

外部光変調器を用いた電子式キャビティリングダウン分光装置の開発

Development of Electronic Cavity Ring Down Spectroscopy using external light modulator

近大院総合理工¹ ○(M1) 阪口 航¹, 前田 佳伸¹

Kindai Univ.¹, °Wataru Sakaguchi¹, Yoshinobu Maeda¹

E-mail: 1933340460w@kindai.ac.jp

1. はじめに

光吸収による分光分析の感度を向上するには、吸光度が濃度一定時に光路長に比例する Lambert-Beer の法則より光路長を長くする必要がある。2枚の高反射率ミラー(反射率:99.9%)を用いてレーザー光をセル内に閉じ込めることで有効光路長を 10km 以上伸ばし、高感度な濃度測定が行える光学式キャビティリングダウン分光法 (Cavity Ring-Down Spectroscopy: CRDS) が存在する。更に電子回路とレーザーダイオード(LD)、フォトダイオード(PD)を用いて取り扱いを容易にし、小型化した電子式 CRDS 装置が存在する。¹⁾

従来の電子式 CRDS 装置では LD を用いて信号を直接変調していたが、その際に注入電流による波長の変化が存在していたため、本研究では外部変調方式の光変調器を用いて改善を行った。

2. 電子式 CRDS

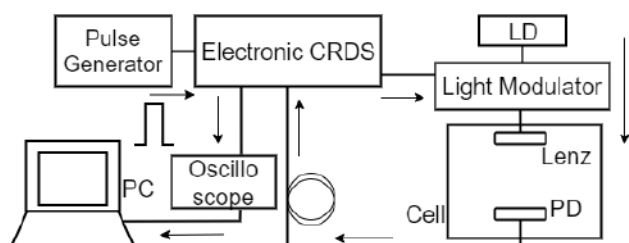


Fig.1 Electronic CRDS diagram

Fig.1 に電子式 CRDS の構成を示す。電子式 CRDS はパルスジェネレータ(PG)で発生させた電圧パルス信号を電子回路により電流信号に変換し、外部光変調器へ入力する。入力された信号は外部光変調器にて LD(波長 1391.90nm)からの連続光を変調し光信号に変換して出力される。サンプルを通過後 PD で電気信号に変換し、フィードバックすることを繰り返す。これによりセル長を伸ばすことなく長い光路長を得ることができ、リングダウンパルス波形を得ることができる。

3. 測定結果

セル内の大気圧を基準圧(0MPa)として、真空ポンプを用いて 0.03MPa まで減圧し、N₂を注入し基準圧まで戻す。再び真空ポンプで減圧し、水上置換した N₂を注入し基準圧に戻す。以上の動

作を繰り返しセル内の H₂O の濃度の測定を行った。Fig.2 に得られたリングダウンパルス波形と測定結果を示す。時間とともに指数減衰する波形を得て、H₂O の濃度変化とともに変化する β 値を確認した。同様の方法で、リングダウンパルス本数を変化させ β 値の変化を測定した。

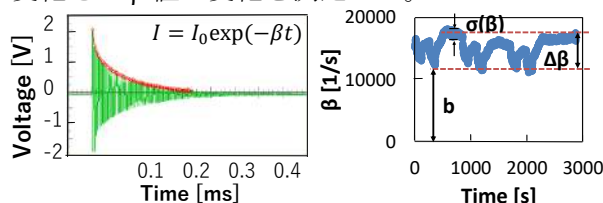


Fig.2 Ring down waveform and measurement result

Fig.3 に $\sigma(\beta)/\Delta\beta$ 、 $\Delta\beta/b$ をそれぞれ示す。ただし、 $\sigma(\beta)$ は β 値の標準偏差、 $\Delta\beta$ は H₂O の濃度変化分、 b は水上置換した N₂ を注入する直前の β 値を表している。

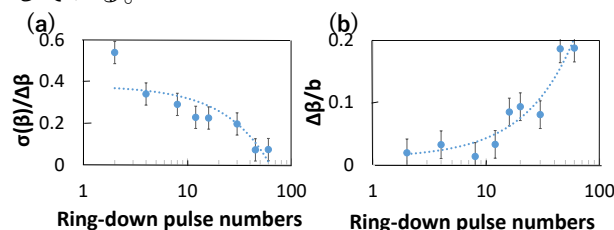


Fig.3 (a) and (b): $\sigma(\beta)/\Delta\beta$ and $\Delta\beta/b$ in respect of number of Ring-down pulses

4. まとめ

Fig.3(a)より、電子式 CRDS の β 値の標準偏差 $\sigma(\beta)$ と H₂O の濃度変化分 $\Delta\beta$ の比はリングダウンパルス本数の増加に伴い減少している。また、Fig.3(b)より、 $\Delta\beta/b$ は SN 比に相当し、リングダウンパルス本数の増加に伴い増加し高感度化している。これらの結果より、リングダウンパルス本数の増加は物理的に光路長を長くしたことに相当し、外部光変調器を用いた電子式 CRDS により測定の高感度化が可能になった。

参考文献

[1] 日比野良彦、天野亮、前田佳伸：レーザー研究, Vol.46, No.4, pp.215-219 (2018).