

Si(111) 基板上GaAs/GaAsBiヘテロ構造ナノワイヤの成長機構

Growth Mechanism of GaAs/GaAsBi heterostructured nanowires on Si(111)

愛媛大工¹, 九大先端研², ○高田 恭兵¹, 西岡 康平¹, 矢野 康介¹, 早川 岳志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 ○ Kyohei Takada¹, Kohei Nishioka¹, Kohsuke Yano¹, Takeshi Hayakawa¹, Pallavi Patil, Fumitaro Ishikawa¹, Kazuki Nagashima², Takeshi Yanagida²

E-mail: d845007k@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、現在同材料にピ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-マルチ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[1]。今回はその中で観測された特徴的GaAsBiナノワイヤの構造特性および成長機構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、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-マルチシェル構造が形成されることを意図した[1]。成長温度はGaAs コア層成長時580 °C、コア成長後のシェルGaAs 成長時550 °C、GaAsBi 成長時350 °C、最終GaAs 層成長時350 °C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 1.8×10^{-6} mbar とした。また比較試料として、その他の条件を揃えて最外殻のGaAsシェルを除いたGaAs/GaAsBiコア-シェルナノワイヤを作製した。いずれの試料についても走査型電子顕微鏡(SEM)観察を行ったところ、表面にエピタキシャルナノワイヤ一般的に観測される平坦なフアセットは観測されず、乱れた表面が観測された。この結果は、Bi導入によって発生する歪によって結晶変形が発生すること示唆されている。特に特徴的なのは、最外殻にGaAs層を成長しなかったGaAs/GaAsBiナノワイヤでは、ワイヤから枝が生える形で結晶が形成される現象が観測されたことである。Fig. 1に単一のワイヤに対してエネルギー分散型X線分析(EDS)を行い得られたBi元素マップ像を示す。ワイヤ部位と、ワイヤと枝の各先端に強いBiの強度が観測された。これより、ワイヤがGaAsBiであることと、Biドロップレットが同試料には存在し、ワイヤの枝部分これを触媒として成長されたことが考えられた。成長シーケンスから考えられたワイヤの枝部分形成機構をFig. 2に示す。GaAsBi層成長後も試料表面には残留GaおよびBiが存在しており、これらのフラックス停止後も表面を拡散していると考えられる。Biはドロップレットを形成し、非常に大きな拡散長を有したGaおよび雰囲気中のAsと反応しながらGaAsBiナノワイヤの枝を形成すると考えられる。

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

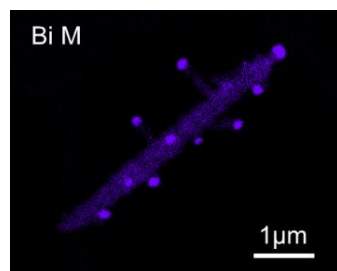


Fig. 1. EDS mapping

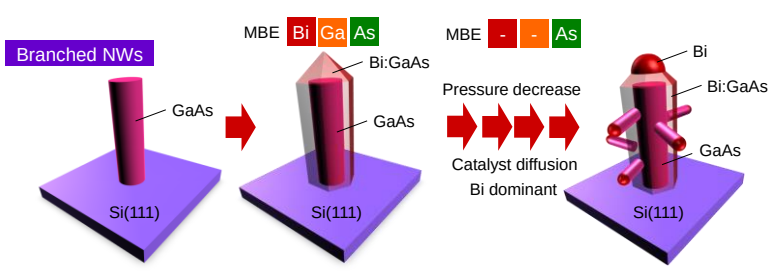


Fig. 2 Proposed growth mechanism