

(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
2021年4月8日(08.04.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/065399 A1

(51) 国際特許分類:
B81B 3/00 (2006.01) G02B 26/08 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/034183

(22) 国際出願日: 2020年9月9日(09.09.2020)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

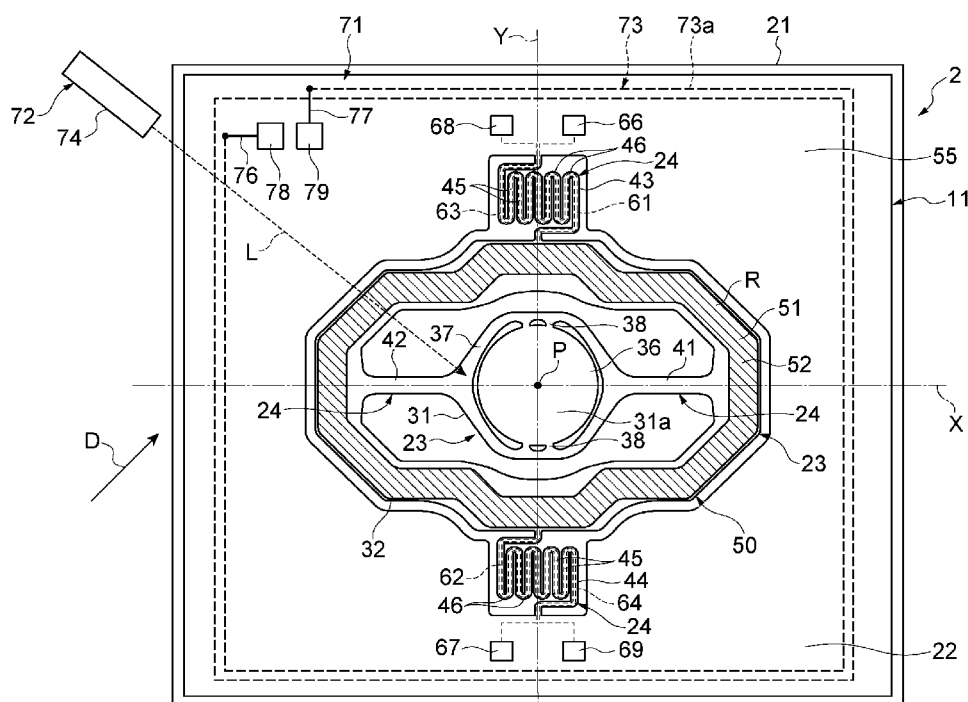
(30) 優先権データ:
特願 2019-178842 2019年9月30日(30.09.2019) JP

(71) 出願人: 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP];
〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 Shizuoka (JP).

(72) 発明者: 岩科進也 (IWASHINA Shinya);
〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 中村重幸 (NAKAMURA Shigeyuki);
〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 櫻井直人 (SAKURAI Naoto);
〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 森永勇樹 (MORINAGA Yuki);
〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 鈴木大幾 (SUZUKI Daiki);
〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).

(54) Title: OPTICAL DEVICE

(54) 発明の名称: 光学デバイス



(57) Abstract: An optical device 1 is provided with: a mirror driving unit 11; a heating unit 15; and a heating control unit 4. In the mirror driving unit 11, a mirror surface 31a is provided to a movable part 23. A support part 22 supports the movable part 23 with an elastic connection part 24 therebetween. A motive power generation unit 50 generates motive power in the movable part 23. A driving control unit 3 outputs a driving signal for operating the motive power generation unit 50. The movable part 23 has a resonance frequency higher than the frequency of the driving signal outputted from the driving

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

control unit 3 in a state where the elastic connection part 24 is yet to be heated. The movable part 23 oscillates through elastic deformation of the elastic connection part 24 in response to the motive power of the motive power generation unit 50. The heating control unit 4 acquires a signal indicating the oscillating state of the movable part 23, and performs feedback control of heating of the elastic connection part 24 by the heating unit 15 on the basis of the phase of the acquired signal.

(57) 要約: 光学デバイス1は、ミラー駆動部11と、加熱部15と、加熱制御部4と、を備える。ミラー駆動部11において、可動部23には、ミラー面31aが設けられている。支持部22は、弾性連結部24を介して可動部23を支持する。動力発生部50は、可動部23に動力を発生させる。駆動制御部3は、動力発生部50を動作させる駆動信号を出力する。可動部23は、弾性連結部24が加熱される前の状態において、駆動制御部3が出力する駆動信号の周波数よりも高い共振周波数を有する。可動部23は、動力発生部50の動力に応じた弾性連結部24の弾性変形によって揺動する。加熱制御部4は、可動部23の揺動状態を示す信号を取得し、取得された信号の位相に基づいて加熱部15による弾性連結部24の加熱をフィードバック制御する。

明 細 書

発明の名称：光学デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、光学デバイスに関する。

背景技術

[0002] ミラー面が設けられた可動部を備える光学デバイスが知られている（たとえば、特許文献１）。特許文献１には、可動部が共振周波数で揺動するように、駆動信号によって可動部の揺動を制御することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開２０１５－３６７８２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 製造ばらつきによる個体差及び環境温度などによって、可動部の共振周波数が意図していたものと異なる場合がある。可動部を駆動する駆動信号の周波数が共振周波数に合っていない場合には、可動部において所望の振れ角が得られないこと、及び、上記可動部の動作が不安定となることが懸念される。共振周波数に合うように駆動信号の周波数が制御されれば、ミラーにおいて良好な振幅が得られる。しかし、この構成では、所望の周波数でミラーを動かすことは困難である。

[0005] 本発明の一つの態様は、所望の周波数かつ所望の振れ角で安定した可動部の揺動を実現できる光学デバイス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

[0006] 本発明の一つの態様に係る光学デバイスは、ミラー駆動部と、駆動制御部と、加熱部と、加熱制御部と、を備える。ミラー駆動部は、可動部と、弾性連結部と、支持部と、動力発生部とを有する。可動部には、ミラー面が設けられている。弾性連結部は、可動部に接続されている。支持部は、弾性連結

部を介して可動部を支持する。動力発生部は、可動部に動力を発生させる。駆動制御部は、動力発生部を動作させる駆動信号を出力する。加熱部は、弾性連結部を加熱する。加熱制御部は、加熱部を制御する。可動部は、弾性連結部が加熱される前の状態において、駆動制御部が出力する駆動信号の周波数よりも高い共振周波数を有する。可動部は、動力発生部の動力に応じた弾性連結部の弾性変形によって揺動する。加熱制御部は、可動部の揺動状態を示す信号を取得し、取得された信号の位相に基づいて加熱部による弾性連結部の加熱をフィードバック制御する。

[0007] 上記一つの態様において、光学デバイスは、弾性連結部を加熱する加熱部を備える。加熱部によって弾性連結部が加熱されると、弾性連結部の弾性率は変化する。この結果、可動部の共振周波数も変化する。このため、上記光学デバイスは、可動部の共振周波数を容易に変化させることができる。この結果、この光学デバイスは、所望の周波数かつ所望の振れ角で安定して可動部を揺動できる。このような構成では、弾性連結部において精密かつ迅速な温度調整が求められる。しかし、たとえば、温度センサによって検出された温度に基づいてフィードバック制御を行う場合には、共振周波数の変化に最も寄与する弾性連結部の温度の検出にタイムラグが生じる。支持部に温度センサが設けられた場合には弾性連結部から支持部に伝達した熱を検出するため、フィードバック制御において温度の伝達速度に応じたタイムラグが生じる。上記加熱制御部は、可動部の揺動状態を示す信号の位相に基づいて加熱部による弾性連結部の加熱をフィードバック制御する。このため、この光学デバイスは、少なくとも、温度センサによって検出された温度に基づいてフィードバック制御する場合よりも精密かつ迅速な温度調整が実現される。したがって、可動部における共振周波数の変更の精度も向上されている。弾性連結部が加熱される前の状態において、可動部は、駆動制御部が出力する駆動信号の周波数よりも高い共振周波数を有している。この場合、光学デバイスは、加熱制御部による加熱制御のみによって、可動部の共振周波数を駆動信号の周波数に合わせることができる。上記光学デバイスは、少なくとも冷

却素子を用いる場合に比べて光学デバイスのコンパクト化が図られる。

[0008] 上記一つの態様において、可動部は、第1可動部と第2可動部とを含んでもよい。第1可動部には、ミラー面が設けられていてもよい。第2可動部は、第1可動部を囲んでもよい。弾性連結部は、第1連結部と第2連結部とを含んでいてもよい。第1連結部は、第1可動部と第2可動部とを弾性的に連結してもよい。第2連結部は、第2可動部と支持部とを弾性的に連結してもよい。

[0009] 上記一つの態様において、加熱部は、第1連結部を加熱してもよい。

[0010] 上記一つの態様において、弾性連結部が加熱される前の状態において、可動部は、駆動制御部が出力する駆動信号の周波数よりも高い共振周波数を有してもよい。この場合、光学デバイスは、加熱制御部による加熱制御のみによって、可動部の共振周波数を駆動信号の周波数に合わせることができる。上記光学デバイスは、少なくとも冷却素子を用いる場合に比べて光学デバイスのコンパクト化が図られている。

[0011] 上記一つの態様において、加熱制御部は、加熱部によって、第一の仕事率で弾性連結部を加熱した後に、第一の仕事率よりも小さい第二の仕事率で弾性連結部を加熱してもよい。この場合、加熱制御部は、可動部の共振周波数を大まかに調整した後に、可動部の共振周波数を細かく調整することができる。この結果、光学デバイスは、可動部の共振周波数をより精密かつ迅速に調整できる。

[0012] 上記一つの態様において、加熱部は、第1加熱部と第2加熱部とを含んでもよい。第1加熱部は、第一の熱量を弾性連結部に与えてもよい。第2加熱部は、第一の熱量よりも小さい第二の熱量を弾性連結部に与えてもよい。この場合、加熱制御部は、第1加熱部によって可動部の共振周波数を大まかに調整し、第2加熱部によって可動部の共振周波数を細かく調整することができる。このため、光学デバイスは、可動部の共振周波数をより精密かつ迅速に調整できる。

[0013] 上記一つの態様において、第1加熱部は、支持部に設けられてもよい。第

2加熱部は、第1連結部、及び可動部の少なくとも1つに設けられてもよい。この場合、光学デバイスは、コンパクトな構成で、可動部の共振周波数をより精密かつ迅速に調整できる。

[0014] 上記一つの態様において、加熱部は、弾性連結部を加熱するレーザ照射部を含んでもよい。この場合、加熱部は、弾性連結部をより迅速に加熱することができる。この結果、光学デバイスは、可動部の共振周波数をより精密かつ迅速に変化させることができる。

[0015] 上記一つの態様において、加熱部は、弾性連結部を加熱する電熱線を含んでもよい。電熱線は、ミラー面の重心を対称点として点対称となるように、弾性連結部、及び可動部の少なくとも1つに設けられていてもよい。この場合、加熱部は、コンパクトな構成で精密に弾性連結部を加熱することができる。電熱線に発生するローレンツ力が打ち消し合うため、可動部の揺動の乱れが抑制される。

[0016] 上記一つの態様において、電熱線は、ミラー面を囲むように可動部に設けられていてもよい。この場合、弾性連結部がより迅速かつ精密に加熱される。電熱線に発生するローレンツ力が打ち消し合うため、可動部の揺動の乱れが抑制される。

[0017] 上記一つの態様において、加熱制御部は、駆動制御部から出力された駆動信号の位相と可動部の揺動状態を示す信号の位相との位相差が小さくなるように、加熱部による弾性連結部の加熱を制御してもよい。この場合、駆動信号の位相と可動部の揺動状態を示す信号の位相とを比較する場合、駆動信号の周波数と可動部の揺動状態を示す信号の周波数とを比較する場合よりも精密に、弾性連結部の加熱が制御され得る。したがって、光学デバイスは、所望の周波数で所望の振れ角をより正確に得ることができる。

[0018] 上記一つの態様において、複数のミラーユニットを備えてもよい。各ミラーユニットは、ミラー駆動部と加熱部とを含んでもよい。加熱制御部は、複数のミラーユニットの各々における弾性連結部の加熱を制御してもよい。この場合、光学デバイスは、各可動部の共振周波数を変化させることができる。

。このため、光学デバイスは、所望の周波数かつ所望の振れ角で各可動部を揺動することができる。

[0019] 上記一つの態様において、この光学デバイスが備える全てのミラーユニットの各々における可動部は、各可動部に接続された弾性連結部を加熱する前の状態において、駆動制御部が出力する駆動信号の周波数よりも高い共振周波数を有してもよい。加熱制御部は、全てのミラーユニットにおける弾性連結部を加熱部によって加熱してもよい。冷却素子は比較的大型であるため、冷却素子を用いる場合に比べて光学デバイスのコンパクト化が図られる。

発明の効果

[0020] 本発明の一つの態様は、所望の周波数かつ所望の振れ角で安定した可動部の揺動を実現できる光学デバイスを提供する。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]図1は、本実施形態に係る光学デバイスのブロック図である。

[図2]図2は、ミラーユニットの概略平面図である。

[図3]図3は、本実施形態の変形例に係るミラーユニットの概略平面図である。

[図4]図4は、本実施形態の変形例に係るミラーユニットの概略平面図である。

[図5]図5は、光学デバイスにおける制御方法を示すフローチャートである。

[図6]図6は、可動部の位相安定処理を示すフローチャートである。

[図7]図7は、各ミラーユニットにおける可動部の共振周波数と駆動信号の周波数との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態について詳細に説明する。

なお、説明において、同一要素又は同一機能を有している要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

[0023] まず、図1を参照して、本実施形態に係る光学デバイスの概要を説明する。図1は、光学デバイスのブロック図である。光学デバイス1は、ミラー面

を含んでおり、このミラー面を揺動する。光学デバイス1は、たとえば光通信用光スイッチ、光スキャナなどに用いられる。光学デバイス1は、少なくとも1つのミラーユニット2と、駆動制御部3と、加熱制御部4とを備えている。本実施形態では、光学デバイス1は、複数のミラーユニット2を備えている。

[0024] 各ミラーユニット2は、ミラー駆動部11と、加熱部15とを有している。ミラー駆動部11は、たとえば、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) デバイスとして構成されている。ミラー駆動部11は、パターニング及びエッチングなどのMEMS技術を用いて製造される。加熱部15は、ミラー駆動部11を加熱する。駆動制御部3は、駆動信号を出力し、この駆動信号によってミラー駆動部11の駆動を制御する。加熱制御部4は、加熱部15を制御する。

[0025] 次に、図2を参照して、ミラー駆動部11の構成について詳細に説明する。図2は、ミラーユニットの概略平面図である。

[0026] ミラー駆動部11は、図2に示されているように、磁界発生部21と、支持部22と、可動部23と、弾性連結部24とを有する。支持部22、可動部23、及び弾性連結部24は、たとえばSOI (Silicon on Insulator) 基板によって一体的に形成されている。支持部22、可動部23、及び弾性連結部24は、たとえば、シリコンによって構成されている。支持部22、可動部23、及び弾性連結部24の少なくとも1つは、金属によって構成されていてもよい。

[0027] 磁界発生部21は、たとえば、平面視においてX軸、及び、X軸に直交するY軸のそれぞれに対して45度傾斜した向きDの磁界を発生させる。磁界発生部21によって発生する磁界の向きDは、平面視においてX軸及びY軸に対して45度以外の角度で傾斜していてもよい。本実施形態では、磁界発生部21は、ハルバッハ配列によって配置された複数の永久磁石を有している。

[0028] 支持部22は、たとえば、平面視において四角形状の外形を有し、枠状に

形成されている。本実施形態において、支持部 2 2 は、磁界発生部 2 1 の永久磁石から離間し、X 軸及び Y 軸に直交する方向においてこの永久磁石と並んで配置されている。

[0029] 可動部 2 3 は、磁界発生部 2 1 から離間した状態において、X 軸及び Y 軸に直交する方向から見て、支持部 2 2 によって形成される枠内に配置されている。可動部 2 3 は、第 1 可動部 3 1 と、第 2 可動部 3 2 とを含んでいる。第 1 可動部 3 1 には、ミラー面 3 1 a が設けられている。ミラー駆動部 1 1 において、Y 軸周りに第 2 可動部 3 2 が揺動され、X 軸周り及び Y 軸周りに第 1 可動部 3 1 が揺動される。第 2 可動部 3 2 は、枠状に形成されており、第 1 可動部 3 1 を囲むように配置されている。第 2 可動部 3 2 は、支持部 2 2 に支持されている。

[0030] 図 2 に示されているように、第 1 可動部 3 1 は、本体部 3 6 と、環状部 3 7 と、一对の保持部 3 8 とを有している。本実施形態において、本体部 3 6 は、平面視において円形状を呈している。本体部 3 6 は、楕円形状、四角形状、菱形状などの任意の形状に形成されてもよい。本体部 3 6 には、X 軸及び Y 軸に直交する方向において磁界発生部 2 1 の永久磁石と反対側に、ミラー面 3 1 a が設けられている。ミラー面 3 1 a は、たとえば、金属膜によって形成される。金属膜は、たとえばアルミニウム、アルミニウム系合金、金、又は銀である。平面視において、本体部 3 6 の重心 P は、X 軸及び Y 軸の交点と一致している。平面視において、ミラー面 3 1 a の重心 P は、X 軸及び Y 軸の交点と一致している。

[0031] 環状部 3 7 は、平面視において本体部 3 6 を囲むように環状に形成されている。環状部 3 7 は、平面視において八角形状の外形を有している。環状部 3 7 は、円形状、楕円形状、四角形状、菱形状などの任意の外形を有していてもよい。一对の保持部 3 8 は、Y 軸に沿って本体部 3 6 の両側に配置され、本体部 3 6 と環状部 3 7 とを互いに連結している。このように、複数の保持部 3 8 を介して環状部 3 7 に接続された本体部 3 6 にミラー面 3 1 a が設けられている。このため、第 1 可動部 3 1 が共振周波数レベルで X 軸周りに

揺動しても、ミラー面 3 1 a に撓みなどの変形が抑制される。

[0032] 弾性連結部 2 4 は、一对の第 1 連結部 4 1, 4 2 と、一对の第 2 連結部 4 3, 4 4 とを含んでいる。第 1 連結部 4 1, 4 2 及び第 2 連結部 4 3, 4 4 は、たとえばトーションバーである。一对の第 1 連結部 4 1, 4 2 は、第 1 可動部 3 1 と第 2 可動部 3 2 とを弾性的に連結する。換言すれば、第 1 連結部 4 1, 4 2 は、ミラー面 3 1 a が設けられた第 1 可動部 3 1 に接続された弾性連結部である。一对の第 2 連結部 4 3, 4 4 は、支持部 2 2 と第 2 可動部 3 2 とを弾性的に連結する。換言すれば、支持部 2 2 は、第 1 連結部 4 1, 4 2、第 2 可動部 3 2、及び第 2 連結部 4 3, 4 4 を介して、第 1 可動部 3 1 を支持している。

[0033] 第 1 連結部 4 1, 4 2 は、X 軸を通るように第 1 可動部 3 1 の両側に配置されている。第 1 可動部 3 1 は、一对の第 1 連結部 4 1, 4 2 に挟まれている。一对の第 1 連結部 4 1, 4 2 は、第 1 可動部 3 1 の環状部 3 7 と第 2 可動部 3 2 とを互いに連結している。このため、第 1 可動部 3 1 は、一对の第 1 連結部 4 1, 4 2 の弾性によって、X 軸周りに揺動可能である。

[0034] 各第 1 連結部 4 1, 4 2 は、X 軸に沿って直線状に延在している。本実施形態において、各第 1 連結部 4 1, 4 2 における第 1 可動部 3 1 側の端部の幅は、第 1 可動部 3 1 に近づくほど広がっている。各第 1 連結部 4 1, 4 2 における第 2 可動部 3 2 側の端部の幅は、第 2 可動部 3 2 に近づくほど広がっている。このため、第 1 連結部 4 1, 4 2 に作用するねじり応力の影響が緩和され、第 1 連結部 4 1, 4 2 の劣化が抑制される。

[0035] 第 2 連結部 4 3, 4 4 は、Y 軸を通るように第 2 可動部 3 2 の両側に配置されている。第 2 可動部 3 2 は、一对の第 2 連結部 4 3, 4 4 に挟まれている。一对の第 2 連結部 4 3, 4 4 は、第 2 可動部 3 2 と支持部 2 2 とを互いに連結している。

[0036] 各第 2 連結部 4 3, 4 4 は、平面視において蛇行して延在している。各第 2 連結部 4 3, 4 4 は、複数の直線状部 4 5 と、複数の折り返し部 4 6 と、を有している。直線状部 4 5 は、Y 軸に平行な方向に延在し、X 軸に平行な

方向に並んで配置されている。折り返し部４６は、隣り合う直線状部４５の両端を交互に連結している。

[0037] ミラー駆動部１１は、動力発生部５０を更に備える。動力発生部５０は、第１可動部３１及び第２可動部３２に動力を発生させる。第１可動部３１は、動力発生部５０による動力に応じた第１連結部４１、４２の弾性変形によって揺動する。第２可動部３２は、動力発生部５０による動力に応じた第２連結部４３、４４の弾性変形によって揺動する。

[0038] 動力発生部５０は、一对の駆動用コイル５１、５２と、複数の配線６１、６２、６３、６４と、複数の電極パッド６６、６７、６８、６９とを有する。駆動用コイル５１、５２は、第１可動部３１を囲むように第２可動部３２に設けられている。各駆動用コイル５１、５２は、平面視において渦巻き状を呈している。各駆動用コイル５１、５２は、第１可動部３１の周りに複数回巻かれている。一对の駆動用コイル５１、５２は、平面視において第２可動部３２の幅方向に互い違いに並ぶように、配置されている。図２において、駆動用コイル５１、５２が配置されている領域Ｒはハッチングで示されている。

[0039] 各駆動用コイル５１、５２は、ダマシン法により形成されている。各駆動用コイル５１、５２は、第２可動部３２に埋め込まれている。各駆動用コイル５１、５２は、絶縁層５５に覆われている。各駆動用コイル５１、５２は、第２可動部３２に埋め込まれている。絶縁層５５は、例えば酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素などによって構成されている。この絶縁層は、支持部２２、第１可動部３１、第２可動部３２、第１連結部４１、４２、及び第２連結部４３、４４の表面を覆うように一体的に形成されている。

[0040] 各駆動用コイル５１、５２は、第２可動部３２を構成する材料の密度よりも高い密度を有している金属材料によって構成されている。本実施形態において、第２可動部３２はシリコンによって構成されており、各駆動用コイル５１、５２は銅によって構成されている。各駆動用コイル５１、５２は、金によって構成されてもよい。

[0041] 各電極パッド66, 67, 68, 69は、支持部22に設けられ、上記絶縁層55から外部に露出している。各電極パッド66, 67, 68, 69は、駆動制御部3に接続されている。配線61は、駆動用コイル51の一端と電極パッド66とに電氣的に接続されている。配線61は、駆動用コイル51の一端から第2連結部43を介して電極パッド66まで延在している。配線62は、駆動用コイル51の他端と電極パッド67とに電氣的に接続されている。配線62は、駆動用コイル51の他端から第2連結部44を介して電極パッド67まで延在している。各配線61, 62は、たとえば駆動用コイル51, 52と同様に、ダマシン法により形成されている。各配線61, 62は、絶縁層55に覆われている。

[0042] 配線63は、駆動用コイル52の一端と電極パッド68とに電氣的に接続されている。配線63は、駆動用コイル52の一端から第2連結部43を介して電極パッド68まで延在している。配線64は、駆動用コイル52の他端と電極パッド69とに電氣的に接続されている。配線64は、駆動用コイル52の他端から第2連結部44を介して電極パッド69まで延在している。各配線63, 64は、たとえば駆動用コイル51, 52と同様に、ダマシン法により形成されている。各配線63, 64は、絶縁層55に覆われている。

[0043] 駆動制御部3は、動力発生部50を動作させる駆動信号を出力する。駆動制御部3は、以上のように構成されたミラー駆動部11の動力発生部50に駆動信号を入力する。電極パッド66, 67及び配線61, 62を介して、駆動制御部3から駆動用コイル51にリニア動作の駆動信号が入力されると、磁界発生部21によって発生する磁界との相互作用によって駆動用コイル51にローレンツ力が作用する。このローレンツ力と第2連結部43, 44の弾性力とに応じて、ミラー面31aを有する第1可動部31と共に第2可動部32がY軸周りにリニア動作する。

[0044] 電極パッド68, 69及び配線63, 64を介して、駆動制御部3から駆動用コイル52に共振動作の駆動信号が入力されると、磁界発生部21に

よって発生する磁界との相互作用によって駆動用コイル52にローレンツ力が作用する。このローレンツ力に応じた第1可動部31の共振によって、X軸周りにミラー面31aを有する第1可動部31が共振動作する。具体的には、駆動制御部3からの駆動信号が駆動用コイル52に入力されると、第2可動部32がX軸周りにこの駆動信号の周波数で僅かに振動する。この振動が第1連結部41, 42を介して第1可動部31に伝わり、第1可動部31がX軸周りに揺動する。X軸周りにおける第1可動部31の共振周波数と上記駆動信号の周波数が一致していれば、第1可動部31はX軸周りにこの周波数で安定して揺動する。本実施形態において、光学デバイス1が備える全てのミラーユニット2の各々における第1可動部31は、この第1可動部31に接続された第1連結部41, 42が加熱される前の状態において、駆動制御部3が出力する駆動信号の周波数よりも高い共振周波数を有する。

[0045] 次に、図2を参照して、加熱部15の構成について詳細に説明する。光学デバイス1において、複数の加熱部15が各ミラーユニット2に設けられている。加熱制御部4は、第1可動部31の揺動状態を示す信号を取得し、この信号の位相に基づいて加熱部15による第1連結部41, 42の加熱をフィードバック制御する。本実施形態において、揺動状態を示す信号とは、支持部22に対する第1可動部31の相対位置を示す信号である。換言すれば、揺動状態を示す信号とは、第1可動部31の振れ角の位相を示す信号である。加熱制御部4は、複数のミラーユニット2の各々における第1連結部41, 42の加熱を制御する。本実施形態において、加熱制御部4は、全てのミラーユニット2における第1連結部41, 42を加熱部15によって加熱する。

[0046] 加熱制御部4は、加熱部15によって、第1連結部41, 42を急速に加熱した後に、第1連結部41, 42を緩やかに加熱する。これによって、加熱制御部4は、第1連結部41, 42の温度を細かく調整する。換言すれば、加熱制御部4は、加熱部によって、第一の仕事率で第1連結部41, 42を加熱した後に、第一の仕事率よりも小さい第二の仕事率で第1連結部41

， 4 2 を加熱する。

[0047] 本実施形態において、各加熱部 1 5 は、第 1 加熱部 7 1 と、第 2 加熱部 7 2 とを含む。第 1 加熱部 7 1 及び第 2 加熱部 7 2 は、互いに異なる熱量を第 1 可動部 3 1 に与える。第 1 加熱部 7 1 及び第 2 加熱部 7 2 は、たとえば、レーザの照射又は電熱線の発熱によって第 1 可動部 3 1 を加熱する。

[0048] 第 1 加熱部 7 1 は、加熱制御部 4 から信号に応じて、第一の熱量を第 1 連結部 4 1， 4 2 に与える。第 2 加熱部 7 2 は、加熱制御部 4 からの信号に応じて、第一の熱量よりも小さい第二の熱量を第 1 連結部 4 1， 4 2 に与える。加熱制御部 4 は、第 1 加熱部 7 1 によって第 1 連結部 4 1， 4 2 を大きく加熱した後に、第 2 加熱部 7 2 によって第 1 連結部 4 1， 4 2 を小さく加熱する。これによって加熱制御部 4 は、第 1 連結部 4 1， 4 2 の温度を調整する。

[0049] 本実施形態において、図 2 に示されているように、ミラーユニット 2 は、電熱線部 7 3 と、レーザ照射部 7 4 とを有している。これらの電熱線部 7 3 とレーザ照射部 7 4 とが、第 1 連結部 4 1， 4 2 を加熱する加熱部 1 5 として機能する。換言すれば、加熱部 1 5 は、電熱線部 7 3 とレーザ照射部 7 4 とを含む。

[0050] 電熱線部 7 3 は、印加される電圧に応じた熱を発する。電熱線部 7 3 に印加される電圧は、加熱制御部 4 によって制御される。電熱線部 7 3 は、電熱線 7 3 a を含む。ミラー駆動部 1 1 は、配線 7 6， 7 7 と、電極パッド 7 8， 7 9 と、を更に備えている。電熱線 7 3 a は、第 2 可動部 3 2 を囲むように支持部 2 2 に設けられている。電熱線 7 3 a は、平面視において渦巻き状を呈している。

[0051] 電熱線 7 3 a は、金属又は半導体によって構成されている。たとえば、電熱線 7 3 a は、銅、又はアルミニウム合金によって構成される。電熱線 7 3 a は、拡散層によって構成されてもよい。

[0052] 各電極パッド 7 8， 7 9 は、支持部 2 2 に設けられ、上述した絶縁層 5 5 から外部に露出している。配線 7 6 は、電熱線 7 3 a の一端と電極パッド 7

８とに電氣的に接続されている。配線７７は、電熱線７３ａの他端と電極パッド７９とに電氣的に接続されている。電極パッド７８，７９は、加熱制御部４と電氣的に接続されている。電極パッド７８，７９に電圧が印加されると、電熱線７３ａが発熱し、可動部２３が全体的に加熱される。これにより、第１連結部４１，４２が加熱される。電熱線７３ａは、第１加熱部７１に含まれる。

[0053] レーザ照射部７４は、第１可動部３１と一对の第１連結部４１，４２との少なくとも一方にレーザを照射する。レーザ照射部７４は、加熱制御部４と電氣的に接続されている。レーザ照射部７４から照射されるレーザの強度は、加熱制御部４によって制御される。本実施形態において、レーザ照射部７４は、第１可動部３１にレーザを照射する。これによって、第１可動部３１が加熱され、加熱された第１可動部３１から一对の第１連結部４１，４２に熱が伝達される。この結果、第１連結部４１，４２が加熱される。第１可動部３１のミラー面３１ａにレーザが照射された場合も、上記熱の伝達によって、第１連結部４１，４２が加熱される。本実施形態において、レーザ照射部７４は、第２加熱部７２に含まれる。

[0054] 次に、図３及び図４を参照して、本実施形態の変形例に係る光学デバイスのミラーユニットについて説明する。図３は、本実施形態の変形例に係るミラーユニットの概略平面図である。本変形例は、概ね、上述した実施形態と類似又は同じである。本変形例は、加熱部１５がレーザ照射部７４を含まない点、及び、電熱線部７３が電熱線７３ｂ，７３ｃを含む点に関して、上述した実施形態と相違する。以下、上述した実施形態と変形例との相違点を主として説明する。なお、図３は、一对の駆動用コイル５１，５２、及び、複数の配線６１，６２，６３，６４を省略して図示している。

[0055] 本変形例のミラーユニット２Ａにおいて、電熱線部７３は、図３に示されているように、電熱線７３ａに加えて電熱線７３ｂ，７３ｃを含む。ミラー駆動部１１は、配線８１，８２，８３，８４と、電極パッド８６，８７，８８，８９とを更に備えている。電熱線７３ｂ，７３ｃは、第２可動部３２に

設けられている。電熱線 7 3 b, 7 3 c は、第 2 加熱部 7 2 に含まれる。電熱線 7 3 b, 7 3 c は、ミラー面 3 1 a の重心を対称点として点対称となるように設けられている。

[0056] 電熱線 7 3 b は、第 2 連結部 4 3 と第 2 可動部 3 2 との接続部分から第 2 可動部 3 2 と第 1 連結部 4 1 との接続部分に向かって延在している。電熱線 7 3 b は、第 2 可動部 3 2 と第 1 連結部 4 1 との接続部分において蛇行した後に、第 2 連結部 4 3 と第 2 可動部 3 2 との接続部分に向かって延在している。電熱線 7 3 b は、第 2 可動部 3 2 と第 1 連結部 4 1 との接続部分において、複数の直線状部 8 5 a と、複数の折り返し部 8 5 b と、を有している。直線状部 7 5 b は、Y 軸に平行な方向に延在し、X 軸に平行な方向に並んで配置されている。折り返し部 8 5 b は、隣り合う直線状部 8 5 a の両端を交互に連結している。

[0057] 電熱線 7 3 c は、第 2 連結部 4 4 と第 2 可動部 3 2 との接続部分から第 2 可動部 3 2 と第 1 連結部 4 2 との接続部分に向かって延在している。電熱線 7 3 c は、第 2 可動部 3 2 と第 1 連結部 4 2 との接続部分において蛇行した後に、第 2 連結部 4 4 と第 2 可動部 3 2 との接続部分に向かって延在している。電熱線 7 3 c は、第 2 可動部 3 2 と第 1 連結部 4 2 との接続部分において、複数の直線状部 8 5 c と、複数の折り返し部 8 5 d と、を有している。直線状部 8 5 c は、Y 軸に平行な方向に延在し、X 軸に平行な方向に並んで配置されている。折り返し部 8 5 d は、隣り合う直線状部 8 5 c の両端を交互に連結している。

[0058] 本変形例において、電熱線 7 3 b, 7 3 b は、スパッタリング及びフォトリソグラフィによって形成される。電熱線 7 3 b, 7 3 c は、絶縁層 5 5 から露出しているもよい。電熱線 7 3 b, 7 3 c は、たとえば駆動用コイル 5 1, 5 2 と同様に、ダマシン法により形成されているもよい。この場合、電熱線 7 3 b, 7 3 c は、各駆動用コイル 5 1, 5 2 と異なる層において、第 2 可動部 3 2 に埋め込まれる。この場合、電熱線 7 3 b, 7 3 c は、絶縁層 5 5 に覆われる。

- [0059] 電熱線 7 3 b, 7 3 c は、金属又は半導体によって構成されている。たとえば、電熱線 7 3 b, 7 3 c は、銅、又はアルミニウム合金によって構成される。電熱線 7 3 b, 7 3 c は、拡散層によって構成されてもよい。
- [0060] 配線 8 1 は、電熱線 7 3 b の一端と電極パッド 8 6 とに電氣的に接続されている。配線 8 1 は、電熱線 7 3 b の一端から第 2 連結部 4 3 を介して電極パッド 8 6 まで延在している。配線 8 2 は、電熱線 7 3 b の他端と電極パッド 8 7 とに電氣的に接続されている。配線 8 2 は、電熱線 7 3 b の他端から第 2 連結部 4 3 を介して電極パッド 8 7 まで延在している。各配線 8 1, 8 2 は、たとえば駆動用コイル 5 1, 5 2 と同様に、ダマシン法により形成されており、絶縁層 5 5 に覆われている。
- [0061] 配線 8 3 は、電熱線 7 3 c の一端と電極パッド 8 8 とに電氣的に接続されている。配線 8 3 は、電熱線 7 3 c の一端から第 2 連結部 4 4 を介して電極パッド 8 8 まで延在している。配線 8 4 は、電熱線 7 3 c の他端と電極パッド 8 9 とに電氣的に接続されている。配線 8 4 は、電熱線 7 3 c の他端から第 2 連結部 4 4 を介して電極パッド 8 9 まで延在している。各配線 8 3, 8 4 は、たとえば駆動用コイル 5 1, 5 2 と同様に、ダマシン法により形成されている。各配線 8 3, 8 4 は、絶縁層 5 5 に覆われている。
- [0062] 電極パッド 8 6, 8 7, 8 8, 8 9 は、加熱制御部 4 と電氣的に接続されている。加熱制御部 4 によって電極パッド 8 6, 8 7 に電圧が印加されると、電熱線 7 3 b が発熱し、第 2 可動部 3 2 が加熱される。特に、第 2 可動部 3 2 と第 1 連結部 4 1 との接続部分が加熱される。加熱された部分から第 1 連結部 4 1 に熱が伝達されることにより、第 1 連結部 4 1 が加熱される。加熱制御部 4 によって電極パッド 8 8, 8 9 に電圧が印加されると、電熱線 7 3 c が発熱し、第 2 可動部 3 2 が加熱される。特に、第 2 可動部 3 2 と第 1 連結部 4 2 との接続部分が加熱される。加熱された部分から第 1 連結部 4 2 に熱が伝達されることにより、第 1 連結部 4 2 が加熱される。電熱線 7 3 b, 7 3 c は、第 2 加熱部 7 2 に含まれる。
- [0063] 次に、図 4 を参照して、本実施形態の変形例に係る光学デバイスのミラー

ユニットについて説明する。図4は、本実施形態の変形例に係るミラーユニットの概略平面図である。本変形例は、概ね、上述した実施形態と類似又は同じである。本変形例は、加熱部15がレーザ照射部74を含まない点、及び、電熱線部73が電熱線73d、73e、73fを含む点に関して、上述した実施形態と相違する。以下、上述した実施形態と変形例との相違点を主として説明する。なお、図4において、一对の駆動用コイル51、52、及び、複数の配線61、62、63、64が省略されている。

[0064] 本変形例のミラーユニット2Bにおいて、電熱線部73は、図4に示されているように、電熱線73aに加えて電熱線73d、73e、73fを含む。ミラー駆動部11は、配線91、92と、電極パッド96、97とを更に備えている。電熱線73d、73e、73fは、第2可動部32に設けられている。電熱線73d、73fは、一点鎖線で示されている。電熱線73eは、破線で示されている。電熱線73d、73e、73fは、第2加熱部72に含まれる。電熱線73d、73e、73fは、ミラー面31aの重心を対称点として点対称となるように設けられている。

[0065] 電熱線73dは、第2連結部43と第2可動部32との接続部分から第2可動部32と第1連結部41との接続部分まで延在している。電熱線73eは、第2可動部32と第1連結部41との接続部分において電熱線73dに接続されている。電熱線73eは、第1可動部31の環状部37に設けられている。電熱線73eは、第2可動部32と第1連結部41との接続部分から第1可動部31と第1連結部41との接続部分まで第1連結部41に沿って延在している。電熱線73eは、第1可動部31と第1連結部41との接続部分において2つに分かれ、第1可動部31の縁に沿ってミラー面31aを囲むように延在している。2つに分かれた電熱線73eは、第1可動部31と第1連結部42との接続部分において互いに接続されている。電熱線73eは、第1可動部31と第1連結部42との接続部分から第2可動部32と第1連結部42との接続部分まで第1連結部42に沿って延在している。電熱線73eは、第2可動部32と第1連結部42との接続部分において電

熱線 7 3 f に接続されている。電熱線 7 3 f は、第 2 可動部 3 2 と第 1 連結部 4 2 との接続部分から第 2 連結部 4 4 と第 2 可動部 3 2 との接続部分まで延在している。

[0066] 本変形例において、電熱線 7 3 d, 7 3 e, 7 3 f は、たとえば駆動用コイル 5 1, 5 2 と同様に、ダマシン法により形成されている。電熱線 7 3 d, 7 3 e, 7 3 f は、第 1 可動部 3 1、第 2 可動部 3 2、及び第 1 連結部 4 1, 4 2 に埋め込まれている。電熱線 7 3 d, 7 3 e, 7 3 f は、絶縁層 5 5 に覆われている。電熱線 7 3 d, 7 3 e, 7 3 f は、各駆動用コイル 5 1, 5 2 と異なる層において、第 1 可動部 3 1、第 2 可動部 3 2、及び第 1 連結部 4 1, 4 2 に埋め込まれていてもよい。電熱線 7 3 d, 7 3 e, 7 3 f は、絶縁層 5 5 から露出していてもよい。

[0067] 電熱線 7 3 d, 7 3 e, 7 3 f は、金属又は半導体によって構成されている。たとえば、電熱線 7 3 d, 7 3 e, 7 3 f は、銅、又はアルミニウム合金によって構成される。電熱線 7 3 d, 7 3 e, 7 3 f は、拡散層によって構成されてもよい。電熱線 7 3 e は、拡散層又はポリシリコンによって構成されることが好ましい。

[0068] 配線 9 1 は、電熱線 7 3 d の一端と電極パッド 9 6 とに電氣的に接続されている。配線 9 1 は、電熱線 7 3 d の一端から第 2 連結部 4 3 を介して電極パッド 9 6 まで延在している。配線 9 2 は、電熱線 7 3 f の一端と電極パッド 9 7 とに電氣的に接続されている。配線 9 2 は、電熱線 7 3 f の一端から第 2 連結部 4 4 を介して電極パッド 9 7 まで延在している。各配線 9 1, 9 2 は、たとえば駆動用コイル 5 1, 5 2 と同様に、ダマシン法により形成されている。各配線 9 1, 9 2 は、絶縁層 5 5 に覆われている。

[0069] 電極パッド 9 6, 9 7 は、加熱制御部 4 と電氣的に接続されている。加熱制御部 4 によって電極パッド 9 6, 9 7 に電圧が印加されると、電熱線 7 3 d, 7 3 e, 7 3 f が発熱し、第 1 可動部 3 1、第 2 可動部 3 2、及び第 1 連結部 4 1, 4 2 が加熱される。電熱線 7 3 d, 7 3 e, 7 3 f は、第 2 加熱部 7 2 に含まれる。

[0070] 以上のように、図3及び図4に示されている変形例において、第1加熱部71は、支持部22に設けられている。第2加熱部72は、第1連結部41、42、第1可動部31、第2可動部32の少なくとも1つに設けられている。

[0071] 次に、図5を参照して、光学デバイス1における制御方法の一例について説明する。図5は、光学デバイス1の制御方法を示すフローチャートである。

[0072] 光学デバイス1は、加熱制御部4によって第1可動部31の位相安定処理を行う（処理S1）。加熱制御部4は、第1可動部31の揺動状態を示す信号を取得する。本実施形態において、加熱制御部4は、第1可動部31の振れ角の位相を示す信号を取得し、取得された信号に基づいて、加熱部15を制御する。加熱制御部4は、駆動制御部3から出力された駆動信号の位相と第1可動部31の揺動状態を示す信号の位相との位相差が小さくなるように、加熱部15による第1連結部41、42の加熱を制御する。本実施形態において、加熱制御部4は、第1加熱部71によって大きな熱量を第1連結部41、42に与えた後に、第2加熱部72によって第1連結部41、42に小さな熱量を与えて微調整する。

[0073] 加熱部15によって第1連結部41、42が加熱されると、第1連結部41、42の弾性率が変化する。第1連結部41、42の弾性率が変化すると、第1可動部31の振れ角の位相が変化する。加熱制御部4は、変化した第1可動部31の振れ角の位相を示す信号を取得し、取得された信号に基づいて加熱部15を制御する。すなわち、加熱制御部4は、可動部23の振れ角の位相を示す信号に基づいて、加熱部15をフィードバック制御する。加熱制御部4は、このフィードバック制御によって、第1可動部31の共振周波数と駆動信号の周波数とが一致するように加熱部15を制御する。第1可動部31の共振周波数と駆動信号の周波数とが一致すると、第1可動部31の振れ角の位相が駆動信号の位相に対して90°進んだ状態となる。

[0074] 本実施形態において、加熱制御部4は、駆動用コイル51、52における

逆起電力を示す信号の位相を検出する。加熱制御部 4 は、逆起電力を示す信号の位相と駆動制御部 3 から出力される駆動信号の位相との差分に基づいて、加熱部 15 を制御する。第 1 可動部 31 の加熱によって、逆起電力を示す信号の位相は変化する。逆起電力を示す信号の位相は、第 1 可動部 31 の共振周波数に対応している。

[0075] 本実施形態の変形例として、光学デバイス 1 は、可動部 23 に起電力モニタ用コイルを別途、有していてもよい。この場合、加熱制御部 4 は、起電力モニタ用コイルにおける起電力を示す信号の位相と駆動制御部 3 から出力される駆動信号の位相との差分に基づいて、加熱部 15 を制御する。すなわち、起電力モニタ用コイルに発生する起電力を示す信号は、上述した駆動用コイル 51, 52 における逆起電力を示す信号に対応する。逆圧電を示す信号又は第 1 可動部 31 の位置を検出する光センサから信号が、第 1 可動部 31 の揺動状態を示す信号として用いられてもよい。

[0076] 光学デバイス 1 は、位相安定処理が行われると、駆動制御部 3 によって第 1 可動部 31 の振幅制御を行う（処理 S2）。駆動制御部 3 は、第 1 可動部 31 の揺動の振幅に基づいて、駆動用コイル 51, 52 に流す電流を制御する。たとえば、駆動制御部 3 は、上述した逆起電力を示す信号のピークに基づいて駆動用コイル 51, 52 に流す電流を制御する。駆動用コイル 51, 52 における逆起電力を示す信号の代わりに、起電力モニタ用コイルに発生する起電力を示す信号などが用いられてもよい。

[0077] 次に、図 6 を参照して、第 1 可動部 31 の位相安定処理の一例について詳細に説明する。図 6 は、第 1 可動部 31 の位相安定処理を示すフローチャートである。

[0078] まず、加熱制御部 4 は、駆動用コイル 51, 52 における逆起電力を示す信号を取得する（処理 S11）。続いて、加熱制御部 4 は、取得された信号に基づいて、逆起電力を示す信号の位相を算出する（処理 S12）。

[0079] 次に、加熱制御部 4 は、逆起電力を示す信号の取得及び取得した信号の位相の算出を所定回数繰り返したか否かを判断する（処理 S13）。たとえば

、加熱制御部4は、逆起電力を示す信号の取得及び取得した信号の位相の算出が50回繰り返されたか否かを判断する（処理S13）。加熱制御部4は、50回繰り返されていないと判断した場合（処理S13のNO）に、処理を処理S11に戻す。

[0080] 加熱制御部4は、50回繰り返されたと判断した場合（処理S13のYES）に、処理を処理S14に進める。加熱制御部4は、処理S11及び処理S12の繰り返しによって取得された逆起電力の信号の位相を平均する（処理S14）。本実施形態において、加熱制御部4は、50個の信号の位相を平均する。

[0081] 次に、加熱制御部4は、第1可動部31の振れ角の位相が安定しているか否かを判断する（処理S15）。第1可動部31の共振周波数と駆動信号の周波数とが一致している場合に、第1可動部31の振れ角の位相は安定する。本実施形態において、加熱制御部4は、処理S14によって求められた振れ角の位相の平均と駆動制御部3から出力される駆動信号の位相との差分に基づいて、第1可動部31の振れ角の位相が安定しているか否かを判断する。上記差分が 90° であれば、第1可動部31の共振周波数と駆動信号の周波数とが一致している。加熱制御部4は、上記差分が 90° から誤差を考慮した範囲内にある場合に、第1可動部31の振れ角の位相が安定していると判断する。たとえば、加熱制御部4は、上記差分が $90 \pm 0.15^\circ$ であれば、第1可動部31の振れ角の位相が安定していると判断する。加熱制御部4は、第1可動部31の振れ角の最大値が所定以上の値となる場合に、第1可動部31の振れ角の位相が安定していると判断してもよい。

[0082] 加熱制御部4は、位相が安定していないと判断した場合（処理S15のNO）に、処理を処理S16に進める。加熱制御部4は、位相が安定していると判断した場合（処理S15のYES）に、位相安定処理を終了する。

[0083] 加熱制御部4は、処理S14によって求められた位相の平均に基づいて、加熱部15を制御する（処理S16）。加熱制御部4は、上記位相の平均と駆動制御部3から出力される駆動信号の位相との差分に基づいて、加熱部1

5を制御する。加熱制御部4は、逆起電力の位相と駆動信号の位相との差分に応じて、第1可動部31の共振周波数と駆動信号の周波数とが一致するように、加熱部15によって第1可動部31を加熱する。

[0084] 加熱制御部4は、上記差分の値に応じて、加熱部15が第1可動部31に与える熱量を決定し、決定された熱量が第1連結部41、42に与えられるように加熱部15を制御する。たとえば、加熱制御部4は、上記差分の値に応じて、レーザ照射部74から照射されるレーザの強度を決定する。たとえば、加熱制御部4は、上記差分の値に応じて、電熱線部73に印加する電圧を決定する。加熱制御部4は、第1可動部31の共振周波数と駆動信号の周波数とが一致していないと判断した場合に、予め決められた熱量が第1連結部41、42に与えられるように加熱部15を制御してもよい。

[0085] 加熱制御部4は、処理S16を行った後に、所定時間待機する（処理S17）。加熱制御部4は、所定時間待機した後に、処理を処理S11に戻す。本実施形態において、加熱制御部4は、処理S16を行った後に1秒間待機する。

[0086] 次に、上述した実施形態及び変形例における光学デバイスの作用効果について説明する。

[0087] 図7は、各ミラーユニット2における第1可動部31の共振周波数と駆動信号の周波数との関係を示している。縦軸は振幅を示し、横軸は周波数を示している。太い実線で示されている波形101、102、103、104は、加熱部15によって第1連結部41、42が加熱される前の状態における第1可動部31の揺動における振幅と周波数の関係を示している。波形101、102、103、104は、それぞれ異なる第1可動部31に対応する。したがって、一点鎖線は、波形101に対応する第1可動部31の共振周波数を示している。破線は、駆動信号の周波数を示している。

[0088] このように、光学デバイス1において、第1可動部31の共振周波数が、駆動制御部3の駆動信号の周波数よりも高い。この状態において、第1連結部41、42が加熱部15によって加熱されると、第1連結部41、42の

弾性率が変化する。第1連結部41, 42の弾性率が変化すれば、第1可動部31の共振周波数も変化する。

[0089] 第1連結部41, 42の弾性率が低下すると、第1可動部31の共振周波数も低下する。このため、たとえば、波形101に対応する第1可動部31に接続された第1連結部41, 42が加熱されると、波形101は矢印 α 方向にシフトする。したがって、第1連結部41, 42を加熱することで、第1可動部31の共振周波数と駆動信号の周波数とを一致させることができる。このように、上記光学デバイス1は、駆動信号の周波数に合うように第1可動部31の共振周波数を容易に変化させることができる。この結果、光学デバイス1は、所望の周波数かつ所望の振れ角で安定して第1可動部31を揺動できる。

[0090] このような構成において、第1連結部41, 42において精密かつ迅速な温度調整が求められる。しかし、たとえば、温度センサによって検出された温度に基づいてフィードバック制御を行う場合に、共振周波数の変化に最も寄与する第1連結部41, 42の温度の検出にタイムラグが生じる。支持部22に温度センサが設けられた場合には第1連結部41, 42から支持部に伝達した熱を検出するため、フィードバック制御において温度の伝達速度に応じたタイムラグが生じる。加熱制御部4は、第1可動部31の揺動状態を示す信号の位相に基づいて加熱部15による第1連結部41, 42の加熱をフィードバック制御する。このため、光学デバイス1は、少なくとも、温度センサによって検出された温度に基づいてフィードバック制御する場合よりも精密かつ迅速な温度調整が実現される。加熱制御部4は、たとえば、0.003~0.005℃刻みで第1連結部41, 42の温度調節を行うことができる。この結果、第1可動部31における共振周波数の変更の精度も向上されている。

[0091] 加熱制御部4は、複数のミラーユニット2の各々における第1連結部41, 42の加熱を制御する。このため、光学デバイス1は、駆動信号の周波数に合うように各第1可動部31の共振周波数を変化させることができる。こ

の結果、光学デバイス 1 は、所望の周波数かつ所望の振れ角で各第 1 可動部 3 1 を揺動することができる。

[0092] 加熱部 1 5 によって第 1 連結部 4 1, 4 2 が加熱される前の状態において、第 1 可動部 3 1 は、図 7 に示されているように、駆動制御部 3 が出力する駆動信号の周波数よりも高い共振周波数を有している。このため、光学デバイス 1 は、加熱制御部 4 による加熱の制御のみによって、第 1 可動部 3 1 の共振周波数を駆動信号の周波数に合わせることができる。冷却素子によって第 1 連結部 4 1, 4 2 を冷却すれば、加熱する場合と逆方向に第 1 可動部 3 1 の共振周波数をシフトできる。しかし、冷却素子は比較的大型である。光学デバイス 1 は、冷却素子を用いる場合に比べてコンパクト化が図られている。

[0093] 図 7 に示したように、この光学デバイス 1 が備える全てのミラーユニット 2 の各々における第 1 可動部 3 1 は、各第 1 可動部 3 1 に接続された第 1 連結部 4 1, 4 2 を加熱する前の状態において、駆動制御部 3 が出力する駆動信号の周波数よりも高い共振周波数を有する。加熱制御部 4 は、全てのミラーユニット 2 における第 1 連結部 4 1, 4 2 を加熱部 1 5 によって加熱する。したがって、冷却素子を用いる場合に比べて光学デバイスのコンパクト化が図られる。

[0094] 加熱制御部 4 は、加熱部 1 5 によって、第一の仕事率で第 1 連結部 4 1, 4 2 を加熱した後に、第一の仕事率よりも小さい第二の仕事率で第 1 連結部 4 1, 4 2 を加熱する。このため、加熱制御部 4 は、第 1 可動部 3 1 の共振周波数を大まかに調整した後に、第 1 可動部 3 1 の共振周波数を細かく調整することができる。この結果、光学デバイス 1 は、第 1 可動部 3 1 の共振周波数をより精密かつ迅速に調整できる。

[0095] 加熱部 1 5 は、第 1 加熱部 7 1 と第 2 加熱部 7 2 とを含んでいる。第 1 加熱部 7 1 は、第一の熱量を第 1 連結部 4 1, 4 2 に与える。第 2 加熱部 7 2 は、第一の熱量よりも小さい第二の熱量を第 1 連結部 4 1, 4 2 に与える。このため、加熱制御部 4 は、第 1 加熱部 7 1 によって第 1 可動部 3 1 の共振

周波数を大まかに調整し、第2加熱部72によって第1可動部31の共振周波数を細かく調整することができる。したがって、光学デバイス1は、第1可動部31の共振周波数をより精密かつ迅速に調整できる。

[0096] 加熱制御部4は、駆動制御部3から出力された駆動信号の位相と第1可動部31の揺動状態を示す信号の位相との位相差が小さくなるように、加熱部15による第1連結部41、42の加熱を制御する。駆動信号の位相と第1可動部31の揺動状態を示す信号の位相とを比較する場合、駆動信号の周波数と第1可動部31の揺動状態を示す信号の周波数とを比較する場合よりも精密に、第1連結部41、42の加熱が制御され得る。このため、光学デバイス1は、所望の周波数で所望の振れ角をより正確に得ることができる。

[0097] 本実施形態における加熱部15は、第1連結部41、42を加熱するレーザ照射部74を含む。このため、加熱部15は、第1連結部41、42をより迅速に加熱することができる。この結果、光学デバイス1は、第1可動部31の共振周波数をより精密かつ迅速に変化させることができる。磁界発生部21における永久磁石の温度が変化しにくいため、磁界の変化による第1可動部31の振れ角の変化が抑制される。

[0098] 図3及び図4に示した変形例において、第1加熱部71は、支持部22に設けられている。第2加熱部72は、第1連結部41、42、第1可動部31、及び第2可動部32の少なくとも1つに設けられている。このため、光学デバイス1は、コンパクトな構成で、第1可動部31の共振周波数をより精密かつ迅速に調整できる。

[0099] 図3及び図4に示した変形例において、加熱部15は、第1連結部41、42を加熱する電熱線73b、73c、73d、73e、73fを含んでいる。電熱線73b、73c、73d、73e、73fは、ミラー面31aの重心を対称点として点対称となるように、第1連結部41、42、第1可動部31、及び第2可動部32の少なくとも1つに設けられている。このため、加熱部15は、コンパクトな構成で精密に第1連結部41、42を加熱することができる。電熱線73b、73c、73d、73e、73fに発生す

るローレンツ力が打ち消し合うため、第1可動部31の揺動の乱れが抑制される。磁界発生部21における永久磁石の温度が変化しにくいいため、磁界の変化による第1可動部31の振れ角の変化が抑制される。

[0100] 図4に示した変形例において、電熱線73eは、ミラー面31aを囲むように第1可動部31に設けられている。このため、第1連結部41, 42が迅速かつ精密に加熱される。電熱線73eに発生するローレンツ力が打ち消し合うため、第1可動部31の揺動の乱れが抑制される。

[0101] 以上、本発明の実施形態及び変形例について説明してきたが、本発明は必ずしも上述した実施形態及び変形例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で様々な変更が可能である。

[0102] 本実施形態及び変形例において、加熱部15が第1加熱部71及び第2加熱部72を有する例について説明した。しかし、加熱部15は、1つであってもよい。たとえば、加熱部15として1つの電熱線のみが用いられてもよい。この場合、加熱制御部4は、たとえば、この電熱線に印加する電圧を調整することで、電熱線の仕事率を変化させてもよい。たとえば、加熱制御部4は、第一の電圧を電熱線に印加した後に、第一の電圧よりも小さい第二の電圧を電熱線に印加してもよい。たとえば、電熱線73aのみによって第1連結部41, 42が加熱されてもよい。電熱線73b, 73c, 73d, 73e, 73fのいずれか一つのみによって第1連結部41, 42が加熱されてもよい。

[0103] 光学デバイス1は、加熱部15として1つのレーザ照射部74のみを用いてもよい。この場合、加熱制御部4は、たとえば、レーザ照射部74から第一の強度のレーザを第1可動部31に照射した後に、第一強度よりも小さい第二の強度のレーザを第1可動部31に照射してもよい。これらの場合も、加熱制御部4は、第1可動部31の共振周波数を大まかに調整した後に、第1可動部31の共振周波数を細かく調整することができる。

[0104] 図3及び図4に示した変形例の構成において、レーザ照射部74がさらに設けられていてもよい。複数のレーザ照射部74が、1つのミラーユニット

2に設けられていてもよい。

[0105] 電熱線73aは、温度センサ用抵抗として用いられてもよい。電熱線73aを温度センサ用抵抗として用いる場合には、加熱制御部4は電熱線73aには電流を流さない。

[0106] 電熱線73aと温度センサ用抵抗との双方が、支持部22に設けられてもよい。この場合、平面視において電熱線73aの外側又は内側に温度センサ用抵抗が設けられてもよい。電熱線73aと温度センサ用抵抗とが、互いに異なる層に設けられてもよい。

[0107] 電熱線部73は、支持部22、可動部23、及び弾性連結部24に設けられていなくてもよい。たとえば、電熱線部73は、支持部22、可動部23、及び弾性連結部24との間に、間隙を設けた状態で配置されてもよい。

[0108] 本実施形態及び変形例において、第1可動部31の揺動状態を示す信号が、第1可動部31の振れ角の位相を示す信号である場合について説明した。第1可動部31の揺動状態を示す信号は、第1可動部31の速度の位相を示す信号であってもよい。この場合、加熱制御部4は、速度の位相を示す信号と駆動制御部3から出力される駆動信号の位相との差分に基づいて、第1可動部31の振れ角の位相が安定しているか否かを判断する。この差分が 0° であれば、第1可動部31の共振周波数と駆動信号の周波数とが一致している。加熱制御部4は、上記差分が 0° から誤差を考慮した範囲内にある場合に、第1可動部31の振れ角の位相が安定していると判断する。たとえば、加熱制御部4は、上記差分が $0 \pm 0.15^\circ$ であれば、第1可動部31の振れ角の位相が安定していると判断する。

[0109] 本実施形態及び変形例において、可動部23がX軸及びY軸の2軸で駆動される例を説明した。可動部23は、1軸で駆動されてもよい。この場合、たとえば、第1可動部31と支持部22とが第1連結部41、42によって連結される。

[0110] 本実施形態及び変形例において、可動部23が電磁式で駆動される例について説明した。可動部23の駆動方式は、圧電駆動方式、又は、静電駆動方

式であってもよい。

符号の説明

[0111] 1…光学デバイス、2, 2A, 2B…ミラーユニット、3…駆動制御部、4…加熱制御部、11…ミラー駆動部、15…加熱部、22…支持部、23…可動部、24…弾性連結部、31…第1可動部、31a…ミラー面、32…第2可動部、41, 42…第1連結部、43, 44…第2連結部、50…動力発生部、71…第1加熱部、72…第2加熱部、73a, 73b, 73c, 73d, 73e, 73f…電熱線、74…レーザ照射部、P…重心。

請求の範囲

[請求項1]

光学デバイスであって、

ミラー面が設けられた可動部と、前記可動部に接続された弾性連結部と、前記弾性連結部を介して前記可動部を支持する支持部と、前記可動部に動力を発生させる動力発生部と、を有するミラー駆動部と、

前記動力発生部を動作させる駆動信号を出力する駆動制御部と、

前記弾性連結部を加熱する加熱部と、

前記加熱部を制御する加熱制御部と、を備え、

前記可動部は、前記弾性連結部が加熱される前の状態において、前記駆動制御部が出力する前記駆動信号の周波数よりも高い共振周波数を有し、前記動力発生部の動力に応じた前記弾性連結部の弾性変形によって揺動し、

前記加熱制御部は、前記可動部の揺動状態を示す信号を取得し、取得された信号の位相に基づいて前記加熱部による前記弾性連結部の加熱をフィードバック制御する。

[請求項2]

請求項1に記載の光学デバイスであって、

前記可動部は、前記ミラー面が設けられた第1可動部と、前記第1可動部を囲む第2可動部とを含み、

前記弾性連結部は、前記第1可動部と前記第2可動部とを弾性的に連結する第1連結部と、前記第2可動部と前記支持部とを弾性的に連結する第2連結部と、を含む。

[請求項3]

請求項1又は2に記載の光学デバイスであって、前記加熱部は、第1連結部を加熱する。

[請求項4]

請求項1～3のいずれか一項に記載の光学デバイスであって、前記加熱制御部は、前記加熱部によって、第一の仕事率で前記弾性連結部を加熱した後に、第一の仕事率よりも小さい第二の仕事率で前記弾性連結部を加熱する。

[請求項5]

請求項1～4のいずれか一項に記載の光学デバイスであって、前記

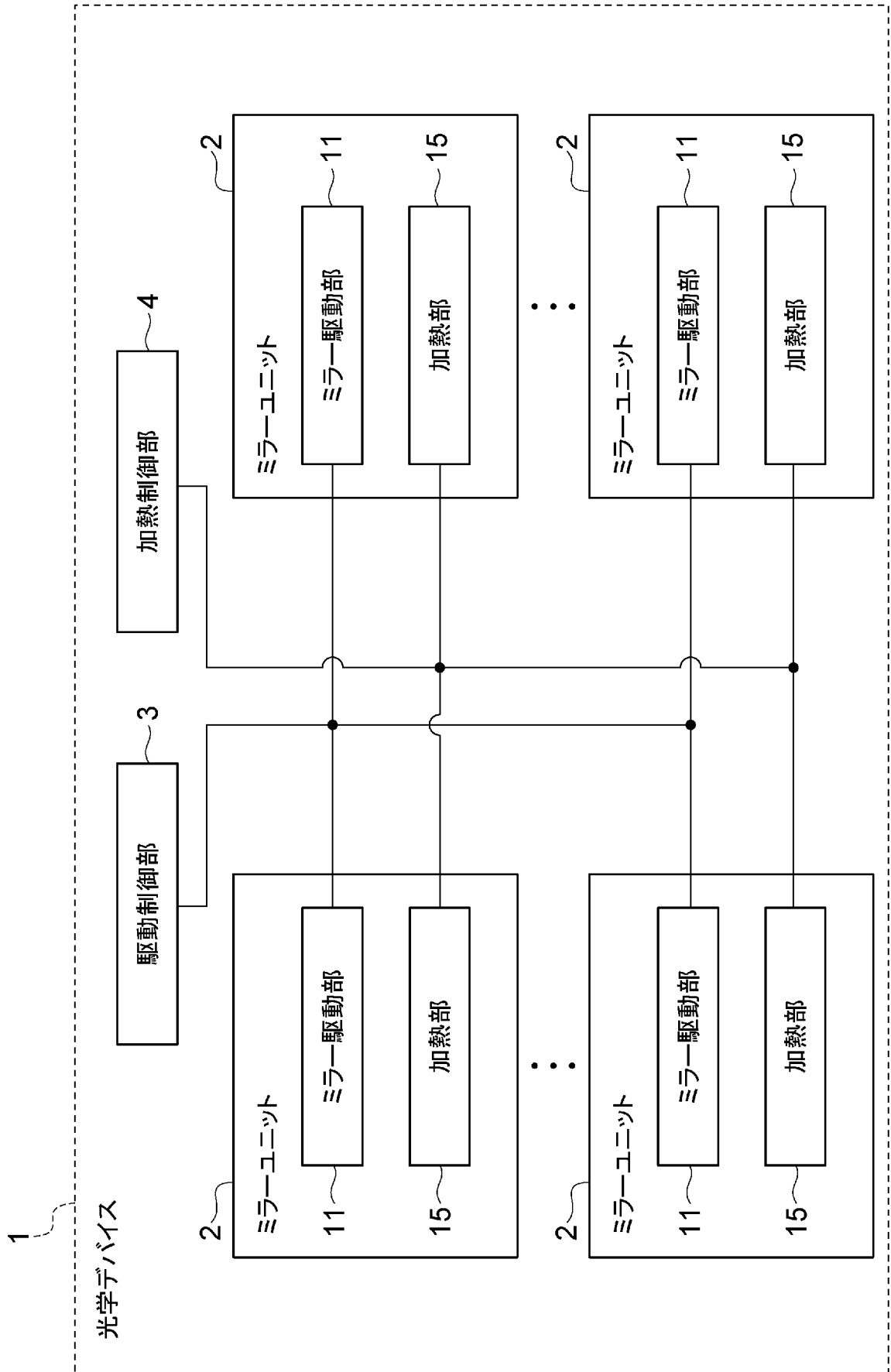
加熱部は、第一の熱量を前記弾性連結部に与える第1加熱部と、前記第一の熱量よりも小さい第二の熱量を前記弾性連結部に与える第2加熱部とを含む。

- [請求項6] 請求項5に記載の光学デバイスであって、
 前記第1加熱部は、前記支持部に設けられ、
 前記第2加熱部は、前記弾性連結部及び前記可動部の少なくとも1つに設けられている。
- [請求項7] 請求項1～5のいずれか一項に記載の光学デバイスであって、前記加熱部は、前記弾性連結部を加熱するレーザ照射部を含む。
- [請求項8] 請求項1～7のいずれか一項に記載の光学デバイスであって、
 前記加熱部は、前記弾性連結部を加熱する電熱線を含み、
 前記電熱線は、前記ミラー面の重心を対称点として点対称となるように、前記弾性連結部、及び前記可動部の少なくとも1つに設けられている。
- [請求項9] 請求項8に記載の光学デバイスであって、前記電熱線は、前記ミラー面を囲むように前記可動部に設けられている。
- [請求項10] 請求項1～9のいずれか一項に記載の光学デバイスであって、前記加熱制御部は、前記駆動制御部から出力された前記駆動信号の位相と前記可動部の揺動状態を示す信号の位相との位相差が小さくなるように、前記加熱部による前記弾性連結部の加熱を制御する。
- [請求項11] 請求項1～10のいずれか一項に記載の光学デバイスであって、
 各々が前記ミラー駆動部と前記加熱部とを含む複数のミラーユニットを備え、
 前記加熱制御部は、前記複数のミラーユニットの各々における前記弾性連結部の加熱を制御する。
- [請求項12] 請求項11に記載の光学デバイスであって、
 前記光学デバイスが備える全ての前記ミラーユニットの各々における前記可動部は、各前記可動部に接続された前記弾性連結部を加熱す

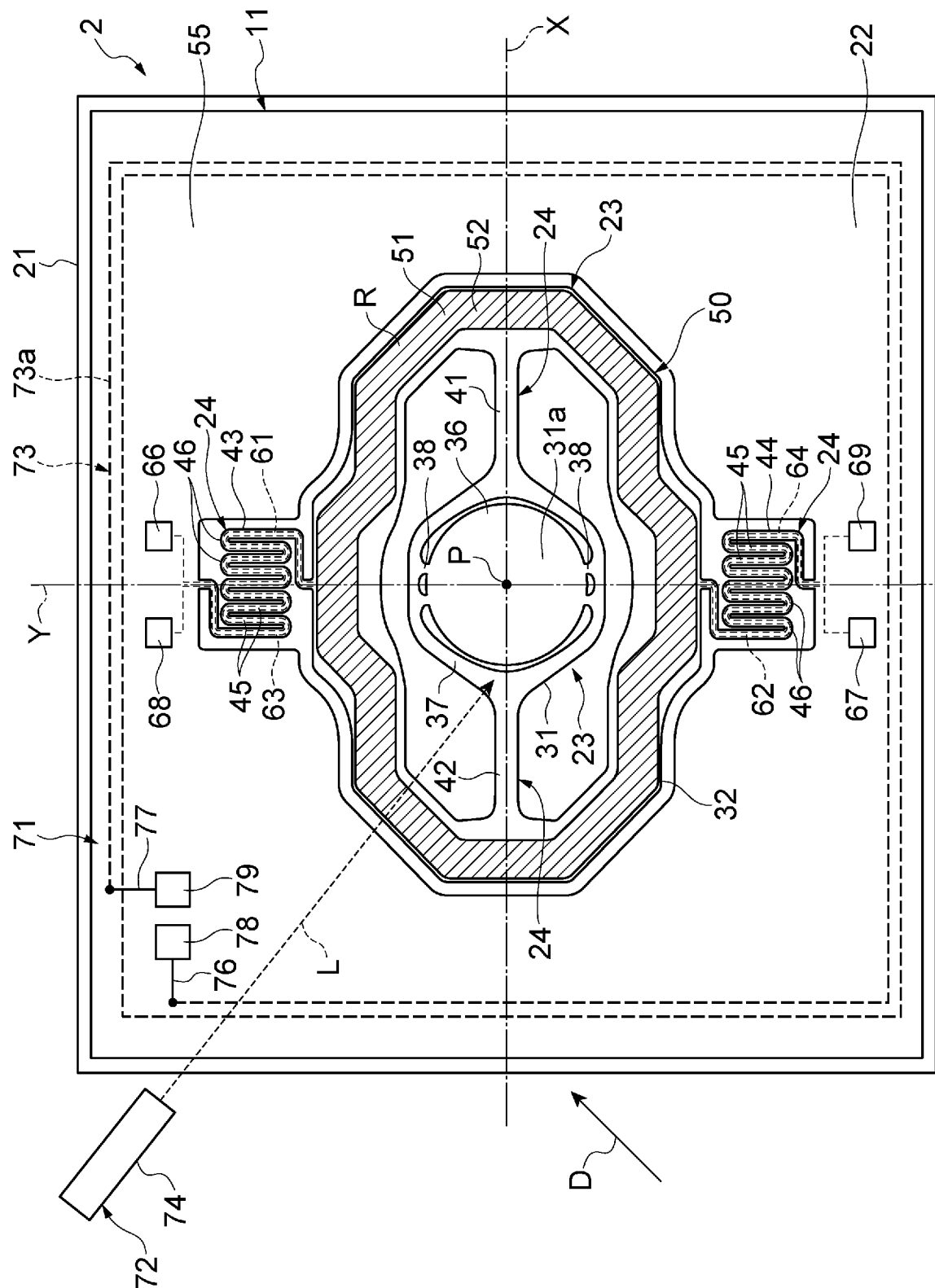
る前の状態において、前記駆動制御部が出力する前記駆動信号の周波数よりも高い共振周波数を有し、

前記加熱制御部は、前記全てのミラーユニットにおける前記弾性連結部を前記加熱部によって加熱する。

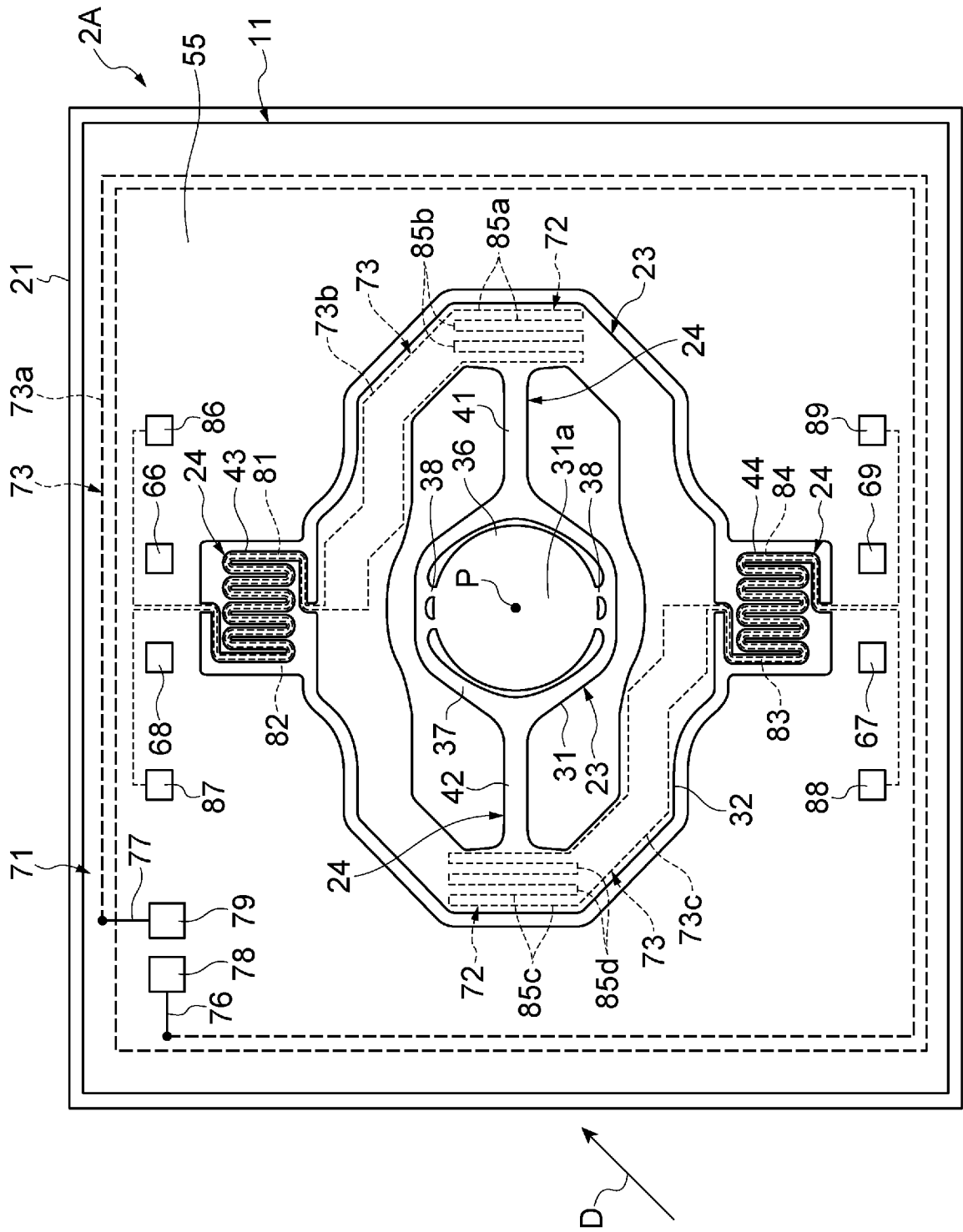
[図1]



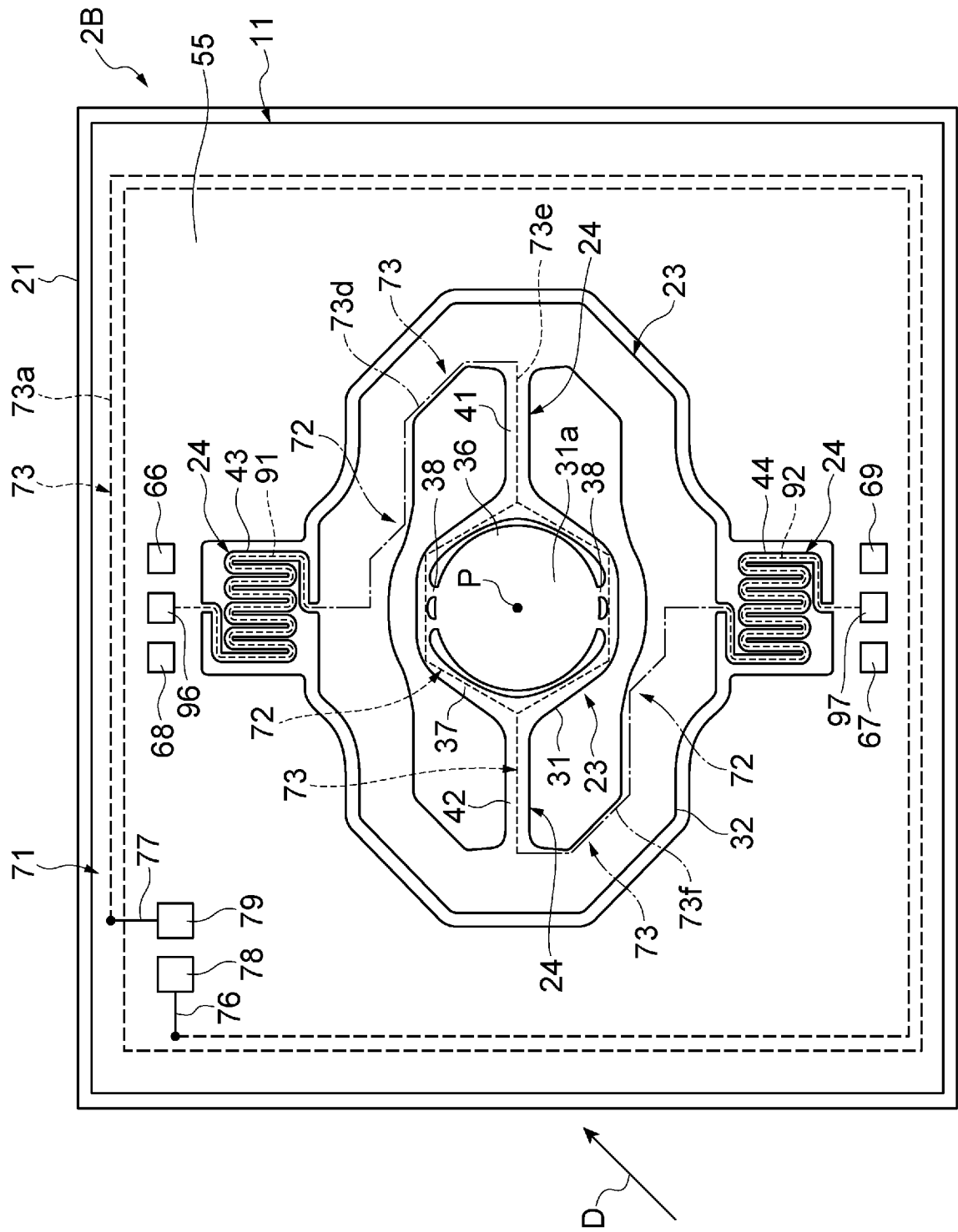
[図2]



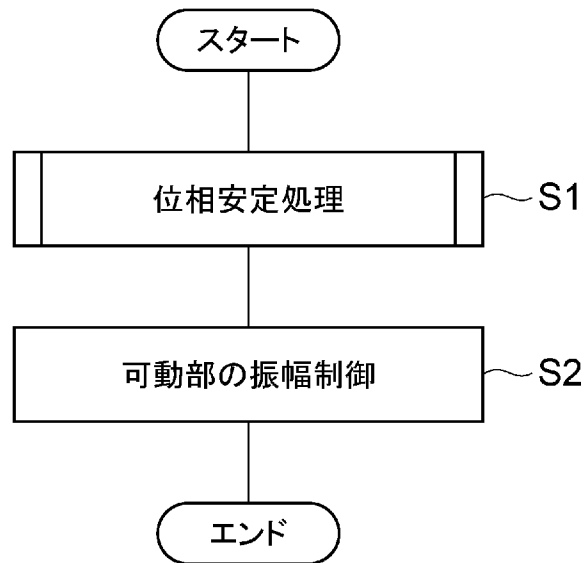
[図3]



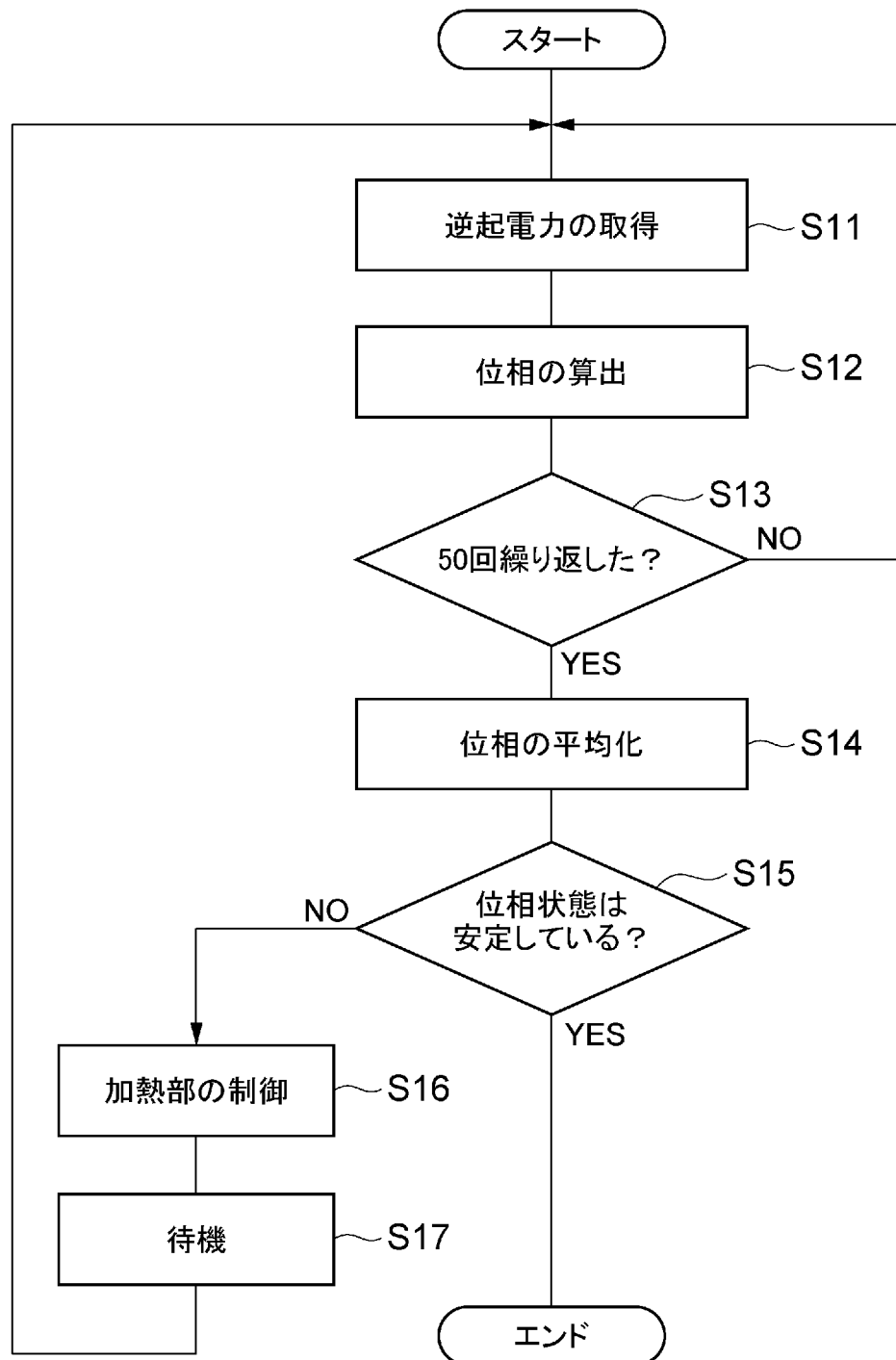
[図4]



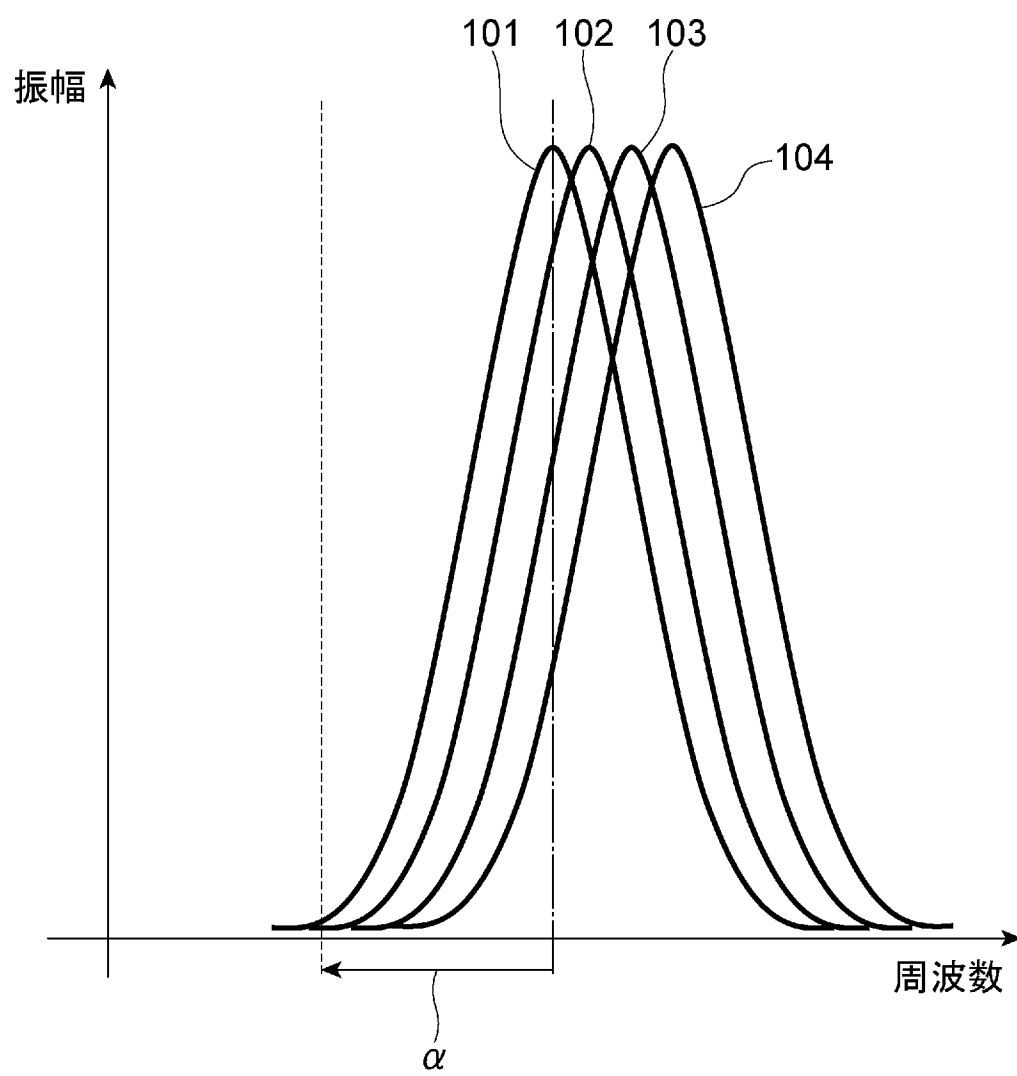
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/034183

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B81B3/00 (2006.01) i, G02B26/08 (2006.01) i
FI: G02B26/08E, B81B3/00

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)

Int.Cl. B81B3/00, G02B26/08

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
Y A	WO 2019/107312 A1 (HAMAMATSU PHOTONICS KK) 06 June 2019 (2019-06-06), paragraphs [0022]-[0029], fig. 1	1-3, 8-12 4-7
Y A	JP 2004-69731 A (RICOH CO., LTD.) 04 March 2004 (2004-03-04), paragraphs [0034], [0035]	1-3, 8-12 4-7
A	WO 2014/094850 A1 (LEMOTIX SA) 26 June 2014 (2014-06-26)	1-12



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 November 2020

Date of mailing of the international search report

24 November 2020

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
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/JP2020/034183

WO 2019/107312 A1	06 June 2019	(Family: none)
JP 2004-69731 A	04 March 2004	(Family: none)
WO 2014/094850 A1	26 June 2014	US 2015/0338645 A1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B81B 3/00(2006.01)i; G02B 26/08(2006.01)i FI: G02B26/08 E; B81B3/00														
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）） B81B3/00; G02B26/08 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年													
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
Y A	WO 2019/107312 A1（浜松ホトニクス株式会社）06.06.2019（2019 - 06 - 06） [0022]-[0029], 図1	1-3, 8-12 4-7												
Y A	JP 2004-69731 A（株式会社リコー）04.03.2004（2004 - 03 - 04） [0034]-[0035]	1-3, 8-12 4-7												
A	WO 2014/094850 A1（LEMOTIX SA）26.06.2014（2014 - 06 - 26）	1-12												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 12.11.2020	国際調査報告の発送日 24.11.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 小濱 健太 2L 4009 電話番号 03-3581-1101 内線 3295													

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/JP2020/034183

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2019/107312	A1	06.06.2019	(ファミリーなし)	
JP	2004-69731	A	04.03.2004	(ファミリーなし)	
WO	2014/094850	A1	26.06.2014	US	2015/0338645 A1