

半導体二次元プラズモンを利用したテラヘルツ機能デバイスとその 次世代 Beyond 5G 無線通信への応用

○尾辻 泰一*

東北大学電気通信研究所

Terahertz functional devices using semiconductor two-dimensional plasmons and their applications to the next-gen beyond 5G wireless communications

○Taiichi Otsuji *

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

1980 年代初頭に自動車電話が世に登場して以来、半導体集積回路・量子エレクトロニクス技術の目覚ましい発展に支えられ、インターネット技術の普及・発展と足並みを揃えて移動体無線通信技術は長足の進歩を遂げている。昨年 2020 年にはいよいよ第 5 世代 5G サービスの商用化が開始された。5G のハイエンドサービスでは、搬送周波数として 28 GHz 帯が我が国では使用されている。従来よりも 1 桁高い周波数帯を利用することで、より高速・大容量・多接続の無線通信サービスが実現し、2020 東京オリンピックでもその臨場感あふれるダイナミックな映像配信が注目された。しかしながら、コロナ禍での困難な‘くらし’を経てニューノーマルな社会への変革が求められる中、スマホ利用のユースケースは従来の想像をはるかに超えるほどに多様化し、ひとびとの「より高速で、より大容量で、より多接続」を可能とする無線通信技術への要求は留まるところを知らない¹⁾。

そのような背景のもとに、移動体通信のトラフィック量増大に対応するため、次世代 Beyond 5G (B5G) の研究開発が盛んに行なわれている²⁾。5G に続く第 6 世代の 6G、さらにその先の第 7 世代の 7G が技術開発ロードマップの指標となる。B5G はそれらを総称した呼称である。B5G の無線周波数帯は、ミリ波テラヘルツ波帯が中核となる²⁾。周波数がミリ波からテラヘルツ波へと向上するにつれて電磁波の大気減衰が強くなる。遠距離の無線伝送にはより高出力な送信デバイスとより高感度な受信デバイスの実現が求められる。しかしながら、トランジスタをはじめとする電子デバイスもレーザーダイオードをはじめとするフォトニックデバイスも、本質的な物理限界によってテラヘルツ帯での動作は困難を極めている^{3,4)}。

かかる’テラヘルツギャップ’を克服するブレークスルーとして、半導体二次元プラズモンを新たな動作原理とするテラヘルツ機能デバイスの研究動向が注目されている^{5,6)}。最近著者らのグループは、グラフェンを利得媒質とするレーザートランジスタを試作し、100K の低温下ながら単一モードレーザ発振の実証⁷⁾や、グラフェンプラズモンの不安定性に由来する室温下でのテラヘルツ波の誘導増幅の実証⁸⁾に成功するなどの成果を挙げている。本稿では、半導体二次元プラズモンを新たな動作原理とするテラヘルツ機能デバイスの最先端研究動向を紹介するとともに、その B5G 無線通信への応用の可能性について論ずる。

文 献

- 1) 寶迫, “6G に向けたテラヘルツ波通信技術の動向,” ITU ジャーナル, vol. 51, no. 5, pp. 22-25, May 2021.
<https://www.ituaj.jp/?download=24728>
- 2) 総務省, B5G 推進戦略懇談会 提言, June 2020.
https://www.soumu.go.jp/main_content/000696612.pdf
- 3) M. Tonouchi: Nat. Photon. **1**, 97-105 (2007).
- 4) K. Sengupta, T. Nagatsuma, and D.M. Mittleman, Nat. Electron. **1**, 622-635 (2018).
- 5) T. Otsuji, T. Watanabe, S. Boubanga Tombet, A. Satou, W. Knap, V. Popov, M. Ryzhii, and V. Ryzhii, IEEE Trans. Thz. Sci. Technol. **3**, 63-71 (2013).
- 6) V. Ryzhii, T. Otsuji, and M.S. Shur, Appl. Phys. Lett. **116**, 140501 (2020).
- 7) D. Yadav, G. Tamamushi, T. Watanabe, J. Mitsushio, Y. Tobah, K. Sugawara, A.A. Dubinov, A. Satou, M. Ryzhii, V. Ryzhii, and T. Otsuji, Nanophoton. **7**, 741-752 (2018).
- 8) S. Boubanga-Tombet, W. Knap, D. Yadav, A. Satou, D.B. But, V.V. Popov, I.V. Gorbenko, V. Kachorovskii, and T. Otsuji, Phys. Rev. X **10**, 031004 (2020).

(最終アクセス 2021 年 9 月 3 日)

*E-mail: otsuji@riec.tohoku.ac.jp