# 鋸歯状光パルスを用いた全光型波長変換 All Optical Wavelength Conversion Using Optical Saw-Tooth Pulse 農工大院工, <sup>0</sup>長谷川梓, 柏木謙, 黒川隆志

Tokyo Univ. of Agri. and Tech., <sup>°</sup>Azusa Hasegawa, Ken Kashiwagi, Takashi Kurokawa E-mail: kkash@cc.tuat.ac.jp

### 1. はじめに

光ファイバ通信はデータ通信容量の要求に応え、急 速に発展している。更なる高速化のために、ネットワ ークノードでは全光ルーティングの必要性が増してお り、そこでは信号衝突を避けるために高速な波長スイ ッチングが要求される。代表的な波長変換の手法に四 光波混合が挙げられるが、波長変換速度が変換に用い るポンプ光の波長スイッチング速度に制限され[1]、ま た波長変換効率が低かった。本研究では相互位相変調 (XPM)誘起のサイドバンドをフィルタでカットし信 号光の波長変換形を得る方法を検討する。XPM を用い た方法では、通常のガウシアンパルスの他に[2] 郷歯状 波形を利用する手法も提案されたが、そのような形状 のパルスを精確に生成することが困難であった。

本稿では光パルスシンセサイザ(OPS)を用いて精密 な鋸歯状パルスを生成し XPM を利用して全光型波長 変換を行ったので報告する。

2. 鋸歯状光パルスによる波長変換の原理

光ファイバ中での XPM による位相変調量 $\phi_{XPM}$ は、  $\phi_{XPM} = 2\gamma P(t)L$  (1) で与えられる。ここで、 $\gamma$ はファイバの非線形定数、 Lはファイバ長、P(t)は制御光の強度波形である。XPM による周波数変化は位相を時間微分して

$$\Delta f = \frac{1}{2\pi} \frac{d\phi_{\rm XPM}}{dt} = \frac{\gamma L}{\pi} \frac{dP(t)}{dt}$$
(2)

と表せる。このように波長変換量は制御光の強度波形 の傾きに比例し、傾きが正の場合は長波長側に、負の 場合は低波長側に信号が変換される。式(2)より、HNLF の非線形定数が大きく長さが長く、制御光のピークパ ワーが高く幅が細いほど波長変換量は大きくなる。鋸 歯状波形は一定の傾きをもつため信号光の全体にわた って一定の波長変換量が得られ、Gaussian 型のように 傾きが常に変化するパルスと比べ、スペクトル密度が 大きくパワーの大きい変換光を得ることが出来る。

### 3. 実験系

信号光を CW 光として波長変換の実験を行った。実 験系を Fig.1 に示す。単一周波数の光を 2 台の LN 位相 変調器で位相変調することで光周波数コムを発生させ る。この光周波数コムをアレイ導波路、強度変調器、 位相変調器から成る光パルスシンセサイザ(チャネル 数 30, 周波数間隔 12.5 GHz)に入射する。入射光をア レイ導波路で周波数成分ごとに分離し、それぞれに強 度変調、位相変調をかけてパルスを合成する。強度変 調は光スペクトラムアナライザで強度スペクトルを観 測しながら変調を行う。位相は帯域 500 GHz の光サン プリングオシロスコープで時間波形を観測しながら、 遺伝的アルゴリズムを用いて目標波形となるように位 相スペクトルを最適化する。このような手順により XPM で制御パルスとして用いる鋸歯状波形を発生さ せる。発生させた鋸歯状波形は高出力光ファイバ増幅 器で増幅し、これと波長可変レーザからのCW光を9:1 カプラで合波した後、高非線形ファイバに伝播させる ことで波長変換を行った。

#### 4. 実験結果

制御光は半値幅が 6 ps で立ち上がり、立下り時間が 各 8,4 ps の非対称三角波とした。Fig.2(a)は生成した制 御光の時間波形、(b)はスペクトルを示している。 Fig.2(a)(b)より、強度スペクトルは目標の6ps 非対称三 角波のスペクトルと中心付近でほぼ一致し、時間波形 も目標に近いものとなった。制御光は平均パワー24 dBm, ピークパワー3.27 W とし信号光は-5.8 dBm に設 定した。また、中心波長は信号光、制御光それぞれ 1553 nm、1541 nm とした。これらの2つの光を零分散波長 1555 nm、長さ100 m、非線形定数 30 /W/km の HNLF に伝播させた時に観測されたスペクトルを Fig.2(c)に 示す。信号光より 1.5 nm 長波長側と 2.8 nm 低波長側 に変換光スペクトルを確認することができた。制御光 は信号光を時間的に一部切り出すため、理論的に変換 光は矩形波となる。実際変換光のスペクトルは矩形波 のF変換形である sinc 関数とよく一致し、原理通りの XPM による波長変換を確認することができた。

本研究は SCOPE 若手 ICT 研究者等育成型研究開発 (122103012)の支援による。





Fig.2 Control pulse (a) waveform, (b) spectrum, (c) XPM broadened spectrum.

## 参考文献

[1] K. Tanizawa, et al., Opt. Lett. 35(18), 3039, 2010.

[2] Y. Jianjun, et al., IEEE Photonic. Lett, 13(8), 833, 2001.