透過型光コム分光顕微鏡の位相安定性の改善

Improvement of phase stability for transmission optical frequency comb spectroscopic microscope

○(M2)大谷圭史郎 [1], 南川丈夫 [1,2], 中野祥太 [1], 長谷栄治 [2], 安井武史 [1,2],

[1] 徳島大院創成, [2] 徳島大 pLED

Keishirou Ootani[1], Takeo Minamikawa[1,2], Shota Nakano[1], Eiji Hase[2], Takeshi Yasui[1,2]

Grad. Sch. Sci. Tech. [1]., pLED[2], Tokushima Univ.

E-mail: ootani@femto.me.tokushima-u.ac.jp http://femto.me.tokushima-u.ac.jp/

光学顕微鏡は生物学および医学の分野を中心に，組織，細胞の理解や解析のために広く使われている．従来の光学顕微鏡では，光の強度または位相のどちらか一方の情報のみを議論し，そこからサンプルの形状や機能の解析を行ってきた．しかし，強度と位相を同時に計測することで，屈折率や厚さなどの光とサンプルのより詳細な相互作用の解析や，光学顕微鏡の高機能化を実現できる．我々は，光コムを用いた新たな光学顕微鏡の構築を行い，レーザー走査を必要としないスキャンレス型光コム顕微鏡[1,2]や，レーザー集光による高感度性と光の強度と位相の分光情報の同時取得が可能なレーザー走査型光コム分光顕微鏡の開発を行ってきた[3]．本研究では，透過配置での測定を行うため光学系を改良し、透過型光コム顕微鏡の位相安定性の改善を行った．

Fig. 1 に実験のセットアップを示す．Er ファイバー光コム（Comb 1; n_c = 1560 nm, Δn = 20 nm, f_{rep} = 100 MHz）から出力された光は，対物レンズを通過して試料に集光した．サンプルを透過した光はビームスプリッター（BS）で他の光コム（Comb 2; Δf_{rep} = 688 Hz）と干渉させることで，サンプルの情報を反映した時間波形（インターフェログラム）をデュアルコム分光法により取得した．この時，光源や光学系に起因する位相ノイズの影響を低減するため，リファレンスミラーからの信号と試料からの信号を同時に取得した．これにより位相ノイズを相対的に低減でき，位相安定性が向上する．得られたインターフェログラムをフーリエ変換することで，サンプル情報を反映した強度および位相スペクトル得ることができる．また，サンプルを 2 次元的に走査することで，サンプルの空間情報の取得を行った．開発した透過型光コム顕微鏡で得た半透明なカプトンテープを貼付したカバーガラスの 2 次元強度イメージおよび位相イメージを Fig. 2 に示す．この結果から，高い位相安定性を有する透過型光コム顕微鏡を構築でき，試料の透過率（振幅画像）と屈折率（位相画像）に由来する情報を同時計測が可能であることが明らかになった．

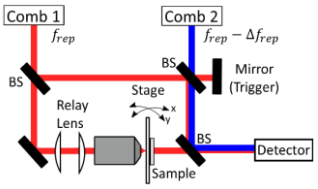

Fig. 1 Optical setup of scanning dual-comb microscope.

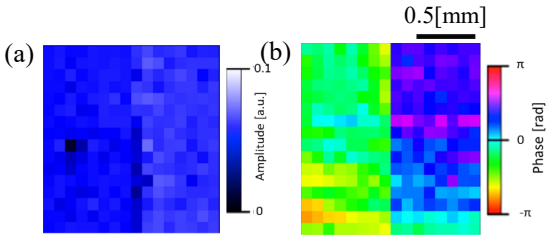

Fig. 2 Scanning dual-comb microscope imaging. (a) Amplitude image. (b) Phase image.

[1] E. Hase *et al*, "Scan-less confocal phase imaging based on dual-comb microscopy," *Optica*, **5**, 634 (2018).

[2] K. Shibuya *et al*, "Scan-less hyperspectral dual-comb single-pixel-imaging in both amplitude and phase," *Opt. Express*, **25**, 21947, (2017).

[3] 大谷 他, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 16a-Z08-9, (2021)