

## 이온교환으로 형성된 glass channel-waveguide Ion-Exchanged Channel Waveguides in Glass

원형식, 조무희, 박선택, 송석호, 오차환, 김필수  
서울특별시 성동구 행당동 17, 한양대학교 자연과학대학 물리학과, 133-791  
e-mail : wonhan@hymail.hanyang.ac.kr

이온교환방법은 착색된 유리를 생산하기 위하여 수세기 전부터 연구되어 왔다. 1972년 Izawa와 Nagome가 silicate 유리에  $Tl^+$  이온을 치환하여 평판 도파로를 만든 후, 이온교환은 도파로나 마이크로 렌즈제작 등에 활발하게 연구되어 왔다. 유리 도파로는 광의 진행손실이 적으며, 광섬유와의 우수한 호환성, 그리고, 제작이 용이하고 가격이 싼 장점 등으로 인하여 많은 연구가 진행되고 있는 재료이다. 그러나, 유리에 이온교환으로 광소자를 만들기 위해서는 굴절률변화를 정확하게 예측해야한다. 따라서, 유리에서 이온들의 확산특성을 정확하게 분석하고 실험적으로 확립하는 연구는 매우 중요하다고 하겠다.

본 논문에서는 이온교환 광소자의 기관으로 주로 사용되는 soda lime 유리 중에, Schott사의 BK-7 유리에서의  $Ag^+$  이온의 확산특성에 대해 알아보았다. 이온교환은 thermal 이온교환방법을 이용하였다. 이온교환된 기관에서의 굴절률변화는 prism coupler로 측정하였으며, 이 결과로부터 역WKB 방법을 이용하여 기관에서의 굴절률 분포를 구하였다. 그리고, 굴절률 분포를 Boltzmann 함수로 fitting함으로써 기관에서  $Ag^+$ 의 확산상수를 온도의 함수로 얻었다. 기관에서의 보다 정확한 이온교환 특성을 분석하기 위해, 이온교환시간에 따른 굴절률 분포와 그때의 확산깊이와의 관계를 구하였으며, 이온교환 후 열을 가하여 굴절률 분포를 변화시키는 annealing 효과에 대해 알아보았다. 또한, 확산방정식을 FDM으로 계산하여 굴절률 분포를 예측하고, 이것을 실험 값과 비교하였다. 그림 1은 340 °C에서 3 시간동안 이온교환된 BK-7기관의 굴절률분포와 계산결과를 비교한 것이다. 위에서 얻은 결과를 바탕으로 이온교환 광소자들의 기본 구조중에 하나인, single-mode channel 도파로를 만들고, 도파로에 모드가 형성됨을 측정하였다. Channel 도파로를 형성하기 위한 mask patterning 작업은 AZ5214E PR을 이용하여 image reversal방법을 사용하였으며, 이온교환을 위한 mask 물질로는 Al이 사용되었다. 그림 2는 300 °C에서 2  $\mu m$  mask pattern을 이용하여 30 분간 이온교환한 channel 도파로의 mode profile이며, 이온교환후의 channel 도파로의 폭은 3.3  $\mu m$ 였다.

본 논문에서 얻은 결과들이 BK-7 유리를 이용한 이온교환 광소자 제작에 유용한 분석결과를 제시할 수 있음을 검증하였다. BK-7 유리기관의 굴절률분포에 따른 기준 모드의 형성 조건을 BPM을 이용하여 계산 하였으며, 이를 이용하여 기본 모드 도파로를 제작하고 특성을 측정하였다.

- [1] S. I. Najafi, *Introduction to Glass Integrated Optics*, Artec House (1992).
- [2] R. V. Ramaswamy and R. Srivastava, *J. Lightwave Technol.*, 6(6), 984(1988).
- [3] K. S. Chiang, *J. Lightwave Technol.*, LT-3(2), 385(1985).

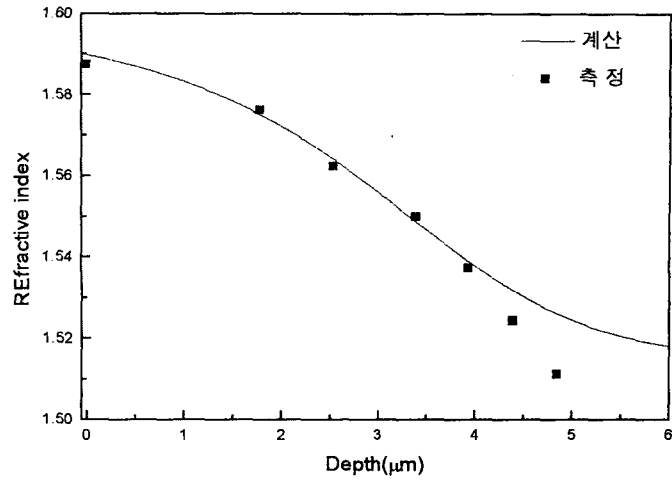


그림 1. 340 °C에서 3 시간동안 이온교환된 BK-7기판의 굴절률분포와 계산결과의 비교.

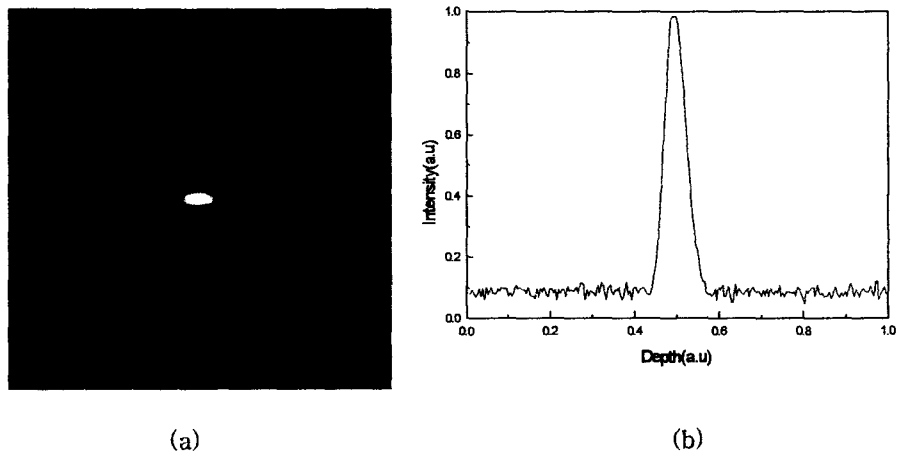


그림 2. 300 °C에서 2 μm mask pattern을 이용하여 30 분간 이온교환한 channel 도파로에서 출력된 (a) Single-mode near-field image와 (b) 세기분포