GaAs/GaNAs/GaAs コアーマルチシェルナノワイヤの結晶構造解析

Crystalline structure analysis of GaAs/GaNAs/GaAs core-multishell nanowires

愛媛大工　○行宗 詳規，藤原 亮，石川 史太郎

Ehime Univ.　○Mitsuki Yukimune, Ryo Fujiwara, Fumitaro Ishikawa

E-mail: f845025b@mails.cc.ehime-u.ac.jp

【はじめに】Ⅲ-V 族化合物半導体ナノワイヤは，次世代の光・電子デバイスへの応用が期待されている．その中で希釈窒化物半導体ナノワイヤはバンドギャップと格子定数の大きな可変性からその応用可能性を拡張できる．具体的には，GaAs へ数%の窒素を導入するとバンドギャップが減少するとともに，格子定数も小さくなることが知られている．これによって，例えば近赤外領域での発光や太陽電池で用いられる 1.0 eV のバンドギャップを得ることができる．また，GaAs ナノワイヤでは閃亜鉛鉱構造(ZB)の中にウルツ鉱構造(WZ)が含まれることが知られている．これらの結晶構造はバンド構造に影響を及ぼすことが知られており、その正確な把握と制御が求められる．本研究では，窒素プラズマセルを用いて分子線エピタキシャル(MBE)成長した窒素組成 2%の GaNAs 層を含む GaAs/GaNAs/GaAs コアーマルチシェルナノワイヤに対して電子後方散乱回折(EBSD)により ZB, WZ それぞの分布について検討した結果を報告する．

【実験・結果】GaAs/GaNAs/GaAs コア-マルチシェルナノワイヤの結晶成長は Si(111)基板上にプラズマ支援 MBE 法を用いて行った. [1]ナノワイヤの直径は約 350 nm，長さはおよそ 4mm である．ワイヤ断面形状から、GaAs コアはおよそ直径約 150nm で、これを幅 50nm の GaNAs シェルと幅 50nm の最外殻 GaAs シェルが覆う構造となっている．同試料に対して，走査型透過電子顕微鏡(STEM)と EBSD より ZB,WZ それぞれの分布に注目した構造解析を行った．

ワイヤ長さ方向の断面 STEM 観察の結果，ナノワイヤ内に ZB と WZ が混在していることを確認した. 特に, ナノワイヤの中央付近で ZB,WZ 構造の混在が確認できた. また高分解能画像から，ZB 内には双晶が形成されていることも明瞭に把握することができた．EBSD によりそれぞれの含有量を見積もったところ，同ワイヤ中には ZB が約 80%，WZ が約 20%含まれていることが見いだされた．また EBSD 測定からも，結晶方位の変化から ZB 内の双晶形成が確認できた．Figure 1 に ZB と WZ それぞれの動径方向の粒径分布を示す． ZB はナノワイヤ直径と一致した粒径にピークを持ち，60%以上がほぼ直径と合致した粒径を示した．一方 WZ では粒径が直径よりも小さいものが支配的で、その分布も広がっていることが確認された．XRD 測定からも窒素の導入により WZ 構造が減少することが示唆された．これらから，伸張型歪を伴う GaNAs シェルを積層することで、ナノワイヤ全体の結晶構造が WZ から ZB に変化したことが考えられた．

[1] M. Yukimune, R. Fujiwara, H. Ikeda, K. Yano, K. Takada, M. Jansson, W. M. Chen, I. A. Buyanova, F. Ishikawa, Appl. Phys. Lett. .113, 011901, 2018.

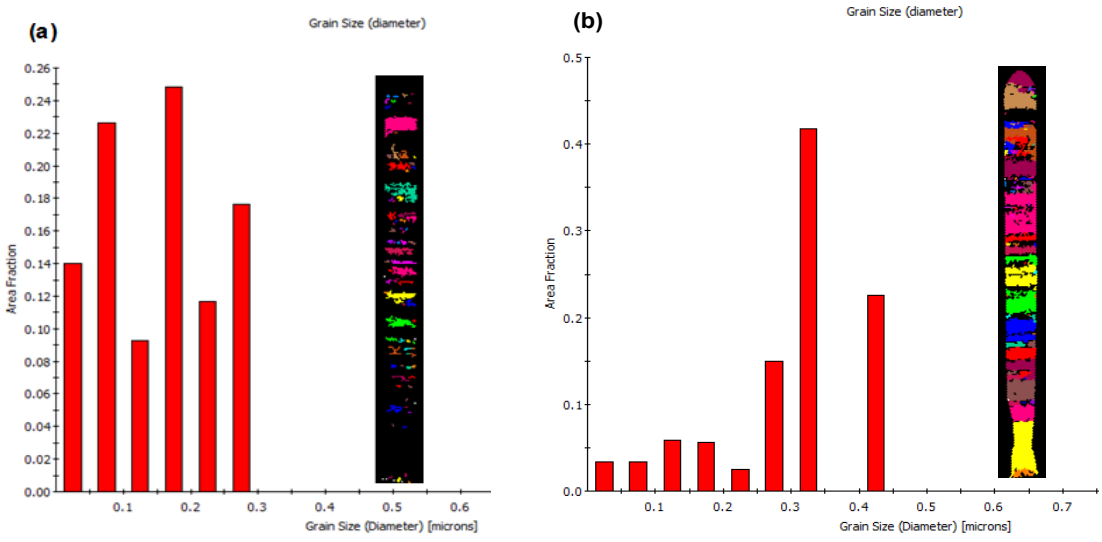

Figure 1. Gain size distributions of (a) WZ and (b) ZB phase, respectively.

© 2019年 応用物理学会