

共鳴トンネルダイオードテラヘルツ発振器における周波数混合過程 Frequency-Mixing process in Resonant Tunneling Diode Terahertz Oscillator

京大院理¹, JST さきがけ², 京大 iCeMS³

○(M2)島ノ江 励¹, 有川 敬^{1,2}, 猪瀬 裕太¹, 田中 耕一郎^{1,3}

Dept. of Physics, Kyoto Univ.¹, JST PRESTO², iCeMS, Kyoto Univ.³

R. Shimano¹, T. Arikawa^{1,2}, Y. Inose¹, and K. Tanaka^{1,3}

E-mail: shimano.rei.63m@st.kyoto-u.ac.jp

共鳴トンネルダイオード(RTD)テラヘルツ発振器は、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[1]。近年 RTD からの出力を戻り光として注入すると、特定の条件下で RTD がマルチモードで発振し、かつそれがモード同期状態であることが報告された[2]。これまで RTD はシングルモードで発振する光源と考えられていたが、RTD のマルチモード発振メカニズムの理解が進めば、テラヘルツ帯における単一素子での周波数コムなどの実現も期待できる。そこで、本研究では RTD のマルチモード発振状態について調べた。

本実験では、RTD においてマルチモードテラヘルツ波を用いた注入同期の実験を行なった。マルチモードの注入光は、周波数 300.20 GHz の連続テラヘルツ波を、10 MHz のサイン波形により振幅変調することで生成した。図(a)に示したマルチモードのテラヘルツ波を RTD に注入することで、図(b)のように RTD が注入光に同期してマルチモードで発振していることが分かった。さらに RTD からの発振スペクトルには、注入光には存在しないモード($\omega_2, \omega_3, \omega_4, \dots$)も含まれており、注入光に比べて発振帯域が広がっている事が分かる。これは注入同期により RTD が注入光と同じモードで発振する状態になり、それらが RTD の内部で非線型光学過程により周波数混合され、新たなモードとして発振していると考えられる。さらに、生成された新たな ω_2 のモードの強度は図(b)の ω_0 のモードに比べて約 1%程度と、RTD を構成する物質単体による非線型光学効果に比べてかなり大きい。そのため、動作状態の RTD 発振器においては四光波混合過程が強く起きていると考えられる。これは内部にゲインを有するアクティブデバイスにおいて、非線型光学定数の値が大きくなることを示唆している[3]。本発表では、注入光の強度依存性や回路シミュレーションなどの観点から測定結果について議論をする。

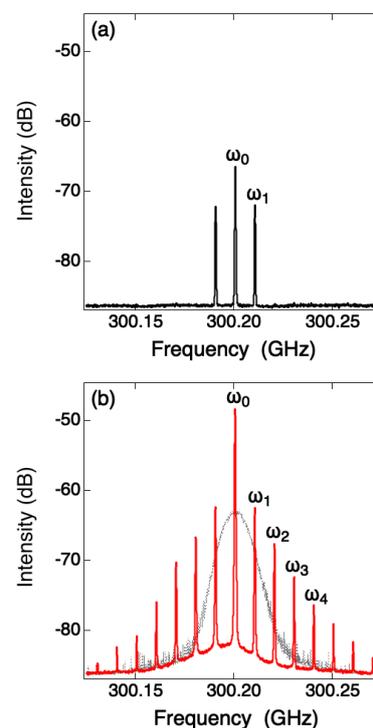


Fig.1 (a)マルチモードの注入光
(b)(a)の光を注入した場合の RTD からの発振スペクトル(灰色は RTD の自由発振状態でのスペクトル)

[1] M. Asada and S. Suzuki. *Sensors*. **21**, 1384 (2021)

[2] T. Hiraoka, Y. Inose et al. [DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-919266/v1>]

[3] P. Friedli, H. Sigg, B. Hinkov et al. *Appl. Phys. Lett.* **102**, 222104 (2013)