

InAs ナノワイヤ上の強磁性体 MnAs ナノクラスタ複合構造の作製と評価

Fabrication and Characterization of Hybrid Structures of Ferromagnetic MnAs Nanoclusters on InAs Nanowires

北海道大学量子集積エレクトロニクス研究センター

○ 藤曲央武、崎田晋哉、原真二郎

Research Center for Integrated Quantum Electronics, Hokkaido University

○ H. Fujimagari, S. Sakita, S. Hara

【はじめに】半導体ナノワイヤ(NW)と呼ばれる垂直自立型細線構造を用いた極微細電子・光デバイス応用が注目を浴びている。我々は構造の位置やサイズ、形状をナノレベルで制御可能な MOVPE 選択成長法を用いて半導体基板の上に NW を作製してきた¹⁾。また、同成長法を応用することで鎖状に配列した MnAs ナノクラスタ(NC)直下を流れる電流方向と印可磁場方向との角度に依存する磁気抵抗効果の検証²⁾、さらに半導体 GaAs NW と強磁性体 MnAs NC によるヘテロ構造 NW の作製³⁾を報告してきたが、NW を用いたナノスピントロニクスデバイス応用に関する報告は少ない。そこで今回我々は、GaAs よりも移動度が高く、同じ閏亜鉛鋅構造をもつ InAs に着目し、MnAs NC 及び InAs NW によるヘテロ構造の形成と構造評価、成長条件依存性について実験を行ったので報告する。

【実験方法】GaAs(111)B 基板表面へプラズマ CVD を用いて SiO₂ を堆積し、EB 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。マスクの開口直径及び開口周期はそれぞれ 50~200 nm、0.5~3 μm とした。その後 MOVPE 法により InAs NW を成長し、続いて MnAs NC を成長した。本研究ではエンドタキシと呼ばれる成長方式により⁴⁾、InAs NW をテンプレートとした MnAs NC の形成を試みた。InAs NW は成長温度 580°C で 30 分間、MnAs NC は成長温度 400、490、580°C で各 1 分間成長させた。構造評価には走査型電子顕微鏡(SEM)、透過型電子顕微鏡(TEM)、結晶構造評価には電子線回折を用いた。

【結果】図 1(a)はテンプレートとなる InAs NW の観察結果であり、<111>B 方向に六角柱状に成長した。また InAs NW 成長後、400°C で Mn 原料のみを供給した場合の SEM 像を図 1(b)に示すが、NC は NW の上面と側面に形成される事が明らかとなった。作製した MnAs/InAs ヘテロ構造の断面 TEM 像と電子線回折像から、NC は NW 内部に形成され、NiAs 型六方晶の結晶構造を有する事を確認した。また断面格子像観察の結

果から、NW 側面に形成した NC の<0001>方向は NW の<-211>方向と平行(図 2(a))、上面に形成した NC の<0001>方向は NW の<111>B 方向と平行(図 2(b))であることを確認した。従って MnAs NC は、エンドタキシと呼ばれる成長様式により InAs NW 内部に単結晶の形で成長したと考えられる(図 3)。形成した MnAs NC について NW 間の周期と成長温度に関する依存性を調べた結果、成長温度が下がるにつれ NC の密度が増加し、また、周期を大きくするにつれて NC の密度が増加する傾向が得られた。

これまで我々が行った GaAs NW 上での MnAs NC 形成と比較すると、GaAs NW の場合では Mn 原料供給前後で NW の高さに変化が無く、NC は NW の稜線部にのみ形成しているのに対し³⁾、InAs NW の場合では Mn 原料供給後 NW の高さが減少し、NC は NW の上面と側面に形成することが判明した。これは MnAs NC 成長の際に As を流していない為、GaAs よりも熱的に不安定な InAs NW から As の脱離がより顕著に生じた為と考えられる。

【参考文献】

- [1] J. Noborisaka *et al.*, APL **87**, 093109 (2005)
- [2.] M. T. Elm *et al.*, PRB **84**, 035309 (2011)
- [3] S.Hara *et al.*, JJAP **51**, 11PE01 (2012)

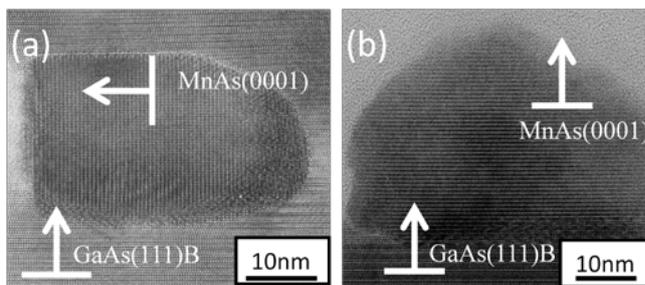


図 2 MnAs NC TEM 像 (a)側面 (b)上部

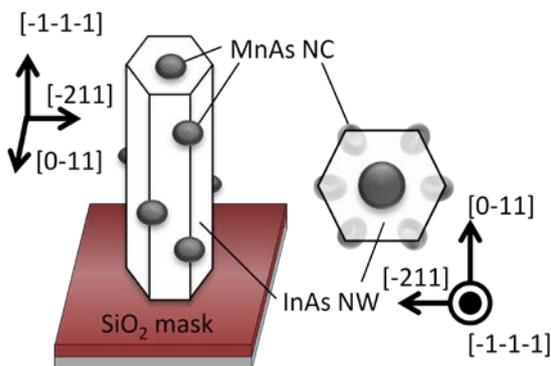


図 3 MnAs NC/InAs NW 模式図

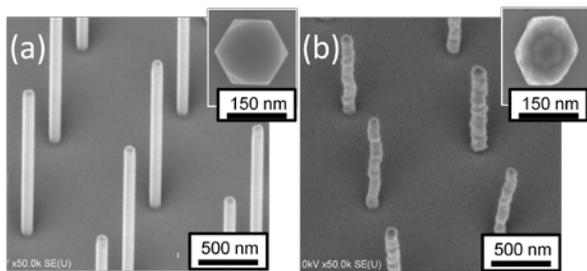


図 1 (a)InAs NW (b)Mn 供給後の NW