

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4986942号  
(P4986942)

(45) 発行日 平成24年7月25日(2012.7.25)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 6 E
GO 3 F 7/20 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 5 F
HO 1 L 21/683 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 5 G
HO 1 L 21/68 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 2 1
	HO 1 L 21/68 N
請求項の数 14 外国語出願 (全 14 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2008-179652 (P2008-179652)  
 (22) 出願日 平成20年7月10日(2008.7.10)  
 (62) 分割の表示 特願2004-162319 (P2004-162319)  
         の分割  
         原出願日 平成16年5月31日(2004.5.31)  
 (65) 公開番号 特開2009-10393 (P2009-10393A)  
 (43) 公開日 平成21年1月15日(2009.1.15)  
         審査請求日 平成20年8月8日(2008.8.8)  
 (31) 優先権主張番号 10/448027  
 (32) 優先日 平成15年5月30日(2003.5.30)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 503195263  
         エーエスエムエル ホールディング エヌ  
         . ブイ.  
         オランダ国 ヴェルトホーフェン 550  
         4 ディー アール, デ ラン 6501  
 (74) 代理人 100079108  
         弁理士 稲葉 良幸  
 (74) 代理人 100093861  
         弁理士 大賀 眞司  
 (74) 代理人 100109346  
         弁理士 大貫 敏史  
 (72) 発明者 サンティアゴ イー デル プエルト  
         アメリカ合衆国 ニューヨーク ミルトン  
         リリー レーン 14

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

制御システムを有するリソグラフィシステムにおいて、  
 ステージと、  
 該ステージによって支持されておりかつ、高い比剛性及び高い熱伝導率を有するチャックであって、前記比剛性が約  $90 \text{ M (m/s)}^2$  より高く、前記熱伝導率が、約  $25 \text{ W/mK}$  より高く、この場合 W はワット、m はメートル、K はケルビン温度である、チャックと、

該チャックの熱膨張を少なくとも1つの次元で、該チャック上の互いに反対の縁部にそれぞれ配置された少なくとも2つの位置の変位を比較することにより測定するための手段と、

前記熱膨張に基づき前記チャックの熱ひずみを計算するとともに、該熱ひずみに基づいて別の次元における熱膨張を計算する手段と、

が設けられており、

前記チャックが工作物又は光学素子を支持しており、これにより前記チャックを移動させることにより前記工作物又は前記光学素子も移動するようになっており、

前記熱膨張に基づいて前記チャックの位置を調整する制御システムと、を備えるリソグラフィシステム。

【請求項 2】

前記チャックが、リソグラフィツールの投影光学系部分から実質的に隔離されている、

請求項 1 記載のリソグラフィシステム。

【請求項 3】

前記チャックが磁氣的に安定及び位置決めされている、請求項 1 又は請求項 2 記載のリソグラフィシステム。

【請求項 4】

前記比剛性が約  $90\text{ M} \sim 150\text{ M} (\text{m} / \text{s})^2$  である、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項記載のリソグラフィシステム。

【請求項 5】

前記熱伝導率が、約  $25 \sim 250\text{ W} / \text{m K}$  であり、この場合、W はワット、m はメートル、K はケルビン温度である、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項記載のリソグラフィシステム。

10

【請求項 6】

前記チャックが炭化ケイ素及びその複合物、窒化ケイ素及びその複合物又は窒化アルミニウム及びその複合物から形成されている、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項記載のリソグラフィシステム。

【請求項 7】

前記熱膨張を測定するための手段がエンコーダを含んでいる、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項記載のリソグラフィシステム。

【請求項 8】

前記エンコーダが：

20

前記チャックの第 1 の縁部及び第 2 の縁部に沿って位置決めされた線形のトラックの第 1 の対を有しており、該トラックの第 1 の対が、リソグラフィツールの定置のフレームに位置決めされたエンコーダヘッドの第 1 の対に対応しており、前記トラックの第 1 の対とヘッドの第 1 の対とが、第 1 の方向での前記チャックの相対移動の少なくとも 2 つの独立した測定を生ぜしめるために使用され；

前記チャックの第 1 の縁部及び第 2 の縁部に沿って位置決めされた線形のトラックの第 2 の対を有しており、該トラックの第 2 の対が、前記定置のフレームに位置決めされたエンコーダヘッドの第 2 の対に対応しており、前記トラックの第 2 の対とヘッドの第 2 の対とが、第 1 の方向に対して垂直な第 2 の方向での前記チャックの相対移動の少なくとも 2 つの独立した測定を生ぜしめるために使用され；

30

前記チャックの相対移動の前記独立した測定を比較するための手段を有している、請求項 7 記載のリソグラフィシステム。

【請求項 9】

前記エンコーダが：

前記チャックの第 1 の縁部に位置決めされた第 1 の線形のエンコーダトラックと、リソグラフィツールの定置のフレームに位置決めされた対応する第 1 のエンコーダヘッドとを有しており、これにより、前記第 1 の縁部に対して垂直な方向での前記フレームに対する前記第 1 のトラックの移動を測定するようになっており；

前記チャックの第 2 の縁部に位置決めされた第 2 の線形のエンコーダトラックを有しており、前記第 2 の縁部が前記第 1 の縁部に対して平行でかつ該第 1 の縁部に向き合っており、前記フレームに位置決めされた対応する第 2 のエンコーダヘッドを有しており、これにより、前記方向での前記フレームに対する前記第 2 のトラックの移動を測定するようになっており；

40

前記第 1 のトラックに対する前記第 2 のトラックの移動から前記方向での熱膨張が決定される、請求項 7 記載のリソグラフィシステム。

【請求項 10】

前記エンコーダが：

前記チャックに位置決めされた、第 1 の端部及び第 2 の端部を有する線形のエンコーダトラックを有しており；

該エンコーダトラックの前記第 1 の端部の近傍に、リソグラフィツールの定置のフレーム

50

に位置決めされた第1のエンコーダヘッドを有しており、これにより、前記トラックの長さに対して平行な方向での前記フレームに対する前記第1の端部の移動を測定するようになっており；

前記エンコーダトラックの前記第2の端部の近傍に、前記フレームに位置決めされた第2のエンコーダヘッドを有しており、これにより、前記方向での前記フレームに対する前記第2の端部の移動を測定するようになっており；

前記第1の端部に対するエンコーダトラックの前記第2の端部の前記移動から、前記方向での熱膨張が決定されるようになっている、請求項7記載のリソグラフィシステム。

【請求項11】

熱膨張を測定するための前記手段が干渉計を含む、請求項1乃至請求項6のいずれか一項記載のリソグラフィシステム。

10

【請求項12】

熱膨張を測定するための前記手段が：

リソグラフィツールの定置のフレームに位置決めされた干渉計からの第1の光ビームを反射するための、前記チャックに位置決めされた第1の平坦なミラーを有しており；

前記干渉計からの第2の光ビームを反射するための、前記チャックに位置決めされた、前記第1の平坦なミラーに対して平行でありかつ該第1の平坦なミラーに対して同一平面に位置していない第2の平坦なミラーを有しており；

干渉計によって測定された前記第1のミラーに対する前記第2のミラーの移動から、前記ミラーに対して垂直な方向での熱膨張が決定されるようになっている、請求項11記載のリソグラフィシステム。

20

【請求項13】

熱膨張を測定するための前記手段が：

リソグラフィツールの定置のフレームに位置決めされた干渉計からの第1の光ビームを反射するための、前記チャックの第1の角の近傍に位置決めされた第1の逆反射装置と；

前記干渉計からの第1の光ビームに対して平行な第2のビームを反射するための、前記チャックの第2の角の近傍に位置決めされた第2の逆反射装置とを有しており；

前記干渉計によって測定された前記第1の逆反射装置に対する前記第2の逆反射装置の移動から、前記ビームに対して平行な方向での熱膨張が決定されるようになっている、請求項11記載のリソグラフィシステム。

30

【請求項14】

熱膨張を測定するための前記手段が：

前記チャックの第1の側に沿って位置決めされた第1の平坦なストリップと、第1のセンサヘッドとを有しており、該第1のセンサヘッドが、該第1のセンサヘッドと前記第1のストリップとの間の距離を測定するためにリソグラフィツールの定置のフレームに位置決めされており；

前記第1の側に対して平行でかつ該第1の側に向き合った、前記チャックの第2の側に沿って位置決めされた第2の平坦なストリップと、第2のセンサヘッドとを有しており、該第2のセンサヘッドが、該第2のセンサヘッドと前記第2のストリップとの間の距離を測定するために前記フレームに位置決めされており；

40

前記第1のストリップに対する前記第2のストリップの移動から、前記ストリップに対して垂直な方向での熱膨張が決定されるようになっている、請求項1乃至請求項6のいずれか一項記載のリソグラフィシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は概して半導体リソグラフィツールに関する。特に、本発明は、より大きな制御システム帯域幅を許容しながら、リソグラフィツール内の所定の位置に対象物を正確に保持するためのチャックに関する。

【背景技術】

50

## 【0002】

半導体デバイスはますます小さくなりつつあるので、リソグラフィツールに対する要求が高まっている。特に、チャック位置公差が小さくなっており、これにより、リソグラフィツール位置決め制御システムに対する要求が高まっている。例えば、現代の半導体ジオメトリでは、チャックトラッキング及び位置決めは、10ナノメートルよりも正確である必要がある。過去には、チャックは、炭化ケイ素等の比較的高い熱膨張率を備える材料から形成されていた。これらの材料は、いかなる熱膨張補償も有することなく、その時代のより厳しくない要求を十分に満たした。しかしながら、慣用的にそれらの材料の使用は好ましくない。

## 【0003】

技術分野は、ウェハ及びレチクルチャック等の、リソグラフィステージの精密な部分を超低膨張材料から製造することである。慣用的に、超低膨張材料は、熱ひずみを低く保つために使用される。低い熱ひずみは、スキヤニング作業中にレチクル又はウェハを保持するチャックの位置決め精度を改善するのに望ましい。これは、温度変化により生ぜしめられるステージ寸法の補償されない変化が、スキヤンされている対象物の位置決めの不確実性を増大させるからである。また、低い熱ひずみは、拘束されている対象物よりも膨張しないチャックによってレチクル及びウェハを拘束することによって、レチクル及びウェハの熱ひずみを低減するので望ましい。

## 【0004】

しかしながら、精密なリソグラフィステージにおけるチャックのために慣用的に使用される超低膨張材料の材料特性に関連した2つの大きな問題がある。第1に、その材料は並みの比剛性を有する。換言すれば、その材料は、その密度のために極めて剛性であるわけではない。これらの慣用的な材料の固有振動数若しくは共振周波数は、その材料の比剛性の平方根に比例する。基本周波数としても知られる最も低いチャック共振周波数は、リソグラフィツールのための制御システムの周波数（又は帯域幅）を選択する場合の制限的要因である。なぜならば、チャックの基本共振周波数における又はそれよりも高い制御周波数は、チャックを振動させるからである。このことは、決定的なステージ構成部材の動的性能を損ない、スキヤニング性能全体に不都合な影響を与える。

## 【0005】

第2に、超低膨張材料は極めて低い熱伝導率を有する。その結果、熱がチャックに均一に拡散しないので局所的な加熱が生じるおそれがある。不十分な熱の拡散は、モータ、アクチュエータ及び同様のものによって加えられることができる熱の量を制限する。熱がチャックに影響を与えるのを防止するためにステージのその他の可動部分において重い冷却及び遮熱部材が必要とされるので、不十分な熱拡散はシステム性能をも低減させる傾向がある。

## 【0006】

したがって、高い比剛性及び高い熱伝導率を備える超低膨張材料が精密リソグラフィステージの決定的な構成部材を形成するために特に望ましい。

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

したがって、本発明の課題は、振動を生じにくくさせるために高い比剛性を有しかつ局所的な加熱を生じないようにするために高い熱膨張率を有する材料から形成されたチャックが設けられたリソグラフィシステムを提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

本発明は、慣用のチャックと比較して高い比剛性及び高い熱伝導率を有するチャックを、チャックにおける熱膨張を測定するための装置と組み合わせる。高い比剛性は、より高い制御帯域幅と、改良されたスキヤニング性能とを提供する。熱膨張及びひずみを正確に測定及び予測しひいては補償することができるので、高い熱伝導率は優れた位置決め精度

10

20

30

40

50

を可能にする。

【0009】

本発明の1つの実施形態によれば、熱膨張を測定するための補償するための装置は、トラック及びヘッドの対応するセットを含む1対のエンコーダを有しており、トラックはチャックに位置決めされているのに対し、ヘッドは測定学フレーム若しくは基準フレームに位置決めされている。エンコーダヘッドは、基準フレームに対するトラックの移動、及びトラックの相対的な移動を測定する。この測定はチャックの熱的移動を表している。

【0010】

本発明の別の特徴及び利点、並びに本発明の様々な実施形態の構造及び操作方法を添付の図面を参照に以下に詳細に説明する。本発明はここに記載された特定の実施形態に限定されず、このような実施形態は例示のためにのみここに示されている。ここに含まれた教示に基づき付加的な実施形態が当業者に明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

ここに含まれかつ明細書の一部を構成した添付の図面は、本発明を示しており、詳細な説明と相俟って、本発明の原理を説明するために及び当業者が本発明を形成及び使用することができるようにするために働く。

【0012】

本発明の特徴及び利点は、図面を参照した以下の詳細な説明からより明らかとなるであろう。これらの図面において同一の参照符号は、全体を通じて対応するエレメントを示している。図面において、同一の参照符号は、概して、同一の、機能的に同様の及び/又は構造的に同様のエレメントを示している。エレメントが最初に出現する図面の番号は、対応する参照符号の最も左の数字によって示されている。

【0013】

A. 概説

本発明は、対象物をリソグラフィツールに正確に位置決めするための装置及び方法に関する。レチクル又はウェハ等の位置決めされるべき対象物は、ある物理的特性を有するチャックによって拘束される。次いで、チャックはリソグラフィツール内に正確に位置決めされる。リソグラフィツールが作動すると、制御システムは、チャックの位置及び寸法を監視し、チャックによって保持された対象物がリソグラフィツール内に正確に位置決めされるように所要の調整を行う。

【0014】

本発明は、ある所望の物理的特性を有するチャックを、チャックにおける熱効果の補償を可能にする測定システムと組み合わせる。このような組み合わせは、リソグラフィツールにおけるある操作的な利点を提供する。

【0015】

本発明において、チャックは、慣用の解決手段と比較して、高い比剛性及び高い熱伝導率を備えた材料から形成されている。これらの物理的特性は、通常は低い熱伝導率、低い比剛性及び極端に低い熱膨張率を有する慣用のチャックを使用するリソグラフィツールよりも多数の性能利点を与える。例えば、高い比剛性を有するチャック材料を選択することにより、リソグラフィ制御システムは、より高い帯域幅で作動することができ、ひいてはスキニング性能を改良する。高い熱伝導率を備えたチャック材料を選択することにより、実質的に等温のチャックが提供され、このチャックにおいて、熱ひずみを容易に測定又は予測しひいては補償することができる。

【0016】

本発明は、チャックにおける熱ひずみを測定又は予測するための装置をも含む。有利な実施形態は、チャックの熱膨張又は収縮を測定するために、チャックに取り付けられたトラックと、測定学フレームに取り付けられたヘッドとを有する1対のエンコーダを使用する。

【0017】

## B. 環境例

最初に、本発明が使用される環境を説明することが役立つ。図1は、本発明によるチャック110が配置される環境例を示している。装置100は、スキャニングリソグラフィツールに存在するような慣用の投影光学系である。レチクルステージ101に続いて、第1のレンズグループ120と、折り返しミラー130と、第2のレンズグループ140と、ビームスプリッタ150と、波長板160と、凹面鏡170と、第3のレンズグループ180と、ウェハステージ191とが配置されている。チャック110は通常、例えばレチクル112をレチクルステージ101に保持するために又はウェハ114をウェハステージ191に保持するために使用される。チャックは、リソグラフィツール内にミラー等の他の対象物を保持及び位置決めするために使用されてもよい。さらに、本発明によるチャックは、接触式リソグラフィツール等の、投影光学系を含まないリソグラフィツール又は、この例とは実質的に異なる投影光学系の設計を有するリソグラフィツールにおいて使用されてよい。

10

### 【0018】

図1に示されたチャック110は、1対のエンコーダスケール102を有している。エンコーダスケール102は、チャック110の側部に沿って取り付けられている。レンズグループ120は、レチクルステージ101のエンコーダスケール102に対応する1対のエンコーダヘッド104を有している。レンズグループ180は、ウェハステージのエンコーダスケール102に対応する1対のエンコーダヘッド104を有している。エンコーダトラック及びスケールの向きは、例示的であり限定的ではない。エレメントのその他の向き及び物理的配列が、本発明の思想及び範囲から逸脱することなく当業者に明らかとなるであろう。エンコーダの動作を以下に完全に説明する。

20

### 【0019】

リソグラフィツールは通常比較的熱的に安定した環境において動作する。スキャニングリソグラフィツールのための典型的な温度範囲は、18~22 であるのに対し、安定したスキャニング条件下では、チャック自体の温度が約 $\pm 1$  だけ変化する。しかしながら、精密ステージの極端に小さな公差(例えば10nmのロード)により、小さな温度変化でさえも、精密ステージの寸法の変化を、意図せずに熱により誘発するおそれがある。リソグラフィツールは、動き及び振動に関して極めて静かな環境をも必要とする。これは、スキャニング及びアライメント制御システムに大きな要求を課す。制御の範囲はシステム周波数と直接に関連しており、このシステム周波数自体は、チャックの比剛性に直接に関連している。

30

### 【0020】

#### C. チャック特性

前記のように、チャック110は、慣用のチャックと比較した場合、高い比剛性及び高い熱伝導率を有する材料から製造されている。熱効果を測定するための装置と組み合わされた場合、これらの特性は、増大した制御帯域幅及び減じられた電力消費等の利点をフォトリソグラフィツールに提供する。表1は、慣用のチャック材料と、本発明のチャック材料との複数のよく知られた材料の有用な比較を提供している。

### 【0021】

40

【表 1】

材料特性を比較した表

材料	密度 $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	弾性率 $E$ [Pa]	比剛性 $E/\rho$ [m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ] [in. mill/Sec <sup>2</sup> ]	熱膨張 係数 $\alpha$ [ppm/K]	熱伝導率 $k$ [W/m.K]	熱安定性 $k/\alpha$ [W/m]
金属						
303 ステンレス鋼	8,028	193,100	24.05	17.28	16.27	0.94
6061 アルミニウム	2,713	69,000	25.43	23.40	174.37	7.32
超低膨張ガラス/ セラミックス						
Zerodur (Schott社)	2,530	93,800	37.06	0.02	1.84	82.00
ULE7971 (Corning社)	2,204	67,600	30.71	0.02	1.32	66.00
“テクニカル” セラミックス						
炭化ケイ素	3,211	466,000	145.13	2.40	250.00	104.17
窒化ケイ素	3,267	290,900	90.76	2.00	27.70	13.85
窒化アルミニウム	3,260	300,000	92.02	4.30	110.00	25.58

表 1

本発明の特徴及び利点は、表 1 において上に開示されたパラメータのうちの幾つかへの導入により、よりよく理解されるであろう。比剛性は、材料密度によって割られた材料剛性の測定単位である。対象物の共振周波数若しくは固有振動数も、対象物が形成された材料の比剛性に直接に関連している。特に、共振周波数は比剛性の平方根に比例している。

## 【 0 0 2 2 】

リソグラフィツールにおいて使用されるチャックに関連して、制御システムの動作周波数に関して比剛性は極めて重要なパラメータである。リソグラフィツールにおける対象物は、振動に対して極めて敏感である。制御システムの周波数がチャックの最低の固有振動数、すなわち基本共振周波数と同じか又はそれよりも高い場合には、制御周波数誘発振動が生じるおそれがある。この理由から、リソグラフィツールの制御システムの帯域幅は、効果的にはチャックの基本共振周波数よりも幾分低い。通常、チャックは、制御システムの周波数及び帯域幅を選択する場合の決定的な制限要因である。

## 【 0 0 2 3 】

上に説明したように、制御システムの帯域幅は、比剛性の平方根に比例するチャック共振周波数によって直接に制限される。つまり、チャック材料の比剛性を 2 倍にすることにより、制御帯域幅が約 1.4 倍 (1.4 ×) だけ増大する。同様に、チャック材料の比剛性がファクタ 4 だけ増大されると、制御周波数は 2 倍になる。したがって、高い比剛性を備えたチャック材料を有することが有利である。制御システムは効果的には、制御帯域幅よりも低い周波数を有する外乱 (例えば、伝達された床の振動) しか修正することができないので、制御帯域幅が増大すると、修正されない外乱が少なくなり、このことはよりよいリソグラフィ性能につながる。本質的に、高い比剛性は、チャックの位置決めに対する外乱の不都合な効果を有効に抑制することができる制御を可能にする。

## 【 0 0 2 4 】

比剛性は、対象物の質量及び重量をも反映する。例えば、アルミニウムはステンレス鋼ほど剛性ではないが、密度が著しく低いので、アルミニウムの比剛性は鋼とほぼ同じである。強度ではなく剛性がチャックの主要な要求であるので、典型的なアルミニウムチャックは、同じ設計の鋼製のチャックとほぼ同じ周波数において共振するが、3分の1の重さしかない。概して、高い比剛性を有する材料から形成されたチャックは、より軽く、依然として要求を満たすことができる。リソグラフィツールに関して、小さな重量は重要になっている。なぜならば、リソグラフィツールの設計における慣例は、チャックを震動源、例えば床から隔離することであるからである。通常は、チャックと外界との物理的接触をできるだけ減じるために、このような隔離は、磁氣的及び/又は流体静力学的 (空気軸受によって) に行われ、重力の引張りに抗してチャックを浮揚させる。より軽いチャックを隔離するために必要な力はより小さく、ひいてはより軽いチャックは、よりコストをかけずに形成及び操作することができる、よりパワーの小さな浮揚手段しか必要としない。チャックが光のビームに対して前後にスキャンされるスキャニングリソグラフィツールに関して、高い製造スループットを得るためにもチャックの質量が小さいことは重要となる。通常はスキャニング形式ツールに見られるレチクル及びウエハの往復運動を行う場合、チャックを駆動するリニアモータによって、加速力及び減速力が提供される。より重いチャ

10

20

30

40

50

ックはより大きなモータを必要とし、この大きなモータは、形成及び操作するためにより多くのコストがかかりかつより多くの熱を発生する傾向がある。

【0025】

熱伝導率は、どれだけ効率的に熱が材料によって伝導されるかの測定単位であるのに対し、熱膨張率は、材料が加熱されたときにこの材料が膨張する程度を反映する。これらの2つの特性は、熱伝導率を熱膨張係数によって割ったものである全体的な熱安定性の測定単位を提供するために組み合わせられる。

【0026】

ステンレス鋼及びアルミニウム等の一般的に知られている金属のある特性が、基準点として表1に提供されている。表1に表示されているように、ステンレス鋼は、比剛性 $24.05 (m/s)^2$ と、熱伝導率 $16 W/m \cdot K$ とを有しており、Wがワット、mはメートル、sは秒、Kはケルビン温度である。アルミニウムは同様の比剛性を有しているが、著しく高い熱伝導率 $171.37 W/m \cdot K$ を有している。

【0027】

慣用的に、リソグラフィツールにおいて使用されるチャックは、極めて低い熱膨張係数を有する材料から形成されている。例えば、慣用のチャックは、一般的に、Schott社によるZERODUR<sup>(R)</sup>又はCorning社によるULE7971<sup>(R)</sup>等の超低膨張ガラス/セラミックスから形成されている。これらのガラス/セラミックスは、主として、極めて低い熱伝導率及び極めて低い熱膨張係数を特徴とする。これらの超低膨張ガラス/セラミックスは本質的に熱膨張に対して鈍感であるので、リソグラフィ動作中のチャックの熱変形を補償する必要性を排除する。しかしながら、超低膨張ガラス/セラミックスは顕著な欠点を有する。

【0028】

第1に、最も重要であるが、低い比剛性は、リソグラフィツールの制御システムの周波数ひいては帯域幅を制限する。第2に、熱伝導率が低いことにより、局所的な加熱を生じやすい。最後に、これらの材料は、専売であり、高価で、機械加工が困難である。僅かにより高い比剛性を備えた、ZERODUR<sup>(R)</sup>及びULE<sup>(R)</sup>との同様に低い膨張を有する京セラのCordierite 210<sup>(R)</sup>等のより新たな専売のセラミック材料が形成されたが、それらの値段は、供給者競争の欠乏により、予見可能な将来は極めて高いままであろう。このような専売の、高コストの、限定された利用性の材料に対する依存はビジネスの観点から望ましくないであろう。

【0029】

本発明によるチャックは、“アドバンスド・セラミックス”とも呼ばれる、“テクニカル・セラミックス”と呼ばれる概して専売ではない材料のクラスから製造されている。テクニカル・セラミックスは、表1に示された特性を有する。有利な実施形態において、本発明のチャックは炭化ケイ素から形成されている。表1に示されているように、炭化ケイ素は、ZERODUR<sup>(R)</sup>の約4倍の比剛性を有しており、ULE 7971<sup>(R)</sup>の約5倍の比剛性を有している。上に述べたように、リソグラフィツールの許容できる制御帯域幅又は周波数は、チャック材料の比剛性の平方根に比例する。つまり、慣用のチャックのほぼ4倍(4x)の比剛性を有する炭化ケイ素製のチャックを使用することは、ZERODUR<sup>(R)</sup>又はULE 7971<sup>(R)</sup>から形成された慣用のチャックを使用するリソグラフィツールの制御帯域幅を二倍にすることができる。しかしながら、炭化ケイ素は、制御システムによって補償されなければならないより高い熱膨張係数(2.4対0.02 ppm/K)を有しているので、本発明は、あらゆる熱膨張を測定するためのシステムを有している。

【0030】

炭化ケイ素は、比較的低い熱膨張係数を維持しながら、ZERODUR<sup>(R)</sup>又はULE 7971<sup>(R)</sup>の約200倍の熱伝導率も有しているので、炭化ケイ素は、幾分高い熱的安定性を有する。表に羅列されたその他の技術的セラミックスは、ZERODUR<sup>(R)</sup>ほどかなり熱的に安定していないが、これらの技術的セラミックスは依然として許容できる範囲に収まる。これにより、熱膨張の正確な測定又は予測が行われ、現代の半導体製造ジオメトリ

10

20

30

40

50

によって許容された公差内の正確な修正を許容する。本質的に、低い熱膨張は望ましいままであるが、高い熱伝導率が重要となっている。この場合、熱的な摂動に続いて、対象物は、迅速に内部熱平衡及び均一温度に到達し、熱ひずみが、局所的ではなく均一となり、したがって、対象物膨張がどのように又はどこで測定されるかはより無関係となる。大きな程度に、理想的な熱膨張よりも悪いは、優れた熱伝導率によって補償されることができる。

#### 【 0 0 3 1 】

次のセクションは、今日の厳しいリソグラフィツール性能要求を満たすために、選択された非専売材料の自然に良好な性能において改良するために、熱膨張がどのように本発明の様々な実施形態にしたがって測定されることができるかを説明している。

10

#### 【 0 0 3 2 】

##### D . 熱的補償を測定するため装置

図 2 は、本発明のチャック 1 1 0 における熱補償を測定するための典型的な装置を示している。この装置は、上に記載された物理的特性を有するチャック 1 1 0 の熱膨張又は収縮を測定するためにエンコーダ 2 2 0 , 2 2 0 を使用する。

#### 【 0 0 3 3 】

チャックブロック 1 0 1 は、Y 軸に沿ってレンズ 1 2 0 に対してスキャンする。通常、チャックブロック 1 0 1 は 6 つの程度の自由を有しており、そのうち 5 つは、短い並進及び小さな回転であり ( X , Z , R x , R y 及び R z ) であり、そのうちの 1 つは長い並進 ( Y ) である。レチクル 1 1 2 はパターンングされた領域 2 3 5 を有している。パターンングされた領域 2 3 5 は、レンズ 1 2 0 によってウェハ 1 1 4 上に投影される。レチクル 1 1 2 はチャックブロック 1 0 1 に取り付けられている。

20

#### 【 0 0 3 4 】

図 2 に示された実施形態において、チャック 1 0 1 及びレンズ 1 2 0 はスキャニングリソグラフィツールの一部である。スキャニングリソグラフィツールにおいて、レチクル 1 1 2 は光源 ( 図示せず ) に対してスキャンする。すなわち、レチクル 1 1 2 及びチャック 1 1 0 はリソグラフィツールの可動部分である。これに対して、レンズ 1 2 0 は、リソグラフィツールの測定学フレーム又は基準フレーム ( 図示せず ) に取り付けられている。基準フレームは移動しない。

#### 【 0 0 3 5 】

図 2 に示したように、スケール 1 0 2 , 1 0 2 がチャック 1 1 0 の両縁部に沿って位置決めされており、これらのスケールは、互いに対して及び Y 軸に対して実質的に平衡に整合させられている。各スケールは、トラックの 2 つのセット 2 1 2 / 2 2 2 及び 2 1 2 / 2 2 2 を有している。トラック 2 1 2 及び 2 2 2 は、エンコーダヘッド 2 1 4 及び 2 2 4 に対応する。トラック 2 1 2 及び 2 2 2 はエンコーダヘッド 2 1 4 及び 2 2 4 に対応する。エンコーダヘッドは基準フレームの一部である。Y エンコーダ 2 2 0 及び 2 2 0 は、Y 方向に沿ったヘッドとトラックとの相対的移動を測定するのに対し、X エンコーダ 2 1 0 及び 2 1 0 は、X 軸に沿ったヘッドとトラックとの相対移動を測定する。

30

#### 【 0 0 3 6 】

Y エンコーダ 2 2 0 と 2 2 0 との差 ( すなわち Y ) は、Z 軸を中心とするチャックブロック 1 0 1 の角度方向の回転 R z を計算するために使用されることができる。特に、R z は、 Y を、トラック 2 2 2 と 2 2 2 との間の距離によって割ったものに等しい。熱負荷を加える前に行われた初期較正マップからの X エンコーダの間の差 ( すなわち X ) は、X 方向でのチャックブロック 1 0 1 の熱膨張を表しており、チャックの熱ひずみを計算するために使用されることができる。特に、 X をトラック 2 1 2 と 2 1 2 との間の距離によって割ったものに等しい。厳密に言うと、熱ひずみの X 成分のみが測定されるが、チャックは高い熱安定性を有しており、全ての関連する時間において初期状態に近い熱平衡を生じるので、全ての方向での熱ひずみが X 方向で測定された値に等しいと仮定することによってなされるエラーは、許容できるほど小さい。

40

50

## 【 0 0 3 7 】

測定された熱膨張は、熱膨張にも拘わらずスキヤニング中にチャックブロック 1 0 1 を X 方向でレンズ 1 2 0 に対してセンタリングさせておくことを目的として X トラッキングを調整するために直接使用されることができる。チャックが均一に膨張すると仮定すると、測定された熱膨張は、X 及び Z 方向での膨張を計算するために及び Y 方向の位置決め及びスキヤニング速度を計算するために使用されることもできる。これは、リソグラフィツールの Y 方向の倍率及びオーバーレイ能力及び Z 方向トラッキングに影響し、このことは、投影レンズの全体的倍率及び焦点に影響し、このことは、スキヤニング式リソグラフィツールの操作、したがってあらゆる熱膨張に精通した者にとって明らかであろう。

## 【 0 0 3 8 】

上記実施形態のエンコーダ 2 2 0 , 2 2 0 の 2 つのセットは、熱膨張のみならず、加えられた推進力及び制御力及び内部又は外部の振動源等の意図的及び意図しないその他の要因による X Y 平面におけるチャックの全てのその他の移動をも測定するために、様々な組み合わせで使用されることができる。実際には、熱膨張が、測定されるべき唯一の量であるならば、エンコーダの 1 つのセットのみが必要である。

## 【 0 0 3 9 】

当業者は、チャックブロック 1 0 1 における熱膨張及び熱ひずみを測定するための択一的な手段を容易に実現することができるであろう。例えば、1 つのエンコーダトラックをチャックの一方の縁部に沿って位置決めすることができる。この 1 つのエンコーダトラックは、エンコーダトラックの両端部に位置決めされた 2 つのエンコーダヘッドを有することができる。熱膨張は、第 2 の端部に対するエンコーダトラックの第 1 の端部の移動から決定される。チャックの高い熱伝導率は、チャックを本質的に等温にするので、1 つの方向でのみ熱膨張を測定することによって、全体的な熱膨張が予測されることができる。

## 【 0 0 4 0 】

熱膨張を、干渉計を使用して測定することもできる。干渉計は、2 つのビームを形成するためにビームスプリッタ（例えば、対角線方向に分割された立方体）を使用する。一方のビームは基準として、他方のビームは測定のために使用される。一方のビームは、チャックの一方の側に設けられたミラーに向けられるのに対し、他方のビームは、チャックの反対側に設けられたミラーに向けられる。チャックに設けられたミラーは互いに平行であり、同一平面に位置していない。2 つのミラーから反射される光は、相対移動、ひいては熱膨張を決定するために干渉計において再び組み合わされる。通常は、スキヤニング方向に対して平行にチャックに結合された一方のミラーは、チャックをスキヤニングパスの中心に維持するために使用され、これは、1 つのビームのみを必要とする。スキヤニング方向に対して垂直な、重複ビームと、スキヤニング方向に対して平行であるが第 1 のミラーと同一平面に位置していない第 2 のミラーとによって、ミラーが取り付けられたチャックの熱膨張が測定される。

## 【 0 0 4 1 】

さらに別の実施形態において、レトロキューブ若しくは逆反射装置が使用されてよい。逆反射装置は、ビームがどこから輝いているかにかかわらず常に光ビームを入射方向に対して平行に戻す。ビームが軸からずれて受け取られると、ビームは軸からずれて戻される。熱膨張を測定するために、1 つのこのような逆反射装置をチャックの 1 つの角に位置決めすることができるのに対し、第 2 の逆反射装置を反対側の角に位置決めすることができる。各逆反射装置は、干渉計からビームを受取り、このビームを反射する。干渉計は、他方の逆反射装置に対する一方の逆反射装置の移動を測定し、ひいては、逆反射装置が取り付けられたチャックの熱膨張を測定する。

## 【 0 0 4 2 】

通常、これらの逆反射装置は、ビームに対してスキャンせず、スキヤニング方向に対するチャックの位置、すなわちスキャン軸線に沿ってどれだけ遠いかを測定するためにビームに沿って前後に移動する。互いに平行でかつ同一平面の、すなわちチャックの隣接する角に位置する 2 つの逆反射装置を用いて、ビームに沿った位置のみならず、角度方向の回

10

20

30

40

50

転が測定されることができる。これは、従来技術のステージの典型的なセットアップである。しかしながら、第2の逆反射装置が第1の逆反射装置と同一平面に位置していない、すなわち対角に位置しているならば、今や位置のみならず、回転又は熱膨張が測定されることができる。位置と、回転と、熱膨張とを測定するために、チャックの角において又はこれらの角の近傍において、3つのビーム及び3つの逆反射装置が必要とされる。

#### 【0043】

上述の方法は、熱膨張をも測定するように修正した、チャック位置及び回転を測定するためのよく知られて方法であり、これらの例は限定しない。当業者は、例えば、キャパシタンスゲージ、導電性ストリップ、ホール効果デバイスを使用して、又はこの分野において知られている光学近接センサを使用して、熱膨張又はひずみを測定するためにさらに多くの方法を実行することができる。前記移動測定方法に加えて、熱膨張は、1つ又は2つ以上の箇所におけるチャックの温度の測定と、チャック材料の熱膨張係数の知識と、チャック寸法とから引き出されることができる。しかしながら、温度測定方法は、極めて正確な温度測定を行うときの一般的な困難と、ほとんど等温であるが完全に等温ではない対象物における測定個所の正確な位置に対する高い感度と、熱膨張係数の測定値における不確実性とを生じる。この測定値は、チャックの1つの部分と別の部分との間で、及びチャックごとに僅かに変化する。直線的であるが、熱膨張計算の前記温度測定方法は、移動測定方法よりも、本来的により誤差を生じやすい。

#### 【0044】

E. リソグラフィツールにおける帯域幅を増大する方法

図3は、リソグラフィツールの制御システムの帯域幅又は作動周波数を増大する方法を示している。ステップ305において、上に説明したように、高い比剛性及び高い熱伝導率を有するチャックが提供される。これらの物理的特性はリソグラフィツールに利点を提供する。上に説明したように、高い比剛性はリソグラフィツールの制御システムにおける増大した帯域幅を許容するのに対し、高い熱伝導率はチャックにおける熱効果の正確な測定を許容する。

#### 【0045】

ステップ310においてチャックは機械的に隔離される。例えば、チャックがリソグラフィツールのステージにある場合、チャックは、ステージの他の部分から機械的に隔離されるように、ステージ内において磁氣的及び/又は流体静力学的に浮揚されることができる。機械的に隔離することにより、チャックが、機械のより高温又は低温の部分と機械的に接触することによって生ぜしめられる局所的な加熱を受けにくくすることによって、チャックの熱的特性が改善される。さらに重要には、このことは、チャックに伝達される、外部において生ぜしめられる振動の強度を低減する。リソグラフィツールを苦しめる、外部において生ぜしめられる振動の例は、床振動及び音響振動、例えば、近くの高速度道路の車両交通、機械の近くを歩行する人間、機械又は建物の中のコンプレッサ、ファン、ブロワ及び同様のものによって生ぜしめられる振動である。

#### 【0046】

ステップ315において、少なくとも1つの有利な寸法におけるチャックの熱膨張が測定される。チャックの高い熱伝導率によりチャックは実質的に等温になる。

#### 【0047】

ステップ320において、高い熱伝導率は、熱膨張の測定から熱ひずみの正確な計算を許容する。低い熱伝導率を有する材料において、局所的な加熱が生じるおそれがあり、熱ひずみを不均一にさせ、熱ひずみの計算の誤りを増加させる。

#### 【0048】

熱ひずみを測定するために、いかなる熱負荷がチャックに提供される前に、チャックの元来の寸法が、熱平衡におけるチャックを用いて測定される。次いで、次元xにおける熱ひずみは、次元xにおける測定された熱膨張を、次元xにおける元来の寸法によって割ったものに等しい。

#### 【0049】

ステップ325において、あらゆる残りの次元におけるチャックの熱膨張は、熱ひずみから計算される。例えば、次元yにおける熱膨張は、熱ひずみ（ステップ320において計算されたもの）に、前記のように、次元yにおける元来のチャック寸法を乗じたものに等しい。次元xにおける熱膨張は、次元xにおける測定された熱膨張を、次元xにおける元来の寸法で割ったものに等しい。

【0050】

熱ひずみは、全ての残りの方向のために、計算された熱ひずみの平均に等しいと仮定される。再び、この仮定は、極めて導電性の等方性の材料のためにのみ有効である。チャックにおける熱効果を測定するように適応されることができ、チャック位置を測定するための様々な方法がある。これらの方法の幾つかが上に説明されている。有利な実施形態において、熱膨張を測定するためにエンコーダが使用される。

10

【0051】

ステップ330において、必要ならば、検出されたあらゆる熱膨張のためにチャックの位置が調整される。チャックを位置決めするための様々な方法がこの分野において知られている。

【0052】

上記のステップは、一緒にされると、リソグラフィツールの制御システムにおける増大した帯域幅を許容し、これにより、全体的なリソグラフィ性能、例えば、半導体チップ層内のより小さなフィーチャを製造する能力及び、チップ層の相対的なより正確な位置合わせを改良する。

20

【0053】

F. 結論

本発明の様々な実施形態が上に説明されたが、これらの実施形態は例として示されているだけであり、限定するものではないことが理解されるべきである。添付の請求項に定義されているような発明の思想及び範囲から逸脱することなく、これらの実施形態の形式及び詳細に様々な変更が加えられてよいことは当業者によって理解されるであろう。したがって、本発明の広さ及び範囲は、上述の典型的な実施形態の何れによっても制限されるべきではなく、添付の請求項及びそれらの請求項の均等物に基づいてのみ定義されるべきである。

【図面の簡単な説明】

30

【0054】

【図1】本発明が実施される典型的な投影光学系を示している。

【図2】本発明の実施形態を示している。

【図3】本発明のフローチャートである。

【符号の説明】

【0055】

100 装置、 101 レチクルステージ、 102 エンコーダスケール、 104 エンコーダヘッド、 110 チャック、 112 レチクル、 120 第1のレンズグループ、 130 折り返しミラー、 140 第2のレンズグループ、 150 ビームスプリッタ、 160 波長板、 170 凹面鏡、 180 第3のレンズグループ、 191 ウェハステージ、 220, 220 エンコーダ、 212, 212

40

トラック、 214, 224 エンコーダヘッド、 235 パターニングされた領域



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 L 21/68 F

審査官 渡戸 正義

(56)参考文献 特開平 1 1 - 0 8 7 2 2 8 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 0 5 7 4 1 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 2 3 1 6 1 1 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 2 5 2 3 5 2 ( J P , A )  
特開平 0 6 - 0 3 6 9 9 7 ( J P , A )  
特開平 0 6 - 0 1 3 2 9 9 ( J P , A )  
特開平 0 4 - 0 9 6 3 1 5 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)  
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7  
G 0 3 F 7 / 2 0 - 7 / 2 4