マルチフェロイック $BiFe_{1-x}Co_xO_3$ 薄膜のスピン構造変化

Observation of the Spin Structure Change in Multiferroic $BiFe_{1-x}Co_xO_3$ Thin Films

○川邊諒[1]・北條元[1]・山本孟[1]・清水啓佑[1]・壬生攻[2]・東正樹[1]（1. 東工大応セラ、2. 名工大工）

○Ryo Kawabe[1], Hajime Hojo[1], Hajime Yamamoto[1], Keisuke Shimizu[1], Ko Mibu[2], M. Azuma[1]

(1.Tokyo Institute of Technology., 2.Nagoya Institute of Technology.)

E-mail: kawabe.r.aa@m.titech.ac.jp

【緒言】 強誘電性と磁性を併せ持つマルチフェロイック物質は、省電力磁気メモリーデバイス応用への期待などから盛んに研究されている。$BiFeO_3$ は代表的なマルチフェロイック物質であり、G 型反強磁性秩序に重畳したサイクロイドスピン構造を持つ。このスピン構造は $TbMnO_3$ 等で報告されているもの[1]と同じであり、イオン変位による電気分極に加えて、逆 DM 相互作用による分極も存在する。我々は、Fe の一部を Co で置換した $BiFe_{0.8}Co_{0.2}O_3$ は、低温ではサイクロイドスピン構造を持つが、120 K 以上では 0.03 μ_B/f.u.の弱強磁性成分を持つ、キャントしたコリニアなスピン構造へ転移することを、多結晶試料の中性子線回折実験により見出した[2]。スピンキャントは $BiFe_{1-x}Co_xO_3$ の極性構造歪み由来であると考えられるため、電気分極の反転により磁化反転が起こると期待される。我々は、デバイス応用の観点から $SrTiO_3$(111)基板上に $BiFe_{1-x}Co_xO_3$ 薄膜を作製し、多結晶試料と同様のスピン構造転移を確認することに成功した。今回は、これらの薄膜の詳細な磁気的性質について報告する。

【実験方法】 パルスレーザー堆積法を用いて $SrTiO_3$(111)基板上に $BiFe_{1-x}Co_xO_3$ (x = 0, 0.05, 0.10, 0.15)エピタキシャル薄膜を作製した。これらの薄膜について、超伝導量子干渉素子(SQUID)(Quantum Design MPMS)を用いて磁化測定を行った。さらに、^{57}Fe メスバウアー分光法を用いてスピン構造の同定を行った。

【結果と考察】 Figure 1 に $SrRuO_3/SrTiO_3$(111)基板上に作製した $BiFe_{0.9}Co_{0.1}O_3$ 薄膜のメスバウアースペクトルを示す。300 K ではスペクトルは左右対称であることから、スピン構造はコリニアであると考えられる。また、スペクトルの強度比からスピンはほぼ面内を向いていることを確認した。一方、150 K ではスペクトルの強度比が変化しており、面外に配向したスピンの割合が増加していることがわかる。150 K のスペクトルはスピンがほぼ面外と面内を向いた二つの成分（割合は 1:2.7）でフィッティングできることを確認した。サイクロイド構造は両者の割合 1:1 の二成分でフィッティングできると考えられるため、この結果は 150 K ではサイクロイド構造とコリニア構造が 1:1.7 の割合で共存していることを示唆している。Figure 2 に $BiFe_{1-x}Co_xO_3$ 薄膜の面内 M-H カーブを示す。バルク試料同様、Co 組成が多い試料において、弱強磁性由来のヒステリシスカーブを観測した。当日は、PFM および MFM を用いた強誘電ドメインと磁気ドメインの観察結果についても報告する予定である。

【参考文献】

[1] T.Kimura *et al.*, *Nature*, **426**, 55 (2003)
[2] I.Sosnowska, M. Azuma *et al.*, *Inorg. Chem.*, **52**, 13269 (2013)

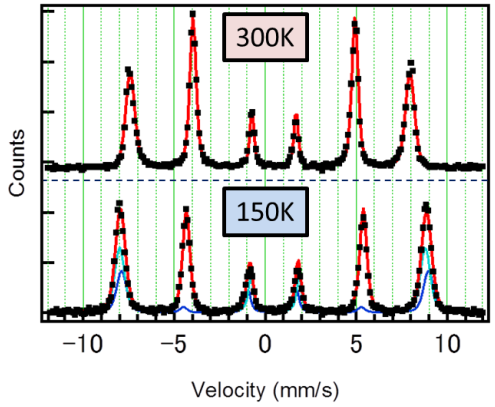

Figure 1. ^{57}Fe Mössbauer spectra for $BiFe_{0.9}Co_{0.1}O_3$ /$SrRuO_3/SrTiO_3$(111) at 300K (top) and 150K (bottom).

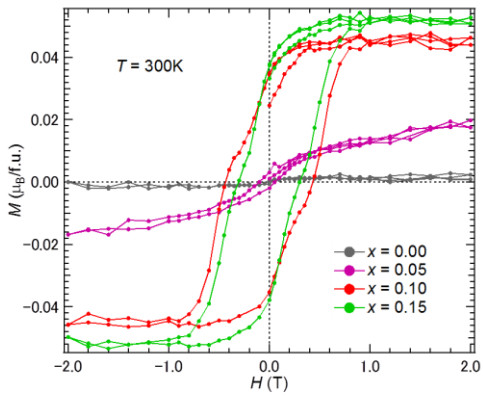

Figure 2. M-H curve for $BiFe_{1-x}Co_xO_3$ /$SrRuO_3/SrTiO_3$(111) (x = 0, 0.05 0.1 0.15) at 300K.

© 2015年 応用物理学会