

誘電体/CoFeB 界面の磁気異方性とその電圧応答に与える誘電体中アニオン種の効果

Impact of anions in dielectrics on voltage control of magnetic anisotropy at dielectric/CoFeB interfaces

東大院工 マテリアル工学専攻 宮川成人, 栗原隆帆, 〇喜多浩之

Department of Materials Engineering, The University of Tokyo

Naruto Miyakawa, Takaho Kuribara, and Koji Kita

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

【はじめに】酸化物/強磁性金属の界面にはたらく界面磁気異方性エネルギー(K_{int})は、電圧によって制御可能であることが知られている。この界面では、強磁性金属と O との結合による 3d 電子分布の変調に由来して K_{int} が生じるため、酸化物中の O イオンを F や N と入れ替えると、 K_{int} やその電圧応答の変化、特に電気陰性度の違いに応じた変化が期待される。そこで本研究では AlN , Al_2O_3 , AlF_3 の 3 者と CoFeB の界面をつくり、界面を構成するアニオンが与える K_{int} 及びその電圧応答への効果を検討した。

【実験】Si ウェーハ上に形成した 115 nm の熱酸化膜上に、 AlF_3 , Al_2O_3 , AlN の各ターゲットの RF スパッタリングにより膜厚 ~ 2 nm の 3 種類の絶縁膜を成膜した。真空を破ることなく、 $\text{Co}_{0.6}\text{Fe}_{0.2}\text{B}_{0.2}$ 膜(以降 CoFeB 膜と略記)と Ta を積層した後、 N_2 雰囲気中 300°C でアニールし、ホールバーを作成した。ホールバーの一端を接地しながら、垂直磁場中での磁化特性及びそれに対する Si 基板への電圧印加の効果を評価した。尚、絶縁膜容量はほぼ SiO_2 で決まっており、 AlF_3 , Al_2O_3 , AlN の間の誘電率の違いは電圧印加により誘起される電荷量に寄与しないことに留意されたい。

【結果及び考察】まず、XPS により成膜された誘電体の組成を調べると、 AlF_3 は $\text{Al:F}\sim 1:1.5$, Al_2O_3 は $\text{Al:O}\sim 1:1.5$, AlN は $\text{Al:N}\sim 1:0.7$ となっており、アニオンの一部が O で置き換わっている可能性はあるが、3 種の誘電体中でのアニオン種が互いに異なることが確かめられた。次に、CoFeB の膜厚を変えた試料に対し、垂直磁場中での磁化特性から飽和磁界(H_s)を決定した。Si 基板へ電圧印加を行わないときの、ホール効果から推定した CoFeB の実効的な膜厚(t_{eff})と異方性エネルギー E_{perp} の関係を Fig. 1 に示す。 $t_{eff}=0$ への外挿値から推定した K_{int} の値は、 AlF_3 と AlN を用いたスタックでは Al_2O_3 のものより小さな値となった(Fig. 2)。さらに、これらのスタックにおいて誘電体に加えた電界 E (=電圧/誘電体膜厚)による K_{int} の変化率 $\alpha = \Delta K_{int}/\Delta E$ を求めると、 $\text{AlN} < \text{AlF}_3 < \text{Al}_2\text{O}_3$ となった(Fig. 2)。これらの傾向は、以下のように N, O, F の電気陰性度の違い($N < O < F$)及び界面反応性の違いの 2 点を反映していると考えられる。まず、 AlN が Al_2O_3 よりも K_{int} 及び α とともに低い原因は、電気陰性度の小さい N による K_{int} への寄与が O の場合よりも低下し、その結果 α も減少したと説明される。一方、 AlF_3 の場合、CoFeB 物理膜厚と t_{eff} の差(= magnetic dead layer)が Al_2O_3 よりも数 Å 増大していたことから、界面での遷移層の形成やラフネス等の影響が示唆される。即ち、電気陰性度が大きい F を含有するにも関わらず K_{int} や α が低いのは、強磁性体と F との結合が有効に形成されにくい界面であるためと予想される。尚、本研究の一部は文科省科研費補助金の助成および(株)半導体理工学研究センターとの共同研究により実施した。

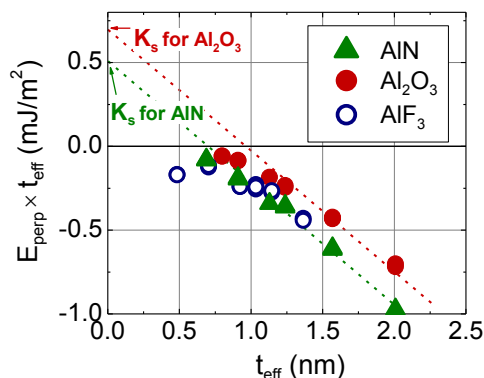


Fig. 1 Relationship between $E_{perp} \times t_{eff}$ and t_{eff} for Si/SiO₂/(AlN, Al₂O₃, or AlF₃)/CoFeB/Ta stacks. K_{int} was estimated from the intersection of the slope to $t_{eff} = 0$.

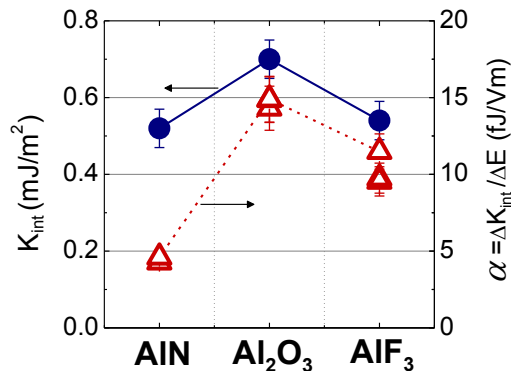


Fig. 2 Summary of K_{int} and α ($=\Delta K_{int}/\Delta E$) for Si/SiO₂/(AlN, Al₂O₃, or AlF₃)/CoFeB/Ta stacks. The Al₂O₃ stack shows the largest K_{int} and α among those three stacks.