

[실험 5 예비 보고서]

2분반 12161756 윤성호

1. 실험 제목

- 전반사에 대한 임계각 측정

2. 실험 목적

- 가. 흡수, 산란, 분산 및 굴절률에 대해 이해한다.
- 나. 전반사에 대해 이해한다.
- 다. 광섬유 내에서의 광의 전파에 대한 원리를 이해한다.
- 라. 임계각을 측정하고 굴절률을 계산한다.

3. 이론

가. 흡수

- 1) 물질이나 구조체 속에서 전자기파 등의 복사선의 에너지가 감소되는 것을 말한다.
- 2) 흡수체 : 입자선이나 파동 등의 에너지를 강하게 흡수하는 물체
- 3) 반대로 복사선 등을 흡수하지 않고 그대로 통과시키는 물질을 그 복사선에 대하여 투명(透明)하다고 한다.
- 4) 예를 들면 보통의 유리는 가시광선에 투명하나, 자외선에 대해서는 흡수체로서 작용하므로, 자외선을 투과시키려면 이것에 대해서 투명한 석영유리 등 특수한 유리를 사용해야 한다.
- 5) 일반적으로 어떤 물질이 복사선에 대해 흡수체로 작용하는 정도는 외부로부터 오는 복사선에 대해 구조체 또는 물질이 공명(共鳴)하여 다른 에너지로 전환하는 정도 등에 의해 결정된다.

나. 산란

- 1) 파동이나 빠른 속도의 입자선이 분자, 원자, 미립자 등에 충돌하여 운동방향을 바꾸고 흩어지는 것을 말한다.
- 2) 기체, 액체, 고체 내부에서 모두 일어나지만, 고체나 액체에서는 산광이 합성되어 굴절광이나 반사광으로 보이는 경우가 더 많다.
- 3) 산란된 파동을 산란파라 한다. 빛인 경우에는 산광(散光)이라 하며, 이론적으로는 원자나 분자에 속박되어 있는 전자가 입사광선의 전자기파에 의하여 강제진동을 일으켜 2차적 빛을 내는 현상이며, 단파장의 빛일수록 강하게 산란된다.
- 4) 레일리는 파장에 비하여 작은 미립자에 의한 현상을 연구하여 산광의 세기가 파장의 4제곱에 반비례한다는 것을 발견하고, 청색 빛은 대기 중의 분자나 미립자에 의하여 태양광선이 산란된 것이라고 하였다.
- 5) 마찬가지로 태양이나 달이 뜰 때(또는 질 때) 등황색 또는 붉은빛을 띠는 것은 두꺼운 공기층을 통과할 때, 태양빛이나 달빛의 단파장 부분이 크게 산란되고 장파장 부분의 빛이 투과되기 때문이다.
- 6) 라만효과 : 입사광선과 파장이 다른 산광 부분에 일어나는 것을 말한다. (대부분의 경우 산광의 파장은 입사광선의 파장과 같지만, 때로는 그 물질에 특유한 양만큼 파장이 다른 빛이 섞이는 경우가 있다.)

다. 분산

- 1) 파동의 파장에 따라서 물질의 굴절률과 흡수율에 차이가 생기는 것을 말한다.

- 2) 프리즘에 의한 빛의 분산이 대표적인 예이다. 여러 파장의 빛이 프리즘을 통과하면 파장이 다른 빛은 굴절률이 다르기 때문에 굴절각이 다르게 된다. 따라서 서로 다른 방향으로 진행하게 된다. 이때 파장이 짧은 쪽이 굴절각이 더 크다. 예를 들어 빨간빛은 파장이 길기 때문에 굴절각이 작아 크게 꺾이지 않는다. 반면 보라빛은 파장이 짧기 때문에 굴절각이 커 진행방향이 크게 꺾인다. 무지개는 물방울에 의해 빛이 분산되어 생기는 현상이다.

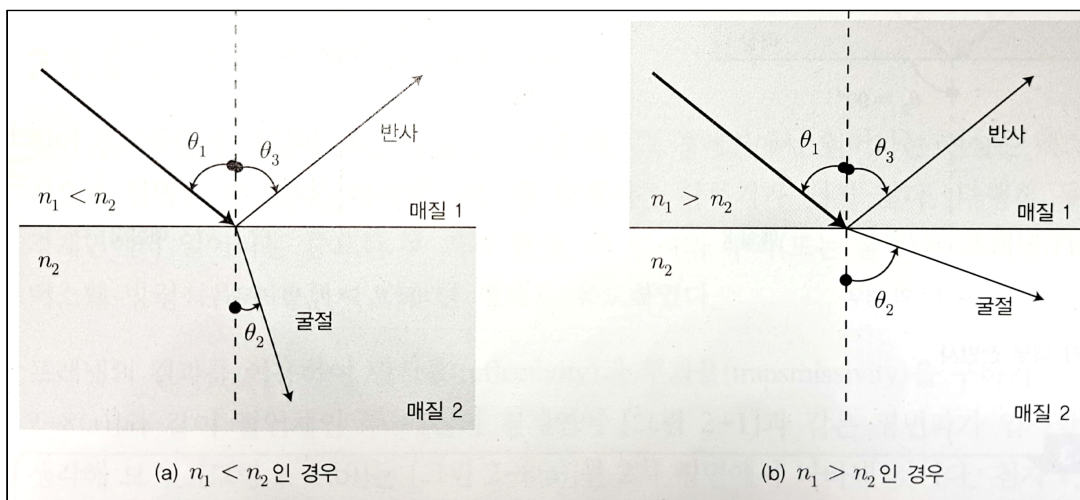
라. 굴절률

- 1) 빛은 매질에 따라 진행 속도가 달라진다. 이런 특성을 굴절률 $n = \frac{c}{v}$ 으로 정의한다.
- 2) 여기서 c 는 진공에서의 광속, v 는 특정 매질 안에서의 광속을 말한다.
- 3) v 는 c 보다 항상 작으며, 따라서 n 은 항상 1보다 크다. n 의 값이 클수록 광학적으로 그 매질의 밀도가 더 높다고 할 수 있다. 공기의 굴절률은 1.003, 물은 1.33, 실리카는 1.5, 다이아몬드는 2.42이다.
- 4) 특정 매질 안에서 빛의 전파 속도가 달라지면, 빛의 주파수는 변하지 않지만, 파장은 변한다.
- 5) 진공에서의 빛의 파장을 $\lambda_o (= c/f)$ 라 하고, 특정 매질 안에서의 빛의 파장을 λ_m 이라 할 때,

$$\lambda_m = \frac{v}{f} = \frac{c}{nf} = \frac{c/f}{n} = \frac{\lambda_o}{n} \text{가 만족한다.}$$

마. 스넬의 법칙

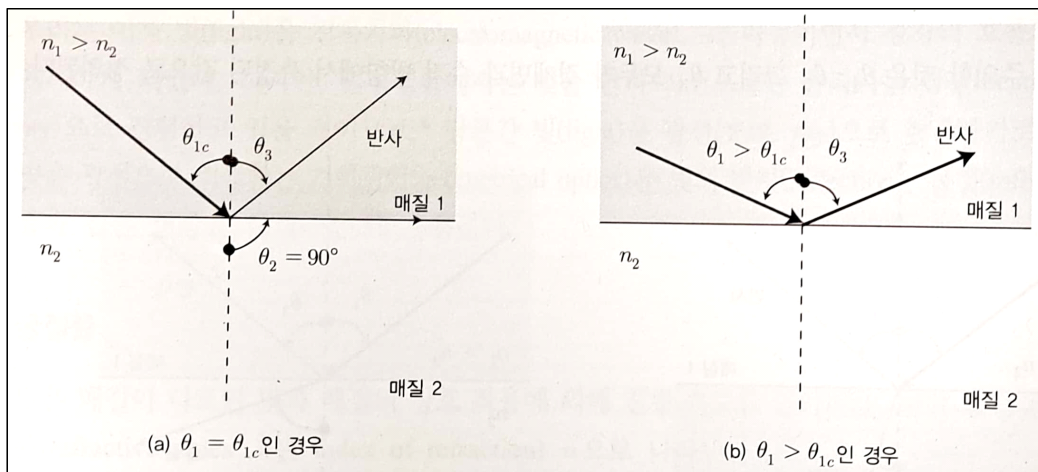
- 1) 빛은 굴절률이 서로 다른 두 매질에 빛이 통과할 때 두 매질의 경계에서 빛의 진행 방향이 바뀌고 일부는 반사되는 성질이 있다.
- 2) [그림 1]에서 빛이 매질 1에서 매질 2로 입사할 때, 입사각 θ_1 , 반사각 θ_3 그리고 굴절각 θ_2 사이의 관계는 아래 식을 만족한다.
- 3) 스넬의 법칙 : $\theta_1 = \theta_3$, $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$



[그림 1] 굴절률이 서로 다른 두 매질의 경계에서 빛의 반사와 굴절

바. 전반사

- 1) [그림 1(b)]처럼 $n_1 > n_2$ 인 경우에서 θ_1 을 증가시키다 보면 $\theta_2=90^\circ$ 가 되는 순간이 온다. 여기서 θ_1 을 더 증가시키면 굴절광은 아예 없어진다. 즉, 입사광이 모두 반사된다.
- 2) 이러한 경우를 전반사라 하며, 전반사가 일어나기 시작하는 입사각, 즉 $\theta_2=90^\circ$ 일 때의 입사각 θ_1 을 임계각(critical angle) θ_{1c} 라 한다.
- 3) 전반사가 일어나기 위한 입사각(θ_1)의 조건 : $\theta_{1c} \leq \theta_1 < 90^\circ$
- 4) 아래의 [그림 2(a)]는 $\theta_1=\theta_{1c}$ 인 경우로, 전반사가 시작되는 상황을, [그림 2(b)]는 $\theta_1 > \theta_{1c}$ 인 경우로, 굴절광이 모두 사라진 예를 보여준다.
- 5) θ_1 이 임계각 θ_{1c} 이면 $\theta_2 = 90^\circ$ 이므로, 스넬의 법칙 $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ 식은
- 6) $n_1 \sin \theta_{1c} = n_2 \sin 90 = n_2$ 가 되며, 이를 정리하면, $\theta_{1c} = \sin^{-1}(\frac{n_2}{n_1})$ 가 된다.
- 7) 따라서 두 매질의 굴절률을 알면, 임계각을 구할 수 있다.



[그림 2] 전반사의 예

- 참고 문헌 -

[1] 이종형, "광통신 공학 : MATLAB과 함께하는 광통신 시스템", pp72-74, 한빛아카데미, 2016.

[2] 두산백과. 흡수, 산란, 분산

https://www.doopedia.co.kr/doopedia/master/master.do?_method=view&MAS_IDX=101013000865067

https://www.doopedia.co.kr/doopedia/master/master.do?_method=view&MAS_IDX=101013000846323

https://www.doopedia.co.kr/doopedia/master/master.do?_method=view&MAS_IDX=101013000845106

(2020-10-12 방문).