

系外惑星探査のための広帯域マルチギガヘルツコムの発生 Generation of broadband multi-gigahertz-spaced frequency comb for exoplanet finder

農工大院工¹, 国立天文台², 東大院理³

○奥山康志¹, 柏木 謙¹, 黒川隆志^{2,1}, 小谷隆行², 西川 淳², 田村元秀^{3,2}

Tokyo Univ. of A & T.¹, NAOJ², The University of Tokyo³,

○Y. Okuyama¹, K. Kashiwagi¹, T. Kurokawa^{2,1}, T. Kotani², J. Nishikawa², M. Tamura^{3,2}

E-mail: 50013645106@st.tuat.ac.jp

1. はじめに

系外惑星探査のためのドップラー分光装置では、1 MHz 以下の周波数精度を得るために、周波数の「ものさし」となるコム光源が必要となる。我々は、光パルスシンセサイザと高非線形ファイバ (HNF) を用いて 12.5 GHz の広いモード間隔をもつスーパーコンティニューム (SC) 光の生成技術を開発してきた[1-2]。この広いモード間隔の SC 光 (マルチギガヘルツコムとよぶ) は分光器の分解能の数倍のモード間隔をもつため、個々のモードを分光器によって分解できる。1 m/s の速度を検出するため 0.1 MHz オーダーの高い周波数安定性が求められる。

この天文分光への応用に向けて、大気窓である Y-band (970~1100 nm), J-band (1200~1300 nm), H-band (1500~1750 nm) の波長帯をカバーすることが求められ、これまでモード間隔 12.5 GHz、帯域幅 1200~1700 nm, J, H-Band をカバーするコム発生に成功している[3]。今回、1070~1700 nm の帯域幅に及ぶコム生成に成功し、J, Hに加えて Y-Band をカバーすることができたので報告する。

2. マルチギガヘルツコムの生成実験系

実験系を Fig.1 に示す。周波数安定化半導体レーザー (中心波長: 1549 nm, 周波数安定度: 20 kHz) からの出射光を LN 位相変調器に入射して、12.5 GHz 間隔、51 本の種コム光を生成した。これを光パルスシンセサイザ (OPS) に入射してピコ秒パルスを生じた。OPS はアレイ導波路格子、強度変調器、位相変調器が石英光回路に集積された構造である[4]。OPS で生成したピコ秒パルスは高繰り返し率のため、広帯域のコムを発生するにはピークパワーが不足している。そこで、パルスの平均パワーを 2 段 EDFA で 36 dBm まで増幅した。変調不安定性によって HNF で発生する雑音を抑制するため、帯域通過光フィルタ (BPF) と Fabry-Perot フィルタ (フィネス: 200) を導入した。さらに、HNF と標準単一モードファイバ (SMF) からなるパルス圧縮器でピークパワーを増大し、このパルスを連続接続した 2 種の HNF に入射した。初段の HNF はゼロ分散波長 1430 nm、2 段目の HNF はゼロ分散波長 1334 nm で、非線形定数はともに約 25 /W/km (@1550 nm) であった。

3. 実験結果

OPS で Gaussian パルス (半値幅 4.08 ps) を合成し、パルス圧縮器で 0.23 ps まで圧縮した (Fig. 2)。この圧縮パルスを HNF に入射し、1070~1700 nm に広がる SC 光を発生させた。光スペクトラムアナライザで観測した SC 光のスペクトルを Fig.3 に示す。1080, 1300, 1650 nm 帯の拡大スペクトルからわかるように、十分なコントラストをもって各モードが分離しているのが観測される。Fig.3 (a) 中の赤の曲線はシミュレーション結果である。このように実験結果とよく一致し、これよりパルスのピークパワーは 500W 程度と推測された。

4. まとめ

1070~1700 nm に渡る広帯域のマルチギガヘルツコムを生成した。Y, J, H-Band をカバーし、それぞれの波長で 20 dB 程度のコントラストが確認できた。

本研究は科研費 (22000005, 23360029) の助成による。

参考文献

- [1] S. Choi et al., JJAP, 48, 09LF01-1-6, 2009.
- [2] K. Kashiwagi, et al., CLEO 2013, no.CTu11.1, 11th Jun. 2013.
- [3] 奥山康志他, 第 61 回春季応用物理学会, 17p-D1-2.
- [4] K. Mandai et al., IEEE Photon. Technol. Lett., 18, 679-681, 2006.

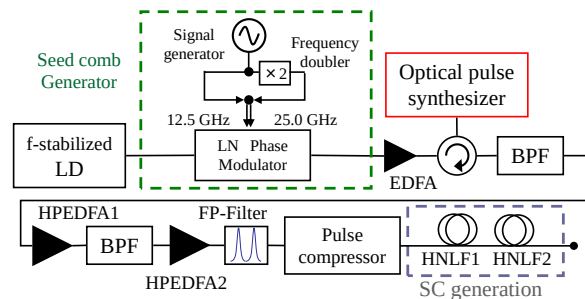


Fig. 1 Experimental setup for multi-GHz-spaced frequency comb generation.

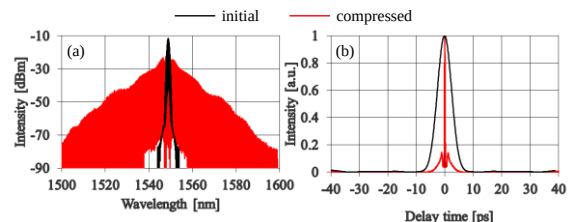


Fig. 2 Pump pulse before and after compression. (a) power spectra and (b) autocorrelation waveforms.

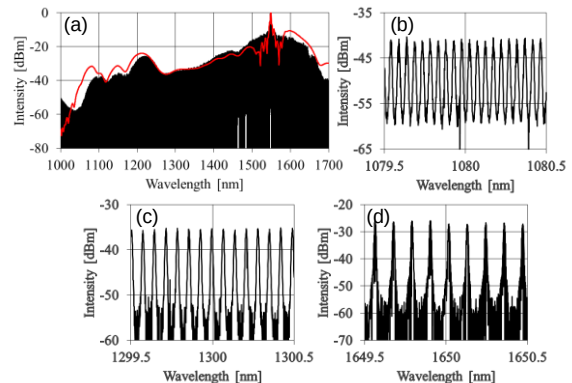


Fig. 3 Generated comb spectra. The red line shows a simulation result.

(a) wide view, and magnified view around (b) 1080, (c) 1300 and (d) 1650 nm.