

波長掃引パルス QCL と中空光ファイバガスセルによる 微小濃度ガス分析

Low-concentration gas analysis by using a wavelength-swept pulse QCL and hollow-optical-fiber gas cell

東北大学 医工 〇(M1)大村 勇策, 木野 彩子, 松浦 祐司

Tohoku Univ., Graduate School of Biomedical Engineering

〇Yusaku Omura, Saiko Kino, Yuji Matsuura

E-mail: yusaku.omura.r1@dc.tohoku.ac.jp

1. はじめに

呼吸中の揮発性有機化合物などの微小濃度のガス分析には、長光路ガスセルが有効であり、中空光ファイバを用いたガスセルは、微小容量かつ長光路ガスセルとして期待できる。しかし、ファイバの長尺化に伴って伝送損失が増加し、従来のフーリエ赤外分光光度計(FT-IR)を用いた分析では、SNR が低下してしまうという問題点があった。一方、最近では中赤外領域において、高出力光を発生する量子カスケードレーザ(QCL)の開発が進み、ガスの吸収スペクトル測定に有効な波長可変型の QCL も登場している。

本研究では、ピークパワーが大きいために SNR の向上が期待できるパルス光を発生する、小型の波長掃引型の QCL と、中空光ファイバガスセルを用いたガス分析システムの構築について検討を行った。

2. QCL と FT-IR の比較

はじめに QCL を用いたシステムの SNR の評価を行った。Fig. 1 に波長掃引型パルス QCL (ピークパワー0.9 W, 波長 1000~1200 cm^{-1}) と InAsSb 検出器を用いて、バックグラウンドを2回連続して得られた100%ラインを示す。なお、故意にアライメントずれを生じさせて、20-40 dB の減衰を発生させて測定を行った。この結果から得られる分散値をノイズとして算出した SNR を、同様の方法で FT-IR を用いて評価した結果と比較して示した。なお、FT-IR の測定では外部に取り出した赤外光を軸外しミラーによって内径 0.7 mm, 長さ 10 cm の中空光ファイバに入射して得られた光量を 0 dB としている。減衰が小さい領域では、光パルスのピークパワー変動により QCL を用いたシステムの SNR が小さく現れているが、光減衰が大きくなるとピークパワーの大きい QCL システムの方が有利になることがわかった。

3. アンモニアガスの測定

次に上記の波長帯に吸収を有するアンモニアガスをサンプルとして吸収スペクトルの測定を行った。実験ではサンプルガス(濃度 10 ppm)を 180°ループさせた内径 700 μm , 光路長 1 m の中空光ファイバに流入させて得られる透過光と、窒素ガスに対するリファレンスから、ガスの吸収スペクトルを得た。図 3 には得られた吸収スペクトルを HITRAN データベースにおける吸収スペクトルと比較して示した。今回の測定では波長分解能を 0.2 cm^{-1} としたために、個々の振動回転スペクトルは得られていないが、スペクトル群としての取得に成功した。

Fig. 2 における QCL システムの結果から、ガス測定に必要な SNR を 20 dB とした場合の損失余裕は 60 dB 程度と推測される。ループ状の 1 m 長ファイバの伝送損失を 1.5 dB 程度とすれば、ファイバ長を 40 m とすることができ、サブ ppm オーダのガス検出が可能となると予測される。今後は、測定安定性向上のための信号処理方法の改善や、長尺ファイバを用いたシステムの構築を行う予定である。

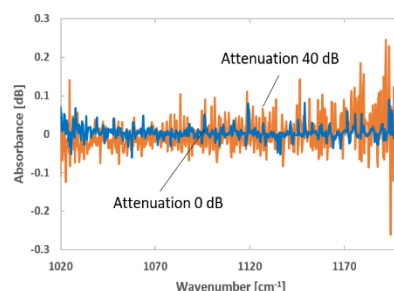


Fig. 1 100%-lines of QCL system

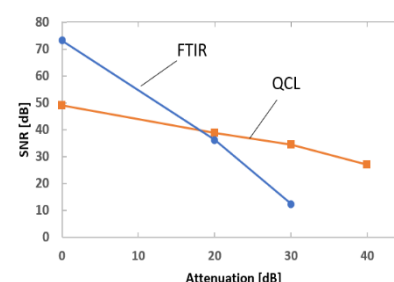


Fig. 2 SNR of QCL and FTIR system

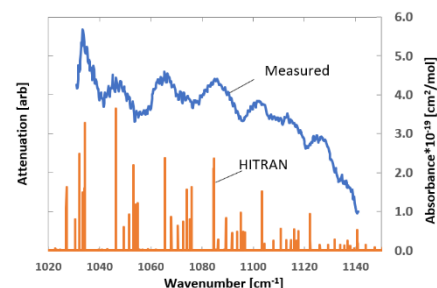


Fig. 3 Measured absorption spectrum of 10 ppm ammonia compared with HITRAN database