

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3880369号
(P3880369)

(45) 発行日 平成19年2月14日(2007.2.14)

(24) 登録日 平成18年11月17日(2006.11.17)

(51) Int.C1.

G01B 11/06 (2006.01)

F 1

G01B 11/06

G

請求項の数 6 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-330060 (P2001-330060)
 (22) 出願日 平成13年10月29日 (2001.10.29)
 (65) 公開番号 特開2003-130614 (P2003-130614A)
 (43) 公開日 平成15年5月8日 (2003.5.8)
 審査請求日 平成16年1月28日 (2004.1.28)

(73) 特許権者 000005821
 松下電器産業株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100068087
 弁理士 森本 義弘
 (72) 発明者 久保 泰康
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内

審査官 岡田 卓弥

(56) 参考文献 特開平1-209385 (JP, A)
 特開平7-294220 (JP, A)

(58) 調査した分野 (Int.C1., DB名)
 G01B 9/00-11/30

(54) 【発明の名称】膜厚測定方法および膜厚測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマディスプレイパネルの基板に形成された単層の誘電体膜にて反射された干渉光の干渉波長から前記誘電体膜の膜厚を測定するに際し、

分光干渉によって求められた干渉波形にフーリエ変換を施すことで周波数強度レベルの周波数特性を求める第1の工程と、

予め設定された基準誘電体膜の膜厚から逆算した基本周波数レンジの閾値と周波数強度レベルの閾値の少なくとも一方の閾値で前記周波数特性を処理して基本周波数候補を抽出する第2の工程と、

前記基本周波数候補から干渉波形を評価・判定して前記誘電体膜の膜厚を算出する第3の工程と

を有する膜厚測定方法。

【請求項2】

基本周波数レンジの閾値は、誘電体膜の膜厚から逆算した基本周波数レンジの上限閾値と下限閾値である

請求項1記載の膜厚測定方法。

【請求項3】

第1の工程での周波数強度レベルに閾値を設け、一定値以上のレベルに達しない周波数は、誘電体膜における測定位置を変更して測定を自動的に繰り返す

請求項1記載の膜厚測定方法。

10

20

【請求項 4】

第3の工程は、抽出された基本周波数の干渉波長 1 、 2 (但し、 $1 > 2$)、屈折率 n から $1 \cdot 2 / (2n \cdot (1 - 2))$ により誘電体膜の膜厚を算出する請求項1記載の膜厚測定方法。

【請求項 5】

プラズマディスプレイパネルの基板に形成された单層の誘電体膜にて反射された干渉光の干渉波長から前記誘電体膜の膜厚を測定する膜厚測定装置であって、

分光干渉によって求められた干渉波形にフーリエ変換を施すことで周波数強度レベルの周波数特性を求める、予め設定された基準誘電体膜の膜厚から逆算した基本周波数レンジの閾値と周波数強度レベルの閾値の少なくとも一方の閾値で前記周波数特性を処理して基本周波数候補を抽出する演算手段を設け、前記演算手段によって抽出された前記基本周波数候補から干渉波形を評価・判定して前記誘電体膜の膜厚を算出するよう構成した膜厚測定装置。

10

【請求項 6】

プラズマディスプレイパネルの基板に形成された单層の誘電体膜にて反射された干渉光の干渉波長から前記誘電体膜の膜厚を測定する膜厚測定装置であって、

前記誘電体膜における測定位置を変更するアクチュエータと、

分光干渉によって求められた干渉波形にフーリエ変換を施すことで周波数強度レベルの周波数特性を求める、予め設定された基準誘電体膜の膜厚から逆算した基本周波数レンジの閾値と周波数強度レベルの閾値の少なくとも一方の閾値で前記周波数特性を処理して基本周波数候補を抽出する演算手段と、

20

前記基本周波数候補から干渉波形を評価・判定して所望の基本周波数が得られるだけの干渉波形が得られなかつたと判定した場合に、前記誘電体膜における測定位置の変更を前記アクチュエータに指示する制御装置とを設け、前記基本周波数候補から干渉波形を評価・判定して前記誘電体膜の膜厚を算出するよう構成した膜厚測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は対象物に形成した被測定対象膜の膜厚を非破壊・非接触で測定する方法に関するものである。

30

【0002】

【従来の技術】

近年、プラズマディスプレイパネルの製造工程などでは、誘電体の膜厚を高精度に自動測定して製品の品質を確保することが求められており、分光干渉を利用して非破壊・非接触測定法による測定が実施されている。

【0003】

この分光干渉は、被測定対象膜に光線を照射し、前記被測定対象膜の膜上面および膜下面にてそれぞれ反射した光の干渉光を、分光器を通して分離し、得られた干渉波長から膜厚を推定するものである。

40

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、前記の干渉度合いを干渉光強度のみ定量で評価することは困難であるのが現状であつて、膜厚を自動測定することができないのが現状である。

【0005】

更に詳しくは、干渉波形は多数の基本波の合成波であり、強度が強くても、繰り返し性の良好な均質波形であるとは限らず、得られた測定値が正しいかどうかを判断することが困難であるためであつて、自動測定・検査を実現するためには、この点の改善が必要となる。

【0006】

50

本発明は、被測定対象膜の膜厚を分光干渉を利用して測定し、かつ従来よりも信頼性の高い定量評価を実現し、自動測定に適した膜厚測定方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の膜厚測定方法は、分光干渉によって求めた干渉波形にフーリエ変換を施し、さらに閾値で処理して基本周波数候補を抽出し、抽出された前記基本周波数候補から干渉波形を評価・判定して膜厚を算出することを特徴とする。

【0008】

この構成によると、フーリエ変換波形を処理して繰り返し性の良好な均質波形を得、さらに閾値による限定を加えて不用意に誤った基本周波数を自動抽出する可能性を少なくして、誤測定を防止できる。

10

【0009】

【発明の実施の形態】

本発明の請求項1記載の膜厚測定方法は、プラズマディスプレイパネルの基板に形成された単層の誘電体膜にて反射された干渉光の干渉波長から前記誘電体膜の膜厚を測定するに際し分光干渉によって求められた干渉波形にフーリエ変換を施すことで周波数強度レベルの周波数特性を求める第1の工程と、予め設定された基準誘電体膜の膜厚から逆算した基本周波数レンジの閾値と周波数強度レベルの閾値の少なくとも一方の閾値で前記周波数特性を処理して基本周波数候補を抽出する第2の工程と、前記基本周波数候補から干渉波形を評価・判定して前記誘電体膜の膜厚を算出する第3の工程とを有することを特徴とする。

20

【0010】

本発明の請求項2記載の膜厚測定方法は、請求項1において、基本周波数レンジの閾値は、誘電体膜の膜厚から逆算した基本周波数レンジの上限閾値と下限閾値であることを特徴とする。

【0011】

本発明の請求項3記載の膜厚測定方法は、請求項1において、第1の工程での周波数強度レベルに閾値を設け、一定値以上のレベルに達しない周波数は、誘電体膜における測定位置を変更して測定を自動的に繰り返すことを特徴とする。

【0012】

30

本発明の請求項4記載の膜厚検査方法は、請求項1において、第3の工程は、抽出された基本周波数の干渉波長 $1, 2$ (但し、 $1 > 2$)、屈折率 n から $1 \cdot 2 / (2n \cdot (1 - 2))$ により誘電体膜の膜厚を算出することを特徴とする。

【0013】

本発明の請求項5記載の膜厚測定装置は、プラズマディスプレイパネルの基板に形成された単層の誘電体膜にて反射された干渉光の干渉波長から前記誘電体膜の膜厚を測定する膜厚測定装置であって、分光干渉によって求められた干渉波形にフーリエ変換を施すことで周波数強度レベルの周波数特性を求める、予め設定された基準誘電体膜の膜厚から逆算した基本周波数レンジの閾値と周波数強度レベルの閾値の少なくとも一方の閾値で前記周波数特性を処理して基本周波数候補を抽出する演算手段を設け、前記演算手段によって抽出された前記基本周波数候補から干渉波形を評価・判定して前記誘電体膜の膜厚を算出するよう構成したことを特徴とする。

40

【0014】

本発明の請求項6記載の膜厚測定装置は、プラズマディスプレイパネルの基板に形成された単層の誘電体膜にて反射された干渉光の干渉波長から前記誘電体膜の膜厚を測定する膜厚測定装置であって、前記誘電体膜における測定位置を変更するアクチュエータと、分光干渉によって求められた干渉波形にフーリエ変換を施すことで周波数強度レベルの周波数特性を求める、予め設定された基準誘電体膜の膜厚から逆算した基本周波数レンジの閾値と周波数強度レベルの閾値の少なくとも一方の閾値で前記周波数特性を処理して基本周波数候補を抽出する演算手段と、前記基本周波数候補から干渉波形を評価・判定して所望の

50

基本周波数が得られるだけの干渉波形が得られなかつたと判定した場合に、前記誘電体膜における測定位置の変更を前記アクチュエータに指示する制御装置とを設け、前記基本周波数候補から干渉波形を評価・判定して前記誘電体膜の膜厚を算出するよう構成したことを特徴とする。

【0016】

以下、本発明の膜厚測定方法を具体的な実施の形態に基づいて説明する。

図1は本発明の膜厚測定方法を自動で実行する膜厚測定装置を示す。

1は分光干渉計、2は半透過鏡や撮像器を内蔵したヘッド部で、分光干渉計1とは光導路3を介して接続されている。4は干渉波形から膜厚を求める演算器、5は被測定物6を固定するステージ、7はヘッド部2を被測定物6の任意の測定点へ移動するためのアクチュエータ、8はアクチュエータ制御装置、9はアクチュエータ制御装置に移動点などの指示を出したり、演算器4に測定指示を与える総合制御装置である。10はモニタである。

10

【0017】

図2は図1の基本構成を示す。

ヘッド部2には半透過鏡11が設けられており、この半透過鏡11は分光干渉計1からの照射光を被測定物6の被測定対象膜に反射し、被測定物からの戻り光を分光干渉計1に反射する。12は被測定物6の対象物面を観察する撮像器で、撮像器12の信号はモニタ10を介して画像として表示するように構成されている。

【0018】

分光干渉計1は、主要部が次に示すように構成されている。

20

13は干渉光を生成するための白色光源（可視光源を基本とするが、赤外光等を用いることもある）、14は半透過鏡で、光源13からの照射光を前記半透過鏡11を介して被測定物6に照射し、被測定物6から前記半透過鏡11を介して戻ってくる戻り光を光源13からの照射光とは分離する。

【0019】

15は回折格子で、半透過鏡14から出射する戻り光を分光する。

16はセンサアレイで、回折格子15にて波長毎に分光された干渉光強度を位置別の強度情報として検出する。

【0020】

分光干渉計1のセンサアレイ16で検出された位置毎の強度情報は、演算器4によって処理される。

30

この演算器4はマイクロコンピュータを主要部として構成されており、図3に示すプロセスを実行するように構成されている。

【0021】

プロセスS1は干渉波形強度を生成するプロセスで、各周波数毎に干渉波形強度を求めて対応づける。周波数は、基本的にセンサアレイ16の位置に対応する。

【0022】

プロセスS2は周波数特性を生成するプロセスで、既に求まつた干渉波形に対してフーリエ変換を施す。これによって、干渉波形を代表する基本周波数と、そのレベル（周波数強度）を求めることができる。代表的基本周波数は、膜厚に対応し、そのレベル（周波数強度）は波形の均一性に対応する。

40

【0023】

従つて、求めようとする被測定対象膜の膜厚レンジを既知とすれば、ここから逆算して、基本周波数レンジを限定することができ、この限定を加えることで、不用意に誤った基本周波数を自動抽出する可能性がなくなり、本来とは異なる膜厚を算出してしまつといった誤測定を防止することができる。

【0024】

また、被測定膜の下面（下地材との界面）の反射状態が悪く、十分な反射光が得られず、結果的に十分な干渉強度が得られないことがある。この場合、何ら条件付けをすることなく基本周波数を自動抽出すると、誤った基本周波数が自動抽出され、誤測定に至る可能性

50

がある。そこで、波形の均一性に着目し、フーリエ変換後の特定周波数強度レベルに閾値を設け、一定値以上のレベルに達しない周波数は、採用しないものとする。この限定を加えることで、不用意に誤った基本周波数を自動抽出する可能性がなくなり、誤測定を防止することができる。

【0025】

プロセスS3は以上の2種類の限定を加える閾値判定プロセスである。

プロセスS4は、全プロセスにて抽出された基本周波数（波長）から、膜厚を算出するプロセスで、一般的に下記の（式1）に示す算出式等が用いられる。

【0026】

$$\text{膜厚 } d = 1 \cdot 2 / (2n \cdot (1 - 2)) \quad (\text{式1})$$

但し、1, 2は干渉波長（1>2）、nは屈折率

もしも、測定したポイントから、適切な基本周波数が得られるだけの干渉波形が得られなかった場合、前記閾値判定プロセスS3により、その状況が判断できるため、例えば、被測定物6における測定位置をわずかにずらした後に、再度測定を行うなどの措置を行うよう、自動測定装置のアルゴリズムとして講じておくことが望ましい。

【0027】

図4(a)は、前記プロセスS1の干渉波形強度を生成するプロセスにて測定された干渉波形の例である。

横軸は干渉周波数、縦軸は干渉強度である。17は干渉波形の一例で、干渉が良好な状態においては、振幅の大きい正弦波状にあらわれるが、通常は全域においてこのようになることは稀であり、干渉波形17を閾値と比較して干渉の良否を判断した場合には、事実上正常に測定できる機会が著しく減少する。

【0028】

図4(b)は、図4(a)に示した干渉波形17の例をフーリエ変換処理した後の変換波形の一例である。fu, fdは、求めようとする被測定物6の膜厚レンジから逆算した基本周波数レンジの上限閾値と下限閾値である。Leは周波数レベルの閾値である。

【0029】

周波数レンジ面から、上限閾値fuと下限閾値fdの間の領域が候補として適当であり、かつ、周波数レベルの面から閾値Le以上の領域が適当であって、基本周波数候補としては、斜線に囲まれた領域18の内のものが適当である。プロセスS3では、この領域18の中で最も周波数レベルの高い成分の周波数fcを採択する。

【0030】

このように限定を加えることにより、不用意に誤った基本周波数を自動抽出する可能性がなくなり、誤測定を防止することができる。この際の限定条件は、実際には広範囲なレベルに当初は設定しておき、サンプルの膜厚の測定を複数回だけ行い、別途に断面観察するなどして実際の膜厚を求め、この結果と測定結果を照合して、不一致が生じた場合に限定を狭めていく、というプロセスを経てその精度を向上することになる。

【0031】

したがって、上記のような処理および構成によって、分光干渉波形を利用して、例えばプラズマディスプレイパネルの誘電体膜などの膜厚を自動測定して自動検査することが正確、高速、安定的に可能となる。

【0032】

なお、上記の実施の形態の閾値判定プロセスS3では、前記被測定対象膜の膜厚レンジから逆算した基本周波数レンジの閾値fu, fdと周波数強度レベルの閾値Leの複数の閾値を使用して、プロセスS2のフーリエ変換によって求まった周波数強度レベルの周波数特性を処理して基本周波数候補を抽出したが、下記の何れでも実施できる。

【0033】

1 前記被測定対象膜の膜厚レンジから逆算した基本周波数レンジの閾値fuまたはfdの一方と周波数強度レベルの閾値Leの複数の閾値を使用して、プロセスS2のフーリエ変換によって求まった周波数強度レベルの周波数特性を処理して基本周波数候補を抽

10

20

20

30

30

40

40

50

出する形態。

【0034】

2 前記被測定対象膜の膜厚レンジから逆算した基本周波数レンジの閾値 f_u , f_d と周波数強度レベルの閾値 L_e の何れかの閾値を使用して、プロセス S2 のフーリエ変換によって求まった周波数強度レベルの周波数特性を処理して基本周波数候補を抽出する形態。

【0035】

3 前記被測定対象膜の膜厚レンジから逆算した基本周波数レンジの閾値 f_u または f_d の一方の閾値を使用して、プロセス S2 のフーリエ変換によって求まった周波数強度レベルの周波数特性を処理して基本周波数候補を抽出する形態。 10

【0036】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、分光干渉によって求めた干渉波形にフーリエ変換を施し、さらに閾値で処理して基本周波数候補を抽出し、抽出された前記基本周波数候補から干渉波形を評価・判定して膜厚を算出するので、フーリエ変換波形を処理して繰り返し性の良好な均質波形を得、さらに閾値による限定を加えて不用意に誤った基本周波数を自動抽出する可能性を少なくして、誤測定を防止できる。

【0037】

よって、この膜厚測定方法を実行することによって、例えばプラズマディスプレイパネルの誘電体等の膜厚を自動測定または検査することができ、この分野の生産性の向上に大きく寄与するものである。 20

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の膜厚測定方法を実現する膜厚測定装置の構成図

【図2】同実施の形態の要部の構成図

【図3】同実施の形態の演算器の機能ブロック図

【図4】同実施の形態によって測定された干渉波形とフーリエ変換処理後の周波数特性図

【符号の説明】

1 分光干渉計

2 ヘッド部

3 光導路

4 演算器

5 ステージ

6 被測定物

7 アクチュエータ

8 アクチュエータ制御装置

9 総合制御装置

10 モニタ

11 半透過鏡

12 撮像器

13 光源

14 半透過鏡

15 回折格子

16 センサアレイ

17 干渉波形

18 基本周波数候補領域

S1 干渉波形強度を生成するプロセス

S2 周波数特性を生成するプロセス

S3 閾値判定プロセス

S4 膜厚算出プロセス

f_u 基本周波数レンジの上限閾値

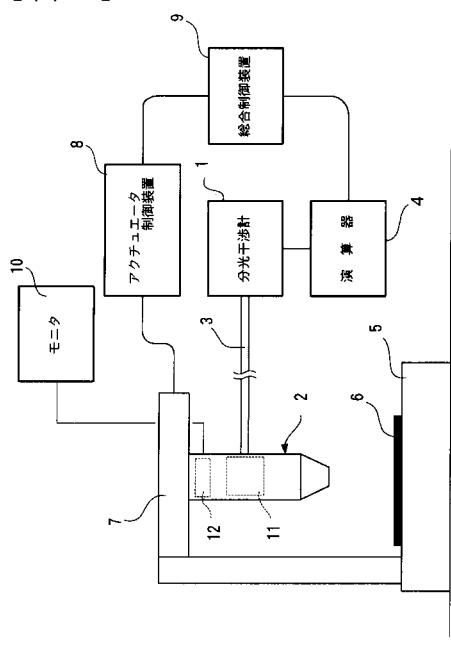
30

40

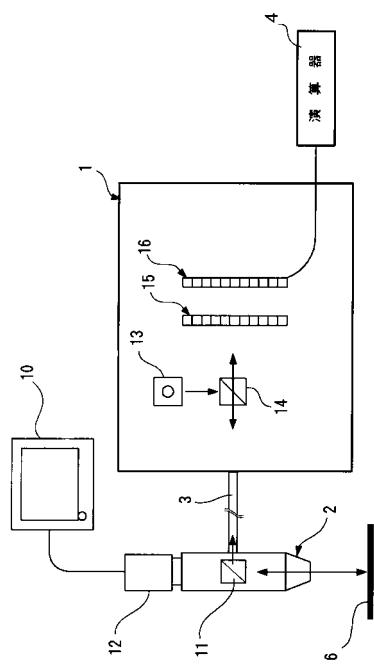
50

f d 基本周波数レンジの下限閾値
 L e 周波数レベルの閾値
 f c 抽出された基本周波数

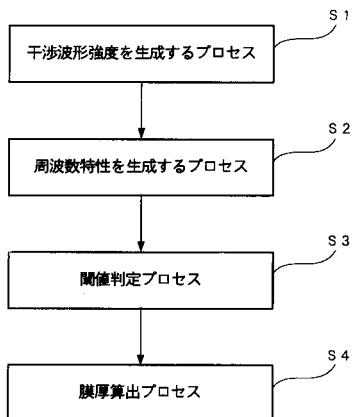
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

