

청색과 녹색 GaN계 LED 및 LD소자를 이용한 자발 발광 시 효율 감소 현상에 대한 연구

정규재, 이재환, 한상현, 이성남*

한국산업기술대학교 나노-광공학과

III-N계 물질로 이루어진 GaN 기반의 광 반도체는 직접 천이형 넓은 밴드갭 구조를 갖고 있기 때문에 적외선부터 가시광선 및 자외선까지를 포함한 폭 넓은 발광파장 조절이 가능하여 조명 및 디스플레이 관련 차세대 광원으로 많은 관심을 받고 있다. 하지만, GaN기반의 발광 다이오드는 많은 연구기관들의 오랜 연구에도 불구하고 고출력을 내는데 있어 여전히 많은 문제들이 존재한다. 그 중, 주입전류 증가에 따른 효율감소 현상은 출력을 저해하는 대표적인 요소로 알려져 있는데, 이전의 연구 결과에서 알려진 효율감소 현상의 원인으로 결정결함에 의한 누설전류, Auger 재결합, 이송자 넘침 현상 그리고 p-n접합부의 온도 상승 등의 현상이 알려져 있다 [1-2]. 하지만 여전히 주입 전류 증가에 따른 효율 감소 현상의 원인에 대해 명확한 해답은 없으며 아직도 많은 논의가 이루어지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 GaN기반의 청색 및 녹색 LD와 LED소자를 이용하여 주입전류 밀도의 변화에 따른 자발 발광 영역에서의 효율감소 현상의 원인을 규명하고 한다. 유기금속화학증착법(MOCVD)를 이용하여 c면 사파이어 위에 서로 다른 발광파장을 가지는 InGaN/GaN 다중양자우물구조의 질화물계 LED와 LD 박막을 제작하였으며 성장 구조에 의한 특성으로 인해 발생하는 효율 저하 현상을 방지하고자 InGaN/GaN으로 이루어진 다중양자우물층의 조성만 제어하여 청색과 녹색으로 발광하도록 하였다. 청색 및 녹색 LD 웨이퍼들을 이용하여 주입전류 증가에 따른 발광특성을 조사하기 위해 LD와 LED는 표준 펄스 공정에 의해 제작되었다. 전계 발광 측정을 위해 상온에서 직류 전류를 주입하여 GaN계 청색 및 녹색 LED와 LD에 각 5 mA/cm²에서 50 mA/cm²까지 전류밀도를 증가시키며 따라 LD 및 LED 칩 형태에 상관없이 청색 LD와 LED의 파장은 약 465nm에서 약 458nm로 감소하였고 녹색 LD와 LED의 파장은 약 521nm에서 약 511~513 nm까지 단파장화가 발생했다. 이는 동일한 웨이퍼에 동일한 전류 밀도를 주입하였기 때문에 발생하는 것으로 판단된다. 그러나, 청색 LED의 효율은 50 mA/cm²에서 약 70%정도로 감소하고 반면 녹색 LED의 경우 동일한 전류밀도 하에 약 52%정도로 감소하였지만, 청색과 녹색 LD의 경우 동일한 전류 밀도의 범위 내에서 더욱 낮은 효율저하 현상을 나타내었다. 또한, 접합 온도를 측정할 때 청색소자가 녹색 소자에 비하여 낮은 접합 온도를 나타낼 뿐 아니라, 청색 및 녹색 LD의 경우 LED 보다 낮은 접합 온도를 나타내고 있었다. 이는 InGaN 활성층의 In 조성이 증가할수록 비발광 센터에 의한 접합온도 상승 뿐 아니라, LD ridge 구조에서 더 많은 열이 방출되어 접합 온도가 감소될 수 있는 것으로 판단된다. 우리는 동일한 웨이퍼에 LED와 LD를 제작하였고, 동일한 전류 주입밀도를 인가하였기 때문에 LD와 LED의 효율 감소 현상의 차이는 이송자 넘침 현상, 결정 결함, 오제 재결합 등이 원인보다 활성층의 접합 온도 상승이 가장 큰 영향이 될 수 있을 것으로 판단된다.

Keywords: LED, LD, 효율 감소 현상