

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6626283号
(P6626283)

(45) 発行日 令和1年12月25日(2019.12.25)

(24) 登録日 令和1年12月6日(2019.12.6)

(51) Int. Cl. F I
 H O 1 L 21/027 (2006.01) H O 1 L 21/30 5 O 2 D
 B 2 9 C 59/02 (2006.01) B 2 9 C 59/02 Z

請求項の数 4 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2015-147153 (P2015-147153)	(73) 特許権者	318010018 キオクシア株式会社 東京都港区芝浦三丁目1番21号
(22) 出願日	平成27年7月24日(2015.7.24)	(74) 代理人	100176599 弁理士 高橋 拓也
(65) 公開番号	特開2017-28173 (P2017-28173A)	(72) 発明者	松岡 康男 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝内
(43) 公開日	平成29年2月2日(2017.2.2)	(72) 発明者	野村 博 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝内
審査請求日	平成29年8月4日(2017.8.4)	(72) 発明者	廣島 雅人 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝内
前置審査			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インプリント装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

テンプレートのおもて面に形成されたテンプレートパターンと、レジストの配置された基板と、を接触させて、前記レジストを前記テンプレートパターンに充填させる接触処理部と、

インプリント工程の際に、前記テンプレート、前記レジストおよび前記基板の少なくとも1つから発生する力に基づいて、前記インプリント工程の異常判定を行う異常判定部と、

前記テンプレートの裏面側から前記テンプレートを固定する固定部と、

前記固定部の前記テンプレートを固定する側の面である底面側で且つ前記テンプレートの側面に配置され、 piezo素子および前記力を検出する検出部を有するアクチュエータと

を備え、

前記アクチュエータは、 d 3 3 モードの piezo素子と、 d 3 1 モードの piezo素子と、前記検出部と、が直列に接合されて構成されていることを特徴とするインプリント装置。

【請求項2】

前記力は、アコースティックエミッション波である、ことを特徴とする請求項1に記載のインプリント装置。

【請求項3】

前記検出部は、前記アコースティックエミッション波を検出する、ことを特徴とする請

求項 1 または 2 に記載のインプリント装置。

【請求項 4】

前記アクチュエータは、前記テンプレートの側面を押すことによって、前記テンプレートのサイズを調整する、ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のインプリント装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、インプリント装置およびインプリント方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

半導体装置を製造する際の工程の 1 つとして、インプリント法を用いた工程がある。このインプリント法では、原版の型（テンプレート）が基板上のレジストに押し当てられることによって、テンプレートパターンがレジストに転写される。

【0003】

しかしながら、インプリント法では、テンプレートをレジストに押し当てる際や、テンプレートをレジストから引き離す際などに、テンプレートの破損やショット間の共通欠陥が突発的に発生する場合がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0004】

【特許文献 1】特開 2012 - 235044 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 7750 号公報

【特許文献 3】特開 2000 - 21615 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明が解決しようとする課題は、インプリント工程における異常を容易かつ短時間で検出することができるインプリント装置およびインプリント方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

30

【0006】

実施形態によれば、インプリント装置が提供される。前記インプリント装置は、接触処理部と、異常判定部と、固定部と、アクチュエータと、を備えている。前記接触処理部は、テンプレートのおもて面に形成されたテンプレートパターンと、レジストの配置された基板と、を接触させる。これにより、前記接触処理部は、前記レジストを前記テンプレートパターンに充填させる。また、前記異常判定部は、インプリント工程の際に、前記テンプレート、前記レジストおよび前記基板の少なくとも 1 つから発生する力に基づいて、前記インプリント工程の異常判定を行う。前記固定部は、前記テンプレートの裏面側から前記テンプレートを固定する。前記アクチュエータは、前記固定部の前記テンプレートを固定する側の面である底面側で且つ前記テンプレート側面に配置されている。前記アクチュエータは、 piezoelectric element and a detection unit for detecting a force generated by the piezoelectric element in a d33 mode, and a piezoelectric element and a detection unit for detecting a force generated by the piezoelectric element in a d31 mode, and the detection unit, are connected in series to form a structure.

40

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】図 1 は、第 1 の実施形態に係るインプリント装置の構成を示す図である。

【図 2】図 2 は、インプリント工程の処理手順を説明するための図である。

【図 3】図 3 は、第 1 の実施形態に係るアクチュエータの構成を示す上面図である。

【図 4】図 4 は、第 1 の実施形態に係るアクチュエータの構成を示す断面図である。

【図 5】図 5 は、A E 計測系の構成を示す図である。

50

【図 6】図 6 は、第 1 の実施形態に係る制御装置の構成を示す図である。

【図 7】図 7 は、インプリント工程における検査処理手順を示すフローチャートである。

【図 8】図 8 は、校正用テンプレートの構成例を示す図である。

【図 9】図 9 は、A E 信号の縦波および横波を用いて異常発生位置を特定する方法を説明するための図である。

【図 10】図 10 は、弾性波を説明するための図である。

【図 11】図 11 は、複数の A E センサによる A E 波形の検出処理を説明するための図である。

【図 12】図 12 は、異常発生位置の特定方法を説明するための図である。

【図 13】図 13 は、異常検査装置を有したインプリント装置の構成例を示す図である。

【図 14】図 14 は、A E センサが配置されたテンプレートの構成例を示す図である。

【図 15】図 15 は、A E センサが配置された側面静電チャックの構成例を示す図である。

【図 16】図 16 は、A E センサが配置された上面静電チャックの構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下に添付図面を参照して、実施形態に係るインプリント装置およびインプリント方法を詳細に説明する。なお、これらの実施形態により本発明が限定されるものではない。

【0009】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、第 1 の実施形態に係るインプリント装置の構成を示す図である。図 1 では、インプリント装置 101 を Y 軸方向から見た場合の構成を示している。なお、本実施形態では、ウエハ W x の載置される面が X Y 平面であり、ウエハ W x の上面は Z 軸と垂直に交わっている。

【0010】

インプリント装置 101 は、光ナノインプリント処理などのインプリント処理を行う装置である。インプリント装置 101 は、ウエハ W x などの被転写基板（半導体基板）に、モールド基板であるテンプレート T x のテンプレートパターンを転写する。テンプレートは、主面が矩形状の板状部材を用いて形成された原版の型であり、テンプレートパターンは、回路パターンなどの凹凸パターンである。

【0011】

インプリント装置 101 は、ウエハ W x 上にステップ & リピート方式でウエハ W x の全面にレジストパターンを形成する。インプリント装置 101 は、インプリント処理の際に発生する異常（パターン欠陥など）をリアルタイムで検出する。

【0012】

本実施形態のインプリント装置 101 では、テンプレート T x の側面などに後述する A E センサ 50 X が配置されている。そして、A E センサ 50 X が、インプリント中の A E 信号を検出することによって、テンプレート T x と異物との接触、テンプレート T x の破損などを検出する。

【0013】

インプリント装置 101 は、原版ステージ 2 X、試料ステージ 5、基準マーク 6、アライメントセンサ 7、基板チャック 8、ステージベース 9、UV 光源 10、アクチュエータ 31 X を備えている。また、本実施形態のインプリント装置 101 は、制御装置 20 を備えている。

【0014】

試料ステージ 5 は、ウエハ W x を載置するとともに、載置したウエハ W x と平行な平面内（水平面内）を移動する。試料ステージ 5 は、転写材としてのレジスト 40 X が全面または略全面（エッジ以外の全面）に塗布されたウエハ W x を搬入して、テンプレート T x の下方側に移動させる。また、試料ステージ 5 は、ウエハ W x への押印処理を行う際には

10

20

30

40

50

、ウエハW x 上の各ショット位置を順番にテンプレートT x の下方側に移動させる。

【0015】

試料ステージ5上には、基板チャック8が設けられている。基板チャック8は、ウエハW x を試料ステージ5上の所定位置に固定する。また、試料ステージ5上には、基準マーク6が設けられている。基準マーク6は、試料ステージ5の位置を検出するためのマークであり、ウエハW x を試料ステージ5上にロードする際の位置合わせに用いられる。

【0016】

ステージベース9の底面側(ウエハW x 側)には、原版ステージ2 X が設けられている。原版ステージ2 X は、テンプレートT x の裏面側(テンプレートパターンの形成されていない側の面)からテンプレートT x を真空吸着などによって所定位置に固定する。

10

【0017】

また、原版ステージ2 X の底面側には、アクチュエータ3 1 X が設けられている。アクチュエータ3 1 X は、 piezoアクチュエータである。アクチュエータ3 1 X は、マニピレータの機能を有している。アクチュエータ3 1 X は、テンプレートT x の四方の側面側からテンプレートT x を押すことによって、テンプレートT x を所定のサイズに調整する。

【0018】

ステージベース9は、原版ステージ2 X によってテンプレートT x を支持するとともに、テンプレートT x のテンプレートパターンをウエハW x 上のレジスト4 0 X に押し当てる。ステージベース9は、上下方向(鉛直方向)に移動することにより、テンプレートT x のレジスト4 0 X への押し当てと、テンプレートT x のレジスト4 0 X からの引き離し(離型)と、を行う。

20

【0019】

インプリントに用いるレジスト4 0 X は、例えば、光硬化性などの特性を有した樹脂(光硬化剤)である。また、ステージベース9上には、アライメントセンサ7が設けられている。アライメントセンサ7は、ウエハW x の位置検出やテンプレートT x の位置検出を行うセンサである。

【0020】

UV光源10は、UV光などの光を照射する光源であり、ステージベース9の上方に設けられている。UV光源10は、テンプレートT x がレジスト4 0 X に押し当てられた状態で、透明なテンプレートT x 上からUV光を照射する。

30

【0021】

制御装置20は、インプリント装置101の各構成要素に接続され、各構成要素を制御する。図1では、制御装置20が、ステージベース9およびアクチュエータ3 1 X に接続されているところを図示しており、他の構成要素との接続は図示省略している。

【0022】

本実施形態の制御装置20は、後述するセンサ情報とインプリント時に発生した力(AE波など)を用いて、インプリント工程において異常が発生したか否かを判断する。制御装置20は、インプリント工程において異常が発生したと判断すると、インプリント処理の停止制御や、異常に関する情報(判定情報)の出力などを行う。また、制御装置20は、後述する校正用テンプレートT p を用いて、インプリント工程での異常発生位置を校正するための情報(センサ情報)を生成する。

40

【0023】

ウエハW x へのインプリントを行う際には、レジスト4 0 X が塗布または滴下されたウエハW x がテンプレートT x の直下まで移動させられる。そして、テンプレートT x がウエハW x 上のレジスト4 0 X に押し当てられる。

【0024】

なお、インプリント装置101は、テンプレートT x をレジスト4 0 X に押し当てる代わりに、レジスト4 0 X をテンプレートT x に押し当ててもよい。この場合、試料ステージ5がウエハW x 上のレジスト4 0 X をテンプレートT x に押し当てる。このように、イ

50

ンプリント装置101は、テンプレートTx(テンプレートパターン)をレジスト40Xに押し当てる際には、テンプレートTxと、レジスト40Xの配置されたウエハWxとの間の距離を所定の距離に近づける。これにより、テンプレートパターンとレジスト40Xとが接触させられる。なお、図1および以下の図2では、テンプレートTxが有しているザグリの図示を省略している。

【0025】

つぎに、インプリント工程の処理手順について説明する。図2は、インプリント工程の処理手順を説明するための図である。図2では、インプリント工程におけるウエハWxやテンプレートTxなどの断面図を示している。

【0026】

図2の(a)に示すように、ウエハWxの上面には、インクジェット方式によってレジスト40Xが滴下される。レジスト40Xは、光硬化性樹脂材料などのインプリント材料である。レジスト40Xには、low-k(低誘電率)膜や有機材料などが用いられる。

【0027】

レジスト40Xが滴下された後、図2の(b)に示すように、テンプレートTxがレジスト40X側に移動させられ、図2の(c)に示すように、テンプレートTxがレジスト40Xに押し当てられる。石英基板等を掘り込んで作られたテンプレートTxがレジスト40Xに接触させられると、毛細管現象によってテンプレートTxのテンプレートパターン内にレジスト40Xが流入する。テンプレートパターンは、プラズマエッチングなどで形成された凹凸パターンである。

【0028】

テンプレートTxとレジスト40Xとは、所定時間だけ接触させられる。これにより、レジスト40Xがテンプレートパターンに充填させられる。この状態でUV光源10からのUV光がテンプレートTxを介してレジスト40Xに照射されると、レジスト40Xが硬化する。

【0029】

この後、図2の(d)に示すように、テンプレートTxが、硬化したレジスト(レジストパターン)40Yから離型されることにより、テンプレートパターンを反転させたレジスト40YがウエハWx上に形成される。レジスト40Yは、接着層であるウエハWxと、凹凸パターンの凹部の底と、の間にわずかの残膜層を有している。残膜層は、例えば、10nmから数十nmの厚さである。インプリント装置101は、ウエハWx上の第1のショットへのインプリント処理を実行した後、ウエハWx上の第2のショットへのインプリント処理を実行する。

【0030】

つぎに、第1の実施形態に係るアクチュエータ31Xの構成について説明する。図3は、第1の実施形態に係るアクチュエータの構成を示す上面図である。図3では、アクチュエータ31XおよびテンプレートTxをZ軸方向から見た場合の上面図を示している。

【0031】

図3では、テンプレートTxを側面側から支持するアクチュエータ31Xが、アクチュエータ31R~34R, 31L~34L, 31T~34T, 31B~34Bである場合について説明する。

【0032】

テンプレートTxは、その中央領域に、テンプレートパターンが形成されたパターン領域71を有している。パターン領域71は、例えば矩形の領域である。パターン領域71は、テンプレートTxのおもて面側に形成されている。テンプレートTxは、裏面側から原版ステージ2Xによって固定されている。

【0033】

パターン領域71と、パターン領域71よりも外側の領域には、ザグリ(counter bore)72が設けられている。ザグリ72は、テンプレートTxの裏面側からテンプレートTxを所定の深さまで削りこんだものである。ザグリ72は、例えば、円柱状の穴形状を

10

20

30

40

50

有している。これにより、パターン領域 71 とその周辺部は、テンプレート T x の他の領域よりも薄くなっている。

【0034】

アクチュエータ 31 X は、テンプレート T x の側面を押すことができるよう、テンプレート T x の側面に配置されている。アクチュエータ 31 R ~ 34 R は、テンプレート T x の側面のうち、- X 方向を向いた側面を押す。アクチュエータ 31 L ~ 34 L は、テンプレート T x の側面のうち、+ X 方向を向いた側面を押す。アクチュエータ 31 T ~ 34 T は、テンプレート T x の側面のうち、+ Y 方向を向いた側面を押す。アクチュエータ 31 B ~ 34 B は、テンプレート T x の側面のうち、- Y 方向を向いた側面を押す。

【0035】

図 4 は、第 1 の実施形態に係るアクチュエータの構成を示す断面図である。図 4 では、アクチュエータ 31 X を Y 軸方向から見た場合の断面図を示している。なお、アクチュエータ 31 R ~ 34 R, 31 L ~ 34 L, 31 T ~ 34 T, 31 B ~ 34 B は、同様の構成を有しているため、ここではアクチュエータ 31 R の構成について説明する。

【0036】

アクチュエータ 31 X の一例であるアクチュエータ 31 R は、 piezo 素子 31, 33、AE (アコースティックエミッション) センサ 50 X を用いて構成されている。アクチュエータ 31 R では、piezo 素子 31 と、piezo 素子 33 と AE センサ 50 X とが直結されて、棒形状をなしている。

【0037】

アクチュエータ 31 R の長手方向の一方の端部には、AE センサ 50 X が配置されており、他方の端部には、piezo 素子 31 が配置されている。そして、AE センサ 50 X と piezo 素子 31 との間に piezo 素子 33 が配置されている。

【0038】

アクチュエータ 31 R は、例えば、一方の端部である AE センサ 50 X でテンプレート T x の側面を押すことができる位置に配置される。なお、piezo 素子 31, 33 と AE センサ 50 X は、アクチュエータ 31 X 内の何れの位置に配置されてもよい。

【0039】

piezo 素子 31 は、d31 モードの piezo 素子であり、piezo 素子 33 は、d33 モードの piezo 素子である。ここでの piezo 素子 31 は、X 方向に伸縮可能なようアクチュエータ 31 X 内に配置される。また、piezo 素子 33 は、Z 方向に伸縮可能なようアクチュエータ 31 X 内に配置される。

【0040】

また、AE センサ 50 X は、piezo 素子などを用いて構成されたセンサである。AE センサ 50 X は、インプリント工程における異常を検出する。具体的には、AE センサ 50 X は、テンプレート T x と異物との接触、テンプレート T x の破損などによって発生する AE 波を検出する。

【0041】

アクチュエータ 31 X がテンプレート T x の側面を押す際には、piezo 素子 33 によってテンプレート T x の X 方向および Y 方向の歪みが調整される。具体的には、アクチュエータ 31 R ~ 34 R, 31 L ~ 34 L によってテンプレート T x の X 方向の歪みが調整され、アクチュエータ 31 T ~ 34 T, 31 B ~ 34 B によってテンプレート T x の Y 方向の歪みが調整される。

【0042】

piezo 素子 31 は、Z 方向に伸縮することによってテンプレート T x を Z 方向に振動させる。テンプレート T x は、レジスト 40 X の充填の際に、piezo 素子 31 によって Z 方向に振動させられる。これにより、レジスト 40 Y からのテンプレート T x の離型が容易になる。

【0043】

なお、AE センサ 50 X を備えたアクチュエータ 31 X は、16 個に限らず、いくつで

10

20

30

40

50

あってもよい。A Eセンサ50Xを備えたアクチュエータ31Xが、少なくとも3つ配置されることによって、異常の発生した位置を正確に検出することが可能となる。

【0044】

アクチュエータ31Xは、例えば、4個1組として配置される。この場合、テンプレートTxの4つの側面に1つずつのアクチュエータ31Xが配置される。アクチュエータ31Xは、テンプレートTxから見て、X方向で対向する位置に2つ配置され、Y方向で対向する位置に2つ配置される。

【0045】

本実施形態では、アクチュエータ31R~34Rは、それぞれアクチュエータ31L~34Lに対してX方向の対向する位置に配置されている。アクチュエータ31T~34Tは、それぞれアクチュエータ31B~34Bに対してY方向の対向する位置に配置されている。なお、アクチュエータ31Xは、2個1組として配置されてもよい。

10

【0046】

A Eセンサ50Xは、テンプレートTxの側面と接触する面(周波数を検出する面)が小さいほど、接触面積に起因する測定誤差が小さくなる。したがって、A Eセンサ50Xのうち、テンプレートTxの側面と接触する面(A E波を検出する面)は、小さく構成しておく方が望ましい。

【0047】

なお、A Eセンサ50Xは、A Eセンサ50X毎に計測対象範囲(A E波の検知周波数)が異なってもよい。例えば、アクチュエータ31R, 31L, 31T, 31BのA Eセンサ50Xは、第1の周波数帯域を検知し、アクチュエータ32R, 32L, 32T, 32BのA Eセンサ50Xは、第2の周波数帯域を検知するよう構成しておいてもよい。また、アクチュエータ33R, 33L, 33T, 33BのA Eセンサ50Xは、第3の周波数帯域を検知し、アクチュエータ34R, 34L, 34T, 34BのA Eセンサ50Xは、第4の周波数帯域を検知するよう構成しておいてもよい。

20

【0048】

また、A Eセンサ50Xが配置される位置は、テンプレートTxの底面側(アクチュエータ31X内)に限らず、何れの位置でもよい。例えば、A Eセンサ50Xは、原版ステージ2Xの上面側、側面側、原版ステージ2X内などに配置されてもよい。また、A Eセンサ50Xは、テンプレートTxの上面側や側面側などに配置されてもよい。また、A Eセンサ50Xは、基板チャック8の側面側、底面側、基板チャック8内などに配置されてもよい。また、A Eセンサ50Xは、ウエハWxの上面側や側面側などに配置されてもよい。

30

【0049】

また、A Eセンサ50Xは、配置される位置毎に異なる検知周波数を計測対象としてもよい。例えば、原版ステージ2Xの近傍に配置されるA Eセンサ50Xは、テンプレートTxおよび原版ステージ2Xの部材や形状に応じた検知周波数が計測対象とされる。また、基板チャック8の近傍に配置されるA Eセンサ50Xは、テンプレートTxおよび基板チャック8の部材や形状に応じた検知周波数が計測対象とされる。

【0050】

図5は、A E計測系の構成を示す図である。A E計測系55は、A Eセンサ50Xと、プリアンプ51と、BPF(Band Pass Filter)52と、メインアンプ53とが直列接続されて構成されている。

40

【0051】

A Eセンサ50Xは、検出したA E波をA E信号としてプリアンプ51に送る。プリアンプ51は、A E信号を増幅してBPF52に送る。BPF52は、フィルタ回路であり、A E信号のうちの所定範囲の周波数のみを通過させてメインアンプ53に送る。メインアンプ53は、BPF52から送られてきたA E信号を増幅させて、AD変換器(図示せず)側へ送る。A E信号は、AD変換器でAD変換された後、制御装置20に入力される。

50

【 0 0 5 2 】

図 6 は、第 1 の実施形態に係る制御装置の構成を示す図である。制御装置 2 0 は、A E 信号入力部 2 1、センサ情報生成部 2 2、比較信号入力部 2 3、センサ情報記憶部 2 4、比較信号記憶部 2 5 を有している。また、制御装置 2 0 は、異常判定部 2 7、指示出力部 2 8、判定情報出力部 2 9 を有している。

【 0 0 5 3 】

A E 信号入力部 2 1 へは、外部装置から送られてくる A E 信号（波形）が入力される。A E 信号入力部 2 1 は、A E 信号を異常判定部 2 7 に送る。比較信号入力部 2 3 へは、テンプレート T x で異常が発生した場合に発生すると予測される A E 信号が入力される。比較信号入力部 2 3 へ入力される A E 信号は、異常の発生や異常の種類などを判定する際に比較対象として用いられる比較用の A E 信号である。比較用の A E 信号には、テンプレート T x と異物とが接触した際の A E 信号、テンプレート T x が破損した際の A E 信号などがある。なお、比較信号入力部 2 3 へは、比較用の A E 信号の代わりに、比較用の基準値などが入力されてもよい。

10

【 0 0 5 4 】

比較信号入力部 2 3 へは、比較用の A E 信号が外部入力される。比較信号入力部 2 3 は、比較用の A E 信号を比較信号記憶部 2 5 に記憶させる。比較信号記憶部 2 5 は、比較用の A E 信号を記憶するメモリなどである。

【 0 0 5 5 】

センサ情報生成部 2 2 へは、指示出力部 2 8 から送られてくる第 1 の位置情報が入力される。第 1 の位置情報は、校正用テンプレート T p に対して意図的に異常を発生させる位置の情報（座標）である。また、センサ情報生成部 2 2 へは、異常判定部 2 7 から送られてくる第 2 の位置情報が入力される。第 2 の位置情報は、異常判定部 2 7 で解析された実際の異常の発生位置を示す情報である。

20

【 0 0 5 6 】

センサ情報生成部 2 2 は、第 1 および第 2 の位置情報に基づいて、センサ情報を生成する。センサ情報は、異常発生位置の校正に用いられる。センサ情報は、A E センサ 5 0 X を用いて検出された異常発生位置と、実際の異常発生位置との差分を示す情報である。

【 0 0 5 7 】

第 1 の位置情報は、意図的に校正用テンプレート T p で異常を発生させた際の異常発生位置を示している。換言すると、第 1 の位置情報は、実際に異常が発生した位置を示している。また、第 2 の位置情報は、A E センサ 5 0 X を用いて特定された異常の発生位置を示している。したがって、第 1 の位置情報と第 2 の位置情報との差が、A E センサ 5 0 X の配置面積などに起因する検出の位置誤差である。センサ情報生成部 2 2 は、センサ情報をセンサ情報記憶部 2 4 に記憶させる。センサ情報記憶部 2 4 は、センサ情報を記憶するメモリなどである。

30

【 0 0 5 8 】

異常判定部 2 7 は、A E 信号入力部 2 1 から送られてくる A E 信号を解析する。異常判定部 2 7 は、センサ情報が生成される際には、校正用テンプレート T p で発生させた A E 信号を解析し、異常の発生した位置を特定する。異常判定部 2 7 は、校正用テンプレート T p での異常発生位置を第 2 の位置情報として、センサ情報生成部 2 2 に送る。

40

【 0 0 5 9 】

また、異常判定部 2 7 は、インプリント処理の際には、インプリント処理の際に発生した A E 信号を解析して異常発生位置を特定する。そして、異常判定部 2 7 は、特定した異常発生位置を、センサ情報に基づいて校正する。さらに、異常判定部 2 7 は、校正後の A E 信号と、比較用の A E 信号と、を比較することによって、テンプレート T x で異常が発生したか否かを判定する。

【 0 0 6 0 】

異常判定部 2 7 は、比較用の A E 信号に対する校正後の A E 信号の類似度が所定の範囲内である場合に、異常が発生したと判定する。なお、異常判定部 2 7 は、校正後の A E 信

50

号の波形要素（振幅など）が、比較用の基準値よりも大きい場合に、異常が発生したと判断してもよい。

【0061】

本実施形態の異常判定部27は、テンプレートTx、レジスト40X、40YおよびウエハWxの少なくとも1つから発生するAE波に基づいて、インプリント工程の異常判定を行う。なお、異常判定部27は、レジスト40XへのテンプレートTxの押印工程時、UV光の照射によるレジスト40Xの硬化工程時、離型工程時などのインプリント工程時の何れの工程において異常を検出してもよい。これにより、テンプレートTxの損傷具合、レジスト40X、40Yの損傷具合、ウエハWxの損傷具合などを判定することが可能となる。

10

【0062】

異常判定部27は、異常が発生したと判定した場合には、発生した異常に応じた制御指示をステージベース9などに送る。異常判定部27は、例えば、テンプレートTxの修復が困難な異常に近づいていると判定した場合、インプリント処理の停止指示などを指示出力部28に送る。

【0063】

また、異常判定部27は、判定結果を判定情報出力部29に送る。判定情報出力部29は、判定結果を表示装置（図示せず）などの外部装置に送る。これにより、判定結果が表示装置などで表示される。ここでの判定結果は、テンプレートTxでの異常の発生位置、異常の種類などである。

20

【0064】

指示出力部28は、インプリント装置101内の各構成要素に種々の指示情報を送信する。指示出力部28は、テンプレートTxを搬入する際には、原版ステージ2X、試料ステージ5、アライメントセンサ7、基板チャック8、ステージベース9、アクチュエータ31XなどにテンプレートTxの搬入や固定に関する指示情報を送信する。

【0065】

また、指示出力部28は、インプリント処理の際には、原版ステージ2X、試料ステージ5、アライメントセンサ7、ステージベース9、UV光源10、アクチュエータ31Xなどに、インプリント位置に関する指示やテンプレートTxの位置補正に関する指示などを送信する。

30

【0066】

また、指示出力部28は、センサ情報が生成される際には、校正用テンプレートTpに電流を流す指示を後述する端子に送信するとともに、電流を流させる位置の情報を第1の位置情報としてセンサ情報生成部22に送る。

【0067】

また、指示出力部28は、異常判定部27からインプリント処理の停止指示などが送られてきた場合には、インプリント装置101内の各構成要素にインプリント処理の停止指示を送信する。

【0068】

図7は、インプリント工程における検査処理手順を示すフローチャートである。インプリント装置101の制御装置20へは、予め比較用のAE信号または比較用の基準値を入力しておく。また、インプリント処理が開始される前に、校正用テンプレートTpが作製される（ステップS10）。校正用テンプレートTpは、センサ情報の取得に用いられるテンプレートである。

40

【0069】

図8は、校正用テンプレートの構成例を示す図である。図8では、校正用テンプレートTpをXY平面で切断した場合の断面図を示している。なお、図8では、アクチュエータ31Xの図示を省略している。また、8つのAEセンサ50Xが校正用テンプレートTpの側面側に配置されている場合を示している。

【0070】

50

校正用テンプレートTpは、テンプレートTxと同様の部材で形成されており、テンプレートTxと同様の形状を有している。校正用テンプレートTpの裏面側には、導電性の配線36が形成されている。この配線36は、X方向とY方向とに所定間隔で配置されている。換言すると、配線36は、ラインパターンであり、X方向およびY方向にメッシュ状に配置されている。X方向の配線36とY方向の配線36とは、校正用テンプレートTpの裏面上で交差している。この交差している点(交差点)が、所定の周期でX方向およびY方向に並ぶよう、配線36は配置されている。

【0071】

各配線36は、校正用テンプレートTpよりも外側の領域で端子に接続されている。この端子は、外部との接続用端子である。X方向の配線36は、+X方向に配置された端子35Rと-X方向に配置された端子35Lとに接続されている。例えば、X方向の配線36がN本(Nは自然数)である場合、端子35R、35Lは、N個ずつ配置される。そして、1本の配線36に対して1つの端子35Rと、1つの端子35Lとが接続される。

10

【0072】

同様に、Y方向の配線36は、+Y方向に配置された端子35Tと-Y方向に配置された端子35Bとに接続されている。例えば、Y方向の配線36がM本(Mは自然数)である場合、端子35T、35Bは、M個ずつ配置される。そして、1本の配線36に対して1つの端子35Tと、1つの端子35Bとが接続される。

【0073】

端子35R、35L、35T、35Bは、原版ステージ2Xの底面側に配置されている。なお、以下の説明では、端子35R、35L、35T、35Bを端子35Xという場合がある。

20

【0074】

センサ情報が取得される際には、上述した端子35Xのうちの何れかの端子に対して選択的に電流が流される。例えば、X方向の端子として、端子35R内の1つの端子と、この端子に配線36を介して接続されている端子35Lと、が選択される。また、Y方向の端子として、端子35T内の1つの端子と、この端子に配線36を介して接続されている端子35Bと、が選択される。

【0075】

そして、選択されたX方向の端子間と、Y方向の端子間とに、電流が流される。これにより、選択されたX方向の端子間の配線36と、選択されたY方向の端子間の配線36と、の交点がショートする。この結果、ショートした交点の位置でテンプレートTxからAE波が発生する。このAE波が、AEセンサ50Xによって検出される。

30

【0076】

なお、校正用テンプレートTpは、図8に示した構成に限らず他の構成であってもよい。例えば、疑似欠陥などを配置しておいたテンプレートを校正用テンプレートTpとしてもよい。この場合、FIB(Focused Ion Beam)などによって、テンプレートTp上に異物を形成しておく。

【0077】

作製された校正用テンプレートTpは、インプリント装置101に搬入される(ステップS20)。原版ステージ2Xは、搬入された校正用テンプレートTpを、裏面側から真空吸着して固定する。また、アクチュエータ31Xは、校正用テンプレートTpの側面を押す。これにより、校正用テンプレートTpが、底面側および側面側で固定される。

40

【0078】

この後、制御装置20は、校正用テンプレートTpの端子35Xに対して順番に電流を流す。指示出力部28は、例えば、配線36によってL個の交差点が形成されている場合、L個の交差点が順番にショートするよう電流を流させる。交差点でショートが発生すると、AEセンサ50Xが、ショートによって発生したAE波を検出する。このAE波に対応するAE信号は、異常判定部27に送られる。

【0079】

50

そして、異常判定部 27 は、A E 信号に基づいて、異常発生位置を特定する。異常判定部 27 は、特定した異常発生位置を第 2 の位置情報としてセンサ情報生成部 22 に送る。また、ショートを発生させた交差点の位置を示す情報が、第 1 の位置情報として指示出力部 28 からセンサ情報生成部 22 に送られる。

【0080】

センサ情報生成部 22 は、第 1 および第 2 の位置情報に基づいて、センサ情報を生成する。そして、センサ情報生成部 22 は、生成したセンサ情報をセンサ情報記憶部 24 に送る。これにより、制御装置 20 は、センサ情報を取得する(ステップ S30)。

【0081】

欠陥などの異常が発生する際には、物理的な破壊現象を起こした際に A E 信号が発生する事が判っている。ここで、A E センサ 50 X を用いた異常発生位置の特定方法について説明する。図 9 は、A E 信号の縦波および横波を用いて異常発生位置を特定する方法を説明するための図である。

【0082】

テンプレート T x で亀裂などの異常が発生した際の A E 信号には、縦波(P波) 65 と横波(S波) 66 とが含まれている。縦波 65 は、例えば、テンプレート T x や校正用テンプレート T p 内を、5770 m/sec で伝播する。また、横波 66 は、例えば、テンプレート T x や校正用テンプレート T p 内を、3462 m/sec で伝播する。

【0083】

異常判定部 27 は、比較用の A E 信号の一例として、信号波形に対する閾値(基準値) V0 を設定しておく。この閾値 V0 は、所定の振幅を示している。異常判定部 27 は、縦波 65 の信号波形が閾値 V0 に到達した時刻 T a を、縦波 65 の到達タイミングであると判断する。また、異常判定部 27 は、横波 66 の信号波形が閾値 V0 に到達した時刻 T b を、横波 66 の到達タイミングであると判断する。

【0084】

異常判定部 27 は、時刻 T a から時刻 T b までの経過時間 T 1 ($T 1 = T b - T a$) を算出する。経過時間 T 1 は、縦波 65 が到達してから横波 66 が到達するまでの時間(P波/S波到達時間差)である。異常判定部 27 は、経過時間 T 1、縦波 65 の伝播速度、横波 66 の伝播速度を用いて、A E センサ 50 X から異常発生位置までの距離を算出する。

【0085】

なお、異常判定部 27 は、縦波 65 および横波 66 に加えて、表面波(R波)の到達速度および伝播速度を用いて、A E センサ 50 X から異常発生位置までの距離を算出してもよい。また、異常判定部 27 は、縦波 65、横波 66 および表面波の少なくとも 2 つの波を選択し、選択した波の到達速度および伝播速度を用いて、A E センサ 50 X から異常発生位置までの距離を算出してもよい。

【0086】

なお、信号波形に対する閾値は、A E 信号の弾性波の周波数、振幅、波形形状、発生時間および発生間隔に対して設定されてもよい。この場合、異常判定部 27 は、検出された信号波形の周波数、振幅、波形、発生時間および発生間隔の少なくとも 1 つと、予め設定しておいた少なくとも 1 つの閾値と、を比較することによって異常判定を行う。また、信号波形に対する閾値は、異常の種類毎に設定されてもよいし、異常の度合い毎に設定されてもよい。

【0087】

異常判定部 27 は、複数の A E センサ 50 X に対して、A E センサ 50 X から異常発生位置までの距離を算出する。そして、異常判定部 27 は、算出した複数の距離に基づいて、異常発生位置を特定する。なお、異常判定部 27 は、複数の A E センサ 50 X で検出された A E 信号の検出タイミングの時間差に基づいて、異常発生位置を特定してもよい。

【0088】

異常判定部 27 は、特定した異常発生位置を第 2 の位置情報としてセンサ情報生成部 2

10

20

30

40

50

2へ送る。異常判定部27は、交差点の位置である実際の異常発生位置（第1の位置情報）と、第2の位置情報と、に基づいて、センサ情報を生成する。センサ情報は、センサ情報記憶部24で記憶される。

【0089】

第2の位置情報が特定された後、校正用テンプレートTpは、インプリント装置101から搬出される（ステップS40）。この後、インプリントに用いられるテンプレートTxがインプリント装置101に搬入される（ステップS50）。

【0090】

原版ステージ2Xは、搬入されたテンプレートTxを、裏面側から真空吸着して固定する。また、アクチュエータ31Xは、テンプレートTxの側面を押す。これにより、テンプレートTxが、底面側および側面側で固定される。そして、インプリント処理が開始される（ステップS60）。

10

【0091】

インプリント装置101は、レジスト40Xが配置されたウエハWxに対して、テンプレートTxを押し当てる。そして、インプリント装置101は、硬化したレジスト40YからテンプレートTxを引き離す。インプリント装置101では、インプリント処理の間、AEセンサ50XがAE波形の検出を行う。

【0092】

AEセンサ50XがAE波形を検出すると（ステップS70）、AE波形に対応するAE信号が制御装置20のAE信号入力部21に送られる。このAE信号は、異常判定部27に送られる。異常判定部27は、AE信号に基づいて、異常発生位置を算出する（ステップS75）。

20

【0093】

さらに、異常判定部27は、センサ情報を用いて、異常発生位置を校正する（ステップS80）。また、異常判定部27は、AEセンサ50XからのAE信号と、比較用のAE信号と、を比較することによって、テンプレートTxなどで異常が発生したか否かを判定する（ステップS90）。異常判定部27は、比較用のAE信号に対する、AEセンサ50XからのAE信号の類似度が所定の範囲内である場合に、異常が発生したと判定する。

【0094】

異常判定部27は、異常が発生したと判定した場合には、発生した異常がテンプレートTxの修復が困難な状態に近づいているか否かを判定する（ステップS100）。異常判定部27は、テンプレートTxの修復が困難な状態に近づいていると判定した場合（ステップS100、Yes）、インプリント処理の停止指示（中断指示）などを指示出力部28に送る。

30

【0095】

指示出力部28は、インプリント処理の停止指示を、インプリント装置101内の各構成要素に送信する。これにより、インプリント処理が停止する（ステップS110）。さらに、異常判定部27は、判定結果を判定情報出力部29に送る。

【0096】

また、異常判定部27は、テンプレートTxの修復が困難な状態には近づいていないと判定した場合（ステップS100、No）、インプリント処理を停止させることなく、判定結果を判定情報出力部29に送る。判定情報出力部29は、判定結果を表示装置などに送信する（ステップS120）。

40

【0097】

なお、異常判定部27は、異常状態に応じた処理を実行してもよい。例えば、異常判定部27は、AE信号の所定要素が第1の基準値を超えた場合に第1の処理を実行し、AE信号の所定要素が第P（Pは自然数）の基準値を超えた場合に第Pの処理を実行してもよい。第1の処理は、例えば、異常の予兆報告を判定情報出力部29に送る処理である。また、第Pの処理は、例えば、ウエハWxをリワークさせる通知を判定情報出力部29に送る処理である。また、インプリント装置101は、インプリント工程にて、異常の度合い

50

などを学習し、異常の度合いに応じた処理を実行してもよい。

【0098】

このように、本実施形態では、インプリント工程時の異常をインプリント工程の中(IN-SITU)で検出する。そして、異常検出のリアルタイム性を生かして、欠陥が発生する前に、その予兆を捉えて未然に欠陥発生などを防止する。インプリント工程では、何らかの原因でレジスト40Yに欠陥が発生する場合がある。欠陥の原因には、例えば、(1)レジスト40Xの充填不良がある。この充填不良は、ダストや、離型時のレジスト剥がれなどが原因で発生する。

【0099】

また、欠陥の原因には、(2)気泡、微小泡、インクジェットバブル、(3)テンプレートパターンの凹部での異物の詰まり、(4)ウエハWx上の異物、(5)大きな欠陥などがある。このような原因によってレジスト40Yの残膜部分が剥がれるなどしてウエハWxの表面がむき出しになる場合がある。

【0100】

また、インプリントショット毎に共通した位置に発生する欠陥(共通欠陥)がある。このような欠陥は、テンプレートTxの破損(ひび割れ、破壊)、レジスト40Xのごみ噛み、レジスト40Xのひび割れ、レジスト40Xの破壊などが原因となっている。

【0101】

また、微小で欠陥にはならないサイズのレジストごみ噛みが欠陥の種となる場合がある。この場合、インプリントショットが繰り返し継続される際に欠陥が成長して欠陥サイズが大きくなり、成長欠陥となる。このような成長欠陥は、異常判定部27が、AE信号に所定の処理を実行することによって、欠陥サイズが所定値に達する前に予兆として、捉えることができる。この場合、異常判定部27は、AE信号のショット毎の変化に基づいて異常の予兆を判定する。このように、インプリント装置101は、加工工程におけるAE信号の発生を識別することによって、通常と違った異常状態に至る予兆システムとして動作することができる。

【0102】

また、ウエハWxの全面にテンプレートパターンがインプリントされるfullフィールドのインプリント処理と、ウエハWxの周辺へのインプリント処理とでは、インプリント面積が異なる。このため、テンプレートTxが離型される際に、テンプレートTxとレジスト40Yとの間に生じる離型力(摩擦力)も異なる。異常判定部27は、この離型力の変化を判定してもよい。これにより、離型力の変化をインプリントの離型力制御にフィードバックさせることが可能となる。

【0103】

また、インプリント装置101は、インクジェット方式のレジスト滴下装置を備えている。このレジスト滴下装置は、1ショットずつライン状に配置されたスキャンノズル(ピエゾ素子)で、レジスト40Xを塗布する。この構成に対し、AEセンサ50Xをスキャンノズルの近傍に設置しておくことで、レジスト40Xの流量、流動に関しても間接的にモニターすることが可能となる。

【0104】

また、レジスト材料の素材の安定化管理や、インプリント装置101を使い始める際に事前にレジスト40Xの流し試験をする場合がある。このような管理や試験の際に、AEセンサ50Xを用いて、レジスト40Xの流れ状態を確認してもよい。

【0105】

また、レジスト40Xが押印される際には、レジスト40Xが泡を噛む場合や、レジスト40Xが充填不良となる場合がある。これらの場合不特定形状の巨大欠陥が形成されることとなるが、このような状態をAEセンサ50Xを用いて検出してもよい。

【0106】

また、レジスト40Xの粘度が周辺環境が原因で変動した場合、テンプレートパターンの凹凸部分に沿って毛細管現象で隣の領域までレジスト40Xが流れてUV硬化すること

10

20

30

40

50

がある。この場合も、A E センサ 5 0 X を用いて、異常発生位置である A E 発生源や欠陥サイズなどを特定してもよい。なお、上述した異常判定の処理例は一例であり、インプリント装置 1 0 1 による異常判定処理は上述した例に限定されるものではない。

【 0 1 0 7 】

ここで、A E 波について説明する。アコースティックエミッション (A E) は、個体材料内部の微小な破壊、あるいは、それと同様なエネルギー解放過程によって発生する弾性波動現象である。例えば、A E は、テンプレート T x やウエハ W x などの部材が変形したり、部材に亀裂が発生したりする際に、部材が内部に蓄えていた歪みエネルギーを弾性波として放出する現象である。

【 0 1 0 8 】

また、テンプレート T x とレジスト 4 0 Y との間、レジスト 4 0 Y とウエハ W x との間、テンプレート T x とウエハ W x との間などに異物が入り込む場合がある。このような場合、テンプレート T x と異物との接触、レジスト 4 0 Y と異物との接触、ウエハ W x と異物との接触などによって、個体材料内部に微小な破壊が発生する。この場合にも、A E 波が発生する。

【 0 1 0 9 】

本実施形態では、この A E 波をテンプレート T x の側面などに設置した変換子すなわち A E センサ 5 0 X で検出し、信号処理を行うことによって破壊過程を評価する。検出される A E 信号は通常、数 k H z ~ 数 M H z の周波数帯域を持っている。例えば、石英の場合、A E 信号は、1 5 k H z ~ 2 0 k H z の周波数領域に成分をもつ信号であり、金属材料では 1 0 0 ~ 1 0 0 0 k H z の周波数領域に成分をもつ信号である。

【 0 1 1 0 】

A E センサ 5 0 X には、P Z T (ジルコン酸チタン酸鉛) などの圧電素子 (ピエゾ素子) が用いられる。A E センサ 5 0 X は、接着剤やシリコングリースなどの音響カップラを介してテンプレート T x の側面などに密着させて A E 信号を検出する。

【 0 1 1 1 】

A E 波には大きく分けて連続型と突発型の 2 つがある。主として塑性変形の際に出る連続型 A E の発生と特性に関しては、その計測において A E の計数率と計数総数を得ることを目的とすることが多い。一方、突発型 A E は、構造材の微小な割れの進行に伴って発生するものであり、異常発生源の位置を知ることが計測の重要な目的の一つとなる。

【 0 1 1 2 】

突発型 A E の信号レベルは、連続型 A E の信号レベルに比較してはるかに大きい。位置標定のためには、複数個の A E センサ 5 0 X での信号到達時間差の正確な測定を行う必要がある。また、突発型 A E は、発生数も少ないので、たとえ計数率のみを測定しても雑音の除去を厳重に行うことが重要となってくる。なお、連続型 A E と突発型 A E を検出するセンサや増幅器などは、共通点が多い。

【 0 1 1 3 】

A E 波は、極めて短時間に起こる割れの進行或いは塑性変形に伴うエネルギーが解放されるときに発生する弾性波である。このため、A E の原波形は、鋭いインパルス状のものと考えられ、広い範囲の周波数成分を含んでいる。これらの A E 信号は、A E センサ 5 0 X によって検出される。ここで注意しなければならないことは、電氣的信号として観測される A E 信号は、原波形そのままではなく伝播 (伝播媒体材料の材質や形状) ならびに A E センサ 5 0 X の特性を経たものであり、複雑な性状を示すということである。したがって、A E 信号とは A E 波を受信した A E センサ 5 0 X の出力あるいは増幅された電気信号をさす。また、A E 計測における A E 波の伝播特性は、伝播体形状、減衰、界面の違いで変化する。

【 0 1 1 4 】

例えば、固体中の弾性波には縦波 (L) と横波 (S) の 2 種類がある。横波の伝播速度は、縦波の速度の約 6 0 % である。これらの波が境界面にあたると、一般に表面波 (R) とよばれる表面に沿って伝播する波が生じる。表面波の速度は、横波の速度の約 9 0 % で

10

20

30

40

50

ある。

【 0 1 1 5 】

図 1 0 は、弾性波を説明するための図である。図 1 0 の (a) に示すように、固体中の 1 点 (A E 源 6 0) で A E が生じた場合、表面に設置された A E センサ 5 0 X には、縦波 L、横波 S、表面波 R が時間的に相前後して到着し、互いに干渉し合って複雑な様相を呈する。この事情は地震観測と同じである。

【 0 1 1 6 】

実際に A E 技術を応用する場合、弾性波が半無限体とみなせるように大きい被験物の中を伝播することは少なく、図 1 0 の (b) に示すように、むしろ高圧容器のように広い板の中を伝播することが多いと言われている。

10

【 0 1 1 7 】

A E 波は、境界面 (板の表裏面) の間で多重反射を繰り返しながら伝播する。しかも、反射のたびに横波と縦波の相互間にモード変換がある。この場合、板厚が有限なため純粋な表面波は存在していない。このようにして伝播する波は、一般に被導波 (guided wave) とよばれ、単一周波数の連続に対してさえ複雑な特性を有している。さらに、物体の変形や破壊の過渡的現象を扱う A E 波は非常に複雑になる。

【 0 1 1 8 】

板の中の波は、ラム波 (Lamb) あるいは板波と呼ばれる。テンプレート T x などの石英の中の音速は、縦波が約 5 0 0 0 m / s、横波が約 3 0 0 0 m / s、表面波は約 2 , 5 0 0 m / s 近辺である。このため、A E 計数率、計数総数、振幅分布などの計測には、音速は

20

【 0 1 1 9 】

一般には、板の厚い場合 (鋼で数 c m 以上) は、横波と表面波の中間の速度を選び、比較的薄い厚さの場合は板波の速度を参照して選べば良いとされる。テンプレート T x は、石英であり構造が単純であるので、事前に弾性波のシミュレーションができる。

【 0 1 2 0 】

A E 信号の立ち上がりおよび立ち下りが一様ではなく、いくつかのピークを持つことは計数率、計数総数および振幅などの測定に際し注意する必要がある。さらに、減衰には弾性波が四方に広がっていくための広がり損失と固体の内部の摩擦による損失とがある。前者は周波数に関係せず大きな固体では球面波に、板状部材では円筒波の減衰になる。前者の振幅は距離に反比例し、後者の振幅は距離の平方根に反比例する。また、棒状部材の被導波では広がり損失はない。

30

【 0 1 2 1 】

図 1 1 は、複数の A E センサによる A E 波形の検出処理を説明するための図である。インプリント装置 1 0 1 では、A E センサ 5 0 X 毎に異なるタイミングで A E 信号を受信する。これは、A E 源 6 0 と A E センサ 5 0 X との間の距離が、A E センサ 5 0 X 毎に異なるからである。

【 0 1 2 2 】

例えば、図 1 1 に示すように、第 1 の A E センサ 5 0 X - 1 は、テンプレート T x の A E 源 6 0 で異常が発生してから時間 t 1 の経過後に A E 信号を受信する。また、第 2 の A E センサ 5 0 X - 2 は、テンプレート T x の A E 源 6 0 で異常が発生してから時間 t 2 の経過後に A E 信号を受信する。

40

【 0 1 2 3 】

異常判定部 2 7 は、例えば、図 1 1 に示した第 1 の A E センサ 5 0 X - 1 および第 2 の A E センサ 5 0 X - 2 からの A E 信号に基づいて、異常発生位置を特定する。なお、異常判定部 2 7 は、以下の図 1 2 に示す第 3 の A E センサ 5 0 X - 3 および第 4 の A E センサ 5 0 X - 4 からの A E 信号に基づいて、異常発生位置を特定してもよい。

【 0 1 2 4 】

図 1 2 は、異常発生位置の特定方法を説明するための図である。図 1 2 の (a) は、A

50

E信号の波形例を示し、図12の(b)は、第3のAEセンサ50X-3および第4のAEセンサ50X-4の位置関係を示している。

【0125】

第3のAEセンサ50X-3は、異常の発生から時間 t_3 後にAE信号を検出とする。また、第4のAEセンサ50X-4は、異常の発生から時間 t_4 後にAE信号を検出とする。この場合、第3のAEセンサ50X-3で検出されるAE信号と、第4のAEセンサ50X-4で検出されるAE信号とは、 $(t_4 - t_3)$ の時間だけ検出タイミングがずれている。

【0126】

AE源60の位置が、第3のAEセンサ50X-3と第4のAEセンサ50X-4との中間位置から距離 L だけ第3のAEセンサ50X-3に近いとする。この場合、音速を C とすると、AE源60の位置(距離 L)は、 $L = (1/2) \times C \times (t_4 - t_3)$ によって表すことができる。異常判定部27は、例えば、この式を用いて異常発生位置を特定する。

【0127】

インプリント装置101が、AEセンサ50Xを2つ備えている場合には、異常判定部27は、異常発生位置を平面的(2次元)に特定することができる。また、インプリント装置101が、AEセンサ50Xを3つ備えている場合には、異常判定部27は、異常発生位置を立体的(3次元)に特定することができる。

【0128】

半導体装置の製造工程では、加工工程において物質的な接触、破壊、こすりなどが原因でAE信号が発生する。したがって、インプリント装置101などの半導体装置の製造装置は、AE信号を欠陥の予兆として検出してもよいし、欠陥発生の起点として検出してもよい。また、これら一連の欠陥検出機能は、欠陥予兆システム、もしくはリアルタイムで欠陥を検出する欠陥検査装置に適用してもよい。

【0129】

図13は、異常検査装置を有したインプリント装置の構成例を示す図である。インプリント装置101は、ウエハ温調(WTC)ステージ41、SCH42、プリアライメント(PA)ステージ43、メンテナンスキヤリア44、加工ステージ102などを備えている。ウエハ W_x は、ウエハ温調ステージ41、SCH42、プリアライメントステージ43、メンテナンスキヤリア44を介して、加工ステージ102に搬送される。

【0130】

加工ステージ102は、インライン検査ステージ45と、インプリントステージ46-1~46-n(n は自然数)を備えている。ここでの、インライン検査ステージ45と、インプリントステージ46-1~46-nとが、異常検査装置である。なお、以下では、インプリントステージ46-1~46-nをインプリントステージ46 x という。

【0131】

インライン検査ステージ45は、テンプレート T_x をインラインで異常検査するステージである。インライン検査ステージ45は、AEセンサ50Xを備えている。インライン検査ステージ45では、テンプレート T_x の欠陥検査、修復処理などが行われる。

【0132】

インライン検査ステージ45は、例えば、テンプレート T_x に数十nmのテンプレートパターンを形成することによって、テンプレート T_x を修復する。インライン検査ステージ45は、テンプレートパターンの欠損前であれば、レーザー光の照射などによってひび割れ箇所などを修正してもよい。また、インライン検査ステージ45は、特定された異常発生位置と、設計データ(GDS:(Graphic Data System))とを比較することによって、細かな修正を自動的に実行してもよい。これらのテンプレート T_x の修復処理は、テンプレート T_x の長寿命化に繋がる。インプリントステージ46 x は、前述したように、AEセンサ50Xを用いてインプリント中にテンプレート T_x の欠陥(発生した欠陥や欠陥発生の予兆)などを検出する。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 3 】

本実施形態では、A E センサ 5 0 X によって A E 信号を検出する。インプリント装置 1 0 1 は、ナノインプリント工程中の所定の加工工程中（例えば、押印時、レジストパターンの UV 硬化処理時、テンプレート T x の離型時など）に、テンプレート T x から伝わってくる A E 信号を A E センサ 5 0 X にてモニターする。そして、インプリント装置 1 0 1 は、A E 信号の挙動を計測および解析することで、レジスト 4 0 Y およびテンプレート T x の破壊、もしくは破壊前の予兆（ひび割れなど）をリアルタイムで検出できる。

【 0 1 3 4 】

したがって、欠陥が発生する前に予兆を捉えることができ、未然に欠陥の発生を防止することが可能となる。また、ウエハ W x 上に形成されたレジスト 4 0 Y が離型の際に、ウエハ W x の表面上から剥がれる現象（巨大欠陥）、上述した（ 1 ）～（ 5 ）による不良、成長欠陥などに関しても未然に発生を防止することが可能となる。

10

【 0 1 3 5 】

すなわち、A E センサ 5 0 X が検出した A E 波形をリアルタイムにモニターし解析することで、欠陥が発生しそうな予兆、もしくは欠陥が発生した時点でインプリント装置 1 0 1 を停止することができる。また、ウエハ W x は、リワークに移し、テンプレート T x を洗浄工程などに移すといった処置も可能となる。

【 0 1 3 6 】

このように、本実施形態では、インプリント工程などのパターン加工工程において、ダイナミックかつリアルタイムに、パターン欠陥の予兆もしくは欠陥を検出し、適正な処理（例えば、テンプレート T x の洗浄、インプリント処理の停止、テンプレート T x の交換、テンプレート T x の破棄、ウエハ W x のリワークなど）が実行される。

20

【 0 1 3 7 】

インプリント装置 1 0 1 によるインプリント処理は、例えばウエハプロセスのレイヤ毎に行われる。そして、A E センサ 5 0 X を用いた A E 信号の検出に基づいて、テンプレート T x の修正や、レジスト 4 0 Y の再形成などが行われる。

【 0 1 3 8 】

具体的には、ウエハ W x に被加工膜が形成され、この被加工膜の上層側にレジスト 4 0 X が塗布される。そして、レジスト 4 0 X の塗布されたウエハ W x に対して、インプリント処理が行われる。このとき、A E センサ 5 0 X を用いて A E 信号が検出され、A E 信号に基づいて異常が発生したか否かが判定される。

30

【 0 1 3 9 】

異常が発生していなければ、レジスト 4 0 Y をマスクとして被加工膜がエッチングされる。これにより、レジスト 4 0 Y に対応する基板上パターンがウエハ W x 上に形成される。異常が発生していれば、レジスト 4 0 Y が除去されたうえで、再度、インプリント処理によるレジスト 4 0 Y の形成処理が行われる。

【 0 1 4 0 】

半導体装置（半導体集積回路）を製造する際には、上述した被加工膜の形成処理、インプリント処理、異常判定処理、パターン修正処理、エッチング処理などがレイヤ毎に繰り返される。

40

【 0 1 4 1 】

なお、インプリント装置 1 0 1 が異常を検出するテンプレート T x は、親テンプレート、子テンプレート、実験用テンプレート、製品用テンプレートなど何れのテンプレートであってもよい。親テンプレートは、子テンプレートにテンプレートパターンを転写するためのテンプレートである。

【 0 1 4 2 】

また、本実施形態では、A E センサ 5 0 X を用いてインプリント工程の異常判定を行う場合について説明したが、他のセンサを用いてインプリント工程の異常判定を行ってもよい。例えば、インプリント工程の際に発生する力としては、A E 波に限らず、レジスト 4 0 X , 4 0 Y およびウエハ W x の少なくとも一方の、ねじれ、応力、振動、加速度、角速

50

度の少なくとも1つに起因するものがある。したがって、インプリント工程の異常判定を行なう piezoelectric sensor (圧電素子センサ) としては、A E、ねじれ、曲がり、応力、振動、加速度、ジャイロ (角速度) 地震計などを測定するセンサを用いてもよい。そして、異常判定部 27 は、テンプレート T x、レジスト 40 X、40 Y、およびウエハ W x の少なくとも1つから発生する力に基づいて、インプリント工程の異常判定を行う。

【0143】

このように第1の実施形態では、テンプレート T x、レジスト 40 X、40 Y、およびウエハ W x の少なくとも1つからインプリント工程の際に発生する力 (A E 波など) に基づいて、インプリント工程の異常判定を行っている。したがって、インプリント工程における異常を容易かつ短時間で検出することが可能となる。

10

【0144】

また、A E 波などに基づいて異常判定を行っているので、異常管理に必要な検査数を少なくすることができる。また、異常発見までの時間ロスを防止できるので、製品不良品を作り込んでしまう (生産ロス) を抑制できる。

【0145】

(第2の実施形態)

つぎに、図14を用いて第2の実施形態について説明する。第2の実施形態では、A E センサをテンプレートに直接配置しておく。そして、テンプレートに配置された A E センサからの A E 信号に基づいて、インプリント工程の異常判定が行われる。

【0146】

20

図14は、A E センサが配置されたテンプレートの構成例を示す図である。図14の (a) は、テンプレート T y の上面図を示し、図14の (b) は、テンプレート T y および原版ステージ 2 Y の断面図を示している。図14の各構成要素のうち図3に示す第1の実施形態のテンプレート T x と同一機能を達成する構成要素については同一符号を付しており、重複する説明は省略する。

【0147】

テンプレート T y は、テンプレート T x と同様の基板構成を有している。テンプレート T y の表面側の中央領域には、パターン領域 71 が配置されている。テンプレート T y は、裏面側から原版ステージ 2 Y によって固定されている。パターン領域 71 と、パターン領域 71 よりも外側の領域には、ザグリ 72 が設けられている。

30

【0148】

テンプレート T y の表面側には、A E センサ 50 A と A E センサ 50 B が配置されている。具体的には、パターン領域 71 に、1 ~ 複数の A E センサ 50 A が配置されている。また、パターン領域 71 よりも外側の領域に、1 ~ 複数の A E センサ 50 B が配置されている。

【0149】

そして、各 A E センサ 50 A、50 B は、信号取り出し配線群 73 に接続され、この信号取り出し配線群 73 が、制御装置 20 に接続される。この構成により、A E センサ 50 A と A E センサ 50 B とで、インプリント時の異常などを検出することが可能となる。

【0150】

40

このように第2の実施形態では、テンプレート T y に A E センサ 50 A、50 B が配置されている。このため、インプリント工程の際に発生する力 (A E 波など) を正確に検出することが可能となる。したがって、インプリント工程における異常を容易かつ短時間で検出することが可能となる。

【0151】

(第3の実施形態)

つぎに、図15を用いて第3の実施形態について説明する。第3の実施形態では、テンプレートの歪みを側面側から補正する側面静電チャックに、A E センサを配置しておく。また、第3の実施形態では、テンプレートの歪みを上面側から補正する上面静電チャックに A E センサを配置しておいてもよい。

50

【 0 1 5 2 】

図 1 5 は、A E センサが配置された側面静電チャックの構成例を示す図である。図 1 5 の (a) は、側面静電チャック 6 2 の斜視図を示し、図 1 5 の (b) は、側面静電チャック 6 2 およびテンプレート T x の断面図を示している。

【 0 1 5 3 】

テンプレート T x は、アクチュエータ 3 1 X と側面静電チャック 6 2 と後述する上面静電チャック 6 4 とによって、固定されたうえで、レジスト 4 0 X に押し当てられる。側面静電チャック 6 2 は、テンプレート T x の外周部側からテンプレート T x の側面を固定するテンプレートチャックである。インプリント装置 1 0 1 には、4 つの側面静電チャック 6 2 が配置されており、それぞれがテンプレート T x の四方の側面を固定する。

10

【 0 1 5 4 】

側面静電チャック 6 2 は、M A G (倍率) 補正用の静電チャックである。なお、側面静電チャック 6 2 は、圧電センサを用いたチャック力制御によって M A G 調整してもよい。側面静電チャック 6 2 は、テンプレート T x の X Y 平面内の歪みを補正する。

【 0 1 5 5 】

側面静電チャック 6 2 には、格子状に複数のチャック部 6 1 が配置されている。側面静電チャック 6 2 では、各チャック部 6 1 に対して、上側 (Z 軸方向のプラス側) の電圧と下側 (Z 軸方向のマイナス側) の電圧とが調整される。これにより、テンプレート T x の側面に静電チャック力が働く。テンプレート T x への静電チャック力は、各チャック部 6 1 の位置毎に種々の大きさに調整される。この結果、テンプレート T x の曲がり、歪み、撓みなどが補正される。

20

【 0 1 5 6 】

本実施形態では、各チャック部 6 1 の中に A E センサ 5 0 X などの A E センサが取り付けられる。これにより、テンプレート T x の曲がりなどが細かく補正されるとともに、テンプレート T x からの A E 信号を細かく検出することが可能となる。

【 0 1 5 7 】

図 1 6 は、A E センサが配置された上面静電チャックの構成例を示す図である。図 1 6 の (a) は、上面静電チャック 6 4 の斜視図を示し、図 1 6 の (b) は、上面静電チャック 6 4 およびテンプレート T x の断面図を示している。

【 0 1 5 8 】

上面静電チャック 6 4 は、テンプレート T x の上部側からテンプレート T x の上面 (裏面) を固定するテンプレートチャックである。上面静電チャック 6 4 は、テンプレート面 (Z 軸方向の撓みなど) を補正する。なお、上面静電チャック 6 4 は、圧電センサを用いたチャック力制御によってテンプレート面の歪みなどを調整してもよい。

30

【 0 1 5 9 】

上面静電チャック 6 4 には、格子状に複数のチャック部 6 3 が配置されている。上面静電チャック 6 4 では、各チャック部 6 3 に対して印加電圧が調整される。これにより、テンプレート T x の上面に静電チャック力が働く。テンプレート T x への静電チャック力は、各チャック部 6 3 の位置毎に種々の大きさに調整される。この結果、テンプレート T x の Z 軸方向の曲がり、歪み、撓みなどが補正される。

40

【 0 1 6 0 】

本実施形態では、各チャック部 6 3 の中に A E センサ 5 0 X などの A E センサが取り付けられる。これにより、テンプレート T x の曲がりなどが細かく補正されるとともに、テンプレート T x からの A E 信号を細かく検出することが可能となる。

【 0 1 6 1 】

このように第 3 の実施形態によれば、側面静電チャック 6 2 や上面静電チャック 6 4 のチャック部 6 1 , 6 3 に A E センサ 5 0 X が配置されている。このため、インプリント工程の際に発生する力 (A E 波など) を正確に検出することが可能となる。したがって、インプリント工程における異常を容易かつ短時間で検出することが可能となる。

【 0 1 6 2 】

50

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

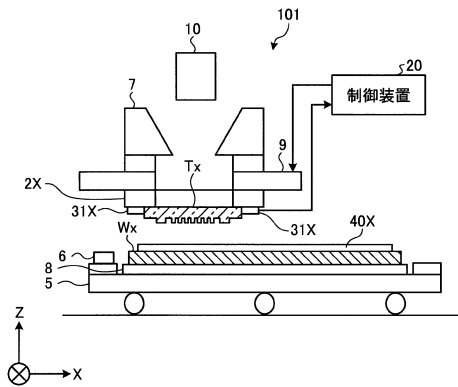
【符号の説明】

【0163】

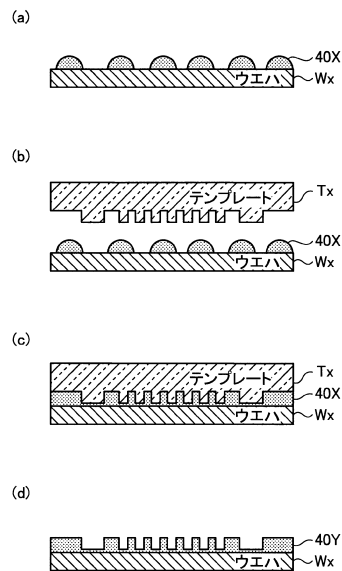
2X, 2Y... 原版ステージ、20... 制御装置、22... センサ情報生成部、24... センサ情報記憶部、25... 比較信号記憶部、27... 異常判定部、28... 指示出力部、31, 33... ピエゾ素子、31R~34R, 31L~34L, 31T~34T, 31B~34B... アクチュエータ、35R, 35L, 35T, 35B... 端子、36... 配線、40X, 40Y... レジスト、50A, 50B, 50X... AEセンサ、55... AE計測系、60... AE源、61, 63... チャック部、62... 側面静電チャック、64... 上面静電チャック、71... パターン領域、73... 信号取り出し配線群、101... インプリント装置、Tp... 校正用テンプレート、Tx, Ty... テンプレート、Wx... ウエハ。

10

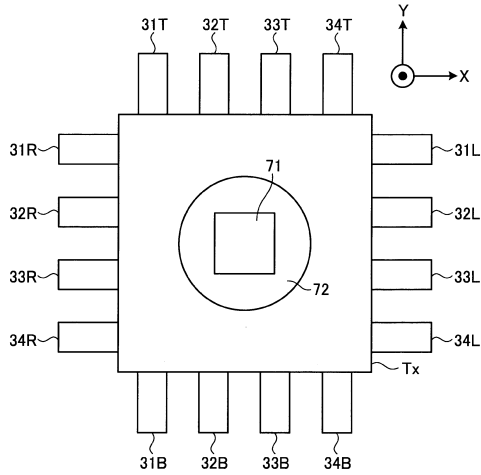
【図1】



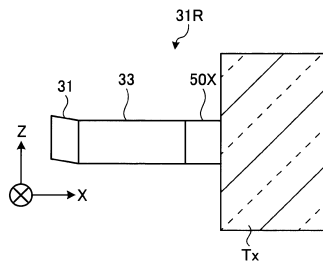
【図2】



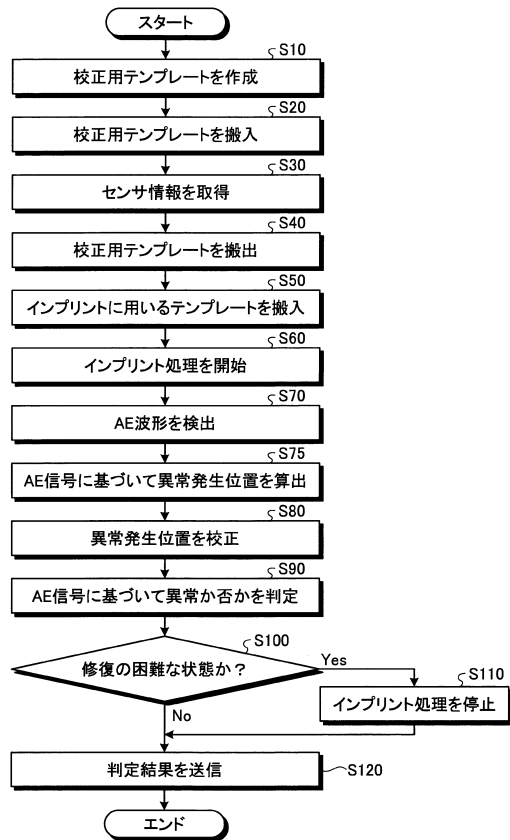
【図3】



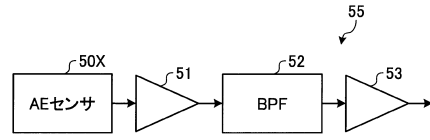
【図4】



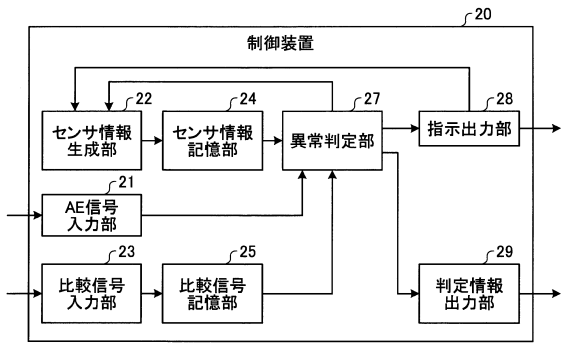
【図7】



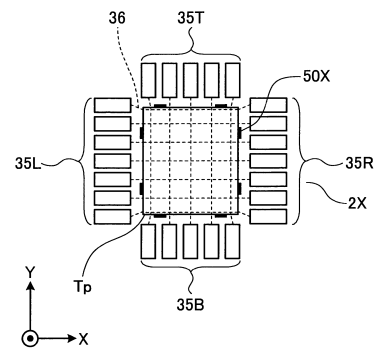
【図5】



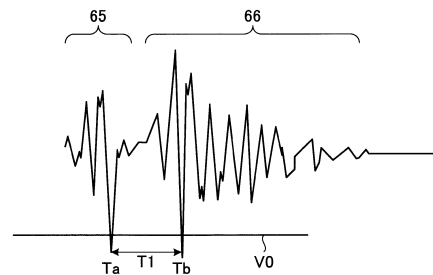
【図6】



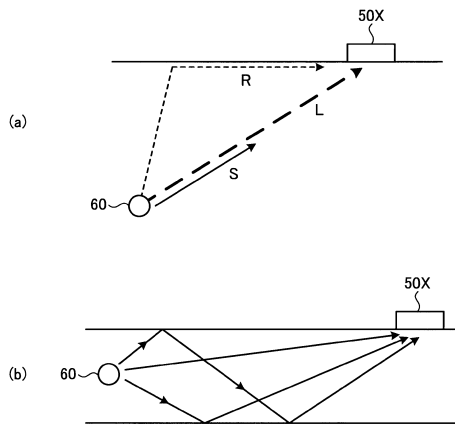
【図8】



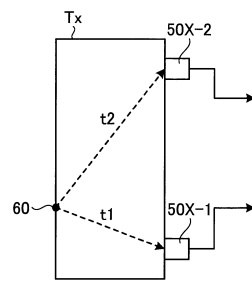
【図9】



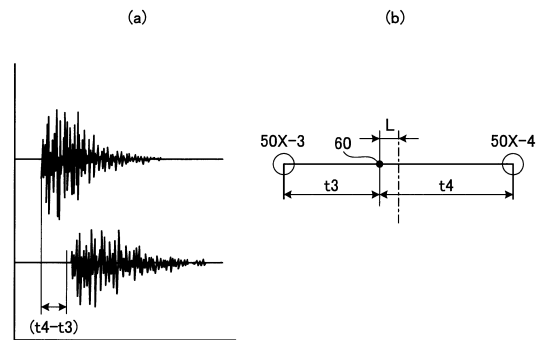
【図10】



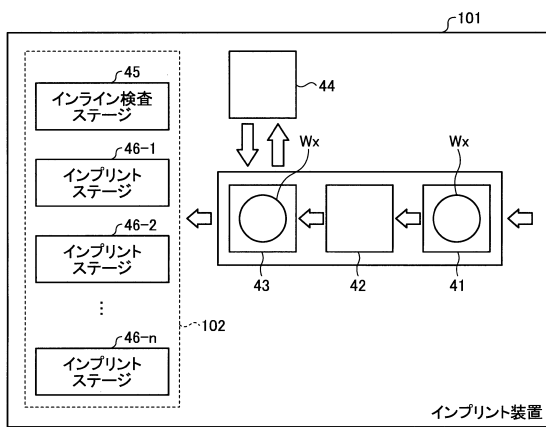
【図11】



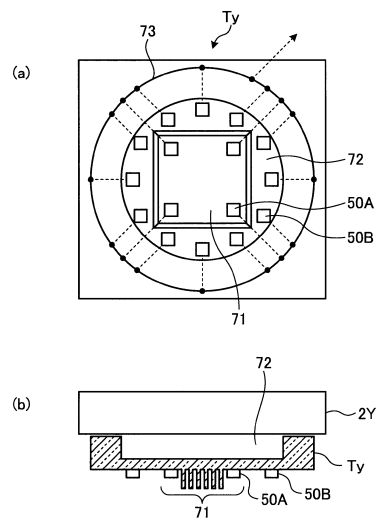
【図12】



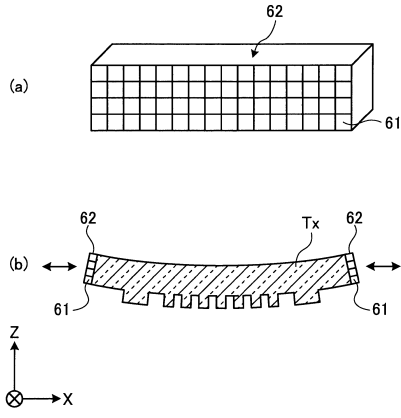
【図13】



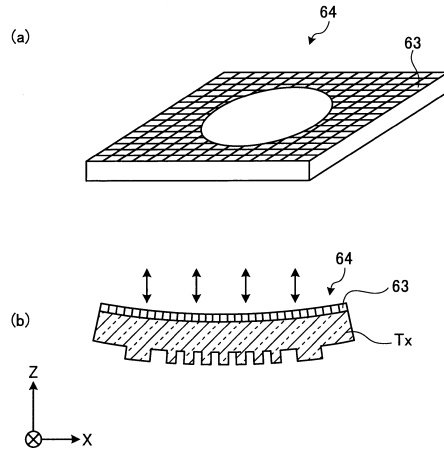
【図14】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

審査官 長谷 潮

- (56)参考文献 特開2009-141328(JP,A)
特開2010-069762(JP,A)
特開2003-308670(JP,A)
特開2015-023210(JP,A)
特開2015-130448(JP,A)
特開2015-077758(JP,A)
特開2010-080918(JP,A)
特開2005-026462(JP,A)
特開2007-132844(JP,A)
特開2008-188646(JP,A)
特開2012-154866(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0208850(US,A1)
米国特許出願公開第2010/0044917(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
B29C 59/02
G03F 7/20-7/24