

사파이어 기판 위에 증착된 ZnO 박막의 후열처리에 따른 발광특성 연구

Effects of post-annealing treatment at various temperature on the light emission properties of ZnO thin films on sapphire

강홍성, 심은섭, 김정석, 김종훈, 이상렬

Hong Seong Kang, Eun Sub Shim, Jeong Seok Kang, Jong Hun Kim, Sang Yeol Lee

Abstract

ZnO thin films on (001) sapphire substrates have been deposited by pulsed laser deposition(PLD) technique at the oxygen pressure of 350 mTorr. In order to investigate the effect of post-annealing treatment with oxygen pressure of 350 mTorr on the optical property of ZnO thin films, films have been annealed at various substrate temperatures after deposition. After post-annealing treatment in the oxygen ambient, the optical properties of the ZnO thin films were characterized by PL(Photoluminescence) and structural properties of the ZnO were characterized by XRD, and have investigated structural property and optical property for application of light emission device.

Key Words : ZnO, PLD, sapphire substrate, post-annealing, PL, XRD

1. 서 론

ZnO는 II-VI족 화합물 반도체로서 acoustic wave 소자, 압전 소자, 광전 소자 등의 응용[1-3]과 태양전자, 바리스터등의 응용에 많은 가능성과 관심을 보여주고 있다[4-6]. 특히 ZnO는 플랫 패널 디스플레이의 응용에서 저전압 발광을 위한 형광 물질로써도 많은 관심을 모으고 있다[7-8]. ZnO 박막은 MBE(Molecular beam epitaxy), RF(Radio frequency) sputtering, CVD(Chemical vapor deposition), PLD(Pulsed laser deposition)법 등에 의해 제작된다. 그중에서 PLD법은 높은 에너지를 가

진 particle들을 생성할 수 있고 낮은 기판온도에서도 고품질 박막 성장이 가능하고 높은 분위기 가스압력 하에서도 박막성장이 가능하다는 장점이 있다[9-10]. 또한 PLD법은 펄스 레이저에 의해 생성된 플라즈마가 가스 분위기압의 변화에 따라 쉽게 조절된다는 장점을 가지고 있다[11-12].

본 연구에서는 PLD법을 이용하여 (001) 사파이어 기판위에 ZnO 박막을 증착하였다. ZnO 박막은 증착 시 기판온도나 분위기 산소압에 따라 여러 가지 다른 PL이나 XRD 특성을 나타낸다[14-15]. 본 논문에서는 사파이어 기판 위에 증착시킨 ZnO 박막의 후열처리 특성에 관하여 XRD와 PL을 통하여 구조적, 광학적 특성을 고찰하였다.

* 연세대학교 전기전자공학과
(서울시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 전기전자공
학과 정보소자 및 소재응용 연구실 (공학관 A240)
Fax: 02-364-9770
E-mail : sylee@yonsei.ac.kr)

2. 실험

ZnO 박막은 (001) 사파이어기판(Al_2O_3)위에 PLD 법에 의해 증착하였고 레이저 원으로는 Q-Switched

Nd:YAG laser를 사용하였다. 사용된 레이저의 파장은 355nm였다. 타겟은 99.999%의 순도를 가진 ZnO 타겟을 사용하였고 기판과 타겟과의 거리는 5cm이고 레이저 밀도는 2.5 J/cm² 였다. ZnO 박막 증착시 기판 온도는 400℃, 산소분위기압은 350 mTorr 였다. 먼저 400℃에서 증착한 ZnO와 400℃에서 증착한뒤 같은 온도에서 후열처리한 ZnO 박막을 비교하였고 기판온도 600℃, 700℃, 800℃에서 후열처리한 박막들을 비교하여, 각각에 대하여 XRD와 PL을 통하여 구조적, 광학적 특성을 분석하였다. 후열처리 시간은 모두 1시간이었고 1기압의 산소 분위기압하에서 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1의 XRD 스펙트럼에서 보는 바와 같이 400℃에서 (001)사파이어 기판위에 증착 시킨 ZnO 박막은 34.6° 근방에 (002) ZnO 피크를 나타내며 결정성 있는 c축 성장을 하였음을 나타낸다. 그림 2에서는 사파이어 기판위에 400℃에서 ZnO 박막을 증착한뒤 후열처리 한 것과 같은 온도로 후열처리 하지 않은 박막을 비교하였다. XRD 결과에서 FWHM(Full width at half maximum)을 측정한 결과, FWHM의 증가가 나타났고 그림 2에서 보는 바와 같이 UV 영역의 intensity 감소와 산소 결핍에 의한 발광으로 알려진 green peak의 증가가 나타났다[13,17]. 400℃에서의 후열처리 특성은 결정성의 저하와 함께 화학양론적 ZnO에 의한 peak인 UV의 세기도 감소하였고 그에 따른 defect peak인 green peak이 증가하였음을 알 수 있었다.

600℃이상에서 후열처리한 ZnO 박막들도 모두 결정성 있는 c축성장을 나타내었다. 그림 3에서는 각각의 XRD측정으로부터 FWHM을 비교하였으나 큰 경향성을 찾아볼 수 없었다. 그러나 그림 4에서의 PL 결과를 비교해 보면 후열처리 온도 증가에 따라 green peak(500nm-570nm)의 증가를 알 수 있었으며, 400℃이하에서의 박막 증착의 결과와 달리, UV peak은 green peak에 비해 상당히 작게 나타났다.

본 연구에서 측정한 FWHM결과나 다른 실험[14]에서의 FWHM의 결과를 비교해 보아도 결정성을 가지고 c축성장한 박막의 FWHM 결과만으로 PL peak을 예측할 수 없었다. 즉 400℃에서 증착되거나 후열처리된 ZnO 박막은 600℃이상에서 후열처리된 박막보다 FWHM의 크고 작음에 상관없이 green

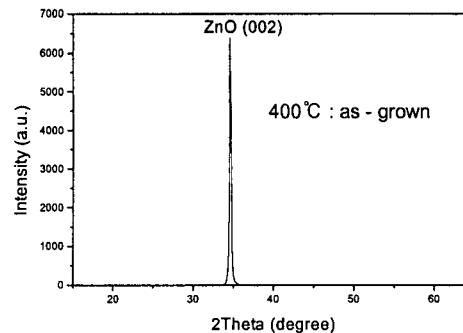


그림 1. 산소분압 350 mTorr, 기판온도 400℃에서 증착한 ZnO 박막의 XRD 결과

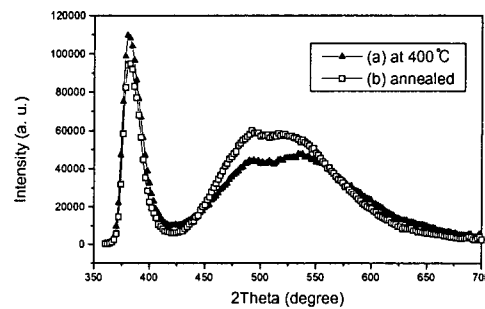


그림 2. 400℃에서 증착한 기판을 (a) 후열처리하지 않은 기판과 (b) 400℃에서 후열처리한 기판의 PL 특성

peak보다 강한 UV peak을 나타냈으나 600℃이상에서 후열처리된 ZnO 박막은 green peak이 UV peak보다 훨씬 강하게 나타남을 알 수 있었다. 이것은 어닐링 온도 증가에 따라 green peak이 증가한다는 다른 그룹의 연구[16]와도 유사한 결과이고 PL intensity가 박막의 결정성보다는 화학양론적 결합과 더 관계가 있다는 연구[14]와도 일치한다. 이러한 결과들로 미루어 볼 때 사파이어 기판위에 증착한 ZnO 박막은 후열처리에 따라 ZnO 박막의 화학양론적 성장이 제대로 이루어지지 않음을 알 수 있다. 또한 사파이어 기판위에 증착된 ZnO 박막의 후열처리 온도 600℃ 이상에서 강한 green luminescence를 얻을 수 있었다.

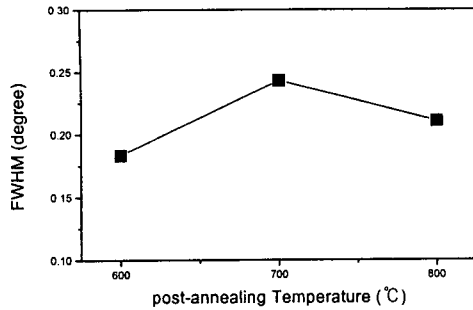


그림 3. 600°C, 700°C, 800°C에서 후열처리한 기판의 FWHM 비교

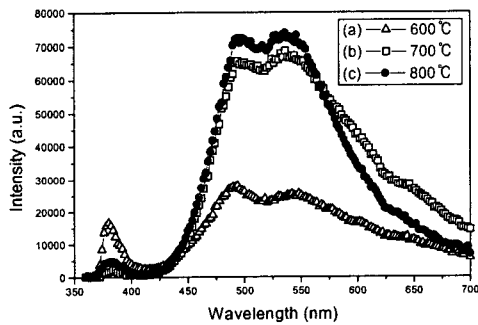


그림 4. 400°C에서 증착한 기판을 (a) 600°C (b) 700°C (c) 800°C에서 후열처리한 기판의 PL 특성

4. 결론

본 논문에서는 사파이어기판 위에 증착된 ZnO 박막의 후열처리 특성에 관하여 연구하였다. 산소분위 기압 350 mTorr, 기판온도 400°C에서 증착된 기판들을 400°C, 600°C, 700°C, 800°C에서 후열처리하였다. 400°C 이하에서는 UV가 우세한 화학양론적 ZnO 박막이 성장됨을 알 수 있었고 후열처리 온도 600°C 이상에서는 UV보다 훨씬 강한 green luminescence를 얻을 수 있었다. PL측정과 XRD측정에 의한 FWHM의 결과들로부터 후열처리시 PL peak은 결정성에는 큰 관계가 없음을 나타내었고 이 결과들로부터 사파이어 기판위에서도 후열처리 온도 조절에 의해 강한 green luminescence를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 우진산전(주)의 반도체 LED 신소재 개발사업에 의해 지원되었습니다.

참고 문헌

- [1] Ahmed Nahhas, Hong Koo Kim, Fean Blachere, Appl. Phys. Lett. 78, 1151(2001)
- [2] V. Craciun, J. Elders, J. G. E Gardeniens, Ian W. Boyd, Appl. Phys. Lett. 65, 2963(1994)
- [3] V. Srikant, D, R. Clarke J. Appl. Phys. 83, 5447 (1998)
- [4] Thin Film Solar Cells, edited by K. L. Chopra and S. R. Das (Plenum, New York, 1983), p. 607.
- [5] K. Sato and Y. Takada, J. Appl. Phys. 53, 8819 (1982).
- [6] F.-C. Lin, Y. Takao, Y. Shimizu, and M. Egashira, Sens. Actuators B 24-25, 843 (1995).
- [7] C. T. Troy, Photonics Spectra 31,34(1997).
- [8] K. Vanheusden, C. H. Seager, W. L. Warren, D. R. Tallant, J. Caruso, M. J. Hampden-Smith, and T. T. Kodas, J. Lumin. 75,11(1997).
- [9] J. Narayan, P. Tiwari, K. Jagannadham, and O. W. Holland, Appl. Phys. Lett. 64, 2093 (1994).
- [10] R. Ramesh, T. Sands, V. G. Keramidias, and D. K. Fork, Mater. Sci. Eng., B 22, 283 (1994).
- [11] P. Zu, Z. K. Tang, G. K. L. Wong, M. Kawasaki, A. Ohtomo, H. Koimura, and Y. Segawa, Solid State Commun. 103, 458 (1997).
- [12] W. S. Hu, Z. G. Liu, J. Sun, S. N. Zhu, Q. Q. Xu, D. Feng, and Z. M. Ji, J. Phys. Chem. Solids 58, 853 (1997).
- [13] K. Vanheusden, W. L. Warren, C. H. Seager, D. R. Tallant, and J. A. Voigt, B. E. Gnade J. Appl. Phys. 79 (1996).
- [14] Sang Hyuk Bae, Sang Yeol Lee, Beom Jun Jin, Seongil Im, Applied Surface Science 169-170 (2001).
- [15] S. Im, B. J. Jin, S. Yi, J. Appl. Phys. 87 (2000).
- [16] S.A. Studenikin, N. Golego, and M. Cocivera ,

- J. Appl. Phys. 84 (1998).
- [17] K. Vanheusden, C.H. Seager, W.L. Waren,
D.R. Tallant, and J.A. Voigt, Appl. Phys. lett.
68 (1996).