

P-type AlGa_N Carrier Blocking Layer를 삽입하여 성장된 UV-LED구조의 광학적 특성 연구

Optical investigation of UV-LED structures grown with p-type AlGa_N Carrier Blocking Layer

정 현, 박은미, 김서군, 차옥환, 정문석¹⁾, 변지수¹⁾, 서은경

전북대학교 반도체과학기술학과/반도체물성연구소, ¹⁾광주과학기술원 고등광기술연구소

eksuh@chonbuk.ac.kr

III-nitride-based UV-LED의 내부, 외부 효율을 향상시키기 위해 여러 연구가 진행 되어 왔다. 본 연구에서는 UV-LED의 효율을 향상시키기 위한 방법으로 p-type AlGa_N을 Carrier Blocking Layer(CBL)로 삽입시킨 UV-LED구조에서의 광학적 특성을 CBL의 두께, 조성비 변화에 따라 측정 분석하였다. Poor hole injection과 low hole mobility에 의해 Active layer의 전자들은 p-type cladding layer로 overflow된다. Overflow된 전자들은 주로 정공과 만나 발생하는 발광성 재결합을 줄일 뿐 아니라 접결합 혹은 면결합에서 발생하는 비 발광성 재결합도 줄어들게 한다. 이러한 과정에 의해 UV-LED의 power와 efficiency는 둘 다 줄어들게 된다. CBL을 삽입한 UV-LED 구조는 active layer에서 p-type cladding layer로 overflow되는 전자를 막아줌으로서, high PL intensity 와 high output power 특성을 가지며 AlGa_N-Based UV-LED에서 나타나는 parasitic emission역시 줄어드는 효과를 가지고 있다.

본 연구에서 사용된 시료들은 MOCVD(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition)를 이용하여 성장한 p-type AlGa_N CBL의 UV-LED구조이다. 이 때 우물층과 장벽층은 InGa_N과 Ga_N의 3주기로 성장되었다. 삽입된 CBL의 위치는 우물층과 p-Ga_N층 사이에 삽입하였을 때가 가장 효과적인 것으로 이미 밝혀진바 있으며⁽¹⁻³⁾ 본 연구에서 역시 같은 위치에 성장하였다. CBL의 두께를 50 Å, 80 Å, 125 Å로 변화시켜 성장된 시료들의 특성을 분석하였으며, 또한 125 Å 두께의 CBL에서 AlGa_N의 Al 조성비를 10%, 15%, 20%로 변화시켜 각 시료의 특성을 분석하였다. 그 결과 CBL의 두께가 증가 할수록, Al 조성비가 증가 할수록 Photoluminescence(PL) 특성이 좋아졌음을 알 수 있었다. 또한 Time Correlated Single Photon Counting(TCSPC)을 이용한 각 시료들의 decay time을 측정하여 운반자 동역학 특성을 분석하였다.

Fig.1. 은 Al 조성비를 15%로 고정한 후 CBL의 두께를 50 Å, 80 Å, 120 Å 으로 변화 시켜 성장한 시료들의 PL 스펙트럼을 나타낸 것이다. 성장된 시료들의 edge 부근의 PL 결과를 나타내었다. 보는 바와 같이 CBL의 두께가 증가 할수록 PL intensity가 높아지는 것을 알 수 있었고, peak position의 변화가 나타났다. Fig.2. 는 CBL의 두께를 120 Å으로 고정시킨 후 Al 조성비를 10%, 15%, 20%로 변화 시켜 성장한 시료들의 PL스펙트럼을 나타낸 것이다. 성장된 시료들의 edge 부근의 PL 결과를 나타내었다. 각 시료의 edge부근 PL을 측정하여 비교한 결과 Al 조성비가 20%일 때 PL intensity가 가장 높았으며 마찬가지로 peak position의 변화를 볼 수 있다. CBL의 두께 변화와 Al 조성비 변화에 의해 성장된 각 시료들의 PL 특성을 비교한 결과 120 Å두께에 20%의 Al 조성비를 가졌을 때 가장 PL특성이 좋은 것으로 나타났다. TCSPC를 통해 시료의 운반자 동역학 특성을 분석하기 위해 CBL이 삽입되지 않은 시료와 120 Å 두께에 20%의 Al 조성비를 가진 CBL을 삽입한 시료의 decay time을 측정, 비교하였다. (Fig.3.)

TCSPC 측정 결과 CBL을 삽입하여 성장한 시료는 CBL을 삽입하지 않고 성장한 시료보다 fast decay time은 증가하였고 slow decay time는 감소하였다. CBL에 의해 carrier lifetime의 변화가 나타났음을 알 수 있다. Fig.4. 는 두께가 120 Å이고 Al의 조성비가 20%인 CBL을 삽입한 시료의 온도의존성 TCSPC를 측정한 것이다. 온도가 낮아질수록 decay time이 증가하는 일반적인 형태를 보이고 있다.

본 연구에서는, InGaN/GaN 3주기 다중양자우물의 well과 p-type GaN 사이에 p-type AlGaN Carrier Blockin Layer(CBL)를 삽입하여 성장한 UV-LED의 CBL 두께와 Al 조성비를 변화 시켜가며 시료들의 PL 특성을 비교 분석하였다. 그 결과 120 Å 두께에 20%의 Al 조성비를 가졌을 때 가장 PL intensity가 높은 것으로 나타났다. TCSPC를 통해 decay time을 측정함으로써 CBL의 운반자 동역학 특성을 확인할 수 있었다.

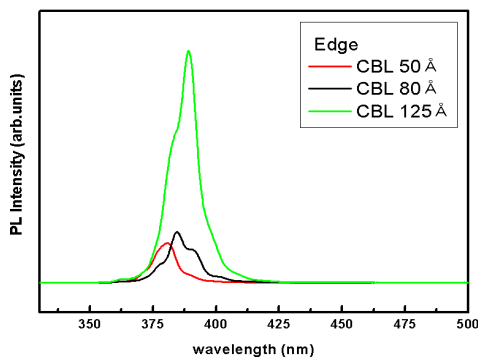


Fig.1. Thickness dependence PL of UV-LED structure with CBL.

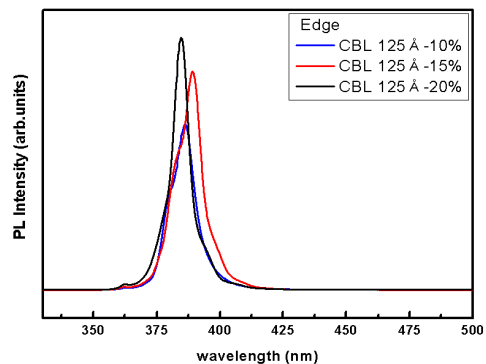


Fig.2. Al composition dependence PL of UV-LED structure with CBL.

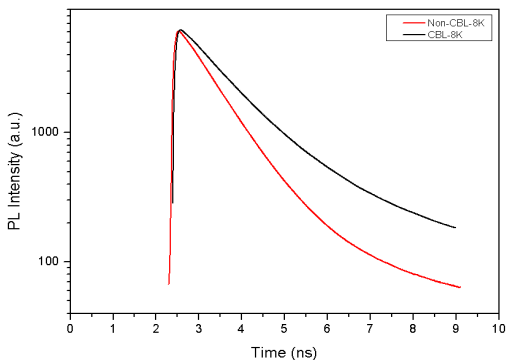


Fig.3. Decay times of UV-LED structure with CBL and without CBL.

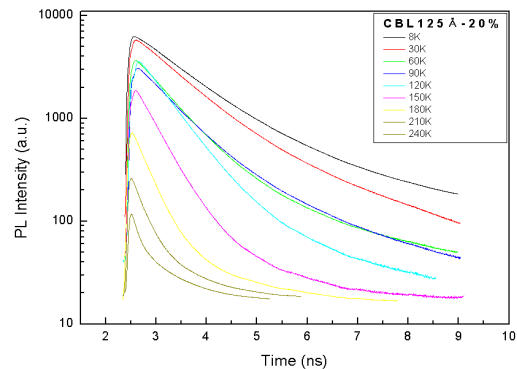


Fig.4. Temperature dependence carrier dynamics of UV-LED structure with CBL.

참고문헌

1. Ji-Soo Park, Daryl W. FOTHERGILL, Xiyao ZHANG, Zachary J. REITMEIER, John F. MUTH and Robert F. DZVIS, Jpn. J. Appl. Phys. 44, 7254 (2005)
2. T. Nishida, H. Saito and N. Kobayashi, Appl. Phys. Lett., 78, 3927 (2001)
3. J. Zhang, W. Shuai, S. Rai, V. Mandaville, V. Adivarahan, A. Chitnis, M. Shatalov and M. A. Khan, Appl. Phys. Lett., 83, 3456 (2003)