

Deep Level Transient Spectroscopy법에 의한 InGaN/GaN 양자점의 에너지준위 연구

김진석, 김은규, 권순용*, 김희진*, 윤의준*
한양대학교 물리학과, *서울대학교 재료공학부

광학소자 기술들 중에서 주목을 받고 있는 분야중의 하나인 청색발광 소자기술의 경우 넓은 띠 간격을 가지는 물질들에 의해 구현되고 있다. 그 중에서 현재 가장 활발하게 연구되고 또 실용화 되고 있는 물질을 들라면 III-Nitride 화합물 반도체를 들 수 있을 것이다. 현재 InGaN/GaN 양자 우물 구조 소자의 경우 실용화 되어 충분한 출력(20mA에서 5mW이상)을 보여주고 있다. 그러나 이런 구조를 양자점 구조로 대체할 경우 양자우물구조에 비해 많은 부분에서 성능증대가 기대되는데, 양자점 특유의 에너지준위 양자화에 의해 출력파장의 범위를 줄여 좀 더 정확한 파장의 소자를 만들 수 있고, 고효율 소자를 기대할 수 있다. 그러나 이와 같이 정확한 파장의 조절과 특성 향상을 위해선 무엇보다 양자점의 특성을 원활히 조절 가능한 기술과 이렇게 형성된 양자점이 어떤 에너지 특성을 가지는지 파악할 필요가 있다. 일반적으로 양자점의 에너지 특성을 파악하는 방법으로 광학적인 방법인 photoluminescence (PL) 나 Fourier transformed infra-red spectroscopy (FTIR) 등이 사용되는데, 이는 가장 기초적이고 광학소자에 있어 매우 중요한 정보를 제공하지만, 그렇다고 양자점의 모든 정보를 제공해 주는 것은 아니다. 즉 이들 광학적인 방법은 띠 간 천이에 의한 정보만을 제공해 에너지 띠 준위에서 전도대역 혹은 가전자대역에서의 양자점의 에너지 준위의 정확한 위치를 찾기는 힘들다. 이런 정보는 광학소자의 파장 조절이라는 측면에서는 의미가 없겠지만, 광학소자의 출력특성이라든가 단전자 소자나 정보 소자측면에서는 매우 중요한 의미를 가진다. 따라서 이에 대한 연구역시 중요한데, 이들은 I-V, C-V, DLTS등의 전기적인 측정방법들에 의해 주로 측정된다.

본 연구에서는 C-V, DLTS법을 이용하여 InGaN/GaN 양자점의 전도대역에 존재하는 양자점의 에너지준위에 대하여 연구하였다. 연구에 사용된 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 양자점을 성장하였다. 성장 뒤 원자현미경 측정한 양자점의 모습은 직경 78.4 nm, 높이 1.24nm의 원판구조로서 밀

도는 $7 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ 으로 나타났다. 이 구조에 대한 PL 측정에서 약 390 nm 위치에서 신호가 측정되었다. 한편, DLTS 측정에서 나타난 양자점의 활성화에너지는 약 3.7 eV로 계산되었다. 이들 데이터를 기반으로 응력에 의한 포획장벽의 높이 등과 함께 InGaN/GaN 양자점에 대한 에너지구조에 대해 논의될 것이다.