

## InGaN 양자점 발광다이오드의 성능에 미치는 InGaN 양자점 크기의 영향

박일균, 권민기, 조주영, 김자연, 박성주

광주과학기술원 신소재 공학과

유기금속 화학기상증착법(MOCVD)을 통해 형성된 InGaN 양자점의 크기가 InGaN 양자점 발광다이오드의 성능에 미치는 영향을 조사하였다. 양자점의 크기는 양자점의 성장 시간을 달리하여 조절하였으며, 성장 시간이 증가함에 따라 크기가 1.32 nm에서 2.81 nm로 증가함을 알 수 있었다. 양자점의 크기가 1.32 nm에서 2.81 nm로 증가함에 따라 발광다이오드의 발광 파장이 399 nm에서 439 nm로 증가하였으며, 이는 InGaN 양자점 성장방향으로의 강한 양자구속효과에 의한 것임을 알 수 있었다. 크기가 작은 (1.32 nm) 양자점을 발광층으로 적용한 발광다이오드의 경우, 주입 전류의 세기가 증가함에 따라 발광파장이 적색편이함과 동시에 발광 peak의 반치폭이 증가하였다. 하지만 크기가 큰 양자점 (2.81 nm)을 적용한 발광다이오드는 주입전류를 40 mA까지 증가함에 따라 청색편이후, 주입전류를 더욱 증가시키면 적색편이 현상을 보였다. InGaN 양자점의 크기가 큰 경우에는 piezoelectric field에 의해 전계가 형성되어 양자점의 성장 방향으로 전자와 정공의 분리가 일어나며, 이에 따라 bandgap이 낮아지는 현상을 보이게 된다. 주입전류가 증가함에 따라 양자점내에 전자와 정공의 수가 증가하게 되어 전계를 screening하는 효과를 보이게 되므로 bandgap이 증가하게 된다. 따라서 발광다이오드의 주입전류세기에 따른 발광파장의 변화가 다른 이유는 양자점 크기에 따른 piezoelectric field의 세기에 기인함을 알 수 있으며, 양자점의 크기가 클수록 세기가 증가함을 알 수 있다. 이러한 효과는 레이저 세기에 따른 광발광 스펙트럼 분석을 통해 더욱 확실히 알 수 있었다. 레이저 세기가 2.4 mW에서 24 mW로 증가함에 따라 크기가 작은 양자점에서의 발광에너지에는 변화가 없었으나, 양자점의 크기가 클 경우, 발광에너지가 2.86 eV에서 2.87 eV로 증가하고, 발광 peak의 반치폭 또한 54 meV에서 48 meV로 감소함을 알 수 있었다. 즉 양자점의 크기가 증가할수록 piezoelectric field가 양자점내의 전자와 정공의 재결합에 미치는 영향이 증가함을 알 수 있다. 크기가 작은 양자점 (1.32 nm)을 발광층으로 하는 발광다이오드의 발광세기는 100 mA 전류 주입 시, 크기가 큰 양자점 (2.81 nm)을 적용한 소자에 비해 약 3.1 배 증가했다. 크기가 작은 양자점의 밀도가 5.5배 낮음에도 불구하고 발광세기가 증가하는 결과로 미루어 양자점의 크기가 감소할수록 piezoelectric field의 영향이 감소하여 전자와 정공의 재결합효율이 증가하며, 이에 따라 InGaN 양자점 발광다이오드의 발광세기가 증가함을 알 수 있다.