

## MAGNETOTRANSPORT IN NANO SEMICONDUCTOR STRUCTURES

Sungkyunkwan University Gil-Ho KIM\*

## 1. 서 론

수직 자장에서 이차원전자기스는 양자 홀 효과를 나타낸다. 여기에서 Landau 준위의 끝 부분 및 확장된 상태에서 속박된 상태가 된다. 자기장이 고정된 전하 밀도에서 감소할 때 속박된 그리고 확장된 상태는 페르미 에너지를 통하여 서로 바뀌면서 움직인다. 전하가 영인 상태에서 이차원전자기스는 절연체가 될 것임에 의심이 없다 [1,2]. 따라서 각 Landau 준위의 중심에서 확장된 상태에서 자장이 영으로 갈 때 에너지는 떠다니게 된다.

이 논문에서 양자 홀 전이의 관측에 대하여 새로운 이차원 체계를 보여준다. 절연체-양자 홀 전이의 경계는 온도에 독립적인 점  $\sigma_{xx}$  및 낮은 온도에서의 최고점  $\rho_{xx}$  에 대하여 분석한 위상도형으로 표시한 결과는 동일함을 보인다.

## 2. 실험방법

시료는 분자선결정성장법으로 성장된 것으로 조사되었다. 구조는  $0.6\mu\text{m}$  두께의 buffer 층 위에 50nm 의 도핑 되지않은 AlGaAs 장벽을 만들고 그위에 20nm 의 GaAs 양자 우물을 만든 다음 40nm 의 AlGaAs 장벽으로 spacer 층을 만들고, 40nm AlGaAs Si ( $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) 도핑된 n-type 마지막으로 17nm 의 capping 층을 성장시킨다. 성장되는 동안에 InAs 2.15 단위자 층을 쌓으므로 GaAs 양자 우물 중간에 반자름이 30nm 이고 높이가 4nm 인 자발형성 양자점이 형성된다.

그림 1(a) 및 (b) 는 longitudinal 자기저항 경로가 온도 영역 20~580mK 에 걸쳐 두 다른 게이트 전압에 대해 보여준다. 게이트 전압이 적은 음의 값이 됨으로 유효 무질서는 감소하게 되고 자기장이 영일 때 60~20k $\Omega$ 보다 큰 값에서 자기장이 증가함에 따라 저항 값이 떨어지게 된다. 그전의 연구[3]에 따르면 특정한 자기장 및 게이트 전압에서 저항 값이 두 다른 양자 홀 액체 상태인  $\nu=1$  and  $\nu=2$  에서 온도에 독립적인 값은 같게 나타나게 된다. 그림 1(a) 는 0 (절연상태)-2 ( $\nu=2$  에서의 양자 홀 액체 상태)-0 전이를 나타낸다. 온도에 독립적인 상태가 자기장 1.2 T 와 1.7 T ( $C_2$  와  $C_*$ ), 여기서 양자화 값인  $\rho_{xx}=h/e^2$  이다. 좀더 높은 전하 밀도의 경우인 그림 1(b) 경우에 filling factor  $\nu=1$  and  $\nu=2$  의 경우로 확대 된다. 0-2 전이 ( $C_2$ ) 자장 1.1T 와 1-0 전이 ( $C_1$ ) 3.8T 에서 명확하게 발생됨을 볼 수 있다

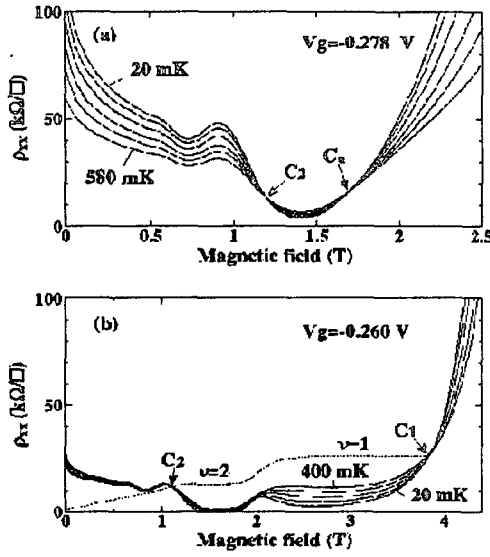


Fig. 1. longitudinal resistivity as a function of magnetic field at temperatures 20mK~580mK. The dotted line in (b) shows Hall resistivity at 297mK

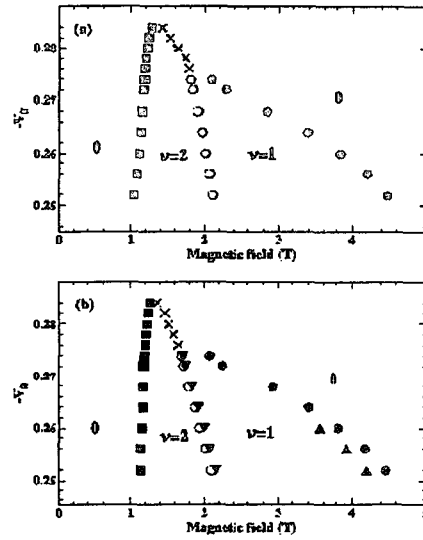


Fig. 2. The phase diagram determined from (a) temperature-independent points in longitudinal resistivity traces and (b) peaks in conductivity.

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 2(a)의 형상의 경계에서 전이 점들은 온도에 독립적인 점인 저항 값으로부터 얻어졌다. 모든 상태에서 영 자장에서는 절연 값을 나타낸다. 그림 2(b)의 두 번째 위상도형은 전도도의 최고 값인 속박되지 않은 상태 [4]에서 얻어졌다. 그림 2(b)는 전도도 최고 값은 온도 20mK에서 구해졌으며 삼각형의 기호는 1.2K에서 구한 값이 된다. Fogler와 Shklovskii [5]는 Landau 준위의 무질서에 기인하여 넓어진 것 때문에 전자의 스핀이 소멸하는 것을 제안하였다. 이러한 무질서에 기인하여 전자의 스핀이 소멸함을 그림 2에서 보여준다.

### 4. 결론

InAs 자발형성 양자점 시료의 운송 측정은 절연-양자홀 전이를 보였다. 양자홀 전이의 운송결과는 이차원전자기스층에서 자발형성 양자점에 기인한 강한 산란을 일어나는 것을 가정하여 설명할 수 있다. 처음으로 우리는 온도 독립적인 저항 값과 전도도 값으로 전화된 최고점이 동일함을 보였다.

### 5. 참고문헌

- [1] D. Khmel'nitskii, Phys. Lett. A 106, 182 (1984).
- [2] R.B. Laughlin, Phys. Rev. Lett. 52, 2304 (1984).
- [3] R.J.F. Hughes et. al, J. Phys.: Condens. Matter 6, 4763 (1994).
- [4] I. Glazman, C.E. Johnson, H.W. Jiang, Phys. Rev. Lett. 74, 594 (1995).
- [5] M.M. Fogler, B.I. Shklovskii, Phys. Rev. B 52, 17366 (1995).