

## デュアル THz コムを用いた CW-THz 波のリアルタイム絶対周波数計測

## Real-Time Absolute Frequency Measurement of CW-THz Wave Based on Dual THz Comb

徳島大<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup>, JST-ERATO<sup>3</sup>, 電通大<sup>4</sup> ○林建太<sup>1</sup>, 稲場肇<sup>2,3</sup>, 美濃島薫<sup>3,4</sup>, 安井武史<sup>1,3</sup>Univ. Tokushima<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup>, JST-ERATO<sup>3</sup>, UEC<sup>4</sup> ○K. Hayashi<sup>1</sup>, H. Inaba<sup>2,3</sup>, K. Minoshima<sup>2,4</sup>, and T. Yasui<sup>1,2</sup>

E-mail: hayashi@femto.me.tokushima-u.ac.jp http://femto.me.tokushima-u.ac.jp/

周波数計測は、光波や電波領域における最も基本的な計測技術であるが、長らく未開拓電磁波領域とされたテラヘルツ帯 (周波数 0.1~10 THz, 波長 30~3000  $\mu\text{m}$ ) では、室温環境で高精度計測することが困難であった。我々は、光伝導アンテナ (PCA) 内部にフォトキャリアのテラヘルツ周波数コム (PC-THz コム) を生成し、これと CW-THz 波を光伝導ミキシングして RF 帯までビートダウンすることにより、室温環境で高精度周波数計測が可能な THz コム参照型スペクトラム・アナライザ (THz スペアナ) に関する研究を行っている [1, 2]。しかし従来の THz スペアナによる絶対周波数計測では、CW-THz 波に最隣接したコムモード次数を決定するために、コム間隔 (= 繰り返し周波数) をシフトさせる前と後のビート周波数を計測する必要があり、この 2 ステップ計測がリアルタイム計測の障害となっていた。本講演では、コム間隔の異なる 2 つの PC-THz コムを用いてビート周波数を同時計測することにより、周波数が変動している CW-THz 波の絶対周波数をリアルタイムで決定した。さらに、ヒルベルト変換を用いて瞬時周波数を算出することにより [3]、絶対周波数計測の高速化を実現したので報告する。

測定原理を図 1 に示す。2 台のフェムト秒ファイバーレーザー (中心波長 1550 nm, パルス幅 50 fs) の  $f_{\text{rep}1}$  及び  $f_{\text{rep}2}$  は、ルビジウム周波数標準を基準として、それぞれ 100,000,000 Hz 及び 100,000,050 Hz で安定化制御されている。そのレーザー光を PCA に入射し、反対側から CW-THz 波 ( $f_{\text{THz}}$ ) を入射すると光伝導ミキシングにより電流ビート信号 ( $f_{\text{beat}1}$ ,  $f_{\text{beat}2}$ ) が生成される。これをカレント・プリアンプで増幅し、時間波形をデジタイザで取得した。取得した信号は、PC 内でヒルベルト変換され、それぞれの瞬時周波数が求まる。これらの値から次数  $m$  は、 $m = |f_{\text{beat}1} - f_{\text{beat}2}| / |f_{\text{rep}1} - f_{\text{rep}2}|$  で決定できるので、CW-THz 波の絶対周波数は図の式を用いてリアルタイムで算出される。図 2 に、周波数通倍器によって発生させた CW-THz 波の絶対周波数計測結果を示す。 $\pm 100\text{Hz}$  程度の微小変化だけでなく、モード・ホップのような大きな周波数変化 (+200 MHz, -400MHz) を与えた場合でも、正確なコムモード次数決定と絶対周波数算出がリアルタイムで実現出来ている。これにより、時々刻々と出力周波数が変化するような CW-THz 光源の周波数特性評価が可能になると考えられる。さらに今回の実験手法によって決定された  $f_{\text{THz}}$  は、設定された  $f_{\text{THz}}$  と  $10^{-13}$  の精度で一致していた。

本研究は、(独) 科学技術振興機構 (JST) の研究成果展開事業【産学共創基礎基盤研究プログラム】の支援によって行われた。

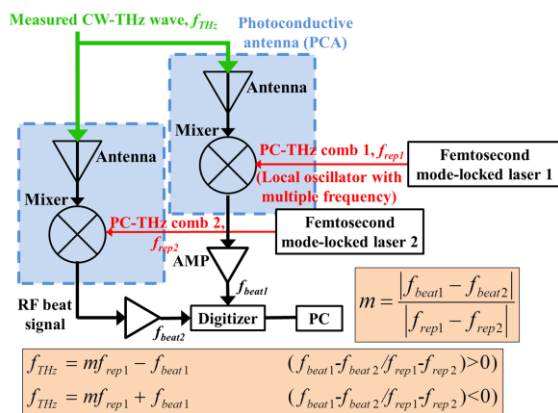


Fig. 1. Principle of measurement.

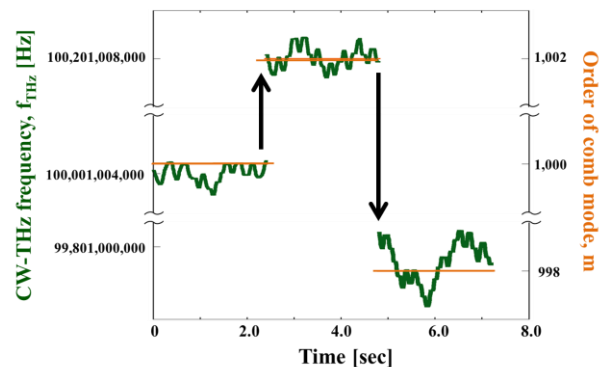


Fig. 2. Real time monitoring of CW-THz wave.

[1] Opt. Express **16**, 13052 (2008). [2] Opt. Express **17**, 17034 (2009). [3] Appl. Phys. Lett. **99**, 121111 (2011).