

## 50 nm 厚 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜を用いた電気磁気効果誘起交換バイアス反転 Switching of exchange bias polarity by magnetoelectric effect of 50-nm-thick Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

阪大工, °白土 優, 豊木研太郎, (M1)陶 亦然, (M2)青野 晃, 中谷亮一

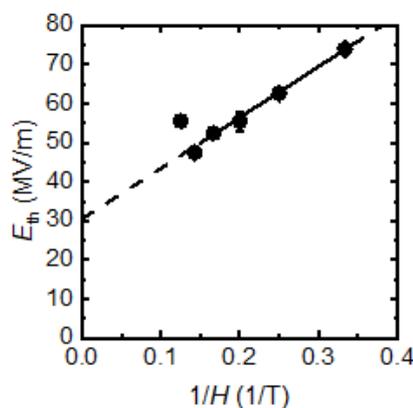
Osaka Univ., °Yu Shiratsuchi, Kentaro Toyoki, Tao Yiran, Hikaru Aono, Ryoichi Nakatani

E-mail: shiratsuchi@mat.eng.osaka-u.ac.jp

反強磁性体は、超高速スピンドYNAMICSや非干渉磁気メモリなどスピントロニクス・ナノ磁気デバイスの機能を革新的に飛躍させる可能性をもつが、磁気モーメントが補償されているため、磁場やスピン偏極電流による磁性制御が困難である。我々は、反強磁性スピンの制御方法として電気磁気効果 (ME 効果) に着目し、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の電気磁気効果に基づいた反強磁性ドメイン制御と、それに基づく垂直交換バイアスの極性反転等に関して研究を進めてきた。本手法における課題の一つは、ME 効果を発現する Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の低膜厚化にあり、従来研究では、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜における ME 効果は 115 nm 以上の薄膜において報告されている。本研究では、低膜厚化を目指して、50 nm 膜厚の Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜を用いた ME 効果の発現について報告する。

試料として、Pt 3 nm/Co 0.7 nm/Au 0.8 nm/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 50 nm/Pt 20 nm を作製した。試料作製には、DC マグネトロンスパッタリング法を用いた。薄膜作製方法、構造評価方法、結晶配向性については、我々の既報 (Y. Shiratsuchi *et al.*, J. Appl. Phys. 121, 0739202 (2017).) を参照されたい。作製した薄膜を、フォトリソグラフィ法、Ar ミリング法を用いて 5 μm 幅、50 μm 長さのホール素子に微細加工した。作製したホール素子は、20 nm 厚さの Pt バッファ層を下部電極として Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層に電界を印加できる構造とした。本研究では、ME 効果の検出手法として、電気磁気冷却 (MEFC) プロセスにおける交換バイアスの極性反転を用いた。MEFC プロセスの詳細ならびに交換バイアス極性の検出手法は、別紙 (K. Toyoki, Y. Shiratsuchi *et al.*, J. Appl. Phys. 117, 17D902 (2015).) を参照されたい。なお、微細加工前の薄膜に対して、磁気光学 Kerr 効果測定を行うことで、作製した薄膜が垂直磁気異方性を有することを確認している。

MEFC 時の磁場を一定とした場合、電場の上昇とともに交換バイアスの極性は負から正に変化する。交換バイアス反転の閾電場を交換バイアス磁場がゼロになる電場として定義すると、閾電場は 7 T ( $1/H = 0.14$  1/T) 以下の磁場においては、磁場の上昇とともに低下する。(右図) 直線部分の傾きを用いて算出される交換バイアスの極性反転に必要なエネルギーは、約 1.3 T·MV/m となり、この値は、これまで報告されてきた高膜厚試料に対する値と比較すると、ほぼ膜厚比に一致する。すなわち、交換バイアスの極性反転エネルギーが強磁性層/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層の界面交換結合で支配されていることが示唆される。



交換バイアスの極性反転閾電場の磁場依存性