

온도와 여기밀도에 따른 GaN 에피층의 형광 특성

Temperature and Excitation Density Dependence of Photoluminescence from GaN Epilayer

추장희, 김혜림, 주민수, 김진중
 전력연구원 에너지환경고등연구소
 jhchu@kepri.re.kr

III족 질화계 반도체는 가시광에서 자외선영역의 광전자 소자 및 새로운 광원으로 응용 가능성이 높아 많은 연구가 이루어지고 있다. 질화계 반도체는 높은 열전도도, 견고함, 화학적 안정성과 발광세기 등의 매력적인 특성을 가지고 있다. 청색 LED와 LD의 소재로 각광을 받고 있는 GaN는 직접 천이형으로써 실온에서 3.4 eV의 넓은 밴드 갭을 갖는 물질이다.

본 연구에서는 MOCVD법으로 sapphire 기판 위에 성장한 두께가 3 μm 인 undoped GaN와 Si-doped GaN 에피층의 광발광(PL) 특성을 온도와 여기광의 세기 변화에 대하여 조사하였다.

Fig. 1은 cw He-Cd laser로 여기하여 (a)온도 변화와 (b) 14 K에서 여기광의 세기에 대한 undoped GaN의 PL 특성을 보였다. undoped 시료인 경우 14 K에서 측정된 PL 스펙트럼은 3575 Å에서 donor-bound 엑시톤인 I_2 피크와 3568 Å에서 A-엑시톤 피크, 그리고 3560 Å에서 B-엑시톤이 약하게 나타났다. 온도가 증가함에 따라 I_2 피크의 세기가 감소하며, 상대적으로 A-엑시톤 피크는 증가하는 현상을 나타냈다. 80 K 이상의 온도에서는 I_2 피크의 세기가 줄어들어 120 K에서는 거의 없어진 것을 볼 수 있다. 이것은 donor-bound 엑시톤이 온도가 높아지면서 깨어져 자유 엑시톤으로 존재하기 때문이다. cw 레이저 광원의 10 mW 정도의 여기광의 세기를 ND 필터로 변화시키면서 PL 스펙트럼을 측정된 결과는 PL 발광의 세기는 줄어들었지만 모양은 변하지 않았다.

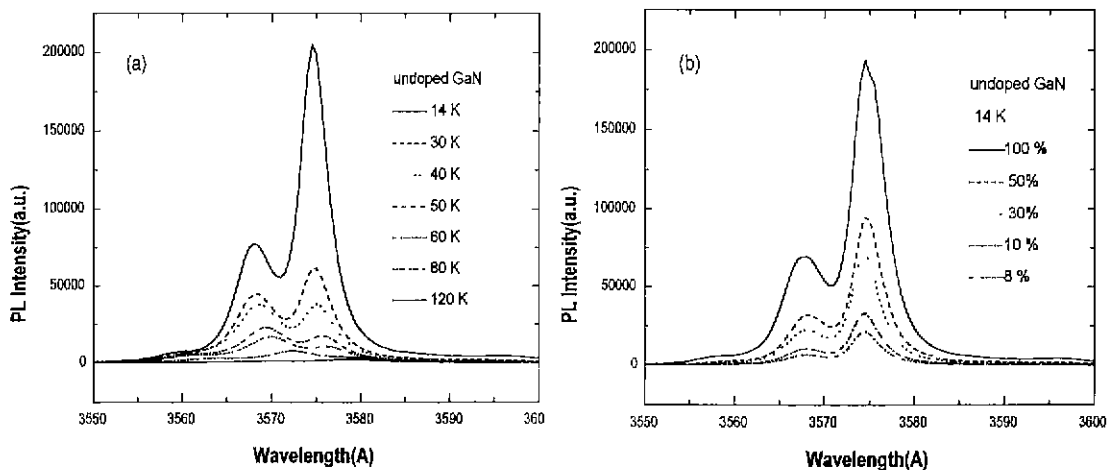


Fig. 1. Temperature dependent PL spectra(a) and intensity dependent PL spectra at 14 K(b) for cw low excitation density.

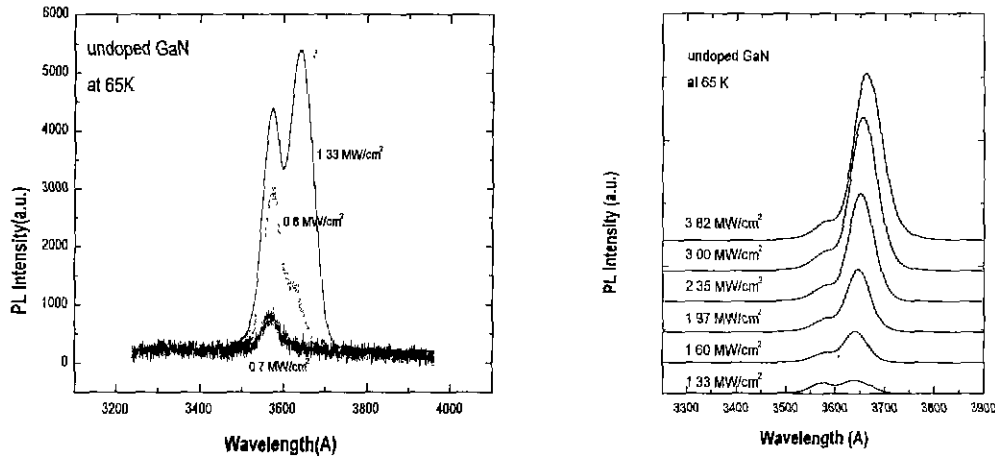


Fig. 2. Intensity dependence of the PL spectra for high excitation density at 65 K.

Fig. 2는 10 Hz로 동작하는 Nd-YAG 레이저의 4th harmonics인 266 nm 파장의 약 5 ns 펄스 폭을 갖는 펄스로 펌핑하여 측정된 PL 스펙트럼이다. 여기광의 세기가 0.7 MW/cm² 일 때는 band-to-band 전이에 의한 피크가 3571 Å에 보인다. 여기광의 세기를 0.8 MW/cm² 로 여기 했을 때는 band-to-band 전이 피크뿐만 아니라 3650 Å 근처에서 새로운 피크가 나타나는 것을 볼 수 있다. 점점 더 세기를 증가시키면 이 피크가 더 우세해지며, 1.60 MW/cm² 이상에서는 이 새로운 피크가 우세하게 형광스펙트럼을 지배하는 것을 볼 수 있다. 이 새로운 피크는 electron-hole plasma에 의한 형광 피크로 판단된다. Wide band gap 반도체에서는 고여기 밀도 여기과정에서는 electron-hole plasma에 의한 거동이 우세하게 작용하는 것으로 알려져 있다.[1] 이와 같은 과정을 밝힘으로써 레이저 다이오드의 작동 메커니즘을 밝히는데 도움이 될 것으로 생각된다.

결론으로 MOCVD법으로 sapphire 기판 위에 성장한 GaN 에피층의 형광특성을 온도와 여기광의 밀도에 대하여 조사하였다. 여기광의 밀도가 낮은 영역에서는 donor-bound 엑시톤과 free 엑시톤에 의한 형광 특성이 나타났으며, 5 ns 펄스 폭을 갖는 266 nm 파장의 10 Hz의 펄스 레이저로 여기 했을 때는 엑시톤뿐만 아니라 이 보다 더 낮은 에너지에서 나타나는 electron-hole plasma 재결합에 의한 효과를 관찰하였다.

Reference

1. N. Peyghambarian, S. W. Koch, and A. Mysyrowicz, *Introduction to Semiconductor Optics* (Prentice-Hall International, Inc., Englewood Cliffs, 1993) pp.310-312.

