

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 4 区分

【発行日】平成30年3月29日(2018.3.29)

【公開番号】特開2016-163437(P2016-163437A)

【公開日】平成28年9月5日(2016.9.5)

【年通号数】公開・登録公報2016-053

【出願番号】特願2015-40732(P2015-40732)

【国際特許分類】

H 0 2 N 2/00 (2006.01)

G 0 2 B 7/08 (2006.01)

【F I】

H 0 2 N 2/00 C

G 0 2 B 7/08 B

【手続補正書】

【提出日】平成30年2月13日(2018.2.13)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 1 4】

本願の請求項 10 に記載の技術によれば、請求項 3、7 乃至 9 のいずれかに記載の圧電アクチュエーター装置は、前記圧電電気共振振動の共振周波数と前記矩形波駆動電圧の駆動周波数の比が 1.5 乃至 4.5 の範囲となるように構成されている。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 0】

【図 1】図 1 は、本明細書で開示する技術を適用することができる圧電アクチュエーター装置 100 の構成例を模式的に示した図である。

【図 2】図 2 は、駆動回路 104 の構成例を示した図である。

【図 3】図 3 は、図 1 に示した圧電アクチュエーター装置 100 の機械モデルを示した図である。

【図 4 A】図 4 A は、駆動部材 102 の理想的な鋸波変位と駆動部材 102 の速度 v_{102} と駆動対象物 106 に加わる摩擦力 μN を示した図である。

【図 4 B】図 4 B は、駆動部材 102 の変位が理想的な鋸波でない場合の駆動部材 102 の速度波形を例示した図である。

【図 5】図 5 は、圧電素子 101 に PWM 波形の電圧を印加した際の実際の駆動部材 102 の変位 x_{102} と速度 v_{102} を示した図である。

【図 6】図 6 は、他の構成例に係る、圧電素子 101 に駆動電圧を入力する駆動回路 104' を示した図である。

【図 7】図 7 は、図 6 に示した駆動回路 104' を用いた圧電アクチュエーター装置 700 の機械モデルを示した図である。

【図 8】図 8 は、伝達関数の周波数応答を例示した図である。

【図 9】図 9 は、駆動部 107 のインピーダンス特性の実測値と解析解として求めた周波数応答を含む系の比較を例示した図である。

【図 1 0】図 1 0 は、圧電アクチュエーター装置 7 0 0 のステップ応答を示した図である。

【図 1 1】図 1 1 は、図 6 に示した駆動回路 1 0 4 ' を利用した場合の圧電アクチュエーター装置 7 0 0 における駆動部材 1 0 2 の位置及び速度の波形を示した図である。

【図 1 2】図 1 2 は、図 2 に示した駆動回路 1 0 4 を利用した場合の圧電アクチュエーター装置 1 0 0 における駆動部材 1 0 2 の位置及び速度の波形を示した図である。

【図 1 3】図 1 3 は、圧電電気共振成分の周波数が合わないために、圧電機械共振成分の速度低下をキャンセルできない場合の駆動部材 1 0 2 の位置及び速度の波形を示した図である。

【図 1 4】図 1 4 は、圧電電気共振成分の振幅が大き過ぎるため、その影響で速度低下が発生する場合の駆動部材 1 0 2 の位置及び速度の波形を示した図である。

【図 1 5】図 1 5 は、図 7 に示した圧電アクチュエーター装置 7 0 0 のステップ応答と速度を圧電機械共振振動と圧電電気共振振動に成分分解した例を示した図である。

【図 1 6】図 1 6 は、インダクター 2 7 のインダクタンス L_0 による圧電機械共振周波数と圧電電気共振周波数と、圧電機械共振周波数と圧電電気共振周波数の比を示した図である。

【図 1 7】図 1 7 は、PWM 電圧のフーリエ変換の結果を示した図である。

【図 1 8】図 1 8 は、デューティ比と圧電機械共振の振幅 A_1 と圧電電気共振の振幅 A_2 の比、周波数の関係を示した図である。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 2】

図 4 A (A) に示すように、駆動部材 1 0 2 が理想的な鋸波で動き出すと、駆動対象物 1 0 6 には摩擦力 μN が加わる。駆動部材 1 0 2 の速度 v_{102} よりも駆動対象物 1 0 6 の速度 v_{106} が遅い場合、駆動対象物 1 0 6 には駆動部材 1 0 2 の速度に追従する方向に摩擦力 μN が加わる。反対に、駆動部材 1 0 2 には摩擦力 μN が負荷となる。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 8】

時間 t_f と t_s の差分をできるだけ大きくすれば、その分時間 t_1 と t_2 が一定となる速度 v_{106} を大きくすることができる。また、時間 t_f と t_s の差分が大きくても、 t_s 間での速度が安定しなければ、速度が出ない（言い換えれば、駆動部材 1 0 2 の変位は、綺麗な鋸波形であることが好ましい）。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 5 6】

図 6 には、他の構成例に係る、圧電素子 1 0 1 に駆動電圧を入力する駆動回路 1 0 4 ' を示している。図 2 に示した駆動回路 1 0 4 との相違点は、圧電素子 1 0 1 の両端にインダクター 2 7 と抵抗 2 8 を直列に接続している点である。図示しない駆動制御回路がスイッチ 2 1 ~ 2 4 のスイッチング動作を制御するものとする。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0075

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0075】

次に、上記の圧電方程式(4)、(5)を連立させて応力 T を消去すると、電束密度 D は下式(12)に示す通りとなる。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0077

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0077】

上式(6)を用いて上式(12)を変形すると、圧電素子101の端子間電圧 V_1 は下式(13)に示す通りとなる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0115

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0115】

実際に圧電素子101に矩形波電圧を印加した際の、駆動部材102の応答について考える。上式(20)より、 $x = e^{-t}$ とおくと、下式(28)に示す通りとなる。但し、は微分方程式の特性解である。この場合の特性方程式は下式(29)である。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0144

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0144】

図11(A)、(B)には、図6に示した駆動回路104'を利用した場合の圧電アクチュエーター装置700における駆動部材102の位置及び速度の波形をそれぞれ示している。図11に示す波形は、上式(36)、(38)から得られる圧電アクチュエーター装置700の応答波形の解析解である。図11(B)では、第1の成分と第2の成分の速度を足し合わせたものが、駆動部材102の速度となる。また、図12(A)、(B)には、図11との比較として、図2に示した駆動回路104を利用した場合の圧電アクチュエーター装置100における駆動部材102の位置及び速度の波形をそれぞれ示している。図12に示す波形は、上式(1)から得られる圧電アクチュエーター装置100の応答波形の解析解である。摩擦力項は考慮していない。各図ともに、PWM駆動周波数とデューティ比は各条件で最適となるように調整しており、横軸は1周期分で正規化している。但し、各定数の値を、 $k = 200000000 \text{ [N/m]}$ 、 $c_v = 8 \text{ [N} \cdot \text{s/m]}$ 、 $m_2 = 1 \times 10^{-4} \text{ [kg]}$ 、 $R_0 = 4.5 \text{ [} \text{]}$ 、 $L_0 = 31 \text{ [} \mu\text{H]}$ 、 $A = 1.3$ 、 $B = 8 \times 10^{-8}$ とする。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0157

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0157】

(c1) 圧電電気共振成分の周波数が合わず、圧電機械共振成分の速度低下をキャンセル

できないことについて

図 1 3 (A)、(B) には、圧電電気共振成分の周波数が合わないために、圧電機械共振成分の速度低下をキャンセルできない場合の駆動部材 1 0 2 の位置及び速度の波形をそれぞれ示している。但し、各定数の値を、 $k = 20000000 \text{ [N/m]}$ 、 $c_v = 8 \text{ [N} \cdot \text{s/m]}$ 、 $m_2 = 1 \times 10^{-4} \text{ [kg]}$ 、 $R_0 = 7 \text{ []}$ 、 $L_0 = 31 \text{ [μH]}$ 、 $A = 1$ 、 $B = 8 \times 10^{-8}$ とする。また、矩形波駆動電圧 V_0 の駆動周波数を 53.1 [kHz] 、そのデューティ比を 0.67 とする。この場合の圧電機械共振 (第 1 の成分) の共振周波数 f_{n1} は 67.2 [kHz] 、圧電電気共振 (第 2 の成分) の共振周波数 f_{n2} は 225.4 [kHz] となる。図 1 3 (B) に示すように、駆動部材 1 0 2 の速度の圧電機械共振成分 (第 1 の成分) は 2 つの山 1 3 0 1、1 3 0 2 を持つ波形となるが、圧電電気共振成分 (第 2 の成分) は圧電機械共振 (第 1 の成分) の山 1 3 0 2 の波形による速度低下をキャンセルせず、反対に速度低下を促進する方向に働いている。したがって、図 1 1 (B) に示したような圧電電気共振成分で速度低下をキャンセルするという効果を発揮することができない。

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 8 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 8 7】

圧電機械共振と圧電電気共振それぞれの振幅 a_1 、 a_2 は、圧電素子 1 0 1 への入力である PWM 電圧との共振に関する。図 1 7 には、PWM 電圧のフーリエ変換の結果を示している。同図中の横軸は長時間電圧のデューティ比であり、 $0.6 \sim 0.8$ で確認している。また、縦軸はフーリエ変換の測定周波数 / 駆動周波数 = 1 で正規化している。図 1 7 に示すように、デューティ比が 3 分の 2 のときは、測定周波数が駆動周波数の 3 倍のフーリエ変換の振幅が 0 になることが分かる。また、デューティ比が 4 分の 3 のときは、測定周波数が駆動周波数の 4 倍のフーリエ変換の振幅が 0 になることが分かる。つまり、短時間電圧の周期を持つ周波数は振幅を持たないことが分かる。また、駆動周波数の整数倍以外の駆動周波数では振幅を持たない。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 15】

