

# 非磁性金属 TiN 上に作製した垂直磁化コバルトフェライト膜の トンネル伝導特性

田中雅章<sup>1</sup>, 野村幸佑<sup>1</sup>, 奥野堯也<sup>2</sup>, 本多周太<sup>3</sup>, 小野輝男<sup>2</sup>, 壬生攻<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>名工大工, <sup>2</sup>京大化研, <sup>3</sup>関西大システム理工)

Tunneling conductivity in perpendicularly magnetized cobalt ferrite films prepared on metallic TiN layers  
Masaaki Tanaka<sup>1</sup>, Kousuke Nomura<sup>1</sup>, Takaya Okuno<sup>2</sup>, Syuta Honda<sup>3</sup>, Teruo Ono<sup>2</sup>, and Ko Mibu<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>Nagoya Inst. Tech., <sup>2</sup>ICR, Kyoto Univ., <sup>3</sup>Kansai Univ.)

## はじめに

強磁性絶縁体薄膜を用いたトンネル接合では、トンネルバリアの高さが電子のスピンにより異なるため、トンネル電子のスピンに依存した透過率の差が生じ、スピン偏極した電流を生成することができる。この現象はトンネル型スピフィルター効果と呼ばれ、強磁性金属を用いない新しいスピン注入源として期待できる。一方、強磁性絶縁体のコバルトフェライト  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  の(001)配向薄膜は、面内に結晶格子が引き伸ばされると、大きな垂直磁気異方性を示すことが知られている<sup>2)</sup>。キュリー温度が高いコバルトフェライトの垂直磁化薄膜を伝導性のある下地層の上に成長させることができれば、実用的な垂直磁化型のトンネル型スピフィルター膜として期待できる。コバルトフェライトは、Co と Fe の比率を変えることでその磁気特性を変化させることができる<sup>3)</sup>。本研究では非磁性金属 TiN 上に Co と Fe の比率を変えたコバルトフェライト垂直磁化膜の作製を行った。また、垂直磁化を持つコバルトフェライト膜のスピフィルター効率の評価を行った。

## 実験方法

YAG 2 倍波レーザーを用いたパルスレーザー堆積(PLD)法で、MgO(001)基板上に非磁性金属 TiN(約 15 nm)層を製膜し、その上に Co と Fe の比率を変えた  $\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$  ( $0 < x < 1$ ) 薄膜(20 nm)を 6 Pa の酸素雰囲気、300°C の基板温度で作製した。X 線回折装置で結晶構造と格子歪みの評価を行い、SQUID 磁束計を用いて磁化測定および垂直磁気異方性の評価を行った。さらにメスバウアー分光測定により局所的な磁性の評価を行った。フォトリソグラフィと Ar イオンミリングを用いて直径が数  $\mu\text{m}$  の  $\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4/\text{MgO}/\text{CoFe}$  構造の磁気トンネル接合(MTJ)素子を作製し、トンネルバリア特性およびスピフィルター効率の評価を試みた。

## 実験結果

TiN(001)層上では  $\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$  薄膜は(001)方向にエピタキシャル成長しており、Co の割合が減少すると垂直方向の格子定数が小さくなることがわかった。磁化測定から TiN 層上の  $\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$  薄膜は垂直磁気異方性を持っており、磁化曲線から見積もった  $\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$  薄膜の垂直磁気異方性エネルギーは  $0.3 < x < 0.9$  の組成では  $4 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$  程度であることがわかった。メスバウアースペクトルから、Co の割合が減少した  $\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$  薄膜では  $\text{Co}^{2+}$  イオンが  $\text{Fe}^{2+}$  イオンに置換せずに  $\text{Fe}^{3+}$  イオンと格子の空乏に置き換わっていることがわかった。このことから  $\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$  薄膜は Co の割合が減少すると強磁性伝導体のマグネタイト  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ではなく強磁性絶縁体のマグヘマイト  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  に近づいていることがわかった。

MTJ 素子の電流電圧測定ではトンネル伝導を示す三次曲線が得られ、 $\text{Co}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$  薄膜は良好なトンネル特性を示すことがわかった。

発表では格子ひずみと垂直磁気異方性との関係及び MTJ 素子のスピン分極率についても議論する。

## 参考文献

- 1) J. S. Moodera *et al.*, Phys. Rev. Lett. **61**, 637 (1988).
- 2) H. Yanagihara *et al.*, J. Appl. Phys. **109**, 07D122 (2011).
- 3) T. Niizeki *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103**, 162407 (2013).