2 ウェル THz-QCL 構造の非平衡グリーン関数法計算

NEGF calculations of 2-well THz-QCL structures

情報通信研究機構　安田 浩朗，関根 徳彦，寳迫 巌
NICT, Hiroaki Yasuda, Norihiko Sekine, Iwao Hosako
E-mail: yasuda@nict.go.jp

近年、QCL の 1 周期を 2 個の量子井戸で構成する 2 ウェル構造を用いて 250 K での THz-QCL の動作が報告された[1]。今回、THz-QCL の性能をさらに向上させる方策を見いだすため、2 ウェル THz-QCL の特性を非平衡グリーン関数法を用いて計算したので、報告する。

まず、250K で動作した構造の利得等を nextnano 社製の非平衡グリーン関数法プログラムを用いて計算した。図 1 は 1 周期あたりの電圧と最大テラヘルツ利得及びその周波数との関係を示す。文献[1]での発振は図 1 の 70～75 mV/period の電圧に対応する。計算の結果、これらよりも高い利得が得られる電圧があることがわかった。図 2 に 70 mV/period と 85 mV/period でのサブバンド波動関数を示す。前者では準位 3 と 2 の間で反転分布が形成され、利得が生じるのに対し、後者では準位 1′ と 3 の間で利得が得られた。一方、電流電圧特性は 75 mV/period でピークを示しており、より高い利得を示す電圧は、負性微分コンダクタンス領域にあった。そのため高電界ドメインが発生し、レーザ発振が阻まれていると考えられる。

これらの結果から、準位 1′ と 3 の間で利得が得られるサブバンド準位の配置を微分コンダクタンスが正の領域で実現できれば、THz-QCL の性能が向上する可能性がある。我々はそうした 2 ウェル構造を設計し、非平衡グリーン関数法で特性を計算した。最大利得は図 1 の場合よりは小さいものの、最大利得が正の微分コンダクタンス領域にあるものを実現した。今後、この構造を最適化し、より利得が高い QCL 構造の実現を目指す。

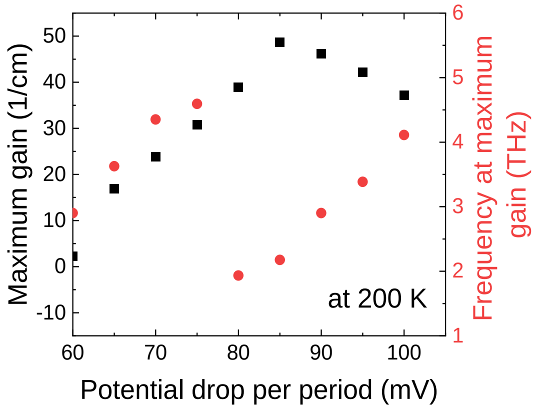

図 1　非平衡グリーン関数法で計算した 2 ウェル THz-QCL（**3.37**/7.2/**1.87**/14.49(nm)、太字 $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$/ 細字 GaAs）の利得特性

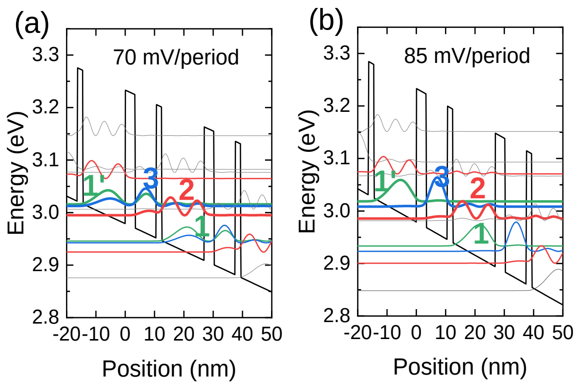

図 2　2 ウェル THz-QCL のサブバンド波動関数。1 周期あたりの電圧が(a) 70 mV, (b) 85 mV の場合

参考文献 [1] A. Khalatpour *et.al*, *Nat. Photonics*, **15**, 16–20 (2021).