

## 시간 상관 단일 광자 계수 장치와 근접장 주사 광학 현미경을 통합한 측정장비의 구성

### Development of TCSPC-NSOM Integrated System

김재혁\*, 김대규\*, 이규승\*, 안홍규\*, 김경환\*, 임상엽\*, 박승한\*

\*연세대학교 이과대학 물리학과

shpark@yonsei.ac.kr

극초단 응답 시간을 갖는 전자 혹은 광자 반도체 소자를 개발하기 위해서는 반도체에서 발생하는 여러 과도 현상을 잘 이해하는 것이 중요하다. DeMaria가 Nd:YAG 레이저를 모드 록킹(modelocking)하여 피코초 영역의 레이저 펄스를 발생시킨 후 극초단 펄스를 만드는 방법은 많은 발전을 이루어 왔다.[1] 극초단 펄스를 발생시키는 기술이 발전함에 따라 시간 분해 분광법도 새로운 전기를 맞이하였고, 시료의 특성에 따라 적용시킬 수 있는 다양한 방법으로 발전되어왔다. 그 중 시간 상관 단일 광자 계수법(Time Correlated Single Photon Counting : TCSPC)은 pump-probe, streak camera, frequency mixing 법에 비해 상대적으로 시간 분해능이 떨어지는 단점이 있으나, 광 검출기로 광전자 증배관을 사용하므로 감도가 좋고 신호 대 잡음 비가 좋으며 넓은 동작 영역을 가지고 있는 장점이 있다.[2] 그러나 그동안 이루어진 시간 분해 분광법은 시료와 멀리 떨어진 곳에서 실행되었고 따라서 시료의 미세구조 특성 분석에는 한계를 가지고 있었다.

나노 기술에 관한 학문적, 산업적 연구가 큰 관심을 받기 시작하면서, 주사 터널링 현미경(scanning tunneling microscopy : STM), 주사 힘 현미경(scanning force microscopy : SFM), 근접장 주사 광학 현미경(near field scanning optical microscopy : NSOM) 등 주사 탐침 현미경(scanning probe microscopy : SPM) 기술도 급속히 발전하고 있다. 이 중에서 시료 표면 근처에 국소적으로 구속되어 있는 근접장 광신호를 표면 근처에 위치한 작은 개구(aperture)를 통하여 검출함으로써, 기존 광학계가 가지고 있는 회절 한계 이상의 고 분해능을 제공하는 근접장 광학 현미경 기술은 미세 구조를 영상화함과 동시에 상세한 분광학적 정보를 제공할 수 있다는 점에서 양자소자 특성 평가, 고밀도 저장기기 개발 등 많은 분야에 광범위하게 이용되고 있다.[3]

본 연구에서는 시간 상관 단일 광자 계수 장치를 국소 영역을 관찰할 수 있는 근접장 주사 광학 현미경과 결합하여 시료의 국소 구역에서 나오는 신호를 시간 영역에서 분석할 수 있는 장치를 구성하고 *GaAs/AlGaAs* 다중 양자 우물의 형광 소멸시간을 시료에서 상대적으로 멀리 떨어진 지역인 Far field와 매우 근접한 지역인 Near field에서 각각 측정하였다.

그림 1과 그림 2는 Far field와 Near field에서 각각 측정한 *GaAs/AlGaAs* 다중 양자 우물의 형광 소멸 곡선이다. 얻어진 형광 소멸 곡선이 여러 개의 exponential 곡선의 합이라고 생각하고 fitting을 통해 얻어진 곡선들의 소멸시간의 평균을 구하면 Far field와 Near field에서 약  $0.8ns$ 으로, 두 실험에서 같은 결과를 얻을 수 있다. 시료로 사용된 *GaAs/AlGaAs* 다중 양자 우물의 형광은 시료의 모든 구역에서 균일하게 발생하므로, 두 실험의 결과가 일치한다는 사실은 구성된 TCSPC-NSOM 장치의 신뢰성을 뒷받침해준다.

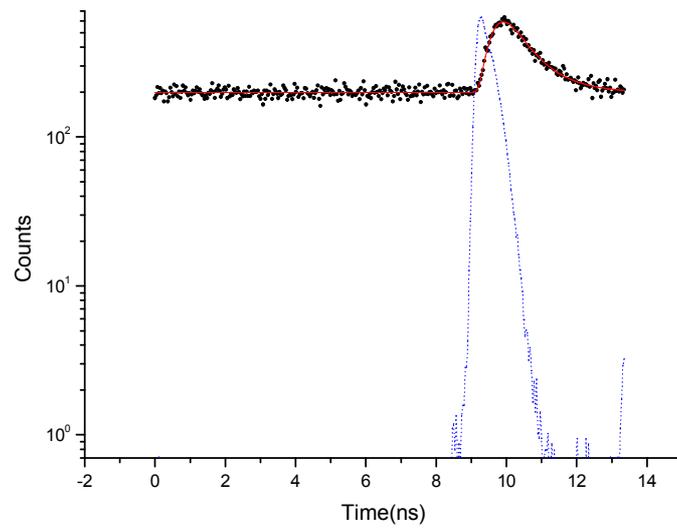


그림 1 Luminescence decay curve of *GaAs/AlGaAs* MQW (Far field)

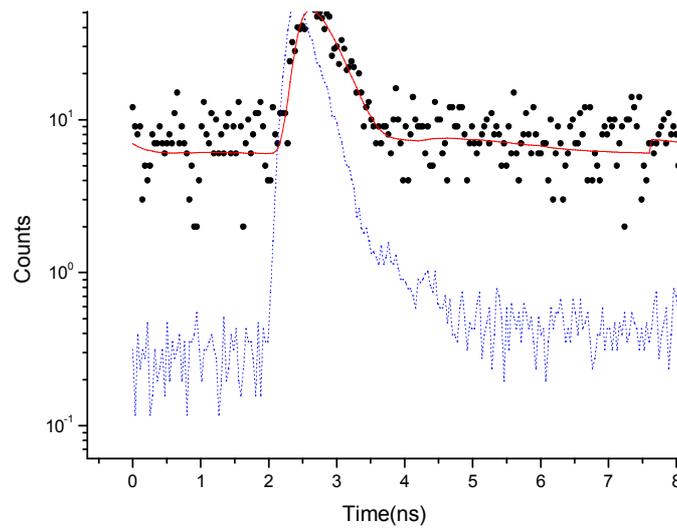


그림 2 Luminescence decay curve of *GaAs/AlGaAs* MQW (Near field)

- [1] A. J. DeMaria, D. A. Stetser and H. Heyman, *Appl. Phys. Lett.* 8, 22 (1966).
- [2] D. V. O'Conner and D. Phillips, *Time Correlated Single Photon Counting* (Academic Press, London, 1984).
- [3] Paras N. Prasad, *Nanophotonics* (Wiley-Interscience, 2004).