シングルピクセル回折位相顕微鏡の提案

Proposal of a single-pixel diffraction phase microscopy

徳島大院 ⁰荒木 洋之, 澁谷 九輝, 岩田 哲郎

Graduate school of Tokushima University °Hiroyuki Araki, Kyuki Shibuya, and Tetsuo Iwata

E-mail: c501732008@tokushima-u.ac.jp Web: http://www.me.tokushima-u.ac.jp/lightlab

1. はじめに

位相物体のイメージングは生体細胞や透明な光学薄膜の検査に不可欠である.そのため従来から,位相差顕微鏡 や微分干渉顕微鏡などが広く用いられてきた.しかし,位相測定の定量性に欠ける.そのため,これまでに干渉 計と組み合わせた定量位相イメージング法がいくつか提案されているが,最近の傾向として共通光路型干渉計方 式の装置が特に着目されている.その中の一つに回折位相顕微鏡 (diffraction phase microscopy: DPM) [1]がある. DPM は既存の光学顕微鏡にモジュールとして容易に組み込むことができる.機械的駆動部がなく,外乱にさほど 影響されず,試料を染色する必要がないため,生細胞の動的観察に用いられている[2].しかし,光の利用効率が 低いため,高輝度光源や高感度カメラを必要とする.我々は,そのような DPM に微弱光下でのイメージングが可 能なシングルピクセルイメージング (SPI) 法との併用を試みる[3]. SPI では,高速かつ高感度な光検出器を用い ることができるだけでなく,空間多重化による画質向上も期待できる[4].さらに,必要に応じてロックイン検出 法を導入し SN 比の向上を図ることもできる.本報告では,シングルピクセル回折位相顕微鏡 (SPI-DPM)の提案 と原理検証実験の結果を示す.

2. シングルピクセル回折位相顕微鏡

図1に SPI-DPM システムのブロック図を表す. SPI-DPM システムは照明系, 倒立顕微鏡 (ECLIPSE Ts2; Nikon), ロックイン検出部で構成 される. 光源には中心波長 550 nm の高輝度 LED を用いた. 試料面上での照明光の空間コヒーレ ノスを確保するため, 光源の像を φ1=200 μm の 開口に結像させた. 試料の像は IP1, ついで IP2 に形成されるが, さらにリレーレンズにより IP3 上に結像させ、そこに透過型回折格子 (G; 300 lines/mm) を配置した. Gからの回折光のうち, +1 次光は \$2=50 µm のピンホールを透過させ 参照光とした. そうして周波数フィルタリング した+1 次光と 0 次光は、4f 光学系により IP4 に 干渉縞を形成する.本実験では,そこにデジタ ルミラーデバイス (DMD; LightCrafter) を配置 し、干渉縞を空間的にアダマールパターンで変 調し, 光電子増倍管 (PMT; H6780-01) に導入し た. PMT の出力はサンプル直前に配置したチョ ッパーに同期してロックイン検出した



試料からの干渉像は, PMT からの時系列出力信号に対して逆アダマール変換を施すことにより再構成できる. 最終的にフーリエ変換法[5]により定量位相像を算出した.

3. 透明薄膜の定量位相イメージング

原理検証のための試料として、ガラス基板上に成膜された 透明薄膜電極の一つである酸化インジウムスズ (ITO) 薄 膜を用いた. 膜厚は 100~160 nm, 屈折率は 1.89 (λ=550 nm) [6]である. 図 2(a)に試料の明視野像を,(b)に SPI-DPM システムで取得した干渉縞を,(c)に干渉縞にフーリエ変換 法を用いて取得した定量位相像を,(d)にその x 断面の平均 位相を示す.(c)および(d)より,ITOの構造が確認でき,ガ ラス基盤とITO薄膜の平均定量位相差は約1 rad.となった. その値が妥当であるか確認するため,試料の膜厚および屈 折率から定量位相を算出し,実験値と比較した.結果とし て,算出した位相が 1.01~1.62 rad.となったため,実験で 取得した定量位相の値が妥当であることが確認できた.

参考文献

- [1] G. Popescu, et al., Opt. Lett. **31**, 775 (2006).
- [2] Y. K. Park, et al., Opt. Express 14, 8263 (2006).
- [3] W. K. Pratt, et al., *Proc. IEEE* **57**, 58 (1969).
- [4] K. Shibuya, et al., *Opt. Rev.* **22**, 897 (2015).
- [5] M. Takeda, et al. *JosA* **72**, 156 (1982).
- [6] J. A. Woollam et al., *Thin solid films* **241**, 44 (1994).



図2SPI-DPM システムで取得した干渉縞および定量位相像