

기상 이동법으로 성장한 ZnO disk의 photoluminescence 특성

Photoluminescence properties of ZnO disks grown using vapor phase transport

남기웅^{a*}, 김민수^b, 김소아람^b, 박형길^a, 윤현식^a, 임재영^{a,b}

^{a*}인제대학교 나노공학부(E-mail:bestnam2000@nate.com), ^b인제대학교 나노메뉴팩처링 나노시스템공학과

초 록: ZnO disk는 Ar 가스의 ON/OFF 사이클을 사용한 기상 이동법으로 성장하였다. 온도 의존성 photoluminescence (PL)은 PL 스펙트럼의 quenching 동작을 관찰하는 메커니즘을 연구하기 위해 조사하였다. ZnO disk의 12 K PL 스펙트럼에서 3.364, 3.315, 3.244, 3.212, 3.170, 3.139, 3.100 eV의 피크를 관측되었고, 그것은 각각 excitons bound to neutral donors (D⁰X), A-line, first-order longitudinal optical (1LO) phonon replica of A-line (A-1LO), donor-to acceptor pair (DAP), A-2LO, DAP-1LO, A-3LO 이다. D⁰X와 A-line 피크는 Varshni 공식에 의해서 피팅을 하였고, 도너 이온화 에너지는 40 meV 이었다. Free excitons, D⁰X, A-line의 lifetime은 이론적으로 계산하였고, 온도가 증가함에 따라 lifetime이 증가하였다.

1. 서론

ZnO는 육방정계 형태의 wurtzite 결정구조를 가지고 있으며, 밴드갭 에너지가 약 3.4 eV인 직접천이형 반도체이다. 특히, ZnO의 엑시톤 결합에너지가 약 60 meV로써 GaN (약 25 meV), ZnSe (19 meV) 등의 화합물 반도체보다 매우 큰 결합에너지를 가지고 있으며, 가시광영역에서 높은 광투과도와 굴절률을 가지고 있어 고품위 광소자 제작과 응용에 매우 유리한 특성을 가지고 있다. ZnO의 photoluminescence (PL) 연구는 그 물질의 양질과 순도에 관한 가치있는 정보를 제공한다. 하지만 ZnO에 대한 온도 의존성 photoluminescence (PL)의 연구는 아직 미흡하다.

2. 본론

본 연구에서는 기상이동으로 ZnO disk를 성장하였고, 그에 따른 분석은 온도의존성 PL로 조사하였다. ZnO disk의 12 K PL 스펙트럼에서 3.364, 3.315, 3.244, 3.212, 3.170, 3.139, 3.100 eV의 피크를 관측하였고, 그것은 각각 excitons bound to neutral donors (D⁰X), A-line, first-order longitudinal optical (1LO) phonon replica of A-line (A-1LO), donor-to acceptor pair (DAP), A-2LO, DAP-1LO, A-3LO 이다. 온도의존성 PL에서 모든 피크들의 세기는 온도가 증가함에 따라 감소하였다.

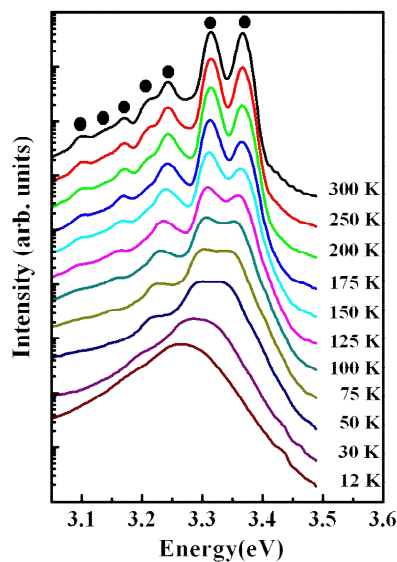


Fig. 1. Temperature dependence of the PL spectra of ZnO disks.

Varshni 피팅에 의해서, FX와 D°X의 사이 에너지 간격은 12 meV로 측정되었으며, Hayne의 규칙의 근거로 donor-binding energy는 40 meV 이었다. Maxwell-Boltzmann 분포를 이용하여 이론적인 lifetime을 계산하였고, 그 lifetime은 온도가 증가함에 따라서 증가하였다.

3. 결론

ZnO disk의 온도의존성 PL에서 7가지의 피크들이 나타났다. D°X는 12 K에서 우세하였으며, 온도가 증가함에 따라 FX가 우세하였다. Varshni 공식과 Haynes 규칙의 근거로 donor-binding energy는 40 meV 이었다. D°X, FX, A-line의 이론적인 lifetime은 온도가 증가함에 따라 증가하였다.

참고문헌

1. G.W.'t Hooft, W.A.J.A. van der Poel, and L.W. Molenkamp, Phys. Rev. B, 35 (1987) 8281.
2. B. Zhang, B. Yao, S. Wang, Y. Li, C. Shan, J. Zhang, B. Li, Z. Zhang, and D. Shen, J. Alloys Compd., 503 (2010) 155.