

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6550397号  
(P6550397)

(45) 発行日 令和1年7月24日(2019.7.24)

(24) 登録日 令和1年7月5日(2019.7.5)

(51) Int.Cl.	F 1
H 01 L 21/683	(2006.01)
G 01 G 17/00	(2006.01)
H 01 L 21/66	(2006.01)
G 01 G 23/01	(2006.01)
H 01 L	21/68
G 01 G	17/00
H 01 L	21/66
G 01 G	23/01

請求項の数 27 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2016-560345 (P2016-560345)
(86) (22) 出願日	平成27年3月23日 (2015.3.23)
(65) 公表番号	特表2017-517874 (P2017-517874A)
(43) 公表日	平成29年6月29日 (2017.6.29)
(86) 國際出願番号	PCT/GB2015/050851
(87) 國際公開番号	W02015/150733
(87) 國際公開日	平成27年10月8日 (2015.10.8)
審査請求日	平成30年3月20日 (2018.3.20)
(31) 優先権主張番号	1405926.5
(32) 優先日	平成26年4月2日 (2014.4.2)
(33) 優先権主張国	英國 (GB)

(73) 特許権者	509255602 メトリックス・リミテッド M E T R Y X L I M I T E D イギリス、ビィ・エス・32 4・エス・ エイチ ブリストル、アルモンズベリー、 アズテック・ウエスト、パーク・アベニュー 、1240
(74) 代理人	110000028 特許業務法人明成国際特許事務所
(72) 発明者	ウィルビー、ロバート・ジョン イギリス、ビィ・エス・32 4・エス・ エイチ ブリストル、アルモンズベリー、 アズテック・ウエスト、パーク・アベニュー 、1240、メトリックス・リミテッド内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体ウェハ重量計測装置および方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

半導体ウェハ重量計測装置であって、

半導体ウェハの重量力を測定するための重量力測定デバイスと、

前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するための検出器による前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、前記装置の動作を制御するように構成される制御手段とを含み、

前記制御手段は、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速に対して、前記重量力測定デバイスの出力における誤差を合致させる所定の関係を使用して、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速によって引き起こされる前記重量力測定デバイスの前記出力における前記誤差を求めるように構成され、  
10

前記所定の関係は、

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハの加速が入力されると前記重量力測定デバイスの前記出力における誤差を出力するアルゴリズムもしくは方程式か、または、

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハの加速の複数の値が前記重量力測定デバイスの前記出力における誤差の対応する値に関連付けられるデータファイルを含む、装置。

## 【請求項 2】

前記制御手段は、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速の影響につ

いて、前記装置の測定結果を実質的に修正するよう前記装置を制御するように構成される、請求項 1 に記載の装置。

**【請求項 3】**

前記装置は、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するための検出器を含み、

前記制御手段は、前記検出器による前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、前記装置の前記動作を制御するように構成される、請求項 1 または 2 に記載の装置。

**【請求項 4】**

前記検出器は前記重量力測定デバイスを含み、

10

前記制御手段は、前記重量力測定デバイスによる前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、前記装置の前記動作を制御するように構成される、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の装置。

**【請求項 5】**

前記データファイルはリストまたはルックアップテーブルを含む、請求項 1 から 4 のいずれか一項 に記載の装置。

**【請求項 6】**

前記所定の関係は、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハが加速される間に前記重量力測定デバイスの前記出力を測定することによりあらかじめ求められる、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の装置。

20

**【請求項 7】**

システムであって、

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の前記装置と、

前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するための検出器とを含み、

前記装置の前記制御手段は、前記検出器による前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、前記装置の動作を制御するように構成される、システム。

**【請求項 8】**

前記システムは、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の複数の装置を含み、

30

前記検出器は、前記複数の装置または前記装置に積載された半導体ウェハの各々の加速を検出するためのものであり、

前記複数の装置の前記制御手段の各々は、前記検出器による前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、前記装置の動作を制御するように構成される、請求項 7 に記載のシステム。

**【請求項 9】**

前記検出器は、

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハの加速を測定するための加速度計、

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハに適用される力を測定するための力センサ、

40

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハの位置を測定するための位置センサ、または、

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハの速度を測定するための速度センサを含む、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の装置またはシステム。

**【請求項 10】**

前記検出器は、

重量力測定デバイス、

ロードセル、

天秤、

50

圧電センサ、  
ばね上質量、  
静電容量センサ、  
歪みセンサ、  
光学センサ、または  
振動石英センサを含む、請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の装置またはシステム。

【請求項 1 1】

前記検出器は、前記重量力測定デバイスの力測定方向と平行な方向に、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するように構成される、請求項 1 から 1 10 0 のいずれか 1 項に記載の装置またはシステム。

【請求項 1 2】

半導体ウェハ重量計測方法であって、  
検出器を使用して半導体ウェハ重量計測装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速を検出することと、

前記検出器による前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、前記装置の動作を制御することとを含み、

前記装置は、半導体ウェハの重量力を測定するための重量力測定デバイスを含み、

前記方法は、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速に対して、前記重量力測定デバイスの出力における誤差を合致させる所定の関係を使用して、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速によって引き起こされる前記重量力測定デバイスの前記出力における前記誤差を求めることを含み、

前記所定の関係は、

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハの加速が入力されると前記重量力測定デバイスの前記出力における誤差を出力するアルゴリズムもしくは方程式か、または、

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハの加速の複数の値が前記重量力測定デバイスの前記出力における誤差の対応する値に関連付けられるデータファイルを含む、方法。

【請求項 1 3】

前記方法は、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速の影響について測定結果を実質的に修正することを含む、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記データファイルはリストまたはルックアップテーブルを含む、請求項 1 2 または 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記方法は、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハが加速されている間に前記重量力測定デバイスの前記出力を測定することによりあらかじめ前記所定の関係を求める

ことを含む、請求項 1 2 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記所定の関係をあらかじめ求めることは、前記重量力測定デバイスまたは前記重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハを加速することと、前記重量力測定デバイスの前記出力を測定することとを含む、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記装置は、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するための検出器を含み、

前記方法は、前記検出器による前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、前記装置の前記動作を制御することを含む、請求項 1 2 から 1 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 8】

10

20

30

40

50

前記検出器は前記重量力測定デバイスを含み、

前記方法は、前記重量力測定デバイスによる前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、前記装置の前記動作を制御することを含む、請求項1\_2から1\_7のいずれか1項に記載の方法。

**【請求項19】**

前記方法は、前記装置とは別個の検出器を使用して、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速を検出することを含む、請求項1\_2から1\_6のいずれか1項に記載の方法。

**【請求項20】**

前記方法は、

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハの加速を測定するための加速度計、

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハに対する力を測定するための力センサ、

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハの位置を測定するための位置センサ、または、

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハの速度を測定するための速度センサ

を使用して前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速を検出することを含む、請求項1\_2から1\_9のいずれか1項に記載の方法。

10

20

30

**【請求項21】**

前記方法は、

重量力測定デバイス、

ロードセル、

天秤、

圧電センサ、

ばね上質量、

静電容量センサ、

歪みセンサ、

光学センサ、または

振動石英センサ

を使用して、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速を検出することを含む、請求項1\_2から2\_0のいずれか1項に記載の方法。

**【請求項22】**

前記方法は、前記重量力測定デバイスの力測定方向と平行な方向に、前記装置または前記装置に積載された半導体ウェハの加速を検出することを含む、請求項1\_2から2\_1のいずれか1項に記載の方法。

**【請求項23】**

半導体ウェハ重量計測装置の重量力測定デバイスまたは前記重量力測定デバイス上に積載された半導体ウェハの加速の影響を前記重量力測定デバイスの出力に関して特徴付ける方法であって、

前記重量力測定デバイスまたは前記重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの加速に対して前記重量力測定デバイスの出力を合致させる関係を求めるることを含み、

前記関係を求ることは、

前記重量力測定デバイスまたは前記重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハを加速することと、

前記加速に応答して前記重量力測定デバイスの前記出力を測定することとを含み、

前記関係は、

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハの加速が入力されると前記重量力測定デバイスの前記出力における誤差を出力するアルゴリズムもしくは方程式か、また

40

50

は、

前記装置もしくは前記装置に積載された半導体ウェハの加速の複数の値が前記重量力測定デバイスの前記出力における誤差の対応する値に関連付けられるデータファイルを含む、方法。

**【請求項 2 4】**

前記方法は、前記重量力測定デバイスまたは前記重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハを振動させることを含む、請求項2\_3に記載の方法。

**【請求項 2 5】**

前記方法は、複数の異なる振動周波数について前記重量力測定デバイスの前記出力を測定することを含む、請求項2\_3または請求項2\_4に記載の方法。

10

**【請求項 2 6】**

前記方法は、前記重量力測定デバイスの周波数応答を求めるなどを含む、請求項2\_3から2\_5のいずれか1項に記載の方法。

**【請求項 2 7】**

前記データファイルはリストまたはルックアップテーブルを含む、請求項2\_3から2\_6のいずれか一項に記載の方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0 0 0 1】**

発明の分野

20

本発明は半導体ウェハ重量計測装置に関する。

**【0 0 0 2】**

本発明はさらに半導体ウェハ重量計測方法に関する。

さらに、本発明は、半導体ウェハ重量計測装置の重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイス上に積載された半導体ウェハの加速に対する重量力測定デバイスの応答を特徴付ける方法に関する。

**【背景技術】**

**【0 0 0 3】**

発明の背景

マイクロ電子デバイスは、たとえば堆積技術（CVD、PECVD、PVDなど）および除去技術（たとえば化学エッチング、CMPなど）を含むさまざまな技術を使用して半導体（たとえばシリコン）ウェハ上に作製される。半導体ウェハはさらに、たとえば清浄、イオン注入およびリソグラフィなどによりそれらの質量を変更させる態様で処理され得る。

30

**【0 0 0 4】**

製造されるデバイスに依存して、各半導体ウェハは順次、その最終動作に必要な層および材料を構築および／または除去するために何百もの異なる処理ステップを経る場合がある。事実、各半導体ウェハは生産ラインを行なう。半導体製造の性質は、製造フローにおけるある処理ステップまたはステップのシーケンスが同様または同一の態様で繰り返され得るということを意味する。たとえば、これは、アクティブ回路の異なる部分を相互接続するために、金属導体の同様の層を構築することであり得る。

40

**【0 0 0 5】**

異なる工場において使用される半導体設備の一貫性および相互運用性を保証するために、半導体製造産業の大多数にわたって標準規格が採用されている。たとえば、SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International) によって展開される標準規格は、高い市場浸透度 (market uptake) を有する。標準化の一例は半導体（シリコン）ウェハのサイズおよび形状である。典型的に、大量生産の場合、ウェハは直径が 300 mm である円板である。しかしながら、（典型的により古い工場において使用される）いくつかの半導体（シリコン）ウェハは直径が 200 mm である円板である。

**【0 0 0 6】**

50

完全なシリコンウェハを製造するのに必要な処理ステップのコストおよび複雑さと、適切にその動作が評価され得る生産ラインの端部に到着するのにかかる時間とにより、最終ウェハの性能および歩留における信頼性が保証され得るように、生産ライン上の機器の動作と処理の全体にわたって処理されるウェハの品質とを監視する要望が存在する。

#### 【0007】

ウェハ処理技術は典型的に、（たとえば半導体ウェハの表面におけるもしくはその表面上または半導体ウェハのバルクにおける）半導体ウェハの質量の変化を引き起こす。半導体ウェハに対する変化の様相はしばしばデバイスの作動にとって重要であるので、変化が正しい様相を有しているかどうか判定するために、品質管理目的のために製造の間にウェハを評価することが望ましい。

10

#### 【0008】

対象の関連プロセスの後であって通常は任意のその後の処理の前に、すなわち、処理ステップ間において監視がすぐに行なわれるよう、製造フロー内において専門の計測ツールが使用され得る。

#### 【0009】

処理ステップにおいていずれかの側の半導体ウェハの質量の変化を測定することは、製品ウェハ計測を実現するための魅力的な方法である。当該方法は、相対的に低コスト、高速であり、異なるウェハ回路パターンに自動的に対応し得る。さらに、当該方法はしばしば、代替的な技術より高い精度の結果を提供し得る。たとえば、多くの典型的な材料については、材料層の厚さは原子スケールまで分解され得る。当該ウェハは、対象の処理ステップの前後に重量計測される。質量の変化は、製造設備の性能および／またはウェハの所望の特性に相關される。

20

#### 【0010】

半導体ウェハに対して行なわれる処理ステップにより引き起こされる半導体ウェハの質量における変化は、高い精度で測定するのが望ましい非常に小さい変化であり得る。たとえば、半導体ウェハの表面から少量の材料を除去することは、数ミリグラムだけ半導体ウェハの質量を低減し得、約 $\pm 10 \mu g$ またはそれより良好な分解能でこの変化を測定することが望ましくあり得る。約 $\pm 0.1 \mu g$ の分解能まで半導体ウェハの質量の変化を測定することができる半導体ウェハ計測方法および装置が開発中であり、約 $\pm 10 \mu g$ の分解能を有する方法および装置が商業的に入手可能である。

30

#### 【発明の概要】

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0011】

##### 発明の概要

本発明者は、半導体ウェハ重量計測装置（特に重力による半導体ウェハの重さの力（重量 / weight force）すなわち半導体ウェハの重量力を測定する装置）によって得られた重量測定は、半導体ウェハ重量計測装置または当該装置に積載された半導体ウェハの加速によって悪影響を受け得るということを認識した。たとえば、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速は、装置または装置に積載された半導体ウェハの振動（たとえば、前後方向の動き、および／または上下方向の動き、および／または横方向の動き）によって引き起こされ得る。

40

#### 【0012】

半導体ウェハ重量計測装置は通常は、半導体ウェハの力を測定する天秤（たとえば微量天秤）またはロードセルのような力測定デバイスを有する。たとえば半導体ウェハ重量計測装置の振動による力測定デバイスまたは力測定デバイスに積載された半導体ウェハの如何なる加速によても、加速力が重量力測定デバイスに適用されることになり得る。重量力測定デバイスは、重量力を測定するのと同じ様相でこれらの加速力を測定し得、これにより、誤った重量力測定が記録されることになり得る。

#### 【0013】

したがって、半導体ウェハの重量力を測定の間の重量力測定デバイスまたは重量力測定

50

デバイスに積載された半導体ウェハの如何なる加速も、付加的な加速力が重量力測定デバイスによって測定されることにより、半導体ウェハの測定された重量力における誤差につながり得る。

#### 【0014】

本発明者はさらに、半導体ウェハ重量計測装置の測定時間のオーダの期間を有する半導体ウェハ重量計測装置または半導体ウェハの振動が、そのような振動がより多くの有意な誤りを引き起こし得るという点で特に問題であり得るということを認識した。たとえば、半導体ウェハ重量計測装置の測定時間（すなわち1回の重量測定を実行するためにかかる時間）は約10秒程度であり得る。たとえば秒以下のオーダの期間を有する振動のような高周波数振動は、半導体ウェハ重量計測装置の測定出力における有意な誤りを引き起こし得ない。これは、そのような振動の影響が測定時間期間にわたって効果的にフィルタリングまたは平均化され得るからであり得る。付加的または代替的には、これは、異なる時になされる異なる測定が振動によって同じ態様で影響を受け得ることを意味し得る。これは、比較測定を実行する場合に重要である。当該比較測定においては、処理による重量の変化を求めるために、たとえば処理の後の半導体ウェハの重量が処理の前の半導体ウェハの重量から減算されるといったように、2つの異なる重量測定値が減算される。これは、振動による誤差がしたがって実質的に相殺（減算）され得るからである。

#### 【0015】

たとえば地震による振動または建物もしくは構造に対する風の影響による振動のような、10秒以上のオーダの期間を有する振動のような低周波数振動は、半導体ウェハ重量計測装置を用いて重量測定を実行する場合、より問題であり得る。そのような振動により、振動の影響は、測定時間期間にわたって相殺しない場合がある。付加的または代替的には、異なる時間においてなされる異なる測定は、振動によって異なる態様で影響を受け得る。たとえば、重量変化を求めるために2つの異なる重量測定値が減算される比較測定を実行する場合、当該測定値のうちの1つが加速の大きさが高い時に得られるもので重量測定における誤差がより大きくなるものであり、当該測定値の他方が加速の大きさが低い時に得られるもので重量測定における誤差がより小さくなるものであれば、（重量測定における誤差が相殺／減算されないので）2つの重量測定値が減算される際に有意な誤りは残ることになる。2つの測定値について加速が反対方向である場合、すなわち、当該加速のうちの1つが正であり（たとえば上方向の加速）他方の加速が負である（たとえば上方向の減速または下方向の加速）場合、同様の誤差が発生し得る。

#### 【0016】

本発明者はさらに、いくつかの他のタイプの計測装置とともに使用される多くの受動的な減衰技術が、高周波数振動を低周波数振動に変換または変更することを認識した。したがって、そのような受動的な減衰技術は、（上に論じられた理由により）高周波数振動よりも（生じる誤差の大きさの点で）低周波数振動がより問題となり得る半導体ウェハ計測装置に好適ではなくなり得る。

#### 【0017】

本発明者は、したがって、半導体ウェハ処理装置または当該装置に積載された半導体ウェハの加速を監視することと、それにしたがってウェハ処理装置の動作を制御することとが有利であり得るということを認識した。

#### 【0018】

以下において、「加速」という用語は、速度の任意の変化を意味し得、速度の増加および速度の減少の両方をカバーし得る。言いかえれば、以下の「加速」という用語は、「減速」（すなわち速度の減少）を含み得る。文脈へ依存して、以下において、「加速」という用語は、加速の大きさ（すなわちスカラ量）を指すか、または、加速の大きさおよび方向（すなわちベクトル量）を指すよう用いられ得る。

#### 【0019】

最も一般的には、本発明は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するための検出器の出力に基づいて、半導体ウェハ重量計測装置の動作を制御することに関

10

20

30

40

50

する。

【0020】

本発明の第1の局面によれば、半導体ウェハ重量計測装置が提供される。当該半導体ウェハ重量計測装置は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するための検出器による装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、装置の動作を制御するように構成される制御手段を含む。

【0021】

装置または装置に積載された半導体ウェハの加速は、正または負の加速を意味し得る（すなわち、加速と同様に減速も含み得る）。加速は、速度の任意の変化を意味し得る。

【0022】

加速を検出することは、加速の存在を検出することを含み得る。代替的または付加的には、加速を検出することは、加速の方向を求めるることを含み得る。代替的または付加的には、加速を検出することは、加速の大きさを求めるることを含み得る。加速を検出することはさらに、加速の時間変動を検出することを含み得る。

【0023】

いくつかの実施形態において、装置の加速だけが検出されてもよい。他の実施形態において、装置に積載された半導体ウェハの加速だけが検出されてもよい。他の実施形態において、装置および装置に積載された半導体ウェハの加速の両方が（同時または別々に）検出されてもよい。

【0024】

本発明の第1の局面に従った装置によれば、誤った重量測定を引き起こし得る装置または装置に積載された半導体ウェハの加速（たとえば、装置の重量力測定デバイスに対する加速力の存在により誤った重量力測定を引き起こし得る装置または装置に積載された半導体ウェハの加速）が検出器によって検出され得る。

【0025】

装置の動作は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて制御される。動作は、加速の大きさ、方向および／または持続期間のような加速に関する特定の情報に基づいて制御され得る。したがって、誤った重量測定を引き起こし得る装置または装置に積載された半導体ウェハの加速が検出されると、装置の動作を制御することにより適切なアクションが取られ得る。したがって、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の影響が識別または緩和され得る。上で論じたように、半導体重量計測装置または装置に積載された半導体ウェハの加速はたとえば、前後方向の動き、横方向の動き、および／もしくは、上下方向の動き、または、これらの3つの動きの何らかの組合せ（すなわち、3つの相互に垂直な軸の1つ以上に沿ったいずれかの方向への動きに分解され得る動き）といった、半導体重量計測装置の振動により発生し得る。「振動」という用語は、装置の周期的な発振、または、装置の非周期的もしくは不規則な動きを意味し得る。振動は装置の任意数の発振を意味し得、たとえば、振動は装置の単一の前後方向の動きを意味し得る。装置または装置に積載された半導体ウェハに適用される衝撃力によって、装置または装置に積載された半導体ウェハに加速力がさらに適用され得る。

【0026】

本発明の第1の局面に従った装置は、以下の随意の特徴のうちいずれか1つ、または、それらが適合する程度までのある1つ以上の任意の組合せを有し得る。

【0027】

制御手段は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速によって影響を受け得る測定（たとえば重量力測定）を識別するよう装置を制御するように構成され得る。

【0028】

言いかえれば、制御手段は、所定のしきい値を上回る大きさを有する測定誤差を有し得る測定または任意の大きさの測定誤差を有し得る測定のような、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の影響によって引き起こされる測定誤差を有し得る測定を識別するように構成され得る。

10

20

30

40

50

**【 0 0 2 9 】**

たとえば、制御手段は、装置の加速が検出されるのと同時に実行された測定を識別するよう装置を制御するように構成され得る。

**【 0 0 3 0 】**

制御手段は、たとえば、音を再生することによって、光を発することによって、または、加速の存在もしくは測定結果における可能性のある誤差の存在を装置の測定結果を表示するためのディスプレイ上に示すことによって、視覚的もしくは聴覚的通知または視覚的もしくは聴覚的指示を通じて、測定が装置または装置に積載された半導体ウェハの加速によって影響を受け得るということを装置のオペレータまたは装置のホストもしくはコントローラに通知するよう装置を制御するように構成され得る。 10

**【 0 0 3 1 】**

制御手段は、装置が検出器の出力に基づいて測定を実行する時間を制御するように構成され得る。たとえば、制御手段は、測定に対する加速の影響を低減または最小化するために、装置が測定を実行する時間を制御するように構成され得る。たとえば、制御手段は、たとえば加速の大きさが所定のしきい値を下回る場合のように、測定に対する加速の影響が所定のしきい値を下回ることが予想される場合、測定を実行するよう装置を制御するように構成され得る。

**【 0 0 3 2 】**

制御手段は、検出器が装置または装置に積載された半導体ウェハの実質的に 0 の加速を検出すると、測定を実行するよう装置を制御するように構成され得る。たとえば、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速は、装置または装置に積載された半導体ウェハの振動が存在しない場合（すなわち装置または半導体ウェハが静止している場合）、0 であり得る。さらに、装置または半導体ウェハの周期振動が存在し、また、装置または半導体ウェハがほぼ発振の中間点にあり一定の速度で動いている場合、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速は、0 であり得る。 20

**【 0 0 3 3 】**

実質的に 0 の加速が検出される際に測定を実行することは、その時には装置上または装置に積載された半導体ウェハ上には実質的に 0 の加速力が存在し得るので、有利であり得る。したがって、装置が半導体ウェハの重量力を測定するために重量力測定デバイスを含む場合、重量力測定デバイスによって測定される重量力は、半導体ウェハの重量力に加えて如何なる加速力も含まない場合がある。したがって、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速による装置の測定出力における誤差が回避、除去、または低減され得る。 30

**【 0 0 3 4 】**

制御手段は、装置または装置に積載された半導体ウェハの振動加速のヌルポイント (null point) において測定を実行するよう装置を制御するように構成され得る。上記のように、発振のヌルポイントにおいて、加速は 0 となるので、装置の加速による装置の測定出力における誤差は回避、除去、または低減され得る。

**【 0 0 3 5 】**

代替的には、装置または装置に積載された半導体ウェハに適用される、振動の 1 つより多い源または異なる期間もしくは方向を有する振動の 1 つより多い源が存在する場合、制御手段は、ヌルポイントまたは異なる振動の合計の最低点（たとえば結果得られる加速度が実質的に 0 または最小になるように異なる振動が破壊的に干渉する時）において測定を実行するよう装置を制御するように構成され得る。いくつかの実施形態において、制御手段は、装置の重量測定方向と平行な方向（たとえば多くの装置において垂直）において、ヌルポイントまたは異なる振動の合計の最低点にて測定を実行するよう装置を制御するように構成され得る。重量測定方向と平行な方向における装置または装置に積載された半導体ウェハの加速は、装置の出力に対して最も有意な影響を有し得る。 40

**【 0 0 3 6 】**

装置は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を能動的に減衰するための能動減衰デバイスを含み得、制御手段は、検出器の出力に基づいて装置または装置に積載さ 50

れた半導体ウェハの加速を能動的に減衰するために能動減衰デバイスを制御するように構成され得る。装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を能動的に減衰することは、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を能動的に低減、制限、または防止することを意味し得る。たとえば、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を能動的に減衰することは、たとえば装置または装置に積載された半導体ウェハの振動を能動的に低減、制限、または防止することによって、装置または装置に積載された半導体ウェハの振動を能動的に減衰することを意味し得る。装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を能動的に減衰することは、たとえばアクチュエータのような外部手段を使用してたとえば装置または半導体ウェハから能動的に運動エネルギーを発散することといったような、装置または半導体ウェハからのエネルギーを能動的に発散することを含み得る。

10

#### 【0037】

能動減衰デバイスは、装置または半導体ウェハに適用される加速力の影響を打ち消すまたは低減するために、たとえば装置もしくは半導体ウェハに能動的に力を適用することによって、電子的に制御されるアクチュエータを使用して装置または半導体ウェハへ力を適用することによって、能動的に加速を減衰し得る。制御手段は、たとえば装置または半導体ウェハからのエネルギーを発散することによって、装置または半導体ウェハの加速または振動を能動的に減衰するために（すなわち大きさを低減するために）、能動減衰デバイスによって装置または半導体ウェハに適用される力のタイミングおよび大きさを制御し得る。したがって、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の影響は、装置または半導体ウェハの加速を検出し、かつ、装置または半導体ウェハの加速を能動的に減衰するよう加速の検出に基づいて能動減衰デバイスを制御することによって、低減または除去され得る。

20

#### 【0038】

能動減衰デバイスは圧電アクチュエータを含み得る。圧電アクチュエータは特に、本発明における能動減衰デバイスとしての使用に好適であり得る。もちろん、他のタイプのアクチュエータも使用されてもよい。

#### 【0039】

代替的または付加的には、制御手段は、検出器の出力に基づいて、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速による信号の成分を打ち消すまたは低減するよう、装置の重量センサの信号の出力を能動的に減衰またはフィルタリングするように構成され得る。

30

#### 【0040】

制御手段は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の影響について、装置の測定結果を実質的に修正するよう装置を制御するように構成され得る。当該加速は、その瞬間ににおける瞬間的な加速、または、以前の加速に関する以前に検出された情報に基づく予測される加速であり得る。

#### 【0041】

たとえば、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速によって測定結果が影響を受けたと判定される場合、制御手段は、加速の影響による測定結果における誤差を求めるとともに求められた誤差について測定結果を修正するよう装置を制御するように構成され得る。測定結果における誤差を求ることは、測定結果における誤差を計算または予測すること、または、検出器の出力に基づいて測定結果における誤差をルックアップすること、たとえばリストまたはルックアップテーブルにおける、測定結果における誤差についての値が装置または装置に積載された半導体ウェハの加速についての対応する値に関連付けられるデータファイルをルックアップすることとを含み得る。加速についての値は、瞬時値、平均値、代表値または予測値であり得る。

40

#### 【0042】

装置は、半導体ウェハの重量力を測定するための重量力測定デバイスを含み得、制御手段は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速によって引き起こされる重量力測定デバイスの出力における誤差を求めるよう装置を制御するように構成され得る。

#### 【0043】

50

たとえば、重量力測定デバイスは天秤、微量天秤、またはロードセルを含み得る。

上で論じたように、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速により、加速力が重量力測定デバイスに適用されることになり得、重量力測定デバイスは、半導体ウェハの重量力を測定することに加えて加速力を測定し得る。したがって、重量力測定デバイスの測定出力は、半導体ウェハの重量力と、測定が実行されたときの重量力測定デバイスまたは装置に積載された半導体ウェハに適用された加速力との合計に対応し得る。したがって、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速は、付加的な加速力が測定されることによる重量力測定デバイスの重量力測定における誤差につながり得る。制御手段は、力測定デバイスの出力における誤差（すなわち加速力に対応する重量力測定デバイスの測定出力の部分）を求めるよう装置を制御し得る。重量力測定デバイスの出力における誤差がひとつ求められると、重量力測定デバイスの出力は、重量力測定デバイスの出力が単に半導体ウェハの重量力に対応するように、当該出力から誤差を減算することにより修正され得る。10

#### 【0044】

制御手段は、装置または装置に積載された半導体ウェハの異なる加速について、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速に対して重量力測定デバイスの出力における誤差を合致させる所定の関係を使用して、重量力測定デバイスの出力における誤差を求めるように構成され得る。

#### 【0045】

たとえば、所定の関係は、アルゴリズム、方程式、または、リストもしくはルックアップテーブルを含むデータファイルのようなデータファイルであり得るか、または、他の何らかの形態の関係であり得る。所定の関係は、重量力測定デバイスの出力における誤差が装置または装置に積載された半導体ウェハの加速から求められることを可能にする。たとえば、所定の関係は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の複数の値が重量力測定デバイスの出力における誤差の対応する値に関連付けられる（たとえばリストまたはテーブルを含む）データファイルであり得る。代替的には、所定の関係は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速が入力されると重量力測定デバイスの出力における誤差を出力する方程式またはアルゴリズムであり得る。入力加速度は、瞬時、平均、代表または平均加速度であり得る。20

#### 【0046】

装置は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するための検出器を含み得、制御手段は、検出器による装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、装置の動作を制御するように構成され得る。言いかえれば、検出器は装置の部分であり得、たとえば、装置と統合され得る。30

#### 【0047】

検出器は、装置に積載された半導体ウェハの重量力の測定をするための装置の重量力測定デバイスを含み得、制御手段は、重量力測定デバイスによる装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、装置の動作を制御するように構成され得る。言いかえれば、装置の重量力測定デバイスは、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するよう検出器としても使用され得、装置の動作は、重量力測定デバイスによる装置の加速の検出に基づいて制御され得る。40

#### 【0048】

装置はさらに、装置に積載された半導体ウェハの重量力を測定するための重量力測定デバイスを含み得る。言いかえれば、検出器は、装置の重量力測定デバイスとは別個または異なり得る。

#### 【0049】

さらに、本発明の第1の局面に従った装置と、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するための検出器とを含むシステムが提供され得、装置の制御手段は、検出器による装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、装置の動作を制御するように構成される。言いかえれば、検出器は、装置の部分ではなくてもよく50

、たとえば装置とは物理的に別個かまたは装置からの遠隔（しかし装置とたとえば有線または無線接続を介して通信している）であってもよい。

#### 【0050】

システムは本発明の第1の局面に従った複数の装置を含み得、検出器は、複数の装置または装置に積載された半導体ウェハの各々の加速を検出するためのものであり得、複数の装置の制御手段の各々は、検出器による装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、装置の動作を制御するように構成され得る。言いかえれば、複数の装置は各々同じ検出器を共有し得る。すなわち、複数の装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するために単一の検出器が使用されてもよい。これは、たとえば単一の建物における半導体ウェハ作製環境において複数の装置が近接して存在する場合、および、たとえば地震または風による装置を含む建物の振動によって装置のすべてが同じ様で振動し得る場合のような装置のすべてが加速によって同じ様で影響を受け得る場合、有利であり得る。検出器は、装置の1つに組み込まれ得る。たとえば、検出器は、装置に積載された半導体ウェハの重量力を測定するための装置のうちの1つの重量力測定デバイスであり得る。

#### 【0051】

検出器は、装置もしくは装置に積載された半導体ウェハの加速を測定するための加速度計、装置もしくは装置に積載された半導体ウェハに適用される力を測定するための力センサ、装置もしくは装置に積載された半導体ウェハの位置を測定するための位置センサ、または、装置もしくは装置に積載された半導体ウェハの速度を測定するための速度センサを含み得る。装置または半導体ウェハの加速を直接的にまたは間接的に求め、したがって、装置または半導体ウェハが受ける加速力（たとえば装置の重量力測定デバイスが受ける加速力）を求めるために、これらのセンサのうちのいずれかが使用されてもよい。したがって、これらの検出器のうちのいずれかの出力は、装置の適切な動作を決定するために使用され得る。

#### 【0052】

検出器は、重量力測定デバイス、ロードセル、天秤、圧電センサ、ばね上質量、静電容量センサ、歪みセンサ、光学センサ、または、振動石英センサを含み得る。そのようなセンサは、装置によって測定され得る加速力を直接的または間接的に求めるのに好適であり得る。

#### 【0053】

装置は、装置に積載された半導体ウェハの力を測定するための力測定デバイスを含み得、検出器は、力測定デバイスの力測定方向と平行な方向に、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するように構成され得る。たとえば、力測定デバイスは、たとえば垂直方向といった特定の方向に沿った力の成分のみを測定し得る。他の方向における力の成分は、重量力測定デバイスによって測定されなくてもよい。したがって、装置の測定出力における誤差の大きさは、加速の全体的な大きさの代わりに、力測定方向における加速の成分（ベクトル量）に依存し得る。したがって、測定方向と平行な方向における装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出すること（たとえば当該加速の大きさを測定すること）は有利であり得る。

#### 【0054】

本発明の第2の局面によれば、半導体ウェハ重量計測方法が提供される。当該半導体ウェハ重量計測方法は、検出器を使用して半導体ウェハ重量計測装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出することと、検出器による装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、装置の動作を制御することとを含む。

#### 【0055】

本発明の第2の局面の利点は、上で論じた本発明の第1の局面の利点の1つ以上と同じであり得る。

#### 【0056】

本発明の第2の局面に従った方法は、以下の随意の特徴のうちいずれか1つ、または、

10

20

30

40

50

それらが適合する程度までのある1つ以上の任意の組合せを有し得る。以下の随意の特徴の利点は、上に論じられた本発明の第1の局面の対応する随意の特徴の利点と同じであり得る。

【0057】

上記方法は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速によって影響を受け得た測定を識別するように装置を制御することを含み得る。

【0058】

上記方法は、装置が検出器の出力に基づいて測定を実行する時間を制御することを含み得る。

【0059】

上記方法は、検出器が装置または装置に積載された半導体ウェハの実質的に0の加速を検出すると、測定を実行するよう装置を制御することを含み得る。

【0060】

上記方法は、装置または装置に積載された半導体ウェハの振動加速のヌルポイント (null point)において測定を実行するよう装置を制御することを含み得る。

【0061】

上記方法は、検出器の出力に基づいて装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を能動的に減衰するために能動減衰デバイスを制御することを含み得る。

【0062】

能動減衰デバイスは圧電アクチュエータを含み得る。

上記方法は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の影響について測定結果を実質的に修正することを含み得る。

【0063】

装置は、半導体ウェハの重量力を測定するための重量力測定デバイスを含み得、当該方法は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速によって引き起こされる重量力測定デバイスの出力における誤差を求めるなどを含み得る。

【0064】

上記方法は、装置または装置に積載された半導体ウェハの異なる加速について、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速に対して重量力測定デバイスの出力における誤差を合致させる所定の関係を使用して、重量力測定デバイスの出力における誤差を求めるなどを含み得る。

【0065】

上記方法は、装置または装置に積載された半導体ウェハの異なる加速に対する重量力測定デバイスの応答を測定することによりあらかじめ所定の関係を求めるなどを含み得る。

【0066】

所定の関係をあらかじめ求めることは、重量力測定デバイスの周波数応答を求めるなどを含み得る。

【0067】

所定の関係をあらかじめ求めることは、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハを加速することと、異なる加速に対して重量力測定デバイスの出力を測定することとを含み得る。

【0068】

所定の関係をあらかじめ求めることは、たとえば圧電アクチュエータを使用して重量力測定デバイスを振動させることを含み得る。

【0069】

装置は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するための検出器を含み得、当該方法は、検出器による装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、装置の動作を制御することを含み得る。

【0070】

検出器は、装置に積載された半導体ウェハの重量力を測定するための装置の重量力測定

10

20

30

40

50

デバイスを含み得、当該方法は、重量力測定デバイスによる装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、装置の動作を制御することを含み得る。

【0071】

上記方法は、装置とは別個の検出器を使用して、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出することを含み得る。

【0072】

当該方法は、装置もしくは装置に積載された半導体ウェハの加速を測定するための加速度計、装置もしくは装置に積載された半導体ウェハに対する力を測定するためのセンサ、装置もしくは装置に積載された半導体ウェハの位置を測定するための位置センサ、または、装置もしくは装置に積載された半導体ウェハの速度を測定するための速度センサを使用して、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出することを含み得る。10

【0073】

当該方法は、重量力測定デバイス、ロードセル、天秤、圧電センサ、ばね上質量、静電容量センサ、歪みセンサ、光学センサ、または、振動石英センサを使用して、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出することを含み得る。

【0074】

装置は、装置に積載された半導体ウェハの力を測定するための力測定デバイスを含み得、方法は、力測定デバイスの力測定方向と平行な方向に、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出することを含み得る。

【0075】

本発明者はさらに、半導体ウェハ重量計測装置の重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの異なる加速に対して重量力測定デバイスがどのように応答するか知ることは有利であるということを認識した。そのため、重量力測定デバイスが重量測定を実行するために使用されている場合、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの加速による重量測定の測定誤差が、加速の特性（たとえば加速の大きさおよび／または方向）に基づいて求められ得る（たとえば計算またはルックアップされ得る）。

【0076】

したがって、本発明の第3の局面によると、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイス上に積載された半導体ウェハの加速に対する半導体ウェハ重量計測装置の重量力測定デバイスの応答を特徴付ける方法が提供される。当該方法は、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハを加速することと、加速に応答して重量力測定デバイスの出力を測定することとを含む。30

【0077】

半導体ウェハは、応答を特徴付ける際に、重量力測定デバイスに積載され得る。いくつかの実施形態において、重量力測定デバイスの応答は、半導体ウェハが重量力測定デバイスに積載された状態および積載されない状態で、別々に特徴付けられ得る。

【0078】

重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの加速に対する重量力測定デバイスの応答を特徴付けることは、複数の異なる加速について、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの加速による重量力測定デバイスの出力を測定することを意味し得る。たとえば、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの加速に対する重量力測定デバイスの応答を特徴付けることは、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの加速が変化する際に重量力測定デバイスの出力がどのように変化するかを求めることを含み得る。40

【0079】

上述したように、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの加速に対する重量力測定デバイスの応答を特徴付けることは、重量力測定デバイスが半導体ウェハの重量力を測定するために使用されている場合において重量力測定デバイ50

スまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの加速による重量力測定デバイスの出力における誤差が、加速に基づいて求められることを可能にし得る。したがって、重量力測定デバイスの応答を特徴付けることは、半導体ウェハの重量力の測定を実行する際に重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの（たとえば振動による）加速の影響について修正を促進または可能にし得る。

#### 【0080】

重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハは、重量力測定デバイスまたは半導体ウェハを振動させることにより加速され得る。重量力測定デバイスまたは半導体ウェハを振動させることは、前後方向、上下方向、および／または横方向（すなわち3つの相互に直交する軸の1つ以上に沿った両方／いずれかの方向）に重量力測定デバイスまたは半導体ウェハを動かすことを含み得る。振動は、周期的であり得、または、その代り非周期的もしくは不規則であり得る。振動は、任意数の発振を含み得る（一方向における動きの後、反対方向における動きが行われ、これらの動きは同じ大きさまたは異なる大きさである場合がある）。重量力測定デバイスまたは半導体ウェハの振動が重量力測定デバイスまたは半導体ウェハの速度および方向の変化を含むので、振動される際に、異なる大きさおよび方向の加速力が重量力測定デバイスまたは半導体ウェハに適用される。したがって、重量力測定デバイスまたは半導体ウェハの出力は、加速の複数の異なる大きさおよび方向について測定され得る。

#### 【0081】

上記方法は、圧電アクチュエータまたは他の何らかのタイプのアクチュエータを使用して、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハを振動させることを含み得る。圧電アクチュエータは、異なる周波数で重量力測定デバイスまたは半導体ウェハを制御可能に振動させる好適な方法であり得る。

#### 【0082】

上記方法は、複数の異なる振動周波数について重量力測定デバイスの出力を測定することを含み得る。言いかえれば、当該方法は、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハを異なる振動周波数で振動させることと、異なる振動周波数について（または異なる振動周波数にて受ける異なる加速について）重量力測定デバイスの出力を測定することとを含み得る。振動周波数の変化は、重量力測定デバイスまたは半導体ウェハが受ける加速の大きさを変化させ得る。

#### 【0083】

上記方法は、重量力測定デバイスの周波数応答を求めることが可能である。重量力測定デバイスの周波数応答は、重量力測定デバイスのインパルス応答のフーリエ変換であり得る。重量力測定デバイスの周波数応答は、重量力測定デバイスに適用される振動の周波数の関数として、重量力測定デバイスの出力の大きさおよび位相の測定値を含み得る。重量力測定デバイスの周波数応答は、重量力測定デバイスの出力の大きさと重量力測定デバイスに適用される振動の周波数との間の関係を含み得る。

#### 【0084】

上記方法は、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの異なる加速について、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの加速に対して重量力測定デバイスの出力を合致させる関係を求めることが可能である。たとえば、当該関係は、加速が入力されると、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの加速による重量力測定デバイスの出力を出力する方程式またはアルゴリズムであり得る。代替的には、当該関係は、重量力測定デバイスの加速による重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの出力の複数の値が重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの加速の対応する値に関連付けられる、たとえばリストまたはテーブル（たとえばルックアップテーブル）を含むデータファイルを含み得る。したがって、当該関係は、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに積載された半導体ウェハの加速に重量力測定デバイスの応答を特徴付け得、したがって、重量力測定デバイスまたは重量力測定デバイスに

10

20

30

40

50

積載された半導体ウェハの加速（または振動）の影響について、重量力測定デバイスの測定の修正を促進または可能にする。

#### 【0085】

本発明の第4の局面に従うと、半導体ウェハ重量計測装置が提供される。当該半導体ウェハ重量計測装置は、

装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出するための検出器による装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の検出に基づいて、装置の動作を制御するよう構成される制御手段を含み、

制御手段は、

装置または装置に積載された半導体ウェハの連続的に変化する加速がいつ瞬間に実質的に0になるかを予測し、10

予測された時間において測定を実行するように装置を制御するように構成される。

#### 【0086】

本発明の第4の局面は、本発明の上記の第1～第3の局面の随意の特徴のうちのいずれか1つ以上を含み得る。それらの随意の特徴は、簡明性の理由によりここで繰り返されない。本発明の第4の局面はさらにまたは代替的には、以下の随意の特徴のうちの1つ以上を含んでもよい。

#### 【0087】

本発明の第4の局面において、制御手段は、装置または装置に積載された半導体ウェハの連続的に変化する加速がいつ実質的に0になるかをあらかじめ予測し、予測された時間において測定を実行するように装置を制御するように構成される。連続的に変化する加速とは、たとえば発振（周期的もしくは別の態様の）加速または装置もしくは半導体ウェハの連続的な振動によって引き起こされる加速のような、時間にわたり変更している任意の加速を意味し得る。20

#### 【0088】

たとえば、瞬間の加速は、加速が正から負へ変化または負から正に変化する時またはその時の近傍で実質的に0になり得る。たとえば、その加速は、振動または振動する加速のヌルポイントにて瞬間に実質的に0であり得る。

#### 【0089】

瞬間の加速が実質的に0になるときをあらかじめ予測する利点は、測定が瞬間の加速が実質的に0になる時に行なわれることをより確実に保証することが可能であり得ることである。30

#### 【0090】

たとえば、装置は、装置の重量力測定デバイスの所定の応答時間および／または制御手段の所定の応答時間を含み得る、測定を実行するための所定の応答時間を有し得る。制御手段は、瞬間の加速を単に認識してその瞬間に制御信号を送信した場合、瞬間の加速が0になることを検出し、装置の応答時間は、瞬間の加速が0になった時間期間の後まで測定が行なわれなくなり、そのときまでには絶えず変化する加速はもはや0ではなくなり得ることを意味する。したがって、測定は、実質的に0ではない瞬間の加速の間に行なわれ、測定結果が悪影響を受けることになる。40

#### 【0091】

対照的に、本発明によれば、加速が実質的に0となる時があらかじめ予測されるので、装置はあらかじめアクションを取ることができる。たとえば、制御手段は、予測される時間の前に装置の所定の応答時間において、装置が予測された時間の後にではなく予測された時間に測定を実行するように測定が実行されるよう（たとえば装置の重量力測定デバイスに）指示する制御信号を送信するように構成され得る。したがって、加速がいつ実質的に0になるかをあらかじめ予測することによって、測定結果の正確さが向上し得る。

#### 【0092】

装置は、所定期間にわたって、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を監視するように構成され得、制御手段は、予測を実行するためにこの監視の結果を使用するよ50

うに構成され得る。たとえば、監視の結果は、加速における特定の傾向またはパターンを示し得る。

【0093】

装置は、所定期間にわたって、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の複数の値を記録するように構成され得、また、制御手段は予測を実行するために、記録された値を使用するように構成され得る。当該記録された値は、最近の加速履歴と称され得、装置または半導体ウェハの最近の加速を特徴付け得る。

【0094】

制御手段は、加速の記録または格納された履歴値が入力されるとともに、加速が実質的に0になるであろう時間または加速が実質的に0になるまでの期間を出力する方程式またはアルゴリズムを有し得る。次いで、制御手段は、予測された時間においてまたは予測された期間の後に、測定を実行するように装置を制御し得る。

10

【0095】

制御手段は、いつ瞬間の加速が実質的に0になるか予測するよう、記録された値から推定するように構成され得る。

【0096】

制御手段は、記録された値を最良適合 (best fit) する方程式を求めるとともに、予測を実行するためにこの方程式を使用するように構成され得る。本質的に、これは、加速が実質的に0になるであろう時間を予測するよう、記録された加速履歴から推定することに20 対応し得る。

20

【0097】

加速が周期的な場合、記録された値は、加速の期間以上の期間にわたり得る。

制御手段は、予測された時間に先立って装置の状態を変更するように構成され得る。たとえば、制御手段は、装置が予測された時間において測定を行う準備ができた状態になるように予測された時間に先立って装置の重量力測定デバイスの1つ以上の特性を変化させることによって、予測された時間に先立って測定を行うために装置を準備するように構成され得る。

【0098】

本発明の第5の局面によれば、半導体ウェハ重量計測方法が提供される。当該半導体ウェハ重量計測方法は、

30

検出器を使用して半導体ウェハ重量計測装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を検出することと、

装置または装置に積載された半導体ウェハの連続的に変化する加速がいつ瞬間に実質的に0になるかを予測することと、

当該予測された時間において測定を実行するように装置を制御することとを含む。

【0099】

本発明の第5の局面は、上に述べられた本発明の第1～第4の局面の隨意の特徴のうちのいはずれか1つ以上を含み得る。それらの隨意の特徴は、簡明性の理由によりここで繰り返されない。第5の局面は、さらにまたは代替的には、以下の隨意の特徴の1つ以上を含んでもよい。

40

【0100】

上記方法は、所定期間にわたって、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速を監視することと、予測を実行するためにこの監視の結果を使用することとを含み得る。

【0101】

上記方法は、所定期間にわたって、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の複数の値を記録することと、予測を実行するために当該記録された値を使用することとを含み得る。

【0102】

上記方法は、記録された値を最良適合する方程式を求ることと、予測を実行するため50 にこの方程式を使用することとを含み得る。

50

**【0103】**

上記方法は、予測された時間に先立って装置の状態を変更することを含み得る。

ここで、添付の図面を参照して、本発明の実施形態が単に例示として論じられる。

**【図面の簡単な説明】****【0104】**

【図1】先行技術の半導体ウェハ重量計測装置の概略図である。

【図2(a)】本発明の実施形態に従った半導体ウェハ重量計測装置の概略図である。

【図2(b)】本発明の別の実施形態に従った半導体ウェハ重量計測装置の概略図である。

【図3】本発明の別の実施形態に従った半導体ウェハ重量計測装置の概略図である。

10

【図4(a)】半導体ウェハ重量計測装置の重量力測定デバイスの加速または重量力測定デバイス上に積載された半導体ウェハの加速に対する重量力測定デバイスの応答を特徴付ける方法の実施形態の概略図である。

【図4(b)】半導体ウェハ重量計測装置の重量力測定デバイスの加速または重量力測定デバイス上に積載された半導体ウェハの加速に対する重量力測定デバイスの応答を特徴付ける方法のさらに別の実施形態の概略図である。

**【発明を実施するための形態】****【0105】**

本発明の好ましい実施形態およびさらに別の随意の特徴の詳細な説明

図1は、先行技術の半導体ウェハ重量計測装置の概略図である。当該先行技術の半導体ウェハ重量計測装置は、半導体ウェハの作製を監視するために、たとえば半導体ウェハ作製設備において生産ラインによって製造される半導体ウェハを重量計測するために用いられ得る。

20

**【0106】**

図1に示されるように、当該装置は、装置の測定エリアを囲む測定チャンバ1を含む。測定チャンバ1は、装置の測定エリアに入るまたは当該測定エリアから出る気流を制限または防止し得、これにより、気流および/または空気の温度または圧力の変化が、装置によって実行される測定に悪影響を及ぼすことを防止し得る。

**【0107】**

装置の測定エリアは重量力測定デバイス3を含み、重量力測定デバイス3はたとえば、装置に積載された半導体ウェハ7の重量力を測定するための天秤（たとえば電子微量天秤）またはロードセルを含み得る。装置の測定エリアはさらに、半導体ウェハ7の重量が重量力測定デバイス3によって測定される際に半導体ウェハ7を支持するための支持部5を含む。

30

**【0108】**

図1は、半導体ウェハ重量計測装置の機能が容易に理解され得るように半導体ウェハ重量計測装置の特徴のうちのいくつかを示す簡略図であり、実際には、たとえば重量力測定デバイスの構成および外観は図1に示されたものとは有意に異なってもよいということが理解されるべきである。

**【0109】**

40

図1に示されるように、使用の際、半導体ウェハ7は、その重量が重量力測定デバイス3によって測定され得るように支持部5に配置される。測定チャンバ1は、半導体ウェハが測定チャンバ1に挿入または除去され得る1つ以上の開口部（図示せず）を有し得る。当該1つ以上の開口部は、使用されない場合、ドアまたは被覆部（図示せず）により封止可能であり得る。

**【0110】**

半導体ウェハ7が支持部5上に支持されると、重量力測定デバイス3は、半導体ウェハ7の重量に依存する出力を生成する。したがって、半導体ウェハ7の重量は、重量力測定デバイス3の出力に基づいて求められ得る。

**【0111】**

50

本発明者は、図1に示されるような半導体ウェハ重量計測装置の測定出力が、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速によってマイナスの影響を受け得る（すなわち加速によって引き起こされる誤差を有し得る）ということを認識した。たとえば、図1に示されるような装置は、たとえば地震によって引き起こされ得る振動、当該装置を含む建物に対する風の影響によって引き起こされる建物の振動、または、衝撃、重い荷重の動き、爆発などの原因によって引き起こされる振動に晒され得る。

#### 【0112】

装置の加速または装置に積載された半導体ウェハの加速によって、装置または半導体ウェハに加速力が適用されることにつながり得、したがって、装置の重量力測定デバイス3に適用されることにつながり得る。重量力測定デバイス3に適用されるそのような加速力は、重量力が重量力測定デバイス3によって測定されるのと同じ態様で重量力測定デバイス3によって測定され得るので、半導体ウェハの重量の測定の間に装置の加速が発生すると、そのような加速力は誤った重量力測定につながり得る。10

#### 【0113】

したがって、本発明の第1の実施形態において、図1に示されるように、図1の公知の半導体ウェハ重量計測装置は、装置の加速を検出するための検出器9を包含することによって修正される。この実施形態において、検出器9は、装置の加速を測定するための加速度計、たとえば装置の加速を求めるための加速度計である。もちろん、他の実施形態において、検出器9は、装置の加速を検出するための異なるタイプの検出器9であり得る。たとえば、検出器9は、装置の位置もしくは速度または装置に積載された半導体ウェハの位置もしくは速度を測定するための検出器9であり得る。位置および速度の両方は加速と、したがって装置に適用される加速力を決定するために使用され得る。代替的には、検出器9は、たとえば力変換器のような、装置または装置に積載された半導体ウェハに適用される加速力を直接的に測定するための検出器であり得る。20

#### 【0114】

他の実施形態において、重量力測定デバイス3は、検出器として使用されてもよく、したがって、図2に示されるような別個の検出器9は存在しなくてもよい。そのような構成が図2(b)に示される。図2(b)の実施形態において、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速は、重量力測定デバイス3の出力に自体に基づいて検出され得る。たとえば、装置が振動する場合、これは、たとえば重量力測定デバイス3に積載された半導体ウェハ7の周期的に変化する重量を示し得る重量力測定デバイス3の出力から明らかである。30

#### 【0115】

他の実施形態において、検出器は装置の一部でなくてもよい。代わりに、検出器は装置から間隔を置いて配置され得、たとえば異なる装置の重量力測定デバイスといった異なる装置の一部であり得る。検出器は、装置と有線通信または無線通信し得る。これにより、単一の検出器が、たとえば、すべて同じ建物に位置する装置であつてしたがってたとえば地震または風による振動のような建物全体に影響する振動によって同じ態様で影響される可能性の高い複数の異なる装置とともに用いられ得る。これは、必要な検出器の数を低減し得、したがって、複雑さが低減され得る。40

#### 【0116】

好ましくは、検出器9のタイプまたは位置決め／位置が何かにかかわらず、検出器9は、重量力測定デバイス3の重量測定方向と平行な方向に、装置または装置に積載される半導体ウェハの加速を検出（たとえば測定）するように構成される。たとえば、図2(a)および図2(b)において、重量力測定デバイス3は、重量力の垂直成分、すなわち垂直重力を測定するように構成される。したがって、水平（すなわち重量測定方向に垂直）に発生する装置または半導体ウェハ7の加速は、装置の測定出力に有意に影響し得ない。対照的に、垂直（すなわち重量測定方向と平行）に発生している加速または有意な垂直成分を有する加速は、加速力が装置の重量測定方向に適用されるので、装置の測定出力に対して有意な影響を有し得る。したがって、重量測定方向と平行な方向に加速（または加速の50

成分)を検出(または測定)することは有利である。

【0117】

装置はさらに、たとえばコンピュータプロセッサのような処理デバイスのような、検出器9の出力に基づいて装置の動作を制御するためのコントローラ(図示せず)を含む。

【0118】

図1の公知の装置の特徴と同じであるかまたは図1の公知の装置の特徴に対応する第1の実施形態の他の特徴は、同じ参照番号で示され、その説明は繰り返されない。

【0119】

一実施形態において、装置によって実行される測定の際、コントローラは、装置の加速または装置に積載された半導体ウェハの加速の影響を監視および/またはトラッキングし得る。たとえば、コントローラは、装置の加速または装置に積載された半導体ウェハの加速によって影響を受け得る測定、たとえば、加速が検出された際に装置によって行なわれていた測定を識別し得る(または識別するよう装置を制御し得る)。装置の加速または装置に積載された半導体ウェハの加速によって影響された可能性のある測定を識別することは、たとえば光を照射すること、音を発すること、または装置のディスプレイ上にメッセージまたは指示を表示することによって、装置のオペレータ、コントローラまたはホストに通知することを含み得る。これにより、測定が装置の加速または装置に積載された半導体ウェハの加速によって影響を受けたときを装置のオペレータは認識することが可能になり得るので、測定結果が無視され得るか、または、必要ならば測定が繰り返され得る。

10

【0120】

別の実施形態において(または第1の実施形態に対して付加的もしくは代替的には)、コントローラは、検出器9の出力に基づいて、測定を実行すべき時間を求め得る。たとえば、コントローラは、検出器9の出力が装置の実質的に0の加速を示す場合または所定のしきい値を下回る大きさを有する加速を示す場合、測定を実行するように装置を制御し得る。加速が実質的に0であるときに測定を実行することによって、重量測定を実行する際に重量力測定デバイス3に適用される加速力は実質的に存在しなくなるので、装置の加速による測定結果における誤差は実質的に存在しなくなり得る。装置は、加速の大きさが所定期間の間に実質的に0であったことを検出器9の出力が示す場合、測定を実行するように装置を制御し得る。

20

【0121】

装置に積載された装置または半導体ウェハに影響を与える異なる波長および方向の複数の異なる振動が存在すれば、コントローラは、異なる振動の合計が実質的に0の加速(すなわちゼロの脈動)である場合または装置の重量測定方向のそれらの成分が実質的に0であるように合計される場合に測定を実行するよう装置を制御するように構成され得る。

30

【0122】

別の実施形態において、コントローラは、装置の加速または装置に積載された半導体ウェハの加速の影響について装置の測定結果を修正し得る。言い換えれば、コントローラは、測定が実行された際に装置の加速または装置に積載された半導体ウェハの加速の影響によって引き起こされる測定結果における誤差を求め得(または求めるように装置を制御し得)、求めた誤差を減算することにより測定結果を修正し得る。たとえば、コントローラは、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速の間(または装置と半導体ウェハとの間の相対加速により)、重量力測定デバイス3に適用される加速力によって引き起こされる、重量力測定デバイス3によって実行される測定における誤差を求め得る(または求めるよう装置を制御し得る)。

40

【0123】

測定結果における誤差は、装置の加速または装置に積載された半導体ウェハの加速による重量力測定デバイス3の出力と、装置の加速または装置に積載された半導体ウェハの加速との間の所定の関係を使用して求められ得る。たとえば、一実施形態において、当該所定の関係は、重量力測定デバイス3の加速または装置に積載された半導体ウェハの加速が入力されると、当該加速についての重量力測定デバイス3の出力における誤差を出力する

50

方程式またはアルゴリズムであり得る。この所定の関係は、加速または振動に対して重量力測定デバイス 3 の応答を特徴付けるために、重量力測定デバイス 3 または装置に積載された半導体ウェハを加速させる（たとえば振動させる）とともに異なる加速および／または振動の周波数について重量力測定デバイス 3 の出力を測定することによって、あらかじめ求められ得る。

#### 【 0 1 2 4 】

別の実施形態において、所定の関係は、加速による重量力測定デバイスの出力における誤差の値が加速の値に関連付けられるデータファイルを含み得る。たとえば、当該データファイルは、リストまたはたとえばルックアップテーブルのようなテーブルを含み得る。

#### 【 0 1 2 5 】

図 3 は、本発明の別の実施形態に従った半導体ウェハ重量計測装置の概略図である。この実施形態において、装置はさらに、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速または振動を能動的に減衰させるための能動減衰デバイス 11 を含む。この実施形態において、能動減衰デバイス 11 は圧電アクチュエータである。もちろん、他の実施形態において、たとえば他のタイプのアクチュエータのような他の能動減衰デバイス 11 が圧電アクチュエータの代わりに使用されてもよい。

#### 【 0 1 2 6 】

図 1 の公知の装置の特徴または図 2 の第 1 の実施形態と同じまたは対応するこの実施形態の他の特徴は、同じ参照番号により示され、また、その説明は繰り返されない。

#### 【 0 1 2 7 】

能動減衰デバイス 11 は、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速または振動を能動的に減衰するよう、検出器 9 の出力に基づいて制御される。装置または装置に積載された半導体ウェハの加速または振動を能動的に減衰させることは、装置の加速または振動を低減するために、装置または装置に積載された半導体ウェハから能動的にエネルギー（たとえば運動エネルギー）を発散することを含み得る。この実施形態において、装置の加速または振動に対応（低減）するために、圧電アクチュエータを使用して装置へ力を適用することによりエネルギーが装置から発散される。たとえば、装置が上方へ加速している場合、圧電アクチュエータはこの加速に対応する下方の力を提供し得る。

#### 【 0 1 2 8 】

図 3 に示されるように、いくつかの実施形態において、検出器 9 は、装置上または能動減衰デバイス 11 によって減衰される装置の部分上に位置決めされ得る。この構成において、能動減衰デバイス 11 は、検出器 9 によって検出される加速を 0 まで低減しようと試みるように制御され得る。他の実施形態において、検出器 9 は、装置の外部に位置決めされ得るか、または、能動減衰デバイス 11 によって減衰されない装置の部分上に位置決めされ得る。この構成において、能動減衰デバイス 11 は、検出器 9 によって検出される加速に対応または低減するように制御され得るので、装置が加速によってあまり影響されなくなる。もちろん、上で論じられるように、いくつかの実施形態において、検出器 9 は、装置と別個であってもよく、装置から間隔を置いて位置決めされてもよい。

#### 【 0 1 2 9 】

図 4 ( a ) は、半導体ウェハ重量計測装置の重量力測定デバイスの加速または重量力測定デバイス上に積載された半導体ウェハの加速に対する重量力測定デバイスの応答を特徴付ける方法の実施形態の概略図である。

#### 【 0 1 3 0 】

図 1 の公知の装置の特徴または図 2 および図 3 の他の実施形態と同じまたは対応するこの実施形態の特徴は、同じ参照番号により示され、また、その説明は繰り返されない。

#### 【 0 1 3 1 】

他の実施形態に関して上で論じたように、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速による装置の出力における誤差を求めるために、装置の出力がどのように装置の加速または装置に積載された半導体ウェハの加速によって影響されるかを認識することは有用である。これは、異なる加速により重量力測定デバイス 3 を加速するとともに加速されて

10

20

30

40

50

いる際に重量力測定デバイス3の出力を測定することにより求められ得る。

**【0132】**

この実施形態において、重量力測定デバイス3の応答は、圧電アクチュエータ11を使用して異なる振動周波数で装置を振動させることと、振動されている際に重量力測定デバイス3の出力を測定することによって、特徴付けられる。装置を振動させることは、異なる大きさおよび方向の加速が装置に適用され、したがって、重量力測定デバイス3の出力が重量力測定デバイス3の異なる加速について測定され得るということを意味する。

**【0133】**

この特徴付けは、重量力測定デバイス3に半導体ウェハが積載されている際に重量力測定デバイス3がどのように加速に応答するかを特徴付けるために、半導体ウェハ重量の測定を実行するために使用される場合のように半導体ウェハ7が重量力測定デバイス3上に積載された状態で行なわれ得る。付加的または代替的には、その代りに、半導体ウェハが重量力測定デバイス3に積載されていない場合に加速に対して重量力測定デバイス3がどのように応答するかを特徴付けるために、半導体ウェハ7が重量力測定デバイス3に積載されることなく特徴付けが行なわれ得る。そのような情報は、ウェハが重量力測定デバイス3に積載されない状態でたとえば0の読取値をとる場合、実際上有用であり得る。

**【0134】**

半導体ウェハが重量力測定デバイス3に積載される他の実施形態において、重量力測定デバイスではなく半導体ウェハが直接的に加速または振動され得、半導体ウェハの異なる加速について重量力測定デバイスの出力が求められ得る。

**【0135】**

装置または装置に積載された半導体ウェハを（たとえば装置または半導体ウェハを振動させることにより）異なる加速度だけ加速させるとともに重量力測定デバイス3の出力を測定することにより得られた情報は、重量力測定デバイス3または装置に積載された半導体ウェハの加速による重量力測定デバイス3の出力における誤差と、重量力測定デバイスまたは装置に積載された半導体ウェハの加速との間の関係を求めるように使用され得る。たとえば、この関係は、重量力測定デバイス3または装置に積載された半導体ウェハの加速に対してプロットされた重量力測定デバイス3の出力のグラフの最良適合線に近似する方程式のような方程式の形態であり得る。代替的には、上記関係は、その入力が重量力測定デバイス3または装置に積載された半導体ウェハの加速であり、その出力が加速の影響による重量力測定デバイス3の出力における誤差であるプログラムまたはアルゴリズムの形態にあり得る。

**【0136】**

代替的には、上記関係は、加速による重量力測定デバイス3の出力における誤差についての値が重量力測定デバイス3または装置に積載された半導体ウェハの加速についての値に関連するか、または、関連付けられて格納されるデータファイルの形態にあり得る。

**【0137】**

上で論じたように、そのような関係は、重量力測定デバイス3または半導体ウェハの加速に基づいて、装置または装置に積載された半導体ウェハの加速による重量力測定における誤差を求めるように使用されてもよい。したがって、この関係が既知である場合、重量力測定は、重量力測定デバイス3または装置に積載された半導体ウェハの加速の測定に基づいて、重量力測定デバイス3または装置に積載された半導体ウェハの加速の影響について修正され得る。

**【0138】**

図4(b)は、半導体ウェハ重量計測装置の重量力測定デバイスの加速または装置上に積載された半導体ウェハの加速に対する重量力測定デバイスの応答を特徴付ける方法の代替的な実施形態の概略図である。図4(b)の方法の背後の原理は、この実施形態において、重量力測定デバイス3または装置に積載された半導体ウェハの加速に対する重量力測定デバイス3の応答を特徴付けるために、重量力測定デバイス3が直接的に圧電アクチュエータ11によって振動されるということを除いて、上で論じられた図4(a)の方法の

10

20

30

40

50

背後の原理と同じである。

**【0139】**

もちろん、他の実施形態において、能動減衰デバイス11の位置および／または量は、図示される位置および／または量とは異なり得る。

**【0140】**

さらに、他の実施形態において、検出器9の数および／または位置は異なり得る。たとえば、他の実施形態において、検出器9は、直接的に重量力測定デバイス3の加速を検出するために、重量力測定デバイス3に直接的に取り付けられ得る。

**【0141】**

いくつかの実施形態において、図2および図3に示されたもののような複数の装置は、同じ検出器9を共有し得る。たとえば、複数の装置が同じ部屋または建物に位置し得、そのため、たとえば地震によって引き起こされる振動または風の影響によって引き起こされる振動のような部屋または建物に影響を与える振動によって、これらの装置は同じ様で影響を受け得る。10

【図1】

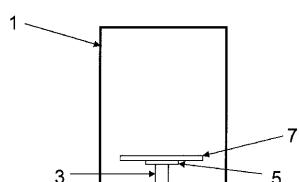
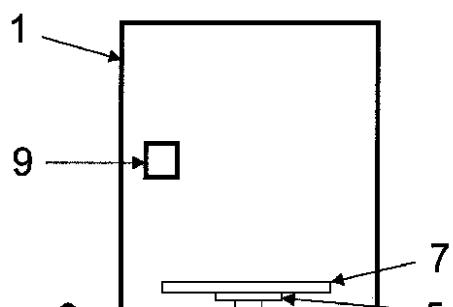


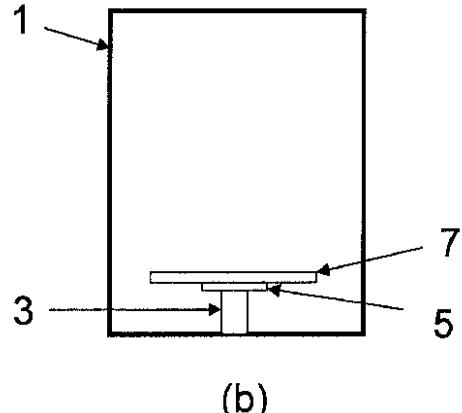
FIG. 1 (PRIOR ART)

【図2 (a)】



(a)

【図2 (b)】



(b)

【図3】

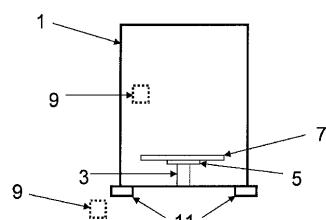
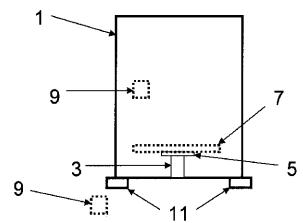


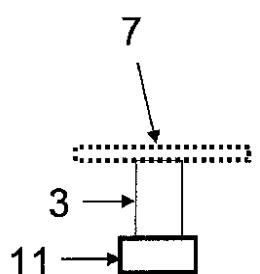
FIG. 3

【図4(a)】



(a)

【図4(b)】



(b)

---

フロントページの続き

(72)発明者 キールマス , エイドリアン  
イギリス、ビィ・エス・32 4・エス・エイチ ブリストル、アルモンズベリー、アズテック・  
ウエスト、パーク・アベニュー、1240、メトリックス・リミテッド内

審査官 石丸 昌平

(56)参考文献 特開平05-149741(JP,A)  
特開2013-002941(JP,A)  
特開平06-317457(JP,A)  
特表2011-514006(JP,A)  
特開平08-219230(JP,A)  
特開2005-061588(JP,A)  
国際公開第02/003449(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/683  
H01L 21/66  
G01G 17/00  
G01G 23/01