

フォトリック結晶光ファイバ増幅器による 1060 nm 帯ピコ秒光パルスの高ピークパワー増幅

High-peak power amplification of 1060-nm band picosecond optical pulse by a photonic crystal optical fiber amplifier

東北大学未来研 (NICHe)¹, 東北大学多元研 (IMRAM)² ○草間 裕太¹, 房宜激¹, 小澤 祐市²,
佐藤 俊一², 横山 弘之¹

NICHe, Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², ○Yuta Kusama¹, Yi-Cheng Fang¹,
Yuichi Kozawa², Shunichi Sato², and Hiroyuki Yokoyama¹

E-mail: kusama@niche.tohoku.ac.jp

はじめに 近年, 多光子バイオイメージングやレーザマイクロ・ナノ加工への応用を目的として, 小型・高安定で操作性に優れた超短パルス光源の開発が望まれている. 我々は, モード同期レーザに代わる光源として利得スイッチング半導体レーザ (GSLD) をベースとした高ピークパワーのピコ秒パルス光源の開発を進めている[1]. 最近では波長 1060 nm 帯の光源の開発を進めて, その 2 光子イメージングにおける有用性を実証した[2]. 高ピークパワー化のためには GSLD からのピコ秒光パルスを Yb 添加光ファイバ増幅器 (YDFA) で増幅しているが, 一般にキロワット以上のピークパワーでは光ファイバ中の非線形光学効果 (主に自己位相変調: SPM) により, 光スペクトルに広がりが生じる. また, そのために波長分散による光パルスの時間波形に歪みが生じて, 高ピークパワー化の制限要因となる. この問題の解決のために, できるだけ大口径の単一横モードの光ファイバによる YDFA を構築して, SPM の抑制を試みている. 今回, 約 40 μm のコア径を有するフォトリック結晶ファイバ (PCF) による高出力型の YDFA (PCF-YDFA) を作製して, GSLD のピコ秒光パルスの増幅特性を調べたので, その結果について報告する.

実験および結果 新規に開発した波長 1060 nm 帯の DFB-LD の利得スイッチング動作により, 時間幅 5.3 ps の光パルスを繰返し周波数 50 MHz で発生させた[3]. その後に前置光増幅器としての YDFA により光パルス列を増幅し, これを入力光として PCF-YDFA により高ピークパワーへの増幅を行った. PCF-YDFA の励起には, 最大出力 25 W の LD を用いて後方励起方式をとった. 図 1 に信号光および増幅自然放出光 (ASE) の平均パワーの入力光平均パワー依存性の測定結果を示す. PCF-YDFA の入力光平均パワー約 3 mW までは小信号利得として 30 dB 以上の利得が得られているが, それ以上の入力光平均パワーでは, 増幅が飽和する様子が見られた. また, 光パルスの増幅に伴う SPM による光スペクトルの広がりおよび時間幅の歪みについては以下の手順で評価した. PCF-YDFA への入力光パルスは, SPM を抑制して, かつ ASE の影響も低減させるために平均パワー 4 mW に設定した. この光パルスを平均パワー 3 W まで増幅した時の光スペクトルを図 2 に示す. また, 比較のために, 25 μm のコア径を有する YDFA (LMA-YDFA) により増幅したときの光スペクトルも示す. 入力光の光スペクトルと比べて, PCF-YDFA による増幅ではほぼ広がりなく増幅できているが, LMA-YDFA では 10 dB 帯域幅が約 2 倍に広がっていることが観測された. また, 光パルスの時間幅も PCF-YDFA では 5.4 ps とほぼ不変であったが, LMA-YDFA の場合は 5.8 ps に広がっていた. 以上の結果は, PCF-YDFA がピコ秒光パルスを 10 kW 超のピークパワーまで歪みを抑制して増幅する上で, 優れた特性を持つことを示している.

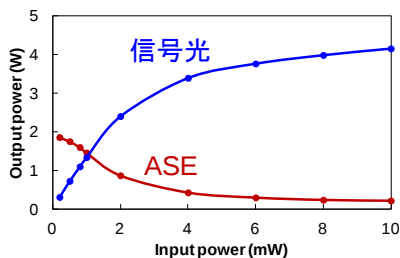


図 1 PCF-YDFA による光パルス増幅後の信号光および ASE の入力光平均パワー依存性

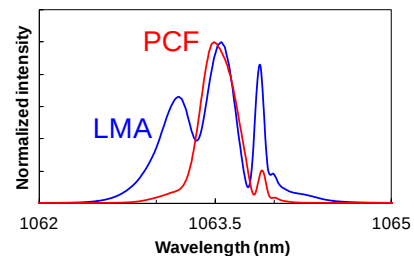


図 2 PCF-YDFA, LMA-YDFA による増幅後 (ピークパワー 10 kW 超) の光スペクトルの比較

謝辞 本研究は, 文部科学省大学発新産業創出拠点プロジェクト (START) 「超高機能光源の開発と先端バイオメディカル応用」, 及び JST 戦略的創造研究推進事業 (CREST) の研究課題 「ベクトルビームの光科学とナノイメージング」 の支援を得た.

References

- [1] H. Yokoyama, et al., Opt. Express, **14**, 3467 (2006).
- [2] Y. Kusama, et al., Opt. Express, **22**, 5746 (2014).
- [3] 房宜激, 草間裕太, 横山弘之, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 発表予定, 北海道大学 (2014).