

# 전류가 만드는 자기장(2017)

## 실험 목적

전류가 흐르는 도선에서 발생하는 자기장을 홀 센서를 사용하여 측정한다. 이로써 직선도선 및 원형 도선 주변의 자기장 세기의 분포를 구하고 Faraday 유도법칙과 Biot-Savart 법칙에 대해 배운다.

## 실험 원리

### 1. 전류가 만드는 자기장

#### 1-1. 긴 직선 도선에 흐르는 전류가 만드는 자기장

$i_{enc}$ 를 Ampere 고리 내부의 알짜 전류라고 하면 Ampere 법칙은 다음과 같다.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i_{enc} \quad (1)$$

여기서  $\mu_0$ 는 투자상수이며 그 값은  $4\pi \times 10^{-7} \text{T} \cdot \text{m/A}$ 이다.

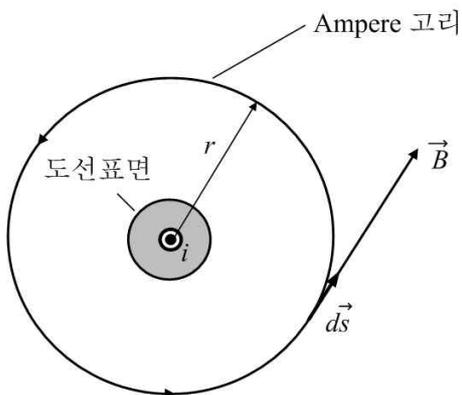


그림 1.1

그림 1.1와 같이 무한히 긴 직선도선을 중심으로 반지름이  $r$ 인 원을 Ampere 고리로 잡으면 자기장의 크기  $B$ 는 고리 위의 모든 점에서 같다. 길이요소  $d\vec{s}$ 의 방향을 그림과 같이 잡고 반시계 방향으로 적분하여 Ampere 법칙을 적용하면  $B(2\pi r) = \mu_0 i$ 를 얻는다. 즉,

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad (2)$$

1-2. 원형 전류고리가 만드는 자기장

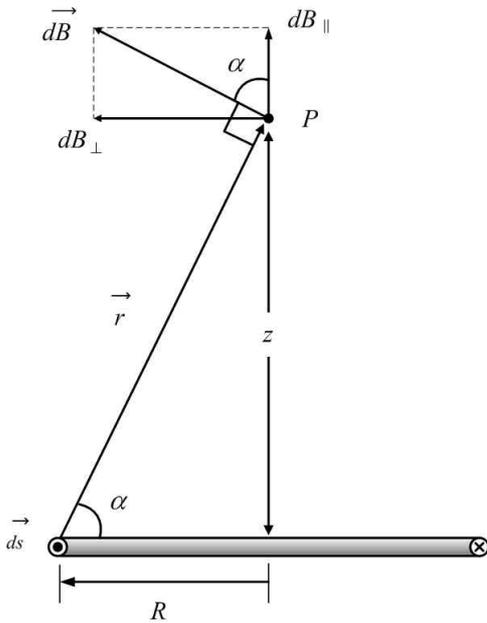


그림 1.2 반지름이  $R$ 인 원형 전류고리의 단면.

그림 1.2은 전류  $i$ 가 흐르는 반지름  $R$ 인 원형도선의 뒤쪽 반이다. Biot-Savart 법칙과 오른손법칙에 의하면  $P$ 점에서 전류요소  $i\vec{ds}$ 가 만드는 자기장  $d\vec{B}$ 는  $\vec{ds}$ 와  $\vec{r}$ 에 모두 수직하므로 지면과 같은 평면에 있고 그림과 같은 방향을 갖는다.

$d\vec{B}$ 를 중심축에 평행한 성분  $dB_{\parallel}$ 과 수직인 성분  $dB_{\perp}$ 로 나누면 고리의 모든 전류요소에 대해 수직성분  $dB_{\perp}$ 의 합은 대칭성에 의해 0이 된다. 따라서  $P$ 점에서의 자기장은 축에 평행한 성분만 남는다. 그림 1.2의  $\vec{ds}$ 에 대해 Biot-Savart 법칙을 적용하면 자기장은

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i ds \sin 90^\circ}{r^2} \quad (3)$$

이며  $dB_{\parallel} = dB \cos \alpha$  이므로

$$dB_{\parallel} = \frac{\mu_0 i \cos \alpha ds}{4\pi r^2} \quad (4)$$

이다.  $r$ 과  $\alpha$ 를  $z$ 로 표현하여 (4)식에 대입하면  $dB_{\parallel}$ 는

$$dB_{\parallel} = \frac{\mu_0 i R}{4\pi(R^2 + z^2)^{3/2}} ds \quad (5)$$

이다. 그런데  $i$ ,  $R$ ,  $z$ 가 모든  $ds$ 에 대해 같은 값을 가지며  $\int ds = 2\pi R$ 이므로 적분하면

$$B(z) = \frac{\mu_0 i R^2}{2(R^2 + z^2)^{3/2}} \quad (6)$$

## 2. 홀(Hall) 효과

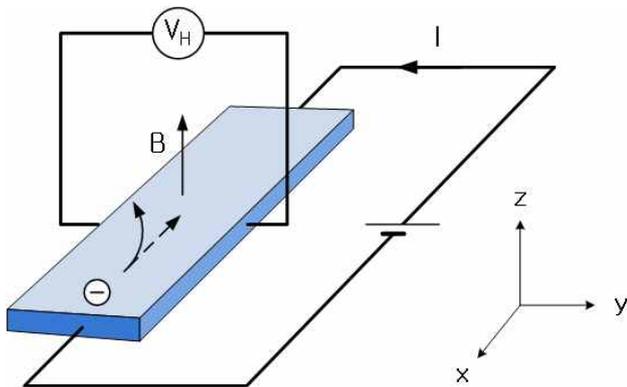


그림 2.1 홀 효과

그림 2.1과 같이 금속판에 전류  $I$ 가  $x$ 축 방향으로 흐르고 자기장  $B$ 가 이 전류방향에 수직하게  $z$ 축 방향으로 가해지면 전하운반자에 자기력이 작용하게 된다. 만약 전하운반자가 전자와 같은 음전하라면  $-y$ 축 방향으로 힘을 받게 되고 양전하라면  $+y$ 축 방향으로 힘을 받게 된다. 이 결과로 금속판의  $y$ 축 방향 양 끝에는 자기장  $B$ 에 비례하는 전위차  $V_H$ 가 발생하는데 이 효과를 Hall 효과라고 하고 이 때 발생한 전위차  $V_H$ 를 Hall 전위차라고 한다.

## 실험 기구 및 재료

직류전원장치, 홀 센서, 자기장측정기, 직선전류막대, 원형전류고리, 자

## 실험 방법

\*홀 센서

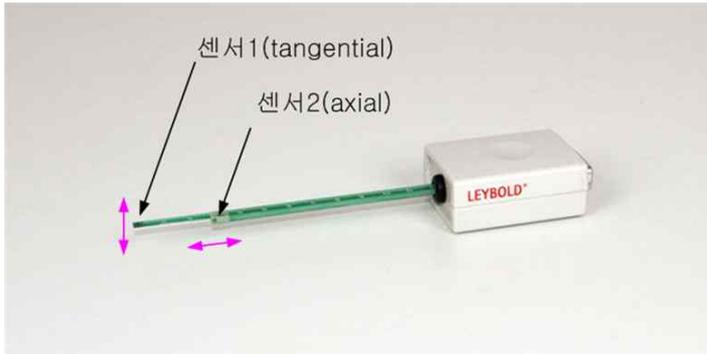


그림 3.1 홀센서

자기장을 측정하는 센서로서, 홀 효과를 이용하여 자기장을 측정하는 홀 소자를 사용하고 있다. 그림 3.1의 장치는 2개의 홀 센서를 가지고 있는데 센서 1은 센서 축에 직각인 방향의 자기장(tangential)을, 그리고 센서 2는 센서 축에 나란한 방향의 자기장(axial)을 측정한다.

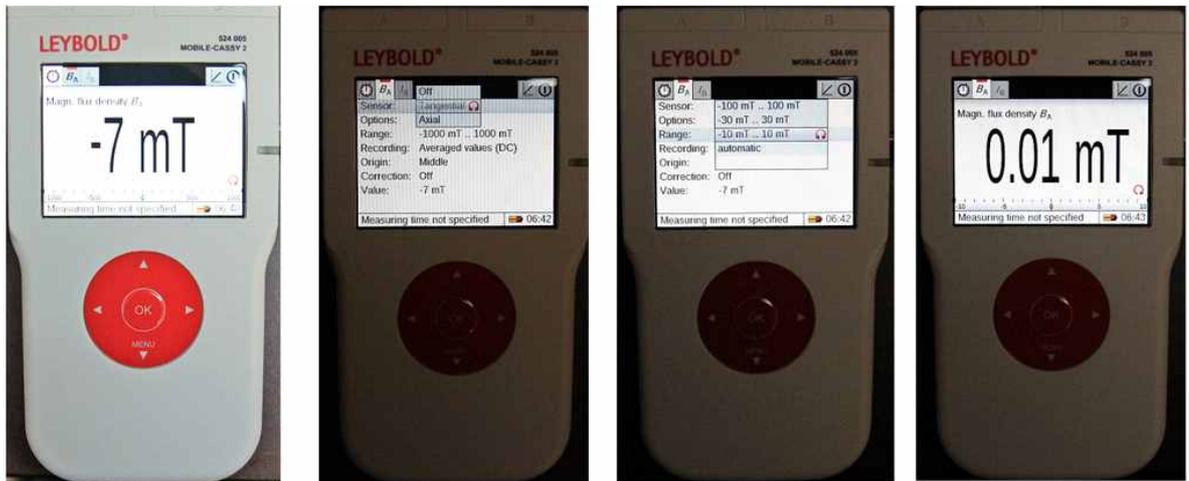


그림 3.2 자기장 측정기

\*자기장 측정기

- (1) OK를 누르면 전원이 켜진다. (3초 이상 누르면 전원이 꺼진다)
- (2) 화살표와 OK를 터치하여(누르지 말고) 메뉴를 선택한다.
- (3) 센서 1을 사용할 때는 tangential을 센서 2를 사용할 때는 axial를 선택한다.

### 1. 직선전류에 의한 자기장



그림 3.3 직선 전류에 의한 자기장 측정

- (1) 그림 3.3과 같이 장치를 한다.
- (2) 측정해야할 자기장의 방향을 고려하여 홀센서의 센서 1(tangential)을 선택할 것인지 센서 2(axial)를 선택할 것인지를 결정한다.
- (3) 직류전원장치의 전류를 0A로 설정한다.
- (4) 홀센서를 이동하여 센서가 직선 전류로부터 약 20 cm 이상 떨어지게 한다.(홀 센서를 옮길 때는 홀 센서 위치이동 클램프를 살짝 풀어 이동을 하고 고정시킬 때는 클램프를 잠근다)
- (5) 자기장 측정기의 측정영역은  $-10\text{mT} \dots 10\text{mT}$ 를 선택한다.
- (6) 자기장 측정기의 메뉴에서 Options:  $\rightarrow 0 \leftarrow$ 를 선택하여 표시되는 자기장의 크기가 0이 되도록 한다.
- (7) 홀센서를 직선전류 막대와 최대한 가까이 한다.
- (8) 전류를 1A씩 5A까지 올리면서 자기장을 측정한다.
- (9) 전류를 5A로 고정하고 홀센서의 위치를 5mm 씩 증가시키면서 자기장의 크기가 거의 0이 될 때까지 측정한다.
- (10)  $1/r$ 과 자기장( $B$ )의 그래프를 그리고 이론에서 예상되는 결과와 비교한다.

## 2. 원형 전류고리에 의한 자기장

- (1) 그림 3.4과 같이 장치를 하여 직선전류 막대를 원형 전류고리로 교체를 한다. (전선의 연결 위치에 유의하라)
- (2) 측정해야할 자기장의 방향을 고려하여 홀센서의 센서 1(tangential)을 선택할 것인지 센서 2(axial)를 선택할 것인지를 결정한다.
- (3) 홀센서를 원형전류고리의 중심에 위치하도록 위치 조정을 한다.
- (4) 홀센서를 이동하여 센서가 직선 전류로부터 약 20 cm 이상 떨어지게 한다.

- (5) 자기장 측정기의 메뉴에서 Options: →0←를 선택하여 표시되는 자기장의 크기가 0이 되도록 한다.
- (6) 다시 홀센서를 원형전류고리의 중심에 위치하도록 위치 조정을 한다.
- (7) 전류를 1A씩 최대 5A까지 올리면서 자기장을 측정 한다.
- (8) 전류를 5A로 고정하고 탐지코일과 전류고리 중심과의 거리( $z$ )를 5mm 씩 증가시키면서 자기장의 크기가 거의 0이 될 때까지 자기장의 변화를 측정한다.
- (9)  $(R^2 + z^2)^{-3/2}$ 와 자기장( $B$ )과의 그래프를 그리고 이론적으로 예상되는 결과와 비교를 한다.



그림 3.4 원형전류고리에 의한 자기장 측정

## 질문 및 토의

- (1) 자기장을 측정하는 방법에는 어떤 것들이 있는지 알아보자.
- (2) 우리 위치에서 지구자기장의 크기가 얼마인지 조사해 보고 실험에 영향이 없는지를 논의해 보자.

# 실험 보고서

학과:	학번:	이름:
실험일시:	공동실험자:	
담당조교:		
온도:	습도:	기압:

제목:

실험 목적

실험 원리





실험 결과

결론 및 검토

참고문헌 및 출처