

(Bi,La)(Fe_{1-y}M_y)O₃ ($M = \text{Co, Ni}$) 強磁性・強誘電性薄膜における B サイト置換元素種および置換量が磁気特性に及ぼす影響

Effect of B-site substitution element and substitution amount on magnetic properties
in (Bi,La)(Fe_{1-y}M_y)O₃ ($M = \text{Co, Ni}$) ferromagnetic and ferroelectric thin films

秋田大理工 (M1)鈴木 悠太, (M2)尾関 拓海, 江川 元太, °吉村 哲

Akita Univ., Yuta Suzuki, Takumi Ozeki, Genta Egawa, °Satoru Yoshimura

E-mail: syoshi@gipc.akita-u.ac.jp

はじめに 室温で反強磁性・強誘電性を有する BiFeO₃ (BFO) の Bi³⁺や Fe³⁺を、適切な価数を有する元素で置換することで、強磁性が発現することが既に報告されている。我々は、(Bi_{1-x}Ba_x)FeO₃ 薄膜を反応性パルス DC スパッタリング法を用いて作製することにより RF スパッタリング法を用いた場合に比較して 1.5 倍の飽和磁化が得られることを報告した¹⁾が、磁気異方性が薄膜面内方向であり、磁気デバイス応用に適していなかった。これに対して (Bi,La)(Fe_{0.75}Co_{0.25})O₃ 薄膜では、70 emu/cm³ の比較的高い飽和磁化かつ垂直磁気異方性が得られた²⁾。そして、(Bi,La)(Fe_{1-y}Co_y)O₃ ($y=0-0.25$) 薄膜の結果³⁾から、本材料系における磁化および垂直磁気異方性の起源は Co 置換であることが判った。本研究では、更なる飽和磁化および垂直磁気異方性の増大を目的として (Bi,La)(Fe_{1-y}Ni_y)O₃ ($y=0-0.35$) 薄膜を作製し、その Ni 置換効果を Co 置換の場合と比較した。

方法 熱酸化膜付き Si 基板上に Ta(5 nm)/Pt(100 nm) を下地層として成膜し、その上に、(Bi,La)(Fe,M)O₃ ($M = \text{Co, Ni}$) (BLFCO, BLFNO) 薄膜 (膜厚 200 nm) を反応性パルス DC スパッタリング法によって成膜した。このとき Ta 層は DC 電源を用いて室温で、Pt 層は RF 電源を用いて 400 °C で、BLFMO 層はパルス DC 電源を用いて 695 °C で、それぞれ成膜を行った。本成膜におけるパルス条件として、周波数 100 kHz, 電力 150 W, ON:OFF=3:2 の一定値とした。組成評価は、エネルギー分散型 X 線分光器 (EDS), 磁気測定は振動試料型磁力計 (VSM), により評価を行った。

結果 Fig.1 に、BLFCO, BLFNO 薄膜の飽和磁化における Fe に対する Co もしくは Ni 置換量依存性を示す。最も高い飽和磁化が得られる時の置換量は、Co 置換の場合 25 at% 程度、Ni 置換の場合は 30 at% 程度で、それぞれの最大値は 80 emu/cm³, 40 emu/cm³ であった。これより、飽和磁化の増大には Co のみならず Ni 置換も同様に効果的であるが、Co 置換の方がその増大に効果が大きいことが判った。Fig.2 に、BLFCO, BLFNO 薄膜の垂直磁気異方性の大きさを示す値 ($H_{c\perp}/H_{c\parallel}$) における Fe に対する Co もしくは Ni 置換量依存性を示す。最も高い垂直磁気異方性が得られる時の置換量は、飽和磁化と同様に Co 置換の場合 25 at% 程度、Ni 置換の場合は 30 at% 程度で、それぞれの最大値は 1.6, 4.1 であった。これより、垂直磁気異方性の増大には Co のみならず Ni 置換も同様に効果的であるが、Ni 置換の方がその増大に効果が大きいことが判った。また図には示していないが、BLFCO, BLFNO 薄膜の磁化温度曲線を測定した結果、BLFCO 薄膜のキュリー温度は 420 °C, BLFNO 薄膜の場合は 470 °C 以上であった。以上より、Co 置換は飽和磁化の増大に効果が大きく、Ni 置換は垂直磁気異方性およびキュリー温度の増大に効果が大きいことが判った。

参考文献 1) S. Yoshimura et al., *JJAP-STAP*, **57**, 0902B7 (2018). 2) M. Kuppan, S. Yoshimura et al., *Scientific Reports*, **11**, 11118 (2021). 3) T. Ozeki, S. Yoshimura et al., *JMSJ*, **46**, 64 (2022).

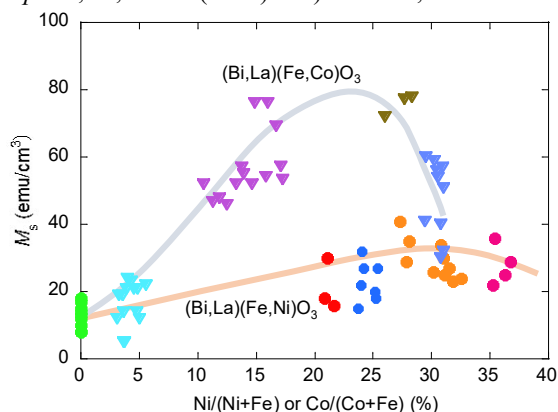


Fig.1 Dependence of saturation magnetization on Co or Ni substitution concentration against Fe in (Bi,La)(Fe,Co)O₃ or (Bi,La)(Fe,Ni)O₃ films.

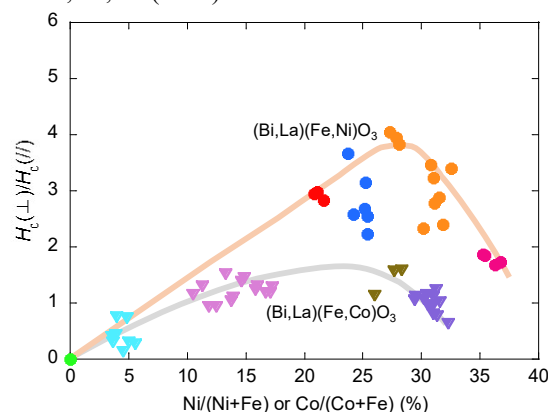


Fig.2 Dependence of $H_{c\perp}/H_{c\parallel}$ on Co or Ni substitution concentration against Fe in (Bi,La)(Fe,Co)O₃ or (Bi,La)(Fe,Ni)O₃ films.