

반도체 양자 우물 구조의 근접장 형광 특성 분석

Study of Near-field Optical Properties in Quantum Well Structures

박정근, 임상엽, 최문구, 박승한
연세대학교 물리학과
jkipark70@phya.yonsei.ac.kr

근래에 들어서 자연 현상을 원자에서 분자 정도의 크기에 이르는 미시적인 수준에서 직접 관찰하고 이를 응용하려는 학문적 관심이 고조되고 있다. 특히 근접장 광학 현미경은 근래에 개발된 분야로써, 기존 광학계로는 관측 불가능한 회절 한계 이하 물질의 미세 구조를 영상화할 수 있고 물질의 미시적인 분광학적 정보를 측정할 수 있다는 장점을 지니고 있어 개발 초기부터 많은 연구자들의 관심을 이끌어 왔다. 근접장 광학 현미경은 미세구조에 대한 세세한 정보를 얻기 위해서 시료 표면 부근에 국소적으로 구속되어 있는 진행하지 않는 파(evanescent wave)를 검출함으로써 회절한계를 뛰어넘는 분해능을 얻을 수 있다.¹ 이를 위해서는 관측광의 파장보다 짧은 직경의 탐침과 시료-탐침간 거리를 파장보다 짧게 유지시키는 시료-탐침 거리유지가 필수적이다.

본 연구에서는 shear force의 측정과 탐침을 시료 표면 근처에서 안정적으로 제어하면서 근접장에 접근하기 위해서 dithering PZT와 결합된 tuning fork의 진동 진폭 신호를 측정하여 탐침 높이를 제어할 수 있는 신호를 발생시키고 나노미터 수준의 변이를 제어할 수 있도록 비례적분제어기(Proportional Integral Controller)와 PZT 튜브 드라이버 장치를 설계하고 제작하였다. 제작된 근접장 광학 현미경의 성능 검사를 위하여 dithering PZT에 인가하는 전압을 변화시켜 가면서 tuning fork에 부착한 광섬유 탐침의 공명곡선을 구했다. 슬라이드 글라스 표면을 시료로 하여 광섬유 탐침 접근(approach)실험을 하였다. 시료표면과 20nm의 거리에서 1시간 동안 근접거리 유지성능 실험에서는 결과로써 9%의 표준편차를 보였다. 이로써 오랜 시간동안 근접거리가 안정적으로 유지됨을 확인했다. 원자 힘 현미경에서 사용하는 봉우리 사이의 간격이 900nm인 gold 시료(Park Scientific Instruments)를 가지고 자체 제작된 근접장 광학 현미경에서 표면형상을 측정하였다. 스캔 사이즈는 가로, 세로 5 μm 이고 스텝 당 간격은 40nm이며 128 \times 128 픽셀 사이즈 영역에서 스캔하였다. 결과는 봉우리 사이의 간격이 900nm, 높이는 500nm로 측정되고 시료 물성과 일치함을 볼 수 있었다.

GaAs/AlGaAs 양자우물구조의 근접장 형광(Photoluminescence)를 측정하였다. 사용한 광원은 He-Ne laser 632.8nm이며 근접장 분광계는 Collection 모드로 구성하였다. 원거리장 영역과 근접장 영역에서 형광을 측정하였다. 750nm에서 900nm사이의 영역을 스캔하였으며 스펙트럼의 최대값은 원거리장 영역에서 840nm이며 근접장영역에서 850nm로 적색편이하면서 반치폭이 감소하였으며 이와같은 결과는 국소영역 양자우물구조 두께의 불균일에 의한 것으로 생각된다.² 근접장 광학 현미경을 이용하여 원거리장(far-field)영역에서 근접장(near-field)영역에 접근하면서 GaAs/AlGaAs 양자우물구조 시료표면에서 방사되는 형광의 변화를 측정하였다. 특히, 3 μm 에서 5nm 까지 접근시켰을 때 나타나는 형광 스펙트럼을 측정한 결과 원거리장에서 완만한 증가곡선을 그리던 형광은 근접장 영역에서 급격한 증가를 보임

을 관찰할 수 있었다.³

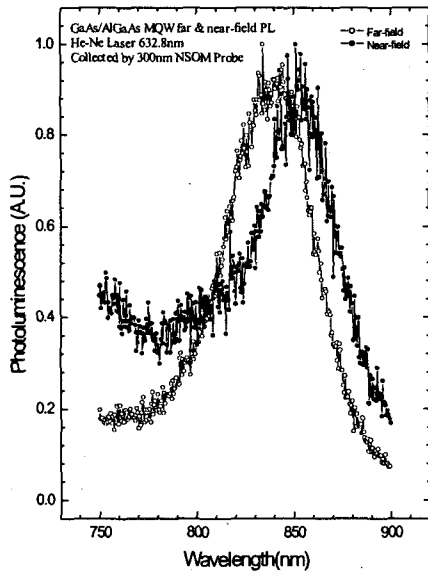


그림1. GaAs/AlGaAs MQW 원거리장과 근접장 형광 스펙트럼

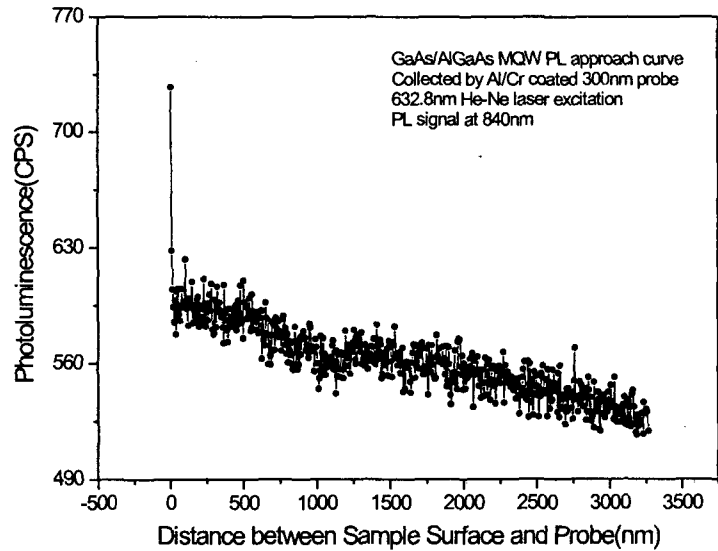


그림2. GaAs/AlGaAs 양자우물구조 시료 표면에 탐침 접근에 따른 형광 변화곡선

[참고 문헌]

1. B. Hecht, B. Sick, and Urs P. Wild, V. Deckert and R. Zenobi, O. J. F. Martin, D. W. Pohl, "Scanning near-field optical microscopy with aperture probes: Fundamentals and applications", J. Chem. Phys. 112, 7761, (2000).
2. H. F. Hess, E. Betzig, T. D. Harris, L. N. Pfeiffer, K. W. West, "Near-field spectroscopy of the quantum constituents of a luminescent system", Science 264, 1740 (1994).
3. K. B. Song, J. E. Bae, and K. Cho, S. Y. Yim, and S. H. Park, "Near-field scanning photoluminescence measurements using an uncoated fiber tip: A potential high resolution diagnostic technique for semiconductor devices", Appl. Phys. Lett. 73, 2260 (1998).