

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5730765号  
(P5730765)

(45) 発行日 平成27年6月10日 (2015. 6. 10)

(24) 登録日 平成27年4月17日 (2015. 4. 17)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 41/09 (2006.01)

H O 1 L 41/09

H O 2 N 2/00 (2006.01)

H O 2 N 2/00

C

請求項の数 24 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2011-523929 (P2011-523929)  
 (86) (22) 出願日 平成21年8月18日 (2009. 8. 18)  
 (65) 公表番号 特表2012-500503 (P2012-500503A)  
 (43) 公表日 平成24年1月5日 (2012. 1. 5)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2009/054157  
 (87) 国際公開番号 W02010/022046  
 (87) 国際公開日 平成22年2月25日 (2010. 2. 25)  
 審査請求日 平成24年6月29日 (2012. 6. 29)  
 (31) 優先権主張番号 12/228, 943  
 (32) 優先日 平成20年8月18日 (2008. 8. 18)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

前置審査

(73) 特許権者 507408914  
 ニュー スケール テクノロジーズ イン  
 コーポレーティッド  
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ビクタ  
 ー ビクター ハイッ パークウェイ 1  
 2 1  
 (74) 代理人 100102978  
 弁理士 清水 初志  
 (74) 代理人 100102118  
 弁理士 春名 雅夫  
 (74) 代理人 100160923  
 弁理士 山口 裕孝  
 (74) 代理人 100119507  
 弁理士 刑部 俊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 準共振駆動システムおよびその方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

それぞれ複数の内部電極を有する複数の表面電極を含み、長辺、中辺(H)、および短辺(D)を伴う直方体形状を有し、可動要素に摩擦連結しかつ可動要素を少なくとも2つの方向のうちの1つに駆動するための少なくとも1つの点を有し、異なる共振周波数をそれぞれ有する2つの曲げモードを有し、第一の対の圧電領域と第二の対の圧電領域を含む、構造であって、該第一の対の圧電領域は、該構造の反対の端に対称的に位置し、第二の対の圧電領域は、第一の対の圧電領域の間に対称的に位置し、前記複数の内部電極は、前記構造の短辺(D)と垂直に、互いに向き合う対応表面電極間に、交互に配置されている、前記構造と、

前記構造の前記曲げモードのそれぞれに対応する、前記共振周波数のうちの1つと実質的に同一である振動周波数の、2つの振動信号のうちの一方を前記第一の対の圧電領域に、および該2つの振動信号のうちの他方を前記第二の対の圧電領域に印加する、前記表面電極に連結した一または複数の駆動回路を含む振動システムであって、前記振動周波数において、前記構造の前記曲げモードの一方が、実質的に共振振動し、前記構造の前記曲げモードの他方が、部分的に共振振動し、前記振動システムが、前記2つの印加される振動信号間の位相シフトを調節して、前記少なくとも2つの方向のいずれに前記可動要素が移動されるかを制御する、振動システムとを備える、駆動システムであって、

前記構造の前記曲げモードの前記一方単独で前記構造を駆動した場合、前記構造の波腹点

の少なくとも一つが前記構造の中辺(H)と平行に往復動し、前記構造の前記曲げモードの前記他方単独で前記構造を駆動した場合の波腹点が前記構造の短辺(D)と平行に往復動し、かつ

前記可動要素の2つの移動方向が前記構造の短辺(D)と平行である、  
前記駆動システム。

【請求項2】

前記構造が、少なくとも2つの同じでない寸法を含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記少なくとも1つの点が、実質的に前記構造の波腹点である、請求項1に記載のシステム。

10

【請求項4】

少なくとも4つの圧電領域のうちの少なくとも2つの圧電領域が、特定の極性を確立するように分極され、かつ前記構造において対称的に設置されて、前記振動システムが前記2つの振動信号のうちの少なくとも1つを印加した際に、前記構造における前記2つの曲げモードのうちの少なくとも1つを生成する、請求項1に記載のシステム。

【請求項5】

少なくとも4つの圧電領域が、特定の極性を確立するように分極され、かつ前記構造において対称的に設置されて、前記振動システムが前記2つの振動信号を印加した際に、前記構造において前記2つの曲げモードを生成する、請求項1に記載のシステム。

【請求項6】

20

前記構造が、

2つ以上の圧電層と、

各電極対が1つ以上の前記圧電層の対向する側面に連結される、電極の2つ以上の対とを備える、請求項1に記載のシステム。

【請求項7】

部分的な共振で振動している前記曲げモードの他方が、前記構造が前記可動要素を駆動することができる前記少なくとも2つの方向のそれぞれと実質的に平行な方向に屈曲している、請求項1に記載のシステム。

【請求項8】

共振振動している前記曲げモードの一方が、前記構造が前記可動要素を駆動することができる前記少なくとも2つの方向のそれぞれと実質的に平行な方向に屈曲している、請求項1に記載のシステム。

30

【請求項9】

可動要素に摩擦連結しかつ可動要素を少なくとも2つの方向のうちの1つに駆動するための少なくとも1つの点を有し、異なる共振周波数をそれぞれ有する2つの曲げモードを有し、第一の対の圧電領域と第二の対の圧電領域を含み、それぞれ複数の内部電極を有する複数の表面電極を含み、長辺、中辺(H)、および短辺(D)を伴う直方体形状を有する、構造を提供する工程であって、該第一の対の圧電領域は、該構造の反対の端に対称的に位置し、第二の対の圧電領域は、第一の対の圧電領域の間に対称的に位置する、前記提供する工程と、

40

前記構造の前記曲げモードのそれぞれに対応する、前記共振周波数のうちの1つと実質的に同一である振動周波数の、2つの振動信号のうちの一方を前記第一の対の圧電領域に、および該2つの振動信号のうちの他方を前記第二の対の圧電領域に印加する、前記表面電極に連結した一または複数の駆動回路を含む振動システムを連結する工程と  
を含む、駆動システムを作製するための方法であって、

前記振動周波数において、前記構造の前記曲げモードの一方が、実質的に共振振動し、前記構造の前記曲げモードの他方が、部分的に共振振動し、前記振動システムが、前記2つの印加される振動信号間の位相シフトを調節して、前記少なくとも2つの方向のいずれに前記可動要素が移動されるかを制御し、

前記構造の前記曲げモードの前記一方単独で前記構造を駆動した場合、前記構造の波腹点

50

の少なくとも一つが前記構造の中辺(H)と平行に往復動し、前記構造の前記曲げモードの前記他方単独で前記構造を駆動した場合の波腹点が前記構造の短辺(D)と平行に往復動し、かつ

前記可動要素の2つの移動方向が前記構造の短辺(D)と平行である、  
前記方法。

【請求項10】

前記構造が、少なくとも2つの同じでない寸法を含む、請求項9に記載の方法。

【請求項11】

前記少なくとも1つの点が、実質的に前記構造の波腹点である、請求項9に記載の方法。

10

【請求項12】

少なくとも4つの圧電領域のうちの少なくとも2つの圧電領域が、特定の極性を確立するように分極され、かつ前記構造において対称的に設置されて、前記振動システムが前記2つの振動信号のうちの少なくとも1つを印加した際に、前記構造における前記2つの曲げモードのうちの少なくとも1つを生成する、請求項9に記載の方法。

【請求項13】

前記構造が、

少なくとも4つの圧電領域が、特定の極性を確立するように分極され、かつ前記構造において対称的に設置されて、前記振動システムが前記2つの振動信号を印加した際に、前記構造において前記2つのモードを生成する、請求項9に記載の方法。

20

【請求項14】

前記構造を提供する工程が、

2つ以上の圧電層を提供することと、

電極の2つ以上の対のそれぞれを、1つ以上の前記圧電層の対向する側面に連結することと

をさらに含む、請求項9に記載の方法。

【請求項15】

部分的な共振で振動している前記曲げモードの他方が、前記構造が前記可動要素を駆動することができる前記少なくとも2つの方向のそれぞれと実質的に平行な方向に屈曲している、請求項9に記載の方法。

30

【請求項16】

共振振動している、前記曲げモードの前記一方が、前記構造が前記可動要素を駆動することができる前記少なくとも2つの方向のそれぞれと実質的に平行な方向に屈曲している、請求項9に記載の方法。

【請求項17】

少なくとも1つの光学構成要素と、

1つ以上の方向に前記少なくとも1つの光学構成要素を移動させるように摩擦連結された、ある構造および振動システムを備える少なくとも1つの駆動システムであって、前記構造が、それぞれ複数の内部電極を有する複数の表面電極を含み、長辺、中辺(H)、および短辺(D)を伴う直方体形状を有し、かつ2つの曲げモードを有し、前記曲げモードのそれぞれが、異なる共振周波数を有し、第一の対の圧電領域と第二の対の圧電領域を含み、該第一の対の圧電領域は、該構造の反対の端に対称的に位置し、第二の対の圧電領域は、第一の対の圧電領域の間に対称的に位置し、前記振動システムが、前記表面電極に連結した一または複数の駆動回路を含み、前記構造の前記曲げモードのそれぞれに対応する振動周波数の、2つの振動信号のうちの一方を第一の対の圧電領域に、および前記2つの振動信号のうちの他方を第二の対の圧電領域に印加し、前記振動周波数が、前記共振周波数のうちの1つと実質的に同一であり、前記振動周波数において、前記構造の前記曲げモードの一方が、実質的に共振振動し、前記構造の前記曲げモードの他方が、部分的に共振振動し、前記振動システムが、前記2つ以上の印加される振動信号間の位相シフトを調節して、前記少なくとも2つの方向のいずれに前記光学要素が移動されるかを制御する、駆動シ

40

50

ステムと

を備える、光学システムであって、

前記構造の前記曲げモードの前記一方単独で前記構造を駆動した場合、前記構造の波腹点の少なくとも一つが前記構造の中辺(H)と平行に往復動し、前記構造の前記曲げモードの前記他方単独で前記構造を駆動した場合の波腹点が前記構造の短辺(D)と平行に往復動し、かつ

前記可動要素の2つの移動方向が前記構造の短辺(D)と平行である、  
光学システム。

【請求項18】

前記構造が、少なくとも2つの同じでない寸法を含む、請求項17に記載のシステム。

10

【請求項19】

前記少なくとも1つの点が、実質的に前記構造の波腹点である、請求項17に記載のシステム。

【請求項20】

少なくとも4つの圧電領域のうちの少なくとも2つの圧電領域が、特定の極性を確立するように分極され、かつ前記構造において対称的に設置されて、前記振動システムが前記2つの振動信号のうちの少なくとも1つを印加した際に、前記構造における前記2つの曲げモードのうちの少なくとも1つを生成する、請求項17に記載のシステム。

【請求項21】

少なくとも4つの圧電領域が、特定の極性を確立するように分極され、かつ前記構造において対称的に設置されて、前記振動システムが前記2つの振動信号を印加した際に、前記構造において前記2つの曲げモードを生成する、請求項17に記載のシステム。

20

【請求項22】

前記構造が、

2つ以上の圧電層と、

各電極対が1つ以上の前記圧電層の対向する側面に連結される、電極の2つ以上の対とを備える、請求項17に記載のシステム。

【請求項23】

部分的な共振で振動している前記曲げモードのうちの他方が、前記構造が前記可動要素を駆動することができる前記少なくとも2つの方向のそれぞれと実質的に平行な方向に屈曲している、請求項17に記載のシステム。

30

【請求項24】

共振振動している前記曲げモードの前記一方が、前記構造が前記可動要素を駆動することができる前記少なくとも2つの方向のそれぞれと実質的に平行な方向に屈曲している、請求項17に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、2008年8月18日出願の米国特許出願第12/228,943号の恩典を主張するものであって、該出願は参照により、その全体が本明細書に組み込まれる。

40

【0002】

本発明は、概して、駆動システムおよびその方法に関し、より具体的には、準共振駆動システムおよびその方法に関する。

【背景技術】

【0003】

圧電技術を使用した変換器は、ナノメートルスケールの精密な位置調節のために使用される。典型的には、圧電デバイスは、帯電および放電時、形状を変化させるコンデンサに形成されるセラミックを含む。これらの圧電デバイスは、その形状変化特性（すなわち、振動）によって、位置調節アクチュエータとして使用可能である。そのような圧電デバイスが、位置調節アクチュエータとして使用される場合、該形状変化は、該印加される電圧

50

差にほぼ比例する。

【 0 0 0 4 】

超音波駆動装置は、これらの圧電生成振動を使用し、高速、高トルク、小型サイズ、および静動作の継続的移動をもたらす。例示的な先行技術の超音波駆動システムは、螺刻されたナットを支持するシリンダを含む。シリンダは4つの対称的に位置付けられた圧電変換器を含み、円形軌道において、 $\pm 90$ 度位相シフトを伴う超音波範囲内の第1の曲げモード共振周波数において、直交曲げモードのシリンダを同時に励起する。螺刻されたナットは、螺刻されたシャフトを直線的に移動させる螺刻されたシャフトを回転させるトルクを生成する第1の曲げモード共振周波数において、螺刻されたシャフトを周回する。

【 0 0 0 5 】

多くの超音波駆動装置は、典型的には、 $100\text{ mm/s}$ からさらには $1000\text{ mm/s}$ にもおよぶ範囲の速度で動作する。しかしながら、本速度は、画像センサおよび光学カメラシステムの精密な位置制御には高速過ぎる。画像センサおよびセンサのアルゴリズムは、動きが不安定かつステップ解像度が低いため、十分な品質で画像を撮像することができない。

【 発明の概要 】

【 0 0 0 6 】

本発明の実施形態による、駆動システムは、ある構造および振動システムを含む。この構造は、可動要素に摩擦連結しかつ可動要素を少なくとも2つの方向のうちの1つに駆動するための少なくとも1つの点を有する。また、該構造は、異なる共振周波数をそれぞれ有する、少なくとも2つの曲げモードを有する。該振動システムは、該構造の曲げモードのそれぞれに対する振動周波数の、2つ以上の振動信号を印加する。該振動周波数は、共振周波数のうちの1つと実質的に同一である。該振動周波数において、該構造の曲げモードのうちの一方は、実質的に共振振動し、該構造の曲げモードの他方は、部分的に共振振動する。該振動システムは、2つ以上の印加される振動信号間の位相シフトを調節して、少なくとも2つの方向のうちのいずれに可動要素が移動されるかを制御する。

【 0 0 0 7 】

本発明の他の実施形態による、駆動システムを作製するための方法は、可動要素に摩擦連結しかつ可動要素を少なくとも2つの方向のうちの1つに駆動するための少なくとも1つの点を有する構造を提供する工程を含む。構造は、異なる共振周波数をそれぞれ有する、少なくとも2つの曲げモードを有する。2つ以上の振動周波数の振動信号を印加する振動システムは、該構造の曲げモードのそれぞれに連結される。該振動周波数は、共振周波数のうちの1つと実質的に同一である。該振動周波数において、該構造の曲げモードのうちの一方は、実質的に共振振動し、該構造の曲げモードの他方は、部分的に共振振動する。該振動システムは、2つ以上の印加される振動信号間の位相シフトを調節して、少なくとも2つの方向のうちのいずれに可動要素が移動されるかを制御する。

【 0 0 0 8 】

本発明の他の実施形態による光学システムは、少なくとも1つの光学構成要素および少なくとも1つの駆動システムを含む。該駆動システムは、振動システムと、摩擦連結されて1つ以上の方向に光学構成要素を移動させる構造とを備える。該構造は、異なる共振周波数をそれぞれ有する、少なくとも2つの曲げモードを有する。該振動システムは、該構造の曲げモードのそれぞれに対する振動周波数の、2つ以上の振動信号を印加する。該振動周波数は、共振周波数のうちの1つと実質的に同一である。該振動周波数において、該構造の曲げモードのうちの一方は、実質的に共振振動し、該構造の曲げモードの他方は、部分的に共振振動する。該振動システムは、2つ以上の印加される振動信号間の位相シフトを調節して、少なくとも2つの方向のうちのいずれに可動要素が移動されるかを制御する。

【 0 0 0 9 】

本発明は、より効果的かつ効率的な準共振駆動システムを提供することを含め、いくつかの利点をもたらす。一例にすぎないが、カメラにおけるオートフォーカスシステムおよ

10

20

30

40

50

びオートズームシステム等、種々の異なる用途において、準共振駆動システムを使用して、種々の異なる負荷を移動させることが可能である。

[本発明1001]

可動要素に摩擦連結しかつ可動要素を少なくとも2つの方向のうちの1つに駆動するための少なくとも1つの点を有し、異なる共振周波数をそれぞれ有する少なくとも2つの曲げモードを有する構造と、

前記構造の前記曲げモードのそれぞれに対する、前記共振周波数のうちの1つと実質的に同一である振動周波数の、2つ以上の振動信号を印加する振動システムと  
を備える、駆動システムであって、

前記振動周波数において、前記構造の前記曲げモードの一方が、実質的に共振振動し、前記構造の前記曲げモードの他方が、部分的に共振振動し、前記振動システムが、前記2つ以上の印加される振動信号間の位相シフトを調節して、前記少なくとも2つの方向のいずれに前記可動要素が移動されるかを制御する、前記駆動システム。

10

[本発明1002]

前記構造が、非対称である、本発明1001のシステム。

[本発明1003]

前記少なくとも1つの点が、実質的に前記構造の波腹点である、本発明1001のシステム。

[本発明1004]

前記構造が、

20

特定の極性を確立するように分極され、かつ前記構造において対称的に設置されて、前記振動システムが前記2つ以上の振動信号のうちの少なくとも1つを印加した際に、前記構造における前記2つの曲げモードのうちの少なくとも1つを生成する、少なくとも2つの圧電領域

を備える、本発明1001のシステム。

[本発明1005]

前記構造が、

特定の極性を確立するように分極され、かつ前記構造において対称的に設置されて、前記振動システムが前記2つ以上の振動信号を印加した際に、前記構造において前記少なくとも2つの曲げモードを生成する、少なくとも4つの圧電領域

30

を備える、本発明1001のシステム。

[本発明1006]

前記圧電領域のうちの少なくとも2つが、前記圧電領域の少なくとも他の2つの間に配置される、本発明1005のシステム。

[本発明1007]

前記構造が、

2つ以上の圧電層と、

各電極対が1つ以上の前記圧電層の対向する側面に連結される、電極の2つ以上の対と  
を備える、本発明1001のシステム。

40

[本発明1008]

部分的な共振で振動している前記曲げモードの他方が、前記構造が前記可動要素を駆動することができる前記少なくとも2つの方向のそれぞれと実質的に平行な方向に屈曲している、本発明1001のシステム。

[本発明1009]

共振振動している前記曲げモードの一方が、前記構造が前記可動要素を駆動することができる前記少なくとも2つの方向のそれぞれと実質的に平行な方向に屈曲している、本発明1001のシステム。

[本発明1010]

可動要素に摩擦連結しかつ可動要素を少なくとも2つの方向のうちの1つに駆動するための少なくとも1つの点を有し、異なる共振周波数をそれぞれ有する少なくとも2つの曲げモ

50

ードを有する構造を提供する工程と、

前記構造の前記曲げモードのそれぞれに対する、前記共振周波数のうちの1つと実質的に同一である振動周波数の、2つ以上の振動信号を印加する振動システムを連結する工程と

を含む、駆動システムを作製するための方法であって、

前記振動周波数において、前記構造の前記曲げモードの一方が、実質的に共振振動し、前記構造の前記曲げモードの他方が、部分的に共振振動し、前記振動システムが、前記2つ以上の印加される振動信号間の位相シフトを調節して、前記少なくとも2つの方向のいずれに前記可動要素が移動されるかを制御する、前記方法。

[本発明1011]

前記構造が、非対称である、本発明1010の方法。

[本発明1012]

前記少なくとも1つの点が、実質的に前記構造の波腹点である、本発明1010の方法。

[本発明1013]

前記構造が、

特定の極性を確立するように分極され、かつ前記構造において対称的に設置されて、前記振動システムが前記2つ以上の振動信号のうちの少なくとも1つを印加した際に、前記構造における前記2つの曲げモードのうちの少なくとも1つを生成する、少なくとも2つの圧電領域

を備える、本発明1010の方法。

[本発明1014]

前記構造が、

特定の極性を確立するように分極され、かつ前記構造において対称的に設置されて、前記振動システムが前記2つ以上の振動信号を印加した際に、前記構造において前記少なくとも2つのモードを生成する、少なくとも4つの圧電領域

を備える、本発明1010の方法。

[本発明1015]

前記圧電領域のうちの少なくとも2つが、前記圧電領域の少なくとも他の2つの間に配置される、本発明1014の方法。

[本発明1016]

前記構造を提供する工程が、

2つ以上の圧電層を提供することと、

電極の2つ以上の対のそれぞれを、1つ以上の前記圧電層の対向する側面に連結することと

をさらに含む、本発明1010の方法。

[本発明1017]

部分的な共振で振動している前記曲げモードの他方が、前記構造が前記可動要素を駆動することができる前記少なくとも2つの方向のそれぞれと実質的に平行な方向に屈曲している、本発明1010の方法。

[本発明1018]

共振振動している、前記曲げモードの前記一方が、前記構造が前記可動要素を駆動することができる前記少なくとも2つの方向のそれぞれと実質的に平行な方向に屈曲している、本発明1010の方法。

[本発明1019]

少なくとも1つの光学構成要素と、

1つ以上の方向に前記少なくとも1つの光学構成要素を移動させるように摩擦連結された、ある構造および振動システムを備える少なくとも1つの駆動システムであって、前記構造が、少なくとも2つの曲げモードを有し、前記曲げモードのそれぞれが、異なる共振周波数を有し、前記振動システムが、前記構造の前記曲げモードのそれぞれに対する振動周波数の、2つ以上の振動信号を印加し、前記振動周波数が、前記共振周波数のうちの1つと

10

20

30

40

50

実質的に同一であり、前記振動周波数において、前記構造の前記曲げモードの一方が、実質的に共振振動し、前記構造の前記曲げモードの他方が、部分的に共振振動し、前記振動システムが、前記2つ以上の印加される振動信号間の位相シフトを調節して、前記少なくとも2つの方向のいずれに前記光学要素が移動されるかを制御する、駆動システムとを備える、光学システム。

[本発明1020]

前記構造が、非対称である、本発明1019のシステム。

[本発明1021]

前記少なくとも1つの点が、実質的に前記構造の波腹点である、本発明1019のシステム。

10

[本発明1022]

前記構造が、

特定の極性を確立するように分極され、かつ前記構造において対称的に設置されて、前記振動システムが前記2つ以上の振動信号のうちの少なくとも1つを印加した際に、前記構造における前記2つの曲げモードのうちの少なくとも1つを生成する、少なくとも2つの圧電領域

を備える、本発明1019のシステム。

[本発明1023]

前記構造が、

特定の極性を確立するように分極され、かつ前記構造において対称的に設置されて、前記振動システムが前記2つ以上の振動信号を印加した際に、前記構造において前記少なくとも2つの曲げモードを生成する、少なくとも4つの圧電領域

を備える、本発明1019のシステム。

20

[本発明1024]

前記圧電領域のうちの少なくとも2つが、前記圧電領域の少なくとも他の2つの間に配置

される、本発明1023のシステム。

[本発明1025]

前記構造が、

2つ以上の圧電層と、

各電極対が1つ以上の前記圧電層の対向する側面に連結される、電極の2つ以上の対と

を備える、本発明1019のシステム。

30

[本発明1026]

部分的な共振で振動している前記曲げモードのうちの他方が、前記構造が前記可動要素を駆動することができる前記少なくとも2つの方向のそれぞれと実質的に平行な方向に屈曲している、本発明1019のシステム。

[本発明1027]

共振振動している前記曲げモードの前記一方が、前記構造が前記可動要素を駆動することができる前記少なくとも2つの方向のそれぞれと実質的に平行な方向に屈曲している、本発明1019のシステム。

【図面の簡単な説明】

40

【0010】

【図1】図1Aは、本発明の実施形態による、準共振駆動システムのためのアクチュエータシステムの部分的斜視図と、振動システムの部分的概略図である。図1Bは、図1Aに図示される、アクチュエータシステムの端面図である。

【図2】図2Aは、図1Bの2A-2Aを通る線に沿って切り取られたアクチュエータシステムの断面上面図である。図2Bは、図1Bの2B-2Bを通る線に沿って切り取られたアクチュエータシステムの断面上面図である。図2Cは、図1Bの2C-2Cを通る線に沿って切り取られたアクチュエータシステムの断面上面図である。図2Dは、図1Bの2D-2Dを通る線に沿って切り取られたアクチュエータシステムの断面上面図である。

【図3】振動システムによって図1Aに図示されるアクチュエータシステムに印加される

50



、信号の実施例の略図である。

【図４】図４Ａ～図４Ｃは、動作時における、図１Ａに図示される準共振駆動システムのためのアクチュエータシステムの正面図である。

【図５】図５Ａ～図５Ｃは、動作時における、図１Ａに図示される準共振駆動システムのためのアクチュエータシステムの上面図である。

【図６】図１Ａに図示されるアクチュエータシステムのための例示的な楕円軌道を示す略図である。

【図７】図７Ａは、図１Ａに図示される準共振駆動システムを使用する、直線運動システムの側面図である。図７Ｂは、図７Ａに図示される準共振駆動システムを使用する、直線運動システムの上面図である。

10

【図８】図８Ａは、図１Ａに図示される準共振駆動システムを使用する、別の直線運動システムの側面図である。図８Ｂは、図８Ａに図示される準共振駆動システムを使用する、直線運動システムの上面図である。

【図９】図９Ａは、図１Ａに図示される準共振駆動システムを使用する、円形運動システムの側面図である。図９Ｂは、図９Ａに図示される準共振駆動システムを使用する、円形運動システムの上面図である。

【図１０】図１０Ａは、図１Ａに図示される準共振駆動システムを使用する、別の円形直線運動システムの側面図である。図１０Ｂは、図１０Ａに図示される準共振駆動システムを使用する、円形運動システムの上面図である。

【図１１】図１１Ａ～図１１Ｂは、本発明の実施形態による、準共振の実施例を示すグラフである。

20

【図１２】図１２Ａは、本発明の実施形態による、別の準共振駆動システムのためのアクチュエータシステムの部分的斜視図と、振動システムの部分的概略図である。図１２Ｂは、図１２Ａに図示される、アクチュエータシステムの右側端面図である。

【図１３】図１３Ａは、図１２Ｂの１３Ａ-１３Ａを通る線に沿って切り取られたアクチュエータシステムの断面上面図である。図１３Ｂは、図１２Ｂの１３Ｂ-１３Ｂを通る線に沿って切り取られたアクチュエータシステムの断面上面図である。図１３Ｃは、図１２Ｂの１３Ｃ-１３Ｃを通る線に沿って切り取られたアクチュエータシステムの断面上面図である。図１３Ｄは、図１２Ｂの１３Ｄ-１３Ｄを通る線に沿って切り取られたアクチュエータシステムの断面上面図である。

30

【図１４】振動システムによって、図１２Ａに図示されるアクチュエータシステムに印加される信号の実施例の略図である。

【図１５】図１５Ａ～図１５Ｃは、動作時における、図１２Ａに図示される準共振駆動システムのためのアクチュエータシステムの正面図である。

【図１６】図１６Ａ～図１６Ｃは、動作時における、図１２Ａに図示される準共振駆動システムのためのアクチュエータシステムの上面図である。

【図１７】図１７Ａは、本発明の実施形態による、さらに別の準共振駆動システムのためのアクチュエータシステムの部分的斜視図と、振動システムの部分的概略図である。図１７Ｂは、図１７Ａに図示される、アクチュエータシステムの右側端面図である。

【図１８】図１８Ａは、図１７Ｂの１８Ａ-１８Ａを通る線に沿って切り取られたアクチュエータシステムの断面上面図である。図１８Ｂは、図１７Ｂの１８Ｂ-１８Ｂを通る線に沿って切り取られたアクチュエータシステムの断面上面図である。

40

【図１９】振動システムによって、図１２Ａに図示されるアクチュエータシステムに印加される信号の実施例の略図である。

【図２０】図２０Ａ～図２０Ｂは、図１７Ａに示されるアクチュエータシステムのための楕円経路の実施例の略図である。

【図２１】図２１Ａ～図２１Ｂは、図１７Ａに示されるアクチュエータシステムのための直線的経路の実施例の略図である。

【図２２】図２２Ａは、本発明の実施形態による、準共振駆動システムを伴う、光学システムの斜視図である。図２２Ｂは、図２２Ａに示される、光学システムの分解図である。

50

【図 2 3】図 2 3 A は、本発明の実施形態による、別の準共振駆動システムを伴う、別の光学システムの斜視図である。図 2 3 B は、図 2 3 A に示される、光学システムの分解図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

詳細な説明

本発明の実施形態による、準共振駆動システム 1 0 0 が、図 1 A に図示される。準共振駆動システム 1 0 0 は、アクチュエータシステム 1 0 2 および振動システム 1 0 4 を含むが、システム 1 0 0 は、他の種類および数のシステム、デバイス、および他の手法で接続される構成要素を含むことも可能である。本発明は、より効果的かつ効率的準共振駆動システムを提供する。

10

【 0 0 1 2 】

より具体的に図 1 A および図 1 B を参照すると、アクチュエータシステム 1 0 2 は、2 次元軌跡を生成し、一例にすぎないが光学レンズ等の可動負荷に摩擦連結し、少なくとも 2 つの対向する方向のいずれかに駆動するが、アクチュエータシステム 1 0 2 は、他の種類の軌跡を生成し、他の手法および他の場所に連結され、かつ他の方向に他の種類の負荷を移動させることも可能である。アクチュエータシステム 1 0 2 は、非対称の細長い構造 1 0 3 を含むが、アクチュエータシステム 1 0 2 は、他の形状および対称性を伴う、他の種類の構造を備えることも可能である。細長い構造 1 0 3 は、第 1 の共振周波数「f r e s 1」を有する曲げモードを伴う奥行 D と、第 2 の共振周波数「f r e s 2」を有する曲げモードを伴う高さ H とを有する。高さ H は、概して、第 2 の共振周波数「f r e s 2」が、第 1 の共振周波数「f r e s 1」より高くなるように、奥行 D を上回るが、該構造は、他の寸法を有することも可能である。一例にすぎないが、共振周波数に影響を及ぼす他の要因として、材料剛性、質量、ならびに内部電極の場所および配向が挙げられる。

20

【 0 0 1 3 】

図 2 A ~ 図 2 D を参照すると、細長い構造 1 0 3 は、ともに同時焼成される複数の並列圧電層を備えるが、細長い構造 1 0 3 は、単一層等の他の種類および数の層、他の種類および数の領域を備えることもでき、他の製造プロセスも使用可能である。細長い構造 1 0 3 のための圧電層はそれぞれ、約 1 4 マイクロメートル厚であるが、5 マイクロメートル ~ 4 0 マイクロメートルの厚さ等、層のそれぞれに対して、他の厚さを使用することも可能である。細長い構造 1 0 3 に対して複数の圧電層を使用することによって、細長い構造 1 0 3 のために単一圧電層が使用される際に使用され得るものよりも低い印加電圧が使用可能である。

30

【 0 0 1 4 】

再び、図 1 A を参照すると、細長い構造 1 0 3 は、4 つの圧電領域 1 0 6、1 0 8、1 1 0、および 1 1 2 と、電極 1 1 4 ( 1 ) および 1 1 4 ( 2 )、電極 1 1 6 ( 1 ) および 1 1 6 ( 2 )、電極 1 1 8 ( 1 ) および 1 1 8 ( 2 ) と、電極 1 2 0 ( 1 ) および 1 2 0 ( 2 ) を含むが、該構造は、他の数および種類の領域ならびにコネクタを伴う、他の数および種類の構造を備えることも可能である。一例にすぎないが、代替実施形態では、2 つの圧電領域 1 0 6 および 1 1 2 のうちの 1 つと、圧電領域 1 0 8 および 1 1 0 のうちの 1 つは、駆動振幅を低減させるがそれ以外はアクチュエータシステムの動作を変更しない不活性領域とすることが可能であるが、活性領域と不活性領域の他の組み合わせも使用可能である。

40

【 0 0 1 5 】

各圧電領域は、製造の際に分極することによって確立される極性を有し、正電極と負電極とをもたらす。圧電領域 1 0 6、1 0 8、1 1 0、および 1 1 2 は、領域 1 0 6 に対して、「L」型電極 1 1 4 ( 1 ) が負 ( A - ) であって、「L」型電極 1 1 4 ( 2 ) が正 ( A + ) であって、領域 1 1 2 に対して、「L」型電極 1 1 6 ( 2 ) が負 ( B - ) であって、「L」型電極 1 1 6 ( 1 ) が正 ( B + ) であって、領域 1 0 8 に対して、「L」型電極 1 1 8 ( 1 ) が負 ( C - ) であって、「L」型電極 1 1 8 ( 2 ) が正 ( C + ) であって、

50

領域 110 に対して、「L」型電極 120 (2) が負 (D-) であって、「L」型電極 120 (1) が正 (D+) であるように、製造の際に分極されるが、圧電領域は、他の様式でも形成可能である。細長い構造 103 では、圧電領域 108 および 110 は、図示されるように、相互に隣接し、外側圧電領域 106 と 112 との間に配置されるが、該構造は、他の構成において、他の数の圧電領域を有することも可能である。

#### 【0016】

図 1 A、図 1 B、および図 2 A を参照すると、電極 114 (1) は、圧電領域 106 に対する圧電層のそれぞれの内部電極の 1 つに接続されるように連結および交互配置され、電極 114 (2) は、領域 106 に対する圧電層のそれぞれの対向する内部電極に接続されるように交互配置され、分極プロセスによって、電極 114 (1) を負とし、電極 114 (2) を正とするように領域 106 の極性を確立するが、他の場所における他の種類および数の接続も使用可能である。図 1 A、図 1 B、および図 2 B を参照すると、電極 116 (1) は、圧電領域 112 に対する圧電層のそれぞれの内部電極の 1 つに接続されるように連結および交互配置され、電極 116 (2) は、領域 112 に対する圧電層のそれぞれの対向する内部電極に接続されるように交互配置され、分極プロセスによって、電極 116 (2) を負とし、電極 116 (1) を正とするように領域 112 の極性を確立するが、他の場所における他の種類および数の接続も使用可能である。図 1 A、図 1 B、および図 2 C を参照すると、電極 118 (1) は、圧電領域 108 に対する圧電層のそれぞれの内部電極の 1 つに接続されるように連結および交互配置され、電極 118 (2) は、領域 108 に対する圧電層のそれぞれの対向する内部電極に接続されるように交互配置され、分極プロセスによって、電極 118 (1) を負とし、電極 118 (2) を正とするように領域 108 の極性を確立するが、他の場所における他の種類および数の接続も可能である。図 1 A、図 1 B、および図 2 D を参照すると、電極 120 (1) は、圧電領域 110 に対する圧電層のそれぞれの内部電極の 1 つに接続されるように連結および交互配置され、電極 120 (2) は、領域 110 に対する圧電層のそれぞれの対向する内部電極に接続されるように交互配置され、分極プロセスによって、電極 120 (2) を負とし、電極 120 (1) を正とするように領域 110 の極性を確立するが、他の場所における他の種類および数の接続も可能である。

#### 【0017】

再び、図 1 A を参照すると、振動システム 104 は一対のフルブリッジ駆動回路 122 (1) および 122 (2) を備え、そのそれぞれが電圧源  $V_{dd}$  に連結され、かつ一例として図 3 に図示される超音波方形波振動信号を提供する 4 つの出力 124 (1) ~ 124 (4) を有するが、一例として正弦波形状信号等の他の種類の信号を提供する他の数の出力を伴う、一例にすぎないがハーフブリッジ回路システム等の他の種類および数の駆動回路およびシステムも使用可能である。フルブリッジ駆動回路 122 (1) からの出力 124 (1) は、電極 114 (1) および 116 (1) に連結され、フルブリッジ駆動回路 122 (1) からの出力 124 (2) は、電極 114 (2) および 116 (2) に連結され、フルブリッジ駆動回路 122 (2) からの出力 124 (3) は、電極 118 (1) および 120 (1) に連結され、フルブリッジ駆動回路 122 (2) からの出力 124 (4) は、電極 118 (2) および 120 (2) に連結されるが、他の種類および数の接続も使用可能である。フルブリッジ駆動回路 122 (1) および 122 (2) を伴う、振動システム 104 の利点の 1 つは、圧電領域 106、108、110、および 112 のそれぞれの正電極および負電極の間の実効電圧差が、供給電圧  $V_{dd}$  の 2 倍であって、同一の供給電圧  $V_{dd}$  を伴うハーフブリッジ回路と比較して、機械的出力を効果的に 2 倍にし、空間を節約するが、他の種類のシステムも使用可能である。フルブリッジ回路の構成要素および動作は、当業者に周知であるため、本明細書では、詳細に説明されない。

#### 【0018】

次に、図 1 A ~ 図 1 B を参照して、準共振駆動システム 100 の動作について説明する。上述のように、細長い構造 103 は、異なる共振周波数をそれぞれ有する、2 つの曲げモード、モード 1 およびモード 2 を有する。これらの曲げモードのいずれの振動振幅も

10

20

30

40

50

、印加される信号の振動周波数に依存する。振動システム 104 が、モード 1 の周波数「fres1」等の曲げモードの 1 つに対する共振周波数における振動信号を構造 103 の両曲げモードに印加すると、振動振幅は、その共振周波数で動作する曲げモードに対して完全に増幅され、部分的に共振動作する他方の曲げモードに対して部分的にのみ増幅される。振動システム 104 が、モード 2 の周波数等の曲げモードの他方に対する共振周波数「fres2」において、構造 103 の両曲げモードに信号を印加すると、振動振幅は、その共振周波数で動作する曲げモードに対して完全に増幅され、部分的に共振動作する他方の曲げモードに対して部分的にのみ増幅される。

#### 【0019】

次に、本明細書において準共振とも称される、部分的共振について、詳細に説明する。f における強制励起下の典型的機械的システムでは、正規化振幅 A は、以下となる。

$$A = \frac{Q_M}{\sqrt{z^2 + (z^2 - 1)^2 Q_M^2}}$$

式中、A は、振幅（DC レベル  $A_0$  と相関的）であり、

$$z = \frac{f}{f_0}$$

であり、式中、 $f_0$  は、本システムの共振周波数であって、f は、駆動周波数である。 $Q_M$  は、機械的品質係数である（ $Q_M$  は、100 以上であり得る）。0（DC）から共振周波数（ $f_0$ ）を優に超える周波数の典型的な振幅共振曲線は、DC 時の振幅は、1 に正規化される。共振（ $f = f_0$ ）時の振幅は、 $Q_M$  だけ増幅される。 $f \gg f_0$  時の振幅は、0 近くまで降下する。共振周波数時、A は、1（DC 時）から  $Q_M$  の範囲にできる。これらの実施形態では、部分的共振または準共振は、A が約 2 ~

$$\frac{Q_M}{2}$$

の範囲にある時に生じるが、A が 1 ~  $Q_M$  である場合等、本範囲外の他の範囲も使用され得る。

#### 【0020】

図 1 A および 3 を参照すると、フルブリッジ駆動回路 122（1）および 122（2）の出力 124（1）～124（4）からの 4 つの振動信号が図示されているが、他の数および種類の信号も使用可能である。本実施例では、 $V_{dd}$  は、2.8 ボルトである。本実施例では、4 つの振動信号は、出力 124（1）～124（4）から提供され、それぞれ、構造 103 の 2 つの曲げモードのうちの 1 つの共振周波数と実質的に同一の振動周波数を有する。さらに、出力 124（1）～124（2）からの振動信号は、2 方向のうちの 1 つに、可動部材を移動させるために、振動システム 104 によって、出力 124（3）～124（4）からの振動信号に対して、約 0 度と 90 度との間で位相シフトされるが、位相シフトの他の範囲も使用可能である。なお、振動システム 104 は、出力 124（1）～124（2）と出力 124（3）～124（4）との間において、可動部材を反対方向に移動させるために、約 -180 度と -90 度との間に位相シフトを調節するが、位相シフトの他の範囲も使用可能である。

#### 【0021】

図 3 および図 4 A ～図 4 C を参照すると、反対の極性の圧電領域 106 および 112 への異なる段階における出力 124（1）～124（2）からの振動信号の印加から生じる、曲げモードのうちの 1 つにおける構造 103 の運動が、図示される。図 4（A）は、構造 103 の静止（全電極への電圧がゼロ）時である。図 3 の段階 142 に示されるように、出力 124（1）と 124（2）との間の電圧差が正である時、領域 106 は、長さが増加し、領域 112 は、長さが減少し、図 4（b）に示されるように、構造 103 を屈曲させる。図 3 の段階 140 または 144 に示されるように、出力 124（1）と 124（2）との間の電圧差が負である時、領域 106 は、長さが減少し、領域 112 は、長さが増加し、図 4（c）に示されるように、構造 103 を屈曲させる。出力 124（1）から

10

20

30

40

50

の振動信号は、電極 1 1 4 ( 1 ) ( A - ) および 1 1 6 ( 1 ) ( B + ) に印加され、出力 1 2 4 ( 2 ) からの振動信号は、電極 1 1 4 ( 2 ) ( A + ) および 1 1 6 ( 2 ) ( B - ) に印加される。

【 0 0 2 2 】

図 3 および図 5 A ~ 図 5 C を参照すると、反対の極性の圧電領域 1 0 8 および 1 1 0 への異なる段階における出力 1 2 4 ( 3 ) ~ 1 2 4 ( 4 ) からの振動信号の印加から生じる、曲げモードの他方における構造 1 0 3 の運動が、図示される。図 5 ( A ) は、構造 1 0 3 の静止 ( 全電極への電圧がゼロ ) 時である。図 3 の段階 1 4 6 または 1 5 0 に示されるように、出力 1 2 4 ( 3 ) と 1 2 4 ( 4 ) との間の電圧差が正である時、領域 1 0 8 は、長さが減少し、領域 1 1 0 は、長さが増加し、図 5 ( b ) に示されるように、構造 1 0 3 を屈曲させる。図 3 の段階 1 4 8 に示されるように、出力 1 2 4 ( 3 ) と 1 2 4 ( 4 ) との間の電圧差が負である時、領域 1 0 8 は、長さが増加し、領域 1 1 0 は、長さが減少し、図 5 ( c ) に示されるように、構造 1 0 3 を屈曲させる。出力 1 2 4 ( 3 ) からの振動信号は、電極 1 1 8 ( 1 ) ( C - ) および 1 2 0 ( 1 ) ( D + ) に印加され、出力 1 2 4 ( 4 ) からの振動信号は、電極 1 1 8 ( 2 ) ( C + ) および 1 2 0 ( 2 ) ( D - ) に印加される。

【 0 0 2 3 】

故に、上述のように、図 3 に図示されるようなフルブリッジ駆動回路 1 2 2 ( 1 ) および 1 2 2 ( 2 ) の出力 1 2 4 ( 1 ) ~ 1 2 4 ( 4 ) からのアクチュエータシステム 1 0 2 への振動信号の印加は、アクチュエータシステム 1 0 2 に対して、楕円軌道の形状の 2 次元軌跡をもたらすが、アクチュエータシステム 1 0 2 は、他の直線的または成形軌跡が意図されることも可能である。上述のように、振動システム 1 0 4 は、アクチュエータシステム 1 0 2 が位相シフトの値に基づいて本楕円軌道経路において転動する方向を制御する。構造 1 0 3 の本曲げモードにおける準共振から生じる本楕円軌道のより狭小な部分は、アクチュエータシステム 1 0 2 がより小さくより精密なステップで可動要素を駆動させることを可能とする。

【 0 0 2 4 】

アクチュエータシステム 1 0 2 のための本楕円軌道経路は、図 6 に図示され、2 つの波節点 1 2 8 ( 1 ) および 1 2 8 ( 2 ) と、3 つの波腹点、すなわち中央波腹点 1 3 0 および終端波腹点 1 3 2 ( 1 ) および 1 3 2 ( 2 ) とを有する。本実施例では、構造 1 0 3 の中央波腹点 1 3 0 を使用して、可動要素に摩擦連結しかつ可動要素を少なくとも 2 つの方向のうちの 1 つに駆動するが、終端波腹点 1 3 2 ( 1 ) および 1 3 2 ( 2 ) 等の他の点も使用可能である。次に、一例にすぎないが、準共振駆動システム 1 0 0 を使用する、直線のおよび円形の運動システムの実施形態が、図 7 A ~ 図 1 0 B を参照して説明される。

【 0 0 2 5 】

より具体的に図 7 A ~ 図 7 B を参照すると、準共振駆動システム 1 0 0 を使用する、直線運動システム 1 5 2 が図示されるが、直線運動システムは、一例にすぎないが、駆動システム 2 0 0 および 3 0 0 等の他の種類の駆動システムも使用可能である。直線運動システム 1 5 2 は、図 6 を参照して説明されるように、中央波腹点において、構造 1 0 3 の中央接触パッド 1 5 4 を使用し、直線運動出力を生成する。構造 1 0 3 は、図 6 を参照して説明される波節点で、構造 1 0 3 の 2 つの接触点 1 5 8 ( 1 ) および 1 5 8 ( 2 ) において、ブラケット 1 5 6 によって糊で固着されるが、糊等の他の種類の接着剤または他の固着システムも使用可能である。予荷重力 1 6 0 は、バネ式機構 1 6 2 を通して、ブラケット 1 5 6 に印加されるが、他の種類の付勢システムも使用可能である。接触パッド 1 5 4 は、構造 1 0 3 の中央点にあって、方向 1 6 6 にリニア軸受 1 6 8 上を自由に移動する、スライダ 1 6 4 ( 1 ) に対して予荷重される。構造 1 0 3 が、共振または準共振モードで動作時、構造 1 0 3 は、円形または細長い楕円形状等の 2 次元軌跡を有し、方向 1 6 6 に沿ってスライダ 1 6 4 ( 1 ) を押動させる、正味摩擦力をもたらす。

【 0 0 2 6 】

スライダ 1 6 4 ( 1 ) は、リニア軸受 1 6 8 によって、方向 1 6 6 にのみ自由に移動す

10

20

30

40

50

るように制限されるが、他の構成も使用可能である。一例にすぎないが、リニア軸受 168 は、スライダ 164 (1) を方向 166 に自由に、かつ方向 166 にゼロではない最小の力で移動させる一方、依然として、スライダ 164 (1) の他の自由度を制約する、たわみガイドシステムと置換可能である。

#### 【0027】

図 8A ~ 図 8B を参照すると、準共振駆動システム 100 を使用する、別の直線運動システム 170 が図示されるが、直線運動システムは、一例にすぎないが、駆動システム 200 および 300 等の他の種類の駆動システムも使用可能である。直線運動システム 152 におけるものと類似する、直線運動システム 170 における要素は、同様の参照番号を有し、ここでは再度説明されない。直線運動システム 170 は、本明細書に説明および図示されるものを除き、直線運動システム 152 と同一の構造および動作である。直線運動システム 170 は、図 6 を参照して説明されるように、終端波腹点において、構造 103 の終端接触パッド 172 (1) および 172 (2) を使用し、直線運動出力を生成する。接触パッド 172 (1) および 172 (2) は、構造 103 の終端点にあって、リニア軸受 168 上を方向 166 に自由に移動する、別のスライダ 164 (2) に対して予荷重される。構造 103 が、共振または準共振モードで動作すると、構造 103 は、円形または細長い楕円形状等の 2 次元軌跡を有し、方向 166 に沿ってスライダ 164 (2) を押動させる正味摩擦力をもたらす。2 つの接触パッド 172 (1) および 172 (2) は、常に、構造 103 の対称性のため、同相で作用するであろう。

#### 【0028】

スライダ 164 (2) は、リニア軸受 168 によって、方向 166 にのみ自由に移動するように制限されるが、他の構成も使用可能である。一例にすぎないが、リニア軸受 168 は、方向 166 に自由に、かつ方向 166 にゼロではない最小の力で移動させる一方、依然として、スライダ 164 (2) の他の自由度を制約する、たわみガイドシステムと置換可能である。

#### 【0029】

図 9A ~ 図 9B を参照すると、準共振駆動システム 100 を使用する、円形運動システム 172 が図示されるが、円形運動システムは、他の種類の駆動システムも使用可能である。直線運動システム 152 におけるものに類似する、円形運動システム 172 における要素は、同様の参照番号を有し、ここでは再度説明されない。接触パッド 154 は、構造 103 の中央点にあって、回転軸受 178 (1) および対向する端部にある 178 (2) 上に回転可能に着座する、シャフト 177 上の回転ホイール 176 (1) に対して予荷重される。構造 103 が、共振または準共振モードで動作すると、構造 103 は、円形または細長い楕円形状等の 2 次元軌跡を有し、方向 182 に沿って、ホイール 176 (1) を押動し、シャフト 177 を中心に回転させる、正味摩擦力をもたらす。

#### 【0030】

図 10A ~ 図 10B を参照すると、準共振駆動システム 100 を使用する、円形運動システム 184 が図示されるが、円形運動システムは、他の種類の駆動システムも使用され得る。円形運動システム 172 のものに類似する、円形運動システム 184 における要素は、同様の参照番号を有し、ここでは再度説明されない。接触パッド 172 (1) および 172 (2) は、構造 103 の終端点にあって、対向する端部にある回転軸受 178 (1) および 178 (2) 上に回転可能に着座する、シャフト 177 上の回転ホイール 176 (2) に対して予荷重される。構造 103 が、共振または準共振モードで動作すると、構造 103 は、円形または細長い楕円形状等の 2 次元軌跡を有し、方向 182 に沿って、ホイール 176 (2) を押動し、シャフト 177 を中心に回転させる、正味摩擦力をもたらす。

#### 【0031】

図 11A ~ 図 11B を参照すると、これらのグラフは、駆動周波数 (その共振周波数によって正規化される) の関数として、モード 2 の例示的な共振変位振幅および変位位相曲線を図示する。本実施例では、モード 2 の共振周波数 196 は、117 KHz であって、

機械的品質係数  $Q_{m2}$  は、50 である。なお、本実施例では、アクチュエータシステム 102 は、105 KHz (モード 1 共振周波数) で駆動され、相対周波数は、点 197 における、 $105 / 117 = \sim 0.9$  である。さらに、点 197 における振幅 192 は、点 194 における DC レベルまたは超低周波数における振幅の約 5 倍である。モード 2 の振幅 192 (意図される運動を実際に駆動する振動) は、多少増幅される。対照的に、モード 1 の振幅は、その共振周波数で動作するため、完全に増幅される。

#### 【0032】

準共振駆動システム 100 の場合、比較的の高い機械的品質係数  $Q_{m2}$  のため、モード 2 の変位と電圧信号との間の位相シフト 193 は、 $0^\circ$  に近くなる (DC レベル 195 における位相に近い)。さらに、その共振周波数で動作するため、モード 1 の変位と電圧信号との間に  $-90^\circ$  の機械的位相シフト 191 が存在する。したがって、モード 1 およびモード 2 の電気駆動信号のための位相差は、図 6 に図示されるような順方向または逆方向運動のための最適化楕円軌道を達成するためには、約 0 または  $180^\circ$  である。本明細書に図示および説明されるように、準共振駆動システム 100 の動作時、兩位相の品質係数および共振周波数は、最適化位相差に効果を有するため、モード 1 とモード 2 との間の電圧位相差角度は、典型的には、最適性能のために、0 または  $180^\circ$  から若干偏移されるように調節される。

#### 【0033】

準共振駆動システム 100 を使用する、いくつかの利点がある。例えば、準共振駆動システム 100 は、従来技術の超音波モータシステムの非一貫性運動を克服する。モード 1 運動が、本発明において、 $Q_{m1}$  によって完全に増幅されると、アクチュエータシステム 102 は、十分な垂直力差および十分な押動力を生成し、接触表面の非均一性、システムコンプライアンス、および駆動方向における運動に影響を及ぼし得る他の障害を克服する。モード 2 運動は、 $Q_{m2}$  (例えば、50 ~ 100) よりも低い増幅を有する (例えば、数回)。本実施例では、位相 2 運動は、作動方向に沿っており、20 nm の DC 運動の約 5 倍の 100 nm のステップをもたらす。105 KHz 動作の場合、理論的速度は、約  $10 \text{ mm/s}$  であるが、実際の速度は、摩擦損失によって、1 秒当たり数ミリメートルとなる。準共振駆動システム 100 は、より低速度かつ高精度要件を有するオートズームおよびオートフォーカス用途にも使用可能である。

#### 【0034】

加えて、準共振駆動システム 100 は、モード 2 において、例えば、製造上の公差および環境変化による、共振周波数のずれの影響を受けにくい。先行技術のシステムの場合、モード 1 およびモード 2 の共振周波数の整合は、モータ性能に対して重要な意味を持つ。両モードが高  $Q_m$  を有する場合、その共振周波数における若干の不整合は、モータ押動力および速度に有意な損失をもたらし得る。対照的に、準共振駆動システム 100 が、モード 1 の共振周波数とモード 2 の準共振で動作する場合、モード 2 の振動振幅および位相は、劇的に変化しない。結果として生じるモータ性能 (すなわち、速度および押動力) は、より安定し、製造上の公差および環境変化に反応しない。その結果、準共振駆動システム 100 は、モード 2 からの共振周波数のずれの影響を受けにくい。

#### 【0035】

図 12A ~ 図 16C を参照すると、本発明の他の実施形態による、準共振駆動システム 200 が図示される。準共振駆動システム 200 は、本明細書に説明および図示されるものを除き、準共振駆動システム 100 と同一構造および動作を有する。準共振駆動システム 100 におけるものと類似する、準共振駆動システム 200 における要素は、同様の参照番号を有し、ここでは再度説明されない。

#### 【0036】

より具体的に図 12A および図 12B を参照すると、アクチュエータシステム 202 は、2 次元軌跡を生成し、一例にすぎないが光学レンズ等の可動負荷に摩擦連結し、光学レンズ等の可動負荷を、少なくとも 2 つの対向する方向のいずれかに駆動するが、アクチュエータシステム 202 は他の種類の軌跡を生成し、他の手法により他の場所で連結され、

10

20

30

40

50

ならび他の方向に他の種類の負荷を移動させることもあり得る。アクチュエータシステム 202 は、非対称な細長い構造 203 を含むが、アクチュエータシステム 202 は、他の形状および対称性を伴う、他の種類の構造を備えることも可能である。細長い構造 203 は、第 1 の共振周波数「f r e s 1」を有する曲げモードを伴う奥行 D と、第 2 の共振周波数「f r e s 2」を有する曲げモードを伴う高さ H とを有する。高さ H は、概して、第 2 の共振周波数「f r e s 2」が第 1 の共振周波数「f r e s 1」より高くなるように、奥行 D を上回る。共振周波数に影響を及ぼす他の要因として、材料剛性、質量、ならびに内部電極の場所および配向が挙げられる。

#### 【0037】

図 13A ~ 図 13D を参照すると、細長い構造 203 は、ともに同時焼成される複数の並列圧電層を備えるが、細長い構造 203 は、単一層等の他の種類および数の層、他の種類および数の領域を備えることもでき、他の製造プロセスも使用可能である。細長い構造 203 の圧電層のそれぞれは、約 14 マイクロメートル厚であるが、5 マイクロメートル ~ 40 マイクロメートルの厚さ等、層のそれぞれに対して、他の厚さも使用可能である。細長い構造 203 に対して複数の圧電層を使用することによって、細長い構造 103 のために単一圧電層が使用される際に可能となる場合よりも低い印加電圧が使用可能である。

#### 【0038】

再び、図 12A を参照すると、細長い構造 203 は、4 つの圧電領域 206、208、210、および 212 と、電極 214 (1) および 214 (2) と、電極 216 (1) および 216 (2) と、電極 218 (1) および 218 (2) と、電極 220 (1) および 220 (2) とを含むが、該構造は、他の数および種類の領域ならびにコネクタを伴う、他の数および種類の構造を備えることも可能である。一例にすぎないが、代替実施形態では、2 つの圧電領域 206 および 212 のうちの 1 つと、圧電領域 208 および 210 のうちの 1 つは、駆動振幅を低減させるがそれ以外はアクチュエータシステムの動作を変更しない不活性領域とすることが可能であるが、活性領域と不活性領域の他の組み合わせも使用可能である。

#### 【0039】

圧電領域 206、208、210、および 212 は、製造の際、特定の正および負の電極を有するように分極されるが、圧電領域は、他の手法でも形成可能である。より具体的には、圧電領域 206、208、210、および 212 は、製造の際、「L」型電極が、以下の極性を有するように分極される。圧電領域 206 に対して、電極 214 (1) が負 (A-) であって、電極 214 (2) が正 (A+) であって、圧電領域 212 に対して、電極 216 (1) が正 (B+) であって、電極 216 (2) が負 (B-) であって、圧電領域 208 に対して、電極 218 (1) が負 (C-) であって、電極 218 (2) が正 (C+) であって、圧電領域 210 に対して、電極 220 (1) が正 (D+) であって、電極 220 (2) が負 (D-) である。細長い構造 203 では、圧電領域 206 および 212 は、図示されるように、相互に隣接して、外側圧電領域 208 と 210 との間に配置されるが、該構造は、他の構成において、他の数の圧電領域を有することも可能である。

#### 【0040】

図 12A、12B、および 13A を参照すると、電極 214 (1) は、圧電領域 206 に対する圧電層のそれぞれの内部電極の 1 つに接続されるように連結および交互配置され、電極 214 (2) は、領域 206 に対する圧電層のそれぞれの対向する内部電極に接続されるように交互配置されるが、他の場所における他の種類および数の接続も可能である。図 12A、図 12B、および図 13B を参照すると、電極 216 (1) は、圧電領域 212 に対する圧電層のそれぞれの内部電極の 1 つに接続されるように連結および交互配置され、電極 216 (2) は、圧電領域 212 に対する圧電層のそれぞれの対向する内部電極に接続されるように交互配置されるが、他の場所における他の種類および数の接続も可能である。図 12A、図 12B、および図 13C を参照すると、電極 218 (1) は、圧電領域 208 に対する圧電層のそれぞれの内部電極の 1 つに接続されるように連結および交互配置され、電極 218 (2) は、圧電領域 208 に対する圧電層のそれぞれの対向す



る内部電極に接続されるように交互配置されるが、他の場所における他の種類および数の接続も可能である。図 1 2 A、図 1 2 B、および図 1 3 D を参照すると、電極 2 2 0 ( 1 ) は、圧電領域 2 1 0 に対する圧電層のそれぞれの内部電極の 1 つに接続されるように連結および交互配置され、電極 2 2 0 ( 2 ) は、圧電領域 2 2 0 に対する圧電層のそれぞれの対向する内部電極に接続されるように交互配置されるが、他の場所における他の種類および数の接続も可能である。

#### 【 0 0 4 1 】

再び、図 1 2 A を参照すると、振動システム 2 0 4 は、それぞれ、電圧源  $V_{dd}$  に連結され、一例として図 1 4 に図示される超音波方形波振動信号を提供する 4 つの出力 2 2 4 ( 1 ) ~ 2 2 4 ( 4 ) を有する一対のフルブリッジ駆動回路 2 2 2 ( 1 ) および 2 2 2 ( 2 ) を備えるが、一例として正弦波形状信号等の他の種類の信号を提供する他の数の出力を伴う、一例にすぎないがハーフブリッジ回路システム等の他の種類および数の駆動回路およびシステムも使用可能である。フルブリッジ駆動回路 2 2 2 ( 1 ) からの出力 2 2 4 ( 1 ) は、電極 2 1 4 ( 1 ) および 2 1 6 ( 1 ) に連結され、フルブリッジ駆動回路 2 2 2 ( 1 ) からの出力 2 2 4 ( 2 ) は、電極 2 1 4 ( 2 ) および 2 1 6 ( 2 ) に連結され、フルブリッジ駆動回路 2 2 2 ( 2 ) からの出力 2 2 4 ( 3 ) は、電極 2 1 8 ( 1 ) および 2 2 0 ( 1 ) に連結され、フルブリッジ駆動回路 2 2 2 ( 2 ) からの出力 2 2 4 ( 4 ) は、電極 2 1 8 ( 2 ) および 2 2 0 ( 2 ) に連結されるが、他の種類および数の接続も使用され得る。フルブリッジ駆動回路 2 2 2 ( 1 ) および 2 2 2 ( 2 ) を伴う、振動システム 2 0 4 の利点の 1 つは、圧電領域 2 0 6、2 0 8、2 1 0、および 2 1 2 のそれぞれの対向する電極および負電極にわたる実効電圧差が、供給電圧  $V_{dd}$  の 2 倍であって、同一供給電圧  $V_{dd}$  を伴うハーフブリッジ回路と比較して、機械的出力を効果的に 2 倍にし、空間を節約することであるが、他の種類のシステムも使用され得る。フルブリッジ回路の構成要素および動作は、当業者に周知であるため、本明細書では、詳細に説明されない。

#### 【 0 0 4 2 】

次に、図 6 ~ 図 1 6 C を参照して、準共振駆動システム 2 0 0 の動作について説明する。細長い構造 2 0 3 は、異なる共振周波数をそれぞれ有する、2 つの曲げモード、モード 1 およびモード 2 を有する。これらの曲げモードのいずれの振幅も、印加される信号の振動周波数に依存する。振動システム 2 0 4 が、モード 1 の周波数「 $f_{res1}$ 」等の曲げモードの一方に対する共振周波数において、構造 2 0 3 の両曲げモードに振動信号を印加すると、振動振幅は、その共振周波数で動作する曲げモードに対して完全に増幅され、部分的に共振動作する他方の曲げモードに対して部分的にのみ増幅される。振動システム 2 0 4 が、モード 2 の周波数等の曲げモードの他方に対する共振周波数「 $f_{res2}$ 」において、構造 2 0 3 の両曲げモードに信号を印加すると、振動振幅は、その共振周波数で動作する曲げモードに対して完全に増幅され、部分的に共振動作する他方の曲げモードに対して部分的にのみ増幅される。

#### 【 0 0 4 3 】

一例にすぎないが、フルブリッジ駆動回路 2 2 2 ( 1 ) および 2 2 2 ( 2 ) の出力 2 2 4 ( 1 ) ~ 2 2 4 ( 4 ) からの 4 つの振動信号が、図 1 4 に図示される。本実施例では、 $V_{dd}$  は、2 . 8 ボルトである。本実施例では、 $V_{dd}$  は、2 . 8 ボルトである。本実施例では、4 つの振動信号は、出力 2 2 4 ( 1 ) ~ 2 2 4 ( 4 ) から提供され、それぞれ、構造 2 0 3 の 2 つの曲げモードのうちの 1 つの共振周波数と実質的に同一の振動周波数を有する。さらに、出力 2 2 4 ( 1 ) ~ 2 2 4 ( 2 ) からの振動信号は、2 方向のうちの 1 つに可動部材を移動させるために、振動システム 2 0 4 によって、出力 2 2 4 ( 3 ) ~ 2 2 4 ( 4 ) からの振動信号に対して、約 0 度と 9 0 度との間で位相シフトされるが、位相シフトの他の範囲も使用可能である。さらに、振動システム 2 0 4 は、出力 2 2 4 ( 1 ) - 2 2 4 ( 2 ) と出力 2 2 4 ( 3 ) - 2 2 4 ( 4 ) との間において、可動部材を反対方向に移動させるために、約 - 1 8 0 度と - 9 0 度との間に位相シフトの方向を調節するが、位相シフトの他の範囲も使用可能である。

#### 【 0 0 4 4 】

図 1 4 および図 1 5 A ~ 図 1 5 C を参照すると、反対の極性の圧電領域 2 0 6 および 2 2 への異なる段階時の出力 2 2 4 ( 1 ) ~ 2 2 4 ( 2 ) からの振動信号の印加から生じる、曲げモードのうちの 1 つにおける構造 2 0 3 の運動が、図示される。図 1 5 ( A ) は、構造 2 0 3 の静止 ( 全電極への電圧がゼロ ) 時である。出力 2 2 4 ( 1 ) と 2 2 4 ( 2 ) との間の電圧差が正である時、図 1 4 の段階 2 4 2 に示されるように、領域 2 0 6 は、長さが増加し、領域 2 1 2 は、長さが減少し、図 1 5 ( b ) に示されるように、構造 2 0 3 を屈曲させる。出力 2 2 4 ( 1 ) と 2 2 4 ( 2 ) との間の電圧差が負である時、図 1 4 の段階 2 4 0 または 2 4 4 に示されるように、領域 2 0 6 は、長さが減少し、領域 2 1 2 は、長さが増加し、図 1 5 ( c ) に示されるように、構造 2 0 3 を屈曲させる。出力 2 2 4 ( 1 ) からの振動信号は、電極 2 1 4 ( 1 ) ( A - ) および 2 1 6 ( 1 ) ( B + ) に印加され、出力 2 2 4 ( 2 ) からの振動信号は、電極 2 1 4 ( 2 ) ( A + ) および 2 1 6 ( 2 ) ( B - ) に印加される。

10

#### 【 0 0 4 5 】

図 1 4 および図 1 6 A ~ 図 1 6 C を参照すると、反対の極性圧電領域 2 0 8 および 2 1 0 への異なる段階時の出力 2 2 4 ( 3 ) ~ 2 2 4 ( 4 ) からの振動信号の印加から生じる、曲げモードの他方における構造 2 0 3 の運動が、図示される。図 1 6 ( A ) は、構造 2 0 3 の静止 ( 全電極への電圧がゼロ ) 時である。出力 2 2 4 ( 3 ) と 2 2 4 ( 4 ) との間の電圧差が正である時、図 1 4 の段階 2 4 6 または 2 5 0 に示されるように、領域 2 0 8 は、長さが増加し、領域 2 1 0 は、長さが減少し、図 1 6 ( c ) に示されるように、構造 2 0 3 を屈曲させる。出力 2 2 4 ( 3 ) と 2 2 4 ( 4 ) との間の電圧差が負である時、図 1 4 の段階 2 4 8 に示されるように、領域 2 0 8 は、長さが減少し、領域 2 1 0 は、長さが増加し、図 1 6 ( b ) に示されるように、構造 2 0 3 を屈曲させる。出力 2 2 4 ( 3 ) からの振動信号は、電極 2 1 8 ( 1 ) ( C - ) および 2 2 0 ( 1 ) ( D + ) に印加され、出力 2 2 4 ( 4 ) からの振動信号は、電極 2 1 8 ( 2 ) ( C + ) および 2 2 0 ( 2 ) ( D - ) に印加される。

20

#### 【 0 0 4 6 】

故に、上述のように、図 1 4 に図示されるようなフルブリッジ駆動回路 2 2 2 ( 1 ) および 2 2 2 ( 2 ) の出力 2 2 4 ( 1 ) ~ 2 2 4 ( 4 ) からのアクチュエータシステム 2 0 2 への振動信号の印加は、アクチュエータシステム 2 0 2 に対して、楕円軌道の形状の 2 次元軌跡をもたすが、アクチュエータシステム 2 0 2 は、他の直線的または成形軌跡が意図されることも可能である。上述のように、振動システム 2 0 4 は、アクチュエータシステム 2 0 2 が位相シフトの値に基づいて本楕円軌道経路において転動する方向を制御する。構造 2 0 3 の本曲げモードにおける準共振から生じる本楕円軌道のより狭小な部分は、アクチュエータシステム 2 0 2 が極めてより小さくより精密なステップで可動要素を駆動させることを可能とする。

30

#### 【 0 0 4 7 】

アクチュエータシステム 2 0 2 のための本楕円軌道経路は、アクチュエータシステム 1 0 2 について図 6 に図示され、かつ 2 つの波節点 1 2 8 ( 1 ) および 1 2 8 ( 2 ) と、 3 つの波腹点、すなわち中央波腹点 1 3 0 および終端波腹点 1 3 2 ( 1 ) および 1 3 2 ( 2 ) とを有するものと同様である。本実施例では、同様に、構造 2 0 3 の中央波腹点 1 3 0 を、可動要素に摩擦連結しかつ可動要素を少なくとも 2 つの方向のうちの 1 つに駆動するために使用するが、終端波腹点 1 3 2 ( 1 ) および 1 3 2 ( 2 ) 等の他の点も使用される。さらに、図 8 A ~ 図 1 1 B を参照して説明される、準共振駆動システム 1 0 0 を使用する、直線的および円形の運動システムの実施形態は、準共振駆動システム 2 0 0 と同一であるため、ここでは再び説明されない。

40

#### 【 0 0 4 8 】

図 1 7 A ~ 図 2 1 B を参照すると、本発明の他の実施形態による、準共振駆動システム 3 0 0 が図示される。準共振駆動システム 3 0 0 は、本明細書に説明および図示されるものを除き、準共振駆動システム 1 0 0 と同一の構造および動作である。準共振駆動システム 1 0 0 のものに類似する、準共振駆動システム 3 0 0 における要素は、同様の参照番号

50

を有し、ここでは再度説明されない。

【0049】

より具体的に図17Aおよび図17Bを参照すると、アクチュエータシステム302は、2次元軌跡を生成し、一例にすぎないが光学レンズ等の可動負荷に摩擦連結し、光学レンズ等の可動負荷を少なくとも2つの対向する方向のいずれかに駆動するが、アクチュエータシステム302は、他の種類の軌跡を生成し、他の手法でおよび他の場所で連結され、ならびに他の方向に他の種類の負荷を移動させることも可能である。一例にすぎないが、アクチュエータシステム302は、図20A~20Bに図示される楕円軌跡と、図21A~21Bに図示される直線的軌跡を生成可能である。アクチュエータシステム302は、非対称の細長い構造303を含むが、アクチュエータシステム302は、他の形状および対称性を伴う、他の種類の構造を備えることも可能である。細長い構造303は、第1の共振周波数「fres1」を有する曲げモードを伴う奥行Dと、第2の共振周波数「fres2」を有する曲げモードを伴う高さHとを有する。高さHは、概して、第2の共振周波数「fres2」が第1の共振周波数「fres1」より高くなるように、奥行Dを上回る。共振周波数に影響を及ぼす他の要因として、材料剛性、質量、ならびに内部電極の場所および配向が挙げられる。

10

【0050】

図18A~図18Dを参照すると、細長い構造303は、電極を伴わない不活性層332とともに同時焼成される複数の並列圧電層を備えるが、細長い構造303は、他の種類および数の層、他の種類および数の領域を備えることもでき、他の製造プロセスも使用可能である。細長い構造303の圧電層のそれぞれは、約14マイクロメートル厚であるが、5マイクロメートル~40マイクロメートルの厚さ等、層のそれぞれに対して、他の厚さも使用可能である。細長い構造303に対して複数の圧電層を使用することによって、単一圧電層が使用される際に可能となる場合よりも低い印加電圧が使用可能である。

20

【0051】

再び、図17Aを参照すると、細長い構造103は、2つの圧電領域306および312と、不活性層332と、電極314(1)および314(2)と、電極316(1)および316(2)とを含むが、該構造は、他の数および種類の領域ならびにコネクタを伴う、他の数および種類の構造を備えることも可能である。

【0052】

圧電領域306および312は、製造の際、極性を有しかつ特定の正および負の「L」型電極を有するように分極されるが、圧電領域は、他の手法でも形成可能である。より具体的には、製造の際、圧電領域306は、電極314(1)が負(A-)を、電極314(2)が正(A+)を有するように分極される。さらに、圧電領域312は、電極316(1)が正(B+)を、電極316(2)が負(B-)を有するように分極される。細長い構造103では、圧電領域306および312は、相互に隣接して配置され、両方とも、隣接する不活性層332であるが、該構造は、他の構成を有することも可能である。

30

【0053】

図17A、図17B、および図18Aを参照すると、電極314(1)は、圧電領域306に対する圧電層のそれぞれの内部電極の1つに接続されるように連結および交互配置され、電極314(2)は、圧電領域306のための圧電層のそれぞれの対向する内部電極に接続されるように交互配置されるが、他の場所における他の種類および数の接続も可能である。図17A、図17B、および図18Bを参照すると、電極316(1)は、圧電領域312のための圧電層のそれぞれの内部電極の1つに接続されるように連結および交互配置され、電極316(2)は、圧電領域312のための圧電層のそれぞれの対向する内部電極に接続されるように交互配置されるが、他の場所における他の種類および数の接続も使用可能である。

40

【0054】

再び、図17Aを参照すると、振動システム304は、フルブリッジ駆動回路322と、一对のスイッチ330(1)および330(2)とを備えるが、振動システム304は

50

、他の数および種類のシステム、デバイス、および構成要素を備えることもあり得る。フルブリッジ駆動回路 322 は、電圧源  $V_d$  に連結され、スイッチ 330 (1) に連結される出力 324 (1) と、スイッチ 330 (2) に連結される出力 324 (2) とを有する。スイッチ 330 (1) および 330 (2) の移動は、同様に、構造における 2 つの直交モード振動の位相シフトも制御する、制御システム 331 によって制御されるが、他の種類の制御システムも使用され得る。フルブリッジ駆動回路 322 は、一例として図 19 に図示される超音波方形波振動信号を提供するが、一例として正弦波形状信号等の他の種類の信号を提供する他の数の出力を伴う、一例にすぎないがハーフブリッジ回路システム等の他の種類および数の駆動回路およびシステムも使用可能である。本実施例では、 $V_d$  は、2.8 ボルトである。フルブリッジ駆動回路 322 からの出力 324 (1) は、スイッチ 330 (1) の位置に応じて、電極 314 (1) または電極 316 (1) のいずれかに連結され、フルブリッジ駆動回路 322 からの出力 324 (2) は、スイッチ 330 (1) の位置に応じて、電極 314 (2) または電極 316 (2) のいずれかに連結されるが、他の種類および数の接続も使用され得る。スイッチ 330 (1) が、出力 324 (1) の振動信号を電極 314 (1) につなぐと、スイッチ 330 (2) は、出力 324 (2) の振動信号を電極 314 (2) につなぐ。さらに、スイッチ 330 (1) が、出力 324 (1) の振動信号を電極 316 (1) につなぐと、スイッチ 330 (2) は、出力 324 (2) の振動信号を電極 316 (2) につなぐが、他の切替パターンも使用可能である。フルブリッジ回路の構成要素および動作は、当業者に周知であるため、本明細書では、詳細に説明されない。スイッチ 330 (1) および 330 (2) は、2 つの接続状態のみ使用されるようにリンクされ（すなわち、双投二重位置スイッチにまとめられる）、一方の状態では、出力 324 (1) は、電極 314 (1) に接続され、出力 324 (2) は、電極 314 (2) に接続され、他方の状態では、出力 324 (1) は、電極 316 (1) に接続され、出力 324 (2) は、電極 316 (2) に接続される。これらの 2 つの状態の目的は、2 つの直交振動の位相および可動部材の方向を変化させることである。

#### 【0055】

次に、図 17A ~ 図 21B を参照して、準共振駆動システム 300 の動作について説明する。細長い構造 303 は、異なる共振周波数をそれぞれ有する、2 つの曲げモード、モード 1 およびモード 2 も有する。これらの曲げモードのいずれの振動振幅も、印加される信号の振動周波数に依存する。本実施形態では、振動システム 304 が、構造 303 の曲げモードのための振動周波数である、振動信号を印加するが、他の周波数も使用可能である。スイッチ 330 (1) が、出力 324 (1) の振動信号を電極 314 (1) に印加し、スイッチ 330 (2) が、出力 324 (2) の振動信号を電極 314 (2) に印加し、電極 316 (1) および 316 (2) に信号が印加されないと、該構造は、図 20A に図示されるように、楕円軌跡で駆動される。スイッチ 330 (1) が、出力 324 (1) の振動信号を電極 316 (1) に印加し、スイッチ 330 (2) が、出力 324 (2) の振動信号を電極 316 (2) に印加し、電極 314 (1) および 314 (2) に信号が印加されないと、該構造は、図 20B に図示されるように、別の楕円軌跡で駆動される。本実施形態では、1 つの圧電領域のみ励起され、構造 303 を両曲げモード 1 およびモード 2 で同時に屈曲させる。モード 1 とモード 2 との間の位相シフトは、構造 303 の物理的特性によって、実質的に固定される。位相シフトを変化させ、したがって、方向を変化させるために、異なる圧電領域が駆動されなければならない、これは、スイッチ 330 (1) および 330 (2) によって遂行される。

#### 【0056】

代替実施形態では、曲げモードのそれぞれにおける共振周波数が実質的に同一であるように、構造 303 を、実質的に対称形状を有すると仮定する。スイッチ 330 (1) が、出力 324 (1) の振動信号を電極 314 (1) に印加し、スイッチ 330 (2) が、出力 324 (2) の振動信号を電極 314 (2) に印加し、電極 316 (1) および 316 (2) に信号が印加されないと、該構造は、図 21A に図示されるように、直線的軌跡で駆動される。スイッチ 330 (1) が、出力 324 (1) の振動信号を電極 316 (1) に

10

20

30

40

50

に印加し、スイッチ 330 (2) が、出力 324 (2) の振動信号を電極 316 (2) に印加し、電極 314 (1) および 314 (2) に信号が印加されないと、該構造は、図 2 1 B に図示されるように、別の直線的軌跡で駆動される。本実施形態では、1つの圧電領域のみ励起され、構造 303 を両曲げモード 1 およびモード 2 に同時に屈曲させる。モード 1 とモード 2 との間の位相シフトは、構造 303 の物理的特性によって、実質的に固定される。位相シフトを変化させ、したがって、方向を変化させるために、異なる圧電領域が駆動されなければならない、これは、スイッチ 330 (1) および 330 (2) によって遂行される。

#### 【0057】

アクチュエータシステム 302 のための楕円軌道経路は、アクチュエータシステム 102 について図 6 に図示されかつ 2 つの波節点 128 (1) および 128 (2) と、3 つの波腹点：中央波腹点 130 および終端波腹点 132 (1) および 132 (2) とを有するものと同様である。本実施例では、同様に、構造 303 の中央波腹点 130 を、可動要素に摩擦連結しかつ可動要素を少なくとも 2 つの方向のうちの 1 つに駆動するために使用するが、終端波腹点 132 (1) および 132 (2) 等の他の点も使用され得る。さらに、図 8 A ~ 図 11 B を参照して説明される、準共振駆動システム 100 を使用する、直線のおよび円形の運動システムの実施形態は、準共振駆動システム 300 と同一であるため、再度説明されない。

#### 【0058】

図 22 A および図 22 B を参照すると、焦点レンズ 410 を制御および駆動させるためのオートフォーカスシステム 400 が使用される。オートフォーカスシステム 400 は、本明細書に図示および説明される、アクチュエータシステム 102 ならびに振動システム 104 を伴う、準共振駆動システム 100 と、接触および摩擦パッド 402 と、対向するパッド 407 および 408 と、溝 409 と、焦点レンズ 410 と、孔 411 と、ワイヤバネ 415 と、ベース 420 と、支持点 421 と、開口切り欠き 425 とを含むが、システム 400 は、他の種類および数のシステム、デバイス、構成要素、および他の構成による要素を備えることもあり得る。アクチュエータシステム 102 は、その 2 つの波節点 128 (1) および 128 (2) (図 6 参照) が、ベース 420 上の支持点 421 にくるように接合されるが、アクチュエータシステム 102 は、他の手法でも固着可能である。

#### 【0059】

3 つの半球接触 / 摩擦パッド 402 は、アクチュエータシステム 102 の端部に結合される。接触および摩擦パッドと整合する 2 つの対向するパッド 407 および 408 は、焦点レンズ 410 に取り着けられる。パッド 407 および 408 は、アクチュエータシステム 102 が、振動システム 104 によって起動されると、レンズ 410 に直線ガイドを提供する。パッド 408 は、2 つの接触 / 摩擦パッド 402 と対向する「V」溝 409 を有し、パッド 407 は、1 つの接触および摩擦パッド 402 と対向する平坦表面を有する。接触パッド 402 ならびに対向するパッド 407 および 408 は、一例にすぎないが、ジルコニアまたはアルミナ等のセラミック材料から作製されてもよい。さらに、パッド 402、407、408 の形状およびサイズは、小半球として示されるが、パッド 402、407、408 が、任意のサイズまたは形状であってもよいことが理解されるであろう。

#### 【0060】

焦点レンズ 410 は、焦点レンズ 410 上の小孔 411 において、ワイヤバネ 415 によって、x 方向に予荷重されるが、焦点レンズは、他の手法でも荷重可能である。ワイヤバネ 415 は、ベース 420 上の開口切り欠き 425 (切り欠き図として示される) に固定される。ワイヤバネ 415 は、直線ガイド (レンズ進行範囲制限のため) としての役割を果たすとともに、レンズ 410 が移動するときに、x 方向に比較的一定な予荷重力をレンズ 410 に提供する。レンズ 410 が中立位置から離れるように移動すると、レンズ 410 は、y 軸にごくわずかな復元力を有する。

#### 【0061】

図 23 A および図 23 B を参照すると、本発明の他の実施形態による、オートフォーカ

10

20

30

40

50

システム 500 が、図示される。オートフォーカスシステム 500 は、本明細書に図示および説明される、アクチュエータシステム 202 ならびに振動システム 204 を伴う、準共振駆動システム 200 と、接触および摩擦パッド 502 と、溝 503 と、金属シム 505 と、板バネ 506 と、レンズ本体 510 と、二重屈曲部 515 と、脚部 516 と、ベース 520 と、支柱 521 と、上表面 522、切り欠き 523 と、支点 530 とを含むが、システム 500 は、他の種類および数のシステム、デバイス、構成要素、および他の構成の要素を備えることもあり得る。オートフォーカスシステム 500 の側壁は、明確にするために、図 23A および図 23B には示されない。

#### 【0062】

アクチュエータシステム 202 は、板バネ 506 によって、波節点 128 (1) および 128 (2) (図 6 参照) で接合されるが、アクチュエータシステム 202 は、他の手法でも固着可能である。板バネ 506 は、予切断され、「L」型のより大きな金属シム 505 から半解放されるが、板バネは、他の手法で形成され、他の形状および構成を有することも可能である。2つの支点 530 は、シム 505 と板バネ 506 をともに接続するが、他の種類および数の接続点も使用可能である。シム 505 および板バネ 506 は、例えば、化学フォトリソグラフィ、ワイヤ EDM、またはマイクロマシニング技術を使用して、ともに形成可能である。また、板バネ 506 は、アクチュエータシステム 202 を x 軸に予荷重するように、アクチュエータシステム 202 に向かって予屈曲される。支点 530 は、幾分可撓性であって、したがって、オートフォーカスシステム 500 の組み立ての際、アクチュエータシステム 202 をそれ自身レンズ 510 と整列させる。

#### 【0063】

接触および摩擦パッド 502 は、アクチュエータシステム 202 の中央で接合され、レンズ本体 510 の側面の直線溝 503 に沿って移動可能であるが、摩擦パッドは、他の手法でも固着可能である。接触および摩擦パッド 502 は、アクチュエータシステム 202 が振動システム 204 によって起動されると、レンズ 510 を駆動し、移動させる。

#### 【0064】

レンズ本体 510 は、4つの薄い脚部 516A および 516B を有する、金属シムから作製される、二重屈曲部 515 に接合される。本システムのベース 520 は、2つの支柱 521A および 521B を有する。支柱 521A および 521B の下側にあるのは、切り出した切り欠き 523 であって、下側脚部 516B が定位置に挿入および接合される。上側脚部 516A は、支柱 521A および 521B の上表面 522 に接合される。

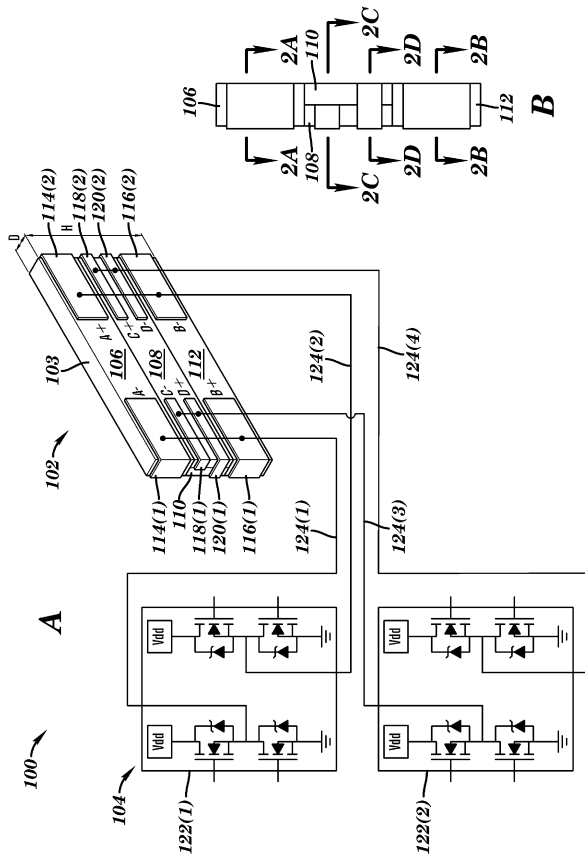
#### 【0065】

板バネ 506 を通してアクチュエータシステム 202 を保持する、金属シム 505 は、「L」形状の角で支柱 521B に接合される。板バネ 506 は、レンズ 510 が移動するときに、x 軸に必要な一定の予荷重力を提供する一方、二重屈曲部 515 は、レンズ進行範囲の制限のための直線ガイドとしての役割を果たす。レンズ 510 が、中立位置から離れるように移動するときに、二重屈曲部 515 は、y 軸にごくわずかな復元力を有する。

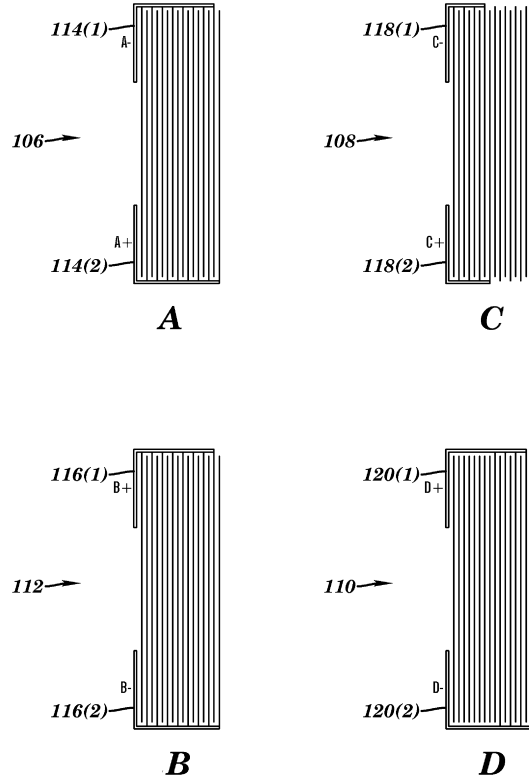
#### 【0066】

上に述べたように、本発明の基本概念を説明したが、上述の詳細な開示は、一例としてのみ提示することを意図し、限定として意図されるものではないことは、当業者には明白であろう。本明細書に明示的に記載されないが、種々の変更、改良、および修正が、当業者には想起および意図されるであろう。これらの変更、改良、および修正は、本明細書によって示唆されることが意図され、これらは本発明の精神および範囲内である。さらに、列挙される処理要素またはシーケンスの順番、あるいはそのための数字、文字、または他の記号表示の使用は、したがって、特許請求の範囲に指定され得る場合を除き、請求されるプロセスをいかなる順番にも限定されることを意図するものではない。故に、本発明は、添付の特許請求の範囲およびその等価物によってのみ限定される。

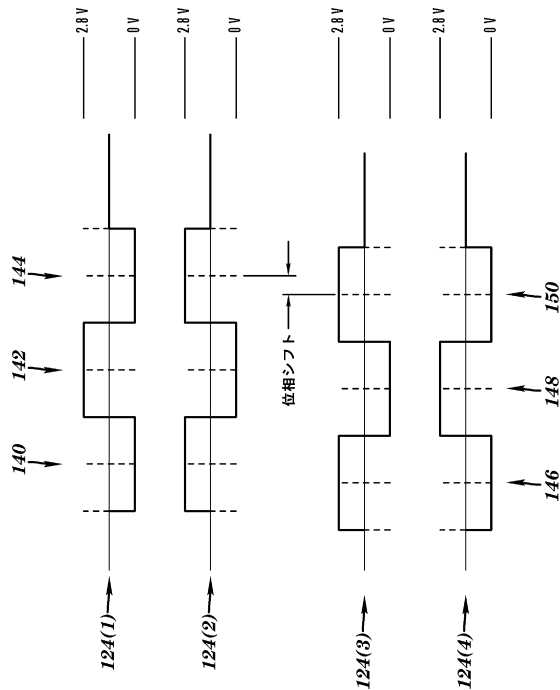
【 図 1 】



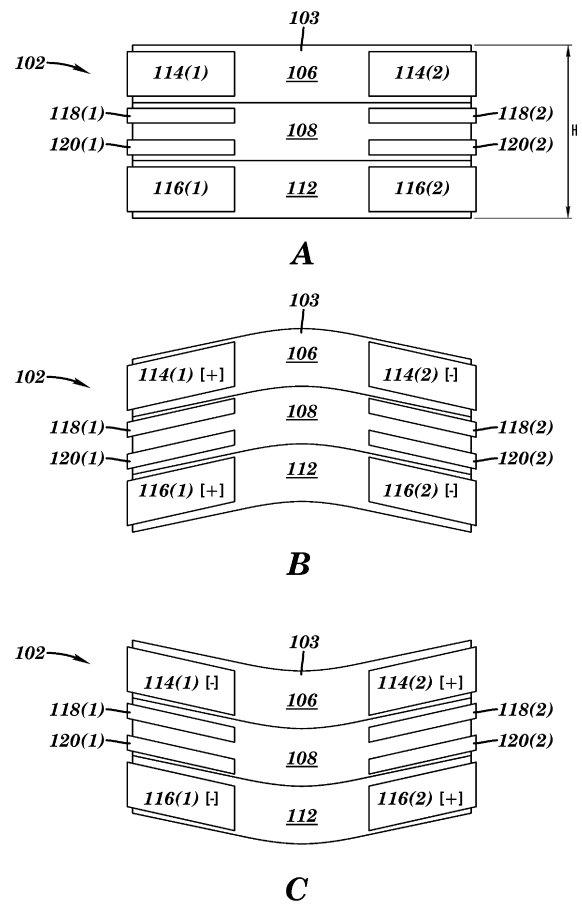
【 図 2 】



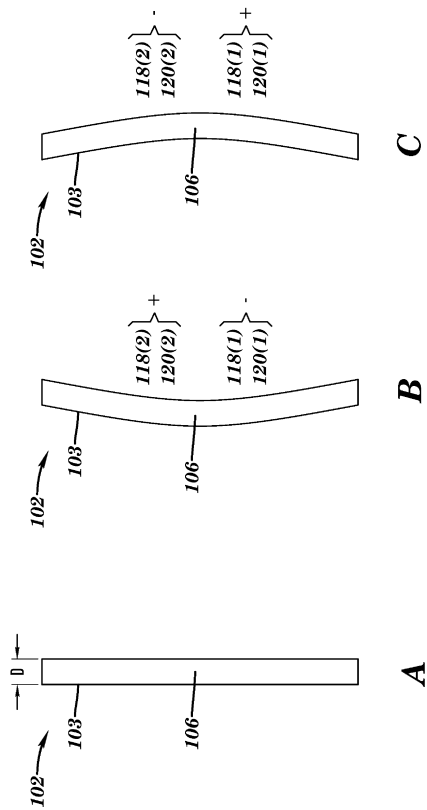
【 図 3 】



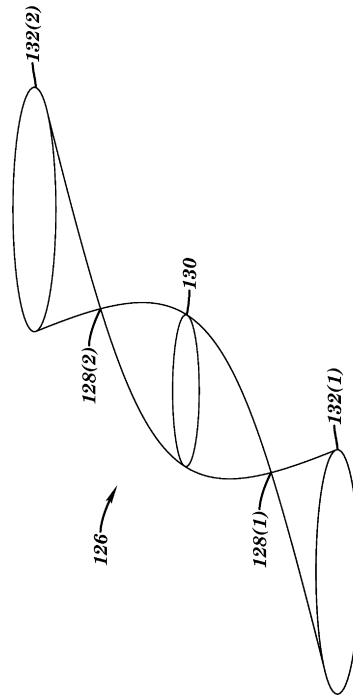
【 図 4 】



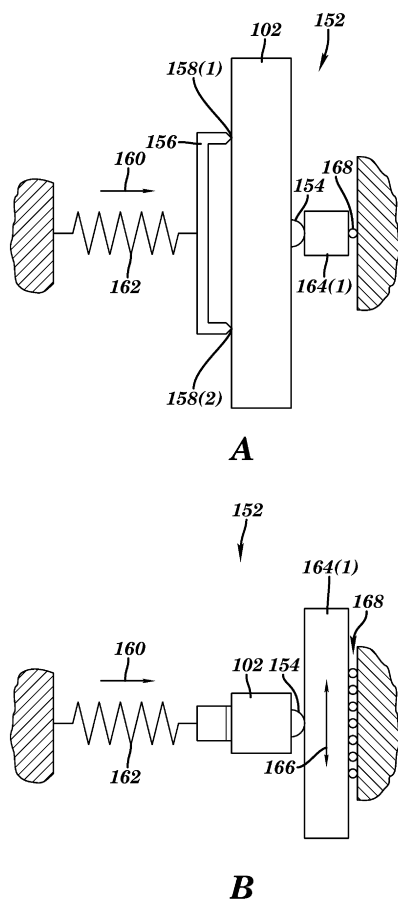
【図 5】



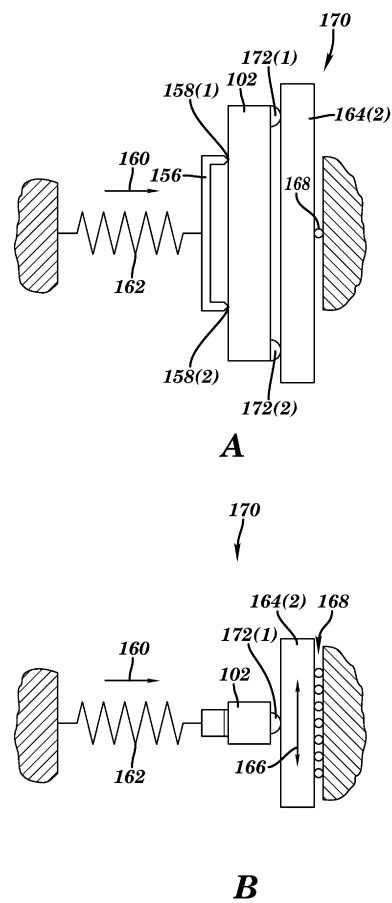
【図 6】



【図 7】

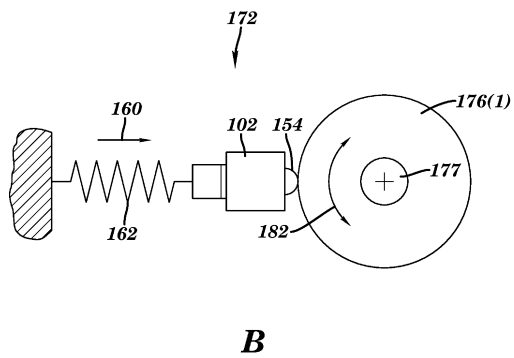
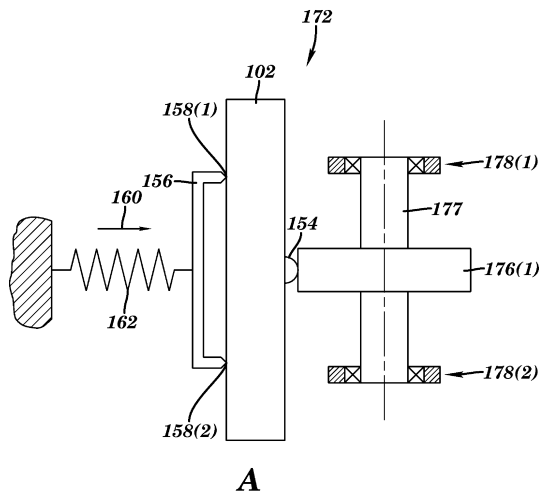


【図 8】

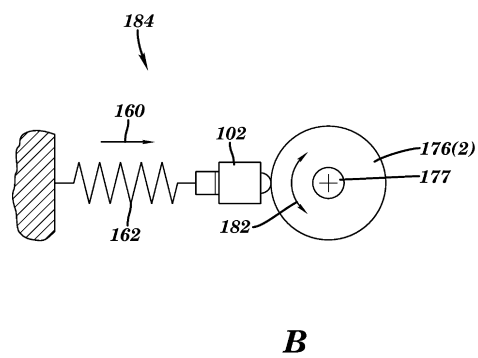
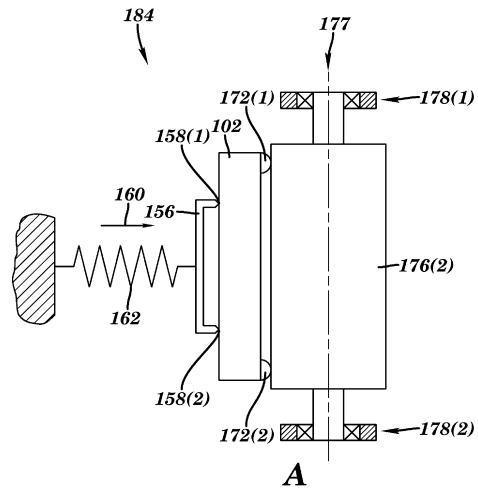




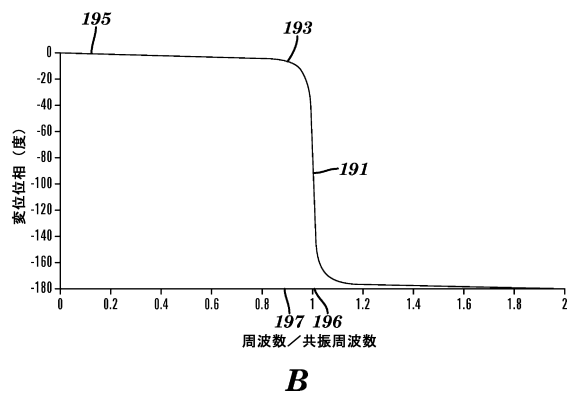
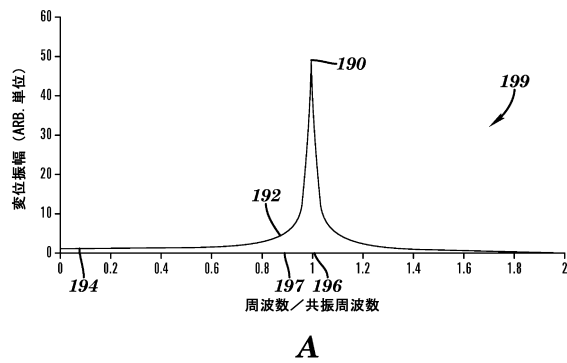
【図 9】



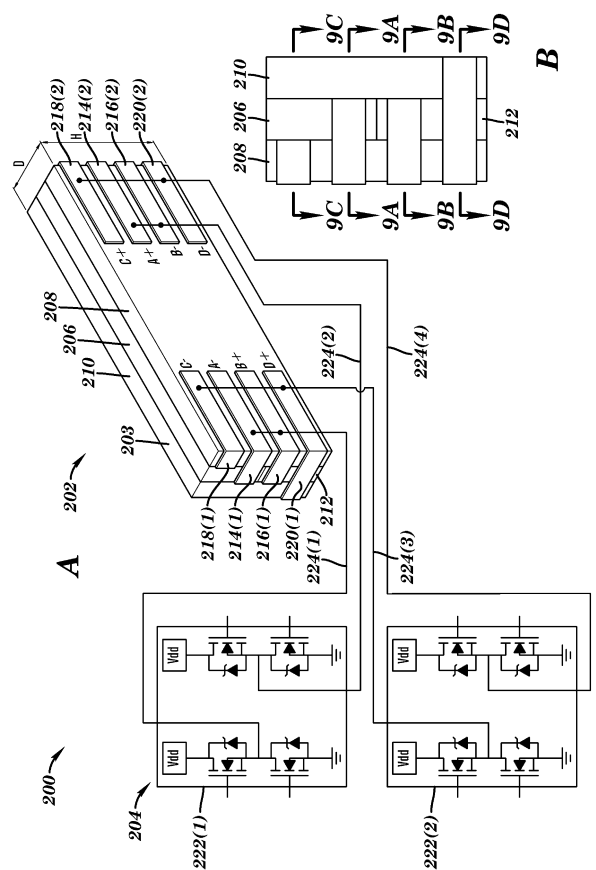
【図 10】



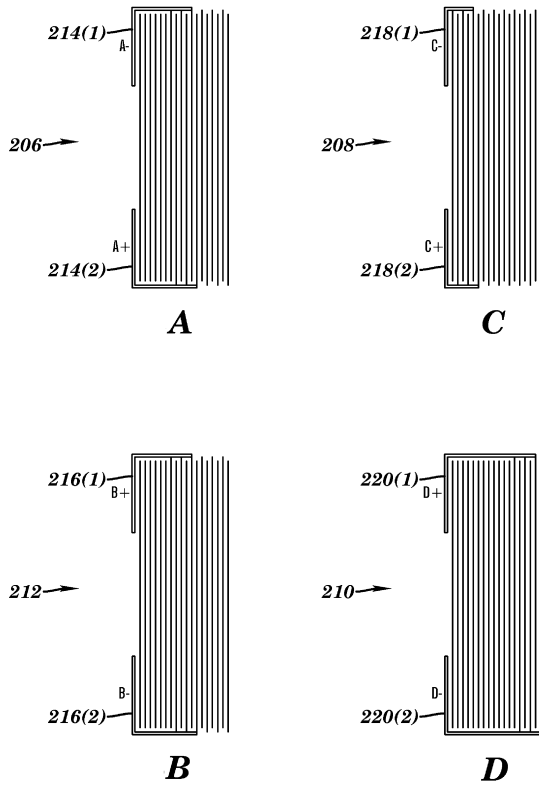
【図 11】



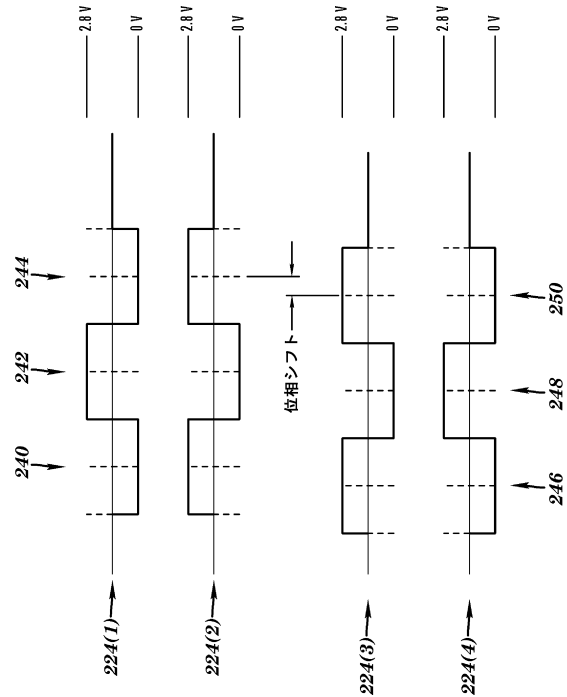
【図 12】



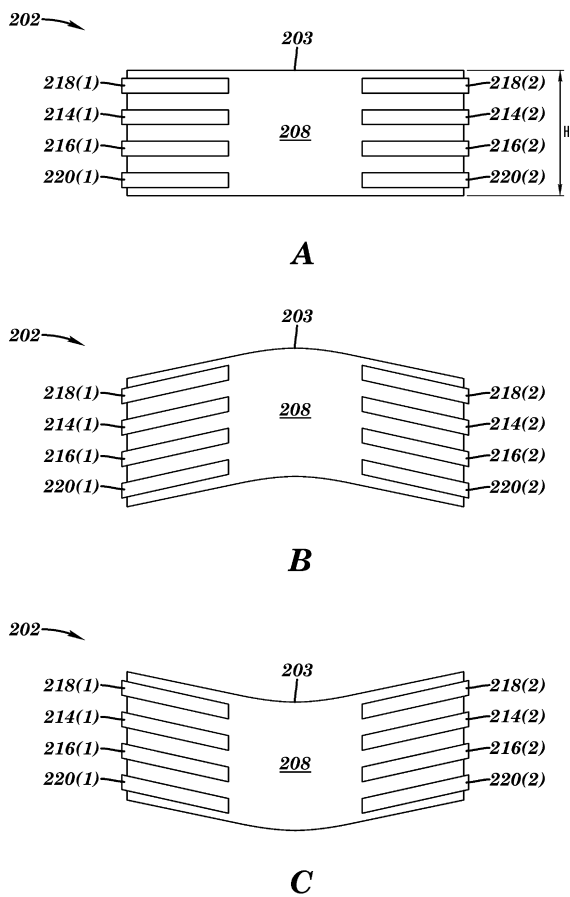
【図 13】



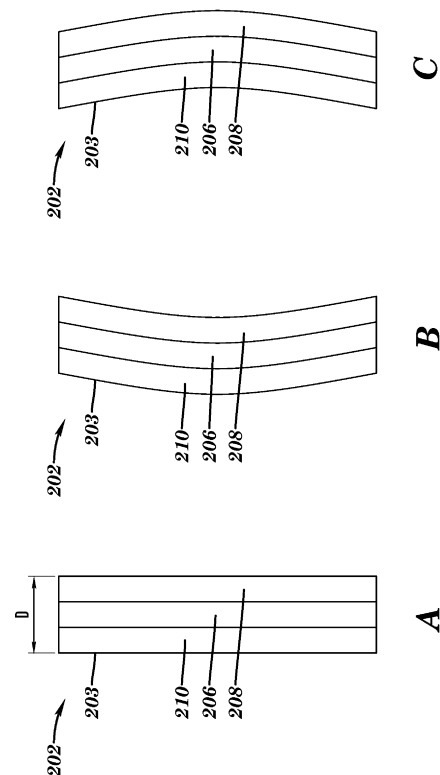
【図 14】



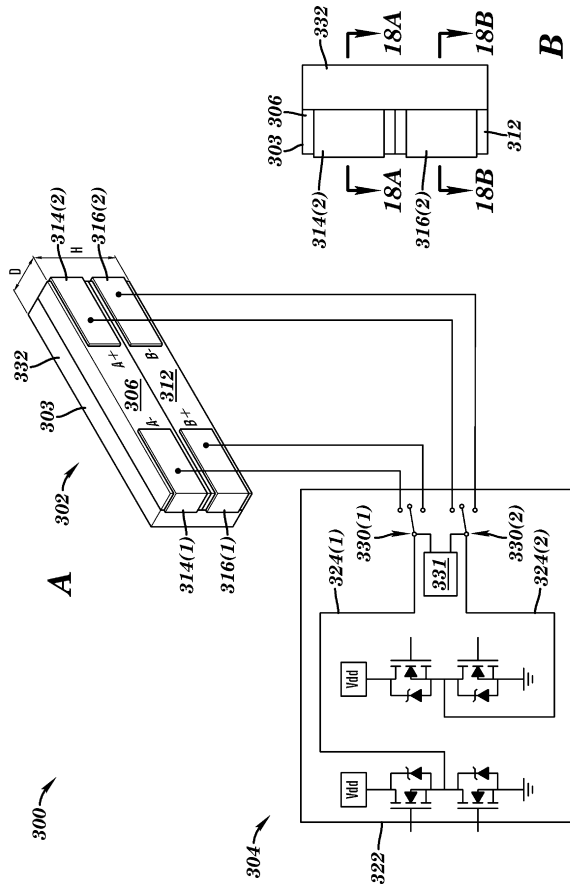
【図 15】



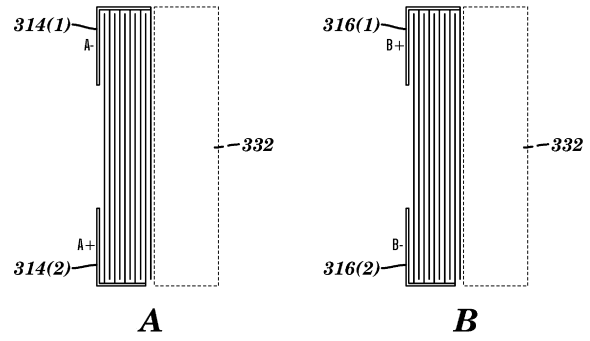
【図 16】



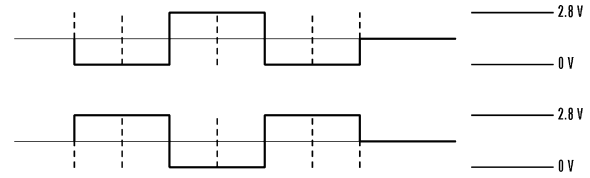
【図 17】



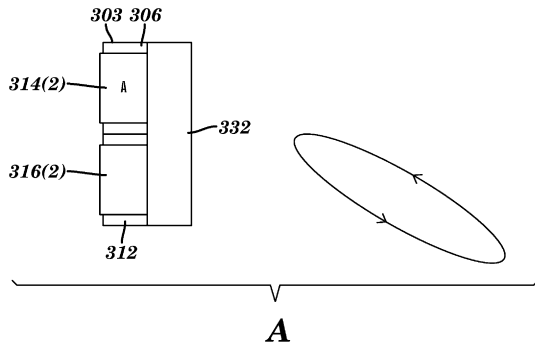
【図 18】



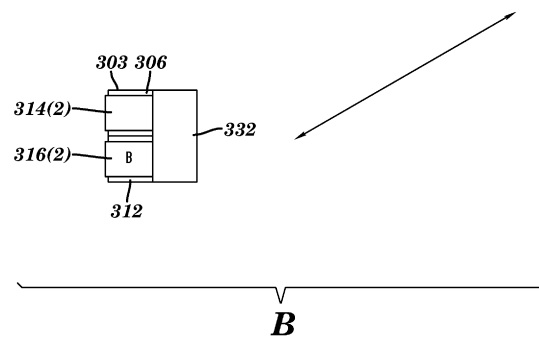
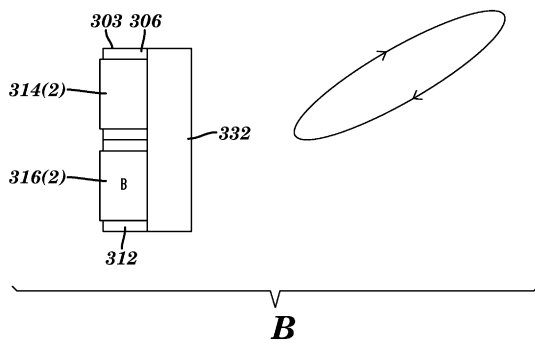
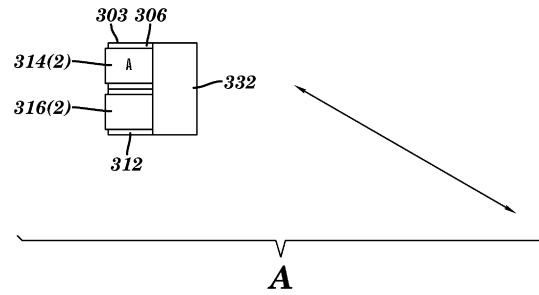
【図 19】



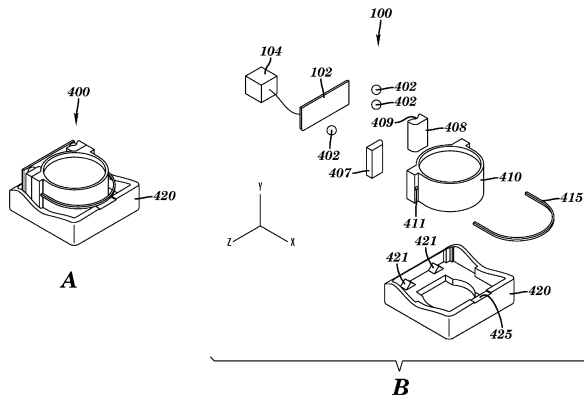
【図 20】



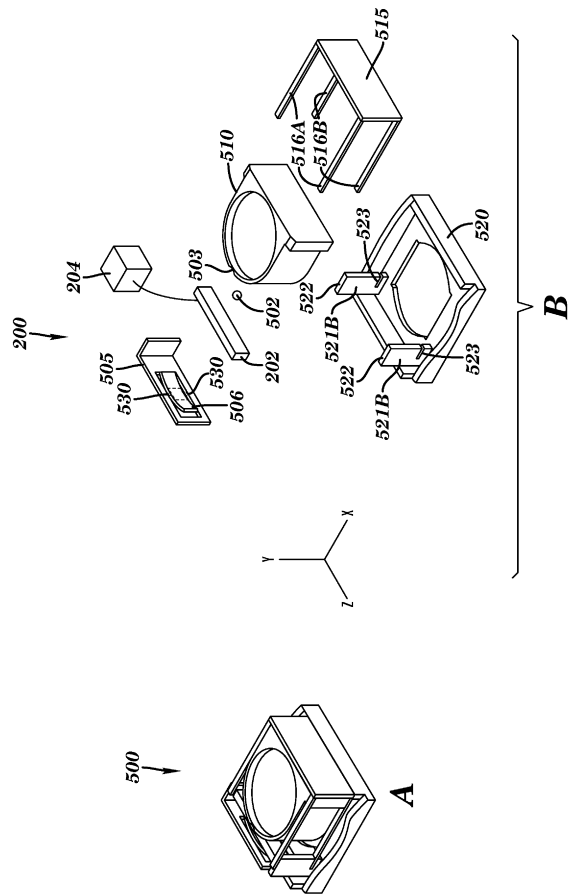
【図 21】



【図 22】



【図 23】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100142929  
弁理士 井上 隆一
- (74)代理人 100148699  
弁理士 佐藤 利光
- (74)代理人 100128048  
弁理士 新見 浩一
- (74)代理人 100129506  
弁理士 小林 智彦
- (74)代理人 100130845  
弁理士 渡邊 伸一
- (74)代理人 100114340  
弁理士 大関 雅人
- (74)代理人 100114889  
弁理士 五十嵐 義弘
- (74)代理人 100121072  
弁理士 川本 和弥
- (72)発明者 シュー キン  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ウェスト ヘンリエッタ デリック ドライブ 84
- (72)発明者 ヘンダーソン デイビット エー .  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ファーミントン ハンターズ ドライブ 6171

審査官 境 周一

- (56)参考文献 特表2006-522579(JP,A)  
特開2004-320846(JP,A)  
特開平09-285149(JP,A)  
特開2005-295656(JP,A)  
特表2005-537771(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 41/00 - 41/47  
H02N 2/00 - 2/18