

In 비율이 높은 InGaN/GaN 다중적층 양자우물 구조에서의 전기-광학적 특성연구

김진석¹, 김은규^{1*}, 김희진², 윤의준², 손 윤³

¹한양대학교 물리학과, ²서울대학교 재료공학부, ³동국대학교 양자기능반도체연구센터

* E-mail : ek-kim@hanyang.ac.kr

최근 레이저 다이오드 및 발광 다이오드로 대표되는 광소자 기술들 중에서 청색발광소자 기술이 많이 연구되고 있다. 청색 발광소자는 넓은 띠 간격을 가지는 물질들에 의해 구현되고 있는데 대표적으로 III-V족 반도체인 GaN와 II-V족 반도체인 ZnO등으로 대표된다. 그 중에서 현재 InGaN/GaN 양자우물 구조 소자의 경우 실용화 되어 충분한 출력(20mA에서 5mW이상)을 보여주고 있다 [1]. 그러나 아직도 GaAs 등의 여타 반도체 양자우물 구조를 이용한 광소자에 비해선 출력이라든가 그 특성이 떨어지는 편인데, 때문에 아직도 많은 연구 그룹들이 GaN 기반의 반도체 양자구조에 대한 연구를 진행하고 있다. 더해서 GaN 계열 반도체를 전기소자로 사용할 경우에도 누설 전류 등의 특성이 매우 좋기 때문에 아직은 GaN에 대한 많은 연구가 필요하다. 이와 같은 특성 향상을 위해선 적절한 성장기술도 중요하나 이렇게 성장된 양자구조의 특성을 정확히 파악하는 것도 매우 중요하다. 일반적으로 양자 우물의 구조 및 에너지 준위의 특성을 파악하는 방법으로 광학적인 방법인 photoluminescence (PL)나 fourier transform infra-red (FTIR)기법 등이 사용되는데 [2,3], 이는 가장 기초적이고 광소자에 있어 매우 중요한 정보를 제공하나, 광소자의 경우 발광을 위해선 전하 운반자의 주입, 이동과 같은 과정이 있어야 하고, 또한 전기소자로의 응용을 위해선 전기적인 특성평가 역시 병행되어야 한다.

이에 본 연구에서는 C-V, DLTS법을 이용하여 다중 적층된 InGaN/GaN 양자우물 구조의 전도대역에 존재하는 양자 우물의 기저 에너지 준위 및 양자 우물 구조에 존재하는 결함 (defect)에 대하여 연구하였다. 연구에 사용된 InGaN/GaN 양자우물 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 양자우물을 성장하였다. 이 과정에서 실지로는 1 nm 두께의 InN를 성장하지만, 성장 이후 GaN와의 격자 상수 차이 때문에 서로 intermixing 되어 최종적으로 InGaN 구조가 되고 이때 In:Ga의 비율이 8:2가 된다. 이후 20 nm 두께의 GaN 장벽층을 형성하였다. 이 과정을 수회 반복하여 1 nm 두께의 InGaN 양자 우물을 수직 적층 시켰다. 이 구조의 PL 측정에서 약 390nm에서 피크가 관찰되었는데, 초기 DLTS 측정에서 0.37 eV와 0.43 eV의 활성화 에너지를 가지는 두 신호가 측정되었다. 그러나 정확한 에너지 준위의 분석을 위해선 반복된 측정에 의한 정확한 값의 산출과 더불어 응력에 의한 포획 장벽의 높이 역시 구해야 하며 이는 추후 논의될 것이다.

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. Cryst. Growth, 249, 144 (2003).