

2023 年度年次報告書

情報担体を活用した集積デバイス・システム

2022 年度採択研究代表者

高橋 有紀子

物質・材料研究機構 磁性・スピントロニクス材料研究センター
グループリーダー

サーマルマネジメント多値磁気記録システムの開発

主たる共同研究者:

岡本 好弘 (愛媛大学 大学院理工学研究科 教授)

グリーブス サイモン (東北大学 電気通信研究所 准教授)

首藤 浩文 (物質・材料研究機構 磁性・スピントロニクス材料研究センター 主任研究員)

世伯理 那仁 (物質・材料研究機構 磁性・スピントロニクス材料研究センター グループリーダー)

研究成果の概要

本研究はデータセンターのメインストレージであるハードディスクドライブの記録密度の大幅な増大による省エネ社会への貢献を目的として、新原理記録技術である3次元磁気記録の原理実証を行うものである。そのためには、FePt系3次元磁気記録媒体の開発・磁化反転制御・信号処理技術の開発が必要となる。それぞれについて成果の概要を示す。

1. FePt系磁気記録媒体の開発

FePt/X/FePt媒体において、(001)高配向および高規則度を示す上部FePtを実現できるような非磁性材料Xの探索を行った。昨年度までにX= Ru、Pt、IrなどFePtと格子定数が近く拡散しない材料を選んだが、上部FePtには(100)配向などが現れ、かつ規則度が低下するという問題があった。今年度はFePtとミスフィットの大きい系に着目して材料探索を行った結果、L10-MnPtを中間層に用いることにより完全に(001)配向したFePtを中間層の上に実現することに成功した。一方で、MnとFeの拡散が起こっていることがわかり、これらの制御は今後の課題である。

2. 媒体シミュレータ構築に向けた各種モデルの構築

TEMにより観察した微細組織から有限要素モデルを構築し、それを活用したマイクロマグネティクス計算をパラメータを変化させて大量の磁気ヒステリシス曲線の計算を行った。それを基に組織から磁気特性を予測するシミュレータを構築し、FePt/Ru/FePtの3D-HAMR媒体の磁気異方性定数、面内バリエーションの体積分率および交換結合の見積もりを行った。また、面内および断面の微細組織を自動解析するソフトウェアを開発し、媒体シミュレータ構築に必要な実験的なデータセットの貴重な一部を提供することに成功した。また、フェーズフィールド計算と機械学習を融合させることにより、未知数が多い熱力学パラメータ、特にFePt-Cに関するパラメータの提案を行った。

3. FePt薄膜の垂直異方性の高次項評価

7 Tまでの強磁場・700 Kまでの高温での磁化ダイナミクス測定が可能なTR-MOKE装置を用い、30 nm厚のFePt連続膜におけるFMR周波数の評価を行った。得られたFMR周波数を1次の垂直磁気異方性成分(H_k^{eff})のみでは角度依存性を説明することができず、2次の垂直磁気異方性(H_{k2})を考慮することにより角度によらず同一のパラメータで実験結果を説明することができた。この結果は、FePtの垂直磁気異方性を正しく取り扱うためには2次の効果を取り込む必要があることを示している。 H_k^{eff} 、 H_{k2} は記録時の磁化反転挙動を決定するパラメータであり、今回、これらを分離できたことは、より詳細な磁化反転挙動の理解につながる成果である。

4. キュリー点分散を考慮した高記録密度媒体の設計指針

HAMR記録においてキュリー点分散はその密度を支配する重要なパラメータであるにもかかわらず、それを考慮した媒体仕様が提示されていなかった。本研究では社会実装を視野に現実的な媒体設計が必要となるため、キュリー点分散を考慮した媒体仕様の検討を行った。その結果、平均粒子径6 nmの媒体ではキュリー点分散が4.4 %以下であれば、面記録密度2 Tbit/in²を実現できることが明らかになった。また、2層の磁気記録媒体のビットエラーレートを比較した結果、現在の媒体構成では下部FePtからの信号は低すぎて2 Tbit/in²の要件を満た

たさない。信号増強のための媒体設計が必要である。

5. 信号処理技術の開発

令和5年度は、片面当たり2層ディスクの記録再生系に適した、パーシャルレスポンス(PR)チャンネル等の信号処理方式について検討するため、サイモングループより提供された記録ヘッド磁界と二次元ガウス分布に基づく熱アシスト効果を取り入れた確率的モデルを構成し、記録系列に対する記録磁化パターン及び再生波形が得られる記録再生系のシミュレータを整備した。これより、サイモングループと同じ条件での記録再生シミュレーションが可能となった。そこで、本シミュレータを用いてトラックプロファイルや再生波形を求めた結果、2層目の記録層から再生される波形振幅が1層目に比べて半分程度となるだけでなく、ばらつきも大きいことが明らかとなった。これらを補償する信号処理方式の検討と共に記録再生方式の検討及び記録媒体の改善が必要と考える。

【代表的な原著論文情報】

- 1) P.Tozman et al., Acta Mater.,271, 119869 (2024).