

## 電気磁気効果と界面磁化を示す $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3(0001)$ 薄膜による 垂直交換バイアスの特性

豊木研太郎<sup>1</sup>, 白土 優<sup>1</sup>, 中村哲也<sup>2</sup>, 播本祥太郎<sup>1</sup>, 尾上 聡<sup>1</sup>, 野村 光<sup>1</sup>, 三俣千春<sup>3</sup>, 中谷亮一<sup>1</sup>

1 大阪大学大学院工学研究科

2 高輝度光科学研究センター (JASRI) / SPring-8

3 物質・材料研究機構 (NIMS)

Perpendicular exchange bias using magneto-electric  $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3(0001)$  thin film with boundary magnetization  
Kentaro Toyoki<sup>1</sup>, Yu Shiratsuchi<sup>1</sup>, Tetsuya Nakamura<sup>2</sup>, Shotaro Harimoto<sup>1</sup>, Satoshi Onoue<sup>1</sup>, Hikaru Nomura<sup>1</sup>,  
Chiharu Mitsumata<sup>3</sup> and Ryoichi Nakatani<sup>1</sup>

1 Graduate School of Engineering, Osaka University

2 Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI)/SPring-8

3 National Institute of Materials Research (NIMS)

### 背景

$\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  は電気磁気効果を示す材料として知られており、また、Cr スピンが c 面内で強磁性的に配列することから、 $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3(0001)$  は界面磁化 (boundary magnetization) を示す。こうした特徴を有する反強磁性体を用いた交換バイアスは、(1)電気磁気効果による交換バイアスのスイッチングが可能であること、(2)界面磁化が界面ラフネスによって大きく変化しないこと、(3)トレーニング効果を示さないことが予測されている<sup>1)</sup>が、これらの3つの特性を同時に検討した例はない。特に、(1)については、我々は全薄膜系においてパルス強磁場を用いた交換バイアスの等温反転が可能であることを示しているが<sup>2)</sup>、電気磁気効果による界面反強磁性スピンのスイッチングについては、他グループも含めて成果が出つつある段階にある<sup>3,4)</sup>。本研究では、電気磁気効果による交換バイアススイッチングを含めて、上記3つの特性について検討した結果について述べる。

### 実験方法

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。作製した薄膜の構成は、Pt (1.5 or 5.0 nm)/Co (0.5 or 0.8 nm)/Pt (0 or 0.5 nm)/ $\alpha$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (120 or 150 nm)/Pt (20 nm)/ $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ -subs. である。構造評価には、反射高速電子線回折、X 線反射率測定を用い、磁気特性評価には磁気光学 Kerr 効果測定、振動試料型磁力計、軟 X 線磁気円二色性 (XMCD) 測定、異常ホール効果測定を用いた。XMCD 測定は、SPring-8 BL25SU において行われた。

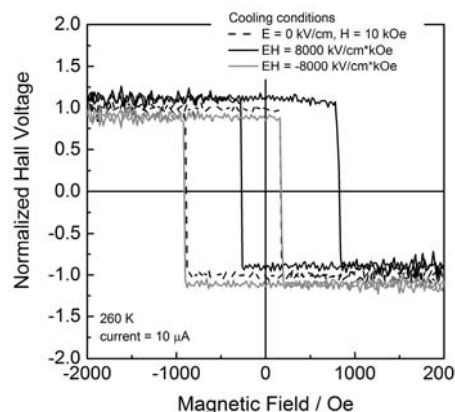
### 実験結果

Pt 界面層を 0.5 nm 挿入した試料において、電界  $E$  と磁場  $H$  の同時印加による電気磁気冷却 (ME-field cooling) を行うことで、 $EH = 8000 \text{ kV/cm}\cdot\text{kOe}$  において交換バイアスが正方向に発現し、 $EH = -8000 \text{ kV/cm}\cdot\text{kOe}$  では交換バイアスが負方向に発現する。

(右図) すなわち、冷却時の電気磁気効果によって交換バイアスの電界反転が可能であることが分かった。また、Pt 界面層を挿入しない試料では、界面ラフネスと交換結合強度によって XMCD 強度が変化せず、界面非補償反強磁性スピンの界面交換結合強度と界面ラフネスによって変化しない。さらに、同一試料を用いて、交換バイアスのトレーニング効果測定と行った結果、トレーニング効果が表れないことも分かった。当日は、Pt 界面層の挿入による Cr の電子状態の変化、ME-field cooling 条件の最適化についても述べる予定である。

### 参考文献

1) K.D. Belashchenko, Phys. Rev. Lett. **105** (2010) 147204., 2) Y. Shiratsuchi et al., Appl. Phys. Lett. **100** (2012) 262413., 3) X. He et al., Nature Mater. **9** (2010) 579., 4) T. Ashida et al, Appl. Phys. Lett. **104** (2014) 152409.



冷却条件を変化させた際の AHE 曲線。EH によって交換バイアスが反転している。(電界印加を行った 2 つの曲線は、上下にオフセットさせている。)