

# 마이크로 미러 표면을 이용한 홀로그램 저장 밀도의 향상

## Improvement of Hologram Density using a Micro-Mirror Surface

양병춘, 민영훈, 김용권, 이병호

서울대학교 전기공학부

Email : byoungcho@plaza.snu.ac.kr

### 요약

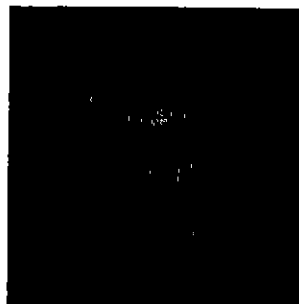
폴리 실리콘으로 제작된 마이크로 미러의 표면에서 반사되는 스펙클을 이용하여 홀로그램을 기록하였다. 마이크로 미러에서 반사되는 스펙클 패턴은 다중모드 광섬유에서 관측할 수 있는 스펙클과 거의 비슷한 형태를 보이며 이를 이용하여 홀로그램의 기록밀도를 향상시킬 수 있음을 보였다.

홀로그램의 기록밀도를 증가시키기 위해 많은 방법들이 제시되었다. 최근 불규칙한 위상면을 가진 기준빔을 이용하여 홀로그램의 기록밀도를 향상시키고 crosstalk를 감소시키는 방법에 대한 연구가 있었다[1]. 이와 유사한 방법으로 다중모드 광섬유 내에서 여기되는 복잡한 무늬의 불규칙한 위상 평면을 가진 스펙클 광을 홀로그램 기록시의 기준빔으로 이용한 경우가 있었다[2].

본 논문에서는 Lithography 기술로 제작된 마이크로 미러 어레이[3] 중 하나의 미러를 이용하여 홀로그램을 기록하고 그 표면의 특징을 이용하여 홀로그램 기록 밀도를 향상시킬 수 있음을 증명하였다. 실험에서 사용된 마이크로 미러의 사진을 그림 1에서 나타내었다. 미러 표면 등 구조물은  $\text{SiO}_2$  위에 증착되고 식각되었다. 구조물 및 미러 표면은 폴리 실리콘으로 제작되었다.

그림 2는 초점거리 25.8mm의 objective lens를 이용하여 레이저빔을 마이크로 미러의 표면에 집중시키고 이의 반사광을 기록한 이미지이다. 미러 및 구조물이 아닌  $\text{SiO}_2$  표면에서 반사된 이미지는 그 표면이 아주 깨끗하고 균일함을 알 수 있다. 그러나 폴리 실리콘으로 제작된 미러 및 구조물의 경우 식각 후에도 표면에 잔존하는 실리콘 입자(grain)로 인해 표면이 거칠게 된다. 이 거친 표면으로 인해 실제로 이 부분의 반사율은 아주 낮기 때문에 실용적인 미러로 사용되기 위해서는 금, 은, 알루미늄등을 도금하여 반사율을 높이고 있다.

본 실험에서는 폴리 실리콘으로 제작된 미러의 표면에서의 난반사를 이용하였다. 폴리 실리콘 그림 1. 제작된 5x5 마이크로 미러 어레이      그림 2 미러 및 구조물 표면에서의 반사 이미지



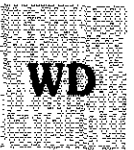
미러 표면에서 반사된 빛의 간섭무늬를 보면  $\text{SiO}_2$ 면에 비해 거칠며 복잡하고 불규칙한 위상의 반사광을

나타냄을 간섭무늬로 알 수 있다. 간섭무늬의 테두리를 따라서 복잡한 형태의 경계면을 볼 수 있는데 이는 반사광의 위상면이 불규칙하기 때문이다. 그림 2의 이미지에서 볼 수 있듯이 미러 표면에서 반사된 형태는 마치 다중모드 광섬유에서 여기되는 스펙클 패턴과 유사한 모양을 지닌다.

광굴절 물질에 홀로그래프를 기록시 이와같은 불규칙한 위상면을 가진 기준광으로 기록하면 각 홀로그래프간의 상관관계가 적어지므로 홀로그래프의 기록밀도를 향상시킬 수 있고 다중화된 홀로그래프 간의 crosstalk도 작아지는 효과를 지닌다. 그림 3은 실험의 개략도이다. 광원으로서는 633nm 파장을 가지는 He-Ne 레이저를 사용하였고, 광굴절 물질로는 철이 0.03% 함유된 LiNbO<sub>3</sub> 결정을 이용하였다.

빔 스플리터를 지나 미러에서 반사된 빔이 원래의 목적빔과 함께 광굴절 결정내에서 홀로그래프를 생성하게 된다. 이렇게 홀로그래프를 기록한 후 광굴절 결정을 옆방향으로 이동하며 회절된 빛의 세기를 측정하였다. 비교를 위해 SiO<sub>2</sub>면에서 반사되는 균일한 위상평면을 가진 빔으로 기록한 경우와 폴리 실리콘에서 반사되는 불규칙한 평면을 가진 빔으로 기록한 경우를 비교하였다. 마치 광섬유를 기준광으로 이용한 경우에 단일모드 광섬유에서 나온 빛과 다중모드 광섬유에서 나온 빛을 이용하여 기록하였을 때와 마찬가지로 회절된 빛의 세기가 폴리 실리콘 미러 표면에서 반사된 빛을 이용하였을 때 공간적으로 더 빨리 감소하고 있다. 이는 정량적으로 SiO<sub>2</sub>의 표면에서 반사된 빛을 이용하였을 때보다 1/e 세기 지점에서 53.5%의 값을 보이고 있으며 공간적으로 더 작은 범위에서 홀로그래프가 기록되고 있음을 보여주고 있다. 또 기록된 홀로그래프 분포의 모양을 보았을 때 더 급격하게 감소하고 있으므로 공간다중화를 이용한 홀로그래프 기록에서 홀로그래프 간의 crosstalk가 감소함을 쉽게 짐작할 수 있다.

이상에서 폴리 실리콘으로 제작된 마이크로 미러 표면의 재질 특징을 이용하였을 때 홀로그래프의 저장밀도가 향상됨을 보였다. 마이크로 미러를 이용한 홀로그래프 기록 실험은 저자들이 아는 한 처음으로 실행되었으며 앞으로 심층적인 연구가 진행될 예정이다. MEMS 기술로 제작된 마이크로 미러는 여러 응용 가능성을 보이며 특히 광정보 처리분야에 유용하게 이용될 것으로 전망된다.



참고 문헌

[1] J. H. Jang, Y. H. Kang, and H. Lee, "Effect of an irregular pattern on wavelength selectivity in a volume hologram", *Optics Letters*, vol. 20, no. 23, pp.2426-2428, 1995.  
 [2] Y. H. Kang, K. H. Kim, and B. Lee, "Volume holgram scheme using optical fiber for spatial multiplexing", *Optics Letters*, vol. 22, no. 10, pp. 739-741, 1997.  
 [3] 민영훈, 김용권, "단층 다결정 실리콘 마이크로머시닝 기술로 제작된 정전형 마이크로 미러 어레이의 모델링 및 측정", 97년도 전기학회 추계학술대회 논문집, pp. 612-614, 1997.

그림 3. 실험 개략도

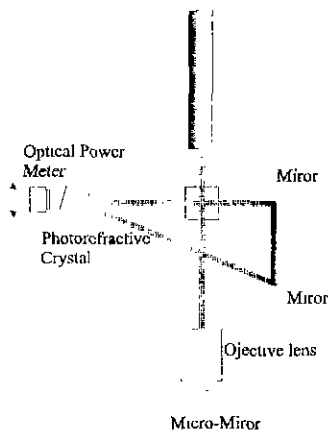


그림 4. 기록된 홀로그래프의 공간적 분포 비교

