

Ag@FeCo@Ag コア@シェル@シェル型ナノ粒子における交換バイアス

北陸先端大マテリアル 〇(D)高橋 麻里, (P)モハン プリヤンク, モット デリック, 前之園 信也

E-mail: shinya@jaist.ac.jp

強磁性体 (FM) や反強磁性体 (AFM) などの異なる磁性相が界面を形成すると、FM/AFM 界面での電子スピンの相互作用により交換バイアスが発現する。交換バイアスに関する多くの研究は、膜厚制御が容易なことから薄膜積層構造で行われてきた。その結果、交換バイアス磁場は FM 層や AFM 層の厚さに強く依存することが分かっているが、その振る舞いは複雑で今日でも多くの研究者が理論と実験の両面から交換バイアスの全貌を理解しようと尽力している。一方、異なる磁性相から形成されるコア@シェル型ナノ粒子における交換バイアスの研究は、最初に交換バイアスが発見されたのが Co@CoO ナノ粒子であったにもかかわらず、精密構造制御の困難さ、表面効果の影響などのため薄膜積層系よりさらに複雑であり、理解が進んでいないのが現状である。

Hu らは FM@AFM コア@シェル型ナノ粒子の粒径を固定したときの交換バイアス磁場 (H_E) のコア半径 (r_{FM}) 依存性をモンテカルロシミュレーションにより調べた^[1]。その結果、 r_{FM} が大きいと H_E は r_{FM} に対し線形的な応答を示すが、 r_{FM} が小さくなると振動的な応答を示すことが予測されたが、これまでにこのような H_E の挙動を実証した例はない。本研究では Ag@FeCo@Ag コア@シェル@シェル型ナノ粒子を化学合成し、FM 相 FeCo シェルの表層が部分的に酸化されることにより AFM 相であるコバルトウスタイト ($\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}$) に変化することを利用して H_E の r_{FM} 依存性を調べた^[2]。図 1a 及び 1b に Ag@FeCo@Ag ナノ粒子の透過型電子顕微鏡像、及びゼロ磁場冷却 (ZFC) 後と磁場中冷却 (FC) 後の磁化曲線をそれぞれ示す。 H_E を AFM と FM の体積比 (v_{AFM}/v_{FM}) に対してプロットしたところ (図 1c)、 v_{AFM}/v_{FM} が小さいと H_E は線形的な応答を、 v_{AFM}/v_{FM} が大きくなると振動的な挙動を示すことが明らかとなった。この結果は Hu らのモンテカルロシミュレーションの結果と一致する。

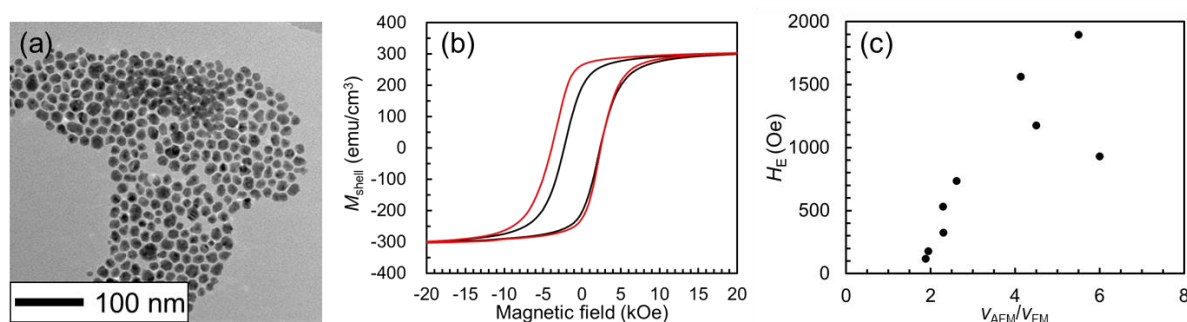


Fig. 1 (a) TEM image and (b) magnetization curves after ZFC (black) and FC (red) of Ag@FeCo@Ag nanoparticles. (c) Exchange bias field (H_E) plotted versus volume ratio of v_{FM} to v_{AFM} .

1) Y. Hu *et al.*, *Phys. Lett. A* **2014**, 378, 1667. 2) M. Takahashi *et al.*, *J. Appl. Phys.* **2016**, 120, 134301.