## GaSb 系 THz-QCL におけるバレー間散乱の影響 Influence of intervalley scattering on performance of GaSb-based THz-QCLs 情報通信研究機構 安田 浩朗

NICT, Hiroaki Yasuda

E-mail: yasuda@jsap.or.jp

GaSb 材料系を用いると、従来の GaAs 系 THz-QCL よりも THz 利得が向上する可能性があるこ とが非平衡グリーン関数法による計算により明らかになった[1]。これは LO フォノン・電子間の 相互作用が減少し、スペクトル関数のピークが鋭くなるためである。ただ GaSb ではΓバレーと L バレー間のエネルギー差が 300 K で 84 meV と小さいため、バレー間散乱が QCL の性能に与える 影響が問題となる。今回、レート方程式を用いてその影響を調べた。

散乱確率には、バレー間散乱[2,3]、各バレー内でのLOフォノン散乱・電子間散乱を取り入れた。GaSbのバレー間変形ポテンシャルを2.8×10<sup>8</sup> eV/cm,Lバレーでの電子の有効質量を0.95moとし、電子温度は格子温度より50K高いと仮定した。図1に3ウェル型のGaSb/AlGaSb系THz-QCLのレート方程式の計算結果を示す。計算開始時にΓバレーの各サブバンドに等しく電子が存在するとした。格子温度50Kでは20ps後もすべての電子がΓバレーに存在するが、200Kでは12%しか存在しない。運動エネルギーが高い電子が増加しバレー間散乱の確率が高くなるためである。また電子の有効質量の違いからLバレーからΓバレーへの散乱確率は小さい。低温では大きいTHz利得は維持され、高出力の光源となりうるが、150K以上でLバレーの電子数が増加し、Γバレー電子を用いるGaSb系THz-QCLの性能が低下することがわかった。

[1] H. Yasuda et al., Appl. Phys. Lett. 106, 111111 (2015).
[2] X. Gao et al., J. Appl. Phys. 101, 063101 (2007).
[3] J. Shah, *Hot Carriers in Semiconductor Nanostructures* (Academic, New York, 1992).



Fig. 1 (a) Conduction band profile of a GaSb/Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Sb THz-QCL at 9.5 kV/cm. One period of the QCL sequence is 6.1/12.2/3.0/9.8/5.5/20.1 nm. (b) Number of electrons in subbands G1–G4 in  $\Gamma$  valley at the lattice temperature of 200 K. The total electron density is  $3.0 \times 10^{10}$  cm<sup>-2</sup>.