

セミナーのご案内



日時: 6月12日 14時—16時30分

場所: 東北大学工学研究科 青葉山キャンパス

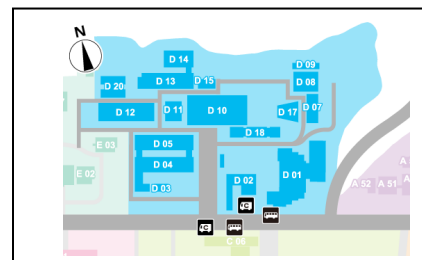
電子情報・システム応用系 1号館(建物番号 D10)中会議室

(<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/profile/campus/01/aobayama/aread.html>)

参加費: なし

事前登録: なし

問い合わせ先: 事務局 ferroic@atomol.che.tohoku.ac.jp



=プログラム=

14:00~

Comprehensive structural study within multiferroic BiFeO_3 films by transmission electron microscopy and x-ray diffraction

講演者: Dr. In-Tae Bae NY 州立大学 (講演は英語、質疑応答は日本語となります)

10分休憩

15:10~

XMCD を用いた $\text{Co/BiFeO}_3/\text{LaSrMnO}_3$ トンネル接合構造における BiFeO_3 の Fe モーメントの増大と電気磁気効果

講演者: 永沼 博 東北大

16:00~ フリーディスカッション

19:00~ 懇親会

Comprehensive structural study within multiferroic BiFeO_3 films by transmission electron microscopy and x-ray diffraction

In-Tae Bae

Small Scale Systems Integration and Packaging Center & Department of Physics,
State University of New York at Binghamton, USA, Email) itbae@binghamton.edu

B iFeO_3 (BFO) has been known as a multiferroic material with ferroelectricity and antiferromagnetism well above room temperature since 1970s. The recent resurgence of BFO as a multiferroic material was triggered by the revelation of its true bulk physical properties in the mid 2000s. Subsequently, with the availability of high quality single crystal oxide substrates, BFO has been grown as films on a variety of single crystal substrates in an attempt to further improve its physical properties by imparting epitaxial strains.^{i,ii} Since the crystal and microstructural modifications caused by the epitaxial strains dominate the multiferroic property changes in BiFeO_3 , substantial efforts have been devoted to the investigation of the structural changes in epitaxial BiFeO_3 films. As a result, a number of strain-induced new crystal structures were proposed by experiments and theoretical calculations. However, details about strain-

induced structural modifications remain elusive owing to: (1) the remarkably complex nature of BiFeO₃ and (2) its *willingness* to adapt unusually high lattice strain of over ~6 %.ⁱⁱⁱ In this talk, I will discuss a strategy about (1) how to unambiguously identify crystal symmetries in epitaxial BiFeO₃ and (2) once crystal symmetries are clearly identified, how to evaluate the misfit strain accurately.^{iv-vii}

ⁱ J. Wang *et al.*, *Science* **299**, 1719 (2003)

ⁱⁱ R. J. Zech *et al.*, *Science* **326**, 977 (2009)

ⁱⁱⁱ D. Sando, B. Xu, B. Bellaiche and V. Nagarajan, *Appl. Phys. Rev.* **3**, 011106 (2016)

^{iv} I.-T. Bae, H. Naganuma, T. Ichinose, K. Sato, *Phys. Rev. B*, **93**, 064115 (2016)

^v I.-T. Bae *et al. Sci. Rep.* **7**, 46498 (2017)

^{vi} I.-T. Bae *et al. Sci. Rep.* **8**, 893 (2018)

^{vii} I.-T. Bae *et al. Sci. Rep.* **9**, 6715 (2019)

Co/BiFeO₃/LaSrMnO₃トンネル接合構造における BiFeO₃ 界面における Fe モーメントおよび電気磁気効果の増大

永沼 博

東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター、スピントロニクス学術連携センター

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。これまでに 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殆ど行われてこなかった。本講演は BFO エピタキシャル薄膜の誘電・磁気的な物性について述べる共に、接合界面の新奇な磁気、電子および結晶構造を X 線磁気円二色性(XMCD)、X 線吸収(XAS)および走査型電子顕微鏡(STEM)を用いて評価した結果について述べる。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)ラインを用いて全て室温で行った。試料の断面構造はナノテクセンターの支援のもと STEM(JEOL 社製 ARM200F)により観察した。Co/BFO 界面に着目すると、Co の L₃吸収端の XAS スペクトルから Co 層が僅かに酸化していることが確認された。10 kOe の外部磁場中で熱処理した後は約 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。断面 STEM の明視野像および電子エネルギー損失分光法(EELS)プロファイルから Co との界面に Bi、Co、Fe を含む 1 nm 以下の均質な界面層が形成していることがわかった。一方、BFO/LSMO 界面に着目すると、BFO 中の 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。BFO/LSMO 側は Co 側とは異なる界面層が形成しており、BFO は接する材料により異なる界面層を形成する多彩性を有していることが示唆された。講演当日は BFO 中の Fe 磁気モーメント増大の考察およびトンネル接合構造での電気磁気効果についても報告する。

[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).

本研究は一ノ瀬智浩氏、In-Tae Bae 氏、雨宮健太氏、白石貴久氏、木口賢紀氏、赤間章裕氏、竹中佳生氏の協力のもと遂行した。

(主催) 応用物理学会 強的秩序とその操作に関わる研究グループ