

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4163950号
(P4163950)

(45) 発行日 平成20年10月8日(2008.10.8)

(24) 登録日 平成20年8月1日(2008.8.1)

(51) Int.Cl.

H01L 21/677 (2006.01)
B25J 13/00 (2006.01)

F 1

H01L 21/68
B25J 13/00A
Z

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2002-548748 (P2002-548748)
 (86) (22) 出願日 平成13年11月28日 (2001.11.28)
 (65) 公表番号 特表2004-536443 (P2004-536443A)
 (43) 公表日 平成16年12月2日 (2004.12.2)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2001/044393
 (87) 國際公開番号 WO2002/047115
 (87) 國際公開日 平成14年6月13日 (2002.6.13)
 審査請求日 平成16年11月29日 (2004.11.29)
 (31) 優先権主張番号 09/729,463
 (32) 優先日 平成12年12月4日 (2000.12.4)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 306029419
 アシスト テクノロジーズ インコーポレ
 イテッド
 A s y s t e m s T e c h n o l o g i e s,
 l n c.
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
 538 フリーモント ベイサイド パー
 クウェイ 46897
 46897 Bayside Parkw
 ay, Fremont, California 94538, U. S. A.
 (74) 代理人 100059959
 弁理士 中村 稔
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】セルフティーチングロボット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワークピース支持面と、エンドエフェクタとセンサとを有するロボットとの相対的な位置を決定する装置であって、

前記ワークピース支持面に支持されたようにした目標物と、

前記目標物の片側に配置され、移行ラインによって分離された反射領域と非反射領域とを有する反射率パターンと、

(1) 前記センサを前記目標物の片側のまわりの検索パターンに従って前記反射率パターンに近接して動かし、(2) 前記センサが反射領域と非反射領域との間の境界線を横切る箇所の点である複数の移行点のそれぞれの移行点の位置を前記センサが検出したときに前記センサから情報を受取って、(3) 前記移行点の位置に基づいて前記目標物の位置を決定する、ための制御手段と、

を備えていることを特徴とする装置。

【請求項2】

前記目標物は、円板形状であることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記反射率パターンは、前記目標物の底側に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項4】

前記センサは、前記エンドエフェクタに着脱可能に取付けられていることを特徴とする

10

20

請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記センサは、前記エンドエフェクタの一体的な部分となっていることを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記センサが、反射領域から非反射領域へと移行したときを表わすためのインジケータを前記ロボットにさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

前記目標物は、正方形の形状であることを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

支持面を有するステーションと、エンドエフェクタとセンサを有するロボットとを含む装置において、前記ロボットと前記ステーションとの相対的な位置を決定する方法であつて、

(a) 移行ラインによって分離された反射領域と非反射領域とを有する反射率パターンを片側に有する目標物を前記支持面の上に支持する段階と、

(b) 前記センサを、前記目標物の前記反射率パターンに近接させて前記目標物の片側のまわりの検索パターンに従って動かす段階と、

(c) 前記センサが反射領域と非反射領域との間の境界線を横切る箇所の点である複数の移行点のそれぞれの移行点の位置を前記センサが検出したときに前記センサから情報を受取る段階と、

(d) 前記ステーションに対する前記ロボットの位置を決定するために、前記段階 (c) において受取った前記移行点の位置に基づいて、前記目標物の位置を決定する段階と、

(e) 前記目標物の前記位置を格納する段階と、

を備えていることを特徴とする装置。

【請求項 9】

前記制御手段は、検出された第 1 の移行点と第 3 の移行点を使用して第 1 の線を定め、検出された第 2 の移行点と第 4 の移行点を使用して第 2 の線を定め、前記第 1 の線を表わす第 1 の方程式と前記第 2 の線を表わす第 2 の方程式を解き、前記第 1 の線と前記第 2 の線の両方の上にある座標を決定することによって、前記目標物の位置を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 10】

前記センサは、逆反射ファイバー光学センサであり、表面に向けて光線を放射する発光器と、前記表面から反射して戻った光線の部分を受ける受光器とを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ウエハをハンドリング及び処理する機器に関し、特に、ウエハハンドリングロボットを半導体ワークピースツールのステーションに対して較正するための方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ワークピースハンドリングロボットを半導体ウエハの製造に導入することは、プロセスツール及び / 又はワークピース保管装置などのワークピースツールの様々なステーションとハンドリング位置との間にウエハを移動させるための、手作業若しくは初期型の搬送機器に比べて、著しい自動化の進歩を提供する。在来のワークピースハンドリングロボットにおける重要な特徴は、第 1 の位置にあるワークピースに迅速かつ正確にアクセスし、デカルト座標系の異なった X Y Z 座標を有するような新たな位置へと届けて、ワークピースを損傷させる危険を伴なわずにワークピースを置くことである。

【0003】

10

20

30

40

50

このことを達成するために、代表的なロボットは、ベースに取付けられたシャフトを含んでいて、垂直軸線に沿って並進運動をさせている。第1のアームないしリンクは、シャフトの上端に回転可能に取付けられて、第2のアームないしリンクは第1のアームの反対側の端部に取付けられる。ワークピースハンドリングロボットはさらに、第2のアームにピボット式に取付けられてなるエンドエフェクタを含んでいて、これがワークピースを支持する。さらに、様々なモータが在来的にはベースの内部に取付けられていて、シャフトを並進させたり、エンドエフェクタが3次元空間中において制御操作されるように、第1及び第2のアームを回転させる。

【0004】

ワークピースハンドリングロボットのエンドエフェクタが、ワークピースのハンドリング中に正確に配置されることを確保するために、ロボットがワークピースを出し入れ搬送するためのワークステーションに対してロボットを較正することが必要である。例えば、ワークステーションを交換したり修理したりするときなど、ワークステーションが動かされる毎に、較正処理を実行して、ロボットをワークステーションに適切に位置決めする必要がある。しばしば、単一のロボットが、ワークピースツールにおける複数のワークステーションと共に動作する。この例においては、ロボットは、それぞれのステーションと協働するように較正する必要があるのみならず、ステーションのひとつが動かされたならば、いつでも、後述する理由のために、移動したステーションと協働するようにロボットを再較正することが必要であり、さらにロボットがサービスを提供する各ワークステーションと協働するように再較正することが必要になるのが通例である。

10

20

【0005】

ロボットを較正ないし“ティーチング”することによって、ロボットは、ロボットに対するステーションの位置を格納された記憶にゆだねることができる。ロボットを特定のステーションに対して較正（又は再較正）するために、オペレータによって、ロボットとステーションとの間の正しい配置の粗い近似が確立される。その後に、エンドエフェクタは、オペレータが適切なエンドエフェクタの位置であると見積った、ワークステーションの位置へと動かされて、ワークピースをステーションに引渡したり取得したりする。代表的には、オペレータは目視によって、エンドエフェクタを、ステーションのカセットの支持されてなるワークピースの中央位置へと整列させる。オペレータは遠隔制御式の“ティーチングペンダント”を使用してエンドエフェクタを位置決めするか、または、手作業にて、オペレータが適切な位置であると見積った位置へとエンドエフェクタを引きずって動かす。それからロボットとステーションとの相対的な位置は、メモリに格納される。

30

【0006】

従来の較正手順は多くの不都合を有している。目視によってエンドエフェクタをワークピースの中心に整列させることは、個別のオペレータの正確さに依存するために、不正確で主観的であることが判明している。さらに、カセットの構造のために、その中にあるワークピースの中心を決定するための視覚的な検査を大いに妨げる。多くの場合に、オペレータは、ワークピースが搬送される通路となるカセットの前部を通してだけの視覚的なアクセスを有する。さらに、オペレータが手作業でロボットのアームを引きずるような場合には、ロボットに追加的な力が働いて、これによって、その後にロボットが機能するのに困難を生じさせことがある。

40

【0007】

さらに、ワークピースハンドリングロボットをステーションに対して較正するための標準的な手順というのは存在しないので、較正手順には再現性がない。ひとつの問題点は、ひとりのオペレータが使用したワークピースハンドリングロボットのステーションに対する較正手順は、2人目のオペレータが同一のロボットについて同一のステーションに対して使用した較正手順とは異なることがある点である。例えば、第1のオペレータはロボットの第1の箇所をワークピースの中心に整列させる一方で、第2のオペレータは第2の異なる箇所を使用することだろう。この結果、たとえロボットが適切に新たな変更されたステーションに対して較正されたとしても、既存のステーションへのワークピースの搬

50

送に欠陥が生じることがある。従って、前述の如く、単一のロボットによってサービスを受ける複数のステーションのうちのひとつのステーションが追加されたり動かされたりすると、特定のステーションについての較正が必要になるだけでなく、多くの場合、他の各ステーションもまた、再較正して、ロボットのサービスを受けるそれぞれのステーションが同じく較正されて、同一の基準点から離れることになる。

【0008】

さらに別の問題点は、ひとつのステーションについてオペレータが使用した較正手順は、同一のオペレータが第2のステーションについて使用した較正手順とは異なっていることがある点である。こうした一貫性の欠如の結果、ひとつのステーションが他のステーションからかなり逸脱して機能したり、ワークピースの損傷を生じさせたりする。再現性のある一貫した較正手順が存在しないために、特定のステーションのパフォーマンスやワークピースに生じた損傷の原因を決定することはできない。

10

【0009】

さらに、ひとりのオペレータが使用した較正手順の品質と、第2のオペレータが使用した較正手順の品質とを比較する手法が存在しないことから、較正手順は定量化されていない。同様に、ひとつのワークステーションに使用された較正手順の品質を第2のワークステーションに使用された較正手順の品質と比較するための手法も存在しない。

【0010】

かかる問題点を解決するために、公知の較正方法では、ワークピースツールのすべてのステーションに据付けられたセンサを含んでいる。センサは、その位置がステーションの処理動作に干渉しない限り、エンドエフェクタが届く範囲のステーションのあらゆる位置に取付けられる。ワークピースの位置を確認すべくロボットがセンサを探すことによって、較正手順は完了する。この方法は、オペレータの不正確に起因する誤差を解消できるという利点を有している。しかしながら、複数のステーションが存在するとしたならば、それぞれのセンサをロボットに対して取付けて較正する必要がある。例えば、12台のステーションがあるとするならば、12個のセンサを取付けてウェハハンドリングロボットに対して較正しなければならないか、あるいは、ひとつのセンサを手作業でそれぞれの12台のステーションの周囲に動かすことが必要である。従って、より多くのセンサを設けることは、較正装置が高価になって、時間を要するということを意味する。

20

【0011】

ひとつの公知の装置においては、センサを含む支持構造が、ワークステーションに直接的に、ワークステーションに対する既知の位置に取付けられている。ロボットはステーションに大ざっぱに整列されて、まわりを動くことで、センサがロボットの1又は複数の外側の周縁を確認できるようになっている。ロボットの外側の周縁が確認されたならば、ロボットのセンサとステーションとに対する位置を決定して格納することができる。このタイプの装置の不都合は、ロボットをツールの各ステーションに対して整列するためには、センサの構造がそれぞれのステーションに取付けられているか、または、単一のセンサ構造をそれぞれのステーション間において動かす必要があることである。さらに、センサと制御装置は、単一の公知の形態のエンドエフェクタの周縁を確認するように構成される。しかしながら、单一かつ一定の形状のエンドエフェクタというのは存在せず、従ってセンサの構造の使用は制限されている。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明の利点は、ワークピースツールのワークステーションに対するワークピースハンドリングロボットの位置と向きとを決定できるような、ロボットの較正装置を提供することである。

本発明の他の利点は、ステーションに対してワークピースハンドリングロボットを短時間にかつ容易に較正できるような、ロボットの較正装置を提供することである。

本発明のさらに別の利点は、単一の較正セッションにおいて、複数のステーションに対

40

50

するワークピースハンドリングロボットの較正を行なうことができるよう、ロボットの較正装置を提供することである。

【0013】

本発明の別の利点は、安価であって、水平面におけるステーションとロボットとの相対的な位置を検出するためにひとつだけしかセンサを必要としないよう、ロボットの較正装置を提供することである。

本発明のさらに他の利点は、正確な位置的な精度と再現性とが可能になるよう、ロボットの較正装置を提供することである。

本発明のさらに別の利点は、オペレータにとってアクセスと視認性とが容易である構成要素を含んでいるよう、ロボットの較正装置を提供することである。

10

【0014】

本発明のさらに他の利点は、較正手順中におけるオペレータの介入を最小にできるような効率的な、ロボットの較正装置を提供することである。

本発明のさらに別の利点は、干渉せずにあらゆるステーションへ収容できるような目標物を利用しているよう、ロボットの較正装置を提供することである。

本発明の他の利点は、ワークピースハンドリングロボットに容易にかつ迅速に取付け及び取外し可能であるようなセンサを含み、または、エンドエフェクタに一体的に組込まれたセンサを含んでいるよう、ロボットの較正装置を提供することである。

【0015】

本発明のさらに別の利点は、ロボットを利用した物質のハンドリング作業の大部分に普遍的に適用可能であるよう、ロボットの較正装置を提供することである。

20

本発明のさらに他の利点は、簡易なデザインで少ない部品数で容易に構成できるよう、ロボットの較正装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明によって提供されるこれらの及びその他の利点は、好ましい実施形態においては、ワークピースツールにおけるワークステーションに対してワークピースハンドリングロボットの位置を正確に決定するためのロボット較正装置に関する。好ましい実施形態においては、ワークピースハンドリングロボットは、好ましくは逆反射光学センサであるセンサを、ロボットのエンドエフェクタの端部付近に配設されて含んでいる。センサは、U字形のウエハ支持プラットホームを形成しているエンドエフェクタの2つの指部と基部部分との間に着脱可能に取付けられる。センサの感度は、反射光のわずかな変化を検出できるように設定される。

30

【0017】

ロボット較正装置はさらに、表面に反射率のパターンを含んでなる目標物を含んでいて、この目標物はオペレータによってステーションに配置される。目標物は、ステーションにロードされる代表的なワークピースと同一のサイズであるか、または、わずかに大きいサイズであって、ロボットによってステーションへ搬送され、また、搬出されるワークピースと同一の位置にてステーションに配置される。目標物は、ステーションの固定位置に配置されるのであれば、ステーションで使用される代表的なワークピースとは異なった形状及びサイズでも良い。目標物の周辺部分でエンドエフェクタを動かすことによって、ロボットの制御装置と組合わされたセンサは目標物の中心を特定することができる。ステーションにある目標物の中心が確認されたならば、制御装置はロボットとステーション、特にステーションにあるワークピースの位置との空間的な関係を知ることになる。ロボットに対して目標物の中心位置が確認されると、これは制御装置のメモリに格納される。その後、制御装置はエンドエフェクタをかかる位置へと復帰させて、ステーションからウエハを取得したりステーションへウエハを戻したりする。

40

【0018】

目標物の反射率パターンは、目標物の少なくとも片側に、好ましくは目標物の底側にある。様々な反射率パターンを想定することができるけれども、好ましい目標物の反射率パ

50

ターンは、黒い領域と白い領域とを交互にして形成された4つの四分円から構成される。4つの四分円は、垂直に交差する2本の線によって区画される。2本の線の交差点は目標物の中心を表わす。

【0019】

目標物は、炭素繊維などの任意の様々な耐久性のある材料から形成することができる。炭素繊維を使用した場合には、黒い繊維に白い反射率パターンを塗布する。変形例としては、目標物を光沢のある材料から形成して、黒いパターンを表面に塗布しても良い。さらに別の変形例においては、白と黒とのパターンの双方を目標物に塗布しても良い。どのように反射率パターンを付着させるかにかかわらず、逆反射センサは、目標物の上にある黒い領域から白い領域への移行を検出することができる。

10

【0020】

動作に際して、ステーションとロボットとの間にワークピースを搬送すべくロボットをステーションに対して位置決めするには、目標物を支持してなるステーションに対してワークピースハンドリングロボットを近似的に配置する。目標物は、ワークピースカセットの最も下にあるスロットに配置して、このカセットは支持面上に配置される。変形例としては、支持面は、支持面上にあるワークピースカセットの最も下のスロットに入れられるワークピースと同様であるXYZ座標に目標物が支持されるような構造を含んでも良い。

【0021】

ロボットを最初に最も下のZ軸位置として、ロボットのアームをZ軸線に沿って垂直方向にシャフトで上昇させて、エンドエフェクタとセンサとを目標物の下側に配置させる。エンドエフェクタはさらに真空センサを含む。エンドエフェクタが目標物に到達すると、真空センサはワークピースとセンサとが近接したことを検知する。この位置は、カセットの中の最も下のワークピースの下側にエンドエフェクタが配置されたときのロボットのZ軸高さに対応している。最も下のワークピースの垂直位置は、制御装置に格納される。

20

【0022】

それから、エンドエフェクタはわずかに目標物から垂直に下降して、エンドエフェクタと目標物との間に小さい間隔が生じるようにする。エンドエフェクタは、ロボットの中心軸線に対する半径方向("r")と回転方向("θ")との動きの検索パターンにて動いて、目標物の反射率パターンが黒い領域から白い領域へと移行するのを、またその逆に移行するのを、目標物の底面において検索する。エンドエフェクタは、例えば丸いパターンや正方形のパターンなどの別のパターンにて目標物の下側を動いても良いことを理解されたい。検索パターンを決定するパラメータは制御装置の内部に格納されていて、制御装置は、オペレータの介入を必要とせずに、自動的に検索パターンに従ってエンドエフェクタの操作を制御する。例えばLEDライトなどのインジケータをロボットのアームに備えて、黒い領域から白い領域へ、また、この逆へ移行したことを表示する。ひとつの実施形態においては、センサは、黒い領域の下側に位置しているときには照明されて、白い領域の下側に位置しているときには照明されない。

30

【0023】

エンドエフェクタは目標物の下側のひとつの全体的な経路をとって、完全な検索パターンが形成されて、四分円の移行点が決定される。4つの移行点の位置を使用して、制御装置は、2本の線の位置と、2本の線が交差する座標とを決定する。アルゴリズムの方程式を使用して、制御装置は、極座標系にて定められる移行点の位置(r , $θ$)を、デカルト座標系の座標(x , y)へと変換する。2つの点は線を定めるので、制御装置は、検索パターン中に検出された第1と第3との移行点を使用して第1の線の配置を定め、第2と第4との移行点を使用して第2の線の配置を定める。次に、制御装置は、双方の線の上にある座標の組を見つけだすことによって、2本の線が交差する点のデカルト座標値を決定する。2本の線の交差点は、目標物の中心を形成している。この点を制御装置のメモリに格納して、エンドエフェクタは再現的にかかる点に移動して、ワークピースをワークステーションに戻したり、ワークステーションから取得したりする。以下、添付図面を参照して

40

50

、本発明について詳細に説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

図1～図12を参照して本発明について説明すると、これは、ワークピースツールにおける複数のステーションに対してワークピースハンドリングロボットを較正するためのロボットの較正装置であって、制御装置は、ワークピースハンドリングロボットとステーション、特にステーションにあるワークピースの位置との間の空間的な関係を特定することができる。本願において、ワークピースツール又はツールの用語は、ウエハ製造における任意の様々なツールを意味していて、それらは例えば、シリコンやシリコン化合物及び金属の層をウエハの上にパターン形成して個別のICデバイスを形成すべく使用されるプロセスツールや、ウエハに様々な試験を行なってウエハが仕様を満たして製造されていることを確認するための測定ツール、及び、ウエハソーターに配置された様々なキャリア間にてウエハを搬送し、キャリアカセットの内部のウエハの位置をマッピングし、ウエハを識別するなどの様々な機能を実行するソーターなどである。本願において、ワークステーション又はステーションの用語は、ワークピースツールにおける任意の位置であって、ワークピースハンドリングロボットからワークピースが解放されたり取得されたりするようなあらゆる位置を意味する。

【0025】

本発明について円板状の半導体ウエハに関連して説明するけれども、本発明は、丸形やU字形、正方形、その他の形状である既知の寸法の様々なワークピースのあらゆるものについて、中心を位置決めするために使用できることを理解されたい。半導体ウエハに加えて、そうしたワークピースにはレチクルやフラットパネルディスプレイが含まれる。また、本発明は様々なサイズのワークピースに使用でき、以下に述べる寸法はそれに応じて変更される。

【0026】

以下、本発明の第1の実施形態について、単一のステーションに対して較正されるワークピースハンドリングロボットを参照して説明する。利用されるワークステーションのタイプは本発明においては重要ではなくて、他の実施形態においては著しく変更されることを理解されたい。例えば、図1においては、ワークステーションは、在来の割送り装置などのロードポートを備え、これがカセット支持ポッドやむき出しのカセットを製造設備の別の位置から受取って、カセットをワークピースハンドリングロボットへ引渡す。図1に示したワークステーションはカセットを支持しているけれども、ワークステーションは個別のワークピースを支持できる支持面を含んでいても良いことを理解されたい。本発明による較正手順は、ワークステーションが追加されたり、その他にワークピースハンドリングロボットに対して再配置されたりしたときには、いつでも行なわれる。変形例としては、較正手順はウエハハンドリングロボットを交換したり、その他に1又は複数のワークステーションに対して再配置されたときにはいつでも行なうことができる。

【0027】

図1に示した本発明の第1の実施形態を参考すると、小型環境20は、床22と、床22の下方にあって後述する制御装置と機械装置とを収容する制御領域24とを含んでいる。小型環境は、ワークステーション15からの半導体ウエハなどのワークピースにアクセスするためのワークピースハンドリングロボット26を含んでいる。図示の実施形態におけるワークステーションは、例えば在来の割送り装置を備えていて、これが、ポッドシェル21とカセット32が支持されるポッドドア(図示せず)とを有するようなカセット支持ポッドを受入れる。割送り装置は、むき出しのカセット32を受入れるようにしても良い。カセットは複数の棚30を含んでいて、その上には各ワークピースが平行に間隔を隔てて支持される。カセットとポッドドアとは支持面に支持されていて、これはワークステーションが割送り装置を構成している実施形態においては、ポートドアである。昇降機33は、ポッドドアとカセットとを載せた支持面を、ロボット26が棚30のワークピースにアクセスできる高さにまで下降させる。さらに、図示のロボット26とワークステーシ

10

20

30

40

50

ヨン 1 5 とは、図 1 の小型環境 2 0 の内部に配置されているけれども、他の実施形態では小型環境を省略することもできることを理解されたい。

【 0 0 2 8 】

本発明は、図 1 に示したように単一のワークステーションに対してロボット 2 6 を較正するために使用することができるけれども、本発明による装置は、例えば図 2 の平面図に示したソーター 1 6 などの複数のワークステーションに対してロボット 2 6 を較正するためにも使用することができることを理解されたい。ソーター 1 6 は、例えばロードポート 1 7 や整列器 1 8 などの様々なワークステーションを含んでいる。ロボット 2 6 が複数のワークステーションと共に動作する場合には、最初の較正手順は順番に各ワークステーションについて実行される。その後に、ワークステーションが追加されたり、ロボットのサービスを受けるひとつのワークステーションが交換又は再配置されたりした場合には、新たに交換されたワークステーションだけをロボットに対して較正すれば良い。既存のワークステーションに対するロボットの再較正はまったく必要ない。

【 0 0 2 9 】

図 1 ~ 図 3 を参照すると、ワークピースハンドリングロボット 2 6 は、ワークピースのハンドリング領域 2 0 の床 2 2 ないし基台に取付けられてなるシャフト 3 4 を含んでいる。シャフト 3 4 は制御領域 2 4 の内部にあるペアリングに支持されていて、かかるペアリングは、シャフトの回転軸線と同軸である Z 軸線に沿って並進運動できるように支持されている。その結果、シャフト 3 4 は Z 軸線を中心とする回転と、Z 軸線に沿った並進運動とを行なうことができる。シャフト 3 4 は好ましくは、耐久性を備えた金属であって低いガス発生特性を有しているような、例えばアルミニウムに陽極処理の表面仕上げを施したものから形成されている。

【 0 0 3 0 】

ワークピースハンドリングロボット 2 6 はさらに、シャフトの上端に固定されてなる第 1 のアーム 3 6 と、第 1 のアームの取付箇所にピボット式に取付けられてなる第 2 のアーム 3 8 とを含んでいる。第 1 のアーム 3 6 は、シャフト 3 4 の Z 軸線に対して垂直である第 1 の X Y 平面にて回転することができる。第 2 のアーム 3 8 は、第 1 の X Y 平面に対して平行である第 2 の X Y 平面にて、第 1 のアーム 3 6 に取付けられた取付箇所を中心としてピボットすることができる。第 2 のアーム 3 8 は、インジケータ 4 0 (図 1 参照) を含んでいて、後述するように、目標物 4 6 (図 6 参照) の黒い領域 4 2 から白い領域 4 4 へ移行したことを表示する。第 1 のアーム 3 6 と第 2 のアーム 3 8 とは好ましくは、軽量で耐久性を備えた金属であって低いガス発生特性を有するような、例えばアルミニウムに陽極処理の表面仕上げを施したものから形成されている。この用途に適しているワークピースハンドリングロボットの一例は、在来の A X Y S - 4 0 7 シリーズのロボットであって、これはカリフォルニア州のフレモントの、Asyst Technologies 社から入手可能である。ワークピースハンドリングロボット 2 6 の動作は、制御装置 5 8 (図 1 参照) によって制御され、この制御装置は、ロボットの基部の内部に配置され、または、ロボットから遠隔して配置されて電気リード線を介して結合されている。本発明による装置は、ワークピースを搬送するための他の公知のロボット搬送装置にも使用することができることを理解されたい。こうしたロボット装置には、デュアルアームロボット、線形摺動ロボット、いわゆる " フロッギングレッグ " frog leg" リンクタイプのロボットと、6 軸の産業ロボットとが含まれる。こうしたロボット装置のそれぞれは当業者に知られている。

【 0 0 3 1 】

ワークピースハンドリングロボット 2 6 は、エンドエフェクタ 4 8 (図 1 、図 3 、及び、図 4) などのワークピース支持ツールを、第 2 のアーム 3 8 における第 1 のアーム 3 6 とは反対の側にピボット式に取付けられている。エンドエフェクタ 4 8 は、第 2 のアーム 3 8 への取付箇所を中心として、第 1 及び第 2 の平面に対して平行である第 3 の平面において、ピボットすることができる。好ましい実施形態においては、エンドエフェクタ 4 8 は、カセット 3 2 の支持面 3 0 に対して平行で水平であると想定されている。しかしながら、気泡水準器などのツールを使用して、ロボット及び / 又はワークステーションの支持

10

20

30

40

50

面を調節して、ワークステーションのカセットをエンドエフェクタに対して平行にしても良い。

【0032】

ひとつの実施形態においては、第1のアーム36と第2のアーム38とエンドエフェクタ48とのピボット位置は、制御装置58と機械的リンク機構との組合せによって、互いに制御されて、エンドエフェクタはシャフト34の回転のZ軸線から半径方向に放射するような経路に沿って動くように束縛されている。他の実施形態では、ロボットアームとエンドエフェクタとは、いわゆる公知の“経路計画アルゴリズム”path planning algorithmに従って動かしても良い。他の実施形態では別のロボットの動作も想定されることを理解されたい。制御装置58は、ロボット較正装置におけるロボット26の動きを制御して、目標物の中心を後述の如く決定する。

10

【0033】

エンドエフェクタ48は、エンドエフェクタの遠位端（つまりエンドエフェクタ48における第2のアーム38とは反対の側）において、ワークピース支持プラットホーム52（図1、図3、及び、図4参照）を含んでいる。支持プラットホーム52は、指部52a及び52bと基部部分52cとを含んでいて、これらがU字形の形態を提供して、ワークピースの支持プラットホームになっている。ワークピースを搬送するために、支持プラットホームはカセット32の棚30の隣接するワークピースの間に嵌入する。エンドエフェクタ48は、いったんワークピースの下側に配置されたならば、（シャフト34がZ軸線に沿って上昇する結果）、上方へと動いて、ワークピースをステーション32の内部の載置位置から持上げて、ワークピース支持プラットホーム52の上に支持してから、ワークピースをステーションのカセットから引き出す。

20

【0034】

当業者に知られているように、ワークピースハンドリング領域の制御領域24に真空源（図示せず）を備えて、負圧を生じさせて、これを可撓性の真空管を介してワークピースハンドリングロボットを通して、エンドエフェクタのワークピース支持プラットホーム52へと連通させる。真空源が動作すると、支持プラットホームの表面に形成された負圧によって、ワークピースはその上にしっかりと保持される。ロボットと関連する真空系には、公知の構成の真空センサ（図示せず）を提供して、いつ、ワークピースがエンドエフェクタと係合したのかを検出して、真空管を通した吸引空気を制限しても良い。本発明は例示したエンドエフェクタに制限されるものではなく、エンドエフェクタが平坦なワークピースを持上げたり解放したりする能力を有する限り、様々なエンドエフェクタのデザインを使用することができることを理解されたい。

30

【0035】

特定の実施形態によるワークピースハンドリングロボット26について上述したけれども、本発明の実施形態は、ワークステーションのカセットからワークピースを引出したり、ワークピースを所望の位置に再配置したりできるような、様々な装置と共に動作することができるることを理解されたい。また、ワークピースハンドリングロボットは、カセットを支持したり、他のワークピース支持容器を支持したりすめの、様々なタイプのワークステーションと共に動作することができることを理解されたい。

40

【0036】

本発明によれば、エンドエフェクタ48の遠位端はさらに、後述の如く、目標物46の反射率パターンの変化を検出するためのセンサ50（図4）を含んでいる。センサ50は好ましくは逆反射ファイバー光学センサであって、表面に向けて光線を放射する発光器と、表面から反射して戻った光線の部分を受ける受光器とを含んでいる。センサ50の感度は、表面からの反射光の量のわずかな変化を検出できるように設定される。この用途に好適なセンサの一例は、FX-7シリーズのセンサであって、Sunx/Ramco Electric Co.社（所在地は1207 Maple, West Des Moines, IA 50265）によって製造されている。

【0037】

好みの実施形態においては、センサ50は、指部52a及び52bの間にエンドエ

50

フェクタに着脱可能に取付けられている。他の実施形態においては、センサは、エンドエフェクタ48の長手方向の中心線上に配置せずとも良いことを理解されたい。しかしながら、もしもセンサがエンドエフェクタの中心に配置されていないとするならば、それに応じた所定のオフセットパラメータにて目標物の中心を計算することになる。

【0038】

センサ50は好ましくはクリップ装着式にて取付けられて、較正手順中に一時的にセンサを取付けると共に、その後には迅速かつ容易にエンドエフェクタ48から取外せるようになると良い。変形例としては、図5に示すように、センサ50はエンドエフェクタ48に埋設して、センサはエンドエフェクタの一体的な部分として、また永久的な固定物として構成しても良い。エンドエフェクタ48の下側には通路54(図5参照)が切込まれていて、そこにセンサ50が挿入される。エンドエフェクタ48の上側にある開口56は、センサ50から放射され受けられる信号が通るように含まれている。エンドエフェクタの永久的な部分としてのセンサ50は、ワークピースの存在を検出するための冗長なセンサとして機能する(真空センサに比べて冗長である。)。センサは、ロボットを通る電気リード線を介して制御装置へ信号を伝達する。

【0039】

クリップ式の又は永久的に取付けられたセンサは、可撓性に取付けられた連結ケーブル(図示せず)とロボットの外側に通されるリード線とを介して、制御装置に電気的に結合される。変形例としては、無線方式の通信プロトコルを使用して、センサ50との信号のやりとりを行なっても良い。無線方式の実施形態においては、センサは電池などのオンボードの電源を含むことが好ましい。

【0040】

次に、ロボット較正装置に関して、本発明はさらに、図6に示すような目標物46を含んでいる。目標物は好ましくは、ロボット26とワークステーションとによってハンドリングされるワークピースと同一であるサイズと形状とになっている。使用時には、ワークピースと同じようにしてカセットの内部に載置され、カセットはワークステーションに載置される。その後に、本発明による装置は詳しくは後述するように、ワークピースの中心を決定する。いったんワークピースの中心が決定されたならば、制御装置は、ワークピースをワークステーションに対してやりとりするための、適切なエンドエフェクタの配置を確認する。この位置は制御装置のメモリに格納されて、後に使用される。

【0041】

目標物46は好ましくは円板形状であるウエハであるけれども、目標物は、ワークピースの形状が嵌入して、較正すべきステーションに対して相補的である限り、正方形やリ字形、又は、任意の様々な形状で良い。ワークピースの少なくとも片側、好ましくは底側には反射率パターン60が備えられていて、好ましい実施形態では4つの等しいサイズの四分円42は、黒い又はなにかその他の非反射性の表面を含んでいる。他方の2つの半径方向に対向している四分円44は、白い又は他の反射性の表面を含んでいる。反射率パターン60は、目標物46の一部分だけに形成しても良いことを理解されたい。

【0042】

目標物は、炭素繊維などの任意の様々な耐久性を備えた材料から形成することができる。炭素繊維を使用する場合には、黒い繊維に白い反射率パターンを塗布する。変形例として、目標物は、シリコンその他の材料であって、反射性の光沢のある材料から作っても良く、表面には黒いパターンを塗布する。さらに別の変形例においては、目標物に白と黒との双方のパターンを塗布しても良い。反射率パターンをどのように付着させるかには関係なく、逆反射センサは、ひとつの領域から次の領域への反射率の変化によって、目標物の黒い領域と白い領域との間の移行を検出することができる。

【0043】

反射率パターンは、ワークピースにシルクスクリーン処理によってパターンを塗布して形成しても良い。反射率パターンは、レーザー印刷パターンと、パターンのワークピース

10

20

30

40

50

への固着とによって形成することもできる。さらに、反射率パターンは、ワークピースにエッチングして形成しても良い。反射率パターンが十分に永久的で正確である限り、反射率パターンは様々な方法によってワークピースに形成ないし取付けることができることを理解されたい。反射率パターンの交互の反射率に十分なコントラストがある限り、白と黒との配置以外の、例えば灰色の色合などの輝度変化を使用しても良いことを理解されたい。さらに別の実施形態においては、交互の領域は目標物に形成されてなる孔によって形成しても良いことを理解されたい。

【 0 0 4 4 】

四分円を分離して形成している線 6 2 は、目標物の中心において垂直に交差している。反射率パターン 6 0 は、他の実施形態においては、3 つの領域や、5 以上の領域に分割しても良いことを理解されたい。さらに、別の実施形態においては、目標物 4 6 の中心においては明瞭な領域が交差している必要がないことを理解されたい。また、センサがエンドエフェクタの底側にあったり、ロボット自体が逆さまになっているような環境においては、反射率パターンは追加的に又は交換して、ワークピースの上側に位置させても良いことを理解されたい。

10

【 0 0 4 5 】

目標物の白い領域は入射した光線の大部分を反射し、目標物の黒い領域は入射した光線のごくわずかだけを反射するので、センサ 5 0 は、目標物の表面の下側を動きまわることによって、黒い領域 4 2 から白い領域 4 4 への変化と、この逆の変化とを検出することができる。センサの感度は、黒と白と以外の色彩の領域の変化を検出するように設定しても良いことを理解されたい。

20

【 0 0 4 6 】

本発明によるロボット較正装置の動作について、図 1 ~ 図 3 を参照して説明する。ロボットとステーションのカセットとの間にワークピースを搬送すべく、ワークピースハンドリングロボットをステーションに対して位置決めするときには、ワークピースハンドリングロボット 2 6 は、所望のステーションにあるカセット 3 2 の前面に配置される。好ましい実施形態では、目標物 4 6 は、処理されるワークピースと同じようにして、カセットの内部の最も下の棚 3 0 に配置される。

【 0 0 4 7 】

ステーションのカセットに対してのロボット 2 6 の近似的な適正位置は、オペレータの視認によって見積られ、又は、予めプログラムされた制御装置によって行なわれる。ロボット 2 6 を最初には Z 軸線の最も下の位置として、シャフト 3 4 によってロボットのアームを Z 軸線に沿って垂直に上昇させて、エンドエフェクタ 4 8 とセンサ 5 0 とを目標物 4 6 の直下に配置させる。エンドエフェクタ 4 8 が目標物 4 6 に到達すると、前述した真空センサが、目標物と真空センサとが近接したことを検出して、制御装置 5 8 へと信号を送信する。ロボット 2 6 の Z 軸高さに対応するこの位置において、エンドエフェクタ 4 8 はカセット 3 2 の最も下にあるワークピースの下側に整列される。このパラメータは、制御装置に格納される。さらに、カセットの内部のそれぞれの棚の間隔は既知であるために、ワークピースがカセットの内部に載置されているそれぞれの高さもまた知ることができる。

30

【 0 0 4 8 】

次に、エンドエフェクタ 4 8 は目標物 4 6 を解放して、目標物 4 6 からわずかに垂直下方に動き、エンドエフェクタ 4 8 と目標物 4 6 との間にごくわずかの隙間ができるようになる(図 3 参照)。ロボット較正装置の動作中の Z 軸高さは、ここで決定されて、パラメータは制御装置 5 8 に格納される。較正手順を行なうときには、エンドエフェクタ 4 8 は、目標物やカセット 3 2 に接触することなく、目標物 4 6 に接近して配置すべきであって、センサ 5 0 の検出範囲内において、黒い領域から白い領域への、またその逆への変化の検出を信頼できるようにする。ステーションの最も下の支持面の Z 軸高さを定めるべく、エンドエフェクタと目標物の底部とが接触し又は近接したことを検出するためには、他の公知のセンサを使用しても良いことを理解されたい。例えば、レーザーウエハマッピング

40

50

センサや（近接センサとして）反射率センサを使用しても良い。こうした装置は、例えば1998年10月15日に出願された米国特許出願第09/173,710号（発明の名称"Wafer Mapping System"）に開示されていて、同出願は本発明の所有者に譲渡されているので、同出願を参考してここに全文引用する。

【0049】

いったん目標物の底面に近接して配置したならば、エンドエフェクタ48は目標物の底のまわりの検索パターンに従って動く。検索パターンを追従するエンドエフェクタの経路は、他の実施形態では変更されるけれども、経路は少なくともそれぞれの四分円42及び44の境界を少なくとも1回は時計まわりに又は反時計まわりに横切るようになっている。エンドエフェクタが検索パターンを追従するとき、センサ50は、目標物46の黒い領域と白い領域との移行を検出することができる。ロボット26の第2のアーム38にはLEDライトなどのインジケータ40が備えられ、隣接する境界間の移行を表示する。センサ50が黒い領域42の下側に位置しているときには、インジケータ40は点灯しない。センサ50が白い領域44の下側に位置しているときには、インジケータ40は点灯する。もしも目標物の整列に不良があって、検索パターン中にエンドエフェクタが4つの四分円42及び44のそれぞれを通って移行しない場合には、センサ50によってエラーが検出されて、エラー信号が発生して制御装置58へ送られる。

【0050】

エンドエフェクタ48は様々な検索パターンに従って動くことができる。検索パターンのパラメータは制御装置58に格納されていて、制御装置58はオペレータの援助無しに自動的に、検索パターンに従った操作を制御することができる。例えば、エンドエフェクタ48は、図7に示す如く、丸い検索パターンに従って、目標物46の下側を動くことができる。丸い検索パターンは、エンドエフェクタの動きが滑らかであるために、アームの振動が最小であるという利点を有する。また、丸いパターンは正確で迅速な動きを行なえる利点を有する。しかしながら、丸いパターンでは、こうした動きの結果のデータを格納するために、制御装置の多くのメモリを使用しなければならない。エンドエフェクタ48は、図8に示す如く、正方形の検索パターン68に従って目標物46の下側に操作させることもできる。

【0051】

ロボットの中心軸線から半径方向に沿って進退するようにエンドエフェクタを動かす実施形態においては、図9に示すように、極座標系の検索パターンを使用して、エンドエフェクタ48を操作する。この実施形態では、エンドエフェクタはウエハハンドリングロボット26の自然な動きに追従して、極座標系における矩形のパターンは制御装置のメモリに格納するのが容易である。この実施形態では、エンドエフェクタは最初には半径方向外方へ第1の四分円から第2の四分円へと動き、第2の四分円から第3の四分円へと回転し、第3の四分円から第4の四分円へと半径方向に動き、最後に、第4の四分円から第1の四分円へと回転して戻る。検索パターンは上述したものに限定されるわけではなく、様々な検索パターンに従って動かすことができることを理解されたい。

【0052】

エンドエフェクタの経路にかかわらず、目標物が許容可能な公差の範囲にて適切にカセット中に載置されている限り、本発明による較正装置が動作するためには、目標物46をカセットの内部にて特定の角度方向に配置したり、かかる角度方向が既知であるような必要は無い。

【0053】

エンドエフェクタ48は、目標物46の下側のひとつの全体的な経路をとって、完全な検索パターンが形成されて、移行点64は決定される（図7～図9参照）。移行点は、エンドエフェクタ48のセンサ50が、黒い領域42と白い領域44との境界線62を横切る箇所の点である。4つの四分円の反射率パターン60によって、4つの移行点64は制御装置において極座標系にて特定される（すなわち、ロボットの角度、ロボットの回転軸線からのエンドエフェクタの半径r）。制御装置は、アルゴリズムを使用して、極座標

10

20

30

40

50

をデカルト座標 (x , y) へと変換する。第 1 と第 3 の点は四分円の境界線 6 2 のうちの一方の上にあって、かかる境界線は第 1 と第 3 の点を通るデカルト平面における方程式として表現される。同様に、第 2 と第 4 との点は四分円の他方の境界線 6 2 の上にあって、かかる境界線は第 2 と第 4 との点を通るデカルト平面における第 2 の方程式として表現される。ひとつの座標の組が双方の境界線上にあることから、かかる座標は線の公差点、つまり目標物 4 6 の中心を示す。方程式は、制御装置によって解かれて、目標物の中心の座標を確認する。確認された目標物の中心位置は、その後に制御装置のメモリに格納される。

【 0 0 5 4 】

ステーションの目標物の中心が確認されたならば、制御装置は、ワークピースハンドリングロボットとステーション、特にステーションのカセットとの空間的な関係を知ることになる。その後に、制御装置はエンドエフェクタをかかる位置へ復帰させて、必要に応じて、ステーションからワークピースを取得したりステーションへワークピースを引渡したりする。

【 0 0 5 5 】

他の実施形態では、エンドエフェクタ 4 8 は目標物のまわりの複数の経路をとる。複数の経路をとることで、コンピュータの制御装置 5 8 はより多くの（移行点の）データを取得することができ、目標物の中心の位置はさらに精密に決定することができる。さらに、エンドエフェクタ 4 8 を時計まわりの検索パターンに動かして、次に反時計まわりの検索パターンに動かし、または、この逆を行なっても良い。時計まわりの検索パターンに動かしてから、同一の検索パターンを反時計まわりに繰返すことで、エンドエフェクタの整列と位置決めを不正確にするおそれのある、ロボットアームのヒステリシスを解消できる利点がある。目標物の中心を決定できるだけの十分に満足できるデータを収集できる限り、様々な数の境界領域や様々な検索パターンを使用することができることを理解されたい。さらに、制御装置は、様々な別のアルゴリズムを使用して、様々な移行点から中心点を決定することもできることを理解されたい。

【 0 0 5 6 】

次に、図 1 0 ~ 図 1 3 を参照して、本発明の他の実施形態について説明する。図 1 0 ~ 図 1 3 に示した実施形態において、前記実施形態と同一の機能及び動作を有する部品又は要素には、同一の参照符号を付している。

【 0 0 5 7 】

図 1 0 に示した第 2 の実施形態においては、ワークピースハンドリングロボット 7 2 は、サーボ式の手首状のタイプのロボットから構成されていて、エンドエフェクタ 7 4 は基部 7 4 a とワークピース支持部分 7 4 b とを有している。この実施形態では、ワークピース支持部分 7 4 b は、基部 7 4 a に対して、ピッチ運動（上下傾斜）と、ロール運動（基部を通る軸線を中心とした回転）とを行なうことができる。この実施形態においては、エンドエフェクタは、カセット 3 2 の内部のワークピースに対して自動的に平行にはなってはいないことを想定している。従って、支持部分のピッチとロールとを変更することで平行に調整することができる。エンドエフェクタ 7 4 のワークピース支持部分 7 4 b のロール運動については、ロール運動を調整するために、サーボフリッパ 7 6 が使用される。サーボフリッパは、後述の如く、部分 7 4 a に取付けられていて、部分 7 4 b が取付けられてなる回転出力シャフト（図示せず）を含んでいる。現在のウエハハンドリングロボットにおいて、サーボフリッパはロボット 2 6 に既に組込まれていて、ワークピースを反転させるのに使用され、ワークピース支持部分 7 4 b は基部部分 7 4 a に対して任意の角度に回転調整可能になっている。そうして、サーボフリッパ 7 6 は、ワークピース支持部分 7 4 b のロール運動を調整するためにも使用される。

【 0 0 5 8 】

ピッチ運動に関しては、サーボフリッパ 7 6 は、ネジ孔 7 7 に螺入されたジャッキネジ（図示せず）によって部分 7 4 a に取付けられていて、これにより、サーボフリッパ 7 6 の（故にワークピース支持プラットホーム 7 4 b の）ピッチを基部部分 7 4 a に対して調

10

20

30

40

50

整する。ジャッキネジに置換えて、小型のリニアアクチュータ78を使用して、較正手順中に自動的にワークピース支持部分74bのピッチを調整させても良い。サーボフリッパにジャッキネジを取付ける以外の機構を使用して、例えば圧電駆動素子や、リードネジ、カム装置、その他の公知の精密位置決め機構を使用して、ワークピース支持部分74bのピッチを調整しても良いことを理解されたい。また、サーボフリッパ76を使用せずに、一対の線形アクチュータによってピッチとロールとを調整しても良い。

【0059】

図10に示した実施形態において、エンドエフェクタ74のワークピース支持部分74bは、3つの薄い容量センサ80（模式的に示している）を含んでいて、カセット32の目標物に対するワークピース支持部分74bの平面方向を検出させても良い。変形例としては、3つの容量センサは、エンドエフェクタのワークピース支持部分74bに取付け可能であるような着脱可能なティーチングツールに組込んでも良い。動作に際しては、第1の実施形態と同様に、エンドエフェクタ74を上昇させて、カセットの最も下の棚にある目標物の下側に整列させる。目標物に近接したならば、センサ80を使用して、ワークピース支持部分が目標物に対して平行であるか否かを検出する。平行でない場合には、ピッチとロールとを調節して、3つのセンサ80が目標物46から等しい距離になるようにして、ワークピース支持部分74bと目標物46とを平行にする。

【0060】

ワークピース支持部分74bが平行に調整された後には、前述の如く、カセットの内部の最も下のワークピースの垂直位置は格納される。図10の実施形態のエンドエフェクタ74はさらに、逆反射の光ファイバーセンサ50を含んでいて、これを使用して、前述したような検索パターンによって、目標物46の中心を決定する。

【0061】

図11及び図12に示した第3の実施形態では、ロボット較正装置は、目標物84の上にある2つの点82を使用して、ワークピースハンドリングロボット26をステーションに対して較正する。第1の実施形態と同様に、ステーションはその上にカセット85を支持している。ウエハハンドリングロボット26は、本発明の第1の実施形態で使用したのと同一であるウエハハンドリングロボットである。しかしながら、カセットはロボットに対して放射方向には配置されていない。カセットは、図11に示す如く、他の方向に面していたりして、ロボットの前面に直接配置されてはいない。前述の実施形態では、目標物は丸形であって、ひとつの位置（目標物の中心）だけが必要とされて、ロボットとステーションとの位置関係を定めていた。ワークピースにアクセスする方向は、ロボットにとつて直線状の放射状のアプローチであると推定されていた。この実施形態では、2つの目標物の点82が必要であって、ロボットとステーションとの相対的な位置を定めると共に、ステーションの向きとステーションのカセットへのアクセス方向とを定める。

【0062】

図12に示した本実施形態の目標物84は、正方形の形状であって、前述した2つの目標点を含んでいる。目標点82は、2本の平行である線86が垂直な線88と交差することによって形成されている。正方形の目標物84の反射率パターンは、図12に示す如く、交互の黒い領域42と白い領域44とになっている。正方形の目標物84の2つの点82は上述したのと同様に決定されて、エンドエフェクタ48は正方形の目標物の下側を検索パターンにて動いて、移行点を検索して、制御装置はアルゴリズムの方程式を使用して、2つの点の位置を決定する。その他の形状も、形状が特定の区別される向きを有する限り、使用することができることを理解されたい。

【0063】

ステーションに対してロボットを較正するときには、他のタイプのセンサや目標物をワークピースハンドリングロボットと共に使用することもできることを理解されたい。例えば、前述した真空センサ（図示せず）を使用して目標物の中心を位置決めしても良い。真空センサは、エンドエフェクタに取付けられて、目標物の中心に開口を有しているような目標物と組合させて使用される。本実施形態における真空センサは、ワークピースの中心

10

20

30

40

50

にある開口を検索しながら、目標物の下側を動きまわる。真空センサが目標物を吸引できないとき、開口の位置が定められる。この方法は、現在の既存のワークピースハンドリングロボットに使用されているハードウェアを使用するために、コスト効率に優れている。変形例としては、エンドエフェクタに圧力センサを取付けて、真空センサに代えて使用することもできる。真空センサを使用した実施形態と同様に、圧力センサは、中心に開口を有してなる目標物と組合わせて使用される。エンドエフェクタは目標物に接触せずに目標物の下側を移動して、圧力センサは目標物の表面付近の圧力変化を検出する。センサが開口に位置したときには、圧力が低下するために、ワークピースの中心を決定することができる。本発明においては、容量センサや導電センサ、音響センサ、電荷結合表示カメラ、又は、その他のセンサを使用しても良いことを理解されたい。

10

【 0 0 6 4 】

さらに別の実施形態においては、センサは、目標物の異なった電気導電性を有する検出領域を検出すべく、容量センサや誘導センサを備えても良い。さらに別の変形例においては、センサは機械的な触針であって、目標物のパターン化された表面へと延在していて、目標物は、ウエハ上の異なった高さである、様々なエッチングまたはレリーフされたパターンを含んでいる。

【 0 0 6 5 】

ウエハハンドリングロボットの較正は、修理作業が完了した後、及び／又は、ワークピースツールの変更が必要になったときの後、装置の最初のセットアップにて完了する。ロボット較正装置において、複数のステーションに対するロボットの較正は、数分の1回の較正手順にて完了して、再現可能な正確な結果が得られる。さらに、新たに加えられたステーションが据付けられたならば、既に据付けられて較正されたステーションに対するロボットの相対的な位置に影響を与えることなくして、ロボットは新たなステーションに対して較正される。さらに、エンドエフェクタの同一の点を常に使用して較正を行なうので、ステーションを追加又は変更したときにも、既存のステーションを再較正する必要はない。

20

【 0 0 6 6 】

ロボット較正装置は、エンドエフェクタに（又は第4の実施形態で説明した目標物に）ひとつだけのセンサを必要とすることから、また、ワークピースツールにおけるすべてのステーションにはセンサが必要ないことから、安価である。また、目標物は単純なデザインであって、少ない数の部品だけを必要とするので、ワークピースツールの構成を容易にすることができます。このために、ロボット較正装置は、ロボットを利用した基板ハンドリング作業のすべてに普遍的に適用可能であるが、それは目標物は、ワークピースが支持されるあらゆるステーションに嵌入できるためである。

30

【 0 0 6 7 】

さらに、ロボット較正装置は効率的であって、ステーションに対してロボットを容易に較正することができる。ロボット較正装置は制御装置によって制御されるので、ワークピースハンドリングロボットをステーションの付近に最初に配置して、すべてのステーションの支持面に目標物を配置した後には、較正処理が行なわれている間に、オペレータは自由に他の領域を監視して、ウエハ製造の処理を行なうことができる。

40

【 0 0 6 8 】

前述の如く、ひとつの動作モードにおいては、ロボットは技術者によって大まかにステーションに対して整列されてから、ロボットは目標物のまわりを動いて、ロボットと目標物とステーションとの間の精密な関係を決定する。他の動作モードにおいては、技術者は必要なく、ロボットの1又は複数のワークステーションに対する位置を自動的に決定することができる。そうした実施形態においては、例えばロボットが交換されたとき、古いロボットが各ステーションにエンドエフェクタを配置すべく使用していた各ステーションの位置座標を、新たなロボットにダウンロードする。従って、新たなロボットは、エンドエフェクタを様々なワークステーションに適切に位置決めしていた古いロボットの動きを知ることができる。

50

【 0 0 6 9 】

しかしながら、新たなロボットは古いロボットと精密に同一箇所に配置されるとは限らないし、新たなロボットの様々な構成要素は古いロボットと同様には動作しないこともある。そのため、ダウンロードした情報は、新たなロボットに各ステーションの大まかな配置だけを提供することになる。従って、新たなロボットに前述したセンサを含めて、前述した目標物を各ステーションに設けることによって、新たなロボットの各ステーションに対する精密な整列を自動的に決定することができる。

【 0 0 7 0 】

古いロボットから位置情報をダウンロードする代わりに、既知である装置の近似的なレイアウトから、大まかなロボットの位置を得ることもできる。すなわち、古いロボットから大まかな位置情報を受取らなくとも、かかる情報は、ツール内部の構成要素の概略的なレイアウトと配置との知識に基づいて、制御装置に知られている。こうした概略的なレイアウトと配置との情報を新たなロボットにダウンロードして、その後に新たなロボットの前述したセンサと各ステーションの前述した目標物とを使用して、新たなロボットと各ステーションとの精密な整列を自動的に決定することができる。

10

【 0 0 7 1 】

こうした自動的な位置決定モードは、ロボットを交換したときや、1又は複数のステーションを修理又は交換したときにも、前述したのと同様に、実行することができる。古い位置情報を大まかな整列のために使用することによって、本発明による装置は精密な整列を提供することができる。

20

【 0 0 7 2 】

さらに、かかる自動的な位置決定モードは、構成要素を変更したり修理したりすることができなくとも、定期的に実行させることができて、無人的な診断ツールとして、長期にわたり、ツールの様々なステーションに対してロボットを正しく配置することを確保できる。このモードは、ツールに衝撃が与えられた後や、位置決めエラーが検出された場合などに、ツールの起動時に実行させることもできる。自動的な位置決定モードの一層の利点は、これを遠隔地から自動的に起動できることである。

【 0 0 7 3 】

自動的な位置決定モードと、技術者が大まかにロボットを整列させるモードとのいずれにおいても、本発明による目標物は、ツールに使用されるカセットの所定のスロットの内部に永久的に収容される。また、カセットには2以上の永久的な目標物を収容しても良く、カセット内の方又は双方の目標物を使用することによって、整列を行なうことができる。

30

【 0 0 7 4 】

これまで、本発明は、単一の目標物をカセットやポッドその他のワークピース容器の内部に含んでいるものとして説明してきた。カセットやポッド又はワークピース容器の異なった高さに複数の目標物を提供しても良いことを理解されたい。こうした実施形態においては、本発明のセンサによって確認された下側の目標物の中心を、センサで確認された上側の目標物の中心と比較する。中心が互いにずれる場合には、キャリアが変形しているか欠陥を有していることを意味する。

40

【 0 0 7 5 】

さらに別の実施形態では、前述の反射率パターンはステーションに直接に固定しても良い。こうした実施形態においては、ステーションにカセットが存在しない場合であっても、ロボットの精密な整列を実行することができる。

【 0 0 7 6 】

これまで、反射率パターンはひとつのステーションだけにあるものとして説明してきた。しかしながら、前述した反射率その他のパターンを有する目標物は、ロボットの三次元空間内のどこに配置することもできて、ロボットを整列させたりツールの内部の診断を行なったりすることもできることを理解されたい。例えば、既知のXYZ座標を有する任意の基準点に目標物を提供することによって、ロボットを変更したとき、新たなロボットは

50

、本発明の原理に従って、基準点の目標物に整列させることができる。いったん整列されたならば、ロボットツールの内部にて配置されて、ツール内のステーションに精密にアクセスすることができる。前述の如く、基準点には目標物をもたないパターンを提供して、ツール内のステーションに対してロボットを精密に整列させても良い。

【0077】

本発明について詳細に説明したけれども、本発明は開示された実施形態に限定されるわけではないことを理解されたい。当業者は、様々な変更、置換、変形を行なうことができるが、それらは特許請求の範囲に定められた発明の精神及び範囲を逸脱するものではない。

【図面の簡単な説明】

10

【0078】

【図1】図1は、本発明による装置を示した斜視図であって、ワークステーションに対してワークピースハンドリングロボットの較正を行なうためのロボット較正装置を含んでいる。

【図2】図2は、本発明によるロボット較正装置が複数のワークステーションと共に動作するような、変形例による設置例を示した平面図である。

【図3】図3は、本発明による装置を示した側面図であって、ステーションに対してワークピースハンドリングロボットの較正を行なうためのロボット較正装置を含み、エンドエフェクタが目標物の下方に示されている。

【図4】図4は、本発明によるエンドエフェクタを示した斜視図であって、ロボット較正装置において使用するためのセンサが含まれている。

20

【図5】図5は、本発明によるエンドエフェクタを示した側面図であって、ロボット較正装置において使用するためのエンドエフェクタの一体的な一部分としてのセンサを示している。

【図6】図6は、本発明による目標物を示した平面図であって、ロボット較正装置において使用するための目標物の上にある反射率パターンを示している。

【図7】図7は、本発明による目標物を示した平面図であって、ロボット較正装置において使用されるエンドエフェクタが行なう丸い検索パターンを示している。

【図8】図8は、本発明による目標物を示した平面図であって、ロボット較正装置において使用されるエンドエフェクタが行なう正方形の検索パターンを示している。

30

【図9】図9は、本発明による目標物を示した平面図であって、ロボット較正装置において使用されるエンドエフェクタが行なう矩形の検索パターンを示している。

【図10】図10は、本発明の第2の実施形態による調整可能なエンドエフェクタを示した斜視図である。

【図11】図11は、本発明の第3の実施形態による装置を示した斜視図であって、正方形である目標物を利用したステーションに対して、ワークピースハンドリングロボットの較正を行なうためのロボット較正装置を含んでいる。

【図12】図12は、本発明の第3の実施形態による正方形である目標物を示した平面図であって、ロボット較正装置において使用するための好み反射率パターンを示している。

40

【図1】

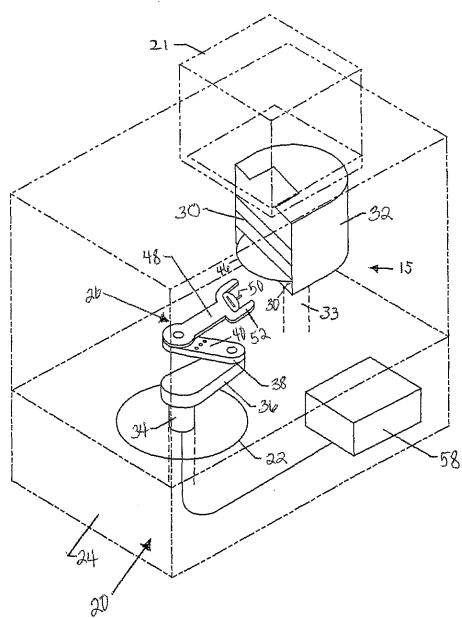


FIG. 1

【図2】

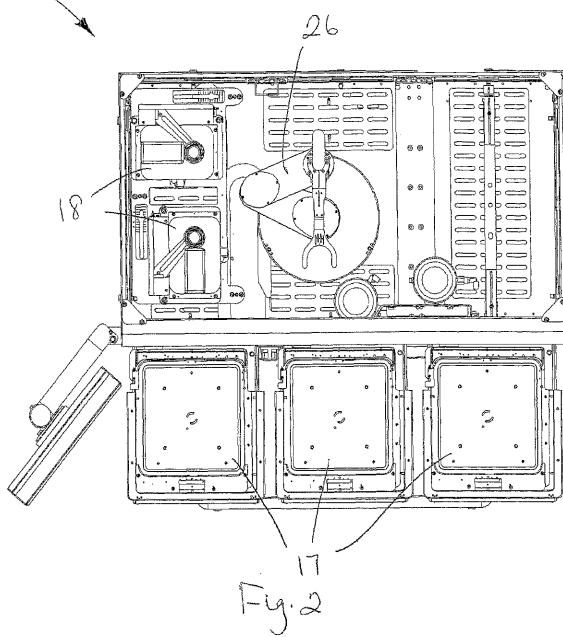


FIG. 2

【図3】

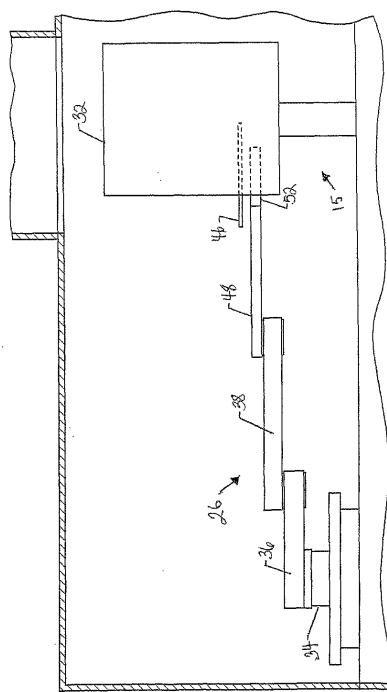


FIG. 3

【図4】

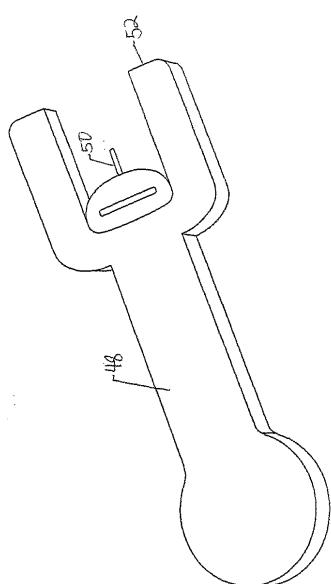


FIG. 4

【図 5】

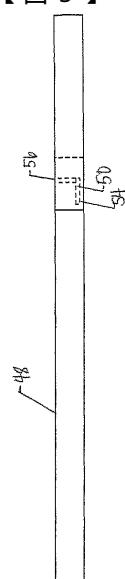


FIG. 5

【図 6】

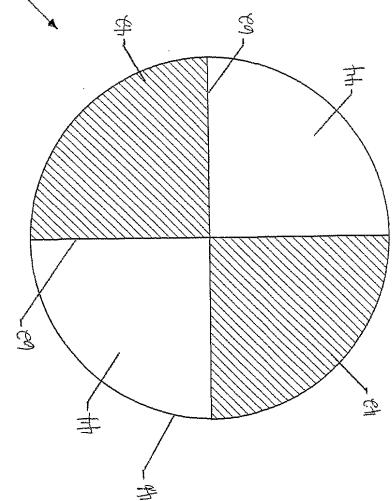


FIG. 6

【図 7】

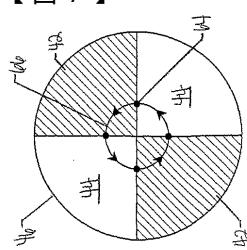


FIG. 7

【図 8】

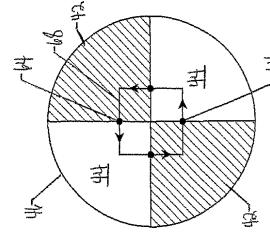


FIG. 8

【図 9】

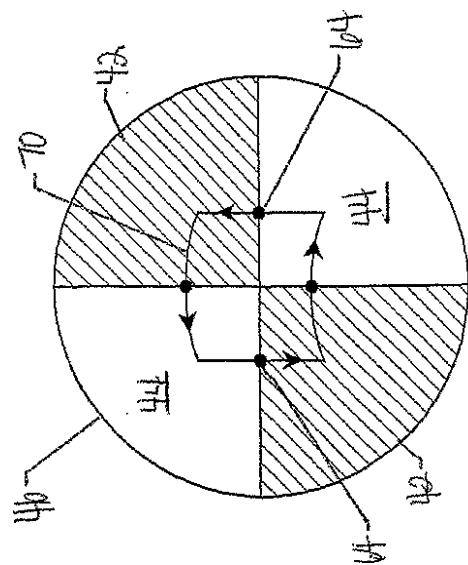


FIG. 9

【図 10】

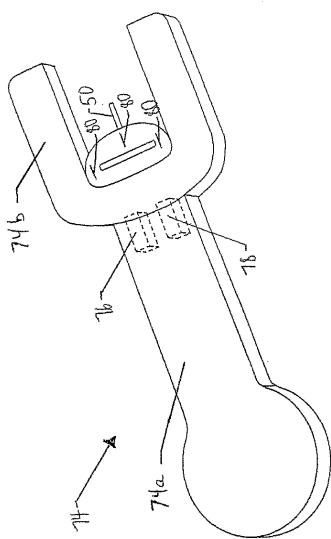
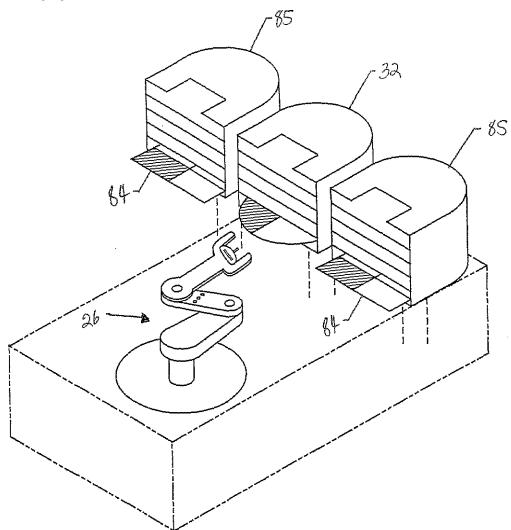


FIG. 10

【図11】



【図12】

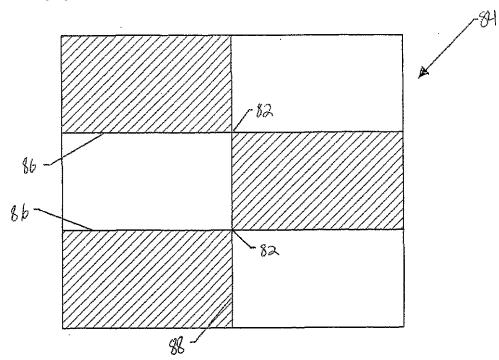


FIG. 12

FIG. 11

フロントページの続き

(74)代理人 100082005
弁理士 熊倉 穎男
(74)代理人 100065189
弁理士 宍戸 嘉一
(74)代理人 100074228
弁理士 今城 俊夫
(74)代理人 100084009
弁理士 小川 信夫
(74)代理人 100082821
弁理士 村社 厚夫
(74)代理人 100086771
弁理士 西島 孝喜
(74)代理人 100084663
弁理士 箱田 篤
(72)発明者 ハイン ロジャー ジー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94070 サン カルロス ドルトン アベニュー 12
9
(72)発明者 ハイン グラハム エル
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94087 サニーヴェイル ダートシャー ウェイ 76
6

審査官 岡澤 洋

(56)参考文献 特許第2658405 (JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/677

B25J 13/00