

Tb-Fe-Co/MgO/Gd-Fe MTJ 素子における電圧制御磁気異方性変化

上野鷹幸、金城秀和*、船橋信彦*、麻生慎太郎*、
加藤大典*、青島賢一*、久我淳*、本橋光也、町田賢司*
(東京電機大工、*NHK 技研)

Change of Voltage-controlled Magnetic Anisotropy for Tb-Fe-Co/MgO/Gd-Fe MTJ Devices

Takayuki Ueno, Hidekazu Kinjo, Nobuhiko Funabashi, Shintaro Aso,
Daisuke Kato, Kenichi Aoshima, Kiyoshi Kuga, Mitsuya Motohashi, Kenji Machida
(Tokyo Denki Univ., NHK STRL)

はじめに

電圧制御磁気異方性 (VCMA) 効果は、数原子層の極薄膜の磁化を制御することが可能であり、低消費電力化への期待から磁気メモリー分野で活発に研究されている¹⁾。この効果を磁気光学式空間光変調器に適用するには、磁気光学効果の得られる厚い膜での検討が必要である。これまでに、Tb-Fe-Co/MgO/Gd-Fe MTJ 素子において、MgO 絶縁層と Gd-Fe 光変調層の間に Co-Fe/Gd 層を挿入することで、厚さ 9 nm の Gd-Fe 光変調層の VCMA 効果を観測した²⁾。今回、膜構成を変えた素子を作製し、厚い膜で生じる VCMA の起源について検討した。

実験方法

表面熱酸化シリコン基板上にイオンビームスパッタにて、Ru(3 nm)/Ag(30 nm)/Ru(3 nm)/Tb-Fe-Co(10 nm)/Co-Fe(0.5 nm)下地層、MgO(3 nm)絶縁層、Co-Fe(0.3 nm)/Gd(0.1, 0.2 nm)/Gd-Fe(9 nm)光変調層、Ru(3 nm)保護層を室温で製膜した後、電子線描画とイオンビームミリングにより 10 μm 角素子に加工し、In-Zn-O 上部透明電極を形成した。上部電極側をプラスとして DC 電圧を印加した状態で、マイクロカー効果測定装置により素子のカーヒステリシスループを取得した。測定波長は 658 nm とし、素子に対して垂直方向の磁界を印加した。

実験結果

Co-Fe/Gd 層のない素子は、角形比 1 の垂直磁化を示したが、膜厚が厚いため、VCMA 効果は観測されなかった。これに対し、図 1 に示した Co-Fe(0.3 nm)/Gd(0.2 nm)/Gd-Fe(9 nm)光変調層では、垂直磁気異方性が減少し、角形比が大幅に劣化した。この素子に、 ± 1.3 V の電圧を印加したところ、電圧印加方向に応じて面内および垂直に磁気異方性が変化した。また、界面の Gd を 0.1 nm に減らしたところ、面内磁気異方性を示したが、電圧印加によって異方性が変化していることがわかる。規格化したカーヒステリシスループから求めた VCMA 係数は、19 fJ/Vm と小さな値であったにもかかわらず、0.5 nm 以下の極薄 Co-Fe/Gd 層を挿入することで、9 nm 厚の光変調層の磁気特性が劇的に変化する VCMA 効果が観測された。Co-Fe/Gd/Gd-Fe 光変調層では、MgO 絶縁層と強磁性層との界面が光変調層全体の磁気異方性を支配することを実験的に確認している。界面の Co-Fe 層に生じた VCMA 効果が、Gd-Fe 層を含めた厚い膜の磁気異方性に影響を与えたと考えられる。

参考文献

- 1) M. Weisheit, Science, vol. 315, pp. 349-351 (2007).
- 2) N. Funabashi, IEEE Trans. Magn., DOI: 10.1109/TMG.2017.2711639 (to be published 2017).

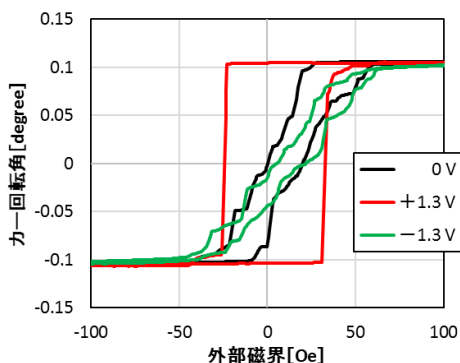


図 1 Co-Fe(0.3)/Gd(0.2)/Gd-Fe(9) 光変調層の MOKE ループ

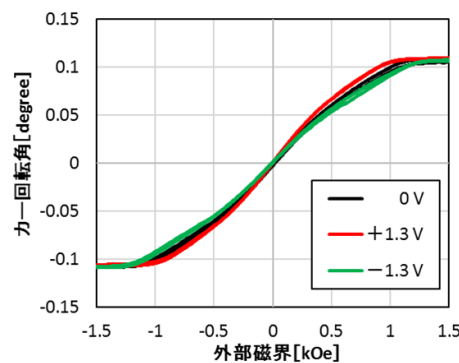


図 2 Co-Fe(0.3)/Gd(0.1)/Gd-Fe(9) 光変調層の MOKE ループ