

응집물질물리실험 결과보고서

실험주제 : Hall effect

HuiJae-Lee^{1,*}

¹Physics Department, Inha University

(Dated: November 11, 2022)

반도체에 걸리는 홀 전압의 크기가 외부 자기장에 비례하여 커지고 반도체에 흐르는 전류의 크기에 대해서도 비례하여 증가함을 관찰하였다. 또한 외부 자기장과 홀 전압으로부터 시료의 홀 계수를 구하였다.

I. PROCESS

1. 가우스미터를 통해 전자석의 자기장 크기를 전류의 값으로 치환한다.
2. 전자석의 자기장 세기를 6000 G까지 100 G씩 올려가며 가우스미터의 전류 값을 기록한다.
3. p형 반도체 샘플이 전자석의 중앙에 위치하도록 조정하고 홀 전압 측정 장치에 연결한 후, 측정 장치의 off set을 0으로 설정한다.
4. 샘플에 흐르는 전류를 측정할 값(2 mA, 4 mA, 6 mA)에 맞춘 후, 자기장을 올려가며 홀 전압을 측정한다.
5. 샘플을 n형 반도체로 교체하여 과정 3, 4를 반복한다.

II. RESULT

A. p-type

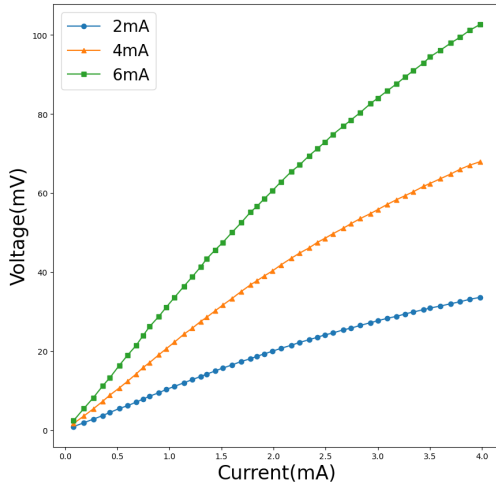


FIG. 1. 전자석에 흐르는 전류에 따른 p형 반도체의 홀 전압 그래프

B. n-type

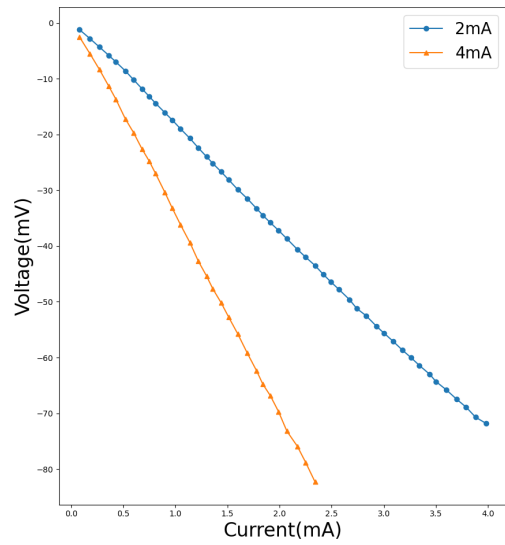


FIG. 2. 전자석에 흐르는 전류에 따른 n형 반도체의 홀 전압 그래프

n형 반도체의 경우 offset이 잘 설정되지 않아 반도체에 2 mA가 흐르는 조건에서 자기장이 0 G일 때 홀 전압이 -37.5 mV, 4 mA가 흐르는 조건에서 자기장이 0 G일 때 홀 전압이 -115.3 mV 만큼 걸리는 것을 측정하였다. 홀 전압을 측정하는 기기가 200 mV 이상의 전압을 측정하지 못해 4 mA가 흐르는 조건에서 자기장이 3000 G 이상일 때 홀 전압을 측정하지 못하였고 6 mA가 흐르는 조건에서 홀 전압을 전혀 측정하지 못하였다.

* hjlee6674@inha.edu

III. ANALYSIS

실험에 사용한 시료의 두께는 0.05 cm로 홀 계수 R_H 를 다음의 공식으로부터 구할 수 있다.

$$R_H = \frac{dV_H}{IB} \quad (1)$$

d , V_H , I , B 는 각각 시료의 두께, 홀 전압, 시료에 흐르는 전류, 외부 자기장이다.

A. p-type

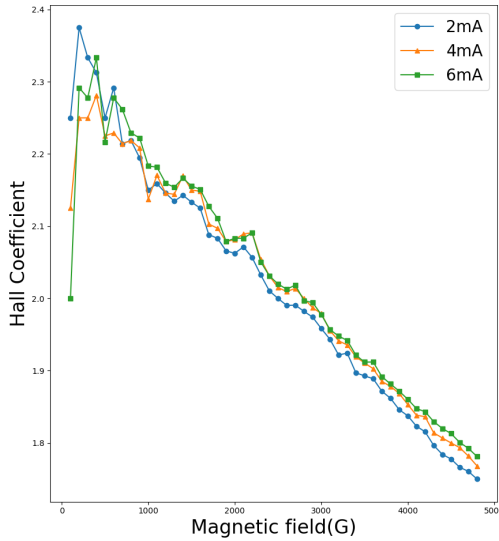


FIG. 3. 외부 자기장에 따른 p형 반도체의 홀 계수

실험으로부터 얻은 측정값(외부 자기장, 홀 전압)으로부터 구한 외부 자기장에 따른 p형 반도체의 홀 계수를 FIG. 3과 같이 그래프로 그릴 수 있다. 반도체에 흐르는 전류에 따른 홀 계수의 평균값은 다음과 같다.

Current	Average Hall Coefficient
2 mA	$2.019940377 \times 10^{-6}$
4 mA	$2.024756306 \times 10^{-6}$
6 mA	$2.032621037 \times 10^{-6}$

TABLE I. p형 반도체에 흐르는 전류에 따른 홀 계수의 평균값

반도체에 흐르는 전류가 높을 수록 홀 계수가 평균적으로 증가하였고, 반도체에 흐르는 전류에 관계없이 외부 자기장이 클 수록 홀 계수가 낮아지는 양상을 확인할 수 있었다.

B. n-type

p형 반도체의 경우와 마찬가지로 외부 자기장에 따른 n형 반도체의 홀 계수를 FIG. 4과 같이 그래프로 그릴

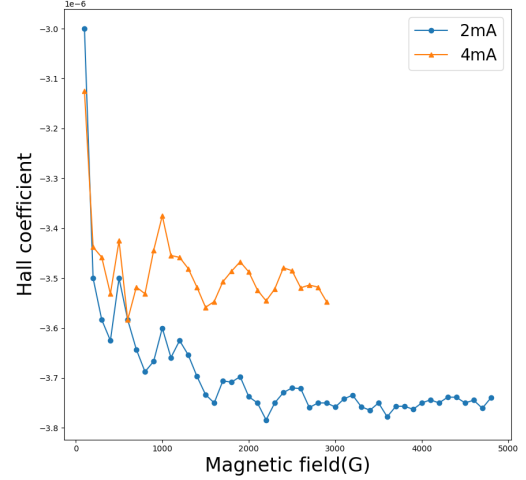


FIG. 4. 외부 자기장에 따른 n형 반도체의 홀 계수

Current	Average Hall Coefficient
2 mA	$-3.694702113 \times 10^{-6}$
4 mA	$-3.484390053 \times 10^{-6}$

TABLE II. n형 반도체에 흐르는 전류에 따른 홀 계수의 평균값

수 있다. 위에서 언급하였듯이 n형 반도체의 경우 4 mA가 흐르는 조건에서 홀 전압을 2900 G까지만 측정할 수 있었고 6 mA가 흐르는 조건에서 홀 전압을 측정할 수 없어 FIG. 4에는 2개의 그래프가 그려져 있다. 반도체에 흐르는 전류에 따른 홀 계수의 평균값은 다음과 같다.

n형 반도체의 경우 홀 계수의 평균값의 차가 p형 반도체의 경우보다 10배 가까이 크게 나타났다.

IV. CONCLUSION

우선 가우스미터를 통해 전자석의 자기장 크기를 전류값으로 치환하였을 때 전류값은 자기장에 거의 선형적인 모습으로 나타났다(FIG. 5). 따라서 p형 반도체와 n형 반도체의 홀 전압 그래프(FIG. 1, FIG. 2)는 자기장에 대한 홀 전압 그래프로 보아도 무방하다.

1. 홀 전압 그래프를 보았을 때 p형과 n형의 경우 모두 홀 전압이 자기장에 대해 선형적으로 증가하였다가 자기장이 커짐에 따라 홀 전압의 증가 추세가 감소하는 것으로 보여진다. 이는 반도체 시료를 전자석의 정확한 중앙에 위치시키지 않아 전류에 따른 자기장이 반도체가 위치한 부분에서 균일하지 않게 증가하였기 때문이라고 추측할 수 있다.
2. p형 반도체의 홀 계수는 반도체에 흘려준 전류가 높아질 수록 그 평균값이 대략 0.5% 높게 계산되었다. 흘려준 전류에 상관없이 홀 계수는 자기장이 증가할 수록 작아지는 양상을 보였고 이는 1에서 언급

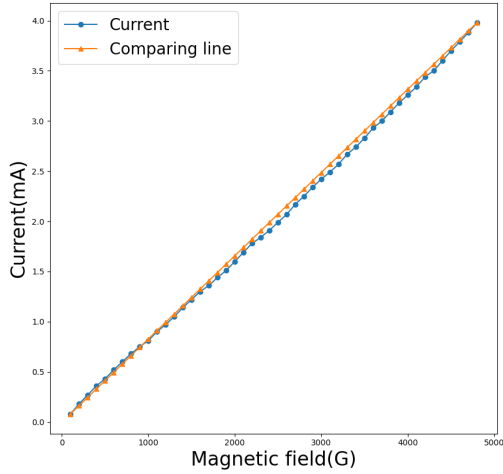


FIG. 5. 전자석의 자기장 크기에 대한 전류 그래프

한 홀 전압-자기장의 비선형성 관계에 의한 것이다. 식 (1)에 의하면 홀 계수는 홀 전압-자기장 그래프의 기울기에 비례하는데 FIG. 1에서 볼 수 있듯이 그래프의 기울기는 자기장이 높아질 수록 감소한다. 이로 인해 홀 계수가 작아지는 양상을 보였다.

3. n형 반도체의 홀 계수는 반도체에 흘려준 전류가 높아졌을 때 그 평균값이 대략 10% 높게 계산되었다. 이는 p형 반도체의 증가치에 비해 현저히 큰 값이다. 홀 계수가 작아지는 양상을 p형 반도체와 일치하였으며 2에서 분석한 p형 반도체의 경우와 홀 계수가 감소한 이유가 같다. 반도체에 흘려준 전류 값이 달라졌을 때 홀 계수가 p형 반도체에 비해 크게 변한 이유는 반도체에 흘려주는 전류를 바꾸면서 반도체의 위치 또한 재조정 시켰기 때문이라고 생각한다. 반도체의 위치가 달라졌으므로 반도체에 작용하는 자기장의 크기가 달라져 같아야 할 홀 계수가 달라진 것이다.