共鳴トンネルダイオードによるパルス波検出の数値シミュレーション

Numerical Simulation for Pulse Wave Detection by Resonant Tunneling Diode

京大院理¹, 京大 iCeMS²

^O猪瀬 裕太¹, 土田 洸志郎¹, 有川 敬¹, 田中 耕一郎^{1,2}

Dept. of Phys., Kyoto Univ.¹, iCeMS, Kyoto Univ.²

°Yuta Inose¹, Koshiro Tsuchida¹, Takashi Arikawa¹, and Koichiro Tanaka^{1,2}

E-mail: inose.yuta.3r@kyoto-u.ac.jp

テラヘルツ帯の光源および検出器として、室温動作する小型デバイスである共鳴トンネルダイ オード(Resonant tunneling diode: RTD)が注目されており、無線通信やイメージングなどへの応用 が期待されている[1,2]。我々はこれまで連続波検出における RTD 動作を理論的に理解するため、 密度行列計算を用いたシミュレーションを行ってきたが[3]、今回はパルス波応答について調べた。

本研究では位相空間で密度行列を取り扱うウィグナー関数モデル[4,5]を採用し、アンテナや共 振器構造に接続されていない半導体素子単体について、室温における電流過渡応答を計算した。 今回はパルステラヘルツ波を入射した場合を想定し、印加電圧にパルス変調を加えた場合の平均 電流値変化を算出した。図1は印加パルスエネルギー密度uincが小さくパルス幅ATが大きい場合 の結果であり、二乗検波モデルの結果と一致している。挿入図はパルス波がない場合の電流 - 電 圧特性であり、網掛けは電流値変化の計算範囲を示している。図2は電流値変化のAT - uinc依存性 であり、ATを小さくしていった際の振る舞いがuincによって異なることが分かった。二乗検波から のシフトは、高エネルギー密度では光アシストトンネル、低エネルギー密度では電子の慣性振動 に起因すると考えられる。講演では、これら物理的起源について詳細に報告する。



図1. 中心周波数 0.3THz のパルス波に対する電 流値変化の計算結果。実線は二乗検波モデル による計算結果。挿入図はパルス波のない場 合の電流 - 電圧特性である。



図 2. DC 電圧 0.13 V における電流値変化のパル ス幅 - パルスエネルギー依存性。横軸はパル ス幅ΔTと中心周波数fcの積、縦軸は二乗検波 の値ΔI_{SLD}で規格化した電流値変化である。

[3] 猪瀬 裕太 他, 第 80 回 応用物理学会 秋季学術講演会.

[5] Y. H. Zhang et al., J. Appl. Phys. 98, 033718 (2005).

^[1] K. Ishigaki et al., Electron. Lett. 48, 582 (2012).

^[4] W. R. Frensley, Phys. Rev. B 36, 1570 (1987).