

独創的原理に基づく革新的光科学技術の創成
2020 年度採択研究代表者

2021 年度 年次報告書

芦原 聡

東京大学 生産技術研究所
教授

赤外テラレーメイド励起を機軸とする革新的振動分光

§ 1. 研究成果の概要

本研究では、新しい赤外光源技術によって振動分光法に大きな飛躍をもたらすことを狙いとする。すなわち、新規固体レーザーに立脚した高輝度赤外コヒーレント光とその電場波形自由度を活用することにより、微量分子を高感度に捉える振動分光法、および、所望の反応を促進する化学反応制御法を創出する。2年目にあたる 2021 年度は、主たる3つの研究項目を以下の通り推進した。

『赤外光源』に関しては、本研究の基盤となる赤外モード同期固体レーザーの開発を進めた。Cr:ZnS 結晶をゲイン媒質として用いることにより、中心波長 2.3 ミクロンでの安定なモード同期発振、および、時間幅 30 フェムト秒(電場振動 4 サイクル)の短パルス発生を実現した¹⁾。さらに、微量分子検出へ向けて重要となる光源の低雑音化に取り組み、ゲイン媒質中の第 2 高調波発生を利用して強度雑音を低減する新たな手法を提案・実証した²⁾。また、長波長領域への波長変換を行うシステムの具体的な設計を行った。

『微量分子検出』に関しては、赤外モード同期レーザーを用いたバックグラウンドフリー吸収分光システムを構築し、気相分子の高感度検出に取り組んだ。従来型の透過吸収分光を凌駕する検出感度を実証するとともに、信号対雑音比の各パラメーターに対する依存性を理論・実験両面から明らかにし、本手法の有効性を示した。

『化学反応制御』に関しては、赤外波形整形パルスを用いた振動ラダークライミングの理論的検討と実験を行った。振動の自由度を量子力学的に扱う独自の数値計算コードを用いて、高い量子数の振動準位へ励起するために必要な赤外パルスのエネルギーと電場波形を明らかにした。また、赤外ポンプ・プローブ分光システムを用いて気相分子の振動励起実験を実施し、振動・回転励起の観測に成功した。

以上の通り、各研究項目に関して重要な進展を得た。

§ 2. 研究実施体制

(1) 芦原グループ

- ① 研究代表者: 芦原 聡 (東京大学 生産技術研究所 教授)
- ② 研究項目
 1. 高輝度赤外シンセサイザーの開発
 2. テーラーメイド振動励起による微量分子検出
 3. テーラーメイド振動励起による化学反応制御

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Direct electric-field reconstruction of few-cycle mid-infrared pulses in the nanojoule energy range”, T. Kugel, D. Okazaki, K. Arai, and S. Ashihara, Applied Optics Vol. 61, No. 4, pp. 1076–1081, 2022.
- 2) “Inherent intensity noise suppression in a mode-locked polycrystalline Cr:ZnS oscillator”, X. Bu, D. Okazaki, and S. Ashihara, Optics Express Vol. 30, No. 6, pp. 8517–8525, 2022.