

홀로 그래픽 입력 빔 커플러 제작을 위한 포토폴리머의 광학적 특성

Optical characteristics of a photo-polymer for fabrication of holographic input beam-coupler

신창원, 김정희*, 김 남*, 백문철**, 서동우**, 박용우**, 손영준**
(주)프리즘 테크, *충북대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부, **한국전자통신 연구원
cwshin@osp.chungbuk.ac.kr

여러 기록매질 중 포토폴리머는 높은 회절효율, 고감도, 건식의 간단한 실시간 처리, 저렴한 가격 등의 이점 때문에 광굴절 결정이나 다른 기록 매질에 비해 홀로 그래픽 저장기술 및 광소자 응용에 손쉽게 적용할 수 있다. 포토폴리머를 광소자 재료로 이용할 경우 경제성 및 다른 수동 광소자와의 집적가능하므로 최근 들어 홀로 그래픽 격자를 이용한 응용분야가 많은 관심의 대상이 되고 있다.^[1] 포토폴리머를 광학소자 응용에 적용하기 위해서는 포토폴리머가 가지고 있는 특정 파장 영역에서의 광학적 특성을 측정하는 것이 무엇보다 중요하다 할 수 있다.

본 논문에서는 ETRI에서 제안한 초소형 초대용량 모바일 광 저장장치 개발에서 필수적으로 요구되는 핵심 기술인 405nm파장에서의 광 픽업헤드의 초 슬림화를 구현하기 위한 방법 중 하나로 포토폴리머를 이용한 홀로 그래픽 입력 빔 커플러 제작을 위한 기록 매질의 광학적 특성을 측정하였다.

본 논문에서는 Waveguide layer로부터 72°로 출력되어 나오는 빔을 수직으로 편향시키기 위해 Dupont사의 HRF150-38 포토폴리머에 대한 405nm 파장에서의 광학적 특성을 측정하였다. Green영역 파장에서의 포토폴리머가 갖고 있는 광학적 특성에 대한 결과물은 많이 있지만, UV영역 파장에서의 포토폴리머가 갖고 있는 광학적 특성 결과는 많지 않다. 그래서 본 실험에서는 우선 405nm영역에서 매질의 광학적 특성을 알아보기 위해 대칭형 기록 구조에서의 시간에 따른 회절효율 측정과 비대칭형 기록 구조에서의 매질 수축률 등을 측정하였다. 홀로 그래픽 격자 기록 시 최적 반응 조건을 찾기 위해 대칭형 구조에서 먼저 기록 매질의 광학적 특성 실험을 수행 하였다. 기록 광원으로는 35mW의 세기, 405nm의 파장을 갖는 Crystalaser사의 반도체 레이저를 사용했으며, 기록 매질면의 수직에 대한 두 입사 빔의 입사각은 각각 72°로 하였다. 대칭형 기록구조에서 기준빔과 신호빔의 세기비는 1:1로 했으며, 평행광으로 만든 두 빔을 각각 0.16mW/cm²~1.8mW/cm² 까지 변화 시키면서 시간에 따른 회절효율 측정하였다. 그림 1은 광학적 특성 실험을 위한 광학 시스템이며, 그림 2는 광학 실험 구성도를 나타낸 것이다. 두 빔의 세기가 각각 1.8mW/cm²일 때 약 36mJ/cm²의 노출에너지 부근에서 포화됨을 알 수 있다. 기록 빔 세기에 따라 회절효율이 조금씩 차이를 보였지만, 외부 입사각 대칭형 72°, 빔 세기 0.64mW/cm²~1.8mW/cm²에서는 90%이상의 최대 회절효율(회절빔/(회절빔+투과빔))이 측정 되었으며, 0.16mW/cm²~0.32mW/cm²에서는 그 보다 낮은 최대 회절효율이 측정 되었다. 이는 UV영역에서 포토폴리머가 Green영역에서 보다 민감한 반응을 보이기 때문에 약한 빔으로 장시간 노출했을 때 보다 적절한 빔 세기로 짧은 시간동안 노출할 때 회절효율이 높게 측정되는 것을 실험적으로 확인하였다. 그림 3에서는 매질의 굴절률 변조에 대한 매질의 이론적 회절효율 변화곡선을 나타내고 있으며, 그림 4에서는 포토폴리머의 시간에 따른 회절효율 변화 곡선의 실험 결과를 나타내고 있다. 실험 결과에서 최대 회절효율 도달 후 회절효율이 일정하게 유지 되는 곡선과, 다소 떨어지다가 안정화 되는 곡선이 관찰되었다.

이는 이론적으로 분석한 매질의 굴절률 변화 한계인 0.0049 부근의 굴절률 변조 값까지 변화 하는 회절 효율 곡선 특성과 거의 비슷한 형태의 특성을 보여주고 있다. 그리고 405nm 파장에서 HRF150-38 포토 폴리머의 굴절률 변조 값 한계치는 대략 0.0049부근이다. 비대칭형 기록 구조에서는 신호빔이 기록 매질 면 수직에 대하여 72°로 입사 하게 되므로 두 빔의 결합 위치에서 면적이 약 $3.24(1/\cos 72^\circ)$ 배 늘어나게 되며, 빔 세기는 반대로 3.24배 줄어들게 된다. 또한 매질 면에서의 반사율 등을 고려할 때, 두 빔의 결합 위치에서 기준빔 과 신호빔의 세기 비가 1:1에 가깝도록 하기 위하여 실제 빔 세기 비를 약 1:5정도가 되도록 조절 하였다. 비대칭 기록 시 72°로 제작된 프리즘과 매칭오일을 사용하였다. 비대칭 기록 시 발생하는 매질의 수축으로 인해 브래그 각이 변하게 되며, 이때 회절효율 또한 변하게 된다. 비대칭 기록 시 매질 내에서의 수축으로 인한 브래그 각 변화를 보정하기 위해 기록 전 미리 예측 된 보정각 만큼 두 기록 빔을 회전시켜 기록해야 한다. 보정각 만큼 두 기록 빔을 회전시켜 기록하면 실제 격자 기록 후 원래 입사각에서 최대 회절효율이 측정된다. 본 실험에서는 405nm 파장에서 매질이 갖고 있는 수축률은 약 7.42%정도로 측정 되었다. 기록 시 매질 수축에 의해 변하는 브래그 각을 보정하기 위한 보정각은 반복적인 실험을 통해서 도출하였다. 이결과 7.42%의 수축률을 보정하기 위해서는 원래의 입사각에서 기준빔을 3.1° 신호빔을 1.05° 시계방향으로 회전시켜 기록 했을 때 보정할 수 있었다. 차후 비대칭형 기록 구조에서 매질 수축으로 인한 브래그 각의 변화를 보정하기 위해 보정각 기법에 대해 좀 더 심도 있는 연구를 진행할 예정이다.

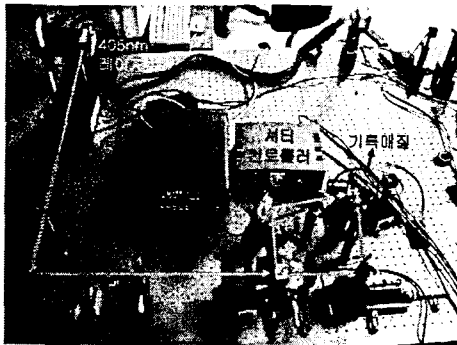


그림 1. 광학 시스템

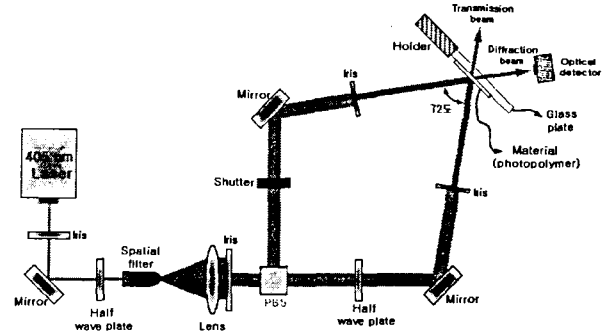


그림 2. 광학 실험 구성도

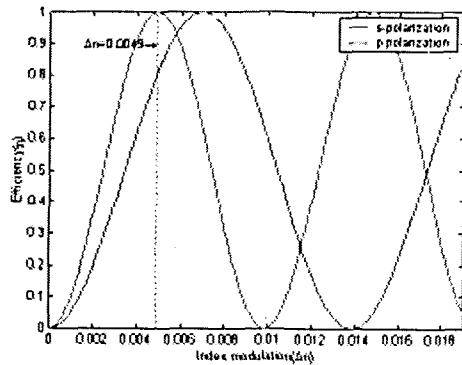


그림 3. 굴절률 변조에 따른 회절효율(이론)

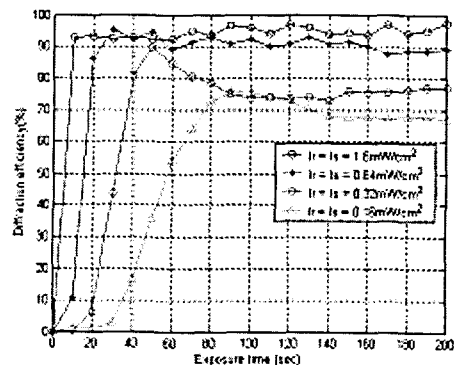


그림 4. 노출시간에 따른 회절효율(실험)

참조 문헌

[1] M. B. J. Diemeer, et al, "Polymeric phased array wavelength multiplexer operating around 1550nm," IEE Electronics Lett., vol. 132, no. 12, pp. 1132-1135, 1996.