

# データセンターを支える磁気記録デバイスの 高記録密度化にむけた 高周波ナノスピントロニクスデバイスの研究



SATテクノロジー・ショーケース2024

## ■ はじめに

近年のデジタル技術の進展に伴い、生成されるデータの総量が飛躍的に増加しています。この状況に対応するため、磁気記録デバイスであるハードディスクドライブ(HDD)には、記録密度の向上が求められています。ノートパソコンなどではソリッド・ステート・ドライブ(SSD)がすでに主流となっているため、HDDという存在感が薄くなっているように思われる方もいるかと思いますが、大量のデータを保管するデータセンターではHDDが主要な記録デバイスとして使用されており、今後もこの傾向は続くと考えられています。この流れの中でHDDの大容量化が進み、現在では1ドライブ当たり24 TBのモデルが発売され、近いうちに40 TBのモデルが発売されるとHDDメーカーからアナウンスされています。また、グリーンテクノロジーの観点からも、HDDの性能向上は重要です。データセンターの消費する膨大な電力が問題となっており、HDDの記録密度向上によるHDD台数の削減はエネルギー消費の削減に大きく貢献できます。

HDDにおけるデータの書き込みでは、書き込みヘッドに作製された微細な電磁石の磁極から発生する書き込み磁界によって、記録メディア上の磁性体の磁化方向を反転させます(図 1a)。この磁性体の磁化方向がデータの“0”、“1”に対応しています。この書き込みの原理は、1956年に世界発のHDDがIBMによって開発されて以来変わっていませんでした。しかしながら、近年の記録密度向上に伴い、情報の熱安定性を担保するために記録メディアの磁気異方性を高くする必要があり、記録ヘッドから発生する磁界だけでは書き込み能力が不足してしまうということが問題となっています。この問題を解決するため、書き込みをアシストし書き込み能力を増強させる「エネルギー

アシスト磁気記録」が提案され研究されています。エネルギーアシスト磁気記録には、レーザーによる加熱を利用する熱アシスト磁気記録(Heat-assisted magnetic recording: HAMR、図 1b)、マイクロ波磁界による強磁性共鳴を利用するマイクロ波アシスト磁気記録(Microwave-assisted magnetic recording: MAMR、図 1c)があり、それぞれ研究が進み、一部実用化されつつあります。NIMSでは、HDDの将来を見据え、HAMR、MAMRに関連した研究を行っております。ここでは、MAMRのキーデバイスであるスピントルク発振素子に関する研究を紹介いたします。

## ■ 活動内容

### 1. エネルギーアシスト磁気記録向けスピントロニクスデバイスの開発及びその磁化ダイナミクス解明

MAMRにおけるアシスト用マイクロ波磁界は、書き込みヘッドの記録ギャップ内に作製したスピントルク発振素子(STO)を用いて発生させます。STOは、①数10 nmという微細なサイズ、②直流電流を通電するだけで数 GHz~数10 GHz帯の磁化発振が生じる、という非常にユニークな特性があり、MAMRにおけるキーデバイスです。一方で、このような微細な素子における磁化発振の制御・解析が困難という問題があり、実用化の妨げとなっていました。NIMSでは、これまで、垂直磁化膜と面内磁化膜から構成され、面内磁化膜が発振するmag-flip STO、2層の面内磁化膜から構成され両方の磁化が発振するall-in-plane STOを作製し、その発振挙動を解析に成功しました(図 2)。さらに近年では、外部からSTOに印加した高周波磁界に対してSTOの磁化振動が同期する「注入同期現象」を用いた磁化ダイナミクスの解析手法を開発し、STOの性能向上を目指した研究を行っています。

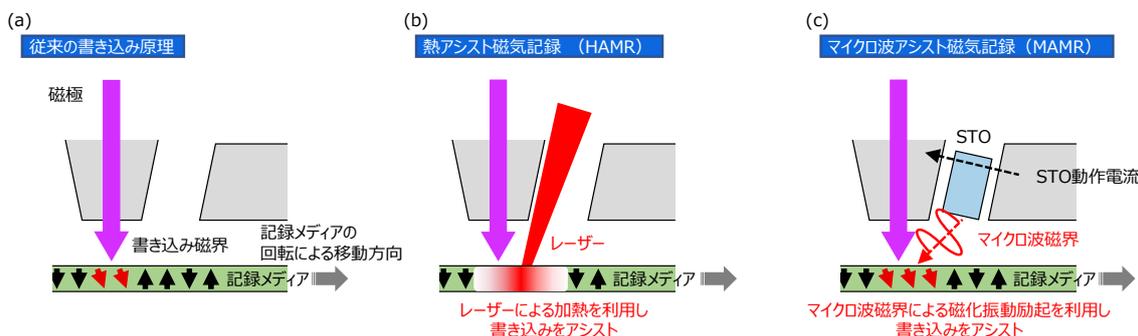


図 1. 磁界を用いた従来の書き込み方式とエネルギーアシスト書き込み方式の原理図。

代表発表者 **首藤 浩文(すとう ひろふみ)**  
所属 **国立研究開発法人  
物質・材料研究機構 (NIMS)**  
問合せ先 **〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1  
TEL: 029-859-2324  
suto.hirofumi@nims.go.jp**

■キーワード: (1) スピントルク発振素子  
(2) エネルギーアシスト磁気記録  
(3) 磁性材料開発  
■共同研究者: 桜庭 裕弥 (NIMS)  
中谷 友也 (NIMS)  
周 偉男 (NIMS)  
Hossein Sepehri-Amin (NIMS)  
田丸 慎吾 (産総研)

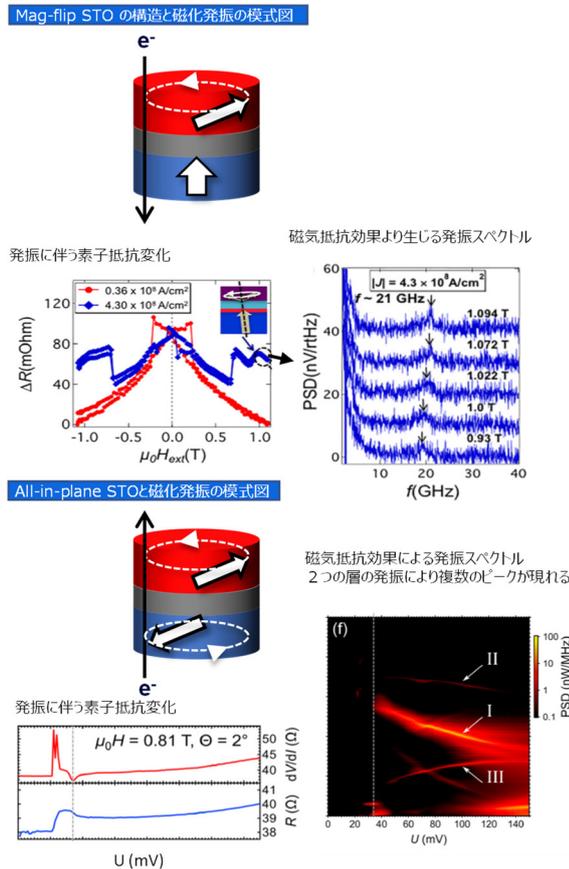


図 2. STO の構造と対応した実験結果。

## 2. スピントロニクスデバイス用新規材料の開発

NIMSでは、スピントロニクスデバイスの性能向上のため、Co基ホイスラー合金を代表とする高スピン分極材料、負のスピン分極を有するMn基ホイスラー合金といった材料の研究を行っております。後者の負のスピン分極材料とは、伝導電子のスピン分極方向が、磁化の方向とは逆になるという特徴を有した材料であり、従来の正のスピン分極材料の枠を超えた性能向上を実現することが期待されています。NIMSでは、負のスピン分極材料の有力な候補材料であるMn<sub>2</sub>VGaの高品質な膜の成長を行い、金属スペーサー層を有する磁気抵抗効果素子としては最大の負の磁気抵抗比を確認しました。(図 3)

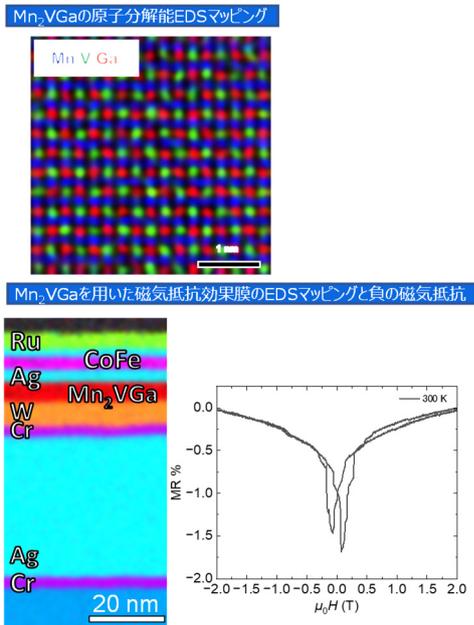


図 3. Mn<sub>2</sub>VGa の TEM 分析の結果と磁気抵抗の結果。

### ■ 今後の展開

NIMSは、スピントルク発振現象に関して、材料開発、素子開発、測定・解析を行うことのできる体制を有しております。社会的インパクトの大きい磁気記録応用に向けた研究を引き続き進めるとともに、スピントルク発振というユニークな現象の新たな応用を開拓することを目指します。

### ■ 関連情報等

- S. Bosu et al., “High frequency out-of-plane oscillation with large cone angle in mag-flip spin torque oscillators for microwave assisted magnetic recording,” Appl. Phys. Lett. **110** 142403 (2017).
- W. Zhou et al., “Inducing out-of-plane precession of magnetization for microwave-assisted magnetic recording with an oscillating polarizer in a spin-torque oscillator” Appl. Phys. Lett. **114** 172403 (2019).
- H. Suto et al., “Analysis of an all-in-plane spin-torque oscillator using injection locking to an external microwave magnetic field,” Appl. Phys. Express **14** 053001 (2021).
- N. Asam et al., “Analysis method of a spin-torque oscillator using dc resistance change during injection locking to an external microwave magnetic field,” Appl. Phys. Lett. **119** 142405 (2021).