

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5181954号  
(P5181954)

(45) 発行日 平成25年4月10日(2013.4.10)

(24) 登録日 平成25年1月25日(2013.1.25)

(51) Int.Cl. F I  
**B 2 5 J 13/08 (2006.01)** B 2 5 J 13/08 Z

請求項の数 14 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2008-235619(P2008-235619)  
 (22) 出願日 平成20年9月12日(2008.9.12)  
 (65) 公開番号 特開2010-64232(P2010-64232A)  
 (43) 公開日 平成22年3月25日(2010.3.25)  
 審査請求日 平成23年4月4日(2011.4.4)

(73) 特許権者 000006622  
 株式会社安川電機  
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
 (74) 代理人 100089118  
 弁理士 酒井 宏明  
 (72) 発明者 勝田 信一  
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
 株式会社安川電機内

審査官 金丸 治之

(56) 参考文献 特開平11-129186(JP,A)  
 特開平03-235602(JP,A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボットシステムの異常検出方法、ロボットシステム、ステージシステムの異常検出方法、ステージシステム、および、半導体製造装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

モータと、前記モータの回転を伝達する伝達系と、前記伝達系を介して駆動されるアームと、前記アームに設けられてワークを搭載可能なエンドエフェクタと、前記エンドエフェクタを予め決められた位置へ制御するよう前記モータを駆動するコントローラと、からなるロボットシステムにおいて前記伝達系の異常を予め検出する異常検出方法であって、  
前記エンドエフェクタに搭載された加速度センサの加速度データからエンドエフェクタ部フィードバック加速度を求める工程と、  
前記エンドエフェクタの位置指令からエンドエフェクタ部加速度指令を求める工程と、  
前記エンドエフェクタ部加速度指令の加速区間または減速区間における前記エンドエフェクタ部加速度指令と前記エンドエフェクタ部フィードバック加速度との差分の絶対値を積分し、該積分した値に基づいて前記伝達系の異常を検出する工程と  
を含むことを特徴とするロボットシステムの異常検出方法。

【請求項2】

前記伝達系の異常検出において、  
前記モータのエンコーダから得られる前記モータの回転角度から前記エンドエフェクタのモータ部フィードバック加速度を求める工程と、  
前記モータ部フィードバック加速度と、前記エンドエフェクタ部フィードバック加速度との差分を監視して、前記差分の値が予め設定された閾値よりも大きくなった場合に前記伝達系のガタおよびすべりが大きくなったと判断する工程と

10

20

を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のロボットシステムの異常検出方法。

【請求項 3】

前記伝達系の異常検出において、

前記エンドエフェクタ部加速度指令と、前記エンドエフェクタ部フィードバック加速度との差分の絶対値が、予め設定された閾値よりも大きくなった場合に前記エンドエフェクタが外界と衝突したと判断する工程

を含むことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のロボットシステムの異常検出方法。

【請求項 4】

モータと、前記モータの回転を伝達する伝達系と、前記伝達系を介して駆動されるアームと、前記アームに設けられてワークを搭載可能なエンドエフェクタと、前記エンドエフェクタを予め決められた位置へ制御するよう前記モータを駆動するコントローラと、を有し、前記伝達系の異常を予め検出するロボットシステムにおいて、

前記エンドエフェクタの位置指令からエンドエフェクタ部加速度指令を求めるモーション生成部と、

前記エンドエフェクタに搭載された加速度センサから得られる加速度データからエンドエフェクタ部フィードバック加速度を求めるフィードバック情報取得部と、

前記エンドエフェクタ部加速度指令の加速区間または減速区間における前記エンドエフェクタ部加速度指令と前記エンドエフェクタ部フィードバック加速度との差分の絶対値を積分し、該積分した値に基づいて前記伝達系の異常を検出する動作監視部と

を備えたことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 5】

前記フィードバック情報取得部は、

前記モータのエンコーダから得られる前記モータの回転角度から前記エンドエフェクタのモータ部フィードバック加速度をさらに求め、

前記動作監視部は、

前記モータ部フィードバック加速度と、前記エンドエフェクタ部フィードバック加速度との差分を監視して、前記差分の値が予め設定された閾値よりも大きくなった場合に前記伝達系のガタおよびずべりが大きくなったと判断する

ことを特徴とする請求項 4 に記載のロボットシステム。

【請求項 6】

前記動作監視部は、

前記エンドエフェクタ部加速度指令と、前記エンドエフェクタ部フィードバック加速度との差分の絶対値が、予め設定された閾値よりも大きくなった場合に前記エンドエフェクタが外界と衝突したと判断する

ことを特徴とする請求項 4 または請求項 5 に記載のロボットシステム。

【請求項 7】

モータと、前記モータの回転を伝達する伝達系と、前記伝達系を介して駆動され、ワークを搭載可能なテーブル部と、前記テーブル部を移動可能に支持するベースと、前記テーブル部を前記ベースに対して予め決められた位置へ制御するよう前記モータを駆動するコントローラと、からなるステージシステムにおいて前記伝達系の異常を予め検出する異常検出方法であって、

前記テーブル部に搭載された加速度センサの加速度データからテーブル部フィードバック加速度を求める工程と、

前記テーブル部の位置指令からテーブル部加速度指令を求める工程と、

前記テーブル部加速度指令の加速区間または減速区間における前記テーブル部加速度指令と前記テーブル部フィードバック加速度との差分の絶対値を積分し、該積分した値に基づいて前記伝達系の異常を検出する工程と

を含むことを特徴とするステージシステムの異常検出方法。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

前記伝達系の異常検出において、

前記モータのエンコーダから得られる前記モータの回転角度から前記テーブル部のモータ部フィードバック加速度を求める工程と、

前記モータ部フィードバック加速度と、前記ステージ部フィードバック加速度との差分を監視して、前記差分の値が予め設定された閾値よりも大きくなった場合に前記伝達系のガタ、およびすべりが大きくなったと判断する工程と

を含むことを特徴とする請求項 7 に記載のステージシステムの異常検出方法。

【請求項 9】

前記伝達系の異常検出において、

前記ステージ部加速度指令と、前記ステージ部フィードバック加速度との差分の絶対値が、予め設定された閾値よりも大きくなった場合に前記ステージ部が外界と衝突したと判断する工程

を含むことを特徴とする請求項 7 または請求項 8 に記載のステージシステムの異常検出方法。

【請求項 10】

モータと、前記モータの回転を伝達する伝達系と、前記伝達系を介して駆動され、ワークを搭載可能なテーブル部と、前記テーブル部を移動可能に支持するベースと、前記テーブル部を前記ベースに対して予め決められた位置へ制御するよう前記モータを駆動するコントローラと、を有し、前記伝達系の異常を予め検出するステージシステムにおいて、

前記テーブル部の位置指令から前記テーブル部加速度指令を求めるモーション生成部と

、  
前記テーブル部に搭載された加速度センサから得られる加速度データからテーブル部フィードバック加速度を求めるフィードバック情報取得部と、

前記テーブル部加速度指令の加速区間または減速区間における前記テーブル部加速度指令と前記テーブル部フィードバック加速度との差分の絶対値を積分し、該積分した値に基づいて前記伝達系の異常を検出する動作監視部と

を備えたことを特徴とするステージシステム。

【請求項 11】

前記フィードバック情報取得部は、

前記モータのエンコーダから得られる前記モータの回転角度から前記テーブル部のモータ部フィードバック加速度をさらに求め、

前記動作監視部は、

前記モータ部フィードバック加速度と、前記テーブル部フィードバック加速度との差分を監視して、前記差分の値が予め設定された閾値よりも大きくなった場合に前記伝達系のガタおよびすべりが大きくなったと判断する

ことを特徴とする請求項 10 に記載のステージシステム。

【請求項 12】

前記動作監視部は、

前記テーブル部加速度指令と、前記テーブル部フィードバック加速度との差分の絶対値が、予め設定された閾値よりも大きくなった場合に前記テーブル部が外界と衝突したと判断する

ことを特徴とする請求項 10 または請求項 11 に記載のステージシステム。

【請求項 13】

請求項 4 乃至 6 のいずれかに記載のロボットシステムを備えたことを特徴とする半導体製造装置。

【請求項 14】

請求項 10 乃至 12 のいずれかに記載のステージシステムを備えたことを特徴とする半導体製造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

## 【0001】

本発明は、減速機、ベルト、プーリ等の伝達系を介してアームなどの負荷にモータトルクを伝達する搬送システムにおいて、これら伝達系の異常を検出する異常検出装置および方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

半導体製造装置に限ったことではないが、半導体製造における稼働率低下を避けるため、MTTR (Mean Time To Repair) のような指標に代表されるダウンタイムを極力小さくすることが求められる。このために、装置が故障する前に予め計画的ダウンタイムを取得し、装置メンテナンスを行うことが重要であるが、装置自身が自己の劣化状態を認識し、異常と認識すればそれを通知するということが求められている。そのために、従来の異常検出方法は、モータへの指令とモータエンコーダからのフィードバック速度やトルクとを比較することで異常かどうかの判定をしている（例えば、特許文献1参照）。

図10が従来の異常判定装置及びその周辺の機器のブロック図である。図10において、減速機203は、負荷206を駆動するモータ201と負荷206との間に設けられ、モータ201の回転数を落とすことによりトルクを強めてモータ201の回転駆動力を負荷206に伝達する。モータ201には、モータの回転動作を検出する検出器であるエンコーダ202が備えられていて、エンコーダ202の出力するフィードバック信号に基づいてモータ201の制御をする制御器304を有している。

この装置において、モータ201に加えるトルクをモニタしたトルク信号は、モータ201の加速時及び減速時には大きく緩やかに変化をするが、定常速度の状態では、あまり大きくは変化しない。そして、モータ201に接続された減速機203に異常があると、トルク信号に振動成分が重畳する。そのため、定常速度の状態のときのトルク信号を観察することにより、モータ201に接続された減速機203の異常を検出することができる。

このように、トルク信号においては、定常速度のとき、減速機203固有の振動成分が観察される。そして、減速機203が異常をきたすと、その振動成分が極端に大きくなるので、予め設定されたトルク上限閾値または、トルク下限閾値を超えた場合、または予め設定されたトルク変動幅を超えた場合に減速機203を異常と見なすことができる。動作監視部306は減速機203を異常と判定した場合、外部へアラームを出力する。

このように、従来の異常検出方法では、モータへの指令とモータエンコーダからのフィードバック速度やトルクのみを使用して異常かどうかの判定をする、という手順がとられていた。

【特許文献1】特開2006-102889号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0003】

従来の異常検出方法では、モータエンコーダからのフィードバックによって異常かどうか判定するという手順をとっているため、減速機の2次側にベルトやプーリを介すロボットのように、負荷側の状態がモータエンコーダに反映されにくいような機構においては精度よく異常検出ができないという問題があった。また、加速、減速のときには異常検出ができないという問題もあった。

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、減速機の2次側にベルトやプーリを介すロボットのように、負荷側の状態がモータエンコーダに反映されにくいような機構においても精度よく減速機、ベルト、プーリ、および軸受けの伝達系の異常検出する方法を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0004】

上記問題を解決するため、本発明は、次のようにしたのである。

本発明は、モータと、前記モータの回転を伝達する伝達系と、前記伝達系を介して駆動されるアームと、前記アームに設けられてワークを搭載可能なエンドエフェクタと、前記エンドエフェクタを予め決められた位置へ制御するよう前記モータを駆動するコントローラと、からなるロボットシステムにおいて前記伝達系の異常を予め検出する異常検出方法であって、前記モータのエンコーダから得られる前記モータの回転角度から前記エンドエフェクタのモータ部フィードバック加速度を求め、前記エンドエフェクタ部に搭載された加速度センサの加速度データからエンドエフェクタ部フィードバック加速度を求め、前記エンドエフェクタの位置指令からエンドエフェクタ部加速度指令を求め、前記モータ部フィードバック加速度、前記エンドエフェクタ部フィードバック加速度、前記エンドエフェクタ部加速度指令の差分を用いることによって、前記伝達系の異常を検出することを特徴とするロボットシステムの異常検出方法とするものである。

10

また、本発明は、前記伝達系の異常検出において、前記モータ部フィードバック加速度と、前記エンドエフェクタ部フィードバック加速度の差分を監視して、前記差分の値が予め設定された閾値よりも大きくなった場合に前記伝達系のガタおよびすべりが大きくなったと判断することを特徴とするロボットシステムの異常検出方法とするものである。

また、本発明は、前記伝達系の異常検出において、前記エンドエフェクタ部加速度指令と、前記エンドエフェクタ部フィードバック加速度の差分の絶対値を、前記エンドエフェクタ部加速度指令の加速指令区間において積分し、前記積分値が予め設定された閾値よりも大きくなった場合に前記伝達系の摩擦が大きくなったと判断することを特徴とするロボットシステムの異常検出方法とするものである。

20

また、本発明は、前記伝達系の異常検出において、前記エンドエフェクタ部加速度指令と、前記エンドエフェクタ部フィードバック加速度の差分の絶対値が、予め設定された閾値よりも大きくなった場合に前記エンドエフェクタ部が外界と衝突したと検出することを特徴とするロボットシステムの異常検出方法とするものである。

また、本発明は、上記異常検出方法を適用したロボットシステムとするものである。

また、本発明は、上記異常検出方法をステージシステムに適用したものである。

また、本発明は、上記異常検出方法を適用したステージシステムとするものである。

また、本発明は、上記ロボットシステムを備えたことを特徴とする半導体製造装置とするものである。

また、本発明は、上記ステージシステムを備えたことを特徴とする半導体製造装置とするものである。

30

【発明の効果】

【0005】

本発明によると、エンコーダから得られた回転角度からモータ部フィードバック加速度を求め、さらに前記エンドエフェクタ部に搭載された加速度センサからエンドエフェクタ部フィードバック加速度を求め、さらに前記エンドエフェクタの位置指令からエンドエフェクタ部加速度指令を求め、モータ部フィードバック加速度と、エンドエフェクタ部フィードバック加速度の差分を監視して伝達系のガタ、およびすべりがおおきくなったことを検出することができ、エンドエフェクタ部加速度指令とエンドエフェクタ部フィードバック加速度の加速度の差分の絶対値の加速指令区間での積分値を監視することで、伝達系の摩擦の増大を検出することができる。つまり、減速機の2次側にベルトやプーリを介す水平多関節ロボットのように、負荷側の状態がモータエンコーダに反映されにくいような機構においても精度よく減速機、ベルト、プーリ、および軸受けの伝達系の異常を検出することができ、かつ、加速、減速のときにも異常を検出することができる。

40

また、本発明によると、エンドエフェクタ部加速度指令と、前記エンドエフェクタ部フィードバック加速度の差分の絶対値を監視することで、エンドエフェクタ部が外界と衝突したことを検出することが同時に可能である。

また、本発明によると上記の効果を実現するロボットシステムが構築可能である。

また、本発明によると、上記と同様の効果をステージシステムにても得ることができる。

50

また、本発明によると、搬送システムの異常を予め検知して装置のダウンタイムを小さくすることができる半導体製造装置とすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

以下、本発明の具体的実施例について、図に基づいて説明する。

【実施例1】

【0007】

図1は、本発明が適用される水平多関節ロボット1の図である。図1(a)はロボットの外観を示す斜視図であり、図1(b)はロボットの上面図である。図1において水平多関節ロボット1は図示しない半導体製造装置の基台などにベース101によって固定されている。水平多関節ロボット1は、ベース101からフレーム102が鉛直方向に昇降可能に固定されており、その上に第1アーム103、さらに第1アーム103の先端上に第2アーム104が固定されている。第2アーム104の先端上にはエンドエフェクタ105が固定されている。

10

水平多関節ロボット1は、第1アーム103をフレーム102に対して回転させ、また第2アーム104を第1アーム103に対して回転させ、またエンドエフェクタ105を第2アーム104に対して回転させることによって、エンドエフェクタ105の位置を制御する。エンドエフェクタ105にはウェハWや液晶基板などのワークが搭載されて、これが所望の位置へ搬送される。

さらに本実施例では、このエンドエフェクタ105に加速度センサ106が搭載されている。この加速度センサ106は少なくとも図中XY方向の加速度を計測できるものであり、加速度センサ106によってエンドエフェクタ105のXY方向の加速度を直接的に計測することができる。

20

【0008】

図2は水平多関節ロボット1の駆動部構成を示す概念図であり、ここでは例えば第1アーム103の駆動部構成を示す。フレーム102内に納められたモータ201にはエンコーダ202が搭載されており、モータ201の回転角度を検出することが可能である。モータ201には減速機203が接続され、モータ201の回転が減速されてプーリを介してベルト204に伝達される。ベルト204の駆動により、プーリ205が駆動され、プーリ205と接続された第1アーム103が駆動される。同様の構成により第2アーム104も駆動される。

30

本発明では、これらの減速機203、ベルト204、プーリ205の経年変化、および故障を、エンドエフェクタ105に搭載された加速度センサ106によって検出する方法を示す。

【0009】

図3、図4は水平多関節ロボット1を駆動するシステムにおける、コントローラ3と水平多関節ロボット1の機能ブロック図である。これらの動作指令部301、モーション生成部302、指令払い出し部303、制御器304、フィードバック情報取得部305、動作監視部306は、コントローラ3に設けられた図示しないCPUなどの演算装置内に記述されたソフトウェアによって実行されることが多い。

40

動作指令部301によって、水平多関節ロボット1がある動作を行うような命令が発動されると、モーション生成部302にてエンドエフェクタ105が予め定められた軌道を、予め決められた加速度、速度にて通るようにエンドエフェクタ部位置指令(XY座標)407が演算される。XY座標は制御点であるエンドエフェクタ105が動作する空間の座標である。この結果が指令払い出し部303に伝達され、指令払い出し部303が座標変換部403によってモータ部位置指令(モータ座標)409を生成し、制御器304に指令として伝達する。モータ座標は各アームを駆動する各モータ自身の回転角の座標である。制御器304ではモータ201が指令どおり動作するようにフィードバック制御が行われ、エンコーダ202から得られる位置情報を元にモータ201の電流を制御するものである。

50

## 【 0 0 1 0 】

本発明においては、モーション生成部 3 0 2 内における指令加速度演算部 4 0 2 においてエンドエフェクタ部加速度指令 ( X Y 座標 ) 4 0 8 を演算し、動作監視部 3 0 6 へ伝達する。指令加速度演算部 4 0 2 での演算は、エンドエフェクタ部位置指令 ( X Y 座標 ) を差分してエンドエフェクタ部加速度指令 ( X Y 座標 ) 4 0 8 を求める方法などが良く知られた方法である。

また、指令払い出し部 3 0 3 においてはモータ部位置指令 ( モータ座標 ) 4 0 9 からモータ部速度指令 ( モータ座標 ) 4 1 0 を演算し、同様に動作監視部 3 0 6 へ伝達する。

さらにフィードバック情報取得部 3 0 5 においては、第 1 アーム 1 0 3 , 第 2 アーム 1 0 4 を駆動するそれぞれのモータ 2 0 1 に設置されたエンコーダ 2 0 2 から位置情報を取得し、モータフィードバック加速度演算部 4 0 5 においてモータ部フィードバック加速度 ( モータ座標 ) 4 1 1 を演算する。同時にモータフィードバック加速度演算部 4 0 5 においてはモータ部フィードバック加速度 ( X Y 座標 ) 4 1 2 をエンコーダ 2 0 2 から得られた位置情報を基に演算する。この場合の演算にはエンコーダ 2 0 2 から得られた位置情報を運動学における順変換を行った後に、差分演算するなどしてモータ部フィードバック加速度 ( X Y 座標 ) 4 1 2 を求める必要がある。

さらに、指令払い出し部 3 0 3 においては加速度センサフィードバック加速度演算部 4 0 6 において、エンドエフェクタ 1 0 5 に設けられた加速度センサ 1 0 6 からのエンドエフェクタ部加速度センサ入力 ( X Y 座標 ) 4 1 3 を変換し、エンドエフェクタ部フィードバック加速度 ( X Y 座標 ) 4 1 4 を求める。これば例えばエンドエフェクタ部加速度センサ入力 ( X Y 座標 ) 4 1 3 がアナログ電圧を示す信号などであり、物理的に意味のある信号へ加速度センサフィードバック加速度演算部 4 0 6 が変換する処理である。

これらの複数の処理によって得られたモータ部速度指令 ( モータ座標 ) 4 1 0 、モータ部フィードバック加速度 ( モータ座標 ) 4 1 1 、モータ部フィードバック加速度 ( X Y 座標 ) 4 1 2 、エンドエフェクタ部加速度指令 ( X Y 座標 ) 4 0 8 、エンドエフェクタ部フィードバック加速度 ( X Y 座標 ) 4 1 4 を用いて、以下のように動作監視部 3 0 6 にて伝達機構の経年変化、故障、および水平多関節ロボット 1 の外界との衝突を検出する。

## 【 0 0 1 1 】

図 5 から図 9 を用いて動作監視部 3 0 6 にて行う異常判断について説明する。

まず、モータ部速度指令 ( モータ座標 ) 4 1 0 およびモータ部フィードバック加速度 ( モータ座標 ) 4 1 1 を用いて、減速機 2 0 3 の異常を減速機異常判断部 5 0 2 において判断する。図 6 は、減速機異常判断部 5 0 2 の処理手順を示すグラフである。

すなわち、減速機異常判断部 5 0 2 において、モータ部速度指令 ( モータ座標 ) 4 1 0 およびモータ部フィードバック加速度 ( モータ座標 ) 4 1 1 を用い、モータ部速度指令 ( モータ座標 ) 4 1 0 の定速区間 6 0 1 においてモータ部フィードバック加速度 ( モータ座標 ) 4 1 1 を観察し、それが定速時加速度変動幅 6 0 4 の定速時加速度上限 6 0 2 または定速時加速度下限 6 0 3 をこえた場合に減速機が異常であると判断する。

## 【 0 0 1 2 】

次に第 1 伝達機構異常判断部 5 0 3 においてモータ部フィードバック加速度 ( X Y 座標 ) 4 1 2 、およびエンドエフェクタ部フィードバック加速度 ( X Y 座標 ) 4 1 4 から伝達系の異常を検出する方法について説明する。減速機 2 0 3 、ベルト 2 0 4 、プーリ 2 0 5 などの伝達系統のガタや、ベルト 2 0 4 の伸び、すべりが生じてくると、動作の伝達の元であるモータ 2 0 1 での加速度と、伝達先であるエンドエフェクタ 1 0 5 での加速度に時間差が生じる。この時間差は図 7 に示すように、加速度の差となってそのまま現れる。図 7 は第 1 伝達機構異常判断部 5 0 3 の判断方法を示すグラフである。

したがって、第 1 アーム 1 0 3 、第 2 アーム 1 0 4 のそれぞれのエンコーダ 2 0 2 から得られた位置情報から演算されたモータ部フィードバック加速度 ( X Y 座標 ) 4 1 2 と、エンドエフェクタ 1 0 5 での加速度であるエンドエフェクタ部フィードバック加速度 ( X Y 座標 ) 4 1 4 の差がある設定された閾値よりも大きくなれば、伝達元の加速度と伝達先の加速度の時間遅れがある値よりも大きくなったということを意味し、減速機 2 0 3 、ベ

10

20

30

40

50

ルト 204、プーリ 205 などの伝達系統のガタ、もしくは、ベルト 204 の伸び、すべりなどを検出できる。

すなわち、

(モータ部フィードバック加速度(XY座標)412) - (エンドエフェクタ部フィードバック加速度(XY座標)414) < (フィードバック加速度差下限702)

または、

(モータ部フィードバック加速度(XY座標)412) - (エンドエフェクタ部フィードバック加速度(XY座標)414) > (フィードバック加速度差上限701)

ならば、減速機 203、ベルト 204、プーリ 205 のガタが大きい、またはベルト 204 の伸び、すべりが大きいと判断する。これによって、減速機 203、ベルト 204、プーリ 205 の劣化が検出可能となるのである。

#### 【0013】

次に、衝突検出部 504 において水平多関節ロボット 1 のエンドエフェクタ 105 部と外界との衝突が発生したことを検出する方法を説明する。従来、衝突時の検出はエンドエフェクタ部フィードバック加速度(XY座標)414がある設定された値よりも大きくなった場合に衝突を検出しており、この方法では、エンドエフェクタ 105 が加速または減速されている場合にこの加減速を誤って検出しないように閾値の設定を十分に大きく取るか、加減速中には衝突検出を行わないようにするなどの対策をとる必要があった。

図 8 は動作監視部 306 における衝突検出部 504 の判断方法を示すグラフである。なお、図 8 はエンドエフェクタが動作している方向について衝突した場合のグラフを示しているが、実際に衝突した場合にはエンドエフェクタ 105 部にてエンドエフェクタが動作していない方向にも加速度が発生することが多い。

衝突時には、エンドエフェクタ 105 部に明らかにエンドエフェクタ部加速度指令(XY座標)408とは異なる加速度が発生する。したがって本発明では、エンドエフェクタ部加速度指令(XY座標)408とエンドエフェクタ部フィードバック加速度(XY座標)414の差がある設定された値よりも大きくなったことを検出することで、エンドエフェクタ 105 部の外界との衝突を容易に検出することを可能にしている。ただし、エンドエフェクタ部加速度指令(XY座標)408とエンドエフェクタ部フィードバック加速度(XY座標)414に時間差が生じることは電氣的、機械的に当然のことである。したがって、衝突検出部 504 内ではエンドエフェクタ部加速度指令(XY座標)408を予め定められただけ時間を遅らせてエンドエフェクタ部フィードバック加速度(XY座標)414と比較するものとする。これを図 5 に時間遅れ補正部 501 として示している。

すなわち、

(エンドエフェクタ部加速度指令(XY座標)408) - (エンドエフェクタ部フィードバック加速度(XY座標)414) < (指令 - フィードバック加速度差下限802)

または、

(エンドエフェクタ部加速度指令(XY座標)408) - (エンドエフェクタ部フィードバック加速度(XY座標)414) > (指令 - フィードバック加速度差上限801)

ならば、エンドエフェクタ 105 部が外界と衝突したということが検出可能となるのである。

#### 【0014】

次に、第 2 伝達機構異常判断部 505 において、モータ 201 や、減速機 203、プーリ 205 に組み込まれた軸受けの潤滑切れや経年変化により、摩擦が増大してきたことを検出する方法を説明する。

図 9 は第 2 伝達機構異常判断部 505 の判断方法を示すグラフである。摩擦が増大してくると、図 9 のようにエンドエフェクタ部加速度指令(XY座標)408とエンドエフェクタ部フィードバック加速度(XY座標)414の間に差が生じるか、或いは、エンドエフェクタ部加速度指令(XY座標)408とエンドエフェクタ部フィードバック加速度(XY座標)414の関係が、図 7 のモータ部フィードバック加速度(XY座標)412とエンドエフェクタ部フィードバック加速度(XY座標)414の関係のように時間差が生

じてくる。しかしながら、いずれの場合にも伝達系の破損でない限りはこの変動はわずかなものである。

本発明ではこれを検出するため、加速区間901のみでのエンドエフェクタ部加速度指令(XY座標)408とエンドエフェクタ部フィードバック加速度(XY座標)414の差の積分値を使用する。これによって、時間的な差がなくてエンドエフェクタ部加速度指令(XY座標)408とエンドエフェクタ部フィードバック加速度(XY座標)414に差が生じた場合であっても、時間差を持った場合であっても加速区間901のみでの差を評価し、かつ積分を利用することによって、わずかな変化を検出可能である。なお、図9には記載していないが、減速区間においても同様の検出を行うことは当然のことである。

すなわち、

$$\{ (\text{エンドエフェクタ部加速度指令 (XY座標) 408}) - (\text{エンドエフェクタ部フィードバック加速度 (XY座標) 414}) \}^2 > \text{積分値上限}$$

ならば、軸受け摩擦が増大しているということを検出できるのである。

【0015】

このように、本発明ではエンドエフェクタ105部に取付けられた加速度センサにて得られた加速度を使用し、かつ、指令加速度や、伝達元であるモータ位置での加速度との差を取るという手順をとるので、減速機の2次側にベルトやプーリを介すロボットのような負荷側の状態がモータエンコーダに反映されにくいような機構においても精度よく異常検出することが可能となる。

また、加速度センサの値を直接的に使用するのではなく、参照信号となる指令加速度や、モータ位置での加速度との差を取るという手順を取るために、加減速中の信号を利用しても精度よく異常を検出することが可能となる。

【0016】

なお、エンドエフェクタ部に取付けられた加速度センサを、本発明で説明した目的のほかに、動作性能の向上のために兼用しても良いことはもちろんのことである。

また、本実施例ではアームは第1アームおよび第2アームについての場合についてのみ説明したが、本発明がアームの数によらず有効であることはもちろんのことであり、アームが単数の場合であっても、多数の場合であっても適用可能であることは言うまでもない。

さらに、本発明では加速度センサをエンドエフェクタ部にのみ搭載して、モータからエンドエフェクタまでの途中の伝達系についての異常を検出する説明を行ったが、複数の加速度センサを使用してそれぞれにおいて計算される加速度フィードバック、加速度指令から同様の異常検出を行っても同様の結果が得られる。

【産業上の利用可能性】

【0017】

本発明では、XY座標における指令加速度、フィードバックから得られたXY座標での加速度、およびエンドエフェクタ部に設置された加速度センサから得られたXY座標での加速度を比較し異常を検出するという手順をとるため、実施例のような水平多関節ロボット以外にもボールネジやリニアモータを用いたステージ装置のような直動機構において、可動テーブルに設置された加速度センサからXY座標での加速度を取得し、設定された閾値との比較を上記実施例と同様に行うことによって、ボールネジ部分のガタやリニアガイド部の摩擦の増大を検出できるため、このような直動機構における加速度センサを用いた異常検出という用途にも適用できる。この場合にも同様に、可動テーブルが単数であっても、多段に積層された場合であっても、同様の効果が得られることはもちろんのことである。

つまり、本実施例では、複数のアームを有するロボットに本発明を適用しているが、半導体製造装置に使用されるステージシステムに適用しても良い。ステージシステムは、ベースと、ベースに敷設されたリニアガイドによって直動案内されるテーブルと、テーブルを駆動するモータを制御するコントローラとで構成され、テーブルの位置が制御されることでテーブル上に搭載したワークを搬送する。ステージシステムは、ボールネジによる伝

10

20

30

40

50

達系でモータ回転力を伝達してステージを駆動する。そして、上記実施例のようにテーブルに加速度センサを搭載する。このテーブルを予め決められた動作通りに駆動するために、テーブルを駆動するモータに電流を与えて駆動し、かつモータに設置されたエンコーダにて回転角度を検出し、フィードバック制御を行う。そして、上記実施例と同様にエンコーダから得られた回転角度からモータ部フィードバック加速度を求め、さらにテーブルに搭載された加速度センサからテーブル部のフィードバック加速度を求め、さらにテーブル部の加速度指令を求め、モータ部フィードバック加速度、テーブル部フィードバック加速度、テーブル部加速度指令の差分を用いることによって、前記伝達系の異常を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0018】

【図1】本発明を適用する水平多関節ロボット1の構成例を示す図

【図2】本発明を適用する水平多関節ロボット1の駆動構成を示す概念図

【図3】本発明を適用する水平多関節ロボット1を制御するコントローラ3の機能ブロック図

【図4】本発明を説明するコントローラ3の詳細機能図

【図5】本発明のコントローラ3の動作監視部306における処理を示す図

【図6】本発明の減速機異常判断部502の処理手順を示すグラフ

【図7】本発明の第1伝達機構異常判断部503の判断方法を示すグラフ

【図8】本発明の衝突検出部504の判断方法を示すグラフ

20

【図9】本発明の第2伝達機構異常判断部505の判断方法を示すグラフ

【図10】従来の異常判定装置及びそのブロック図

【符号の説明】

【0019】

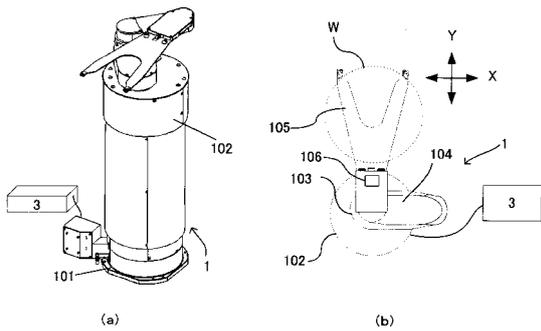
1	水平多関節ロボット	
101	ベース	
102	フレーム	
103	第1アーム	
104	第2アーム	
105	エンドエフェクタ	30
106	加速度センサ	
201	モータ	
202	エンコーダ	
203	減速機	
204	ベルト	
205	プーリ	
206	アーム	
301	動作指令部	
302	モーション生成部	
303	指令払い出し部	40
304	制御器	
305	フィードバック情報取得部	
306	動作監視部	
307	負荷	
401	動作軌道生成部	
402	指令加速度演算部	
403	座標変換部	
404	指令速度演算部	
405	モータフィードバック加速度演算部	
406	加速度センサフィードバック加速度演算部2	50

- 4 0 7 エンドエフェクタ部位置指令 ( X Y 座標 )
- 4 0 8 エンドエフェクタ部加速度指令 ( X Y 座標 )
- 4 0 9 モータ部位置指令 ( モータ座標 )
- 4 1 0 モータ部速度指令 ( モータ座標 )
- 4 1 1 モータ部フィードバック加速度 ( モータ座標 )
- 4 1 2 モータ部フィードバック加速度 ( X Y 座標 )
- 4 1 3 エンドエフェクタ部加速度センサ入力 ( X Y 座標 )
- 4 1 4 エンドエフェクタ部フィードバック加速度 ( X Y 座標 )
- 5 0 1 時間遅れ補正部
- 5 0 2 減速機異常判断部
- 5 0 3 第 1 伝達機構異常判断部
- 5 0 4 衝突検出部
- 5 0 5 第 2 伝達機構異常判断部
- 6 0 1 定速区間
- 6 0 2 定速時加速度上限
- 6 0 3 定速時加速度下限
- 6 0 4 定速時加速度変動幅
- 7 0 1 フィードバック加速度差上限
- 7 0 2 フィードバック加速度差下限
- 8 0 1 指令 - フィードバック加速度差上限
- 8 0 2 指令 - フィードバック加速度差下限
- 9 0 1 加速区間
- 9 0 2 指令 - フィードバック加速度の加速区間積分値
- 9 0 3 指令 - フィードバック加速度の加速区間積分値上限

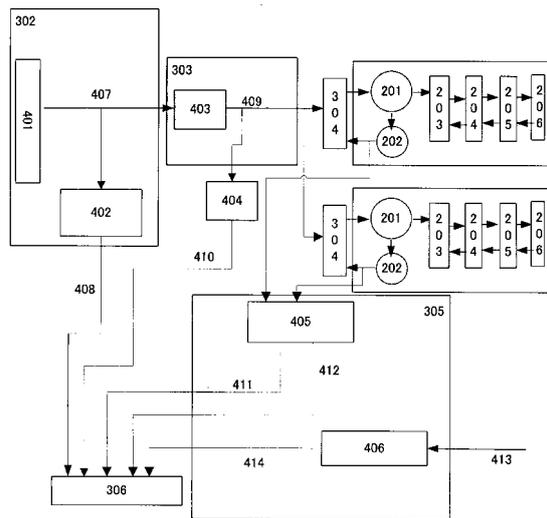
10

20

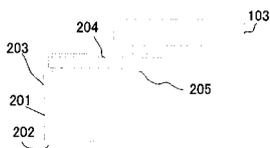
【 図 1 】



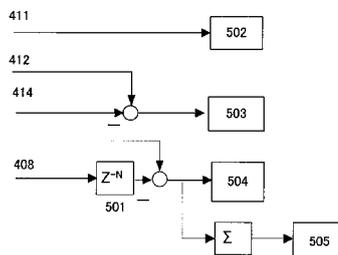
【 図 4 】



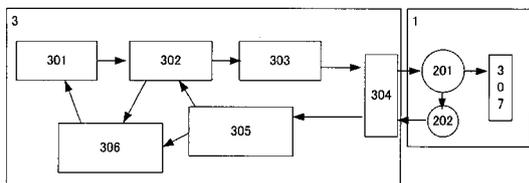
【 図 2 】



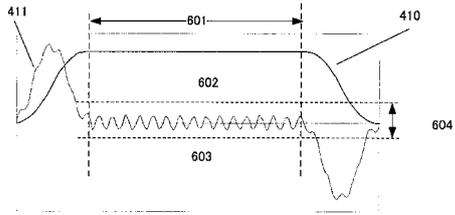
【 図 5 】



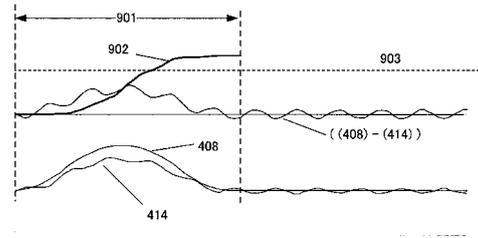
【 図 3 】



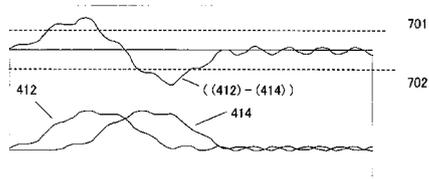
【 図 6 】



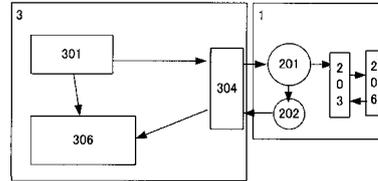
【 図 9 】



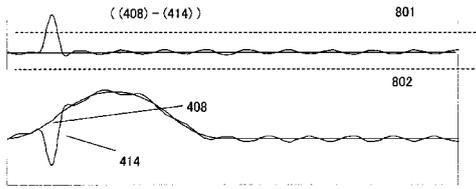
【 図 7 】



【 図 10 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

B 2 5 J    1 3 / 0 8