

# Rapid-Scan High-Resolution Frequency-Domain THz Spectroscopy with Dynamical Phase Control

M23海自19

派遣先 48th International Conference on Infrared, Millimeter and  
Terahertz Waves (IRMMW-THz) (カナダ・モントリオール)

期間 2023年9月15日～2023年9月25日 (11日間)

申請者 神戸大学 理学研究科 博士2年 小路 悠斗

## 海外における研究活動状況

### 研究目的

申請者は、フィードバック制御を用いた高速高分解能な周波数掃引型テラヘルツ分光法を開発した。また、当手法をガス分光法に応用することで、アセトニトリルガスの特徴的な周期スペクトルを観測することに成功した。当手法を広く知らしめ、議論を重ねたく、IRMMW-THz2023 (当国際会議) への参加を希望した。

### 海外における研究活動報告

ミリ波・テラヘルツ波とは光波とマイクロ波の中間領域に位置する電磁波のことを指している。近年、beyond 5Gなどの高速情報通信、バイオセンシングやイメージング応用など広い分野で注目を集めている。今回、参加した48th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz2023) は、当該分野においてもっとも権威のある国際会議であり、今年カナダのモントリオールで開催された。基礎から応用にわたる広い分野をカバーし、毎年、数百名以上の参加者を集めて開催されることから、当該分野における最新動向の収集ならびに自身の成果を広く知らしめる

絶好の機会であった。

申請者はこれまで、光伝導アンテナフォトミキサーと呼ばれる周波数可変(0.05-1.1 THz)・連続波(CW)光源を用いたテラヘルツ電子スピン共鳴(ESR)分光装置の開発を行ってきた。一般にテラヘルツ分光測定ではテラヘルツパルスを用いた時間領域分光法(THz-TDS)が広くもちいられているが、その周波数分解能は数GHzに制限される。一方、申請者の方法では連続波を用いることで1MHzという非常に高い周波数分解能を得ることができるため、線幅が数十MHz程度の狭いESR吸収信号を検出することができる。この光伝導アンテナフォトミキサーをESR測定的光源に用いる方法は申請者独自の手法である。しかし、この方法では高い周波数分解能が得られる反面、一点当たりの測定時間が長いという欠点があった。

今回発表した研究は、この課題を解決するためにテラヘルツ波強度を得るための検出方法を改良し、1MHzの周波数分解能を維持したまま90倍の高速測定を可能にしたものである。具体的には、光伝導アンテナを流れる光電流の測定値が常に極大値をとるようにフィードバックを加えることでテラヘルツ波強度(=光電流の極大値)の高速読み出しを可能にしている(図1)。この手法を用いることで高分解能テラ

ヘルツESR測定 of 測定時間を約2桁短縮することが可能になり、測定 of 利便性が格段に向上した。図2には本研究で開発した高速掃引法の有用性を示すために測定したアセトニトリル蒸気のテラヘルツ吸収スペクトルである。10MHzステップで71,000点のデータを1時間程度で取得することに成功した。この測定において達成したスペクトル分解能、掃引速度は周波数掃引型テラヘルツ分光測定としては現在、世界最高水準である。

連続テラヘルツ波を用いたテラヘルツ分光法は、近年、ガス検出などの分野で注目を集めており、本年のIRMMW-THzでも多くのセッションが開催された。本研究発表においても多くの反響が得られ、ディスカッションを通して、封入されたアセトニトリルガスの定量評価への新たな知見が得られた。本講演では封入ガスの圧力評価を行っていたが、干渉長が明示的できないことから、分子数での評価が望ましいことが分かった。IRMMW-THzでは、国内では研究者人口の少ないフォトミキサーを扱うセッションがあったため、会議に参加することによって専門的な議論を行うことが出来た。

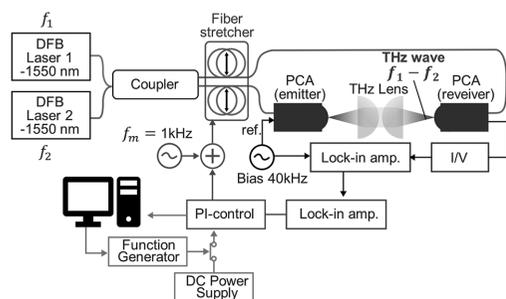


図1 実験装置概略図。

これら議論から、本講演内容で提案したフォトミキサーの新たなキャリブレーション方法を実際の測定系に反映することが出来た。

今回の国際会議では、最新の成果を世界中の研究者に伝えていくことで当該分野における存在感を示すとともに、当該分野の研究者らと活発な議論を交わすことが出来た。私は将来的に研究者として研究を続けていきたいと考えており、国際会議参加を通じて他の研究者と知り合うことは重要であると考えている。実際、本会議では国内外を問わず多くの方との交流を持つことが出来た。特にデバイス作成やナノテクといった、自身の研究とは離れた分野の研究者と多く知り合うことが出来、今までは知り得なかった知見を得ることが出来た。こういった貴重な体験は、国際会議に現地参加して初めて得ることができるものであり、自身の研究者としてのキャリア形成にとって非常に有意義な経験であった。

#### この派遣の研究成果等を発表した 著書、論文、報告書の書名・講演題目

Rapid-Scan High-Resolution Frequency-Domain THz Spectroscopy with Dynamical Phase Control

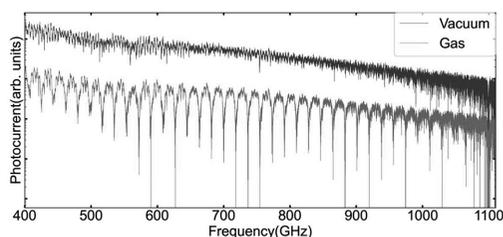


図2 アセトニトリル蒸気 of 高速高分解能テラヘルツ分光測定の結果。