部 1 3 に F I B 制御指示 I C F を、試料台制御部 1 6 に試料台制御指示 I C S をそれぞれ出力することにより、試料 7 に対するスライス加工を実施する。

【 0 0 3 2 】

(ステップ S 5 0) 画像取得部 1 1 0 は、像形成部 1 4 から試料 7 の加工面の画像 (加工面画像 S F) を取得する。

本実施形態における具体例の場合、加工面画像 S F とは、試料 7 が x 方向視によって撮像された画像である。加工面画像 S F には、試料 7 の y z 断面、つまり加工面の状態が示されている。加工制御部 1 1 4 によってスライス加工が x 方向に順次進められると、加工面に繰り返し構造 R S が現れる場合と、加工面に繰り返し構造 R S が現れない場合とが生じる。したがって、加工面画像 S F を加工の時間軸にそって順次取得して、加工面に繰り返し構造 R S が現れる回数をカウントすれば、加工の進捗度を判定することができる。

30

【 0 0 3 3 】

(ステップ S 6 0) 判定部 1 1 3 は、ステップ S 5 0 において取得された加工面画像 S F と、上述した終了位置 P S T O P とを比較することにより、イオンビーム 9 による加工面の位置、すなわち加工位置が終了位置 P S T O P に到達したか否かを判定する。

具体的には、判定部 1 1 3 は、ステップ S 5 0 において取得された加工面画像 S F に繰り返し構造 R S が現れていない状態から、繰り返し構造 R S が現れた状態への変化の回数をカウントする (図 7 (C) を参照。)。判定部 1 1 3 は、このカウント結果と、加工開始位置である位置 x_0 から終了位置 P S T O P までの繰り返し構造 R S の数 (この一例では “ 4 ”) とを比較する。

40

【 0 0 3 4 】

つまり、判定部 1 1 3 は、加工前の試料 7 が撮像された画像が示す繰り返し構造の繰り返し数と、加工過程において加工面画像 S F に順次現れる繰り返し構造の変化数との比較に基づいて、イオンビーム 9 による加工位置が終了位置 P S T O P に到達したか否かを判定する。

【 0 0 3 5 】

さらに換言すると、判定部 1 1 3 は、加工前の試料 7 が撮像された画像が示す繰り返し構造の繰り返し数と、加工面画像 S F が示す繰り返し構造 R S の繰り返し数との比較に基づいて、イオンビーム 9 による加工位置が終了位置 P S T O P に到達したか否かを判定す

50

る。

【 0 0 3 6 】

なお、この一例では判定部 1 1 3 は、加工面画像 S F に基づいてスライス加工済みの繰り返し構造 R S の数をカウントしているがこれに限られない。判定部 1 1 3 は、加工面画像 S F に基づいて試料 7 に含まれる繰り返し構造 R S の残数をカウントしてもよい。すなわち、判定部 1 1 3 は、加工前の試料 7 が撮像された画像が示す繰り返し構造の繰り返し数と、加工面画像 S F が示す繰り返し構造の残数との比較に基づいて、イオンビーム 9 による加工位置が終了位置 P_{S T O P} に到達したか否かを判定してもよい。

【 0 0 3 7 】

判定部 1 1 3 は、比較の結果、このカウント結果と位置 x_0 から終了位置 P_{S T O P} までの繰り返し構造 R S の数とが一致していない場合には、加工位置が終了位置 P_{S T O P} に到達していないと判定し (ステップ S 7 0 ; N O)、処理をステップ S 4 0 に戻して加工を継続する。

10

判定部 1 1 3 は、比較の結果、このカウント結果と位置 x_0 から終了位置 P_{S T O P} までの繰り返し構造 R S の数とが一致した場合には、加工位置が終了位置 P_{S T O P} に到達したと判定し (ステップ S 7 0 ; Y E S)、加工を終了して (ステップ S 8 0) 一連の処理を終了する。

【 0 0 3 8 】

[実施形態のまとめ]

以上説明したように、本実施形態の自動加工装置 1 は、構造情報 S T と終了位置指定情報 P S とに基づいて、試料 7 から試料片を作成する際の加工を人手によらず自動的に終了させる。つまり、本実施形態の自動加工装置 1 は、荷電粒子ビームによる加工位置が終了位置に到達したか否かを自動的に判定する。したがって、自動加工装置 1 によれば、オペレータのスキルレベルに左右されない試料作製が可能となる。また、自動加工装置 1 によれば、無人動作が可能となり業務効率の改善や装置稼働率の底上げも可能となる。

20

【 0 0 3 9 】

[変形例]

これまで、構造情報 S T が、加工前の試料 7 が撮像された画像である場合を一例にして説明した。ここで、加工前の試料 7 の表面に繰り返し構造 R S が現れていない場合には、この試料 7 が有する繰り返し構造 R S の数をカウントすることができない場合がある。このような場合には、加工前の試料 7 の一部を予めスライス加工することにより繰り返し構造 R S を露出させた状態で撮像された画像を、構造情報 S T としてもよい。この場合、例えば図 2 に示す xz 平面を加工面にしてスライス加工することにより、繰り返し構造 R S を露出させる。

30

【 0 0 4 0 】

また、この繰り返し構造 R S を露出させるためのスライス加工においては、像形成部 1 4 による撮像対象の面 (撮像断面) の一部又はその撮像断面と撮像断面の奥行き方向に含まれる繰り返し構造 R S の延長上の任意の箇所を、撮像方向視において繰り返し構造 R S が露出するように斜めに加工してもよい。

【 0 0 4 1 】

また、同一構造の試料 7 が複数ある場合には、1 つの試料 7 について繰り返し構造 R S を露出させるスライス加工を行って撮像することにより構造情報 S T を生成し、他の試料 7 を試料片に加工する際にこの構造情報 S T を用いてもよい。このように構造情報 S T を生成すれば、試料片に加工する試料 7 について余計な加工をしなくて済む。

40

【 0 0 4 2 】

また、構造情報 S T は、画像ではなく試料 7 の内部構造を示す設計情報 (例えば、三次元 C A D データ) であってもよい。この場合、判定部 1 1 3 は、試料 7 の設計情報と、加工面画像 S F との比較に基づいて、イオンビーム 9 による加工位置が終了位置 P_{S T O P} に到達したか否かを判定する。この変形例のように、構造情報 S T が設計情報である場合には、試料 7 が繰り返し構造 R S を有していない場合であっても、判定部 1 1 3 は、設計

50

情報と加工面画像 S F とを比較することにより、試料 7 のどの位置を加工しているのかを判定することができる。したがって、構造情報 S T が設計情報である場合には、試料 7 が繰り返し構造 R S を有していない場合であっても、自動加工装置 1 は、イオンビーム 9 による加工位置が終了位置 P_{S T O P} に到達したか否かを判定することができる。

ここで判定部 113 が、試料 7 の設計情報と加工面画像 S F との比較に基づいて加工位置が終了位置 P_{S T O P} に到達したか否かを判定する場合の具体例について説明する。

【0043】

図 8 は、本実施形態の構造情報 S T の一例を示す図である。この一例において構造情報 S T とは、試料 7 の内部構造を示す設計情報である。構造情報 S T には、行方向配線 R W の座標情報と、列方向配線 C L の座標情報と、接続配線 C N の座標情報とが含まれている。この一例では、構造情報 S T は、5 行 5 列のマトリクス配線の構造を示す。このマトリクス配線は、行方向配線 R W 1 ~ R W 5、列方向配線 C L 1 ~ C L 5、及びこれら行方向配線 R W と列方向配線 C L とを接続する接続配線 C N 1 1、C N 2 1、C N 5 1、C N 3 2、C N 4 2、C N 5 2、...、C N 2 6、C N 5 6 を有する。この一例において、これら行方向配線 R W、列方向配線 C L 及び接続配線 C N が、上述した繰り返し構造 R S である。

【0044】

自動加工装置 1 は、x z 平面を加工面にして試料 7 をスライス加工することにより、繰り返し構造 R S を露出させる。自動加工装置 1 は、断面 C S 1 ~ C S 3 の順に試料 7 の構造を露出させつつスライス加工する。同図の一例において、断面 C S_{T G} が加工の終了位置 P_{S T O P} である。断面 C S 1 ~ C S 3、及び断面 C S_{T G} の一例を図 9 に示す。

【0045】

図 9 は、本実施形態のスライス加工の断面 C S の一例を示す図である。試料 7 の断面 C S 1 を図 9 (A) に示す。断面 C S 1 には、行方向配線 R W 1、接続配線 C N 1 1、C N 2 1、C N 5 1、及び列方向配線 C L 1、C L 2、C L 5 が露出する。試料 7 の断面 C S 2 を図 9 (B) に示す。断面 C S 2 には、列方向配線 C L 1、C L 2、C L 5 が露出する。試料 7 の断面 C S 3 を図 9 (C) に示す。断面 C S 3 には、行方向配線 R W 2、接続配線 C N 3 2、C N 4 2、C N 5 2、及び列方向配線 C L 1、C L 2、C L 3、C L 4、C L 5 が露出する。試料 7 の断面 C S_{T G} を図 9 (D) に示す。断面 C S_{T G} には、行方向配線 R W 6、接続配線 C N 2 6、C N 5 6、及び列方向配線 C L 1、C L 2、C L 4、C L 5 が露出する。

【0046】

自動加工装置 1 は、構造情報 S T に基づいて断面 C S_{T G} に露出する構造の配置を推定する。自動加工装置 1 は、試料 7 をスライス加工しつつ、推定した構造の配置と、加工面である断面 C S に現れる構造の配置とを比較する。自動加工装置 1 は、推定した構造がスライス加工の加工面に現れた場合、加工の終了位置 P_{S T O P} に到達したと判定する。

【0047】

なお、上記の実施形態及びその変形例において、試料 7 の加工を行うビームが集束イオンビーム (F I B) である場合を一例にして説明したがこれに限られない。試料 7 の加工を行うビームは、イオン以外の荷電粒子による荷電粒子ビームであってもよく、中性粒子ビームであってもよい。

また、試料 7 の加工面の画像化を行う検出器が、二次電子検出器 4 (荷電粒子検出器) である場合を一例にして説明したが、試料 7 の断面から試料 7 の構造が把握できる検出器であればよく、これに限られない。

【0048】

なお、上記の実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

10

20

30

40

50

【符号の説明】

【0049】

1 ... 自動加工装置、4 ... 二次電子検出器、6 ... 試料台、7 ... 試料、9 ... イオンビーム、
 10 ... 入力部、11 ... 制御部、13 ... FIB制御部、14 ... 像形成部、16 ... 試料台制御部、
 17 ... 表示部、111 ... 構造情報取得部、112 ... 終了位置取得部、113 ... 判定部、
 114 ... 加工制御部、RS ... 繰り返し構造

【図1】

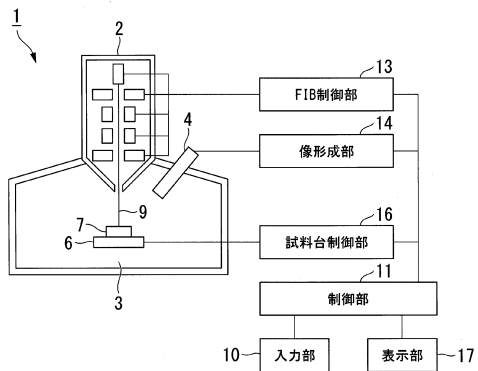


図1

【図2】

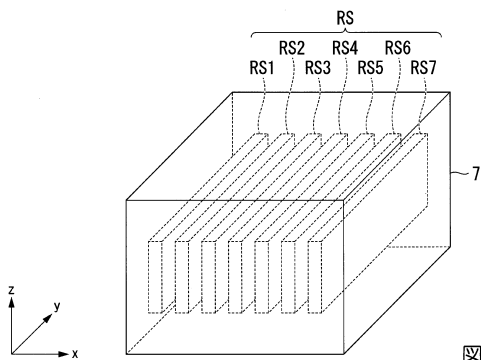


図2

【図3】

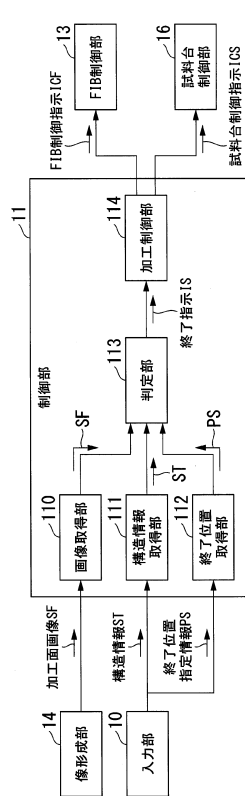


図3

【図4】

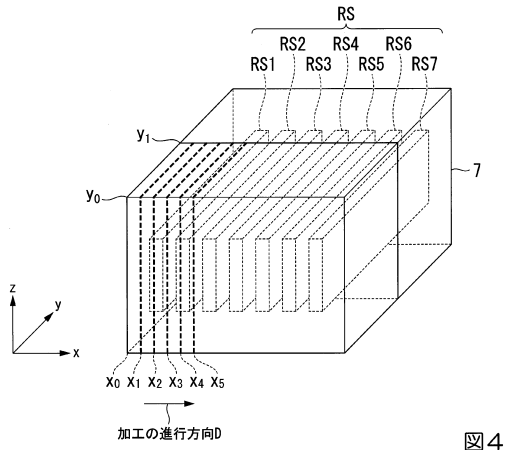


図4

【図5】

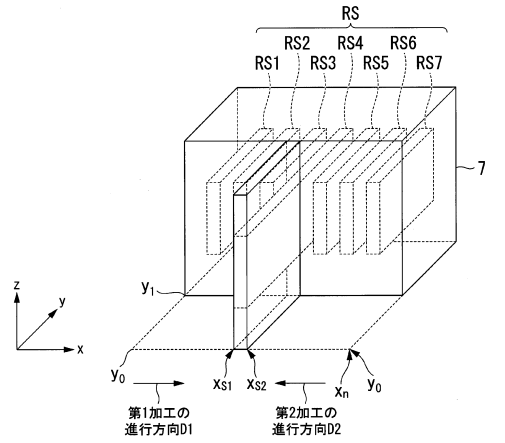


図5

【図6】

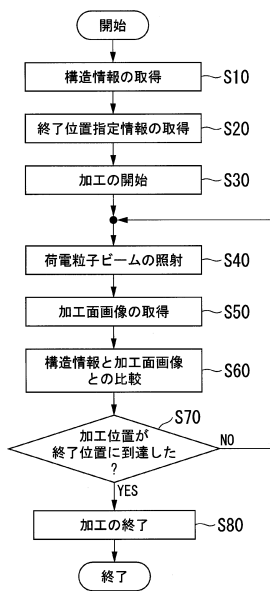


図6

【図7】

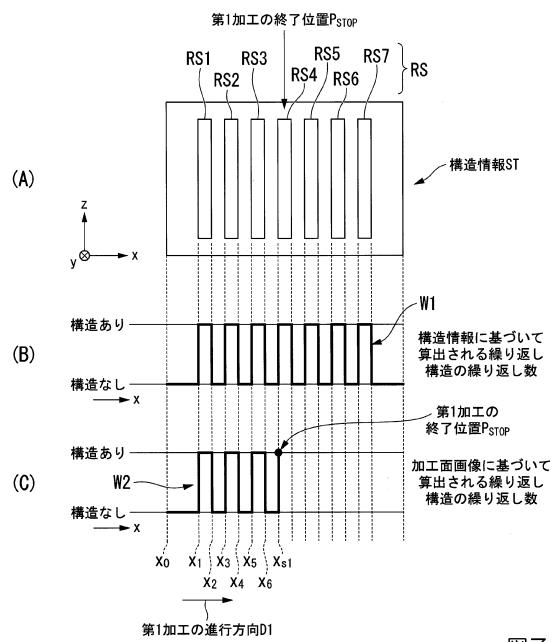


図7

【 図 8 】

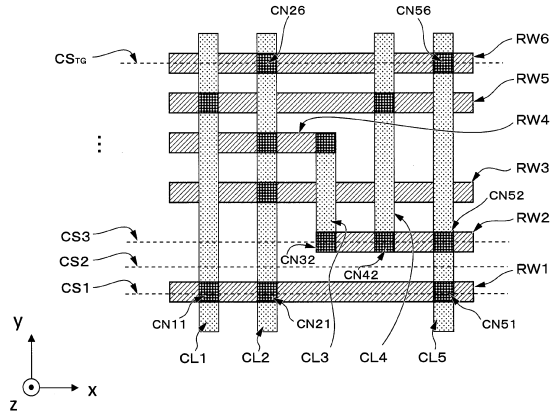


図 8

【 図 9 】

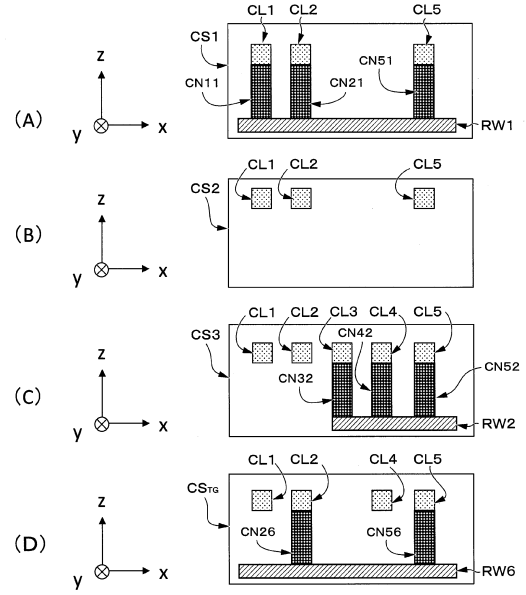


図 9

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 J 37/317 D

(72)発明者 西川 翔太
東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクサイエンス内

審査官 永田 浩司

(56)参考文献 特開2014-022296(JP,A)
特開2010-230672(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 0 1 N 1 / 0 0
G 0 1 N 2 3 / 0 0
H 0 1 J 3 7 / 0 0