

反応性パルス DC スパッタリング成膜における BiFeO₃系強磁性・強誘電薄膜の高品位作製の指針

武田 航太朗, 吉村 哲
(秋田大)

Guidelines for fabrication of high quality multiferroic BiFeO₃ based thin films
in pulsed DC reactive sputtering method

K. Takeda, and S. Yoshimura
(Akita Univ.)

はじめに 強磁性・強誘電材料は、印加電界 E による磁化 M の方向制御、印加磁場 H による電気分極 P の方向制御が可能とされているため、革新的な次世代電子材料として注目されている。本材料を電圧駆動型の磁気デバイスに使用する場合、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。以前、本研究グループではRFスパッタリング法を使用してBi_{1-x}Ba_xFeO₃薄膜を作製していたが、その M_s の最大値はBi_{1-x}Ba_xFeO₃粉末の M_s の半分程度の60 emu/cm³しか示さなかった。そこで、薄膜を高品位に作製するため、RFスパッタリング法に代えて、反応性パルス DC(R-PDC)スパッタリング法を用いてBi_{1-x}Ba_xFeO₃系薄膜の作製を試みた。R-PDCスパッタリング法では最大92 emu/cm³となり、 M_s の大幅な向上が見られた。また、R-PDCスパッタリング法で作製した薄膜は、RFスパッタリング法で作製した薄膜に比べ、成膜速度は5倍程度、抵抗値は20倍程度となり、他の特性に関しても大幅な向上が見られた²⁾。しかし、R-PDCスパッタリング法における成膜条件として、一般的な成膜電力に加え、パルス周波数やターゲット素材なども存在し、これらと薄膜の品質における相関は詳しくわかっていない。本研究では、R-PDCスパッタリング法で作製した薄膜の磁気特性における、成膜電力依存、パルス周波数依存、ターゲット素材依存を明らかにすることを目的とした。

方法 R-PDCスパッタリング法を用いて、(Bi_{0.5}Ba_{0.5})FeO₃(BBFO)薄膜(膜厚300 nm)を、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695°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、成膜時の薄膜にVHFプラズマ照射を施した。BBFO薄膜の成膜には、Fe粉末とBa-Fe-O粉末とを焼結させて作製した、酸化物の含有量が異なる(導電特性が異なる)3種類のターゲットに、Biシートを配置したものを用いた。R-PDCスパッタリング法におけるパルス条件として、周波数を50~250 kHz、電力を80~200 Wの範囲で変化させた。作製したBBFO薄膜の組成分析は、エネルギー分散型X線分光器(EDS)により、磁気測定は、振動試料型磁力計(VSM)により行った。

結果 M_s の成膜電力に対する変化は、Fig.1に示すように、電力増大に伴い単調に増加し、200 Wにおいて最大値92 emu/cm³の高い値を示した。 M_s のパルス周波数に対する変化は、Fig.2に示すように、周波数減少に伴い単調に増加した。Fig.3には、ターゲットに含まれる酸化物含有量の割合が14, 17, 20 mol%で、導電特性が異なるターゲット(Ox-14, Ox-17, Ox-20)を用いて作製した薄膜の、 M_s のターゲット中酸化物含有量依存性を示す。酸化物含有量が少ないほど、 M_s は高い値を示した。以上の結果より、成膜電力が高く、パルス周波数が低く、ターゲットの導電性が良いほど、より大きな M_s を持つ強磁性・強誘電BiFeO₃系薄膜が作製できることがわかった。これは、アーク放電が抑制されたR-PDCスパッタリング法では、高いエネルギーを有するスパッタ粒子を離散的に基板に到達させることで、原子の基板表面拡散を促進させるためと考えられる。

参考文献 1) D. Pellemounter et al., 2014 Soc. Vac. Coat., 57th Annual Technical Conference Proceedings, Chicago, USA.
2) 吉村哲, 第42回日本磁気学会学術講演概要集, 13A-5.

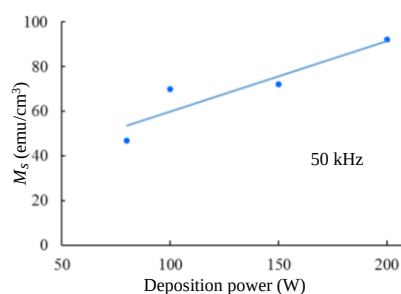


Fig.1 Dependence of saturation magnetization of BBFO films on deposition power.

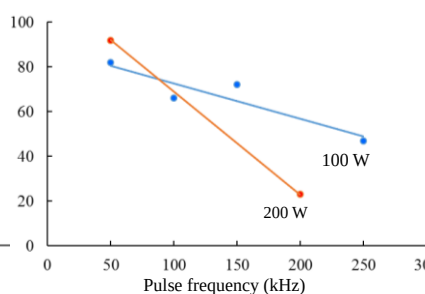


Fig.2 Dependence of saturation magnetization of BBFO films on pulse frequency.

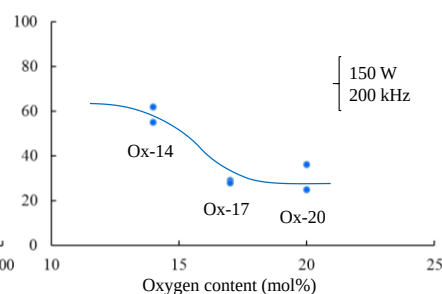


Fig.3 Dependence of saturation magnetization of BBFO films on oxygen content in target.