

光ファイバーによるスーパーコンティニュームの発生と応用

猿 渡 正 俊

透明な媒質を強い短光パルスで励起すると、放射スペクトルが爆発的に広がるスーパーコンティニューム (SC: super-continuum) が誘起される。SCは三次の非線形光学効果の複合過程で生じるが、高いパルスピークを要するため、これまでは大がかりなレーザー装置による低繰返しの発生に限定されていた。

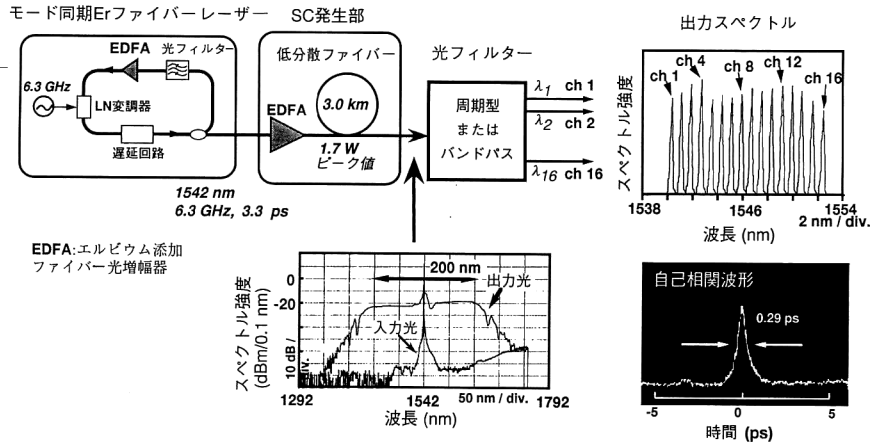


図 1 スーパーコンティニュームの発生系と特性。

本報告では、相互作用

長の大きな単一モード光ファイバーを非線形媒質に、1.5 μm 帯の Er ファイバーレーザーを励起パルスに用いて、比較的低いエネルギーで 200 nm 幅に広がる高繰返しの SC パルス列を発生させた。そして、本 SC の高速性、広帯域性に着目して、波長および時間幅可変のパルス光源として応用した数百ギガ~1 テラビット光伝送技術の一端を紹介する。

1. SC の発生

図 1 に SC の発生系と特性を示す¹⁾。励起にはフーリエ変換制限 (TL) の高速 (~10 GHz) のピコ秒パルス列の得られる高調波モード同期 Er ファイバーレーザー²⁾を用いた。非線形ファイバーは励起波長帯に零分散波長をずらした分散シフトファイバーである。SC のスペクトルは励起波長 1542 nm を中心にして 200 nm 以上連続的に広がる。これを光フィルターで分波すると、切り出された任意の波長で励起パルスと同一繰返し (6.3 GHz) のパルス列が得られる。パルス幅は、SC のコヒーレンス特性によりフィルター幅と形状で調整が可能であり、最小で 0.2 ps が得られている。また周期フィルターを用いると、単一の SC から多数の波長の異なるパル

ス列が切り出され、波長多重光源として利用できる。

2. 超高速光通信への応用

図 2 は SC の短パルス性を利用して 6.3 Gbit/s から光時分割多重 (光 TDM) により 200 および 400 Gbit/s の光パルス列を発生させた例である。波形の観測は、和周波光発生を使った光サンプリング法³⁾を用いており、SC パルスの利用により 1 ps 以下の時間分解能が得られ、数百ギガビットの変調パターンが観測できている。

光 TDM 伝送を実現するには、受信側で多重化前の低速の光信号に分離する全光 DEMUX 技術と、伝送されたパルスの到着時間のゆらぎに同期した信号を発生するタイミング抽出技術が不可欠になる。現在、SC による 1 ps 以下の光パルスをゲート等に使用することで、500 Gbit/s の DEMUX 動作⁴⁾や 400 Gbit/s の PLL 動作⁵⁾が実現している。伝送実験としては、この光 TDM 技術を使用して、200 Gbit/s の 100 km 伝送、400 Gbit/s の 40 km 伝送に成功した⁶⁾。

図 3 は SC の多波長性を利用して、光 TDM に波長多重 (WDM) を重ねた併用方式であり、10 波多重で総容量 1 Tbit/s 伝送を実現した⁷⁾。送信側では 10 GHz の SC パルスを 400 GHz 周期のアレイ導波路格子フィルター (AWG 1) で多数の波長 (チャンネル) に分波し、そ

¹⁾ NTT 光ネットワークシステム研究所 (〒238-03 横須賀市武 1-2356)

れらを第2のフィルター：AWG2で合波している。変調は実験系の都合でWDM多重後にまとめて行った。各波長の10 Gbit/s変調光は、いずれも光MUXで10倍の100 Gbit/sに多重される。そして広帯域の光ファイバー増幅器で10波が共通増幅され、総容量1 Tbit/sの信号となって伝送用光ファイバーに送出される。受信側ではまず各波長ごとに分波された後、前述の光TDM分離回路を通して元の10 Gbit/sに分離され、光-電気

変換系に導かれる。以上の系で10波とも符号誤りなく伝送することが確認され、1 Tbit/s伝送の可能性が実証された。

以上、光ファイバーを使用したSCの特性と、その高速性、短パルス性、波長選択性を活用した超高速光通信への応用を紹介した。本SCのスペクトルは1.5 μm 帯で200 nmの範囲をカバーしており、光通信のみならず近赤外の広帯域光源として新たな応用も期待できる。

文 献

- 1) K. Mori, T. Morioka, H. Takara and M. Saruwatari: Optical Amplifiers and Their Applications (OAA) '93, MD11 (1993).
- 2) H. Takara, S. Kawanishi and M. Saruwatari: Electron. Lett., **29** (1993) 1149-1150.
- 3) 高良秀彦, 川西悟基, 盛岡敏夫, 猿渡正俊: 電子情報通信学会光通信システム研究会, OCS 95-2 (1995).
- 4) T. Morioka, H. Takara, S. Kawanishi, T. Kitoh and M. Saruwatari: Electron. Lett., **32** (1996) 833-834.
- 5) O. Kamatani and S. Kawanishi: IEEE Photonics Technol. Lett. **8** (1996) 1094-1096.
- 6) S. Kawanishi, H. Takara, T. Morioka, O. Kamatani, K. Takiguchi, T. Kitoh and M. Saruwatari: Electron. Lett., **32** (1996) 916-918.
- 7) T. Morioka, H. Takara, S. Kawanishi, O. Kamatani, K. Takiguchi, K. Uchiyama, M. Saruwatari, H. Takahashi, M. Yamada, T. Kanamori and H. Ono: Electron. Lett., **32** (1996) 906-907.

(1996年10月8日受理)

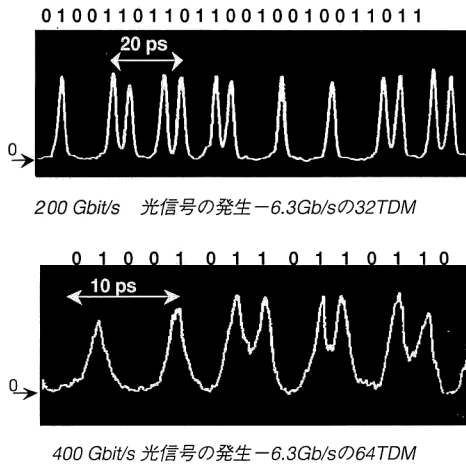


図 2 超高速光信号の発生と光サンプリングによる観測。

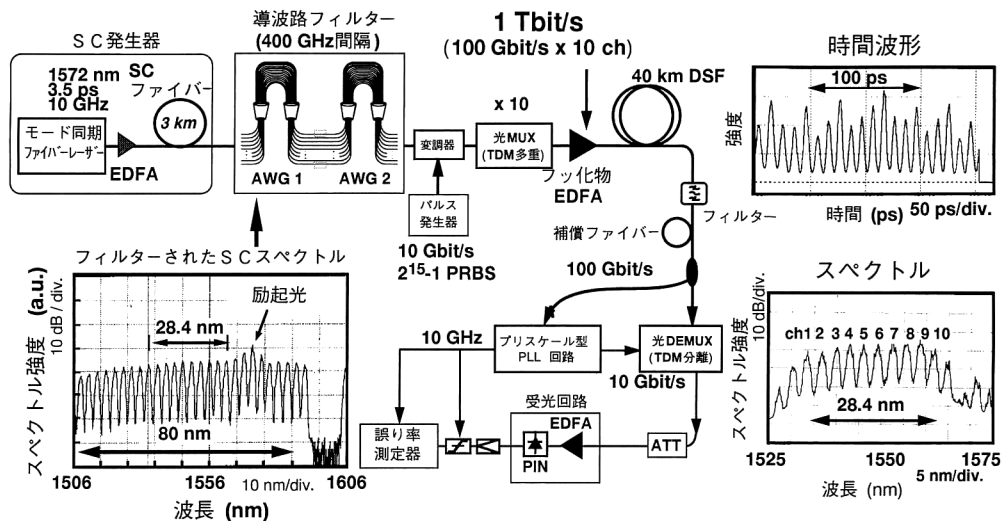


図 3 1 Tbit/s 光 TDM/WDM 伝送実験。