

周波数間隔可変広帯域光コムを用いた高速干渉計測法

High-speed interferometry using frequency spacing tunable broadband optical comb

新潟大工¹, AMED-CREST, AMED², 農工大工³, 新潟大医⁴

○崔 森悦^{1,2}, 大和田 悠斗¹, 鈴木 孝昌¹, 田中 洋介³, 日比野 浩^{2,4}

Faculty of Eng., Niigata Univ.¹, AMED-CREST, AMED², TUAT³, School of Medicine, Niigata Univ.⁴

○Samuel Choi^{1,2}, Yuto Ohwada¹, Takamasa Suzuk¹, Yosuke Tanaka³, Hiroshi Hibino⁴

E-mail: schoi@eng.niigata-u.ac.jp

1. はじめに

近年、光計測手法を用いて生体断層内の高速で微小な振動を検出し、生体の様々な動きをメカノバイオロジーの観点から解明しようとする要求が高まっている。周波数領域の光コヒーレンストモグラフィ (FD-OCT) は、干渉スペクトルからドップラー位相を抽出することで断層と共に nm 領域の微小な振動や変位を検出することが出来る。しかし、スペクトル領域 (SD-) OCT の場合は、分光器のイメージセンサーのフレームレート (一般に 100 kHz 程度) 以下にサンプリングレートが制限される。また、Swept source (SS-) OCT は FDML (Fourier domain mode-locked laser) などの高速波長掃引によって MHz オーダーのスキャンレートを達成しているが、FFP-TF (Fiber Fabry-Perot Tunable Filter) の駆動速度が掃引の律速となる。

一方、我々は、in-vivo 内耳振動計測を目指し、広視野ヘテロダイン検波技術を導入した多波長走査型干渉顕微鏡を提案、生体内の 23 kHz のナノ振動様態を計測している^[1]。しかし、この手法は干渉の差周波数成分を利用する間接的な検波であるため、高速なリアルタイム計測や過渡的な動きを捉える事は出来ない。

本研究では、電子的制御が可能な位相変調器を用いた光コム干渉法^[2]に着目し、低コヒーレンス干渉計測において 1MHz の深さ方向スキャンレートを達成した。本手法は、光変調器を駆動する 10 GHz 帯の RF 信号の全電気光学的な周波数変調を利用するため、機械的可動部無しに MHz オーダーの高速で正確な深さ方向スキャンが可能である。

2. 実験方法

Fig.1(a)に実験系を示す。まず、1.5 μ m 帯波長可変レーザ (AQ2201, Yokogawa) と dual-drive Mach-Zehnder modulator system (OFCG-PS-1550, Sevensix)^[3]を用いて 8 GHz 間隔のフラットな光コム (時間領域では、パルス幅約 4ps の光パルス) を生成した。次に、高出力 EDFA (BKtel Photonics)により 33 dBm まで増幅し、200m の高非線形分散シフトファイバー (NL1016-B, YOFC) の伝搬によって 1520nm から 1580nm まで光コムの帯域を広げた。広帯域コムの干渉ピ

ーク半値全幅は約 50 μ m となった。サーキュレータから出射されたビームをフィゾー型の共通光路干渉計に入射し、干渉板からの反射と、干渉板から約 93.7 mm 離れた位置にある平面ミラーからの反射による光コムの高次干渉 (実験では 5 次) をバランスド検出器とオシロスコープで観測した。

3. 実験結果及び検討

RF信号発生器(MG3691A, Anritsu)から 8 GHz を中心に ± 20 MHz の周波数変調を 1 μ s 周期で施した信号を光変調器へ印加し、1MHz のスキャンレートを達成した(Fig. 1(b))。深さ方向のスキャン量は干渉次数に比例し、実験では約 234.2 μ m であった。対照的コム間隔掃引特有のフリッジの無い干渉ピーク^[2]が得られることを確認した。以上の結果から、本システムは断層像と併せて数 100kHz 帯の振動や変位をリアルタイムで検出可能なことが示された。

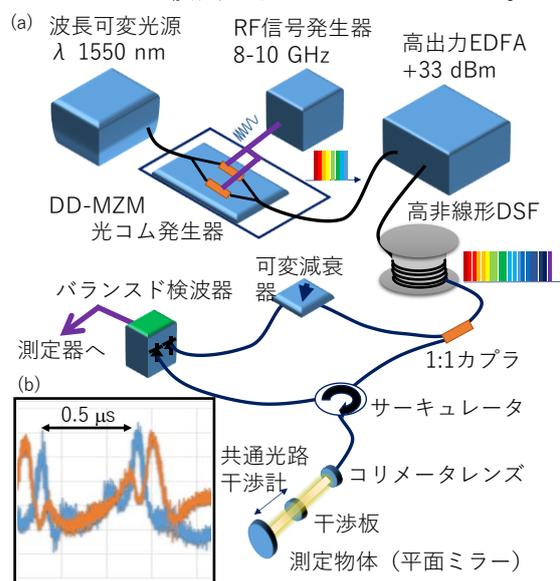


Fig.1 Experimental setup, (a) Interferometric measurement system with frequency spacing tunable broadband optical comb, (b) 1MHz periodic interference signals detected by an oscilloscope at 0.1 mm different position of the mirror.

参考文献

- [1] S. Choi, et. al., Biomed. Opt. Exp. **7**, 3317-3342 (2019).
- [2] S. Choi, et. al., Appl. Phys. Exp., **6**, 106601-5 (2013).
- [3] T. Sakamoto, et. al., Opt. Lett. **32**, 1515-1517 (2007).

謝辞 本研究は、AMED-CREST 及び科研費 (19H02151) によって行われた。