

中赤外分光による 1-ppb レベル超高感度分子検出

Ultra-sensitive detection of 1-ppb level molecules by mid-infrared spectroscopy

東大物性研¹ ○遠藤 翼¹, 谷 峻太郎¹, 多屋 奏一¹, 小林 洋平¹

ISSP, Univ. Tokyo¹ ○Tsubasa Endo¹, Shuntaro Tani¹, Soichi Taya¹, Yohei Kobayashi¹

E-mail: t.endo@issp.u-tokyo.ac.jp

中赤外領域は分子種依存の光吸収が多数存在することから分子の指紋領域と呼ばれ、中赤外分光による分子検出が医療応用や環境モニタリングなどのために期待され盛んに研究されている。特に、呼気に含まれる微量な揮発性有機化合物の同定は病気の早期発見やストレス診断につながるが、これらの用途では典型的に 1 ppb から数百 ppb 程度の濃度を推定することが求められる。しかしながら現状、フーリエ変換分光法では 1 ppb レベルの分子検出を実現するには数分の積算を必要としリアルタイム性が得られない。そこで我々は、光検出器のダイナミックレンジを効率的に利用できる分散型分光に着目し、Ge イメージングレーティング(EGIG)を用いた高感度・リアルタイムな中赤外分光系を開発してきた[1]。今回我々は測定信号の解析方法を洗練させ、1-ppb レベルの分子検出を達成したので報告する。

我々が開発した中赤外分光システムの概念図を Fig. 1 に示す。波長 1 μm の超短パルスをもとにして、白色光発生による波長 1.5 μm 程度までの光と基本波との差周波をとって中赤外光を得る。この光をヘリオットセルに通して分子に光を吸収させ、透過光を EGIG とクロスディスペルザーを用いて二次元的に分散させ中赤外カメラで測定する。測定画像から、特異値分解を用いたリファレンス信号推定[2]を利用して光吸収スペクトルを得、HITRAN データベースと比較することで分子種の同定と濃度決定を行う。この測定系において、レーザーの安定化とデータ処理の改善を行うことで濃度 ppb レベルの分子を検出することが可能となった。当日は様々な分子について測定結果の詳細を報告する。

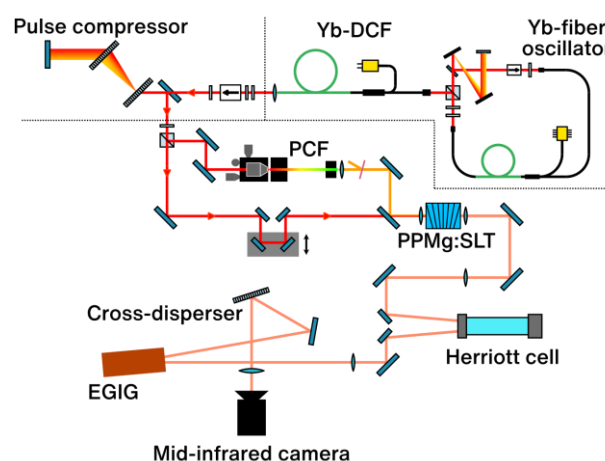


Fig. 1. Schematic of our dispersive mid-infrared spectroscopy system. DCF: double-clad fiber. PCF: photonic crystal fiber. EGIG: extremely-high-order germanium immersion grating.

[1] 多屋 奏一, 谷 峻太郎, 小林 洋平. 第 70 回応用物理学会春季学術講演会 (2023).

[2] S. Tani, K. Sugiyama, T. Sukegawa, T. Sato, Y. Ishizuka, S. Taya, D. Feng, O. Komeda, H. Suto, H. Saitoh, Y. Kobayashi, Opt Express 30, 36813 (2022).