

# 빛의 정상파를 이용한 광원의 결맞음 길이 예측

## Estimation of coherence length of light source by using standing wave

김민성, 김병주, 임환홍, 차명식\*

부산대학교, 물리학과

mcha@pusan.ac.kr

서로 반대방향으로 진행하는 같은 주파수의 두 조화파를 합성하면 정지해 있는 파동 즉 정상파(standing wave)가 형성된다. Wiener<sup>(1)</sup>는 단색성을 지닌 나란한 빛을 거울에 반사시켜 기울어진 사진건판으로 정상파의 존재를 입증하였으며, 비슷한 방법으로 Drude와 Nernst<sup>(2)</sup>는 형광필름으로 정상파의 존재를 확인하여 형광을 발생시키는 것이 전기장이라는 것을 입증하였다. 이후 1933년에 Ives와 Fry<sup>(3)</sup>는 photoelectric probe surface를 이용하여 Wiener의 실험을 재현하였다. 본 실험은 필름 현상이 아닌 형광과 유리면에서의 산란을 이용해서 정상파를 관찰하였으며, 이 정상파를 이용하여 거울면과 관측면의 거리를 조절하여 마디(node)와 배(antinode)의 세기의 차이를 비교함으로써 광원의 결맞음 정도를 예측해보았다.

반대 방향의 같은 주파수의 두 조화파가 합성되면 식 (1)과 같이 공간상에서 이동하지 않으며 전기장의 진폭이 항상 0이 되는 마디(node)와 진폭이 최대가 되는 배(antinode)가 연속적으로 나타나는 정상파가 형성된다. 이 때 배와 마디 사이의 간격은  $\lambda/4$  로 고정되어 있다.[그림 1]

$$E(x, t) = 2E \sin kx \cos \omega t \quad (1)$$

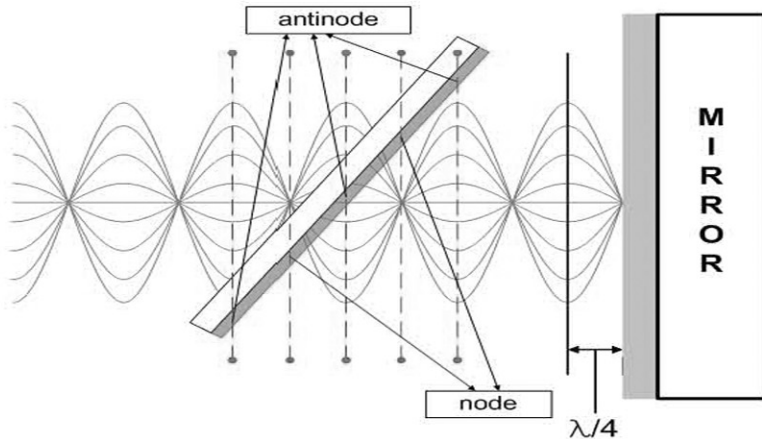
본 실험에서는 광원으로 파장이 543.5 nm인 cw He-Ne Laser를 사용하였으며 텔레스코프 렌즈에 통과시켜 빔 사이즈를 키우고 약간의 각도로 기울어진 시료를 지나 50 nm 를 1 step 으로 하는 스텝모터 위의 거울에 반사시켜 다시 시료를 지나게 하였다. 이 때 나온 정상파의 모양을 CCD camera로 찍었다. 첫 번째로 형광을 이용하여 정상파를 관찰한 경우 500 nm정도(흡수스펙트럼으로 측정)에서 흡수 피크 나타나는 MEH-PPV를 형광체로 사용하였으며 마디와 배가  $\lambda/4$ 간격으로 나타나므로 형광체는 레이저 파장의 1/50인 약 10 nm 정도의 두께로 코팅하였으며, 형광체의 형광만을 관측하기 위하여 CCD camera 앞에 레이저 파장대를 투과하지 못하는 색필터를 두고 관찰하였다.

첫 번째 실험으로 [그림2]과 같이 무늬를 관찰하였으며 스텝모터로 거울을 움직임으로써 무늬도 움직이는 것을 확인하였다. 첫 번째 실험의 형광체의 형광실험은 일정 시간 이상 지나면 레이저에 의해 형광체가 휘발하는 문제점이 있어서 두 번째로 유리면에 입자크기가 1  $\mu\text{m}$ 크기의 연마제로 고르게 산란 표면을 만들어 첫 번째와 같은 방법으로 정상파를 산란으로 관찰해보았으며 정상파를 확인할 수 있었다.

정상파 역시 시료에 입사한 빛과 거울에 반사된 빛 사이의 결맞음이 있어야 함을 이용하여 시료와 거울 사이의 거리를 늘어나감으로써 마디와 배 사이의 세기의 차이를 측정함으로써 사용광원의 결맞음 길이를 예측해보았다. 거울과 시료 사이의 간격이 0 인 위치에서 마디와 배의 세기차이를 100%로 잡았을 때 50%가 되는 위치로 결맞음 정도를 예측하였다. 형광을 이용하였을 때 [그림 3]의 [a]와 같이 약 16cm 정도에서 contrast가 50% 이하가 되었으며, 산란을 이용하였을 때 [그림 3]의 [b]와 같이 역시

16cm에서 동일하게 contrast가 50% 이하가 되었다. 이를 토대로 cw He-Ne laser의 결맞음 길이는 약 16cm로 예측되었다.

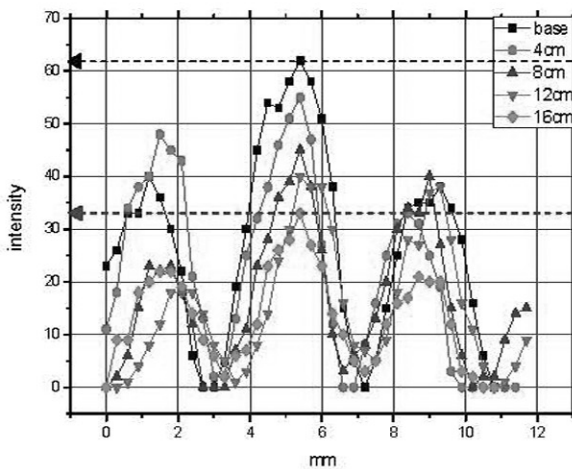
본 실험은 정상파 형성 실험을 형광과 산란을 이용해서 관찰해 보았으며, 이 정상파를 이용하여 거울과 시료간의 간격을 조절함으로써 광원의 결맞음 정도를 예측해보았다. 산란을 이용한 방법은 사용 광원의 파장에 관계없이 정상파를 관찰할 수 있으며, 발표에서는 다양한 광원의 결맞음 길이 특성을 보고할 예정이다.



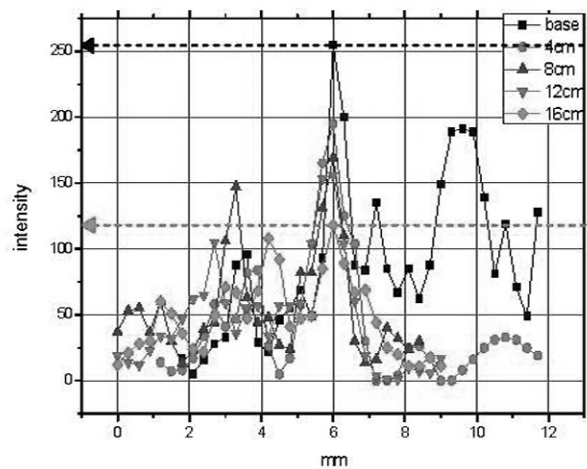
[그림 1] 정상파



[그림 2] 정상파 관찰(형광)



[a] MEH-PPV 형광



[b] 유리 산란

[그림 3] 거리에 따른 정상파의 세기분포

1. O. Wiener, Ann. Phys. Chem. "Stehende lichtwellen und die schwinungsrichtung polarisirten" 40 pt pp 203-243 (1890)
2. P. Drude and W. Nernst Ann. Phys. "Ueber die fluoreszenzwirkungen stehender lichtwellen" 45 pt pp 460 (1892)
3. H. E. Ives and T. C. Fry, J. Opt. Soc. Amer. "Standing Light waves; Repetition of an Experiment by Wiener, Using a Photoelectric Probe Surface" 23 pt pp 73 (1933)