## 문제 EX1의 풀이

## 간섭법으로 유리의 열팽창 계수와 굴절률의 온도 계수 재기

### 1. 질문 (2.4점)

### 1.1 C (0.4점)

### 1.2 a 빈칸 채우기 (1.8점)

| 영역 | 관찰된 반사 빛점의 수 | 반사 빛점의 모양이 입사광의 모양과 반드시 같은가? "예"이면 "Y", "아니오"이면 "N"을 채우시오 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1번째 (있으면) | 2번째 (있으면) | 3번째 (있으면) | 4번째 (있으면) | … |
| *a* | 1 | N | | | | |
| *b* | 2 | Y | Y | | | |
| *c* | 3 | Y | N | Y | | |

설명:

영역 a: 유리 원기둥 A의 윗면과 아랫면은 거의 평행하므로, 레이저 빛살이 원기둥 면에 거의 수직으로 닿으면 반사 빛점들이 서로 겹쳐 간섭무늬가 생긴다. 따라서 빛 세기의 분포는 입사광의 분포와 달라진다.

영역 b: 접착제의 굴절률은 유리와 같고 그 두께는 무시할 수 있으므로, 둘 사이의 경계면에서는 빛이 반사되지 않는다. 그러나 각 유리판의 윗면과 아랫면은 평행하지 않으므로, 위 판의 윗면도 아래 판의 아랫면과 평행하지 않다. 따라서 각각에서 반사된 두 빛살은 두 빛점을 이루며, 그 빛 세기의 분포는 틀림없이 입사광의 분포와 같다.

영역 c: 각 유리판의 윗면과 아랫면은 평행하지 않지만 유리 원기둥의 윗면과 아랫면은 거의 평행하므로, 두 유리판에서 반사된 한 쌍의 빛점이 반드시

서로 겹쳐 간섭무늬를 이루고, 나머지 두 반사 빛점의 빛 세기 분포는 입사광의 분포와 같다.

**1.2 b (0.2점)**
"아니오"(N)를 골랐다면, 그 까닭을 낱말 하나로 설명하시오: 간섭 .

**2. 실험: β와 γ 재기 (7.6점)**

2.1 실험을 설계하고, 실험의 빛살 경로도를 그리고, 측정에 관련된 공식을 유도하시오. (3.2점)

β(왼쪽)와 γ(오른쪽)를 재는 실험의 빛살 경로도를 그림 1에 나타냈다.

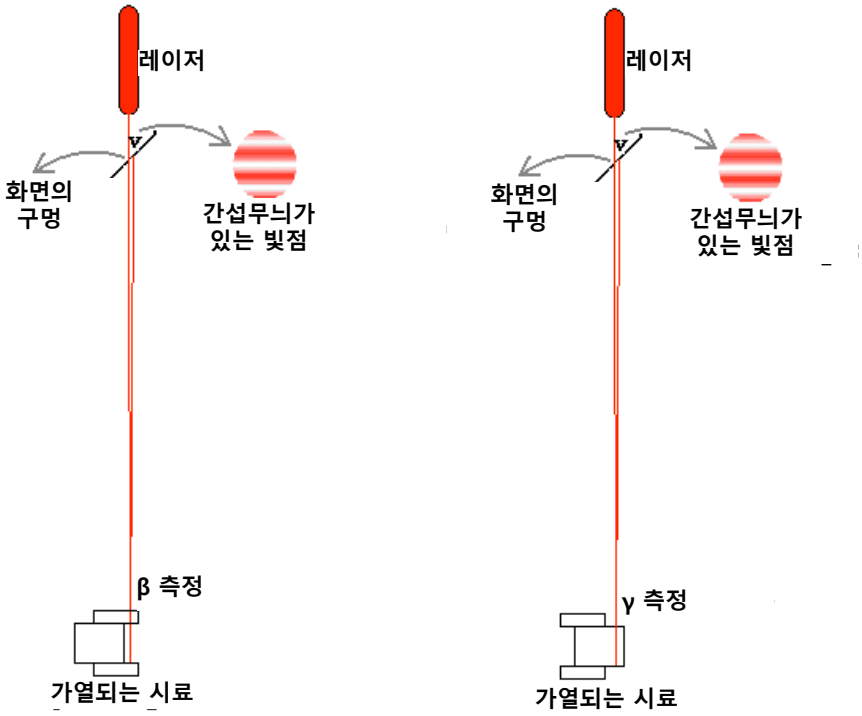



그림 1

그림 1(왼쪽)처럼 레이저 빛이 시료의 c 영역에서 반사되면 화면에서 반사 빛점 세 개를 볼 수 있으며, 빛점 v에는 간섭무늬가 나타난다. 이 간섭무늬는 위 유리판의 아랫면과 아래 유리판의 윗면에서 반사된 두 빛살 사이의 간섭 때문에 생긴다. 두 빛살의 광로 차는 2L이다. 전기 오븐이 가열을 시작한 뒤 온도 T가 ΔT만큼 올라갔다고 하면, 유리의 열팽창에 의한 시료의 길이 증가분은

$\Delta L = L\beta\Delta T$ 이고, 움직인 간섭무늬의

수는 m1이다. 그러면 $2\Delta L = m_1\lambda$ 이며, λ는 레이저 빛의 파장이다. 따라서

$$\beta = \frac{m_1\lambda}{2L\Delta T}.$$

주어진 L과 λ로, m1과 T의 그래프 관계로부터 40℃에서 90℃까지의 온도 범위에서 움직인 무늬의 수 m1을 얻는다. 그러면 β를 구할 수 있다.

그림 1(오른쪽)처럼 레이저 빛이 영역 a에서 반사되면 광로 차는 2nL이다. 온도 증가 ΔT에 따른 광로 차의 변화는

$$\Delta(2nL) = 2(n\frac{\Delta L}{\Delta T} + L\frac{\Delta n}{\Delta T})\Delta T = 2L(n\beta+\gamma)\Delta T \quad .$$

이때 움직인 간섭무늬의 수를 m2라 하면,

이다2,

$$2L(n\beta+\gamma)\Delta T = m_2\lambda \,,$$

곧 , $\gamma = \frac{m_2\lambda}{2L\Delta T} - n\beta = (\frac{m_2}{m_1} - n)\times\beta$.

다음 그래프 관계 $m_2 \sim T$ 로부터, 40℃에서 90℃까지의 온도 범위에서 움직인 간섭무늬의 수 m2를 얻는다. 그러면 γ를 구할 수 있다.

2.2 (1) 열팽창 계수 β를 재는 동안 기록한 데이터 (0.8점)

m1과 T의 측정 관계

| $m_1$ (무늬) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T$(°C) | 30.0 | 35.4 | 40.6 | 46.1 | 50.6 | 54.4 | 58.6 | 63.1 |
| $m_1$ (무늬) | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| $T$(°C) | 67.6 | 72.2 | 75.8 | 79.8 | 83.8 | 87.4 | 90.9 | |

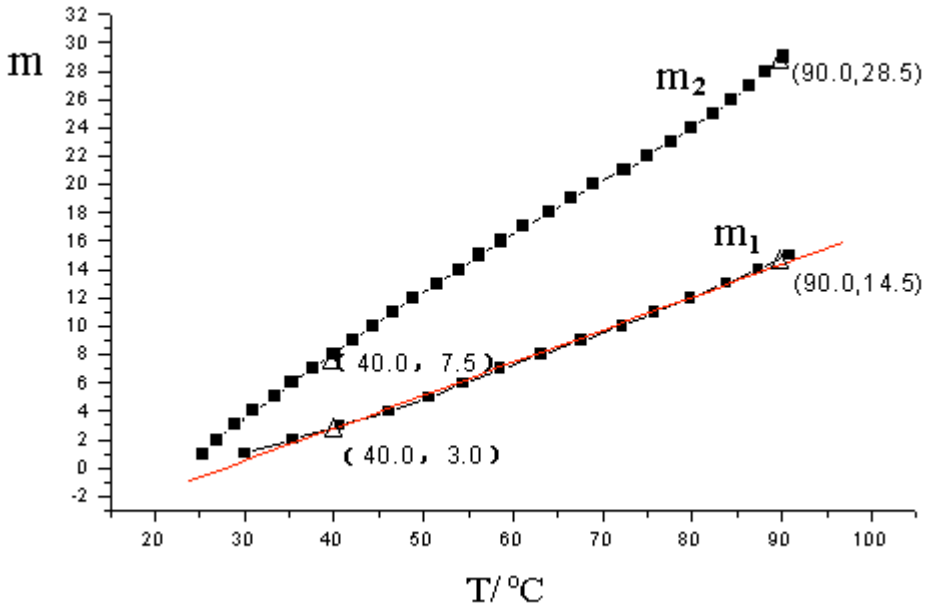
2.2 (2) 굴절률의 온도 계수 γ를 재는 동안 기록한 데이터 (0.8점)

m2와 T의 측정 관계

| $m_2$ (무늬) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T$ (°C) | 25.4 | 27.0 | 28.9 | 31.0 | 33.4 | 35.3 | 37.6 | 40.0 | 42.2 | 44.4 |
| $m_2$ (무늬) | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $T$(°C) | 46.6 | 48.9 | 51.6 | 54.0 | 56.2 | 58.6 | 61.2 | 64.0 | 66.4 | 69.0 |
| $m_2$ (무늬) | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| $T$ (°C) | 72.4 | 75.0 | 77.6 | 79.8 | 82.4 | 84.4 | 86.4 | 88.2 | 90.2 | |

2.3 열팽창 계수 $\beta$ 와 굴절률의 온도 계수 $\gamma$를 구하고 그 불확도를 어림하시오. (2.6점)

(1) m1~T와 m2~T의 그래프 관계를 그리시오.




(2) β 계산.

매개변수 L = 10.12±0.05 mm, λ = 632.8 nm, ΔT = 50.0 ℃와

그림 4에서 얻은 m1=11.5(40℃에서 90℃까지)로부터 다음을 얻는다

$$\beta = \frac{m_1 \lambda}{2L\Delta T} = 7.19 \times 10^{-6} ℃^{-1}.$$

(3) β의 불확도 어림.

$u(L) = 0.05\,\text{mm}, u(\Delta T) = 0.2\,^{\circ}\text{C}$, 그리고 어림값 $u(m_1) = 0.2$이므로

$$\left(\frac{u(\beta)}{\beta}\right)^2 = \left(\frac{u(m_1)}{m_1}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2 + \left(\frac{u(\Delta T)}{\Delta T}\right)^2$$

$$= \left(\frac{0.2}{11.5}\right)^2 + \left(\frac{0.05}{10.12}\right)^2 + \left(\frac{0.2}{50}\right)^2 = 3.4 \times 10^{-4},$$

그리고 $u(\beta) = 0.13 \times 10^{-6}\,^{\circ}\text{C}^{-1}$.

(4) γ 계산. $\gamma$.

n=1.515와 m1=11.5로, m2~T의 그래프 관계에서 40℃에서 90℃까지의 온도 범위에서 m2= 21.0을 얻는다. 따라서

측정값 β = (7.19 ± 0.13)×10⁻⁶ ℃⁻¹과 $\gamma = \left(\frac{m_2}{m_1} - n\right)\beta$

로부터 γ = 2.24×10⁻⁶ ℃⁻¹을 얻는다.

(5) γ의 불확도 어림 $\gamma$

얻은 u(β) = 0.13×10⁻⁶ ℃⁻¹과 어림값 u(m1) = u(m2) = 0.2로

$$\frac{u(\gamma)}{\gamma} = \sqrt{\left(\frac{u(m_2) + nu(m_1)}{m_2 - nm_1}\right)^2 + \left(\frac{u(\beta)}{\beta}\right)^2 + \left(\frac{u(m_1)}{m_1}\right)^2} = 0.13$$

$$u(\gamma) = 0.30 \times 10^{-6}\,^{\circ}\text{C}^{-1}.$$

**2.4 실험 결과 (0.2점)**

시료 유리 물질의 열팽창 계수는

$$\beta = (7.19 \pm 0.13) \times 10^{-6}\,^{\circ}\text{C}^{-1}.$$

시료 유리 물질의 굴절률의 온도 계수는

$$\gamma = (2.24 \pm 0.30) \times 10^{-6}\,^{\circ}\text{C}^{-1}$$