

## 反応性スパッタ法による高品位 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ バリア強磁性トンネル接合

○市川 心人<sup>1</sup>, 中田 勝之<sup>1</sup>, Xiandong Xu<sup>2</sup>, 介川 裕章<sup>2</sup>,  
大久保 忠勝<sup>2</sup>, 宝野 和博<sup>2</sup>, 三谷 誠司<sup>2</sup>  
(TDK<sup>1</sup>, 物材機構<sup>2</sup>)

High-quality  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ -based magnetic tunnel junctions prepared by reactive sputtering method

°Shinto Ichikawa<sup>1</sup>, Katsuyuki Nakada<sup>1</sup>, Xiandong Xu<sup>2</sup>, Hiroaki Sukegawa<sup>2</sup>, Tadakatsu Ohkubo<sup>2</sup>,  
Kazuhiro Hono<sup>2</sup>, and Seiji Mitani<sup>2</sup>  
(TDK Corp.<sup>1</sup>, NIMS<sup>2</sup>)

### はじめに

$\text{MgAl}_2\text{O}_4$  (MAO) はスピネル構造を有する立方晶の酸化物として知られ、強磁性トンネル接合 (MTJ) のトンネルバリアとして用いることで、近年室温において 300% を超える大きなトンネル磁気抵抗 (TMR) 比が報告されている<sup>1)</sup>。また、MAO-MTJ は CoFe 系強磁性金属との格子整合性が良く高品位の界面構造を容易に実現できる為、良好な TMR 比のバイアス電圧依存性 (高  $V_{\text{half}}$  値) が得られ、それによって高い素子出力が得られるという応用上の利点がある。MAO トンネルバリア層の作製方法として、金属層の後酸化法<sup>2)</sup>、および焼結 MAO ターゲットの直接高周波スパッタリング<sup>3)</sup>が報告されているが、前者はバリア界面におけるラフネスの発生、後者は高い平坦性が得られるもののトンネルバリア層の酸化制御がより困難であるという課題がある<sup>4)</sup>。本研究では、平坦な界面と高い結晶性を備えた高品位な MAO トンネルバリア層を作製する新たな手法として、反応性スパッタリングを用いた手法を検討した。

### 実験方法

超高真空マグネトロンスパッタ装置を用いて  $\text{MgO}$  基板上に Cr (40)/Fe (30)/Mg (0.45)/ $\text{Mg}_{19}\text{Al}_{81}\text{-Ox}$  ( $t_{\text{MAO}}$ )/Fe (7)/ $\text{Ir}_{20}\text{Mn}_{80}$  (12)/Ru (14) (unit: nm) 構造を室温で成膜した。MAO バリアは、RF スパッタリングを用いて  $\text{Mg}_{19}\text{Al}_{81}$  ターゲットより、 $\text{Ar-O}_2$  混合ガスにより形成された。 $t_{\text{MAO}}$  は線型導入シャッターを用いて傾斜膜として 0.63 nm から 1.9 nm まで変化させた。次に、フォトリソグラフィおよび Ar イオンエッチングを使用して、Sub- $\mu\text{m}$  程度の楕円状に素子を形成した。電気伝導特性は DC4 プロブ法にて室温下で測定した。

### 実験結果

図 1(a) に TMR 比と RA の  $t_{\text{MAO}}$  依存性を示す。TMR 比は広い  $t_{\text{MAO}}$  範囲でほぼ一定 (~150%) である一方、 $\log(\text{RA})$  は  $t_{\text{MAO}}$  に対して線型的に増加した。図 1(b) は、様々な RA における、規格化された TMR 比のバイアス電圧依存性を示す。1 V を超える高い  $V_{\text{half}}$  値が得られた。バイアス電圧依存は広い RA 範囲でほぼ同一であり、非常に良好なトンネルバリア界面が幅広い膜厚に対し連続的に得られた事を証明している。本結果により、反応性スパッタリング法が、安定で高い再現性を有する高品位な MAO-MTJ トンネルバリア層を作製する手法として、非常に有望な製造方法であることが見出された。

### 参考文献

- 1) H. Sukegawa *et al.*, Phys. Rev. B **86**, 184401 (2012).
- 2) H. Sukegawa *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 092403 (2014).
- 3) M. Belmoubarik *et al.*, Appl. Phys. Lett. **108**, 132404 (2016).
- 4) M. Belmoubarik *et al.*, AIP Adv. **7**, 055908 (2017).

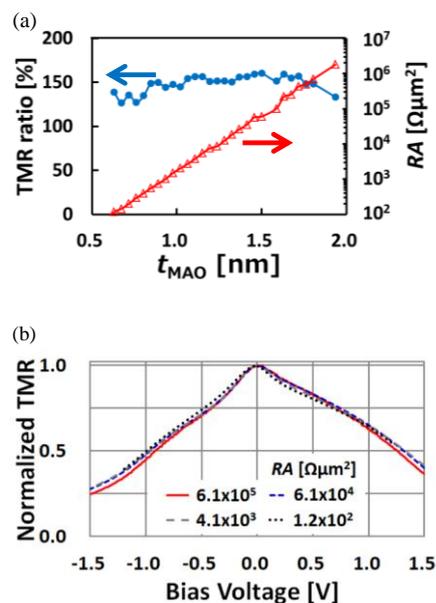


Fig.1  $t_{\text{MAO}}$  dependence of TMR ratio and RA at 300 K by DC 4-probe measurement (a) and bias voltage dependence of normalized TMR ratio for various RA samples (b).