

산소 가스를 이용한 산화아연의 전자 농도와 광발광 세기 조절

강홍성, 김재원, 이상렬

연세대학교

Control of electron concentration and photoluminescence intensity of ZnO thin films using oxygen gas

Hong Seong Kang, Jae Won Kim, and Sang Yeol Lee

Yonsei University

Abstract

The electron concentration of ZnO thin film fabricated by pulsed laser deposition was controlled by varying oxygen gas pressure. The electron concentration of ZnO was increased from 10^{17} to 10^{19} /cm³ as oxygen gas pressure increased from 20 mTorr to 350 mTorr. Ultraviolet (UV) intensity of photoluminescence of ZnO was controlled, too. UV intensity of ZnO was increased as oxygen gas pressure increased from 20 mTorr to 350 mTorr. The relation between electron concentration and UV intensity was investigated.

Key Words : ZnO, pulsed laser deposition, electron concentration, ultraviolet photoluminescence.

1. 서 론

ZnO는 상온에서 3.37 eV의 밴드갭을 가지는 직접형 화합물 반도체로 투명 전극, 박막 gas sensor, 바리스터, 태양 전지, 발광 물질, 이종접합 다이오드, UV 레이저 등에 많은 응용이 연구되고 있다[1,2]. ZnO 박막은 넓은 밴드갭으로 인해 UV 대역에서의 발광특성을 보이지만 실제 박막의 경우 박막이 화학양론적으로 증착되지 못하고, Zn의 과잉이나 O의 부족으로 n형의 반도체 특성을 갖게 되는데, 이 경우 green, yellow, orange 등의 가시광선 영역의 발광을 한다[1-4]. 이러한 비화학양론적 성장에 의한 native defects의 증감은 박막 제조 공정시 기판온도나 분위기 가스의 양, 증착률의 조절 등에 의해 그 양이 조절 될 수 있으며, 이러한 결과는 홀추정이나 photoluminescence (PL) 측정[5]에 의해 상대적인 양이 측정될 수 있다.

ZnO의 ultraviolet(UV) 영역은 크게 7가지의 영역으로 나누어지며[5], 이 중에서 neutral donor bound exciton이 n-type conductivity를 나타내는

shallow donor와 밀접한 관계가 있음이 보고 되었다[6].

본 연구에서는 ZnO 박막 제작중에 산소량의 조절을 통하여 전자 농도를 조절하였고, 이에 따른 발광특성의 변화를 측정하여 그 관계를 규명하였다.

2. 실험

ZnO 박막은 (001) 사파이어기판 (Al_2O_3)위에 증착되었다. PLD법을 이용하여 증착하였고 레이저 원으로는 Q-Switched Nd:YAG laser를 사용하였다. 타겟은 5N (99.999%) ZnO 세라믹 타겟을 사용하였고, 사용된 레이저의 파장은 355 nm 였다. 증착온도는 400°C였고 산소 분압을 50 mTorr에서 350 mTorr까지 변화시켜가면서 박막을 증착하였다. 홀추정과 PL 측정을 실시하였다. PL 레이저원은 20 mW, 325 nm의 He-Cd 레이저를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 산소분압의 증가에 따른 ZnO 박막의 전자 농도에 관한 결과이다. 50 mTorr에서 350 mTorr 사이에서 산소 분압 증가에 따라 전자 농도가 증가함을 알 수 있었다. 이것은 PLD 공정에서 산소 분위기압 증가에 따라 산소와 아연간의 충돌의 증가로 많은 native defects가 증가하였기 때문으로 판단된다. 전자 농도는 $1.573 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 에서 $1.456 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 까지 변화되었다.

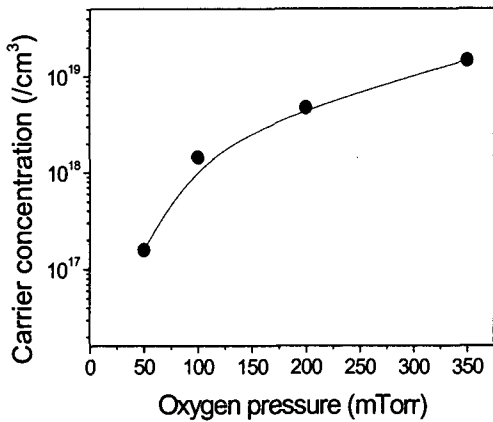


그림 1. 산소분압 변화에 따른 ZnO의 전자농도의 변화.

이러한 농도 변화의 결과와 일치하게 저항률도 변화되었다. 그림 2에서 보는 바와 같이 산소 분압이 50 mTorr에서 350 mTorr로 증가됨에 따라 저항률이 $1.79 \Omega/\text{cm}$ 에서 $2.839 \times 10^{-2} \Omega/\text{cm}$ 까지 감소하였다. 그러나 그림 3에서 보는 바와 같이 이동도의 결과는 일치하지 않았다. 100 mTorr이상에서는 12에서 $15 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 의 이동도를 가지나 100 mTorr 이하인 50 mTorr에선 $50 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 높은 이동도를 나타내었다.

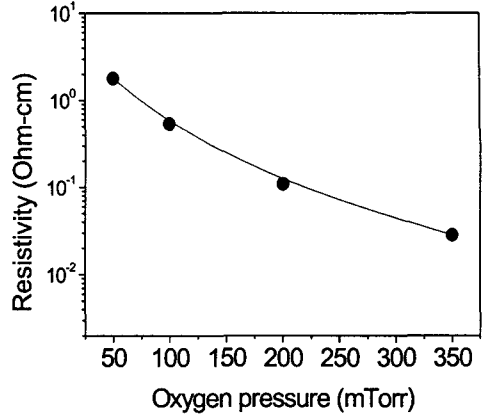


그림 2. 산소분압 변화에 따른 ZnO의 저항률의 변화.

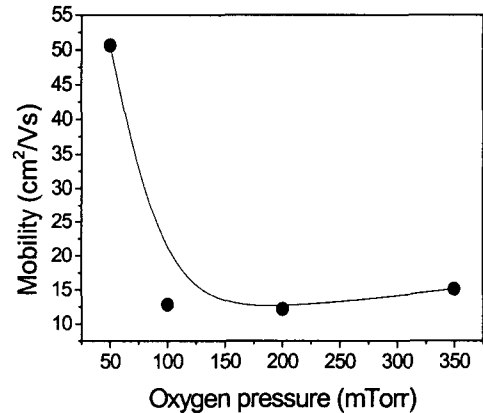


그림 3. 산소분압 변화에 따른 ZnO의 이동도의 변화.

그림 4는 산소 분압에 따른 ZnO 박막의 PL 측정 결과이다. 50 mTorr에서 350 mTorr 까지 산소 분압이 증가함에 따라 UV의 발광이 강해짐을 알 수 있다. ZnO의 UV 발광이 n-type conductivity를 나타내는 shallow donor와 관련이 있다는 기존의 보고[6]와 비교해 보면 결과가 일치됨을 알 수 있다.

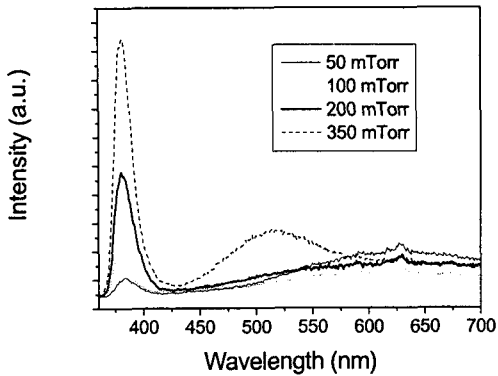


그림 4. 산소분압 변화에 따른 ZnO의 PL spectra.

4. 결 론

본 연구에서는 산소 분위기압의 변화에 따른 ZnO 박막의 전기적 특성 변화와 광학적 변화를 관찰 하였다. 50 mTorr에서 350 mTorr의 산소 분위기압의 범위에서 산소 분위기압 증가에 따라 ZnO 박막의 전자농도가 증가됨을 알 수 있었고 이것은 ZnO 박막의 UV 발광의 증가와 일치되는 결과를 나타냄을 관찰하였다. 본 연구 결과를 통하여 ZnO 박막의 UV 발광이 n-type conductivity를 나타내는 shallow donor level과 밀접한 관계를 나타냄을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 에너지관리공단 학술진흥사업에 의해 지원 되었음.

참고 문헌

- [1] Hong Seong Kang, Jeong Seok Kang, Jae Won Kim and Sang Yeol Lee, J. Appl. Phys., 95, 1246, 2004.
- [2] Hong Seong Kang, Jeong Seok Kang, Seong Sik Pang, Eun Sub Shim and Sang Yeol Lee, Materials Science and Engineering B, 102, 313, 2003
- [3] A. Studenikin, N. Golego, and M. Cocivera , J. Appl. Phys., 84, 2287, 1998.
- [4] K. Vanheusden, W. L. Warren, C. H.

Seager, D. R. Tallant, and J. A. Voigt, B. E. Gnade, J. Appl. Phys. 79, 7983 (1996).

- [5] S. A. Studenikin, Michael Cocivera, W. Kellner and H. Pascher, J. Lumin. 91, 223, 2000.
- [6] Yuri M. Strzhemechny, Howard L. Mosbacker, David C. Look, Donald C. Reynolds and Cole W. Litton, Nelson Y. Garces, Nancy C. Giles, and Larry E. Halliburton, Shigeru Niki, Leonard J. Brillson, Appl. Phys. Lett., 84, 2545, 2004.