

スピネル型フェライト($\text{Fe,Ti})_3\text{O}_4$ 薄膜のキャリア極性制御Carrier Type Control of Spinel Ferrite ($\text{Fe,Ti})_3\text{O}_4$ Thin Films○山原 弘靖¹、足立 真輝¹、高橋 雅尚¹、関 宗俊¹、堀場 弘司²、組頭 広志²、田畑 仁¹

(1. 東大工、2. 高エネルギー加速器研究機構)

○H. Yamahara¹, M. Adachi¹, M. Takahashi¹, M. Seki¹, K. Horiba², H. Kumigashira², H. Tabata¹

(1. Univ. of Tokyo, 2. KEK-PF)

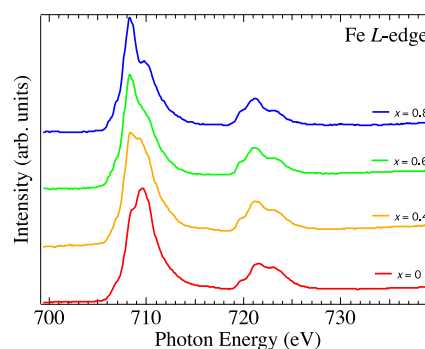
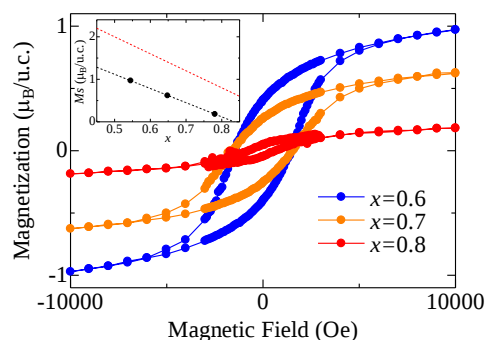
E-mail: yamahara@bioxide.t.u-tokyo.ac.jp

マグネタイト(Fe_3O_4)は高いキュリー温度 ($T_c \sim 860$ K) を有し、バンド構造からフェルミ準位において 100 % スピン偏極することが予測されているため、室温動作可能な半導体スピントロニクス材料の候補として挙げられている。 Fe_3O_4 は B サイト間のホッピング伝導が n 型の高導電率に寄与しており、元素置換によって $[\text{Fe}^{2+}]/[\text{Fe}^{3+}]$ 比が増加することで p 型伝導が実現することが予想される[1]。我々はキャリアタイプの制御を目的としてマグネタイト-ウルボスピネル固溶体($\text{Fe}_{3-x}\text{Ti}_x\text{O}_4$; FTO)に注目しており、これまでの研究で Ti 置換量と試料作製条件を最適化することによってキャリア型を制御できることを報告した[2]。パルスレーザー堆積法(PLD法)により FTO ($x = 0.6-0.8$) 単結晶薄膜を作製し、熱起電力測定によるキャリアタイプの判定を行った。その結果、Ti 添加量(x)の増加に従って Seebeck 係数が増加し、 $x = 0.8$ ($S = +109 \mu\text{V/K}$) で p 型伝導を示唆した。しかしながら、 p 型伝導の起源となる Fe 及び Ti の価数状態は不明瞭であった。そこで本研究では X 線吸収分光(XAS)を KEK-PF BL-2 にて行い、Fe 及び Ti の価数状態を同定した。図 1 に Fe L 端の XAS スペクトルを示す。 Fe_3O_4 ($x=0$)は $[\text{Fe}^{2+}]:[\text{Fe}^{3+}] = 1:2$ のほぼ理想値を示し、Ti 置換とともに低エネルギー側の 2 価に対応するピークが増えることがわかった。一方、Ti の XAS スペクトルは組成依存性が見られず、4 価の状態にあると考えられる。従って、キャリア極性の起源が $[\text{Fe}^{2+}]/[\text{Fe}^{3+}]$ 比に起因することが明確となった。これらの試料は 300 K において明確な磁気ヒステリシス曲線を描き、室温フェリ磁性を示している(図 2)。さらに高 Ti 置換試料は M-T 曲線においてスピングラスに特徴的な物性 (ZFC-FC 過程における分岐、印加磁場によるカスプのシフト、磁化の時間緩和) を示すことがわかった。以上の結果、キャリア制御した FTO 薄膜は室温動作可能な半導体スピントロニクス素子として応用が期待できる。

謝辞 本研究の一部は科研費基盤研究 S「生体ゆらぎに学ぶゆらぎエレクトロニクス」および(独)日本学術振興会の「研究拠点形成事業 (A.先端拠点形成型)」の助成を得て遂行された。

[1] M. Seki, H. Tabata, H. Ohta, K. Inaba, S. Kobayashi, Appl. Phys. Lett. 99, 242504 (2011).

[2] 山原 弘靖, 高橋 雅尚, 関 宗俊, 田畑 仁, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 17p-A10-10, 2014 年 9 月.

Fig. 1 L-edge XAS spectra of FTO thin films with various Ti concentration x (0, 0.4, 0.6 and 0.8).Fig. 2 Magnetic hysteresis curves of FTO thin films ($x=0.6, 0.7$ and 0.8).