

# Modulation of magnetic properties of magnetic thin films using flexible and ferroelectric substrates

アマニ, ハルビー

<https://hdl.handle.net/2324/4784405>

---

出版情報 : Kyushu University, 2021, 博士 (理学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

氏名	Amany Elsayed Abdel-halim Gomaa Harby			
論文名	Modulation of magnetic properties of magnetic thin films using flexible and ferroelectric substrates (柔軟で強誘電性の基板を使用した磁性薄膜の磁気特性の変調)			
論文調査委員	主査	九州大学 理学研究院	教授	木村 崇
	副査	九州大学 理学研究院	准教授	光田 暁弘
	副査	九州大学 システム情報科学研究院	教授	湯浅 裕美

### 論文審査の結果の要旨

スピントロニクス研究の発展により、スピン注入磁化反転などエネルギー損失が少なく固体素子と相性が良い磁化制御技術が開発されているが、近年、更なる高効率な磁化制御法として、電界駆動型の磁化制御法が注目されている。その一つとして、強誘電体と強磁性体の複合構造を用いて、電界による強誘電体の分極ドメイン制御を介して、強磁性体の磁化を制御する手法が近年注目されつつある。本構造においては、強誘電体を持つ複雑な特性に起因して、効果的な歪制御の指針や界面での分極電荷と磁化の相互作用などが十分理解されておらず、高効率・高精度な電界誘起磁化制御技術の確立には更なる研究が必要とされている。このような背景を踏まえ、本研究では、磁性薄膜、及び多層膜に歪を加えることで生じる静的、及び動的磁化特性の変化を実験的に考察している。

本論文では、最初に、フレキシブルシート上に磁歪材料で知られている FeSiB 磁性薄膜を作製し、歪による磁気異方性制御の可能性を考察している。あらかじめ折り曲げたシート上に FeSiB 薄膜をスパッタ成膜する技術を確認し、その後、シートを平坦化した上で磁化特性を評価している。様々な曲率を持つ試料を作製することで、曲率と磁気異方性の定量的関係を実験的に明らかにし、同手法で  $0.15 \text{ MJ/m}^3$  の比較的大きな磁気異方性を誘引することに成功している。

次に、前章の FeSiB 磁性薄膜を単結晶強誘電体  $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{PbTiO}_3$  (PMN-PT) 基板上にスパッタ成膜し、電界による静的、及び動的磁化特性の変化とそれらの FeSiB 膜厚依存性を評価している。FeSiB 薄膜の膜厚の薄い試料においては、電界による保磁力の増大が観測された一方で、膜厚が厚い試料においては、保磁力の増大が観測されず、磁気異方性の変化が観測されることを報告している。この磁気異方性の変化は、強誘電体分極の回転に伴う歪の変化で理解できることを示しており、また、保磁力増大に関しては、X線光電子分光法による分析結果も交えて、界面に誘導された酸素イオンと Fe が結合し、その層が電界により構造変化したためと結論付けている。

最後に、PMN-PT 基板を用いた電界歪制御技術を磁性多層膜 NiFe/Pt/CoFeB に適用し、層間相互作用の電界制御の可能性について、静的、及び動的磁化特性の電界依存性から考察している。NiFe/Pt/CoFeB は、PMN-PT 基板上においても、Pt 層の強磁性化により 2つの強磁性層が強磁性結合を示すことを確認し、更に、電界を印加することで強磁性結合が弱まり、電界強度を上げることで、最終的に Pt 層の強磁性化が消失したことを示唆する結果が得られることを報告している。

以上の結果は、基板歪や界面反応により生じる系統的な磁化特性変化、及び高精度・高効率な電界誘起磁化制御に関する貴重な知見を示しており、スピントロニクス分野において価値ある業績と認められる。よって、本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。