結合二重上位準位構造を用いた 差周波発生テラヘルツ量子カスケードレーザ光源の室温動作

Room-temperature Terahertz Quantum Cascade Laser Sources with Dual Upper State

浜松ホトニクス中研[1], ○日高 正洋[1], 藤田 和上[1], 伊藤 昭生[1], 枝村 忠孝[1],山西 正道[1]

Hamamatsu Photonics K. K. Central Research Lab[1],

○M. Hitaka[1], K. Fujita[1], A. Ito[1], T. Edamura[1], M. Yamanishi[1]

E-mail: masahiro.hitaka@crl.hpk.co.jp

はじめに:近年, 室温動作可能な小型テラヘルツ(THz)光源として, 2 波長発振する中赤外量子カスケードレーザ(QCL)キャビティ内における差周波発生(DFG)を用いた THz-QCL 光源が注目されている[1, 2]. 我々は中赤外波長領域において, 温度特性に優れ, 広帯域波長可変動作可能な QCL を実現しており[3, 4], 当社が考案した結合二重上位準位構造(DAU)は DFG THz-QCL においても非常に優位な特徴を持つと考えられる. 今回, DAU 構造を用いて DFG THz-QCL を作製し、室温で THz 発生に成功したので報告する.

実験:素子は InP 基板上に有機金属気相エピタキシャル法(MOCVD)により作製した. 2 種類の活性領域を用いており, 発振波長が λ_1=9.0 μm, λ_2=10.3 μm となるように設計した. 結晶成長後, 埋め込みヘテロ構造の作製と金メッキによる電極形成を行った. Fig. 1 に中赤外(MIR)および THz 出力 I-L 特性を示す. 室温においてパルス動作(Duty:0.3%)で測定した. MIR 発振特性より, 閾値電流密度は λ_1 に対して J_{th}=4.7 kA/cm^2, λ_2 に対して J_{th}=6.0 kA/cm^2 である. THz 出力は λ_2 の発振と同時に立ち上がっており, この THz が非線形光学効果により発生していることがわかる. THz 出力は最大で約 13 μW である. 挿入図に MIR 出力の積に対する THz 出力の関係を示す. MIR-THz 変換効率は $\eta_{MIR\text{-}THz}$=0.41 mW/W^2 と非常に高い値であり, DFG THz-QCL に対する当社の DAU 構造の優位性を確認した. 室温における MIR と THz スペクトルを Fig. 2 に示す. 中赤外スペクトルの差周波に対応する波長で THz 出力が得られており、明瞭な THz スペクトルが観察された. 今後、DAU 構造を有する DFG THz-QCL の素子構造を最適化することで室温 CW 動作が期待される.

謝辞 : 本研究を進めるにあたり, 浜松ホトニクス(株)の黒柳氏, 道垣内氏にご協力を頂いた.

[1] M. Belkin et al., Nat. Photonics, vol. **1**, pp. 288 (2007). [2] K. Vijayraghavan et al., Nat. Commun., vol. **4**, pp. 2021 (2013). [3] K. Fujita et al., Appl. Phys. Lett, vol. **96**, pp. 241107 (2010). [2] K. Fujita et al., Appl. Phys. Lett, vol. **98**, pp. 231102, (2011).

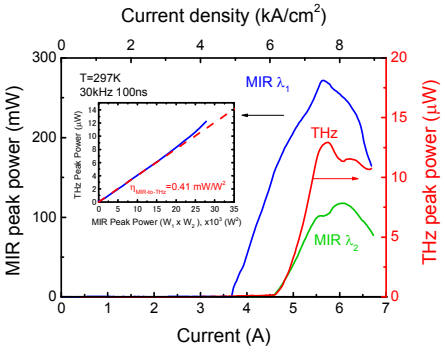

Fig.1 MIR, THz 出力 I-L 特性

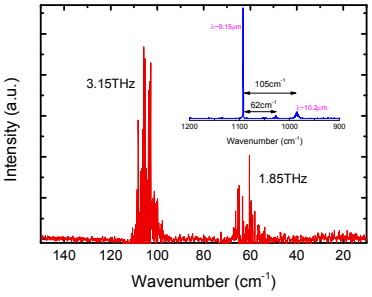

Fig.2 MIR、THz スペクトル

© 2015年 応用物理学会