

縦・屈曲超音波アクチュエータ用積層振動子の電極設計

高野昌宏* 滝本幹夫** 中村健太郎***

緒言

超音波モータは圧電振動によって駆動するモータであり、低速・高トルクという点や音が小さい、停止保持力を有するなど電磁モータには無い特徴を有している。しかしながら、入出力特性(入力電圧と速度の関係)が非線形性を示すので、精密な制御が難しいという欠点を持っている。本研究では、良好な制御性、かつ低コスト製造を可能とするため、縦1次、屈曲2次振動モードを独立に励振できる積層振動子を提案した。本報では、提案した振動子の概要を述べると共に、モータ出力の向上を目的とした電極形状の最適化結果について報告する。

基本構造

図1にアクチュエータの基本構造を示す。アクチュエータは振動子と移動体から構成されており、振動子は移動体と摩擦ヘッドを介して加圧接触させている。振動子の加圧方向の振動は、縦1次モード(L1 mode)で励振し、送り方向の振動は屈曲2次モード(B2 mode)で励振する(図2参照)。このL1 modeとB2 modeを独立した励振とするため、本研究では、図3に示すような5面の電極構造を考案した。振動子の中心に位置する十字型の電極でL1 modeを励振し、その回りに配置した4つの長方形の電極でB2 modeを励振するものである。従って、L1 mode、B2 modeに印加する電圧の大きさを変えることにより、加圧方向の振動と送り方向の振動の大きさを独立に変化させることができる。このように本アクチュエータは、駆動原理である摩擦ヘッドの楕円運動軌跡の形状を自在に制御できる特徴を持っており、良好な制御性が期待できる。

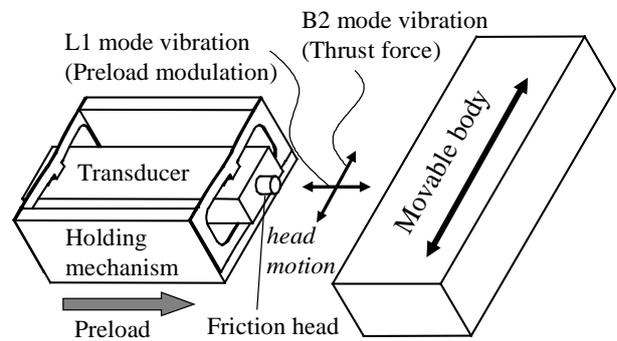


図1 アクチュエータの基本構造

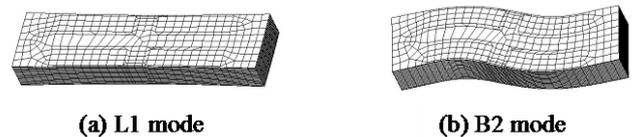


図2 用いる固有振動モード

電極設計

本モータの出力限界は、振動子の発熱によって制限されることから、発熱の原因である振動子の損失を小さくすることが振動子の電極設計に求められる。そこで、高出力化を目的に、振動子の電極形状の最適化について検討した。振動を効率よく励振するためには、振動モードのモードひずみの大きい箇所に圧電素子を配置した方が望ましいことが一般的に知られている。そこで、図4に示すような矩形

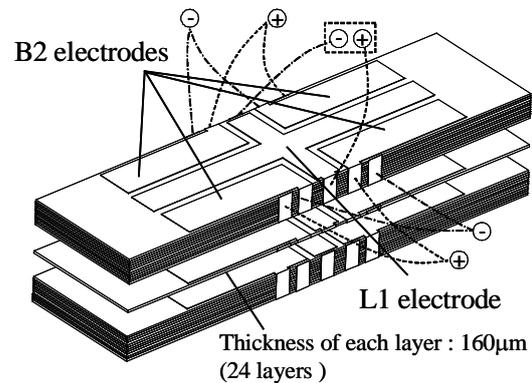


図3 5面の電極構造

*機械金属部 **ニッコー(株)

***東京工業大学

状の電極形状とモードひずみの等高線上にそって形成した電極形状とで、振動子の出力、損失を比較した。振動子の出力、及び損失は圧電振動子の等価回路モデルから算出することとし、各等価回路パラメータは有限要素法、及び実験値から求めた。図5に振動子の出力(W_a)と損失(振動損失 W_m +誘電損失 W_d)の比、出力損失比と電極面積の関係を示す。case 4の電極形状は、モードひずみの等高線上に沿って電極面積を変化させたものであり、case 5, 6は長方形の電極の長さ、幅をそれぞれ変化させたものである。同図に示すようにcase 4の出力損失比が他のcaseよりも全ての電極面積で上回っており、電極形状としては、モードひずみの等高線にそって形成した電極が最も良いという結果を得た。また、電極の面積に関しては、大きければ良いというものでは無く、最適な電極面積が存在することが明らかとなった。

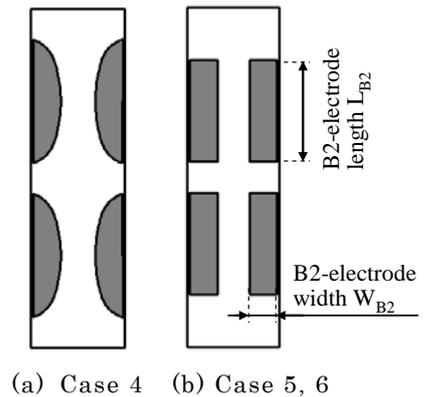


図4 比較したB2電極の形状

次に、電極形状を最適設計した振動子(Type N)と振動子全面に電極を形成した振動子(Type M)とを実際に試作し、アクチュエータとしての出力、効率を比較した。図6にType NとType Mのアクチュエータ効率、アクチュエータ出力をそれぞれ示す。同図に示すように、Type N振動子を使用したアクチュエータは、Type Mと比べ、効率及び出力が2割以上向上する結果が得られた。これは、電極を最適化したことにより、余分な振動子損失が減少したためと考えられる。以上の結果から、アクチュエータの出力や効率の向上に電極形状の最適化が有効であることが示された。

結言

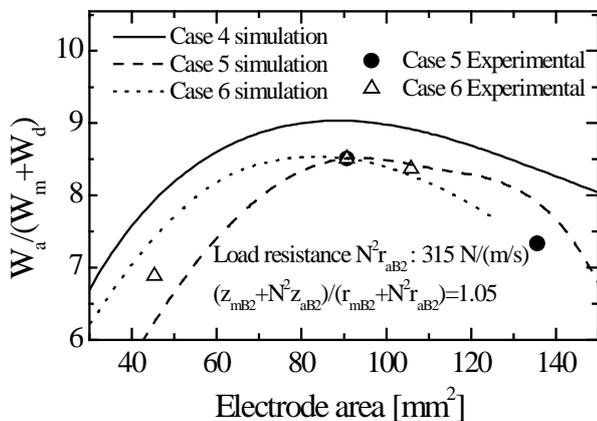


図5 出力損失比と電極面積の関係

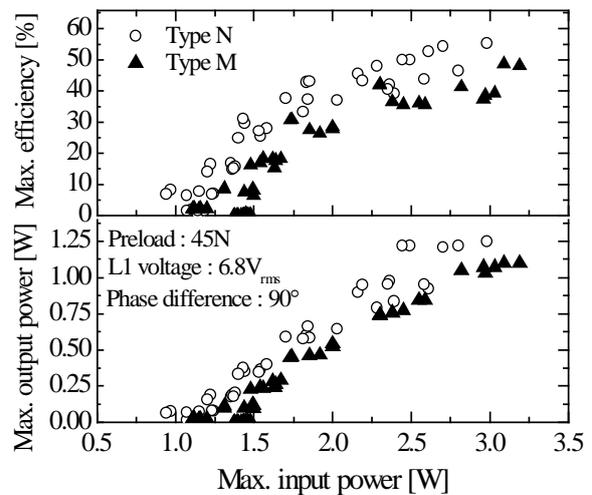


図6 アクチュエータ効率、出力の比較

超音波モータ・アクチュエータの制御性を改善することを目的に、縦振動と屈曲振動を独立に励振できる積層平板振動子を提案した。提案した振動子の電極構造の最適化について検討した結果、モードひずみの等高線上に形成した電極形状が望ましく、かつ最適な電極面積が存在すること、電極形状を最適化することにより、アクチュエータ出力が2割以上向上することを明らかにした。

論文投稿

Acoust. Sci. & Tech. 2011, vol. 32, no. 3, p. 100-108.