

광섬유 스펙클을 이용한 디스크 형 홀로그램 기록 특성

Recording characteristics of hologram on disk-type material by using speckle from optical fiber

양병춘, 이병호

서울대 전기공학부

byoungcho@plaza.snu.ac.kr

Ground glass나 광섬유에서 여기된 불규칙한 모양의 스펙클이 홀로그램 기록에 사용되었을 때 홀로그램의 선택도를 향상시키고 나아가 홀로그램의 기록밀도를 향상시킬 수 있다^(1,2). 이는 두 가지 방식으로 설명될 수 있는데 스펙클이 가지는 불규칙한 위상 면과 위상 마스크를 거친 스펙클 광이 갖는 다수의 광방향 성분(k_i) 때문이다. 지금까지 알려진 바로는 홀로그램의 다중화 시 다중모드 광섬유에서 여기되는 기준빔을 이용할 때 각 다중화, 공간 다중화, 파장 다중화 모두에서 선택도가 향상되는 효과가 발생한다^(2,3,4).

다중모드 광섬유 내에서 입사된 빛은 다수의 모드를 여기 시킨다. 따라서 이렇게 여기된 많은 모드들은 광섬유 끝단에서 서로 간섭하여 복잡한 모양의 스펙클을 발생시킨다. 즉 단면의 한 위치에서 같은 위상을 가진 빛이 간섭하면 밝은 점이 생성되며, 서로 다른 위상끼리 합해져 상쇄 간섭을 일으킨 부분은 어둡게 나타난다. 이런 스펙클 패턴은 빛의 세기로만 나타나는 것이 아니라 복잡한 위상도 함께 가지게 되므로 그 단면을 잘라보았을 때는 복잡한 위상면을 가지게 된다.

일반적으로 홀로그램의 기록시 사용되는 광굴절 결정의 경우 충분한 두께를 지닌다. 각 다중화를 이용하는 경우, 충분한 두께가 되어야 다중화할 수 있는 홀로그램의 수가 증가하고, 홀로그램의 선택도가 향상되기 때문이다. 광굴절 결정의 경우 홀로그램의 작용길이(interaction length)는 결정의 두께와 직결되므로 두꺼운 매질일수록 홀로그램의 선택도, 다중화시킬 수 있는 홀로그램의 수가 증가하게 된다. 각 다중화시킬 수 있는 홀로그램의 개수 M 은 대략 다음과 같은 식으로 나타난다.

$$M \approx 1 + \frac{nL}{\lambda} |\cos \theta_1 - \cos \theta_2| \quad (1)$$

여기서 n 은 매질의 굴절율, L 은 매질의 두께, λ 는 빛의 파장이며, θ_1 , θ_2 는 기준빔이 존재할 수 있는 범위를 말한다. 즉, M 은 기록물질의 두께 L , 굴절율 n 과 비례관계에 있으며, 기록시 사용되는 빛의 파장과는 반비례한다.

최근 들어 홀로그램의 기록물질로서 각광받는 광 폴리머(photopolymer) 물질의 경우 그 두께가 단지 수십~수백 μm 에 불과하므로 광굴절 결정에 비해 각다중화에 불리하다. 따라서 광 폴리머의 경우 디스크 형태로 가공되어 공간 다중화 방법을 적용하는 방식으로 많은 연구가 진행되고 있다.

공간 다중화의 경우 두 기록빔은 고정되고 기록 매질이 한 부분 기록 후 공간적으로 이동하여 다른 위치에 기록되게 된다. 이때 기록 밀도를 향상시키기 위해 약간의 겹침(overlapping)이 발생하도록 기록

하는데 이로 인해 기록밀도는 증가하지만 홀로그램의 재생시 원하지 않는 주변의 신호가 재생되는 혼선이 발생하여 신호대 잡음비를 감소시키게 된다.

본 논문에서는 다중모드 광섬유를 이용하여, 공간 다중화 홀로그램에서 스펙클을 이용한 홀로그램의 선택도가 향상됨을 밝혀 내었다. 실험에서는 Dupont사의 광 폴리머를 이용하여 10cm의 다중모드 광섬유에서 여기된 스펙클 패턴을 이용하여, Ar-ion laser로 홀로그램을 기록하였다. 기록된 홀로그램은 매질을 횡축으로 움직이며 회절 세기를 측정하였다. 단순한 평면파를 이용하였을 때 보다 스펙클 패턴을 이용한 경우 그 공간적인 상관관계가 줄어들게 되어 홀로그램의 선택도가 증가하게 됨을 알 수 있었다. 따라서 홀로그램의 기록밀도는 증가하게 되고, 특히 광굴절 결정에 비해 광 폴리머와 같은 얇은 물질의 경우 이 방식이 더욱 효과적이며, 이는 실용적으로 사용될 수 있다.

Acknowledgement

본 논문은 산업자원부와 과학기술부에서 시행한 차세대 평판표시장치기반기술개발사업(G7)의 일환으로 연구된 것임.

참고문헌

1. J. H. Jang, Y. H. Kang, and H. Lee, "Effect of an irregular pattern on wavelength selectivity in a volume hologram," *Opt. Lett.*, **20**, 2426 (1995).
2. K. H. Kim, H. S. Lee, and B. Lee, "Enhancement of the wavelength selectivity of a volume hologram by use of multimode optical fiber referencing," *Opt. Lett.*, **23**, 1224 (1998).
3. Y. H. Kang, K. H. Kim, and B. Lee, "Angular and speckle multiplexing of photorefractive holograms by use of fiber speckle patterns," *Appl. Opt.*, **37**, 6969, (1998).
4. K. H. Kim, H.-S. Lee and B. Lee, "Enhancement of the wavelength selectivity of a volume hologram by use of multimode optical fiber referencing," *Opt. Lett.*, **23**, 1224, (1998).

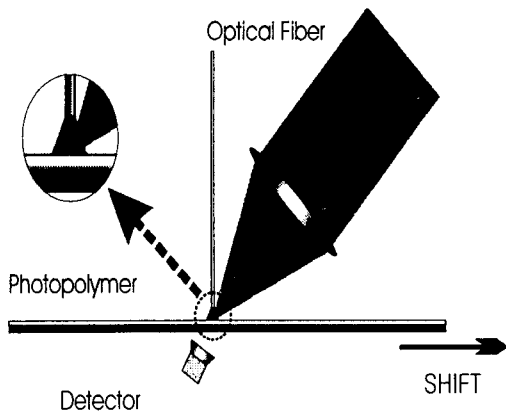


그림 1. 다중모드 광섬유를 기준빔으로 이용한 홀로그램 기록방식.

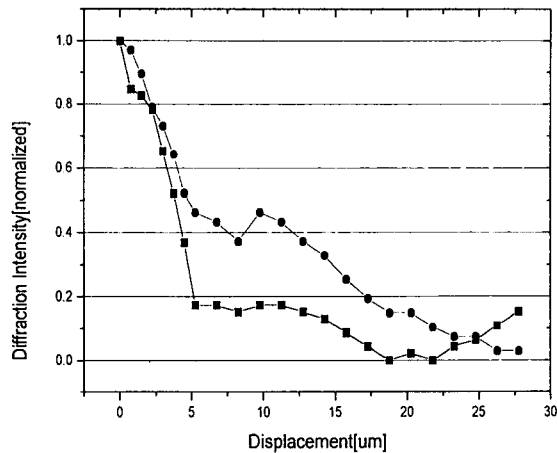


그림 2. 다중모드 광섬유를 기준빔으로 이용하였을 때의 회절 세기.

