

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4510937号  
(P4510937)

(45) 発行日 平成22年7月28日 (2010. 7. 28)

(24) 登録日 平成22年5月14日 (2010. 5. 14)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 B 9/02 (2006. 01)

G O 1 B 9/02

G O 1 B 11/00 (2006. 01)

G O 1 B 11/00 G

G O 3 F 1/08 (2006. 01)

G O 3 F 1/08 C

G O 3 F 7/20 (2006. 01)

G O 3 F 7/20 5 2 1

G O 3 F 9/00 (2006. 01)

G O 3 F 9/00 H

請求項の数 19 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-613997 (P2000-613997)  
 (86) (22) 出願日 平成12年3月7日 (2000. 3. 7)  
 (65) 公表番号 特表2002-543372 (P2002-543372A)  
 (43) 公表日 平成14年12月17日 (2002. 12. 17)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2000/005859  
 (87) 国際公開番号 W02000/065302  
 (87) 国際公開日 平成12年11月2日 (2000. 11. 2)  
 審査請求日 平成19年2月1日 (2007. 2. 1)  
 (31) 優先権主張番号 09/301, 301  
 (32) 優先日 平成11年4月28日 (1999. 4. 28)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 500152957  
 ザイゴ コーポレイション  
 アメリカ合衆国 コネチカット 0645  
 5-0448, 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 100078282  
 弁理士 山本 秀策  
 (72) 発明者 デ グルース, ピーター ジェイ.  
 アメリカ合衆国 コネチカット 0645  
 7, ミドルタウン, ローレル グロー  
 ブ ロード 355

審査官 後藤 昌夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 屈折率変動を補償する干渉装置および方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

異なる波長を有する少なくとも2つのビームを生成するソースと、

長さが変動し得る測定経路と第1の動作モードと第2の動作モードとを有する分散干渉計手段であって、該第1の動作モードでは、該分散干渉計手段が、逆分散力の初期値および更新された値を計算することを可能にする情報を提供し、該第2の動作モードでは、該分散干渉計手段が、該異なる波長の両方の波長における該測定経路内の空気の短期の屈折率の変動に関する情報を提供し、該第1の動作モードで決定されたの現在の値を用いて該測定経路の長さを測定する、分散干渉計手段と、

該測定経路の近くにある屈折計手段であって、該分散干渉計手段が該測定経路において測定を行なっている間に、少なくとも第1の波長に対して、該測定経路の外部の空気の長期の屈折率の変動を直接的に測定する屈折計手段と、

(1) 該測定経路が少なくとも2つの位置の間で変動する該第1の動作モードに該分散干渉計手段を置き、該測定経路の近くの空気の屈折率の長期の変動に関する測定を該屈折計手段から受け取り、該分散干渉計手段が第1の動作モードにある間に、所定の時間にわたって該長期の屈折率の変動を平均化し、該長期の屈折率の平均値を用いての初期値を計算し、以後の計算に用いるためにの該初期値を格納し、

(2) 該分散干渉計手段が該測定経路における屈折率の短期の変動に関する測定を生成する該第2の動作モードに該分散干渉計手段を置き、該短期の測定を平均化し、該短期の屈折率値の瞬間値とその平均値との間の差を決定し、該差と該長期の屈折率の平均値とを

10

20

連続的に比較し、比較の限界が超えられているか否かを決定し、もし超えられているなら、該分散干渉計手段の該第 1 の動作モードに再び入ることによって の現在の値を更新し、もし超えられていないなら、該分散干渉計手段の該第 2 の動作モードを継続し、 の現在の値を用いて該測定経路の物理的な長さを計算する

手段と

を備える、干渉計装置。

【請求項 2】

前記ソースは、レーザと、該レーザの出力の周波数を 2 倍にすることにより、前記 2 つのビームを生成する第 2 の高調波生成手段とを備える、請求項 1 に記載の干渉計装置。

【請求項 3】

前記分散干渉計手段は、前記ビームのうちの 1 つを受け取り、前記測定経路に関する分散情報を生成するための第 3 の波長において別のビームを生成する第 2 の高調波生成手段をさらに含む、請求項 1 に記載の干渉計装置。

【請求項 4】

前記屈折計手段は、2 つの異なる波長で動作することにより、前記逆分散力に関する情報を生成する 2 つの屈折計を備える、請求項 1 に記載の干渉計装置。

【請求項 5】

空気の長期の屈折率を測定する前記屈折計手段は、それらの間に既知の物理的な長さを有する一対の基準マークを変換ステージ上に備え、該基準マークの間の距離に対応する光路長に関連する情報を生成し、該物理的な経路の長さに対する該光路長の比に基づいて該屈折率を決定する、請求項 1 に記載の干渉計装置。

【請求項 6】

前記干渉計装置と動作的に関連付けられたマイクロリソグラフィ手段であって、ウェハを製造するマイクロリソグラフィ手段をさらに備え、

該マイクロリソグラフィ手段は、

ウェハを支持する少なくとも 1 つのステージと、

空間的にパターニングされた放射を該ウェハ上に投影する照射システムと、

該投影された放射に対する該少なくとも 1 つのステージの位置を調整する位置決めシステムと

を備え、

該干渉計装置は、該投影された放射に対する該ウェハの位置を測定するように構成されている、請求項 1 に記載の干渉計装置。

【請求項 7】

前記干渉計装置と動作的に関連付けられたマイクロリソグラフィ手段であって、ウェハ上に集積回路を製造する際に用いられるマイクロリソグラフィ手段をさらに備え、

該マイクロリソグラフィ手段は、

ウェハを支持する少なくとも 1 つのステージと、

放射ソースと、マスクと、位置決めシステムと、レンズアセンブリと、該干渉計装置の所定の部分を含む照射システムと

を備え、

該マイクロリソグラフィ手段は、該ソースが該マスクを介して放射を配向することにより空間的にパターニングされた放射を生成し、該位置決めシステムが該ソースからの放射に対する該マスクの位置を調整し、該レンズアセンブリが該空間的にパターニングされた放射を該ウェハ上に投影し、該干渉計装置が該ソースからの放射に対する該マスクの位置を測定するように動作する、請求項 1 に記載の干渉計装置。

【請求項 8】

該干渉計装置と動作的に関連付けられたマイクロリソグラフィ装置であって、第 1 および第 2 のコンポーネントを備える集積回路を製造するマイクロリソグラフィ装置をさらに備え、

該第 1 および第 2 のコンポーネントは、互いに対して、および、該干渉計装置に対して

10

20

30

40

50

移動することが可能であり、該第 1 および第 2 のコンポーネントは、第 1 および第 2 の測定レグにそれぞれ接続され、該干渉計装置が該第 2 のコンポーネントに対する該第 1 のコンポーネントの位置を測定するように共に移動する、請求項 1 に記載の干渉計装置。

【請求項 9】

前記干渉計装置と動作的に関連付けられたビーム書き込みシステムであって、リソグラフィマスクを製造する際に用いられるビーム書き込みシステムをさらに備え、

該ビーム書き込みシステムは、

基板をパターニングする書き込みビームを提供するソースと、

基板を支持する少なくとも 1 つのステージと、

該書き込みビームを該基板に伝達するビーム配向アセンブリと、

該少なくとも 1 つのステージと該ビーム配向アセンブリとを互いに対して位置決めする位置決めシステムと

を備え、

該干渉計装置は、該ビーム配向アセンブリに対する該少なくとも 1 つのステージの位置を測定するように構成されている、請求項 1 に記載の干渉計装置。

【請求項 10】

異なる波長を有する少なくとも 2 つのビームを生成するステップと、

分散干渉計手段が第 1 の動作モードまたは第 2 の動作モードに置かれる場合において、  
該分散干渉計手段において該ビームを受けるステップであって、該分散干渉計手段は、長さが変動し得る測定経路と、該第 1 の動作モードと、該第 2 の動作モードとを有し、該第 1 の動作モードでは、該分散干渉計手段が、逆分散力 の初期値および更新された値を計算するための情報を提供するように構成されており、該第 2 の動作モードでは、該分散干渉計手段が、該異なる波長の両方における該測定経路内の空気の短期の屈折率の変動に関する情報を提供する、ステップと、

該測定経路における測定が該分散干渉計手段によって行なわれている間に、少なくとも第 1 の波長に対して、該測定経路の外部かつ近くの空気の長期の屈折率の変動を直接的に測定するステップと、

該測定経路が少なくとも 2 つの位置の間で変動する該第 1 の動作モードに該分散干渉計手段を置き、該測定経路の近くの空気の屈折率の長期の変動に関する測定を該屈折計手段から受け取り、該分散干渉計手段が第 1 の動作モードにある間に、所定の時間にわたって該長期の屈折率の変動を平均化し、該長期の屈折率の該平均値を用いて の初期値を計算し、以後の計算に用いるために の該初期値を格納するステップと、

該分散干渉計手段が該測定経路における短期の屈折率の変動に関する測定を生成する該第 2 の動作モードに該分散干渉計手段を置き、該短期の測定を平均化し、該短期の屈折率値の瞬間値とその平均値との間の差を決定し、該差と該長期の屈折率の平均値とを連続的に比較し、比較の限界が超えられているか否かを決定し、もし超えられているなら、該分散干渉計手段の該第 1 の動作モードに再び入ることによって の現在の値を更新し、もし超えられていないなら、該分散干渉計手段の該第 2 の動作モードを継続し、 の現在の値を用いて該測定経路の長さを計算するステップと

を包含する、干渉測定方法。

【請求項 11】

前記ビームは、レーザと、該レーザの出力の周波数を 2 倍にすることにより前記 2 つのビームを生成する第 2 の高調波生成手段とによって提供される、請求項 10 に記載の干渉測定方法。

【請求項 12】

前記分散干渉計手段は、前記ビームのうちの 1 つを受け取り、前記測定経路に関する分散情報を生成するための第 3 の波長において別のビームを生成する第 2 の高調波生成手段をさらに含む、請求項 10 に記載の干渉測定方法。

【請求項 13】

空気の長期の屈折率を測定するステップは、屈折計を利用する、請求項 10 に記載の干

10

20

30

40

50

渉測定方法。

【請求項 1 4】

前記屈折計は、2つの異なる波長で動作することにより、前記逆分散力に関する情報を生成する2つの屈折計を備える、請求項 1 3に記載の干渉測定方法。

【請求項 1 5】

空気の長期の屈折率を測定するステップは、それらの間に既知の物理的な長さを有する、変換ステージ上の一对の基準マークを利用し、該基準マークの間の距離に対応する光路長に関連する情報を生成し、該物理的な経路の長さに対する該光路長の比に基づいて該屈折率を決定する、請求項 1 0に記載の干渉測定方法。

【請求項 1 6】

ウェハを製造するマイクロリソグラフィステップをさらに包含し、  
該マイクロリソグラフィステップは、  
少なくとも1つのウェハステージ上でウェハを支持する少なくとも1つのステージと、  
空間的にパターニングされた放射を該ウェハ上に投影するステップと、  
該投影された放射に対する該少なくとも1つのステージの位置を調整するステップと  
を包含し、  
前記干渉測定方法は、該投影された放射に対する該ウェハの位置を測定する、請求項 1 0に記載の干渉測定方法。

【請求項 1 7】

ウェハ上に集積回路を製造する際に用いられるマイクロリソグラフィステップをさらに包含し、  
該マイクロリソグラフィステップは、  
少なくとも1つのステージ上でウェハを支持するステップと、  
放射ソースと、マスクと、位置決めシステムと、レンズアセンブリとを含む照射システムを提供するステップであって、該照射システムは、該マスクを介して放射を配向し、空間的にパターニングされた放射を生成し、該ソースからの放射に対する該マスクの位置を調整し、該レンズアセンブリは、該空間的にパターニングされた放射を該ウェハ上に投影し、該ソースからの放射に対する該マスクの位置を測定する、ステップと  
を包含する、請求項 1 0に記載の干渉測定方法。

【請求項 1 8】

第1および第2のコンポーネントを備える集積回路を製造するマイクロリソグラフィステップをさらに包含し、  
該第1および第2のコンポーネントは、互いに対して、および、干渉計装置に対して移動することが可能であり、該第1および第2のコンポーネントは、第1および第2の測定レグにそれぞれ接続され、該干渉計装置が該第2のコンポーネントに対する該第1のコンポーネントの位置を測定するように共に移動する、請求項 1 0に記載の干渉測定方法。

【請求項 1 9】

リソグラフィマスクを製造する際に用いられるビーム書き込みプロセスをさらに包含し、  
該ビーム書き込みプロセスは、  
基板をパターニングする書き込みビームを提供するステップと、  
少なくとも1つのステージ上に基板を支持するステップと、  
該書き込みビームを該基板に伝達するステップと、  
該少なくとも1つのステージと該ビームとを互いに対して位置決めするステップと  
を包含し、  
該干渉測定プロセスは、該ビーム配向アセンブリに対する該少なくとも1つのステージの位置を測定するように構成されている、請求項 1 0に記載の干渉測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

(発明の背景)

本発明は、概して、直線および/または角度の変位を測定する干渉計方法および方法、特に、変位の決定において、変位測定干渉計(DMI)の測定経路における屈折率の測定が、正確に補償され得る装置および方法に関する。

#### 【0002】

高精度の変位測定干渉計(DMI)は、測定経路における屈折率 $n$ の正確な決定に依存する。 $n$ を決定する方法の一つとして、センサを測定経路の近傍に配置して、圧力、温度、および湿度などの熱力学的な特性をモニタリングし、これらのパラメータを、モニタリングされた特性に関する、例えば、空気の屈折率に関する現在の知識による補正についてのEldénの式などの周知の式において、共に用いることがある(例えば、「Recent advances in displacement measuring interferometry Bobroff Norman Measurement Science and Technology」Vol. 4、Number 9、1993年9月を参照のこと)。必要な場合、測定経路における気体の組成を検出するセンサは、屈折率の計算をさらに精密にするために採用され得る。例えば、CO<sub>2</sub>センサが、有益に採用され得る。

#### 【0003】

いくつかの適用例が、環境のモニタリングとの組合せでEldénの式を用いて得られる値と比較して、計算された値 $n$ のより高い絶対的な精度を必要とするが、全てのDMIシステムは、初期化の後の屈折率変動に対して極度に感度が高い。これは、特に、DMI計測がウェハおよびレチクル配置システムの必要不可欠な部分である、マイクロリソグラフィツールの場合にあってはまる。ここで、最も厳しい要件は、正確なオーバーレイのためのDMI測定の繰り返し精度および安定性にある。

#### 【0004】

高周波数ノイズのない連続的なデータを提供することに加えて、マイクロリソグラフィDMIは、1つのウェハ露光に必要な時間(ウェハの整列に必要な時間も含む)全体にわたって安定する必要がある。TTL測光のセンサと軸をはずれた整列センサとの間の「ベースライン」計測の確立などの、一部の測定について、干渉測定システムは、数時間の間安定する。これらの状況の両方において、屈折率 $n$ の検出されない変化が、重要な結果を有し得る。ステッパーの次の世代におけるDMIについての典型的な目標の安定性は、1nmである。従って、対応する最小の許容される測定経路における屈折率は、 $10^{-4}$ から $10^{-2}$  Hzの帯域幅内において、1mの距離にわたって $10^{-9}$ である。これらの変動の検出は、現在環境的センサの能力の及ばない範囲である。

#### 【0005】

従って、マイクロリソグラフィツールについて屈折率 $n$ の変動の問題点を処理する補償システムに対する関心は大きかった。1つのアプローチとして、波長追跡装置または補償器とも呼ばれる干渉計が使用されてきた。このようなデバイスは、市販されており、実際には、相対屈折計である。フォトリソグラフィツールにおいて押し込み気流の経路が適切に配置される場合、屈折計からの情報が用いられて、屈折率における低周波数(例えば、 $10^{-2}$  Hz)の変化を正確に補償し得る。

#### 【0006】

この問題点の別のアプローチは、分散干渉計に基づく乱気流補償システム(ATC)の使用であった。ATCシステムは、2つの広範囲にわたって分割された波長を用い、屈折率の波長依存性に依存する。この波長依存性は、逆分散力(inverse dispersive power)によって特徴付けられる。は、1つの波長における屈折率の、2つの波長間の屈折率の差に対する比である。空気についての典型的な値は、15~75である。

#### 【0007】

従って、本発明の第1の目的は、分散干渉法を屈折測定と組み合わせ、それによって、干渉計の測定経路に発生し得る、短期間および長期間の両方にわたる屈折率変動を補償し得る、装置および方法を提供することである。

## 【 0 0 0 8 】

本発明の他の目的は、逆分散力を、変位計算に先だって、初期化し、モニタリングする装置および方法を提供することである。

## 【 0 0 0 9 】

本発明のさらに他の目的は、既知の物理的な長さを用いて、屈折率を決定し得る装置および方法を提供することである。

## 【 0 0 1 0 】

他の目的の一部は、明らかであり、他の部分は、図面を参照しながら以下の詳細な説明を読むことにより、以下で明らかになる。

## 【 0 0 1 1 】

( 発明の要旨 )

本発明は、分散干渉法を屈折測定と組み合わせて、短期間および長期間の両方にわたる屈折率変動を補償する。従って、本発明は、分散および屈折測定データを重み付けする方法および手段、ならびに、 を初期化して、分散および屈折測定データが矛盾せず、物理的な変位を正確に計算することに用いられるようにする方法および手段を含む。

## 【 0 0 1 2 】

本発明の装置は、

少なくとも2つの波長を利用する干渉計手段であって、その波長のうち、少なくとも第1の波長が、測定経路に沿った対象の変位を測定し、逆分散力 またはその均等物によって、直接、測定経路内の空気の屈折率の短期の変動を検出するために用いられる、干渉計手段と、

少なくとも第1の波長で、直接、長期の空気の屈折率の変動を測定する少なくとも1つの屈折計手段であって、可能な限り、測定経路の近傍に位置し、好適には、測定経路に向けられた押し込み気流の経路内にある、屈折計手段と、

測定経路の長さの変化の間に得られる屈折計および分散データを用いて、該逆分散力 の初期値を確立する初期化手段と、

屈折計および分散干渉計からのデータを解析し、該測定経路に沿って計算された屈折率を提供する、計算手段であって、該計算された屈折率が、長期および短期変動の両方を含み、該逆分散力 の該初期値を利用する、計算手段と、

を備える。

## 【 0 0 1 3 】

他の局面においては、干渉計手段は、第1の波長で動作する、変位干渉計と、2つの波長（このうちの1つは第1の波長であり得る）で動作する第2の分散干渉計との別個の干渉計の形をとり得る。

## 【 0 0 1 4 】

本発明の他の局面は、以下の工程を包含する方法である。

## 【 0 0 1 5 】

矛盾しない逆分散力 の値を格納する工程。初期的に、これは仮定され、後に、大幅な変化が起きる場合に更新され得る。

## 【 0 0 1 6 】

測定経路の近傍に位置する屈折計を用いて、 $n_1$ の屈折率を測定する工程と、

特性時間にわたって工程で発生する屈折率の時間平均を決定する工程と（式3）、

波長 $\lambda_{1,2}$ について該測定経路の光路長を測定する工程と（式2）、

分散干渉計を用いて、局所的な屈折率 $N_1^2$ を計算する工程と（式6）、

局所的な屈折率を時間平均する工程と（式3に類似）、

瞬間値と、時間平均値との差として、局所的な屈折率の変動を計算する工程と（式4）、

空気の影響について補正された物理的な距離を計算する工程と（式6）、

局所的な屈折率の該時間平均値と、屈折計での率の時間平均値との間の差をテストする工程と、

が大幅に変化する場合、 を較正して、その値を更新する工程と、

10

20

30

40

50

である。

【0017】

本発明の他の局面は、逆分散力を較正する方法に関し、以下の工程を包含する。

【0018】

測定経路の近傍の屈折計を用いて、 $\lambda_1$ について屈折率を測定する工程と、  
特定時間Tにわたって、該測定経路の近傍の屈折率の時間平均を決定する工程と、  
ステージを2つの位置の間で移動させる工程と、  
2つの波長 $\lambda_{1,2}$ に対して、測定経路の光路長の変化を測定する工程と、  
式1を用いて、逆分散力 $D$ を計算する工程と、  
の値とともに、測定経路に戻る工程と、

10

である。

【0019】

本発明のさらに他の局面においては、屈折率は、屈折計ではなく、2つの基準ポイントの間の既知の物理的距離を用いることによって、決定され得る。

【0020】

本発明の構造および動作は、本発明の他の目的および利点と共に、図面を参照しながら、詳細な説明を読むことによって、よりよく理解される。図面において、発明の一部は、割り当てられた参照符号を有し、それが現れる全ての図面において識別される。

【0021】

(発明の詳細な説明)

20

本発明は、変位測定干渉計の測定経路において発生し得る、短期間および長期間の両方にわたる屈折率変動を補償して、変位を決定し得る干渉計装置および方法に関する。本発明は、分散干渉法を屈折測定と組み合わせて、短期間および長期間の両方にわたる屈折率変動を補償する。分散および屈折計データを重み付けする方法および手段、ならびに逆分散力 $D$ を最小化する方法および手段が含まれ、分散および屈折測定データには矛盾がない。

【0022】

次に、図1を参照すると、本発明の干渉測定システムが10で示されている。システム10は、干渉計装置12、および公知の様態でリンク16を介して干渉計装置12とインターフェースをとる、ハウスキーピングおよび制御信号を交換するコンピュータ14を備える。コンピュータ14に常駐しているのは、以下で説明する様々なアルゴリズムを実現するアプリケーションソフトウェアおよびグラフィカルユーザインターフェース(GUI)および/またはキーボードまたはマウスのような他のデバイスを通じてシステム10を操作し得る、システムソフトウェアである。

30

【0023】

干渉計装置12は、好適には、第1の波長 $\lambda_1$ 、および、例えば周波数を2倍にする(SHG=第2高調波を発生する)ことによって、第1の波長 $\lambda_1$ に対して位相が固定された第2の波長 $\lambda_2$ を有する、2波長ソース18を備える。例示的な波長は、真空中で測定されて、 $\lambda_1$ および $\lambda_2$ について、それぞれ、633および316nmである。ソース18は、 $\lambda_1$ で第1のビーム20を発生し、 $\lambda_2$ で第2のビーム22を発生する。

【0024】

40

当業者であれば、ビーム20および22は、1つ以上の波長を発生する1つのレーザソース、和周波発生または差周波発生と組み合わせられた異なる波長の2つのレーザソース、あるいは、2つ以上の波長の光ビームを発生することができる任意の他の等しいソース構成によって代替的に提供され得ることを理解する。

【0025】

例えば、レーザソースは、当業者にとって公知の各種の従来技術のうちのいずれかによって安定される、例えばHeNeの気体レーザであってもよい。例えば、T. Bakerらの「Frequency Stabilization of a 0.633  $\mu$ m He-Ne-longitudinal Zeeman Laser」、Applied Optics、19 3173-3177(1980)、Burgwald

50

らによる米国特許第3,889,207号(1975年6月10日発行)、Sandstromらによる米国特許第3,662,279号(1972年5月9日発行)を参照のこと。あるいは、レーザは、当業者にとって公知の各種の従来の技術技術のうちのいずれかによって安定される、ダイオードレーザ周波数であってもよい。例えば、T. OkoshiおよびK. Kikuchiによる「Frequency Stabilization of Semiconductor Lasers for Heterodyne-type Optical Communication Systems」、Electronic Letters、16、179-181 (1980)、ならびに、S. YamaqguchiおよびM. Suzukiによる「Frequency Stabilization of the Frequency and Power of an AlGaAs Semiconductor Laser by Use of the Optogalvanic Effect of Krypton」IEEE J. Quantum Electronic、QE-19、1514~1519、(1983)を参照のこと。

10

#### 【0026】

ビーム20は、ビームの一部を反射によって屈折計26に向け、残りをミラー28に伝えるビームスプリッター24によって遮断される。

#### 【0027】

屈折計26は、波長追跡装置または補償器として広く公知である一般的な型のものであってもよい。特に、絶対的な屈折率に対するシステム10の初期化について、環境的センサ(図示せず)と組み合わせられてもよい。図2に、差動平面ミラー干渉計として公知の型の屈折計26の一例を示す。図に示すように、屈折計26は、ビーム20の一部を、固定長Lの同心円状に構成された測定セル32に向ける干渉計部分30を備える。セル32は、気体、好適には、空気で充填した外部環状領域36によって囲まれている真空内部チャンバ34を備える。端部反射器40および42は、それぞれ、ビーム20がセル32を通じて伝わる際にその伝播を制御するように設けられる。動作中、内部チャンバ34は、基準レグの役割を与えられ、外部チャンバ36は、気体または空気が充填し、物理的距離が測定される測定レグの代理としての役割を与えられる。屈折計26の出力は、波長 $\lambda_1$ について、屈折率 $N_1$ である。

20

#### 【0028】

ミラー28、ビームスプリッター24によって伝えられるビーム20の一部を遮断するだけでなく、ビーム22を遮断して、そのビームと、ビーム20の残りとを、2波長干渉計44に向ける。干渉計44は、それとX-Y変換ステージ46との間の距離を測定し、測定路における局所的な屈折率 $N_1^2$ に関する情報を提供するように調節される。X-Y変換ステージ46は、集積回路などの製造のためのフォトリソグラフィ装置の一部を形成する。測定経路は、干渉計44とX-Y変換ステージ46との間にある空間に位置する。図1から分かるように、空気は、屈折計26、すなわち、外部チャンバ36にわたって、かつ干渉計44の測定路にわたって、制御可能に流れる。屈折計26は、好適には、干渉計44の測定経路の十分に近傍に位置するので、両方における空気の屈折率は、少なくとも対象となる測定時間間隔にわたって、実質的に同じである。

30

40

#### 【0029】

ここでの干渉計44は、波長のうちの1つ、例えば、 $\lambda_1$ が、標準のDMIについても用いられる分散タイプである。従って、2 - 干渉計44の出力は、それぞれ、 $\lambda_1$ 、2に対応する干渉位相 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ である。干渉計44は、各種の周知のタイプの干渉計のいずれかである。これらの干渉計には、それぞれの波長が、共有に係る同時係属出願中の米国特許出願第09/157,131号に記載のタイプの二色性ビームスプリッター、または2波長動的干渉計と組み合わされた一般的な波長差動平面ミラー干渉計(DPMI)が含まれる。この出願は、1998年9月18日に出願され、この内容を、本明細書中で参考として援用する。システム10は、以下により詳細に説明する、図3aおよび3bのフローチャートに示す状態で動作する。図3aに、システム10の測定モードを表し、図3bに、

50



を初期化する方法を表す。

【 0 0 3 0 】

を初期化するため、図 1 に示す X - Y ステージ 4 6 は、可能な限り大きい範囲にわたって、DMI 測定経路の物理的な長さを変化させるように、移動する。変位の正確な値は既知である必要はない。移動は、ウェハの整列手順（以下でさらに説明する）のうちの一部であってもよいし、ウェハの整列に先立つ独立した動きであってもよい。初期化された、矛盾のない の値は、

【 0 0 3 1 】

【数 1】

$$\Gamma = \frac{\langle N_1 \rangle - 1}{\langle N_1 \rangle} \frac{L_1}{(L_2 - L_1)}, \quad (1.)$$

10

である。ただし、

$$L_{1,2} = \frac{L_{1,2}^0 + \Delta L_{1,2}}{2} \quad (2.)$$

であり、 $\Delta L_{1,2}$  は、X - Y ステージ 4 6 の変位によって起こる  $L_{1,2}$  の値の変化である。量  $N_1$  は、屈折計 2 6 によって供給されたデータから計算された屈折率  $N_1$  の時間平均である。

【 0 0 3 2 】

括弧によって表される時間平均化は、例えば、乱気流を平均化するのに十分な長さであると考える時間 T にわたって取られる一連の以前の測定を合計することであり得る。

20

【 0 0 3 3 】

【数 2】

$$\langle N \rangle = \frac{1}{T} \int_{t-T}^t N dt \quad (3.)$$

時間平均を計算する他の適切な手段には、特性時間 T を有する指数または他の関数の減衰を表す反復的な式が含まれる。

30

【 0 0 3 4 】

の初期化の後、2 波長分散干渉計は、測定経路の局所的な屈折率

【 0 0 3 5 】

【数 3】

$$\tilde{N}_1^{2\lambda}$$

の連続的な測定を提供する。

【 0 0 3 6 】

40

【数 4】

$$\tilde{N}_1^{2\lambda} = N_1^{2\lambda} - \langle N_1^{2\lambda} \rangle \quad (4.)$$

ただし、

【 0 0 3 7 】

【数 5】

$$N_1^{2\lambda} = \frac{L_1}{L_1 - (L_2 - L_1)\Gamma}. \quad (5.)$$

であり、括弧は、特性時間定数  $T$  にわたる時間平均化を表す。物理的な（すなわち、屈折率が補正された）変位の  $DMI$  測定は、

【 0 0 3 8 】

【 数 6 】

$$\chi = \frac{L_1}{\langle N_1 \rangle + \tilde{N}_1^{2\lambda}} \quad (6.)$$

10

である。

【 0 0 3 9 】

この計算は、測定経路における長期間および短期間にわたる屈折率の変動の両方について補償される。

【 0 0 4 0 】

前述の計算は、短期測定（ $T < t$ ）と長期測定（ $T > t$ ）とを分ける、特性時間定数  $T$  を含む。屈折率の短期測定は、主に分散干渉計に依存し、長期測定は、主に屈折計または図 1 に示す同等なものに依存する。概念上、 $T$  は、屈折計 26 で測定された時間積分値  $N_1$  が、測定経路における真の時間積分屈折率と  $10^{-9}$  内で相関する、最小時間と見なされ得る。概して、時間  $T$  が長ければ長いほど、相関がより良くなる。 $T$  の量的値を決定する量的アプローチは、システム内の押し込み気流によって決定された速度の様々なサイズの空気のポケットまたはセルの効果を考慮することである。屈折率における正弦変動が、振幅  $A$  および空間的周期  $\Lambda$  のものだとする。次に、測定経路から距離  $D \ll$  に位置する屈折計を仮定し、空気が、 $z$  方向に速度  $v$  で流れるとする。得られる最大誤差は、

20

【 0 0 4 1 】

【 数 7 】

$$E \approx 2\pi AD/\Lambda. \quad (7.)$$

30

である。次に、補償システムの目的が、屈折率誤差を、少なくとも 3 分の 1 に低減させることであるとする。この要件は、以下のように書き換えられる。

$$D > 6 \quad (8.)$$

速度  $v$  での空気の移動について、これは、特性時間

$$T = 6 \quad D / v \quad (9.)$$

に対応する。

【 0 0 4 2 】

例えば、気流が、 $v = 0.5 \text{ m/s}$  であり、屈折計が測定経路から  $0.5 \text{ m}$  である場合、 $T$  は約  $20 \text{ s}$  である。

40

【 0 0 4 3 】

次に、図 3 a および 3 b を参照すると、本発明の方法を実施する工程を表すフローチャートが示されている。図から分かるように、これらは、測定のための図 3 a のブロック 50 ~ 59、およびの較正のための図 3 b におけるブロック 61 ~ 71 に表す。図 3 a において、測定工程は、以下の工程を含む。

【 0 0 4 4 】

(50) 逆分散力  $\chi$  の矛盾しない値を格納する工程であって、この値が初期に確認され、そこで大幅な変化が起きると、後で、工程 (59) で更新される、工程と、

(51) 測定経路の近傍に位置する屈折計を用いて、 $N_1$  について屈折率を測定する工程

50

と、

(52) 特性期間にわたって工程(50)において発生した屈折率についての時間平均を決定する(式3)工程と、

(53) 波長 $\lambda_{1,2}$ について測定経路の光路長を測定する(式2)工程と、

(54) 分散干渉計を用いて、局所的な屈折率 $N_1^2$ を計算する(式5)工程と、

(55) 局所的な屈折率を分散時間平均化する(式3に類似する)工程と、

(56) 局所的な屈折率の変動を、瞬時値および時間平均化値として決定する(式4)工程と、

(57) 空気の影響について、補正した物理的距離を決定する(式6)工程と、

(58) 局所的率と屈折計での率の時間平均化値との間の差をテストする工程と、

(59) が大幅に変化する場合、を較正し、その値を更新して、(50)を止める工程。

10

#### 【0045】

次に、図3bを参照すると、を較正する工程は、以下の工程を含むように示される。

#### 【0046】

(61) 測定経路に近傍する屈折計を用いて、 $n_1$ の屈折率を測定する工程と、

(63) 特性時間Tにわたって、測定経路に近傍する屈折率の時間平均を決定する工程と、

(65) 2つの位置の間でステージを移動させる工程と、

(67) 2つの波形 $\lambda_{1,2}$ の測定経路の光路長における変化を測定する工程と、

20

(69) 式1を用いて、逆分散力 $D$ を計算する工程と、

(71) 較正された $D$ の値と共に、測定工程に戻る工程。

#### 【0047】

従来技術と比較して、本発明から様々な利点を得られる。単一の屈折計に関して、本発明は、屈折計だけでは検出され得ない測定ビームにおける屈折率の短期変動のより優れた補償を提供する。

#### 【0048】

ACシステムに関して、本発明は、(1)計算された値よりも正確な矛盾のない $D$ を提供し、(2)大気組成の変化の存在における補償の長期安定性を提供することによって、分散干渉計に関するより優れた長期補償を提供する。

30

#### 【0049】

$D$ の計算について分散に依存する補償システムに関して、本発明は、長期間にわたる屈折率の測定に関して屈折測定に依存することによって、より低いコストおよび潜在的により正確な長期補償を提供する。本発明の装置では、分散干渉計は、何時間もではなく、ほぼ1分または1分未満の間安定していればよい。これは、光学系、機械、電子およびファイバ接続の要件を大幅に緩める。

#### 【0050】

当業者であれば理解するように、基本的な教示内容から逸脱することのない、本発明の可能な変形例が数多くある。

#### 【0051】

40

例えば、図4に、概して、60と示される本発明の代替的な装置を示す。装置60は、それぞれ、波長 $\lambda_{1,2}$ で動作する2つの独立したレーザ62および64を利用して、それぞれ、ビーム66および68を発生する。例えば、Ishidaによる米国特許第4,948,254号に記載のタイプの第2高調波発生(SHG)干渉計69が、ビーム68を受け取り、 $\lambda_3$ のさらなるビーム70を発生するために提供される。前のように、屈折計74は、 $n_1$ のビーム66を受け取り、X-Yステージ72の変位が測定される。この実施形態の動作原理は、以前の実施形態の原理と実質的に同じである。しかし、この場合、分散の計算には、第1の波長とは異なる第2のおよび第3の波長 $\lambda_{2,3}$ を用いて、第1の波長 $\lambda_1$ での屈折率を予測することが含まれる。初期化の方程式は、

#### 【0052】

50

【数 8】

$$\Gamma' = \frac{\langle N_1 \rangle - 1}{\langle N_1 \rangle} \frac{L_1}{(L_3 - L_2)}, \quad (10.)$$

に変化し、屈折率の計算は、

$$n_1 = \frac{N_1}{N_1^2} + \frac{N_1^2}{N_1^2} - \frac{N_1^2}{N_1^2} \quad (11.)$$

【0053】

【数 9】

$$N_1^{2\lambda} = 1 + \Gamma' \frac{(L_3 - L_2) \langle N_1 \rangle}{L_1}. \quad (12.)$$

10

が、もはや通常の意味での逆分散力ではなく、計算上の類似した関数として機能を果たすことに留意されたい。

【0054】

図 5 に示す他の実施形態において、図 1 に示す単なる単一波長屈折計 26 は、二重波長屈折計 80 として、図 5 において記号的に示される計の形態で置き換えられる。他の部分は、図 1 における相当する部分と同じ識別番号が付けられている。この実施形態は、ステージの動きによって、システムを再起動することなく、の値のゆるやかな変化を追跡することが可能である。しかし、屈折率の長期変化について、この実施形態は、分散干渉法ではなく、屈折測定データのみに依存し続ける。

20

【0055】

図 6 に示す本発明のさらに別の実施形態において、屈折計は全くない。代わりに、X-Y 変換ステージ 46 で実行される位置合わせマーク 92 およびこれらのマークを配置する整列センサ 90 に依存する（図 1 と共通する部分は、同じ識別番号を有する）。この実施形態の基本的な前提は、マーク 92 の間の物理的な経路長  $l_0$  が完全に既知であるか、続く全ての測定について適切な基準長であるかのいずれかである。マーク 92 の間の変位の後、初期的な屈折率は、

$$N_1^0 = L_1 / l_0 \quad (13.)$$

30

から決定される。ただし、 $L_1$  は、波長  $\lambda_1$  の測定された光路である。矛盾しない  $h$  は、

【0056】

【数 10】

$$\Gamma = (N_1^0 - 1) \frac{\chi_0}{(L_2 - L_1)}. \quad (14.)$$

である。物理的変位  $h$  の全ての続く測定は、

$$h = L_1 / n_1 \quad (15.)$$

ただし、

40

【0057】

【数 11】

$$n_1 = 1 + \Gamma \frac{(L_2 - L_1)}{\chi_0}. \quad (16.)$$

である。

【0058】

この実施形態は、ハードウェアにおいて、最も簡略的であるという利点を有する。しかし、位置合わせマークの物理的な位置において、安定性から独立した、非常に長期の測定安

50

定性を必要とする適用例には適切でない。

【0059】

上記の干渉測定システムは、X-Yステージに関連するリソグラフィ適用例において特に有用であり得、コンピュータチップなどの大規模集積回路の製造に用いられる。リソグラフィは、半導体製造産業の技術を躍進させる鍵である。100nm線幅（設計規則）までのまたはそれより下へのオーバーレイの改良は、最も難しい5つの課題のうちの1つである。例えば、Semiconductor Industry Roadmap、82頁、（1997年）を参照のこと。オーバーレイは、ウェハおよびレチクル（またはマスク）ステージを配置するために用いられる、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が、1年につき\$50～100Mの製品を生産するので、改良された性能の距離測定干渉計からの経済的な値が実質的である。リソグラフィツールの生産高における増加は、1%毎に、1年につきほぼ\$1Mの経済的な利益を、集積回路製造業者にもたらし、実質的にそれに負けない利益をリソグラフィツールのメーカーにもたらす。

10

【0060】

リソグラフィツールの機能は、空間的にパターニングされた放射を、フォトレジストコーティングされたウェハに向けることである。方法は、ウェハのどの位置が放射を受けるのかを決定する（整列）工程と、放射をその位置のフォトレジストにあてる（露光）工程とを包含する。

20

【0061】

ウェハを適切に配置するため、ウェハは、専用センサによって測定され得る、ウェハ上の位置合わせマークを含む。位置合わせマークの測定された位置は、ツール内のウェハの位置を決定する。この情報により、ウェハ表面の所望のパターニングの仕様に沿って、空間的にパターニングされた放射に関するウェハの整列が誘導される。このような情報に基づいて、フォトレジストコーティングされたウェハを支持する変換可能なステージは、ウェハを移動させて、ウェハの正しい位置が放射に露光されるようにする。

【0062】

露光の間、放射源は、パターニングされたレチクルに照射する。レチクルは、放射を散乱させて、空間的にパターニングされた放射を生成する。また、レチクルは、マスクとも呼ばれ、これらの用語は、以下では、相互に交換可能なものとして用いられる。低減リソグラフィの場合、低減レンズは、散乱した放射を集め、レチクルパターンの低減された画像を形成する。あるいは、ほぼプリントする場合、散乱された放射は、ウェハに接触して、レチクルパターンの1:1画像を生成する前に、短い距離（典型的には、ミクロンのオーダー）を伝わる。放射は、放射パターンをフォトレジスト内の潜像に変換する、フォトレジストにおける光化学プロセスを開始する。

30

【0063】

上記の干渉測定システムは、ウェハおよびレチクルの位置を制御し、ウェハ上のレチクル画像の見当を合わせる配置メカニズムの重要な部分である。

【0064】

概して、リソグラフィシステムは、露光システムとも呼ばれるが、典型的には、照射システムおよびウェハ配置システムを含む。照射システムは、紫外線、可視光線、x線、電子またはイオン放射のような放射提供する放射源、ならびに、放射にパターンを伝えて、空間的にパターニングされた放射を発生するレチクルまたはマスクを含む。さらに、低減リソグラフィの場合、照射システムは、空間的にパターニングされた放射をウェハに投影する、レンズアセンブリを含み得る。投影された放射は、ウェハにコーティングされたフォトレジストを露光する。また、照射システムは、マスクを支持するマスクステージ、ならびに、マスクを通じて向けられる放射に関連するマスクステージの位置を調節する配置システムを含む。ウェハ配置システムは、ウェハを支持するウェハステージ、および投影された放射に関するウェハステージの配置を調節する配置システムを含む。集積回路の製造は、複数の露光工程を含み得る。リソグラフィについての一般的な参照は、例えば、J.

40

50

R. SheatsおよびB. W. SmithのMicrolithography: Science and Technology (Marcel Dekker, Inc., New York, 1988)を参照のこと。この文献の内容は、本明細書中で参考として援用される。

【0065】

上記の干渉測定システムは、レンズアセンブリ、放射源、または支持構造などの露光システムの他の部品に関連するウェ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ために用いられ得る。このような場合、干渉測定システムは、マスクおよびウェハステージのうちの1つのような、静止構造および可動要素に取り付けられた測定対象に取り付けられ得る。あるいは、状況は反転され得るが、干渉測定システムが、静止対象に取り付けられた可動対象および測定対象に取り付けられる。

10

【0066】

より一般的には、干渉測定システムは、干渉測定システムに取り付けられているか、または部品のうちの1つによって支持されている、かつ、測定対象に取り付けられているか、または他の部品によって支持されている、露光システムの任意の他の部品に関連する露光システムのいずれか1つの部品の位置を測定するために用いられ得る。

【0067】

干渉測定システム126を用いるリソグラフィスキャナ100の一例を、図7に示す。干渉測定システムは、露光システム内のウェハの位置を正確に測定するために用いられる。ここで、ステージ122は、露光ステーションに対して、ウェハを配置するように用いられる。スキャナ100は、フレーム102を備える。フレーム102は、他の支持構造を保持し、様々な部品がそれらの構造で保持される。露光ベース104は、上にレンズハウジング106が取り付けられており、レンズハウジング106の上部には、レチクルまたはマスクを支持するために用いられるレチクルまたはマスクステージ116が取り付けられている。露光ステーションに対して配置する配置システムは、要素117によって模式的に示される。配置システム117は、例えば、圧電変換器要素および対応する制御電子機器を含み得る。この説明された実施形態において含まれていないが、リソグラフィ構造の製造のためにプロセスにおいて位置が正確にモニタリングされる必要がある他の可動要素だけでなく、マスクステージの位置を正確に測定するため、1つ以上の上記の干渉測定システムも用いられ得る(上記のSheatsおよびSmithのMicrolithography: Science and Technologyを参照)。

20

30

【0068】

露光ベース104の下につり下げられているのは、ウェハステージ122を保持する支持ベース113である。ステージ122は、干渉測定システム126によってステージに向けられた測定ビーム154を反射する平面ミラーを含む。干渉測定システム126に対してステージ122を配置する配置システムは、要素119によって模式的に示される。配置システム119は、例えば、圧電変換器要素および対応する制御電子機器を含み得る。測定ビームは、反射して、露光ベース104に取り付けられた干渉測定システムへと戻る。干渉測定システムは、上述した実施形態のいずれであってもよい。

【0069】

40

動作中、放射ビーム110、例えば、紫外線レーザ(図示せず)からの紫外線(UV)ビームは、ビーム形成光学系アセンブリ112を通過し、ミラー14から反射された後、下方向に伝わる。その後、放射ビームは、マスクステージ116によって保持されているマスク(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106内に保持されているレンズアセンブリ108を介して、ウェハステージ122のウェハ(図示せず)上に投影される。ベース104およびそれによって支持される様々な構成要素は、ばね120で表される減衰システムによって、環境による振動からは切り離されている。

【0070】

リソグラフィスキャナの他の実施形態において、複数の軸、および、例えば、ウェハおよびレチクル(または、マスク)ステージ(これらに限定されるものではない)に対する角

50

度に沿った距離を測定するために、上述した１つ以上の干渉システムが用いられ得る。また、ウェハを露光するため、ＵＶレーザビームではなく、他のビーム、例えば、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が用いられてもよい。

【００７１】

さらに、リソグラフィスキナは、干渉測定システム１２６がレンズハウジング１０６に基準ビームを向けるカラム基準、または、干渉測定システム内の基準経路ではなく、放射ビームを向ける他の何らかの構造を含み得る。ステージ１２２から反射する測定ビーム１５４と、レンズハウジング１０６から反射した基準ビームとを結合する場合に、干渉測定システムによって生成される干渉信号は、放射ビームに対するステージの位置の変化を示す。さらに、他の実施形態において、干渉測定システム１２６は、レチクル（または、マスク）ステージ１１６、またはスキナシステムの他の可動部品の位置の変化を測定するように配置され得る。最終的には、干渉測定システムは、スキナに加えて、またはスキナではなく、ステッパを含むリソグラフィシステムと類似する状態で用いられ得る。

【００７２】

当該技術において公知であるように、リソグラフィは、半導体デバイスを作る製造方法において重大な部分である。例えば、米国特許第５，４８３，３４３号には、そのような製造方法の工程を概説する。これらの工程は、図８および９を参照しながら、以下に記載される。図８は、半導体チップ（例えば、ＩＣまたはＬＳＩ）、液晶パネル、またはＣＣＤのような半導体デバイスの製造の流れのフローチャートである。工程２５１は、半導体デバイスの回路を設計する設計プロセスである。工程２５２は、回路パターン設計に基づくマスクを製造するプロセスである。工程２５３は、シリコンのような材料を用いてウェハを製造するプロセスである。

【００７３】

工程２５４は、予備処理と呼ばれるウェハのプロセスであり、準備されたマスクおよびウェハを用いて、リソグラフィによって、回路がウェハ上で形成される。工程２５５は、後処理と呼ばれる組立工程であり、工程２５４によって処理されたウェハが半導体チップに形成される。この工程は、組み立てる（方形切断および接合）工程と、パッケージする（チップシーリング）工程とを含む。工程２５６は、検査する工程であり、工程２５５で製造された半導体デバイスの動作性チェック、耐久性チェックなどが行われる。これらのプロセスで、半導体デバイスは、完成され、出荷される（工程２５７）。

【００７４】

図９は、ウェハ処理の細部を示すフローチャートである。工程２６１は、ウェハの表面を酸化させる酸化プロセスである。工程２６２は、ウェハ表面上に絶縁膜を形成するＣＶＤプロセスである。工程２６３は、真空めっきによってウェハ上に電極を形成する電極形成プロセスである。工程２６４は、イオンをウェハに注入するイオン注入プロセスである。工程２６５は、フォトレジスト（感光性材料）をウェハに適用するフォトレジストプロセスである。工程２６６は、上記の露光装置を通じて、露光によって、マスクの回路パターンをウェハにプリントする露光プロセスである。工程２６７は、露光されたウェハを現像させる、現像プロセスである。工程２６８は、発展されたフォトレジスト像以外の部分を取り除くエッチングプロセスである。工程２６９は、エッチングプロセスにさらされた後にウェハ上に残っているフォトレジスト材料を剥離するフォトレジスト剥離プロセスである。これらのプロセスを繰り返すことによって、回路パターンは、形成され、ウェハに重ねられる。

【００７５】

上記の干渉測定システムは、対象の相対的な位置が正確に測定される必要がある他の適用例においても用いられ得る。例えば、レーザ、ｘ線、イオン、または電子ビームのような書き込みビームが、基板またはビームのいずれかが動くにつれて、基板上にパターンの印を付ける適用例において、干渉測定システムは、基板と書き込みビームとの間の相対的な移動を測定するために用いられ得る。

【００７６】

10

20

30

40

50

例えば、ビーム書き込みシステム 300 の模式図を図 10 に示す。ソース 310 は書き込みビーム 312 を生成し、ビーム焦点合わせアセンブリ 314 は、可動ステージ 318 によって支持される基板 316 に放射ビームを向ける。ステージの相対的な位置を決定するため、干渉計 320 は、ビーム焦点合わせアセンブリ 314 に取り付けられたミラー 324 に基準ビーム 722 を向け、ステージ 318 に取り付けられたミラー 328 に測定ビーム 326 を向ける。干渉測定システム 320 は、上述した干渉測定システムのいずれであってもよい。干渉測定システムによって測定された位置の変化は、基板 316 上の書き込みビーム 312 の相対的な位置の変化に対応する。干渉測定システム 320 は、基板 316 上の書き込みビーム 312 の相対的な位置を示すコントローラ 330 に、測定信号 332 を送信する。コントローラ 330 は、ステージ 318 を支持し、配置するベース 336 10 10 に出力信号 334 を送信する。さらに、コントローラ 330 は、信号 338 をソース 310 に送信して、書き込みビーム 312 の輝度を変えるか、遮り、書き込みビームは、基板の選択された位置でのみ、光物理的または光化学的な変化を引き起こすために十分な輝度で、基板に接触するようになる。さらに、いくつかの実施形態において、コントローラ 330 は、ビーム焦点合わせアセンブリ 314 に、基板の領域にわたって、例えば、信号 344 を用いて、書き込みビームをスキャンさせる。結果として、コントローラ 330 は、システムの他の部品に、基板をパターニングさせる。パターニングは、典型的には、コントローラに格納される電子的設計パターンに基づく。いくつかの適用例においては、書き込みビームは、基板上にコーティングされたフォトレジストをパターニングし、他の適用例においては、書き込みビームが、基板を直接パターニング、例えばエッチングする。 20

#### 【0077】

このようなシステムの重要な適用例は、上述したリソグラフィ方法において用いられるマスクおよびレチクルの製造である。例えば、リソグラフィマスクを製造するため、電子ビームが用いられて、クロムめっきのガラス基板をパターニングし得る。書き込みビームが電子ビームであるような場合、ビーム書き込みシステムは、真空中において、電子ビーム経路を囲む。また、書き込みビームが、例えば、電子またはイオンビームである場合、ビーム焦点合わせアセンブリは、真空中の基板上に、荷電粒子の焦点を合わせ、向ける四極型レンズのような電界発生器を含む。書き込みビームが、放射ビーム、例えば、x 線、UV、または可視放射であるような他の場合には、ビーム焦点合わせアセンブリは、基板に放射の焦点を合わせ、向ける、対応する光学系を含む。 30

#### 【0078】

しかし、本発明には、他の変更点も為され得る。例えば、ある適用例においては、干渉計の基準および測定レグの両方において含まれる気体の屈折率をモニタリングすることが所望され得る。実施例は、周知の一般的な基準様式の干渉計を含む。この様式の干渉計において、基準レグは、機械式システム内のある位置に目的の光学系を備え、測定レグは、同じ機械式システム内の異なる位置に目的の光学系を備える。他の実施例は、小さい角度の測定の適用例に関する。ここでは、測定ビームおよび基準ビームの両方が、同じ目的光学系に入射するが、物理的オフセットは小さく、目的光学系の角度の配向の高感度測定を提供する。さらに、別個の分散干渉計と共に、別個の変動干渉計が利用され得る。これらの適用例および構成は、当業者にとって周知であり、必要な変更点は、本発明の範囲内であると 40

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は、本発明の干渉測定システムの図である。

【図 2】図 2 は、図 1 の装置において用いられる屈折計の図である。

【図 3 a】図 3 a は、本発明を実施する方法の工程のフローチャートであり、測定を行う工程を表す図である。

【図 3 b】図 3 b は、本発明を実施する方法の工程のフローチャートであり、逆分散力を初期化し、測定工程において用いられた の値を更新する工程を表す図である。

【図 4】図 4 は、第 2 高調波 (SHG) 分散干渉計を用いる本発明の代替的な装置の図である。 50



【図 5】図 5 は、二重波長屈折計を用いる本発明の実施形態の図である。

【図 6】図 6 は、屈折率および逆分散力の両方を初期化する位置合わせマークを用いる本発明の実施形態の図である。

【図 7】図 7 は、集積回路を製造するリソグラフィおよびその適用例に関し、干渉測定システムを用いるリソグラフィ露光システムの模式図である。

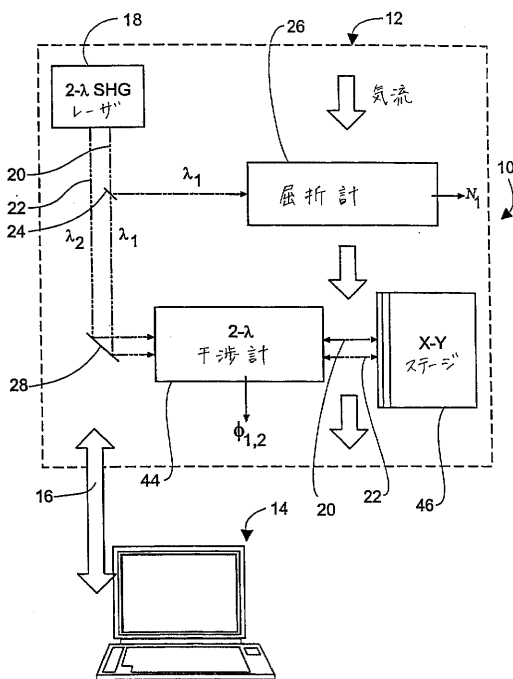
【図 8】図 8 は、集積回路を製造するリソグラフィおよびその適用例に関し、集積回路の製造における工程を示すフローチャートである。

【図 9】図 8 は、集積回路を製造するリソグラフィおよびその適用例に関し、集積回路の製造における工程を示すフローチャートである。

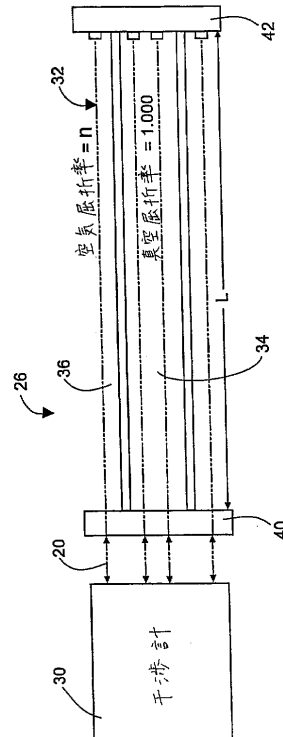
【図 10】図 10 は、本発明の干渉測定システムを用いるビーム書き込みシステムの模式図である。

10

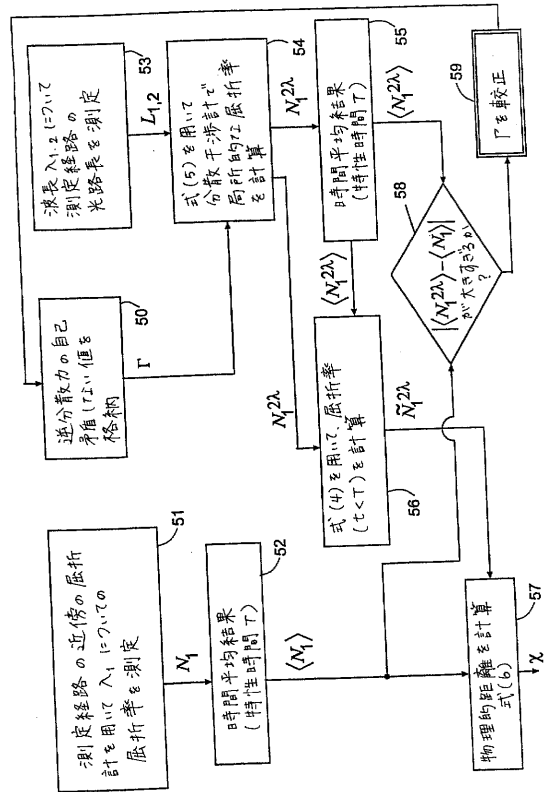
【図 1】



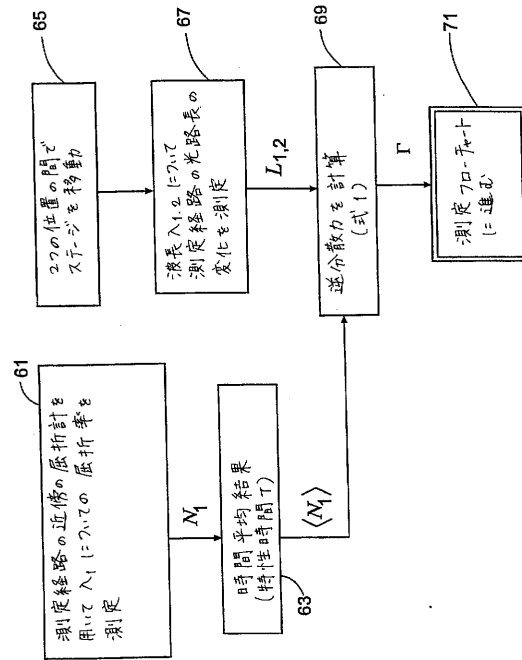
【図 2】



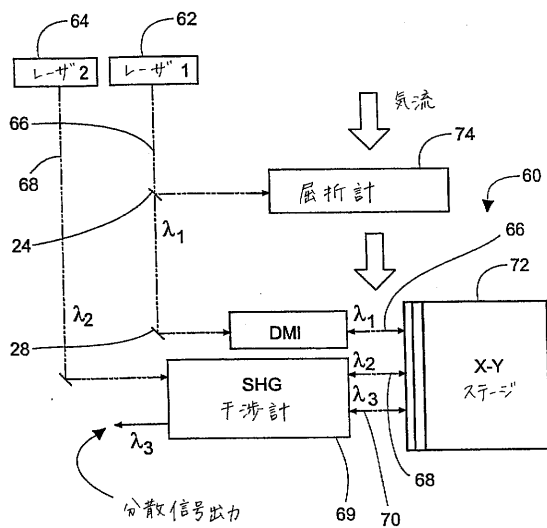
【 図 3 a 】



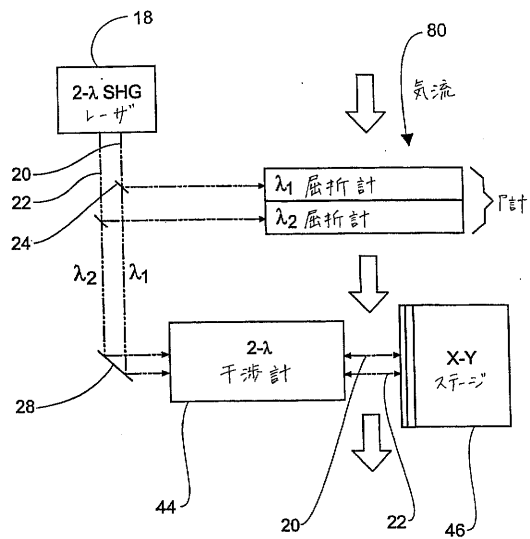
【 図 3 b 】



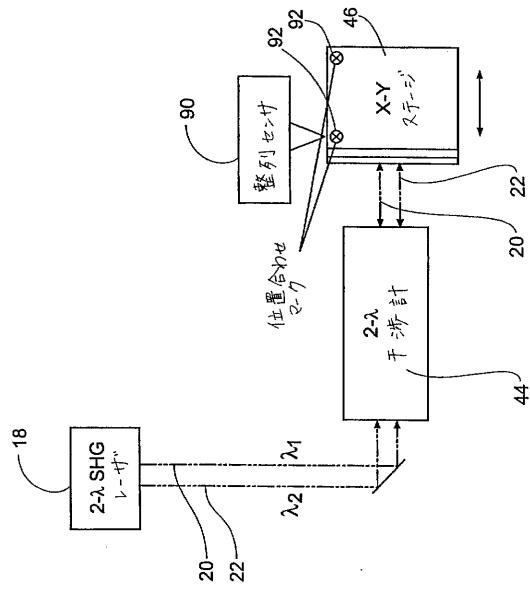
【 図 4 】



【 図 5 】



【図 6】



【図 7】

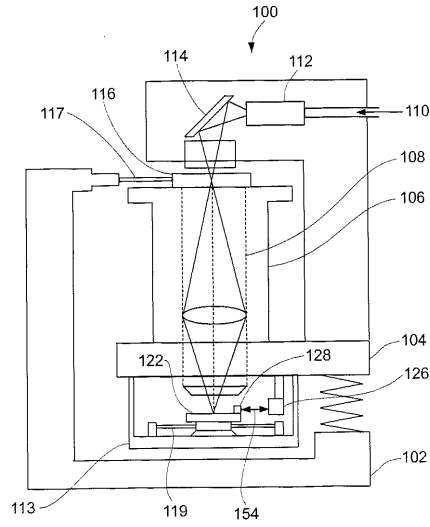
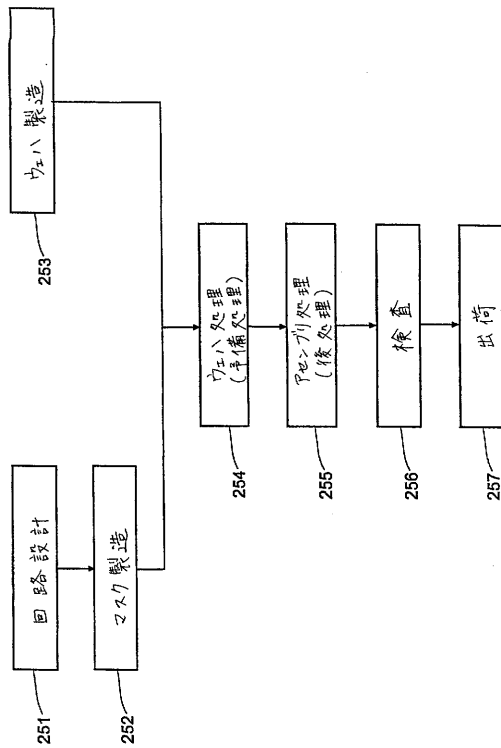
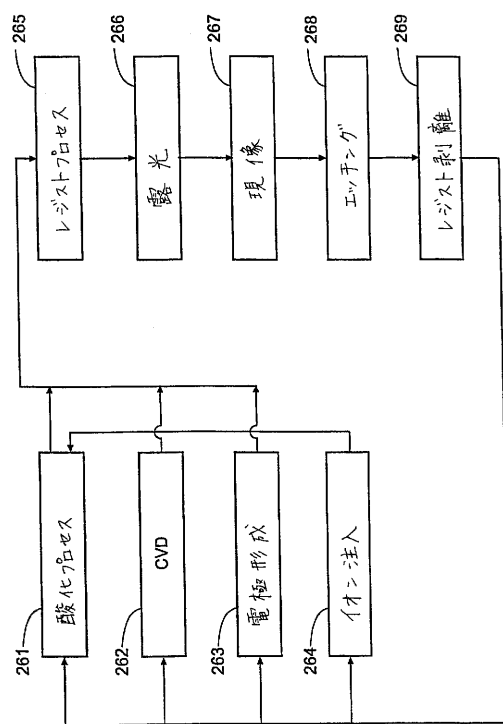


FIG. 7

【図 8】



【図 9】



【図 10】

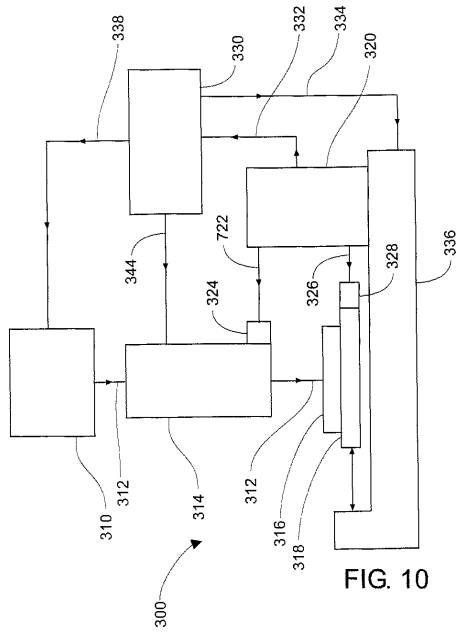


FIG. 10

---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 L 21/027 (2006.01) H 0 1 L 21/30 5 1 6 B

(56)参考文献 特開平 1 0 - 0 9 0 1 7 6 ( J P , A )  
特開平 0 3 - 2 5 2 5 0 7 ( J P , A )  
国際公開第 9 9 / 0 1 8 4 2 4 ( W O , A 1 )

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