水素雰囲気熱処理InGaN/GaN多重量子井戸層の発光特性評価及び 水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法によるナノ構造の作製

Optical properties in InGaN / GaN MQW heated in hydrogen environment and Fabrication of nano-structures by hydrogen environment anisotropic thermal etching (HEATE)

[○]石嶋 駿¹, 蜂屋 諒¹, ¹水谷 友哉, 小川 航平¹, 菊池 昭彦^{1,2}(1.上智大、2.上智大ナノテク研究センター) S. Ishijima, R. Hachiya, T. Misutani, K. Ogawa , and A. Kikuchi-(1. Sophia Univ., 2. Sophia Nanotechnology Research Center) E-mail: kikuchi@sophia.ac.jp

はじめに: 我々は、水素雰囲気中での窒化物半導体の熱分解反応を利用した新しいナノ加工技術で ある水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法[1,2]について研究を行い、これまでに HEATE 法で作 製した InGaN/GaN ナノ構造における単位体積発光強度の著しい増加現象を確認した[3]。これはナノ 構造による光取出し効率の増加、歪緩和効果、貫通転位局在化などの効果に加え、HEATE 法がエッ チング損傷の少ない加工技術であることに起因すると考えられる。本研究では、InGaN 層の熱処理に よる発光特性の劣化現象および HEATE 加工の低温化の可能性について検討を行ったので報告する。

実験: InGaN 層の発光特性における水素雰囲気熱処理の影響を調べるために、(0001)面 Al₂O₃ 基板上 に MOCVD 法で GaN(10nm)/In0.18Ga0.82N(3nm) /GaN 多重量子井戸を成長したエピウェハ表面に厚 さ 200nm の SiO2 を CVD 法で堆積した。この試料を HEATE 加工と同条件で熱処理し、さらに窒素 雰囲気下 700℃で加熱し、それぞれの処理前後のフォトルミネッセンス(PL)測定を行った。

結果: Fig.1 に温度 900℃、水素圧力 10Pa、水素流量 12.5SCCM、10min、Fig.2 に温度 800℃、水素圧 力 10000Pa、水素流量 100SCCM、15min 熱処理した試料の室温 PL スペクトルを示す。どちらの試料 も熱処理前後で GaN の発光特性は変化しなかったが、InGaN 層の積分発光強度は 900℃で約 50%、 850℃では約23%低下した。ピーク波長は HEATE 処理直後に 7~4nm 程度短波長化し、窒素雰囲気熱 処理で 4~2nm 長波長化した。これらの結果から、HETAE 法でより発光特性の優れた InGaN ナノ構 造を作製するためには850℃程度の低温プロセスの確立が重要であると考えられる。従来よりも低温 条件である 850℃、水素圧力 100Pa、40min の条件で GaN ナノ構造の作製を試みた。図 3 に作製した ナノ構造の鳥瞰 SEM 像を示す。(a)は a 軸方向ストライプ構造、(b)は六角形メッシュ構造、(c)は m 軸 方向ストライプ構造であり、GaN エッチング面は高温加工に比べて凹凸構造が細かく均一であった。 (0001)面のエッチングレートは 3.0nm/min、高さ 123nm、m面に沿ったエッチング面の傾斜角度が約 71 度のナノ構造の形成を確認した。

まとめ:ナノ未加工 InGaN/GaN 層水素雰囲気で熱処理し、窒素アニールすることで発光強度劣化を 高温時よりも抑えられることを確認した。また、850℃の低温でも GaN をナノ加工できることを確認 した。今後は InGaN/GaN 層を含むナノ構造を低温で作製し、発光特性を行なう予定である。

謝辞:日頃ご支援いただく上智大学岸野克巳教授、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 基盤研究(B)# 24310106 私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の援助を受けて行われた。

参考文献: [1]A. Kikuchi et al., IWN2014, TuGP69, Poland, August, 2014. [2]R. Kita et al., Jpn. J. Appl., 54, 046501 (2015). [3] T.Mizutani et al, ISGN2015, We-B7, Japan, November, 2015





Fig.3 850°C, 100Pa, 100SCCM, 40min

Fig.1 900°CHEATE