

24 共鳴吸収型レーザ・レーダの試作と動作特性  
 Laser Rader using Resonance Absorption

五十嵐 隆 猪股 英行 中原昭次郎 伊東克能  
 Takashi IGARASHI Hideyuki INOMATA Shojiro NAKAHARA Katsuyoshi ITO

電波研究所  
 Radio Research Labs.

三菱電機(株)  
 Mitsubishi Electric Co.

大気汚染ガス測定用のレーザ・レーダには、幾つかの可能性のある方式があるが、ここでは現在、試作試験中の色素レーザと、汚染ガスの共鳴吸収スペクトルを組合せた方式のレーザ・レーダについて報告する。

第一図のようなレーザ・レーダ系において、受信電力  $P_r$  に関するレーザ・レーダ方程式は

$$P_r = P_t \frac{cT}{2} \frac{\beta}{4\pi} A_r t_t t_r T^2 x^{-2} \dots\dots (1)$$

で与えられる。

ここで、 $P_t$  は送信レーザ電力、 $T$  はレーザパルス幅、 $\beta$  は散乱

係数、 $t_t$ 、 $t_r$  は おのこの送受信装置の透過率、 $x$  は測定物質までの距離、 $T^2$  は往復伝搬路の透過率、 $A_r$  は受信望遠鏡の面積である。吸収、Rayleigh 散乱、Mie 散乱による減光係数を、おのこの  $\beta_a$ 、 $\beta_r$ 、 $\beta_m$  とすれば、

$$T^2 = \exp \{ -2(\beta_a + \beta_r + \beta_m)x \} \dots\dots (2)$$

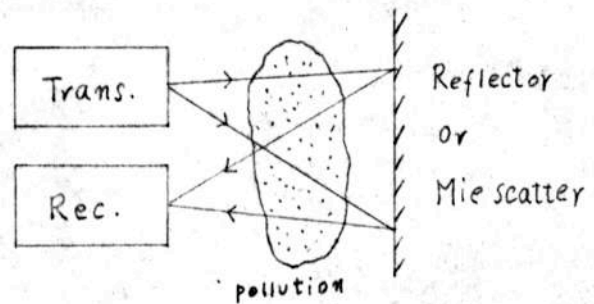
第二図のように、送信レーザの波長が伝搬路にある汚染ガスの共鳴スペクトルと重なっている場合、 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  成分の受信電力の比  $Y(x)$  は汚染ガスの濃度に依存する。即ち、

$$Y(x) \equiv \frac{P_r(x, \lambda_2)}{P_r(x, \lambda_1)} = \exp \left\{ 2(\sigma_1 - \sigma_2) \int_0^x n(y) dy \right\} \dots\dots (3)$$

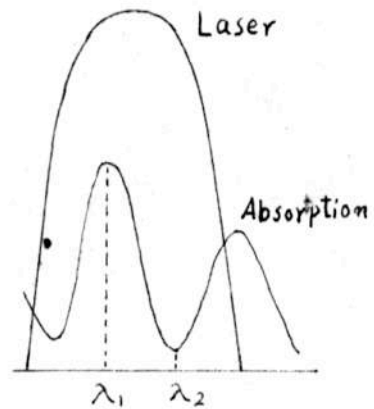
ここで、 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  は  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  における汚染ガスの吸収断面積で、以下では  $d \equiv \sigma_1 - \sigma_2$ 。

$Y(x)$  を測定することによって、粒子密度分布  $n(x)$  は

$$n(x) = \frac{1}{2dY} \frac{dY(x)}{dx} \dots\dots (4)$$



第一図



第二図

の関係で求まる。

実際は delay time を  $t_1, t_2, \dots$  と増して  $Y(x)$  の値を測定し,  $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots$  区間の平均濃度の分布を求めらる。

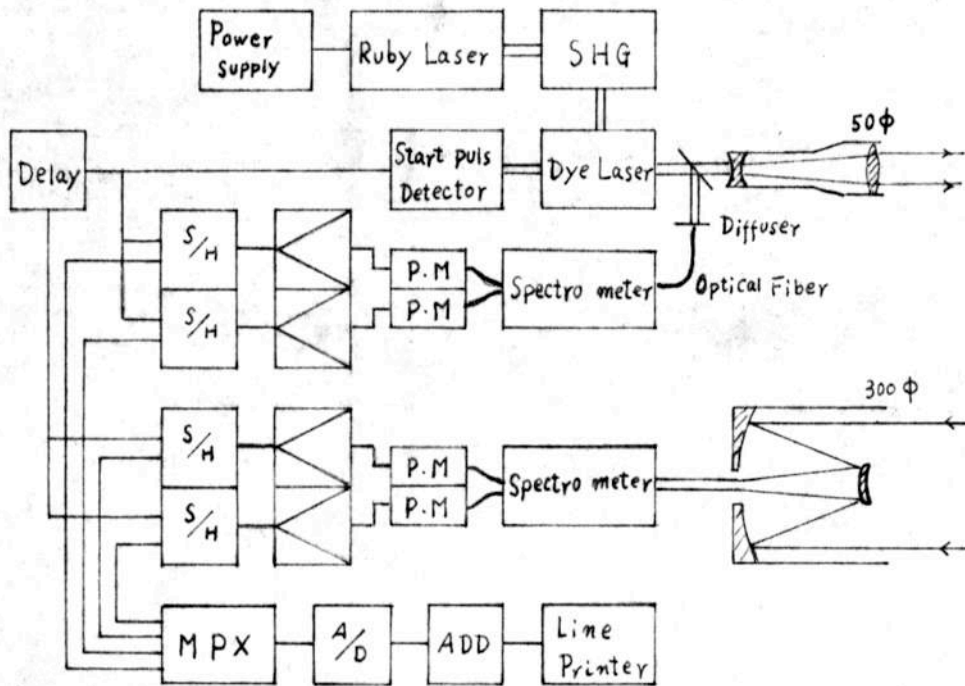
$$\bar{n}(\Delta x_i) = \frac{\ln Y(x_i) - \ln Y(x_{i-1})}{2d \Delta x_i} \quad \text{----- (5)}$$

また, 汚染ガスの高度分布を測るときは,  $\Delta h$  の層に分けて仰角を変えらることによつて求めることができる。

$$\bar{n}(\Delta h_i) = \frac{i \ln Y(\theta_i) - (i-1) \ln Y(\theta_{i-1})}{2dL} \quad \text{----- (6)}$$

ここで  $L$  は測定距離,  $\theta_i$  は仰角である。

試作したレーザ・レーダ装置のブロック図を第三図に示す。



第三図

大気汚染ガスとしての  $\text{NO}_2, \text{SO}_2$  のデータは 表のように在り,  $\alpha \approx 10^{-19} \text{cm}^2$  と

小さいので, 環境濃度の汚染

ガスを測定するには, レーザ・

レーダ装置は  $\Delta x = 50 \text{m}$  とし

$\frac{1}{1000}$  程度の精度で  $Y(x)$  を測

定できなければならない。

従つて受信信号は, 12 bit の

A/D コンバータでデジタル化し

て  $Y(x_i)$  を求める。

	$\text{NO}_2$	$\text{SO}_2$
$\lambda_1, \lambda_2$	4500 Å	3000 Å
$\alpha = \sigma_1 - \sigma_2$	$2 \times 10^{-19} \text{cm}^2$	$2.5 \times 10^{-19} \text{cm}^2$
$\lambda_1 - \lambda_2$	13 Å	13 Å
Dye Laser	Calcein Blue (Water)	Rhodamin B·SHG (EtOH)
Pumping	Ruby SHG	Ruby SHG

試作装置の動作試験の結果，レーザーの安定性と光学系の構成が，装置の精度に特に重要であることがわかった。

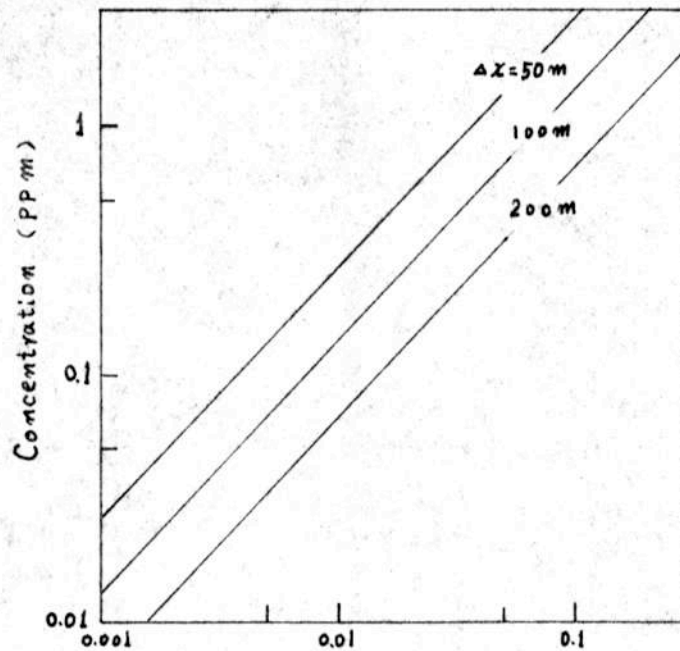
頭初同軸型 Xe フラッシュランプ励起の色素レーザーを試みたが，共振スペクトルとスポットの変動のために， $Y(x)$  の 100 回平均と標準偏差の比は 25% と大きな値を示した。その後，光学系の一部に optical fiber を用い，また，ルビーレーザー SHG 励起色素レーザーに改めることによつて，精度を 1 桁改善できた。

Sample cell を用いた

室内実験では，25 ppm-m

に相当する濃度まで割合よく測定できた。

第四回からも明らかのように，実用化のためには，測定のバラツキを 1% 以下におさえる必要があり改良を続けている。



Y-1

第四回