

# 반사형 체적 홀로그램의 설계 및 제작

## Design and Fabrication of Volume Phase Reflection Holograms

유호식, 정만호  
 청주대학교 광학공학과  
 hausicks@chollian.net

회절광학소자는 큰 구경에 대해 상대적으로 가벼운 박막의 형태를 지니며 단일 기록매질 내에 여러 개의 홀로그램을 기록할 수 있기 때문에 공간적으로 중첩된 소자의 제작이 가능하고 대량 생산에 있어 가격 면에서 이득을 취할 수 있다. 회절광학소자는 또한 기관의 공간적 배치 또는 형태와 무관하게 적용하므로 고전광학소자로는 불가능한 광학계를 구성할 수 있으며 특정 응용분야에 대해서는 매우 큰 장점을 지닌다.

체적형 홀로그램은 간섭무늬가 표면에 국한된 것이 아니라 매질의 체적전체에 기록되며 Bragg 회절을 따른다. 홀로그래픽 거울은 위상형 격자의 형태를 지니며 가장 잘 알려진 결합파이론 또는 모드이론에 의해 각도 및 파장 감응도를 예측할 수 있다. 이러한 정확한 표현은 경계에서의 효과와 고차 회절광을 무시한 근사적인 형태로 간단히 나타낼 수 있으며 가장 잘 알려진 것이 Kogelnik의 2광파 1차 결합파이론이다. 여기서는 고차 회절광 및 입사진폭의 이차미분을 무시한다. 홀로그래픽 거울은 파장 선택성이 매우 높아 협대역 필터로 사용될 수 있으며 입사각에 둔감하므로 상대적으로 큰 시야각을 얻을 수 있다<sup>(1,2)</sup>.

회절광학소자의 설계시 주요한 두 가지 고려사항은 회절효율과 결상특성이다. 회절효율은 사용될 용도에 따라 기록매질의 두께 및 굴절률변조에 의해서 조절되어야 하며 beam splitter의 경우 50%, 고출력 레이저미러의 경우 99.999%의 회절효율이 요구된다<sup>(3)</sup>. 홀로그램이 결상을 위해 사용될 경우 기록조건과 재생조건이 다를 때 수차를 가지게 되는데 일반적으로 기록과장과 재생과장이 일치하지 않고 결상에 사용되는 물체는 크기를 가지게 되므로 이에 대한 고려가 필요하다.

홀로그램은 고전광학에서의 렌즈의 Seidel 수차와 일반적으로 렌즈에는 없는 몇 가지 비대칭 수차를

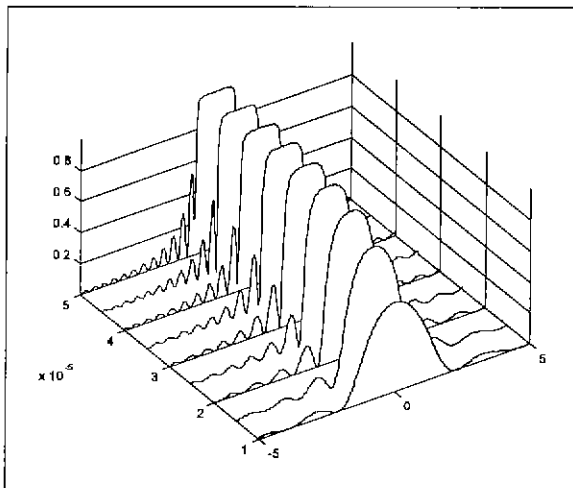


그림 1. 기록매질의 두께변화에 따른 홀로그램의 angular sensitivity 변화

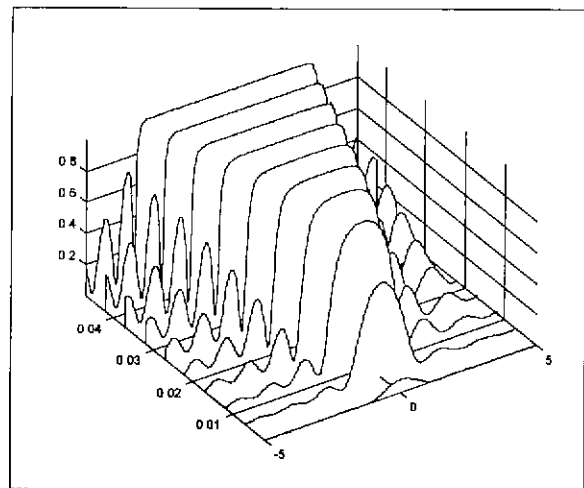


그림 2. 매질의 굴절률 변조량에 따른 홀로그램의 angular sensitivity 변화

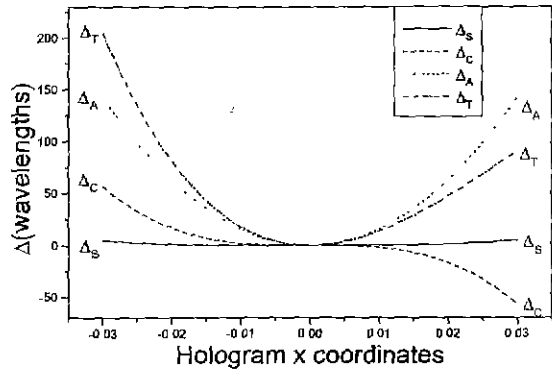


그림 3. 특정 홀로그램의 파면수차

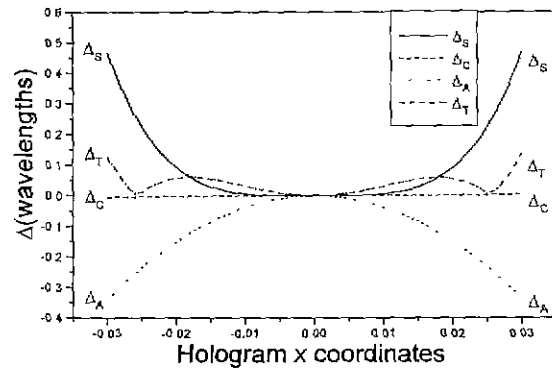


그림 4. 구면수차와 비점수차의 균형

가진다. Seidel 수차는 재생시 홀로그램에서 나오는 실제파면과 Gauss기준파면간의 3차 위상 항에서의 불일치에서 발생하며 전체 파면수차는 각 수차계수에 의하여 생성되는 파면수차의 합으로 나타낼 수 있다<sup>(4)</sup>. 홀로그램에서의 수차는 고전광학에서의 렌즈의 수차표현과 동일한 형태를 가지는데 이는 근본적으로 같은 제곱근의 급수전개로부터 유도되기 때문이다. 수차의 조절은 수차계수의 균형을 통해 이루어지며 코마의 경우 비대칭 적인 형태를 가지므로 최적화에는 구면수차와 비점수차가 이용된다<sup>(5)</sup>. 코마의 크기를 최소화하고, 구면수차와 비점수차는 크기는 같고 부호가 반대인 형태로 조절하여 전체 수차를 최소화 할 수 있다. 왜곡수차와 상면만곡은 상점의 선명함에는 영향을 미치지 않고 상점의 위치 또는 형태에만 영향을 주므로 고려하지 않았다.

본 연구에서는 반사형 홀로그램의 분광대역폭의 조절방법과 효율특성을 살펴보며 수차특성 및 파면수차의 균형을 통한 최적화방법을 보이고 이를 토대로 제작한 반사형 홀로그램을 제시한다.

[참고문헌]

1. D. H. Close, "Holographic Optical Elements", Opt. Eng., Vol. 14(5), 1975.
2. H. Kogelnik, "Coupled wave theory for thick hologram gratings", Bell Syst. Tech. J., vol. 48, pp. 2907-47, 1969.
3. Jose R. Magarinos, Daniel J. Coleman, "Holographic mirrors", Opt. Eng., Vol. 24(5), 1985.
4. Edwin B. Champagne, "Nonparaxial Imaging, Magnification and Aberration Properties in Holography", OSA, Vol. 57(1), 1967.
5. J. N. Latta, "Computer-Based Analysis of Hologram Imagery and Aberrations II: Aberrations Induced by a Wavelength Shift", Appl. Opt. Vol. 10(3), 1971.

