

# 홀로그래픽 저장장치의 균일한 기록을 위한 광 노출 시간 제어 Beam exposure time control method for uniform writing of holographic data storage system

\*한초록<sup>1</sup>, 김낙영<sup>2</sup>, 송희찬<sup>1</sup>, 임성용<sup>1</sup>, 박노철<sup>1</sup>, 박영필<sup>1</sup>, #양현석<sup>1</sup>(hsyang@yonsei.ac.kr)

\*Cho-lok Han<sup>1</sup>, Nakyoung Kim<sup>1</sup>, HeeChan Song<sup>1</sup>, Sung-Yong Lim<sup>1</sup>, No-Cheol Park<sup>1</sup>, Young-Pil Park<sup>1</sup>, #Hyunseok Yang<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> 연세대학교 기계공학과, <sup>2</sup> 연세대학교 정보저장공학 협동과정

Key words : holographic storage, exposure, control, shutter

## 1. 서론

홀로그래픽 정보저장장치는 주목받고 있는 차세대 정보 저장장치이다. 디지털 정보를 페이지 단위로 다중 기록함으로써 높은 데이터 전송률과 고밀도 기록이 가능한 장점을 지니고 있다. 한 지점에 데이터 페이지를 중첩 기록하는 기술을 다중화 기법이라고 하는데 홀로그래픽 정보저장장치의 다중화 기록/재생 방법으로는 각 다중화, 파장 다중화, 위상코드 다중화 등 여러 가지 방법이 있다. 이 중에 각 다중화 기법은 데이터 저장 능력이 뛰어나고 오차 발생 확률이 적어 가장 널리 사용되고 있는 방법이다.

현재 홀로그래픽 정보저장장치에서의 데이터 기록 물질로는 포토폴리머(photopolymer)를 가장 많이 사용하고 있다. 포토폴리머는 모노머(monomer)라 하는 분자로 구성되어 있으며 정보 빔과 기준 빔의 간섭무늬를 따라 모노머가 구조를 변형하여 빛의 굴절률을 변화시키는 원리를 이용하여 데이터를 기록한다. 그러나 한 장소에 여러 페이지의 데이터를 저장하기 위해서 모노머는 여러 번 빔을 조사받아 민감도(sensitivity)가 변화하게 되고 기록 물질의 저장 능력(grating strength)이 포화상태에 도달함에 따라 데이터를 기록하기 위해 더 많은 양의 입사 에너지를 필요로 하게 된다.

본 연구에서는 각 다중화를 통해 데이터를 기록할 때 기록 물질의 저장 능력이 포화상태에 도달함에 따라 입사되어야 하는 에너지의 양을 셔터 개폐를 통해 실시간으로 제어하는 방법을 제안하고 실험을 통하여 이를 확인하였다.

## 2. 민감도 감소

Fig. 1 은 같은 장소에 데이터를 중첩 기록할 때 일정한 시간동안 빔을 조사함에 따라 재생되어 나오는 데이터의 빔 강도이다.

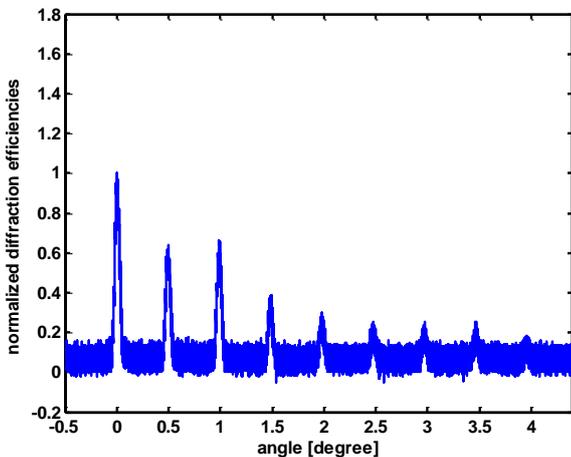


Fig. 1 normalized diffraction efficiencies of reading beam : angle multiplexed with 0.5 degree, exposure time 5sec

각 다중화에 의한 기준 빔의 각도가 커짐에 따라 재생 빔의 강도가 현저하게 떨어지는 것을 볼 수 있다.

## 3. 재생 빔 측정 방법

포토폴리머에 데이터를 기록하는 과정에서 데이터는 기록이 되는 동시에 재생이 된다. 기록과 동시에 재생되는 빔의 양을 측정하기 위해 정보 빔이 입사되는 방향에서 빔의 강도를 측정해야 하는데 이렇게 되면 기록 물질을 통과하는 정보 빔까지 같이 측정이 되기 때문에 정확하게 재생에 의한 빔의 강도를 측정할 수가 없다.

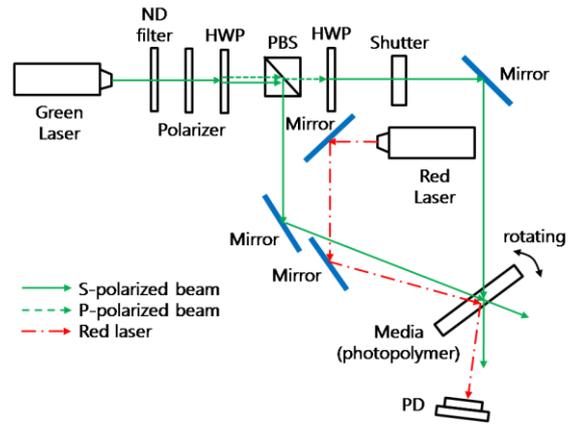


Fig. 2 Schematic diagram

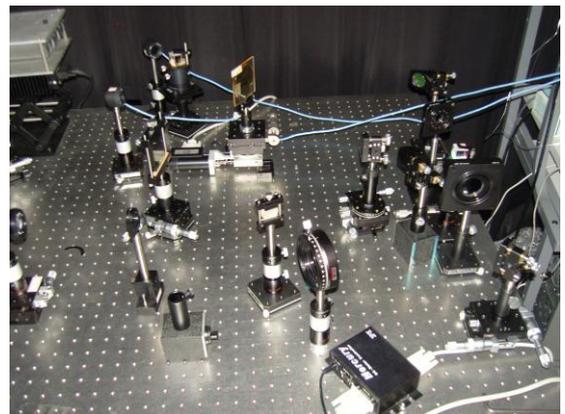


Fig. 3 Experimental set-up

따라서 우리는 데이터가 재생되는 강도를 실시간으로 관찰하기 위하여 적색 빔을 사용하였다. 실험에 사용된 기록물질은 녹색 빔에만 반응을 하는 물질이기 때문에 적색 빔은 데이터를 기록하는 데 아무런 영향을 주지 않는 동시에 실시간으로 기록된 데이터의 재생이 가능하다. 그리고 Fig. 2 에서 보이는 바와 같이 녹색 빔과 적색 빔의 파장이 서로 다르기 때문에 브래그 조건(Bragg condition)이 달라져 녹색 빔이 재생되어 나오는 각도와 적색 빔이 재생되어 나오는 각도가 서로 다르게 된다. 따라서 기록과 동시에 재생되는 녹색 빔의 영향 없이 실시간으로 적색 빔을 이용해 데이터의 재생 강도를 측정하고 이를 제어 입력으로 사

용함으로써 셔터를 제어하는 것이 가능해진다.

### 4. 노출 시간 제어 방법

Fig. 4 에서 실시간으로 재생되어 나오는 적색 빔이 일정한 강도에 도달하였을 때 셔터를 닫고 기록이 끝난 후에 데이터를 재생한 빔의 강도를 그래프로 나타내었다. 이를 보면 재생되는 데이터는 아래 식을 만족하는 것을 확인할 수 있다.

$$I_{r,normalized} \approx e^{-I_{red} \times \theta} \dots\dots (1)$$

여기서  $I_r$  은 기록이 끝난 후 재생되는 빔의 강도,  $I_{red}$  는 기록 시에 실시간으로 재생되는 적색 빔의 강도,  $\theta$  는 기준 위치에서부터 기록 위치까지의 각도를 뜻한다. 위의 식을 이용하여 원하는 재생 강도가 나오게 하려면 보상되어야 하는 입력은 다음과 같다.

$$I_{compensate,normalized} \approx 1 - e^{-I_{red} \times \theta} \dots\dots (2)$$

이렇게 되면 지수함수적으로 감소를 하던 재생 빔의 강도가 일정한 값 이상으로 증가하게 되므로 간단한 계산을 통하여 자동적으로 균일한 재생 빔의 강도를 얻을 수 있게 된다.

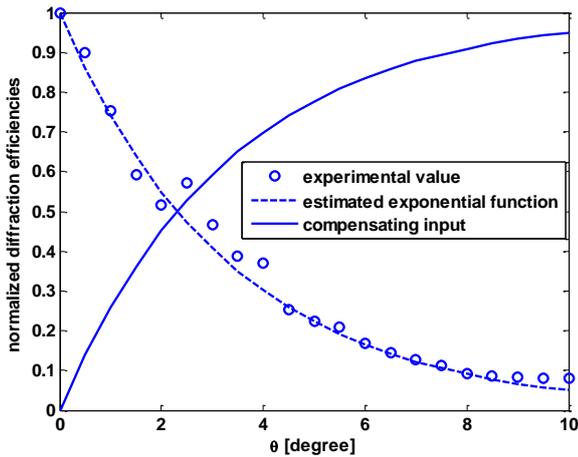


Fig. 4(a) normalized diffraction efficiencies : shutter off when monitored red laser output is 0.3V

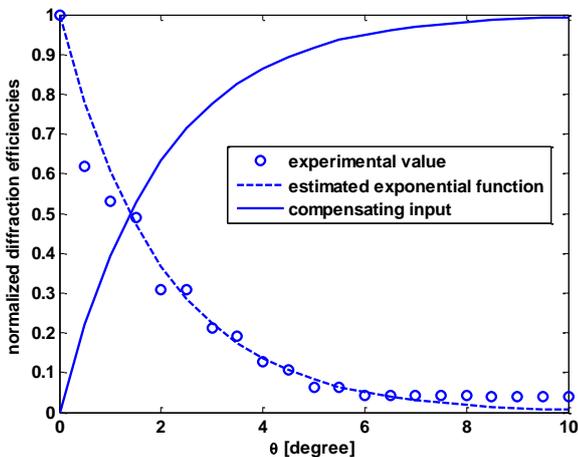


Fig. 4(b) normalized diffraction efficiencies : shutter off when monitored red laser output is 0.5V

### 5. 실험 결과

Fig. 5 는 적색 빔에 의하여 재생된 빔의 강도를 제어 신호로 사용하여 얻어진 데이터의 재생 빔 강도 그래프이다. 이 그래프에서 확인할 수 있듯이 중첩 기록이 이루어졌음에도 불구하고 재생되는 데이터가 일정 강도 이상으로 회절 효율을 보이고 있다. Fig. 1 과 비교해 보았을 때 그 성능이 개선되었음을 알 수 있다.

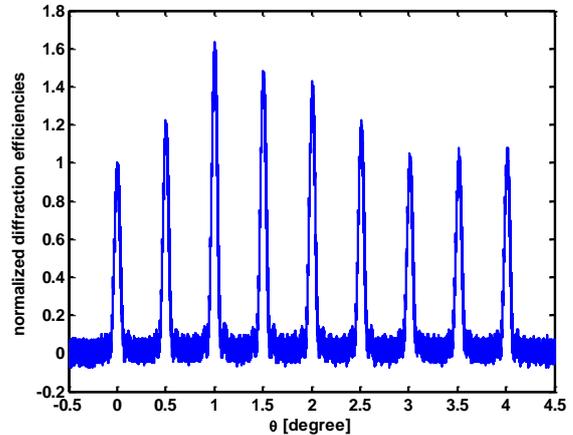


Fig. 5 normalized diffraction efficiencies with red-laser control input

### 6. 결론

홀로그래픽 정보저장장치의 기록 물질로 사용되고 있는 포토폴리머는 정보 빔과 기준 빔의 간섭무늬를 따라 모노머가 구조를 변형하여 빛의 굴절률을 변화시키는 원리를 이용하여 데이터를 기록한다. 하지만 중첩 기록에 의해서 모노머의 민감도가 떨어져 일정한 강도로 데이터를 재생시키기 위해서는 중첩 기록을 많이 할수록 기록 물질에 더 많은 양의 빛을 조사해야 한다. 따라서 본 연구에서는 데이터가 중첩 기록됨에 따라 재생 빔의 강도를 일정하게 하기 위해 적색 빔을 사용하여 데이터가 기록되는 시간을 조절할 수 있는 환경을 구축하였다. 실험을 통해서 같은 시간 동안 에너지를 공급하였을 경우의 데이터 재생 빔 강도에 대한 문제점을 확인하였다. 결과적으로 기준 각에서 기록 위치까지의 각도가 커질수록 데이터 재생 빔 강도가 현저하게 떨어졌다. 따라서 제안된 시스템과 수식을 기반으로 실험을 거쳐 일정 값 이상의 회절 효율을 획득하였다. 이러한 연구를 바탕으로 제어기를 설계하여 셔터의 개폐를 제어한다면 실시간으로 기록되는 데이터의 에너지가 입사되는 양을 보상할 수 있을 것이다.

### 후기

이 논문은 2009 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0089634).

### 참고문헌

1. Hans J.Coufal, Demetri Psaltis and Glen T. Sincerbox, "Holographic Data Storage", Springer, 2000..
2. Uh-Sock Rhee, H. John Caulfield, Chandra S. Vikram, and Joseph Shamir, "Dynamics of hologram recording in DuPont photopolymer", Appl. Opt. 34, 846-853, 1995.