

光学機器用小型アクチュエータの開発

機械金属部 ○高野昌宏, 廣崎憲一, 新谷隆二, 吉田勇太, 南川俊治

1. 目的

電子・情報産業やバイオ産業などで用いられる光学式の測定機器では、高精度化やコンパクト化のニーズが一段と高まっている。このため、光学系で使用される駆動装置(アクチュエータ)には、電磁モータよりも小型で高分解能なアクチュエータの開発が望まれている。

一方、超音波リニアモータは、構造が簡素で、高パワー密度であることから、小型化が容易であり、また停止安定性や応答性にも優れているなど、光学機器の駆動装置として適した性能を持っている。しかしながら、微小駆動時の制御性やモータ効率に問題があるため、実用化が進んでいない状況である。

そこで、本研究では、超音波リニアモータの制御性や効率を改善できる独立励振型振動子を考案し、この超音波振動子を応用して光学機器用小型アクチュエータの開発を行った。

2. 内容

2.1 振動子の基本構造

超音波モータの基本構成を図1に示す。平板状の振動子の先端に取り付けた摩擦ヘッドをスライダ等の移動体に加圧接触させる。その状態で摩擦ヘッドが楕円運動することにより、移動体は摩擦によって駆動される。摩擦ヘッドの楕円運動は、図2に示した振動子の縦1次振動モード(L1モード)と屈曲2次振動モード(B2モード)合成することによって生成する。L1モードは楕円運動の加圧方向に振動し、B2モードは送り方向に振動するため、各モードを独立して制御すれば楕円軌跡のコントロールが可能である。

L1モードとB2モードを独立して励振させるために考案した本振動子の電極構造を図3に示す。L1モードを励振するための電極(L1電極)を、振動子の中心に十字形状で配置し、その角にB2モードを励振する電極(B2電極)長形状に4つ配置した。このように電極を別々に設けることで、各振動モードの大きさや位相差をそれぞれ自在に制御できる。これまでの超音波

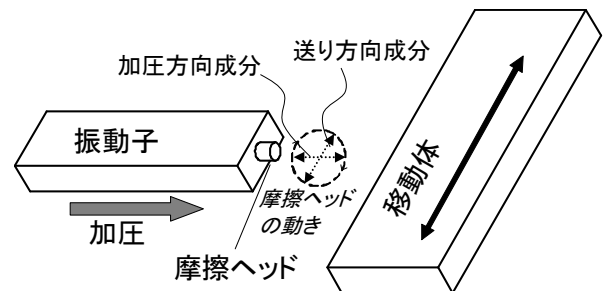


図1 モータの基本構成

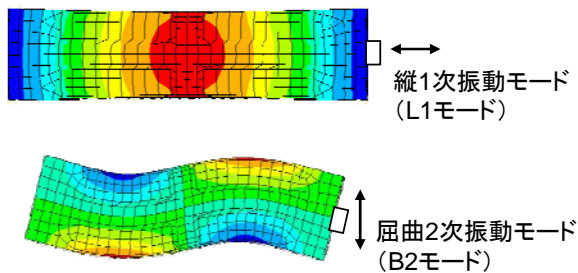


図2 利用する固有振動モード

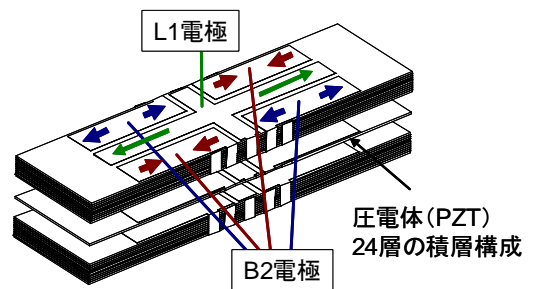


図3 独立励振型振動子の構成

モータでは、不可能であった摩擦ヘッドの楕円軌跡のコントロールが可能であるため、摩擦駆動状態を最適化することができ、制御性や効率の向上が期待できる。なお、振動子は低電圧駆動を可能とするため、24層の積層構造とした。

2. 2 モータ性能

図4に試作モータの速度-電圧特性を示す。同図では、L1電圧を $3.3V_{rms}$ 、 $1.7V_{rms}$ に固定した場合とB2電圧と等しく変化させた場合の3条件をプロットした。なお、L1電圧をB2電圧と等しく変化させた条件は、原理的に従来の超音波モータと同じ特性になる。L1電圧を $1.7V_{rms}$ 、もしくはB2電圧と等しく変化させた場合は、従来の超音波モータで問題となる不感帯が存在し、速度特性は非線形となるが、L1電圧を $3.3V_{rms}$ とすることで、不感帯が消失し、B2電圧の大きさに対してほぼ線形に速度が変化する結果が得られた。このように、本モータは、超音波モータで問題とされる微小駆動時の制御性が改善できた。

2. 3 ミラーホルダアクチュエータへの応用

応用製品のミラーホルダは、レーザ光の角度を調整するために用いられ、測定機器等に使用される。ミラーホルダの小型・高分解能化のニーズに応えるため、本振動子を用いて小型アクチュエータ構造の開発を行った。試作したミラーホルダアクチュエータと振動子を図5に示す。振動子のサイズは15mm以下、それを内蔵したアクチュエータ長さは60mm以下であり、従来の電磁モータタイプと比べて約1/3以下に小型化できた。また、分解能は0.2秒~0.4秒(20nm~40nm)が得られ、約20倍の高分解能化が達成された。

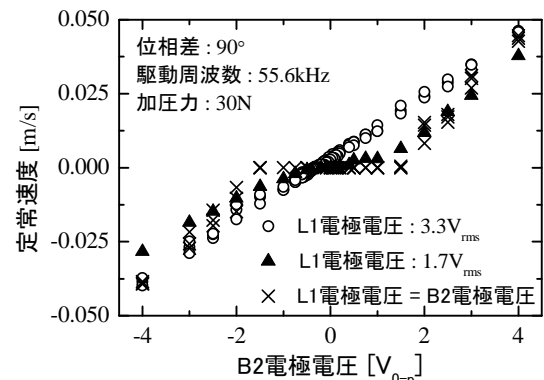
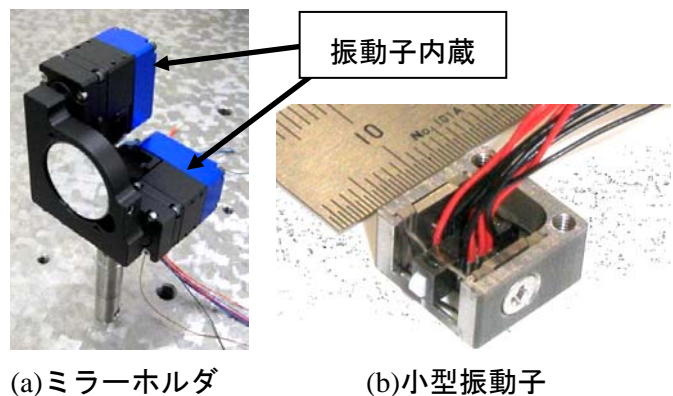


図4 速度-電圧特性



(a)ミラーホルダ

(b)小型振動子

図5 開発した試作機

3. 結果

光学機器用小型アクチュエータの開発を目的に、摩擦ヘッドの楕円軌跡を自在に制御できる独立励振型振動子を考案し、これを使用した超音波リニアモータの性能、ミラーホルダアクチュエータへの応用について検討した。得られた主な結果を以下に示す。

- (1) 摩擦ヘッドの楕円軌跡を制御することで、従来超音波モータで問題となっていた微小駆動時の制御性を向上できることを確認した。
- (2) ミラーホルダアクチュエータへ応用したところ、従来の電磁モータ方式と比べて1/3以下の小型化、約20倍の高分解能化が達成され、実用化の目処を得ることができた。

謝辞

本研究は経済産業省「地域イノベーション研究開発事業」の委託を受け、シグマ光機(株)、ニッコー(株)、東工大との共同研究にて実施した。