

THz量子カスケードレーザの動作高温化と周波数拡大に関する研究

研究機関名：理化学研究所

所属名：光量子工学研究センター テラヘルツ量子素子研究チーム

代表研究者：チームリーダー 平山秀樹、終了2015年度（平成27年度）

共同研究者：林宗澤（理化学研究所）

研究・成果概要

Reducing high energy levels horizontal current leakage by NEGF method

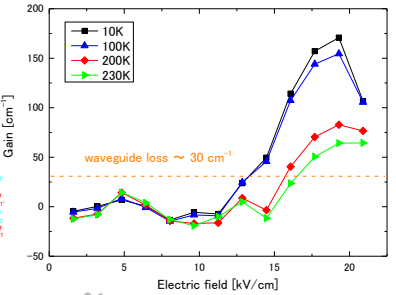
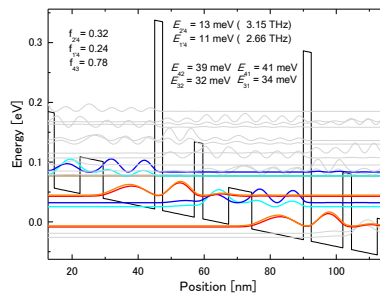
NEGF(non-equilibrium Green's function)

$$(E - H_0 - e\Phi - \Sigma^R)G^R = 1 \rightarrow G^R = G^R \Sigma^< G^R$$

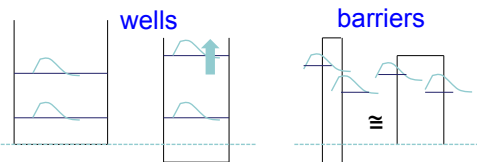
$$E^R = D^R G^R + D^< G^R + D^< G^< \quad \Sigma^< = D^< G^<$$

- ▶ Self-consistent born approximation.
- ▶ Momentum dependent self-energies.
- ▶ Spatially off-diagonal self-energies.

▶ Non-elastic and elastic scattering including:
Acoustic phonon scattering; Optical phonon scattering; Impurity scattering; Interface roughness scattering; Electron-electron scattering



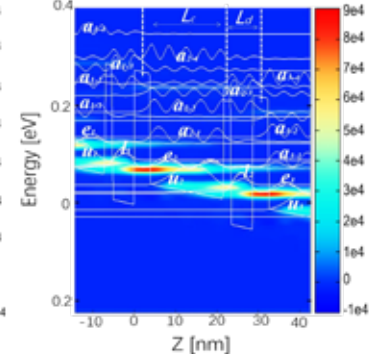
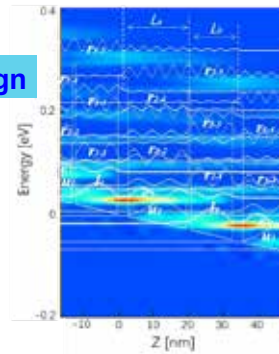
Variable Al composition barriers and wells design



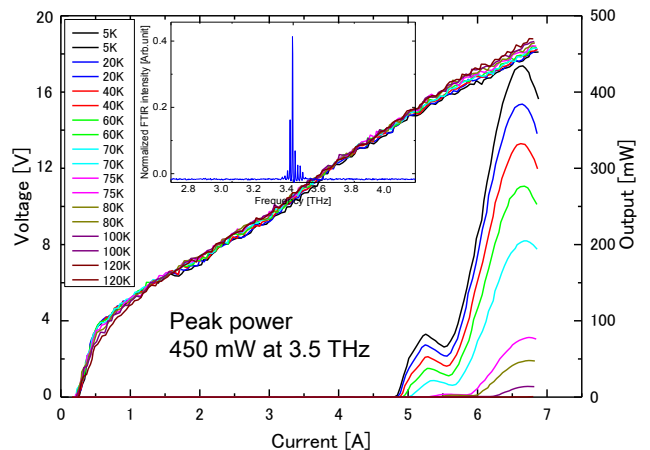
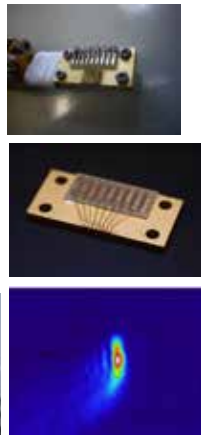
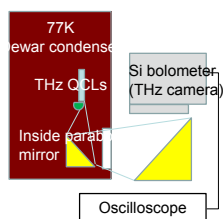
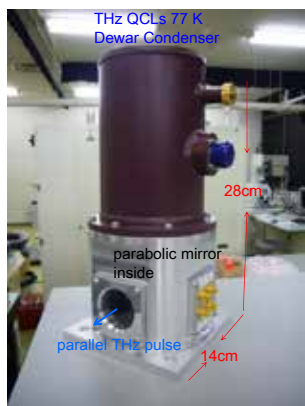
Vertical: push up HEL

Horizontal: spatial separated OEL

2 design parameters: thickness, ground position



450 mW operation THz QCLs with different Al composition



想定する分野・用途

テラヘルツ量子カスケードレーザ (THz QCLs) は、小型・高効率、長寿命、連続出力、安価な半導体テラヘルツ光源として、物体内部の透過像の取得や分子間相互作用の検出ができるため、セキュリティや分光分析をはじめとする、各種透視検査・計測機器、高速通信など広範な分野への応用が期待されています。

最終目標

非平衡グリーン関数計算法を用いた第一原理計算によって新たな経路のリーク電流の解析と特定を行い、THz QCLsに新しい量子構造や新規半導体材料系を導入するなど素子構造を革新することで、高出力化、動作温度の向上、周波数領域の拡大、閾値電流の低減などの高性能化を行い、実用化を目指したTHz QCLsの開発を行います。

産業界への期待・要望

THz QCLsの高出力化および高温動作性能の向上に成功しました。特に、直接発振過程に寄与していない遠距離の高エネルギーサブバンド準位の光利得と電流分析への影響の定量分析は、世界初の試みです。この解析方法と、今回提案した新たな発光層構造の改善法は、特定の材料システムや基本設計にとどまらず、THz QCLsの開発全般における特性改善に大きな影響を与える。