

反応性パルス DC スパッタリング法による高品位($\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x$) FeO_3 強磁性・強誘電薄膜の作製とその磁気および誘電特性

吉村 哲

(秋田大、JST さきがけ)

Fabrication of highly qualified ($\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x$) FeO_3 multiferroic thin films by using a pulsed DC reactive sputtering method and its magnetic and dielectric properties

S. Yoshimura

(Akita Univ., JST PRESTO)

はじめに 強磁性・強誘電材料は、電場 E による磁化 M の方向制御、磁場 H による電気分極 P の方向制御が可能とされていることから、革新的な次世代電子材料として研究が活発化してきている。電圧駆動型の磁気デバイスに本材料を使用する場合、高信号出力化などの観点から高い飽和磁化 (M_s) が求められる。しかしながら、これまで検討されてきた強磁性・強誘電材料の多くは、強誘電材料に微量の磁性元素をドーピングすることで強磁性を発現させてきた場合が多く、大きな M_s を有する材料はほとんど報告されていない。著者がこれまでに作製に成功した($\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x$) FeO_3 強磁性・強誘電薄膜において、Bi に対する Ba 置換量を 40 %まで増大させることにより、比較的大きな M_s (60 emu/cm³) が得られた¹⁾ が、絶縁性が不十分であり、良好な強誘電特性は得られていなかった。この問題を解決するためには、ピンホールや欠陥の少ない、より高品位な薄膜を作製することが必要となるが、これまで著者が用いてきた RF マグネトロンスパッタリング法では、成膜温度や成膜中の薄膜への VHF プラズマ照射²⁾ の条件も最適化しており、更なる高品位化は困難であった。ここで、酸化物や窒化物の薄膜の作製において、高速成膜化・高成膜電圧化・アーク放電の抑制、に効果的な反応性パルス DC スパッタリング法が報告されている³⁾。本研究では、($\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x$) FeO_3 強磁性・強誘電薄膜の作製において、反応性パルス DC スパッタリング法を用い、高品位な薄膜を作製することを目的とした。

方法 ($\text{Bi}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}$) FeO_3 (BBFO)薄膜(膜厚 300 nm)を、RF マグネトロンスパッタリング法および反応性パルス DC スパッタリング法を用いて、熱酸化膜付き Si 基板上に Ta(5 nm)/Pt(100 nm)の下地層を成膜した後、積層膜として作製した。積層膜は基板温度として、Ta を室温、Pt を 300°C、BBFO を 600°Cで成膜した。さらに、BBFO 薄膜のペロブスカイト構造の形成を促進させるために、スパッタリング成膜時の薄膜に VHF プラズマ照射を施した。RF マグネトロンスパッタリングでは、Bi-Ba-Fe-O 酸化物ターゲットを用い、反応性パルス DC スパッタリングでは、Fe 粉末と Ba-Fe-O 粉末とを焼結させて作製した導電性ターゲットに Bi シートを配置したものを、それぞれ用いた。反応性パルス DC スパッタリング法におけるパルス条件として、周波数を 20~100 kHz、デューティー比を 10~40 %、電力を 100~200 W、の範囲で変化させた。作製した積層膜の構造解析は、X線回折装置(XRD)により、磁気測定は、振動試料型磁力計(VSM)により、誘電測定は、BBFO 積層膜の最表面に Pt ドット状電極($\phi 100 \mu\text{m}$)を成膜した後に、強誘電体特性評価システムにより行った。

結果 Fig.1 に、RF マグネトロンスパッタリング法および反応性パルス DC スパッタリング法を用いて作製した BBFO 薄膜の磁化 (M - H) 曲線および強誘電ヒステリシス (P - E) 曲線を示す。 M - H 曲線において、RF マグネトロンスパッタリング法を用いた場合は、前述の通り M_s は 60 emu/cm³ であるが、反応性パルス DC スパッタリング法を用いた場合は、周波数を 50 kHz、デューティー比を 25 %、電力を 200 W、としたとき、 M_s は 90 emu/cm³ まで増加した。また、 P - E 曲線においては、反応性パルス DC スパッタリング法を用いることにより、電流リークが少ないことを示唆する、原点对称性の良い形状が得られ、かつ抵抗が 1 桁程度高い値を示した。このように反応性パルス DC スパッタリング法により BBFO 薄膜が高品位化した要因は、高いエネルギーを有するスパッタ粒子が離散的に基板に到達することで、粒子の基板表面での拡散が促進し、結晶性の良い薄膜が得られたことによると考えられる。

参考文献 1) 吉村, 他 第37回日本磁気学会学術講演概要集, 3aC-6. 2) 吉村, 他 第34回日本磁気学会学術講演概要集, 6aB-1. 3) D. Pelleymounter et. al., 2014 Soc. Vac. Coat., 57th Annual Technical Conference Proceedings, Chicago, USA

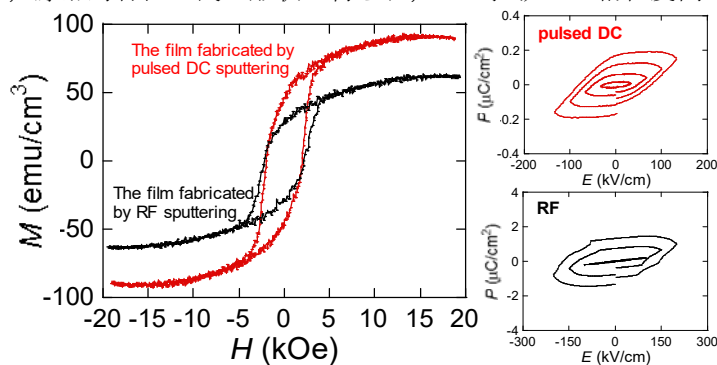


Fig. 1 M - H curves and P - E curves of ($\text{Bi}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}$) FeO_3 thin films fabricated by RF magnetron sputtering method or pulsed DC reactive sputtering method.