

パッチ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アレイによる高出力化

Array Configuration of Resonant-Tunneling-Diode Terahertz Oscillator

Integrated with Patch Antenna for High Output Power

東工大 総理工¹ 東工大 理工² ○笠木 浩平¹、大島 直到¹、鈴木 左文²、浅田 雅洋¹

Tokyo Tech °Kouhei Kasagi, Naoto Oshima, 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 1.86 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。しかし、1 THz 以上の高周波における出力は依然として~10 μW ほどと小さく、さらに出力放射に用いている Si 半球レンズのレンズ表面の反射によって外部に取り出せる出力はさらに小さくなってしまふ。本研究では、Si レンズを必要としないパッチアンテナを集積した発振器3つをアレイ化した素子を作製し、~1 THz において~55 μW の出力を得たので報告する。

【実験】Fig. 1 に作製した素子の構造を示す。InP 基板上に RTD とスロットアンテナを作製し、その上に低誘電体であるベンゾシクロブテン(BCB) を堆積させ方形パッチアンテナを集積した構造となっている。RTD がもつ微分負性抵抗により発振が起こり、周波数は2つのアンテナと RTD 容量を含む複合共振によって決定される。用いた RTD のピーク電流密度は 35 mA/ μm^2 、ピークとバレーの電流比は~2 であり、メサの大きさは~0.7 μm^2 である。スロットアンテナとパッチアンテナは磁界結合しており、パッチアンテナを通して素子上方へ出力が放射される。スロットアンテナの長さは 12 μm 、パッチアンテナは一辺の長さ 80 μm の正方形であり、パッチの共振周波数がおよそ 1 THz となるように設計した。さらに、作製した素子の電極を並列接続し、複数の発振器が同時動作するようアレイ化を行った。

Fig. 2(a) に発振器出力のアレイ数の依存性を示す。単体の素子の出力は~15 μW 程度であるのに対し、3 アレイ素子では約 3 倍である~55 μW の出力が得られた。また、そのときの3アレイ素子の周波数スペクトルを Fig. 2(b) に示す。0.96 THz と 1.03 THz のダブルピークであるが、イメージング等への応用ではコヒーレント光源はむしろ像にモアレを発生する原因となるため素子間の同期は不要である。

Fig. 3 に BCB の誘電損失 $\tan \delta$ を変えたときの単体素子の出力の計算結果を実験結果とともに示す。 $\tan \delta$ が 0.0107 [3]

のとき、単体素子では 100 μW 以上の出力が期待されるが、実験結果は $\tan \delta = 0.4$ のときとよく一致している。これは成膜時の酸素混入等により BCB の品質が劣化したことが原因と考えられる。誘電損失を減少させ大規模なアレイを作製することによってさらなる高出力化が可能である。

[1] H. Kanaya, *et al.*, TeraNanoV, Martinique, Dec, 2014.

[2] S. Suzuki, *et al.*, IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron., **19**, 8500108, 2013.

[3] E. Perret, *et al.*, Microelectronic Engineering, **85**, 2276, 2008.

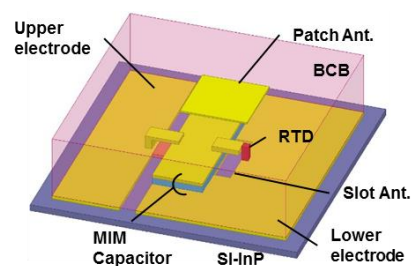


Fig. 1 Schematic structure of RTD oscillator integrated with patch antenna.

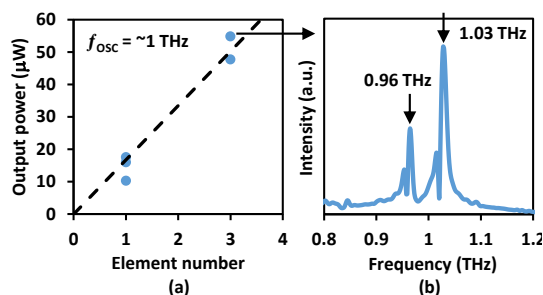


Fig. 2 (a) Measured output power vs. element number of array, (b) oscillation spectrum of arrayed oscillator.

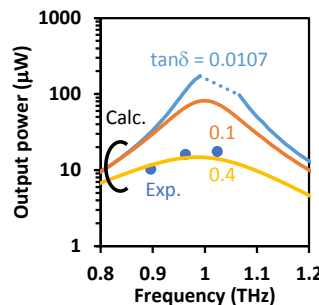


Fig. 3 Output power as a function of frequency for different dielectric losses of BCB.