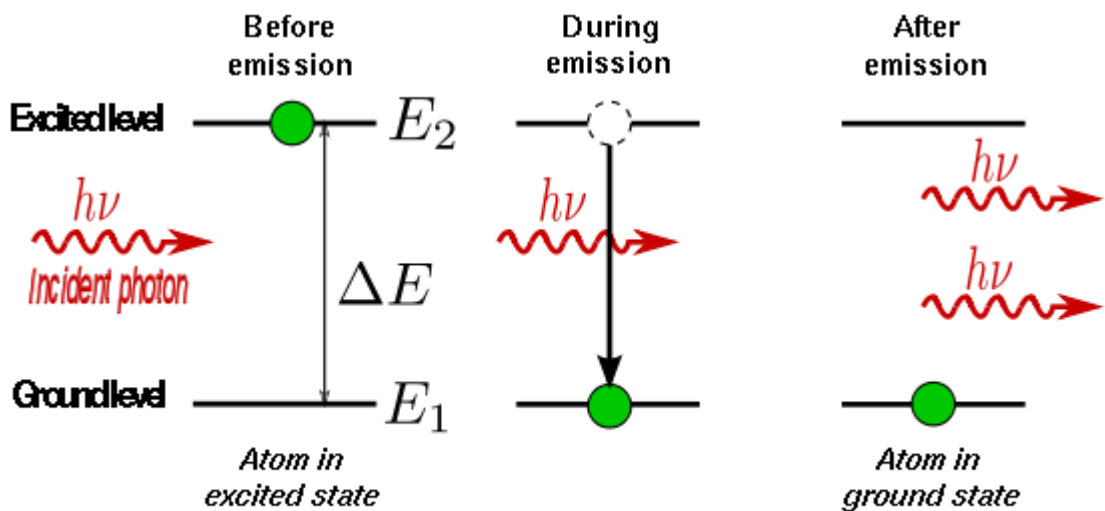


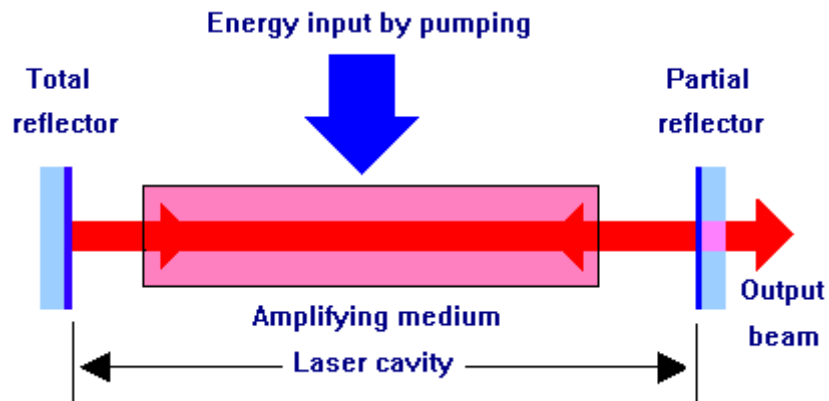
1. (16 점) 레이저의 원리를 설명하시오.

레이저는 유도방출(stimulated emission)에 의해 resonant cavity에서 증폭된 빛의 방출을 의미한다. 유도 방출이란 외부로부터 유입된 에너지 혹은 광자가 높은 에너지 준위에 머물고 있는 전자에 작용하여 낮은 에너지 준위로 끌어내리는 형태로 천이(transition)을 일으키는 방출 과정을 말한다. 유도 방출에 의해 생성된 광자는 그를 유도했던 광자와 완전히 같은 모드(같은 파장, 같은 방향, 같은 위상)를 가지고 있어, 두 광자는 서로 가간섭성(coherency)를 가지게 된다.



$$E_2 - E_1 = \Delta E = h\nu$$

이와 같은 유도 방출을 일으킬 물질을 gain medium 이라하며, 반복적인 유도방출을 통해 빛을 증폭하기 위해서 레이저에서는 gain medium을 광학적 캐비티 사이에 위치시킨다. 캐비티는 게인 미디엄을 사이에 두고 거울을 위치시켜서 만들 수 있으며, 레이저의 방출을 위해서 한쪽의 거울은 부분적으로 빛을 투과할 수 있도록 설계된다.



외부 광자에 의해 유도 방출이 일어나기 위해서는, 높은 에너지 준위에 있는 전자가 자발 방출(spontaneous emission)에 의해 천이 되기 전에 혹은 그것보다 더 빠르게 충족되어야 한다. 이런 상태를 만들기 위해 gain medium에 외부 에너지를 공급하는데 이를 pumping 과정이라고 하며, 높은 에너지 준위의 전자 밀도가 낮은 에너지 준위의 밀도보다 높아지는 것을 밀도 반전(population inversion)이라고 부른다.

채점 기준: Stimulated emission, resonant cavity, gain medium, population inversion (pumping), coherency, 총 5 가지의 개념을 포함하여 올바른 설명한 경우 만점(개념 하나가 빠질 때마다 4점 감점)

2. (15점) 프레넬(Fresnel) 회절공식을 두 가지 형태로 쓰고, 거기에서 프라운호퍼(Fraunhofer) 회절공식을 유도하시오.

1) Fresnel 회절공식

$$U(x, y) = \frac{e^{jkz}}{j\lambda z} \iint_{-\infty}^{\infty} U(\xi, \eta) \exp\left\{j\frac{k}{2z}[(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2]\right\} d\xi d\eta,$$

- Convolution 형태

$$U(x, y) = \iint_{-\infty}^{\infty} U(\xi, \eta) h(x-\xi, y-\eta) d\xi d\eta$$

$$h(x, y) = \frac{e^{jkz}}{j\lambda z} \exp\left[\frac{jk}{2z}(x^2 + y^2)\right].$$

- Fourier transform 형태

$$U(x, y) = \frac{e^{jkz}}{j\lambda z} e^{j\frac{k}{2z}(x^2+y^2)} \iint_{-\infty}^{\infty} \left\{ U(\xi, \eta) e^{j\frac{k}{2z}(\xi^2+\eta^2)} \right\} e^{-j\frac{2\pi}{\lambda z}(x\xi+y\eta)} d\xi d\eta,$$

2) Fraunhofer 회절공식 (far field 가정)

$$z \gg \left| \frac{k(\xi^2 + \eta^2)_{\max}}{2} \right|$$

$$U(x, y) = \frac{e^{jkz} e^{j\frac{k}{2z}(x^2+y^2)}}{j\lambda z} \iint_{-\infty}^{\infty} U(\xi, \eta) \exp\left[-j\frac{2\pi}{\lambda z}(x\xi + y\eta)\right] d\xi d\eta.$$

채점기준 : Fresnel 회절공식의 Convolution 형태, Fourier transform 형태, Fraunhofer 회절공식 각
각 5점 (Fraunhofer 회절공식 근사조건 없을시 3점 감점)

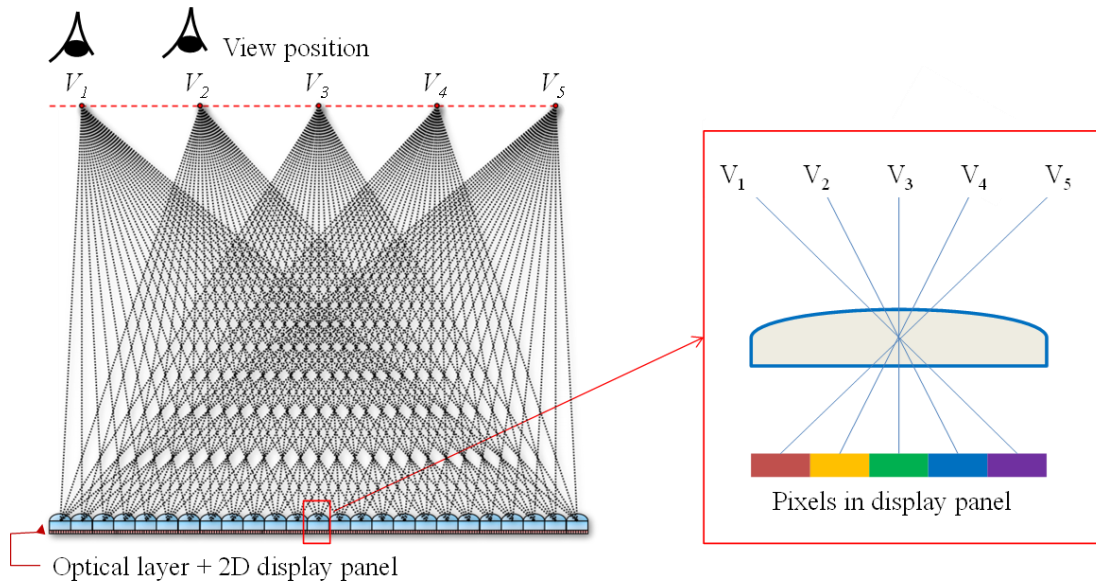
3. (15 점) 무안경식(without glasses) 3D 디스플레이 방식 중 한 가지를 택하여 그 원리를 설명하시오.

1) 인테그랄 이미징 (integral imaging)

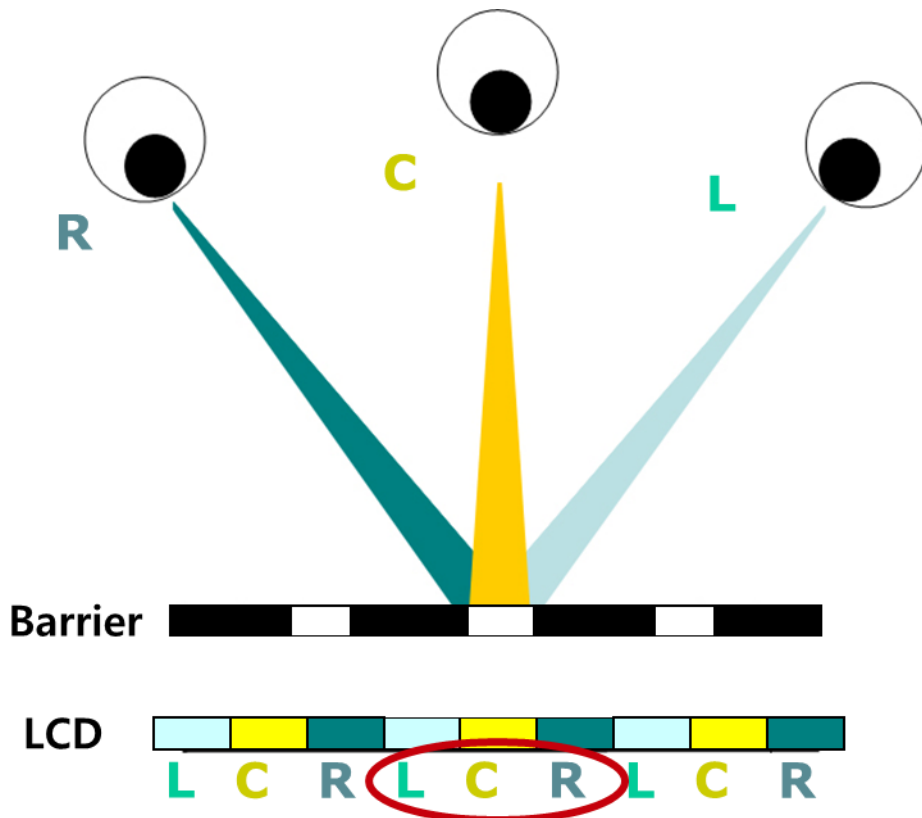
집적 영상 혹은 인테그랄 이미징이라고 불리는 기술은 공간상에 연속적인 3차원 시점을 제공하는 무안경식 3차원 디스플레이 방식 중 하나이다. 집적 영상을 재생하기 위해선 디스플레이 패널과 공간상에 연속적으로 렌즈가 배열되어 있는 렌즈 어레이 (lens array) 가 필요하다. 렌즈 어레이에 의해 3차원 영상을 집적하기 위해서 디스플레이 패널에 띄우게 되는 영상을 엘리멘탈 이미지 (elemental image) 라고 부르며, 엘리멘탈 이미지는 그 자체로 복원하고자 하는 물체의 깊이 정보와 색 정보를 픽셀의 형태로 가지고 있다. 인테그랄 이미징은 3차원 영상이 복원되는 영역 안에서 연속적인 시점을 제공하기 때문에 자연스럽다는 장점을 가지고 있지만, 영상의 해상도가 떨어진다는 단점을 가지고 있다.

2) 멀티뷰 디스플레이 (multi-view display)

멀티뷰 디스플레이는 그 이름과 같이, 공간 상에 몇 개에서 수십 개의 시점을 재생하여 3차원 영상을 복원하는 기술이다. 집적 영상과 달리, 멀티뷰 디스플레이는 각 시점간의 거리가 분명히 존재하며, 그 거리는 디스플레이의 스펙에 따라, 시청 거리에 따라 달라질 수 있다. 여러 개의 시점을 공간상에 만들기 위해서, 여러 대의 프로젝터 혹은 렌티큘러 렌즈를 사용한다. 여러 프로젝터를 사용하는 경우, 각 프로젝터가 공간 상에 하나의 시점을 담당하게 되며, 렌티큘러 렌즈의 경우 하나의 디스플레이 패널을 렌티큘러의 스펙에 따라 나누어 공간상에 시점을 만들게 된다. 이와 같은 멀티뷰 디스플레이는 시점의 수가 제한되고, 때로 시스템의 총 부피가 커진다는 단점이 있지만, 각 시점의 해상도가 다른 디스플레이에 비해 크다는 장점을 가지고 있다. 아래의 그림은 렌티큘러 렌즈를 이용하여 공간 상에 여러 시점을 위치시킨 멀티뷰 디스플레이의 원리를 설명한 그림이다. 하나의 렌티큘러 렌즈에 할당되는 픽셀의 개수에 따라 공간상에 만들 수 있는 시점의 개수가 정해지게 된다. 그림에서처럼 한 렌즈 두께당 5개의 픽셀이 할당된다면 5개의 시점을 만들 수 있음을 알 수 있다.



페럴랙스 베리어를 사용한 경우 다음과 같은 형태를 가지게 된다. 렌티큘러와 마찬가지로 각 베리어의 중심간의 거리 사이에 할당된 픽셀의 개수에 따라 공간상에 시점 개수가 정해지게 된다. 렌티큘러와 다르게 광학적으로 빛을 완전히 막는 부분이 있기 때문에, 밝기가 감소하는 문제점을 가지고 있다.



4. (16점) ATF, OTF, MTF가 무엇인지 설명하고, OTF와 ATF의 관계식을 쓰시오.

- 1) ATF: amplitude transfer function 으로 coherent system 하에서의 transfer function 을 말한다.

$$H(f_x, f_y),$$

를 transfer function 이라 하고 각각 U_i 와 U_g 의 Fourier transform을 G_i 와 G_g 라 했을때,

$$G_i = H(f_x, f_y) \cdot G_g,$$

를 만족한다.

- 2) OTF: optical transfer function 으로 incoherent system 하에서 intensity에 대한 transfer function 을 말한다.

$$H(f_x, f_y),$$

로 표기하며,

$$H(f_x, f_y) = \frac{I_i(f_x, f_y)}{I_g(f_x, f_y)},$$

의 관계식을 만족한다.

- 3) MTF: modulus transfer function 으로 OTF의 절대값에 해당한다.

$$|H(f_x, f_y)|,$$

로 표기한다. Incoherent한 빛에 대해서는 간섭을 하지 않기 때문에 빛의 세기 정보로 계산하는 것이며, OTF는 I에 대한 관계식, MTF는 \sqrt{I} 에 대한 관계식이다.

- 4) OTF의 경우 ATF의 normalized autocorrelation function과 같으며 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$\mathcal{H}(f_x, f_y) = \frac{\iint_{-\infty}^{\infty} H\left(p + \frac{f_x}{2}, q + \frac{f_y}{2}\right) H^*\left(p - \frac{f_x}{2}, q - \frac{f_y}{2}\right) dp dq}{\iint_{-\infty}^{\infty} |H(p, q)|^2 dp dq}.$$

5. (28 점) 다음의 항목들에 대해 각각 다섯 줄 이내로 설명하시오.

1) 모바일 헬스케어

모바일 헬스케어 또는 모바일 헬스는 모바일 기기로 지원받는 의학 및 공중 건강 업무를 뜻한다. 모바일 헬스 케어는 무선 통신기술 및 웨어러블 스마트기기의 발달과 바이오 센서의 소형화, 고집적화 등 ICT와 의료기기의 융합이 활발해지면서 더욱 주목 받고 있다. 광기술을 이용한 모바일 헬스케어의 예시로는, 혈류량 측정, 맥박 수 측정, 혈당 측정 등이 있다.

2) Q-switching

Q-switching이란 laser system에서 cavity의 손실을 의도적으로 증가시켰다가 낮춤으로서, 증폭된 빛이 시간상에서 매우 짧은 pulse 형태의 출력을 가지게 하는 방법을 말한다. 이와 같은 구현을 위해 공진기 내부에 거울을 두거나 absorber 를 두는 방법을 이용할 수 있다.

3) 2014년 노벨 화학상

2014년 노벨 화학상은 회절한계 이상의 해상도로 시료를 관찰할 수 있는 초고해상도 형광 현미경분야에 주어졌다. 어떤 형광분자들은 특정 조건에서 형광을 내보내다가, 빛을 내보내지 않는 특징을 가지고 있다. 이런 특징을 이용하면 형광분자간의 거리가 매우 가깝다고 해도, 시간에 따라 두 신호를 구별하는 것이 가능하다. 이러한 과정을 통계적으로 반복하여 재구성하면 기존의 현미경의 10배 정도의 정밀도를 가지는 이미지를 얻을 수 있다. 위와 같은 화학물질을 사용하는 것이 STORM(Stochastic optical reconstruction microscopy) 기술이며, 기존의 형광 단백질을 변형시켜서 위의 성질을 가지게 하는 것이 PALM(Photo-activatable fluorescent protein) 기술이다. 이와 더불어, 도넛 모양의 de-excitation beam 을 이용하여 매우 작은 영역의 형광분자만을 남길 수 있게 하여, 이 한계를 더 극복해낸 형광현미경 (STED) 분야도 상이 주어졌다.

4) 4-f 시스템의 응용

렌즈를 이용한 이미징 공식을 보면 object 가 렌즈 앞 초점거리에 위치시키면, 렌즈를 지나 다시 초점거리에 생기는 이미지는 이의 완전한 푸리에 트랜스폼 형태가 된다. 이를 다시 4f 시스템을 통해 구현하면, 기존의 이미지를 뒤집힌 형태로 완전히 복원할 수 있다. 푸리에 트랜스폼 플레인에서 로우패스, 하이패스 필터등을 이용하여 이미지를 광학적으로 프로세싱 할 수 있다.

6. (10점) 다음 중 하나를 그리시오(설명은 필요 없음): 세계 빛의 해 로고, Charles Townes 얼굴, Airy pattern, TN LC, Abbe 기념비, Talbot image, 등대에 사용되는 렌즈

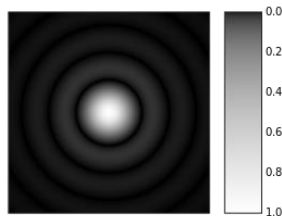
1) 세계 빛의 해 로고



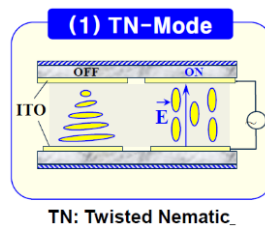
2) Charles Townes 얼굴



3) Airy pattern



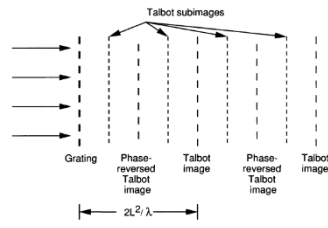
4) TN LC



5) Abbe 기념비



6) Talbot image



7) 등대에 사용되는 렌즈

