

共鳴トンネルダイオード発振器における自己注入の回路シミュレーション

Circuit Simulation of Self-injection in Resonant Tunneling Diode Oscillator

京大院理¹, 京大 iCeMS²

○猪瀬 裕太¹, 平岡 友基¹, 有川 敬¹, 田中 耕一郎^{1,2}

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

○Yuta Inose¹, Tomoki Hiraoka¹, Takashi Arikawa¹, and Koichiro Tanaka^{1,2}

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

共鳴トンネルダイオード (RTD) 発振器は、室温動作する小型のテラヘルツ光源として注目されている。RTD 発振器は戻り光による影響を強く受けることが示されており[1,2]、また特定の条件下においてマルチモード発振の発生が示唆されている[3]。本研究ではその動作原理を理解するため、等価回路計算シミュレーション[4]によって RTD 発振器における自己注入の計算を行った。

計算で用いた等価回路を図1に示す。本研究では RTD をコンダクタンス $G_{\text{RTD}}(V)$ とキャパシタ $C_{\text{RTD}}(V)$ の並列素子として取り扱い、どちらにもバイアス依存性を導入した。RTD 素子を組み込んだ回路は単一モードで自励発振し、 G_{load} に含まれるアンテナの放射抵抗によって外部に放射される。今回は RTD デバイスから距離 L_1, L_2 の位置に2つの反射面があると仮定して、時間遅延がついた電流源 $I_{\text{FB}}(t)$ によって自己注入を等価回路計算に取り込んだ。図2の挿入図は、1つの自己注入(L_1, η_1)の影響によって発振周波数のバイアス依存性が変化した結果を示している。周波数変化が大きな電圧点において別の自己注入(L_2, η_2)を追加すると、図のようにサイドバンド強度が大きな発振スペクトルが生じる。パラメーターによって、図で示したようなモード同期状態のほか、カオス状態なども生じることが分かった。講演では、自己注入におけるパラメーター依存性について詳細に報告する。

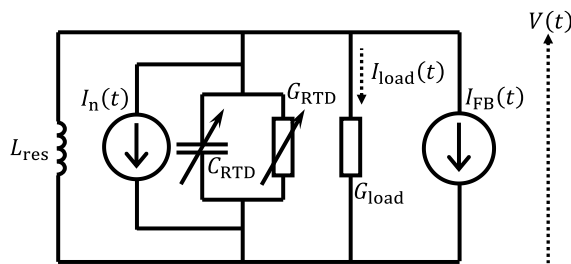


図1. 計算で用いた等価回路図。 $I_{\text{FB}}(t)$ は自己注入電流源で $I_{\text{FB}}(t) = \sqrt{\eta_1} I_{\text{load}}(t - 2L_1/c) + \sqrt{\eta_2} I_{\text{load}}(t - 2L_2/c)$ であり、 η_1, η_2 は G_{load} で生じる損失パワー P_{load} に対する注入パワーの割合である。 $I_n(t)$ はRTDで発生するショットノイズ電流源であり、標準偏差 $\sigma_i = 162 \mu\text{A}$ で帯域10 THzの白色ノイズとした。

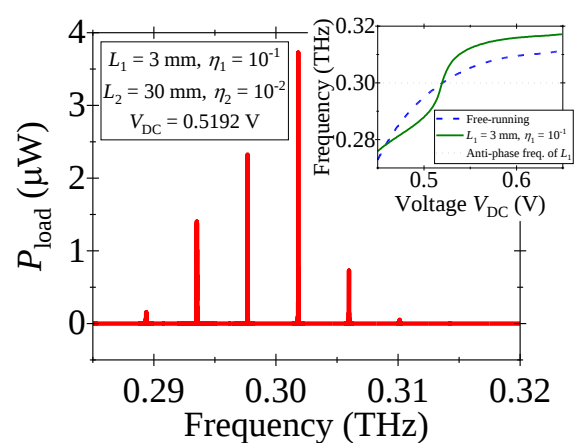


図2. 2つの反射面による自己注入の P_{load} スペクトル。挿入図の実線は1つの反射面があるときの発振周波数のバイアス依存性。

- [1] M. Asada *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **54**, 070309 (2015). [2] L. D. Manh *et al.*, IEEE trans. THz Sci. Technol. **8**, 455 (2018).
 [3] 平岡 友基 他, 第 68 回 応用物理学会 春季学術講演会. [4] L. W. Nagel, "SPICE2: A Computer Program to Simulate Semiconductor Circuits," Memorandum No. ERL-M520, University of California, Berkeley (1975).