

co-sputtering법으로 증착된 Zn<sub>1-x</sub>Mg<sub>x</sub>O 박막의 밴드갭 엔지니어링  
bandgap engineering of MgZnO thin films by co-sputtering

강시우, 김영이, 안철현, 조형균  
성균관 대학교 신소재 공학부

**초 록 :** 본 실험에서는 MgO (99.999%)와 ZnO (99.999%)의 두가지 타겟을 사용한 RF co-스퍼터링법을 이용하여 p-type Si (100) 기판 위에 Zn<sub>1-x</sub>Mg<sub>x</sub>O 박막을 증착 하였다. ZnO 타겟의 RF-power은 고정시키고 MgO 타겟의 RF-power를 조절함으로써 Mg 함량을 조절하였다. EDX 분석을 통해 MgO RF-power의 증가에 따라 고용되는 Mg의 함량이 증가함을 알 수 있었다. 또한 MgZnO내 Mg 함량이 높아짐에 따라 c-축 격자상수가 감소하는 것을 XRD 분석을 통해 알 수 있었고, MgO기반의 2차상은 형성되지 않았다. PL 측정을 통해 Mg함량이 증가 할수록 UV 영역의 파장의 강도는 감소하고 UV 파장의 위치는 blueshift 되는 것을 관찰 할 수 있었다.

1. 서 론

최근 ZnO 기반의 산화물(MgZnO, CdZnO)반도체 재료는 UV-LED(ultraviolet light emitters), 전기 및 화학적 센서, 투명전극 등의 응용으로 인하여 큰 주목을 받고 있다. 특히 여러 응용분야 중에서 고효율 ZnO계 발광 소자 구현을 위해서는 밴드갭 엔지니어링이 필수적이다. 밴드갭 에너지는 ZnO내에 MgO (7.7eV), CdO (2.0eV)를 적절하게 고용함으로써 변화 시킬 수 있으며, 대부분의 밴드갭 엔지니어링 연구는 단파장 영역의 광원을 확보하기 위하여 MgO 첨가를 통한 밴드갭 에너지를 증가 시키는 방향으로 이루어지고 있다. 그러나 상평형도를 통하여 ZnO 결정격자 내에 MgO의 열역학적 고용한계는 4at%로 알려져 있으며, 그 한계를 넘으면 MgO 기반의 2차상을 형성하여 상분리가 발생하게 된다. 이는 ZnO의 wurtzite 구조와 MgO의 rocksalt 구조의 다른 결정 구조 때문이다.

본 연구에서는 RF co-스퍼터링을 통하여 ZnO내에 Mg 함량에 따른 밴드갭 에너지의 변화와 그에 따른 구조적, 전기적 특성을 알아보고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험방법

본 실험에서는 4인치의 MgO (99.999%)와 ZnO (99.999%)의 두가지 타겟을 사용하여 RF co-스퍼터링 법으로 p-type Si (100) 기판 위에 MgZnO 박막을 증착 하였다. 박막과 기판 사이의 거리는 co-스퍼터링으로 인하여 12cm로 유지하였고, 균일한 증착을 위하여 기판을 60rpm으로 회전시켰다. 실험 전 기판은 아세톤, 에탄올 그리고 DI water에 각각 10분씩 세척하였다. MgZnO 박막을 증착하기 위한 초기의 진공상태는 5x10<sup>-6</sup>Torr 이었으며, 공정압력은 15mTorr 에서 이루어졌으며 이때의 가스분위기는 아르곤과 산소의 비를 2:1로 유지 하였다.

ZnO 타겟의 RF-power은 300W로 고정된 상태에서 MgO target의 RF-power을 100, 200, 300W로 변화 시키며 MgZnO박막에 포함 되는 Mg의 함량을 조절 하였다.

2.2 결과 및 고찰

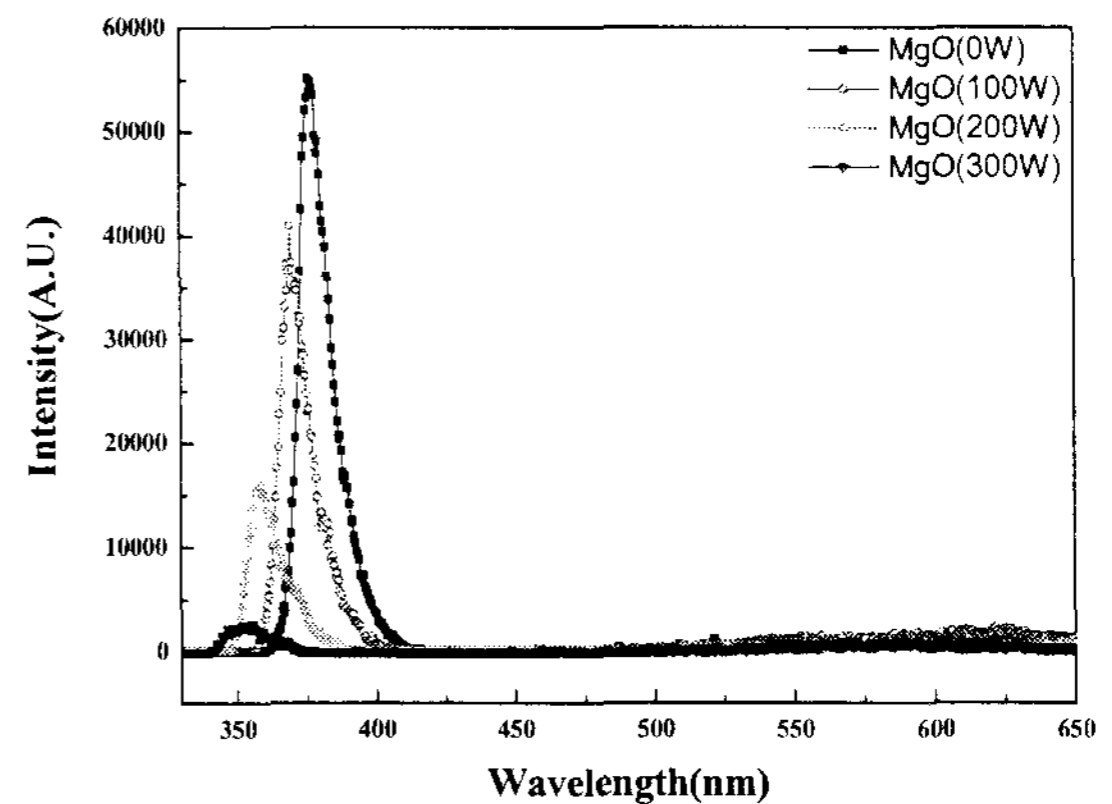


그림 1. MgO RF-power의 변화에 따른 MgZnO의 PL 측정결과

그림 1은 p-type Si (100) 기판위에 MgO target의 RF-power를 변화시키며 증착된 MgZnO 박막의 광학적 특성과 밴드갭 에너지를 알기 위해 상온에서 PL 스펙트럼을 측정 한 데이터이다. MgO target의 RF-power가 증가 할수록 밴드갭은 RF-power가 0W일 때 3.27eV에서 300W일 때 3.47로 blueshift 되며, 이것은 ZnO보다 넓은 밴드갭 에너지를 가지는 MgO의 함금량이 증가함으로 인함을 알 수 있다.

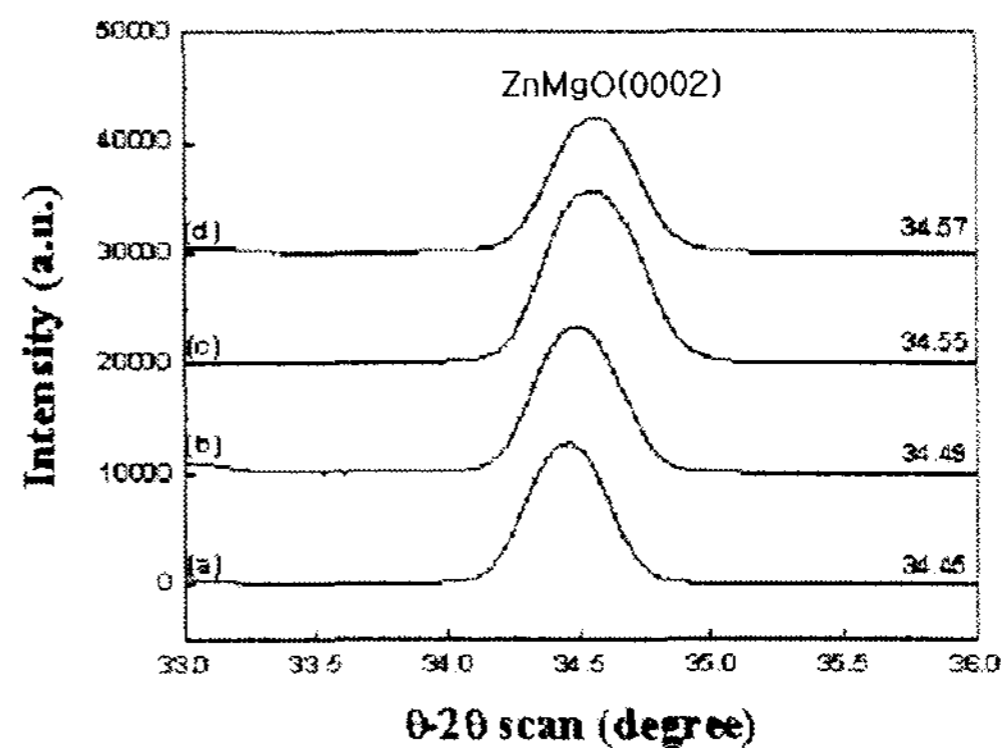


그림 2. MgO RF-power에 따른 XRD 측정결과. (a) 0W, (b) 100W, (c) 200W, (d) 300W

그림 2는 MgZnO(0002) pick의 회절상을 나타낸 것이다. MgO의 RF-power가 0W 일 때의 2θ값은 34.45°의 값을 나타내었으며, 100W, 200W, 300W 일 때는 각각 34.43°, 34.55°, 34.57°의 값을 나타냄으로써 고각으로 shift 되었으며, 이것은 Mg의 함량에 따른 면간 거리가 감소했음을 나타낸다. 또한 MgO의 2차상은 발견되지 않았다.

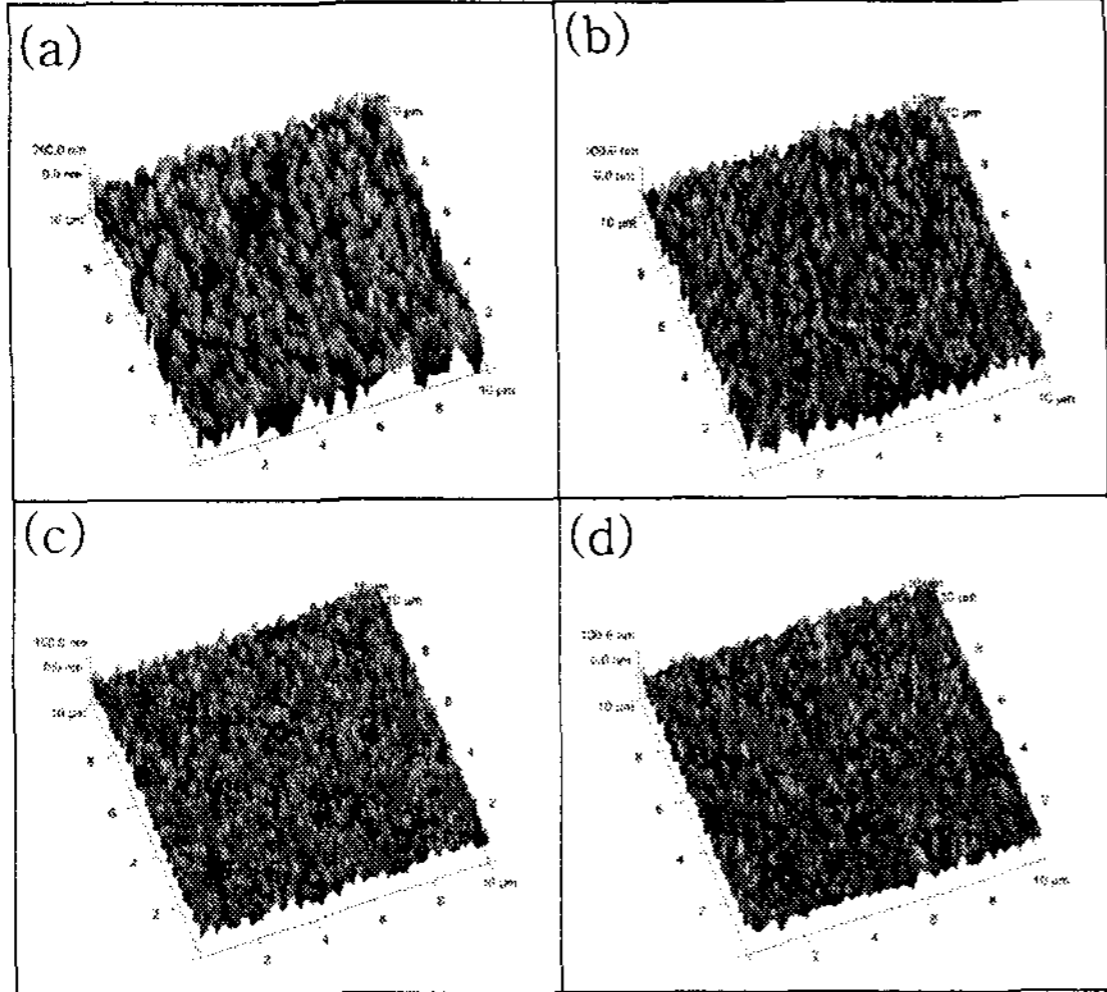


그림 3. MgO RF-power에 따른 AFM 표면 이미지 (a) 0W, (b) 100W, (c) 200W, (d) 300W

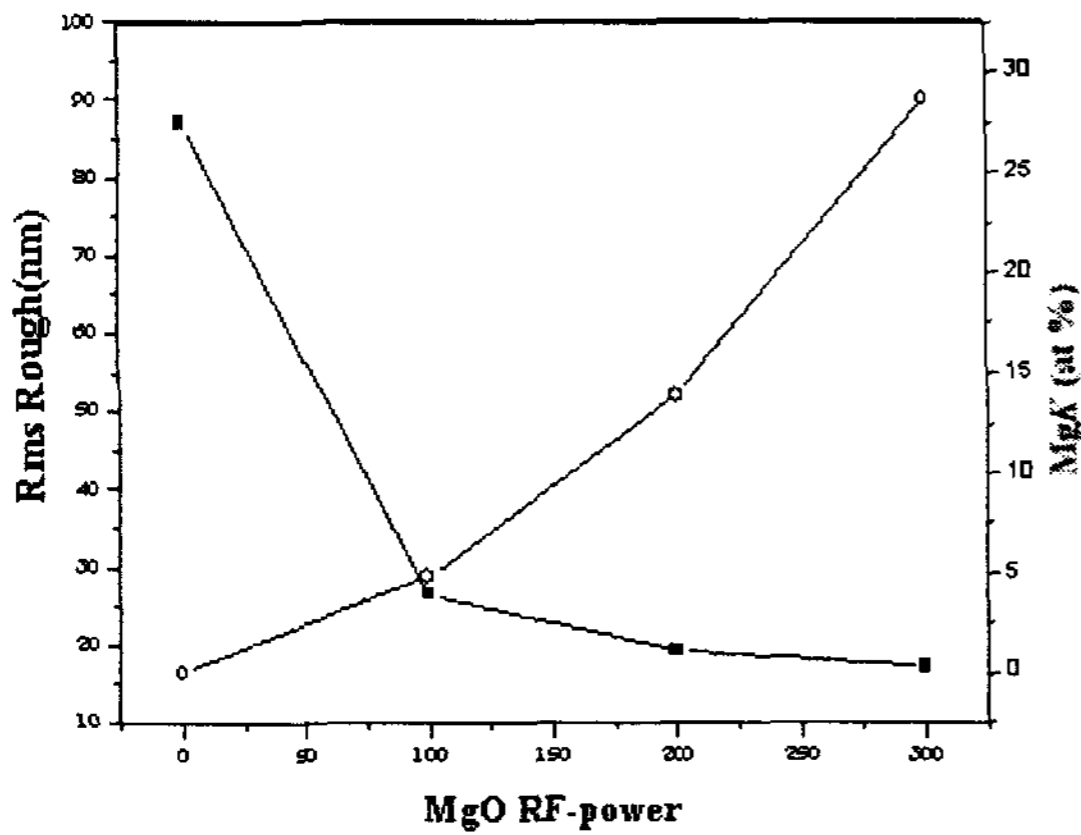


그림 4. MgO RF-power의 변화에 의한 표면 입자크기의 변화와 Mg함량의 변화

그림 3은 AFM을 이용하여 측정된 MgO target의 RF-power변화에 따른 표면의 형상을 관찰할 사진이며 이를 통한 표면 거칠기 변화에 대한 RMS값과 SEM분석에서의 EDS 값을 통하여 얻은 Mg의 함량의 변화를 그림 4에 나타내었다. RF-power가 0W에서 300W로 증가 할수록 Mg의 함량이 증가 하며 그에 따른 표면의 결정립 크기는 감소하며, 표면 거칠기도 줄어드는 것을 볼 수 있다. 이것은 wurtzite구조의 4배위 틸새에 위치하는 Zn가 이온 반경이 작은 Mg로 치환됨으로써 격자의 크기 줄어들기 때문이라고 생각하며 이것은 XRD 회절상에 대하여 뒷받침 된다.

### 3. 결 론

MgZnO 박막은 RF co-스퍼터링 법으로 p-type Si (100) 기판 위에 성장 하였으며 RF-power의 변화에 따른 Mg함량의 변화와 그에 따른 광학적 구조적 특성의 변화를 연구

하였다. 광학적 특성과 결정성의 변화는 Mg의 함량에 따라 차이를 보였다. MgO의 RF-power를 0W에서 300W로 변화시켰을 때, 3.27eV에서 3.47eV로의 밴드갭의 변화를 보였으며, Mg의 함량이 증가할수록 결정립 크기 표면의 거칠기는 감소하였다.

### 참 고 문 헌

- [1] J. Chen and W. Z. Shen, "Long-wavelength optical phonon properties of ternary MgZnO thin films", Appl. Phys. Lett. 83, 11, 2003
- [2] Jae Won Kim, Hong Seong Kang, Jong Hoon Kim, Sang Yeol Lee, Jung-Kun Lee and Michael Nastasi, "Variation of structural, electrical and optical properties of Zn<sub>1-x</sub>Mg<sub>x</sub>O", J. Appl. Phys. 100, 033701, 2006.