

PRESS RELEASE (2024/01/11)

新規スピントロニクス材料の大面積成膜技術を開発

高速動作スキルミオン及びスピンドバイスの基盤技術

ポイント

- ① 高速制御可能なスピントロニクス材料の大面積作製手法を開発。
- ② ツリウム鉄ガーネット薄膜をオンアクシススパッタリング法により作製する際、スパッタ原子の広がり角の違いが薄膜の磁気異方性を変化させることを解明した。
- ③ 高速磁壁移動デバイスおよびスキルミオンデバイスへの応用に期待。

概要

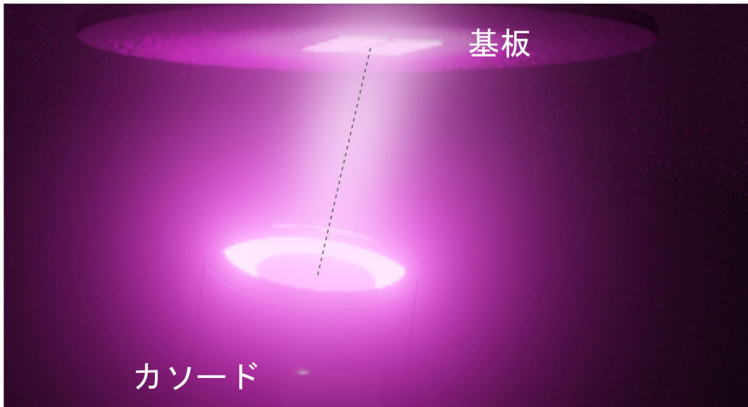
2012年に日本で発見された絶縁体の垂直磁化膜(※1)であるツリウム鉄ガーネット(TmIG)は、高速磁壁移動およびスキルミオン(※2)の輸送が可能のため、新たなメモリー、およびコンピューターを実現する材料として注目を集めています。従来はパルスレーザー堆積法が一般的に用いられており、オンアクシススパッタリング(※3)による大面積での作製が難しいと考えられていました。

九州大学大学院システム情報科学府の Marlis Nurut Agusutrisno さん、システム情報科学研究所の山下尚人助教、University of Leeds の Christopher Marrows 教授らの国際共同研究グループは、オンアクシススパッタリングにより、TmIG の垂直磁化膜を作製することに成功しました。この手法は大面積の太陽光パネルや液晶ディスプレイ用の電極作製に用いられており、産業応用上重要な大面積の薄膜を作製することができます。

オンアクシススパッタリングの場合、成膜中に高エネルギーのイオンが膜に衝突するため、磁気特性が劣化すると考えられていました。しかし、当該共同研究グループは実験による試行錯誤を重ねた結果、垂直磁気異方性を有する TmIG 薄膜を実証しました。さらに、画像解析を含む最先端の磁気特性評価を行い、従来手法で作製した場合と同程度の特性を持つことを確認しました。

TmIG を用いた高速動作磁壁移動デバイスおよびスキルミオンデバイスの産業応用に向けて、その量産可能性を示す結果です。

本研究成果は「Thin Solid Films」誌に 2023 年 12 月 15 日（現地時間）にオンライン掲載されました。



オンアクシススパッタリングのイメージ図

大きなカソードを用いることで、大面積薄膜の作製が可能な手法です。

【研究の背景と経緯】

電流により磁壁を移動できることが発見され、新しい不揮発性メモリーやコンピューティングデバイスが多数提案されています。近年、スピン角運動量の流れであるスピン流を用いることにより、絶縁体の垂直磁化膜でも磁壁を電流で駆動できることが明らかとなりました。特に、2012年に日本で発明されたツリウム鉄ガーネット(TmIG)は、高速動作と低消費電力を両立する有力材料として基礎研究が進められています。実社会へ応用するための課題の一つに、TmIGの大量生産があります。大面積成膜可能な成膜技術にオンアクシススパッタリングがありますが、これまで、TmIGをオンアクシススパッタリングにより作製することは困難と考えられていました。薄膜が高エネルギーの酸素負イオンにさらされることにより生じる薄膜へのダメージが懸念されたためです。

【研究の内容と成果】

九州大学とリーズ大学からなる日英国際共同研究グループでは、オンアクシススパッタリングによるTmIG薄膜作製に取り組み、その作製に成功しました。まず、カソードから見た基板の位置によって薄膜の組成が変化することを実験とシミュレーションにより確認しました。作製した薄膜を酸素ガス中で熱処理することにより、垂直磁気異方性を有するTmIG薄膜を作製できることを示しました。さらに、静的な磁気特性と動的な磁気特性を精緻に評価しました。その結果、基板への高エネルギーイオン照射が薄膜の磁気特性を劣化させるとの従来の認識を覆し、オンアクシススパッタリングでも従来手法と同程度の磁気モーメントと垂直磁気異方性をもつ薄膜を作製できることを確認しました。

【今後の展開】

TmIGは、従来の金属材料と比較して2倍以上高い電流誘起磁壁移動度が報告されており、磁壁移動デバイスへの応用に期待が高い材料です。本研究で開発したオンアクシススパッタ技術に適応して、デバイスを作製し、その性能を評価して本技術の実用性を示します。これにより、将来の高性能なメモリーおよび新規コンピューティングを実現することに貢献すると期待できます。

【用語解説】

(※1) 垂直磁化膜

薄膜の膜厚方向に磁化しやすい性質を持つ強磁性体の薄膜のこと。メモリーやコンピューティングデバイスの集積化のために必要な特性の一つです。

(※2) スキルミオン

電子スピンの渦構造からなる準粒子のこと。微弱電流により動かすことができるため、新しい情報担体としての応用が期待されています。

(※3) オンアクシススパッタリング

半導体デバイスやスピントロニクスデバイスの作製に一般的に用いられる方法で、大型の液晶ディスプレイや太陽光パネル生産にも用いられます。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 (22K14292, 20H00142)、池谷科学技術振興財団研究助成(0341062-A)、矢崎科学技術振興記念財団、国際協力機構の助成を受けたものです。

【論文情報】

掲載誌： Thin Solid Films

タイトル： On-axis sputtering fabrication of $\text{Tm}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ film with perpendicular magnetic anisotropy

著者名： Marlis Nurut Agusutrisno, Christopher H. Marrows, Kunihiro Kamataki, Takamasa Okumura, Naho Itagaki, Kazunori Koga, Masaharu Shiratani, Naoto Yamashita

DOI： 10.1016/j.tsf.2023.140176.

【お問合せ先】

<研究に関すること>

九州大学大学院 システム情報科学研究院 助教 山下 尚人 (ヤマシタ ナオト)

TEL： 092-802-3778 FAX： 092-802-3778

Mail： yamashita.naoto.952@m.kyushu-u.ac.jp

<報道に関すること>

九州大学 広報課

TEL： 092-802-2130 FAX： 092-802-2139

Mail： koho@jimu.kyushu-u.ac.jp