

포토폴리머에서 비대칭형 기록 구조를 위한 수축현상 보정

Shrinkage compensation for asymmetrically recording geometry in photo-polymer

신창원, 이행수*, 김 남*, 김은경**, 은재정***

(주)프리즘 테크, *충북대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부, **연세대학교 화학공학과,

***창원대학교 전자공학과

cwshin@osp.chungbuk.ac.kr

포토폴리머는 고감도, 간단한 실시간 처리, 저렴한 가격 등의 이점 때문에 광굴절 결정보다 홀로 그래픽 저장기술 및 광소자 응용에 손쉽게 적용할 수 있다. 포토폴리머를 광소자 재료로 이용할 경우 경제성 및 다른 수동 광소자와의 집적이 가능하므로 최근 들어 많은 관심의 대상이 되고 있다.^[1]

본 논문에서는 ETRI에서 제안한 초소형 초대용량 모바일 광 저장장치 개발에서 필수적으로 요구되는 핵심 기술인 405nm 파장에서의 광 픽업헤드의 초 슬림화를 구현하기 위한 방법 중 하나인 홀로 그래픽 입력 빔 커플러를 제작을 위한 포토폴리머의 광학적 특성을 측정한다. 이는 초소형화 대용량화하기 위해 빔의 파장이 점점 짧아지고 있는 추세이다. 이러한 흐름에서 홀로 그래픽 격자를 이용하는 방법이 리소그래피(lithography) 기술을 이용하는 것보다 쉽고 가격 면에서도 저렴하다는 장점 때문에 405nm 파장 대를 이용한 홀로 그래픽 격자를 이용한 입력 빔 커플러 제작을 수행하고자 한다.

홀로 그래픽 격자 제작을 위한 기록 방법 중에는 크게 대칭형과 비대칭형으로 나눌 수 있으며, 이는 기록 매질 표면에 대한 두 입사 빔의 입사각 대칭 정도에 따라 구분한 것이다. 또한 대칭구조와 비대칭구조 모두에서 매질의 수축현상은 발생하지만, 대칭형 기록 보다 비대칭 기록 시 발생하는 매질의 수축현상이 더 심각한 문제라 할 수 있다. 이는 대칭구조 기록 시와는 달리 비대칭 구조에서는 수축현상 때문에 발생하는 브래그 각의 이동으로 실제 기록했던 입사각에서 최대 회절효율이 측정 되지 않고, 다른 위치로 Shift된 각에서 최대 회절효율이 측정 되는 현상이 나타나기 때문이다. 이것은 기록 되는 동안 매질의 수축으로 인해 브래그 각이 Shift되기 때문에 발생하는 현상이라 할 수 있다. 이를 보정하기 위해서 기록 매질이 갖고 있는 수축률에 의해서 변화 된 브래그 각을 보정할 수 있는 새로운 입사각으로 기록을 하게 되면 원래의 입사각에서 최대 회절효율을 얻을 수 있게 된다.^[2]

본 연구에서는 Waveguide layer로부터 72°로 출력되어 나오는 빔을 수직으로 편향시키기 위해 Dupont HRF150-38 포토폴리머를 이용하여 비대칭형 72°구조에서 발생하는 매질의 수축현상에 대한 특성을 조사하였다. 비대칭 기록 시 매질의 수축에 의해 이동 된 브래그 각을 보정하기 위해서 반복적 실험을 수행했으며, 이를 통해서 측정된 매질의 수축률을 고려하여 기록 전 기준빔과 신호빔의 기록 위치를 매질의 수축률을 보정할 수 있을 각 만큼 이동시켜 기록하면 매질 수축에 의한 브래그 각의 이동을 보정할 수 있게 된다. 매질의 수축률은 반복적 실험을 통하여 측정된 값을 적용하는 것으로, 매질의 수축률은 기록 에너지에 따라 어느 정도 차이가 날 수 있지만, 같은 조건의 동일한 노출 에너지를 조사할 때 거의 같은 수축률이 발생하며 이를 근거로 보정각을 예측할 수 있고 이각을 기록 시 적용할 수 있게 된다. 본 실험에서 기록 광원으로는 35mW의 세기, 405nm의 파장을 갖는 Crystalaser사의 반도체 레이저를 사용했으며, 이때 여러 광학계를 거치면서 평행광으로 변화 된 두 빔을 기준빔과 신호빔으로 나누게 된다. PBS에 의해 나누어진 기준빔은 기록 매질 면에 수직으로 입사 되고, 신호빔은 기록 매

질면의 법선에 대해 72° 의 각을 이루면서 입사하게 된다. 그림 1에 보이는 광학 실험 구성도에서처럼 비대칭형 기록 시 72° 로 제작된 프리즘과 매칭오일을 사용 했으며, 신호빔이 기록 매질면 법선에 대하여 72° 로 입사 하게 되므로 두 빔의 결합 위치에서 면적이 약 $3.24(1/\cos 72^\circ)$ 배 늘어나게 되고, 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 빔 세기비를 조절 하여 실험에 적용하였다. 실험 결과, 기준빔 $1.3\text{mW}/\text{cm}^2$ 과 신호빔 $6.5\text{mW}/\text{cm}^2$ 의 세기로 15초 동안 기록한 후, 8W의 UV lamp로 3분간 노출한 뒤 측정 된 매질의 수축률은 약 7.42% 였다. 이를 보정하기 위해서는 기준빔 1.05° 와 신호빔 3.1° 를 원래의 기록 위치에서 시계 방향으로 각도를 돌려 기록함으로써 수축률을 보정할 수 있었다. 이때 실질적으로 보정하기 위해서 신호빔을 3.1° 회전시킨 것이 아니라 매질 홀더를 시계 방향으로 3.1° 회전 시켰고, 기준빔을 1.05° 시계방향으로 회전시킴과 동시에 기준빔 미러가 장착된 수평이동 스테이지를 이용하여 회전에 의해 어긋난 두 빔의 결합위치가 일치 되도록 수평 방향으로 위치를 조절했다. 이것은 미리 기록 매질의 수축률을 측정하고 이를 근거로 실제 기록 입사각을 조절해 원래 기록 위치에서 최대 회절효율이 나올 수 있도록 보정 입사각을 적용한 것이다. 그림 2는 매질의 수축현상과 보정을 위한 입사각을 나타낸 것이다. 대칭형 기록 구조에서는 기록 빔 세기에 따라 회절효율이 조금씩 차이가 났지만, 외부 입사각 대칭형 72° 에서는, 전반적으로 $0.64\text{ mW}/\text{cm}^2 \sim 1.8\text{ mW}/\text{cm}^2$ 의 세기에서 90% 이상의 회절효율이 측정되었다. 하지만, 비대칭 기록구조에서는 매질의 수축으로 인한 브래그 각 변화로 회절효율이 대칭형 기록 구조에 비해 낮게 측정 되었으며, 기록 후 보정된 각에서의 최대 회절효율이 50% 정도 측정 되었다. 입사각 보정 방법을 통해서 비대칭구조에서 발생하는 매질 수축으로 인한 브래그 각 변화를 보정할 수 있었지만, 최대 회절효율은 대칭형에 비해 낮게 측정 되었다. 차후 입사각 보정법을 통해 보다 높은 회절효율을 얻을 수 있도록 노출에너지와 세기비 조절 등의 방법으로 회절효율 증가를 위한 보다 심도 있는 연구를 계속할 예정이다.

T
P

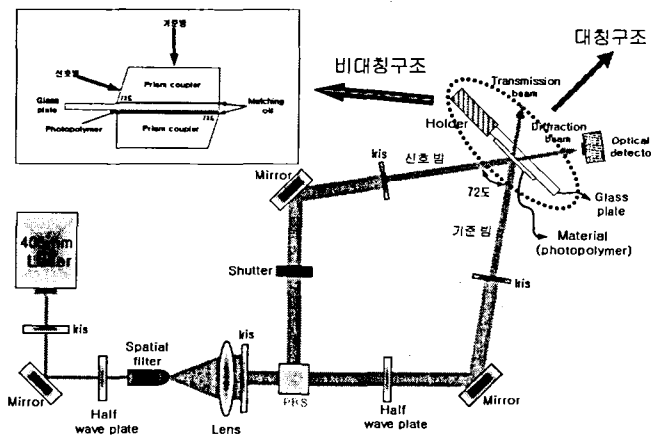


그림 1. 광학 실험 구성도

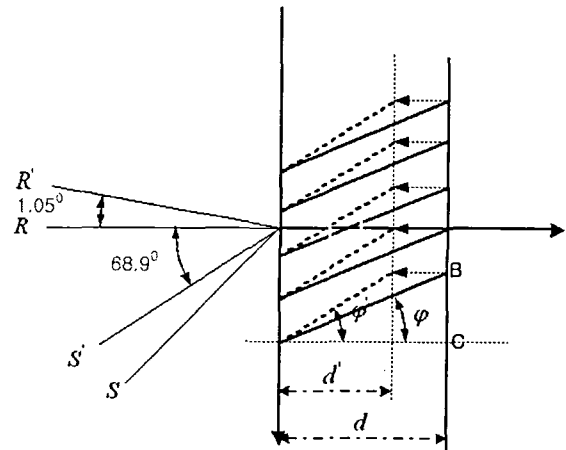


그림 2. 매질의 수축현상 (약 7.42%)

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.
 [2] C. Zhao, J. Liu, Z. Fu, and R. T. Chen, "Shrinkage-corrected volume holograms based on photopolymeric phase media for surface-normal optical interconnects," Appl. Phys. Lett., vol. 71, no. 11, pp. 1464-1466, 1997.