

## D 4

### 擬CW-パルス駆動方式鉛塩レーザー大気 ガス分析 — 測定精度の検討 —

Quasi-CW driven Pb-Salt Diode Laser Spectrometry  
for Atmospheric-Gas Analysis : Noise Analysis

古賀隆治, 小坂 恵, 佐野博也<sup>\*</sup>  
Ryuji KOGA, Megumi KOSAKA, and Hiroya SANO<sup>\*</sup>

岡山大学

Okayama University

\*福山大学

\*Fukuyama University

#### 1. まえがき

筆者らは、大気ガス分析に際して、高感度・実時間・非接触・局所計測可能な携帯測定装置を、その運用方法をも含めて開発する、という目標を設け、これまでにいくつかの試作機の開発を行い、戸外での測定結果も得ている。

鉛塩レーザーを用いて中赤外域の吸収スペクトル測定、それも導関数分光法を併用することにより多くの利点が生まれるが、このレーザーを動作させるためには深冷却が必要であり、装置の大型化あるいは液体窒素の補給を要求するなどの難点が生ずる。PbSSeの組成を持つレーザーは3~6 $\mu\text{m}$ に波長域を持ち、接合部温度は120K以上でも発振するが、接合部とヒートシンク間の熱抵抗が高いためCW発振は困難でパルス発振が実用的である。この場合ペルチェ効果を利用する電子冷凍機を用いることにより、装置の小型化が期待される。

本報は前の報告<sup>1)</sup>に続き、実験結果の紹介と赤外検出器の最適特性に関する検討の結果を報告する。

#### 2. パルス駆動導関数分光法

この方法では中心波数 $\nu_0$ の回りに吸収線の半値半幅程度異なる波数 $\nu_+$ ,  $\nu_-$ を持つパルスレーザー光を $\nu_0$ ,  $\nu_+$ ,  $\nu_0$ ,  $\nu_-$ ,  $\nu_0$ ,  $\nu_+$ ... という順序で発射し、大気で吸収を受けたレーザー光を赤外検出器で受けた後、ロックイン増幅器で2f検出するものである。レーザーをCW動作させて周波数変調する従来の方法に比べて次の2つの問題を生ずる。

1) パルスレーザーの周波数が1パルス中にチャープし、見かけのガススペクトルが歪む。これは計測装置のスパン誤差となる。

2) レーザ光の平均パワーが下りSN比が低下する。

先ず(1)の問題に対しては、パルス幅とレーザーの周波数変調に係る時定数で決まるチャープ幅がガスの吸収線幅よりやや狭くなる程度に抑え、さらに標準ガスセルを用いる複ビーム構成により標準ガスと大気ガススペクトルの相関をとる。このとき筆者らの提唱する随伴スペクトル法によれば問題ではなくなる。(2)の問題については次に述べる時間ゲートをロックイン増幅器の前に設けて解決することができる。

#### 3. 時間ゲートによる定常雑音の抑圧

図1はレーザーの駆動電流波形(a), レーザ出力と周波数(b), および赤外検出器の出力波形を描いたもの(c)である。(c)の波形を(d)のような回路構成により信号の存在する時間のみ積分し、そうでないときにはゲートを開いておけば最大のSN比が得られる。レーザーをCW駆動する時、長い積分時間を稼いで等価的に極めて狭い帯域幅を実現し、高いSN比を得る方法が周波数領域における雑音抑圧とすれば、これは時間領域における雑音抑圧法といえる。

#### 4. パラメータの最適化

図1の(c)において信号の波形は概ね赤外検出器の時定数により定まり、さらにこれによ

り最適なゲート時間が決定される。すなわち、ゲート開の時間が短かすぎると信号が通過しなくなり、長すぎると信号は増大せず雑音ばかりが増える。図2は赤外検出器の時定数  $T_i$  をパラメータにとり、時間ゲートの幅  $T_g$  と、時間ゲートを設けないときのSN比に対する、設けたときのSN比の比の関係を計算した結果である。 $T_g$  の最適値は概ね  $T_i$  に等しい。

赤外検出器の  $T_i$  とレスポンス性はキャリアの平均寿命を通じて関係がある。また信号検出系はプリアンプ雑音によって支配される。このように考えて  $T_i$  と  $R_e$  を座標とする図の上に到達可能な光学的厚さのゆらぎ  $\sigma(\delta\tau)$  の等高線を描いたものが図3である。この中には実際に報告されているパラメータA~Fをプロットしてある。筆者らが現実を使用している素子はEおよびFであるが、AあるいはBの素子<sup>2)</sup>を用いると  $10^{-6}$  程度の  $\sigma(\delta\tau)$  を得ることが可能である。

### 5. むすび

上で得た  $\sigma(\delta\tau)$  の値はエタロンフリンジの振幅に等しい。従って定常雑音の抑圧は十分であり、このようなパルス駆動方式が実用的であると結論される。レーザ素子および赤外検出器の使用について協力していただいた富士通研究所の篠原博士に感謝する。

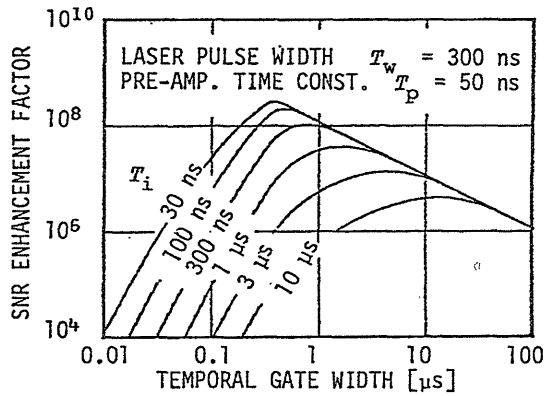


図2. 時間ゲートの幅  $T_i$  とSN比向上効果

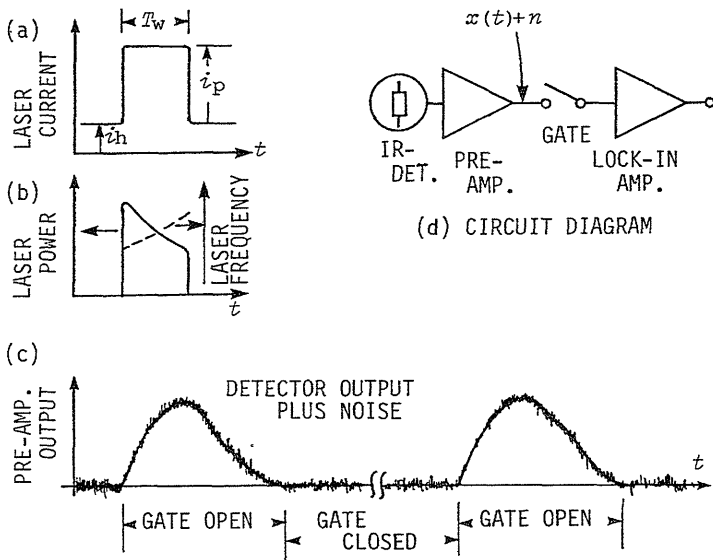
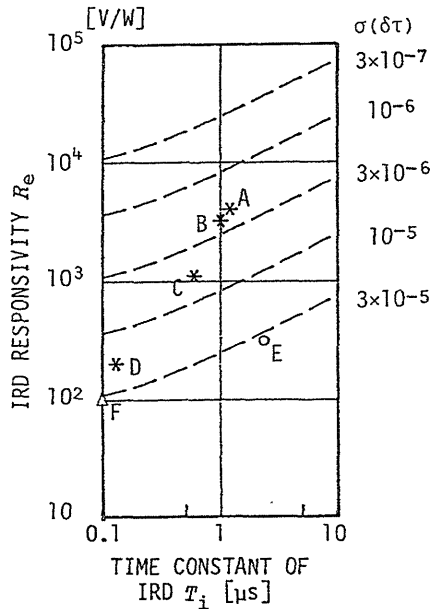


図1. 時間ゲートによる定常雑音の抑圧



PARAMETERS:  
 LASER PULSE WIDTH  $T_w = 300 \text{ ns}$   
 PRE-AMP. TIME CONST.  $T_p = 50 \text{ ns}$   
 EQUIVALENT NOISE VOLTAGE AT PRE-AMP. INPUT  $e_n = 10 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$   
 LASER OUTPUT  $P_o = 1 \text{ mW}$

図3. 赤外検出器のパラメータと到達可能精度

### 参考文献

- 1) 佐野ほか, 第9回レーザ・レーダ・シンポジウムNo. 33 (1983).
- 2) 濱島, 伊藤, 信学技報 ED84-159 (1985).