(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
2010 年 6 月 3 日(03.06.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/061789 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 7/04 (2006.01) *H02N 10/00* (2006.01)
G02B 7/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/069705

(22) 国際出願日: 2009 年 11 月 20 日(20.11.2009)

(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 2008-303938 2008 年 11 月 28 日(28.11.2008) JP
特願 2008-304217 2008 年 11 月 28 日(28.11.2008) JP
特願 2008-310801 2008 年 12 月 5 日(05.12.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ミツミ電機株式会社 **(MITSUMI ELECTRIC CO., LTD.)** [JP/JP]; 〒2068567 東京都多摩市鶴牧２丁目１１番地２ Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山田 司 **(YAMADA, Tsukasa)** [JP/JP]; 〒2068567 東京都多摩市鶴牧２丁目１１番地２ ミツミ電機株式会社内 Tokyo (JP). 日比谷 利一郎 **(HIBIYA, Riichiro)** [JP/JP]; 〒2068567 東京都多摩市鶴牧２丁目１１番地２ ミツミ電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 池田 憲保, 外 **(IKEDA,Noriyasu** et al.); 〒1000011 東京都千代田区内幸町１丁目２番２号 日比谷ダイビル 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

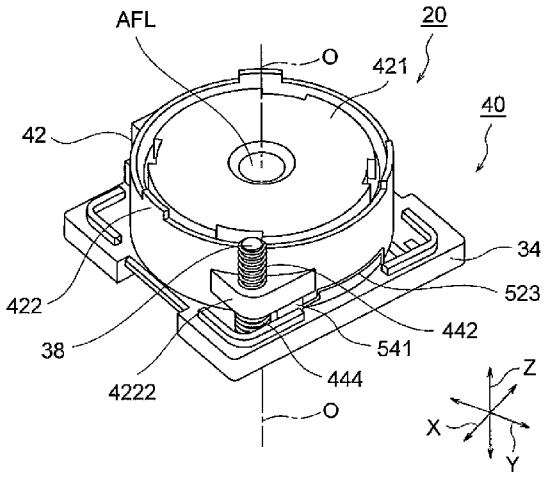
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

[続葉有]

(54) **Title**: LENS DRIVING DEVICE AND CONNECTION METHOD

(54) 発明の名称 : レンズ駆動装置および接続方法

[図7]



(57) **Abstract**: Provided is a lens driving device that has a small number of components and a simple structure. The housing of the lens driving device is quasi-cuboid in shape and is equipped with a main shaft which is provided at a first corner of the four corners of the housing and extends in the direction of the optical axis inside said housing. A lens holder has a main bearing, which is attached to the main shaft in a slidable fashion, on a side surface. Coil springs comprise a front coil spring and a rear coil spring which are attached to the front and the rear, respectively, of the main shaft, with the main bearing sandwiched between. At least the front coil spring or the rear coil spring is a shape-memory alloy spring made of a shape-memory alloy.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/061789 A1

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

部品点数が少なく、構造が簡単な、レンズ駆動装置を提供する。レンズ駆動装置のハウジングは略直方体形状をしており、ハウジング内の当該ハウジングの四隅中の第１の隅で、光軸方向に延在する主軸を備える。レンズホルダは、その側面に、主軸にスライド移動可能に取り付けられた主軸受けを有する。コイルバネは、主軸受けを間に挟んで、それぞれ、主軸の前側及び後側に取り付けられた前側コイルバネ及び後側コイルバネから構成される。前側コイルバネ及び後側コイルバネの少なくとも一方は、形状記憶合金により形成された形状記憶合金バネからなる。

明　細　書

発明の名称 ： レンズ駆動装置および接続方法

技術分野

[0001] 本発明はレンズ駆動装置に関し、特に、アクチュエータに形状記憶合金を用いたレンズ駆動装置に関する。

背景技術

[0002] カメラのオートフォーカス用アクチュエータやズーム用アクチュエータとして、形状記憶合金を使用した（駆動装置）リニアアクチュエータが知られている。

[0003] 例えば、特開２００６－９８８２９号公報（特許文献１）は、レンズを円滑に速やかに移動することができると共に、携帯情報端末機に組み込み可能に小型化されたレンズ駆動装置を開示している。この特許文献１に開示されたレンズ駆動装置は、レンズを保持するレンズ枠と、このレンズ枠を光軸方向にのみ移動可能に支持する筒状支持部を有する固定枠と、光軸方向に伸縮し得るコイルバネとを備えている。コイルバネは、筒状支持部の外側に露出して同心状に配置され、かつ、通電／非通電による温度変化により光軸方向に伸縮する、形状記憶合金により形成された形状記憶合金バネを含む。特許文献１に開示された実施形態として、コイルバネは、筒状支持部の外側に光軸を中心とする同心状に配置された前側コイルバネ及び後側コイルバネを備える。前側コイルバネ及び後側コイルバネはレンズ枠を光軸方向の前側及び後側から付勢する。前側コイルバネ及び後側コイルバネの少なくとも一方が形状記憶合金で形成されている。

[0004] また、特開２００８－４０１９３号公報（特許文献２）は、通電加熱タイプの形状記憶合金を用いてレンズの位置決めをできるようにしたカメラレンズを開示している。この特許文献２に開示されたカメラレンズは、四角形状のケースと、このケース内に該ケースの１箇所の隅部に形成された軸と、この軸にスラスト移動可能に取付けられる軸受を側面に備えるレンズが取付け

られたレンズホルダと、このレンズホルダを常時収納方向に付勢できるように軸に取付けられた付勢スプリングと、この付勢スプリングの付勢力に抗してレンズホルダの軸受を突出方向に移動させる突出機構と、この突出機構を作動させる通電加熱タイプの形状記憶合金ワイヤとからなる。

[0005] また、従来から形状記憶合金（ＳＭＡ）を含むアクチュエータを用いた制御装置が提案されている。

[0006] 例えば、特開平１０－２６０４５２号公報（以下、「特許文献３」と呼ぶ）は、形状記憶合金を利用した応答性のよいコンパクトなカメラのセクタ開閉装置を開示している。この特許文献３に開示されたカメラのセクタ開閉装置は、台板の開口を開閉する一対のセクタと、この一対のセクタを開閉駆動するセクタ駆動手段とを有する。セクタ駆動手段は、バネと形状記憶合金とを備える。バネは、開口を閉じる方向に一対のセクタを付勢する。形状記憶合金は、所定の長さを有し、一端が台板上に固定され、他端が一対のセクタの作動部に支持されている。形状記憶合金は、電圧を印加をすることにより長さが変化して、一対のセクタを開口を開く方向に作動させる。形状記憶合金への印加電圧を制御して一対のセクタの作動を制御している。

[0007] また、特開２００１－２６４８４１号公報（以下、「特許文献４」と呼ぶ）は、形状記憶合金（ＳＭＡ）を含むアクチュエータを用いて被駆動部材の位置を制御する制御装置を開示している。この特許文献４では、被駆動部材が手振補正機能付光学装置における手振補正光学系の例を開示している。特許文献４においては、所定寸法に形状記憶された形状記憶合金と、形状記憶合金に対して外力を負荷した寸法を変化させるスプリング等の付勢手段と、でアクチュエータを構成している。特許文献４に開示された制御装置は、形状記憶合金が記憶寸法に復帰する第１方向と、付勢手段が形状記憶合金の寸法を変化させる第２方向と、における被駆動部材の位置を当該アクチュエータで制御する。制御装置は、印加電圧演算手段と電圧印加手段とを備える。印加電圧演算手段は、被駆動部材の目標位置および現在位置に関する情報に基づいて繰り返し演算を行い、形状記憶合金に印加すべき電圧を演算する。

電圧印加手段は、印加電圧演算手段による演算結果に基いて、被駆動部材が上記第１方向に進行すべき場合にのみ、或いは被駆動部材が上記第２方向に進行すべき場合に、演算で得られた電圧を形状記憶合金に印加する制限回路を含む。

[0008] さらに、特開２００１－２７３０３４号公報（以下、「特許文献５」と呼ぶ）は、形状記憶合金（ＳＭＡ）を含むアクチュエータを用いて被駆動部材の位置を制御する制御装置を開示している。この特許文献５では、被駆動部材が手振補正機能付光学装置における手振補正光学系の例を開示している。特許文献５においては、所定寸法に形状記憶された形状記憶合金と、形状記憶合金に対して外力を負荷した寸法を変化させるスプリング等の付勢手段と、でアクチュエータを構成している。特許文献５に開示された制御装置は、形状記憶合金が記憶寸法に復帰する第１方向と、付勢手段が形状記憶合金の寸法を変化させる第２方向と、における被駆動部材の位置を当該アクチュエータで制御する。この特許文献５に開示された制御装置は、目標位置決定手段と、現在位置検出手段と、制御出力演算手段と、補正手段とを備える。目標位置決定手段は、被駆動部材を移動させるべき目標位置を決定する。現在位置検出手段は、被駆動部材の現在位置を検出する。制御出力演算手段は、目標位置と現在位置との差に対して演算により制御出力を求める。補正手段は、制御出力演算手段による演算結果に対して、アクチュエータの駆動制御を安定させるべく、形状記憶合金の加熱を抑える補正を行う。或いは、補正手段は、制御出力演算手段による演算結果に対して、オフセット電圧を加えることで、形状記憶合金に印加される電圧を補正する。

[0009] すなわち、特許文献５では、形状記憶合金（ＳＭＡ）を利用してアクチュエータを構成すると、形状記憶合金が加熱気味になることに起因してサーボ制御が不安定になるという問題を、最終ゲイン（演算結果）に対してオフセット電圧を加えることで解決している。

[0010] また、この技術分野において周知のように、形状記憶合金（Shape Memory Alloy：ＳＭＡ）とは、ある相（母相）で形成された合金が他の相にあるとき

に変形をうけても、母相にもどすと形状も再び元にもどる性質、つまり形状記憶効果（shape-memory effect）をもつ合金のことをいう。すなわち、形状記憶合金は、熱弾性マルテンサイト変態の逆変態に付随して顕著な形状記憶効果を示す。そのような形状記憶合金として、ＴｉＮｉ合金が知られている。

[0011] このような形状記憶合金（ＳＭＡ）は、温度に対する形状変化にヒステリシス特性を持つことが知られている。すなわち、形状記憶合金（ＳＭＡ）は、温度によって、「マルテンサイト相」と「オーステナイト相」との２つの相に変態し、その形状が変化する。形状記憶合金（ＳＭＡ）では、それぞれの相に変態する温度が異なり、一般に以下のように呼ばれている。尚、オーステナイト相からマルテンサイト相への変態は「マルテンサイト変態」と呼ばれている。

[0012] Ｍｓ点は、ＳＭＡが放熱（冷却）し、オーステナイト相（母相）からマルテンサイト相に変化し始める温度である。Ｍｓ点は「マルテンサイト変態開始温度」或いは単に「変態開始温度」と呼ばれている。

[0013] Ｍｆ点とは、ＳＭＡがオーステナイト相（母相）から完全にマルテンサイト相に変化し終わる温度である。Ｍｆ点は「マルテンサイト変態完了温度」或いは単に「変態完了温度」と呼ばれている。尚、「マルテンサイト変態完了温度」および「変態完了温度」は、それぞれ、「マルテンサイト変態終了温度」および「変態終了温度」とも呼ばれる。ここで、Ｍｆ＜Ｍｓである。

[0014] Ａｓ点とは、ＳＭＡが加熱し、マルテンサイト相からオーステナイト相（母相）に変化し始める温度である。Ａｓ点は「オーステナイト変態開始温度」或いは「逆変態開始温度」と呼ばれている。

[0015] Ａｆ点とは、ＳＭＡがマルテンサイト相から完全にオーステナイト相（母相）に変化し終わる温度である。Ａｆ点は「オーステナイト変態完了温度」或いは「逆変態完了温度」と呼ばれている。尚、「オーステナイト変態完了温度」および「逆変態完了温度」は、それぞれ、「オーステナイト変態終了温度」および「逆変態終了温度」とも呼ばれる。ここで、Ａｓ＜Ａｆである

。

[0016] すなわち、マルテンサイト変態は、Ｍｓ点で始まり、Ｍｆ点で完了して、母相（オーステナイト相）がすべてマルテンサイト相になる。マルテンサイト相から母相への逆変態は、Ａｓ点で始まり、Ａｆ点で終了して、すべてが母相（オーステナイト相）になる。

[0017] 特に、冷却方向の変態開始温度（Ｍｓ点）と加熱方向の逆変態完了温度（Ａｆ点）との間に差（Ｍｓ－Ａｆ）が生じることから、ＳＭＡはヒステリシス特性を示す。

[0018] このようなＳＭＡのヒステリシス特性について、形状記憶合金（ＳＭＡ）で形成したＳＭＡコイルバネの場合を例に挙げて説明する。

[0019] 図１は、ＳＭＡコイルバネのＳＭＡ温度とＳＭＡバネ定数との関係を示した図である。図１において、横軸はＳＭＡ温度［℃］を示し、縦軸はＳＭＡバネ定数［Ｎ／ｍ］を示す。

[0020] ＳＭＡコイルバネに電流を流すなどしてＳＭＡコイルバネを加熱したとする。この場合、図１の曲線（ａ）に示されるように、ＳＭＡコイルバネのバネ定数はＡｓ点から徐々に上昇する。

[0021] ＳＭＡコイルバネがＡｆ点以上の温度になると、図１の曲線（ｂ）に示されるように、ＳＭＡコイルバネのバネ定数は飽和する。

[0022] ＳＭＡコイルバネへ流す電流をカットしたとする。この場合、ＳＭＡコイルバネの加熱時に飽和した温度（Ａｆ点）よりも下がっても、図１の曲線（ｃ）に示されるように、ＳＭＡコイルバネのバネ定数は変化しない。

[0023] ＳＭＡコイルバネの加熱時に飽和した温度（Ａｆ点）よりもさらに低い温度（Ｍｓ点）となった時に、図１の曲線（ｄ）に示されるように、ＳＭＡコイルバネのバネ定数は下がり始める。

[0024] ここで、このようなＳＭＡコイルバネを用いてＳＭＡアクチュエータを構成する場合、ＳＭＡコイルバネをその圧縮方向に付勢する付勢コイルバネと組み合わせて、ＳＭＡアクチュエータが構成される。ＳＭＡコイルバネが放熱して冷却されると、その剛性（バネ定数）が低下するので、付勢コイルバ

ネによりＳＭＡコイルバネは収縮する。すなわち、ＳＭＡがマルテンサイト相の状態にあるとき、ＳＭＡコイルバネは収縮した状態にある。一方、ＳＭＡコイルバネを加熱すると、その剛性（バネ定数）が上昇するので、付勢コイルバネの付勢力に抗して、ＳＭＡコイルバネは伸張する。すなわち、ＳＭＡがオーステナイト相（母相）の状態にあるとき、ＳＭＡコイルバネは伸張した状態にある。

[0025] このようなＳＭＡアクチュエータを用いて、被駆動部材（可動部材）を駆動することができる。

[0026] 図２は、上記ＳＭＡアクチュエータを用いて、被駆動部材（可動部材）の位置をフィードバック制御する、従来の制御方法を示すフローチャートである。尚、図示はしないが、従来の制御方法を実現する制御装置は、被駆動部材の位置を検出する位置検出器と、この位置検出器で検出された現在の検出位置と目標位置との偏差を求める偏差演算器（減算器）と、この偏差に基いて制御値（制御信号）を求めるＰＩＤ制御器と、制御値（制御信号）に基いて操作量（電圧）を上記ＳＭＡアクチュエータのＳＭＡコイルバネに印加する操作部（制御電源）とを有する。

[0027] 制御が開始すると、偏差演算器（減算器）で上記偏差を測定する（ステップＳ１０１）。この偏差の測定は、ＳＭＡコイルバネの状態（加熱又は放熱）によらずに、常に行われる。引き続いて、ＰＩＤ制御器で、測定した偏差から制御値を決定する（ステップＳ１０２）。すなわち、測定した偏差に基いて、ＰＩＤ制御器は制御値を演算する。最後に、操作部は、制御値（制御信号）から操作量（電圧）を求めて、それをＳＭＡコイルバネに印加する（ステップＳ１０３）。

[0028] 特開２００１－２６３２２１号公報（以下、「特許文献６」と呼ぶ）は、形状記憶合金（ＳＭＡ）が形状寸法に復帰すべく変形を開始する温度である、逆変態開始温度（Ａｓ点）を高く設定して形状記憶合金の不用意な変形を防ぐと同時に、実際に形状記憶合金を変形させたいときにタイムラグがほとんど発生しない位置制御装置を開示している。この特許文献６に開示された

位置制御装置は、アクチュエータによる被駆動部材の制御に先立って、Ａｓ点または、Ａｓ点よりもやや低い温度に、当該形状記憶合金を予備加熱する予備加熱手段を備えている。すなわち、特許文献６では、応答を速めるために、制御開始前に予めＳＭＡへある程度のスタンバイ電流を流している。

[0029] 特開２００３－１２５５９０号公報（以下、「特許文献７」と呼ぶ）は、高速応答性に優れた駆動装置及び駆動制御方法を開示している。この特許文献７では、第１状態に形状記憶された形状記憶合金と、この形状記憶合金を第１状態から第２状態へと変形させるバイアスバネ（変形手段）と、をそれぞれ可動部に接続してアクチュエータを構成している。第２状態にある形状記憶合金に対して電圧又は電流を印加することにより加熱を行い、加熱により第１状態へと変形した形状記憶合金の発生力でバイアスバネを変形させるとともに可動部を動作させる動作を連続的に行う。形状記憶合金の素材特性とバイアスバネの力量とのバランスで、アクチュエータの温度ヒステリシス又は印加電流ヒステリシスを小さくしている。

[0030] また、特開平７－７２９２７号公報（以下、「特許文献８」と呼ぶ）は、ヒステリシスを含む非線形の形状記憶合金アクチュエータの制御を行うことが可能な形状記憶合金アクチュエータ制御装置を開示している。この形状記憶合金アクチュエータ制御装置は、ヒータを用いて形状記憶合金の加熱を行い、位置制御を行っている。形状記憶合金アクチュエータ制御装置は、形状記憶合金の温度とひずみ、応力のうち、少なくとも何れか２を計測するセンサと、形状記憶合金の温度とひずみ、応力の関係を記述したデータベースと、センサからの信号を記憶する記憶手段と、データベースと記憶手段のデータを用いて形状記憶合金を加熱するエネルギー量を演算する制御量演算手段と、を具備している。

[0031] さらに、特開２００７－３１５３５２号公報（以下、「特許文献９」と呼ぶ）は、線状の形状記憶合金の両端に印加する電圧を制御することにより、その温度を制御して、形状記憶合金の長さを制御する長さ制御装置を開示している。この特許文献９に開示された長さ制御装置は、形状記憶合金に流れ

る電流値に基づいて、形状記憶合金の抵抗値を求める抵抗値算出手段と、求められた抵抗値を、形状記憶合金の目標長さに対応する抵抗値である目標抵抗値とすべく形状記憶合金の両端に印加する電圧値を求める電圧値算出手段と、求められた電圧値の電圧を形状記憶合金の両端に印加する電圧印加手段と、抵抗値算出手段によって求められた抵抗値と、目標抵抗値とに基づいて、電圧印加手段の動作を所定時間だけ禁止し、形状記憶合金の両端の電圧を印加させない動作禁止手段と、を備える。この特許文献９では、冷却時の応答速度を向上させるため、所定期間だけ形状記憶合金の両端に電圧を印加させないようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0032] 特許文献1：特開２００６－９８８２９号公報（段落０００９～００２０、図１～図５）

特許文献2：特開２００８－４０１９３号公報

特許文献3：特開平１０－２６０４５２号公報

特許文献4：特開２００１－２６４８４１号公報

特許文献5：特開２００１－２７３０３４号公報（段落００２８、００３６）

特許文献6：特開２００１－２６３２２１号公報

特許文献7：特開２００３－１２５５９０号公報

特許文献8：特開平７－７２９２７号公報

特許文献9：特開２００７－３１５３５２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0033] 前述した特許文献１、２に開示されたレンズ駆動装置においては、それぞれ、以下に説明するような問題点がある。

[0034] 特許文献１に開示されたレンズ駆動装置では、形状記憶合金バネを筒状支持部の外側に露出して同心状に配置しているので、大径の形状記憶合金バネ

を必要とする。形状記憶合金は非常に高価であるので、レンズ駆動装置が高価になってしまう。

[0035] 特許文献２に開示されたカメラレンズでは、付勢スプリングの付勢力に抗してレンズホルダの軸受を突出方向に移動させる突出機構が必要となる。その結果、部品点数が増加すると共に、構造が複雑になるという問題がある。

[0036] ここでは、形状記憶合金バネや形状記憶合金ワイヤを、形状記憶合金線材と総称することにする。形状記憶合金線材に通電するためには、形状記憶合金線材の端部を通電部材に電気的に接続する必要がある。しかしながら、特許文献１や特許文献２では、形状記憶合金線材の端部と通電部材との電気的接続の仕方について何ら開示していない。

[0037] 前述した特許文献３～６に開示された制御装置においては、それぞれ、以下に説明するような問題点がある。

[0038] 特許文献３～５に開示された制御装置においては、ＰＩＤ制御を行う際の制御値（ＳＭＡへの印加電圧を決める数値で、最大値を１００％とする）が、制御開始時で０％か１００％の固定値である初期値を持つ。

[0039] 図３は、従来の制御方法（特許文献３～５に開示された制御方法）でのＳＭＡアクチュエータの応答特性を示す特性図である。図３において、横軸は時間［sec］を示し、縦軸はアクチュエータ高さ［ｍｍ］を示している。制御開始時の制御値（初期値）が０％の場合、図３の一点鎖線で示されるように、ＳＭＡアクチュエータの応答速度が遅くなってしまう。一方、制御開始時の制御値（初期値）が１００％の場合、図３の二点鎖線で示されるように、オーバーシュートが大きくなり、その結果として消費電流が大きくなるという欠点がある。

[0040] また、形状記憶合金（ＳＭＡ）は立ち上がりの応答が遅いので、ＰＩＤ制御の制御ゲインを大きくとる必要がある。しなしながら、制御ゲインを大きくすると、制御結果が発散し易いという欠点がある。

[0041] そこで、特許文献６では、制御開始前に予めＳＭＡへある程度のスタンバイ電流を流しておくことで応答性を高めている。

[0042] 図４は、特許文献６に開示された制御方法でのＳＭＡアクチュエータの応答特性を示す特性図である。図４において、横軸は時間［sec］を示し、縦軸はアクチュエータ高さ［ｍｍ］とＳＭＡへの印加電圧［Ｖ］を示している。図４において、破線がＳＭＡへの印加電圧を示し、実線がアクチュエータの高さを示す。

[0043] 図４に示されるように、制御開始前からＳＭＡに通電するので、応答は速くなるが、消費電流が大きくなってしまうという欠点がある。

[0044] 更に、前述した従来の制御方法では、次のような問題点がある。

[0045] 図５は、従来の制御方法でのＳＭＡアクチュエータの応答特性を示す特性図である。図５において、横軸は時間［msec］を示し、縦軸はアクチュエータ高さ［ｍｍ］とＳＭＡへの印加電圧［Ｖ］とを示している。図５において、破線は目標位置を示し、図示の例では０．２ｍｍである場合を示している。また、図５において、一点鎖線はＳＭＡへの印加電圧、すなわち、操作量を示し、実線はアクチュエータ位置を示している。

[0046] 前述したように、ＳＭＡにはヒステリシス特性がある。その結果、ＳＭＡコイルバネへの通電をオフにして操作量を減らしても、アクチュエータ位置が変化しない。このような状態にも拘わらず、操作量（印加電圧）を減らしてしまうと、ある時点で突然、アクチュエータ位置が変化する。ＳＭＡのヒステリシス特性により、アクチュエータ位置が変化しなかった期間で減少させ過ぎた操作量（印加電圧）の増加が間に合わない。その結果として、アクチュエータ位置が定まらない。

[0047] 前述した特許文献５及び特許文献７～９に開示された制御装置においては、それぞれ、以下に述べるような問題点がある。

[0048] 特許文献５に開示された制御装置は、演算結果に対してオフセット電圧を加えることで形状記憶合金が加熱気味になるのを防止し、これによってアクチュエータの駆動特性を安定させる技術的思想を開示しているに過ぎない。すなわち、特許文献５では、形状記憶合金のヒステリシス特性に起因する応答遅れについての認識が全くないので、それを解決する手段についても何ら

開示せず示唆していない。そのため、特許文献５に開示された制御装置では、被駆動部材の位置を高精度に安定して制御することは困難である。

[0049] 特許文献７は、形状記憶合金の素材特性とバイアスバネの力量とのバランスで、アクチュエータの温度ヒステリシス又は印加電流ヒステリシスを小さく技術的思想を開示している。すなわち、特許文献７では、アクチュエータのヒステリシスそのものを小さくしようとする技術的思想を開示しているだけであり、ヒステリシスそのものを完全に無くすことはできない。そのため、特許文献７に開示された駆動制御方法でも、形状記憶合金のヒステリシス特性に起因する応答遅れが伴ってしまう。その結果、特許文献７に開示された駆動制御方法では、可動部の動作を高精度に安定して制御することが困難である。

[0050] 特許文献８に開示された形状記憶合金アクチュエータ制御装置では、形状記憶合金を加熱するためのヒータが必要になると共に、形状記憶合金の温度とひずみ、応力の関係を記述したデータベースが必要となり、部品点数が増加してしまう。

[0051] 特許文献９に開示された長さ制御装置では、形状記憶合金（ＳＭＡ）が、温度に応じて抵抗値及び長さが一意に求められるということを前提としている。しかしながら、実際には、形状記憶合金（ＳＭＡ）は、温度に対してヒステリシス特性を有している（図１参照）。このように、特許文献９は、形状記憶合金（ＳＭＡ）のヒステリシス特性を何ら考慮していないので、形状記憶合金の長さを高精度に制御することは困難である。

[0052] したがって、本発明の目的は、部品点数が少なく、構造が簡単な、レンズ駆動装置を提供することにある。

[0053] 本発明の他の目的は、形状記憶合金線材の端部と通電部材とを確実に（不具合無く）電気的に接続することが可能な、接続方法を提供することにある。

[0054] 本発明の更に他の目的は、消費電流を大きくすることなく、かつ、応答性を高めることができる、形状記憶合金を含むアクチュエータを用いた制御装

置および制御方法を提供することにある。

[0055] 本発明の更なる目的は、形状記憶合金（ＳＭＡ）のヒステリシス特性に起因する応答遅れをキャンセルして、高速な応答を得ることができる、形状記憶合金を含むアクチュエータを用いた制御装置および制御方法を提供することにある。

[0056] 本発明の他の目的は、説明が進むにつれて明らかになるだろう。

課題を解決するための手段

[0057] 本発明の例示的な態様の要点について述べると、レンズ駆動装置は、レンズを保持するレンズホルダと、レンズホルダを光軸方向にのみ移動可能に支持するハウジングと、光軸方向に伸縮し得るコイルバネと、を備えるものと理解される。ハウジングは略直方体形状をしている。レンズ駆動装置は、ハウジング内の当該ハウジングの四隅中の第１の隅で、光軸方向に延在する主軸を備える。レンズホルダは、その側面に、主軸にスライド移動可能に取り付けられた主軸受けを有する。本発明の例示的な態様によれば、コイルバネは、主軸受けを間に挟んで、それぞれ、主軸の前側及び後側に取り付けられた前側コイルバネ及び後側コイルバネから構成される。前側コイルバネ及び後側コイルバネの少なくとも一方は、形状記憶合金により形成された形状記憶合金バネからなる。レンズ駆動装置は、形状記憶合金バネに通電するための通電部材と、形状記憶合金バネを、当該形状記憶合金バネの端部で通電部材と電気的に接続する電気的接続部材と、を含む。

発明の効果

[0058] 本発明では、レンズホルダの側面に取り付けられた主軸受けを間に挟んで、主軸の前側及び後側にそれぞれ前側コイルバネ及び後側コイルバネを設け、前側コイルバネ及び後側コイルバネの少なくとも一方を形状記憶合金により形成された形状記憶合金バネから構成したので、部品点数が少なく、構造が簡単な、レンズ駆動装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0059] [図1]ＳＭＡコイルバネのＳＭＡ温度とＳＭＡバネ定数との関係を示した図で

ある。

[図2]ＳＭＡアクチュエータを用いて、被駆動部材（可動部材）の位置をフィードバック制御する、従来の制御方法を示すフローチャートである。

[図3]従来の制御方法（特許文献３～５に開示された制御方法）でのＳＭＡアクチュエータの応答特性を示す特性図である。

[図4]特許文献６に開示された制御方法でのＳＭＡアクチュエータの応答特性を示す特性図である。

[図5]従来の制御方法でのＳＭＡアクチュエータの応答特性を示す特性図である。

[図6]本発明の一実施の形態によるレンズ駆動装置の外観を斜め前方上方から観た斜視図である。

[図7]図６に示したレンズ駆動装置のオートフォーカスレンズ駆動ユニットを、斜め前方上方から観た斜視図である。

[図8]図６に示したレンズ駆動装置を斜め前方上方から観た分解斜視図である。

[図9]図７に示したオートフォーカスレンズ駆動ユニットの平面図である。

[図10]図７に示したオートフォーカスレンズ駆動ユニットを、斜め後方上方から観た斜視図である。

[図11]図６に示したレンズ駆動装置を斜め後方上方から観た分解斜視図である。

[図12]図６に示したレンズ駆動装置を、中間フレーム、上側カバー、及びレンズバレルを省いた状態で、斜め後方上方から観た斜視図である。

[図13]図６に示したレンズ駆動装置を、中間フレーム、上側カバー、及びレンズ可動部を省いた状態で、斜め後方上方から観た斜視図である。

[図14]図７に示したオートフォーカスレンズ駆動ユニットのレンズ駆動部を拡大して示す右側面図である。

[図15]関連する第１の電気的接続部材を使用して、形状記憶合金バネの第１の端部と導線の端部とを電気的に接続した状態を示す斜視図である。

[図16]形状記憶合金バネ（形状記憶合金線材）の断面を示す図である。

[図17]本発明に係る第１の電気的接続部材を示す斜視図である。

[図18]図１７に示した第１の電気的接続部材を使用して、形状記憶合金バネの第１の端部と導線の端部とを電気的に接続した状態を示す斜視図である。

[図19]本発明の第１の実施の形態に係る制御装置を示すブロック図である。

[図20]図１９に示した制御装置による制御方法でのＳＭＡアクチュエータの応答特性を示す特性図である。

[図21]本発明の制御方法と従来の制御方法でのＳＭＡアクチュエータの応答特性を示す特性図である。

[図22]本発明の第２の実施の形態に係る制御装置を示すブロック図である。

[図23]図２２に示した制御装置に使用される演算器制御器の構成を示すブロック図である。

[図24]本発明の第２の実施の形態に係る制御方法を説明するフローチャートである。

[図25]図２４に示した制御装置（図２４に示した制御方法）でのＳＭＡアクチュエータの応答特性を示す特性図である。

[図26]本発明の第３の実施の形態に係る制御装置を示すブロック図である。

[図27]図２６に示した制御装置に使用される演算器制御器の構成を示すブロック図である。

[図28]本発明の第３の実施の形態に係る制御方法を説明するフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0060] 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

[0061] 図６乃至図１３を参照して、本発明の一実施の形態によるレンズ駆動装置２０について説明する。図６はレンズ駆動装置２０の外観を斜め前方上方から観た斜視図である。図７はレンズ駆動装置２０を、中間フレーム３２と上側カバー３６とを省いた状態で、斜め前方上方から観た斜視図である。換言すれば、図７は図６に示したレンズ駆動装置２０のオートフォーカスレンズ

駆動ユニット４０を、斜め前方上方から観た斜視図である。図８はレンズ駆動装置２０を斜め前方上方から観た分解斜視図である。図９は図７に示したオートフォーカスレンズ駆動ユニット４０の平面図である。図１０はレンズ駆動装置２０を、中間フレーム３２と上側カバー３６とを省いた状態で、斜め後方上方から観た斜視図である。換言すれば、図１０はオートフォーカスレンズ駆動ユニット４０を、斜め後方上方から観た斜視図である。図１１はレンズ駆動装置２０を斜め後方上方から観た分解斜視図である。図１２はレンズ駆動装置２０を、中間フレーム３２、上側カバー３６、及びレンズバレル４２１を省いた状態で、斜め後方上方から観た斜視図である。図１３はレンズ駆動装置２０を、中間フレーム３２、上側カバー３６、及びレンズ可動部４２を省いた状態で、斜め後方上方から観た斜視図である。

[0062] ここでは、図６乃至図１３に示されるように、直交座標系（Ｘ，Ｙ，Ｚ）を使用している。図６乃至図１３に図示した状態では、直交座標系（Ｘ，Ｙ，Ｚ）において、Ｘ軸方向は前後方向（奥行方向）であり、Ｙ軸方向は左右方向（幅方向）であり、Ｚ軸方向は上下方向（高さ方向）である。

[0063] 図示のレンズ駆動装置２０は、例えば、オートフォーカスレンズ駆動ユニット４０のレンズ駆動部４４として使用される。その場合、図６乃至図１３に示す例においては、上下方向Ｚがレンズの光軸Ｏ方向である。

[0064] 但し、実際の使用状況においては、光軸Ｏ方向、すなわち、Ｚ軸方向が前後方向となる。換言すれば、Ｚ軸の上方向が前方向となり、Ｚ軸の下方向が後方向となる。

[0065] 図６に示されるように、レンズ駆動装置２０は、後述するオートフォーカスレンズ駆動装置４０を覆う略直方体形状の筐体（ハウジング）３０を備える。換言すれば、筐体（ハウジング）３０内に、オートフォーカスレンズ駆動ユニット４０が配置される。筐体（ハウジング）３０は、中空の中間フレーム３２と、アクチュエータ・ベース３４と、上側カバー３６とを含む。中間フレーム３２は、上側カバー３６とアクチュエータ・ベース３４との間に設けられている。中間フレーム３２は、略四角筒形状をしている。

[0066] 一方、図示はしないが、アクチュエータ・ベース３４の中央部には、基板に配置された撮像素子が搭載される。この撮像素子は、可動レンズ（後述する）により結像された被写体像を撮像して電気信号に変換する。撮像素子は、例えば、ＣＣＤ（charge coupled device）型イメージセンサ、ＣＭＯＳ（complementary metal oxide semiconductor）型イメージセンサ等により構成される。

[0067] 図８乃至図１１を参照して、筐体（ハウジング）３０内には、左奥側に案内軸３７が設けられている。この案内軸３７は、光軸Ｏと平行に延在している。案内軸３７は筐体（ハウジング）３０のアクチュエータ・ベース３４上に立設している。この光軸Ｏを間に挟んで、案内軸３８と反対側である右手前側には、円柱状の駆動軸３８が設けられている。駆動軸３８も、光軸Ｏと平行に延在して、筐体（ハウジング）３０のアクチュエータ・ベース３４上に立設している。すなわち、案内軸３７と駆動軸３８とは、光軸Ｏまわりに回転対称な位置に配置されている。

[0068] 尚、駆動軸３８は主軸とも呼ばれ、案内軸３７は副軸とも呼ばれる。換言すると、駆動軸（主軸）３８は、ハウジング３０内の当該ハウジング３０の四隅中の第１の隅で、光軸Ｏ方向に延在している。案内軸（副軸）３７は、レンズホルダ４２２（後述する）を間に挟んで、ハウジング３０内の第１の隅と対角線上で対向する第２の隅に設けられている。すなわち、案内軸（副軸）３７は、ハウジング３０内で、駆動軸（主軸）３８に対して光軸Ｏに関して２回回転対称である位置に設けられている。

[0069] オートフォーカスレンズ駆動ユニット４０は、レンズ可動部４２とレンズ駆動部４４とから構成される。レンズ駆動部４４は、レンズ可動部４２を光軸Ｏ方向に摺動可能に支持しながら、後述するようにレンズ可動部４２を駆動する。

[0070] レンズ可動部４２は、可動レンズであるオートフォーカスレンズＡＦＬを保持するレンズバレル（レンズアセンブリ）４２１を含む。レンズバレル４２１は、略円筒状の可動鏡筒（レンズホルダ）４２２内に保持・固定される

。レンズホルダ４２２の内周壁には雌ネジ（図示せず）が切られている。一方、レンズバレル４２１の外周壁には、上記雌ネジに螺合される雄ネジ（図示）が切られている。従って、レンズバレル４２１をレンズホルダ４２２に装着するには、レンズバレル４２１をレンズホルダ４２２に対して光軸Ｏ周りに回転して光軸Ｏ方向に沿って螺合することにより、レンズバレル４２１をレンズホルダ４２２内に収容し、接着剤などによって互いに接合する。

[0071] レンズホルダ４２２は、左奥側で半径方向外側に延びる第１の延在部（第１の係合部）４２２１を有する。第１の延在部（第１の係合部）４２２１は、半径方向外側に開いた略Ｕ字状の窪み４２２１ｕを有し、この窪み４２２１ｕ内に上記案内軸３７が収容されている。すなわち、第１の延在部（第１の係合部）４２２１は、案内軸（副軸）３７にスライド移動可能に取り付けられている。そのため、第１の延在部（第１の係合部）４２２１は副軸受けとも呼ばれる。案内軸（副軸）３７と第１の延在部（副軸受け）４２２１との組み合わせは、レンズホルダ４２２の主軸３８の回りの回転を防止して、レンズホルダ４２２を光軸Ｏ方向にのみリニアに案内する案内機構として働く。

[0072] また、レンズホルダ４２２は、右手前側で半径方向外側に延びる第２の延在部（第２の係合部）４２２２を有する。第２の延在部（第２の係合部）４２２２は、駆動軸（主軸）３８が挿通する貫通穴４２２２ｔを有する。すなわち、第２の延在部（第２の係合部）４２２２は、駆動軸（主軸）３８にスライド移動可能に取り付けられている。そのため、第２の延在部（第２の係合部）４２２２は主軸受けとも呼ばれる。

[0073] このような構成により、レンズ可動部４２は、筐体（ハウジング）３０に対して光軸Ｏ方向にのみ移動可能である。

[0074] レンズホルダ４２２と、レンズバレル（レンズアセンブリ）４２１との組み合わせによって、オートフォーカスレンズ駆動ユニット４０のレンズ可動部４２が構成される。

[0075] 次に、図６乃至図１３に加えて図１４をも参照して、オートフォーカスレ

ンズ駆動ユニット４０のレンズ駆動部４４について説明する。図１４はレンズ駆動部４４を拡大して示す右側面図である。図示のレンズ駆動部４４は、光軸Ｏ方向に伸縮し得るコイルバネから構成される。詳述すると、レンズ駆動部（コイルバネ）４４は、第２の延在部（主軸受け）４２２２を間に挟んで、それぞれ、主軸（駆動軸）３８の上側及び下側に設けられた上側コイルバネ４４２及び下側コイルバネ４４４とから構成される。

[0076] 前述したように、実際の使用状況においては、光軸Ｏ方向、すなわち、Ｚ軸方向が前後方向となるので、上側コイルバネ４４２及び下側コイルバネ４４４は、それぞれ、前側コイルバネ及び後側コイルバネとも呼ばれる。

[0077] 前側コイルバネ（上側コイルバネ）４４２は、中間フレーム３４の天面と主軸受け４２２２との間に配置されている。後側コイルバネ（下側コイルバネ）４４４は、主軸受け４２２２とアクチュエータ・ベース３４との間に配置されている。

[0078] 図示の例では、前側コイルバネ４４２は、ステンレス鋼（ＳＵＳ）製の付勢バネから構成され、後側コイルバネ４４４は、形状記憶合金により形成された形状記憶合金バネから構成されている。周知のように、「形状記憶合金」とは、予め与えられた変形歪が、特定の温度領域において、ゼロとなって元の形状に回復する性質を持つ金属である。形状記憶合金は、例えば、ＴｉＮｉ合金からなる。

[0079] すなわち、前側コイルバネ（付勢バネ）４４２は、第２の延在部（主軸受け）４２２２を下方向（後方向）を付勢するように作用する。一方、後側コイルバネ（形状記憶合金バネ）４４４は、駆動回路（図示せず）から通電されると、図１４の矢印Ａで示されるように、伸張する。その結果、第２の延在部（主軸受け）４２２２を介して、前側コイルバネ（付勢バネ）４４２は、図１４の矢印Ｂで示されるように、収縮する。

[0080] 一方、後側コイルバネ（形状記憶合金バネ）４４４への通電を停止すると、後側コイルバネ（形状記憶合金バネ）４４４は自然に冷却される。その結果、前側コイルバネ（付勢バネ）４４２の付勢力より、後側コイルバネ（形

状記憶合金バネ）４４４は、第２の延在部（主軸受け）４２２２を介して、収縮する。

[0081] すなわち、後側コイルバネ（形状記憶合金バネ）４４４は、その通電／非通電による温度変化により光軸Ｏ方向に伸縮し、レンズホルダ４２２を光軸Ｏ方向に駆動する。

[0082] 尚、本実施の形態では、前側コイルバネ４４２をステンレス鋼製の付勢バネから構成し、後側コイルバネ４４４を形状記憶合金により形成された形状記憶合金バネから構成しているが、これに限定されない。例えば、前側コイルバネ４４２を形状記憶合金により形成された形状記憶合金バネから構成し、後側コイルバネ４４４をステンレス鋼製の付勢バネから構成しても良い。或いは、前側コイルバネ４４２と後側コイルバネ４４４の両方を形状記憶合金により形成された形状記憶合金バネから構成してもよい。

[0083] レンズ駆動部４４とレンズ可動部４２とは、図７乃至図１１に示されるように、光軸Ｏに対して並置されている。したがって、フォーカスレンズ駆動ユニット４０を低背化することができる。その結果、駆動装置２０も低背化することができる。

[0084] 図８、図１１、および図１３に示されるように、レンズ駆動装置２０は、後側コイルバネ（形状記憶合金バネ）４４４に通電するための通電部材５２と、後側コイルバネ（形状記憶合金バネ）４４４を、当該後側コイルバネ（形状記憶合金バネ）４４４の端面（後述する）で通電部材５２と電気的に接続する電気的接続部材５４とを備える。

[0085] 通電部材５２は、アクチュエータ・ベース３４上に形成（搭載）される、円弧状の第１及び第２の導体パターン５２１及び５２２と、第１の導体パターン５２１に一端が半田で接続された導線５２３とを有する。図示の第１及び第２の導体パターン５２１及び５２２は銅製のパターンから成る。図示の導線５２３は、銅製のリッツ線から成る。

[0086] 一方、電気的接続部材５４は、後側コイルバネ（形状記憶合金バネ）４４４の第１の端部４４４ａを導線５２３を介して第１の導体パターン５２１と

電気的に接続する第１の電気的接続部材５４１と、後側コイルバネ（形状記憶合金バネ）４４４の第２の端部４４４ｂを第２の導体パターン５２２と電気的に接続する第２の電気的接続部材５４２とから構成されている。

[0087] ここで、本発明による第１の電気的接続部材５４１の理解を容易にするために、図１５を参照して、関連する第１の電気的接続部材５４１Ａについて説明する。

[0088] 図１５に示されるように、関連する第１の電気的接続部材５４１Ａは、パイプ状電極５４１２のみによって構成されている。すなわち、形状記憶合金バネ４４４の第１の端部４４４ａと導線５２３の他端との電気的に接続を、パイプ状電極５４１２をかしめることによって行っている。

[0089] 図１６に形状記憶合金バネ（形状記憶合金線材）４４４の断面を示す。形状記憶合金線材４４４は、その形状記憶合金本体４４４２の外周表面が酸化被膜４４４４で覆われている。形状記憶合金本体４４４２の外周表面に酸化被膜４４４４が形成されるのは、形状記憶合金線材４４４を作製する際の焼鈍（８００℃～１０００℃前後の温度）と形状記憶（４００℃前後の温度）の熱履歴を受けるためである。形状記憶合金線材４４４の直径（線径）φは０．１mm以下である。例えば、実際の形状記憶合金線材４４４の線径φは０．０２０mm～０．０８０mm程度である。その為、酸化被膜４４４４を物理的／化学的に除去することは非常に困難である。ここで、「物理的除去」とは、研磨／研削を意味し、「科学的除去」とは、フッ硝酸によるエッチングを意味する。

[0090] 一方、形状記憶合金線材４４４の作製時に真空中または不活性が図中で熱処理を行うことで、形状記憶合金本体４４４２の外周表面に酸化被膜４４４４を付けない方法も知られている。しかしながら、この方法ではコスト高となってしまう。

[0091] このように、通常の形状記憶合金バネ（形状記憶合金線材）４４４は、その形状記憶合金本体４４４２の外周表面が酸化被膜４４４４で覆われている。その為、単に形状記憶合金バネ４４４の端部４４４ａと通電用導線５２と

を、パイプ状電極５４１２をかしめることによって電気的に接続しただけでは、酸化被膜４４４４を完全に破ることはできない。その結果、製品毎にカシメ接続部に電気抵抗のバラツキが出てしまう。電機抵抗が高くなると、以下のような問題が生じてしまう。

[0092] 先ず、本来、形状記憶合金バネ４４４は、通電によるジュール熱で駆動させることを想定している。しかしながら、カシメ接続部で電気抵抗が高くなると、カシメ接続部で発熱した熱により誤動作を起こしてしまう。その結果、レンズ移動部４２を高精度で位置決め制御することが困難になってしまう。また、カシメ接続部で熱が発生するので、レンズ駆動装置２０の消費電力が大きくなる。

[0093] また、レンズ駆動装置２０の応答速度を向上させるために、レンズ駆動装置２０には、形状記憶合金バネ（形状記憶合金線材）４４４として、直径φ０．１ｍｍ以下の細線状の形状記憶合金が用いられる。その結果、パイプ状電極５４１２を強くカシメ過ぎると、形状記憶合金バネ（形状記憶合金線材）４４４が破断してしまうという問題もある。

[0094] そこで、本発明では、形状記憶合金線材（形状記憶合金バネ）４４４の第１の端部４４４ａと導線５２３の他端とを確実に（不具合無く）電気的に接続するために、新規な第１の電気的接続部材５４１を採用している。

[0095] 尚、図１６に示されるように、形状記憶合金バネ（形状記憶合金線材）４４４の端面４４４ｃは、形状記憶合金バネ（形状記憶合金線材）４４４の長手方向に対して実質的に直角にカットすることにより、酸化被膜４４４４で覆われていないことに注意されたい。

[0096] 図１７は本発明に係る第１の電気的接続部材５４１を示す斜視図である。第１の電気的接続部材５４１は、形状記憶合金バネ４４４の第１の端部４４４ａと導線５２３の他端（端部）とが挿入されるカシメ具５４１２と、このカシメ具５４１２内に注入された導電性接着剤５４１４とから構成されている。

[0097] 図示のカシメ具５４１２は、パイプ状電極から構成されている。図示のカ

シメ具５４１２の内径φは０．２８ｍｍである。また、図示の導電性接着剤５４１４としては、例えば、スリーボンド社製のＴＢ－３３０１Ｗを使用している。この導電性接着剤５４１４では、導電材として銀を使用し、接着剤としてエポキシ樹脂を使用している。

[0098] 図１８は、第１の電気的接続部材５４１を使用して、形状記憶合金バネ４４４の第１の端部４４４ａと導線５２３の端部とを電気的に接続した状態を示す斜視図である。

[0099] 次に、図１７及び図１８を参照して、形状記憶合金バネ４４４の第１の端部４４４ａを導線５２３に電気的に接続する方法について説明する。

[0100] 先ず、図１７に示されるように、形状記憶合金バネ４４４の第１の端部４４４ａと導線５２３の端部とが挿入可能なカシメ具（パイプ状電極）５４１２を準備する。引き続いて、このカシメ具（パイプ状電極）５４１２内に導電性接着剤５４１４を注入する。次に、図１８に示されるように、形状記憶合金バネ４４４の第１の端部４４４ａと導線５２３の端部とをカシメ具（パイプ状電極）５４１２内の導電性接着剤５４１４に挿入して、カシメ具（パイプ状電極）５４１２をかしめる。最後に、所定の温度で導電性接着剤５４１４を熱硬化させる。

[0101] 図１６に示されるように、形状記憶合金バネ４４４の端面（切断面）４４４ｃには、酸化被膜４４４４が無いので、第１の電気的接続部材５４１により、形状記憶合金バネ４４４の第１の端部４４４ａと導線５２３の端部とを確実に電気的に接続することができる。

[0102] 尚、上記の電気的接続方法では、カシメ具５４１２内に導電性接着剤５４１４を注入した後に、形状記憶合金バネ４４４の第１の端部４４４ａと導線５２３の端部とをカシメ具（パイプ状電極）５４１２内に挿入しているが、この順序は逆であっても良い。すなわち、形状記憶合金バネ４４４の第１の端部４４４ａと導線５２３の端部のどちから一方、またはそれぞれに導電性接着剤５４１４を付着し、形状記憶合金バネ４４４の第１の端部４４４ａと導線４４４ａの端部とをカシメ具５４１２内に挿入した後に、カシメ具５４

１２をかしめ、そして所定の温度で導電性接着剤５４１４を熱硬化させてもよい。

[0103] 従って、レンズ駆動装置２０の製造コスト、部品コストをほとんど上げることなく、形状記憶合金バネ（形状記憶合金線材）４４４の第１の端部４４４ａと導線５２３の端部との間の導通不良を改善することが可能となる。ここで、導電性接着剤５４１４を使用する分だけコストアップとなる。しかしながら、図１７に示すカシメ具（パイプ状電極）５４１２の内径φは、０．２８ｍｍであり、更なる細線化で更に小径となる。その為、導電性接着剤５４１４の使用量は極微量ですみ、ほとんどコストアップには繋がらない。

[0104] 一方、図１３に示されるように、第２の電気的接続部材５４２は、第２の導体パターン５２２の端部を折り曲げて形成されるカシメ具５４２２と、このカシメ具５４２２内に注入される導電性接着剤（図示せず）とから構成される。

[0105] 次に、形状記憶合金バネ４４４の第２の端部４４４ｂを第２の導体パターン５２２に電気的に接続する方法について説明する。

[0106] 先ず、カシメ具５４２２内に導電性接着剤を注入する。形状記憶合金バネ４４４の第２の端部４４４ｂをこの導電性接着剤と接触させ、かつ、形状記憶合金バネ４４４の第２の端部４４４ｂを覆うように、カシメ具５４２２をかしめる。最後に、所定の温度で導電性接着剤５４１４を熱硬化させる。

[0107] 図１６に示されるように、形状記憶合金バネ４４４の端面（切断面）４４４ｃには、酸化被膜４４４４が無いので、第２の電気的接続部材５４２により、形状記憶合金バネ４４４の第２の端部４４４ｂと第２の導体パターン５２２とを確実に電気的に接続することができる。

[0108] 上記の電気的接続方法では、カシメ具５４２２内に導電性接着剤を注入した後に、形状記憶合金バネ４４４の第２の端部４４４ｂをこの導電性接着剤と接触させているが、この順序は逆であってもよい。すなわち、形状記憶合金バネ４４４の第２の端部４４４ｂに導電性接着剤を付着し、形状記憶合金バネ４４４の第２の端部４４４ｂをカシメ具５４２２内に挿入した後に、カ

シメ具５４２２をかしめ、そして所定の温度で導電性接着剤を熱硬化させてもよい。

[0109] 以上、本発明についてその好ましい実施の形態によって説明してきたが、本発明の精神を逸脱しない範囲内で、種々の変形が当業者によって可能であるのは明らかである。例えば、上述した実施の形態では、形状記憶合金バネ４４４の端面４４４ｃは、形状記憶合金バネ４４４の長手方向に対して実質的に直角にカットされているが、斜めにカットしてもよい。これにより、形状記憶合金バネ４４４の導通部の露出面積（導電性接着剤との接触面積）を増やすことができるので、より信頼性を確保することができる。また、上記実施の形態では、所定の温度で導電性接着剤を熱硬化させている。すなわち、導電性接着剤として熱硬化タイプのものを使用している。しかしながら、導電性接着剤は、このタイプのものに限定されず、紫外線硬化タイプのものでもよいし、自然硬化タイプのものであってもよい。したがって、一般的には、所定の条件で導電性接着剤を硬化させてよい。

[0110] 図１９を参照して、本発明の第１の実施の形態に係る制御装置１００について説明する。図示の制御装置１００は、図８乃至図１３に示されたレンズ駆動装置２０（オートフォーカスレンズ駆動ユニット４０）のレンズ可動部４２（レンズホルダ４２２）の位置を、図１６に示したレンズ駆動部（ＳＭＡアクチュエータ）４４を用いて制御する装置である。

[0111] 図示の制御装置１００は、レンズ可動部４２（レンズホルダ４２２）の位置（アクチュエータ位置）を検出して、現在の検出位置を表す検出信号を出力するアクチュエータ位置検出器１１０と、この検出信号で表される現在の検出位置と外部コントローラから供給されるアクチュエータ位置指令値で表される目標位置と間の偏差を求め、その偏差を表す偏差信号を出力する偏差演算器１２０と、この偏差信号に基いて、制御信号を出力するＰＩＤコントローラ１３０と、制御信号に基いてレンズ駆動部（ＳＭＡアクチュエータ）４４へ操作量である電圧を印加する制御電源（操作部）１４０とを備えている。

[0112] 図示の制御電源（操作部）１４０は、レンズ駆動部（ＳＭＡアクチュエータ）４４へ印加する電圧として、０～３．３Ｖの電圧を印加する。後述する制御値の最大値を１００％とする。この場合、制御値が０％のとき、制御電源（操作部）１４０は操作量（印加電圧）として０Ｖを出力し、制御値が１００％のとき、制御電源（操作部）１４０は操作量（印加電圧）として３．３Ｖを出力する。

[0113] 図示のＰＩＤコントローラ１３０は、Ａ／Ｄ変換器１３２と、コントロール値演算器１３４と、Ｄ／Ａ変換器１３６と、初期値演算器１３７とを有する。

[0114] Ａ／Ｄ変換器１３２は、偏差信号をデジタルの偏差値に変換する。コントロール値演算器１３４は、偏差値に対して周知のＰＩＤ演算を施して上記制御値を演算する。コントロール値演算器１３４は、比例ゲインＧｐと積分ゲインＧｉと微分ゲインＧｄとを持つ。上述したように、コントロール値演算器１３４は、最大値を１００％とする制御値を出力する。Ｄ／Ａ変換器１３６は、制御値をアナログの制御信号に変換する。初期値演算器１３７は、目標位置に基いて、ＳＭＡアクチュエータ４４を構成する形状記憶合金バネ４４に印加すべき初期電圧に対応した制御値の初期値を、後述するように所定の関数（演算式）に従って求める。この初期値は、コントロール値演算器１３４に供給される。コントロール値演算器１３４は、制御開始時に、制御値としてこの初期値をＤ／Ａ変換器１３６へ供給する。

[0115] したがって、制御開始時に、Ｄ／Ａ変換器１３６からこの初期値に対応した初期制御信号が制御電源（操作部）１４０に供給されるので、制御電源（操作部）１４０は、上記初期値に対応した初期電圧を、ＳＭＡアクチュエータ４４を構成する形状記憶合金バネ４４４に印加する。

[0116] このように、本発明では、制御値の初期値として、０％や１００％の固定ではなく、目標位置に対して最適な値を選択している。尚、ここでは、制御値の初期値を決めるだけで、ＳＭＡアクチュエータ４４を構成する形状記憶合金バネ４４４に通電を行わないことに注意されたい。したがって、本発明

では、制御値の初期値は、ＳＭＡアクチュエータ４４の目標位置（高さ）によって可変する。

[0117] 初期値演算器１３７は、目標位置が高くなると初期値も徐々に増加するような所定の関数に従って、初期値を求める。具体的には、所定の関数は、目標位置を独立変数ｘ（０％≦ｘ≦１００％）とし、初期値を従属変数ｙ（０％＜ｙ≦１００％）としたとき、方向係数ａとｙ軸上の切片ｂとを持つ下記の一次関数の式で表される。

[0118] $$y = ax + b$$

但し、０＜ａ＜１、０＜ｂ＜１００で、かつ（１００ａ＋ｂ）≦１００である。

[0119] 本発明者は、上記方向係数ａと上記切片ｂとの好ましい値を実験で求めた。その結果、ａ＝０．５８１４、ｂ＝４１．５７を得た。

[0120] しかしながら、上記方向係数ａと上記切片ｂとの値は、それらに限定されないのは勿論である。例えば、上記方向係数ａと上記切片ｂとの値は、ＳＭＡアクチュエータ４４の設計、形状記憶合金バネ４４４の形状や設計などにより、最適なものにそれぞれ設定されてよい。

[0121] また、上記所定の関数も、上記一次関数に限定されず、他の関数を用いてもよいのは勿論である。

[0122] なお、図１９に示したＰＩＤコントローラ１３０の代わりに、プログラムによって動作するマイクロコンピュータを用いてもよい。その場合、マイクロコンピュータは、偏差演算器（減算器）１２０からの偏差信号を入力する入力ユニット（Ａ／Ｄ変換器１３２）と、制御信号を出力する出力ユニット（Ｄ／Ａ変換器１３６）と、演算を実行する演算処理ユニット（図示せず）とから構成され得る。演算処理ユニットは、図１９に示されたコントロール値演算器１３４および初期値演算器１３７に相当する演算を実行する。演算処理ユニットは、プログラムやデータを記憶する記憶部（ＲＯＭやＲＡＭ）と、この記憶部に格納されたプログラムに従って、入力ユニット、出力ユニット、および記憶部を制御するための処理部（ＣＰＵ）とから成る。

[0123] 図２０は、図１９に示した制御装置１００の制御方法でのＳＭＡアクチュエータ４４の応答特性を示す特性図である。図２０において、横軸は時間［sec］を示し、０秒を制御開始時刻としている。マイナスの値の時刻は、制御を行う前の状態である。また、図２０において、縦軸はアクチュエータ高さ［ｍｍ］とＳＭＡバネ４４４への印加電圧［Ｖ］を示している。図２０において、破線がＳＭＡバネ４４４への印加電圧（操作量）を示し、実線がアクチュエータの高さを示す。

[0124] 図２０に示されるように、制御開始時にＳＭＡバネ４４４に初期値に対応する初期電圧を通電するので、応答を速くすることができる。また、制御開始前には、ＳＭＡバネ４４４に通電しないので、消費電流を低減することができる。

[0125] 図２１は、本発明の制御方法と上記従来の制御方法でのＳＭＡアクチュエータ４４の応答特性を示す特性図である。図２１において、横軸は時間［sec］を示し、縦軸はアクチュエータ高さ［ｍｍ］を示している。図示の例では、本発明の制御方法において、制御開始時の制御値（初期値）を５０％とした場合の例を示している。

[0126] 制御開始時の制御値（初期値）が０％の場合、図２１の一点鎖線で示されるように、ＳＭＡアクチュエータ４４の応答速度が遅くなってしまう。一方、制御開始時の制御値（初期値）が１００％の場合、図２１の二点鎖線で示されるように、オーバーシュートが大きくなり、その結果として消費電流が大きくなるという欠点がある。

[0127] これに対して、本発明の制御方法により、制御開始時の制御値（初期値）を５０％とすると、図２１の実線で示されるように、ＳＭＡアクチュエータ４４が応答する。すなわち、制御開始時の制御値（初期値）を１００％の場合と比較して、本発明の制御方法では、オーバーシュートを防ぐことができるので、消費電力を低減できる。また、制御開始時の制御値（初期値）を０％とした場合と比較して、本発明の方法では、制御時間を短縮することができる。

[0128] また、本発明の制御方法では、制御開始時の制御値（初期値）を０％よりも増加しておくので、ＰＩＤコントローラ１３０のゲインを大きくしなくとも、素早い立ち上がりを得ることができる。その結果、制御時間を短縮することができる。また、ＰＩＤコントローラ１３０のゲインを大きくしなくてよいので、制御結果の発散を防ぐことができる。

[0129] 以上、本発明についてその好ましい実施の形態によって説明してきたが、本発明の精神を逸脱しない範囲内で、種々の変形が当業者によって可能であるのは明らかである。例えば、上述した実施の形態では、可動部材がオートフォーカスレンズ駆動ユニットのレンズ可動部である場合を例に挙げて説明しているが、これに限定されず、種々のものに適用可能なのは勿論である。例えば、可動部材は、特許文献３、６に開示されているようなカメラのセクタ開閉装置（シャッタ機構）や、特許文献４～６に開示されているような手振補正機能付光学装置における手振補正光学系（手振補正機構）などであってもよい。

[0130] 図２２を参照して、本発明の第２の実施の形態に係る制御装置１００Ａについて説明する。図示の制御装置１００Ａは、図６乃至図１１に示されたレンズ駆動装置２０（オートフォーカスレンズ駆動ユニット４０）のレンズ可動部４２（レンズホルダ４２２）の位置を、図１４に示したレンズ駆動部（ＳＭＡアクチュエータ）４４を用いて、形状記憶合金コイルバネ４４４の通電を制御することにより、フィードバック制御する装置である。

[0131] 図示の制御装置１００Ａは、ＰＩＤコントローラの構成および動作が後述するように相違している点を除いて、図１９に示した制御装置１００と同様の構成を有し、動作をする。したがって、ＰＩＤコントローラに１３０Ａの参照符号を付してある。

[0132] 図示のＰＩＤコントローラ１３０Ａは、初期値演算器１３７の代わりに演算器制御器１３８を備えている点を除いて、図１９に示したＰＩＤコントローラ１３０と同様の構成を有し、動作をする。図１９に示したものと同様の機能を有するものには同一の参照符号を付し、説明の簡略化のために、以下

では異なる点についてのみ説明する。

[0133] 演算器制御器１３８は、制御値と偏差値とに基いて、形状記憶合金コイルバネ４４４のヒステリシス特性をキャンセルするように、コントロール値演算器１３４の動作を制御する。

[0134] 図２３は、図２２に示した制御装置１００Ａに使用される演算器制御器１３８の構成を示すブロック図である。演算器制御器１３８は、加熱／放熱検出器１５０と演算オン／オフ決定器１６０とから構成される。

[0135] 加熱／放熱検出器１５０は、制御値に基いて、形状記憶合金コイルバネ４４４が加熱状態か放熱状態かを判断する。詳述すると、加熱／放熱検出器１５０は、制御値ラッチ回路１５２と制御値比較器１５４とから構成される。制御値ラッチ回路１５２は、今回の制御値をラッチして、前回の制御値を出力する。制御値比較器１５４は、今回の制御値と前回の制御値とを比較し、制御値比較結果を出力する。前回の制御値が今回の制御値以下のとき、制御値比較器１５４は、制御値比較結果として、形状記憶合金コイルバネ４４４が放熱状態であることを示す起動信号を出力する。

[0136] 演算オン／オフ決定器１６０は、加熱／放熱検出器１５０で放熱状態と判断されたときに起動される。すなわち、演算オン／オフ決定部１６０は、加熱／放熱検出器１５０から供給される起動信号に応答して、起動される。演算オン／オフ決定器１６０は、偏差に基いて、後述するように、コントロール値演算器１３４での演算のオン／オフを決定する。

[0137] 詳述すると、演算オン／オフ決定器１６０は、偏差ラッチ回路１６２と偏差比較器１６４とから構成される。偏差ラッチ回路１６２は、今回の偏差値をラッチして、前回の偏差値を出力する。偏差比較器１６４は、今回の偏差値と前回の偏差値とを比較する。今回の偏差値と前回の偏差値とが等しいとき、偏差比較器１６４は、一致信号として、コントロール値演算器１３４の演算をオフさせる演算オフ信号を出力する。とにかく、演算オン／オフ決定器１６０は、加熱／放熱検出器１５０で放熱状態と判断された場合に起動され、偏差値に基いてコントロール値演算器１３４の動作を制御する演算器制

御部として働く。

[0138] 尚、コントロール値演算器１３４は、演算オフ信号に応答して、制御値の演算を停止して、前回の制御値をそのまま今回の制御値として出力する。

[0139] なお、図２２に示したＰＩＤコントローラ１３０Ａの代わりに、プログラムによって動作するマイクロコンピュータを用いてもよい。その場合、マイクロコンピュータは、偏差演算器（減算器）１２０からの偏差信号を入力する入力ユニット（Ａ／Ｄ変換器１３２）と、制御信号を出力する出力ユニット（Ｄ／Ａ変換器１３６）と、演算を実行する演算処理ユニット（図示せず）とから構成され得る。

[0140] 演算処理ユニットは、図２２に示されたコントロール値演算器１３４および演算器制御器１３８に相当する演算を実行する。演算処理ユニットは、プログラムやデータを記憶する記憶部（ＲＯＭやＲＡＭ）と、この記憶部に格納されたプログラムに従って、入力ユニット、出力ユニット、および記憶部を制御するための処理部（ＣＰＵ）とから成る。

[0141] 図２４は、ＰＩＤコントローラ１３０Ａを上記マイクロコンピュータで実現した場合に、記憶部に格納されたプログラムに従って動作する、演算処理ユニット（処理部）の動作を説明するためのフローチャートである。以下、図２４を参照して、本発明の第２の実施の形態に係る制御方法について説明する。

[0142] 制御が開始すると、演算処理ユニットは、偏差演算器（減算器）１２０で測定された偏差信号（偏差値）を得る（ステップＳ２０１）。引き続いて、演算処理ユニットは、形状記憶合金コイルバネ４４４が加熱状態か放熱状態かを判断する（ステップＳ２０２）。この判断は、前回の制御値と今回の制御値とを比較することによって行なわれる。すなわち、今回の制御値が前回の制御値以下である場合、演算処理ユニットは、形状記憶合金コイルバネ４４４が放熱状態であると判断する。

[0143] 形状記憶合金コイルバネ４４４が放熱状態であると判断したとき（ステップＳ２０２のＮｏ）、演算処理ユニットは、今回の偏差と前回の偏差とを比

較し、偏差に差がない場合、ヒステリシス特性による形状記憶合金の状態が保持されている状態であると判断する（ステップＳ２０３）。

[0144] 一方、形状記憶合金コイルバネ４４４が加熱状態であると判断したとき（ステップＳ２０２のＹｅｓ）又は上記ステップＳ２０３において今回の偏差と前回の偏差とに差が有ると判断された場合（ステップＳ２０３のＮｏ）、演算処理ユニットは、上記測定した偏差（得た偏差）に対して、周知のＰＩＤ制御器で行われている演算を施して、制御値を決定する（ステップＳ２０４）。すなわち、測定した偏差に基いて、演算処理ユニット（ＰＩＤ制御器）は制御値を演算する。

[0145] 上記ステップＳ２０３において、今回の偏差と前回の偏差とに差が無いと判断された場合（ステップＳ２０３のＹｅｓ）、演算処理ユニットは、ステップＳ２０４をスキップして、ＰＩＤ制御器による制御値の演算を行わない。すなわち、演算処理ユニットは、前回の制御値をそのまま今回の制御値として出力する。

[0146] 引き続いて、演算処理ユニットは、制御値を記憶部に記憶し（ステップＳ２０５）、偏差を記憶部に記録する（ステップＳ２０６）。最後に、演算処理ユニットは、出力ユニット（Ｄ／Ａ変換器１３６）を介して、制御電源（操作部）１４０に制御信号を供給し、制御電源（操作部）１４０から操作量（電圧）を形状記憶合金コイルバネ４４４に印加させる（ステップＳ２０７）。

[0147] 図２５は、図２２に示した制御装置１００Ａ（図２４に示した制御方法）でのＳＭＡアクチュエータ４４の応答特性を示す特性図である。図２５において、横軸は時間［msec］を示し、縦軸はアクチュエータ高さ［mm］と形状記憶合金コイルバネ４４４への印加電圧［Ｖ］とを示している。図２５において、破線は目標位置を示し、図示の例では０．２mmである場合を示している。また、図２５において、一点鎖線は形状記憶合金コイルバネ４４４への印加電圧、すなわち、操作量を示し、実線はアクチュエータ位置を示している。

[0148] 本発明の第２の実施の形態に係る制御装置１００Ａ（制御方法）では、前述したように、形状記憶合金コイルバネ４４４が放熱状態で、かつ今回の偏差と前回の偏差との間に差がない場合、形状記憶合金コイルバネ４４４への操作量（印加電圧）を変化させない。その結果、形状記憶合金コイルバネ４４４への操作量（印加電圧）を保持することができる。

[0149] その後、形状記憶合金コイルバネ４４４が、図１に示したヒステリシス特性のＭｓ点（変態開始温度）を超えて、ＳＭＡアクチュエータ４４の位置が急激に下がったとする。上述したように、本発明の第２の実施の形態に係る制御装置１００Ａ（制御方法）では、形状記憶合金コイルバネ４４４への操作量（印加電圧）を保持しているので、すぐに操作量（印加電圧）を増やすことができる。

[0150] また、図２５の細い破線で示されるような、ＳＭＡアクチュエータ４４のアンダーシュートを抑えることができる。その結果、アクチュエータ位置制御の応答速度が速くなり、安定性も改善することができる。

[0151] 図２６を参照して、本発明の第３の実施の形態に係る制御装置１００Ｂについて説明する。図示の制御装置１００Ｂは、ＰＩＤコントローラの構成および動作が後述するように相違している点を除いて、図２２に示した制御装置１００Ａと同様の構成を有し、動作をする。したがって、ＰＩＤコントローラに１３０Ｂの参照符号を付してある。

[0152] 図示のＰＩＤコントローラ１３０Ｂは、演算器制御器の構成および動作が後述するように相違している点を除いて、図２２に示したＰＩＤコントローラ１３０Ａと同様の構成を有し、動作をする。したがって、演算器制御器に１３８Ａの参照符号を付してある。図２２に示したものと同様の機能を有するものには同一の参照符号を付し、説明の簡略化のために、以下では異なる点についてのみ説明する。

[0153] 図２７は、図２６に示した制御装置１００Ｂに使用される演算器制御器１３８Ａの構成を示すブロック図である。演算器制御器１３８Ａは、加熱／放熱検出器１５０とゲイン制御器１７０とから構成される。

[0154] 加熱／放熱検出器１５０は、図２３に示した加熱／放熱検出器１５０と同様な構成を有し動作をするので、その説明を省略する。

[0155] ゲイン制御器１７０は、偏差ラッチ回路１７２と、偏差比較器１７４と、ゲイン抑制器１７６とから構成される。偏差ラッチ回路１７２および偏差比較器１７４は、それぞれ、図２３に示した偏差ラッチ回路１６２および偏差比較器１６４と同様の構成を有し動作をするので、それらの説明については省略する。

[0156] ゲイン抑制器１７６は、偏差比較器１７４から供給される一致信号に応答して、コントロール値演算器１３４（図２６）のゲインを抑制する。すなわち、ゲイン抑制器１７６は、コントロール値演算器１３４（図２６）のゲインを抑制するゲイン抑制信号をコントロール値演算器１３４（図２６）に供給する。

[0157] とにかく、ゲイン抑制器１７０は、加熱／放熱検出器１５０で放熱状態と判断された場合に起動され、偏差値に基いてコントロール値演算器１３４の動作を制御する演算器制御部として働く。

[0158] 尚、コントロール値演算器１３４は、上記ゲイン抑制信号に応答して、そのゲイン（比例ゲインＧｐ、積分ゲインＧｉ、微分ゲインＧｄ）を抑制する。

[0159] なお、図２６に示したＰＩＤコントローラ１３０Ｂの代わりに、プログラムによって動作するマイクロコンピュータを用いてもよい。その場合、マイクロコンピュータは、偏差演算器（減算器）１２０から偏差信号を入力する入力ユニット（Ａ／Ｄ変換器１３２）と、制御信号を出力する出力ユニット（Ｄ／Ａ変換器１３６）と、演算を実行する演算処理ユニット（図示せず）とから構成され得る。演算処理ユニットは、図２６に示されたコントロール値演算器１３４および演算器制御器１３８Ａに相当する演算を実行する。演算処理ユニットは、プログラムやデータを記憶する記憶部（ＲＯＭやＲＡＭ）と、この記憶部に格納されたプログラムに従って、入力ユニット、出力ユニット、および記憶部を制御するための処理部（ＣＰＵ）とから成る。

[0160] 図２８は、ＰＩＤコントローラ１３０Ｂを上記マイクロコンピュータで実現した場合に、記憶部に格納されたプログラムに従って動作する、演算処理ユニット（処理部）の動作を説明するためのフローチャートである。以下、図２８を参照して、本発明の第３の実施の形態に係る制御方法について説明する。

[0161] 演算処理ユニットは、ステップ２０８が付加されている点を除いて、図２４に示したフローチャートと同様の動作をする。したがって、図２４に示されたものと同様のステップには同一の参照符号を付し、説明の簡略化のために、以下では相違点についてのみ説明する。

[0162] 図２４に示すフローチャートでは、ステップＳ２０３において今回の偏差と前回の偏差とが同じと判断されたとき（ステップＳ２０３のＹｅｓ）とき、演算処理ユニットは、ステップＳ２０４をスキップして、ステップＳ２０５の処理を実行している。

[0163] すなわち、上述した本発明の第２の実施の形態に係る制御装置１００Ａ（制御方法）では、形状記憶合金コイルバネ４４４が放熱状態で、かつ今回の偏差と前回の偏差とに差がない場合、形状記憶合金コイルバネ４４４への操作量（印加電圧）を保持している。

[0164] これに対して、図２８に示すフローチャートにおいては、ステップＳ２０３において今回の偏差と前回の偏差とが同じと判断されたとき（ステップＳ２０３のＹｅｓ）とき、演算処理ユニットは、ＰＩＤ制御器のゲインを下げる（抑制）する処理を行って（ステップＳ２０８）、ステップＳ２０４の処理を実行している。

[0165] これにより、本発明の第３の実施の形態に係る制御装置１００Ｂ（制御方法）では、形状記憶合金コイルバネ４４４が放熱状態で、かつ今回の偏差と前回の偏差との間に差がない場合、形状記憶合金コイルバネ４４４への操作量（印加電圧）を徐々に減少させるようにしている。

[0166] その後、形状記憶合金コイルバネ４４４が、図１に示したヒステリシス特性のＭｓ点（変態開始温度）を超えて、ＳＭＡアクチュエータ４４の位置が

急激に下がったとする。上述したように、本発明の第３の実施の形態に係る制御装置１００Ｂ（制御方法）では、形状記憶合金コイルバネ４４４への操作量（印加電圧）を徐々に減少させているので、すぐに操作量（印加電圧）を増やすことができる。

[0167] また、本発明の第３の実施の形態に係る制御装置１００Ｂ（制御方法）でも、図２５の細い破線で示されるような、ＳＭＡアクチュエータ４４のアンダーシュートを抑えることができる。その結果、アクチュエータ位置制御の応答速度が速くなり、安定性も改善することができる。

[0168] 以上、本発明についてその好ましい実施の形態によって説明してきたが、本発明の精神を逸脱しない範囲内で、種々の変形が当業者によって可能であるのは明らかである。例えば、上述した実施の形態では、可動部材がオートフォーカスレンズ駆動ユニットのレンズ可動部である場合を例に挙げて説明しているが、これに限定されず、種々のものに適用可能なのは勿論である。例えば、可動部材は、特許文献５、７に開示されているような手振補正機能付光学装置における手振補正光学系（手振補正機構）などであってもよい。また、加熱／放熱検出器や、演算オン／オフ決定器、ゲイン制御器の構成も上述した実施の形態のものに限定されず、種々の構成のものを採用しても良い。さらに、演算器制御器の構成も上述した実施の形態のものに限定されず、制御値と偏差とに基づいて、形状記憶合金のヒステリシス特性に起因する応答遅れをキャンセルするように、制御値演算器の動作を制御するものであればどのような構成であっても構わない。また、上述した実施の形態では、制御電源（操作部）１４０が０～３．３Ｖの範囲の電圧を印加しているが、電圧の範囲はこの限りでは無い。

[0169] 本発明の態様について説明する。

[0170] 本発明の第１の態様によるレンズ駆動装置は、レンズを保持するレンズホルダと、レンズホルダを光軸方向にのみ移動可能に支持するハウジングと、光軸方向に伸縮し得るコイルバネと、を備える。ハウジングは略直方体形状をしている。レンズ駆動装置は、ハウジング内の当該ハウジングの四隅中の

第１の隅で、光軸方向に延在する主軸を備える。レンズホルダは、その側面に、主軸にスライド移動可能に取り付けられた主軸受けを有する。コイルバネは、主軸受けを間に挟んで、それぞれ、主軸の前側及び後側に取り付けられた前側コイルバネ及び後側コイルバネから構成される。前側コイルバネ及び後側コイルバネの少なくとも一方は、形状記憶合金により形成された形状記憶合金バネからなる。レンズ駆動装置は、形状記憶合金バネに通電するための通電部材と、形状記憶合金バネを、当該形状記憶合金バネの端部で通電部材と電気的に接続する電気的接続部材と、を含む。

[0171] 上記本発明の第１の態様によるレンズ駆動装置において、レンズ駆動装置は、レンズホルダの主軸の回りの回転を防止して、レンズホルダを光軸方向にのみリニアに案内する案内機構を更に有することが好ましい。案内機構は、レンズホルダを間に挟んで、ハウジング内の第１の隅と対角線上で対向する第２の隅に設けられていることが望ましい。案内機構は、例えば、ハウジング内で、主軸に対して光軸に関して２回回転対称である位置に設けられた副軸と、レンズホルダの側面に、副軸にスライド移動可能に取り付けられた副軸受けと、から構成されてよい。

[0172] また、上記本発明の第１の態様によるレンズ駆動装置において、通電部材は導線を有してよい。この場合、上記電気的接続部材は、形状記憶合金バネの端部と導線の端部とが挿入されるカシメ具と、このカシメ具内に注入された導電性接着剤と、から構成されることが好ましい。また、カシメ具はパイプ形状をしていてよい。その代わりに、通電部材は導体パターンを有してよい。この場合、電気的接続部材は、導体パターンの端部に形成されて、形状記憶合金バネの端部が挿入されるカシメ具と、このカシメ具内に注入された導電性接着剤と、から構成されることが好ましい。また、形状記憶合金バネの端面が、形状記憶合金バネの長手方向に対して斜めにカットされていることが好ましい。

[0173] 本発明の第２の態様による接続方法は、レンズ駆動装置の駆動源として使用される形状記憶合金線材を、導線と電気的に接続する接続方法であって、

形状記憶合金線材の端部と導線の端部とが挿入可能なカシメ具を準備し、このカシメ具内に導電性接着剤を注入し、形状記憶合金線材の端部と導線の端部とをカシメ具内の導電性接着剤に挿入し、カシメ具をかしめ、所定の条件で導電性接着剤を硬化させる。

[0174] 本発明の第３の態様による接続方法は、レンズ駆動装置の駆動源として使用される形状記憶合金線材を、導線と電気的に接続する接続方法であって、形状記憶合金線材の端部と導線の端部とが挿入可能なカシメ具を準備し、形状記憶合金線材の端部と導線の端部のどちらか一方、またはそれぞれに導電性接着剤を付着し、形状記憶合金線材の端部と導線の端部とをカシメ具内に挿入し、カシメ具をかしめ、所定の条件で導電性接着剤を硬化させる。

[0175] 本発明の第４の態様による接続方法は、レンズ駆動装置の駆動源として使用される形状記憶合金線材を、導体パターンと電気的に接続する接続方法であって、導体パターンの端部に、形状記憶合金線材の端部が挿入可能なカシメ具を形成し、このカシメ具内に導電性接着剤を注入し、形状記憶合金線材の端部を導電性接着剤に接触させるようにカシメ具内に挿入し、カシメ具をかしめ、所定の条件で導電性接着剤を硬化させる。

[0176] 本発明の第５の態様による接続方法は、レンズ駆動装置の駆動源として使用される形状記憶合金線材を、導体パターンと電気的に接続する接続方法であって、導体パターンの端部に、形状記憶合金線材の端部が挿入可能なカシメ具を形成し、形状記憶合金線材の端部に導電性接着剤を付着し、形状記憶合金線材の端部をカシメ具内に挿入し、カシメ具をかしめ、所定の条件で導電性接着剤を硬化させる。

[0177] 本発明の第６の態様による形状記憶合金を含むアクチュエータを用いた制御装置は、形状記憶合金を含むアクチュエータで可動部材の位置を制御する制御装置であって、目標位置に基いて形状記憶合金に印加すべき初期電圧に対応した制御値の初期値を演算する初期値演算器を備え、制御装置は、制御開始時に、初期値に対応した初期電圧を形状記憶合金に印加する。

[0178] 本発明の第６の態様による制御装置において、初期値演算器は、目標位置

が高くなると初期値も徐々に増加するような所定の関数に従って、初期値を求めることが好ましい。所定の関数は、例えば、目標位置を独立変数ｘ（０％≦ｘ≦１００％）とし、初期値を従属変数ｙ（０％＜ｙ≦１００％）としたとき、方向係数ａとｙ軸上の切片ｂとを持つ下記の一次関数の式

ｙ　＝　ａｘ　＋　ｂ

（但し、０＜ａ＜１、０＜ｂ＜１００で、かつ（１００ａ＋ｂ）≦１００）で表されてよい。可動部材は、例えば、レンズを保持するレンズホルダから構成されてよい。この場合、アクチュエータは、レンズホルダを光軸方向のみに移動するアクチュエータから構成される。

[0179] 本発明の第７の態様による形状記憶合金を含むアクチュエータを用いた制御方法は、形状記憶合金を含むアクチュエータで可動部材の位置を制御する制御方法であって、目標位置に基いて形状記憶合金に印加すべき初期電圧に対応した制御値の初期値を演算するステップと、制御開始時に、初期値に対応した初期電圧を形状記憶合金に印加するステップと、を含む。

[0180] 上記本発明の第７の態様による制御方法において、初期値演算ステップは、目標位置が高くなると初期値も徐々に増加するような所定の関数に従って、初期値を求めることが好ましい。所定の関数は、例えば、目標位置を独立変数ｘ（０％≦ｘ≦１００％）とし、初期値を従属変数ｙ（０％＜ｙ≦１００％）としたとき、方向係数ａとｙ軸上の切片ｂとを持つ下記の一次関数の式

ｙ　＝　ａｘ　＋　ｂ

（但し、０＜ａ＜１、０＜ｂ＜１００で、かつ（１００ａ＋ｂ）≦１００）で表されてよい。可動部材は、例えば、レンズを保持するレンズホルダから構成されてよい。この場合、アクチュエータは、レンズホルダを光軸方向のみに移動するアクチュエータから構成される。

[0181] 本発明の第８の態様によるレンズ駆動装置は、レンズを保持するレンズホルダと、レンズホルダを光軸方向にのみ移動可能に支持するハウジングと、光軸方向に伸縮し得るコイルバネと、を備える。ハウジングは略直方体形状

をしている。レンズ駆動装置は、ハウジング内の当該ハウジングの四隅中の第１の隅で、光軸方向に延在する主軸を備える。レンズホルダは、その側面に、主軸にスライド移動可能に取り付けられた主軸受けを有する。コイルバネは、主軸受けを間に挟んで、それぞれ、主軸の前側及び後側に取り付けられた前側コイルバネ及び後側コイルバネから構成される。前側コイルバネ及び後側コイルバネの少なくとも一方は、形状記憶合金により形成された形状記憶合金バネからなる。レンズ駆動装置は、形状記憶合金バネに対する通電を制御する制御装置を備える。制御装置は、目標位置に基いて形状記憶合金バネに印加すべき初期電圧に対応した制御値の初期値を演算する初期値演算器を備え、制御開始時に、初期値に対応した初期電圧を形状記憶合金バネに印加する。

[0182] 上記第８の態様によるレンズ駆動装置において、初期値演算器は、目標位置が高くなると初期値も徐々に増加するような所定の関数に従って、初期値を求めることが好ましい。所定の関数は、例えば、目標位置を独立変数ｘ（０％≦ｘ≦１００％）とし、初期値を従属変数ｙ（０％＜ｙ≦１００％）としたとき、方向係数ａとｙ軸上の切片ｂとを持つ下記の一次関数の式

ｙ　＝　ａｘ　＋　ｂ

（但し、０＜ａ＜１、０＜ｂ＜１００で、かつ（１００ａ＋ｂ）≦１００）で表されてよい。

[0183] 本発明の第９の態様による形状記憶合金を含むアクチュエータを用いた制御装置は、形状記憶合金を含むアクチュエータで可動部材の位置を、形状記憶合金に対する通電を制御することにより、フィードバック制御する制御装置であって、可動部材の位置を検出して、現在の検出位置を表す検出信号を出力する位置検出器と、この検出信号で表された現在の検出位置と目標位置との間の偏差を演算する偏差演算器と、偏差に基いて制御値を求める制御値演算器と、制御値に基いて操作量である電圧を形状記憶合金に印加する操作部と、制御値と偏差とに基いて、形状記憶合金のヒステリシス特性に起因する応答遅れをキャンセルするように、制御値演算器の動作を制御する演算器

制御器と、を備える。

[0184] 本発明の第９の態様による制御装置において、演算器制御器は、制御値に基いて、形状記憶合金が加熱状態か放熱状態かを判断する加熱／放熱検出器と、この熱／放熱検出器で放熱状態と判断された場合に起動され、偏差に基いて制御値演算器の動作を制御する演算器制御部と、から構成されてよい。加熱／放熱検出器は、今回の制御値をラッチして、前回の制御値を出力する制御値ラッチ回路と、今回の制御値と前回の制御値とを比較し、今回の制御値が前回の制御値以下のときに、制御値比較結果として、形状記憶合金が放熱状態であることを示す起動信号を演算器制御部へ送出する制御値比較器と、から構成されてよい。

[0185] 本発明の第９の態様による制御装置において、演算器制御部は、偏差に基いて制御値演算器での演算のオン／オフを決定する演算オン／オフ決定器から構成されてよい。この場合、演算オン／オフ決定器は、今回の偏差をラッチして、前回の偏差を出力する偏差ラッチ回路と、今回の偏差と前回の偏差とを比較し、今回の偏差と前回の偏差とが等しいとき、一致信号として、制御値演算器の演算をオフさせる演算オフ信号を出力する偏差比較器と、から構成されてよい。

[0186] 本発明の第９の態様による制御装置において、演算器制御部は、偏差に基いて制御値演算器のゲインを制御するゲイン制御器から構成されてよい。この場合、ゲイン制御器は、今回の偏差をラッチして、前回の偏差を出力する偏差ラッチ回路と、今回の偏差と前回の偏差とを比較し、今回の偏差と前回の偏差とが等しいとき、一致信号を出力する偏差比較器と、一致信号に応答して、制御値演算器のゲインを抑制するゲイン抑制器と、から構成されてよい。

[0187] 本発明の第９の態様による制御装置において、可動部材が、レンズを保持するレンズホルダから構成されてよい。この場合、アクチュエータは、レンズホルダを光軸方向のみに移動するアクチュエータから構成される。

[0188] 本発明の第１０の態様による形状記憶合金を含むアクチュエータを用いた

制御方法は、形状記憶合金を含むアクチュエータで可動部材の位置を、形状記憶合金に対する通電を制御することにより、フィードバック制御する制御方法であって、可動部材の位置を検出して、現在の検出位置を表す検出信号を出力する位置検出ステップと、この検出信号で表された現在の検出位置と目標位置との間の偏差を演算する偏差演算ステップと、偏差に基いて制御値を求める制御値演算ステップと、制御値に基いて操作量である電圧を形状記憶合金に印加する操作ステップと、制御値と偏差とに基いて、形状記憶合金のヒステリシス特性に起因する応答遅れをキャンセルするように、制御値演算ステップの動作を制御する演算制御ステップと、を含む。

[0189] 上記第１０の態様による制御方法において、演算制御ステップは、制御値に基いて、形状記憶合金が加熱状態か放熱状態かを判断する加熱／放熱検出ステップと、この加熱／放熱検出ステップで放熱状態と判断された場合に起動され、偏差に基いて制御値演算ステップの動作を制御する動作制御ステップと、を有することが望ましい。加熱／放熱検出ステップは、今回の制御値と前回の制御値とを比較し、今回の制御値が前回の制御値以下のときに、制御値比較結果として、形状記憶合金が放熱状態であることを示す起動信号を動作制御ステップへ送出するものでよい。

[0190] 上記第１０の態様による制御方法において、動作制御ステップは、偏差に基いて制御演算ステップでの演算のオン／オフを決定する演算オン／オフ決定ステップから成ってよい。この場合、演算オン／オフ決定ステップは、今回の偏差と前回の偏差とを比較し、今回の偏差と前回の偏差とが等しいとき、一致信号として、制御演算ステップでの演算をオフするステップから成る。

[0191] 上記第１０の態様による制御方法において、動作制御ステップは、偏差に基いて制御演算ステップでのゲインを制御するゲイン制御ステップから成ってよい。この場合、ゲイン制御ステップは、今回の偏差と前回の偏差とを比較し、今回の偏差と前回の偏差とが等しいとき、一致信号を出力する偏差比較ステップと、一致信号に応答して、制御演算ステップでのゲインを抑制す

るゲイン抑制ステップと、から成る。

[0192] 上記第１０の態様による制御方法において、可動部材は、例えば、レンズを保持するレンズホルダから構成されてよい。この場合、アクチュエータは、レンズホルダを光軸方向のみに移動するアクチュエータから構成される。

[0193] 本発明の第１１の態様によるレンズ駆動装置は、レンズを保持するレンズホルダと、レンズホルダを光軸方向にのみ移動可能に支持するハウジングと、光軸方向に伸縮し得るコイルバネと、を備える。ハウジングは略直方体形状をしている。レンズ駆動装置は、ハウジング内の当該ハウジングの四隅中の第１の隅で、光軸方向に延在する主軸を備える。レンズホルダは、その側面に、主軸にスライド移動可能に取り付けられた主軸受けを有する。コイルバネは、主軸受けを間に挟んで、それぞれ、主軸の前側及び後側に取り付けられた前側コイルバネ及び後側コイルバネから構成される。前側コイルバネ及び後側コイルバネの少なくとも一方は、形状記憶合金により形成された形状記憶合金バネからなる。レンズ駆動装置は、形状記憶合金バネに対する通電を制御する制御装置を備える。制御装置は、レンズホルダの位置を検出して、現在の検出位置を表す検出信号を出力する位置検出器と、この検出信号で表された現在の検出位置と目標位置との間の偏差を演算する偏差演算器と、偏差に基いて制御値を求める制御値演算器と、制御値に基いて操作量である電圧を形状記憶合金バネに印加する操作部と、制御値と偏差とに基いて、形状記憶合金バネのヒステリシス特性に起因する応答遅れをキャンセルするように、制御値演算器の動作を制御する演算器制御器と、を備える。

[0194] 上記第１１の態様によるレンズ駆動装置において、演算器制御器は、制御値に基いて、形状記憶合金バネが加熱状態か放熱状態かを判断する加熱／放熱検出器と、この加熱／放熱検出器で放熱状態と判断された場合に起動され、偏差に基いて制御値演算器の動作を制御する演算器制御部と、から構成されてよい。加熱／放熱検出器は、今回の制御値をラッチして、前回の制御値を出力する制御値ラッチ回路と、今回の制御値と前回の制御値とを比較し、今回の制御値が前回の制御値以下のときに、制御値比較結果として、形状記

憶合金バネが放熱状態であることを示す起動信号を演算器制御部へ送出する制御値比較器と、から構成されてよい。演算器制御部は、偏差に基いて制御値演算器での演算のオン／オフを決定する演算オン／オフ決定器から構成されてよい。この場合、演算オン／オフ決定器は、例えば、今回の偏差をラッチして、前回の偏差を出力する偏差ラッチ回路と、今回の偏差と前回の偏差とを比較し、今回の偏差と前回の偏差とが等しいとき、一致信号として、制御値演算器の演算をオフさせる演算オフ信号を出力する偏差比較器と、から構成される。その代わりに、演算器制御部は、偏差に基いて制御値演算器のゲインを制御するゲイン制御器から構成されてよい。この場合、ゲイン制御器は、例えば、今回の偏差をラッチして、前回の偏差を出力する偏差ラッチ回路と、今回の偏差と前回の偏差とを比較し、今回の偏差と前回の偏差とが等しいとき、一致信号を出力する偏差比較器と、一致信号に応答して、制御値演算器のゲインを抑制するゲイン抑制器と、から構成される。

[0195] 以上、本発明を、その実施の形態を参照して特に示し説明してきたが、本発明はこれら実施の形態に限定されない。当業者によって、請求の範囲に規定された本発明の精神と範囲を逸脱せずに、形式や詳細において種々の変形がなされると理解される。

[0196] 本出願は、２００８年１１月２８日に出願した日本国の特許出願第２００８－３０３９３８号、２００８年１１月２８日に出願した日本国の特許出願第２００８－３０４２１７号、および２００８年１２月５日に出願した日本国の特許出願第２００８－３１０８０１号に基き、優先権の利益を主張するものであり、それらの開示は、参考文献として全体としてここに組み入れられる。

請求の範囲

[請求項1] レンズ（ＡＦＬ）を保持するレンズホルダ（４２２）と、

前記レンズホルダを光軸（Ｏ）方向にのみ移動可能に支持するハウジング（３０）と、

前記光軸（Ｏ）方向に伸縮し得るコイルバネと、

を備えたレンズ駆動装置（２０）であって、

前記ハウジング（３０）は略直方体形状をしており、

前記レンズ駆動装置（２０）は、前記ハウジング内の当該ハウジングの四隅中の第１の隅で、前記光軸（Ｏ）方向に延在する主軸（３８）を備え、

前記レンズホルダ（４２２）は、その側面に、前記主軸（３８）にスライド移動可能に取り付けられた主軸受け（４２２２）を有し、

前記コイルバネは、前記主軸受け（４２２２）を間に挟んで、それぞれ、前記主軸（３８）の前側及び後側に設けられた前側コイルバネ（４４２）及び後側コイルバネ（４４４）から構成され、

前記前側コイルバネ（４４２）及び前記後側コイルバネ（４４４）の少なくとも一方は、形状記憶合金により形成された形状記憶合金バネからなり、

前記形状記憶合金バネ（４４４）に通電するための通電部材（５２）と、

前記形状記憶合金バネ（４４４）を、当該形状記憶合金バネ（４４４）の端部（４４４ａ，４４４ｂ）で前記通電部材と電気的に接続する電気的接続部材（５４；５４１，５４２）と、

を含むレンズ駆動装置。

[請求項2] 前記レンズホルダ（４２２）の前記主軸（３８）の回りの回転を防止して、前記レンズホルダ（４２２）を前記光軸（Ｏ）方向にのみリニアに案内する案内機構（３７，４２２１）を更に有する、請求項１に記載のレンズ駆動装置。

[請求項3] 前記案内機構（３７，４２２１）は、前記レンズホルダ（４２２）を間に挟んで、前記ハウジング（３０）内の前記第１の隅と対角線上で対向する第２の隅に設けられている、請求項２に記載のレンズ駆動装置。

[請求項4] 前記案内機構は、

前記ハウジング（３０）内で、前記主軸（３８）に対して前記光軸（Ｏ）に関して２回回転対称である位置に設けられた副軸（３７）と、

前記レンズホルダ（４２２）の側面に、前記副軸にスライド移動可能に取り付けられた副軸受け（４２２１）と、

から構成される請求項３に記載のレンズ駆動装置。

[請求項5] 前記通電部材（５２）は導線（５２３）を有し、

前記電気的接続部材（５４１）は、

前記形状記憶合金バネ（４４４）の端部（４４４ａ）と前記導線（５２３）の端部とが挿入されるカシメ具（５４１２）と、

該カシメ具内に注入された導電性接着剤（５４１４）と、

から構成される請求項１乃至４のいずれか１つに記載のレンズ駆動装置。

[請求項6] 前記カシメ具（５４１２）がパイプ形状をしている、請求項５に記載のレンズ駆動装置。

[請求項7] 前記通電部材（５２）は導体パターン（５２２）を有し、

前記電気的接続部材（５４２）は、

前記導体パターンの端部に形成されて、前記形状記憶合金バネ（４４）の端部（４４４ｂ）が挿入されるカシメ具（５４２２）と、

該カシメ具内に注入された導電性接着剤と、

から構成される請求項１乃至４のいずれか１つに記載のレンズ駆動装置。

[請求項8] 前記形状記憶合金バネ（４４４）の端面が、前記形状記憶合金バネの長手方向に対して斜めにカットされている、請求項５乃至７のいずれ

か１つに記載のレンズ駆動装置。

[請求項9] レンズ駆動装置（２０）の駆動源として使用される形状記憶合金線材（４４４）を、導線（５２３）と電気的に接続する接続方法であって、

前記形状記憶合金線材（４４４）の端部（４４４ａ）と前記導線（５２３）の端部とが挿入可能なカシメ具（５４１２）を準備し、

前記カシメ具内に導電性接着剤（５４１４）を注入し、

前記形状記憶合金線材（４４４）の端部（４４４ａ）と前記導線（５２３）の端部とを前記カシメ具（５４１２）内の前記導電性接着剤（５４１４）に挿入し、

前記カシメ具（５４１２）をかしめ、

所定の条件で前記導電性接着剤（５４１４）を硬化させる、

接続方法。

[請求項10] レンズ駆動装置（２０）の駆動源として使用される形状記憶合金線材（４４４）を、導線（５２３）と電気的に接続する接続方法であって、

前記形状記憶合金線材（４４４）の端部（４４４ａ）と前記導線（５２３）の端部とが挿入可能なカシメ具（５４１２）を準備し、

前記形状記憶合金線材（４４４）の端部（４４４ａ）と前記導線（５２３）の端部のどちらか一方、またはそれぞれに導電性接着剤（５４１４）を付着し、

前記形状記憶合金線材（４４４）の端部（４４４ａ）と前記導線（５２３）の端部とを前記カシメ具（５４１２）内に挿入し、

前記カシメ具（５４１２）をかしめ、

所定の条件で前記導電性接着剤（５４１４）を硬化させる、

接続方法。

[請求項11] レンズ駆動装置（２０）の駆動源として使用される形状記憶合金線材（４４４）を、導体パターン（５２２）と電気的に接続する接続方法であって、

前記導体パターン（５２２）の端部に、前記形状記憶合金線材（４４）の端部（４４４ｂ）が挿入可能なカシメ具（５４２２）を形成し、

前記カシメ具内に導電性接着剤を注入し、

前記形状記憶合金線材（４４４）の端部（４４４ｂ）を前記導電性接着剤に接触させるように前記カシメ具（５４２２）内に挿入し、

前記カシメ具（５４２２）をかしめ、

所定の条件で前記導電性接着剤を硬化させる、

接続方法。

[請求項12] レンズ駆動装置（２０）の駆動源として使用される形状記憶合金線材（４４４）を、導体パターン（５２２）と電気的に接続する接続方法であって、

前記導体パターン（５２２）の端部に、前記形状記憶合金線材（４４）の端部（４４４ｂ）が挿入可能なカシメ具（５４２２）を形成し、

前記形状記憶合金線材（４４４）の端部（４４４ｂ）に導電性接着剤を付着し、

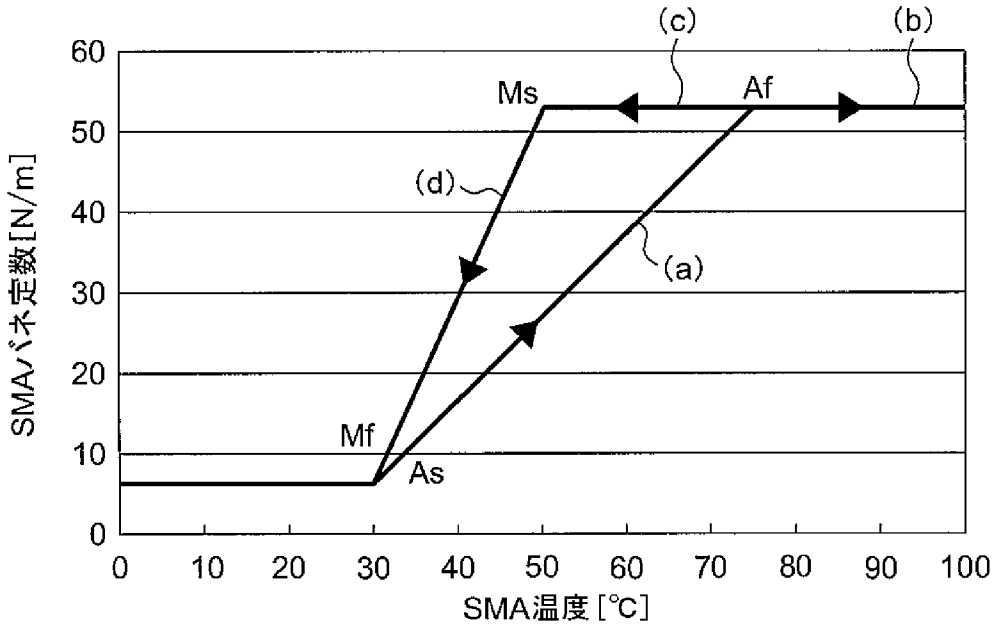
前記形状記憶合金線材（４４４）の端部（４４４ｂ）を前記カシメ具（５４２２）内に挿入し、

前記カシメ具（５４２２）をかしめ、

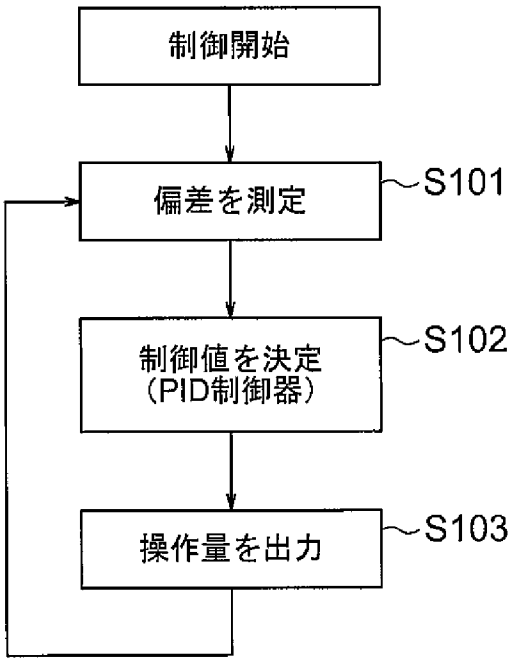
所定の条件で前記導電性接着剤を硬化させる、

接続方法。

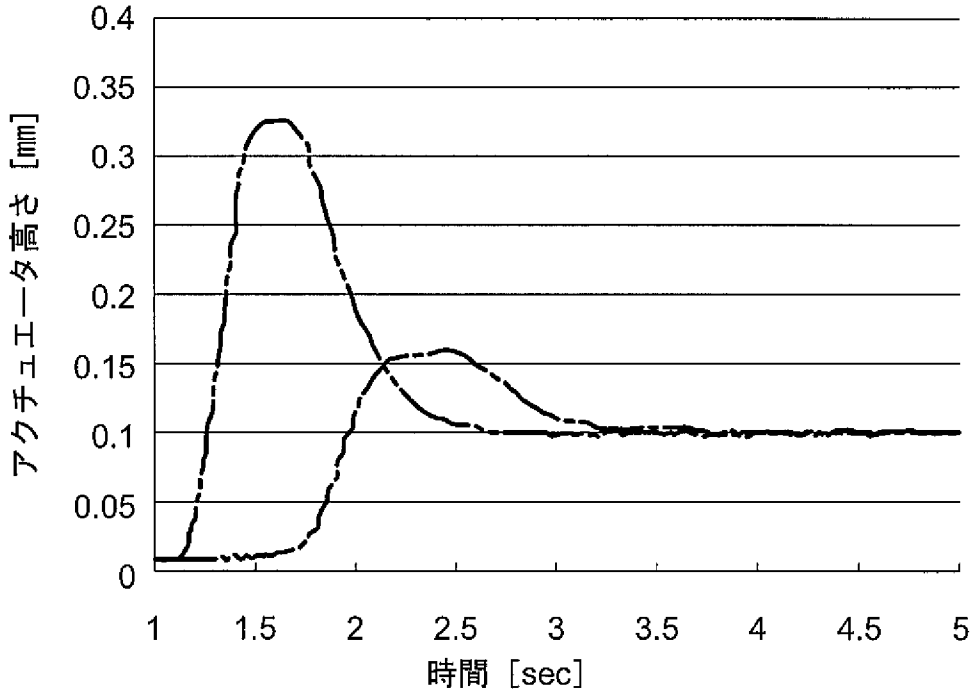
[図1]


(c)
(b)
Ms
Af
(d)
(a)
Mf
As
SMAバネ定数[N/m]
SMA温度[℃]
60
50
40
30
20
10
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

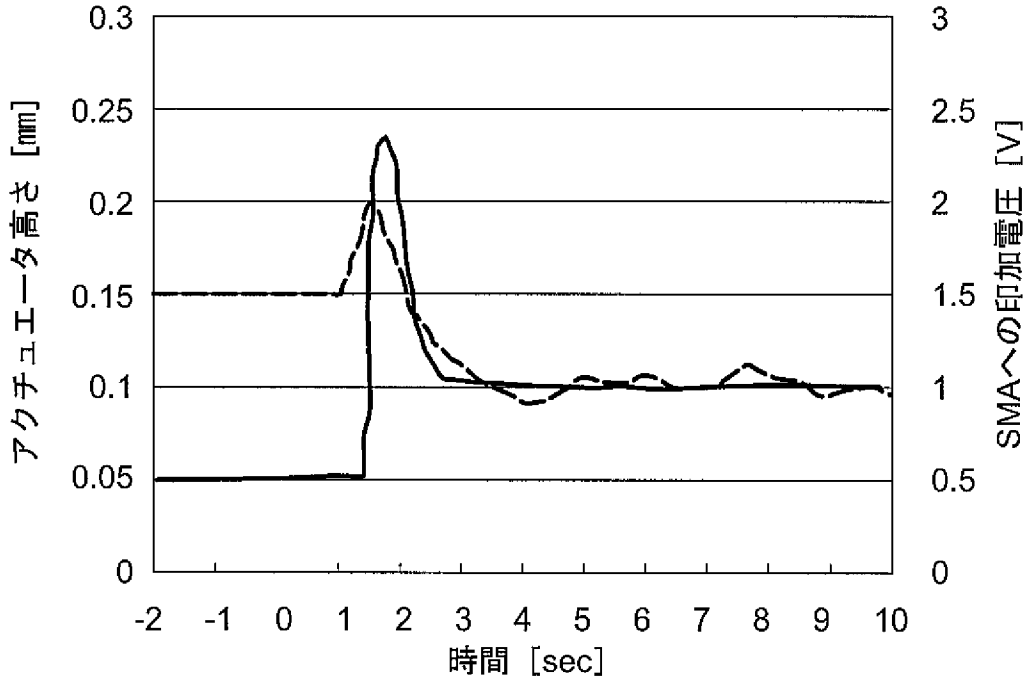
[図2]


制御開始
偏差を測定
S101
制御値を決定
(PID制御器)
S102
操作量を出力
S103

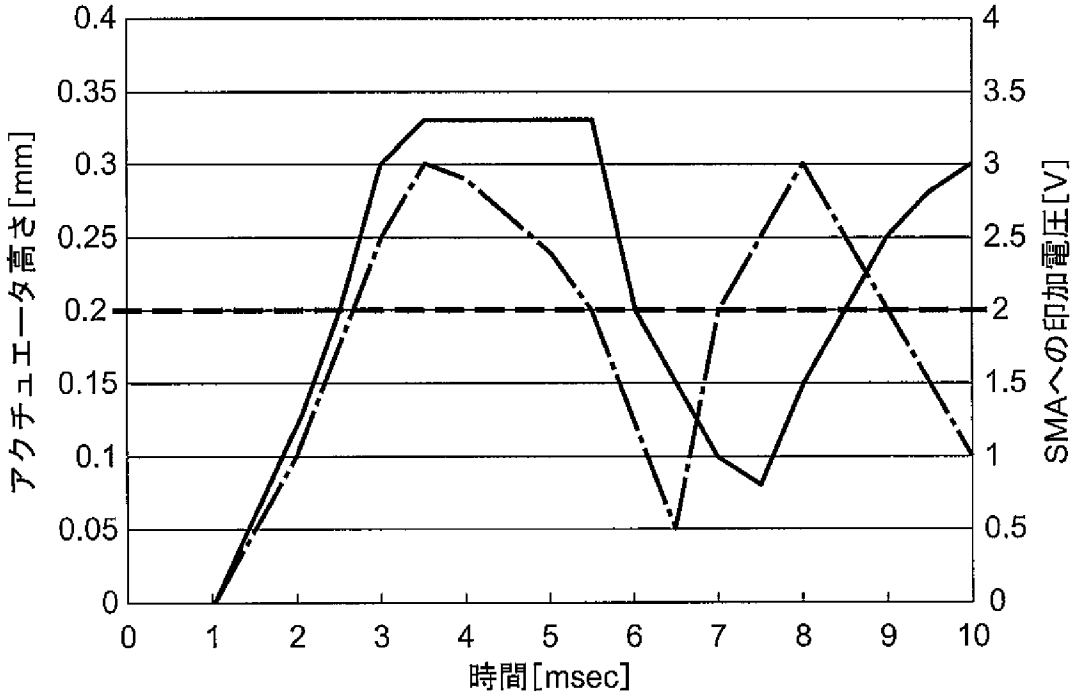
[図3]


0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
アクチュエータ高さ [mm]
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5
時間 [sec]

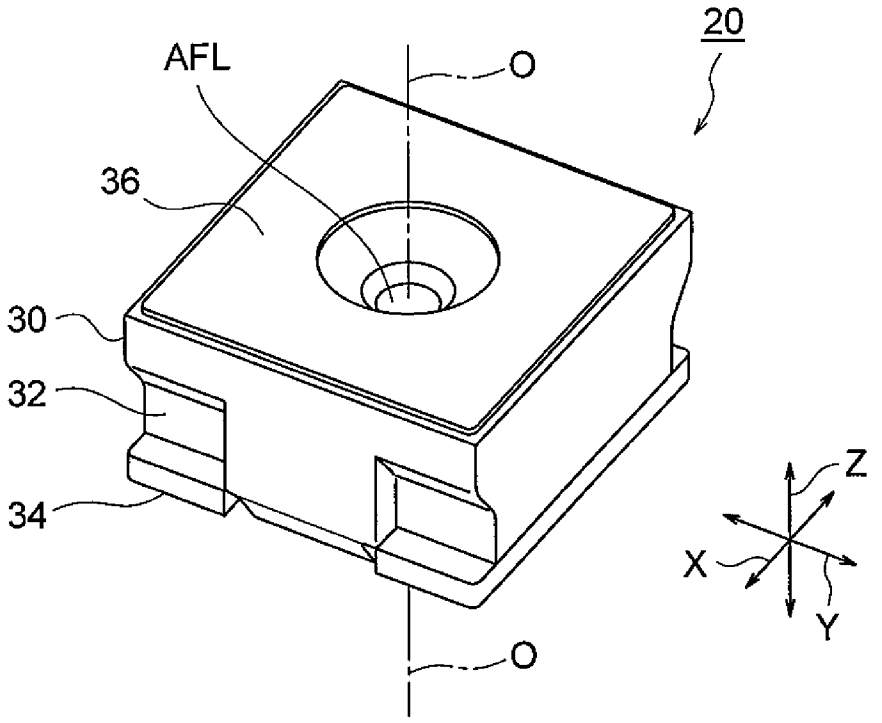
[図4]


0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
時間［sec］
アクチュエータ高さ［mm］
SMAへの印加電圧［V］

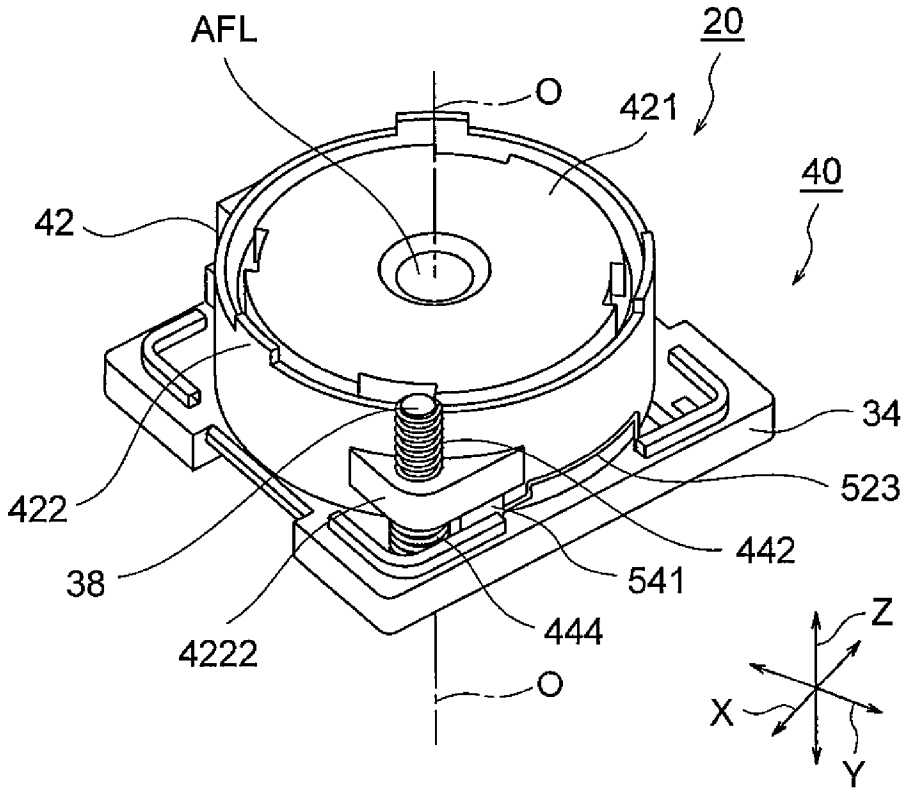
[図5]


0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
アクチュエータ高さ[mm]
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
SMAへの印加電圧[V]
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
時間[msec]

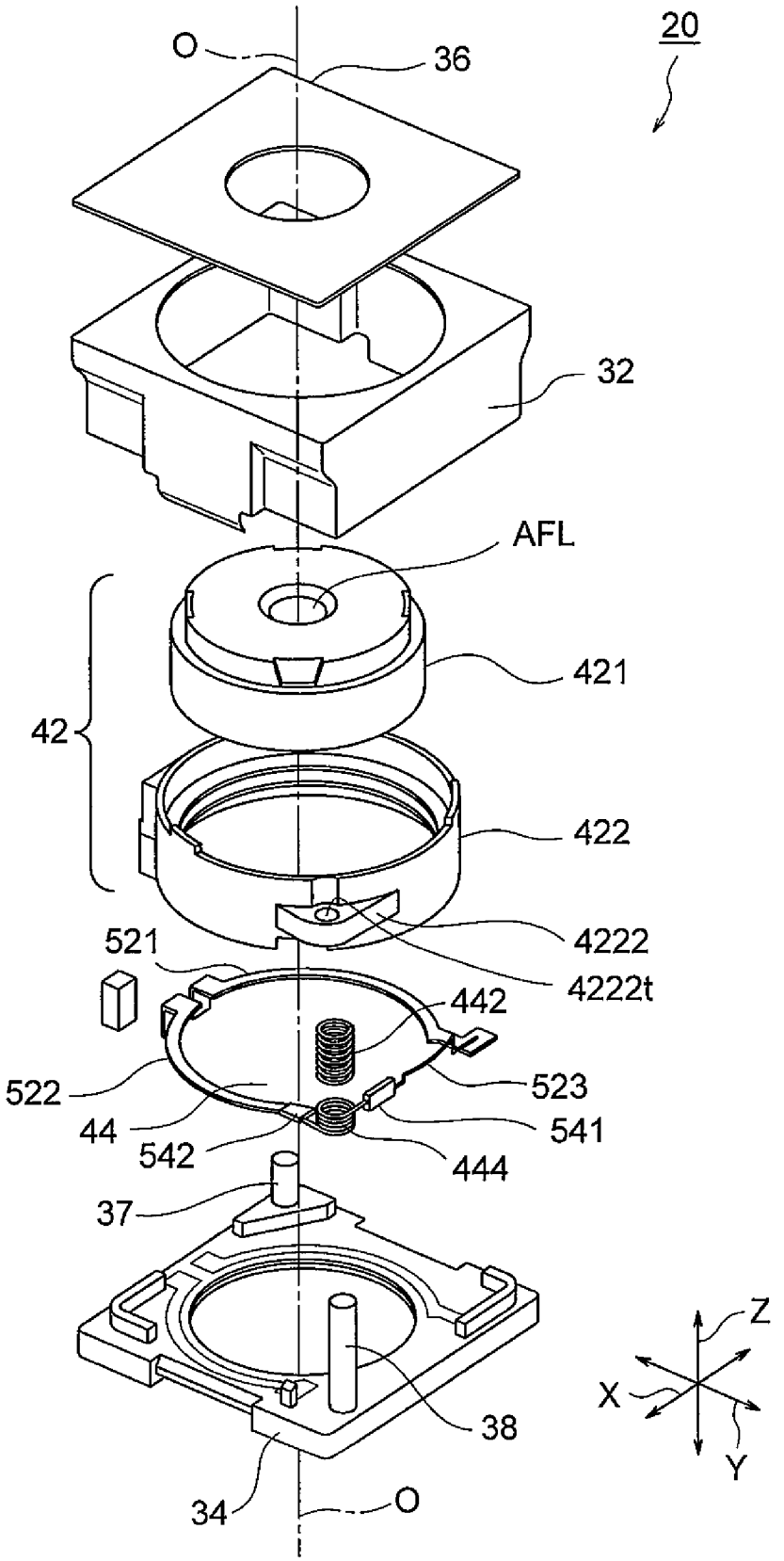
[図6]


20
AFL
O
36
30
32
34
Z
X
Y
O

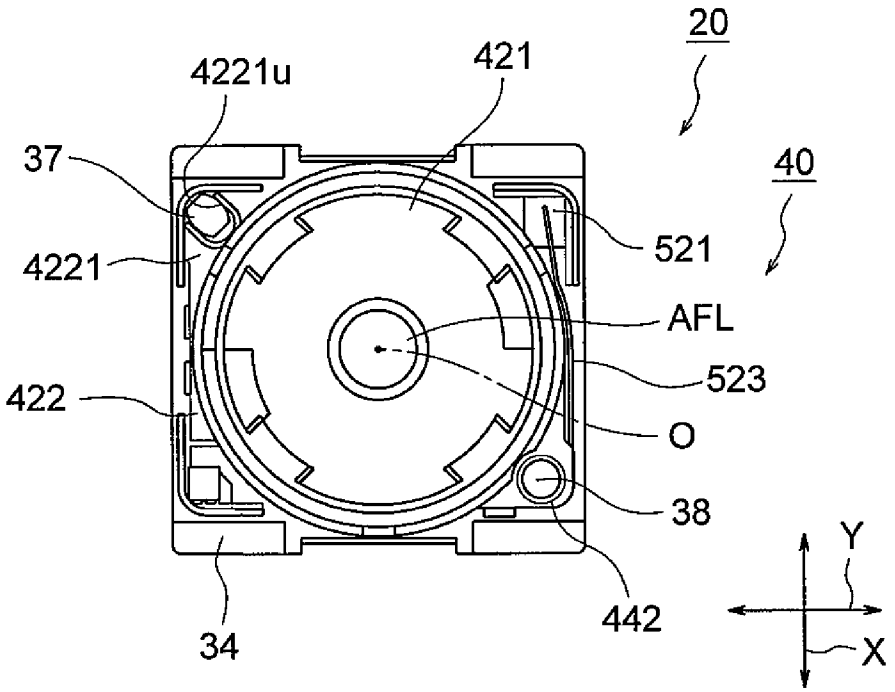
[図7]



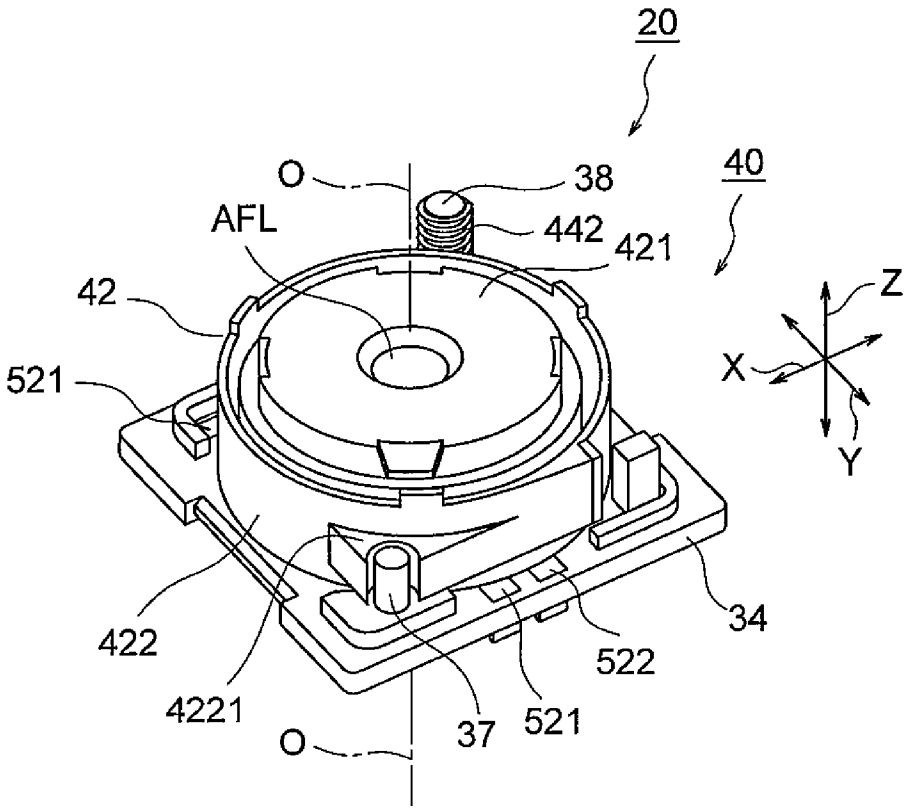
[図8]


20
O
36
32
AFL
421
42
422
4222
4222t
521
442
522
523
44
541
542
444
37
38
34
O
Z
X
Y

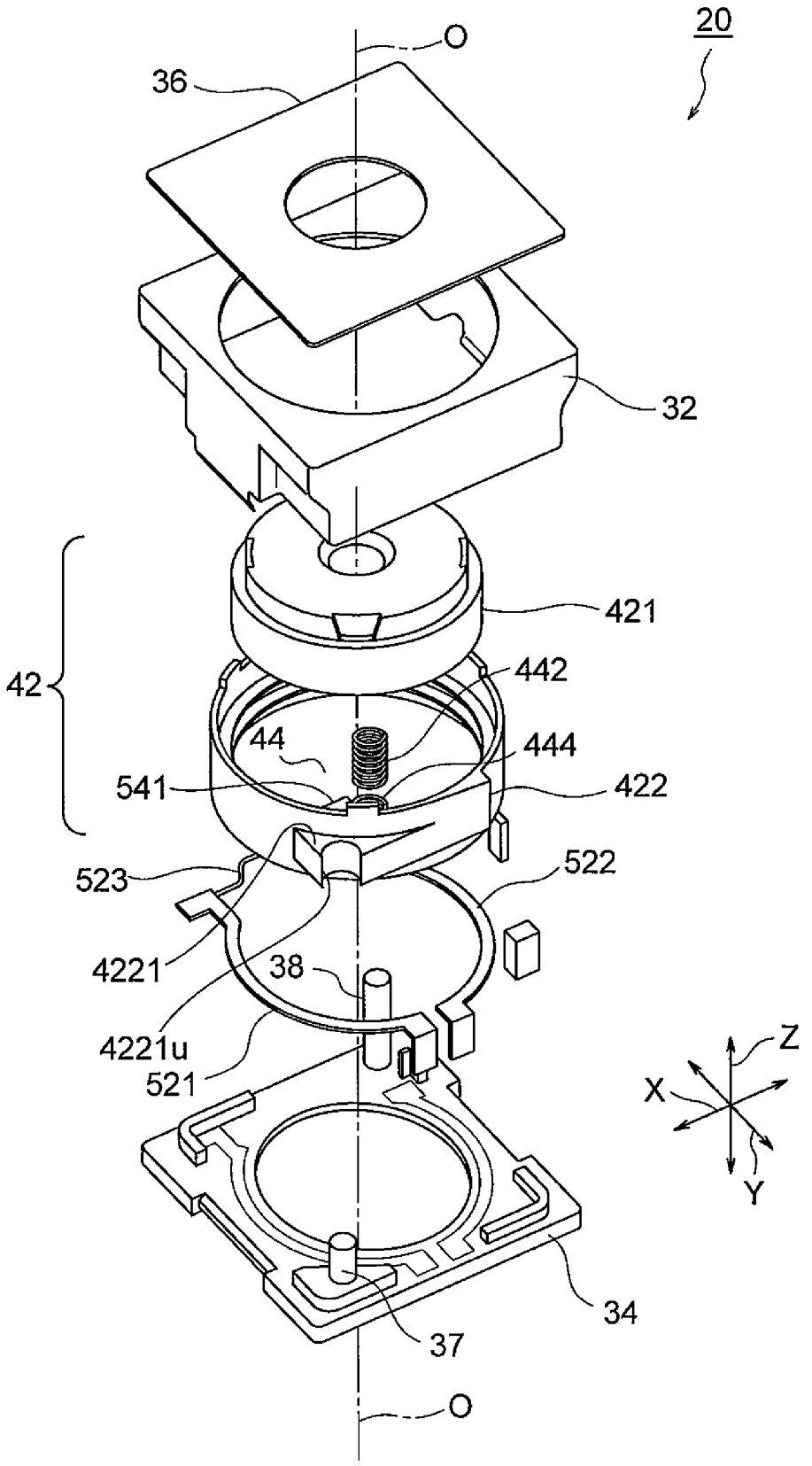
[図9]


20
4221u
421
37
40
521
4221
AFL
523
422
O
38
Y
442
34
X

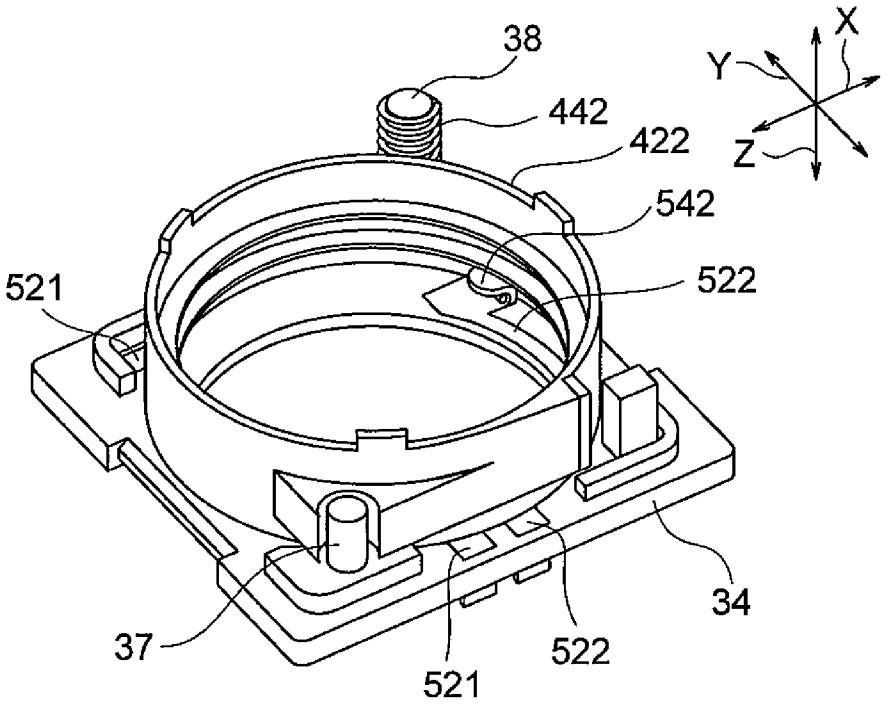
[図10]


20
O
38
40
AFL
442
421
42
Z
X
521
Y
34
422
522
4221
37
521
O

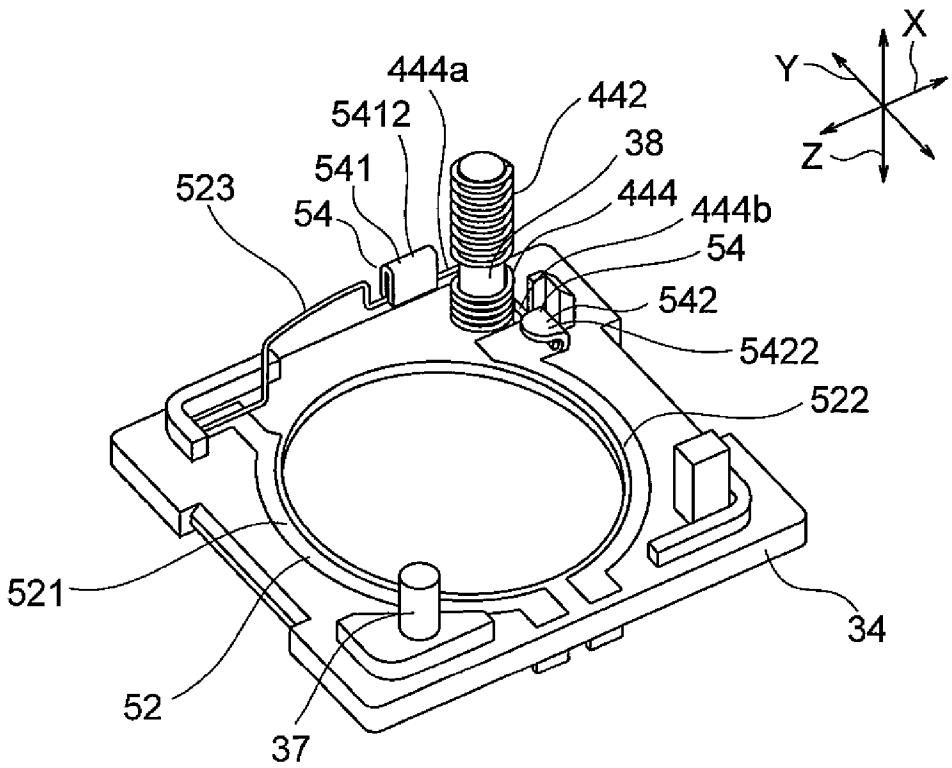
[図11]


20
O
36
32
421
42
442
44
444
541
422
523
522
4221
38
4221u
521
34
37
O
Z
X
Y

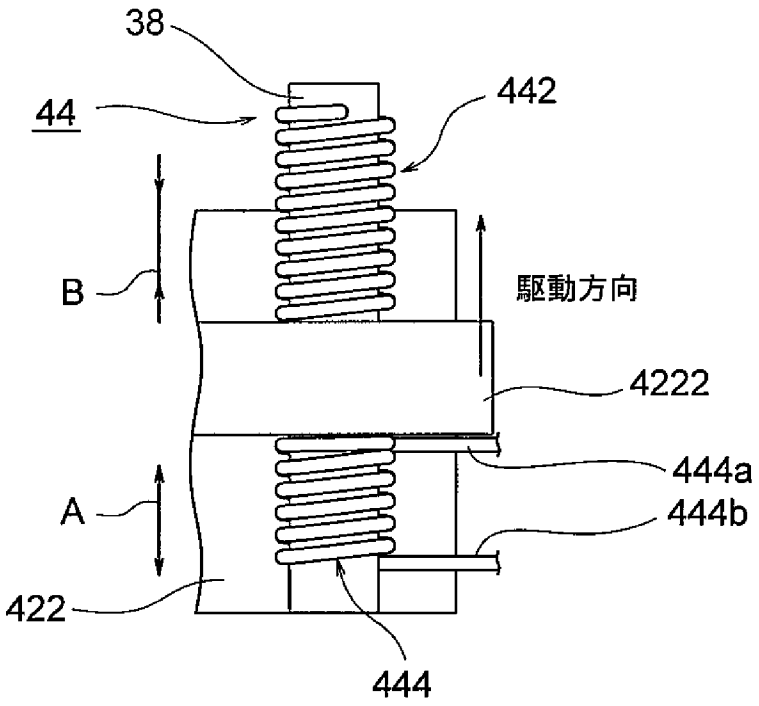
[図12]


38
X
Y
Z
442
422
542
521
522
34
37
522
521

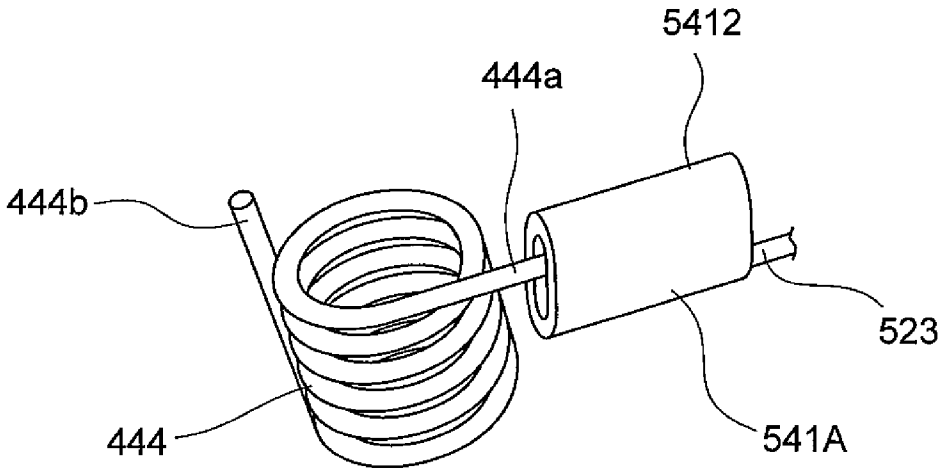
[図13]


X
Y
Z
444a
442
5412
38
541
523
444
54
444b
54
542
5422
522
521
34
52
37

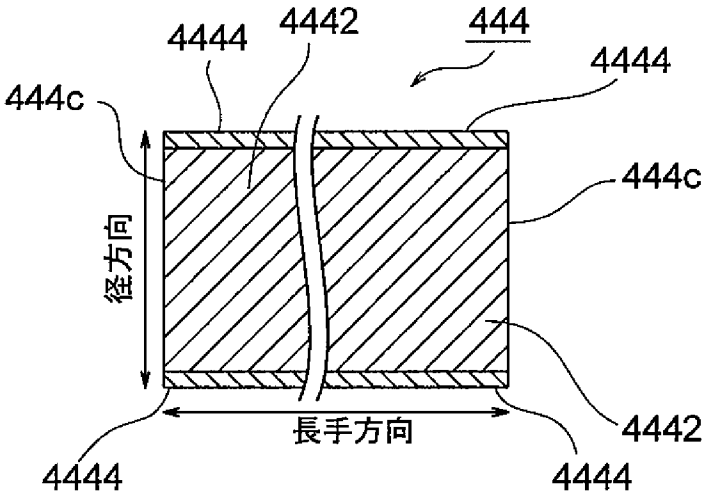
[図14]


38
44
442
B
駆動方向
4222
444a
444b
A
422
444

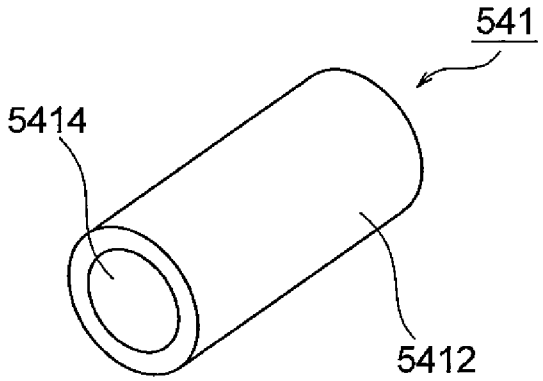
[図15]


5412
444a
444b
523
444
541A

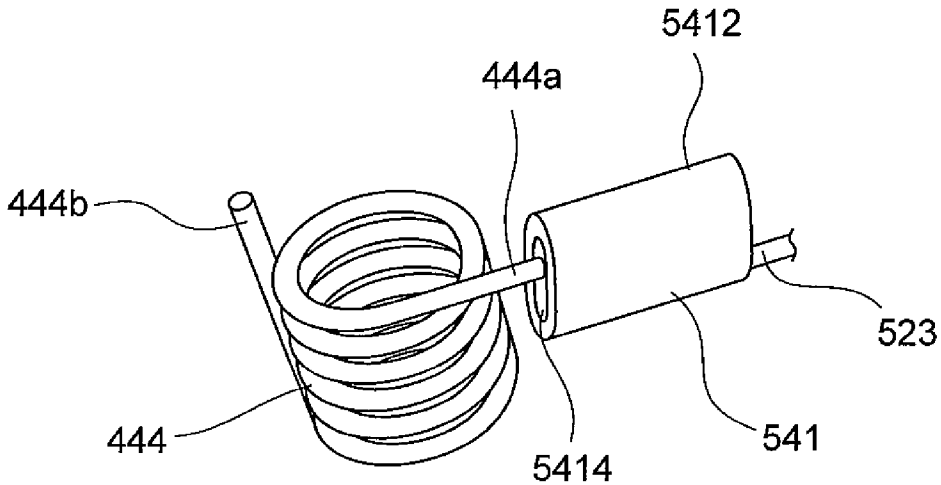
[図16]


4444
4442
444
4444
444c
444c
径方向
4442
長手方向
4444
4444

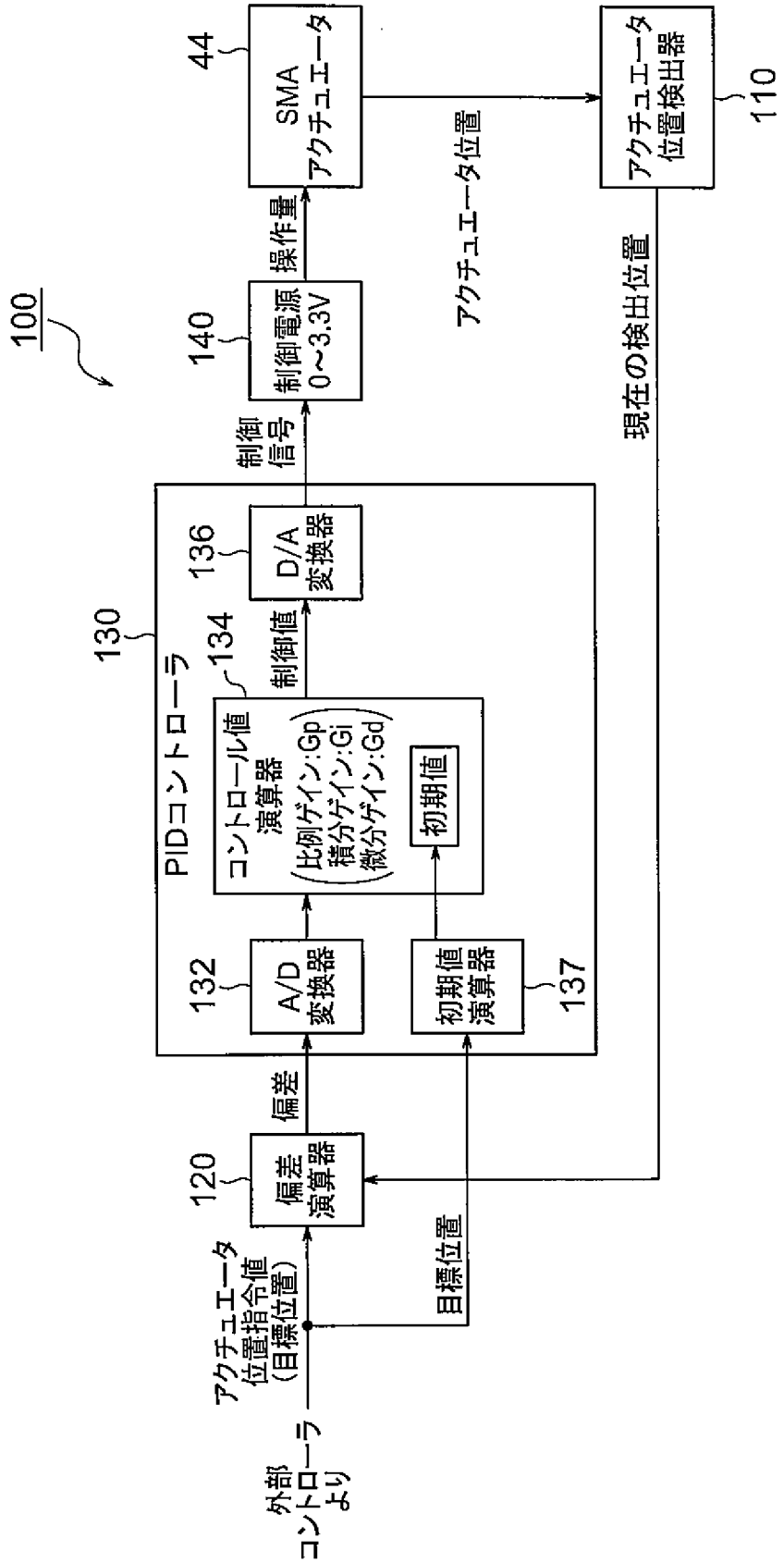
[図17]


541
5414
5412

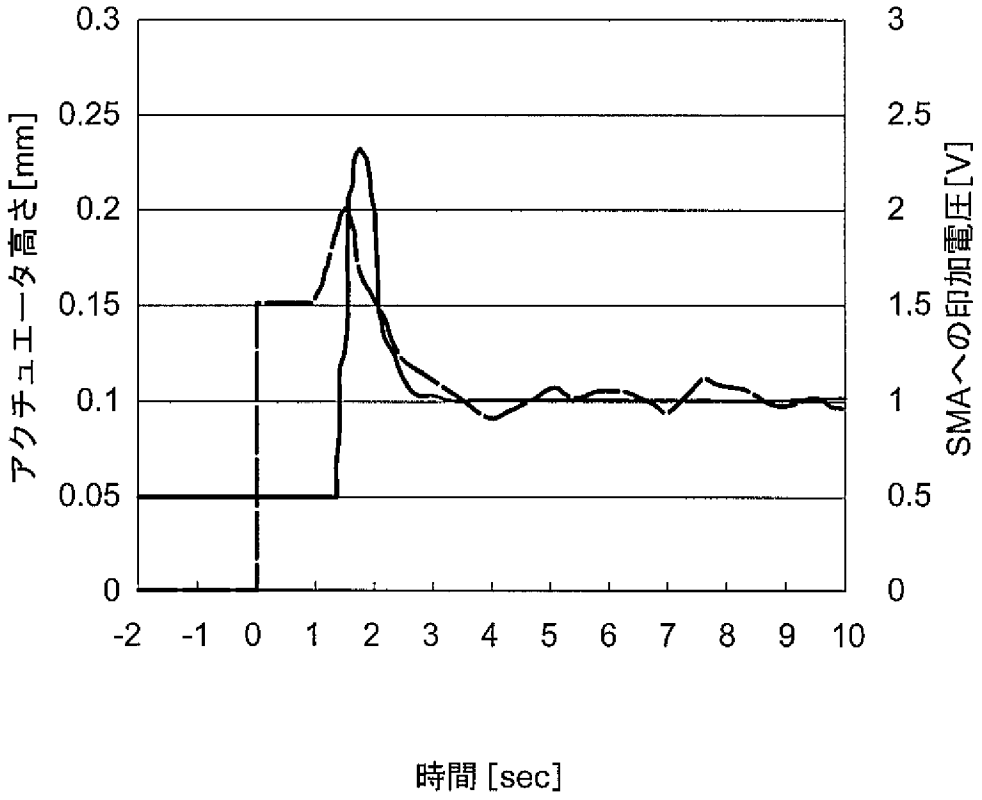
[図18]


5412
444a
444b
523
444
5414
541

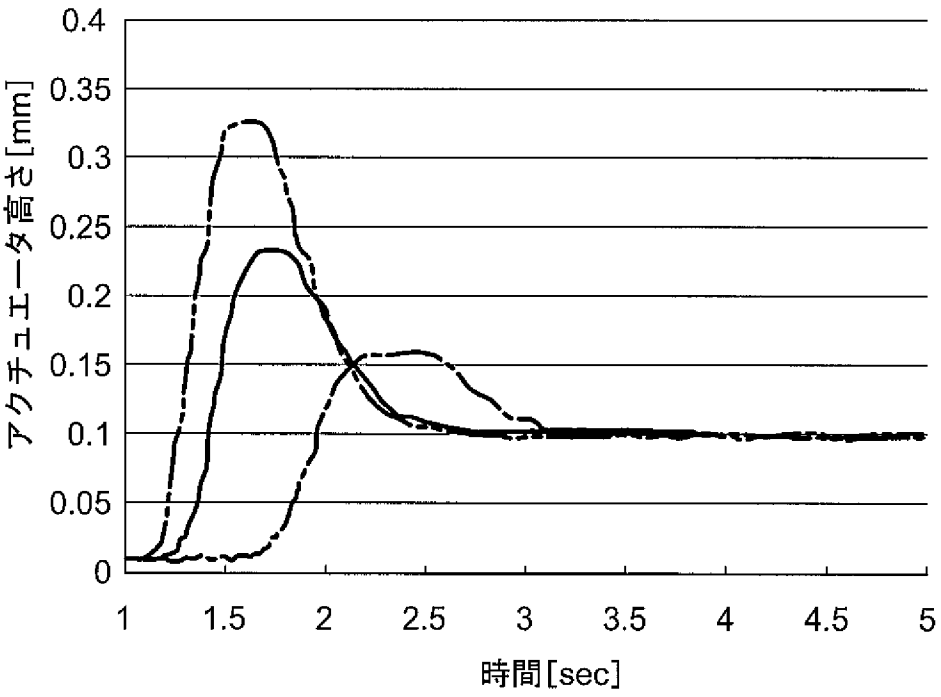
[図19]


100
外部コントローラより
アクチュエータ位置指令値（目標位置）
120
偏差演算器
偏差
130
PIDコントローラ
132
A/D変換器
134
コントロール値演算器
（比例ゲイン:Gp 積分ゲイン:Gi 微分ゲイン:Gd）
初期値
137
初期値演算器
目標位置
制御値
136
D/A変換器
制御信号
140
制御電源 0～3.3V
操作量
44
SMAアクチュエータ
アクチュエータ位置
アクチュエータ位置検出器
110
現在の検出位置

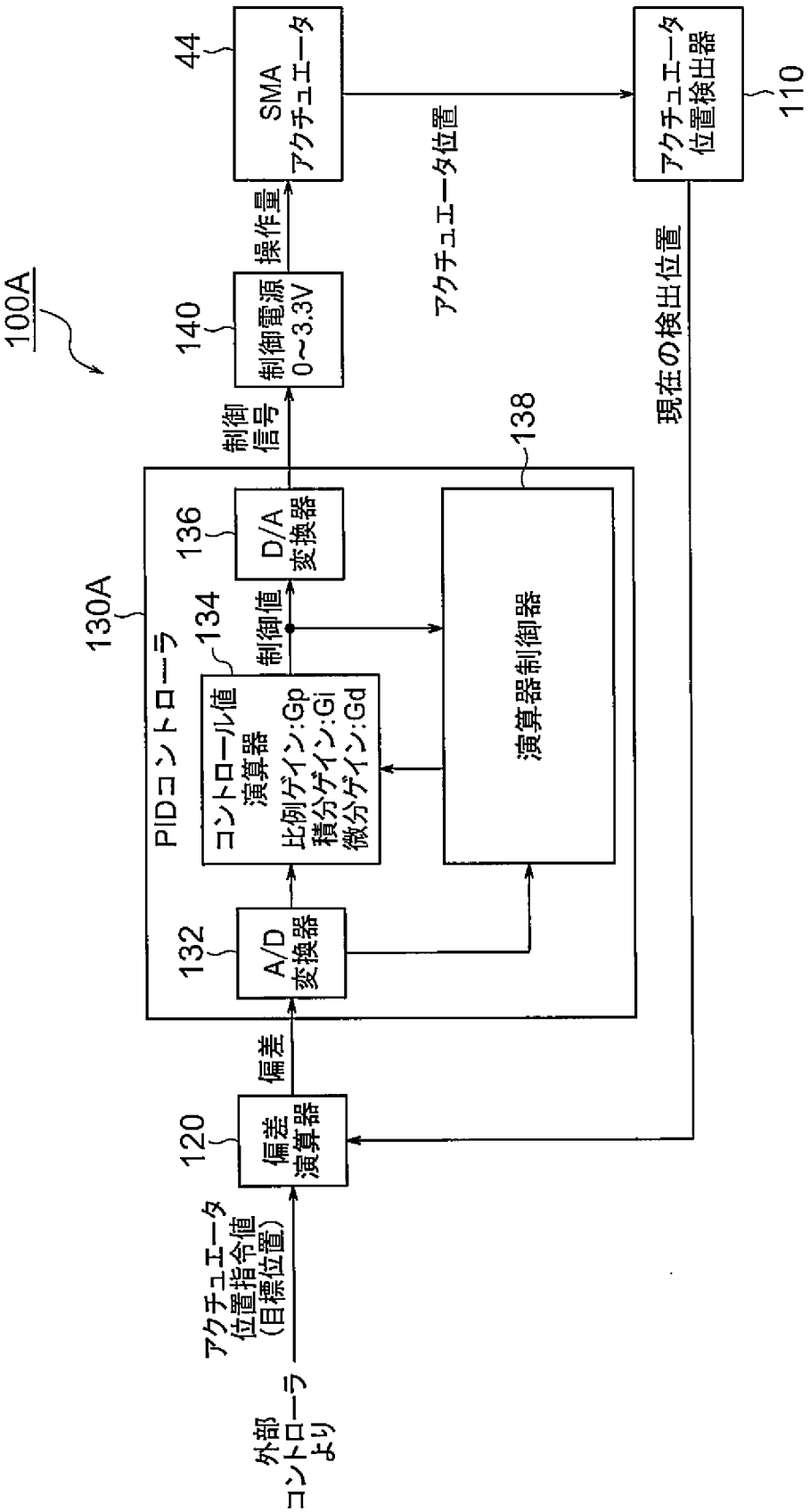
[図20]


0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
アクチュエータ高さ[mm]
SMAへの印加電圧[V]
時間 [sec]

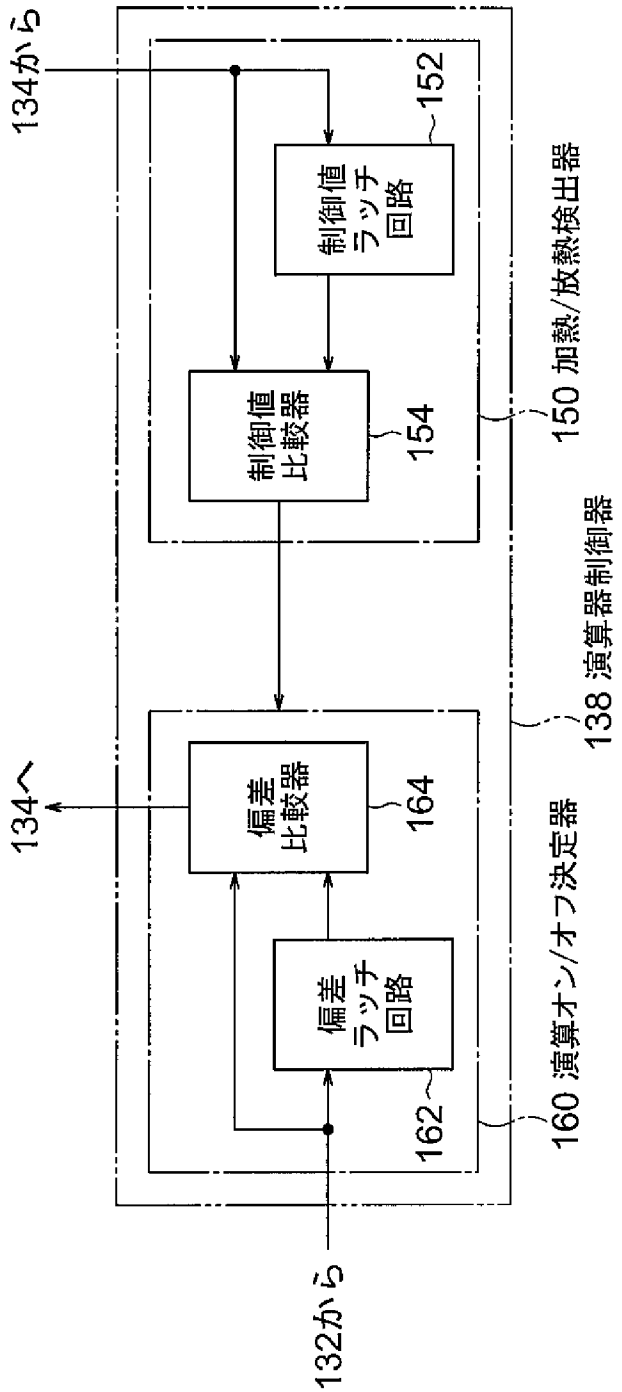
[図21]


0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
アクチュエータ高さ[mm]
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5
時間[sec]

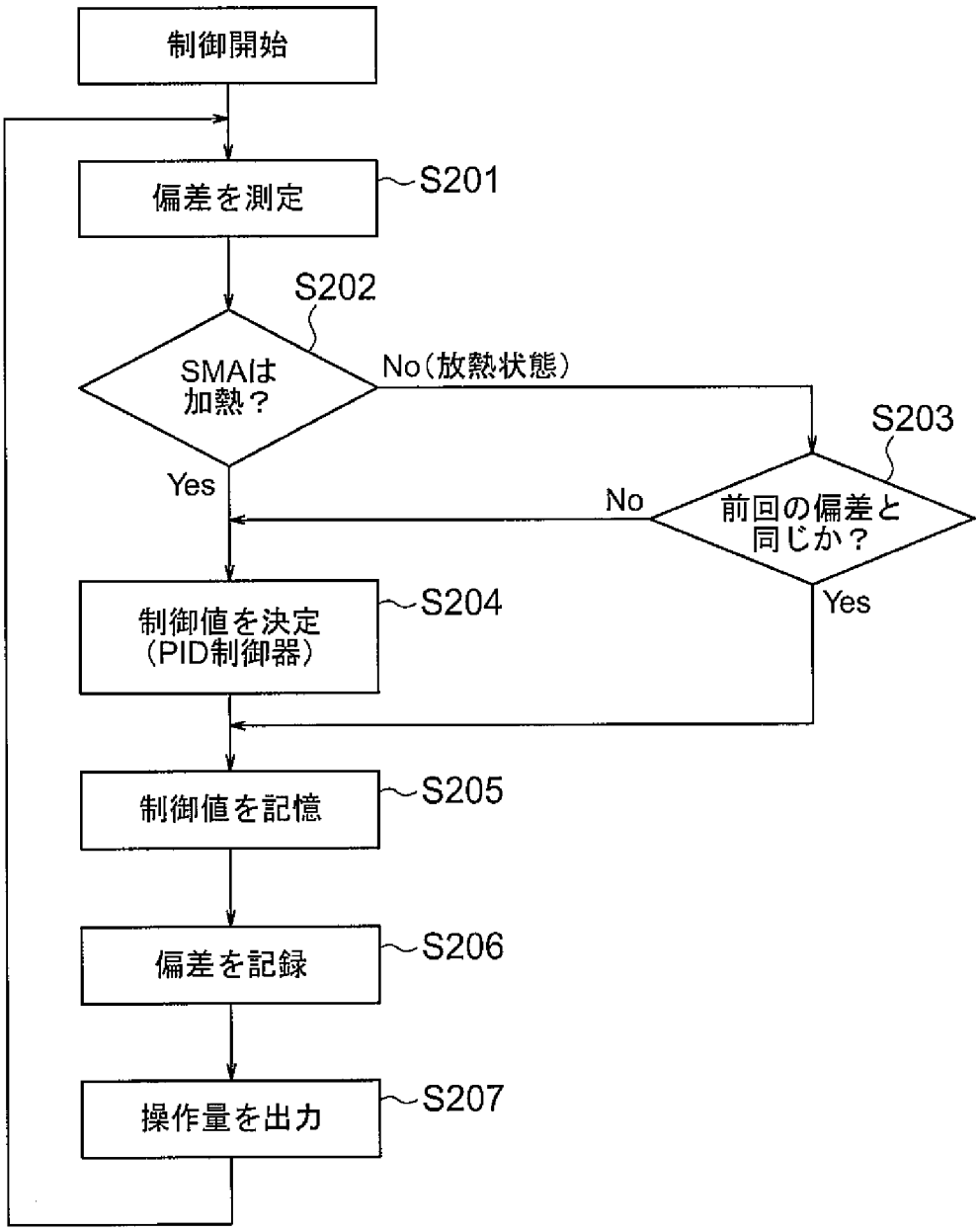
[図22]


100A
44
SMA
アクチュエータ
アクチュエータ位置
アクチュエータ
位置検出器
110
操作量
140
制御電源
0～3.3V
制御
信号
現在の検出位置
138
136
D/A
変換器
130A
PIDコントローラ
134
制御値
コントロール値
演算器
比例ゲイン:Gp
積分ゲイン:Gi
微分ゲイン:Gd
演算器制御器
132
A/D
変換器
偏差
120
偏差
演算器
アクチュエータ
位置指令値
(目標位置)
外部
コントローラ
より

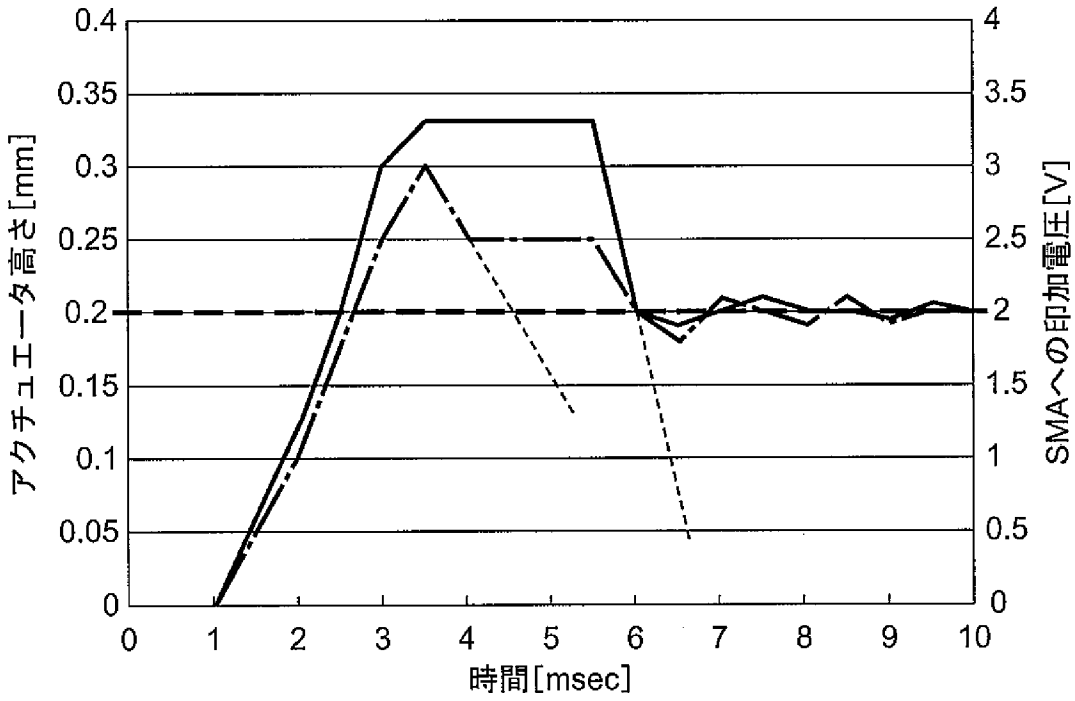
[図23]


134から
152
制御値ラッチ回路
制御値比較器
154
150 加熱/放熱検出器
138 演算器制御器
134へ
偏差比較器
164
偏差ラッチ回路
162
160 演算オン/オフ決定器
132から

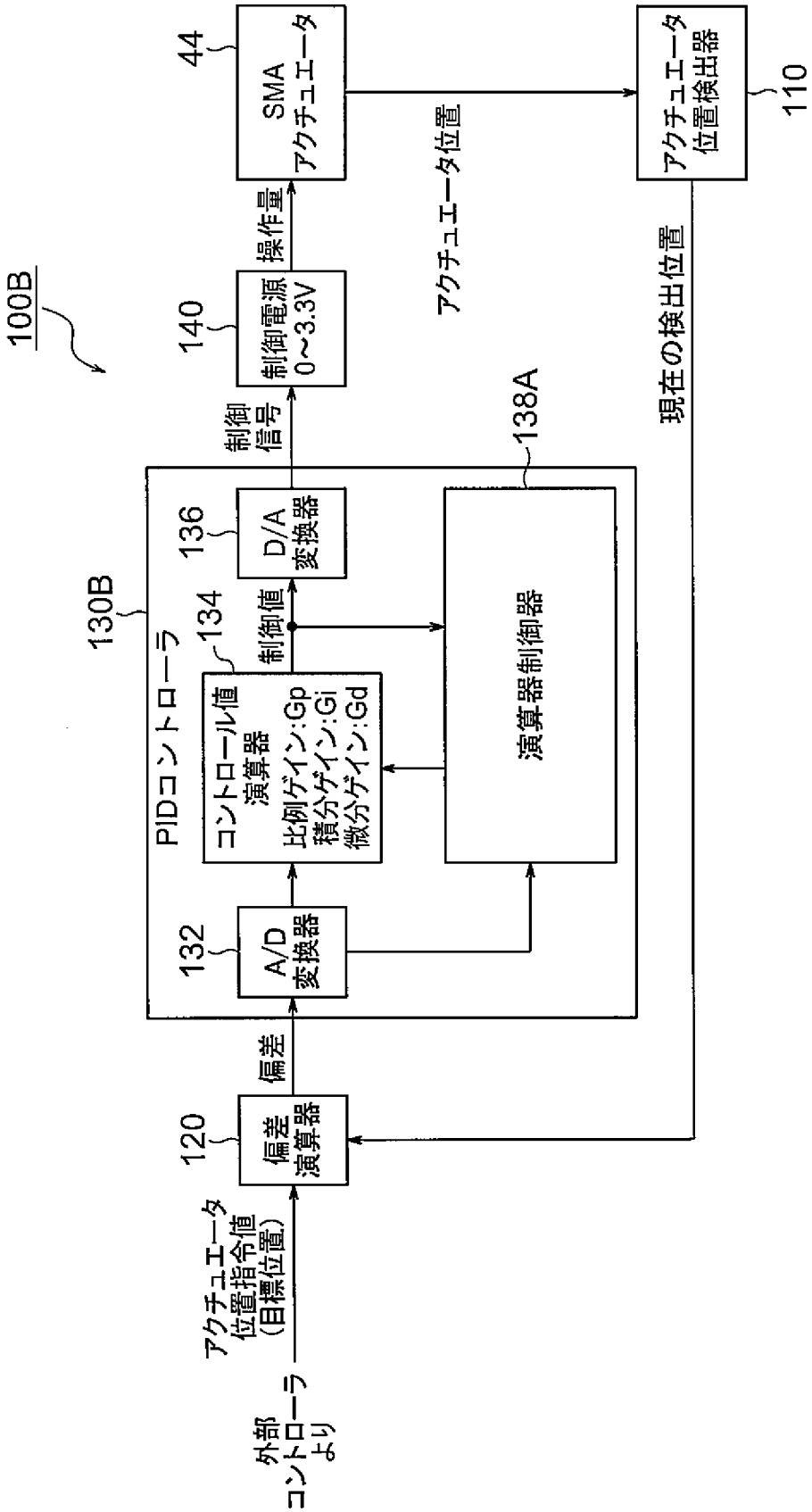
[図24]


制御開始
偏差を測定
S201
S202
SMAは
加熱？
No（放熱状態）
S203
前回の偏差と
同じか？
Yes
No
Yes
制御値を決定
（PID制御器）
S204
制御値を記憶
S205
偏差を記録
S206
操作量を出力
S207

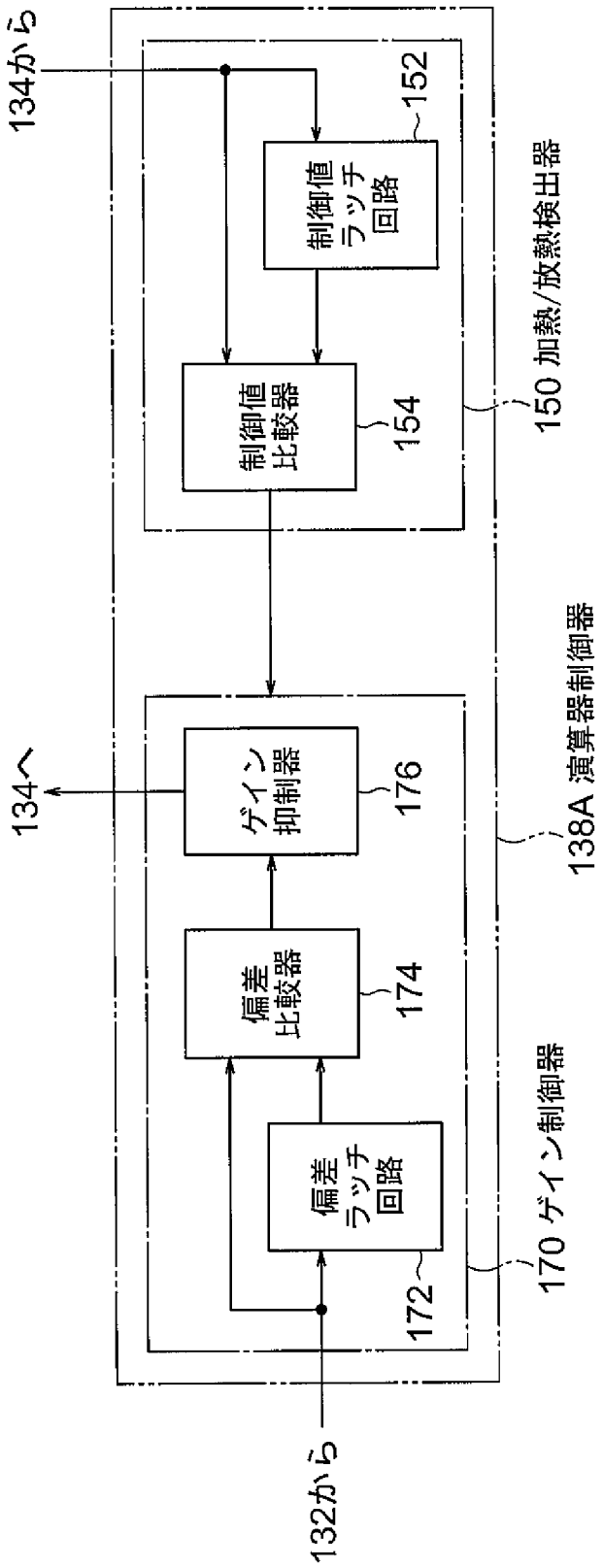
[図25]


0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
アクチュエータ高さ[mm]
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
SMAへの印加電圧[V]
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
時間[msec]

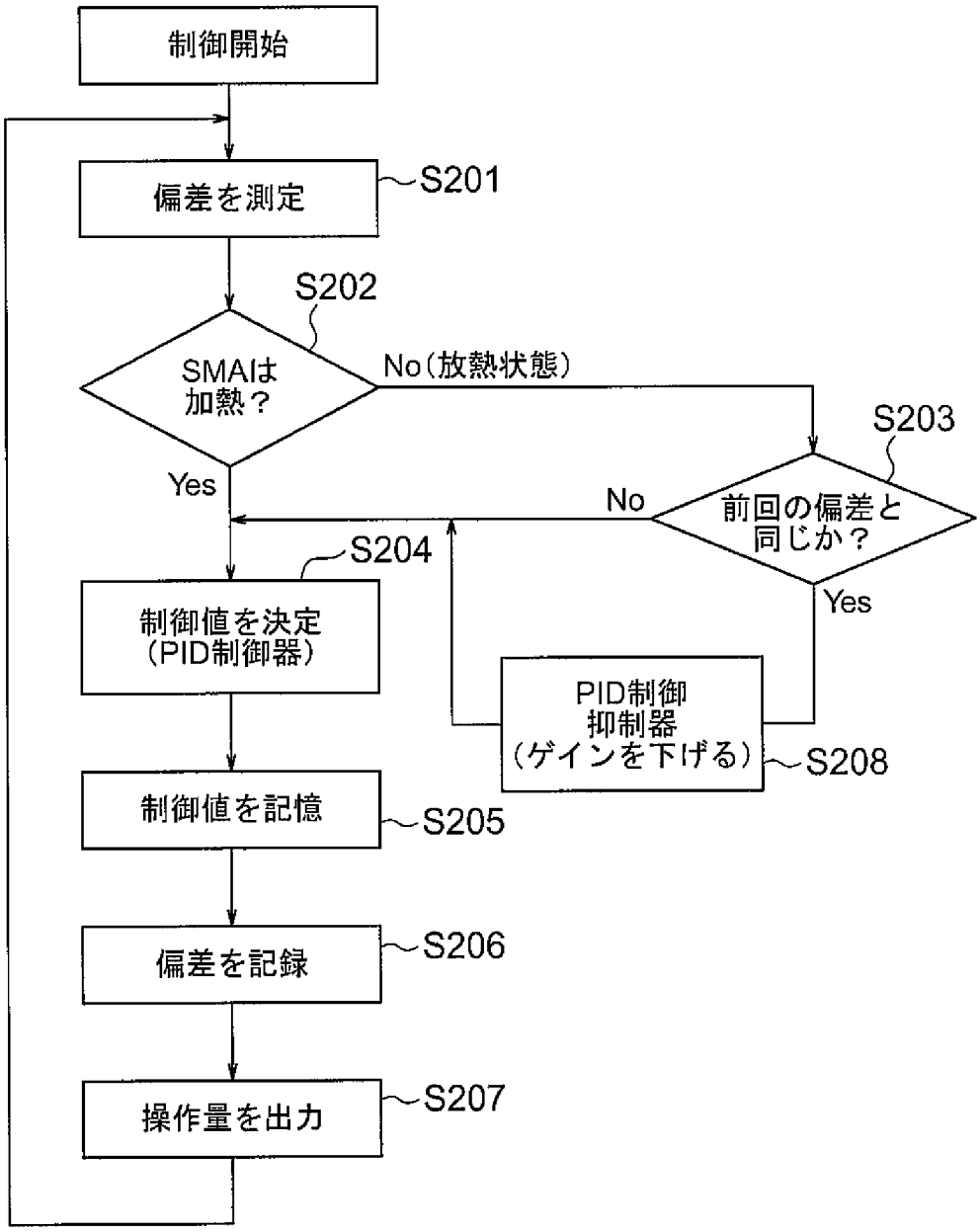
[図26]


100B
外部コントローラより
アクチュエータ位置指令値(目標位置)
偏差
120
偏差演算器
130B
PIDコントローラ
132
A/D変換器
134
コントロール値演算器
比例ゲイン:Gp
積分ゲイン:Gi
微分ゲイン:Gd
制御値
136
D/A変換器
制御信号
140
制御電源0~3.3V
操作量
44
SMAアクチュエータ
アクチュエータ位置
アクチュエータ位置検出器
110
現在の検出位置
138A
演算器制御器

[図27]


134から
152
制御値ラッチ回路
制御値比較器
154
150 加熱/放熱検出器
134へ
ゲイン抑制器
176
138A 演算器制御器
偏差比較器
174
偏差ラッチ回路
172
170 ゲイン制御器
132から

[図28]


制御開始
偏差を測定
S201
S202
SMAIは
加熱？
No（放熱状態）
S203
Yes
No
前回の偏差と
同じか？
S204
制御値を決定
（PID制御器）
Yes
PID制御
抑制器
（ゲインを下げる）
S208
制御値を記憶
S205
偏差を記録
S206
操作量を出力
S207

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/069705

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B7/04(2006.01)i, *G02B7/02*(2006.01)i, *H02N10/00*(2006.01)i

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)
G02B7/04, G02B7/02, H02N10/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

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	JP 2007-046561 A (Konica Minolta Opto, Inc.), 22 February 2007 (22.02.2007), entire text; all drawings & EP 1914422 A1 & WO 2007/018086 A1 & KR 10-2008-0035602 A & CN 101248270 A	1-8
Y	JP 9-127398 A (Kyocera Corp.), 16 May 1997 (16.05.1997), paragraphs [0008] to [0016]; fig. 4 (Family: none)	1-8
Y	JP 2002-131803 A (Sony Corp., SMK Co., Ltd.), 09 May 2002 (09.05.2002), paragraphs [0028] to [0036]; fig. 14 to 19 (Family: none)	5-12

☒ 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	Date of mailing of the international search report
15 February, 2010 (15.02.10)	23 February, 2010 (23.02.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2007)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/069705

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-195998 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 21 July 2005 (21.07.2005), paragraphs [0040] to [0043]; fig. 8 (Family: none)	5-12
Y	JP 2007-005110 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 11 January 2007 (11.01.2007), paragraphs [0019] to [0022]; fig. 1 (Family: none)	5-12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／０６９７０５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B7/04(2006.01)i, G02B7/02(2006.01)i, H02N10/00(2006.01)i

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））

Int.Cl.　G02B7/04, G02B7/02, H02N10/00

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	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2007-046561 A (コニカミノルタオプト株式会社) 2007.02.22, 全文全図 & EP 1914422 A1 & WO 2007/018086 A1 & KR 10-2008-0035602 A & CN 101248270 A	1-8
Y	JP 9-127398 A (京セラ株式会社) 1997.05.16, [0008]-[0016], 図 4 (ファミリーなし)	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、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、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 １５．０２．２０１０	国際調査報告の発送日 ２３．０２．２０１０
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｖ　３７２２ 登丸　久寿 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２７１

Ｃ（続き）．　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	JP 2002-131803 A (ソニー株式会社,エスエムケイ株式会社) 2002.05.09, [0028]-[0036], 図 14-19 (ファミリーなし)	5-12
Y	JP 2005-195998 A (松下電器産業株式会社) 2005.07.21, [0040]-[0043], 図 8 (ファミリーなし)	5-12
Y	JP 2007-005110 A (松下電器産業株式会社) 2007.01.11, [0019]-[0022], 図 1 (ファミリーなし)	5-12