

(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
2024年5月16日(16.05.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/100970 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/60 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/031523

(22) 国際出願日: 2023年8月30日(30.08.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2022-178998 2022年11月8日(08.11.2022) JP

(71) 出願人: 株式会社新川(SHINKAWA LTD.) [JP/
JP]; 〒2088585 東京都武蔵村山市伊奈平 2
丁目 5 1 番地の 1 Tokyo (JP).

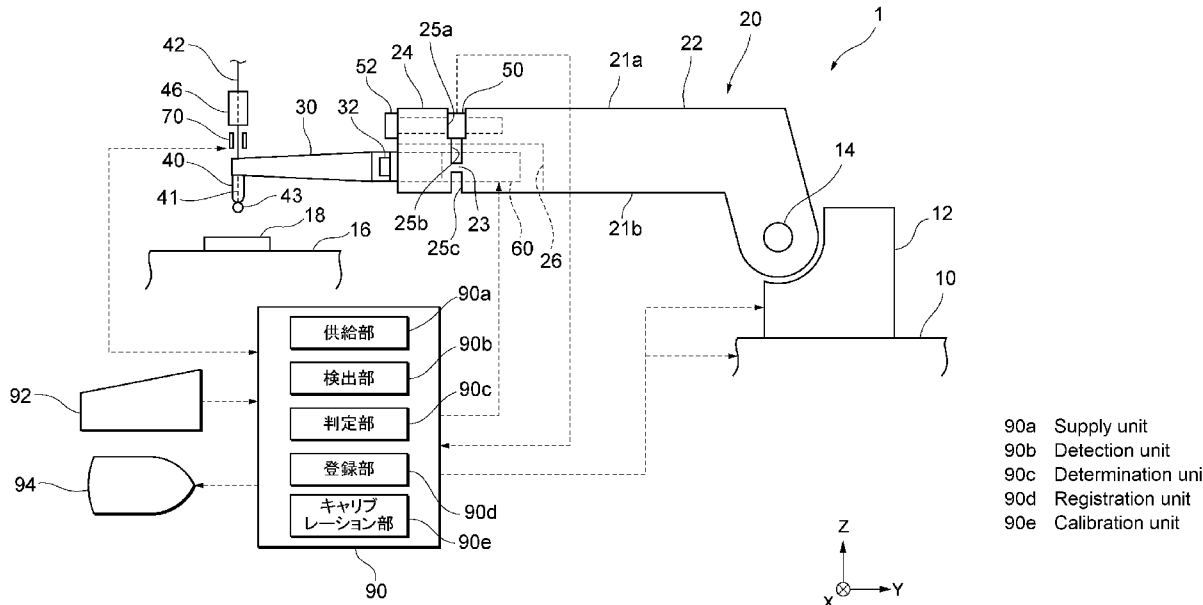
(72) 発明者: 内田 洋平(UCHIDA, Yohei); 〒2088585
東京都武蔵村山市伊奈平 2 丁目 5 1 番地
の 1 株式会社新川内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 稲葉 良幸, 外(INABA, Yoshiyuki et al.);
〒1066123 東京都港区六本木 6 - 1 0 -
1 六本木ヒルズ森タワー 2 3 階 T M I
総合法律事務所 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: CLAMP DEVICE, AND CONTROL METHOD AND CONTROL PROGRAM FOR SAME

(54) 発明の名称: クランプ装置並びにその制御方法及び制御プログラム



(57) Abstract: A wire clamp device (70) comprises: a pair of arm parts (72a, 72b); a drive unit (76) having a piezo-element (80); a supply unit (90a) that is configured to be able to supply a drive voltage to the piezo-element (80) and that increases or lowers a voltage of a DC component in a state in which the frequency of an AC component has been set to the resonance frequency (fr) of the pair of arm parts (72a, 72b); a detection unit (90b) that detects an output signal outputted from the driven piezo-element (80); and a determination unit (90c) that determines the open/close state of the pair of arm parts (72a, 72b) on the basis of the occurrence status of a harmonic component at the resonance frequency in the output signal.



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, CV, 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, ME, 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))

(57) 要約: ワイヤクランプ装置 (70) は、一対のアーム部 (72a, 72b) と、 piezo素子 (80) を有する駆動部 (76) と、駆動電圧を piezo素子 (80) に供給可能に構成された供給部であって、交流成分の周波数を一対のアーム部 (72a, 72b) の共振周波数 (fr) に設定した状態で直流成分の電圧を上昇又は降下させる供給部 (90a) と、駆動された piezo素子 (80) から出力される出力信号を検出する検出部 (90b) と、出力信号における共振周波数の高調波成分の発生状況に基づいて、一対のアーム部 (72a, 72b) の開閉状態を判定する判定部 (90c) とを備える。

明 細 書

発明の名称：

クランプ装置並びにその制御方法及び制御プログラム

技術分野

[0001] 本願発明は、クランプ装置並びにその制御方法及び制御プログラムに関する。

背景技術

[0002] クランプ装置は、例えば、被処理物をクランプする一対のアーム部と、一対のアーム部を開閉させる piezo 素子を有する駆動部と、電圧を piezo 素子に供給する供給部とを備えている。例えば、一対のアーム部のクランプ動作のテスト又はキャリブレーションなどを実施する場合、クランプ装置には、一対のアーム部の開閉状態を判定する機能が求められる場合がある。

[0003] 例えば、特許文献 1 には、一対のアーム部を開閉方向に振動させる所定の周波数を印加して piezo 素子を駆動させる工程と、一対のアーム部が開閉方向に振動しているときの piezo 素子から出力される出力電流に基づいて、一対のアーム部の先端部が衝突したか否かを検出する工程と、検出結果に基づいて、一対のアーム部における閉状態の基準電圧を算出する工程と、基準電圧に基づいて、piezo 素子に印加する駆動電圧をキャリブレーションする工程とを含む、キャリブレーション方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：国際公開第 2018/038135 号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献 1 に記載のキャリブレーション方法においては、一対のアーム部の開閉状態の判定が、振動し易さ、振動の伝わり易さ、及び出力電流の検出し易さなどの機差に影響される場合がある。

[0006] 本願発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、一対のアーム部の開閉状態の判定精度の向上を図ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本願発明の一態様に係るクランプ装置は、被処理物をクランプする一対のアーム部と、一対のアーム部を開閉させる piezo 素子を有する駆動部と、周波数可変の交流成分及び電圧可変の直流成分が重畳された駆動電圧を生成し、駆動電圧を piezo 素子に供給可能に構成された供給部であって、交流成分の周波数を一対のアーム部の共振周波数に設定した状態で直流成分の電圧を上昇又は降下させる供給部と、駆動された piezo 素子から出力される出力信号を検出する検出部と、出力信号における共振周波数の高調波成分の発生状況に基づいて、一対のアーム部の開閉状態を判定する判定部とを備える。

[0008] 上記態様によれば、出力信号における高調波成分の発生状況に基づいて一対のアーム部の開閉状態を判定するため、開閉状態の判定において、振動し易さ、振動の伝わり易さ、及び出力信号の検出し易さなどの機差の影響を低減することができる。

[0009] 上記の一態様として、クランプ装置は、一対のアーム部における開状態と閉状態とが切り替わる際の直流成分の電圧を基準電圧として登録する登録部と、基準電圧に基づいて、piezo 素子に印加する使用電圧をキャリブレーションするキャリブレーション部とをさらに備えてもよい。

[0010] 上記態様によれば、精度の高い開閉状態の判定結果に基づいて、精度の高いキャリブレーションをすることができるため、クランプ装置の開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。

[0011] 上記の一態様として、検出部は、出力信号として、piezo 素子から出力される出力電流を検出してもよい。

[0012] 上記態様によれば、一対のアーム部からの出力電流は出力電圧の時間微分を用いて表すことができるため、出力電圧としては検出し難い大きさの変化であっても、出力電流としては検出可能な大きさの変化となる場合がある。したがって、検出部の検出精度を向上させ、キャリブレーションの精度を向

上させることができる。

[0013] 上記の一態様として、判定部は、出力電流をフーリエ変換することによって、出力信号における共振周波数の高調波成分の強度を算出してもよい。

[0014] 上記態様によれば、出力信号に含まれる成分を周波数に基づいて分離し、各成分の強度を比較することができる。

[0015] 上記の一態様として、判定部は、出力信号における共振周波数の基本波成分に対する高調波成分の強度比を算出してもよい。

[0016] 上記態様によれば、ノイズの影響を受け易い高調波成分よりも比較し易い強度比に基づいて開閉状態を判定することができ、判定精度を向上させることができる。

[0017] 上記の一態様として、判定部は、直流成分の電圧変化に対する強度比の変化率を算出してもよい。

[0018] 上記態様によれば、ノイズの影響を受け易い強度比よりも比較し易い強度比の変化率に基づいて開閉状態を判定することができ、判定精度を向上させることができる。

[0019] 上記の一態様として、登録部は、直流成分の電圧を第1の電圧から第2の電圧へと変化させたときの強度比の変化率が閾値を上回ったときに、第1の電圧を基準電圧として登録してもよい。

[0020] 上記態様によれば、一对のアーム部が開状態と閉状態とが切り替わったとき、強度比の変化率が大きく変化するため、強度比の変化率が閾値を超えたときの第1の電圧を基準電圧とすることができる。

[0021] 上記の一態様として、登録部は、閉状態において一对のアーム部が互いに接触する場合において、一对のアーム部が閉状態から開状態へと切り替わる際の直流成分の電圧を、一对のアーム部の開き始めの基準電圧として登録し、一对のアーム部が開状態から閉状態へと切り替わる際の直流成分の電圧を、一对のアーム部の閉じ終わりの基準電圧として登録してもよい。

[0022] 上記態様によれば、開き始めの基準電圧及び閉じ終わりの基準電圧の両方を登録することで、一对のアーム部の開くときの使用電圧及び閉じるときの

使用電圧の両方をキャリブレーションし、さらなる開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。

[0023] 上記の一態様として、登録部は、閉状態において一对のアーム部が被処理物よりも寸法精度が高い校正治具をクランプする場合において、一对のアーム部が閉状態から開状態へと切り替わる際の直流成分の電圧を、一对のアーム部の開き始めの基準電圧として登録し、一对のアーム部が開状態から閉状態へと切り替わる際の直流成分の電圧を、一对のアーム部の閉じ終わりの基準電圧として登録してもよい。

[0024] 上記態様によれば、校正治具をクランプする場合における開き始めの基準電圧及び閉じ終わりの基準電圧の両方を登録することで、一对のアーム部を開くときの使用電圧及び閉じるときの使用電圧の両方をキャリブレーションし、さらなる開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。基準電圧を求めるときに被処理物よりも寸法精度が高い校正治具をクランプすることで、被処理物をクランプする場合に比べてキャリブレーションの精度を向上させることができる。

[0025] 上記の一態様として、登録部は、閉状態において一对のアーム部が被処理物をクランプする場合において、一对のアーム部が閉状態から開状態へと切り替わる際の直流成分の電圧を、一对のアーム部の開き始めの基準電圧として登録し、一对のアーム部が開状態から閉状態へと切り替わる際の直流成分の電圧を、一对のアーム部の閉じ終わりの基準電圧として登録してもよい。

[0026] 上記態様によれば、被処理物をクランプする場合における開き始めの基準電圧及び閉じ終わりの基準電圧の両方を登録することで、一对のアーム部を開くときの使用電圧及び閉じるときの使用電圧の両方をキャリブレーションし、さらなる開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。基準電圧を求めるときに被処理物をクランプすることで、校正治具をクランプする場合に比べて、クランプ装置の構成及びキャリブレーション作業を簡略化することができる。

[0027] 上記の一態様として、登録部は、閉状態において一对のアーム部が互いに

接触する場合において、一对のアーム部における開状態と閉状態とが切り替わる際の直流成分の電圧を第1基準電圧として登録し、閉状態において一对のアーム部が被処理物よりも寸法精度が高い校正治具又は被処理物をクランプする場合において、一对のアーム部における開状態と閉状態とが切り替わる際の直流成分の電圧を第2基準電圧として登録し、第1基準電圧と第2基準電圧との電圧差分、及び、一对のアーム部の開閉方向における校正治具又は被処理物の寸法に基づき、ピエゾ素子に印加する電圧に対する一对のアーム部の開閉量の変化率を算出して登録し、キャリブレーション部は、開閉量の変化率に基づいて、ピエゾ素子に印加する使用電圧をキャリブレーションしてもよい。

[0028] 上記態様によれば、使用電圧に対する一对のアーム部の開閉量についてもキャリブレーションすることによって、さらなる開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。

[0029] 上記の一態様として、共振周波数の高調波成分は、複数の高調波の成分を含んでもよい。

[0030] 上記態様によれば、高調波成分に基づく一对のアーム部の開閉状態の判定精度が向上するため、キャリブレーションの精度が向上し、さらなる開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。

[0031] 上記の一態様として、供給部は、直流成分の電圧を一对のアーム部が開状態となる電圧に設定した状態で交流成分の周波数を上昇又は降下させ、判定部は、出力信号における一对のアーム部の衝突に起因した成分の発生状況に基づいて、一对のアーム部の共振状態を判定し、登録部は、一对のアーム部の共振状態が最も強くなった際の交流成分の周波数を、一对のアーム部の共振周波数として登録してもよい。

[0032] 上記態様によれば、機差や経時変化によって共振周波数が変動している場合であっても、一对のアーム部の共振周波数をキャリブレーションの実行前に求めることができるため、キャリブレーションの精度が向上し、さらなる開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。

[0033] 本発明の他の一態様に係る制御方法は、被処理物をクランプする一対のアーム部と、一対のアーム部を開閉させる piezo 素子を有する駆動部と、周波数可変の交流成分及び電圧可変の直流成分が重畳された駆動電圧を生成し、駆動電圧を piezo 素子に供給可能に構成された供給部とを備えるクランプ装置の制御方法であって、交流成分の周波数を一対のアーム部の共振周波数に設定した状態で直流成分の電圧を上昇又は降下させることと、駆動された piezo 素子から出力される出力信号を検出することと、出力信号における共振周波数の高調波成分の発生状況に基づいて、一対のアーム部の開閉状態を判定することを含む。

[0034] 上記構成によれば、出力信号における高調波成分の発生状況に基づいて一対のアーム部の開閉状態を判定するため、開閉状態の判定において、振動し易さ、振動の伝わり易さ、及び出力信号の検出し易さなどの機差の影響を低減することができる。

[0035] 本発明の他の一態様に係る制御プログラムは、被処理物をクランプする一対のアーム部と、一対のアーム部を開閉させる piezo 素子を有する駆動部と、周波数可変の交流成分及び電圧可変の直流成分が重畳された駆動電圧を生成し、駆動電圧を piezo 素子に供給可能に構成された供給部とを備えるクランプ装置を動作させる制御プログラムであって、コンピュータに、交流成分の周波数を一対のアーム部の共振周波数に設定した状態で直流成分の電圧を上昇又は降下させることと、駆動された piezo 素子から出力される出力信号を検出させることと、出力信号における共振周波数の高調波成分の発生状況に基づいて、一対のアーム部の開閉状態を判定させることとを実行させる。

[0036] 上記構成によれば、出力信号における高調波成分の発生状況に基づいて一対のアーム部の開閉状態を判定するため、開閉状態の判定において、振動し易さ、振動の伝わり易さ、及び出力信号の検出し易さなどの機差の影響を低減することができる。

発明の効果

[0037] 本発明によれば、一対のアーム部の開閉状態の判定精度の向上を図ること

ができる。

図面の簡単な説明

[0038] [図1]本発明の実施形態に係るワイヤボンディング装置の全体概要を示す図である。

[図2]図1のワイヤボンディング装置のうちボンディングアームの頂面図である。

[図3]図1のワイヤボンディング装置のうちボンディングアームの底面図である。

[図4]図1のワイヤクランプ装置の斜視図である。

[図5]共振周波数を登録する方法を示すフローチャートである。

[図6]アーム部の先端部が衝突したときの出力電流をフーリエ変換したグラフである。

[図7]本発明の実施形態に係るワイヤクランプ装置のキャリブレーション方法の一部を示すフローチャートである。

[図8]本発明の実施形態に係るワイヤクランプ装置のキャリブレーション方法の一部を示すフローチャートである。

[図9]アーム部が開き始めにおいて開状態となる直前の出力電流をフーリエ変換したグラフである。

[図10]アーム部が開き始めにおいて開状態となった直後の出力電流をフーリエ変換したグラフである。

[図11]本発明の実施形態に係るワイヤクランプ装置のキャリブレーション方法の一部を示すフローチャートである。

[図12]本発明の実施形態に係るワイヤクランプ装置のキャリブレーション方法の一部を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0039] 以下に本発明の実施の形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の構成要素は同一又は類似の符号で表している。図面は例示であり、各部の寸法や形状は模式的なものであり、本願発明の技術的範囲を当該実

施の形態に限定して解すべきではない。

[0040] <ワイヤボンディング装置>

まず、図1乃至図4を参照しつつ、本願発明の一実施形態に係るワイヤボンディング装置1の構成について説明する。図1は、本実施形態に係るワイヤボンディング装置の全体概略を示した図である。図2は、図1のワイヤボンディング装置のうちボンディングアームの頂面図である。図3は、図1のワイヤボンディング装置のうちボンディングアームの底面図である。図4は図1のワイヤクランプ装置の斜視図である。

[0041] 図1に示すように、ワイヤボンディング装置1は、XY駆動機構10、Z駆動機構12、ボンディングアーム20、超音波ホーン30、ボンディングツール40、荷重センサ50、超音波振動子60、ワイヤクランプ装置70及びワイヤボンディング制御部90を備える。

[0042] XY駆動機構10はXY軸方向（ボンディング面に平行な方向）に摺動可能に構成されており、XY駆動機構（リニアモータ）10には、ボンディングアーム20をZ軸方向（ボンディング面に垂直な方向）に揺動可能なZ駆動機構（リニアモータ）12が設けられている。

[0043] ボンディングアーム20は、支軸14に支持され、XY駆動機構10に対して揺動自在に構成されている。ボンディングアーム20は、XY駆動機構10から、ボンディング対象であるワーク（例えば半導体ダイ又は基板）18が置かれたボンディングステージ16に延出するように略直方体に形成されている。支軸14は、例えば、ワーク18の作業面（ボンディング面）と略同じ高さにある。ボンディングアーム20は、XY駆動機構10に取り付けられるアーム基端部22と、アーム基端部22の先端側に位置して超音波ホーン30が取り付けられるアーム先端部24と、アーム基端部22とアーム先端部24とを連結して可撓性を有する連結部23とを備える。この連結部23は、ボンディングアーム20の頂面21aから底面21bの方向へ延出した所定幅のスリット25a、25b、及び、ボンディングアーム20の底面21bから頂面21aの方向へ延出した所定幅のスリット25cによっ

て構成されている。このように、連結部 23 が各スリット 25 a、25 b、25 c によって局部的に薄肉部として構成されているため、アーム先端部 24 はアーム基端部 22 に対して撓むように構成されている。

[0044] 図 1 及び図 3 に示すように、ボンディングアーム 20 の底面 21 b 側には、超音波ホーン 30 が收容される凹部 26 が形成されている。超音波ホーン 30 は、ボンディングアーム 20 の凹部 26 に收容された状態で、アーム先端部 24 にホーン固定ネジ 32 によって取り付けられている。この超音波ホーン 30 は、凹部 26 から突出した先端部においてボンディングツール 40 を保持しており、凹部 26 には超音波振動を発生する超音波振動子 60 が設けられている。超音波振動子 60 によって超音波振動が発生し、これが超音波ホーン 30 によってボンディングツール 40 に伝達され、ボンディングツール 40 を介してボンディング対象に超音波振動を付与することができる。超音波振動子 60 は、例えば、 piezo 振動子である。

[0045] また、図 1 及び図 2 に示すように、ボンディングアーム 20 の頂面 21 a 側には、頂面 21 a から底面 21 b に向かって順番にスリット 25 a 及び 25 b が形成されている。上部のスリット 25 a は、下部のスリット 25 b よりも幅広に形成されている。そして、この幅広に形成された上部のスリット 25 a に、荷重センサ 50 が設けられている。荷重センサ 50 は、予圧用ネジ 52 によってアーム先端部 24 に固定されている。荷重センサ 50 は、アーム基端部 22 とアーム先端部 24 との間に挟みこまれるように配置されている。すなわち、荷重センサ 50 は、超音波ホーン 30 の長手方向の中心軸からボンディング対象に対する接離方向にオフセットして、ボンディングアーム 20 の回転中心とアーム先端部 24 における超音波ホーン 30 の取付面（すなわち、アーム先端部 24 におけるボンディングツール 40 側の先端面）との間に取り付けられている。そして、上記のように、ボンディングツール 40 を保持する超音波ホーン 30 がアーム先端部 24 に取り付けられているため、ボンディング対象からの反力によりボンディングツール 40 の先端に荷重が加わると、アーム基端部 22 に対してアーム先端部 24 が撓み、荷

重センサ５０において荷重を検出することが可能となっている。荷重センサ５０は、例えば、ピエゾ素子荷重センサである。

[0046] ボンディングツール４０は、ワイヤ４２を挿通するためのものであり、例えば挿通穴４１が設けられたキャピラリである。この場合、ボンディングツール４０の挿通穴４１にボンディングに使用するワイヤ４２が挿通され、その先端からワイヤ４２の一部を繰り出し可能に構成されている。また、ボンディングツール４０の先端には、ワイヤ４２を押圧するための押圧部が設けられている。押圧部は、ボンディングツール４０の挿通穴４１の軸方向の周りに回転対称の形状を有しており、挿通穴４１の周囲の下面に押圧面を有している。

[0047] ボンディングツール４０は、バネ力等によって交換可能に超音波ホーン３０に取り付けられている。また、ボンディングツール４０の上方には、ワイヤクランプ装置７０が設けられ、ワイヤクランプ装置７０は所定のタイミングでワイヤ４２を拘束又は解放するよう構成されている。ワイヤクランプ装置７０のさらに上方には、ワイヤテンショナ４６が設けられ、ワイヤテンショナ４６はワイヤ４２を挿通し、ボンディング中のワイヤ４２に適度なテンションを付与するよう構成されている。

[0048] ワイヤ４２の材料は、加工の容易さと電気抵抗の低さなどから適宜選択され、例えば、金（Ａｕ）、銅（Ｃｕ）又は銀（Ａｇ）等が用いられる。なお、ワイヤ４２は、ボンディングツール４０の先端から延出したフリーエアボール４３がワーク１８の第１ボンド点にボンディングされる。

[0049] ここで、図４を参照して、本実施形態に係るワイヤクランプ装置７０の詳細について説明する。ワイヤクランプ装置７０は、被処理物をクランプするクランプ装置の一例に相当する。ワイヤクランプ装置７０において、被処理物はワイヤである。ワイヤクランプ装置７０は、一対のアーム部７２ａ，７２ｂと、ワイヤボンディング装置１の本体に取り付けられる駆動部７６とを備える。一対のアーム部７２ａ，７２ｂは、ワイヤ４２をクランプするための先端部７３ａ，７３ｂと、基端部７４ａ，７４ｂとを有し、先端部７３ａ

、 73 b から基端部 74 a、74 b に向かってワイヤ軸方向と略直交する方向に延在している。先端部 73 a、73 b における互いに対向する面には、ワイヤ 42 が接触されるクランプ片 71 a、71 b が設けられている。また、駆動部 76 には、一对のアーム部 72 a、72 b の先端部 73 a、73 b を開閉させる piezo 素子 80 が設けられている。piezo 素子 80 は、ワイヤボンディング制御部 90（具体的には供給部 90 a）から駆動電圧が供給されることによって一对のアーム部 72 a、72 b の開閉動作が制御される。駆動部 76 における一对のアーム部 72 a、72 b とは反対側の端部は、ワイヤボンディング装置 1 の本体に固定されている。なお、図 1 において、ワイヤクランプ装置 70 は、一对のアーム部 72 a、72 b の延在方向を先端部 73 a、73 b 側から見た状態が示されている。

[0050] 一对のアーム部 72 a、72 b は、その基端部 74 a、74 b において、複数の連結部 77 a、77 b、78 a、78 b を介して駆動部 76 に連結されている。具体的には、一对のアーム部 72 a、72 b をワイヤ軸方向の上方から見たとき、一对の連結部 78 a、78 b は、一对のアーム部 72 a、72 b の両外側に設けられ、また、一对の連結部 77 a、77 b は、一对の連結部 78 a、78 b に挟まれた位置に設けられている。これらの連結部は、弾性変形可能なくびれ部として構成されている。また、一对の連結部 77 a、77 b は作用部 79 によって互いに連結されている。このような構成において、piezo 素子 80 が駆動部 76 と作用部 79 との間にその両端部が固定された状態で設けられている。駆動電圧を印加することにより piezo 素子 80 が一对のアーム部 72 a、72 b の延在方向に伸縮することによって、各連結部 77 a、77 b、78 a、78 b が、一对のアーム部 72 a、72 b の先端部 73 a、73 b を開閉させるように弾性変形する。なお、各連結部 77 a、77 b、78 a、78 b は先端部 73 a、73 b が閉じる方向にばね性を有している。

[0051] piezo 素子 80 は、例えば、駆動部 76 と作用部 79 との間を結ぶ方向に複数層の piezo 素子が積層された積層型圧電アクチュエータである。

[0052] 一対のアーム部 72 a, 72 b (クランプ片 71 a, 71 b、先端部 73 a, 73 b 及び基端部 74 a, 74 b) は、例えば導電性材料によって構成されている。

[0053] 次にワイヤクランプ装置 70 の動作について説明する。ピエゾ素子 80 に電圧を印加しない状態では、一対のアーム部 72 a, 72 b の先端部 73 a, 73 b は閉じる方向に所定の荷重が加わっている。そして、ピエゾ素子 80 に駆動電圧を印加すると、電歪又は磁歪効果によりピエゾ素子 80 は一対のアーム部 72 a, 72 b の延在方向 (言い換えれば、駆動部 76 と作用部 79 との間を結ぶ方向) に伸び、これにより作用部 79 が一対のアーム部 72 a, 72 b の方向へ移動させられ、こうして連結部 77 a, 77 b, 78 a, 78 b が外側方向にたわみ、先端部 73 a, 73 b は開いた状態となる。このときの先端部 73 a, 73 b の移動量は、作用部 79 から連結部までの長さで連結部から先端部 73 a, 73 b までの長さの比に応じて、ピエゾ素子 80 の伸び量が拡大されたものに相当する。ここで、一対のアーム部 72 a, 72 b の開閉量を、開閉方向におけるクランプ片 71 a, 71 b の互いの距離としたとき、先端部 73 a, 73 b の移動量は、一対のアーム部 72 a, 72 b の開閉量の変化量に相当する。

[0054] さらに詳述すると、ピエゾ素子 80 に印加される駆動電圧をゼロの状態から増加させると、先端部 73 a, 73 b によるワイヤクランプ荷重は、ピエゾ素子 80 に印加される電圧値に比例して小さくなり、電圧値が基準電圧値となったとき先端部 73 a, 73 b のクランプ片 71 a, 71 b が、ワイヤクランプ荷重がゼロの状態に互いに接触した状態となる。さらに電圧値を増加させると、先端部 73 a, 73 b は互いに離れる方向に開いた状態となる。先端部 73 a, 73 b が互いに接触した状態を一対のアーム部 72 a, 72 b の「閉状態」とし、先端部 73 a, 73 b が互いに離れた状態を一対のアーム部 72 a, 72 b の「開状態」とする。

[0055] 図 1 に戻り、本実施形態に係るワイヤボンディング装置 1 についてさらに説明する。ワイヤボンディング制御部 90 は、XY 駆動機構 10、Z 駆動機

構 1 2、超音波ホーン 3 0（超音波振動子 6 0）、荷重センサ 5 0 及びワイヤクランプ装置 7 0 などの各構成との間で信号の送受信が可能なように接続されており、ワイヤボンディング制御部 9 0 によってこれらの構成の動作を制御することにより、ワイヤボンディングのための必要な処理を行うことができるようになっている。

[0056] また、ワイヤボンディング制御部 9 0 には、制御情報を入力するための操作部 9 2 と、制御情報を出力するための表示部 9 4 が接続されている。これにより作業者が表示部 9 4 によって画面を認識しながら操作部 9 2 によって必要な制御情報を入力することができるようになっている。なお、ワイヤボンディング制御部 9 0 は、CPU（Central Processing Unit）及びメモリなどを備えるコンピュータ装置であり、メモリには予めワイヤボンディングに必要な処理を行うためのボンディングプログラムや、ワイヤボンディング制御部 9 0 における後述する各構成要素が処理した各種データなどが格納される。ワイヤボンディング制御部 9 0 は、後述するワイヤクランプ装置のキャリブレーションを行うにあたって必要な動作を制御するように構成されている。例えば、ワイヤボンディング制御部 9 0 は、メモリに格納されたプログラムを CPU に実行させることによって、キャリブレーションのための各動作を実行する。

[0057] 本実施形態に係るワイヤボンディング制御部 9 0 は、供給部 9 0 a と、検出部 9 0 b と、判定部 9 0 c と、登録部 9 0 d と、キャリブレーション部 9 0 e とを備える。

[0058] 供給部 9 0 a は、直流又は脈流の電圧を生成し、ピエゾ素子 8 0 に供給する。具体的には、供給部 9 0 a は、ワイヤボンディング処理において、ピエゾ素子 8 0 に使用電圧として直流電圧を供給し、ワイヤクランプ装置 7 0 のキャリブレーション処理において、ピエゾ素子 8 0 に駆動電圧として直流成分及び交流成分が重畳された脈流を供給する。ピエゾ素子 8 0 に脈流を供給することによって、直流成分によって一対のアーム部 7 2 a, 7 2 b の先端部 7 3 a, 7 3 b をワイヤクランプ荷重とは反対方向（開かせる方向）に荷

重を加えるとともに、脈流の交流成分によって一對のアーム部 72 a, 72 b の先端部 73 a, 73 b を開閉方向に振動させる。ここで、脈流の直流成分の電圧は、一對のアーム部 72 a, 72 b の開状態と閉状態とを切替可能な範囲で可変である。また、脈流の交流成分の周波数は、一對のアーム部 72 a, 72 b の固有角振動数に基づいて決定される共振周波数 f_r を含む範囲で可変である。例えば、供給部 90 a は、キャリブレーション処理の一場面において、直流成分の電圧を段階的又は連続的に上昇又は降下させる。また、供給部 90 a は、キャリブレーション処理の一場面において、交流成分の周波数を段階的又は連続的に上昇又は降下させる。

[0059] 検出部 90 b は、供給部 90 a によって piezo 素子 80 が駆動されることによって一對のアーム部 72 a, 72 b が開閉方向に振動しているとき、piezo 素子 80 からの出力電流を検出する。出力電流は、駆動された piezo 素子 80 から出力される出力信号の一例である。一對のアーム部 72 a, 72 b が開閉方向に振動すると piezo 素子 80 に電位差が生じる。この電位差は、一對のアーム部 72 a, 72 b が互いに衝突するか否かによって変化する。また、この電位差は、一對のアーム部 72 a, 72 b が共振状態か否かによっても変化する。検出部 90 b は、このような piezo 素子 80 の電位差の変化に基づく出力電流の変化を検出する。検出部 90 b は、検出した出力電流に関するデータをワイヤボンディング制御部 90 のメモリに格納する。

[0060] 判定部 90 c は、メモリに格納された出力電流に関するデータを取得し、出力電流における共振周波数 f_r の高調波成分の発生状況に基づいて、一對のアーム部 72 a, 72 b の開閉状態を判定する。一對のアーム部 72 a, 72 b が開状態のときに共振周波数 f_r の交流電圧が piezo 素子 80 に印加されると、出力電流として、共振周波数 f_r の基本波成分の他に高調波成分が検出される。出力電流に含まれる共振周波数 f_r の高調波成分は、一對のアーム部 72 a, 72 b が閉状態となると、非常に小さく又は略ゼロとなる。これを利用して、判定部 90 c は、一對のアーム部 72 a, 72 b の開閉状態を判定する。

- [0061] 具体的には、供給部 90 a において駆動電圧の交流成分の周波数を共振周波数 f_r に設定した状態で直流成分の電圧を変化させることで、判定部 90 c において出力電流における高調波成分の有無及び強度に基づいて、一對のアーム部 72 a, 72 b の開閉状態を判定させる。
- [0062] このとき、判定部 90 c は、出力電流をフーリエ変換し、共振周波数 f_r の基本波成分の強度、及び、共振周波数 f_r の高調波成分の強度を算出する。ここで、共振周波数 f_r の高調波成分は、共振周波数 f_r の二次高調波 f_2 を含む複数の高次高調波を含んでもよく、例えば二次高調波 f_2 、三次高調波 f_3 及び四次高調波 f_4 の成分を含んでいる。さらに、判定部 90 c は、共振周波数 f_r の基本波成分に対する高調波成分の強度比を算出し、駆動電圧における直流成分の電圧変化に対する強度比の変化率を算出する。そして、判定部 90 c は、強度比の変化率が閾値を上回ったときに、一對のアーム部 72 a, 72 b の開状態と閉状態とが切り替わったと判定する。
- [0063] 高調波成分の強度は基本波成分の強度に比べて小さいため、判定部 90 c は、電圧変化に対する強度比の変化率に基づいて判定することで判定精度を高めている。但し、判定部 90 c は、一對のアーム部 72 a, 72 b の開閉状態の判定が可能であれば、基本波成分に対する高調波成分の強度比に基づいて判定してもよく、高調波成分の強度に基づいて判定してもよい。
- [0064] 一對のアーム部 72 a, 72 b の開閉状態を判定するステップにおいて用いられる共振周波数 f_r を特定するために、判定部は、一對のアーム部 72 a, 72 b の共振状態を判定してもよい。例えば、判定部 90 c は、検出部 90 b において検出された出力電流における、一對のアーム部 72 a, 72 b の衝突に起因した成分の発生状況に基づいて、一對のアーム部 72 a, 72 b の共振状態を判定する。開状態の一對のアーム部 72 a, 72 b が振動して互いに衝突する場合、出力電流には、一對のアーム部 72 a, 72 b の駆動電圧の交流成分に起因した成分の他に、一對のアーム部 72 a, 72 b の互いの衝突に起因した成分（以下、「衝突成分」とする。）が含まれる。これを利用して、判定部 90 c は、一對のアーム部 72 a, 72 b の共振状

態を判定する。

[0065] 具体的には、供給部 90 a において、一对のアーム部 72 a, 72 b が共振状態で振動するときには互いに衝突し、且つ、非共振状態で振動するときには衝突しないように、駆動電圧の直流成分及び交流成分の電圧を設定した状態で、駆動電圧の交流成分の周波数を変化させる。そして、判定部 90 c において、出力電流における衝突成分の有無及び強度に基づいて、一对のアーム部 72 a, 72 b の開閉状態を判定させる。

[0066] このとき、判定部 90 c は、出力電流をフーリエ変換し、衝突成分の強度を算出する。ここで、衝突成分の周波数 f_x は、共振周波数 f_r の基本波よりも高く、例えば共振周波数 f_r の 5 倍程度の高さである。衝突成分の強度は、共振周波数 f_r の基本波成分の強度よりも小さく、共振周波数 f_r の高調波成分の強度よりも大きい。例えば、判定部 90 c は、衝突成分の強度が閾値を上回ったときに、一对のアーム部 72 a, 72 b が共振状態で振動していると判定する。

[0067] 登録部 90 d は、判定部 90 c における一对のアーム部 72 a, 72 b の開閉状態についての判定結果に基づき、一对のアーム部 72 a, 72 b における開状態と閉状態とが切り替わる際の、駆動電圧の直流成分の電圧を基準電圧として登録する。ここで、閉状態において一对のアーム部 72 a, 72 b が互いに接触する場合の基準電圧とは、ワイヤクランプ荷重が実質的にゼロの状態では互いに接触した状態（荷重ゼロポイント）に相当する直流電圧である。また、閉状態において一对のアーム部 72 a, 72 b がワイヤ又はワイヤよりも寸法精度が高い校正治具をクランプする場合の基準電圧とは、ワイヤクランプ荷重が実質的にゼロの状態では一对のアーム部 72 a, 72 b がワイヤ又は校正治具をクランプした状態（荷重ゼロポイント）に相当する直流電圧である。このような基準電圧は、例えば、一对のアーム部 72 a, 72 b が開状態から閉状態へ切り替わるときの基準電圧であってもよいし、一对のアーム部 72 a, 72 b が閉状態から開状態へと切り替わるときの基準電圧であってもよい。なお、以下において、開状態から閉状態へ切り替わる

ときを「閉じ終わり」とし、閉状態から開状態へと切り替わるときを「開き始め」とする。

[0068] 登録部90dは、閉状態において一对のアーム部72a, 72bが互いに接触する場合の閉じ終わりの基準電圧及び開き始めの基準電圧、並びに、一对のアーム部72a, 72bがワイヤ又は校正治具をクランプする場合の閉じ終わりの基準電圧及び開き始めの基準電圧の少なくとも1つを登録する。一对のアーム部72a, 72bに印加される電圧と開閉量との関係はヒステリシスを示す。すなわち、閉じ終わりの基準電圧及び開き始めの基準電圧は互いに異なる値となるので、登録部90dは、閉じ終わりの基準電圧及び開き始めの基準電圧の両方を登録するのが望ましい。登録部90dは、上記基準電圧に加えて、piezo素子80に印加する電圧に対する一对のアーム部72a, 72bの開閉量の変化率を算出して登録する。登録部90dが登録するデータは、ワイヤボンディング制御部90のメモリに格納される。なお、登録部90dにおける基準電圧及び開閉量の変化率の算出例は後述する。

[0069] キャリブレーション部90eは、登録部90dによって登録された基準電圧及び開閉量の変化率に関するデータをメモリから読み出し、ワイヤボンディング処理においてpiezo素子80に印加する使用電圧（直流電圧）をキャリブレーションする。この場合、キャリブレーション部90eは、既に設定されている使用電圧の数値を補正してもよいし、あるいは、piezo素子80に印加すべき使用電圧を新規に設定してもよい。こうして、キャリブレーション部90eによってキャリブレーションされた使用電圧は、ワイヤボンディング制御部90のメモリに格納される。そして、供給部90aは、ワイヤボンディング処理において、当該メモリに格納されたキャリブレーションされた使用電圧を読み出し、当該使用電圧に基づいてpiezo素子80を駆動させることができる。

[0070] <キャリブレーション方法>

次に、図5～図12を参照しつつ、本実施形態に係るワイヤクランプ装置70を用いたキャリブレーション方法について説明する。図5は、共振周波

数を登録する方法を示すフローチャートである。図6は、アーム部の先端部が衝突したときの出力電流をフーリエ変換したグラフである。図7, 8は、本発明の実施形態に係るワイヤクランプ装置のキャリブレーション方法の一部を示すフローチャートである。図7, 8は、一对のアーム部72a, 72bの開き始めにおける、基準電圧及び開閉量の変化率を登録する方法を示すフローチャートである。図9は、アーム部が開き始めにおいて開状態となる直前の出力電流をフーリエ変換したグラフである。図10は、アーム部が開き始めにおいて開状態となった直後の出力電流をフーリエ変換したグラフである。図11, 12は、本発明の実施形態に係るワイヤクランプ装置のキャリブレーション方法の一部を示すフローチャートである。図11, 12は、一对のアーム部72a, 72bの閉じ終わりにおける、基準電圧及び開閉量の変化率を登録する方法を示すフローチャートである。なお、図6、図9及び図10に示すグラフは、出力電流を電流検出回路によって100kSPSでサンプリングして得たデータを、FFT (Fast Fourier Transform) 処理したものであり、横軸は周波数、縦軸は強度を示している。

[0071] 本実施形態に係るキャリブレーション方法は上記ワイヤボンディング装置1を用いて行うことができる。また、本実施形態に係るワイヤクランプ装置70のキャリブレーション方法は、ワイヤボンディング終了時（すなわち次のワイヤボンディング開始前）や、ワイヤボンディングのためのティーチング時等に行うことができる。

[0072] 本発明の一態様に係るキャリブレーション方法には、一对のアーム部72a, 72bの共振周波数 f_r が用いられる。したがって、共振周波数 f_r が機差や経時変化によって変動する場合、共振周波数 f_r をキャリブレーションの直前に登録することが望ましい。このため、まずは、図5を参照しつつ、一对のアーム部72a, 72bの共振周波数 f_r を登録する方法について説明する。ここでは、図6に示すように、周波数 f_x における衝突成分の発生状況に基づいて、一对のアーム部72a, 72bが共振周波数 f_r で振動

しているか否かを判定する。なお、共振周波数 f_r が判明している場合には、共振周波数 f_r を登録する工程を省略してもよい。

[0073] まず、駆動電圧において、直流成分の電圧を一对のアーム部 72 a, 72 b が開状態となる電圧に設定し、交流成分の周波数を任意に設定する (S 11)。このとき、駆動電圧の交流成分の電圧は、一对のアーム部 72 a, 72 b が共振状態で振動するときには互いに衝突し、且つ、非共振状態で振動するときには衝突しない大きさに設定される。例えば、直流成分の電圧を 138 V に設定し、交流成分の電圧を 10 V に設定する。

[0074] 次に、駆動電圧における交流成分の周波数を変化させる (S 12)。供給部 90 a は、想定される共振周波数 f_r を含む周波数範囲で交流成分の周波数を変化させる。例えば、供給部 90 a は、交流成分の周波数を 1.7 kHz から 2.7 kHz まで 0.05 kHz 刻みで上昇させる。そして、各周波数における出力電流を検出する (S 13)。

[0075] 次に、出力電流に基づき、各周波数における共振状態を判定する (S 14)。共振状態は、図 6 に示す衝突成分の周波数 f_x の強度に基づいて判定する。衝突成分の周波数 f_x が閾値を上回った場合に、一对のアーム部 72 a, 72 b が共振状態であると判定する。そして、共振状態が最も強くなった際の駆動電圧における交流成分の周波数を共振周波数 f_r として登録する (S 15)。言い換えると、衝突成分の周波数 f_x が最も強くなった際の交流成分の周波数が、共振周波数 f_r として登録される。なお、ステップ S 14 において共振状態であると判定した交流成分の周波数が 1 つだけであった場合は、ステップ S 15 においてその交流成分の周波数を共振周波数 f_r として登録する。共振周波数 f_r は、登録部 90 d によって、ワイヤボンディング制御部 90 のメモリに格納される。共振周波数 f_r は、例えば 2.45 kHz である。

[0076] 次に、図 7 を参照しつつ、一对のアーム部 72 a, 72 b が何もクランプしない場合における、開き始めの基準電圧を登録する方法について説明する。ここでは、図 9 及び図 10 に示すように、共振周波数 f_r の交流成分を含

む駆動電圧を印加した場合における、共振周波数 f_r の二次高調波の周波数 f_2 ($f_2 \div f_r \times 2$) 付近、三次高調波の周波数 f_3 ($f_3 \div f_r \times 3$) 付近、及び四次高調波の周波数 f_4 ($f_4 \div f_r \times 4$) 付近における高調波成分の発生状況に基づいて、一對のアーム部 72a, 72b が開状態なのか閉状態なのかを判定する。

[0077] まず、駆動電圧における交流成分の周波数を共振周波数 f_r に設定し、直流成分の電圧を一對のアーム部 72a, 72b が閉状態となる電圧に設定する (S21)。ここで用いられる共振周波数 f_r は、ステップ S15 において登録されたものである。供給部 90a は、メモリから共振周波数 f_r を読み取り、交流成分の周波数を設定する。供給部 90a は、直流成分の電圧を想定される基準電圧よりも小さく設定する。例えば、直流成分の電圧を 40V に設定し、交流成分の電圧を 8V に設定する。

[0078] 次に、出力電流を検出し、共振周波数 f_r の基本波成分に対する高調波成分の強度比を算出する (S22)。検出部 90b において電流検出回路によって検出した出力電流をフーリエ変換し、共振周波数 f_r の 1 倍 (基本波)、2 倍 (二次高調波 f_2)、3 倍 (三次高調波 f_3)、4 倍 (四次高調波 f_4) 付近のピーク強度を算出する。高調波成分の強度は、二次高調波、三次高調波、四次高調波の強度の和とする。高調波成分の強度を基本波成分の強度で除算し、強度比を算出する。

[0079] なお、高調波成分の強度に含まれる高調波の次数は上記に限定されるものではない。二次～四次の高調波のうちいずれかの強度が含まれなくてもよく、五次以上の高調波の強度が含まれてもよい。また、高調波成分の強度は、一種類の次数の高調波の強度であってもよい。

[0080] 次に、駆動電圧における直流成分の電圧を一段階上昇させる (S23)。直流成分の電圧の上昇量が小さ過ぎると、高調波成分の強度の変化が小さ過ぎて基準電圧の判定精度が低下し、直流成分の電圧の上昇量が大きすぎると、基準電圧の誤差が大きくなる。このため、ステップ S23 において供給部 90a が上昇させる直流成分の電圧の変化量は、1V 程度であることが望ま

しい。但し、直流成分の電圧の上昇量は上記に限定されるものではなく、0.5 V程度であってもよく、1.5 V程度であってもよい。

[0081] 次に、出力電流を検出し、共振周波数 f_r の基本波成分に対する高調波成分の強度比を算出する（S 2 4）。ステップ S 2 2 と同様に、高調波成分の強度を基本波成分の強度で除算し、強度比を算出する。

[0082] 次に、強度比の変化率が閾値を上回っているか否かを判定する（S 2 5）。ステップ S 2 4 で算出した強度比を、ステップ S 2 2 で算出した強度比で除算し、強度比の変化率を算出する。この強度比の変化率が閾値を上回る場合、一对のアーム部 7 2 a, 7 2 b が閉状態から開状態へと切り替わったと判定する。この閾値は、例えば事前に設定された値であり、例えば 10 % 以上 60 % 以下の任意の値に設定される。

[0083] なお、強度比の変化率の閾値は、キャリブレーション中に決定される値であってもよい。例えば、閾値は、一对のアーム部 7 2 a, 7 2 b が確実に閉状態となっている状態において、直流成分の電圧を任意の段階数上昇させたときの、強度比の変化率の平均値、最大値又は中央値を基に決定されてもよい。例えば、閾値は、上記強度比の変化率の平均値、最大値又は中央値の 2 倍又は 3 倍などの倍数に設定されてもよい。

[0084] 強度比の変化率が閾値を上回っていない場合（S 2 5 NO）、ステップ S 2 3 に戻り、駆動電圧における直流成分の電圧をさらに一段階上昇させ、ステップ S 2 4 において、共振周波数 f_r の基本波成分に対する高調波成分の強度比を算出する。そして、ステップ S 2 5 において、直流成分の電圧の変化前後における強度比の変化率を算出し、閾値を上回っているか否かを判定する。こうして、直流成分の電圧を 1 V 刻みで上昇させたときの強度比の変化率の算出を繰り返し、強度比の変化率が閾値を上回ったと判定した場合（S 2 5 YES）、この判定結果に基づいて、上昇させる前の直流成分の電圧を、開き始めの基準電圧として登録する（S 2 6）。

[0085] 図 9 に示す例において、直流成分の電圧は 66 V であり、二次高調波 f_2 、三次高調波 f_3 及び四次高調波 f_4 を含む高調波成分の基本波成分に対す

る強度比は、3.777%程度である。また、直流成分の電圧を65Vから66Vへと上昇させたときの強度比の変化率は、-3.038%程度である。図10に示す例において、直流成分の電圧は67Vであり、高調波成分の基本波成分に対する強度比は6.138%程度である。直流成分の電圧を66Vから67Vへと上昇させたときの強度比の変化率は、62.496%程度である。このように、一对のアーム部72a, 72bが閉状態から開状態へ切り替わると、強度比の変化率は、1つ前の変化率に比べて非常に大きくなる。ちなみに、直流成分の電圧が40Vのときの強度比は2.935%程度、41Vのときの強度比は3.199%程度、直流成分の電圧を40Vから41Vへと上昇させたときの強度比の変化率は8.988%程度である。一对のアーム部72a, 72bが閉状態となる範囲では、強度比は小さくためノイズ等の影響を受け易く、強度比の変化率は正負いずれの値もとりに得るが、一对のアーム部72a, 72bが閉状態から開状態へと切り替わった際の強度比の変化率は、大きな正の値となる。

[0086] 次に、図8を参照しつつ、一对のアーム部72a, 72bが校正治具をクランプする場合における、開き始めの基準電圧及び開閉量の変化率を登録する方法について説明する。なお、ステップS21～S26で既に説明した作業と同様の作業については、適宜説明を省略する。

[0087] まず、校正治具を一对のアーム部72a, 72bの間にセットし（S31）、校正治具をクランプする場合における、開き始めの基準電圧を登録する（S32）。ステップS32では、ステップS21～S26を実行する。

[0088] 次に、校正治具の有無に起因した、開き始めの基準電圧の電圧差分を算出する（S33）。一对のアーム部72a, 72bが何もクランプしない場合と、校正治具をクランプする場合とでは、開き始めの基準電圧が異なる。これは、校正治具をクランプする場合、一对のアーム部72a, 72bの開閉方向における校正治具の寸法の分だけ、閉状態の一对のアーム部72a, 72bが互いに離間するためである。校正治具をクランプする場合の開き始めの基準電圧は、何もクランプしない場合の開き始めの基準電圧よりも大きい

。したがって、ステップS 3 2で登録された校正治具をクランプする場合の開き始めの基準電圧から、ステップS 2 6で登録された何もクランプしない場合の開き始めの基準電圧を減算することで、開き始めの基準電圧の電圧差分を算出する。

[0089] 次に、一对のアーム部7 2 a, 7 2 bの開き始めにおける、印加電圧に対する一对のアーム部7 2 a, 7 2 bの開閉量の変化率を算出する(S 3 4)。ステップS 3 3で算出した電圧差分は、一对のアーム部7 2 a, 7 2 bの開閉量を、開閉方向における校正治具の寸法の変化させるときに、ピエゾ素子8 0に追加される印加電圧に相当する。ここで、一对のアーム部7 2 a, 7 2 bの開閉量は、開閉方向におけるクランプ片7 1 a, 7 1 bの互いの距離である。印加電圧に対する一对のアーム部7 2 a, 7 2 bの開閉量の変化率は、開閉方向における校正治具の寸法を、ステップS 3 3で算出した電圧差分によって除算することで算出される。

[0090] 次に、開き始めにおける、一对のアーム部7 2 a, 7 2 bの開閉量の変化率を登録する(S 3 5)。ステップS 3 4において算出した開閉量の変化率を、ワイヤボンディング制御部9 0のメモリに格納する。

[0091] 次に、図1 1を参照しつつ、一对のアーム部7 2 a, 7 2 bが何もクランプしない場合における、閉じ終わりの基準電圧を登録する方法について説明する。なお、ステップS 2 1～S 2 6で既に説明した内容と同様の内容については、適宜説明を省略する。

[0092] まず、駆動電圧における交流成分の周波数を共振周波数 f_r に設定し、直流成分の電圧を一对のアーム部7 2 a, 7 2 bが開状態となる電圧に設定する(S 4 1)。ステップS 4 1におけるステップS 2 1との相違点は、駆動電圧の直流成分の電圧を、一对のアーム部7 2 a, 7 2 bが開状態ではなく開状態となる電圧に設定することである。例えば、直流成分の電圧を1 0 0 Vに設定し、交流成分の電圧を5 Vに設定する。

[0093] 次に、出力電流を検出し、共振周波数 f_r の基本波成分に対する高調波成分の強度比を算出する(S 4 2)。ステップS 4 2は、ステップS 2 2と同

様である。

- [0094] 次に、駆動電圧における直流成分の電圧を一段階降下させる（S 4 3）。ステップS 4 3におけるステップS 2 3との相違点は、直流成分の電圧を上昇ではなく降下させる点である。ステップS 4 3における直流成分の電圧の変化量はステップS 2 3と同様であり、例えば1 V程度である。
- [0095] 次に、出力電流を検出し、共振周波数 f_r の基本波成分に対する高調波成分の強度比を算出する（S 4 4）。ステップS 4 4は、ステップS 2 4と同様である。
- [0096] 次に、強度比の変化率が閾値を上回っているか否かを判定し（S 4 5）、この判定結果に基づいて、降下させる前の直流成分の電圧を、閉じ終わりの基準電圧として登録する（S 4 6）。ステップS 4 5におけるステップS 2 5との相違点は、設定される閾値が異なる点であり、ステップS 4 5における閾値は例えばゼロに設定される。
- [0097] 具体的には、一对のアーム部 7 2 a, 7 2 b が開状態から閉状態に近づく過程において高調波成分の強度は小さくなるため、電圧降下に伴う強度比の変化率は負の値となる。しかし、閉状態に切り替わった直後は、一对のアーム部 7 2 a, 7 2 b の開閉状態が変化したことによって入力と反応のバランスが変化するため、強度比の変化率は正の値となる。一对のアーム部 7 2 a, 7 2 b が閉状態となった後は、強度比の変化率は正の値と負の値とをランダムに繰り返す。一例として、直流成分の電圧が5.7 Vのときの強度比は6.383%程度、直流成分の電圧を5.8 Vから5.7 Vへと降下させたときの強度比の変化率は-13.314%程度である。直流成分の電圧が5.6 Vのときの強度比は5.303%程度、直流成分の電圧を5.7 Vから5.6 Vへと降下させたときの強度比の変化率は-16.933%程度である。直流成分の電圧が5.2 Vのときの強度比は3.540%程度、直流成分の電圧を5.3 Vから5.2 Vへと降下させたときの強度比の変化率は-22.834%程度である。直流成分の電圧が5.1 Vのときの強度比は3.591%程度、直流成分の電圧を5.2 Vから5.1 Vへと降下させたときの強度比の変化率は1.

420%程度である。上記の場合、直流成分の電圧が52Vのときには一對のアーム部72a, 72bが閉じ終わっており、これ以上強度比は減少しなくなったため、直流成分の電圧を52Vから51Vへと降下させても強度比は減少しなかった。したがって、強度比の変化率が正の値となったときの、降下させる前の電圧である52Vを、閉じ終わりの基準電圧として登録する。

[0098] なお、閉じ終わりににおける強度比の変化率の閾値は、ゼロに限定されるものではない。例えば、上記範囲で強度比の変化率が変化するのであれば、閾値は、-10%以上1%以下の任意の値に設定されてもよい。また、閉じ終わりの一對のアーム部72a, 72bの開閉状態を判定するステップでは、強度比の変化率の絶対値が閾値を下回っているか否かに基づいて、開閉状態を判定してもよい。具体的には、強度比の変化率の絶対値が閾値よりも大きいときは、一對のアーム部72a, 72bが開状態であると判定し、強度比の変化率の絶対値が閾値よりも小さいときは、一對のアーム部72a, 72bが閉状態であると判定してもよい。これは、一對のアーム部72a, 72bが開状態において閉状態に近付くとき、強度比の変化率は大きいですが、一對のアーム部72a, 72bが閉状態となると強度比は略変化しない、すなわち強度比の変化率が小さくなるためである。

[0099] 次に、図12を参照しつつ、一對のアーム部72a, 72bが校正治具をクランプする場合における、閉じ終わりの基準電圧及び開閉量の変化率を登録する方法について説明する。なお、ステップS31～S35で既に説明した作業と同様の作業については、適宜説明を省略する。

[0100] まず、校正治具を一對のアーム部72a, 72bの間にセットし（S51）、校正治具をクランプする場合における、閉じ終わりの基準電圧を登録する（S52）。ステップS52では、ステップS41～S46を実行する。

[0101] 次に、校正治具の有無に起因した、閉じ終わりの基準電圧の電圧差分を算出する（S53）。ステップS52で登録された校正治具をクランプする場合の閉じ終わりの基準電圧から、ステップS46で登録された何もクランプ

しない場合の閉じ終わりの基準電圧を減算することで、閉じ終わりの基準電圧の電圧差分を算出する。

[0102] 次に、一对のアーム部 7 2 a, 7 2 b の閉じ終わりにおける、印加電圧に対する一对のアーム部 7 2 a, 7 2 b の開閉量の変化率を算出する (S 5 4)。ステップ S 5 4 は、ステップ S 3 4 と同様である。

[0103] 次に、閉じ終わりにおける、一对のアーム部 7 2 a, 7 2 b の開閉量の変化率を登録する (S 5 5)。ステップ S 5 5 は、ステップ S 3 5 と同様である。

[0104] 最後に、使用電圧をキャリブレーションする (S 3 6)。登録された、一对のアーム部 7 2 a, 7 2 b の開き始めの基準電圧及び開き始めの開閉量の変化率、並びに、閉じ終わりの基準電圧及び閉じ終わりの開閉量の変化率を基に、使用電圧をキャリブレーションする。使用電圧がキャリブレーションされたワイヤクランプ装置 7 0 を用いて、ワイヤボンディング処理を実行することで、使用電圧に対応するワイヤクランプ装置 7 0 の一对のアーム部 7 2 a, 7 2 b の開閉動作を正確に把握することができる。このため、高精度かつ安定したワイヤボンディング処理を行うことができる。

[0105] 本キャリブレーション方法は、例えば、ワイヤ径が異なるワイヤボンディングを行う場合や、温度環境が異なるワイヤボンディングを行う場合など、ワイヤボンディング処理の態様が異なるたびに行うことが好ましい。これによって、それぞれの状況に対応するワイヤクランプ装置 7 0 の開き易さに応じてキャリブレーションすることができるため、とりわけ効果的である。

[0106] なお、ステップ S 3 1 ~ S 3 5 及びステップ S 5 1 ~ S 5 5 において、校正治具の代わりに、キャリブレーション後にワイヤボンディングを行う予定のワイヤ 4 2 を用いてもよい。

[0107] 以下に、本発明の実施形態の一部又は全部を付記する。なお、本発明は以下の付記に限定されるものではない。

[0108] [付記 1]

ワイヤ 4 2 をクランプする一对のアーム部 7 2 a, 7 2 b と、一对のアー

ム部 72 a, 72 b を開閉させる piezo 素子 80 を有する駆動部 76 と、周波数可変の交流成分及び電圧可変の直流成分が重畳された駆動電圧を生成し、駆動電圧を piezo 素子 80 に供給可能に構成された供給部 90 a であって、交流成分の周波数を一对のアーム部 72 a, 72 b の共振周波数に設定した状態で直流成分の電圧を上昇又は降下させる供給部 90 a と、駆動された piezo 素子 80 から出力される出力信号を検出する検出部 90 b と、出力信号における共振周波数の高調波成分の発生状況に基づいて、一对のアーム部 72 a, 72 b の開閉状態を判定する判定部 90 c とを備える、クランプ装置 70。

[0109] [付記 1] によれば、出力信号における高調波成分の発生状況に基づいて一对のアーム部 72 a, 72 b の開閉状態を判定するため、開閉状態の判定において、振動し易さ、振動の伝わり易さ、及び出力信号の検出し易さなどの機差の影響を低減することができる。

[0110] [付記 2]

一对のアーム部 72 a, 72 b における開状態と閉状態とが切り替わる際の直流成分の電圧を基準電圧として登録する登録部 90 d と、基準電圧に基づいて、piezo 素子 80 に印加する使用電圧をキャリブレーションするキャリブレーション部 90 e とをさらに備える、[付記 1] に記載のクランプ装置。

[0111] [付記 2] の態様によれば、精度の高い開閉状態の判定結果に基づいて、精度の高いキャリブレーションをすることができるため、クランプ装置 70 の開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。

[0112] [付記 3]

検出部 90 b は、出力信号として、piezo 素子 80 から出力される出力電流を検出する、[付記 2] に記載のクランプ装置 70。

[0113] [付記 3] の態様によれば、一对のアーム部 72 a, 72 b からの出力電流は出力電圧の時間微分を用いて表すことができるため、出力電圧としては検出し難い大きさの変化であっても、出力電流としては検出可能な大きさの

変化となる場合がある。したがって、検出部 90b の検出精度を向上させ、キャリブレーションの精度を向上させることができる。

[0114] [付記 4]

判定部 90c は、出力電流をフーリエ変換することによって、出力信号における共振周波数の高調波成分の強度を算出する、[付記 3] に記載のクランプ装置 70。

[0115] [付記 4] の態様によれば、出力信号に含まれる成分を周波数に基づいて分離し、各成分の強度を比較することができる。

[0116] [付記 5]

判定部 90c は、出力信号における共振周波数の基本波成分に対する高調波成分の強度比を算出する、[付記 4] に記載のクランプ装置 70。

[0117] [付記 5] の態様によれば、ノイズの影響を受け易い高調波成分よりも比較し易い強度比に基づいて開閉状態を判定することができ、判定精度を向上させることができる。

[0118] [付記 6]

判定部 90c は、直流成分の電圧変化に対する強度比の変化率を算出する、[付記 5] に記載のクランプ装置 70。

[0119] [付記 6] の態様によれば、ノイズの影響を受け易い強度比よりも比較し易い強度比の変化率に基づいて開閉状態を判定することができ、判定精度を向上させることができる。

[0120] [付記 7]

登録部 90d は、直流成分の電圧を第 1 の電圧から第 2 の電圧へと変化させたときの強度比の変化率が閾値を上回ったときに、第 1 の電圧を基準電圧として登録する、[付記 6] に記載のクランプ装置 70。

[0121] [付記 7] の態様によれば、一对のアーム部 72a, 72b が開状態と閉状態とが切り替わったとき、強度比の変化率が大きく変化するため、強度比の変化率が閾値を超えたときの第 1 の電圧を基準電圧とすることができる。

[0122] [付記 8]

登録部 90 d は、閉状態において一对のアーム部 72 a, 72 b が互いに接触する場合において、一对のアーム部 72 a, 72 b が閉状態から開状態へと切り替わる際の直流成分の電圧を、一对のアーム部 72 a, 72 b の開き始めの基準電圧として登録し、一对のアーム部 72 a, 72 b が開状態から閉状態へと切り替わる際の直流成分の電圧を、一对のアーム部 72 a, 72 b の閉じ終わりの基準電圧として登録する、[付記 2] から [付記 7] のいずれか 1 つに記載のクランプ装置 70。

[0123] [付記 8] の態様によれば、開き始めの基準電圧及び閉じ終わりの基準電圧の両方を登録することで、一对のアーム部 72 a, 72 b の開くときの使用電圧及び閉じるときの使用電圧の両方をキャリブレーションし、さらなる開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。

[0124] [付記 9]

登録部 90 d は、閉状態において一对のアーム部 72 a, 72 b がワイヤ 42 よりも寸法精度が高い校正治具をクランプする場合において、一对のアーム部 72 a, 72 b が閉状態から開状態へと切り替わる際の直流成分の電圧を、一对のアーム部 72 a, 72 b の開き始めの基準電圧として登録し、一对のアーム部 72 a, 72 b が開状態から閉状態へと切り替わる際の直流成分の電圧を、一对のアーム部 72 a, 72 b の閉じ終わりの基準電圧として登録する、[付記 2] から [付記 7] のいずれか 1 つに記載のクランプ装置 70。

[0125] [付記 9] の態様によれば、校正治具をクランプする場合における開き始めの基準電圧及び閉じ終わりの基準電圧の両方を登録することで、一对のアーム部 72 a, 72 b を開くときの使用電圧及び閉じるときの使用電圧の両方をキャリブレーションし、さらなる開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。基準電圧を求めるときにワイヤ 42 よりも寸法精度が高い校正治具をクランプすることで、ワイヤ 42 をクランプする場合に比べてキャリブレーションの精度を向上させることができる。

[0126] [付記 10]

登録部 90 d は、閉状態において一对のアーム部 72 a, 72 b がワイヤ 42 をクランプする場合において、一对のアーム部 72 a, 72 b が閉状態から開状態へと切り替わる際の直流成分の電圧を、一对のアーム部 72 a, 72 b の開き始めの基準電圧として登録し、一对のアーム部 72 a, 72 b が開状態から閉状態へと切り替わる際の直流成分の電圧を、一对のアーム部 72 a, 72 b の閉じ終わりの基準電圧として登録する、[付記 2] から [付記 7] のいずれか 1 つに記載のクランプ装置 70。

[0127] [付記 10] の態様によれば、ワイヤ 42 をクランプする場合における開き始めの基準電圧及び閉じ終わりの基準電圧の両方を登録することで、一对のアーム部 72 a, 72 b を開くときの使用電圧及び閉じるときの使用電圧の両方をキャリブレーションし、さらなる開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。基準電圧を求めるときに被処理物をクランプすることで、校正治具をクランプする場合に比べて、クランプ装置の構成及びキャリブレーション作業を簡略化することができる。

[0128] [付記 11]

登録部 90 d は、閉状態において一对のアーム部 72 a, 72 b が互いに接触する場合において、一对のアーム部 72 a, 72 b における開状態と閉状態とが切り替わる際の直流成分の電圧を第 1 基準電圧として登録し、閉状態において一对のアーム部 72 a, 72 b がワイヤ 42 よりも寸法精度が高い校正治具又はワイヤ 42 をクランプする場合において、一对のアーム部 72 a, 72 b における開状態と閉状態とが切り替わる際の直流成分の電圧を第 2 基準電圧として登録し、第 1 基準電圧と第 2 基準電圧との電圧差分、及び、一对のアーム部 72 a, 72 b の開閉方向における校正治具又はワイヤ 42 の寸法に基づき、ピエゾ素子 80 に印加する電圧に対する一对のアーム部 72 a, 72 b の開閉量の変化率を算出して登録し、キャリブレーション部 90 e は、開閉量の変化率に基づいて、ピエゾ素子 80 に印加する使用電圧をキャリブレーションする、[付記 2] から [付記 7] のいずれか 1 つに記載のクランプ装置 70。

[0129] [付記 1 1] の態様によれば、使用電圧に対する一對のアーム部 7 2 a, 7 2 b の開閉量についてもキャリブレーションすることによって、さらなる開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。

[0130] [付記 1 2]

共振周波数の高調波成分は、複数の高調波の成分を含む、[付記 1] から [付記 1 1] のいずれか 1 つに記載のクランプ装置 7 0。

[0131] [付記 1 2] の態様によれば、高調波成分に基づく一對のアーム部 7 2 a, 7 2 b の開閉状態の判定精度が向上するため、キャリブレーションの精度が向上し、さらなる開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。

[0132] [付記 1 3]

供給部 9 0 a は、直流成分の電圧を一對のアーム部 7 2 a, 7 2 b が開状態となる電圧に設定した状態で交流成分の周波数を上昇又は降下させ、判定部 9 0 c は、出力信号における一對のアーム部 7 2 a, 7 2 b の衝突に起因した成分の発生状況に基づいて、一對のアーム部 7 2 a, 7 2 b の共振状態を判定し、登録部 9 0 d は、一對のアーム部 7 2 a, 7 2 b の共振状態が最も強くなった際の交流成分の周波数を、一對のアーム部 7 2 a, 7 2 b の共振周波数として登録する、[付記 1] から [付記 1 2] のいずれか 1 つに記載のクランプ装置 7 0。

[0133] [付記 1 3] の態様によれば、機差や経時変化によって共振周波数が変動している場合であっても、一對のアーム部 7 2 a, 7 2 b の共振周波数をキャリブレーションの実行前に求めることができるため、キャリブレーションの精度が向上し、さらなる開閉動作の精度向上及び安定化を図ることができる。

[0134] [付記 1 4]

ワイヤ 4 2 をクランプする一對のアーム部 7 2 a, 7 2 b と、一對のアーム部 7 2 a, 7 2 b を開閉させる piezo 素子 8 0 を有する駆動部 7 6 と、周波数可変の交流成分及び電圧可変の直流成分が重畳された駆動電圧を生成し、駆動電圧を piezo 素子 8 0 に供給可能に構成された供給部 9 0 a とを備え

るワイヤクランプ装置 70 の制御方法であって、交流成分の周波数を一對のアーム部 72 a, 72 b の共振周波数に設定した状態で直流成分の電圧を上昇又は降下させることと、駆動された piezo 素子 80 から出力される出力信号を検出することと、出力信号における共振周波数の高調波成分の発生状況に基づいて、一對のアーム部 72 a, 72 b の開閉状態を判定することを含む、制御方法。

[0135] [付記 14] の態様によれば、出力信号における高調波成分の発生状況に基づいて一對のアーム部 72 a, 72 b の開閉状態を判定するため、開閉状態の判定において、振動し易さ、振動の伝わり易さ、及び出力信号の検出し易さなどの機差の影響を低減することができる。

[0136] [付記 15]

ワイヤ 42 をクランプする一對のアーム部 72 a, 72 b と、一對のアーム部 72 a, 72 b を開閉させる piezo 素子 80 を有する駆動部 76 と、周波数可変の交流成分及び電圧可変の直流成分が重畳された駆動電圧を生成し、駆動電圧を piezo 素子 80 に供給可能に構成された供給部 90 a とを備えるワイヤクランプ装置 70 を動作させる制御プログラムであって、コンピュータに、交流成分の周波数を一對のアーム部 72 a, 72 b の共振周波数に設定した状態で直流成分の電圧を上昇又は降下させることと、駆動された piezo 素子 80 から出力される出力信号を検出させることと、出力信号における共振周波数の高調波成分の発生状況に基づいて、一對のアーム部 72 a, 72 b の開閉状態を判定させることとを実行させる、制御プログラム。

[0137] [付記 15] の態様によれば、出力信号における高調波成分の発生状況に基づいて一對のアーム部 72 a, 72 b の開閉状態を判定するため、開閉状態の判定において、振動し易さ、振動の伝わり易さ、及び出力信号の検出し易さなどの機差の影響を低減することができる。

[0138] 以上説明したように、本願発明の一態様によれば、一對のアーム部の開閉状態の判定精度の向上を図ることができる。

[0139] 以上説明した実施形態は、本願発明の理解を容易にするためのものであり

、本願発明を限定して解釈するためのものではない。実施形態が備える各要素並びにその配置、材料、条件、形状及びサイズ等は、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、異なる実施形態で示した構成同士を部分的に置換し又は組み合わせることが可能である。

符号の説明

- [0140] 1 …ワイヤボンディング装置
 7 0 …ワイヤクランプ装置
 7 2 a, 7 2 b …アーム部
 7 3 a, 7 3 b …先端部
 7 4 a, 7 4 b …基端部
 7 6 …駆動部
 9 0 …ワイヤボンディング制御部
 9 0 a …供給部
 9 0 b …検出部
 9 0 c …判定部
 9 0 d …登録部
 9 0 e …キャリブレーション部

請求の範囲

- [請求項1] 被処理物をクランプする一対のアーム部と、
前記一対のアーム部を開閉させるピエゾ素子を有する駆動部と、
周波数可変の交流成分及び電圧可変の直流成分が重畳された駆動電圧を生成し、前記駆動電圧を前記ピエゾ素子に供給可能に構成された供給部であって、前記交流成分の周波数を前記一対のアーム部の共振周波数に設定した状態で前記直流成分の電圧を上昇又は降下させる供給部と、
駆動された前記ピエゾ素子から出力される出力信号を検出する検出部と、
前記出力信号における前記共振周波数の高調波成分の発生状況に基づいて、前記一対のアーム部の開閉状態を判定する判定部とを備える、クランプ装置。
- [請求項2] 前記一対のアーム部における開状態と閉状態とが切り替わる際の前記直流成分の電圧を基準電圧として登録する登録部と、
前記基準電圧に基づいて、前記ピエゾ素子に印加する使用電圧をキャリブレーションするキャリブレーション部と
をさらに備える、
請求項1に記載のクランプ装置。
- [請求項3] 前記検出部は、前記出力信号として、前記ピエゾ素子から出力される出力電流を検出する、
請求項2に記載のクランプ装置。
- [請求項4] 前記判定部は、前記出力電流をフーリエ変換することによって、前記出力信号における前記共振周波数の高調波成分の強度を算出する、
請求項3に記載のクランプ装置。
- [請求項5] 前記判定部は、前記出力信号における前記共振周波数の基本波成分に対する高調波成分の強度比を算出する、
請求項4に記載のクランプ装置。

- [請求項6] 前記判定部は、前記直流成分の電圧変化に対する前記強度比の変化率を算出する、
請求項5に記載のクランプ装置。
- [請求項7] 前記登録部は、前記直流成分の電圧を第1の電圧から第2の電圧へと変化させたときの前記強度比の変化率が閾値を上回ったときに、前記第1の電圧を基準電圧として登録する、
請求項6に記載のクランプ装置。
- [請求項8] 前記登録部は、
閉状態において前記一对のアーム部が互いに接触する場合において、
前記一对のアーム部が閉状態から開状態へと切り替わる際の前記直流成分の電圧を、前記一对のアーム部の開き始めの基準電圧として登録し、
前記一对のアーム部が開状態から閉状態へと切り替わる際の前記直流成分の電圧を、前記一对のアーム部の閉じ終わりの基準電圧として登録する、
請求項2に記載のクランプ装置。
- [請求項9] 前記登録部は、
閉状態において前記一对のアーム部が前記被処理物よりも寸法精度が高い校正治具をクランプする場合において、
前記一对のアーム部が閉状態から開状態へと切り替わる際の前記直流成分の電圧を、前記一对のアーム部の開き始めの基準電圧として登録し、
前記一对のアーム部が開状態から閉状態へと切り替わる際の前記直流成分の電圧を、前記一对のアーム部の閉じ終わりの基準電圧として登録する、
請求項2に記載のクランプ装置。
- [請求項10] 前記登録部は、

閉状態において前記一对のアーム部が前記被処理物をクランプする場合において、

前記一对のアーム部が閉状態から開状態へと切り替わる際の前記直流成分の電圧を、前記一对のアーム部の開き始めの基準電圧として登録し、

前記一对のアーム部が開状態から閉状態へと切り替わる際の前記直流成分の電圧を、前記一对のアーム部の閉じ終わりの基準電圧として登録する、

請求項 2 に記載のクランプ装置。

[請求項11]

前記登録部は、

閉状態において前記一对のアーム部が互いに接触する場合において、前記一对のアーム部における開状態と閉状態とが切り替わる際の前記直流成分の電圧を第 1 基準電圧として登録し、

閉状態において前記一对のアーム部が前記被処理物よりも寸法精度が高い校正治具又は前記被処理物をクランプする場合において、前記一对のアーム部における開状態と閉状態とが切り替わる際の前記直流成分の電圧を第 2 基準電圧として登録し、

前記第 1 基準電圧と前記第 2 基準電圧との電圧差分、及び、前記一对のアーム部の開閉方向における前記校正治具又は前記被処理物の寸法に基づき、前記ピエゾ素子に印加する電圧に対する前記一对のアーム部の開閉量の変化率を算出して登録し、

前記キャリブレーション部は、前記開閉量の変化率に基づいて、前記ピエゾ素子に印加する使用電圧をキャリブレーションする、

請求項 2 に記載のクランプ装置。

[請求項12]

前記共振周波数の高調波成分は、複数の高調波の成分を含む、

請求項 1 に記載のクランプ装置。

[請求項13]

前記供給部は、前記直流成分の電圧を前記一对のアーム部が開状態となる電圧に設定した状態で前記交流成分の周波数を上昇又は降下さ

せ、

前記判定部は、前記出力信号における前記一对のアーム部の衝突に起因した成分の発生状況に基づいて、前記一对のアーム部の共振状態を判定し、

前記登録部は、前記一对のアーム部の共振状態が最も強くなった際の前記交流成分の周波数を、前記一对のアーム部の共振周波数として登録する、

請求項2に記載のクランプ装置。

[請求項14]

被処理物をクランプする一对のアーム部と、

前記一对のアーム部を開閉させる piezo 素子を有する駆動部と、

周波数可変の交流成分及び電圧可変の直流成分が重畳された駆動電圧を生成し、前記駆動電圧を前記 piezo 素子に供給可能に構成された供給部と

を備えるクランプ装置の制御方法であって、

前記交流成分の周波数を前記一对のアーム部の共振周波数に設定した状態で前記直流成分の電圧を上昇又は降下させることと、

駆動された前記 piezo 素子から出力される出力信号を検出することと、

前記出力信号における前記共振周波数の高調波成分の発生状況に基づいて、前記一对のアーム部の開閉状態を判定することとを含む、制御方法。

[請求項15]

被処理物をクランプする一对のアーム部と、

前記一对のアーム部を開閉させる piezo 素子を有する駆動部と、

周波数可変の交流成分及び電圧可変の直流成分が重畳された駆動電圧を生成し、前記駆動電圧を前記 piezo 素子に供給可能に構成された供給部と

を備えるクランプ装置を動作させる制御プログラムであって、

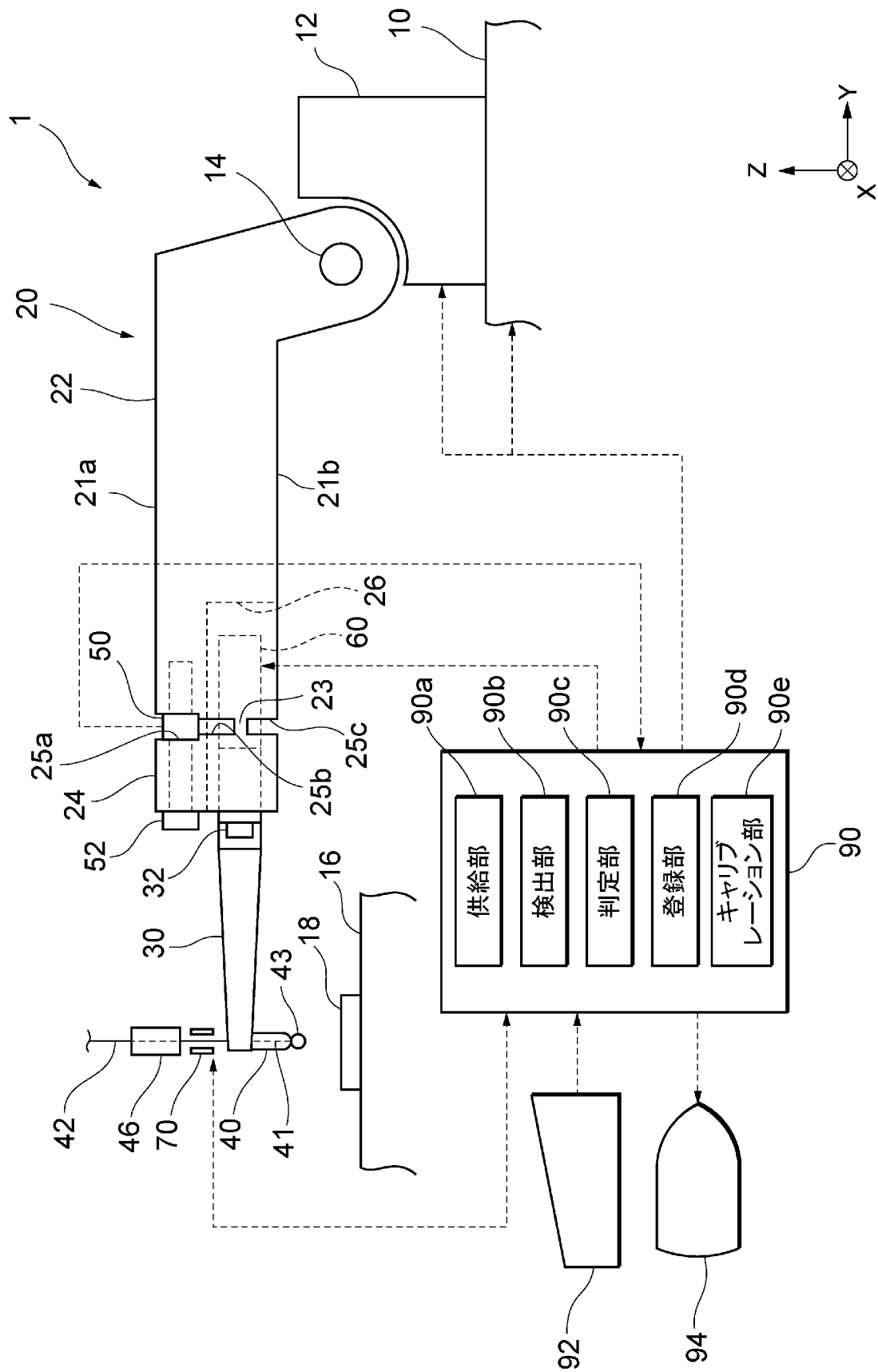
コンピュータに、

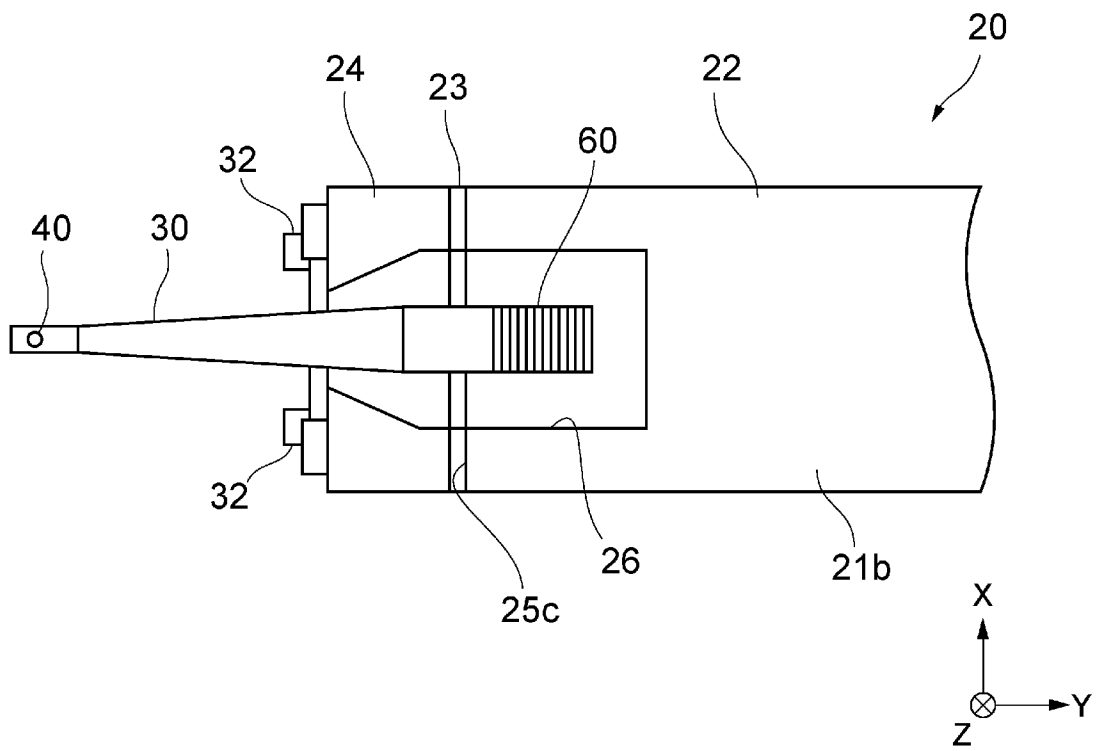
前記交流成分の周波数を前記一对のアーム部の共振周波数に設定した状態で前記直流成分の電圧を上昇又は降下させることと、

駆動された前記 piezo 素子から出力される出力信号を検出させることと、

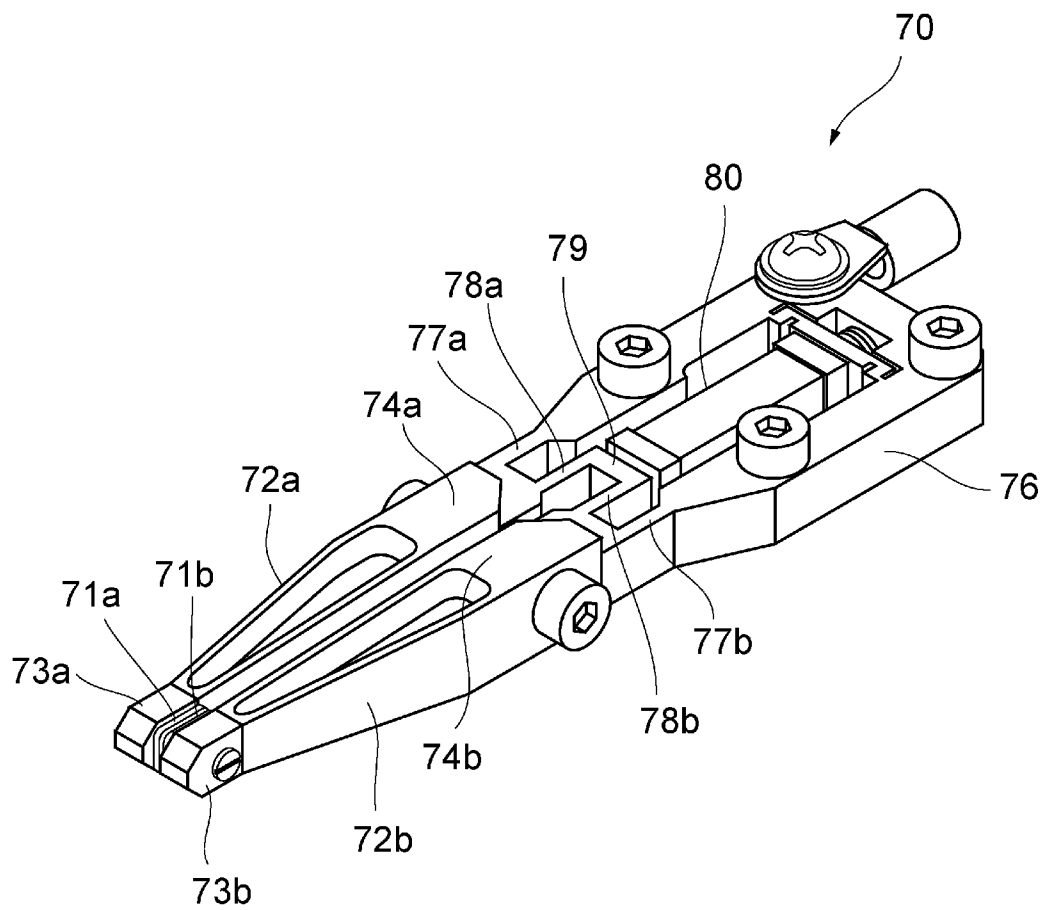
前記出力信号における前記共振周波数の高調波成分の発生状況に基づいて、前記一对のアーム部の開閉状態を判定させることと
を実行させる、制御プログラム。

[図1]

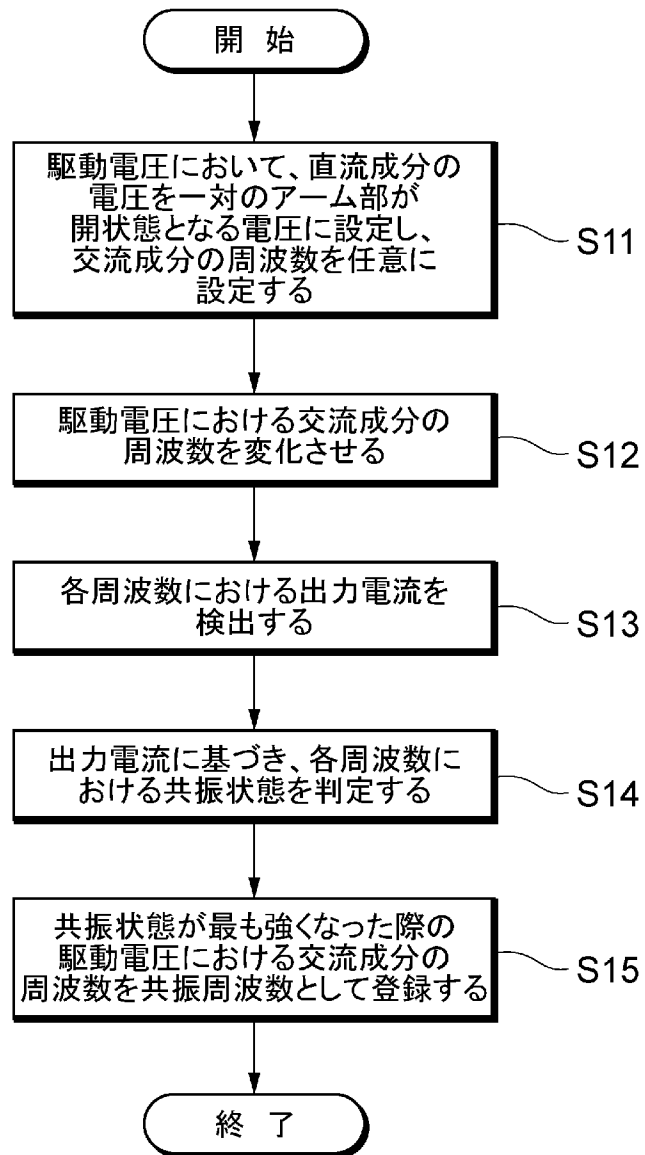




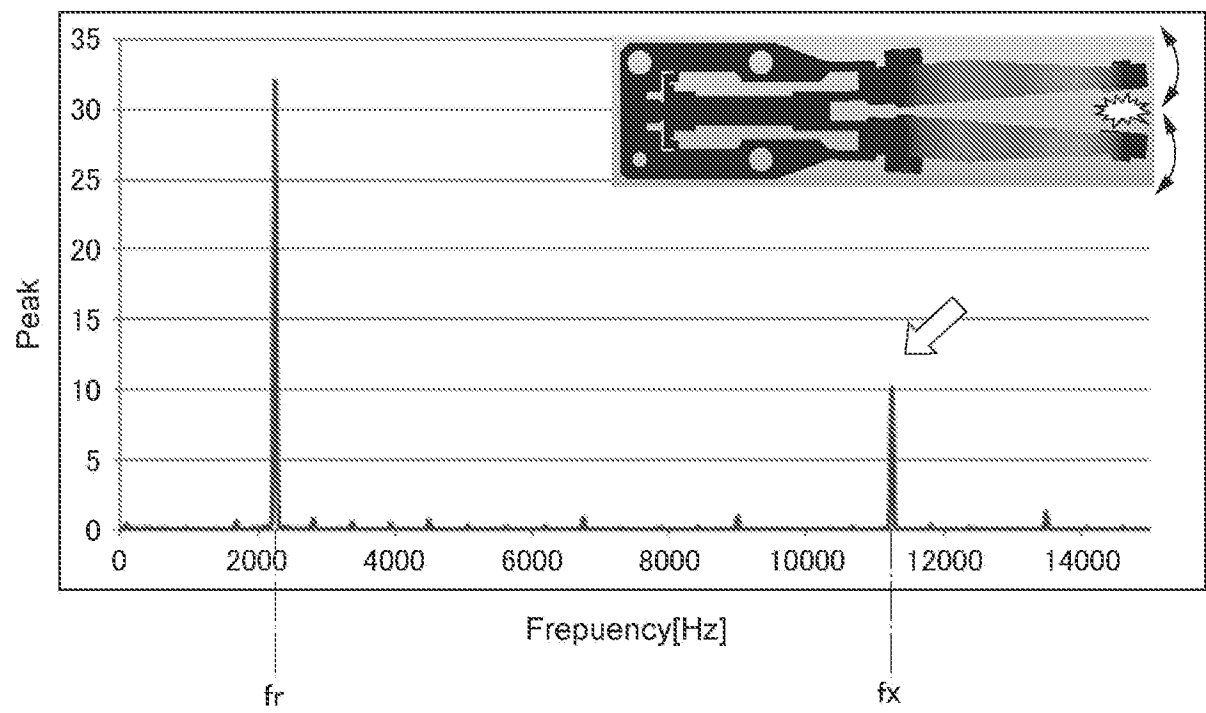
[図4]



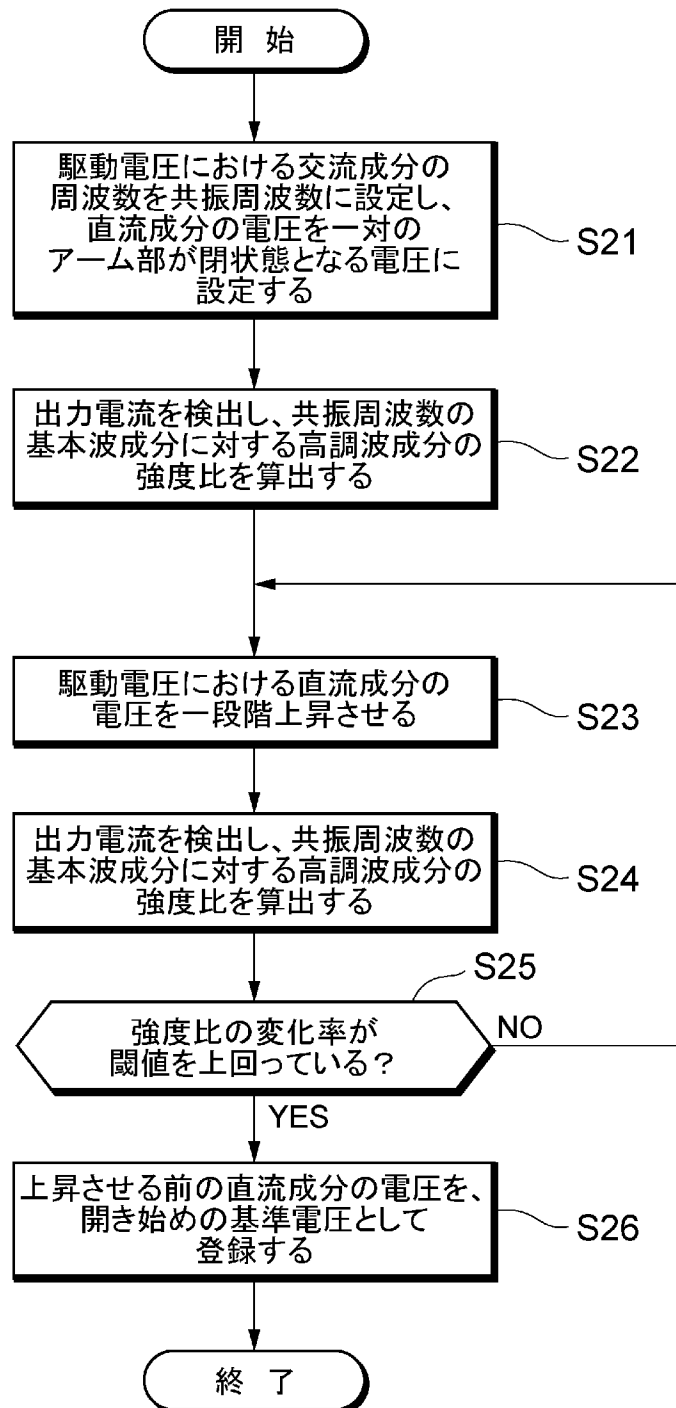
[図5]



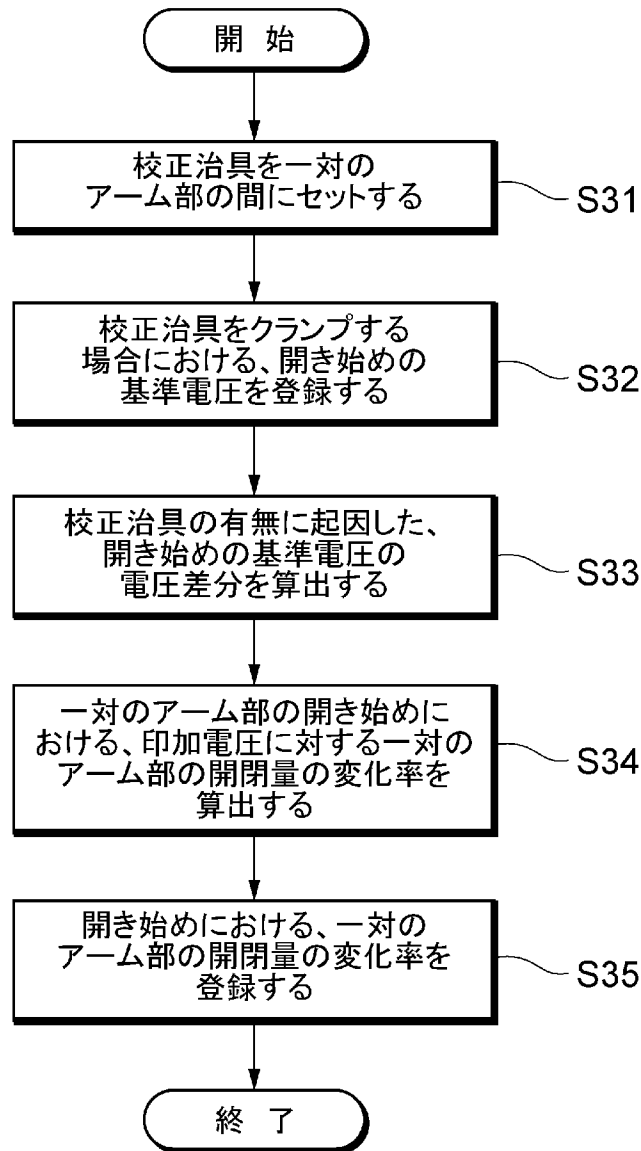
[図6]



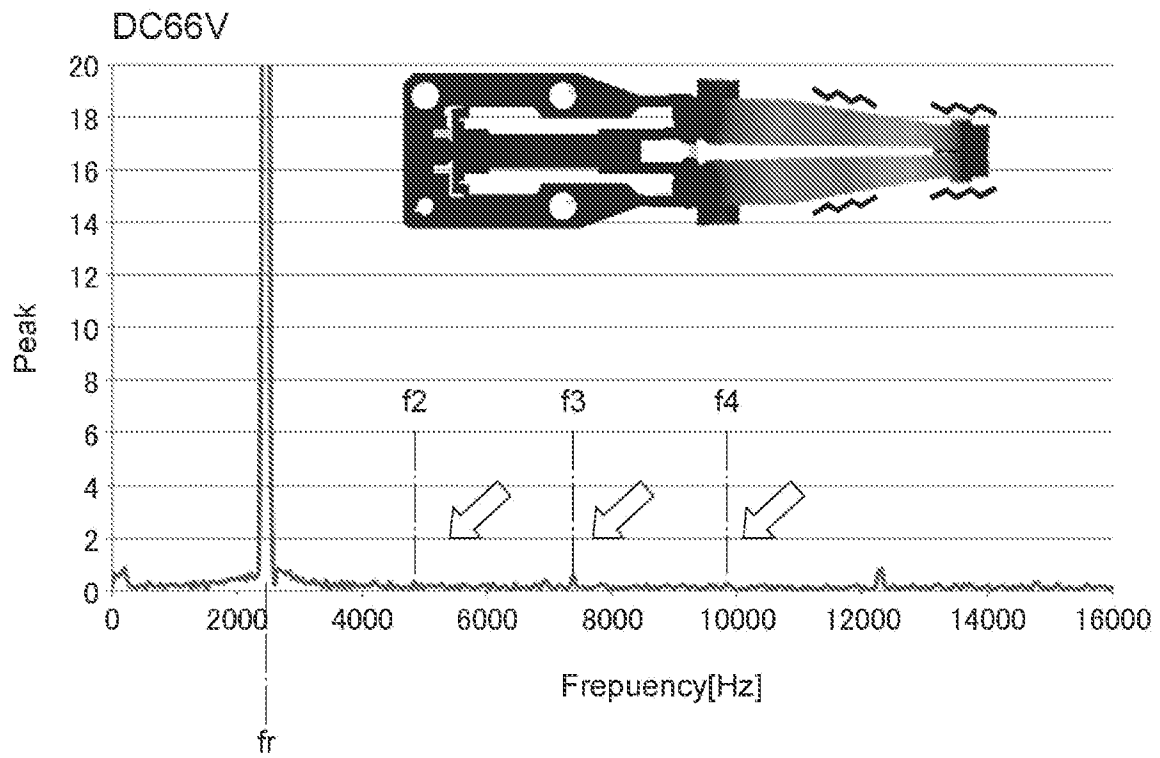
[図7]



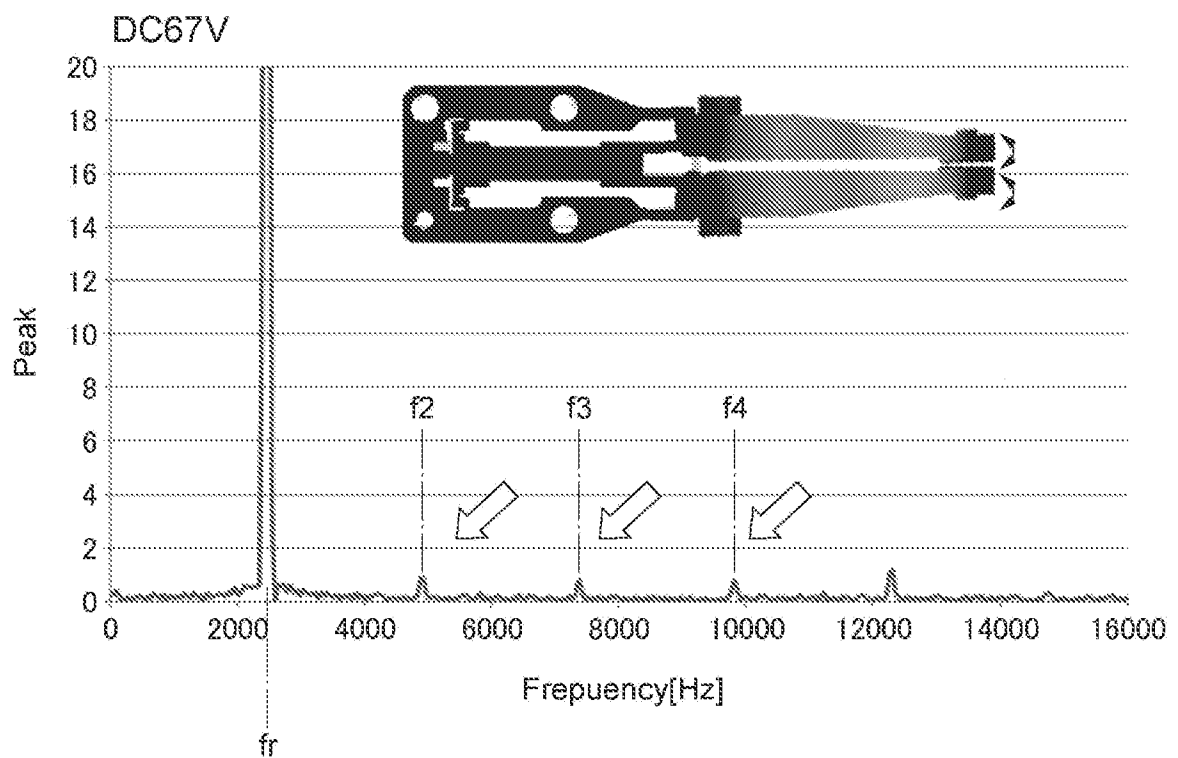
[図8]



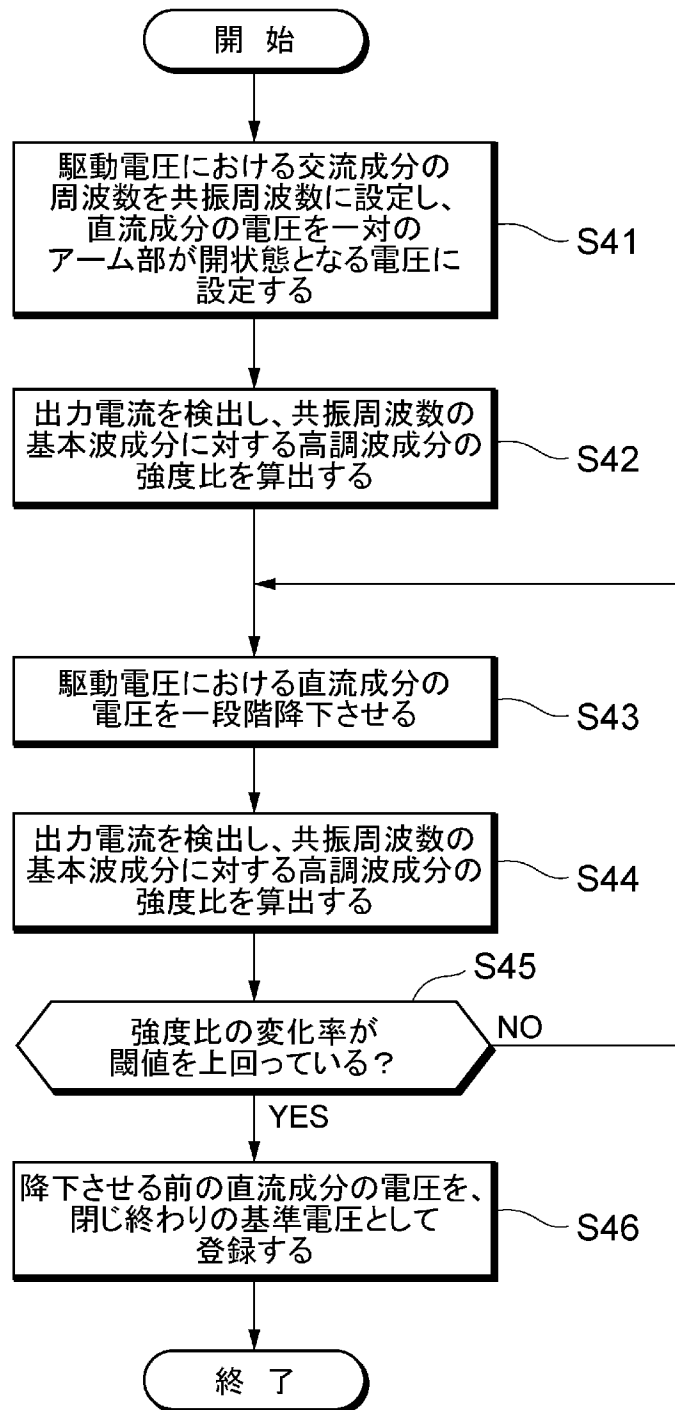
[図9]



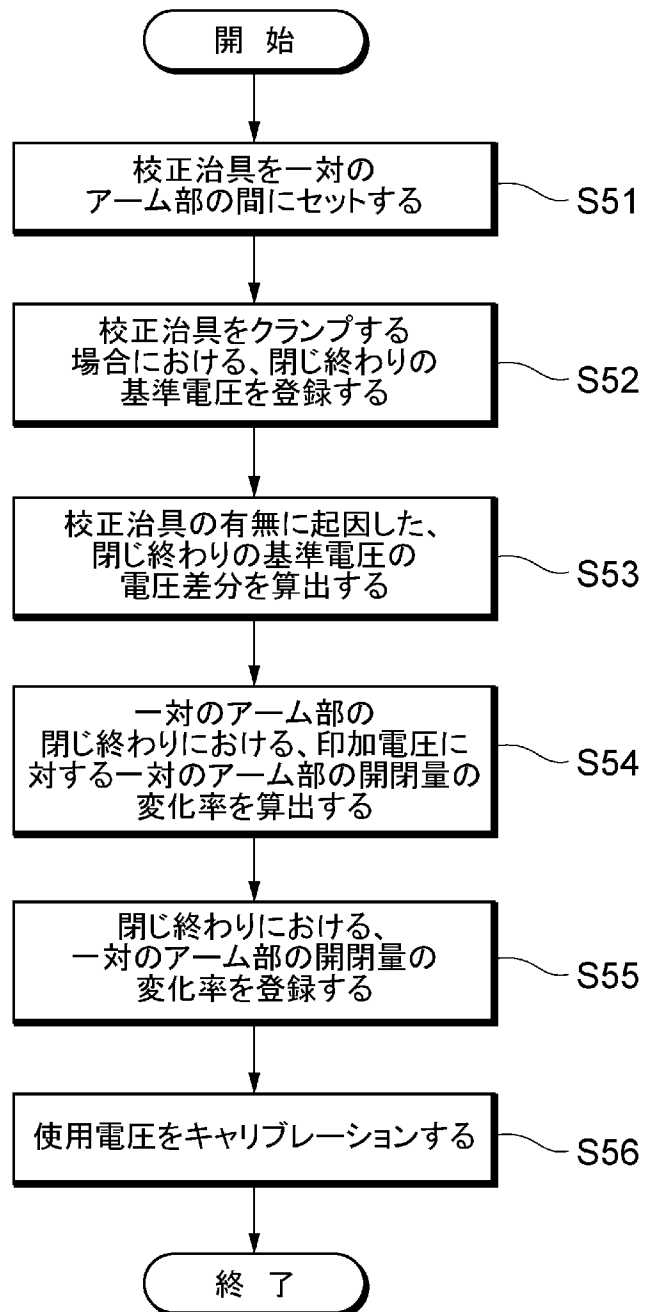
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/031523

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 21/60**(2006.01)i

FI: H01L21/60 301J

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)

H01L21/60, B25J15/00, B23Q1/28

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	WO 2018/038135 A1 (SHINKAWA LTD.) 01 March 2018 (2018-03-01) paragraphs [0032], [0040]-[0063], fig. 1, 3-11	1-15
A	WO 2021/029174 A1 (SHINKAWA LTD.) 18 February 2021 (2021-02-18)	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

06 November 2023

Date of mailing of the international search report

14 November 2023

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/JP2023/031523

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
WO	2018/038135	A1	01 March 2018	US	2019/0279957	A1
				paragraphs [0045], [0061]- [0077], fig. 1, 3-11		
				KR	10-2019-0040309	A
				CN	109863582	A

WO	2021/029174	A1	18 February 2021	KR	10-2021-0143286	A
				CN	113767458	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 21/60(2006.01)i FI: H01L21/60 301J										
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）） H01L21/60, B25J15/00, B23Q1/28 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年									
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	WO 2018/038135 A1 (株式会社新川) 01.03.2018 (2018 - 03 - 01) 段落0032、0040-0063、図1、3-11	1-15								
A	WO 2021/029174 A1 (株式会社新川) 18.02.2021 (2021 - 02 - 18)	1-15								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 06.11.2023	国際調査報告の発送日 14.11.2023									
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） 堀江 義隆 5F 9172 電話番号 03-3581-1101 内線 3516									

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/JP2023/031523

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2018/038135	A1	01.03.2018	US	2019/0279957	A1	
				段落 0 0 4 5、0 0 6 1 – 0 0 7 7、図 1、3 – 1 1			
				KR	10-2019-0040309	A	
				CN	109863582	A	

WO	2021/029174	A1	18.02.2021	KR	10-2021-0143286	A	
				CN	113767458	A	
