

비정질 CoNb의 면 방향 Hall 효과
-전자전달 기구의 새로운 기하학적 접근과 응용

고려대학교 고 태운, 이 공원, 김 약연, 임 우영

In-plane Hall effect of Amorphous CoNb Alloy
 -New Geometric Approach to Magneto Electron Transport and its Application

Korea University

T. W. Ko, K. Rhie, Y. Y. Kim and Y. W. Lim

1. 서론

박막 시료에 전류를 흘리고 자기장을 가하며 전압을 측정하는 방법은 27가지가 있다. 예컨대 이 세가지 물리량이 모두 한 방향으로 놓여있으면 $(\vec{J}, \vec{B}, \vec{E}) // (\hat{x}, \hat{x}, \hat{x})$ 길이방향 자기저항 (Longitudinal Magnetoresistivity)를 측정하게 되며 서로 수직인 경우에는 $(\vec{J}, \vec{B}, \vec{E}) // (\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ Hall 효과를 측정하는 것이된다. 이 27 가지의 조합을 조사해 보면 아직 연구되지않은 기하학적 조합이 있음을 알게된다.

자기장을 전류방향으로 가하며 전류에 수직인 방향으로 전압을 측정하는 방법 $(\vec{J}, \vec{B}, \vec{E}) // (\hat{x}, \hat{x}, \hat{y})$, 그리고 자기장을 면내로 가하되 전류방향과 수직하게 가하는 방법 $(\vec{J}, \vec{B}, \vec{E}) // (\hat{x}, \hat{y}, \hat{y})$. 이 두 가지 방법은 아직까지 시도되지 않은 방법이다. 왜냐하면 박막자체가 180° 회전대칭성이 있는 구조로서 대칭성에 의해 \hat{y} 방향에 걸리는 전압이 없어지리라는 생각 때문이었다.

본 연구에서는 위의 두가지 방법을 이용하여 면방향으로 자기장을 가하였을 때 Hall 효과를 측정하여보았다.

2. 실험방법

Co 타겟 위에 Nb 칩을 올려놓고 100W 의 출력으로 DC 스퍼터링을하여 Corning Glass 2948 기판위에 두께가 1000Å 에서 2500Å가 되도록 하였다. 길이 방향 (\hat{x})으로 전류를 흘리고 자기장을 가하였으며 폭 방향(\hat{y})으로 전압을 측정하였다. 측정방법은 Lock-in amp를 사용하여 DC에 가까운 97Hz로 전류를 가하고 전압을 읽는 방법을 사용하였다. 강한자기장은 전자석을 이용하여 만들었고, 40 Oe 이하의 자기장은 Helmholtz 코일을 이용하였으며 가우스 미터로 자기장의 크기를 측정하도록 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1. 의 구도에서 강한 자기장에 놓인 시료의 면방향 Hall 효과는 그림 2 에서 보는 바와 같이 자기장의 크기와 무관하다. 그림 2. 의 기울기는 시편을 자기장과 완전히 평행하게 놓지 못하여 생긴 수직 방향의 자기장에 의한 일반적 Hall 효과 측정 구도에서 나온 값이라 할 수 있다. 자기장의 크기와 무관하게 Hall 효과가 보이는 것은 앞서 말한 바 처럼 대칭성 에 의해 간단히 설명될 수 있는 것으로, 시편 자체의 물리량 (bulk property)에 의존한다 할 수 있다.

그러나 외부에서 작용시킨 자기장의 크기가 0인 부근에서 생긴 급격한 신호의 변화는 시편 자체의 물리량으로는 설명 할 수 없는, 예상밖의 값이다. 더욱이 Hall 효과는 자기장의 크기에 기함수로 나타나야만 하는 값인데 이 spike 신호는 우함수의 모양을 갖고 있다.

그림 3.은 그림 2.와 똑 같은 구도에서 Helmholtz 코일을 이용하여 단지 자기장만 아주 약한 ($\geq 40\text{Oe}$) 상태에서 측정한 값이다. 그림 2. 에서 보았던 spike는 가한 자기장에 대해 대칭인 2개의 peak 이었음이 선명하게 보인다.

예상 밖의 Hall 효과의 원인은 무엇일까?

면방향으로 자기장을 걸어 주었을 때 자기저항의 변화는 기기의 측정감도 (0.01 μV) 보다는 작아 그 변화가 감지되지 않을 정도이어서 자기저항의 효과가 Hall 단자의 어긋남 때문이라고는 할 수 없다. 또한, CoNb 박막은 10 Oe 이내의 자기장에서 포화되기 때문에 전도전자의 spin이 면내에서 인가한 자기장 방향으로 정렬한다는 사실로도 10 Oe 정도에서 극소값을 갖는다는 것을 설명할 수 없다. 면내 자화에 의한 효과라면 자화의 포화와 함께 이 효과 또한 포화되어야 하기 때문이다. 본 저자는 시료와 공기, 시료와 기관의 계면효과를 생각하지 않을 수 없다. 즉 계면의 굴곡을 따라 면에 수직인 자구가 있고 이 자구가 외부에서 걸린 자기장에 의해 작아진다면, 또는 이 자화가 외부의 자기장에 따라 회전한다면 자성체의 Hall 효과에 관한 식

$$\rho_{xy} \propto \vec{E}_y \propto \vec{j}_x \times \vec{M}_z$$

에 의해 그림 3의 peak 들을 설명 할 수 있을 것이다.

이 신호의 원리가 무엇이든 이 면내 Hall 효과의 응용은 광범위 하다고 본다. 우선 reading head 의 센서로 적용할 수 있을 만큼 peak의 위치가 있는 자기장이 작다. 또한 만일 계면의 수직한 모멘트가 이 효과의 원인이라면 면내 Hall 효과는 까다로운 수직 약이방성을 측정할 수 있는 손쉬운 실험방법이 될 수 있다. 실제로 Hall 효과를 이용하여 측정된 포화자화는 B-H 루프의 그것과 상당히 근사하다.

4. 참고문헌

- [1] M. Ali and P. Grundy, J. Phys. D Appl. Phys., 16 2239 (1983)
- [2] H. J. Kim in his Ph. D. dissertation, *Glass forming range and Magnetic Properties of Co based thin films*, KAIST (1988)
- [3] T. R. McGuire, R. J. Gambino, and R. C. O'handley, in *The Hall Effect and its Applications* edited by C. L. Chien and C. R. Westgate (Plenum, New York, 1980), P.55

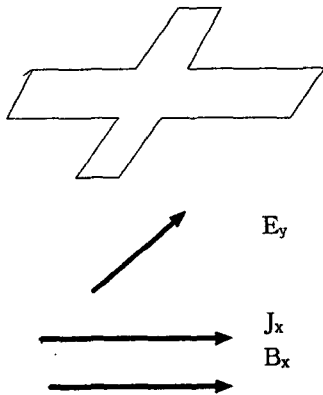


Fig. 1 Directions of Current, Magnetic field and measurement of electric field

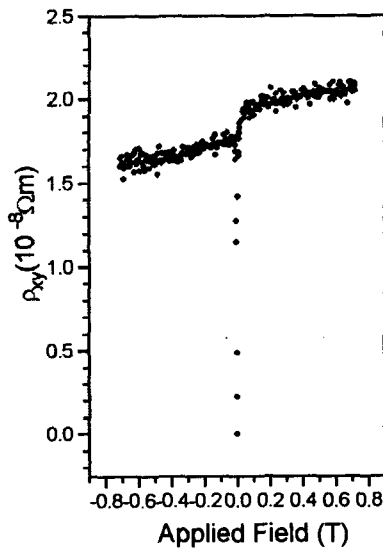


Fig. 2 In Plane Hall resistivity at high fields

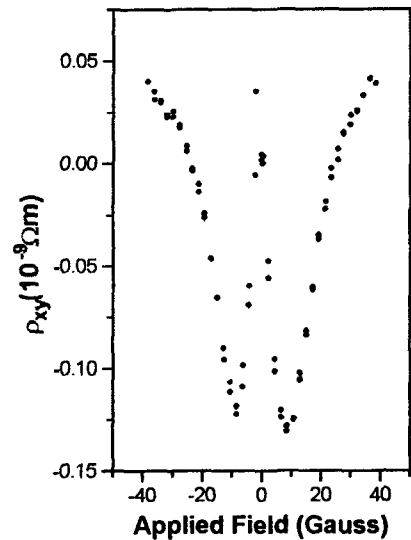


Fig. 3 In plain Hall resistivity at small fields