

ヘリオットセルを用いた高感度な分散型中赤外分光系の構築

Development of a high sensitivity dispersive mid-IR spectrometer with Herriott cell

東大物性研¹, トヨタ自動車², °佐藤 達郎¹, David Feng¹, 谷 峻太郎¹, 米田 修²,
須藤 裕之², 梅谷 有亮², 森 幸生², 安田 彰男², 大月 寛², 小林 洋平¹

ISSP, Univ. Tokyo¹, Toyota Motor Corp.², °Tatsuro Sato¹, David Feng¹, Shuntaro Tani¹, Osamu Komeda²,
Hiroyuki Suto², Yusuke Umetani², Sachio Mori², Akio Yasuda², Hiroshi Otsuki², Yohei Kobayashi¹

E-mail: sato-tatsuro@issp.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】

中赤外領域は分子の振動回転に伴う吸収が多数存在することから分子の指紋領域とも呼ばれており、非接触かつ高速な分子種検出手法として様々な分光法の開発が盛んに行われている。有力な応用先の一つに呼気診断があり、迅速で簡便な病気の診断手法として期待されている。あらゆる疾病に広く対応可能な呼気診断装置には、複数の分子を検出できるほどの帯域・分解能に加えて、サブ ppb レベルの検出感度が必要と言われている[1]。我々は中赤外コムを光源として、超高次分散素子と 2 次元アレイ型ディテクタによる 1 GHz 周波数分解能広帯域分光システムの構築を行ってきた。今春の学会では、レーザーシステムの安定化により 500 ms 程度までの積算が可能になり、31 dB のシグナル・ノイズ比が得られることを報告した。本研究ではヘリオットセルを導入することにより測定感度のさらなる向上を試みた。

【実験】

図 1 に実験のセットアップの概略を示す。繰り返し 100 MHz の Yb 添加ファイバーレーザーをシードとする基本波と広帯域白色光の差周波発生により中心周波数 3.4 μm のオフセットフリーな中赤外コムを発生させ、光路長 36 m のヘリオットセルを透過後、高分解能な分散素子とクロスディスパーザーにより中赤外光を 2 次元的に分散させ中赤外カメラで検出した。レーザーシステムの安定化とヘリオットセルの導入により、1 フレーム 8 ms あたり $1.4 \times 10^{-6} \text{ cm}^{-1}$ の noise equivalent absorption coefficient (NEA) および $2.7 \times 10^{-9} \text{ cm}^{-1} \text{ Hz}^{-1/2}$ の NEA at 1 s average per spectral element を達成した。これはアセトンの場合 3 μm 帯で約 90 ppb (500 ms 積算時)を検出可能な感度に相当し、糖尿病患者の呼気中アセトン濃度がおよそ 1800 ppb 以上[2]であることから、一部の疾病の診断に有用な感度水準を達成可能であることが分かった。

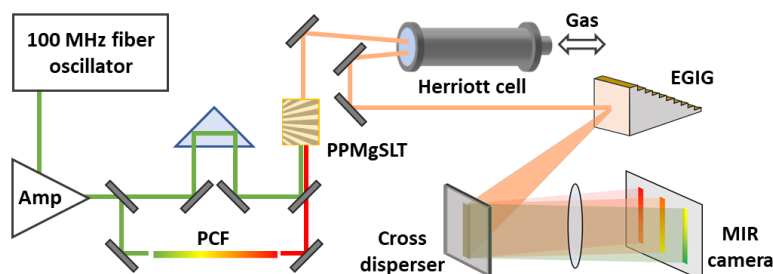


図 1. Experimental setup

[1] B. Henderson, *et. al.*, Applied Physics B 124, 161 (2018).

[2] M. Righettoni, *et. al.*, Analytica Chimica Acta 738, 69 (2012).