

GaAs/GaAsBiヘテロ構造ナノワイヤの成長時構造変形

Deformation of GaAs/GaAsBi heterostructured nanowires during growth

愛媛大工¹, 九大先端研⁴, ○石川史太郎¹, 高田 恭兵¹, 西岡 康平¹, 矢野 康介¹,
早川 岳志¹, 下村哲¹, 長島一樹², 柳田剛³

Ehime Univ.¹, Kyushu Univ.² ○Fumitaro Ishikawa¹, Kyohei Takada¹, Kohei Nishioka¹,
Kohsuke Yano¹, Takeshi Hayakawa¹, Kazuki Nagashima², Takeshi Yanagida²

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

【はじめに】III-V 族化合物半導体GaAsを用いたナノワイヤは，ワイヤそのものが単一のナノスケールレーザとして機能するなど，次世代電子デバイスへの展開が期待されている．ナノワイヤに限らず，GaAsを用いた赤外域半導体レーザーは，従来本質的な発熱の問題を抱えている．この原因となるオージェ非発行再結合はGaAsにビスマスを導入することで抑制することが期待されており，薄膜ではすでに多くの研究がなされている．これまで我々は，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なGaAsBiヘテロ構造ナノワイヤの成長時の構造変形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-マルチシェル構造を形成した[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．

成長した試料に対して走査型電子顕微鏡(SEM)観察を行ったところ，荒れた表面形状が観測された．これは，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を示している．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．エネルギー分散型X線分析(EDS)を行って評価を行ったところ，Biドロップレットが触媒となって枝部分が成長されたことが考えられた．それぞれの試料から考えられたGaAs/GaAsBiヘテロ構造ナノワイヤ成長機構をFig. 1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それら元素は表面を拡散して雰囲気中のAsと反応し，結晶化される．Biはドロップレットを形成し，触媒として働くことでGaAsBiナノワイヤの枝を形成すると考えられた．

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

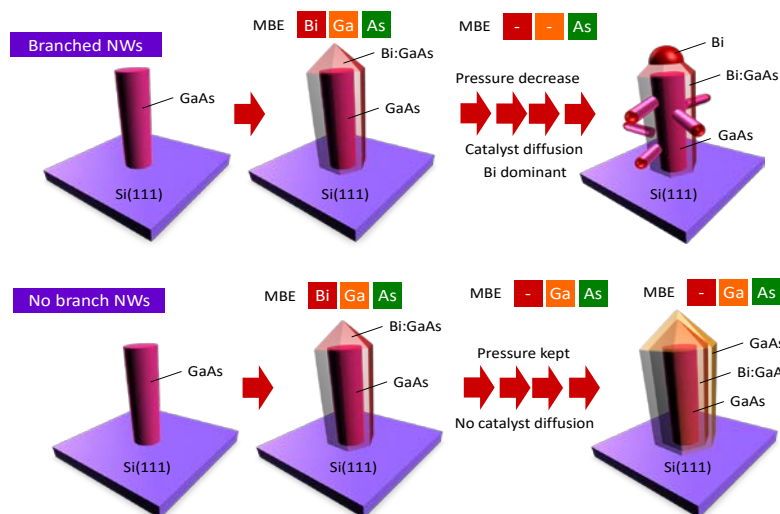


Fig. 1 Proposed growth mechanisms for the branched or non-branched nanowires.