GaInN 系量子殻 LED の光取り出し効率シミュレーション

Simulation of the light extraction efficiency in the GaInN based Multi-Quantum-Shell (MQS) Light-Emitting-Diode

○(B) 寺澤　美月 [1]、大矢　昌輝 [1]、上山　智 [1]、竹内　哲也 [1]、岩谷 素顕 [1]、赤崎　勇 [1,2]
（1. 名城大学、 2. 名古屋大・赤崎記念研究センター ）
Mizuki Terazawa [1], Masaki Oya[1], Satoshi Kamiyama[1],Tetsuya Takeuchi[1], Motoaki Iwaya[1] and Isamu Akasaki[1,2]
(1. Meijo Univ. , 2. Akasaki Research Center, Nagoya Univ.)
E-mail: 140443036@ccalumni.meijo-u.ac.jp

【はじめに】III 族窒化物ナノ構造を用いた量子殻 LED は三次元の活性領域を有し、高い光取り出し効率など従来の平面 LED より優れた光学特性のポテンシャルを持つ。我々の研究では $Al_{0.03}Ga_{0.97}N$ テンプレート基板にホールパターンにてナノインプリントを行い、GaInN/GaN 系多重量子殻を成長させることで、量子殻 LED の実現を目指している。ホールパターンの設計を変えることで量子殻の配置、間隔などが変化し、量子殻 LED の光取り出し効率が変化することが予測される。しかし、量子殻のような微細な構造における光学シミュレーションは、適当なツールもなく容易ではない。本研究では、新しいシミュレーション手法として、FDTD 法、RCWA 法、及び光線追跡法の 3 種類の理論を組み合わせ、量子殻 LED 全体の独自の光学シミュレーション手法を構築し、光取り出し効率の高い量子殻 LED に関するシミュレーションを行ったので報告する。

【実験方法】本研究には RSoft(Ver.2017.09)(FDTD 法と RCWA 法を解析手法とするツールを含む)と LightTools(Ver.8.5.0)(光線追跡ツール)である。初めに、FDTD 法で MQS のピラー（Nanowire:NW）一本当たりの発光による放射特性を計算し、データを取得した。次に、RCWA 法で NW ピラーの配列による分散特性を計算してデータを取得した。最後に、LightTools で 3D モデルを作成し、取得したデータを適応することで疑似的に量子殻 LED を再現した。作成したモデルで光線追跡シミュレーションを行うことで、量子殻 LED の光取り出し効率を計算した。

【結果と考察】最初の検証として、ホールパターンのピッチ 1200 nm・ホール径 300 nm のモデルで計算した光取り出し効率は、0.14883 であった。これは、従来の平面 LED と比較しても非常に低い値である。本研究に用いたモデルは、我々の研究グループが作製する量子殻 LED をモデルとしているが、電極として ITO 電極を使用しており、ITO による吸収損失が低効率の主な原因であると予測する。したがって妥当な結果だと考えられる。これは、構造を改良することで改善できると考えられる。パラメータとしてピッチ、ホール径を振った時の光学特性の詳細な内容は当日に述べる。

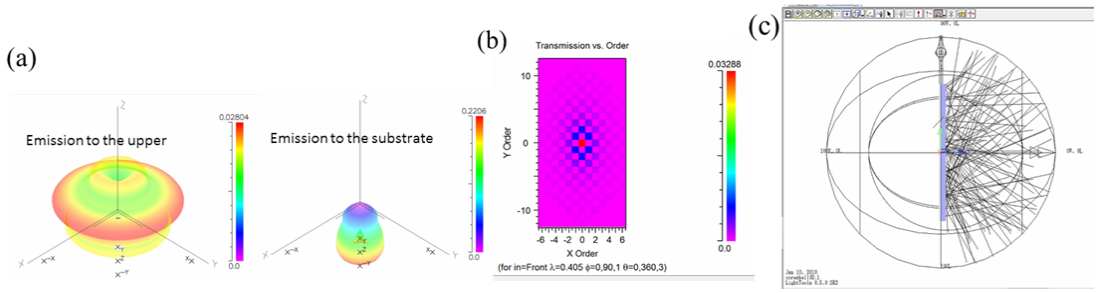

Fig. 1 (a) Calculation of the emission characteristic, (b) Calculation of the dispersion characteristic, (c) As a result of ray tracing

【謝辞】本研究課題の一部は文科省・私立大学研究ブランディング事業、同・省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発、日本学術振興会・科研費基盤研究 A [15H02019]、同基盤研究 A [17H01055]、 同新学術領域研究 [16H06416]、 JST CREST [16815710]の援助によって実施された。シミュレーションに協力をいただいた SCIVAX の高橋孝一氏、縄田晃史氏に感謝する。