

研究成果

サブテーマ名：超高密度磁気記録方式及び記録機構 小テーマ名：1-4-1ab 高密度垂直磁気記録方式用磁気ヘッド、メディアの設計指針の確立	デバイス
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 井上 浩 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 次長 本多直樹 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 駒木根隆士 秋田県産業技術総合研究センター 高度技術研究所 研究員 木谷貴則 株式会社 日立GST 技術開発本部長 高野公史	
研究の概要、新規性及び目標 研究の概要 記録密度 600 Gbit/in ² を実現するための垂直磁気記録方式用磁気メディアおよび記録ヘッド磁界の仕様を確定した。また、300 Gbit/in ² 相当の線記録密度と 100 Gbit/in ² 以上の面記録密度を実証した。さらに、1 Tbit/in ² を実現するための、パターンメディアによる記録システムの技術提案を行った。 研究の独自性・新規性 マイクロマグネティックな計算機シミュレーションと、記録メディアの磁化曲線というマクロな磁気特性を組み合わせることで、シミュレーション結果を観察可能なマクロな特性から解釈することを可能とした。また、概略をマクロ特性から、詳細をマイクロ解析により求めることにより、目標仕様の設計を短期間に遂行できた。特に、記録メディアの垂直方向 M-H ループの傾きに注目することで、マクロな磁気特性と記録特性の直接的な解釈が可能となった。また、反磁界も含めた核形成磁界を実効異方性磁界として、熱磁気安定性の指標となる磁気エネルギーを見積もることを提案した。さらに、連続メディアで開発したこれらの解析法に立脚し、次世代の 1 Tbit/in ² 記録システムの具体的な技術提案を行った。 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では面記録密度200 Gbit/in ² を実現するための垂直磁気記録方式用磁気メディア・ヘッド系の設計仕様を確定する。フェーズIIにおいて、面記録密度600 Gbit/in ² を実現するための設計仕様を確定し、連続メディア方式での限界点を見積もる。さらに、1 Tbit/in ² 記録システムの技術提案を行う。フェーズIIIにて1 Tbit/in ² 記録システムの実現のための要素技術の開発を行う。	
研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して） 提案したマクロ特性解析とマイクロシミュレーション解析とを組み合わせ、記録密度 200 Gbit/in ² および 600 Gbit/in ² 用垂直磁気記録方式の記録ヘッド磁界と記録メディアの設計仕様を確定した。この検討により、連続メディア方式ではグラニュー型メディアを用いても、熱磁気安定性を維持するための粒子寸法の制約により、面記録密度の限界が 1 Tbit/in ² 以下にあると結論された。また、記録メディアの垂直方向 M-H ループの傾きを大きくすることで記録分解能が増加するとの理論的予測を実際の記録メディアで確認できた。しかし、高記録分解能と高 S/N の両立には成功できず、面記録密度の実証は 120 Gbit/in ² 程度に留まった。 連続膜メディアで用いた熱磁気安定性の設計法を用い、1 Tbit/in ² 記録システムを現状の垂直磁気記録方式と最も整合性のよいパターンメディア方式で検討した。シミュレーションにより、現実的なメディアと記録ヘッドにより、1 Tbit/in ² の記録システムの構築が可能であることを明らかにした。 記録密度 600 Gbit/in ² を実現するための垂直磁気記録方式用記録メディアおよび記録ヘッド磁界の仕様確定、および、1 Tbit/in ² の実現に向けたパターンメディア記録システムの技術提案はほぼ計画通りの進捗であった。しかし、記録密度 200 Gbit/in ² 以上の実証は、メディアの完成度が至らず 120 Gbit/in ² 程度に留まった。	
主な成果 具体的な成果内容： 特許件数：2件 論文数：8件 口頭発表件数：27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

600 Gbit/in²用記録メディアの仕様検討では、LLG方程式による精度の高い解析には及ばないが、マクロな磁気特性を併用することで十分な精度を持ったシミュレーションとすることができた。特に、マクロな磁気特性との関連付けを行った検討は世界の先端グループの水準と考えている。また、熱磁気緩和を核形成磁界による実効異方性磁界と関連付けるべきとの指摘は、まだ理解していない研究グループが存在している。さらに、1 Tbit/in²記録用パターンドメディアの検討では、記録機構を含めたメディアの具体的な仕様提案は世界初と考えている。高密度記録の実証では最先端が200 Gbit/in²を超えている現状からは、内外の平均レベル程度と判断される。

2 実用化に向けた波及効果

133 Gbit/in²で実用化を迎えた垂直磁気記録は、本検討が実現性を示した600 Gbit/in²程度までは、現状の酸化物複合グラニュー型メディアの改良により発展することが期待される。ただし、現状のグラニュー型メディアでは、交換結合がまだ大き過ぎると推測され、粒子間の交換結合の低減が必須である。このためには、本結集事業で提案されたCoPt-TiO₂が有望と考えられる。さらに、記録性と熱磁気安定性の確保のために、CGCメディアのような交換結合の制御機構の導入が必要と予想される。本検討で示したメディアの仕様は、連続膜型の垂直磁気記録メディアの最終目標となると期待される。

本検討で技術提案したパターンドメディアによる1 Tbit/in²記録システムは、2010年頃には研究が本格化し、その後1-2年以内に実用化されると予想される。本結集事業では記録メディアと記録ヘッドの基本技術の提案も行っており、1 Tbit/in²記録システムの実現に向けての具体的なロードマップを示したといえる。また、パターンドメディア方式は現状の垂直磁気記録方式の発展形であり、最も整合性が良い。

残された課題と対応方針について

現行垂直磁気記録方式に最適な酸化物複合記録メディアでは、交換結合の制御技術の開発が今後の発展のキーとなる。膜構造上からの制御技術をメディア開発にフィードバックして早期実現を図る。

連続膜メディア方式からパターンドメディア方式への遷移時期は、1 Tbit/in²の記録が実用化される2010年頃と予想される。しかし、今後の記録ヘッドの発展と、分離トラック方式記録メディアの導入による連続膜メディア方式の限界を明確にし、早めにパターンドメディア方式に研究リソースを移す必要がある。

パターンドメディア方式の磁気メディアとヘッドでは、最先端のナノ加工技術を駆使した作製技術の開発が最重要である。ナノインプリント技術の応用が最も現実的な解と考えられる。さらに、記録システムとしての実現には、同方式に適した新しい信号処理方式の検討も必要である。特に2次元コーディングについては最重要課題といえる。以前に提案したトラック間直交符号(ITOC)方式も含め検討を進めたい。

	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	0	0	0	0	0	0	0	5,426	14,986	15,200	14,918	17,808	11,943	80,281	80,281
設備費	4,626	11,242	9,288	1,999	0	0	27,155	0	0	0	0	0	0	0	27,155
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	1,271	3,431	2,048	1,217	1,615	2,977	12,559	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	6,000	18,559
旅費	121	358	397	0	35	223	1,134	0	0	0	0	0	0	0	1,134
その他	0	0	66	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	66
小計	6,018	15,031	11,799	3,216	1,650	3,200	40,914	5,426	14,986	15,200	14,918	17,808	11,943	80,281	127,195

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：任意波形ザネレータ、R/W制御装置、スペクトルアナライザ
地域負担による設備：高精度ディスクテスタ

複数の研究課題に共通した経費については按分する。