

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5544238号
(P5544238)

(45) 発行日 平成26年7月9日 (2014.7.9)

(24) 登録日 平成26年5月16日 (2014.5.16)

(51) Int.Cl.
H 0 1 J 37/20 (2006.01)

F I
H 0 1 J 37/20 D

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2010-169972 (P2010-169972)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成22年7月29日 (2010.7.29)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2012-33301 (P2012-33301A)		東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
(43) 公開日	平成24年2月16日 (2012.2.16)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成24年8月31日 (2012.8.31)		弁理士 井上 学
		(74) 代理人	100098660
			弁理士 戸田 裕二
		(74) 代理人	100091720
			弁理士 岩崎 重美
		(72) 発明者	小川 博紀
			茨城県ひたちなか市堀口8 3 2 番地2
			株式会社 日立製作
			所 機械研究所内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 試料ステージ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

テーブルを第 1 の方向に駆動する第 1 の駆動機構と、当該テーブルを前記第 1 の方向に直交する方向に駆動する第 2 の駆動機構と、試料を載置するトップテーブルを備えた試料ステージにおいて、

前記テーブルとトップテーブルの間に、当該トップテーブルを支持する支持部材を備え、当該支持部材は、当該支持部材の外枠を形成する第 1 の部分と、当該第 1 の部分の内側に配置される第 2 の部分と、当該第 2 の部分の更に内側に配置される第 3 の部分を有し、前記第 1 の部分と第 2 の部分を連結すると共に、前記第 1 の方向と比較して、第 2 の方向の長さが長い第 1 の板状体と、前記第 2 の部分と第 3 の部分を連結すると共に、前記第 2 の方向と比較して、第 1 の方向の長さが長い第 2 の板状体と、前記第 1 の部分を、前記第 2 の部分に対し前記第 1 の方向に駆動する第 3 の駆動機構と、前記第 2 の部分を前記第 3 の部分に対し前記第 2 の方向へ駆動する第 4 の駆動機構と、を備え、前記第 1 の駆動機構及び前記第 2 の駆動機構の少なくとも 1 つによる駆動が行われているときに、前記第 3 の駆動機構及び前記第 4 の駆動機構の少なくとも 1 つの駆動によって、前記第 1 の部分を前記第 2 の部分に押し当てるような押圧、及び前記第 2 の部分を前記第 3 の部分に押し当てるような押圧の少なくとも 1 つを実行することを特徴とする試料ステージ。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記第 1 の板状体は、前記第 1 の方向と第 2 の方向に直交する第 3 の方向の長さが、前

記第 1 の方向と比較して長く、及び前記第 2 の板状体は、前記第 3 の方向の長さが、前記第 2 の方向と比較して長く形成されることを特徴とする試料ステージ。

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記第 1 の板状体は、その板部が前記第 1 の方向に積層する蛇腹状に形成され、前記第 2 の板状体は、その板部が前記第 2 の方向に積層する蛇腹状に形成されることを特徴とする試料ステージ。

【請求項 4】

請求項 2 において、

前記第 1 の板状体は、前記第 1 の方向に対し、相対的に第 2 の方向の動作を規制するように形成され、前記第 2 の板状体は、前記第 2 の方向に対し、相対的に第 1 の方向の移動を規制するように形成されていることを特徴とする試料ステージ。

10

【請求項 5】

請求項 1 において、

前記第 1 の板状体、及び第 2 の板状体は、弾性ヒンジ構造を有することを特徴とする試料ステージ。

【請求項 6】

請求項 1 において、

前記第 1 の板状体は前記第 1 の部分と第 2 の部分との間に複数設けられ、前記第 2 の板状体は前記第 2 の部分と第 3 の部分との間に複数設けられることを特徴とする試料ステージ。

20

【請求項 7】

請求項 6 において、

前記複数の第 1 の板状体は、前記第 1 の部分の内側部に設けられると共に、前記第 2 の方向に延びると共に、当該第 1 の部分における第 1 の方向の中心を通過する仮想直線を中心とした対称位置に配置され、前記複数の第 2 の板状体は、前記第 2 の部分の内側部に設けられると共に、前記第 1 の方向に延びると共に、当該第 2 の部分における第 2 の方向の中心を通過する仮想直線を中心とした対称位置に配置されることを特徴とする試料ステージ。

【請求項 8】

30

請求項 1 において、

前記第 3 の駆動機構によって押圧される前記第 2 の部分の前記第 1 の部分との接触部に、押し当て部材を設け、前記第 4 の駆動機構によって押圧される前記第 3 の部分の前記第 1 の部分との接触部に、押し当て部材を設けてなることを特徴とする試料ステージ。

【請求項 9】

請求項 1 において、

前記第 3 の駆動機構、及び第 4 の駆動機構は、前記第 1 の駆動機構、及び第 2 の駆動機構による前記トップテーブルの移動の移動時間に、当該トップテーブルの移動停止時と比較して、強く前記第 2 の部分、及び第 3 の部分を押圧することを特徴とする試料ステージ。

40

【請求項 10】

テーブルを第 1 の方向に駆動する第 1 の駆動機構と、当該テーブルを前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向に駆動する第 2 の駆動機構と、試料を載置するトップテーブルを備えた試料ステージにおいて、

前記テーブルとトップテーブルの間に、当該トップテーブルを支持する支持部材を備え、

当該支持部材は、当該支持部材の外枠を形成する第 1 の部分と、当該第 1 の部分の内側に配置される第 2 の部分と、当該第 2 の部分の更に内側に配置される第 3 の部分を有し、前記第 1 の部分を、前記第 2 の部分に対し前記第 1 の方向に、第 2 の方向への移動を規制しつつ駆動する第 3 の駆動機構と、前記第 2 の部分を、前記第 3 の部分に対し前記第 2 の

50

方向に、第 1 の方向への移動を規制しつつ駆動する第 4 の駆動機構を備え、前記第 1 の駆動機構及び前記第 2 の駆動機構の少なくとも 1 つによる駆動が行われているときに、前記第 3 の駆動機構及び前記第 4 の駆動機構の少なくとも 1 つの駆動によって、前記第 1 の部分を前記第 2 の部分に押し当てるような押圧、及び前記第 2 の部分を前記第 3 の部分に押し当てるような押圧の少なくとも 1 つを実行することを特徴とする試料ステージ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、走査電子顕微鏡に代表される荷電粒子線装置等の試料ステージに係り、特に微小移動、或いは振動抑制を可能とする駆動機構が設けられた試料ステージに関する。

10

【背景技術】

【0002】

近年の半導体素子の微細化に伴い、製造装置のみならず、半導体素子を測定、検査、或いは評価する装置にもそれに対応した高精度化が要求されている。通常、半導体ウェハ上に形成したパターンの形状寸法を評価したり、形成されたウェハの欠陥を検査するために、走査型電子顕微鏡（以下、SEMと称す）が用いられている。

【0003】

SEMによるウェハの検査では、ウェハ上に電子線を照射し、得られた二次電子信号を画像処理し、その明暗の変化からパターンのエッジを判別して寸法を導き出したり、欠陥を観察したりする。ここで、前記した半導体素子の微細化に対応するためには、高い観察倍率において、よりノイズの少ない二次電子像を得ることが重要である。そこで、ウェハを搭載保持している試料ステージにはサブミクロンオーダーの高精度な位置決めと、位置決め停止後のナノメートルオーダーの振動抑制が要求される。

20

【0004】

特に位置決め停止後の振動（以下、残留振動と称す）については、ステージや駆動系の固有振動数での振動を抑制することが必要である。一般にステージや駆動系の固有振動数は数百Hz程度であり、それを抑制するために機構設計を工夫し減衰を大きくしたり、外乱の影響を抑えるため支持マウントの剛性を下げるなどの対策が行われているものの、ナノメートルオーダーの微小振動を完全に抑制することは非常に困難である。

【0005】

30

また、試料ステージの移動時間は、装置全体のスループットに大きく影響する。特に、大型半導体ウェハの搬送を行う試料ステージの場合では、ステージ移動時間を短縮し、スループットを向上することが求められる。

【0006】

このようにステージ装置には、高精度かつ高速な位置決めが可能であり、さらに残留振動を抑制することが求められており、これには一般的に回転モータとボールねじを用いた駆動機構やリニアモータなどの直動駆動機構を用いたサーボ制御システムが構成されている。

【0007】

40

しかしながら、ボールねじを用いた駆動機構では、ボールねじのバックラッシュや駆動系のガタなどによってサブミクロンオーダーの位置決め精度を実現することは困難である。また、リニアモータを用いた場合でも、レーザ干渉計などの高分解能な位置計測手段を用いればサブミクロンオーダーの高精度位置決めが実現できるものの、ステージ機構の固有周波数に応答周波数が制限されたり、駆動分解能の問題によってナノメートルオーダーの残留振動を抑制することは困難である。

【0008】

以上述べたような高速かつ高精度な位置決めを実現する機構として、ボールねじなどによって駆動される粗動ステージの上に、圧電素子によって駆動される微動ステージを搭載し、数十 μm オーダーでの粗動位置決めと数十nmオーダーの微動位置決めを行う技術がある（例えば、特許文献1参照）。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開平5-259263号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、特許文献1に示された技術によれば、微動ステージによる位置決めは可能であるが、ナノメートルオーダーの残留振動抑制に微動ステージを適用しようとした場合、その応答性に問題がある。すなわち、圧電素子の発生力には限りがあるため、数十 μ mのストロークを確保するためには可撓部の剛性を低くする必要がある。この場合、可撓部の剛性によって応答周波数が制限されるため機構系の固有振動数まで応答性を確保できない。一方、可撓部の剛性を高くした場合、数十 μ mのストロークを確保するためには圧電素子には非常に大きな発生力が必要となり、コストの増大や装置が複雑になるなど現実的ではない。

10

【0011】

さらに、より高速度、高加速度で粗動ステージを駆動した場合、微動ステージの可撓部はステージの慣性力を受け振動が発生する可能性がある。この振動は特に微動ステージを制御する際に問題となる。

【0012】

20

さらに、特許文献1の図1に示された微動ステージでは、2つの圧電素子に共に電圧が印加された場合、一方の圧電素子の変位が、他方の圧電素子のせん断方向に作用し、圧電素子にせん断方向の応力が発生するため、他方の圧電素子に負荷がかかる。

【0013】

以下に、大きな移動を可能とする移動機構の他に、微小移動を可能とする駆動機構を備えた試料ステージであって、一方の駆動機構の駆動に基づく、他方の駆動機構への影響を抑制しつつ、高精度な位置決め、或いは振動抑制を実現することを目的とする試料ステージについて説明する。

【課題を解決するための手段】

【0014】

30

上記目的を達成するための一態様として、テーブルを第1の方向に駆動する第1の駆動機構と、テーブルを第1の方向に直交する第2の方向に駆動する第2の駆動機構と、試料を載置するトップテーブルを備えた試料ステージにおいて、テーブルとトップテーブルの間に、トップテーブルを支持する支持部材を備え、当該支持部材は、当該支持部材の外枠を形成する第1の部分と、当該第1の部分の内側に配置される第2の部分と、当該第2の部分の更に内側に配置される第3の部分を有し、第1の部分と第2の部分を連結すると共に、第1の方向と比較して、第2の方向の長さが長い第1の板状体と、第2の部分と第3の部分を連結すると共に、第2の方向と比較して、第1の方向の長さが長い第2の板状体と、第1の部分を、第2の部分に対し前記第1の方向に駆動する第3の駆動機構と、第2の部分を、前記第3の部分に対し第2の方向へ駆動する第4の駆動機構と、を備えた試料ステージを提案する。

40

【発明の効果】

【0015】

上記構成によれば、微小移動のための駆動機構毎に、異なる部分を移動するように構成できるため、一方の駆動機構の影響を他方に及ぼすことなく、高精度な位置決め、或いは振動抑制のための駆動を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】試料ステージ装置の概略構成図である。

【図2】微小振動抑制機構の上面図である。

50

【図3】試料ステージの制御装置の一例を示す概念図である。

【図4】トップテーブルの位置、ステージの推力、及び圧電素子の駆動電圧の時間応答波形との関係の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

本実施例では、SEM、集束イオンビーム装置等の他の荷電粒子線装置、或いは他の測定、検査装置に用いられる試料ステージであって、特に半導体の測定、検査、或いは評価を目的にした装置に適用可能なステージ装置であって、高速かつ高精度な位置決めと極微小な残留振動の抑制することが可能なステージ装置および振動抑制機構について説明する。

10

【0018】

本実施例では、主にレーザ干渉計などを用いたトップテーブル位置検出機構とリニアモータなど高精度に位置決め可能な駆動機構と高い周波数まで応答可能な微小振動抑制機構とを備え、その微小振動抑制機構は、剛性の高い弾性支持要素と、応答性が高く駆動範囲の短い圧電素子を備えた試料ステージを例に採って説明する。また、高速移動時に慣性力による弾性支持部の振動を抑制するため、振動抑制機構の可動部をトップテーブルに押し当て、ロックする機構についても併せて説明する。

【0019】

駆動機構は、短いストロークに限定したことにより弾性支持要素の剛性を高くすることが可能であり、これにより圧電素子に要求される推力を過大にすることなく高い周波数（例えば駆動系の固有振動数）まで応答可能な微小振動抑制機構を構成することができる。

20

【0020】

この微小振動抑制機構をレーザ干渉計とリニアモータによって構成した高精度な位置決めを実現するサーボ系とともに用いることによって、高精度な位置決めと微小な残留振動の抑制を実現できる。

【0021】

さらに、リニアモータによってステージが高速度かつ高加速度で移動する際、振動抑制機構の可動部をトップテーブルに押し当てることで、弾性支持部がステージの慣性力によって振動することを抑制することができる。

【実施例1】

30

【0022】

以下、図面（図1～図4）を参照しながら、より詳細に、本実施例のステージ装置を説明する。

【0023】

図1は、ステージ装置の外観見取図である。図1において、ステージ機構は、ベース101に対してXガイド109a、bによってX方向（図1に示す座標軸のX方向）にのみ可動なXテーブル106と、同じくベース101に対してYガイド110a、bによってY方向（図1に示す座標軸のY方向）にのみ可動なYテーブル107とがある。なお、本実施例では、X方向を第1の方向、Y方向を第2の方向として説明する。

【0024】

40

Xテーブル106の両端には第1の駆動機構であるXモータ可動子103が固定され、Xモータ可動子103のコイルに電流を流すことで、ベース101に固定されたXモータ固定子102a、b（マグネット）との間に電磁気力による推力が発生する。同じくYテーブル107の両端には第2の駆動機構であるYモータ可動子105a、bが固定され、Yモータ可動子105a、bのコイルに電流を流すことで、ベース101に固定されたYモータ固定子104a、b（マグネット）との間に電磁気力による推力が発生する。

【0025】

Yテーブル107上にはXサブガイド111a、bによってサブテーブル108がYテーブル107上をX方向に可動に結合されている。Xテーブル106上にはYサブガイド112によって微小振動抑制機構2がXテーブル上をY方向に可動に結合されている。こ

50

のサブテーブル108および微小振動抑制機構2は連結部材113によって結合されている。さらに、微小振動抑制機構2にはトップテーブル114が結合され、トップテーブル114上にはウェハを保持するウェハホルダ117が固定されている。即ち、微小振動抑制機構2はトップテーブルの支持部材として機能する。

【0026】

以上の構成によれば、Xモータ(102および103)によってXテーブル106にX方向の推力を発生させれば、Xテーブル106、サブテーブル108、微小振動抑制機構2、トップテーブル114、およびウェハホルダ117をX方向に移動させることができる。同様にYモータ(104および105)によってYテーブル107にY方向の推力を発生させれば、Yテーブル107、サブテーブル108、微小振動抑制機構2、トップテーブル114、およびウェハホルダ117をY方向に移動させることができる。

10

【0027】

トップテーブル114上にはX方向およびY方向のそれぞれ一辺にバーミラー115a, bが取り付けられている。このバーミラー115a, bとレーザ干渉計116a, bとによってトップテーブル114a, bのX座標およびY座標をナノメートルオーダーで計測することができる。すなわち、以上の構成により、レーザ干渉計114a, bによって計測されたトップテーブル114の現在位置と目標位置を比較し、各軸のモータ可動子(103, 105)の電流を制御するようなサーボ制御系を構築することでトップテーブル114をXY平面内で精密に位置決めすることができる。

20

【0028】

図2は、微小振動抑制機構の上面図である。図2において、主に固定部材205(第3の部分)、中間部材206(第2の部分)、移動部材207(第1の部分)の大きな部材から構成される。概ね八角形の形状をした固定部材205は、図1における4本の連結部材113およびYサブガイド112の4個のスライドユニットに結合されている。また、移動部材207は、前記トップテーブル114に結合されている。更に、移動部材207は、Z軸方向から見て、微小振動抑制機構の外枠を構成し、中間部材206、固定部材205の順で外側から内側に配列されている。

【0029】

固定部材205と中間部材206は4個のY弾性支持部204によって結合されている。ここで、Y弾性支持部204は、弾性ヒンジ構造を用いることで、図中Y方向よりもX方向の剛性が高くなっている。

30

【0030】

中間部材206と移動部材207は4個のX弾性支持部203によって結合されている。ここでも同様にX弾性支持部203は、弾性ヒンジ構造を用いることで、図中X方向よりもY方向に剛性が高くなっている。

【0031】

弾性支持部材は、板状体が蛇腹状に積層された構造を為し、板状の厚さ方向に対し、板状体の長手方向(X方向或いはY方向)及びZ方向が、厚さ方向に対し長い平板構造となっている。このような構造によって、X方向、或いはY方向の一方の移動を許容する反面、他方の移動を規制する構造となっている。また、X弾性支持部203aと203d、及び203bと203cは、移動部材207のX方向中心を通過する仮想直線を中心とした対称位置に設置されている。同様に、Y弾性支持部204aと204d、及び204bと204cについても、移動部材207のY方向中心を通過する仮想直線を中心とした対称位置に設置されている。

40

【0032】

また、固定部材205と中間部材206の間には圧電素子Y202が設置されている。この圧電素子Y202は、電圧を印加することによってY方向に伸縮するように配置している。このような構成によれば圧電素子Y202に電圧を印加すれば、圧電素子の伸びによってY弾性支持部204が変形し、結果として中間部材206は固定部材205に対してY方向に変位を生ずる。同じく中間部材206と移動部材207の間には圧電素子X2

50

01が設置され、電圧を印加することでX弾性支持部203の変形によって移動部材207は中間部材206に対してX方向の変位を生ずる。

【0033】

以上のように構成すれば、圧電素子X201および圧電素子Y202に電圧を印加することで、移動部材207（ひいてはトップテーブル114およびウェハホルダ117）は回転移動を生じることなくXY方向に並進移動が可能である。さらに、それぞれの圧電素子にせん断応力（伸縮方向に垂直な方向の力）が生じないため、素子を破損する心配がない。

【0034】

ここで、この微小振動抑制機構2のストロークについてX方向を例に説明する。

10

【0035】

一定電圧を印加した圧電素子X201の伸びによってX弾性支持部203が変形し圧電素子X201の発生力とX弾性支持部203の反力が釣り合ったとすると、力のつり合いの関係は式1となる。

$$f = kx \quad \dots (式1)$$

【0036】

ここで、fは圧電素子X201の発生力、kは4つのX弾性支持部203の合成バネ定数、X弾性支持部203の変形量である。

【0037】

圧電素子X201の最大発生力を一定とするならば、(式1)より可動ストロークを確保するため変位量を大きくしようとする必要があり、逆に可動ストロークを小さくすればバネ定数kを大きくすることができる。

20

【0038】

本実施例においては、前記したレーザ干渉計とリニアモータを用いた構成によって高精度な位置決めが可能であるため、この微小振動抑制機構2は微動の機能は必要なく、微小な振動を抑制するための機能のみを持てばよい。よって、可動ストロークを小さくしバネ定数kを大きくすることが可能である。本実施例では、可動ストロークは数 μm のオーダーで設計した。

【0039】

バネ定数kを大きくすることによって、微小振動抑制機構2のX方向の固有振動数が高くなり、固有振動数が高くなると圧電素子X201の電圧を制御する際の応答周波数を高く設計できる。この応答周波数を制御したい周波数帯域（例えばステージ機構の一次固有振動数）より高く設計することで、所望の振動抑制性能が確保できる。すなわち、

30

(制御したい周波数) < (制御帯域) < (弾性ヒンジ固有振動数) < (圧電素子応答周波数) を満たすように設計する。

【0040】

次に、微小振動抑制機構2の形状について説明する。

【0041】

まず、X弾性支持部203は、中間部材206の四隅付近に配置するのが望ましい。これは、中間部材206がXYZそれぞれの軸まわりの回転剛性（慣性モーメント）を高くするためである。同様の理由で、Y弾性支持部204は、固定部材205の四隅付近に配置するのが望ましい。

40

【0042】

また、圧電素子X201および圧電素子Y202は、その伸縮方向が中心に向かうように設置する。これは、移動部材207および中間部材206にZ軸周りのモーメントを発生させないためである。

【0043】

一方、SEMを用いるような装置においては、トップテーブル114がX軸まわりおよびY軸まわりに回転するような振動や変形が発生すると、焦点ずれを引き起こし精度劣化に直結する。そのため、トップテーブル114のなす平面とベース101の平面とを平行

50

に保つように、X軸まわりおよびY軸まわりの剛性を高める必要がある。前述したように固定部材205は、連結部材113に結合されているため、4本の連結部材113は互いに間隔を空けて配置するのが望ましい。つまり、固定部材205は大きなX方向およびY方向に広くするのが良い。

【0044】

さらに、中間部材206はそれ自身が変形しないような剛性を確保する必要があるため、概ね四角フレーム構造となる中間部材の内角部分を大きく面取りをするようにし、固定部材205は概ね八角形の形状となるように設計した。

【0045】

なお、このような微小振動抑制機構2の形状によれば、固定部材205、中間部材206、移動部材207と各弾性支持部と圧電素子を同一平面内に構成でき、微小振動抑制機構2のZ方向の厚さを小さくすることができる。これにより、微小振動抑制機構2を搭載したステージ装置全体の高さを低くすることが可能であり、小型化や低コスト化が実現できる。

【0046】

次に、微小振動抑制機構2の押し当てロック機構について説明する。

【0047】

これまで述べた微小振動抑制機構2を前記したようにステージ装置に搭載し、高速度かつ高加速度でステージを移動させた場合、その移動時の慣性力により弾性支持機構を含む微小振動抑制機構2が振動することが考えられる。特に加速度が不連続に変化するような時刻においてはあらゆる周波数帯域での加振力が生じるため、振動を発生しやすい。このような振動が発生した場合、整定時間が長くなり高速な位置決めができなかったり、ステージ制御系が不安定になったり、圧電素子の劣化を引き起こす可能性がある。

【0048】

そこで、ステージ移動時に圧電素子によって押し当てロックする機構を設けた。

【0049】

まず、固定部材205には、圧電素子Y202と対向する位置に押し当て部材Y209が設計されている。圧電素子Y202に予め設定された電圧V1Yを印加すると、押し当て部材Y209は中間部材206に押し当てられるようにした。ここで電圧V1は、予備実験を行い押し当て部材Y209が確実に押し当たるような圧電素子X201の印加電圧を求めればよい。

【0050】

同様に中間部材206には、圧電素子X201と対向する位置に押し当て部材X208を設け、圧電素子X201に予め設定された電圧V1Xを印加することで押し当て部材X208が移動部材207に押し当てられるようにした。

【0051】

ここで、押し当て部材Y209と中間部材206の間隔および押し当て部材X208と移動部材207の間隔を押し当てギャップ量とすると、押し当てギャップ量は、

$(\text{圧電素子可動範囲}) > (\text{押し当てギャップ量}) > (\text{振動抑制可動範囲})$
を満たすように設計すればよい。

【0052】

以上のような押し当てロック機構によって、高速度かつ高加速度で動作するようなステージ移動時に、押し当てロック機構作用させることで、弾性支持部の振動を抑制することが可能であり、上述したような問題が発生しない。

【0053】

なお、本実施例における微小振動抑制機構2の弾性支持部203および204には、弾性ヒンジ構造を用いたが方向により剛性の異なる構成部品、例えば板バネや積層ゴムなどを用いて構成することも可能である。

【0054】

また、本実施例における微小振動抑制機構2の駆動手段には、圧電素子201および2

10

20

30

40

50

02を用いているが、同様の機能を有する他のアクチュエータを用いてもよい。

【0055】

図3は、本実施形態に係る制御構成を示す概念図である。図3では、説明を簡単にするため、X方向について主要な要素のみを記載している。

【0056】

図3において、制御装置3は、位置決め演算処理301、サーボアンプ302およびピエゾアンプ303から構成されている。

【0057】

位置決め演算処理301は、レーザ干渉計116から入力されるトップテーブルの現在位置情報をもとに、上位コントローラ304から駆動指令や目標位置の情報を受け取り、サーボアンプ302に推力指令を出力すると共に、ピエゾアンプ303に圧電素子の印加電圧を出力する。

【0058】

ここでサーボアンプ302に出力する推力指令の演算は、移動開始位置から目標位置に至る理想的な位置指令を例えば台形速度パターンを用いて算出し、この位置指令と現在位置との差分によって推力を算出するサーボ制御構成するのがよい。

【0059】

図4は、本実施形態に係るトップテーブルの位置およびステージの推力、圧電素子の駆動電圧の時間応答波形の一例を示す図である。

【0060】

図4において、電圧波形403は前記位置決め演算処理301によって生成される圧電素子の駆動電圧であり、推力波形402は前記位置決め演算処理301によって生成されるモータの駆動電圧であり、位置波形401はレーザ干渉計116によって計測されるトップテーブルの位置である。

【0061】

それぞれの波形は、整定時間(a)と移動時間(b)に分けられている。

【0062】

移動時間(b)では、位置決め演算処理301によってトップテーブルの移動を行うモータ推力を出力すると共に、圧電素子に電圧V1を印加している。電圧V1を印加された圧電素子は、前述した押し当てロック機構によって弾性支持部の振動を抑制し、トップテーブルは目標位置に高速に位置決めされる。

【0063】

整定時間(a)では、トップテーブルの現在位置をもとに圧電素子に印加する電圧を制御する。このとき、印加電圧は振動抑制機構の移動振幅を十分に確保するために予め設定した電圧V2を基準として電圧を制御する。この印加電圧制御には、例えば現在位置と目標位置の差分をもとに比例(P)制御や比例-積分(PI)制御などの制御方式を採用するのが良い。また、整定時間(a)において、モータ推力は圧電素子による振動抑制性能に影響を与えないよう、推力を一定にしたり、ローパスフィルタなどを用いて低い周波数帯域のみに応答するように制御する方法がよい。

【0064】

ここで、移動時間(b)から整定時間(a)に遷移する際、振動抑制機構の移動振幅を確保するため圧電素子の印加電圧を電圧V1から下げる必要がある。この時、圧電素子の収縮によりトップテーブルの位置が目標位置からずれて誤差を生じることが考えられる。

【0065】

このような場合には、予め印加電圧V1とV2での変位量 δ を測定しておき、モータ位置決め時に目標位置から δ だけ離れた位置に位置決めをする方法で解決できる。

【0066】

また、この他の方法として、移動時間(b)から整定時間(a)に遷移する直前に印加電圧を徐々にV1からV2へ変化させる方法も可能である。このようにすれば、移動時間(b)の終了直前にはステージ速度は小さく、大きな加速度が発生しないため弾性支持部

10

20

30

40

50

の振動が発生しないとともに、変位量 δ を含めてモータ位置決めが成され、さらに整定時間 (a) 開始時に印加電圧が V 2 とすることができる。

【0067】

さらに他の方法として、整定時間 (a) においては、ローパスフィルタやハイパスフィルタなどを用いて現在位置情報を高周波数成分と低周波数成分に分解し、低周波数成分をモータのサーボ制御によって制御し、高周波数成分を微小振動抑制機構によって制御する方法がある。このようにすれば、2つの制御系を同時に動作させることができる。さらに、移動時間 (b) から整定時間 (a) に遷移する際に、印加電圧を V 1 から V 2 へ低周波数で変化させるような電圧変化をフィードフォワード付加することで、印加電圧を V 1 から V 2 へ変化させた際の移動量 δ をモータのサーボ制御によって相殺し、トップテーブルの位置を変化させることなく印加電圧を V 2 に変化させることができる。

10

【0068】

以上述べたような構成よれば、半導体製造分野における半導体の検査や評価に用いる電子顕微鏡装置の試料ステージにおいて、高精度な位置決めとナノメートルオーダーの残留振動を抑制することが可能な微小振動抑制機構およびステージ装置が提供できる。

【符号の説明】

【0069】

2 微小振動抑制機構

3 制御装置

101 ベース

102 Xモータ固定子

103 Xモータ可動子

104 Yモータ固定子

105 Yモータ可動子

106 Xテーブル

107 Yテーブル

108 サブテーブル

109 a, b Xガイド

110 a, b Yガイド

111 Xサブガイド

112 Yサブガイド

113 連結部材

114 トップテーブル

115 バーミラー

116 レーザ干渉計

117 ウェハホルダ

201 圧電素子 X

202 圧電素子 Y

203 X弾性支持部

204 Y弾性支持部

205 固定部材

206 中間部材

207 移動部材

208 押し当て部材 X

209 押し当て部材 Y

20

30

40

フロントページの続き

- (72)発明者 小山 昌宏
茨城県ひたちなか市堀口832番地2
所内 株式会社 日立製作所 機械研究
- (72)発明者 松島 勝
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地
ズ 那珂事業所内 株式会社 日立ハイテクノロジー
- (72)発明者 福島 芳雅
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地
ズ 那珂事業所内 株式会社 日立ハイテクノロジー
- (72)発明者 首藤 亨
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地
ズ 那珂事業所内 株式会社 日立ハイテクノロジー

審査官 佐藤 仁美

- (56)参考文献 特開2010-123354 (JP, A)
特開平05-307092 (JP, A)
特開平05-335199 (JP, A)
特開2001-289274 (JP, A)
特開2009-252809 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G05D 3/00- 3/20、
H01J 37/20