

研究成果

サブテーマ名 ：超狭トラック幅垂直磁気記録ヘッドの開発 小テーマ名 ：1-3-1b 狭トラック幅垂直磁気記録ヘッドの開発	デバイス
サブテマリーダー（所属、役職、氏名） 教授 井上 浩 秋田大学工学資源学部	
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 主席研究員 山川清志 秋田県産業技術総合研究センター 高度技術研究所 主任研究員 伊勢和幸 (財)あきた企業活性化センター 雇用研究員 山田秀高	
研究の概要、新規性及び目標	
①研究の概要	
300 Gbit/in ² 記録用垂直磁気記録ヘッドの開発、および、超 500 Gbit/in ² 記録を目指したヘッドの基本技術の開発を行う。	
②研究の独自性・新規性	
作製技術の継続性と記録性能の両面を満足して高密度記録を可能とする独自構造のカस्पコイル励磁型単磁極ヘッドを提案している（特許取得）。さらに、本ヘッドの主磁極近傍にシールドヨークを追加配置した構造のフロントシールド型単磁極ヘッドの提案を行い（特許出願）、業界に先駆けて磁界勾配の急峻化効果を実証した。ヘッド磁界に直接反映する主磁極材料に関しても、理論上の上限に極めて近い2.4Tの飽和磁束密度を優れた軟磁気特性と共に実現したCoFeAl ₁₀ 薄膜をいち早く開発し（特許出願）、カस्पコイル励磁型ヘッドに適用してその有効性を確認した。また、超高密度記録を狙う記録ヘッドとしてカस्पコイル励磁型ヘッドとは異なる視点から考案したシールドプレーナー型単磁極ヘッドを新たに提案している（特許出願）。以上の通り、新規な磁極構造とコア材料を常に提案しながら高密度記録用ヘッドの研究を推進している。	
③研究の目標（フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に）	
フェーズⅠ：100nmのトラック幅高密度記録の実証と100Gbit/in ² 級記録ヘッドの開発	
フェーズⅡ：トラック幅50nm以下での高密度記録の実証と100Gbit/in ² 級記録ヘッドの開発、およびマルチトラックヘッドの開発	
フェーズⅢ：1Tbit/in ² 級記録ヘッドの開発	
研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）	
カस्पコイル励磁型記録ヘッドを基本として超300Gbit/in ² 用ヘッドの開発を進める。集束イオンビーム（FIB）装置を用いて超狭トラック幅を実現し、強磁界確保のために高飽和磁束密度材料を開発して主磁極に応用し、コイルピッチを狭小化して主磁極先端部への集中巻線化を図ることで高い記録効率を実現する。さらに、主磁極に近接して後端とトラック幅方向に磁気シールドを配置することにより磁界の急峻性を増し、高線記録密度化と高トラック密度化を実現することで超300Gbit/in ² 記録を達成する。現在までに、2.4Tの磁性材料（FeCoAl ₁₀ ）を開発してヘッドに応用すると共に、超300Gbit/in ² 記録に対応するトラック幅80nmを実現した。また、シールドによる記録密度の向上を実証し、シールド付与が密度向上に有効であることを示した。さらにまた、コイルの狭ピッチ化に向けてめっき法によるコイル形成技術を立ち上げた。	
超500 Gbit/in ² 記録を目指した記録ヘッドには、従来と全く異なるプレーナー型ヘッド構造を採用する。その際、主磁極形成にMEMS技術を適用することで高精度な3次元形状を実現し、強磁界の得られる複合磁極面構造を具現化する。同時に、シールドも高精度に形成し、磁界の急峻性を確保して目標記録密度を実現する。現在は、プレーナーヘッドを実現する主要プロセスを構築し、基本性能を検証するための試作ヘッドの設計まで進捗している。	
主な成果	
具体的な成果内容：	
<ul style="list-style-type: none"> ・ FIBトリム加工により超300Gbit/in²記録に対応するトラック幅80nmを実現し、実際に記録信号を確認した。 ・ Bs2.4TのFeCoAl₁₀軟磁性薄膜を開発し（特許出願）、カस्पコイル励磁型単磁極ヘッドに適用して高記録能を確認した。 ・ フロントシールドを配置したカस्पコイル励磁型単磁極ヘッドを提案し（特許出願）、世界で初めて記録密度特性の向上することを実証した。 ・ MEMS技術の援用により複合磁極面型主磁極を初めて実現するシールド付きプレーナー型単磁極 	

- ・ ヘッドを提案し（特許出願）、基礎的な作製技術開発によって試作の見通しを得た。

特許件数：10件

論文数：7件

口頭発表件数：16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

今年度に初の垂直磁気記録製品として企業より実用化されたハードディスクの磁気ヘッドには、我々が高密度化の有効性を実証したシールド構造が採用されている。また、独自構造のカスポコイル励磁型単磁極ヘッドとして提案しているカスポコイルや同等の機能を発揮するコイル構造を採用した単磁極ヘッドの発表が、近年幾つかの企業から行われている。さらに、所有しているカスポコイル励磁型ヘッドの特許に関心を示す企業が現れるなど、次世代の単磁極ヘッドとしてカスポコイル励磁型ヘッドが注目されていると言える。さらにまた、このヘッドを用いて主磁極の全方位をシールドした改良型を2003年に報告しているが、2005年になって企業より同様のシールド効果を期待した単磁極ヘッド構造の報告が成されている。1Tbit/in²などの将来の超高密度に向けたヘッドの提案は、シミュレーションモデルとしてはあるものの、実現手段も併せて提案しているのは我々のプレーナー型ヘッドを措いて他に無い。

スロートハイトに頼らない強磁界化

2 実用化に向けた波及効果

カスポコイル励磁型ヘッドは、既に企業の次世代単磁極ヘッドの設計に影響を与えていると思われる。さらに次の世代としてプレーナーヘッドを提案しているが、優れた性能が実証できれば、さらに大きなインパクトを持つものと期待される。このヘッドは、単に記録能力に優れるだけでなく、ヘッドの後加工（機械加工）が不要になる点で、磁気ヘッドの製造に変革をもたらす可能性を秘めている。

残された課題と対応方針について

カスポコイル励磁型単磁極ヘッドについては、優れた記録感度やシールド付与による記録密度の改善を実証し、超300Gbit/in²記録に向けた改良の方針もシミュレーション解析から明らかにしている。したがって、本ヘッドの基本設計は完了しており、実現に向けた課題は如何に作製精度を確保するかにある。唯一、基礎検討が残されているのは、全方位シールドの高周波動作の検証であるが、この課題についてはプレーナーヘッドにおいて検討することとする。

一方、プレーナー型単磁極ヘッドについては、貫通電極形成などの未検討の作製プロセス技術を完成させ、ヘッド試作を行って基本性能の確認を行う。前記のシールド動作や主磁極の残留磁化なども考慮に入れた最適設計を行い、超500 Gbit/in²記録用のプレーナー型ヘッドの設計を完成させる。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合 計
	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計	
人件費	1,840	6,520	6,277	6,172	6,239	3,217	30,265	3,618	9,990	10,134	9,946	11,872	7,962	53,522	83,787
設備費	8,260	8,407	8,369	9,969	648	0	35,653	0	0	0	0	0	0	0	35,653
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	3,578	4,056	1,588	1,554	6,854	6,492	24,122	0	0	0	0	0	0	0	24,122
旅費	79	443	0	32	57	327	938	0	0	0	0	0	0	0	938
その他	0	43	0	8	0	97	148	0	0	0	0	0	0	0	148
小 計	13,757	19,469	16,234	17,735	13,798	10,133	91,126	3,618	9,990	10,134	9,946	11,872	7,962	53,522	144,648

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：光ファイバー変位計、FFTアナライザ、スペクトルアナライザ

地域負担による設備：集束イオンビームエッチング装置、レーザー直接描画装置、多元スパッタ装置

※複数の研究課題に共通した経費については按分する。