## 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法による高密度 InGaN/GaN ナノ構造の作製

High density InGaN / GaN nanostructure fabricated by hydrogen environment anisotropic thermal etching (HEATE)

上智大・理エ<sup>1</sup>, 上智大ナノテクセンター<sup>2</sup>

 ○(M1) 大江優輝<sup>1</sup>, 生江祐介<sup>1</sup>, 松岡明裕<sup>1</sup>, 川崎祐生<sup>1</sup>, 伊藤大智<sup>1</sup>, 森谷祐太<sup>1</sup>,菊池昭彦<sup>1,2</sup> Sophia Univ.<sup>1</sup>, Sophia Nanotechnology Research Center,<sup>2</sup>
○Yuki Ooe<sup>1</sup>, Yusuke Namae<sup>1</sup>, Akihiro Matsuoka<sup>1</sup>, Yusei Kawasaki<sup>1</sup>, Daichi Ito<sup>1</sup>, Yuuta Moriya<sup>1</sup>, Akihiko Kikuchi<sup>1,2</sup> E-mail: kikuchi@sophia.ac.jp

はじめに:位置と形状が制御された窒化物半導体ナノ 構造は、光取り出し効率の向上や歪緩和効果、貫通転 位隔離効果による光電子デバイスの高機能化・高性能 化技術として期待される。我々は低圧水素雰囲気中で のGaNの熱分解反応に着目し、低損傷の極微細加工が可 能な水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法[1]の研 究を行っている。従来のHEATE法では厚さ50~100nmの SiO<sub>2</sub>を選択エッチングマスクに用いており、極微細ピラ ーの高精度な寸法制御や超高密度化を制限する要因で あった。前回、厚さ1~15nmの極薄膜SiO<sub>2</sub>によるGaNの 分解抑制効果[2]について報告した。本研究では、極薄 膜SiO<sub>2</sub>を用いたHEATE法による極微細GaN系ナノ構造 の高精度・高密度化について検討を行った。

実験: サファイア基板上にMOCVD法で成長した p-GaN/u-GaNエピウェハ表面に、原子層堆積法で厚さ 10nmのSiO2膜を成膜し、電子線描画とリフトオフ法に よりTiマスク形成後、CF4ガスを用いたドライエッチン グによりSiO<sub>2</sub>ナノマスクを形成した。この試料を石英管 状炉内で100Paの水素:アンモニア=50:1の混合ガス雰囲 気、温度875℃の条件で30分間加熱 (HEATE)してナノ ピラーを作製し、FE-SEMで観察および形状評価を行っ た。次にp-GaN/GaN(50nm)とn-GaN(70nm)/n-AlGaN (3µm)に挟まれたInGaN(2.4nm)/GaN(11nm) 量子井戸 (SQW)LEDを成長したエピウェハ上に同様の方法で SiO<sub>2</sub>ナノパターンを形成後、100Paの水素:アンモニア =20:1の混合ガス雰囲気、温度875℃の条件で30分間加 熱し、InGaN単一量子ディスクを内在するナノピラーア レイを作製し、He-Cdレーザー(325nm)によるフォトル ミネッセンス(PL)測定を行った。

結果: Fig.1にp-GaN/u-GaN結晶を用いて作製したナノ ピラーアレイの上面および鳥瞰SEM像を示す。上部部 直径約40nm、ピラー高さ約130nm、周期80nmの微細高 密度ナノピラーアレイが広範囲において均一に作製 された。極薄膜SiO2マスクの採用により、形状精度の 向上と高密度化が可能となり、充填率22.7%、密度 1.8×10<sup>10</sup>cm<sup>-2</sup>の極微細ナノ構造の高密度化に成功した。 この結果を基にLED基板上に作製した上部部直径約 40nm、ピラー高さ約70nm、周期80nmのナノピラーア レイ(構造図:Fig.2)のPLスペクトルをFig.3に示す。 発光強度は未加工の平坦部に対して約3倍であり、表面 非発光が支配的になる極微細領域においても良好な発 光特性が得られた。

まとめ:極薄膜SiO2マスクの採用により、HEATE法に よる位置と形状が制御された高密度GaN系ナノ構造の 作製が可能となった。この技術で作製した周期80nm、 密度1.8×10<sup>10</sup>cm<sup>-2</sup>、上部直径40nmのInGaN/GaN単一ナノ ピラーアレイにおいて明瞭な室温PL発光が得られた。

謝辞: 日頃ご支援いただく上智大学岸野克巳教授に感謝します。本研究の一部は、JSPS科研費JP16K14260 およびJP17H02747の援助を受けて行われた。

**参考文献:**[1] R. Kita, A. Kikuchi et al., Jpn. J. Appl. Phys. 54, 046501 (2015). [2] 大江、菊池 他、第65回応用物理 学会春季学術講演会 17a-E202-6 (2018).





Fig.1 Top and Bird's-eye view SEM image of p-GaN/GaN nano-pillar arrays fabricated by HEATE.



Fig.2 Schematic image of InGaN/GaN nanopillares



Fig.3 PL Intensity of InGaN/GaN nanopiller (pitch80nm) and planer LED