

強磁性・強誘電／強磁性金属積層膜への電界印加による強磁性金属薄膜の磁化反転

吉村 哲, 大下 直哉, M. Kuppan

(秋田大)

Magnetization reversal of metallic magnetic film fabricated onto (Bi,La)(Fe,Co)O₃ multiferroic film by applying electric field to multiferroic / metallic magnetic multilayers

S. Yoshimura, N. Oshita, M. Kupan

(Akita Univ.)

はじめに 強磁性・強誘電材料は、電場(E)もしくは磁場(H)による磁化(M)および電気分極(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デバイス用材料として研究が活発化してきている。電圧駆動型の磁気記録デバイスに本材料を使用する場合、磁気特性において、高信号出力化などの観点から高い飽和磁化 (M_s)、記録情報保持の観点から高い保磁力 (H_c)、高集積化などの観点から垂直磁気異方性、などの磁気特性が求められる。著者らは、昨年、酸化物や窒化物の薄膜の、高速成膜・高電圧成膜・アーク放電の抑制、に効果的な反応性パルス DC スパッタリング法を用い、(Bi_{1-x}La_x)(Fe_{0.75}Co_{0.25})O₃ 薄膜を作製した結果、La 置換量が 60 %程度において、70 emu/cm³ を超える M_s 、4 kOe を超える H_c 、明瞭な垂直磁気異方性、明瞭な強誘電特性、など、BiFeO₃ 系薄膜としてはこれまで報告されたことがない良好な磁気特性が得られたことを報告した¹⁾。また、本薄膜において、走査型プローブ顕微鏡を用いたミクロンスケールでの電界印加磁化反転にも成功した。しかしながら、本材料において磁気デバイス応用に有用な高い M_s やスピン分極率が得られている訳ではなく、磁気 Kerr 効果においても大きなレーザ波長依存性がある²⁾ ことから、本材料単体でデバイス化することは容易でなない。ここで、機能性の高い金属強磁性薄膜を本薄膜に積層し、積層膜への電界印加により反転した強磁性・強誘電薄膜の磁化方向を金属強磁性薄膜に磁気転写することでその磁化方向も反転させることができれば、本材料のデバイス応用の可能性が大いに広がる。本研究では、そのデモンストレーションとして、強磁性・強誘電(Bi_{1-x}La_x)(Fe_{0.75}Co_{0.25})O₃ 薄膜に金属強磁性[Co/Pd]_n 多層膜を積層した系において、積層膜に電界印加を施すことで、(Bi_{1-x}La_x)(Fe_{0.75}Co_{0.25})O₃ 薄膜の磁化方向を変化させ、磁気転写を介して、[Co/Pd]_n 多層膜の磁化方向も反転させることを試みた。

方法 (Bi_{0.4}La_{0.6})(Fe_{0.75}Co_{0.25})O₃(BLFCO)薄膜(膜厚 200 nm)を、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/Ta(5 nm)/Pt(100 nm)下地層上に成膜した。積層膜は、Ta を室温、Pt を 300°C、BLFCO を 695°C、の基板温度で成膜した。スパッタリングターゲットには、La-Fe-O 粉末、Fe 粉末、Co 粉末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 100 kHz、電力を 150 W、デューティー (ON:OFF) 比を 2:1 とした。BLFCO 薄膜成膜後、リフトオフ法を用いたリソグラフィプロセスにより、完全な垂直磁気異方性を有する [Co(0.7nm)/Pd(2.0nm)]₄ 多層膜の 3 μm 径のドットを積層および形成した。積層膜への局所電界印加および電界印加前後の磁区および分域構造評価には、走査型プローブ顕微鏡を用いた。

結果 Fig.1 に、作製した積層膜およびそれに電界印加を施した場所に関する模式図、そして、電界印加前の MFM 像、電界印加後の MFM 像、をそれぞれ示す。電界印加前の [Co/Pd]₄ 多層膜ドット (左右いずれも) の MFM 像では、黒と白のコントラストがランダムにみられることから、消磁状態であることが判る。電界印加後の MFM 像では、電界印加されていない方 (右) のドットのコントラストは変化がない一方、電界印加された方のドット (左) についてはコントラスト (黒い部分) がほとんどなくなり、消磁状態から磁化状態に変化した (磁化が上に向いた) と言える。

ラインプロファイルの詳細な解析から、下向きに磁化していた部分の 75 %程度が上向きに反転したことが判った。この結果より、(Bi,La)(Fe,Co)O₃ / [Co/Pd]₄ 積層膜において、電界印加磁化反転 (磁気転写) が観測されたとと言える。

参考文献 1) 吉村 第 42 回日本磁気学会学術講演概要集, 13aA-5. , 2) 吉村 第 42 回日本磁気学会学術講演概要集, 13aA-10.

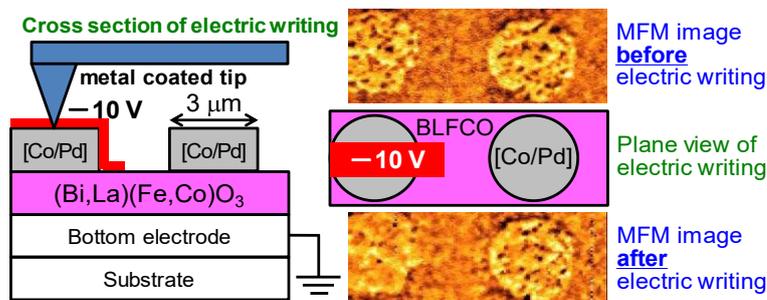


Fig. 1 Schematic images of application of local electric field to BLFCO/[Co/Pd] multilayer and MFM images of [Co/Pd] dots before and after application of local electric field.