

GaN 系面発光レーザーの進展と応用展開

Progress and Prospect of GaN-based Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers

名城大理工¹, 名大² ○竹内 哲也¹, 上山 智¹, 岩谷 素顕¹, 赤崎 勇^{1,2}

Meijo Univ.¹, Nagoya Univ.², °T. Takeuchi¹, S. Kamiyama¹, M. Iwaya¹, I. Akasaki^{1,2}

E-mail: take@meijo-u.ac.jp

面発光レーザーは半導体レーザーのひとつであり、1977年に東京工業大学の伊賀先生によって考案された。今では、赤外領域の GaAs 系面発光レーザーが、レーザーマウス、データセンター内光回線、そしてスマートフォンの顔認証に必須な光源としてその地位を確立している。

一方、青色領域の面発光レーザーでは、1995年の GaInN 量子井戸からの誘導放出実証を受け、東工大の本田らのしきい値電流の理論計算を皮切りに、その研究開発が開始された。それから10年以上経過した2008年に室温連続動作が実証された。その後、しばらくその素子特性の大幅な向上がみられない状況であったが、ごく最近、複数の日本の研究機関から10 mWを超える光出力が報告されるに至っている。

こうした高性能面発光レーザー実現には、高反射多層膜反射鏡、電流狭窄構造、そして横方向光閉じ込め構造が必須であろう。GaAs 系面発光レーザーでは、格子整合 AlAs/GaAs 導電性多層膜反射鏡、AlAs 酸化狭窄による電流狭窄/光閉じ込め構造がその具体的な構造として開発されてきた。我々は、窒化物半導体で同様の構造を実現すべく、格子整合 AlInN/GaN 導電性多層膜反射鏡や、埋込トンネル接合電流狭窄構造、そして埋込酸化層光閉じ込め構造の開発を進めている。この開発において、従来の III-V 族半導体と異なると思われる状況、すなわち「特異構造」とみなせる構造を見出している。ひとつは、多層膜反射鏡の界面において、分極電荷と必要なキャリアの符号が一致してしまう「アンチ分極ドーピング」という状況である。結論を言えば、キャリア発生のために不純物ドーピングを行うことになるが、組成傾斜を利用して分極電荷を厚さ方向に分散させ、その濃度以上の不純物を添加することが具体的な方針となる。もうひとつは、低抵抗 GaN トンネル接合のための「同時ドーピング」である。従来、低抵抗トンネル接合形成には、それぞれ補償が生じないように高濃度アクセプタ添加層と高濃度ドナー添加層の急峻な界面を形成することが必要とされてきた。我々は、GaN トンネル接合では、高濃度 Mg 添加層が、それ以上の高濃度 Si 添加層に完全にオーバーラップする場合に低い抵抗（逆バイアス下）を示すことを実験的に明らかにした。

本講演では、これらの結果について説明するとともに、この構造を利用した面発光レーザーの特性について紹介する。

謝辞: 本研究は、日本学術振興会・科研費基盤研究 (A17H01055)、新学術領域研究 (16H06416)、文科省私立大学研究ブランディング事業、文科省「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」の支援を受けて行われた。