

MOVPE 選択成長法によるポリシリコン薄膜上の GaAs ナノワイヤの作製と評価 (II)

Fabrication and Characterization of GaAs Nanowire on Poly-Si by Selective Area MOVPE (II)

北大院情報科学研究科および量子集積センター1, JST さきがけ 2

池尻 圭太郎¹, 石坂 文哉¹, 富岡 克広^{1,2}, ○福井 孝志¹

GS-IST, and RCIQE, Hokkaido Univ. 1, JST-PRESTO 2

Keitaro Ikejiri¹, Fumiya Ishizaka¹, Katsuhiro Tomioka^{1,2}, ○Takashi Fukui¹E-mail: fukui@rciqe.hokudai.ac.jp

はじめに 半導体ナノワイヤはナノメートルオーダーの径を有する、高アスペクト比の微細細線構造である。中でも、III-V 族化合物半導体ナノワイヤは発光ダイオードなどの光デバイスの高効率化を可能にする素材として期待されている。我々は、MOVPE 選択成長法により III-V 族化合物半導体ナノワイヤを作製している。この方法は、非晶質のマスクにより結晶成長面を微小領域に限定するため、GaAs/Si のような格子不整合系においてもナノワイヤの成長が可能である¹。この選択成長特有の利点を生かし、ポリシリコン薄膜上に半導体ナノワイヤを作製することで、より省資源かつ安価な高効率発光デバイスを実現できる。しかし、これまで多結晶上のナノワイヤ成長に関して、結晶成長の観点から詳細な議論はなされていない。そこで本研究では、ポリシリコン薄膜を堆積させた基板に対して GaAs ナノワイヤ成長を行い、その結晶構造および成長特性について分析を行ったので報告する。

実験方法 成長用基板は、表面に熱酸化法により約 300nm の SiO₂ 層を設けた Si(100)に対して、RF スパッタ法により厚さ約 50nm のポリシリコン層を成膜した。ポリシリコン層を堆積させる際の基板温度を室温から 600°C の範囲で変化させた。このポリシリコン層の表面を熱酸化法により厚さ 20nm の SiO₂ 層を成膜した後、EB リソグラフィ、ウェットケミカルエッチングにより最表面の SiO₂ に周期的な開口部を有するマスク基板を形成した。本実験では、直径 60nm~200nm の開口部を設けたパターンを作成した。GaAs 成長は成長原料として AsH₃ と TMG を用いた。成長条件として AsH₃ 分圧は 2.5×10^{-4} atm、TMG 分圧は 1.0×10^{-6} atm とした。成長温度は 650, 700, 760°C として、30 分間成長を行った。

実験結果 図 1 に成長後の基板の走査型電子顕微鏡像を示す。側面に {-110} 面を持つ六角柱構造の GaAs ナノワイヤ成長が確認できた(図 1(b))。開口部には、ワイヤ状構造の他に、ヒロック状の構造(図 1(c))と成長が起きていない開口部(図 1(d))が存在した。これらの成長構造の存在確率の、マスク開口直径依存性を確認したところ、ワイヤ状構造は、主に開口直径 120nm 以下で得られることが分かった。開口直径の小さいパターンでは、開口部内にポリシリコンの単一の

結晶粒のみ存在する確率が高いため、ワイヤ状の成長が起これいと考えられる。一方、大きな開口直径において主にヒロック状構造が得られた。開口直径が大きい場合は、単一の開口部に複数の結晶粒が存在する確率が高いため、不規則なヒロック状の成長が起これやすいためと考えられる。次に、ポリシリコン薄膜上に成長した GaAs ナノワイヤを断面 TEM により観察した(図 2)。GaAs ナノワイヤの結晶構造は、単結晶 Si¹ または GaAs² 基板上的選択成長によるものと同等の、回転双晶を高密度に含む閃亜鉛鉱構造であることが分かった(図 2(b))。また、ポリシリコン-GaAs ナノワイヤ界面付近では、単一のシリコン結晶粒から GaAs がヘテロエピタキシャル成長していることが確認できた(図 2(c))。

【参考文献】

- [1] K. Tomioka et al, Nanotechnology **20**, 145302 (2009).
- [2] K. Ikejiri et al, Nanotechnology **19**, 265604 (2008).
- [3] K. Ikejiri et al, Nanotechnology **24**, 115304 (2013).

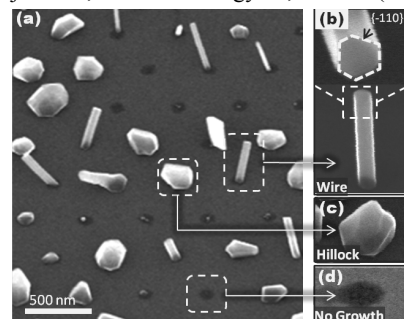


図 1 ポリシリコン薄膜上に選択成長した GaAs 成長構造の SEM 像

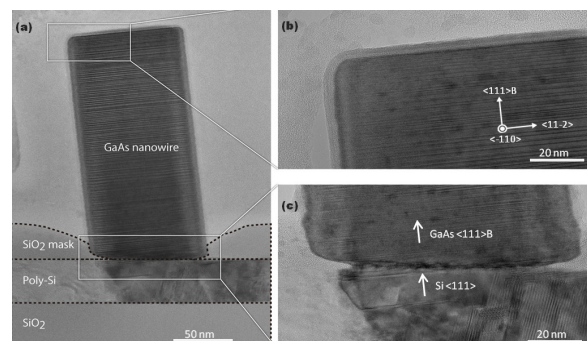


図 2 ポリシリコン薄膜上に成長した GaAs ナノワイヤの TEM 解析結果