

239nmで発振する AlGaIn ナノワイヤレーザ

過去数年で、レーザダイオードの短波長限界が可視光赤端から近紫外 (near-UV) までは移動した。とは言え、アプリケーションは多い。例えば化学および生物化学センシング向けラマン分光学、表面分析、医療用途など、これらは深紫外発光レーザダイオード開発から恩恵を受けており、しかも電池駆動の可搬測定器が可能になる。

レーザダイオードは、周波数を2倍、4倍にして、波長193nm以下のナローバンド出力の深紫外 (DUV) 光を生成できる。こうしたレーザは、エキシマレーザなど、他の深紫外光源よりもコンパクトで使いやすいが、従来型のレーザダイオードと比べると、とうてい小型、簡素、低出力で利用できるなどと言える代物ではない。

カナダのマギル大の研究者は、室温動作、電気励起の239nm波長DUV、アルミニウム・ガリウム・窒素 (AlGaIn) レーザダイオードを作製した⁽¹⁾。それに、プロトタイプのしきい値電流は、約0.35mAと極めて低い。

逆テーパーナノワイヤ

シミュレーションから、ランダム分布 AlGaIn ナノワイヤは、240nm スペクトル領域に DUV フォトン を強く閉じ込めることが分かっている。研究者は、シリコン基板上で損失が最小となるように逆テーパーナノワイヤ構成とした。

製造工程では、ナノワイヤはシリコン基板上に自然に形成され、各構造の構成は、*n*-GaIn 接触層、*n*-AlGaIn クラッド層、AlGaIn 活性領域、*p*-AlGaIn クラッド層、*p*-GaIn 接触層とな

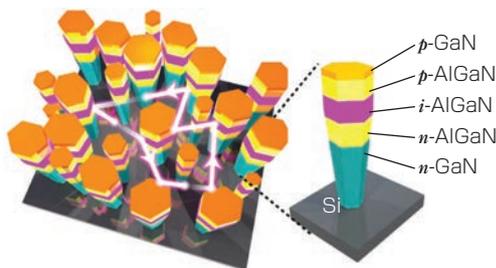


図1 電気注入 AlGaIn レーザは、この図にあるように、逆テーパーナノワイヤのランダム配置になっている。

っている (図1)。研究チームによると、ナノワイヤのランダム配置によって生ずるフォトン の繰り返し散乱は、干渉となり、したがって強い光の局所化となる。

AlGaIn ナノワイヤの平均フィルファクタは、0.55 だった。ナノワイヤの不均衡性と不完全な製造のため、実際の電流注入とレーザ動作は、ナノワイヤの50%程度で起こる。個別ナノワイヤの計算されたキャビティ容量とキャリア再結合量は、それぞれ0.627と0.165 μm^3 だった。

最初に、193nm 波長の励起光源を使って室温フォトルミネセンス (PL) を調べた。その結果、PL スペクトルは246nmに発光ピークがあり、帯域は20nm だった。これは Al 成分が70%と高く、Al の均一性が優れていることを示している。210nm 付近の第2ピークは、AlGaIn ナノワイヤサイドウォールに AlN シェルが形成されていることを示している。これが非放射表面再結合抑圧に役立っている。

次に、電気励起レーザダイオードは、フォトリソグラフィとメタライズにより作製された。レーザしきい値以下および以上の両方で、室温電子発光スペクトルを計測した。しきい値以下の動作

は、ブロードな放出スペクトルになった。電流が0.35mA しきい値に達すると、239nm レーザラインが現れ始めた。しきい値では、線幅は約0.9nm だったが、徐々に拡大して、電流が約1.4mA になると、線幅は約1.4nm になった。

研究チームは、以前に262nmと289nmで発振する電流注入 AlGaIn ナノワイヤ DUV レーザを実証していた。これらのレーザの組成調変調は著しく高かったため、しきい値電流わずか数十 μA と極めて低い量子ドットのような構造ができた⁽²⁾⁽³⁾。しかしその高い組成変調のためにより短波長でのレーザ発振ができなかったため、研究グループは239nm発振するレーザを実現するために組成均一性を高める必要があった。均一性を高めることで量子ドットのような特性が失われ、しきい値電流は0.35mAに上昇した。とは言え、239nmでのこのしきい値電流は、まだ非常に低く、レーザベースのバッテリー駆動の DUV 測定器実現に寄与するものである。 (John Wallace)

参考文献

- (1) S. Zhao et al., Appl. Phys. Lett., 109, 191106 (2016).
- (2) S. Zhao et al., Nano Lett., 15, 7801 (2015).
- (3) S. Zhao et al., Appl. Phys. Lett., 107, 043101 (2015).