

III 族原料間欠導入による 1~2 分子層 InN 単一量子井戸の MOVPE 選択成長

Fabrication of 1- or 2-monolayer-thick InN single quantum wells

by intermittent supply of group-III source in selective-area MOVPE

日本電信電話(株) NTT 物性科学基礎研 [○]赤坂 哲也, A. Berry, C. H. Lin, 山本 秀樹NTT Corp. NTT Basic Research Labs., [○]T. Akasaka, A. Berry, C. H. Lin, and H. Yamamoto

E-mail: akasaka.tetsuya@lab.ntt.co.jp

【はじめに】InGaN 系量子井戸を用いて、青～緑～赤色と発光の長波長化を行うためには In 組成を順次高くする必要があるが、In 組成が高くなるにつれ、ミスフィット転位の発生、組成不均一、および、量子閉じ込めシュタルク効果による発光効率の低下が顕著となる。このような問題を解決するために、数分子層(ML)以下の薄い InN 量子井戸を用いることが提案された[1]。InN 量子井戸の厚さを変えて量子準位を制御することにより、近紫外～近赤外領域にわたって高効率の発光が得られることが理論的には期待されるが、その実現には、急峻なヘテロ界面を持つ量子井戸を作製することが要求される。我々は、界面に全く段差の存在しない *step-free* InN 単一量子井戸(SQW) (厚さ 1 ML) を作製し、紫色の非常に狭い PL 発光を実現した[2]。この InN SQW を 2ML、3ML と厚くすることにより、それぞれ高効率の緑色、赤色発光が得られると期待される。ところが、InN は脱離しやすいため、MOVPE 選択成長の従来の成長温度(~620°C)では 2-3ML の InN SQW の作製は難しかった。本発表では、成長温度を下げて InN の脱離を抑えつつ、表面拡散を促進させるために III 族原料を間欠導入して InN SQW を作製した結果について報告する。

【実験】MOVPE 選択成長により、GaN (0001)バルク基板上に大きさが 16 μm の六角形状の GaN *step-free* 面を約 950°C で形成した。引き続き、約 530°C で InN の成長を行った。この時、NH₃ は連続的に供給し、In 原料であるトリメチルインジウム(TMI)は間欠導入 (1s 導入、2s 停止の繰り返し) した。さらに、GaN cap 層を成長して InN SQW を作製した。InN SQW の構造は高分解能走査透過型電子顕微鏡(STEM)で評価した。

【結果と考察】10 cycle の TMI 間欠導入により形成した InN 表面の AFM 像を Fig. 1 に示す。部分的にコアレスセンスした InN の巨大な原子テラスが観測される。InN は部分的に 2ML である。一方、連続的に TMI を供給した場合は、密度が 10⁸ cm⁻² 程度の InN ドット形成を伴う 3 次元成長となった。間欠導入を行うことにより原料の表面拡散が促進され、2 次元核成長モードになったと考えられる。引き続き GaN cap 層を形成して作製した InN SQW 近傍の断面を high-angle annular dark field (HAADF)法により STEM 観察した (Fig. 2)。水平方向に積分した散乱強度を見ると、真中の 2 層だけ強度が強く、散乱強度の強い InN が 2ML 形成されていることが分かった。また、InN SQW の別の場所を観察したところ 1ML の部分も存在し、1-2ML の InN SQW が空間分布を持って形成されていることがわかった。成長条件の更なる最適化による、均一な 2ML の *step-free* InN SQW 形成の可能性が示唆される。

本研究は科研費(22360013)の補助を受けた。

[1] A. Yoshikawa et al. *Appl. Phys. Lett.* **90** (2007) 073101.

[2] T. Akasaka et al. *Adv. Mater.* **24** (2012) 4296.

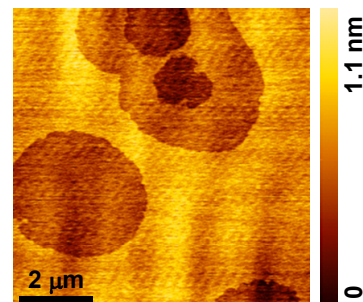


Fig. 1: AFM image of 1~2-ML-thick InN two-dimensional nuclei formed by intermittent TMI supply.



Fig. 2: Lattice image and the integrated intensity of detected electrons near the InN layer obtained by STEM.