

古賀 隆治、 小坂 恵、 佐野 博也
Ryuji KOGA, Megumi KOSAKA, and Hiroya SANŌ

岡山大学工学部

School of Engineering, Okayama University

1. まえがき

我々は、大気中微量ガス成分の分析に際し、次の4項目の特性を持つ測定方法の実現が必要であると考えている。すなわち、高感度、実時間性、局所性、そして携帯性である。これらを同時に満たす方法は未だ存在しない。ラマン散乱を利用する事から始めていくつかの方法を検討したうえで、現在は赤外域にスペクトルを持ち、可同調な鉛化合物半導体レーザーを光源とする方法を追求している。¹⁾

実験室内の防震テーブル上の実験の後、現在は実用化の段階に到り、携帯性を有する実験機を試作した。

2. 構造と原理

図1に全体の構成を示す。すでに報告したものの¹⁾と原理的には同じであるが、光路を、コーナキューブ鏡系を用いて折り返してある。これはシステムの小型・軽量化が目的である。半導体レーザーはPbSnTeの組成を持ち、 7.6μ 帯にスペクトルを有する。約 1cm^{-1} にわたって単一モード動作をし、同調率は $0.015\text{cm}^{-1}/\text{mA}$ である。スペクトル幅については、 10mTorr のメタン吸収線のスペクトルとドップラー幅の計算値との比較から、 10MHz 以下であることが推定される。

赤外線検出器はHgCdTeで、半導体レーザーと同じく、ガラス製魔法びんに収められ、Geの窓を持つ。液体窒素で冷却されている。レンズ

及びビームスプリッタはARコートされたGe製である。光束は $20\text{mm}\phi$ として設計され、実際には $10\text{mm}\phi$ 程度である。光路長は 128cm である。

参照セルはBaF₂窓を有し、 20ϕ 、長さ 35mm である。

電気信号処理系はロックインアンプを用いた、二次導関数分光システムを構成している。赤外線検出器に入射する光パワーの検出に、機械的チョッパーを用いず、レーザー電流を $2\mu\text{s}$ だけ遮断する方法を採っている。レーザー波長の過渡的な変動の影響を避ける工夫がしてある。 10mTorr のメタン線の歪はほとんど見られない。レーザー電流の変調周波数は $f = 7.68\text{kHz}$ である。

2つのスペクトル S_x と S_r の相関をマイクロコンピュータで計算してガス濃度が得られる。単なる特定吸収線の強さだけでなく、スペクトル全体を利用することにより、スペクトル干渉排除能力が得られる。そのアルゴリズムには、「随伴スペクトル」の概念が用いられている。スペクトルは、256個の8ビットデータから成り、1データは電源周波数に同期した $1/60\text{sec}$ で得られ、1スペクトルは4.2秒で掃引され、さらに2秒以内に濃度が計算される。

3. 測定結果

レーザー波長の都合でメタンを対象とした。実時間性を示す測定例を図2に示す。6秒毎に測定値が得られ、内部値はすべてクリアされるので12秒で完全に次の値に整定する。低濃度側のゆらぎは70分間で 1.7ppm (P-P)、 0.1ppm (rms)で

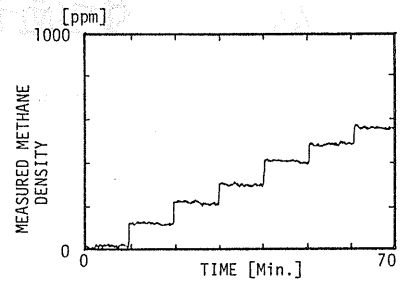
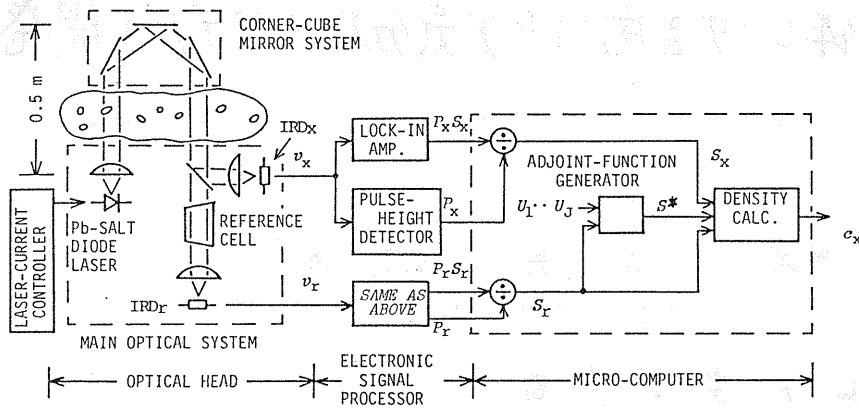


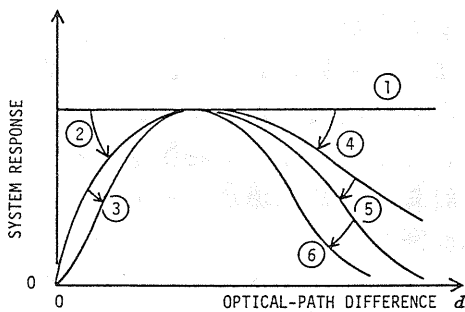
図2 階段的に変化する濃度に対する測定値の追従性

図1 システムブロック図

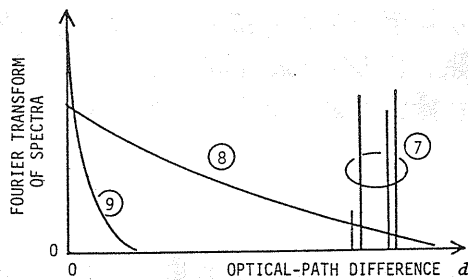
あった。高濃度側では、スバンドリフト 2%/70分の安定性が得られた。単一モードレーザの採用により、昨年この研究会で報告したものより大幅な改善がなされた。²⁾

4. 妨害スペクトル、 α -空間

本システムでスペクトル妨害を抑えて高い感度が得られる理由を次の α -空間における考察により理解できる。波数 ν [cm^{-1}]の関数である



[a] RESPONSE SPECTRA IN α -SPACE



[b] TARGET AND INTERFERING SPECTRA IN α -SPACE

図3. α -空間におけるシステム応答と各種スペクトル

実スペクトルをフーリエ変換して長さのディメンジョンを持つ α の関数を得る。図3はこの α -空間におけるシステムの応答(a)と各種のスペクトルを示したものである。応答は導関数分光法と随伴スペクトルを利用した数値処理により①→②→③へ、またレーザ変調電流波形を正弦波から三角波形、双曲正弦波形へと変更することにより④→⑤→⑥へと幅が狭くなる。一方妨害スペクトルは $\alpha=0$ の近辺のドリフト成分④と、 α の大きい部分のエタロンフリンジ⑦に代表され、システム応答をその隙間で、かつ標的がススペクトル⑧の振幅の残っている部分に限定することにより S/N を上げられる。図4は変調波形により光路雑音(エタロンフリンジ)が抑圧された例である。

5. おまじび

実験室外に運び出し得るシステムの調整を進めている。大きさは $0.45 \times 0.45 \times 0.8 \text{ m}^3$ 、重量 30 kg である。

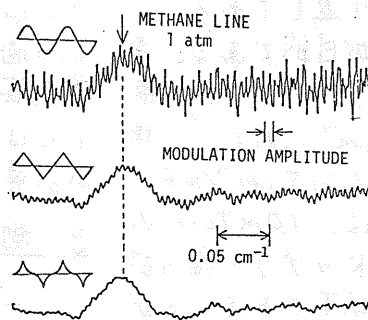


図4 レーザ駆動電流変調波形によるエタロン・フリンジ抑圧

6. 謝辞

半導体レーザと赤外線検出器については富士通研究所(株)の、また光学系については堀場製作所(株)の御協力を得た。深く感謝する次第である。文献:

- (1) H. SANO et al., JJAP, 20[11] (1981) 2145.
- (2) 古賀ほか, 第7回レーザ・レーザシンポジウム (1981), No. 37.