

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年8月31日(31.08.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/162083 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 29/02 (2006.01) G01N 29/14 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/007576

(22) 国際出願日: 2022年2月24日(24.02.2022)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

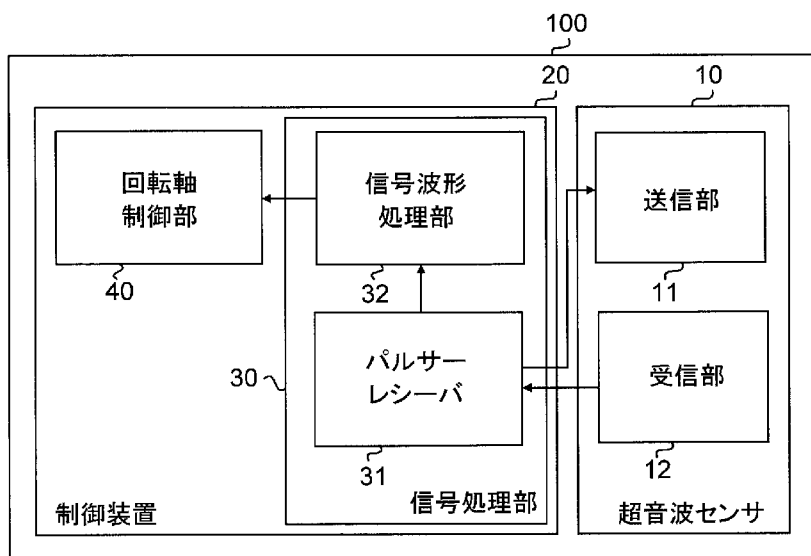
(72) 発明者:荒木 宏(ARAKI Hiroshi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電

機株式会社内 Tokyo (JP). 辻田 亘(TSUJITA Wataru); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 保手浜 拓也(HOTEHAMA Takuya); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 山田 博之(YAMADA Hiroyuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 長房 智之(NAGAFUSA Tomoyuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人:山形 洋一, 外(YAMAGATA Yoichi et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木2丁目1

(54) Title: LUBRICATION STATE DETERMINATION DEVICE

(54) 発明の名称: 潤滑状態判定装置



(57) Abstract: A lubrication state determination device (100) determines the state of a lubricating oil (3) in a device (5) comprising a rotating shaft (1), a bearing (2) supporting the rotating shaft (1), and the lubricating oil (3) present between a first surface (1a) of the rotating shaft (1) and a second surface (2b) of the bearing (2), the first surface (1a) and the second surface (2b) facing each other. The lubrication state determination device (100) comprises: a sensor (10) having a transmission unit (11) that transmits an acoustic output wave, which is an ultrasonic wave or sound wave, and a reception unit (12) that receives a first signal having the amplitude corresponding to the acoustic input wave, which is a reflected wave of the received acoustic output wave, and a second signal of a frequency band of acoustic emission waves attributed to contact between the rotating shaft (1) and the bearing (2); and a control unit (20) that determines the state of the

6 番 2 号 甲田ビル 4 階 特許業務法人 山形・佐藤特許事務所 Tokyo (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

lubricating oil (3) on the basis of the first and second signals.

(57) 要約 : 潤滑状態判定装置 (100) は、回転軸 (1) と、回転軸 (1) を支持する軸受 (2) と、互いに向き合う回転軸 (1) の第 1 の面 (1 a) と軸受 (2) の第 2 の面 (2 b) との間に存在する潤滑油 (3) とを有する機器 (5) において、潤滑油 (3) の状態を判定する。潤滑状態判定装置 (100) は、超音波又は音波である音響出力波を送信する送信部 (11) と、受信した音響出力波の反射波である音響入力波に応じた振幅の信号である第 1 の信号及び回転軸 (1) と軸受 (2) との接触に起因するアコースティックエミッション波の周波数帯の信号である第 2 の信号を受信する受信部 (12) と、を有するセンサ (10) と、第 1 の信号及び第 2 の信号に基づいて潤滑油 (3) の状態を判定する制御部 (20) とを備える。

明 細 書

発明の名称：潤滑状態判定装置

技術分野

[0001] 本開示は、回転軸と軸受との間に存在する潤滑油の状態を判定する潤滑状態判定装置に関する。

背景技術

[0002] 金属材料から形成された部材同士が摺動する部分に存在する潤滑油の状態を判定する装置が知られている。例えば、特許文献1及び非特許文献1を参照。

[0003] 特許文献1の装置は、エンジンのピストンとシリンダとの間に存在する潤滑油の状態を判定する。特許文献1の装置は、ピストンとシリンダとが潤滑油を介さずに接触したときに発生するアコースティックエミッション波を検出する圧電素子を有する。

[0004] 非特許文献1の装置は、超音波を用いて、回転軸と焼結軸受との間に存在する潤滑油の状態を判定する。非特許文献1の装置は、焼結軸受の外周面で反射した超音波の反射波と、回転軸の外周面で反射した超音波の反射波との干渉波を計測することによって、潤滑油の油膜厚を測定している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：実開昭63-101847号公報

[0006] 非特許文献1：「超音波法による多孔質焼結含油軸受の油膜厚さ測定（温度補正法による測定精度の向上検討）」、設計工学、Vol. 52、No. 12、2017、pp. 737-752

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、回転軸と軸受との間に存在する潤滑油の状態は、潤滑油の濃度及び回転軸における表面処理の方法などによって異なるため、特許文献

1の装置及び非特許文献1の装置では、潤滑油の状態を正確に判定することが困難であった。

[0008] 本開示は、回転軸と軸受との間に存在する潤滑油の状態の判定精度を向上させることを目的としている。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示の一態様に係る潤滑状態判定装置は、回転軸と、前記回転軸を支持する軸受と、互いに向き合う前記回転軸の第1の面と前記軸受の第2の面との間に存在する潤滑油とを有する機器において、前記潤滑油の状態を判定する潤滑状態判定装置であって、超音波又は音波である音響出力波を送信する送信部と、受信した前記音響出力波の反射波である音響入力波に応じた振幅の信号である第1の信号及び前記回転軸と前記軸受との接触に起因するアコースティックエミッション波の周波数帯の信号である第2の信号を受信する受信部と、を有するセンサと、前記第1の信号及び前記第2の信号に基づいて前記潤滑油の状態を判定する制御部とを備える、ことを特徴とする。

発明の効果

[0010] 本開示によれば、回転軸と軸受との間に存在する潤滑油の状態の判定精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施の形態1に係る潤滑状態判定装置の構成及び潤滑状態判定装置の判定対象の機器の構成を概略的に示す構成図である。

[図2]実施の形態1に係る潤滑状態判定装置の構成を示すブロック図である。

[図3]実施の形態1に係る潤滑状態判定装置の構成の他の例を示すブロック図である。

[図4] (A)は、実施の形態1に係る潤滑状態判定装置の制御装置のハードウェア構成の一例を概略的に示す図である。(B)は、実施の形態1に係る潤滑状態判定装置の制御装置のハードウェア構成の他の例を概略的に示す図である。

[図5]図1及び2に示されるセンサから送信された超音波の反射波による油膜

厚の測定原理を説明する説明図である。

[図6]図1に示される回転軸と軸受との間の距離と超音波の強度と潤滑油の膜厚との関係を示す図である。

[図7]図1に示されるセンサから出力されたエコー信号の正常時の基準波形及び異常時の第1の波形を示す図である。

[図8]図1に示されるセンサから出力されたエコー信号の正常時の基準波形及び異常時の第2の波形を示す図である。

[図9]図1に示されるセンサから出力されたエコー信号の正常時の基準波形及び異常時の第3の波形を示す図である。

[図10]図1に示されるセンサから出力されたAE信号の周波数スペクトルを示す図である。

[図11]実施の形態1に係る潤滑状態判定装置の制御装置の処理内容の一例を示すフローチャートである。

[図12]実施の形態2に係る潤滑状態判定装置の構成及び潤滑状態判定装置の判定対象の機器の構成を概略的に示す構成図である。

[図13]実施の形態3に係る潤滑状態判定装置の構成を示すブロック図である。

[図14]実施の形態3に係る潤滑状態判定装置の制御装置の処理内容の一例を示すフローチャートである。

[図15] (A)は、実施の形態3に係る潤滑状態判定装置のセンサから出力されたエコー信号を高速フーリエ変換処理したときの周波数スペクトルを示す図である。(B)は、図15(A)に示される周波数スペクトルのピーク値の追跡結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0012] 以下に、本開示の実施の形態に係る潤滑状態判定装置を、図面を参照しながら説明する。以下の実施の形態は、例にすぎず、実施の形態を適宜組み合わせること及び各実施の形態を適宜変更することが可能である。

[0013] 《実施の形態1》

〈潤滑状態判定装置100の構成〉

図1は、実施の形態1に係る潤滑状態判定装置100の構成及び潤滑状態判定装置100の判定対象の機器5の構成を概略的に示す構成図である。潤滑状態判定装置100は、回転軸1と軸受2と潤滑油3とを有する機器5において、回転軸1と軸受2との間に存在する潤滑油3の状態（以下、「潤滑状態」とも呼ぶ。）を判定する。潤滑状態判定装置100は、例えば、回転軸1が軸線Axを中心に回転しているときの潤滑油3の状態を判定する。なお、潤滑状態判定装置100は、回転軸1が回転していないときの潤滑油3の状態を判定することもできる。

[0014] 図1に示される機器5は、例えば、冷凍サイクル装置（例えば、空気調和装置）に備えられた圧縮機などの回転機械である。軸受2は、例えば、円筒状の滑り軸受（すなわち、ジャーナル軸受）である。潤滑油3は、第1の面としての回転軸1の外周面1aと第2の面としての軸受2の内周面2bとの間に存在している。回転軸1の外周面1aは、回転軸1と潤滑油3との境界面であり、軸受2の内周面2bは、軸受2と潤滑油3との境界面である。なお、軸受2は、滑り軸受に限らず、転がり軸受であってもよく、潤滑状態判定装置100は、回転軸1と当該転がり軸受との間の潤滑油3の状態を判定してもよい。

[0015] 図2は、実施の形態1に係る潤滑状態判定装置100の構成を示すブロック図である。図1及び2に示されるように、潤滑状態判定装置100は、センサ10と、制御部としての制御装置20とを有する。

[0016] センサ10は、例えば、超音波センサである。実施の形態1では、センサ10は、軸受2に備えられている。図1に示す例では、センサ10の一部が、軸受2の内部に固定されている。なお、後述する図12に示されるように、センサ10は、回転軸201に備えられていてもよい。

[0017] 図2に示されるように、センサ10は、送信部11と、受信部12とを有する。送信部11及び受信部12はそれぞれ、圧電素子（例えば、セラミック振動子）を有する。送信部11は、後述するパルサーレーザ31から送

信された駆動信号（電圧信号）によって発生した超音波を潤滑油3に向けて送信する。受信部12は、送信部11から送信された超音波の反射波の干渉波を受信する。受信部12は、当該干渉波に応じた振幅の信号をパルサーレーザ31に出力する。なお、干渉波については、後述する図5を用いて説明する。

[0018] 図3は、実施の形態1に係る潤滑状態判定装置100の構成の他の例を示すブロック図である。図3に示されるように、センサ10は、図2に示される送信部11及び受信部12が一体化された送受信部13を有していてもよい。送受信部13は、パルサーレーザ31から送信された駆動信号によって発生した超音波を潤滑油3に向けて送信し、当該超音波の反射波の干渉波を受信する。

[0019] 制御装置20は、信号処理部30と、回転軸制御部40とを有する。

[0020] 信号処理部30は、パルサーレーザ31と、信号波形処理部32とを有する。パルサーレーザ31は、送信部11を駆動させる駆動信号を送信し、且つ受信部12から出力された信号を受信する。信号波形処理部32は、パルサーレーザ31から出力された信号に基づいて潤滑油3（図1参照）の状態を判定する。

[0021] 回転軸制御部40は、信号波形処理部32における判定結果に基づいて、機器5における回転軸1（図1参照）の回転動作を制御する。具体的には、信号波形処理部32が回転軸1と軸受2との間の潤滑状態が正常であると判定した場合には、回転軸制御部40は、回転軸1の回転を継続させる。一方、信号波形処理部32が回転軸1と軸受2との間の潤滑状態が不良であると判定した場合には、回転軸制御部40は、回転軸1の回転速度を低下又は回転軸1の回転を停止させる。なお、潤滑状態が不良であると判定された場合に、回転軸制御部40は、回転軸1における回転負荷の調整を行ってもよい。

[0022] 図4（A）は、潤滑状態判定装置100の制御装置20のハードウェア構成の一例を概略的に示す図である。図4（A）に示されるように、潤滑状態

判定装置100の制御装置20は、例えば、ソフトウェアとしてのプログラムを格納する記憶装置としてのメモリ20aと、メモリ20aに格納されたプログラムを実現する情報処理部としてのプロセッサ20bとを用いて（例えば、コンピュータによって）実現することができる。なお、制御装置20の一部が、図4（A）に示されるメモリ20aと、プログラムを実行するプロセッサ20bとによって実現されてもよい。また、制御装置20は、電気回路によって実現されてもよい。

[0023] 図4（B）は、潤滑状態判定装置100の制御装置20のハードウェア構成の他の例を概略的に示す図である。図4（B）に示されるように、制御装置20は、単回路又は複回路等の専用のハードウェアとしての処理回路20cを用いて実現されていてもよい。この場合、制御装置20の機能は、処理回路20cで実現される。

[0024] 〈油膜の厚さの測定〉

次に、図5を用いて、超音波を用いた潤滑油3の油膜の厚さ（以下、「油膜厚L」と呼ぶ。）の測定について説明する。図5は、図1及び2に示されるセンサ10から送信された超音波U1の反射波による油膜厚Lの測定原理を説明する説明図である。

[0025] 図5に示されるように、センサ10から送信された超音波U1は、軸受2の内部を透過して、軸受2の内周面2bで内部反射する。また、超音波U1は、軸受2及び潤滑油3を透過して、回転軸1の外周面1aで反射する。図5において、軸受2の内周面2bで内部反射した超音波U1の反射波をR1、回転軸1の外周面1aで反射した超音波U1の反射波をR2とする。図2に示される受信部12（又は、図3に示される送受信部13）は、反射波R1、R2の干渉波を受信する。なお、センサ10は、超音波U1に代えて、例えば、振動数が20kHzよりやや小さい音波を送信してもよい。言い換えれば、図2に示される送信部11は、超音波又は音波である音響出力波を送信し、受信部12は、音響出力波の反射波である音響入力波を受信する。

[0026] ここで、超音波U1の波長（単位：mm）を λ 、軸受2内での音速（単位

: m/s) を c 、駆動周波数 (単位: MHz) を f としたとき、波長 λ は、以下の式 (1) で示される。

$$\lambda = c / f \quad (1)$$

例えば、音速 $c = 5600 m/s$ 、駆動周波数 $f = 2 MHz$ であるとき、波長 λ は、 $2.8 mm$ である。なお、「駆動周波数」とは、図 2 に示される送信部 11 (又は、図 3 に示される送受信部 13) のセラミック振動子に印加される電圧信号の周波数である。

[0027] 軸受 2 の強度を十分に確保するために、軸受 2 の材質が、例えば、鉄であるとき、図 5 において、軸受 2 と潤滑油 3 との境界面である軸受 2 の内周面 2b からセンサ 10 までの距離 (以下、「離隔距離」とも呼ぶ。) は、超音波 $U1$ の 1 波長以上の距離である。具体的には、離隔距離は、 $2.8 mm$ 以上である。なお、離隔距離は、機器 5 の負荷及び軸受 2 の形状などに応じて、適宜変更してもよい。

[0028] パルサーレーザ 31 (図 2 参照) は、受信部 12 から出力された反射波 $R1$ 、 $R2$ の干渉波に応じた振幅の信号である第 1 の信号 (以下、「エコー信号」とも呼ぶ。) を、信号波形処理部 32 に出力する。信号波形処理部 32 (図 2 参照) は、エコー信号に基づいて干渉波の大きさ (強度) を検出し、当該干渉波の大きさに基づいて油膜厚 L を測定する。

[0029] 次に、図 6 を用いて、油膜厚 L と干渉波の大きさとの関係について説明する。図 6 は、油膜厚 L と干渉波の大きさとの関係を示すグラフである。図 6 において、縦軸は、干渉波の波形成分中のピーク値である振幅ピークを示し、横軸は、油膜厚 L (単位: μm) を示す。図 6 において、破線で示されるグラフは、油膜厚 L とエコー信号の振幅ピークとの理想的な関係を示す。また、図 6 に示される複数のプロットはそれぞれ、実際の測定値を示す。

[0030] 図 6 に示されるように、エコー信号の振幅ピークは、油膜厚 L に比例して大きくなる。言い換えれば、油膜厚 L が厚ければ振幅ピークは大きく、油膜厚 L が薄ければ振幅ピークは小さい。これにより、信号波形処理部 32 は、エコー信号の振幅ピークに基づいて、回転軸 1 と軸受 2 との間に存在する潤

滑油 3 の状態を判定することができる。

[0031] 〈温度上昇によるエコー信号の変化〉

次に、図 7 から 9 を用いて、軸受 2 及び潤滑油 3 の温度上昇によるエコー信号の変化について説明する。図 7 は、図 1 に示されるセンサ 10 から出力された正常時のエコー信号の波形を示す基準波形 W0 と、エコー信号の異常時の第 1 の波形（以下、「第 1 の異常波形」と呼ぶ。）W1 とを示すグラフである。図 7 において、基準波形 W0 は破線のグラフによって表されており、第 1 の異常波形 W1 は実線のグラフによって表されている。また、図 7、後述する図 8 及び 9 において、横軸は、時間（単位： μs ）を示し、縦軸は、エコー信号の振幅を示す。

[0032] 基準波形 W0 は、回転軸 1 と軸受 2 との間の油膜厚 L が正常であって、且つ軸受 2（又は潤滑油 3）の温度が 30°C であるときに検出されたエコー信号の波形である。ここで、「油膜厚 L が正常」とは、例えば、油膜厚 L が予め定められた設定値より厚いことをいう。また、第 1 の異常波形 W1 は、油膜厚 L が不良であって潤滑油 3 の温度が 30°C であるときに検出されたエコー信号の波形である。言い換えれば、第 1 の異常波形 W1 は、油膜厚 L が設定値より薄いことで回転軸 1 に軸受 2 が接近し、回転軸 1 及び軸受 2 の少なくとも一方に焼き付きが発生する前のエコー信号の波形を示す。図 7 に示されるように、例えば、時間が $1.0\ \mu\text{s}$ から $3.0\ \mu\text{s}$ までの範囲内では、第 1 の異常波形 W1 におけるエコー信号の振幅は、基準波形 W0 におけるエコー信号の振幅より小さい。

[0033] 図 8 は、基準波形 W0 と、エコー信号の異常時の第 2 の波形（以下、「第 2 の異常波形」と呼ぶ。）W2 とを示すグラフである。図 9 は、基準波形 W0 と、エコー信号の異常時の第 3 の波形（以下、「第 3 の異常波形」と呼ぶ。）W3 とを示すグラフである。図 8 に示される第 2 の異常波形 W2 は、油膜厚 L が設定値より薄く且つ軸受 2（又は潤滑油 3）の温度が 70°C であるときに検出されたエコー信号の波形を示す。また、図 9 に示される第 3 の異常波形 W3 は、油膜厚 L が設定値より薄く且つ軸受 2（又は潤滑油 3）の温

度が120℃であるときに検出されたエコー信号の波形を示す。図8及び9に示されるように、時間が1.0 μ sから3.0 μ sまでの範囲内では、第2の異常波形W2におけるエコー信号の振幅及び第3の異常波形W3におけるエコー信号の振幅はそれぞれ、基準波形W0におけるエコー信号の振幅より小さい。

[0034] また、図7において、第1の異常波形W1が受信された時点をt1、図8において、第2の異常波形W2が受信された時点をt2としたとき、時点t2は時点t1より早い。更に、図9において、第3の異常波形W3が受信された時点をt3としたとき、時点t3は、図8に示される時点t2より早い。これは、超音波U1が伝搬する媒質中の温度、すなわち、軸受2及び潤滑油3の温度の影響を受けて、超音波U1の音速cが変化したためである。具体的には、軸受2及び潤滑油3の温度が上昇するにつれて、音速cは速くなる。そのため、図7から9に示されるように、軸受2及び潤滑油3の温度が上昇するほど、第2の異常波形W2及び第3の異常波形W3のそれぞれが、パルサーレーザ31に受信された時点が早くなる。

[0035] このように、軸受2及び潤滑油3の温度上昇によって、超音波U1の音速cが変化する。従来装置は、例えば、図7に示される第1の異常波形W1において選択したピーク値を追跡することで、油膜厚Lの測定を実現していた。しかしながら、実機において、エコー信号のピーク値を常時追跡することは困難である。また、潤滑油3が枯渇した状態、すなわち、焼き付きが発生する直前の状態では、回転軸1及び軸受2の温度上昇が想定される。この場合、エコー信号の信号強度レベルの低下又はエコー信号の消失が発生するため、油膜厚Lの測定が困難である。よって、従来装置では、エコー信号のみに基づいて焼き付きの予兆があるか否かを判定することが困難である。また、機器5が圧縮機である場合、ガス冷媒によって潤滑油が発泡する可能性があることによっても、エコー信号の信号強度レベルの低下又はエコー信号の消失が発生する。

[0036] 〈焼き付きの予兆の有無の判定〉

次に、潤滑状態判定装置100において、回転軸1及び軸受2における焼き付きの予兆の有無の判定方法について説明する。一般的に、超音波センサのセラミック振動子は、駆動周波数 f と同じ共振周波数を持つ。受信感度を高めるために、超音波センサでは、共振周波数と同じ周波数におけるエコー信号が検出される。共振周波数以外の周波数におけるエコー信号は、大きく減衰するため、油膜厚 L の測定に用いられていなかった。

[0037] 本願発明者は、セラミック振動子の共振周波数以下の低い周波数帯域に着目した。本願発明者による研究の結果、セラミック振動子の共振周波数以下の低い周波数帯の信号、具体的には、回転軸1と軸受2との接触に起因するアコースティックエミッション波の周波数帯の第2の信号（以下、「AE信号」とも呼ぶ。）が、超音波センサによって得られることが判明した。すなわち、実施の形態1では、単一のセンサ10が、エコー信号及びAE信号の両方を受信する。なお、実施の形態1のセンサ10に備えられたセラミック振動子の共振周波数は、例えば、2MHzである。

[0038] 図10は、センサ10によって検出されたAE信号の周波数スペクトルを示すグラフである。図10は、センサ10によって検出されたAE信号にFFT (Fast Fourier Transform) 処理を行った後の解析結果を示す。図10において、横軸は、周波数（単位：Hz）を示し、縦軸は、振幅ピークを示す。

[0039] 図10に示されるように、セラミック振動子の共振周波数2MHzより低い周波数帯である100kHz周辺、具体的には、20kHz周辺において、軸受2の打音時のAE信号が検出されている。なお、「軸受2の打音時」とは、回転軸1と軸受2とが潤滑油3を介さずに摺動して、音が発生しているときをいう。

[0040] 信号波形処理部32は、AE信号を増幅し、特徴量を抽出する。具体的には、信号波形処理部32は、パルサーレーザ31を介してセンサ10から出力された共振周波数以下の信号（すなわち、AE信号）をFFT処理した後、大きな振幅ピークを持つ周波数を抽出する。

[0041] 信号波形処理部32は、例えば、AE信号の振幅が予め定められた第2の閾値である閾値 T_h2 以上であるか否かを判定する。これにより、回転軸1と軸受2との間の潤滑油3の枯渇などによって、エコー信号の信号強度レベルの低下又はエコー信号の消失が発生した場合でも、信号波形処理部32は、AE信号に基づいて焼き付きの予兆の有無を判定することができる。よって、焼き付きによる機器5の故障を予め防止することができるため、機器5の安全性を向上させることができる。また、潤滑状態判定装置100は、AE信号を受信する他のセンサ（例えば、加速度センサ）を設けずに、焼き付きの予兆の有無を判定することができる。よって、潤滑状態判定装置100における部品点数を削減することができる。なお、信号波形処理部32は、センサ10から出力された信号をFFT処理した後に自己相関処理を行うことで、回転軸1及び軸受2における焼き付きの予兆の有無を判定してもよい。例えば、信号波形処理部32は、自己相関処理によって算出された自己相関値が閾値より大きい場合に、焼き付きの予兆があると判定する。

[0042] 〈制御装置20の処理内容〉

次に、図11を用いて、潤滑状態判定装置100の制御装置20の処理内容について説明する。図11は、潤滑状態判定装置100の制御装置20の処理内容の一例を示すフローチャートである。

[0043] 先ず、ステップST1において、信号波形処理部32は、パルサーレーザ31から出力されたエコー信号の振幅（例えば、振幅ピーク）が予め定められた第1の閾値である閾値 T_h1 より小さいか否かを判定する第1の判定を行う。信号波形処理部32は、エコー信号の振幅ピークが閾値 T_h1 より小さいと判定した場合（つまり、ステップST1において、判定がYesである場合）、処理をステップST2へ進める。なお、ステップST1において、信号波形処理部32は、エコー信号の振幅ピークの積分値が予め定められた閾値以下であるか否かを判定してもよい。

[0044] ステップST2において、信号波形処理部32は、パルサーレーザ31から出力された信号のうちAE信号の振幅（例えば、振幅ピーク）が閾値 T

h₂以上であるか否かを判定する第2の判定を行う。信号波形処理部32は、AE信号の振幅ピークが閾値Th₂以上であると判定した場合（つまり、ステップST₂において、判定がYesである場合）、処理をステップST₃へ進める。なお、ステップST₂において、信号波形処理部32は、AE信号の振幅ピークの積分値が予め定められた閾値以上であるか否かを判定してもよい。

[0045] ステップST₃において、回転軸制御部40は、回転軸1の回転速度を低下又は回転軸1の回転を停止させる。これにより、焼き付きによる機器5の故障を予め防止することができるため、機器5の安全性を向上させることができる。

[0046] なお、信号波形処理部32は、ステップST₁における第1の判定処理と、ステップST₂における第2の判定処理とを並列に行ってもよい。これにより、信号波形処理部32は、エコー信号の信号強度レベルの低下又はエコー信号の消失が発生した場合、直ちにAE信号に基づいて潤滑油3の状態を判定することができる。よって、回転軸1及び軸受2の少なくとも一方に焼き付きの予兆が有るか否かを早期に判定することができる。この場合、回転軸制御部40は、エコー信号の振幅ピークが閾値Th₁より小さく、且つAE信号の振幅ピークが閾値Th₂以上である場合に、回転軸1の回転速度を低下又は回転軸1の回転を停止させる。

[0047] 〈実施の形態1の効果〉

以上に説明した実施の形態1によれば、潤滑状態判定装置100は、エコー信号及びAE信号を受信するセンサ10と、センサ10から出力されたエコー信号及びAE信号に基づいて潤滑油3の状態を判定する制御装置20とを有する。これにより、潤滑油3の枯渇などによってエコー信号の信号強度レベルの低下又はエコー信号の消失が発生した場合であっても、AE信号に基づいて潤滑油3の状態を判定することができる。言い換えれば、潤滑状態判定装置100は、エコー信号の振幅ピーク（又は当該振幅ピークの積分値）が0に近い値であっても、AE信号に基づいて潤滑油3の状態を判定する

ことができる。よって、実施の形態1によれば、潤滑油3の状態の判定精度を向上させることができる。

[0048] また、実施の形態1によれば、エコー信号の振幅ピーク（又は当該振幅ピークの積分値）が予め定められた閾値 T_h1 より小さい場合には、信号波形処理部32は、センサ10によって検出された信号のうち、AE信号を抽出する。これにより、潤滑油3の枯渇などによって、エコー信号の信号強度レベルの低下又はエコー信号の消失が発生した場合でも、制御装置20は、AE信号に基づいて回転軸1及び軸受2のうちの少なくとも一方における焼き付きの予兆の有無を判定することができる。

[0049] また、実施の形態1によれば、制御装置20は、AE信号の振幅ピークが閾値 T_h2 以上であると判定した場合には、回転軸1の回転速度を低下又は回転軸1の回転を停止させる。これにより、回転軸1及び軸受2の少なくとも一方の焼き付きによる機器5の故障を予め防止することができるため、機器5の安全性を向上させることができる。

[0050] また、実施の形態1によれば、センサ10は、軸受2に備えられている。これにより、潤滑油3の枯渇などによって、エコー信号の信号強度レベルの低下又はエコー信号の消失が発生した場合でも、センサ10は、回転軸1が回転しているときの回転軸1と軸受2との接触に起因するAE信号を検出し易くなる。

[0051] 《実施の形態2》

図12は、実施の形態2に係る潤滑状態判定装置200の構成及び潤滑状態判定装置200の判定対象の機器205の構成を概略的に示す構成図である。図12において、図1に示される構成要素と同一又は対応する構成要素には、図1に示される符号と同じ符号が付される。実施の形態2に係る潤滑状態判定装置200は、センサ10が回転軸201に備えられている点で、実施の形態1に係る潤滑状態判定装置100と相違する。これ以外の点については、実施の形態2に係る潤滑状態判定装置200は、実施の形態1に係る潤滑状態判定装置100と同じである。そのため、以下の説明では、図2

を参照する。

[0052] 実施の形態2では、センサ10は、機器205の回転軸201に備えられている。具体的には、センサ10は、回転軸201の内部に備えられている。図12に示す例では、回転軸201は、z軸方向に延びる中空部としての孔201cが設けられていて、センサ10は、当該孔201cに設けられている。これにより、上述した実施の形態1のように、センサ10が軸受2に取り付けられている構成と比較して、回転軸201の内部の全周に亘ってエコー信号及びAE信号を検出することができる。よって、油膜厚Lの判定及び焼き付きの予兆の有無の判定を早期に実現することができる。

[0053] 図12に示されるように、センサ10が孔201cに設けられている場合、センサ10とパルサーレーザ31とを繋ぐ信号線は、例えば、スリップリングによって接続されている。なお、孔201cは、回転軸201を軸線Axの方向に貫通していてもよいし、貫通していなくてもよい。また、孔201cは、回転軸201の内部を径方向に延びていてもよい。また、センサ10は、回転軸201の外周面201aに備えられていてもよい。更に、センサ10は、回転軸201の外周面201aに設けられた凹部に埋め込まれていてもよい。

[0054] 〈実施の形態2の効果〉

以上に説明した実施の形態2によれば、センサ10は、回転軸201に備えられている。これにより、潤滑油3の枯渇などによって、エコー信号の信号強度レベルの低下又はエコー信号の消失が発生した場合でも、センサ10は、回転軸201が回転しているときの回転軸201と軸受2との接触に起因するAE信号を検出し易くなる。

[0055] また、実施の形態2によれば、センサ10は、回転軸201の内部に備えられている。これにより、実施の形態1のように、センサ10が軸受2に備えられている構成（図1参照）と比較して、回転軸201内部の全周に亘ってエコー信号及びAE信号を検出することができる。よって、油膜厚Lの判定並びに回転軸201及び軸受2についての焼き付きの判定を早期に検出す

ることができる。

[0056] 《実施の形態3》

図13は、実施の形態3に係る潤滑状態判定装置300の構成を示すブロック図である。実施の形態3に係る潤滑状態判定装置300は、エコー信号の振幅ピークを追跡することで得られた油膜厚Lの時間変化に基づいて潤滑油3の状態を判定する点で、実施の形態1に係る潤滑状態判定装置100と相違する。これ以外の点については、実施の形態3に係る潤滑状態判定装置300は、実施の形態1に係る潤滑状態判定装置100と同じである。そのため、以下の説明では、図1及び5を参照する。

[0057] 図13に示されるように、潤滑状態判定装置300は、センサ10と、制御装置320とを有する。なお、実施の形態3のセンサ10は、上述した図3と同様に、送受信部13（すなわち、送信部11及び受信部12が一体化された構成）を有していてもよい。

[0058] 制御装置320は、信号処理部330と、回転軸制御部40とを有する。信号処理部330は、パルサーレーバ31と、信号波形処理部32と、増幅部としての可変アンプ333と、A/Dコンバータ334とを有する。

[0059] ここで、上述した実施の形態1では、油膜厚Lとエコー信号の振幅ピークとの相関曲線（図6参照）は、制御装置20の記憶部（図示せず）に予め記憶されている。しかしながら、機器5（図1参照）では、様々な種類の軸受2が用いられ、軸受2の種類に応じて、上記相関曲線も異なる可能性がある。機器5に用いられる軸受2毎に、相関曲線を取得することは困難である。潤滑状態判定装置300の信号波形処理部32は、エコー信号の振幅ピークを追跡することで得られた油膜厚Lの時間変化に基づいて、潤滑油3の状態を判定する。

[0060] 〈制御装置320の処理内容〉

次に、図14を用いて、潤滑状態判定装置300における制御装置320の処理内容について説明する。図14は、潤滑状態判定装置300の制御装置320の処理内容の一例を示すフローチャートである。

- [0061] まず、ステップST301において、パルサーレーバ31は、所定の時間長のエコー信号を受信する。
- [0062] ステップST302において、可変アンプ333は、パルサーレーバ31から出力されたエコー信号を増幅する。
- [0063] ステップST303において、A/Dコンバータ334は、ステップST302において増幅されたエコー信号をデジタル信号に変換する。
- [0064] ステップST304において、信号波形処理部32は、ステップST303においてデジタル信号に変換されたエコー信号のうちの帯域外のノイズを、フィルタリングによって除去する。
- [0065] ステップST305において、信号波形処理部32は、ノイズ除去されたエコー信号をFFT処理することにより、エコー信号の周波数スペクトルを取得する。
- [0066] ステップST306において、信号波形処理部32は、ステップST305において取得された周波数スペクトルのうちの所定の周波数の振幅成分についてのピーク値を追跡する。
- [0067] ここで、ステップST306におけるピーク値の追跡の詳細について説明する。図15(A)は、図14に示されるステップST305において取得されたエコー信号の周波数スペクトルを示す図である。図15(A)において、横軸は周波数を示し、縦軸はFFT振幅を示す。図15(A)において、実線で示されるグラフは、第1の時点におけるエコー信号の周波数スペクトルS1を示す。また、一点鎖線で示されるグラフは、第1の時点から時間が経過した第2の時点におけるエコー信号の周波数スペクトルS2を示す。
- [0068] 図15(A)に示されるように、周波数スペクトルS1のピーク周波数 f_p における振幅と、周波数スペクトルS2のピーク周波数 f_p における振幅とは、互いに異なる。このように、回転軸1(図1参照)の回転に伴い、周波数スペクトルS1、S2のピーク周波数における振幅が変動する。
- [0069] 図15(B)は、図15(A)に示される周波数スペクトルS1、S2のピーク値の追跡結果を示すグラフである。図15(B)において、横軸は時

間を示し、縦軸はFFT振幅のピーク値を示す。ここで、図15(B)の縦軸のFFT振幅のピーク値は、油膜厚Lに比例する。そのため、図15(B)に示されるグラフは、油膜厚Lの時間変化を示す。図15(B)に示されるグラフは、回転軸1と軸受2との間の潤滑状態が正常であることを示す。これは、時間が経過するにつれて、FFT振幅のピーク値が大きく変化しているためである。

[0070] 一方、回転軸1と軸受2との間の油膜厚Lが減少した場合、FFT処理後のエコー信号の振幅も減少する。この場合、回転軸1が回転しているときの振幅の大きさが変化しないため、例えば、FFT振幅のピーク値が小さい値で且つ当該ピーク値が変化しない、概ね一定の直線のグラフが得られる。このように、周波数スペクトルS1、S2のピーク値の追跡結果によって、小さいピーク値（例えば、閾値より小さいピーク値）が維持されるグラフが得られた場合、信号波形処理部32は、回転軸1と軸受2との間の油膜厚Lが薄く、潤滑状態が不良であると判定する。なお、回転軸1と軸受2との間の油膜厚Lが減少した場合、図15(B)に示されるグラフは、FFT振幅のピーク値が時間変化に伴って徐々に低下するグラフ、又は振幅変化の小さいグラフになる場合もある。

[0071] 図14に戻って、ステップST307以降の処理内容について説明する。ステップST307において、信号波形処理部32は、ピーク値の追跡結果を示す波形信号を記録する。

[0072] ステップST308において、所定の時間記録された波形信号から特徴量を抽出する。ここで、ステップST308における「特徴量」は、例えば、上述したステップST305のFFT処理によって得られたFFT振幅のピーク値、当該ピーク値を規格化した値、当該ピーク値を時間微分した値、又は当該ピーク値を時間積分した値などである。

[0073] ステップST309において、信号波形処理部32は、ステップST308において抽出された特徴量を、機器5の情報を示す機器情報と共にデータベースに保存する。なお、機器情報とは、例えば、回転軸1、軸受2及び潤

滑油 3 の種類などを示す情報、並びに機器 5 の品番などを示す情報である。

[0074] ステップ S T 3 1 0 において、信号波形処理部 3 2 は、ステップ S T 3 0 9 においてデータベースに保存された情報を機械学習する。なお、ステップ S T 3 0 9 及び S T 3 1 0 の処理は、省略されてもよい。

[0075] ステップ S T 3 1 1 において、信号波形処理部 3 2 は、ステップ S T 3 0 6 において追跡された F F T 振幅のピーク値の変化に基づいて、回転軸 1 と軸受 2 の間の潤滑状態の良否、言い換えれば、機器 5 における回転の品質の良否についての判定を行う。なお、ステップ S T 3 1 1 において、信号波形処理部 3 2 は、回転軸 1 及び軸受 2 の少なくとも一方についての焼き付きの有無を判定してもよい。

[0076] なお、上述したステップ S T 3 1 0 における特徴量の抽出は、ステップ S T 3 0 6 におけるピーク値の追跡と同時に行われてもよい。また、ステップ S T 3 0 6 におけるピーク値の追跡は、1 つのピーク値、言い換えれば、図 1 5 (A) に示される周波数スペクトル S 1、S 2 のそれぞれの極大点 P 1、P 2 を追跡するのではなく、1 つの周波数スペクトルにおける複数のピーク値を追跡してもよい。また、図 1 4 に示される処理において、油膜厚 L を測定するためのエコー信号が検出されなかった場合及び A E 信号が検出されなかった場合、信号波形処理部 3 2 は、回転軸 1 と軸受 2 との間の潤滑状態が不良である又はセンサ 1 0 が異常であると判定してもよい。この場合、回転軸制御部 4 0 は、回転軸 1 の回転を停止してもよい。

[0077] 〈実施の形態 3 の効果〉

以上に説明した実施の形態 3 によれば、信号波形処理部 3 2 は、エコー信号の振幅ピーク値の追跡結果に基づいて、回転軸 1 と軸受 2 との間の油膜厚 L を検出する。これにより、油膜厚 L とエコー信号の振幅ピークとの相関を示す相関曲線の事前取得が困難であっても、当該潤滑油 3 の状態を判定することができる。

[0078] また、実施の形態 3 によれば、信号波形処理部 3 2 は、軸受 2 及び潤滑油 3 の温度変化に伴う超音波 U 1 (図 5 参照) の音速 c の変化に追従した判定

を行うことができる。よって、信号波形処理部32は、回転軸1と軸受2との間に存在する潤滑油3の状態の判定を、広い温度範囲で実現することができる。

符号の説明

[0079] 1、201 回転軸、 1a、201a 外周面（第1の面）、 2 軸受、 2b 内周面（第2の面）、 3 潤滑油、 5、205 機器、 10、210 センサ、 11 送信部、 12 受信部、 13 送受信部、 20、320 制御装置、 20a メモリ、 20b プロセッサ、 20c 処理回路、 30、330 信号処理部、 31 パルサーレシーバ、 32 信号波形処理部、 40 回転軸制御部、 100、200、300 潤滑状態判定装置、 201c 孔、 333 可変アンプ、 334 A/Dコンバータ、 Ax 軸線、 L 油膜厚、 R1、R2 反射波、 S1、S2 周波数スペクトル、 Th1、Th2 閾値、 U1 超音波、 W0 基準波形、 W1 第1の異常波形、 W2 第2の異常波形、 W3 第3の異常波形。

請求の範囲

[請求項1] 回転軸と、前記回転軸を支持する軸受と、互いに向き合う前記回転軸の第1の面と前記軸受の第2の面との間に存在する潤滑油とを有する機器において、前記潤滑油の状態を判定する潤滑状態判定装置であって、

超音波又は音波である音響出力波を送信する送信部と、受信した前記音響出力波の反射波である音響入力波に応じた振幅の信号である第1の信号及び前記回転軸と前記軸受との接触に起因するアコースティックエミッション波の周波数帯の信号である第2の信号を受信する受信部と、を有するセンサと、

前記第1の信号及び前記第2の信号に基づいて前記潤滑油の状態を判定する制御部と

を備える、

ことを特徴とする潤滑状態判定装置。

[請求項2] 前記制御部は、前記第1の信号の振幅が予め定められた第1の閾値より小さい場合に、前記第2の信号に基づいて前記機器における前記回転軸の回転動作を制御する、

ことを特徴とする請求項1に記載の潤滑状態判定装置。

[請求項3] 前記制御部は、前記第2の信号の振幅が予め定められた第2の閾値以上であるか否かを判定し、

前記判定の結果に基づいて前記機器における前記回転軸の回転動作を制御する、

ことを特徴とする請求項2に記載の潤滑状態判定装置。

[請求項4] 前記制御部は、前記第2の信号の振幅が前記第2の閾値以上である場合に、前記機器における前記回転軸の回転速度を低下させる又は回転を停止させる、

ことを特徴とする請求項3に記載の潤滑状態判定装置。

[請求項5] 前記制御部は、

前記第1の信号の振幅が予め定められた第1の閾値より小さいか否かを判定する第1の判定と、前記第2の信号の振幅が予め定められた第2の閾値以上であるか否かを判定する第2の判定とを並列に行い、

前記第1の判定の結果及び前記第2の判定の結果に基づいて前記機器における前記回転軸の回転動作を制御する、

ことを特徴とする請求項1に記載の潤滑状態判定装置。

[請求項6]

前記制御部は、前記第1の信号の振幅が前記第1の閾値より小さく且つ前記第2の信号の振幅が前記第2の閾値以上である場合に、前記機器における前記回転軸の回転速度を低下させる又は回転を停止させる、

ことを特徴とする請求項5に記載の潤滑状態判定装置。

[請求項7]

前記制御部は、前記第1の信号の振幅のピーク値の追跡結果に基づいて前記潤滑油の油膜の厚さを検出する、

ことを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の潤滑状態判定装置。

[請求項8]

前記センサは、前記軸受に備えられている、

ことを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の潤滑状態判定装置。

[請求項9]

前記センサは、前記回転軸に備えられている、

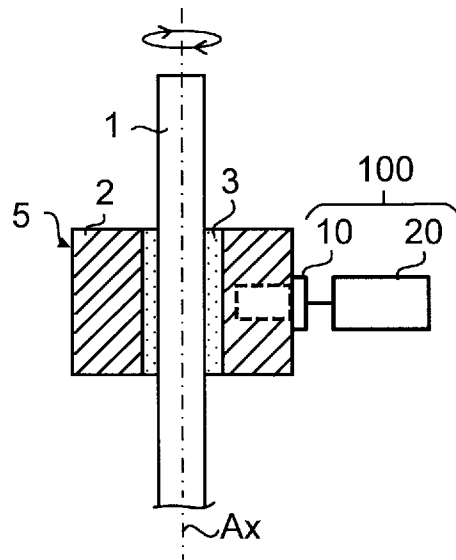
ことを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の潤滑状態判定装置。

[請求項10]

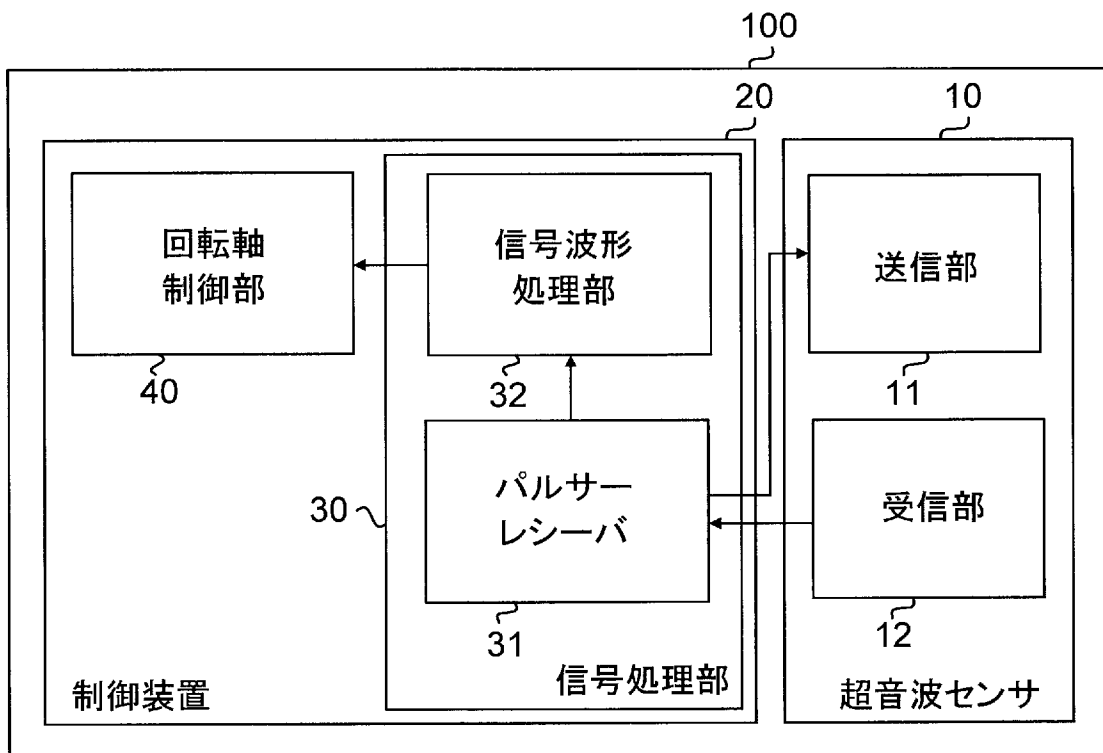
前記センサは、前記回転軸の内部に備えられている、

ことを特徴とする請求項9に記載の潤滑状態判定装置。

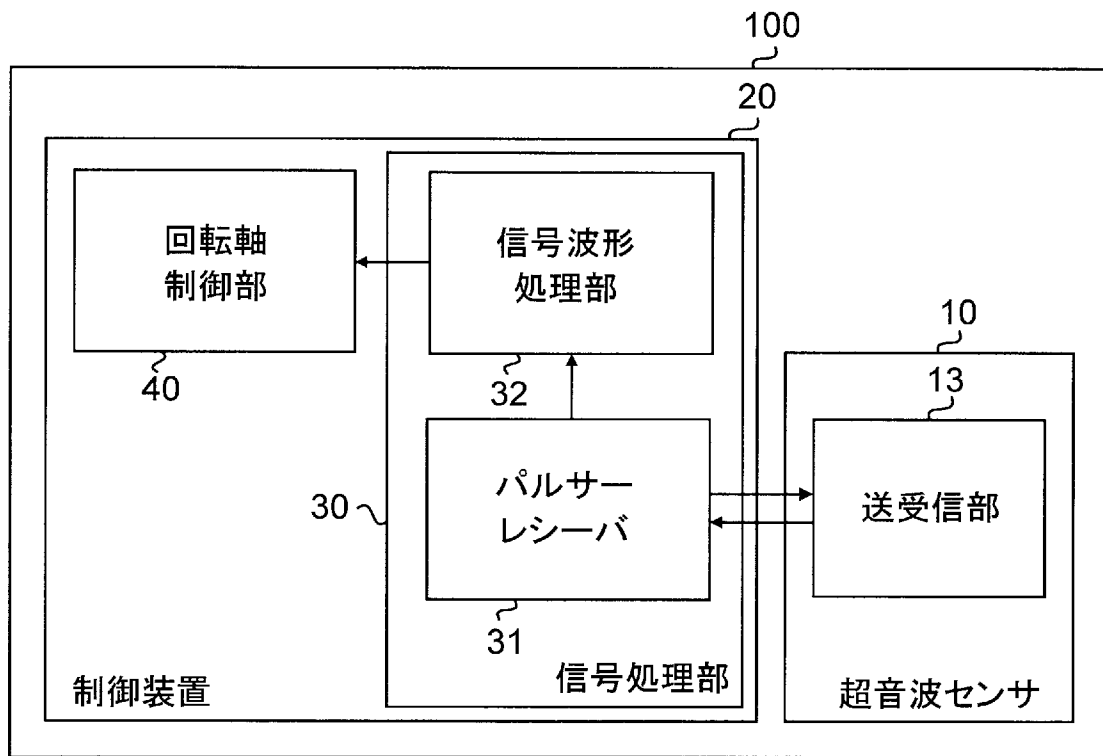
[図1]



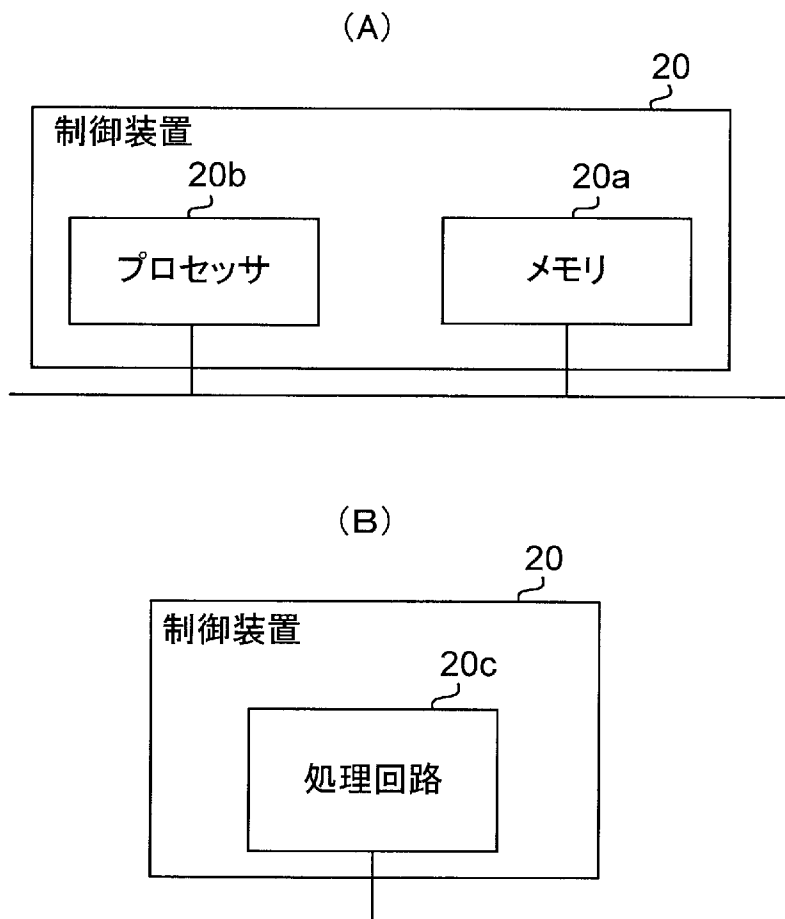
[図2]



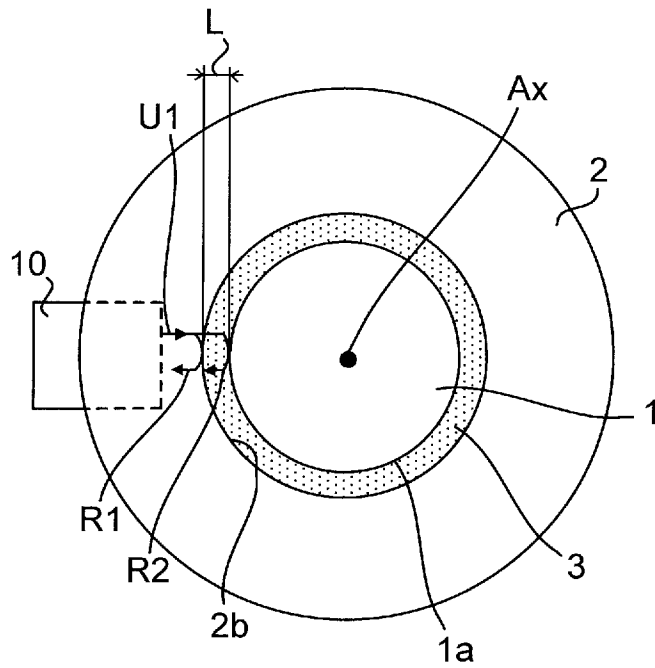
[図3]



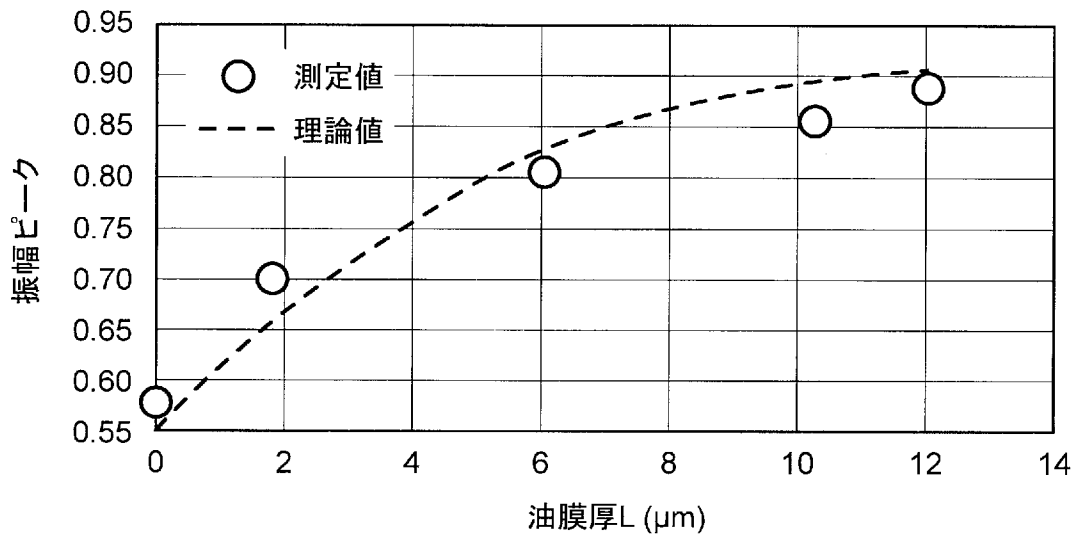
[図4]



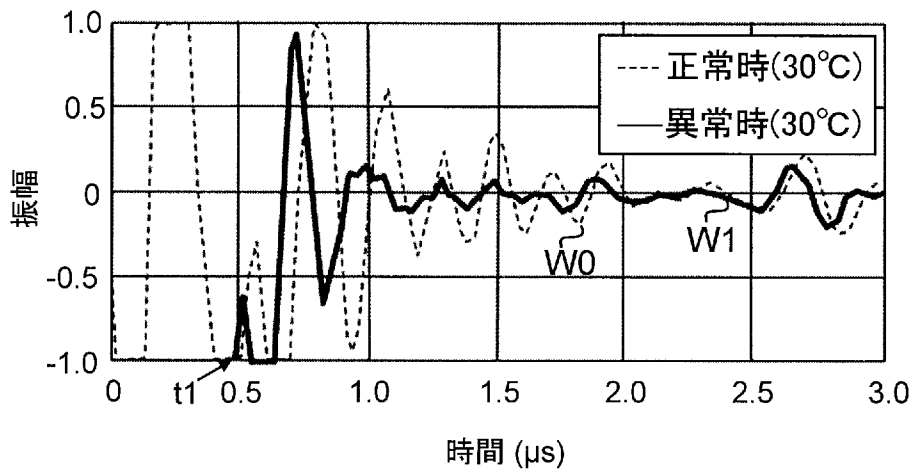
[図5]



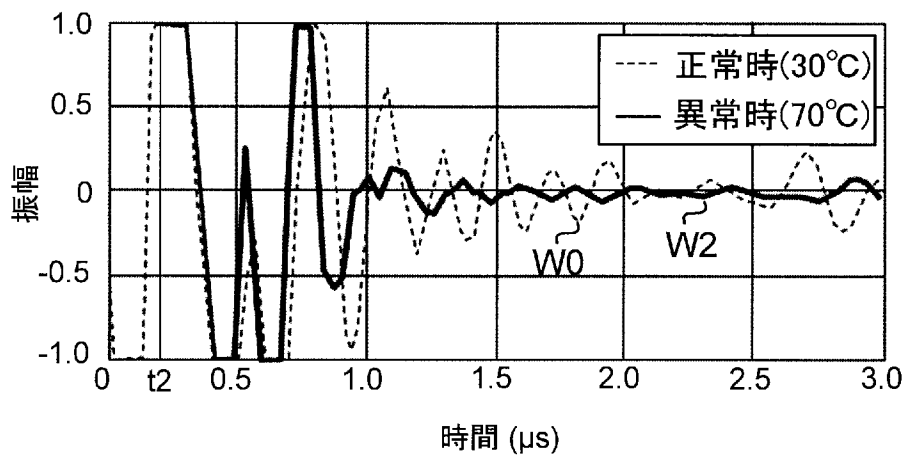
[図6]



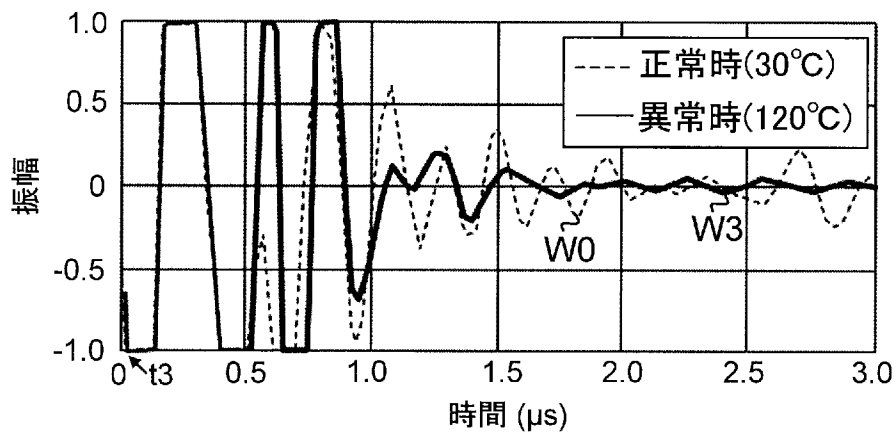
[図7]



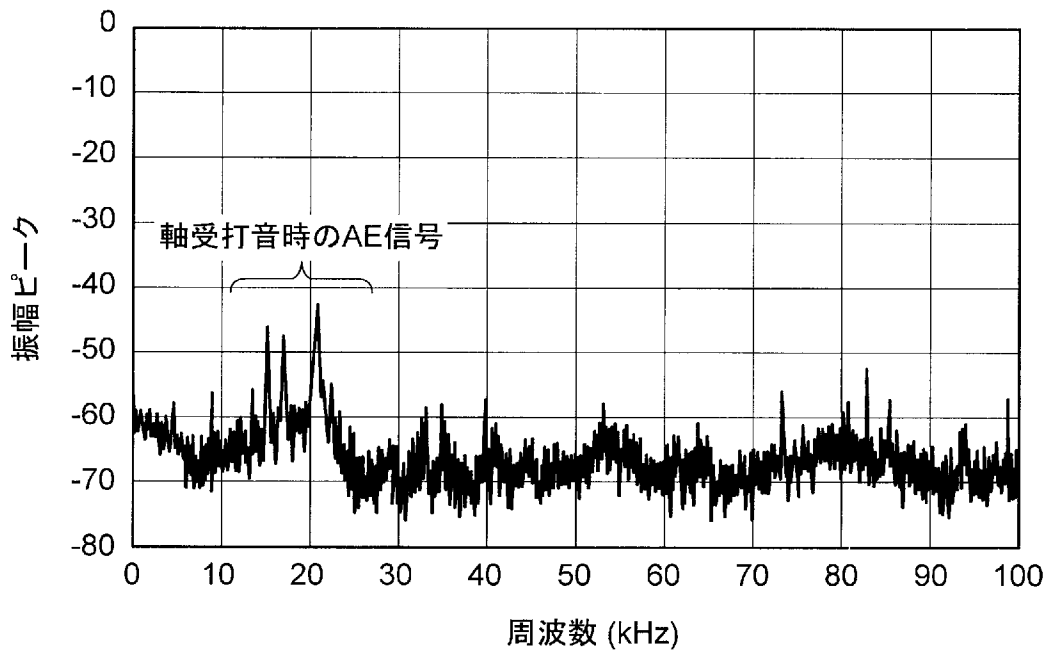
[図8]



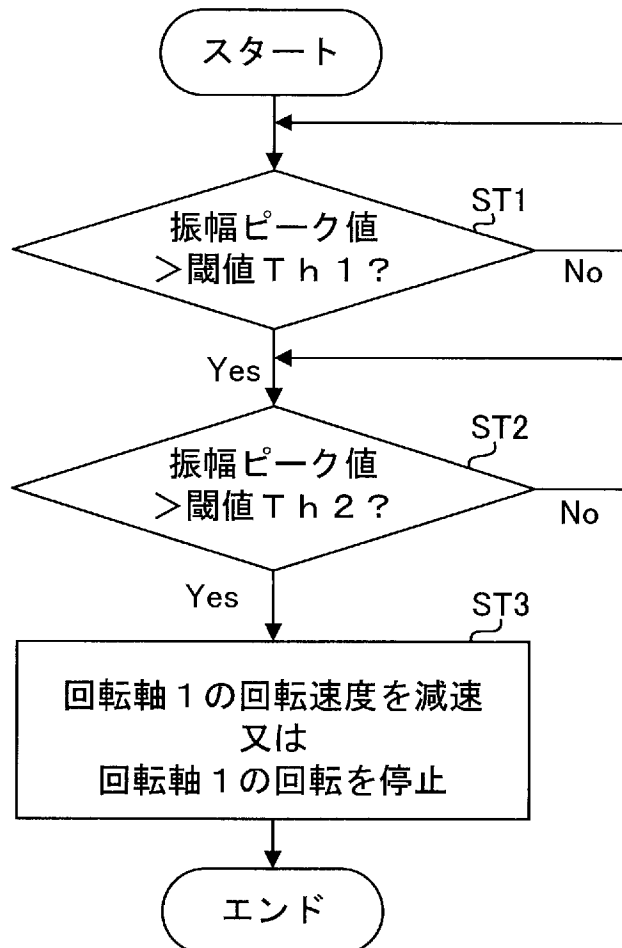
[図9]



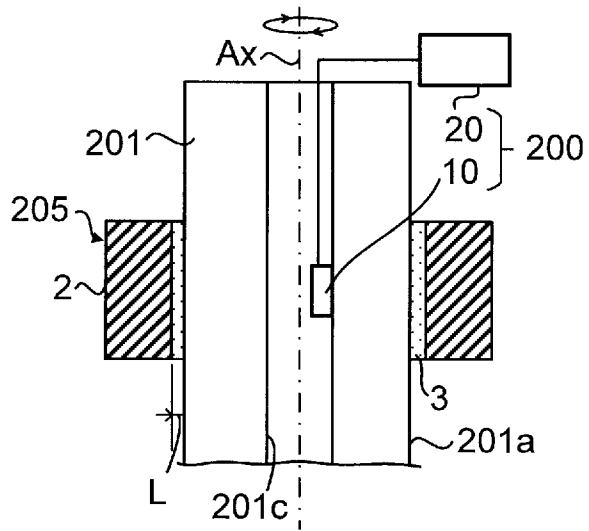
[図10]



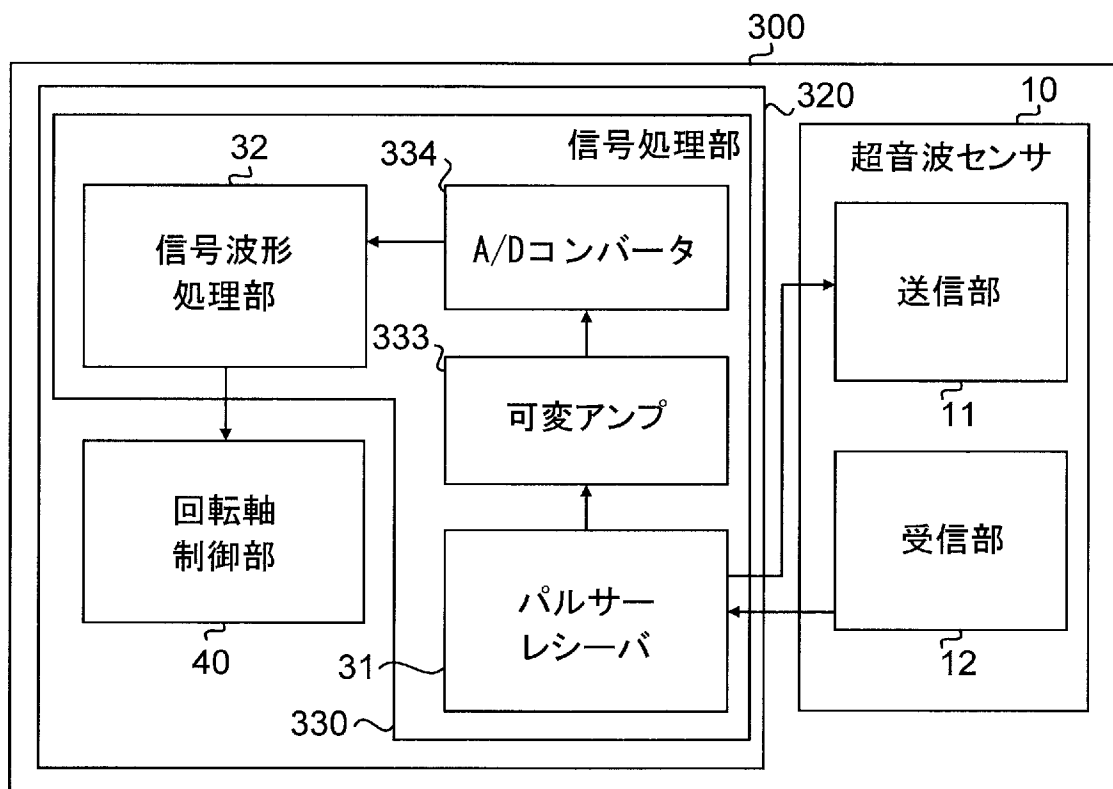
[図11]



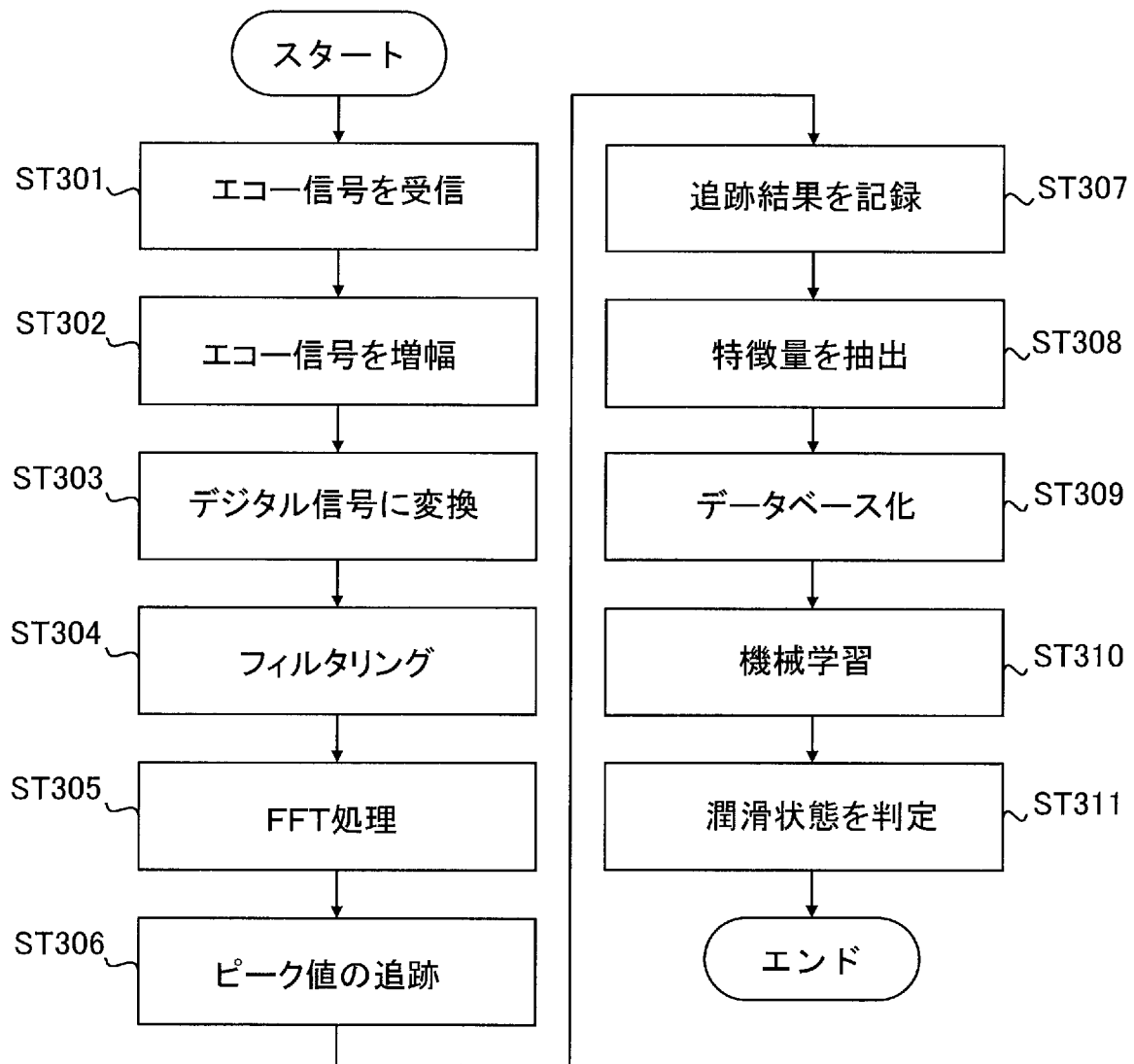
[図12]



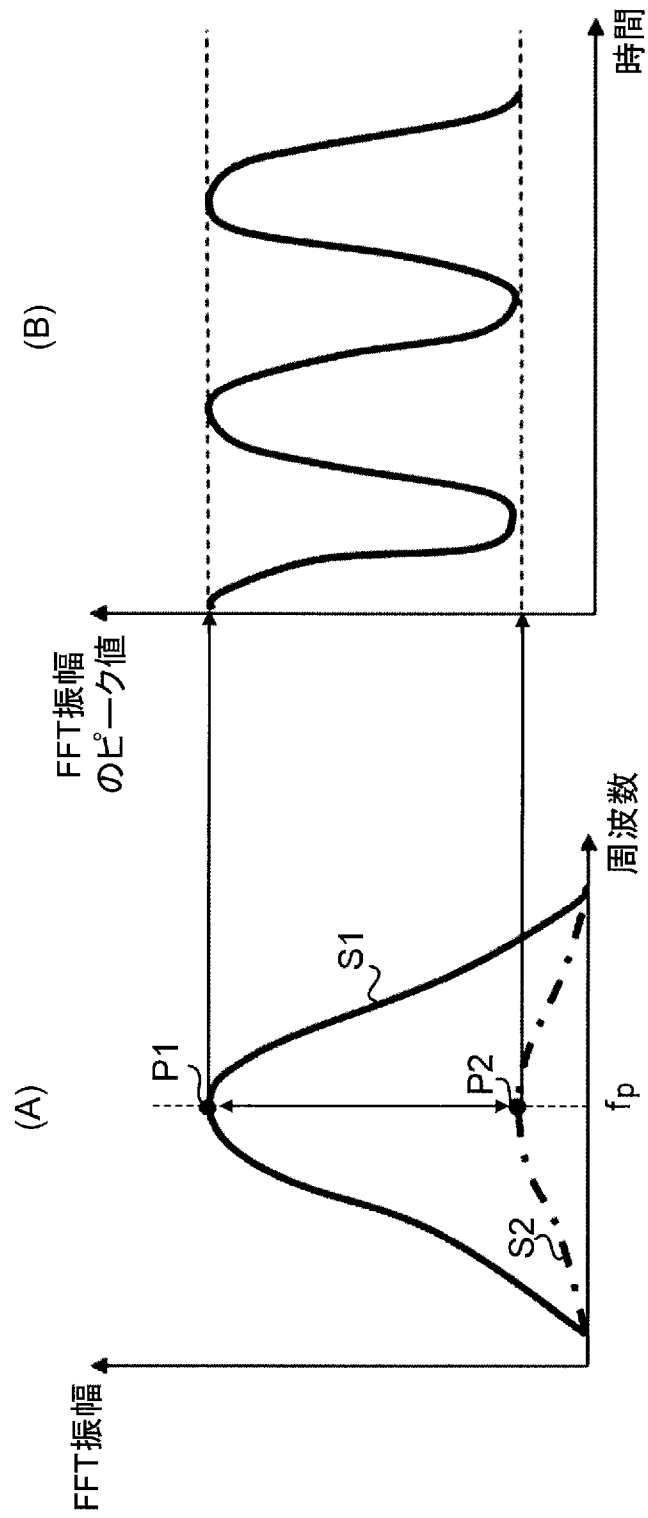
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/007576

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01N 29/02</i> (2006.01)i; <i>G01N 29/14</i> (2006.01)i FI: G01N29/14; G01N29/02		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01H1/00-G01H17/00, G01N29/00-G01N29/52		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-194420 A (KOCHI PREFECTURAL PUBLIC UNIVERSITY CORP.) 06 December 2018 (2018-12-06)	1-10
A	JP 2010-181237 A (KOCHI UNIV. OF TECHNOLOGY) 19 August 2010 (2010-08-19)	1-10
A	JP 4-203521 A (KOYO SEIKO CO., LTD.) 24 July 1992 (1992-07-24)	1-10
A	WO 2011/108391 A1 (ASAHI KASEI ENGINEERING CORP.) 09 September 2011 (2011-09-09)	1-10
A	JP 2019-127909 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 01 August 2019 (2019-08-01)	1-10
A	JP 2004-347401 A (NSK LTD.) 09 December 2004 (2004-12-09)	1-10
A	JP 2014-126459 A (NATIONAL FISHERIES UNIV.) 07 July 2014 (2014-07-07)	1-10
A	JP 2012-78288 A (ASAHI KASEI ENGINEERING CORP.) 19 April 2012 (2012-04-19)	1-10
A	US 4528852 A (SPM INSTRUMENTS U.S. INC.) 16 July 1985 (1985-07-16)	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 21 April 2022		Date of mailing of the international search report 10 May 2022
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/007576

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2018-194420 A	06 December 2018	(Family: none)	
JP 2010-181237 A	19 August 2010	(Family: none)	
JP 4-203521 A	24 July 1992	(Family: none)	
WO 2011/108391 A1	09 September 2011	US 2013/0006551 A1 EP 2543977 A1 CN 102834701 A KR 10-2012-0129938 A	
JP 2019-127909 A	01 August 2019	US 2019/0226366 A1 CN 110080900 A	
JP 2004-347401 A	09 December 2004	(Family: none)	
JP 2014-126459 A	07 July 2014	(Family: none)	
JP 2012-78288 A	19 April 2012	(Family: none)	
US 4528852 A	16 July 1985	EP 107178 A2	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01N 29/02(2006.01)i; G01N 29/14(2006.01)i FI: G01N29/14; G01N29/02		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01H1/00-G01H17/00, G01N29/00-G01N29/52 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2018-194420 A（高知県公立大学法人）06.12.2018（2018-12-06）	1-10
A	JP 2010-181237 A（公立大学法人高知工科大学）19.08.2010（2010-08-19）	1-10
A	JP 4-203521 A（光洋精工株式会社）24.07.1992（1992-07-24）	1-10
A	WO 2011/108391 A1（旭化成エンジニアリング株式会社）09.09.2011（2011-09-09）	1-10
A	JP 2019-127909 A（トヨタ自動車株式会社）01.08.2019（2019-08-01）	1-10
A	JP 2004-347401 A（日本精工株式会社）09.12.2004（2004-12-09）	1-10
A	JP 2014-126459 A（独立行政法人水産大学校）07.07.2014（2014-07-07）	1-10
A	JP 2012-78288 A（旭化成エンジニアリング株式会社）19.04.2012（2012-04-19）	1-10
A	US 4528852 A（SPM INSTRUMENTS U.S. INC.）16.07.1985（1985-07-16）	1-10
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 21.04.2022	国際調査報告の発送日 10.05.2022	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 小澤 瞬 2W 6003 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/007576

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-194420 A	06.12.2018	(ファミリーなし)	
JP 2010-181237 A	19.08.2010	(ファミリーなし)	
JP 4-203521 A	24.07.1992	(ファミリーなし)	
WO 2011/108391 A1	09.09.2011	US 2013/0006551 A1 EP 2543977 A1 CN 102834701 A KR 10-2012-0129938 A	
JP 2019-127909 A	01.08.2019	US 2019/0226366 A1 CN 110080900 A	
JP 2004-347401 A	09.12.2004	(ファミリーなし)	
JP 2014-126459 A	07.07.2014	(ファミリーなし)	
JP 2012-78288 A	19.04.2012	(ファミリーなし)	
US 4528852 A	16.07.1985	EP 107178 A2	