포토 폴리머를 이용한 홀로그래픽 입력 빔 커플러 제작

Fabrication of holographic input beam-coupler using a photopolymer

신창원, 김정회, 김 남*, 백문철**, 서동우**, 손영준**, 정회숙**, 강광용**
(주)프리즘테크, *충북대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부, **한국전자통신 연구원
cwshin@osp.chungbuk.ac.kr

포토폴리머는 높은 회절효율, 고감도, 건식의 간단한 실시간 처리, 저렴한 가격 등의 이점 때문에 광굴절 결정이나 다른 기록 매질에 비해 홀로그래픽 저장기술 및 광학소자 응용에 손쉽게 적용할 수 있다. 포토폴리머를 광학소자 재료로 이용할 경우 경제성 및 다른 수동 광학소자와의 집적이 가능하므로 최근 들어 홀로그래픽 격자를 이용한 응용분야가 많은 관심의 대상이 되고 있다.[1] 또한 회절 광학소자 제작에 있어, 그 제작의 용이성 및 가격적 측면에서 홀로그래픽 기법을 적용한 방법이 리소그래피(Lithography) 방법을 적용한 것보다 훨씬 유리하다 할 수 있다.

본 논문에서는 ETRI에서 제안한 초소형 초대용량 모바일 광 저장장치 개발에서 필수적으로 요구되는 핵심 기술인 405nm파장에서의 광 픽업헤드의 초슬림화를 구현하기 위한 방법 중 하나로 제안된 포토폴리머를 이용한 홀로그래픽 입력 빔 커플러 제작을 위한 기록 매질의 광학적 특성 실험을 수행한다. 또한 이런 실험 측정값을 근거로 하여, 포토폴리머를 이용한 홀로그래픽 입력 빔 커플러를 제작하여 LMDC(Leaky-mode directional coupler)에 붙여 빔을 수직으로 꺾는 회절 광학소자로 응용한다.

본 논문에서는 LMDC로부터 72°로 출력되어 나오는 빔을 수직으로 편향시키기 위한 입력 빔 커플러 제작을 위해 Dupont사의 HRF150-38 포토폴리머에 대한 405nm 파장에서의 광학적 특성을 측정하였다. Green영역 파장에서의 포토폴리머가 갖고 있는 광학적 특성에 대한 결과물은 많이 있지만, UV영역 파장에서의 포토 폴리머가 갖고 있는 광학적 특성 결과는 거의 없다. 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 대칭형구조에서 먼저 기록 매질의 광학적 특성 실험을 수행하였다. 기록 광원으로는 35mW의 세기, 405nm의 파장을 갖는 Crystalaser사의 반도체 레이저를 사용했으며, 기록 매질면의 수직에 대한 두 입사 빔의 입사각은 전각 72°로 하였다. 대칭형 기록구조에서 기준빔과 신호빔의 세기비는 1 : 1로 했으며, 평행 광으로 만든 두 빔을 각각 0.16 ~1.8 mW/cm^2 까지 변화 시키면서 시간에 따른 회절효율 측정하였다. 그림 1은 광학적 특성 실험을 위한 광학 구성도이다. 실험결과, 기록 빔 세기에 따라 회절효율이 조금씩 차이를 보였지만, 외부 입사각 대칭형 72°, 빔 세기 0.64 ~1.8 mW/cm^2에서는 90%이상의 최대 회절효율(회절빔/(회절빔+투과빔))이 측정 되었으며, 0.16 ~0.32 mW/cm^2 에서는 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 포토폴리머의 시간에 따른 비대칭 72°에서의 회절효율 변화 곡선 패턴을 나타내고 있다. 실험 결과에서 최대 회절효율 도달 후 회절효율이 급격하게 감소하는 현상을 볼 수 있으며, 이는 비대칭형에서 기록 된 회절격자가 매질의 수축에 의해서 브래그각이 변화되기 때문이다. 또한, 비대칭형 기록 구조에서는 신호빔이 기록 매질면 수직에 대하여 72°로 입사하게 되므로 두 빔의 결합 위치에서 면적이 약 3.24 (1/cos72°)배 늘어나게 되며, 빔 세기는 반대로 약 3.24

배 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 약 7.42%의 수축률을 보정하기 위해서는 원래의 입사각에서 기준빔을 3.1° 신호빔을 1.05° 시계방향으로 회전시켜 기록했을 때 보정되었다. 비대칭형 72° 기록구조에서 기록된 홀로그래픽 회절격자의 최대 회절효율은 약 50% 정도로 측정 되었다. 이는 대칭형 72°에서 기록된 회절격자가 갖는 90% 이상의 높은 회절효율과는 상당한 차이를 보였다. 그림 2와 4에 나타난 LMDC의 크기는 가로 세로 각각 3.5mm, 두께는 약 200 μm이며, 부착된 홀로그래픽 입력 빔 커플러의 직경은 약 1.5mm 정도이다. 비대칭형 72°에서 기록된 홀로그램을 LMDC(Leaky-Mode Directional Coupler)에 부착했을 때, 입력 빔이 수직으로 회절 되어 나오는 것을 그림 4에서 나타내었고, 실험적으로 확인할 수 있었다. 비대칭형 72°에서 기록될 홀로그램의 회절효율 증가를 위한 실험을 지속적으로 수행할 계획이다.

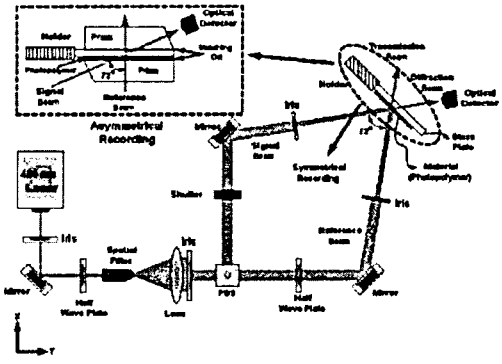

그림 1. 광학 실험 구성도

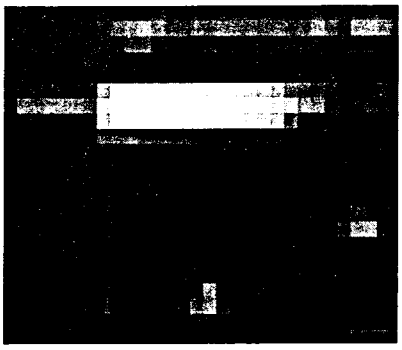

그림 2. Top view of the pick-up head

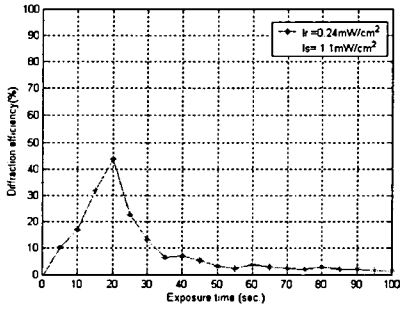

그림 3. 회절효율 곡선(비대칭72°)

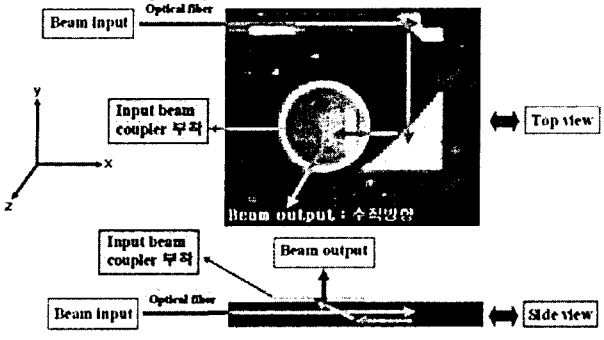

그림 4. Top and side view of the pick-up head after launching of 405nm laser light

참조문헌

[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.