

非平衡グリーン関数を用いたシミュレーションによる 量子カスケードレーザの利得向上

Gain enhancement of quantum cascade lasers by simulation with nonequilibrium Green's function

東京工科大工¹, 東芝² ○谷村 景貴¹, 高木 茂行¹, 角野 努², 橋本 玲², 金子 桂², 齋藤 真司²

Tokyo Univ. of Tech.¹, Toshiba², ○Hiroataka Tanimura¹, Shigeyuki Takagi¹, Tsutomu Kakuno²,

Rei Hashimoto², Kei Kaneko² and Shinji Saito²

E-mail: tanimura@tovo.jp

量子カスケードレーザ(QCL)は中・遠赤外線を発する半導体レーザである。QCL は同じ膜材料で多層膜の膜厚を変えるだけで、波長を変化させることができるのが大きな利点である。

本研究では波長 4 μm 帯を設計の目標として、QCL の活性層の設計を行った。設計のシミュレータには nextnano.QCL (nextnano 社) を使用した。nextnano.QCL は Fig.1 のように非平衡グリーン関数フレームワークによる量子輸送法に基づいていて、超格子や QCL のようなヘテロ構造における電子ダイナミクスを計算できる。

設計には A. Evans らが作製した膜構造をベースとして (この膜構造を APL91 と表記する), パラメータを様々に変化させた。利得の向上が顕著に見られた膜構造の設計は, 「(1) 発光層の障壁の膜厚を 30% 薄くした膜構造」と, 「(2) 障壁の Al の組成を 14% 下げた膜構造」であった。

各膜構造の利得が Fig.2 に示されている。(1)と(2), 両者とも利得が向上したが, 特に(1)の向上は大きく, APL91 の 2.0~2.3 倍の利得上昇が見られた。「発光層の障壁の膜厚を薄くする」という設計は, 利得を大きく上昇させることがわかった。

各膜構造の波長と歪みを Table 1 に示す (APL91 の括弧内は実験値)。波長は今回の設計ではやや長くなり, (1)と(2)ともに目標内の値で良好である。しかし, 「Al の組成を下げる」と歪みが大幅に増加する傾向が見られた。

また, 利得が向上するメカニズムについて, 振動子強度や確率密度から詳細に解析した。

本研究は, 防衛装備庁安全保障技術研究推進制度の支援を受けて実施しました。

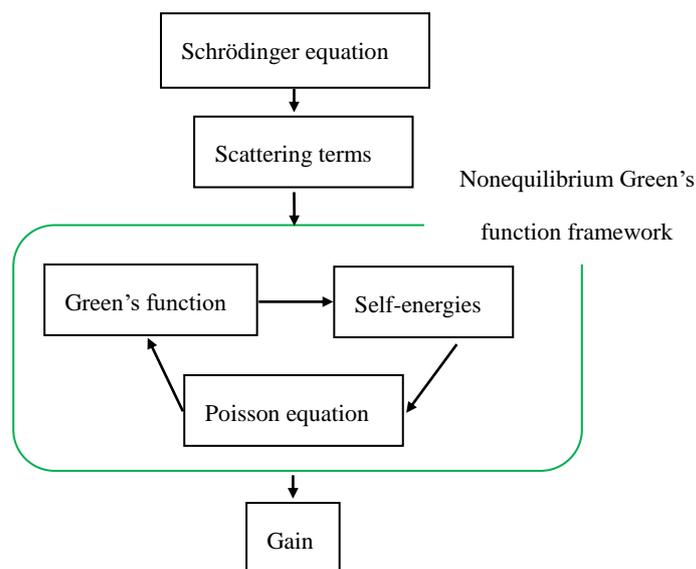


Figure 1 Flow of calculation in nextnano.QCL

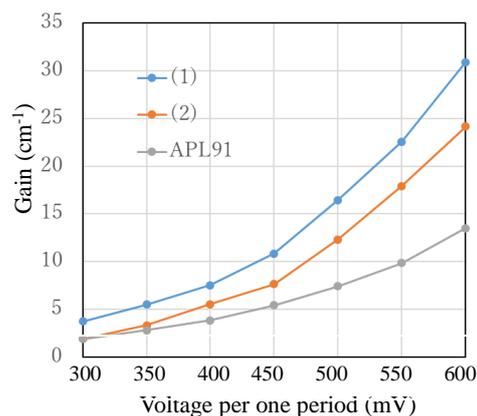


Figure 2 Gains of each structure (cm⁻¹)

Table 1 Wavelength and strain of each structure

	Wavelength (μm)	Strain (%)
(1)	4.43-4.77	0.112
(2)	4.28-4.77	0.314
APL91	4.00-4.43(exptl. 4.71)	0.070