

半導体可飽和吸収体鏡を用いたノイズライクソリトンモード同期 Tm ファイバーレーザーの開発

SESAM mode-locked Tm fiber laser in noise like soliton region

○益子 裕、戸倉川 正樹 (電通大レーザー研)

○Yutaka Mashiko, Masaki Tokurakawa

The University of Electro-Communications, Institute for Laser Science

E-mail: y_mashiko@ils.uec.ac.jp

近年、波長 $2\ \mu\text{m}$ 帯のレーザーは、加工やリモートセンシング、分光計測などの様々な応用から注目を集めている。また超短パルス発振させることによって高いピーク強度を得ることができ、それにより加工応用上の利点などが得られる。そのため短パルス動作でのさらなる高出力化が求められている。この波長帯の代表的な利得媒質としては、Tm 添加シリカガラスファイバーが存在する。これは約 $1.7\ \mu\text{m}$ から $2.1\ \mu\text{m}$ に及ぶ広い範囲でレーザー発振が可能であり、超短パルス発振させることでフェムト秒パルスを得ることができる。 $2\ \mu\text{m}$ 帯のファイバーレーザーにおいては、シリカガラスファイバーは通常負分散を有しており、共振器中に回折格子などの分散補償素子を組み込まなくともソリトンモード同期によってサブ ps のパルスを得ることができるが、そのパルスエネルギーは非線形効果によって制限を受けてしまい高出力化は難しい。一方、パルスの包絡線内に無数のパルスがランダムに存在するノイズライクソリトン[1]の状態ではソリトンパルスと比較して高出力化が可能である。そこで、本実験では変調素子として半導体可飽和吸収体鏡 (SESAM) を用いた直線型のシンプルな共振器構成で波長 $2\ \mu\text{m}$ 帯においてノイズライクソリトン領域で動作するモード同期ファイバーレーザーの開発を行った。

本研究で用いた実験系を Fig. 1 に示す。自作した波長 $1565\ \text{nm}$ Er:Yb ファイバーレーザーを励起光源とし、Fig. 1 中の WDM の A ポートを通して Tm 添加シリカガラスファイバー(コア径 $10\ \mu\text{m}$ 、 $\text{NA}\approx 0.13$ 、Tm 添加濃度 $\approx 0.2\ \text{wt.}\%$) をコア励起した。WDM の B ポートには、ミラーを端面に蒸着したファイバー($R = 61\%$) を融着し出力鏡として用いた。WDM の C ポートでは、レンズ系によって HR または SESAM への集光を行った。今回使用したファイバーは波長 $2\ \mu\text{m}$ 帯においてシングル横モードであり、共振器の平均分散量を見積もると $D = 30\ \text{ps/km}\cdot\text{nm}$ となった。得られた出力特性を Fig. 2 に示す。最大出力 $227.5\ \text{mW}$ が得られ、その際のスペクトル、時間波形を Fig. 3、Fig. 4 に示す。中心波長は $1931.8\ \text{nm}$ 、スペクトル幅(FWHM)は $11.6\ \text{nm}$ 、繰り返し周波数は $22.7\ \text{MHz}$ 、シングルパルスを仮定するとパルスエネルギーは $10\ \text{nJ}$ のパルスが得られた。ソリトンパルスとしてはエネルギーが高過ぎ、またスペクトルを見るとサイドバンドがなく、典型的なマルチパルスのような構造も現れておらずノイズライクソリトンの特徴と一致する。よって今回得られたパルスはノイズライクソリトンであると思われる。現在、自己相関波形の測定準備を進めている。

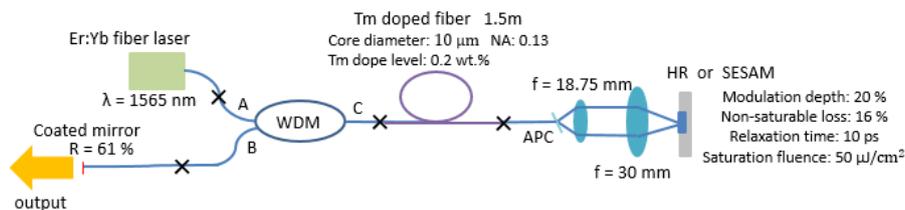


Fig. 1. Noise like soliton mode-lock laser setup

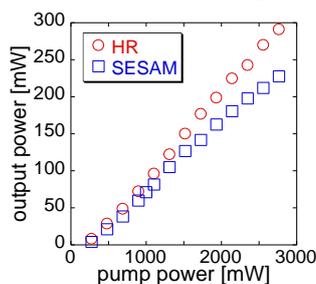


Fig. 2. Power property

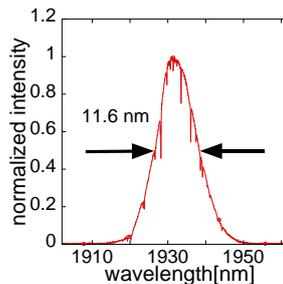


Fig. 3. Spectrum

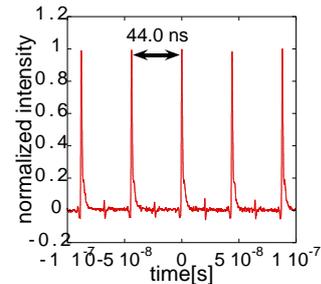


Fig. 4. Pulse train

Reference [1] Jianfeng Li *et al.*, Opt. Express **22**,7875-7882(2014).