

2차원 공간 간섭계 시스템을 이용한 정량적 위상 현미경

Quantitative phase microscopy using two-dimensional spatial interference system

이승라, 이지용, W.Z. Yang, 이장혁, 김덕영
 광주과학기술원 정보기전공학부
joseph05@gist.ac.kr

1. 서론

위상차 현미경(Phase contrast microscopy)과 미분 간섭 현미경(Differential interference contrast microscopy)은 살아있는 시료를 염색 없이 관찰 할 수 있다는 점에서 생물학과 의학 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 그러나 이 현미경들은 세포관찰에 있어 세포의 정량적 정보를 제공하는데 어려움이 있다. 이러한 한계를 극복하고자 간섭계를 이용한 정량적 위상 현미경 기술이 최근 많이 연구되고 있다.

본 논문은 2차원 공간 간섭계를 이용한 정량적 위상 현미경 시스템을 제안한다. 제안된 위상현미경은 획득된 단일 공간 간섭무늬로부터 2-D Hilbert 변환알고리즘을 이용하여 전 영역의 위상 이미지를 획득한다.

2. 본론

본 실험 장치는 기본적으로 off-axis 마이켈슨형 간섭계와 2D Hilbert 변환알고리즘을 이용한 위상추출법을 이용한다. 광원으로는 532nm의 DPSS(Diode pumped solide state) 레이저와 고속 간섭무늬 획득을 위해 초당 200 frame 이미지 측정이 가능한 CCD(480×640)카메라를 사용하였다.

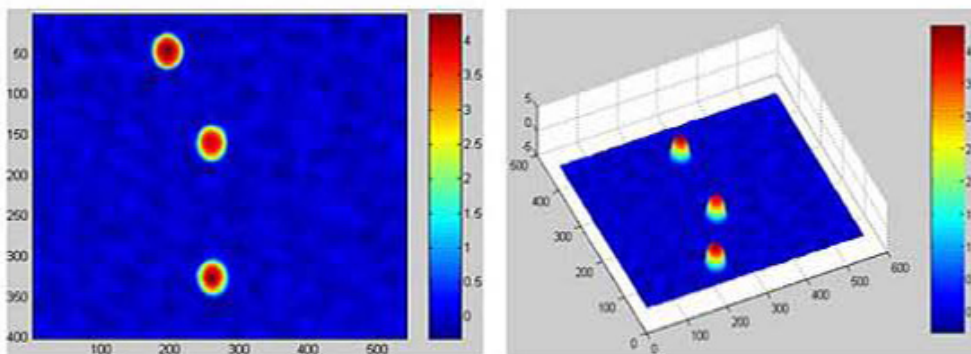


그림 1. Polystyrene bead 위상 이미지

그림 1은 유전체구(Polystyrene bead)의 위상 이미지이다. Colour bar는 위상 값을 보여주고 단위는 라디안이다. 실험에 사용된 유전체구와 유전체 구를 둘러싼 용액의 굴절률은 각각 1.59와 1.467 이다. 획득된 위상으로부터 얻어진 유전체구의 크기는 $3.007\mu\text{m}$ 로 실제 크기 $3.005\mu\text{m} \pm 0.027\mu\text{m}$ 와 일치하였다.

그림 2는 Rat의 적혈구(Red blood cell) 위상 이미지이다. 그림2 (a)은 광 검출기로부터 획득된 간섭무늬의 Intensity 이미지이며, 그림2 (b)는 제안된 방법을 통해 얻어진 적혈구의 위상 이미지이다. 그림2 (c)은 그림2 (b)의 사각점선 부분을 확대한 위상 이미지이다. (d)는 그림2 (c)의 횡, 종단의 Thickness profile이다. Rat적혈구의 가로 와 세로길이는 각각 $8.47\mu\text{m}$, $6.92\mu\text{m}$ 이다.

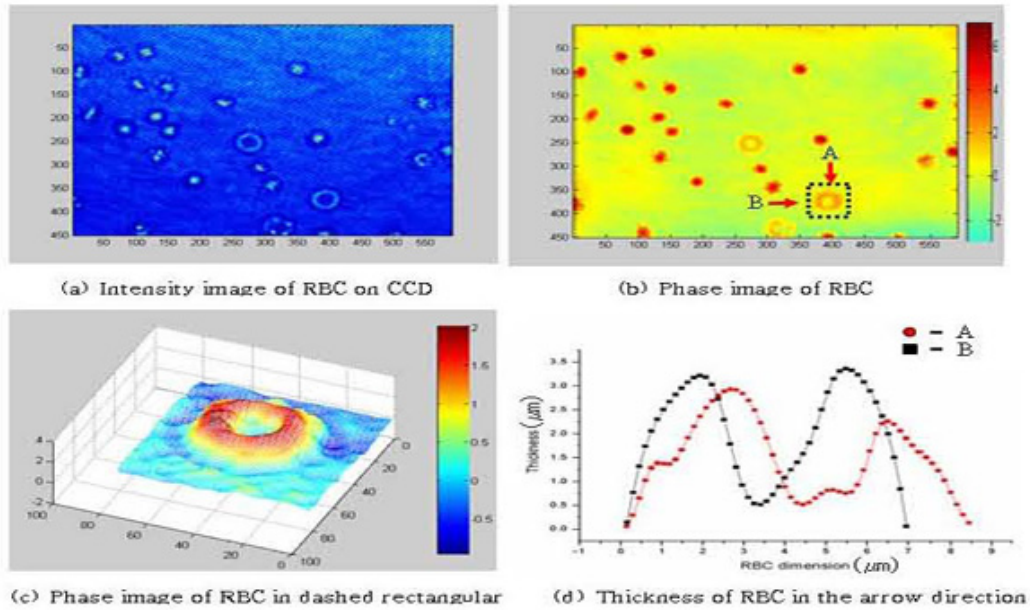


그림 2. 적혈구(Red blood cell) 위상 이미지

그림 3은 시간 변화에 따른 광 경로 변화를 측정한 그림이다. 100 fps (Frame per second)속도로 100장의 위상 이미지를 획득하여 표준편차를 측정하였다. Optical path length fluctuation은 1.31nm이다.

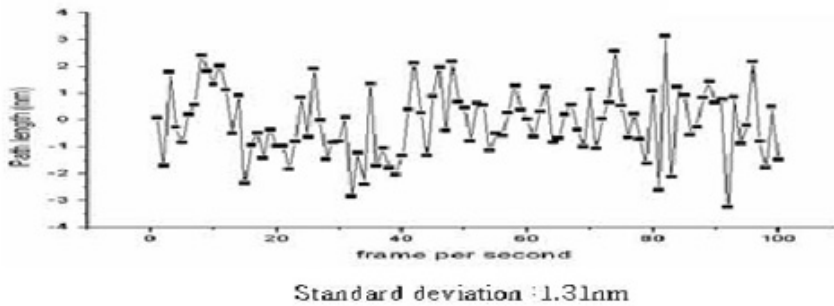


그림 3. 시간에 따른 광 경로 표준편차

3. 결론

본 논문에서는 subnanometer의 path length, millisecond time scales로 살아있는 세포의 정량적인 위상 imaging이 가능한 2차원 공간간섭 위상현미경시스템을 소개하였다.

Acknowledgement

This work was supported by Creative Research Initiative program of MOST/KOSEF.

참고문헌

1. Christopher J, et al, High-resolution quantitative phase-constrst microscopy by digital holography, Opt. Exp., 13, 8633 (2005)
2. G. Popescu, et al., Erythrocyte structure and dynamics quantified by Hilbert phase microscopy, J. Biomed. Opt. Lett., 10, 060503 (2005)