레이저 직접 묘화 방법을 이용한 광도파로 제작 및 특성평가

Fabrication of optical waveguide using laser direct writing method and its evaluation

김정민*, 조성학, 이응숙, 김재구, 장원석
한국기계연구원 지능형정밀기계연구부
jungmin@kimm.re.kr

레이저 직접 묘화 방법은 고분자 재료를 이용하여 마스크 없이 저온공정으로 제조할 수 있어 제작시간이 짧으며, 시제품을 저렴하게 대량 생산할 수 있다. 또한 기존의 마스크-노광 공정에 의해 형성되어지는 위상형태 뿐만 아니라 노출 광의 세기를 변화시킴으로써 임의의 굴곡형태의 표면 제작도 가능하다. 임의의 연속 위상 분포를 갖는 마이크로 광학 부품들(Fresnel 렌즈 등)을 한번의 공정을 제작할 수 있기 때문에 많은 수의 소자들을 집적하여 평판 집적 광회로를 구성하는데 있어서 매우 유리하다. 이러한 레이저를 이용한 공정은 고분자에 레이저 빔 조사하여 미세 패턴을 형성시키면 패턴이 형성된 부분에 굴절률을 변화 시킬 수 있으며, 광도파로로써 구현이 가능하다[1-3].

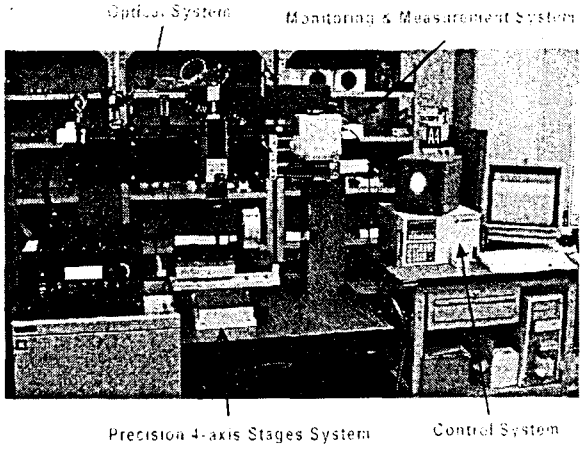

그림 1. DPSSL 시스템의 사진

따라서 본 논문에서는 3고조파 DPSS 레이저 (λ_3=355 nm)를 이용하여 UV 경화성 불소 폴리머를 사용하여 광도파로용 미세패턴 제작을 하였다. 또한 레이저 초점(laser focus), 레이저 출력(laser power), 묘화 속도(writing speed) 등 공정 조건을 변화해 가며 도파로 코어용 미세패턴 제작하였으며, 패턴의 단면과 직선 도파로의 손실을 측정했다. 광도파로 제작을 위해 사용한 전체 레이저 시스템 사진은 그림 1과 같다. 레이저는 Q-Switched DPSSL (Diode-Pumped Solid-State Laser, Coherent Co.)이며, 파장 355 nm, 펄스 폭 40 ns 빔 직경 2.4 mm인 가우시안 (Gaussian) 분포를 가진다. 레이저 빔의 최소 직경(spot)은 레이저 시스템과 광시스템의 개구수(numerical aperature)을 사용함으로써 결정된다. 또한 XY 스테이지를 사용함으로써 시편을 이송할 수 있게 하였다. 정밀도 0.1 um 인 리니어 모터와 리니어 스케일로 구성된 XY 스테이지와 정밀도 1.0 um인 DC 서보 모터로 구성된 Z축 스테이지 그리고 각 스테이지를 PMAC 제어기를 사용하여 제어함으로써, 스테이지의 위치정도, 선축정도를 향상시킬 수 있었다. 이러한 스테이지의 정도를 향상시킴으로써 패턴의 묘화정도 및 묘화속도를 향상시킬 수 있었다. 또한 이러한 각 축 제어기와 더불어 선 가공 정도를 높이기 위해 가공 소프트웨어는 VC++를 이용하여 직접 개발하였다.

사용한 UV 파장 레이저에 대한 폴리머 광도파로 형성을 위한 최적 공정조건을 선정하여 도파로 코어 부분을 제작한 후 도파로의 손실을 측정하였다. 실험에 사용한 폴리머는 광도파로와 박막코팅에 널리

사용되는 UV 경화성 불소계 폴리머인 ZPLW207(Zenphotonics. Co.)[4]이며, 넓은 범위에서 다양한 굴절률 재료로 사용된다. 레이저 파장대인 350 nm영역에서 경화가 잘 일어나게 하기 위해 광개시제(photoinitiator)를 코팅층 성분의 2% 첨가하였다. 광도파로 패턴의 선폭은 초점 크기와 심도(depth of focus)에 의해 선폭의 조절이 가능하다. 본 연구에서 사용한 대물렌즈의 개구수, NA, 0.13, 빔 초점 거리, f, 11.53 mm이며, 이론적으로 계산한 값은 초점크기 3.3 um, 초점심도 31.5 um이다. 그림 2는 묘화속도를 200, 400, 600 mm/min, 레이저 출력 0.5 mW(3.31 mJ/cm^2) 일때, 레이저 초점에 따른 선폭 변화를 나타낸 것이다. 최소 선폭은 그림 2에서 볼 수 있듯이 8 um로 관찰되었다. 대물렌즈를 사용할 경우 레이저 빔의 초점 심도가 짧아지며 정확한 초점에서 제작된 패턴은 레이저 조사시 폴리머의 열영향부에 의해 이론적으로 계산 값보다 넓은 패턴을 얻었다.

그림 3은 제작한 광도파로 코어 부분 패턴의 단면을 전자현미경으로 촬영한 것이다. 단면의 모양은 사각형에 가까운 사다리꼴 형태로 나왔으며 그 크기는 약 8.4 um, 높이 7.8 um 이다. 제작된 광도파로의 광손실을 알기 위해 지점에서의 광량을 측정하는 cut-back method을 이용하여 측정한 결과 1,500nm 파장 영역에서 도파 손실은 1.42 dB/cm, 커플링 손실은 0.67 dB/cm이었다.

이러한 레이저 직접묘화 방법을 이용하여 광도파로 패턴 제작은 대면적의 광백플레인, 직접회로소자 등에 응용될 수 있다.

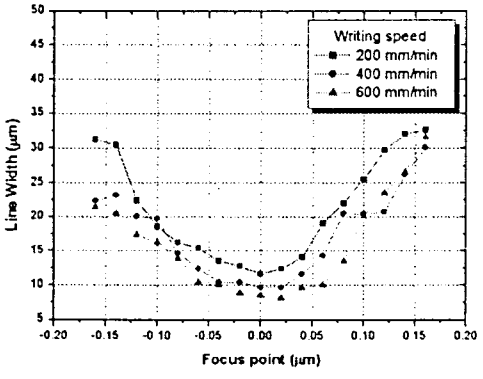

그림 2. 초점위치와 묘화속도에따른 선폭 크기 변화

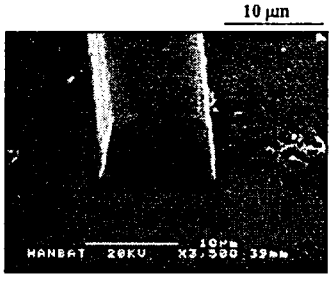

그림 3. 제작된 도파로의 전자현미경 사진

감사의 글

본 연구는 산업자원부 · 정보통신부가 지원하는 IMT-2000 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. L. Eldada, C. Xu, K. M. T. Stengle, L. W. Shacklette, andJ. T. Yardly, "Laser-Fabrication Low Loss Single-Mode Raised-Rib Waveguiding Device In Polymer," J. Lightwave Technol. 14, 1704 (1996)

2. B. S. Bae, O. H Park, R. Charters, B Luther-Davies, G. R. Atkins, " Direct laser writing of self-developed waveguides in benzyl dimethy ketal-doped sol-gel hybrid glass", J. Mat. Res. 16, 11, 3184-3187 (2001)

3. J. R. Salgueiro, J. F. Roman and Vicente Moreno, "System for laser writing to lithography masks for integrated optics", Opt, Eng., 37, 1115-1123 (1998)

4. www.zenphotonics.com