

非制御フェムト秒レーザー励起フォトキャリア 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 determination of CW-THz radiation using photocarrier
THz comb excited by unstabilized femtosecond laser

○水口 達也¹、林健太¹、南川丈夫^{1,2}、安井武史^{1,2}

(1. 徳島大、2. JST-ERATO)

○T. Mizuguchi¹, K. Hayashi¹, T. Minamikawa^{1,2}, and T. Yasui^{1,2}

(1.Tokushima Univ., 2.JST-ERATO)

E-mail: mizuguchi@femto.me.tokushima-u.ac.jp <http://femto.me.tokushima-u.ac.jp/index.html>

室温環境において CW-THz 波の高精度絶対周波数計測が可能な手法として、フォトキャリアテラヘルツコム (PC-THz コム) との光伝導ミキシング法が有用とされている[1-4]。これまでに、安定化制御フェムト秒レーザー[1,2]や非制御デュアル・フェムト秒レーザー[3]を用いて、ルビジウム周波数標準と同精度の絶対周波数計測を実現してきたが、計測手法の汎用化のためには、一般的な市販フェムト秒レーザーが利用可能になることが望まれる。本発表では、市販されている非制御フェムト秒レーザーを用いた CW-THz 波の絶対周波数計測を報告する[4]。

この手法では光伝導アンテナ (PCA) 内部に PC-THz コムを生成し、これと非測定 CW-THz 波を光伝導ミキシングして RF 帯までビートダウンして高精度計測することにより、絶対周波数計測を行う。CW-THz 波の絶対周波数 f_{THz} は以下の式で与えられる。

$$f_{\text{THz}} = mf_{\text{rep}} \pm f_{\text{beat}} \quad (1)$$

ここで、 m は f_{THz} に最隣接した PC-THz コムモード次数、 f_{rep} はレーザー繰返し周波数、 f_{beat} は最低周波数のビート周波数である。 f_{rep} と f_{beat} は RF 領域で直接計測が可能である。 m と f_{beat} 符号を決定するためには、異なる 2 つの f_{rep} 値 ($f_{\text{rep}1}$, $f_{\text{rep}2}$) に対応した f_{beat} 値 ($f_{\text{beat}1}$, $f_{\text{beat}2}$) を計測する必要がある。

$$f_{\text{THz}} = mf_{\text{rep}1} \pm f_{\text{beat}1} = mf_{\text{rep}2} \pm f_{\text{beat}2} \quad (2)$$

従来法では、シングル安定化 PC-THz コムによる 2 ステップ計測[1,2]、もしくは f_{rep} の異なるデュアル非制御 PC-THz コムによる同時計測[3]が行われてきたが、ここではシングル非制御 PC-THz コムによる高速 2 ステップ計測[4]を用いる。測定原理を Fig.1 に示す。PC-THz コムの常時等間隔性を利用すると、非制御 PC-THz コムでも瞬間瞬間の f_{rep} 値を高精度に読み取って、周波数物差しとして使用できる。さら

に、 f_{rep} と f_{beat} を高速サンプリングし、隣接したサンプリング値を式(2)に代入すると、非制御 PC-THz コムでも m と f_{beat} 符号を決定できる。

市販フェムト秒レーザー (IMRA Femtolite, $\lambda=780\text{nm}$, $f_{\text{rep}} \approx 50.8\text{MHz}$) でボウタイ型 LTG-GaAs-PCA に PC-THz コムを生成し、周波数通倍器からの CW-THz 波 ($100,030,560,000\text{ Hz}$) を計測した結果を Fig.2 に示す。この実験結果から f_{rep} の揺らぎに対応した f_{beat} が計測できているのが分かる。また CW-THz 波の絶対周波数を 8.2×10^{-13} の相対周波数確度 (測定レート 10Hz) で決定できた。

市販フェムト秒レーザーを貸して頂いたアイシン精機・大竹秀幸博士および高柳順博士に感謝します。

[1] Opt. Express, 16, 13052 (2008).

[2] Opt. Express, 17, 17034 (2009)

[3] Opt. Express, 23, 11367 (2015)

[4] J. Infrared Milli Terahz Wave, in press (2016), DOI: 10.1007/s10762-015-0237-6

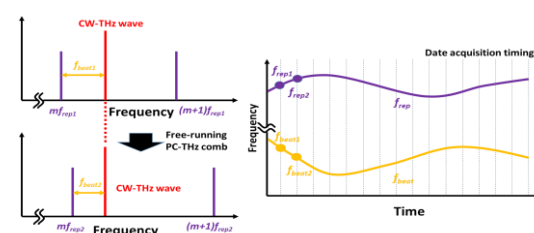


Fig.1 Principle of operation.

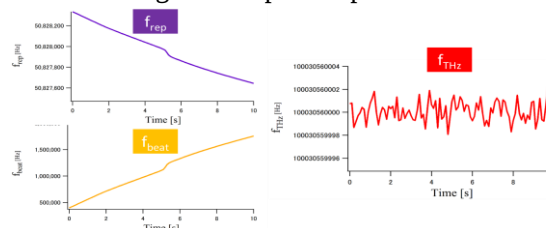


Fig.2 Temporal changes of instantaneous values of f_{rep} , f_{beat} and f_{THz} for a measurement time of 10 s.