

자동차 네트워크용 이중 광도파로 플랫폼의 마이크로 제조공정 연구

Microfabrication of an optical platform with different-size waveguides for automobile network

*김영섭¹, *정명영¹, 오승훈², 이태호², 김포진¹

*Y. S. Kim¹, *M. Y. Jeong(myjung@pusan.ac.kr)¹, S. H. Oh², T.H. Lee², P. J. Kim¹

¹부산대학교 인지메카트로닉스 공학과, ²부산대학교 나노융합기술학과

Key words : Optical platform, Soft lithography, Waveguide, PDMS

1. 서론

최근 자동차 등의 수송시스템에서 고속 대용량의 정보처리가 요구되고 있으며, 이를 위한 대구경의 이중 광도파로 플랫폼 등의 광 모듈의 개발이 활발히 진행되고 있다¹. 기존의 이중 도파로 제작은 주로 에칭 공정을 통해 제작되었으나, 자동차등의 수송시스템에 사용되는 대구경의 도파로의 경우에는 에칭 깊이의 제약으로 인해 제작의 어려움이 있다². 최근에는 저가 대량 생산에 적합한 임프린트 기법에 의한 대구경 도파로의 제작이 이루어지나, 이중 도파로와 같은 복합 구조 형상의 패턴링의 경우에는 크기의 상이성으로 인해 고정밀의 패턴 전사가 쉽지 않은 문제점을 지니고 있다. 또한, 코어물질의 충전시 코어의 잔류층에 의한 누설손실이 발생하는 문제점을 지닌다³.

따라서, 본 논문에서는 이중 도파로에서의 이러한 문제점을 해결하기 위하여 모세관력을 이용한 소프트 리소그래피 기법을 이용하였다. 이를 위해, 이중 도파로의 코어 충전시 발생할 수 있는 미세기포 및 미 충전 등의 결함의 원인을 충전 실험을 통해 원인을 규명하고, 이러한 원인요소들을 제어하여 고정밀, 고효율의 이중 광 도파로 플랫폼을 제작하였다.

2. 이중 도파로 플랫폼용 PDMS Stamp 제작

소프트 리소그래피를 위한 이중 도파로 플랫폼용 PDMS 스탬프는 Fig. 1에 제시된 바와 같이 2번의 복제 주조 방식을 통해 제작된다. 복제 주조를 위한 이중도파로의 원형 금형은 980 μ m과 100 μ m 사각채널이 교차된 형태로 기계가공을 통해 제작되어졌다. 사용된 PDMS용액은 Dow Corning사의 Sylgard™ 184를 사용하였으며, 전구체와 경화제가 10:1의 일정 비율로 혼합되어 충분히 안정화 시간을 가진 상태의 고분자 용액이다. 이 안정화된 PDMS 용액을 기계가공을 통해 제작된 원형 금형에 붓고 치수정밀도를 높이기 위해 진공섹션에 30분간 놓아두었다. 이후, PDMS 용액은 핫 플레이트를

통한 경화과정을 걸쳐 PDMS를 원형 금형에서 떼어 내어 양각의 PDMS 금형을 제작하였다. 제작된 양각의 PDMS 금형을 다시 원형금형으로 사용하여 동일한 방법으로 소프트 리소그래피를 위한 음각의 고정밀 이중 도파로 플랫폼용 PDMS 스탬프를 제작하였다.

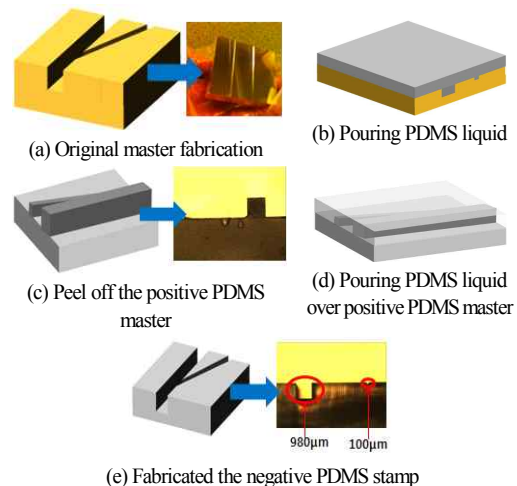


Fig 1. Fabrication process of the negative PDMS stamp for soft lithography

3. 모세관력 제어를 통한 이중 도파로의 코어 제작

제작된 이중도파로 플랫폼용 음각의 PDMS 스탬프를 이용하여 코어(Chem Optics Co. WIR30-510)를 모세관력을 이용한 소프트리소그래피를 통해 제작하였다. 이중 도파로는 980 μ m 과 100 μ m 의 크기가 다른 채널이 교차된 형태이므로 채널의 크기에 의해 충전 속도가 Fig. 2와 같이 다르게 나타나게 된다. 이로 인해 Fig. 3(a) 와 같이 교차되는 부분의 100 μ m 채널에서 미 충전이 발생됨을 알 수가 있다. 또한, 코어의 충진을 위한 사각채널의 형성은 세면이 소수성인 PDMS로 구성되지만 아랫면은 도파로의 클래드 층으로 사용되는 PMMA

로 구성되어 젖음성이 다른 표면으로 조합되어 있다. 또한, PDMS 스탬프의 표면 거칠기가 코어의 충전 유동에 있어 접촉각의 차이를 유발시키게 되어 사각 면을 구성하는 각각의 면에 대해 속도 차를 야기시켜 미세기포가 Fig. 3(b)와 같이 발생되었다.

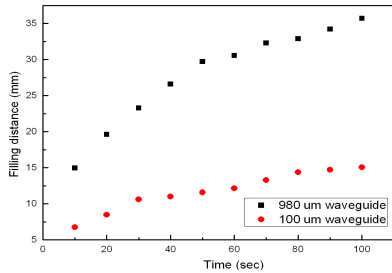
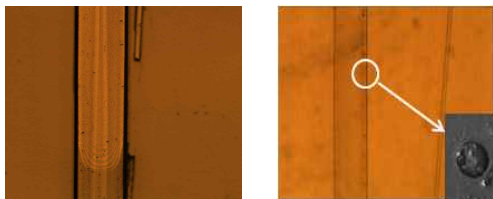


Fig 2. Comparison of filling distance according to channel sizes



(a) Unfilled core layer (b) Void image on the core layer
Fig 3. The defects image in the core filling using capillary force

이중도파로의 모세관력에 의한 코어의 충전시 미세 기포 및 미 충전 문제를 제어하기 위하여 순차적인 미세 채널의 충진을 유도하였으며, 초음파 진동에너지 및 구배에 의한 압력 구배의 효과를 도모하여 모세관력 제어를 통한 이중 도파로의 코어층을 Fig. 4와 같이 매우 정밀하게 제작하였다. 또한, 광도파로의 표면거칠기에 의한 산란손실은 도파손실에서의 중요한 요소이므로, 모세관력에 의해 제작된 이중 도파로에서의 표면거칠기를 AFM를 통해 측정하였으며, 그 결과 Ra가 3.231nm로 표면거칠기에 의한 산란손실을 제어할 수 있다.

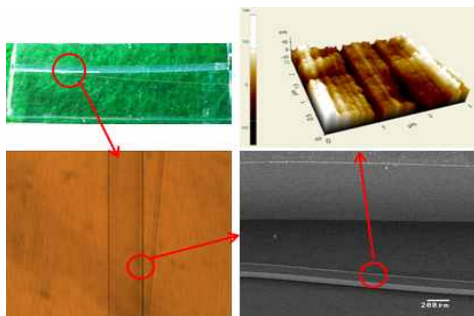


Fig 4. Fabricated the precise the core layer using the soft lithography

4. 이중 도파로 제작

모세관력 제어를 통해 제작된 코어 층에 상부 클래드를 적층시켜 이중 도파로를 제작하였다. 먼저 하부 클래드가 100 μ m 정도 가량 코팅된 PMMA 시트 기판위에 형성된 코어층에 상부 클래드 수지의 누출을 막기 위해 2mm 두께의 실리콘 고무를 이용하여 단을 형성시키고 상부 클래드로 사용된 UV 경화용 수지를 떨어뜨린 후, 유리기판을 이용하여 가압 후 임계 노광량인 2500mJ/cm² 만큼 UV 조사를 통해 이중 광 도파로를 제작하였다. 제작된 이중 광도파로의 광손실 측정 결과 Fig. 5와 같이 850nm 파장에서 100 μ m의 도파로와 650nm 파장에서 980 μ m 인 도파로가 각각 약 0.1 dB/cm이하로 측정되었다.

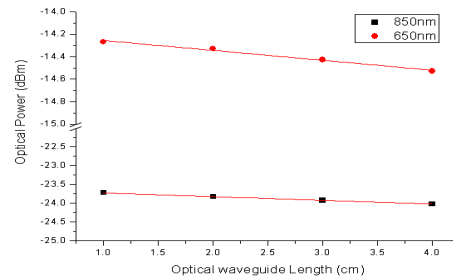


Fig 5. The optical insertion loss of fabricated optical waveguide

5. 결론

본 연구는 자동차등의 수송시스템에서 고속 대용량의 정보처리를 위한 대구경의 이중 광도파로 플랫폼을 모세관력을 이용한 소프트 리소그래피 기법을 이용하여 정밀하게 제작하였다. 이를 위해 이중 광도파로의 코어 충전시 발생하는 미세기포 및 미충진의 원인을 규명하고 제어하여 이중 광도파로 플랫폼을 정밀하게 제작하였으며, 제작된 광도파로의 도파손실을 0.1dB/cm 이하로 제어하였다. 이는 자동차 등의 수송시스템과 같은 단거리용 광모듈로 충분히 적용가능한 손실 값이다.

후기

본 연구는 한국연구재단을 통해 교육과학기술부의 세계수준의 연구 중심 대학 육성 사업 (WCU)(R31-20004)의 지원을 받아 수행하였음.

참고문헌

1. 최두선, 박한수, 서영호, 제태진, 황경현 "초소형 광모듈 제작을 위한 광섬유와 박막형 필터의 능동형 정렬 및 평가 시스템" 한국정밀공학회지 제 21권 제 4호 2004
2. A. G. Rickman et al. "Silicon-on-Insulator Optical Rib Waveguide Loss and Mode Characteristics" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 12, NO. 10, OCTOBER 1994
3. L. Jay Guo. "Nanoimprint Lithography: Methods and Material Requirements" Adv. Mater, 2007