

# EDFAの過渡応答現象の解析

赤堀 隼祐 (指導教員 佐藤 憲史)

## 1. 目的

近年急速に発達し、実用化されている光ファイバ通信の長距離伝送では信号をアンプする必要があり、EDFA(Erbium Doped Fiber Amplifier)が広く用いられている。

本研究はEDFAの特性で課題になっている、入力光強度の変動に対する過渡応答の解析と安定化を目標とする。

## 2. EDFAの原理

EDFAの基本回路を図1に示す。

入力信号はポンプレーザから出力される励起光とカップルされてErドープファイバに送られる。ここで増幅されるが、誘導放出の他に自然放出も同時におこるので雑音が発生する。フィルタは雑音をカットする目的で置かれている。

## 3. EDFA利得特性測定

EDFA利得特性測定の実験系を図2に示す。最初に半導体アンプの出力をEDFAに通さないで光スペクトルアナライザで測定した。次にEDFAを通したときの出力を光スペクトルアナライザで測定した。このときポンプレーザ(波長 $0.98\mu\text{m}$ )の出力を18mW、45mWとした。EDFAを通したときのスペクトルと通さないときのスペクトルの差が利得特性となる。利得特性を図3に示す。

図3を見ると、 $1.53\sim 1.56\mu\text{m}$ の間の利得は20dBを越えている。それ以外の範囲は急激に利得が小さくなっているのが分かる。このことからEDFAによって増幅できるのは $1.53\sim 1.56\mu\text{m}$ の波長の光であることが分かる。ポンプレーザの出力が大きいかほど利得は大きくなった。利得 $G(\nu)$ は次のようになる。

$$G(\nu) = \exp[\gamma(\nu)L] \quad L: \text{Erドープファイバの長さ}$$

$$\gamma(\nu) = \frac{(N_2 - N_1)c^2}{8\pi n^2 \nu^2 t_{sp}} g(\nu) \quad N: \text{各準位の占有密度} \quad g(\nu): \text{スペクトル分布}$$

ポンプレーザの出力を上げるとより多く電子が励起されて準位1の占有密度 $N_1$ が小さくなり、準位2の占有密度 $N_2$ が大きくなる。これにより利得が増える。

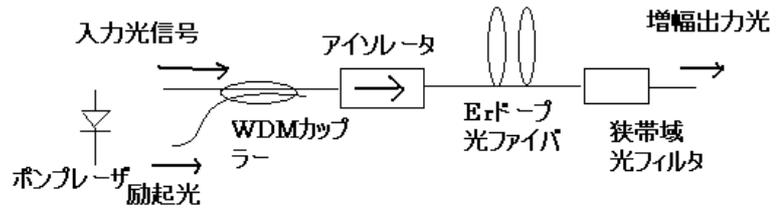


図1 EDFAの構成

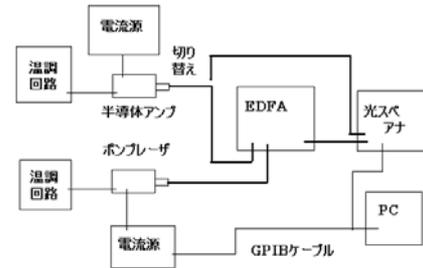


図2 EDFA利得特性測定実験系

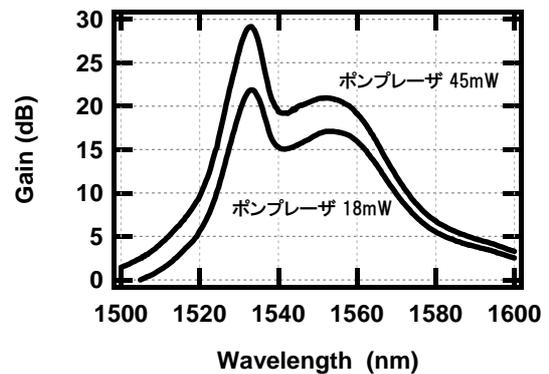
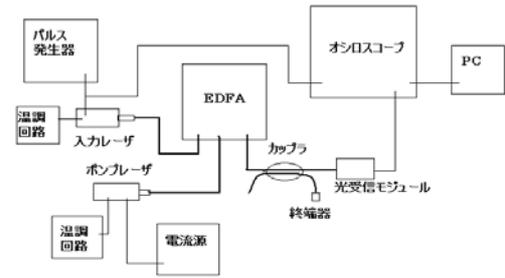


図3 EDFAの利得特性

#### 4. EDFA の過渡応答測定

図 4 に過渡応答測定の実験系を示す。パルス発生器より方形波のパルス電圧を発生させる。このときの周波数は 600Hz とした。パルス電圧を入力光レーザにかけ、パルス光を発生させる。このパルス光を EDFA に通すと過渡応答現象がおきる。この波形を光受信モジュールで受信し、オシロスコープで観察する。



最初に EDFA に通さないでそのまま入力レーザから出力したパルス光をオシロスコープで観察した。これを図 5 に示す。 図 4 過渡応答測定実験系 EDFA にパルス光を流したときの波形を図 6、7 に示す。

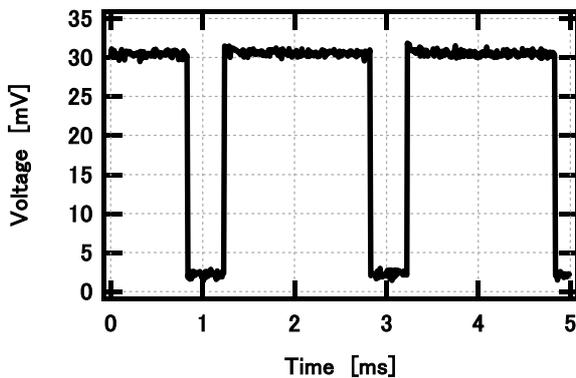


図 5 入力パルス光

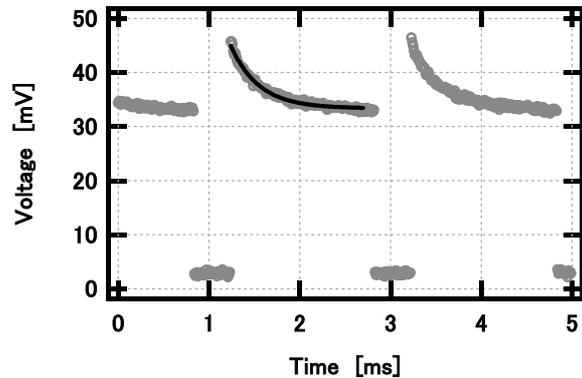


図 6 過渡応答 (ポンプレーザ 9mW)

図 6 はポンプレーザの出力を 9 mW とした時の図である。図 5 と比較すると、過渡応答が起こっていることがわかる。図 7 はポンプレーザの出力を 45mW したときの図である。このとき、出力は光受信モジュールが計測できる範囲を超えてしまう。よって出力を 25dB 小さくした。過渡応答が起きているが図 6 と比較すると過渡現象が速くなっているのがわかる。両者の時定数  $\tau$  をフィッティングにより求める。フィッティングの式は

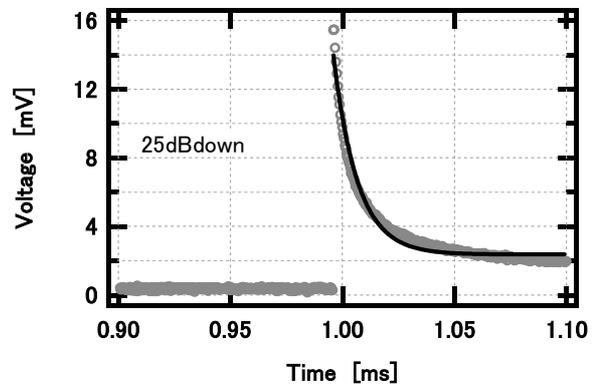


図 7 過渡応答(ポンプレーザ 45mW)

$$V = a + b \exp\left(\frac{t_0 - t}{\tau}\right) \quad t_0 : \text{過渡現象開始時間}$$

となる。図 6 では  $\tau = 300 \mu\text{s}$ 、図 7 は  $\tau = 10 \mu\text{s}$  であった。

これは、ポンプレーザの出力がふえたことにより、ポンプされる電子密度も増える。これにより利得も増えるのだが、過渡応答現象にも影響を与えていると考えられる。

#### 5. 今後の課題

増幅には入力光強度や Er ドープファイバの長さにも関係している。入力光強度を変化させて過渡応答にどのような影響を及ぼすのか調べる。次に Er ドープファイバの長さを変えて計測する。