

## D-12

### MBE로 성장 시킨 GaMnAs층의 구조 및 전기, 자기적 특성 연구

김경현, 박종훈, 김도진  
충남대학교 재료공학과

#### Structural, electrical and magnetic properties of GaMnAs layer by MBE

Kyung Hyun Kim, Jong Hun Park, Do Jin Kim

Department of materials Engineering, Chungnam National University

최근 자성반도체(Diluted magnetic semiconductor; DMS)에 대한 관심이 고조되고 있는데, 이는 자기적 성질과 반도체적인 성질을 동시에 가지고 있어 그 응용분야 뿐만 아니라 기초 학문 분야까지도 폭넓은 연구가 진행되어지고 있다. 현재에는 대부분 저온 분자선 증착법(low temperature molecular beam epitaxy)으로 III-V족 자성반도체인 GaMnAs<sup>1</sup>과 InMnAs<sup>2</sup>을 성장시키고 있다. 본 연구실에서도 저온 분자선 증착법을 이용하여 III-V족 자성반도체인 GaMnAs 에피층을 성공적으로 성장시키고 있으며, RHEED를 이용하여 성장 표면의 결정상태도 관찰하고 있다. 이러한 저온 성장시킨 GaMnAs층을 성장 기관의 온도 변화와 As<sub>4</sub> flux 변화, 그리고 Mn 함량 변화에 따른 박막의 구조적, 전기적, 자기적 특성 변화를 고 분해능 XRD와 Hall, SQUID측정을 통하여 연구하였다.

GaMnAs층의 성장 기관 온도는 125~175°C, As<sub>4</sub> flux는  $2.5 \times 10^{-6} \sim 0.8 \times 10^{-6}$  torr, Mn flux는  $2 \times 10^{-9}$  torr이하의 조건에서 성장속도 0.25um/hr로 유지하면서 실험하였다. 각각의 성장 조건에서 성장된 GaMnAs의 기관온도 변화에 따른 성장층의 결정성은 성장온도가 증가할수록 FWHM이 감소하는 경향을 보이며, GaMnAs 에피층의 결정성이 향상되는 것을 확인 할 수 있었다. 성장된 에피층의 고 분해능 XRD의  $\omega$ -scan에서 Pendellosung fringes이 관측되므로 우수한 결정성을 가진다고 판단된다. 그리고, 결정 온도가 낮을수록 상대적으로 많은 Mn의 함량을 도핑할 수 있음을 역시  $\omega$ -scan에서 기관인 GaAs peak과 GaMnAs peak의 분리된 각도가 증가되는 경향을 보이는 것으로 확인 할 수 있었다. 또한 이러한 고 분해능 XRD측정으로 Vegard 법칙에 의한 Mn의 조성과 에피층의 두께를 이론적으로 계산 할 수 있으며, 이를 실제 측정된 SEM이나  $\alpha$ -step등에 의한 두께와 EPMA으로 측정한 Mn의 함량과도 비교하였다.

전기적인 특성은 Hall측정에 의한 hole농도와 비저항을 측정하였고, 각각의 기관온도에서 특정한 Mn 함량에서 전도도가 최고값을 가지는 것을 발견하였다. 이렇게 측정된 GaMnAs층의 전도도는 기관온도가 125°C인 경우에는 Mn cell 온도가 850°C에서 최고의 전도도를 가졌으며, 150°C에서는 840°C에서 역시 최고치를 나타내었다. 또한 각각의 기관온도에서 최고의 전도도를 가지는 Mn flux에서 As<sub>4</sub> flux를  $2.5 \times 10^{-6} \sim 0.8 \times 10^{-6}$  torr까지 변화시키면서 각각의 구조적, 전기적, 자기적 특성 평가를 하였다.

그리고 자기적 특성은 각각의 성장 조건에서 자화도(magnetization)와 Curie 온도 (Tc) 변화를 측정하여 기관온도와 As<sub>4</sub> flux에 따른 의존성을 규명하고자 하였다.