

이중상을 제거하기 위한 in-line 디지털 홀로그래프 현미경 시스템 구성

Constitution of In-line Digital Holographic Microscope System without a Virtual image

조형준*, 윤선규*, 유영훈*, 신상훈**

제주대학교 물리학과, AP & Tec.

yyhyoungcheju.ac.kr

디지털 홀로그래프 기술은 기존의 홀로그래프 기술(홀로그래프 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 측정 대상체의 홀로그래프 데이터를 획득하고, 수치적 3차원 영상 재생의 방법으로 측정 대상체의 3차원 데이터를 획득하는 방법이다. 이러한 방법은 약 30여년전 개념적 방법론이 제안되어, CCD의 발전과 컴퓨터 연산 속도의 발전으로 수치적 3차원 영상 재생의 방법이 발전하여 현재 실용적 용도에 적용하기 위한 다수의 연구들이 세계적으로 활발히 진행되고 있다.^[1-5] 이와 같이 측정 대상체의 3차원 데이터는 홀로그래프 방법으로 기록함으로써 1회 촬영으로 측정 대상체의 3차원 데이터를 획득하고, 수치적 재생으로 측정 대상체의 3차원 데이터를 재구성하여 표시 할 수 있으므로 3차원 데이터 획득, 처리, 표시 면에 있어서 앞서 개발되어 온 첨단 현미경들에 비하여 비교할 수 없을 정도의 성능 향상을 기대할 수 있다. 이러한 3차원 데이터 관련 능력으로 보다 다양한 측정 대상체의 데이터 표시 욕구를 충족시킬 수 있어서 다양한 응용이 예상되어진다.

디지털 홀로그래프는 홀로그래프 필름 대신에 CCD를 이용함으로써 CCD에 입력된 정보는 홀로그래픽용 필름에 감광된 현상과 일치하며 홀로그래프의 일반 원리와 이론적으로 동일하다. 일반적으로 홀로그래프의 기록을 위해서 레이저 광을 두개로 나누어 하나는 참조광 다른 하나는 물체광으로 이용하여 두개의 광의 간섭무늬를 홀로그래프 건판에 기록하게 된다. 이렇게 기록된 건판을 현상하면 홀로그래프가 만들어 지게 되는데 이를 레이저광을 이용하여 재생함으로써 물체와 동일한 형태의 3차원 상인 실상과 허상을 얻을 수 있다.

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

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

이다. 여기서 R 은 참조과, O 는 물체과를 나타내고 R^* , O^* 는 각각 참조과와 물체과의 공역복소수이다. 식 1의 첫째항은 참조광만의 세기이고, 둘째항은 물체광만의 세기이며 셋째항 과 넷째항이 각각 실상항과 허상항을 나타낸다. 따라서 첫째항과 둘째항은 영차회절광에 해당되며 셋째항과 넷째항이 임의의 각도로 회절하는 첫째 회절오더에 해당되는 항이다. 한편 홀로그래프 필름 대신에 CCD 소자를 사용하는 경우에 CCD 소자가 가진 픽셀 사이즈의 한계에 의하여 참조광과 물체광의 겹치는 각도가 제한되게 되는데 이로 인하여 홀로그래프 데이터를 얻기 위해서는 수도 이내로 제한된 off-axis 홀로그래프와 in-line 홀로그래프 (Gabor 홀로그래프)만이 가능하다. off-axis 홀로그래프인 경우에 영차회절광, 실상과 허상이 공간적으로 모두 분리되어 재생 가능하지만 재생시 CCD 전체면적의 1/4만이 유용하다. in-line 홀로그래프인 경우에 CCD 전체 면적의 재생상을 얻을 수 있는 반면에 in-line 홀로그래프의 재생시에 영차회절광 실상 허상이 구별되지 않고 섞여서 재생되게 된다. 따라서 영차회절광 과 실상 및 허상 중에 하나를 제거해야만 실제 기록된 물체의 정보를 얻을 수 있다. DC-suppression, 고주파 필터 및 홀로그래프와 동시에 물체광만을 기록하여 영차회절광을 제거하는 방식으로 영차회절광의 제거가 가능하지만 실상과 허상이 겹치는 이중상 문제는 제거하기가 어렵다.^[6-8]

본 논문에서는 이중상중 허상을 제거하기 위한 in-line 디지털 홀로그래프 현미경 시스템 구성에 관하여 알아보았다.

참고문헌

- (1) J. W. Goodman and R. W. Lawrence, Appl. Phys. Lett. **11**, 77 (1967).
- (2) M. A. Kronrod, N. S. Merzlyakov, and L. P. Yaroslavski, Sov. Phys. Tech. **17**, 434 (1972).
- (3) G. K. Wernicke, O. Kruschke, N. Demoli, and H. Gruber, SPIE, **3396**, 238 (1998).
- (4) L. Xu, X. Peng, J. Miao, and K. Asundi, Appl. Opt. **40**, 5046 (2001).
- (5) S. Kim, H. Lee, and J. Son, 한국광학회지, **14**, 244 (2003).
- (6) M. Takeda, H. Ina, and S. Kobayashi, J. Opt. Soc. Am. **72**, 156 (1982).
- (7) E. Cucho, F. Bevilacqua, and Ch. Depeursinge, Opt. Lett. **24**, 291 (1999).
- (8) T. Kreis, J. Opt. Soc. Am. A **3**, 847 (1986).