

집적형 광픽업을 위한 마이크로미러 어레이의 제작

Fabrication of Micro Mirror Array for Integrated Optical Pickup

이명복, 손진승, 김해성, 조은형
 삼성종합기술원 재료소자연구소 HDD Program Team
 e-mail: mblee@samsung.com

최근 광통신, 광학 디스플레이 및 광픽업 등 여러 가지 광학 시스템의 소형화, 집적화 추세에 따라, 광학 부품의 wafer level fabrication의 중요성이 증가하고 있다. Wafer level fabrication의 장점은, batch 공정에 의한 대량 생산, 다른 광전 모듈과의 조립의 용이성, 광축 정렬 공정을 최소화할 수 있다는 점을 들 수 있다. 한편, 마이크로미러는 소형, 집적화된 광학시스템에서 반사에 의해 빛의 경로를 바꾸어 주는 역할을 하는 요소 광학 부품이다. 마이크로미러의 제작방법으로는 단결정 Si를 습식 식각하는 방법, glass 등의 소재를 소정의 각도로 초정밀 연마하는 방법, polymer를 사출 성형하는 방법 등을 들 수 있다. 단결정 Si wafer를 습식 식각하여 얻어지는 마이크로미러 어레이는 광통신용 소자에서 흔히 사용되고 있으며, 광픽업의 경우에도 LD와 PD를 동일 기판상에 집적시킨 이른바 hologram laser unit에 사용되고 있다. 이들 경우에 식각 깊이는 100-200 μm 정도에 불과하며 사용되는 파장도 비교적 길어 시스템에 요구되는 미러 면 정밀도를 쉽게 만족시킬 수가 있었다. 후자의 두 가지 방법은, 단일 미러에 대한 형상정밀도는 만족시키기 용이하나 wafer level fabrication은 곤란하다.

일반적으로 광픽업에서 허용되는 미러 면의 형상정밀도, 즉 표면거칠기 (surface waviness)는 광원의 파장을 λ 라고 할 때 p-v 값으로서 $\lambda/6$ 이하이므로 청색 LD ($\lambda=405\text{nm}$)를 사용하는 경우 68 nm 이하가 되어야 함을 알 수 있다. 이 정도의 형상정밀도를 수백 μm 의 면적 범위에서 만족하는 미러를 기존의 Si 습식 식각으로 제작하기는 매우 어렵다.⁽¹⁾ 또 설사 제작이 가능하다 하더라도 결정면 및 flat zone의 각도를 엄격히 제어하고 결정결함을 극도로 감소시킨 고품질의 wafer를 사용해야 하며, 용액의 조성, 온도, 액교반 등에 있어서 극히 엄격한 공정제어가 필요하여 cost가 대폭 상승한다.

본 논문에서는, 습식 식각에 의한 Si 미러의 상기 문제점을 해결하기 위하여 Si 습식 식각과 polymer의 UV replication을 결합한, 청색 광원의 광픽업에서 사용가능한 형상정밀도를 만족시키는 마이크로미러 어레이, 즉 polymer-clad Si 미러 어레이를 제작한 결과를 소개하고자 한다.

그림 1은 polymer-clad Si 미러의 제작공정 순서를 나타낸다. 먼저 $\langle 110 \rangle$ 방향을 향하여 9.74° 기울어져 절단된⁽²⁾ 두께 700 μm 의 Si(100) wafer를 세정한 후에 LPCVD로 SiN_x 식각 마스크 층을 1500Å 두께로 증착하고 사진공정 및 건식식각(RIE)을 거쳐 여러 개의 장방형 윈도우 패턴을 형성하였다. 다음에 농도 30 wt.%, 온도 80°C 의 KOH 수용액에서 약 9.5 시간 식각하여 45° 및 64.48° 의 각도를 갖는 에칭 단면을 형성하였다 (그림 1(a)). 이 상태에서는 미러는 광픽업에 사용하기 어려운 거친 표면을 가지게 된다. 다음에 액체 상태의 UV 경화성 polymer를 식각이 된 cavity의 빗면에 일정량 떨어뜨린다 (그림 1(b)). 그 후에 초정밀 표면을 갖는 미러가 투명한 기판에 접합된 미리 준비되어 있는 금형을 이용하여 polymer를 압착하고 UV를 조사한다 (그림 1(c), (d)). Polymer가 경화된 후에 금형을 Si wafer로부터 분리하면 식각된 Si wafer 위에 얇은 polymer가 clad된 형태의 마이크로미러가 얻어진다 (그림 1(e)). 금형을 제작하는 방법은, 크기 및 형상이 식각된 Si에 대응하도록 사다리꼴

의 단면 및 45° 와 64.48° 의 미러 면을 갖는 긴 막대 형태의 초정밀 연마가공된 BK7 재료의 미러를 준비하고, 이를 미리 가이드 패턴이 형성되어 있는 pyrex 기판 위에 UV 접착제를 사용하여 접합하였다. Pyrex 기판의 전면에 막대 형태의 미러를 여러 개 접합함으로써 wafer level의 마이크로미러 어레이의 제작이 가능하다. Si 기판 위에 clad되는 polymer와 Si 간의 접착력을 좋게 하기 위해 Si 기판에 adhesion 향상처리를 하였고, 반대로 금형은 UV 경화 후에 polymer와 잘 분리되도록 하기 위하여 anti-adhesion 처리를 하였다.

그림 2는 제작된 마이크로미러의 표면형상을 비접촉식 optical profiler (Wyko, NT-3300)로 측정한 결과를 나타낸다. 습식 식각된 상태의 Si 미러의 표면은 R_q 670 nm의 표면거칠기를 보이며, 동일한 Si 미러의 표면에 polymer clad한 미러의 표면거칠기는 R_q 80 nm로서 표면거칠기가 약 1/8 이하로 감소하였다. 또한, 본 집적형 광픽업의 광학설계상 미러 면에서의 beam spot 크기에 해당하는 $770 \mu\text{m} \times 610 \mu\text{m}$ 의 면적에 대하여 측정한 결과 R_q 58 nm로서 청색 LD를 사용하는 미러의 표면거칠기 규격을 충분히 만족하여 본 제작공정의 유용성을 확인할 수 있었다.

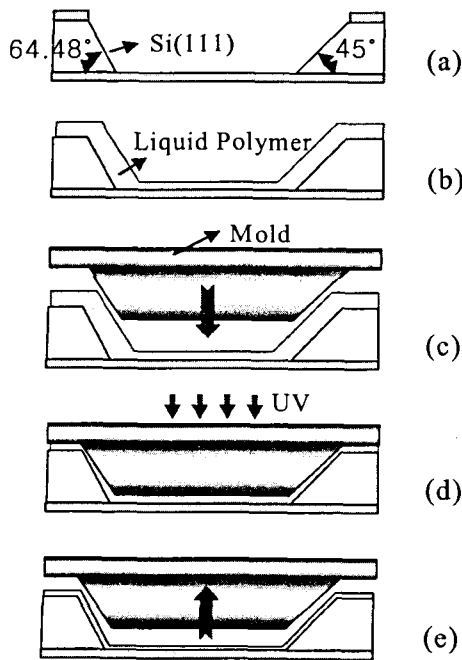


그림 1. 마이크로미러 어레이의 제작공정 순서
 (a) Si wet etching, (b) Dispense of liquid polymer
 (c) Pressing with mold, (d) UV irradiation, (e) Demolding

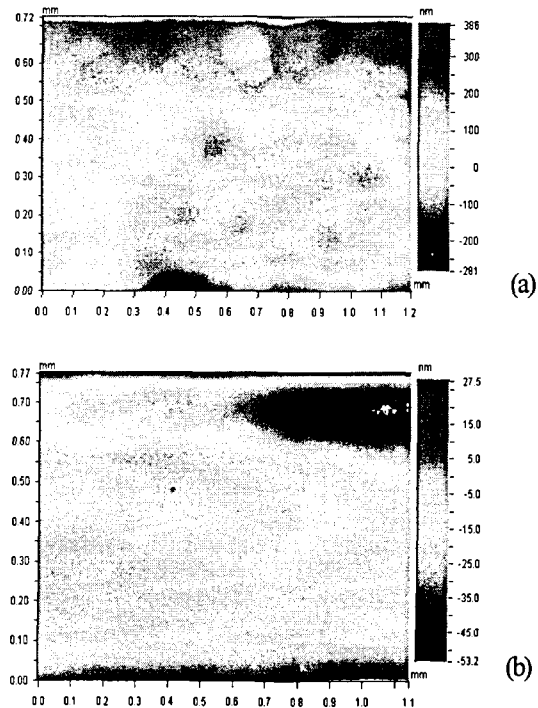


그림 2. 제작된 미러의 표면형상 측정결과
 (a) Surface of etched Si mirror
 (b) Surface of polymer-clad Si mirror

참고문헌

[1] Chris Merveille, "Surface quality of {111} side-walls in KOH-etched cavities", Sensors and Actuators, A 60, 244-248 (1997).
 [2] Carola Strandman *et al.*, "Fabrication of 45° mirrors together with well-defined V-grooves using wet anisotropic etching of silicon", J. Microelectromechanical Syst., 4(4), 213-219 (1995).

