

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-171929

(P2007-171929A)

(43) 公開日 平成19年7月5日(2007.7.5)

(51) Int.C1.	F 1	テーマコード (参考)
G02B 26/08 (2006.01)	G 02 B 26/08	E 2 C 36 2
G02B 26/10 (2006.01)	G 02 B 26/10	1 O 4 2 H 04 1
B81B 3/00 (2006.01)	B 81 B 3/00	2 H 04 5
B41J 2/44 (2006.01)	B 41 J 3/00	D 5 C 07 2
HO4N 1/113 (2006.01)	HO 4 N 1/04	1 O 4 Z

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2006-287054 (P2006-287054)	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成18年10月23日 (2006.10.23)	(74) 代理人	100086483 弁理士 加藤 一男
(31) 優先権主張番号	特願2005-337074 (P2005-337074)	(72) 発明者	加藤 貴久 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内
(32) 優先日	平成17年11月22日 (2005.11.22)	(72) 発明者	古川 幸生 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	F ターム (参考)	2C362 AA03 BA18 BA42 2H041 AA12 AB14 AC04 AC06 2H045 AB06 AB10 AB13 AB38 AB73 DA41

最終頁に続く

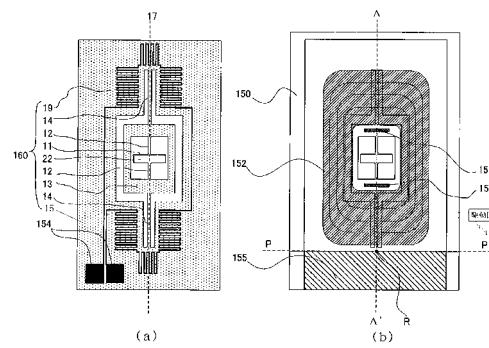
(54) 【発明の名称】 搖動体装置、光偏向器、及びそれを用いた光学機器

(57) 【要約】

【課題】複数の固有振動モードを同時に励起させて光走査を行う光偏向器などの搖動体装置において、環境温度などの外的条件に応じて、これら励起される全ての固有周波数を調整して、安定に駆動可能とすることである。

【解決手段】搖動体装置は、複数の搖動可動子11、13これらと連結する複数の弾性支持部12、14これら弾性支持部の一部を支持する支持体15を含み所定の搖動可動子11が所定振動軸17の回りに振動可能に弾性支持される様に構成された振動系160を有する。更に、振動系160を駆動する駆動回路156と、複数の弾性支持部12、14の温度を調整するための温度調整素子19を有する。振動系160は、所定振動軸17の回りに、周波数が異なる複数の固有振動モードを有し、駆動回路156は、振動系160の所定の搖動可動子11を所定振動軸17の回りに複数の固有振動モードで同時に振動させる様に構成されている。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の揺動可動子と、前記揺動可動子と連結する複数の弾性支持部と、前記複数の弾性支持部の一部を支持する支持体とからなる振動系と、

前記揺動可動子の少なくとも一つにトルクを印加するコイルと、

前記コイルに駆動信号を供給する駆動回路と、

前記弾性支持部の温度を調整する温度調整素子と、

を有し、

前記振動系は基準周波数の固有振動モードである基準振動モードと、前記基準周波数の整数倍の周波数の固有振動モードとを有し、

前記駆動回路は、前記基準振動モードと前記整数倍の振動モードとを同時に励振するよう、前記基準振動モードの駆動信号と、前記整数倍の振動モードの駆動信号とを前記コイルに供給する駆動回路であることを特徴とする揺動体装置。

【請求項 2】

前記温度調整素子を制御して前記固有振動モードの周波数を調整する制御手段を有することを特徴とする請求項1に記載の揺動体装置。

【請求項 3】

前記温度調整素子は、前記支持体、または前記支持体を固定する固定体に設けられていることを特徴とする請求項1または2に記載の揺動体装置。

【請求項 4】

前記温度調整素子は、前記弾性支持部に設けられていることを特徴とする請求項1から3のいずれか1つに記載の揺動体装置。

【請求項 5】

前記温度調整素子は、前記弾性支持部に設けられており、且つ弾性支持部上で蛇行していることを特徴とする請求項4に記載の揺動体装置。

【請求項 6】

前記温度調整素子は、前記複数の弾性支持部の温度をそれぞれ独立に調整できる様に構成されていることを特徴とする請求項1から5のいずれか1つに記載の揺動体装置。

【請求項 7】

前記支持体は、片持ち梁構造で前記支持体を固定する固定体に設けられていることを特徴とする請求項1から6のいずれか1つに記載の揺動体装置。

【請求項 8】

前記支持体は、両持ち梁構造で前記支持体を固定する固定体に設けられており、

前記弾性支持部の温度を調整する温度調整素子は支持体又は弾性支持部に設けられており、

前記固定体には、前記固定体のねじり軸と平行な方向の長さを調整する温度調整素子が、前記弾性支持部の温度を調整する素子とは独立して設けられていることを特徴とする請求項1に記載の揺動体装置。

【請求項 9】

前記振動系は、第1揺動可動子と、第2揺動可動子と、第1弾性支持部と、第2弾性支持部と、支持体とを有し、

前記第1揺動可動子は、前記第2揺動可動子に対して、前記第1弾性支持部で前記所定振動軸の回りに振動自在に弾性支持され、

前記第2揺動可動子は、前記支持体に対して、前記第2弾性支持部で前記所定振動軸の回りに振動自在に弾性支持される、

ことを特徴とする請求項1から8のいずれか1つに記載の揺動体装置。

【請求項 10】

前記温度調整素子は、通電により発熱する抵抗発熱体である加熱素子であることを特徴とする請求項1から9のいずれか1つに記載の揺動体装置。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

前記振動系は2つの異なる周波数の固有振動モードを有し、一方の周波数が他方の周波数の略2倍、または略3倍であることを特徴とする請求項1から10のいずれか1つに記載の揺動体装置。

【請求項12】

前記揺動可動子と前記弾性支持部と前記支持体は、単結晶シリコンで一体的に形成されることを特徴とする請求項1から11のいずれか1つに記載の揺動体装置。

【請求項13】

前記揺動可動子は反射面を有し、入射した光の反射方向を変える光偏向器であることを特徴とする請求項1から12に記載の揺動体装置。

【請求項14】

光源と、請求項13に記載の揺動体装置とを有し、光源からの光を揺動体装置により偏向し、該光の少なくとも一部を画像表示体、または感光体上に照射することを特徴とする光学機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動自在に弾性支持された複数の揺動可動子を有する揺動体装置、これを利用した光偏向器、それを用いた画像形成装置などの光学機器に関する。この光偏向器は、例えば、光の偏向走査によって画像を投影するプロジェクションディスプレいや、電子写真プロセスを有するレーザービームプリンタ、デジタル複写機等の画像形成装置に好適に利用されるものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、光偏向器として、反射面を持つ可動子を正弦振動させて光を偏向する光走査系ないし光走査装置が種々提案されている。ここにおいて、共振現象を利用して正弦振動を行う光偏向器を使用した光走査系は、ポリゴンミラー等の回転多面鏡を使用した光走査光学系に比べて、次の様な特徴がある。すなわち、光偏向器を大幅に小型化することが可能であること、消費電力が少ないと、特に半導体プロセスによって製造されるSi単結晶からなる光偏向器は理論上金属疲労が無く耐久性にも優れていること、等の特徴がある。

【0003】

この様な共振現象を利用した光偏向器は、用途によって一定周波数の駆動が望ましいものがあり、環境温度変化に対して共振周波数を一定に保つ手法が幾つか提案されている。

【0004】

1つの提案では、一対の弾性ねじり梁で可動板が弾性支持された振動系をその部材より熱膨張率が大きい部材に固定し、温度上昇と共に起こる剛性の変化を打ち消す向きに弾性ねじり梁に応力を生じさせ、共振周波数の安定化を図るものがある（特許文献1参照）。

【0005】

他の提案では、一対の弾性ねじり梁で可動板が弾性支持された振動系があり、この振動系に発熱部を設けて弾性ねじり梁を温度調整することで、環境温度が変化しても弾性ねじり梁の温度を一定に保ち、共振周波数の安定化を図っている（特許文献2参照）。また、同じ様な手法を開示する他の提案もある（特許文献3参照）。

【0006】

一方、共振現象を利用した光偏向器の中で、2つ以上の回転振動方向の共振モードを同時に励起させて、正弦波状の光走査以外の光走査を行う技術がある。これは、同一中心軸回りの2つ以上の共振モードを同時に励起させて、三角波様の略等角速度走査を行う光偏向器である（特許文献4、特許文献5参照）。図19は、これらの文献に示された、2つの共振モードを同時に励起させて、三角波様の略等角速度走査を行う光偏向器を説明するプロック図である。

【0007】

この光偏向器1012は、第1可動子1014、第2可動子1016、それらを連結して弾性支持する第

10

20

30

40

50

1ねじりバネ1018、第2可動子1016と機械的な接地面1023を弾性支持する第2ねじりバネ1020で構成されている。これら全ての要素は、ねじり軸1026を中心として駆動手段1030によりねじり振動される。また、第1可動子1014は、光を偏向するための反射面を有しており、第1可動子1014のねじり振動によって、光源からの光を偏向走査する。光偏向器1012は、ねじり軸1026を中心としたねじり振動について、基準周波数となる1次の固有振動モードと基準周波数の略3倍の周波数となる2次の固有振動モードを有している。駆動手段1030は、この1次の固有振動モードの周波数とこれに対して同位相で3倍の周波数の2つの周波数で光偏向器1012を駆動する。したがって、光偏向器1012は、1次の固有振動モードに加えて、2次の固有振動モードで同時にねじり振動される。そのため、第1可動子1014で反射された光の偏向走査の変位角は、この2つの振動モードの重ね合わせとなり、正弦波ではなく略三角波状に変化する。これにより、偏向走査の角速度は、変位角が正弦波であったときと比べ、略等角速度となる領域が広く存在するため、偏向走査の全域における利用可能な領域の割合を大きくできる。

【0008】

他方、第1可動子1014は、偏向走査の反射面の裏面に、変位検出用反射面1015を有している。変位検出手段1032は、光を変位検出用反射面1015に入射し、反射光を検出することによって、第1可動子1014の変位角を検出する。変位角の検出信号は、信号線1034を経て、バンドパスフィルター回路1036により1次の固有振動モードの周波数成分のみ、第1信号線1038、第2信号線1040に送られる。第1信号線1038からの信号は、乗算器1042へ送られ、ここで元の3倍の周波数信号へと変換される。そのために、乗算器1042は、位相調節入力1054と振幅調節入力1055を備える。これら2つの入力によって、変位検出手段1032によって検出された第1可動子1014の偏向走査の変位が適切な略三角波状の変位となる様に、乗算器1042からの出力信号の位相、最大振幅を調節できる。

【0009】

また、乗算器1042からの信号は、加算器1046へ入力される。加算器1046は、乗算器1042からの信号と、第2信号線1040、自動ゲイン制御回路1060を経た1次の固有振動モードの周波数信号とを加算し、光偏向器1012の駆動信号を生成する。駆動信号は、信号線1048を経て駆動回路1050へ送られ、1次の固有振動モードとその3倍の周波数信号の合成波形で駆動手段1023を駆動する。

【0010】

更に、自動ゲイン制御回路1060は、ピーク検出回路1056、差分增幅回路1061、プリセット振幅1063、增幅器1062、ゲイン制御回路1064から成る。上記第2信号線1040は2つの信号線1040a、1040bに分岐される。信号線1040aからの信号は、ピーク検出回路1056で検出された最大振幅と予め設定された振幅値であるプリセット振幅1063との差分を差分增幅回路1061により検出するのに用いられる。この差分信号は、ゲイン制御回路1064を制御する増幅器1062に送られ、信号線1040bからの信号をプリセット振幅1063と同ゲインとなる様にゲイン制御回路1064を制御するのに用いられる。

【特許文献1】特開2002-321195号公報

【特許文献2】特開2004-69731号公報

【特許文献3】特開平9-197334号公報

【特許文献4】米国特許第4859846号公報

【特許文献5】米国特許第5047630号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、上記の様な2つ以上の固有振動モードを重ね合わせて偏向走査を行う光偏向器では、複数の周波数の調整を精度良く行う必要がある。加えて、全ての固有共振モードが所望の周波数で安定でないと、走査周波数だけでなく走査波形の変形をも招いてしまう。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【0012】

上記課題に鑑み、光偏向器などとして構成される本発明の揺動体装置は、複数の揺動可動子と、前記揺動可動子と連結する複数の弾性支持部と、前記複数の弾性支持部の一部を支持する支持体とからなる振動系と、前記揺動可動子の少なくとも一つにトルクを印加するコイルと、前記コイルに駆動信号を供給する駆動回路と、前記弾性支持部の温度を調整する温度調整素子とを有する。そして、前記振動系は基準周波数の固有振動モードである基準振動モードと、前記基準周波数の整数倍の周波数の固有振動モードとを有し、前記駆動回路は、前記基準振動モードと前記整数倍の振動モードとを同時に励振するように、前記基準振動モードの駆動信号と、前記整数倍の振動モードの駆動信号とを前記コイルに供給する駆動回路であることを特徴とする。

10

【0013】

また、上記課題に鑑み、画像表示装置、画像形成装置などとして構成される本発明の光学機器は、光源と、揺動可動子に反射面を有する揺動体装置とを有し、光源からの光を揺動体装置により偏向し、該光の少なくとも一部を画像表示体、または感光体上に照射することを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明の揺動体装置では、弾性支持部の温度を調整する加熱素子、ペルティエ素子などの温度調整素子が設けられているので、振動系の固有振動モードを柔軟に調整できる。したがって、例えば、複数の固有振動モードを同時に励起させて光走査を行う光偏向器などの揺動体装置において、環境温度などの外的条件に応じて、これら励起される全ての固有周波数を調整して、安定に駆動可能とできる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の一実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

本実施形態の光偏向器は、振動系と、振動系を保持する固定体と、揺動可動子を駆動する駆動手段（後述する実施例で説明する様に、磁石とコイルなどから構成される）を有する。本実施形態の振動系は、揺動可動子と、ねじりバネである弾性支持部と、支持体とからなる。第1揺動可動子は、第2揺動可動子に対して、弾性支持部である第1ねじりバネによってねじり軸（所定振動軸）を中心に、ねじり振動自在に弾性支持される。第2揺動可動子は、支持体に対して、弾性支持部である第2ねじりバネで前記ねじり軸を中心に、ねじり振動自在に弾性支持される。支持体は、固定体に固定される。振動系は、前記ねじり軸回りに、周波数が異なる少なくとも2つの固有振動モードを有し、駆動手段は、振動系を前記ねじり軸回りに少なくとも2つの固有振動モードで同時にねじり振動させる。

30

【0016】

本実施形態では、上記振動系を有する光偏向器において、熱を生じる加熱素子を支持体、ねじりバネ、又は固定体に直接設置している。加熱素子を支持体、固定体に設置する場合は、支持体、固定体で発生した熱がねじりバネへ伝導するような構成とする。これにより、外的条件の変化に応じてねじりバネの温度を調節して、駆動対象となる複数の固有振動モードの周波数を所望の値に調整し、安定とするものである。

40

【0017】

固有振動モードが不安定となると、例えば、2つの駆動周波数における固有振動モードの振幅増幅率と位相が不安定となり、光走査の波形と全体の振幅が不安定となる。この不安定化は、本実施形態の光偏向器の様な、複数の固有振動モード付近の周波数の駆動周波数を利用して合成波駆動する必要がある光偏向器において、特に重要な解決課題である。

【0018】

そこで本実施形態では、合成波駆動中にねじりバネの温度調節を行って、環境温度変化などに起因する僅かな固有振動モードのゆらぎを抑える。そして、合成の結果達成される光走査の波形と全体の振幅を安定とするものである。したがって、画像形成を行う際、光スポット位置を安定とでき、更に、光偏向器の後に、レンズを配置する場合も、光走査の位

50

置と速度の関係が安定となるため、良好な光走査ユニットを構成できる。特に、本実施形態では、加熱素子を支持体、ねじりバネ又は固定体に直接設置するので、加熱領域の熱容量が小さくでき、温度調節・安定化に要する時間も短くできる。

【0019】

更に、本実施形態では、この基本の構成を元に、この振動系へ付加されるねじり軸と平行な方向の応力を低減して、更に光走査を良好に安定化させる。

【0020】

一般に、振動系の固有振動モードを決定するねじりバネのねじり軸方向へのバネ定数（以下、ねじり剛性とも言う）は、温度に対する部材のヤング率変化と、ねじり軸方向への応力の2つの主要因によって変化する。ヤング率変化に関しては、多くの弾性材料が温度上昇と共にヤング率が低下する傾向を示し、ねじり剛性は低下する。一方、ねじり軸方向の応力については、引張り応力が加わるとねじり剛性は増し、圧縮応力の場合は減少する。

【0021】

本実施形態の光偏向器において、このねじり軸方向の応力の低減が、上記特許文献1、2の光偏向器の様な、単一の可動子をねじりバネで弾性支持する場合より、重要な理由を以下に説明する。

【0022】

図12(a)は、この種の光偏向器の典型例を示す。第1揺動可動子11、第2揺動可動子13が、一対の第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14によって支持体15に対してねじり軸17回りに夫々揺動可能に弾性支持されている。第1揺動可動子11、第2揺動可動子13、第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14、支持体15は振動系160を構成する。

【0023】

この例では、図12(b)に示す様に、支持体15が固定体150に、揺動可動子11、13及びねじりバネ12、14を挟んで一対(2箇所)の接着部分155で固定されている。更に、揺動可動子11、13、ねじりバネ12、14、及び支持体15は同一の部材で形成されており、その熱膨張係数は、固定体150を構成する部材の熱膨張係数よりも小さいとする。

【0024】

図13は、図12(b)のQ-Q'線での断面を示している。支持体15は固定体150に2箇所で固定されているので、環境温度が変化した場合、支持体15と固定体150は共に熱膨張するが、熱膨張係数差により、図13に模式的に示す様に伸びの差Xが生じる。図13では説明のため、支持体15と固定体150は切り離して描いているが、実際にはこれらは接着部分155で接着されており、伸びの差Xだけ、支持体15は更に伸ばされる。よって、組み立て時の温度からの上昇に応じて、振動系160にはねじり軸方向に引張り応力が生じる。支持体15と固定体150の熱膨張係数差が逆の場合は、圧縮応力となる。

【0025】

このねじり軸方向の力と伸びXは、X方向へのねじりバネのバネ定数によって関係付けられる。図14に軸方向の伸びに対するバネ定数を模式的に示した。図14(a)は、上記特許文献1、2が対象としている典型例で、単一可動子が一対のねじりバネで弾性支持されている場合である。図14(a)の様に、単一可動子の場合、一対のねじりバネの軸方向の伸びに対するバネ定数は等しく、可動子を介して直列に連結されている為、伸びXと張力T₀とは実質的に1つのバネ定数204のみで関係付けられる。

【0026】

しかし、図14(b)に示した図12の様な振動系の場合、第2ねじりバネのバネ定数201、一対の第1ねじりバネの等価バネ定数202、第2揺動可動子のバネ定数203の3種類のバネ定数が図14(b)に示す様に接続された構成となる。したがって、伸びXにより第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14に加わる張力T₁、T₂が異なり、2つのねじりバネのねじり剛性への影響も異なる。そのため、図12の振動系160が有する2つの固有振動モードの温度に対する変化率も夫々異なってしまう。

【0027】

つまり、環境温度の変化や外部からの機械的な外乱によって振動系160が伸びXを受け

10

20

30

40

50

る場合、2つの固有振動モードは夫々異なった変化率で変化する。これは、例えば、2つの固有振動モードの周波数が所望の値に調整されていて、それとほぼ一致する2つの駆動周波数で本実施形態の光偏向器が駆動を行っていても、次の様になることを意味する。すなわち、伸び X によって、光走査のために合成している2つの周波数成分の振幅・位相の関係が大きくずれる。これに対して、軸方向応力を低減させると、本実施形態の様な複数のねじりバネを有する光偏向器において、2つの固有振動モードの温度に対する変化率を互いにほぼ等しくできることになる。そのため、温度が変化しても、光走査のために合成している周波数成分の振幅比と位相差の所望値からのずれを小さくすることを容易にできる。

【 0 0 2 8 】

10

そこで、本実施形態では、固定体150からの軸方向応力を減ずるために、図15から図18に典型的に示す様な光偏向器の構造とする。図15(a)に示した光偏向器の上面図では、図12と同じ機能を有する箇所には同じ符号を付した。図12と同様に、光偏向器は、第1揺動可動子11、第2揺動可動子13、第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14、支持体15を有している。図15(b)には、支持体15が固定体150に固定される接着部分155を示している。図12とは異なり、図15(b)では、接着部分155は、第2ねじりバネ14を挟んで一対ではない。接着部分155は、第2ねじりバネ14の1本と支持体15との接続部分 R を通り且つねじり軸17と垂直な線 P - P を境に、第1、第2揺動可動子の形成場所の反対側にのみある。したがって、図16に示した Q - Q' 線での断面図に示す様に、ねじり振動による光偏向器の駆動に干渉しないで、固定体150から見て、第1揺動可動子11、支持体15などの振動系160を片持ち梁構造とできる。この片持ち梁構造により、固定体150の膨張・収縮による軸方向応力は、第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14へ殆ど伝達されない。

20

【 0 0 2 9 】

一方、もう1つの典型例を図17(a)に示す。図17(a)でも、図12及び図15のものと同じ機能を有する箇所には同じ符号を付した。特に、図17(a)では、図15とは異なり、第2ねじりバネ14が1本のみとなっている。図17(b)には、支持体15が固定体150に固定される接着部分155を示している。接着部分155は、第2ねじりバネ14と支持体15との接続部分 R に対して、第1、第2揺動可動子が形成される側に突き出した形となっている。しかし、図17(a)において破線 S で示す様に、第2ねじりバネ14が1本であるため、固定体150に対して、第1揺動可動子11、第2揺動可動子13、第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14は、片持ち梁構造となっている。

30

【 0 0 3 0 】

これにより、図18に示した図17(b)の Q - Q' 線での断面の通りとなっている。すなわち、支持体15と固定体150の接着部分155の形に関係なく、ねじり振動による光偏向器の駆動に干渉しないで、固定体150に対して、第1及び第2揺動可動子11、13、第1及び第2ねじりバネ12、14、支持体150を片持ち梁構造とできる。この片持ち梁構造により、固定体150の膨張・収縮による軸方向応力は、第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14へ殆ど伝達されない。

40

【 0 0 3 1 】

また、両持ち梁構造においては、以下のよう構成とすることで、固定体150から振動系へ付加されるねじり軸と平行な方向の応力を低減することができる。すなわち、支持体15と固定体150にそれぞれ温度調整素子を設けて、支持体15の温度と固定体150の温度を独立して制御する。この場合、支持体15の材料の熱膨張係数と、固定体150の材料の熱膨張係数を考慮して、支持体15と固定体150の熱膨張によるねじり軸方向の長さの変化を同程度とするように、支持体15と固定体150の温度調整素子をそれぞれ独立に制御する。この構成においては、支持体15と固定体150の温度を独立に制御することから、支持体15と固定体150は熱的に絶縁されることが好ましい。また、弾性支持部に温度調整素子を設けて支持体を加熱してもよい。

【 0 0 3 2 】

上記構成において、反射面を有する第1揺動可動子の前記ねじり軸回りのねじり振動の調

50

整、安定化を温度調整素子を制御して実行する方法には種々の方法がある。単純には、温度センサでねじりバネの温度をモニターしていて、所定の温度から外れるならば温度調整素子を制御して所定の温度に調整する方法がある。また、揺動可動子の変位角を測定するセンサを設けて揺動可動子の周波数をモニターし、揺動可動子の周波数が所定の周波数からはずれた場合は、温度調整素子を制御して揺動可動子の周波数を所定の周波数に調整する方法がある。

【0033】

温度調整素子として発熱を生じる加熱素子を用いる場合には、予め加熱素子によりねじりバネを加熱し、駆動時の温度を周囲温度より十分高い状態にしておくことにより、固有振動モードの周波数の調整は加熱素子の発熱量を減じて行う方法もある。

10

【0034】

以上に述べた様に、本実施形態では、振動系へ付加されるねじり軸と平行な方向の応力を低減して複数の固有振動モードの温度に対する変化率をほぼ等しくしている。そこで、ねじり軸と平行な方向の応力に起因する固有振動モードの周波数の変化は殆ど生じないこととなる。したがって、温度以外の周波数変化要因を取り除いた構造となるため、温度調整素子による周波数安定化がより正確に達成される。更に、固定体150と支持体15に温度差がある場合も、温度調整素子により、良好に周波数の安定化を行うことができる。また、温度に対する複数の固有振動モードの変化率がほぼ等しくなっているため、僅かな温度変化に対して複数の固有振動モードの振幅比、位相の関係は変化しにくい構造とすることが可能である。

20

【0035】

一方、支持体15と固定体150をねじり軸方向の両側で固定する両持ち梁構造の場合でも、温度調整素子による周波数安定化を行うことができる。この場合、上記の様に温度に対する複数の固有振動モードの周波数の変化率は異なるが、駆動時の制御目標温度での複数の周波数が全て目標周波数であれば可能となる。これは、予め制御目標温度での固有振動モードが目標周波数となる様に、振動系を構成する揺動可動子、弾性支持部の形状、質量、剛性等の機械特性を適切に設定することにより達成できる。また、加熱素子が複数のねじりバネの温度を独立に温度調整できる様な構成とすれば、固定体150と支持体15に大きな温度差がある場合でも良好に周波数の安定化を行うことができる。この形態は、後述の実施例2に説明がある。

30

【0036】

また上記構成では、駆動手段は、振動系をねじり軸回りに少なくとも2つの固有振動モードで同時にねじり振動させているが、振動系を所定軸の回りに撓み振動させる様な態様も可能である。この場合、例えば、図17の構成において第1ねじりバネ12も1本として、支持体から、第2撓みバネ、第2揺動可動子、第1撓みバネ、第1揺動可動子が直列的に繋がっている構造とする。この構成では、接続部分Rを通り且つ第2撓みバネと垂直な図17面内のたわみ振動軸の回りに、この面と垂直な方向に可動子が撓み振動する。この場合、例えば、振動系側のコイルと固定体側の磁石で駆動手段を構成するとして、磁石からの磁場は片持ち梁構造の振動系の先端部付近で図17の面内で図17上下方向に発生させ、振動系の先端部に配置されコイル（図6のコイル参照）に作用させる。

40

【0037】

また、加熱素子やペルティ工素子などの温度調整素子は、振動系ではなく固定体側に配置することもできる。特に、片持ち梁構造となっている構成では、固定体側の温度調整素子からの温度調整作用は、支持体15と固定体150の接着部分から弾性支持部に伝わって、この反対側からは散逸しないので、こうした温度調整素子の配置も十分効果的である。更に、本実施形態の偏向器は、光偏向に限らず、赤外線、紫外線などの電磁波の偏向に用いることも可能である。

【実施例】

【0038】

次に、本発明の実施例について図面を参照しながら詳細に説明する。

50

【0039】

(実施例1)

図1(a)、(b)は本発明の光偏向器の第1の実施例を示す上面図である。図1(a)は振動系160、図1(b)は振動系160を保持する固定体150と駆動手段を示している。図1(a)に示す様に、本実施例の光偏向器の振動系160は、第1揺動可動子11、第2揺動可動子13とそれらを連結して弾性支持する第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ13と機械的な接地部である支持体15を弾性支持する第2ねじりバネ14を含む。加熱素子であるヒータ線19は、支持体15の第2ねじりバネ14周辺に設置されている。また、ヒータ線19は電極パッド154を介して制御回路に接続される。

【0040】

この第1及び第2の揺動可動子は、ねじり軸17を中心として以下に説明する駆動手段によりねじり振動する。ここで、振動系160は、半導体製造プロセスで一般的に行われるフォトリソグラフィとドライエッティングにより単結晶シリコン基板から一体的に形成されている。したがって、加工精度が高く、非常に小型の振動系を形成することが可能となる。また、単結晶シリコンはヤング率が高く、密度が小さいため、揺動可動子の自重による変形が少なく、共振時の振幅増幅率が高い振動系を形成できる。ここでは、第1揺動可動子11は、ねじり軸17に垂直方向のサイズが3mm、平行方向のサイズが1mmであり、第1ねじりバネ12は長さ1.3mm、第2ねじりバネ14は長さ6mmであり、振動系160の全長は約20mmである。

【0041】

第1揺動可動子11は、2本で一対の第1ねじりバネ12によって両持ち支持されている。第1揺動可動子11には反射面22が形成されるため、駆動時の平坦性が特に重要であるが、2本で一対のねじりバネで支持されることにより、1本の場合と比べ、自重による変形を抑え、平坦性を良好に保つことができる。同様に、第2揺動可動子13も、2本で一対の第2ねじりバネ14によって両持ち支持されている。これにより、振動系160が、ねじり軸17回りのねじり振動以外の不要な振動・変位を生じにくい構造とできる。

【0042】

また、第1揺動可動子11は、光を偏向するための光偏向子として、反射面22を有しており、第1揺動可動子11のねじり振動によって、光源(不図示)からの光を偏向走査する。反射面22の材料はアルミニウムで、真空蒸着で成膜されている。反射面は別の材質、例えば金、銅等でもよく、その最表面に保護膜が形成されてもよい。

【0043】

図1(b)、図2は、本実施例の固定体150と駆動手段を示している。図1(b)は上面図(振動系160も示す)、図2は図1(b)のA-A'線での断面図である。図示の様に、本実施例の駆動手段は、第2揺動可動子13に接着された2つの永久磁石151と固定体150に固定された固定コイル152によって構成されている。永久磁石151は、長さ約1mm、断面150μm × 150μmの角柱の金属磁石である。各永久磁石151の着磁方向は、同じ様で長手方向(ねじり軸17とほぼ直角な方向)であり、これを接着剤により第2揺動可動子13に固定する。図2に示す様に、固定体150は、振動系160・永久磁石151と固定コイル152の位置を適切に保持している。ここでは、固定体150の材質は、アルミニウムである。この材質は、一般的な他の金属材料、例えば、鉄を含む合金、銅を含む合金で形成することもできる。固定コイル152に駆動用の交流電流を通電することにより、図1(b)の紙面にほぼ垂直な方向に磁場が発生される。この磁場が永久磁石151に作用して、ねじり軸17回りのトルクが発生し、揺動可動子11、13を駆動できる。

【0044】

一方、図1(b)、図2に示す様に、支持体15は、斜線部の接着部分155においてのみ固定体150へ固定されている。図1(b)に示す様に、2本ある第2ねじりバネ14のうちの1本を挟んで、支持体15の固定体150への接続部分155より、第1、第2揺動可動子12、14が形成される側には接着部分は配置されない。したがって、振動系160は、固定体150に対して片持ち梁状に構成されている。この片持ち梁構造により、固定体150からねじりバネへの軸方

10

20

30

40

50

向応力を減ずることができる。

【0045】

次に、本実施例の光偏向器の鋸波状の振動の駆動原理を更に詳細に説明する。本実施例の振動系160は、加工精度により、予め、ねじり軸17を中心としたねじり振動について、周波数 f_1 の1次の固有振動モードと基準周波数の略2倍の周波数となる f_2 の2次の固有振動モードを有する様に加工されている。この振動系160は、ねじり振動についての2自由度振動系として扱うことができる。

【0046】

一方、応用の仕様から決定される目標駆動周波数である基準周波数 f_0 とその2倍の周波数 $2f_0$ との合成駆動信号によって、固定コイル152は揺動可動子11、13を駆動する。基準周波数 f_0 と固有モード周波数 f_1 、 f_2 は以下に示す関係を有しており、本実施例の光偏向器は固有振動モードの高い動倍率（振幅増幅率）を利用して、合成波駆動を低消費電力で行う。

【0047】

特に、固有モード周波数 f_1 は、基準周波数 f_0 の付近に設計される。ここで、1次と2次の固有振動モードのモード減衰比（動倍率の周波数特性曲線における固有モード周波数でのピークのシャープさを表し、ほぼ $1/2Q$ に等しい）を γ_1 、 γ_2 とすると、その範囲は以下の様になっている。

【0048】

【数1】

$$f_0(1-2\gamma_1) < f_1 < f_0(1+2\gamma_1) \quad (\text{式1})$$

【0049】

更に、本実施例では、固有モード周波数 f_1 、 f_2 の周波数比について以下の範囲を想定し、“略2倍”と称する。ここで、略2倍とは1.98乃至2.02倍程度の数値範囲に含まれることが望ましい。

【0050】

【数2】

$$-2(\gamma_1 + \gamma_2) + 1 < 2\frac{f_1}{f_2} < 2(\gamma_1 + \gamma_2) + 1 \quad (\text{式2})$$

【0051】

加えて、本実施例では、周波数比は以下の範囲となっている。

【0052】

【数3】

$$-(\gamma_1 + \gamma_2) + 1 < 2\frac{f_1}{f_2} < (\gamma_1 + \gamma_2) + 1 \quad (\text{式3})$$

【0053】

本実施例の振動系160は、 γ_1 、 γ_2 が0.0025、 f_0 が0.00025程度である。したがって、式1乃至式3から分かる様に、本実施例では、固定コイル152により、 f_0 、 $2f_0$ の振動が2つの固有振動モードのピーク付近で励起され揺動可動子11、13が駆動される。特に、式1の範囲の場合、合成駆動の消費電力の主成分となる周波数 f_0 の振動について、1次の固有振動モードの動倍率（振幅増幅率）が高い範囲を利用できるため、光偏向器を低消費電力とできる。

【0054】

更に、駆動の様子を詳しく説明する。

図3は、横軸を時間 t として、第1揺動可動子11の周波数 f_0 のねじり振動の変位角を説明する図である（本明細書においては、可動子の往復振動の変位角と、光偏向器によって偏

10

20

30

40

50

向走査される光の変位角とは定数分が異なるのみであるので、等価的に扱う）。図は、特に第1揺動可動子11のねじり振動の1周期 T_0 に相当する部分を示している ($-T_0/2 < X < T_0/2$)。

【0055】

曲線61は、固定コイル152を駆動する駆動信号のうち、基準周波数 f_0 の成分に係る部分を示しており、最大振幅 \pm w_1 の範囲で往復振動し、時間 t 、角周波数 $w_0 = 2\pi f_0$ として、次の式4で表される正弦振動である。

$$x_1 = w_1 \sin[w_0 t] \quad (式4)$$

【0056】

一方、曲線62は、基準周波数 f_0 の2倍の周波数成分に係る部分を示しており、最大振幅 \pm w_2 の範囲で振動し、次の式5で表される正弦振動である。

$$x_2 = w_2 \sin[2w_0 t] \quad (式5)$$

【0057】

曲線63は、この様な駆動の結果生じる第1揺動可動子11のねじり振動の変位角を示している。光偏向器は、前述の様に基準周波数 f_0 とその2倍の $2f_0$ 付近に調整された周波数 f_1 の固有振動モードと周波数 f_2 の2次の固有振動モードをねじり軸17中心のねじり振動について有している。そのため、光偏向器には、上記 w_1 、 w_2 の駆動信号に励起された共振が夫々生じる。つまり、曲線63の第1揺動可動子11の変位角は、2つの正弦振動の重ね合わせの振動となり、次の式6で表される鋸波状の振動となる。

$$x = x_1 + x_2 = w_1 \sin[w_0 t] + w_2 \sin[2w_0 t] \quad (式6)$$

【0058】

図4は、図3の曲線61、63、直線64を微分した曲線61a、63a、直線64aを示しており、これらの曲線の角速度を説明している。基準周波数 f_0 の正弦振動の角速度である曲線61a と比べ、第1揺動可動子11の鋸波状の往復振動の角速度を示す曲線63aは、区間N - N'において、極大点の角速度 V_1 、極小点の角速度 V_2 を最大・最小とする範囲に角速度が収まっている。したがって、光偏向器による光の偏向走査を利用する応用において、等角速度走査である直線64aからの角速度の許容誤差以内に V_1 、 V_2 が存在するならば、区間N - N'は実質的な等角速度走査とみなすことができる。この様に、鋸波状の往復振動によって、偏向走査の角速度は、変位角が正弦波であったときと比べ、実質的な等角速度となる領域を広く設定できるため、偏向走査の全域に対する利用可能な領域を大きくできる。

【0059】

本実施例では、特に2つの固有振動モードの周波数が約2倍の関係を説明したが、これを約3倍にした場合は、重ね合わせの振動の形状は約三角波となる。この場合、偏向走査の往復で約等角速度の領域が現れるため、往復で等角速度を利用する応用に特に好適となる。

【0060】

温度調整素子である加熱素子19の説明に戻って、本実施例では、これは、アルミニウムの薄膜抵抗である。振動系160をドライエッティングする前工程で、アルミニウムを真空蒸着し、その後、フォトリソグラフィによりアルミニウム薄膜をパターニングし、反射面22と図1(a)に示す様なパターンの加熱素子19を同時に形成できる。したがって、本実施例では、加熱素子19と反射面22は1回のフォトリソグラフィにより形成可能となり、製造コストを低減できる。加熱素子19は、別の金属、例えば白金の薄膜抵抗で形成することもできる。

【0061】

加熱素子19への通電量を調整して、ジュール発熱量を調整することができるため、ねじりバネ12、14の温度制御を行える。薄膜抵抗による抵抗加熱を用いることで、加熱を非常に簡単な構成で行うことが可能となる。

【0062】

本実施例の振動系160は、上記の様に片持ち梁構造であるので、固定体150からの軸方向応力が減じられている。そのため、第1、第2ねじりバネ12、14のねじり剛性変化は、実質的にヤング率の温度変化のみにしたがった変化となり、夫々ほぼ同じ変化率となる。そして

10

20

30

40

50

、振動系160の2つの共振周波数（固有振動モードの周波数）の変化についても、温度変化に対して互いにほぼ同じ変化率とできる。したがって、加熱素子19による温度調節によって、2つの共振周波数を同時に同じ割合で変化させられるため、2つの共振周波数を所望の周波数に調整することを容易にできる。同時に、軸方向応力が減じられているため、周波数調整のために振動系160の温度を変化させても、反射面22が形成される第1揺動可動子11は平坦性を保つことができる。

【0063】

そして、加熱素子19はねじりバネ上には形成されないため、揺動可動子11、13の駆動による繰り返し応力の負荷を回避できる。そのため、加熱素子19の断線や変質を防ぎ、素子を更に長寿命とできる。同時に、ねじりバネ12、14のねじり剛性や破断特性にも影響を与えないため、振動系160を更に長寿命とできる。

【0064】

更に、加熱素子19は、支持体15に直接設置されている。したがって、加熱対象の熱容量が小さくて済むため、加熱素子の消費電力を小さくできるばかりか、温度調整に要する時間を短くできる。

【0065】

また、片持ち梁構造により、支持体15と固定体150との熱的な接触面積を小さくでき、加熱素子19の発熱を固定体150へあまり散逸することなく、効果的にねじりバネの温度制御へと利用することが可能となる。更に、振動系160は、単結晶シリコンで形成されるため、熱伝導性に優れており、ヒータ線19の発熱による振動系160の温度上昇を均一としやすい。尚、本実施例でも、温度調整素子である加熱素子19の制御は、上記実施形態で説明した様に行われる。

【0066】

(実施例2)

図5(a)、(b)、(c)は本発明の光偏向器の第2の実施例を示す上面図である。図面では、第1の実施例と同じ機能を有する個所には同じ符号を付して説明を省略し、特に異なる箇所について詳細に説明する。図5(a)に示す様に、本実施例の光偏向器では、第1揺動可動子11、第1ねじりバネ12、第2揺動可動子13、第2ねじりバネ14、支持体15、反射面22は第1の実施例と同様の材質・構造・機能を有している。また図5(c)に示す様に、振動系160は、第1の実施例と同様に、接着部分155においてのみ固定体150に固定されており、振動系160は固定体150に対して片持ち梁構造となっている。したがって、固定体150から振動系160への軸方向の応力を効果的に低減できる構成となっている。

【0067】

特に、本実施例が第1の実施例と異なるのは、図5(a)に示す様に、第1のヒータ線20、第2のヒータ線21の2つの加熱素子を有している点である。これら2つのヒータ線は、独立に発熱量が制御可能な様に夫々に第1、第2電極パッド154a、154bが設けられていて、夫々の制御回路に接続されている。

【0068】

第1のヒータ線20は、第1電極パッド154a、第2ねじりバネ14、第2揺動可動子13、第1ねじりバネ12上を通過する様に設置されている。一方、第2のヒータ線21は、第2電極パッド154b、第2ねじりバネ14、第2揺動可動子13を通過する様に設置されている。したがって、第1のヒータ線20と第2のヒータ線21は加熱する部位が異なるため、夫々独立に制御することにより、これらの異なる部位の温度を調節することが可能である。特に、本実施例では、夫々のねじりバネ部に直接ヒータ線20、21が設置されている。よって、固有振動モードの周波数に最も影響する部分を効果的に加熱でき、温度調節のための消費電力を更に小さくできるばかりか、熱容量が小さいため、温度調節時間を更に短くできる。ここにおいて、振動系160が有する2つの固有振動モードのうち、基本周波数は、第2ねじりバネ14のねじり剛性に、2次の固有振動モードは、第1ねじりバネ12のねじり剛性に大きく影響される性質を有している。したがって、第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14の温度を夫々独立に制御できることにより、本実施例の振動系160が有する駆動に用いる2つの共振周波数を夫

10

20

30

40

50

々精度良く調整可能となる。

【0069】

図5(b)は、特に図5(a)の第1揺動可動子11周辺を拡大した上面図である。ここに示す様に、第1のヒータ線20は、第1ねじりバネ12上で折り返し構造を有しており、第1揺動可動子11上の反射面22の面積を減じないで、一対の第1ねじりバネ12の両方へ加熱が可能な構造となっている。

【0070】

本実施例の作用・動作も第1の実施例と基本的に同じである。また、第1の実施例と同様に、片持ち梁構造をとることにより、固定体150との熱的な接触面積を小さくでき、加熱素子の発熱を固定体150へあまり散逸することなく、効果的にねじりバネ12、14の温度制御へと利用することが可能となる。

【0071】

更に、本実施例でも、振動系160は単結晶シリコンで形成されるため、熱伝導性に優れています。また、第1、第2のヒータ線20、21の発熱により、ねじりバネ12、14の夫々の部位の温度調節を良好に行える。

【0072】

ところで、本実施例では、第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14の温度を夫々独立に制御できるので、固定体150から振動系160への軸方向応力の影響があっても複数の共振周波数を夫々独立的に所望方向に調整でき易い。したがって、片持ち梁構造とすることなく、例えば、支持体15と固定体150をねじり軸方向の両側で固定する様な両持ち梁構造としても、固定体150と振動系160に大きな温度差がある場合でも良好に周波数の安定化を行うことができる。

【0073】

(実施例3)

図6は本発明の光偏向器の第3の実施例を示す上面図である。図面では、第1の実施例と同じ機能を有する個所には同じ符号を付し説明を省略し、特に異なる箇所について詳細に説明する。図示の様に、本実施例の光偏向器では、振動系160は、第1揺動可動子11、第2揺動可動子13とそれらを連結して弾性支持する第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14と、支持体15で構成されている。第2ねじりバネ14は、支持体15と連結している。支持体15は、固定体150に固定されている。第1揺動可動子11、第2揺動可動子13は、ねじり軸17を中心として以下に説明する駆動手段によりねじり振動する。

【0074】

本実施例でも、振動系160は、単結晶シリコン基板から、半導体製造プロセスで一般的に行われるフォトリソグラフィとドライエッティングにより一体的に形成されている。したがって、加工精度が高く、非常に小型の振動系を形成できる。また上述した様に単結晶シリコンはヤング率が高く、密度が小さいため、揺動可動子の自重による変形が少なく、共振時の振幅増幅率が高い振動系を形成できる。本実施例では、第1揺動可動子11は、ねじり軸17に垂直方向のサイズが3mm、平行方向のサイズが1mmであり、第1ねじりバネ12は長さ1.3mm、第2ねじりバネ14は長さ5.5mmであり、振動系160の全長は約14mmである。

【0075】

更に振動系160は、第1の実施例に示した周波数比が略1:2の2つの固有振動モードを有しており、これら2つの共振周波数付近の1:2の合成駆動信号により駆動して鋸波状の駆動を行うことができる。この2つの共振周波数は、振動系160の加工精度により予め周波数比が略1:2となっている。

【0076】

また、第1揺動可動子11は、光を偏向するための光偏向子として、反射面22を有しており、第1揺動可動子11のねじり振動によって、光源からの光を偏向走査する。反射面22の材料はアルミニウムで、真空蒸着で成膜されている。第1の実施例で述べた様に、反射面22は別の材質、例えば金、銅等でもよく、最表面に保護膜を形成してもよい。

10

20

30

40

50

【0077】

本実施例では、駆動手段は、第2揺動可動子13上に固定されている可動コイル18と、固定体150に固定され振動系160の横に設置されている永久磁石153によって構成されている。可動コイル18は、銅の電気メッキにより形成できる。配線の厚さは、5μm、幅は10μmで、各配線の間隔は5μmである。また図6では、模式的にコイル18の巻き数を減じて描いてあるが、実際には12から15回巻き程度で図示の如き態様で配される。駆動は、永久磁石153が形成する図6紙面内でねじり軸17に垂直な方向への一様な磁場が、可動コイル18を流れる交流電流に作用し、ねじり軸17回りにトルクが発生することにより行われる。この交流電流の周波数を振動系160の2つの共振周波数として、第1揺動可動子11の鋸波状の振動を励起することができる。

10

【0078】

また、第1揺動可動子11は、2本で一対の第1ねじりバネ12によって両持ち支持されている。第1揺動可動子11には反射面22が形成されるため、駆動時の平坦性が特に重要であるが、2本で一対のねじりバネ12で支持して、1本の場合と比べ、自重による変形を抑え、平坦性を良好に保つことができる。一方、第2揺動可動子13は、1本の第2ねじりバネ14によって片持ち支持されている。図7は図6のねじり軸17の線での断面図であるが、図示の様に、振動系160の支持体15は、固定体150に固定されている。したがって、振動系160は、固定体150に対して片持ち梁構造で支持されている。この片持ち梁構造により、本実施例でも固定体150から振動系160への軸方向応力を減じられる。

20

【0079】

更に、第2ねじりバネ14が2本で一対ではなく、1本であるため、振動系160の素子サイズを更に小型とできる。素子が小型化するため、この光偏向器を用いる光学機器全体を小型化できるばかりでなく、製造コストを低減することが可能となる。

【0080】

特に、本実施例では、可動コイル18駆動用の交流電流の他に、弾性支持部12、14の加熱のための加熱電流を通電しコイル18のジュール発熱を利用して弾性支持部12、14を温度調整することができる。加熱電流は交流で、振幅を調節することにより、弾性支持部12、14の温度を調節できる。そして、加熱電流の周波数は、振動系160の2つの共振周波数とは意図的に十分離れた高い周波数を選んである。そのため、この加熱電流により発生するトルクに揺動可動子11、13は追従できず、殆ど駆動されない。更に、加熱電流の周波数は、ねじり軸17回りの固有振動モード以外の振動モードの周波数とも一致しない様に選ぶ。

30

【0081】

また、本実施例の光偏向器は、可動コイル18に駆動用の交流電流を通電する駆動回路の他に、この加熱電流を通電する駆動回路156を有している。ここで、加熱電流を直流電流とすると、反射面22の駆動していない状態からの傾きを生じるが、交流電流とすることによりその様な傾きを生じない。

【0082】

以上の様に、本実施例でも、振動系160は片持ち梁構造により固定体150からの軸方向応力が減じられているため、第1、第2ねじりバネ12、14のねじり剛性変化は、ほぼヤング率の温度変化のみにしたがった変化となり、夫々ほぼ同じ変化率となる。そして、振動系160の2つの共振周波数の変化も温度変化に対してほぼ同じ変化率とできる。したがって、可動コイル18の加熱電流による温度調節によって、2つの共振周波数を同時に同じ割合で変化させられるため、2つの共振周波数を所望の周波数に調整することを容易にできる。同時に、軸方向応力が減じられているため、周波数調整のために振動系160の温度を変化させても、反射面22が形成される第1揺動可動子11は平坦性を保てる。

40

【0083】

また、駆動手段である可動コイル18が加熱素子を兼ねているため、作製が容易で安価に光偏向器を製造可能となる。更に、ヒータ線などの加熱素子を作製する工程を省くことができ、光偏向器をより安価に製造可能となる。

【0084】

50

勿論、可動コイル18は振動系160を直接加熱できるため、加熱用の消費電力を小さくでき、温度調節に要する時間を短くすることができる。したがって、本実施例は駆動手段と加熱素子を両立する好適な形態となっている。

【0085】

更に、本実施例では、第2ねじりバネ14が1本であるため、熱源である可動コイル18から見て、支持体15への熱伝導の抵抗が大きくなっている。したがって、効果的に、第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14を加熱できる。加えて、第2ねじりバネ14が2本の場合と比べて支持体15も小さくてよいため、熱容量が更に小さくなり、加熱用の消費電力を小さくできるばかりか、温度調節に要する時間を短くできる。また、電極パッド154も短い配線で近接して設置できるため素子サイズも小型化できる。

10

【0086】

本実施例でも、片持ち梁構造により、固定体150との熱的な接触面積を小さくでき、加熱素子の発熱を固定体150へあまり散逸することなく、効果的に弾性支持部12、14の温度制御へと利用することが可能となる。更に、振動系160は単結晶シリコンで形成されるため、熱伝導性に優れており、可動コイル18の発熱により、振動系160の温度上昇を均一とし易い。尚、本実施例でも、温度調整素子をも兼ねるコイル18の制御は、上記実施形態で説明した様に行われる。

【0087】

(実施例4)

図8、図9は本発明の光偏向器の第4の実施例を示す上面図である。図面では、第3の実施例などと同じ機能を有する個所には同じ符号を付し、説明を省略し、特に異なる個所について詳細に説明する。

20

【0088】

本実施例の振動系160は、第3の実施例と同様に、周波数比が1:2となる2つの固有振動モードを有している。しかし、第3の実施例と異なり、第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14がそれぞれ1本ずつで構成される。そして、第3の実施例と異なり、ヒータ線20が、図のように設置されている。ヒータ線20は、電極パッド154、第2ねじりバネ14、第2揺動可動子13、第1ねじりバネ12を通過するように設置されている。特に、図8(a)に示すように、ヒータ線20は、第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14の長さ方向の中央付近で、蛇行して配置され、第1蛇行部分23、第2蛇行部分24を形成している。

30

【0089】

図9は、特に第1ねじりバネ12上の第1蛇行部分23付近を拡大した上面図である。図示のようにヒータ線20が蛇行して、形成されている。

【0090】

本実施例のヒータ線20の作用・動作は第3の実施例と基本的に同じである。しかし、本実施例では、第1ねじりバネ12、第2ねじりバネ14が一本ずつで構成されているため、2本で一対の場合と比較して、少ない熱量で短時間に、温度を均一にし易く良好に共振周波数を調整可能となる。特に本実施例では、ねじりバネ部の中央付近に蛇行部分が形成されており、固有振動モードの周波数に最も影響する部分を効果的に加熱できる。

40

【0091】

更に、ねじりバネ部の中央付近のみに蛇行部分を形成してあるので、駆動時に応力が集中しやすい付け根付近にヒータ線20を配置しない構成となり、ヒータ線20の断線や、ねじりバネの破断を起き難くすることが可能となる。

【0092】

(実施例5)

図10は、本発明の光偏向器を用いた光学機器の実施例を示す概略斜視図である。ここでは光学機器として画像表示装置を示している。図10において、2001は、垂直走査用光偏向器であり、投影面2005の垂直方向に入射光を偏向走査する。一方、2006は本発明の光偏向器であり、本実施例では、水平方向に入射光を偏向走査する。こうして、光偏向器群2001、2006は、投影面2005にラスタスキャン状に入射光を偏向走査する。2002はレーザ光源であ

50

る。2003はレンズ或いはレンズ群であり、2004は書き込みレンズまたはレンズ群である。レーザ光源2002から入射したレーザ光は、光走査のタイミングと関係した所定の強度変調を受けて光偏向器群2001、2006により2次元的に走査される。この走査されたレーザ光は書き込みレンズ2004により投影面2005上に画像を形成する。

【0093】

本発明の光偏向器を投影面2005の水平方向の偏向走査に用いることによって、小型で省電力な共振を利用した光偏向器でありながら、仕様範囲内において略等角速度で光を水平偏向走査できる。そのため、投影面2005上の画像の質を向上できる。

【0094】

また、垂直走査用光偏向器2001も本発明の光偏向器にすれば、描画される画像の水平ラインのライン間隔を略一定とでき、画像の輝度むらをなくし、画像の垂直方向の全体サイズを一定にすることが可能となる。

【0095】

更に、本発明の光偏向器を用いることにより、光偏向器の固有振動モードの周波数が温度などの外的要因の影響をあまり受けることなく、安定な画像表示を行うことができる。

【0096】

(実施例6)

図11は、本発明の光偏向器を用いた光学機器の他の実施例を示す概略斜視図である。ここでは、光学機器として画像形成装置を示している。図11において、3003は本発明の光偏向器であり、本実施例では入射光を1次元に走査する。3001はレーザ光源である。3002はレンズ或いはレンズ群であり、3004は書き込みレンズ或いはレンズ群、3005はドラム状の感光体である。

【0097】

レーザ光源3001から射出されたレーザ光は、光の偏向走査のタイミングと関係した所定の強度変調を受けている。この強度変調光は、レンズ或いはレンズ群3002を通って、光走査系(光偏向器)3003により1次元的に走査される。この走査されたレーザ光は、書き込みレンズ或いはレンズ群3004により、感光体3005上に画像を形成する。

【0098】

走査方向と直角な方向に回転軸の回りに回転される感光体3005は、図示しない帯電器により一様に帯電されており、この上に光を走査することによりその走査部分に静電潜像が形成される。次に、図示しない現像器により静電潜像の画像部分にトナー像が形成され、これを、例えば、図示しない用紙に転写・定着することで用紙上に画像が形成される。

【0099】

本発明の光偏向器3003を用いることにより、光の偏向走査の角速度を感光体3005上の仕様範囲内で略等角速度とできる。更に、本発明の光偏向器3003を用いることで、温度などの外的要因の影響をあまり受けることなく、安定な画像形成を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0100】

【図1】(a)は本発明の第1の実施例の光偏向器を示す上面図であり、(b)は本発明の第1の実施例の光偏向器の駆動手段を示す上面図である。

【図2】本発明の第1の実施例の光偏向器の図1(b)A-A'線における断面図である。

【図3】本発明の第1の実施例の光偏向器によって偏向走査された光の変位角を示す図である。

【図4】本発明の第1の実施例の光偏向器によって偏向走査された光の角速度を示す図である。

【図5】(a)は本発明の第2の実施例の光偏向器を示す上面図であり、(b)は本発明の第2の実施例の光偏向器の第1揺動可動子付近を示す上面図であり、(c)は本発明の第2の実施例の光偏向器の駆動手段を示す上面図である。

【図6】本発明の第3の実施例の光偏向器を示す上面図である。

【図7】本発明の第3の実施例の光偏向器の図6のねじり軸17における断面図である。

10

20

30

40

50

【図8】本発明の第4の実施例の光偏向器を示す上面図である。

【図9】本発明の第4の実施例の光偏向器のねじり軸部分の拡大図である。

【図10】本発明の光偏向器を用いた第5の実施例である光学機器を示す概略斜視図である。

【図11】本発明の光偏向器を用いた第6の実施例である光学機器を示す概略斜視図である。

【図12】(a)は従来の手法による課題を説明するための典型的な振動系の上面図であり、(b)は典型的な振動系の固定位置を示す上面図である。

【図13】図12(b)Q-Q'線での断面図である。

【図14】(a)は1自由度振動系の軸方向の等価バネ定数を示す概念図であり、(b)は本発明の2自由度振動系の軸方向の等価バネ定数の関係を示す概念図である。 10

【図15】(a)は本発明の典型的な振動系の上面図であり、(b)は典型的な振動系の固定位置を示す上面図である。

【図16】図15(b)Q-Q'線での断面図である。

【図17】(a)は本発明の他の典型的な振動系の上面図であり、(b)はこの典型的な振動系の固定位置を示す上面図である。

【図18】図17(b)Q-Q'線での断面図である。

【図19】従来例の光偏向器を説明するブロック図である。

【符号の説明】

【0101】

11、13 摆動可動子(第1揆動可動子、第2揆動可動子)

12、14 弹性支持部(第1ねじりバネ、第2ねじりバネ)

15 支持体

17 所定の揆動軸(ねじり軸)

18、151、152、153 駆動手段(可動コイル、永久磁石、固定コイル)

18、19、20、21 温度調整素子(加熱素子、ヒータ線)

150 固定体

156 駆動回路

160 振動系

2002、3001 光源(レーザ光源)

2001、2006、3003 光偏向器(光走査系)

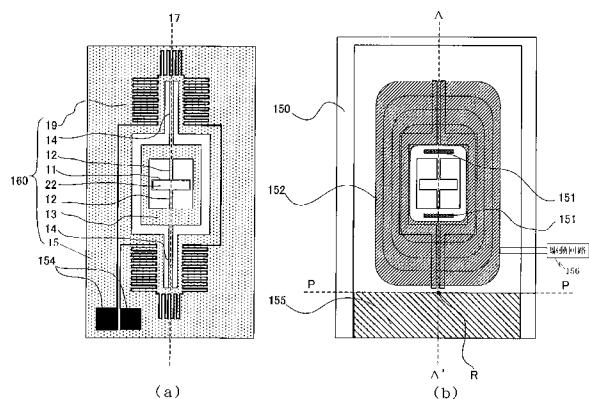
2005 画像表示体

3005 感光体

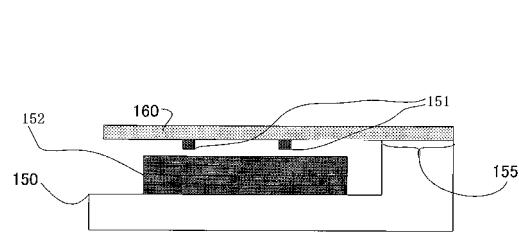
20

30

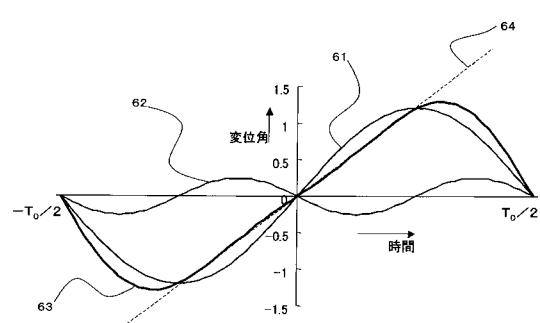
【 図 1 】



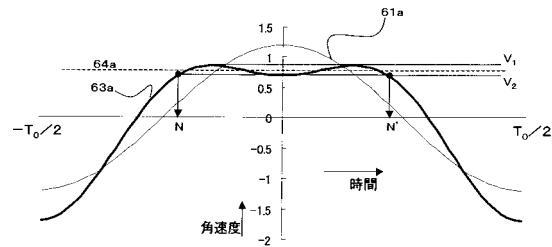
【 図 2 】



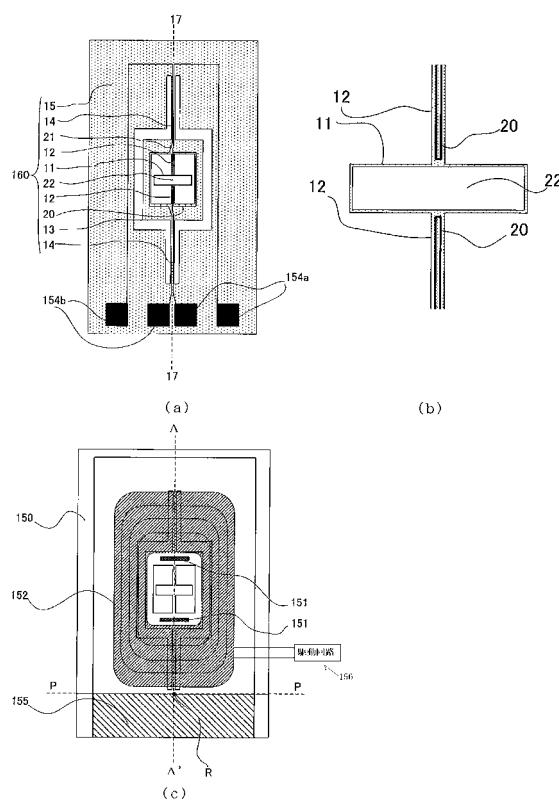
【図3】



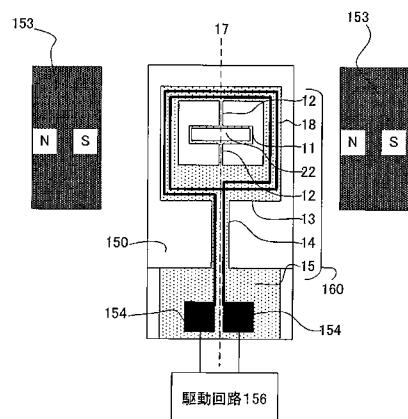
【図4】



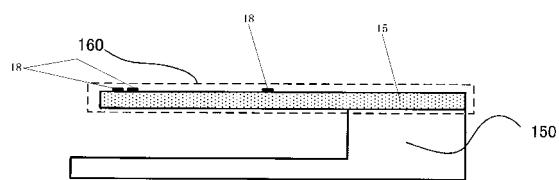
【 図 5 】



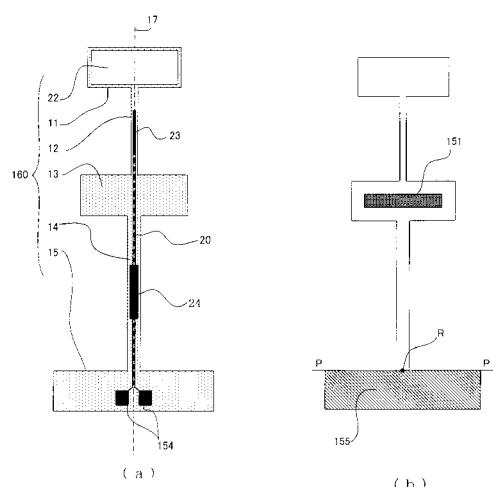
【図6】



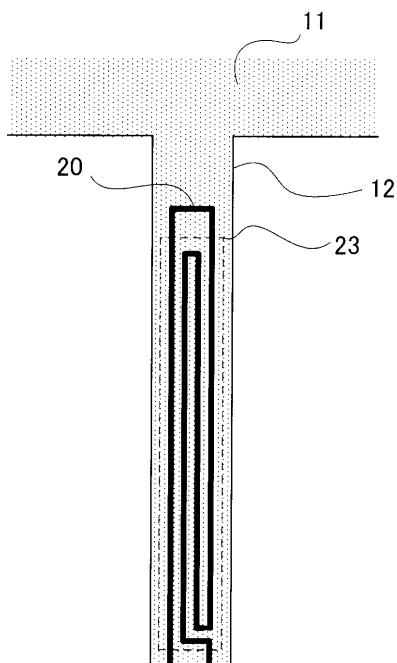
【図7】



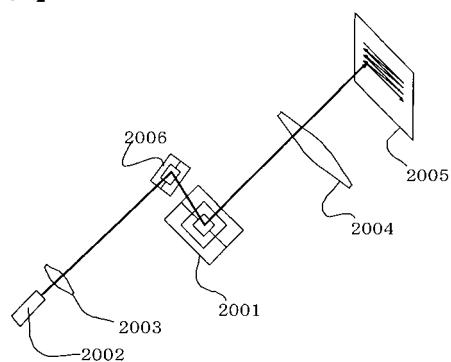
【図8】



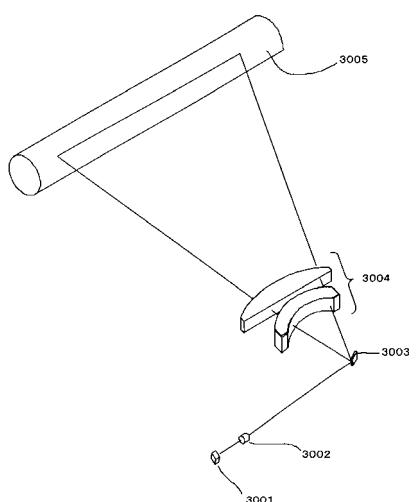
【図9】



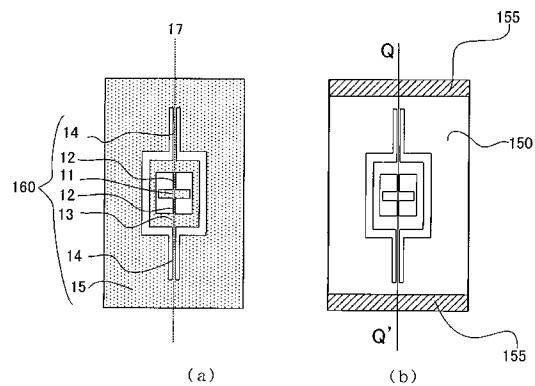
【図10】



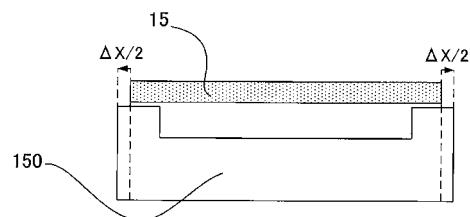
【図11】



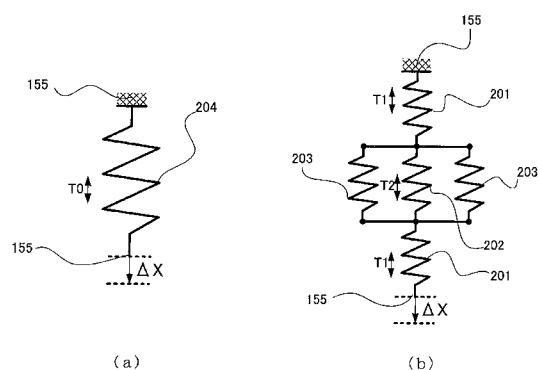
【図12】



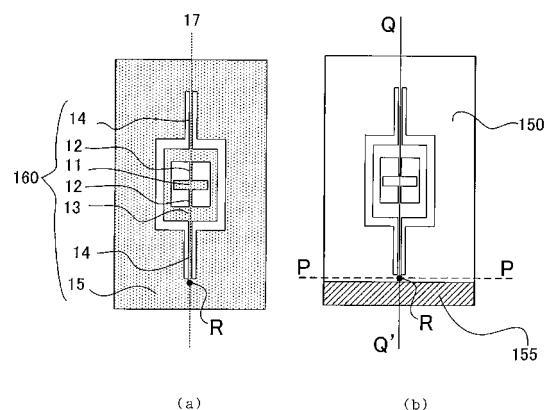
【図13】



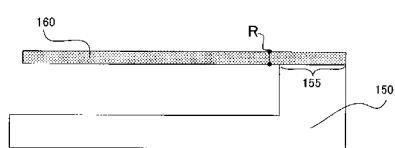
【図14】



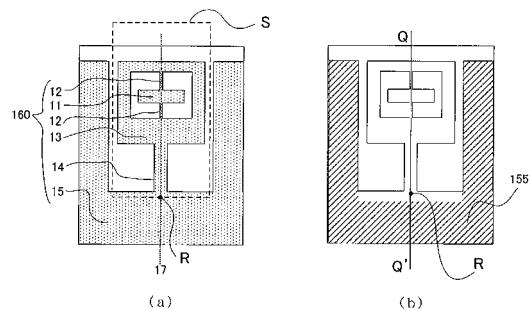
【図15】



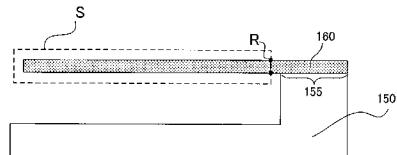
【図16】



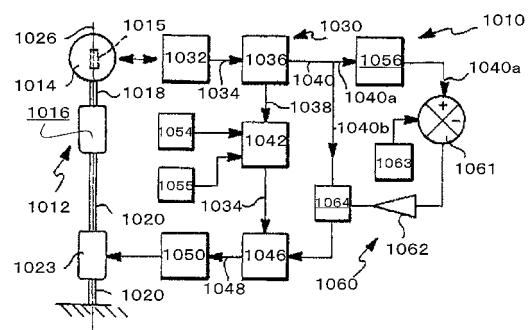
【図17】



【 図 1 8 】



【図19】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5C072 AA03 BA04 BA13 DA02 HA01 HA02 HA14 HB06 HB15 XA01
XA05 XA10