デュアル屈折率センシング光コム

Dual refractive-index-sensing optical comb

徳島大院¹,徳島大ホ^{*} スト LED 7ォトニクス研究所²,高知工科大³,電通大⁴,東邦大⁵
^O(D2)麻植凌¹,南川丈夫²,田上周路³,楠美友悟⁴,中嶋善晶^{4,5},美濃島薫^{2,4},安井武史²
Tokushima Univ.¹, pLED, Tokushima Univ.², Kochi Univ. Tech.³, Univ. Electro-Commun.⁴, Toho Univ.⁵

^OR. Oe¹, T. Minamikawa², S. Taue³, Y. Kusumi⁴, Y. Nakajima^{4,5}, K. Minoshima^{2,4}, and T. Yasui²

E-mail: oe@femto.me.tokushima-u.ac.jp

http://femto.me.tokushima-u.ac.jp

屈折率は液体濃度計測など工業的用途に加 え、生体計測や分子同定など多岐に渡るセンシ ング領域で重要とされており、測定精度の向上 が求められている。自由空間系およびファイバ ー系を含む光学的手法は、屈折率依存型光スペ クトルシフトを計測するが、光スペクトルディ ップ(あるいはピーク)の幅や分光器性能が屈 折率測定精度を制限していた。

光コムのモード光周波数とモード間隔(RF 周波数)はリンクしているので、光周波数信号 を間接的に RF 周波数として読み出すことが出 来る。我々はファイバー屈折率センサーとファ イバー型光コム共振器を組み合わせた RF 読み 取り型屈折率センシング光コムを提案した[1]。 光コムスペクトルを光検出器で検出した場合、 スペクトル間ビートスペクトルが RF帯で立ち 並ぶコム形状スペクトル(RF コム)として観 測されるため、屈折率依存性の光周波数シフト が RF 周波数シフトに変換できる。この性質を 利用することで、RF 計測に基づく屈折率計測 の高精度を実現した。一方、ファイバー光コム 共振器の温度変動による RF スペクトルの周波 数シフトが、良好な測定再現性を妨げていた。

歪みゲージでは、アクティブゲージと同使用 で歪みが印加されないダミーゲージを用いて、 温度補償が行われる。このような考えを屈折率 センシング光コムに導入すると、上述の問題は 解消できると考えられる。これまでに、機械的 共有による全偏波保持型デュアルコムファイ バレーザー光源が報告され、良好な結果が得ら れている[2]。本発表では、この概念を屈折率 センシング光コムに拡張して、有用性の評価を 行った。 図 1 に実験系を示す。リニア型モード同期 Er ファイバーレーザー共振器を二つ製作し、 同一のアルミ製箱内に配置した。また、共振器 内ファイバーコネクタを介して、一方には SMF(thorlabs, SMF-28)を、他方には MMI フ ァイバー屈折率センサー[3]を接続した。 1.5µm 帯でのモード同期発振を確認し、繰返し 周波数はそれぞれ、 f_{rep1} = 46.59MHz(センサ ーなし)、 f_{rep2} = 38.93MHz(センサーあり)で あり差周波数 Δf_{rep} =7.66MHz であった。

図 2 に液体サンプルの屈折率変化に伴う繰返し周波数 f_{rep1} 、 f_{rep2} および差周波数 Δf_{rep} の周波数シフトを示す。サンプルには水/グリセリン水溶液 (グリセリン濃度:0、10、20、30、40 wt%)を用いた。各濃度で 20 分以上測定したのち、サンプルを入れ替えて測定した。まず、共振器内センサーの有無に関わらず、温度依存型シフトが f_{rep1} と f_{rep2} で確認された(数+Hz程度)。また、センサー有りでは、温度依存型 f_{rep1} シフトに、屈折率(濃度)依存型 f_{rep1} シフトが重畳していた。一方、両者の差周波を取ると、温度依存型 f_{rep1} シフトが明確に確認できた。2020年第 2 回特別研究員奨励費の助成を得た(科研番号 20J15467)。

[1] R. Oe *et al.*, Opt. Express **26**,19694-19706 (2018).

[2] 楠美他、「機械共有による全偏波保持型デ ュアルコムファイバレーザー光源の相対線幅」, OPJ2019 予稿集, 3pE1 (2019).

[3] S. Taue *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **51**, 04DG14 (2012).



Fig.1 Experimental setup

Fig.2 Results of frequency measurement. (a) Absolute frequency f_{rep1}, f_{rep2} and (b) relative frequency $\Delta f_{rep} (= f_{rep1} - f_{rep2})$