

積層型ナノワイヤにおける層間交換結合が電流誘起磁壁移動に及ぼす影響

Effect of interlayer exchange coupling on current-induced domain wall motion in a stacked nanowire

○ 小峰 啓史¹、青野 友佑¹(1. 茨城大工)

○ Takashi Komine¹, Tomosuke Aono¹ (1.Ibaraki Univ.)

E-mail: komine@mx.ibaraki.ac.jp

電流誘起磁壁移動を利用したナノワイヤは高転送レートの逐次アクセスメモリへの応用が期待されている。我々は、磁性膜を積層したナノワイヤにおいて、高密度化の可能性を示してきた [1]。最近、IBM のグループは、反強磁性結合した積層型ナノワイヤにおいて高速磁壁移動が実現できる可能性を示した [2] が、様々な効果が混在しており、最適な層間交換結合については十分に議論されていない。本研究では、層間交換結合が磁壁移動モードに及ぼす影響をマイクロマグネティックシミュレーションにより調べた。

計算に用いたナノワイヤの模式図を図 1 に示す。幅 100nm、無限に長い磁性ナノワイヤで、厚さ 1.5nm の磁性層が積層した構造を想定した。各磁性層には Co/Ni 膜を想定した。実験的には、適切に中間層厚を調整することで、磁性層磁化が強磁性及び反強磁性結合する [2]。本研究では、両磁性層における磁壁は強磁性 ($\phi = \phi_1 = \phi_2$) もしくは反強磁性結合 ($\phi = \phi_1 = -\phi_2$) したまま運動するものとして、以下の磁壁の運動方程式に従うものと仮定した。

$$\begin{cases} \dot{\phi} + \frac{\alpha}{\Delta} \dot{q} = \gamma H_z + \frac{\beta u}{\Delta} + \frac{\partial E}{\partial q} \\ \frac{\dot{q}}{\Delta} - \alpha \dot{\phi} = \frac{u}{\Delta} + \frac{\gamma}{2} H_d \sin 2\phi + \frac{\partial E}{\partial \phi} \end{cases}$$

ここで、 q, ϕ, Δ は磁壁の位置、磁壁内磁化の角度、磁壁幅であり、 H_d は困難軸異方性磁場、 u は電流速度である。 $\partial E/\partial q, \partial E/\partial \phi$ はピン止めポテンシャル、及び角度に依存するポテンシャルに相当する。両磁性層の磁壁内磁化の角度 ϕ_1, ϕ_2 の関数として、困難軸異方性磁場、ポテンシャルエネルギーをマイクロマグネティックシミュレーションにより計算した。

計算により見積もった困難軸異方性磁場は、強磁性結合の場合、 $H_d = 551$ Oe、反強磁性結合の場合、 $H_d = 71$ Oe であった。磁壁の動き始める閾値電流速度は $u_c = \gamma \Delta H_d / 2$ の関係があり、反強磁性結合によって閾値電流が低減できる可能性があることがわかる。我々は電流磁場により磁壁速度が向上する可能性も報告しており [3]、積層構造、特に反強磁性結合した磁壁内磁化と電流磁場の組み合わせによって磁壁速度がさらに向上する可能性がある。講演では電流磁場の影響などについても議論する。

[1] T. Komine *et al.*, *J. Appl. Phys.* **111**, 07D314, 2012.

[2] S.-H. Yang *et al.*, *Nature Nanotech.* **10**, 221226, 2015.

[3] T. Komine *et al.*, *J. Appl. Phys.* **117**, 17D512, 2015.

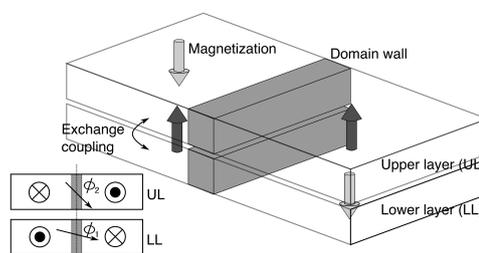


Fig.1 Schematic illustration of stacked nanowire with anti-ferromagnetic coupling.