

バイオテンプレート極限加工による
高密度 InGaN/GaN 量子ナノ構造の作製

High-Density InGaN/GaN Quantum Nano-Structure Fabrication Process by the
Combination of Bio-template and Neutral Beam Etching

¹ 東北大流体研, ² 東北大学 WPI-AIMR, ³ 東京大学生産研, ⁴ 奈良先端大 ⁵ JST-CREST

° 李昌勇^{1,5}, 肥後昭男², 太田実雄³, 山下一郎^{4,5}, 藤岡洋^{3,5}, 寒川誠二^{1,2,5}

¹ IFS, Tohoku Univ., ² WPI-AIMR, Tohoku Univ., ³ IIS, Univ. of Tokyo, ⁴ NAIST, ⁵ JST-CREST

° C.Y. Lee^{1,5}, A. Higo², J. Ohta³, I. Yamashita^{4,5}, H. Fujioka^{3,5}, and S. Samukawa^{1,2,5}

E-mail: samukawa@ifs.tohoku.ac.jp

[序論]

III 族窒化物半導体を用いた量子井戸や量子ドット構造は、発光ダイオード (LED) やレーザダイオード (LD) などの量子効果デバイスとして大きな注目を浴びている。その中で InGaN の量子ドット構造の作製は主に InGaN と GaN 間の格子不整合の特徴を利用し、分子線エピタキシー (MBE) 法を用いたボトムアッププロセスが広く用いられている。しかしながら、ボトムアップ法を用いてはサイズの均一な量子ドット積層構造を作製することは極めて困難である。そこで我々は金属を内包したタンパク質の自己組織化を用いたバイオテンプレート技術[1]と、超低損傷トップダウンプロセスである中性粒子ビームエッチング (NBE) [2]を組み合わせたバイオテンプレート極限加工を用いることで、III-V 族化合物半導体である GaAs/AlGaAs の多重量子井戸構造を用いて GaAs ナノディスクを含んだ GaAs/AlGaAs ナノカラムを作製し[3], 埋め込み再成長および GaAs 量子ナノディスクからの発光を観測することに成功している[4,5]。

本研究では、III 族窒化物半導体を用いた量子効果デバイスを目指し高密度のナノピラーの内部に InGaN 量子ナノディスクをもつ量子ナノ構造の作製を行った。

[実験]

パルススパッタ堆積法(PSD)を用いて、InGaN/GaN の多重量子井戸構造を作製した。サンプルの表面の有機洗浄後、弗酸で自然酸化膜を除去した。スピコートを用いてフェリチンの 2 次元配列を行った後、真空酸素アニールでフェリチンのタンパク質除去を行った。次に、水素ラジカル処理により表面の鉄コアマスク部以外の残留酸化膜の除去を行い、最後に NBE を行うことで InGaN 量子ナノディスクを作製した。

[結果・考察]

図に 10 分間エッチングを行った後の 70° チルトさせた表面を観察した走査型電子顕微鏡 (SEM) 画像を示す。図に示すように、高さが約 95 nm、直径は約 17 nm のピラー構造が確認できた。さらに、 $1.0 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 以上のピラー密度が得られ、ピラーの内部に高密度で非常に細い直径を持つ InGaN 量子ナノディスクの作製に成功した。

[1] I. Yamashita, Thin Solid Films, 393, 12, (2001)

[2] S. Samukawa, Jpn. J. Appl. Phys., 45, 2395, (2006)

[3] 田村 洋典 他, 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会, 18a-D6-8

[4] 肥後 昭男 他, 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会, 18a-D6-9

[5] 木場 隆之 他, 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会, 18p-D6-1

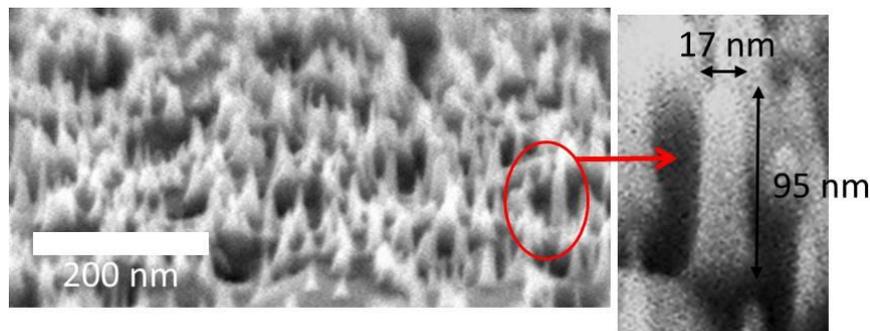


図. InGaN 量子ナノディスクを含んだ InGaN/GaN 量子ナノピラーの SEM 観察画像