

디지털 홀로그래피 현미경에서 가변 pixel 평균법을 이용한 DC 항 제거

조 형준, 임 진웅, 김 선, 김 두철, 유 영훈·신 상훈*
 제주대학교 물리학과, * AP & Tec.
 yyhyoung@cheju.ac.kr

디지털 홀로그래피는 기준 광(Reference Beam)의 입사 각도에 따라 2종류로 구분된다. 물체 광(Objective Beam)과 같은 경로로 입사되는 In-Line 홀로그래피와, 약 2 ~ 5° 정도의 각을 갖고 입사하는 Off-Axis 홀로그래피로 구분된다. Off-Axis 홀로그래피의 경우, 영차 회절 광과 허상이 실상과 구분되어 잔상이 없는 깨끗한 영상 재생이 가능하다. 그러나 Off-Axis 홀로그래피의 경우 CCD 카메라 면적의 1/4 만에서만 상이 재생되어 시계(FOV : Field Of View)에 영향을 미치게 된다. In-Line 홀로그래피의 경우 CCD 카메라의 모든 영역을 사용할 수 있으나, 영차 회절 광과 허상이 실상과 겹쳐서 재생되므로 신호 대 잡음비에 영향을 미친다.

In-Line 홀로그래피의 경우 CCD 카메라의 모든 영역을 사용할 수 있으나, 영차 회절 광과 허상이 실상과 겹쳐서 재생되므로 신호 대 잡음비에 영향을 미친다. Off-Axis 홀로그래피를 사용하기 위해서는 CCD의 단위 수광 소자 크기와 전체 수광 면적의 물리적 한계를 극복한 고성능 CCD가 개발되기 이전에는 특별한 방법이 없다. 즉 고해상도의 3차원 디지털 영상을 재생하기 위해서는 In-Line 홀로그래피를 구성하여 단위 샘플링의 평균화 효과에 의한 시계 감소를 최소화 하고, 영차 회절 광과 허상을 제거하여 신호 대 잡음비를 극대화해야 한다.

DC 항을 제거하기 위한 방법은 크게 4가지 방법이 연구 되었다. 첫째는 측정된 홀로그램을 수치적으로 Fourier 변환을 시켜 공간 주파수가 영인 정보를 빼고 역 Fourier 변환을 통하여 DC 항이 제거 된 홀로그램을 얻은 후 재생하는 방법이다. 이 방법은 한 번의 홀로그램을 얻고 나머지는 모두 수치적으로 처리하기 때문에 실험적으로 편리하다는 장점이 있다. 그러나 기준 광이 이상적이지 않을 경우에는 DC항 제거가 어렵다. 두 번째 방법은 위상 이동을 이용하여 DC 항을 제거하는 방법이다. 이 방법은 위상을 이동 시키면서 4장의 홀로그램을 얻고 이를 수치적으로 계산하여 DC 항이 제거 된 홀로그램을 얻는 방법이다. 이 방법은 실험적으로 복잡하나 매우 안정적으로 DC 항을 제거 할 수 있다. 그리고 세 번째 방법은 측정된 홀로그램에서 물체 광의 복소수 파동만을 수학적으로 얻고 이를 재생하는 방법이다. 이 방법이 가장 간단한 방법이나 DC항과 물체상이 겹쳐있는 경우에는 DC 항 제거가 용이하지 않다. 네 번째 방법은 얻어진 홀로그램을 평균하여 원본 홀로그램에서 빼준 후 재생하는 평균 제거 방법으로, 한 번의 홀로그램 측정으로 재생이 가능하며, 계산 과정이 간단하여 재생시간이 짧다. 그러나 DC 항 근처의 실상의 정보가 손실 될 수 있다. 이상의 4가지 방법 중 일반적으로 사용되는 방법은 한 번의 홀로그램 측정으로 재생이 가능하고, 재생 속도가 빠르고, DC 항의 제거 효율이 비교적 좋은 평균제거 방법이다. 이 방법은 off-axis

홀로그래피의 경우에는 효과 좋으나 in-line 홀로그래피에서는 저주파 영역의 물체 정보와 잡음이 혼재하여 좋은 결과를 얻기 어렵다.

본 연구에서는 평균 제거 방법을 이용하여 디지털 홀로그래피 현미경에서의 평균을 취한 픽셀 개수에 따른 DC 항 제거율을 조사하였고, 위치에 따라 평균 픽셀의 개수를 달리하여 DC 항의 제거율은 높으면서, 실상의 손실율은 최소화 하는 변형된 평균 제거 방법을 이용한 영차 픽셀 광 제거 방법을 연구하였다. 그림 1의 (a) (b)는 각각 DC 항 제거 효율과 MTF 값의 평균제거 방법과 본 연구에서 수행된 결과 이다.

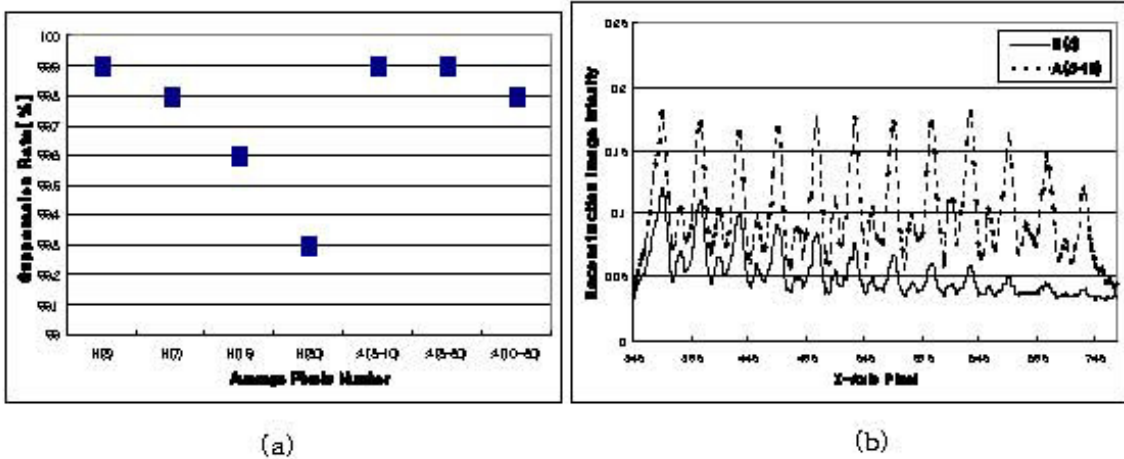


그림 2 (a)는 평균치를 이용한 DC 항 제거결과이고 (b)는 본 연구에서 얻어진 DC 항 제거 결과 영상이다.

