

문제 2: 열변형된 표면에 의한 간섭(열변형)

빛이 물질과 상호작용하면 여러 가지 현상이 일어난다. 이 실험 연구는 빛에 의해 변형된 아크릴(PMMA) 표면에서 일어나는 빛의 회절을 살펴보는 데 초점을 둔다.

아크릴은 보통 유리보다 5배 강하며 여러 분야에 쓸 수 있는 유기 재료이다. 메틸메타크릴레이트의 액체 단량체가 아크릴의 주재료이다. 액체 상태는 고체 상태보다 밀도가 낮다. 액체 단량체에는 여러 착색제와 경화제를 넣는다. 열성형 온도는 160–190 °C이다. 아크릴은 해로운 화학물질을 내놓지 않아 친환경 재료이다. 그래서 어린이 장난감, 식기, 장비 뼈대 같은 물품에 흔히 쓰인다. 또한 물에 강하다.



실험 장비:

1. 전압 조절 장치가 달린 레이저
2. 구멍이 뚫린 스크린
3. 멀티미터 두 개(전류계 하나와 전압계 하나)
4. 레이저 광원과 전력 조절 장치용 연결선

5. 멀티미터용 연결선
6. 제어 상자
7. 전원 어댑터
8. 조절 스탠드가 달린 아크릴(PMMA) 표적

실험 장치의 개략도

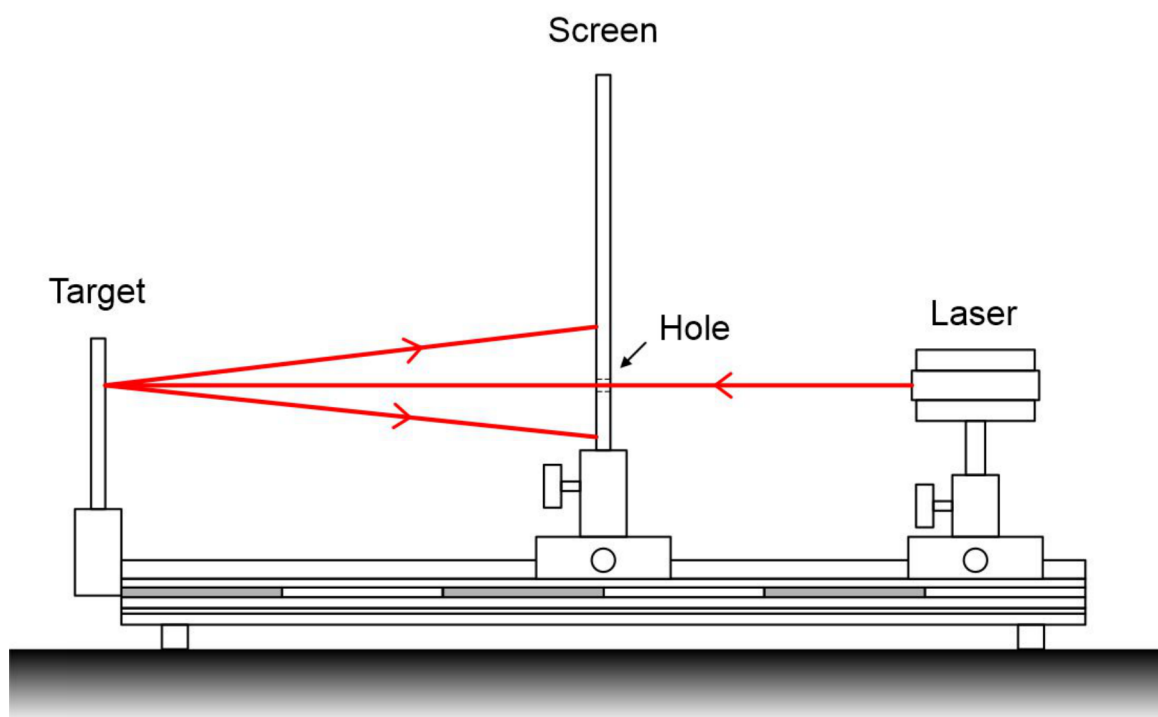


그림 1a. 장치의 측면도. 레이저 빔은 반투명 스크린의 구멍을 지난 뒤 표적에 곧바로 반사되어, 반사광의 회절 무늬를 관찰할 수 있게 한다.

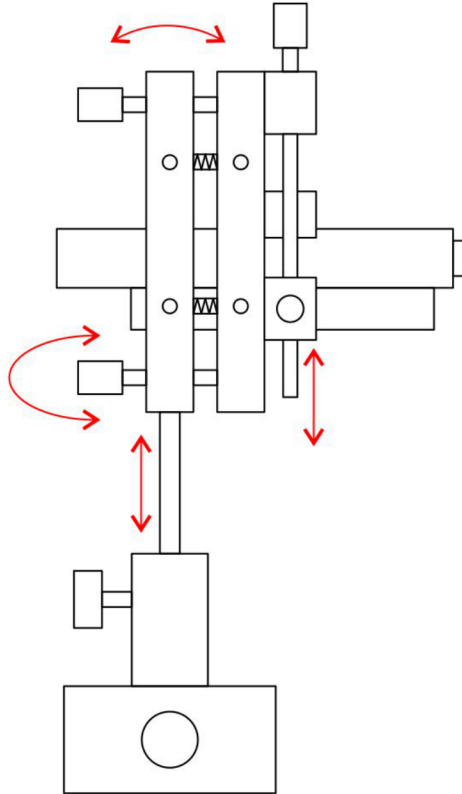


그림 1b. 레이저 스탠드의 옆면도. 축을 따라 움직일 수 있는 나사를 붉은 화살표로 나타내었다.

실험은 두 부분으로 이루어진다. 첫 부분에서는 레이저에 공급한 전력의 함수로서 각지름, 무늬의 개수, 간섭무늬 사이의 각폭 같은 매개변수를 살펴본다.

둘째 부분에서는 레이저에 공급한 전력의 함수로서, 간섭무늬를 만들어 내는 구멍의 매개변수(지름, 높이, 모양 포함)를 살펴본다. 아울러 기준 구멍의 매개변수도 결정한다.

1. 앞서 시험용 공을 매다는 데 썼던 줄을 위쪽 고정구에 단단히 감고, 역학 부품을 떼어 내어 부드러운 받침 위에 놓으시오.
2. 그림과 같이 레이저, 스크린, 아크릴 받침대를 광학 벤치 위에 놓으시오. 레이저 빔이 스크린의 구멍을 자유롭게 지나가도록, 빔을 광학 벤치의 축을 따라 같은 높이에 맞추시오. 빔이 아크릴 표면에 거의 수직이 되도록 하시오.
3. 자석 홀더로 아크릴판을 고정하시오. 빔의 초점을 맞추고 조사 좌표를 미리 정하는 데에는 아크릴의 흰 종이 표면을 사용한다.

주의 1: 조사하는 동안에는 낮은 설정에서 시작해 전력을 서서히 올리고, 밝은 빛에 눈이 직접 노출되지 않도록 반드시 주의하시오.

주의 2: 표면이 깨끗한지 반드시 확인하시오. 제공된 렌즈 세정포로 조사 부위를 닦되, 형광으로 아크릴 표면을 닦지 않도록 주의하시오. 마찰로 쉽게 대전되어 먼지를 끌어당길 수 있다.

4. 평판의 반대쪽 면이 레이저 빔을 향하도록 놓고, 스티커를 떼어 낸 뒤 조사 지점을 정확히 정하십시오. 표면이 더럽거나 지나치게 밝은 빛에 노출되면 간섭무늬가 일그러져 타원형이 되고 추가 무늬가 생길 수도 있음에 유의하십시오.
5. 전원 스위치를 "ON" 위치로 옮기시오.
6. 레이저 다이오드에 걸리는 전압을 바꾸어 빛의 세기를 올리시오. 직류 전류와 직류 전압을 측정하도록 멀티미터를 레이저 회로에 연결하십시오. 측정 범위는 가장 높은 설정에서 가장 낮은 설정으로 조정하십시오. 전압은 45 V까지 올릴 수 있다.
7. 레이저 빔은 불투명하고 광택 있는 평평한 아크릴 표면에서 곧바로 반사된다. 빛의 세기를 서서히 올리면 어떤 세기 값에서 표면이 녹기 시작한다. 녹은 자국은 눈으로 알아볼 수 있다.
8. 레이저 앞의 나사를 축 둘레로 돌려 표면에서의 초점을 맞추시오.
9. 표면에서 반사된 빛이 만드는 광점은 레이저 뒤에 놓인 평평한 스크린 위에 만들어 관찰해야 한다. 빛의 세기를 올리거나 내리면서 광점의 모양과 크기가 어떻게 변하는지 관찰하십시오.

파트 A [0.8점]

얻어지는 무늬는 어떤 전력 값까지는 가역적이며 다시 줄어든다. 항복 강도로 알려진, 열탄성 영역에 대응하는 위쪽 경계값을 결정해야 한다.

A.1	이 항복 강도에 해당하는 전력(p_{max})을 결정하라.	0.3pt
A.2	레이저 전력을 항복 강도에 해당하는 값으로 맞추었을 때 가장 바깥쪽 밝은 무늬의 지름을 결정하라.	0.5pt

파트 B [3.5점]

B.1	이 실험에서 만들어지는 가장 바깥쪽 밝은 무늬의 지름과 무늬의 개수를 전력에 따라 측정하고, 그 결과를 답안지의 표에 기록하라.	1.5pt
B.2	스크린 위 가장 바깥쪽 밝은 간섭무늬의 지름과 그에 대응하는 전력 값 사이의 관계를 나타내는 그래프를 그려라.	1.0pt
B.3	스크린 위 간섭무늬의 개수를 전력의 함수로 측정하여 그려라.	1.0pt

파트 C [3.7점]

C.1	일정한 전력에서 어두운 무늬의 각폭(n 차 무늬의 광선과 $n + 1$ 차 무늬의 광선 사이의 각)과 보이는 각(n 차 무늬의 광선과 x 축 사이의 각)을 무늬의 차수에 따라 측정하고, 그 결과를 답안지의 표에 기록하라.	1.2pt
C.2	보이는 각과 무늬의 차수 사이의 관계를 나타내는 선형 그래프를 그려라.	1.0pt
C.3	과제 C.2에서 그린 그래프의 기울기와 Y 절편을 구하라.	0.5pt

C.4 각쪽을 무늬 차수의 함수로 하는 그래프를 그려라.

1.0pt

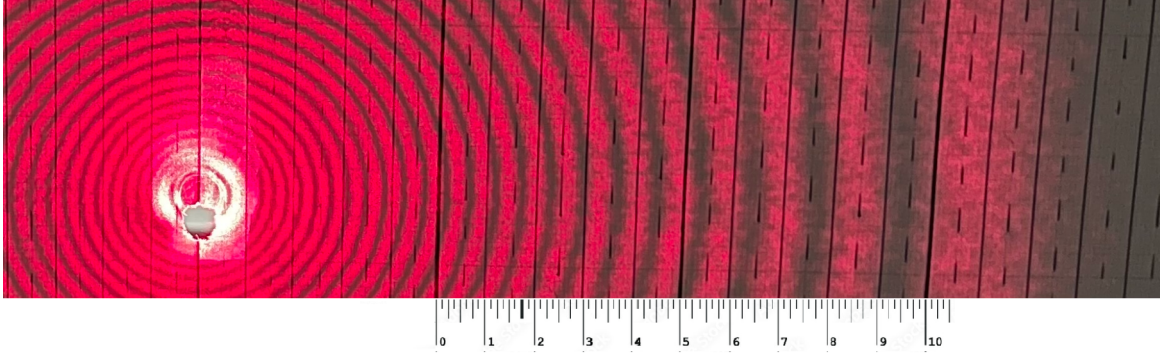
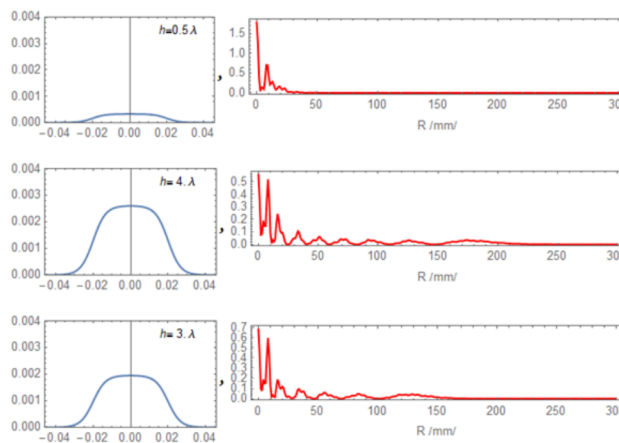


그림 2. 스크린 위 간섭무늬의 모습

파트 D [2.0점]

이 절에서는 간섭무늬를 이용하여 열변형의 매개변수를 결정한다. 레이저가 표면을 가열하면 변형이 생기고, 이 변형이 아래 그림과 같이 스크린 위에 간섭무늬를 만든다.



파란색 그래프는 변형 단면의 옆모습을 나타낸다. 빨간색 그래프는 간섭무늬 중심에서의 세기를 나타낸다. 세기가 커지면 변형의 높이가 커지고 밝은 간섭무늬의 개수도 늘어난다. 그림에서 볼 수 있듯이 높이와 무늬의 개수 사이에는 다음과 같은 경험적 관계가 있다.

$$m = 2h/\lambda$$

D.1 무늬의 개수를 세어 무늬의 최고 차수를 결정하라. 열변형의 높이를 레이저 파장 단위로, 레이저 전력의 함수로 결정하라. 측정 자료를 그래프로 그려라. 힌트: 자료에 **200 mW**에서 **400 mW**까지의 범위가 들어가도록 하라.

1.4pt

Experiment



Q2-6

Korean (Korea (Republic of))

- | | | |
|------------|---|-------|
| D.2 | 다음의 입력 레이저 전력에 대해 열변형의 높이는 얼마인가? 답은 레이저 파장의 개수 단위로 쓰라. <ul style="list-style-type: none">• 200 mW• 300 mW• 400 mW | 0.6pt |
|------------|---|-------|