

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	薄膜物性値補正を考慮した Si/CaF ₂ 量子カスケードレーザの活性層設計
Title(English)	Design of active layers of Si/CaF ₂ quantum cascade lasers considering material parameter modification of atomically thin films
著者(和文)	齋藤侑祐, 田辺直之, 近藤弘規, 渡辺正裕
Authors(English)	Yusuke Saito, Naoyuki Tanabe, Hiroki Kondo, Masahiro Watanabe
出典	第 64 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集
講演番号	16P-P7-36
発行日	2017, 3

薄膜物性値補正を考慮した Si/CaF₂ 量子カスケードレーザの活性層設計

Design of active layers of Si/CaF₂ quantum cascade lasers considering material parameter modification of atomically thin films

東工大工学院 ○齋藤侑祐, 田辺直之, 近藤弘規, 渡辺正裕

Tokyo Tech, Yusuke Saito, Naoyuki Tanabe, 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.

我々はこれまでに, SiとCaF₂により構成した共鳴トンネルダイオード構造の電流電圧特性の検討から, CaF₂とSiの間のバンド不連続 ΔE_c 及びCaF₂の有効質量 m^* が, 数原子層という極薄膜においては, 膜厚に依存して変化することを明らかにしてきたが[1], 最近, 2原子層厚のCaF₂の物性値を報告した[2]. そこで今回は, 2原子層厚のCaF₂を障壁に用いたQCL構造について, 補正された物性値を適用したサブバンド設計と, レーザの閾値電流密度の理論解析を行ったので報告する.

【素子構造・準位設計】素子構造の模式図をFig.1に示す. Si/CaF₂活性領域を厚さ100nm程度のn-Si光閉じ込め層(OCL)で挟み, スラブ型導波路を形成する. 尚, Si-OCLは活性領域への電流注入の役割も担っている. 活性領域は, 注入層, 発光層, 引き抜き層の3量子井戸と, 緩和層からなる. 3量子井戸と緩和層を1周期として, 30周期積層する構造を仮定した. Fig.2に電圧印加時のSi/CaF₂活性領域1周期のバンドプロフィールを示す. バンドプロフィールは, 自己無撞着法を用いてシュレーディンガー方程式とポアソン方程式を計算することにより得られる. 1周期の膜厚構成は(0.62/0.93/0.62/1.86/0.62/0.62/0.62/10.9)[nm]であり, ここに, 新たに得られた2原子層厚CaF₂の物性値 $\Delta E_c = 1.0\text{eV}$ を用いて計算を行った. Si発光

層の設計発光波長は2.45 μm である. また, フィルムモード整合法により次元導波路の解析を行い, 光閉じ込め係数 $\Gamma = 0.86$ を得た. 導波路の光の伝搬損失を 20cm^{-1} と仮定して発振閾値電流密度を計算したところ, 0.68 kA/cm^2 を得た. 発表では, 発光波長1~3 μm に対応可能な活性層構造の複数の設計例について議論する.

【参考文献】

- [1] K.Suda et al., Jpn. J. Appl. Phys. 54 04DJ05 (2015)
 [2] 田辺他, 春季第63回応用物理学会, 20a-S223-7 (2016)

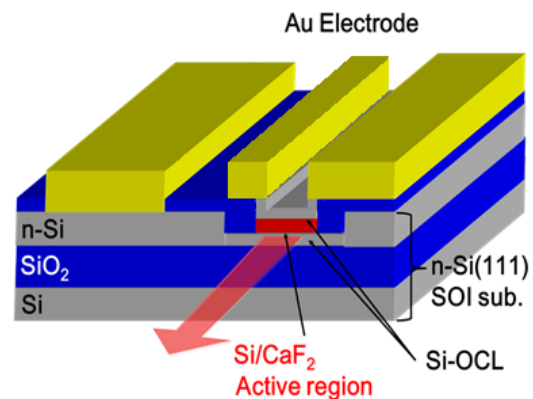


Fig.1 レーザ素子構造模式図.

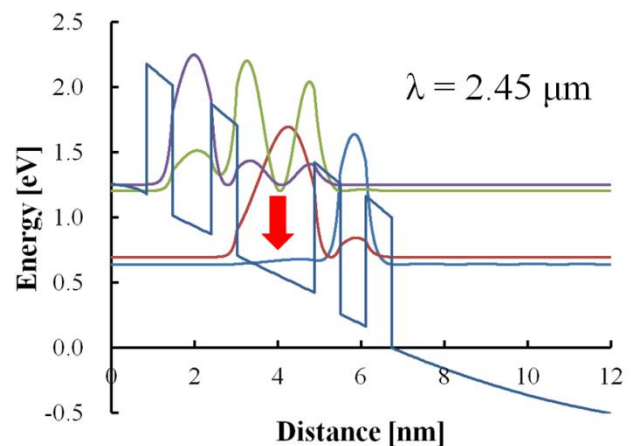


Fig.2 量子井戸バンドプロフィール.