

ファイバコム広帯域化のための増幅系の光路分散に関する解析

Dispersion Engineering Analysis of Er-Fiber Based Comb Amplification

° 柏木 謙^{1,2}, 稲場 肇^{1,2} (1. 産総研, 2. JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザ)

° Ken Kashiwagi^{1,2}, Hajime Inaba^{1,2} (1. AIST, 2. JST, ERATO, MINOSHIMA IOS)

E-mail: ken.kashiwagi@aist.go.jp

1. はじめに

モード同期ファイバレーザは全ファイバ型で構成が可能で、高い堅牢性と広い制御帯域を持つ、コムには重要な光源の一つである。エルビウム添加光ファイバ(EDF)を用いたモード同期レーザは、1 オクターブを越えるスペクトル幅を達成するには、通常光源外部で増幅が必要であり、その前後に波長分散の調整が重要である。そして、光増幅器の励起強度が一定であっても、入力側の分散調整量を変更すると増幅後の強度が変化し、増幅強度が最大値となる分散量がスペクトル拡大に最適であることが知られている[1]。しかし、この強度変化のメカニズムは完全には理解されていない。本研究では実験と計算の両面から、このメカニズムを検討したので報告する。

2. 実験系

Fig. 1 に実験系を示す。光源は非線形偏波回転によるモード同期エルビウムファイバレーザであり、発振波長、繰り返し周波数と出力強度がそれぞれ 1564 nm, 43.3 MHz, 1.5 mW であった。この出力は正常分散ファイバ(NDF)により分散補償され、光パルス幅が最短の 160 fs となる地点でプリチャープ用 SMF に入射される。その後、WDM カプラを介して正常分散を持つ EDF に入射し、増幅された後にアイソレータを経て出力される。EDF は前方励起されており、偏波依存性を抑えるため、2 つの励起レーザが偏波合成されている。

3. 実験結果

プリチャープ用 SMF の長さを変えながら増幅後の光パワーを測定した結果を Fig. 2(a)に、この結果を最大パワーで規格化した結果を Fig. 2(b)に示す。また、これらの図には EDF の利得スペクトルを幅 8 THz のガウス関数として計算した、出力 100, 200 mW のシミュレーション結果も併せて示している。増幅率は EDF 中で長手方向に一定とした。実験結果と計算結果は定性的によく一致し、SMF を短くするにつれて、増幅後の強度が僅かに上昇した後に大きく低下している。また、出力が高い程、最大増幅率を示す SMF 長が長くなることも一致している。

Fig. 3 に 100 mW 出力時のパルスの 3 dB スペクトル幅と単位長さあたりの増幅率を EDF の長手方向に対して計算した結果を示す。プリチャープ用 SMF 長さは 1, 4.5, 7.5 m (Fig. 1(a)の A, B, C 点に対応)の結果である。SMF の異常分散によるプリチャープと EDF 中の増幅による自己位相変調(SPM)により、EDF の入射側ではスペクトル圧縮が生じているのがわかる[2]。これにより増幅帯域内となるスペクトル成分の割合が増加し、単位長さあたりの実効的な増幅率が上昇している。SMF 長が 1 m のように短い場合には、EDF の後半で SPM によるスペクトル拡大が顕

著になり、増幅帯域内の成分が少なくなって利得が落ちる。一方、長すぎる場合には、EDF での分散補償が不十分になってしまう。その結果、プリチャープ用 SMF の最適長が現れることが分かった。

本研究は JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザプロジェクト(JPMJER1304)の助成を受けた。

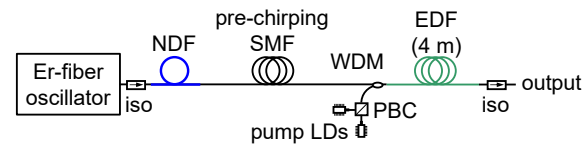


Fig. 1 Experimental setup

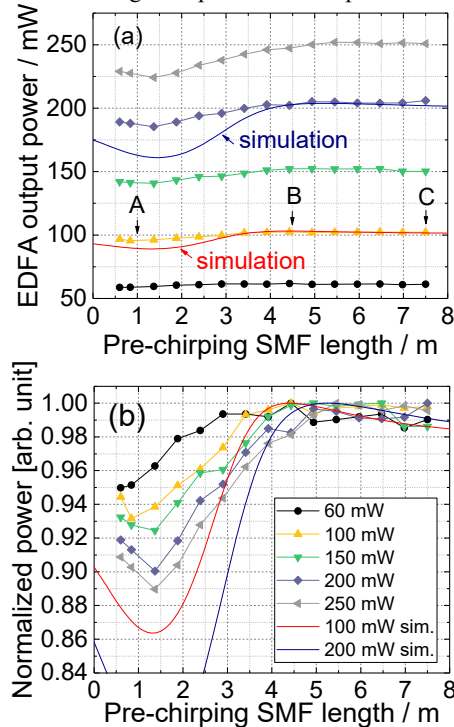


Fig. 2 (a) EDFA output power change by different pre-chirp at several gain levels. (b) normalized power of (a).

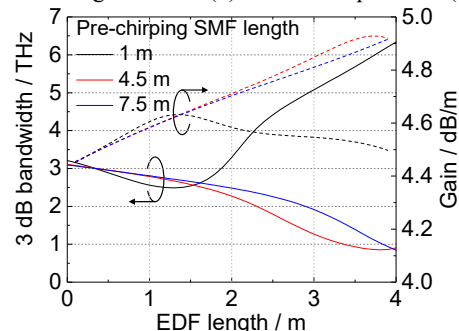


Fig.3 Calculated evolutions of spectral bandwidth and gain along the EDF.

[1] Y. Nakajima, et al., Opt. Commun. 281, 4484–4487 (2008).

[2] S. A. Planas, et al., Opt. Lett. 18, 699 (1993).