Si(111) 基板上GaAs/GaAsBiヘテロ構造ナノワイヤにおけるBi偏析構造

Bi segregated structure in GaAs/GaAsBi/GaAs core-multishell nanowires

愛媛大工[1]，東レリサーチ[2] ○松田 晃賢[1]○矢野 康介[1],高田 恭兵[1] 下村哲[1]，清水夕美子[2]，石川史太郎[1]

Ehime Univ.[1]，Toray Research Center[2], ○Teruyoshi Matsuda[1], Kosuke Yano[1], Kyohei Takada[1], Satoshi Shimomura[1], Yumiko Shimizu[2], Fumitaro Ishikawa[1]

E-mail: teruyoshi.matsuda@gmail.com

【はじめに】半導体ナノワイヤは結晶成長技術によりボトムアップで自己形成的に形成される一次元ナノ構造結晶であり，同材料の超高集積化や低次元化による新たな物性の発現や新規応用分野の開拓が期待されている．III-V 族化合物半導体 GaAs を用いたナノワイヤは，単一のナノワイヤが LED やレーザとして動作するナノスケールの光源として利用できる．一方同材料を用いた赤外域の半導体レーザは材料起源の本質的な発熱の問題を抱えている．この原因の一つとしてオージェ再結合による非発光再結合が挙げられるが，ビスマス元素を導入することでこれを抑制することが期待されている．我々はこれまでに Bi を導入した GaAs ナノワイヤを Si(111) 基板上に結晶成長することに成功しており、その中で歪に起因すると思われる特徴的な微細構造成長を観測している[1]．今回、走査型透過電子顕微鏡(STEM)観察から Ga/GaAsBi/GaAs コアーシェルナノワイヤの構造特性および結成長機構及についてより詳細に検討した。その結果、ビスマス偏析に起因した特徴的な構造特性が得られた結果について報告する．

【実験・結果】ナノワイヤ結晶成長は，Si(111) 基板上に Ga 自己触媒 MBE 法を用いて行った．Ga のフラックスは,成長を通して GaAs(001)基板上で GaAs1ML/s で成長される条件とした.まず,ナノワイヤコアを 15 分間成長した．その後，10 分間成長中断を行うことで支配的な横方向成長を促し，GaAsBi を加え GaAs/GaAsBi コアシェルナノワイヤを作製した.成長温度は GaAs コア層成長時 580℃,コア成長後のシェルの GaAsBi 成長時 350℃とした．また，成長中断後の成長時間は 15 分間である．GaAsBi 成長時の Bi フラックスは 5.7×10^{-7}mbar である．その後再度 GaAs を成長することで GaAs/GaAsBi/GaAs マルチシェル構造を有したナノワイヤを作製した．Bi 濃度はおよそ２％である。ナノワイヤ側壁の形状は一般的な GaAs など化合物半導体ナノワイヤに見られるようなシャープな形状ではなく，特有の凹凸が見られた．Fig.1 にナノワイヤ軸方向断面の STEM 測定およびエネルギー分散 X 線分析（EDS）によりビスマス分布について評価した結果をまとめた.高角度環状暗視野像および EDS 画像から，Bi 元素が高濃度に分布している領域と存在しない領域が観測され、Bi 元素が偏析していることが確認された。明視野画像からは成長方向に Bi 元素が広く存在する部位と狭くなった部位が存在し,広く存在する部位に量子構造が形成される可能性が示唆された。この Bi 偏析の発生部位は GaAs ナノワイヤで発生する閃亜鉛構造（ZB）中の双晶と合致し、同欠陥発生と Bi 偏析が関連することが見出された。これらから，Bi 組成，分布の制御で特徴的量子構造形成の可能性が示唆された．

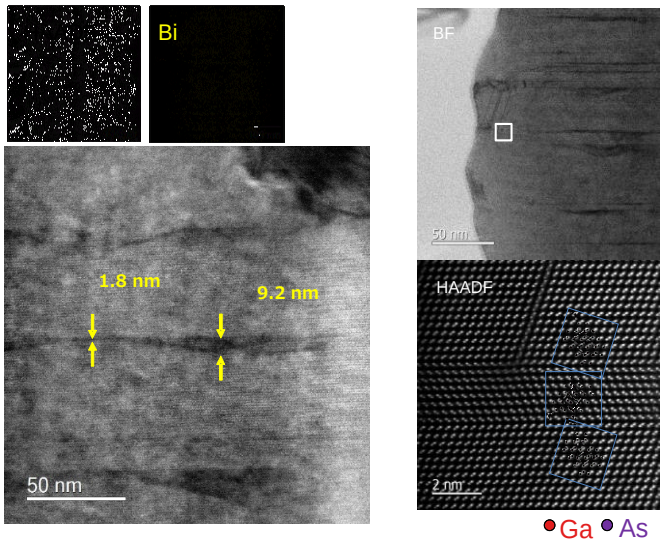

Fig. 1. STEM results for GaAs/GaAsBi/GaAs core-multishell nanowire.

[1] F. Ishikawa et. al, Nano Lett. 15, 7265, 2015.