

E 5

DIAL用同時多波長色素レーザー Simultaneous Multi-wavelength Dye Laser for DIAL System

齊藤保典, 野村彰夫, 鹿野哲生
Y.SAITO, A.NOMURA and T.KANO

信州大学 工学部
Faculty of Engineering, Shinshu University

1 はじめに レーザレーダによる大気中微量気体分子の濃度計測法としては、差分吸収（以下DIALと略す）と呼ばれる方式が、実用上優れている。DIALでは2波長のレーザー光を必要とするが、測定時間内の大気変動に由来する誤差を除去するため、同時に発振させることが望ましい。我々はこのような考えに基づいて、NO₂濃度計測用同時2波長DIALシステムの開発を行ってきた^{1,2)}。今回は、これまで開発してきたDIAL用同時多波長色素レーザーについて報告する。

2 同時多波長色素レーザー

2.1 原理（干渉フィルタ同調方式）

原理図を図1(a)に示す。色素セルを含む共振器内に、干渉フィルタ（以下フィルタと略す）が挿入されており、透過波長の入射角依存性を利用して、フィルタを傾斜させることにより波長同調を行うものである。同調波長は、入射角度の増大と共に短波長側へとシフトする。入射角度の増大による、レーザー光特性の悪化（透過率減少によるレーザー出力の減少、スペクトル幅の増大）が考えられたが、単一波長同調の実験の結果では、出力、スペクトル幅とも、ほぼ一定の傾向を示した。

2.2 同時2波長色素レーザー

図1(b)、(c)に同時2波長色素レーザーの共振器構成を示す。(b)は同軸型フラッシュランプ励起の場合である。内部には、2本の色素セルが7mmの間隔で平行に配置されている。従ってこの場合の2波長出力は、同時ではあるが7mmの間隔を持った異なる光路上に放射される。この色素レーザーを用いて、ゴミ焼却炉の排煙内に含まれるNO₂の濃度測定（約300mまで）が行われている¹⁾。(c)は窒素レーザー励起の場合である。フィルタ1は、透過光以外のスペクトル成分を全反射するため、反射光路上にフィルタ2を設置することにより、2波長めの同調を行う。2波長は、同時にしかも同一光路上に得られる。この色素レーザーを用いた長光路DIALにより、約50ppb・kmの測定精度でNO₂濃度測定が行われている²⁾。共振器は野外での計測を考慮し、142mm(L)×70mm(W)×68mm(H)のアルミブロック内に一体化されており、軽量、小型、可搬化が計られた。

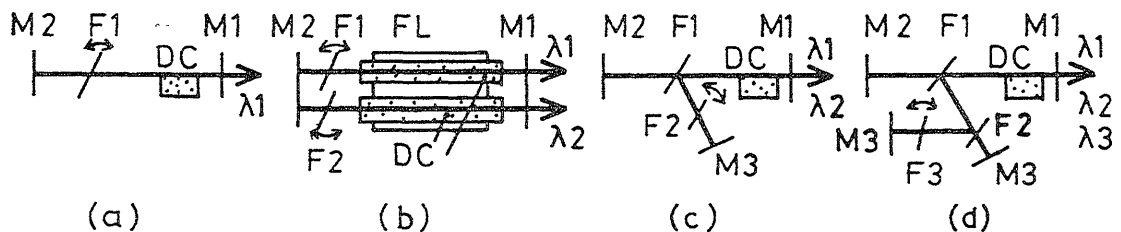


図1 同時多波長色素レーザー共振器の構成図：(a)単一波長（原理図）、(b)同時2波長（同軸型フラッシュランプ励起）、(c)同時2波長（窒素レーザー励起）、(d)同時3波長（窒素レーザー励起）、M：ミラー、F：干渉フィルタ、λ：波長、DC：色素セル、FL：フラッシュランプ

2.3 同時3波長色素レーザー

図1(c)に同時

3波長色素レーザーの共振器構成を示す。2波長と同様に、フィルタ3により3波長めが同調される。各共振器長は、3出力の大きさがほぼ等しくなるように設定されており、それぞれ400mm(M1-F1-M2)、470mm(M1-F1-F2-M3、M1-F1-F2-F3-M4)である。長さの違いは、M2(<100%)とM3、M4(100%)の反射率の違いによるものである。フィルタ3は、ノーマル入射で透過波長467.9nm、透過率50%、スペクトル幅1nmのものを使用した。色素はクマリン460の 5×10^{-3} mol/lエタノール溶液、励起は窒素レーザー(73kW、7ns)を用いた。図2にスペクトル特性を示す。角度の増大と共に短波長側へとシフトしており、波長シフトの割合は0.5~1.0nm/1°である。また1ヶのフィルタで、11nm以上の波長同調が可能であった。フィルタ自体の特性が、入射角の増大と共に悪化することを考慮すると、得られたレーザー光の特性は十分満足できるものであり、同時多波長DIALの光源として、実用に共することができると考えられる。表1は、それぞれの出力について比較したものである。2波長、単1波長の出力は、3波長の共振器構成のまま、不必要な部分をブロックすることにより測定された。クマリン460のピーク波長が454.0nmであることを考慮すると、ピーク波長より離れた波長(利得が最も小さい)での出力変化が大きいことがわかる。

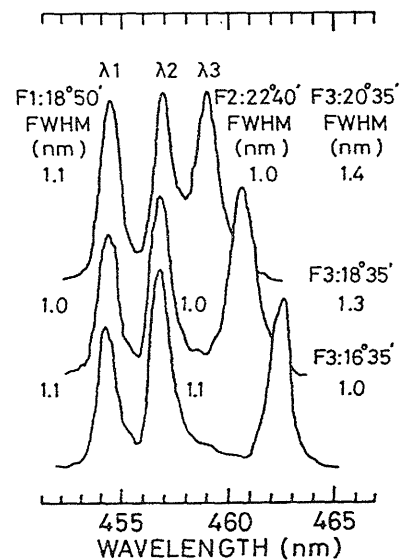


図2 同時3波長色素レーザー
スペクトル

表1 同時3波長、2波長、単一波長出力の比較
(3波長時における各波長の出力を1とした)

	454.0 nm	456.7 nm	459.4 nm	Total
Three	1.0	1.0	1.0	3.0
Two	1.0	1.1		2.1
	1.1		0.9	2.0
Single		1.0	1.1	2.1
	1.1			1.1
		1.3		1.3
			1.7	1.7

3 同時多波長色素レーザーの応用

同時3波長色素レーザーの応用として、次のようなこ

とが考えられる。1) 同時多波長DIALへの応用: NO₂とエアロゾルの同時測定。例えば、NO₂と混合層高度、あるいはスパイクタイヤ粉塵等の道路周辺における粉塵との関係等を調べることができる。NO₂用に2波長を設定し(440~490nm)、他の1波長はエアロゾル測定用として、532nmや694.3nm付近に設定する。色素は、クマリン系、LD690、Rhodamine 610、Nile Blue 690等の混合色素が有効である。:エアロゾル消散係数の波長依存性による誤差の補正³⁾。例えば、吸収のピーク値を挟んで3波長を設定して測定を行い、波長の重みを付けて補正を行う。2) エアロゾル粒系分布測定用同時多波長光源、3) 3原色光源(色盲診断、カラーディスプレイ)、4) その他、等種々の応用が考えられる。

1) 齊藤、野村、樋口、鹿野:レーザー研究 13(1985)pp.267-275., 2) 齊藤、藤本、野村、鹿野:信学技報 00E85-24(1985)pp.85-92., 3) 杉本、竹内:国立公害研究所研究報告 第77号(1985)pp.101-116.