

# 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分析器

## Electronic Cavity Ring Down Spectroscopy using external light modulator

近大院総合理工<sup>1</sup> ○(M2) 阪口 航<sup>1</sup>, 前田 佳伸<sup>1</sup>

Kindai Univ.<sup>1</sup>, °Wataru Sakaguchi<sup>1</sup>, Yoshinobu Maeda<sup>1</sup>

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 10 km 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。一般のシングルパルス吸収分光法と比較すると高感度で有用であるが、精密な光軸調整が必要なのが課題となっている。

我々は、レーザーダイオード(LD)とフォトダイオード(PD)一対および遅延回路を用いたミラーレスの電子式 CRDS 装置を提案している。[1]

しかし、従来の電子式 CRDS 装置では LD を直接変調しており、その際に注入電流による波長の変化が存在していた。本研究では外部光変調器を用いて LD 波長一定の電子式 CRDS を実現した。

### 2. 電子式 CRDS

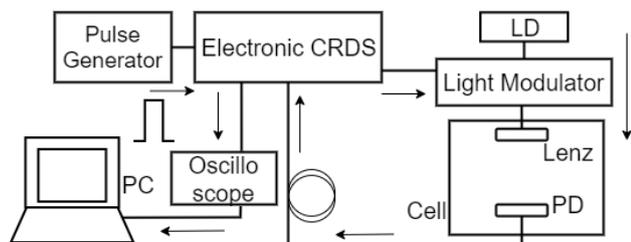


Fig.1 Electronic CRDS diagram

Fig.1 に電子式 CRDS の構成を示す。電子式 CRDS で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 (1391.90 nm)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、同軸ケーブルを用いて遅延させた後、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、傾き  $\beta$  をもつ指数減衰する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(0 MPa)として、まず真空ポンプを用いて 0.03 MPa まで減圧し、 $N_2$  を

注入し基準圧まで戻す。次に、再び真空ポンプで減圧し、水上置換した  $N_2$  を注入し基準圧に戻す。以上の動作を繰り返しセル内の  $H_2O$  の濃度の測定を行った。リングダウンパルス波形および傾き  $\beta$  値の変化を Fig.2 に示す。ただし、 $\sigma(\beta)$  は  $\beta$  値の標準偏差、 $\Delta\beta$  は  $H_2O$  の濃度変化分、 $b$  は水上置換した  $N_2$  を注入する直前の  $\beta$  値を表す。同様の方法でリングダウンのパルスの数を変化させた。

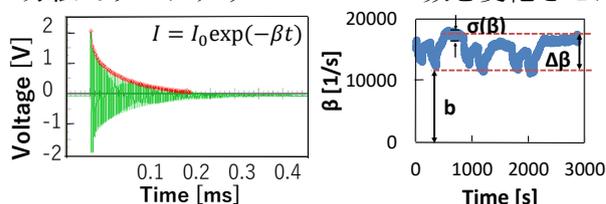


Fig.2 Ring down waveform and measurement result

Fig.3 に  $\sigma(\beta)/\Delta\beta$  および  $\Delta\beta/b$  のそれぞれの値を示す。Fig.3(a)より、電子式 CRDS の  $\beta$  値の標準偏差  $\sigma(\beta)$  と  $H_2O$  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、 $\Delta\beta/b$  はリングダウンパルス本数の増加に伴い正比例で増加している。

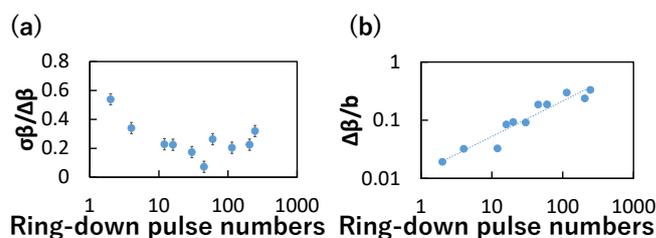


Fig.3 (a) and (b):  $\sigma(\beta)/\Delta\beta$  and  $\Delta\beta/b$  in respect of number of Ring-down pulses

### 4. まとめ

Fig.3(a)より、 $\sigma(\beta)/\Delta\beta$  は測定のばらつきに相当し、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).