

ダイポールアレイアンテナを集積した共鳴トンネルダイオード テラヘルツ発振器の提案と作製およびそのアレイ動作

Proposal and Fabrication of Resonant-Tunneling-Diode Terahertz Oscillator Integrated with Dipole Array Antenna and Its Array Operation

東工大 ○笠木 浩平, 福岡 慎太郎, 鈴木 左文, 浅田 雅洋

Tokyo Tech ○Kouhei Kasagi, Shintaro Fukuma, Safumi Suzuki, Masahiro Asada

E-mail: asada@pe.titech.ac.jp

【はじめに】共鳴トンネルダイオードを用いたテラヘルツ(THz) 発振器は、小型で室温連続動作することから有力な THz 光源として期待されている。我々はこれまでに 1.92 THz での高周波発振[1]と、~610 μW の高出力発振(620 GHz)[2]を報告している。また、Si レンズを必要としないパッチアンテナ集積構造を用いた発振器アレイを作製し、~1 THz で 55 μW の出力を得た[3]。しかしながら、パッチアンテナは帯域が狭くその共振周波数と発振周波数を一致させることが難しかった。そこで本研究では、パッチアンテナより帯域の広いダイポールアレイアンテナを集積した発振器を提案し、デバイス作製を行った。さらに、発振器アレイによる出力合成を行い、~0.92 THz において 135 μW の出力を得たので報告する。

【実験】Fig. 1(a)に作製した素子構造を示す。InP 基板上に RTD とスロット共振器を作製し、その上に THz 帯で低損失な低誘電率材料であるシクロオレフィンコポリマー(COC)[4]と、Fig. 1(b)に示すダイポールアレイアンテナを集積した構造となっている。発振は RTD の微分負性抵抗により起こる。RTD のピーク電流密度は 34 $\text{mA}/\mu\text{m}^2$ 、ピークとバレーの電流比は~2、メサ面積は~0.5 μm^2 である。スロット共振器の長さは 16 μm で、厚さ~4 μm の COC を挟んでダイポールアレイアンテナの中央にある長さ 60 μm のダイポールと電磁界結合している。このダイポールから、その両側にある 3 種類の長さのダイポールに給電され、上方へ出力を放射する。これらのダイポールは共振周波数が異なるため (0.98, 1.10, 1.24 THz)、全体で広い帯域を持つ。発振器アレイは、Fig. 1(c)に示すように単体発振器の電極を並列接続して同時に動作させた。

Fig. 2(a) にアレイ数と出力の関係を示す。10 素子アレイにおいて 135 μW の合成出力を得た。そのときの周波数スペクトルを Fig. 2(b)に示す。今回、意図的な同期構造を設けていないため、0.92 THz を中心に複数のスペクトルが観測された。18 素子アレイで

は配線抵抗での電圧降下により各素子が同時に動作せず、得られる出力が 10 μW と減少した。素子間の印加電圧を均一にする最適な配線の設計をすることで、100 素子などの大規模な発振器アレイの実現と大出力が期待できる。

- [1]. T. Maekawa, H. Kanaya, S. Suzuki, and M. Asada, Applied Physics Express, vol. 9, no. 2, 024101, Jan. 2016.
- [2]. S. Suzuki, M. Shiraishi, H. Shibayama, and M. Asada, IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron., vol. 19, no. 1, 8500108, 2013.
- [3]. K. Kasagi, N. Oshima, S. Suzuki, and M. Asada, IEICE Trans. Electron., vol. E98-C, no. 12, pp. 1131-1133, 2015.
- [4]. E. Peytavit, C. Donche, S. Lepilliet, G. Ducoumau, and J.-F. Lampin, Electron. Lett., vol. 47, no. 7, 2011.

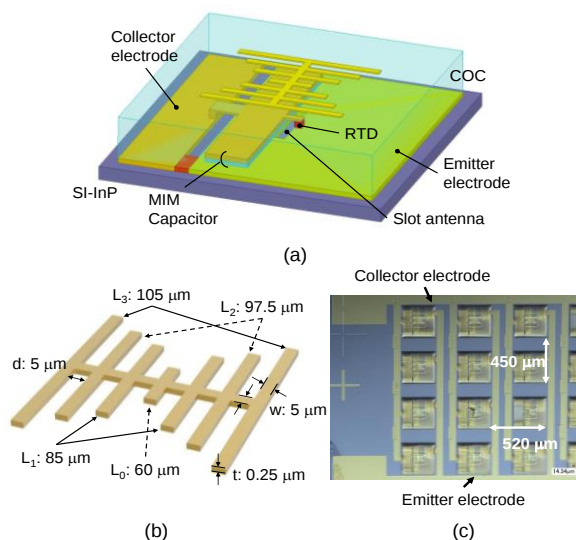


Fig. 1 (a) Schematic structure of RTD oscillator; (b) details of dipole array antenna formed on COC; (c) micro-photograph of fabricated oscillator.

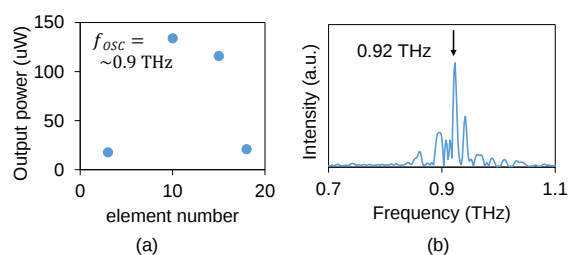


Fig. 2 (a) Measured output power vs. number of elements, and (b) frequency spectrum of 10-element array with 135 μW .