

4

色素レーザーを用いたラマン散乱測定装置の試作 Raman Scattering Measurement with a Tunable Dye Laser

十文字 正憲 蛭沢 勝英 久保田 秀夫 稲場 文男
 八戸工大 電気工学科 東北大 通研
 Hachinohe Institute of Technology Tohoku Univ.

1. はじめに

ラマン散乱現象は分子や原子の物性を調べるのに広く用いられているが、高価なダブルモノクロメータや高出力でスロウトル純度の高い励起光源が必要であり、装置が大がかりになるという欠点がある。ところが、最近色素レーザーを始めとするチューナブルレーザー技術の進展により、可変波長レーザーと狭帯域干渉フィルタとの組み合わせによる構成が可能となって来た。この方式は簡便であり、光学系のアライメントも容易なので、研究室における物理計測のほか、例えば自動車废气の測定など工学的応用にも威力を発揮できるものと考えられる。我々は放電管励起色素レーザーを励起光源としたラマン散乱測定装置を試作しているので報告したい。

2. 可変波長レーザーによるラマン散乱測定方式の考察

一般に用いられているラマン散乱測定装置は励起光源の波長を固定して、分光器をスキャンしてラマンシフトを測定している。これに対し、受信波長を固定して励起レーザー光波長を可変にしてラマン散乱を測定することも可能であり、例えば受信フィルタ波長を6500Åとすると主要な大気汚染ガスを測定するのに必要な励起波長はFig. 1に示すようになる。即ち、5704Å~6047Åの可変波長レーザーがあれば図示したガス成分の検出ができることが判る。また、受信系に清水らが開発したPGPC方式²⁾を採用し、下記のパラメータを用いて最小検出可能密度を計算するとFig. 2に示すような結果が得られる。

(S/N)=5, $\lambda = 6500 \text{ \AA}$
 $\eta_{PM} = 3.2\%$, $\eta_{検出} = 10\%$
 $d\Omega = 0.02 \text{ str}$, $l = 1.7 \text{ cm}$
 $T = 100 \text{ AEC}$, $\tau_g = 10 \mu\text{sec}$
 $\tau_d = 0.5 \mu\text{sec}$

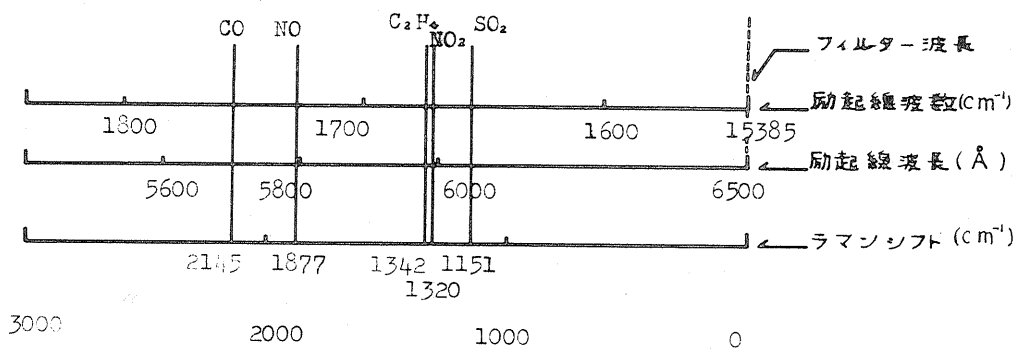


Fig. 1 主要な汚染ガスのラマンシフトと励起波長との関係

但し、器壁での散乱を無視した見方なので、実際の測定ではS/Nがこれより悪化する場合も考えられる。

3. 試作したラマン散乱測定装置の構成および特性

試作したラマン散乱測定装置の構成図をFig. 3に示す。放電管励起色素レーザー光をレンズで集束し、ラマンセルに照射する。散乱光は焦点距離9cmのレンズで集光し、3個スタックにした $4\lambda = 10 \text{ \AA}$ の干渉フィルタを通して光電子増倍管R374で光電変換する。得られた光電子パルスはレーザーパルスに同期してゲートされ、パルスカウン回路で計数される。

散乱セルは16φ×120の円筒形パイレックスセルを用いた。

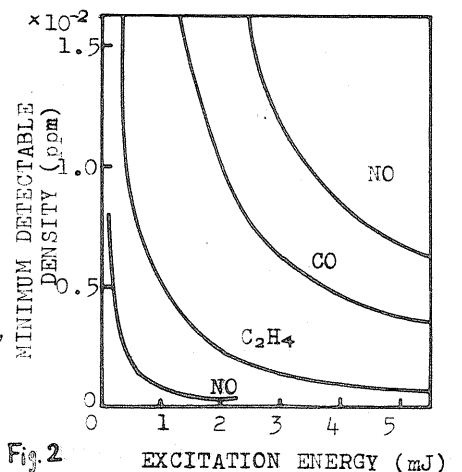


Fig. 2

色素レーザーは密接励起型とし³⁾、電源コンデンサには容量0.17μFの低インダクタンスマイラコンデンサを用い、Xe放電管で1φ×75の色素セルを励起した。波長同調は1440 l/mmの回折格子をモータドライブすることにより行なった。

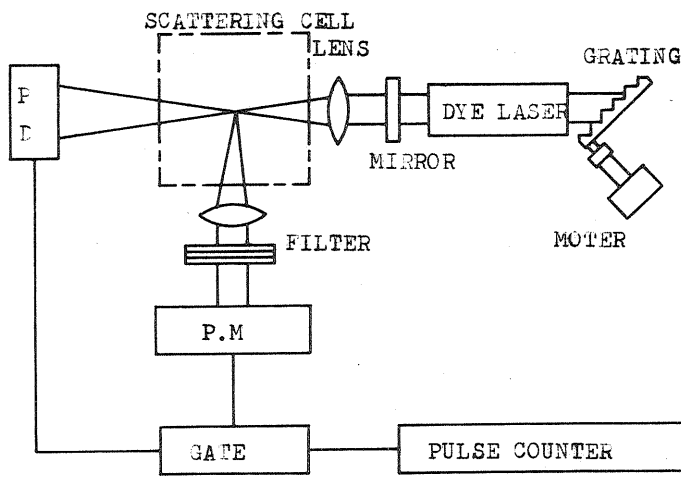


Fig.3 試作したラマン散乱測定装置の構成図

1発あたり1~2mJ、平均最大出力12mWが得られた。最大くり返し率は5Hzであるが、現在電流の改良を行なって11るので、20~30Hzが可能となる予定である。ラマン散乱の測定は、N₂ガスを標準ガスとして測定系のチェックを行なってあり、詳細は当日発表する予定である。

4. レーザ・レーダの応用

レーザ・ラマン・レーダによる排煙中の汚染分子の測定は既に試みられて11るが^{4),5)}、我々の試作して11るラマン散乱測定装置は、製作・調整が容易であり、コンパクトなので自動車整備工場での自動車発ガス測定等に有効に使うことが可能と思われる。距離分解能を必要とする場合には、例えば距離分解能を7.5mとして最小検出可能密度を計算してみるとFig.6を得る。但し、この場合はレーザパルス幅を50ns以下にする必要があり、レーザ励起の色素レーザーが必要となる。

Fig.4は試作したレーザーの同調特性を示すものである。発振線幅は約3Åで、ほぼ予定した波長範囲をカバーして11るが、波長による出力変動があり、今少し平坦な特性になるような工夫が望まれる。

また、レーザー出力はFig.5に示すように

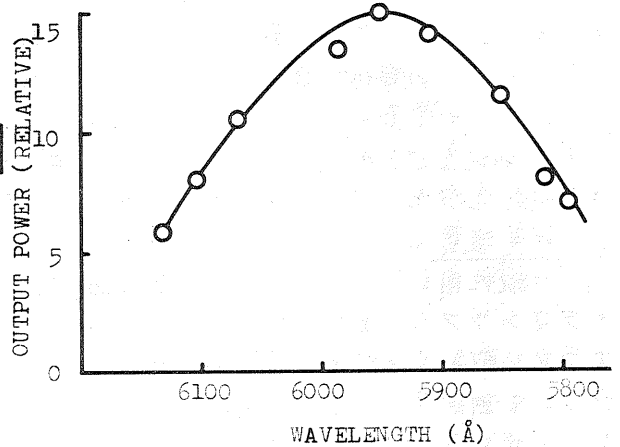


Fig.4 発振波長の同調特性

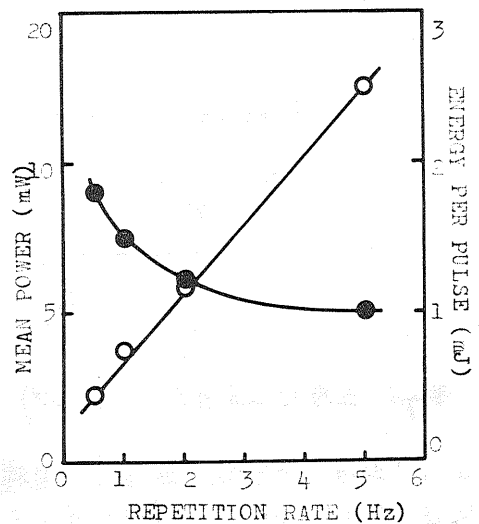
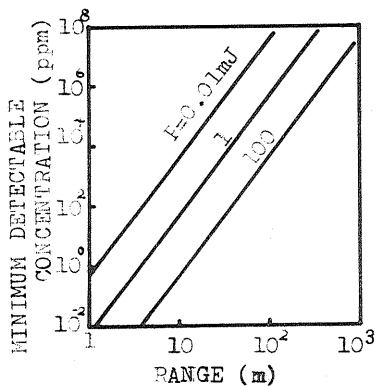


Fig.5 繰返し率を変化させたときのレーザー出力

参考文献

- 1) G. T. McNice,
- 2) 清水, 箱場, 応用物理, 42, 889 (1973)
- 3) 十文字, 箱場, 電通学会報工口=72研究資料, QE71-27 (1971)
- 4) 小林, 箱場, 電通学会論文誌, 56-C, 83 (1973)
- 5) S. Nakahara et al, Opt. Electronics, 4, 169 (1972)



$l = 7.5(m)$
 $S/N = 3$
 $T = 10(sec)$
 $\tau = 50(nsec)$
 $(d\sigma/dR)$
 $= 1.40 \times 10^{30}$
 $(cm^2 \cdot str)$

Fig.6 レーザ・レーダによる最小検出可能密度