

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4845452号
(P4845452)

(45) 発行日 平成23年12月28日(2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日(2011.10.21)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 J 37/28	(2006.01)	HO 1 J 37/28	B
GO 1 N 23/225	(2006.01)	GO 1 N 23/225	
GO 1 N 1/28	(2006.01)	GO 1 N 1/28	G

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2005-246984 (P2005-246984)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成17年8月29日 (2005. 8. 29)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2007-66527 (P2007-66527A)		東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
(43) 公開日	平成19年3月15日 (2007. 3. 15)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成20年4月21日 (2008. 4. 21)		弁理士 井上 学
		(72) 発明者	今野 充
			茨城県ひたちなか市大字市毛1 0 4 0 番地
			株式会社 日立サイ
			エンスシステムズ内
		(72) 発明者	矢口 紀恵
			茨城県ひたちなか市大字市毛1 0 4 0 番地
			株式会社 日立サイ
			エンスシステムズ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 試料観察方法、及び荷電粒子線装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

荷電粒子線を走査して得られた画像に基づいて試料の観察を行う試料観察方法において

、
前記試料が連続する構造体を持ち、前記試料の透過像を観察した場合、前記荷電粒子線を発生する荷電粒子源から見て、前記試料の厚さの異なる部位を作製し、前記厚さの厚い領域の手前の部分から奥行き部分まで、跨って形成される前記構造体の幅を最小の値に近づけるように、前記試料を傾斜又は回転することを特徴とする試料観察方法。

【請求項 2】

荷電粒子源と、当該荷電粒子源から放出される荷電粒子線を走査する走査偏向器と、前記荷電粒子線に対して試料を傾斜させる試料傾斜機構、あるいは前記試料を回転させる試料回転機構の少なくともいずれかと、前記試料から放出された荷電粒子に基づいて、前記試料の透過像を形成する制御装置を備えた荷電粒子線装置において、

前記試料が連続する構造体を持ち、前記試料の透過像を観察した場合、前記制御装置は、前記荷電粒子源側から見て、前記試料の厚さの異なる部位を作製し、前記厚さの厚い領域の手前の部位から奥行き部分に跨って形成される前記構造体の幅を最小の値に近づけるように、前記試料傾斜機構、或いは前記試料回転機構を制御することを特徴とする荷電粒子線装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は、試料の観察方法、及び荷電粒子線装置に係り、特に試料の特定方向から観察を行うための観察方法、及び装置に関するものである。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

特許文献 1 に説明されているように、試料を任意の方向から観察する方法として、イオンビームや電子ビームのような荷電粒子ビームを照射し、当該照射個所から放出された二次電子等に基づいて画像を形成し、この画像から試料の姿勢を確認し、傾斜機構等を用いて、上記任意の方向からビームが照射されるように、試料の姿勢を調整する手法がある。

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 4 4 8 1 7 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

加工または観察目的の構造体が、単結晶基板上に位置していない場合、方向を示すものが無く、試料の向きを調整するのが困難であった。そのため、従来は方向を示すものが無い材料では、試料加工または観察を繰り返し行い、視覚を頼りに水平度調整を行っていた。本発明の目的は、上記問題点を解消し、試料の水平度調整を簡便に行う方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

上記目的を達成するために、本発明では、荷電粒子源側から見て、試料の手前部分と、奥行き部分に跨って形成される構造体、或いは試料の手前部分と、奥行き部分との間に、所定の関係を持って形成されている構造体が、所定の関係となるように、試料を傾斜、或いは回転する試料観察方法、及び荷電粒子線装置を提案する。

【発明の効果】

【 0 0 0 6 】

本発明は、簡便な試料水平度調整法を提供することが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 0 7 】

以下に、荷電粒子源から見て、試料の手前の部位から奥行き部分まで、跨って形成される素子が、荷電粒子線の光軸に並行となるように、試料を傾斜することで、試料の角度調整を行う本発明方法、及び装置について、図面を交えて説明する。

【実施例 1】

【 0 0 0 8 】

図 1 に、本発明の方法を説明する手順を示す。試料は、多方向観察できる方が望ましい。(a) 試料は、マイクロサンプリング法により試料片を摘出し、試料台に固定する。(b) 次に、試料片の一部を階段状または斜めに加工し、試料厚さの異なる部位を作製する。(c) 次に、試料表面または試料内部の構造を観察し、連続する構造体が同一直線状に並ぶように試料を傾斜または回転する。(d) その結果、試料加工装置または試料観察装置において試料を正確に水平度調整することが可能になる。

【 0 0 0 9 】

本発明を示す模式図を図 2 に示す。連続的な構造体 2 を持つ水平な試料 1 と水平でない試料の透過像を観察した場合、連続した構造体の幅 L_1 および L_2 が異なる。そこで、 L_2 を最小の値 L_1 に近づけるように試料を回転または傾斜することで、試料の水平度調整が可能である。また、連続的な構造体の他に、規則的に点在した構造体 3 を持つ試料でも同様の調整が可能である。

【 0 0 1 0 】

図 3 は、本発明の試料の形態である。その形態は、試料片側、試料左右および試料上下左右に段差を設ける、または傾斜部を設けた試料など、試料の一部に試料厚さの異なる領

10

20

30

40

50

域を作製することが特徴である。その理由は以下の通りである。通常、透過電子を観察する試料の厚さは、100nm以下の薄膜である。薄膜試料の場合、100nm以下の領域の連続構造体は少なく、連続する構造体を観察することが困難である。そのため、水平度調整のために、厚い領域を持たせている。厚い領域が確保できれば、その形状は階段または傾斜のどちらでも応用が可能である。

【0011】

図4は、階段状に加工した試料の二次電子像である。試料は、針状の試料台の先端5に固定されている。上部が透過像観察用に薄膜化した部位、その下が水平度調整に用いる階段状に加工した部位4である。

【0012】

図4中の矢印方向から電子線を入射し同試料の走査透過像を観察した例を図5に示す。厚い試料の透過電子の観察には、透過電子顕微鏡よりも色収差の影響が小さい走査透過電子顕微鏡の方が有効である。走査透過電子顕微鏡を用いることで、約10 μ m厚さの試料まで観察することが出来る。(a)が水平度調整実施前、(b)が実施後の像である。上部が透過像観察用に薄膜化した部位、およびその下の水平度調整に用いる階段状に加工した部位である。両者に、連続する構造体が存在している。しかし、薄膜化した部位は、水平度調整実施前後において、像の変化が見られず、この画像に示すように、一般的に薄膜試料での水平度調整は困難である。しかし、階段状に加工した部位は、拡大像に示す通り水平度調整実施前と水平度調整実施後では、その差が明らかである。

【0013】

このとき画像上で、黒いコントラストで観察される連続的な構造体8の大きさが最小となるように試料の傾斜を行うことで試料の水平度調整が実現できる。透過電子を用いた観察において、格子像レベルの観察するには試料を厚さ0.1 μ m程度にする必要がある。薄膜部に連続的な構造体もしくは規則的に配列した構造体を正確に薄膜部に納めるためには、加工装置においても試料の水平度調整が重要である。

【0014】

図6は、図4の二次電子像観察方向と同方向から観察した走査透過像である。マイクロサンプルの薄膜部に連続的な構造体もしくは規則的に配列した構造体を正確に薄膜部が位置していることを確認するためには、この方向からの観察が有効である。しかし、この場合、電子線入射方向に対して試料厚さは数 μ m~10 μ mとなり走査透過電子顕微鏡を用いる必要がある。図6は、回転軸9に対して、5°回転した試料、10°回転した試料の走査透過電子顕微鏡像である。試料の画像上に観察できる規則的に点在した構造体7および連続的な構造体8のサイズが最小となる。回転することにより、規則的に点在した構造体7および連続的な構造体8の両方で水平度調整が実現でき、微細化の進む半導体材料でも薄膜内部に連続的に並んだ微細構造体を納めることが出来る。

【0015】

次に、表面構造を観察しながら、試料の水平度調整を行う例について示す。図7は、二段に加工したマイクロサンプルの断面像である。図8および図9は、上部から観察した二段に加工したマイクロサンプルである。上段10と下段11には、試料の構造体が観察できる。この構造体は試料の深さ方向に伸びている。つまり、上段10と下段11には、同じ構造体の高さの違う面が観察されていることになる。そのため、この構造体が同一直線状になるように試料回転および試料傾斜を調整することで、試料上部から観察した場合の試料の水平度調整が実現できる。このあとコンタクトの列の中央部分を残すように薄膜化することにより、直線状に並んだ目的の構造物を含む薄膜試料の作製および観察が可能となる(図10)。

【0016】

図11~図13は、同様のことを斜め加工したマイクロサンプルで実施した例である。構造体が既知であれば、他の構造体との関係から試料の水平度調整が実現できる。

【実施例2】

【0017】

本発明の第2の実施例について、図面を用いて以下に説明する。

【0018】

図14は、集束イオンビーム光学系51と電子ビーム光学系61が設けられたいわゆるFIB-SEMの一例を示す図である。装置システムの中心部には集束イオンビーム光学系51と電子ビーム光学系61が真空試料室80の上部に設置されている。

【0019】

真空試料室80の内部には試料となるウェーハ41を載置する試料台44が設置されている。イオンビーム光学系51及び電子ビーム光学系61は各々の中心軸がウェーハ41表面付近で一点に交わるように調整されている。

【0020】

集束イオンビーム光学系51には、イオン源21、集束レンズ22、及び走査偏向器23が備えられ、イオンビーム24をコントロールするように制御される。電子ビーム光学系61にも同様に、電子源27、集束レンズ29、及び走査偏向器30が備えられ、電子ビーム38をコントロールするよう制御される。

【0021】

試料台44にはウェーハ41を前後左右に高精度で移動する機構を内蔵しており、ウェーハ41上の指定箇所が集束イオンビーム光学系51の真下に来るように、試料台制御装置41によって制御される。試料台44は回転、上下、あるいは傾斜する機能を有する。真空試料室80には図示を省略した排気装置が接続され適切な圧力に制御されている。

【0022】

なお、イオンビーム光学系51、電子ビーム光学系61にも図示を省略した排気系が個別に備えられ、適切な圧力が維持されている。

【0023】

真空試料室80内には、二次電子検出器26、X線検出器36、ガス供給装置37などが設けられている。更に、その先端に微小試料を保持するプローブ92、そのプローブを支持するアーム90、及び当該アーム90を移動可能に支持するアーム制御装置35が設けられている。更に、上記FIB-SEMを構成する各構成要素は、制御装置100によってコントロールされる。

【0024】

プローブ92は、アーム90の長手方向に回転軸を持つ回転機構によって、回転可能に支持されており、イオンビーム24、電子ビーム38に向かって、観察面、或いは加工面を向けるように制御される。更にアーム制御装置35は、プローブ92を、X、Y、Z方向に移動可能に構成されている。

【0025】

なお、図14では理解を容易にするために、プローブ92の回転軸が紙面横方向にあるように図示されているが、イオンビーム24によって切り出した微小試料の断面を、電子ビーム38に向けて回転できるように、紙面垂直方向に回転軸を設置することが望ましい。

【0026】

制御装置100内には、二次電子検出器26によって検出された二次電子に基づいて、形成された画像を記憶するためのフレームメモリが内蔵されている。また、制御装置100は、フレームメモリに登録された画像のコントラスト、或いは二次電子量に基づいて、ラインプロファイルを形成し、当該プロファイル形状に基づいて、試料上の特定部分の測長を行うための機能が設けられている。なお、図14は、FIB-SEMを説明するための図であるが、SEMの部分をSTEM(Scanning Transmission Electron Microscope)とすることも可能である。その際には、薄膜試料を透過した電子を検出するための透過電子検出器が設けられる。

【0027】

以上のような構成のFIB-SEM(又はSTEM)を用いて、実施例1において説明した断面加工観察を行う例について、以下に説明する。

10

20

30

40

50

【0028】

図15は、図5を用いて説明した水平度調整を、自動的に行うためのシーケンスを説明するためのフローチャートである。先ず、イオンビーム24を用いて、連続的な構造体8を含む試料1をウェーハ41等から切り出し、プローブ92を用いて試料1を持ち上げる(S0001)。次に、図5にて説明したように、画面の手前部分と奥行き部分に跨って形成される連続的な構造体を露出させると共に、断面観察を可能とすべく、試料の薄膜加工を行う(S0002)。そして、形成された断面が電子ビーム38の光軸に垂直となるように、プローブ92を回転させる(S0003)。回転後、SEM像、或いはSTEM像を形成する(S0004)。取得された画像は、上記のフレームメモリに登録される。

【0029】

形成された画像を元に、連続的な構造体8の紙面上下方向の寸法を測定する。この寸法が最小となるまで、S0003～S0006を繰り返す。連続的な構造体8の寸法が最小値を示すということは、電子ビームの照射方向と、連続的な構造体8の奥行き方向がほぼ並行な状態を示している。連続的な構造体8と試料断面は、垂直となるように形成されているため、連続的な構造体8の寸法が最小を示すプローブ92の回転角が、断面観察(S0007)にとって最適な角度となる。なお、本例の場合、プローブを必要以上に、回転させると、連続的な構造体8の奥行き部分が、試料1の下部に隠れてしまうため、一旦最小値を確認した後、傾斜角を戻すことによって、回転角の変化に対する寸法値の変化が止まった角度(電子ビームと連続的な構造体の長手方向がちょうど並行になる角度)を正確に把握するようにしても良い。

【0030】

なお、本例では、連続的な構造体8の寸法が最小となる点を見出すことによって、プローブの最適な回転角を求めているが、これに限られることはなく、例えば公知のパターンマッチング技術を用いるようにしても良い。この場合、連続的な構造体8の形状を示すテンプレートを事前に登録しておき、パターンマッチングによって、連続的な構造体8が最小を示す回転角を把握する。パターンマッチングに基づく回転角の把握は、例えば図7～図13にて説明した連続的な構造体の場合に特に有効である。

【0031】

イオンビームや電子ビームを含む荷電粒子ビームに対しての水平度調整を容易に実現することができる。

【0032】

なお、本実施例では、プローブ92を回転させることによって、試料の方向を変化させる例について説明したが、これに限られることはなく、例えばウェーハを載せた試料台44とは別のステージを設け、切り出した微小試料をその別のステージに載せ、当該別のステージを傾斜させることによって、上記のような水平度調整を行うようにしても良い。また、試料台44に傾斜機構を設け、同様のことをしても良い。

【産業上の利用可能性】

【0033】

荷電粒子線を用いて試料を観察する方法、装置であって、試料の姿勢を適正に制御するのに好適な試料観察方法、及び荷電粒子線装置である。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】本発明の実施例を示すフローチャートである。

【図2】本発明の原理を説明する図である。

【図3】本発明の形態を示す模式図である。

【図4】本発明の形態を示す二次電子像である。

【図5】本発明の形態を示す走査透過像である。

【図6】本発明の形態を示す走査透過像である。

【図7】本発明の形態に加工した試料の断面二次電子像である。

【図8】本発明の形態に加工した試料の上部から観察した二次電子像である。

10

20

30

40

50

【図 9】本発明の形態に加工した試料の上部から観察した二次電子像である。

【図 10】本発明の形態に加工した試料の断面走査透過像である。

【図 11】本発明の形態に加工した試料の断面二次電子像である。

【図 12】本発明の形態に加工した試料の上部から観察した二次電子像である。

【図 13】本発明の形態に加工した試料の上部から観察した二次電子像である。

【図 14】荷電粒子線装置の一例を示す図である。

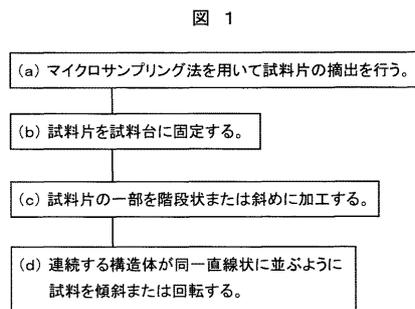
【図 15】水平度調整を、自動的に行うためのシーケンスを説明するためのフローチャートである。

【符号の説明】

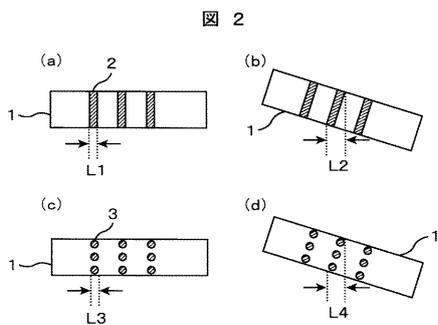
【0035】

1 ... 試料、2, 8 ... 連続的な構造体、3, 7 ... 点在した構造体、4 ... 水平度調整に用いる階段状に加工した部位、5 ... 針状の試料台の先端、6 ... 薄膜化した部位、9 ... 回転軸、10 ... 上段、11 ... 下段、12 ... 斜め加工部。

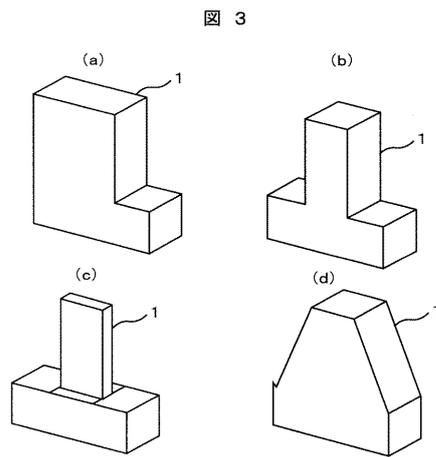
【図 1】



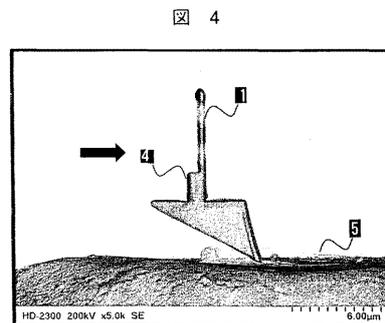
【図 2】



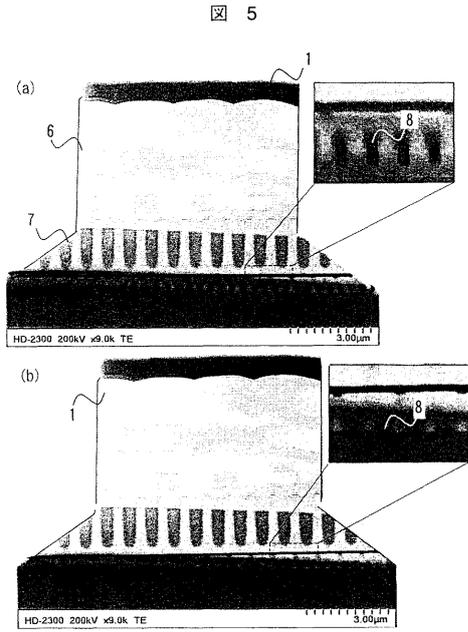
【図 3】



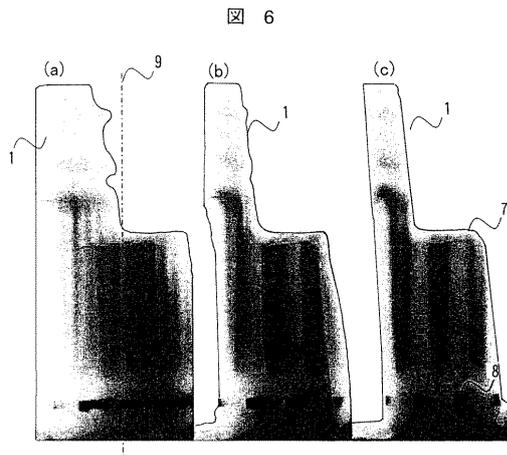
【図 4】



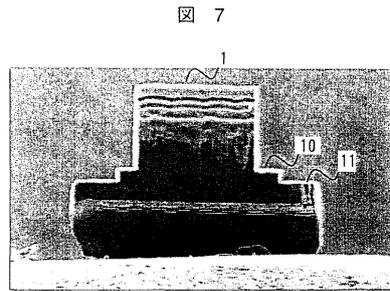
【 図 5 】



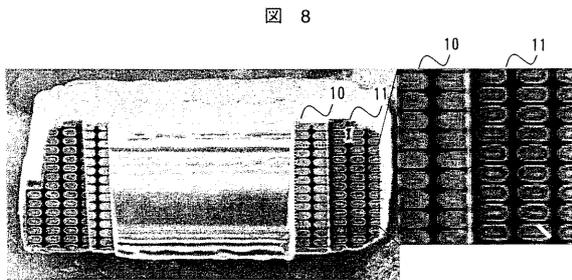
【 図 6 】



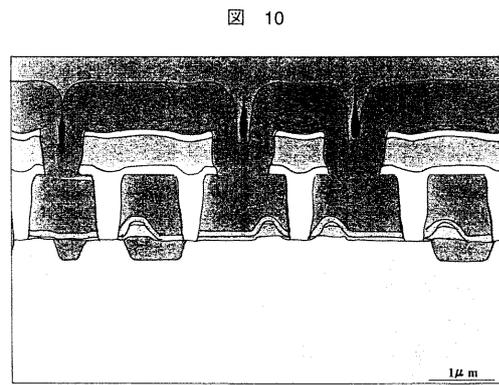
【 図 7 】



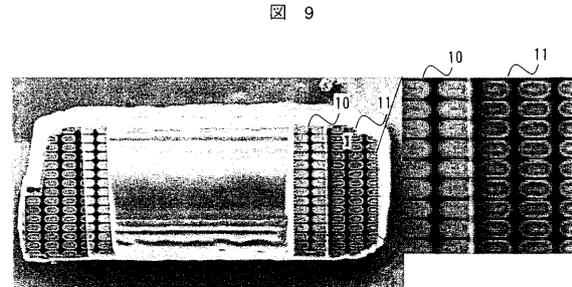
【 図 8 】



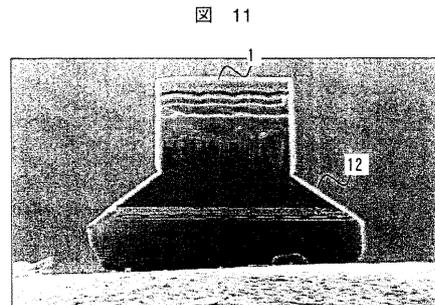
【 図 10 】



【 図 9 】

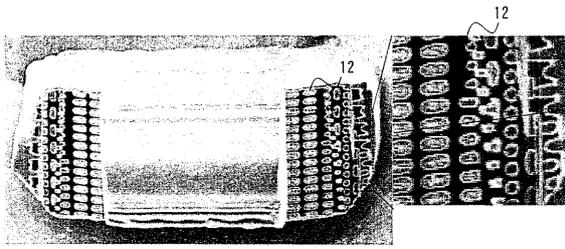


【 図 11 】



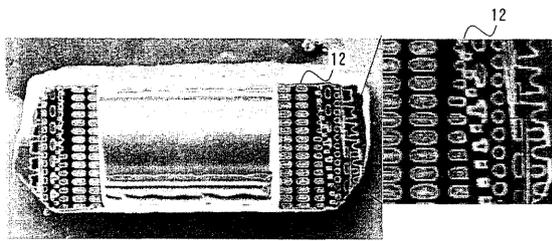
【図 12】

図 12



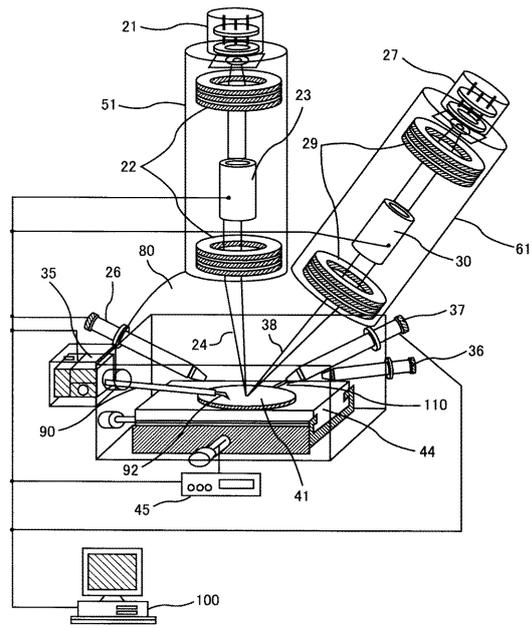
【図 13】

図 13



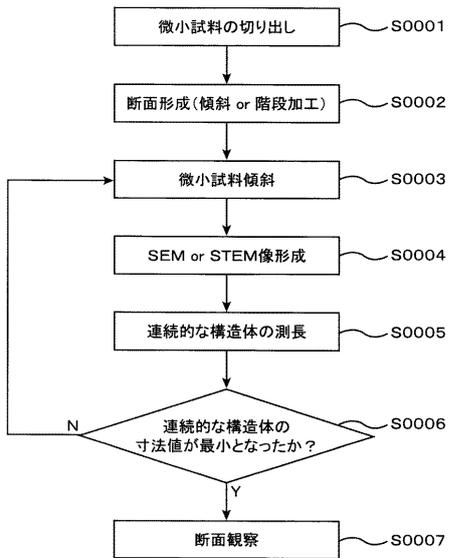
【図 14】

図 14



【図 15】

図 15



フロントページの続き

(72)発明者 大西 毅

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地
ズ 那珂事業所内

株式会社 日立ハイテクノロジー

審査官 長井 真一

(56)参考文献 特開平8 - 124507 (JP, A)

特開昭55 - 17431 (JP, A)

特開平6 - 111748 (JP, A)

特開2004 - 198276 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 37/28

G01N 1/28

G01N 23/225