

## 格子定数制御可能なスピネル系トンネルバリアの開発

### Development of lattice constant tunable spinel-based tunnel barriers

物材機構 <sup>○</sup>介川裕章

NIMS, <sup>○</sup>Hiroaki Sukegawa

E-mail: sukegawa.hiroaki@nims.go.jp

スピントロニクス素子で用いられる非磁性体トンネルバリア層（バリア）は、強磁性トンネル接合（MTJ）の心臓部であるだけでなく、半導体などへのスピン注入のための界面抵抗制御、さらには強磁性体への垂直磁気異方性の誘起など重要な役割を果たしている。特に、MTJ 素子はハードディスク用読み出しヘッド、不揮発性磁気抵抗効果型メモリ（MRAM）の記憶素子として重要であり、トンネル磁気抵抗（TMR）比および素子抵抗値といったデバイス特性はバリアによって大きく左右される。現在、(001)方位に成長した結晶質の MgO が MTJ 用の主流なバリア材料として活用されており、その最も大きな特長はコヒーレントトンネル効果により CoFe 系電極と組み合わせることで TMR 比が大きく増大することにある [1]。その一方で、高い垂直磁気異方性を示す FePt 合金や高スピン偏局材料であるホイスラー合金などといった強磁性体と MgO には数%以上の大きな格子不整合があり、これらと MgO の界面に欠陥を含まない高品質なヘテロ接合を実現することが困難である。さらに、MgO 以外で明瞭なコヒーレントトンネル効果を示す実用的なバリア材料は報告されておらず、室温において高 TMR 比を実現可能であり、格子定数といった材料パラメーターを強磁性材料に合わせて変調可能な新規バリア実現の要求が高まりつつある。

本講演ではこれらの問題の解決を狙った新規バリア材料、スピネル MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> の開発と研究展望について報告する。MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> は正スピネル構造を持ち、潮解性がなく宝石としても知られる非常に安定な材料であり、(001)方位に成長したときの格子間隔が MgO と比較して約 4%程度小さいため CoFe やホイスラー合金などとほぼ完全な格子整合を実現できる [2,3]。この高い格子整合性は、バイアス電圧印加時の TMR 比の減衰（バイアス電圧依存性）の大きな抑制に繋がる [2,4]。また、スピネルバリアは、その結晶構造と TMR 特性には密接な関係があり、スピネル構造の陽イオン（カチオン）サイトを不規則化させた「不規則化スピネル構造」を実現することで TMR 比の顕著な増大が現れることを見だし、これまで室温 300%以上の TMR 比が実現されている [5]。さらに、Mg と Al 組成を変えることで格子定数の変調が可能（理想的には 6%程度）であることも明らかになり、完全格子整合 MTJ を実現可能であることを報告する [5]。講演では、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 系バリアを有する MTJ におけるスピン注入磁化反転[4]や、Co 基ホイスラー合金を電極として用いた研究についても紹介する。

[1] S. Yuasa and D. D. Djayaprawira, J. Phys. D: Appl. Phys. **40**, R337 (2007). [2] H. Sukegawa *et al.*, Appl. Phys. Lett. **96**, 212505 (2010). [3] R. Shan *et al.*, Phys. Rev. Lett. **102**, 246601 (2009). [4] H. Sukegawa *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103**, 142409 (2013). [5] H. Sukegawa *et al.*, Phys. Rev. B **86**, 184401 (2012).