

# 半導体光増幅器に光加速作用を加えた複素スペクトル合成方式全光ゲートの強度・位相フィルタプロファイル設計

## Filter-profile designs for semiconductor-based spectrum-synthesizer-type all-optical gates in optical-acceleration scheme

電通大<sup>1</sup>, 情通機構<sup>2</sup>, 山本輝<sup>1</sup>, 坂野将太<sup>1</sup>, 吉川恵太<sup>1</sup>, 速水竜之介<sup>1</sup>,  
小林雅和<sup>1</sup>, 品田聡<sup>2</sup>, 和田尚也<sup>2</sup>, 上野芳康<sup>1</sup>

Univ. of Electro-Communications<sup>1</sup>, NICT<sup>2</sup>, Akira Yamamoto<sup>1</sup>, Shota Sakano<sup>1</sup>, Keita Yoshikawa<sup>1</sup>,  
Ryunosuke Hayami<sup>1</sup>, Masakazu Kobayashi<sup>1</sup>, Satoshi Shinada<sup>2</sup>, Naoya Wada<sup>2</sup>, Yoshiyasu Ueno<sup>1</sup>,  
E-mail: ueno@ee.uec.ac.jp

### 1. 序論

半導体光増幅器(SOA)を含む全光ゲートは、超高速光通信に必要な波長分割多重方式を実現する装置として期待されており、既に複素光スペクトル合成器(OSS)を利用する全光ゲート(OSS-Gate)方式が提案され、その有効性が示されている<sup>[1,2]</sup>。一般に、SOAを利用する全光ゲートの動作周波数限界はSOAのキャリア緩和時間に依存し、キャリア緩和時間を短縮する方法として、SOAへ入力する連続光(cw)強度を高めていくことで光加速効果を利用する方法がある<sup>[3]</sup>。光加速効果が遅延干渉型などの全光ゲートの出力波形へ与える影響は既に多数報告されている<sup>[4]</sup>。本研究では、光加速を利用したOSS-Gate方式の出力波形特性を検証したて報告する。

### 2. 光加速効果の観測実験

パルス光源(MLLD、繰り返し周波数: 10 GHz、波長: 1550 nm、時間幅: 2.7-3.0 ps) から出力したパルスとレーザ光源から出力した cw 光 (波長: 1545 nm) を SOA モジュール (応用光電研究室社製注入電流 100 mA) に同時に入射した。SOA 内で相互利得変調 (XGM) と相互位相変調 (XPM) を受けた cw 光のみを、5 nm 帯域幅のフィルタにより透過して観測した。まず、光加速効果の起きる cw 強度を決めるために、cw 光強度を-30 dBm から+5 dBm まで徐々に強めていき、非線形位相シフト量、時間波形を測定した。このとき、パルスを 80 GHz まで多重化した場合についても同様に測定した。入力パルス強度は本予稿内すべての実験で 40 fJ/pulse に平均強度を観測しながら調整した。SOA へ cw 光のみを入れた場合の信号利得特性と合わせて結果を図 1 に示す。第 1 緩和時定数は cw 強度+5 dBm のときに最も短く実測値で 25 ps、-10 dBm のとき 45 ps であった。第 2 緩和時定数はモデルを用いたフィッティングでそれぞれ 8 ps, 4 ps であると見積もった。

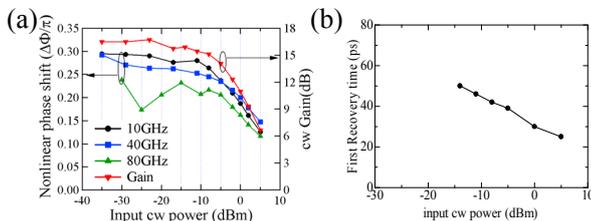


図 1 入力 cw 光強度による光加速作用

(a) 非線形位相シフト量と利得 (b) 第 1 緩和時定数  
cw 光強度が-10 dBm を超えると NPS が減少するとともに、緩和時定数が短縮していくことがわかる。これは SOA が飽和し、定常状態でのキャリア密度が低下しており光加速効果が表れ始めていることを示している。この結果より、光加速効果を利用できる cw 強度として+5 dBm を選択し、非加速状態を-10 dBm とした。

### 3. OSS-Gate 実験構成・実験結果

OSS-Gate の実験構成を図 2 に示す。MLLD(時間幅: 2.7-3.0 ps) の出力を光時分割多重器 (MUX) で 80 GHz

に多重し、cw 光と同時に SOA へ入射した。変調を受けた cw 光のみを、5 nm 帯域幅のフィルタにより透過し、帯域可変スペクトルシェイパ(VBS)に入射した。本研究では、前回発表と同様なオプトクエスト社製 VBS を用いて、複素スペクトル制御実験を積み重ねた。VBS は最大強度消光比: +40 dB、最大位相制御量:  $2\pi$ 、周波数分解能: 10 GHz の性能を有している。

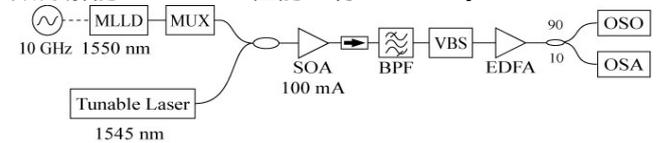


図 2 実験構成 BPF: Band Pass Filter, OSO: Optical Sampling Oscilloscope, OSA: Optical Spectrum Analyzer, VBS: Variable Bandwidth Spectrum Shaper

cw 強度を+5 dBm として、VBS にあらかじめ用意したモデルに沿ったプロファイル<sup>[1,2]</sup>を施して出力波形を観測した。このときのスペクトルの各ピーク間の強度比を保ちながら、cw 強度を徐々に弱めていき波形の変形を観測した。結果を図 3 に示す。

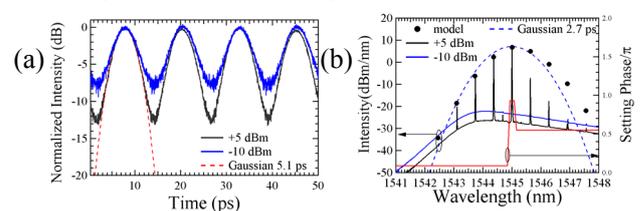


図 3 出力波形

(a) 時間波形 (b) 光スペクトルと位相プロファイル

80 GHz クロック波長変換において、最大で消光比 12 dB、パルス幅 5.1 ps のパルスを得た。cw 強度を弱めていくと消光比の低下とともに、波形の立ち上がり、立下り部に歪が見られ、パルス幅が広がっていくことがわかる。cw 強度を弱めると消光比が低下する主な原因は第 1 緩和時定数の低下である。波形歪の原因は光加速の強度を弱めたことで SOA 内部のキャリア密度の定常状態が変わり、出力光の位相スペクトルを変動させているためであると推測している。

### 4. 結論

SOA の光加速作用を利用した OSS-Gate 方式で繰り返し周波数 80 GHz の波長変換を検証した。cw 強度が弱まると波形歪が発生したことから、光加速効果を用いた OSS-Gate を行う場合には位相プロファイルの調整が必要であることがわかった。今後は、モデルとの違いを調査し、強度・位相制御の設計手法を開発していく予定である。

### 引用文献

- [1] Y. Ueno et al., Optics Express **14**, 2006, 12655.
- [2] T. Nishida et al., LEOS 2009, TuB4, 143.
- [3] R. J. Manning et al., Opt. Lett. **19**, 889-991, (1994).
- [4] J. Sakaguchi et al., Jpn. J. Appl. Phys. **47**, 9, 7182-7189, (2008).