CoFeB/MO_x界面磁気異方性とその電界応答性の変化に与える 金属元素 M の選択の効果

Impact of Selection of Metallic Elements in Oxides on Voltage-induced Change of Interface Magnetic Anisotropy of CoFeB/MO_x

東大院工 ⁰大石 竜輔, 喜多 浩之

Dept. of Materials Engineering, The Univ. of Tokyo , $^\circ \! Ryusuke$ Oishi and Koji Kita

E-mail: oishi@scio.t.u-tokyo.ac.jp

[背景と目的]近年、強磁性体/酸化物スタックにおける界面磁気異方性エネルギー(K_{int})が室温下で 電界により制御できることが報告されている[1-2]。K_{int}は強磁性金属と酸化物中の酸素原子の電子 軌道の混成が起源と考えられている[3]ため、酸化物中の金属原子によってその電界応答性が変化 することが期待される。しかしながら、これまでの報告のほとんどは酸化物層として MgO を用い ており、また酸化物の種類の変更を検討した例もあるものの[4]、その与える効果は明らかになっ ていない。そこで本研究では、Al₂O₃、Y₂O₃、MgO とそれらを複合させた MO_x層を用い、磁気異 方性とその電界応答性に酸化物を構成する金属元素が与える影響を系統的に評価した。

[実験方法]熱酸化膜を形成した Si 基板上に、スパッタリング法により Ta(2.9 nm)/Co_{0.6}Fe_{0.2}B_{0.2}(1.2 nm)/MO_x(4-7 nm)を連続成膜した。本実験では MO_x 層として、Al₂O₃(4 nm)、Y₂O₃(4 nm)、MgO(4 nm) の他に、Al₂O₃を界面、その上部を Y₂O₃とした積層構造を用いた。その後、HfO₂を 30 nm 堆積し、300℃10 分間の熱処理を加えたのちに電極を成膜し、電圧印加下で極カー測定を行った。

[結果と考察]MO_x層の金属元素 M として Al、Y を用いたスタックと、その 2 つの積層構造を用いたスタックで、電圧非印加下での磁気異方性エネルギー(K_{eff})の違いを Fig. 1 に示す。Fig. 1 より、界面の Al₂O₃層を薄くしていくことで Y₂O₃ 単層スタックの特性に連続的に近づいていくことが分かる。一方で、図には示していないが、Al₂O₃ と Y₂O₃ の積層順を入れ替えて、界面側を Y₂O₃ とした場合には、Y₂O₃ 膜厚が 1 nm の時点で既に K_{eff} が Y₂O₃ 単層スタックと同程度まで低下した。これらのことは、界面のごく近傍へ侵入した Y の割合が K_{eff} を決定していると見ることができ、 K_{int} は界面を構成する元素 M の選び方に強く依存することが分かる。次に、M が異なるスタックの K_{eff} の電界応答性を調べた結果を Fig. 2 に示す。傾きから求められる電界応答性の大きさを比較すると、界面を Al₂O₃ で構成したスタックについては Y₂O₃ との積層構造の違いと共に異なる傾きを示すものの、大きな違いは見られなかった。一方、界面を MgO で構成したときには、界面を Al₂O₃ とするよりも大きな傾きが得られる傾向が観察された。ただし、どの試料も CoFeB 側に電子を蓄積させると K_{eff} が減少する方向の変化であった。Al と Mg の与える効果の違いの起源は現時点では明らかではないが、界面磁気異方性の電界制御性の向上のためには M の選択が大きな効果をもつことが示唆される。尚、本研究の一部は文科省科研費の助成により実施された。

[参考文献][1]T. Maruyama et al., Nat. Nanotechnol. 4, 158 (2009). [2]Y. Shiota et al., Appl. Phys. Express 2, 063001 (2009). [3]H. X. Yang et al., Phys. Rev. B 84, 054401 (2011). [4]栗原他, 2013 年春季応用物理講演会 20-A8 2



Fig. 1 Relationship between K_{eff} and stack structure of MO_x layers. Al(*n*)/Y(4) indicates Ta/CoFeB/Al₂O₃(*n* nm) /Y₂O₃(4 nm) stack.



Fig. 2 K_{eff} responses to electric field for the samples with various MO_x . The difference of slopes indicates the impact of M on the voltage control.