オゾン水酸化を用いたデジタルウェットエッチングによる InGaN/GaN ナノ構造のサイズ制御

Size control of InGaN/GaN nanostructures by digital wet etching using ozone water oxidation

上智大・理エ¹, 上智大ナノテクセンター²

^o小川 航平¹, 石嶋 駿¹, 生江 祐介¹, 松岡 明裕¹, 大江 優輝¹, 川崎 祐生¹, 菊池 昭彦^{1,2} Sophia Univ.¹, Sophia Nanotechnology Research Center² [°]Kohei Ogawa¹, Shun Ishijima¹, Yusuke Namae¹, Akihiro Matsuoka¹, Yuki Ooe¹, Yusei Kawasaki¹, Akihiko Kikuchi^{1,2} E-mail: kikuchi@sophia.ac.jp

はじめに:III族窒化物半導体における原子層レ ベルの超精密エッチング加工は、単一光子発生 素子等の極限微細量子構造作製への応用が期 待される魅力的な技術であるが、報告例はほと んどない。我々は、飽和オゾン水(SOW)処理 による表面酸化膜形成とバッファード弗酸に よる酸化膜エッチング(BOE)を組み合わせ、 窒化物半導体に適用可能なデジタルウェット エッチング法を提案した[1]。本報告では、この 精密ウェットエッチング技術を用いて、HEATE 法[2,3]で作製した単一ナノピラーとナノピラ ーアレイのサイズ制御を行ったので報告する。

実験: PSS 基板上に MOCVD 法で p-GaN(20 nm)/GaN(5 nm)とn-GaN(100 nm)/n-AlGaN(2 µm)に 挟まれた6周期のInGaN(3 nm)/GaN(10 nm)多重 量子井戸(MQW)青色LEDを成長したエピウェ ハ上に、原子層堆積法で厚さ15 nmのSiO₂ナノ マスクを形成した。この試料を石英管炉内で水 素圧力100 Pa、温度900 ℃で25 min間加熱して (20_21)面に覆われたInGaN/GaNナノピラー(ト ップ幅:489~31 nm)を作製した。これらのナノピ ラー構造に対し、SOW処理(10分)、純水リンス (1分)、BOE(10分)、純水リンス(1分)のプロセス から成るデジタルウェットエッチングを15サ イクル行った。

結果: Fig.1(a)と(b)にトップ幅353 nm、(c)と(d) にトップ幅79 nmの単一ナノピラー構造におけ る、精密ウェットエッチング前後のトップSEM 像をそれぞれ示す。15サイクルのエッチングで トップ幅はそれぞれ341nm、65nmに減少し、エ ッチングレートは0.4~0.45 nm/cycleと算出され た。このエッチングレートは以前報告した値 [1]と同じであり、再現性が確認された。また、 エッチング前後で形状に大きな変化は見られ なかったが、ピラー側面にMQW構造を反映し たような筋状のコントラストが現れた。Fig.2に 120 nmピッチ間隔で三角格子状に配列された トップ幅37 nmのナノピラーアレイ構造のエッ チング前後におけるトップSEM像を示す。狭い 間隔で配列されたナノ構造においても、ナノ構 造形状を維持したままサイズの減少を確認で きた。

まとめ:InGaN/GaN単一ナノピラーおよびナノ ピラーアレイ構造に対して飽和オゾン水酸化 とBOEによるデジタルウェットエッチングを 適用し、0.4~0.45 nm/cycleのエッチングレート でサイズ制御が可能であることを実証した。 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] 小川 他、第64回応用物理学会春季学術講演会 (2017) 16p-503-1

[2] R. Kita, R. Hachiya, T. Mizutani, H. Furuhashi, and A.Kikuchi, Jpn. J. Appl. Phys. 54, 046501 (2015).
[3] K. Ogawa et al. Phys. Status Solidi A 214, No. 3, 1600613 (2017).



Fig.1 The top view SEM images of single nanopillar (a, b) before/after ozone etching (top width: 353 nm) (c, d) before/after ozone etching (top width: 79 nm).



Fig.2 The top view SEM images of nanopillar array (pitch: 120 nm top width: 37 nm) at same place ((a) before ozone etching (b) after ozone etching).