

新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする  
次世代フォトニクスの基盤技術  
平成 29 年度採択研究代表者

H29 年度  
実績報告書

藤 貴夫

大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所  
メゾスコピック計測研究センター 准教授

超短赤外パルス光源を用いた顕微イメージング装置の開発と生命科学への応用

## § 1. 研究実施体制

### (1)「藤」グループ

- ① 研究代表者: 藤 貴夫 (自然科学研究機構分子科学研究所メゾスコピック計測研究センター、准教授)
- ② 研究項目
  - ・サブサイクル赤外光パルスによる高次高調波発生
  - ・ハイスピードカメラによる上方変換信号の検出
  - ・3 光子顕微鏡に最適化したファイバーレーザーの開発

### (2)「古谷」グループ

- ① 主たる共同研究者: 古谷 祐詞 (自然科学研究機構分子科学研究所生命・錯体分子科学研究領域、教授)
- ② 研究項目
  - ・カリウムチャンネル TWIK1 のイオン選択フィルターの赤外分光データの解析
  - ・光受容タンパク質 Opn3 による膜タンパク質の光誘起構造変化解析

### (3)「村越」グループ

- ① 主たる共同研究者: 村越 秀治 (自然科学研究機構生理学研究所脳機能計測・支援センター、准教授)
- ② 研究項目
  - ・3 光子顕微鏡の開発
  - ・3 光子顕微鏡下におけるの個体動物観察のための試料措置の開発

(4)「ファイバーラボ」グループ

① 主たる共同研究者:三村 榮紀 (ファイバーラボ(株)、代表取締役)

② 研究項目

- ・超短赤外パルスファイバーレーザーの製品化
- ・フッ化物(ZBLAN)ファイバーの試作製造

## § 2. 研究実施の概要

平成 29 年度においては、赤外イメージング装置や多光子顕微鏡の開発を進めた。

赤外イメージング装置の開発においては、その光源となるサブサイクル赤外光パルスによる非線形現象の測定を行った。サブサイクル赤外光パルスを Si 薄膜に集光することで、300nm 以下まで広がった光が発生した。数値シミュレーションを行った結果、発生した光は 9 次までの高調波発生によるものであることがわかった[1]。図は、サブサイクル赤外光パルスの位相を掃引して測定した高次高調波スペクトルについて、実験とシミュレーションを比較したものである。

また、サブサイクル赤外光パルスを可視光に波長変換して、その画像をイメージング

ンテンシファイアとハイスピードカメラの組み合わせによって、測定した。パルスは 1kHz の繰り返し周波数になっているが、その一パルスごとの画像を連続的に測定することができた。カメラの性能で 10,000 コマ/秒、解像度 640×480 の計測が可能であり、レーザーの繰り返し周波数を上げることで、10,000 コマ/秒の赤外面像を測定することができるようになる。

多光子顕微鏡の開発においては、研究代表者の研究室で開発された 1.8 $\mu\text{m}$  付近で発振するファイバーレーザーを光源とした 3 光子顕微鏡の構築を目指している。本年度は、現有のファイバーレーザーの増幅効率を高め、波長を制御できる光学系を構築した。1.7–1.8 $\mu\text{m}$  に波長を限定することができ、パルスエネルギーも 3 光子顕微鏡で十分な出力が得られるようになった。30 年度に顕微鏡と組み合わせることを予定している。

[1] H. Shirai, F. Kumaki, Y. Nomura, and T. Fujii: “High-harmonic generation in solids driven by sub-cycle mid-infrared pulses from two-color filamentation,” *Opt. Lett.* 43, 2094-2097 (2018).

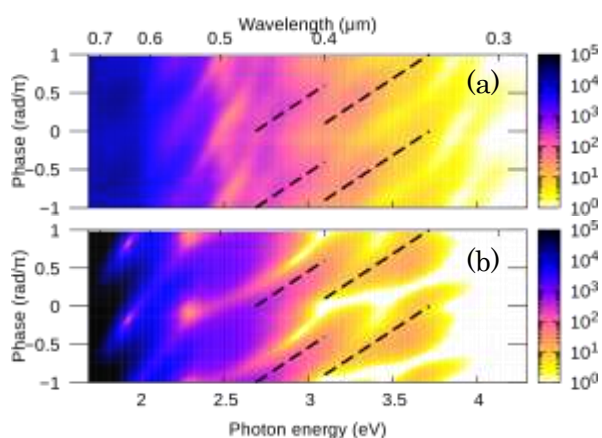


図 (a)サブサイクル赤外光パルスから発生した高次高調波スペクトルの位相依存性。(b)光学的ブロッホ方程式によるシミュレーション結果。