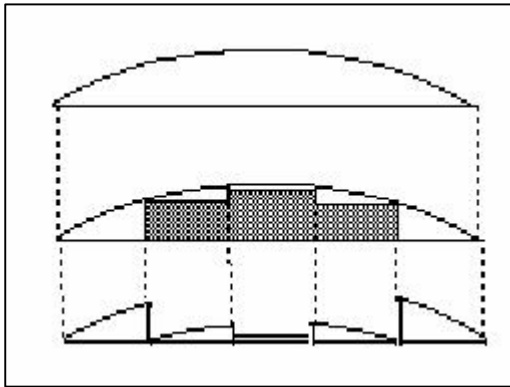
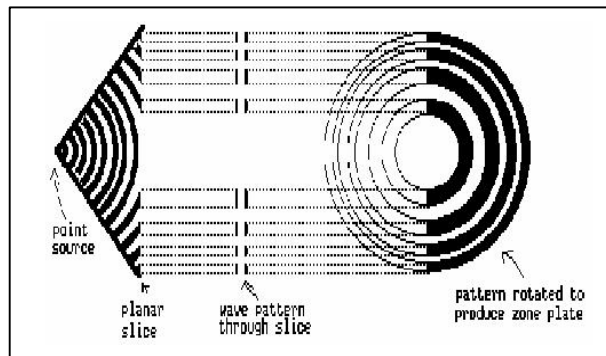


1. 숙제 6-11 솔루션 올리드립니다. Fresnel zone plate와 Fresnel lens를 비교 설명하시오.



[Fig 1] Fresnel lens



[Fig 2] Fresnel zone plate

Fresnel lens는 렌즈의 부피감(bulk)이 렌즈의 기능에 영향을 끼치지 않는다는 점을 이용하여 만든 광학소자이다. 렌즈의 기능은 렌즈의 표면의 bending과 그 표면과 주변 환경의 계면에 의해 결정되기 때문에 부피감을 줄여서 얇은 렌즈를 제작할 수 있다. [Fig 1]은 Fresnel lens를 만드는 방법이다. 진행하는 파의 위상이 2π 가 될 때마다 렌즈를 잘라서 층을 내려준다고 생각하면 된다. 결국 Fresnel lens는 얇은 톱니 모양을 띄게 된다. 2π 의 위상마다 잘라주었기 때문에 역할은 기존 렌즈와 같게 된다. [Fig 2]는 Fresnel zone plate를 제작하는 과정이다. 점 광원에서 나아가는 spherical wave를 lateral하게 잘랐을 때, 파의 마루와 골에 해당하는 부분을 연장시켜 링 모양의 무늬를 갖도록 plate를 만든 것이 Fresnel zone plate이다. 마루에 해당하는 부분은 밝은 투명하게, 골에 해당하는 부분은 검은색 무늬를 갖도록 제작해주어야 한다. Fresnel zone plate에 빛을 쏘아주면 plate 바로 뒤에는 plate와 같은 무늬의 패턴이 생기게 되고 이것이 회절을 하면서 한 점으로 모인다. 즉 Fresnel zone plate를 통해 점 광원을 만들 수 있게 된다.

2. DOE를 설계하는 기본적 방법인 IFTA가 무엇인지 설명하시오.

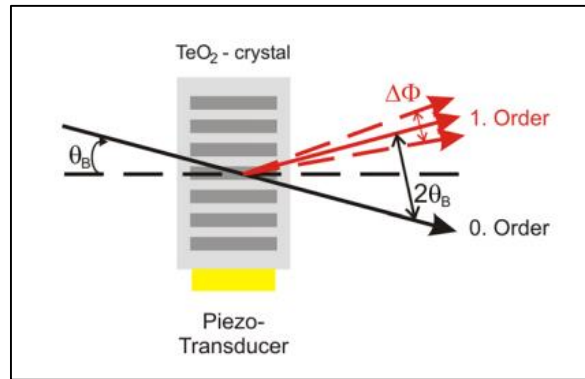
DOE(Diffractive Optical Element)는 빛의 회절현상을 이용하여 이미징을 해주는 광학소자들을 의미한다. Grating pattern이 있는 plane을 빛이 통과하게 되면 pattern의 형태에 따라 회절하게 되기 때문에 이 pattern을 알맞게 조절하면 빛이 회절하는 정도와 그 형태를 결정지을 수 있다. 이렇게 DOE의 grating pattern을 우리가 원하는 이미지를 얻을 수 있게끔 조절하는 가장 대표적인 방법이 IFTA이다. IFTA(Iterative Fourier Transform Algorithm)는 말 그대로 Fourier transform을 반복적으로 수행하는 알고리즘으로 그 방법은 다음과 같다.

- Random phase가 입혀진 plane을 Fourier transform 한다.
- Fourier domain에서의 intensity 정보만을 우리가 원하는 이미지의 intensity정보로 수정해 준다.
- Inverse Fourier transform을 통해 이미지를 생성한다.
- 위 과정의 첫 번째로 돌아가 반복한다.

이렇게 Fourier transform과 inverse Fourier transform을 반복해서 진행하면 가장 처음에 random phase가 입혀져 있던 plane에 우리가 원하는 이미지를 얻을 수 있는 phase가 입혀지게 된다. 이 plane에 빛을 쏘아주고 렌즈를 통과시켜주면 최종적으로 우리가 원하는 이미지를 얻을 수 있게 된다.

3. Acousto-optic deflector의 원리를 다음을 이용하여 설명하시오: 에너지 보존, 운동량 보존, Doppler 효과

Acousto-optic deflector는 입사한 레이저 빔이 deflector 내부의 TeO₂ 크리스탈 안에 생기는 소리 파동 때문에 휘어지는 현상을 이용하여 만든 광학 소자이다.



[Fig 3]

위의 [Fig 3]은 AOD의 원리를 설명하는 그림이다. 압전 변압기가 만드는 소리 파동이 특정 파장 Λ 를 갖고, 이 파장이 Bragg 조건인 $\sin \theta_B = \frac{\lambda}{2\Lambda}$ 를 만족하면 파장 λ 로 입사하는 레이저 빔의 첫 번째 order가 $2\theta_B$ 만큼 휘어지게 된다. 이 때 소리 파동이 조금 변함에 따라 휘어지는 레이저 빔이 $\Delta\Phi$ 만큼의 range를 가지게 된다. AOD에서 입사하는 빔과 휘어지는 빔, 그리고 소리 파동의

$$\vec{K}_d = \vec{K}_i + / - \vec{K}$$

$$\vec{K}_i = \frac{2\pi n_i}{\lambda_0} \text{ - wave vector of the incident beam.}$$

$$\vec{K}_d = \frac{2\pi n_d}{\lambda_0} \text{ - wave vector of the diffracted beam.}$$

$$\vec{K} = \frac{2\pi F}{V} \text{ - wave vector of the acoustic wave.}$$

k벡터는 위와 같은 운동량 보존을 만족시킨다. n_i 와 n_d 는 각각 입사하는 빔과 휘어진 빛이 겪는 굴절률이고, F 는 속도 V 로 진행하는 소리 파동의 진동수를 의미한다. 또한 에너지 보존 법칙 ($\sum hF_i = \sum hF_f$) 역시 성립하는데, 이 식을 통해 $F_d = F_i \pm F$ 라는 식을 얻어낼 수 있다. 즉 AOD의 기작 때문에 진동수가 shift되는 도플러 효과가 생긴다는 것인데, 보통은 $F \ll F_d \& F_i$ 를 만족하기 때문에 이 효과는 무시된다. 하지만 heterodyning을 이용하는 영역에서는 이 도플러 효과가 큰 관심거리이다.