

## Ga<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>As의 자성과 자기 초미세장 (Magnetism and magnetic hyperfine field of Ga<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>As)

\*우미정, 홍순철  
울산대학교 물리학과

묽은 자성 반도체(diluted magnetic semiconductor: DMS)는 전자의 전하와 스핀을 이용한 미래의 반도체 소자로서 지난 몇 년간 집중적으로 연구되어 왔다. 그 중 II-VI DMS는 +2가 자성 이온들이 II족 원자와 쉽게 치환될 수 있어 오랫동안 연구 되어왔으나 II-VI DMS에서는 강자성 상태보다는 반자성 상태가 에너지적으로 안정하여 산업적 응용에 어려움이 있었다. 이에 반해 III-V 반도체에 +2가 자성원소를 도핑되면 자연스럽게 홀 도핑이 되고 홀이 자성원소 사이의 결합을 강자성으로 유도하는 것으로 알려져 있다. 본 연구와 관련이 있는 GaAs 에 Mn을 도핑하여 묽은 자성반도체를 제작하는 경우, 자성원소의 농도가 클 수록  $T_c$ 가 높아지나, III 족의 Ga에 +2가의 Mn을 도핑하는 데에는 한계가 있어 110 K 이상 높이는 것은 어려운 것으로 알려져 있다.

묽은 반도체에 대한 가장 큰 논란은 제작된 시료들의 전도 전자가 정말 스핀 분극되어 스핀분극 전류를 이용할 수 있느냐 하는 것이다. 이 논란에 대해 답을 하기 위한 방법 중의 하나가 자기공명 실험으로 초미세장 측정하여 자성 원소의 주위 환경을 탐구하여 보는 것이다.

본 연구에서는 III-V DMS, 즉 GaMnAs의 전자구조, 자성, 초미세장을 제일원리계산방법으로 계산하였다. 그 방법으로는 full-potential linearized augmented plan wave (FLAPW)을 사용하였으며 교환 상관 포텐셜에 대해서 general gradient approximation(GGA)를 사용하였다. Mn의 농도가 50%, 25%, 12.5%가 도핑된 GaAs 계(그림 1 참조)에 대해 계산하였다.

계산된 자기모멘트와 자기초미세장의 세기를 표 1에 요약하여 놓았다. 표 1에서 보는 바와 같이 자기모멘트는 Mn의 농도에 관계없이 거의 일정하나 자기 초미세장의 세기는 농도에 따라 크게 변화함을 알 수 있다.

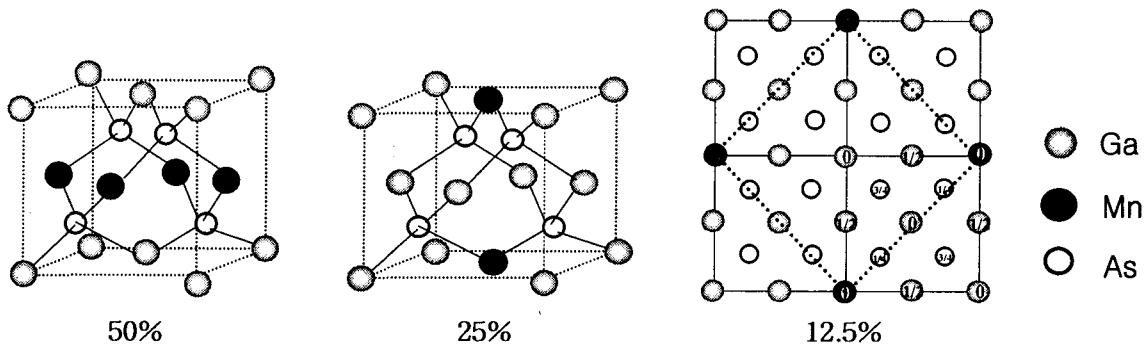


그림 1. 여러 Mn 농도의 Ga<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>As 계의 개략도.

Mn의 농도	자기 모멘트 ( $\mu_B/\text{Mn}$ )	Mn의 초미세장 (kG)
50%	3.53	7.0
25%	3.48	-106.0
12.5%	3.55	-94.2

표 1. 계산된 자기모멘트와 Mn의 자기초미세장의 세기

Mn의 농도가 50%와 25%일 때 반강자성체 상태의 자기 모멘트, 자기 구조, 자기 초미세장에 대해서도 논의할 예정이다.

## References

1. J. F. Janak, Phys. Rev. B **20**, 2206(1979).
2. Yu-Jun Zhao, W. T. Geng, K. T. Park, and A. J. Freeman, Phys. Rev. B **64**, 035207(2001)
3. J.H. Park, S.K. Kwon, B.I. Min, Phys. Rev. B **281**, 703(2000).