単層カーボンナノチューブを用いた全偏波保持ファイバレーザー光周波数コム光源の開発

All polarization-maintaining fiber laser-based optical frequency comb using SWNT

○冨樫 泉洸[1]，長池 健[1]，金 磊[1]，榊原 陽一[2]，面田 恵美子[2]，片浦 弘道[2]，
小関 泰之[3]，西澤 典彦[1] (1. 名大院工，2. 産総研，3. 東大工)
○M.Togashi[1], T.Nagaike[1], L.Jin[1], Y.Sakakibara[2], E.Omoda[2], H.Kataura[2],
Y.Ozeki[3], and N.Nishizawa[1] (1. Nagoya Univ., 2. AIST, 3. The Univ. of Tokyo)
Email: togashi.motohiro@g.mbox.nagoya-u.ac.jp

はじめに：ファイバレーザーを用いた光周波数コムは，小型・安定でほぼメンテナンスフリーといった特徴を持つ実用的なコム光源として期待されている．しかし，通常の光ファイバは曲げや捻り，温度変化などの外乱により伝搬する光の偏光状態が変化し，出力特性が不安定になるという問題がある．本研究では，安定・小型な実用的な光周波数コムを実現するため，単層カーボンナノチューブ(SWNT)を用いた超短パルスファイバレーザーをベースとした，偏波保持型の光周波数コム光源を開発し，f_{rep} 及び f_{ceo}(carrier envelope offset frequency)の安定化制御を行った．

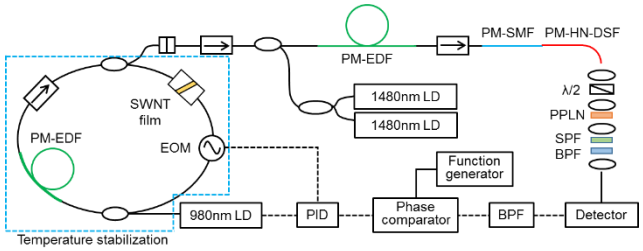

Fig. 1 Experimental setup for locking f_{rep} and f_{ceo}.

実験と結果：本研究の実験系を Fig.1 に示す．はじめに，SWNT を用いた繰り返し周波数 46 MHz，全分散値 -2.72×10^{-2} ps^2 の全偏波保持超短パルスファイバレーザーからの種光をシミラリトン増幅した．次に，増幅されたパルスを偏波保持シングルモードファイバで分散補償し，偏波保持高非線形分散シフトファイバに入射することにより平均出力 170 mW，波長 1.0~2.2 μm の 1 オクターブ以上に広がるスーパーコンティニューム光を生成した．この SC 光を周期分極反転ニオブ酸リチウム(PPLN)結晶を用いた $f-2f$ 干渉計に入射することで f_{ceo} を観測した．Fig.2 に観測した RF スペクトルを示す．励起光強度を最適化した際には，フリーラン時の f_{ceo} の線幅が 7 kHz という結果が得られ，時間的に安定な振る舞いを示した．次に，バンドパスフィルタ，位相検出回路，PID 回路を用いて安定化制御を行った．ファイバレーザーの EOM にフィードバックをかけ，共振器長を変化させることで f_{rep} を安定化した(Fig.3)．また，LD により強度変調をかけることで f_{ceo} も安定化した．その結果，Fig.4 に示すように f_{ceo} は線幅が 1 Hz 以下に狭窄化され，位相同期による安定化を達成した．

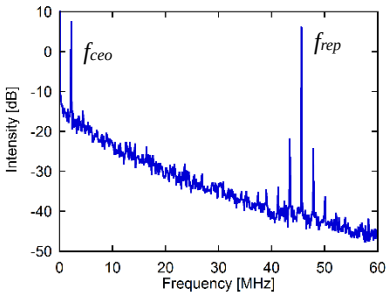

Fig. 2 RF spectrum of f_{ceo} and f_{rep}.

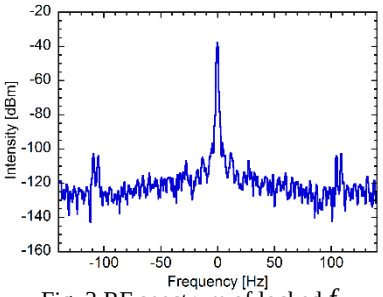

Fig. 3 RF spectrum of locked f_{rep}.

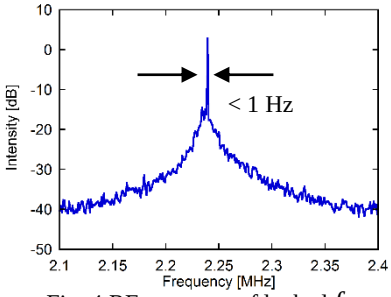

Fig. 4 RF spectrum of locked f_{ceo}.

参考文献：[1]E. Baumann, et al., Opt. Lett. 34(5), 638–640 (2009)

© 2016年 応用物理学会