(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3633325号
(P3633325)
(45)発行日　平成17年3月30日(2005.3.30)　(24)登録日　平成17年1月7日(2005.1.7)

(51)Int.Cl.[7]	F I	
G01N 1/28	G01N 1/28	F
H01J 37/20	H01J 37/20	A
H01J 37/31	H01J 37/31	

請求項の数 5　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願平10-333681
(22)出願日　平成10年11月25日(1998.11.25)
(65)公開番号　特開2000-162102(P2000-162102A)
(43)公開日　平成12年6月16日(2000.6.16)
審査請求日　平成14年11月26日(2002.11.26)

(73)特許権者　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
(74)代理人　100075096
弁理士　作田　康夫
(72)発明者　梅村　馨
東京都国分寺市東恋ケ窪一丁目２８０番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者　小池　英巳
茨城県ひたちなか市市毛８８２番地
株式会社日立製作所計測器事業部内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】試料作製装置および試料作製方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
イオンビームを生成する照射光学系と、
イオンビームの照射によって発生する二次粒子を検出する二次粒子検出手段と、
前記イオンビームの照射領域にデポジションガスを供給するガス供給源と、
試料を載置するサイドエントリ型の第１の試料ステージと、
該第１の試料ステージを微動させる微動手段と、
前記第１の試料ステージに載置された試料を格納する試料室と、
前記試料から摘出した試料片を移送するための移送手段とを有し、
前記試料室は、前記試料片を設置するサイドエントリ型の第２の試料ステージを、上記第１の試料ステージと交換して上記微動手段に搭載できる構造であることを特徴とする試料加工装置。
【請求項２】
請求項１に記載の試料加工装置において、
前記試料片を搭載する前記第２の試料ステージは、集束イオンビーム装置、投射イオンビーム装置、透過型電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、オージェ電子分光分析装置、電子プローブＸ線微小分析装置、電子エネルギー欠損分析装置、二次イオン質量分析装置、二次中性粒子イオン化質量分析装置、Ｘ線電子分光分析装置またはプローブを用いた電気計測装置の少なくともいずれか一種に搭載可能な試料ステージであることを特徴とする試料加工装置。

【請求項３】
請求項１に記載の試料加工装置において、
前記照射光学系によって生成されるビームは、集束イオンビームであることを特徴とする試料加工装置。
【請求項４】
請求項１に記載の試料加工装置において、
前記第１の試料ステージは、試料を載置する試料設置面を備えた試料設置部と、
当該試料設置部を前記試料設置面の面内に回転させる面内回転調整部とを備えたことを特徴とする試料加工装置。
【請求項５】
請求項１に記載の試料加工装置において、
前記第２の試料ステージが、前記試料片を載せる試料ホルダを備えたことを特徴とする試料加工装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、イオンビームと移送手段を利用して、試料片から分析や観察に必要な部分のみを摘出して、試料ホルダに固定して、分析や観察に好適な形状に加工する試料作製装置および試料作製方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
半導体の高集積化に伴ない、分析や観察の対象物が走査型電子顕微鏡（以下、ＳＥＭと略記）の分解能では観察できないほど極微細なものについても解析の必要性が高まり、ＳＥＭに代って観察分解能が高い透過型電子顕微鏡（以下、ＴＥＭと略記）が有力な装置となっている。
【０００３】
従来のＴＥＭ用の試料作製方法は、研磨やイオンシニングなどを用いた方法が良く知られているが、所望の観察領域をμｍレベルで限定して試料を作製することは殆ど不可能であるとともに、一試料作製に数日も要していた。
【０００４】
最近では集束イオンビーム（以下、ＦＩＢと略す）加工を利用する例が定着しつつある。これは、まず、ダイシング装置を用いてウェーハ等の試料から観察すべき領域を含む短冊状ペレットを切り出す。このペレットの大きさは、おおよそ３×０．１×０．５ｍｍ（０．５ｍｍはウェーハの厚み）である。この短冊状ペレットの一部を薄壁状にＦＩＢ加工してＴＥＭ試料とする。ＦＩＢ加工されたＴＥＭ観察用の試料（ＴＥＭサンプル）は図２（ａ）２０や（ｂ）２０’に示したような形状をしている。ＴＥＭサンプルの断面形状は逆Ｔ字形状であったり、Ｌ字形状の場合もあり種々変形もあるが、基本とするところは短冊状の試験片の一部がＴＥＭ観察用に薄いウォール状に加工してあることにある。試料の上部２１の幅は４０μｍ程度、下部２２の幅は約１００μｍで、ＴＥＭ観察部２３、２３’の寸法はおおよそ１０μｍ×５μｍで、厚さ約０．１μｍ程度である。このような試料をＴＥＭ試料として、ＴＥＭホルダをＴＥＭステージに搭載し、ＴＥＭ装置に導入してウォール部２３、２３’を観察する。この方法によって、ウェーハやチップから所望の観察部をμｍレベルで位置出しすることが可能になった。
【０００５】
この手法に関しては、例えば、Ｅ．Ｃ．Ｇ．Ｋｉｒｋらが、論文集 Ｍｉｃｒｏｓｃｏｐｙ ｏｆ ＳＥＭｉｃｏｎｄｕｃｔｉｎｇ Ｍａｔｅｒｉａｌｓ １９８９, Ｉｎｓｔｉｔｕｔｅ ｏｆ Ｐｈｙｓｉｃｓ Ｓｅｒｉｅｓ Ｎｏ．１００．, ｐ．５０１－５０６（公知例１）において説明している。
【０００６】
最近では、ＦＩＢ装置とＴＥＭ装置の両方で兼用できる試料ステージが用いられている。

図２（ｃ）はその試料ステージの概略形状で、サイドエントリ型の試料ステージである。握り部２４は試料ステージ７’を装置内への出入れの際に手で持ったり、試料の傾斜調整をするための部分であり、円柱部２５の先端に図２（ａ）や（ｂ）のような試料２０（または２０’）が固定治具２６、２６’によって固定されている。この試料ステージ７’は図３に示すように、ＦＩＢ装置３１内に導入され、試料ステージ微動機構８’により位置調整される。ＦＩＢ加工時にはウォール部２３、２３’に平行にＦＩＢを照射し、ＴＥＭ観察時にはウォール面に垂直に電子線を照射するため、この試料ステージ７’はＦＩＢ加工時とＴＥＭ観察時とで９０°軸回転させて用いる。このような試料ステージ７’により、ＦＩＢ装置内で加工した試料を直ちにＴＥＭ装置内に持ち込んで観察することが可能になった。しかし、ＦＩＢ加工を利用しても加工時間は一試料に３時間から５時間も要している。このように、ＴＥＭは高分解能観察が期待できるが、試料作製に多大の時間と、神経を尖らして行なわねばならない熟練技能的な手作業を要するという面を持ち合わせている。このＦＩＢとＴＥＭの兼用の試料ステージについては特開平６－１０３９４７号公報『集束イオンビーム装置』（公知例２）に記載され、この公知例２にはこの試料ステージがＴＥＭの他、ＳＥＭ、エッチング装置、蒸着装置、レーザー加工機にそのまま装着可能であることが記載されている。

【０００７】

また、イオンビームを用いてウェーハ内に作製した特定の微小試料をプローブにより摘出する方法として、特許公報第２７７４８８４号『試料の分離方法及びこの分離方法で得た分離試料の分析方法』（公知例３）がある。

【０００８】

さらに、ウェーハから微小試料を摘出する別の方法として、第５８回応用物理学会学術講演会講演予稿集（１９９７．１０月、秋田大学）３ｐ－ＺＬ－８，　ｐ．６６６に、『ＦＩＢ加工とマイクロマニピュレーション技術を用いたＴＥＭ試料作製法』（公知例４）と題して報告している。

【０００９】

また、ウェーハ内にＴＥＭ観察用の薄膜のみを集束イオンビームを用いて作製し、この薄膜のみをガラス製のニードルを用いてＴＥＭメッシュ上に搬送しＴＥＭ試料とする方法が、例えばＭａｔｅｒｉａｌ　Ｒｅｓｅａｒｃｈ　Ｓｏｃｉｅｔｙ　Ｓｙｍｐｏｓｉｕｍ　Ｐｒｏｃｅｅｄｉｎｇｓ，　１９９７　ｖｏｌ．　４８０．，　ｐ１９－２７（公知例５）に記述されている。

【００１０】

【発明が解決しようとする課題】

上述のように、分析や観察、計測するのに好適な試料、特にＴＥＭ試料作製を作製する場合、以下のような多くの問題を抱えていた。

【００１１】

公知例１、公知例２に関する問題点は以下の通りである。

【００１２】

（１）ＴＥＭ試料を作製するには、イオンシニングや研磨機、もしくは、ダイシング装置やＦＩＢ装置など複数の装置が必要である。

【００１３】

（２）　試料作りからＴＥＭ観察までの作業が煩雑で時間を要するものであった。

【００１４】

公知例３に関する問題点は以下の通りである。

【００１５】

（３）作製されたＴＥＭ試料がプローブに保持された状態であるため、ＴＥＭ装置への導入が難しい。

【００１６】

公知例４、公知例５に関する問題点は以下の通りである。

【００１７】

（４）作製後の試料のＴＥＭ用試料ステージへの取付け作業において、作業者の神経を使わせると共に、落下、紛失などの事故発生の可能性を秘めている。また、ＴＥＭ観察後、別の試料と交換する際にも同じ危険性を秘めている。

【００１８】

上記問題点に鑑み、本発明の第１の目的は、試料作製から分析や観察、計測までの作業が簡便で、試料作製が一つの装置ででき、作製試料の分析装置への受け渡しが容易な試料作製装置を提供することであり、また、本発明の第２の目的は、試料作製から分析や観察、計測までの作業が簡便で作製試料の分析装置への受け渡しが容易な試料作製方法を提供することにある。

【００１９】

【課題を解決するための手段】

上記第１の目的は、

（１）イオンビームの照射光学系と、イオンビームの照射によって発生する二次粒子を検出する二次粒子検出手段と、試料片の一部を分離した摘出試料を試料ホルダに移し変える移送手段と、サイドエントリ型試料ステージを搭載して微動させる試料ステージ微動手段を少なくとも有し、さらに、サイドエントリ型試料ステージが上記試料片を載置する第１試料ステージ、および、摘出試料を載置する試料ホルダを着脱できる第２試料ステージとから構成した試料作製装置によって実現する。本構成により一つの試料作製装置の中で試料作製が可能であり、分析、観察装置への受け渡しが簡便になる。また、

（２）イオンビームの照射光学系と、イオンビームの照射によって発生する二次粒子を検出する二次粒子検出手段と、イオンビームの照射領域にデポジション膜を形成する原料ガスを供給するデポジション用ガス供給源と、試料片の一部を分離した摘出試料を試料ホルダに移し変える移送手段と、サイドエントリ型試料ステージを搭載して微動させる試料ステージ微動手段を少なくとも有し、さらに、サイドエントリ型試料ステージが上記試料片を載置する第１試料ステージ、および、摘出試料を載置する試料ホルダを着脱できる第２試料ステージとから構成した試料作製装置によって実現する。本構成により摘出試料移送や試料ホルダへの固定をデポジション膜で確実に行うことができる。また、

（３）イオンビームが集束イオンビームもしくは投射イオンビームのうちの少なくともいずれかであると精度の良い加工または高速な加工が可能となる。また、

（４）第１試料ステージは試料片を載置する試料設置部が上記第１試料ステージ軸に垂直な軸に中心に回転できる回転機構を有する構成にすることで、試料片を試料ステージに載置する場合、所望の断面の向きを気にすることなく載置でき、試料作製装置内で所望の断面を容易に加工できる。また、

（５）第２試料ステージは集束イオンビーム装置、投射イオンビーム装置、透過型電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、オージェ電子分光分析装置、電子プローブＸ線微小分析装置、電子エネルギ欠損分析装置、二次イオン質量分析装置、二次中性粒子イオン化質量分析装置、Ｘ線光電子分光分析装置、または、プローブを用いた電気計測装置のうちのいずれかに装填できる試料ステージとすることで、試料作製後に試料の置き直しをすることなくそのまま分析、観察等が可能であり、試料破損の可能性を減らすことができる。また、

（６）第２試料ステージは集束イオンビーム装置、投射イオンビーム装置、透過型電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、オージェ電子分光分析装置、電子プローブＸ線微小分析装置、電子エネルギ欠損分析装置、二次イオン質量分析装置、二次中性粒子イオン化質量分析装置、Ｘ線光電子分光分析装置、または、プローブを用いた電気計測装置のうちのいずれかに装填するための試料ホルダを載置するホルダ設置部を有する構成とすることで、作製試料を分析、観察に最適な試料ホルダに設置できる。また、

（７）第１試料ステージは集束イオンビーム装置、投射イオンビーム装置、透過型電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、オージェ電子分光分析装置、電子プローブＸ線微小分析装置、電子エネルギ欠損分析装置、二次イオン質量分析装置、二次中性粒子イオン化質量分析装置、Ｘ線光電子分光分析装置、または、プローブを用いた電気計測

装置のうちのいずれかに装填できる試料ステージとすることで、試料断面分析や観察が容易にできるようになる。さらに、
（８）試料のイオンビームアシスト増速エッチングを可能にするガスを供給するエッチングガス供給源を有する構成とすることで、高速加工が実現でき、試料作製時間を減少できる。
【００２０】
また、上記第２の目的は、
（９）サイドエントリ方式の第１試料ステージに搭載した試料片をイオンビームによって加工し、移送手段によって試料片の一部を摘出した摘出試料を一旦保持し、第１試料ステージに変えてサイドエントリ方式の第２試料ステージを装填して、摘出した試料を移送手段によって第２試料ステージ上の試料ホルダに移設し、イオンビームによって所望の分析手段、観察手段または計測手段に好適な試料形状に加工を施す方法を用いることで実現でき、一つの装置内での試料作製が可能となる。また、
（１０）摘出した試料を搭載した第２試料ステージを所望の分析手段、観察手段または計測手段に装填して所望の分析、観察または計測による解析を行なうことで、試料作製後、短時間で分析、観察等が可能になる。また、
（１１）分析手段、観察手段または計測手段が、特に、集束イオンビーム装置、透過型電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、オージェ電子分光分析装置、電子プローブＸ線微小分析装置、電子エネルギ欠損分析装置、二次イオン質量分析装置、二次中性粒子イオン化質量分析装置、Ｘ線光電子分光分析装置、または、プローブを用いた電気計測装置のうちのいずれかであれば様々な試料分析が可能となる。さらに、
（１２）イオンビームが集束イオンビームまたは投射イオンビームであれば精度の良い加工または高速な加工が可能となる。特に、
（１３）第１試料ステージに複数の試験片を搭載して、試験片の各々から一部を摘出して上記試料ホルダ上に移設することで、複数試料の効率よい試料作製が実現でき、また、
（１４）第１試料ステージに搭載した１個の試験片から複数の部分を摘出して上記第２ステージに設置された上記試料ホルダに移設することで、一つの試料から集中的かつ効率的な試料作製が可能となる。特に、
（１５）第１試料ステージに搭載した１個の試験片から複数の部分を摘出して上記第２ステージに設置された上記同一の試料ホルダに移設することで、一度、分析または観察装置に第２試料ステージを挿入するだけで、複数摘出試料を効率的に分析、観察できる。また、
（１６）観察、分析あるいは計測するための試料作製方法としてサイドエントリ方式の第１試料ステージに搭載した試料片に対して所望の分析または観察または計測すべき領域を判別する目印を試料に付けるマーキング工程と、イオンビーム照射によって上記目印の周囲に複数の垂直穴を形成する工程と、試料ステージを傾斜させてイオンビーム照射によって試料片の表面に対して斜め溝を形成する工程とによって、試料片に支持部で保持されたクサビ形状の片持ち試料を形成する工程と、第１試料ステージを水平に戻して、片持ち試料の一部に移送手段の一部を接触させ、デポジションガスを供給しつつ接触部を含む領域にイオンビーム照射してデポジション膜を形成することで片持ち試料と移送手段の一部を固着させる工程と、イオンビーム照射することで支持部を切断する工程と、第１試料ステージと移送手段を相対的に離間させる工程と、第１試料ステージを装置から引き抜く工程と、第１試料ステージに代わって第２試料ステージを装置に挿入する工程と、第２ステージ上に設置された試料ホルダが摘出試料のほぼ直下に位置するように移動させる工程と、摘出試料を移送手段を駆動して試料ホルダに接触させ、デポジションガスを供給しつつ試料ホルダと摘出試料の接触部の一部にイオンビーム照射してデポジション膜を形成することで、摘出試料と試料ホルダを固着させる工程と、イオンビームを照射することで移送手段と摘出手段を分離する工程と、摘出試料を分析装置、観察装置または計測装置のうちの少なくともいずれかに最適なサンプルを作製する工程とを含むことで１つの試料作製装置内で、分析、解析に簡便な試料が作製できる。

【００２１】
【発明の実施の形態】
本発明による試料作製装置の実施の形態は、イオンビームの照射光学系と、イオンビームの照射によって発生する二次粒子を検出する二次粒子検出手段と、試料片の一部を分離した摘出試料を試料ホルダに移し変える移送手段とを少なくとも具備し、試料片を載置するサイドエントリ型の第１試料ステージと、摘出試料を載置するサイドエントリ型の第２試料ステージとを搭載する試料ステージ駆動機構を有する具備する構成とする。まず、第１ステージをステージ駆動機構に装着して、載置した試料から目的とする摘出試料を摘出して、移送手段に付着させておき、第１ステージを引き抜いて代りに第２ステージをステージ駆動機構に装着する。第２ステージに設置されている試料ホルダに先に摘出した摘出試料を設置する。このマ摘出試料を目的とする解析装置に適合するような形状に加工を施す。加工終了後、第２ステージを引き抜き、その目的とする解析装置に装填して摘出試料の所望の領域を解析することがきる。以下、具体的な実施例を掲げて説明する。
【００２２】
＜実施形態例１＞
図１は、本発明による試料作製装置の一実施例を示す概略構成図で、ここでは、解析手段の一例として特にＴＥＭ観察するためのＴＥＭ試料の作製法を例にして説明する。
【００２３】
試料作製装置１は、試料片２の加工や観察をするイオンビーム３の照射光学系４と、イオンビーム３の照射によって発生する二次粒子を検出する二次粒子検出器５と、上記イオンビーム３の照射領域にデポジション膜を形成する原料ガスを供給するデポジション用ガス供給源６と、サイドエントリ型で試料を載置する試料ステージ７を搭載して微動させる試料ステージ微動機構８と、試料片２の一部を分離した摘出試料を試料ホルダ９に移し変える移送手段１０とを少なくとも有した構造であり、さらに、サイドエントリ型の試料ステージ７は試料片２を載置する第１ステージ７Ａ、および、摘出試料を載置する第２ステージ７Ｂの２形式あり、試料ステージ微動手段８に入れ替わり装着することができる。第２ステージ７Ｂには摘出試料を固定する試料ホルダ９が着脱でき、この第２ステージ７Ｂは図４に示されるように試料作製装置１の試料ステージ微動機構８部から取出し、他の解析装置、例えば、透過型電子顕微鏡（ＴＥＭ）４１の試料ステージ導入口４２にそのまま装填できる。また、この試料ステージ７Ｂは他の解析装置、例えば走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）、二次イオン質量分析装置（ＳＩＭＳ）、オージェ電子分光分析装置（ＡＥＳ）、電気回路計測装置にも装填できる兼用ステージである。試料作製装置１には、さらに、イオンビーム３の照射光学系４を制御するイオンビーム制御部１１、二次粒子検出器５への印加電圧の調整などを行なう二次粒子検出器制御部１２、デポジション用ガス供給源６の温度調整やバルブの開閉を制御するデポジション用ガス供給源制御手段１３、試料ステージ微動機構８を制御するためのステージ制御部１４、移送手段１０を駆動するための移送手段制御部１５、試料片２や移送手段１０などを画像表示する画像表示部１６などを有し、これら制御部は計算処理部１７によりコントロールされる。
【００２４】
用いる試料片２は半導体ウェーハや電子デバイスを数ｍｍ平方程度に分断した小片である。つまり、第１ステージ７Ａの試料設置部からはみ出さない程度の寸法とする。
【００２５】
イオンビームの照射光学系４は、すでによく知られた光学系である、イオンビーム３の形態例として集束イオンビーム（以下、ＦＩＢと略記）の場合、液体金属イオン源、ビーム制限アパチャ、集束レンズ、対物レンズを通すことでビーム直径１０ｎｍ程度から１００ｎｍ程度のＦＩＢが形成できる。ＦＩＢを偏向器を用いて試料上を走査することで、試料表面にμｍからサブμｍレベルの走査形状に対応した加工ができる。ここでの加工とは、スパッタリングによる凹部形成や、ＦＩＢアシストデポジションによる膜形成、もしくは、これらを組み合わせて試料の元の形状を変える操作を指す。ＦＩＢ照射時に発生する二次電子や二次イオンなど二次粒子を二次粒子検出器５で検出して画像化することで試料の

加工領域や移送手段などを観察することができる。

【００２６】

デポジション用ガス供給源６はイオンビーム照射領域にガス成分を堆積させるために、必要に応じてガスを試料に供給するためのもので、先端部はガスが所望の領域に集中的に放出できるようにノズル状になっており、ガスの原材料が固体や粉末の場合、加熱してガス化するための加熱部や、ガス放出を制御するバルブ、ノズル位置の調整部なども有している。形成するデポジション膜は、移送手段１０の先端にあるプローブ（針状部材）１８と試料片２を接続したり、摘出したミクロンレベルの小ささの摘出試料を試料ホルダ９に固定するための接着材代りに用いる。デポジション膜の材質はタングステンや銅や白金などの金属材料でよい。

【００２７】

試料ステージ７はサイドエントリ方式で、装置の試料室１９の真空を開放することなく設置できる。また、抜き出したい時も、試料室１９の真空を破ることなく引き抜くことができる。サイドエントリ型試料ステージはこれまでにＴＥＭやインレンズ式のＳＥＭに用いられていて、サイドエントリ型ステージ及びその駆動機構の原理は公知であるが、ここで用いる試料ステージ７は本発明に係わるキーポイントであるためここで詳述する。

本試料作製装置１で用いる試料ステージ７は、解析すべき領域を含む小片の試料片２を搭載する第１ステージ７Ａと、摘出試料を解析装置に適した形状のマイクロサンプルに加工するために設置する第２ステージ７Ｂとを用いる。第１ステージ７Ａ、第２ステージ７Ｂとも試料ステージ微動機構８に搭載できる形状であり、いずれの試料ステージを搭載しても、イオンビームによる視野内に試料もしくは試料ホルダが現われる寸法形状である。第２試料ステージ７Ｂは解析装置にも装填可能で、上述したＦＩＢとＴＥＭに兼用の試料ステージ７’（図３）であってもよい。このような形状であるため、試料作製装置１内で加工した観察試料を搭載した試料ステージ７を試料ステージ微動機構８から抜き挿しするだけで、直ちにＴＥＭ観察することができることも大きな特徴である。つまり、試料片から摘出した微小な摘出試料を別の特殊な試料加工装置や緊張と熟練を要する手作業を施すことなく、分析や観察に適した試料形状に加工して、試料ステージを抜き挿しするだけで、直ちに分析や観察作業に移ることができる。

【００２８】

図５（ａ）は第１ステージ７Ａの斜視図である。第１ステージ７Ａは、円柱部５１と、試料ステージ７Ａを持ったり操作するための握り部５２と、ウェーハやチップから切断した試料片２を搭載するための試料設置部５３と、最先端には第１ステージ７Ａの荷重を支えたり、振動を軽減したり、回転軸のブレを防ぐための小突起５４などで構成されている。また、握り部５２には、試料設置部５３がイオン光学軸に平行な軸中心に回転運動させるための面内回転調整部５５を有している。試料設置部５３に回転機構を設けて試料片２を面内回転できるようにしたことで、試料片２を面内回転調整でき、試料片２の所望の観察面（分析面または計測面）を試料ステージの軸に平行に設定することができ、摘出試料を第２ステージ７Ｂに移設する場合、移送手段に回転等の複雑な動きをさせる必要がなくなる。なお、第１ステージ７Ａの軸に垂直な方向、つまり、イオンビーム軸に平行と垂直な方向の動き、および軸回転は試料ステージ微動機構８によって制御できる。このような機構、構成によって、試料設置面５３に設置した試料片２を所望の方向に回転補正したり、位置移動することで、所望の微細部分をＦＩＢによって観察し、加工することができる。

【００２９】

第２ステージ７Ｂは摘出試料を解析装置に適するように加工するためのステージである。図２（ｂ）は第２ステージ７Ｂの斜視図である。ここでは解析装置はＴＥＭに相当し、試料作製装置１とＴＥＭとの兼用の試料ステージである。第２ステージ７Ｂの先端近くの拡大図が図２（ｃ）であり、摘出試料を直接固定する試料ホルダ９を固定治具５６、５６’によって固定する。ここで用いる試料ホルダは図２（ｄ）に示される矩型薄片９ａで、寸法は例えば縦１ｍｍ、横５ｍｍ、厚さ３０μｍである。摘出試料２ａは矩型薄片９ａの上面に固定する。試料ホルダ９の形状や寸法はここに示したものに限らないが、基本とする

処は試料固定面を極力平滑とし、幅をなるべく薄くしたことと、ＴＥＭ観察時に電子線の通路を阻害しないようにしたことにあり、このような思想が開示された以上、多々の改変は容易である。

【００３０】

次に、試料ステージ微動機構８は、ステージ制御装置１１によって試料ステージ軸を水平に保持したままイオンビーム軸方向およびその垂直方向に微動させることができる。軸回転方向の微動制御もできるため、摘出試料にＦＩＢによって矩型凹部を形成した後、３０°前後回転させて矩型凹部の側面、つまり試料の断面を観察することができる。

図３は本実施例で用いた移送手段１０の詳細構造を示している。移送手段１０は粗動部６０と微動部６１の２つの部分から構成されている。先端は摘出試料に直接触れる尖鋭化されたプローブ１８が付けられている。粗動部６０は狭窄部６２を支点として支柱６３が３個のエンコーダ６４Ｘ、６４Ｚ、６４Ｙ（図示せず）によってＸＹＺ軸方向に移動できる。粗動ストロークや移動分解能はエンコーダの性能と、狭窄部６２からエンコーダとプローブ１８の先端までの距離の比によるが、本実施例では５ｍｍのストローク、２μｍの分解能を有している。エンコーダによる力に抗する力はバネ６５ａ、６５ｂを用いている。粗動部６０の駆動系は試料室１９のポートを介して大気側にあり、真空はガスケットなど真空シール６６、ベローズ６７によって遮断されている。

【００３１】

微動部６１はＺ軸のみでバイモルフ圧電素子６８を用いている。バイモルフ圧電素子６８は他の圧電素子に比べて比較的大きなストローク（数１００μｍ以上）を持つ利点を有する。このため、粗動部６０には高い位置精度を要求する必要はなく。本実施例で用いた粗動部６０は駆動時には数μｍの振動をともなうが、静止時の振動はほとんど無視できるため、微動部６１を用いて試料片に最接近させ、接触する方法をとった。この時、先端のプローブ１８の先端の位置制御はμｍオーダの分解能があればよいので、圧電素子のなかでは比較的分解能が悪いバイモルフ圧電素子でも十分対応でき、安価に作製できる。

【００３２】

バイモルフ圧電素子６８の先端には、直径５０μｍの細いタングステン線で先端半径０．５μｍ程度にまで針状に加工したプローブ１８を連結し、粗動部６０とは支柱６３によって連結した。バイモルフ圧電素子６８に電圧を与えることで、プローブ１８の先端はおおよそＺ方向に微動する。符号６９は圧電素子に電圧を与えるための電圧導入端子である。公知例２によれば分離試料を搬送する搬送手段はバイモルフ圧電素子３個をＸＹＺ軸に対応して構成している。バイモルフ圧電素子は一端を支点にして他端がたわむ動きをするため、他端は印加電圧に従って円弧を描く。このバイモルフ圧電素子を３軸に組んで構成すると複雑な動きをする。例えば、ＸＹ平面内の移動では１個のバイモルフ圧電素子の動作のみでは搬送手段先端のプローブが１軸方向に直線的に動作しないため、所望の位置にプローブを移動させることが非常に難しい。従って、３個のバイモルフ圧電素子で微動部を構成すると、プローブ先端を所望の位置に移動させるためには３個のバイモルフ圧電素子を複雑に制御しなければならない。これに対して、本実施例では３軸を直交して動く粗動機構を設け、微動部の１軸のみにバイモルフ圧電素子を用いることで、プローブの位置出しの複雑性は軽減される。

【００３３】

また、本発明では、移送手段１０は試料ステージ７と独立して、お互いの動作を干渉しないようにしている。さらには、サイズの大きくなりがちな粗動部６０は試料基板から極力離間させて設置して、微動部６１はＺ軸のみの微動機構で構成して、二次粒子検出器５やデポジション用ガス供給源６など周辺の他の構造物との干渉を避けている。このように移送手段１０には、構成、サイズ、設置位置を充分に考慮しなければならないが、本発明による試料作製装置ではこれらすべてを解決している。

【００３４】

上述のように、本実施形態例の構成の試料作製装置によって、数ｍｍ平方程度に分断した試料片から任意箇所の微小試料を装置内で摘出し、解析装置に適応した試料ホルダに固定

でき、所望の解析にふさわしい試料に加工することが容易に実現し、分析や観察、計測に至るまでに熟練や時間を要する試料作製に関する従来の手作業は、最初に試料片を試料設置面に載置することを除けば一切なく、操作者が直接試料を触れたり、メッシュの張り替えなど細かで神経を尖らせるような作業をすることなく、試料ホルダの装着交換のみによって実現する。このように本発明の試料作製装置によって、大幅な時間短縮と試料作製時の精神的圧迫から開放される効果を持つ。

【００３５】

さらに、ＴＥＭ試料については、作製した試料のＴＥＭ観察の結果、ウォール部が厚いなど、所望形状になっていない場合には、試料ステージをＴＥＭから引き抜き、再度そのまま試料作製装置に挿入するだけで、直ちにＦＩＢによる追加工ができる簡便さを有するため観察効率は非常に高くなる。

【００３６】

ここではイオンビームの形態としてＦＩＢで説明したが、所望形状の開口を有するステンシルマスクを用いた投射イオンビームを用いて定形の加工を行なうことも可能である。また、検出する信号は二次電子だけに限定することなく、二次イオンであってもよい。

【００３７】

＜実施形態例２＞

本実施形態例２では本発明による試料作製装置を用いた試料作製方法について図７、図８を用いて説明する。

【００３８】

試料片からその一部の微小試料を摘出するためには、微小試料を基板から分離することが必須である。公知例２の方法では、切断面が５面もあり加工時間がかかる。また、底面を分離加工すると、摘出した試料の底面にはイオンビーム入射角と加工アスペクト比からなる傾斜が付く。試料片の表面に対しほぼ垂直な断面やウォールを形成するためには、底面の傾斜を小さくして試料ホルダ上面に試料片を垂直に立てることが必須で、そのためには試料傾斜を極力大きくしなければならない。従って、本発明が目指すような加工時間が短く、摘出した試料を別の部材である試料ホルダに移設する際、試料ステージを大きく傾斜させるなどの操作が極力少ない試料作製方法が望ましい。

【００３９】

以下に、本発明による試料作製方法の具体的手順を説明する。ここでは、試料の例としてＴＥＭ観察用の試料の作製方法について、観察すべき領域のマーキングから最終的なウォール加工まで、すべて同一装置内で行なう方法を説明する。試料片２は、解析すべき領域を含む小片試料の搭載専用の第１ステージに搭載されていて、おおよそ５ｍｍ×５ｍｍの半導体素子である。以下では、この試料片の特定領域についての断面をＴＥＭ観察するためのＴＥＭ試料を作製する工程を図と対応させて説明する。

【００４０】

図７（ａ）：まず、第１ステージに搭載した試料片２のうち所望の領域がＦＩＢ照射領域に入るように試料ステージ微動機構８で調整する。試料片２上にＴＥＭ観察面７０を特定するためのマーク７１ａ、７１ｂをＦＩＢ３ａによって付ける。２個のマーク７１ａ、７１ｂの間がＴＥＭ観察面７０で、両者の間隔はおおよそ１０μｍある。また、本実施例では＋（プラス）マークであるが、これに限定されるものではない。上記２個のマークを結ぶ直線が試料ステージの傾斜軸と平行になるように、試料ステージ７Ａに内蔵された回転機構によって調整しておく。この調整よって、摘出した試料を試料ホルダに設置する際、移送手段に複雑な動きを強いることがなくなる。この時、保護膜としてＴＥＭ観察面７０を覆うようにデポジション膜を形成しておく。

【００４１】

図７（ｂ）：上記２個のマーク７１ａ、７１ｂの両側にＦＩＢ３ａによって２個の矩形穴７２ａ、７２ｂを形成した。

【００４２】

矩形穴の開口寸法は例えば１０×７μｍ、深さ１５μｍ程度で、両矩形穴の間隔を３０μ

ｍとした。いずれも、短時間に完了させるためにＦＩＢ３ａ直径０．１５μｍ程度で電流約１０ｎＡの大電流ＦＩＢ３ａで加工した。加工時間はおよそ７分であった。

【００４３】

次に、マーク７１ａ、７１ｂを結ぶ直線より約２μｍ　隔てて、かつ、一方の矩形穴７２ｂと交わって、他方の矩形穴７２ａには交わらないように幅約２μｍ、長さ約３０μｍ、深さ約１０μｍの細溝７３を形成する。ビームの走査方向は、ＦＩＢ３ａが試料片２を照射した時に発生するスパッタ粒子で細溝７３や矩形穴７２ａ、７２ｂが埋まらないようにする。矩形穴７２ａと交わらない小さな領域は、後に摘出すべき試料を支える支持部７４となる。

【００４４】

図７（ｃ）：次に、第１ステージ７Ａを軸回転させることで試料面を傾斜させる。本実施例では２０°とした。ここで、上記２個のマーク７１ａ、７１ｂを結ぶ直線は試料ステージの傾斜軸に平行に設定しているため、細溝７３が下がる方向に傾斜させる。そこで、マーク７１ａ、７１ｂを結ぶ直線より約２μｍ　隔てて、矩形穴７２ａ、７２ｂを結ぶように、幅約２μｍ　、長さ約３２μｍ　、深さ約１５μｍの斜溝７５を試料片２表面に対して斜めから入射したＦＩＢ３ａによって形成する。ＦＩＢ３ａ照射によるスパッタ粒子が形成した矩形穴７２ａ、７２ｂを埋めることがないように走査する。斜溝７５は、先に形成した細溝７３と交わる。マーク７１ａ、７１ｂを含み、頂角が２０°の直角三角形断面のクサビ型の摘出すべき試料７６が、支持部７４のみで保持されている状態になる。

【００４５】

図７（ｄ）：次に、試料ステージ７Ａを水平に戻し、摘出すべき試料７６の上面で支持部７４とは反対の端部に移送手段先端のプローブ１８を接触させる。接触は試料とプローブとの導通や両者間の電気容量の変化によって感知できる。本実施例では両者間の導通によって検知した。また、不注意なプローブ１８の押し付けによって、摘出すべき試料７６やプローブ１８の破損を避けるために、プローブ１８が試料に接触した時点でＺ方向駆動を停止させる機能を有している。

【００４６】

図７（ｅ）：次に、摘出すべき試料７６にプローブ１８を固定するために、プローブ１８先端を含む約２μｍ平方の領域にデポジション膜７７を形成する。これによりプローブ１８と摘出すべき試料７６とは接続される。次に、摘出すべき試料７６を試料片２から摘出するために、支持部７４をＦＩＢ３ａ照射によりスパッタ除去することで、支持状態から開放される。支持部７４は試料面上から見て２μｍ平方、深さ約１０μｍであるため２～３分のＦＩＢ３ａ走査で除去できる。上記の矩形穴７２ａ、７２ｂや細溝７３、斜溝７５を形成する工程は、観察面に大きく影響しないため、大電流のＦＩＢ３ａで多少加工位置ズレを起こしても早く加工することが賢明である。

【００４７】

図７（ｆ）：試料片２から完全に分離した摘出試料２ａをプローブ１８を上昇（＋Ｚ方向の移動）させ、試料ステージから遠避けて保持する。

【００４８】

ここで第１ステージ７Ａと第２ステージ７Ｂを入れ替える。第２ステージ７Ｂの装着によりＳＩＭ像視野内に試料ホルダ９の中央付近が入る。

【００４９】

図８（ａ）：摘出試料２ａを試料ホルダ９に接触させるために、プローブ１８を降下（－Ｚ方向に移動）させ、試料ホルダ９に接近させる。摘出試料２ａと試料ホルダ９との接触は導通によって検知することができる。

【００５０】

図８（ｂ）：摘出試料２ａが試料ホルダ９に接触したことを確認して、摘出試料２ａと試料ホルダ９と接触部にデポジション膜８０を形成し摘出試料２ａを試料ホルダ９に固定する。デポジション膜８０の大きさは３μｍ平方程度で、デポジション膜８０の一部は試料ホルダ９に、一部は摘出試料２ａ側面に付着し、両者が固定される。

【００５１】
また、試料のＴＥＭ観察領域が試料ステージ７Ｂの回転中心軸上に配置されることが望まれるが、固定する摘出試料２ａが数μｍから２０μｍ程度の小ささであるため、実質的には、試料ホルダ９の上面が試料ステージの軸上に来るように配置しておけば、　ＴＥＭ視野内にＴＥＭ観察領域を出すことが容易にできる。
【００５２】
図８（ｃ）：次に、デポ用のガスを導入を停止した後、プローブ１８と摘出試料２ａを接続しているデポジション膜７７にＦＩＢ３ａを照射してスパッタ除去することで、プローブ１８を摘出試料２ａから分離できる。この操作によって摘出試料２ａは試料ホルダ９に自立する。
【００５３】
図８（ｄ）：最後に、ＴＥＭによる観察部にＦＩＢ３ａ照射して、最終的に観察領域の厚さを１００ｎｍ以下程度のウォール８１になるように薄く仕上げ加工を施す。この時、摘出試料２ａの長手方向の側面の一方が垂直面であるため、ウォール加工のためにＦＩＢ３ａ照射領域を決定する際、この垂直面を基準にすることで、試料基板表面にほぼ垂直なウォール８１形成することができる。このウォール加工の結果、横幅約１５μｍ、深さ約１０μｍ、幅０．１μｍ以下のウォール８１が形成でき、ＴＥＭ観察領域ができあがる。以上、マーキングからウォール加工完成までの加工時間は約１時間で、従来のＴＥＭ試料作製方法に比べて数分の１に時間短縮できた。
【００５４】
最後に、ウォール加工後、第２ステージ７Ｂを試料作製装置１から引き抜き、ＴＥＭの試料室に装着する。この時、電子線経路と、ウォール面が垂直になるように第２ステージ７Ｂを９０°回転させて挿入する。その後のＴＥＭ観察技術についてはよく知られているので、ここでは省略する。第２ステージ７ＢがＦＩＢとＴＥＭ兼用のサイドエントリー型であるため、ウォール加工後、直ちに試料ステージを引き抜いてＴＥＭに導入でき、また、観察試料に追加工が必要な場合、直ちに試料作製装置１に戻して加工ができるという効果がある。
【００５５】
上記の試料作製方法は、ＴＥＭ試料に限らず、他の分析や観察手法、例えば、オージェ電子分光分析、電子プローブＸ線微小分析、電子エネルギ欠損分析、二次イオン質量分析、二次中性粒子イオン化質量分析、Ｘ線光電子分光分析、透過型電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、計測手段がプローブを用いた電気計測のための試料作製にも用いることが可能である。
【００５６】
なお、本発明による試料作製方法と公知例３による試料の分離方法と大きく異なる点は、（１）試料の摘出（分離）に際してのビーム照射方法が全く異なり、本発明では、摘出試料をなるべく薄くして、底面の分離を簡便にするために長手方向（ＴＥＭ観察面に平行方向）の側面を傾斜加工すること、（２）摘出試料は移送手段とは別の部材である試料ホルダに移設すること、（３）試料ステージの形態がサイドエントリ型で摘出すべき元の試料を設置するステージと、解析装置に導入するステージを別にして、試料作製時には２本のステージを抜き差しする方式であるため、試料作製から観察など後に続く材料解析までの時間が大幅に削減されることにある。
【００５７】
また、上記実施例では観察（解析）すべき試料を試料片２からプローブ１８にデポジション膜７７によって接着して摘出し、試料ホルダ９に固定したが、本願の基本的装置構成では、以下の方法についても適用可能である。
【００５８】
つまり、観察（解析）すべき最終形態の試料（例えばＴＥＭの観察用薄膜のみ）を第１ステージ７Ａ上の試料片２上で作製しておき、プローブ１８との静電気力によって上記最終形態の試料を吸着させ、摘出する。次に第１ステージを引き抜き、第２ステージを挿入す

る。ここで第２ステージ７Ｂ’は図９に示されるとおり固定治具９１と押さえばね９２を有し、カーボン等電子の透過しやすい薄膜をコーティングした従来のＴＥＭ試料保持用メッシュ（例えば金網状）９０が設置可能である。このメッシュ９０上にプローブ１８により摘出した上述の最終形態の試料を載置する。最終形態の試料とメッシュ９０はやはり静電気力により吸着する。その後、第２ステージ７Ｂ’を試料作製装置１から引き抜き、そのままＴＥＭに挿入するだけでＴＥＭ観察することができる。もちろんＴＥＭ以外の解析装置にさし込むことでその他解析も可能である。

【００５９】

このように、本試料作製方法を用いることで、デバイスチップや半導体ウェーハの所望の箇所をマークしたその場で、熟練と緊張を要する手作業をすることなく、同一装置内でＴＥＭ観察用や他の分析や計測、観察のための試料を作製することできる。

【００６０】

＜実施形態例３＞

本実施例は、第２ステージをＴＥＭ以外の解析装置に搭載する例である。

実施形態例１においては第２ステージ２ＢはＴＥＭ装置と試料作製装置の兼用のステージとしたが、解析装置としてＴＥＭに限定されることはなく、インレンズ式のＳＥＭ（走査型電子顕微鏡）や、インレンズ式のＳＩＭＳ（二次イオン質量分析装置）、ＡＥＳ（オージェ電子分光分析装置）、回路特性測定装置でもよく、勿論、ＴＥＭやＳＥＭにＥＤＸ（電子Ｘ線回折分光分析装置）機能を付加して、元素分析に用いる試料ステージであってもよい。

【００６１】

特に、ここでは摘出試料の４断面をＳＥＭで観察する例を示す。第１ステージ２Ａに載置した試料から所望の観察面を含む領域を摘出する。摘出する手段は実施形態例１（図１）に示したとおり、摘出する方法は実施形態例２（図７（ａ）～（ｆ）、図８（ａ）～（ｃ））に示した通りである。摘出した摘出試料２ａがプローブ１８先端に付着していることを確認した後、プローブ１８を一旦、第１ステージ７Ａから遠ざけて接触などの不意の危険を防止する。次に、第１ステージ７Ａを引き抜くと共に、ＳＥＭにも設置できる第２ステージ７Ｂを差し込み、所定の位置で静止させる。先に待避させたプローブ１８を第２ステージ７Ｂに搭載した試料ホルダ９に接近させ、注意深く試料ホルダ９に接触させ、固定させる。固定方法も実施形態例２（図８（ｂ）、図８（ｃ））に示した。次に固定した摘出試料２ａに対して所望の観察面が残るように周辺をイオンビームによって削除する。ここでは、半導体装置のうちプラグの４断面をＳＥＭで観察することが目的であるため所望の４断面が残るように図１０のような突起形状１００にイオンビームによって加工を施す。加工後は試料作製装置１から第２ステージ７Ｂを引き抜き、加工後の摘出試料２ａ’を付けたまま第２ステージ７ＢをＳＥＭに導入する。以上の工程で、突起形状１００の４断面をＳＥＭで観察することができる。

【００６２】

また、第２ステージ７Ｂは、集束イオンビーム装置、透過型電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、オージェ電子分光分析装置、電子プローブＸ線微小分析装置、電子エネルギ欠損分析装置、二次イオン質量分析装置、二次中性粒子イオン化質量分析装置、Ｘ線光電子分光分析装置、または、プローブを用いた電気計測装置の試料ステージと兼用であるため、ＴＥＭ試料作製に先立って上記顕微鏡や各種分析装による元素分析や観察を行なうことが、試料ステージの抜き差しのみでできる利点を有している。

【００６３】

＜実施形態例４＞

本実施例は、第１ステージを解析装置に搭載する例である。

特に、ここでは試料断面をＳＥＭで観察する例を示す。即ち第１ステージ７Ａは試料作製装置１とＳＥＭの兼用ステージである。図１１（ａ）は第１ステージ７Ａの先端部の拡大図であり、試料設置部５３に観察する試料片２を載置した状態で試料作製装置１に導入した状態を示している。ＦＩＢ３ａにより試料片２’を加工し、試料片２’の拡大図である

図１１（ｂ）に示すとおり所望の観察断面１１０を形成する。加工後にこの第１ステージ７Ａを試料作製装置１から取出し、そのままＳＥＭに導入する。図１１（ｃ）はＳＥＭに導入した第１ステージ７Ａの先端部の拡大図であり、図１１（ｄ）の試料片２’拡大図に示されるようにＳＥＭの観察用電子ビーム１１２が所望の観察断面１１０に照射されるように第１ステージ７Ａを傾斜させることで断面観察を行うことができる。この第１ステージ７Ａは試料設置部５３に回転機構を持つため、例えば図１１（ｂ）断面１１１を観察したい場合にもＳＥＭ内で断面１１１が第１ステージ７Ａ傾斜軸と平行になるように回転調整し、第１ステージ７Ａを傾斜させて断面１１１に電子ビーム１１２が照射されるようにすることで容易にＳＥＭ観察できる。ここで、もし追加工が必要な場合は、このまま第１ステージ７Ａを試料加工装置１に戻して再加工して、再度ＳＥＭに戻すことで容易に観察を行うことができる。

【００６４】

このように第１ステージ７Ａを試料加工装置とＳＥＭの兼用ステージとすることで、従来のような断面加工後のＳＥＭ専用ステージへの試料の置き直し等の手間が無く、容易に観察できるようになる。また、この第１ステージは実施形態３で説明したような他の解析装置にも導入できる形態にすることで、上記のＳＥＭと同じく高効率で観察を行うことができる。

【００６５】

【発明の効果】

本発明による試料作製装置または試料作製方法によって、サイドエントリ式ステージに載置された試料片から必要部分を摘出し、各種解析装置に適合する試料ステージに搭載することが一台の装置でで き、しかも、初期の試料片を第１ステージに載置することを除いて、人手で直接試料を触れることがないので、試料を破損させる心配がないという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明による試料作製装置を説明するための概略構成図である。

【図２】従来のＴＥＭ試料作製法を説明するための図であり、特に、（ａ）は逆Ｔ字型試料、（ｂ）はＬ字型試料、（ｃ）はＦＩＢ－ＴＥＭ兼用ステージの外観図である。

【図３】従来のＦＩＢ－ＴＥＭ兼用ステージをＦＩＢへの導入状態を説明するための図である。

【図４】本発明による試料作製装置とＴＥＭの間の試料ステージの受け渡しを説明するための概念図である。

【図５】本発明の試料作製装置に用いた試料ステージの一例を説明するための図であり、特に、（ａ）は第１ステージ、（ｂ）は第２ステージ、（ｃ）は第２ステージ先端拡大図、（ｄ）は第２ステージに載置する試料ホルダを説明するためのである。

【図６】本発明の試料作製装置に用いた移送手段の一例を説明するための断面図である。

【図７】本発明の試料作製方法の一連の手順のうち第１ステージを用いる工程を説明するための図である。

【図８】本発明の試料作製方法の一連の手順のうち第２ステージを用いる工程を説明するための図である。

【図９】本発明の試料作製装置に用いた第２ステージの先端拡大図の一例であり、特にメッシュを固定可能な第２ステージを説明するための図である。

【図１０】本発明の試料作製装置に用いた第２ステージによるＳＥＭ断面観察のための試料作製法の一例を説明するための図である。

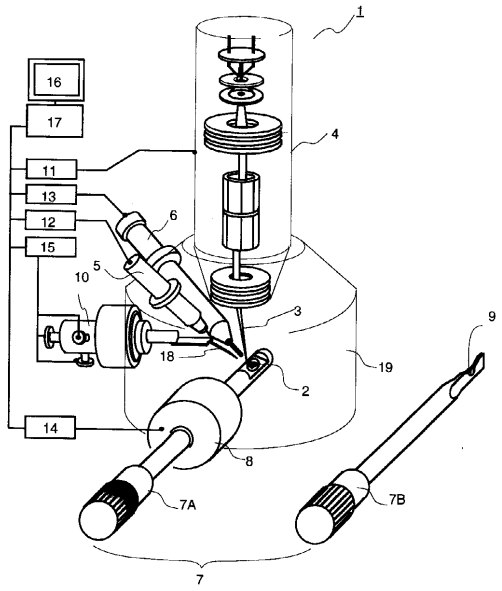
【図１１】本発明の試料作製装置に用いた第１ステージによるＳＥＭ断面観察のための試料作製法の一例を説明するための図であり、特に、（ａ）は試料加工装置導入時の第１ステージ先端部の外観、（ｂ）は断面加工状態、（ｃ）はＳＥＭ導入時の第１ステージ先端部の外観、（ｄ）は断面観察状態を示す図である。

【図１２】本発明による試料作製装置を説明するための概略構成図であり、特に使用していない試料ステージの保管室を有する装置構成を示す図である。

【符号の説明】
１…試料作製装置、２…試料片、２ａ…摘出試料、３…イオンビーム、３ａ…ＦＩＢ、４…照射光学系、５…二次粒子検出器、６…デポジション用ガス供給源、７…試料ステージ、７Ａ…第１ステージ、７Ｂ…第２ステージ、８…試料ステージ微動機構、９…試料ホルダ、９ａ…矩型薄片、１０…移送手段、１１…イオンビーム制御部、１２…二次粒子検出器制御部、１３…デポジション用ガス供給源制御手段、１４…ステージ制御部、１５…移送手段制御部、１６…画像表示部、１７…計算処理部、１８…プローブ（針状部材）、１９…試料室、４１…ＴＥＭ、４２…試料ステージ導入口、５１…円柱部、５２…握り部、５３…試料設置部、５５…面内回転調整部、５６…固定治具、６０…粗動部、６１…微動部、６２…狭窄部、６３…支柱、６４Ｘ、６４Ｙ、６４Ｚ…エンコーダ、６５ａ、６５ｂ…バネ、６８…バイモルフ圧電素子、７０…ＴＥＭ観察面、７１ａ、７１ｂ…マーク、７２ａ、７２ｂ…矩形穴、７３…細溝、７４…支持部、７５…斜溝、７６…摘出すべき試料、７７、８０…デポジション膜、８１…ウォール、９０…メッシュ、９１…固定治具、９２…押さえばね、１００…突起形状、１１０…観察断面、１１１…断面、１１２…電子ビーム。

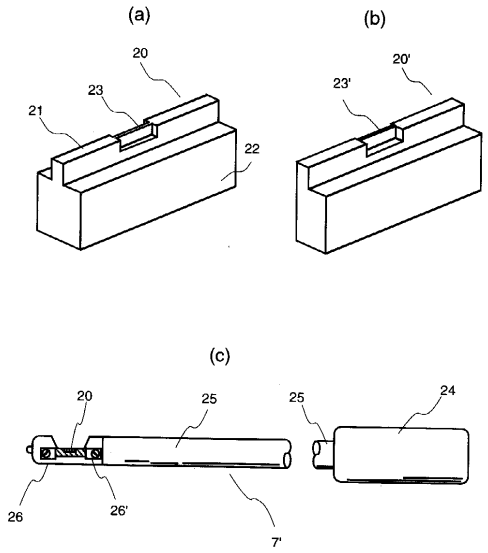
【図１】

図1



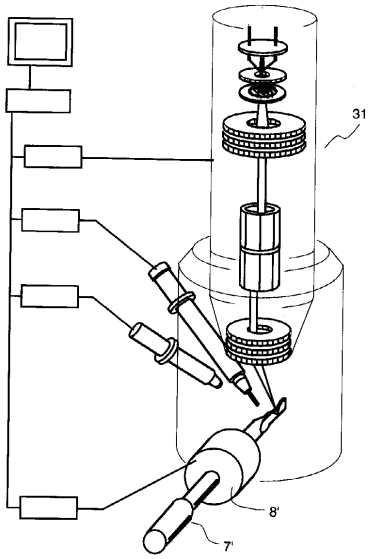
【図２】

図2



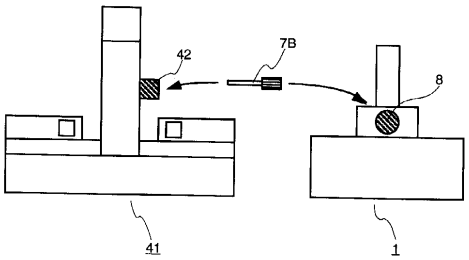
【図３】

図3



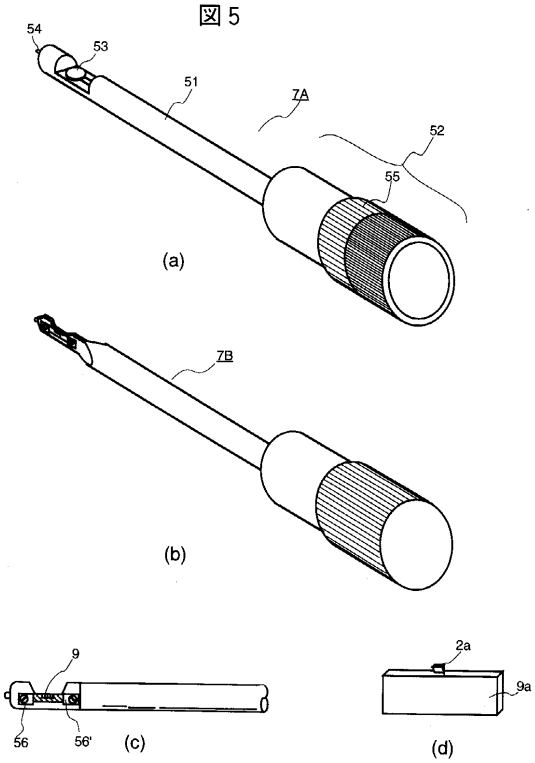
【図４】

図4



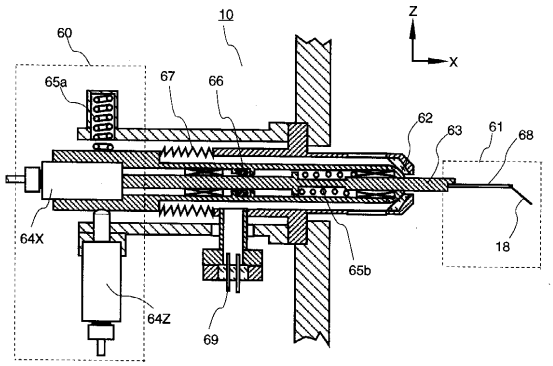
【図５】

図5



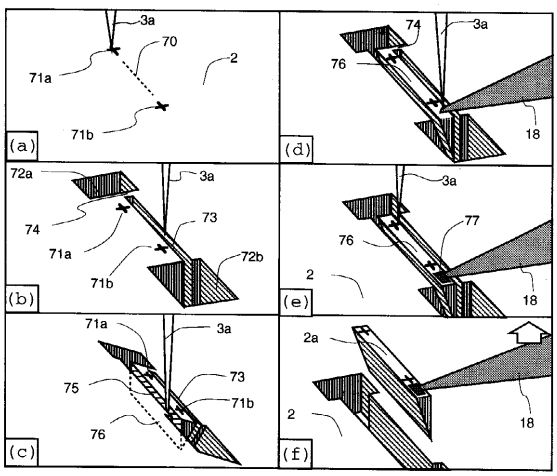
【図６】

図6



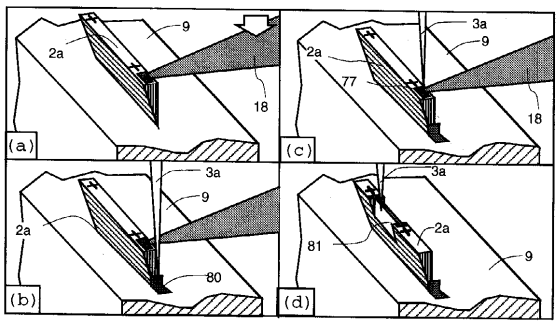
【図７】

図7



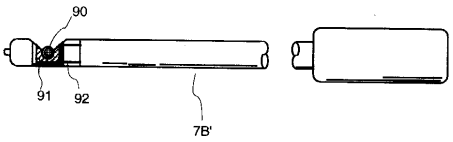
【図８】

図8



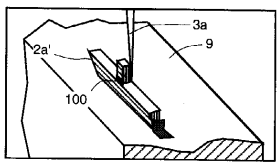
【図９】

図9



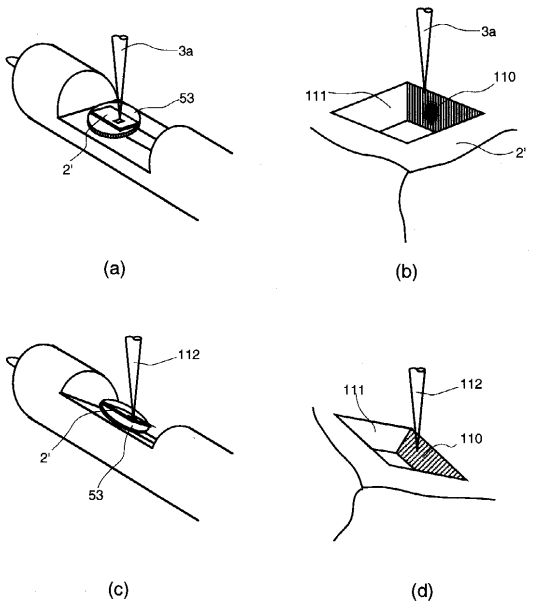
【図１０】

図10



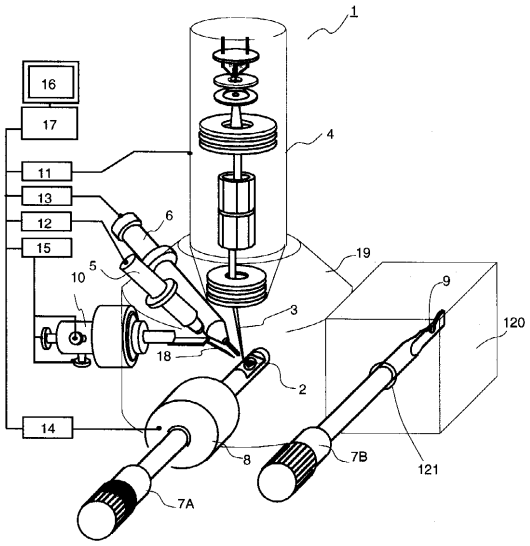
【図１１】

図11



【図１２】

図１２



フロントページの続き

(72)発明者　富松　聡
東京都国分寺市東恋ケ窪一丁目２８０番地　株式会社日立製作所中央研究所内

審査官　本郷　徹

(56)参考文献　特開平０６－１０３９４７（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－０５２７２１（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－０６４４７３（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１９９４６６（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－２４５７１４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
G01N 1/28
H01J 37/20
H01J 37/31