

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3959355号
(P3959355)

(45) 発行日 平成19年8月15日(2007.8.15)

(24) 登録日 平成19年5月18日(2007.5.18)

(51) Int. Cl.

G O 1 B 15/00 (2006.01)

F I

G O 1 B 15/00

B

請求項の数 13 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2003-8998 (P2003-8998)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成15年1月17日(2003.1.17)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2004-219343 (P2004-219343A)		東京都港区西新橋一丁目24番14号
(43) 公開日	平成16年8月5日(2004.8.5)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成17年3月25日(2005.3.25)		弁理士 井上 学
		(72) 発明者	穴戸 千絵
			神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地
			株式会社日立製作所生産技術研究所内
		(72) 発明者	中垣 亮
			神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地
			株式会社日立製作所生産技術研究所内
		(72) 発明者	田中 麻紀
			神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地
			株式会社日立製作所生産技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微細パターンの3次元形状測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に形成された微細パターンの3次元形状を測定する方法であって、前記基板上に形成されたテストパターンを光学的に計測して求めた該テストパターンの高さ情報から前記微細パターンの高さの情報を得、前記基板を電子顕微鏡で撮像して前記微細パターンの電子線画像情報を得、前記得た微細パターンの高さの情報と電子線画像情報とを用いて前記微細パターンの3次元形状を測定することを特徴とする微細パターンの3次元形状測定方法。

【請求項2】

基板上に形成された微細パターンの3次元形状を測定する方法であって、スキャタロメトリにより前記微細パターンの高さの情報を得、前記基板を電子顕微鏡で撮像して前記微細パターンの電子線画像情報を得、前記得た微細パターンの高さの情報と電子線画像情報とを用いて前記微細パターンの3次元形状を測定することを特徴とする微細パターンの3次元形状測定方法。

【請求項3】

前記微細パターンの電子線画像情報は、該微細パターンの平面情報と該微細パターンの側面の勾配変化情報とを含み、該平面情報と側面の勾配変化情報とを前記微細パターンの高さの情報と組み合わせることにより前記微細パターンの3次元形状を測定することを特徴とする請求項1又は2に記載の微細パターンの3次元形状測定方法。

【請求項4】

10

20

前記微細パターンの電子線画像情報は、前記基板に対する前記電子顕微鏡の電子線の入射角を変化させて撮像して得た複数の電子線画像の情報を含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 5】

前記電子顕微鏡は複数の反射電子検出器を備え、前記微細パターンの電子線画像情報が、前記電子顕微鏡の複数の反射電子検出器で検出して得た複数の電子線画像から得た情報であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 6】

前記複数の反射電子検出器によって得られる複数の反射電子像から、照度差ステレオの原理で前記微細パターンの 3 次元形状を測定することを特徴とする請求項 5 に記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

10

【請求項 7】

基板上に薄膜で形成された微細パターンの 3 次元形状を測定する方法であって、前記基板上に所定のピッチで繰り返し形成された第 1 のパターンをスキュタロメトリで計測して前記第 1 のパターンの高さの情報を得、前記基板上に形成された第 2 のパターンを電子顕微鏡で撮像して前記第 2 のパターンの電子線画像情報を得、前記第 1 のパターンの高さの情報と前記第 2 のパターンの電子線画像情報とを用いて前記第 2 のパターンの 3 次元形状を測定することを特徴とする微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 8】

前記第 2 のパターンの 3 次元形状を測定するときに、前記第 1 のパターンの高さの情報から前記第 2 のパターンの高さを推定し、該推定した前記第 2 のパターンの高さの情報と該第 2 のパターンの電子線画像情報とを用いて前記第 2 のパターンの 3 次元形状を測定することを特徴とする請求項 7 に記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

20

【請求項 9】

前記第 2 のパターンの電子線画像情報は、該第 2 のパターンの平面情報と該微細パターンの側面の勾配変化情報とを含み、該平面情報と側面の勾配変化情報とを前記第 1 のパターンの高さの情報と組み合わせることにより前記第 2 のパターンの 3 次元形状を測定することを特徴とする請求項 7 に記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 10】

基板上に形成された微細パターンの 3 次元形状を測定する方法であって、前記基板上に形成したテストパターンをスキュタロメトリにより計測して得た情報と前記基板を電子顕微鏡で撮像して得た複数の電子線画像情報とを用いて前記微細パターンの 3 次元形状を測定し、該測定した前記微細パターンの 3 次元形状に関する情報を前記微細パターンの複数の電子線画像と共に画面上に表示することを特徴とする微細パターンの 3 次元形状測定方法。

30

【請求項 11】

前記微細パターンの複数の電子線画像のうちの一つの画像の複数の走査ラインの信号を足し合わせた波形信号を前記画面上に表示することを特徴とする請求項 10 に記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 12】

40

前記基板を電子顕微鏡で撮像して得た複数の電子線画像情報は、前記基板に対する前記電子顕微鏡の電子線の入射角を変化させて撮像して得た複数の電子線画像から得た情報であることを特徴とする請求項 10 に記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【請求項 13】

前記基板を電子顕微鏡で撮像して得た複数の電子線画像情報は、前記電子顕微鏡に備えられた複数の反射電子検出器で検出して得た複数の電子線画像から得た情報であることを特徴とする請求項 10 に記載の微細パターンの 3 次元形状測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

50

本発明は、半導体メモリや集積演算回路などの半導体デバイスに形成された微細パターンの３次元形状を測定する方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

半導体デバイス上に形成された微細パターンの寸法を測定する技術として、試料に電子線を照射して発生する二次電子や反射電子を検出することによって対象物の電子線像を得るＳＥＭ（走査型電子顕微鏡）が用いられている。半導体プロセスで最も普及しているＳＥＭは測長ＳＥＭと呼ばれ、主に、二次電子線像による寸法計測が行われている。

【０００３】

図２は、対象物の断面形状と二次電子像との関係を示したものである。二次電子強度は、対象物の勾配が大きいほど大きいので、同図のように、対象パターンのエッジ部（傾斜面部）が明るく（以下ブライトバンドと呼ぶ）、平坦部が暗い画像が得られる。このブライトバンドを利用して、画像上で d_1 を計測すれば対象物のボトム寸法を、 d_2 を計測すればトップ寸法を知ることができるが、対象物の高さや、エッジの傾斜角度といった３次元情報は知り得ない。

10

【０００４】

半導体プロセスにおいては、従来から露光機やエッチャーといった製造装置の条件出し、あるいはプロセス変動の監視を目的に、上記の測長ＳＥＭが用いられてきた。しかし、パターンの微細化が進むにつれ、様々な場面で対象物の３次元形状を計測するニーズが高まっており、測長ＳＥＭでは対応できない状況が生まれつつある。

20

断面形状を計測する従来技術としては、（１）ウェーハを切断またはＦＩＢ加工して、切り口を電子顕微鏡で観察する方法、（２）ＡＦＭ（原始間力顕微鏡）で観察する方法、（３）スカタロメトリを用いる方法、等があるが、これらにはそれぞれ次のような問題点がある。

【０００５】

（１）のウェーハを切断またはＦＩＢ加工して切り口を電子顕微鏡で観察する断面観察方法は、断面を観察するまでの準備に長時間を要する上、切断あるいはＦＩＢ加工が行われたウェーハは、汚染されているために製品にならなくなるという問題があり、量産プロセスにおけるプロセス変動監視といった用途には合わない。

【０００６】

30

（２）のＡＦＭによる観察は、（１）のウェーハの断面観察を行う場合のように長時間を要することはないが、一般的な測長ＳＥＭと比べるとスループットが低い上（１／３程度）、チップ形状の制約から計測可能なパターンに限られるという問題がある。３次元形状の計測を必要とするようなプロセス変動に対するクリティカルポイントが計測できなければ計測の意味はない。

【０００７】

（３）のスカタロメトリは、高速で、かつ、非破壊に断面形状が計測可能なツールとして近年注目を浴びている技術である。スカタロメトリは、対象物からの散乱光の分光強度分布が対象物の材質、断面形状によって異なることを利用して、実測した対象物の分光強度分布を、予めオフラインでのシミュレーションにより作成しておいた様々な断面形状モデルに対する分光強度分布ライブラリとマッチングすることによって、対象物の断面形状を間接的に計測する手法である（図３参照）。原理的には対象パターンの形状に限定はないが、あらゆる形状バリエーションを網羅したライブラリを生成することは現在の計算機パワーでは不可能であり、現状で適用可能なパターンは、一方向に均一に繰り返されるライン＆スペースパターンに限られている。従って、スカタロメトリは、ウェーハ上に設けた専用のテストパターンの計測に用いるという使用形態にならざるを得ず、任意のパターン（例えば、プロセス変動に対するクリティカルポイント）を計測するニーズには応えられない。

40

【０００８】

本発明に関連する先行技術としては、特許文献１～３に示すようなものがある。

50

【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】

特開平 0 3 - 1 4 1 5 4 4 号公報

【 特許文献 2 】

特開平 0 4 - 3 4 2 9 4 2 号公報

【 特許文献 3 】

特表 2 0 0 2 - 5 0 6 2 1 7 号公報

【 0 0 1 0 】

【 発明が解決しようとする課題 】

従来の技術のうち、半導体プロセスで広く普及している測長 S E M は、任意パターンの電子線像から平面形状の計測はできるが、3次元形状が計測できないという問題がある。また、スカタロメトリは3次元形状の計測が可能ではあるが、対象パターンがライン & スペースパターンに限られるため、計測用に形成されたテストパターンしか計測できないという問題がある。 10

【 0 0 1 1 】

本発明の目的は、半導体デバイスに形成された任意の微細パターンの3次元形状の測定方法、すなわち、テストパターンに限定されない3次元形状の測定方法を提供することにある。

【 0 0 1 2 】

【 課題を解決するための手段 】

上記目的を達成するために、本発明では、スカタロメトリ等の光学式測定機構でテストパターンの断面形状情報を計測すると共に、電子顕微鏡で微細パターンの電子線像を取得し、電子線像から得られる微細パターンの平面情報とテストパターンの断面形状情報とを組み合わせることにより、微細パターンの3次元形状を測定するようにした。 20

【 0 0 1 3 】

また、本発明では、スカタロメトリ等の光学式測定機構でテストパターンの断面形状情報を計測すると共に、電子顕微鏡で任意パターンの電子線像を取得し、電子線像上に反映された微細パターン表面の勾配変化情報にテストパターンの断面形状情報を適用することで、微細パターンの3次元形状を測定するようにした。

【 0 0 1 4 】

更に、本発明では、スカタロメトリ等の光学式測定機構でテストパターンの断面形状情報を計測すると共に、電子顕微鏡でもテストパターンの電子線像を取得し、断面形状情報と電子線像とからこれらの関係式を導出し、この関係式を、微細パターンの電子線像に対して適用することで、微細パターンの3次元形状を測定するようにした。 30

【 0 0 1 5 】

更に、本発明では、スカタロメトリ等の光学式測定機構で得られたテストパターンの断面形状情報を、下記(1)、(2)の手法で微細パターンの3次元形状を算出する際の拘束条件として用いるようにした。

(1) ビームチルト機構あるいはステージチルト機構を有する電子顕微鏡を用いて得られるチルト角が異なる複数の画像を用いて三角測量の原理で微細パターンの3次元形状を測定する。 40

(2) 複数の反射電子検出器によって得られる複数の反射電子像から、照度差ステレオの原理で微細パターンの3次元形状を測定する。

【 0 0 1 6 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明を図面を用いて説明する。

[第 1 の実施の形態]

本発明の第 1 の実施の形態を図 1 に示す。

【 0 0 1 7 】

ウェハ 1 0 0 には多数の半導体チップ 2 0 1 が形成される。これら半導体チップ 2 0 1 の 50

間にはスクライプ領域 204 が設けられ、この領域で切断されて半導体チップが完成する。このスクライプ領域 204 にテストパターン 202 を設ける。テストパターン 202 は半導体チップ 201 内のデバイスパターン 203 と同一の製造プロセスで形成する。すなわち、テストパターン 202 とデバイスパターン 203 の材料は同じであり、膜厚も概略等しい。

【0018】

図 1 に示すように、SEM を用いて所望箇所 204 の電子線像を取得すると共に、スカタロメトリを用いてテストパターン 202 の計測を行う。

【0019】

図 11 は、測定の手順を示すフローチャートである。電子線像からは線幅 W_n 、ブライ
10
バンド幅 E_n を計測する。ここで、 n は画像上 y 方向の計測位置を示す。スカタロメ
トリから得られるテストパターンの断面形状情報のうち膜厚 h を用いれば、図 1 に示す
ように、断面を台形とみなした場合の、計測位置 n における傾斜角 θ_n を求めること
ができる。

【0020】

実際には断面形状は台形ではなく、図 4 (a) に示すように、ボトムには裾引きがあつた
り、トップには丸まりがあつたりする。このような場合、図 4 (b) に示した SEM で検
出したデバイスパターンの電子線画像信号から図 4 (c) に示すように 1 次微分波形を求
めることにより、平均傾斜角 $(\tan^{-1}(H/E))$: ここで、 H は断面を台形とみなし
たときの高さ、 E はパターンを上方から見たときの傾斜面のトップとボトムとの間の幅
20
と、ボトムの裾引きの程度 (B/H) : ここで、 B は 1 次微分波形におけるボトム部の信号
の立ち上がり部から極大となる点までの幅) や、トップの丸まりの程度 (T/H) : ここで
、 T は 1 次微分波形における極小となる位置からトップ部で信号がフラットになる位置ま
での距離)などを定量化してパターンの形状を評価するようにしても良い。

【0021】

また、図 5 (b) は対象物が図 5 (a) に示すような断面形状を有する場合の電子線像の
信号波形であるが、傾斜面の各点 i における信号強度 SE_i が、 $1/\cos\theta_i$ (θ_i は対
象物の傾斜角) に比例する (図 5 中に記載した式 5.1 の関係) ことから、次のようにし
て断面形状を求めてもよい。

【0022】

すなわち、図 5 中に記載した式 5.1 には a 、 b 二つの未知数があるが、 $\tan\theta_i$ を i
= 0 から N の区間で積分した結果が膜厚 H になるように (図 5 中に記載した式 5.2 の関
係 : 式 5.2 において、 d は図 4 の E に相当する傾斜面のトップとボトムの間の幅を $1/N$
倍にしたもの)、最小二乗法等により a 、 b を求めて、図 5 中に記載した式 5.1 に代
入することによって断面形状を求めても良い。

[第2の実施の形態]

本発明の第 2 の実施の形態を、図 6 に示す。

【0023】

本実施例では、ビームチルト機構あるいはステージチルト機構を有する電子顕微鏡を用い
て得られるチルト角が異なる複数の画像を用い、ステレオスコピックの原理で対象物の 3
40
次元形状を得る。図 7 (a) は、チルト角が α_1 における、電子線像、図 7 (b) はチル
ト角が α_2 における電子線像である。チルト角によって、図 7 (c)、(d) に示すよう
に、垂直上方からみたエッジ部の幅が異なるため、図 7 (a) と (b) とではブライ
バンドの幅が異なる。

【0024】

画像からブライバンド幅 E_1 、 E_2 を計測すれば、図 7 中に記載した式 7.1 により、
エッジの傾斜角 θ が求まり、これを図 7 中に記載した式 7.2 に代入すれば高さ H_0 を求
めることができる。実際の対象物では、 E_1 、 E_2 は一定ではなく、場所によって異なる
ため、図 7 (a) のブライバンド幅の計測点が図 7 (b) 上のどこに対応するかを決定
する必要があるが、対象物の表面がなだらかな場合など、対応点を正確に決定することが
50

難しい。ここでスカタロメトリから得られる膜厚 h の情報を利用することができる。すなわち、対応点を決定するのではなく、複数の候補点を求めておき、式7.2により高さを求めた、その算出結果が h と異なっていれば、候補から外すというように利用する。

【0025】

なお、図7では簡単のためエッジ部の始点と終点のみを対応点としたが、対象物表面の凹凸などによってエッジ部途中にも特徴的なポイントがあれば、それらに対応点に加えるようにしてもよい。こうして得られた3次元形状は、3次元的なエッジラフネスの状態を把握するのに有効である。

〔第3の実施の形態〕

本発明の第3の実施の形態を、図8に示す。

10

【0026】

本実施例では、左右の反射電子像（左右2個の反射電子線検出器を設け、同時に2枚の反射電子線像を得る）を用いて、図9に示す照度差ステレオの原理で対象物の3次元形状を得る。図9(a)、(b)は左右それぞれの検出器で得られる画像、および、信号波形である。(a)では左側のエッジが明るく、陰になる右側のエッジが暗く検出され、(b)ではその逆となる。

【0027】

式(9.1)において、 K は傾斜角 θ が既知のサンプルの信号強度 A および B を計測して実験的に決定する必要がある。本実施の形態においては、テストパターンをスカタロメトリとSEMの両方で計測し、スカタロメトリの計測結果から θ を求め、信号強度 A 、 B を式(9.1)に代入することで K を求める。一旦 K が求まれば、任意パターンの反射電子線像の信号強度から、断面形状を求めることが可能である。なお、第2の実施の形態では対応点探索の問題があったが、本実施の形態の場合、電子線照射による対象物からの反射電子を左右に設けた二つの検出器で同時に取得するため、二つの画像の位置は完全に一致しており、対応点探索の問題はない。

20

【0028】

実際の断面形状は、図9(c)のような台形ではなく、図9(e)のように傾斜角が刻々と変化している。この場合も考え方は同じで、予めテストパターンをスカタロメトリとSEMの両方で計測して k を求めておき、式(9.3)により各点の傾斜角 θ_i を求めればよく、 $\tan \theta_i$ を積分すれば高さ H_0 も求まる。このようにすることによって、左右の反射電子像から任意の3次元形状を求めることができる。

30

〔半導体プロセスにおける利用形態〕

図10に、本発明に基づく3次元形状計測方法を、半導体プロセスにおいて利用する形態を示す。同図のように、スカタロメトリ110とSEM111とを近接して設置し、同一のコンソール112を用いてコントロールしてレジスト露光・現像工程120とエッチング工程130との前後で計測を行う。スカタロメトリ110とSEM111とは、レジピサーバ140、着工来歴管理システム141、CDデータ収集・解析システム142などと、通信回線150を介して接続されている。

【0029】

このように配置されたシステムを用いて、レジスト露光・現像工程120を経たレジストパターンが形成されたウェハについて、スカタロメトリ110とSEM111とを用いてレジストパターンの3次元形状計測を行うことにより、レジスト露光・現像工程120を監視することができる。

40

【0030】

また、エッチング工程を経て素子や回路パターンが形成されたウェハについて、スカタロメトリ110とSEM111とを用いて素子や回路パターンの3次元形状計測を行うことにより、エッチング工程130を監視することができる。

【0031】

更に、レジストパターンの3次元形状計測データと素子や回路パターンの3次元形状計測データとを、通信回線150を介してQCデータ収集・解析システム142に送り、両デ

50

ータの関連性を解析し、この解析結果と着工来歴管理システム 1 4 1 に記憶されている着工来歴データとに基いて、レジピサーバ 1 4 0 に記憶されているレジスト露光・現像工程のレジピやエッチング工程のレジピを制御することができる。

【結果の表示方法】

図 1 2 および図 1 3 に、スキャタロメトリ 1 1 0 と S E M 1 1 1 とを用いてパターンを 3 次元計測した結果を出力する画面の一例を示す。

【0 0 3 2】

図 1 2 は、第 2 の実施の形態における表示画面の一例で、一つの画面内に、S E M 画像と 2 種類のチルト像、3 次元計測した結果を表示する。そして、S E M 像には、2 種類のチルト像を観察した範囲を表示し、その範囲内の電子線信号波形を S E M 像に重ね合わせて表示する。

10

【0 0 3 3】

この電子線信号波形は、2 種類のチルト像を観察した範囲の代表的な 1 走査ライン分の信号波形、または複数の走査ラインの信号を足し合わせたもの、または 2 種類のチルト像を観察した範囲全部の検出信号を足し合わせたものを用いても良い（このように、多くの走査ラインの信号波形を足し合わせるにより、S / N の良い信号は計を得ることができる）。

【0 0 3 4】

また、3 次元計測した結果としては、パターンの断面形状を示す図と、断面各部の形状データを表示する。ここで、パターンが複数の層で形成されているときには、各層ごとの断面計上データを表示するようにしてもよい。

20

図 1 3 は、第 3 の実施の形態における表示画面の一例で、一つの画面内に、S E M 画像と 2 種類の反射電子線像、3 次元計測した結果を表示する。そして、S E M 像には、2 種類の反射電子線像を観察した範囲を表示し、その範囲内の電子線信号波形を S E M 像に重ね合わせて表示する。

【0 0 3 5】

この電子線信号波形は、図 1 2 で説明したのと同様に、2 種類の反射電子線像を観察した範囲の代表的な 1 走査ライン分の信号波形、または複数の走査ラインの信号を足し合わせたもの、または 2 種類の反射電子線像を観察した範囲全部の検出信号を足し合わせたものを用いても良い（このように、多くの走査ラインの信号波形を足し合わせるにより、S / N の良い信号波形を得ることができる）。

30

【0 0 3 6】

また、3 次元計測した結果としては、パターンの断面形状を示す図と、断面各部の形状データを表示する。ここで、パターンが複数の層で形成されているときには、各層ごとの 2 次電子放出効率の違いによる検出信号の変化から各層を識別することができるので、これを利用して各層ごとの断面形状データを求め、これを表示するようにしてもよい。

【0 0 3 7】

【発明の効果】

上述したように、本発明によれば、半導体メモリや集積演算回路などの半導体デバイスに形成された微細パターンの 3 次元形状を、半導体デバイスを破壊することなく、より精度良く測定することができるようになった。

40

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態における計測の流れを示す図である。

【図 2】 従来の測長 S E M による計測を説明する測定対象の断面とその 2 次電子像を示す図である。

【図 3】 スキャタロメトリの方式の概要を説明する図である。

【図 4】 本発明の第 1 の実施の形態を説明する図で、(a) は、パターンの断面形状を示す図、(b) は、(a) のパターンの S E M 画像信号の信号波形を示す図、(c) は、(b) の信号波形を 1 次微分して得た 1 次微分波形図である。

【図 5】 本発明の第 1 の実施の形態を説明する図で、(a) は、パターンの断面形状を

50

示す図、(b)は、(a)のパターンのSEM画像信号の信号波形を示す図、(c)は、
の変形として、2次電子信号強度から対象物の3次元形状を算出する方法を示す図である。

【図6】 本発明の第2の実施の形態における計測の流れを示す図である。

【図7】 本発明の第2の実施の形態におけるステレオスコピックの原理を説明する図である。

【図8】 本発明の第3の実施の形態における計測の流れを示す図である。

【図9】 本発明の第3の実施の形態の原理の説明する図である。

【図10】 本発明に基づく3次元形状計測方法の半導体プロセスにおける利用形態を示す半導体製造ラインのブロック図である。

【図11】 3次元形状の測定の手順を示すフローチャートである。

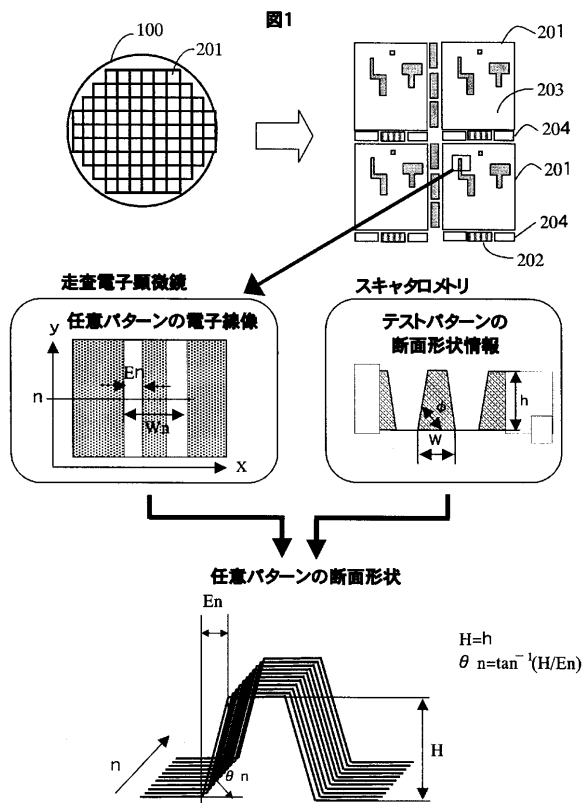
【図12】 本発明の第2の実施の形態における計測結果を表示する画面の正面図である。

【図13】 本発明の第3の実施の形態における計測結果を表示する画面の正面図である。

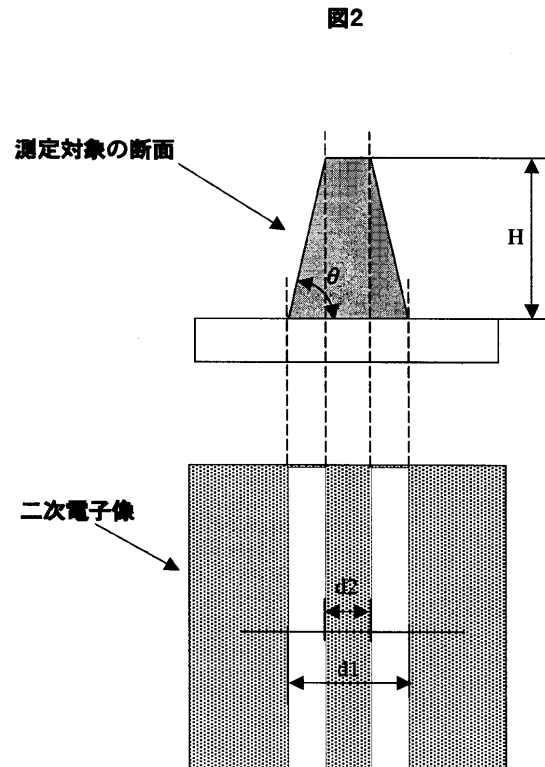
【符号の説明】

100 ウェハ、116 画像処理装置、201 半導体チップ、202 テストパターン領域、204 デバイスパターン

【図1】

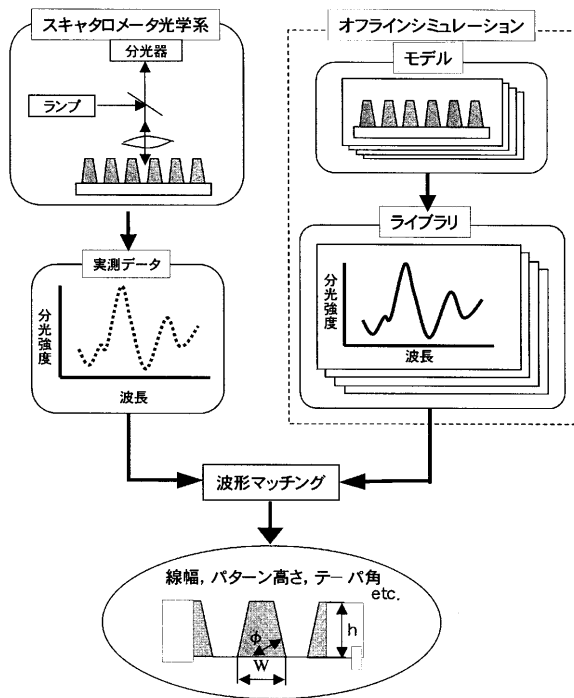


【図2】



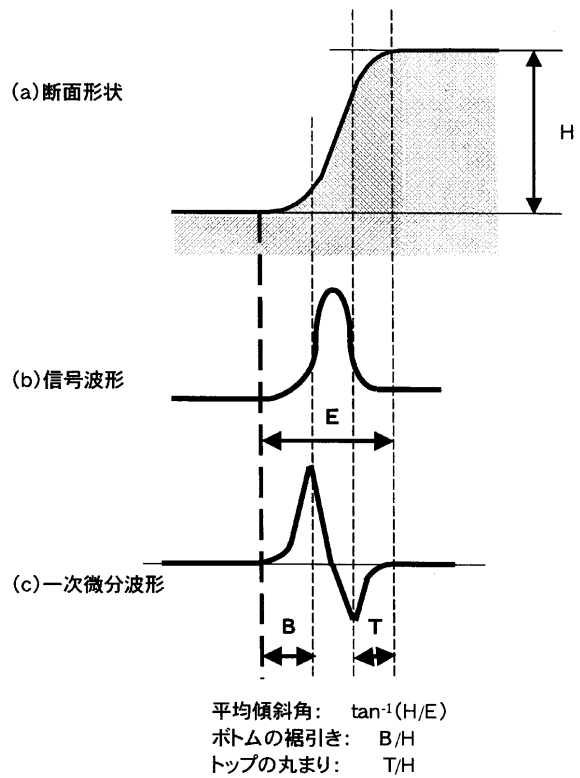
【図 3】

図3



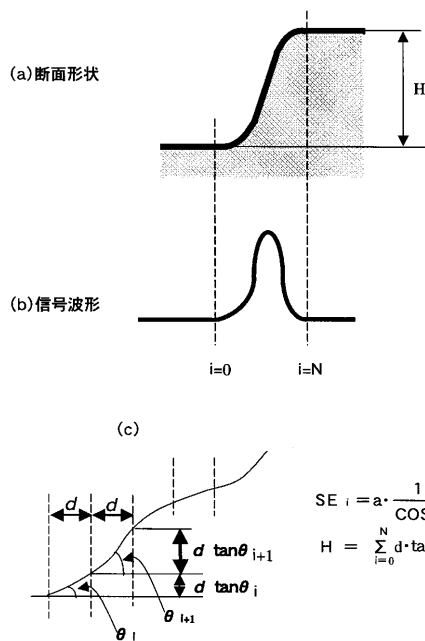
【図 4】

図4



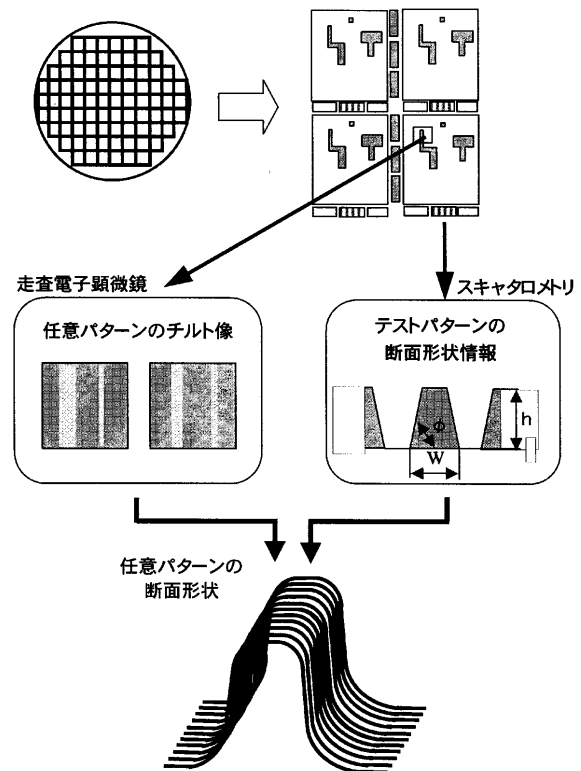
【図 5】

図5

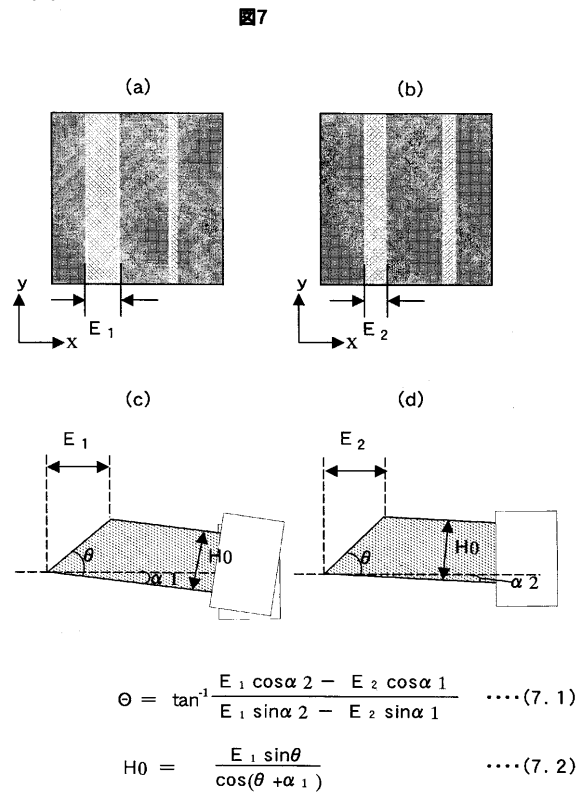


【図 6】

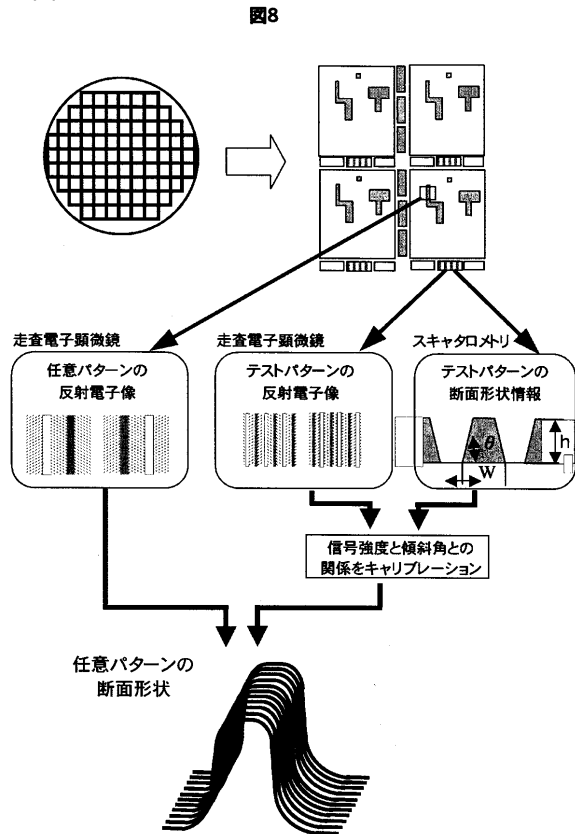
図6



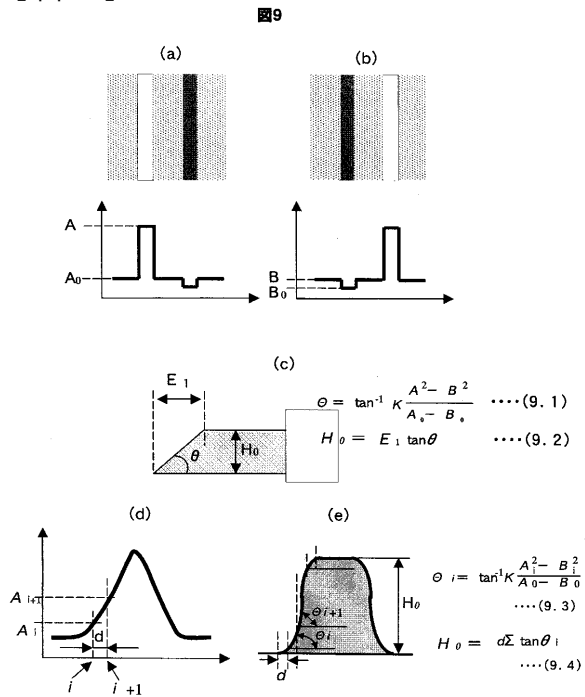
【図7】



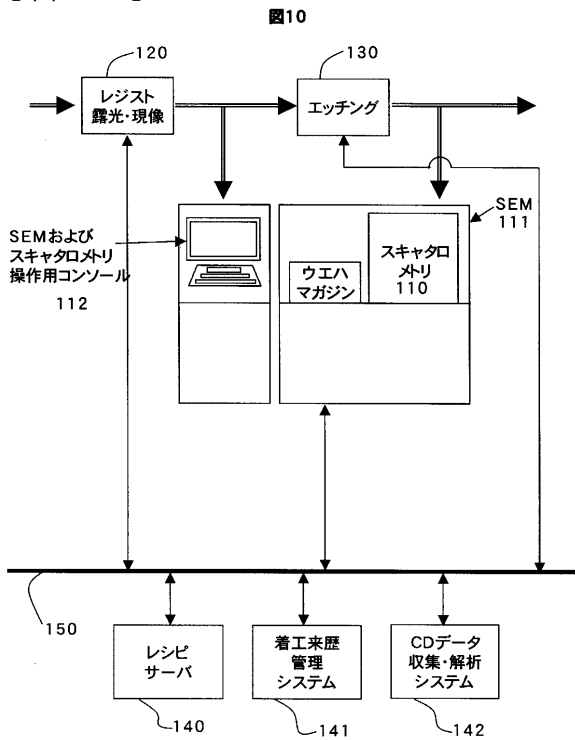
【図8】



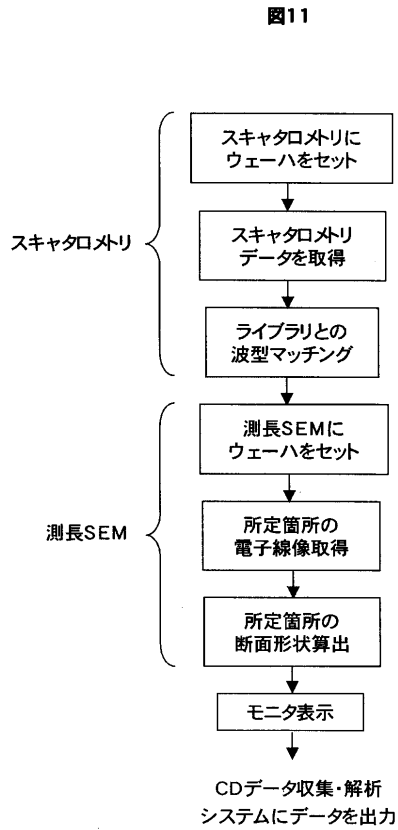
【図9】



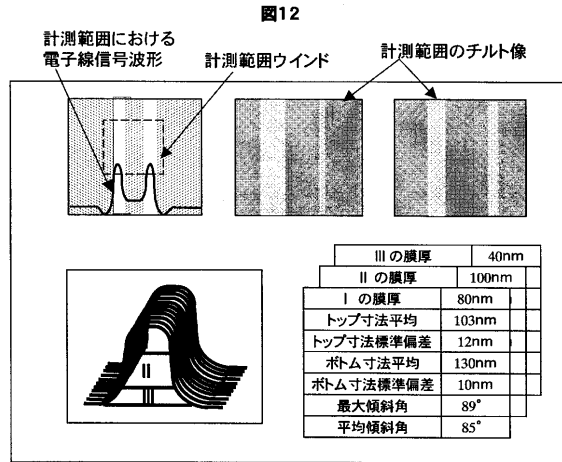
【図10】



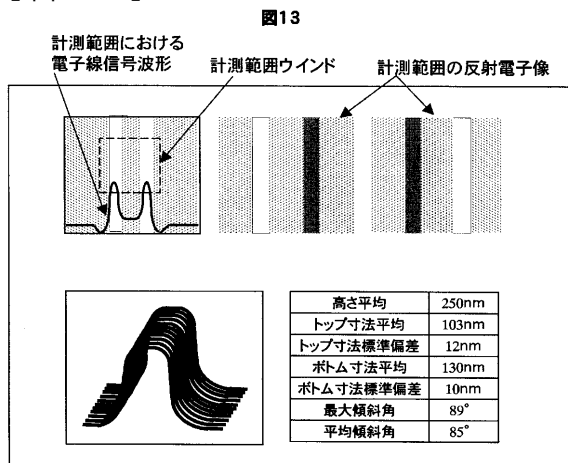
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

- (72)発明者 渡辺 健二
茨城県ひたちなか市市毛 8 8 2 番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 設計・製造統括本部 那珂事業所内
- (72)発明者 豊嶋 祐也
茨城県ひたちなか市市毛 8 8 2 番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 設計・製造統括本部 那珂事業所内

審査官 櫻井 仁

- (56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 2 0 3 5 0 7 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01B 15/00 ~ 15/08