

情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

有川 敬

京都大学 大学院理学研究科
助教

電子・光技術の融合による半導体テラヘルツコム発振器の創成

研究成果の概要

本研究では、エレクトロニクス技術とフォトニクス技術の融合により、集積可能な半導体ベースの広帯域テラヘルツコム発振器の開発に挑んでいる。具体的には、共鳴トンネルダイオード(RTD)を用いた発振回路にレーザー技術の概念を導入し、従来のレーザーベースのテラヘルツコム光源を小型半導体デバイスで置き換えることを目標としている。これまでの研究により、キャビティを形成し、RTD 発振器が放射したテラヘルツ波をミラーで戻り光としてフィードバックすることで、マルチモード同期発振することが明らかになっている。

モード同期発振メカニズムを理解するために、縦モード間隔 f_{rep} を詳細に調べた。その結果、モード数が少ない領域ではモードは等間隔ではないことが明らかになった。また、モード間隔のキャビティ長(L)依存性を詳しく調べた結果、レーザーでよく知られている単純な関係($f_{rep} = c/2L$, c は光速)では表せない振る舞いが観測され、RTD 発振器のモード同期発振の特徴をとらえることに成功した。これらの振る舞いを理解するために、キャビティによる自己フィードバックを取り入れた回路モデルを用いた計算を行った。その結果、発振回路が複数の周波数で発振し得ること、それらの周波数間隔が非等間隔であること、また単純な $f_{rep} = c/2L$ では表せないことがわかり、実験結果の一部を定性的に説明することに成功した。

また、オフセット周波数の安定化に向け、オフセット周波数の制御方法を探索した。そのための手法として、モード間周波数の安定化に使用したバイアス変調信号の振幅に着目した。その結果、バイアス変調信号の振幅に対してオフセット周波数が変化することがわかり、オフセット周波数の電氣的な制御が可能であることがわかった。

【代表的な原著論文情報】

- 1) T. Hiraoka, Y. Inose, T. Arikawa, H. Ito, K. Tanaka, "Passive mode-locking and terahertz frequency comb generation in resonant-tunneling-diode oscillator," *Nature Communications* **13**, 3740 (2022).
- 2) T. Arikawa, Y. Daikoku, T. Hiraoka, Y. Inose and K. Tanaka, "Electrical Control of Mode-Locked Resonant Tunneling Diode Terahertz Oscillators," 2022 47th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz), Delft, Netherlands, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/IRMMW-THz50927.2022.9895667.