

MOVPE 選択成長法によるナノワイヤ成長とデバイス応用

Selective-area growth of III-V nanowires and their device applications

北大院情報および量子集積センター ○富岡 克広、本久 順一

GS-IST and RCIQE, Hokkaido Univ., °Katsuhiko Tomioka, Junichi Motohisa

E-mail: tomioka@rciqe.hokudai.ac.jp

近年、ナノメートルスケールの直径を有した半導体ナノワイヤが、次世代エレクトロニクス[1]や Si フォトニクスの基本材料として注目されている。半導体ナノワイヤ材料の成長手法としては、触媒金属を利用した気相-液相-固相 (VLS) 機構[2]による成長がある。一方、我々はデバイス応用の観点から、MOVPE 選択成長法によって半導体ナノワイヤを作製している[3,4]。本手法は、アモルファス薄膜などをマスクとして開口部を形成し、エピタキシャル成長によって、ナノ構造を成長するトップダウンとボトムアップを融合した成長技術である。選択成長法の結晶成長機構は、ファセット成長機構に従うため、低指数面基板を用いることにより、特定のファセットに囲まれたナノ構造を任意の位置に成長することができ、GaAs の場合、(111)B 基板を用いることで、{-110}垂直ファセットと(111)B 面に囲まれた六角柱形状のナノワイヤが成長できる。

MOVPE 選択成長法の利点は、任意のサイズ・位置からなるナノワイヤ構造を成長できるだけでなく、ナノワイヤの長軸方向と動径方向の成長速度を成長温度や原料供給量で独立に制御することができ、GaAs/AlGaAs など多様な半導体ヘテロ構造をナノワイヤの長軸方向や側面に自在に成長できる点にある。我々は、特にナノワイヤの動径方向にヘテロ接合構造を成長したコア・シェルナノワイヤに注目し、これまでにナノワイヤ太陽電池[5]や発光素子[6]などの光デバイスのほか、変調ドープ構造からなるナノワイヤ縦型トランジスタなどの電子素子[7]を作製している。

さらに、開口部の微細化で結晶成長領域をナノメートルスケールで限定すると、格子不整合による格子緩和をよく背することができるため、Si 基板や Ge 基板上においても、基板表面の極性を制御することで、基板と垂直方向に林立した III-V 族半導体ナノワイヤを成長することができる[8]。これによって、Si プラットフォーム上で、III-V 族化合物半導体ナノワイヤをチャンネルとした高性能縦型 MOSFET を集積できるだけでなく、ナノワイヤ構造からなるナノ発光源や受光素子を集積することができる。さらにナノワイヤ選択成長では、III-V ナノワイヤと Si からなる特異な界面を形成することができ、MOSFET の理論限界[1]を回避した次世代トランジスタへ応用することができる。

参考文献

- [1] Katsuhiko Tomioka, *Nature*, **526** (2015) 51
- [2] R. S. Wagner and W. C. Ellis, *Appl. Phys. Lett.*, **4** (1964) 89
- [3] 本久順一、福井孝志、*応用物理* 第 75 巻、第 3 号 (2006) 296
- [4] 富岡克広、福井孝志、*応用物理* 第 81 巻、第 1 号 (2012) 59
- [5] E. Nakai *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **54** (2015) 015201
- [6] K. Tomioka *et al.*, *Nano Lett.*, **10** (2010) 1639
- [7] K. Tomioka *et al.*, *Nature*, **488** (2012) 189
- [8] K. Tomioka *et al.*, *Nano Lett.*, **15** (2015) 7253