

呼吸診断に向けた揮発性有機化合物高感度検出のための 中赤外コム光源の安定化

東大物性研¹, トヨタ自動車², ○多屋 奏一¹, 石塚 悠也¹,

谷 峻太郎¹, 櫻井 治之¹, 米田 修², 須藤 裕之², 斎藤広明², 小林 洋平¹

ISSP, Univ. Tokyo¹, Toyota Motor Corp.², ○Soichi Taya¹, Yuya Ishizuka¹,

Shuntaro Tani¹, Haruyuki Sakurai¹, Osamu Komeda², Hiroyuki Suto², Hiroaki Saitoh², Yohei Kobayashi¹

中赤外コム光源による分子の指紋領域(波長3-20 μm)における分子振動分光測定は、呼吸診断や内燃機関の排出ガスの定量評価といった様々な応用への期待が高まっている。呼吸診断は呼気中に含まれるガス種から非侵襲に被験者の健康状態を推定する手法として期待される一方、バイオマーカーとなるガス種について確立した知見は得られておらず、呼気中の複数の分子種を迅速に定量評価できるシステムの開発が求められている。呼気中に含まれる揮発性有機化合物(VOC)の濃度は典型的に ppb-ppm オーダーであることから、広帯域、高分解能かつ高感度に中赤外光を分光できるシステムの開発が重要である。我々は Yb 添加ファイバオシレーターをシードとし、フォトニック結晶ファイバ(PCF)により発生させた広帯域白色光(SC 光)と基本波の差周波発生による中赤外コム光源開発、および Ge イメージンググレーティング(EGIG)[1]を用いた高分解能・高感度な分光系開発を行ってきた[2]。本システムは 1 秒未満積算で ppm オーダーの高感度検出が可能である一方、中赤外光強度のドリフトにより、長期的な信号の積算による S/N 比の向上が難しいという問題があった。本研究では長期ドリフトの原因として PCF への入射光のカップリングに着目し、中赤外光スペクトル強度の長期安定化を試みた。

本研究の実験系を図 1 に示す。繰り返し 85 MHz の Yb 添加ファイバオシレーターをシード光とし、1 μm の基本波と PCF で発生させた 1.5 μm 付近との差周波発生により 3 μm 付近の中赤外光を発生させている。PCF 入射直前のミラーからの抜け光をカメラでモニタリングすることで、ビームの安定性と中赤外光の安定性の評価を行った。抜け光の重心検出により算出されたスポット中心位置の時刻変動を図 2 に示す。図 2 より PCF に入射するビームのポインティングが 1 時間の時間スケールで 40 μm 程度変化していることがわかる。講演では、PCF へのビーム入射のポインティング安定性と中赤外カメラにより測定された中赤外光強度との連関およびフィードバック制御による中赤外光スペクトルの安定性について報告する。

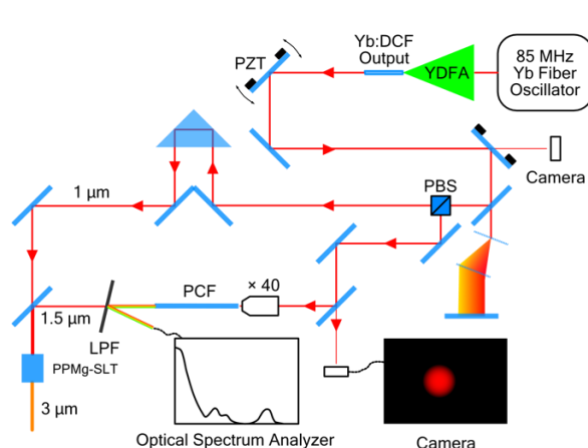


図 1. 実験セットアップ

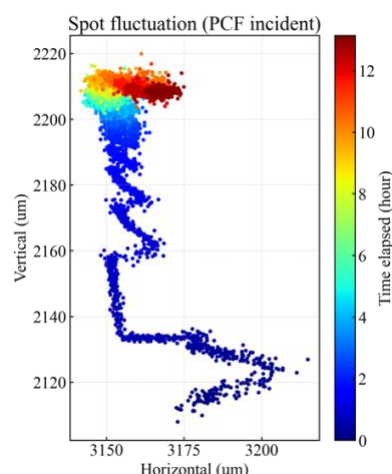


図 2. スポット中心位置の時刻変動

[1]S. Tani, T. Sukegawa, T. Nakamura and Y. Kobayashi, CLEO/Europe-EQEC(2017).

[2]佐藤 達郎, 谷 峻太郎, 小林 洋平, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会(2021).