

대면적 홀로그래픽 확산판의 경계면 특성 연구

Study on the boundary properties of a large area holographic diffuser

변경민, 양병춘, 이병호
국가지정 홀로그래피 기술 연구실
서울대학교 전기공학부
byoungcho@plaza.snu.ac.kr

최근 액정 디스플레이(LCD) 기술이 발달하면서 대면적, 고해상도의 투과형 LCD의 사용이 늘어나고 있다. 특히 백라이트에서 발산되는 빛을 액정 층까지 균일하면서도 높은 효율로 전달하기 위해서 프리즘 필름과 확산판을 사용하게 되는데, 1994년에 제안된 홀로그래픽 확산판은 균일한 휘도를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 설계한 방향으로 빛을 확산시킬 수 있다는 장점을 가지고 있어서 현재 이에 대한 활발한 연구가 진행되고 있다.^[1,2] 홀로그래픽 확산판을 대면적으로 제작하면 넓은 시야각을 갖는 LCD의 구현을 가능하게 하겠지만, 여기에는 많은 어려움이 따른다. 따라서 일정 크기의 홀로그래픽 확산판을 제작하여 이를 이차원으로 배열함으로써, 대면적화 하는 것이 현실적으로 가능한 방법이라고 하겠다. 본 연구에서는 이러한 방식으로 홀로그래픽 확산판을 제작할 경우에, 확산판의 경계면에서 나타날 수 있는 문제점에 대해 알아보고, 이를 보상하여 해결할 수 있는 방법을 실험적으로 제시하였다.

(1) 기록 물질과 확산판의 제작

본 연구에서는 광 폴리머를 홀로그래픽 확산판으로 이용하였다. 광 폴리머에서는 조사되는 빛에 의해 단위체 상태로 존재하던 물질이 중합화 과정을 거쳐 고분자 물질로 중합되면서 굴절률의 변조가 일어난다. 단위체가 중합되는 과정에서 공간적으로 빛의 세기가 강한 부분으로 약한 부분에 있던 단위체들이 내부적인 확산(diffusion)을 일으키는데 단위체의 양은 시간에 따라 지수적으로 감소하여 일정 시간이 지나면 완전히 소진(depletion)된다.^[3] 반대로 이 과정에서 생성되는 중합체의 양은 일정 시간이 지나면 포화 상태에 이르러 더 이상 증가하지 않는다. 실험에서는 기록 물질로 Dupont 사의 HRF-150 투과형 광 폴리머를 사용하였다. 그리고 광학적인 확산 패턴을 만들기 위해 Newport 사의 20도의 확산각을 갖는 원형 유리 확산판을 이용했고, 기준빔과 신호빔을 각각 30도의 각도로 입사시켜 확산 패턴을 기록하였다. 본 실험 조건에서 광 폴리머의 포화 노출 에너지는 $160\text{mJ}/\text{cm}^2$ 으로 측정되었다.

(2) 홀로그래픽 확산판의 경계면 특성 실험 결과

대면적 홀로그래픽 확산판의 경계면 특성을 알아내기 위해 기록 물질을 두 부분으로 나누어 한 쪽은 빛이 들어갈 수 없도록 막은 뒤, 다른 한 쪽에 확산 패턴을 기록한다. 그 후에 막았던 나머지 부분을 이전과 똑같은 조건으로 기록하고, 두 기록된 부분의 경계면에 기준빔을 조사하여 회절되는 빛의 특성을 측정하였다. 그림 1은 경계면에서 회절되는 확산 패턴의 분포를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 경계면 부근에서는 회절되는 빛의 분포가 불균일해지는 것을 알 수 있다. 이러한 구간은 경계면 근처에서부터 시작하여 3~4mm 정도이며, 이러한 불균일도는 평균값을 중심으로 약 +42%~-34%의 범위에서 분포한다.

이러한 현상이 일어나는 원인은 다음과 같이 생각할 수 있다. 고분자 물질이 만들어지는 중합화 과정이 일어나는 동안 주변의 단위체들이 끌려오는 확산이 일어나게 되는데, 기록 중인 광 폴리머의 경계면에서는 아직 노광하지 않은 이웃한 광 폴리머의 단위체들까지도 중합화 반응에 참여하게 된다. 결국 기록하지 않은 광 폴리머의 경계면 부근에서는 그만큼 단위체 밀도가 작아지게 되어, 기록 시에 같은 시간 동안 빛을 조사하더라도 다른 부분에 비해서 형성되는 격자의 세기가 약해지는 것이다.

따라서 대면적 홀로그래픽 확산판을 위해서는 이러한 휘도 분포의 불균일성에 대한 보상이 필요한데, 본 연구에서는 공간적인 빛의 세기 분포를 조절하여 이를 수행하였다. 먼저 기록하는 광 폴리머의 경계면 부근에서는 조사하는 빛의 세기를 약하게 하여 이웃한 광 폴리머에서 반응에 참여하는 단위체가 적도록 하고, 나중에 기록하는 광 폴리머의 경계면에서는 상대적으로 빛을 강하게 조사하여 보다 많은 주변의 단위체들이 반응하도록 하는 것이다. 이러한 방식으로 보상을 수행한 결과가 그림 2에 나타나 있다. 보상을 하기 전과 비교할 때, 회절의 불균일도는 +23%~-17% 정도로 2배 정도의 상당히 개선된 결과를 보여준다. 이러한 결과는 이론적인 분석을 통해서 정확한 광세기 분포를 결정함으로써 더욱 개선된 보상을 이루어 낼 수 있을 것이다.

본 연구에서는 대화면 홀로그래픽 확산판을 제조할 때 경계면에서 회절되는 빛의 분포가 불균일해지는 문제점을 제기하고, 기록하는 빛의 세기 분포를 적절히 조절함으로써 이를 보상하고 개선할 수 있음을 실험적으로 제시하였다. 그리고 정확한 정량적 분석을 통하여 회절 균일도는 더욱 향상될 것으로 보인다.

* 본 연구는 산업자원부에서 시행한 선도기술 개발사업의 연구비 지원을 받아 수행되었음.

참고문헌

1. S. Wadle, D. Wuest, and R. S. Lakes, *Opt. Eng.*, vol. 33, pp. 213-218, 1994.
2. 양병춘, 전승준, 변경민, 한승훈, 이병호, 제5회 광정보처리 학술발표회, vol. 6, 146-149, 2000.
3. G. Zhao and P. Mouroulis, *J. of Mod. Opt.*, vol. 41, pp. 1929-1939, 1994.

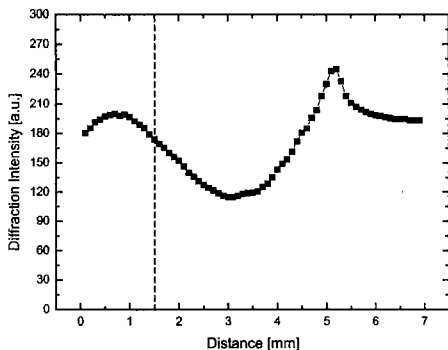


그림 1. 홀로그래픽 확산판의 경계면에서 회절되는 빛의 분포, 점선은 경계면의 위치

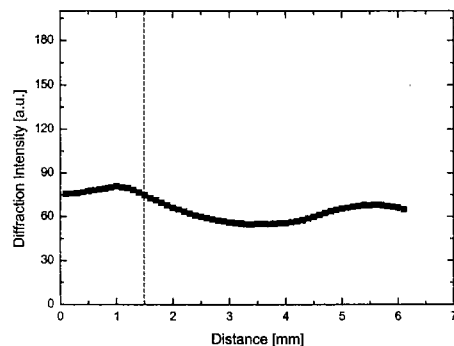


그림 2. 기록하는 빛의 세기 분포를 조절하여 보상된 결과, 점선은 경계면의 위치