

液体ガラスを用いた量子構造混晶化の 面発光レーザへの適用性に関する研究

Study on the applicability to the vertical cavity surface emitting laser of quantum well intermixing using spin-on-glass

阿久津 友宏 牛尾 拓也 松谷 晃宏 宮本 智之
Tomohiro Akutsu Takuya Ushio Akihiro Matsutani Tomoyuki Miyamoto

東京工業大学 精密工学研究所 フォトニクス集積システム研究センター
Photonics Integration System Research Center, P&I Lab., Tokyo Institute of Technology

1. はじめに

近年チップ間およびチップ内でも光配線への転換が期待されており、これまで以上に小型かつ低消費電力・高効率の光源が必要である。面発光レーザの微小化において酸化電流狭窄構造が用いられるが、活性層内に注入されたキャリアは拡散のために狭窄径より広がってしまう。この拡散によるキャリア広がりは数 μm 程度の範囲であり、狭窄径を微小化しすぎると拡散キャリアの割合の増加によりしきい値電流は低減できず、また効率低下の原因となる。

本研究では、量子構造混晶化法による活性層内拡散キャリア制御のため、液体ガラスを用いたプロセスを検討し、面発光レーザへの適用を行ったので報告する。

2. 液体ガラスを用いた量子構造混晶化法の原理

混晶化法とはヘテロ界面原子の相互拡散により組成（バンドギャップ）変化を引き起こすもので、レーザ端面窓構造や光集積などにおいて光吸収制御に用いられている。面発光レーザの活性領域周囲の活性層の相互拡散を促進すれば、ポテンシャルの増加をキャリア障壁にできるので、活性層におけるキャリア分布を制御できる。

混晶化を促進したい部分には SiO_2 などを成膜し、熱処理を行う。これまでに我々は面発光レーザメサ周囲へのスパッタ SiO_2 成膜を用いる手法を報告したが[1]、プロセスが多少複雑であり再現性などにも課題があった。今回は、スピナー塗布で膜形成可能な液体ガラス(SOG: Spin-On-Glass)を用いた製作プロセスの検討を行った。

3. 実験および結果

SOG 成膜部と非成膜部のエネルギー差を実効ポテンシャルと定義し、その熱処理温度・時間依存性の解析結果を図 1 に示す。実験パラメータの抽出には $\text{InGaAs}/\text{GaAs}$ 3QW(cap 層:GaAs100nm)のサンプルを用いた。これより実効ポテンシャルを最大にする熱処理時間が存在し、低温の方がその制御性に優れることが分かる。量子井戸構造によるが 50meV 程度の実効ポテンシャルが可能である。

図 2 に製作した面発光レーザの構造図を示す。メサ側面に成膜された SOG により、活性層周囲から横方向に混晶化促進し、キャリア拡散と表面再結合を抑制する。今回はプロセス適用性を確認するためメサ径 $30\mu\text{m}$ 角メサの面発光レーザおよびプロセスに、SOG を利用した混晶化プロセスを適用した。量子構造混晶化プロセスは液体ガラスを塗布後 $820^\circ\text{C}/30\text{s}$ を適用した。なお、混晶化距離は詳細に評価していないが $1\mu\text{m}$ 程度以下と考えている。また酸化狭窄は行っていない。光出射窓は $10\mu\text{m}$ 径である。

図 3 に I-L, I-V 特性を示す。SOG 混晶化プロセスを適用したデバイスの発振を確認した。ただし混晶化を適用して

いない対照デバイスと同等のしきい値、効率であった。今回は、メササイズが混晶化距離に対して大きく、混晶化による性能向上効果は明瞭には確認できなかったと考えている。しかし、熱アニール影響など混晶化法適用による性能劣化は見受けられず、本手法の適用性を確認した。

4. まとめ

面発光レーザに液体ガラスを用いた量子構造混晶化を施すことによる活性層内のキャリア分布制御について、プロセス検討およびデバイス評価を行った。本プロセスの適用性を確認し、今後メサ径を小さくすることで高効率・低消費電力化が実現可能であると考えられる。

参考文献

[1]菅原,松谷,小山,宮本,信学会 2009,C-4-29

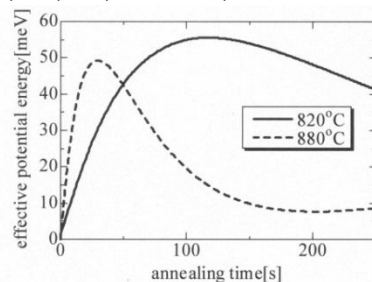


図 1. 実効ポテンシャルの温度・時間依存性

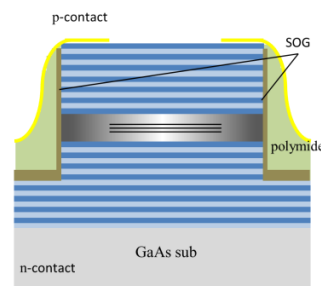


図 2. 面発光レーザ構造図

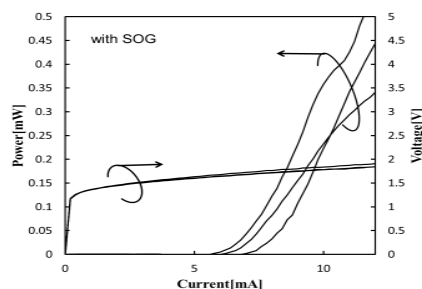


図 3. I-L, I-V 特性