

## Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 薄膜の交換結合磁界の電界制御

芦田拓也<sup>1</sup>, 笈田陸弘<sup>1</sup>, 下村直樹<sup>1</sup>, 野崎友大<sup>1</sup>, 柴田竜雄<sup>2</sup>, 佐橋政司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東北大学 大学院 工学研究科, <sup>2</sup>TDK株式会社 先端技術開発センター

Voltage control of exchange bias of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin film

T. Ashida<sup>1</sup>, M. Oida<sup>1</sup>, N. Shimomura<sup>1</sup>, T. Nozaki<sup>1</sup>, T. Shibata<sup>2</sup> and M. Sahashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Electronic Engineering, Tohoku Univ.

<sup>2</sup>TDK corporation, Advanced Technology Development Center

### はじめに

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>において、電気磁気効果を用いた電界による磁化反転は2005年に電界磁界中冷却を施したバルクにおいて報告が行われた<sup>1)</sup>。その後、等温状態を保ったまま印可する電界と磁界の方向を変化させることにより交換結合磁界(H<sub>ex</sub>)の方向を制御する報告もなされている<sup>2)</sup>。どちらの報告もバルクを用いての報告となっており消費電力を低減する観点からもCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>薄膜において電気磁気効果の発現を確認することが喫緊の課題となっていた。筆者らは、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 250 nm 薄膜において電界・磁界中冷却後に電気磁気効果によるH<sub>ex</sub>の符号変化を確認し報告を行った<sup>3)</sup>。この報告では、H<sub>ex</sub>よりも保磁力(H<sub>c</sub>)の方が大きくゼロ磁場で磁化の反転を確認することはできなかった。今回は、挿入層の検討を行いH<sub>c</sub>の低減を図ることで電界によるH<sub>ex</sub>の制御と磁化反転を確認したので報告を行う。

### 実験方法

試料作製は、到達真空度が10<sup>-6</sup> Pa以下のRFマグネトロンスパッタ装置を用いて行った。膜構成は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001)/Pt (25)/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (250)/spacer (x)/Co (1)/Pt (5) (nm)である。磁気特性として、帯磁率の温度依存性の測定および異常ホール効果によるR-H曲線の測定を行った。異常ホール効果の測定を行う際は、試料を320Kまで加熱し、電界と磁界をそれぞれE<sub>MEFC</sub> = -40 or 200 [kV/cm], H<sub>MEFC</sub> = +10 [kOe] 印可して電界・磁界中冷却を行った後に、250Kで測定を行った。

### 実験結果

Fig.1に電界・磁界中冷却後の膜面垂直方向のR-H曲線を示す。電界磁界中冷却時の電界の印可方向を180°変化させることによりH<sub>ex</sub>の大きさが、H<sub>ex</sub> = -450 [Oe]からH<sub>ex</sub> = 450 [Oe]と変化した。これは、電気磁気効果によりCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の反強磁性モーメントの方向が変化しH<sub>ex</sub>の方向が、正・負方向に変化したことを示すものである。今回、挿入層を変えることによりH<sub>c</sub>を制御(H<sub>c</sub> = 50 [Oe])し、電気磁気効果による磁化反転を確認することに成功した。ただし、反転に必要な電界と磁界の積(EH積)は、バルクにおいて報告されたEH積の約50倍の大きさとなっている。また、帯磁率の温度依存性の測定結果から帯磁率χの大きさもバルクの測定値の半分程度の大きさとなっている。消費電力を低減させる観点からもEH積を低減させる必要があり、反強磁性特性をよりバルクに近づけていく必要があると考えている。

### 参考文献

- 1) P. Borisov, et al., Phys. Rev. Lett. **9**, 117203 (2005).
- 2) X. He, et al., Nat. Mater. **9**, 579 (2010).
- 3) T. Ashida et al., Appl. Phys. Lett., **104**, 152409 (2014).

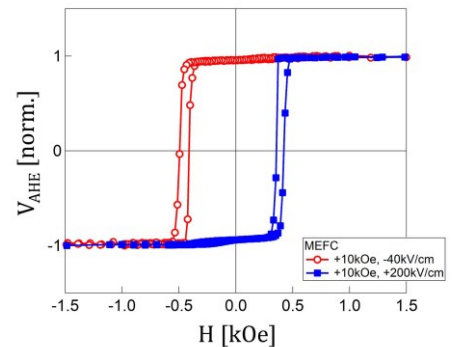


Fig.1 Perpendicular exchange biased hysteresis loop of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> substrate/Pt 25/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 250/spacer/Co 1/Pt 5 nm at 250 K after magnetoelectric field cooling process in H<sub>MEFC</sub> = 10 kOe and E<sub>MEFC</sub> = -40 and 200 kV/cm, respectively.