

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4469572号
(P4469572)

(45) 発行日 平成22年5月26日 (2010.5.26)

(24) 登録日 平成22年3月5日 (2010.3.5)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 B 15/00 (2006.01)

G O 1 B 15/00 B

G O 1 N 23/225 (2006.01)

G O 1 N 23/225

H O 1 J 37/28 (2006.01)

H O 1 J 37/28 B

H O 1 L 21/66 (2006.01)

H O 1 L 21/66 P

請求項の数 19 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2003-270078 (P2003-270078)
 (22) 出願日 平成15年7月1日 (2003.7.1)
 (65) 公開番号 特開2004-132956 (P2004-132956A)
 (43) 公開日 平成16年4月30日 (2004.4.30)
 審査請求日 平成18年6月1日 (2006.6.1)
 (31) 優先権主張番号 10/186797
 (32) 優先日 平成14年7月1日 (2002.7.1)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 503238973
 ケイエルエーテンコー テクノロジーズ
 , コーポレーション
 アメリカ合衆国カリフォルニア州95035,
 ミルピタス, ワン・テクノロジー・ド
 ライブ
 (74) 代理人 100087642
 弁理士 古谷 聡
 (74) 代理人 100076680
 弁理士 溝部 孝彦
 (74) 代理人 100121061
 弁理士 西山 清春

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 SEMを利用するアンダカットの測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

走査電子顕微鏡 (SEM) を利用して試料の構造要素のアンダカットを測定するための方法であって、

ある入射角の一次電子ビームで前記構造要素を照射するステップ、

前記一次電子ビームの前記入射角を一組の角度にわたって変更するステップ、

前記一組の角度におけるそれぞれの入射角に対して、前記構造要素の第1の側壁と反対側の第2の側壁からの散乱電子のピーク強度を測定するステップ、

前記第1の側壁と前記第2の側壁の前記ピーク強度の比率における勾配の不連続を前記入射角の関数として求めるステップを含み、

測定されるアンダカット角が、前記不連続の発生が確認された入射角に対応する、方法。

【請求項 2】

前記一組の角度が、より大きな入射角で前記一次電子ビームが前記構造要素の側壁に直接衝突するように配向されている請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記不連続が、前記一次電子ビームが前記側壁に直接衝突し始める時に生じる請求項2に記載の方法。

【請求項 4】

前記求めるステップが、コンピューター導入プロセスを利用して実行される請求項1に

記載の方法。

【請求項 5】

前記強度がピークの高さに基づいて測定される請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記強度が積分されたピーク面積に基づいて測定される請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記入射角が一次電子ビームを傾斜させることによって変更される請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記入射角が試料台を傾斜させることによって変更される請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 9】

前記SEMが、半導体ウェーハの検査のための電子ビーム(eビーム)検査装置を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記eビーム検査装置が、臨界寸法を測定するために構成されているSEM(CD-SEM)を含む請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

走査電子顕微鏡(SEM)を利用して試料上の構造要素のアンダカットを測定するための方法であって、

ある入射角の一次電子ビームで前記構造要素を照射するステップ、

20

複数の検出器により、一組の散乱角における前記構造要素の第 1 の側壁と反対側の第 2 の側壁からの散乱電子のピーク強度を測定するステップ、

前記第 1 の側壁と前記第 2 の側壁の前記ピーク強度の比率における勾配の不連続を前記散乱角の関数として求めるステップを含み、

測定されるアンダカット角が、前記不連続の発生が確認された検出角度に対応する、
方法。

【請求項 12】

異なる散乱角の散乱電子を区別するために不均一な抽出用電界を適用するステップをさらに含む請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

30

前記複数の検出器が、前記構造要素の側壁が、より大きな検出角における検出器の直接的な照準線内にあるように配向されている請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記不連続が、直接的な照準線を有さない第 1 の検出器と直接的な照準線を有する第 2 の検出器の間で生じる請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記求めるステップが、コンピューター導入プロセスを利用して実行される請求項 11 に記載の方法。

【請求項 16】

試料上の構造要素のアンダカットを測定するための走査電子顕微鏡(SEM)であって、

40

ある入射角の一次電子ビームで前記構造要素を照射するための電子照射システム、

前記一次電子ビームの前記入射角を一組の角度にわたって変更するための機構、

前記一組の角度におけるそれぞれの入射角に対して、前記構造要素の第 1 の側壁と反対側の第 2 の側壁からの散乱電子のピーク強度を測定するための検出器、

前記第 1 の側壁と前記第 2 の側壁の前記ピーク強度の比率における勾配の不連続を前記入射角の関数として求めるためのプロセッサを含み、

測定されるアンダカット角が、前記不連続の発生が確認された入射角に対応する、
走査電子顕微鏡。

【請求項 17】

前記入射角を変更するための機構が、前記試料に対して前記一次電子ビームを傾けるた

50

めの調整可能な電磁石レンズシステムを含む請求項 1 6 に記載の走査電子顕微鏡。

【請求項 1 8】

前記入射角を変更するための機構が、前記一次電子ビームに対して前記試料を傾けるための傾斜可能な試料台を含む請求項 1 6 に記載の走査電子顕微鏡。

【請求項 1 9】

試料上の構造要素のアンダカットを測定するための装置であって、
ある入射角の一次電子ビームで前記構造要素を照射するための手段、
前記一次電子ビームの前記入射角を一組の角度にわたって変更するための手段、
前記一組の角度におけるそれぞれの入射角に対して、前記構造要素の第 1 の側壁と反対側の第 2 の側壁からの散乱電子のピーク強度を測定するための手段、

前記第 1 の側壁と前記第 2 の側壁の前記ピーク強度の比率における勾配の不連続を前記入射角の関数として求めるための手段を含み、

測定されるアンダカット角が、前記不連続の発生が確認された入射角に対応する、装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して試料検査に関する。より詳細には本発明は、電子ビーム (e-beam) 検査システムに関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製造工程は、半導体ウェーハ上に様々な材料層を付着させ、またそのような材料層をエッチングすることを含む。処理工程の間、微視的な様々な造作 (トレンチ構造、島状構造等) がウェーハ上に形成される。製造者にとって、顕微鏡でしか見るのできない微視的な造作の断面の輪郭が重要となる場合が多々ある。特に造作の側壁のアンダカットの角度が重要となることがある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ウェーハを検査するのに走査電子顕微鏡 (SEM) が使用される場合があり、入射ビームのふれ角を、アンダカットを観察しようとする場合に変えることができる。不幸にも、大きなふれ角で走査した場合に、SEM 画像は分解能が著しく劣化する傾向がある。この画像のぼけによって、大きなふれ角での SEM 画像の観察により大きなアンダカット角を測定することが実際的なものでなくなっている。

【0004】

アンダカット角を測定するための他の在来技術には、集束イオンビーム (FIB) 切片によるものがある。FIB システムは、イオン (例えばガリウムイオン) の集束したビームを試料に衝突させる。集束イオンビームは、高ビーム電流で試料を正確に粉碎するか、又は低ビーム電流で試料を作像する (この場合には材料はほとんどスパッターされない) ように作用する。そのため、FIB システムは、透過型電子顕微鏡 (TEM) による作像のための断面試料を調製するのに使用することができる。近年の FIB システムは、その場所での断面調製及び高解像度作像に対して利用することができる。しかしながら、FIB 技術は、試料由来の物質をスパッターしたり粉碎したりするため、有害であり、破壊的である。

【0005】

図 1A は、造作 170 の断面の在来の画像であり、この造作は左右両方の側がわずかにアンダカットされている。この断面の画像は、慣用的な集束イオンビーム (FIB) 技術により得たものである。上述したように、FIB 技術は、試料を破壊することが避けがたいという点で不利である。これは FIB 技術がイオン粉碎によって試料を薄くすることによる。

【0006】

図 1B は、アンダカット角を測定するための、造作 170 の断面 FIB 画像の従来技術による分

10

20

30

40

50

析結果を示す。この分析結果により、造作170の輪郭が得られる。造作170の輪郭を利用することにより、実際の左の側壁172-L及び右の側壁172-Rを、垂直な基準線174-L及び174-Rとそれぞれ比較することにより、アンダカット角を測定することができる(基準線で見られるわずかな非対称性、アンダカット角が左右で非対称であるのは、試料の粉碎によるものと考えられる)。このFIB画像の分析結果は、左側のアンダカット角が約5度であり、右側のアンダカット角が約2度であることを示している。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の実施態様は、走査電子顕微鏡(SEM)を使用して試料の造作のアンダカット角を測定するための方法に関する。本発明の一方法は、ある入射角の一次電子ビームで造作を照射するステップ、一次電子の入射角を一組の角度にわたって変更するステップ、一組の角度におけるそれぞれの入射角に対して、造作から散乱された電子の強度を測定するステップ、及び強度の不連続を入射角の関数として求めるステップからなる。本発明の別の方法は、ある入射角の一次電子ビームで造作を照射するステップ、複数の検出器により一組の散乱角における造作からの散乱電子の強度をそれぞれ測定するステップ、及び強度の不連続を散乱角の関数として求めるステップを含む。

10

【0008】

本発明の別の実施態様は、試料の造作のアンダカットを測定するための走査電子顕微鏡(SEM)に関する。本発明のSEMは、ある入射角の一次電子ビームで造作を照射するための電子照射システム、一次電子ビームの入射角を一組の角度にわたって変更するための機構、一組の角度におけるそれぞれの入射角に対して、造作からの散乱電子の強度を測定するための検出器、及び強度の不連続を入射角の関数として求めるためのプロセッサを含む。

20

【0009】

本発明の別の実施態様は、試料の造作のアンダカットを測定するための装置に関する。本発明の装置は、ある入射角の一次電子ビームで造作を照射するための手段、一次電子ビームの入射角を一組の角度にわたって変更するための手段、一組の角度におけるそれぞれの入射角に対して、造作からの散乱電子の強度を測定するための手段、及び強度の不連続を入射角の関数として求めるための手段を含む。

【0010】

本発明は、有利な非破壊的な方法でアンダカット角を測定するための技術に関する。この技術は、走査電子顕微鏡を用いて実施することができ、且つ半導体ウェーハや他の形式の試料の造作のアンダカット角を測定するのに適用することができる。一実施態様によれば、著しく低い解像度の画像(大きなふれ角に起因する)の場合でさえ、本発明による技術をアンダカット角測定に適用することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

図2は、本発明の実施態様による、アンダカットされているアンダカット造作202に関してアンダカット角を測定するための技術の概要を示す概略図である。アンダカット角よりも小さな入射角(例えば0度)を有する電子ビーム204を図中左側("a"の符号が付されている)に図示し、アンダカット角よりも大きな入射角を有する電子ビーム210を図中右側("b"の符号が付されている)に図示している。それぞれに対応する電子線強度プロファイル206("a"の場合について)及び214("b"の場合について)を以下に詳述する。

40

【0012】

"a"の場合について、造作202に対する電子線強度プロファイル206は、比較的対称形であるように見える。プロファイル206の左側にはピーク208-Lがあり、また右側には左側のピークとほぼ同じ寸法のピーク208-Rがある。本発明者等は、電子線強度のこれらのピークは、造作202の側壁からの散乱電子の放出と収集に起因するものと考えている。

【0013】

"b"の場合について、造作202の電子線強度プロファイル214は、実質上非対称であるように見える。右側のピーク216-Rは、左側のピーク216-Lに比べて実質上高い。本発明者等

50

は、プロファイルのこの非対称性は、右の側壁のアンダカット角を超える角度で右側から電子ビーム210が入射することによって考えている。つまり、入射ビーム210が、直接右の側壁を照射し、それによって非常に多くの散乱電子212が放出されたと考えられる。

【0014】

図3A及び図3Bは、図1A及び図1Bに示すアンダカットされているアンダカット造作170の実験的な電子走査を示す。図3Aにおいては、ビームの傾きは0度であり、図3Bでは6.6度であった。図3Aと図3Bのいずれも、アンダカット造作170の領域の位置、アンダカット造作に対する電子線の照射位置と電子線強度の関係を示している。図3Aと図3Bの電子走査では、試料の破壊が避けがたいものではないため、図1Aと図1Bの破壊的なFIB断面形成に先だって実施された。本発明を利用することにより、破壊的なFIBによる断面形成を利用することなくアンダカット角を測定することができる。

10

【0015】

図3Aからわかるように、造作170に関する電子線強度プロファイル302は比較対称的であるように見える。プロファイル302の左側にはピーク304-Lがあり、また右側には左側のピークとほぼ同じ寸法のピーク304-Rがある。示す対称性により、一次電子ビームの入射角が0度であったことが予想される。

【0016】

一方、図3Bにおいては、造作170に関する電子線強度プロファイル312は非対称であるように見える。右側のピーク314-Rは、左側のピーク314-Lに比べて実質上高い。本発明者等は、プロファイルのこの非対称性は、電子ビームが、右の側壁のアンダカット角(およそ4度)を超える角度(およそ6.6度)で入射しているためであると考えている。つまり、入射ビームが、右の側壁を直接照射したために、非常に多くの散乱電子が放出されたと考えられる。本発明の実施態様によれば、図3A及び図3Bから、アンダカット角はおよそ0度と6.6度の間の角度であると特定できる。

20

【0017】

図3Bのピークの幅が図3Aのピークの幅よりも広いことに注目されたい。ピークの幅のこの広がり、SEMにおいて入射ビームが傾いた際に生じる検出像のぶれに対応する。このぶれは、右側のピークの強度と左側のピークの強度との間に非対称性をもたらし、走査した像から視覚的に検出するのを困難にすると考えられる。そのため、本発明の好ましい実施態様では、走査したデータを定量的に分析する。

30

【0018】

図4Aは、本発明の実施態様による、左側のアンダカット角を測定するために、異なる一連の入射角で電子走査して得られたデータの分析結果を示すグラフである。y軸は、左側のピーク強度 I (左) と右側のピーク強度 I (右) の比率 (I (左) / I (右)) を示す。x軸は、一次ビームの入射角(ふれ角)を度で示す。好ましい実施態様では、ピーク強度はピークの高さで測定される。しかしながら、他の実施態様においては、積分したピーク面積を利用してピーク強度を測定することも可能である。図4Aのグラフにおいて、入射角が約-4度でデータの勾配が不連続となっていることがわかる。これは、左の側壁のアンダカット角がおよそ4度であることを示している。この結果は、FIB断面の測定による左の側壁のアンダカット角が約5度であることと良く一致している。

40

【0019】

図4Bは、本発明の実施態様による、右側のアンダカット角を測定するために、異なる一連の入射角で電子走査して得られたデータの分析結果を示すグラフである。y軸は、右側のピーク強度 I (右) と左側のピーク強度 I (左) の比率 (I (右) / I (左)) を示す。x軸は、一次ビームの入射角(ふれ角)を度で示す。図4Bのグラフにおいて、入射角が約+3度でデータの勾配が不連続となっていることがわかる。これは、右の側壁のアンダカット角がおよそ3度であることを示している。この結果は、FIB断面で測定された、左の側壁のアンダカット角が約2度であることと良く一致している。

【0020】

図5A～図5Dは、両側にそれぞれ10度のアンダカット角を有する仮想的な造作に対して模

50

擬的に行った電子走査の結果を示す。これら図面のそれぞれは、x軸上の位置の関数として、y軸に電子線の強度(任意単位)を表示している。図5Aは、6度又はそれ以下の小さな入射角である場合に対応し、比較的対照的なプロファイルを示している。図5Bは、入射角が11度である場合に対応し、右側のピークが左側のピークよりも高く、非対称なプロファイルを示している。図5Cは、入射角が17度である場合に対応し、右側のピークが尚いっそう高く、非対称性が增大していることを示している。最後に、図5Dは、入射角が25度である場合に対応し、右側のピークが図5Cと比較して低く、非対称性が低減していることを示している。従って図5Dは、極めて大きな角度では、非対称性が増大し続けないことを示している。

【0021】

図6は、本発明の実施態様に従った、図5A～図5Dの模擬データの分析結果を示すグラフである。図6中のデータ点は、0度(図5Aから)、6度(図5Aから)、11度(図5Bから)、17度(図5Cから)及び25度(図5Dから)である。図6からわかるように、アングカット角は6度と11度の間の角度である。模擬実験がアングカット角が10度のものを使用して行われているため、これは良好な結果である。もちろん、より正確なアングカット角の測定を行うために、それぞれがより近い角度でもって模擬実験を行うことも可能である。

【0022】

本発明を利用することができるSEMシステムの例として、走査電子顕微鏡(SEM)システムを図7と図8に示す。本発明は、他の形式のSEMシステムにおいても同様に利用することができる。

【0023】

図7に示すSEMシステム10は、臨界寸法を測定するのに特に適しており、このシステムは、発明の名称が"Electron Beam Does Control for Scanning Electron Microscopy and Critical Dimension Measurement Instruments"であり、カリフォルニア州のサンノゼのKL A-Tencor Corporationに譲渡された、Richardsonらの米国特許第5,869,833号に詳細に開示されている。この米国特許第5,869,833号公報(Richardson特許)の開示は、参照することにより、その内容を全て本願発明に組み入れる。

【0024】

図7のSEM 10は、電子ビーム源12、集束カラム及びレンズアセンブリ14及び走査コントローラ16を含む。走査コントローラ16は、試料20の選択領域全体にわたって電子ビームを走査する。またSEM 10は、試料20からの二次電子及び後方散乱電子を検出するための検出器サブシステム24を含む。

【0025】

SEMシステム10の最上部にある電子ビーム源12が、電子ビーム34を生成する。使用可能な一手段は、電源32で発生した表面電界で加速された電子を有する熱電界エミッターからなる電子源36を含む。代替的な電子源の実施態様を代わりに採用することができる。ビーム源12内で電子源36によって放出された電子は、次いで電極38と源レンズ39(いずれもまた電源32によって制御される)を直接通過し、集束カラム及びレンズアセンブリ14に入って、試料20に誘導される電子ビーム34を形成する。

【0026】

集束カラム及びレンズアセンブリ14において、電子ビーム34は、アパーチャ41を通過し、それによりビーム電流が低減される。例えばビーム電流は、おおよそ300pA(ピコアンペア)から、5～100pAの範囲にまで低減され、34'の符号を付された電子ビームが形成される。電子ビーム34'は、次いで磁気コイル43と磁極片44を含み強力な磁界を発生させる対物レンズ42を通過する。この磁界は、試料20に誘導する際に、ビーム34'を、例えば約5nm(ナノメートル)であるようなスポットサイズを有する電子ビーム18に集束させるのに使用される。試料20には、電子が試料20に接近する際にビーム18の電子を減速させる減速電界が作られるように、電源52によりバイアスを適用することができる。

【0027】

操作において、電子ビーム18は、試料20全面にわたって走査されるラスターであってよ

10

20

30

40

50

く、また二次及び後方散乱電子信号28は検出器サブシステム24によって検出される。電子ビーム18と試料20の相互作用の結果、二次及び後方散乱電子28が放出され、対物レンズ42に向かって戻るように方向付けられる。電子28は放出されると、対物レンズ42を通して螺旋状に上昇し(磁界の結果)、次いでレンズ42内の磁界から離れると電子は検出器サブシステム24に向かって移動する。典型的には、試料20は、導電性、絶縁性又は半導体であるような様々な物質を含む。試料20内の副領域は、その副領域の造作を測定するための走査に特に重要である場合がある。画像プロセッサ及びディスプレイサブシステム26が、この副領域の画像を顕在化し得る。例えば試料20を半導体ウェーハとすることができ、そのウェーハの副領域をウェーハの回路ダイの一部とすることができる。

【0028】

10

検出器サブシステム24は、少なくとも、電子信号28を形成する二次及び後方散乱電子を検出するのに適したバンド幅を有するように選択される。例えば検出器サブシステム24は、マイクロチャネルプレート、マイクロ球形プレート、半導体ダイオード又はシンチレータ及び光電子倍增アセンブリを含む。図7に例示する検出器サブシステム24は、検出器5及びコレクタ極板56を含む。二次及び後方散乱電子信号28は、検出器55により受容され、さらにコレクタ極板56により収集される。コレクタ極板56は、画像プロセッサ及びディスプレイサブシステム26によって受信される信号を生成する。画像プロセッサ及びディスプレイサブシステム26は、信号が画像発生器59に入力される前に、増幅器58によって信号を増幅することができる。

【0029】

20

試料20上の電子ビーム18の位置は、走査コントローラ16によって制御される。図7に例示する走査コントローラ16は、コイル43と磁極片44によって生じた磁界内に配置されている走査プレート45を含む。走査プレート45は、ラスタ発生器48によって電力を供給され(ライン46と47の信号を介して)、試料20を横切るx方向及びy方向の両方に電子ビーム18を誘導する。

【0030】

図8に図示するSEMシステムは、発明の名称が"electron Beam Inspection System and Method"である、Meisbergerらの特許で、カリフォルニア州サンノゼのKLA-Tencor Corporationに譲渡された米国特許第5,578,821号に開示されている。米国特許第5,578,821号の開示(Meisberger特許)は、参照することにより、その内容を全て本願発明に組み入れる。

30

【0031】

図8は、電子ビーム検査のための電子光学カラム及び収集システムを介する一次電子、二次電子、後方散乱電子及び被送信電子の経路の、簡略化した概略図である。要するに、図8は、カラム内及び基体57の下方の様々な電子ビーム経路の概略を示す。電子は、電界放出陰極81から放射状に放出され、極小の点光源から発しているように見える。加速電界と集束レンズ磁界を組合せた作用のもとで、ビームは平行化され、平行ビームとなる。電子銃陽極アパーチャ87は、使用に適さない角度で放出された電子を遮蔽するが、一方遮蔽されない残留ビームは照射野制限アパーチャ99へと進む。上方の偏向板(図示せず)が、無収差化、共心化及び方向付けのために使用され、最終的なビームは断面が円形であり、要素105、106及び107から構成されている対物レンズ104の中央を通過することを確実にする。集束レンズ(図示せず)は、陰極81と照射野制限アパーチャ99により画定される軸に対して機械的に心合わせされる。偏向は、示される経路をたどり、それによって走査され、集束されたプローブ(基体との衝突点におけるビーム)が、対物レンズ42から放射される。

40

【0032】

高電圧モードでの操作において、ウィーンフィルター偏向板112及び113は、二次電子ビーム167を検出器117内へと偏向させる。部分的に透明なマスクが作像されると、透過ビーム108は、検出器129に衝突する前に、ビーム108を拡散させる電極システム123及び124を通過する。低電圧モードでの操作において、二次電子ビームは、より強力なウィーンフィルター偏向板によって、低圧二次電子検出器160に向かって方向付けされる。この場合の検出器は、高電圧で後方散乱の画像を作製するのに使用される検出器と同じとすることが

50

できる。このシステム及びその操作について、Meisberger特許にさらに詳細に開示されている。

【0033】

本発明の一実施態様によれば、一次電子ビームの入射角を、試料へビームを集束させる対物レンズにおける流れを適切に調整することによって変更することができる。本発明の別の実施態様によれば、一次電子ビームの入射角を、試料を保持する試料台を傾斜させることによって変更することができる。好都合なことに、この実施態様では、入射ビームが傾いた際に発生する走査画像のぶれを防ぐことができる。

【0034】

代替的な実施態様においては、ある範囲の角度における電子の検出を、アングカット角を測定するのに使用することができる。そのような実施態様は、異なる散乱角における多数の電子検出器と、異なる散乱角における散乱電子を区別するための不均一な抽出用電界の適用を含む。多数の検出器は、大きな検出角度において、対象となる側壁が検出器の照準線内に直に入るように配向され、それによって直接的な照準線のない第1の検出器により検出されるビーム強度と、直接的な照準線を有する第2の検出器により検出されるビーム強度との間に不連続が生じる。この場合、測定されたアングカット角は、不連続の発生が確認される検出角度に対応する。

【0035】

上述の説明において、数多くの特定の詳細を、本発明の実施態様の完全な理解をもたらすために提供した。しかしながら、例示した本発明の実施態様の上記説明は、本発明を網羅すること、あるいは開示された形態そのものに本発明を限定することも意図するものではない。当業者は、1つ又はより多くの具体的細部なしに、あるいはその他の方法、構成要素などと共に本発明が実施可能であることを認めるであろう。その他、本発明の不明瞭な理解を避けるため、周知の構造又は操作を詳細に示したり、あるいは説明したりしていない。本発明の具体的な実施態様及び例を、例示目的でここに説明しているが、当業者が認識するように、本発明の範囲内で様々な等価の変更が可能である。

【0036】

上述の詳細な説明を考慮することによって、本発明にそのような変更を行うことができる。本願の特許請求の範囲で使用される用語は、本明細書及び特許請求の範囲に開示の特定の実施態様に本発明を限定するものと解釈すべきではない。むしろ、本発明の範囲は、特許請求の範囲によって画定されるべきものであり、それは、特許請求の範囲を解釈するという確立されている原則に従うものと解釈される。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1A】左の側壁と右の側壁の両方においてわずかにアングカットされている造作の在来断面画像を示す図である。

【図1B】アングカット角を測定するための造作の断面FIB画像の在来の分析結果を示す図である。

【図2】本発明の実施態様による、アングカット角を測定するための技術の概要を示す図である。

【図3A】図1A及び図1Bに示すアングカット造作の実験的な電子走査の結果を示す図である。

【図3B】図1A及び図1Bに示すアングカット造作の実験的な電子走査の結果を示す図である。

【図4A】本発明の実施態様による、左の側壁のアングカットを測定するために異なる入射角で一連の電子走査を行って得られたデータの分析結果を示すグラフである。

【図4B】本発明の実施態様による、右の側壁のアングカットを測定するために異なる入射角で一連の電子走査を行って得られたデータの分析結果を示すグラフである。

【図5A】左右両方の側にそれぞれ10度のアングカットを有する仮想的な造作に対して模擬的な電子走査を行った結果を示す図である。

【図5B】左右両方の側にそれぞれ10度のアンダカットを有する仮想的な造作に対して模擬的な電子走査を行った結果を示す図である。

【図5C】左右両方の側にそれぞれ10度のアンダカットを有する仮想的な造作に対して模擬的な電子走査を行った結果を示す図である。

【図5D】左右両方の側にそれぞれ10度のアンダカットを有する仮想的な造作に対して模擬的な電子走査を行った結果を示す図である。

【図6】本発明の実施態様による、図5Aから図5Dより得られる模擬実験データの分析結果を示すグラフである。

【図7】本発明で利用できるSEMシステムの1形式を示す図である。

【図8】本発明で利用できる別の形式のSEMシステムを示す図である。

10

【符号の説明】

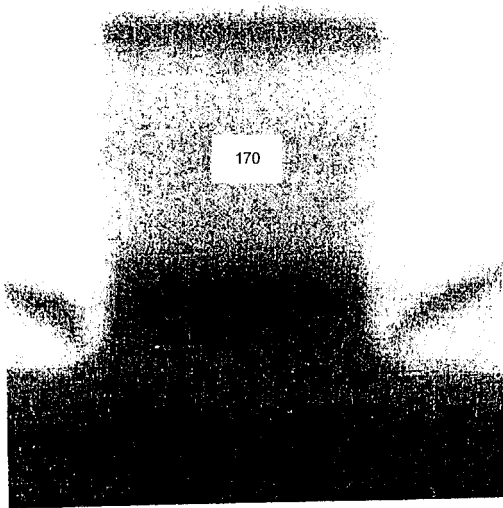
【0038】

10	SEMシステム
12	電子ビーム源
14	レンズアセンブリ
16	走査コントローラ
20	試料
24	検出器サブシステム
28	後方散乱電子
34	電子ビーム
36	電子源
38	電極
39	源レンズ
41	アパーチャ
42	対物レンズ
43	磁気コイル
44	磁極片
45	走査プレート
55	検出器
56	コレクタ電極
58	増幅器

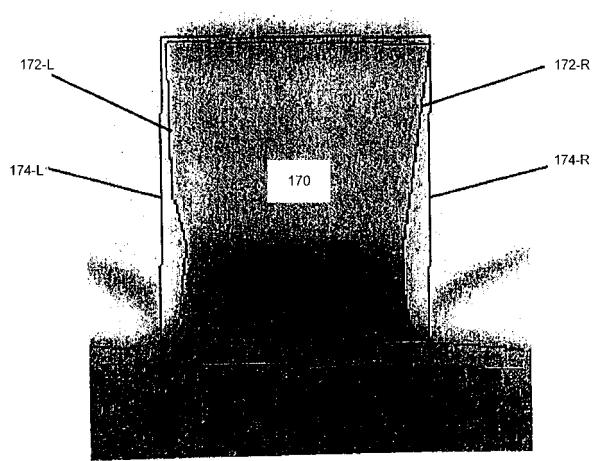
20

30

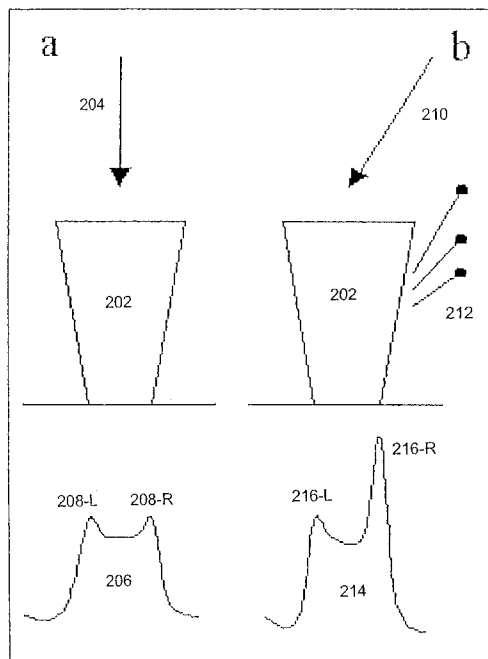
【図 1 A】



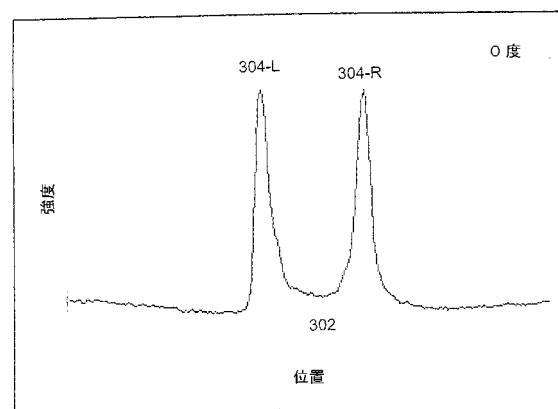
【図 1 B】



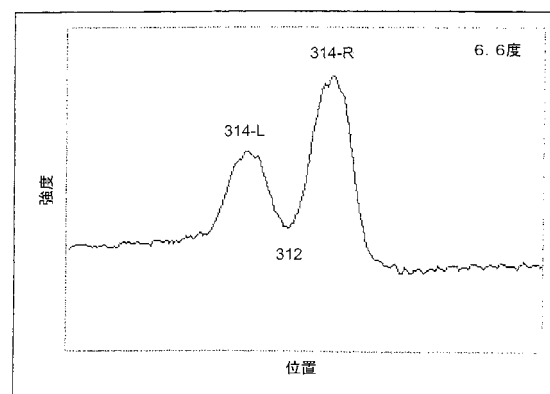
【図 2】



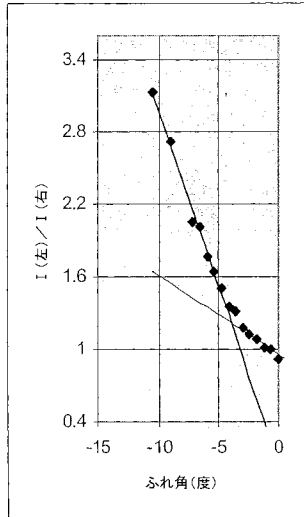
【図 3 A】



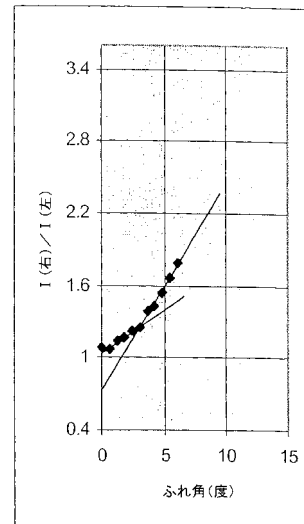
【図 3 B】



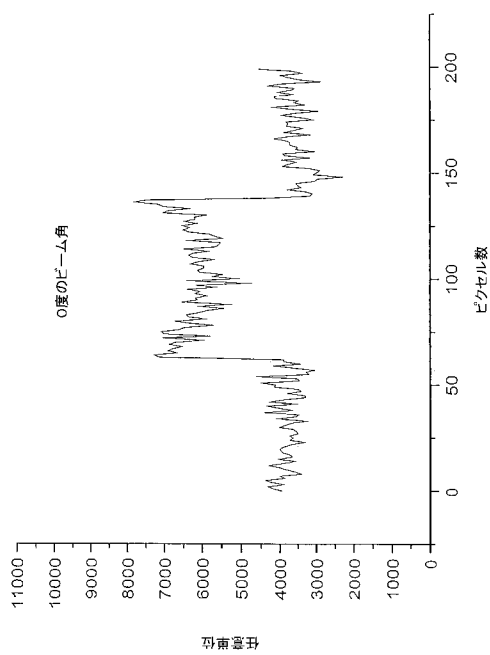
【図 4 A】



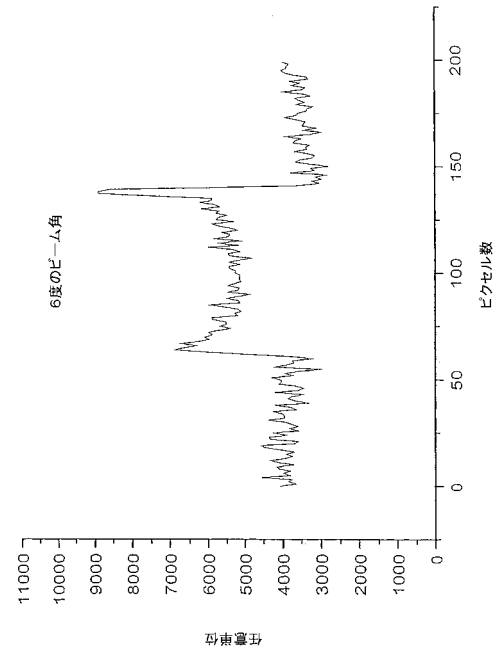
【図 4 B】



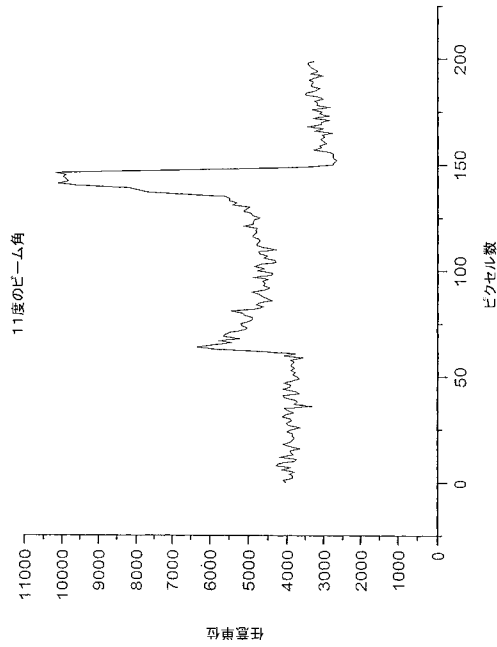
【図 5 A】



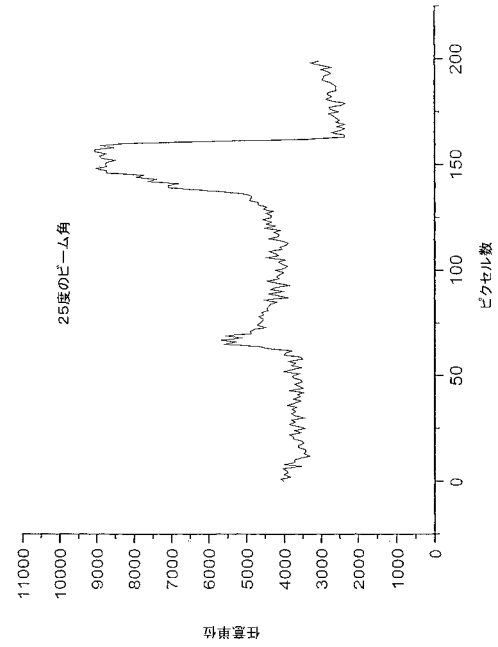
【図 5 B】



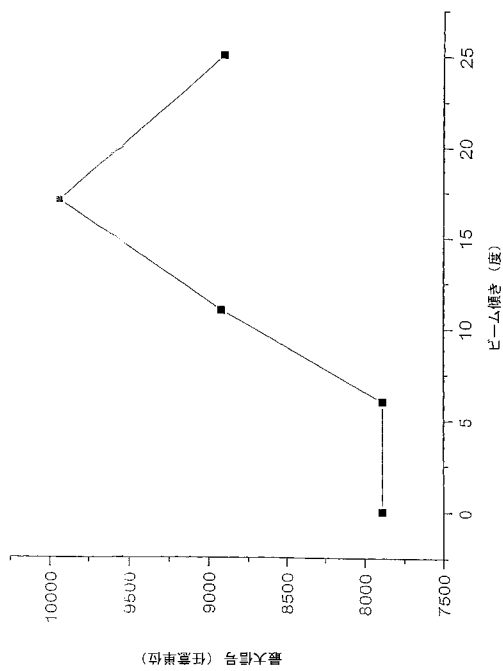
【図 5 C】



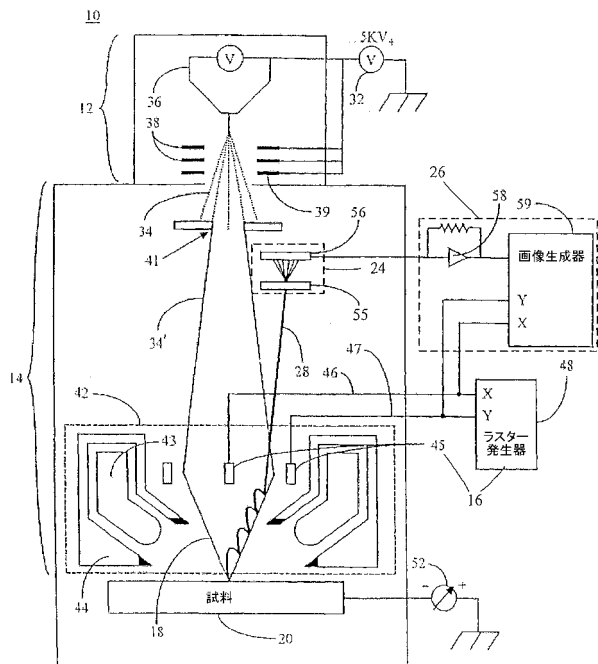
【図 5 D】



【図 6】



【図 7】



【 図 8 】

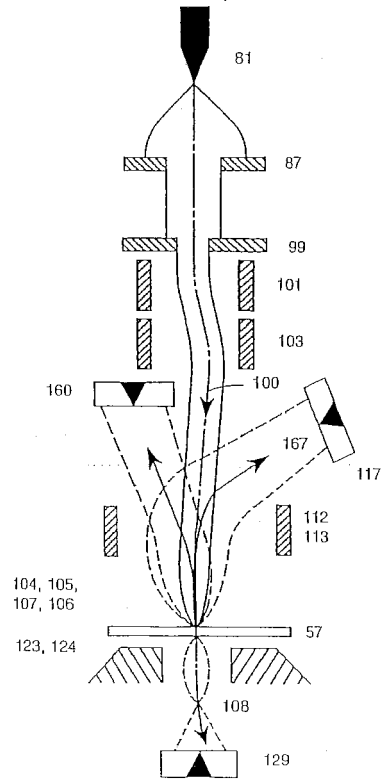


FIG. 8

フロントページの続き

(72)発明者 ジアン・フランセスコ・ロルツソ

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 5 1 2 0 , フレモント , カシオ・サークル・ 3 3 8 4 8

(72)発明者 ルカ・グレラ

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 5 0 2 0 , ギルロイ , バイオレット・ウェイ・ 1 1 3 0

審査官 大和田 有軌

(56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 3 0 2 2 1 4 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 2 7 2 2 1 9 (J P , A)

特開平 0 7 - 0 2 7 5 4 8 (J P , A)

特開平 0 3 - 2 3 3 3 1 0 (J P , A)

特開平 0 2 - 2 4 9 9 0 8 (J P , A)

米国特許第 0 6 4 7 2 6 6 2 (U S , B 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 B 1 5 / 0 0 - 1 5 / 0 8

G 0 1 N 2 3 / 0 0 - 2 3 / 2 2 7

H 0 1 J 3 7 / 0 0 - 3 7 / 2 9 5

H 0 1 L 2 1 / 6 6