

캔틸레버의 탄성(10점)

이 문제를 시작하기 전에 별도의 봉투에 있는 일반 지침을 읽어보세요.

I. 소개

캔틸레버 빔은 일반적인 기계 구조물 중 하나입니다(그림 1 참조). 구조물 설계에서 전단 굽힘에 저항하는 주요 구조로 활용될 뿐만 아니라 나노 공학 분야에서도 자주 볼 수 있습니다. 나노 캔틸레버 빔의 탄성 응답을 분석하고 응력과 변형률의 관계를 밝히는 것은 응용 물리학에서 매우 중요합니다. 그러나 나노 물질의 기계적 특성을 직접 측정하는 것은 다소 어렵습니다. 거시적 규모의 일축 인장 시험과 달리 압입 시험을 통해서만 얻을 수 있기 때문입니다. 나노캔틸레버 빔에 힘을 가한 후 원자힘 현미경이나 나노인덴테이션을 이용하여 나노캔틸레버 빔의 굴곡 변형을 관찰하여 영계수를 유추하는 것은 마이크로 스케일에서 재료의 기계적 물성을 측정하는 가장 중요한 도구 중 하나가 됩니다.

(A)



(B)

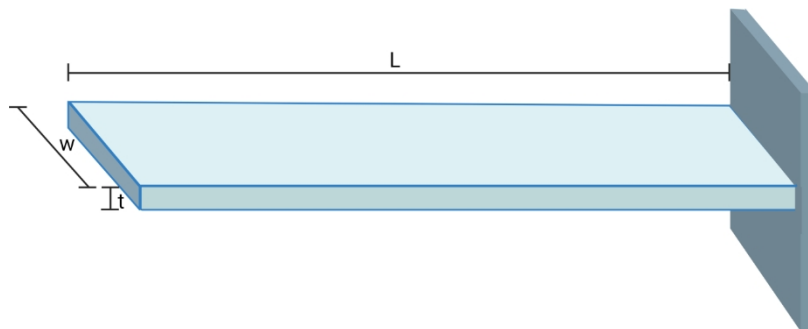
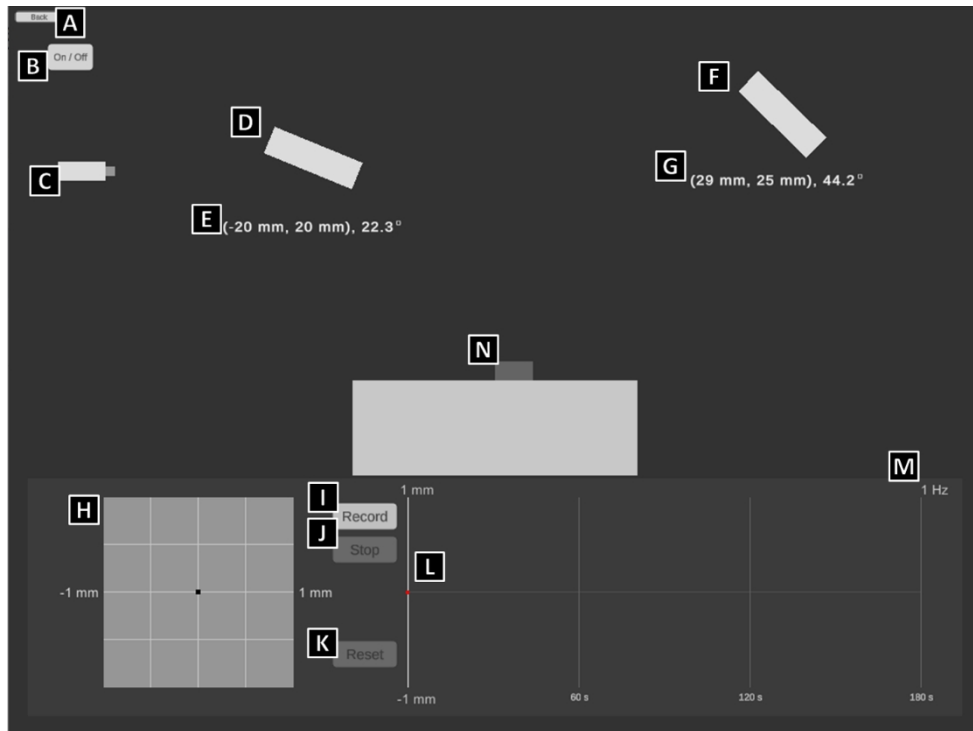


그림 1(A) 나노 캔틸레버 빔의 SEM 이미지 (B) 나노 캔틸레버 빔의 그림(길이 L , 너비 w , 두께 t)

II. 장비 소개 1A

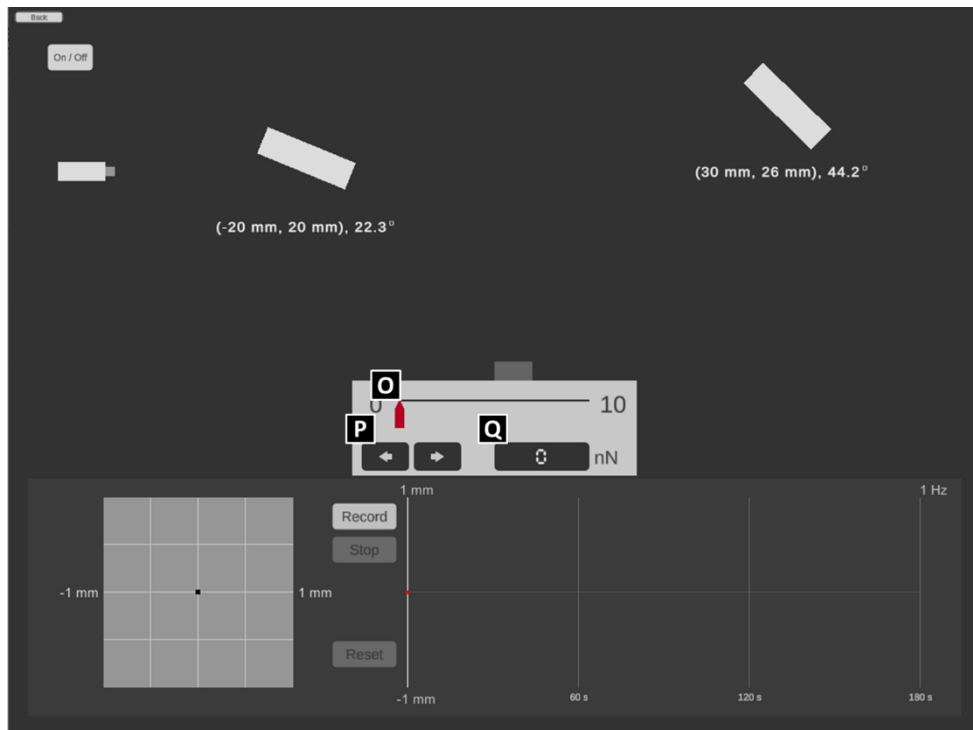


공통

- A. 이전 페이지로 돌아가기
- B. 레이저 스위치
- C. 레이저 이미터
- D. 반사경: 옆에 있는 화살표를 클릭하여 이 장치를 정밀하게 제어하거나 마우스 왼쪽 버튼으로 직접 드래그하여 이동할 수 있습니다.
- E. 반사경의 위치: 좌표는 다음과 같이 정확합니다.
 1×10^{-3} m까지 정확하고 각도는 0.1° 까지 정확합니다.
- F. 위치 민감 감지, PSD
- G. 반사경의 위치 : 좌표는 다음과 같이 정확합니다.
 1×10^{-3} m까지 정확하고 각도는 0.1° 까지 정확합니다.
- H. PSD 녹화 시스템: 옆에 있는 화살표를 클릭하거나 마우스 왼쪽 버튼으로 직접 드래그하여 수평으로 이동하여 이 장치를 정밀하게 제어할 수 있습니다. 이 시스템의 경계는 수직 및 수평 모두 $\pm 1 \times 10^{-3}$ m 이내입니다.
- I. PSD 레코더: 녹화 시작 버튼
- J. PSD 레코더: 녹화 중지 버튼
- K. PSD 레코더: 녹화 재설정 버튼

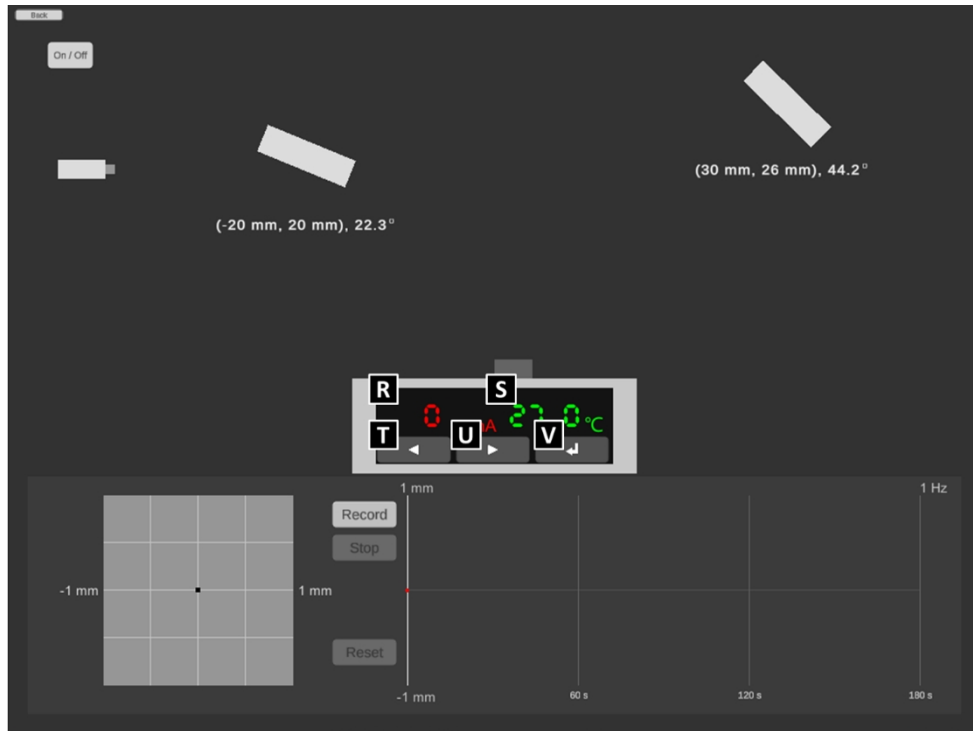
- L. PSD 기록 기록 : 판독 값은 다음까지 정확합니다. 0.0001×10^{-3} m까지 정확하며, 최장 180초까지 기록할 수 있습니다. 차트에서 마우스 왼쪽 버튼을 클릭하거나 키보드의 화살표 키를 클릭하여 데이터를 쿼리할 수 있습니다.
- M. PSD 레코딩 주파수: 1Hz
- N. 나노 빔 캐리어: 캐리어의 왼쪽 상단 모서리의 좌표는 (0, 0)이며, 나노 빔은 상단의 왼쪽 가장자리에 설치됩니다.

1B



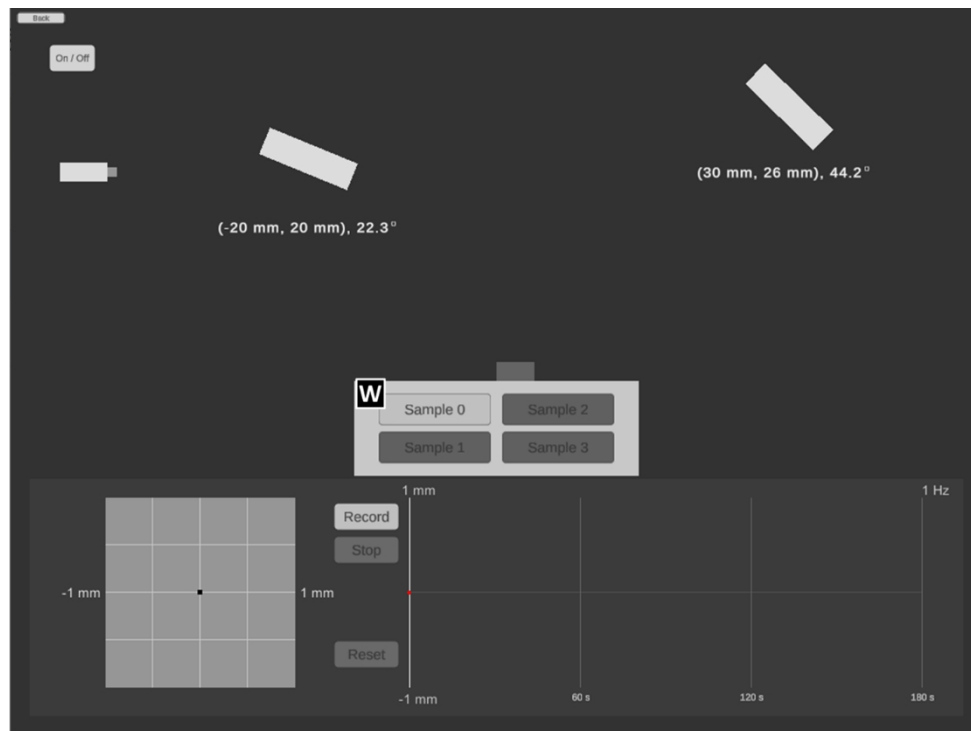
- O. 포인트 하중의 컨트롤러: 빨간색 커서를 드래그하여 수평으로 이동하여 힘을 제어할 수 있습니다.
- P. 포인트 하중의 마이크로 컨트롤러: 마우스 왼쪽 버튼으로 화살표 버튼을 클릭하여 힘을 정밀하게 제어할 수 있습니다.
- Q. 포인트 하중 모니터: 정밀도는 최대 0.01×10^{-9} N입니다.

1C



- R. 최대 $1 \times 10^{-3} \text{ A}$ 의 정밀도로 히터의 전류를 모니터링합니다.
- S. 최대 0.1° C 의 정밀도로 히터 온도를 모니터링합니다.
- T. 히터 전류 감소 버튼: 클릭할 때마다 $2 \times 10^{-3} \text{ A}$
- U. 히터 전류 증가 버튼: 클릭할 때마다 $2 \times 10^{-3} \text{ A}$
- V. 전류의 변화를 설정하는 버튼: 샘플을 가열하거나 냉각하는 시간은 실제 경험을 기준으로 하며 임의로 재설정할 수 없으므로 과도한 전류로 인해 샘플이 과열되면 샘플을 냉각하는 시간이 길어집니다.

1D



- W. 샘플 전환: 마우스 왼쪽 버튼으로 직접 클릭하여 테스트 샘플을 전환합니다.

III. 실험

참고: 데이터와 답은 반드시 과학적 표기법과 SI 단위를 사용하여 표현해야 합니다. 길이 단위는 미터여야 합니다.

파트 A. 빛의 경로 정렬

광학 현미경을 직접 사용하여 나노 캔틸레버 빔의 처짐을 미세한 규모로 측정하는 것은 쉬운 일이 아닙니다. 따라서 레이저의 직진성과 반사를 이용하여 위치 감응형 감지 센서(PSD)로 반사를 측정할 수 있습니다. 본 실험에 사용된 나노 캔틸레버의 길이는 약 100×10^{-6} m. 프로그램을 사용하여 문제 A.1부터 A.3까지 답하십시오.

A.1 레이저 스팟이 반사되는 캔틸레버 빔의 중앙에 닿도록 빛의 경로를 설계하세요. 캔틸레버 빔의 0.6pt 영역 중앙에 닿도록 빛의 경로를 설계하세요. 레이저 스팟이 안정적으로 근처에 나타날 수 있는지 확인합니다. 100×10^{-6} m를 클릭하고 답안지에 각 구성 요소의 상대적 위치(좌표 및 각도)를 그립니다.

A.2 장치가 켜지면 캔틸레버 빔이 방해받기 때문에 다음과 같은 현상이 발생할 수 있습니다. 0.8pt
가 안정된 상태에 도달하는 데 다소 시간이 걸립니다. 기기를 켜면 PSD에서 라이트 스팟의 위치와 시간이 표시된 그림이 표시됩니다. "기록" 버튼을 누른 후 외부 방해가 있는 상태에서 3초마다 PSD의 스팟을 촬영합니다. 최소 40개 이상의 데이터 포인트를 기록한 후 '중지' 버튼을 눌러 데이터 캡처를 중지하세요.

A.3 A.2에서 얻은 데이터의 안정된 세그먼트를 사용하여 참조를 찾으십시오. 1.0pt
의 변동에 따른 이 캔틸레버 빔의 측정값은 다음과 같습니다. 실험 환경. (d 는 100×10^{-6} m의 평균값입니다).

참고 : 측정의 편의를 위해 캔틸레버가 환경 섭동의 영향을 받아 안정된 상태에 도달했다고 가정합니다. 즉, 광학 부품의 진동이 측정값에 영향을 미치지 않는다고 가정합니다.

참고: 데이터와 답은 반드시 과학적 표기법과 SI 단위를 사용하여 표현해야 합니다. 길이 단위는 미터여야 합니다.

참고: 파트 B에서는 데이터 분석에서 표준 편차를 계산할 필요가 없습니다.

파트 B. 캔틸레버 빔의 변형과 영 계수의 공제

캔틸레버 빔의 재료의 영 계수는 원자력 현미경 또는 나노 압입 시험기를 사용하여 캔틸레버 빔의 자유단에 외력을 가하여 얻을 수 있습니다. 변형 측정을 통해 영의 계수의 크기를 얻을 수 있습니다. 나노 캔틸레버 빔에 힘을 가했을 때 변형량이 재료의 탄성 한계를 초과하지 않는다면 힘과 자유 단의 변형 사이의 상관관계는 다음과 같이 공식화할 수 있습니다:

$$\delta = \frac{FL^3}{3EI} \quad (1)$$

여기서 F 은 끝점에 가해지는 힘, E 은 영의 계수, I 은 캔틸레버 빔 단면의 면적 관성 모멘트, 캔틸레버 빔의 길이, 굴곡 변형의 크기입니다. 면적 관성 모멘트는 굽힘 변형을 받는 물체의 단면의 굽힘 변형에 대한 단면 크기가 미치는 영향을 반영하는 물리량입니다. 면적 관성 모멘트의 값은 단순 적분으로 계산할 수 있습니다. 그림 2와 같이 단면 높이가 t , 폭이 w 인 캔틸레버 빔이 있다고 가정하면 다음과 같이 적분으로 면적 관성 모멘트를 계산할 수 있습니다:

$$I = \int_A y^2 dA = \frac{1}{12} wt^3 \quad (2)$$

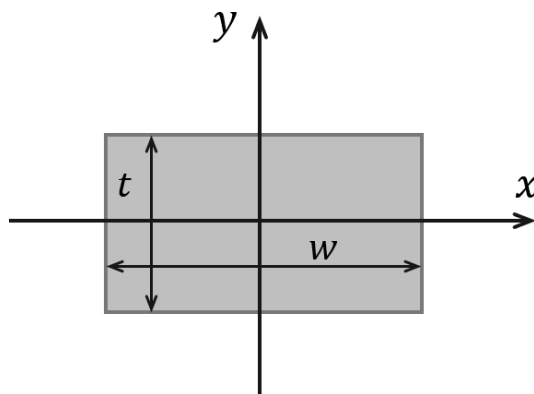


그림 2 캔틸레버 빔 단면의 개략도.

이 실험에 사용된 캔틸레버는 $L = 100 \times 10^{-6} \text{ m}$, $w = 35 \times 10^{-6} \text{ m}$, $t = 0.20 \times 10^{-6} \text{ m}$ 이며, 기판 재료로 실리콘이 사용되었고 표준 영탄성률 E 은 $280 \times 10^9 \text{ Pa}$ 입니다.

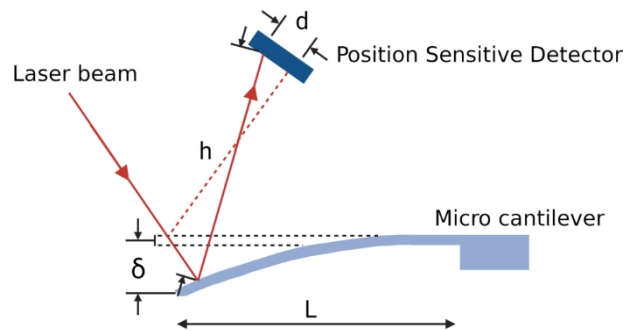


그림 3. 옵티컬 레버리지 설정 그림.

프로그램 1B를 사용하여 **B.1부터 B.3까지**의 질문에 답하세요.

B.1	외력이 0N일 때 광 경로를 설계하십시오. 레이저 스폿이 캔틸레버 반사 영역의 중앙에 레버의 반사 영역 중앙에 1.0pt가 맞도록 합니다. 레이저 스폿이 PSD 디스플레이 화면 중앙 근처에 안정적으로 나타날 수 있습니다. 표에 데이터를 기록하여 측정 기준값 d_0 을 얻습니다. 이때 PSD에서 라이트 스팟의 위치가 변위로 설정됩니다. $\Delta d = 0$. 그런 다음 캔에 다섯 가지 크기의 외력을 가합니다. 를 누르고 답안지의 표에 실험 결과를 기록합니다.	캔틸
B.2	표를 채웁니다. 굴곡 크기를 취하여 플롯을 만듭니다. δ y -축으로, Δd (PSD에서 광점 변위의 평균)를 x -축입 니다.	1.0pt
B.3	광학 레버리지 관계 δC_1 값을 추론해 주세요. = $C_1 \Delta d$ 는 그림 3과 같습니다.	0.4pt

참고 : 측정의 편의를 위해 캔틸레버가 환경 섭동의 영향을 받아 안정된 상태에 도달했다고 가정합니다. 즉, 광학 부품의 진동이 측정값에 영향을 미치지 않습니다.

참고: 데이터와 답은 반드시 과학적 표기법과 SI 단위를 사용하여 표현해야 합니다. 길이 단위는 미터여야 합니다.

참고: 파트 C에서는 데이터 분석에서 표준 편차 계산이 필요하지 않습니다.

파트 C. 더블 레이어 캔틸레버 빔

이중 레이어 캔틸레버 빔은 나노 엔지니어링 응용 분야(예: IC 인쇄 회로 기판 또는 나노 브레이크)에서 자주 사용되는 구조입니다. 이 구조는 가열될 때 서로 다른 속도로 팽창하는 두 개의 서로 다른 재료 층으로 구성됩니다. 티모센코 빔 이론에서는 굽힘 강성 차이를 고려했습니다. 그림 4는 두께 t_1 및 t_2 , 열팽창 계수 α_1 및 α_2 , 영 계수 E_1 및 E_2 로 구성된 이중 레이어 캔틸레버 빔을 보여줍니다.

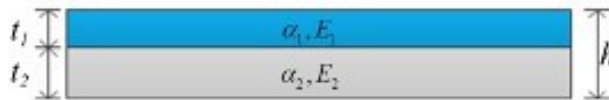


그림 4. 캔틸레버로 사용되는 이중 레이어 소재의 개략도.

빔 이론에 따르면, 이 두 층의 변형은 다음과 같이 쓸 수 있습니다.

$$\gamma_1 = \alpha_1 \Delta T + \frac{P_1}{wt_1 E_1} + \frac{t_1}{2\tau} \quad (3)$$

$$\gamma_2 = \alpha_2 \Delta T + \frac{P_2}{wt_2 E_2} + \frac{t_2}{2\tau} \quad (4)$$

여기서 P_i 는 순력, ΔT 은 온도 차이, w 은 폭, τ 은 곡률 반경입니다. 순력은 그림 4와 같이 균형을 이루어야 합니다. 결과 모멘트 M 와 순력 P_i 의 관계는 다음과 같이 작성됩니다:

$$M = \sum_i P_i \frac{h}{2} \quad (5)$$

결과 모멘트 M 는 굽힘 강성 $E_i I_i$ 과 곡률 반경 τ 의 함수로 다음과 같이 쓸 수 있습니다:

$$M = \sum_i \frac{E_i I_i}{\tau} \quad (6)$$

E_i 은 영의 계수이고 I_i 은 관성 모멘트입니다. 경계 조건은 $\gamma_1 = \gamma_{(2)}$ 와 같이 변형이 연속적이어야 합니다. 이 경계 조건으로 다음 방정식을 구할 수 있습니다:

$$n = \frac{1}{\tau} = \frac{2(t_1 E_1 + t_2 E_2)(\alpha_1(1 - \alpha_2)(T - 300))}{h w_{E(1)} I_1 + E_2 I_2 + 0.5 h} \quad (7)$$

$$\delta = nL^2 \quad (8)$$

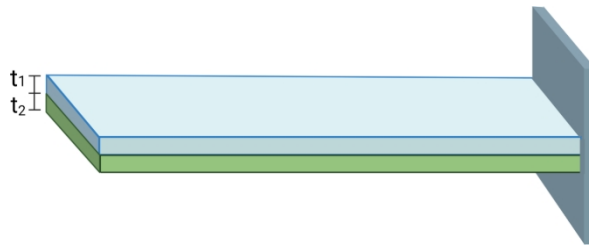


그림 5: 이중 레이어 빔(상층은 금속 X, 하층은 실리콘)

이중 레이저 빔 구조는 그림 5에 나와 있습니다. 이 실험의 매개변수는 다음과 같습니다: $L = 100 \times 10^{-6} \text{ m}$, $w = 35 \times 10^{-6} \text{ m}$, $t_1 = 0.04 \times 10^{-6} \text{ m}$, $\alpha_1, \alpha_2 = 14.2 \times 10^{-6} \text{ /K}$, 면적 관성 모멘트 $I = 0.8 \times 10^{-26} \text{ m}^4$ 및 $E = 1.867 \times 10^{11} \text{ Pa}$ 입니다. 프로그램 1C를 사용하여 문제 C.1부터 C.3까지 답하십시오.

- | | | |
|-----|---|-------|
| C.1 | <p>빛의 경로가 포함된 간단한 실험 다이어그램을 디자인하세요. 레이저 빔이 반사된 영역의 중앙 근처에 표시됩니다. 실내 온도에 대한 데이터를 기록합니다.</p> <p>를 입력하고 측정 참조 $d_{(0)}$를 찾은 후 이 참조를 다음과 같이 사용했습니다.</p> <p>$\Delta d = 0$. 그런 다음 온도를 더 높은 값으로 높이고 두 배가 될 때까지 기다리십시오.</p> <p>레이저 빔이 안정된 다음 데이터를 기록합니다. 최소 5가지 이상의 다른 온도를 시도하고 답안지 표에 데이터를 기록합니다.</p> | 1.0pt |
| C.2 | <p>표를 채웁니다. 굴곡 변형의 크기를 취하여 플롯을 만듭니다.</p> <p>δy 를-축으로, 온도 T 를 x -축으로 설정합니다. 데이터 분석을 통해 기울기. B.3에서 δ 와 Δd 사이의 상관관계를 사용할 수 있습니다.</p> | 1.0pt |
| C.3 | <p>C.2의 데이터를 사용하여 상위 레이저 재질에 대한 영 계수를 계산합니다.</p> | 0.6pt |

참고 : 측정의 편의를 위해 캔틸레버가 환경 섭동의 영향을 받아 안정된 상태에 도달했다고 가정합니다. 즉, 광학 부품의 진동이 측정값에 영향을 미치지 않는다고 가정합니다.

참고: 데이터와 답은 반드시 과학적 표기법과 SI 단위를 사용하여 표현해야 합니다. 길이 단위는 미터여야 합니다.

참고: 파트 D에서는 데이터 분석에서 표준 편차 계산이 필요하지 않습니다.

파트 D. 캔틸레버 빔의 분자 흡수 유도 굽힘 시험

복합 캔틸레버 빔은 나노 액추에이터뿐만 아니라 나노 센서로도 사용할 수 있습니다. 예를 들어, 그림 6은 표면이 미세 유체 채널과 통합되고 단백질 층으로 코팅된 2층 캔틸레버 빔으로 구성된 나노 단백질 센서를 보여줍니다. 다른 생체 단백질이 캔틸레버에 흡수되는 동안 분자 간의 반 데르 발 상호작용으로 인해 단백질 부착은 단백질의 고유성에 따라 분포하는 표면 응력을 유도하여 결과적으로 감지 가능한 빔 굽힘을 유발할 수 있습니다.

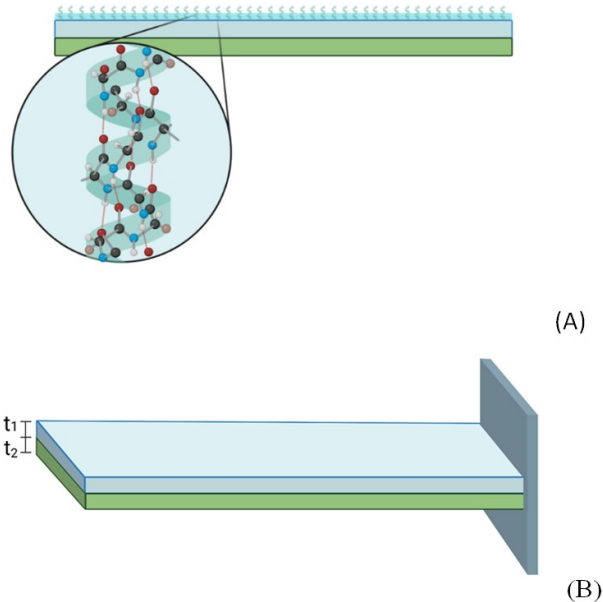


그림 6. (A) 나노 센서에 사용되는 2층 캔틸레버 빔. 상층은 단백질 층으로 코팅되어 있습니다. (B) 캔틸레버 구조의 개략도(축척되지 않음), 상층은 금속 X로, 하층은 Si로 만들어져 있습니다.

이 실험에 사용된 2층 캔틸레버 빔의 개략도는 그림 6(B)에 나와 있습니다. 길이 L 는 약 $\sim 100 \times 10^{-6} \text{m}$, $w \sim 35 \times 10^{-6} \text{m}$, $t_2 \sim 0.2 \times 10^{-6} \text{m}$, 그리고 $t_1 \sim 0.04 \times 10^{-6} \text{m}$ 입니다. 아래쪽 층은 실리콘을 기판으로 사용합니다. Si의 영 계수는 $280 \times 10^9 \text{Pa}$ 입니다. 커버리지 비율(CR)은 샘플 0의 경우 0, 샘플 1의 경우 1%입니다. 코팅된 분자의 두께와 영의 계수가 캔틸레버 빔에 미치는 영향은 양이 적고 CR 이 작기 때문에 무시할 수 있습니다. 유효 굽힘 강성을 $EI^* \approx 1.84 \times 10^{-13} \text{N} \cdot \text{m}^2$. 프로그램 1D를 사용하여 문제 **D.1**에 답하십시오.

D.4.

D.1 샘플 0에 대한 광학 경로를 설계하여 반사된 레이저 스폿이 다음 위치에 위치하도록 합니다. 반사 영역의 중심에서 0.6pt, 즉 레이저 스폿이 원점에서 안정적으로 나타나도록 설계합니다. 를 클릭합니다. 데이터 표에 측정된 기본값 $d_{(0)}$ 을 기록합니다. 시트를 선택합니다. 레이저 스폿의 변위 Δd 는 이 위치에서 0, $\Delta d = 0$ 으로 설정됩니다. 그런 다음 샘플 1로 실험을 반복합니다. 표에 답을 기록합니다. 의 데이터 시트입니다. 샘플 1의 커버리지 비율(CR)이 가장 높다는 점에 유의하세요. 샘플.

D.2 굴곡 변형의 크기 δ 및 cov -의 함수 형태를 가정합니다. 0.6pt
에라지 비율 (CR)은 다음과 같이 표현할 수 있습니다: $\delta = C_{2E}^C \frac{R}{L} L^4$. 다음을 기준으로 $C_{(2)}$ 를 추정합니다
D.1에서 얻은 데이터. **B.3**에서 δ 와 Δd 사이의 상관 관계를 사용할 수 있습니다.

D.3 분자는 같지만 다른 샘플 2와 샘플 3을 사용합니다 CR . 지점 측정 0.8pt
변위 Δd 는 두 샘플의 PSD에 표시됩니다. 답은
데이터 시트.

D.4 샘플 2와 샘플 3의 CR (%로 표시)를 추정해 주세요. 0.6pt

광학 방법으로 시료의 공간 구조 탐색하기(10점)

(질문에 답하려면 소프트웨어 2A~2E 사용)

I. 실험 설정

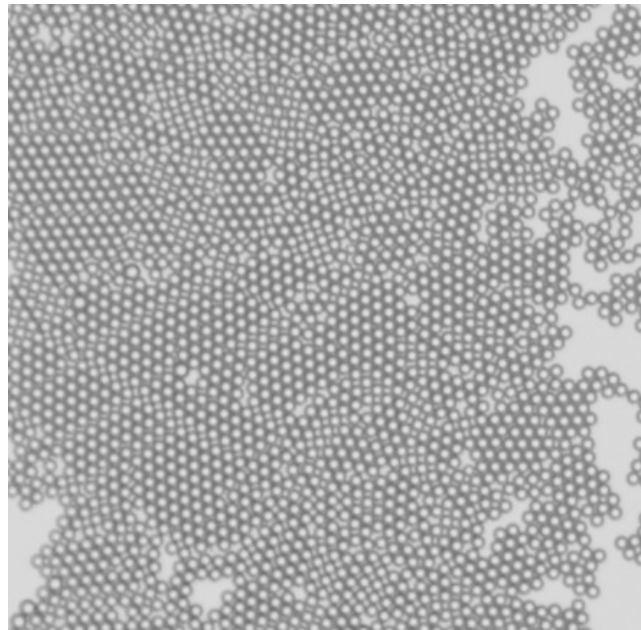


그림 1 마이크로스피어 배열의 그림

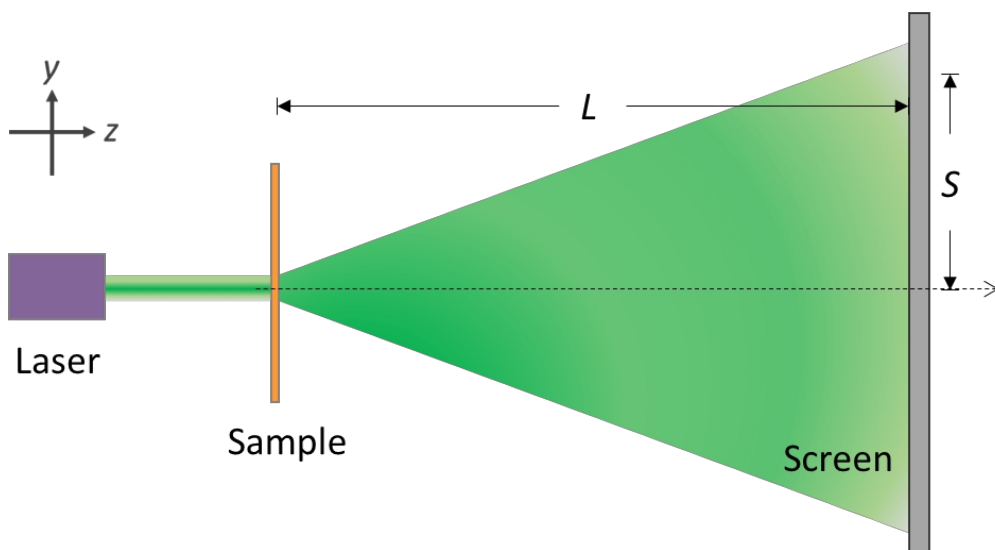


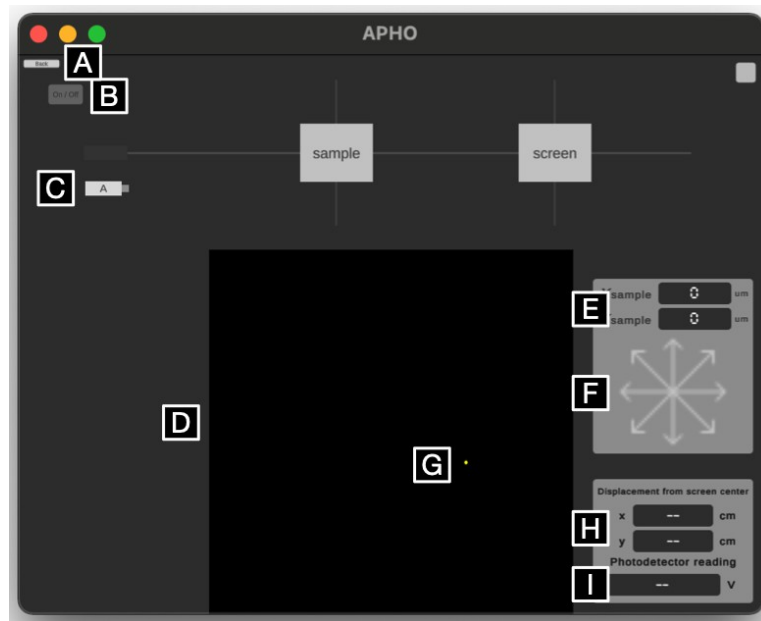
그림 2 실험 설정

II. 소개

마이크로스피어는 생체 의학 측정 분야에서 많은 응용 분야를 가지고 있습니다. 마이크로스피어 주입을 위한 구조와 패턴 설계를 갖춘 캐리어를 사용하면 관련 광전자 감지 부품을 만드는 데 사용할 수 있습니다. 이 온라인 실험은 위에서 언급한 실험 프레임워크를 시뮬레이션하고, 관련 측정을 수행하고, 마이크로스피어의 직경과 구조 패턴의 크기를 유추하고, 마지막으로 샘플의 공간 구조를 설명하는 것을 목표로 합니다.

생체 의학 감지에 사용되는 샘플이 있습니다. 이 샘플은 직경이 같은 투명한 유리 마이크로스피어가 2차원 밀도 패킹으로 배열된 여러 개로 구성되어 있습니다. 마이크로스피어는 서로 밀접하게 인접해 있으며 배열 방향이 일정하지 않습니다(그림 1 참조). 이러한 마이크로스피어는 회전 각도가 있는 마이크로스피어의 직경보다 큰 크기의 직사각형 배열 그리드에 채워집니다. 이 샘플의 모든 패턴 구조를 파악하기 위해 이 실험 설계(그림 2 참조)는 레이저 광원을 사용하여 샘플에 빛을 조사하여 회절 현상을 관찰합니다. 회절 패턴의 구조 분석을 통해 샘플의 대칭과 구조 크기를 알 수 있습니다.

소프트웨어 사용 설명서



2A

A. 실험 개요로 돌아가기

실험 중에 이 버튼을 사용하면 모든 실험 상태와 데이터가 지워집니다.

B. 레이저 전원 켜기/끄기

레이저가 광학 트랙에 있는 동안 이 버튼으로 레이저의 전원을 켜고 끕니다. 레이저가 활성화되면 트랙에 빛의 흔적이 표시됩니다.

C. 레이저 소스

광학 트랙 위로 또는 트랙 밖으로 드래그할 수 있습니다. 새 레이저 소스가 트랙에 배치되면 "설치 중"이라는 메시지가 표시되어 설치 진행 상황을 알 수 있습니다.

D. 프로젝션 화면

레이저가 먼저 샘플을 조사한 다음 결과 패턴을 트랙의 있는 스크린에 투사합니다. 파트 A 실험에서는 화면이 샘플에서 50cm에 고정되어 있습니다.

E. 샘플 좌표 표시

트랙 중앙에 있는 샘플의 좌표 E_{sample} 및 Y_{sample} 을 $100\mu\text{m}$ 단위로 표시합니다.

F. 샘플 좌표 조정

클릭하여 샘플의 좌표를 $100\mu\text{m}$ 단위로 조정합니다. 길게 누르면 연속으로 이동합니다. 대각선 화살표는 양쪽 축에서 샘플을 $100\mu\text{m}$ 단위로 이동합니다.

G. 광 검출기 좌표 조정

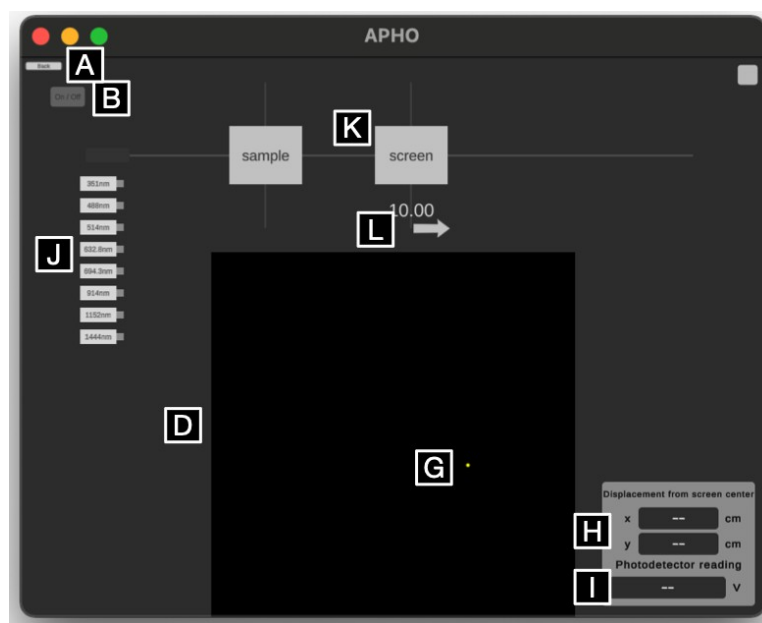
투사 화면을 클릭하여 클릭한 지점에 광 검출기를 배치합니다. 키보드의 화살표 키를 사용하여 위치를 세밀하게 조정합니다.

H. 광 검출기 좌표 표시

원점을 기준으로 광 검출기의 위치(x, y)를 0.01cm 단위로 숫자로 표시합니다.

I. 광 검출기 전압 표시

광검출기의 전압 판독값은 0.01V 표시됩니다. 미터의 범위는 조정할 수 없다는 점에 유의하세요.



2B - 2E

J. 다양한 파장의 레이저 소스

광학 트랙 위로 또는 트랙 밖으로 드래그할 수 있습니다. 새 레이저 소스가 트랙에 배치되면 "설치 중"이라는 메시지가 표시되어 설치 진행 상황을 알 수 있습니다.

K. 프로젝션 화면

레이저가 먼저 샘플을 조사한 다음 결과 패턴을 트랙의 오른쪽에 있는 스크린에 투사합니다. 파트 B~파트 E 실험에서는 투사 스크린과 샘플의 거리를 조절할 수 있습니다.

L. 프로젝션 화면 조정

마우스를 사용하여 화살표를 수평으로 드래그합니다. 이렇게 하면 투사 화면과 샘플의 거리가 1.0cm 단위로 조정됩니다. 조정 가능한 범위는 10.0cm~100.0cm입니다.

III. 실험

파트 A. 빛과 샘플의 콜리메이션(1.0점)

시료에 레이저를 적절하게 조사하기 위해 이중 슬릿을 시료로 사용하여 . 레이저가 이중 슬릿의 중앙에 적절하게 시준되어 조사되면 화면에서 선명한 간섭 프린지를 관찰할 수 있습니다. 이중 슬릿의 원래 위치는 $(0, 0)$ 이며, 이 값은 소프트웨어 인터페이스에 표시됩니다. 샘플의 Z 위치는 고정되어 있습니다. X-Y 평면을 따라 이중 슬릿의 위치를 충분히 조정하면 화면에 표시되는 간섭 프린지를 관찰할 수 있습니다. 최적의 위치 (E_{sample}, Y_{sample}) 관찰자가 간섭 프린지의 정확한 간격을 결정할 수 있는 이중 슬릿의 최적 위치 (E_{sample}, Y_{sample}) 를 찾습니다.

A.1	더블 슬릿에 가장 적합한 위치 값 (E_{sample}, Y_{sample}) 을 결정하십시오. 샘플.	0.5pt
A.2	가장 좋은 위치 값에 따라 관찰된 간섭을 그려주세요. 프린지를 그리고 첫 번째와 두 번째의 어두운 프린지의 위치 (x, y) 를 기록합니다. 주분과 위치 (x, y) 와 원점 사이의 거리 S 를 입력합니다. 제발 인접한 두 개의 어두운 프린지 사이의 간격 ΔS 를 채웁니다.	0.5pt

파트 B. 샘플 구조 크기 탐색(3.0점)

전체 시스템의 광 경로가 최적의 설정을 가지고 있다고 가정하면 레이저 위치와 샘플 위치가 고정됩니다. 레이저 빛의 파장과 화면 L 의 위치를 변경하기만 하면 해당 회절 패턴을 화면에서 볼 수 있습니다. 각 마이크로스피어 d 사이의 해당 거리는 λ , L 및 S 위치 (x, y) 와 원점 사이의 거리)의 관계를 사용하여 결정할 수 있습니다. 그림 1의 마이크로스피어 배열 모식도를 참조하여 가시광선 범위의 세 가지 레이저 광원을 사용하여 마이크로스피어 d 의 지름을 추정합니다.

B.1	표시된 마이크로스피어 거리 d 에 대한 공식을 λ , L 및 S .	0.5pt
B.2	화면 L 의 적절한 위치를 선택한 후, 마이크로스피어에 대한 회절 패턴의 좌표(크로스피어에 대한 회절 패턴의 1.5pt 네이트 (x, y) 를 화면에 기록하고, 에스티 선택한 세 레이저 소스에서 결합 거리 S 와 $\tan^{-1}(\frac{y}{L})$ (단위: 라디안)를 기록합니다. (동일한 링에 5세트를 기록하여 구합니다. S 값)	마이 —
B.3	공식을 사용하여 각 미 사이의 해당 거리를 추정합니다. 의 구면 D , 마이크로스피어 A 의 직경 및 평균 직경 a 세 개의 레이저 소스.	1.0pt

파트 C. 샘플 구조 크기 탐색(2.5점)

이 샘플에는 방향 각도가 있는 직사각형 격자 배열이 있습니다. 각 직사각형에는 많은 투명 유리 마이크로스피어가 2차원적으로 가장 밀집된 상태로 배열되어 있습니다. 화면의 패턴에서 직사각형 격자 배열의 규칙적인 배열로 인해 발생하는 교차 회절 프린지를 볼 수 있습니다. 실험에 사용할 가시 레이저를 선택하고 회절 패턴에서 직사각형 구조의 크기와 해당 방향 각도를 도출해 보세요.

C.1 실험을 위해 가시 레이저를 선택하세요. 화면과 시료 사이의 거리를 0.8pt
와 샘플 사이의 거리를 $L = 90\text{cm}$ 로 고정하고 회절 패턴을 관찰합니다. 다음을 표시하세요.
 $4^{\text{th}} \sim 7^{\text{th}}$ 차수 밝은 프린지의 좌표(x, y)는 두 축 방향의 밝은 프린지를 나타냅니다.
에 해당하는 거리 S 를 계산하고 그에 해당하는
 $\tan^{-1}$ 값 ($^\circ$) (단위: 라디안).

C.2 인접한 밝은 프린지 사이의 거리 ΔS_x 및 ΔS_y 를 계산하십시오. 0.7pt
이전 질문의 데이터를 기반으로 합니다. 길이도 예상해 주세요.
단일 직사각형의 긴(l) 변과 짧은(w) 변의 길이를 측정합니다.

C.3 방향 각도를 추정합니다: 각도를 추정하기 위해 선을 그립니다. 네 개의 코디 1.0pt
밝은 패턴의 네이트(x, y)를 표시해야 합니다. 방향 추정
가로축에 대한 단일 직사각형의 긴 변의 각도 ϕ .

파트 D. 샘플 구조 크기 탐색(2.5점)

이전 문제에서와 같이 입사광이 가시광선 영역에 있으면 화면의 교차하는 밝은 테두리 안에 미세한 회절점 패턴이 있어 식별하기 쉽지 않습니다. 따라서 시료의 회절 패턴을 더 선명하게 얻으려면 더 긴 파장의 빛이 필요합니다. 적외선 레이저를 사용하여 샘플에 조사하면 미세한 회절 지점 패턴을 생성할 수 있습니다. 적외선은 눈에 보이지 않기 때문에 회절점의 위치를 찾기 위해서는 광검출기가 필요합니다. 회절점 패턴으로 샘플 격자 구조를 결정합니다.

D.1 화면 위치를 95cm로 설정하고 실험을 위해 적외선 레이저 하나를 선택한 다음 1.9pt
를 선택하고 광 검출기를 사용하여 미세 회절 지점 패턴을 식별합니다.
를 클릭합니다. 표에 레이저 파장과
화면에서 4×4 미세 회절 밝은 점 세트의 중심 좌표입니다.
 4×4 점 패턴을 그리고, 인접한 점 사이의 거리를 ΔS_x 로 표시합니다.
및 ΔS_y 를 찾아 값을 계산합니다.

D.2 의 결과에서 샘플 격자의 간격 d_x 과 d_y 을 결정합니다 0.6pt
적외선 실험.

파트 E. 샘플 구조 크기 탐색(1.0점)

이 샘플은 그림 1과 같이 2차원적으로 가장 밀집된 상태로 배열된 많은 투명 유리 마이크로스피어들로 구성되어 있으며, 특정 회전 각도를 가진 직사각형 배열 격자로 덮여 있습니다. 마이크로스피어는 서로 밀접하게 인접해 있으며 배열 방향이 다소 일정하지 않습니다. 이 샘플에는 마이크로스피어의 규칙적인 배열 외에도 마이크로스피어의 직경보다 큰 다른 직각 배열이 있습니다. 파트 C와 파트 D 문제에 따르면 회절 프린지를 관찰하여 얻은 구조 크기와 방향 정보를 통해 시료의 특정 구조 패턴을 식별합니다.

- | | | |
|------------|---|-------|
| E.1 | <p>샘플의 주기적 배열을 그려주세요: 다음과 같이 표현해 주세요.
 3×3 직사각형 배열을 만들고 크기(l 및 w), 간격(d_x 및 d_y)을 표시합니다.
 방향 각도 (ϕ)의 문제 파트 C 및 파트 D에 해당하는
 기호가 있는 패턴 (l, w, d_x, d_y, ϕ).</p> | 1.0pt |
|------------|---|-------|