

# 化合物半導体 $\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2$ を用いた新規磁気トンネル接合の創製と高出力特性

## Magnetic tunnel junctions with a chalcopyrite $\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2$ tunneling barrier

物材機構 ○葛西 伸哉

NIMS S. Kasai

E-mail: kasai.shinya@nims.go.jp

強磁性金属・障壁層・強磁性金属の三層構造を基本とした磁気トンネル接合(MTJ)はスピントロニクス応用における基盤素子である。2004年、トンネル障壁として酸化物絶縁体である  $\text{MgO}$  の有用性が実証されたことを契機として、磁気抵抗(MR)比は飛躍的に増大し、現在ではハードディスク(HDD)読み取りヘッドや不揮発性磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)等、様々なデバイス応用が実現されている。しかし更なる応用展開のためには、高いMR比に加え適切な面抵抗積(RA)の実現が重要である。例えば次世代 HDD の記憶密度の目標である  $2 \text{ Tbit/inch}^2$  を実現するには  $RA \sim 0.1 \Omega \mu\text{m}^2$  程度、また記憶容量  $10 \text{ Gbit}$  の MRAM を実現するためには、 $RA \sim 1 \Omega \mu\text{m}^2$  程度で高いMR比を有する MTJ を構築する必要があると考えられている。しかし、現行障壁層材料である  $\text{MgO}$  は酸化物絶縁体のためにバンドギャップが大きい (~7.8 eV)、低RA化が極めて困難である。

上記問題を解決するにあたり、我々は  $\text{MgO}$  に変わる材料としてカルコパイライト型化合物半導体  $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ (CIGS)の検討を行った。CIGS は半導体のため、酸化物絶縁体よりもバンドギャップが小さく、その大きさは In-Ga 組成によって 1.1-1.7 eV と変化することが知られている。障壁層として  $\text{CuIn}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{Se}_2$  を、強磁性電極として高スピン偏極材料である  $\text{Co}_2\text{FeGa}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$ (CFGG)を用いた MTJ では、CIGS のエピタキシャル成長に成功し、 $RA < 1 \Omega \mu\text{m}^2$  の低抵抗領域にて、室温 40 %、低温 120 % を超える MR 比を実現した[1]。当該素子は次世代 HDD のリードヘッドに要請される出力電圧(20 mV)を大きく超える出力を実現している[2]。

理論計算によれば磁気抵抗効果の起源は  $\text{MgO}$  障壁と同様、 $\Delta_1$  コヒーレントトンネル効果によるものであり、また MR 比は半導体障壁層のバンドギャップに応じて変化する[3]。これら理論予測をもとに CGS を中間層として用いることで、 $RA < 1 \Omega \mu\text{m}^2$  の低抵抗領域にて室温 100 %、低温 250 % を超える巨大な MR 比の実現に成功した。

本研究の一部は ImPACT プロジェクト「無充電で長期間利用できる究極のエコ IT 機器の実現」によって行われた。

### 参考文献

- [1] S. Kasai *et al.*, Appl. Phys. Lett. **109**, 032409 (2016)
- [2] K. Muakiyama, SK *et al.*, Appl. Phys. Express **10**, 013008 (2017)
- [3] K. Masuda and K. Muira, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 020306 (2017)