

共鳴トンネルダイオードの真性遅延削減による 1.86 THz 基本波発振及び 真性遅延と外部遅延削減による高周波化の見積もり

1.86 THz Oscillator using Resonant Tunneling Diode with Reduction in Intrinsic Delay and
Estimation of Frequency Increase by Reduction in Intrinsic and Extrinsic Delay

東工大 総理工¹, 東工大 理工² °金谷 英敏¹, 前川 猛¹, 鈴木 左文², 浅田 雅洋¹

Tokyo Tech °H. Kanaya, 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1.5 THz を超える発振が報告され、室温テラヘルツ(THz)光源として有望である[1]。今回、さらなる井戸薄層化により真性遅延時間削減し1.86 THz の基本波発振を達成し、また、寄生素子による外部遅延時間について、その削減方法の提案と高周波化・高出力化見積もりを行ったので報告する。

【実験】RTDの微分負性抵抗は内部と外部の遅延時間によって周波数と共に劣化していくため、これが発振周波数の限界 f_{lim} を決定している。遅延時間は真性遅延 τ_{int} と外部遅延 τ_{ext} の二乗和の平方根 $\sqrt{\tau_{int}^2 + \tau_{ext}^2}$ で表される。 τ_{int} は電子がRTD井戸内を滞在する時間と空乏層を走行する時間からなり、 τ_{ext} はRTDの寄生素子によって発生する。

まず真性遅延の削減のため、スペーサ厚が12 nmで共鳴トンネル構造はバリア厚が1 nmで、井戸厚を3 nmから2.5 nmに薄層化したGaInAs/AlAs2重障壁RTDを用い発振素子を作製した。得られた発振周波数と出力をFig. 1に示す。井戸薄層化により滞在時間が削減され1.86 THz (0.03 μ W)の発振が得られた。

τ_{ext} はFig. 2(a)に示すように直流時の負性抵抗 G_{RTD} 、RTD容量 C_{RTD} 、メサのバルク抵抗と電極までの拡がり抵抗による直列抵抗 R_S を用い $(\pi/2)C_{RTD}\sqrt{R_S/G_{RTD}}$ と表される。実験結果から見積もられた τ_{int} と τ_{ext} 、および発振限界をFig. 2(b)に示す。井戸厚2.5 nmでは τ_{int} が50 fsに対し τ_{ext} が40 fsとなりほぼ同程度となり、さらなる高周波化のためには τ_{ext} も合わせて削減する必要があるようになった。 τ_{int} 短縮には更なる井戸薄層化が、 τ_{ext} 短縮にはメサ高さの削減とメサ下のn型半導体を厚くすることによる R_S 削減が有効である。井戸厚を2 nmに、 R_S を半分に削減したときの τ_{int} 、 τ_{ext} 、 f_{lim} についてFig. 2(b)に、各周波数において最適なアンテナ構造を用いた時の高周波化・高出力化見積もりをFig. 3に示す。これより2 THzを超える高周波発振と1 THzで $\sim 500 \mu$ Wの高出力発振が期待出来ることがわかった。

[1] T. Maekawa, *et al*, EL **50** (2014) 1214.

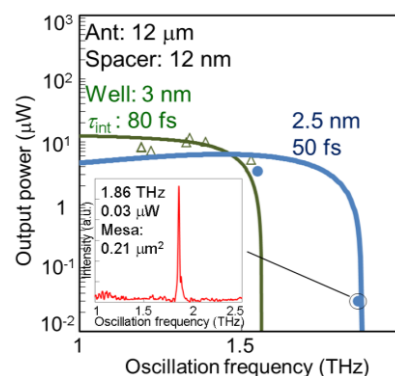


Fig. 1 Theoretical and experimental output power as a function of oscillation frequency for 3- and 2.5-nm-thick well. The inset is the measured spectrum of fundamental oscillation at 1.86 THz.

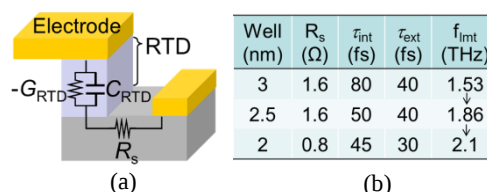


Fig. 2 (a) Schematic structure and parasitic elements of RTD mesa. (b) Intrinsic and extrinsic delay time, and oscillation frequency limit for various well thicknesses and series resistances.

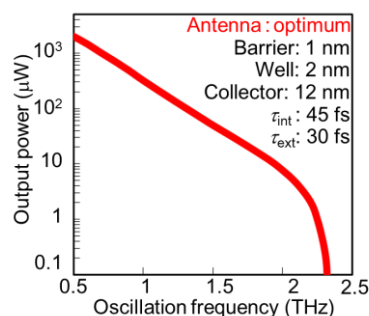


Fig. 3 Theoretical output power as a function of oscillation frequency for an oscillator using RTD with reduced intrinsic and extrinsic delay and optimum antenna.