

【基盤研究(S)】

理工系 (総合理工)



研究課題名 窒化物半導体を用いた未開拓波長量子カスケードレーザの研究

理化学研究所・平山量子光素子研究室・主任研究員

ひらやま ひでき
平山 秀樹

研究課題番号: 15H05733 研究者番号: 70270593

研究分野: 総合理工

キーワード: ヘテロ構造

【研究の背景・目的】

これまでの量子カスケードレーザ(QCL)は、5~12 THz(テラヘルツ)帯、及び 3 μ m 以下の波長の動作は難しい。本研究では、窒化物半導体を用いることにより、これまで不可能だった周波数帯の QCL を実現することを目的とする。窒化物半導体の LO フォノン吸収エネルギーは GaAs の約 3 倍大きく、未踏周波数 5~12 THz を含む 3~20 THz の動作が可能となる。また、伝導帯のバンド不連続値は最大で 1.9eV と大きいため 1~8 μ m 帯の QCL が可能となり、QCL の動作範囲を大幅に拡大することができる。未踏の THz-QCL の室温発振も期待できる。我々は、世界唯一の試みとして GaN 系 QCL の作製に着手し、最近、世界で初めてのレーザ発振に成功した。本研究では、これまで培ってきた窒化物の高品質成長技術を進化させ、また、独自に見出した「純粋 3 準位量子構造」と「間接注入機構」を融合させた革新的量子設計を取り入れることにより、上記未開拓領域を含む幅広い範囲の QCL 動作を実現することを目標とする。

【研究の方法】

窒化物半導体 QCL に適合する新しい量子構造を導入し、未開拓周波数の QCL を実現する。

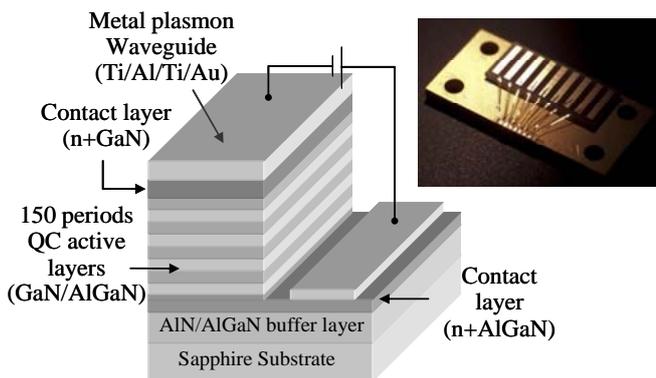


図1 GaN系 THz-QCL の構造図

窒化物半導体 QCL では、 piezoelectric field のために縮退が解かれた準位間で発光が起こり、安定した動作が得られない。この問題を解決するために、THz-QCL の量子構造として、無駄な準位を排除した「純粋 3 準位」機構を導入する (図 1、2 参照)。純粋 3 準位機構を用いた GaN/AlGaIn 系 THz-QCL を実現し、動作周波数を 3~20 THz 領域へと拡大する。また、室温動作も実現する計画である。さらに、高 Al 組成 AlGaIn 系超格子構造を導入し、大きなバンド不連続を用いて、波長が 1~8 μ m 帯の赤外 QCL の実現を試

みる。窒化物半導体の高精度結晶成長は、これまで培ってきた、分子線エピタキシー (MBE) ならびに有機金属気相成長法 (MOCVD) による結晶成長技術を駆使して行う。

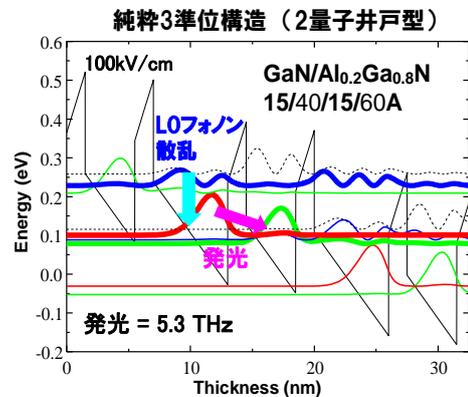


図2 GaN系 THz-QCL で用いる純粋 3 準位量子構造

【期待される成果と意義】

窒化物半導体を用いれば、未踏周波数を含む 3~20 THz のテラヘルツ帯ならびに、中赤外の 1~8 μ m 帯の QCL の実現が期待される。テラヘルツ光は、各種透視・非破壊検査用の光源として注目され、その応用範囲は、各種セキュリティ検査、火傷診断や癌細胞選別などの医療、電子産業、農業、各種工業、食品検査などと幅広い。また近赤外-中赤外光は、光通信や環境計測を中心に応用範囲が広い。未開拓周波数の QCL が実現すれば、上記の応用分野が飛躍的に拡大することが期待され、我が国の経済発展への寄与が大きい。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ H. Hirayama et al, "Recent progress and future prospects of THz quantum-cascade lasers", Novel In-Plane Semiconductor Lasers XIV, Proc. of SPIE, 9382-41 (2015).
- ・ W. Terashima and H. Hirayama, "Development of terahertz quantum cascade laser based on III-nitride semiconductors", The Review of Laser Engineering, vol. 39, no. 10, pp. 769-774 (2011).

【研究期間と研究経費】

平成 27 年度 - 31 年度 154,500 千円

【ホームページ等】

<http://www.riken.jp/lab/THz-device/>