

定常パルス列駆動鉛塩半導体レーザーによる 大気ガス分析

Atmospheric Gas Monitoring with Pb-Tunable Diode Laser in Pulse Train Operation

佐野 博也、古賀 隆治、小坂 恵、粟本 繁

Hiroya SANO, Ryuji KOGA, Megumi KOSAKA, and Shigeru AWAMOTO

岡山大学、工学部

School of Engineering, Okayama University

1. まえがき

筆者らはこれまで $7\mu\text{m}$ 帯 PbSmTe 可同調半導体レーザー (Tunable Diode Laser: TDL) を用いて、大気中希薄ガスの実時間・局所・非接触・高感度濃度測定システムの開発を行ってきた。¹⁾²⁾ これら鉛塩半導体レーザーの発振には約 70 K の深冷却が必要で、装置の機動化の障害になってきた。今回レーザーを、パルス駆動と電子冷却を併用する $4\sim 5\mu\text{m}$ 帯 PbSSe レーザを用いて装置の大幅な小型・軽量化を試みている。

この報告では、開発中の TDL 定常パルス列駆動システムとその実験結果について述べる。

2. システムについて

図 1 にシステム全体のブロック図を示す。システムは光学系と信号処理系とから成っている。TDL から出た光はゲルマニウムレンズでコリメートされる。それを標的ガスの存在する大気中を通過させた後ビームスプリッタで 2 分し、一方はそのまま赤外線検出器で検出、他方はさらに既知濃度の標準ガスセル中を通過させた後検出する。標的ガス濃度は、TDL 光を波数掃引して得られる 256 個のデータ列から成る大気スペクトルと標準ガススペクトルの間に、マイクロコンピュータで干渉スペクトル排除能力を持つ相関処理³⁾ を施すことにより求める。

滑らかなバックグラウンドスペクトルに埋もれた非常に微弱な信号スペクトルを高感度で検出するために、導関数分光法を採用する。⁴⁾ そのため、TDL 発振波数を高速変調しなければならぬ。これは TDL ヒートアップ電流 I_h を、つまり接合部温度を各パルス毎に変化させることで実現する。図 2 に変調電流を重畳させた TDL 駆動電流波形を示す。また図 3 に実際の駆動電流波形及び、それによる TDL 発振波形を示す。

濃度測定に用いるガス吸収スペクトルとしては、吸収極大点で極大値をとり、かつ他の高次微分スペクトルよりも信号の大きい 2 次高調波 (2f) スペクトルを採用する。2f スペクトル採取と同時に TDL 出力パワースペクトルも採取して、2f スペクトルの正規化を行なう。

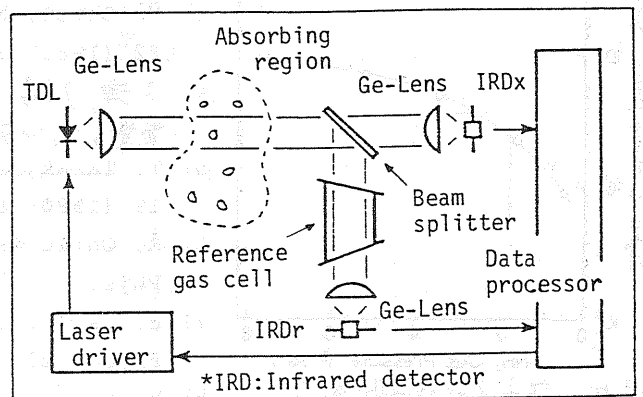


図 1. システムブロック図

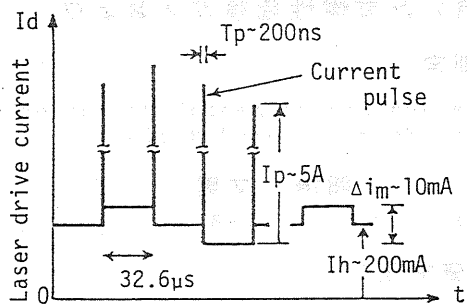


図2. TDL駆動電流波形

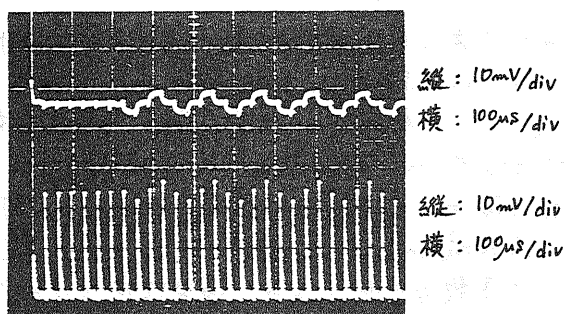


図3. 上: 実際のTDL駆動電流波形
下: TDL発振波形赤外線検出器出力

3. 実験結果

実験に用いたTDLの発振パワの強さは、図4に示すようにマイクロワットオーダである。またその発振波長は7~8μmである。

光路上に100%, 3 Torr, 10cmのメタンガスセルをおき、スペクトルを採取したものを図5に示す。図中のbで、TDLヒートアップ電流Ihの増加とともにレーザ発振パワーが減少しているが、これはIhの増加に従ってTDLの接合部温度が上昇するためである。またパワーの周期的な揺らぎは、ガスセルの窓に用いた厚さ0.2mmのSiウェーハで生じた光定在波(エタロンフリンジ)である。

システムの電気系で問題となったのは、レーザ駆動用大電流パルサーから発生する電磁雑音の、信号処理系への影響であるが、パルサー部のシールド、信号ラインのアイソレーション等により、実用上問題ないレベルまで押えることができた。信号処理系から発生する全雑音は、その標準偏差の絶対吸収量換算値で0.1~10⁻⁵以下である。ガススペクトルは絶対吸収量換算

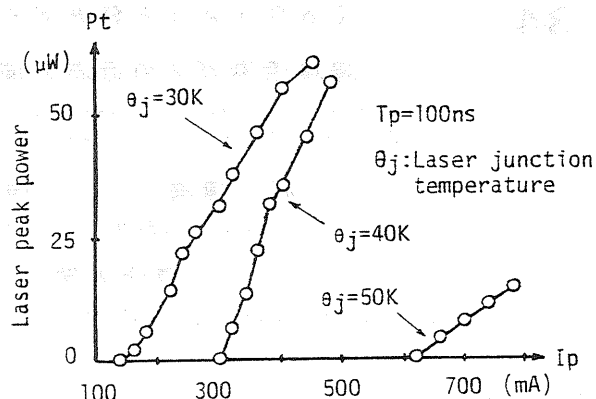


図4. TDL駆動パルス振幅Ip対レーザ発振パワー

値が10⁻⁴程度のもを対象とするから、測定精度は十分得られる。総パルス数を変えることで、この両者間の数値が変わってくる。

4. まとめ

定常パルス列駆動方式により、大気ガス分析装置としての役割を果たすことが確認できた。この方式によりTDL冷却機構の電子化が図れ、極小型・軽量装置の実現が期待できる。

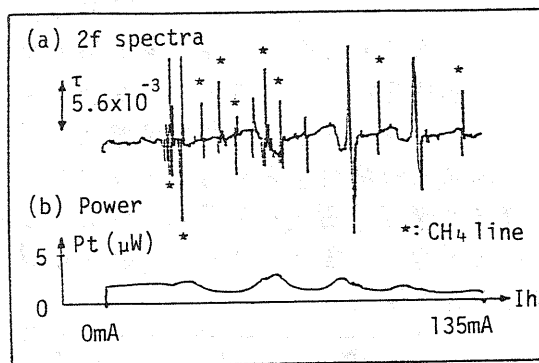


図5. a)メタンガス吸収スペクトル
b)TDLパワースペクトル

謝辞 半導体レーザ、赤外線検出器の使用に便宜をお計りいただいた富士通研究所(株)に厚く感謝する。

参考文献

- 1) 古賀ほか: 信学技報 OQE 80-122 (1981).
- 2) 佐野ほか: レーザ研究 Vol.10, No.4 (1982) 411.
- 3) 古賀ほか: 分光研究 Vol.27, No.4 (1978) 297.
- 4) Sano et al: Jap. J. Appl. Phys., 20 (1981) 2145.