

Co/BiFeO₃/LaSrMnO₃トンネル接合構造における BiFeO₃ の Fe モーメントの増大

Increase of Fe moment of BiFeO₃ in Co/BiFeO₃/LaSrMnO₃ tunnel junctions

東北大工¹ ○永沼 博¹, 一ノ瀬 智浩¹

Tohoku Univ.¹, °Hiroshi Naganuma¹, Tomohiro Ichinose¹

E-mail: naganumahiroshi1@gmail.com



[背景] BiFeO₃(BFO)は室温で強誘電性と磁気秩序を有する数少ないマルチフェロイック物質である。BFO を障壁層としたトンネル接合素子は BFO の自発分極の向きにより電極界面のポテンシャルが変化(Tunnel electroresistance effect: TER 効果)し、10,000を超える高いOFF/ON比が室温で観測された。BFO は Dzyaloshinsky-Moriya (DM)相互作用により Fe の磁気モーメントが僅かに傾いた G 型の反強磁性体であるため巨視的な飽和磁化は小さい。以前、講演者は BiFeO₃-BiCoO₃ 固溶体薄膜において室温での自発磁化が増大することを報告した。[1] また、Co/BFO 二層膜において反強磁性交換結合があらわれることを報告した。[2] しかし、磁気構造に関する詳細な検討はこれまで行われてこなかった。本研究では Co/BFO 界面に着目し、界面の磁気、電子および結晶構造を調べるため X 線磁気円二色性(XMCD)、X 線吸収(XAS)および透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて系統的な評価を行った。

[実験方法] Ru(2)/Co(2)/BFO($t = 1, 3, 10, 120$ nm)/LaSrMnO₃/SrTiO₃(100)基板の試料を r.f. マグネトロンスパッタ法により作製した。XAS、XMCD は KEK Photon Factory (BL-16)ラインを用いてすべて室温で行った。試料の断面構造は TEM(FEI, Tecnai F-20)を用いて観察した。

[結果と考察] Co の L₃ 吸収端の XAS スペクトルから Co 層は酸化せず金属であった。Fe の L₃ 吸収端の XMCD スペクトルから Fe²⁺および Fe³⁺の八面体配置および四面体配置に起因した 4 本のピークが観測された。バルク γ -Fe₂O₃ および Fe₃O₄ の XMCD スペクトル[3]と比較すると BFO の Fe-L₃ ピークのエネルギー位置およびピーク数が異なっていた。断面 TEM の明視野像およびエネルギー分散型 X 線分析(EDX)プロファイルから γ -Fe₂O₃ 相および Fe₃O₄ 相は観測されなかったため、酸化鉄により磁化が増大した可能性は低い。10 kOe の外部磁場中で熱処理した後には約 100 Oe の反強磁性交換結合磁界が観測されたことから、BFO 側の界面にはある程度のスピン秩序があることがわかる。比較的、BFO 膜厚の厚い 120 nm の試料を用いてリーク電流特性を調べたところ絶縁性を有していたことから膜全体に Fe²⁺が存在しているわけではない。以上の結果から、BFO の界面にはバルク BFO とは異なる界面状態となっていることがわかる。界面付近の BFO 層の酸素が欠損して Fe²⁺が形成することにより Fe スピンが打ち消し合っていないことなどが原因として挙げられる。Fe 磁気モーメントの増大は BFO が 1 および 3 nm の極薄膜のときにも観測されている。従って、今後は Co/BiFeO₃/LaSrMnO₃ の片側のみを非磁性層としたトンネル素子構造を作製し、スピン依存トンネル伝導を調べることで界面磁性の起源を理解する予定である。

[参考文献] [1] Appl. Phys. Lett., **93**, 052901 (2008)., [2] 65 回応用物理学会春季講演会 17p-P10-56., [3] Environ. Sci. Technol., **51**, 2643 (2017).