

1. 評価対象研究課題

- (1) 研究課題名：「フォトニック結晶による高ビーム品質中赤外量子カスケードレーザの開発」
- (2) 研究代表者：物質・材料研究機構 迫田 和彰
- (3) 研究期間：平成29年度～令和3年度（予定）

2. 中間評価の実施概要

- ・日時：令和元年12月2日
- ・場所：防衛装備庁 艦艇装備研究所
- ・評価委員：

未来工学研究所 理事長、上席研究員／東京大学 名誉教授	平澤 洽（委員長）
豊橋技術科学大学 名誉教授	石田 誠
東京農工大学 名誉教授	佐藤 勝昭
東京工業大学 名誉教授	谷岡 明彦
科学技術振興機構 研究開発戦略センター 企画運営室長／フェロー	中山 智弘
理化学研究所 光量子工学研究センター センター長	緑川 克美
東京理科大学 工学部 電気工学科 教授	村口 正弘
千葉工業大学 工学部 電気電子工学科 教授	山本 秀和
東京工科大学 応用生物学部 学部長、教授	横山 憲二

（委員長以外は五十音順・敬称略）

3. 研究の進捗状況

研究の概要

本研究は、中赤外域のレーザ光を発する量子カスケードレーザ（QCL）構造と、面発光による光射出を担うフォトニック結晶（PC）から構成される「PC面発光QCL」の作製及び評価を通じて、従来技術では到達できなかった高出力・高ビーム品質を備えた、革新的な中赤外光源の実現を目指すものである。

進捗状況

主な実施項目に対する進捗は以下の通り。

(1) 中赤外フォトニック結晶のモード設計と製造技術

PC 構造に外部からレーザ光を入射した際の面発光 QCL のビーム品質 M^2 値を 1.5 以下にすることを中間時の目標としていたが、統合効率の低さから M^2 値の評価には至らず、PC 構造とビーム品質の関係を解析する数値計算の精度向上等を検討している。

(2) QCL 素子の高温安定動作に向けた熱解析・放熱構造の作製技術

半導体／金属の埋込み構造による温度上昇の抑制について、熱解析シミュレーションによる熱伝導の可視化と、Statics 法による熱抵抗の評価を導入し、中間時の目標としていた実装構造上の QCL 素子の熱抵抗 $4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 以下を達成した。

(3) QCL 素子の高出力化と高効率化技術

端面発光型では中赤外波長で国内最高レベルとなるピーク出力 1 W 以上を実現した。また、QCL 素子の量子効率 15% 以上、量子井戸の膜厚と組成の揺らぎについて設計値との差が 5% 以下という目標は達成したが、PC 面発光 QCL のレーザ発振について初回試作時には確証に至らず、2 回目以降の試作及び評価を順次進めている。

4. 中間評価の評点

B 進捗は順調であり、研究計画に沿って進めてよい。

5. 総合コメント

中間時のマイルストーンである PC 面発光 QCL のレーザ発振について、確証には至らなかったが、QCL 素子の高出力化等の成果は順調に得られており、研究の続行については差し支えないと判断する。ただし、現出力の 10 倍という最終目標の実現までには多くの課題が残っており、研究を加速する相当な努力が必要と思われる。また、海外のグループが PC 面発光 QCL のレーザ発振に成功したとのことだが、国内外の他機関の取組との優位性の比較をしっかりと行うなど、より戦略的な研究推進が望まれる。目標達成のための課題と対策を今一度整理し、着実に解決していくことを期待する。

6. 主な個別コメント

- 中間時の目標である面発光でのレーザ発振には成功しておらず、このままでは最終目標の達成が困難な可能性がある。一層の奮起を期待したい。
- 中間時の目標値はほぼ達成していると言える。
- 種々有用なデータ蓄積はできていると思われる。研究に対する姿勢も評価できる。
- 実施機関同士の連携はできており、チームとしては良い。
- 先に海外のグループが PC 面発光を実現したのは残念であり、それを踏まえて新たな展開が必要と思われる。競合相手に対する優位性を明確にしてはどうか。
- PC 面発光 QCL のレーザ発振を確実にやるべきであり、そのためには、もう少し対策の具体化が必要と思われる。
- 現状では今後の進展に不安が残り、問題の解決に向けた計画、方法の明確化が望まれる。
- QCL の発光モードと PC の取り出し結合が課題なのではないか。
- 1 W 程度の実用レベルの出力を Continuous Wave で出すことを優先させるべきではないか。