

赤色発光 InGaN 量子井戸における表面欠陥の低減

Reduction of surface defects in red-emitting InGaN quantum wells

京大院工, °松田 祥伸, 船戸 充, 川上 養一

Kyoto Univ., °Y. Matsuda, M. Funato, Y. Kawakami

E-mail: yoshinobu.matsuda@optomater.kuee.kyoto-u.ac.jp

【はじめに】 InGaN LED は高効率フルカラー光源として有望である。しかし、青色および緑色 LED に比べて、赤色 LED の発光効率は著しく低く、高効率化に資するエピタキシャル成長技術の確立が不可欠である。表面欠陥の一つであるトレンチ欠陥は、高 In 組成を必要とする赤色領域で特に顕著に現れ、InGaN 活性層の発光特性を低下させる要因となる [1]。本研究では、微傾斜 (0001) GaN 表面がトレンチ欠陥の低減に効果的であることを見出したので報告する。

【試料】 m 軸方向に 0.3 度または 1 度のオフ角をつけた (0001) 面サファイア基板に、有機金属気相成長法を用いて赤色発光 InGaN 量子井戸を成長した。成長層は、GaN 下地層、InGaN/GaN 超格子下地層、InGaN 井戸層、AlN 中間層、および GaN 障壁層から構成されている。

【実験結果】 0.3 度オフ基板の試料の表面 SEM 像 {図 1(a)} では、表面欠陥として小型の V ピット、異常成長島で修飾された大型 V ピット、トレンチ欠陥が観察された。一方、1 度オフ基板では、ステップバンチングに伴い表面の傾斜角度が分布し、それに対応した表面欠陥の分布が見られた {図 1(b)}。図 1(a) と同様の表面状態の領域 {図 1(b) SEM 像右側} と、トレンチ欠陥と異常成長島が顕著に低減された領域 {図 1(b) 左側} が観察された。AFM を用いた表面形状測定と表面欠陥観察から、オフ角約 1 度以上の領域において表面欠陥が低減していることが分かった。続いて、図 1(b) の A (オフ角: 約 1 度以下)、B (約 1 度)、および C (約 2 度以上) において、空間分解 CL スペクトルを室温で測定した。発光ピーク波長は、オフ角が大きくなる順に、A で 667 nm、B で 656 nm、C で 554 nm であった {図 1(c)}。発光波長のオフ角依存性は、(0001) 面からのオフ角増大に伴う In 取り込み効率の低下と一貫する [2]。また、0.2 度オフ基板では、発光波長 600 nm の試料も図 1(a) と同様の表面状態であることが確認された。以上の結果から、微傾斜 (0001) GaN 表面が表面欠陥の低減に有効であることが示唆される。微傾斜面におけるトレンチ欠陥の低減機構については、トレンチ欠陥の原因である積層不整はテラス上での二次元核生成によって誘起され、微傾斜面でステップフロー成長が促進されることでその生成頻度が低減したと考えられる [3]。

参考文献 [1] D. Iida *et al.*, JCG 448, 105 (2016). [2] Y. Matsuda *et al.*, APEX 15, 105503 (2022). [3] H. Matsunami *et al.*, Mater. Sci. Eng. R 20, 125 (1997).

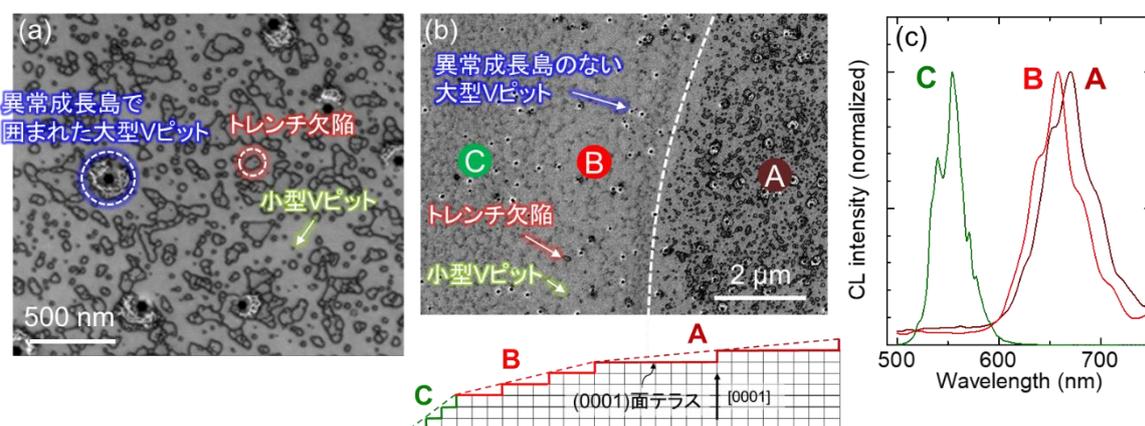


図 1. オフ角 (a) 0.3 度および (b) 1 度のサファイア基板に成長した赤色発光 InGaN QW の表面 SEM 像。ステップバンチングに伴う表面オフ角分布の概略図を合わせて示す。(a) と (b) はスケールが異なることに注意。0.3 度オフ基板では (a) の表面状態が試料全面で見られる。(c) (b) に示す測定点 (A, B, C) における室温での空間分解 CL スペクトル。