ファイバー光コム共振器の外乱/RF 周波数変換機能を用いたひずみ計測に関する基礎研究

Strain measurement based on disturbance/RF frequency conversion in fiber optical comb cavity

徳島大 [1], 電通大 [2], JST-ERATO[3], 京都府立医大 [4]
○小倉 隆志 [1], 中嶋 善晶 [2,3], 山岡 禎久 [4], 美濃島 薫 [2,3], 安井 武史 [1,3]
Univ. Tokushima[1], UEC[2], JST-ERATO[3], Kyoto Pref. Univ. Med.[4]
○T. Ogura[1], Y. Nakajima[2,3], Y. Yamaoka[4], K. Minoshima[2,3], T. Yasui[1,3]
E-mail: ogura@femto.me.tokushima-u.ac.jp http://femto.me.tokushima-u.ac.jp/

光コムを用いた光周波数測定[1]が初めて報告されて以降、光コムは瞬く間に光周波数計測や分光計測の分野に拡がり、2005 年のノーベル物理学賞に繋がった。これは、光コムの極限的光源としての特徴が、それまでの常識を大きく打ち破ったからである。しかし、光応用計測における光コムの可能性は未だ十分には開拓されていない。ここで、光コム共振器独自の『外乱/RF 周波数変換機能』を利用すれば、様々な物理量を、RF 周波数に変換することが可能になる。周波数は極めて高精度計測が可能な物理量であるので、このアプローチにより光コム応用計測の新展開が期待できる。本発表では、光音響イメージング[2]への応用展開をにらみ、測定物理量としてひずみを取り上げ、静的ひずみに対するレーザー繰返し周波数の応答特性を評価した。さらに、光音響イメージングで求められる水中環境測定に対するレーザー繰返し周波数の安定性を評価した。

図 1 に実験セットアップを示す。リング型エルビウムドープモード同期ファイバーレーザーの繰り返し周波数 f_{rep}[Hz]は、光速を c[m/s]、共振器長を L[m]、ファイバーの屈折率を n とすると、$f_{rep}= c/nL$ となる。式より、外的な要因によって n や L が変化すると、その変化に応じて f_{rep} も変化する。f_{rep} は RF 帯の信号なので、周波数カウンタを用いて高精度な計測が可能である．したがって、f_{rep} の変化量から n や L の変化量を高精度に計測することができる。

実験では、f_{rep}=40.7240MHz の共振器を用いた。まず、シングルモードファイバー(SMF)の一部を温度調節箱から取り出し、30cm をステージに固定した。そして、ステージに取り付けたマイクロメータを操作することにより、SMF に既知のひずみを与え、f_{rep} の変化を計測した。与えたひずみ量と周波数変化の結果を図 2(a)に示す。図 2(a)において、ひずみ感度は 37.55Hz/με、線形相関関数 R=0.99991 であった。また、音響波センサーへの応用を鑑み、水中での周波数安定性を評価した。評価はステージに固定した SMF30cm を水中(17℃)に沈めた場合と、そうでない場合(室温 19℃)とを比較した。比較結果を図 2(b)に示す。従来とほぼ同等の結果となり、水中でも利用可能と言える。

今後は、音響波ひずみ（動的ひずみ）の計測を目指し、共振器構成の最適化を行う。

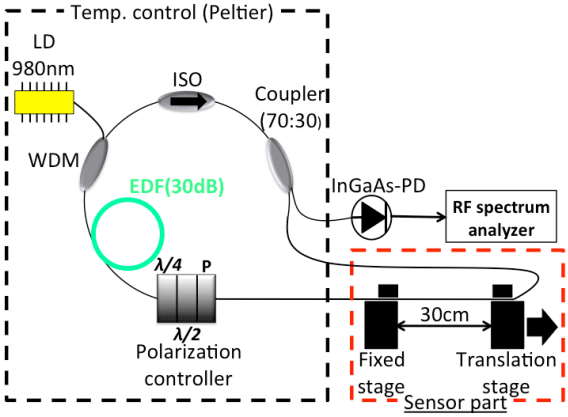
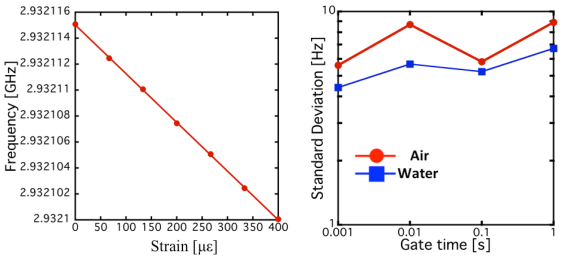


Fig.1. Experimental setup



(a) (b)

Fig.2. (a) Experimental result. (b) Frequency stability.

[1] *Phys.Rev.Lett.* **84**, 5102-5105(2000)
[2] *Science* **335**, 1458-1462(2012).

© 2015年 応用物理学会