

半導体レーザによる大気中メタンガスの検出

Detection of Atmospheric Methane by Tunable Diode Laser

古賀 隆治, 永瀬 悟, 小坂 恵, 佐野 博也

Ryuji Koga, Satoru Nagase, Megumi Kosaka, Hiroya Sano

岡山大学工学部電子工学科

Department of Electronics, The School of Engineering
Okayama University

1. まえがき

筆者らは、かねてより、高感度・高速・可搬という特性を有し、局所計測が可能で大気ガス計測の標準となり得る方式の開発に努めて来た。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ 半導体レーザは小形・軽量かつ可同調という特徴があつてこの目的に対して好都合である。これを用いた大気中メタンの濃度測定を行うシステムの開発状況について報告する。

2. 高速電子スペクトル分光計測システム

鉛化合物半導体(Pb-TDL)は鋭いスペクトル幅($\sim 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$)、全掃引幅が数 cm^{-1} に亘る可同調性、および、約 20 kHz までの高速応答性を特徴とする。これを利用して、尖鋭な吸収スペクトルを有する気体の微弱な吸収を測定するためには、光源の波数を周波数 ν の正弦波で変調し、透過光パワーから周波数 ν の成分を拾い上げる方式が、S/N、選択性などの点で優れている。

電子スペクトルを得るために、位相検波器と一次遅れ型のローパス・フィルタが用いられるのが普通であるが、我々は後者を單なる積分器におき換えた。

ガス濃度に比例して、光の減衰を測るために、光検出器への入射パワーを知らねばならない。TDLはその駆動電流を遮断することによりナノ秒台での消光が可能である。HgCdTe検出器の応答時間で決まる $2\mu\text{s}$ の間消光することにより、機械的チョップを用いないで正規化信号が得られる。

これらの技術を組み合わせて、256点から成る、正規化された電子スペクトルを4秒間で掃引することができる。図1はこれを実行する

際のTDL駆動電流のプログラムである。

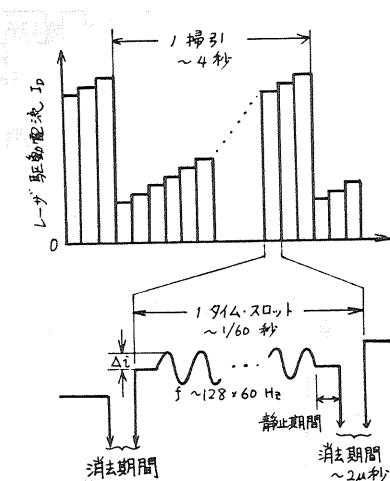


図1. 半導体レーザ駆動電流のプログラム

3. 複光束相關分光計測システムによるメタンガスの測定

TDLの絶対波数は不確定であるから、その駆動電流を横軸にとったスペクトルは、同じガス種に対しても常に一定であるとは限らない。そこで図2のような複光束システムを採用した。ビーム・スプリッタで分けられた2つの光束は、一方は、既知濃度・距離積 C_{RLR} のガスの入ったセル中を、他は大気中を通過した後、別々の系統で信号処理を受け、2つのスペクトル S_R, S_X が得られる。これから次の演算により大気中ガスの濃度・距離積 C_{XLX} を算出する。すなわち

$$C_{XLX} = \frac{(S_R^*, S_X)}{(S_R^*, S_R)} C_{RLR}, \quad (1)$$

但し、 S_R^* は参照スペクトル S_R と、 S_X 中か

ら排除したい干涉スペクトルから合成される随伴スペクトル⁽⁴⁾であり、一回の掃引の度に作り直される。

図3は1気圧958 ppm/空気、セル長15 cmと3 Torr 100%、セル長10 cmのセルを用いて得たメタンガスのスペクトルの一例である。実際には、参照セルも大気圧である方がよい。

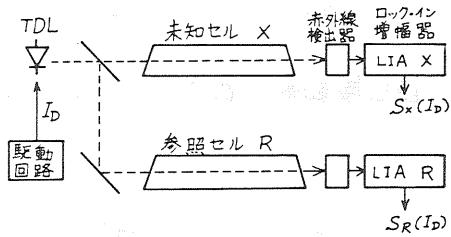


図2. 複光束分光計測システム概念図

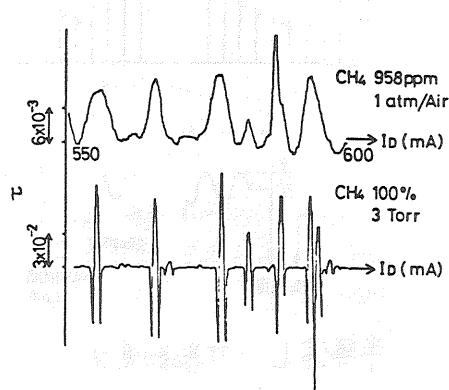


図3. 複光束分光計測システムで得られたメタンガスのスペクトル

4. エタロンフリンジについて

光学系は複数の光学要素から成り、その反射面どうしの組合せによってファブリ・ペロー型の共鳴構造ができる。エタロンフリンジは、その振幅はあまり変化しないが、その位相は光学系の幾何学的寸法の波長オーダーの変化によってその位相は漂動する。図4は1.67秒ごとに、エタロンフリンジのあらわれているスペクトルを掃引したものである。図5は、これとは別のエタロンフリンジをフーリエ変換し、特定のピッヂを持つモードについて、その位相と振幅を追跡したものである。これから同じピッヂを持つ成分についても、さらに成分を2つに分解し、1つは変化しないもの、もう1つは位相のみが

変化するものから成る、という分析が行える。

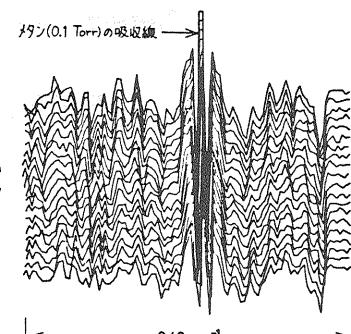


図4. エタロンフリンジの時間変動

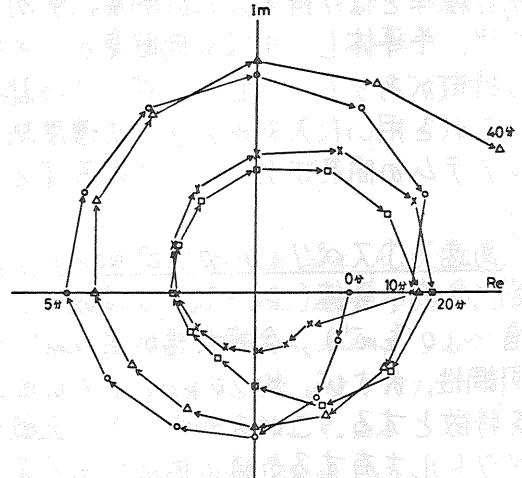


図5. エタロンフリンジの特定モードの長時間変動

5. あとがき

現在、この方式の開発を高感度化と携帯化の両方面へ向けて進行中である。

Pb₃SnTe可同調半導体レーザおよびHgCdTe赤外線検出器の使用については富士通研究所(株)の御好意による。また資金の一部は日産科学振興財團の援助を受けた。これらのことに対し深く感謝する。

文 献

- (1) 佐野ほか：第4回レーザシンポジウム, No.7 ((1977))
- (2) 佐野ほか：第5回 —— “ —— , No.14 (1978)
- (3) 古賀ほか：第6回 —— “ —— , No.4 (1979)
- (4) 古賀ほか：分光研究, 第27巻, 第4号, p.297 (1978)