

近接場光学顕微分光法による InGaN 量子井戸構造における V ピット近傍の特異構造 PL マッピング

PL mapping of singularity structures around V-pits in InGaN quantum wells
by means of scanning near-field optical microscopy

山口大院・創成科学 倉井聡, 岡田成仁, 只友一行, 山田陽一

Yamaguchi Univ., S. Kurai, N. Okada, K. Tadatomo, and Y. Yamada

E-mail: yamada@yamaguchi-u.ac.jp

InGaN 混晶半導体を活性層に利用した青色 LED は、そのデバイス構造中に多量の転位を含有しているにもかかわらず、高い発光の量子効率を示すことで知られている。一般に、半導体中の転位（欠陥）は非輻射再結合中心として働くことが知られており、半導体発光デバイスの外部量子効率やデバイス寿命は、その構造中に含まれる欠陥密度の減少とともに改善されてきた経緯がある。従って、InGaN 混晶半導体を利用した青色 LED 構造には従来からの概念では説明できず、転位の影響を受けにくい特異な性質または発光機構が存在することが示唆される。その高効率発光機構を説明するためのモデルのひとつとして、貫通転位近傍に自己形成されるポテンシャル障壁モデルが提唱されている[1]。このモデルでは、量子井戸構造中の貫通転位を起点として V ピットが形成され、V ピット斜面の量子井戸層の薄膜化により転位を取り囲むようにポテンシャル障壁が形成され、そのポテンシャル障壁によりキャリアが転位に捕獲されるのを妨げる、すなわち、非輻射再結合過程が抑制されるとして説明されている。

これまでに我々は、InGaN/GaN 超格子をピット拡張層として挿入した InGaN/GaN 多重量子井戸構造を対象とした近接場光学顕微分光（SNOM）測定により、V ピット近傍に形成されるポテンシャル障壁の高さやその空間分布の評価を行ってきた[2]。その結果、超格子周期によりピットサイズを変化させることが可能であること、ポテンシャル障壁の高さと内部量子効率がピットサイズに依存すること、ポテンシャル障壁の高さと内部量子効率の間に強い相関があることを明らかにした。最近では、中温成長 GaN 層も InGaN/GaN 超格子と同様に、ピット拡張層として有効であることを明らかにした[3]。また、中温成長 GaN 層をピット拡張層として挿入した InGaN/GaN 多重量子井戸構造を対象とした SNOM-PL 測定により、V ピット近傍に形成されるポテンシャル障壁の高さを評価した[4]。その結果、ピット拡張層として中温成長 GaN 層を用いた場合、InGaN/GaN 超格子を用いた場合よりもポテンシャル障壁が高くなることを明らかにした。一方、内部量子効率を比較すると、中温成長 GaN 層を用いた場合の方が InGaN/GaN 超格子を用いた場合よりも低く、ポテンシャル障壁高さの効果は限定的であることが示唆された。

本講演では、青色発光 InGaN/GaN 量子井戸構造に関する測定結果に加えて、緑色発光 InGaN/GaN 量子井戸構造に関する測定結果も踏まえて、貫通転位近傍に形成されるポテンシャル障壁モデルの有効性について考察する。

【謝辞】本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16H06428, JP16K06264 の助成を受けて行われたものである。

[1] A. Hangleiter et al., Phys. Rev. Lett. **95**, 127402 (2005). [2] N. Okada et al., J. Appl. Phys. **117**, 025708 (2015). [3] K. Sugimoto et al., Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 062101 (2018). [4] S. Kurai et al., J. Appl. Phys. **124**, 083107 (2018).

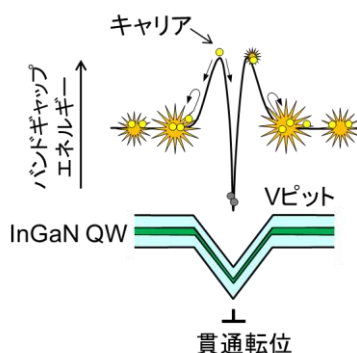


図 1. 貫通転位近傍に自己形成されるポテンシャル障壁モデル。

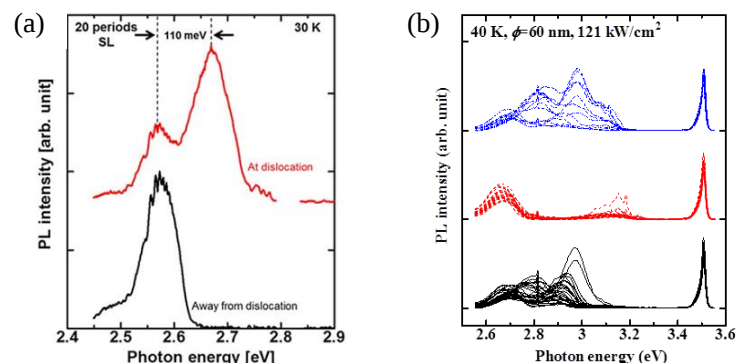


図 2. 局所発光スペクトル。(a) InGaN/GaN 超格子をピット拡張層に用いた場合、(b) 中温成長 GaN 層をピット拡張層に用いた場合。