

7

低損失光ファイバーを用いたCH₄ガスの1.3 μm帯遠隔吸収分光測定
 Remote Absorption Measurement of CH₄ Molecules in 1.3 μm Band
 Using Low Transmission - Loss Optical Fibers

陳建培 · 伊藤弘昌 · 小林喬郎* · 稲場文男
 K. Chan H. Ito T. Kobayasi H. Inaba

東北大学電気通信研究所 福井大学工学部*
 Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University,
 Faculty of Engineering, Fukui University*

1. はじめに

近年の石英光ファイバーの近赤外域における超低損失化の実現及びレーザーダイオードや発光ダイオードの性能の著しい向上は光通信のみならず、計測、情報処理、画像工学などさまざまな分野に新しい応用の可能性をもたらしつつある。我々は光ファイバーの遠隔計測への応用の新しい試みとして、従来の電気的な検出方法と根本的に異った、遠隔地点における流出危険ガスや大気汚染ガスを検出するための吸収分光計測法の研究開発を進めて来た¹⁻³⁾。本文では、近赤外域のInGaAsP LEDを用いて、CH₄ガスの1.3 μm帯における高分解能の吸収分光測定を行い、その結果に基づいて、天然ガスや都市ガスの流出の検知・監視のための遠隔吸収分光計測を試みたので、それらの一部について報告する。

2. CH₄ガスの1.3 μm帯における吸収スペクトル測定

CH₄分子には4つの基準振動⁴⁾($\nu_1=2913\text{ cm}^{-1}$, $\nu_2=1533\text{ cm}^{-1}$, $\nu_3=3019\text{ cm}^{-1}$, $\nu_4=1306\text{ cm}^{-1}$)があり、光通信用の光ファイバーや半導体光源を有効に使用できる1.3 μm帯には、結合バンド $\nu=\nu_2+2\nu_3$ による吸収スペクトルが存在する⁵⁾。このバンドの分光的測定は我々の知る範囲では極めて少なく、不十分な状態にある。そこで今回、発振波長1.4 μmのInGaAsP LDをLED動作(発光スペクトルの半値幅約100 nm, 出力約0.1 mW)させ、1.31~1.35 μmにわたるCH₄ガスの多数の回転-振動吸収スペクトルを測定した。その測定結果の一例をFig. 1に示す。背景光にはLD素子に固有のモード構造によるものと思われる周期的なリップルが見られるが、信号処理にマイクロコンピュータを

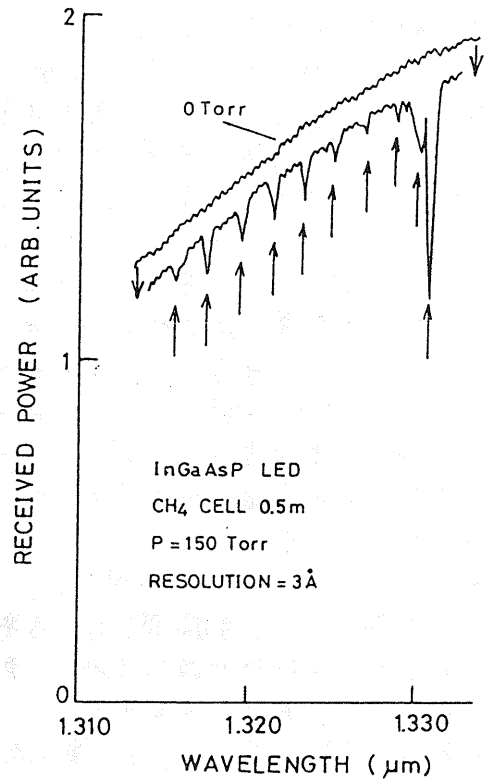


Fig. 1 測定セル中のCH₄ガスの1.33 μm附近における吸収スペクトルの測定結果

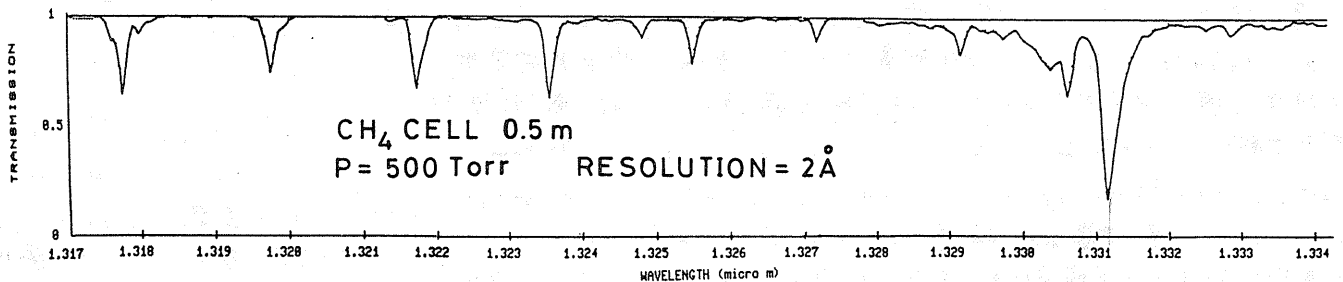


Fig. 2 測定したCH₄ガスの1.3 μm帯における吸収スペクトルの一部

利用することにより、この影響を取り除くことができる。その結果の一部を Fig. 2 に示す。CH₄ ガスは 1.331 μm 付近において比較的強い吸収スペクトルを有しており、測定分解能に対する吸収係数の測定結果を Fig. 3 に示す。

3. 光ファイバーを用いた CH₄ ガスの遠隔吸収分光計測
 Fig. 4 に低損失光ファイバーを用いた遠隔吸収分光計測装置のブロック図を示す。送信及び受信光ファイバーは多モード G.I. 形 (コア径 50 μm, クラッド径 125 μm, 1.3 μm 帯における伝送損失 1 dB/km) で、長さはいずれも 1 km のものを用いた。CH₄ ガスを長さ 0.5 m の吸収セルに入れ、その圧力を可変にした。受信光は Ge 検出器 (ドライアイス + メタノール冷却) で検出した。この装置を用いた測定結果の一例を Fig. 5 に示す。このように低損失光ファイバーを利用することにより、小出力 LED を用いても、遠距離点における CH₄ ガスの高分解能の分光測定が可能である。更に、受信光強度の変化の検討及び Fig. 3 に示す関係に基づいて、CH₄ ガスの濃度測定の実験を行った結果、本装置を用いて 1 km 地点における濃度約 1000 ppm の CH₄ ガスの検出が十分可能であることが明らかになった。この値は CH₄ ガスの爆発下限界の 1/50 に相当し、本装置の鉱山やトンネル内での実用化の有効性を明示するものである。また、天然ガスや都市ガス中に含まれる CH₄ ガスの割合はそれぞれ 50~90%⁷⁾ 及び 20~30%⁸⁾ であり、本装置はこれらの可燃性爆発危険ガスの漏れや流出などの遠隔モニタリングや計測にも十分役立つものと考えられる。

4. おわりに

本実験から、1.3 μm 帯における光ファイバー遠隔吸収分光計測法の実用上の有効性が確認された。更に微量の CH₄ ガスの遠隔計測を行うには、光源に波長可変の InGaAsP LD を用いることが考えられる。近赤外域における各種の流出危険ガスや大気汚染ガスの吸収スペクトルに関する情報が未だ不十分であるので、今後さまざまな気体の高分解能の吸収分光測定を行うことにより、近赤外域における超低損失光ファイバーを用いた本方式のより広汎な応用が期待できる。

謝辞: 本実験のための低損失光ファイバーの使用に御便宜を与えられた藤倉電線 K.K. 榎田浩一博士、電々公社茨城通研内田直也博士ならびに InGaAsP LD について御配慮下さった日立製作所中央研究所中村道治博士、東芝電気 K.K. 総合研究所後藤顕也氏に深く感謝致します。

参考文献: 1) H. Inaba, T. Kobayasi, M. HIRAMA and M. Hamza, Electron. Lett, 15, 749 (1979) 2) T. Kobayasi, M. HIRAMA and H. Inaba, Appl. Opt., 20, 3279 (1981) 3) 陳、伊藤、小林、榎場, 昭57年春応用物理学予集, 4a-G-6 4) R.A. McClalchey, W.S. Benedict, S.A. Clough, D.E. Burch, R.F. Calfee, K. Fox, L.S. Rothman J.S. Garing, AFCRL-TR-730096 (1973) 5) W.V. Norris and H.J. Unger, Phys. Rev., 42, 467 (1933)

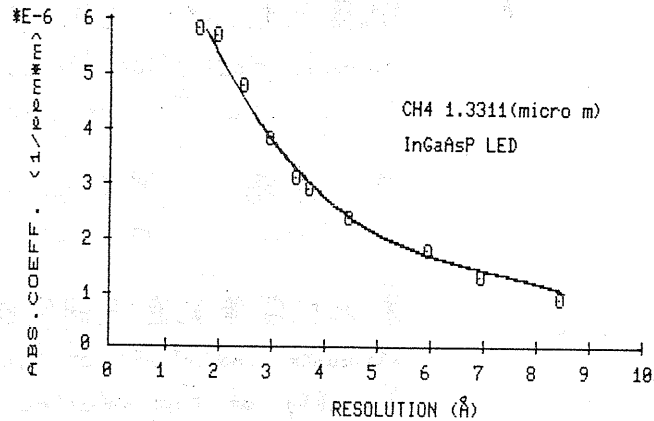


Fig. 3 CH₄ガスの1.331 μmにおける吸収線の吸収係数と測定分解能との関係

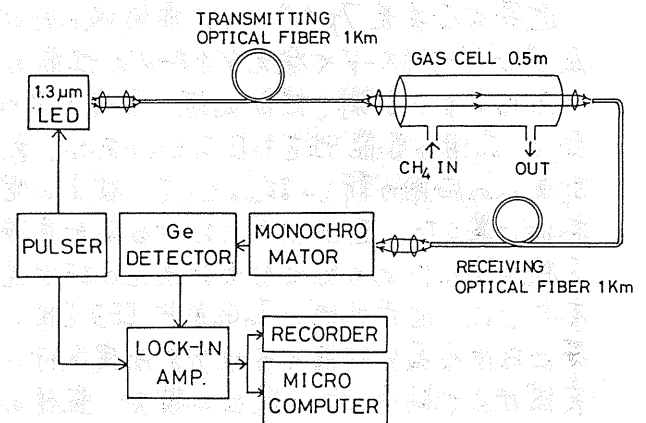


Fig. 4 低損失光ファイバーを用いた CH₄ ガスの近赤外域遠隔吸収分光計測装置のブロック図

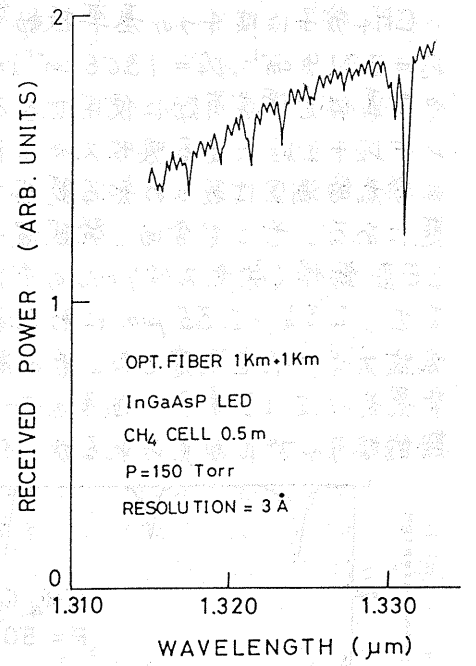


Fig. 5 Fig. 4の装置による CH₄ ガスの 1.331 μm 付近の吸収スペクトルの遠隔測定結果