

Fe₃O₄(001)/MgO(001)/Fe(001)強磁性トンネル接合における

負のトンネル磁気抵抗効果

安井彰馬、岡林潤*、柳瀬隆**、島田敏宏**、長浜太郎**

(北大総化院、*東大理、**北大工)

Inverse tunnel magnetoresistance in Fe₃O₄(001)/MgO(001)/Fe(001) magnetic tunnel junctions

S. Yasui, J. Okabayashi*, T. Yanase**, T. Shimada**, T. Nagahama**

(Hokudai CSE, *Univ. of Tokyo, **Hokudai Eng.)

はじめに

Fe₃O₄は逆スピネル構造を持つフェリ磁性酸化物であり、室温より十分高いキュリー温度を持つ。格子定数はMgOのほぼ2倍であり、Fe/MgO系の多層膜と組み合わせてエピタキシャル成長することが可能である。また、スピン分極率が負であり、かつ非常に高いことが予想されており、高性能なスピントロニクス材料として期待されている [1]。特にTMR素子においては大きな磁気抵抗効果が期待されることから、多くの研究が報告された。しかし、現在まで大きなTMR比は観測されておらず、その符号も研究グループによりまちまちである [2]。そのように安定した磁気伝導現象が観測されない理由として、逆位相界面による磁化過程の変調やFe₃O₄の界面磁性の複雑さが指摘されているが、明確な理由は明らかではない。本研究では、Fe₃O₄(001)/MgO(001)/Fe(001) トンネル接合を作製して、その磁気トンネル伝導について調べた。また、Fe₃O₄/MgO薄膜のXMCD測定を行い、Fe₃O₄層のFeイオンの状態について検討した。

実験方法

試料作製には反応性分子線エピタキシー法を用いた。到達真空度は10⁻⁸Pa台である。作製した接合の構造は、MgO(100)基板/MgO/NiO/Fe₃O₄/MgO/Fe/Auとした。結晶性の評価にはRHEED、XRDを用い、エピタキシャル成長していることを確認した。磁気トンネル伝導特性の評価をするために、フォトリソグラフィ、Arイオンミリング、スパッタを用いて微細加工を行い、10×10μm²のトンネル接合を作製した。作製した素子を用いてI-V測定や磁気抵抗効果の測定を行った。XMCDの測定にはKEK-PFのBL-7Aを用いた。

結果・考察

磁気抵抗の測定の結果、室温で-10%、80Kで約-55%のTMR効果を観測した。図1に80KでのTMR曲線を示す。Fe₃O₄-MTJで-50%を超えるTMR比はこれまで報告されていない。また、TMR比が負の値を示したことはバンド計算による負のスピン分極率と一致する。またTMR曲線からFe₃O₄はなだらかに磁化反転し、角型比の小さい曲線となっている。このことは反平行磁化状態が不十分であることを示しており、磁化過程の改善あるいは保磁力の大きなピン層の開発により、更に大きなTMR比が実現できることを示唆している。また、温度変化については、温度の低下とともにTMR比は単調に増大し、Verwey転移に由来するトンネル伝導の異常などは観測されなかった。

参考文献

- 1) A. Yanase and K. Siratori, J. Phys. Soc. Jpn. 53, 312-317 (1984).
- 2) M. Opel et al., Phys. Status Solidi A 208 232 (2011).

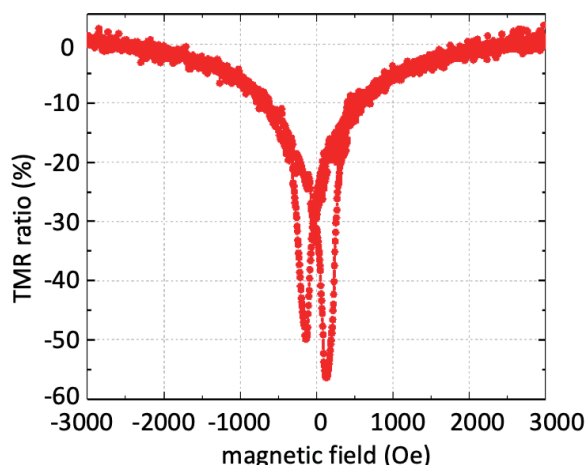


図1. 80KにおけるFe₃O₄/MgO/FeのTMR曲線。