磁気トルク法を用いた強磁性 2 層膜における界面交換結合の定量評価

Quantitative evaluation of interfacial exchange coupling in magnetic bilayers using magnetic torque

筑波大学　　加藤 龍人、松本 光玄、柳原 英人
Univ. of Tsukuba　R. Kato, M. Matsumoto, and H. Yanagihara
E-mail:s1920309@s.tsukuba.ac.jp

はじめに

2 つの強磁性層界面に生じる交換結合 J は、スピントロニクスデバイス等の磁気特性を制御するうえで欠かせないが、その定量的な評価方法についてはこれまで限られたものしか知られておらず、強磁性的に結合した強い磁気異方性を有する試料の評価については簡便な手法は確立されていない。そこで、強磁性 2 層膜 γ-Fe2O3 (GFO)/(Co,Fe)3O4 (CFO)/MgO(001)を対象として、その 2 層膜界面に生じる J を定量的に評価しうる新たな手法として磁気トルク法を用いた解析を提案する。異方性の異なる物質の界面にはねじれた磁気構造が発現しうると報告されているため[1]、垂直磁化膜の CFO[2]と、面内磁化膜の GFO との界面には 90 度位相のずれたねじれた磁気構造が現れると期待される。同様の試料について単一磁場において磁気トルク曲線を評価した予備的な実験結果[3]では、パラメータの推定誤差が大きく十分な定量性が得られなかった。そこで、強磁性 2 層膜についていくつか異なる磁場で磁気トルクを測定し、磁場に対する軸をトルク曲線に追加した三次元フィッティングを行うことで精度の良い J の定量評価を試みた。

実験方法

試料は反応性 RF マグネトロンスパッタリング法により作製した。ターゲットにはそれぞれ CoFe(1:3)合金、Fe を用いて成膜を行った。試料の表面状態は RHEED 像、膜厚測定は X 線反射率(XRR)、格子定数測定は X 線回折法(XRD)により評価した。また、磁気特性の評価は VSM による磁化測定(±90 kOe, @RT)および、磁気トルク測定(90~60 kOe, @RT)を行った。磁気トルク曲線の解析は実験から得た膜厚、飽和磁化、異方性定数を与えて J をフリーパラメータとした非線形最小二乗法フィッティングにより求めた。

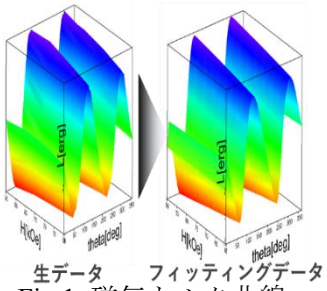

Fig.1 磁気トルク曲線(90~60 kOe)のフィッティング結果

結果

測定により得られたパラメータを用いて、90~60 kOe まで 4 点の異なる磁場中でのトルク曲線から交換結合を計算した結果(Fig.1)、結合定数は J=3.8±0.1 erg/cm^2 であった。この値は、分子場近似により見積もられた GFO や CFO 内部の交換結合から得られる層間結合定数 J=10~20 erg/cm^2 に比べて明らかに小さい。これは、GFO/CFO 界面で超交換結合を低減させるような欠陥の存在が示唆される。今後 TEM による断面の観測やほかの手法を用いた J の測定結果との比較等が必要になると考えられる。また、今回の試料は交換結合長以下の膜厚であることから、トルク曲線を解析する際に界面付近の磁化のねじれた構造についても検討したい。

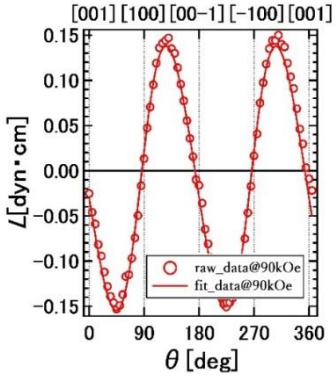

Fig.2 フィッティング結果から取り出した磁気トルク曲線

参考文献

[1] Ana V. Ramos,et al., Physical Review B 79, 014401 2009.　[2] T.Niizeki,et al., Appl.Phys.Lett.103,162407, 2013.
[3] M. Matsumoto, 筑波大学 修士論文 2016.