

平成 18 年度 卒業論文

200GHz 信号用高出力・低分散光増幅器の製作方法の研究

学籍番号 0312026

奥平 将俊

電子工学科 光エレクトロニクス講座

指導教官 上野芳康 助教授

提出日 平成 19 年 2 月 2 日

指導教員印	学科長印

目次

第一章 序論

第二章 研究背景と研究の目的

2.1 研究背景

2.1.1 エルビウム添加ファイバー増幅器(Er-doped Fiber Amplifier,EDFA)

2.1.2 多重器(Multiplexer,MUX)

2.1.3 分散(Dispersion)

2.2 本研究の目的

第三章 EDFA 製作

3.1 全体の構成

3.2 構成部品の選定及び特性測定

3.2.1 Pump-LD 特性測定

3.2.2 分散シフトファイバー(Dispersion Shifted Fiber,DSF)仕様アイソレーター特性測定

3.2.3 EDF の励起光吸収特性測定

3.3 手作り EDFA 特性測定

3.3.1 最大出力、飽和出力パワー、非飽和利得

3.3.2 偏波依存性、増幅自然放出光(Amplifier Spontaneous Emission,ASE)スペクトル

第四章 分散補償

4.1 全体の構成

4.1.1 相互相関計の原理

4.1.2 相互相関波形の補正

4.2 EDFA の分散測定と分散補償

4.2.1 分散測定

4.2.2 分散補償

4.2.3 EDFA の分散値及び SMF,DCF の分散パラメーター

第五章 結論

5.1 EDFA の性能

5.2 EDFA の分散補償

参考文献

第一章 序論

現在、ブロードバンド環境の普及により通信システム上を行き交うデータ量は急増している。(図 1.1)。また、最近では DSL や CATV 利用者の FTTH(Fiber To The Home)への以降が見られるようになってきた(図 1.2)。このままの傾向が続けば、利用者の増加と端末での伝送速度の増加が基幹ネットワークの帯域を圧迫するのは明らかである。

通信速度を改善する方法として波長分割多重(Wavelength Division Multiplexing,WDM)及び光時分割多重(Optical Time Division Multiplexing,OTDM)が盛んに研究され、実用化されてきた。WDM とは 1 波長を 1 チャンネルとして複数の波長チャンネルを多重化することにより全体として通信速度を確保する技術である(図 1.3(a))。一方 OTDM は単一波長チャンネルを時間軸上で多重することによりビットレートを上げる技術のことを指す。(図 1.3(b))

本研究ではゲート研究の基盤となる非常に時間幅の短いパルスを高出力に増幅しつつ、パルス幅の広がりを補償することを目的としている。

研究背景と研究の目的

増大し続ける通信容量を支えるために、近い将来の超高速光通信システムでは短光クロックパルスが必要とされる。そこで、当研究室でも短光クロックパルスを作り出し、そのパルスを使ったゲート動作の挙動を調べたい。

2.1 研究背景

短光クロックパルスを発生させるには短光パルスを作らなければならない。当研究室では MLFL により 2ps 程度のパルスを発生させ、分散減少ファイバー(Dispersion Decreasing Fiber,DDF)と EDFA を用いてパルス圧縮を行い数百 fs 程度のパルスを得ている。

DDF とは波長分散値が長手方向に減少しているファイバーである。DDF にパルスを入射すると非線形光学効果である自己位相変調(Self Phase Modulation,SPM)により、パルス自身を構成する光の波長が変化する。パルスの前縁部の波長は長くなり、後縁部の波長が短くなる。ゼロ分散波長より長波長側を異常分散領域と呼び、短波長側を正常分散領域と呼ぶ。異常分散領域において、波長が長いほど群速度は遅くなり波長が短くなるほど群速度は速くなる。したがって、異常分散領域においてはパルス前縁の波長の短い部分の速度は速く、後縁の波長の長い部分は速度が遅くなりパルスは狭くなる。[1]

パルス強度が高いほど自己位相変調が強くなるため、よりパルス幅を狭くするにはパルス強度を上げればよい。したがって、パルス圧縮を用いて短光パルスを得るには高出力アンプが必要になってくるのである。このようにして数百 fs 程度に圧縮された短光パルスを得る。

次にこの短光パルスを時間軸上で多重する。これを光時分割多重(Optical Time Division Multiplexing,OTDM)と呼ぶ。このとき実際に短光パルスを多重化するのが多重器(Multiplexer,MUX)である。

以上が超高速クロックパルス発生 of 簡単な流れになる。ここで問題になるのが作り出したパルスの質である。本研究では主にパルス幅とパルスエネルギーに着目して評価する。

2.1.1 エルビウム添加ファイバー増幅器(EDFA)

EDFA の原理

EDFA(Er-doped fiber amplifier)とは EDF(Er-doped fiber)を増幅媒体とする光増幅器の一種であり、EDF とはシングルモードファイバーのコア部に集中的に Er を添加した特殊なファイバーである。通常、半導体レーザーを用いて EDF 中の Er を励起することにより反転分布状態を作り出し、Er の持つ電子が元の準位に戻る時 1.55 μm 帯の光が発生する(図 2.1(a),2.1(b))。この時発生する光の位相は信号光のそれと自動的に同期し、この作用により 1.55 μm 帯信号光を増幅するのである。なお励起光源の波長としては様々なものがあるが、代表的なものとして 980nm、1480nm が挙げられる。前者は雑音特性に優れ、後者はパワー変換効率が高いという特徴がある。また、EDFA は半導体光増幅器と比較した場合、高利得が得られ、光雑音が少なく、増幅媒体が光ファイバーなので光ファイバーとの結合損失が小さい。さらに、偏光依存性がないことも重要な特性である。

第五章 結論

5.1 EDFA の性能

最大出力+25.5dBm、飽和出力+23dBm、非飽和利得 38dB の性能を持つ EDFA を製作した。目標出力の+24dBm を上回り、非飽和利得も十分な値が確保できた。

5.2 EDFA の分散補償

EDFA を通る間に広がったパルス幅(186%)を補償し、入力パルスと同程度(104%)までパルス幅を狭くすることができた。十分に分散補償されたと考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたって、実験、セミナーやその他の場面においても様々なご指導をしてくださった上野芳康助教授には深く感謝いたします。実験では坂口さんに多大な時間と労力をかけていただき多くの事を学べたと思っており、大変感謝しております。また、大平さん、中本さんにも発表や論文へのコメントなど多岐にわたってご指導頂き感謝しております。

改めて、上野研の皆様には大変多くの助言、助力をいただけたことに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 佐藤 登”IT 時代を支える光ファイバ技術”社団法人 電子情報通信学会
- [2] 柳沢 一城、”超低分散な高速 OTDM 光多重回路の製作”、電気通信大学 卒業論文、2006 年 3 月
- [3] Govind P.Agrawal”Fiber-Optic Communication Systems second Edition”