部分重水素置換 KDP 結晶を用いた OPCPA システムの開発
—希ガス充填中空ファイバによる広帯域種光発生 —

Development of OPCPA using p-DKDP crystals
— Generation of broad band seed light by gas filled hollow fiber —

○吉井健登[1,2]、郭暁杨[1,3] 、伊山功一[1,4]、時田茂樹[1]、吉田実[2]、川嶋利幸[4]、西岡一[5]、河仲準二[1]

(1. 阪大レーザー研、2. 近畿大学、3. 京都大学、4. 浜松ホトニクス、5. 電気通信大学)

○Kento Yoshii[1], Xiaoyang Guo[2], Kouichi Iyama[1,4], Shigeki Tokita[1], Minoru Yoshida[2], Toshiyuki Kawashima[4], Hajime Nishioka[5], Junji Kawanaka[1]

(1.ILE Osaka Univ. , 2.Kinki Univ. , 3.Kyoto Univ. , 4.Hamamatsu Photonics K.K, 5. Univ. of Electro-Communications)

E-mail: 16133340436a@kindai.ac.jp

1. はじめに

近年、ペタワット級のピークパワーを得る手段として、光パラメトリックチャープパルス増幅(OPCPA)が注目されている。大型の部分重水素置換 KDP(p-DKDP)結晶を用いた OPCPA は超短パルス光の増幅が可能である。P-DKDP 結晶を用いて増幅する場合、515 nm の励起光と中心波長 1030 nm の広帯域なスペクトルを持つ信号光が必要となる。これまでに我々は広帯域な信号光を得るために中空コア径 240 μm、長さ 1 m の中空コアファイバ(HCF)に Ar ガス 6 bar を充填することによって Fig.1(a)のようにスペクトル幅 225 nm への広帯域化を行った。しかし、中空コア径が大きく、コア内でのピーク強度が小さいため十分なスペクトル幅が得られなかった。そのためピーク強度を増加させるために直径の小さい中空ファイバ(190 μm)を使用した。本研究では、p-DKDP 結晶を用いた OPCPA システムの種光として増幅可能な 900 nm~1400 nm の帯域[1]で、400 nm の広帯域なスペクトルを持つコヒーレント白色（SC）光源を開発する。

2. 希ガス充填中空ファイバ実験

ガス槽内に中空コア径 190 μm、長さ 1 m の HCF を配置し、焦点距離 500 mm の片面凸レンズを用いて集光した。光源として使用した Yb:CaF_2 レーザーは、波長 1040 nm、スペクトル幅 11 nm、パルス幅 180 fs である。レーザーを入射すると希ガスが充填された HCF の中空コア内においてレーザー光に自己位相変調が発生し、スペクトル幅が拡張される。本研究では非線形媒質として Ar ガスを用いて圧力、レーザー光の入射出力の条件を変更し、実験を行った。

3. 実験結果

Ar ガスをガス槽内に充填して入射出力 920 μJ、ガス圧を 2 bar とした場合、Fig. 1(b)のように 250 nm 以上の広帯域なスペクトル幅を得ることが出来た。先行研究[2]と比較しても幅広いスペクトルを得ることが出来た。また、Fig.1(a)に示す我々の以前の結果と比較すると少ないガス圧でより広帯域なスペクトルを得られ、Yb:CaF_2 再生増幅器において発生するプレ/ポストパルスの削減を行ったため中心波長の強度が低くなり、より平坦なスペクトルとなった。

次に、広帯域化したパルス光をチャープミラーによって 10 回反射させパルス圧縮を行った結果、16 fs のパルス幅を得ることが出来た。Fig.1(b)の結果から求めたフーリエ限界パルス幅 13.5 fs と比較すると、2.5 fs 長くなった。チャープミラーのみでは小さな分散を補償することが出来ないためである。

4. 結論

Yb:CaF_2 超短パルスレーザーを Ar ガスに入射し、1 段の HCF のみの透過後スペクトル幅が 1μm 帯域において 250 nm に拡張することを確認した。しかしながら、プラズマの発生によって透過率が減少するため、ガス圧および入射出力が制限されることから、1 段の HCF のみでの更なる広帯域化は困難であると考える。我々の OPCPA システムではパルス幅 10 fs を目標としており、更にスペクトル幅を広げる必要がある。スペクトル幅の拡張方法として、Jan Rothhardt らによって HCF を 2 段使用することにより 500 nm のスペクトル幅を持つ SC 光の発生が報告されている[3]。この方法を用いて、我々の目標値である 400 nm の広帯域かつコヒーレントなスペクトル幅を得ることが期待できる。

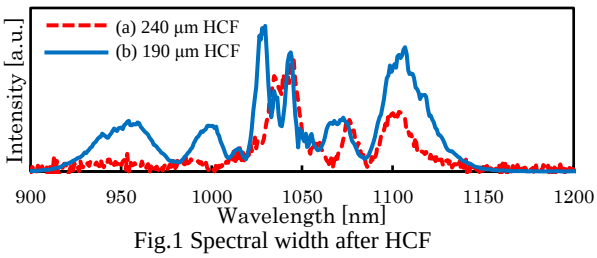

Fig.1 Spectral width after HCF

5. 参考文献

[1] J. Kawanaka, et al. “Conceptual design of sub-exa-watt system by using optical parametric chirped pulse amplification,” Journal of Physics: Conference Series 688, 012044 (2016).

[2] S. Hädrich, et al. “Nonlinear compression to sub-30-fs, 0.5 mJ pulses at 135 W of average power,” Opt. Lett. 38(19), 3866–3869 (2013).

[3] J. Rothhardt, et al. “53 W average power few-cycle fiber laser system generating soft x rays up to the water window,” Opt. Lett. 39(17), 5224–5227 (2014).

© 2016年 応用物理学会