

二次元多結晶二硫化モリブデン原子層状膜における超低電流強磁性変調

Ferromagnetism modulation by ultralow current in two dimensional polycrystalline molybdenum di-sulfide atomic layered structure

東京工業大学,

○宗田 伊理也, 白倉 孝典, ファム ナムハイ, 角嶋 邦之, 筒井 一生, 若林 整

Tokyo Institute of Technology, ○Iriya Muneta, Takanori Shirokura,

Pham Nam Hai, Kuniyuki Kakushima, Tsutsui Kazuo, Hitoshi Wakabayashi

E-mail: muneta@ee.e.titech.ac.jp

二硫化モリブデンは単結晶では強磁性を示さないが、トポロジカル欠陥を含む場合、強磁性を示すことを我々は報告した[1]。4d 電子系の強磁性体は、4d 電子の局在性を人為的に制御しやすい可能性があり、低消費電力による強磁性の制御が期待できる。本研究では、粒状境界を豊富に含む多結晶二硫化モリブデン薄膜をスパッタ堆積法で作製した。電流を広範囲 ($1 \text{ nA} - 0.562 \text{ mA}$, $0.7 \times 10^{-2} \text{ A/cm}^2 - 0.4 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$) に変えて磁気抵抗を測定したところ、抵抗の磁場依存性が電流に依存してさまざまに変化することを観測した。試料は、SPM 洗浄した $\text{SiO}_2(400 \text{ nm})/\text{Si}(0.7 \text{ mm})$ 基板上にスパッタにより MoS_2 を 7.5 nm 堆積し、ALD で Al_2O_3 を 2 nm 堆積した。さらに、電流加熱真空蒸着法により Ag をメタルマスク越しに蒸着し、電極パッドを形成した。面直方向に磁場を掃引し、2 端子抵抗を 4 K で測定した。図 1 に磁気抵抗の磁場依存性を示す。電流が $1 \text{ nA} - 1.78 \text{ nA}$ ではブロードな形状の磁気抵抗カーブが見られ、浅い谷 A と A' が -5 kOe と $+2 \text{ kOe}$ に観測された。 $3.16 \text{ nA} - 178 \text{ nA}$ においては深い谷 B

が -0.5 kOe 付近に観測された。 $316 \text{ nA} - 10 \mu\text{A}$ においては、明瞭な谷は観測されず、bowl-type 型の磁気抵抗カーブが観測された。しかし、 $17.8 \mu\text{A} - 56.2 \mu\text{A}$ では再び明瞭な谷 C が観測された。 $0.1 \text{ mA} - 0.562 \text{ mA}$ ではフラットな磁気抵抗の磁場依存性が観測された。図 1de に示すカラープロットにおいて、磁気抵抗カーブの形状が電流の大きさに依存して変化することが明瞭に見て取れる。粒状境界の局在スピンの電流による電荷トラップにより増大すること、及び、電流によるスピン軌道有効磁場によるものと考えられる。これらの結果は、従来の MTJ より数桁低い電流密度で強磁性を電流制御できる可能性を示唆するものである。

[1] T. Shirokura *et al.*, Appl. Phys. Lett. **115**, 192404 (2019).

謝辞: 本研究は、池谷科学技術振興財団 (0311055-A)、みずほ学術振興財団 (KJ20050048)、日本学術振興会 (科研費若手研究: 21K14193) から援助を受けた。

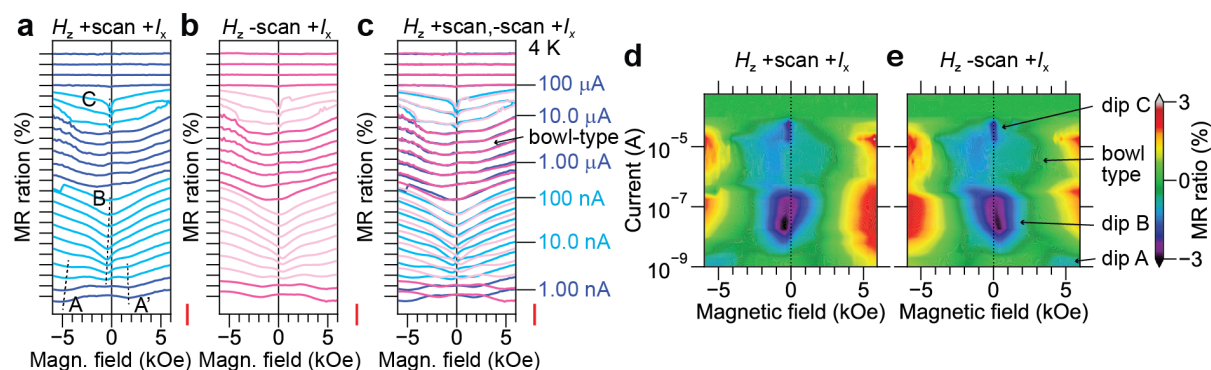


Figure 1 Magnetoresistance data measured on polycrystalline MoS_2 film with applying various current intensity at 4 K . In the +scan (–scan), the magnetic field is swept from + to – (from – to +). Bar means 4% of MR ratio.