熱分解法による InGaN/GaN ナノワイヤの作製

Fabrication of InGaN/GaN Nanowires by Thermal Decomposition

東大ナノ量子機構¹,東大生産研² ⁰有田 宗貴¹, 荒川 泰彦^{1,2}

NanoQuine, Univ. of Tokyo¹, IIS, Univ. of Tokyo², ^oMunetaka Arita¹, Yasuhiko Arakawa^{1,2}

E-mail: arita@iis.u-tokyo.ac.jp

はじめに: III 族窒化物半導体量子ドットは、室温以上で動作する単一光子発生器など量子情 報デバイスへの応用が期待されている。InGaN 量子ドットは特に多様な応用が見込まれる材料で あるが、高品質な単一 InGaN 量子ドットの作製はボトムアップ、トップダウンいずれの場合も課 題があった。一方、我々はアンモニア・水素混合雰囲気中での熱分解によって GaN をエッチング する技術を開発している[1,2]。ドライエッチングでは表面近傍へのダメージが避けられないが、 原理的にダメージのほぼない熱分解法ではナノ構造の光学特性維持・向上が期待できる。今回、 この手法を用いて InGaN/GaN ナノワイヤを作製し構造・光学評価を行ったので報告する。

実験:MOCVD によって InGaN/GaN 単一量子井戸を含む層構造を成長し、表面 AlGaN マスク 層に電子線リソグラフィ・ドライエッチングによってパターンを形成した。NH₃/H₂混合雰囲気中 1000℃でアニールすることにより露出部分の GaN をエッチングし、孤立ナノワイヤアレイを作製 した。電子顕微鏡(SEM)で構造評価を、低温顕微 PL で光学特性をそれぞれ評価した。

結果:図1に典型的な構造のSEM像を示す。AlGaNマスク(直径140 nm)がほぼそのまま残っていること、その下のGaN層において横方向にもエッチングが進んだ結果細い構造(直径約40 nm)が形成されていることがわかる。また、別途頂点側からの観察により、ナノワイヤ側壁はほぼ{11-20}面で構成されていることがわかった。同じ条件で穴状に加工すると内壁は{1-100}面・{1-101}面が支配的になるが、これは熱分解過程においても成長時と同様に安定化ファセットが成長/分解速度の面方位依存性および形状(凹面か凸面か)によって決定されていることを示唆するものであり、結晶形態学の観点から興味深い[3]。図2に別の単一構造からの低温PLスペクトルの一例を示す。構造に由来する鋭い輝線が確認できる。ただし、この構造の直径は70 nm程度と比較的大きい。InGaN量子井戸層内部にはas-grownの状態でもIn組成ゆらぎが生じていることがわかっており、これらが局在中心となっていることが予想される。



Fig. 1: SEM image of an InGaN/GaN nanowire formed by thermal decomposition.



Fig. 2: Low temperature micro-PL spectrum of an InGaN/GaN nanowire formed by thermal decomposition.

謝辞:本研究は科研費特別推進研究(15H05700)および NEDO プログラム により遂行された。

参考文献: [1] 有田 他、第 73 回応用物理学会学術講演会、14a-H10-1 (2012). [2] M. Arita *et al.*, Appl. Phys. Express 5, 126502 (2012). [3] V. Jindal and F. Shahedipour-Sandvik, J. Appl. Phys. **106**, 083115 (2009).