

磁性ワイル半金属 Co_2MnGa を用いた強磁性トンネル接合における トンネル磁気抵抗

Tunnel magnetoresistance in magnetic tunnel junction using magnetic Weyl semimetal Co_2MnGa

北海道大学

千葉拓人, 徳山星哉, 西岡優輝, 植村哲也, 山ノ内路彦

Hokkaido University

Takuto Chiba, Seiya Tokuyama, Yuki Nishioka, Tetsuya Uemura, and Michihiko Yamanouchi

1. はじめに

磁気トンネル接合(MTJ)は、磁気センサーや磁気ランダムアクセスメモリ・ロジックなどの基本構造であり、基礎研究と応用の両面から活発な研究が進められている。これまでに、高いトンネル磁気抵抗比(TMR比)を示す高感度のMTJを実現するため、高スピン偏極率のハーフメタルを強磁性電極に適用したMTJや、コヒーレントトンネリングを利用したMTJなどが研究されてきた。これらのMTJでは、伝導電子のスピン偏極率がTMR比を決める重要なパラメータになっているが、最近になって磁性ワイル半金属を利用した全く新しい原理に基づくMTJが理論的に提案された。このMTJでは、ワイルフェルミオンが持つヘリシティを利用しており[1]、 $10^4\%$ を超える高いTMR比が予想されている[2]。しかし、磁性ワイル半金属を強磁性電極に適用したMTJにおけるTMR効果は、実験的には明らかになっていない。本研究では、磁性ワイル半金属と考えられている Co_2MnGa (CMG)を強磁性電極とするMTJを作製し、TMR効果を調べた。

2. 実験方法

MgO (001)単結晶基板上にRFマグネトロンスパッタリングと電子線蒸着を用いてMTJの積層構造を成膜した。積層構造は、基板側から、MgO buffer (10 nm) / CoFe buffer (30 nm) / CMG (5 nm) / MgO (3.5 nm) / CMG (5 nm) / Ru (5 nm)である。CoFe bufferとCMGについては、室温成膜後、真空中でそれぞれ 500°C と 400°C で熱処理した。熱処理後の上部、下部CMG表面は、ともに $L2_1$ 構造を示唆する反射高速電子線回折(RHEED)パターンを示した。作製した積層構造を電子線リソグラフィ、フォトリソグラフィ、Arイオンミリングを用いて、接合面積 $2.0 \times 1.0 \mu\text{m}^2$ のピラー形状素子に加工した。そして、作製したMTJ素子のTMR効果を調べるため、室温で外部磁場を印加しながら直流四端針法で素子抵抗を測定した。

3. 結果及び考察

Fig. 1に作製したMTJの抵抗の外部磁場依存性を示す。外部磁場の掃引に伴って、上部、下部強磁性電極の相対的な磁化方向の変化を反映した明確なTMR効果が観測された。ここで、CoFeの保磁力はCMGよりも大きいので、低磁場側、高磁場側の抵抗変化は、それぞれ上部CMG層、下部CoFe/CMGの磁化反転に対応していると考えられる。また、TMR比は室温で47%であり、コヒーレントトンネリングを利用したCoFeB/MgO/CoFeB MTJにおけるTMR比よりも低かった。この原因の1つとして、Fig. 1から分かるように、高抵抗状態の磁化配置が不安定であることが考えられる。

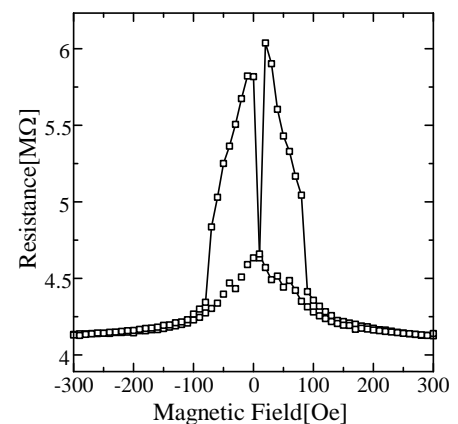


Fig.1. Typical TMR curves for a CMG MTJ at a bias voltage 5mV.

参考文献

- [1] K. Kobayashi *et al.*, Journal of the Physical Society of Japan 87,073707 (2018).
- [2] D. J. P. de Sousa *et al.*, Phys. Rev. B 104, L041401 (2021).