

室温で青色と緑色を発光する 電気ポンピング GaN ベース VCSEL

日本の日亜化学工業の研究チームは初めてとなる電気ポンピング式の窒化ガリウムインジウム/窒化ガリウム (InGaN/GaN) ベースの青色と緑色発光の垂直共振器形面発光レーザ (VCSEL) を実証した。青色 VCSEL は閾値電流 1.5mA と閾値電圧 3.3V をもち、451nm の連続波 (CW) 光を 0.70mW で放射する。また緑色バージョンは閾値電流 22mA と閾値電圧 6.3V をもち、503nm 波長のパルス光を推定最大出力 0.80mW 以上で放射する。両レーザとも室温で動作する。VCSEL は量産すればコストは一般に低くなる。青色と緑色の発光バージョンがレーザピコプロジェクトなどの小型フォトニクスデバイスの広範な応用を助ける日も近いであろう。

c 面 GaN 基板

青色と緑色の VCSEL はいずれも、一対の分布ブラッグ反射体 (DBR) の特徴を持つ共振器をベースにしている。これらのレーザは c 面 GaN 基板上に組み立てられ、5つの InGaN/GaN 多重量子井戸 (MQW) を含む。そして、それらはシリコン基板上にボンディングされた (図1)。青色と緑色レーザ放射の開口径はそれぞれ 8 と 10 μm であった。

GaN ベース半導体では、緑色出力の実現は青色出力に比べて常に困難である。これは緑色用にはインジウムが高い割合が必要になり、結晶構造に歪みや欠陥が発生しやすくなるためだ。この理由により、日亜の緑色レーザはまだ CW 光の放射には至っていない。このことは、緑色デバイスの閾値電流密度 28kA/cm² が青色レーザの 3.028 kA/cm²

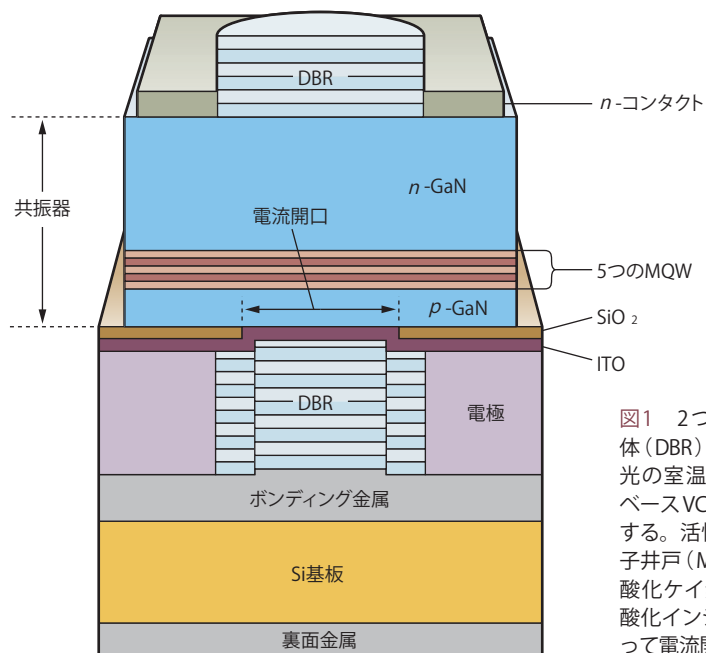


図1 2つの分布ブラッグ反射体 (DBR) が青色または緑色発光の室温電気ポンピング GaN ベース VCSEL の共振器を構成する。活性領域は5つの多重量子井戸 (MQW) で構成され、二酸化ケイ素 (SiO₂) 層、導電性酸化インジウムスズ (ITO) によって電流開口を作り出している。

cm² に比べてはるかに高いという事実も説明している。

日亜の研究所で利用可能なスペクトル測定解像度は約 1nm であるため、研究チームはレーザ発振の線幅狭窄化は観測しなかった。しかし、彼らは、緑色レーザにおいて閾値以下の 499nm から閾値以上の 503nm へとピーク波長がジャンプするのを観測した。彼らは、これを暫定的に屈折率の熱誘起変化に帰したが、この波長範囲における GaN ベース VCSEL の挙動はいまだ理解が不十分であると指摘している。

青色 VCSEL の近接場パターンは片側に小さな明るいスポットとして現れたが、緑色レーザは均一な近接場パターンとなった。日亜の研究チームはすでに紫色 GaN ベース VCSEL を開発済みなので、彼らは3つの異なる波長の近接場パターンの経験を持ったことに

なる。そのことによって、彼らは材料組成、電流拡散、共振器長、または他の欠陥におけるある種の不均一性が多様な近接場パターンを誘起するのではと推測するに至った (これまで制作した紫色 VCSEL は室温の CW 動作下における閾値電流が 7.0mA であったが、その後、青色 VCSEL と同じ 1.5mA まで低下した)。

日亜の研究チームは、例えば、これらのデバイスで使われた c 面ではなく無極性または半極性面を使うことによって、緑色領域の閾値電流をさらに低減できると確信している。彼らは、これらの新しい発光体を再現性良く高性能で制作するには、さらに多くの研究が必要だと指摘している。(John Wallace)

参考文献

- (1) D. Kasahara et al., App. Phys. Exp., 4, 072103 (2011).