

高効率白色合成に向けた極性面フリーな 三次元 InGaN 量子井戸の作製と評価

Growth and characterization of polar plane-free 3D faceted InGaN quantum wells toward highly efficient white color synthesis

京大工¹, [○](M2)松田 祥伸¹, 船戸 充¹, 川上 養一¹

Kyoto Univ.¹, [○]Yoshinobu Matsuda¹, Mitsuru Funato¹, Yoichi Kawakami¹

E-mail: kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp

はじめに 三次元 InGaN 量子井戸は、蛍光体フリーな白色光源として有望である。しかし、これまで報告されてきた構造では、最長波長の発光を担う In リッチ InGaN 量子井戸が(0001)極性面に作製されており、分極誘起電界のために発光効率が低くなるという問題があった。そこで本研究では、{11 $\bar{2}$ 2}半極性 GaN 基板上に三次元 InGaN 量子井戸を作製した。その結果、(0001)極性面フリーな三次元 GaN 構造の作製に成功し、また、多色発光も観察した。

実験 三次元 GaN 構造は、有機金属気相成長法を用いた選択成長法により、{11 $\bar{2}$ 2}面 GaN バルク基板上に作製した。プラズマ化学気相成長法により、GaN バルク基板上に SiO₂ を~100 nm 堆積させ、フォトリソグラフィとウェットエッチングにより、様々なマスクパターンを形成した。ここでは、GaN バルク基板が露出する領域の幅を 15 μ m, SiO₂ マスク領域の幅を 5 μ m, ストライプ方向を $\bar{1}\bar{1}23$ 方向とした場合の結果を示す。三次元 GaN 構造の成長には、キャリアガスとして H₂ を用い、成長温度は約 980°C, 圧力は 300 Torr, TMGa と NH₃ の流量比(V/III 比)は 3000 とした。試料の構造は断面 SEM(Scanning electron microscopy)によって観察した。また、三次元 InGaN 量子井戸の成長には、キャリアガスとして N₂ を用い、成長温度は約 820°C, 圧力は 300 Torr, TMGa + TMIIn と NH₃ の V/III 比は 3000 とした。量子井戸は 3 周期成長した。発光特性は SEM 装置に備え付けられている CL を用いて評価した。最後に、三次元量子井戸における In 組成・井戸幅の場所依存性を、断面 SEM および EDS 測定によって評価した。ただし、測定の空間分解能の観点から量子井戸の直接評価は困難であるため、三次元 GaN 構造に InGaN 厚膜および InGaN/GaN 超格子を作製し、それぞれ膜厚および In 組成の評価に用いた。

結果・考察 図(a)に、得られた三次元 GaN 構造の断面 SEM 像を示す。ファセット面は{1 $\bar{1}00$ }無極性面、{1 $\bar{1}01$ }および $\bar{1}\bar{1}22$ 半極性面で構成されており、極性面フリーである。また、各ファセット面上での発光スペクトルを図(b)に示す。測定箇所を図(a)中に 1-6 と示した。全てのスペクトルにおいて、366 nm 付近の GaN バンド端発光が観察された。また、{1 $\bar{1}00$ }面で約 390 nm, {1 $\bar{1}01$ }面で約 480 nm, $\bar{1}\bar{1}22$ 面で約 440 nm の発光ピーク波長が存在する。つまり、作製した三次元量子井戸は、ファセット面ごとに異なる発光波長を持つ多色発光構造であることが分かる。図(c)に、三次元量子井戸の構造解析結果を示す。●は In 組成を、●は InGaN の成長速度を示す。また、△は、InGaN の成長速度を In 組成で分離して求めた GaN および InN の成長速度である。InGaN の成長速度は、{1 $\bar{1}00$ } < {1 $\bar{1}01$ } < $\bar{1}\bar{1}22$ の順に増加するのに対して、In 組成は{1 $\bar{1}00$ } < $\bar{1}\bar{1}22$ < {1 $\bar{1}01$ }の順に増加していることが分かる。したがって、図(b)に示した多色発光特性は、In 組成の場所依存性に支配されていると結論付けられる。

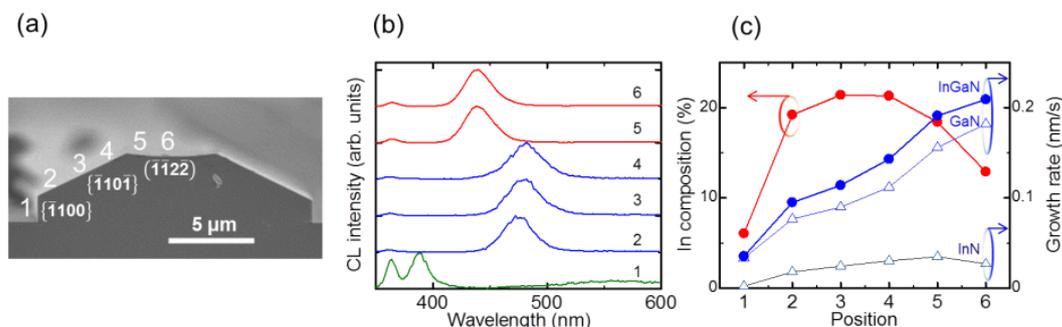


Figure: (a) Cross-sectional SEM image of a three dimensional (3D) QW. (b) Room temperature CL spectra from the facet QWs. (c) Structural characterization of the 3D QW, where the red circles and the blue circles indicate the local In composition and InGaN growth rate, respectively. The open triangles are the local GaN and the InN growth rates. The numbers in (a) designate the positions where the CL spectra, the growth rate, and the In composition are measured and estimated.