

デュアルコム光源を用いた

トリガーレステラヘルツ周波数コム分光計の開発

Development of triggerless terahertz frequency comb spectroscopy system
based on dual-comb light sources

慶大理工 ○岡野 真人, 渡邊 紳一

Keio Univ., ○Makoto Okano and Shinichi Watanabe

E-mail: okano@phys.keio.ac.jp

デュアルコム分光法とは、異なる繰り返し周波数 (f_{rep}) を持つ 2 つの光周波数コム光源を干渉させることで分光する手法である[1]。通常、この手法では f_{rep} をクロック周波数として干渉信号を取得することが多い。この時、クロック周波数 f_{rep} と 2 つの光源の f_{rep} の差 (Δf_{rep}) との比である $f_{\text{rep}}/\Delta f_{\text{rep}}$ が整数となるように周波数安定化を行うと、トリガー信号がない状態で長時間積算計測できる (coherent averaging) という特徴がある[2]。

デュアルコム分光では光源から出てきた光をそのまま用いることが多いが、光源から出た光を別の周波数帯の光に変換することで光源の発振周波数帯に縛られないデュアルコム分光が可能になる。2 台の異なる繰り返し周波数を持つパルスレーザーを光源としたテラヘルツ時間領域分光 (THz-TDS) は、2005 年に安井らによって初めて実現された[3]。この非同期光サンプリング式 THz-TDS では 2 つのパルスレーザーの和周波光をトリガー信号に用いることで計測タイミングを制御している。一方で、デュアルコム光源を光源に用いればトリガー信号を使わずに長時間計測が可能になる。さらに、トリガー信号のタイミングジッターの影響がなくなるため、テラヘルツ時間波形の位相安定性や周波数安定性の向上が期待される。そこで、今回我々はデュアルコム光源を用いたトリガーレスでのテラヘルツ周波数コム分光計の開発を行った。

2 台のコム光源には自作のエルビウム (Er) 添加ドープ光ファイバーベースのモード同期レーザーを用いた (共に $f_{\text{rep}} \sim 61.5$ MHz)。そして、片方の光共振器中に埋め込まれた光遅延ステージによって Δf_{rep} を調整した。2 つの光源からの出力を Er ファイバーアンプによって増幅し、それぞれの光出力を 99% と 1% に分割した。99% の光出力をそれぞれ光伝導アンテナ型テラヘルツエミッタ、レシーバ (Fraunhofer/HHI 製) に導入することで THz-TDS 測定を行った。また、2 つの光源から出た 1% の光を干渉させることでインターフェログラム信号を取得し、この信号を用いて $f_{\text{rep}}/\Delta f_{\text{rep}}$ を整数化した後で長時間測定を行った[4]。まず、 Δf_{rep} を 5.58~200 Hz の範囲で変化させながら 5 分間計測したところ、全ての条件下においてトリガー信号を用いることなく完全に時間波形が揃ったデータを取得することに成功した。さらに、測定されるテラヘルツ時間波形の長時間安定性を調べるために $\Delta f_{\text{rep}} \sim 5.58$ Hz の条件で 45 分間測定を行った。得られた時間波形のピーク時間の標準偏差 (σ) を調べたところ、1 つのデータの測定時間が 200 ms 程度にもかかわらず $\sigma \sim 20$ fs と極めて小さい値であった。さらにフーリエ変換することで 0.7 THz における位相の標準偏差を見積もったところ $\sigma \sim 0.2$ rad と見積もられた。これらの結果は、本手法によって極めて安定した測定が行えることを示している。

本研究は、JST、CREST、JPMJCR19J4 の支援を受けたものである。

- [1] I. Coddington, N. Newbury, and W. Swann, *Optica* **3**, 414 (2016).
- [2] I. Coddington, W. C. Swann, and N. R. Newbury, *Opt. Lett.* **34**, 2153 (2009).
- [3] T. Yasui *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **87**, 061101 (2005).
- [4] T. Fukuda, M. Okano, and S. Watanabe, *Opt. Express* (in press).