

P4 大気中SO₂測定用多波長DIAL装置の開発

Development of Multiwavelength DIAL System for Atmospheric SO₂ Measurement

藤井隆¹、福地哲生¹、後藤直彦¹、根本孝七¹、呉永華²、竹内延夫²

Takashi Fujii¹, Tetsuo Fukuchi¹, Naohiko Goto¹, Koshichi Nemoto¹,

Wu Yonghua², Nobuo Takeuchi²

1. (財)電力中央研究所

2. 千葉大学・環境リモートセンシング研究センター

1. Central Research Institute of Electric Power Industry

2. Center for Environmental Remote Sensing (CEReS), Chiba University

Abstract: A multiwavelength DIAL system capable of precise and simultaneous multispecies measurement of atmospheric trace constituents is presented. The laser system is composed of two sets of Nd: YAG laser pumped dye lasers and harmonic generators. Since each dye laser can generate two wavelengths on alternate shots, the laser system can generate four wavelengths alternately. Error analysis shows that multiwavelength DIAL is effective for measuring atmospheric SO₂, and measurement error below 1 ppb is expected for the atmosphere under 3 km.

1. はじめに

我々は、大気中微量物質の高精度計測と多種同時計測が可能な多波長DIAL装置の開発を行っている。今回は高精度計測の一つとして、大気中SO₂計測に関して報告する。

近年、酸性雨の原因物質である硫黄化合物の広域的な輸送モデルの開発が行われており、このためには、環境大気中におけるSO₂濃度の高度分布計測が望まれる。差分吸収ライダー (DIAL) を用いたSO₂計測は排煙等高濃度での計測が行われているが、環境大気におけるSO₂濃度は数ppbであるため1ppb以下の測定精度が要求される。この場合、オゾン等他の物質の吸収が測定精度に与える影響が無視できなくなる。これらの影響を低減するため、我々はdual-DIALの適用を提案した[1]。

2. システム構成・緒元

今回開発した多波長DIAL装置の構成を図1に、主要な緒元を表1に示す。パルス繰り返し10HzのNd: YAGレーザー (HOYA-Continuum社製Powerlite8010) 励起色素レーザー (同社製ND6000) を2台用いている。それぞれの色素レーザーは2波長交互発振可能であり、直列に配置された二つのKD*Pにより波長変換される。これによりSO₂計測に必要な波長300nm付近において4波長を交互に発振することができる。レーザー波長は、波長変換前の600nm光の一部を取り出し、波長計 (Burleigh社製WA-4500) でモニターする。

レーザー光は望遠鏡とoff-axisで大気中に照射され、直径500mmの望遠鏡で大気中からの散乱光を集光する。集光された散乱光は視野絞り、コリメータ、干渉フィルターを介して、光電子増倍管で受光される。光電子増倍管は可変ゲート機能を有しており、近距離からの大きな信号の影響を除去することが可能である。光電子増倍管によって変換された電気信号はデジタル化によりA/D変換され、パソコンで処理される。

上記の装置を用いて、3波長又は4波長のdual-DIAL計測が可能である。尚、本DIAL装置に用いている各光学素子には、280nm~500nmにおけるコーティングが施されており、色素を交換することによってオゾンやNO₂の計測も可能である。

3. 環境大気中SO₂測定精度理論検討

上記のDIALシステムを用いて大気中SO₂の高度分布を計測した場合の測定誤差を、ライダー方程式により算出した[2]。結果を図2に示す。dual-DIALを用いた場合オゾン等による測定誤差を低減することができ、距離分解能300mで高度3kmまでは1ppb以下の測定誤差が期待できることが分かる。特に低高度において多波長計測の有効性が示されている。

参考文献

- [1] 福地哲生、後藤直彦、藤井隆、根本孝七、「多波長DIALによるSO₂測定精度の理論検討」電学論C, Vol. 118-C, No. 5, pp. 630-635, 1998.
- [2] T. Fukuchi, N. Goto, T. Fujii, K. Nemoto, "Error Analysis of SO₂ Measurement by Multiwavelength DIAL", Optical Engineering, to be submitted.

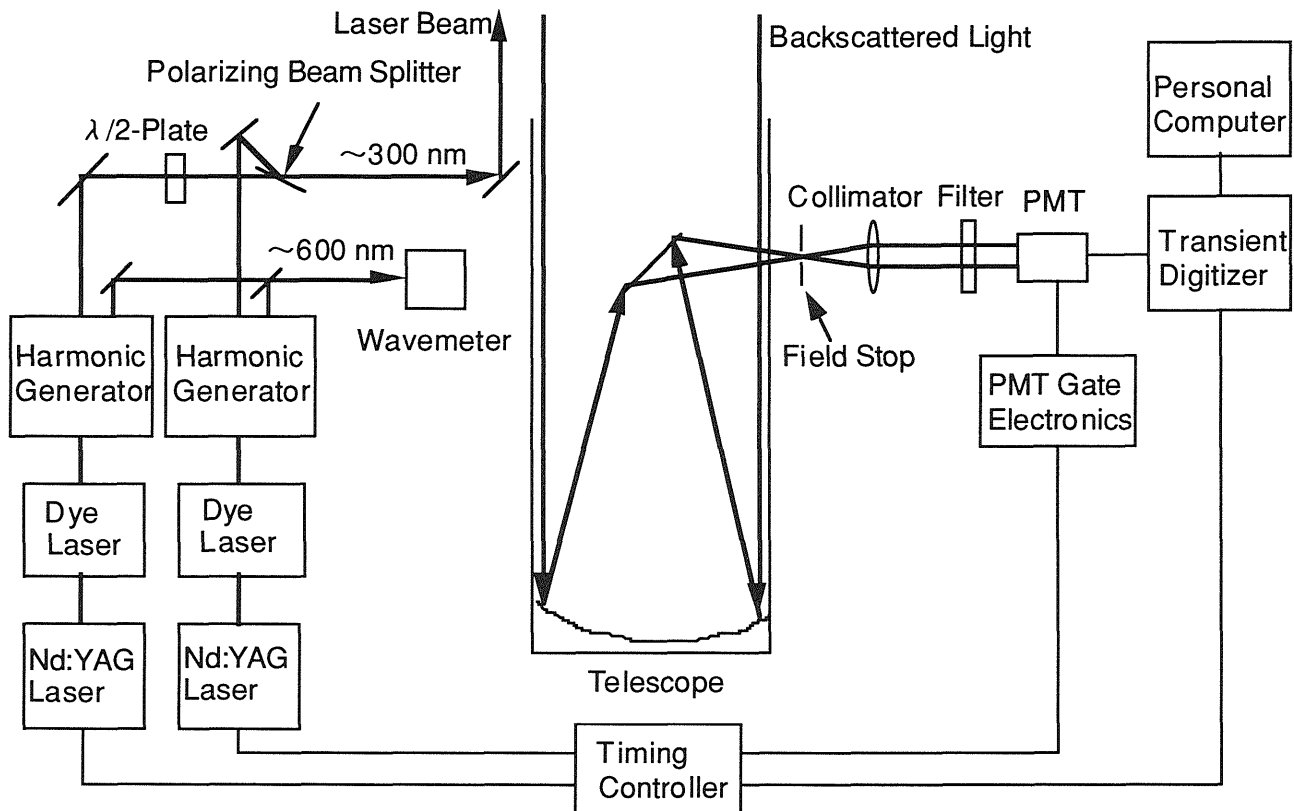


Fig. 1. Block diagram of multiwavelength DIAL system for SO₂ measurement. PMT: photomultiplier tube.

Table 1. Specification of multiwavelength DIAL system for SO₂ measurement

Transmitter	
Single Pulse Energy	>34 mJ (at 300 nm)
Repetition Rate	10 pps × 2
Spectral Width	<0.08 cm ⁻¹
Beam Divergence	<0.5 mrad
Receiver	
Primary Mirror Diameter	500 mm
Field of View	<5 mrad (variable)
Net Telescope Reflectivity	75 % (at 300 nm)
Filter Bandwidth	4.5 nm
Filter Transmission	30.5 % at peak
PMT Quantum Efficiency	26.7 % (at 300 nm)
Digitizer Rate	12 bits, 20 MHz

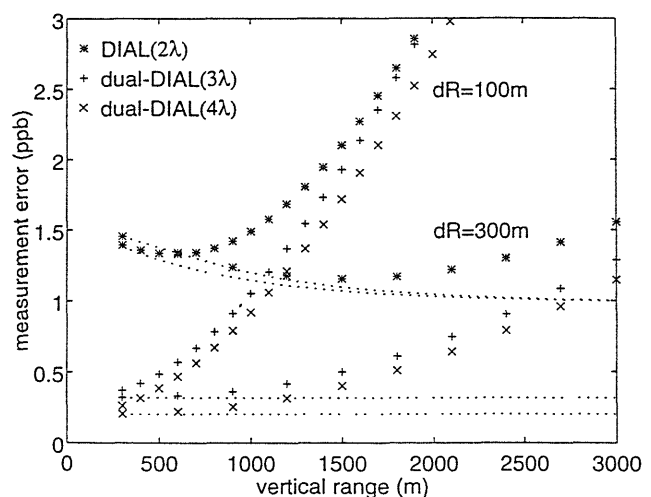


Fig. 2. SO₂ measurement error of DIAL and dual-DIAL as a function of vertical range for atmospheric visibility 20 km, ozone concentration 30 ppb and number of wavelength pairs 100. The dotted traces represent measurement error in the limit of infinite laser shots.