

「III-V 族化合物半導体ナノワイヤ異種集積技術とデバイス応用」

富岡 克広

(北海道大学 大学院情報科学研究科および量子集積エレクトロニクス研究センター准教授)

近年、ナノエレクトロニクス・フォトンクスの基本構成要素としてナノメートル程度の径を有した半導体ナノワイヤが注目を集めている。本報告では、有機金属気相成長(MOVPE)法による選択成長を利用した垂直自立型 III-V 族化合物半導体ナノワイヤの成長およびそのデバイス応用に関して、我々の最近の成果について紹介する。まず、MOVPE 選択成長法による III-V ナノワイヤ選択成長機構と、Si 基板への III-V 族ナノワイヤ異種集積技術について述べたあと、Si 基板上の III-V 族化合物半導体ナノワイヤを利用した、発光ダイオード、縦型トランジスタについて報告し、Si/III-V ナノワイヤヘテロ接合界面を利用した新規デバイスについて紹介する。

近年、気相-液相-固相(Vapor-Liquid-Solid: VLS)成長機構を利用してボトムアップ的に形成される半導体一次元ナノ細線構造・半導体ナノワイヤが次世代エレクトロニクス・フォトンクスの構成要素として注目を集めている。VLS 機構によるウィスカー結晶成長は古くから知られていたが¹⁾、1990 年代に、比留間らによって VLS 機構による GaAs, InAs ナノウィスカー成長が報告され²⁾、2000 年代から、ナノテクノロジーとそのボトムアップ的手法が脚光を浴びるとともに、次世代デバイス応用として注目されるようになった。現在、Si, III-V 族または II-VI 族化合物半導体、酸化物など様々な材料系でナノワイヤ成長の報告例があり、その形態もヘテロ構造やナノチューブ構造など多岐にわたっている。応用では、トランジスタ応用、メモリ、論理回路といった電子デバイスや、発光ダイオード・レーザー、太陽電池などのナノスケールの光デバイスや、ナノワイヤの幾何的特徴を利用した光デバイス応用に関する研究が進められている。

我々の研究グループでは、従来より MOVPE 選択成長法を用いた半導体ナノ構造作製技術について研究してきた。MOVPE 選択成長法では、成長基板(111)面に対して、垂直なファセット面が現れるファセット成長機構を利用することで、{-110}垂直ファセットと(111)面に囲まれた六角柱構造、ナノワイヤ構造を作製することができる(図 1)。この手法を用いることで、これまでに縦型、およびコア・シェル型ヘテロ構造からなる様々な III-V 族化合物半導体ナノワイヤの形成技術を確立し、Si, Ge 基板上への III-V 族ナノワイヤ異種集積技術も確立している^{3,4)}。本発表では、MOVPE 選択成長法によるナノワイヤの形成機構に関する最近の理解について述べた後、Si 基板上への成長や、コア・シェル型ナノワイヤを用いた発光素子⁵⁾や、Si 基板上の高性能縦型トランジスタの技術進展^{6,7)}、Si/III-V 族ヘテロ接合界面を用いた次世代低消費スイッチ素子の開発について紹介する。

参考文献

- 1) R.S. Wagner and W. C. Ellis, Appl. Phys. Lett., **4** (1964) 89.
- 2) K. Hiruma *et al.*, Appl. Phys. Lett. **59** (1991) 431
- 3) K. Tomioka *et al.*, Nano Lett., **8** (2008) 3475.
- 4) K. Tomioka *et al.*, Nano Lett., **15** (2015) 7253.
- 5) K. Tomioka *et al.*, Nano Lett., **10** (2010) 1639.
- 6) K. Tomioka *et al.*, Nature **488** (2012) 189.
- 7) K. Tomioka, Nature **526** (2015) 51.

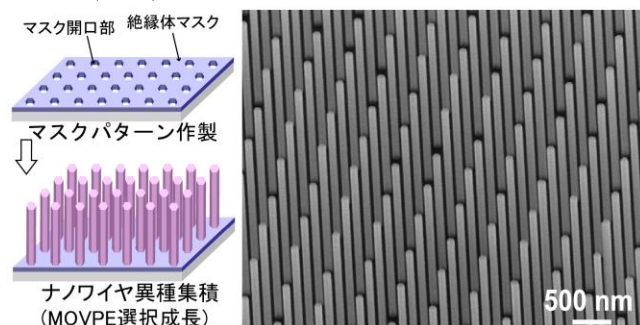


図 1. 半導体ナノワイヤ選択成長と Si 基板上の GaAs ナノワイヤアレイ