中温 GaN 層上 InGaN 多重量子井戸構造における V ピット近傍のポテンシャル障壁の顕微分光評価

Spatially resolved spectroscopy of potential barrier around V-pits in InGaN multiple quantum wells on moderate temperature GaN layers

山口大院・創成科学

°倉井聡,大川康平,槇尾凌我,高俊吉,野畑元喜,岡田成仁,只友一行,山田陽一

Yamaguchi Univ.

°S. Kurai, K. Okawa, R. Makio, J. Gao, G. Nobata, N. Okada, K. Tadatomo, and Y. Yamada E-mail: kurai@yamaguchi-u.ac.jp

InGaN 多重量子井戸(MQW)構造において、貫通転位を起点として形成される V ピットで井戸層の薄 膜化が生じ、キャリアが転位に捕獲されるのを妨げるポテンシャル障壁が自己形成される[1]。我々は、ピ ット形成に InGaN 超格子(SL)層を用いてポテンシャル障壁の空間分布や障壁高さの評価を行い、ピット サイズが障壁高さや内部量子効率に影響を与えることを報告してきた[2]。中温成長された GaN(MT-GaN)層を用いることでも同様に成長ピットの形成が可能である[3]。今回、MT-GaN 層をピット形 成層として用いた InGaN MQW 構造の近接場光学顕微分光(SNOM-PL)測定を行い、暗点近傍のポテン シャル障壁形成およびその V ピットサイズ依存性について評価した結果を報告する。

有機金属気相成長法を用いて c 面サファイア基板上に、undoped GaN 層、MT-GaN 層を介して成長した InGaN/GaN MQW 構造を評価試料として用いた[3]。InGaN 井戸層厚 3 nm、In 組成 0.18、GaN 障壁 層厚 11.5 nm、井戸数 4 であった。MT-GaN 層は成長温度 800 ℃で成長し、厚さ 50 および 100 nm のものを用いた。SEM 像から求めた V ピットの直径はそれぞれ 110 および 180 nm であった。SNOM-PL 測定は、励起光源に cw He-Cd レーザ(325 nm)、開口径 60 nm のファイバープローブを用い、I-C モードにて 低温 30~40 K で実施した。

Fig.1 に層厚 100 nm の MT-GaN 上 InGaN MQW 層の局所 PL スペクトルを示す。InGaN MQW 発光 の高エネルギー側に発光ピークが現れる領域が局所的に観測された。これを 2.9-3.0 eV、3.1 eV、その両 方に高エネルギー発光が得られる場合に分類した。図 2 に(a)GaN 発光ピークの積分 PL 発光強度像、(b) 高エネルギー側発光の積分 PL 発光強度像(2.76-3.44 eV)を示す。2.9-3.0 eV(実線)、3.1 eV(点線)、その 両方(二重線)に高エネルギー発光が得られる発光領域を図 2 中に丸印で示した。高エネルギー発光が 現れる位置は、ほとんどが GaN 発光の暗点位置と対応していることがわかった。このことから、MT-GaN を ピット導入層として用いた場合も、SL 層を用いた場合と同様に貫通転位近傍にポテンシャル障壁が形成 されていることがわかった。InGaN MQW の発光ピークとこれら高エネルギー発光とのエネルギー差(ポテ ンシャル障壁高さ)は、SL 層をピット導入層とした場合と同様に、ピット直径増大とともに増大する傾向が 見られたが、障壁高さは MT-GaN 層上の MQW においてより高く見積もられた。これに対して、効率はピ ット直径拡大とともに増大するが、MT-GaN 層を用いた場合の方が SL 層を用いた場合よりも低く[3]、障壁 高さの効果は限定的であることが示唆された。

【謝辞】本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16K06264 および JP16H06428 の助成を受けて行われた。 [1] A. Hangleiter *et al.*, Phys. Rev. Lett. **95**, 127402 (2005)., [2] N. Okada et al., J. Appl. Phys. **117**, 025708 (2015)., [3] K.



Fig.1 Local PL spectra of InGaN MQW on 100-nm-thick MT-GaN layer at 40 K. The spectra were classified into three groups based on the spectral shape.



Fig.2. (a) Spatial distributions of integrated PL intensities of (a) GaN emission (3.44–3.54 eV) and (b) HE emission (2.76–3.44 eV) for InGaN MQW on 100-nm-thick MT-GaN layer. The solid circles, dotted circles, and double-lined circles indicate regions where HE emission was observed at approximately 2.9-3.0 eV, 3.1 eV, and the both, respectively.

© 2018年 応用物理学会