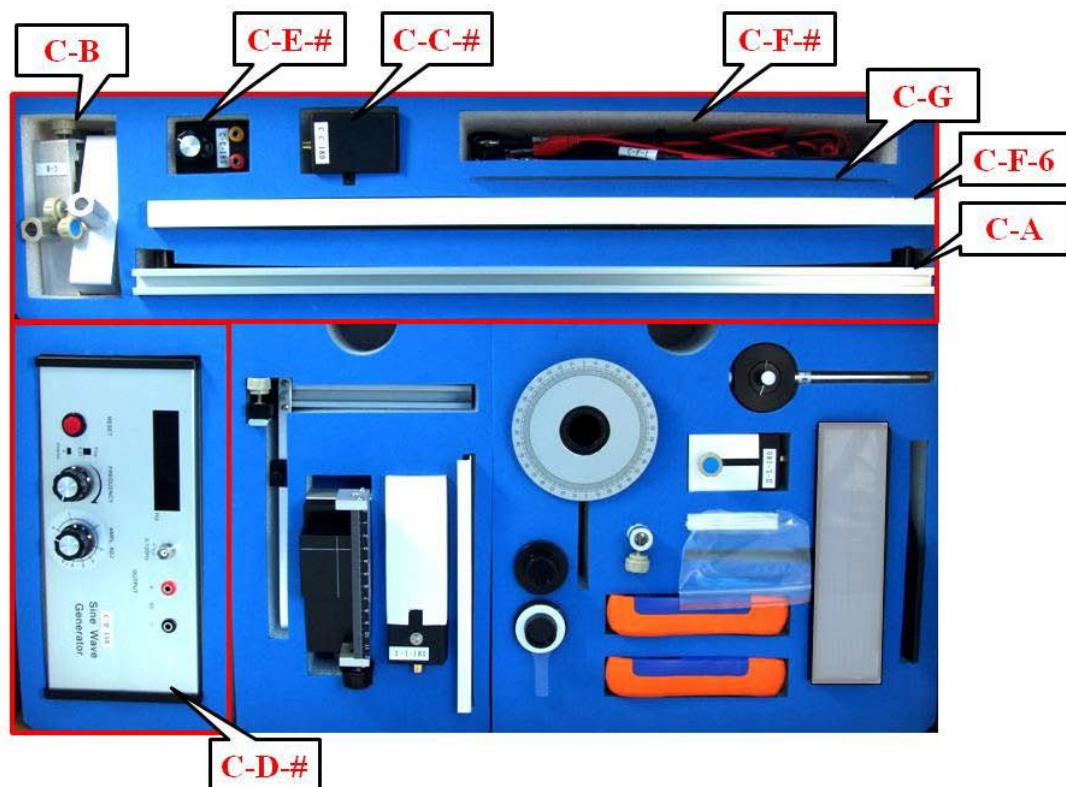


실험 구성 요소

공통 구성 요소용 Set-C:

라벨	항목	수량
C-A	광학 트랙(60cm)	1
C-B	광학 클램프	4
C-C#	시준 레이저 다이오드(CLD)	1
C-D#	사인파 발생기(사인파, DC 5V 출력)	1
C-E#	가변 저항(5kΩ)	1
C-F#	전선 연결	4
C-F-6	컴포넌트 스탠드	1
C-G	눈금자	1

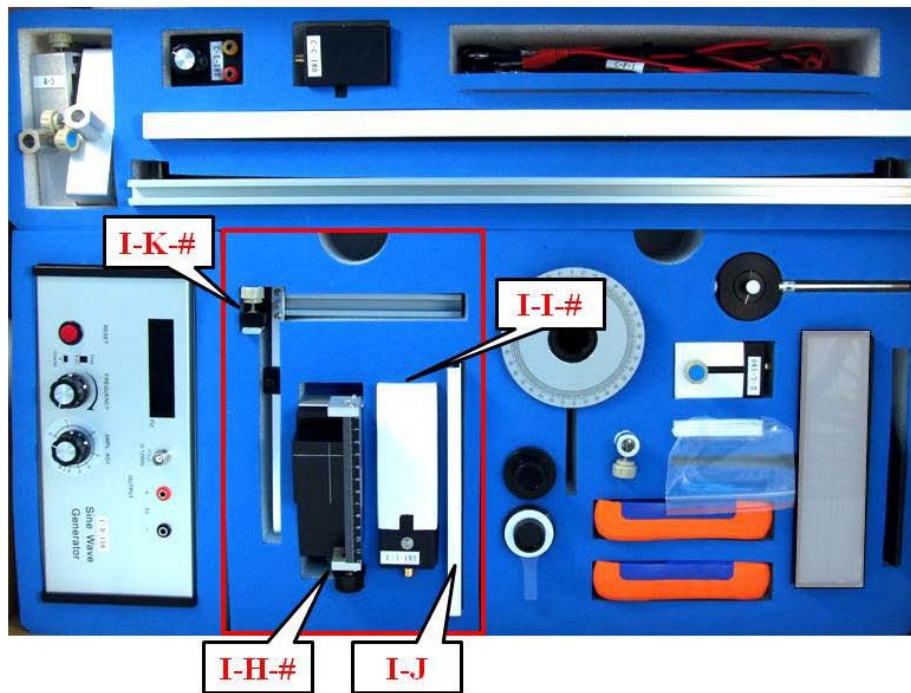
참고: "#"은 구성 요소의 일련 번호입니다. 이 번호는 .



실험-I용 세트-I

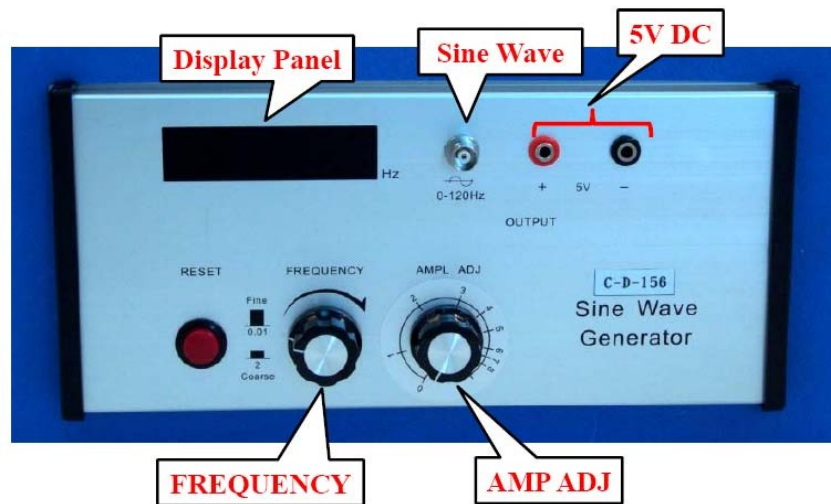
라벨	항목	수량
I-H-#	I-D 번역 단계의 블랙박스	1
I-I-#	드라이빙 박스에 부착된 황동 리드*	1
I-J	진폭 측정 화면	1
I-K-#	세로 슬라이더(자 및 자석 포함)	1

*박스 안에 끝이 고정된 황동 리드가 AC 전압으로 구동되는 피에조에 부착되어 있습니다.



◎ 사인파 생성기 지침:

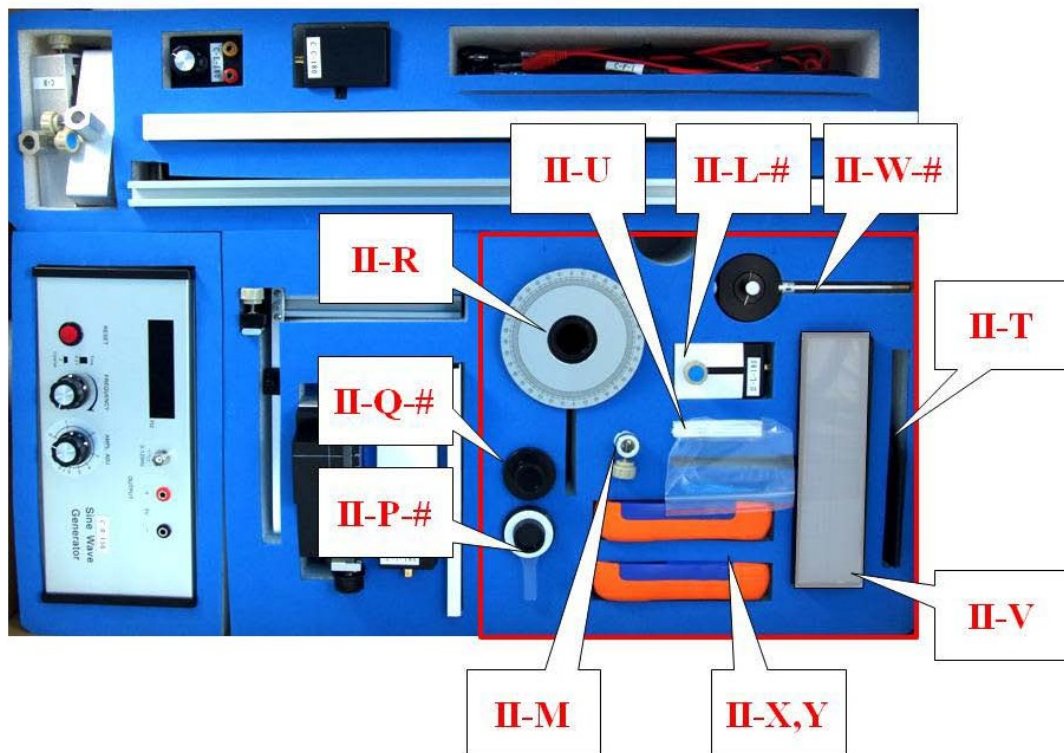
- 사진에 표시되지 않은 전원 버튼은 기기 오른쪽에 있습니다.
- '디스플레이 패널'에는 출력 사인파의 주파수가 표시됩니다.
- 사인파 전압을 공급하려면 '사인파' BNC 커넥터를 사용합니다.
- 정전압을 공급하려면 "5V DC" 바나나 커넥터를 사용합니다.
- 사인파의 주파수는 "주파수" 노브를 돌려서 변경할 수 있으며, 거칠게 조정하려면 더 빠르게, 미세하게 조정하려면 더 느리게 돌립니다. "주파수" 노브 옆에 있는 미세 및 거친 레이블은 무시하세요.
- 사인파 전압의 진폭은 "AMPL ADJ"를 돌려 수 있습니다.
노브.
- 'RESET' 하단을 눌러 주파수를 0.00Hz로 초기화할 수 있습니다.



실험용 세트 -II

라벨	항목	수량
II-L-#	비콜리메이트 레이저 다이오드(ULD)	1
II-M	홀더	1
II-P-#	인디케이터가 있는 편광판(PR2)	1
II-Q-#	편광판(PR1)	1
II-R	PR1 및 PR2용 홀더	1
II-T	라이트 필터용 홀더	1
II-U	조명 필터	4
II-V	빔 보기 상자(화면)	1
II-W-#	광도체(PC)	1
II-X	디지털 멀티미터	1
II-Y	디지털 멀티미터	1

II-L-#, II-M, II-V 항목은 사용되지 않습니다.



◎ 디지털 멀티미터에 대한 지침입니다:

- 전원 버튼을 눌러 디지털 멀티미터를 켜거나 끌 수 있습니다.
- 전압 및 저항 측정에는 " Ω " 및 "COM" 인렛을 사용합니다.
- 소량 전류 측정에는 "mA" 및 "COM" 입구를 사용합니다.
- 기능 다이얼을 사용하여 적절한 기능과 측정 범위를 선택합니다. "V"는 전압 측정용, "A"는 전류 측정용, " Ω "은 저항 측정용입니다.
- "보류" 버튼을 누르면 디스플레이 판독값이 유지되고 측정 기능. 버튼을 다시 누르면 수 있습니다.



실험 I. 자기력 프로브

◎ 소개

그림 I-1에서 볼 수 있듯이 리드의 자유 끝은 외부 진동력에 의해 구동될 때 수직 방향으로 진동할 수 있으며, 그 주파수는 외부 드라이버에 의해 결정됩니다. 특정 감쇠 메커니즘을 가진 진동 리드에서 소실되는 평균 전력을 주파수의 함수로 플롯하면 그림 I-2와 같이 **공진 주파수** f_R 라는 특정 주파수에서 최대 소실 전력을 찾을 수 있습니다. 공진의 선명도는 **품질 계수** Q 로 설명됩니다:

$$Q = \frac{f_R}{\Delta f}$$

여기서 Δf 는 그림 I-2와 같이 P_{av} - f 곡선의 절반 최대값에서 전체 폭, 즉 $\Delta f = f_2 - f_1$ 로, 각각 공진 주파수에 해당하는 $f_{(1)}$ 및 $f_{(2)}$ 의 아래쪽과 위쪽에 있는

$f_{(2)}$ 입니다.

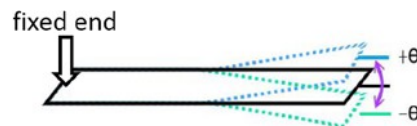


그림 I-1. 진동하는 갈대.

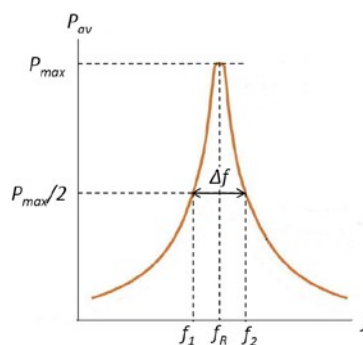


그림 I-2. 평균 손실 전력 대 구동 주파수 플롯.

진동 구동력 외에도 리드의 자유단에 균일한 힘이 가해지면 공진 주파수, 진폭 및 품질 계수는 동일하게 유지됩니다. 반면, 균일하지 않은 힘 하에서는 공진 주파수 f_R , 최대 진폭 A , 품질 계수 Q 등 진동 리드의 여러 특성이 자유 끝의 위치에 따라 달라질 수 있습니다.

이 실험에서는 그림 I-3과 같이 갈대의 자유단에 부착된 작은 자석이 프로브 팁 역할을 하고, 팁 자석 아래에 있는 표적 자석이 불균일 자기장을 생성하여 팁 자석에 불균일하게 힘을 가합니다. 팁 자석이 같은 극을 가진 아래의 타겟 자석에 접근하면 반발력이 더 강해집니다. 따라서 리드의 공진 주파수 f_R 팁 자석과 표적 자석 사이의 거리에 따라 달라집니다. 공진 주파수는 두 반발 자석 사이의 이격 거리가 멀어질수록 증가합니다. 그러나 그림 I-4와 같이 팁 자석을 표적 자석에서 수평으로 멀리 이동하면 특정 거리에서 약한 인력을 감지할 수 있습니다. 불균일하지 않은 인력이 공진 주파수는 낮은 값으로 이동합니다. 리드의 공진 주파수가 팁 자석과 표적 자석 사이의 거리에 따라 민감하게 달라진다는 이 특성을 이용해 블랙박스 내부에 숨겨진 자석을 찾을 수 있습니다.

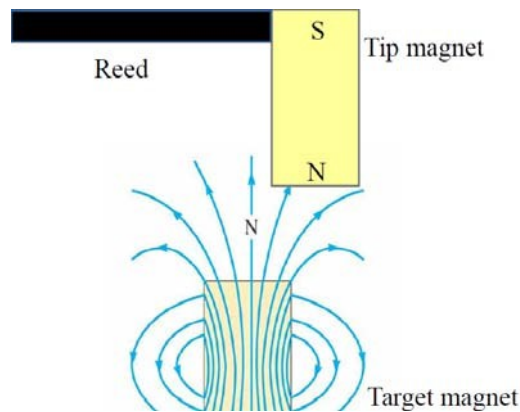


그림 I-3. 표적 자석의 극 근처에서는 자기장이 균일하지 않습니다.

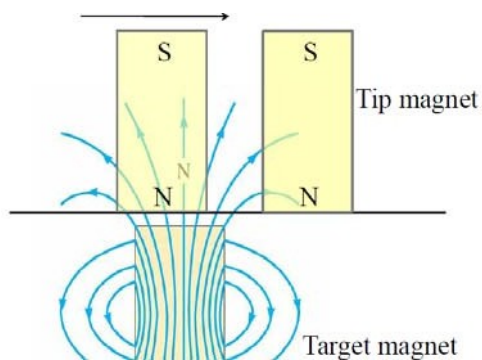


그림 I-4. 팁 자석을 수평으로 움직이면 인력 또는 반발력을 감지할 수 있습니다.

◎ 실험 절차

실험 1의 어떤 부분에서도 오류 분석은 필요하지 않습니다.

Exp. I-A, 공진 주파수 측정

세트-C와 세트-I에서 실험 구성 요소를 조심스럽게 꺼내고 그림 I-A-1과 같이 실험 장치를 설정합니다. 개략도는 그림 I-A-2에 나와 있습니다. 5V-DC 전압 소스를 레이저 박스(C-C-#)에 연결합니다. 사인파 발생기의 진동 출력을 황동 리드의 구동 박스(I-I-#)에 연결합니다. 전원을 켜고 사인파 발생기의 출력 전압을 고정합니다. 레이저 빔을 황동 리드의 자유 끝 부분에 있는 거울로 향하게 하여 화면의 반사된 빔 스팟(I-J)을 사용하여 리드의 진동 진폭을 확인할 수 있도록 합니다.

주의: 1) 황동 리드(I-I-#)를 실험 측정에 사용하기 전에 종이로 보호된 커버를 조심스럽게 제거하세요. 황동 리드의 공진 주파수는 모양에 매우 민감하므로 실험 중 리드가 변형되면 부정확한 결과가 나올 수 있습니다.

2) 눈을 손상시킬 수 있는 레이저 광선을 직접 쳐다보지 마세요.

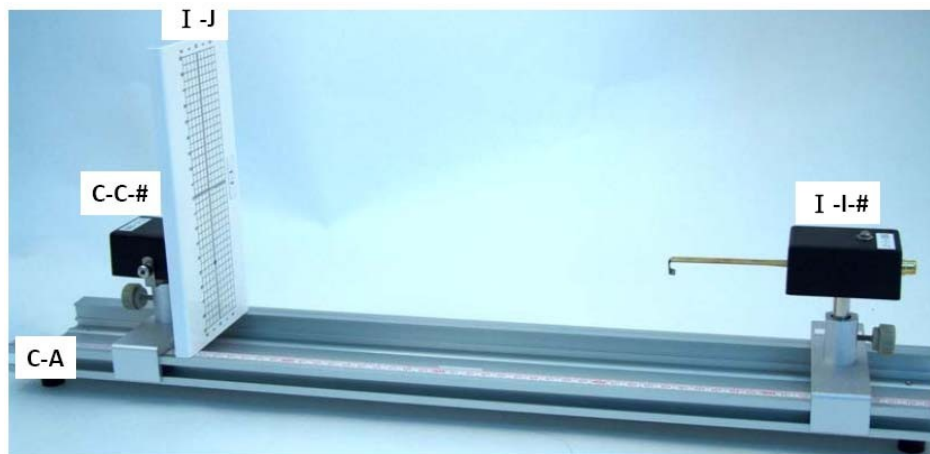


그림 I-A-1. 공진 주파수를 찾기 위한 실험 설정.

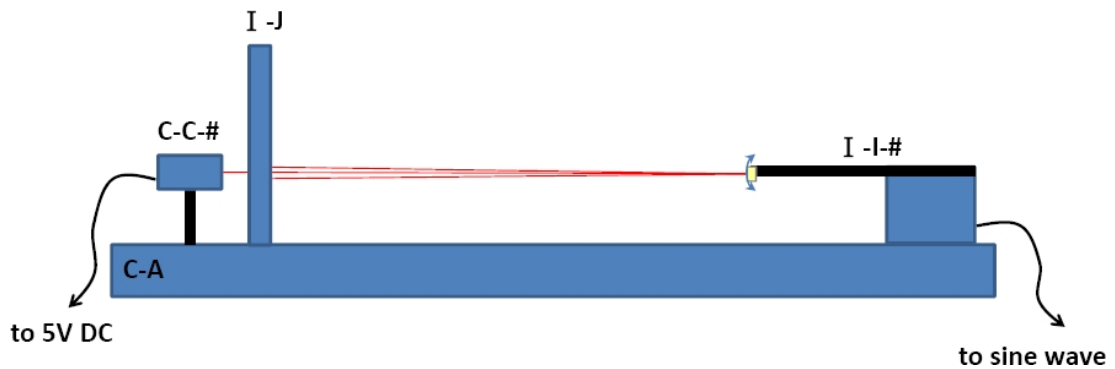


그림 I-A-2. 그림 I-A-1의 개략도.

- (1) 사인파 발생기의 주파수를 변경하여 진동하는 레이저 빔 스폿의 진폭 A 를 측정합니다. 측정된 진폭을 주파수의 함수로 답안지의 데이터 기록하십시오. (0.8점)
- (2) 제공된 그래프 용지 중 하나에 공진 주파수 f_{RO} 와 품질 계수 Q 를 결정하기 위한 적절한 그래프를 그리고, 얻은 f_{RO} 와 Q 를 답안지의 적절한 빈 칸에 기록하십시오. (1.2점)

I-B, 공진 주파수 대 외력.

이 실험에서는 비균일 힘의 영향에 따른 공진 주파수를 조사합니다. 비균일 힘은 N극이 위쪽을 향하도록 수직 슬라이더(I-K-#)에 고정된 3mm의 작은 원통형 금속 보정 자석 M_C 에 의해 제공됩니다. 진동 리드의 자유 끝에 부착된 팁 자석 $M_{(T),N}$ 극이 아래쪽을 향하고 있습니다. 두 자석의 극 축은 동일한 수직선을 따라 정렬되어야 합니다.

그림 I-B-1과 같이 실험을 설정합니다. 개략도는 그림에 나와 있습니다.

I-B-2.

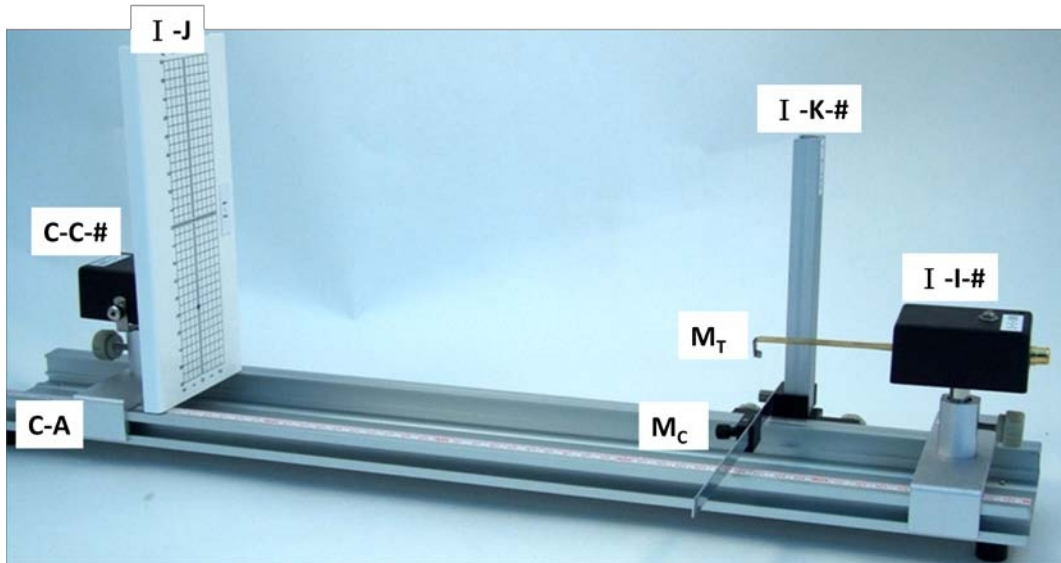


그림 I-B-1. 두 자석 사이의 공칭 거리와 주파수의 관계를 찾는 실험 설정, M_C 와 M_T .

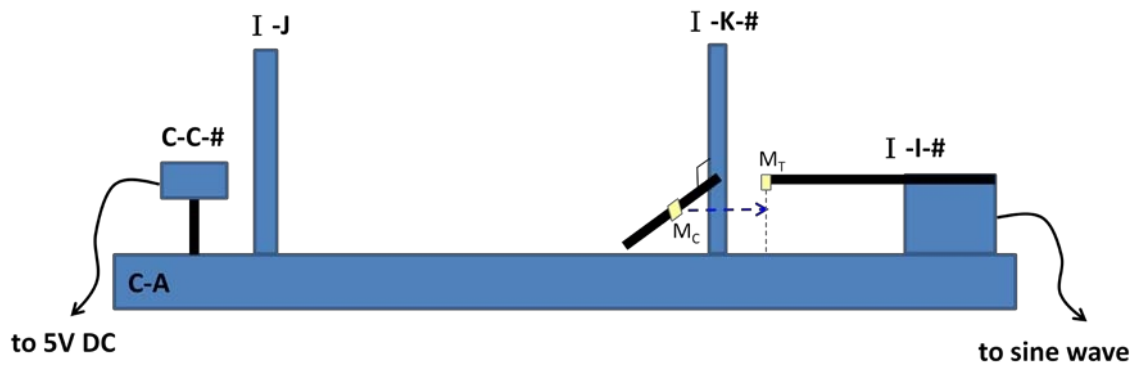


그림 I-B-2. 그림 I-B-1의 개략도.

- (1) 수직 슬라이더의 눈금에서 아래쪽 평면의 z_0 위치를 읽습니다.

팁 자석 $M_{(T)}$ 과 $M_{(C)}$ 에서 적절히 이동시켜 M_C 의 상호 작용 없이 $M_{(T)}$.

측정된 $z_{(0)}$ 을 데이터 표에 기록합니다.

(0.2점)

- (2) 자석 M_C 의 위치를 M_T 바로 아래에 오도록 조정합니다. 두 자석의 극 축은 같은 수직선을 따라 정렬되어야 합니다. M_C 의 N극의 상단 평면의 위치 z 를 결정합니다. 공칭 거리 d 를 다음과 같이 계산합니다.

정의 $d = z_0 - z$. 데이터 테이블에 z 및 d 를 기록합니다. (참고: 평형

두 자석 사이의 간격은 두 자석이 서로 밀어내기 때문에 D 와 같지 않습니다).

- (3) 의 주파수를 조정하여 거리 d 에 대한 공진 주파수 f_R 를 결정합니다.

최대 진폭에 도달할 때까지 사인파 발생기의 진폭과 주파수를 비교하여 각 거리 d 의 f_R 을 결정할 때 진폭 대 주파수를 표시할 필요가 없습니다. 결정된 공진 주파수 $f_{(R)}$ 를 데이터 표에 기록합니다.

- (4) 자석 M_C 의 수직 위치를 변경하고 (2)와 (3)의 단계를 반복하여 거리 d 와 해당 공진 주파수 f_R 를 다르게 여러 번 측정합니다. (1.2점)

- (5) 그래프 용지를 사용하여 거리 d 의 함수로 f_R 의 그래프를 플롯합니다. 눈으로 보고 데이터 점을 통해 최적의 선을 그립니다. (1.2점)

- (6) $\Delta f_R = f_{(R)} - f_{RO}$ 를 정의하고 다른 그래프 용지를 사용하여 $\ln(\Delta f_R)$ 을 d 의 함수로 플롯합니다. 눈으로 보면서 데이터 포인트를 통과하는 최적의 선을 그립니다. (1.0점)

실험 I-C, 블랙박스 내부의 자석의 위치와 깊이 찾기.

1D 병진 스테이지에 고정된 블랙박스(I-H-#)에는 두 개의 자석 M_A 와 $M_{(B)}$ 가 묻혀 있습니다. 두 자석의 N극은 모두 위쪽을 향하고 있습니다. 실험 I-B에 사용된 자석 M_A 와 M_B , 그리고 M_C 는 크기, 모양, 자기 특성이 매우 유사합니다. 자석 M_A 와 $M_{(B)}$ 의 깊이는 다를 수 있습니다. 자석 M_A 의 위치는 블랙박스 윗면에 표시된 두 선의 교차점입니다. 자석 M_B 는 그림 I-C-1과 같이 긴 선을 따라 어딘가에 위치합니다. 자석 M_A 와 M_B 사이의 수평 거리는 AB 로 표시됩니다.

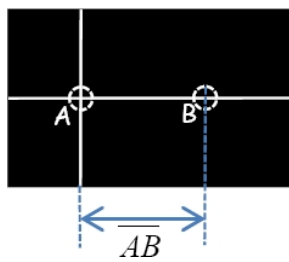


그림 I-C-1. 자석 M_A 는 윗면에 표시된 두 선의 교차점 아래에 있고 자석 M_B 는 더 긴 선을 따라 어딘가에 있습니다.

- (1) 수직 슬라이더의 눈금에서 블랙박스 내부 자석의 상호작용이 없는 팁 자석 M_T 에 대한 하단 평면의 위치 $z_{(0)}$ 이 부분에서 $z_{(0)}$ 은 식 I-B의 z_0 와 다를 수 있습니다)를 판독합니다. 수직 슬라이더의 눈금에서 블랙박스 상단 평면의 위치 z_{box} 를 읽습니다. 답안지에 z_0 와 $z_{(box)}$ 를 기록하십시오. (0.2점)



- (2) 블랙박스를 더 긴 선을 따라 이동하고 갈대의 공진 주파수 f_R 변화를 관찰하여 M_B 의 위치를 찾습니다. 측정된 거리 y 와 그에 해당하는 공명 주파수 $f_{(R)}$ 데이터 표에 기록합니다. (1.4점)
- (3) 자석 M_B 의 위치를 결정하기 위해 그래프 용지에 $f_{(R)}$ 의 함수로 플롯합니다. 그래프의 y 축에 자석 M_A 와 M_B 의 위치를 표시하고 AB 의 값을 적으십시오. (1.2점)
- (4) 의 윗면으로부터 자석 M_A 와 M_B 의 깊이 d_A 와 d_B 를 구합니다. 의 결과를 사용하여 블랙박스를 계산합니다. 답안지에 d_A 와 d_B 의 값을 적으십시오. (1.6점)

실험 II 반도체 레이저의 이해

이 실험의 목적은 반도체 레이저의 기본 특성을 탐구하는 것입니다. 한 쌍의 편광판과 광전자를 사용하여 조준된 레이저 빔의 선형 편광 비율을 측정하고 계산할 것입니다. 마지막으로, 조준된 레이저의 전류 증가당 출력 증가의 최대값을 결정합니다.

안전 주의: 눈을 손상시킬 수 있는 레이저 광선을 직접 쳐다보지 마세요!!!

◎ 배경 설명

이 실험에서 빛을 감지하는 장치인 광전도체는 밴드갭이 $E_G = (E_{(C)} - E_{(V)})$ 인 반도체로 만들어집니다(그림 II-1 참조). 입사 광자의 에너지가 밴드 갭의 에너지보다 크면 광자가 반도체에 흡수되어 자유 전자와 정공을 생성할 수 있습니다. 그러면 전자와 정공을 포함한 전하 캐리어의 밀도가 증가하고 물질의 전도도도 증가합니다. 이 실험에서는 멀티미터를 사용하여 저항(전도도의 역수)을 측정합니다.

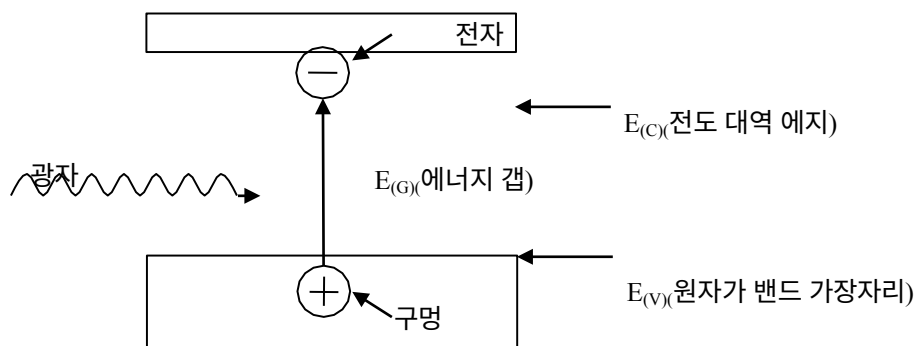


그림 II-1 반도체에서 단일 광자에 의해 생성되는 쌍의 개략도.

이 실험의 발광 소자인 반도체 레이저는 외부 광원이 소자에 전자와 정공을 주입하면 그림 II-2와 같이 전자와 정공이 결합하여 광자를 방출할 수 있습니다. 이상적으로는 한 쌍의 전자와 정공의 조합이 하나의 광자를 생성할 수 있습니다. 현실적으로, 전자-정공 쌍이 광자를 생성하지 않고 재결합하는 비방사 과정도 존재합니다. 따라서 생성된 광자의 수는 재결합된 전자-정공 쌍의 수와 같지 않습니다. 전자-정공 쌍에 의해 생성되는 광자의 평균 분수 수를 양자 효율이라고 합니다.

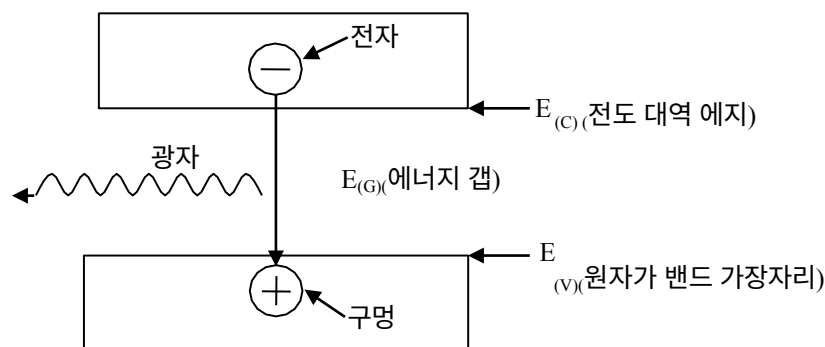


그림 II-2 반도체에서 전자-정공 쌍이 결합하여 생성되는 단일 광자의 개략도.

반도체 레이저는 단색의 부분 편광된 일관된 광선을 방출할 수 있습니다. 부분 편광은 선형 편광과 무편광의 두 부분으로 구성됩니다. 전자의 빛 강도는 J_p , 후자의 빛 강도는 J_u 로 표시됩니다. 편광판에 부분적으로 편광된 빛이 입사될 때 선형 편광된 부분의 투과율은 편광된 방향과 편광판 방향 사이의 각도에 따라 달라집니다. 그러나 편광되지 않은 부분의 경우 일정한 부분이 편광판을 통과할 수 있으며 각도와 무관합니다.

◎ 실험 및 절차

실험 II-A: 광전자의 빛 반응

이 부분에 사용되는 광원은 시준된 레이저 다이오드(CLD)여야 합니다. 그림 IIA-1에 표시된 회로도를 사용하여 CLD에 전류를 공급합니다. 그림 IIA-1에 사용된 기호는 표 IIA-1에 나열되어 있습니다.

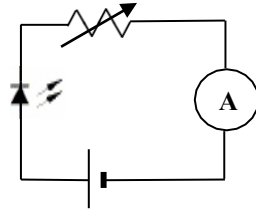
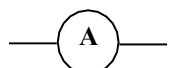


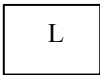
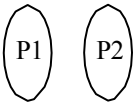
그림 IIA-1 CLD에 사용되는 회로도.

표 IIA-1 그림 IIA-1에 사용된 기호

디바이스	조준 레이저 다이오드	5V DC 전원	변수 저항기	전류계 (멀티미터)
기호				
라벨	II-L-#	C-D-#	C-E-#	II-X, II-Y

최대 전류로 CLD를 작동합니다. 레이저 강도는 광전도체(PC)에 의해 감지됩니다. PC에 빛을 비추면 빛의 강도에 따라 전도도가 증가합니다. 주변광 효과를 최소화해야 합니다. 이 실험에서는 실제로 전도도의 역수인 저항을 측정합니다. PC에 도달하는 레이저 빛의 강도는 제공된 편광판 또는 필터를 사용하여 변경할 수 있습니다. 다른 광학 구성 요소의 기호는 표 IIA-2에 나와 있습니다. 레이저 광의 부분 편광은 그림 IIA-2의 실험 설정을 사용하여 관찰할 수 있습니다.

표 IIA-2 광학 구성 요소의 기호.

디바이스	조준 레이저 다이오드	편광판	광도체	조명 필터
기호				 선택 사항
라벨	C-C-#	II- P-# II- Q-#	II- W-#	II- U

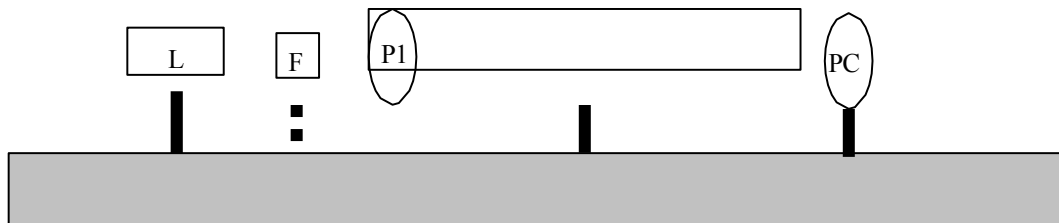


그림 IIA-2 준비를 위한 실험 설정

P1을 돌리면 PC 저항이 변하는 것을 관찰해야 합니다. PC 저항이 최소값에 도달하도록 P1을 조정합니다. 관찰된 최소 저항이 다음과 같은 범위에서 발생하는 경우

10° 또는 P1의 회전 각도보다 크면 PC가 포화 상태입니다. 이 경우 라이트 필터를 사용하여 최대 조명 강도에 가까운 PC 포화도를 피해야 합니다.

이전 단락의 설명에 따라 P1 위치를 고정합니다. 그림 IIA-3에 표시된 실험 설정에 따라 PC의 전도도와 상대적인 광도를 비교하여 특성화합니다.

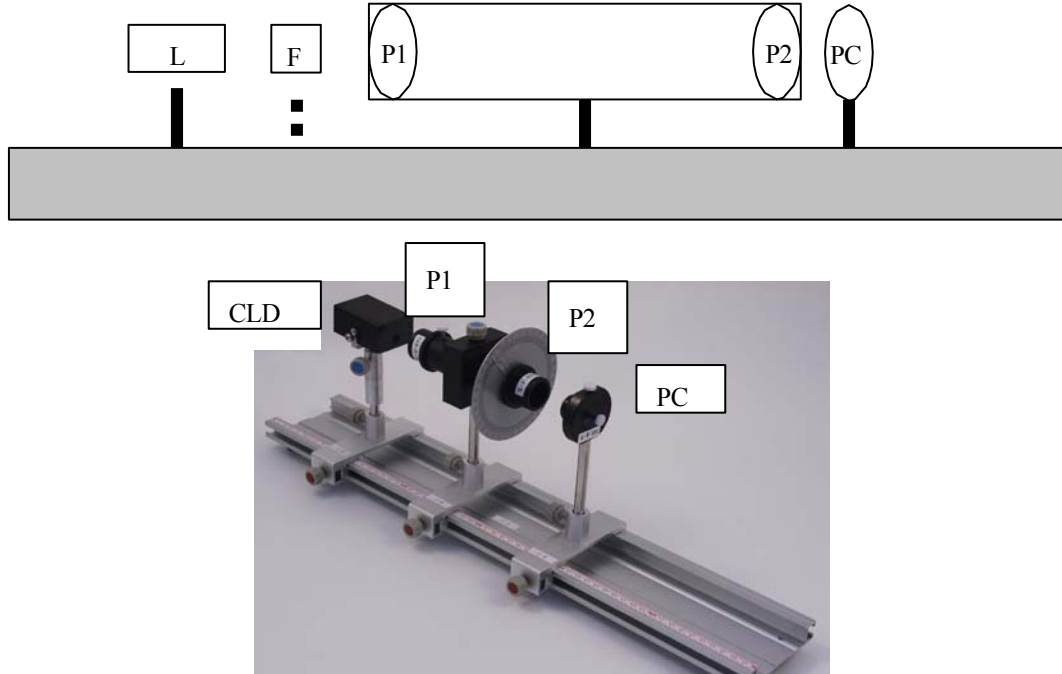


그림 IIA-3 PC 특성화를 위한 실험 설정

- (1) ϑ_p 정의 를 P1과 P2의 편광 축 사이의 상대적 각도로 설정합니다. 다음을 변경하여
각도 ϑ_p 에서 0° 에 180° 의 단계로 5° . 측정된 PC 저항을 기록하고
 ϑ_p 데이터 표에서. 측정된 PC 저항 값을 컨덕턴스 값으로 변환합니다.
를 클릭하고 데이터 테이블에 기록. 오류 분석이 필요하지 않습니다. (1.2점)

- (2) PC 전도도 값을 ϑ_p 의 함수로 플롯합니다. 를 그래프 용지에 표시합니다. 오류 분석은
필수. (1.2점)

Exp. II-B: 선형 편광 레이저 빛의 분수

이 파트에서 사용되는 광원은 DC 전원 공급 장치에서 15mA 전류를 공급하는 시준 레이저 다이오드(CLD)여야 합니다. 이 부분의 작업은 이전 섹션과 동일한 그림 IIA-2의 설정을 사용하여 선형 편광되는 레이저 광의 분율 θ 를 결정하는 것입니다. 이 부분에서는 오류 분석이 필요하지 않습니다.

$$\theta = \frac{J(\text{선형 편광})}{J(\text{무극성}) + J(\text{선형 편광})} = \frac{J_{\max} - J_{\min}}{J_{\max} + J_{\min}}$$

$J_{\max}$ 및 $J_{\min}$ 은 P1을 회전하는 동안 PC가 감지한 최대 및 최소 광량입니다.

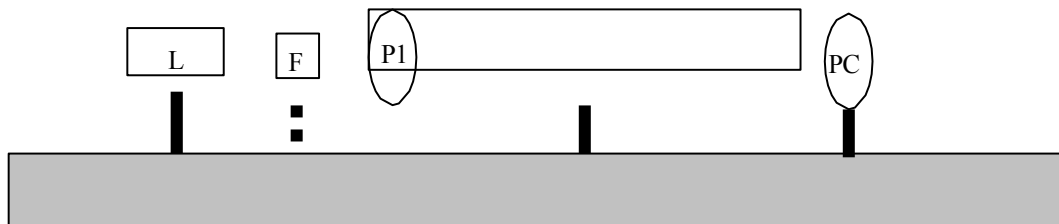


그림 IIA-2 준비를 위한 실험 설정

- (1) P1 360° 을 회전하여 PC 저항의 최대값과 최소값($R_{\max}$ 및 $R_{\min}$)을 구합니다. $R_{\max}$ 및 $R_{\min}$ 을 PC 컨덕턴스 $C_{\min}$ 및 $C_{\max}$ 의 최소 및 최대 값으로 변환합니다. 데이터 표에 데이터를 기록합니다. (0.8점)
- (2) II-A-(2)의 전도도 대 θ_p 그래프를 활용하여 상대적인 $C_{\max}$ 및 $C_{\min}$ 에 해당하는 강도 $J_{\max}$ 및 $J_{\min}$ 을 구합니다. 결과를 답안지에 적으십시오. (1.6점)
- (3) θ 를 계산하고 그 결과를 답안지에 적으세요. (0.2점)



Exp. II-C: 콜리메이트 레이저 다이오드의 차동 양자 효율

이 부분의 임무는 시준된 레이저 다이오드(CLD)를 통과하는 전류에 대한 상대적인 빛의 세기를 특성화하고 아래에 정의될 **차동 양자 효율 η** 를 결정하는 것입니다. 20mA 사이의 범위에서 CLD의 전류를 제어합니다. 전류가 20mA에 가까워지면 PC가 포화 상태가 되지 않는지 확인하세요. 포화를 피하기 위해 필터 또는 편광판을 사용할 수 있습니다.

(1) CLD 전류를 제어하고 해당 PC 저항 값을 측정합니다. 데이터 표에 데이터를 기록합니다. 데이터를 변환하고 그래프 용지에 PC 전도도 대 CLD 전류를 플롯합니다. 오류 분석은 필요하지 않습니다. (1.3점)

(2) (1)단계의 그래프를 기반으로 $\Delta I \sim 3\text{mA}$ 를 중3mA)을 선택합니다.

최대 기울기를 구합니다. 파트 II-A-(2)의 컨덕턴스 대 θ_p 그래프를 사용하여 다음을 변환합니다.

를 클릭하고 이 영역의 데이터를 (1)단계의 표에 상대 광도(I)로 기록합니다. 상대 광도(I) 대 CLD 전류(I)를 그래프 용지에 플롯합니다. 오류 분석은 필요하지 않습니다. (0.8점)

(3) CLD의 최대 방사 전력은 정확히 $P_{\text{최대}} = 3.0 \text{ mW}$ 로 가정합니다.

(2)단계의 그래프에서 최대 기울기를 추출하여 다음 값으로 전송합니다.

$$G \equiv \left. \frac{\Delta P}{\Delta I} \right|_{\text{최대}}, \text{ 이는 증가된 방사 전력의 최대 비율과}$$

입력 전류의 증가량입니다. 분석 내용과 계산된 값 G 를 답안지에 G 의 오차를 추정하되, $P_{\text{최대}}$ 의 오차는 포함하지 마세요. 답안지에 자신의 분석과 계산된 값 ΔG 를 적으십시오. (2.0점)

(4) **양자 효율**은 주입된 전자당 하나의 광자가 생성될 확률과 같습니다. 레이저의 특정 바이어스 전류에서 주입되는 전자의 작은 증가는 그에 상응하는 광자의 증가를 유발합니다. **차동 양자 효율 η** 는 증가된 광자 수와 증가된 주입된 전자 수의 비율로 정의됩니다. (3)단계에서 얻은 G 의 값을 사용하여 CLD의 η 를 결정합니다. 분석 결과와 계산된 값 η 를 적습니다.

실험적 경쟁

2010년 4월 27일



질문 번호 2

페이지 8/8

이지 중

η 의 오차를 추정합니다. 분석 결과와 계산된 값 $\Delta \eta$ 를

. (레이저 파장 = 650 nm. 플랑크 상수 = 6.63×10^{-34} J · s . 빛

속도 = 3.0×10^8 m/s) /

(0.9점)