

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名：3次元磁気記録新ストレージアーキテクチャのための技術開発

2. プロジェクトマネージャー：佐藤 利江 (株式会社東芝 研究開発センター フロンティア
リサーチラボラトリー 技監)

3. 課題の概要

記録ビットの極微細化手法による高密度化の限界に直面している磁気記録のブレークスルーを目指し、スピン流を駆使した新原理に基づく3次元磁気記録技術の開発を行う。具体的には、スピン流を用いた新機能素子であるスピントルク発振素子を利用して、多層磁気媒体への選択的記録・再生を行う。この技術により、磁気記録の飛躍的な高密度化を可能とし、新原理に基づいた超大容量ストレージを実現する。

4. 評価結果

(1) 研究開発の進捗状況と今後の見込みについて

本課題の目標は、3次元磁気記録技術の開発という極めて難易度の高いものである。その実現には、要素技術の新規開発から、システムレベルでの性能評価までの多くの技術課題を解決する必要がある。

ステージIIでは、要素技術の開発に成果があったと判断される。

ステージIで実証された層選択情報読み出し技術に引き続き、ステージIIでは層選択情報書き込み技術に進歩がみられた。反強磁性結合 (AFC; Anti-Ferromagnetically Coupled) した垂直磁化グラニューラー膜におけるマイクロ波アシスト効果の確認、60 nmφ級の2層 AFC 磁性ドットの選択的書き込み実証、磁界偏光制御による磁化反転制御と無磁界磁化反転の実証、磁界周波数変調による磁化反転アシスト効果増大の実証などが実現された。再生・記録用高性能スピントルク発振 (STO; Spin Torque Oscillator) 素子に関しては、駆動ベース周波数 10 GHz, 変調幅 10GHz, 再生出力 0.8mV などの特性が実現された。

これらの実験的実証を支えるために、3次元磁気記録に適用可能な大規模シミュレーション技術も開発された。シミュレーションからは、STO 素子の発振周波数を変化させることで各 AFC 記録層からの共鳴再生信号を良好な信号品質を持って選択的に読み出せること、2層積層 AFC グラニューラー媒体を用いて 1 平方インチ当たり 2 テラビット (2 Tbps) の磁気記録密度が可能なこと、3層 AFC 媒体の層選択記録が可能なことなどが示された。3次元磁気記録の可能性が、磁化反転メカニズムの解明を含めて、明らかになってきた事は評価される。

これらの、オリジナリティーの高い成果は、特許出願 15 件、論文発表 40 件、学会発表 56 件、プレスリリース 1 件などの形にまとめられた。

一方で、当初目標としていたビットサイズ 35nm 程度の 2 層磁気記録の実証ができていないこと、並びに当初予定していた STO 用ヘッドテスターの入手が困難になり、スタティックテスターによる評価に変更せざるを得なかったことは、特に 3次元磁気記録の可能性をシステムレベルで実証するという観点からは残念である。

3次元磁気記録システムの構築には多様な要素技術が必要とするが、ステージIでは本課題には読み出し信号処理技術が欠けていた。ステージIIにおいて、当該分野の専門家を招き入れ開発体制を強化した点においてプロジェクトマネージャーのリーダーシップは評価される。一方で、個々の要素技術開発にとどまらず、システムレベルで3次元磁気記録技術の実現可能性を示すという最終目標に向け、要素技術間および参画メンバー間のより強固な有機的連携、個別技術のインテグレ

ーションを図るために、より一層のリーダーシップを発揮することをプロジェクトマネージャーに期待する。

要素技術に関しては一部を除いて大きな進歩が得られているが、磁気記録システムとしての可能性を明示するには至っていない。よってステージ III では、その実現戦略を明確にして開発を進める必要がある。しかしながら、中間評価を行った時点では、この点で十分な計画・体制が示されていたとは評価できなかった。一般に、新しい磁気記録システムの開発には、多大な資金的・人的リソースが必要となることが知られている。本課題に与えられた限られたリソースと時間の制約を考えると大変に厳しい開発環境であることは確かではあるが、十分な議論と熟慮によって目標の絞り込みと開発計画の再定義を行い、ステージ III 終了までに 3 次元磁気記録システムの可能性を強い説得力を持って提示することを期待する。

(2) 研究開発成果の現状と今後の見込みについて

本課題が提案する 3 次元磁気記録の産業的・社会的重要性はますます増大している。その期待にこたえる成果が、要素技術及び開発シミュレーション結果から出てきている。要素技術に関してはおおむね順調に開発が進んでいるが、3 次元磁気記録システムとしての可能性ははまだ明確にはなっていない。今後、これまでに開発されてきたシミュレーション技術を核に、ステージ III 終了までに要素技術を統合し、データ転送レート、信号 S/N、スペーシングマージンなどの主要磁気記録特性に関する定量的な評価も含め、4 層以上の積層を可能とする 3 次元磁気記録システム全体としてのフィージビリティを示すことを期待する。

強い社会的ニーズに対して、根本的な解決策を示せていない磁気記録システム技術の現状を考えるならば、3 次元化の実現可能性が示されれば、本技術は磁気記録分野における大きな潮流に育っていくことが期待される。

(3) 競合技術、当該技術の海外での開発状況、社会情勢との比較について

ビッグデータ技術の社会生活に及ぼす影響の急速な広がりなどからもわかるように、情報記録容量の増大に対する要望はますます強まるばかりである。そのため、最近では NAND メモリなど固体メモリデバイスのほとんどにおいて 3 次元積層化が図られている。一方、3 次元化手法が全く確立されていない既存のハードディスクでは、その面記録密度向上の限界が見え始めている。よって磁気記録の 3 次元化を可能にしようとする本課題の意義は大きい。

現時点では、本課題の目標とする、スピン流を駆使した 3 次元磁気記録方式と類似の研究開発は行われていない。本課題による研究成果に対して学会レベルでの関心が増えてきているものの、いまだその実現可能性への懐疑的見方があることも事実である。この観点から、ステージ III においては、スピン流を駆使した新原理に基づく 3 次元磁気記録方式の優位性を明確に示すことを期待する。

本課題は、マイクロ波アシスト磁気記録 (MAMR: Microwave Assisted Magnetic Recording) をベースとして、その 3 次元化を図るものである。最近、MAMR の実用化計画が発表され、今後本課題の重要性も高まると予想される。MAMR 技術の進展を的確に把握しながら、開発を進めていくことが必要である。

(4) 課題間での情報共有の活用状況と今後の見込みについて

同研究開発テーマの別課題「トンネル磁気抵抗素子を用いた心磁図および脳磁図と核磁気共鳴像の室温同時測定装置の開発」におけるステージ II の重要課題の一つは、高感度な TMR (Tunneling Magneto-Resistance) アレイ素子の作製技術の開発であった。その実現のための鍵となる TMR 素子の微細加工技術を高度化する目的で、別課題実施メンバーである東北大学と、当該技術に高い実績を

誇る本課題実施メンバーである産業技術総合研究所の間で、産業技術総合研究所所有の実験装置を用いた共同研究が行われた。これによりアレイ素子作製技術が大きく進歩したことは、課題間協力の大きな成果であったと評価される。

ステージⅡにおける、東北大学と産業技術総合研究所の間の課題間協力の有効性から、ステージⅢにおいてもこの協力・情報交換関係を継続することが望ましい。

(5) 総合評価

概ねステージ目標通りであり、研究開発計画を見直すことを条件に、次ステージへ移行させても良い。

以上の結果から、総合評価を **B** とする。