

放熱用 InP 導電層導入による共鳴トンネルダイオードの大面积動作

Successful operation of large-area resonant tunneling diodes

by introducing a heat-dissipation InP conduction layer

東工大 °田中 大基, 藤方 秀成, 韓 非凡, 石川 暁, 鈴木 左文, 浅田 雅洋

Tokyo Tech. °H. Tanaka, H. Fujikata, F. Han, A. Ishikawa, S. Suzuki, and M. Asada

E-mail: tanaka.h.bh@m.titech.ac.jp

共鳴トンネルダイオード (RTD) は、IV 特性に負性抵抗 (NDR) 特性を有し、コンパクトな室温テラヘルツ (THz) 光源として期待されている。しかし、発振出力は 1 THz において 10 μW 程度であり高出力化が課題となっている。空洞共振器と大面积 RTD を用いた高出力デバイスが提案されているが[1, 2]、2 μm^2 程度の小面積でも発熱で RTD が破壊され、高出力発振は得られていなかった。そこで、RTD 層下の導電層を、熱伝導率の低い n^+ -InGaAs から高い n^+ -InP に変更することで、約 6 μm^2 の大面积まで RTD の NDR 特性が熱破壊なく観測できたので報告する。

実験では、導電層の構成が異なる Fig. 1 に示す(a)-(c)の 3 種の RTD 構造を用意した。導電層以外の設計は同じであり、1 nm の AlAs 障壁層と 3 nm の InGaAs 井戸層の 2 重障壁構造を有している。ピーク電流密度は、(a)-(c)でそれぞれ 17.0, 16.4, 12.5 $\text{mA}/\mu\text{m}^2$ であり、ピーク電圧は 0.391, 0.408, 0.451 V であった。これらの基板上に面積の異なる簡易的な RTD メサ構造を作製し、各面積で 24 個ずつ IV 測定をして、NDR 特性が発現した個数をカウントした。面積に対する歩留まりを Fig. 2 に示す。歩留まりが 50% になる面積は(a)-(c)で約 2, 3, 6 μm^2 であり、(a)と(c)でピーク電圧にバイアスした際の消費電力密度が 15% 程度しか変わらないにもかかわらず、InP 導電層の導入で数倍の面積まで動作範囲が拡大することがわかった。また、Fig. 3 に、有限要素法によりピーク電圧にバイアスした際の RTD メサ中心部温度を計算した結果を示す。計算でも InP に置き換えた(c)では大面积でも温度上昇が抑えられており、これは実験の傾向と一致する。この実験で用いた RTD メサ構造では、基板方向への放熱が主であるが、矩形空洞共振器を集積した THz 発振器構造では、厚い電極による別の放熱経路も形成され、さらに大面积動作が可能である。他の発熱部の構造最適化もあり、すでに~10 μm^2 の大面积 RTD でも壊れずに発振動作が達成され、530 GHz で~200 μW の出力が得られている[3]。今後の構造最適化で、1 THz において単体でミリワット級動作が可能である。

[1] K. Kobayashi, et al, *JJAP*, 59, 050907, 2020. [2] F. Han, et al., *IEICE Trans. Electron.*, E104C, 398, 2021. [3] 藤方、他、本応用物理春季講演会。

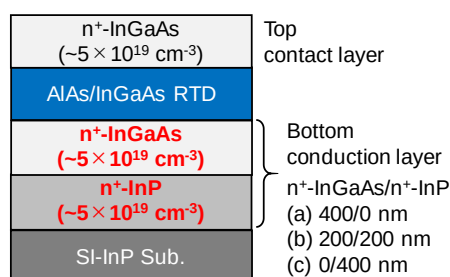


Fig. 1 RTD layer structures

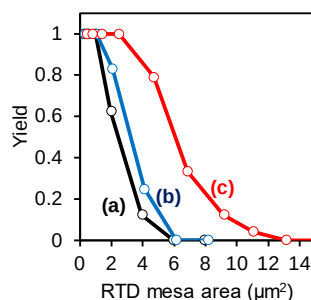


Fig. 2 Yield rate for RTD area

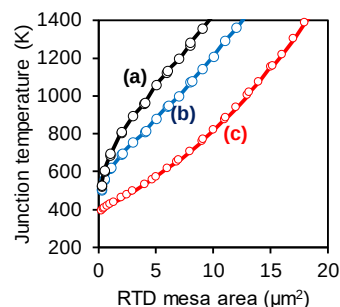


Fig. 3 Simulated junction temperature