

MnAs/InAs ダブルヘテロ接合ナノワイヤの屈曲構造評価

Characterization of Bending Structures in MnAs/InAs Double Heterojunction Nanowires

○小平 竜太郎, 門脇 哲郎, 原 真二郎

(北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター)

○R. Kodaira, T. Kadowaki, S. Hara

(Research Center for Integrated Quantum Electronics, Hokkaido Univ.)

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

【はじめに】垂直自立型半導体ナノワイヤ(NW)はこれまで不可能であった異種材料接合構造や、チャンネルを360度ゲート電極で覆うサウンディングゲート構造の実現が可能なることから近年注目を集めている^[1]。我々は、垂直自立型半導体NWを用いた縦型NWトランジスタのチャンネル材料に強磁性体MnAsナノクラスタ(NC)/半導体InAsダブルヘテロ接合NW^[2]を適用することでスピン偏極電流の制御を可能とした、新奇の高性能縦型NWスピントランジスタの実現を目指し、作製と結晶構造及び磁気特性評価を行ってきた。本研究ではその実現と作製プロセスに必要な不可欠である、MnAs/InAsNWの形状制御と均一性の向上を目的に、成長条件依存性評価と構造評価を行ったので報告する。

【実験方法】初めにプラズマスパッタを用いてGaAs(111)B基板上にSiO₂膜を堆積し、電子線リソグラフィとドライエッチングにより周期的な開口部を有するマスクを作製した。次に有機金属気相(MOVPE)選択成長法によりInAsNWを580°Cで30分成長した後、MnAsNCを成長した。MnAsNCの成長ではAs原料を供給せずMn原料のみを供給するエンドタキシと呼ばれる結晶成長シーケンスを利用し、その成長温度を400~580°C、成長時間を1~5分と変化させた。作製したNWの構造評価には走査型電子顕微鏡(SEM)及び透過型電子顕微鏡(TEM)を用い、さらに詳細な構造評価を行うために、電子線回折、エネルギー分散型X線分析を用いた。

【実験結果・考察】図1(a)に580°Cで1分MnAsNCを成長したときのMnAs/InAsダブルヘテロ接合NWのSEM像を示す。閃亜鉛鉱構造InAsNWの上面({111}B面)と中間付近にNiAs型六方晶構造のMnAsNCが成長した。中間のMnAsNCはInAsNWを貫通し、原子レベルで急峻なヘテロ界面を有するダブルヘテロ接合構造が形成された^[2]。大部分のNWはNC形成後も基板垂直方向に<111>B方向を保持したまま直立で、NC形成によるNWの屈曲は見られな

かったが、一部のNWでは図1(a)挿入図のように中間付近に形成したNC部分から屈曲している様子も観察された。このときのNW屈曲方向角度の分布をInAsNWの<-211>方向を0°として5°刻みに調査した結果を図1(b)に示す。0°から60°毎、すなわち{0-11}面間の稜線方向(<-211>方向)へ屈曲するNWの分布が大きいことが分かる。またMnAsを490°Cで成長したサンプルにおいても、NWの屈曲が観察された。490°CではNWを貫通するようなNCは形成されず、比較的小さなNCが多数NW側壁から内部に向かって部分的に形成しており、NCが形成している方向へNWが屈曲しやすいという傾向が確認された。我々のこれまでの研究で、InAsNW{0-11}面間の稜線だけでなく{0-11}面でもMnAsNCの形成が確認されているが^[2]、本研究の結果から、MnAsNCは{0-11}面に比べ、{0-11}面間の稜線に形成しやすいと考えられる。またGaAsNWをテンプレートとするMnAsNC成長においても{0-11}面間の稜線にNCが形成するとの知見^[3]があり、本研究でもこれと矛盾しない結果が得られた。NWの屈曲は、MnAs層とInAs層の格子不整合歪みに起因するものと考えられるが、その結晶構造や屈曲の制御には更に詳細な調査が必要である。

【参考文献】

- [1] K. Tomioka, *et al.*, *NL*, **15**, 7253 (2015)
 [2] R. Kodaira *et al.*, *JJAP*, **55**, 075503 (2016)
 [3] M. Yatago *et al.*, *JJAP*, **51**, 02BH01 (2012)

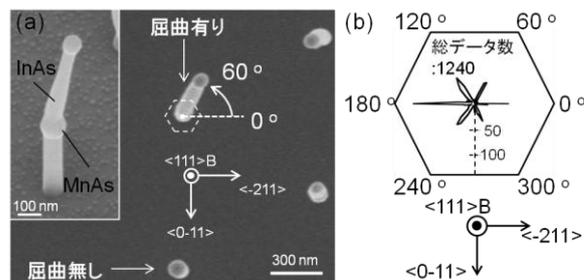


図1 (a) MnAs/InAs ダブルヘテロ接合NWのSEM像 (b) NC形成後のNW屈曲方向角度分布