

熱光学位相シフタ内蔵型高速平面導波路デジタルホログラフィック顕微鏡

Preliminary experiment of high-speed Planar Lightwave Circuit Digital Holographic Microscope with thermo-optical phase shifter

電気通信大学¹, 岡本研究所², ○(B)仲間一貴¹, (M1)五味英晃¹, (M2)児玉周太郎¹,
岡本勝就², 渡邊恵理子¹

The University of Electro-Communications¹, Okamoto Laboratory²,

○Kazutaka Nakma¹, Hideaki Gomi¹, Shutaro Kodama¹, Katsunari Okamoto² and Eriko Watanabe¹

E-mail: phase@fourier.ghrdp.uec.ac.jp

1. はじめに

デジタルホログラフィック顕微鏡 (Digital Holographic Microscope : DHM)^[1]は微小物体の振幅情報と定量位相情報を測定可能な技術であるが、光学系が大型化になるという課題があった。我々は装置の超小型化と位相シフト高速化のため、熱光学位相シフタ内蔵型高速平面導波路デジタルホログラフィック顕微鏡 (high-speed Planar Lightwave Circuit Digital Holographic Microscope with thermo-optical phase shifter: 高速 PLC-DHM)を開発した。この高速 PLC-DHMは PLC にヒーターを内蔵することで従来の PLC-DHM^[2]より位相シフト時間が大幅に短縮できる。本研究では、高速 PLC-DHM による動画取得を行ったので報告する。

2. 高速 PLC-DHM による動画取得

高速 PLC-DHM はレーザ等(本稿では LD, 632.8 nm, 40 mW)を光源とし、平面導波路内で物体光と参照光に分波し、端面からの出射光を点光源とすることで、対物レンズを必要せず DHM を実現できる。また、撮像素子で記録された干渉縞を位相シフト法と光波伝搬計算によって再生像を取得する。

Figure 1 は PLC の概略図と断面図を示している。PLC は 4 層構造であり、1 層目は導波路、2 層目から 4 層目はヒーターや電極で構成される位相シフタである。導波路上に Cr の薄膜ヒーターと配線、Au の電極と配線が蒸着されている。電極から電流を流すと Au の配線上を伝いヒーター部分に達する。電流は Cr の薄膜ヒーターに流れることで熱され、熱光学効果^[3]で参照光を高速に位相シフトされる。位相シフタが PLC に内蔵されている

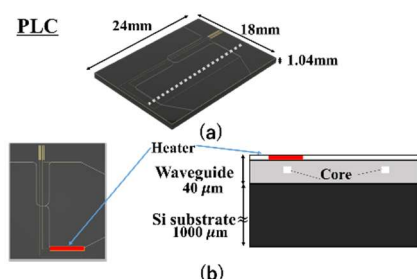


Fig. 1 (a) Schematic diagram of PLC, (b) Cross section of PLC

Table 1 Specification of high-speed PLC-DHM

CMOS	Pixel Numbers /pixel	2048×1536
	Pixel Size /μm	3.45
	Frame rate /fps	119
PLC-DHM	PLC size/ mm	24 ×18 ×1.04
	Phase shift cycle time /ms	10
	Frame rate of reconstructed image /fps	25
	Spatial Resolution / um	1.2

ことで高効率な熱光学効果を得られるため 2.5 ms で 2π の位相変調が可能である。

Table 1 に高速 PLC-DHM の仕様を示す。本システムで動画再構成時間のボトルネックとなるデバイスは CMOS のフレームレート 119 fps である。そのため、PLC-DHM における干渉縞取得のフレームレートは 100 fps と設定し、それに伴い位相シフト間隔は 10 ms とした。4 段階位相シフトの時間は 4 フレームで 40 ms となり、再構成動画のフレームレートは 25 fps となる。また、PLC のヒーターに流す電流と CMOS とのトリガー制御を行うことで、CMOS の持つ高速性をほぼ最大まで活かすことが可能である。ここで、相対位相差 $\pi/2$ の干渉縞 4 枚を連続して 1 セットとして再構成すると、前後フレーム約 ± 20 ms にて平均化されることになるが 4 段階位相シフトによる時間遅延を抑えた動画取得できる。この手法では、平均化が施されているものの 100 fps にて連続した再構成動画取得できる。発表時には再構成動画を動画にて紹介する予定である。

3. まとめ

本研究では PLC にヒーターを内蔵した高速 PLC-DHM を開発し、動画取得を実証した。今後はマルチスペクトル化による再構成動画取得を行う。

謝辞: 本研究の一部は自動車等機械工業振興補助事業(JKA)の研究の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] J. W. Goodman, et al. Appl. Phys. Lett. **11** 77(1967).
- [2] K. Inomoto, et al. Jpn J. Appl. Phys. **58** SKKC01(2019).
- [3] K. Okamoto, et al. Opt. Lett. **35** 2103(2010).