

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5051295号
(P5051295)

(45) 発行日 平成24年10月17日(2012.10.17)

(24) 登録日 平成24年8月3日(2012.8.3)

(51) Int.Cl.		F I		
GO 1 B 15/00	(2006.01)	GO 1 B 15/00		K
GO 1 N 23/225	(2006.01)	GO 1 N 23/225		
HO 1 J 37/22	(2006.01)	HO 1 J 37/22	5 O 2 H	
HO 1 L 21/66	(2006.01)	HO 1 L 21/66		N

請求項の数 9 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2010-503931 (P2010-503931)	(73) 特許権者	000003193 凸版印刷株式会社 東京都台東区台東1丁目5番1号
(86) (22) 出願日	平成21年3月19日 (2009.3.19)	(74) 代理人	100139686 弁理士 鈴木 史朗
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/055475	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
(87) 国際公開番号	W02009/116634	(74) 代理人	100108578 弁理士 高橋 詔男
(87) 国際公開日	平成21年9月24日 (2009.9.24)	(74) 代理人	100152146 弁理士 伏見 俊介
審査請求日	平成22年5月26日 (2010.5.26)	(72) 発明者	米倉 勲 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2008-71312 (P2008-71312)		
(32) 優先日	平成20年3月19日 (2008.3.19)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2008-71315 (P2008-71315)		
(32) 優先日	平成20年3月19日 (2008.3.19)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2008-239205 (P2008-239205)		
(32) 優先日	平成20年9月18日 (2008.9.18)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微細構造体検査方法、微細構造体検査装置、および微細構造体検査プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

サンプル微細構造パターンの側壁角度を検査する微細構造体検査方法であって：
電子ビームの電流値又は光電子増倍管の増幅値が互いに異なる複数のSEM条件の下で前記サンプル微細構造パターンのSEM写真を撮像する工程と；

前記SEM写真における前記サンプル微細構造パターンのエッジ部位のホワイトバンド幅を測定する工程と；

既知の側壁角度を持つ複数の標準微細構造パターンを、SEM写真の撮像又はSEMシミュレータによって取得し、これによって、単位度数の側壁角度あたりのホワイトバンド幅の変化量である基準変化量を算出する工程と、

前記複数のSEM条件間の変化に伴う前記ホワイトバンド幅の変化量と、前記基準変化量と、に基づいて、前記サンプル微細構造パターンの側壁角度を算出する工程と；

を備えることを特徴とする微細構造体検査方法。

【請求項2】

請求項1に記載の微細構造体検査方法であって、
前記サンプル微細構造パターンの前記ホワイトバンド幅の変化量が、所定の値よりも小さい場合、電子ビームと試料とを相対的にチルトさせ、SEM写真の撮像を繰り返す工程と；

算出された前記サンプル微細構造パターンの前記側壁角度に対して、チルトさせた角度分に相当する補正を行う工程と；

を更に備える、ことを特徴とする微細構造体検査方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の微細構造体検査方法であって、

前記基準変化量を算出する工程は：

2 種類の SEM 条件の下で、既知の側壁角度を持つ標準微細構造パターン A の SEM 写真を撮像し、前記標準微細構造パターン A の SEM 写真におけるエッジ部位のホワイトバンド幅を測定し、前記 2 種類の SEM 条件の間の前記標準微細構造パターン A のホワイトバンド幅の差 W_A を算出し；

前記 2 種類の SEM 条件の下で、微細構造パターン A とは異なる既知の側壁角度を持つ標準微細構造パターン B の SEM 写真を撮像し、前記標準微細構造パターン B の SEM 写真におけるエッジ部位のホワイトバンド幅を測定し、前記 2 種類の SEM 条件の間の標準微細構造パターン B の前記ホワイトバンド幅の差 W_B を算出し；

前記基準変化量を、以下の式から算出する、

基準変化量 = $|W_A - W_B| / |$ 微細構造パターン A の側壁角度 - 微細構造パターン B の側壁角度 $|$ ；

ことを特徴とする微細構造体検査方法。

10

【請求項 4】

請求項 3 に記載の微細構造体検査方法であって、

前記サンプル微細構造パターンの側壁角度を算出する工程は：

前記 2 種類の SEM 条件の下で、未知の側壁角度を持つ前記サンプル微細構造パターンの SEM 写真を撮像し、前記サンプル微細構造パターンの SEM 写真におけるエッジ部位のホワイトバンド幅を測定し、前記 2 種類の SEM 条件の間の前記ホワイトバンド幅の差 W を算出し；

前記基準変化量、前記パターン B の側壁角度、前記 W_B 、及び前記 W を用いて、前記微細構造パターンの側壁角度を、以下の式から算出する、

微細構造パターンの側壁角度 = パターン B の側壁角度 + $(W_B - W) /$ 基準変化量；

ことを特徴とする微細構造体検査方法。

20

【請求項 5】

請求項 1 に記載の微細構造体検査方法であって、

前記微細構造パターンの SEM 写真を撮像する工程において、

前記ホワイトバンドの長手方向に沿って、所定の幅に渡る測定領域を定め、測定領域内のホワイトバンド幅の分布を測定する、

ことを特徴とする微細構造体検査方法。

30

【請求項 6】

微細構造パターンの側壁角度を検査する微細構造体検査装置であって：

測定対象パターンを備えた試料を固定する試料保持機構と；

電子ビームの電流値又は光電子増倍管の増幅値が互いに異なる複数の SEM 条件の下で前記測定対象パターンの SEM 写真を撮像する CD - SEM 機構と；

前記 SEM 写真から前記測定対象パターンのエッジ部位のホワイトバンド幅を取得する画像処理機構と；

前記測定対象パターンの前記側壁角度を算出する計算機構と；

を備え、

前記計算機構は、単位度数の側壁角度あたりのホワイトバンド幅の変化量である基準変化量と前記複数の SEM 条件間の変化に伴う前記ホワイトバンド幅の変化量を用いて、前記測定対象パターンの側壁角度を算出する、

ことを特徴とする微細構造体検査装置。

40

【請求項 7】

請求項 6 に記載の微細構造体検査装置であって、

前記試料保持機構は、SEM 写真撮像時の電子ビームが測定対象パターンに対して入射す

50

る相対的角度を変化可能に試料を保持することを特徴とする微細構造体検査装置。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の微細構造体検査装置であって、

前記計算機構は、単位度数の側壁角度あたりの、前記複数の SEM 条件間の変化に伴うホワイトバンド幅の変化量である基準変化量を算出する SEM シミュレータを更に備えることを特徴とする微細構造体検査装置。

【請求項 9】

微細構造パターンの側壁角度を検査する微細構造体検査プログラムであって：

コンピュータに、

複数の SEM 条件の下で撮像された前記微細構造パターンの SEM 写真を取得するルーチンと；

前記 SEM 写真における前記微細構造パターンのエッジ部位のホワイトバンド幅を測定するルーチンと；

既知の側壁角度を持つ複数の標準微細構造パターンを、SEM 写真の撮像又は SEM シミュレータによって取得し、これによって、単位度数の側壁角度あたりのホワイトバンド幅の変化量である基準変化量を算出するルーチンと；

前記複数の SEM 条件間の変化に伴う前記ホワイトバンド幅の変化量と、前記基準変化量とを用いて、前記微細構造パターンの側壁角度を算出するルーチンと；

を実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、微細構造体検査装置、微細構造体検査プログラム、および微細構造体検査方法に関するものであり、特に、微細構造パターンの側壁角度を検査する微細構造体検査装置、微細構造体検査プログラム、および微細構造体検査方法に関する。

本願は、2008年3月19日に、日本に出願された特願2008-071312号、2008年3月19日に、日本に出願された特願2008-071315号、2008年9月18日に、日本に出願された特願2008-239205号、2009年1月14日に、日本に出願された特願2009-005495号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

近年、様々な形状の微細構造体が、広範に用いられている。例えば、半導体デバイス、光学素子、配線回路、記録デバイス（ハードディスクやDVDなど）、医療検査用チップ（DNA分析用途など）、ディスプレイパネル、マイクロ流路、マイクロリアクタ、MEMSデバイス、インプリントモールド、フォトマスクなどが挙げられる。

【0003】

このような微細構造体では、パターンの二次元的な線幅や形状だけでなく、エッジ部分の側壁角度も重要視されてきている。

例えば、次世代のマスクとして期待されているEUVフォトマスクは、従来の透過型のフォトマスクとは異なる反射型のマスクであるため、パターンエッジの側壁をなるべく垂直に近くすることが求められており、その角度を測定することが求められている。

【0004】

従来、このような微細構造体の側壁角度を測定する方法として、サンプルを断裁し断面を走査電子顕微鏡（SEM）などで観察して評価することが提案されている。

【0005】

また、このような微細構造体の側壁角度を測定する方法として、原子間力顕微鏡（AFM）を用いてカンチレバーの針の形状や、測定方法を工夫することで側壁角度を計測することが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0006】

10

20

30

40

50

一方、パターンの二次元的な線幅や形状を確認する方法として、測長SEM(CD-SEM)を利用することが知られている。CD-SEMでは電子銃から照射された電子ビームが、コンデンサレンズによって収束され、アパーチャーを通過して、測定対象パターン上に当たる。この際に放出される二次電子をディテクターで捉えることで電気信号に変換し、二次元画像が取得される。この二次元画像の情報を元に測定対象パターンの寸法などを高精度に測定できる。

【0007】

SEMは、電子線を絞って電子ビームとして対象に照射し、対象物から放出される二次電子、反射電子、透過電子、X線、カソードルミネッセンス(蛍光)、内部起電力等を検出する事で対象を観察する。このとき、対象物である試料から発せられるこれらの信号は検出器で検出され、信号を増幅したり変調したりしてSEM写真として表示される。

10

【特許文献1】特開平10-170530号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

近年、微細構造体の側壁角度を測定する装置及び方法が求められている。

【0009】

しかしながら、従来のサンプルを断裁して断面SEMなどで観察する方法は、破壊検査である。このため当然ながらそのサンプルは製品として使用することができなくなってしまう。また、側壁角度の評価実験用の別サンプルを用意する方法があるが、この場合には実サンプルと評価用サンプルが全く同じものであるという保証ができないという問題がある。

20

【0010】

また、AFMにおいては、実サンプルそのものを非破壊で測定することが可能である。しかし、物理的に針をスキャンさせながら測定するため、スループットが非常に遅いという課題がある。また、測定回数に応じて針が少しずつ磨耗してしまい測定値が不正確になってしまう。従って、多くのパターンの側壁角度を測定したい場合には不適であるという問題がある。

また、測定対象パターンの側壁角度が逆テーパである場合、AFMの針を逆テーパの傾斜に沿ってなぞることが困難であるため、側壁角度を測定することが困難である。

30

【0011】

そこで、本発明の一態様は、上述の問題を解決するためになされたものであり、好適に微細構造体の側壁角度を測定することの出来る微細構造体検査装置、微細構造体検査プログラム、及び微細構造体検査方法を提供することを一つの目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

(1) 本発明の一態様は、以下の方法を提供する：サンプル微細構造パターンの側壁角度を検査する微細構造体検査方法であって：電子ビームの電流値又は光電子増倍管の増幅値が互いに異なる複数のSEM条件の下で前記サンプル微細構造パターンのSEM写真を撮像する工程と；前記SEM写真における前記サンプル微細構造パターンのエッジ部位のホワイトバンド幅を測定する工程と；既知の側壁角度を持つ複数の標準微細構造パターンを、SEM写真の撮像又はSEMシミュレータによって取得し、これによって、単位数の側壁角度あたりのホワイトバンド幅の変化量である基準変化量を算出する工程と、前記複数のSEM条件間の変化に伴う前記ホワイトバンド幅の変化量と、前記基準変化量と、に基づいて、前記サンプル微細構造パターンの側壁角度を算出する工程と；を備えることを特徴とする微細構造体検査方法。

40

【0017】

(2) 上記の微細構造体検査方法は、以下のように行ってもよい：前記サンプル微細構造パターンの前記ホワイトバンド幅の変化量が、所定の値よりも小さい場合、電子ビームと試料とを相対的にチルトさせ、SEM写真の撮像を繰り返す工程と；算出された前記サ

50

ンプル微細構造パターンの前記側壁角度に対して、チルトさせた角度分に相当する補正を行う工程と；を更に備える。

【0018】

(3) 上記の微細構造体検査方法は、以下のように行ってもよい：前記基準変化量を算出する工程は：2種類のSEM条件の下で既知の側壁角度を持つ標準微細構造パターンAのSEM写真を撮像し、前記標準微細構造パターンAのSEM写真におけるエッジ部位のホワイトバンド幅を測定し、前記2種類のSEM条件の間の前記標準微細構造パターンAのホワイトバンド幅の差WAを算出し；前記2種類のSEM条件の下で、微細構造パターンAとは異なる既知の側壁角度を持つ標準微細構造パターンBのSEM写真を撮像し、前記標準微細構造パターンBのSEM写真におけるエッジ部位のホワイトバンド幅を測定し、前記2種類のSEM条件の間の標準微細構造パターンBの前記ホワイトバンド幅の差WBを算出し；前記基準変化量を、以下の式から算出する、基準変化量 = $|WA - WB| / |$ 微細構造パターンAの側壁角度 - 微細構造パターンBの側壁角度 $|$ 。

10

【0019】

(4) 上記の微細構造体検査方法は、以下のように行ってもよい：前記サンプル微細構造パターンの側壁角度を算出する工程は：前記2種類のSEM条件の下で、未知の側壁角度を持つ前記サンプル微細構造パターンのSEM写真を撮像し、前記サンプル微細構造パターンのSEM写真におけるエッジ部位のホワイトバンド幅を測定し、前記2種類のSEM条件の間の前記ホワイトバンド幅の差Wを算出し；前記基準変化量、前記パターンBの側壁角度、前記WB、及び前記Wを用いて、前記微細構造パターンの側壁角度を、以下の式から算出する、微細構造パターンの側壁角度 = $パターンBの側壁角度 + (WB - W) /$ 基準変化量；。

20

【0020】

(5) 上記の微細構造体検査方法は、以下のように行ってもよい：前記微細構造パターンのSEM写真を撮像する工程において、前記ホワイトバンドの長手方向に沿って、所定の幅に渡る測定領域を定め、測定領域内のホワイトバンド幅の分布を測定する。

【0021】

(6) 本発明の一態様は、以下の構成を提供する：微細構造パターンの側壁角度を検査する微細構造体検査装置であって：測定対象パターンを備えた試料を固定する試料保持機構と；電子ビームの電流値又は光電子増倍管の増幅値が互いに異なる複数のSEM条件の下で前記測定対象パターンのSEM写真を撮像するCD-SEM機構と；前記SEM写真から前記測定対象パターンのエッジ部位のホワイトバンド幅を取得する画像処理機構と；前記測定対象パターンの前記側壁角度を算出する計算機構と；を備え、前記計算機構は、単位度数の側壁角度あたりのホワイトバンド幅の変化量である基準変化量と前記複数のSEM条件間の変化に伴う前記ホワイトバンド幅の変化量を用いて、前記測定対象パターンの側壁角度を算出する、ことを特徴とする微細構造体検査装置。

30

【0024】

(7) 上記の微細構造体検査装置は、以下のように構成されてもよい：前記試料保持機構は、SEM写真撮像時の電子ビームが測定対象パターンに対して入射する相対的角度を変化可能に試料を保持する。

40

【0025】

(8) 上記の微細構造体検査装置は、以下のように構成されてもよい：前記計算機構は、単位度数の側壁角度あたりの、前記複数のSEM条件間の変化に伴うホワイトバンド幅の変化量である基準変化量を算出するSEMシミュレータを更に備える。

【0026】

(9) 本発明の一態様は、以下のプログラムを提供する：微細構造パターンの側壁角度を検査する微細構造体検査プログラムであって：コンピュータに、複数のSEM条件の下で撮像された前記微細構造パターンのSEM写真を取得するルーチンと；前記SEM写真における前記微細構造パターンのエッジ部位のホワイトバンド幅を測定するルーチンと；既知の側壁角度を持つ複数の標準微細構造パターンを、SEM写真の撮像又はSEMシミ

50

ユレータによって取得し、これによって、単位度数の側壁角度あたりのホワイトバンド幅の変化量である基準変化量を算出するルーチンと；前記複数のSEM条件間の変化に伴う前記ホワイトバンド幅の変化量と、前記基準変化量とを用いて、前記微細構造パターンの側壁角度を算出するルーチンと；を実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の効果】

【0027】

本発明の一態様に係る微細構造体検査装置、及び方法は、複数のSEM条件におけるSEM写真を撮影し、このSEM写真のホワイトバンド幅から、微細構造パターンの側壁角度を算出することを特徴とする。

本発明者らは鋭意検討の結果、微細構造パターンの側壁角度は、SEM写真撮影時の電子ビームの電流値と、SEM写真のホワイトバンド幅とに相関があることを見出した。このことから、SEM写真撮影時の電子ビームの電流値と、SEM写真のホワイトバンド幅の値とを取得することにより、微細構造パターンの側壁角度を算出することが出来る。

10

【0028】

また、本発明者らは鋭意検討の結果、微細構造パターンの側壁角度は、SEM写真撮影時の二次電子検出器における光電子増倍管の増幅値と、SEM写真のホワイトバンド幅とに相関があることを見出した。このことから、SEM写真撮影時の前記増幅値と、SEM写真のホワイトバンド幅の値とを取得することにより、微細構造パターンの側壁角度を算出することが出来る。

【図面の簡単な説明】

20

【0029】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る、ホワイトバンド幅の基準変化量を算出するフロー図である。

【図2】図2は、測定対象パターンの側壁角度を測定するフロー図である。

【図3】図3は、実施例1を示すSEM画像とホワイトバンド幅の測定結果である。

【図4】図4は、ホワイトバンド幅の変動量と側壁角度の関係を示すグラフである。

【図5】図5は、第2の実施形態に係る、測定対象パターンの側壁角度の分布を算出する手順を示したフロー図である。

【図6A】図6Aは、実施例2の通常の直線パターンを示すSEM画像と、側壁角度の分布とを示す図である。

30

【図6B】図6Bは、実施例2のラフネスが大きいパターンを示すSEM画像と、側壁角度の分布とを示す図である。

【図7】図7は、第3の実施形態に係る、微細構造体検査方法の実施例を示すSEM画像と該SEM画像のホワイトバンド幅の測定結果である。

【図8】図8は、上記実施例におけるホワイトバンド幅の変動量と側壁角度の関係を示すグラフである。

【図9】図9は、光電子増倍管の増幅値を異なる変化幅で変化させたときの、ホワイトバンド幅の変動量と、側壁角度との関係を示すグラフである。

【図10】図10は、本発明の実施例に係る微細構造体検査装置の概略構成図である。

【符号の説明】

40

【0030】

S1・・・パターンAに移動する

S2・・・SEM条件1でパターンAのエッジのホワイトバンド幅を測定

S3・・・SEM条件2でパターンAのエッジのホワイトバンド幅を測定

S4・・・パターンAのホワイトバンド幅の変化量を測定

S5・・・パターンBに移動する

S6・・・SEM条件1でパターンBのエッジのホワイトバンド幅を測定

S7・・・SEM条件2でパターンBのエッジのホワイトバンド幅を測定

S8・・・パターンBのホワイトバンド幅の変化量を測定

S9・・・パターンA、Bの側壁角度差とホワイトバンド幅変化量の差から基準変化量を

50

測定

- S 1 0 . . . 測定パターンに移動する
- S 1 1 . . . S E M 条件 1 で測定パターンのエッジのホワイトバンド幅を測定
- S 1 2 . . . S E M 条件 2 で測定パターンのエッジのホワイトバンド幅を測定
- S 1 3 . . . 測定パターンのホワイトバンド幅の変化量を測定
- S 1 4 . . . W と基準変化量との比較
- S 1 5 . . . ステージ又は電子ビームを一定角度チルトさせる
- S 1 6 . . . 基準変化量から測定パターンの側壁角度を算出
- S 1 7 . . . チルト分を補正した側壁角度を算出

【 0 0 3 1 】

- S 1 1 5 . . . 測定ポイント数 N を設定
- S 1 1 6 . . . 測定領域幅を設定
- S 1 1 7 . . . 測定ポイント 1 ~ N まで以下を繰返す
- S 1 1 8 . . . S E M 条件 1 でエッジのホワイトバンド幅を測定
- S 1 1 9 . . . S E M 条件 2 でエッジのホワイトバンド幅を設定
- S 1 2 0 . . . ホワイトバンド幅の変化量 W を算出
- S 1 2 1 . . . 基準変化量から測定領域の側壁角度を算出
- S 1 2 2 . . . 全測定ポイントの測定が終了
- S 1 2 3 . . . 側壁角度の分布を算出

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 3 2 】

(第 1 の実施形態)

以下に説明するように、本発明の第 1 の実施形態に係る微細構造体検査装置及び方法は、S E M 写真撮影時の電子ビームの電流値と、S E M 写真のホワイトバンド幅から、微細構造パターンの側壁角度を算出する。

一般的に、C D - S E M で微細構造体パターンを観察すると、微細構造体パターンのエッジ部分から二次電子が多く放出されるため、エッジ部分が明るく見える。本願明細書では、この明るく見えるエッジ部分をホワイトバンドと呼称する。

【 0 0 3 3 】

パターンのエッジ部分のホワイトバンドの幅は、パターンエッジのテーパ傾きが緩やかになるほど太くなるため、パターンの厚さとホワイトバンド幅から側壁角度をある程度、推定することが可能である。しかしながら、側壁角度がある程度急峻になるとホワイトバンド幅が変わらなくなってしまうことが分かっている。

一方、C D - S E M の電子ビームの電流値を変更すると、電流値に比例してパターンのエッジ部分から放出される二次電子の量が増加すると考えられる。我々の調査結果により、パターンエッジの側壁角度によって、電子ビームの電流値に応じてホワイトバンドの幅が変化することが分かっている。本発明はこの現象を利用する。なお、ホワイトバンド幅に加えて、ホワイトバンドの信号強度を解析に用いてもよい。

このため、本発明の微細構造体検査装置及び方法は、測定対象パターンの側壁角度が 90 ° 近傍であっても、好適に側壁角度を検査することが出来る。

【 0 0 3 4 】

本発明者らは鋭意検討の結果、微細構造パターンの側壁角度は、S E M 写真撮影時の電子ビームの電流値と、S E M 写真のホワイトバンド幅とに、相関があることを見出した。このことから、S E M 写真撮影時の電子ビームの電流値と、S E M 写真のホワイトバンド幅の値とを取得することにより、微細構造パターンの側壁角度を算出することが出来る。

この方法では、S E M 写真の撮影結果から微細構造パターンの側壁角度を算出する。従って、測定対象パターンを非破壊で検査することが出来る。

また、S E M 写真の画像処理を用いて側壁角度を算出することから、測定対象パターンの側壁角度の多点測定が容易である。従って、A F M と比してスループットを向上して検査することが出来る。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

以下、具体的に、本発明の微細構造体検査装置について説明を行う。

本発明の微細構造体検査装置は、一例として、図 1 0 に示す構成を持つ。

【 0 0 3 6 】

< 試料保持機構 >

試料保持機構は、測定対象パターンを備えた試料を固定する。試料保持機構は、測定対象パターンが形成された構造体の形状 / 用途に応じて、適宜好適に固定できる形状 / 機能を備えている。

【 0 0 3 7 】

また、試料保持機構は、SEM 写真撮像時の電子ビームが測定対象パターンに対し相対的に任意の角度を持って入射するように試料を保持することが好ましい。

電子ビームと測定対象パターンとが相対的に任意の角度を持つように保持することにより、測定対象パターンの側壁角度が逆テーパである場合であっても、電子ビームを測定対象パターンの側壁に対応する位置に照射することが出来、ホワイトバンドを有する SEM 写真を取得することが出来る。このとき、電子ビームと測定対象パターンとが相対的に任意の角度を持つように保持する機構であれば十分である。実際の装置において傾斜（チルト）を行うのは、試料を固定したステージ、電子ビームのいずれであってもよい。

これにより、測定対象パターンの側壁角度が逆テーパである場合であっても本発明微細構造体検査装置は好適に側壁角度を測定することが出来る。

【 0 0 3 8 】

< CD - SEM 機構 >

CD - SEM 機構は、測定対象パターンの SEM 写真を撮像する。

CD - SEM では電子銃から照射された電子ビームが、コンデンサレンズによって収束され、アパーチャーを通過して、測定対象パターン上に当たる。この際に放出される二次電子がディテクターで捉えられることで電気信号に変換され、二次元画像（SEM 写真）が取得される。

【 0 0 3 9 】

< 画像処理機構 >

画像処理機構は、CD - SEM 機構にて撮像した SEM 写真から測定対象パターンのエッジ部位のホワイトバンド幅を取得する。

ホワイトバンド幅の検出方法は、適宜公知の画像処理技術を用いて行って良い。例えば、ホワイトバンドは周囲よりも明るく見えることから、SEM 写真のコントラストから、ホワイトバンドを検出し、測定してもよい。

【 0 0 4 0 】

< 計算機構 >

計算機構は、SEM 写真撮影時の電子ビームの電流値と、前記ホワイトバンド幅から、測定対象パターンの側壁角度を算出する。

本発明者らは鋭意検討の結果、微細構造パターンの側壁角度は、SEM 写真撮影時の電子ビームの電流値と、SEM 写真のホワイトバンド幅と、に相関があることを見出した。このことから、SEM 写真撮影時の電子ビームの電流値と、SEM 写真のホワイトバンド幅の値を取得することにより、微細構造パターンの側壁角度を算出することが出来る。

【 0 0 4 1 】

また、計算機構は、単位角度あたりの電子ビームの電流値の変化に伴うホワイトバンド幅の変化量である基準変化量を SEM シミュレータにより算出する機能を備える計算機構であることが好ましい。

ここで、SEM シミュレータとは、CD - SEM の電子銃から放出された電子ビームがパターンに照射された際に放出される二次電子の挙動を、モンテカルロ法などで計算することにより、パターンの SEM 画像や二次電子の輝度分布を予測するソフトウェアである。

シミュレーションでは、当然ながら電子ビームの条件（加速電圧、電流値など）を任意

10

20

30

40

50

に変更できる。また、微細構造パターンの材料を任意に設定することができると共に、パターンの三次元形状も任意に設計することが可能である。このため、SEMシミュレータで得られた画像や輝度分布から、ホワイトバンド幅を測定することが出来る。

これにより、「微細構造パターンの側壁角度と、SEM写真撮影時の電子ビームの電流値と、SEM写真のホワイトバンド幅と、の間の相関」を好適に把握することが出来る。

【0042】

以下、具体的に、本発明の微細構造体検査プログラム及び方法について説明を行う。

なお、本発明の微細構造体検査プログラム及び方法は、「微細構造パターンの側壁角度が、SEM写真撮影時の電子ビームの電流値と、SEM写真のホワイトバンド幅と、に相関があること」、を利用する。本願の内容は下記実施の形態に限定されるものではない。

【0043】

<基準変化量を算出するステップ>

まず、側壁角度が既知の微細構造パターンを測定する。そして、電子ビームの電流値の変化に伴うホワイトバンド幅の変化量と既知の側壁角度から単位角度あたりのホワイトバンド幅の変化量である基準変化量を算出する。

【0044】

基準変化量は、「微細構造パターンの側壁角度と、SEM写真撮影時の電子ビームの電流値と、SEM写真のホワイトバンド幅と、の間の相関」を把握するために、複数の側壁角度が既知の微細構造パターンを測定し、統計学的処理を行って決定すればよい。

具体的には、側壁角度が既知の微細構造パターンを用意し、微細構造パターンをCD-SEMで撮影する際の電子ビームの電流値を変更し、SEM写真における微細構造パターンのエッジ部位のホワイトバンド幅を測定し、電子ビームの電流値の変化に伴うホワイトバンド幅の変化量と既知の側壁角度から算出して良い。

【0045】

また、基準変化量はSEMシミュレータを用いて算出しても良い。ここで、SEMシミュレータとは、CD-SEMの電子銃から放出された電子ビームがパターンに照射された際に放出される二次電子の挙動を、モンテカルロ法などで計算することにより、パターンのSEM画像や二次電子の輝度分布を予測するソフトウェアである。

シミュレーションでは、当然ながら電子ビームの条件（加速電圧、電流値など）を任意に変更できる。また、パターンの材料を任意に設定することができると共に、パターンの三次元形状も任意に設計することが可能である。このため、SEMシミュレータで得られた画像や輝度分布から、ホワイトバンド幅を測定することが出来る。

【0046】

以下、一例として、側壁角度が異なるサンプルを2つ用意し、電子ビームの電流値を変えた条件を2種類設定した場合の基準変化量の算出を説明する。

【0047】

まず、側壁角度の測定対象サンプルの材料と同じ材料（レジスト、クロムなど）で側壁角度が異なるパターンを2つ作成する（以下、それぞれ、パターンA、パターンBとする）。パターンA、パターンBの側壁角度は断面SEMやAFM（原子間力顕微鏡）などを利用して予め測定する。なお、パターンA、パターンBの側壁角度の値はなるべく離れている方が望ましい。例えば一方のパターンはほぼ垂直に近く、もう一方のパターンは70°程度のテーパ形状になっているのが良い。

次に、CD-SEMでの測定条件として、電子ビームの電流値を変えた条件を2種類設定する（以下、SEM条件1、SEM条件2とする）。

【0048】

図1は、側壁角度1°あたりのホワイトバンド幅の基準変化量を算出する手順を示すフロー図である。なお、本例における基準変化量の次元は[長さ/角度]である。

まず、CD-SEM機構をパターンAに移動（S1）してSEM条件1でエッジのホワイトバンド幅を測定（S2）する。次に、SEM条件2でエッジのホワイトバンド幅を測定（S3）する。S2とS3の結果からホワイトバンド幅の変化量 W_A を算出（S4）

10

20

30

40

50

する。

次に、CD-SEM機構をパターンBに移動(S5)してSEM条件1でエッジのホワイトバンド幅を測定(S6)する。次に、SEM条件2でエッジのホワイトバンド幅を測定(S7)する。S6とS7の結果からホワイトバンド幅の変化量 W_B を算出(S8)する。

最後にパターンA, Bの側壁角度差と $W_A - W_B$ から下記式を用いて基準変化量を算出(S9)する。

$|W_A - W_B| / |$ 微細構造パターンAの側壁角度 - 微細構造パターンBの側壁角度 $| =$ 基準変化量

【0049】

なお、SEMシミュレータを利用する場合には、基準変化量を算出するためのサンプル製作及びSEM条件1、SEM条件2でのホワイトバンド幅の測定を全てコンピュータ上の計算によって行っても良い。

【0050】

<変化量を取得するステップ>

次に、側壁角度が未知の測定対象パターンを用意し、微細構造パターンをCD-SEMで撮影する際の電子ビームの電流値を変更し(SEM条件1、SEM条件2)、SEM写真における微細構造パターンのエッジ部位のホワイトバンド幅を測定し、電子ビームの電流値の変化に伴うホワイトバンド幅の変化量を取得する。

【0051】

<測定対象パターンの側壁角度を算出するステップ>

次に、側壁角度が未知の測定対象パターンにおける、電子ビームの電流値の変化に伴うホワイトバンド幅の変化量と基準変化量とから測定対象パターンの側壁角度を算出する。

【0052】

測定対象パターンの側壁角度の算出は、基準変化量の算出方法に応じて行えば良い。

【0053】

以上の方法により、CD-SEMを利用して測定対象パターンの側壁角度を測定することが可能となる。

【実施例】

【0054】

以下、一例として、側壁角度が異なるサンプルを2つ用意し、電子ビームの電流値を変えた条件を2種類設定した場合の測定対象パターンの側壁角度の算出を説明する。なお、以下に示す例では、測定対象パターンの側壁角度が逆テーパである場合にも対応する。

【0055】

図2は、測定対象パターンの側壁角度を測定する(測定対象パターンの側壁角度が逆テーパである場合にも対応する)手順を示したフロー図である。

まず、CD-SEM機構を側壁角度が未知の測定パターンに移動(S10)してSEM条件1でエッジのホワイトバンド幅を測定(S11)する。次に、SEM条件2でエッジのホワイトバンド幅を測定(S12)する。そして、S11とS12の結果からホワイトバンド幅の変化量 W を算出(S13)する。次に、この W を基準変化量と比較(S14)する。もし、 W が基準変化量より小さい場合は、測定パターンの側壁が逆テーパ形状になっていると思われる。この場合は、ステージ又はビームを一定角度チルトさせ(S15)、S11に戻る。もし、S14で W が基準変化量と等しいかより大きくなった場合には、基準変化量、パターンA(またはパターンB)の側壁角度、及びホワイトバンド幅の変化量から、測定パターンの側壁角度を算出(S16)する。最後に、ステージ又はビームをチルトさせた場合には、チルト分を補正した角度を算出(S17)する。任意のパターンの側壁角度を算出する式を下記に示す。なお、チルトを行わなかった場合、チルトした角度分の補正量は0°である。

なお、逆テーパ形状を含むパターンを取り扱わない場合には、S15やチルト機構を省略してもよい。

10

20

30

40

50

測定対象パターンの側壁角度 = チルトした角度 + パターン A の側壁角度 + $(W_A - W) / \text{基準変化量}$

W_A : パターン A のホワイトバンド幅の変化量

W : 測定対象パターンのホワイトバンド幅の変化量

【 0 0 5 6 】

< 実施例 1 >

以下、本発明の微細構造体検査装置の使用について具体的な実施例を示す。

【 0 0 5 7 】

< 基準変動量の算出 >

側壁角度 1° あたりの基準変動量を算出するために、フォトマスク上の Space パターンを 2 つ用意した。それぞれのパターンの側壁角度はすでに AFM で測定されており、パターン A の左エッジが 87° 、パターン B の左エッジが 78° であった。

CD - SEM の測定条件は次のように設定した。

SEM 条件 1 : ビーム電流 5 pA

SEM 条件 2 : ビーム電流 10 pA

【 0 0 5 8 】

まず、CD - SEM 機構をパターン A に移動し、SEM 条件 1 にて画像を取得する。そして、ホワイトバンド幅を測定した。ホワイトバンド幅は、 19.9 nm であった。

次に、同じパターン A において、SEM 条件 2 にて画像を取得する。そして、ホワイトバンド幅を測定した。ホワイトバンド幅は、 21.0 nm であった。

よって、ホワイトバンド幅の SEM 条件による変化量は 1.1 nm である。

【 0 0 5 9 】

次に CD - SEM 機構をパターン B に移動し、SEM 条件 1 にて画像を取得しホワイトバンド幅を測定したところ、 25.7 nm であった。

次に、同じパターン B において、SEM 条件 2 にて画像を取得しホワイトバンド幅を測定したところ、 29.7 nm であった。

よって、ホワイトバンド幅の SEM 条件による変化量は 4.0 nm である。

【 0 0 6 0 】

パターン A、パターン B の各 SEM 条件でのパターン画像を図 3 に示す。

また、ホワイトバンドの変化量と側壁角度の関係のグラフを図 4 に示す。

【 0 0 6 1 】

上記パターン A、B を含む、合計 7 つのパターンを、上記の測定方法を用いて測定した結果を、図 4 に示す。図 4 は、AFM によって予め測定した各パターンの側壁角度と、ホワイトバンドの変化量とをプロットしたグラフである。このプロットに基づき、側壁角度と、ホワイトバンドの変化量との相関について、一次の線形近似を求めた。この結果、相関係数 R の二乗値は 0.94 となり、高い相関関係が認められた。

【 0 0 6 2 】

パターン A、B の側壁角度差 ($87^\circ - 78^\circ = 9^\circ$) とホワイトバンド幅の変化量の差 ($4.0 - 1.1 = 2.9 \text{ nm}$) から、側壁角度 1° あたりの基準変化量を $0.32 [\text{nm} / \text{角度}]$ とした。

【 0 0 6 3 】

< 測定対象パターンの側壁角度の算出 >

次に、CD - SEM 機構を、実際の測定対象である、側壁角度が未知のパターンに移動し、SEM 条件 1 及び SEM 条件 2 で画像を取得しホワイトバンド幅を測定した。その結果、SEM 条件 1 では 19.7 nm 、SEM 条件 2 では 21.5 nm となり、変化量は 1.8 nm であった。

【 0 0 6 4 】

次に、下記式から側壁角度を算出した。

測定対象パターンの側壁角度 = パターン B の側壁角度 + $(W_B - W) / \text{基準変化量}$

10

20

30

40

50

W_B : パターンBのホワイトバンド幅の変化量

W : 測定対象パターンのホワイトバンド幅の変化量

よって、測定対象パターンの側壁角度は、 $78^\circ + (4.0 - 1.8) / 0.32 = 84.9^\circ$ となった。

なお、AFMを使ってこのパターンの側壁角度を測定したところ 85° となっており、本発明手法による測定結果とほぼ一致した。

【0065】

<測定対象パターンの側壁角度の算出(側壁角度が逆テーパの場合)>

次に、CD-SEM機構を側壁角度が未知のパターンに移動し、SEM条件1及び2で画像を取得しホワイトバンド幅を測定した。その結果、SEM条件1では 19.2nm 、SEM条件2では 19.3nm であった。ホワイトバンド幅の変化量は 0.1nm しかなく、基準変化量(0.32nm)より小さいことが判明した。従って、この側壁は逆テーパであると思われる。

そこで、パターンが載っているステージを 5° だけチルトさせた。もう一度、各SEM条件でホワイトバンド幅を測定したところ、SEM条件1では 19.4nm 、SEM条件2では 20.3nm であった。今回の変化量は 0.9nm で基準変化量より大きい。

【0066】

次に、下記式から側壁角度を算出した。

測定対象パターンの側壁角度 = チルトした角度分 + パターンBの側壁角度 + $(W_B - W) / \text{基準変化量}$

W_B : パターンBのホワイトバンド幅の変化量

W : 測定対象パターンのホワイトバンド幅の変化量

よって、測定対象パターンの側壁角度は、 $5^\circ + 78^\circ + (4.0 - 0.9) / 0.32 = 92.7^\circ$ となった。

以上より、側壁角度が 90° を越える逆テーパ形状であっても、側壁角度を求めることが出来た。

【0067】

(第2の実施形態)

以下、本発明の測定方法の第2の実施形態を説明する。第1の実施形態と共通の部材、工程については説明を省略し、それらの差異について詳細に説明する。

本実施形態に係る微細構造体検査方法は、側壁角度が未知の測定対象パターンにおける電子ビームの電流値の変化に伴うホワイトバンド幅の変化量と基準変化量から測定対象パターンの側壁角度を算出するステップにあたり、ホワイトバンド上に測定ポイントを設定し、前記測定ポイントからの距離である測定距離幅を設定し、前記測定距離幅内のホワイトバンドを測定領域とする。

測定対象パターンのエッジラフネスが大きい場合、側壁角度は部位によって変動していると想定される。

ホワイトバンド上に測定ポイントを設定し、測定領域を測定ポイントからの距離である測定距離幅内に区切ることにより、測定ポイントごとに定められた測定領域毎に側壁角度を算出することが出来る。このため、側壁角度が測定対象パターンの部位によって変動していても、測定ポイント毎に側壁角度を算出することから、側壁角度の変動の分布を得ることが出来る。

また、このとき、測定ポイントの数、および測定領域幅を制御することにより、測定領域を測定対象パターンの任意の部位に設定することが出来る。

【0068】

以下、一例として、側壁角度が異なるサンプルを2つ用意し、電子ビームの電流値を変えた条件を2種類設定した場合の測定対象パターンの側壁角度の算出にあたり、測定ポイントを設定し測定対象パターンの側壁角度の分布を得る実施の形態について説明する。

【0069】

図3は、測定対象パターンの側壁角度の分布を算出する手順を示したフロー図である。

エッジラフネスが大きいパターンの側壁角度を評価する場合、まず最初に側壁角度を測定するポイント数 N を設定 (S 1 1 5) する。次に、各測定ポイントにおける測定領域の幅を設定 (S 1 1 6) する。このとき測定領域の幅は、両隣の測定ポイントにおける測定領域と重ならないようにする。全ての測定ポイントについて、以下を実施する。SEM 条件 1 でエッジのホワイトバンド幅を測定 (S 1 1 8) した後、SEM 条件 2 でエッジのホワイトバンド幅を測定 (S 1 1 9) し、ホワイトバンド幅の変化量 W を算出 (S 1 2 0) する。基準変化量から測定領域の側壁角度を算出 (S 1 2 1) する。全測定ポイントの測定が終了 (S 1 2 2) 後、それらのデータから側壁角度の分布を算出 (S 1 2 3) する。

【 0 0 7 0 】

< 実施例 2 >

< 側壁角度分布の算出 >

測定ポイントを設定し測定対象パターンの側壁角度の分布を得た。

側壁角度の測定ポイント数は片側のエッジに対して 5 箇所とした。また、各測定ポイントにおける測定領域幅を 50 ピクセルとした。実施例 1 と同様に、SEM 条件 1 及び SEM 条件 2 において各測定領域のエッジのホワイトバンド幅を測定し、ホワイトバンド幅の変化量 = W を算出した。基準変化量から各測定ポイントでの側壁角度を算出し、角度の分布を評価した。

上述した測定を、通常の直線パターンと、ラフネスが大きいパターンと、に対し行った。

【 0 0 7 1 】

図 6 A, B にパターンの側壁角度の分布を示す。通常の直線パターンを図 6 A、ラフネスが大きいパターンを図 6 B に示す。

図 6 A, B より、直線パターンの場合は、側壁角度が $86^{\circ} \sim 90^{\circ}$ で安定していること、および、ラフネスが大きいパターンの場合は場所によって側壁角度が $45^{\circ} \sim 85^{\circ}$ まで変化していることが分かる。

よって、測定ポイントを設定することにより、側壁角度の変動の分布を得ることが出来た。

【 0 0 7 2 】

(第 3 の実施形態)

以下、本発明の測定方法の第 3 の実施形態を説明する。

上記第 1, 2 の実施形態では、SEM 条件 1 及び SEM 条件 2 の 2 種類の SEM 条件を設定した。これら 2 種類の SEM 条件の間の相違点は、電子ビームの電流値である。そして、この 2 種類の条件下でのホワイトバンド幅の変化量を測定し、この結果を元に側壁角度を算出した。

一方、第 3 の実施形態では、SEM 条件 1 及び SEM 条件 2 の間で、電子ビームの電流値を同一とし、これに替わって、二次電子検出器における光電子増倍管の増幅値を相違させる。このような 2 つ (またはそれ以上) の SEM 条件で、それぞれホワイトバンド幅の変化量を測定し、その結果を元に側壁角度を算出する。

【 0 0 7 3 】

次に二次電子検出器における光電子増倍管の増幅値について具体的に説明する。SEM は試料から放出された二次電子を検出器で捕集し、シンチレータで光信号に変換し、その光信号を光電子増倍管を用いて電気信号に変換・増幅することで像を形成している。増幅値とは、光電子増倍管のパラメータであり、SEM 写真画像のコントラストに影響を与える。

【 0 0 7 4 】

一般的に、CD - SEM で微細構造体パターンを観察すると、微細構造体パターンのエッジ部分から二次電子が多く放出されるため、エッジ部分が明るく見える。本願明細書では、この明るく見えるエッジ部分をホワイトバンドと呼称する。

【 0 0 7 5 】

10

20

30

40

50

パターンエッジ部分のホワイトバンドの幅は、パターンエッジのテーパ傾きが緩やかになるほど太くなるため、パターンの厚さとホワイトバンド幅から側壁角度をある程度、推定することが可能である。しかしながら、側壁角度がある程度急峻になるとホワイトバンド幅が変わらなくなってしまうことが分かっている。

一方、CD-SEMの前記増幅値を変更すると、増幅値に比例して電気信号に変換される信号が増加するので、パターンエッジ部分の明るく見える領域がより大きくなると考えられる。これは、対象物から放出される二次電子の分布は微細構造体の表面近傍の極微少な段差が影響しており、光電子増倍管の増幅値を変更することによりSEM写真における二次電子に対する感度に変更され、SEM写真のコントラストの濃淡が異なることから、ホワイトバンドの幅が変化したものと考えられる。

10

我々の調査結果により、パターンエッジの側壁角度によって、増幅値に応じてホワイトバンドの幅が変化することが分かっている。本実施形態はこの現象を利用する。

このため、本発明の微細構造体検査方法は、測定対象パターンの側壁角度が70°以上、より具体的には80°以上の90°近傍の急峻な角度を、好適に検査することが出来る。

【0076】

上記の通り、二次電子検出器における光電子増倍管の増幅値を変動させた2つ（またはそれ以上の）SEM条件の間で、ホワイトバンド幅の変動量を測定することで、側壁角度を検査することができる。このとき、SEM条件間で、光電子増倍管の増幅値を異なる幅で変化させると、これに伴うホワイトバンド幅の変動量は、異なった結果になる。図10はこの現象を示す。

20

図10に示す4系統の実験では、それぞれ2点のSEM条件の間でホワイトバンド幅の変動量を測定した。第1系統の実験では、2点のSEM条件の光電子増倍管の増幅値変動を42-40とした(C42-40)。同様に、第2~4系統の実験では、増幅値変動をそれぞれ46-40(C46-40)、50-40(C50-40)、54-40(C54-40)とした。従って、第1~4系統の実験での光電子増倍管増幅値の変化幅は、それぞれ、2、6、10、14となる。この条件で、複数種類のパターンを用いて、ホワイトバンド幅の変動量測定を行った。この結果、第1、第2系統の実験では、側壁角度が約75°~88°のパターンを検査しても、ホワイトバンド幅に顕著な変動が見られなかった。これに対して、第3系統の実験では、有意なホワイトバンド幅の変動が観察された。また、第4系統の実験では、さらに、顕著なホワイトバンド幅の変動が観察された。従って、光電子増倍管の増幅値を変動させて検査を行うことが望ましい。

30

【0077】

本発明者らは鋭意検討の結果、微細構造パターンの側壁角度は、SEM写真撮影時の前記増幅値と、SEM写真のホワイトバンド幅とに、相関があることを見出した。このことから、SEM写真撮影時の増幅値と、SEM写真のホワイトバンド幅の値を取得することにより、微細構造パターンの側壁角度を算出することが出来る。

このとき、SEM写真の撮影から微細構造パターンの側壁角度を算出することから、測定対象パターンを非破壊で検査することが出来る。

また、SEM写真の画像処理を用いて側壁角度を算出することから、測定対象パターンの側壁角度の多点測定が容易であり、AFMと比してスループットを向上して検査することが出来る。

40

【0078】

本実施形態の微細構造体検査方法は、SEM条件1及びSEM条件2が異なる以外は、上記第1の実施形態に係る微細構造体検査方法と同様の工程で行われる。

なお、本実施形態の微細構造体検査方法は、「微細構造パターンの側壁角度は、SEM写真撮影時の増幅値と、SEM写真のホワイトバンド幅と、相関があること」、を利用する。従って、その検査方法は上記の実施の形態に限定されるものではない。

上記の本実施形態では、光電子増倍管を変化させて、複数のSEM写真撮影を行った。しかし、増幅値以外の別の測定パラメータを変化させて複数のSEM写真撮影を行っても

50

よい。測定パラメータの変化に応じて、その結果計測されたホワイトバンドの幅の変化が観察できれば、この相関した変化を側壁角度の算出に利用できる。

<実施例3>

【0079】

以下、本実施形態の側壁角度測定方法について具体的な実施例を示す。

【0080】

基準変動量の算出

側壁角度1°あたりの基準変動量を算出するために、フォトマスク上のSpaceパターンを2つ用意した。それぞれのパターンの側壁角度はすでにAFMで測定されており、パターンAの左エッジが87°、パターンBの左エッジが78°であった。

10

CD-SEMの測定条件は、2条件設定し、それぞれSEM条件1、SEM条件2とした。増幅値はSEM条件1に比して、SEM条件2の方が大きい値とした。

なお、本実施例ではSEM装置（ヴィステックセミコンダクタシステムズ社製、商品番号：LWM9000SEM）を用いた。また、SEM条件1における光電子増倍管の増幅値の設定は上記装置において40であり、SEM条件2における光電子増倍管の増幅値の設定は60とした。

【0081】

まず、パターンAに移動し、SEM条件1にて画像を取得しホワイトバンド幅を測定したところ、18.1nmであった。

次に、同じパターンAにおいて、SEM条件2にて画像を取得しホワイトバンド幅を測定したところ、18.7nmであった。

20

よって、ホワイトバンド幅のSEM条件による変化量は0.6nmである。

【0082】

次にパターンBに移動し、SEM条件1にて画像を取得しホワイトバンド幅を測定したところ、25.7nmであった。

次に、同じパターンにおいて、SEM条件2にて画像を取得しホワイトバンド幅を測定したところ、28.9nmであった。

よって、ホワイトバンド幅のSEM条件による変化量は3.2nmである。

【0083】

パターンA、パターンBの各SEM条件でのパターン画像を図7に示す。

30

また、ホワイトバンドの変化量と側壁角度の関係のグラフを図8に示す。

【0084】

パターンA、Bの側壁角度差（87° - 78° = 9°）とホワイトバンド幅の変化量の差（3.2 - 0.6 = 2.6nm）から、側壁角度1°あたりの基準変化量を0.29[nm/角度]とした。

【0085】

測定対象パターンの側壁角度の算出

次に、実際の測定対象である、側壁角度が未知のパターンに移動し、SEM条件1及びSEM条件2で画像を取得し、ホワイトバンド幅を測定した。その結果、SEM条件1では20.6nm、SEM条件2では22.9nmとなり、変化量は2.3nmであった。

40

【0086】

次に、下記式から側壁角度を算出した。

測定対象パターンの側壁角度 = パターンBの側壁角度 + (WB - W) / 基準変化量

WB：パターンBのホワイトバンド幅の変化量

W：測定対象パターンのホワイトバンド幅の変化量

よって、測定対象パターンの側壁角度は、78° + (3.2 - 2.3) / 0.29 = 81.1°となった。

なお、AFMを使ってこのパターンの側壁角度を測定したところ81.2°となっており、本実施形態の手法による測定結果とほぼ一致した。

【0087】

50

なお、本発明の各実施形態に係る微細構造体検査の機能を実現するためのコンピュータプログラムを作成してもよい。このようなプログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録されてもよい。上記プログラムをコンピュータシステムで実行することにより、微細構造体検査の機能を実行してもよい。

なお、上記コンピュータシステムは、オペレーションシステムや、実行に必要なハードウェアを含む。また、上記記録媒体は、磁気ディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、CD-ROM等を含む。

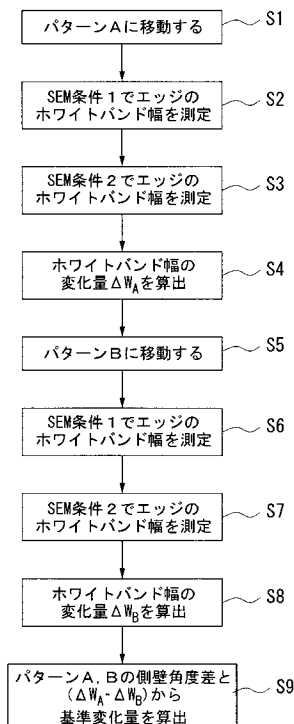
【産業上の利用可能性】

【0088】

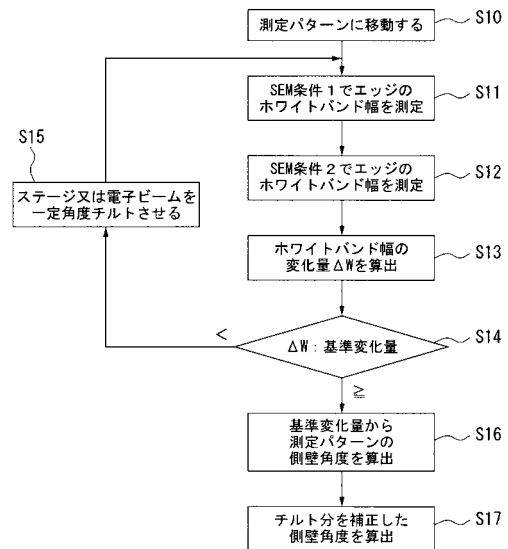
本発明の一態様に係る微細構造体検査装置、及び方法は、複数のSEM条件におけるSEM写真を撮影し、このSEM写真のホワイトバンド幅から、微細構造パターンの側壁角度を算出することを特徴とする。これによって、様々な形状の微細構造体において、パターンのエッジ部分の側壁角度を、精度よく、非破壊的に、高いスループットで測定できる。

10

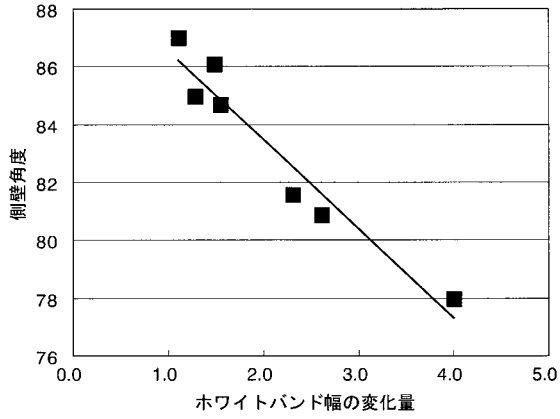
【図1】



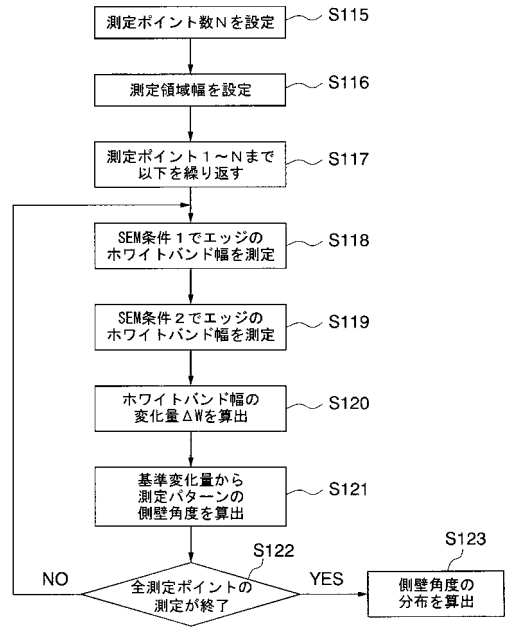
【図2】



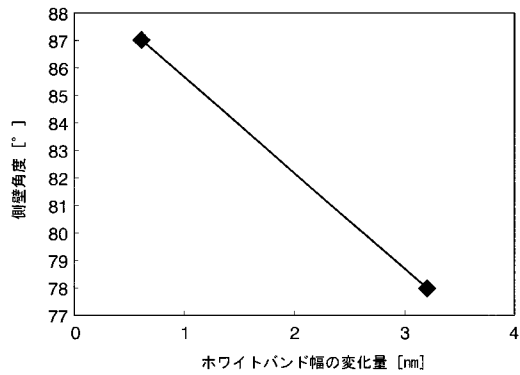
【図4】



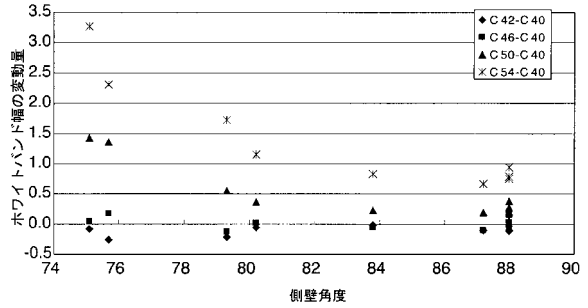
【図5】



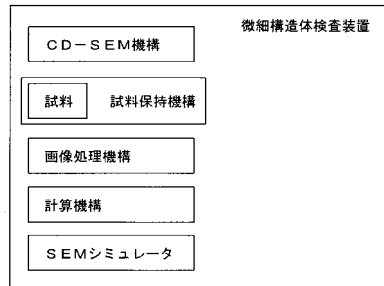
【図8】



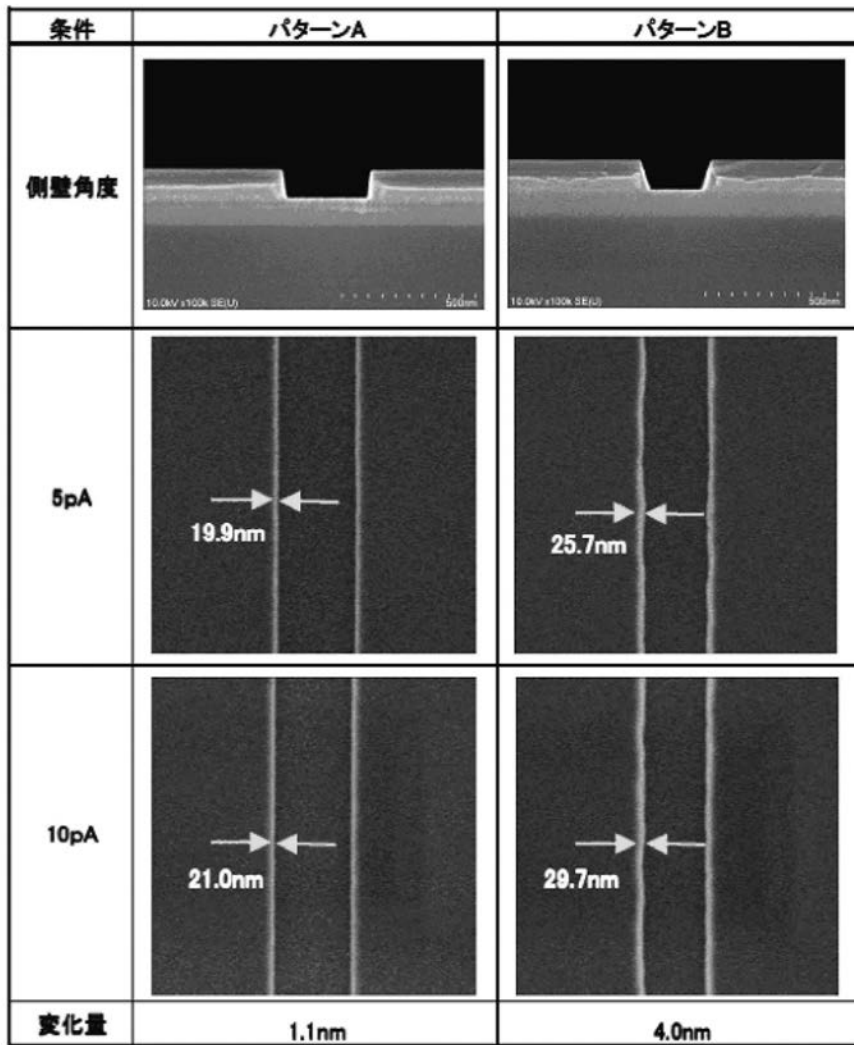
【図9】



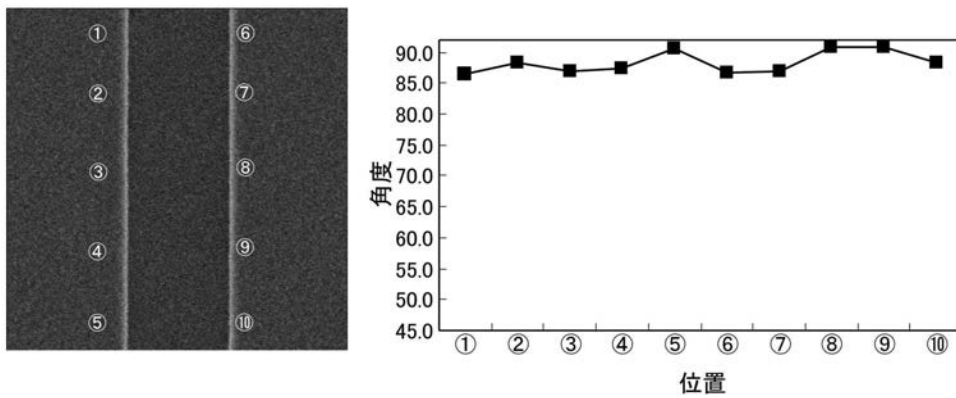
【図10】



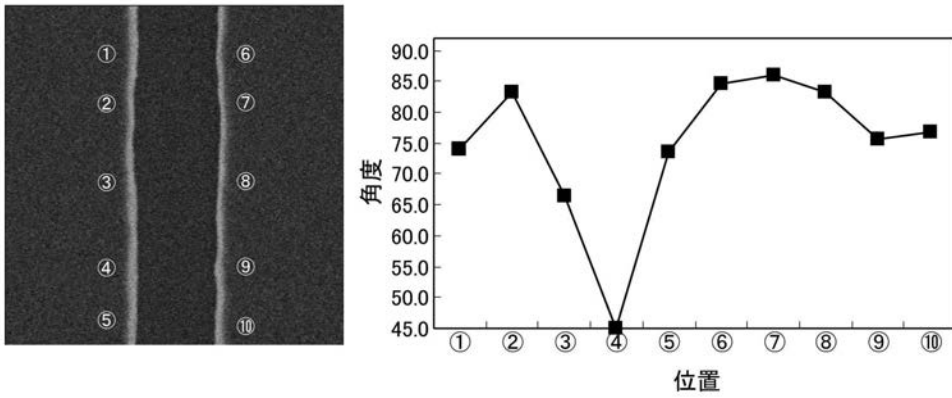
【 図 3 】



【 図 6 A 】



【図6B】



【図7】

条件	パターンA	パターンB
側壁角度		
SEM条件1		
SEM条件2		
変化量	0.6nm	3.2nm

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願2009-5495(P2009-5495)

(32)優先日 平成21年1月14日(2009.1.14)

(33)優先権主張国 日本国(JP)

(72)発明者 波木井 秀充

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

審査官 大和田 有軌

(56)参考文献 特開2010-087075(JP,A)

特開2005-077192(JP,A)

特開2003-302214(JP,A)

米国特許第06472662(US,B1)

特開2000-146558(JP,A)

特開平02-091504(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 15/00 - 15/08

G01N 23/00 - 23/227

H01J 37/00 - 37/295

H01L 21/66