

## 最近のスピン트로ニクス材料の研究

物質・材料研究機構 三谷誠司

スピン트로ニクスという研究分野は基礎から応用まで多岐にわたって広がりつつあり、新現象の発見や、機能特性の向上、さらには新しい物性評価法の確立など、種々の話題に事欠かない。そのようなスピン트로ニクスの発展において新材料が果たす役割も大きく、広く知られる例としては、強磁性トンネル接合に用いられる  $\text{MgO}$  バリア[1]や磁性半導体の代表格である  $\text{GaMnAs}$  などが挙げられる[2]。前者はハードディスクの読取ヘッドへの応用で社会に多大なインパクトをもたらし、後者は多彩な基礎研究において大きく貢献してきた。本講演では、スピン트로ニクス分野における最近の材料研究を紹介したいが、分野の広がりゆえに講演者が理解している範囲は限られている。また、時間の制約の中、話が散漫にならないようにする意味でも話題を絞り、磁気ランダムアクセスメモリ (MRAM) に関連する材料研究について、講演者らの成果を中心に新規性の高い材料について話題提供したい。

異種材料界面での垂直磁気異方性は、前世紀に遡る古くからの話題であるが、最近では強磁性金属と酸化物の間の界面での垂直磁気異方性が注目されている。その理由の一つ目は、MRAM の中心素子である強磁性トンネル接合にそのまま適用できるためであり、実際に MRAM への応用が進んでいる。CoFeB/MgO 系の強磁性トンネル接合で詳細な研究成果が報告され、MRAM 応用のためのスピン注入書込みも同時に実証されている[3]。基礎的な理解においては、Fe/MgO の理論計算に対応させて実験も行われ、 $1.4 \text{ MJ/m}^3$  という巨大な垂直磁気異方性が実現されている[4]。微視的理解には放射光を用いた XMCD が大いに役立ち、軌道磁気モーメントの異方性が評価されている[5]。磁性金属と酸化物の間の垂直磁気異方性が注目されるもう一つの理由は電界印加が可能なことであり、電界によって磁気異方性の大きさが制御でき[6,7]、それを利用した電圧トルク MRAM の提案もなされている。

上記の他に、MRAM 分野の新技术として注目されているスピン軌道トルク関連の材料(スピンホール効果材料など)の研究動向についても言及する。

### References:

- [1] S. Yuasa *et al.*, Nat. Mater. **3**, 868 (2004).
- [2] H. Ohno, Science **281**, 951 (1998).
- [3] S. Ikeda *et al.*, Nat. Mater. **9**, 721 (2010).
- [4] J. W. Koo *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103**, 192401 (2013).
- [5] J. Okabayashi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 122408 (2014).
- [6] T. Nozaki *et al.*, Phys. Rev. Applied **5**, 044006 (2016).
- [7] Q. Y. Xiang *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **50**, 40LT04 (2017).