

THz 帯量子カスケードレーザにおける高電界ドメイン

High-field domains in THz quantum cascade laser

情報通信研究機構¹, 東京大学² °安田 浩朗¹, 寶迫 巖¹, 平川 一彦²NICT¹, Univ. of Tokyo², °Hiroaki Yasuda¹, Iwao Hosako¹, Kazuhiko Hirakawa²

E-mail: yasuda@nict.go.jp

現在、テラヘルツ帯量子カスケードレーザ (THz-QCL) の動作温度は最大で 200K に留まり、性能の向上が求められている。近年、間接注入励起 (散乱注入) と対角遷移を利用する 2 ウェル THz-QCL 構造が提案され、計算上は大きな利得が得られた[1]。しかし計算で得られた 1 周期の I-V 特性を見ると、低温では発振閾値電圧より低電圧で閾値での電流よりも高い電流ピークが生じ、閾値電圧が負性微分コンダクタンス(NDC)領域にある。そのため多周期のカスケード構造では高電界ドメインが生じレーザ発振に対応する準位のアライメント形成が阻害され、低温ではレーザ発振しない[1]。また従来の THz-QCL においてもレーザ発振時に電界が必ずしも一様に加わらずに高電界ドメインが形成され、性能が低下している可能性がある。高電界ドメインは I-V 特性において周期数に対応する数の小ピークを伴うプラトー状の領域として現れる。通常の QCL は 100 周期以上かつ大面積であるため、こうした微細な構造は観測されない。今回、数周期かつ小面積の試料を作成し、QCL 構造での高電界ドメイン形成について調べた。

図 1(a)は、従来の 4 ウェルTHz-QCL構造の試料 (3.0/9.0/5.5/7.9/2.5/6.5/4.1/15.5 nmを 5 周期、太字 Al_{0.15}Ga_{0.85}As/ 細字GaAs、下線部に $3 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$ /周期のn型ドーピング、面積 80 μm^2 角) のI-V特性を示す。閾値電圧以上でプラトーと微小なピークが見られた。ヒステリシスはない。さらにピークを明瞭にするためI-V特性から微分コンダクタンスを求めた (図 1(b)参照)。0.5~0.8Vの間にNDCの領域が 4 個見られた。レーザ発振終了に対応する準位のミスアライメントによる電流減少を反映している。一方、閾値電圧以下ではNDCは見られない。

図 2 は、我々が設計・試作した 2 ウェルTHz-QCL

構造 (4.0/16.4/2.8/10.7 nmを 7 周期、他は 4 ウェルと同様) の測定結果を示す。レーザ発振を阻害するNDC (0.3~0.45Vに生じる可能性) は見られず、レーザ発振が期待される。また 4 ウェル構造と異なり、発振終了に対応するNDCもない。このように本構造では発振閾値電圧前後ともにデバイス全体に一樣の電界が加わっており、従来よりも高いレーザ出力が期待される。

参考文献 [1] A. Wacker, APL **97**, 081105 (2010).

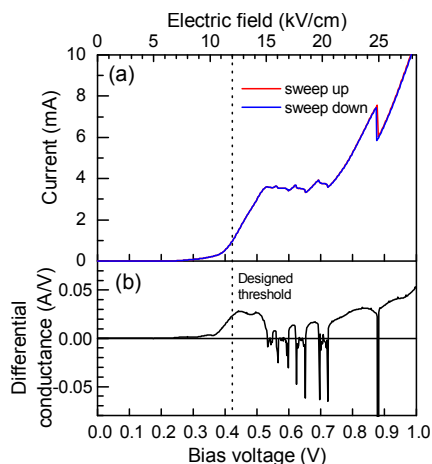


図 1 4 ウェル THz-QCL 構造の IV 特性と微分コンダクタンス。温度は 4.2K

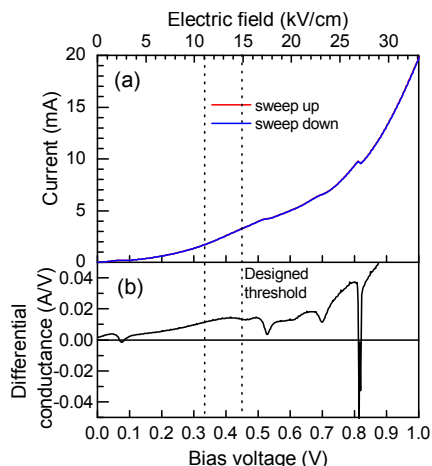


図 2 2 ウェル THz-QCL 構造の IV 特性と微分コンダクタンス。温度は 4.2K