디지털 홀로그래피에서 Padding 및 분할 방법을 이용한 이중상 제거 연구

Twin Image Suppression in Digital holography by Padding and Quater Division

조 형준, 윤 선규 김 두철, 유 영훈, 신 상훈*

제주대학교 물리학과, AP & Tec.

yyhyoungcheju.ac.kr

디지털 홀로그램 기술은 기존의 홀로그램 기술(홀로그램 건판을 사용하여 사진 촬영과 같은 방식의 기록과 참조광 제공에 의한 3차원 영상을 재생하는 방법)로부터 출발하여 CCD(Charge Coupled Device)와 같은 동영상 기록 장치를 이용하여 실시간으로 대상체의 홀로그램 데이터를 획득하고, 수치적 3차원 영상 재생의 방법으로 대상체의 3차원 데이터를 획득하는 방법이다. 그러나 CCD를 통해 얻어진 홀로그램을 이용하여 수치적으로 영상을 재생할 때 영차 회절광을 포함한 DC 항과 허상(Twin image) 이 잡음으로 작용하여 신호대 잡음비가 좋은 영상을 구현하기 어렵다[1-4]. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 크게 3가지 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[10-12]. 이 방법은 한번의 홀로그램을 얻고 나머지는 모두 수치적으로 처리하기 때문에 실험적으로 편리하다는 장점이 있다. 그러나 참조광이 이상적이지 않을 경우에는 DC 항 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[13]. 이 방법은 실험 적으로 복잡하긴 해도 매우 안정적으로 DC 항을 제거 할 수 있다. 그리고 다른 한 가지 방법은 측정 된 홀로그램에서 복소수 물체광 파동만을 수학적으로 얻고 이를 재생하는 방법이다. 이 방법이 가장 간단한 방법이나 DC 항과 물체상이 겹쳐있는 경우에는 DC 항 제거가 용이하지 않다.

일반적으로 홀로그램의 기록을 위해서 간섭무늬를 홀로그램 건판에 기록하게 된다. 이렇게 기록된 건판을 현상하면 홀로그램이 만들어 지게 되는데 이를 수치적으로 재생함으로써 물체와 동일한 형태의 3차원 상인 실상과 허상을 얻을 수 있다.

이를 수식적으로 분석해 보면 홀로그램 건판 상의 임의의 위치(x,y)에서 홀로그램의 세기 $I_H(x,y)$ 는

$$I_H(x,y) = |R|^2 + |O|^2 + R^* O + RO^* \qquad (1)$$

이다. 여기서 R 은 참조파, O 는 물체파를 나타내고 R^*, O^* 는 각각 참조파와 물체파의 공액복소수이다. 식 1의 첫째항은 참조광만의 세기이고, 둘째항은 물체광만의 세기이며 셋째항 과 넷째항이 각각 실상과 허상을 나타낸다. 따라서 첫째항과 둘째항은 영차회절광에 해당되며 셋째항과 넷째항이 임의의 각도로 회절하는 첫째 회절오더에 해당되는 항이다.

한편 홀로그램 필름 대신에 CCD 소자를 사용하는 경우에 CCD 소자가 가진 픽셀 사이즈의 한계에 의하여 참조광과 물체광의 겹치는 각도가 제한되게 되는데 이로 인하여 홀로그램 데

이터를 얻기 위해서는 수도 이내로 제한된 off-axis 홀로그램과 in-line 홀로그램 (Gabor 홀로그램)만이 가능하다. 이중에 in-line 홀로그램이 가진 장점이 CCD전체를 사용하여 상을 얻을 수 있다. 그러나 in-line 홀로그램의 재생시에 영차 회절광, 실상, 허상이 구별되지 않고 섞여서 재생되게 된다. 따라서 영차 회절광 과 실상 및 허상중에 하나를 제거해야만이 실재 기록된 물체의 정보를 얻을 수 있다. DC-suppression, 고주파 필터 및 홀로그램과 동시에 물체광만을 기록하여 영차회절광을 제거하는 방식으로 영차회절광의 제거가 가능하지만 실상과 허상이 겹치는 이중상 문제는 제거하기가 어렵다[5,6].

본 연구에서는 in-line 방식의 디지털 홀로그램 현미경 장치를 실상 또는 허상 중에 하나를 제거하기 위하여 고안된 소프트웨어 처리를 통해 이중상중 하나를 제거할 수 있는 방법에 대하여 연구하였다

.

(1) E. Cuche, F. Bevilacqua, and Ch. Depeursinge, Opt. Lett. **24**, 291 (1999).
(2) T. Kreis, J. Opt. Soc. Am. A **3**, 847 (1986).
(3) Y. Takaki, H. Kawai, and H. Ohzu, Appl. Opt. **23**, 4990 (1999).
(4) M. Liebling, T. Blu, and M. Unser, J. Opt. Soc. Am. A **21**, 367(2004).
(5) S. Kim, H. Lee, and J. Son, *한국광학회지*, **14**, 244 (2003).
(6) E. Cuche, F. Bevilacqua, and Ch. Depeursinge, Opt. Lett. **24**, 291 (1999).