

励起準位を用いた高利得化 VCSEL に関する基礎検討

Fundamental study of high gain VCSEL using excited states

東工大・¹精研, ²技術部 °角田健¹, 松谷晃宏², 宮本智之¹¹P&I Lab., ²Tech. Dep., Tokyo Tech., °Ken Tsunoda, Akihiro Matsutani and Tomoyuki Miyamoto

E-mail: ken.tsunoda@ms.pi.titech.ac.jp

1. 背景

光配線用光源では簡易な構成で低消費電力動作が望まれるため、VCSEL の直接変調動作が望まれている。今後、変調速度の高速化への対応とともに、素子の温度制御を行わず、また環境温度が 100°C を大きく超える高温においても高速動作を可能とする必要がある。レーザの変調帯域および動作温度範囲の拡大には、微分利得および利得の増加、つまり多重量子井戸化が重要となる。しかし、VCSEL において高速変調を維持するために共振器とすると、量子井戸数 3-5 を超えることは困難である。

本研究では、VCSEL 特性の向上に向けて、実際の井戸数を増加させず、実効的に利得特性を高めるために、励起準位の利得を用いたデバイスを検討している。今回、基礎的なデバイス構造の設計と特性の基礎解析を行うとともに、励起準位発振可能なデバイスを試作したので報告する。

2. 励起準位発振量子井戸設計

励起準位 (第 1 励起準位) の利用により、基底準位に比べて 2 倍程度の状態密度を取れるため、同一井戸数でも大きな利得および微分利得が得られる。一方で、基底準位への不要なキャリア注入や、より高いエネルギー準位にキャリア注入するために障壁層等へのキャリア漏れが課題である。そこでまず、GaAs/AlGaAs 量子井戸について、膜厚や障壁高さを変えた場合に、基底-励起準位間隔やキャリア閉じ込めポテンシャルを考慮しながら、第 1 励起準位発振を得るための量子井戸構造範囲を探索した。Fig.1 に結果を示す。井戸幅 11nm 以上、障壁 Al 組成 0.25 以上が励起準位へのキャリア閉じ込めに適当と考えられる。

3. デバイス特性の理論解析

先に設計した量子井戸を用いた場合の、VCSEL 特性の理論解析を行った。井戸幅 11nm、障壁幅 8nm として、井戸数 2-4 の場合の解析を行った。室温における微分利得は、井戸数 3 以上であれば通常 VCSEL (井戸数 3, 0.85 μ m 帯) に比べて倍近い値が得られ、かつ温度が上がっても高い微分利得が得られることがわかる。

4. VCSEL の製作と発振特性

設計に基づいたウェハを用いて、通常 VCSEL プロセスで VCSEL を製作した。メサは 30 μ m 角、選択酸化開口は 5 μ m 径である。共振器波長は励起準位利得波長に相当する 808nm とした。発振特性を図 3 に示す。今回製作した素子は、室温におけるしきい値電流が 2mA 以上と大きく、また、60°C 程度までの発振しか得られなかった。この原

因として、今回製作した VCSEL の障壁層 Al 組成 0.25 では、設計における見積もりよりキャリアの漏れの影響が大きかったためと考えている。今後、Al 組成を高めた特性向上が必要である。

5. まとめ

励起準位を用いて利得特性を向上する VCSEL の基礎検討として、井戸構造設計と発振特性の理論解析および、初期的試作を行った。試作素子の特性は十分でないが、今後改善が期待できる。

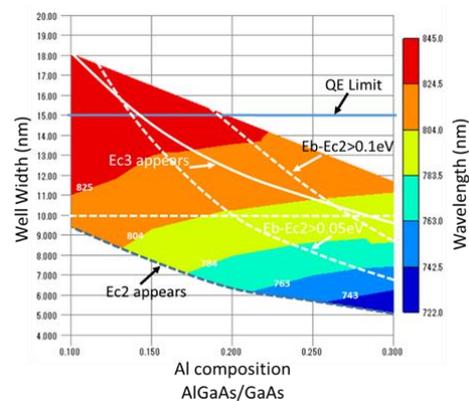


Fig. 1 Design of quantum well structure for excited state lasing

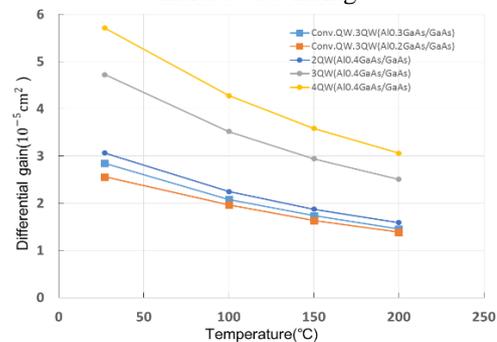


Fig. 2 Temperature characteristics of differential gain

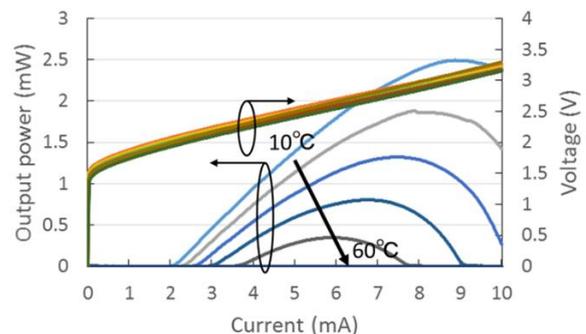


Fig. 3 Temperature characteristics of I-L-V characteristics