

반도체에서 시료의 기하학적인 모양에 의한 MR(magnetoresistance)의 변화

고려대학교
한국과학기술연구원
인하대학교

이진서*, 홍진기, 이공원
안세영, 김진상
이병찬

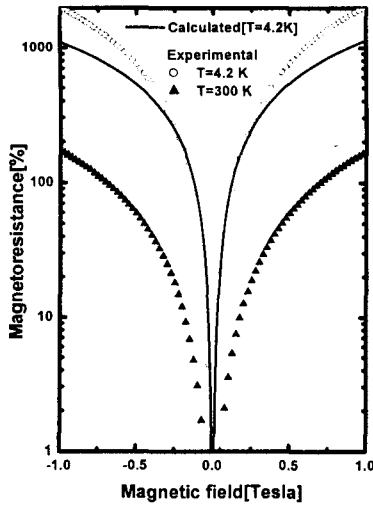
1. 서론

MR(magnetoresistance)은 물질의 저항이 자기장에 의해 변하는 물리적인 변화(physical MR)와 기하학적인 요소, 즉 sample의 모양과 contact의 크기 등에 의한 변화(geometric MR)의 합으로 나타난다.[1] Physical MR은 자기장에 따른 비저항 또는 이동도(mobility)의 변화로 나타낼 수 있고, geometric MR은 로렌츠 힘에 의해 전류의 흐르는 방향이 변하면서 일어난다. 본 연구에서는 physical MR이 거의 없는 반도체(InAs)와 비교적 큰 physical MR을 가지는 반도체(HgCdTe)의 geometric factor를 고려한 MR의 향상에 대하여 연구하였다. 특히, geometric factor에 의한 MR의 극대화를 위하여, sample 면에 수한 자기장 및 2 point probe에 의한 측정방법을 택하였다.[2]

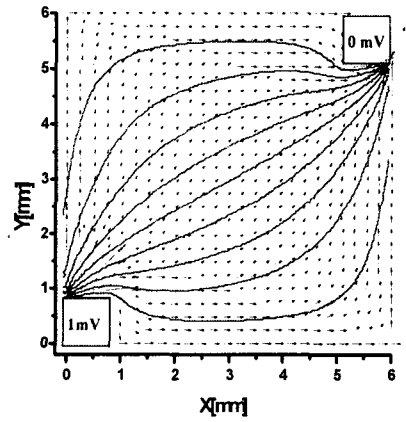
2. 실험 방법 및 결과

양자우물구조로 성장된 InAs는 2차원 전자(2DEG)에 의해 전기 전도가 이루어지며, 운반자 농도가 $9.46 \times 10^{15} \text{m}^{-2}$ (4.2K), $2.88 \times 10^{16} \text{m}^{-2}$ (상온) 이며, mobility는 $19.38 \text{m}^2/\text{Vsec}$ (4.2K), $2.55 \text{m}^2/\text{Vsec}$ 이다. sample은 $6\text{mm} \times 6\text{mm}$ 의 정방형이며(Fig.1 (a)의 inset) 모서리에 $1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 의 ohmic contact을 형성하였고, contact resistance(R_c)는 sample저항보다 무시할 만큼 작았다(10Ω 미만). MOCVD에 의해 성장된 두께 $5\mu\text{m}$ 의 n-type $\text{Hg}_{0.76}\text{Cd}_{0.24}\text{Te}$ 는 1.4 K에서 운반자 농도가 $1.88 \times 10^{16} \text{m}^{-2}$ 이며, mobility는 $13.3 \text{m}^2/\text{Vsec}$ 이고, 크기가 $3\text{mm} \times 9\text{mm}$ 인 직사각형 모양이며, R_c 가 105.6 이고, 크기가 $100\mu\text{m}$ 이하인 contact이 모서리에 형성되었다(Fig.2 inset).

Fig.1은 측정된 InAs MR data와 수치적 계산 결과이다. (a)는 MR vs. magnetic field의 이론적인 계산 결과와 측정 결과를 나타낸 것이다. InAs는 Fig.1(b)는 자기장을 0.5T를 인가했을 때, current distribution(arrows)과 equipotential lines(solid lines)을 나타낸 것이다. 전기장의 방향과 전류의 방향 사이의 각을 나타내는 Hall angle은 $\tan \phi = \mu \cdot B$ 으로 구할 수 있다. InAs의 이동도 μ 는 자기장에 크기에 관계없이 일정한 값을 가지므로 자기장의 크기에 따라 Hall angle이 다른 것을 알 수 있다. 자기장의 크기에 관계없이 모든 Hall angle은 $\phi = 84.1^\circ$ 이다.[3] $\text{Hg}_{0.76}\text{Cd}_{0.24}\text{Te}$ 의 MR을 Fig. 2에 나타내었다. $\text{Hg}_{0.76}\text{Cd}_{0.24}\text{Te}$ 의 mobility μ 는 Fig. 2 inset에서와 같이 자기장에 따라 그 값이 변하는데, 이것은 강한 physical MR을 $\text{Hg}_{0.76}\text{Cd}_{0.24}\text{Te}$ 이 가지고 있다는 것이다. 자기장의 세기가 커질수록 μ 값이 감소하지만 geometrical MR의 변화는 아주 적고, physical MR의 변화가 매우 커서 총 MR이 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다.



(a)



(b)

Fig.1 (a) InAs(2DEG)의 MR vs. applied field (b) current distribution and equipotential lines at magnetic field

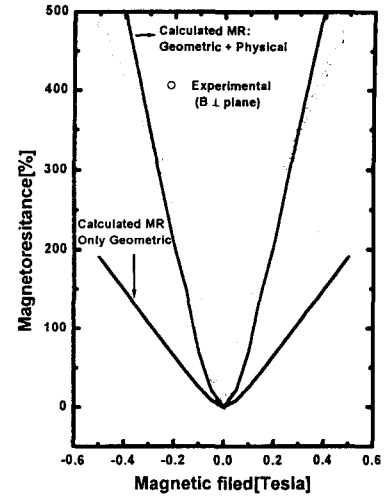


Fig.2 $Hg_{0.76}Cd_{0.24}Te$ 의 MR vs. magnetic field

3. 결론

일반적으로 이동도가 감소할수록, physical MR은 증가하지만, geometric MR은 감소하는데, 본 실험에 사용된 HgCdTe는 자기장의 증가에 따른 이동도의 감소로 인한 geometric MR의 변화가 미비하고, physical MR의 변화가 큰 경우이다. 따라서, 본 실험에서 사용된 InAs가 HgCdTe의 physical MR을 가진다면 더욱 큰 MR값을 얻을 수 있을 것이다.

4. 참고문헌

- [1] S. A. Solin, Tineke Thio, D. R. Hines, J. J. Heremans, Science V289, 1530 (2000)
- [2] J. Heremans, J. Phys. D: Appl. phys. V26, 1149 (1993)
- [3] I. S. Ibrahim, V. A. Schweigert, and F. M. Peeters, Phys. Rev. B, V56, 567508 (1997)