

SMMF FF OCM による位相画像測定 of 検討IV

Study on phase imaging measurement using SMMF FF OCM IV

山形大学¹, 東京農工大学² ○(D) 江藤 魁¹, 増田純平¹, 阿部宏之¹, 西館 泉², 佐藤 学¹

Yamagata Univ.¹, Tokyo Univ. of Agriculture and Technology²,

○Kai Eto¹, Junpei Masuta¹, Hiroyuki Abe¹, Izumi Nishidate², Manabu Sato¹,

E-mail: msato@yz.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

近年, OCT(optical coherence tomography)は, 眼科をはじめ様々な臨床応用がなされ, その応用が拡大している. 一方, 数 mm 以上深い部位の直接測定は困難であり, 様々なニードル型プローブが研究されている. 我々は, 低侵襲性, 小型・シンプルさ, 信頼性, 汎用性を考慮して, 光通信用のマルチモードファイバーに着目し, 生体組織深部イメージングへの応用を検討してきた. 今までに, SMMF の結像や偏光解消などの基礎特性や, 長さ 7.4mm, 直径 125 μ m の SMMF を FF OCM に用いて, *in vivo* ラット脳深部の三次元断層画像測定を報告してきた[1]. 今回, SMMF FF OCM の応用拡大に向け, 位相画像測定について安定化法を検討したので報告する.

2. 実験方法

SMMF FF OCM 実験系は図 1 (a)に示すように二次元マイケルソン干渉計で, 信号光路の対物レンズに長さ 7.33mm の SMMF を固定している. まず, 図 1 (b)に示す信号光路には, SMMF と BS の間に厚さ 140 μ m のカバーガラスを光路の左半分に入れ, SMMF 端面(基準面)とガラス面(G 面)で同時に干渉させる. この条件は, $d = t(n_c - 1)/n_s$ であり, ここで, t と n_c はカバーガラスの厚さと屈折率, d は基準面から G 面までの距離, n_s は空気中の屈折率である. 次に, 基準面での位相の測定値を位相の測定画像から引くことにより, 位相画像から装置の位相揺らぎ成分を低減し, 位相画像の質の向上が期待される. さらに, 圧電素子(PZT)で G 面を光軸方向に動かして変位を与えた時の位相変化を測定した.

3. 実験結果

空気中で基準面と G 面とで同時に干渉する条件は $d = 70\mu\text{m}$ と計算され, 測定値 76.5 μm にほぼ一致した. サンプルを高分子フィルム(PF)に変えた場合, $d = 43\mu\text{m}$ と計算され, 測定値 44 μm にほぼ一致した. OCM 画像, 位相画像を 5 枚平均で 500 枚ずつ測定した結果を図 2(a),(b)に示す. 同図(a)は SMMF 端面と PF 面の分離した OCM 画像であり, 同図(b)は対応する分離した位相画像である. 同図(b)の A, B 点における位相の時間変化と B から A の位相を引いた位相差の時間変化を同図(c)に示す. A と B 点の位相変化は相関が見られ, A, B 点での位相と位相差の標準偏差はそれぞれ 14.6, 13.1, 5.65 $^\circ$ となり, 標準偏差の約 40% への減少により差分による安定性の向上が確認された. PZT を用いて G 面を光軸方向に変位を与えた時の位相変化と印加電圧の関係それぞれ図 3(a),(b)に示す. PZT にオフセット電圧 20.0V をかけた状態から 0.5V 刻みで 23.0V まで電圧を加えて G 面に変位を与えた. PZT に加える電圧の増加と共に位相の変化値も増加する傾向が得られ, PZT に 0.5V 加えた時, 14.0 $^\circ$ (15.2nm)の変位が確認された.

4. まとめ

SMMF を用いた FF OCM において, SMMF 端面を位相の基準として位相画像から差分することにより, 測定領域での位相画像の安定性の向上が確認できた. また, PZT で変位を与えた時, 最小の位相変化 14.0 $^\circ$ (15.2nm)が確認できた. 今後, さらに精度との検討が必要である.

謝辞: この研究の一部は JSPS 科研費 18K12051 の助成を受けている. また, 研究支援に関して

(株)フジクラハイオプト 桑木伸夫氏, (株)フジクラ 光応用技術 R&D センター愛川和彦氏に感謝する.

参考文献

[1] M.Sato, K. Eto, J. Masuta, K. Inoue, R. Kurotani, H. Abe, I. Nishidate, Appl. Sci., **9**(2), 216 (2019)

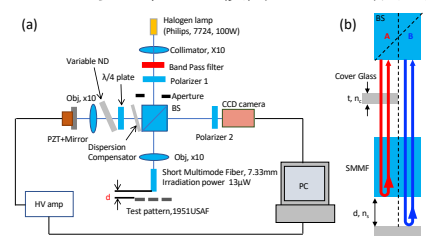


Figure 1 (a) Experimental setup; (b) Signal path of (a).

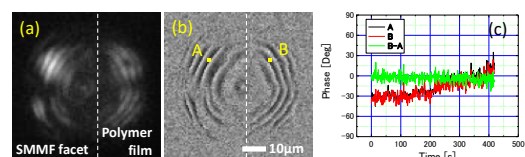


Figure 2 (a) OCM image of SMMF facet and polymer film surface with averaging of 5; (b) Phase image of (a); (c) Time variations at A and B and of difference between A and B.

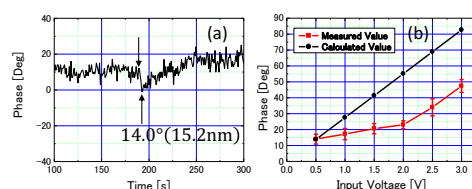


Figure 3 (a) Time variation of phase with added 0.5V to PZT; (b) Phase variation dependence on input voltage, error bar and plot are standard deviation and average value, respectively.