

熱解析シミュレーションと構造関数による量子カスケードレーザの放熱性評価

Evaluation of heat dissipation of quantum cascade laser by simulations and structure functions

東京工科大¹, 東芝² 高木 茂行¹, 谷村 景貴¹, 角野 努², 橋本 玲², 金子 桂², 斎藤 真司²

Tokyo Univ. of Tech.¹, Toshiba², ○Shigeyuki Takagi¹, Hirotaka Tanimura¹, Tsutomu Kakuno²,

Rei Hashimoto², Kei Kaneko² and Shinji Saito²

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

1. はじめに 量子カスケードレーザ(QCL)は中・遠赤外域で発振する半導体レーザである。微量ガスの濃度測定、遠方ガス検知への応用が期待されており、測定感度向上のため、高出力化が求められている。高出力化のために QCL 放熱性の向上を目指し、指標となる熱抵抗を 2 種類の方法で測定するとともに、QCL 構造の改善により熱抵抗の低減を行った。

2. 熱抵抗の測定 測定に用いた QCL 構造を図 1 に示す。QCL を励起する活性層は高さ $10\mu\text{m}$ で、厚み $15\mu\text{m}$ の Cu で埋込まれている。QCL が形成される InP 基板は長さ 4 mm、厚み $600\mu\text{m}$ で、AuSn 半田により W/Cu マウントに実装されている。熱抵抗の測定には Siemens 社の T3Ster を用い、Dynamic 法と Static 法で測定を行った。Dynamic 法では、パルスで QCL を加熱して熱抵抗を求め、Static 法では連続電流で加熱後の冷却曲線から熱抵抗を抽出する。

図 2 (a), (b) は、Dynamic と Static 法での測定結果から、熱抵抗 R_{th} と熱容量 C_{th} との関係を求めた特性曲線で、構造関数と呼ばれている QCL の材質・構造が大きく変化する界面で、熱抵抗と熱容量の変化が大きく、構造関数の変曲点と QCL の材質界面が対応する。AuSn での熱容量 $1.66 \times 10^{-3} \text{JW}^{-1}$ を基準として、構造関数と QCL の (i) リッジ, (ii) InP 基板, (iii) AuSn, (iv) マウントを対応付けている。Dynamic 法, Static 法とも QCL 部位との対応はとれているが、測定時間では、Dynamic 法が 3 時間、Static 法が 6 分と短く、Dynamic 法では測定の再現性が低い。QCL の構造評価に Static 法を用いることとした。

3. QCL 構造と熱抵抗 熱抵抗の低減策として、リッジを InP で埋込みエピダウンした構造を試作・評価した。QCL の放熱性で重要なリッジ部の熱抵抗は、図 2(b) の 4.6K/W から図 3(a) に示すように 2.5K/W へと大幅低減した。これに対応させて 3D 熱解析した結果、Cu 埋込みでのリッジ温度は 59.4°C 、InP 埋込みのエピダウンで 37.2°C と、熱抵抗に対応して低下することが示された。

謝辞 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。

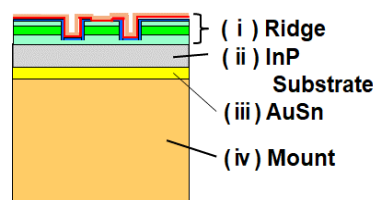


Fig.1 Cross-section of QCL.

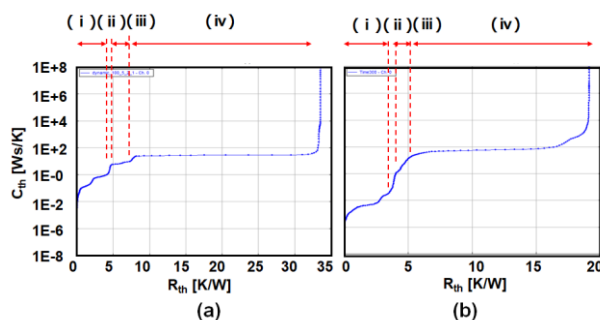


Fig.2 Structure function

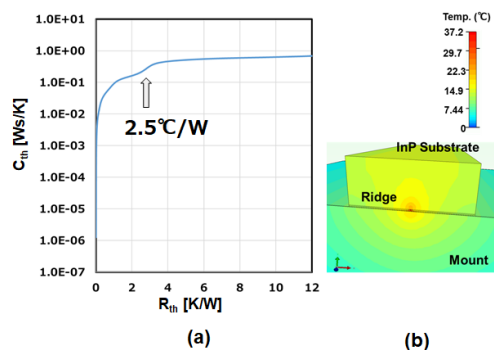


Fig.3 (a) Structure function of epi-side-down QCL and (b) 3D thermal flow simulation of it.