

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 1 区分

【発行日】平成22年12月9日(2010.12.9)

【公表番号】特表2003-529047(P2003-529047A)

【公表日】平成15年9月30日(2003.9.30)

【出願番号】特願2001-513799(P2001-513799)

【国際特許分類】

G 0 1 N 23/20 (2006.01)

【F I】

G 0 1 N 23/20

【誤訳訂正書】

【提出日】平成22年10月15日(2010.10.15)

【誤訳訂正 1】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】請求項 1

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【請求項 1】

パターン半導体ウエハの薄膜層の特性を評価する方法であって、
X 線のプローブビームを生成するステップと、
前記プローブビームのスポットサイズが前記パターンウエハの前記表面上のパターンの形状の大きさに比べて大きくなるように、前記パターンウエハの表面上に前記プローブビームを導くステップと、
反射データを生成するために、前記パターンウエハから反射される種々の X 線の強度を測定するステップと、
前記薄膜層の特性を決定するために、前記反射データを解析するステップと、
を有することを特徴とする方法。

【誤訳訂正 2】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】請求項 1 1

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【請求項 1 1】

パターン半導体ウエハの薄膜層の特性を評価する方法であって、
X 線のプローブビームを生成するステップと、
集束されたプローブビーム内の種々の X 線が前記表面に関する入射角の範囲を作り、前記プローブビームのスポットサイズが前記パターンウエハの前記表面上のパターンの形状の大きさに比べて大きくなるように、前記パターンウエハの表面上に前記プローブビームを集束するステップと、
前記表面に関して特定の入射角に対応する前記反射されたプローブビーム内の X 線の位置で反射されるプローブビーム内の位置の関数として、種々の X 線の強度を測定するステップと、
前記薄膜層の特性を決定するために、前記反射データを解析するステップと、
を有することを特徴とする方法。

【誤訳訂正 3】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】請求項 2 0

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【請求項 20】

パターン半導体ウエハの薄膜層の特性を評価する方法であって、
エネルギーの広域スペクトルを有する X 線のプローブビームを生成するステップと、
前記プローブビームのスポットサイズが前記パターンウエハの前記表面上のパターンの形状の大きさに比べて大きくなるように、前記パターンウエハの表面上に前記プローブビームを導くステップと、

X 線エネルギーの関数として反射 X 線強度を測定する反射データを生成するために、前記パターンウエハから反射される種々の X 線の強度を測定するステップと、

前記薄膜層の特性を決定するために、前記反射データを解析するステップと、を有することを特徴とする方法。

【誤訳訂正 4】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】請求項 29

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【請求項 29】

パターン半導体ウエハの薄膜層の特性を評価する装置であって、

X 線のプローブビームを生成する線源と、

前記プローブビームのスポットサイズが前記パターンウエハの前記表面上のパターンの形状の大きさに比べて大きくなるように、前記パターンウエハの表面上に前記プローブビームを導く手段と、

反射率データを生成するために、前記パターンウエハから反射される種々の X 線の強度を測定する検出器と、

前記薄膜層の特性を決定するために、前記反射率データを解析するプロセッサ手段と、を備えることを特徴とする装置。

【誤訳訂正 5】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0014

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0014】

図 5 は、シリコン基板 22、誘電体層 24 及び金属層 26 から成るパターンウエハ 20 を示す。図に示すように、金属層 26 の厚さは一定であるが、その下の酸化物層 24 は、X 線ビーム 30 からスポットの径全体にわたって厚さが劇的に変化する。実際に量を定めることを困難にさせるこのような変化にかかわらず、金属層 26 の厚さが XRR 又は RRR 技術を用いてさらに正確に決定され得ることが、見出された。

【誤訳訂正 6】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0015

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0015】

数学的解析は、X 線反射信号は、主として、金属層の上部表面と、金属層と酸化物層の境界との間の干渉による効果から来るので、このような結果が達成され得ることを示していた。非常に小さい信号となるのは、上述のように、酸化物層の厚さが際立って変化することによるものである。酸化物層からの信号があまりに小さいという理由の一部は、そのような比較的厚い層のために、どの縞もそれが見られないほど互いに近いことであろう。加えて、上述のように、反射率があまりに小さいので、多重反射は、X 線反射信号において相対的に検出できない程度の影響を及ぼす。上記を考慮すると、層の厚さの決定がで

きるようにしたまま、パターンウェハからの信号の数学的モデリングを、単純化することができる。

【誤訳訂正 7】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0016

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0016】

好ましい実施の形態の詳細な記述

薄膜の所定のサンプルのために、X線反射は、X線波長（ λ ）、入射角、並びに、層を作る材料の厚さ及び光学的特性の関数であるフレネルの式モデリングを用いて決定され得る。典型的に、全反射が起こる臨界角は、非常に小さい（およそ $0.1 \sim 0.5^\circ$ ）。入射角が臨界角以上に増加されるにつれて、反射率が非常に急速に落ちるので、小さい角X線反射は、実験的に重要である。小さい角近似（ $\sin \Psi \approx \Psi$ ）の下で、層 $n-1$ と層 n の間の界面におけるX線反射の再帰方程式は、以下のように与えられる：

【式 1】

$$R_{n-1,n} = a_{n-1}^4 \left(\frac{R_{n,n+1} + F_{n-1,n}}{R_{n,n+1} F_{n-1,n} + 1} \right),$$

ここで、 $F_{n-1,n} = (f_{n-1} - f_n) / (f_{n-1} + f_n)$ であり、 $a_n = \exp \left((-i\pi / \lambda) f_n d_n \right)$ である。

【誤訳訂正 8】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0019

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0019】

これらの再帰方程式は、薄膜スタックの底から始めて、基板に対応する層 $n = N$ で R_N , $N+1$ を 0 に設定し、結果として生じる再帰方程式を実行することによって解く。真空に対応する層 $n = 1$ で、その複素共役を持つ R_1 , R_2 の積 $|R_1, R_2|^2$ は、入射X線強度に対する反射X線強度の比で与えられる。

【誤訳訂正 9】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0023

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0023】

ここで用いられるように、「パターンウェハ」又は「パターン半導体ウェハ」は、X線プローブビームのスポットサイズよりも小さいサイズの人為的パターンをウェハの表面に有する半導体ウェハを意味する。上述のように、典型的に、プローブビームの測定スポットサイズは、1 mm 以上であるが、パターンの形状は、大きさで1ミクロンのオーダーであり、パターンウェハ上のテストサイトでさえ、100ミクロンより典型的に小さい直径を有する。従って、X線プローブビームスポットサイズとパターンウェハ上のテストサイトのサイズとを区分するものとして、通常は少なくとも一桁分のオーダーのサイズの差がある。

【誤訳訂正 10】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0024

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0024】

パターンウエハのX線反射曲線の解析は、類似した層を有するパターン化されない（パターンのない）ウエハ上でなされる測定との比較を通して、大いに単純化され得る。パターンのない比較ウエハは、単に、パターンウエハ上のパターンのない領域であってもよく、このパターンのない領域はパターンウエハと同様の積層がなされている。図3は、タンタルの境界層の上部に銅の最外殻層を有するパターンのないウエハでなされる測定からのX線反射データのグラフを示す。そのグラフは、対数目盛で入射角の関数として反射率を示し、実際には、米国特許第5,691,548号に記述されるタイプのXRR装置を用いてなされた5つの測定実行から5つの重ね合わされた曲線を示す。

【誤訳訂正11】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0025

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0025】

図6は、銅及びタンタルの最外殻層を同じく有するパターンウエハ（実際には、図3を作るために測定した同じウエハ上のパターン領域）でなされた測定からのX線反射データのグラフを示す。そのグラフは、対数目盛で入射角の関数として反射率を示し、さらに、5つの測定実行から5つの重ね合わされた曲線を示す。

【誤訳訂正12】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0026

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0026】

図3及び図6の形状の類似性は顕著である。本発明によれば、パターンウエハの解析は、データの比較的単純な変換を通してパターンのないウエハを解析する問題に帰することができる。そのようなデータの変換を適用する結果は、以下の図表に要約される。

【誤訳訂正13】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0033

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0033】

そのようなフーリエ変換解析が適用されるとき、変換関数曲線のピークは、サンプルの電子密度が急速に変化する領域に対応する。換言すれば、変換関数のピークは、層界面間の距離を示す。フーリエ変換アプローチは、非常に有力であり、同様の積層を持つパターンのないウエハからのデータを参照することなく、パターンウエハからのデータに適用され得る。フーリエ変換技術は、O. Glatter及びO. Kratkyの「小さい角X線散乱」アカデミックプレス社（1982年）の126～136頁において幾分詳細に記述される。これらの頁は、全部参照によってここに組み込まれる。

【誤訳訂正14】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0042

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0042】

基本的な例では、タンタルの薄いバリア層の上部に銅からなる層スタックを想定する。我々が適切なX線波長 λ を注意深く選ぶならば、銅の単層（S1）及びタンタルの単層（S2）のためのR- Ψ 曲線（図2に示される）を得るかもしれない。タンタルが銅より密であるので、その曲線S2の縞は、より高い Ψ 値である。同じく、タンタル層が銅層より薄いので、タンタル曲線S2の干渉縞は、更に離れて離隔される。

【誤訳訂正15】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0043

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0043】

図3は、タンタル層が銅層の下に見出されるときを測定するR- Ψ 曲線S3を表す。（図4はこの層構造を示す。）図3に見られるように、より低い Ψ 領域では銅の縞だけあるが、より高い Ψ 領域ではタンタル縞が銅縞よりかなり強いので、銅及びタンタルの両方の干渉縞が、個々に認識できる。

【誤訳訂正16】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0044

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0044】

上述のように、銅及びタンタル縞の両方間の間隔は、基礎を為す層あるいは粗度に強く依存しない。従って、銅及びタンタルの両層の厚さは、パターンウエハ上でさえ縞間隔から明白に決定され得る。この方法を用いて決定された層厚は、1mmの測定領域にわたっての平均厚さであろう。しかしながら、沈積層の厚さが典型的に1mmの寸法にわたってあまり変化しないので、この測定平均は妥当である。また、パターンウエハ上に存在するわずかなトポグラフィ（地形）が厚さ測定に顕著に影響を与えないことに気付かれない。