

研究

頂角可変液体プリズムの作成とその色素レーザーへの応用

石川 多俊・武藤 真三・松沢 秀典

山梨大学工学部電子情報工学科 〒400 甲府市武田 4-3-11

(1989年10月30日受理)

Liquid Prism with a Variable Top-Angle and Its Application to Dye Laser System

Kazuhito ISHIKAWA, Shinzo MUTO and Hidenori MATSUZAWA

Faculty of Engineering, Yamanashi University, 4-3-11, Takeda, Kofu 400

A liquid prism with a variable top-angle was developed and applied to a dye laser system which generates two wavelengths simultaneously. The liquid prism was inserted into one of the dye laser cavity. By adjusting the top-angle of the prism, one wavelength can be tuned independently of another wavelength.

1. まえがき

プリズムは通常ガラスや結晶からなり、光学素子のなかの代表的な分散素子として広く用いられている。その頂角は多くの場合ある値に固定されているが、目的によっては頂角が可変できるプリズムの必要性も考えられる。このような観点から本研究では、液体を利用した新しい頂角可変プリズムの作製を試みた。また、その具体的応用として、2波長色素レーザーの構成について検討したが、その理由は、色素レーザーの2波長同時発振¹⁻⁶⁾がプラズマ診断⁷⁾や、大気汚染物質の差分吸収測定⁸⁾、ならびに、他の種々の物質の分光分析などの応用にとくに有用であることによる。本研究の頂角可変の液体プリズムは頂角を0~15°の範囲で連続的に調整でき、任意の波長域での2波長同時発振可能な簡易の色素レーザー構成に有効に利用できることが明らかになったので、以下に報告する。

2. 頂角可変液体プリズムの作成

通常のプリズムは頂角が固定のため、ときには不都合な点もありうるので、ここでは液体を利用した簡単な頂角可変プリズム（液体プリズム）の作製について述べ、また、その応用についての検討を加える。

この液体プリズムは、Fig. 1 のように石英ガラス窓

①(12 mm × 10 mm × 1 mm^t、屈折率 $n=1.46$)をもつ2個の黄銅製の窓枠②④をポリエステルフィルムスペーサー③を介して組み立てた構造をしており、調整ネジ⑤によって、その頂角が $\delta=0\sim15^\circ$ の範囲で任意の値に設定できるようにした。たとえば、これにグリセリン（屈折率 $n=1.47$ は石英ガラスの値にほぼ等しく、かつ、蒸発量が少なくて長時間の使用に対して安定）を注入して用いると、プリズムの片面に垂直入射に近い場合（この場合はプリズム挿入部を小さくできるので、色素レーザー応用に適する。次章参照）屈折角 α は

$$\alpha \approx \sin^{-1}(n \sin \delta) - \delta \quad (1)$$

したがって、 $\alpha=0\sim7^\circ$ の範囲で微調整できる（液体プリズムの挿入に余裕のある光学系では、プリズムを最小偏角付近で用いることもでき、この場合には $\alpha \approx (n-1)\delta$ がよい近似となる）。Fig. 2 は、屈折率の異なる種々の液体を注入したときの屈折角 α の変化を示したもので、製作した頂角可変液体プリズムは図のような屈折角の範囲内での応用が可能である。

3. 2波長用色素レーザー共振器への応用

頂角可変液体プリズムの具体的応用として、ここでは2波長色素レーザーシステムを検討した。その概略図をFig. 3 に示す。

レーザー共振器は文献 9) と同様に回折格子 (1200

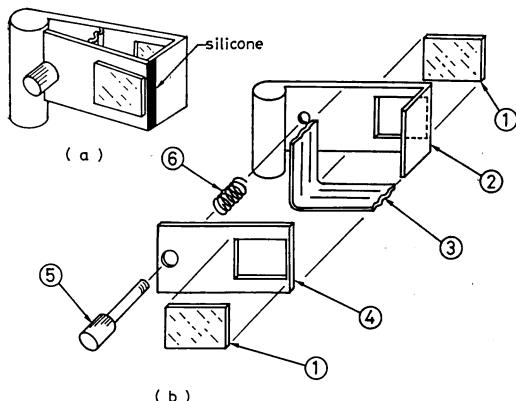


Fig. 1 (a) Liquid (glycerin, $n=1.47$) prism with a variable top angle. (b) Assembly drawing. (1) windows, (2) (4) brass frames, (3) polyester bellows, (5) adjustment screw, (6) spring.

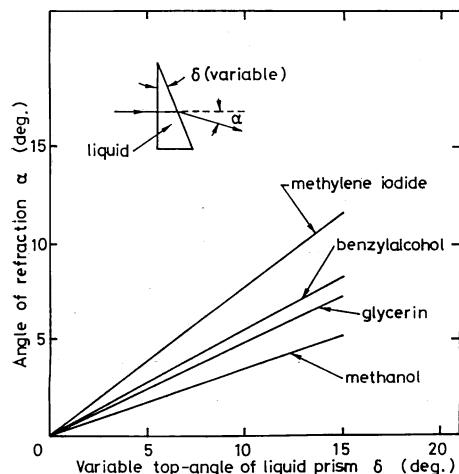


Fig. 2 Relation between top-angle δ and angle of refraction α for various liquids.

lines/mm) と広帯域出力ミラー (反射率 $R=50\%$) を共用する光学素子数の少ない構造とし、1個の励起光集光用円筒レンズ ($f'=100\text{ mm}$) で共振器内の2個の小さい石英ガラス製色素セル (幅3mm, 光路長10mm) を紫外 N_2 レーザー光 (ピーク出力100kW, パルス幅5ns) で同時に励起するようにした。

同図において、波長 λ_2 用の共振器内には2章で述べた頂角可変の液体プリズムを挿入し、波長 λ_1 , λ_2 共用の回折格子への入射角 θ_1 , θ_2 と液体プリズムの頂角 δ を変えることで、2波長レーザー発振が簡単に得られるよう工夫してある。すなわち、波長 λ_1 用の光線の回折格子 (ピッチ d) への入射角を θ_1 とすると、Fig. 3 の

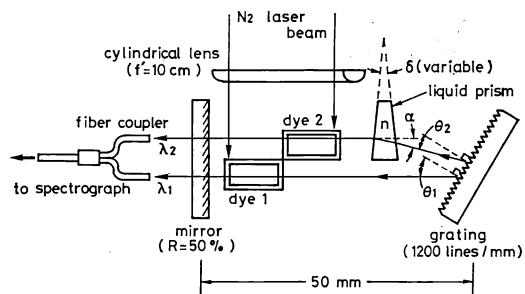


Fig. 3 Dye laser system with a liquid prism.

角度関係によって

$$\lambda_2 = \lambda_1 \cos \alpha - \sqrt{4d^2 - \lambda_1^2} \sin \alpha \quad (2)$$

の関係を満たす2波長での同時発振が可能となる。

この2波長色素レーザー光を、ファイバー光結合器へ導入して一光束とし、分光器でそのスペクトルを写真観測した。実験結果では、色素セル1に $5 \times 10^{-3}\text{ mol/l}$ のローダミンB色素と色素セル2に $1 \times 10^{-3}\text{ mol/l}$ のローダミン6G色素 (いずれも溶媒はエタノールを使用) を入れ、液体プリズムにはグリセリンを注入した。

まず、ローダミンB色素レーザーの帯域での発振が得られるように $\theta_1=22.45^\circ$ に設定し、次いで液体プリズムの頂角 δ を $\delta=3.5^\circ \sim 5.0^\circ$ の範囲で 0.3° ずつ連続的に変化させたときの2波長同時発振スペクトルを Fig. 4 (a) に示す。また、Fig. 4(b) は $\theta_1=22.1^\circ$, $\delta=2.8^\circ \sim 4.3^\circ$ のときのスペクトルで、これらの結果をまとめたのが Fig. 5 である。これらの図より、レーザー波長 λ_1 を任意の値に設定した状態で、 λ_2 を連続的に可変できる2波長同時発振が容易に得られることがわかる。

なお、この色素レーザーシステムにおいては、2波長の間隔を制限する要素はない。したがって、非常に離れ

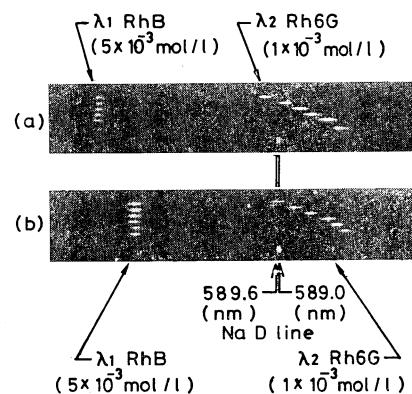


Fig. 4 Two-wavelength oscillation for variation of top angle δ .

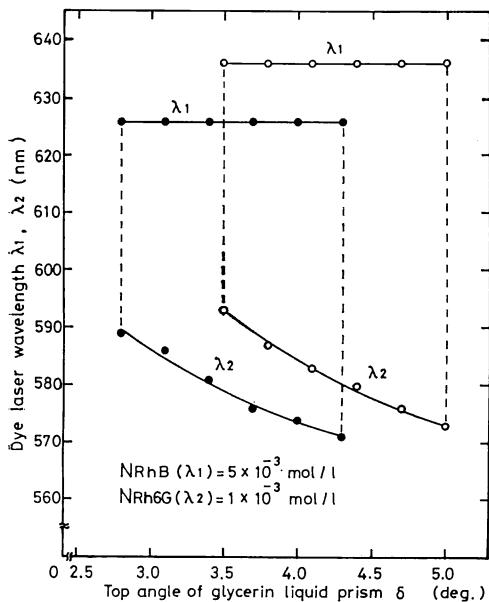


Fig. 5 Laser wavelengths as functions of top-angle. Data are those in Fig. 3.

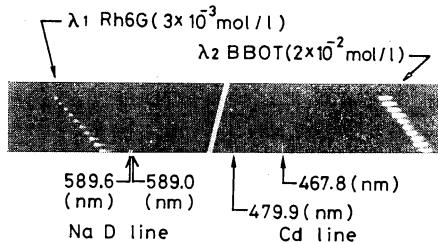


Fig. 6 Two wavelength oscillation for variation of θ_1 and constant top-angle $\delta=12^\circ$.

た2波長同時発振も可能である。その一例として、液体プリズムの頂角を $\delta=12^\circ$ に設定し、 θ_1 可変時の2波長同時発振特性⁹⁾を Fig. 6 に示しておく。もちろん、この場合にも θ_1 を固定し、 δ 可変による Fig. 4 のようなレーザー動作も可能である。

4. むすび

頂角可変のガラスセルに液体を注入した構造のプリズムを作成し、これが頂角 $\delta=0\sim15^\circ$ 、屈折角 $\alpha=0\sim7^\circ$ の可変プリズムとして利用できることを示した。また、その応用として、任意の波長域での2波長同時発振可能な色素レーザーを実現した。これによって、一方の波長固定で他方の波長可変、あるいは、2波長同時可変などのレーザー動作などが容易に得られるようになったので、今後その分光分野などへの応用が期待される。この頂角可変の液体プリズムは、上記の色素レーザー以外の光学応用にも有効に利用できるものと考えられるので、その検討も進めたい。

文 献

- 1) H. Matsuzawa, S. Suganomata and H. Inaba: "Simultaneous two-wavelength oscillation in a dye laser with a dielectric double half-wave filter," Jpn. J. Appl. Phys., **15** (1976) 1155-1156.
- 2) B. R. Marx, G. Hulluway and L. Allen: "Simultaneous two-wavelength narrow band output from a pulsed dye-laser," Opt. Commun., **18** (1976) 437-438.
- 3) L. G. Nair: "A double wavelength nitrogen-laser-pumped dye laser," Appl. Phys., **20** (1979) 97-99.
- 4) S. Chandra and A. Compaan: "Double-frequency dye lasers with a continuously variable power ratio," Opt. Commun., **31** (1979) 73-75.
- 5) L. G. Nair and K. Dasgupta: "Double wavelength operation of a grazing incidence tunable dye laser," IEEE J. Quantum Electron., **QE-16** (1980) 111-112.
- 6) 武藤真三, 伊藤千秋, 稲場文男: "混合4色素系の広帯域波長連続可変エネルギー移動色素レーザー動作", 電子通信学会論文誌(C), **J 66-C** (1983) 859-865.
- 7) F. P. Schafer: *Dye Lasers*, 2nd ed. (Springer, Berlin, 1977).
- 8) 斎藤保典, 野村彰夫, 橋口隆一, 鹿野哲生: "同時二波長発振色素レーザーと DIAL への応用", レーザー研究, **13** (1985) 267-275.
- 9) K. Ishikawa, S. Muto and H. Mastuzawa: "Dye lasers generating two wavelengths simultaneously with a large wavelength separation," Appl. Phys. Lett., **54** (1989) 1637-1638.