

GaAs/GaAsBi 歪コアシェルナノワイヤの結晶格子変形 Structural Deformation of Strained GaAs/GaAsBi Core-Shell Nanowires

愛媛大工¹, 九大先端研², ○矢野 康介¹, 高田 恭兵¹, Pallavi Patil¹,
石川史太郎¹, 下村哲¹, 長島一樹², 柳田剛²

Ehime Univ.¹, Kyushu Univ.² ○Kousuke Yano¹, Kyohei Takada¹, Pallavi Patil¹,
Fumitaro Ishikawa¹, Satoshi Shimomura, Kazuki Nagashima², Takeshi Yanagida²

E-mail: e845028k@mails.cc.ehime-u.ac.jp

【はじめに】半導体ナノワイヤは、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を担う材料として期待されている。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レーザとして動作する、ナノスケールレーザとして機能する。しかし、同材料を用いる赤外域半導体レーザは、従来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、現在同材料にビスマス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。その中で我々は、これまで GaAs/GaAsBi コアシェルナノワイヤを Si (111) 基板上に結晶成長することに成功している。エピタキシャル成長で形成されるナノワイヤの歪状態の把握は、詳細な構造と光学特性の制御に不可欠である。今回は SPring-8 で実施したマイクロビーム X 線回折により、GaAsBi ナノワイヤで観測されるワイヤ中の結晶歪について検討した結果を報告する。

【実験・結果】ナノワイヤ結晶成長は、Si (111) 基板に Ga 自己触媒分子線エピタキシー (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 GaAs が 1ML/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°C、コア成長後のシェルの GaAsBi 成長時 350°C とした。また、成長中断後の成長時間は 15 分間である。試料は 2 種類準備し、GaAsBi 成長時の Bi フラックスとすることで、それぞれの予想 Bi 濃度をそれぞれ 1%以下と約 2%とした。試料に対して SPring-8, BL13XU においてマイクロビーム XRD 測定を行った。単一のナノワイヤに対して約 200nm のビーム直径を有する X 線を入射し、ワイヤの局所的結晶構造について検討した。Bi 濃度の低い GaAs/GaAsBi コアシェルナノワイヤにおいては、垂直方向に格子乗数が合致する形で結晶が歪み、コヒーレントに結晶が形成されることが考えられた。Figure1 は Bi 濃度を増加させることで表面が乱れ、枝が発生したナノワイヤに測定した X 線回折の逆格子マップである。測定位置はワイヤ中の任意の位置を抽出している。図で見られるように、それぞれの測定箇所で大きく異なる位置の回折ピークが観測された。この結果は、ナノワイヤ内部の結晶が、大きく異なる格子定数をとるように乱れていることが示唆している。

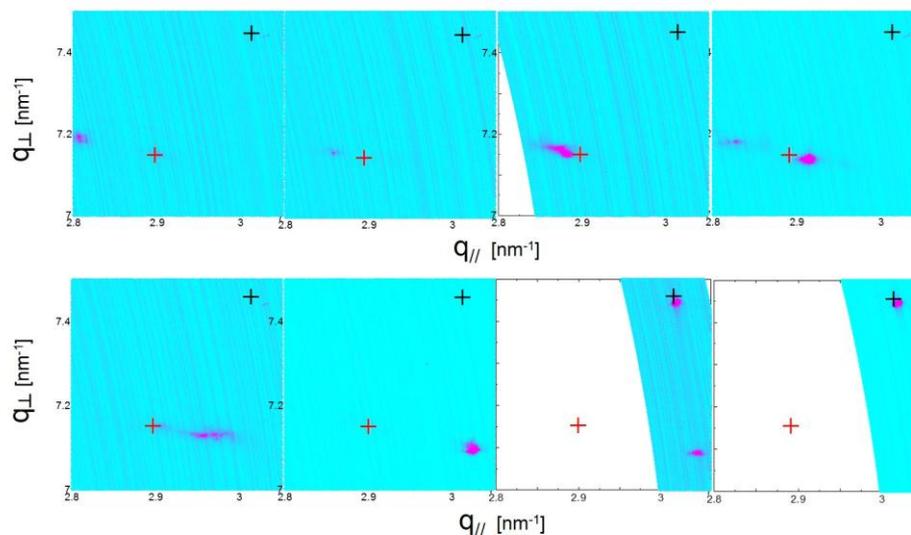


Fig. 1 Reciprocal space mapping around GaAs(331) diffraction spot for GaAs_{0.98}Bi_{0.02} nanowire having rough surface. Measurement spots were arbitrary extracted within a single nanowire. The red cross indicates the ideal unstrained GaAs(331) peak spot and the reds are those for Si(331).