

FHD공정에서 Co-sintering에 의한 광민감성 평면형 광도파로의 제작 및 광특성

Fabrication and optical properties of planar waveguide with photosensitivity by co-sintering during FHD process

정 우영, 유 성우, 백 운출, 한 원택
 광주과학기술원 정보통신학과
 wthan@kjist.ac.kr

서론

광 집적회로의 필요성에 의해 평면형 광소자의 개발이 다각도로 연구되고 있다. 그 중 유리의 광민감성을 이용한 것으로 직접 UV를 조사하여 광도파로를 만드는 방법이 최근 관심을 얻고 있다.⁽¹⁾ 이러한 direct UV-writing 방법을 이용한 경우는 광도파로를 위한 식각 과정을 거치지 않고도 광도파로를 제작할 수 있는 장점이 있다. UV-writing을 이용한 광도파로 형성을 위해서는 undercladding층, core층, overcladding층으로 이루어진 구조의 박막을 제조해야 하며, 특히 빛이 도파되는 core 부분은 UV조사에 따라 굴절률이 증가하는 광민감성이 높은 물질로 구성되어야 한다. SiCl₄, GeCl₄, BCl₃, POCl₃ 등의 원료가스들을 사용하여 Flame Hydrolysis Deposition (FHD) 공정에서 세층으로 이루어진 박막이 제조되며, 각층의 굴절률은 UV조사 전에는 같도록 한다. 그리고 UV를 조사하면 굴절률 증가가 일어난 core층을 제외한 모든 부분이 클래딩 역할을 하게 되므로 빛을 도파할 수 있게 된다. 일반적으로 광도파로를 위한 박막의 제조는 산화과정을 거친 실리콘 wafer위에 undercladding층의 soot를 쌓은 다음 소결 열처리, core층을 쌓은 다음 소결 열처리, 마지막으로 overcladding층을 쌓은 다음 소결 열처리하는 반복적인 공정으로 이루어진다. 따라서 각층의 증착 후 매번 sintering하므로써 오염이 발생되고 제조 공정이 길어진다는 단점이 있다. 본 연구에서는 세층을 증착한 후 한번의 소결 열처리로 박막을 제조하는 새로운 co-sintering FHD 공정을 제안하고 제조된 박막 및 평면형 광도파로의 광학특성을 연구하였다.

실험결과 및 고찰

UV조사를 통해 광도파로를 형성하고자 하는 평면형 광소자는 UV조사 전에는 세층으로 이루어진 박막의 굴절률이 모두 일정해야 하므로 적층 후 최종 소결 열처리를 하여 동일한 굴절률을 얻을 수 있는 원료가스 성분의 최적화가 필요하다. 따라서 먼저 산화처리를 한 Si wafer에 core층을 위한 유리조성의 soot를 FHD공정을 이용하여 원료가스의 양을 달리하면서 증착하였고, 소결 열처리 후 형성된 박막의 굴절률 변화를 측정하여 분석하였다. 사용한 원료로는 SiCl₄ 외에 광민감성의 증대를 위해 GeCl₄를 첨가하였고, 광민감성의 증대 및 굴절률의 조정을 위해서 BCl₃를 첨가하였다. 소결을 위해 시편을 1300°C에서 두 시간동안 공기중에서 열처리하였고, 이때 상온에서 1300°C까지 승온속도는 5°C/min, 냉각속도는 5°C/min으로 하여 소결도중 B₂O₃의 증발에 의한 bubble이 형성이 일어나지 않도록 하였다.⁽²⁾ Fig. 1에 core층인 SiO₂-GeO₂-B₂O₃(BGS)계 조성의 유리에서의 GeCl₄와 BCl₃의 유량에 따른 굴절률 변화를 나타내었다. BCl₃에 의한 굴절률 감소량은 BGS계 유리조성에서 $-4.5 \times 10^{-5}/\text{sccm}$ 으로 GeCl₄양에 의한 굴절률 증가량 $3.39 \times 10^{-4}/\text{sccm}$ 에 비해 현저히 낮고, 또한 많은 양의 BCl₃는 박막의 질을 저하시키기 때문에 코어의 굴절률을 낮추는 데는 한계가 있다. 따라서 이러한 조건을 만족하는 적절한 core의 굴절률로 1.465(at 633nm)으로 정하였고, 이때의 core조성 박막을 위한 최적의 원료조성은 SiCl₄ 40sccm, GeCl₄ 60sccm, BCl₃ 80sccm이었다.

동일한 조성 SiO₂-P₂O₅-B₂O₃(BPS)을 갖는cladding층은 core층과 굴절률은 동일하지만 광민감성은 없도록 GeCl₄대신 POCl₃를 첨가하는 유리 조성의 박막을 택하였다. Fig. 2에 BPS구성을 갖는 cladding층에서의 POCl₃와 BCl₃의 유량에 따른 굴절률 변화를 나타내었다. BCl₃에 의한 굴절률 감소량은 BPS계 유리조성에서 $-4.5 \times 10^{-5}/\text{sccm}$ 으로 관찰되었으며, POCl₃양에 의한 굴절률 증가량은 $2.79 \times 10^{-5}/\text{sccm}$ 으로

나타났다. 그러나 이 경우 최대 굴절률은 1.462(at 633nm) 이상 증가가 불가능하여 소량의 Ge를 함유시켜 굴절률을 core층과 같은 1.465로 조절하였다. 이때의 각 cladding층 조성 박막을 위한 최적의 원료조성은 SiCl₄ 40sccm, BCl₃ 20sccm, POCl₃ 100sccm, GeCl₄ 20sccm이었다.

Co-sintering 실험을 위해 상기한 최적조성의 원료비율로 FHD공정을 통해 undercladding층, core층, overcladding층이 적층되어 형성된 Si wafer를 준비하였다. 소결 열처리하는 각층의 소결을 위한 조건과 동일하게 하였다. Core층과 undercladding 및 overcladding층의 sintering조건은 soot상태의 각층을 Differential Thermal Analysis (DTA)로 측정된 결과 core층의 소결 반응이 일어나기 시작하는 온도는 1150°C, undercladding 및 overcladding층의 소결 반응 시작 온도는 1100°C 정도이었으며, 모든 층들이 1300°C에서 완전히 소결될 수 있음을 확인하여 결정하였다.

M
C

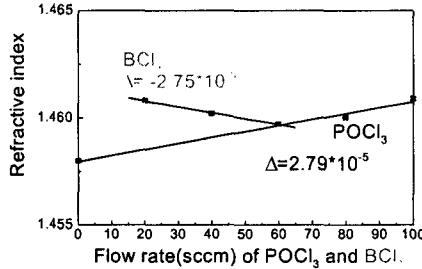
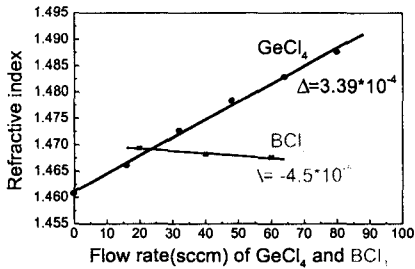


Fig. 1. GeCl₄ 및 BCl₃의 유량에 따른 core층 박막의 굴절률 변화

Fig. 2. BCl₃ 및 POCl₃의 유량에 따른 cladding층 박막의 굴절률 변화

Co-sintering하여 제작된 시편을 UV를 조사하여 광도파로를 형성하였다. UV에 의한 굴절률의 증가를 촉진시키기 위해 100기압의 수소가스 내에서 시편을 5일 동안 수소화산처리를 하였다. 광도파로는 Ar-ion laser(244nm)를 UV광원으로 사용하여 laser power는 76mW, writing 속도는 40μm/s의 조건 하에서 core층에 16mm의 직선길이를 조사하여 형성하였다. Fig. 3은 Optical Spectrum Analyzer (OSA)로 측정된 시편의 광손실 결과가 C-band영역에서 5 ~ 6 dB (3.2~3.8 dB/cm) 광손실을 보여준다. 결론적으로 본 연구에서 제안한 새로운 광민감성 광도파로 제작 방법인 co-sintering공정을 통해 박막형성 시간을 1/3가량 단축시키면서 우수한 광민감성을 갖는 박막을 형성시켰다. 또한 UV조사를 통해 평면형 광도파로 또한 잘 형성되었음을 확인하였다.

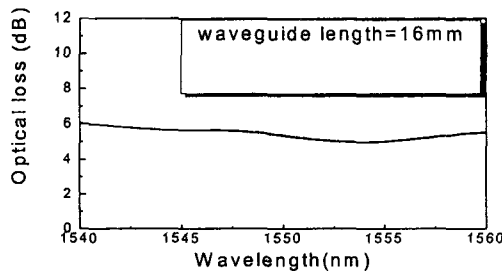


Fig. 3. Co-sintering을 통해 제작된 평면형 적층박막에 UV-laser로 새긴 광도파로의 광손실

감사의 글

본 연구는 광주과학기술원의 초고속광네트워크 연구센터(ERC) 및 교육인적자원부 BK-21 사업의 일부 지원에 의한 것입니다. UV writing과 측정에 도움을 준 K-JIST의 윤원식님에게 감사 드립니다.

참고 문헌

- 1 D. Zauner, et.al. "Direct UV-written silica-on-silicon planar waveguides with low loss"(1997)
- 2 G. Barbarossa, *Planar Silica optical device technology*, PhD Thesis