

Pr ドープ YLF 緑色レーザの能動 Q スイッチング動作と共振器内 2 次高調波発生
Active Q-switched green laser and intracavity second harmonic generation
with a Pr³⁺-doped YLF crystal.

櫻井 暁(B4), 阿部 亮(M2), 小城 絢一郎(共研)
 Akira Sakurai, Ryo Abe, and Junichiro Kojyo

Abstract

We demonstrate second harmonic generation of a Pr³⁺-doped YLF laser pumped by GaN-based laser diodes (444 nm) using an acousto-optic Q-switch. We obtain a maximum 261-nm laser peak power of 62 W (8.7 μJ/pulse) with a pulse width of 142 ns at a 7.7-kHz repetition rate. The intracavity conversion efficiency is estimated to 86.1 %.

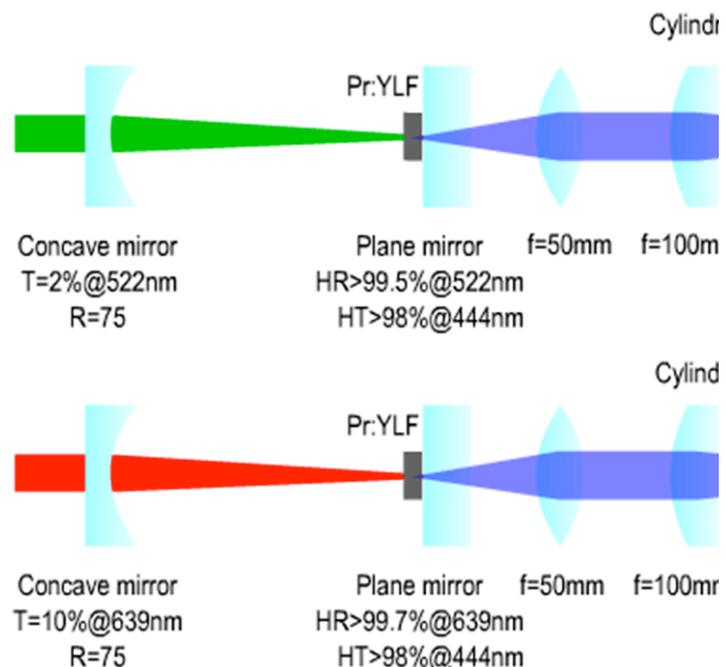
1. はじめに

近年、ディスプレイ、バイオイメージング、フォトプリンティング、リソグラフィといった多岐にわたる分野で可視光レーザは注目されている。Pr³⁺をドープしたフッ化物材料は、青色から赤色にかけて多数の光学遷移があり、InGaN 系半導体レーザにより直接励起が可能である。[1-3] Pr³⁺:YLF レーザでは、レッド、オレンジ、グリーン帯域での CW 発振および、AO-Q スイッチ動作によるパルス化、2 倍高調波発生(SHG)に成功している。[4] 本研究では、この Pr³⁺:YLF 結晶を使用し、波長 522nm のレーザを基本光とし、AOM および非線形結晶を用いて波長 261nm の 2 次高調波のパルス光の発生を行い、基本波長 639nm の 2 次高調波発生との比較を目的とした。

2. 実験 1 : CW 発振

結晶長 3.7cm, C 軸カット, ドープ濃度は 0.5 at.%の Pr³⁺:YLF を使用した。結晶端面は 440 nm~640 nm の波長域において AR コートされている。Fig.1 に CW 発振のセットアップを示す。励起

源は最大出力 3.5W の InGaN LD(Nichia Co.)を使用した。この LD のビーム広がり M²=1.5 (fast axis) × 12.9 (slow axis) であった。励起レーザを 4.6 mm のレンズでコリメートし、焦点距離 20 mm と 100 mm のシリンドリカルレンズを用いて広がり角の小さい方のビームを広げた。f=50 mm のレンズで集光し結晶に入射させた。その時のスポット径を計測するために焦点距離の長い f=200 mm のレンズで絞り、CMOS イメージセンサでビーム径を計測しその値を用いて f=50 mm で集光した時のビーム径を換算した。その結果 3.5WLD の集光ビーム径は 10.4 μm × 14.0 μm となった。入射側に使用したミラーは HR>99.5% @522nm と R>99.7% @639nm の二枚を使用した。緑の出力鏡は T=2% の凹面鏡を、赤の出力鏡には T=10%の凹面鏡を使用した。共振器長は 75 mm である。



ー1570 W、パルス幅 17 ns.、繰り返し周波数、7.7 kHz、パルスエネルギー11.2 μ J、平均出力パワー 215 mW のパルス発振が得られた。

Fig.3 の実験セットアップの出力鏡を紫外域にそれぞれ 261nm、320nm において 70%以上、90%以上の HT コーティングが施してある入射角 20 度の

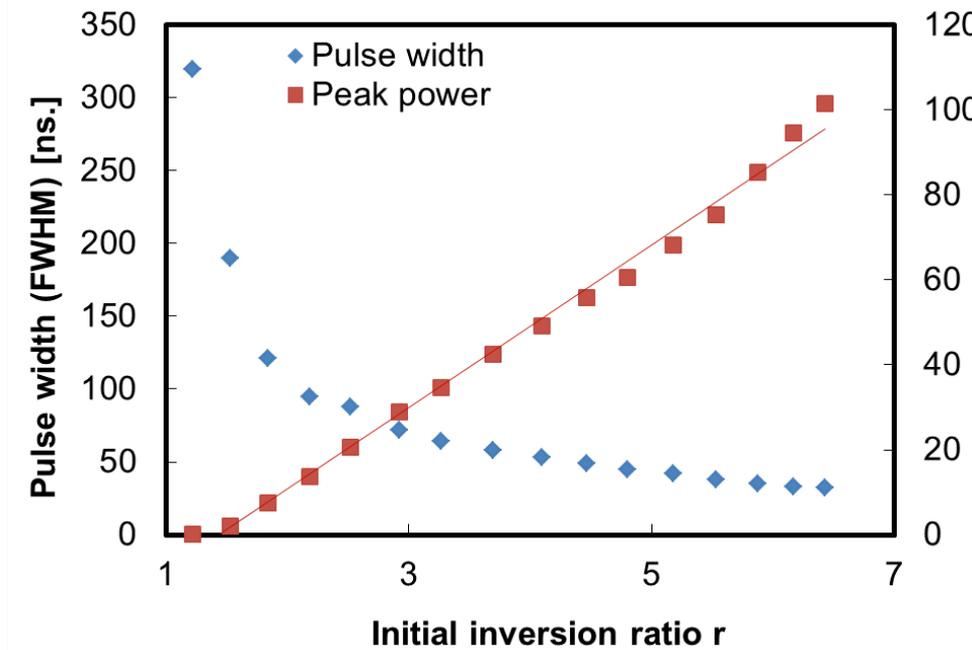


Fig.4 Plots of the peak power and pulse width at 522nm as a function of initial inversion ratio r.

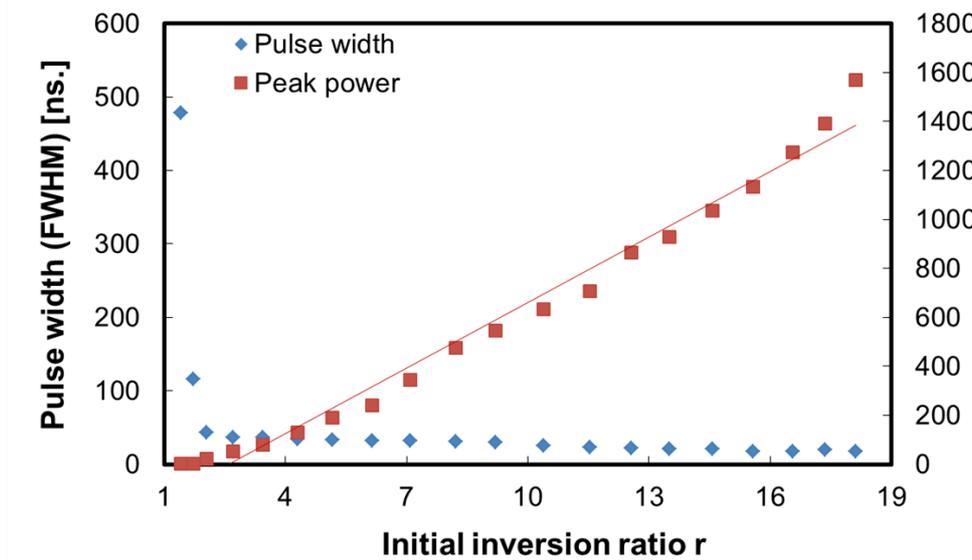
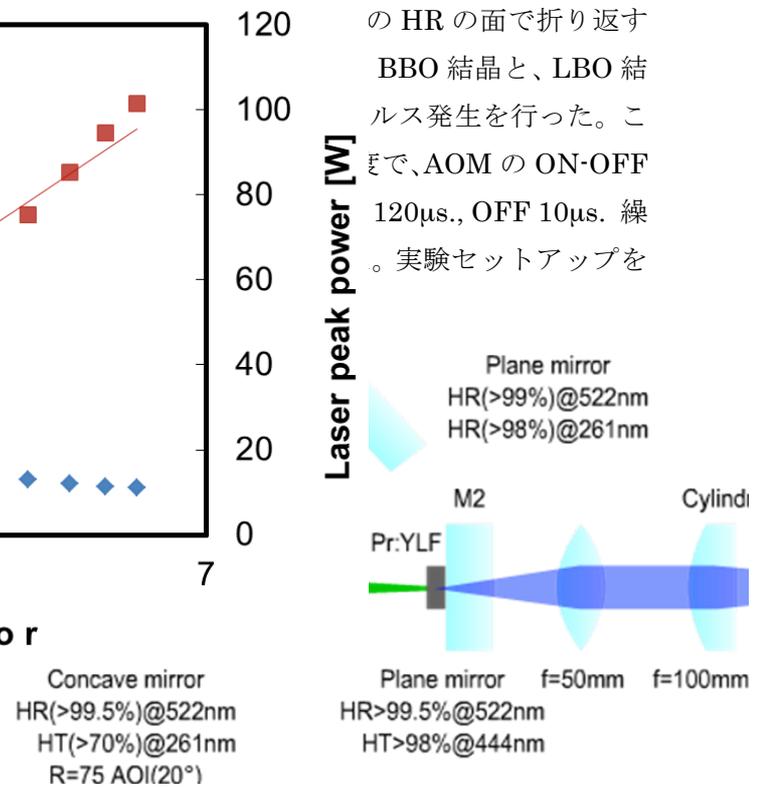
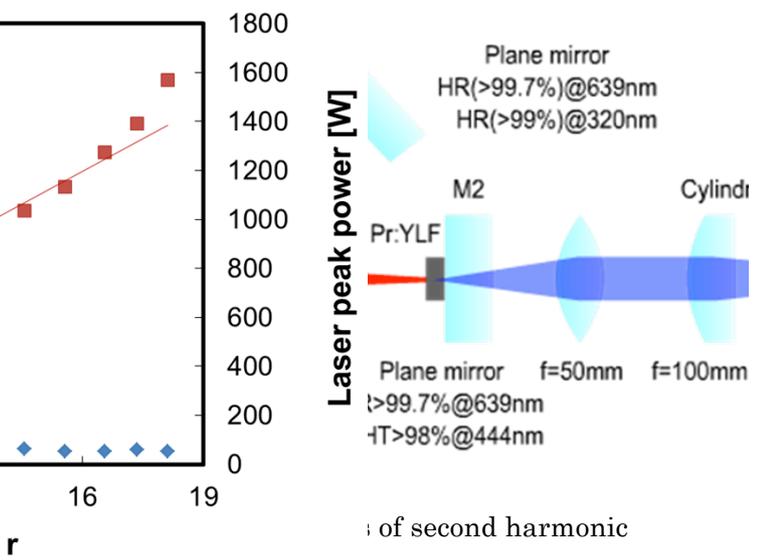


Fig.5 Plots of the peak power and pulse width at 639nm as a function of initial inversion ratio r.



of second harmonic generation Q-switched red and green laser using an AOM pumped by GaN laser diodes.

4. 実験 3 : AO-Q スイッチ SHG 実験

それぞれ実験に用いた BBO 結晶は結晶長 7 mm、結晶カット $\phi=43.8^\circ$ 、ウォークオフ角 86.5mrad

で、LBO 結晶は結晶長 8mm、結晶カット $\phi=53.6^\circ$ 、ウォークオフ角 18.5mrad のものを使用した。発生させた 261nm、320nm の紫外光のパルス幅とピークパワーを実験 2 と同様に横軸を r として Fig. 7-8 に示した。紫外光と基本光の変換効率を測定するため、基本光のパルスエネルギーを、緑は M3 の透過光から、赤は M1 と M3 の間にガラス板をブリュースター角で挿入することで得た。261nm の紫外光は 2444 mW 励起 ($r = 3.3$) において、平均パワー 67mW、最大ピークパワー 62W、パルス幅 142ns、パルスエネルギー 8.7 μ J、共振器内変換効率は 86.1% を達成した。320nm の紫外光は 2444mW 励起 ($r = 6.7$) において、平均パワー 380.2 mW 最大ピークパワー 594.1W パルス幅 32 ns、パルスエネルギー 19 μ J、共振器内変換効率は 87.6 % を達成した。

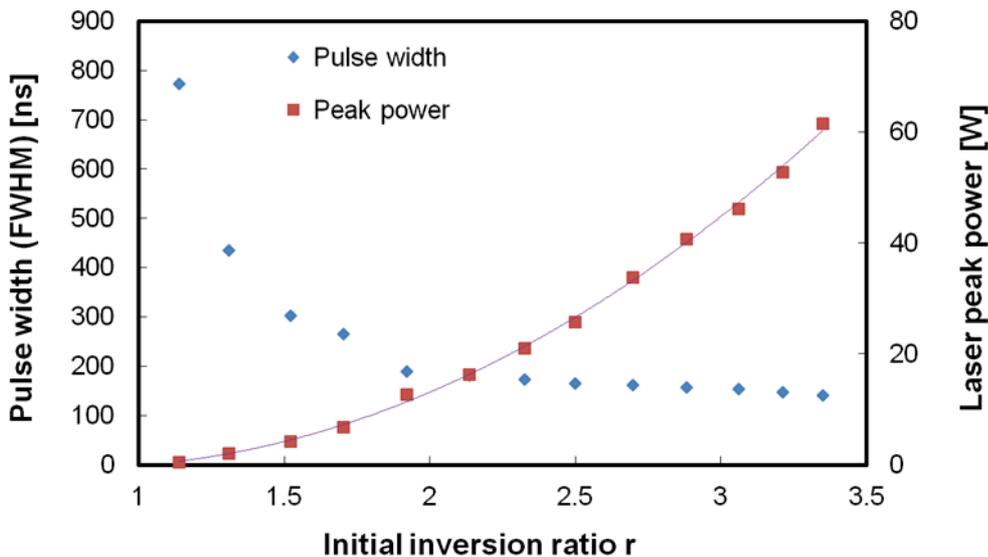


Fig.7 Plots of the peak power and pulse width at 261nm as a function of initial inversion ratio r .

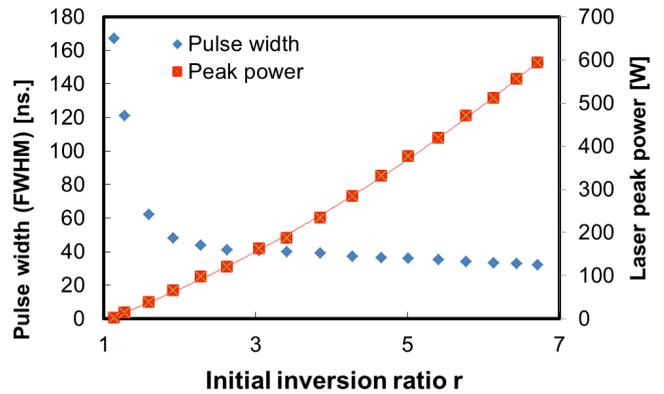


Fig.8 Plots of the peak power and pulse width at 320nm as a function of initial inversion ratio r .

5. まとめ

我々は励起源に InGaN LD と結晶長 3.7cm の Pr³⁺:YLF を使用して基本光波長 522nm、639nm における 2 次高調波発生を行った。その結果 261nm

基本光からの変換効率
ピークパワー 594.1W、変
換した。
半導体リソグラフィな
用途できると期待される。

er, E. Heumann, G.
hai, App. Phys. B 58

Heumann, G. Huber,
Tonelli, A. Diening,

and W. Becht, Opt. Express 14 (2006)
3282-3287.

[3] K. Hashimoto and F. Kannari, Opt. Lett. 32 (2007) 2493-2495.

[4] J. Kojou, Y. Watanabe, H. Nemoto, F. Kannari Applied Optics vol.51 (2012)