

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4376624号
(P4376624)

(45) 発行日 平成21年12月2日(2009.12.2)

(24) 登録日 平成21年9月18日(2009.9.18)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 B 9/02 (2006.01)
 GO 1 B 11/00 (2006.01)
 GO 3 F 7/20 (2006.01)
 HO 1 L 21/027 (2006.01)

GO 1 B 9/02
 GO 1 B 11/00 G
 GO 3 F 7/20 5 2 1
 HO 1 L 21/30 5 O 3 A

請求項の数 55 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2003-523930 (P2003-523930)
 (86) (22) 出願日 平成14年8月23日(2002.8.23)
 (65) 公表番号 特表2005-501241 (P2005-501241A)
 (43) 公表日 平成17年1月13日(2005.1.13)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/026931
 (87) 国際公開番号 W02003/019110
 (87) 国際公開日 平成15年3月6日(2003.3.6)
 審査請求日 平成17年8月23日(2005.8.23)
 (31) 優先権主張番号 60/314,568
 (32) 優先日 平成13年8月23日(2001.8.23)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 598176743
 ザイゴ コーポレーション
 ZYGO CORPORATION
 アメリカ合衆国 コネチカット州 O 6 4
 5 5 ミドルフィールド ローレル ブルッ
 ク ロード (番地なし)
 (74) 代理人 100068755
 弁理士 恩田 博宣
 (74) 代理人 100105957
 弁理士 恩田 誠
 (72) 発明者 ヒル、ヘンリー エイ.
 アメリカ合衆国 8 5 7 1 6 アリゾナ州
 タクソン エス. アベニダ デ パルマ
 ス 3 4 0

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複数経路干渉分光法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

装置において

複数経路干渉計であって、該干渉計を通る、第 1 経路および第 2 経路を含む第 1 の経路のセットと、該第 1 経路に対応する第 3 経路および該第 2 経路に対応する第 4 経路を含む第 2 の経路のセットとを含む複数の経路に沿って少なくとも 2 つのビームを反射する反射器を含み、当該反射器が同反射器によって反射されるビームの経路の方向に垂直な第 1 位置合わせを有する、前記複数経路干渉計と、

該反射器の少なくとも 1 つが該第 1 位置合わせ以外の位置合わせを有する場合、前記ビームの経路が、該第 1 の経路のセット中および該第 2 の経路のセット中にずれ、

該第 2 の経路のセットの前記第 3 経路および前記第 4 経路中に付与されたシヤーが、該第 1 の経路のセットの前記第 1 経路および前記第 2 経路中に付与されたシヤーを消去するように、該第 1 の経路のセットの後でかつ該第 2 の経路のセットの前に該ビームを向け直す光学機器とを備える装置。

【請求項 2】

前記光学機器が、前記 2 つのビーム間のシヤーの大きさおよび方向を維持しながら、前記ビームを向け直すように構成される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記光学機器によって向け直された後の前記 2 つのビームの一方の伝播経路が、前記第 1 の経路のセットを完了した後の前記 2 つのビームの他方の伝播経路と平行である、請求項

10

20

1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記反射器が、平面反射表面を備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記ビームが、前記干渉計に対して静止している位置に維持された前記反射器の 1 つに向けられる基準ビームを備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記ビームが、前記干渉計に対して可動である前記反射器の 1 つに向けられる測定ビームを備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

前記第 1 ビームおよび前記第 2 ビームの前記経路が、光路長差を確定し、該光路長差の変化が、前記第 1 反射器と前記第 2 反射器との相対位置の変化を示す、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

前記第 1 経路および前記第 2 経路の各経路中、前記ビームのそれぞれが、前記反射器の一方によって少なくとも 1 回反射される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 9】

前記第 3 経路および前記第 4 経路の各経路中、前記ビームのそれぞれが、前記反射器の一方によって少なくとも 1 回反射される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 10】

前記複数経路干渉計が、入力ビームを前記ビームに分離して、前記ビームを前記反射器に向けるビーム・スプリッタを備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 11】

前記光学機器が、奇数の反射表面を備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 12】

前記反射表面の法線が、共通面にある、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 13】

前記光学機器によって向け直された各ビームについて、入射ビームから反射ビームの方向において測定され、反時計回りの方向に測定したとき正の値を有し、時計回りの方向に測定したとき負の値を有する、各反射表面の入射ビームと反射ビームとの間の角度の和が、ゼロまたは 360 度の整数倍であるように、該ビームが前記反射表面によって反射される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 14】

前記干渉計が、前記ビームが前記第 1 の経路のセットおよび前記第 2 の経路のセットを通過した後、前記ビームを組み合わせて、前記干渉計を出る重なりビームを形成する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 15】

前記重なりビーム間の光学干渉にตอบสนองして、前記ビームの前記経路間の光路長差を示す干渉信号を生成する検出器を更に備える、請求項 14 に記載の装置。

【請求項 16】

前記検出器に連結され、前記干渉信号に基づいて前記ビームの光路長差の変化を推定する分析装置を更に備える、請求項 15 に記載の装置。

【請求項 17】

前記光学機器が、キューブ・コーナ逆反射器を備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 18】

前記干渉計が、微分平面ミラー干渉計からなる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 19】

前記 2 つのビームが、異なる周波数を有する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 20】

その上に集積回路を製造するためのウエハを支持するステージと、

10

20

30

40

50

空間的にパターン化された放射を該ウエハの上に撮像するための照明装置と、
前記干渉計を使用してステージの位置を測定し、該撮像放射に対する該ステージの位置を調節する位置決めシステムとを更に備える請求項 1 に記載の装置。

【請求項 2 1】

装置において

第 1 経路および第 2 経路を含む第 1 の経路のセットに沿って第 1 ビームを反射し、該第 1 経路に対応する第 3 経路および該第 2 経路に対応する第 4 経路を含む第 2 の経路のセットに沿って少なくとも第 2 ビームを反射する反射器を含む複数経路干渉計であって、該反射器が、該反射器によって反射されたビームの該経路の方向に垂直な第 1 位置合わせを有する、前記複数経路干渉計と、

10

該反射器の少なくとも 1 つが、該第 1 位置合わせ以外の位置合わせを有するとき、該ビームが、該干渉計を通る該第 1 の経路のセットおよび該第 2 の経路のセットを作成する際に、該ビームの該経路間の相対的なシヤーが変化し、

該反射器により該第 2 の経路のセットの前記第 3 経路および前記第 4 経路中に付与されるシヤーが、該第 1 の経路のセットの前記第 1 経路および前記第 2 経路中に付与されたシヤーを消去するように、該第 1 の経路のセットの後でかつ該第 2 の経路のセットの前に該ビームを向け直す光学機器とを備える装置。

【請求項 2 2】

前記第 1 経路および前記第 2 経路が、前記第 1 の経路のセット中および前記第 2 の経路のセット中に重なり合わない、請求項 2 1 に記載の装置。

20

【請求項 2 3】

前記干渉計が、前記第 1 ビームおよび前記第 2 ビームのいずれかが、前記第 1 の経路のセットを通して伝播する前に、入力ビームを前記第 1 ビームおよび前記第 2 ビームに分離するビーム・スプリッタを更に含む、請求項 2 1 に記載の装置。

【請求項 2 4】

前記第 1 ビームおよび前記第 2 ビームの両方が、前記第 2 の経路のセットを通して伝播した後、前記第 1 ビームおよび前記第 2 ビームを組み合わせる第 2 ビーム・スプリッタを更に備える、請求項 2 3 に記載の装置。

【請求項 2 5】

前記反射器と共動して前記第 1 ビームを前記第 1 経路に沿って反射し、前記第 2 ビームを前記第 2 経路に沿って反射するビーム・スプリッタを更に備える、請求項 2 1 に記載の装置。

30

【請求項 2 6】

前記反射器の 1 つが、前記ビーム・スプリッタと前記反射器の他の 1 つとの間に配置される、請求項 2 5 に記載の装置。

【請求項 2 7】

前記複数経路干渉計が、微分平面ミラー干渉計からなる、請求項 2 1 に記載の装置。

【請求項 2 8】

装置において

複数経路干渉計であって、該干渉計を通る、第 1 経路および第 2 経路を含む第 1 の経路のセットと、該第 1 経路に対応する第 3 経路および該第 2 経路に対応する第 4 経路を含む第 2 の経路のセットとを含む複数経路に沿って少なくとも 2 つのビームを反射する反射器を含み、該反射器が第 1 位置合わせを有する、前記複数経路干渉計と、

40

該反射器の 1 つが、該第 1 位置合わせから、該第 1 位置合わせとは異なる第 2 位置合わせに移動する場合、該 2 つのビームの該経路間のシヤーが、該第 1 の経路のセット中および該第 2 の経路のセット中に変化し、

該反射器の 1 つが該第 1 位置合わせから逸脱しているために該第 2 の経路のセットの前記第 3 経路および前記第 4 経路中に付与されたシヤーが、該逸脱のために該第 1 の経路のセットの前記第 1 経路および前記第 2 経路中に付与されたシヤーを消去するように、該第 1 の経路のセットの後でかつ該第 2 の経路のセットの前に該ビームを向け直す光学機器と

50

を備える装置。

【請求項 29】

前記干渉計が、入力ビームを前記少なくとも 2 つのビームに分離する偏光ビーム・スプリッタを更に含む、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 30】

前記光学機器が、奇数の反射表面を備える、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 31】

集積回路をウエハの上に製造するためのリソグラフィ・システムであって

ウエハを支持するステージと、

空間的にパターン化された放射を該ウエハの上に撮像するための照明システムと、

該撮像放射に対する該ステージの位置を調節する位置決めシステムと、

第 1 自由度に沿って該ステージの位置を測定する請求項 1 に記載の装置とを備えるリソグラフィ・システム。

【請求項 32】

第 2 自由度に沿って前記ステージの位置を測定する、請求項 1 に記載の装置である第 2 の装置を更に備える、請求項 31 に記載のリソグラフィ・システム。

【請求項 33】

集積回路をウエハの上に製造するリソグラフィ・システムであって

ウエハを支持するステージと、

放射ソースと、マスクと、位置決めシステムと、レンズ部品と、請求項 1 に記載の前記装置とを含む照明システムであって、動作中、該ソースが、空間的にパターン化された放射を生成するために、放射を該マスクを通して向け、該位置決めシステムが、該ソースからの該放射に対して該マスクの位置を調節し、該レンズ部品が、該空間的にパターン化された放射を該ウエハの上に撮像し、第 1 自由度に沿って、該ウエハに対する該マスクの位置を測定する際に前記装置が使用される、前記照明システムとを備えるリソグラフィ・システム。

【請求項 34】

第 2 自由度に沿って、前記ステージの位置を測定する、請求項 1 に記載の装置である第 2 の装置を更に備える、請求項 33 に記載のリソグラフィ・システム。

【請求項 35】

ビーム書込みシステムであって

基板をパターン化するための書込みビームを提供するソースと、

該基板を支持するステージと、

該書込みビームを該基板に送達するビーム方向付け部品と、

該ステージと該ビーム方向付け部品とを互いに関して位置決めする位置決めシステムと

、

第 1 自由度に沿って該ビーム方向付け部品に対する該ステージの位置を測定する請求項 1 に記載の装置とを備えるビーム書込みシステム。

【請求項 36】

前記ステージの位置を第 2 自由度に沿って測定するために、請求項 1 に記載の装置である第 2 の装置を更に備える、請求項 35 に記載のビーム書込みシステム。

【請求項 37】

干渉計を通る、第 1 経路および第 2 経路を含む第 1 の経路のセットと、該第 1 経路に対応する第 3 経路および該第 2 経路に対応する第 4 経路を含む第 2 の経路のセットとを含む複数経路に沿って少なくとも 2 つのビームを向け、反射器が、該反射器によって反射された該ビームの該経路の方向に垂直な第 1 位置合わせを有することと、

該第 1 の経路のセットの後でかつ該第 2 の経路のセットの前に、該ビームを向け直すことによって、該第 2 の経路のセットの前記第 3 経路および前記第 4 経路において付与されたシヤーによって、該第 1 の経路のセットの前記第 1 経路および前記第 2 経路において付与されたシヤーを消去することを備える方法。

10

20

30

40

50

【請求項 38】

前記第1の経路のセットの後で前記ビームを向け直すことが、前記ビームを向け直すために、奇数の反射表面を使用することを備える、請求項37に記載の方法。

【請求項 39】

前記第1の経路のセット後で前記ビームを向け直すことが、前記ビームを向け直すために、1つの反射表面を使用することを備える、請求項37に記載の方法。

【請求項 40】

前記第1の経路のセットの後で前記ビームを向け直すことが、向け直した後の前記ビームが、向け直す前の前記ビームの伝播方向と反対であるが、平行な方向に進行するように、前記ビームを向け直すことを備える、請求項37に記載の方法。

10

【請求項 41】

前記第1の経路のセットの後で前記ビームを向け直すことが、向け直された前記ビーム・シヤアの大きさおよび方向が、向け直す前の前記ビーム・シヤアの大きさおよび方向と同じであるように、前記ビームを向け直すことを備える、請求項37に記載の方法。

【請求項 42】

入力ビームを前記少なくとも2つのビームに分離することを更に備える、請求項37に記載の方法。

【請求項 43】

前記干渉計を通る前記複数経路の後で、前記ビームを組み合わせ、重なりビームを形成することを更に備える、請求項37に記載の方法。

20

【請求項 44】

前記重なりビームから干渉信号を検出することを更に備える、請求項43に記載の方法。

【請求項 45】

前記干渉信号に基づいて、前記ビームの1つの光路長差の変化を推定することを更に備える、請求項44に記載の方法。

【請求項 46】

前記干渉信号に基づいて、前記少なくとも2つのビームの2つの間の光路長差の変化を推定することを更に備える、請求項44に記載の方法。

【請求項 47】

干渉計を通る、第1経路および第2経路を含む第1の経路のセットと、該第1経路に対応する第3経路および該第2経路に対応する第4経路を含む第2の経路のセットとを含む複数経路に沿って少なくとも2つのビームを向け、ここで、反射器が第1位置合わせを有することと、

30

該反射器の1つが該第1位置合わせから第2位置合わせに移動することによって生じた該第1の経路のセットの前記第1経路および前記第2経路において付与されたシヤアが、該反射器が該第1位置合わせから該第2位置合わせに移動することによって生じた該第2の経路のセットの前記第3経路および前記第4経路において付与されたシヤアによって消去されるように、該第1の経路のセットの後でかつ該第2の経路のセットの前に該2つのビームを向け直すことを備える方法。

【請求項 48】

40

入力ビームを前記少なくとも2つのビームに分離することを更に備える、請求項47に記載の方法。

【請求項 49】

前記第2の経路のセット後、前記2つのビームを重ね合わせることを更に備える、請求項48に記載の方法。

【請求項 50】

集積回路をウエハの上に製造するリソグラフィ方法であって、
ウエハをステージ上で支持し、
空間的にパターン化された放射を該ウエハの上に撮像し、
該撮像放射に対する該ステージの位置を調節し、

50

請求項 37 に記載の方法を使用して第 1 自由度に沿って該ステージの相対位置を測定することを更に備えるリソグラフィ方法。

【請求項 51】

請求項 37 に記載の方法を使用して第 2 自由度に沿って前記ステージの相対位置を測定することを更に備える、請求項 50 に記載のリソグラフィ方法。

【請求項 52】

集積回路をウエハの上に製作するリソグラフィ方法であって、

ウエハをステージの上で支持し、

ソースからマスクを通して放射を向けて空間的にパターン化された放射を生成し、

該ウエハに対して該マスクを位置決めし、

請求項 37 に記載の方法を使用して第 1 自由度に沿って該ウエハに対するマスクの位置を測定し、

該空間的にパターン化された放射を該ウエハの上に撮像することを更に備えるリソグラフィ方法。

【請求項 53】

請求項 37 に記載の方法を使用して該マスクの相対位置を第 2 自由度に沿って測定することを更に備える、請求項 52 に記載のリソグラフィ方法。

【請求項 54】

フォトリソグラフィ・マスクを製造するリソグラフィ方法であって、

基板をパターン化するために書込みビームを提供し、

該基板をステージの上で支持し、

該書込みビームを該基板に送達し、

該書込みビームに対して該ステージを位置決めし、

請求項 37 に記載の方法を使用して該ステージの相対位置を第 1 自由度に沿って測定することを備えるリソグラフィ方法。

【請求項 55】

請求項 37 に記載の方法を使用して前記ステージの相対位置を第 2 自由度に沿って測定することを更に備える、請求項 54 に記載のリソグラフィ方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本記述は、複数経路干渉分光法に関する。

【背景技術】

【0002】

本出願は、本願明細書に援用する、2001年8月23日出願のHenry A. Hillの米国仮特許出願第60/314,568号「ZERO SHEAR PLANE MIRROR INTERFEROMETER」の利益を主張する。

【0003】

変位測定干渉計は、光学干渉信号に基づいて、基準物体に対する測定物体の位置変化を監視する。干渉計は、測定物体から反射された測定ビームを、基準物体から反射された基準ビームと重ね合わせて、干渉させることによって、光学干渉信号を生成する。

【0004】

図1を参照すると、通常の干渉分光システム10には、ソース20と、干渉計30と、検出器40と、分析装置50とが含まれる。ソース20は、入力ビーム25を干渉計30に提供するレーザを含む。ヘテロダイン干渉分光技術が使用される1例では、入力ビーム25は、直交偏光を有する2つの異なる周波数成分を含む。周波数分割を導入して2つの周波数成分を生成するために、音響光学変調器を使用することが可能である。代替として、ソース25は、周波数分割を生成するために、ゼーマン分割レーザを含むことが可能である。ホモダイン干渉分光技術が使用される他の例では、入力ビーム25は、単一の波長を有することが可能である。

【 0 0 0 5 】

ヘテロダイン干渉分光システムでは、直交偏光成分は、干渉計 3 0 に送られ、そこで測定ビームと基準ビームとに分離される。基準ビームは、基準経路に沿って進行する。測定ビームは、測定経路に沿って進行する。基準ビームおよび測定ビームは、後に組み合わせられて、外出ビーム 3 5 の重なり対を形成する。外出ビームの重なり対の間における干渉は、基準経路の光路長と測定経路の光路長との相対的な差に関する情報を含む。ホモダイン干渉分光システムでは、非偏光ビーム・スプリッタを使用して、入力ビームを測定ビームと基準ビームとに分離することが可能である。

【 0 0 0 6 】

1 例では、基準経路は固定され、光路長差の変化は、測定経路の光路長の変化に対応する。他の例では、基準経路と測定経路との両方の光路長を変化させることが可能である。たとえば、基準経路が、干渉計 3 0 に対して移動することが可能である基準物体に接触することが可能である。この場合、光路長差の変化は、基準物体に対する測定物体の位置の変化に対応する。

【 0 0 0 7 】

基準ビームおよび測定ビームが直交偏光を有するとき、外出ビームの重なり対の少なくとも 1 つの中間偏光の強度は、光学干渉を生成するように選択される。たとえば、外出ビームの重なり対の偏光を混合するように、偏光器を干渉計 3 0 の内部において位置決めすることが可能である。混合したものは、後に検出器 4 0 に送られる。代替として、偏光器を検出器 4 0 の内部において位置決めすることが可能である。

【 0 0 0 8 】

検出器 4 0 は、干渉信号を生成するために、外出ビームの重なり対の選択偏光の強度を測定する。検出器 4 0 は、外出ビームの重なり対の選択偏光の強度を測定する光検出器を含む。検出器 4 0 は、光検出器の出力を増幅して、光学干渉に対応するデジタル信号を生成する電子構成要素（増幅器およびアナログ・デジタル変換器など）を含むことも可能である。

【 0 0 0 9 】

多くの応用例では、測定ビームおよび基準ビームは、直交偏光および異なる周波数を有する。異なる周波数は、たとえば、レーザ・ゼーマン分割によって、音響光学変調によって生成することが可能であり、または、複屈折要素などを使用するレーザに内在することがある。直交偏光により、偏光ビーム・スプリッタが、測定ビームおよび基準ビームを測定物体および基準物体にそれぞれ向け、反射測定ビームおよび反射基準ビームを組み合わせ、重なっている外出測定ビームおよび外出基準ビームを形成することが可能になる。重なり外出ビームは、後に偏光器を通過する出力ビームを形成する。

【 0 0 1 0 】

偏光器は、外出測定ビームおよび外出基準ビームの偏光を混合して、混合ビームを形成する。混合ビームの外出測定ビーム成分と外出基準ビーム成分とは、互いに干渉し、したがって、混合ビームの強度は、外出測定ビームと外出基準ビームとの相対位相と共に変化する。検出器が、混合ビームの時間依存強度を測定し、その強度に比例する電気干渉信号を生成する。測定ビームおよび基準ビームが異なる周波数を有するので、電気干渉信号は、外出測定ビームと外出基準ビームとの周波数の差に等しい周波数を有する「ヘテロダイン」信号を含む。

【 0 0 1 1 】

測定経路長および基準経路長が、測定物体を含むステージを並進移動させることなどによって、互いに関して変化している場合、測定周波数は、 $2 n P /$ に等しいドップラー・シフトを含む。ただし、 v は、測定物体と基準物体との相対速度、 λ は、測定ビームおよび基準ビームの波長、 n は、光ビームが通過する空気または真空などの媒体の屈折率、 p は、基準物体および測定物体への経路の数である。測定物体の相対位置の変化は、測定干渉信号の位相の変化に対応し、 2π の位相変化は、 $L / (n p)$ の距離変化 L にほぼ等しい。 L は、測定物体を含むステージまでの距離変化およびステージからの距離

10

20

30

40

50

変化など、往復の距離変化である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

残念ながら、この等価性は、常に正しいとは限らない。さらに、測定干渉信号の振幅は、変化する可能性がある。可変振幅は、後に、測定位相変化の精度を低下させる可能性がある。多くの干渉計は、「周期エラー」として知られるような非線形性を含む。周期エラーは、測定干渉信号の位相および/または強度に対する寄与として表すことが可能であり、光路長 $p n L$ の変化に対する正弦波依存を有する。具体的には、位相の第1高調波周期エラーは、 $(2 p n L)$ / に対する正弦波依存を有し、位相の第2高調波周期エラーは、 $2(2 p n L)$ / に対する正弦波依存を有する。より高次の高調波周期エラーが存在することもある。

10

【0013】

基準ビーム成分の波面および測定ビーム成分の波面が、波面エラーを有するとき、干渉計の出力ビームの基準ビーム成分と測定ビーム成分との間の横方向変位(すなわち「ビーム・シヤー(beam shear)」)の変化によって生じるような「非周期性非線形性」も存在する。これは、以下のように説明することが可能である。

【0014】

干渉計光学機器の不均一部分により、基準ビームおよび測定ビームにおいて波面エラーが生じることがある。基準ビームおよび測定ビームが、そのような不均一部分を通して互いに共線的に伝播するとき、結果的な波面エラーは同一であり、干渉信号への寄与は互いに打ち消しあう。しかし、より一般的には、出力ビームの基準ビーム成分および測定ビーム成分は、互いに横方向に変位しており、すなわち、相対ビーム・シヤーを有する。そのようなビーム・シヤーにより、波面エラーが生じて、出力ビームから導出される干渉信号にエラーを与える。

20

【0015】

さらに、多くの干渉分光システムでは、ビーム・シヤーは、測定物体の位置または角度の配向が変化する際に変化する。たとえば、相対ビーム・シヤーの変化が、平面ミラー測定物体の角度配向の変化によって導入されることがある。さらに、測定物体の角度配向が変化することにより、干渉信号において対応するエラーが生成される。

30

【0016】

ビーム・シヤーおよび波面エラーの影響は、電気干渉信号を生成する目的で、成分の偏光状態に関して出力ビームの成分を混合して、混合出力ビームを検出するために使用される手順に依存する。混合出力ビームは、たとえば、混合ビームを検出器の上に集束させない検出器によって、混合出力ビームを検出器の上に集束されたビームとして検出することによって、または混合出力ビームを単一モードまたはマルチモード光ファイバの中に放出して、光ファイバによって伝送された混合出力ビームの一部を検出することによって、検出することが可能である。ビーム・シヤーおよび波面エラーの影響は、ビーム・ストップが混合出力ビームを検出する手順において使用される場合、ビーム・ストップの特性にも依存する。一般に、干渉信号のエラーは、光ファイバを使用して混合出力ビームを検出器に伝送するとき、複雑になる。

40

【0017】

測定干渉信号の振幅変動性は、いくつかの機構の正味の結果であることがある。1つの機構は、たとえば測定物体の配向変化の結果である出力ビームの基準成分と相対成分との相対ビーム・シヤーである。

【0018】

分散測定の応用分野では、光路長の測定は、 532 nm および 1064 nm など、複数の波長において実施され、距離測定干渉計の測定経路における気体の分散を測定するために使用される。分散測定は、距離測定干渉計によって測定した光路長を物理的な長さに変換する際に使用することが可能である。そのような変換は重要なことがあるが、その理由

50

は、測定物体までの物理的な距離が変化しない場合でも、気体の乱流によって、および／または測定アームにおける気体の平均密度の変化によって、測定光路長が変化することがあるからである。

【課題を解決するための手段】

【0019】

一般に、1態様では、本発明は、複数経路干渉計であって、干渉計を通る第1の経路のセットおよび第2の経路のセットを含む複数の経路に沿って少なくとも2つのビームを反射する反射器を含み、反射器が同反射器によって反射されたビームの経路の方向に垂直な第1位置合わせを有する、複数経路干渉計と、ここで、反射器の少なくとも1つが、第1位置合わせ以外の位置合わせを有する場合、ビームの経路が、第1の経路のセット中および第2の経路のセット中にずれるものであり、第2の経路のセット中に付与されたシヤーが、第1の経路のセット中に付与されたシヤーを消去するように、第1の経路のセットの後でかつ第2の経路のセットの前に、ビームを向け直す光学機器とを含む干渉分光システムを対象とする。

【0020】

本発明の実施態様は、以下の特徴の1つまたは複数を含むことが可能である。光学機器は、ビーム間またはビームの間におけるシヤーの大きさおよび方向を維持しながら、ビームを向け直すように構成される。光学機器によって向け直された後のビームの1つの伝播経路は、第1の経路のセットを完了した後のビームの伝播経路と平行である。反射器は、平面の反射表面を備える。ビームは、干渉計に対して静止した位置に維持される反射器の1つに向けられる基準ビームを含む。ビームは、干渉計に対して可動である反射器の1つに向けられる測定ビームを含む。

【0021】

本発明の実施態様は、以下の特徴の1つまたは複数を含めることが可能である。基準ビームの経路および測定ビームの経路は、光路長差を確定する。光路長差の変化は、干渉計に対して可動である反射器の1つの位置変化を示す。反射器は、第1反射器および第2反射器を含み、ビームは、第1反射器に向けられる第1ビームと、第2反射器に向けられる第2ビームとを含み、第1反射器および第2反射器のそれぞれは、干渉計に対して可動である。第1ビームの経路および第2ビームの経路は、光路長差を確定し、光路長差の変化は、第1反射器と第2反射器との相対位置の変化を示す。

【0022】

本発明の実施態様は、以下の特徴の1つまたは複数を含めることが可能である。第1の経路のセットは、2つの経路からなり、各経路中、ビームのそれぞれは、反射器の1つによって少なくとも1回反射される。第2の経路のセットは、2つの経路からなり、各経路中、ビームのそれぞれは、反射器の1つによって少なくとも1回反射される。複数経路干渉計は、入力ビームをビームに分離し、そのビームを反射器に向けるビーム・スプリッタを含む。ビーム・スプリッタは、偏光ビーム・スプリッタを含む。光学機器は、1つの反射表面からなり、または奇数の反射表面を含む。光学機器によって向け直された各ビームでは、ビームは、平面ミラーの入射ビームと反射ビームとの間の角度の和がゼロまたは360度の整数倍であるように、平面ミラーによって反射される。角度は、入射ビームから反射ビームの方向において測定され、角度は、半時計回りの方向において測定されたとき、正の値を有し、時計回りの方向において測定されたとき、負の値を有する。

【0023】

本発明の実施態様は、以下の特徴の1つまたは複数を含めることが可能である。干渉計は、ビームが第1の経路のセットおよび第2の経路のセットを通過した後、ビームを組み合わせて、干渉計を出る重なりビームを形成する。装置は、重なりビーム間の光学干渉にตอบสนองして、ビームの経路間における光路長差を示す干渉信号を生成する干渉計をさらに含む。検出器には、光検出器と、増幅器と、アナログ・デジタル変換器とが含まれる。装置は、検出器に連結され、干渉信号に基づいてビームの光路長差の変化を推定する分析装置をさらに含む。装置は、ビームを提供するソースをさらに含む。2つのビームは、異

なる周波数を有する。

【 0 0 2 4 】

一般に、他の態様では、本発明は、ウエハの上に集積回路を製作する際に使用するリソグラフィ・システムを対象とする。該システムには、ウエハを支持するステージと、ウエハの上に空間的にパターン化された放射を撮像する照明システムと、撮像放射に対するステージの位置を調節する位置決めシステムと、上記で記述した干渉分光システムの少なくとも1つとが含まれる。

【 0 0 2 5 】

一般に、他の態様では、本発明は、ウエハの上に集積回路を製作する際に使用するリソグラフィ・システムを対象とする。該システムには、ウエハを支持するステージと、放射ソースを含む照明システムと、マスクと、位置決めシステムと、レンズ部品と、上記で記述した干渉分光システムの少なくとも1つとが含まれる。動作中、ソースは、空間的にパターン化された放射を生成するように、マスクを通して放射を向け、位置決めシステムは、ウエハに対するマスクの位置を調節し、レンズ部品は、空間的にパターン化された放射をウエハの上に撮像し、干渉分光システムは、ウエハに対するマスクの位置を測定する。

【 0 0 2 6 】

一般に、他の態様では、本発明は、リソグラフィ・マスクを製作する際に使用するビーム書込みシステムを対象とする。該システムには、基板をパターン化するために書込みビームを提供するソースと、基板を支持するステージと、書込みビームを基板に送達するビーム方向付け部品と、ステージとビーム方向付け部品とを互いに関して位置決めする位置決めシステムと、上記で記述した干渉分光システムの少なくとも1つとが含まれる。干渉分光システムは、ビーム方向付け部品に対するステージの位置を測定する。

【 0 0 2 7 】

一般に、1態様では、本発明は、少なくとも第1経路に沿って第1ビームを反射し、第2経路に沿って第2ビームを反射する反射器を含んでいる複数通過干渉計を含む干渉分光システムを対象とする。第1経路および第2経路の各々は、干渉計を通る少なくとも第1の経路のセットおよび第2の経路のセットを含み、反射器は、同反射器によって反射されたビームの経路の方向に垂直な第1位置合わせを有する。ビームの経路間の相対シヤーは、反射器の少なくとも1つが、第1位置合わせ以外の位置合わせを有するとき、ビームが、干渉計を通る第1経路および第2経路を作成する際に変化する。干渉分光システムは、第2の経路のセット中に付与されたシヤーが、第1の経路のセット中に付与されたシヤーを消去するように、第1の経路のセットの後でかつ第2の経路のセットの前にビームを向け直す光学機器をさらに含む。

【 0 0 2 8 】

本発明の実施態様は、以下の特徴の1つまたは複数を含むことが可能である。第1経路および第2経路は、第1の経路のセット中および第2の経路のセット中、重なり合わない。干渉分光システムは、第1ビームおよび第2ビームのいずれかが第1の経路のセットを通過して伝播する前に、入力ビームを第1ビームおよび第2ビームに分離するビーム・スプリッタを含む。干渉分光システムは、第1ビームおよび第2ビームの両方が第2の経路のセットを通過して伝播した後、第1ビームと第2ビームとを組み合わせる第2ビーム・スプリッタをさらに含む。干渉分光システムは、第1ビームを第1経路に沿って反射し、第2ビームを第2経路に沿って反射するために、反射器と共動するビーム・スプリッタをさらに含む。反射器の1つは、ビーム・スプリッタと反射器の他の1つとの間に配置される。複数経路干渉計は、微分平面ミラー干渉計を含む。

【 0 0 2 9 】

一般に、1態様では、本発明は、複数経路干渉計であって、該干渉計を通る複数経路に沿って少なくとも2つのビームを反射する反射器を含む複数経路干渉計を含む干渉分光システムを対象とする。複数経路は、第1の経路のセットおよび第2の経路のセットを含む。反射器は、第1位置合わせを有する。2つのビームの経路間におけるシヤーは、反射器の1つが、第1位置合わせから第1位置合わせとは異なる第2位置合わせに移動する場合

、第1の経路のセット中および第2の経路のセット中に変化する。干渉分光システムは、反射器の1つが第1位置合わせから逸脱することにより第2の経路のセット中に付与されたシヤーが、逸脱により第1の経路のセット中に付与されたシヤーを消去するように、第1の経路のセットの後でかつ第2の経路のセットの前に、ビームを向け直す光学機器をさらに含む。

【0030】

本発明の実施態様は、以下の特徴の1つまたは複数を含むことが可能である。干渉計は、入力ビームを少なくとも2つのビームに分離するために、偏光ビーム・スプリッタをさらに含む。光学機器は、奇数の平面反射表面を備える。

【0031】

一般に、他の態様では、本発明は、干渉計を通る第1の経路のセットおよび第2の経路のセットを含む複数経路に沿って少なくとも2つのビームを向け、反射器が反射器によって反射されたビームの経路の方向に垂直な第1位置合わせを有することと、第1の経路のセットにおいて付与されたシヤーを、第1の経路のセットの後でかつ第2の経路のセットの前にビームを向け直すことによって、第2の経路のセットにおいて付与されたシヤーによって消去することを含む干渉分光法を対象とする。

【0032】

本発明の実施態様は、以下の特徴の1つまたは複数を含むことが可能である。ビームを向け直すことは、ビームを向け直すために奇数の平面ミラーを使用することを含む。ビームを向け直すことは、向け直された後のビームが、向け直される前のビームの伝播方向と反対であるが平行である方向に進行するように、ビームを向け直すことを含む。ビームを向け直すことは、向け直された後のビーム・シヤーの大きさおよび方向が、向け直される前のビーム・シヤーの大きさおよび方向と同じであるように、ビームを向け直すことを含む。干渉分光法は、入力ビームを少なくとも2つのビームに分離することをさらに含む。干渉分光法は、干渉計を通る複数経路の後にビームを組み合わせ、重なりビームを形成することを含む。干渉分光法は、重なりビームから干渉信号を検出することを含む。干渉分光法は、干渉信号に基づいてビームの1つの光路長の変化を推定することを含む。干渉分光法は、干渉信号に基づいて、少なくとも2つのビームの2つの間の光路長差の変化を推定することをさらに含む。

【0033】

一般に、他の態様では、本発明は、ウエハをステージの上で支持し、空間的にパターン化された放射をウエハの上に撮像し、撮像放射に対するステージの位置を調節し、上記で記述した干渉方法を使用して、ステージの相対位置を測定することを含むリソグラフィ方法を対象とする。

【0034】

一般に、他の態様では、本発明は、ウエハをステージの上で支持し、ソースからマスクを通して放射を向けて空間的にパターン化された放射を生成し、マスクをウエハに対して位置決めし、上記で記述した干渉分光法を使用して、ウエハに対するマスクの位置を測定し、空間的にパターン化された放射をウエハの上に撮像することを含むリソグラフィ方法を対象とする。

【0035】

一般に、他の態様では、本発明は、基板をパターン化するために、書込みビームを提供し、基板をステージの上で支持し、書込みビームを基板に送達し、ステージを書込みビームに対して位置決めし、上記で記述した干渉分光法を使用して、ステージの相対位置を測定することを含むビーム書込み方法を対象とする。

【0036】

一般に、他の態様では、本発明は、干渉計を通る第1の経路のセットおよび第2の経路のセットを含む複数の経路に沿って少なくとも2つのビームを向け、反射器が第1位置合わせを有することと、反射器の1つが第1位置合わせから第2位置合わせに移動することによって生じる第1の経路のセットにおいて付与されたシヤーを、反射器が第1位置合

10

20

30

40

50

せから第2位置合わせに移動することによって生じる第2の経路のセットにおいて付与されたシヤーによって消去するように、第1の経路のセットの後でかつ第2の経路のセットの前に2つのビームを向け直すことを含む干渉分光法を対象とする。

【0037】

本発明の実施態様は、以下の特徴の1つまたは複数を含むことが可能である。干渉分光法は、入力ビームを少なくとも2つのビームに分離することを含む。干渉分光法は、第2の経路のセットの後、2つのビームを重ね合わせることをさらに含む。

【0038】

本発明の他の特徴、目的、および利点は、以下の詳細に記述から明らかになるであろう。

様々な図面の同じ参照記号は、同じ要素を指す。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

図2を参照すると、干渉分光システム31には、4経路干渉計55および反射器部品126が含まれる。干渉計55には、偏光ビーム・スプリッタ(PBS)102と、方形波プレート116、118と、基準ミラー110と、測定ミラー112と、逆反射器124とが含まれる。PBS102は、入りビーム25を受信して、対応する基準ビーム106(実線で示す)および対応する測定ビーム108(破線で示す)を別々の経路に沿って向け、それらのビームを組み合わせて、重なり外出ビーム35を形成する。

【0040】

外出ビーム35のビーム・シヤーは、反射器部品126(破線で囲まれている)によって低減することが可能である。反射器部品126は、干渉計を通る基準ビームおよび測定ビームの最初の2つの経路と最後の2つの経路との間に光学的に挿入される。反射器部品126は、基準ビームと測定ビームとのシヤーの大きさおよび方向が、反射器部品によって反射された後で維持されるように構成される。

【0041】

図2に示す例では、これは、ビームが当初の伝播方向と平行であるが反対の方向において向け直されるように、基準ビームおよび測定ビームに対して配置された3つの平面ミラー128、130、132を反射器部品に含むことによって達成される。1例では、ミラーは、図の水平線とミラー128、130、および132との間に角度が、それぞれ、67.5度、22.5度、および45度であるように配向される。この構成は、測定ミラー112および/または基準ミラー110が、PBS102と適切に位置合わせされていないとき、出口ビーム35の精確な重なりを維持し、かつビーム・シヤーを低減するのに役立つ。

【0042】

たとえば、測定ミラー112が、破線で示すように、位置134に対してわずかな角度で傾斜している場合、測定ビーム109および基準ビーム111は、PBSを通る第2経路上でミラー112および110から反射された後、平行であるが、同一の広がりを持っていない(すなわち、シヤーが2つのビームの間に存在する)。異なる位置にあるビームを記述するとき、異なる参照符号を使用して、同じビームを指す。

【0043】

ミラー128、130、および132によって反射された際に、ビーム109および111は、それぞれ、ビーム113および115となる。ビーム115と113との間のシヤーの大きさおよび方向は、ビーム111と109とのシヤーの大きさおよび方向と同じである。ビーム113が、PBS102を通る第3経路および第4経路を作成する際、ビーム113は、第1経路および第2経路中にミラー112の傾斜によって生じたシヤーをほぼ消去するシヤーを生成するように、傾斜ミラー112によって反射される。第4経路中に傾斜ミラー112によって反射された後、測定ビーム117は、基準ビーム119と平行で一致するようになり、したがって、2つの外出ビームの間には、シヤーはほぼ存在しない。同様の分析が、基準ビームおよび基準ミラーの傾斜に適用される。

【 0 0 4 4 】

反射器部品 1 2 6 の 3 つの平面ミラーは、いくつかの異なる構成で配置することが可能である。図 2 A および 2 B は、反射器部品 1 2 6 に適している構成の 2 つの例を示す。ミラーは、入射ビームと反射ビームとの間の角度の和が、ゼロまたは 3 6 0 度の整数倍となるように配置される。図 2 A では、角度 θ_1 は、負の値を有し（ビーム 2 0 0 からビーム 2 0 1 への時計回りの回転を表す）、角度 θ_2 は、負の値を有し、角度 θ_3 は、正の値を有する（ビーム 2 0 2 からビーム 2 0 3 への半時計回りの回転を表す）。ミラー 1 2 8、1 3 0、および 1 3 2 は、 $\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 = 0$ となるように配置される。図 2 B では、角度 θ_1 、 θ_2 、および θ_3 は、正の値を有する（ミラーの入射ビームから反射ビームへの半時計回りの回転を表す）。ミラー 1 2 8、1 3 0、および 1 3 2 は、 $\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 = 3 6 0$ 度となるように配置される。一般に、ミラーは、 θ_1 、 θ_2 、および θ_3 の和がゼロまたは 3 6 0 度の整数倍となる限り、様々な構成で配置することが可能である。

10

【 0 0 4 5 】

図 2 A および 2 B では、ミラーは、共通面（図 2 A および 2 B の面）にある法線を有する。一般に、ミラーの法線は共通面にはないが、測定ミラーの傾斜によって生じるシャーを依然として補償するように、反射器部品を設計することが可能である。たとえば、図 2 C では、反射器部品 2 0 8 には、ミラー 1 2 8、1 3 0、1 3 2 と、キューブ・コーナ逆反射器 2 0 4 とが含まれ、全体で 6 つの反射表面を有する（逆反射器の反射表面の法線は、共通面にはない）。ミラー 1 2 8、1 3 0、および 1 3 2 は、ビーム 2 0 5 がビーム 2 0 0 に平行であるように構成され、ビーム 2 0 0 および 2 0 5 の両方とも、同じ方向に進

20

【 0 0 4 6 】

図 2 ~ 2 B に示す例では、反射器部品 1 2 6 は 3 つの平面ミラーを含んでいた。他の例では、他の奇数（3 より大きい）の平面ミラーを同様に使用することが可能である。共通面にある法線を有するミラーからの奇数の反射により、反射器部品に入射するビーム間のシャーの方向および大きさは、反射器部品から反射されるビーム間のシャーの方向および大きさと同じになる。この場合、シャーは、測定ミラーの傾斜によって生じる。

30

【 0 0 4 7 】

図 2 ~ 2 C に示す反射器部品は、測定ミラーの任意の回転、すなわち、互いに直交し、かつ測定ミラーの法線に対して直交する 2 つの軸のいずれかの回りの回転によって生じたビーム・シャーを補償することが可能である。測定ミラーの傾斜によるシャーの大きさおよび方向に関係なく、第 1 経路および第 2 経路中に測定ビームに対して付与されたシャーは、第 3 経路および第 4 経路中に測定ビームに付与されたシャーによって消去される。

【 0 0 4 8 】

図 3 を参照すると、PBS 1 0 2 は、入力ビーム 2 5 の直交成分を基準ビーム 1 0 6 および測定ビーム 1 0 8 に分離するビーム分割表面 1 1 4 を含む。測定ビーム 1 0 8（表面 1 1 4 を透過する）は、入射面に平行な方向に最も偏光され、「p - 偏光」ビームと呼ばれる。ここでは、入射平面は、図 3 の紙の面に平行である。基準ビーム 1 0 6（表面 1 1 4 から反射される）は、入射面に垂直な方向に最も偏光され、「s - 偏光」ビームと呼ばれる。図 4 および 6 では、ビーム上の短い線を使用して、p 偏光を表し、ビーム上の点を使用して、s 偏光を表す。

40

【 0 0 4 9 】

基準ビーム 1 0 6 は、基準ミラー 1 1 0 に接触する基準経路に沿って進行する。測定ビーム 1 0 8 は、測定ミラー 1 1 2 に接触する測定経路に沿って進行する。基準ミラーおよび測定ミラーの両方とも、平面ミラーである。図では、ビームは、ビームが進行する経路と重複し、したがって、ビームおよび経路は、同じ線によって表されている。測定平面ミ

50

ラー 1 1 2 は、物体（リソグラフィ・ステージ 1 1 3 など）に取り付けることが可能である。基準ビーム 1 0 6 および測定ビーム 1 0 8 は、この例では 4 回であるが、P B S 1 0 2 を数回通過した後、組み合わされて、重なり外出ビーム 3 5 の対を形成する。

【 0 0 5 0 】

測定ミラー 1 1 2 が、位置 1 4 6 から他の位置 1 4 8 に移動するとき、基準経路と測定経路との光路長差が変化し、これにより、検出器 4 0 によって検出することが可能である重なり外出ビーム 3 5 の干渉が変化する。次いで、分析装置（5 0 など）が、光路長差の変化に基づいて、位置の物理的な変化 を計算する。

【 0 0 5 1 】

図 4 を参照すると、測定ビーム 1 0 8 は、干渉計 5 5 を通る 4 つの経路を作成する。4 つの経路に関する以下の記述は、ミラー 1 1 2 の表面が、ビーム分割表面 1 1 4 に対して 4 5 度の角度に位置決めされるように、測定ミラー 1 1 2 および P B S 1 0 2 が、当初位置合わせされることを想定している。各経路の開始点および終了点は、単に例示のために選択されている。

【 0 0 5 2 】

第 1 経路中、ビーム 1 0 8 は、ビーム分割表面 1 1 4 上の点 P_1 において開始され、点 P_2 において反射され、次いで、表面 1 1 4 上の点 P_3 に最終的に接触する。図 4 では、ミラー 1 1 2 に向かって、およびミラー 1 1 2 から進行するビーム 1 0 8 の部分は、例示を明瞭にするために、間隔をおいて示されている。実際には、点 P_2 におけるミラー 1 1 2 に対するビーム 1 0 8 の入射角度がゼロのとき、ミラーへ、およびミラーから進行するビームは一致する、すなわち、平行な伝播方向を有する。

【 0 0 5 3 】

第 2 経路中、ビーム 1 0 8 は、点 P_3 において開始され、点 P_4 においてミラー 1 1 2 によって反射され、点 P_{20} において P B S 1 0 2 を出て、反射器部品 1 2 6 に向かって伝播する。ビーム 1 0 8 は、反射器部品 1 2 6 に向かって進行するとき、中間ビーム 1 3 4 と呼ばれる。干渉計 3 0 は、中間ビーム 1 3 4 が入力ビーム 2 5 に平行であるように構成される。

【 0 0 5 4 】

反射器部品 1 2 6 は、平面ミラー 1 2 8、1 3 0、および 1 3 2 を含む。ビーム 1 0 8 は、順次、点 P_9 において平面ミラー 1 3 0 によって反射され、点 P_{10} において平面ミラー 1 3 2 によって反射され、点 P_{11} において平面ミラー 1 3 2 によって反射される。ビーム 1 0 8 は、反射器部品 1 2 6 から遠ざかるように進行するとき、戻り中間ビーム 1 3 6 と呼ばれる。ミラー 1 2 8、1 3 0、および 1 3 2 は、ミラー 1 2 8、1 3 0、および 1 3 2 の表面の法線が、共通面（図 4 の面など）に平行であるように配向される。ミラー 1 2 8、1 3 0、および 1 3 2 は、また、戻り中間ビーム 1 3 6 が中間ビーム 1 3 4 に平行であり、2 つのビームが反対方向に進行するようにも配向される。

【 0 0 5 5 】

第 3 経路中、ビーム 1 0 8 は、点 P_{21} において P B S に入り、点 P_5 において表面 1 1 4 を通過する。ビーム 1 0 8 は、点 P_6 においてミラー 1 1 2 によって反射され、次いで、最終的に P_7 に接触する。第 4 経路中、ビーム 1 0 8 は、点 P_7 において開始され、点 P_8 においてミラー 1 1 2 によって反射され、最終的に外出ビーム 1 4 6 となる。干渉計 3 0 は、戻り中間ビーム 1 3 6 が、外出ビーム 1 4 6 に平行であるように構成される。ビーム 1 3 6 がビーム 1 3 4 に平行であり、ビーム 1 3 4 が入力ビーム 2 5 に平行であるので、外出ビーム 1 4 6 は、入力ビーム 2 5 に平行である。さらに、出力ビーム 1 4 6 には、基準ビームに対する測定ビーム・シヤーは存在しない。

【 0 0 5 6 】

P_2 におけるミラー 1 1 2 に対するビーム 1 0 8 の入射角度がゼロではない場合、ビーム 1 0 8 は、ミラー 1 1 2 によって反射された後、点 P_1 に戻る当初の経路をたどることはない。

【 0 0 5 7 】

10

20

30

40

50

図5を参照すると、測定ミラー112が、ビーム分割表面114に対してある角度に傾斜しているとき、ビーム108は、点 P_{22} においてミラー112によって反射された後、表面114上の点 P_{11} （点 P_1 の代わりに）に接触する。ミラー112は、位置合わせ位置132に配置されたときについて実線で示され、傾斜位置134（すなわち、位置合わせ132に対して傾斜している）に配置されたときについて破線で示されている。実線は、 P_2 におけるミラー112に対するビーム108の入射角度がゼロであるように、ミラー112が位置合わせ位置132にあるときに、ビーム108が進行する測定経路（当初測定経路と呼ばれる）を示す。破線を使用して、ミラー112が傾斜位置134にあるときの測定経路（修正測定経路と呼ばれる）を示す。当初測定経路と修正測定経路との差は、ビーム108が反射器部品126に向かって進行する際に増大する。

10

【0058】

ミラー112が傾斜しているとき、第1経路中、ビーム108は、ビーム分割表面114および逆反射器124によって反射される。ビーム108は、破線で示した経路に沿って進行し、点 P_{11} 、 P_{12} 、 P_{13} 、 P_{14} 、および P_{15} に順次接触する。逆反射器124は、たとえば、3つの内反射表面を有するキューブ・コーナ反射器を含む。第2経路中、点 P_{15} から反射された後、ビーム108は、点 P_{16} 、 P_{17} 、および P_{18} において反射され、点 P_{19} を通過する。

【0059】

ミラー112が傾斜しているとき、ビーム経路におけるシフトの記述を容易にするために、点 P_4 と P_9 とを接続する経路を経路1と呼び、点 P_{15} と P_{16} とを接続する経路を経路2と呼び、点 P_{11} と P_6 とを接続する経路を経路3と呼び、点 P_{18} と P_{19} とを接続する経路を経路4と呼ぶことにする。ビーム108は、ミラー112が当初位置合わせ位置にあるとき、すなわち点 P_2 におけるミラー112に対するビーム108の入射角度がゼロであるとき、経路1および3に沿って進行する。ビーム108は、ミラー112が当初位置合わせ位置に対して傾斜しているとき、経路2および4に沿って進行する。ミラー128、130、および132は、経路2が経路1と平行であり、かつ経路1からずれている場合、経路4が、経路3と平行であり、かつ経路3からずれているように位置決めおよび配向される。経路3と経路4とのシヤアの距離 2 は、経路1と経路2とのずれの距離 1 と同じである。また、経路3から経路4（図の下方向）のずれの方向は、経路1から経路2へのずれの方向と同じである。

20

30

【0060】

ミラー112の傾斜によって生じる中間ビーム134の変位の方向（経路1から経路2へのずれ）が、戻り中間ビーム136の方向（経路3から経路4への変位）と同じであるとき、当初測定ビーム経路と修正測定ビーム経路との差は、ビーム108が反射器部品126から遠ざかるように進行して、干渉計30を通る第3経路および第4経路を作成する際に、減少する。図3に示すように、基準ミラー110および測定ミラー112の両方が、当初位置合わせ位置にあるとき、測定ビーム108および基準ビーム106は、同一の広がりをもつ経路に沿って干渉計30を出る（すなわち、ビーム106および108は、平行かつ同一の方向に進行し、重なりを完成する）。したがって、当初測定経路と修正測定経路の差が、第3経路および第4経路中に減少する際に、測定ビーム108と基準ビーム106との間のビームのずれも減少する。

40

【0061】

当初測定経路と修正測定経路との差の減少は、以下のように示すことが可能である。図6を参照すると、光線1および光線2は、それぞれ、点 P_{22} から放出されて、点 P_{11} および P_1 に向かって伝播すると想定される。光線1および光線2は、ビーム分割表面114および逆反射器124によって反射され、領域 S_1 から S_2 、 S_3 、 S_4 を通過して S_5 まで進行する際に、さらに離れる。光線1は、点 P_{11} 、 P_{24} 、 P_{26} 、 P_{27} 、および P_{29} に接触する。光線2は、 P_1 、 P_{23} 、 P_{25} 、 P_{28} 、および P_4 に接触する。同様に、光線3および光線4は、点 P_{23} から放出されて、点 P_{24} および P_{25} に向かって伝播すると想定される。2つの光線は、領域 S_6 から S_7 、 S_8 、 S_9 を通過して S_{10} まで進行する際に、さらに離れる

50

。光線 3 は、点 P_{24} 、 P_{30} 、 P_{31} 、 P_{32} 、および P_{33} に接触する。光線 4 は、点 P_{25} 、 P_{34} 、 P_{35} 、 P_{36} 、および P_6 に接触する。光線 1、2、3、および 4 が進行する経路長は同じであるので、光線 1 と 2 の間の角度が、光線 3 と 4 の間の角度と等しい場合、点 P_6 と P_{33} の距離と点 P_4 と P_{29} との距離とは同じになる。

【0062】

点 P_4 と P_{29} との間の距離は、ミラー 112 が傾斜しているとき、測定ビームが干渉計 55 を通過する第 1 経路および第 2 経路を作成した後の、当初測定経路と修正測定経路とのずれの量と見なすことができる。点 P_6 と P_{33} との距離は、測定ビームが反射器部品 126 によって逆反射された後の、当初測定経路と修正測定経路とのずれの量と見なすことができる。領域 S_{10} から S_9 、 S_8 、 S_7 、 S_6 を経て点 P_{23} までずれを追跡すると、測定ビームが干渉計 55 を通る第 3 経路および第 4 経路を作成する際に、ずれが消去されることがわかる。

10

【0063】

上記の差は、光線 1 と光線 2 との角度が光線 3 と光線 4 との角度に等しいことを想定している。この想定は、経路 4 が経路 2 に平行であり、かつ距離 $_1$ が距離 $_2$ に等しいとき真であるが、その理由は、点 P_{33} と P_{32} とを接続する経路が、点 P_{29} と P_{27} を接続する経路と平行であり、 P_{32} と P_{31} とを接続する経路が、点 P_{27} と点 P_{26} とを接続する経路と平行である等によるものである。

【0064】

図 7 を参照して、ここで、点 P_1 においてビーム分割表面 114 によって反射される s 偏光を有する入力ビーム 25 の成分によって形成される基準ビーム 106 を考慮する。ビーム 106 は、干渉計 55 を通る 4 つの経路を作成する。以下は、ミラー 110 が位置合わせ位置にあるとき、すなわち、点 P_{12} におけるミラー 110 に対するビーム 114 の入射角度がゼロであるときの 4 つの経路を記述する。第 1 経路中、ビーム 106 は、点 P_1 において開始され、点 P_{12} において基準ミラー 110 によって反射され、逆反射器 124 によって反射されて、 P_3 に接触する。第 2 経路中、ビーム 106 は、点 P_{13} においてミラー 110 によって反射され、反射器部品 126 によって受信および反射されて、点 P_5 に接触する。第 3 経路中、ビーム 106 は、点 P_{14} においてミラー 110 によって反射され、逆反射器 124 によって反射されて、 P_7 に接触する。第 4 経路中、ビーム 106 は、点 P_{15} においてミラー 110 によって反射され、外出ビーム 138 を形成する。

20

30

【0065】

図 8 を参照すると、ミラー 110 が、当初位置合わせ位置 138 にあるとき、ビーム 106 は、当初基準経路と呼ばれる実線で示した経路を進行する。ミラー 110 が、傾斜位置 140 にあるとき（すなわち、位置合わせ位置 138 に対して傾斜しているとき）、ビーム 106 は、修正基準経路と呼ばれる破線で示した経路を進行する。ビーム 106 が、干渉計を通る第 1 経路および第 2 経路中に、反射器部品 126 に向かって進行する際に、当初基準経路と修正基準経路との間の差は増大する。

【0066】

ビーム 106 が、反射器部品 126 によって反射されたとき、ミラー 110 の傾斜（位置 138 から位置 140）によって生じた中間ビーム 142 のずれ（またはシフト）の方向は、図では下向きであり、戻り中間ビーム 144 のずれ（またはシフト）の方向と同じである。中間ビーム 142 と戻り中間ビーム 144 とのずれの大きさおよび方向は、同じであるので、当初基準経路と修正基準経路とのずれは、ビーム 144 が干渉計を通る第 2 経路および第 4 経路中に反射器部品 126 から遠ざかるように進行する際に、減少する。修正基準経路のずれの減少に対する分析は、図 6 の修正測定経路に対する分析と同様である。当初基準経路と集積基準経路とのずれが減少する際に、基準ビーム 106 と測定ビーム 108 とのずれも減少する。

40

【0067】

図 9 を参照すると、干渉分光システム 32 の他の例では、基準ミラー 110 が、静止または可動とすることが可能である基準物体 156 に取り付けられる。ミラー 112 が、基

50

準物体 156 に対して可動である測定物体 158 に取り付けられる。例として、基準物体 156 は、その上にウエハが取り付けられるステージとすることが可能であり、測定物体 158 は、パターンをウエハ上に書き込むために使用される e ビームのステージとすることが可能である。

【0068】

ミラー 110 は、ミラー 110 の表面 150 に対するビーム 106 の入射角度がゼロであるように位置決めされる。基準ビーム 106 は、ビーム 106 が P B S 102 とミラー 110 との間を進行する際に、フォールド・ミラー 154 によって反射される。干渉計 32 の動作原理は、干渉計 31 の動作原理と同様である。重なり外出ビーム 35 の干渉の変化は、基準経路と測定経路の光路長差の変化を表す。光路長差の変化を使用して、ミラー 110 と 112 との相対位置の変化を計算する。

10

【0069】

図 9 の干渉分光システムでは、基準ミラー 110 が可動であることを意図する場合では、干渉計に対して固定されることを意図している図 2 の基準ミラーより傾斜し易くなる傾向がある。

【0070】

図 9 A を参照すると、干渉分光システム 33 は、測定ビーム 108 および基準ビーム 106 を干渉計を通る複数の経路に沿って向ける微分平面ミラー干渉計 160 を含む。干渉計 160 には、入力ビーム 25 を基準ビーム 106 および測定ビーム 108 に分離する P B S 162 と、ビーム 106 がビーム 108 と平行な方向に進行するようにビーム 106 を向けるためのミラー 164 とが含まれる。半波プレート 176 を使用して、ビーム 106 および 108 が、干渉計 160 を通過する際に同じ偏光を有するように、ビーム 106 の偏光方向を 90 度回転させる。これにより、ビーム 106 および 108 は、干渉計を通る平行経路を進行する。

20

【0071】

基準ミラー 166 は、ビーム 108 がミラー 166 を通過し、一方ビーム 106 がミラー 166 によって反射されるように、穴を有して製造される。ビーム 106 および 108 は、それぞれが中間ビーム 170 および 168 をそれぞれ形成するように、干渉計 160 を通る 2 つの経路を作成する。中間ビーム 170 および 168 は、戻り中間ビーム 174 および 172 をそれぞれ形成するように、反射器部品 126 によって向けられる。戻り中間ビーム 172 および 174 は、それぞれがビーム 178 および 176 をそれぞれ形成するように、干渉計 160 を通る 2 つの経路を作成する。ビーム 178 は、半波プレートを通して、ビーム 180 を形成し、これにより、ビーム 176 および 180 の偏光方向は直交する。ビーム 180 は、ミラー 182 によって反射され、偏光ビーム・スプリッタ 184 によってビーム 176 と組み合わせられて、出力ビーム 35 の基準ビーム成分および測定ビーム成分を形成する。

30

【0072】

ミラー 164 の反射表面 186 に対するビーム 108 の入射角度がゼロであるように、ミラー 164 が位置合わせ位置にあるとき、中間ビーム 168 および 170 は平行であり、相対ビーム・シヤー γ_3 を有する。戻り中間ビーム 172 および 174 も平行であり、相対ビーム・シヤー γ_3 を有する。

40

【0073】

反射表面 186 に対するビーム 108 の入射角度がゼロでないように、ミラー 164 が傾斜位置にあるとき、中間ビーム 168 は、ビーム 170 に平行ではない。基準ビームおよび測定ビームが、干渉計 160 を通る第 1 経路および第 2 経路を作成した後、ビーム 168 と 170 との間の相対ビーム・シヤーが、ミラー 164 の傾斜のために量 γ_4 だけ変化すると想定する。反射器部品 126 は、ビーム 172 と 174 との間の相対シヤーの変化が同じ量 γ_4 であり、かつ同じ方向であるように、ビーム 170 および 168 をビーム 174 および 172 に向け直すように設計される。たとえば、ミラー 164 が時計方向にわずかに回転した場合、ビーム 168 は、ある量 (γ_4 など) だけ下方にシフトする。反

50

射器部品 1 2 6 は、ビーム 1 7 2 も、同じ量 (L_4 など) だけ下方にシフトするように設計される。基準ビームおよび測定ビームが、干渉計 1 6 0 を通る第 3 経路および第 4 経路を作成する際に、相対ビーム・シヤーの変化は消去され、したがって、ビーム 1 7 6 と 1 7 8 の相対ビーム・シヤーが、ミラー 1 6 4 の傾斜に関係なく依然として同じである。これにより、出力ビーム 3 5 の測定ビーム成分および基準ビーム成分は、同一の広がりを持つようになる (すなわち、2 つのビーム成分は、同じ方向に進行し、重なりを完成する)。

【 0 0 7 4 】

図 9 B を参照すると、干渉分光システム 2 1 6 の他の例では、干渉計 2 1 8 は、入力ビーム 2 1 0 を、干渉計を通る 4 つの経路を作成する基準ビーム 1 0 6 および測定ビーム 1 0 8 に分離するビーム・スプリッタ 1 0 2 を含む。単一ミラー 2 1 4 を使用して、測定ビームおよび基準ビームが第 1 経路および第 2 経路を進行した後であるが、干渉計を通る第 3 経路および第 4 経路を進行する前に、測定ビームおよび基準ビームを反射する。ビーム・スプリッタ 1 0 2 は、基準ビームおよび測定ビームが干渉計を通る 4 つの経路を進行した後、基準ビームおよび測定ビームを組み合わせ、出力ビーム 2 1 2 を生成する。入力ビーム 2 1 0 と出力ビーム 2 1 2 とは重なり合うことになる。入力ビームおよび出力ビームは、ビーム・スプリッタまたは光サーキュレータなどの任意の適切な装置によって分離することが可能である。

【 0 0 7 5 】

図 2 ~ 9 に示す例では、干渉計 5 5 は、マイケルソン・タイプの干渉計である。本願明細書に援用する文献に記載されている干渉計 (たとえば、C. ザノリ (C. Zonori) 、*「Differential interferometer arrangements for distance and angle measurements: principles, advantages and applications」* VDI Berichte Nr. 749、93 ~ 106 ページ (1989) 参照) など、他の形態の干渉計を使用することも可能である。たとえば、干渉計は、複数軸において物体の位置の変化を測定するように構成することが可能である。

【 0 0 7 6 】

中間ビームの測定ビーム成分および基準ビーム成分は、同一の広がりを持つビーム成分 (図 2 のビーム 1 0 9 および 1 1 1) であり、伝播方向は、入力ビームの伝播方向と平行である。中間ビームは、測定平面ミラーまたは基準平面ミラーのいずれかが傾斜しているので、横方向にずれる。シフトの大きさは、角度 θ による測定ミラーの回転について $4L$ であり、角度 θ の基準ミラーの回転について $4L$ である。ただし、 L および L は、それぞれ、測定経路および基準経路の一方向の物理的な長さである。

【 0 0 7 7 】

一般に、測定ミラー 1 1 2 の回転は、入射面 (図 2 の紙の表面に平行な面) に垂直な軸 (図示せず) の回りである。基準ミラー 1 1 0 の回転は、やはり入射面に垂直な他の軸 (図示せず) の回りである。測定ミラー 1 1 2 および基準ミラー 1 1 0 の回転は、互いに独立であり、したがって、対応するシヤーの追加は、ベクトルとして処理される。したがって、ミラー 1 1 0 および 1 1 2 が、両方とも位置合わせ不調のとき、測定ビームと基準ビームとのシヤーの量は、ミラー 1 1 0 が位置合わせ不調ミラー 1 1 2 と位置合わせされているときのビーム・シヤーの量と、ミラー 1 1 0 が位置合わせミラー 1 1 2 と位置合わせ不良のときのビーム・シヤーの量との和に等しい。反射器部品 1 2 6 は、両方のミラーが傾斜しているとき、シヤー全体を訂正する。

【 0 0 7 8 】

反射器部品 1 2 6 は、戻り中間ビーム 1 1 3 と 1 1 5 (図 2) とのシヤーが、中間ビーム 1 0 9 と 1 1 1 とのシヤーと大きさおよび方向の両方について同じであるように構成される。この構成の利点は、外出ビーム 3 5 の横方向シヤーが低減されることであり、したがって、検出器 4 0 によって測定された干渉信号は、ミラー 1 1 0 および / またはミラー 1 1 2 が傾斜しているとき、測定ミラー 1 1 2 の位置の変化によって生じた光路長差を正

10

20

30

40

50

確に表す。

【 0 0 7 9 】

本発明の利点は、測定物体ミラーまたは基準物体ミラーが傾斜しているので、干渉計に対する干渉計の出力ビームの横方向シヤーが存在しないことである。

他の利点は、ミラー 1 1 0 および / またはミラー 1 1 2 が傾斜しているとき、検出器 4 0 における外出ビーム 3 5 の横方向シヤーが低減されることである。これは、出力ビームを遠隔検出器に移送するために光ファイバを使用するとき、特に重要である。

【 0 0 8 0 】

シヤーの訂正により、検出されたヘテロダイン信号の非線形非周期エラーが減少する。

干渉分光システム 3 1 および 3 2 は、高度に正確な測定を提供し、コンピュータ・チップなどの大規模な集積回路を製造する際に使用されるリソグラフィの応用分野において特に有用である。リソグラフィは、半導体製造産業では枢要な技術推進力である。オーバーレイの改良は、100 nm の線幅（設計基準寸法）まで、およびそれより下に下げる 5 つの最も困難な課題の 1 つである（たとえば、Semiconductor Industry Roadmap、p 8 2（1997）参照）。

【 0 0 8 1 】

オーバーレイは、ウエハおよびレチクル（またはマスク）のステージを位置決めするために使用される距離測定干渉計の性能、すなわち正確さおよび精度に直接依存する。リソグラフィ・ツールは、\$ 5 0 ~ 1 0 0 M / 年の製品を生産することが可能であるので、改良型性能距離測定干渉計の経済価値は膨大である。リソグラフィ・ツールの歩留まりが 1 % 増大するたびに、集積回路製造業者にとって約 \$ 1 M / 年の経済利益が得られ、リソグラフィ・ツールの販売業者にとっては、競争にかなり有利である。

【 0 0 8 2 】

リソグラフィ・ツールの機能は、空間的にパターン化された放射をフォトレジスト被覆ウエハの上に向けることである。この過程には、ウエハのどの位置が、放射を受け取るかを決定すること（位置合わせ）と、放射をその位置においてフォトレジストに加えること（露光）とが含まれる。

【 0 0 8 3 】

ウエハを適切に位置決めするために、ウエハは、専用センサによって測定することが可能である位置合わせマークをウエハの上に含む。位置合わせマークの測定位置は、ツール内におけるウエハの位置を確定する。この情報は、ウエハ表面の望ましいパターン化の仕様と共に、空間的にパターン化された放射に対するウエハの位置合わせを誘導する。そのような情報に基づいて、フォトレジスト被覆ウエハを支持する並進可能ステージが、放射がウエハの正確な位置を露光させるように、ウエハを移動させる。

【 0 0 8 4 】

露光中、放射ソースが、パターン化されたレチクルを照明し、レチクルは、空間的にパターン化された放射を生成するように、放射を散乱させる。レチクルはマスクとも呼ばれ、これらの用語は、以下では区別なく使用される。リダクション・リソグラフィの場合では、リダクション・レンズが、散乱放射を収集して、レチクル・パターンのリダクション画像を形成する。代替として、プロキシミティ印刷の場合では、散乱放射は、短い距離（通常ミクロンの大きさ）を伝播した後、ウエハに接触して、レチクル・パターンの 1 : 1 画像を作成する。放射は、レジストにおいて光化学過程を開始し、放射パターンをレジスト内の潜像に変換する。

【 0 0 8 5 】

干渉分光システムは、ウエハおよびレチクルの位置を制御し、かつレチクル像をウエハの上に登録する位置決め機構の重要な構成要素である。そのような干渉分光システムが上記で記述した特徴を含む場合、システムによって測定される距離の正確さは、距離測定に対するエラー寄与が最小限に抑えられるので、増大する。

【 0 0 8 6 】

一般に、露光システムとも呼ばれるリソグラフィ・システムは、通常、照明システムお

10

20

30

40

50

よびウエハ位置決めシステムを含む。照明システムには、紫外線、可視光線、x線、電子、またはイオンの放射などの放射を提供する放射ソースと、パターンを放射に付与して、それにより空間的にパターン化された放射を生成するためのレチクルまたはマスクとが含まれる。さらに、リダクション・リソグラフィの場合では、照明システムは、空間的にパターン化された放射をウエハの上に撮像するためのレンズ部品を含むことが可能である。撮像放射は、ウエハの上に被覆されたレジストを露光させる。照明システムには、また、マスクを支持するマスク・ステージと、マスクを通して向けられた放射に対してマスク・ステージの位置を調節するための位置決めシステムとが含まれる。ウエハ位置決めシステムには、ウエハを支持するためのウエハ・ステージと、撮像放射に対してウエハ・ステージの位置を調節するための位置決めシステムとが含まれる。集積回路の製造は、複数の露光工程を含むことが可能である。リソグラフィに関する一般的な参考文献については、たとえば、本願明細書に援用するU. R. シーツ (Sheats)、B. W. スミス (Smith)、*「Microlithography: Science and Technology」* (Marcel Dekker, Inc., ニューヨーク、1998) を参照されたい。

【0087】

上記で記述した干渉分光システムを使用して、レンズ部品、放射ソース、または支持構造など、露光システムの他の構成要素に対するウエハ・ステージおよびマスク・ステージのそれぞれの位置を正確に測定することが可能である。そのような場合、干渉分光システムは、静止構造に取り付けることが可能であり、測定物体は、マスク・ステージおよびウエハ・ステージの一方など、可動要素に取り付けることが可能である。代替として、状況を逆にして、干渉分光システムを可動物体に取り付け、測定物体を静止物体に取り付けることが可能である。

【0088】

より一般的には、そのような干渉分光システムを使用して、露光システムのあらゆる他の構成要素に対する露光システムのいずれか1つの構成要素の位置を測定することが可能である。露光システムにおいては、干渉分光システムは、構成要素の1つに取り付けられる、または構成要素の1つによって支持される、あるいは構成要素の他によって支持される。

【0089】

干渉分光システム1126を使用するリソグラフィ・スキャナ1100の例を図10に示す。干渉分光システム1126を使用して、露光システム内におけるウエハ(図示せず)の位置を正確に測定する。ここでは、ステージ1122を使用して、露光ステーションに対してウエハを位置決めして、支持する。スキャナ1100は、フレーム1102を含み、フレーム1102は、他の支持体構造およびそれらの構造の上に搭載された様々な構成要素を搭載する。露光ベース1104には、その上にレンズ・ハウジング1106が取り付けられ、レンズ・ハウジングの上には、レチクルまたはマスクを支持するために使用されるレチクルステージまたはマスク・ステージ1116が取り付けられる。マスクを露光ステーションに対して位置決めする位置決めシステムを、要素1117によって概略的に示す。位置決めシステム1117は、たとえば、圧電変換器要素および対応する制御電子機器を含むことが可能である。

【0090】

リソグラフィ・スキャナの他の例では、1つまたは複数の干渉分光システムを使用して、マスク・ステージ1116ならびにリソグラフィ構造を製作する過程において位置を正確に監視しなければならない他の可動要素の位置を正確に測定することも可能である。

【0091】

露光ベース1104の下には、ウエハ・ステージ1122を搭載する支持ベース1113が吊り下げられている。ステージ1122は、干渉分光システム1126によってステージ1122に向けられた測定ビーム1154を反射する平面ミラー1128を含む。干渉分光システム1126に対してステージ1122を位置決めする位置決めシステムを、

要素 1 1 1 9 によって概略的に示す。位置決めシステム 1 1 1 9 は、たとえば、圧電変換器要素および対応する制御電子機器を含むことが可能である。測定ビームは、露光ベース 1 1 0 4 の上に取り付けられている干渉分光システム 1 1 2 6 に向けて後方反射される。干渉分光システム 1 1 2 6 は、以前に記述した干渉分光システムの例のいずれかを含むことが可能である。

【 0 0 9 2 】

動作中、UVレーザ（図示せず）からの紫外線（UV）ビームなどの放射ビーム 1 1 1 0 は、ビーム成形光学機器部品 1 1 1 2 を通過して、ミラー 1 1 1 4 から反射された後、下方に進行する。その後、放射ビームは、マスク・ステージ 1 1 1 6 に搭載されたマスク（図示せず）を通過する。マスク（図示せず）は、レンズ・ハウジング 1 1 0 6 に搭載されたレンズ部品 1 1 0 8 を介してウエハ・ステージ 1 1 2 2 の上のウエハ（図示せず）の上に撮像される。ベース 1 1 0 4 およびそれによって支持されている様々な構成要素は、ばね 1 1 2 0 によって示したダンピング・システムによって、環境の変化から隔離される。

10

【 0 0 9 3 】

リソグラフィ・スキャナの他の例では、以前に記述した干渉分光システムの 1 つまたは複数を使用して、たとえば非限定的であるが、ウエハ・ステージおよびレチクル（またはマスク）ステージに関連する複数軸に沿った距離および角度を測定することが可能である。また、UVレーザ・ビームではなく、x 線ビーム、電子ビーム、イオン・ビーム、および可視光ビームなどを含めて、他のビームを使用して、ウエハを露光させることが可能である。

20

【 0 0 9 4 】

いくつかの例では、リソグラフィ 1 1 0 0 スキャナは、列基準として知られるものを含むことが可能である。そのような例では、干渉分光システム 1 1 2 6 は、基準ビーム（図示せず）を外部基準経路に沿って向け、外部基準経路は、放射ビームをレンズ・ハウジング 1 1 0 6 などに向けるいくつかの構造の上に取り付けられた基準ミラー（図示せず）と接触する。基準ミラーは、基準ビームを干渉分光システム 1 1 2 6 に後方反射する。干渉信号が、ステージ 1 1 2 2 から反射された測定ビーム 1 1 5 4 と、レンズ・ハウジングの上に取り付けられた基準ミラーから反射された基準ビームとを組み合わせることによって、干渉分光システム 1 1 2 5 により生成される。干渉信号は、放射ビームに対するステージ 1 1 2 2 の位置の変化を表す。さらに、他の例では、干渉分光システム 1 1 2 6 は、スキャナ・システムのレチクル（またはマスク）・ステージ 1 1 1 6 もしくは他の可動構成要素の位置の変化を測定するように位置決めすることが可能である。最後に、干渉分光システムは、スキャナの他に、またはスキャナの代わりに、ステッパを含むリソグラフィ・システムと共に同様の方式で使用することが可能である。

30

【 0 0 9 5 】

リソグラフィは、半導体装置を作成する製造方法の重要な一部である。そのような製造方法の工程が概述されている（たとえば、米国特許第 5 , 4 8 3 , 3 4 3 号参照）。これらの工程について、図 1 1 および 1 2 に関して以下で記述する。図 1 1 は、半導体チップ（ICまたはLSIなど）、液晶パネル、またはCCDなど、半導体装置を製造する順序のフロー・チャートである。工程 1 1 5 1 は、半導体装置の回路を設計する設計過程である。工程 1 1 5 2 は、回路パターン設計に基づくマスクの製造過程である。工程 1 1 5 3 は、シリコンなどの材料を使用することによってウエハを製造する過程である。

40

【 0 0 9 6 】

工程 1 1 5 4 は、予備過程と呼ばれるウエハ過程であり、準備したマスクおよびウエハを使用することによって、リソグラフィにより、回路をウエハの上に形成する。十分な空間分解能でマスク上の回路パターンに対応する回路をウエハの上に形成するために、ウエハに対するリソグラフィ・ツールの干渉分光による位置決めが必要である。本明細書で記述する干渉分光法およびシステムは、ウエハ過程において使用されるリソグラフィの有効性を向上させるのに特に有用であり得る。

50

【 0 0 9 7 】

工程 1 1 5 5 は、工程 1 1 5 4 によって処理されたウエハが半導体チップに形成される事後過程と呼ばれる組立て工程である。この工程は、組立て（方形切断および結合）および実装（チップ封止）を含む。工程 1 1 5 6 は、検査工程であり、工程 1 1 5 5 によって作成された半導体装置の動作性の検査、耐久性の検査などが実施される。これらの過程により、半導体装置は完成し、出荷される（工程 1 1 5 7）。

【 0 0 9 8 】

図 1 2 は、ウエハ過程の詳細を示すフロー・チャートである。工程 1 1 6 1 は、ウエハの表面を酸化させる酸化過程である。工程 1 1 6 2 は、絶縁膜をウエハ表面の上に形成する C V D 過程である。工程 1 1 6 3 は、蒸着によってウエハの上に電極を形成する電極形成過程である。工程 1 1 6 4 は、イオンをウエハに注入する注入過程である。工程 1 1 6 5 は、レジスト（感光材料）をウエハに加えるレジスト過程である。工程 1 1 6 6 は、露光（すなわちリソグラフィ）によって、上記で記述した露光装置により、マスクの回路パターンをウエハの上に印刷する露光過程である。再び、上記で記述したように、本明細書で記述する干渉分光システムおよび方法を使用することにより、そのようなリソグラフィ工程の精度および分解能は向上する。

【 0 0 9 9 】

工程 1 1 6 7 は、露光ウエハを成長する成長過程である。工程 1 1 6 8 は、成長レジスト像以外の部分を除去するエッチング過程である。工程 1 1 6 9 は、エッチング過程を施された後にウエハ上に残留しているレジスト材料を分離するレジスト分離過程である。これらの過程を反復することによって、回路パターンがウエハの上に形成され、重ね合わされる。

【 0 1 0 0 】

上記で記述した干渉分光システムは、物体の相対位置を正確に測定する必要がある他の応用分野において使用することも可能である。たとえば、基板またはビームが移動する際に、レーザ、x 線、イオン、または電子ビームなどの書込みビームが、基板の上にパターンをマーキングする応用分野では、干渉分光システムを使用して、基板と書込みビームとの相対運動を測定することが可能である。

【 0 1 0 1 】

図 1 3 を参照すると、ビーム書込みシステム 1 2 0 0 の例は、列基準を使用する干渉分光システム 1 2 2 0 を含む。ソース 1 2 1 0 は、書込みビーム 1 2 1 2 を生成する。ビーム集束部品 1 2 1 4 は、放射ビームを、可動ステージ 1 2 1 8 によって支持された基板 1 2 1 6 に向ける。ステージ 1 2 1 8 の相対位置を決定するために、干渉分光システム 1 2 2 0 は、基準ビーム 1 2 2 2 をビーム集束部品 1 2 1 4 の上に取り付けられたミラー 1 2 2 4 に向け、測定ビーム 1 2 2 6 をステージ 1 2 1 8 の上に取り付けられたミラー 1 2 2 8 に向ける。

【 0 1 0 2 】

干渉分光システム 1 2 2 0 は、以前に記述した干渉分光システムのいずれかとすることが可能である。干渉分光システムによって測定された位置の変化は、基板 1 2 1 6 上における書込みビーム 1 2 1 2 の相対位置の変化に対応する。干渉分光システム 1 2 2 0 は、基板 1 2 1 6 上における書込みビーム 1 2 1 2 の相対位置を表す測定信号 1 2 3 2 を制御装置 1 2 3 0 に送信する。制御装置 1 2 3 0 は、出力信号 1 2 3 4 を、ステージ 1 2 1 8 を支持し、かつ位置決めするベース 1 2 3 6 に送信する。さらに、書込みビームが、基板の選択位置のみにおいて光物理的变化または光化学的变化が生じるのに十分な強度で基板 1 2 1 6 に接触するように、書込みビーム 1 2 1 2 の強度を変化させるために、または書込みビーム 1 2 1 2 を遮断するために、制御装置 1 2 3 0 は、信号 1 2 3 8 をソース 1 2 1 0 に送信する。

【 0 1 0 3 】

さらに、いくつかの例では、制御装置 1 2 3 0 は、ビーム集束部品 1 2 1 4 に、たとえば信号 1 2 4 4 を使用して、基板の領域にわたって書込みビームを走査させることが可能

10

20

30

40

50

である。その結果、制御装置 1 2 3 0 は、基板をパターン化するように、システムの他の要素を誘導する。パターン化は、通常、制御装置に記憶されている電子設計パターンに基づく。いくつかの応用例では、書込みビームは、基板の上に被覆されたレジストをパターン化し、他の応用例では、書込みビームは、基板をエッチングするなど、直接パターン化する。

【 0 1 0 4 】

そのようなシステムの重要な応用分野は、以前に記述したリソグラフィ方法において使用されるマスクおよびレチクルの製造である。たとえば、リソグラフィ・マスクを製作するために、電子ビームを使用して、クロミウム被覆ガラス基板をパターン化することが可能である。書込みビームが電子ビームであるような場合では、ビーム書込みシステムは、電子ビーム経路を真空に封入する。また、書込みビームが電子ビームまたはイオン・ビームである場合では、ビーム集束部品は、真空下において帯電粒子を基板上に集束させ、向けるための四重極レンズなどの電場生成装置を含む。書込みビームが x 線、UV、または可視光線の放射などの放射ビームである他の場合では、ビーム集束部品は、放射を基板に集束させ、向けるための対応する光学機器を含む。

10

【 0 1 0 5 】

以前に記述した干渉分光システムでは、4 経路干渉計 5 5 を使用した。8 つの経路など、5 つ以上の経路を使用する他のタイプの干渉計を使用することも可能である。

いくつかの実施態様について、上記で記述してきたが、他の実施形態も、以下の請求項の範囲内にある。

20

【 0 1 0 6 】

たとえば、測定ミラーおよび基準ミラーは、内反射表面を有する結晶など、反射表面を有する物体によって置き換えることが可能である。反射器部品のミラーは、個別のミラーとすることが可能であり、または、複数反射表面を有する単一光学要素とすることが可能である。偏光ビーム・スプリッタは、非偏光ビーム・スプリッタによって置き換えることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 0 7 】

【図 1】干渉分光システムの図。

【図 2】干渉計の図。

30

【図 2 A】反射器部品の図。

【図 2 B】反射器部品の図。

【図 2 C】反射器部品の図。

【図 3】干渉計の図。

【図 4】干渉計の図。

【図 5】干渉計の図。

【図 6】干渉計の図。

【図 7】干渉計の図。

【図 8】干渉計の図。

【図 9】干渉計の図。

40

【図 9 A】干渉計の図。

【図 9 B】干渉計の図。

【図 1 0】干渉分光システムを含むリソグラフィ・スキャナの図。

【図 1 1】集積回路を作成する工程を記述するフロー・チャート。

【図 1 2】集積回路を作成する工程を記述するフロー・チャート。

【図 1 3】干渉分光システムを含むビーム書込みシステムの図。

【図 4】

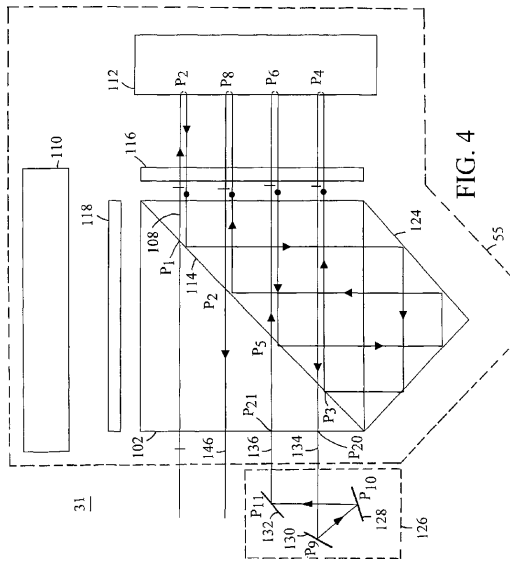
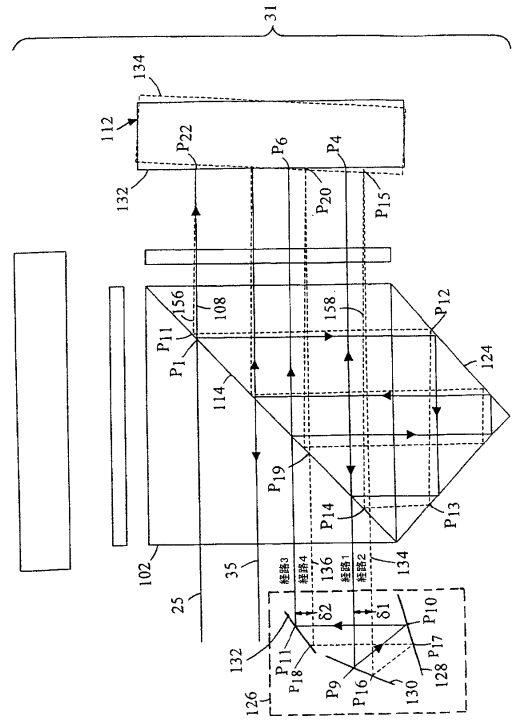
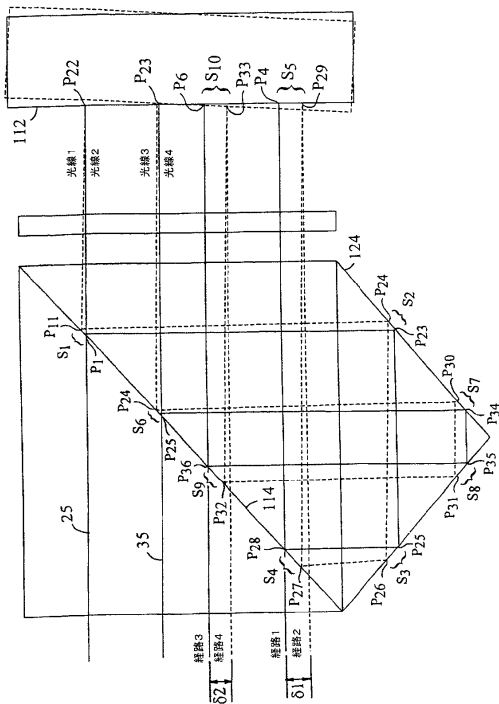


FIG. 4

【図 5】



【図 6】



【図 7】

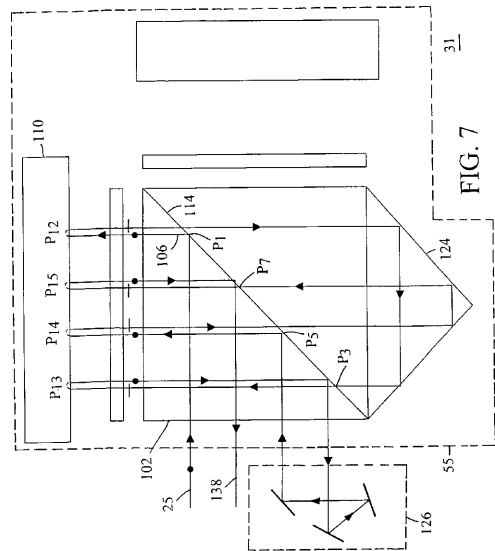


FIG. 7

【図 8】

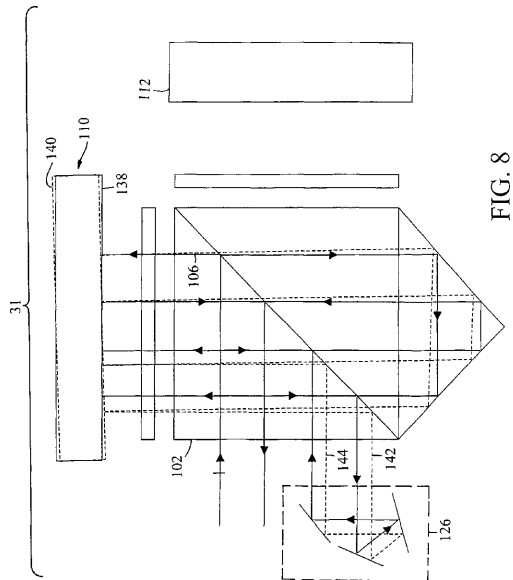


FIG. 8

【図 9】

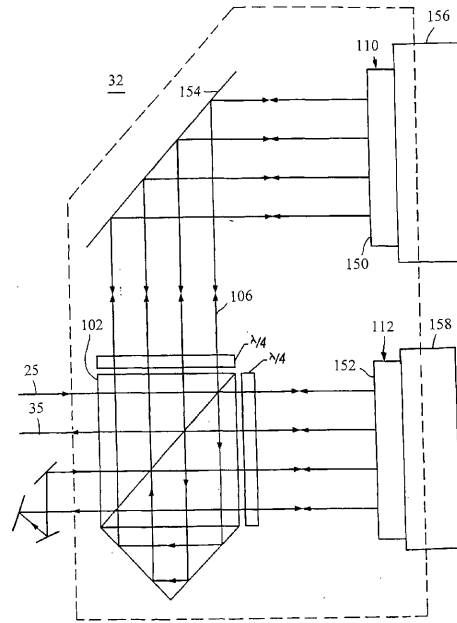


FIG. 9

【図 9 A】

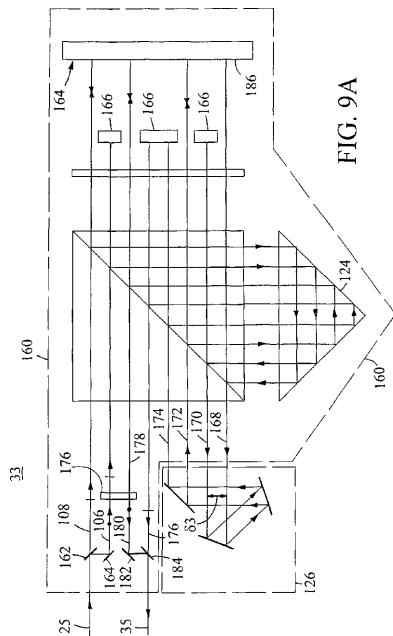


FIG. 9A

【図 9 B】

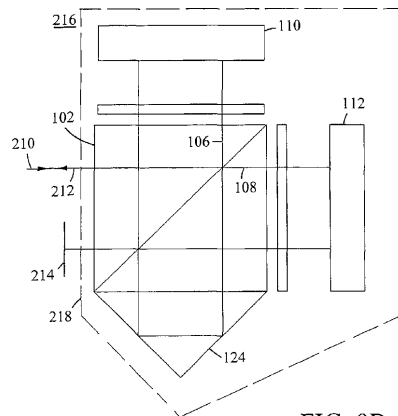
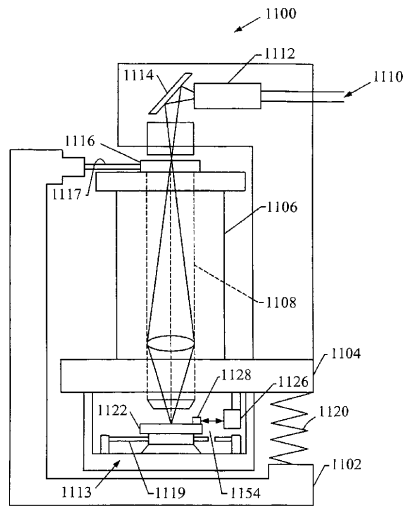
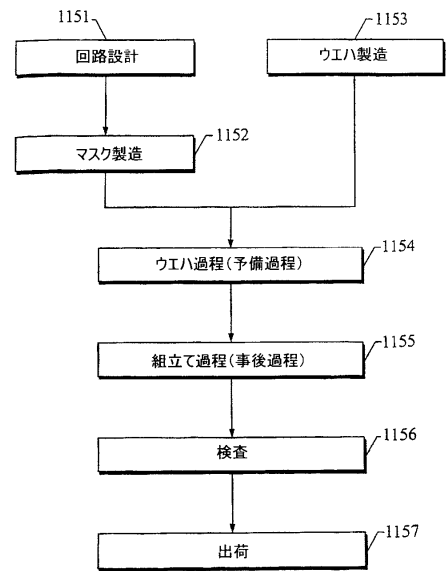


FIG. 9B

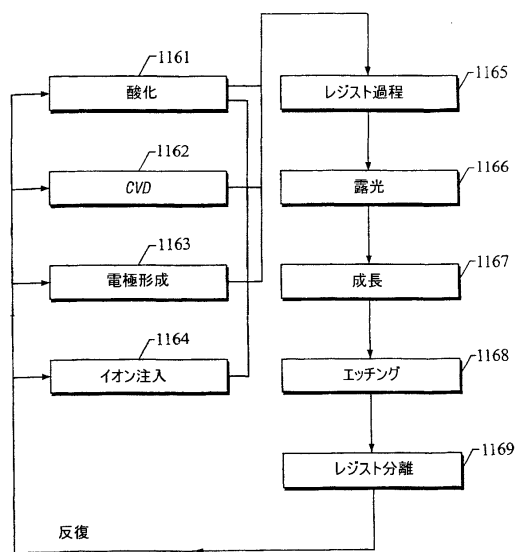
【 図 1 0 】



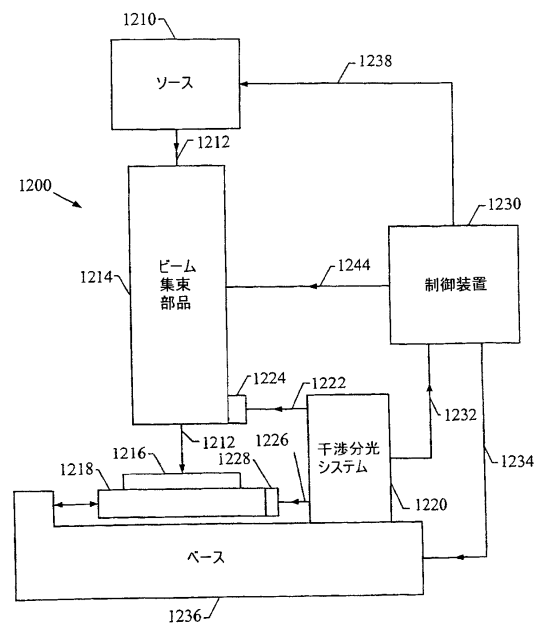
【 図 1 1 】



【 圖 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

審査官 岡田 卓弥

(56)参考文献 特開平 7 - 3 0 7 2 6 6 (J P , A)
特開昭 5 9 - 1 3 6 6 0 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G01B 9/00 -11/30
G03F 7/20
H01L21/027