

실험적 경쟁 - 문제 1번
홀 효과 및 자기 저항 효과

장치 및 재료

1. 3개의 디지털 멀티미터.
2. M, N으로 이어지는 한 쌍의 도체와 P, Q로 이어지는 또 다른 한 쌍의 도체가 인쇄 회로에 고정된 4개의 핀 MNPQ(검은색 선의 M, 노란색 선의 N, 빨간색 선의 P, 녹색 선의 Q)가 있는 홀.
3. 반지름 $r = 14\text{mm}$, 두께 $t = 4\text{mm}$ 의 원반 모양의 영구 자석입니다. 자화는 디스크 표면에 수직입니다. 자석 표면의 자기장 값 $B_{(0)}$ (테슬라 단위)이 자석의 표면에 기록되어 있습니다.
- 실험 중에는 자석을 사용하지 않을 때는 홀 센서에서 멀리 떨어진 곳에 보관하세요.
4. 강자성 재료로 만들어진 토로이드 모양의 코어에 N 회전의 코일이 감겨 있습니다. 코어의 평균 직경은 $\rho = 25\text{mm}$ 입니다. 토로이드의 간격은 $d = 3\text{mm}$ 입니다.
5. 두 개의 독립적인 1.5V 건전지가 있는 박스입니다. *배터리 1*이라고 하는 $10\text{k}\Omega$ 가변 저항에 직렬로 연결된 셀은 홀 센서에 전류를 공급하는 데 사용됩니다. *배터리 2*라고 하는 두 번째 셀은 측정 중에만 코일에 전류를 공급하는 데 사용됩니다.
6. 중앙에 작은 구멍이 있는 각도기입니다.
7. 작은 바늘이 고정된 플렉시 유리 조각입니다.
8. 홀 센서가 있는 인쇄 회로용 홀더입니다.
9. 바늘에 센서를 고정하는 데 사용되는 작은 플라스틱 조각입니다.
10. 저항이 미미한 도체.
11. 그래프 용지.

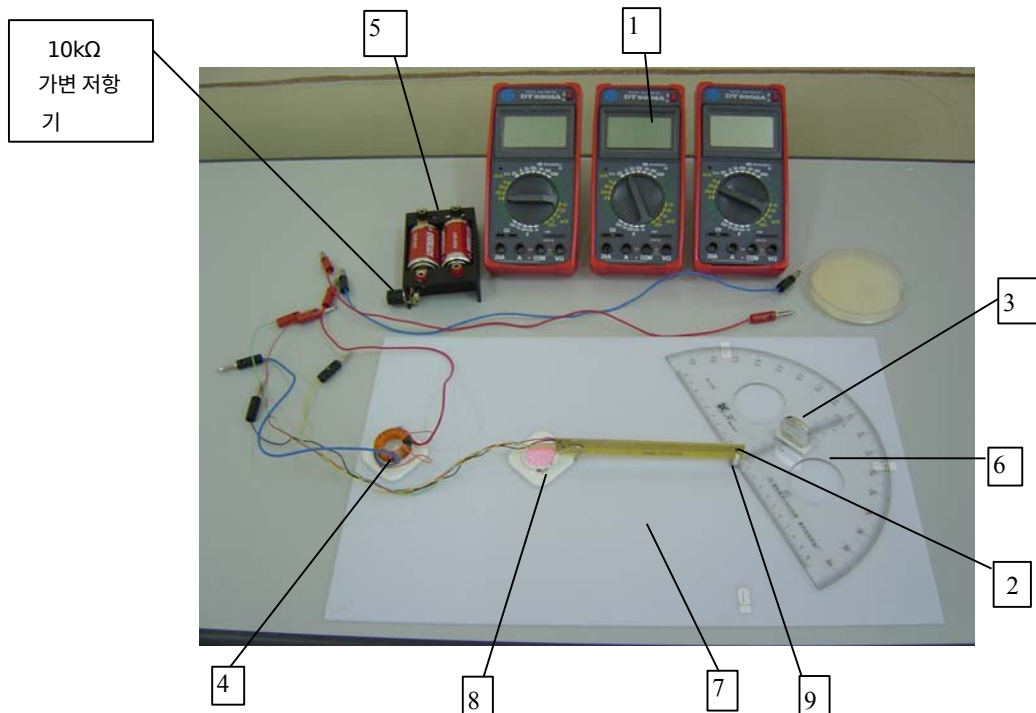


그림 1

실험

I. 소개

1. 자기 저항 효과와 홀 효과.

길이 a , 너비 b , 두께 c 의 평행 육면체 모양의 도체 샘플을 생각해 보겠습니다(그림 2 참조). 전류 I 는 a 의 방향을 따라 흐릅니다.

샘플을 자기장 B 에 자기장이 샘플의 저항 R 에 영향을 미칩니다. 이 효과를 자기 저항 효과(MRE)라고 합니다. ΔR 을 시료의 저항 R 의 증가, R_0 - 자기장이 없을 때의 저항 값이라고 하면, MRE의 크기는 $\Delta R/R_0$ 의 비율로 정의됩니다.

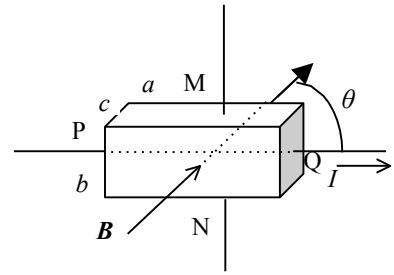


그림 2

적용된 자기장은 균일하고 자기 유도 벡터는 다음과 같다고 가정합니다.

그림 2와 같이 B 는 시료의 윗면과 평행합니다. 시료의 전하 캐리어가 전자라면 로렌츠 힘에 의해 전자가 위로 구부러지고 시료의 윗면은 음전하를 띠게 됩니다. 이 효과를 홀 효과라고 합니다. 전극 M(윗면)과 N(아랫면) 사이에 나타나는 전압을 홀 전압이라고 합니다. 이 전압은 전압계를 사용하여 측정할 수 있습니다.

전극 M과 N 사이에서 측정된 전위차는 다음과 같이 주어집니다.

$$U_{MN} = U_H + V_{MN} \quad (1)$$

여기서, U_H 는 홀 전압, $V_{(MN)}$ 은 자성이 없을 때의 전위차, 그리고

필드에 영향을 미칠 수 있습니다(전극 M과 N이 서로 정확히 반대되지 않는 등...).

일반적으로 홀 전압 U_H 는 $IB \sin \theta$ 에 비례하고 MRE의 크기는 $B^2 \sin^2 \theta$ 에 비례하며, 여기서 θ 는 벡터 B 와 전류 방향 사이의 각도입니다. 그러나 샘플의 모양이 규칙적이지 않은 경우 U_H 와 $\Delta R/R$ 의 의존성이 달라집니다.

홀 효과는 자기장을 측정하는 장치를 제작하는 데 사용됩니다. 이 장치를 홀 센서라고 합니다. 홀 센서의 경우 U_H 의 다음과 같습니다:

$$U_H = \alpha I B \sin \theta \quad (2)$$

여기서 α 는 정의에 따라 홀 센서의 감도입니다.

II. 측정 샘플입니다:

이 실험의 측정 샘플은 상용 홀 센서입니다. 이 센서는 플라스틱으로 덮인 작고 얇은 반도체 판과 4개의 옴 전극으로 구성되어 있으며 핀 M, N, P, Q로 연결됩니다(그림 3 참조). 이 실험에서는 MRE와 홀 효과를 모두 연구하는 데 사용됩니다.



그림 3

센서를 자기장에 놓고 저항계를 사용하여 핀 M과 N 사이의 저항을 측정하면 MRE의 크기를 추론할 수 있습니다. P에서 Q로 흐르는 전류($I \sim 1\text{mA}$)를 설정하면 밀리볼트미터로 M과 N 사이의 전압을 측정하여 홀 효과를 연구할 수 있습니다.

III. 실험

1. 홀 센서의 감도 α 결정

센서 $I \sim 1\text{mA}$ 를 통해 전류를 설정합니다. 센서와 자석 표면 중앙 사이의 거리를 $y = 2\text{cm}$ 로 유지합니다. 자석의 방향을 조정하여 홀 전압의 최대값을 얻습니다. 몇 가지 값의 I 로 홀 전압을 측정하고 홀 센서의 감도 α 를 결정합니다.

반지름 r , 두께 t 의 원판 모양을 가진 자석의 경우, 표면의 중심으로부터 y 의 거리에 있는 축에 위치한 한 지점의 자기장은 $y \gg t$ 로 표현할 수 있습니다.

$$B(y) = -\frac{\mu_0 I}{2} \left[\frac{y+t}{\sqrt{(y+t)^2 + R^2}} - \frac{y}{\sqrt{y^2 + R^2}} \right] \quad (1)$$

여기서 B_0 은 자석 표면의 자기 유도력입니다. B_0 의 값은 자석의 표면에 주어집니다. [2.0포인트]

2. B와 현재 방향 사이의 각도 θ 에 대한 U_H 의 의존성을 연구합니다.

센서 $I \sim 1\text{mA}$ 를 통해 전류를 설정합니다. 센서와 자석 표면의 중심 사이의 거리를 $y = 2\text{cm}$ 로 유지합니다. 자석의 평면이 센서와 자석의 중심을 연결하는 선과 수직이 되도록 자석을 각도기 위에 놓습니다.

- 실험적인 배열의 스케치를 그립니다.
- $90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ 범위의 θ 에 대한 U_H 값을 표로 작성합니다.
- 적절한 방법으로 그래프를 그려서 U_H 와 $\sin\theta$ 의 비례를 적절한 방법으로 그래프로 표시합니다. 2.5점

[2.5점]

3. 샘플 평면에 수직인 B에 대한 $\Delta R/R$ 의 B에 대한 의존성을 연구합니다.

MRE는 충분히 강한 의미합니다. 따라서 가능한 한 강한 자기장을 사용하는 것이 좋습니다.

- 실험 배열의 스케치를 그리고 측정의 원리를 설명합니다.
- 측정을 수행하고 데이터를 표로 작성합니다.
- $\Delta R/R \sim B^k$, 적절한 방식으로 플롯된 그래프를 사용하여 k 의 값을 결정합니다. 구한 k 값의 최대 편차를 추정합니다.

4.0점 [4.0점]

4. 토로이달 코일 코어의 강자성 물질의 상대 투과성 μ 측정

이 지침을 단계별로 따라 측정된 전류 강도 I 에서 코어 재료의 상대 투과도 μ 를 구합니다:

- 홀 센서를 코어의 틈새에 넣습니다.
- 코일과 전류계를 배터리에 연결합니다. 입력 COM 및 이 경우 전류계는 20A입니다.
- 코일의 전류 I 와 갭의 자기장 B 를 측정합니다.
- μ 의 값을 계산합니다.

다음 관계를 사용할 수 있습니다:

$$\mu = \frac{B(\rho - (d)l)}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot N \cdot I} \quad [1.5 \text{ pts}]$$

실험적 경쟁 - 문제 2번

블랙박스

장치 및 재료

1. 더블 빔 오실로스코프.
2. 사인파, 삼각파, 사각파를 생성할 수 있는 함수 생성기입니다.
0.02Hz ~ 2MHz 범위.
3. 두 개의 커넥터 그룹, 즉 ABCD 그룹과 A'B'C'D 그룹으로 구성된 '블랙박스'입니다.

또한 두 그룹에서 분리된 표준 저항 $R_{(n)} = 5k\Omega$ 용 커넥터도 두 개 있습니다.

4. 저항이 무시할 수 있는 도체.
5. 그래프 용지.

경고: 블랙박스를 열 수 없습니다.

실험

블랙박스에는 두 가지 패시브 그룹이 있습니다.

요소(저항기 R , 커패시터 C 또는 인덕터(유도 코일) L 유형의 요소)로 구성됩니다. 첫 번째

그룹 구성의 세 요소 z_1, z_2, z_3

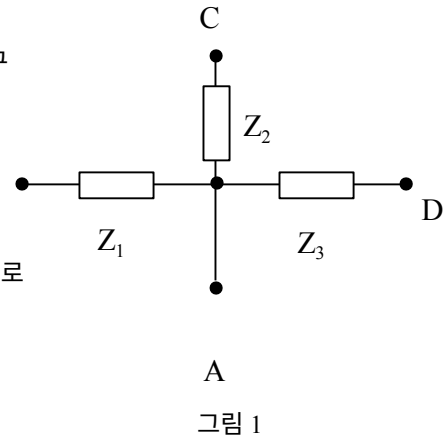
그림 1과 같이 별 모양 회로로 연결됩니다. B

요소는 커넥터 A, B, C 및

D, A는 ABCD 그룹의 공통 커넥터입니다. 두 번째 그룹은 세 가지 요소로 구성됩니다.

$Z'_1, Z'_{(2)}, Z'_3$ 에 동일한 방식으로 연결됩니다.

커넥터 A', B', C', D', A'는 A'B'C'D' 그룹의 공통 커넥터입니다(그림 2 참조).



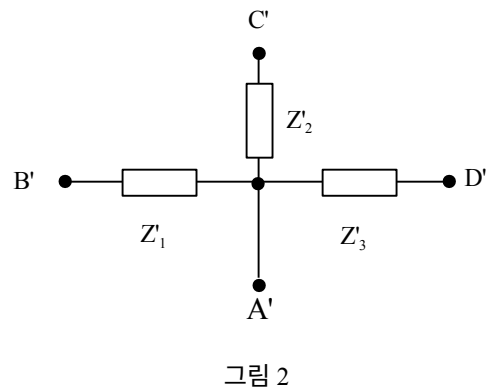
1. 오실로스코프와 함수 발생기를 사용하여 다음과 같은 유형과 파라미터(즉, R 의 저항, C 의 용량, L 의 유도 용량)를 결정합니다.

각 요소 Z_1, Z_2, Z_3 및 Z'_1, z'_2, z'_3 .

[5.0점]

2. 다섯 개의 점 B, C, B', C', D'를 함께 연결합니다. 터미널 DD'A'(DD'A'라고 함)가 있는 새로운 블랙박스를 얻습니다.

- a. 이 블랙박스의 전기 회로를 그립니다.
- b. 제너레이터의 사인파를 커넥터 D와 A'에 적용합니다.



전압 진폭의 비율 그래프 그리기

$$K = \frac{UD_{A'}}{UDA'} \quad \text{위상 편이 } \varphi$$

사이의 전압을 신호의 주파수 f 의 함수로 표시합니다.

- c. 그래프는 특정 주파수 f_0 에서 특정 점을 갖습니다. 값을 결정합니다.

의 주파수 f_0 의 비율입니다. $K = \frac{UD_{A'}}{UDA'}$ 와 이 주파수에서의 위상 편이 φ 입니다.

- d. f_0 과 블랙박스에 있는 원소의 매개변수 사이의 관계를 도출하고 f_0 의 값을 계산합니다. [5.0점] [5.0점]