

Fe_{3-x}Ti_xO₄ 半導体薄膜におけるキャリア極性制御とスピングラス挙動 Spin-glass behaviors in carrier polarity controlled Fe_{3-x}Ti_xO₄ semiconductor thin films

○山原 弘靖¹, 関 宗俊¹, 足立 真輝¹, 高橋 雅尚¹, 那須 英和¹,
堀場 弘司², 組頭 広志², 田畑 仁¹ (東大院工¹, 高エネ研 PF²)

○Hiroyasu Yamahara¹, Munetoshi Seki¹, Masaki Adachi¹, Masanao Takahashi¹, Hidekazu Nasu¹,
Koji Horiba², Hiroshi Kumigashira², Hitoshi Tabata¹ (Univ. of Tokyo¹, KEK-PF²)

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

マグネタイト(Fe₃O₄)は、T_c ~ 860 K の高いキュリー温度を有し、理論的に 100% スピン偏極率を持つスピントロニクス材料として期待されるが、一般にその伝導機構は Fe サイト間のホッピングにより n 型伝導を示し、p 型伝導を示す薄膜試料はごく限られた事例に留まっていた。本研究では、パルスレーザー堆積法における非平衡薄膜結晶成長技術を駆使して Ti⁴⁺を制御導入することで電気伝導を担う Fe²⁺/Fe³⁺価数比を系統的に制御可能にし、Fe-Ti 系マグネタイト(Fe_{3-x}Ti_xO₄: FTO)において p-n 型伝導制御されたマグネタイト単結晶薄膜の合成に成功した。図 1 にキャリア極性の判定に用いた 300 K における FTO 薄膜の熱起電力測定の結果を示す。Ti 添加量(x)の増加に伴って Seebeck 係数は増加し、x = 0.8 で正值(S = 117 μV/K)をとることから p 型伝導を示唆している。p 型伝導の起源となる Fe 及び Ti の価数状態の同定には X 線吸収分光(XAS : KEK-PF BL-2A)を実施した。図 2 に Fe L 端の XAS スペクトルを示す。Fe₃O₄ (x = 0)は[Fe²⁺]:[Fe³⁺] = 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[Fe²⁺]/[Fe³⁺]比に起因することが明らかとなった。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。さらに高濃度に Fe サイトを Ti に置換した試料は M-T 曲線においてスピングラス相に特有の ZFC-FC 過程における分岐、交流磁化率のカブの周波数シフト、メモリ効果(来歴記憶現象)を示している。以上の結果、キャリア制御した FTO 薄膜は半導体スピングラスとして新規メモリへの可能性を示していることが分かった。

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」、若手 B「履歴記憶素子に向けた酸化物クラスタースピングラスのスピングラス研究」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。

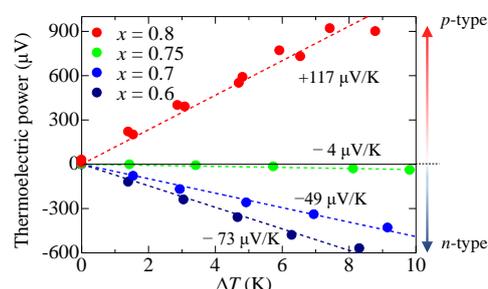


Fig. 1 Thermoelectric power of FTO thin films measured at 300 K. Seebeck coefficients of the films are described.

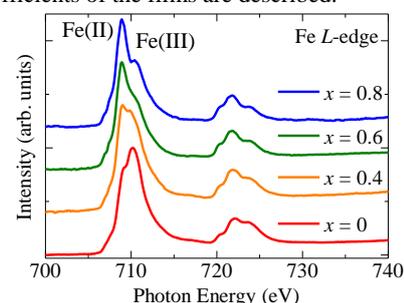


Fig. 2 L-edge XAS spectra of FTO thin films with various Ti concentration x .