

横型 MnAs ナノワイヤの構造評価および磁区観察 Structural and Magnetic Domain Observation of Lateral MnAs Nanowires

北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター

○堀口 竜麻, 加藤 弘晃, 梶本 恭平, 小平 竜太郎, 原 真二郎

Research Center for Integrated Quantum Electronics, Hokkaido University

○R. Horiguchi, H. Kato, K. Kabamoto, R. Kodaira, and S. Hara

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

【はじめに】近年、磁性ナノワイヤ(NW)の磁気センサや次世代磁気記憶素子応用が期待されている。従来の磁性 NW の作製方法の多くは金属蒸着後のエッチングによるトップダウン型微細加工技術であるが、加工寸法の限界や NW 端面の劣化等に課題が残る。一方、我々はこれまでサイズ・位置・形状の制御性/均一性及び結晶性に優れた有機金属気相選択成長(SA-MOVPE)法により MnAs ナノクラスタ(NC)のボトムアップ作製を行い[1]、これを応用した高アスペクト比の MnAs NW において[2]、電気抵抗の磁気ランダムテレグラフノイズを観測してきた[3]。高性能・高信頼性を持つ磁性 NW 素子実現と磁気物性制御に向けて鍵となる高いサイズ均一性を実現すべく、本研究では MnAs NW の詳細な構造評価及び磁区観察を行ったので報告する。

【実験方法】GaAs (111)B基板上のSiO₂膜(約20 nm厚)に長方形の開口部を周期的に形成し、その開口部にのみAlGaAsバッファ層(800 °C, 5 min)及びMnAs(750 °C, 15 min)をSA-MOVPE成長した[1]。構造評価には走査型電子顕微鏡(SEM)による2次電子像観察を行い、さらに構成元素に敏感な反射電子(BSE)像によりMnAs/AlGaAs NWの固相組成評価を行った。NWの長軸方向と平行に2000 Gaussの外部磁場を印加後、磁気力顕微鏡(MFM)により0磁場下でMnAs NWの磁区観察を行った。

【実験結果】MnAs NWの2次電子鳥瞰像を図1に示す。明瞭な結晶ファセットを有するNWが主に2本に分かれて形成されており、NiAs型六方晶MnAsと想定した場合、断面模式図に示す通り、上面に{0001}面、{0001}面から60°を成す{10-11}面がNW側面に観測された。次にBSE像の加速電圧依存性を観察した結果を図2(a)及び(b)に示す。図2(a)の加速電圧1.0 kVの場合NW部分に明瞭なコントラストが確認され、図1で結晶ファセットが確認されたNW部A、Cが暗、その間の領域Bに明るい領域を確認した。加速電圧を2.0 kVに増加した結果、A-C間のコントラスト差は得られず全て明部に変化した。BSE像の明暗は構成元素の平均元素番号に依存するため、電子侵入長の長い加速電圧2.0 kVではAlGaAsバッファ層による明部、侵入長の短い1.0 kVでは表面近傍に形成されたMnAsに起因する暗部がBSE像に観測されたと考えられる。加速電圧1.0、2.0 kVでの電子侵入長は各々13、44nmと計算され[4]、BSE像から推定されるMnAs層厚は40 nm程度である。次に同じNWのMFM像を図2(c)に示す。NWのA、C部では、外部磁場印加方向に沿った明瞭な磁化が観測され、特にAは単磁区であった。一方C部では、NWの長軸方向に多磁区を形成していると考えられる。MFM観察と同時にを行った原子間力顕微鏡によるC部の断面プロファイルを図2(d)に示す。図1の2次電子像及び図2(d)から、C部のNW上面はA部と異なり平坦ではなく、MnAs NCが複数結合された多結晶的構造である。従ってC部の磁区では、MFM像の磁氣的明暗と構造評価から、図2(c)及び(d)中の白色矢印で示す磁化を有すると考えられる。以上の結果は、明瞭な結晶ファセットを持つA部のような単結晶NWにより、良好な磁区構造制御が可能であることを示している。

【参考文献】 [1] S. Hara and K. Komagata, *PSSB* **252** (2015) 1925, [2] H. Kato *et al.*, *JCG* **414** (2015) 151, [3] M. Fischer *et al.*, *PRB* **92** (2015) 165306, [4] K. Kanaya and S. Okayama, *JPD* **5** (1972) 43

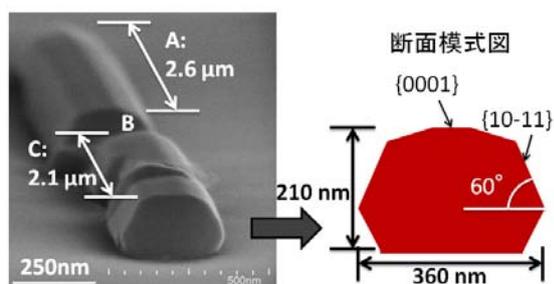


図1 SEM 鳥瞰像(2次電子像)と NW 断面の形状模式図

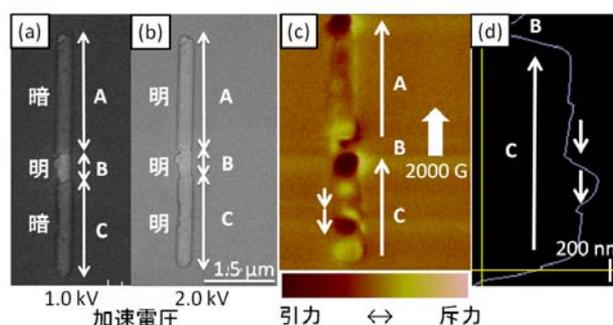


図2 BSE 像の加速電圧依存性(a) 1.0, (b) 2.0 kV 及び (c) MFM 像, (d) NW の断面プロファイル