

양자우물 구조와의 비교를 통한 InGaN/GaN 양자점 구조의 에너지 준위 특성연구

김진석¹, 이윤일¹, 하임경¹, 김은규¹, 김희진², 윤의준²

¹한양대학교 물리학과, ²서울대학교 재료공학부

최근 III-V 혹은 II-VI 화합물 반도체에서의 가장 큰 관심사는 단연 III-nitride 및 ZnO 등으로 대변되는 넓은 띠를 가지는 반도체 물질들이다. 이들 물질들은 그 특유의 띠 간격으로 인해 청색 발광 소자에 응용된다. 이 중에서 현재 InGaN/GaN 양자우물 구조 소자의 경우 실용화 되어 충분한 출력(20mA에서 5mW이상)을 보여주고 있다 [1]. 그러나 이렇게 상용화 되었음에도 아직은 입력대비 출력이라든가 동작 특성이 완벽하지는 않아서 많은 연구 그룹들이 GaN 기반의 반도체 양자구조에 대한 연구를 진행하고 있다. 더해서 GaN 계열 반도체를 전기소자로 사용할 경우에도 누설 전류 등의 특성이 매우 좋지 때문에 이러한 전기소자의 응용 측면에서도 GaN에 대한 많은 연구가 필요하다. 이와 같은 특성 향상을 위해선 적절한 성장기술도 중요하나 이렇게 성장된 양자구조의 특성을 정확히 파악하는 것도 매우 중요한데, 일반적으로 양자 우물의 구조 및 에너지 준위의 특성을 파악하는 방법으로 광학적인 방법인 photoluminescence (PL)나 fourier transform infra-red (FTIR)기법 등이 사용되나 [2,3], 이들 기법은 여러 가지 측면에서 매우 중요한 정보를 제공하기는 하지만, 반도체 띠 구조 내에 존재하는 양자구조의 에너지 준위의 절대 위치를 찾는 다던가 혹은 주입된 전하의 효율을 감소시킬 수 있는 결함의 존재 유무 및 전하의 이동에 관련된 특성을 알아보는 것은 매우 곤란하다. 게다가, III-nitride 화합물 반도체의 발광 효율 증대를 위해 양자우물을 뛰어넘는 양자점 구조를 위한 연구를 진행 중인데, III-nitride 계열 양자점의 경우 그 물질 특성상 점이나 구 형태 혹은 물방울 형태가 아닌 극단적으로 넓게 퍼진 디스크 형태가 된다. 이 경우 과연 이 구조의 특성이 양자점의 특성을 가질까 의심할 수 있는데, 본 연구에서는 전기적인 특성 측정법을 이용 양자 우물 구조의 에너지 준위 비교를 통해 양자점 구조에서만 존재하는 에너지 준위 특성을 연구하였다.

연구에 사용된 InGaN/GaN 양자우물 구조 및 양자점 구조는 76 torr의 압력에서 low-pressure metal-organic chemical vapor deposition 기법으로 성장하였고, Al₂O₃기판위에 1080°C의 온도에서 2 μm두께로 GaN를 성장한 뒤에 640°C의 온도에서 InGaN 양자우물 및 양자점을 성장하였다. 이 구조의 PL 측정에서 두 구조 모두 약 390nm에서 피크가 관찰되었는데, PL 특성으로는 두 구조의 차이를 구분하기 힘들었다. DLTS 측정으로부터 두 구조의 에너지 구조를 살펴본 결과 양자우물 구조의 경우 펄스 전압과 측정 전압의 변화에 대해 비교적 무관한 활성화 에너지 값을 보여주나 양자점 구조의 경우에는 인가해준 두 전압 값의 변화에 대해 비교적 큰 변화를 보여주며 이는 에너지 상태 밀도 함수의 차이에 기인한 특성 때문에 기인하는 것으로 해석된다.

[참고문헌]

1. S. Nakamura and G. Fasol. *The blue Laser Diode*, Springer, Berlin (1997).
2. R. A. Taylor, J. W. Robinson, J. H. Rice, A. Jarjour, J. D. Smith, R. A. Oliver, G. A. D. Briggs, M. J. Kappers, C. J. Humphreys and Y. Arakawa, *Physica E* **21**, 285 (2004).
3. L. W. Ji, Y. K. Su, S. J. Chang, L. W. Wua, T. H. Fang, J. F. Chen, T. Y. Tsai, Q. K. Xue and S. C. Chen, *J. Crys. Growth*, **249**, 144 (2003).