

研究成果

サブテーマ名：超高密度磁気記録評価装置の機構と評価 小テーマ名：1-5-1c 高密度磁気記録評価装置の精密位置決め機構と制御系の開発	メカ
サブテームリーダー（所属、役職、氏名）	
秋田大学工学資源学部	教授 渋谷 嗣
研究従事者（所属、役職、氏名）	
秋田県産業技術総合研究センター 高度技術研究所	上席研究員 森 英季
(財)あきた企業活性化センター	雇用研究員 菅谷公志
(財)あきた企業活性化センター	雇用研究員 干野隆之
研究の概要、新規性及び目標	
研究の概要	
<p>2.5inch 以上の HDD 対応の動作範囲を有しながら、0.1nm の繰り返し位置決め精度を実現する直動型の空気軸受けと同じく直動型の VCM (Voice Coil Motor) を組み合わせた Linear Actuator (LAB1+MC2) と積層型圧電素子と変位拡大機構を組み合わせ、磁気記録再生評価装置 (Spin-stand) に搭載されて、11.5μm の動作範囲を有しながら 3σ (正規分布上の確立で 99%) で 0.1nm を実現する Nano-motion Actuator (NMA) の 2 種類の高速・高精度アクチュエータの研究を行った。AIT, 名古屋大学, 秋田大学, 小林工業(株)及び協同電子システム(株)と共同で研究開発した NMA は、実際の Spin-stand に Piggyback actuator として搭載され、位置決め誤差 \pm 1nm で実用化された。また国内 HDD (Hard Disk Drive) メーカーの量産用磁気ヘッド試験機に採用された。</p>	
研究の独自性・新規性	
<p>記録再生評価装置(スピンスター)に応用されるトラッキング用アクチュエータは、20000rpm に達しようとする高速に回転するディスク面上を 0.1nm の位置決め分解能で、正確に記録されたトラックをフォローイングする必要がある。本研究の成果として実用化された微動型アクチュエータである Nano-motion Actuator は、FEM を用いた解析によって構造材の選定や形状の最適化を図り、研究の中で考案された減衰機構によって、磁気ヘッドのトラッキング性能を飛躍的に向上させることが可能となった。また圧電素子の配置を平行バネの外側の位置に変更し、出力の高い大きな圧電素子を用いることができる新しい構造を提案した。その効果として、共振周波数 5kHz を維持しながら、30μm と現行の約 3 倍まで最大の変位量を拡大することが可能となり、変位量の増加と高速性や制御性の両立が図られる新しい NMA の開発に成功した。</p>	
<p>直動型の空気軸受けと VCM で構成される Linear Actuator の周波数特性は、VCM へ供給される電流=推力から変位量で見た場合、gain 曲線では 2 階積分となる -40dB/dicade で傾斜しながら 14.4kHz で共振周波数のピークを有するもので、制御系の Open loop 特性は 4kHz と市販 HDD と比べて、約 3 倍の広帯域までの制御帯域を確保することで、今までにない高速性と繰り返し位置決め性能を実現することができた。</p>	
研究の目標（フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に）	
<p>昨年度までに開発し、実用化された微動型アクチュエータ(Nano-motion Actuator)の基本構造を生かしながら、構造材及び形状の最適化によって、30μm 以上の最大変位量を実現し、共振周波数 5kHz 以上を維持しながら、3 にて 0.1 nm の精密位置決めの実現を目指す。また新たな減衰構造を検討し、位置決め精度向上を図る。20 mm 以上の動作距離をサブナノメートルで位置決めするリニア型の超精密アクチュエータ (Linear Actuator) では、更なる小型化により機械剛性の向上と駆動部慣性質量の低減を図り、現行 14.4 kHz の共振周波数から 20 kHz 以上の高帯域化を図りながら、0.1 nm 以下の超精密位置決めを実現する。本研究で開発されたサブナノメートルの位置決め分解能を有するアクチュエータを活用し、X-Y 平面内の動作に拡張することで、新たな Spin-stand やヘッド試験機への展開を図る。また更に磁気記録関連以外の分野 (例えば半導体露光装置や精密加工機など) でサブナノメートルノ高精度な位置決めが高速で要求される分野に向けて改良し、実用化の展開を図る。</p>	
研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）	
<p>NMA の共振周波数: 5kHz, 最大変位量: 10μm 仕様は、実用化されて量産化に移行しており、圧電素子を湿度から保護する減衰機構の研究開発や信頼性を向上させるため、耐久試験の準備を進めている。またプリライトサーボやパターンメディア用の記録再生試験で必要とされている共振周波数: 5kHz, 最大変位量: 50μm 以上仕様の NMA の研究開発を始めた。直動型の空気静圧軸受けと VCM (Voice Coil Motor) を用いたリニア・アクチュエータの研究では、空気軸受け構造に VCM を一体化させ、サーボ帯域 4kHz 以上で 25mm 以上の動作距離と 0.1nm の位置決め分解能の実現を図りながら、スピンスターへの搭載を目指して研究開発を行っている。</p>	

主な成果

具体的な成果内容：

特許件数：5件

論文数：3件

口頭発表件数：8件

研究成果に関する評価**1 国内外における水準との対比**

高精度位置決めに関する研究では、制御対象として様々な違いはあるが、0.1nm以下の精度で位置決めされている報告もある。しかしながら、15000rpm以上で高速回転するディスク面上の特定のトラックを正確に追従するような高速と高精度を両立させた研究は、磁気記録の分野を除いて、他にはないと言っても過言ではない。また本研究は、HDD (Hard Disk Drive) やスピンドルで実現されている制御帯域を約3倍広帯域化し、4kHz以上の高速・高精度位置決めを実現するもので、国内外を問わず最先端の技術レベルにある。

2 実用化に向けた波及効果

現在、共振周波数：5kHz、最大変位量：10μm仕様のNMAは小林工業(株)にて製品化された。平成16年度より協同電子システム(株)のスピンドルや国内のドライブメーカーの量産用磁気ヘッド試験機のアクチュエータとして、実際に販売され約1年を迎える。近年の磁気ヘッドは、記録密度の向上と共にトラック幅が一層狭められており、歩留まり上げるためにメディアとの組み合わせを決めるランク分けの試験に、より精密さが要求されている。そのため、量産用の試験装置とはいえども研究開発用のSpin-standと同様レベルのトラッキング精度が要求され、高速で高精度な位置決めを可能とする微動アクチュエータは、今後更に重要なキーデバイスとなるものである。したがって、今後は他のドライブメーカーの試験装置への採用が進むものと予想される。

残された課題と対応方針について

本研究では、高速で高精度な2種類アクチュエータの要素研究を行ってきたが、磁気記録評価においてもアクチュエータ2軸(X-Y)を組み合わせて、平面内を自在に高精度位置決めする要求がある。またアクチュエータだけでは利用し難いので、駆動装置、制御装置、変位計とアクチュエータを組み合わせたシステム化が、事業化を図る上で重要となり始めている。現在、本研究で開発したアクチュエータ技術を基にして、経済産業省の地域新生コンソーシアム研究開発事業“高速ナノ・スキャニングステージの開発”において16年度より2軸化とシステム化研究を図っている。今後は、フェーズに向けて残された課題及び新たな取り組みへ向け、更に研究開発を進展させ、本研究の成果を更に付加価値の高い実用化に結び付けるために地域COEである“秋田精密機器研究会”と連携した研究開発体制で遂行を図る。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合計
	H12	H13	H14	H15	H16	H17	小計	H12	H13	H14	H15	H16	H17	小計	
人件費	0	0	1,631	1,814	1,886	2,677	8,008	1,809	4,995	5,067	4,973	5,936	3,981	26,761	34,769
設備費	6,084	7,122	9,883	6,894	5,739	0	35,722	0	500	6,500	51,450	31,310	0	89,760	125,482
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	1,160	0	3,123	1,784	1,245	3,973	11,285	0	0	0	0	0	0	0	11,285
旅費	132	760	1,094	1,495	833	482	4,796	0	0	0	0	0	0	0	4,796
その他	0	46	256	92	168	35	597	0	0	0	0	0	0	0	597
小計	7,376	7,928	15,987	12,079	9,871	7,167	60,408	1,809	5,495	11,567	56,423	37,246	3,981	116,521	176,929

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

J S T 負担による設備：レーザー測長器、パターンジェネレータ、バイポーラ電源
 地域負担による設備：光ファイバ式変位計、任意波形発生器、5ch静電容量変位形

複数の研究課題に共通した経費については按分する。