

技術開発レポート

同期型圧電アクチュエータ「SPIDER」の開発

1. はじめに

次世代の半導体製造装置への応用を目指し、圧電素子を応用した新型アクチュエータと、それを装備した精密ステージシステムを開発中である。このアクチュエータは完全同期型であり、SPIDER(Synchronous Piezoelectric Device Driver : SPIDER)と命名した。非磁性、真空対応、高精度、高トルク、低発熱などの特徴は、電子線描画装置(EB)、CD-SEM、電子顕微鏡、FIBなどの荷電粒子応用装置における精密ステージ動力源に最適である。

本稿では、耐摩耗技術の確立により製品化をむかえたSPIDERの動作原理を中心に、ステージシステムの総合性能、今後の展開などを解説する。

2. 動作原理

図1にSPIDERの外観とアクチュエータの圧電素子構成を、図2にはアクチュエータの動作原理を示す⁽¹⁾。正弦波電圧を伸縮素子に、余弦波電圧を剪断素子に印加することにより素子先端部に楕円軌道が生成される。この先端部を駆動対象に対して押し当てて、摩擦力を介して直接駆動する。

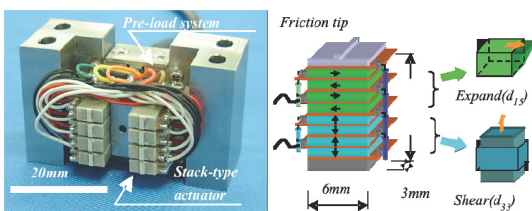


図1 SPIDERの外観と素子構成

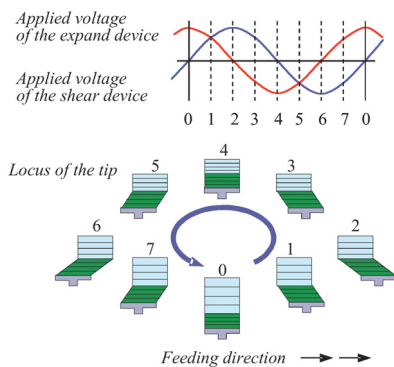


図2 動作原理

3. 大型ステージへの応用

図3に12インチウェハー対応ステージの写真を示す。ステージ主材質はアルミナセラミックス(Al_2O_3 , 99.7%)である。また、ガイドレールにも $90 \pm 1/400^\circ$ の高精度加工を施したV溝付きアルミナセラミックスを製作し、それを平行取り付けした上で、転動体のタングステンカーバイト

製コ口(L:9.5mm, $\phi:2.5 \pm 0.0001$ mm)を装着した機構を採用している。

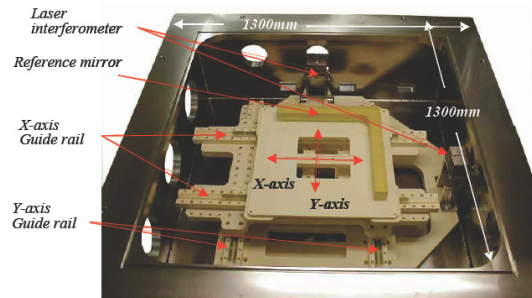


図3 セラミックステージ外観

これにより、全可動重量80kg強のXYステージ機構で、移動全域内で50nm以内の自重撓みと1arcsec以下の高幾何精度化、ならびに、制御分解能0.6nm、最高速度150mm/s、 $0.01 \mu\text{m/s} \sim 36 \text{mm/s}$ までの等速度移動時の速度リップル10nm以下などの動性能を達成している⁽²⁾。

4. 耐久性

接触式アクチュエータの特徴ならびに性能優位性は、摩擦駆動方式による所が大きいですが、摩耗による接触状態変化から引き起こされる伝達系変化により性能劣化が生じる。そのため、これまで開発されてきた種々の大出力型接触式アクチュエータは、大部分が駆動性能を長期間安定できないことで実用化されていない。この問題を解決するために、接触部における静摩擦限界の駆動理論を構築し、システムに応用した。これにより、性能を維持した状態で8,000km以上の連続走行耐久性を実現した⁽³⁾。これは、フル稼働状態にあるCD-SEMの約40年分の走行距離に匹敵する。

5. まとめ

SPIDERの研究開発は、摩耗問題を克服することで実用化のフェーズに入った。今後は、各社装置への導入/評価と平行して、普及型ステージとしての販売を計画している。

謝辞

本開発は、独立行政法人科学技術振興機構(JST)の支援によりH11~H16にかけて行われた「熊本県地域結集型共同研究事業」の成果である。

参考文献

- (1) Japan patent: No.1716656 (1992)
- (2) Y Egashira, K Kosaka, et al:Jpn.J.Appl.Phys.(2002)Part1, Vol. 41, No. 9, September 2002, 5858-5863.
- (3) T Endo, Y Egashira, et al:The 16th Symposium on Electromagnetics and Dynamics.(2004)Proceeding 313-316.

小坂 光二 ((有)熊本テクノロジー)
茶木 昭彦 (中央精機(株))
(平成16年12月22日受付)