

水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法の アンモニアガス添加による InGaN/GaN ナノ構造の作製

Fabrication of InGaN / GaN nanostructures by hydrogen atmosphere anisotropic thermal etching (HEATE) method with addition of ammonia gas.

上智大・理工¹, 上智大ナノテクセンター²

°松岡 明裕¹, 石嶋 駿¹, 小川 航平¹, 生江 祐介¹, 大江 優輝¹, 川崎 祐生¹, 菊池 昭彦^{1,2}

Sophia Univ.¹, Sophia Nanotechnology Research Center,²

°Akihiro Matsuoka¹, Shun Ishijima¹, Kohei Ogawa¹,

Yusuke Namae¹, Yuki Ooe¹, Yusei Kawasaki¹, Akihiko Kikuchi^{1,2}

E-mail: kikuchi@sophia.ac.jp

はじめに: 窒化物半導体の低損傷加工技術は、デバイスの高機能化や高性能化をもたらすナノ構造作製への応用が期待される。我々は、これまでに GaN の熱分解反応を利用した水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法を提案し、GaN ナノ構造の形成[1]や InGaN/GaN ナノ LED の作製[2]について報告してきた。本稿では、HEATE 法による InGaN/GaN 系デバイス構造のエッチング形状に対するアンモニアガスの導入効果を報告する。

実験: (0001)面 Al₂O₃ 基板上に MOCVD 法で成長した n-GaN/GaN 構造および p-GaN/GaN/InGaN/GaN/n-GaN 多重量子井戸(MQW)LED 構造エピウェハの表面に、原子層堆積法で厚さ 15nm の SiO₂ 膜を成膜し、電子ビームリソグラフィと CF₄/O₂ 混合ガスによるドライエッチングで直径 100nm 程度の円形 SiO₂ ナノマスクアレイを形成した。この試料を水素ガスおよび水素:アンモニア (=10:1) 混合ガスの 2 通りの雰囲気において、温度 900℃、25 分間加熱し、ナノ構造を作製した。

結果: Fig. 1(a)に水素雰囲気エッチングした LED 構造、(b)と(c)にアンモニア混合雰囲気エッチングした n-GaN および LED 構造の鳥瞰電子顕微鏡像を示す。(a)および(b)では、これまでの報告と同様に{20_21}面で囲まれた六角錐台構造が確認されたが、(c)では p-GaN および MQW 領域が垂直に近い側面を有し、n-GaN 部分は六角錐形状となった。Fig. 2 は、c 面方向のエッチング速度であり、p-GaN、MQW 部、n-GaN において顕著な違いは見られなかった。エッチング速度は圧力とともに増加し、アンモニアガスの添加により約 1/3 に低下した。一方、側面方向のエッチング速度は、アンモニア水素混合雰囲気では n-GaN に比べて p-GaN と MQW 領域が著しく低下することが分かった。これらの結果は、p-GaN および MQW 領域では、アンモニアを導入するとエッチング初期に安定な m 面が形成されやすくなったためと考えられる。

まとめ: HEATE 法による InGaN/GaN 系 LED 構造のナノ加工において、アンモニアガスの添加効果を評価し、p-GaN および MQW 領域において垂直性の高い側面を有するナノ構造が形成されることを見出した。

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] R. Kita, R. Hachiya, T. Mizutani, H. Furuhashi, and A. Kikuchi, Jpn. J. Appl. Phys. 54, 046501 (2015).

[2] K. Ogawa, R. Hachiya, T. Mizutani, S. Ishijima, A. Kikuchi, Phys. Stat. Sol. A, 214, 1600613 (2017).

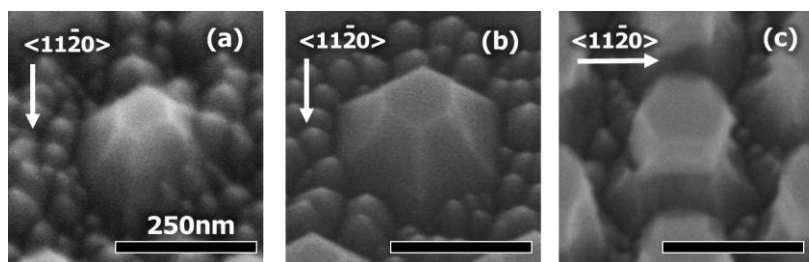


Fig.1 Top Bird's eye view SEM image of nanopillar array

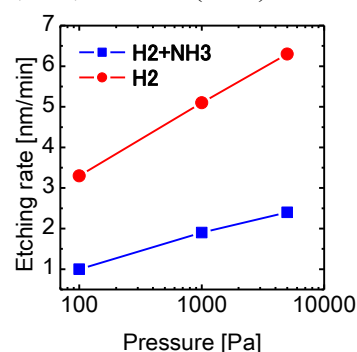


Fig.2 Etching Rate