

平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡での定量位相イメージング

Quantitative phase imaging with digital holographic microscope based on planar lightwave circuit

電気通信大学¹, 岡本研究所² ○(B) 井元克駿¹, 佐竹宏基¹, 池田佳奈美¹, 岡本勝就², 渡邊恵理子¹

The University of electro-communications¹, Okamoto Laboratory²

○Katsutoshi Inomoto¹, Hiroki Satake¹, Kanami Ikeda¹, Katsunari Okamoto², Eriko Watanabe¹

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

1. はじめに

我々はサンプルの拡大用対物レンズを用いることなく対象物体の拡大再生像を得ることが可能なインライン型のデジタルホログラフィック顕微鏡を開発してきた^[1]。さらに、その原理を利用し、超小型化が可能な平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡 (PLC-DHM: Digital Holographic Microscope based on Planar Lightwave Circuit) を提案し、その有効性を確認してきている^{[2][3]}。

本研究では、PLC-DHM において、強度分布と位相分布を正確に取得するための光学系設計、熱光学効果による位相シフト法の改善等を実施し、定量位相イメージングに成功したので報告する。

2. 原理

PLC-DHM の実験光学系を Fig. 1 に示す。光源には波長 632.8 nm の He-Ne レーザーを使用し、偏波面保持ファイバを通して光導波路に入射させ、光導波路内で物体光と参照光に分波させる。平面導波路から出射した物体光はサンプルに照射され、ビームスプリッタを介して参照光と干渉させ、撮像素子面での干渉縞を記録する。取得した干渉縞を利用して位相シフト法により再生像を取得する。

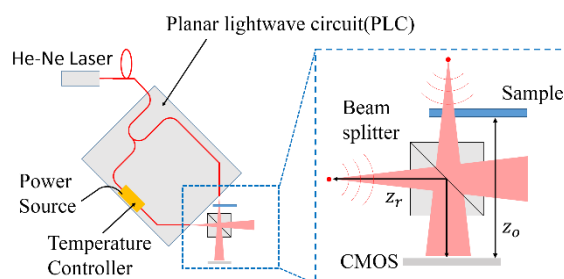


Fig. 1 PLC-DHM setup

インライン型の光学系の場合、再生光である 1 次光と、0 次光、-1 次光が重なるため再生像の画質が劣化してしまう欠点がある。PLC-DHM では熱光学効果を用いることで位相シフトを制御^[4]し、相対位相差を与え、参照光の位相をシフトさせる。撮像素子で複数枚の干渉縞画像を取得し、計算機上で処理することで取得したい 1 次光の再生像のみを再生する。サンプルの強度分布と位相分布を同時に正確に取得するには $Z = N(\delta x)^2 / \lambda$ のサンプリング条件を満たす必要がある。ここで N

と δx は撮像素子のサンプル数とピクセルサイズ、 λ は使用している光源の波長である。 Z は計算機上で再生する伝搬距離であり式(1)で与えられる。

$$Z = -\left(\frac{1}{z_o} - \frac{1}{z_r}\right)^{-1} \quad (1)$$

z_r は参照光源から撮像素子面までの距離、 z_o はサンプルから撮像素子面までの距離である。式(1)のサンプリング条件を満たす z_r と z_o を正確に光学系に再現できるように設計した。また位相シフト量の高精度取得処理を組み込んだ。

3. 定量位相イメージングの実験結果

直径 100 μm 、屈折率 1.5 のビーズを、屈折率 1.4700 のマッチングオイルに浸した試料を観察した。Fig. 2 にビーズを再構成した強度像と位相像を示す。Fig. 3 に位相アンラッピング処理を行ったビーズの定量位相像を示す。ビーズの理論位相像とほぼ等しい位相像であることを確認した。

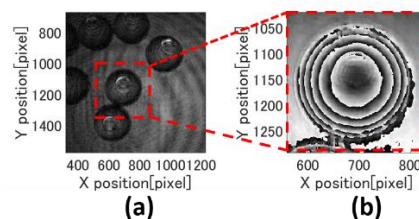


Fig. 2 Reconstructed (a) intensity image and (b) phase image

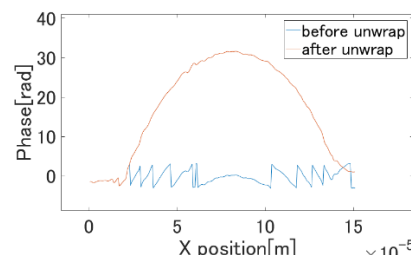


Fig. 3 Cross-section of Fig. 2-(b)

4. まとめ

平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡での定量位相イメージングが可能であることを示した。

参考文献

- [1] E. Watanabe, et al. Opt. Rev. **22**, 342C(2015).
- [2] 渡邊恵理子, 他 特願 20154055(光学測定装置).
- [3] K. Ikeda, et al. OSA. paper DTh11.2 (2016).
- [4] K. Okamoto, et al. Opt.lett. **35**, 2103(2010).