

混合ガス分離に向けた高感度な中赤外分光系の構築

Development of a high sensitivity mid-IR spectrometer for the detection of mixed gases

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。呼気診断や燃料分析等の応用には複数の分子種が混じった混合ガスの定量評価が重要であり、分子種を識別するための周波数分解能と帯域および測定速度と検出感度のトレードオフラインの向上が求められる。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。昨春の学会では、3-5 μm 帯におけるリアルタイム測定系としては最高クラスの 2000 $\text{Hz}^{1/2}$ シグナル・ノイズ比を持つ分光光学系の構築を報告した[1]。本研究ではさらなるレーザーシステムの安定化により測定感度の向上を図るとともに、定量的な混合ガスの測定評価を行った。

【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、全長1 mのシングルパス気体セルを透過後、高分解能な分散素子とクロスディスペル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。分光システムにおける短・長期的安定度評価を行った結果、秒スケールにおいて大気揺らぎが影響を及ぼしていることを見出した。このため壁を用いて分光システム内の大気揺らぎの抑制を行った。図2に大気揺らぎ抑制後のアラン分散を示す。大気揺らぎの抑制により複数フレームの積算による感度向上が図られている。また気体セルへの対象ガスの導入手順の改良により分子濃度の定量的な評価が可能となった。講演では混合ガスの高感度な定量測定について報告を行う。

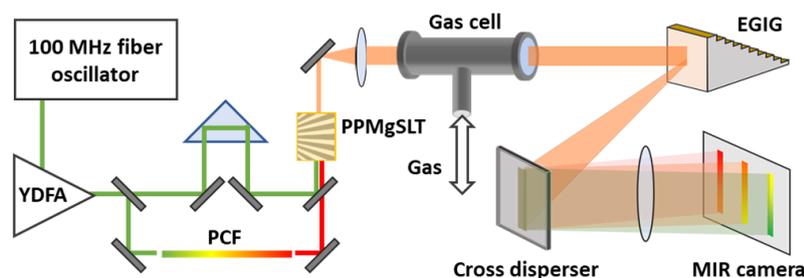


図1. Experimental setup

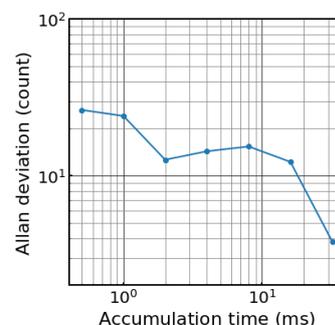


図2. Allan deviation of the intensity on camera. Exposure time is 500 μs .

[1]杉山慶, 谷峻太郎, 米田修, 須藤裕之, 小林洋平, 第66回応用物理学会春季学術講演会(2019).