

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-291859

(P2005-291859A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int. Cl.⁷
G 0 1 B 11/02F I
G O 1 B 11/02テーマコード (参考)
2 F O 6 5

審査請求 未請求 請求項の数 42 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2004-105903 (P2004-105903)
(22) 出願日 平成16年3月31日 (2004. 3. 31)(71) 出願人 302000346
N E C 化合物デバイス株式会社
神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3
(74) 代理人 100080816
弁理士 加藤 朝道
(72) 発明者 室谷 義治
神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 N
E C 化合物デバイス株式会社内
F ターム (参考) 2F065 AA21 BB02 BB18 CC21 FF02
FF41 GG02 HH13 HH15 LL67
QQ13 QQ17 QQ18 QQ23 QQ29
QQ41

(54) 【発明の名称】 微細構造測定方法、微細構造測定装置、および、微細構造解析システム

(57) 【要約】

【課題】

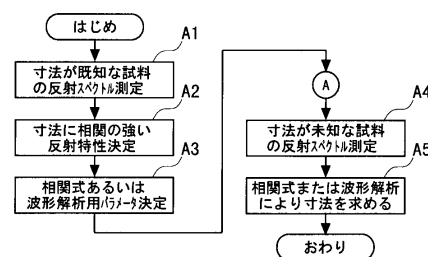
半導体基板の表面等に形成された微細構造体の形状を、非破壊で容易かつ高精度で定量的に評価することができる微細構造測定方法および装置の提供。

【解決手段】

測定する微細形状の寸法が既知である試料の反射スペクトルを測定し (A 1)、次に、測定した微細形状の寸法と相関関係の強い、反射スペクトルの特徴 (波形パラメータ) を決定し (A 2)、微細形状の寸法と波形パラメータとの関係を求め (A 3)、この関係を用いて、寸法が未知な微細構造についての反射スペクトルから、微細構造の寸法を決定する (A 4、A 5)。

【選択図】

図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

微細構造体の表面に測定光を入射したときの、前記微細構造体からの反射光強度の波長依存性、あるいは、前記微細構造体を通じた透過光強度の波長依存性に基づいて、形状を測定する微細構造測定方法であって、

測定する微細形状の寸法が既知である、少なくとも一つの試料に対する反射光強度あるいは透過光強度の波長依存性を測定する工程と、

前記測定する微細形状の寸法と、所定の相関関係を有する、前記反射光強度あるいは透過光強度の波長依存性の特徴（「波形パラメータ」という）を決定する工程と、

前記測定する微細形状の寸法と前記波形パラメータとの関係を求める工程と、

10

前記測定する微細形状の寸法と前記波形パラメータとの関係を用いて、微細構造の表面に測定光を入射したときの、反射光強度あるいは透過光強度の波長依存性から、前記微細構造の寸法を求める工程と、

を含む、ことを特徴とする微細構造測定方法。

【請求項 2】

前記微細構造体の測定表面に平行な面以外での反射、あるいは、該反射による干渉を考慮して、微細構造体の形状を算出する計算工程を含む、ことを特徴とする請求項 1 記載の微細構造測定方法。

【請求項 3】

試料表面に対して垂直に測定光を入射したときの、前記測定光に対して垂直な面以外での反射、あるいは、該反射による干渉を考慮して微細構造の形状を算出する計算工程を含む、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の微細構造測定方法。

20

【請求項 4】

少なくとも一つの未知の材料物性、あるいは、形状に依存する少なくとも一つの未知の反射特性に対応するため、前記寸法が既知の少なくとも一つの試料を測定する工程と、

前記未知の材料物性、あるいは、形状に依存する反射特性を算出する計算工程と、

を含む、ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の微細構造測定方法。

【請求項 5】

測定光を周期構造体に対して入射し、前記周期構造体からの反射光強度の波長依存性である反射スペクトルを測定する工程と、

30

前記周期構造体の高さ、デューティ比、および、周期を仮定して反射スペクトルの計算値を算出し、前記反射スペクトル測定値と前記反射スペクトル計算値との偏差の 2 乗和を算出する工程と、

該算出した偏差の 2 乗和が最小値になるように、前記周期構造体の高さ、デューティ比、および、周期を変化させる工程と、

前記偏差の 2 乗和が最小値になったときの前記周期構造体の高さ、デューティ比、および、周期を前記周期構造体の形状とする工程と、

を含む、ことを特徴とする微細構造測定方法。

【請求項 6】

測定を要する箇所の寸法が既知である複数の微細構造体について、反射光強度の波長依存性を測定する工程と、

40

前記微細構造体の前記測定を要する箇所の寸法と、少なくとも一つの前記波形パラメータとの相関関係を、所定の統計解析により求める工程と、

を含むことを特徴とする請求項 1 記載の微細構造測定方法。

【請求項 7】

測定を要する箇所の寸法に依存するデバイスの物理特性が既知である複数の微細構造体について、反射光強度の波長依存性を測定する工程と、

前記微細構造体の前記測定を要する箇所の寸法に依存するデバイスの特性と、前記反射光強度の波長依存性から一意的に決定される、少なくとも一つの前記波形パラメータと、の相関関係を統計解析により求める工程と、

50

を含む、ことを特徴とする請求項 1 記載の微細構造測定方法。

【請求項 8】

反射光強度の波長依存性から一意的に決定される、少なくとも一つの前記波形パラメータを、請求項 2 乃至 4 のいずれかーに記載の前記計算工程を用いて決定する工程を含む、ことを特徴とする微細構造測定方法。

【請求項 9】

測定を要する箇所の寸法、あるいは、寸法に依存するデバイスの物理特性と、前記波形パラメータとの相関式を、前記波形パラメータのそれぞれに係数をかけ合わせたものの和とする工程と、

相関式から求まる、寸法あるいは物理特性と、実測された、寸法あるいは物理特性と、の偏差の 2 乗和を算出し、該算出した偏差の 2 乗和が最小値になるように、前記波形パラメータの係数を決定する工程と、

を含む、ことを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれかーに記載の微細構造測定方法。

【請求項 10】

試料の表面に測定光を入射し、前記試料からの反射光に基づいて、前記測定光の波長よりも短い寸法を有する、周期構造あるいは周期構造に準じる構造を持たない微細構造（「孤立微細構造」という）を測定する微細構造測定方法であって、

前記試料上に前記孤立微細構造と周期構造とを作製する工程と、

前記孤立微細構造と前記周期構造との形状の関係を予め求めておく工程と、

前記周期構造を光学的に測定することにより孤立微細構造の寸法を測定する工程と、

を有する、ことを特徴とする微細構造測定方法。

【請求項 11】

微細構造体の表面に測定光を入射したときの、前記微細構造体からの反射光強度の波長依存性、あるいは、前記微細構造体を通じた透過光強度の波長依存性に基づいて、形状を測定する微細構造測定装置であって、

測定する微細形状の寸法が既知である、少なくとも一つの試料に対する反射光強度あるいは透過光強度の波長依存性を測定する手段と、

前記測定する微細形状の寸法と所定の相関関係を有する、前記反射光強度あるいは透過光強度の波長依存性の特徴（「波形パラメータ」という）を決定する手段と、

前記測定する微細形状の寸法と前記波形パラメータとの関係を求める手段と、

前記測定する微細形状の寸法と前記波形パラメータとの関係を用いて、微細構造の表面に測定光を入射したときの、反射光強度あるいは透過光強度の波長依存性から、前記微細構造の寸法を求める手段と、

を含む、ことを特徴とする微細構造測定装置。

【請求項 12】

前記微細構造体の測定表面に平行な面以外での反射、あるいは、該反射による干渉を考慮して、微細構造体の形状を算出する計算手段と、

を含む、ことを特徴とする請求項 11 記載の微細構造測定装置。

【請求項 13】

試料表面に対して垂直に測定光を入射したときの、前記測定光に対して垂直な面以外での反射、あるいは、該反射による干渉を考慮して微細構造の形状を算出する計算手段を含む、ことを特徴とする請求項 11 又は 12 記載の微細構造測定装置。

【請求項 14】

少なくとも一つの未知の材料物性、あるいは、形状に依存する少なくとも一つの未知の反射特性に対応するため、前記寸法が既知の少なくとも一つの試料を測定する手段と、

前記未知の材料物性、あるいは、形状に依存する反射特性を算出する計算手段と、

を含む、ことを特徴とする請求項 11 乃至 13 のいずれかーに記載の微細構造測定装置。

【請求項 15】

微細構造体の表面に測定光を入射し、前記微細構造体からの反射光に基づいて形状を測

10

20

30

40

50

定する微細構造測定装置であって、

測定光を周期構造体に対して入射し、前記周期構造体からの反射光強度の波長依存性である反射スペクトルを測定する手段と、

前記周期構造体の高さ、デューティ比、および、周期を仮定して反射スペクトルの計算値を算出し、前記反射スペクトル測定値と前記反射スペクトル計算値との偏差の2乗和を算出する手段と、

該算出した偏差の2乗和が最小値になるように、前記周期構造体の高さ、デューティ比、および、周期を変化させる手段と、

前記偏差の2乗和が最小値になったときの前記周期構造体の高さ、デューティ比、および、周期を前記周期構造体の形状とする手段と、

を含む、ことを特徴とする微細構造測定装置。

10

【請求項16】

測定を要する箇所の寸法が既知である複数の微細構造体について、反射光強度の波長依存性を測定する手段と、

前記微細構造体の前記測定を要する箇所の寸法と、少なくとも一つの前記波形パラメータとの相関関係を所定の統計解析により求める手段と、

を含むことを特徴とする請求項11記載の微細構造測定装置。

【請求項17】

測定を要する箇所の寸法に依存するデバイスの物理特性が既知である複数の微細構造体について、反射光強度の波長依存性を測定する手段と、

前記微細構造体の前記測定を要する箇所の寸法に依存するデバイスの特性と、少なくとも一つの前記波形パラメータとの相関関係を統計解析により求める手段と、

を含む、ことを特徴とする請求項11記載の微細構造測定装置。

20

【請求項18】

反射光強度の波長依存性から一意的に決定される、少なくとも一つの前記波形パラメータを、前記計算手段により決定する、ことを特徴とする請求項12乃至14のいずれかーに記載の微細構造測定装置。

【請求項19】

測定を要する箇所の寸法、あるいは、寸法に依存するデバイスの物理特性と、前記波形パラメータとの相関式を、前記波形パラメータのそれぞれに係数をかけ合わせたものの和とする手段と、

前記相関式から求まる、寸法あるいは物理特性と、実測された、寸法あるいは物理特性との偏差の2乗和を算出し、該算出した偏差の2乗和が最小値になるように、前記波形パラメータの係数を決定する手段と、

を含む、ことを特徴とする請求項16乃至18のいずれかーに記載の微細構造測定装置。

30

【請求項20】

試料の表面に測定光を入射し、前記試料からの反射光に基づいて、前記測定光の波長よりも短い寸法を有する周期構造あるいは周期構造に準じる構造を持たない微細構造（「孤立微細構造」という）を測定する微細構造測定装置であって、

前記試料上に、前記孤立微細構造と周期構造とを作製する手段と、

前記孤立微細構造と前記周期構造との形状の関係を予め求めておく手段と、

前記周期構造を光学的に測定することにより孤立微細構造の寸法を測定する手段と、

を有する、ことを特徴とする微細構造測定装置。

40

【請求項21】

微細構造体の表面に測定光を入射したときの、前記微細構造体からの反射光強度の波長依存性、あるいは、前記微細構造体を通じた透過光強度の波長依存性に基づいて、形状を測定する微細構造測定装置を構成するコンピュータに、

測定する微細形状の寸法が既知である、少なくとも一つの試料に対する反射光強度あるいは透過光強度の波長依存性を測定する処理と、

50

前記測定する微細形状の寸法と所定の相関関係を有する、前記反射光強度あるいは透過光強度の波長依存性の特徴（「波形パラメータ」という）を決定する処理と、

前記測定する微細形状の寸法と前記波形パラメータとの関係を求める処理と、

前記測定する微細形状の寸法と前記波形パラメータとの関係を用いて、微細構造の表面に測定光を入射したときの、反射光強度あるいは透過光強度の波長依存性から、前記微細構造の寸法を求める処理と、

を実行させるプログラム。

【請求項 2 2】

請求項 2 1 記載のプログラムにおいて、

前記微細構造体の測定表面に平行な面以外での反射、あるいは、該反射による干渉を考慮して、微細構造体の形状を算出する計算処理を、前記コンピュータに実行させるプログラム。 10

【請求項 2 3】

請求項 2 1 又は 2 2 記載のプログラムにおいて、

試料表面に対して垂直に測定光を入射したときの、前記測定光に対して垂直な面以外での反射、あるいは、該反射による干渉を考慮して微細構造の形状を算出する計算処理を、前記コンピュータに実行させるプログラム。

【請求項 2 4】

請求項 2 1 乃至 2 3 のいずれかに記載のプログラムにおいて、

少なくとも一つの未知の材料物性、あるいは、形状に依存する少なくとも一つの未知の反射特性に対応するため、前記寸法が既知の少なくとも一つの試料を測定する処理と、 20

前記未知の材料物性、あるいは、形状に依存する反射特性を算出する計算処理と、

を前記コンピュータに実行させるプログラム。

【請求項 2 5】

微細構造体の表面に測定光を入射し、前記微細構造体からの反射光に基づいて形状を測定する微細構造測定装置を構成するコンピュータに、

測定光を周期構造体に対して入射し、前記周期構造体からの反射光強度の波長依存性である反射スペクトルを測定する処理と、

前記周期構造体の高さ、デューティ比、および、周期を仮定して反射スペクトルの計算値を算出し、前記反射スペクトル測定値と前記反射スペクトル計算値との偏差の 2 乗和を算出する処理と、 30

該算出した偏差の 2 乗和が最小値になるように、前記周期構造体の高さ、デューティ比、および、周期を変化させる処理と、

前記偏差の 2 乗和が最小値になったときの前記周期構造体の高さ、デューティ比、および、周期を前記周期構造体の形状とする処理と、

を実行させるプログラム。

【請求項 2 6】

請求項 2 1 に記載のプログラムにおいて、

測定を要する箇所の寸法が既知である複数の微細構造体について、反射光強度の波長依存性を測定する処理と、 40

前記微細構造体の前記測定を要する箇所の寸法と、前記反射光強度の波長依存性から一意的に決定される、少なくとも一つの前記波形パラメータとの相関関係を統計解析により求める処理と、

を前記コンピュータに実行させるプログラム。

【請求項 2 7】

請求項 2 1 に記載のプログラムにおいて、

測定を要する箇所の寸法に依存するデバイスの物理特性が既知である複数の微細構造体について、反射光強度の波長依存性を測定する処理と、

前記微細構造体の前記測定を要する箇所の寸法に依存するデバイスの特性と、前記反射光強度の波長依存性から一意的に決定される、少なくとも一つの前記波形パラメータとの 50

相関関係を統計解析により求める処理と、
を前記コンピュータに実行させるプログラム。

【請求項 28】

請求項 22 乃至 24 のいずれかに記載のプログラムにおいて、
反射光強度の波長依存性から一意的に決定される、少なくとも一つの前記波形パラメータを、前記計算処理により決定する処理を、前記コンピュータに実行させるプログラム。

【請求項 29】

請求項 26 乃至 28 のいずれかに記載のプログラムにおいて、
測定を要する箇所の寸法、あるいは、寸法に依存するデバイスの物理特性と、前記波形パラメータとの相関式を、波形パラメータのそれぞれに係数をかけ合わせたものの和とする処理と、

前記相関式から求まる、寸法あるいは物理特性と、実測された、寸法あるいは物理特性との偏差の 2 乗和を算出し、該算出した偏差の 2 乗和が最小値になるように前記波形パラメータの係数を決定する処理と、

を前記コンピュータに実行させるプログラム。

【請求項 30】

試料の表面に測定光を入射し、前記試料からの反射光に基づいて、前記測定光の波長よりも短い寸法を有する、周期構造あるいは周期構造に準じる構造を持たない微細構造（「孤立微細構造」という）を測定する微細構造測定装置を構成するコンピュータに、

前記試料上に作成された前記孤立微細構造と周期構造の形状の関係を予め求めておく処理と、

前記周期構造を光学的に測定することにより前記孤立微細構造の寸法を測定する処理と

、

を前記コンピュータに実行させるプログラム。

【請求項 31】

反射スペクトル解析センターに設置される第 1 の端末と、

反射スペクトル測定装置を備えた生産工場に設置される第 2 の端末と、

を備え、

前記第 1、第 2 の端末が相互に通信接続され、

前記第 1 の端末は、生産工場から解析を依頼する試料の情報として、複数の試料についての反射スペクトル情報と、前記複数の試料それぞれについての測定を要する箇所の寸法情報と、を含む注文情報を受信して、記憶手段に記憶する手段と、

測定を要する箇所の寸法と、反射スペクトルの波形パラメータと、の相関式を求める解析手段と、

解析結果を前記第 2 の端末に送信する手段と、

を備えている、ことを特徴とする微細構造解析システム。

【請求項 32】

前記相関式を求める手段として、請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の微細構造測定方法を用いる、ことを特徴とする請求項 31 記載の微細構造解析システム。

【請求項 33】

(A1) 形状の寸法が既知な試料に測定光を入射し反射スペクトルを測定する工程と、

(A2) 前記反射スペクトルから、前記形状の寸法と所定の相関関係を有する前記反射スペクトルの特徴を決定する工程と、

(A3) 前記形状の寸法と前記反射スペクトルの特徴との関係を求める工程と、

(A4) 形状の寸法が未知な試料に測定光を入射し反射スペクトルを測定する工程と、

(A5) 前記(A3)の工程で求めた、前記形状の寸法と前記反射スペクトルの特徴との前記関係を用いて、前記(A4)の工程で測定された前記反射スペクトルから、前記形状の寸法が未知な試料の寸法を求める工程と、

を含む、ことを特徴とする測定方法。

【請求項 34】

10

20

30

40

50

- (B 1) 試料に測定光を入射し反射スペクトルを測定する工程と、
(B 2) 前記試料の形状の寸法パラメータの設定値を初期化する工程と、
(B 3) 前記設定値に基づき、反射スペクトルを算出する工程と、
(B 4) 前記 (B 3) の工程で求められた前記反射スペクトルの計算値と、前記 (B 1) の工程で測定された前記反射スペクトルの実測値との偏差の 2 乗和を求める工程と、
(B 5) 前記偏差の 2 乗和が所定の許容範囲内であるか否か判定する工程と、
(B 6) 前記工程 (B 5) の判定の結果、前記偏差の 2 乗和が前記所定の許容範囲内には、前記試料の形状の寸法パラメータの設定値を可変させて、前記 (B 3) の工程に移行する工程と、
(B 7) 前記工程 (B 5) の判定の結果、前記偏差の 2 乗和が前記所定の許容範囲内の場合には、前記工程 (B 3) で前記反射スペクトルの算出に用いた前記試料の寸法パラメータを出力する工程と、
を含む、ことを特徴とする測定方法。
- 【請求項 3 5】
前記試料の形状の寸法パラメータが、前記試料の周期構造体の高さ、デューティ比、及び周期を含む、ことを特徴とする請求項 3 4 記載の測定方法。
- 【請求項 3 6】
請求項 3 4 記載の測定方法において、測定試料の散乱光の割合を求めるにあたり、前記工程 (B 1) の前に、
(C 1) 試料に測定光を照射し反射スペクトルを測定する工程と、
(C 2) 前記試料の寸法を顕微鏡観察で測定する工程と、
(C 3) 散乱光の割合の設定値を初期化する工程と、
(C 4) 設定された前記散乱光の割合と、前記顕微鏡観察により求めた試料の寸法とに基づいて、反射スペクトルを算出する工程と、
(C 5) 前記 (C 4) の工程で算出された反射スペクトルの計算値と、前記 (C 1) の工程で測定した反射スペクトルの実測値との偏差の 2 乗和を計算する工程と、
(C 6) 前記偏差の 2 乗和が所定の許容範囲内であるか否か判定する工程と、
(C 7) 前記工程 (C 6) の前記判定の結果、前記偏差の 2 乗和が前記所定の許容範囲内には、前記散乱光の割合の設定値を可変させて、前記工程 (C 4) に移行する工程と、
(C 8) 前記工程 (C 6) の前記判定の結果、前記偏差の 2 乗和が前記所定の許容範囲内の場合には、前記工程 (C 4) で反射スペクトルの計算値を算出するために設定した前記散乱光の割合を、測定する試料についての固定値とする工程と、
を含む、ことを特徴とする測定方法。
- 【請求項 3 7】
(D 1) 試料に測定光を照射し反射スペクトルを測定する工程と、
(D 2) 前記試料の寸法を、顕微鏡観察又はデバイス特性評価により取得する工程と、
(D 3) 相関式に用いられる反射スペクトルの波形パラメータの設定値を初期化する工程と、
(D 4) 設定された前記波形パラメータと、前記工程 (D 2) で取得された制御が必要な寸法から相関式を算出する工程と、
(D 5) 前記 (D 4) の工程で算出された相関式より得られる寸法と、前記 (D 2) の工程で得られた測定寸法との偏差の 2 乗和を計算する工程と、
(D 6) 前記偏差の 2 乗和が所定の許容範囲内であるか否か判定する工程と、
(D 7) 前記工程 (D 6) の前記判定の結果、前記偏差の 2 乗和が前記所定の許容範囲内には、前記相関式に用いる波形パラメータの設定値を可変させて、前記工程 (D 4) に移行する工程と、
(D 8) 前記工程 (D 6) の前記判定の結果、前記偏差の 2 乗和が前記所定の許容範囲内の場合には、前記工程 (D 4) で前記相関式の算出に用いた前記波形パラメータを、寸法と波形パラメータの相関式に用いる波形パラメータとして設定する工程と、

(D9) 試料に測定光を入射し反射スペクトルを測定する工程と、

(D10) 前記(D8)の工程で求めた、前記寸法と波形パラメータの相関式を用いて、前記(D9)の工程で測定された前記反射スペクトルから、前記(D9)の工程で用いた試料の寸法を求める工程と、

を含む、ことを特徴とする測定方法。

【請求項38】

形状の寸法が既知な試料に測定光を入射し反射スペクトルを測定する第1の手段と、

前記反射スペクトルから、前記形状の寸法と所定の相関関係を有する前記反射スペクトルの特徴を決定する第2の手段と、

前記形状の寸法と前記反射スペクトルの特徴との関係を求める第3の手段と、

10

形状の寸法が未知な試料に測定光を入射し反射スペクトルを測定する第4の手段と、

前記第3の手段で求めた、前記形状の寸法と前記反射スペクトルの特徴との前記関係を用いて、前記第4の手段で測定された前記反射スペクトルから、前記形状の寸法が未知な試料の寸法を求める第5の手段と、

を含む、ことを特徴とする測定装置。

【請求項39】

試料に測定光を入射し反射スペクトルを測定する第1の手段と、

前記試料の形状の寸法パラメータの設定値を初期化する第2の手段と、

前記設定値に基づき、反射スペクトルを算出する第3の手段と、

前記反射スペクトルの計算値と、前記反射スペクトルの実測値との偏差の2乗和を求め
る第4の手段と、

20

前記偏差の2乗和が所定の許容範囲内であるか否か判定する第5の手段と、

前記第5の手段による判定の結果、前記偏差の2乗和が前記所定の許容範囲内にはない場合には、前記試料の形状の寸法パラメータの設定値を可変させて、前記第3の手段により反射スペクトルを算出し、前記第4の手段、前記第5の手段を実行するように制御する第6の手段と、

前記第5の手段による判定の結果、前記偏差の2乗和が前記所定の許容範囲内の場合には、前記反射スペクトルの算出に用いた前記試料の寸法パラメータを出力する第7手段と

、

を含む、ことを特徴とする測定装置。

30

【請求項40】

前記試料の形状の寸法パラメータが、前記試料の周期構造体の高さ、デューティ比、及び周期を含む、ことを特徴とする請求項39記載の測定装置。

【請求項41】

請求項39記載の測定装置において、測定試料の散乱光の割合を求める手段として、

試料に測定光を照射し反射スペクトルを測定する手段と、

前記試料の寸法を顕微鏡観察で測定する手段と、

散乱光の割合の設定値を初期化する手段と、

設定された前記散乱光の割合と、前記顕微鏡観察により求めた試料の寸法とに基づいて、
反射スペクトルを算出する手段と、

40

前記反射スペクトルの計算値と、前記反射スペクトルの実測値との偏差の2乗和を計算する計算手段と、

前記偏差の2乗和が所定の許容範囲内であるか否か判定する判定手段と、

前記判定手段による判定の結果、前記偏差の2乗和が前記所定の許容範囲内にはない場合には、前記散乱光の割合の設定値を可変させて、前記反射スペクトルを算出する手段で反射スペクトルを算出し、前記計算手段、前記判定手段を実行するように制御する手段と、

前記判定手段による判定の結果、前記偏差の2乗和が前記所定の許容範囲内の場合には、前記反射スペクトルの計算値を算出するために設定した前記散乱光の割合を、測定する試料についての固定値とする手段と、

を含む、ことを特徴とする測定装置。

50

【請求項 4 2】

試料に測定光を照射し反射スペクトルを測定する第 1 の手段と、
前記試料の寸法を、顕微鏡観察又はデバイス特性評価により取得する第 2 の手段と、
相関式に用いられる反射スペクトルの波形パラメータの設定値を初期化する第 3 の手段と、

設定された前記波形パラメータと、前記顕微鏡観察又はデバイス特性評価により取得された寸法から、相関式を算出する第 4 の手段と、

前記第 4 の手段で算出された前記相関式より得られる寸法と、前記第 2 の手段で取得された寸法との偏差の 2 乗和を計算する第 5 の手段と、

前記偏差の 2 乗和が所定の許容範囲内であるか否か判定する第 6 の手段と、

10

前記第 6 の手段による判定の結果、前記偏差の 2 乗和が前記所定の許容範囲内にない場合には、前記相関式に用いる波形パラメータの設定値を可変させて、前記第 4 の手段で相関式を算出し、さらに前記第 5、第 6 の手段を実行するように制御する第 7 の手段と、

前記第 6 の手段による前記判定の結果、前記偏差の 2 乗和が前記所定の許容範囲内の場合には、前記第 4 の手段で相関式の算出に用いた前記波形パラメータを、寸法と波形パラメータの相関式に用いる波形パラメータとして設定する第 8 の手段と、

形状の寸法が未知の試料に測定光を入射して反射スペクトルを測定し、前記寸法と波形パラメータの前記相関式を用いて、前記測定された前記反射スペクトルから、形状の寸法が未知の試料の寸法を求める第 9 の手段と、

を含む、ことを特徴とする測定装置。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、微細構造測定方法、微細構造測定装置、および、微細構造解析システムに関し、特に、ナノメートルサイズ等の構造体の形状の光学的な測定に適用して好適な微細構造測定方法および微細構造測定装置並びにシステムに関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、寸法が $0.1\ \mu\text{m}$ (マイクロメートル) 程度の微細なパターンを形成するリソグラフィやエッチング等の半導体製造プロセスにおいては、パターンの寸法をナノメートルオーダーで精密に制御することが重要であり、露光条件やエッチング条件を確認する際や量産時の工程管理の際に、パターンの寸法を容易に精度良く測定することが重要な要素の一つになっている。

30

【0003】

例えば、光通信用の分布帰還型 (DFB: Distributed Feedback) 半導体レーザ素子内に形成する回折格子については、 $1.3\ \mu\text{m}$ あるいは $1.55\ \mu\text{m}$ 帯のレーザ発振波長に対して、それぞれ $0.2\ \mu\text{m}$ あるいは $0.24\ \mu\text{m}$ 程度の周期を有する回折格子が、電子ビーム露光法あるいは干渉露光法により形成される。このときレーザ素子内に形成する回折格子の高さ、デューティ比、周期といった回折格子の形状パラメータには、数 nm (ナノメートル) の制御精度が要求され、レーザの発振特性に大きく影響を与える要素となる。リソグラフィやエッチング時の制御精度が不十分であると、安定な単一モード発振が得られなかったり、発振しきい値や光出力等が製品の規格を満たさなかったりし、歩留りを低下させる要因となるため、作製した回折格子パターンを評価し、プロセスを管理する工程、あるいはフィードバックをかける工程が重要になる。

40

【0004】

このようなパターンを評価する場合においては、測定するパターンの寸法が $0.1\ \mu\text{m}$ 程度と微細であり、光学顕微鏡やレーザ顕微鏡では十分な分解能が得られないため、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いてそのパターン寸法を測定するという手法が採用されている。

【0005】

しかしながら、走査型電子顕微鏡による測定では、断面形状を観察するために試料を切

50

断しなければならず、破壊検査が実施できない試料については測定ができないという問題があった。また、非破壊で表面状態を観察する測長用電子顕微鏡を使用する場合においては、深さ方向の情報が得られないために正確な形状を測定することが困難であった。さらに電子顕微鏡を使用する場合においては、真空中に試料を装填しなければならないため、測定に長時間を要する作業となっており、量産製造工程への適用に関して十分とは言えないという問題があった。

【 0 0 0 6 】

例えば後記特許文献 1、2 には、微細な周期構造の線幅を光学的に測定する方法として、微細周期パターンへ偏光性を有する光を入射し、その反射率を測定する方法が開示されている。この技術は周期構造体が入射光の偏光方向に依存した複屈折特性を有する特徴を利用しており、非破壊で周期構造の線幅が測定できる点において一応の効果を奏している。

10

【 0 0 0 7 】

後記特許文献 2 には、分光エリプソメトリ法を用いた凹凸基板表面の形状評価方法が開示されている。この技術は、DRAM（ダイナミックランダムアクセスメモリ）中のコンデンサ容量を増加させるために表面を凹凸化して表面積を増加させた基板表面形状を測定する技術であり、凹凸層をマクロ視して平坦な仮想膜と仮定することにより、反射スペクトルの解析から仮想膜の厚さおよび屈折率を求め、さらに、これらの値から半導体と空気により構成される仮想膜中の半導体の割合（体積分率）を測定する点において一応の効果を奏している。

【 0 0 0 8 】

20

【特許文献 1】特開平 1 1 - 2 1 1 4 2 1 号公報

【特許文献 2】特開平 2 0 0 1 - 2 1 7 2 9 1 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

しかしながら、特許文献 1、2 に記載されている周期構造体の線幅測定方法においては、測定する反射特性データが少なく、また、入射光に対して垂直な方向以外での反射や多重反射の影響を考慮していないために、測定可能なパラメータが周期構造の線幅のみに限定されており、高さに関する情報を得ることができないという問題がある。また同方法を、斜面を有する形状などの他の形状を測定するために適用する方法についても明確な記載はなく、適用が容易ではない、という問題がある。

30

【 0 0 1 0 】

また、既知の試料を測定することにより、検量線を作成することが示されているが、同方法が適用できるものは周期構造体の線幅に限られており、周期構造体の高さ測定等への適用が困難である、という問題がある。

【 0 0 1 1 】

一方、特許文献 2 に示される分光エリプソメトリ法を用いた凹凸基板表面形状の測定方法においても、測定試料に対して平行な面以外での反射について考慮がなされていない、測定する対象物の形状に依存する散乱光の影響の考慮がなされていないために、測定時に、十分な精度が得られないという問題を有している。

40

【 0 0 1 2 】

すなわち、特許文献 2 において、図 1 3 に示されている測定結果については、最大で約 3 0 % 以上の SEM 観察結果との差異を生じており、測定精度が不十分になるという問題をもたらしている。

【 0 0 1 3 】

さらに、測定する対象物である凹凸形状の密度（周期構造パターンの周期に相当）については全く情報が得られないうえ、密度が変化した場合においては測定精度がさらに低下することになる。

【 0 0 1 4 】

したがって、本発明は、斯かる問題点を鑑みてなされたものであり、その目的とすると

50

ころは、測定試料に測定光を入射したときの反射光強度の波長依存性（反射スペクトル）を測定することにより、半導体の表面等に形成された微細構造体の形状を、容易、かつ高精度で定量的に評価することができる、汎用的な微細構造測定方法、装置、および微細構造解析システムを提供することにある。

【 0 0 1 5 】

また、本発明は、量産時の工程管理等に適用して好適とされ、簡易で高精度な測定が可能な、汎用的な微細構造測定方法、装置およびコンピュータ・プログラムとシステムを提供することもその目的の一つとしている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

10

本願で開示される発明は、前記課題を解決するにあたり、代表的には概略以下の構成とされる。

【 0 0 1 7 】

本発明の1つのアスペクト（側面）に係る微細構造測定装置は、

微細構造体の表面に測定光を入射したときの、前記微細構造体からの反射光強度の波長依存性、あるいは、前記微細構造体を通じた透過光強度の波長依存性に基づいて、形状を測定する微細構造測定装置において、

（ a 1 ）測定する微細形状の寸法が既知である、一つ以上の試料に対する反射光強度、あるいは、透過光強度の波長依存性を測定する手段と、

（ a 2 ）前記測定する微細形状の寸法と相関関係の強い、前記反射光強度あるいは透過光強度の波長依存性の特徴を決定する手段と、 20

（ a 3 ）前記測定する微細形状の寸法と、前記反射光強度あるいは透過光強度の波長依存性の特徴と、の関係を求める手段と、

（ a 4 ）前記測定する微細形状の寸法と、前記反射光強度あるいは透過光強度の波長依存性の特徴と、の関係をj用いて、微細構造の表面に測定光を入射したときの、反射光強度あるいは透過光強度の波長依存性から微細構造の寸法を求める手段と、

を含む。

【 0 0 1 8 】

また、本発明に係る微細構造測定装置は、前記微細構造体の測定表面に平行な面以外での反射、あるいは、該反射による干渉を考慮して、微細構造体の形状を算出する計算手段 30 を備えた構成としてもよい。

【 0 0 1 9 】

また、本発明に係る微細構造測定装置は、測定光を試料表面に対して垂直に入射したときの、前記測定光に対して垂直な面以外での反射、あるいは該反射による干渉を考慮して微細構造の形状を算出する計算手段を備えた構成としてもよい。

【 0 0 2 0 】

また、本発明に係る微細構造測定装置は、一つ以上の未知の材料物性、あるいは、形状に依存する一つ以上の未知の反射特性がある場合に、寸法が既知の一つ以上の試料を測定する手段と、未知の材料物性、あるいは、形状に依存する反射特性を算出する手段を備えた構成としてもよい。 40

【 0 0 2 1 】

また、本発明の他のアスペクトに係る微細構造測定装置は、

（ b 1 ）測定光を周期構造体に対して入射し、前記周期構造体からの反射光強度の波長依存性である反射スペクトルを測定する手段と、

（ b 2 ）前記周期構造体の高さ、デューティ比、および、周期を仮定して反射スペクトルの計算値を算出し、前記反射スペクトル測定値と前記反射スペクトル計算値との偏差の2乗和を算出する手段と、

（ b 3 ）該算出した偏差の2乗和が最小値になるように、前記周期構造体の高さ、デューティ比、および、周期を変化させる手段と、

（ b 4 ）前記偏差の2乗和が最小値になったときの前記周期構造体の高さ、デューティ 50

比、および、周期を前記周期構造体の形状とする手段とを備えている。

【0022】

また、本発明の他のアスペクトに係る微細構造測定装置は、微細構造体の表面に測定光を入射したときの、前記微細構造体からの反射光強度の波長依存性に基づいて形状を測定する微細構造測定装置であって、

(c1) 測定を要する個所の寸法が既知である複数の微細構造体について、反射光強度の波長依存性を測定する手段と、

(c2) 前記微細構造体の前記測定を要する箇所の寸法と、前記反射光強度の波長依存性から一意的に決定される一つ以上の波形パラメータとの相関関係を統計解析により求める解析手段とを備えている。

10

【0023】

本発明のさらに他のアスペクトに係る微細構造測定装置は、微細構造体の表面に測定光を入射したときの、前記微細構造体からの反射光強度の波長依存性に基づいて形状を測定する微細構造測定装置であって、

(d1) 測定を要する個所の寸法に依存するデバイスの物理特性が既知である複数の微細構造体について、反射光強度の波長依存性を測定する手段と、

(d2) 前記微細構造体の前記測定を要する箇所の寸法に依存するデバイスの物理特性と、前記反射光強度の波長依存性から一意的に決定される一つ以上の波形パラメータとの相関関係を統計解析により求める解析手段とを備えている。

20

【0024】

また、本発明に係る微細構造測定装置は、反射光強度の波長依存性から一意的に決定される一つ以上の波形パラメータを、前記計算手段を用いて決定する構成とされる。

【0025】

また、本発明に係る微細構造測定装置において、測定を要する箇所の寸法、あるいは、寸法に依存するデバイスの物理特性と、前記波形パラメータとの相関式を、各波形パラメータに係数をかけ合わせたものの和とする手段と、相関式から求まる寸法あるいは物理特性と、実測した寸法あるいは物理特性との偏差の2乗和を算出し、該算出した偏差の2乗和が最小値になるように各パラメータの係数を決定する手段を備えている。

【0026】

また、本発明のさらに他のアスペクトに係る微細構造測定装置は、試料の表面に測定光を入射し、前記試料からの反射光に基づいて前記測定光の波長よりも短い寸法を有する周期構造あるいは周期構造に準じる構造を持たない微細構造を測定する微細構造測定装置であって、

30

(e1) 前記周期構造あるいは周期構造に準じる構造を持たない微細構造を孤立微細構造と称するときに、前記試料上に孤立微細構造と周期構造とを同時に作製する手段と、

(e2) 前記孤立微細構造と前記周期構造との形状の関係を予め求めておく手段と、

(e3) 前記周期構造を光学的に測定することにより孤立構造の寸法を測定する手段とを有する。

【0027】

また、本発明に係るプログラムは、前記本発明に係る微細構造測定装置を構成するコンピュータに、前記微細構造測定装置の各処理を実行させるものである。

40

【0028】

また、本発明による微細構造測定方法は、微細構造体の表面に測定光を入射し、前記微細構造体からの反射光に基づいて形状を測定する微細構造測定方法であって、前記した本発明に係る微細構造測定装置の処理手順を実現するものである。

【0029】

また、本発明による微細構造解析システムは、反射スペクトル解析センターに設置されている反射スペクトル解析センター端末と、反射スペクトル測定装置を備えた生産工場に設置されている生産工場端末、とが通信回線により相互に接続されたデータ解析システムであって、前記反射スペクトル解析センター端末は、生産工場から解析を依頼する試料の

50

情報として、複数の試料についての反射スペクトル情報と、前記複数の試料それぞれについての測定を要する箇所の寸法情報とを含む注文情報を受信し、記憶手段に記憶する手段と、測定を要する箇所の寸法と反射スペクトルの波形パラメータとの相関式を求める解析手段と、解析結果を前記生産工場の端末に送信する手段と、を備えている。

【0030】

また、本発明による微細構造解析システムは、前記微細構造解析システムにおいて、相関式を求める手段として、前記微細構造測定方法を用いることを特徴としている。

【発明の効果】

【0031】

本発明によれば、従来、SEMによる破壊観察が必要であった微細構造体の形状を、非破壊で容易かつ高精度で測定することが可能となる。周期構造体に適用した場合には、周期構造体の高さ、デューティ比および周期を非破壊で精度良く測定することができる。

【0032】

また、本発明によれば、作製される微細構造の寸法がある程度予測され、サブミクロンあるいはナノメートルオーダーでの寸法管理が要求される製造工程において、汎用性の高い、簡易で高精度の測定手法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

上記した本発明について更に詳細に説述すべく、添付図面を参照して、本発明の実施の形態について以下に説明する。

【0034】

図1は、本発明を実施するための最良の一形態を説明するための図である。図1には、本発明に係る微細構造解析手順の一実施形態が示されている。また、図2は、本発明に係る微細構造体測定方法の一実施形態における、試料測定時の構造体形状と、測定光の反射特性を説明するための断面図である。そして、図3乃至図5は、本発明の一実施の形態に係る微細構造測定方法の原理をさらに詳細に説明するための図である。

【0035】

図1を参照して、本発明に係る微細構造解析の一実施の形態の処理手順を説明する。本発明による微細形状の評価手法は、まず、測定する微細形状の寸法が既知である一つ以上の試料表面に測定光を入射し、反射光の反射スペクトルを測定する（ステップA1）。

【0036】

次に、寸法が既知の試料について、測定した微細形状の寸法と、相関関係の強い、反射光スペクトルの特徴（波形パラメータ、例えばピーク強度、波長等）を決定する（ステップA2）。

【0037】

さらに、微細形状の寸法と波形パラメータとの関係（相関式あるいは波形解析用のパラメータ）を求める（ステップA3）。

【0038】

次に、寸法が未知な微細構造の表面に測定光入射して、その反射スペクトルを測定する（ステップA4）。

【0039】

ステップA3で求めた微細形状の寸法と波形パラメータとの関係（相関式あるいは波形解析用のパラメータ）を用いて、寸法が未知な微細構造の寸法を求める（ステップA5）。

【0040】

次の試料を測定する場合には、A以下のステップA4、A5を繰り返す。なお、図1に示した処理手順は、測定装置を構成するコンピュータで実行されるプログラムにより実現してもよい。

【0041】

本実施の形態が測定の対象としている試料は、半導体基板表面にレジスト等をマスクと

して、エッチングにより形成した台形形状を有する回折格子である。図 2 (a) には、この測定試料 1 に対して、ハロゲンランプ等の測定光を入射したときに、反射光の様子が示されている。

【 0 0 4 2 】

本実施の形態では、測定光を入射したときの反射光として、

- ・台形形状の山部での反射光 1 1、
- ・台形形状の谷部での反射光 1 2、
- ・台形形状の斜面での多重反射光 1 3、および、
- ・台形形状斜面で反射し、基板内の一部を通過したのち、さらに別の台形形状斜面で反射した多重反射光 1 4、

10

を考慮し、さらに、

それぞれの反射光の光路長差によって生じる干渉の影響を考慮する。

【 0 0 4 3 】

また、反射光として測定されない散乱光 1 5 を考慮する。

【 0 0 4 4 】

図 2 (b) に示すような半導体基板等に形成した矩形回折格子構造の反射スペクトルを測定する場合、回折格子の周期 d が測定波長に比べて十分小さいときには、回折格子山部での反射光 (番号 1) と谷部での反射光 (番号 2) との位相差により反射強度が変化する。すなわち、山部および谷部で反射する光の光路差 ($2h$) によって、両者の位相が同じになる波長では反射率が最大となり、位相が逆になる波長では山谷デューティ比 ($a : b$) に応じて反射率が低減する。

20

【 0 0 4 5 】

一方、図 2 (c) に示すような台形形状の回折格子の場合には、図 2 (a) と同様に、回折格子山部での反射光 (番号 1) 、谷部での反射光 (番号 2) に加えて、斜面での多重反射光 (番号 3) の干渉を考慮すれば良い。

【 0 0 4 6 】

さらに図 2 (a) に示した、反射光 1 4 および散乱光 1 5 の影響を考慮することにより、反射スペクトルが決定されることになる。

【 0 0 4 7 】

回折格子による多重反射の影響を評価する方法の一つとして、基板の反射率の波長依存性を利用する方法がある。

30

【 0 0 4 8 】

図 3 は、I n P 基板についての絶対反射率の波長依存性を示している。250 nm 付近および400 nm 付近に極大値を有しており、多重反射成分が大きくなると極大値における反射率が他に比べて大きくなるため、反射スペクトルの極大値から斜面部の割合および角度に依存した多重反射量を測定することが可能となる。

【 0 0 4 9 】

図 4 は、図 2 (a) および図 2 (b) に相当する I n P 基板に形成した回折格子の反射スペクトルの計算例を示している。図 4 において、横軸は波長、縦軸は I n P 基板に対する反射率を示している。回折格子高さは40 nm、デューティ比は5 : 5 (1 : 1) とした。

40

【 0 0 5 0 】

斜部の無い矩形回折格子 ($\theta = 90^\circ$) の場合、山部での反射光と谷部での反射光とが干渉し、測定波長が短くなるほど反射率が低下している。

【 0 0 5 1 】

一方、斜部を有する構造 ($\theta = 45^\circ$) の場合、多重反射が生じるため約400 nm 付近に極大値を有する反射スペクトルが得られている。

【 0 0 5 2 】

また、回折格子による多重反射の影響を評価する別の方法として、図 2 (a) に示した反射光 1 4 の波長依存性を利用する方法がある。

50

【 0 0 5 3 】

図 5 は、高さ、山谷デューティ比が同じで、周期のみを $0.2 \mu\text{m}$ から $0.3 \mu\text{m}$ まで変化させた、InP 基板に形成した回折格子の反射スペクトルを示している。多重反射光の光路差による干渉の影響により、周期が長くなるほど極大値が長波長側にシフトした反射スペクトルが得られる。この極大値は山谷デューティ比にも依存し、周期が同じ場合には、屈折率の高い領域の割合が高くなるほど長波長になる。

【 実施例 1 】

【 0 0 5 4 】

次に、本発明の微細構造測定原理に基づく、測定装置および計算手順の実施例について図面を参照して詳細に説明する。

10

【 0 0 5 5 】

図 6 は、本発明に係る周期構造測定装置の一実施例の構成を示すブロック図であり、図 7 は、本発明に係る微細構造測定方法の一実施例の計算手順を説明するためのフローチャートである。

【 0 0 5 6 】

図 6 を参照すると、本実施例は、測定試料 1 を設置する試料台 2 と、測定光を供給するハロゲンランプ等の測定用光源 4 と、試料に垂直に測定光を入射させ、試料からの反射光を分光して測定する光検出器 6、光検出器 6 で測定されたデータを処理する計算機 7 とを備えて構成されている。

【 0 0 5 7 】

光検出器 6 で、試料からの反射光の反射光強度の波長依存性を測定して、計算機 7 で測定された反射光の反射光強度の波長依存性を解析することで、周期構造を測定する。さらに、測定する領域が狭い場合には、対物レンズ 3 と、測定領域を観察するための光学モニター 5 と、を設ける。この構成の場合には、 $1 \mu\text{m}$ 程度の領域の測定が可能となる。

20

【 0 0 5 8 】

図 7 に示すフローチャートに従い、本実施例による微細構造の解析手順を説明する。得られた反射光強度の波長依存性を解析する手法としては、まず、微細構造を有する測定試料 1 を試料台 2 に設置し、測定用光源 4 からの測定光を試料に入射し、試料からの反射スペクトルを光検出器 6 により測定し（ステップ B 1）、測定した反射スペクトル（測定値）を記憶しておく。

30

【 0 0 5 9 】

次に、計算機 7 は、測定する周期構造体の高さ、デューティ比、および周期を、任意の値に初期設定し（ステップ B 2）、初期設定した周期構造体の高さ、デューティ比および周期に基づいて、反射スペクトルを計算する（ステップ B 3）。周期構造体の高さ、デューティ比、周期から、反射スペクトルを計算により求める。すなわち、微細周期構造を形成した半導体基板に対して、任意の波長の測定光を入射した場合には、回折格子山部での反射光と、谷部での反射光、および、斜面での多重反射光とに光路差に依存した位相差があるため、反射光として観察される光は、それぞれの反射光が干渉したものとなり、半導体および空気層のそれぞれの屈折率に依存する反射と、パタンの形状に依存する散乱光による反射率の低減を考慮した計算により、微細周期構造を形成した半導体基板の反射率を正確に求めることができる。さらに、入射光の波長を変化させた場合について、同様の計算を実施することで、反射スペクトルが計算できる。

40

【 0 0 6 0 】

次に、計算機 7 は、ステップ B 3 で計算した反射スペクトルの計算値と、ステップ B 1 で測定した反射スペクトルの測定値とを比較し、反射スペクトルの計算値と測定値との偏差の 2 乗和を計算する（ステップ B 4）。

【 0 0 6 1 】

次に、計算機 7 は、反射スペクトルの計算値と測定値との偏差の 2 乗和の値と、反射スペクトルの計算値と測定値との偏差量とが最小値、あるいは予め定められた許容範囲内であるか否かを判断し（ステップ B 5）、最小値あるいは許容範囲内でない場合には、周期

50

構造体の高さ、デューティ比、および周期の設定値を調整して（ステップ B 6）、調整した設定値により、ステップ B 3 にて、再度、反射スペクトルを計算する。すなわち、計算機 7 は、反射スペクトルの計算値と測定値との偏差の 2 乗和の値が最小になり、かつ反射スペクトルの計算値と測定値との偏差量が十分に小さくなるように周期構造体の高さ、デューティ比、および周期を順次変化させて計算を繰り返す。

【 0 0 6 2 】

計算機 7 は、反射スペクトルの計算値と測定値との偏差の 2 乗和の値と、反射スペクトルの計算値と測定値との偏差量とが予め定められた許容範囲内であると判断した場合には、反射スペクトルの計算値を計算するために設定した周期構造体の高さ、デューティ比および、周期を出力する（ステップ B 7）。

10

【 0 0 6 3 】

なお、最初に仮定する、周期構造体の高さ、デューティ比、および周期として、周期構造体の作製時にある程度予想される値、あるいは実測した反射光強度の波長依存性の山谷ピーク位置および強度等から予想される値を用いることで、上記の最小 2 乗近似は、数秒以下で計算することができる。

【 0 0 6 4 】

なお、図 7 に示した処理手順は、計算機 7 で実行されるプログラムの制御により実現される。

【 0 0 6 5 】

次に、本発明の実施例として、I n P 基板上に形成した回折格子パタンの形状を測定する方法について詳細に説明する。

20

【 0 0 6 6 】

図 8 は、本発明の実施例で測定した半導体回折格子の断面形状を示す電子顕微鏡写真である。図 9 は、本発明の実施例で測定した半導体回折格子の反射スペクトルおよびパラメータフィッティング結果（測定値に対する最小 2 乗近似式）を示す図である。図 10（a）は、本発明の実施例で測定した回折格子高さの測定結果を示す図であり、図 10（b）は、本発明の実施例で測定した回折格子デューティ比（周期に対する山の割合）の測定結果を示す図である。

【 0 0 6 7 】

図 8 は、本発明の実施例で測定に用いた回折格子の断面 S E M 写真を示す図であり、電子ビーム（E B）露光により作製した、 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 帯 D F B レーザの回折格子となる周期が $0.240\text{ }\mu\text{m}$ のラインアンドスペースパターンである。

30

【 0 0 6 8 】

E B 露光およびエッチングの条件を変化させることにより、回折格子の高さとデューティ比を意図的に変化させている。

【 0 0 6 9 】

図 8 に示されるように、回折格子を構成する凹凸形状は斜面を有する台形状となっており、測定光を入射した場合には一部の入射光が多重反射したり、散乱、あるいは回折したりすることが予想される。

【 0 0 7 0 】

40

図 9 は、図 8 に示した高さおよびデューティ比が異なる、複数の回折格子パターンを測定したときの反射光強度の波長依存性を示しており、測定用光源は、無偏光で波長約 400 nm から 800 nm のハロゲンランプとし、試料からの反射光を分光することで反射光強度の波長依存性を測定した。また、測定領域は対物レンズを使用して約 $2\text{ }\mu\text{m}\phi$ とした。また、図 9 には、回折格子高さ、山谷デューティ比をパラメータとして、測定値に最小 2 乗フィッティングした曲線を計算結果に合わせて示している。なお、図に示しているフィッティングでは、回折格子の周期が $0.24\text{ }\mu\text{m}$ と予め判っているために、周期を固定して計算した。

【 0 0 7 1 】

図 9 に示されるように、回折格子高さ、および、デューティ比が異なるいずれの形状に

50

においても、測定結果のフィッティングが良好に行われている。

【0072】

図10(a)および図10(b)には、回折格子の高さおよびデューティ比について、図9に示したフィッティング結果から得られた測定値とSEM観察による実測値との関係を示している。回折格子高さ、デューティ比ともSEM観察値にほぼ一致する値が得られている。

【0073】

回折格子高さが30nm以下で測定精度が低下している原因は、反射光による干渉が小さく、スペクトル測定時のノイズ等が影響していることが考えられる。従って、測定回数を増やしノイズの影響を低減すること、あるいはディテクターの感度を向上させることによって測定精度の向上が可能になる。

10

【0074】

上述実施例においては、反射光強度を測定している波長を400nmから800nmとしているが、測定波長が短いほど干渉の効果が明瞭に観察されることが多く、測定精度が向上するため、測定波長範囲を広くすることが有効である。測定波長が200nm以下の場合には散乱の影響が大きくなり十分な反射強度が得られないこと、また、波長が800nm以上の場合については、測定精度があまり向上しないことから、実用上は反射光強度測定波長範囲を200nmから800nmとして測定することが有効である。

【0075】

また、図6に示した測定計においては、測定試料に対して、測定光を垂直に入射しているが、斜め方向から入射したときの、基板表面での反射光を測定した場合にも同様の解析が可能となる。

20

【0076】

また、上記実施例では、測定光として偏光性の無い光源を使用した。偏光性のある光源を使用した場合も同様に解析が可能である。

【実施例2】

【0077】

次に、本発明の第2の実施例について図面を参照して詳細に説明する。

【0078】

図11は、本発明に係る微細構造体測定方法における第2の実施例を示す試料測定時の構造体形状と測定光を入射したときの反射特性を示す断面図である。図11に示す構成においては、半導体基板21上に、半導体層A22およびB23を形成した後に、半導体層B23上に微細周期構造を形成している点で、前記第1の実施例と相違している。

30

【0079】

本実施例では、測定光を入射したときの反射光として、基板平面部での反射光16に示されるように、

- ・基板と半導体層Aとの境界での反射、
 - ・半導体層Aと半導体層Bとの境界での反射、
- を基板表面での反射と合わせて考慮する必要がある。

【0080】

回折格子形成領域での反射11～15についても、図示はしていないが、平面部と同様に、

40

- ・基板と半導体層Aとの境界での反射、
 - ・半導体層Aと半導体層Bとの境界での反射、
- を考慮することにより、前記第1の実施例と同様に解析することができる。

【0081】

まず、平面部での反射スペクトルを測定し、層構造を求め、つぎに、回折格子部の反射スペクトルを測定し、平坦部の測定で得た層構造を考慮することにより微細構造の測定が可能となる。

【0082】

50

本実施例では、台形形状の斜面角度が、前記第 1 の実施例と相違しており、散乱により測定されない反射光の割合が未知であったため、標準的な形状について、反射スペクトルと断面 S E M 写真を評価し、散乱光の割合を、まず決定し、散乱光の割合を決定した後に、他の試料の評価を実施した。

【 0 0 8 3 】

次に、本発明の微細構造測定原理に基づく計算手順の一実施例を図面に基づいて詳細に説明する。図 1 2 は、本発明に係る微細周期構造測定方法における実施例の計算手順を説明するためのフローチャートである。

【 0 0 8 4 】

測定試料の散乱光の割合を求める手法としては、まず、標準的な微細構造を有する測定試料の反射スペクトルを測定する（ステップ C 1 ）。

【 0 0 8 5 】

同測定試料の寸法を S E M 観察等により測定する（ステップ C 2 ）。

【 0 0 8 6 】

次に、散乱光の割合を任意の値に初期設定する（ステップ C 3 ）。

【 0 0 8 7 】

初期設定した散乱光量、S E M 観察により求めた、周期構造体の高さ、デューティ比および周期に基づいて反射スペクトルを計算により求める（ステップ C 4 ）。

【 0 0 8 8 】

周期構造体の高さ、デューティ比、周期から反射スペクトルを計算により求める。

【 0 0 8 9 】

次に、ステップ C 4 で計算した反射スペクトルの計算値と、ステップ C 1 で測定した反射スペクトルの測定値とを比較し、反射スペクトルの計算値と測定値との偏差の 2 乗和を計算する（ステップ C 5 ）。

【 0 0 9 0 】

反射スペクトルの計算値と測定値との偏差の 2 乗和の値と、反射スペクトルの計算値と測定値との偏差量とが最小値あるいは予め定められた許容範囲内であるか否かを判断する（ステップ C 6 ）。最小値あるいは許容範囲内でない場合には、散乱光の割合を調整して（ステップ C 7 ）、調整した設定値によりステップ C 4 で再度反射スペクトルを計算する。

【 0 0 9 1 】

すなわち、反射スペクトルの計算値と測定値との偏差の 2 乗和の値が最小になり、かつ反射スペクトルの計算値と測定値との偏差量が十分に小さくなるように散乱光の割合を順次変化させて計算を繰り返す。

【 0 0 9 2 】

反射スペクトルの計算値と測定値との偏差の 2 乗和の値と、反射スペクトルの計算値と測定値との偏差量とが予め定められた許容範囲内であると判断した場合には、反射スペクトルの計算値を計算するために設定した散乱光の割合を、本実施例で測定する試料についての固定値とする（ステップ C 8 ）。

【 0 0 9 3 】

以上の例では、散乱光の割合を決定するための標準サンプルを 1 試料のみ使用した場合について示しているが、より測定精度を向上させるためには、複数の試料についての反射スペクトルと S E M 観察寸法とを使用すれば良い。また、複数の試料について、散乱光の割合を求めた際に、散乱光の割合が他の微細構造の寸法等に依存する場合には、散乱光の割合についての相関式を求めておく。

【 0 0 9 4 】

以上の方法で求めた、散乱光量の割合を用いることにより、図 1 2 の A 以下に示す、図 7 に示した手順と同じ手順で反射スペクトルから、回折格子の高さ、デューティ比および周期を解析することが可能になる（ステップ C 9 ~ C 1 4 ）。

【 0 0 9 5 】

10

20

30

40

50

測定する試料の形状が大きく変わらない場合には、A以下の計算手順を繰り返すことで試料の形状評価が可能となる。

【0096】

なお、本実施例においては、散乱光の割合が未知である場合について記述しているが、試料の屈折率、あるいは、試料の一部の寸法等が未知である場合についても、同様の方法が適用可能である。

【0097】

また、散乱光の割合と試料の屈折率等、複数の未知の値がある場合についても同様の方法が適用可能である。その場合、未知の値を求めるための標準サンプル数が多いほど正確な解析が可能となる。

10

【0098】

なお、図12に示した処理は、測定装置を構成するコンピュータで実行されるプログラムの制御により実現してもよい。

【0099】

また、本実施例においては、図11に示した測定試料についての解析手法を示したが、図2(a)に示した測定試料についても同様に適用可能である。

【実施例3】

【0100】

次に、本発明の第3の実施例について図面を参照して詳細に説明する。

【0101】

20

第1の実施例でも示したように、微細構造体に測定光を入射したときの反射スペクトルは、形状の影響を大きく受け、ピーク波長および強度等に反映される。従って、反射スペクトルの特徴(波形パラメータ)を数式化することにより、制御が必要な寸法をその数式で示すことが可能となる。

【0102】

図13は、本発明に係る微細構造体測定方法における第3の実施例を示す試料測定時の構造体形状と測定光の反射特性を示す断面図である。図13に示す構成においては、半導体基板21上に、半導体層A22およびB23を形成した後に、半導体層B23上に微細周期構造を形成し、さらに微細構造上に半導体層C24を形成している点で、第2の実施例と異なっている。

30

【0103】

本実施例では、試料表面については平坦な形状が得られているが、測定光を入射したときの反射光としては、回折格子形成部での反射、多重反射、および、干渉を考慮し、さらに、図示はしていないが、各層間の境界での多重反射および干渉を考慮することにより、第2の実施例と同様に解析が可能となる。

【0104】

本実施例では、形状が非常に複雑になり、第2の実施例による方法では十分な測定精度が得られなかったため、反射スペクトルと微細構造寸法との相関を求めるために統計的手法を採用した。すなわち、反射スペクトルと微細構造寸法との相関を求めるために、まず、反射スペクトルを測定する可能性のある代表的な形状について、SEM観察等により求めた形状と反射スペクトルを測定し、つぎに反射スペクトルの極値、特性波長での反射強度、特定波長間での強度変化量等を波形パラメータとして相関式を求め、微細構造の寸法測定を実施した。

40

【0105】

次に、本発明の微細構造測定原理に基づく計算手順を図面に基づいて詳細に説明する。図14は、本発明に係る微細構造測定方法における実施例の計算手順を説明するためのフローチャートである。

【0106】

まず、複数の測定可能性のある代表的な微細構造を有する測定試料の反射スペクトルを測定する(ステップD1)。次に、ステップD1で反射スペクトルを測定したそれぞれの

50

試料に対応する制御が必要な寸法を、SEM観察等により、測定する（ステップD2）。次に、統計的手法により、相関式に使用する波形パラメータを任意の値に初期設定し（ステップD3）、初期設定した波形パラメータと、ステップD2で測定した、制御が必要な寸法から、相関式を求める（ステップD4）。

【0107】

次に、ステップD4で求めた相関式により得られる寸法と、ステップD2で測定した測定値とを比較し、相関式で得られた寸法と、寸法の測定値との偏差の2乗和を計算する（ステップD5）。相関式により得られる寸法と、測定寸法との偏差の2乗和の値が最小値あるいは予め定められた許容範囲内であるか否かを判断し（ステップD6）、最小値あるいは許容範囲内でない場合には、相関式に使用する波形パラメータを変更して（ステップD7）、ステップD4で再度、相関式を計算する。すなわち、相関式により得られる寸法と測定寸法との偏差の2乗和の値が最小になるように、波形パラメータを順次変化させて、相関式の計算を繰り返す。

10

【0108】

相関式により得られる寸法と測定寸法との偏差の2乗和の値が予め定められた許容範囲内であると判断した場合には、そのときの波形パラメータおよび係数を、反射スペクトルの計算値を計算するために設定した相関式に使用する値として決定する（ステップD8）。

【0109】

本実施例では、次のように、相関式の波形パラメータを決定した。

20

【0110】

波形パラメータとして、ピーク波長（ λ_p ）、ピーク強度（ I_p ）、波長400nmの強度（ I_1 ）、波長400nmと450nmの強度の変化量（ D_1 ）、波長600nmと650nmの強度の変化量（ D_2 ）の5種類の波形パラメータを初期値として用いた。

【0111】

測定が必要な寸法を回折格子の高さである場合、相関式は、 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 、 a_5 、を定数として、次のように示される。相関式から求まる回折格子高さを h_c とした場合、 h_c は次式（1）で与えられる。

【0112】

$$h_c = a_1 \cdot \lambda_p + a_2 \cdot I_p + a_3 \cdot I_1 + a_4 \cdot D_1 + a_5 \cdot D_2 \quad \dots (1)$$

30

【0113】

ここで、 n 個の試料についての反射スペクトル、および、SEM観察した回折格子高さ（ h_s ）がある場合には、下記微分式から、定数 $a_1 \sim a_5$ を決定することができる。なお、使用する波形パラメータが5種類の場合、 n は5以上とする必要があるが、ある程度精度を得るためには、好ましくは、 n は20以上とされる。

【0114】

$$\sum (d(h_c - h_s)^2 / d\lambda_p) = 0 \quad \dots (2)$$

【0115】

$$\sum (d(h_c - h_s)^2 / dI_p) = 0 \quad \dots (3)$$

【0116】

$$\sum (d(h_c - h_s)^2 / dI_1) = 0 \quad \dots (4)$$

40

【0117】

$$\sum (d(h_c - h_s)^2 / dD_1) = 0 \quad \dots (5)$$

【0118】

$$\sum (d(h_c - h_s)^2 / dD_2) = 0 \quad \dots (6)$$

【0119】

ここで、例えば（2）式は、 n 個の試料についての（ $h_c - h_s$ ）²の和を λ_p で微分した値が0になることを示している。

【0120】

このように求めた定数を使用して、（1）式から、回折格子高さ（ h_c ）を求めたところ

50

る、SEM観察した回折格子高さ(h_s)との差が大きく、その差に λ_p との相関が見られた。

【0121】

次に、波形パラメータを、ピーク波長(λ_p)、ピーク波長の2乗(λ_p^2)、ピーク強度(I_p)、ピーク強度の2乗(I_p^2)、波長400nmの強度(I_1)、波長400nmと450nmの強度の変化量(D_1)、波長600nmと650nmの強度の変化量(D_2)、波長400nmの強度と波長400nmから450nmまでの強度の変化量との積($I_1 \cdot D_1$)の積の8種類の値に再設定した。相関式は、上記と同様に、 b_1 から b_8 を定数として、次のように示される。

【0122】

$$h_c = b_1 \cdot \lambda_p + b_2 \cdot \lambda_p^2 + b_3 \cdot I_p + b_4 \cdot I_p^2 + b_5 \cdot I_1 + b_6 \cdot D_1 + b_7 \cdot D_2 + b_8 \cdot I_1 \cdot D_1$$

... (7)

10

【0123】

ここで、前述の方法と同じ手法で、 b_1 から b_8 の値を決定することにより、相関式が決定でき、上記(7)式から、回折格子高さを求めたところ、SEM観察した回折格子と良く一致する結果を得た。

【0124】

以上の方法で求めた、相関式を用いることにより、図14のA以下に示す手順で反射スペクトルから、回折格子の高さを解析することが可能になる(ステップD9~D11)。測定する試料の形状が大きく変わらない場合には、A以下の計算手順を繰り返すことで試料の形状評価が可能となる。

20

【0125】

なお、本実施例においては、回折格子高さについて、相関式を求めたが、回折格子デューティ比についても同様の方法で相関式を求めることができる。

【0126】

上記実施例では、回折格子の高さを制御が必要な寸法として取り扱ったが、回折格子高さに相関のあるデバイス特性を制御が必要な値とすることも可能である。

【0127】

例えば、半導体レーザでは、図13に示した半導体層の屈折率が同じである場合、回折格子高さはデバイスの評価することにより得られる結合係数と相関があり、発振閾値、スロープ効率とも相関を有している。従って、図15に示すように、SEM観察により寸法を測定する代わりに、デバイス特性を評価する(ステップE2)ことによっても同様に相関式を求めることが可能となる。

30

【0128】

なお、図14、図15に示した処理は、測定装置(解析装置)を構成するコンピュータで実行されるプログラムの制御により実現してもよい。

【0129】

また、上記実施例では、反射スペクトルのピーク値、特定波長の反射率等を波形パラメータとして取り扱ったが、例えば、得られた反射スペクトルに対して、多項式近似を行い、各項の係数を相関式の波形パラメータとすることも可能である。

40

【0130】

すなわち、得られた反射スペクトルを二次関数で近似したときに、反射強度が、

$$ax^2 + bx + c \quad (x: \text{波長}, a, b, c: \text{定数})$$

と示される場合、 a, b, c の値を波形パラメータとすることも可能である。

【0131】

また、特定の波長領域での反射スペクトルをそれぞれ多項式で近似することも可能であり、例えば、300nm~500nmの範囲では、ガウス分布、500から800nmの範囲では、3次多項式で近似し、それぞれの式の係数を波形パラメータとしても良い。

【0132】

また、本実施例においては、図13に示した測定試料についての解析手法を示したが、

50

図 2 (a) に示した測定試料や、図 1 1 に示した測定試料についても同様に適用可能である。

【実施例 4】

【0133】

前述した第 1 から第 3 の実施例では、光学顕微鏡やレーザ顕微鏡での測定が困難な微細な周期構造パタンの形状を測定することが実現されるが、この方法を用いて周期構造を持たない孤立パタンの寸法を精密に推定することも可能である。すなわち、同じ試料上に同じ手法を用いて孤立パターンと周期構造パターンを同時に作製し、予め両者の相関関係を調べておくことで、周期構造パタンの評価から孤立パタンの形状を測定することができる。

【0134】

図 1 6 は、半導体基板 3 1 上に同じ工程により形成した孤立パターン 3 2 と回折格子パターン 3 3 を示している。E B 露光時の近接効果やエッチング時のパターン効果等により孤立パターンと回折格子パターンとで寸法に違いが生じる可能性を考慮して、図 1 7 に示すような、予め測定した回折格子パターンと孤立パターンとの関係から、回折格子パタンの形状を本発明により測定することで、孤立パタンの形状を正確に推定することが可能になる。

【0135】

また、上記実施例では、周期構造パターンとして 1 方向に周期を有する回折格子パターンについて測定したが、2 次元の微細構造についても同様に測定可能である。図 1 8 は半導体基板上に形成した量子ドットパタンの模式図を示している。GaAs 基板上へ 10 nm 前後の横寸法を有する InAs 量子ドットを結晶成長時に自己形成したものであるが、量子ドットによる多重反射の影響を反射スペクトルで観察できるため、形状寸法を解析することが可能となる。また、測定する微細構造として周期性が無い場合についても、パターン密度および寸法がある程度そろっていれば解析可能となる。

【0136】

また、上記実施例では、反射スペクトルについての解析結果を示しているが、透過スペクトルについても同様の解析が適用可能である。

【実施例 5】

【0137】

上記実施例では、図 6 で示したように、試料の反射スペクトルを測定する機能と測定した反射スペクトルを解析する計算機 7 とが、光学的微細構造測定装置内に近接して設置されている場合を例に説明したが、本発明はかかる構成にのみ限定されるものではない。例えば図 1 9 に示すように、微細構造測定装置と計算機とが離れた場所にあり、それらがネットワークにより接続されている場合においても、同様に測定可能である。

【0138】

この場合、SEM 等のデバイス形状測定装置やデバイス特性測定装置についても測定値を計算機にデータ送信できる構造とし、さらに、データ解析した結果を計算機に接続されている他のエッチング装置、露光装置、現像装置などのプロセス装置のプロセス条件へフィードバックすることも実施可能である。また、それぞれの装置がネットワーク接続されておらず、記録メディアを介してデータを受け渡し、離れた場所において測定および解析がそれぞれ実施される場合においても同様に実施可能である。

【0139】

また、測定データの解析のみを実施する、反射スペクトル解析センターを設置し、ネットワーク接続された生産工場との間で、データを送受信するシステムを適用することも可能である。

【0140】

図 2 0 は、生産工場と反射スペクトル解析センターとのデータ送受信手順を示している。まず、生産工場では、測定する寸法あるいは特性が既知の複数試料の反射波形データを測定する (ステップ F 1)。

【0141】

該測定データを反射スペクトル解析センターへ送信する (ステップ F 2)。

10

20

30

40

50

【0142】

つぎに、反射スペクトル解析センターに設置されている反射スペクトル解析センター端末でデータ解析を実行する（ステップF3）。

【0143】

解析結果を生産工場へ送信する（ステップF4）。

【0144】

生産工場では、受け取った解析結果である相関式を微細構造測定装置に解析パラメータとして入力し（ステップF5）、試料の測定を実行する（ステップF6）。

【0145】

本実施例のシステムは、図14のD3からD8のステップ、あるいは、図15のE3からE8のステップを行うものであり、図14あるいは図15で示したように、いったんパラメータと相関式が決定すれば、A以下のD9からD11のステップ、あるいは、E9からE11のステップを繰り返すことで、工程の寸法管理、あるいはデバイス特性を管理するための寸法管理が実施できるため、解析センターとのデータ送受信を実施するのは、新規試料の測定を実施するときのみである。

【0146】

以上のように、微細構造体の表面に測定光を入射し、反射光強度の波長依存性を、微細構造体の測定表面に平行な面以外での反射および干渉を考慮して解析することにより、微細構造体の形状を非破壊で容易に高精度で測定することが可能になる。

【0147】

また、以上のような微細構造解析システムを採用することにより、より高度で正確なデータ処理が可能となり、精密な形状評価が可能となるという効果がある。特に、測定する微細構造の形状が複雑になればなるほど、その効果は顕著である。

【産業上の利用可能性】

【0148】

本発明は、半導体デバイス製造工程における、リソグラフィ、エッチング、あるいは、結晶成長等により形成する微細構造、すなわち、半導体レーザ等に適用する回折格子構造、量子ドット構造、あるいは、キャパシタ等に適用する凹凸形状を有する粗面の測定に使用される微細構造測定方法およびその方法を用いた微細構造測定装置に適用される。

【図面の簡単な説明】

【0149】

【図1】本発明に係る微細構造解析手順を説明するためのフローチャートである。

【図2】本発明に係る微細構造測定方法における実施の形態を示す試料測定時の構造体形状と測定光の反射特性を示す断面図、および、本発明に係る微細構造測定方法における原理を示す図である。

【図3】本発明に係る微細構造測定方法における原理を説明するためのI n P基板による反射スペクトルを示す図である。

【図4】本発明に係る微細構造測定方法における原理を説明するための反射スペクトル計算の一例を示す図である。

【図5】本発明に係る微細構造測定方法における原理を説明するための反射スペクトル計算の一例を示す図である。

【図6】本発明に係る微細構造測定装置における第一の実施例の構成を示すブロック図である。

【図7】本発明に係る微細構造測定装置における第一の実施例の計算手順を説明するためのフローチャートである。

【図8】本発明の実施例で測定した回折格子の断面形状を示す電子顕微鏡写真である。

【図9】本発明の実施例で測定した回折格子の反射スペクトルおよびパラメータフィッティング結果を示す図である。

【図10】本発明の実施例で測定した回折格子高さおよび山谷デューティ比の測定結果を示す図である。

【図 1 1】本発明に係る微細構造測定方法における第 2 の実施例を示す試料測定時の構造体形状と測定光の反射特性を示す断面図である。

【図 1 2】本発明に係る微細構造測定装置の実施例の計算手順を説明するためのフローチャートである。

【図 1 3】本発明に係る微細構造測定方法における第 3 の実施例を示す試料測定時の構造体形状と測定光の反射特性を示す断面図である。

【図 1 4】本発明に係る微細構造測定装置の実施例の計算手順を説明するためのフローチャートである。

【図 1 5】本発明に係る微細構造測定装置の実施例の計算手順を説明するためのフローチャートである。

10

【図 1 6】本発明の実施例における孤立パタンの形状評価を回折格子パタンの形状評価結果から推定する方法を説明するための説明図である。

【図 1 7】本発明の実施例における孤立パターンと回折格子パタンの形状の関係を示す図である。

【図 1 8】本発明に係る微細構造測定方法における実施例を示す微細構造の形状を示す図である。

【図 1 9】本発明に係る微細構造測定装置の実施例がネットワーク接続された状態を示す図である。

【図 2 0】本発明に係る微細構造測定システムの実施例の動作を示す図である。

20

【符号の説明】

【 0 1 5 0 】

1 測定試料

2 試料台

3 対物レンズ

4 測定用光源

5 光学モニター

6 光検出器

7 計算機

1 1 台形状の山部での反射光

1 2 台形状の谷部での反射光

30

1 3 台形状の斜面での多重反射光

1 4 台形状の斜面での多重反射光

1 5 散乱光 1 6 平面部での多重反射光

2 1 半導体基板

2 2 半導体層 A

2 3 半導体層 B

2 4 半導体層 C

3 1 基板

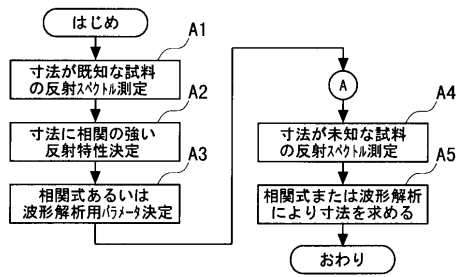
3 2 孤立パターン

3 3 回折格子パターン

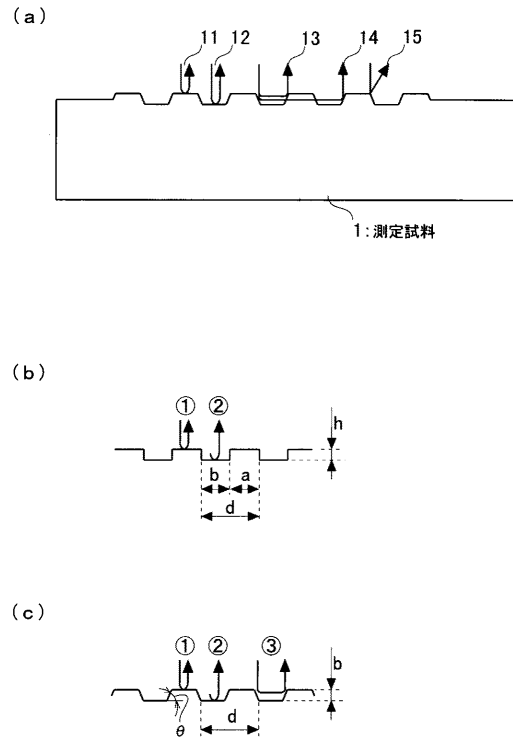
40

4 1 量子ドット

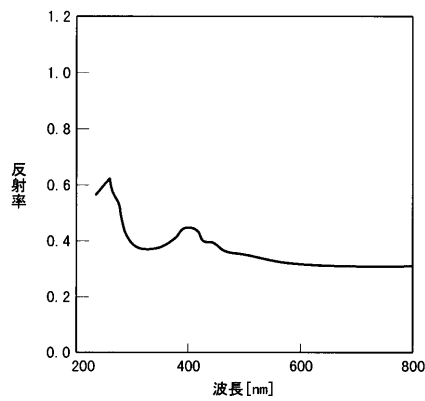
【図 1】



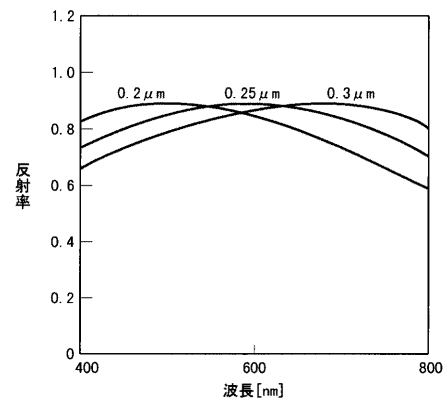
【図 2】



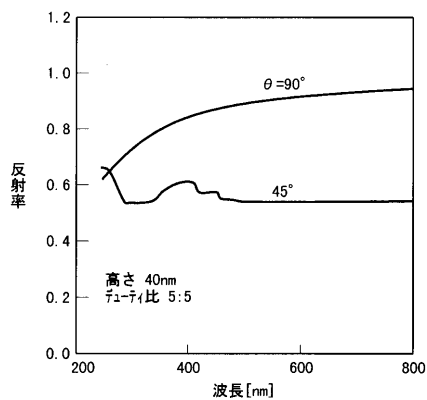
【図 3】



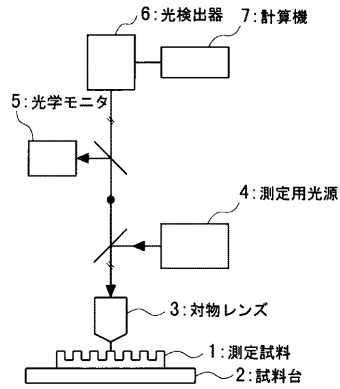
【図 5】



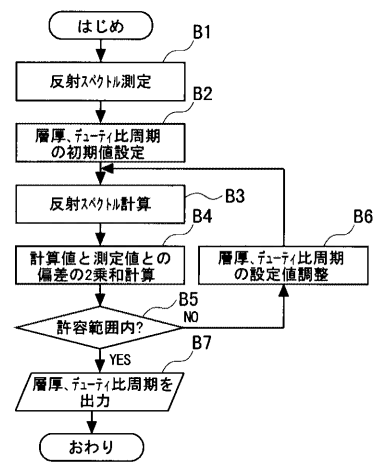
【図 4】



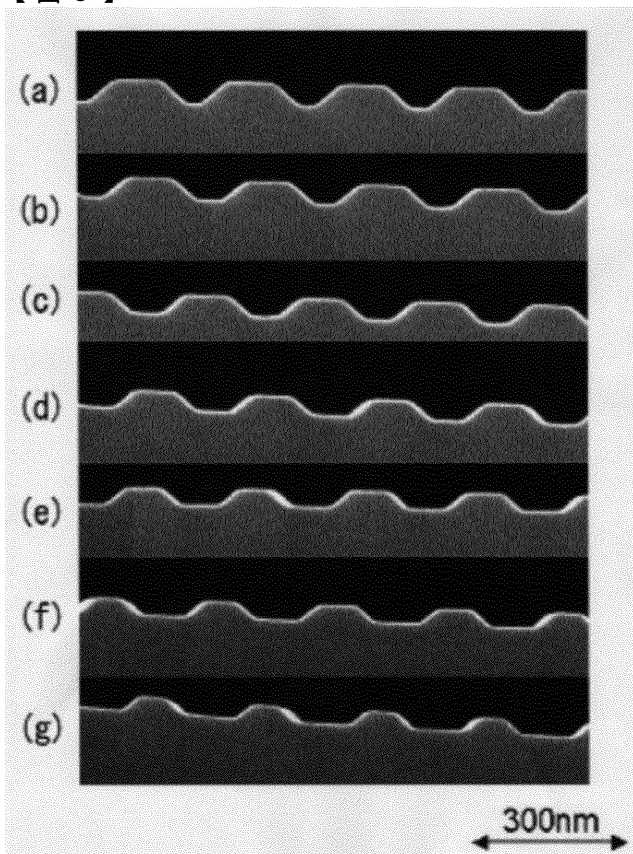
【図 6】



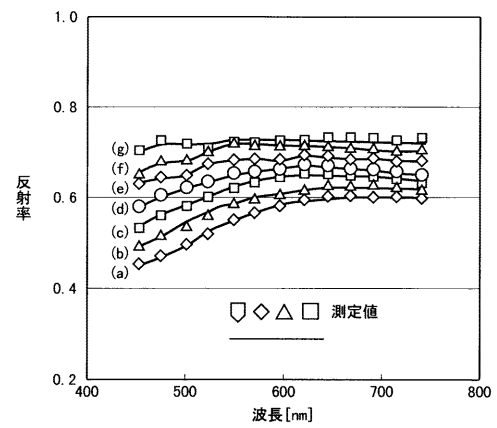
【図 7】



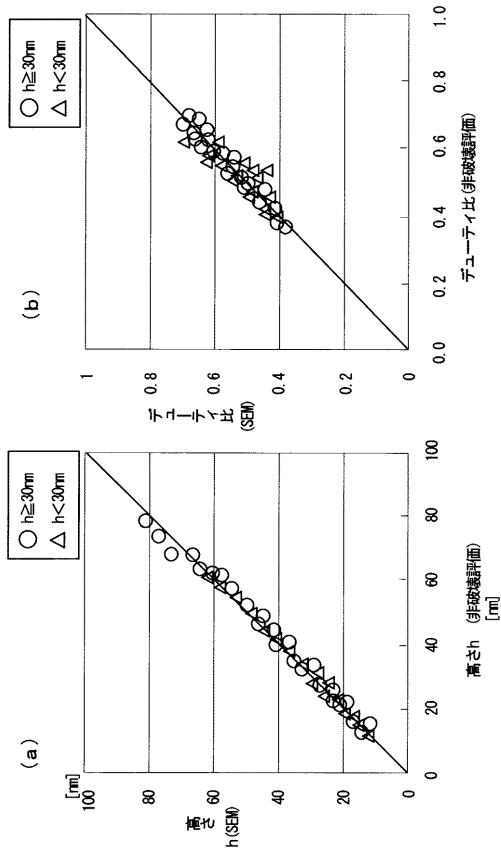
【図 8】



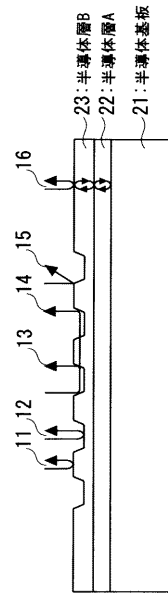
【図 9】



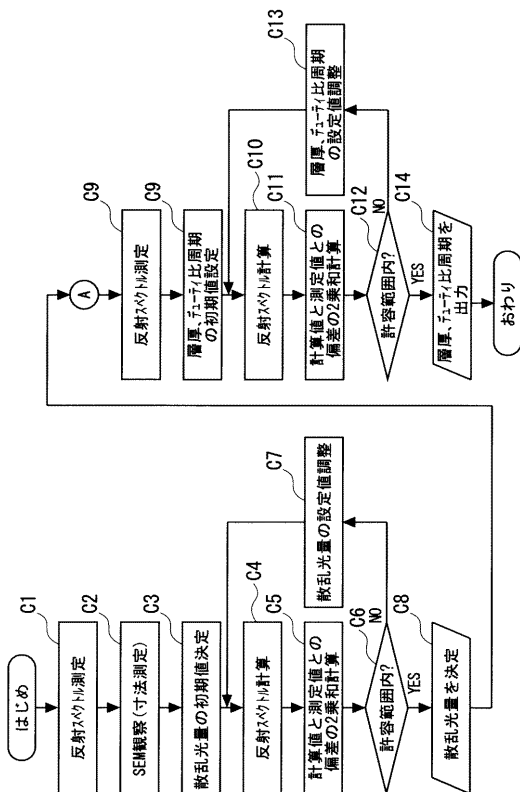
【図 10】



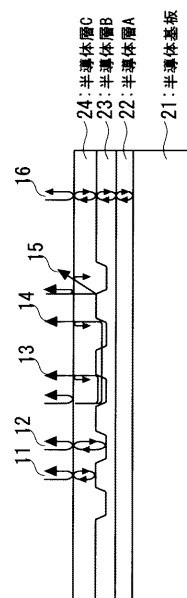
【図 11】



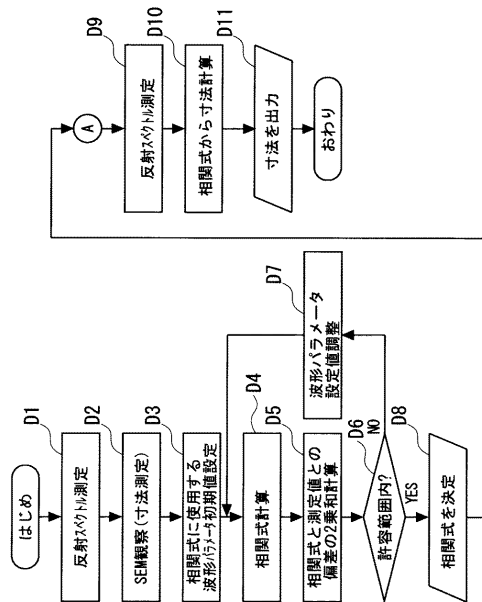
【図 12】



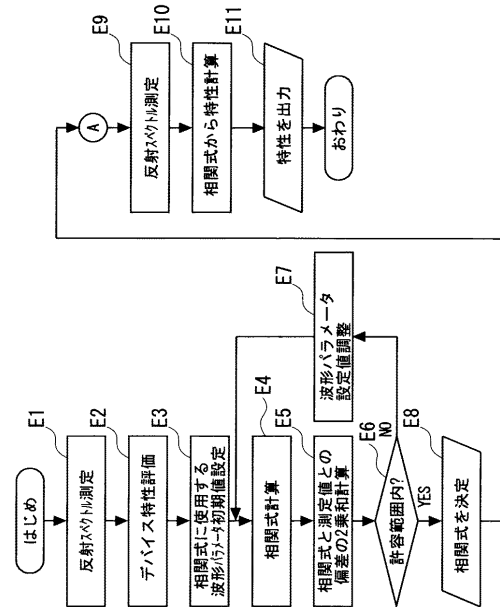
【図 13】



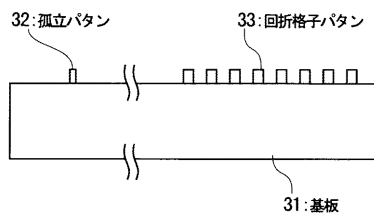
【図 14】



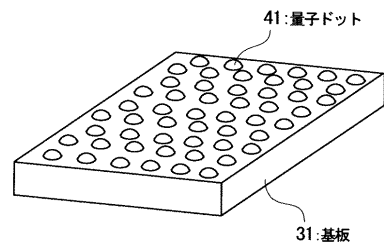
【図 15】



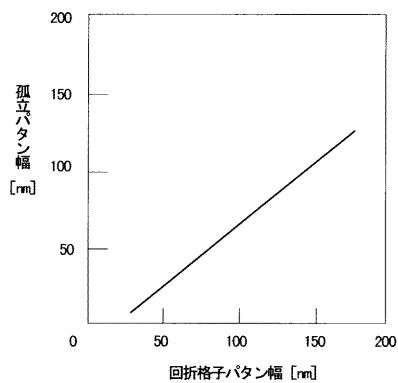
【図 16】



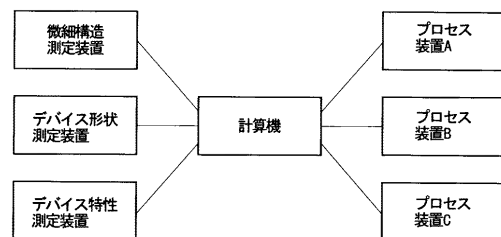
【図 18】



【図 17】



【図 19】



【図 20】

