

VCSEL のキャリア閉じ込め応用に向けたイオン注入混晶化法の評価 Characterization of ion implantation quantum well intermixing method for application to carrier confinement of VCSEL

東京工業大学・精密工学研究所, 森脇翔平, 斎藤季, 國貞彰吾, 宮本智之

P&I Lab., Tokyo Tech., 〃Shouhei Moriwaki, Minoru Saitou, Shougo Kunisada, Tomoyuki Miyamoto

E-mail: shouhei.moriwaki@ms.pi.titech.ac.jp

1. はじめに

LSI 間・内の光配線には, 従来の 1/10 の低消費電力光源が必須である. 面発光レーザ(VCSEL)は有力な光源だが, 1/10 のしきい値には素子面積を従来の 1/10, つまり活性領域径 $1\mu\text{m}$ クラスへの微小化が必要である. しかし, VCSEL の微小化には, 電流とキャリア制御, 製作性に課題がある.

本研究では, 量子構造混晶化(QWI)を用いた横方向キャリア閉じ込めによる微小面発光レーザを目指している. 今回, イオン注入混晶化の特性評価を進めたので報告する.

2. イオン注入混晶化

混晶化は, ヘテロ界面原子の相互拡散で組成(Eg)変化を引き起こす技術であり, 結晶欠陥導入で特定領域の混晶化を促進する. 図 1 のように, 量子井戸混晶化によるエネルギー障壁を活性層面に導入し, キャリア閉じ込めを目指す.

これまでスパッタ SiO₂ や液体ガラス(SOG)による空孔拡散を検討したが[1]-[2], VCSEL の $3\mu\text{m}$ 程度の深い活性層への欠陥導入・欠陥量制御に課題があった. このため, 深い位置に欠陥導入可能で, 濃度制御も可能なプロトン注入を評価した.

3. 実験および結果

図 2 にプロトン注入とスパッタ SiO₂ 利用の PL エネルギーシフトを示す. 試料は井戸幅 8nm の 3 層 InGaAs/GaAs のみを含む量子井戸構造で, 井戸は深さ 250nm に位置する. イオン注入密度は $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ で井戸深さを狙って注入した. 注入後の熱処理で混晶化し, 室温 PL を測定した. 結果より, プロトン注入は SiO₂ 利用に比べてエネルギーシフト量が小さい. また, イオン注入密度依存性(図 3) から, 注入密度を増加しても, ある程度以上ではエネルギーシフトが小さくなる. このため, イオン注入条件と熱処理条件のみでは, 大きなエネルギーシフトが得られていない.

PL 強度(図なし)は, SiO₂ 利用では劣化が激しいが, プロトン注入は注入直後の発光は見られないものの, 熱処理により大きく改善する. これらの結果から, SiO₂ 利用では, SiO₂ から拡散する欠陥は連続的に供給されるため混晶化が大きい, 導入した欠陥は残留して PL 強度が劣化する. 一方, プロトン注入では, 結晶内で発生した欠陥のため熱処理で消滅しやすく, 混晶化量が少なくなるが, PL 強度は回復しやすい. ただし, 過剰な注入はアモルファス化により混晶促進効果を妨げる. このためエネルギーシフト増加には, イオン注入と混晶化条件の最適化では不十分で, 量子

井戸構造の調整が必要である. In 組成を増加した井戸でシフト増加を確認している.

4. まとめ

イオン注入による混晶化特性を評価した. 今後混晶化エネルギーシフトを増加し, VCSEL の井戸面内横方向キャリア閉じ込めを目指す.

References

- [1] Y. Sugawara and T. Miyamoto, Electron. Lett., vol. 45, no. 3, p. 167, 2009.
- [2] T. Akutsu, T. Ushio, A. Matsutani, and T. Miyamoto, Physica Status Solidi, vol. 10(c), no. 11, p. 1452, 2013.

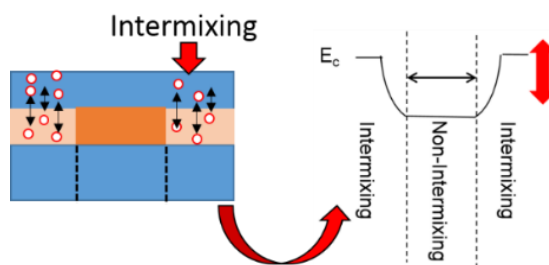


Fig. 1 Carrier confinement by QWI

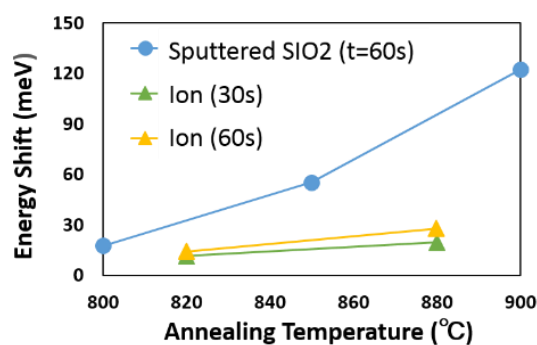


Fig. 2 Energy shift dependence on RTA temperature

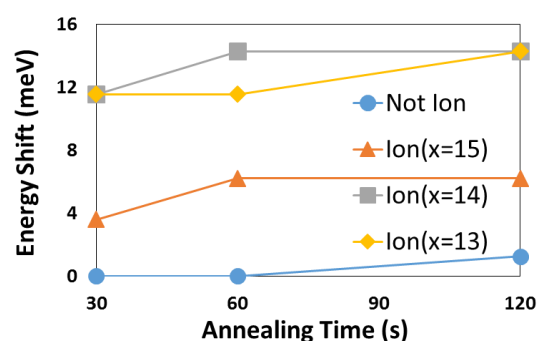


Fig. 3 Energy shift dependence on the ion dose density