

鉄系カルコゲナイド磁性体 Fe_3GaTe_2 薄膜の相変化に伴う磁気応答特性

Magnetic Response to Phase Transition in Iron-Based Chalcogenide Fe_3GaTe_2 Thin Films

東京理科大学¹, メリーランド大学²

○(B)高嶋 幸作¹, 山崎 貴大¹, Chih-Yu Lee², Alexandre Lira Foggatto¹, Ichiro Takeuchi², 小嗣 真人¹

Tokyo University of Science¹, The University of Maryland², ○(B)Kosaku Takashima¹, Takahiro Yamazaki¹,

Chih- Yu Lee², Alexandre Lira Foggatto¹, Ichiro Takeuchi², Masato Kotsugi¹

Email: 8221053@ed.tus.ac.jp

近年、情報化社会の急速な進展により、大量のデータを効率的に収集・保存する次世代電子デバイスの開発が急務となっている。特に、外場刺激による相変化に伴い顕著な物性変化を示す相変化材料は、不揮発性メモリ素子として大きく注目を集めている^[1]。従来の相変化材料では、電気抵抗や光学的透過率の変化が情報記録担体として利用されてきたが、近年注目される Fe_3GeTe_2 や Fe_3GaTe_2 は、室温で強磁性と大きな垂直磁気異方性を示すことから、アモルファス-結晶相変化に伴う磁気特性の大幅な変化が期待される^[2]。これらの材料は、 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ に代表されるカルコゲナイド系相変化材料と類似した構成元素を有するため、室温付近（約 400 K）での相変化特性が期待される一方で、その相変化過程や磁気応答メカニズムは十分に解明されていない。本研究では、鉄系カルコゲナイド磁性体 Fe_3GaTe_2 に着目し、マグネトロンスパッタ法を用いて Fe-Ga-Te 薄膜を作製した。さらに、結晶およびアモルファス状態における構造解析と磁気特性評価を行い、相変化に伴う磁気応答の基礎特性の解明を目指した。

RF スパッタリング装置 (Comet 社製) を用いて、Si 基板上に 100 nm の Fe-Ga-Te 薄膜と酸化防止膜として 2 nm-Ta 層を成膜した。これらの試料に対し、高温 X 線回折による in situ 測定を行った。また、熱処理なしおよび 250 °C 熱処理を施した試料について、SPRING-8 の BL25SU ビームラインに設置された磁気円二色性 (MCD) 装置を用い、Fe の L 吸収端における X 線吸収分光 (XAS) スペクトルを室温で取得した。さらに、外部磁場を変化させながら Fe の $L_{2,3}$ 吸収端における XMCD 信号を記録することで Fe の元素選択的 M-H 曲線を測定した。

高温 XRD による in-situ 測定結果を Fig. 1 に示す。熱処理なしサンプル (30 °C) はアモルファス相を示していたが、200 °C 以上で結晶化が進行し、 $2\theta = 32^\circ, 33^\circ$ 付近にピークが現れたこと、 Fe_3GaTe_2 が形成されたと考えられる。さらに、Fig. 2 に示す M-H 曲線では、熱処理 250 °C 試料の Fe-MCD 強度が熱処理前と比較して増大し、明確なヒステリシスループが確認された。これらの結果から、Fe-Ga-Te 薄膜はアモルファス相から結晶相への相変化に伴い磁気特性が変化することが示された。

本研究では、アモルファス-結晶相間の磁気特性の違いを利用した相変化材料として Fe-Ga-Te 薄膜を提案し、その構造解析および磁気特性評価を行った。環境温度によりアモルファス相から結晶相への変化が観察され、特定の温度域で Fe_3GaTe_2 の形成が示唆された。また、相変化に伴い磁気特性の変化が確認され、新たな磁性相変化材料としての可能性が示された。

Ref. [1] W. D. Song et al. *Advanced Materials* **20**.12 (2008), [2] G. Zhang et al. *Nature Communications* **13**.1 (2022).

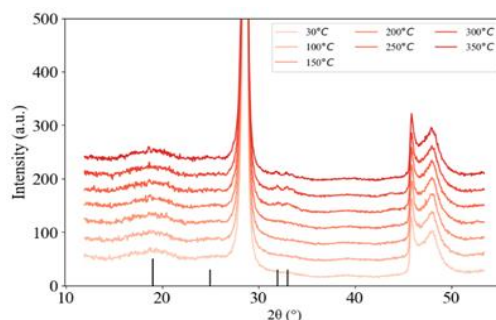


Fig. 1 Temperature-dependent in situ XRD of Fe-Ga-Te thin film.

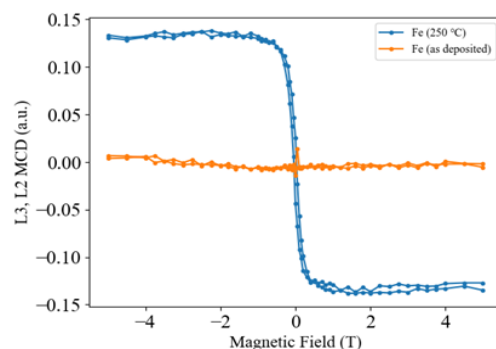


Fig. 2 Element-specific Fe $L_{2,3}$ -edge MH loop.