

情報担体を活用した集積デバイス・システム  
2021 年度採択研究代表者

2021 年度 年次報告書
------------------

富士田 誠之

大阪大学 大学院基礎工学研究科  
准教授

時空間分布制御テラヘルツ集積デバイスシステムの創成

## § 1. 研究成果の概要

本研究では、情報担体として、電波と光の境界領域の未開拓周波数を有するテラヘルツ帯の電磁波に着目する。デバイス科学の極限領域であるテラヘルツ周波数において基本波発振可能な量子効果電子デバイス共鳴トンネルダイオードの発振状態をその時間発展に着目し、フォトニクス的なアイデアによって制御することで、低雑音で安定なテラヘルツ信号源の開発を行うとともに、従来の限界を超えた高い周波数での発振を目指す。共鳴トンネルダイオードの空間分布を制御して多数集積化することで、単体デバイスの物理限界を超えた高出力なコヒーレントテラヘルツ発振器を実現し、通信容量の増大や情報通信とセンシングとが融合した新たなシステムの創成を目指す。

今年度は共鳴トンネルダイオードの位相状態に関するファンデルポール回路方程式による解析を行い、注入信号によって、発振周波数が一定の条件では駆動バイアス電圧を変化させることで発振位相が変化する、という結果が得られた。共鳴トンネルダイオードの出力向上に向けて、キャパシタンスを大きくしても発振周波数を維持可能な空洞共振器を有するデバイスの検討を行い、1.7 THz 帯での発振を得た。一方、多数のデバイスの集積化に向けて、GaInAs 半導体が従来の金属-絶縁体-金属構造の代わりに果たす作製プロセスを簡易化できるデバイスの開発を進め、0.5 THz 帯にて 220  $\mu$ W の発振出力が得られた。さらに、通信システムへの応用を想定し、共鳴トンネルダイオードのテラヘルツ受信器としての動作に着目した検討を行った。発振領域と非発振領域の境界付近のバイアス電圧条件で駆動し、テラヘルツ受信器として利用すると、増幅検波動作が負性微分コンダクタンスによって生じることが見い出され、0.3 THz 帯にて、48 Gbit/s に相当する 4 値パルス振幅変調の無線通信実験に成功した。

## § 2. 研究実施体制

### (1) 大阪大学グループ

- ① 研究代表者: 富士田 誠之 (大阪大学 大学院基礎工学研究科 准教授)
- ② 研究項目
  - ・テラヘルツ集積化技術の創出とテラヘルツ応用システムの創成

### (2) 東京工業大学グループ

- ① 主たる共同研究者: 鈴木 左文 (東京工業大学 工学院 准教授)
- ② 研究項目
  - ・テラヘルツ共鳴トンネルダイオードの研究とテラヘルツ応用システムの創成

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Xiongbing Yu, Daniel Headland, Yosuke Nishida, Ratmalgre Alex Sylvestere Desire Koala, Jaeyoung Kim, Masayuki Fujita and Tadao Nagatsuma, “Hybrid integration between resonant tunneling diodes and unclad microphotonic diplexer for dual-channel coherent terahertz receiver”, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, vol. 28, no. 3, 8500210-1-8500210-10, 2022.
- 2) Mikhail Bezhko, Safumi Suzuki and Masahiro Asada, “Analysis of output power characteristics for resonant-tunneling diode terahertz oscillator with cylindrical cavity resonator”, Japanese Journal of Applied Physics, vol. 60, no. 12, 121002-1-121002-9, 2021.
- 3) Atsushi Oshiro, Naoki Nishigami, Takumi Yamamoto, Yosuke Nishida, Julian Webber, Masayuki Fujita and Tadao Nagatsuma, “PAM4 48-Gbit/s wireless communication using a resonant tunneling diode in the 300-GHz band”, IEICE Electronics Express, vol. 19, no. 2, pp. 20210494-1-20210494-6, 2022.
- 4) Mikhail Bezhko, Safumi Suzuki, Shota Iino and Masahiro Asada, “Fabrication of sub-micrometer 3D structures for terahertz oscillators by electron beam gray-tone lithography”, Journal of Vacuum Science & Technology B, vol. 40, no. 2, 023206-1-023206-12, 2022.
- 5) Mai Van Ta, Yusei Suzuki, Xiongbing Yu, Safumi Suzuki and Masahiro Asada, “Structure dependence of oscillation characteristics of structure-simplified resonant-tunneling-diode terahertz oscillator”, Applied Physics Express, vol. 15, no. 4, pp. 042003-1-042003-5, 2022.