

非平衡グリーン関数を用いた量子カスケードレーザの波長計算

Wavelength Calculation of Quantum Cascade Laser using non-equilibrium green's function

東京工科¹, 東芝² °高木 茂行¹, 斎藤 真司²

Tokyo University of Technology¹, Toshiba Corp.², °Shigeyuki Takagi¹, Shinji Saito²

E-mail: takagisgyk@stf.teu.ac.jp

1. はじめに

量子カスケードレーザ QCL は、赤外域から THz 領域までの光が得られる半導体レーザである。レーザの波長・効率、量子井戸を形成する膜組成と膜厚によって決まるため、膜構造の設計が重要である。今回、非平衡グリーン関数 NEGF を用いたシミュレータを導入し、波長の温度依存性について評価したので、報告する。

2. シミュレータ

シミュレーションには、Nextnano 社の Nextnano.QCL を用いた。Fig.1 にシミュレーションの流れを示す。シュレディンガー方程式を解き、バンド準位を計算する。Scattering では結晶格子と電子散乱など、散乱に関する項が計算される。これらの結果をもとに NEGF が計算され、系全体のエネルギー、ポアソン方程式の3方程式が、自己無撞着となるよう計算される。Nextnano.QCL では、NEGF や Scattering を使うことで電子の密度分布が計算できる。

3. シミュレータの評価

シミュレータの特徴の一つである Scattering モデルについて調べるため、波長の温度依存性を評価した。Yin Wen らが報告している素子構造を入力し¹⁾、実験に対応させた温度で最大ゲインとなる波長を計算した。

Fig.2 は、膜位置と DOS との関係を示す計算結果である。温度条件は 84K で、-20 と 30nm の位置で、電子の状態密度 DOS (Density of state) の上準位が途切れ、この位置で上準位から下準位への遷移、すなわちレーザ光放出が起きている。Fig.3 はシミュレーションでゲイン値が最大限となる波長と、実験結果での波長を比較した結果で、温度上昇とともに発振が長波長となり、実験結果とよく一致している。

これらの結果から、シミュレーションの温度モデルが妥当であることが示された。

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。

<参考文献>

- 1) Yin Wen et.al.: "Porous waveguide facilitated low divergence quantum cascade laser", J. Semicond., **32**, 064008 (2011).

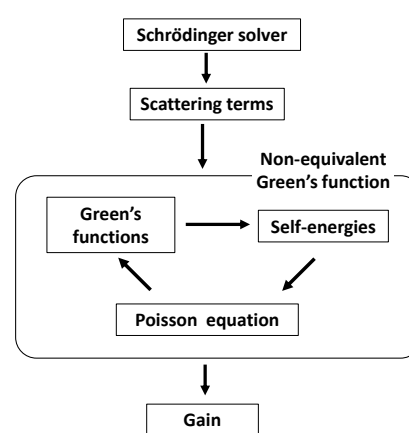


Fig.1 Simulation flow

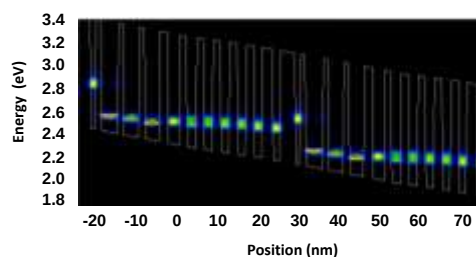


Fig.2 DOS distribution

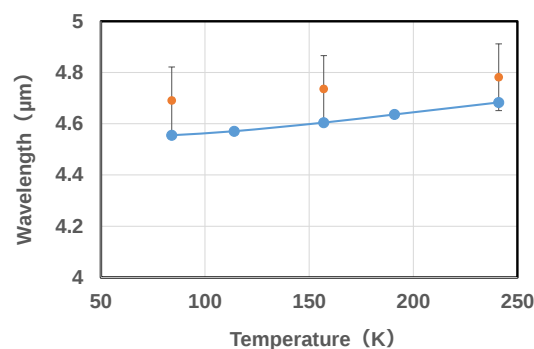


Fig.3 Comparison between simulation and experiment