

CaF₂ / Si 量子カスケード構造からの室温電流注入発光

Room temperature electroluminescence from CaF₂ / Si quantum cascade structures

東工大工学院 ○ 齋藤 侑祐, 近藤 弘規, 渡辺 正裕

Tokyo Institute of Technology, Yusuke Saito, Hiroki Kondo, and Masahiro Watanabe

E-mail: saito.y.bg@m.titech.ac.jp

【はじめに】シリコン(Si)量子井戸におけるサブバンド間遷移を誘導放出, および光増幅の基本原理解とする量子カスケードレーザ(QCL)は, Si集積回路技術と親和性の高い固体光源としての可能性を有している. 本研究で用いるフッ化物系絶縁体CaF₂はSiとエピタキシャル成長が可能で, Siとの界面における伝導帯バンド不連続(ΔE_C)が比較的大きい(1-2.3eV)ため, 近赤外波長帯までカバーする量子井戸活性層の設計が可能という特徴を有する[1]. 今回サブバンド設計とレーザの閾値電流密度の理論解析及び設計に基づく素子の作製を行い, パルス電流注入による室温ELスペクトルを観測したので報告する.

【素子構造】素子構造の模式図をFig.1に示す.

CaF₂ / Si活性領域を厚さ100nmのn-Si光閉じ込め層(OCL)で挟み, スラブ型導波路を構成する. OCLは活性領域への電流注入の役割を兼ねる. 活性領域は, 注入層, 遷移層, 引き抜き層の3量子井戸と緩和層からなり, これを1周期として30周期積層した. Fig.2に電圧印加時のCaF₂ / Si活性領域1周期のバンドプロフィールを示す. 1周期の膜厚構成は(0.93/1.2/0.93/2.5/0.93/3.1/0.93/10.9) [nm] (太字部:Si, 下線部n型ドープ), 設計波長は3.4 μ mである. 2次元導波路モード解析により光閉じ込め係数 $\Gamma = 0.79$ を得て, 導波路の伝搬損失を20cm⁻¹と仮定して閾値電流密度を計算し, 0.69 kA/cm²を得た. 作製プロセスはまずSOI基板に反応性イオンエッチングを行い, 下部OCLとしてn-Siを100nm残して250 μ m \times 2.5mmのトレンチを形成する. 次に800nm厚のスピンオンガラス酸化膜で覆った後, ウェットエッチングで1.0 μ m \times 2.5mmの導波路を形成し, MBEによりCaF₂ / Si積層構造の活性領域と上部OCLの結晶成長を行う. その後, 導波路外の堆積物を除去し電極を蒸着してリフトオフ, 劈開を行い完成となる.

【結果と考察】Fig.3に縦軸を光子数に換算した室温でのELスペクトルを示す. 設計波長3.4 μ m (0.37eV)付近に複数のピークを有するブロードな発光スペクトルを観測した. 複数のピークは各量子井

戸における層厚の揺らぎを考慮したサブバンド間のエネルギー差に対応することが示唆された.

【参考文献】

[1] 望月他, 第76回応用物理学会秋季学術講演会, 13p-PA6-1

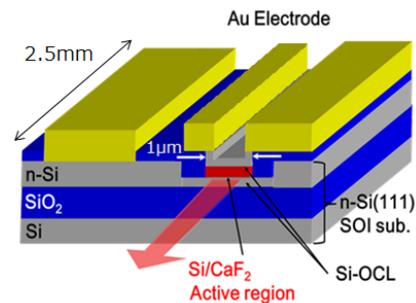


Fig.1 素子構造模式図.

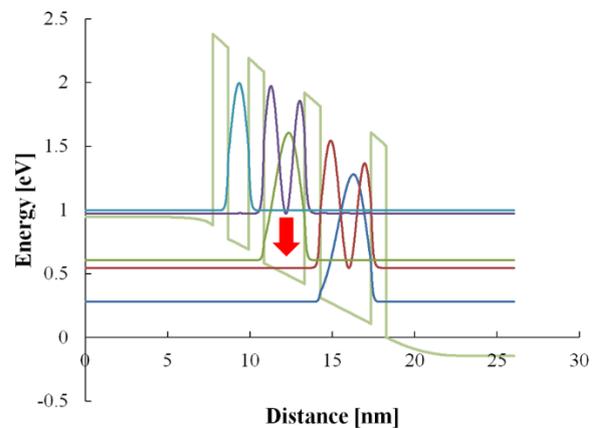


Fig.2 活性層バンドプロフィール.

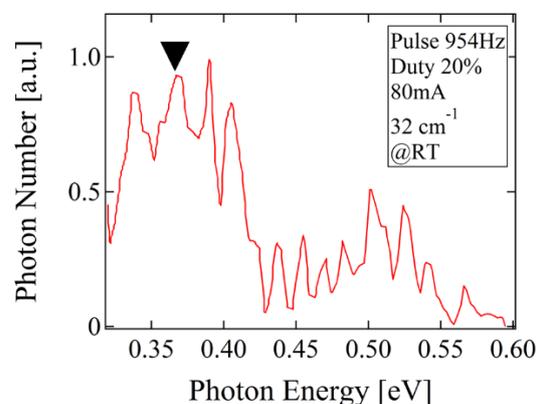


Fig.3 室温ELスペクトル.