

自動化された分光計測用色素レーザーの開発

Development of a Full-Automatic Dye Laser for Spectroscopy

前田三男, 興 雄司, 出羽達也, 田代英二, 本田親久, 長谷川芳夫*,

二見 博**, 泉 順**, 松田桂一**

M.Maeda, Y.Oki, T.Izuha, E.Tashiro, C.Honda, Y.Hasegawa*,

H.Futami**, J.Izumi**, K.Matsuda**

九州大学, *三菱原子力, **三菱重工

Kyushu University, *Mitsubishi Atomic Power Industries,

**Mitsubishi Heavy Industries

Abstract : A N_2 -laser-pumped dye laser system with a turret cell exchanger and a BBO frequency doubler was developed. Continuous scanning from 220 nm to 740 nm was demonstrated with a rapid access time by the aid of a microcomputer. A simple opto-galvanic wavelength calibrator automatically determined the absolute wavelength within an accuracy of $\pm 1 \text{ cm}^{-1}$.

§ 1. まえがき

色素レーザーは紫外から近赤外にかけて可変波長であるため、分光計測にはなくてはならないレーザーである。しかしながら、センシング等の工業的な計測に色素レーザーを使おうとすると、色素の交換に手間どり、広い波長域の同調には多くの時間と手間を要する。本研究で我々はマイクロコンピュータ制御を十分に活用して、波長 220 nm から 740 nm まで速いアクセスで連続掃引ができ、またその波長も $\pm 1 \text{ cm}^{-1}$ で校正できるシステムを開発した。

§ 2. システムの概要

(1) N_2 レーザー¹⁾

システム全体のブロック図をFig.1に示す。励起用にはメンテナンスフリー動作をめざして、 N_2 レーザーを新たに開発した。この N_2 レーザーはエキシマレーザーと同様の自動予備電離容量移行型で、 N_2/He 混合ガスで大気圧動作を行ない、波長 337 nm で 400 kW (4.5 nsFWHM, 50 Hz) の出力を出す。ガスの消費量を最小限におさえ、パワー安定化とガスの自動補給を行ないながら、長時間のメンテナンスフリー動作ができた。

(2) 色素レーザー²⁾

色素レーザー部は 2400 本/mm の回折格子を用いた単純な斜入射型で、1次回折を使うとFig.2に示すように 365~740 nmを13種の色素で切れ目なく同調できる。Table.1に使用した色素の一覧表を示す。14個の $10 \times 10 \times 50 \text{ mm}^3$ の石英セルを直径 130 mm のターンテーブルの上に配置し、それを回転させると同時に回折格子を回転ステージで制御すると、上述の全波長域を速いアクセスで短時間に掃引できる。Fig.2はそのような方法で機械的に掃引して得られた同調曲線である。各セルは内部に磁気スターラーを持ち、50 Hz の繰返し動作ができる。スペクトル幅は $0.4 \sim 1 \text{ cm}^{-1}$ 程度であった。となり合った色素セルの交換は 0.5秒で可能である。各セルには 3 ml 程度の色素溶液しかはいていないが、Table.1に示したように多くの色素で 10^6 ショット以上、最も寿命の短い色素でも 3×10^5 ショットの出力半減期がある。

(3) 第2高調波発生(SHG)装置

同調域を 220 nm まで拡張するために、BBO結晶を用いたSHG装置を開発した。波長 260nm でカットした結晶を $\pm 30^\circ$ 傾けると、Fig.2に示したように、220~365 nm を1個でカバーできる。

位相整合角はBBOの分散曲線による計算式を用いてステップングモーターで制御したが、あらかじめ絶対波長の校正をしておけば、この式による制御でもほぼ位相整合からはずれずることにはなかった。2個のペラン・ブロッカープリズムを使った新しい波長分離装置を使い、すべてコンピューター制御によって220~740nmを機械的に同調できることを確認した。

(4) オプトガルバニック(OG)絶対波長校正装置

分光計測においては波長が同調できるだけでなく、高い精度で波長が絶対校正されていることが望ましい。本機は従来のファブリーペロー型波長計に比べ、安価で実用性の高いOG自動波長校正装置をそなえている。これは内部に中空陰極のガルバトロン放電管を持ち、あらかじめ定めた基準となるOG線を自動掃引によって探し出し、所要の波長に対する波長同調用ステップングモーターの位置を回折格子の同調条件を与える式で計算しようというものである。基準線としては、Ar放電管の準安定準位からのOG共鳴線を使い、基本波全波長域に10~15nmおきに35本設定した。コンピューターに発振させたい波長を入力すると、最も近い基準線の付近を掃引してその中心位置を定めた後、入力された波長の位置にステップングモーターを移動させる。この方法により全波長域で $\pm 1 \text{ cm}^{-1}$ の精度で波長設定ができることを示した。波長を入力して、設定が完了するまでには30秒程度を要する。

参考文献

- 1) 興 雄司他：レーザー研究 18 (1990) 79.
- 2) 興 雄司他：レーザー研究 19 (1991) 192.

Table 1 Laser dyes tunable over 365-740 nm. Life time is the shot number at 1/2 power decrease for 1.4 mJ/pulses pumping. (20Hz)

DYE	WAVELENGTH[nm]	SOLVENT	CONCENTRATION[mol/l]	LIFETIME
BPBD-365	360~379 (365)	Toluene(7)+EtOH(3)	2.5×10^{-3}	4.5×10^5
BBQ	379~392.5 (385)	Toluene(7)+EtOH(3)	1.5×10^{-3}	6.7×10^5
PBBO	392.5~415 (400)	Toluene(7)+EtOH(3)	1.4×10^{-3}	6.3×10^5
Sulbene420	415~428 (420)	MeOH	0.7×10^{-3}	3.7×10^5
Coumarin440	428~447 (435)	EtOH	3.0×10^{-3}	$> 1.0 \times 10^6$
Coumarin460+ Coumarin440	447~466 (460)	EtOH	3.0×10^{-3} 0.5×10^{-3}	4.6×10^5
Coumarin480	466~490 (480)	MeOH	6.0×10^{-3}	7.6×10^5
Coumarin500	490~525 (500)	EtOH	6.0×10^{-3}	$> 1.0 \times 10^6$
Coumarin540A	525~570 (540)	EtOH	1.0×10^{-2}	$> 1.0 \times 10^6$
Rhodamine590P	570~596 (575)	EtOH	2.5×10^{-3}	$> 1.0 \times 10^6$
Rhodamine610	596~625 (610)	EtOH	5.0×10^{-3}	$> 1.0 \times 10^6$
DCM	625~688 (660)	DMSO	2.5×10^{-3}	3.1×10^5
LDS-698	688~740 (720)	DMSO	3.5×10^{-3}	5.5×10^5

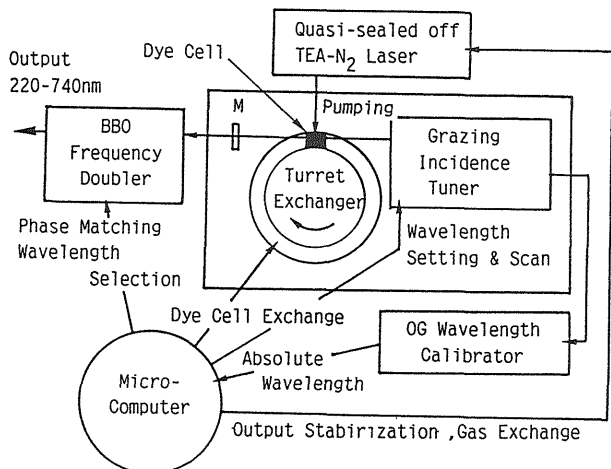


Fig.1 Block diagram of dye laser system developed.

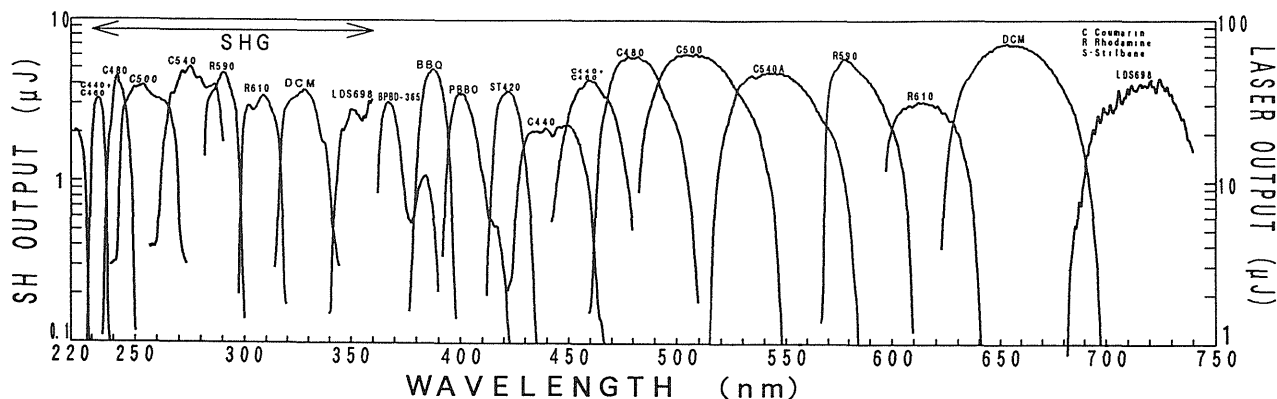


Fig.2 Tuning curves of fundamental and SHG waves over 220-740 nm. (N₂ laser energy is controlled at 1.2 mJ/pulse)