

다중 홀로그램 기록을 위한 광폴리머의 기록시간 변화에 대한 특성 분석

Analysis of the characteristics on the run time variation of the photopolymer for multiple hologram recording

°조영래, 김은석, 김 남
충북대학교 전기전자공학부
yrcho@osp.chungbuk.ac.kr

다중 홀로그램을 기록하기 위해서는 뛰어난 민감도(sensitivity)와 해상도(resolution)를 갖고 있는 기록 매질이 필요하다. DuPont사의 HRF-150 시리즈는 488과 514nm 파장에 민감하며 다중 투과형 홀로그램을 기록하기 위한 요구 조건을 충족시킨다. 본 실험에서는 514.5nm의 파장을 갖는 기록빔으로 38 μ m 두께의 HRF-150-38 홀로그래픽 필름에 11개의 평면파 홀로그램을 기록하였다.

두 기록빔 사이의 각도를 40°로 고정하고, 하나의 기록에 대하여 0.5[mW/cm²]의 세기를 갖는 평행광 기록빔을 사용하여 기록한 후, 100[mW/cm²]의 UV 램프를 사용하여 정착하였다. 단일 홀로그램을 기록하였을 때 광폴리머는 약 200[mJ/cm²]의 노광량에서 포화되기 시작하였다.

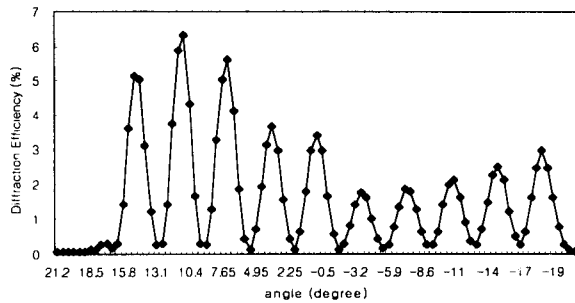
각도 다중화에 의한 다중 홀로그램 기록에서 각도 선택성(angular selectivity)은 기록매질에 기록되는 홀로그램의 개수를 결정하며 누화(crosstalk)없이 영상들을 재생하기 위한 중요한 파라미터이다. 하나의 홀로그램을 기록한 후 기록매질을 스텝핑 모터를 이용하여 0.09°씩 좌우로 회전시켜 각도 선택성을 측정하였다. 최대 회절빔의 1/2 지점에서의 전체 각도 대역폭을 측정하여 1.8°의 각도 선택성을 얻을 수 있었다. 다중 홀로그램 기록에 따른 광폴리머의 특성을 살펴보기 위해서 3.6°의 각도 선택성으로 39.6°의 범위 내에서 11개의 홀로그램을 기록하였다. 광폴리머가 포화되기 시작한 200[mJ/cm²]의 노광량을 11개의 홀로그램에 각각 18[mJ/cm²]씩 배분하여 노출시켰다.

일반적으로 광폴리머는 노출이 시작된 후부터 반응하는 것이 아니라 어느 정도의 노출이 있는 후부터 반응하기 때문에 그림 1.(a)와 같이 최초의 홀로그램은 제대로 기록되지 않는다. 따라서 최초의 홀로그램을 제대로 기록하기 위해서 참조빔만을 사용하여 기록매질을 사전노출(pre-illumination) 시켰다. 그림 1.(b)와 같이 사전노출에 의해서 기록매질은 어느 정도 민감해지기 때문에 최초의 홀로그램이 제대로 기록되었다. 사전노출을 시킴으로써 최초의 홀로그램을 효과적으로 기록할 수 있게 되었지만, 사전노출에 의해서도 모노머(monomer)가 폴리머(polymer)로 변하여 기록매질의 동적 특성(dynamic characteristics)이 어느 정도 소모되기 때문에 재생된 영상의 회절효율이 감소된 것으로 예상된다. 그러므로 다중 홀로그램에서는 각도 선택성과 노출시간 뿐만 아니라 기록에 이용된 전체 기록시간(total run time)도 또한 중요한 파라미터가 된다. 일반적으로 전체 기록시간은 다음 식과 같이 계산된다.

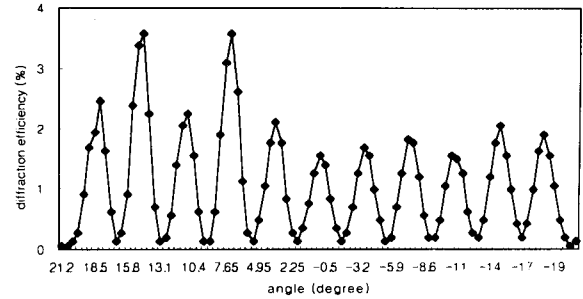
$$T_{run} = t_{step} \times N + t_e \times N = t_{setup} \times N + t_o$$

T_{run} 은 기록되는 영상이 시스템으로 전송되는 시간과 스텝핑 모터를 회전시키는 시간인 t_{step} 와 각각의 홀로그램에 노출되는 시간인 t_e 에 의존한다. 또한 t_o 는 단일 홀로그램이 포화되는 시간을 말한다. 본 실험

험에서 각각의 홀로그램 사이에 적용된 10초의 delay 시간은 t_{setup} 에 해당한다.



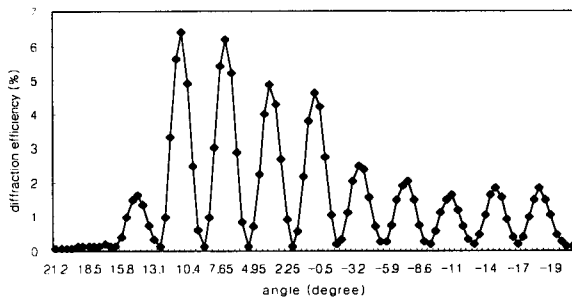
(a) 사전노출이 없는 경우



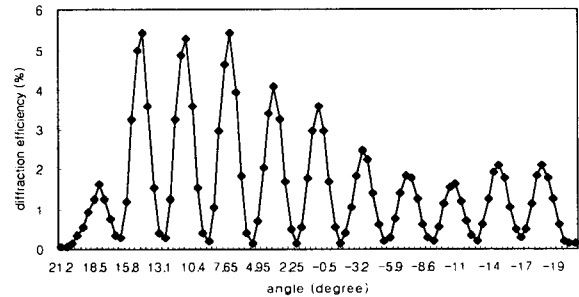
(b) 30초의 사전노출이 적용된 경우

그림 1. 동일한 노출시간에 의한 회절효율 분포

각도 다중화에 의한 회전으로 인하여 각각의 위치에서 받는 노광량은 기록매질의 법선에 대한 입사각도의 코사인 함수와 같이 변하기 때문에, 조정된 노출시간에 의해서 전체 기록시간은 감소된다. 그림 2에서 보는 것과 같이 전체 기록시간의 감소로 인하여 사전노출이 적용된 경우에도 회절효율의 감소가 크지 않음을 볼 수 있었다. 즉, 각각의 홀로그램에 대하여 기록매질의 법선에 대한 입사각도의 변화에 따라 노출시간을 조정하였을 때 기록매질의 동적인 특성을 그림 1의 결과보다 효과적으로 사용하였음을 알 수 있었다.



(a) 사전노출이 없는 경우



(b) 30초의 사전노출이 적용된 경우

그림 2. 조정된 노출시간에 의한 회절효율 분포

위와 같은 실험으로부터 각도 다중화에 의한 다중 홀로그램을 기록할 때에 노출시간을 동일하게 배분하는 것보다는 회전되는 각도 변화에 따라 조정하여 노출시키는 것이 기록매질의 동적 특성을 효과적으로 사용하는 것임을 알 수 있었다.

[참고문헌]

1. K. Curtis and D. Psaltis, "Recording of multiple holograms in photopolymer films", Appl. Opt., Vol. 31, No. 35, pp.7425-7428 (1992)
2. U. S. Rhee, H. J. Caulfield, C. S. Vikram, and J. Shamir, "Dynamics of hologram recording in DuPont photopolymer", Appl. Opt., Vol. 34, No. 5, pp.846-853 (1995)