

Nano-motion Actuator の研究開発と実用化

はじめに：600 Gbit/in² の面記録密度が当面の研究開発目標として掲げられ、実現する上で必要なトラック密度 (TPI: Tracks Per Inch) は 300 kTPI、トラックピッチは 85nm に近づくものと予想されている。更に記録再生評価装置 (Spin-stand) では、Off-track 特性や Track-profile を評価するため、トラックピッチの ±5% すなわち幅で 8.5nm の領域を最低でもその 1/10 となる 1nm 以下 (3σ: 正規分布上で 99% 以上の確率) の分解能と繰り返し安定性を有しながら、精密に位置決めできる高速・高精度な微動アクチュエータが、重要な Key device として要求され始めている。本地域結集型共同研究事業では、Spin-stand 上で高速で高精度な記録トラック追従を実現するため、Nano-motion Actuator (NMA) の研究開発を産学官連携で 2000 年から開始し、制御性能を大幅に改善する減衰機構を含めた機構や最大変位量の向上を図るために形状の最適化を行った。その結果、てこ機構と平行バネで構成される変位拡大機構に積層型圧電素子と組み合わせ、共振周波数：5kHz、最大変位量：11μm 以上に達する高速で高精度な微動アクチュエータの開発に成功し、協同電子システム㈱の Spin-stand だけでなく、昨年末より国内の HDD (Hard Disk Drive) メーカーの量産用ヘッド試験装置に採用されて、実用化が始まっている。

研究開発の内容：記録再生信号の評価装置 (Spin-stand) 上で、高速に回転するディスク面上に正確なサーボパターンを書き込み、決められたトラックを正確にフォローするため、Fig. 1 に示される変位拡大機構と積層型圧電素子 (AE0406D05H06D, 5.3 ± 1.0μm / 150 V, NEC Tokin) を組み合わせた Nano-motion Actuator (So1101U) を開発した。位置フィードバックには、0.0625nm / pulse の検出分解能を有する反射型で格子干渉を用いた光学スケール (BH20, Sony Manufacturing Systems) と DSP (Digital Signal Processor) を用いたコントローラと Detector (基本波長 250nm を電氣的に 4000 分の 1 に内挿分割) を組み込んだ (BB100) を用いて、Fig. 2 に示される実験構成で、3σ において 0.1nm の位置決め精度の実現を目指した。

NMA は 1 つのバネとダッシュポットと質量で構成される 2 次遅れ要素の周波数特性を示すが、共振周波数におけるピーク振幅値が非常に高く、制御帯域を上げる上で大きな妨げとなっていた。そのため、粘弾性体 (IVY#810 改 27, 大協技研工業㈱製) と SUS303 (板厚 50μm) 製の拘束板を組み合わせた減衰機構 (特許第 3612670 号) を NMA の上下面に貼ることで、Fig. 3 に示されるように共振周波数は 5kHz から 6kHz へ 20% 高域に移動し、共振ピーク時の振幅値を 24.1dB から 1/4 となる 12.5dB まで大幅に低減させることで、Fig. 4 に示されるように定常状態において位置決め誤差を ±2 Pulse に相当する ±0.13nm (3σ: 99.74%) で安定させることが可能となった。また 10nm のステップ応答で 25% のオーバーシュートを許容することで、0.1ms の立ち上がり時間が達成できることを確認した。

[本アクチュエータを用いた位置決めシステムは、2004 年 12 月 1 日～3 日、幕張メッセで開催された Semicon Japan 2004 で、Sony Manufacturing Systems Corp. から出品されたものです。]

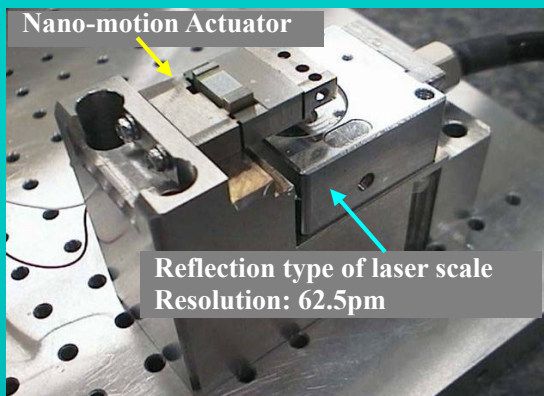


Fig. 1 Nano-motion Actuator with High Resolution Scale

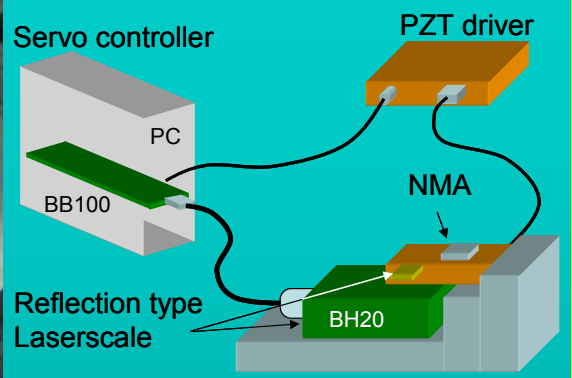


Fig. 2 Control System with Reflection-type of Laserscale for Nano-motion Actuator

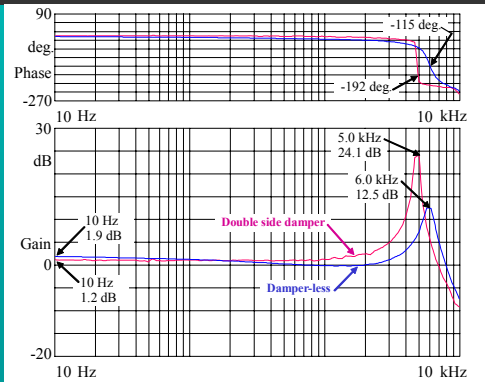


Fig. 3 Frequency Response of Nano-motion Actuator

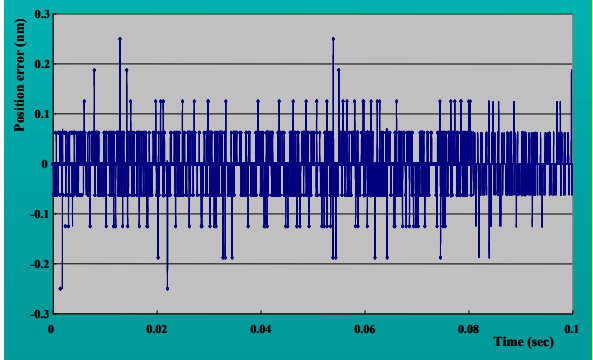


Fig. 4 Positioning Stability of Nano-motion Actuator

