

Nd₂Fe₁₄B(100)/ α -Fe 界面における負の交換結合

小川大介, 小池邦博, 水野善幸, 宮崎孝道*, 安藤康夫*, 加藤宏朗
(山形大, *東北大)

Negative exchange coupling in Nd₂Fe₁₄B(100)/ α -Fe interface
D. Ogawa, K. Koike, Y. Mizuno, T. Miyazaki*, Y. Ando* and H. Kato
(Yamagata Univ., *Tohoku Univ)

はじめに

Nd₂Fe₁₄B/ α -Fe 系ナノコンポジット磁石は, Nd-Fe-B 磁石の最大エネルギー積(BH)_{max}を上回る次世代磁石の候補として期待されているが, その磁気特性は未だに低い値に留まっている. 高(BH)_{max}のためには hard/soft 界面の交換結合定数 J_{ex} が正であることが不可欠であるが, 第一原理計算では Nd₂Fe₁₄B/ α -Fe 界面の結晶方位によっては, 負の値もとり得るとい報告¹⁾もあることから, Nd₂Fe₁₄B/ α -Fe 界面の交換結合定数 J_{ex} を実験的に評価することが必要である. 我々は以前, Nd₂Fe₁₄B(001)/ α -Fe(100)モデル界面を薄膜プロセスにより作製し, その交換結合が FMR 測定より正であることを報告²⁾した. 本講演では, 負の交換結合が予測されている Nd₂Fe₁₄B(100)/ α -Fe モデル界面試料について, FMR およびマイクロ Kerr 効果測定を行ない, その結果をモデル計算との比較によって解析したところ, 確かに J_{ex} が負であることを確認したので, その結果を報告する.

実験方法

モデル界面試料 Nd₂Fe₁₄B(100)/ α -Fe (以後 NFB/Fe と呼ぶ)は, FZ 法で育成したバルク単結晶 Nd₂Fe₁₄B から形状を 2 mm × 1 mm × 250 μ m とした(100)面基板を切り出し, その上に UHV スパッタ装置を用いて膜厚 10 nm の α -Fe を, 基板温度 300°C, Ar ガス圧 0.2 Pa, 投入電力 RF 30W の製膜条件で成長させることで作製した. 一方, 交換結合を decouple させるために, Nd₂Fe₁₄B(100)基板と α -Fe 層(10 nm)の間に, 膜厚 10 nm の Mo 層を挿入した参照試料(NFB/Mo/Fe)も作製した. もし 2 つの磁性層が反平行結合している場合には, 外部磁場による α -Fe モーメントの反転過程を観測することで, その確認が可能になる. しかし, バルク単結晶 Nd₂Fe₁₄B(100)基板の厚み(250 μ m)に比べて Fe 層の膜厚(10 nm)が遙かに小さいため, 通常の磁化測定によって Fe 層の磁化反転を評価するには困難が予想される. そこでレーザー光の侵入長がおよそ 20 ~ 40 nm, ビームサイズ 10 μ m のマイクロ Kerr 効果測定装置を用い, 界面近傍での磁化過程を評価した.

実験結果

図 1 はモデル界面試料 NFB/Fe, および参照試料 NFB/Mo/Fe の縦 Kerr 回転角の磁場依存性である. 前者では 約 2.5 kOe, 後者では 約 1 kOe で磁化の異常増加が観測されている. これらの結果を解析するため, 交換結合の他に, 静磁結合や結晶磁気異方性を取り入れた 2 層モデルによる磁化過程のシミュレーションを行った. その結果, $J_{ex}=0$ の場合には, α -Fe 層のスピンフリップ磁場が $H_{sf}=1.3$ kOe となり, NFB/Mo/Fe の実験とほぼ一致すること, 一方 $J_{ex}=-0.65$ erg/cm² の場合には, $H_{sf}=2.15$ kOe となり, NFB/Fe の実測値と一致することがわかった. 更に, これらの試料について, FMR 共鳴磁場の面内角度依存性を系統的に測定したところ, 共鳴磁場 H_r は角度に依存して周期的に変化し, 最大値では NFB/Fe の方が NFB/Mo/Fe に比べて大きいことがわかった. それらの結果についても, 上記と同モデル計算による H_r との比較から, J_{ex} の値は同じく $J_{ex}=-0.65$ erg/cm² となり, 負の交換結合になることが実験的に示された.

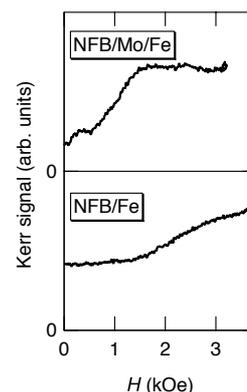


Fig.1 Local magnetization process for the Nd₂Fe₁₄B(100) / α -Fe(10nm) and Nd₂Fe₁₄B(100)/Mo(10nm)/ α -Fe(10nm) interfaces measured by micro-Kerr apparatus.

謝辞

本研究は JST 産学共創基礎基盤研究プログラムの支援を受けて行われた.

参考文献

- 1) Y. Toga, H. Moriya, H. Tsuchiura, A. Sakuma: *J. Phys: Conf. Ser.*, **266**, 012046 (2011)
- 2) D. Ogawa, K. Koike, S. Mizukami, M. Oogane, Y. Ando, T. Miyazaki, and H. Kato, *J. Magn. Soc. Jpn.* **36**, 5 (2012)