

## 완화형 강유전체 $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-PbTiO_3$ 단결정의 광 집적소자 응용을 위한 도파로 제작

양우석, 이상구\*, 구경환\*, 허현\*\*, 윤대호\*\*\*, 이한영  
전자부품연구원, (주)아이블포토닉스\*, 순천청암대학\*\*, 성균관대학교\*\*\*

### Waveguides Fabrication for Optical Integrated Devices Application on Relaxor-ferroelectric $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-PbTiO_3$ Single Crystal

Woo-Seok Yang, Sang-Goo Lee\*, Kyoung-Hwan Koo\*, Huh Hyun\*\*, Dae-Ho Yoon\*\*\*, Han-Young Lee  
KETI, IBULE\*, Sunchon Cheongam Coll\*\*, SungKyunkwan Uni.\*\*\*

#### Abstract

Ni thin film on the PMN-PT crystal wafer were deposited by using E-beam evaporator technique. Deposited film was patterned by UV-lithography and etching and was in-diffused at 300 ~ 600C. Diffusion profile of Ni ions in PMN-PT was measured by secondary ion mass spectroscopy (SIMS).

**Key Words** : PMN-PT, Bridgman method, Waveguides, Ferroelectric, Diffusion

#### 1. 서 론

강유전체  $Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-PbTiO_3$  (PMN-PT) 단결정은 큰 전기-광학특성으로 광 스위치 및 광 변조기와 같은 광 집적화 디바이스의 응용을 위하여 많은 연구가 진행 되고 있다[1]. 특히, 완화형 강유전체 결정은 높은 유전상수와 큰 전기-광학 특성 및 우수한 전기-기계적 특성으로 광집적화 디바이스 응용을 위해 매우 유망한 재료이다 [2].

이러한, PMN-PT의 특성은 PT의 조성에 민감하며 완화형 강유전체인 PMN에 정상 강유전체인 PT의 양을 증가하여 고용시키면 능면정에서정방정으로 상정이가 일어나 안정한 perovskit구조를 얻을 수 있으며, 이러한 상전이는 상경계영역(MPB)에 근접해 상전이 온도를 실온근방으로 이동시킬 수 있어서 실온에서의 우수한 유전상수 및 전계정수들을 얻을 수 있다.

최근, 광응용을 위해 유전상수를 감소시키는작업을 하는 pyrochlore 상이 없는 PMN-PT 결정 박막을 졸-겔(sol-gel) 방법으로 제작하여 보고 된 바는 있으나, 이러한 방법은 실질적인 광 응용을 위해 도파로 조성의 균일성 및 막의 두께 제어 등의 문제점을 가지고 있다 [3].

따라서, 이러한 우수한 특성을 광디바이스에 응용하기 위해서는 높은 유전상수와 큰 전기-광학 특성을 갖는 PMN-PT 단결정 성장이 가능해야 하며, 기판내에 도파로를 형성하는 기술이 해결 되어야 한다.

본 연구에서는 브리지만 법으로 성장된 고품질의 PMN-PT 단결정 기판을 이용하여 광도파로 제작에 관하여 연구하였다.

#### 2. 실험

완화형 강유전체 0.8PMN-0.2PT 단결정은 수직 브리지만 방법으로 성장시켰다. 초기원료는 4N의  $PbO$ ,  $MgO$ ,  $Nb_2O_5$  와  $TiO_2$  이다. 각 원료를 전자 저울을 이용하여 측량 후 건식 방법으로 혼합하였다. 준비된 원료를 도가니에 장착하여 완전히 녹인 후 (001)방향으로 성장시켰다. 성장된 결정의 결정 방향을 X-RD로 확인 한 후 절단 및 가공하였다. 최종 결정의 크기는  $1.5 \times 1.5$  Cm이며, 크랙 및 버블과 같은 결함은 관찰되지 않았다.

광 도파로 제작을 위하여 결정 표면에 E-beam 장비를 이용하여 Ni 층을 약 500Å 증착 하였다.

증착 조건은  $8 \times 10^{-6}$  torr, 기판온도는  $100^{\circ}\text{C}$ 이다. 도파로 패턴형성을 위해 spin coater를 이용하여 positive PR을 약  $1.5\mu\text{m}$  정도 코팅하였다. 도파로 패턴이 새겨진 Cr 마스크를 이용하여 노광, 에칭하여 결정 위에 도파로 패턴을 형성하였다. 준비된 시편은 수평형 확산 노를 이용하여  $500^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 4시간 열처리하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1에 PT = 20 mol% 조성의 PMN-PT 기판에 Ni 확산 후 이온들의 SIMS 결과를 나타내었다. 그림 내 점선은 기판과 확산 막 사이의 계면을 나타내었다. Ni 이온은 기판 표면에서 높은 농도를 나타내었으며 기판 안 쪽으로 점차 가우시안 분포로 확산되어 가는 모습을 나타내었다. Mg 이온과 O 이온이 표면으로 많이 외부확산 되어 있는경향으로 보아 Ni 이온과의 상호 작용이 확산과정에서 표면에 일어났던 것으로 생각된다.

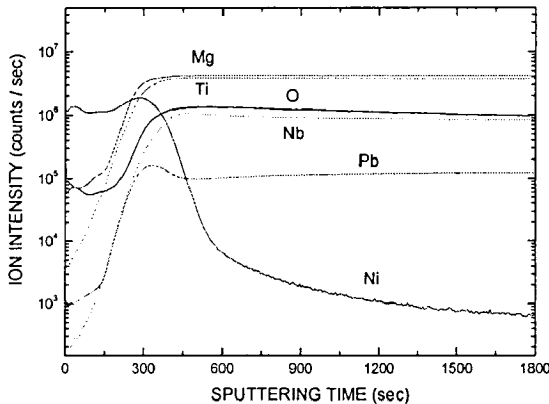


그림 1. 확산된 Ni 이온의 SIMS 결과

Fig. 1. SIMS Profile of Ni metal ions diffused PMN-PT (80:20)

페로브스카이트 구조를 갖는 PMN-PT 결정내에 Ni 이온들은 A 사이트인 Pb 이온의 자리로 친환하여 들어가는 것으로 보인다. 또한 확산영역에서 Ni 이온의 농도는 급격한 감소를 보이며 감소된 영역에서는 서서히 감소되는 경향을 보였다. 이러한 확산 영역은 Ni 막의 두께와 확산 온도 및 시간으로 제어가 가능할 것으로 생각된다. 또한, 열

처리 동안 도파로 외 결정의 품질이 향상되는 것을 관찰 할 수 있었는데, 이는 결정의 열처리 후 도파로 형성 공정을 수행함으로써 더욱 우수한 도파로 제조의 가능성을 보여주는 것으로 생각된다.

### 4. 결론

브리지만 법을 이용하여 고품질의 PMN-PT (80:20) 단결정을 성장시켰다. 성장된 결정을 이용하여 도파로를 제조할 수 있었으며, 열처리 동안 결정의 품질이 개선됨을 알 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] D.H. Kim and H.S.Kwok, Appl. Phys. Lett. 67, pp 1803 (1995)
- [2] E. Park and T.R.Shroul, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq.Control, 44, pp 1140 (1997)
- [3] Yalin Lu G. H. Jin etc, 72, pp 2927 (1998)