

スぺーサ層厚最適化による 共鳴トンネルダイオードテラヘルツ発振素子の発振周波数向上 Frequency increase in resonant-tunneling-diode terahertz oscillators by optimized collector spacer thickness

東工大 総理工 [○]金谷 英敏, 曾我部 陸, 前川 猛, 鈴木 左文, 浅田 雅洋

Tokyo Tech [○]H. Kanaya, R. Sogabe, T. Maekawa S. Suzuki, and M. Asada

E-mail: kanaya.h.ab@m.titech.ac.jp

【はじめに】共鳴トンネルダイオード(RTD)は1THzを超える発振が報告され[1, 2]、室温テラヘルツ(THz)光源として有望である。周波数向上には井戸内滞在時間と空乏層走行時間で構成される電子の遅延時間の削減が有効である。我々は、井戸薄層化による滞在時間削減により1.31 THzの基本波発振を実現した[1]。今回、遅延の大部分を占めている走行時間削減のため、コレクタ側スぺーサ層の薄層化を行い、1.42 THzの基本波発振が得られ、また、その構造を元に井戸の更なる薄層化とアンテナ最適化を行ったときの発振周波数、出力見積を行ったので報告する。

【実験】コレクタスぺーサ層厚さが25, 12, 6 nmと異なる3種類のRTDに20 μm のスロットアンテナを集積し発振素子を作製した。共鳴トンネル構造は3種類とも同じバリア1 nm、井戸3 nmのGaInAs/AlAsの2重障壁からなっている。Fig. 1に各スぺーサ厚それぞれの発振周波数のメサ面積依存性と、理論を実験点にフィッティングすることで算出した遅延時間を示す。得られた最高の発振周波数はそれぞれ1.1 THz (スぺーサ厚 25 nm), 1.42 THz (12 nm), 1.29 THz (6 nm)となり、12 nmの素子が最も高かった。最適なスぺーサ厚が存在するのは、スぺーサ薄層化で走行時間は短くなるが、同時に空乏層容量も増加するためである。

さらなる高周波化のためには、今回の走行時間短縮でまた遅延時間を大きく占めるようになった井戸内滞在時間の削減と、アンテナ長の削減が効果的である。Fig. 2に井戸1.5 nm、バリア1 nm、スぺーサ12 nmのRTDを用い、9 μm の微細アンテナを集積した時に期待される発振出力を示す。2 THzで10 μW 程度の発振出力が期待出来る。低い周波数では短アンテナのため放射コンダクタンスが小さく出力が小さくなるため、高出力化にはオフセット構造を用いたアンテナ最適化が有効である[3]。各周波数において最適なオフセットアンテナを用いた時の発振出力の周波数依存性をFig. 2に同様に示す。1 THzにおいて ~ 300 μW 、500 GHzでは1 mWを超える高出力発振が期待できる。

[1] H. Kanaya, *et al*, APEX 5 (2012) 124101. [2] Y. Koyama, *et al*, APEX 6 (2013) 064102. [3] S. Suzuki, *et al*, IEEE JSTQE 19 (2013) 8500108.

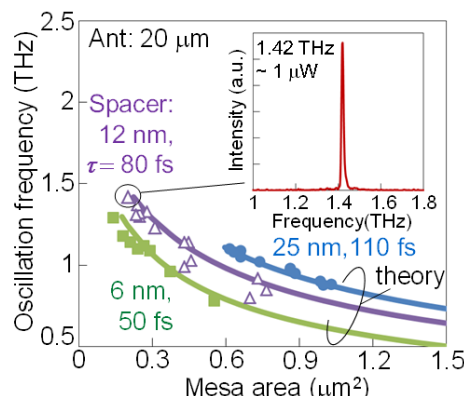


Fig. 1 Dependence of oscillation frequency on RTD mesa area for different spacer thicknesses. The inset is the measured spectrum of fundamental oscillation at 1.42 THz.

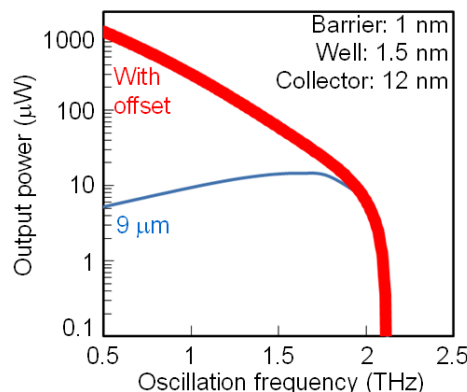


Fig. 2 Theoretical output power as a function of oscillation frequency for an RTD oscillator with reduced well thickness and optimized collector spacer thickness. Blue thin line: 9- μm -long slot antenna. Red thick line: optimized offset-fed slot antenna.