

(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10月3日(03.10.2024)



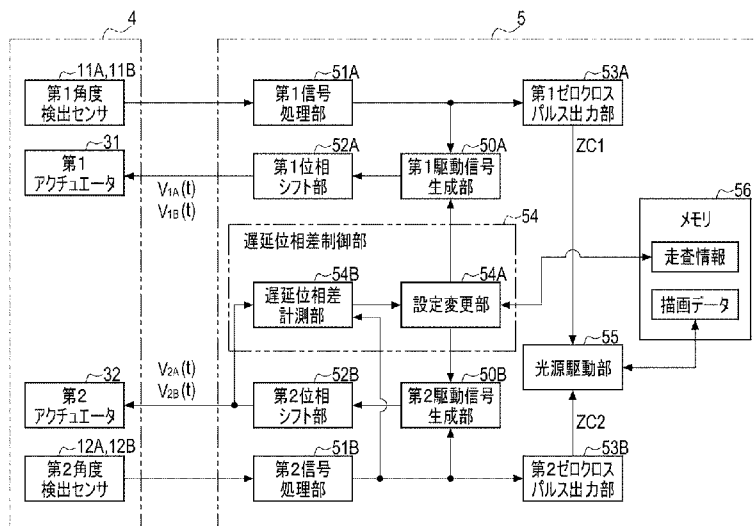
(10) 国際公開番号

WO 2024/202829 A1

- (51) 国際特許分類:  
G02B 26/10 (2006.01) G02B 26/08 (2006.01)  
B81B 3/00 (2006.01) H02N 2/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/007098
- (22) 国際出願日: 2024年2月27日(27.02.2024)
- (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 2023-050622 2023年3月27日(27.03.2023) JP
- (71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目26番30号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 園田 慎一郎 (SONODA, Shinichiro); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 吉澤 宏俊 (YOSHIZAWA, Hirotoishi); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 田中 伸也 (TANAKA, Nobuya); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人太陽国際特許事務所 (TAIYO, NAKAJIMA & KATO); 〒1600022 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 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,

(54) Title: OPTICAL SCANNING DEVICE, IMAGE DRAWING SYSTEM, AND METHOD FOR DRIVING MIRROR DEVICE

(54) 発明の名称: 光走査装置、画像描画システム、及びミラー装置の駆動方法



- 11A, 11B First angle detection sensors  
12A, 12B Second angle detection sensors  
31 First actuator  
32 Second actuator  
50A First drive signal generating unit  
50B Second drive signal generating unit  
51A First signal processing unit  
51B Second signal processing unit  
52A First phase shift unit  
52B Second phase shift unit  
53A First zero-cross pulse output unit  
53B Second zero-cross pulse output unit  
54 Delay phase difference control unit  
54A Setting changing unit  
54B Delay phase difference measurement unit  
55 Light source drive unit  
56 Memory; scanning information; drawing data

(57) Abstract: This optical scanning device comprises a mirror unit that reflects incident light, a pair of first actuators (31) that oscillate the mirror unit about a first axis, a pair of second actuators (32) that oscillate the mirror unit about a second axis, second angle detection sensors (12A, 12B) that output a second sensor signal corresponding to the deflection angle of the mirror unit about the second axis, and a drive control unit (5). The drive control unit (5) imparts a first drive signal having a first drive frequency to the pair of first actuators (31), imparts a second drive signal having a second drive frequency to the pair of second actuators (32), and changes the second drive frequency to a value for causing a delay phase difference of the second sensor signal with respect to the second drive signal to approach a reference value while maintaining a frequency ratio, which is the ratio of the first drive frequency and the second drive frequency, constant.

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, MG, MK, MN, MU, 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, 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: 本発明の光走査装置は、入射光を反射するミラー部と、第1軸の周りに前記ミラー部を揺動させる一对の第1アクチュエータ(31)と、第2軸の周りに前記ミラー部を揺動させる一对の第2アクチュエータ(32)と、前記ミラー部の前記第2軸周りの振れ角に応じた第2センサ信号を出力する第2角度検出センサ(12A, 12B)と、駆動制御部(5)と、を有する。駆動制御部(5)は、第1駆動周波数を有する第1駆動信号を一对の第1アクチュエータ(31)に付与し、第2駆動周波数を有する第2駆動信号を一对の第2アクチュエータ(32)に付与し、第1駆動周波数と第2駆動周波数との比である周波数比を一定に維持しながら、第2駆動信号に対する第2センサ信号の遅延位相差を基準値に近づける値に第2駆動周波数を変更する。

## 明 細 書

発明の名称：

光走査装置、画像描画システム、及びミラー装置の駆動方法

### 技術分野

[0001] 本開示は、光走査装置、画像描画システム、及びミラー装置の駆動方法に関する。

### 背景技術

[0002] シリコン（Si）の微細加工技術を用いて作製される微小電気機械システム（Micro Electro Mechanical Systems：MEMS）デバイスの1つとしてマイクロミラーデバイス（マイクロスキャナともいう）が知られている。このマイクロミラーデバイスを備える光走査装置は、小型かつ低消費電力であることから、レーザーディスプレイ又はレーザープロジェクタ等の画像描画システムへの応用が期待されている。

[0003] マイクロミラーデバイスは、ミラー部が、互いに直交する第1軸及び第2軸の周りに揺動可能に形成されており、ミラー部が各軸の周りに揺動することで、ミラー部が反射した光を二次元的に走査する。また、ミラー部を各軸の周りに共振させることにより、光をリサージュ走査することを可能とするマイクロミラーデバイスが知られている。

[0004] 特開2016-184018号公報には、第1軸及び第2軸の周りにミラー部を揺動させるマイクロミラーデバイスにおいて、ミラー部の振幅及び位相に基づいて、駆動周波数及びフレームレートを選択する技術が開示されている。

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] マイクロミラーデバイスの駆動電力を小さくするには、ミラー部を第1軸周りに揺動させるための第1駆動信号の周波数（以下、「第1駆動周波数」という。）は、ミラー部の第1軸周りの共振周波数（以下、「第1共振周波

数」という。)に近い値であることが好ましい。同様に、ミラー部を第2軸周りに揺動させるための第2駆動信号の周波数(以下、「第2駆動周波数」という。)は、ミラー部の第2軸周りの共振周波数(以下、「第2共振周波数」という。)に近い値であることが好ましい。第1共振周波数及び第2共振周波数は、温度変化等によって変動する。このため、第1駆動周波数及び第2駆動周波数を、それぞれ第1共振周波数及び第2共振周波数の変動に応じて変更することが好ましい。

[0006] 一方、ミラー部に所望の走査密度(すなわち描画解像度)のリサーチ走査を行わせるためには、第1駆動周波数と第2駆動周波数との比(以下、「周波数比」という。)を一定に維持する必要がある。しかしながら、特開2016-184018号公報には、位相から予想される共振周波数に基づいて駆動周波数及びフレームレートを選択することが記載されているものの、周波数比を一定に維持することは記載されていない。

[0007] 第1共振周波数及び第2共振周波数はそれぞれ個別に変動するので、周波数比を一定に維持したまま第1駆動周波数及び第2駆動周波数をそれぞれ第1共振周波数及び第2共振周波数の変動に応じて変更することは難しい。第1駆動周波数の第1共振周波数からのずれ量が大きくなると、ミラー部の第1軸周りの最大振れ角が低下してしまう。同様に、第2駆動周波数の第2共振周波数からのずれ量が大きくなると、ミラー部の第2軸周りの最大振れ角が低下してしまう。したがって、リサーチ走査を行う場合に、周波数比を一定に維持したまま最大振れ角の低下を抑制することを可能とする技術が求められている。

[0008] 本開示の技術は、周波数比を一定に維持したまま最大振れ角の低下を抑制することを可能とする光走査装置、画像描画システム、及びミラー装置の駆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

[0009] 上記目的を達成するために、本開示の光走査装置は、入射光を反射するミラー部と、ミラー部を第1軸の周りにミラー部を揺動させる一対の第1アク

チュエータと、ミラー部を第1軸に交差する第2軸の周りにミラー部を揺動させる一対の第2アクチュエータと、ミラー部の第1軸周りの振れ角に応じた第1センサ信号を出力する第1角度検出センサと、ミラー部の第2軸周りの振れ角に応じた第2センサ信号を出力する第2角度検出センサと、第1駆動周波数を有する第1駆動信号を一対の第1アクチュエータに付与し、かつ第2駆動周波数を有する第2駆動信号を一対の第2アクチュエータに付与するプロセッサと、を備える光走査装置であって、プロセッサは、第1駆動周波数と第2駆動周波数との比である周波数比を一定に維持しながら、第2駆動信号に対する第2センサ信号の遅延位相差を基準値に近づける値に第2駆動周波数を変更する。

[0010] プロセッサは、遅延位相差を基準値に近づける第2駆動周波数の値を決定し、決定した第2駆動周波数の値と周波数比とに基づいて第1駆動周波数の値を決定し、第1駆動周波数及び第2駆動周波数をそれぞれ決定した値に変更することが好ましい。

[0011] 第2駆動周波数は、第1駆動周波数よりも低いことが好ましい。

[0012] 第2軸周りの振れ角の第2駆動周波数に対する周波数帯域幅は、第1軸周りの振れ角の第1駆動周波数に対する周波数帯域幅よりも狭いことが好ましい。

[0013] 基準値は90°であることが好ましい。

[0014] 環境温度を検出して検出値を出力する温度センサをさらに備え、プロセッサは、検出値に基づいて、第1駆動信号の振幅電圧と第2駆動信号の振幅電圧とを補正することが好ましい。

[0015] 本開示の画像描画システムは、上記いずれかの光走査装置と、ミラー部に光ビームを照射する光源と、を備える。

[0016] 本開示のミラー装置の駆動方法は、入射光を反射するミラー部と、ミラー部を第1軸の周りにミラー部を揺動させる一対の第1アクチュエータと、ミラー部を第1軸に交差する第2軸の周りにミラー部を揺動させる一対の第2アクチュエータと、ミラー部の第1軸周りの振れ角に応じた第1センサ信号

を出力する第1角度検出センサと、ミラー部の第2軸周りの振れ角に応じた第2センサ信号を出力する第2角度検出センサと、を備えるミラー装置の駆動方法であって、プロセッサが、第1駆動周波数を有する第1駆動信号を一对の第1アクチュエータに付与し、第2駆動周波数を有する第2駆動信号を一对の第2アクチュエータに付与し、第1駆動周波数と第2駆動周波数との比である周波数比を一定に維持しながら、第2駆動信号に対する第2センサ信号の遅延位相差を基準値に近づける値に第2駆動周波数を変更する。

### 発明の効果

[0017] 本開示の技術によれば、周波数比を一定に維持したまま最大振れ角の低下を抑制することができる。

### 図面の簡単な説明

[0018] [図1]第1実施形態に係る画像描画システムの概略図である。

[図2]マイクロミラーデバイスの外観斜視図である。

[図3]第1駆動信号及び第2駆動信号の一例を示すグラフである。

[図4]第1実施形態に係る駆動制御部の機能的な構成の一例を示すブロック図である。

[図5]第1角度検出センサから出力される第1センサ信号の一例を示す図である。

[図6]第2角度検出センサから出力される第2センサ信号の一例を示す図である。

[図7]第1信号処理の一例を示す図である。

[図8]第2信号処理の一例を示す図である。

[図9]第1ゼロクロスパルスの生成処理を説明する図である。

[図10]第2ゼロクロスパルスの生成処理を説明する図である。

[図11]ミラー部の第1軸周りの周波数特性の一例を示す図である。

[図12]ミラー部の第2軸周りの周波数特性の一例を示す図である。

[図13]環境温度が低下した場合における遅延位相差制御を概念的に示す図である。

[図14]遅延位相差制御の流れの一例を示す図である。

[図15]実験1の結果を示す図である。

[図16]実験2の結果を示す図である。

[図17]実験3の結果を示す図である。

[図18]第2実施形態に係る画像描画システムの概略図である。

[図19]第2実施形態に係る駆動制御部の機能的な構成の一例を示すブロック図である。

[図20]実験4の結果を示す図である。

[図21]実験5の結果を示す図である。

[図22]実験6の結果を示す図である。

[図23]変形例に係るマイクロミラーデバイスの平面図である。

### 発明を実施するための形態

[0019] 以下、図面を参照して、本開示の技術を実施するための形態例を詳細に説明する。

[0020] [第1実施形態]

まず、図1を参照して、第1実施形態に係る画像描画システム10の構成を説明する。図1に示すように、画像描画システム10は、光走査装置2及び光源3を備える。光走査装置2は、マイクロミラーデバイス（以下、「MMD (Micro Mirror Device)」という。）4、及び駆動制御部5を備える。駆動制御部5は、本開示の技術に係る「プロセッサ」の一例である。MMD 4は、本開示の技術に係る「ミラー装置」の一例である。

[0021] 画像描画システム10は、駆動制御部5の制御に従って、光源3から照射された光ビームLをMMD 4により反射して被走査面6を光走査することにより、画像を描画する。被走査面6は、例えば、画像を投影するためのスクリーン又は人の目の網膜等である。

[0022] 画像描画システム10は、例えば、リサーチ走査方式のレーザーディスプレイに適用される。具体的には、画像描画システム10は、AR (Augmented Reality) グラス又はVR (Virtual Reality) グラス等のレーザーキャ

ンディスプレイに適用可能である。

[0023] MMD 4 は、第 1 軸  $a_1$  と、第 1 軸  $a_1$  に直交する第 2 軸  $a_2$  との周りに、ミラー部 20（図 2 参照）を揺動させることを可能とする圧電型 2 軸駆動方式のマイクロミラーデバイスである。以下、第 2 軸  $a_2$  と平行な方向を X 方向、第 1 軸  $a_1$  と平行な方向を Y 方向、第 1 軸  $a_1$  及び第 2 軸  $a_2$  に直交する方向を Z 方向という。本実施形態では、第 1 軸  $a_1$  と第 2 軸  $a_2$  とが直交する（すなわち、垂直に交差する）例を示しているが、第 1 軸  $a_1$  と第 2 軸  $a_2$  とは  $90^\circ$  以外の角度で交差してもよい。ここで、交差とは、 $90^\circ$  を中心として、許容誤差を含む一定の角度範囲内で交わることをいう。

[0024] 光源 3 は、光ビーム L として、例えばレーザ光を発するレーザ装置である。光源 3 は、例えば、R（Red）、G（Green）、及び B（Blue）の 3 色のレーザ光を出力する。光源 3 は、MMD 4 のミラー部 20 が静止した状態において、ミラー部 20 が備える反射面 20A（図 2 参照）に垂直に光ビーム L を照射することが好ましい。なお、光源 3 から反射面 20A に垂直に光ビーム L を照射する場合、光ビーム L を被走査面 6 に走査して描画する際に、光源 3 が障害物となる可能性がある。このため、光源 3 から発せられた光ビーム L を、ビームスプリッタ等の光学系で制御して、反射面 20A に垂直に照射することが好ましい。光学系は、レンズを含むものであってもよいし、レンズを含まないものであってもよい。また、光源 3 から発せられた光ビーム L を反射面 20A に照射する角度は垂直に限られず、光ビーム L を反射面 20A に対して斜めに照射してもよい。

[0025] 駆動制御部 5 は、光走査情報に基づいて光源 3 及び MMD 4 に駆動信号を出力する。光源 3 は、入力された駆動信号に基づいて光ビーム L を発生して MMD 4 に照射する。MMD 4 は、入力された駆動信号に基づいて、ミラー部 20 を第 1 軸  $a_1$  及び第 2 軸  $a_2$  の周りに揺動させる。

[0026] 駆動制御部 5 がミラー部 20 を第 1 軸  $a_1$  及び第 2 軸  $a_2$  の周りにそれぞれ共振させることにより、ミラー部 20 で反射される光ビーム L が被走査面 6 上においてリサージュ波形を描くように走査される。この光走査方式は、リ

サーージュ走査方式と呼ばれる。

[0027] 次に、図2を参照して、本実施形態に係るMMD4の構成を説明する。図2に示すように、MMD4は、ミラー部20、第1支持部21、第1可動枠22、第2支持部23、第2可動枠24、接続部25、及び固定枠26を有する。MMD4は、いわゆるMEMSスキャナである。

[0028] ミラー部20は、入射光を反射する反射面20Aを有する。反射面20Aは、ミラー部20の一面に設けられ、例えば、金(Au)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)、又は銀の合金等の金属薄膜で形成される。反射面20Aの形状は、例えば、第1軸 $a_1$ と第2軸 $a_2$ との交点を中心とした円形状である。

[0029] 第1軸 $a_1$ 及び第2軸 $a_2$ は、ミラー部20が静止した静止時において反射面20Aを含む平面内に存在する。MMD4の平面形状は、矩形状であって、第1軸 $a_1$ に関して線対称であり、かつ第2軸 $a_2$ に関して線対称である。

[0030] 第1支持部21は、ミラー部20の外側に、第2軸 $a_2$ を挟んで対向する位置にそれぞれ配置されている。第1支持部21は、第1軸 $a_1$ 上でミラー部20と接続されており、ミラー部20を第1軸 $a_1$ 周りに揺動可能に支持している。本実施形態では、第1支持部21は、第1軸 $a_1$ に沿って延伸したトーションバーである。

[0031] 第1可動枠22は、ミラー部20を取り囲む矩形状の枠体であって、第1軸 $a_1$ 上で第1支持部21を介してミラー部20と接続されている。第1可動枠22の上には、第1軸 $a_1$ を挟んで対向する位置にそれぞれ圧電素子30が形成されている。このように、第1可動枠22上に2つの圧電素子30が形成されることにより、一对の第1アクチュエータ31が構成される。

[0032] 一对の第1アクチュエータ31は、第1軸 $a_1$ を挟んで対向する位置に配置されている。一对の第1アクチュエータ31は、ミラー部20に、第1軸 $a_1$ 周りの回転トルクを作用させることにより、ミラー部20を第1軸 $a_1$ 周りに揺動させる。

[0033] 第2支持部23は、第1可動枠22の外側に、第1軸 $a_1$ を挟んで対向する

位置にそれぞれ配置されている。第2支持部23は、第2軸 $a_2$ 上で第1可動枠22と接続されており、第1可動枠22及びミラー部20を、第2軸 $a_2$ 周りに揺動可能に支持している。本実施形態では、第2支持部23は、第2軸 $a_2$ に沿って延伸したトーションバーである。

[0034] 第2可動枠24は、第1可動枠22を取り囲む矩形状の枠体であって、第2軸 $a_2$ 上で第2支持部23を介して第1可動枠22と接続されている。第2可動枠24の上には、第2軸 $a_2$ を挟んで対向する位置にそれぞれ圧電素子30が形成されている。このように、第2可動枠24上に2つの圧電素子30が形成されることにより、一对の第2アクチュエータ32が構成される。

[0035] 一对の第2アクチュエータ32は、第2軸 $a_2$ を挟んで対向する位置に配置されている。一对の第2アクチュエータ32は、ミラー部20及び第1可動枠22に、第2軸 $a_2$ の周りの回転トルクを作用させることにより、第2軸 $a_2$ の周りにミラー部20を揺動させる。

[0036] 接続部25は、第2可動枠24の外側に、第1軸 $a_1$ を挟んで対向する位置にそれぞれ配置されている。接続部25は、第2軸 $a_2$ 上で第2可動枠24と接続されている。

[0037] 固定枠26は、第2可動枠24を取り囲む矩形状の枠体であって、第2軸 $a_2$ 上で接続部25を介して第2可動枠24と接続されている。

[0038] また、第1可動枠22には、第1支持部21の近傍に、第1軸 $a_1$ を挟んで対向する位置に第1角度検出センサ11A、11Bが設けられている。第1角度検出センサ11A、11Bは、それぞれ圧電素子により構成されている。第1角度検出センサ11A、11Bは、それぞれ、ミラー部20の第1軸 $a_1$ 周りの回転に伴う第1支持部21の変形により加わる力を電圧に変換して信号を出力する。すなわち、第1角度検出センサ11A、11Bは、ミラー部20の第1軸 $a_1$ 周りの振れ角に応じた信号（以下、「第1センサ信号」という。）を出力する。

[0039] また、第2可動枠24には、第2支持部23の近傍に、第2軸 $a_2$ を挟んで対向する位置に第2角度検出センサ12A、12Bが設けられている。第2

角度検出センサ 12 A、12 B は、それぞれ圧電素子により構成されている。第2角度検出センサ 12 A、12 B は、それぞれ、ミラー部 20 の第2軸  $a_2$  周りの回転に伴う第2支持部 23 の変形により加わる力を電圧に変換して信号を出力する。すなわち、第2角度検出センサ 12 A、12 B は、ミラー部 20 の第2軸  $a_2$  周りの振れ角に応じた信号（以下、「第2センサ信号」という。）を出力する。

[0040] 図2では、一对の第1アクチュエータ 31 及び一对の第2アクチュエータ 32 に駆動信号を与えるための配線及び電極パッドについては図示を省略している。また、図2では、第1角度検出センサ 11 A、11 B 及び第2角度検出センサ 12 A、12 B から信号を出力するための配線及び電極パッドについても図示を省略している。電極パッドは、固定枠 26 上に複数設けられる。

[0041] ミラー部 20 の第1軸  $a_1$  周りの振れ角（以下、「第1振れ角」という。） $\theta_1$  は、駆動制御部 5 が一对の第1アクチュエータ 31 に与える駆動信号（以下、「第1駆動信号」という。）により制御される。第1駆動信号は、例えば正弦波の交流電圧である。第1駆動信号は、一对の第1アクチュエータ 31 の一方に印加される駆動電圧波形  $V_{1A}(t)$  と、他方に印加される駆動電圧波形  $V_{1B}(t)$  とを含む。駆動電圧波形  $V_{1A}(t)$  と駆動電圧波形  $V_{1B}(t)$  とは、互いに逆位相（すなわち位相差  $180^\circ$ ）である。

[0042] なお、第1振れ角  $\theta_1$  は、反射面 20 A の法線が、XZ 平面において Z 方向に対して傾斜する角度である。

[0043] ミラー部 20 の第2軸  $a_2$  周りの振れ角（以下、「第2振れ角」という。） $\theta_2$  は、駆動制御部 5 が一对の第2アクチュエータ 32 に与える駆動信号（以下、「第2駆動信号」という。）により制御される。第2駆動信号は、例えば正弦波の交流電圧である。第2駆動信号は、一对の第2アクチュエータ 32 の一方に印加される駆動電圧波形  $V_{2A}(t)$  と、他方に印加される駆動電圧波形  $V_{2B}(t)$  とを含む。駆動電圧波形  $V_{2A}(t)$  と駆動電圧波形  $V_{2B}(t)$  とは、互いに逆位相（すなわち位相差  $180^\circ$ ）である。

[0044] なお、第2振れ角 $\theta_2$ は、反射面20Aの法線が、YZ平面においてZ方向に対して傾斜する角度である。

[0045] 図3に、第1駆動信号及び第2駆動信号の一例を示す。図3の(A)は、第1駆動信号に含まれる駆動電圧波形 $V_{1A}(t)$ 及び $V_{1B}(t)$ を示す。図3の(B)は、第2駆動信号に含まれる駆動電圧波形 $V_{2A}(t)$ 及び $V_{2B}(t)$ を示す。

[0046] 駆動電圧波形 $V_{1A}(t)$ 及び $V_{1B}(t)$ は、それぞれ次のように表される。

$$V_{1A}(t) = V_{off1} + A_1 \sin(2\pi f_{d1}t)$$

$$V_{1B}(t) = V_{off1} + A_1 \sin(2\pi f_{d1}t + \alpha)$$

[0047] ここで、 $A_1$ は振幅電圧である。 $V_{off1}$ はバイアス電圧である。 $V_{off1}$ はゼロでもよい。 $f_{d1}$ は駆動周波数（以下、「第1駆動周波数」という。）である。 $t$ は時間である。 $\alpha$ は、駆動電圧波形 $V_{1A}(t)$ 及び $V_{1B}(t)$ の位相差である。本実施形態では、例えば、 $\alpha = 180^\circ$ とする。

[0048] 駆動電圧波形 $V_{1A}(t)$ 及び $V_{1B}(t)$ が一对の第1アクチュエータ31に印加されることにより、ミラー部20は、第1駆動周波数 $f_{d1}$ で第1軸 $a_1$ 周りに揺動する。

[0049] 駆動電圧波形 $V_{2A}(t)$ 及び $V_{2B}(t)$ は、それぞれ次のように表される。

$$V_{2A}(t) = V_{off2} + A_2 \sin(2\pi f_{d2}t + \phi)$$

$$V_{2B}(t) = V_{off2} + A_2 \sin(2\pi f_{d2}t + \beta + \phi)$$

[0050] ここで、 $A_2$ は振幅電圧である。 $V_{off2}$ はバイアス電圧である。 $V_{off2}$ はゼロでもよい。 $f_{d2}$ は駆動周波数（以下、「第2駆動周波数」という。）である。 $t$ は時間である。 $\beta$ は、駆動電圧波形 $V_{2A}(t)$ 及び $V_{2B}(t)$ の位相差である。本実施形態では、例えば、 $\beta = 180^\circ$ とする。また、 $\phi$ は、駆動電圧波形 $V_{1A}(t)$ 及び $V_{1B}(t)$ と、駆動電圧波形 $V_{2A}(t)$ 及び $V_{2B}(t)$ との位相差である。

[0051] 駆動電圧波形 $V_{2A}(t)$ 及び $V_{2B}(t)$ が一对の第2アクチュエータ32

に印加されることにより、ミラー部20は、第2駆動周波数 $f_{d2}$ で第2軸 $a_2$ 周りに揺動する。以下において、ミラー部20の第1軸 $a_1$ 周りの共振周波数を「第1共振周波数」といい、ミラー部20の第2軸 $a_2$ 周りの共振周波数を「第2共振周波数」という。

[0052] 本実施形態では、 $f_{d1} > f_{d2}$ とする。すなわち、ミラー部20は、第1軸 $a_1$ 周りの揺動周波数が、第2軸 $a_2$ 周りの揺動周波数よりも高い。ミラー部20の揺動により被走査面6に走査される光ビームLのリサージュ波形は、第1駆動周波数 $f_{d1}$ と第2駆動周波数 $f_{d2}$ との比（以下、周波数比という。） $H$ と位相差 $\phi$ とにより決定される。周波数比 $H$ は、例えば、 $H = f_{d1} / f_{d2}$ であり、所望とする光ビームLの走査密度に基づいて設定される値である。

[0053] ミラー部20は、第1駆動周波数 $f_{d1}$ が第1共振周波数に設定された場合に、第1振れ角 $\theta_1$ の最大値（以下、「第1最大振れ角 $\theta_{1max}$ 」という。）が最も大きくなり、第2駆動周波数 $f_{d2}$ が設定された場合に、第2振れ角 $\theta_2$ の最大値（以下、「第2最大振れ角 $\theta_{2max}$ 」という。）が最も大きくなる。ここで、第1最大振れ角 $\theta_{1max}$ 及び第2最大振れ角 $\theta_{2max}$ は、全角として定義される。

[0054] 第1最大振れ角 $\theta_{1max}$ 及び第2最大振れ角 $\theta_{2max}$ の低下を抑制するためには、第1駆動周波数 $f_{d1}$ 及び第2駆動周波数 $f_{d2}$ がそれぞれ第1共振周波数及び第2共振周波数に近い値に設定されることが好ましい。例えば、第1駆動周波数 $f_{d1}$ 及び第2駆動周波数 $f_{d2}$ は、それぞれ第1共振周波数及び第2共振周波数の近傍の周波数範囲（例えば、共振周波数をピーク値とする周波数分布の半値幅の範囲）内の周波数であることが好ましい。この周波数範囲は、例えば、いわゆるQ値の範囲内である。

[0055] 次に、図4を参照して、駆動制御部5の機能的な構成を説明する。図4に示すように、駆動制御部5は、第1駆動信号生成部50A、第2駆動信号生成部50B、第1信号処理部51A、第2信号処理部51B、第1位相シフト部52A、第2位相シフト部52B、第1ゼロクロスパルス出力部53A、第2ゼロクロスパルス出力部53B、遅延位相差制御部54、光源駆動部

55、及びメモリ56を有する。

[0056] 第1駆動信号生成部50A、第1信号処理部51A、及び第1位相シフト部52Aは、ミラー部20の第1軸 $a_1$ 周りの揺動が一定の周波数の揺動状態を維持するようにフィードバック制御を行ってもよい。第2駆動信号生成部50B、第2信号処理部51B、及び第2位相シフト部52Bは、ミラー部20の第2軸 $a_2$ 周りの揺動が一定の周波数の揺動状態を維持するようにフィードバック制御を行ってもよい。

[0057] 第1駆動信号生成部50Aは、基準波形に基づいて、上述の駆動電圧波形 $V_{1A}(t)$ 及び $V_{1B}(t)$ を含む第1駆動信号を生成し、生成した第1駆動信号を、第1位相シフト部52Aを介して一对の第1アクチュエータ31に付与する。これにより、ミラー部20は、第1軸 $a_1$ 周りに揺動する。

[0058] 第2駆動信号生成部50Bは、基準波形に基づいて、上述の駆動電圧波形 $V_{2A}(t)$ 及び $V_{2B}(t)$ を含む第2駆動信号を生成し、生成した第2駆動信号を、第2位相シフト部52Bを介して一对の第2アクチュエータ32に付与する。これにより、ミラー部20は、第2軸 $a_2$ 周りに揺動する。

[0059] 第1駆動信号生成部50Aが生成する第1駆動信号と、第2駆動信号生成部50Bが生成する第2駆動信号とは、上述の位相差 $\phi$ を有するように位相同期されている。

[0060] 図5は、第1角度検出センサ11A、11Bから出力される第1センサ信号の一例を示す。図5において、 $S1a_1$ 及び $S1a_2$ は、ミラー部20を第2軸 $a_2$ 周りには揺動させずに、第1軸 $a_1$ 周りにのみ揺動させた場合に第1角度検出センサ11A、11Bから出力される第1センサ信号を表している。信号 $S1a_1$ 、 $S1a_2$ は、第1駆動周波数 $f_{d1}$ を有する正弦波に近似した波形信号であり、互いに逆位相となる。

[0061] ミラー部20を第1軸 $a_1$ 及び第2軸 $a_2$ の周りに同時に揺動させた場合には、第1センサ信号には、ミラー部20の第2軸 $a_2$ 周りの揺動に起因する振動ノイズRN1が重畳される。 $S1b_1$ は、信号 $S1a_1$ に振動ノイズRN1が重畳された信号を表している。 $S1b_2$ は、信号 $S1a_2$ に振動ノイズRN

1 が重畳された信号を表している。なお、図 5 では、本実施形態の説明のために、振動ノイズ  $RN1$  を強調して示している。

[0062] 図 6 は、第 2 角度検出センサ 12 A、12 B から出力される第 2 センサ信号の一例を示す。図 6 において、 $S2a_1$  及び  $S2a_2$  は、ミラー部 20 を第 1 軸  $a_1$  周りには揺動させずに、第 2 軸  $a_2$  周りにのみ揺動させた場合に第 2 角度検出センサ 12 A、12 B から出力される信号を表している。信号  $S2a_1$ 、 $S2a_2$  は、第 2 駆動周波数  $f_{d2}$  を有する正弦波に近似した波形信号であり、互いに逆位相となる。

[0063] ミラー部 20 を第 1 軸  $a_1$  及び第 2 軸  $a_2$  の周りに同時に揺動させた場合には、第 2 センサ信号には、ミラー部 20 の第 1 軸  $a_1$  周りの揺動に起因する振動ノイズ  $RN2$  が重畳される。 $S2b_1$  は、信号  $S2a_1$  に振動ノイズ  $RN2$  が重畳された信号を表している。 $S2b_2$  は、信号  $S2a_2$  に振動ノイズ  $RN2$  が重畳された信号を表している。なお、図 6 では、本実施形態の説明のために、振動ノイズ  $RN2$  を強調して示している。

[0064] 第 1 信号処理部 51 A は、第 1 角度検出センサ 11 A、11 B から出力された第 1 センサ信号に基づいて、振動ノイズが除去された信号（以下、「第 1 角度検出信号」という。）を生成する。例えば、第 1 信号処理部 51 A は、第 1 角度検出センサ 11 A から出力された信号から第 1 角度検出センサ 11 B から出力された信号を減算することにより第 1 角度検出信号を生成する。

[0065] 第 2 信号処理部 51 B は、第 2 角度検出センサ 12 A、12 B から出力された第 2 センサ信号に基づいて、振動ノイズが除去された信号（以下、「第 2 角度検出信号」という。）を生成する。例えば、第 2 信号処理部 51 B は、第 2 角度検出センサ 12 A から出力された信号から第 2 角度検出センサ 12 B から出力された信号を減算することにより第 2 角度検出信号を生成する。

[0066] 図 7 は、第 1 角度検出センサ 11 A、11 B から出力された第 1 センサ信号  $S1b_1$ 、 $S1b_2$  に基づいて、第 1 角度検出信号  $S1c$  が生成される様子

を示している。第1角度検出信号 $S1c$ は、信号 $S1b_1$ から振動ノイズ $RN1$ が除去された信号の振幅を2倍とした信号に対応する。

[0067] ミラー部20の第1軸 $a_1$ 周りの揺動が共振状態を維持している場合には、図7に示すように、第1信号処理部51Aから出力される第1角度検出信号 $S1c$ は、第1駆動信号に含まれる駆動電圧波形 $V_{1A}(t)$ に対して遅延し、両者の位相差 $\eta_1$ が $90^\circ$ となる。位相差 $\eta_1$ は、第1駆動信号に対する第1センサ信号の遅延位相差である。以下、位相差 $\eta_1$ を「第1遅延位相差 $\eta_1$ 」という。

[0068] 図8は、第2角度検出センサ12A、12Bから出力された第2センサ信号 $S2b_1$ 、 $S2b_2$ に基づいて、第2角度検出信号 $S2c$ が生成される様子を示している。第2角度検出信号 $S2c$ は、信号 $S2b_1$ から振動ノイズ $RN2$ が除去された信号の振幅を2倍とした信号に対応する。

[0069] ミラー部20の第2軸 $a_2$ 周りの揺動が共振状態を維持している場合には、図8に示すように、第2信号処理部51Bから出力される第2角度検出信号 $S2c$ は、第2駆動信号に含まれる駆動電圧波形 $V_{2A}(t)$ に対して遅延し、両者の位相差 $\eta_2$ が $90^\circ$ となる。位相差 $\eta_2$ は、第2駆動信号に対する第2センサ信号の遅延位相差である。以下、位相差 $\eta_2$ を「第2遅延位相差 $\eta_2$ 」という。

[0070] 第1信号処理部51Aにより生成された第1角度検出信号 $S1c$ は、第1駆動信号生成部50Aにフィードバックされる。第1位相シフト部52Aは、第1駆動信号生成部50Aから出力された駆動電圧波形の位相をシフトする。第1位相シフト部52Aは、例えば、位相を $90^\circ$ シフトさせる。また、第1信号処理部51Aにより生成された第1角度検出信号 $S1c$ は、第1ゼロクロスパルス出力部53Aに入力される。

[0071] 第2信号処理部51Bにより生成された第2角度検出信号 $S2c$ は、第2駆動信号生成部50Bにフィードバックされる。第2位相シフト部52Bは、第2駆動信号生成部50Bから出力された駆動電圧波形の位相をシフトする。第2位相シフト部52Bは、例えば、位相を $90^\circ$ シフトさせる。また

、第2信号処理部51Bにより生成された第2角度検出信号S2cは、第2ゼロクロスパルス出力部53Bに入力される。

[0072] 第1ゼロクロスパルス出力部53Aは、第1信号処理部51Aから入力される第1角度検出信号S1cに基づき、第1ゼロクロスパルスZC1を生成する。第1ゼロクロスパルス出力部53Aは、ゼロクロス検出回路により構成されている。

[0073] 図9に示すように、第1ゼロクロスパルス出力部53Aは、交流信号である第1角度検出信号S1cがゼロボルトを横切るタイミングで第1ゼロクロスパルスZC1を生成する。第1ゼロクロスパルス出力部53Aは、生成した第1ゼロクロスパルスZC1を光源駆動部55に入力する。

[0074] 第2ゼロクロスパルス出力部53Bは、第2信号処理部51Bから入力される第2角度検出信号S2cに基づき、第2ゼロクロスパルスZC2を生成する。第2ゼロクロスパルス出力部53Bは、ゼロクロス検出回路により構成されている。

[0075] 図10に示すように、第2ゼロクロスパルス出力部53Bは、交流信号である第2角度検出信号S2cがゼロボルトを横切るタイミングで第2ゼロクロスパルスZC2を生成する。第2ゼロクロスパルス出力部53Bは、生成した第2ゼロクロスパルスZC2を光源駆動部55に入力する。

[0076] 光源駆動部55は、例えば、画像描画システム10の外部から供給されてメモリ56に記憶された描画データに基づいて、光源3を駆動する。また、光源駆動部55は、光源3によるレーザ光の照射タイミングが、第1ゼロクロスパルスZC1及び第2ゼロクロスパルスZC2と同期するように照射タイミングを制御する。

[0077] メモリ56には、描画データの他に、外部から入力された走査情報を記憶している。走査情報は、上述の周波数比H及び位相差 $\phi$ を含む。

[0078] 遅延位相差制御部54は、設定変更部54Aと、遅延位相差計測部54Bと、を含んで構成されている。設定変更部54Aは、メモリ56に記憶された走査情報に含まれる周波数比Hを満たす第1駆動周波数 $f_{d1}$ 及び第2駆動

周波数  $f_{d2}$  を、第 1 駆動信号生成部 50A 及び第 2 駆動信号生成部 50B にそれぞれ設定する。また、設定変更部 54A は、メモリ 56 に記憶された走査情報に含まれる位相差  $\phi$  を、第 1 駆動信号生成部 50A 及び第 2 駆動信号生成部 50B にそれぞれ設定する。

[0079] 第 1 駆動信号生成部 50A 及び第 2 駆動信号生成部 50B は、設定された第 1 駆動周波数  $f_{d1}$ 、第 2 駆動周波数  $f_{d2}$ 、及び位相差  $\phi$  を満たす第 1 駆動信号及び第 2 駆動信号を生成して出力する。これにより、ミラー部 20 で反射される光ビーム L が被走査面 6 上において、走査情報に含まれる周波数比 H 及び位相差  $\phi$  を満たすリサージュ波形を描くように走査される。

[0080] 上述のように、ミラー部 20 の最大振れ角の低下を抑制するためには、第 1 駆動周波数  $f_{d1}$  及び第 2 駆動周波数  $f_{d2}$  がそれぞれ第 1 共振周波数及び第 2 共振周波数に近い値に設定されることが好ましいが、第 1 共振周波数及び第 2 共振周波数は、温度変化等によって変動する。例えば、温度変化等によって第 1 支持部 21 及び第 2 支持部 23 のバネ定数が変化することにより、第 1 共振周波数及び第 2 共振周波数が変動する。

[0081] 図 11 に、ミラー部 20 の第 1 軸  $a_1$  周りの周波数特性の一例を示す。図 11 は、第 1 駆動周波数  $f_{d1}$  に対する第 1 最大振れ角  $\theta_{1max}$  及び第 1 遅延位相差  $\eta_1$  の変化を示す。第 1 最大振れ角  $\theta_{1max}$  が最大となる第 1 駆動周波数  $f_{d1}$  が第 1 共振周波数であり、このとき第 1 遅延位相差  $\eta_1$  は  $90^\circ$  となる。また、図 11 は、MMD 4 の周囲の環境温度  $T$  を  $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_2$  と変化させた場合における周波数特性の変化を示している。ここで、 $T_1 < T_0 < T_2$  としている。

[0082] 第 1 駆動周波数  $f_{d1}$  が一定のまま環境温度が変化すると、第 1 共振周波数が変化することにより、第 1 遅延位相差  $\eta_1$  が変化する。具体的には、第 1 駆動周波数  $f_{d1}$  が一定のまま環境温度が低下すると、第 1 共振周波数が上昇して、第 1 遅延位相差  $\eta_1$  が  $90^\circ$  から増加する方向に変化する。一方、第 1 駆動周波数  $f_{d1}$  が一定のまま環境温度が上昇すると、第 1 共振周波数が低下して、第 1 遅延位相差  $\eta_1$  が  $90^\circ$  から減少する方向に変化する。

[0083] 図12に、ミラ一部20の第2軸 $a_2$ 周りの周波数特性の一例を示す。図12は、第2駆動周波数 $f_{d2}$ に対する第2最大振れ角 $\theta_{2max}$ 及び第2遅延位相差 $\eta_2$ の変化を示す。第2最大振れ角 $\theta_{2max}$ が最大となる第2駆動周波数 $f_{d2}$ が第2共振周波数であり、このとき第2遅延位相差 $\eta_2$ は $90^\circ$ となる。また、図12は、MMD4の周囲の環境温度 $T$ を $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ と変化させた場合における周波数特性の変化を示している。ここで、 $T_1 < T_0 < T_2$ としている。

[0084] 第2駆動周波数 $f_{d2}$ が一定のまま環境温度が変化すると、第2共振周波数が変化することにより、第2遅延位相差 $\eta_2$ が変化する。具体的には、第2駆動周波数 $f_{d2}$ が一定のまま環境温度が低下すると、第2共振周波数が上昇して、第2遅延位相差 $\eta_2$ が $90^\circ$ から増加する方向に変化する。一方、第2駆動周波数 $f_{d2}$ が一定のまま環境温度が上昇すると、第2共振周波数が低下して、第2遅延位相差 $\eta_2$ が $90^\circ$ から減少する方向に変化する。

[0085] 図11において、 $W1$ は、第1軸 $a_1$ 周りの振れ角の第1駆動周波数 $f_{d1}$ に対する周波数帯域幅を示している。図12において、 $W2$ は、第2軸 $a_2$ 周りの振れ角の、第2駆動周波数 $f_{d2}$ に対する周波数帯域幅を示している。本実施形態では、周波数帯域幅を、最大振れ角が最大値の80%となる2つの駆動周波数の幅と定義している。これに限られず、周波数帯域幅を、最大振れ角が最大値の $1/\sqrt{2}$ 倍又は $1/2$ 倍となる2つの駆動周波数の幅と定義してもよい。本実施形態のMMD4の構成では、駆動周波数が低い第2軸 $a_2$ 周りの振れ角のほうが、駆動周波数が高い第1軸 $a_1$ 周りの振れ角よりも、周波数帯域幅が狭い。すなわち、本実施形態では、 $W1 > W2$ である。

[0086] 本実施形態では、遅延位相差計測部54Bは、一对の第2アクチュエータ32に付与される第2駆動信号と、第2信号処理部51Bから出力される第2角度検出信号とに基づき、第2遅延位相差 $\eta_2$ を計測する。すなわち、本実施形態では、遅延位相差制御部54は、第1軸 $a_1$ と第2軸 $a_2$ とのうち、周波数帯域幅が狭い方の軸周り遅延位相差を計測する。なお、遅延位相差計測部54Bは、一对の第2アクチュエータ32に付与される第2駆動信号と、

第2角度検出センサ12A、12Bから出力される第2センサ信号とに基づいて、第2遅延位相差 $\eta_2$ を計測してもよい。また、遅延位相差計測部54Bは、一对の第2アクチュエータ32に付与される第2駆動信号と、第2ゼロクロスパルス出力部53Bが出力する第2ゼロクロスパルスZC2とに基づいて、第2遅延位相差 $\eta_2$ を計測してもよい。

[0087] 設定変更部54Aは、遅延位相差計測部54Bにより計測された第2遅延位相差 $\eta_2$ に基づいて、第2遅延位相差 $\eta_2$ を基準値である $90^\circ$ に近づけるための第2駆動周波数 $f_{d2}$ の値を決定する。また、設定変更部54Aは、決定した第2駆動周波数 $f_{d2}$ の値に基づき、周波数比Hを一定とする条件で第1駆動周波数 $f_{d1}$ の値を決定する。そして、設定変更部54Aは、第1駆動信号生成部50A及び第2駆動信号生成部50Bを制御することにより、第1駆動周波数 $f_{d1}$ 及び第2駆動周波数 $f_{d2}$ をそれぞれ決定した値に変更する。

[0088] 図13に、環境温度が低下した場合における遅延位相差制御を概念的に示す。図13に示すように、環境温度が低下した場合には、第2遅延位相差 $\eta_2$ が基準値よりも大きくなるので、第2遅延位相差 $\eta_2$ を下げる方向、すなわち第2駆動周波数 $f_{d2}$ を上げる方向に変更する。なお、第2駆動周波数 $f_{d2}$ の変更量は、第2遅延位相差 $\eta_2$ の計測値と基準値との差に対応する量に限られず、計測値と基準値との差に対応する量よりも小さくてもよい。また、変更量は、計測値と基準値との差に依存しない一定値であってもよい。なお、基準値は $90^\circ$ に限定されない。

[0089] また、設定変更部54Aは、第1駆動周波数 $f_{d1}$ 及び第2駆動周波数 $f_{d2}$ を変更する際に、現在の第1駆動周波数 $f_{d1}$ と第2駆動周波数 $f_{d2}$ との最大公約数を導出し、第1駆動周波数 $f_{d1}$ を当該最大公約数で割った値を単位として第1駆動周波数 $f_{d1}$ を変更し、第2駆動周波数 $f_{d2}$ を当該最大公約数で割った値を単位として第2駆動周波数 $f_{d2}$ を変更してもよい。

[0090] 図14に、遅延位相差制御の流れの一例を示す。遅延位相差制御は、MM D4の動作中に行われる。まず、ステップS10で、遅延位相差計測部54

Bは、第2遅延位相差 $\eta_2$ を計測する。次に、ステップS11で、設定変更部54Aは、第2遅延位相差 $\eta_2$ の計測値に基づいて第2遅延位相差 $\eta_2$ を基準値に近づける第2駆動周波数 $f_{d2}$ の値を決定する。次に、ステップS12で、設定変更部54Aは、決定した第2駆動周波数 $f_{d2}$ の値と周波数比Hとに基づいて第1駆動周波数 $f_{d1}$ の値を決定する。次に、ステップS13で、設定変更部54Aは、第1駆動周波数 $f_{d1}$ 及び第2駆動周波数 $f_{d2}$ をそれぞれ決定した値に変更する。ステップS10～S13は、一定の周期で繰り返し実行される。

[0091] 以上のように、本実施形態では、遅延位相差制御部54は、周波数比Hを一定に維持しながら、第2遅延位相差 $\eta_2$ の計測値を基準値に近づくように第2駆動周波数 $f_{d2}$ を変更するので、第2駆動周波数 $f_{d2}$ が第2共振周波数の近傍に維持される。これにより第2最大振れ角 $\theta_{2max}$ の低下が抑制される。

[0092] 第1駆動周波数 $f_{d1}$ は、第2駆動周波数 $f_{d2}$ 及び周波数比Hに依存して変更されるが、本実施形態では、駆動周波数が低く周波数帯域幅が狭い第2軸 $a_2$ について遅延位相差制御を行っているので、第2最大振れ角 $\theta_{2max}$ の低下に加えて、第1最大振れ角 $\theta_{1max}$ の低下が抑制される。

[0093] [実験例]

本出願人は、第1実施形態の効果を確認するために、同一の構成のMMD4を用いて、実験1～3を行った。実験1では、周波数帯域幅が狭い第2軸 $a_2$ について遅延位相差制御を行った。実験2では、周波数帯域幅が広い第1軸 $a_1$ について遅延位相差制御を行った。実験3では、いずれの軸についても遅延位相差制御を行わなかった。実験1～3では、時間とともに環境温度 $T$ を25℃～35℃の範囲で変化させながら、第1最大振れ角 $\theta_{1max}$ 及び第2最大振れ角 $\theta_{2max}$ を計測した。

[0094] 図15～図17は、それぞれ実験1～3の結果を示す。図15～図17によれば、遅延位相差制御を行うことにより第1最大振れ角 $\theta_{1max}$ 及び第2最大振れ角 $\theta_{2max}$ の低下が抑制されることがわかる。

[0095] また、図16に示すように、周波数帯域幅が広い第1軸 $a_1$ について遅延位

相差制御を行った場合には、第1最大振れ角 $\theta_{1\max}$ の低下が抑制されるが、第2最大振れ角 $\theta_{2\max}$ の低下の抑制は十分でない。これに対して、図15に示すように、周波数帯域幅が狭い第2軸 $a_2$ について遅延位相差制御を行った場合には、第2最大振れ角 $\theta_{2\max}$ の低下に加えて、第1最大振れ角 $\theta_{1\max}$ の低下が抑制されることがわかる。

[0096]      [第2実施形態]

まず、図18を参照して、第2実施形態に係る画像描画システム10Aの構成を説明する。図18に示すように、画像描画システム10Aは、第1実施形態に係る画像描画システム10の構成に加えて、温度センサ7を備えている。温度センサ7は、MMD4の近傍に配置されている。温度センサ7は、MMD4の周囲の環境温度を検出し、環境温度の検出値 $T_s$ を駆動制御部5に出力する。

[0097]      図19を参照して、第2実施形態に係る駆動制御部5の機能的な構成を説明する。図19に示すように、本実施形態では、駆動制御部5は、第1実施形態に係る駆動制御部5の構成に加えて、振幅電圧補正部60を有する。振幅電圧補正部60には、温度センサ7から環境温度の検出値 $T_s$ が入力される。

[0098]      振幅電圧補正部60は、検出値 $T_s$ に基づいて、第1駆動信号生成部50Aが生成する第1駆動信号の振幅電圧 $A_1$ と第2駆動信号生成部50Bが生成する第2駆動信号の振幅電圧 $A_2$ とを補正する。具体的には、振幅電圧補正部60は、下式(1)に基づいて振幅電圧 $A_1$ を補正し、下式(2)に基づいて振幅電圧 $A_2$ を補正する。

[0099]      
$$A_1 = A_{10} + C_1 \times (T_s - T_0) \quad \cdots (1)$$

$$A_2 = A_{20} + C_2 \times (T_s - T_0) \quad \cdots (2)$$

ここで、 $T_0$ は基準温度である。 $A_{10}$ は第1駆動信号の基準振幅電圧である。 $C_1$ は補正係数である。 $A_{20}$ は第2駆動信号の基準振幅電圧である。 $C_2$ は補正係数である。例えば、 $T_0 = 28^\circ\text{C}$ 、 $C_1 = 0.1\text{ V}/^\circ\text{C}$ 、 $C_2 = -0.01\text{ V}/^\circ\text{C}$ とする。

[0100] 画像描画システム 10A の動作は、振幅電圧補正部 60 が環境温度の検出値  $T_s$  に基づいて振幅電圧  $A_1$ ,  $A_2$  を補正すること以外は、第 1 実施形態に係る画像描画システム 10 の動作と同様である。

[0101] 環境温度の検出値  $T_s$  に基づいて振幅電圧  $A_1$ ,  $A_2$  を補正することにより、環境温度が大きく変化した場合でも、第 1 最大振れ角  $\theta_{1max}$  及び第 2 最大振れ角  $\theta_{2max}$  の低下を抑制することができる。

[0102] [実験例]

本出願人は、第 2 実施形態の効果を確認するために、同一の構成の MMD 4 を用いて、実験 4～6 を行った。実験 4 では、周波数帯域幅が狭い第 2 軸  $a_2$  についての遅延位相差制御に加えて、環境温度の検出値  $T_s$  に基づいて振幅電圧  $A_1$ ,  $A_2$  を補正した。実験 5 では、周波数帯域幅が狭い第 2 軸  $a_2$  についての遅延位相差制御のみを行った。実験 6 では、遅延位相差制御及び振幅電圧  $A_1$ ,  $A_2$  の補正を行わなかった。実験 4～6 では、時間とともに環境温度  $T$  を  $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$  の範囲で変化させながら、第 1 最大振れ角  $\theta_{1max}$  及び第 2 最大振れ角  $\theta_{2max}$  を計測した。また、 $T_0 = 28^{\circ}\text{C}$ 、 $C_1 = 0.1 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$ 、 $C_2 = -0.01 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$  とした。

[0103] 図 20～図 22 は、それぞれ実験 4～6 の結果を示す。図 20～図 22 によれば、周波数帯域幅が狭い第 2 軸  $a_2$  について遅延位相差制御を行うことにより第 1 最大振れ角  $\theta_{1max}$  及び第 2 最大振れ角  $\theta_{2max}$  の低下が抑制されることがわかる。さらに、周波数帯域幅が狭い第 2 軸  $a_2$  についての遅延位相差制御に加えて、環境温度の検出値  $T_s$  に基づいて振幅電圧  $A_1$ ,  $A_2$  を補正することにより、第 1 最大振れ角  $\theta_{1max}$  及び第 2 最大振れ角  $\theta_{2max}$  の低下がさらに抑制されることがわかる。

[0104] [変形例]

以下に、第 1 及び第 2 実施形態の各種変形例について説明する。

[0105] 上記各実施形態では、周波数帯域幅が狭い第 2 軸  $a_2$  について遅延位相差制御を行っているが、周波数帯域幅が広い第 1 軸  $a_1$  について遅延位相差制御を行ってもよい。すなわち、遅延位相差計測部 54B は、第 1 遅延位相差  $\eta_1$  を

計測してもよい。この場合、設定変更部 54A は、第 1 遅延位相差  $\eta_1$  を基準値に近づけるための第 1 駆動周波数  $f_{d1}$  の値を決定し、決定した第 1 駆動周波数  $f_{d1}$  の値と周波数比  $H$  とに基づいて、第 2 遅延位相差  $\eta_2$  の値を決定する。

[0106] また、上記各実施形態では、第 1 角度検出センサ 11A、11B が、第 1 軸  $a_1$  を挟んで対向する位置に配置されている場合について説明したが、これに限定されない。例えば、図 23 に示すように、第 1 角度検出センサ 11A、11B は、第 2 軸  $a_2$  を挟んで対向する位置に配置されてもよい。図 23 の例では、第 1 角度検出センサ 11A、11B は、第 1 可動枠 22 上において、それぞれ第 1 支持部 21 の近傍に配置されている。第 1 角度検出センサ 11A は、ミラー部 20 の一方に接続された第 1 支持部 21 の近傍に配置されている。第 1 角度検出センサ 11B は、ミラー部 20 の他方に接続された第 1 支持部 21 の近傍に配置されている。したがって、第 1 角度検出センサ 11A、11B は、第 2 軸  $a_2$  を挟んで対向し、かつミラー部 20 を挟んで対向する位置に配置されている。また、第 1 角度検出センサ 11A、11B は、第 1 軸  $a_1$  から同じ方向（図 23 の例では  $-X$  方向）にずれた位置に配置されている。

[0107] 上記各実施形態のように第 1 角度検出センサ 11A、11B が第 1 軸  $a_1$  を挟んで対向する位置に配置されている場合には、両者の出力信号のうち、一方から他方を減算することにより、振動ノイズを除去することができる。これに対し、この形態例のように、第 1 角度検出センサ 11A、11B が第 2 軸  $a_2$  を挟んで対向する位置に配置されている場合には、両者の出力信号を加算することにより、振動ノイズを除去することができる。

[0108] また、上記各実施形態では、第 2 角度検出センサ 12A、12B が、第 2 軸  $a_2$  を挟んで対向する位置に配置されている場合について説明したが、これに限定されない。例えば、図 23 に示すように、第 2 角度検出センサ 12A、12B は、第 1 軸  $a_1$  を挟んで対向する位置に配置されてもよい。図 23 の例では、第 2 角度検出センサ 12A、12B は、第 2 可動枠 24 上において

、それぞれ第2支持部23の近傍に配置されている。第2角度検出センサ12Aは、第1可動枠22の一方に接続された第2支持部23の近傍に配置されている。第2角度検出センサ12Bは、第1可動枠22の他方に接続された第2支持部23の近傍に配置されている。したがって、第2角度検出センサ12A、12Bは、第1軸 $a_1$ を挟んで対向し、かつミラー部20及び第1可動枠22を挟んで対向する位置に配置されている。また、第2角度検出センサ12A、12Bは、第2軸 $a_2$ から同じ方向（図23の例では+Y方向）にずれた位置に配置されている。

[0109] 上記各実施形態のように第2角度検出センサ12A、12Bが第2軸 $a_2$ を挟んで対向する位置に配置されている場合には、両者の出力信号のうち、一方から他方を減算することにより、振動ノイズを除去することができる。これに対し、この形態例のように、第2角度検出センサ12A、12Bが第1軸 $a_1$ を挟んで対向する位置に配置されている場合には、両者の出力信号を加算することにより、振動ノイズを除去することができる。

[0110] また、上記各実施形態では、第1角度検出センサ11A、11B及び第2角度検出センサ12A、12BをMMD4に設けているが、第1角度検出センサと第2角度検出センサとをそれぞれ1つずつMMD4に設けてもよい。この場合、遅延位相差計測部54Bは、第2駆動信号と、第2角度検出センサから出力される第2センサ信号とに基づいて、第2遅延位相差 $\eta_2$ を計測する。なお、遅延位相差計測部54Bは、第1駆動信号と、第1角度検出センサから出力される第1センサ信号とに基づいて、第1遅延位相差 $\eta_1$ を計測してもよい。

[0111] また、上記各実施形態で示したMMD4の構成は一例である。MMD4の構成は、種々の変形が可能である。例えば、ミラー部20を第1軸 $a_1$ 周りの揺動させる一対の第1アクチュエータ31を第2可動枠24に配置し、ミラー部20を第2軸 $a_2$ 周りの揺動させる一対の第2アクチュエータ32を第1可動枠22に配置してもよい。

[0112] また、上記各実施形態では、第1支持部21を通る軸を第1軸 $a_1$ と定義し

、第2支持部23を通る軸を第2軸 $a_2$ と定義しているが、これに代えて、第1支持部21を通る軸を第2軸 $a_2$ と定義し、第2支持部23を通る軸を第1軸 $a_1$ と定義してもよい。

[0113] また、駆動制御部5のハードウェア構成は種々の変形が可能である。駆動制御部5は、アナログ演算回路及びデジタル演算回路のうちの少なくとも一方を用いて構成することが可能である。駆動制御部5は、1つのプロセッサで構成されてもよいし、同種又は異種の2つ以上のプロセッサの組み合わせで構成されてもよい。プロセッサには、CPU (Central Processing Unit)、プログラマブルロジックデバイス (Programmable Logic Device: PLD)、及び専用電気回路等が含まれる。CPUは、周知のとおりメモリに記憶されたソフトウェア (プログラム) を実行して各種の処理部として機能する汎用的なプロセッサである。PLDは、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等の、製造後に回路構成を変更可能なプロセッサである。専用電気回路は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等の特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである。

[0114] 上記説明によって以下の技術を把握することができる。

[付記項1]

入射光を反射するミラー部と、

前記ミラー部を第1軸の周りに前記ミラー部を揺動させる一対の第1アクチュエータと、

前記ミラー部を前記第1軸に交差する第2軸の周りに前記ミラー部を揺動させる一対の第2アクチュエータと、

前記ミラー部の前記第1軸周りの振れ角に応じた第1センサ信号を出力する第1角度検出センサと、

前記ミラー部の前記第2軸周りの振れ角に応じた第2センサ信号を出力する第2角度検出センサと、

第1駆動周波数を有する第1駆動信号を一対の前記第1アクチュエータに

付与し、かつ第2駆動周波数を有する第2駆動信号を一对の前記第2アクチュエータに付与するプロセッサと、

を備える光走査装置であって、

前記プロセッサは、前記第1駆動周波数と前記第2駆動周波数との比である周波数比を一定に維持しながら、前記第2駆動信号に対する前記第2センサ信号の遅延位相差を基準値に近づける値に前記第2駆動周波数を変更する

、

光走査装置。

[付記項2]

前記プロセッサは、

前記遅延位相差を前記基準値に近づける前記第2駆動周波数の値を決定し

、

決定した前記第2駆動周波数の値と前記周波数比とに基づいて前記第1駆動周波数の値を決定し、

前記第1駆動周波数及び前記第2駆動周波数をそれぞれ決定した値に変更する、

付記項1に記載の光走査装置。

[付記項3]

前記第2駆動周波数は、前記第1駆動周波数よりも低い、

付記項1又は付記項2に記載の光走査装置。

[付記項4]

前記第2軸周りの振れ角の前記第2駆動周波数に対する周波数帯域幅は、前記第1軸周りの振れ角の前記第1駆動周波数に対する周波数帯域幅よりも狭い、

付記項1から付記項3のうちいずれか1項に記載の光走査装置。

[付記項5]

前記基準値は90°である、

付記項1から付記項4のうちいずれか1項に記載の光走査装置。

## 〔付記項 6〕

環境温度を検出して検出値を出力する温度センサをさらに備え、  
前記プロセッサは、前記検出値に基づいて、前記第 1 駆動信号の振幅電圧  
と前記第 2 駆動信号の振幅電圧とを補正する、  
付記項 1 から付記項 5 のうちいずれか 1 項に記載の光走査装置。

## 〔付記項 7〕

付記項 1 から付記項 6 のうちいずれか 1 項に記載の光走査装置と、  
前記ミラー部に光ビームを照射する光源と、  
を備える画像描画システム。

## 請求の範囲

### [請求項1]

入射光を反射するミラー部と、  
前記ミラー部を第1軸の周りに前記ミラー部を揺動させる一対の第1アクチュエータと、  
前記ミラー部を前記第1軸に交差する第2軸の周りに前記ミラー部を揺動させる一対の第2アクチュエータと、  
前記ミラー部の前記第1軸周りの振れ角に応じた第1センサ信号を出力する第1角度検出センサと、  
前記ミラー部の前記第2軸周りの振れ角に応じた第2センサ信号を出力する第2角度検出センサと、  
第1駆動周波数を有する第1駆動信号を一対の前記第1アクチュエータに付与し、かつ第2駆動周波数を有する第2駆動信号を一対の前記第2アクチュエータに付与するプロセッサと、  
を備える光走査装置であって、  
前記プロセッサは、前記第1駆動周波数と前記第2駆動周波数との比である周波数比を一定に維持しながら、前記第2駆動信号に対する前記第2センサ信号の遅延位相差を基準値に近づける値に前記第2駆動周波数を変更する、  
光走査装置。

### [請求項2]

前記プロセッサは、  
前記遅延位相差を前記基準値に近づける前記第2駆動周波数の値を決定し、  
決定した前記第2駆動周波数の値と前記周波数比とに基づいて前記第1駆動周波数の値を決定し、  
前記第1駆動周波数及び前記第2駆動周波数をそれぞれ決定した値に変更する、  
請求項1に記載の光走査装置。

### [請求項3]

前記第2駆動周波数は、前記第1駆動周波数よりも低い、

請求項 1 に記載の光走査装置。

[請求項4] 前記第 2 軸周りの振れ角の前記第 2 駆動周波数に対する周波数帯域幅は、前記第 1 軸周りの振れ角の前記第 1 駆動周波数に対する周波数帯域幅よりも狭い、

請求項 3 に記載の光走査装置。

[請求項5] 前記基準値は  $90^{\circ}$  である、

請求項 1 に記載の光走査装置。

[請求項6] 環境温度を検出して検出値を出力する温度センサをさらに備え、  
前記プロセッサは、前記検出値に基づいて、前記第 1 駆動信号の振幅電圧と前記第 2 駆動信号の振幅電圧とを補正する、

請求項 1 に記載の光走査装置。

[請求項7] 請求項 1 から請求項 6 のうちいずれか 1 項に記載の光走査装置と、  
前記ミラー部に光ビームを照射する光源と、  
を備える画像描画システム。

[請求項8] 入射光を反射するミラー部と、  
前記ミラー部を第 1 軸の周りに前記ミラー部を揺動させる一対の第 1 アクチュエータと、

前記ミラー部を前記第 1 軸に交差する第 2 軸の周りに前記ミラー部を揺動させる一対の第 2 アクチュエータと、

前記ミラー部の前記第 1 軸周りの振れ角に応じた第 1 センサ信号を出力する第 1 角度検出センサと、

前記ミラー部の前記第 2 軸周りの振れ角に応じた第 2 センサ信号を出力する第 2 角度検出センサと、

を備えるミラー装置の駆動方法であって、

プロセッサが、

第 1 駆動周波数を有する第 1 駆動信号を一対の前記第 1 アクチュエータに付与し、

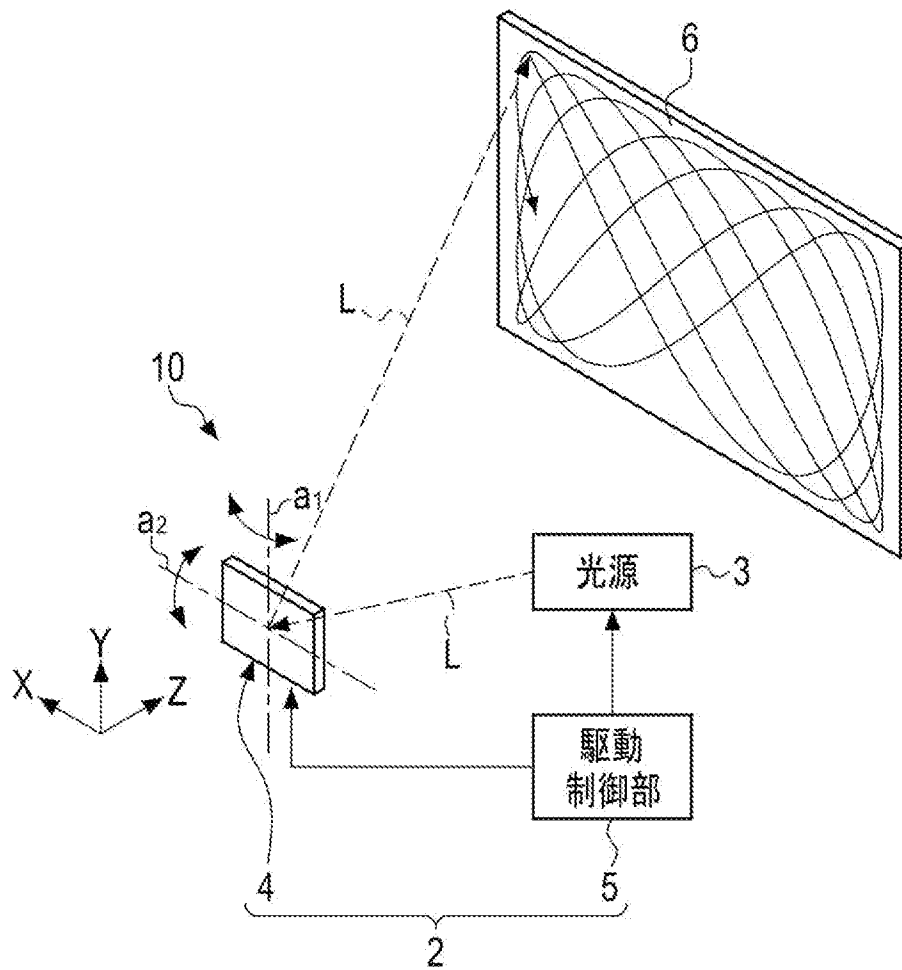
第 2 駆動周波数を有する第 2 駆動信号を一対の前記第 2 アクチュエ

ータに付与し、

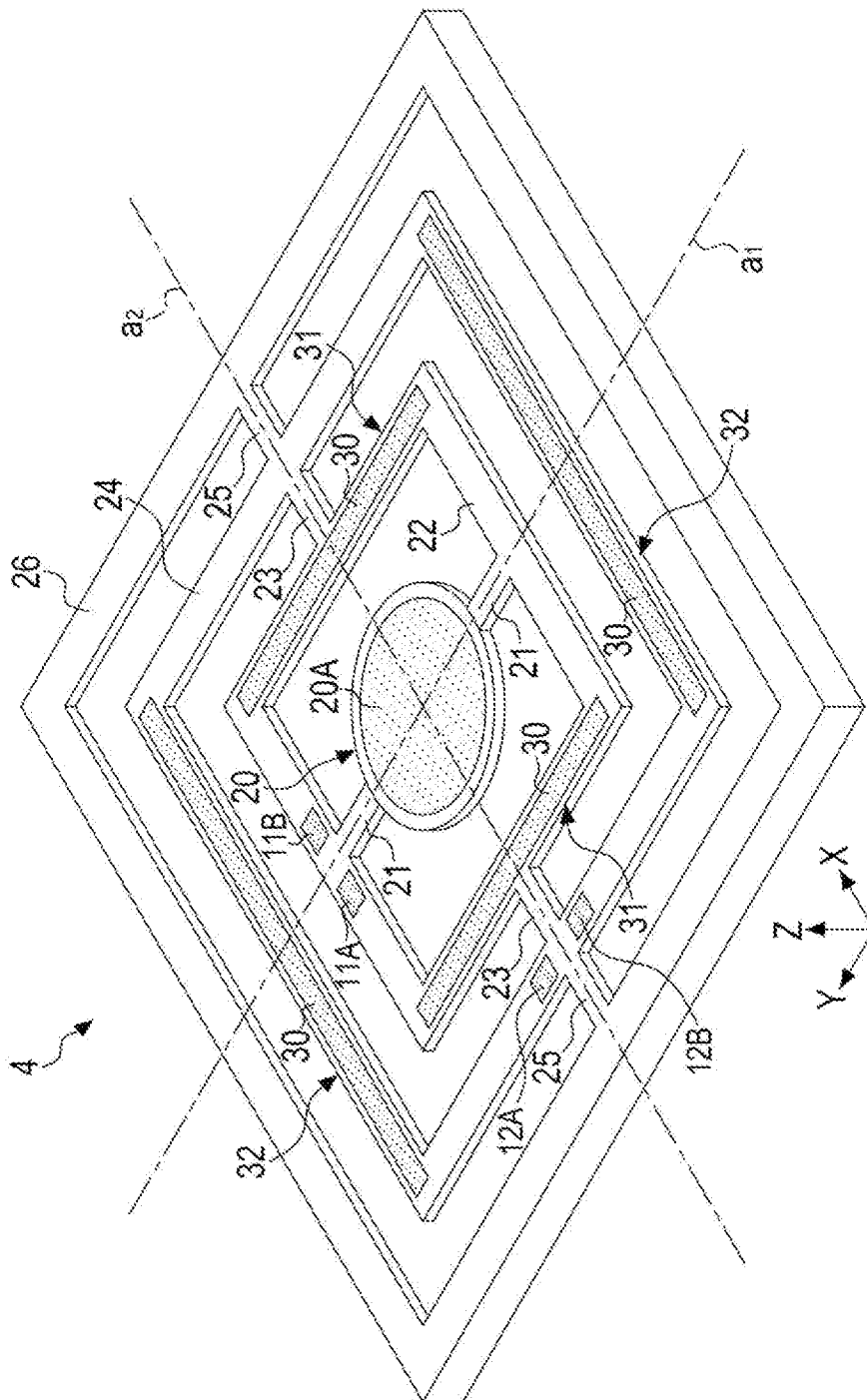
前記第 1 駆動周波数と前記第 2 駆動周波数との比である周波数比を一定に維持しながら、前記第 2 駆動信号に対する前記第 2 センサ信号の遅延位相差を基準値に近づける値に前記第 2 駆動周波数を変更する、

ミラー装置の駆動方法。

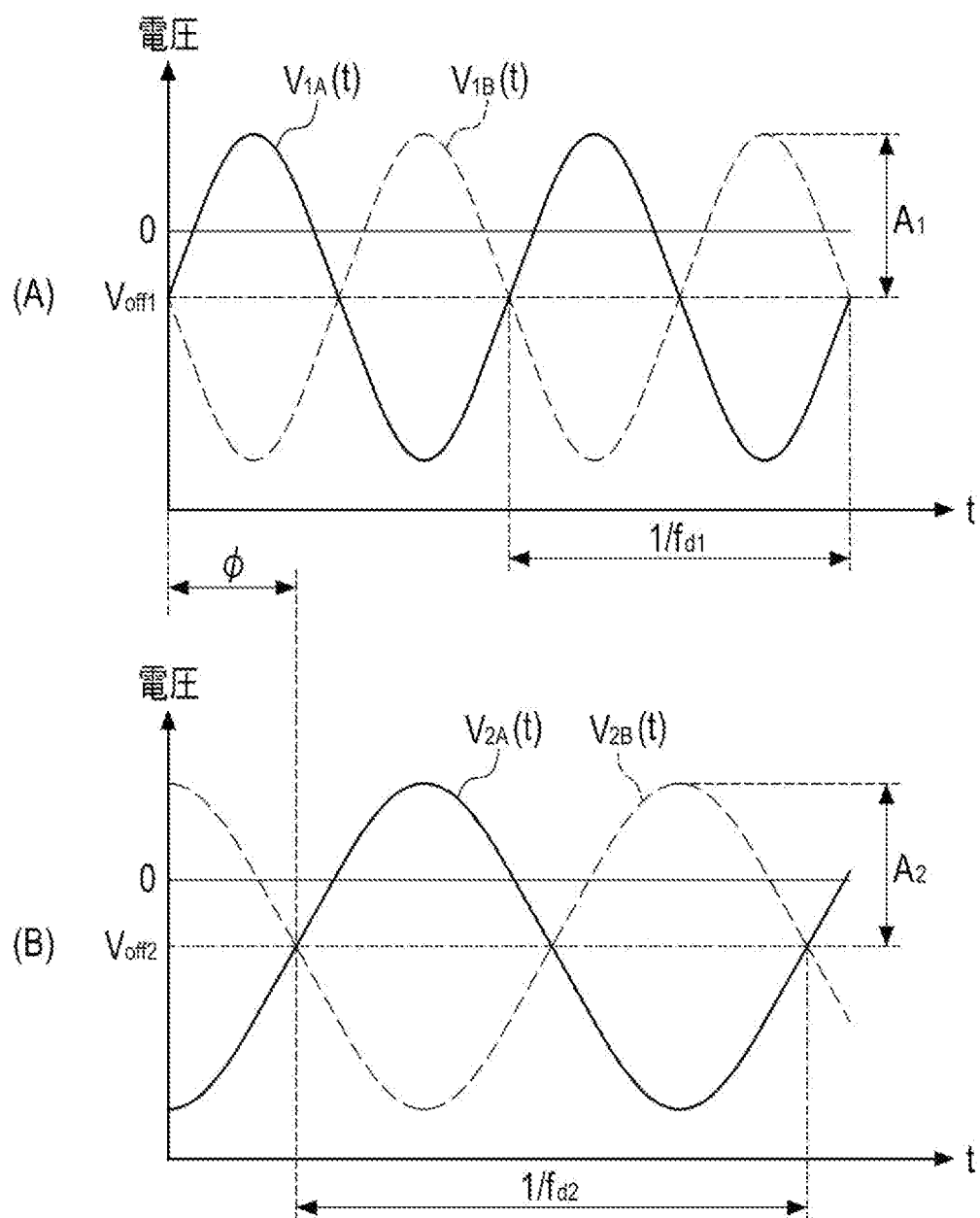
[図1]



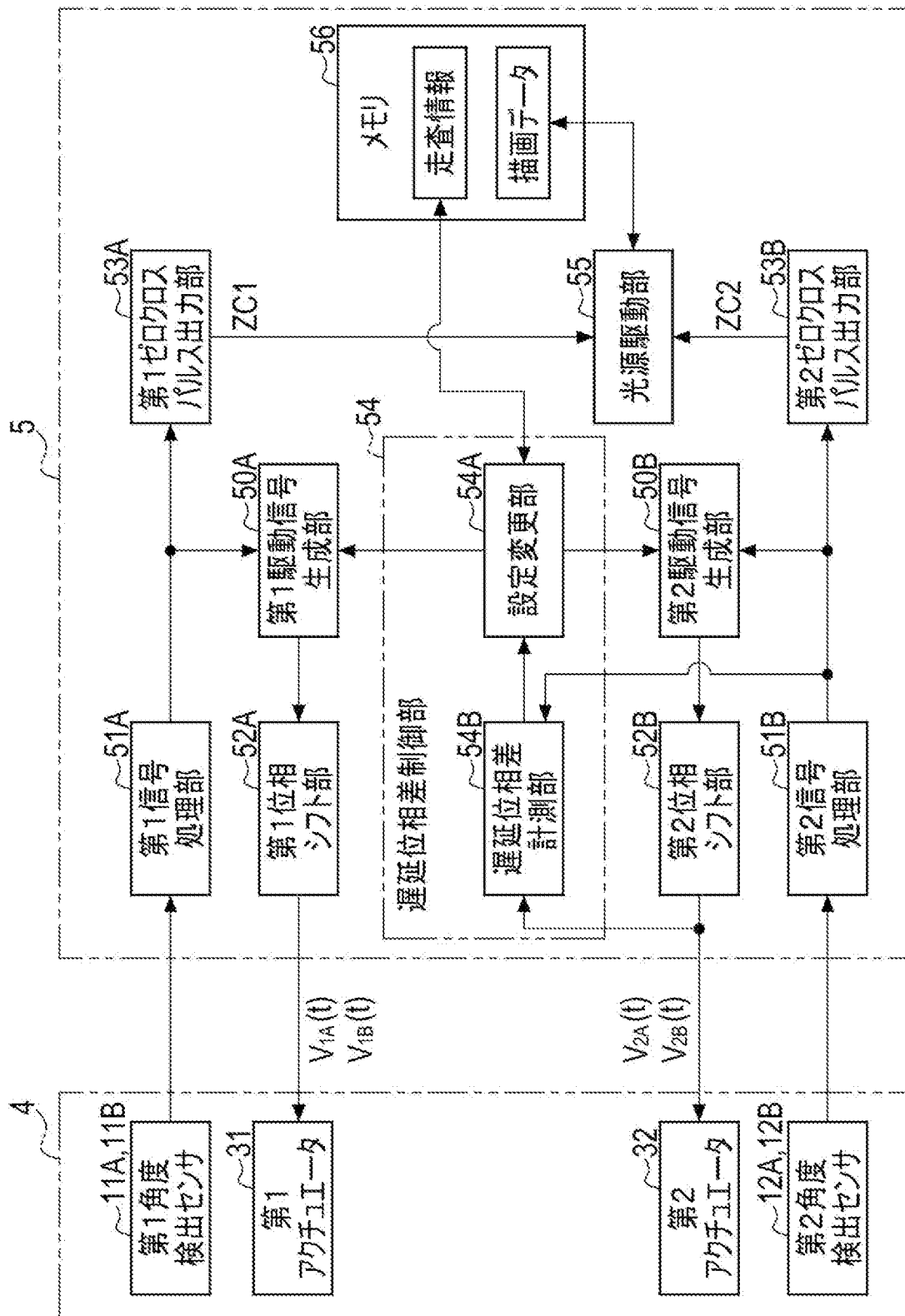
[図2]



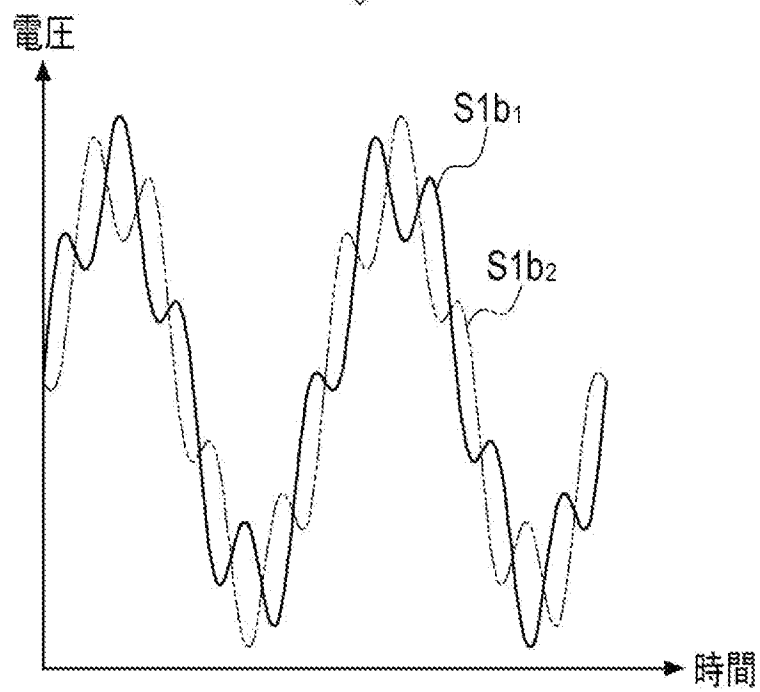
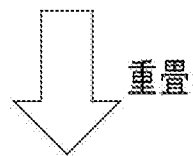
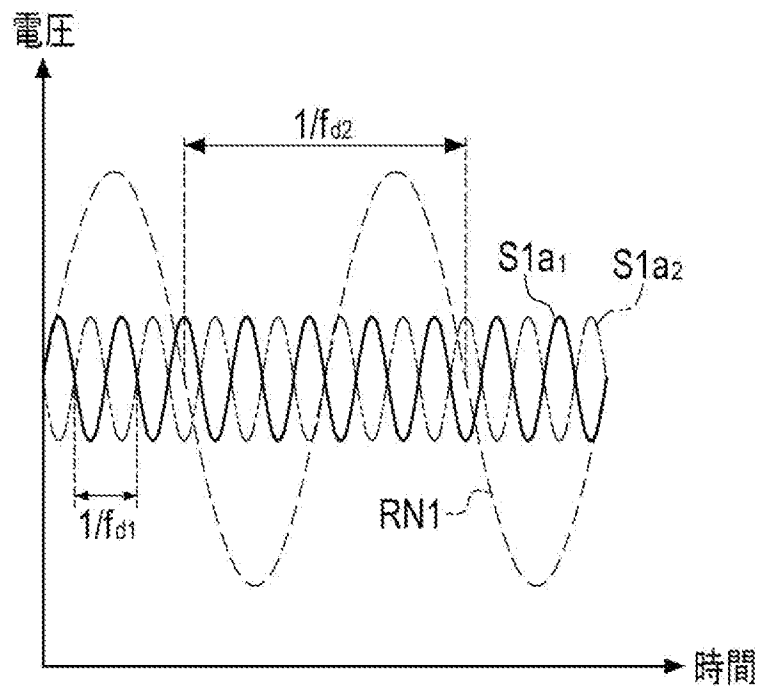
[図3]



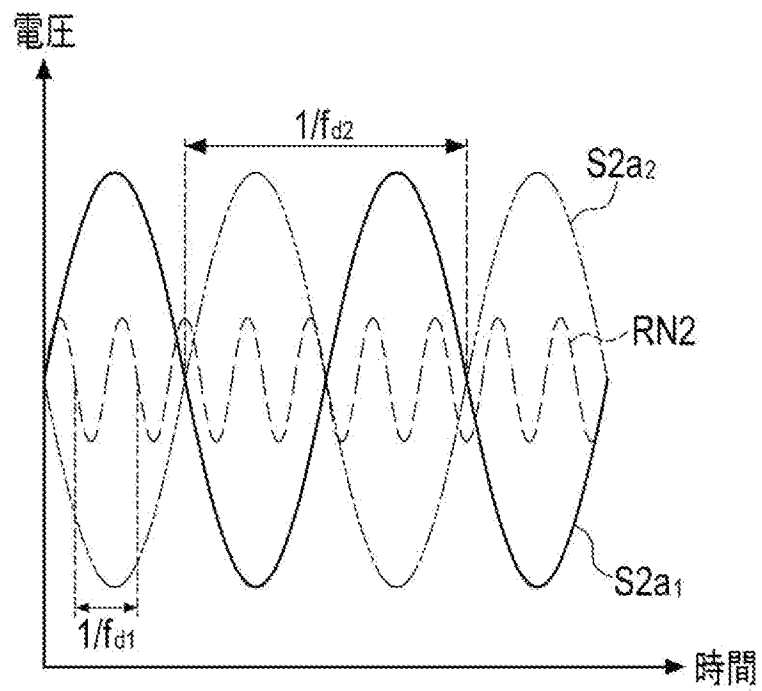
[図4]



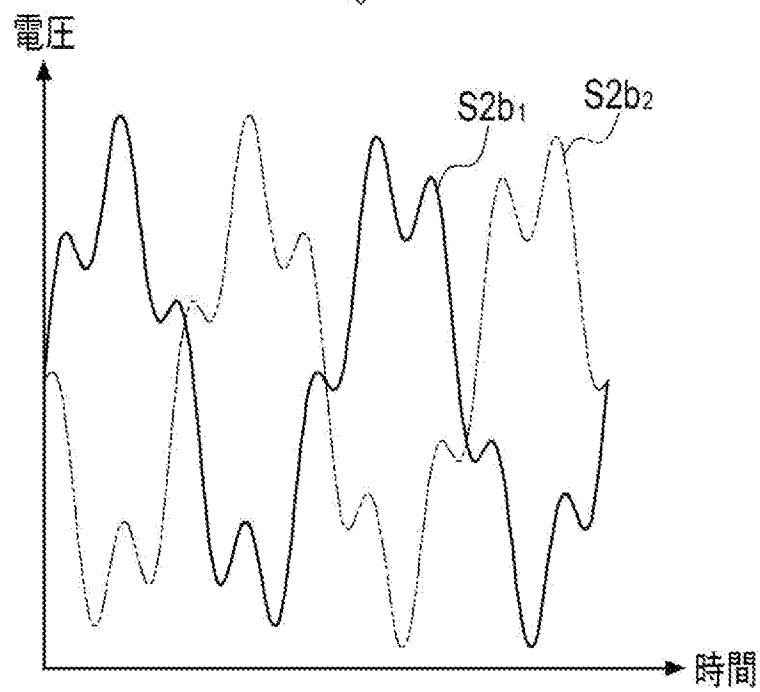
[図5]



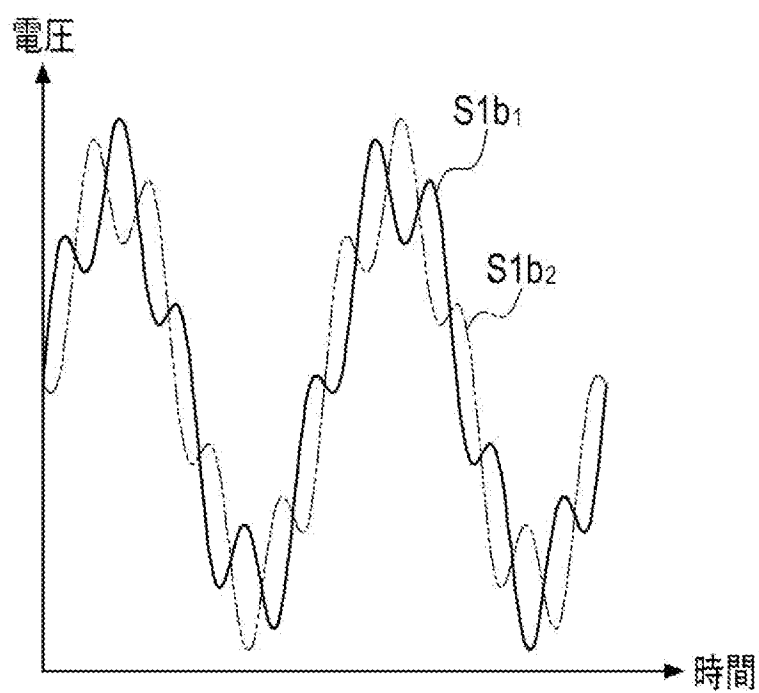
[図6]



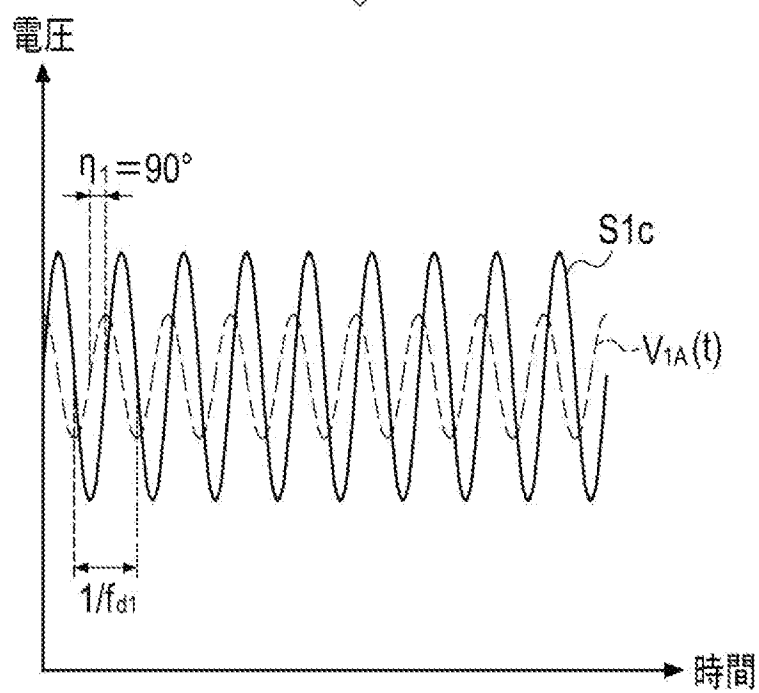
重畳



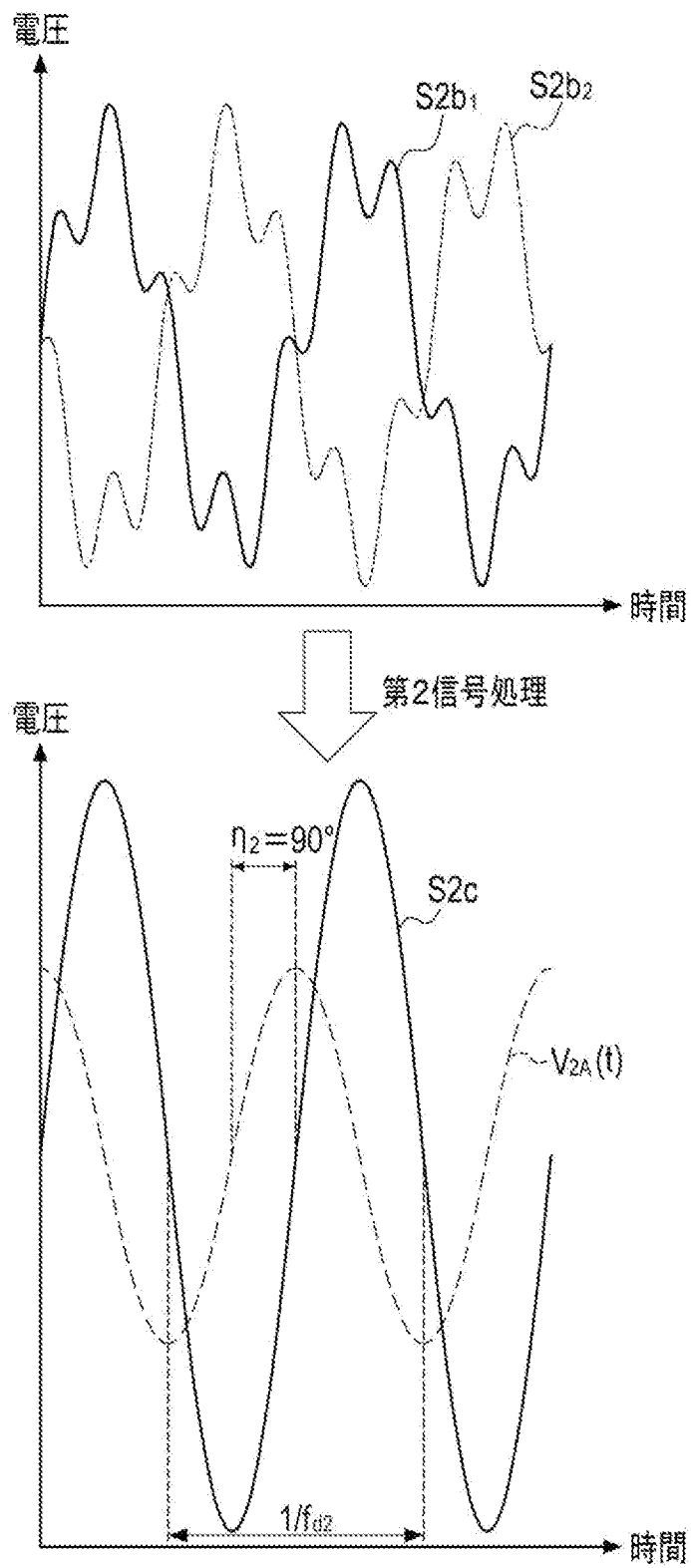
[図7]



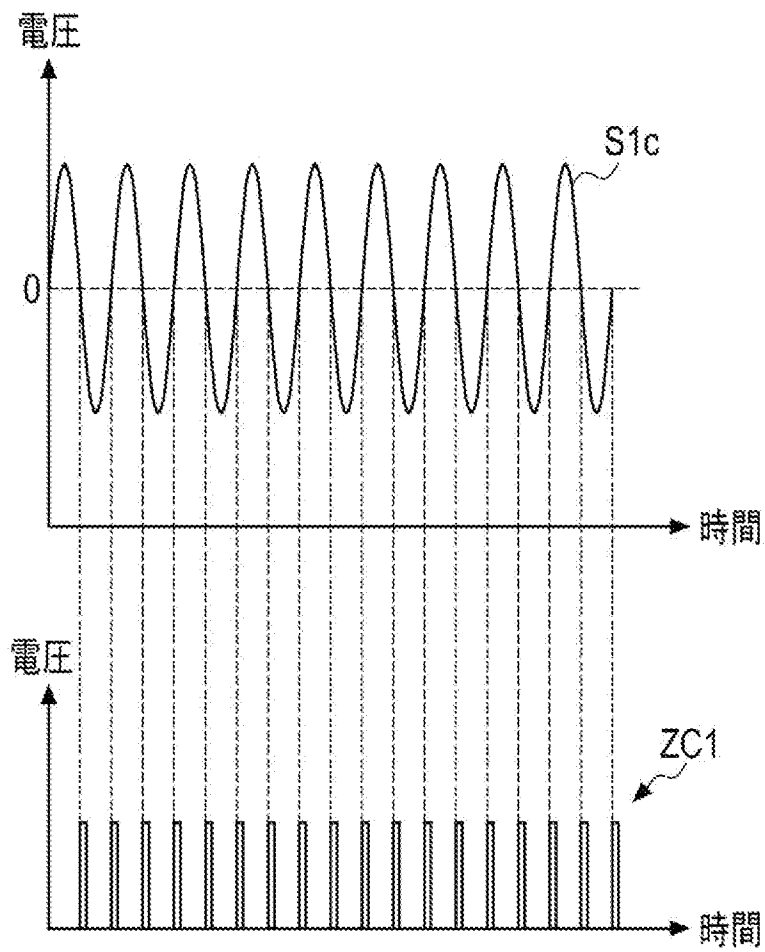
第1信号処理



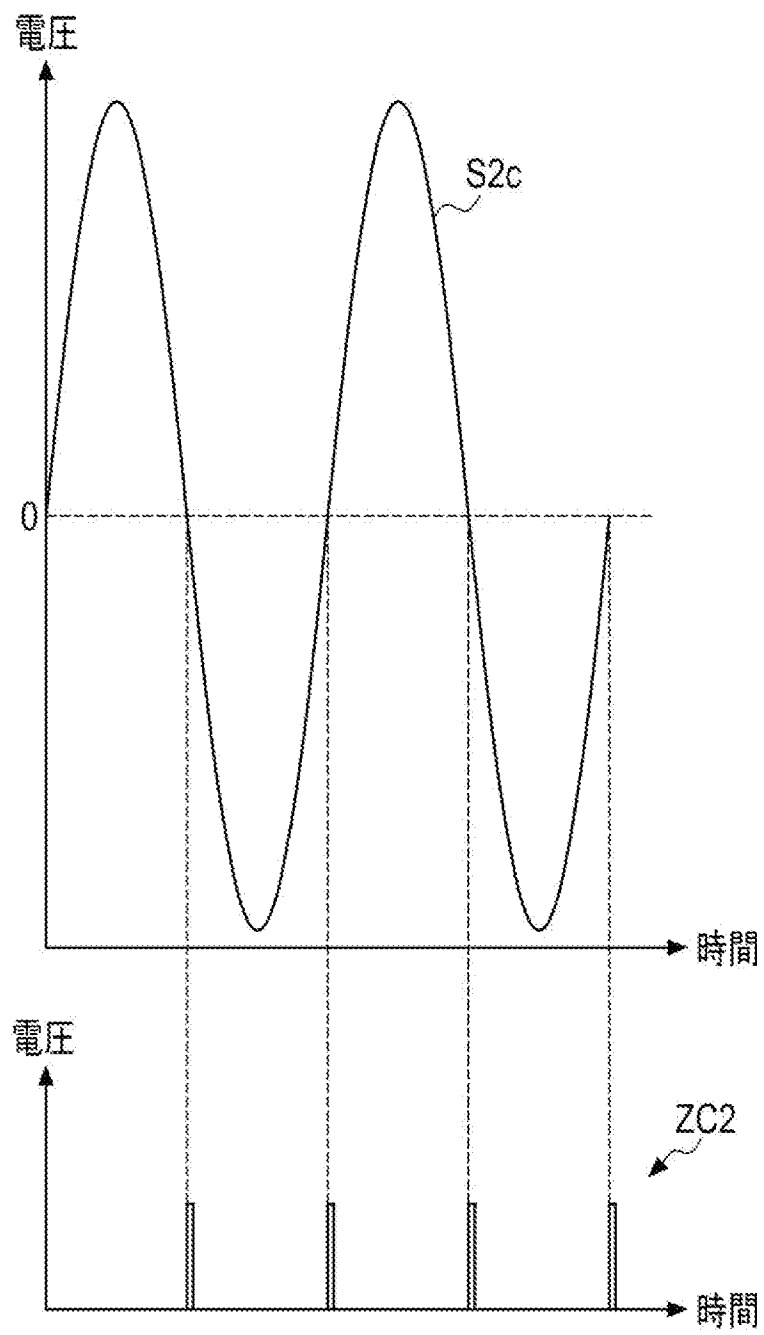
[図8]



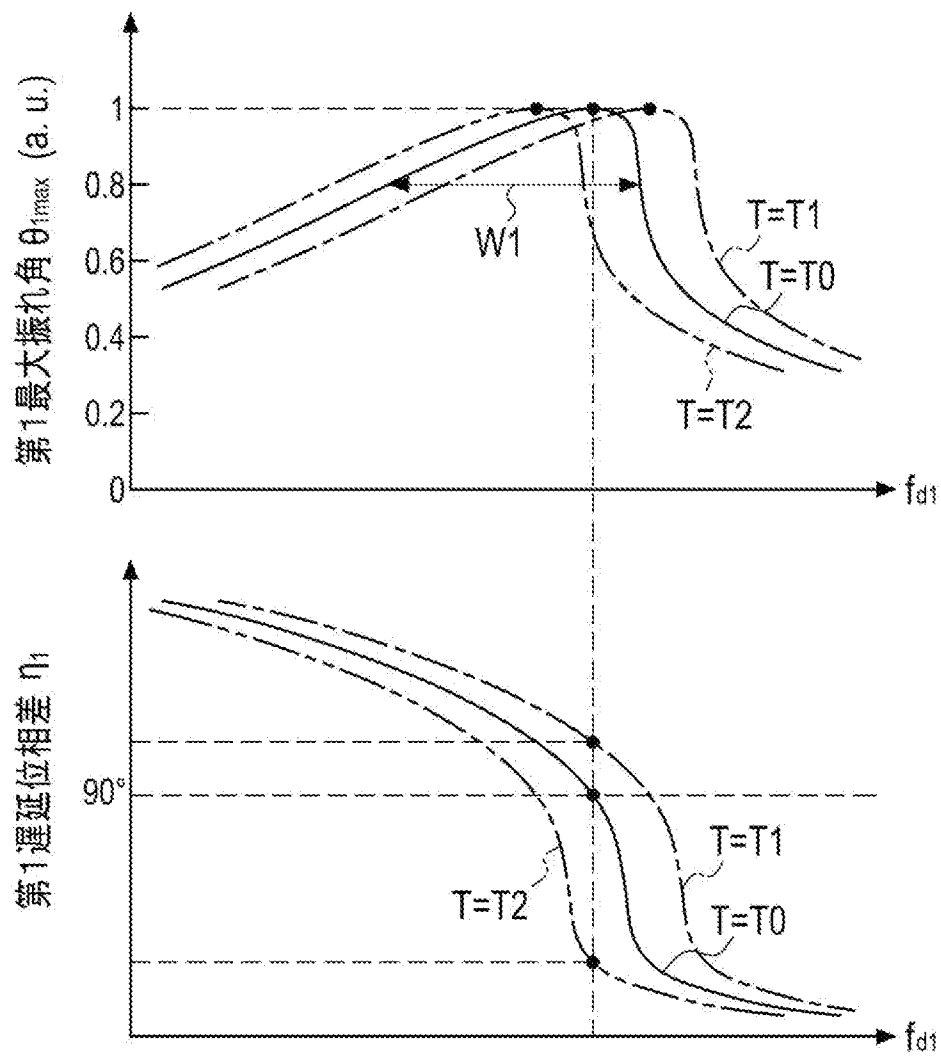
[図9]



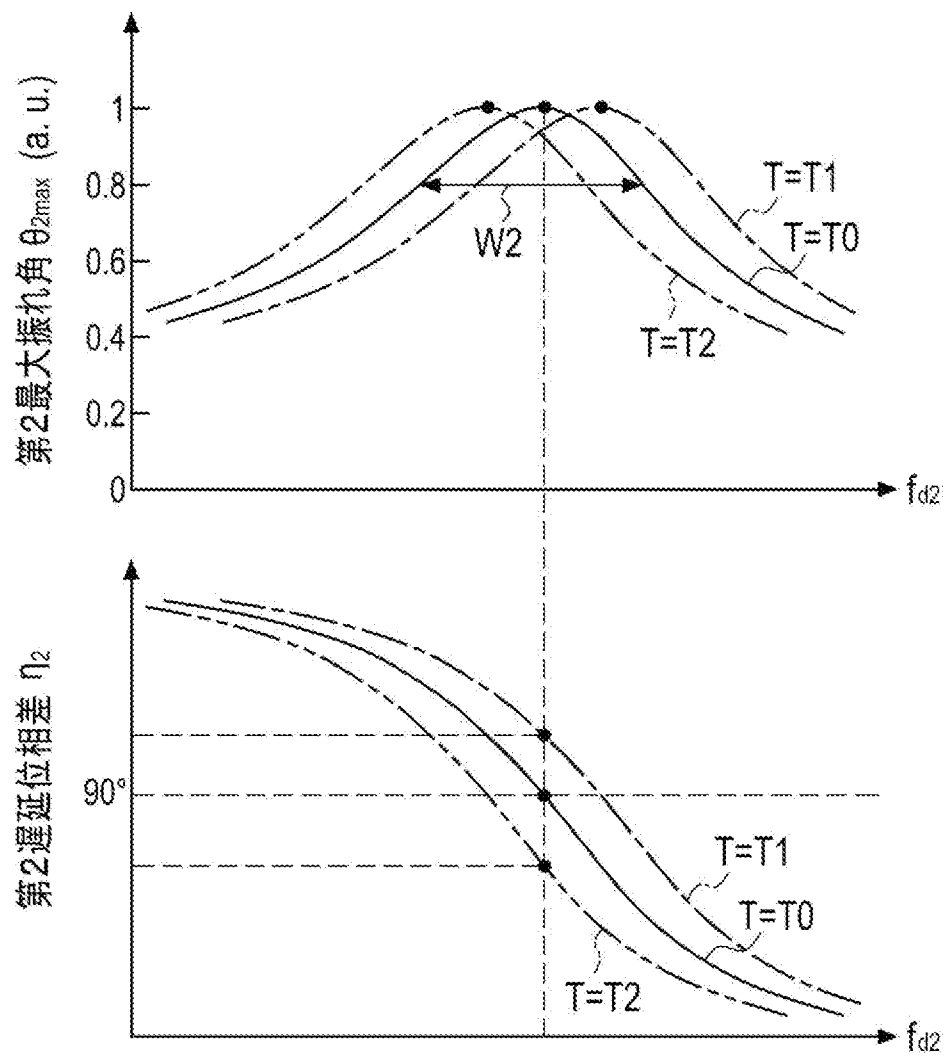
[図10]



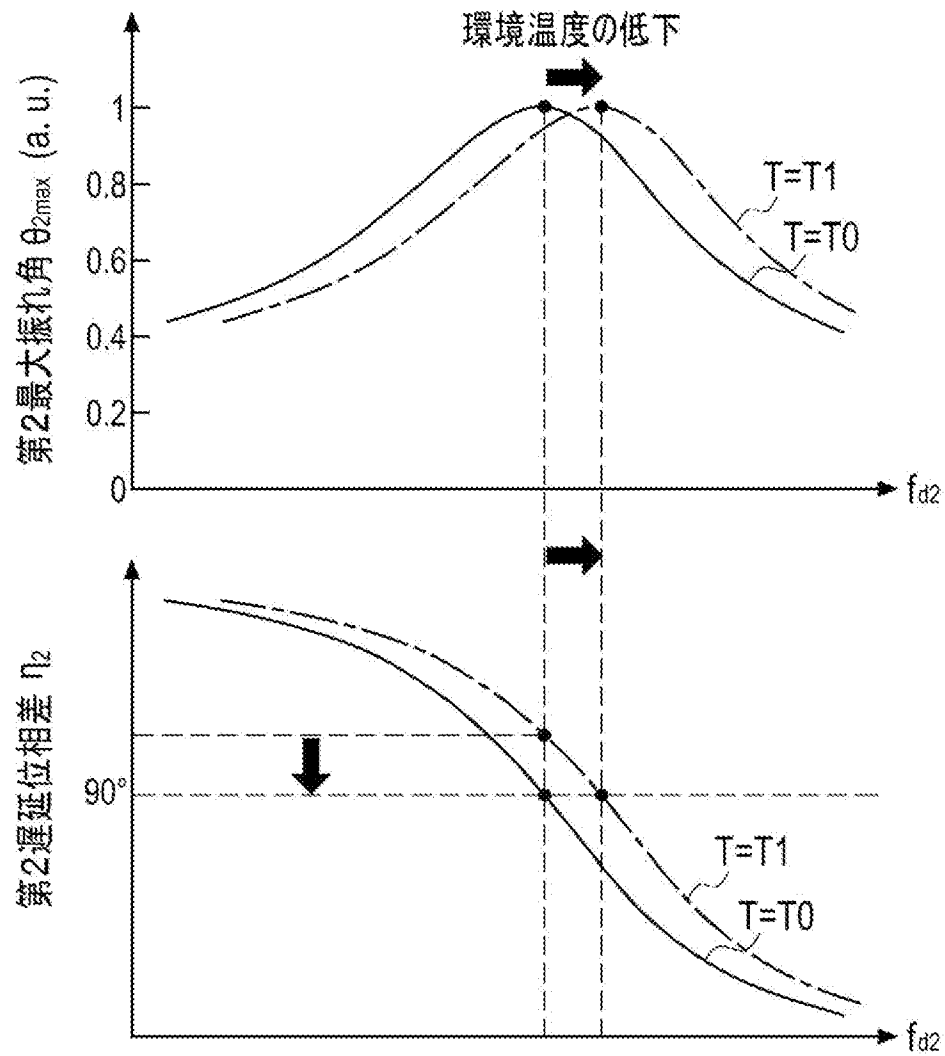
[図11]



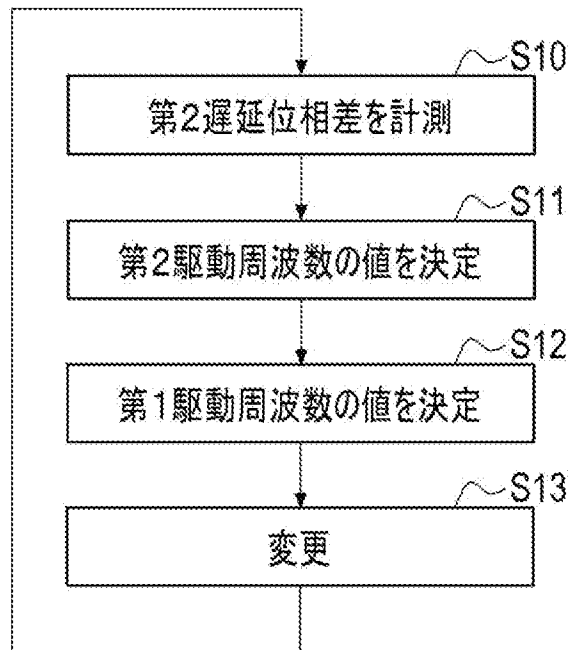
[図12]



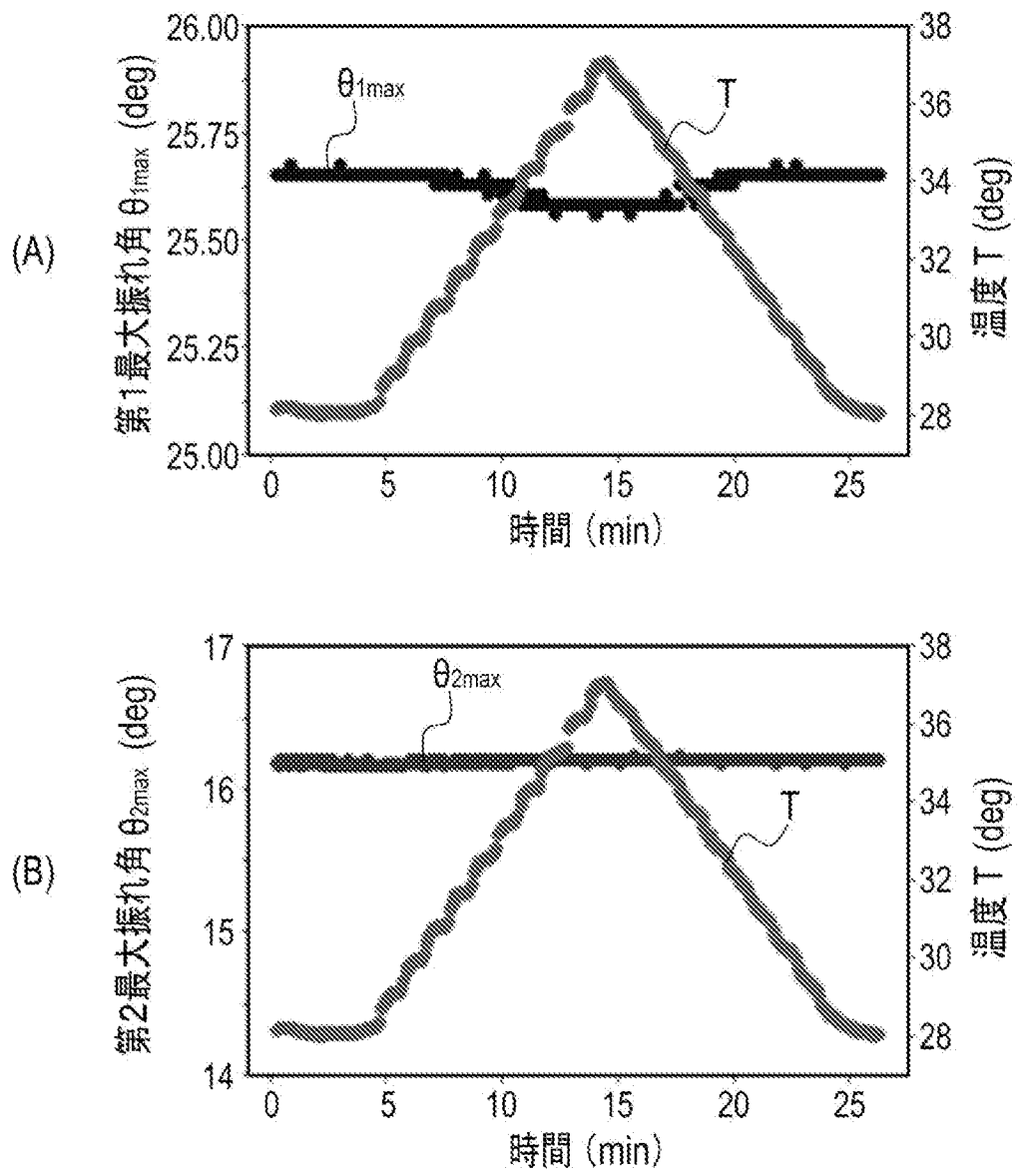
[図13]



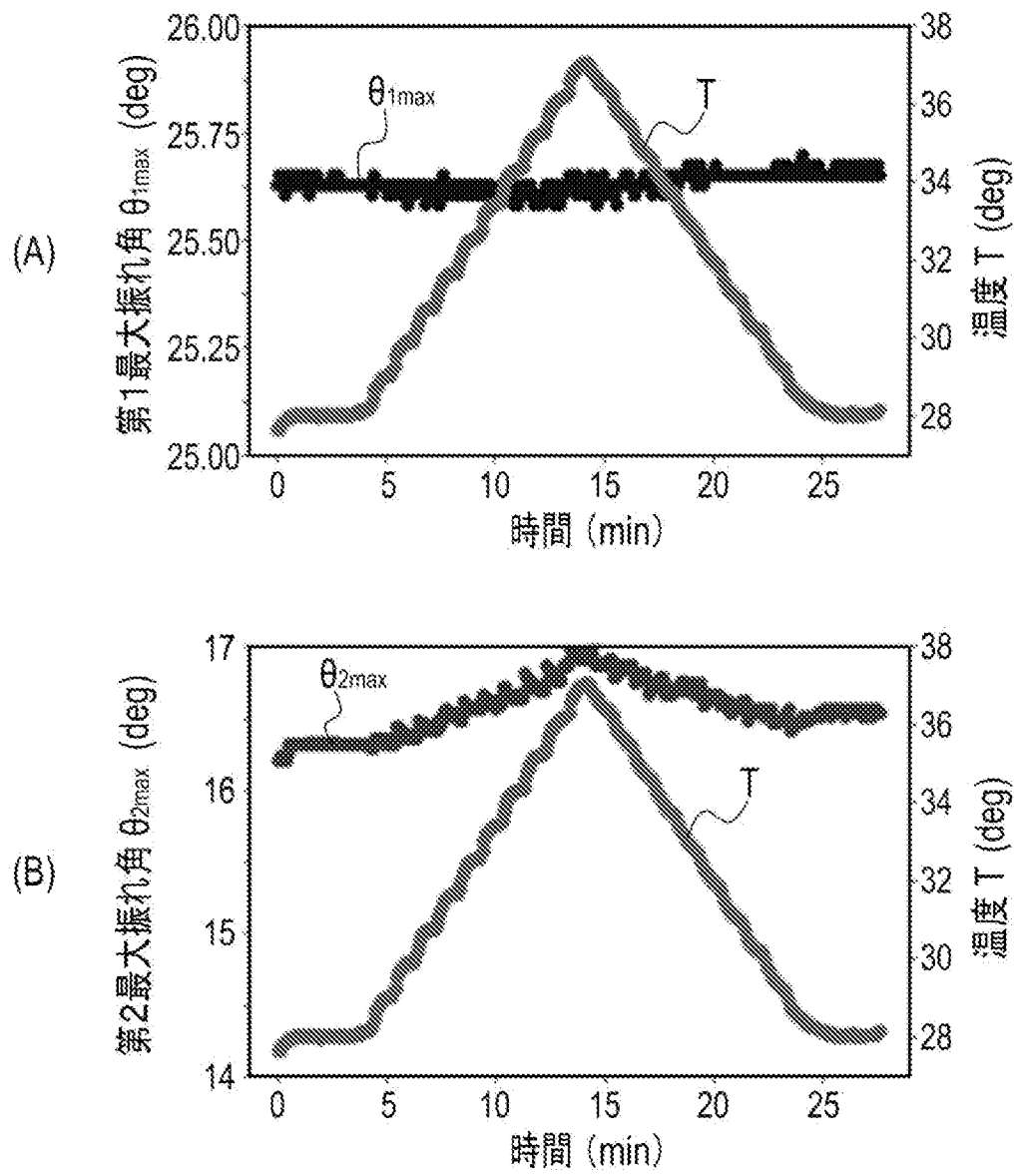
[図14]



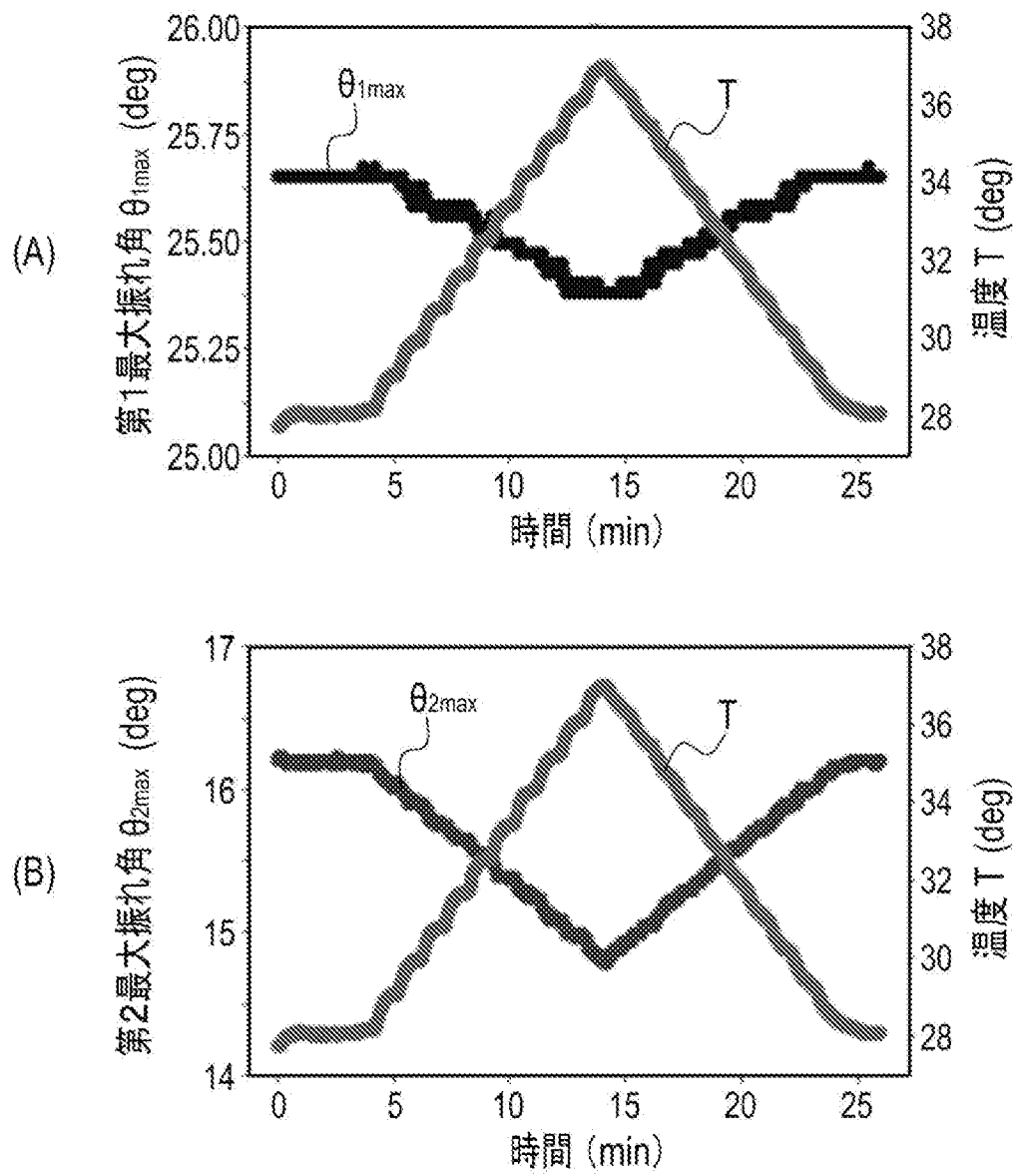
[図15]



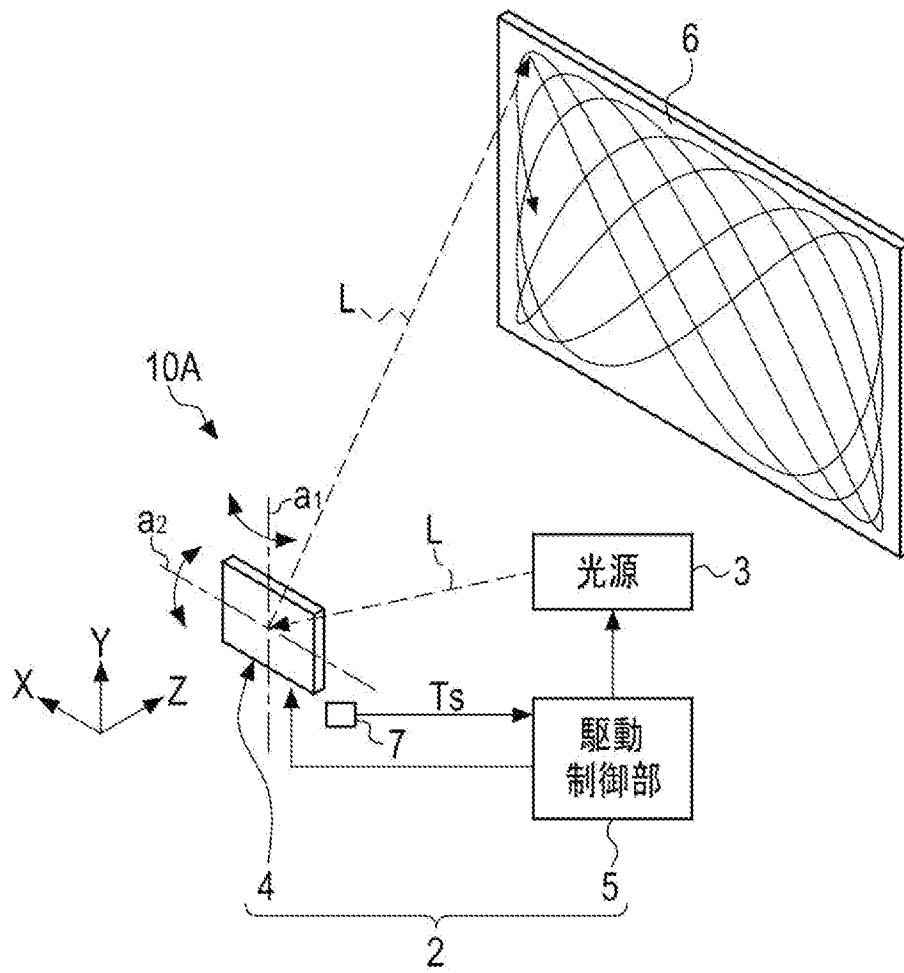
[図16]



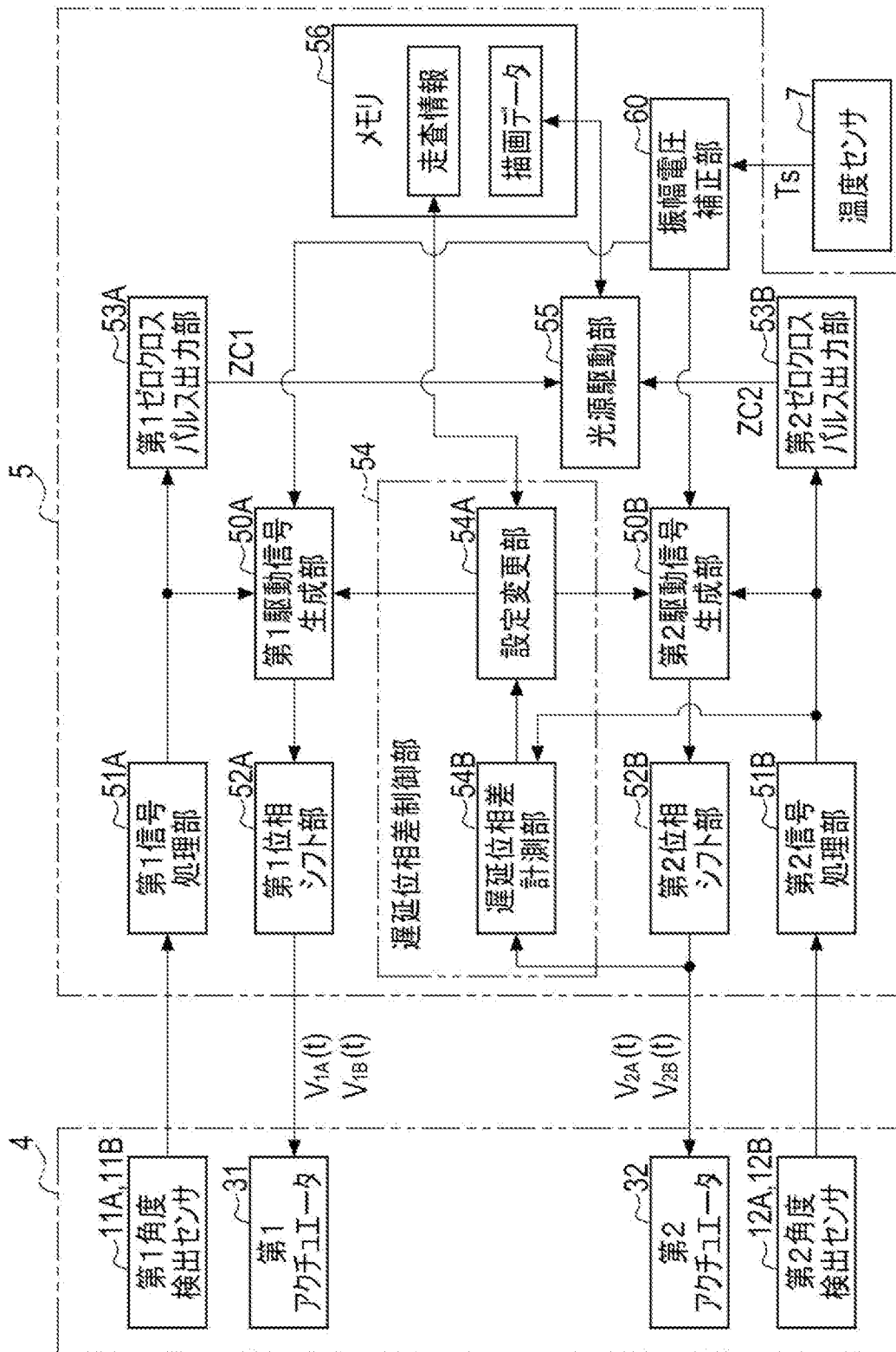
[図17]



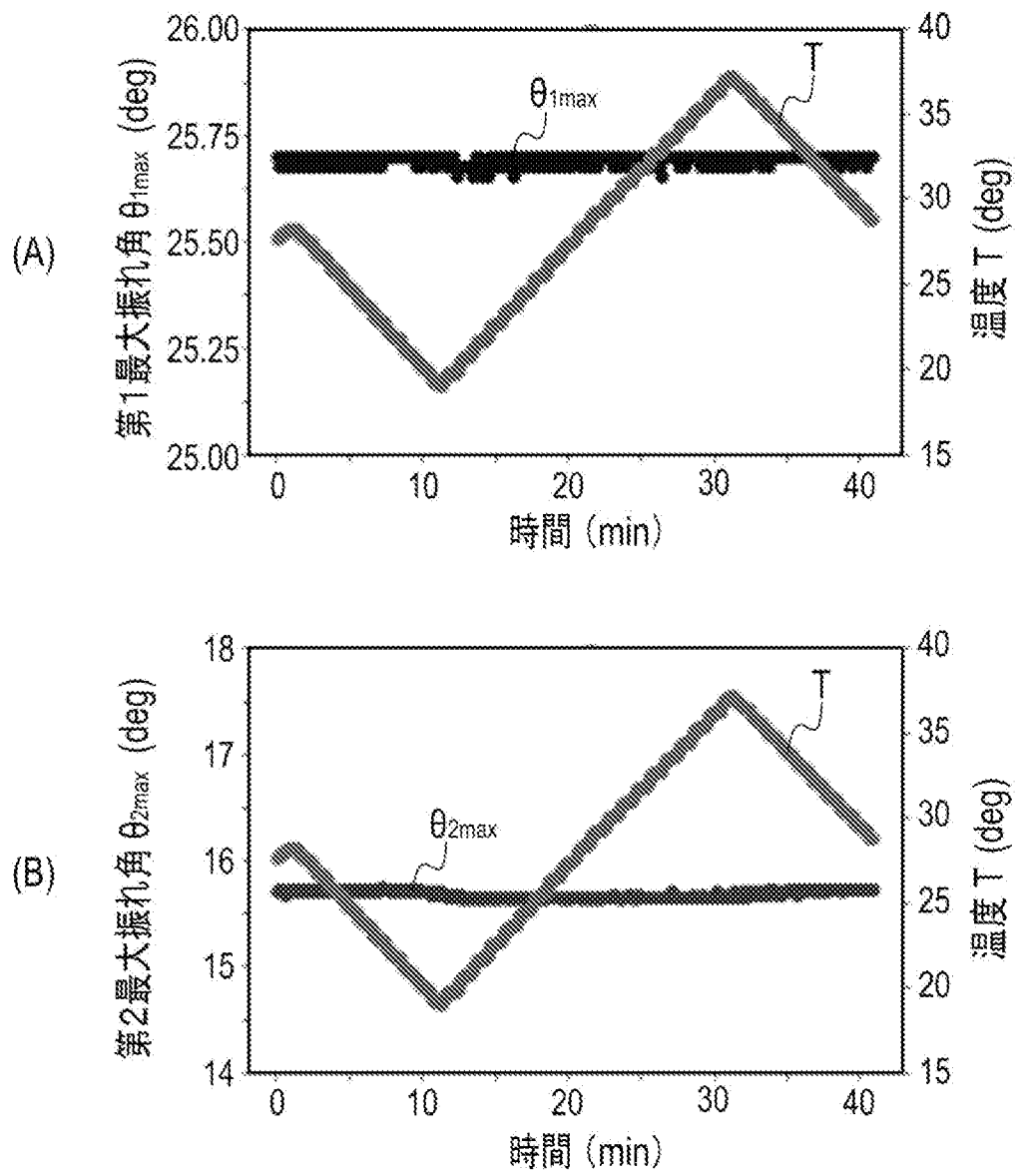
[図18]



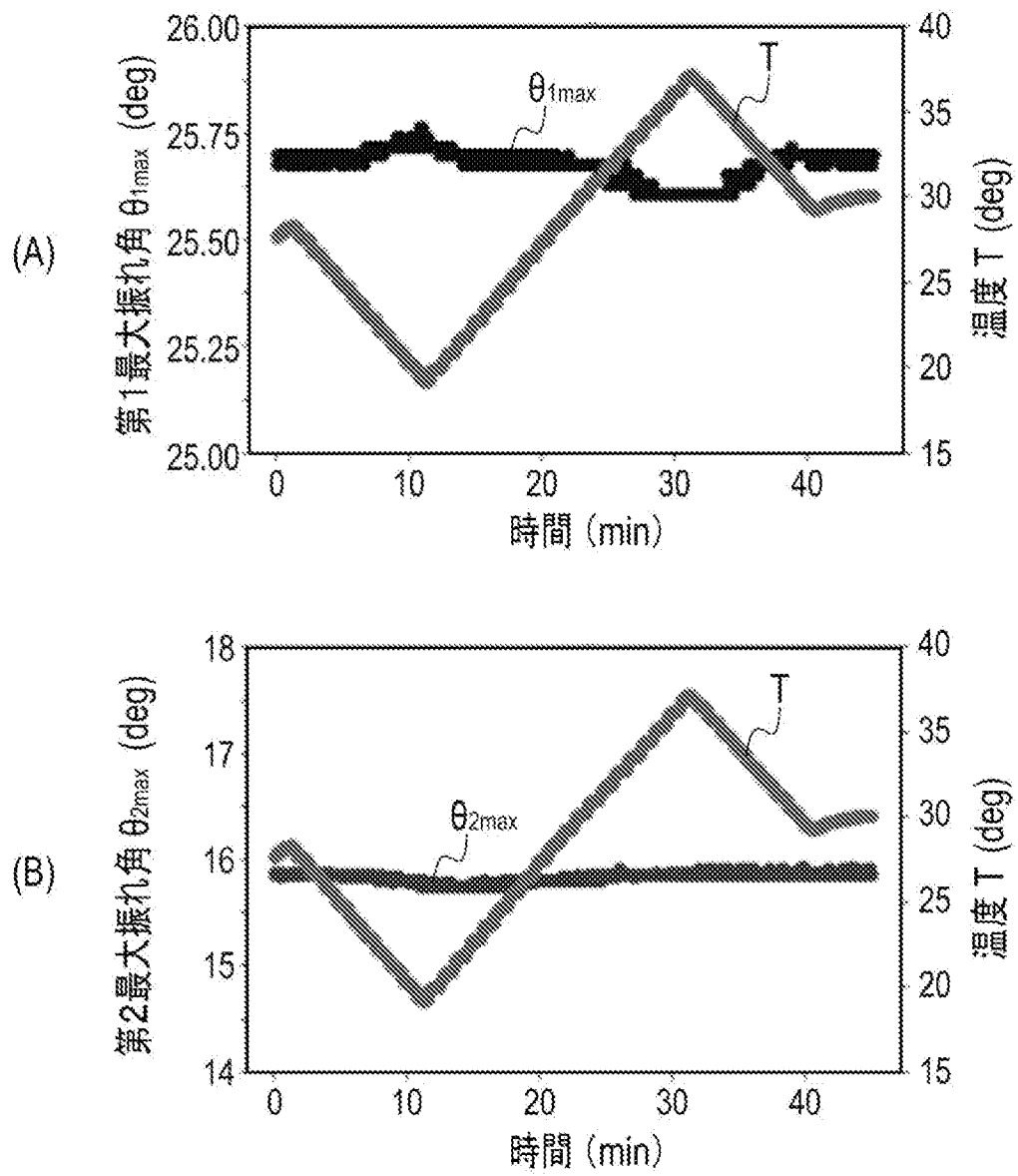
[図19]



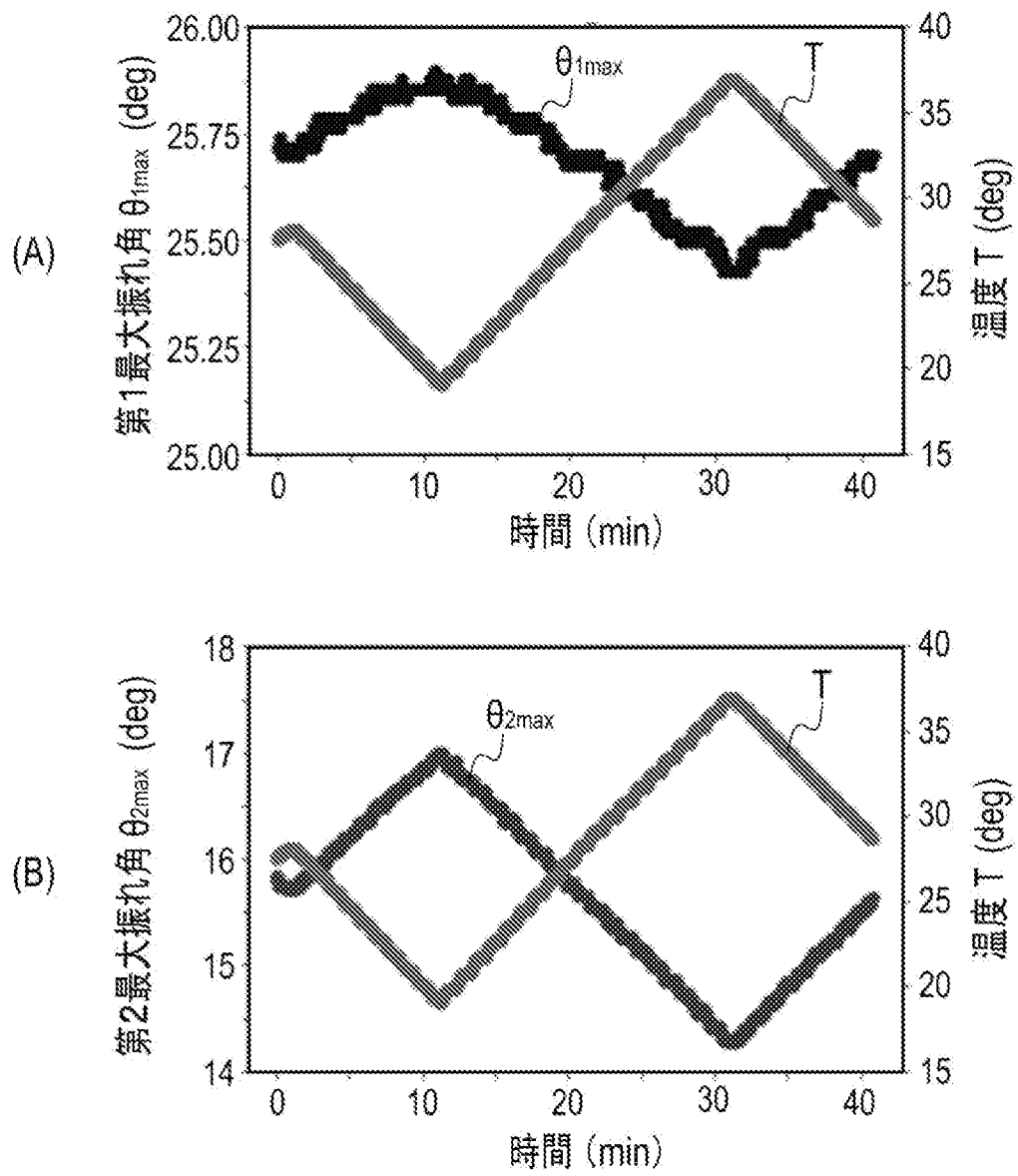
[図20]



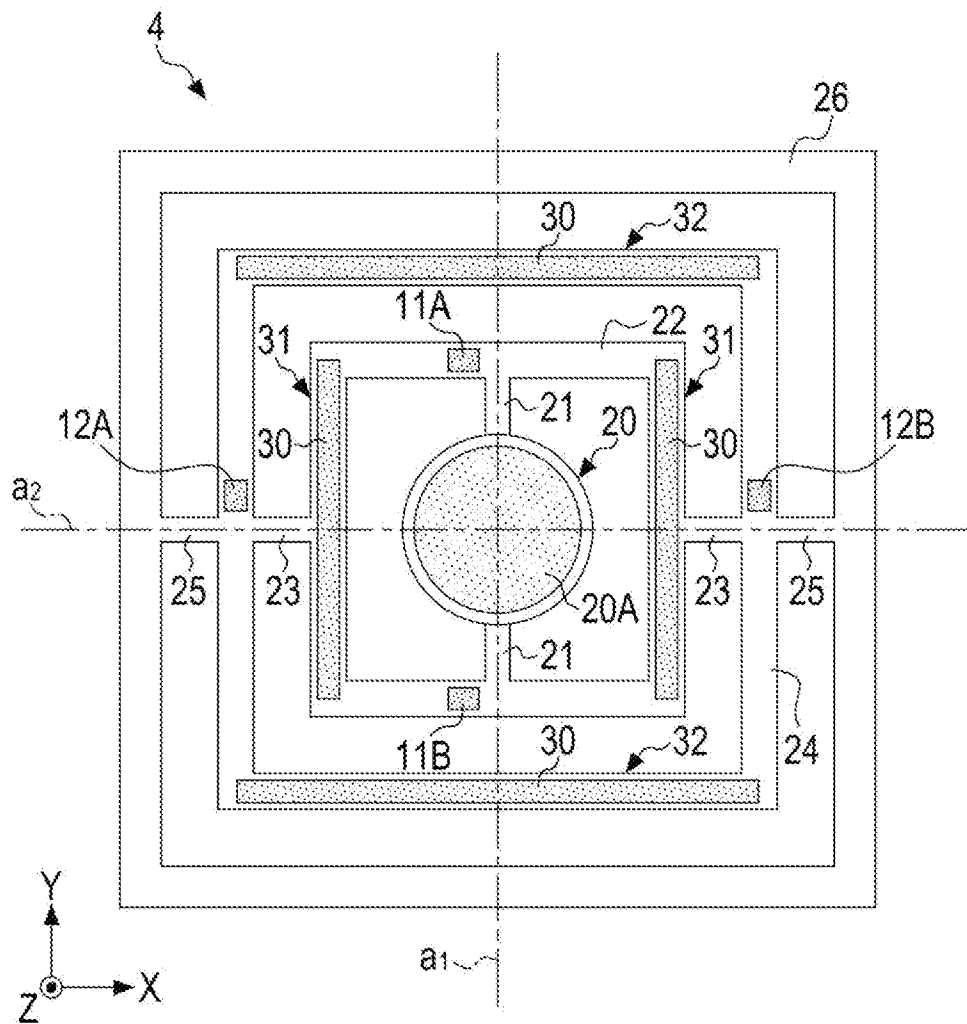
[図21]



[図22]



[図23]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/007098

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br><b>G02B 26/10</b> (2006.01)i; <b>B81B 3/00</b> (2006.01)i; <b>G02B 26/08</b> (2006.01)i; <b>H02N 2/14</b> (2006.01)i<br>FI: G02B26/10 104Z; G02B26/08 E; B81B3/00; H02N2/14; G02B26/10 C<br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                                                          |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>G02B26/10; B81B3/00; G02B26/08; H02N2/14<br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Published examined utility model applications of Japan 1922-1996<br>Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024<br>Registered utility model specifications of Japan 1996-2024<br>Published registered utility model applications of Japan 1994-2024<br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                    |                                                                          |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                    |                                                                          |
| Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                 | Relevant to claim No.                                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | JP 2022-184515 A (FUJIFILM CORPORATION) 13 December 2022 (2022-12-13)<br>entire text, all drawings | 1-8                                                                      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | JP 2023-751 A (FUJIFILM CORPORATION) 04 January 2023 (2023-01-04)<br>entire text, all drawings     | 1-8                                                                      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | JP 2015-132768 A (RICOH COMPANY, LTD.) 23 July 2015 (2015-07-23)<br>entire text, all drawings      | 1-8                                                                      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | JP 2012-68349 A (NIPPON SIGNAL CO., LTD.) 05 April 2012 (2012-04-05)<br>entire text, all drawings  | 1-8                                                                      |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                    |                                                                          |
| <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“D” document cited by the applicant in the international application</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p> |                                                                                                    |                                                                          |
| Date of the actual completion of the international search<br><b>30 April 2024</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                    | Date of mailing of the international search report<br><b>14 May 2024</b> |
| Name and mailing address of the ISA/JP<br><b>Japan Patent Office (ISA/JP)</b><br><b>3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915</b><br><b>Japan</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                    | Authorized officer<br><br>Telephone No.                                  |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
Information on patent family members

International application No.  
**PCT/JP2024/007098**

| Patent document<br>cited in search report |             |   | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s)                                                            | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|-------------|---|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| JP                                        | 2022-184515 | A | 13 December 2022                     | US 2022/0382043 A1<br>entire text, all drawings<br>EP 4099082 A1<br>CN 115437141 A |                                      |
| JP                                        | 2023-751    | A | 04 January 2023                      | US 2022/0404613 A1<br>entire text, all drawings<br>EP 4105709 A1<br>CN 115494635 A |                                      |
| JP                                        | 2015-132768 | A | 23 July 2015                         | (Family: none)                                                                     |                                      |
| JP                                        | 2012-68349  | A | 05 April 2012                        | (Family: none)                                                                     |                                      |

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

G02B 26/10(2006.01)i; B81B 3/00(2006.01)i; G02B 26/08(2006.01)i; H02N 2/14(2006.01)i

FI: G02B26/10 104Z; G02B26/08 E; B81B3/00; H02N2/14; G02B26/10 C

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））

G02B26/10; B81B3/00; G02B26/08; H02N2/14

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 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------|----------------|
| A               | JP 2022-184515 A（富士フイルム株式会社）13.12.2022（2022 - 12 - 13）<br>全文，全文 | 1-8            |
| A               | JP 2023-751 A（富士フイルム株式会社）04.01.2023（2023 - 01 - 04）<br>全文，全文    | 1-8            |
| A               | JP 2015-132768 A（株式会社リコー）23.07.2015（2015 - 07 - 23）<br>全文，全文    | 1-8            |
| A               | JP 2012-68349 A（日本信号株式会社）05.04.2012（2012 - 04 - 05）<br>全文，全文    | 1-8            |

☐ 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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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

30.04.2024

国際調査報告の発送日

14.05.2024

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）

鈴木 俊光 2L 9115

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

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/JP2024/007098

| 引用文献 |             |   | 公表日        | パテントファミリー文献 |              |    | 公表日 |
|------|-------------|---|------------|-------------|--------------|----|-----|
| JP   | 2022-184515 | A | 13.12.2022 | US          | 2022/0382043 | A1 |     |
|      |             |   |            | 全文, 全図      |              |    |     |
|      |             |   |            | EP          | 4099082      | A1 |     |
|      |             |   |            | CN          | 115437141    | A  |     |
| JP   | 2023-751    | A | 04.01.2023 | US          | 2022/0404613 | A1 |     |
|      |             |   |            | 全文, 全図      |              |    |     |
|      |             |   |            | EP          | 4105709      | A1 |     |
|      |             |   |            | CN          | 115494635    | A  |     |
| JP   | 2015-132768 | A | 23.07.2015 | (ファミリーなし)   |              |    |     |
| JP   | 2012-68349  | A | 05.04.2012 | (ファミリーなし)   |              |    |     |