

Magnetoresistance of MBE-Grown Polycrystalline $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ thin film with Ge_3Mn_5 clusters

Sang Soo Yu^{1*}, Young Mi Cho¹, Young Eon Ihm¹,
Dojin Kim¹, Hyojin Kim¹, Sangjun Oh²,

¹Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

²Korea Basic Science Institute, Daejeon, 305-333, Korea

1. 서론

Spintronics를 실현하기 위한 Spin injection용 소재 개발이 현재 관심을 끌고 있다. 그 중 자성 반도체 분야가 가장 많이 연구되고 있는데, 이는 순수한 반도체에 자성 원소를 첨가시켜서 구조적으로는 반도체와 같지만 물성은 자성체의 특성과 반도체의 특성을 동시에 지니는 물질을 말한다. 이러한 자성 반도체는 magnetic moment와 charge carrier사이의 상호 작용에 의해 carrier-mediated ferromagnetism, 그리고 spin dependent transport 특성이 나타난다.

이에 본 연구는 강한 ferromagnetic phase로 알려진 Ge_3Mn_5 가 존재하는 $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ thin films의 자기적 특성과 magneto-transport 특성을 연구하였다.

2. 실험 방법

박막의 성장은 MBE(Molecular Beam Epitaxy)장비를 이용하여 $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x/\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$ 구조로 제작하였다. Working pressure는 low 10^{-7} torr, 성장 막의 두께 3000 Å - 4000 Å를 가지고, $0.03 < x < 0.40$ 의 Mn 조성 범위를 가진다. 자기적 특성 분석은 SQUID(Superconducting Quantum Interference Device)를 이용한 MPMS(Magnetic Property Measurement System)을 이용하였고 transport 특성 분석은 역시 SQUID를 이용한 PPMS(Physical Property Measurement System)를 이용하여 외부 자기장 -9T - 9T의 범위에서 측정하였다. 이 밖에도 4 point probe와 hall 측정으로 전기적 특성을 XRD를 이용하여 미세 구조 분석을 수행 하였다.

3. 실험 결과

$\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ thin films의 major carrier는 p-type이고 10^{18} - $10^{22}/\text{cm}^3$ 의 carrier 농도를 가진다. carrier 농도는 Mn의 함량에 따라 증가한다. 4 point probe 측정 결과 thin films 표면 비저항은 4×10^{-2} - $5 \times 10^{-4} \text{ohm-cm}$ 이다. MPMS 측정과 XRD 측정 결과로 $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ thin films은 Curie 온도가 약 310K인 강한 ferromagnetic phase인 Ge_3Mn_5 가 존재함 알 수 있다. PPMS를 이용한 저항의 온도 의존성 측정 결과 Mn의 함량이 적은 thin films의 경우 약 90K를 기준으로 저온에서 metallic 거동을 하다가 semiconductor 거동을 한다. 반면에 Mn 함량이 큰 thin films의 경우는 약 250K를 기준으로 저온에서는 metallic 그 이상에서는 semiconductor 거동을 한다. 특히 상온에서 ferromagnetic 거동을 하는 $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x$ thin films을 저온의 온도 의존성 측정시 자기장을 가하면 저온 부근에서는 저항의 감소, 고온 부근에서는 저항의 증가를 볼 수 있다. 이러한 현상은 magnetoresistance 측정을 통해서도 확인이 된다. MR ratio는 약 20K에서 9T의 자기장에서 약 8.5%이다. MR ratio는 온도가 올라갈수록 줄어들고 약 120K 이상에서는 관측되지 않는다. 이러한 현상은 magnetic field에 의해서 Ge matrix에 localized Mn, 또는 다른 ferromagnetic cluster에 의한 spin dependent scattering에 의한 영향으로 생각된다.

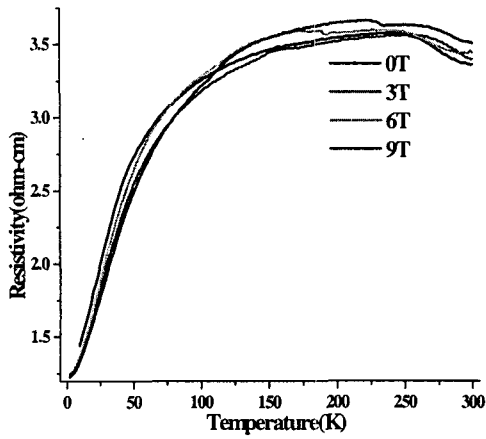


Fig.1 $\text{Ge}_{0.66}\text{Mn}_{0.34}$ thin films 저항의 자기장에 따른 온도 의존성

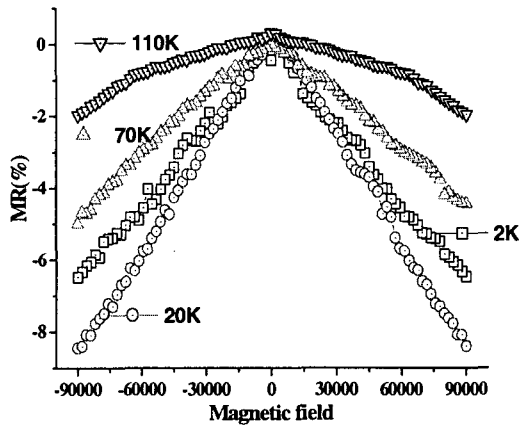


Fig.2 $\text{Ge}_{0.66}\text{Mn}_{0.34}$ thin films의 MR(%) data

4. 참고 문헌

- 1]. Y. D. Park, A. Wilson, A.T. Hanbicki, J.E. Mattson, Science vol.295 651 (2002)
- 2]. H. Akinaga, J. De Boeck, G. Borghs, Appl. Phys. lett., Vol.72 No.25 3368 (1998)
- 3]. Y. D. Park, A. Wilson, A.T. Hanbicki, J.E. Mattson, Appl. Phys. lett., Vol.78 2739 (2001)

5. Acknowledgement

This work was supported by the Research Center for Advanced Magnetic Materials (Chungnam National University), the BK21 Program (the Ministry of Education & Human Resource Development in Korea) and KRF (Korea Research Foundation).