

外部印加磁場による Si 上 MnAs ナノディスクの磁化反転評価 Characterization of Magnetization Switching in MnAs Nanodisks on Si Substrates by External Applied Magnetic Fields

北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター

○鈴木 洸三郎, 堀口 竜麻, 飯田 勝也, 原 真二郎

Research Center for Integrated Quantum Electronics, Hokkaido University

○K. Suzuki, R. Horiguchi, M. Iida, and S. Hara

E-mail: suzuki@rciqe.hokudai.ac.jp

[はじめに] 極微細化による半導体デバイスの性能向上は物理的限界を迎つつあると言われているが、強磁性体による磁気トンネル接合(MTJ)は不揮発性でスピン注入磁化反転が可能であることから、次世代エレクトロニクス素子として注目されている。高い磁気抵抗効果を持つ強磁性体 MnAs グラニューラ構造による MTJ 素子^[1]等で注目される MnAs ナノ構造の位置制御作製とその MTJ 素子応用を目的として、サイズ・位置・制御性の良い有機金属気相選択成長法 (SA-MOVPE) により、ディスク型の MnAs ナノ構造 (MnAs ND) を作製してきた^[2,3]。本研究では外部磁場による磁化反転評価を行ったので報告する。

[実験方法] Si(111)基板表面の熱酸化により、SiO₂ 膜 (約 30 nm 厚) を形成した。EB リソグラフィ及びドライエッチングにより周期的な円形の開口部を形成し、その開口部にのみ AlGaAs バッファ層及び MnAs ND を SA-MOVPE 成長した。作製した MnAs ND に対し、0-4000 Gauss [G]の外部磁場 (**B**) を印加した後、室温・ゼロ磁場下で磁気力顕微鏡 (MFM) を用いて磁氣的構造を評価した。**B** の印加方向およびその強度を変えることで、MnAs ND のサイズに依存した磁区構造および磁化反転の様子を詳細に評価した。評価においては、 $4 \times 10^4 \text{ nm}^2$ 以上の比較的大面積の ND を L 群と、小面積の ND を S 群に分類した。

[実験結果] As-Grown つまり自発磁化状態では、S 群の 88.9%が単磁区であったのに対し、L 群に対する単磁区の割合は 14.3%であった (図 1: **B** = 0 G)。まず図中の六角形 ND の左方向に **B** を印加し 0 → 4000 G と増加した結果、S 群では 1500 G、L 群では 500 G 付近で単磁区の割合が最少となった。これは ND の保磁力付近の **B** 印加により、単磁区が多磁区 (主に二磁区) に変化したためと考えられる。さらに **B** の増加により単磁区割合は再び増加したが 2000 G 以上で大きな変化はなく、ほぼ As-Grown 状態での単磁区割合に戻った。4000 G 印加後、左方向印加 **B** 強度を再び減少させた (4000 → 0 G) 結果 S、L 群共、バラツキはあるものの、左方向 **B** 印加、0 → 4000 G スイープ時の単磁区割合の最少化は観測されなかった。引き続き右方向に **B** 印加した結果 (0 → -1250 G)、S、L 群共、単磁区割合は大きく変化しなかったが、S 群では単磁区割合が再び減少する兆候も確認されており、右方向印加 **B** 強度の増加により、詳細な磁化方向スイッチング特性を調査する予定である。

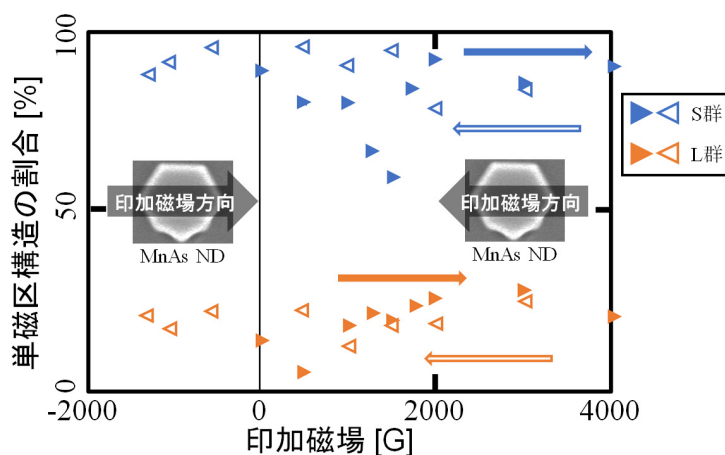


図 1 単磁区構造割合の印加 **B** 方向・強度依存性:
0 → 4000 → 0 → -1250 G

[参考文献] [1] P. N. Hai *et al.*, Nature **458**, 489 (2009); [2] R. Horiguchi *et al.*, J. Appl. Phys. **124**, 153905 (2018); [3] R. Horiguchi *et al.*, J. Cryst. Growth **507**, 226 (2019).