

中間赤外域 DFG レーザを用いた遠隔・非接触VOCガス計測器の開発
Development of remote VOC gas sensor using mid-infrared DFG laser

内田清孝、三浦啓二、武藤清高、松川公一

Kiyotaka UCHIDA, Keiji MIURA, Kiyotaka MUTO, and Koichi MATSUKAWA

日本信号株式会社

The Nippon Signal Co., Ltd.

Abstract

Authors have built up a compact size DFG laser at room temperature in mid-infrared region, and developed a remote VOC gas sensor with the laser for industrial use, named "REMOGAS". Compared with remote gas sensors equipped near-infrared laser, REMOGAS with mid-infrared laser can measure inorganic gases like CO, CO₂, NH₃ etc with more sensitive, and organic solvent gases like toluene, ethyl acetate, MEK etc. REMOGAS can apply to the industrial fields; printing, converting, chemical planting, and so on, whose purposes are safety, quality, environment, and energy-saving.

1. はじめに

著者らは差周波変換(DFG; Differential Frequency Generation)を用いた小型で常温発振可能な中間赤外域レーザー光源の開発を行い、その産業用途として VOC (Volatile Organic Compounds: 揮発性有機化合物) の遠隔・非接触ガス計測に取り組んだ。近赤外域レーザーを使用した遠隔・非接触ガス計測装置は既に産業用途で活用されているが、中間赤外域レーザーを使用することにより、より高感度な無機ガス計測や、従来では計測が困難だったメタンを除く有機ガス計測を実現した。現在、有機溶剤の揮発成分の計測を対象とした商品開発を、印刷・コンバーティング分野に向けたマーケティングと共に進めている。

2. 機器概要

遠隔・非接触ガス計測器「REMOGAS」の外観写真を Fig. 1、概略仕様を Table 1、機器構成を Fig. 2 に示した。

計測対象ガスの赤外吸収原理を利用したレーザー分光のための光源として、非線形光学結晶 PPLT (Periodically Poled Lithium Tantalate)を使用した差周波変換¹⁾による 3.4 μm 帯のアイドラ光(出力:10 μW)を利用する。本体から発振されたレーザーは、再帰反射鏡(RR)により反射してくるレーザーパスにおいて計測対象ガスを2回透過する。ガス計測用の光検知器(PD2)の電圧出力値からガスの赤外吸収を検知し、予め設定したガス計測のための既知のパス長も用いることにより、ランバート・ベールの法則に基づき計測対象ガスのモル濃度[ppm]を導出する。



Fig. 1 Picture of prototype of
REMOGAS

Table 1 Specifications of REMOGAS

Model	REMOGAS V-1
Center Wavelength	3.4 μm range: 3.38~3.50μm
Sweep wavelength range	± 15 nm
Laser output	10 μW
Measurement range	3 m , one way: 1.5m
Target gases	Ethyl acetate, toluene, MEK, IPA etc, separately
Concentration range	100 ~ 10000 ppm·m
Accuracy	±10%
Data interval	1 second
Data output	Serial / Voltage selectable

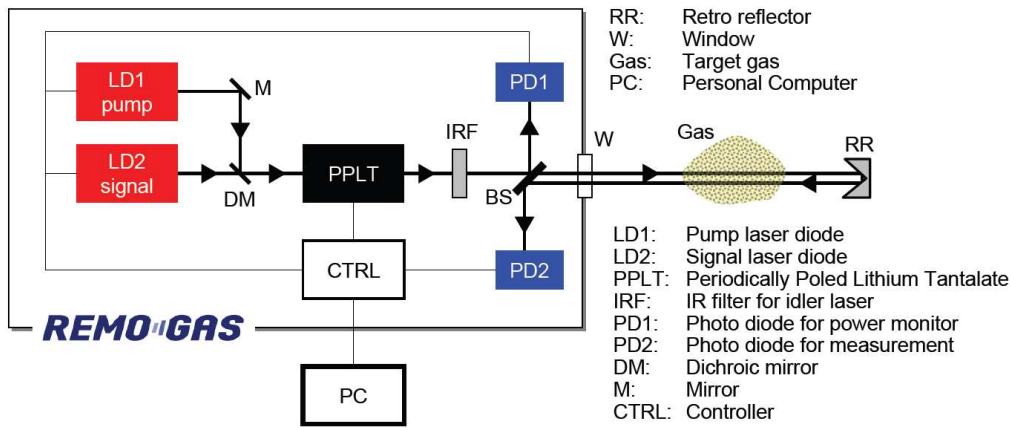


Fig. 2 Diagram of remote REMOGAS

3. 実験データ

REMOGAS を使用した有機溶剤の計測例として、約 8.8ml の酢酸エチル($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$)をデシケータ(容積: 1m^3)内に設置した加熱済みのホットプレートに滴下して瞬時に揮発させた例を示す(Fig. 3 参照)。計測結果は Fig. 4 の通りである。1 秒毎の濃度変化を示しているが、試料滴下後の約 1 分間はホットプレートによる熱対流により激しい濃度変化が見られたが、その後は実験規定濃度に近い約 2,000ppm で安定した。

また、REMOGAS の計測精度として、実験時の酢酸エチルおよび IPA の規定濃度に対する REMOGAS の指示値の散布図を Fig. 5 に示した。

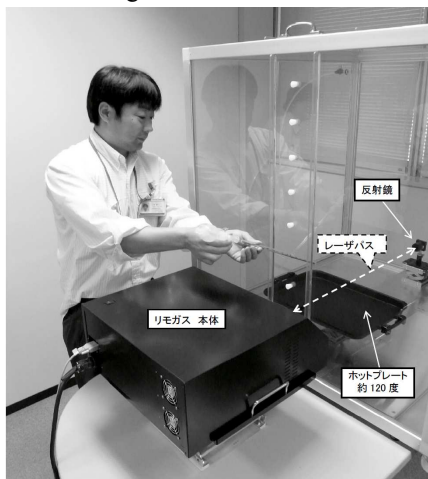


Fig. 3 Picture of experiment

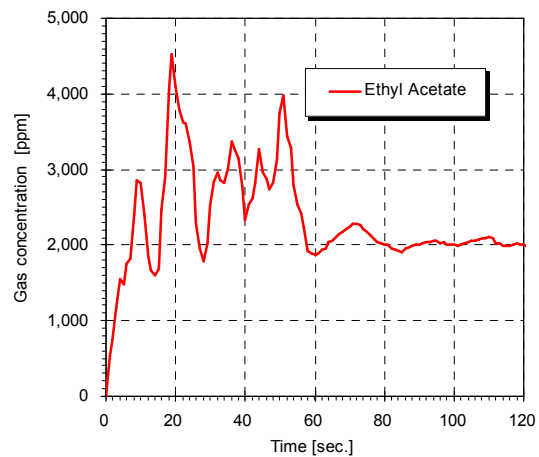


Fig. 4 Time series data of gas concentration of ethyl acetate acquired by REMOGAS

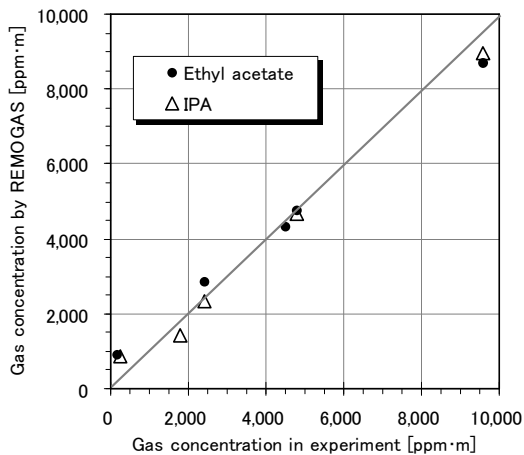


Fig. 5 Scatter gram between experimental data and REMOGAS data for ethyl acetate measurement

4. まとめ

遠隔・非接触かつリアルタイムなレーザー分光法によるガス計測器の計測例を紹介したが、今後、計測パス長の延長、反射鏡を利用しない構成の実現、光学スキャンの採用、防爆対応などを順次進め、産業用途におけるガス漏洩検知やガスプロセス制御への適用実験を進める計画である。

参考文献

- 1) 宮沢 信太郎, 栗村 直, 2005, 分極反転デバイスの基礎と応用—光・電子デバイスの新基軸を開く材料テクノロジー, オプトロニクス社.
- 2) 内田清孝ほか, 2010, 中間赤外域レーザーによる遠隔・非接触ガス計測器の開発, 第 57 回応用物理学関係連合講演会, 17a-ZB-2.