

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-142153

(P2017-142153A)

(43) 公開日 平成29年8月17日(2017.8.17)

(51) Int.Cl.

G01M 99/00 (2011.01)
G01H 17/00 (2006.01)

F 1

G01M 99/00
G01H 17/00

テーマコード(参考)

Z 2 G024
Z 2 G064

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願2016-23399 (P2016-23399)

(22) 出願日

平成28年2月10日 (2016. 2. 10)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区新宿四丁目1番6号

(74) 代理人 100116665

弁理士 渡辺 和昭

(74) 代理人 100164633

弁理士 西田 圭介

(74) 代理人 100179475

弁理士 仲井 智至

(72) 発明者 池尻 昌久

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

F ターム(参考) 2G024 AD08 BA12 BA27 CA13 DA09

EA11 FA04

2G064 AA12 AB01 AB02 AB22 CC43

CC52

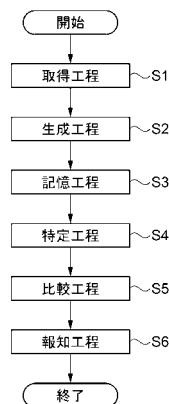
(54) 【発明の名称】寿命予測方法、寿命予測装置、および寿命予測システム

(57) 【要約】

【課題】被検出装置の寿命を正確に予測する寿命予測方法、寿命予測装置、および寿命予測システムを提供する。

【解決手段】本発明の寿命予測方法は、メインポンプ6に設置されたジャイロセンサー10が出力する出力データを取得する取得工程S1と、出力データを周波数解析して、メインポンプ6の振動波形の周波数スペクトルパターン22を生成する生成工程S2と、所定期間中に生成された周波数スペクトルパターン22に基づいて、正常時周波数スペクトルパターン22aを生成し記憶する記憶工程S3と、所定の周波数範囲を特定する特定工程S4と、特定された所定の周波数範囲に関して、正常時周波数スペクトルパターン22aと周波数スペクトルパターン22とを比較することにより、メインポンプ6の寿命に関するデータを出力する比較工程S5と、を備える。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検出装置に設置された慣性センサーが出力する出力データを取得する取得工程と、
前記出力データを周波数解析して、前記被検出装置の振動波形の周波数スペクトルパターンを生成する生成工程と、
所定期間中に生成された前記周波数スペクトルパターンに基づいて、正常時周波数スペクトルパターンを生成し記憶する記憶工程と、
所定の周波数範囲を特定する特定工程と、
前記特定された所定の周波数範囲に関して、前記正常時周波数スペクトルパターンと前記周波数スペクトルパターンとを比較することにより、前記被検出装置の寿命に関するデータを出力する比較工程と、
を備えることを特徴とする寿命予測方法。

【請求項 2】

前記寿命に関するデータに基づいて、警告を出力することを特徴とする請求項 1 に記載の寿命予測方法。

【請求項 3】

前記警告は、複数の段階であることを特徴とする請求項 2 に記載の寿命予測方法。

【請求項 4】

前記慣性センサーは、ジャイロセンサーであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の寿命予測方法。

【請求項 5】

前記慣性センサーは、加速度センサーであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の寿命予測方法。

【請求項 6】

前記生成工程では、少なくとも 2 軸のデータ毎に周波数解析をしてから合成することにより周波数スペクトルパターンを生成することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の寿命予測方法。

【請求項 7】

被検出装置に設置された慣性センサーと、
前記慣性センサーが出力する出力データを取得する取得部と、
前記出力データを周波数解析して、前記被検出装置の振動波形の周波数スペクトルパターンを生成する周波数解析部と、
所定期間中に生成された前記周波数スペクトルパターンに基づいて、正常時周波数スペクトルパターンを生成し記憶する記憶部と、
所定の周波数範囲を特定する特定部と、
前記特定された所定の周波数範囲に関して、前記正常時周波数スペクトルパターンと前記周波数スペクトルパターンとを比較することにより、前記被検出装置の寿命に関するデータを出力する比較部と、
を備えたことを特徴とする寿命予測装置。

【請求項 8】

前記寿命に関するデータに基づいて、警告を出力することを特徴とする請求項 7 に記載の寿命予測装置。

【請求項 9】

前記警告は、複数の段階であることを特徴とする請求項 8 に記載の寿命予測装置。

【請求項 10】

前記慣性センサーは、ジャイロセンサーであることを特徴とする請求項 7 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載の寿命予測装置。

【請求項 11】

前記慣性センサーは、加速度センサーであることを特徴とする請求項 7 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載の寿命予測装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

前記周波数解析部は、少なくとも2軸のデータ毎に周波数解析をしてから合成することにより周波数スペクトルパターンを生成することを特徴とする請求項7乃至請求項11のいずれか1項に記載の寿命予測装置。

【請求項 1 3】

振動検出装置と寿命演算装置とがネットワークを介して通信可能に接続される寿命予測システムであって、

被検出装置に設置された慣性センサーと、
前記慣性センサーが出力する出力データを取得する取得部と、
前記出力データを周波数解析して、前記被検出装置の振動波形の周波数スペクトルパターンを生成する周波数解析部と、
所定期間中に生成された前記周波数スペクトルパターンに基づいて、正常時周波数スペクトルパターンを生成し記憶する記憶部と、
所定の周波数範囲を特定する特定部と、
前記特定された所定の周波数範囲に関して、前記正常時周波数スペクトルパターンと前記周波数スペクトルパターンとを比較することにより、前記被検出装置の寿命に関するデータを出力する比較部と、
を備えたことを特徴とする寿命予測システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、寿命予測方法、寿命予測装置、および寿命予測システムに関するものである。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

半導体装置や工作機械等の各種の回転機械にはモーター等により駆動される回転機構を備えている。そして、回転機構は摩擦や付着物により性能が劣化し最終的には機能不全となる。経年劣化により機能不全となることを寿命と称す。例えば、ドライエッチング装置に使用されているドライポンプが、製造途中に機能しなくなると、製造中の加工品が不良となる。従って、装置が寿命となる前に装置をメンテナンスするために、装置の寿命を診断する方法が考案されていた。

【0 0 0 3】

装置に設置されたジャイロセンサーが出力する振動波形を入力し、振動波形を周波数解析して周波数スペクトルを演算し、周波数スペクトルから特徴量を演算し、特徴量を用いて装置の寿命を診断する方法が特許文献1に開示されている。

また、摺動振動源の観測スペクトルパターンを正常時と異常時のスペクトルパターンと比較し、観測スペクトルパターンの類似度が異常時の類似度により近いと判定したときに異常発生と判定する。この判定においては、観測スペクトルパターンと正常時と異常時のそれぞれのスペクトルパターンとの類似度を演算し、あらかじめそれぞれ設定された正常時と異常時の類似度判定基準と比較して、劣化進行を診断する方法が特許文献2に開示されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0 0 0 4】****【特許文献1】特開2015-94587号公報****【特許文献2】特開平7-159231号公報****【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0 0 0 5】**

しかしながら、特許文献1の寿命予測方法では、故障検出に関与しない周波数の外乱等

10

20

30

40

50

の影響により、判定が不正確になることや異常原因の特定ができないという問題があった。また、特許文献2の寿命予測方法では、正常時と異常時のスペクトルパターンを記憶しておき、観測スペクトルパターンをその両方に対してパターンマッチングを行い判定しているので、予知しない異常モードに対して検出することができないという問題があった。

従って、異常原因の特定ができ、予知しない異常モードも検出し、装置の寿命を予測できる方法が望まれていた。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

10

【0007】

[適用例1] 本適用例に係る寿命予測方法は、被検出装置に設置された慣性センサーが出力する出力データを取得する取得工程と、前記出力データを周波数解析して、前記被検出装置の振動波形の周波数スペクトルパターンを生成する生成工程と、所定期間中に生成された前記周波数スペクトルパターンに基づいて、正常時周波数スペクトルパターンを生成し記憶する記憶工程と、所定の周波数範囲を特定する特定工程と、前記特定された所定の周波数範囲に関して、前記正常時周波数スペクトルパターンと前記周波数スペクトルパターンとを比較することにより、前記被検出装置の寿命に関するデータを出力する比較工程と、を備えることを特徴とする。

20

【0008】

本適用例によれば、所定期間中に生成され記録された正常時の周波数スペクトルパターンと比較することで、被検出装置の異常を検知し、被検出装置の寿命に関するデータを出力することができる。また、所定の周波数範囲の周波数スペクトルパターンを比較することで、被検出装置特有の故障個所を特定し異常原因を特定することができる。更に、正常時の周波数スペクトルパターンと比較しているので、予知しない異常モードに対しても検知が可能である。

【0009】

[適用例2] 上記適用例に記載の寿命予測方法において、前記寿命に関するデータに基づいて、警告を出力することが好ましい。

30

【0010】

本適用例によれば、正常時の周波数スペクトルパターンと比較して異常が検知された場合に、寿命に関するデータに基づいて、警告を出力することにより、被検出装置の故障を早期に回避することができる。

【0011】

[適用例3] 上記適用例に記載の寿命予測方法において、前記警告は、複数の段階であることが好ましい。

【0012】

本適用例によれば、正常時の周波数スペクトルパターンと比較し、異常の度合いにより、被検出装置の寿命を予測し、警告の段階を変えることにより、被検出装置が故障する前に、異常の度合いに応じて適切な修繕等を行うことができる。

40

【0013】

[適用例4] 上記適用例に記載の寿命予測方法において、前記慣性センサーは、ジャイロセンサーであることが好ましい。

【0014】

本適用例によれば、慣性センサーをジャイロセンサーとすることで、回転角速度に関するデータを検出することができるため、被検出装置の回転運動に起因する寿命に関するデータを出力することができる。従って、被検出装置の回転運動に起因する寿命を予測することができる。

【0015】

[適用例5] 上記適用例に記載の寿命予測方法において、前記慣性センサーは、加速度

50

センサーであることが好ましい。

【0016】

本適用例によれば、慣性センサーを加速度センサーとして、軸方向の加速度に関するデータを検出することができるため、被検出装置の並進運動に起因する寿命に関するデータを出力することができる。従って、被検出装置の並進運動に起因する寿命を予測することができる。

【0017】

[適用例6] 上記適用例に記載の寿命予測方法において、前記生成工程では、少なくとも2軸のデータ毎に周波数解析をしてから合成することにより周波数スペクトルパターンを生成することが好ましい。

10

【0018】

本適用例によれば、生成工程において、少なくとも2軸のデータ毎に周波数解析をしてから合成することにより、少なくとも2軸のデータを合成した後に、周波数解析を行い生成した周波数スペクトルパターンと同等のパターンを生成することができる。そのため、正常時の周波数スペクトルパターンと比較して異常が検出された場合に、寿命に関するデータに基づいて、被検出装置の寿命を予測することができる。

【0019】

[適用例7] 本適用例に係る寿命予測装置は、被検出装置に設置された慣性センサーと、前記慣性センサーが出力する出力データを取得する取得部と、前記出力データを周波数解析して、前記被検出装置の振動波形の周波数スペクトルパターンを生成する周波数解析部と、所定期間中に生成された前記周波数スペクトルパターンに基づいて、正常時周波数スペクトルパターンを生成し記憶する記憶部と、所定の周波数範囲を特定する特定部と、前記特定された所定の周波数範囲に関して、前記正常時周波数スペクトルパターンと前記周波数スペクトルパターンとを比較することにより、前記被検出装置の寿命に関するデータを出力する比較部と、を備えたことを特徴とする。

20

【0020】

本適用例によれば、所定期間中に生成され記録された正常時の周波数スペクトルパターンと比較することで、被検出装置の異常を検知し、被検出装置の寿命に関するデータを出力することができる。また、所定の周波数範囲の周波数スペクトルパターンを比較することで、被検出装置特有の故障個所を特定し異常原因を特定することができる。更に、正常時の周波数スペクトルパターンと比較しているので、予知しない異常モードに対しても検出が可能である。

30

【0021】

[適用例8] 上記適用例に記載の寿命予測装置において、前記寿命に関するデータに基づいて、警告を出力することが好ましい。

【0022】

本適用例によれば、正常時の周波数スペクトルパターンと比較して異常が検知された場合に、寿命に関するデータに基づいて、警告を出力することにより、被検出装置の寿命を早期に知ることができる。

40

【0023】

[適用例9] 上記適用例に記載の寿命予測装置において、前記警告は、複数の段階であることが好ましい。

【0024】

本適用例によれば、正常時の周波数スペクトルパターンと比較し、異常の度合いにより、被検出装置の寿命を検知し、警告の段階を変えることにより、被検出装置が破壊する前に、異常の度合いに応じて適切な修繕等を行うことができる。

【0025】

[適用例10] 上記適用例に記載の寿命予測装置において、前記慣性センサーは、ジャイロセンサーであることが好ましい。

50

【0026】

本適用例によれば、慣性センサーをジャイロセンサーとすることで、回転軸廻りの角速度に関するデータを検出することができるため、被検出装置の回転運動に起因する寿命に関するデータを出力することができる。従って、被検出装置の回転運動に起因する寿命を予測することができる。

【0027】

[適用例11]上記適用例に記載の寿命予測装置において、前記慣性センサーは、加速度センサーであることが好ましい。

【0028】

本適用例によれば、慣性センサーを加速度センサーとすることで、軸方向の加速度に関するデータを検出することができるため、被検出装置の並進運動に起因する寿命に関するデータを出力することができる。従って、被検出装置の並進運動に起因する寿命を予測することができる。

10

【0029】

[適用例12]上記適用例に記載の寿命予測装置において、前記周波数解析部は、少なくとも2軸のデータ毎に周波数解析をしてから合成することにより周波数スペクトルパターンを生成することができる。

【0030】

本適用例によれば、周波数解析部において、少なくとも2軸のデータ毎に周波数解析をしてから合成することにより、少なくとも2軸のデータを合成した後に、周波数解析を行い生成した周波数スペクトルパターンと同等のパターンを生成することができる。そのため、正常時の周波数スペクトルパターンと比較して異常が検知された場合に、寿命に関するデータに基づいて、被検出装置の寿命を予測することができる。

20

【0031】

[適用例13]本適用例に係る寿命予測システムは、振動検出装置と寿命演算装置とがネットワークを介して通信可能に接続される寿命予測システムであって、被検出装置に設置された慣性センサーと、前記慣性センサーが出力する出力データを取得する取得部と、前記出力データを周波数解析して、前記被検出装置の振動波形の周波数スペクトルパターンを生成する周波数解析部と、所定期間中に生成された前記周波数スペクトルパターンに基づいて、正常時周波数スペクトルパターンを生成し記憶する記憶部と、所定の周波数範囲を特定する特定部と、前記特定された所定の周波数範囲に関して、前記正常時周波数スペクトルパターンと前記周波数スペクトルパターンとを比較することにより、前記被検出装置の寿命に関するデータを出力する比較部と、を備えたことを特徴とする。

30

【0032】

本適用例によれば、振動検出装置と寿命演算装置とはネットワークを介して接続されている。従って、ネットワークに複数の振動検出装置が接続されているときにも寿命演算装置は複数の被検出装置の寿命を判定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明の第1実施形態に係る寿命予測装置を備えたドライエッティング装置の構成を示すブロック図。

40

【図2】ジャイロセンサーの設置状態を示す概略斜視図。

【図3】変形例1のジャイロセンサーの設置状態を示す概略斜視図。

【図4】本発明の第2実施形態に係る寿命予測方法のフローチャート。

【図5】正常時の周波数スペクトルパターン。

【図6】故障直前の周波数スペクトルパターン。

【図7】特定周波数帯における周波数スペクトルパターンの経時変化を示す図。

【図8】パターン認識による異常判定を説明するための図。

【図9】本発明の第3実施形態に係る寿命予測システムの構成を示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0034】

50

本実施形態では、ドライエッティング装置に設置された特徴的な寿命予測装置と、この寿命予測装置を用いて装置の寿命を検出する寿命予測方法との特徴的な例について説明する。以下、実施形態について図面に従って説明する。なお、各図面における各部材は、各図面上で認識可能な程度の大きさとするため、各部材毎に縮尺を異ならせて図示している。

【0035】

＜第1実施形態＞

[寿命予測装置]

先ず、本発明の第1実施形態に係る寿命予測装置9を設置したドライエッティング装置1について、図1を参照して説明する。

図1は、本発明の第1実施形態に係る寿命予測装置を備えたドライエッティング装置の構成を示すブロック図である。

【0036】

図1に示すように、ドライエッティング装置1はチャンバー2を備えている。チャンバー2の内部にはシリコンウェハーを搭載するテーブル、プラズマ発生装置、プラズマに帯電したイオンを誘導する電極等が設置されている。

【0037】

チャンバー2にはエッティングガスを供給する配管3とエッティングガスの流量を制御する電磁バルブ4が接続されている。チャンバー2には排気用の配管5が接続されている。配管5は被検出装置としてのメインポンプ6および粗挽きポンプ7に設置されている。メインポンプ6と粗挽きポンプ7とは配管5により接続されている。チャンバー2とメインポンプ6との間の配管5には電磁バルブ4が設置されている。さらに、チャンバー2と粗挽きポンプ7との間の配管5にも電磁バルブ4が設置されている。さらに、メインポンプ6と粗挽きポンプ7との間の配管5にも電磁バルブ4が設置されている。粗挽きポンプ7は配管5を介して排気処理装置8に設置されている。排気処理装置8は排気ガスから有害物質を分離除去する装置である。

【0038】

チャンバー2にてシリコンウェハーをエッティングするときチャンバー2を減圧する。まず、ドライエッティング装置1は粗挽きポンプ7を駆動してチャンバー2内のガスを排気する。次に、ドライエッティング装置1はメインポンプ6を駆動してチャンバー2内の真空度を高くなる。続いて、配管5の電磁バルブ4を閉じる。次に、配管3の電磁バルブ4を開いてエッティングガスをチャンバー2に供給する。エッティングガスが所定の濃度になったところで配管3の電磁バルブ4を閉じる。そして、シリコンウェハーのエッティングを開始する。

【0039】

エッティングガスには CF_4 や CHF_3 が用いられる。そして、エッティングにより AlF_3 やCを含むガスが発生する。そして、メインポンプ6および粗挽きポンプ7が作動するときメインポンプ6および粗挽きポンプ7に AlF_3 やC等の生成物が付着し蓄積する。生成物の蓄積が多くなるときメインポンプ6や粗挽きポンプ7は動作不良を起こして寿命となる。

【0040】

メインポンプ6および粗挽きポンプ7の種類は特に限定されないが、例えば、ダイヤフラム型、揺動ピストン型、回転翼型、メカニカルブースター型、スクロール型、ターボ分子型、ロータリー型、クライオポンプ等の各種ポンプを用いることができる。本実施形態では、例えば、メインポンプ6および粗挽きポンプ7にドライポンプを用いている。メインポンプ6にはモーター6aが内蔵され、モーター6aが回転してメインポンプ6が作動する。従って、メインポンプ6が作動するときにはメインポンプ6は振動する。同様に、粗挽きポンプ7にもモーター7aが内蔵され、モーター7aが回転して粗挽きポンプ7が作動する。従って、粗挽きポンプ7が作動するときには粗挽きポンプ7は振動する。

【0041】

メインポンプ6および粗挽きポンプ7には、寿命を検出する寿命予測装置9が設置され

10

20

30

40

50

ている。寿命予測装置9は、慣性センサーとしてのジャイロセンサー10および演算装置11を備えている。ジャイロセンサー10は、配線により演算装置11と接続されている。ジャイロセンサー10は、メインポンプ6および粗挽きポンプ7に接触するように設置される。メインポンプ6および粗挽きポンプ7は、振動に伴って揺動する。ジャイロセンサー10は揺動による回転速度の変化を検出することにより振動を検出する。寿命予測装置9がメインポンプ6および粗挽きポンプ7の寿命を検出する方法は、略同じである。従って、説明をわかり易くするために寿命予測装置9がメインポンプ6の寿命を検出する方法を説明し、粗挽きポンプ7の寿命を検出する方法の説明は省略する。

【0042】

演算装置11は、プロセッサーとして各種の演算処理を行うCPU12と、各種情報を記憶するメモリー13とを備えている。さらに、寿命予測装置9は、表示装置14および入力装置15を備え、ジャイロセンサー10、表示装置14、および入力装置15は入出力インターフェイス16およびデータバス17を介してCPU12に接続されている。

【0043】

表示装置14は、液晶表示装置やOLED等により構成され、寿命予測装置9の状態や各種データを表示する装置である。入力装置15は、キーボードや外部機器との接続インターフェイス等のデータを入力する装置である。操作者は、入力装置15を用いて各種データを入力して表示装置14にて確認することができるようになっている。

【0044】

記憶部であるメモリー13は、RAM、ROM等といった半導体メモリーや、ハードディスク、DVD-ROMといった外部記憶装置を含む概念である。機能的には、振動データの入手や各種の演算手順が記述されたプログラムソフト18を記憶する記憶領域や、ジャイロセンサー10が出力する出力データである振動波形データを記憶する記憶領域が設定される。

【0045】

他にも、振動波形データをフーリエ変換して算出される周波数スペクトルパターン22を記憶するための記憶領域が設定される。他にも、CPU12のためのワークエリアやテンポラリーファイル等として機能する記憶領域やその他各種の記憶領域が設定される。

【0046】

CPU12は、メモリー13内に記憶されたプログラムソフト18に従って、ジャイロセンサー10を作動する制御や演算を行うものである。具体的な機能実現部として取得部20を有する。取得部20はジャイロセンサー10に指示信号を出力してメインポンプ6の振動を検出させる。そして、ジャイロセンサー10が出力する振動波形データを取得しメモリー13に格納する。

【0047】

他にも、CPU12は周波数解析部21を有する。周波数解析部21は振動波形データを用いてフーリエ変換する演算を行う。そして、演算した結果である周波数スペクトルパターン22をメモリー13に格納する。また、所定期間中に生成された周波数スペクトルパターン22に基づいて、正常時周波数スペクトルパターン22aを生成し記憶部であるメモリー13に記憶する。正常時周波数スペクトルパターン22aとは、例えばメインポンプ6などの、寿命を予測したいポンプ等が故障なく正常に動作している時の周波数スペクトルパターンである。他にも、メインポンプ6の故障に関わる所定の周波数範囲を特定する特定部23を有する。

【0048】

更に、CPU12は比較部24を有する。比較部24は特定された所定の周波数範囲に関して、正常時周波数スペクトルパターン22aと周波数スペクトルパターン22とを比較することにより、メインポンプ6の寿命に関するデータを出力し、寿命に関するデータに基づいて、メインポンプ6や粗挽きポンプ7の寿命を判定する。その後、判定結果を表示装置14に表示する。

【0049】

10

20

30

40

50

次に、メインポンプ 6 に設置されたジャイロセンサー 10 の状態について、図 2 を参照して説明する。

図 2 は、メインポンプ 6 に設置されたジャイロセンサー 10 を示す概略斜視図である。

図 2 に示すように、メインポンプ 6 には、ジャイロセンサー 10 として X 軸ジャイロセンサー 10 a、Y 軸ジャイロセンサー 10 b、および Z 軸ジャイロセンサー 10 c が配置されている。X 軸ジャイロセンサー 10 a は X 方向を回転軸とする角速度を検出するセンサーであり、Y 軸ジャイロセンサー 10 b は Y 方向を回転軸とする角速度を検出するセンサーである。Z 軸ジャイロセンサー 10 c は Z 方向を回転軸とする角速度を検出するセンサーである。X 方向、Y 方向、および Z 方向は互いに直交する方向である。

【0050】

従って、メインポンプ 6 が揺動するときどの方向を回転軸にして揺動してもジャイロセンサー 10 はメインポンプ 6 の揺動を検出することが可能になっている。メインポンプ 6 が振動するとき振動にともなってメインポンプ 6 は揺動する。従って、ジャイロセンサー 10 はメインポンプ 6 の振動による揺動の角速度の波形を検出する。ジャイロセンサー 10 はこの角速度の波形を振動波形データとして出力する。

【0051】

なお、ジャイロセンサー 10 は回転軸廻りの角速度に関するデータを検出することができるため、メインポンプ 6 の回転運動に起因する寿命に関するデータを出力することができる。従って、メインポンプ 6 の回転運動に起因する寿命を予測することができる。

【0052】

なお、本実施形態では、3 軸の回転軸廻りの角速度を検出する 3 個のジャイロセンサー 10 a, 10 b, 10 c を用いて説明したが、これ限定されることはなく、1 軸のみや 2 軸のみのジャイロセンサー 10 を用いても構わない。ジャイロセンサー 10 の個数を減らすことで寿命予測装置 9 の低コストが図れる。

【0053】

なお、本発明は上述した実施形態に限定されず、上述した実施形態に種々の変更や改良などを加えることが可能である。変形例を以下に述べる。

【0054】

<変形例 1>

図 3 は、変形例 1 に係るジャイロセンサーの設置状態を示す概略斜視図である。

上記第 1 実施形態では、図 2 のように、メインポンプ 6 に設置されたジャイロセンサー 10 として 3 軸の回転軸廻りの角速度を検出する 3 個のジャイロセンサー 10 a, 10 b, 10 c を用いて説明したが、この構成に限定するものではない。

【0055】

以下、変形例 1 に係るジャイロセンサー 10 d について説明する。

ジャイロセンサー 10 d は、3 軸の回転軸廻りの角速度を検出する 3 個のジャイロセンサー 10 a, 10 b, 10 c を一体化した構造である。3 個のジャイロセンサー 10 a, 10 b, 10 c が一体化していることで、メインポンプ 6 の同一位置における X 軸、Y 軸、および Z 軸廻りの角速度を同時に検出することができるため、測定精度をより向上させることができる。

【0056】

以上述べたように、本変形例に係るジャイロセンサー 10 d によれば、第 1 実施形態での効果に加えて、以下の効果を得ることができる。

ジャイロセンサー 10 d は、3 軸の回転軸廻りの角速度を検出する 3 個のジャイロセンサー 10 a, 10 b, 10 c が一体化した構造であるため、メインポンプ 6 の同一位置における 3 軸の角速度を精度良く測定することができる。そのため、メインポンプ 6 の回転運動に起因する寿命をより高精度に予測することができる。

【0057】

<第 2 実施形態>

[寿命予測方法]

10

20

30

40

50

次に、本発明の第2実施形態に係る寿命予測方法について、図4を参照して説明する。図4は、本発明の第2実施形態に係る寿命予測方法のフローチャートである。

【0058】

図4のフローチャートにおいて、取得工程S1は、振動測定を行い取得部20で振動波形データを取得する工程である。この工程は、ジャイロセンサー10がメインポンプ6の振動による振動波形を検出して振動波形データを取得する工程である。次に、生成工程S2に移行する。

【0059】

生成工程S2は、取得した振動波形データを周波数解析して周波数スペクトルパターン22を生成する工程である。この工程は周波数解析部21において振動波形データを周波数解析(フーリエ変換)して、メインポンプ6の振動波形データとしての周波数スペクトルパターン22を生成する工程である。次に、記憶工程S3に移行する。

10

【0060】

記憶工程S3は、演算した周波数スペクトルパターン22を記憶する工程である。この工程は、所定期間中に生成された周波数スペクトルパターン22に基づいて、正常時周波数スペクトルパターン22aを生成しメモリー13に記憶する工程である。次に、特定工程S4に移行する。

【0061】

特定工程S4は、周波数範囲を特定する工程である。この工程は、メインポンプ6のベアリング部やシャフト部等において、故障に起因する周波数帯が異なるので、より寿命予測精度を向上させるために、特定部23で所定の周波数範囲を特定する工程である。次に、比較工程S5に移行する。

20

【0062】

比較工程S5は、周波数スペクトルパターン22, 22aを比較し寿命を判定する工程である。この工程は、比較部24が特定された所定の周波数範囲に関して、正常時周波数スペクトルパターン22aと周波数スペクトルパターン22とを比較することにより、メインポンプ6の寿命に関するデータを算出し判断する工程である。次に、報知工程S6に移行する。

【0063】

報知工程S6は、寿命を報知する工程である。この工程は、比較部24が判断した結果を表示装置14に表示する工程である。ここでは、寿命に関するデータに基づいて、異常を検知した場合警告を出力しても構わない。更に、検出された異常の度合いにより、メインポンプ6の寿命を予測し、警告を複数の段階で出力しても構わない。複数の段階の警告とすることで、メインポンプ6が故障する前に、異常の度合いに応じて適切な修繕等の対策を施すことができる。

30

以上の工程によりメインポンプ6の寿命を予測する工程を終了する。

【0064】

次に、図5～図8を参照して、寿命予測方法を更に詳細に説明する。

図5は、正常時の周波数スペクトルパターンである。図6は、故障前の周波数スペクトルパターンである。図7は、特定周波数帯における周波数スペクトルパターンの経時変化を示す図である。図8は、パターン認識による異常判定を説明するための図である。

40

【0065】

図5および図6に示す周波数スペクトルパターンは、3軸のジャイロセンサー10a, 10b, 10cから出力されたメインポンプ6の振動波形データを各軸ごとにフーリエ変換を行い、その後、各軸のフーリエ変換結果の2乗和平方根を合成したものである(生成工程S2)。なお、各軸ごとの振動波形データを合成した後に、フーリエ変換し周波数スペクトルパターンを算出しても構わない。図5および図6は、横軸は周波数を示し、縦軸は周波数スペクトルの強度を示している。

【0066】

図5はメインポンプ6が正常に動作している状態の振動波形データから算出した周波数

50

スペクトルパターンである。また、図6はメインポンプ6が故障直前の振動波形データから算出した周波数スペクトルパターンである。図5と図6を比較すると、故障直前の周波数スペクトルパターン（図6）は100Hz付近に新たに複数のピークパターンが発生しており、周波数スペクトルパターンが異なる。

【0067】

次に、所定期間中、例えば、稼働開始から1か月間の振動波形データから周波数スペクトルパターンを算出し、平均化して正常時周波数スペクトルパターン22aとしてメモリ-13に記憶する（記憶工程S3）。

その後、寿命予測精度を向上させるために、所定の周波数範囲を特定する（特定工程S4）。これは、メインポンプ6における故障要因により異常となる周波数帯が異なるためで、図7に、メインポンプ6のベアリング部が故障時に異常を示す45Hz～75Hzの周波数帯における周波数スペクトルパターンの経時変化として、正常時、故障数カ月前、および故障直前の周波数スペクトルパターンを示す。図7より、故障数カ月前から65Hz付近のピークパターンが大きく変化する傾向を示しているので、45Hz～75Hzを所定の周波数範囲として特定する。

【0068】

次に、寿命を判定するための、パターン認識による異常の検知を行う。なお、異常の判定は、本実施例ではRT法とMT（マハラノビス・タグチ）法を用い、マハラノビス距離で判定している。

先ず、RT法により、フーリエ変換された周波数スペクトルパターンの多次元データ（図7の例では127個のデータから成り、127次元に相当する）を2次元に圧縮する。正常状態データ（正常時周波数スペクトルパターン）を使って、2次元への変換式の係数を学習する。次に、2次元に変換されたデータに対して、MT法を適用する。MT法により、2次元に変換された正常状態データの分布の中心をゼロに移動し、分布を円に変換するための行列式を定常状態データから学習する。その後、判定対象データ（故障数カ月前データや故障直前データ）に対するマハラノビス距離を求め、異常判定を行う（比較工程S5）。

【0069】

図7の周波数範囲45Hz～75Hzにおける正常時、故障数カ月前、および故障直前の周波数スペクトルパターンから上述した計算方法により異常度を算出した結果を図8に示す。図8は、横軸に稼働時間を示し、縦軸に異常度を示している。ここで、異常度とはマハラノビス距離の大きさを表し、異常度が大きいとは正常状態データとの差が大きいことを意味する。

【0070】

図8において、異常判定ライン（閾値）を異常度10とすると、稼働時間約20,000Hまでは、異常判定ラインより小さいため正常といえる。しかし、稼働時間約20,000Hを超えると異常判定ラインを越えて大きくなる傾向を示し、故障数カ月前（約34,000H）で最高値を示し、その後、一度低下し、故障直前で再度上昇する傾向を示している。

【0071】

従って、図8より、異常度が異常判定ラインを越えて大きくなる傾向を示し始めて、約16,000H後には故障が生じることが解る。そのため、異常度が異常判定ラインを越えてから故障するまでの時間を蓄積しデータ化することにより、異常度が異常判定ラインを越え始めた時点で、メインポンプ6のベアリング部における寿命が予測できることとなる。

【0072】

上述したように、本実施形態によれば、以下の効果を有する。

本実施形態によれば、所定期間中に生成され記録された正常時周波数スペクトルパターン22aと比較することで、メインポンプ6および粗挽きポンプ7の異常を検知し、メインポンプ6および粗挽きポンプ7の寿命に関するデータを出力することができる。また、

10

20

30

40

50

所定の周波数範囲の周波数スペクトルパターン 22 を比較することで、メインポンプ 6 および粗挽きポンプ 7 特有の故障個所を特定し異常原因を特定することができる。更に、正常時周波数スペクトルパターン 22 a と比較しているので、予知しない異常モードに対しても検知が可能である。

【0073】

また、正常時周波数スペクトルパターン 22 a と比較して異常が検知された場合に、寿命に関するデータに基づいて、警告を出力することにより、メインポンプ 6 および粗挽きポンプ 7 の故障を早期に回避することができる。なお、正常時周波数スペクトルパターン 22 a と比較し、異常の度合いにより、メインポンプ 6 および粗挽きポンプ 7 の寿命を予測し、警告の段階を変えることにより、メインポンプ 6 および粗挽きポンプ 7 が故障する前に、異常の度合いに応じて適切な修繕等を行うことができる。10

【0074】

また、慣性センサーをジャイロセンサー 10 とすることで、回転軸廻りの角速度に関するデータを検出することができるため、メインポンプ 6 および粗挽きポンプ 7 の回転運動に起因する寿命に関するデータを出力することができる。従って、メインポンプ 6 および粗挽きポンプ 7 の回転運動に起因する寿命を予測することができる。

【0075】

また、寿命予測方法の生成工程 S2 や寿命予測装置 9 の周波数解析部 21 において、少なくとも 2 軸のデータ毎に周波数解析をしてから合成することにより、少なくとも 2 軸のデータを合成した後に、周波数解析を行い生成した周波数スペクトルパターン 22 と同等のパターンを生成することができる。そのため、正常時周波数スペクトルパターン 22 a と比較して異常が検知された場合に、寿命に関するデータに基づいて、メインポンプ 6 および粗挽きポンプ 7 の寿命を予測することができる。20

【0076】

なお、本実施形態では、慣性センサーとしてジャイロセンサー 10 を用いて説明したが、これに限定されることはなく、加速度センサーを用いても構わない。加速度センサーは、軸方向の加速度に関するデータを検出することができるため、メインポンプ 6 および粗挽きポンプ 7 の並進運動に起因する寿命に関するデータを出力することができる。従って、メインポンプ 6 および粗挽きポンプ 7 の並進運動に起因する寿命を予測することができる。もちろん、ジャイロセンサーと加速度センサーの両方を用いても構わない。30

【0077】

<第3実施形態>

[寿命予測システム]

次に、本発明の第3実施形態に係る寿命予測システム 64 について、図 9 を参照して説明する。

図 9 は、本発明の第3実施形態に係る寿命予測システムの構成を示すブロック図である。

本実施形態の第1実施形態の寿命予測装置 9 を設置したドライエッチング装置 1 と異なるところは、演算の機能を備える部分がサーバーに設置され、ネットワークを介してジャイロセンサー 10 のデータを転送する点にある。

【0078】

なお、以下の説明では、第3実施形態に関し、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、図 9 において、前述した実施形態と同様の構成については、同一符号を付している。

【0079】

図 9 に示すように、寿命予測システム 64 は寿命演算装置としての寿命演算サーバー 65 を備えている。寿命演算サーバー 65 は受信部としての LAN ポート 66 (Local Area Network) を備え、LAN ポート 66 にはネットワークとしての LAN 67 が接続されている。LAN 67 には振動検出装置 68 が複数接続されている。LAN 67 に接続される振動検出装置 68 の台数は特に限定されないが、図中には 3 台設置さ4050

れた例を示している。振動検出装置 68 はジャイロセンサー 10、制御部 69 および送信部としての LAN ポート 70 を備えている。LAN 67 は有線 LAN の他に、無線 LAN、Controller Area Network 等を用いることができる。

【0080】

LAN ポート 70 は LAN 67 を介して寿命演算サーバー 65 からの指示を入力し振動波形データを寿命演算サーバー 65 に出力するインターフェイスの機能を有している。制御部 69 は寿命演算サーバー 65 からの指示を受けてジャイロセンサー 10 を駆動する。そして、検出した振動波形データを LAN ポート 70 を介して寿命演算サーバー 65 に出力する。振動検出装置 68 は被検出装置としての回転機械 71 に設置されている。回転機械 71 にはモーターやポンプ等の回転機構を有している。ジャイロセンサー 10 は回転機械 71 に設置され、回転機械 71 の振動を検出する。振動検出装置 68 はジャイロセンサー 10 が検出した回転機械 71 の振動波形データを寿命演算サーバー 65 に送信する。なお、振動検出装置 68 にはジャイロセンサー 10 の代わりに加速度センサーが設置されても良い。

10

【0081】

寿命演算サーバー 65 は LAN ポート 66 の他にも表示装置 14、入力装置 15、入出力インターフェイス 16、データバス 17、CPU 12、およびメモリー 13 等を備えている。LAN ポート 66 は振動検出装置 68 が送信した振動のデータを受信し、入出力インターフェイス 16 およびデータバス 17 を介して CPU 12 またはメモリー 13 に出力する。

20

【0082】

記憶部であるメモリー 13 には、プログラムソフト 18 や周波数スペクトルパターン 22 が記憶される記憶領域が設定されている。他には、振動波形データ、判定データ、装置構成データ等が記憶される記憶領域が設定されている。プログラムソフト 18 は CPU 12 にて動作する手順を示すデータである。プログラムソフト 18 に基づいて CPU 12 では各種の演算が行われる。装置構成データは LAN 67 に接続された振動検出装置 68 や回転機械 71 にかかるデータである。

【0083】

CPU 12 には、振動波形データを取得する取得部 20、周波数解析部 21、特定部 23、および寿命を判定する比較部 24 を備えている。取得部 20 は、装置構成データに基づいて振動検出装置 68 に振動を測定する指示信号を出力する。そして、取得部 20 は、各振動検出装置 68 が出力する回転機械 71 の振動波形データを受信してメモリー 13 に格納する。

30

【0084】

周波数解析部 21 は、メモリー 13 から振動波形データを入力しフーリエ変換して周波数スペクトルパターン 22 を生成してメモリー 13 に格納する。また、所定期間中に生成された周波数スペクトルパターン 22 に基づいて、正常時周波数スペクトルパターン 22a を生成し記憶部であるメモリー 13 に記憶する。

特定部 23 は、回転機械 71 の故障に關わる所定の周波数範囲を特定する。

40

【0085】

比較部 24 は、特定された所定の周波数範囲に関して、正常時周波数スペクトルパターン 22a と周波数スペクトルパターン 22 とを比較し、回転機械 71 の寿命に関するデータを出力し、寿命に関するデータに基づいて、回転機械 71 の寿命を判定する。その後、判定結果を表示装置 14 に表示する。

【0086】

上述したように、本実施形態によれば、以下の効果を有する。

本実施形態によれば、振動検出装置 68 と寿命演算サーバー 65 とは LAN 67 を介して接続されている。従って、LAN 67 に複数の振動検出装置 68 が接続されているときにも寿命演算サーバー 65 は複数の回転機械 71 の寿命を判定することができる。

50

【0087】

なお、本実施形態は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想内で当分野において通常の知識を有する者により種々の変更や改良を加えることも可能である。例えば、本実施形態ではドライエッティング装置を例として説明をしてきたが、スパッタ成膜装置や蒸着装置などにも適用できる。

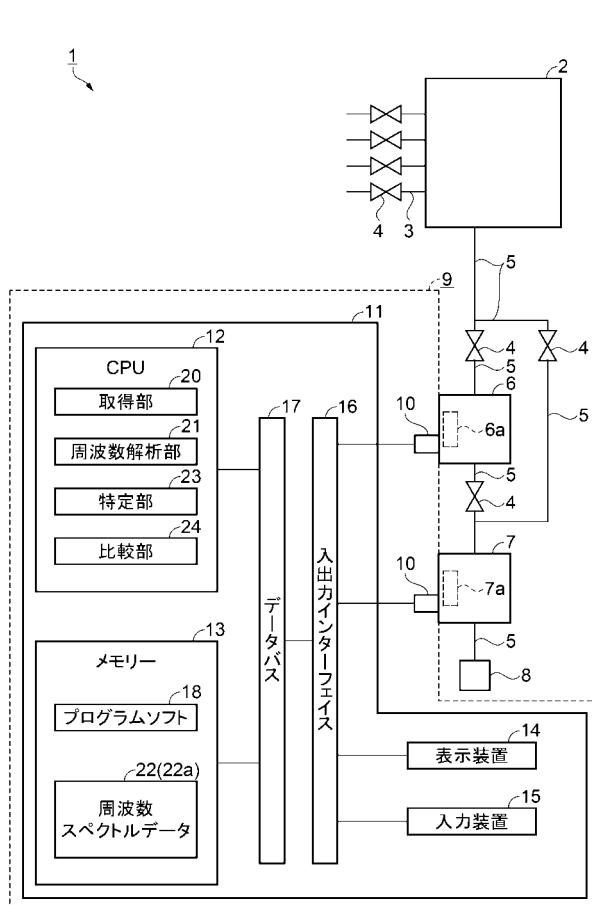
【符号の説明】

【0088】

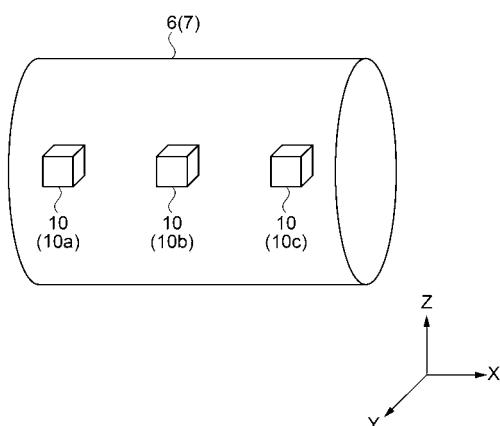
1 ... ドライエッティング装置、2 ... チャンバー、3 ... 配管、4 ... 電磁バルブ、5 ... 配管、6 ... メインポンプ、6a ... モーター、7 ... 粗挽きポンプ、7a ... モーター、8 ... 排気処理装置、9 ... 寿命予測装置、10 ... 慣性センサーとしてのジャイロセンサー、11 ... 演算装置、12 ... C P U、13 ... メモリー、14 ... 表示装置、15 ... 入力装置、16 ... 入出力インターフェイス、17 ... データバス、18 ... プログラムソフト、20 ... 取得部、21 ... 周波数解析部、22 ... 周波数スペクトルパターン、22a ... 正常時周波数スペクトルパターン、23 ... 特定部、24 ... 比較部、64 ... 寿命予測システム、65 ... 寿命演算サーバー、66 ... L A N ポート、67 ... L A N、68 ... 振動検出装置、69 ... 制御部、70 ... L A N ポート、71 ... 回転機械。

10

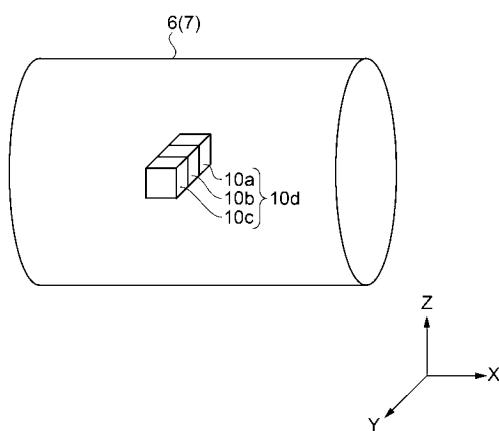
【図1】



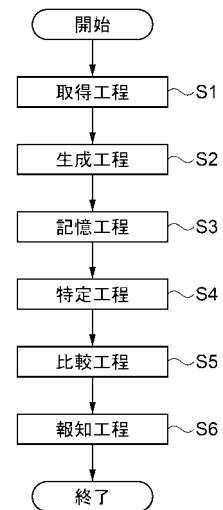
【図2】



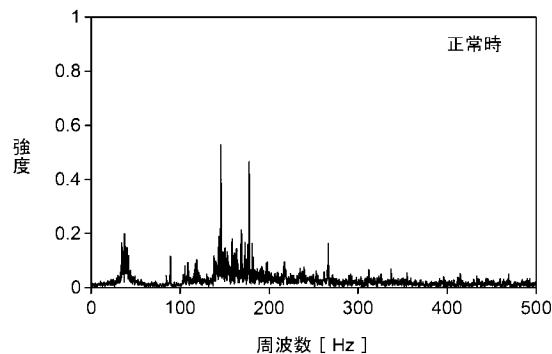
【図3】



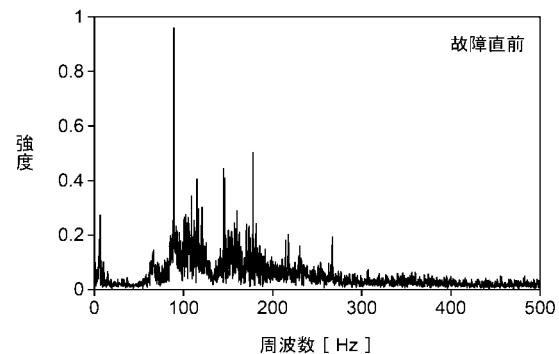
【図4】



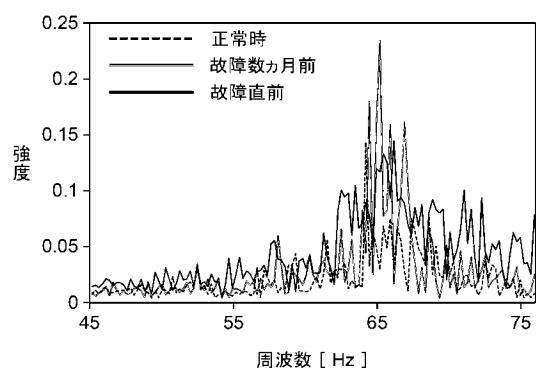
【図5】



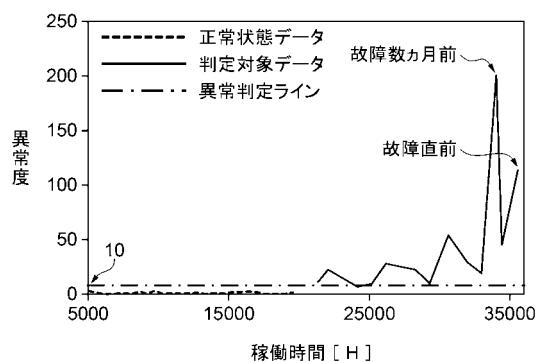
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

