

二段階 PLD 法による Si 添加 α -Fe₂O₃ 薄膜の形成と電気・磁気特性の制御

Formation of Si: α -Fe₂O₃ Thin Films by Two-step Pulsed Laser Deposition and Control of Their Electrical/Magnetic Properties

○関 宗俊、石田 丈、那須 英和、Ameya Suhas Sathe、村田 哲也、
川辺 駿佑、山原 弘靖、田畑 仁 (東大工)

○Munetoshi Seki, Takeshi Ishida, Hidekazu Nasu, Ameya Suhas Sathe, Tetsuya Murata,
Shunsuke Kawabe, Hiroyasu Yamahara, and Hitoshi Tabata (Univ. of Tokyo)

E-mail: m-seki@ee.t.u-tokyo.ac.jp

現在スピントロニクス分野では強磁性半導体の開発研究が活発になっているが、室温以上のキュリー点を有する物質の報告例は未だ少ない。半導体スピントロニクスデバイスの実用化に向けて、室温で高スピン偏極を示す物質の開発が望まれている。このような背景から、我々は安価・無毒で環境親和性の高い酸化鉄(酸化第二鉄: α -Fe₂O₃)に注目し研究を進めている。 α -Fe₂O₃ はネール温度 950K の反強磁性体(厳密には弱強磁性体)絶縁体である。Fe イオンは全て安定な+3 価となり、それらの局在電子スピンの超交換相互作用で反強磁性的に結合することにより、安定な磁気構造・磁場応答性と高い絶縁性が実現している。本研究では、 α -Fe₂O₃ への Si⁴⁺添加に伴う電荷補償効果によって Fe²⁺/Fe³⁺ の価数揺動状態を誘起することにより、Fe イオン間のスピンホッピング伝導の発現を狙った。我々は前回、Si⁴⁺を含んだターゲットを用いて PLD 法により薄膜を作製するとウスタイト(酸化第一鉄:FeO)の結晶相が安定化することを報告した[1, 2]。そこで本研究では、Si 含有/非含有の二種のターゲットを用いた二段階 PLD 法により薄膜を作製した。まず、 α -Al₂O₃(110)単結晶基板に約 40nm の膜厚の α -Fe₂O₃ エピタキシャル薄膜を成長させた。次いで、Si 添加のターゲットを用いて蒸着した。成長温度が 700°C の場合、Si-Fe の相互拡散によって Si は膜中で均一に分散し、 α -Fe₂O₃ のコランダム型結晶構造を維持した高品質な半導体結晶相が得られた。電気特性の温度依存性から、この薄膜は α -Fe₂O₃ に特有の異方的スピン配列(A-type)を反映した二次元ホッピング伝導を示すことが分かった(図 1)。また、室温で強磁性的な挙動を示した(図 2)。さらに、磁気抵抗測定結果の解析により、室温でのスピン偏極率は 36.6%と算出された。本発表ではこの Si 添加 α -Fe₂O₃ の強磁性半導体としての可能性について詳細に議論する。

【謝辞】本研究は科研費基盤研究(S): 24226014 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。

References

- [1]関、田畑、他、第 62 回応用物理学会春季学術講演会 11p-D10-11
[2] M. Seki et al., *Appl. Phys. Lett.* 105, 112105 (2014).

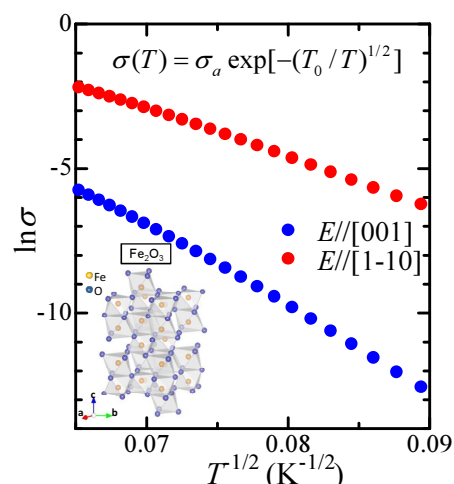


Fig. 1. Si:Fe₂O₃ 薄膜の電気伝導率の温度・電場方向依存性

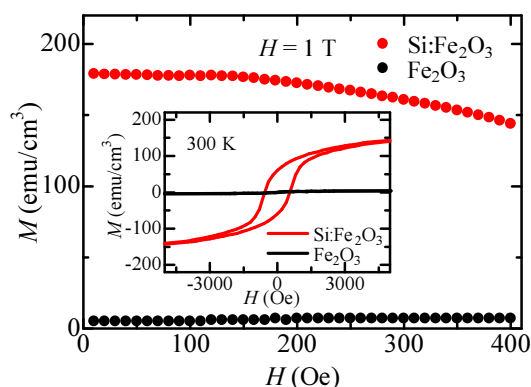


Fig. 2. Si:Fe₂O₃ 薄膜および Fe₂O₃ 薄膜の磁化の温度依存性 (挿入図は M-H 特性)