

형광과 산란에 의한 빛의 정상파 관찰

Observation of standing light wave by photoluminescence and scattering

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⁽¹⁾는 단색성을 지닌 나란한 빛을 거울에 반사시켜 기울어진 사진건판으로 정상파의 존재를 입증하였으며, 비슷한 방법으로 Drude와 Nernst⁽²⁾는 형광필름으로 정상파의 존재를 확인하여 형광을 발생시키는 것이 전기장이라는 것을 입증하였다. 본 실험은 필름 현상이 아닌 형광체의 형광과 스크래치 낸 유리면에서의 산란을 이용해서 정상파를 실시간으로 관찰하였다.

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 마디의 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 실험장치도는 [그림2]와 같다. 레이저를 тел레스코프 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 픽이 나타나는 MEH-PPV를 형광체로 사용하였으며 마디와 배가 $\lambda/4$ 간격으로 나타나므로 형광체는 레이저 파장의 1/50인 약 10 nm 정도의 두께로 코팅하였으며(알파 stepper 측정), 형광체의 형광만을 관측하기 위하여 CCD camera 앞에 레이저 파장대를 투과하지 못하는 색필터(CS2-73)를 두고 관찰하였다. 이 때 정상파 무늬는 시료의 기울어진 각도와 무늬 개수 사이에 식(2)와 같은 관계를 가진다.

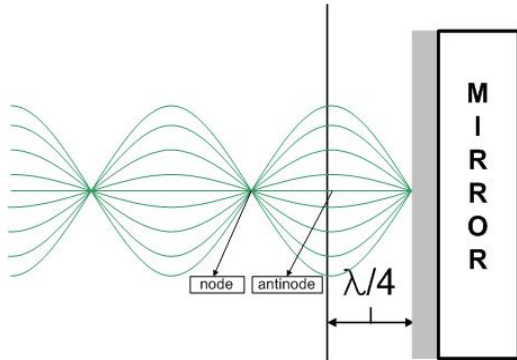
$$l \sin \theta = \frac{\lambda}{4} (2m - 1) \quad [l(\text{빔 직경}), \theta(\text{시료각도}), \lambda(\text{파장}), m(\text{무늬갯수})] \quad (2)$$

첫 번째 실험으로 [그림3]의 (a)와 같이 무늬를 관찰하였으며 스텝모터로 거울을 움직이므로써 무늬도 움직이는 것을 확인하였다. 그리고 각 θ 를 0도로 고정시키고 무늬갯수를 0개로 만들어 시료를 마디의 위치에 두어 [그림3]의 (c)와 같이 완전히 어두운 상을 관찰하였으며, 시료를 마디의 위치가 아닌 다른 곳에 두어 (d)와 같이 밝은 상을 관찰하였다. 첫 번째 실험의 형광체의 형광실험은 일정 시간 이상 지나면 레이저에 의해 형광체가 휘발하는 문제점이 있어서 두 번째로 유리면에 입자크기가 약 10 μm 크기의 치약으로 고르게 스크래치를 내어서 첫 번째와 같은 방법으로 정상파를 산란으로 관찰해보았으며, 결과는 [그림3]의 (b)와 같이 정상파를 확인할 수 있었다.

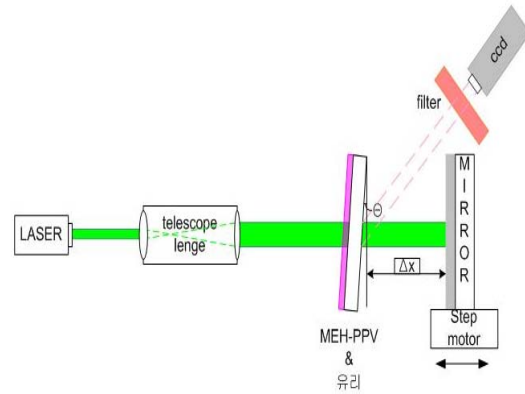
본 실험은 정상파 형성 실험을 형광과 산란을 이용해서 관찰해 보았는데 스크래치를 이용한 방법은

사용 광원의 파장에 관계없이 정상파를 관찰할 수 있으며, 이는 간단한 레이저와 거울 하나면 가능한 간단한 실험이어서 물리교육용으로 적합하다고 생각되어진다.

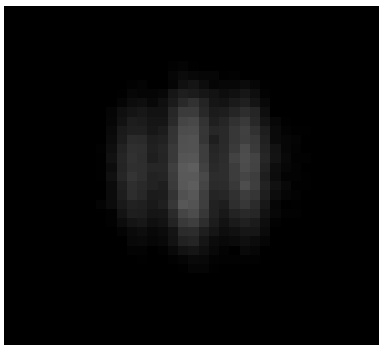
[그림 1] 정상파



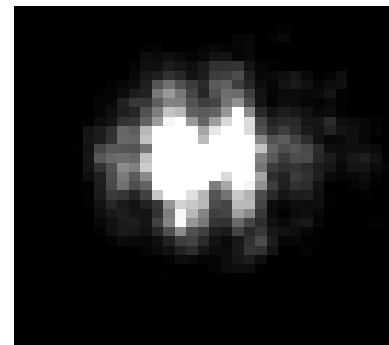
[그림 2] 실험 장치도



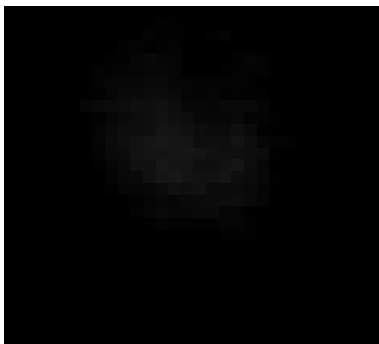
[그림 3] 정상파 관찰



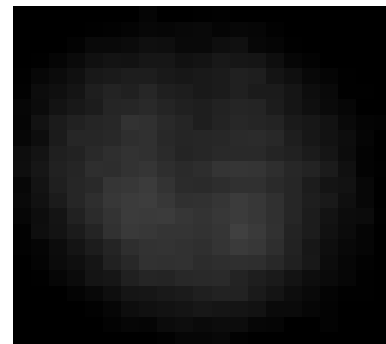
(a) MEH-PPV



(b) 스크레치넨 유리



(c) $\theta = 0^\circ$, $\Delta x = \frac{\lambda}{2} m (m = 1, 2, 3, \dots)$



(d) $\theta = 0^\circ$, $\Delta x \neq \frac{\lambda}{2} m (m = 1, 2, 3, \dots)$

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)