

3. 紫外域色素レーザーの高出力化とその応用

HIGH POWER UV DYE LASER AND ITS APPLICATION

前田三男、 内野 脩、 土井 英司、 宮副 泰

M. Maeda, O. Uchino, T. Doi, Y. Miyazoe

九州大学工学部電気教室

*九州大学理学部物理教室

Dep. Elec. Eng. Kyushu Univ.

Dep. Phys. Kyushu Univ.

§1. はじめに

現在可変波長の紫外域色素レーザーにより大気中の微量成分である $\text{OH}^{1,2)}$, $\text{O}_3^{3)}$, $\text{SO}_2^{4)}$ 等を 蛍光や吸収を用いて測定がおこなわれているがパワーが小さいために十分な精度が得られていない。我々は紫外部で強度が大きく、くり返しも速い *tunable* 光を得る方法について検討しているが、可視部に比べていろいろ故障が多い。色素レーザーでの直接発振は330nmまで、フラッシュラmpやYAGレーザーの第4高調波励起により可能であるが、ここでは Marx-Bank 回路の適用によりフラッシュラmp励起紫外域色素レーザーの高出力化を試みた (§2)。その他くり返しの点では最近開発された KrF (発振波長249nm) による励起も有望である。一方330nm以下では可視域で発振する色素レーザーの第2高調波 (SHG) を得るのが一般的である。ここでは本研究室で開発された *forced oscillator* 形の高出力フラッシュラmp励起色素レーザー (出力14J, 11MW, スペクトル幅0.1nm以下, 波長600nm)⁵⁾ の SHG を得るための予備実験として、小形の色素レーザーの SHG の実験を行なった (§3)。紫外部では吸収をさけるために ADP や KDP のような非線形定数の比較的小さい結晶しか使えず、色素レーザーを大形化した場合ビームの広がりによる変換効率の低下が問題になろう。最後に SHG の応用として SO_2 の吸収係数を波長302.3~318.5nm 間で測定した (§4)。

§2. フラッシュランプ励起紫外域色素レーザ

可視域に比べ紫外域では特に早い立ち上りの励起光が必要のため小さな容量のコニデンサーと回路のインダクタンスを極力押えた同軸形のフラッシュランプが用いられる^{6,7)}。エネルギーを増すためにコニデンサーの容量を大きくすると発光の立ち上りが悪くなりレーザの効率が著しく下り、さらには発振しなくなることもある。ところがMarx-Bank回路を用いれば早い立ち上りの発光でしかもエネルギーを増やすことができることがわかった。^{8,9)} Marx-Bank回路は複数個のコニデンサーを並列に充電し放電は直列になるような回路である。我々は4段のMarx-Bank回路を試作したが、装置の詳細は文献(9)を参証してもらい、その実験結果だけを述べる。p-terphenylは色素レーザ中直接フラッシュランプ励起で発振する最短波長($\sim 330\text{nm}$)のレーザで、従来の方法では100Jの入力エネルギーに対し出力が10mJ¹⁰⁾であったが、我々はMarx-Bank回路を用いて81.5Jの入力エネルギーで25.2mJの出力を得た。レーザの効率は約3倍上昇した。さらに段数を増やすことにより高出力が可能と思われる。Table 1にいくつかの色素についての発振スペクトル、パルス幅、出力などを示す。

Table 1.

Dye(solvent)	Center of emission(width)	Output energy	Peak power
p-terphenyl(cyclohexane)	3426(16) Å	25.2 mJ	0.42 MW
BBD(dioxane)	3767(30)	15.6	0.22
DAMC(ethanol)	4560(50)	122	1.22

§3. 色素レーザの第2高調波による紫外光の発生

実験に用いた非線形結晶はKDPで角度変化により位相整合をとる。使用した色素レーザは直管型放電管励起によるもので、ローダジニ69のイタール管液を用いた場合最大入力153Jで約100mJ(200kW)程度の出力が得られる。色素セルは内径3.8mmφ、長さ180mmのもので直線偏光を得るため窓はブルースター角にしている。また発振のスペクトル幅は一枚のイタロニ(反射率50%, スーパーの厚さ10μm)で、約3Åに狭帯域化した。出力ビームの広がりは3~5mradであった。単位面積

当りの入力パワーを増大させるため出力ビームをレンズで絞ってKDPに入射させた。レンズの焦点距離は8cmより32.6cmまで変化させた結果11.5cmのレンズで最大のSHGを得た。SHGのパルス幅は250nsでスペクトル幅は約1.5Åに狭くなっている。Fig.1に基本波の出力に対するSHGの相対出力を表わしているが、105kW以下ではSHGの出力は入力パワーの2乗に比例して増加しているがそれ以上ではほぼ一乗に比例している。¹¹⁾ Fig.2にローダミン6GとローダミンBのエタノール溶

液の濃度とエタロンの角
度の両方を変えて発振波
長を変化させたときの基
本波の出力とSHGの相対
出力を示す。SHGの絶対
出力は校正された光電管
を用いて測定した結果入
力が80kW(40mJ)のとき
最大1kW(0.2mJ)でパワ
変換効率約1.3%であ
った。これはレーザ励起
形色素レーザのSHGに比
べ不満足な値であるが、
フラッシュランプ励起でも出力
は小さいが高効率のSHG
が得られているのでさらに

入力パワーを上げて実験を行うつもりである。

§4. 応用

Marx-Bank回路を利用した紫外域色素レーザの応用としては超高圧に存在するCa⁺, Caなどの原子の観測が考えられるが、さらに段数を増して高出力化と狭帯域化

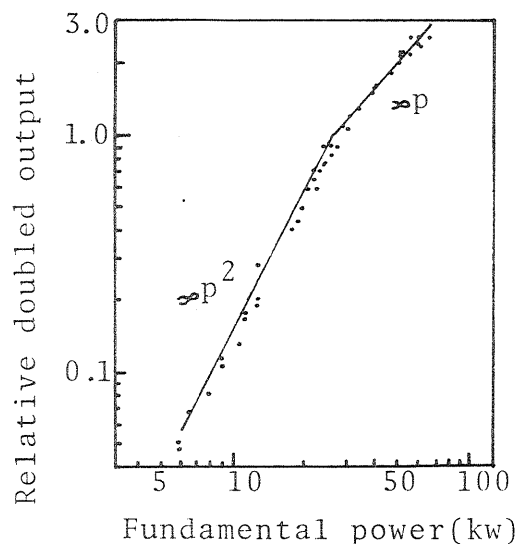


Fig.1

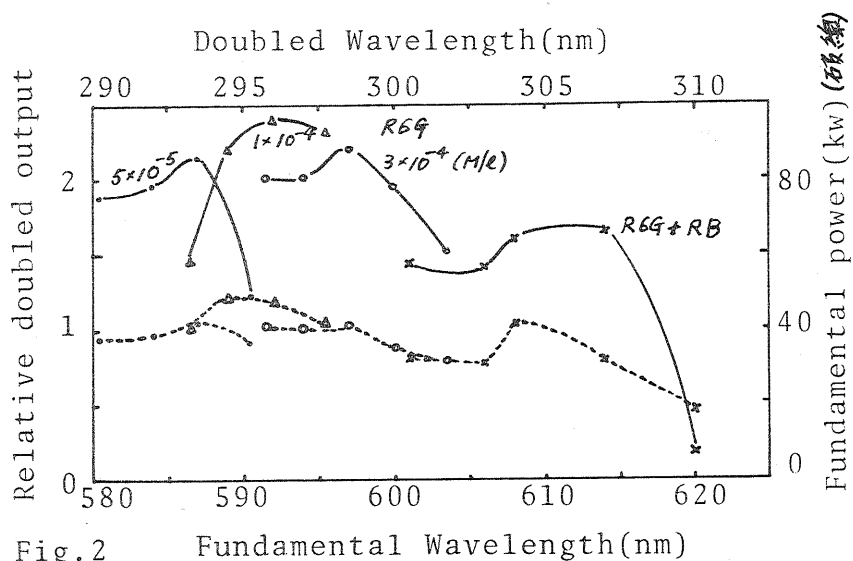
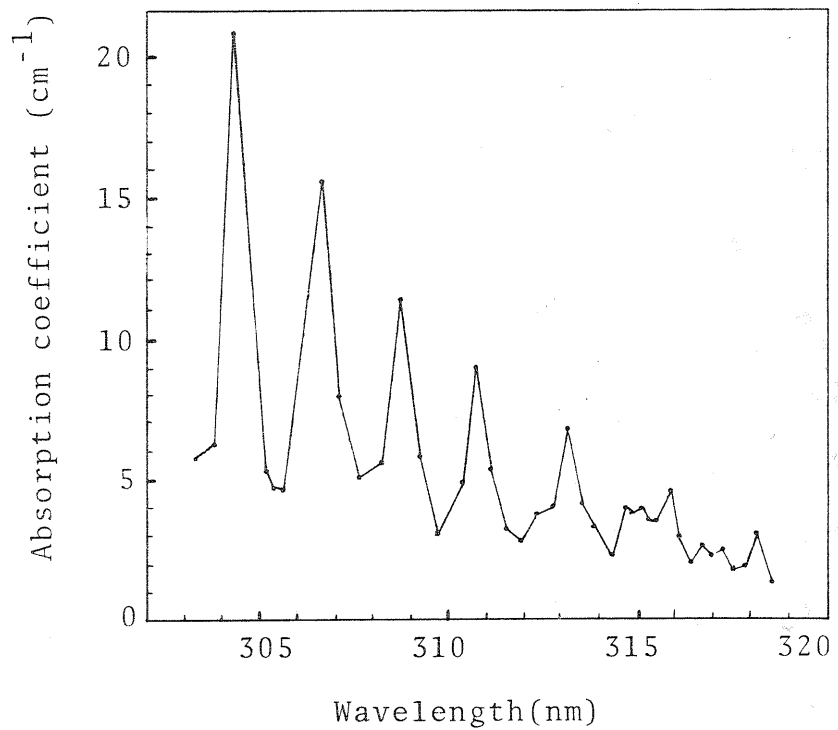


Fig.2

が必要である。我々はまず SHG を用いて SO_2 の吸収係数を調べた。これはドップルソニメータで全オゾン量を観測している波長と SO_2 の吸収が重なっていることに注目し、 SO_2 の O_3 に対する影響を調べるために 波長 303.3 ~ 318.5 nm にわたって測定した。20 cm のセルに SO_2 を 2 ~ 10 torr 封入して 2 つのフォトマルチplierを用いて測定した結果を Fig. 3 に示す。一方 Gibson 等³⁾はレーザレーザで成層圏の O_3 の濃度を 303.5 nm と 308 nm の 2 波長で、出力 0.2 mJ/くり返し 1 Hz で観測しているが十分な精度に達していない。もし出力が 20 mJ でくり返し 10 Hz ならば現在ルビーレーザによる成層圏エロソールの観測¹⁵⁾と同程度の精度で O_3 の観測が可能と思われる。

§5. おわりに

フッシエラ=70 励起紫外域色素レーザは Marx-Bank 回路を用いることにより高出力化が可能である。一方フッシエラ=70 励起色素レーザによる SHG は基本波のパワーの増大とビームの広がりをおさくすることによって効率を上げる必要がある。



F.g.3 Absorption coefficient of SO_2

文献

- 1) Wang and Davis, Phys. Rev. Lett., 32, 349(1974)
- 2) Davis et al., Geophys. Rev. Lett., 3, 331(1976)
- 3) Gibson and Thomas, Nature, 250, 561(1975)
- 4) Kuhl and Spitschan, Opt. Commun., 13, 6(1975)
- 5) 前田他. 昭和51年度九州支部電気四学会講演集
- 6) Furumoto and Ceccon, IEEE J. Quantum Electron., 6, 262(1974)
- 7) Maeda and Miyazoe, Jap. J. Appl. Phys., 4, 692(1972)
- 8) Ewanizky and Wright, Appl. Opt., 12, 120(1973)
- 9) Maeda et al., IEEE J. Quantum Electron., (to be published)
- 10) Morrow and Price, Opt. Commun., 10, 133(1974)
- 11) Dunning et al., Opt. Commun., 6, 63(1972)
- 12) Bradley et al., Appl. Phys. Lett., 19, 172(1971)
- 13) K. Kato, J. Appl. Phys., 46, 2721(1975)
- 14) Kuhl and Spitschan, Opt. Commun., 5, 382(1972)
- 15) Hirono et al., Can. J. Chem., 52, 1560(1974)