

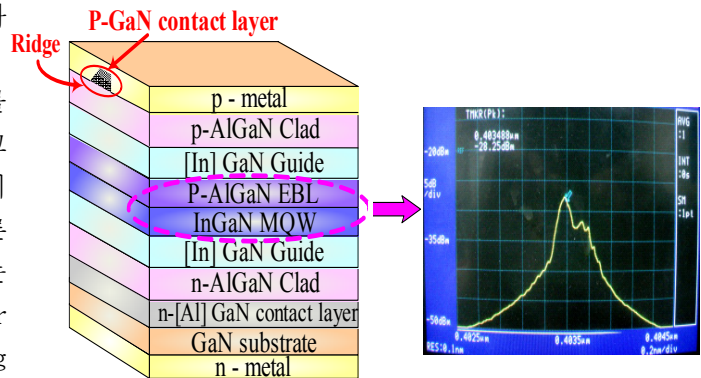
압전 전하 효과에 따른 AlGaInN 레이저 동작 특성

Piezoelectric charge effect on AlGaInN LD lasing characteristics

조형욱, 이종창
 홍익대학교 전자정보통신공학과
 e-mail : uki79@mail.hongik.ac.kr

넓은 band-gap을 가지는 GaN, AlN, InN 반도체와 이러한 3가지 이상의 물질로 구성된 Nitride 화합물반도체를 기본으로 하는 고휘도 blue-green LED와 blue-green LD (Laser Diode) 제작의 성공은 광전자부품의 응용연구에 획기적인 발전을 가져왔다.^[1] 이러한 3족 nitride들은 일반적으로 Wurtzite 결정으로서 sapphire나 SiC 기판에 성장된다. 현재 사용되는 650nm 파장의 적색 레이저를 사용한 DVD 매체에 비해서 AlGaInN 블루레이저(405nm)를 사용한 차세대 광정보저장기술은 현재 대비 약 5배의 저장용량을 제공한다. 고해상도의 고품질 TV의 보급은 현재 DVD 이상의 고용량 데이터를 포함한 새로운 미디어를 필요로 하게 되어, 405nm 블루 레이저 기반의 블루레이나 HD-DVD 미디어 연구가 지속되고 있다.

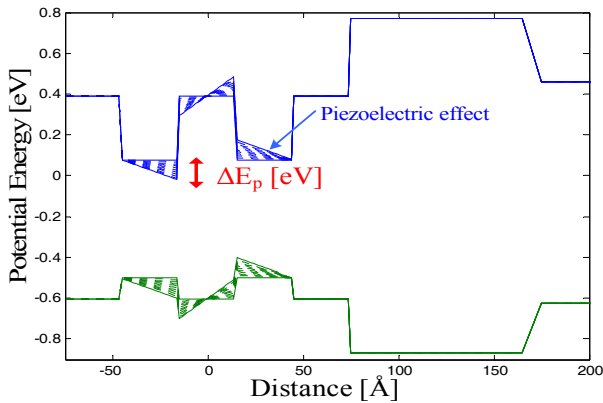
본 연구에서는 [그림1]과 같은 AlGaInN 화합물 구조로 이루어진 405nm Blue LD를 strain을 고려하여, 압전효과(piezoelectric effect : 재료에 stress가 가해지면 분극이 생기는 현상)에 따른 영향을 연구하였다. InGaN MQW 구조는 Quantum Well이 $In_{0.12}Ga_{0.88}N$, Quantum barrier가 $In_{0.02}Ga_{0.98}N$, 그리고 EBL(Electron Blocking Layer)은 $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$ 의 물질로 구성되어 있다.



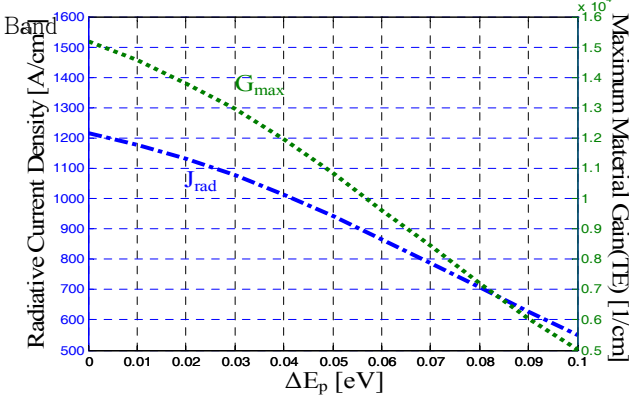
[그림1] 405nm Blue LD 구조

k-p method를 기본으로 Wurtzite Structure에서 Strained Quantum Well을 해석하기 위한 Hamiltonian-matrix를 유도하여, crystal-field splitting energy와 spin orbital energy, interband momentum-matrix elements와 같은 band-edge parameter를 유도하여, potential energy bandgap, maximum gain, spontaneous emission spectrum, current등을 계산하였다. 이렇게 계산되어진 값들은 piezoelectric effect와 tunneling induced dipole moment의 영향들을 해석하였다.^[2]

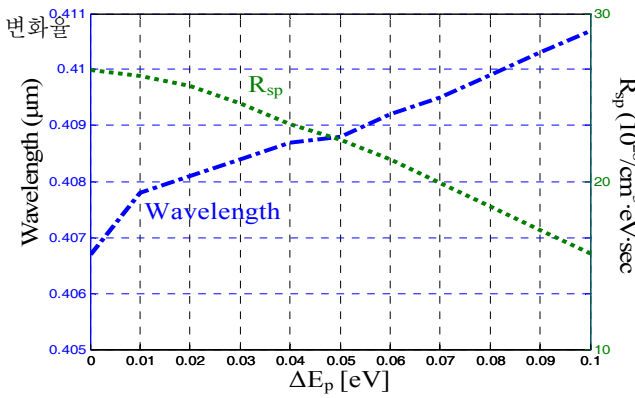
[그림2,3]와 같이 piezoelectric effect^[3]와 tunneling induced dipole moment^[4]에 의해 band bending ΔE_p 값이 0eV~0.1eV까지 변하는 경우를 해석하였다. 그에 따른 Radiative current density와 Maximum material gain값의 변화율이 [그림4,5]이다. ΔE_p 값이 증가함에 따라 LD의 성능이 열화되는 것을 볼 수 있다. 한편, 그림[6,7]은 ΔE_p 값이 증가함에 따라 중심파장과 R_{sp} (rate of spontaneous emission into the lasing mode) 값의 변화를 보여준다. 이 연구를 통하여 Piezoelectric 효과와 Tunneling에 의한 분극이 Blue LD의 발광 성능에 미치는 영향을 정량적으로 조사하였다.



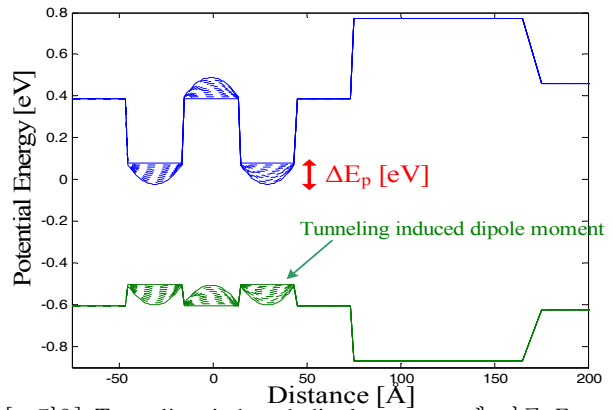
[그림2] Piezoelectric effect에 따른 Energy Band



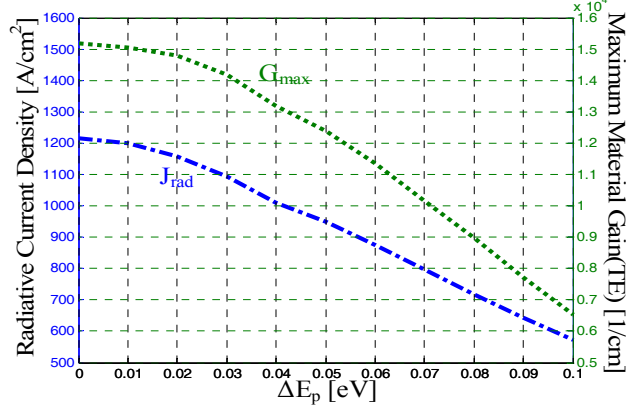
[그림4] Piezoelectric effect에 따른 J_{rad} , Gain 변화율



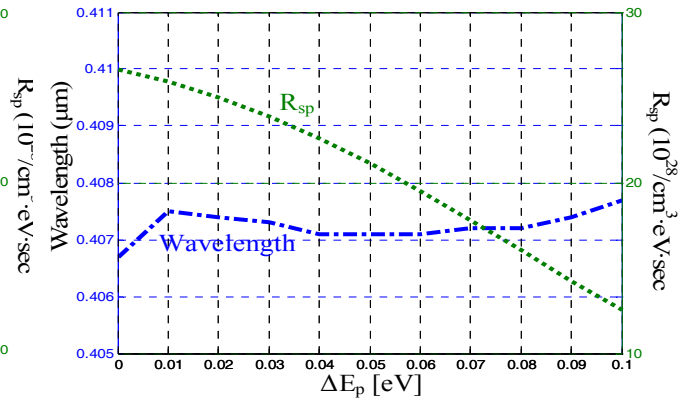
[그림6] Piezoelectric effect에 따른 R_{sp} , λ 변화율



[그림3] Tunneling induced dipole moment에 따른 Energy



[그림5] Tunneling-induced dipole moment에 따른 J_{rad} , Gain



[그림7] Tunneling induced dipole moment에 따른 R_{sp} , λ 변화율

1. S.Nagahama, T.Yanamoto, M.Sano, T.Mukai, "Blue-Violet Nitride Laser", *Phys. stat. sol. (a)* 194, no.2, 423-427 (2002).
2. J.D.Kim, J.C.Yi, "Analysis of emission spectrum of strained AlGaIn QW LD", *제16회 동계 광학회*, 291-292 (2005).
3. J.Piprek, S.Nakamura, "Physics of high-power InGaN/GaN lasers", *IEEE Pro.-Optoelectron.* Vol. 149, No. 4, August (2002).
4. Betty Lise Anderson, Richard L. Anderson, "Fundamentals of Semiconductor Devices, *Mc Graw Hill*, 322-327 (2005)