

1. 4-step phase-shift interferometry에서 phase unwrapping을 하는 원리를 설명하시오. (10점)

Phase shift interferometry는 reference wave front를 진행방향을 따라 이동시키면서 probe wave front와의 phase 변화를 야기한다. 거울의 이동 혹은 회전을 통해 phase를 shifting 시키며, 일반적으로 four step method가 사용되는데, $0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}$ 마다 측정을 하여 tan 값을 아래 식과 같이 간단히 도출 해 낼 수 있다.

$$I_1 = a + b \cos \phi,$$

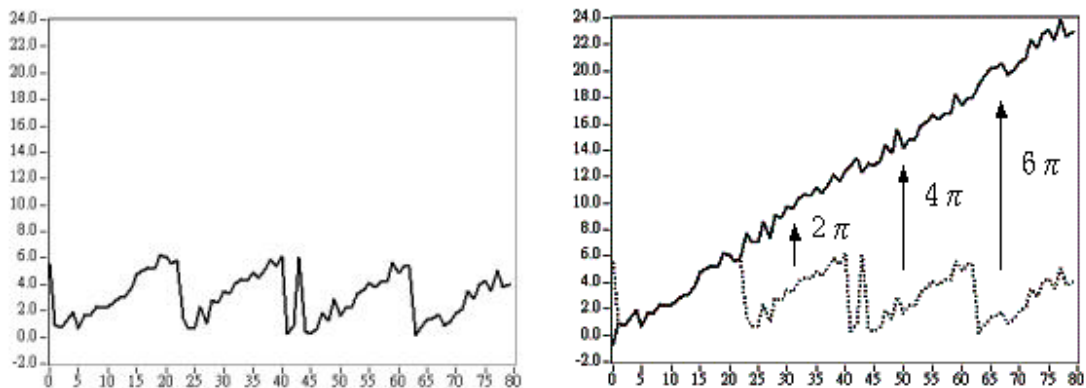
$$I_2 = a + b \cos\left(\phi + \frac{1}{2}\pi\right) = a - b \sin \phi,$$

$$I_3 = a + b \cos(\phi + \pi) = a - b \cos \phi,$$

$$I_4 = a + b \cos\left(\phi + \frac{3}{2}\pi\right) = a + b \sin \phi,$$

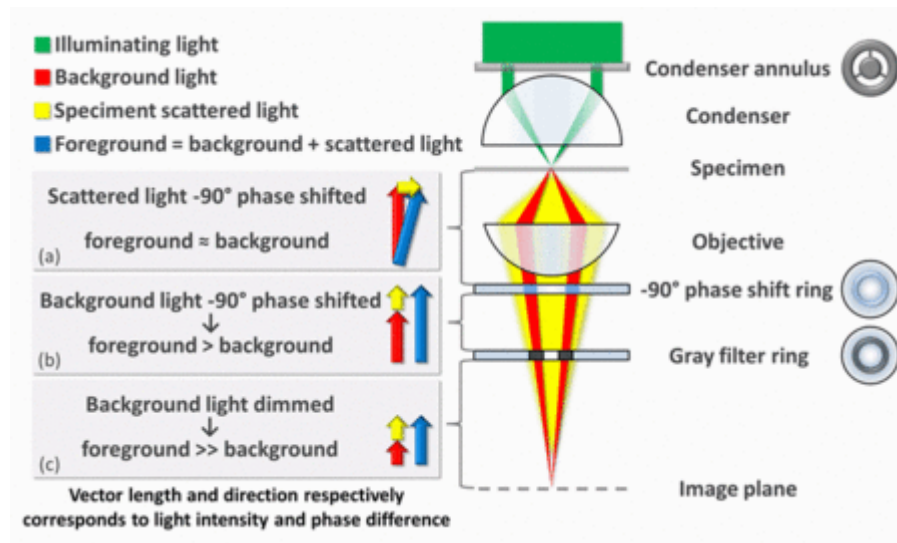
$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{I_4 - I_2}{I_1 - I_3}\right).$$

이때 inverse tangent function 의 특징상 얻어지는 phase는 2π 변화할 때마다 불연속점이 생기게 되는데, 이 불연속점의 gradient 값을 기준으로 2π 만큼 더해주거나 빼주게 되어 이를 연속적으로 unwrapping하는 것을 phase unwrapping 기법이라 한다.



Phase unwrapping 예시

2. Phase contrast microscopy 의 원리를 설명하시오. (10점)



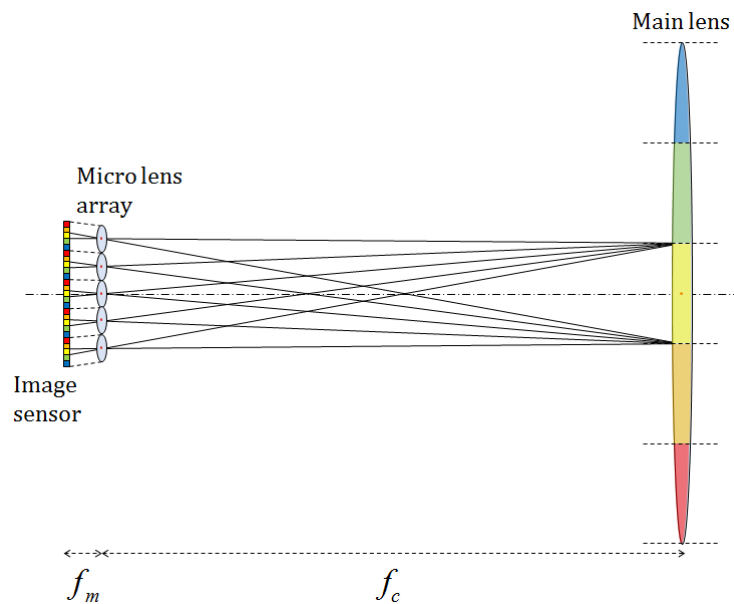
Condenser annulus 에 의하여 ring 모양의 빛이 condenser에 의해서 Specimen에 초점을 맞추게 되면, Specimen에 의해 산란된 빛 (노란색) 과 그대로 진행하는 빛 (빨강색)이 objective lens로 입사하게 된다. 이때 일반적으로 산란하는 빛은 그대로 직진하는 빛보다 -90도만큼 phase shift가 된다. 그렇기 때문에 합쳐진 foreground 빛의 세기와 투과광의 세기는 큰 차이를 보이지 않는다.

이때 Objective lens 에 의해 집광되는 중간 부분에 그대로 진행하는 빛 (빨강색)에 해당하는 부분을 Phase shift 시키는 ring 모양의 phase plate를 위치시키게 되면, 그대로 직진하는 빛 또한 -90도 만큼 phase shift가 일어나게 되어, 합쳐지는 빛의 세기가 커지게 되고 투과 광과의 intensity 차이가 커지게 된다. 마지막으로 이 차이를 크게 하기 위해 gray filter ring을 통해 투과광의 크기를 감쇄시키면 합쳐지는 foreground 빛의 세기와 투과광의 세기차이를 극대화 할 수 있다.

이로 인해, 최종적으로 관측된 foreground 영상은 specimen의 위상차이가 극대화 된 형태를 띄게 된다.

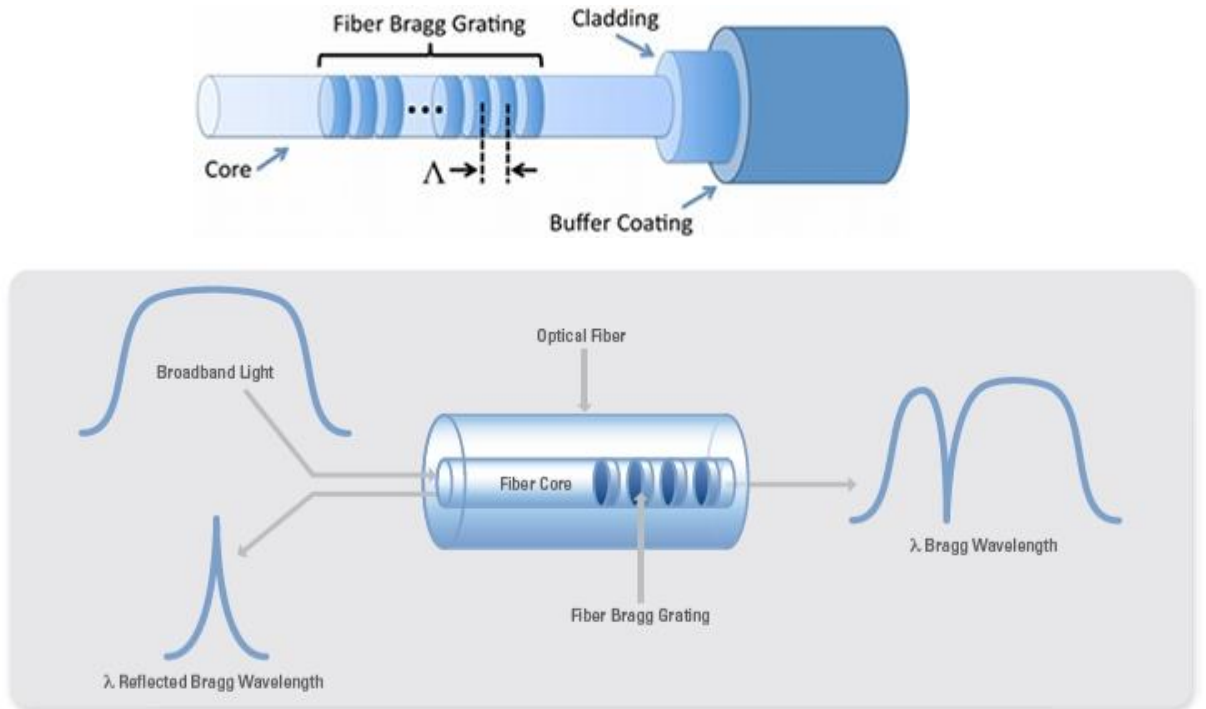
3. Lytro 사의 카메라의 원리를 설명하시오. (10점)

기존의 3 차원 디스플레이 기술인 집적영상 (Integral Imaging)의 방식을 카메라에 적용시켜 영상의 깊이정보를 얻어내는 방법이다. 최근에는 light field photography 혹은 plenoptic photography 라고도 불린다. 작은 렌즈 배열 (micro lens array)가 카메라의 이미지 센서 앞에 위치하고 있어 각각의 렌즈가 마치 하나의 카메라처럼 영상의 다른 perspective view 를 촬영한다. 이렇게 얻어진 요소영상은 Sub-image 추출과 같은 계산 알고리즘을 통해 원하는 위치에 초점을 맞출 수 있는 refocusing, 깊이를 표현하는 depth map extraction 등에 이용될 수 있으며, rendering 기술을 이용하여 2D 해상도를 최대화 시키는 방법 또한 채택되어 있다.



위 그림과 같이 Main lens 와 Micro lens array 에 의해 각각 들어오는 빛은 방향성분에 따라 Image sensor 에 각각 다른 픽셀에 맺히게 된다. 이를 통해 각 픽셀에 들어오는 intensity 정보가 어느 방향에서 온 빛인지를 알게 되고 이를 역산하여 Lytro 카메라의 여러 특징들이 추출되어 진다.

4. Fiber Bragg grating 을 이용한 스트레인 센서와 온도 센서의 원리를 설명하시오.



Fiber Bragg grating 은 유리섬유의 굴절률이 주기적으로 변화하는 것을 의미하는데, 홀로그램 방해 또는 위상 마스크를 이용하여 감광 섬유를 노출시켜 제작된다. 외부 환경에 따라 센서가 확장되거나 수축되면 grating 사이의 간격이 조절되고 이는 반사되는 빛의 파장 또한 변화하기 때문에 이를 통해 온도 및 스트레인을 역 추정할 수 있다. 파장과 온도, 스트레인의 관계 식은 아래와 같다.

$$\lambda_B = 2n_e\Lambda$$

$$\left[\frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} \right] = C_S\epsilon + C_T\Delta T$$

(n = 섬유 내부 굴절률, Λ = grating 주기, T = 온도)