

飽和オゾン水処理と酸化膜エッチングによる InGaN/GaN 系ナノ構造の精密エッチング

Precise etching technique for InGaN/GaN nanostructure LEDs by combination of saturated ozone water oxidation and buffered oxide etching

上智大・理工¹, 上智大ナノテクセンター²

○小川 航平¹, 石嶋 駿¹, 生江 祐介¹, 松岡 明裕¹, 水谷 友哉¹, 菊池 昭彦^{1,2}

Sophia Univ.¹, Sophia Nanotechnology Research Center,²

°Kohei Ogawa¹, Shun Ishijima¹, Yusuke Namae¹,

Akihiro Matsuoka¹, Tomoya Mizutani¹, Akihiko Kikuchi^{1,2}

E-mail: kikuchi@sophia.ac.jp

はじめに：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、量子効果などによる光電子デバイスの高機能化、高性能化をもたらす技術として期待されている。しかし、ナノ構造では、微細化に伴って体積／表面積比が増加し、表面非発光再結合による発光特性の低下が重大な問題となる。これまでに表面非発光再結合を抑制する技術として硫化アンモニウム((NH₄)₂S)処理[1]、Al₂O₃やSiO₂といった酸化膜保護層[2]などのパシベーション技術が提案されている。我々は、水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法で作製したInGaN/GaNナノ構造において、飽和オゾン水(SOW)による表面酸化膜(Ga₂O₃)の形成がパシベーション効果を有することを見出した[3]。SOW処理で形成されたGa₂O₃膜はバッファード弗酸による酸化膜エッチング(BOE)で容易に除去可能であり、Fig.1に示すように、ナノ構造の発光特性はパシベーション前の状態に戻ることが確認された。本研究では、このSOW処理とBOEを組み合わせた窒化物半導体ナノ構造の精密エッチングの可能性について検討を行った。

実験：PSSサファイア基板上にMOCVD法でp-GaNとn-GaN/n-AlGaInに挟まれた6周期のInGaN/GaN多重量子井戸(MQW)青色LEDを成長したエピウェハ上に、PECVD法で厚さ150 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5000 Pa、温度900 °Cで26 min間加熱してa軸に沿ったInGaN/GaNナノウォール構造を作製した。この試料に対し、SOW処理(15分)、純水リンス(1分)、BOE(10分)、純水リンス(1分)のプロセスを25サイクル行った。

結果：Fig.2(a)と(b)にSOW処理前および処理後のInGaN/GaNナノウォールの鳥瞰SEM像を示す。処理前のウォール幅は約53nmであり、25サイクルの処理後には約23nmとなった。また、ナノウォール端の明瞭な稜線は消失し、底面の微細なGa₂O₃ピラミッド構造も網目状に変化した。これは飽和オゾン水(SOW)処理によってナノ構造表面にGaダングリングボンドに酸素が結合してGa₂O₃あるいはGaO_x形成し、BHFによってこの酸化膜がエッチング除去されたためであると考えられる。SOW処理で形成される酸化膜の厚さが飽和する場合には、精密なデジタルエ

ッチングの可能性も期待される。

まとめ：飽和オゾン水とBHFによるInGaN/GaNナノ構造へのエッチングについて検討し、25サイクルの処理で明瞭な形状変化を確認した。

謝辞：日頃ご支援いただく上智大学岸野克巳並びに下村和彦教授に感謝します。本研究の一部は科研費助成事業 挑戦的萌芽研究16K14260の援助を受けて行われた。

参考文献：

[1] Huh et al. Appl. Phys. Lett., Vol. 78, No. 12, 19 March 2001.

[2] M. Miyoshi et.al, Electronics. letters, Vol. 52, No. 14, July 2016.

[3] K. Ogawa et.al, SSDM2016, PS-7-03, Tokyo, September, 2016.

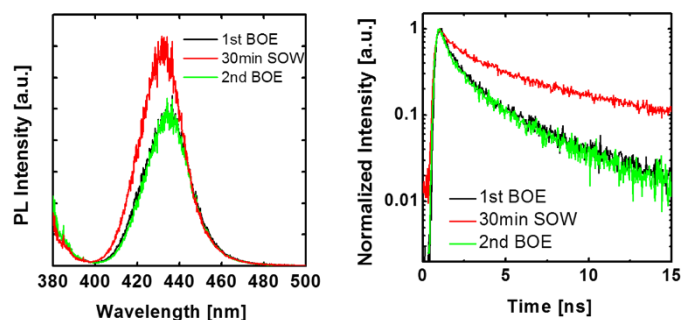


Fig.1 TR-PL spectrum and RT-PL decay curves of MQW nanostructure after BOE and SOW treatment.

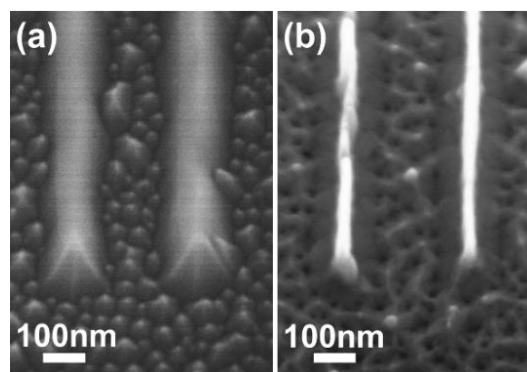


Fig.2 The bird's view SEM images of a-axis nanowall array (a) before ozone etching (b) after ozone etching.