

마그네트론 스퍼터링에 의해 성장된 ZnO 박막의 산소 분압 의존성  
 Dependency of oxygen partial pressure on the characteristics of  
 ZnO films grown by magnetron sputtering

안철현, 김영이, 강시우, 공보현, 조형균  
 성균관대학교 신소재 공학과

**초 록 :** 마그네트론 스퍼터링을 이용하여 사파이어 기판 위에 O<sub>2</sub>의 분압에 따른 성장된 ZnO박막의 특성에 대해 연구하였다. O<sub>2</sub>의 분압은 Ar/O<sub>2</sub>의 비율에 의해 조절을 하여 성장을 하였으며, O<sub>2</sub>의 분압이 감소함에 따라 결정성이 좋아지는 결과를 얻었다. PL측정결과에서 순수한 Ar분위기에서 성장된 ZnO박막에서 UV 발광과 더불어 Deep level에 기인하는 Green 발광을 보였고, UV-Visible spectroscopy 측정 결과 순수한 Ar분위기를 제외한 샘플에서 60~80%의 투과도를 보였다. SEM과 TEM의 이미지를 통해 미세 힐락들을 관찰되었는데, 이로 인해 투과도의 저하 원인으로 분석된다.

성을 분석결과, 순수 Ar가스분위기에서 성장된 ZnO 샘플에서 Zn원자의 과잉 또는 O원자의 결핍으로 인한 Green 발광을 확인 할 수 있었다. O<sub>2</sub>의 분압에 따라 성장된 ZnO의 투과도는 순수 Ar분위기에서 성장된 샘플을 제외한 박막에서 가시광선 영역에서 60~80%의 투과도를 보였다.

1. 서 론

ZnO는 hexagonal wurtzite 구조의 II-VI족 직접 천이형 n-type 반도체이고 3.7eV의 큰 에너지 밴드갭을 갖는 물질로서 GaN과 더불어 주목을 받고 있는 물질이다. 최근에 화합물 반도체의 발광현상에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 또한 GaN를 대체하고자 하는 많은 연구가 이루어지고 있으며, 그 중 II-VI족 반도체인 ZnO의 전기적, 광학적인 특성 때문에 많은 분야에 응용이 가능한 물질이다. 더욱이 ZnO는 60meV에 해당하는 엑시톤 결합 에너지와 상온에서 3.36eV의 넓은 밴드 갭을 가지고 있어 광소자로써의 고효율이 기대된다. 하지만 ZnO박막은 Zn원자의 과잉 또는 O원자의 결핍으로 인한 비화학양론적 결합을 갖게 되는데, 이로 인해 UV 발광과 더불어 Deep level에 기인하는 Green 발광을 하여 광소자의 응용에 있어서 문제가 야기된다.

본 연구에서는 Sputtering에 있어서 O<sub>2</sub>가 ZnO박막의 비화학양론적 결합을 갖게 되는 주된 원인으로 사료되어 O<sub>2</sub>분압을 달리하여 성장된 ZnO 박막의 특성을 연구하였다.

2. 본 론

2.1 실험 방법

본 연구에서는 ZnO(99.999)의 target을 사용한 마그네트론 스퍼터링을 이용하여 Ar/O<sub>2</sub>의 비율을 1:0, 2:1, 1:1, 1:2, 0:1로 총 가스의 량은 30sccm으로 하여 750°C에서 ZnO 박막을 성장하였다. 이 때 사용한 가스의 순도는 모두 초고순도(6N)를 사용하였으며, 성장압력은 1.5×10<sup>-3</sup>Torr을 사용하였다.

ZnO박막의 Luminescence는 Photoluminescence(PL)의해 분석되었고 투과도는 UV-visible spectroscopy을 통해 분석하였다. 그리고 ZnO박막의 결정성 분석은 High Resolution X-ray Diffraction(HR-XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM), Transmission Electron Microscopy(TEM)으로 분석하였다.

2.2 광학적 분석

광학적 분석은 325nm의 파장을 가지는 He-Cd을 레이저를 광원으로 사용하여 성장된 ZnO박막의 Photoluminescence특

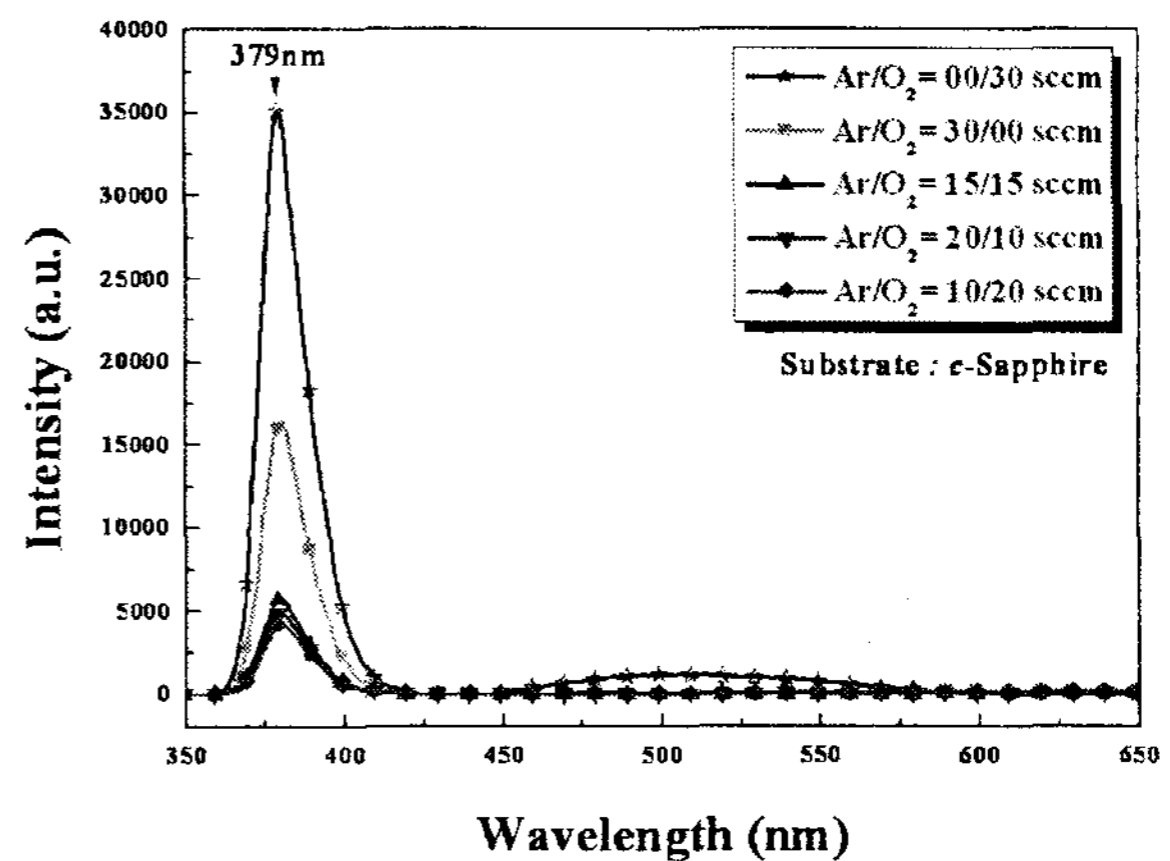


그림 1. O<sub>2</sub>분압에 따른 ZnO 박막의 PL특성

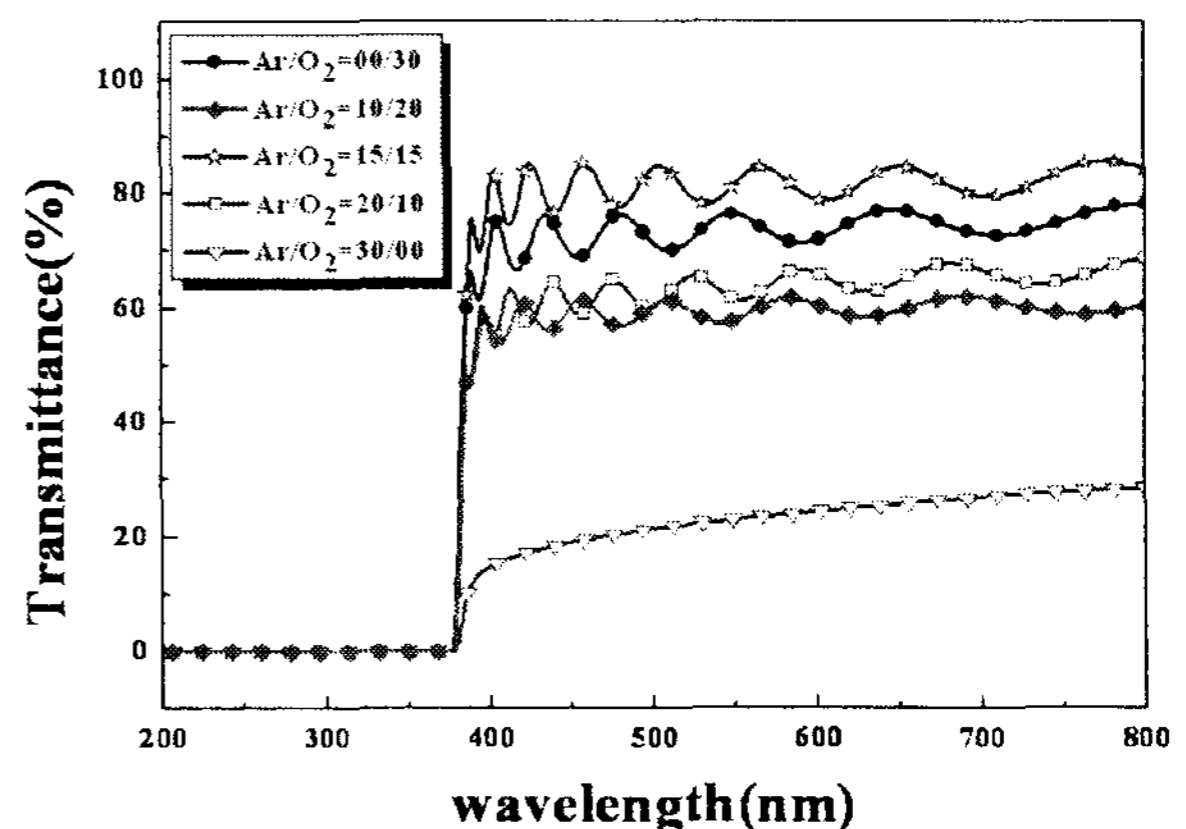


그림 2. O<sub>2</sub>분압에 따른 ZnO 박막의 투과도

2.3 결정학적 분석

ZnO는 HR-XRD의  $\omega$ -rocking curve분석으로 (0002)면의 반치폭(FWHM)이 O<sub>2</sub>분압이 감소함에 따라 0.063°에서 0.042°로 감소하는 것을 알 수 있었다. 그리고 ZnO의 (1012)면의 phi-scan을 통해 모든 ZnO 박막은 에피성장한 것을 알 수 있었고, SEM과 TEM분석을 통해 산소가 결핍된 샘플에서는 많은 미세 힐락을 관찰할 수 있었다. 이러한 미세 힐락은 가시광 영역에서의 투과도가 낮아지게 하는 원인이다.

Gas rate (SCCM)	FWHM (degree)	
	ZnO(0002)	ZnO(10 $\bar{1}$ 2)
Ar/O <sub>2</sub> = 00/30	0.063°	0.208°
Ar/O <sub>2</sub> = 10/20	0.050°	0.222°
Ar/O <sub>2</sub> = 15/15	0.046°	0.234°
Ar/O <sub>2</sub> = 20/10	0.042°	0.211°
Ar/O <sub>2</sub> = 30/00	0.120°	0.134°

표 1. O<sub>2</sub>분압에 따른 ZnO의 반치폭(FWHM)

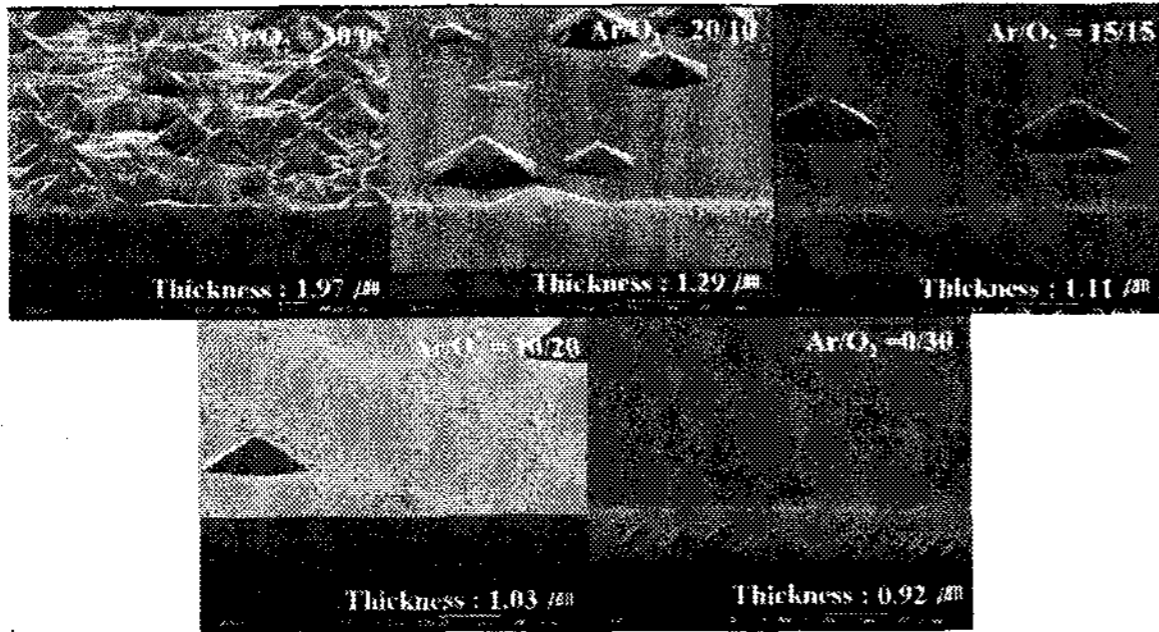


그림 3. O<sub>2</sub>분압에 따른 ZnO 박막의 SEM 이미지

### 3. 결 론

ZnO박막은 마그네트론 스퍼터링으로 O<sub>2</sub>분압에 따라 성장되었다. ZnO박막은 산소가 결핍된 분위기에서 성장된 샘플에서는 Near-band UV발광과 deep level에 기인하는 Green 발광을 볼 수 있었으며, HRXRD측정 결과에서 O<sub>2</sub>분압이 감소할수록 ZnO의 (0002)면의 반치폭이 0.063°에서 0.042°로 감소하여 결정성이 좋아지는 것을 알 수 있었다. 하지만 산소가 결핍된 분위기인 순수 Ar분위기에서 성장된 sample은 0.120°로 결정성이 다시 나빠지는 것을 알 수 있었다. O<sub>2</sub>분압이 ZnO박막의 성장거동에서 결정학적, 광학적 특성에 영향을 주는 것을 알 수 있었으며, 산소결핍분위기에서 마그네트론 스퍼터링으로 성장된 ZnO박막은 비화학양론적 결합을 보이는 것을 알 수 있었다. 한편, SEM과 TEM분석을 통해 산소가 결핍된 분위기에서 성장된 샘플에서 많은 미세 힐락을 볼 수 있었다. 이 미세 힐락으로 인해 투과도의 저하를 가져오는 결과로 분석된다.

### 감 사 의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 R01-2006-000-10027-0 지원으로 수행되었다.

### 참 고 문 헌

- [1] S.H.Jeong, B.S.Kim, and B.T.Lee, Appl.Phys.Lett. 82, 2625 (2003).
- [2] C.R.Aita, A.J.Purdes, R.J.Rad, and P.D. Funkenbusch, J. Appl. Phys. 51, 5533 (1980).
- [3] R.J.Hong, H.J. Qi, J.B. Huang, H.b. He, Z.X.Fan, and J.D. Shao, Thin Solid Films 247, 58 (2005).