

2023 年度年次報告書

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

有川 敬

兵庫県立大学 大学院工学研究科

准教授

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すことで、マルチモード同期発振することが明らかになっている。

モード同期メカニズムを探るため、2 モード注入同期実験を行なった。この時、RTD からは注入光には存在しない新たなモードが多数発生し、RTD 内部で何らかの周波数混合過程が生じて発振帯域が拡大していることがわかった。この現象は非線形光学的には四光波混合による帯域拡大として理解できる可能性がある。このことを実験的に確かめるために、この現象の強度依存性を測定した。その結果、非線形光学の理論から期待される依存性が得られ、RTD 内部で四光波混合が起きていると解釈可能であることがわかった。四光波混合はコヒーレントな周波数混合過程であるため、新たに生成されるモードは一定の位相関係を保っており、これが RTD の位相同期機構であると考えられる。

オフセット周波数の安定化を行うため、位相同期回路を用いた RTD の発振周波数安定化に取り組んだ。単一モード発振状態の RTD において、フィードバック制御により発振線幅を劇的に狭めることに成功した。この手法はマルチモード同期発振状態にも適用可能であり、またこれまでの研究で確立してきた繰り返し周波数の安定化技術と併用可能であることから、RTD 発振器の周波数コム化 (発振周波数の完全な安定化・外部制御) への道筋が見えたと言える。

【代表的な原著論文情報】

- 1) S. Yamasaki, T. Arikawa and K. Tanaka, "Nonlinear Optical Response In Resonant Tunneling Diode Terahertz Oscillators," 2023 48th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz), Montreal, QC, Canada, 2023, pp. 1-2, doi: 10.1109/IRMMW-THz57677.2023.10299205.