

反応性 MBE 法によるエピタキシャル $\text{Sn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ 薄膜の作製

荒木真人、*柳瀬隆、*島田敏宏、*長浜太郎
(北大院総化、*北大工)

Fabrication of epitaxial $\text{Sn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ thin films by reactive Molecular Beam Epitaxy method

M.Araki, T.Yanase, T.Shimada, T.Nagahama

(Hokkaido Univ. of Graduate school of Chemical Sciences and Engineering,

*Faculty of Engineering, Hokkaido University)

はじめに

スピネルフェライト (MFe_2O_4 : M = Fe, Co, Ni, Sn, etc) はハーフメタル性、スピフィルター効果、高いキュリー点などから室温動作可能な素子の材料としてスピントロニクス分野において高い関心を集めている[1]。なかでもエピタキシャル SnFe_2O_4 薄膜の作製報告は少なく[2]、電気特性および磁気特性に関する詳細な報告はない。そこで本研究では反応性分子線エピタキシー法によって $\text{Sn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ を作製し、表面構造及び磁気ヒステリシスの観測を行った。

実験方法

$\text{Sn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ は反応性分子線エピタキシー法によって作製した (ベースプレッシャー: $\sim 10^{-8}$ Pa)。基板は $\text{MgO}(100)$ を用い、チャンバー内において 800°C でアニール後、 400°C でバッファー層として $\text{MgO}(20\text{ nm})$ を蒸着した。 $\text{Sn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ (30 nm) の作製は基板温度 300°C で O ラジカル雰囲気下 (4×10^{-4} Pa) において Fe, Sn の同時二元蒸着によって行った。蒸着レートは 0.3 \AA/s である。その後、基板温度 300°C 、 O_2 雰囲気下 (4×10^{-4} Pa) でアニール処理を行った。最上層にはキャップ層としてアモルファス Al_2O_3 を室温で 2 nm 蒸着している。また、比較のために同様の手順で Fe_3O_4 の作製も行った。ただし、 Fe_3O_4 は O_2 雰囲気下で蒸着を行っている。

実験結果

図 1 に作製した $\text{Sn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ の RHEED 像を示す。エピタキシャル成長が確認され、 MgO の回折パターンに対して 2 倍周期の回折パターンが表れており、これはスピネル型物質に特徴的である。AFM による評価から平均面粗さは 0.30 nm と平坦性の高いことが分かった。XPS による評価から組成は $x = 0.6$ である。Van der Pauw 法によって電気抵抗率の測定を行った。作製した $\text{Sn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ と Fe_3O_4 の電気抵抗率それぞれは $2.80 \times 10^{-2} \Omega\text{ cm}$ 、 $6.75 \times 10^{-3} \Omega\text{ cm}$ となった。 SnFe_2O_4 は正スピネル型構造であり、Sn を含むことで Fe_3O_4 と比較して B サイト中 Fe イオンの $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ の比が小さくなり抵抗率が増大したことが予想される。磁気特性評価のため磁気光学カー効果 (MOKE) により磁気ヒステリシスの観測を行った (図 2)。Sn の添加により飽和磁場が増大し、角形性の低下が観測された。



図 1. $\text{MgO}(100)$ 上の $\text{Sn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ エピタキシャル膜の $[100]$ 方向の RHEED 像

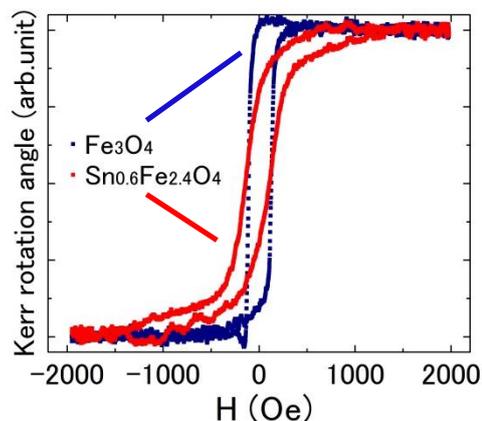


図 2. Fe_3O_4 と $\text{Sn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ の MOKE 測定結果 ($\pm 2000\text{ Oe}$)

参考文献

- 1) T. Nagahama, *et al* Appl. Phys. Lett. 105, 102410 (2014).
- 2) R. K. Gupta, *et al* Front. Mater. 1, 10 (2014)