

ヘリオットセルを用いたデュアル電気光学変調コム分光の高感度高速計測

High-sensitivity and High-speed Measurement of

Dual Electro-Optic Modulation Comb Spectroscopy with Herriott Cell

°(B)金川 誠矢¹, 村山 大誠¹, 森田 拓海¹, 石澤 淳², 西川 正¹(東京電機大学¹, NTT 物性科学基礎研究所²)°Seiya Kanekawa¹, Taisei Murayama¹, Takumi Morita¹, Atsushi Ishizawa², Tadashi Nishikawa¹(Tokyo Denki Univ.¹, NTT Basic Research Labs.²)

E-mail: 16eh025@ms.dendai.ac.jp

1. 研究背景・成果

呼吸分析や微小時間領域での化学反応のモニタリングに、高速な分光計測が必要とされている。それに向けて我々は、自動補間デュアル電気光学変調(EOM)コム分光システムの開発を行ってきた。^[1]これまで、光路長 80 cm のガスセルを用いて腎臓病のバイオマーカーである 300 ppm アンモニアガスの測定に成功しているが、今回光路長 76 m のヘリオットセルを用いることでさらなる高感度化を目指す。その準備として本稿では二酸化炭素ガスの分光計測結果について報告する。また、当日はより低濃度の二酸化炭素ガスやアンモニアガスの分光計測結果についての報告を行う予定である。

2. 実験方法

図1に本研究の実験系を示す。シードレーザーとなる 1532.04 nm のDFBレーザーを2分岐させ、片方の周波数をAOMでシフトし、それぞれに強度・位相変調をかけてEOMコムを生成した。変調器の駆動周波数で決まるモード間隔は25 GHzおよび25 GHz + 0.35 MHzである。生成した2つのEOMコムによりヘリオットセル内に封入したCO₂のデュアルコム分光を行った。

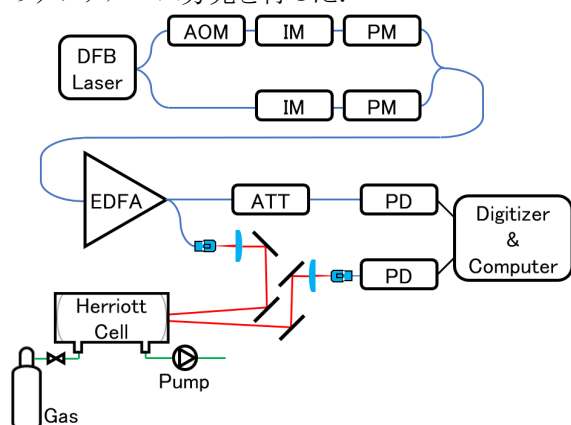


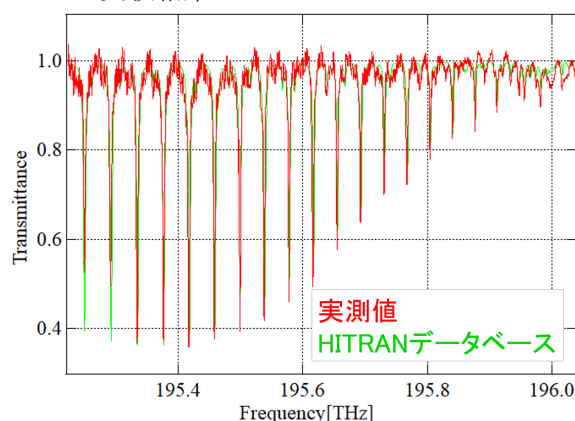
図1. Experimental setup

EOM コムのモード間隔を広く取るとコムの帯域を広げることができるが、分子分光分析において分解能が不足する。これを解決するため、先行研究では2チャンネル信号発生器を用いてDFBレーザーとAOMの周波数を同期してシフトさせた。

ダウンコンバートしたマイクロ波信号の中心の輝線周波数はAOMの周波数で決まる。よってレーザー波長とAOM周波数を同期してシフトしながら計測する事により、フーリエ変換して得られるマイクロ波信号が自動補間されたものになる。これにより、84 msのごく短い測定時間を実現した。

ガスセルには光路長 76 m, パス数 238, 容量 0.5 L の非点収差ヘリオットマルチパスセルを用いた。セル前段のEDFAと参照光のアッテネータにより強度を補正した。それぞれのフォトディテクタで取得した信号をフーリエ変換し、除算して透過スペクトルを算出した。

3. 実験結果

図2. Transmittance spectrum of CO₂

計測した純二酸化炭素ガス(0.45 atm)の透過スペクトルを図2に示す。本研究の手法により、自動補間デュアル EOM コムによる高速かつ高分解能性と、ヘリオットセルを用いた高感度性を兼ね備えた分子分光計測を行うことが可能になると考えられる。当日は達成可能な感度について報告する。

本研究の一部は、
JSPS 科研費 JP19H02156, JP20H00357
東京電機大学総合研究所一般研究課題 Q21K-01
の助成を受けたものである。

[1] 大原 憲 他, 2019年第80回応用物理学会秋季学術講演会, 19p-E205-7 (2019).