

(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2017-156351
(P2017-156351A)

(43) 公開日 平成29年9月7日(2017.9.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/27 (2006.01)	GO 1 N 21/27	B 2 F 0 6 5
GO 1 N 21/47 (2006.01)	GO 1 N 21/47	Z 2 G 0 5 9
GO 1 N 21/21 (2006.01)	GO 1 N 21/21	Z
GO 1 B 11/02 (2006.01)	GO 1 B 11/02	Z

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2017-78841 (P2017-78841)
 (22) 出願日 平成29年4月12日 (2017.4.12)
 (62) 分割の表示 特願2014-518605 (P2014-518605)
 の分割
 原出願日 平成24年6月12日 (2012.6.12)
 (31) 優先権主張番号 13/174,815
 (32) 優先日 平成23年7月1日 (2011.7.1)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500049141
 ケーエルエーテンカー コーポレイシ
 ン
 アメリカ合衆国、95035、カリフォル
 ニア州、ミルピタス、ワン テクノロジイ
 ドライブ
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人Y K I 国際特許事務所
 (72) 発明者 クリシュナン シャンカー
 アメリカ合衆国 カリフォルニア サンタ
 クララ ガンメル ブラウン プレイス
 2022
 (72) 発明者 ワン ハイミン
 アメリカ合衆国 カリフォルニア フレモ
 ント ラグナ プレイス 40760
 最終頁に続く

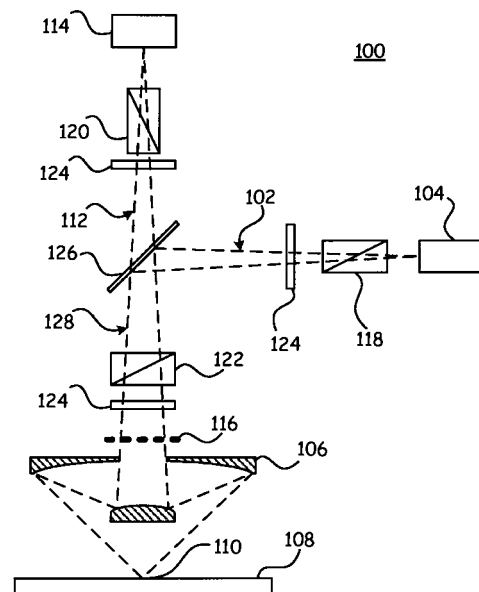
(54) 【発明の名称】 限界寸法の測定

(57) 【要約】

【課題】基板上で複数波長、複数方位、複数入射角の読み取りを行う分光機器を提供する。

【解決手段】当該機器は、照明ビームを発生する広帯域光源104と、照明を、同時に複数の方位角度および複数の入射角度で基板108に向け、それによって反射ビームを発生させる対物レンズ106と、照明開口、および所望の慎重な組み合わせの方位角度および入射角度を有する反射ビームの部分を選択的に通すためにその中に形成される複数の収集開口を有する開口プレート116と、慎重な組み合わせの方位角度および入射角度を受け取って、読み取り値を生成するための検知器と、読み取り値を解釈するためのプロセッサとを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板上で複数波長、複数方位、複数入射角の読み取りを行う分光機器であって、合成ビーム経路に沿って照明ビームを発生する広帯域光源と、前記照明ビームを、同時に複数の方位角度および複数の入射角度で前記基板に向け、それによって前記合成ビーム経路に沿って反射ビームを発生させる対物レンズと、前記照明ビームの第 1 の部分を選択的に通す照明開口、および所望の組み合わせの方位角度および入射角度を有する前記反射ビームの第 2 の部分を選択的に通す複数の集光開口、を有し、前記第 1 の部分と前記第 2 の部分は前記合成ビーム経路の分離された部分である、開口プレートと、前記組み合わせの方位角度および入射角度を受け取って、読み取り値を生成するための検知器と、前記読み取り値を解釈するためのプロセッサと、を備える分光機器。

10

【請求項 2】

前記開口プレートが、さまざまな組み合わせの複数の方位角度および複数の入射角度を選択するのに個別にまたは組み合わせて使用することが可能な開口プレートの組を備える、請求項 1 に記載の分光機器。

【請求項 3】

前記開口プレートが、さまざまな組み合わせの複数の方位角度および複数の入射角度を生成するように電子的に設定可能である、請求項 1 に記載の分光機器。

20

【請求項 4】

前記検知器が、前記組み合わせの方位角度および入射角度を同時に受け取る、請求項 1 に記載の分光機器。

【請求項 5】

前記検知器が、前記組み合わせの方位角度および入射角度を順次受け取る、請求項 1 に記載の分光機器。

【請求項 6】

前記分光機器が反射率計である、請求項 1 に記載の分光機器。

【請求項 7】

前記分光機器がエリプソメーターである、請求項 1 に記載の分光機器。

30

【請求項 8】

前記対物レンズが、前記照明ビームを、すべての方位角度および実質的にすべての入射角度で向かわせるように調節可能である、請求項 1 に記載の分光機器。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、集積回路製造の分野に関する。より詳細には、本発明は、集積回路構造の計測に使用される、多角分光器反射光測定に関する。

【背景技術】**【0002】**

反射率計およびエリプソメーターを含む分光装置は、集積回路製造工程の計測および工程管理に広く用いられてきた。本明細書で使用される場合、用語「集積回路」は、モノリシック半導体基板上に形成される素子、シリコンまたはゲルマニウム等の I V 族材料または砒化ガリウム等の I I I - V 族化合物、またはこれらの材料の混合物で形成される素子などの素子を含む。この用語は、メモリおよびロジックなどのあらゆる種類の形成素子、および M O S およびパイポーラなどのあらゆる設計の当該素子を含む。この用語は、さらに、フラットパネルディスプレイ、太陽電池および電荷結合デバイスなどの用途も包含する。

40

【0003】

分光装置は、膜積層体および回路構成などの試料の厚さおよび限界寸法を測定するのに

50

使用されてきた。このような装置によって行なわれる測定は、試料の材料を通過する光の回折および試料の幾何学的構造体を測定することに基づいている。したがって、このような構造体の寸法（厚みおよび線幅など）が微細化されるのに伴い、構造体が引き起こす回折量は非常に少なくなる。その結果、このような微細化された構造体を測定し、同時に所望の測定精度および装置間の均一性を維持することは、より困難になった。

【0004】

現代の分光装置は、複数の波長および複数の別々の角度で試料を測定することによって、このような問題を解決しようとしている。しかし、利用可能な波長または利用可能な角度の少なくとも1つは、限られていることから、波長および測定角度を、モデルベースの分析によって決定される最適測定感度を生み出す値に設定することは、波長および角度の

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国出願公開第2008/0129986号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

したがって、上記のような問題の少なくとも一部でも解消するシステムが必要とされている。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の要求およびその他の要求は、基板上で複数波長、複数方位、複数入射角の読み取りを行う分光機器によって満たされ、この機器は、照明ビームを発生する広帯域光源と、照明を、同時に複数の方位角度および複数の入射角度で基板の上に向け、それによって反射ビームを発生させる対物レンズと、照明開口、および所望の慎重な組み合わせの方位角度および入射角度を有する反射ビームの部分を選択的に通すためにその中に形成される複数の収集開口、を有する開口プレートと、慎重な組み合わせの方位角度および入射角度を受け取って、読み取り値を生成するための検知器と、読み取り値を解釈するためのプロセッサと、を有している。

30

【0008】

このように、この機器は、必要に応じて同時に、所望に組み合わせた波長、方位角度および入射角度で、迅速に複数読み取り値を採取することができる。したがって、開口プレートは、測定されている基板によく感応する読み取り値の組を収集するように設定することができ、それによって測定精度を高めている。さらに、機器は、さまざまな基板上でのさまざまな読み取り値に対して迅速に再構成することが可能である。

【0009】

各種実施形態において、開口プレートは、さまざまな慎重な組み合わせの複数の方位角度および複数の入射角度を選択するのに個別にまたは組み合わせで使用することが可能な開口プレートの組である。他の実施形態では、開口プレートは、さまざまな慎重な組み合わせの複数の方位角度および複数の入射角度を生成するように電子的に設定可能である。一部の実施形態では、検知器は、慎重な組み合わせの方位角度および入射角度を同時に受け取る。他の実施形態では、検知器は、慎重な組み合わせの方位角度および入射角度を順次受け取る。

40

【0010】

本発明のさらなる利点は、図面と共に考察し、詳細な説明を参照すれば明らかとなる。図面は、より明らかに詳細を示すように正確な縮尺になっておらず、参照番号は、いくつかの図にわたって類似の要素を参照している。

【図面の簡単な説明】

【0011】

50

【図 1】本発明の複数の実施形態に係る複合的多角分光装置を示す。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態に係る開口プレートを示す。

【図 3】本発明の第 2 の実施形態に係る開口プレートを示す。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の各種実施形態は、半球の半分の全体（試料の平面の測定スポットに対して、約 0 度から約 90 度までの入射角度、-180 度から 180 度までの方位角度）の中の任意の連続的に可変的な合成角度で、および複数の合成角度で、同時にまたは順次試料を測定することができる分光装置（反射率計またはエリプソメーター）を説明する。合成角度は、入射角および方位を組み合わせたものを指している。

10

【0013】

このような実施形態は、モデルベースの分析における複数の光線の集積を取り除く、小さな集光開口に対応するそれぞれの角度で測定を行っており、測定速度およびスループットを大幅に向上させつつ、集積回路製造工程で所望される小さな測定スポットを維持する。

【0014】

次に、図 1 を参照すると、本発明のいくつかの複合的な実施形態に係る多角分光装置 100 が示されている。したがって、任意の所与の実施形態は、図 1 に示される構造体の全てを有するわけではない。代わりに、図 1 は、さまざまな実施形態に存在してもよい各種の基本的な要素と選択的な要素とを示している。

20

【0015】

広帯域光源 104 から光 102 は、対物レンズ 106 に向けられ、試料 108 をスポット 110 で照らす。図 1 には、2 レンズ型対物レンズ 106 が示されているが、他の対物レンズ 106 設計も、想定される。対物レンズ 106 は、実質的に任意の連続的に可変的な合成角度から、光錐で試料 108 を照明する。試料 108 で反射された光 112 は、対物レンズ 106 によって集光され、測定用分光計 114 に向けられる。ビームスプリッタ 126 は、光路 102 および 112 がビームスプリッタ 126 と試料 108 との間で共通経路 128 に沿って進むことを可能にする。

【0016】

一部の実施形態では、偏光板 118 が、照明経路 102 に任意選択に配置され、偏波分光反射光測定を可能にしており、集光経路 112 の偏光状態は、照明偏光状態に関して、入射平面の角度位置によって決定される。集光経路 112 の偏光状態を明示的に画定するために、解析器 120 と呼ばれる別の偏光板が、集光経路 112 に任意選択で配置される。代替実施形態では、1 つの偏光板 122 が、偏光板 118 および解析器 120 に代えて、共通経路 128 に、いわゆる複光路構成で置かれる。他の実施形態は、照明経路 102 および集光経路 112 の一方または両方に、またはその代わりに共通経路 128 に配置される波長板 124 を含んでいる。このような要素 118、120、122、および 124 は、実質的に任意の組み合わせで、固定であってもまたは回転可能であってもよい。

30

【0017】

開口プレート 116 は、照明光 102 および反射光 112 両方の所望のファンを選択的に遮断および伝達する。一部の実施形態では、開口プレート 116 が、対物レンズ 106 の開口に隣接しているか、またはその中に配置されている。開口プレート 116 の実施形態を図 2 および図 3 に詳細に示す。図 2 は、（合成ビーム 128 の成分として）照明ビーム 102 の所望の部分を通す照明開口 202 および（合成ビーム 128 の成分として）反射ビーム 112 の所望の部分を通す、開口プレート 116 に行列で配置されている集光開口 204 を示している。反射ビーム 112 の軸と同心の円に沿って存在している、集光開口 204 の中の点は全て、入射角度が、実質的に同一である。反射ビーム 112 の軸から外側に延びる共通の半径線に沿って存在している集光開口 204 の中の点は全て、方位角度が、実質的に同一である。集光開口 204 は、複数の方位角度および入射角度から複数の広帯域読み取り値をセンサ 114 と同時に受け取るように構成される照明開口 202 お

40

50

よび集光開口204の両方で構築され得る。集光開口204を非常に小さな開口部として構築することによって、過度に幅広いファンからの光線の集積は、モデルベースの分析から取り除くことができ、したがって、測定速度およびスループットを大幅に向上させつつ、集積回路製造工程で必要とされる小さな測定スポットを維持する。開口204の個数およびサイズは、例示に過ぎない。

【0018】

一部の実施形態では、装置100によって分析される膜積層体が、測定の前に数学的にモデル化され、どの合成角度または合成角度の組が、最大感度を提供するのかが決定される。次いで、有孔プレート116が、集光開口204を（例えば）この合成角度の組に関して特異的に配置して製作され、その組の異なる合成角度は、図2の開口プレート116の例に示すように、連続的に選択可能であるか、あるいは、図3の開口プレート116の例に示すように同時に調べられる。開口プレート116を一般的な測定で使用することができるように、このようなカスタム開口プレート116に、追加の標準集光開口204を追加してもよい。

10

【0019】

異なる開口プレート116を、異なる膜積層体に最適化するように製造し、次いで、所望のように装置100から交換することができる。他の実施形態では、開口プレート116の集光開口204は、開口プレート116の集光開口204の数、サイズおよび配置に関して再構成され得る、例えば、プロセッサ駆動の機械式または電子式シャッター手段（液晶パネルなど）によって設定可能である。

20

【0020】

異なる実施形態は、異なる合成角度から反射光112を順次または同時に受け取るのにさまざまな手段を使用している。このような手段の各種実施形態を以下に記載する。

【0021】

選択肢1：上記のように動作するように構成されている開口プレート116を使用するときに1つの合成角度を選択し、分光計114は、この合成角度だけから集められる光112から信号を生成する。追加の合成角度のアクセスは、開口プレート116を移動または交換した後、順次行われる。

【0022】

選択肢2：開口プレート116が上記のように動作するように構成されると同時に複数の角度（例えば3つの角度）を選択し、光学素子を使用して複数の反射ビーム112を分光計114のさまざまな部分に移動させ、分光計が信号を同時に検出する。

30

【0023】

選択肢3：開口プレート116が上記のように動作するように構成されると同時に複数の角度（例えば4つ）を選択し、光学素子を使用して複数の反射ビーム112を複数の分光計114（この例では、例えば4つ）に移動させ、複数の合成角度に対応する信号を同時に検出する。

【0024】

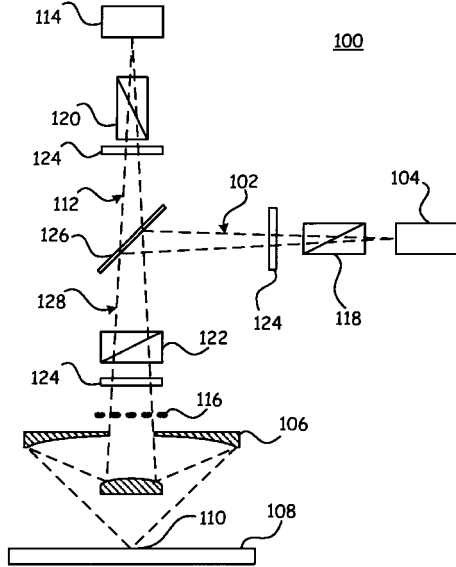
選択肢4：マイクロ電子機械系ミラーなどの光学素子を使用して、ビーム112を分割するか、または、ビーム112の選択部分を開口プレート116を通るように向ける。

40

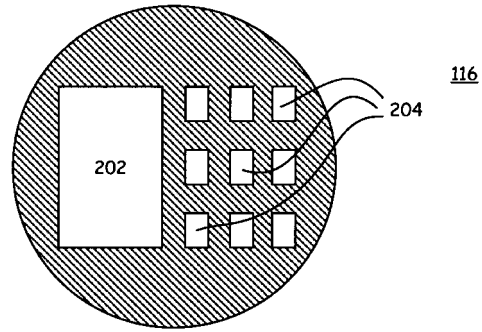
【0025】

本発明に関する実施形態についての前述の説明は、例証および説明目的で提示される。網羅的であることや、開示される詳細な形状に制限することを意図するものではない。上記の教示を考慮すると、修正または変化が起こり得ることは自明である。発明の原理およびその実際の適用の具体例を提供し、そうすることで当業者が、各種実施形態で、想定される特定の用途に適するようにさまざまな修正を加えて本発明を利用することを可能にするための取り組みとして、実施形態を選択して記載している。そのような修正および変更は全て、それらが公正、法的かつ公平に権利を付与される範囲に従って解釈されるとき、添付の請求の範囲によって決定される本発明の範囲に含まれる。

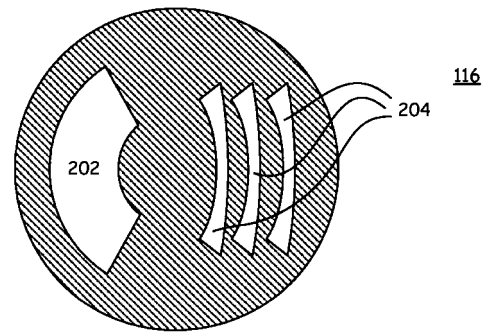
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【手続補正書】

【提出日】平成29年5月9日(2017.5.9)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上で複数波長、複数方位、複数入射角の読み取りを行う分光機器であって、合成ビーム経路に沿って照明ビームを発生する広帯域光源と、

前記照明ビームを、同時に複数の方位角度および複数の入射角度で前記基板に向け、それによって前記合成ビーム経路に沿って反射ビームを発生させる対物レンズと、

前記照明ビームの第 1 の部分を選択的に通す単一の照明開口、および所望の組み合わせの方位角度および入射角度を有する前記反射ビームの第 2 の部分を選択的に通す、前記単一の照明開口よりもサイズが小さい開口が行列で配置されてなる複数の集光開口、を有し、前記第 1 の部分と前記第 2 の部分は前記合成ビーム経路の分離された部分である、開口プレートと、

前記組み合わせの方位角度および入射角度を受け取って、読み取り値を生成するための検知器と、

前記読み取り値を解釈するためのプロセッサと、を備える分光機器。

【請求項 2】

前記開口プレートが、さまざまな組み合わせの複数の方位角度および複数の入射角度を選択するのに個別にまたは組み合わせで使用することが可能な開口プレートの組を備える、請求項 1 に記載の分光機器。

【請求項 3】

前記開口プレートが、さまざまな組み合わせの複数の方位角度および複数の入射角度を生成するように電子的に設定可能である、請求項 1 に記載の分光機器。

【請求項 4】

前記検知器が、前記組み合わせの方位角度および入射角度を同時に受け取る、請求項 1 に記載の分光機器。

【請求項 5】

前記検知器が、前記組み合わせの方位角度および入射角度を順次受け取る、請求項 1 に記載の分光機器。

【請求項 6】

前記分光機器が反射率計である、請求項 1 に記載の分光機器。

【請求項 7】

前記分光機器がエリプソメーターである、請求項 1 に記載の分光機器。

【請求項 8】

前記対物レンズが、前記照明ビームを、すべての方位角度および実質的にすべての入射角度で向かわせるように調節可能である、請求項 1 に記載の分光機器。

フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA30 BB02 BB17 BB22 CC31 DD03 FF41 FF52 GG24 HH12
HH14 JJ03 JJ26 LL19 LL31 PP24 QQ28
2G059 AA02 BB10 EE02 EE12 GG04 JJ11 JJ15 JJ18 JJ19 JJ22
JJ30