

# 홀로그래픽 Head-Mounted Display 소자의 제작 및 특성분석

## Fabrication and Characteristic Analysis of a Holographic Head-Mounted Display

김희동\*, 정만호  
청주대학교 광학공학과  
realimage@lycos.co.kr

헬멧 장착형 HMD(Head-Mounted Display) 시스템은 비행기 조종사나 저격수의 시선을 크게 움직이지 않고 군사 전술상의 현재 상태를 볼 수 있도록 하여 눈의 피로감을 줄이고 시선의 이동에 의한 돌발적인 사고의 위험을 감소시킬 수 있어 군사적으로 유용한 장치이다. HOE(Holographic Optical Element)의 중요한 응용 분야 중 하나로 HMD에서의 결상 렌즈 또는 광 결합기가 있다. HMD 시스템에서 HOE의 역할은 2차원의 단색 디스플레이 영상을 헬멧 착용자의 눈에 반사하여 결상시키는 것이다. 이러한 홀로그래픽 HMD 시스템은 사용되는 광학소자의 매수가 현저히 줄어 기존의 시스템보다 상당히 가볍고, 좁은 공간에서도 시스템을 구성할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

하지만 기존에 개발된 많은 홀로그래픽 HMD 시스템에서는 기록시와 다른 재생 구조로 인해 디스플레이 영상이 여러 점으로 결상되는 현상이 발생하여, 결과적으로 결상된 여러 점들은 수차를 발생시켜 영상의 질을 저하하는 원인이 되었다. 또한 Bragg 조건을 만족시키지 못하는 점들에 대해서는 회절효율이 낮아지는 단점을 갖고 있었다.

본 연구에서는 이러한 문제들을 해결하고 보다 나은 성능의 홀로그래픽 HMD 소자를 설계하기 위해 recursive 설계 방법을 사용하였다<sup>(1)</sup>. 이 방법에서는 수차가 최적화된 원하는 소자를 기록하기 위해 기존의 수차보정용 홀로그램을 사용하여 얻어낸 비구면 파를 사용한다. 이 비구면 파에는 수차 보정값이 포함되어 있으며 수차가 보정된 홀로그램의 기준파로 사용된다.

홀로그래픽 광학 소자에서 회절효율은 Bragg 각이 만족되지 않는 FOV(Field Of View)의 끝 부분에서는 상당히 떨어지게 된다. 적은 수차를 갖도록 설계된 홀로그래픽 소자에서도 전체적인 FOV에 대해서는 회절효율이 낮아지는 것이 일반적이다. 적은 수차를 가지면서 동시에 넓은 FOV에 걸쳐 높은 회절효율을 갖는 소자를 만들기 위해서는 수차가 보정된 홀로그래픽 소자의 격자 함수를 고효율의 최종적인 홀로그램에 전달시켜야 한다. 본 연구에서는 수차는 적으면서 넓은 FOV에 대해 회절효율이 높은 홀로그래픽 HMD 소자를 설계하기 위하여 매개 홀로그램을 통해 격자함수를 전달하는 방법을 사용하였다<sup>(2)</sup>.

눈으로부터 거리가 수직으로 76mm의 위치에 놓여 있고, 디스플레이 면으로부터는 35°의 각도를 이루며 100mm의 위치에 놓여있는 홀로그래픽 HMD 소자를 제작, 실험하였다. CCD 카메라와 PCI Frame Grabber로 상점을 촬영한 결과, Figure 1. (a)에서와 같이 수차가 보정되지 않은 홀로그램에서는 FOV가 증가함에 따라 주로 비점수차가 커지는 경향을 보였으나, Figure 1. (b)에서와 같이 수차가 보정된 홀로그램에서는 비점수차는 상당히 줄어들었고 약간의 코마를 포함하는 것으로 나타났으며, 이는 simulation 결과와 일치함을 보였다. 상점의 크기에 있어서도 약 1mm에서 100 $\mu$ m의 크기로 약 10배 작아진 것을 볼 수 있었다.

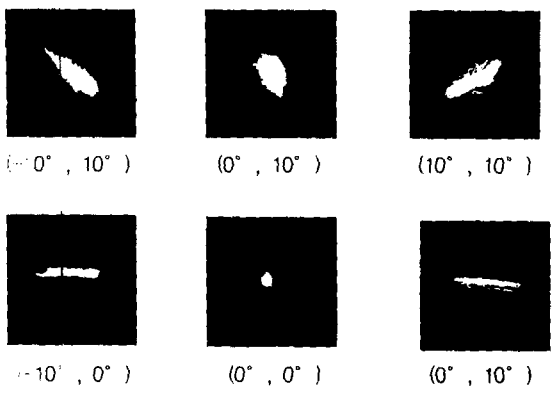


Figure 1. (a) Captured spot images of the non-corrected hologram for FOV( $\theta_x, \theta_y$ )

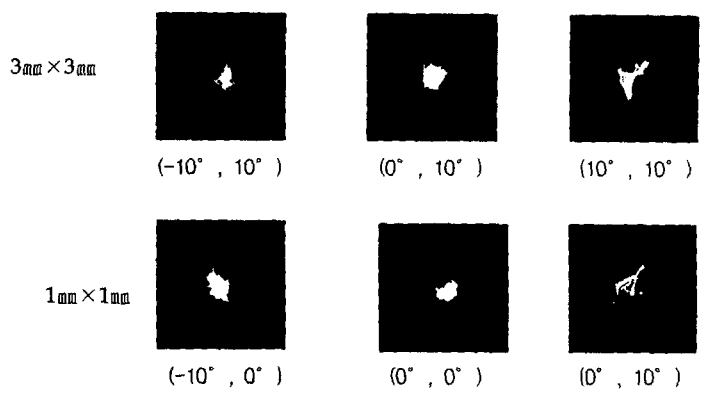
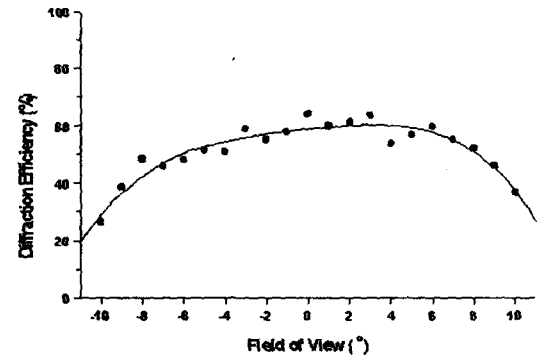
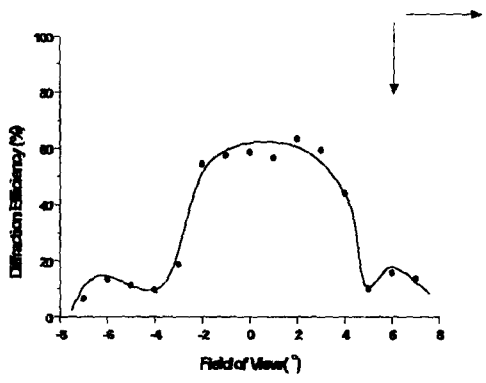


Figure 1. (b) Captured spot images of the aberration corrected hologram for FOV( $\theta_x, \theta_y$ )

수차가 보정된 홀로그램의 회절효율은 약 60%로 Figure 2. (a)에서처럼 FOV는  $\pm 4^\circ$  내였으나, 매개 홀로그램을 사용하여 FOV 개선 단계를 거쳐 얻어진 최종의 홀로그램은 Figure 2. (b)에서와 같이 전체 FOV가  $\pm 10^\circ$  로 상당히 넓어졌으며 이 범위 안에서 약 50% 이상의 고른 회절효율을 보였다. 화학처리 에 의한 간섭무늬의 변형과 매질 두께의 감소 등으로 전체적인 회절효율의 감소가 다소 발생하였다.

양호 회절효율을 향상시키기 위하여 은염 사진건판 뿐만 아니라 굴절을 변조가 높은 다른 매질에 대한 연구가 요구되며, 컬러 영상 디스플레이에 사용하기 위해서 분광대역 및 투과효율 등의 개선에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.



[참고문헌]

1. Y. Amitai, A. A. Friesem, "Recursive design techniques for fourier transform holographic lenses", Opt. Eng., Vol. 26, No.11, pp.1133-1139 (1987)
2. Y. Amitai, A. A. Friesem, "Combining low aberrations and high diffraction efficiency in holographic optical elements", Opt. Lett. Vol. 13, No.10, pp.883-885 (1988)