水素雰囲気異方性熱エッチング法による GaN ナノポーラス結晶の作製

Fabrication of GaN nano-porous crystals by anisotropic thermal etching

上智大理工¹, 上智大フォトニクス研究センター², 上智大学半導体研究所³

^O倉邊 海史¹, 山﨑 裕貴¹, 木下 堅太郎¹, 米田 幸司¹, 菊池 昭彦,^{1,2,3}

Sophia Univ.¹, Sophia Photonics Research Center.², Sophia Semiconductor Research Institute.³ oUmito Kurabe¹, Yuki Yamazaki¹, Kentaro Kinoshita¹, Koji Yoneta¹, Akihiko Kikuchi^{1,2,3}

E-mail: kikuchi@sophia.ac.jp

はじめに: GaN ポーラス結晶は、広い表面積や化学的安定性、水の酸化還元電位との整合性、機 械的柔軟性など多様な特徴を有し、ガスセンサーやスーパーキャパシタ電極、水の光分解、低歪 エピ成長用下地層など広範な応用が期待される材料であり、これまでに GaN 結晶の電気化学エッ チングやナノマスクドライエッチング、真空中での熱分解などの作製法が報告されてきた。我々 は、GaNの水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法の研究を行っており、ナノ構造作製[1]やNH3 添加[2]による垂直加工性向上などを報告してきた。本稿では、NH3 添加 HETAE 法で垂直で高密 度な微細空隙を有する GaN ナノポーラスの形成条件を見出し、高い発光特性を有する InGaN/GaN ナノポーラスメンブレンを作製したので報告する。

実験: Al₂O₃ 基板上に成長した AlInN 層付 InGaN-6QW-LED ウェハ(Fig.1)の表面に原子層堆積 法で厚さ 15nm の SiO2 膜を成膜し、SiO2 膜の一部をエッチングで除去して GaN を露出させた。こ の試料を全圧 1000PaのH₂:NH₃=100:9.5 混合雰囲気中で 60 分間 875℃で加熱して HEATE を行った。 次に、試料を 5mol の熱硝酸中に 3 時間浸して AlInN 層の選択エッチングを行った。

結果と考察: Fig.2(a)に HETAE 後の SEM 像を示す。SiO2の無い領域は幅数十 nm の微細で高密 度な空隙を有する網目状の GaN のナノポーラスが全面に均一に形成された。HEATE 法でエッチ ングされない AlInN 層より上部がナノポーラス化したと考えられる。Fig.2(b)は熱硝酸エッチング 後のナノポーラス破断部の鳥瞰 SEM 像であり、厚さ約 150nm のメンブレン構造であることが確 認された。Fig.3 に、①未加工ウェハ、②HEATE 後、③メンブレン部、④硝酸エッチングまで行 った後の SiO2 下未加工部の4種類の室温 PL スペクトルを示す。①と④はほぼ同じスペクトルで あり熱処理による影響は見られず、②と③はポーラス化で歪緩和により短波長化した。②のわず かな強度低下は発光部体積の減少が主要因と推察され、③のメンブレンは発光強度が20倍以上増 加し(光取出効率の増大と推察)、優れた発光特性を有することが示された。また、ポーラス化に よる屈折率低下を利用した面内屈折率制御による集積光回路素子への応用も期待される。

謝辞: 本研究はJST CREST JPMJCR18T4、JSPS科研費JP17H02747、JP19K22147の援助を受けた。 参考文献: [1] R. Kita et al. Jpn. J. Appl. Phys. 54 (2015) 046501. [2]川崎 他 APSW2019, GR-7 (2019).



processing.

Fig. 1. Cross-sectional structure Fig.2 (a)Top-view SEM image of GaN surface of epitaxial wafer used for after NH3 added HEATE, and (b) bird's-eye view SEM image of the fractured part of the nano-porous structure.

Fig. 3. RT-PL spectra of InGaN/GaN-MQW sample with different structures.