

テラヘルツ帯ゼロバイアス検波用三重障壁共鳴トンネルダイオードの高感度化設計についての理論解析

A theoretical analysis for high sensitive terahertz wave detection in triple barrier resonant tunneling diodes

首都大院理工, ○小野 孝介, 岡崎 俊道, 齊藤 光史, 須原 理彦

Tokyo Metro. Univ., ○Kosuke Ono, Toshimichi Okazaki,

Mitsufumi Saito, Michihiko Suhara

E-mail: ono-kousuke@ed.tmu.ac.jp

1 はじめに

小型端末によるテラヘルツ帯無線通信の実現のために、検波器には超高周波領域での高感度化が求められており、我々は電源からのノイズ混入の抑制と低消費電力化が期待できるゼロバイアス検波用整流ダイオードとして三重障壁共鳴トンネルダイオード (TBRTD) についての研究を行っている。高感度化には $J-V$ 特性にゼロバイアス近傍での強い非線形性が生じる設計が必要となる。本研究では、TBRTD について、これまでに確立した物理モデルに基づく $J-V$ 特性の表現式を用いてゼロバイアス検波用素子としての特性について考察し、高感度化設計の物理要因を明らかにした。

2 解析手法と結果

本解析では、TBRTD における共鳴準位幅 Γ や、熱平衡時における左右の量子井戸の共鳴準位高さ $E_L(0), E_R(0)$ およびそれらの電圧による変化率 η_L, η_R 、エミッタ側とコレクタ側のフェルミ準位を考慮した解析式を用いており、そこから、検波感度を記述するキーパラメータである $J-V$ 特性のゼロバイアスにおける曲率係数 $\gamma = (d^2J/dV^2) / (dJ/dV)$ の表現式を解析的に導いた。一方、構造に依存する η_L, η_R の値については、セルフコンシステントな数値解析により、140 種類の異なる構造の GaInAs/AlAs 系 TBRTD について計算して求めた。また、実際に試作した TBRTD の評価結果 [1] も解析の参照データとした。Fig.1 は解析結果である。今回の解析によって、 Γ と $E_R(0) - E_L(0)$ の関数で表現される g 関数、および η_L と η_R の関数である $\Delta\eta$ の積で曲率係数 γ が記述できることがわかり、 $g \cdot \Delta\eta$ 積を大きくする設計が曲率係数を大きくする設計指針となることを明らかにした。また、この解析結果を考慮した上で、種々の入力電力についてのテラヘルツ帯検波感度についての解析も行った。検波感度は実測した TBRTD のキャパシタンス [1] も考慮した大信号回路解析手法を用いて求めた。これにより、検波感度の最大化条件も明らかにした。

3 まとめ

テラヘルツ帯で動作するゼロバイアス検波用素子として三重障壁共鳴トンネルダイオードに着目し、高感度化設計のための要因を理論的に明らかにした。

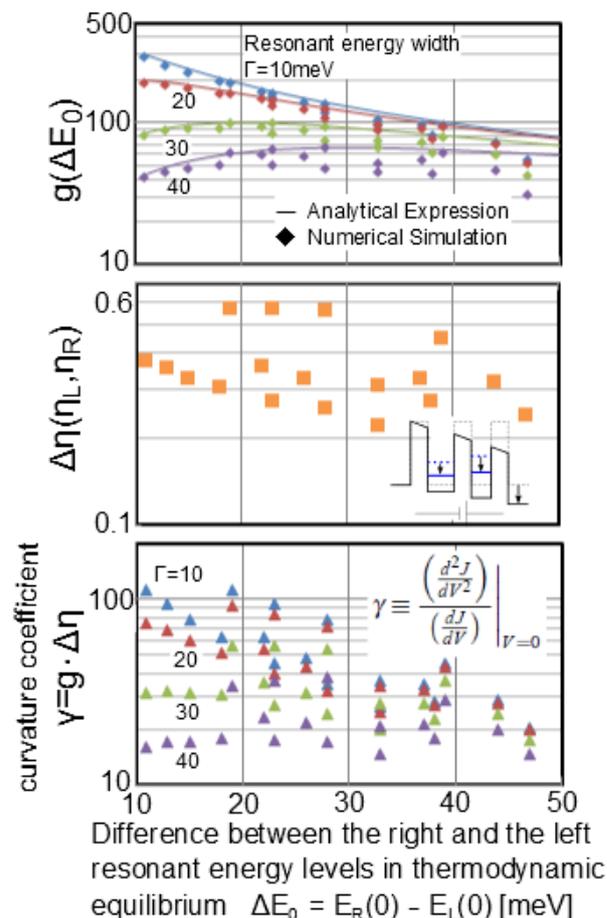


Fig. 1: Calculated examples of the curvature coefficient γ for GaInAs/AlAs TBRTDs in several different structures. The g and the $\Delta\eta$ are factors related to resonant energy width and voltage dependence of resonant energy levels, respectively.

参考文献

- [1] G. Keller, et al., EuMIC14-1, 2013.