

【T-28】

## GaMnAs의 magnetotransport 특성 연구

김경현, 박종훈, 김병두, 김도진  
충남대학교 재료공학과

최근 자성반도체(Diluted magnetic semiconductor; DMS)에 대한 관심이 고조되고 있는데, 그 이유는 자성반도체가 가지는 자기적 성질과 반도체적인 특성 때문이다. 이러한 특성은 spin injection device로의 응용으로 구체화되고 있다. 현재에는 III-V족 자성반도체인 GaMnAs와 InMnAs가 ferromagnetic semiconductor 연구를 선도하고 있으며, 대부분 저온 분자선 증착법(low temperature molecular beam epitaxy)으로 이루어지고 있다.

그러나 저온 GaMnAs의 성장과 성장 조건이 자기적 특성에 미치는 영향등에 대한 구체적인 언급이 전반적으로 미흡하여 좀더 구체적인 성장 연구가 필요하다고 판단된다. 따라서 본 연구실에서는 GaMnAs의 에피 성장의 성장 변수인 기판온도, As<sub>4</sub> flux, Mn flux, 기판 off-cut 정도와 자기적 특성에 대하여 연구하였다. 초기 성장되는 GaMnAs층의 표면 구조의 차이를 in-situ방법인 RHEED를 이용하여 관찰하고, ex-situ한 방법인 고 분해능 XRD와 Hall, SQUID 등의 분석을 통하여 측정하였다. 이러한 분석을 통하여 성장 조건이 GaMnAs 층에 미치는 구조적, 전기적, 자기적 특성을 확인하였다.

GaMnAs층의 저온 성장 조건은 기판 온도가 225-275°C, As<sub>4</sub> flux는  $2.5 \times 10^{-6} - 0.8 \times 10^{-6}$  torr, Mn flux는  $< 2 \times 10^{-9}$  torr, GaAs의 off-cut 각도는 0°, 2°, 15° 조건에서 성장속도 250nm/hr로 유지하면서 실험하였다. RHEED pattern은 streaky pattern을 유지하여 flat한 surface가 기대되는 성장 범위 내에서 수행하였다. 고 분해능 XRD의 측정 결과 GaMnAs 층은 Pendellosung fringes가 관측되는 매우 우수한 결정성을 가지는 것으로 보이며, Mn 도핑에 의한 GaMnAs의 조성 및 결정 품질을 결정할 수 있었다. 또한 전기적인 특성은 Hall측정에 의한 hall resistance와 비저항을 측정하였고, 상온 측정 비저항치는 각각의 기판온도에서 최소값을 가지는 Mn함량을 결정함을 확인하였다. 이러한 상온 비저항 최소치는 자기적 특성을 측정하는 superconducting quantum interference device(SQUID) 측정으로 각 기판온도에서 GaMnAs의 ferromagnetic transition 온도인 Curie temperature(T<sub>c</sub>)의 최고치와 일치하는 것을 또한 알 수 있었다. 또한 Curie temperature(T<sub>c</sub>)는 Mn

함량 보다는 실험 기판온도 조건에서 상온 측정 전도도의 증가에 선형적으로 비례하는 것을 확인 하였다.(Fig.1) 그리고, 5K에서 측정한 SQUID결과 ferromagnetic 특성을 나타내는 전형적인 hysteresis loop를 얻을 수 있었다.

