19a-C5-4

規則配列ナノコラム LED におけるフォトニック結晶効果

Photonic Crystal Effect in Regularly Arranged Nanocolumn LEDs

上智理工 [1]，上智ナノテク研究センター[2]，○司馬大次郎 [1]、柳原 藍 [1]、石沢峻介 [1]、岸野克巳 [1,2*]

Sophia Univ. [1], Sophia Nanotech. Research Center [2],
°D. Shiba[1], A. Yanagihara[1], S. Ishizawa[1], and K. Kishino[1,2*]
＊E-mail:　kishino@sophia.ac.jp

はじめに：　RF-MBE 法による Ti マスク選択成長法によって、位置、形状を制御した InGaN/GaN 系ナノコラム結晶が得られる[1]。また黄色領域の規則配列ナノコラム LED から、指向性に優れた発光が観測された[2]。本研究では、規則配列ナノコラム LED の作製を行い、ナノコラムフォトニック結晶効果に基づく発光特性を調べたので報告する。

実験：　サファイア基板上に MOCVD 法により GaN を成膜したテンプレート上に Ti 薄膜(~5nm)を成膜し、三角格子状（周期 L：300nm）の Ti マスクナノホールパターン（150×150 μm^2）を作製した。この選択成長用マスクを用いて RF-MBE によって n-GaN ナノコラム（Si 添加、高さ：~1000nm）、InGaN/GaN 量子井戸層（膜厚：1.8nm/10m、5 周期）、p-AlGaN 電子ブロッキング層(10 nm)、p-GaN（Mg 添加、～400nm)、p-InGaN コンタクト層(50nm)を成長した。Fig.1 は成長ナノコラムの鳥瞰および表面 SEM 像で、ナノコラムが均一に成長している様子が観測できる。

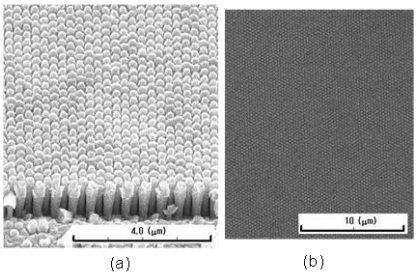

Fig.1. Bird-eye (a) and top-view (b) SEM images of nanocolumn LED crystals with L=300nm

Fig.2 はナノコラム結晶の顕微フォトルミネッセンス(PL)測定結果で、(a)対物レンズ 4 倍(N.A.=0.16、受光角 18.4°)、(b) 40 倍（0.60、73.6°）で測定した規格化発光スペクトルである。パターン A ではナノコラムフォトニック結晶効果が顕在化し、Fig.2(a)にみるように発光波長 488nm で PL 強度の増強が見られた。×4 対物レンズでは、垂直方向に取り出された発光成分が選択的に受光され、波長 488nm を含み複数のシャープな発光ピークが観測された。フォトニックバンド端での回折効果によって指向性の優れた放射特性が得られる。コラム径が異なるパターン B では、バンド端が発光領域を外れ、特徴的な発光ピークは見られなかった。

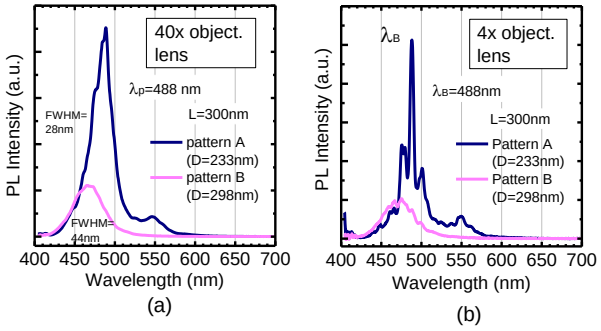

Fig.2. (a) Enhanced PL intensity of nanocolumn LED crystal by photonic crystal effect and (b) sharp radiation beam spectra at the photonic band edge measured by micro-PL with 4x objective lens.

この結晶上に ITO 円形電極(厚さ：0.3 μm、直径：65 μm ϕ)を堆積し、簡易的に p 型電極を形成して、直流電流を注入した。Fig.3 に、Fig.2 と同じ場所の×40 対物レンズの顕微 EL スペクトルを示したが、発光波長は 495nm であった。現段階では InGaN/GaN 多重量子井戸の成長制御が不十分で、スペクトル幅が広い。

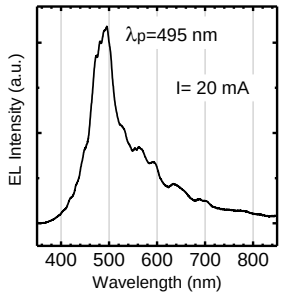

Fig.3. Electroluminescence spectrum

規則配列ナノコラム LED の周期・コラム径の最適設計により、フォトニックバンド端を制御することで、赤・緑・青色の幅広い発光領域で指向性の高い LED が実現されることが示唆された。

謝　辞：　本研究は、科研費・特別推進研究（＃24000013）の援助を受けて行なわれた。

文　献：　［1］K. Kishino, H. Sekiguchi, and A. Kikuchi: J. Cryst. Growth **311** (2009) 2063.
［2］柳原、石沢、岸野 ：第 62 回応物講演会、青学、2014 年 3 月

© 2014 年　応用物理学会