

分子線エピタキシーによる Si(111) 基板上 GaAs/GaAsBi コア-シェルナノワイヤ成長

Molecular Beam Epitaxial Growth of GaAs/GaAsBi core-shell nanowires on Si(111)

愛媛大院理工¹, 阪大基礎工², 物材機構³, 日本電子⁴, Paul Drude Institut⁵, ○石川 史太郎¹,
赤松 良彦¹, 渡辺 健太郎², 上杉 文彦³, 朝比奈 俊輔⁴, Uwe Jahn⁵, 下村 哲¹

Ehime Univ.¹, Osaka Univ.², NIMS³, JEOL⁴, Paul Drude Institut⁵,

○Fumitaro Ishikawa¹, Yoshihiko Akamatsu¹, Kentaro Watanabe², Fumihiko Uesugi³,
Shunsuke Asahina⁴, Uwe Jahn⁵, Satoshi Shimomura¹

E-mail: ishikawa@ee.ehime-u.ac.jp

【はじめに】半導体ナノワイヤは、数ナノメートルから数百ナノメートルの直径を有する1次元構造の半導体材料であり、低次元化による新たな物性の発現や超高密度素子応用などが期待されている。その中で、III-V族化合物半導体であるGaAsは半導体レーザなどの発光材料に用いられており、従来赤外領域で発生する本質的な発熱の問題を抱えている。この原因の1つとしてオージェ再結合による損失が挙げられ、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。そこで我々は、Bi含有GaAsナノワイヤのMBE成長について検討を行った。今回は、分子線エピタキシー(MBE)法を用いて作製するSi(111)基板上GaAsBiナノワイヤ成長過程および成長結晶構造について評価した結果を報告する[1]。

【実験・結果】結晶成長はSi(111)基板上にMBE法を用いて行った。GaAs成長時のGa自己触媒作用を用いてナノワイヤコアを形成した。その後成長中断を行うことで支配的な横方向成長を促し、GaAs/GaAsBi/GaAsの順に成長が行われるよう分子線を供給することで、コア-マルチシェル構造を形成した。成長温度はGaAsコア層成長時580℃、成長後のGaAs成長時550℃、GaAsBi成長時350℃、最終GaAs層成長時350℃とした。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。また、成長中断後の各層の成長時間は15分間である。GaAsBi成長時のBiフラックスは 2.3×10^{-7} mbarとした。その結果、長さ5 μ m程度、直径0.4 μ m、密度およそ0.1/ μ m²のナノワイヤ形成を確認した。図1は、成長後ナノワイヤ結晶の透過型電子顕微鏡観察による明視野像と各部位の回折パターンである。この結果、ナノワイヤは成長初期は主に閃亜鉛鉱型構造で結晶成長が行われ、ワイヤ先端に行くにしたがって双晶型の欠陥を多く含む六方晶型構造結晶との混合が進むことがわかった。またこの結果から、コア-シェル構造内部コアGaAsの結晶構造および欠陥がシェル層でも伝搬、保持されることが考えられた。さらに、この結晶構造および欠陥密度を反映した光学特性がカソードルミネッセンスから確認された[1]。

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

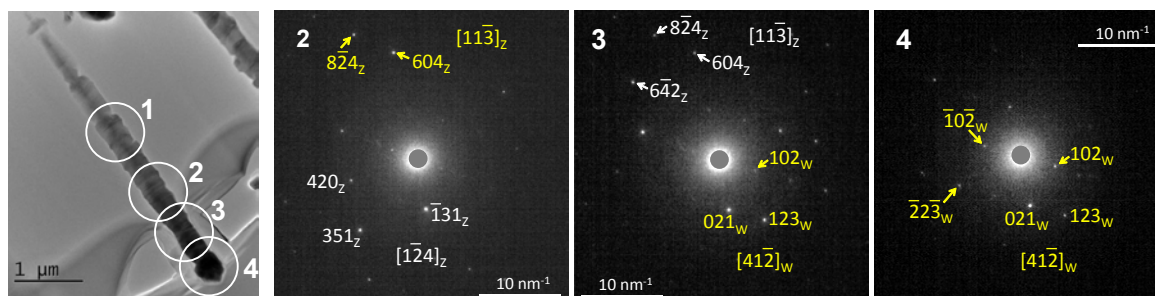


図 1: BF-TEM image of a single GaAs/GaAsBi nanowire (left). Right series: electron diffraction patterns for the respective numbered areas delimited by the circles in the BF-TEM images. Series of diffraction spots with the same normal plane are indicated by the same colors, yellow or white, with the directions shown. The subscript “z” and “w” indicates the indices belonging to zinc blende and wurtzite, respectively.