

(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2012-231595

(P2012-231595A)

(43) 公開日 平成24年11月22日(2012.11.22)

(51) Int.Cl.
H02N 2/00 (2006.01)F I
H02N 2/00テーマコード (参考)
5H680

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2011-98141 (P2011-98141)
(22) 出願日 平成23年4月26日 (2011. 4. 26)(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
(74) 代理人 100105289
弁理士 長尾 達也
(72) 発明者 住岡 潤
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
Fターム(参考) 5H680 AA10 BB02 BC01 CC02 FF25

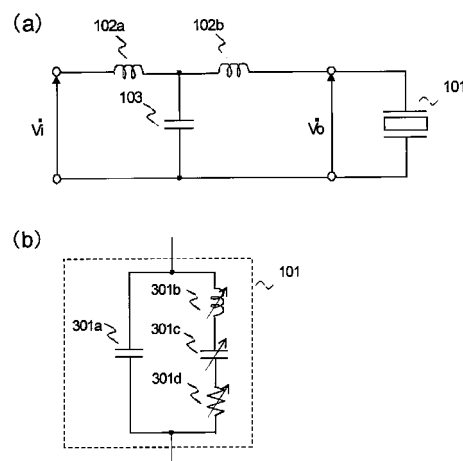
(54) 【発明の名称】 振動装置の駆動回路、塵埃除去装置及び振動型アクチュエータにおける振動装置の駆動回路

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】電気 - 機械エネルギー変換素子に印加する交番電圧の高調波成分を低減し、振動体の共振周波数のばらつきや駆動中の変化に対し、該変換素子に印加する交番電圧の変動が小さく、安定した電圧振幅を出力することが可能な振動装置の駆動回路を提供する。

【解決手段】電気 - 機械エネルギー変換素子により発生させた振動波により対象物を駆動する振動装置の駆動回路であって、該変換素子の固有静電容量と、該変換素子に直列に接続された複数のインダクタと、複数のインダクタの間に一端が接続され、且つ、該変換素子に並列に接続されたキャパシタと、によって構成された電気的な共振回路を備え、電気的な共振回路は、少なくとも第1の周波数と第2の周波数とによる2つの共振周波数を有し、第1の周波数を f_1 とし、第2の周波数を f_2 とし、交番電圧の周波数を f_d とすると、次式の関係を満たすことを特徴とする。 $f_1 < f_d < f_2$

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気 - 機械エネルギー変換素子に交番電圧を印加し、前記電気 - 機械エネルギー変換素子に接合した弾性体と前記電気 - 機械エネルギー変換素子とで構成される振動体に振動波を発生させ、該振動波により対象物を駆動する振動装置の駆動回路であって、

前記電気 - 機械エネルギー変換素子の固有静電容量と、

前記電気 - 機械エネルギー変換素子に直列に接続された複数のインダクタと、

前記複数のインダクタの間に一端が接続され、且つ、前記電気 - 機械エネルギー変換素子に並列に接続されたキャパシタと、

によって構成された電氣的な共振回路を備え、

前記電氣的な共振回路は、少なくとも第 1 の共振周波数と第 2 の共振周波数とによる 2 つの共振周波数を有し、

前記第 1 の共振周波数を f_1 とし、前記第 2 の共振周波数を f_2 とし、前記交番電圧の周波数を f_d とするとき、次式の関係を満たすことを特徴とする振動装置の駆動回路。

$$f_1 < f_d < f_2$$

【請求項 2】

前記複数のインダクタのインダクタンス値は互いに異なり、前記電気 - 機械エネルギー変換素子の一端に接続されたインダクタのインダクタンスの値が他のインダクタより大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の振動装置の駆動回路。

【請求項 3】

前記キャパシタの値は、前記電気 - 機械エネルギー変換素子の固有静電容量と同じ大きさの値、またはそれよりも大きい値を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の振動装置の駆動回路。

【請求項 4】

前記振動体は、第 1 の電気 - 機械エネルギー変換素子と第 2 の電気 - 機械エネルギー変換素子と、前記第 1 及び第 2 の電気 - 機械エネルギー変換素子に接合した弾性体とで構成され、

前記振動体に、次数の異なる第 1 の定在波と第 2 の定在波を同時に発生させるように前記交番電圧の周波数を設定すると共に、

前記第 1 及び第 2 の電気 - 機械エネルギー変換素子に印加されるそれぞれの前記交番電圧の位相を異ならせることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の振動装置の駆動回路。

【請求項 5】

前記振動体は第 1 の電気 - 機械エネルギー変換素子と第 2 の電気 - 機械エネルギー変換素子と、前記第 1 及び第 2 の電気 - 機械エネルギー変換素子に接合した弾性体とで構成され、

前記振動体に、次数の異なる第 1 の定在波と第 2 の定在波を時間的に切替えて発生させるように前記交番電圧の周波数を設定すると共に、

前記第 1 及び第 2 の電気 - 機械エネルギー変換素子に印加されるそれぞれの前記交番電圧の位相差を 0° 又は 180° に設定することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の振動装置の駆動回路。

【請求項 6】

前記弾性体は、光を透過する光学部材で構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の振動装置の駆動回路。

【請求項 7】

前記対象物が粉体であり、前記振動波により前記粉体を移動させることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の振動装置の駆動回路。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の振動装置の駆動回路が、前記振動波により前記

10

20

30

40

50

対象物である塵埃を移動させて除去する塵埃除去装置における振動装置の駆動回路を構成していることを特徴とする振動装置の駆動回路。

【請求項 9】

前記塵埃除去装置における振動装置の駆動回路が、

カメラ、ファクシミリ装置、スキャナ、プロジェクタ、複写機、レーザビームプリンタ、インクジェットプリンタ、レンズ、双眼鏡および画像表示装置のいずれかの光学機器に備えられた塵埃除去装置における振動装置の駆動回路を構成していることを特徴とする振動装置の駆動回路。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の振動装置の駆動回路が、

前記振動波により前記対象物である移動体を前記振動体に対して相対的に移動させる振動型アクチュエータにおける前記振動体の駆動回路を構成していることを特徴とする振動装置の駆動回路。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動装置の駆動回路、塵埃除去装置及び振動型アクチュエータにおける振動装置の駆動回路に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、光学機器として、撮像装置では、光学センサの分解能が向上するにつれて、使用中に光学系に付着するゴミ等の塵埃が撮影画像に影響を及ぼすようになってきた。

特に、ビデオカメラ、スチルカメラに用いられる撮像素子の分解能はめざましく向上している。

このため、撮像素子の近くに配置されている赤外線カットフィルタ、光学ローパスフィルタ等の光学部品に、外部からの埃や内部の機械的な摺擦面で生じる磨耗粉等が付着すると、撮像素子面で像のぼけが少ないので、撮影画像に埃が写り込んでしまうことがあった。また、光学機器として、コピー、ファクシミリ装置等の撮像部は、ラインセンサを走査（スキャン）することで、あるいはラインセンサに近接させた原稿を走査（スキャン）することで、平面原稿を読み取っている。

30

この場合、ラインセンサへの光線入射部に埃が付着すると、スキャン画像に写り込んでしまう。

原稿を走査して読み取る方式のファクシミリ装置の読み取り部や、自動原稿送り装置からの原稿を搬送中に読み取る、いわゆる流し読み方式の複写機の読み取り部では、1つの埃が原稿送り方向へ連続する線画像となって写り込み、画像の品質を大きく損ねていた。

このような埃を人手によって拭き取ることで、画像品位は回復するが、使用中に付着した埃については撮影後に確認する他、手立てがなかった。

その間に撮影あるいは走査した画像には、塵埃の画像が写り込むので、ソフトウェアによる修正が必要であった。

また、複写機では、画像は同時に紙メディアに出力されるので、その修正には多大な労力を費やしていた。

40

【0003】

このような問題に対し、特許文献 1 では、光学部材を備えた振動体に進行波を励起することによって、塵埃を所望の方向に移動させることができる塵埃除去装置が提案されている。

図 14 (a) は、特許文献 1 に開示された塵埃除去装置の構成を示す模式図である。

撮像素子 503 の光入射側に光学部材 502 を備えた振動体 501 が設けられている。

電気・機械エネルギー変換素子である圧電素子 101a 及び 101b は、振動体 501 における面外曲げ振動の節線の並ぶ方向に位置をずらして配置されている。

圧電素子 101a 及び 101b には、各々周波数が同じであり、かつ位相差が 90° とな

50

る交番電圧を印加する。

印加される交番電圧の周波数は、振動体 501 の長手方向に沿って面外に変形する m 次 (m は自然数) の振動モードの共振周波数と $(m+1)$ 次の振動モードの共振周波数との間の周波数である。

振動体 501 には、共振現象の応答を持った m 次の振動モードの振動、及び 90° の時間的位相差 (m 次の面外曲げ振動に対して 90° 進んだ位相) を持った $(m+1)$ 次の振動モードの振動が、同じ振幅かつ同じ振動周期で励起される。

そして、振動体 501 には、この 2 つの振動モードの振動が合成された合成振動 (進行波) が生成する。この合成振動によって、振動体 501 の表面の塵埃を所望の方向に移動していく。

10

【0004】

図 14 (b) は、上記塵埃除去装置の制御装置を示すものである。

不図示の撮像装置本体からの駆動指令に基づき、コントローラ 604 からは交番電圧信号のパラメータとなる位相情報、周波数情報、パルス幅情報がパルス発生回路 603a 及び 603b に送られる。

パルス発生回路 603 から出力されたデジタルの交番電圧信号はスイッチング回路 602a 及び 602b に入力され、電源回路 605 より供給される電圧に基づいたアナログの交番電圧 V_i として出力される。

交番電圧 V_i は駆動回路 601a 及び 601b に入力されて交番電圧 V_o として出力され、振動体 501 に設けられた圧電素子 101a 及び 101b に各々印加される。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2008 - 207170 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記従来例において、駆動回路 601 によって入力された交番電圧 V_i の電圧振幅を所望の電圧まで昇圧し、さらに矩形から SIN 波形に変換して、交番電圧 V_o を出力する。交番電圧 V_o には、高調波信号による歪みのない SIN 波形で、さらに使用する周波数帯域で一定電圧となることが、振動体 501 に理想的な進行波又は定在波を励起する上で望まれる。

30

しかし、従来例における塵埃除去装置の駆動回路は、圧電素子 101 に印加する交番電圧 V_o に高調波信号が生じる。

このような高調波信号は、振動体 501 に励起される振動に影響を与えるため、進行波の乱れによる塵埃除去性能の低下と、振動振幅の増大による光学部材 502 の破損を招くことになる。

【0007】

また、従来例における塵埃除去装置の駆動回路は、使用する周波数帯域において、圧電素子 101 に印加する交番電圧 V_o の振幅変化、即ち、交番電圧 V_o の周波数特性における傾きが振動体 501 の共振周波数近傍で大きい。

40

このため、振動体 501 の共振周波数が個体差でばらつく場合や、駆動中に変化する場合において、交番電圧 V_o が大きく変動する。

この交番電圧が必要以上に大きくなると、電流の増加による消費電力の増加や、振動体 501 に励起される振動振幅の増大による光学部材 501 の破損を招くことになる。

また、交番電圧が必要とする電圧を下回る場合、振動体 501 に励起される面外曲げ振動の振動振幅が十分に得られず、塵埃除去性能が低下してしまうことになる。

【0008】

図 14 (c) は、上記従来例における駆動回路 601 の構成を示すものである。

図 14 (c) に示されるように、圧電素子 101 に直列にインダクタ 102 を接続するこ

50

とによって、圧電素子 101 の固有静電容量とインダクタ 102 とによる LC 直列共振回路が形成される。

交番電圧 V_i の電圧振幅は、LC 直列共振回路によって所望の電圧まで昇圧されて、交番電圧 V_o が出力される。

【0009】

図 15 は、従来の駆動回路を用いた場合における、交番電圧 V_o の電圧振幅の周波数特性を示すものである。

横軸に周波数 (110 kHz ~ 140 kHz)、縦軸に電圧振幅 (50 V ~ 350 V) を示す。

各プロットは、インダクタ 102 の値を 40 μ H から 90 μ H まで変えた場合の特性を示している。

図中、 $f(m)$ は m 次の面外曲げ振動の共振周波数であり、 $f(m+1)$ は $(m+1)$ 次の面外曲げ振動の共振周波数である。

圧電素子 101 に印加される交番電圧 V_o の周波数 f_d は、 $f(m) < f_d < f(m+1)$ に設定される。

図より、インダクタ 102 のインダクタンス値が大きいほど、周波数 f_d 近傍の電圧振幅の変動が大きい事がわかる。

従って、従来はインダクタンス値を小さくして電圧振幅の変動を抑える設計を行う。

しかし、この場合は交番電圧の昇圧率が小さく、さらに高調波信号を増大してしまう。

【0010】

図 16 は、従来の駆動回路を用いた場合における、インダクタ値に基づく交番電圧 V_o の電気共振の周波数変化を示すものである。

横軸に周波数 (120 kHz ~ 240 kHz)、縦軸に電圧振幅 (10 V ~ 1 MV) を示す。

各プロットは、インダクタ 102 の値を 90 μ H から 40 μ H まで変えた場合の特性を示している。

図より、インダクタンス値を小さくすると、LC 直列共振による電気共振が高域にシフトする。

このため、図に示す高調波周波数域の電圧振幅が大きくなり、入力される交番電圧 V_i の矩形波に含まれる高調波成分を増大させてしまう。これによって、出力される交番電圧 V_o は駆動周波数 f_d の基本波に高調波が重畳される為、出力波形が歪んでしまう。

【0011】

次に、上記高調波について説明する。図 17 は、従来の駆動回路を用いた場合における、交番電圧 V_o をフーリエ解析した場合の基本波と 3 次高調波の電圧振幅の測定データを示すものである。

横軸に交番電圧 V_i のパルスデューティ比、縦軸に交番電圧 V_o の電圧振幅を示す。

図 17 より、3 次高調波の電圧振幅は、パルスデューティ比が 50 % と 20 % 付近でピークを示している。基本波に対する 3 次高調波の比は、パルスデューティ比が 50 % の場合は 31 %、パルスデューティ比が 20 % の場合は 53 % である。

パルスデューティ比が 20 % 以下では、基本波に対する 3 次高調波の比はさらに大きくなる。

この結果は実測データであり、高調波成分は主に 3 次高調波であったが、パルスデューティ比に基づいて導出される矩形波から SIN 波へのフーリエ変換式によると、これ以外に 5 次、7 次といった奇数次の高調波が生じる。

前記フーリエ変換式は、一般的な数式であるので説明は省略する。高調波信号が圧電素子 101 に印加される事によって、振動体 501 に励起される振動にも同様に高調波が生じる。

このため、進行波が乱れて、塵埃除去性能の低下と、振動振幅の増大による光学部材 502 の破損を招いてしまう。

【0012】

10

20

30

40

50

本発明は、上記課題に鑑み、電気 - 機械エネルギー変換素子に印加する交番電圧の高調波成分を低減し、塵埃の除去性能の向上を図ることができ、

また、使用する周波数帯域での振動体の共振周波数がばらつきや駆動中の変化に対し、電気 - 機械エネルギー変換素子に印加する交番電圧の変動が小さく、

安定した電圧振幅を出力することが可能となる振動装置の駆動回路、塵埃除去装置及び振動型アクチュエータにおける振動装置の駆動回路の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の振動装置の駆動回路は、電気 - 機械エネルギー変換素子に交番電圧を印加し、前記電気 - 機械エネルギー変換素子に接合した弾性体と前記電気 - 機械エネルギー変換素子とで構成される振動体に振動波を発生させ、該振動波により対象物を駆動する振動装置の駆動回路であって、

10

前記電気 - 機械エネルギー変換素子の固有静電容量と、

前記電気 - 機械エネルギー変換素子に直列に接続された複数のインダクタと、前記複数のインダクタの間に一端が接続され、且つ、前記電気 - 機械エネルギー変換素子に並列に接続されたキャパシタと、

によって構成された電氣的な共振回路を備え、

前記電氣的な共振回路は、少なくとも第1の周波数と第2の周波数とによる2つの共振周波数を有し、

前記第1の周波数を f_1 とし、前記第2の周波数を f_2 とし、前記交番電圧の周波数を f_d とするとき、次式の関係を満たすことを特徴とする。

20

$$f_1 < f_d < f_2$$

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、電気 - 機械エネルギー変換素子に印加する交番電圧の高調波成分を低減し、塵埃の除去性能の向上を図ることができ、

また、使用する周波数帯域での振動体の共振周波数がばらつきや駆動中の変化に対し、電気 - 機械エネルギー変換素子に印加する交番電圧の変動が小さく、

安定した電圧振幅を出力することが可能となる振動装置の駆動回路、塵埃除去装置及び振動型アクチュエータにおける振動装置の駆動回路を実現することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施形態1、2における振動装置の駆動回路の構成例を示す図である。

【図2】本発明の実施形態1における振動装置の駆動回路による塵埃除去装置が装備可能に構成されたデジタル一眼レフカメラの斜視図である。

【図3】本発明の実施形態1における圧電素子に印加される交番電圧の周波数と圧電素子に生じる各振動の振幅と、その電圧波形とを示すグラフである。

【図4】本発明の実施形態1、2における振動体に励起され、長手方向に沿って面外に変形する10次の面外曲げ振動の変位、11次の面外曲げ振動の変位、および圧電素子の配置を示す図である。

40

【図5】本発明の実施形態1における回路素子全体のばらつきを考慮した交番電圧 V_o の周波数特性を示すシミュレーション結果を示す図である。

【図6】本発明の実施形態1と従来の駆動回路における、交番電圧 V_o の周波数特性を示すシミュレーション結果を示す図である。

【図7】本発明の実施形態1と従来の駆動回路における、交番電圧 V_o の出力波形を測定した図である。

【図8】本発明の実施形態1と従来の駆動回路における、駆動周波数近傍での交番電圧 V_o の電圧振幅の周波数特性を示す図である。

【図9】本発明の実施形態1と従来の駆動回路における塵埃除去率を測定した図である。

50

【図 1 0】本発明の実施形態 2 における定在波駆動時の圧電素子に印加される交番電圧の周波数と圧電素子に生じる各振動の振幅と、その電圧波形を示すグラフである。

【図 1 1】本発明の実施形態 3 における進行波型の振動型アクチュエータの制御装置を示した図である。

【図 1 2】本発明の実施形態 3 における振動型アクチュエータの適用例を示す図である。

【図 1 3】本発明の実施形態 3 におけるトランスを備えた本発明の駆動回路の構成を示す図である。

【図 1 4】(a) は従来例の塵埃除去装置が装備されたカメラ本体の撮像部の構造を示す斜視図、(b) は従来例の塵埃除去装置の制御装置を示す図、(c) は従来例の駆動回路の構成を示す図である。

【図 1 5】従来例の駆動回路を用いた場合における、交番電圧 V_o の電圧振幅の周波数特性を示す図である。

【図 1 6】従来例の駆動回路を用いた場合における、インダクタ値に基づく交番電圧 V_o の電気共振の周波数変化を示す図である。

【図 1 7】従来形の駆動回路を用いた場合における、交番電圧 V_o をフーリエ解析した場合の基本波と 3 次高調波の電圧振幅の測定データを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

つぎに、本発明の実施の形態における振動装置の駆動回路の構成例について説明する。

[実施形態 1]

実施形態 1 として、本発明の振動装置の駆動回路を塵埃除去装置に適用し、光学機器であるカメラに搭載した構成例について説明する。

なお、本実施形態ではカメラに搭載した構成例について説明するがこれに限定されるものではない。

これ以外にも、ファクシミリ装置、スキャナ、プロジェクタ、複写機、レーザビームプリンタ、インクジェットプリンタ、レンズ、双眼鏡および画像表示装置のいずれかの光学機器に備えられた塵埃除去装置における振動装置の駆動回路に適用が可能である。

本実施形態の振動装置の駆動回路は、電気 - 機械エネルギー変換素子である圧電素子に交番電圧を印加し、該変換素子に接合した弾性体と該変換素子とで構成される振動体に振動波を発生させ、該振動波により対象物を駆動させる際の駆動回路として構成されている。

以下、これらについて更に具体的に図を用いて説明する。

図 2 (a) は、本実施形態における振動装置の駆動回路による塵埃除去装置が装備可能に構成されたデジタル一眼レフカメラを被写体側より見た正面側斜視図であり、撮影レンズを外した状態を示すものである。

図 2 (b) はカメラを撮影者側より見た背面側斜視図である。

カメラ本体 201 内には、不図示の撮影レンズを通過した撮影光束が導かれるミラーボックス 202 が設けられており、ミラーボックス 202 内にメインミラー (クイックリターンミラー) 203 が配設されている。

塵埃除去装置を備えた撮像部は、不図示の撮影レンズを通過した撮影光軸上に設けられている。

メインミラー 203 は、撮影者がファインダ接眼窓 204 から被写体像を観察するために撮影光軸に対して 45° の角度に保持される状態と、撮像素子の方向へ導くために撮影光束から退避した位置に保持される状態と、を取り得る。

カメラ背面には、塵埃除去装置を駆動するためのクリーニング指示スイッチ 205 が設けられており、撮影者がクリーニング指示スイッチ 205 を押すと、塵埃除去装置を駆動するようコントローラに指示する。

【0017】

本実施形態におけるカメラ本体 201 の撮像部には、前述した図 1 4 (a) に示したものと基本的に同じ構成の塵埃除去装置が装備可能に構成されており、塵埃除去装置の構成については図 1 4 (a) を用いて説明する。

10

20

30

40

50

このカメラ本体 201 の撮像部では、受光した被写体像を電気信号に変換して画像データを作成する CCD や CMOS センサ等の受光素子である撮像素子 503 が設けられている。

また、撮像素子 503 の表（おもて）面の空間が密封されるように、矩形の板状を有する振動体 501 が取り付けられる。

振動体 501 は、矩形の板状を有する光学素子 502、及びその両端部に接着によって固着された電気・機械エネルギー変換素子である 1 対の圧電素子 101a、101b から構成される。

本実施形態では、光学部材 502 はカバーガラス、赤外線カットフィルタ、あるいは、光学ローパスフィルタ等の透過率の高い光学部材で構成されており、撮像素子 503 には、この光学部材 502 を透過した光が入射するように構成されている。

ここで、光学部材 502 の両端部に配置された圧電素子 101a、101b の厚み方向（図中、上下方向）の寸法は、振動に対する曲げ変形の発生力が大きくなるように、光学部材 502 の厚み方向（図中、上下方向）の寸法と同じ値である。

なお、以下の説明において圧電素子 101a、101b を特に区別する必要がないときは、単に圧電素子 101 と称する。

【0018】

本実施形態における塵埃除去装置の制御装置は、駆動回路の具体的構成を除いて、前述した図 14（b）に示したものと基本的には同じ構成の制御装置が構成されており、制御装置の基本構成については図 14（b）を用いて説明する。

本実施形態において、制御装置コントローラ 604 から交番電圧信号のパラメータとなる周波数情報、位相情報、パルス幅情報がパルス発生回路 603a 及び 603b に送られる。

パルス発生回路には、例えば一般的なデジタル発振器などが用いられる。

周波数は、振動体 501 に発生させる 2 つの面外曲げ振動の共振周波数の中間値近傍に設定され、同じ周波数がパルス発生回路 603a 及び 603b に各々設定される。

位相は、互いに異なる値をパルス発生回路 603a 及び 603b に入力し、出力される各交番電圧信号の位相差が 90° となるように設定される。

パルス幅（パルス・デューティ比）は所望の電圧振幅が得られるよう適宜調整され、パルス発生回路 603a 及び 603b に個別に設定される。

【0019】

パルス発生回路 603 から出力されたデジタルの交番電圧信号はスイッチング回路 602a 及び 602b に入力され、電源回路 605 より供給される電圧に基づいてアナログの交番電圧 V_i として出力される。

電源回路には、一般的な直流電源回路、DC-DC コンバータ回路などが用いられる。また、スイッチング回路には、一般的な Hブリッジ回路が用いられる。

交番電圧 V_i は駆動回路 601a 及び 601b に各々入力されて、電圧振幅が昇圧、且つ SIN 波形に変換されてから交番電圧 V_o として出力される。

交番電圧 V_o は圧電素子 101a 及び 101b に各々印加され、振動体 501 に 2 つの面外曲げ振動が同時に発生する。この合成振動が進行波となり、光学部材 502 の表面の塵埃を所望の方向に移動させることができる。

【0020】

つぎに、本実施形態の制御装置における駆動周波数の設定について説明する。図 3（a）は圧電素子 101 に印加される交番電圧の周波数と圧電素子 101 に生じる各振動の振幅を示すグラフである。

図中、 $f(m)$ は m 次の面外曲げ振動の共振周波数であり、 $f(m+1)$ は $(m+1)$ 次の面外曲げ振動の共振周波数である。

圧電素子 101 に印加される交番電圧の周波数 f_d を $f(m) < f_d < f(m+1)$ に設定すると、 m 次の面外曲げ振動と $(m+1)$ 次の面外曲げ振動それぞれの共振現象によって振幅が拡大された、周波数 f_d の振動が得られる。各振動の時間周期は同じである。

一方、圧電素子 101 に印加される交番電圧の周波数 f_d を $f(m)$ より低くするほど ($m+1$) 次の面外曲げ振動の振幅が小さくなり、周波数 f_d を $f(m+1)$ より高くするほど m 次の面外曲げ振動の振幅が小さくなる。

【0021】

図 4 は、振動体 501 に励起され、長手方向に沿って面外に変形する 10 次の面外曲げ振動の変位、11 次の面外曲げ振動の変位、および圧電素子 101a、101b の配置を示す図である。

横軸は振動体 501 の長手方向の位置である。縦軸は面外の振動変位である。

図中、10 次の面外曲げ振動を第 1 の振動モードとして波形 A (実線) で示し、11 次の面外曲げ振動を第 2 の振動モードとして波形 B (破線) で示している。第 1 の振動モード A 及び第 2 の振動モード B は、振動体 501 を光学部材 502 の厚さ方向へ曲げ変形させる面外曲げ振動モードである。

上述した交番電圧 V_o を圧電素子 101a 及び 101b に各々印加することにより、第 1 の振動モード A 及び第 2 の振動モード B の振動が、振動体 501 に同時に発生する。

尚、本実施形態では、塵埃を除去するための最低限必要な振動モードとして、第 1 の振動モードとして 10 次の曲げ振動モードを、第 2 の振動モードとして 11 次の曲げ振動モードを用いているが、これに限定されるものではない。

ここで、撮像素子 503 に対応する光学有効部は図中に示す範囲とする。

第 1 の振動モード A の変形形状は、左端と右端で逆相 (位相差 180°) となっている。

一方、第 2 の振動モード B の変形形状は、左端と右端で同相 (位相差 0°) となっている。

つまり、圧電素子 101a と圧電素子 101b に印加する交番電圧の位相差を 180° とすれば第 1 の振動モード A のみが発生し、逆に位相差を 0° とすれば第 2 の振動モード B のみが発生する。

したがって、位相差を 90° とすれば第 1 の振動モード A と第 2 の振動モード B を同時に発生させることができ、合成振動による進行波が図中右方向に生じる。

【0022】

図 3 (b) は、次数の異なる振動モードを同時に励起する際に各圧電素子に印加する交番電圧の例を示す図である。

交番電圧 V_{o1} は圧電素子 101a に印加する電圧波形、交番電圧 V_{o2} は圧電素子 101b に印加する電圧波形を示す。縦軸は電圧振幅であり、横軸は時間を示す。

交番電圧 V_{o1} 及び V_{o2} の周波数は前述の f_d で一定であり、各交番電圧の位相差は 90° である。但し、各交番電圧の位相は異なっていれば良く、位相差は 90° に限定されない。

【0023】

塵埃除去装置では、光学部材 502 の表面に付着した塵埃は、光学部材 502 が塵埃を面外に突き上げる時、光学部材 502 の表面の法線方向の力を受けて弾かれるように移動していく。

つまり、駆動周波数周期の各位相で、振動体 501 の合成振動変位の速度が正であるとき塵埃は面外に突き上げられ、この位相における合成振動変位の法線方向の力を受け、塵埃は移動していく。

光学部材 502 の有効部の表面に付着している塵埃に繰り返し振動を与えることで、塵埃を図中右方向に移動させ、除去することが可能である。

【0024】

図 1 を用いて、本実施形態における本発明の特徴的構成を適用した駆動回路の具体的構成について説明する。

図 1 (a) は塵埃除去装置に適用可能な駆動回路を示す図である。

駆動回路の構成として、2 つのインダクタ 102a 及び 102b が圧電素子 101 に直列に (つまり電気 - 機械エネルギー変換素子に直列に) 接続されている。さらに、前記 2 つのインダクタの間に一端が接続され、且つ圧電素子 101 と並列にキャパシタ 103 が接

10

20

30

40

50

続されている。

そして、これらにより電氣的な共振回路が構成されている。

ここで、インダクタ 102 a 及び 102 b としては、コイル等のインダクタンス素子を用いることができる。

また、キャパシタ 103 としてはフィルムコンデンサ等の静電容量素子を用いることができる。

ここでの特徴は、インダクタ 102 a 及び 102 b とキャパシタ 103、そして圧電素子 101 の固有静電容量 301 a とによる回路の電氣的な共振を 2 つ生成し、これらの電気共振の間に駆動周波数を設定することにある。

【0025】

10

ここで、圧電素子 101 の等価回路について図 1 (b) を用いて説明する。

図 1 (b) は、圧電素子 101 を等価回路で表わしたものである。

圧電素子 101 の等価回路は、振動体 501 の機械的振動部分の RLC 直列回路 (自己インダクタンス L_m の等価コイル 301 b、静電容量 C_m の等価コンデンサ 301 c、抵抗値 R_m の等価抵抗 301 d) と、RLC 直列回路に並列に接続された圧電素子 101 の固有静電容量 C_d のコンデンサ 301 a と、により構成される。

【0026】

以下に、図 1 を用いて、2 つのインダクタ 102 a 及び 102 b とキャパシタ 103 の設計方法について説明する。

本実施形態では、インダクタ 102 a は $135 \mu\text{H}$ 、インダクタ 102 b は $180 \mu\text{H}$ 、キャパシタ 103 は 17 nF に設定した。

20

本設計値は、圧電素子 101 の固有静電容量 C_d と、振動体 501 の共振周波数 $f(m)$ 及び $f(m+1)$ によって変わるので、これらを定義する。

ここでは、圧電素子 101 の固有静電容量 C_d は 10.78 nF 、 $f(m)$ は 120 kHz 、 $f(m+1)$ は 128 kHz とした。

また、駆動周波数 f_d は 123 kHz とした。

【0027】

設計の第 1 ステップとして、キャパシタ 103 のキャパシタンス値を決定する。

2 つのインダクタンス値は予め設定した適当な値を用いて、所望の昇圧率になるようにキャパシタンス値を調整する。

30

昇圧率の点から、キャパスタンスの値は圧電素子 101 の固有静電容量 C_d と同じ大きさの値、またはそれよりも大きい値にすることが望ましい。

キャパスタンス値が大きいほど、昇圧率は大きい傾向にある。

尚、キャパシタンス値が大きいほど 2 つのインダクタンス値を小さく設定でき、逆にキャパシタンス値が小さいほど 2 つのインダクタンス値は大きく設定する必要がある。

例えば、キャパシタ 103 を 28 nF に設定すると、インダクタ 102 a は $95 \mu\text{H}$ 、インダクタ 102 b は $120 \mu\text{H}$ となる。

キャパシタンス値を設定すると、第 1 の共振周波数である f_1 と第 2 の共振周波数である f_2 とによる 2 つの電氣的な共振周波数が生じるので、次にこれらの周波数の調整を行う。

40

【0028】

設計の第 2 ステップとして、2 つのインダクタ 102 a 及び 102 b のインダクタンス値を決定する。

2 つのインダクタは、電気共振 f_1 及び f_2 の周波数に基づいて調整する。

インダクタ 102 a のインダクタンス値によって f_1 を調整することができ、インダクタ 102 b のインダクタンス値によって f_2 を調整することができる。

尚、インダクタンス値はインダクタ 102 a よりインダクタ 102 b の方を大きくすることによって、 f_1 と f_2 を所望の周波数に調整することができる。

また、キャパシタ 103 のキャパシタンス値によって、 f_1 と f_2 の両方を同一方向にシフトすることもできる。

50

前記調整方法によって、駆動周波数 f_d が、次式の関係を満たすように２つのインダクタンス値を決定する。

$$f_1 < f_d < f_2$$

本実施形態では、 f_1 が 72.5 kHz 、 f_2 が 165 kHz となるように設定した。 f_1 と f_2 を f_d に対して各々 50 kHz 程度の差を設けているのは、インダクタとキャパシタのばらつきによって電気共振の周波数が変動するので、この影響を受けないようにする為である。

さらに、周波数差を大きくしても良いが、昇圧率は低下する傾向にある。

尚、駆動周波数 f_d に対する f_1 と f_2 の周波数差をほぼ均等に設けることで、 f_d 近傍における電圧振幅の変化をなだらかにする事ができる。

【0029】

図５は、本発明の実施形態における、回路素子全体のばらつきを考慮した交番電圧 V_o の周波数特性を示すシミュレーション結果である。

横軸に周波数 ($60 \text{ kHz} \sim 180 \text{ kHz}$)、縦軸に電圧振幅 ($10 \text{ V} \sim 1 \text{ MV}$) を示す。

インダクタ $102a$ 及び $102b$ のばらつきは $\pm 20\%$ 、キャパシタ 103 のばらつきは $\pm 10\%$ 、圧電素子の固有静電容量 C_d のばらつきは $\pm 10\%$ として、モンテカルロ法による一様分布の乱数計算を行った。

図より、 f_1 は設計値に対して $\pm 5 \text{ kHz}$ 、 f_2 は $\pm 10 \text{ kHz}$ の変動が生じている。

したがって、交番電圧 V_o の電圧振幅がこれらの変動の影響を受けないように、 f_d に対して各々 50 kHz 程度の差を設けた。図より、駆動周波数 f_d 近傍において、交番電圧 V_o の周波数特性をなだらかにすることが可能となる。

従って、振動体 501 の共振周波数がばらつく場合や駆動中に変化する場合においても、圧電素子に印加される交番電圧の変動は小さく、安定した電圧振幅が出力される。

【0030】

図６に、本実施形態と従来例の駆動回路における比較例として、交番電圧 V_o の周波数特性を示すシミュレーション結果を示す。

横軸に周波数 ($50 \text{ kHz} \sim 400 \text{ kHz}$)、縦軸に電圧振幅 ($0 \text{ V} \sim 150 \text{ V}$) を示す。

比較のため、図１４(c)の従来例の駆動回路を用いた場合の結果も併せて示した。

図中、従来例１はインダクタが $40 \mu\text{H}$ の場合、従来例２はインダクタが $60 \mu\text{H}$ の場合の結果である。

本実施形態の振動体 501 は２つの面外曲げ振動を用いており、共振周波数 f_m は $f(m)$ と $f(m+1)$ の２つとなる。

このシミュレーションでは、等価コイル $301b$ の自己インダクタンス L_m を 0.04 H 、等価コンデンサ $301c$ の静電容量 C_m を 44 pF とした。

また、 $f(m)$ は 120 kHz 、 $f(m+1)$ は 128 kHz 、駆動周波数 $f_d = 123 \text{ kHz}$ とした。

本発明の実施形態として、インダクタ $102a$ は $135 \mu\text{H}$ 、インダクタ $102b$ は $180 \mu\text{H}$ 、キャパシタ 103 は 17 nF に設定した。

図６より、駆動周波数 f_d の３次高調波周波数である 369 kHz において、本実施形態では電圧振幅が大幅に低減されている事がわかる。具体的には、従来例１の $1/50$ となった。

【0031】

図７は、本実施形態と従来例の駆動回路における、交番電圧 V_o の出力波形を測定したものである。横軸は時間、縦軸は電圧振幅を示す。

図７(a)は交番電圧 V_i のパルスデューティ比を 30% に設定した場合の結果であり、従来例１と本実施形態の波形を比較している。

従来例 1 の波形は 3 次高調波の影響によって、S I N 波形に歪みが生じているが、本実施形態では理想的な S I N 波形が得られた。

また、図 7 (b) は交番電圧 V_i のパルスデューティ比を 10 % に設定した場合の結果である。

従来例 1 の波形は 3 次高調波の影響によってさらに歪みが増大しているが、本実施形態では理想的な S I N 波形を示している。よって、本実施形態における高調波を低減する効果を実験的に確認することができた。

【 0 0 3 2 】

図 8 は、本実施形態と従来例の駆動回路における、駆動周波数近傍での交番電圧 V_o の電圧振幅の周波数特性を示すものである。

横軸に周波数 (100 kHz ~ 150 kHz)、縦軸に電圧振幅 (0 V ~ 150 V) を示す。

図 8 に示されるように、本実施形態では、 f_d 近傍と、 $f(m)$ 及び $f(m+1)$ 近傍での交番電圧 V_o の周波数特性をなだらかにすることが可能となる。

つまり、振動体 501 の共振周波数の変化に対して安定した電圧が印加される。例えば駆動中に共振周波数 $f(m+1)$ が時間の経過に伴って低下していく場合、従来例では交番電圧振幅が増大し、駆動電流が上昇してしまうが、本発明ではその変化を低減することが可能となる。

【 0 0 3 3 】

従来例のように、 f_m 近傍で交番電圧 V_o の振幅変化が生じる原因は、振動体 501 の機械的振動部分の自己インダクタンス L_m と静電容量 C_m によってインピーダンスの変化が生じているためである。

これに対して、本実施形態では、2つの電気共振の間の周波数を用いることによって、振動体 501 の機械的振動部分のインピーダンス変化の影響を緩和することができる。よって、結果として交番電圧 V_o の振幅変化を低減することができるものと考えられる。

【 0 0 3 4 】

図 9 は、本実施形態と従来例の駆動回路において、塵埃の除去率を測定したものである。横軸に駆動回数、縦軸に塵埃除去率を示す。

本実施形態での測定では、実験用の粉体を光学部材の表面に付着させ、所定の休止期間を設けながら断続的に同様の条件で駆動を行い、その駆動回数毎に光学有効部の粉体の除去率を測定したものである。

除去率の目標値は 95 % 以上として、これを除去性能の指標とした。

比較のため、理想的な S I N 波形を示すアンプ発振器で駆動した場合と、従来例 1 で駆動した場合も同様に測定した。図より、従来例 1 は 8 回駆動しても除去率は 95 % に達しなかった。

それに対して、本実施形態では 3 回駆動で除去率は 95 % を超えており、アンプ発振器と同様の除去性能を示すことができた。

【 0 0 3 5 】

[実施形態 2]

実施形態 2 として、本発明の振動装置の駆動回路を塵埃除去装置に適用した実施形態 1 とは異なる形態の振動装置の駆動回路の構成例について説明する。

本実施形態の構成は、振動体 501 に 2 つの振動モードが交互に励起される点の実施形態 1 と異なる。

尚、塵埃除去装置の駆動回路は実施形態 1 と同じであり、制御装置におけるコントローラの周波数情報と位相情報の設定方法に特徴を有している。

図 1 を用いて、本実施形態の駆動回路を説明する。

図 1 (a) は第 2 の実施形態における塵埃除去装置の駆動回路を示す図である。駆動回路の構成として、2つのインダクタ 102 a 及び 102 b が圧電素子 101 に直列に (つまり電気 - 機械エネルギー変換素子に直列に) 接続されている。さらに、前記 2 つのインダクタの間に一端が接続され、且つ圧電素子 101 と並列にキャパシタ 103 が接続されて

10

20

30

40

50

いる。

ここで、インダクタ 102a 及び 102b としては、コイル等のインダクタンス素子を用いることができる。

また、キャパシタ 103 としてはフィルムコンデンサ等の静電容量素子を用いることができる。

本実施形態の特徴は、インダクタ 102a 及び 102b とキャパシタ 103、そして圧電素子 101 の固有静電容量 301a とによる回路の電氣的な共振を 2 つ生成し、これらの電気共振の間に駆動周波数を設定することにある。

【0036】

本実施形態では、インダクタ 102a は $130\mu\text{H}$ 、インダクタ 102b は $200\mu\text{H}$ 、キャパシタ 103 は 14nF に設定した。

本設計値は、圧電素子 101 の固有静電容量 C_d と、振動体 501 の共振周波数 $f(m)$ 及び $f(m+1)$ に基づいて決定した。

圧電素子 101 の固有静電容量 C_d は 10.78nF 、 $f(m)$ は 120kHz 、 $f(m+1)$ は 128kHz とした。駆動周波数 f_d は 150kHz から 100kHz の領域でスイープするものとして、次式の関係を満たすように、 f_1 と f_2 を設定した。

$$f_1 < f_d < f_2$$

ここで、 f_1 と f_2 は本発明の駆動回路において生成される回路の電氣的な共振周波数である。

本実施形態では、 f_1 が 72.5kHz 、 f_2 が 165kHz となるように、インダクタ 102a 及び 102b とキャパシタ 103 を各々決定した。

【0037】

図 10(a) は、圧電素子に印加される交番電圧の周波数と圧電素子に生じる各振動の振幅を示すグラフである。

ここで、 $f(m)$ は m 次の面外曲げ振動の共振周波数であり、 $f(m+1)$ は $(m+1)$ 次の面外曲げ振動の共振周波数である。

図中、 $f(m)$ を逆相駆動によって励起される 10 次の面外曲げ振動モード（第 1 の定在波による振動モード）、 $f(m+1)$ を同相駆動によって励起される 11 次の面外曲げ振動モード（第 2 の定在波による振動モード）とする。

本実施形態では、この 2 つの振動モードの定在波を交互に励起して、光学部材の表面に付着した塵埃を除去する。

【0038】

図 4 は、振動体 501 に励起され、長手方向に沿って面外に変形する 10 次の面外曲げ振動の変位、11 次の面外曲げ振動の変位、および圧電素子 101a、101b の配置を示す図である。

横軸は振動体 501 の長手方向の位置である。縦軸は面外の振動変位である。図中、10 次の面外曲げ振動を第 1 の振動モードとして波形 A（実線）で示し、11 次の面外曲げ振動を第 2 の振動モードとして波形 B（破線）で示している。

第 1 の振動モード A 及び第 2 の振動モード B は、振動体 501 を光学部材 502 の厚さ方向へ曲げ変形させる面外曲げ振動モードである。第 1 の振動モード A の変形形状は、左端と右端で逆相（位相差 180° ）となっている。

一方、第 2 の振動モード B の変形形状は、左端と右端で同相（位相差 0° ）となっている。

つまり、圧電素子 101a と圧電素子 101b に印加する交番電圧の位相差を 180° とすれば第 1 の振動モード A のみが共振状態で励起され、逆に位相差を 0° とすれば第 2 の振動モード B が励起される。

【0039】

図 10(b) は、次数の異なる 2 つの定在波振動を交互に励起する際に各圧電素子に印

10

20

30

40

50

加する交番電圧の例を示す図である。

制御装置は、図 1 4 (b) で説明したものをを用いる。交番電圧 $V_o 1$ は圧電素子 1 0 1 a に印加する電圧波形、交番電圧 $V_o 2$ は圧電素子 1 0 1 b に印加する電圧波形を示す。縦軸は電圧振幅であり、横軸は時間を示す。

上記 2 つの振動モードの振動を交互に生成するため、まず、振動体 5 0 1 の 1 0 次の曲げ振動モードの固有振動数近傍の周波数を有し、位相差が 180° となる交番電圧を圧電素子 1 0 1 a、1 0 1 b に印加する (逆相駆動) 。

このような交番電圧を印加することにより、振動体 5 0 1 に 1 0 次の曲げ振動モードが励起される。

所定の時間、1 0 次の曲げ振動モードを励起した後、次に、振動体 5 0 1 の 1 1 次の振動モードの固有振動数近傍の周波数を有し、位相差が 0° となる交番電圧を圧電素子 1 0 1 a、1 0 1 b に印加する (同相駆動) 。

このような交番電圧を印加することにより、振動体 5 0 1 に 1 1 次の曲げ振動モードが励起される。以上の駆動を繰り返すことにより、1 0 次と 1 1 次の面外曲げ振動モードの振動が交互に励起される。

上記駆動の際の交番電圧 $V_o 1$ 及び $V_o 2$ は、同図に示すように、各固有振動数近傍で、高周波側から徐々に低周波側に掃引していくと良い。交番電圧の周波数は、振動体 5 0 1 の固有振動数の近傍とすることで、小さな印加電圧でも大きな振幅を得ることができ、効率良くすることができる。

【 0 0 4 0 】

このように、振動体 5 0 1 に第 1 の振動モードの振動を生じさせることにより、第 1 の振動モードの振動の腹位置の光学部材 5 0 2 に付着した塵埃を剥離する機能を有する。

具体的には、第 1 の振動モードの振動によって、光学部材 5 0 2 に付着した塵埃の付着力以上の加速度が、塵埃に加えられたとき、塵埃は光学部材 5 0 2 から剥離される。

更に、振動体 5 0 1 に第 2 の振動モードの振動を生じさせることにより、第 1 の振動モードの振動の節近傍の光学部材 5 0 2 に付着した塵埃を剥離する機能を有する。

次数の異なる定在波を励起しているのは、2 つの定在波の節の位置をずらして、光学部材 5 0 2 に振幅が生じない個所を設けないためである。

尚、上記交番電圧を圧電素子 1 0 1 a、1 0 1 b の一方にのみ印加することで、塵埃除去装置の振動体 5 0 1 に 1 つの面外曲げ振動の定在波を励起させても良い。

【 0 0 4 1 】

[実施形態 3]

実施形態 3 として、本発明の振動装置の駆動回路を振動型アクチュエータに適用した構成例について説明する。

本発明の振動装置の駆動回路は、実施形態 1、実施形態 2 に示した塵埃除去装置以外にも広く適用することができる。例えば、振動型アクチュエータに備えられる振動装置の駆動回路にも適用することができる。

図 1 1 は、本発明の振動装置の駆動回路を適用した振動型アクチュエータの制御装置を示したものである。

速度偏差検出器 4 0 1 には、エンコーダ等の速度検出器 4 0 7 で得られた速度信号と、不図示のコントローラからの目標速度と、が入力され、速度偏差信号が出力される。

速度偏差信号は P I D 補償器 4 0 2 に入力され、制御信号として出力される。P I D 補償器 4 0 2 から出力された制御信号は、駆動周波数パルス発生器 4 0 3 に入力される。

駆動周波数パルス発生器 4 0 3 から出力された駆動周波数パルス信号は、駆動回路 4 0 4 に入力され、位相が 90° 異なる 2 相の交番電圧が出力される。

交番電圧は、位相が 90° ずれた 2 相の交番信号である。

駆動回路 4 0 4 から出力された交番電圧は振動型アクチュエータ 4 0 5 の電気 - 機械エネルギー変換素子に入力され、振動型アクチュエータ 4 0 5 の移動体は一定速度で回転する。

振動型アクチュエータ 4 0 5 の移動体に連結された被駆動体 4 0 6 (ギヤやスケール、シ

10

20

30

40

50

ャフト等)は回転駆動され、前記速度検出器407によって回転速度が検出され、回転速度が常に目標速度に近づくようにフィードバック制御される。図12は、振動型アクチュエータの適用例を示すものである。

振動型アクチュエータは、発生する振動の種類によって定在波型と進行波型とに分けられる。

まず、本発明の駆動回路を進行波型の振動型アクチュエータに適用した例について説明する。

進行波型の振動型アクチュエータは、振動体が、第1の電気-機械エネルギー変換素子と第2の電気-機械エネルギー変換素子と、この第1及び第2の電気-機械エネルギー変換素子に接合した弾性体とで構成される。

そして、この振動体に、次数の異なる第1の定在波と第2の定在波を同時に発生させるように交番電圧の周波数を設定する。

それと共に、第1及び第2の電気-機械エネルギー変換素子に印加されるそれぞれの交番電圧の位相を異ならせるように構成されている。

【0042】

図12(a)は進行波型の振動型アクチュエータを示す斜視図である。

振動型アクチュエータは、電気-機械エネルギー変換素子である圧電素子101と弾性体801とから成る振動体501と、移動体802と、を備える。

ハウジングに固定された弾性体801は振動振幅を拡大する為の複数の突起部803が設けられており、突起部803は移動体802の駆動部として作用する。移動体802はゴムを介して加圧バネとディスクによって図面下側方向に加圧接触されている。

各部材は円環形状を為している。圧電素子101に2相の交番電圧が印加されると、振動体501に進行波が発生し、振動体501に接触する移動体802は摩擦駆動によって振動体と相対的に回転する。

ハウジングと転がり軸受を介して接続された出力軸は移動体802に固定されており、移動体802の回転に伴って回転する。

【0043】

上記進行波型の振動型アクチュエータを例に、本実施形態の駆動回路について説明する。

図13はトランスを備えた本発明の駆動回路の構成を示すものである。

本振動型アクチュエータは、400Vpp~500Vppの高電圧の交番信号を圧電素子に印加して駆動する為、一般的にトランスを用いて昇圧する。

例えば、巻線比が10のトランスを用いれば、電源電圧24Vから480Vppの出力が得られる。

駆動回路に入力される交番電圧Viは、トランス701の1次側コイル701aに印加され、トランス701の1次側コイル701aと2次側コイル701bの巻線比に応じて昇圧される。

トランスの2次側コイル701bには、2つのインダクタ102a及び102bが直列に接続され、さらにキャパシタ103が圧電素子101に並列に接続されている。

トランス701の2次側において、交番電圧信号に含まれる高調波が低減され、且つ、駆動周波数近傍で変動の少ない交番電圧Voとなり、圧電素子101に印加される。

ここで、振動体の共振周波数f(m)は45kHz、圧電素子101の固有静電容量は3.5nFとする。

駆動周波数fdは47kHzから50kHzの領域で速度偏差信号に基づき周波数制御される。

【0044】

本実施形態の駆動回路において生成される回路の電氣的な共振周波数f1とf2は、

$$f_1 < f_d < f_2$$

10

20

30

40

となるようにインダクタ 102 a 及び 102 b とキャパシタ 103 は設定される。
本実施形態の駆動回路を用いれば、圧電素子に印加される交番電圧 V_o の高調波を大幅に低減し、且つ駆動周波数近傍で変動の少ない安定した電圧振幅を得る事ができる。
これによって、高調波周波数に起因した振動型アクチュエータの不要振動や騒音の抑制、さらに駆動効率や制御性能の向上といった効果を得る事ができる。

【0045】

また、定在波型の振動型アクチュエータにも本発明の駆動回路を同様に適用することができる。

定在波型の振動型アクチュエータでは、振動体は第 1 の電気 - 機械エネルギー変換素子と第 2 の電気 - 機械エネルギー変換素子と、この第 1 及び第 2 の電気 - 機械エネルギー変換素子に接合した弾性体とで構成される。

そして、この振動体に、次数の異なる第 1 の定在波と第 2 の定在波を時間的に切替えて発生させるように交番電圧の周波数を設定する。

それと共に、この第 1 及び第 2 の電気 - 機械エネルギー変換素子に印加されるそれぞれの交番電圧の位相差を 0° 又は 180° に設定するように構成されている。

【0046】

図 12 (b) は、定在波型の振動型アクチュエータの基本的な構成を示す斜視図である。

図に示すように、この振動型アクチュエータの振動子は、矩形の板状に形成された金属材料から成る弾性体 801 を備え、弾性体 801 の裏面には圧電素子 101 が接合されている。

弾性体 801 の上面の所定位置には、複数の突起部 803 が設けられている。

この構成によれば、圧電素子 101 に交番電圧を印加することにより、弾性体 801 の長辺方向における 2 次の屈曲振動と、弾性体 801 の短辺方向における 1 次の屈曲振動とが同時に発生し、突起部 803 に楕円運動が励起される。

そして、突起部 803 に移動体 802 を加圧接触させることにより、移動体 802 を突起部 803 の楕円運動によって直線的に駆動することができるようになっている。つまり、突起部 803 がこの振動体の駆動部として作用する。

【0047】

図 12 (c) は、カメラレンズのオートフォーカス駆動などに用いられる、棒状の振動型アクチュエータの分解斜視図である。

振動型アクチュエータは、振動体 501 と、移動体 802 と、を備えている。

振動体 501 には、摩擦材料を兼ねた第 1 の弾性体 801 a、電気 - 機械エネルギー変換素子である圧電素子 101 への給電用のフレキシブルプリント基板 804、第 2 の弾性体 801 b が設けられている。

これら部材は、シャフト 805 の突き当てフランジ部 805 a とシャフト 805 下部のネジ部 805 b に嵌る下ナット 806 で挟み、加圧締結されている。

移動体 802 は、接触ばね 807 がロータ 808 に接着固定されている。これにより、移動体 802 は、フランジ 809 の軸受部によって回転自在に支持された出力ギア 810 と加圧ばね 811 によって振動体 501 の摩擦面 812 に加圧接触されている。

移動体 802 の接触ばね 807 は、下端面が移動体の摩擦面として振動体の第 1 の弾性体の摩擦面 812 と当接している。

フレキシブルプリント基板 804 を介して、不図示の電源から圧電素子 101 に交番電圧を印加する。

それにより第 1 の弾性体 801 a の摩擦面には直交する 2 方向の 1 次の曲げ振動が励起され、時間位相 $\pi/2$ を持って重ね合わせることによって、摩擦面 812 に回転楕円運動を生じさせる。

これにより、摩擦面に加圧接触する接触ばね 807 を振動体 501 に対して相対移動させる。

【符号の説明】

10

20

30

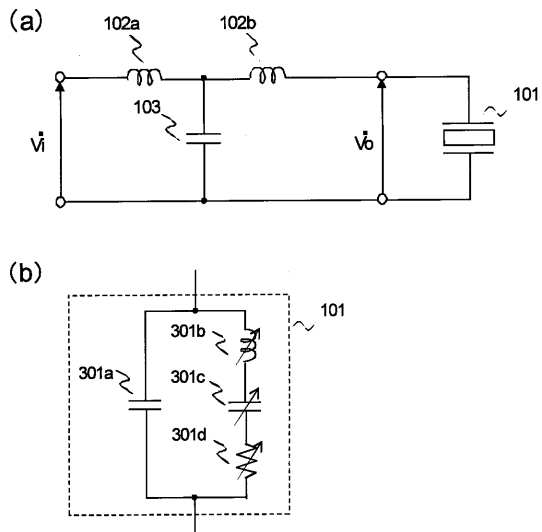
40

50

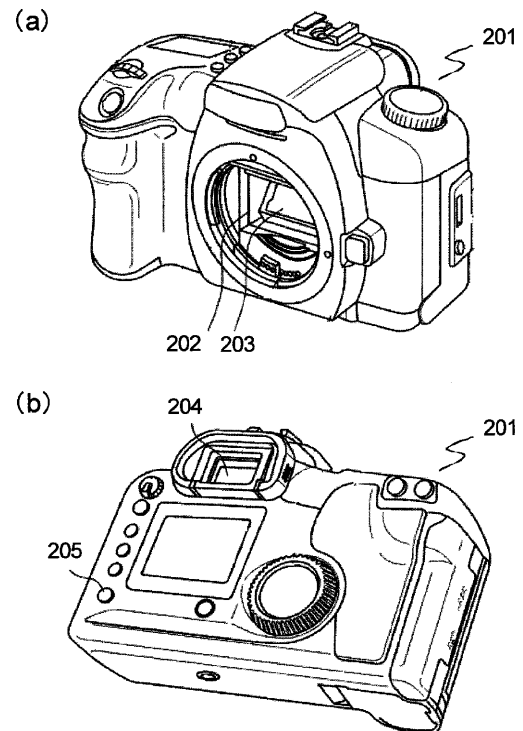
【 0 0 4 8 】

- 1 0 1 : 圧電素子
- 1 0 2 : インダクタ L
- 1 0 3 : キャパシタ C
- 2 0 1 : カメラ本体
- 3 0 1 a : 振動体の固有静電容量 C d
- 3 0 1 b : 機械的な振動の等価回路定数 L m
- 3 0 1 c : 機械的な振動の等価回路定数 C m
- 3 0 1 d : 機械的な振動の等価回路定数 R m

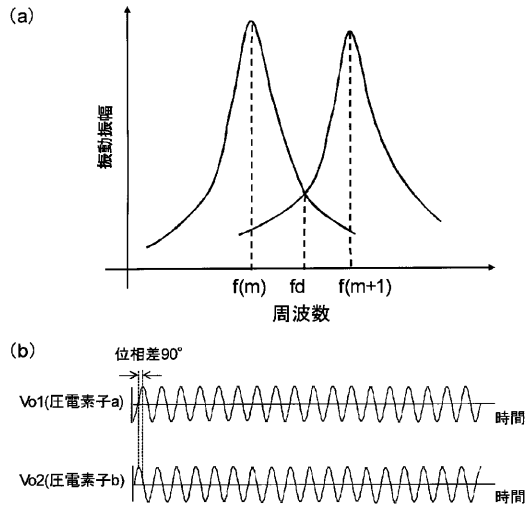
【 図 1 】



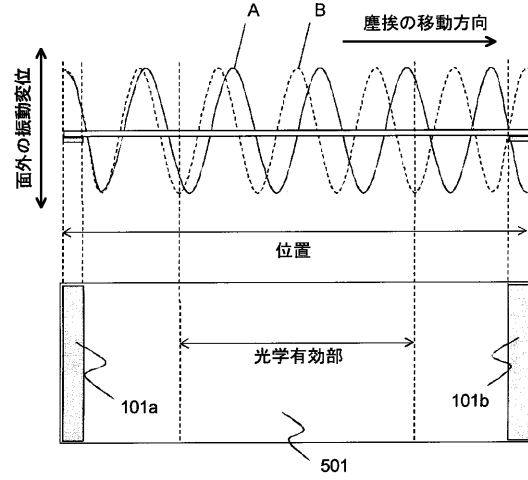
【 図 2 】



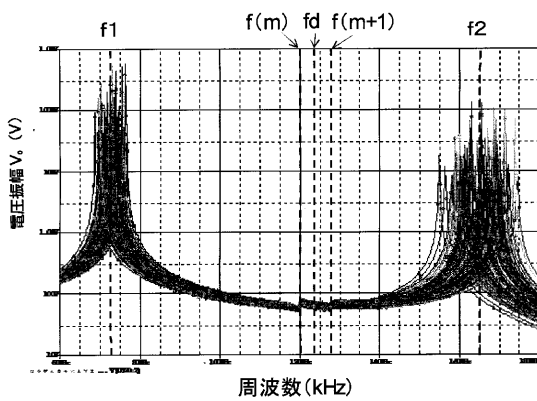
【 図 3 】



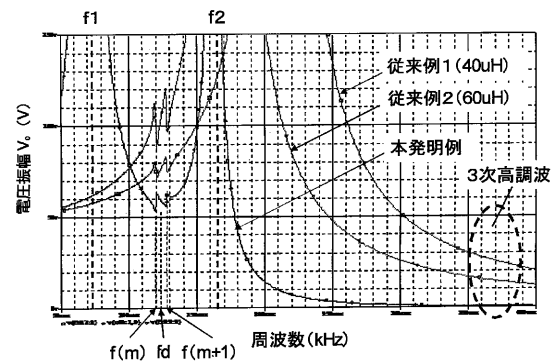
【 図 4 】



【 図 5 】

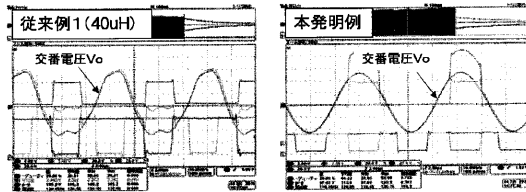


【 図 6 】

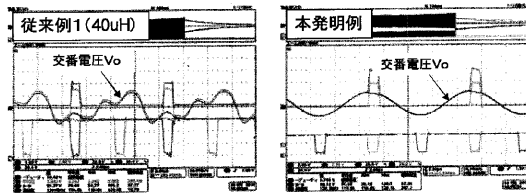


【図7】

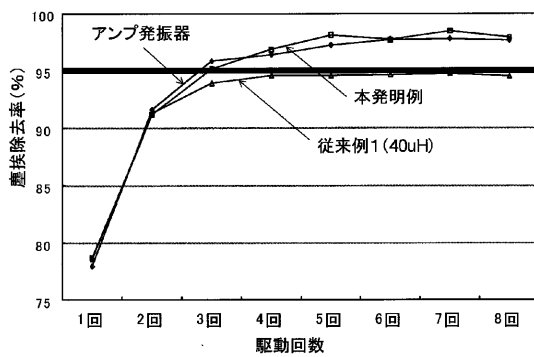
(a) パルスデューティ: 30%



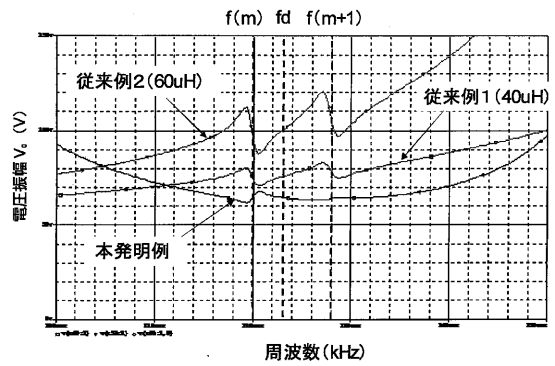
(b) パルスデューティ: 10%



【図9】

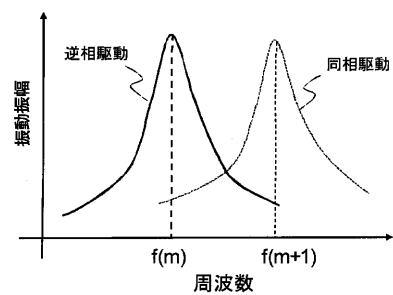


【図8】

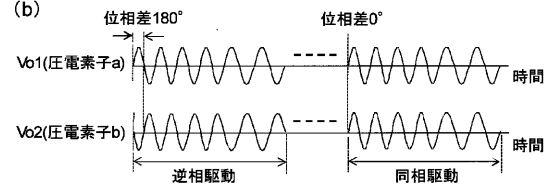


【図10】

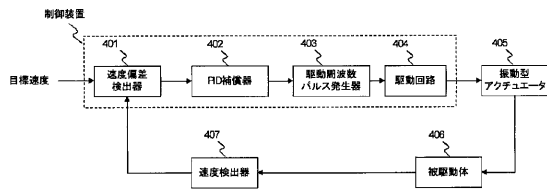
(a)



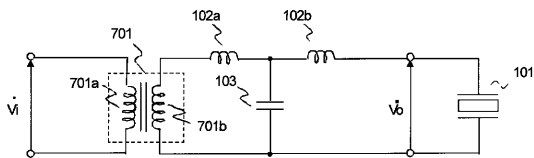
(b)



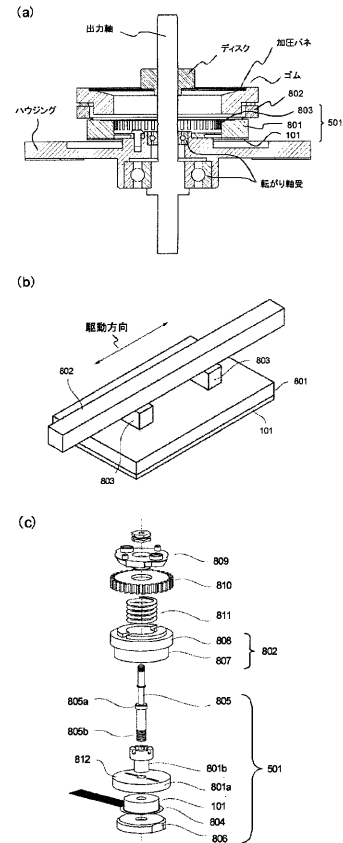
【図 1 1】



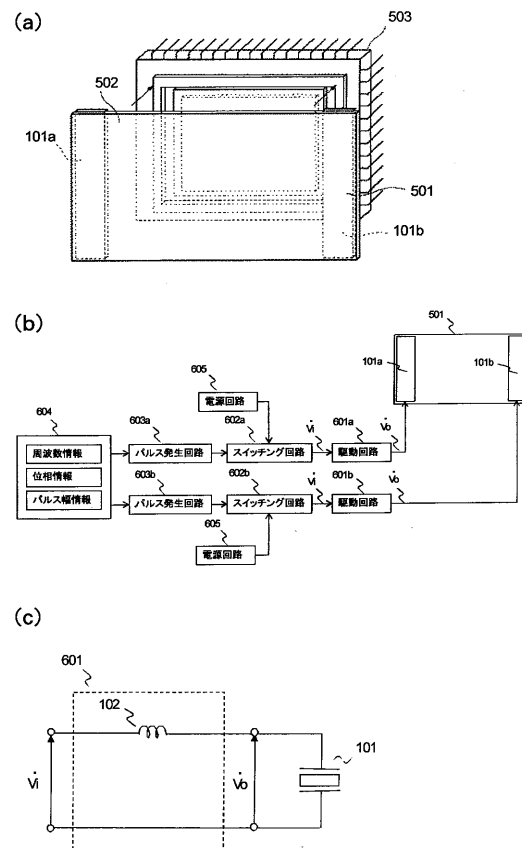
【図 1 3】



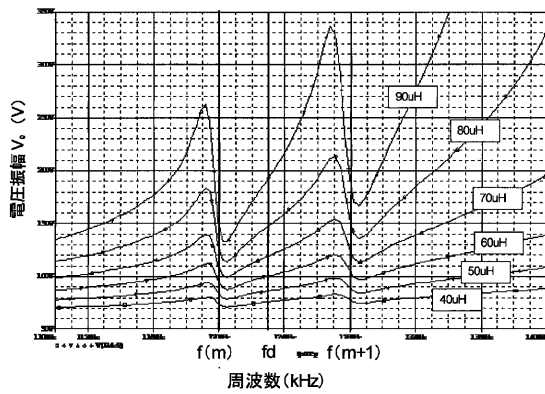
【図 1 2】



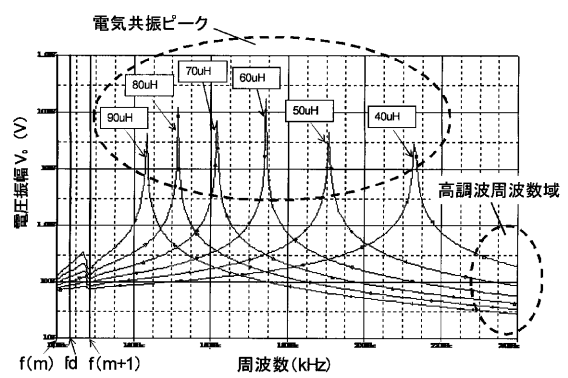
【図 1 4】



【図 15】



【図 16】



【図 17】

