



(51) 国際特許分類:

H04N 23/52 (2023.01) G03B 17/02 (2021.01)
B60S 1/62 (2006.01) G03B 17/55 (2021.01)
G01K 11/26 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/035930

(22) 国際出願日: 2022年9月27日(27.09.2022)

(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 2022-022284 2022年2月16日(16.02.2022) JP

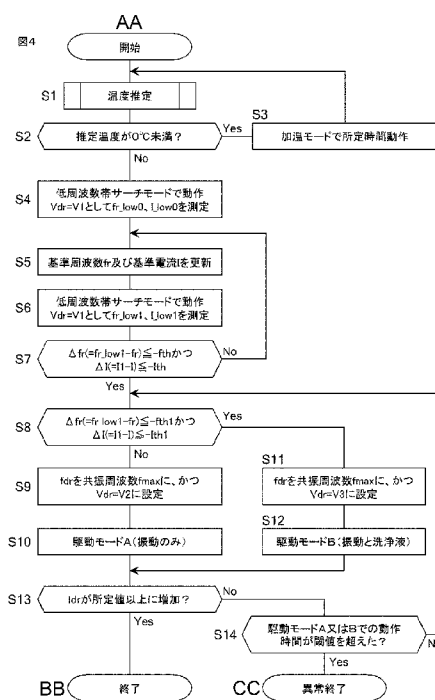
(71) 出願人: 株式会社村田製作所
(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1
丁目 10 番 1 号 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 田中 佑果(TANAKA, Yuka); 〒6178555
京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号
株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 岸 宣孝
(KISHI, Noritaka); 〒6178555 京都府長岡京市
東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製
作所内 Kyoto (JP). 中土井 貴英(NAKADOI,
Takahide); 〒6178555 京都府長岡京市東神足
1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内
Kyoto (JP). 田淵 勝宏(TABUCHI, Katsuhiko);
〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番
1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 山尾 憲人, 外(YAMAO, Norihito et al.);
〒5300017 大阪府大阪市北区角田町 8 番

(54) Title: VIBRATION DEVICE AND VIBRATION METHOD

(54) 発明の名称: 振動装置及び振動方法



S1 Estimate temperature
S2 Is estimated temperature less than 0°C?
S3 Operate in heating mode for predetermined time
S4 Measure fr_low0, I_low0 in low-frequency-band search mode with operating Vdr=V1
S5 Update reference frequency fr and reference current I
S6 Measure fr_low1, I_low1 in low-frequency-band search mode with operating Vdr=V1
S7 $\Delta fr=(fr_low1-fr) \leq -fth$ and $\Delta I=(I1-I) \leq -lth$
S8 $\Delta fr=(fr_low1-fr) \leq -fth1$ and $\Delta I=(I1-I) \leq -lth1$
S9 Set fdr at resonance frequency fmax, and Vdr=V2
S10 Drive mode A (vibration only)
S11 Set fdr at resonance frequency fmax, and Vdr=V3
S12 Drive mode B (vibration and cleaning fluid)
S13 Has Idr increased to predetermined value or more?
S14 Has operating time in drive mode A or B exceeded threshold value?
AA Start
BB End
CC Abnormal end

(57) Abstract: This vibration device comprises a light transmissive body, a vibration body that vibrates the light transmissive body, a drive unit that drives the vibration body, and a control unit that controls the drive unit. The control unit determines a high-frequency-band resonance frequency of the vibration body on the basis of a state of the drive unit obtained by varying the drive frequency of the drive unit in a high-frequency band of 100 kHz or more, and estimates the temperature of the light transmissive body on the basis of the high-frequency-band resonance frequency that has been determined of the vibration body.

1 号 大阪梅田ツインタワーズ・ノース
青山特許事務所 Osaka (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, 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, 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))

(57) 要約: 振動装置は、透光体と、透光体を振動させる振動体と、振動体を駆動する駆動部と、駆動部を制御する制御部と、を備える。制御部は、駆動部の駆動周波数を100kHz以上の高周波数帯域内で変化させることにより得られた駆動部の状態に基づいて、振動体の高周波数帯共振周波数を決定し、決定された高周波数帯共振周波数に基づいて、透光体の温度を推定する。

明 細 書

発明の名称：振動装置及び振動方法

技術分野

[0001] 本開示は、振動装置及び振動方法に関する。

背景技術

[0002] 車外に撮像装置を設け、撮像画像を利用して安全装置の制御、自動運転制御等を行う技術が知られている。このような撮像装置は、その外部を覆うレンズ、保護カバー等の透光体に泥、塵埃、雨滴、雪、氷、霜等の異物が付着することがある。透光体に異物が付着すると、撮像画像に異物が映り込み、鮮明な画像が得られなくなる。

[0003] 特許文献1は、レンズに付着した異物を除去するため、レンズを第1の周波数（クリーニング・モード）で振動させる技術、及び、寒冷時にはレンズを加熱するために第2の周波数（加熱モード）で振動させる技術を開示している。特許文献1に記載の技術は、レンズを加熱するか否かを判断するため、レンズカバーシステムのインピーダンス応答を測定してレンズの温度を推定する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2011-517417号公報

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、透光体の振動に関するインピーダンスは、透光体の温度だけでなく、透光体に付着した異物の量にも依存するため、インピーダンス応答の測定に基づいて透光体の温度を正確に推定することができないことがある。

[0006] 本開示の目的は、従来技術より正確に透光体の温度を推定することができる振動装置及び振動方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0007] 本開示の一態様に係る振動装置は、
透光体と、
前記透光体を振動させる振動体と、
前記振動体を駆動する駆動部と、
前記駆動部を制御する制御部と、を備え、
前記制御部は、
前記駆動部の駆動周波数を100kHz以上の高周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて、前記振動体の高周波数帯共振周波数を決定し、
決定された前記高周波数帯共振周波数に基づいて、前記透光体の温度を推定する。
- [0008] 本開示の一態様に係る振動方法は、
透光体と、
前記透光体を振動させる振動体と、
前記振動体を駆動する駆動部と、
前記駆動部を制御する制御部と、を備える振動装置によって行われる振動方法であって、
前記制御部が、前記駆動部の駆動周波数を100kHz以上の高周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて、前記振動体の高周波数帯共振周波数を決定するステップと、
前記制御部が、決定された前記高周波数帯共振周波数に基づいて、前記透光体の温度を推定するステップと、
を含む。

発明の効果

- [0009] 本開示に係る振動装置及び振動方法によれば、従来技術より正確に透光体の温度を推定することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施の形態に係る撮像ユニットの構成例を示す斜視図である。

[図2]図1の撮像ユニットの断面図である。

[図3]実施の形態に係る撮像ユニットのハードウェア構成を例示するブロック図である。

[図4]実施の形態に係る撮像ユニットの動作例を説明するためのフローチャートである。

[図5]振動部の低周波数帯における共振周波数、インピーダンス、及び温度の関係を示すグラフである。

[図6A]振動部の低周波数帯における共振周波数と温度との関係を示すグラフである。

[図6B]圧電振動子の低周波数帯におけるインピーダンスの最小値と温度との関係を示すグラフである。

[図7A]異物の一例である水の付着量と振動部の低周波数帯における共振周波数との関係を示すグラフである。

[図7B]異物の一例である水の付着量と圧電振動子の低周波数帯におけるインピーダンスとの関係を示すグラフである。

[図8A]振動部の高周波数帯における共振周波数と温度との関係を示すグラフである。

[図8B]圧電振動子の高周波数帯におけるインピーダンスの最小値と温度との関係を示すグラフである。

[図9A]異物の一例である水の付着量と振動部の高周波数帯における共振周波数との関係を示すグラフである。

[図9B]異物の一例である水の付着量と圧電振動子の高周波数帯におけるインピーダンスとの関係を示すグラフである。

[図10]図4の温度推定動作の一例を説明するためのフローチャートである。

[図11]実施の形態に係る撮像ユニットにおける加温動作を説明するための模式的なタイミングチャートである。

発明を実施するための形態

- [0011] 本開示の一態様に係る振動装置は、
透光体と、
前記透光体を振動させる振動体と、
前記振動体を駆動する駆動部と、
前記駆動部を制御する制御部と、を備え、
前記制御部は、
前記駆動部の駆動周波数を100kHz以上の高周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて、前記振動体の高周波数帯共振周波数を決定し、
決定された前記高周波数帯共振周波数に基づいて、前記透光体の温度を推定する。
- [0012] この構成によれば、従来技術より正確に透光体の温度を推定することができる。
- [0013] 前記振動装置において、前記制御部は、
推定された前記透光体の温度が所定値未満である場合、100kHz以上の高周波数で前記振動体を振動させるように前記駆動部を制御し、
前記推定された透光体の温度が前記所定値以上である場合、前記駆動部の駆動周波数を100kHz未満の低周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて、前記振動体の低周波数帯共振周波数を決定し、決定された前記低周波数帯共振周波数で前記振動体を振動させるように前記駆動部を制御してもよい。
- [0014] この構成によれば、必要に応じて透光体の温度を上昇させることができるとともに、透光体に付着した異物を除去しやすくなる。
- [0015] 前記振動装置において、前記制御部は、
推定された前記透光体の温度が所定値未満である場合、
前記駆動部の駆動周波数を高周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて前記振動体の高周波数帯共振周波数を再度決定し、

前記再度決定された高周波数帯共振周波数に基づいて、前記透光体の温度を再度推定し、

再度推定された前記透光体の温度が前記所定値未満である場合、前記再度推定された透光体の温度が前記所定値以上となるまで、

高周波数帯域の周波数で、所定期間、前記振動体を振動させるように前記駆動部を制御することと、

前記所定期間の経過後、前記駆動部の駆動周波数を高周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて前記振動体の高周波数帯共振周波数を再度決定することと、

前記再度決定された高周波数帯共振周波数に基づいて、前記透光体の温度を再度推定することと、を繰り返してもよい。

[0016] この構成によれば、必要に応じて透光体の温度をより上昇させることができるとともに、透光体に付着した異物を除去しやすくなる。

[0017] 前記振動装置において、前記制御部は、前記再度推定された透光体の温度が前記所定値以上となった場合、又は、前記推定された透光体の温度が前記所定値以上である場合、前記駆動部の駆動周波数を100kHz未満の低周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて、前記振動体の低周波数帯共振周波数を決定し、決定された前記低周波数帯共振周波数で前記振動体を振動させるように前記駆動部を制御してもよい。

[0018] この構成によれば、透光体の温度が所定値以上となったことにより、透光体に付着した異物を除去しやすくなる。

[0019] 前記振動装置は、前記透光体の温度を測定する温度センサを更に備えてもよく、

前記制御部は、前記温度センサによって測定された前記透光体の温度が前記所定値以上である場合、前記駆動部の駆動周波数を100kHz未満の低周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて、前記振動体の低周波数帯共振周波数を決定し、決定された前記低周波数帯共振周波数で前記振動体を振動させるように前記駆動部を制御してもよい。

[0020] この構成によれば、より正確に透光体の温度を制御することができ、透光体に付着した異物をより除去しやすくなる。

[0021] 前記振動装置において、

前記透光体は、撮像装置の視野に配置され、

前記制御部は、前記撮像装置から撮像画像を取得して前記撮像画像に画像処理を実行し、前記画像処理の結果が、前記透光体の表面に異物が付着していないことを示す場合、前記駆動部の駆動周波数を100kHz未満の低周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて、前記振動体の低周波数帯共振周波数を決定し、決定された前記低周波数帯共振周波数で前記振動体を振動させるように前記駆動部を制御してもよい。

[0022] この構成によれば、透光体に異物が付着しているか否かをより正確に判断することができ、透光体に付着した異物をより除去しやすくなる。

[0023] 前記振動装置において、前記制御部が前記駆動部の状態に基づいて前記低周波数帯共振周波数を決定することは、

前記制御部が、前記駆動部の駆動周波数を低周波数帯域内で変化させて前記駆動部の駆動電流を測定することと、

前記制御部が、測定された前記駆動電流の値に基づいて前記低周波数帯共振周波数を決定することと、

を含んでもよい。

[0024] この構成によれば、低周波数帯共振周波数を精度良く決定することができ、透光体に付着した異物をより除去しやすくなる。

[0025] 前記振動装置において、前記制御部が前記駆動部の状態に基づいて前記高周波数帯共振周波数を決定することは、

前記制御部が、前記駆動部の駆動周波数を高周波数帯域内で変化させて前記駆動部の駆動電流を測定することと、

前記制御部が、測定された前記駆動電流の値に基づいて前記高周波数帯共振周波数を決定することと、

を含んでもよい。

[0026] この構成によれば、高周波数帯共振周波数を精度良く決定することができる、従来技術より正確に透光体の温度を推定することができる。

[0027] 前記振動装置において、前記制御部は、前記透光体の温度 T を式 (1) に基づいて推定してもよい。

$$T = A \cdot f_r + B \quad \cdots (1)$$

ここで、 A は、0 より小さい定数であり、 B は、0 より大きい定数であり、 f_r は、前記振動体の共振周波数である。

[0028] この構成によれば、より正確に透光体の温度を推定することができる。

[0029] 本開示の一態様に係る振動方法は、
透光体と、
前記透光体を振動させる振動体と、
前記振動体を駆動する駆動部と、
前記駆動部を制御する制御部と、を備える振動装置によって行われる振動方法であって、

前記制御部が、前記駆動部の駆動周波数を 100 kHz 以上の高周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて、前記振動体の高周波数帯共振周波数を決定するステップと、

前記制御部が、決定された前記高周波数帯共振周波数に基づいて、前記透光体の温度を推定するステップと、
を含む。

[0030] 前記振動方法によれば、従来技術より正確に透光体の温度を推定することができる。

[0031] 以下、添付の図面を参照して本開示に係る振動装置の実施の形態を説明する。なお、以下の実施の形態において、同一又は同様の構成要素については同一の符号を付している。また、説明の理解を容易にするため、添付の図面では、各構成要素の形状、寸法、位置関係等は、誇張されていることがある。

[0032] 1. 構成

1-1. 全体構成

図1は、本開示の実施の形態に係る撮像ユニット100の構成例を示す斜視図である。

[0033] 図1には、説明の便宜上、仮想的な軸Cを示している。本明細書では、軸Cに平行な方向を軸方向と、軸Cに垂直な方向を径方向と、軸Cを中心とする円周方向を周方向と呼ぶ。軸方向について、図1の紙面に向かって左向きの方向を正とする。軸方向の正方向を先端部側とも呼び、軸方向の負方向を基端部側とも呼び、径方向について、軸Cから遠ざかる方向を外向きと呼び、軸Cに向かう方向を内向きと呼ぶことがある。

[0034] 撮像ユニット100は、筐体1と、筐体1の一面に設けられた透明の保護カバー2と、洗浄ノズル3とを備える。洗浄ノズル3は、保護カバー2に向けて洗浄液（洗浄体）を吐出する開口部31を有する。

[0035] 図2は、図1の撮像ユニット100の断面図である。撮像ユニット100は、保護カバー2を振動させる振動部12と、撮像装置5とを更に備える。

[0036] 撮像ユニット100は、撮像を行う構成（撮像装置5）と、保護カバー2を振動させて保護カバー2に付着した異物を除去する構成（振動装置）と、保護カバー2に洗浄液を吐出して保護カバー2付着した異物を除去する構成（洗浄装置）とを有する。洗浄ノズル3は、洗浄装置の一例である。

[0037] 図2において、筐体1の一端側にはベースプレート4aが固定され、筐体1の他端側に保護カバー2及び振動部12が設けられている。撮像装置5は、筒状の本体部材4により支えられ、ベースプレート4aに固定されている。

[0038] 撮像装置5内には、撮像素子を含む回路6が内蔵されている。撮像装置5の撮像方向に、レンズモジュール7が固定されている。レンズモジュール7は、筒状体からなり、内部に軸方向に並んだ複数のレンズ9を有する。しかしながら、撮像装置5の構造はこれに限定されず、レンズ9の前方（先端部側）に位置する被写体を撮像できる構造であればよい。

[0039] 振動部12は、軸Cを中心とする円筒状の第1の筒部材13と、軸Cを中

心とする円筒状の第2の筒部材14と、軸Cを中心とする円筒状の圧電振動子15とを有する。振動部12は、振動体の一例である。圧電振動子15は、第1の筒部材13と第2の筒部材14との間に挟まれている。

[0040] 圧電振動子15は、円筒状の圧電板16, 17を有する。圧電板16, 17は、それぞれ軸方向に分極可能である。圧電板16の分極方向は、圧電板17の分極方向と逆方向となるように構成される。

[0041] 圧電板16, 17は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛系圧電セラミックス、 $(\text{K}, \text{Na})\text{NbO}_3$ 圧電セラミックス、又は LiTaO_3 圧電単結晶を含む。圧電板16, 17のそれぞれには、図示しない電極が形成されている。この電極は、例えば $\text{Ag}/\text{NiCu}/\text{NiCr}$ の積層構造を有する。

[0042] 第1の筒部材13及び第2の筒部材14は、例えば、ジュラルミン、ステンレス、コバル等金属、又は導電性を有するSi等の半導体からなる。

[0043] 圧電板16, 17のそれぞれの電極に交流電界を印加することにより、圧電振動子15を縦方向又は横方向に振動させることができる。第1の筒部材13は、外側表面の少なくとも一部に雄ネジ部を有し、第2の筒部材14は、内側表面の少なくとも一部に雌ネジ部を有する。これらのネジによって、第2の筒部材14に、第1の筒部材13がねじ込まれ、第1の筒部材13が第2の筒部材14に固定される。このねじ込みにより、圧電振動子15の一方の面及び他方の面に、第1の筒部材13の一部及び第2の筒部材14の一部がそれぞれ圧接されている。

[0044] したがって、圧電振動子15において生じた振動により、振動部12全体が効率良く振動する。本実施の形態では、振動部12が縦効果又は横効果により効率よく励振される。

[0045] 第2の筒部材14は、筒状の薄肉部14aと、フランジ部14b, 14cとを有する。フランジ部14cは、第2の筒部材14の先端において、薄肉部14aから外向きに突出している。フランジ部14bは、第2の筒部材14のフランジ部14cより基端部側において、薄肉部14aから外向きに突出している。薄肉部14aの厚みは、第1の筒部材13の厚みよりも薄い。

そのため、筒状の薄肉部 14 a は、振動部 12 の振動により大きく変位し、振動、特に振幅を拡大することができる。

[0046] 保護カバー 2 は、フランジ部 14 c に固定されている。図示の例では、保護カバー 2 は、半球状の形状を有する。保護カバー 2 は、被写体からの光を透過する透光体の一例である。保護カバー 2 の材料は、例えば、ソーダガラス、ホウケイサンガラス、アルミノシリケートガラス、又はこれらの組合せである。保護カバー 2 は、化学強化等で強度を上げた強化ガラスであってもよい。保護カバー 2 の表面には、反射防止膜、撥水材、耐衝撃材等がコーティングされていてもよい。

[0047] 洗浄ノズル 3 は、基端部側から洗浄液の供給を受け、軸方向に延びる内部の管及び開口部 31 を介して、保護カバー 2 に洗浄液を吐出する。洗浄ノズル 3 の先端は、撮像装置 5 の撮像範囲（視野）の外部にあり、撮像装置 5 によって撮像された画像に写り込む位置にはない。本実施の形態では、撮像ユニット 100 が 1 つの洗浄ノズル 3 を備える構成を示しているが、撮像ユニット 100 は、複数の洗浄ノズル 3 を備えてもよい。

[0048] 1-2. ハードウェア構成

図 3 は、撮像ユニット 100 のハードウェア構成を例示するブロック図である。撮像ユニット 100 は、信号処理回路 20、圧電駆動部 30、洗浄液吐出部 50、洗浄駆動部 60、インピーダンス検出部 70、及び電源回路 80 を更に備える。

[0049] 信号処理回路 20 は、撮像装置 5 からの信号を処理するとともに、撮像装置 5、圧電駆動部 30 及び洗浄駆動部 60 に対して制御信号を供給する制御部である。このような情報処理は、例えば、信号処理回路 20 がプログラムの指令に従って動作することにより実現される。

[0050] 信号処理回路 20 は、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、周辺機器との信号の整合性を保つための入出力インターフェイス等を含む。ROM は、例えば、CPU が動作するためのプログラム、制御データ等を記憶する。RAM は、C

P Uのワークエリアとして機能する。

[0051] 圧電駆動部30は、信号処理回路20からの制御信号に応じた交流出力信号を生成し、圧電振動子15に送信する。交流出力信号は、例えば、周波数及び電圧に関する情報を含む。圧電振動子15は、受信した交流出力信号に基づいて振動し、振動部12及び保護カバー2を振動させる。

[0052] 洗浄駆動部60は、信号処理回路20からの制御信号に基づいて、洗浄液吐出部50に洗浄液を供給させる。供給された洗浄液は、洗浄ノズル3の開口部31を介して、保護カバー2に吐出される。

[0053] インピーダンス検出部70は、圧電駆動部30が圧電振動子15に交流出力信号を印加して圧電振動子15を動作させている場合に、圧電駆動部30の駆動電流、インピーダンス等の電気特性をモニタする。インピーダンス検出部70は、制御部の一例であり、図3のように信号処理回路20と別体として設けられてもよいし、信号処理回路20と一体として設けられてもよい。

[0054] 2. 動作

2-1. 全体動作

図4は、撮像ユニット100の動作例を説明するためのフローチャートである。図4の動作は、信号処理回路20によって実行される。

[0055] まず、信号処理回路20は、圧電駆動部30の駆動電流に基づいて、保護カバー2の温度を推定する(S1)。温度推定ステップS1の詳細については後述する。

[0056] 次に、信号処理回路20は、ステップS1で推定された温度が下限閾値である0℃未満であるか否かを判断する(S2)。下限閾値は、0℃に限定されず、例えば-4℃～+4℃の中から予め選択された温度に設定されてもよい。

[0057] ステップS1で推定された温度が0℃未満である場合(S2でYes)、信号処理回路20は、圧電駆動部30によって、圧電振動子15を加温モードで所定時間動作させる(S3)。加温モードは、高周波数帯の周波数で圧

電振動子 15 を振動させるモードであり、振動により保護カバー 2 の温度を上昇させることができる。信号処理回路 20 は、ステップ S 3 を終わると、ステップ S 1 に戻る。

[0058] ステップ S 1 で推定された温度が 0℃未満でない場合（S 2 で No）、すなわち、0℃以上である場合、信号処理回路 20 は、圧電振動子 15 を低周波数帯サーチモードで動作させる（S 4）。

[0059] ステップ S 4 の低周波数帯サーチモードは、振動部 12 の低周波数帯における共振周波数（以下、「低周波数帯共振周波数」という。）を探索するモードである。本明細書では、低周波数とは、100kHz 未満の周波数を意味し、高周波数とは、100kHz 以上の周波数を意味する。低周波数帯サーチモードでは、圧電駆動部 30 は、圧電振動子 15 の駆動電圧 V_{dr} を V_1 とし、駆動周波数 f をスイープさせて交流出力信号を圧電振動子 15 に印加する。

[0060] ステップ S 4 の低周波数帯サーチモード中、インピーダンス検出部 70 は、圧電駆動部 30 の電流値又はインピーダンスをモニタしている。具体的には、インピーダンス検出部 70 は、圧電駆動部 30 に流れる電流値又は電流値の逆数であるインピーダンスを測定する。信号処理回路 20 は、駆動周波数 f 及び電流値又はインピーダンスを取得し、電流値が最大値 I_{low0} となる駆動周波数 f 、又はインピーダンスが最小となる駆動周波数 f を、初期の共振周波数 $f_{r_{low0}}$ に決定する。このようにして、信号処理回路 20 は、最大電流値 I_{low0} 及びこれに対応する初期の共振周波数 $f_{r_{low0}}$ を測定する。

[0061] 信号処理回路 20 は、ステップ S 4 で測定された初期の共振周波数 $f_{r_{low0}}$ 及び電流値 I_{low0} を、それぞれ、基準周波数 f_r 及び基準電流値 I として記憶を更新する（ステップ S 5）。

[0062] 次に、信号処理回路 20 は、圧電振動子 15 を低周波数帯サーチモードで動作させて、ステップ S 4 と同様の手段により、最大電流値 I_{low1} 及びこれに対応する共振周波数 $f_{r_{low1}}$ を測定する（S 6）。ステップ

S 6は、例えばステップS 4の一定時間後、例えば1秒後に実行される。

[0063] 信号処理回路20は、基準周波数 f_r と共振周波数 f_{r_low1} との差分値 Δf_r 、及び基準電流値 I と最大電流値 I_{low1} との差分値 ΔI ($= I_{low1} - I$)を算出し、差分値 Δf 、 ΔI が第1の閾値以下であるか否かを判断する(S 7)。具体的には、信号処理回路20は、差分値 Δf ($= f_{r_low1} - f_r$) $\leq -f_{th}$ 、かつ、 ΔI ($= I_{low1} - I$) $\leq -I_{th}$ であるか否かを判断する。

[0064] ここで、低周波数帯共振周波数と、温度との関係を説明する。図5は、振動部12の低周波数帯共振周波数、インピーダンス、及び温度の関係を示すグラフである。図5のグラフの横軸は周波数[kHz]を示し、縦軸はインピーダンス[Ω]を示している。図5のグラフは、温度を-40℃から85℃まで変化させた場合の低周波数帯共振周波数の変化の様子を示す。図5のグラフにおいて、インピーダンスが急激に変化している箇所の周波数が低周波数帯共振周波数である。図5のグラフからわかるように、温度が上昇するに従い、低周波数帯共振周波数は低下している。

[0065] また、低周波数帯共振周波数は、保護カバー2の表面に付着している異物の量又は重さが多くなるに従い低下する。すなわち、低周波数帯共振周波数の低下は、温度の上昇だけでなく、異物の付着によっても生じる。したがって、インピーダンス検出部70により低周波数帯共振周波数の変化を測定するのみでは、保護カバー2の表面に異物が付着したものと、温度変化があったことと、を区別して判断することができない。

[0066] 特に、信号処理回路20は、低周波数帯共振周波数のみを参照して判断を行うと、実際は低周波数帯共振周波数が温度上昇により低下しているにもかかわらず、その低下が保護カバー2の表面に異物が付着したことにより生じたと誤認識する虞がある。信号処理回路20は、低周波数帯共振周波数の低下が保護カバー2の表面に異物が付着したことにより生じたと誤認識した場合、異物を除去するために圧電振動子15の振動振幅を上昇させる制御を行うことになる。圧電振動子15の振動振幅を上昇させると、保護カバー2の

表面の温度が更に上昇する。信号処理回路 20 は、保護カバー 2 の表面に異物が付着した場合には更に不安定となり、正確な判断をすることが難しくなる。

[0067] 低周波数帯共振周波数の変化は、温度変化だけでなく、保護カバー 2 と振動部 12 との接合部の経年変化、樹脂部の吸湿などによっても生じる。信号処理回路 20 は、低周波数帯共振周波数の変化以外の情報とあわせて、保護カバー 2 の表面に異物が付着したことを判断してもよい。

[0068] ここで、図 5 のグラフからわかるように、温度が -40°C から 85°C に変化するに従って、低周波数帯共振周波数が低下するとともに、インピーダンスの最小値も低下している。当該関係を分かり易く説明するため、温度に対する低周波数帯共振周波数の変化のグラフと、温度に対するインピーダンスの最小値の変化のグラフとに分けて説明する。

[0069] 図 6 A は、低周波数帯共振周波数と温度との関係を示すグラフである。図 6 A の横軸は温度 $[^{\circ}\text{C}]$ を示し、縦軸は低周波数帯共振周波数 $[\text{kHz}]$ を示す。図 6 A のグラフからわかるように、低周波数帯共振周波数は、温度が高くなるに従い低下している。

[0070] 図 6 B は、圧電振動子 15 の低周波数帯における最小インピーダンス（インピーダンスの最小値）と温度との関係を示すグラフである。図 6 B の横軸は温度 $[^{\circ}\text{C}]$ を示し、縦軸は最小インピーダンス $[\Omega]$ を示す。図 6 B のグラフからわかるように、圧電振動子 15 の低周波数帯における最小インピーダンスは、温度が高くなるに従い低下する。

[0071] 次に、図 7 A 及び図 7 B を用いて、保護カバー 2 の表面に異物が付着した場合の低周波数帯共振周波数及びインピーダンスの最小値の変化について説明する。

[0072] 図 7 A は、異物の一例である水の付着量と低周波数帯共振周波数との関係を示すグラフである。図 7 A の横軸は、保護カバー 2 の表面に付着した水の体積（以下、「水付着量」という。） $[\mu\text{l}]$ を示し、縦軸は低周波数帯共振周波数 $[\text{kHz}]$ を示す。図 7 A に示すグラフからわかるように、低周波

数帯共振周波数は、水付着量が多くなるに従い低下している。

[0073] 図 7 B は、異物の一例である水の付着量と、圧電振動子 15 の低周波数帯における最小インピーダンスとの関係を示すグラフである。図 7 B の横軸は水付着量 $[\mu l]$ を示し、縦軸はインピーダンス変化率を示す。図 7 B に示すグラフからわかるように、圧電振動子 15 の最小インピーダンスの変化率は、水付着量が多くなるに従い高くなる。なお、圧電振動子 15 の最小インピーダンスに対応する電流値 I の変化率は、逆に水付着量が多くなるに従い低くなる。

[0074] 図 6 A, 6 B, 7 A 及び 7 B に示したグラフから得られた知見に基づいて、信号処理回路 20 は、低周波数帯共振周波数の変化と、圧電振動子 15 の最小インピーダンスの変化とを組み合わせで判断する。これにより、これらの変化が保護カバー 2 の表面に異物が付着したことによる変化であるのか、温度変化による変化であるのかを正確に判断することができる。なお、保護カバー 2 と振動部 12 との接合部の経年変化、樹脂部の吸湿などによっても圧電振動子 15 の最小インピーダンスに変化が生じるが、この変化は保護カバー 2 の表面に異物が付着した場合の変化と異なるため、両者を区別して判断することが可能である。

[0075] 以上のように、低周波数帯共振周波数及び最小インピーダンスは、温度が高くなるに従い減少する。また、保護カバー 2 の表面に付着した異物の量が増えるに従い、低周波数帯共振周波数は減少する一方で、最小インピーダンスの変化率は増加する。

[0076] したがって、低周波数帯共振周波数の変化と、圧電振動子 15 の最小インピーダンス又は電流の変化とを組み合わせで判断することで、保護カバー 2 の表面に異物が付着したことと、温度変化があったことと、を区別して判断できる。信号処理回路 20 は、この判断に対応する処理を、上記のステップ S7 によって実行する。

[0077] つまり、信号処理回路 20 は、共振周波数が減少する変化量 (Δf_r) が第 1 の周波数閾値 f_{th} 以下で、かつ電流値が減少する変化量 (ΔI) が第

1の電流閾値 I_{th} 以下である場合、保護カバー2の表面に異物が付着したと判断する。このように、信号処理回路20は、共振周波数の変化量（時間変化）のみで保護カバー2の表面における異物の有無を判断するのではなく、インピーダンスに関する値である電流値の変化量（時間変化）をも利用して異物の有無を判断することができる。

[0078] 図4に戻り、差分値 Δf 、 ΔI が第1の閾値より大きいと判断した場合（S7でNo）、信号処理回路20は、処理をステップS5に戻す。この場合、保護カバー2の表面に異物が付着していないことが推測される。再度実行されるステップS5では、信号処理回路20は、ステップS6で測定された共振周波数 f_{r_low1} 及び電流値 I_{low1} を、それぞれ、基準周波数 f_r 及び基準電流値 I として記憶を更新する。

[0079] ステップS7において差分値 Δf 、 ΔI が第1の閾値以下であると判断した場合（S7でYes）、信号処理回路20は、差分値 Δf 、 ΔI が、第1の閾値とは異なる第2の閾値以下であるか否かを判断する（S8）。具体的には、信号処理回路20は、差分値 $\Delta f \leq -f_{th1}$ 、かつ、 $\Delta I \leq -I_{th1}$ であるか否かを判断する。ここで、第2の周波数閾値 f_{th1} の絶対値は第1の周波数閾値 f_{th} の絶対値より大きく（ $f_{th1} > f_{th}$ ）、第2の電流閾値 I_{th1} は第1の電流閾値 I_{th} より大きい（ $I_{th1} > I_{th}$ ）。

[0080] 信号処理回路20は、差分値 Δf 、 ΔI が、第2の閾値以下である場合に特定の処理を行うことにより、保護カバー2の表面に付着した異物の量が多い又は重い（汚れ具合がひどい）場合に対応する処理を行うことができる。

[0081] 信号処理回路20は、第1の閾値 f_{th} 、 I_{th} により保護カバー2の表面に付着した異物の有無を判断し、第2の閾値 f_{th1} 、 I_{th1} により保護カバー2の表面に付着した異物の程度を判断している。

[0082] ステップS8において、差分値 Δf 、 ΔI が、第2の閾値より大きいと判断した場合（S8でNo）、信号処理回路20は、圧電駆動部30の駆動電圧 V_{dr} を V_2 に設定し、駆動周波数 f_{dr} を共振周波数 f_{max} に設定す

る（S 9）。ここで、 V_2 は、 V_1 より大きい。

[0083] 次に、信号処理回路20は、ステップS 9で設定された駆動電圧及び共振周波数で圧電駆動部30のみを駆動する駆動モードAを実行する（S 10）。ステップS 10の駆動モードAでは、信号処理回路20は、洗浄駆動部60を駆動せずに、圧電駆動部30のみを駆動する。

[0084] 一方、ステップS 8において、差分値 Δf 、 ΔI が、第2の閾値以下であると判断した場合（S 8でYes）、信号処理回路20は、圧電駆動部30の駆動電圧 V_{dr} を V_3 に設定し、駆動周波数 f_{dr} を共振周波数 f_{max} に設定する（S 11）。ここで、 V_3 は、 V_2 より小さい。

[0085] 次に、信号処理回路20は、ステップS 11で設定された駆動電圧及び共振周波数で圧電駆動部30を駆動するとともに、洗浄駆動部60をも駆動する駆動モードBを実行する（S 12）。駆動モードBにおける駆動電圧 V_3 は、駆動モードAにおける駆動電圧 V_2 より小さいため、駆動モードBでは、圧電駆動部30は、駆動モードAに比べて弱振動で圧電振動子15を振動させる。

[0086] 信号処理回路20は、駆動モードBを実行することで、保護カバー2に付着した異物をより強力に洗浄できる。なお、信号処理回路20は、共振周波数と、インピーダンスに関する値（電流値）と、撮像装置5で撮像した画像とのうち少なくとも1つに基づき、駆動モードBで吐出する洗浄液よりも強力な洗浄力を使用するよう洗浄駆動部60を制御してもよい。

[0087] ステップS 10又はステップS 12の洗浄後、信号処理回路20は、インピーダンス検出部70で測定される電流値 I_{dr} が所定値以上に増加したか否かを判断する（S 13）。保護カバー2の表面に付着した異物が除去されると、インピーダンス検出部70で測定される電流値 I_{dr} が所定値以上に増加する。つまり、インピーダンス検出部70で測定される電流値 I_{dr} は、保護カバー2の表面に異物が付着していないときの電流値 I_{dr} の値にほぼ戻る。そのため、信号処理回路20によってインピーダンス検出部70で測定される電流値 I_{dr} が所定値以上に増加したか否かを判断することによ

り、保護カバー 2 の表面に付着した異物が除去されたか否かについての情報が得られる。

[0088] ステップ S 1 3 において電流値 I_{dr} が所定値以上に増加したと判断した場合 (S 1 3 で Yes)、信号処理回路 2 0 は、図 4 の処理を終了する。あるいは、信号処理回路 2 0 は、洗浄処理を終了する操作を受け付けたか否かを判断し、受け付けた場合は図 4 の処理を終了する一方で、受け付けていない場合は、処理をステップ S 1 又は S 4 に戻してもよい。

[0089] ステップ S 1 3 において電流値 I_{dr} が所定値以上に増加していないと判断した場合 (S 1 3 で No)、信号処理回路 2 0 は、駆動モード A 又は B での動作時間が閾値 (例えば 1 分) を超えているか否かを判断する (S 1 4)。ステップ S 1 4 では、例えば、駆動モード A の動作時間と駆動モード B の動作時間の合計が閾値を超えている場合、信号処理回路 2 0 は、駆動モード A 又は B での動作時間が閾値を超えていると判断する。

[0090] 駆動モード A 又は B での動作時間が閾値を超えていると判断した場合 (S 1 4 で Yes)、信号処理回路 2 0 は、異常により図 4 の処理を終了させる (異常終了)。洗浄用の駆動モードで長時間、圧電振動子 1 5 を駆動した場合、保護カバー 2 が発熱するなどの不具合が発生する可能性がある。信号処理回路 2 0 が所定の場合に常終了をすることにより、このような不具合の発生を未然に防ぐことができる。

[0091] ステップ S 1 3 において電流値 I_{dr} が所定値以上に増加していないと判断し (S 1 3 で No)、かつ、駆動モード A 又は B での動作時間が閾値を超えていないと判断した場合 (S 1 4 で No)、信号処理回路 2 0 は、処理をステップ S 8 に戻す。

[0092] 2-2. 温度推定

2-2-1. 温度推定に関する知見

以下、図 4 の温度推定ステップ S 1 について説明するが、その前提として、図 8 A, 8 B, 9 A 及び 9 B を用いて温度推定に関する知見について説明する。発明者らは、保護カバー 2 の振動と温度との関係について鋭意研究し

、以下に示すような温度推定に関する知見を得、さらに、得られた知見に基づいて保護カバー 2 の温度を推定する技術的思想を創作するに至った。

[0093] 図 8 A は、振動部 1 2 の高周波数帯における共振周波数（以下、「高周波数帯共振周波数」という。）と温度との関係を示すグラフである。図 8 B は、圧電振動子 1 5 の高周波数帯における最小インピーダンスと温度との関係を示すグラフである。図 8 A 及び図 8 B のグラフにおいて、各黒丸は、実測値を示している。

[0094] 図 8 A に示したグラフから、高周波数帯共振周波数は温度が上昇するに従い低くなることがわかる。これに対し、図 8 B に示したグラフから、圧電振動子 1 5 の高周波数帯における最小インピーダンスと温度との間には、相関関係がないことがわかる。少なくとも、図 8 B の圧電振動子 1 5 の高周波数帯における最小インピーダンスと温度との間には、図 8 A のように温度が上昇するに従い小さくなるという関係はない。

[0095] 図 9 A は、水付着量と高周波数帯共振周波数との関係を示すグラフである。図 9 B は、水付着量と圧電振動子 1 5 の高周波数帯における最小インピーダンスとの関係を示すグラフである。図 9 A 及び図 9 B のグラフにおいて、各黒丸は、実測値を示している。図 9 A 及び図 9 B に示したグラフから、水付着量と高周波数帯共振周波数との間にも、水付着量と圧電振動子 1 5 の高周波数帯における最小インピーダンスとの間にも相関関係がないことがわかる。

[0096] したがって、温度が上昇するに従い低くなるのは図 8 A の高周波数帯共振周波数のみであるから、本実施の形態における保護カバー 2 の温度は、高周波数帯共振周波数に基づいて推定することができる。具体的には、高周波数帯においては、保護カバー 2 の温度 T は、振動部 1 2 の共振周波数 f_r を用いる次の式（1）に基づいて推定することができる。

[0097]
$$T = A \cdot f_r + B \quad \cdots (1)$$

ここで、 A は、0 より小さい定数であり、 B は、0 より大きい定数である。

[0098] 図8Aのグラフに示した実測値では、 $A = -17$ であり、 $B = 9300$ であり、式(1)の T と f_r の相関係数 R については、 $R^2 = 0.9973$ の関係がある。

[0099] 例えば、(1)の関係は、振動する部材のばね定数が温度依存性を持つ場合に成り立つ。ばね定数は、部材の伸びやすさを表す。一般に、温度が高くなると伸びやすくなる部材については、温度が高くなるとばね定数が小さくなる。すなわち、温度が高くなると伸びやすくなる部材については、温度が高くなると、部材の振動の周波数が低くなる。

[0100] 図9A及び図9Bに示すように、異物の付着量は、高周波数帯共振周波数及び圧電振動子15の高周波数帯における最小インピーダンスのいずれとも相関しないため、式(1)は、異物が透光体に付着しても成り立つ。したがって、異物の付着の有無に関わらず、式(1)によって、振動する振動部12及び保護カバー2の温度を従来より正確に推定することができる。

[0101] 2-2-2. 温度推定動作

図10は、図4の温度推定ステップS1の一例を説明するためのフローチャートである。

[0102] まず、信号処理回路20は、圧電駆動部30によって、圧電振動子15を高周波数帯サーチモードで動作させる(S101)。ステップS101の高周波数帯サーチモードは、振動部12の高周波数帯における共振周波数を探索するモードである。高周波数帯サーチモードでは、圧電駆動部30は、圧電振動子15の駆動電圧 V_{dr} を V_4 とし、駆動周波数 f を高周波数帯域内でスイープさせて交流出力信号を圧電振動子15に印加する。

[0103] ステップS101の高周波数帯サーチモード中、インピーダンス検出部70は、圧電駆動部30の電流値又はインピーダンスをモニタしている。具体的には、インピーダンス検出部70は、圧電駆動部30に流れる電流値又は電流値の逆数であるインピーダンスを測定する。

[0104] ステップS101の次に、信号処理回路20は、駆動周波数 f 及び電流値又はインピーダンスを取得し、電流値が最大値 I_{0_high} となる駆動周

波数 f 、又はインピーダンスが最小となる駆動周波数 f を、高周波数帯共振周波数 f_{0_high} に決定する (S102)。このようにして、信号処理回路 20 は、最大電流値 I_{0_high} 及びこれに対応する高周波数帯共振周波数 f_{0_high} を測定する。

[0105] 次に、信号処理回路 20 は、ステップ S102 で決定された高周波数帯共振周波数 f_{0_high} に基づいて、振動部 12 及び保護カバー 2 の推定温度を算出する (S103)。具体的には、信号処理回路 20 は、式 (1) の f_r に、ステップ S102 で測定された高周波数帯共振周波数 f_{0_high} を代入して、推定温度 T を算出する。

[0106] 2-2-3. 温度推定の結果に基づく加温動作

図 4 に示したように、温度推定ステップ S1 及び加温ステップ S3 は、推定温度が 0°C 以上 (S2 で No) となるまで繰り返される。図 11 は、撮像ユニット 100 におけるこのような加温動作を説明するための模式的なグラフである。

[0107] 図 11 のグラフの横軸は時間 [s] を示し、縦軸は高周波数帯共振周波数 f_{0_high} [kHz] を示している。信号処理回路 20 は、高周波数帯サーチモードで動作し (S101)、高周波数帯共振周波数 f_{0_high} を決定し (S102)、推定温度を算出する (S103)。推定温度が 0°C 以上である場合、信号処理回路 20 は、加温モードで動作し (S3)、保護カバー 2 の温度を上昇させる。保護カバー 2 の温度が上昇すると、高周波数帯共振周波数 f_{0_high} は低下する。

[0108] 加温モードの動作時間は、例えば初回は 30 秒であり、2 回目以降は 10 秒であるが、これに限定されない。高周波数帯サーチモードは、1 回につき例えば 1 秒間実行される。

[0109] 信号処理回路 20 は、以上の動作を、推定温度が 0°C 以上 (S2 で No) となるまで、すなわち高周波数帯共振周波数 f_{0_high} が、 0°C に相当する周波数 f_r ($T = 0^{\circ}\text{C}$) 以下となるまで繰り返す。図 11 のグラフでは、時刻 t_0 に $f_{0_high} = f_r$ ($T = 0^{\circ}\text{C}$) となっている。そこで、信

号処理回路 20 は、時刻 t_0 以降に低周波数帯サーチモード (S4) に移行する。

[0110] 3. まとめ

以上のように、本開示の一態様に係る振動装置は、透光体の一例である保護カバー 2 と、保護カバー 2 を振動させる振動体の一例である振動部 12 と、振動部 12 を駆動する圧電駆動部 30 と、圧電駆動部 30 を制御する制御部の一例である信号処理回路 20 と、を備える。信号処理回路 20 は、圧電駆動部 30 の駆動周波数を 100 kHz 以上の高周波数帯域内で変化させる (S101) ことにより得られた圧電駆動部 30 の状態に基づいて、振動部 12 の高周波数帯共振周波数を決定し (S102)、決定され記高周波数帯共振周波数に基づいて、保護カバー 2 の温度を推定する (S103)。

[0111] この構成によれば、従来技術より正確に保護カバー 2 の温度を推定することができる。

[0112] 振動装置において、信号処理回路 20 は、推定された保護カバー 2 の温度が所定値未満である場合 (S2 で Yes)、100 kHz 以上の高周波数で振動部 12 を振動させる (S3) ように圧電駆動部 30 を制御してもよい。信号処理回路 20 は、推定された保護カバー 2 の温度が所定値以上である場合 (S2 で No)、圧電駆動部 30 の駆動周波数を 100 kHz 未満の低周波数帯域内で変化させることにより得られた圧電駆動部 30 の状態に基づいて、振動部 12 の低周波数帯共振周波数を決定し (S4, S6)、低周波数帯共振周波数で振動部 12 を振動させる (S9, S11) ように圧電駆動部 30 を制御してもよい。

[0113] この構成によれば、保護カバー 2 の温度が所定値未満である場合に保護カバー 2 の温度を上昇させることができる。これにより、例えば、氷、雪等の異物を溶かして保護カバー 2 に付着した異物を除去しやすくなる。

[0114] 信号処理回路 20 は、高周波数で振動部 12 を振動させた (S3) 後、なおも推定された保護カバー 2 の温度が所定値未満である場合、圧電駆動部 30 の駆動周波数を高周波数帯域内で変化させることにより得られた圧電駆動

部 30 の状態に基づいて振動部 12 の高周波数帯共振周波数を再度決定してもよい。信号処理回路 20 は、再度決定された高周波数帯共振周波数に基づいて、保護カバー 2 の温度を再度推定してもよい。信号処理回路 20 は、再度推定された保護カバー 2 の温度が所定値未満である場合、再度推定された保護カバー 2 の温度が所定値以上となるまで、

高周波数帯域の周波数で、所定期間、振動部 12 を振動させるように圧電駆動部 30 を制御することと、

所定期間の経過後、圧電駆動部 30 の駆動周波数を高周波数帯域内で変化させることにより得られた圧電駆動部 30 の状態に基づいて振動部 12 の高周波数帯共振周波数を再度決定することと、

再度決定された高周波数帯共振周波数に基づいて、保護カバー 2 の温度を再度推定することと、を繰り返してもよい。

[0115] この構成によれば、保護カバー 2 の温度が所定値以上となるまで保護カバー 2 の温度を上昇させることができる。これにより、例えば、氷、雪等の異物を溶かして保護カバー 2 に付着した異物を除去しやすくなる。

[0116] 信号処理回路 20 は、再度推定された保護カバー 2 の温度が所定値以上となった場合、又は、推定された保護カバー 2 の温度が所定値以上である場合、圧電駆動部 30 の駆動周波数を 100 kHz 未満の低周波数帯域内で変化させることにより得られた圧電駆動部 30 の状態に基づいて、振動部 12 の低周波数帯共振周波数を決定し、低周波数帯共振周波数で振動部 12 を振動させるように圧電駆動部 30 を制御してもよい。

[0117] この構成によれば、温度が所定値以上となった保護カバー 2 を振動させることにより、例えば、氷、雪等の異物を溶かして保護カバー 2 に付着した異物を除去しやすくなる。

[0118] 振動装置において、信号処理回路 20 は、保護カバー 2 の温度 T を式 (1) に基づいて推定してもよい。

$$T = A \cdot f_r + B \quad \cdots (1)$$

ここで、 A は、0 より小さい定数であり、 B は、0 より大きい定数であり、

f_r は、振動部 12 の共振周波数である。

[0119] この構成によれば、より正確に保護カバー 2 の温度を推定することができる。

[0120] (変形例)

以上、本開示の実施の形態を詳細に説明したが、前述までの説明はあらゆる点において本開示の例示に過ぎない。本開示の範囲を逸脱することなく種々の改良や変形を行うことができる。例えば、以下のような変更が可能である。なお、以下では、上記実施の形態と同様の構成要素に関しては同様の符号を用い、上記実施の形態と同様の点については、適宜説明を省略する。以下の変形例は適宜組み合わせることができる。

[0121] (第 1 変形例)

上記実施の形態では、高周波数帯共振周波数に基づいて保護カバー 2 の温度を推定する例について説明したが、本開示はこれに限定されない。例えば、振動装置は、保護カバー 2 の温度を測定する温度センサを備え、温度推定ステップ S1 に加えて、又はこれに代えて、温度センサによって保護カバー 2 の温度を測定してもよい。この構成によれば、より正確に保護カバー 2 の温度を測定することができる。

[0122] (第 2 変形例)

上記実施の形態では、信号処理回路 20 が、共振周波数及び電流値の測定結果に基づいて保護カバー 2 の表面における異物の有無及び程度を判断する例について説明したが、本開示はこれに限定されない。例えば、信号処理回路 20 は、撮像装置 5 から撮像画像を取得して画像処理を実行し、画像処理の結果を用いて保護カバー 2 の表面における異物の有無及び程度を判断してもよい。

[0123] 例えば、信号処理回路 20 は、保護カバー 2 の表面に異物が付着したことを判断するために、共振周波数 f_r の変化量（時間変化）、電流値 I の変化量（時間変化）に加えて、撮像装置 5 で撮像した画像の時間変化の情報を考慮してもよい。また、信号処理回路 20 は、保護カバー 2 の表面に異物が付

着したことを判断するために、共振周波数 f_r の変化量（時間変化）と撮像装置 5 で撮像した画像の時間変化とを組み合わせてもよい。さらに、信号処理回路 20 は、保護カバー 2 の表面に異物が付着したことを判断するために、電流値 I_r の変化量（時間変化）と撮像装置 5 で撮像した画像の時間変化とを組み合わせてもよい。

[0124] 例えば、信号処理回路 20 は、共振周波数 f_r の変化量が閾値 f_{th} の絶対値より大きく、かつ撮像装置 5 で撮像した画像の明度積分値が低下した場合、保護カバー 2 の表面に異物が付着したと判断してもよい。これにより、信号処理回路 20 は、共振周波数 f_r の変化量を考慮することで、撮像ユニット 100 を装着した車両が例えばトンネルに入ることによって生じる明度積分値の低下と、保護カバー 2 の表面に異物が付着したことで生じる明度積分値の低下とを区別することができる。

[0125] また、信号処理回路 20 は、共振周波数 f_r の変化量、電流値 I の変化量が閾値 f_{th} 、 I_{th} のそれぞれの絶対値より大きく、かつ撮像装置 5 で撮像した画像の明度積分値が大きく低下した場合、保護カバー 2 の表面に付着した異物が泥等の不透明物であると判断してもよい。信号処理回路 20 は、撮像装置 5 で撮像した画像の明度積分値の低下が小さい場合、保護カバー 2 の表面に付着した異物が水など透明物であると判断する。このように、信号処理回路 20 は、撮像装置 5 で撮像した画像の時間変化の情報を考慮することで、保護カバー 2 の表面に付着した異物の種類をより正確に判断することができる。

[0126] （第 3 変形例）

上記実施の形態では、保護カバー 2 の温度が所定の下限閾値（ 0°C ）未満であると判断した場合（S2 で Yes の場合）に、加温モードで動作する例について説明したが、本開示はこれに限定されない。例えば、信号処理回路 20 は、保護カバー 2 の温度が所定の上限閾値以上であると判断した場合に、保護カバー 2 の温度上昇を防ぐための処理又は保護カバー 2 を冷やすための処理を実行してもよい。保護カバー 2 の温度上昇を防ぐための処理の一例

は、圧電駆動部 30 の駆動を停止させ、これにより圧電振動子 15、振動部 12、及び保護カバー 2 の振動を停止させることである。保護カバー 2 を冷やすための処理の一例は、洗浄ノズル 3 を用いて洗浄液又は冷却液等の他の液体を保護カバー 2 に吐出することである。

[0127] 本変形例によれば、保護カバー 2 又は撮像ユニット 100 全体が過度に高温となることを防止し、撮像ユニット 100、これを搭載する車両、これらの周囲の物及び人の安全を確保することができる。

符号の説明

- [0128]
- 1 筐体
 - 2 保護カバー
 - 3 洗浄ノズル
 - 4 本体部材
 - 4 a ベースプレート
 - 5 撮像装置
 - 6 回路
 - 7 レンズモジュール
 - 9 レンズ
 - 12 振動部
 - 13 第 1 の筒部材
 - 14 第 2 の筒部材
 - 14 a 薄肉部
 - 14 b フランジ部
 - 14 c フランジ部
 - 15 圧電振動子
 - 16, 17 圧電板
 - 20 信号処理回路
 - 30 圧電駆動部
 - 31 開口部

- 5 0 洗浄液吐出部
- 6 0 洗浄駆動部
- 7 0 インピーダンス検出部
- 8 0 電源回路
- 1 0 0 撮像ユニット

請求の範囲

[請求項1]

透光体と、

前記透光体を振動させる振動体と、

前記振動体を駆動する駆動部と、

前記駆動部を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、

前記駆動部の駆動周波数を 100 kHz 以上の高周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて、前記振動体の高周波数帯共振周波数を決定し、

決定された前記高周波数帯共振周波数に基づいて、前記透光体の温度を推定する、

振動装置。

[請求項2]

前記制御部は、

推定された前記透光体の温度が所定値未満である場合、 100 kHz 以上の高周波数で前記振動体を振動させるように前記駆動部を制御し、

前記推定された透光体の温度が前記所定値以上である場合、前記駆動部の駆動周波数を 100 kHz 未満の低周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて、前記振動体の低周波数帯共振周波数を決定し、決定された前記低周波数帯共振周波数で前記振動体を振動させるように前記駆動部を制御する、

請求項1に記載の振動装置。

[請求項3]

前記制御部は、

推定された前記透光体の温度が所定値未満である場合、

前記駆動部の駆動周波数を高周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて前記振動体の高周波数帯共振周波数を再度決定し、

前記再度決定された高周波数帯共振周波数に基づいて、前記透光

体の温度を再度推定し、

再度推定された前記透光体の温度が前記所定値未満である場合、
前記再度推定された透光体の温度が前記所定値以上となるまで、

高周波数帯域の周波数で、所定期間、前記振動体を振動させる
ように前記駆動部を制御することと、

前記所定期間の経過後、前記駆動部の駆動周波数を高周波数帯
域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて前
記振動体の高周波数帯共振周波数を再度決定することと、

前記再度決定された高周波数帯共振周波数に基づいて、前記透
光体の温度を再度推定することと、を繰り返す、

請求項 1 に記載の振動装置。

[請求項4]

前記制御部は、前記再度推定された透光体の温度が前記所定値以上
となった場合、又は、前記推定された透光体の温度が前記所定値以上
である場合、前記駆動部の駆動周波数を 1 0 0 k H z 未満の低周波数
帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて
、前記振動体の低周波数帯共振周波数を決定し、決定された前記低周
波数帯共振周波数で前記振動体を振動させるように前記駆動部を制御
する、

請求項 3 に記載の振動装置。

[請求項5]

前記透光体の温度を測定する温度センサを更に備え、

前記制御部は、前記温度センサによって測定された前記透光体の温
度が前記所定値以上である場合、前記駆動部の駆動周波数を 1 0 0 k
H z 未満の低周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動
部の状態に基づいて、前記振動体の低周波数帯共振周波数を決定し、
決定された前記低周波数帯共振周波数で前記振動体を振動させるよう
に前記駆動部を制御する、

請求項 2 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の振動装置。

[請求項6]

前記透光体は、撮像装置の視野に配置され、

前記制御部は、前記撮像装置から撮像画像を取得して前記撮像画像に画像処理を実行し、前記画像処理の結果が、前記透光体の表面に異物が付着していないことを示す場合、前記駆動部の駆動周波数を100kHz未満の低周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて、前記振動体の低周波数帯共振周波数を決定し、決定された前記低周波数帯共振周波数で前記振動体を振動させるように前記駆動部を制御する、

請求項2～5のいずれか1項に記載の振動装置。

[請求項7] 前記制御部が前記駆動部の状態に基づいて前記低周波数帯共振周波数を決定することは、

前記制御部が、前記駆動部の駆動周波数を低周波数帯域内で変化させて前記駆動部の駆動電流を測定することと、

前記制御部が、測定された前記駆動電流の値に基づいて前記低周波数帯共振周波数を決定することと、

を含む、請求項2，4～6のいずれか1項に記載の振動装置。

[請求項8] 前記制御部が前記駆動部の状態に基づいて前記高周波数帯共振周波数を決定することは、

前記制御部が、前記駆動部の駆動周波数を高周波数帯域内で変化させて前記駆動部の駆動電流を測定することと、

前記制御部が、測定された前記駆動電流の値に基づいて前記高周波数帯共振周波数を決定することと、

を含む、請求項1～7のいずれか1項に記載の振動装置。

[請求項9] 前記制御部は、前記透光体の温度Tを式(1)に基づいて推定する、請求項1～8のいずれか1項に記載の振動装置。

$$T = A \cdot f_r + B \quad \cdots (1)$$

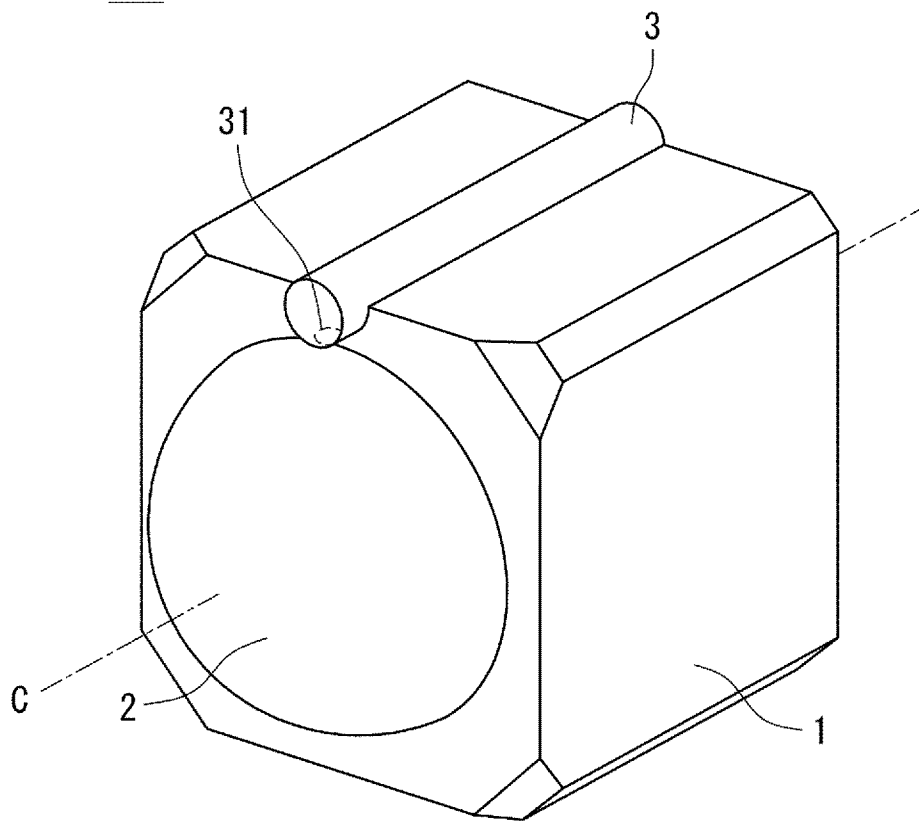
ここで、Aは、0より小さい定数であり、Bは、0より大きい定数であり、 f_r は、前記振動体の共振周波数である。

[請求項10] 透光体と、

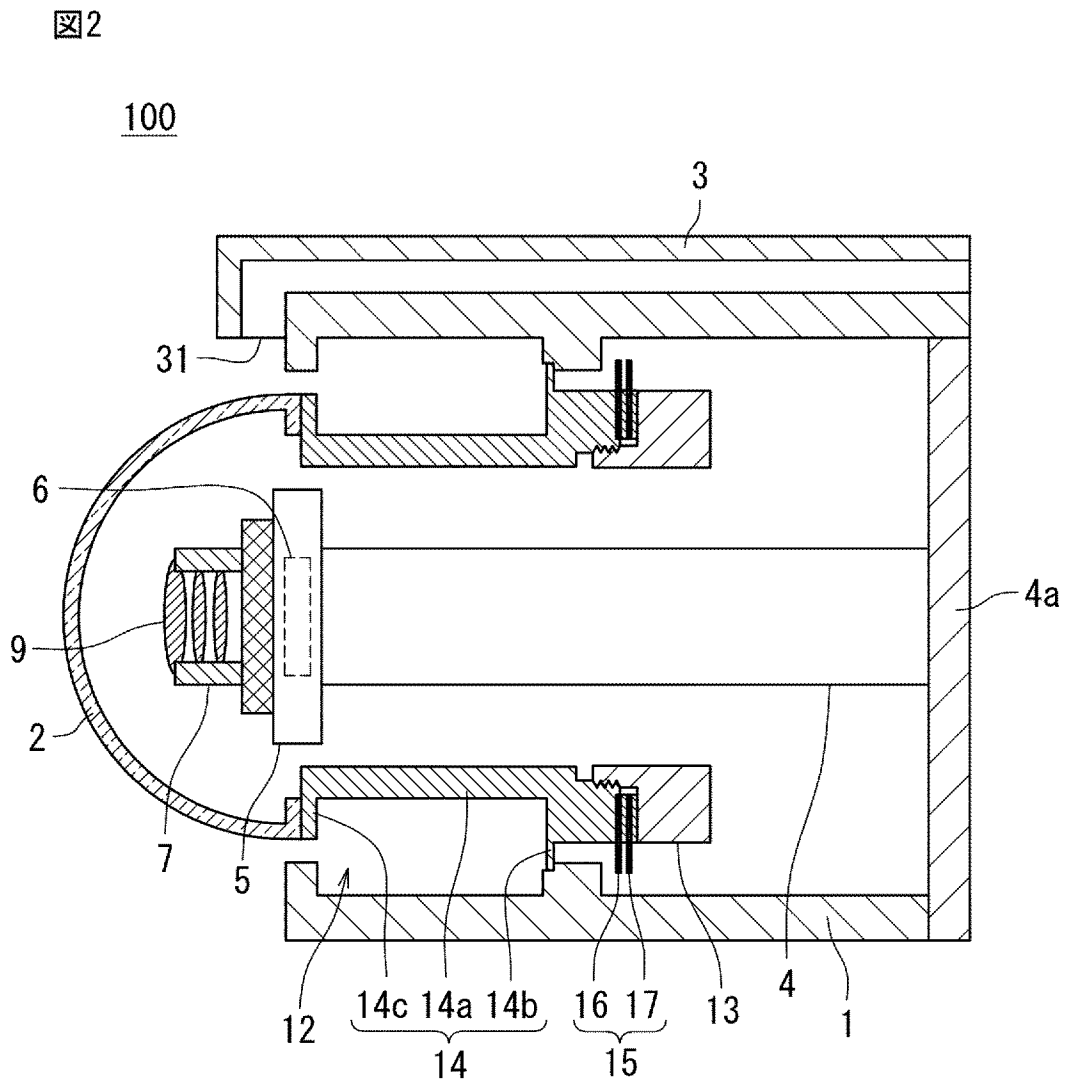
前記透光体を振動させる振動体と、
前記振動体を駆動する駆動部と、
前記駆動部を制御する制御部と、を備える振動装置によって行われる振動方法であって、
前記制御部が、前記駆動部の駆動周波数を100kHz以上の高周波数帯域内で変化させることにより得られた前記駆動部の状態に基づいて、前記振動体の高周波数帯共振周波数を決定するステップと、
前記制御部が、決定された前記高周波数帯共振周波数に基づいて、前記透光体の温度を推定するステップと、
を含む振動方法。

[図1]

図1

100

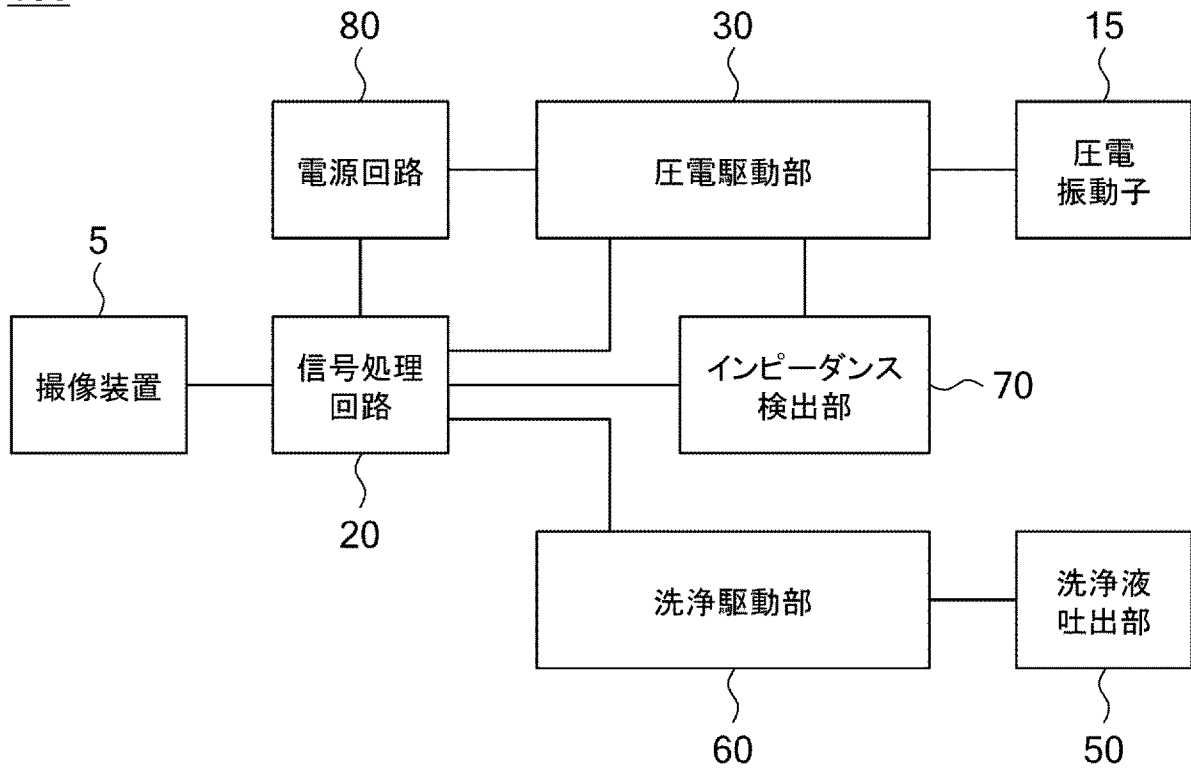
[図2]



[図3]

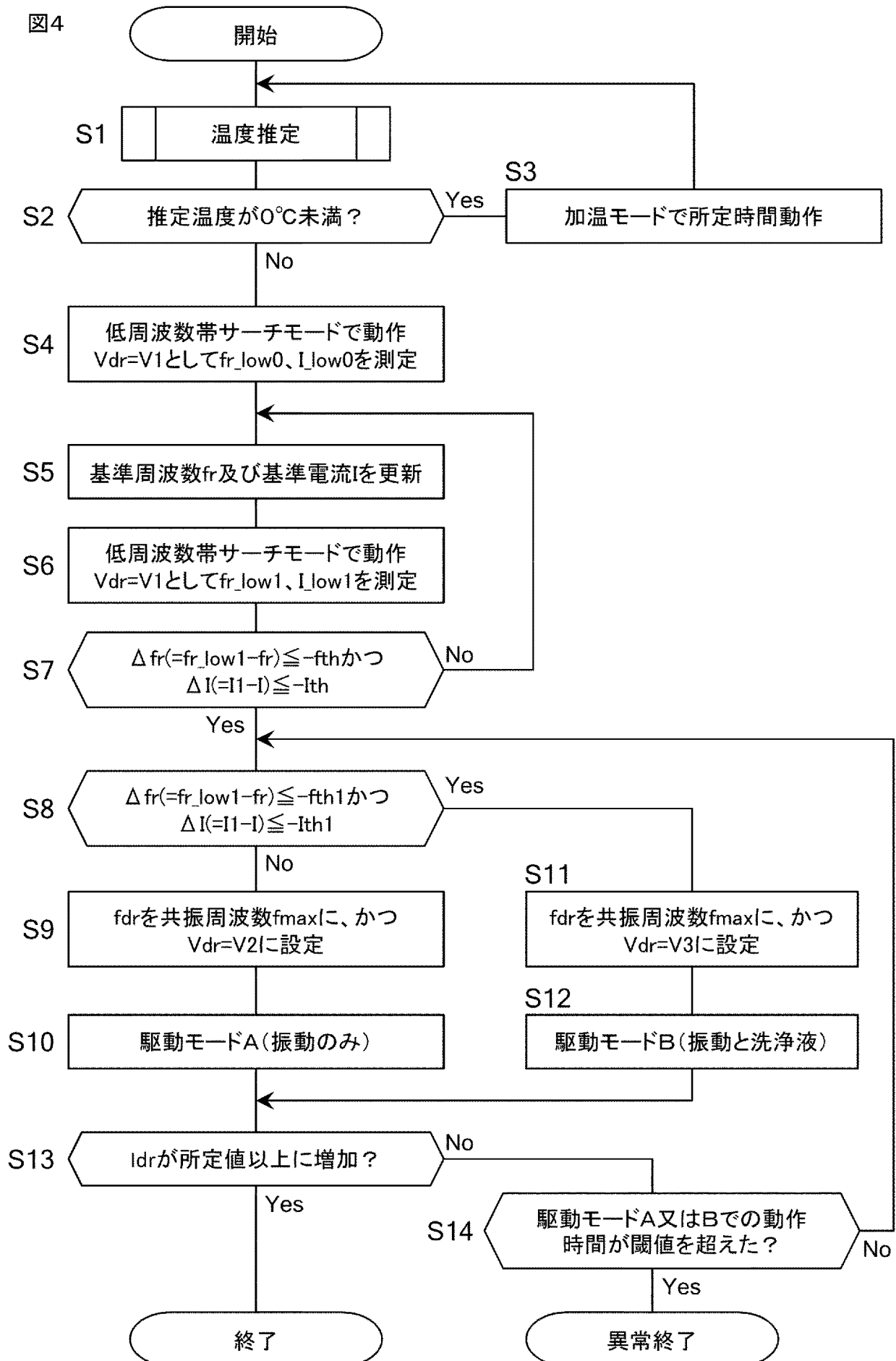
図3

100



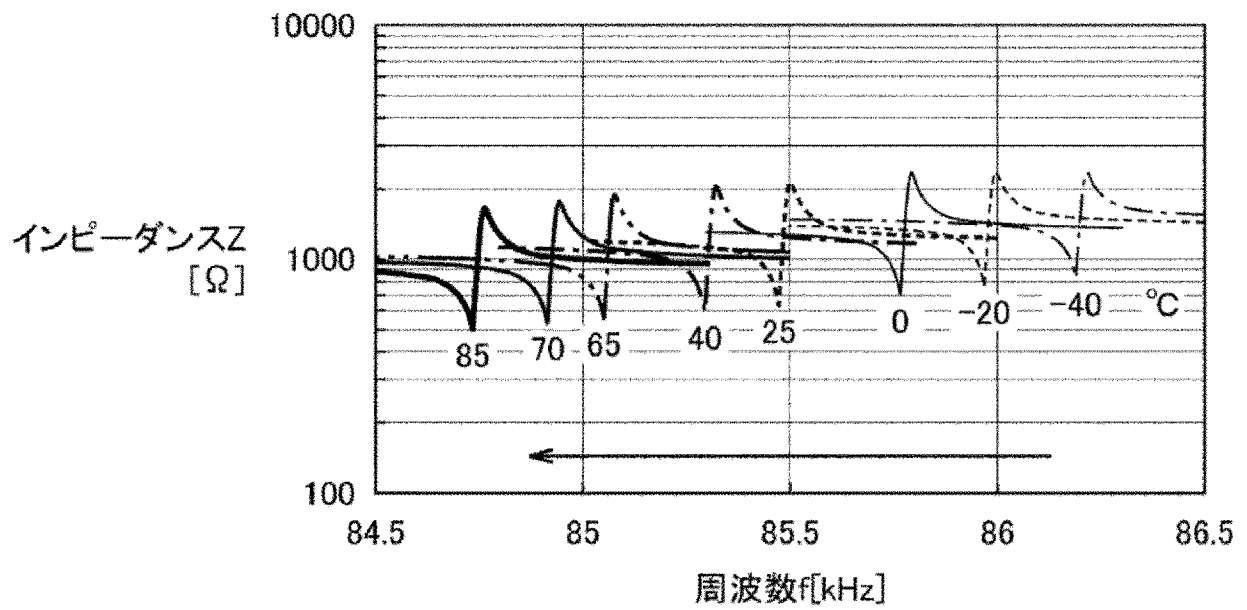
[図4]

図4



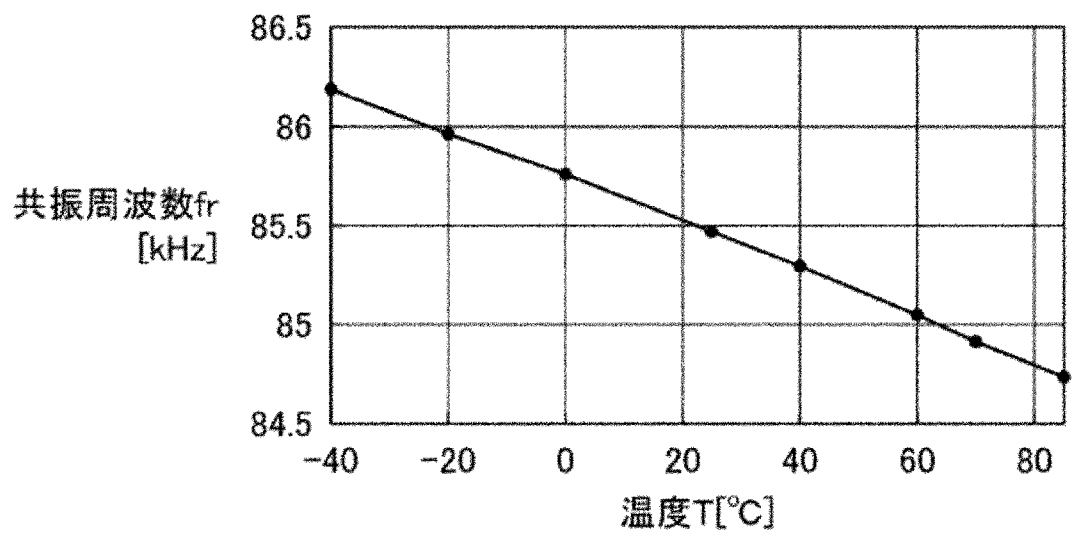
[図5]

図5



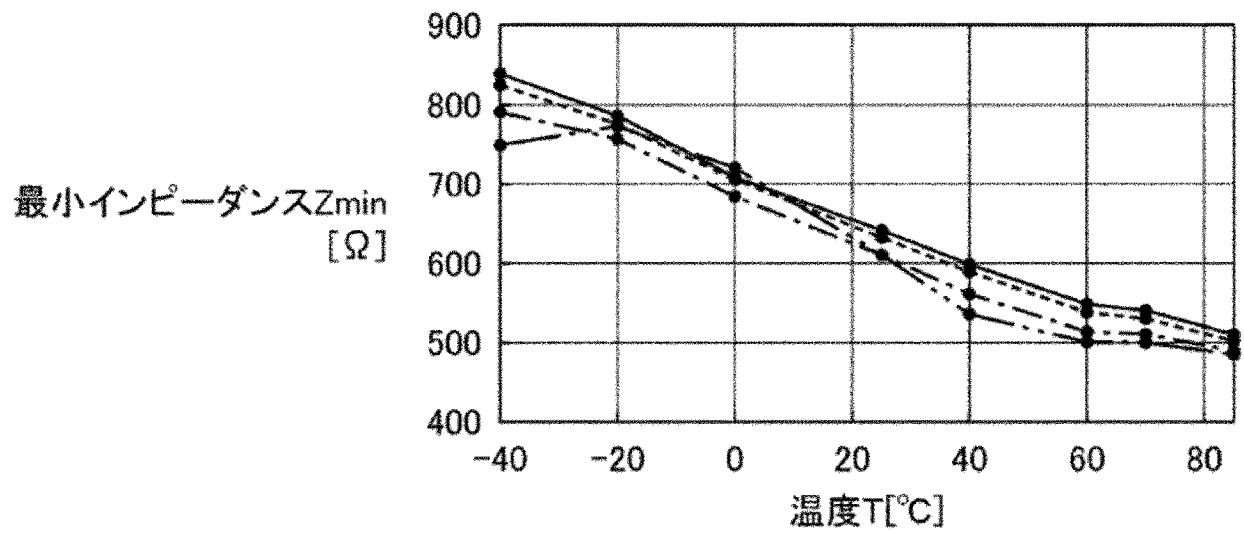
[図6A]

図6A



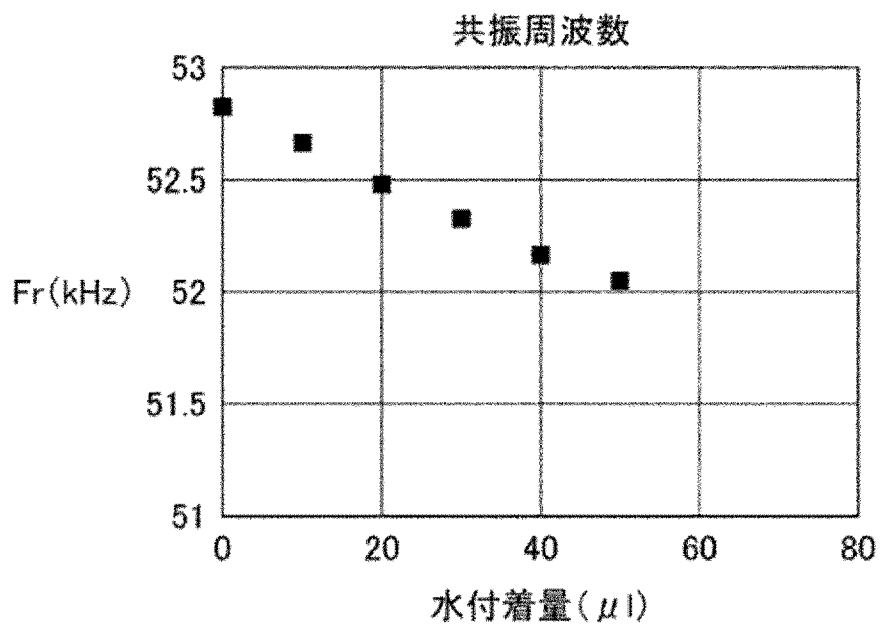
[図6B]

図6B



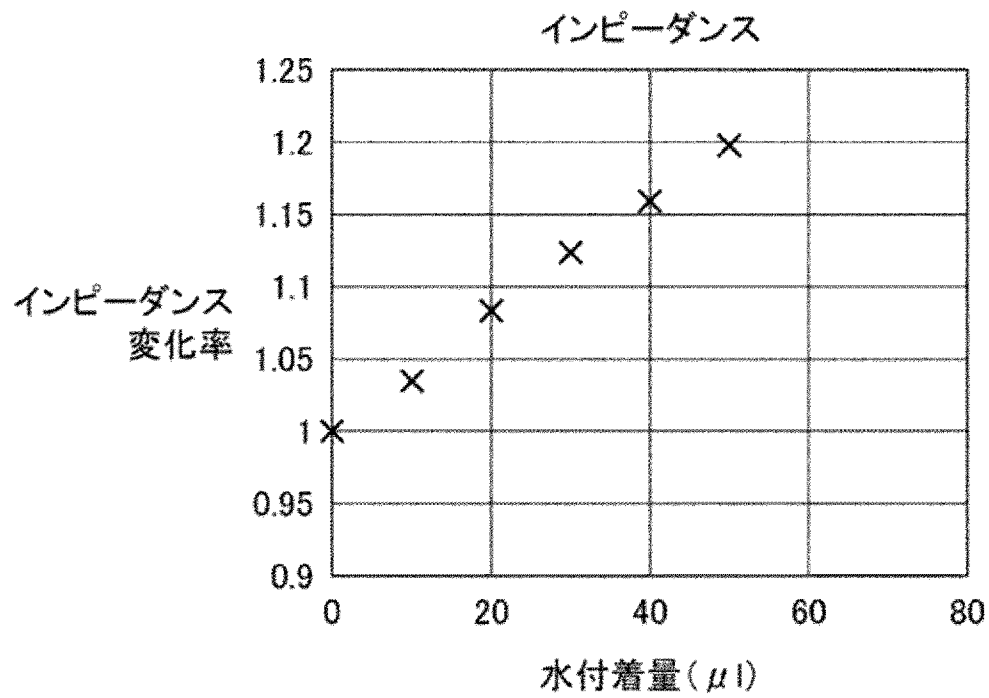
[図7A]

図7A



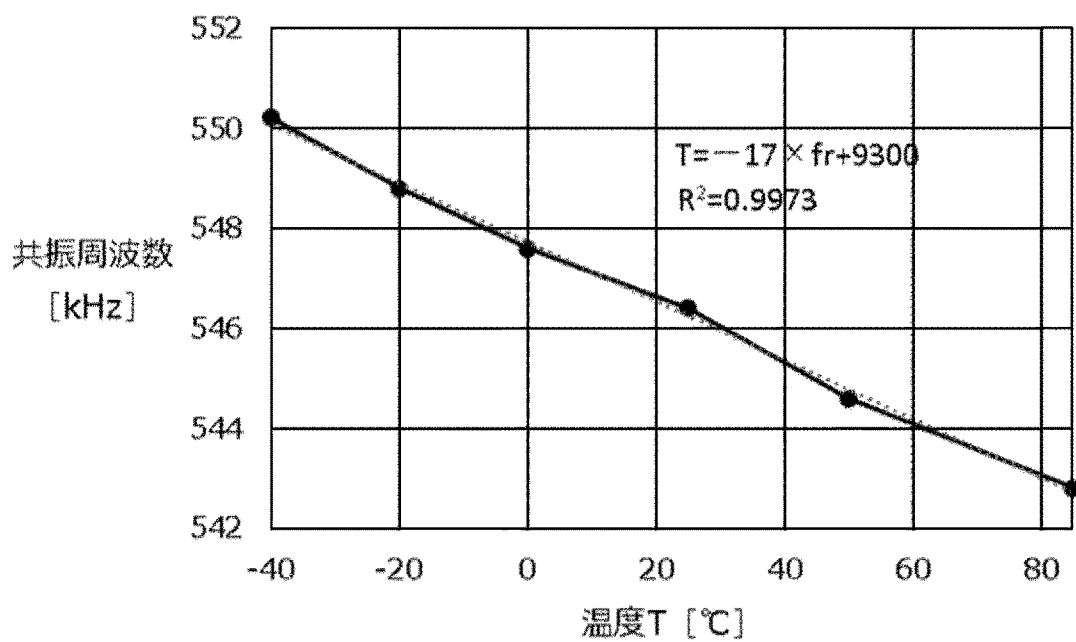
[図7B]

図7B



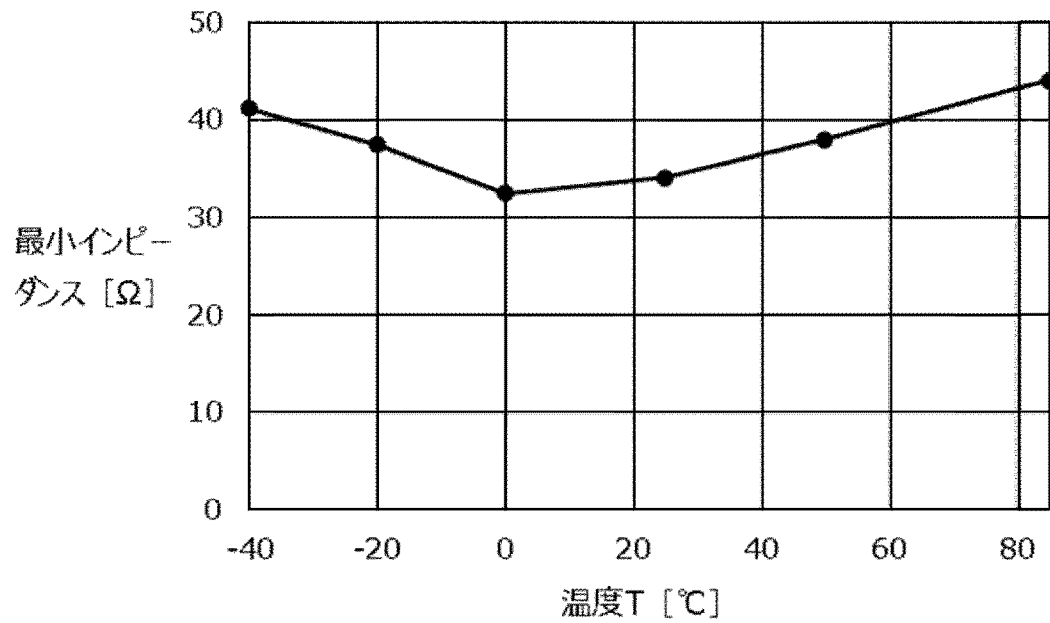
[図8A]

図8A



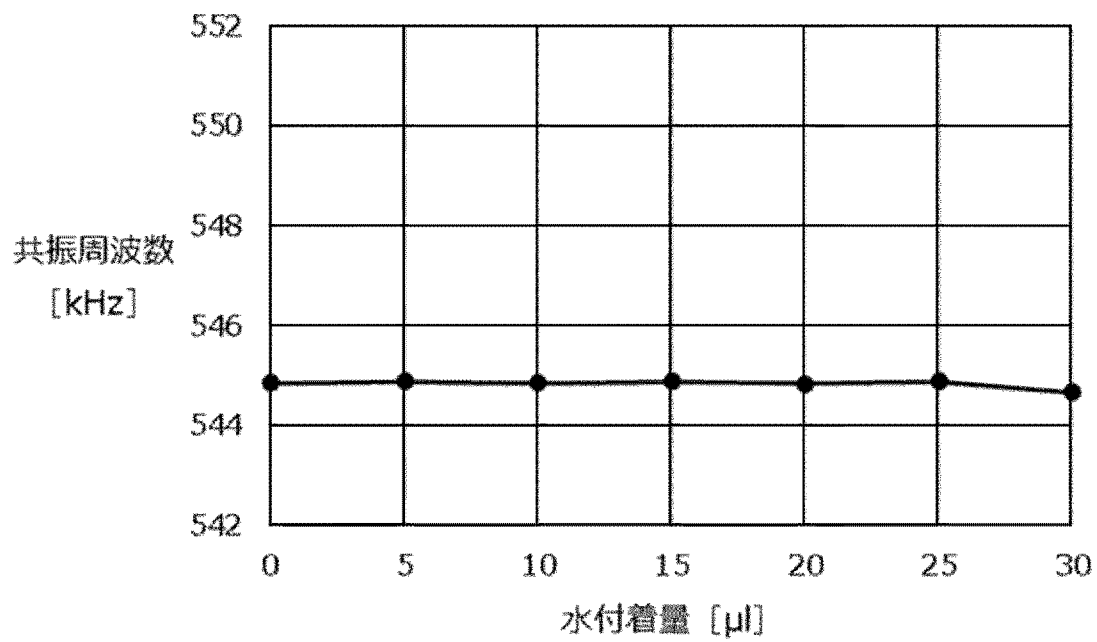
[図8B]

図8B



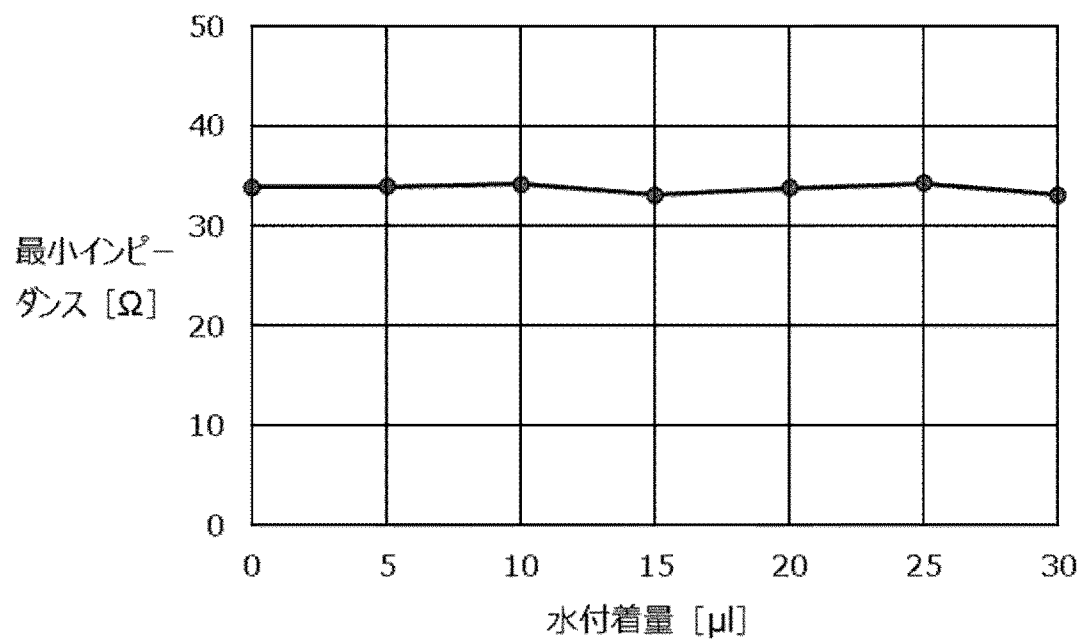
[図9A]

図9A



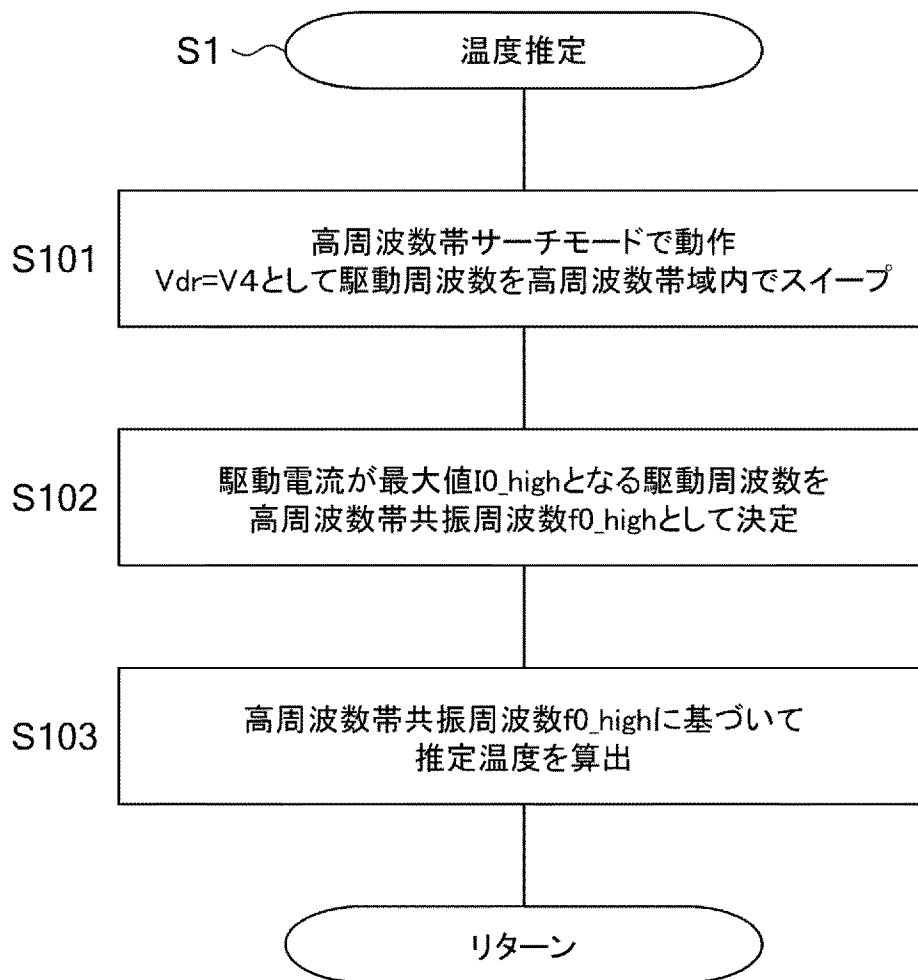
[図9B]

図9B



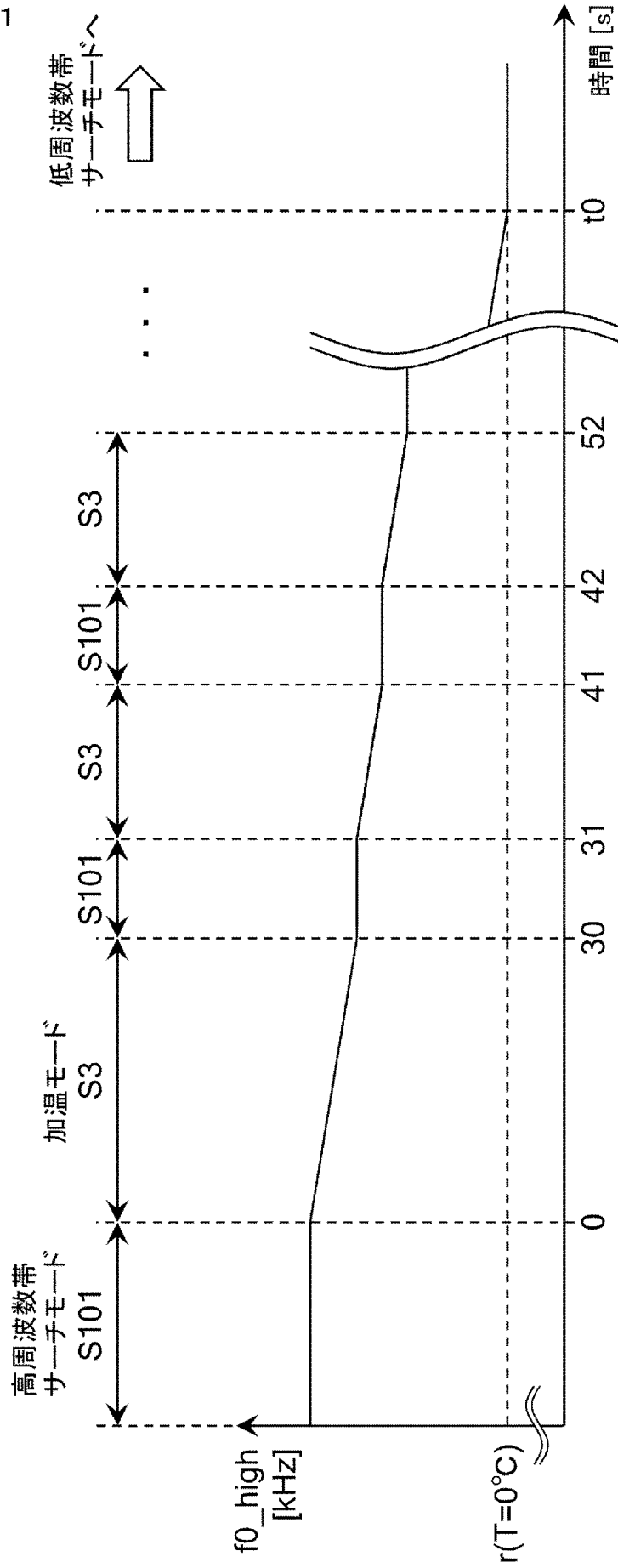
[図10]

図10



[図11]

图 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/035930

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N 23/52(2023.01)i; **B60S 1/62**(2006.01)i; **G01K 11/26**(2006.01)i; **G03B 17/02**(2021.01)i; **G03B 17/55**(2021.01)i
 FI: H04N5/225 430; G03B17/02; G03B17/55; G01K11/26; B60S1/62 120D

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)

H04N5/225; B60S1/62; G01K11/26; G03B17/02; G03B17/55

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	WO 2020/217600 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 29 October 2020 (2020-10-29) claims, paragraphs [0120], [0121]	1-10
A	JP 55-40966 A (TOSHIBA KK) 22 March 1980 (1980-03-22) claims, column 7, lines 1-3	1-10



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

12 December 2022

Date of mailing of the international search report

20 December 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/JP2022/035930

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/217600	A1	29 October 2020	EP 3934227 A1 claims, paragraphs [0121], [0122] US 2021/0084199 A1 CN 113273169 A	
JP	55-40966	A	22 March 1980	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04N 23/52(2023.01)i; B60S 1/62(2006.01)i; G01K 11/26(2006.01)i; G03B 17/02(2021.01)i; G03B 17/55(2021.01)i FI: H04N5/225 430; G03B17/02; G03B17/55; G01K11/26; B60S1/62 120D		
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）） H04N5/225; B60S1/62; G01K11/26; G03B17/02; G03B17/55 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	WO 2020/217600 A1（株式会社村田製作所）29.10.2020（2020-10-29） 請求の範囲, [0120][0121]他	1-10
A	JP 55-40966 A（東京芝浦電気株式会社）22.03.1980（1980-03-22） 特許請求の範囲, 第7欄第1-3行, 他	1-10
☐ 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。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般の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 12.12.2022		国際調査報告の発送日 20.12.2022
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） 吉川 康男 5P 4238 電話番号 03-3581-1101 内線 3581

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/JP2022/035930

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2020/217600	A1	29.10.2020	EP 3934227 A1 Claims, [0121][0122]他 US 2021/0084199 A1 CN 113273169 A	
JP	55-40966	A	22.03.1980	(ファミリーなし)	