

VLS 法により成長した Si ナノワイヤの構造評価

Structural Characterization of Si Nanowires Grown by Vapor-Liquid-Solid Method

北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター¹

物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクニクス研究拠点²

○北澤 佑記¹, 小平 竜太郎¹, 堀口 竜麻¹, W. Jevasuwan², 深田 直樹², 原 真二郎¹

¹Research Center for Integrated Quantum Electronics, Hokkaido University

²International Center for Materials Nanoarchitectonics, National Institute for Materials Science

○Y. Kitazawa^{1*}, R. Kodaira¹, R. Horiguchi¹, W. Jevasuwan², N. Fukata², and S. Hara¹

*E-mail: kitazawa@rciqe.hokudai.ac.jp

【はじめに】 垂直自立型半導体ナノワイヤ (NW) は、チャンネルを 360 度ゲート電極で覆うサラウンドゲート構造により、短チャンネル効果の抑制や高 ON/OFF 比などの素子特性の向上が期待されることから、次世代デバイス応用に向けて、近年注目を集めている^[1]。Si NW の作製手法として広く利用されている気相-液相-固相 (VLS) 成長機構によるボトムアップ手法では、Si NW の位置・配向制御が重要な課題となっている。本研究では、縦型 NW トランジスタの実現に不可欠である、Si NW の形状制御と成長の選択性向上を目的として、成長条件依存性評価と構造評価を行ったので報告する。

【実験方法】 電子線リソグラフィとウェットエッチング、リフトオフプロセスにより、Si (111) 基板上に金粒子を周期的に配置した。その後、原料ガスである SiH₄ (100%) とキャリアガスの N₂ を用い、成長温度 600 °C、SiH₄ 分圧を 310、195、106、2 × 10⁻⁶ Pa で Si NW を VLS 成長させた。作製した NW の構造評価には、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いた。

【実験結果・考察】 Si NW を高い SiH₄ 分圧で成長した場合では、NW の成長レートが高く、ランダム配向の細長い NW が多く確認された。一方、分圧が低い条件では、NW は太く、選択的に成長する傾向にあり、また基板から垂直方向 (<111> 方位) に成長した NW が多く確認された。このうちいくつかの NW では、垂直方向に成長後の早い段階で屈曲する NW が確認された。以上の NW 構造に対し、基板からの NW 成長角度と NW 直径の分圧依存性を評価した (図 1)。分圧が低い程 NW 直径が増加し、成長角度のばらつきが少なくなる傾向が得られた。NW 直径の増加は、分圧が低くなることで金触媒中の過飽和に時間を要するため、金粒子が凝縮し比較的大きな直径になってから、NW 成長が開始されたことが原因だと考えられる。また NW 成長角度から推定した NW の結晶方位から、低い分圧では <111> 方位に成長しやすく、分圧が高くなるにつれ、<111> 方位と共に、<112> や <100> 方位に成長する傾向が得られた。次に、

垂直方向に成長した後の屈曲角度に関する測定結果を図 2 に示す。最も分圧の低い 2 × 10⁻⁶ Pa では、<111> 方位から等価な <111> 方位への屈曲が多く、一方それ以外の高分圧条件では、<111> 方位から <112> 方位へ屈曲する傾向にあった。NW 直径と結晶方位に関しては、Si (001) 基板上に成長した Si NW の報告^[2] と矛盾しない結果が得られた。しかし、直径に依存せず分圧によって成長方位にばらつきがあること、屈曲方位が変化することから、NW 成長の結晶方位においては、NW の直径のみならず SiH₄ 分圧も重要因子と考えられる。

【参考文献】

[1] N. Fukata, Adv. Mater. **21** (2009) 2829.

[2] Y. Wu *et al.*, Nano Lett. **4** (2004) 43.

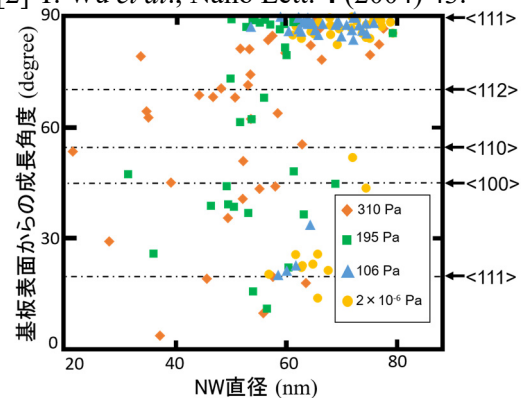


図 1 NW の成長角度と直径の散布図

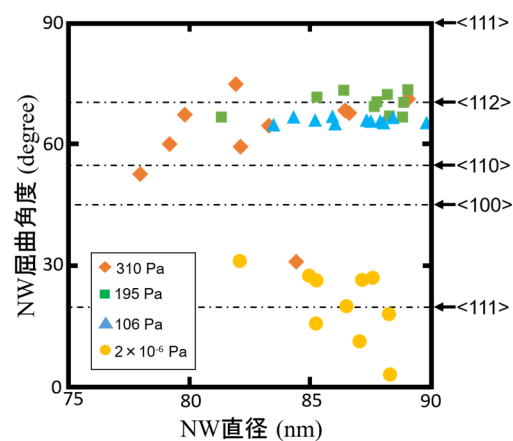


図 2 NW の屈曲角度と直径の散布図