

마이크로 UV 성형을 통한 초소형 광픽업용 마이크로 미러 어레이 제작

최 용¹· 임지석¹· 김석민¹· 손진승²· 김해성²· 강신일[#]

Fabrication of Micro Mirror Array for Small Form Factor Optical Pick-up by Micro UV-Molding

Yong Choi, Jiseok Lim, Seokmin Kim, Jin-Seung Sohn, Hae-Sung Kim, Shinill Kang

(Received June, 2, 2005)

Abstract

Wafer scale micro mirror array with high surface quality for small form factor (SFF) optical pick-up was fabricated by micro UV-molding. To replicate micro mirror array for SFF optical pick-up, a high-precision mold was fabricated using micro-machining technology. Wafer scale micro mirror array was UV-molded using the mold and then the process was optimized experimentally. The surface flatness and roughness of UV-molded micro mirror array were measured by white light scanning interferometry system and analyzed the transcribing characteristics. Finally, the measured flatness of UV-molded micro mirror array for SFF optical pick-up, which was fabricated in the optimum processing condition, was less than 70nm.

Key Words : Wafer Scale Micro Mirror Array, Micro UV-Molding, Flatness

1. 서 론

최근 정보저장기기는 개인의 정보 취급량 증가와 휴대형 광저장장치의 보급 확대가 예상됨에 따라 고밀도화, 소형화, 모바일화 기술의 구현이 요구되고 있다. 이에 따라 SFF(Small Form Factor) ODD(Optical Disk Drive)와 같은 차세대 초소형 광정보저장기기의 개발 필요성이 증대되고 있다. SFF ODD를 구현하기 위해 요구되는 핵심 제작 기술 중 하나가 광픽업 구현 기술이다. 광픽업은 미디어의 데이터 재생을 위한 광저장장치의 핵심 모듈이다. 일반적으로 이러한 광픽업 모듈은 마이크로 머시닝(micromachining) 기술을 적용하여 제

작된다. 이에 따라 반도체 공정을 활용하여 각 광학부품을 일괄공정으로 대량 제작할 수 있고, 조립시에 부품의 정렬 공정을 최소화할 수 있다. 하지만 이러한 제작 공정은 마이크로 미러와 같은 고정밀 표면을 요하는 광부품 제작에 있어서는 높은 품질과 신뢰성을 기대하기 어렵다. 특히 SFF 광픽업의 마이크로 미러 경우 약 700 μm 의 미소 부품 두께가 요구되고 동시에 수십 나노 수준의 초고정밀 표면정도를 만족시켜야 하므로 실리콘 기판에 대한 습식 식각 공정[1]으로는 요구 조건을 만족시킴에 있어 한계가 존재하게 된다. 그 외에도 레이저 가공 및 X-ray 리소그래피[2], 다이아몬드 툴을 이용한 방법[3] 등 다양한 방법들이 제

1. 연세대학교 기계공학부

2. 삼성종합기술원

교신저자: 연세대학교, E-mail : snlkang@yonsei.ac.kr

시되어 왔으나 정밀도, 반복 재현성, 제작 비용, 공정 시간에 있어 많은 개선이 요구되고 있는 실정이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방법으로 제시될 수 있는 기술 중 하나가 초정밀 고분자 복제 기술이다[4]. 복제 공정은 성형품의 제작 시간이 매우 짧고, 제작 비용이 저렴하며, 대량 생산에 적합한 공정이다. 또한 정밀한 몰드 제작 및 적절한 복제 공정의 선택을 통해 우수한 표면 품질의 마이크로 미러 어레이를 반복 재현성 있게 확보할 수 있는 장점을 가진다. 또한 초소형 광픽업 제작에 있어 생산성 향상이 가능한 웨이퍼 스케일 제작 공정에도 적합하다. 특히 초소형 광부품의 제작에 있어 마이크로 UV성형 공정은 저압 상온 공정이 가능하고, 성형품은 낮은 열팽창 계수, 높은 안정성, 낮은 복굴절 등의 장점을 가진다[5].

본 연구에서는 SFF 광픽업 대응 마이크로 미러를 고분자 복제 공정을 이용하여 제작하고자, 먼저 초정밀 기계 가공을 통해, 웨이퍼 스케일 SFF 광픽업 대응 마이크로 미러면에 적용 가능한 금형 코어 및 금형을 제작하였다. 또한 고분자 복제 공정에 따른 전사 특성을 분석하기 위하여 마이크로 UV 성형 기술이 적용되었으며, 복제된 미러는 표면의 형상 정밀도를 측정하여 제작 공정의 특성을 분석하였다.

2. 초소형 광픽업 대응 마이크로 미러 금형제작

SFF 광픽업의 제작은 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 광학계와 마이크로 미러가 모두 웨이퍼 스케일로 제작되어 서로 정렬, 접합 공정을 거친 후 다이싱을 통해 최종 완성된다. 이러한 공정 흐름은 Fig. 2에 개략적으로 나타내었다.

일반적으로 광픽업에서 허용되는 미러면의 형상 정밀도, 즉 평탄도(flatness)는 시스템에서 사용하는 광원의 $\lambda/6$ 이하의 P-V(Peak to Valley) 값을 가져야 한다. 광원으로 405nm대의 청색 레이저를 사용할 경우, 약 70nm 이하의 높은 평탄도(flatness)가 요구됨을 알 수 있다[6]. 복제 공정을 통하여 이러한 설계값을 구현하기 위해서는 설계 값 이하의 표면 품질을 갖는 초정밀 금형이 요구된다. 이러한 표면 품질 및 요구하는 형상 공차를 만족하는 금형을 제작하기 위해 본 연구에서는 마이크로 머시닝 공정을 이용하여 코어를 제작하고

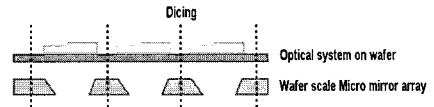


Fig. 1 Wafer level fabrication for SFF optical pick-up

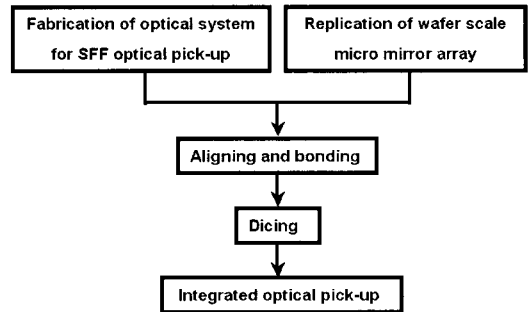


Fig. 2 Process flow for SFF optical pick-up

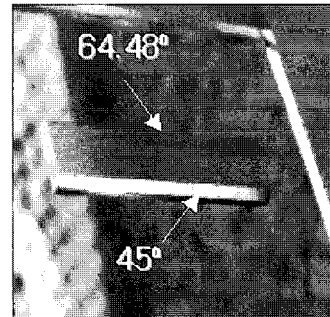


Fig. 3 Mold core with mirror surface

다수의 코어를 웨이퍼 스케일 지그에 조립하여 최종 몰드를 완성하였다. 710 μ m의 높이와 각각 45°, 64.48°의 테이퍼 형상을 갖는 코어를 제작하기 위하여 초정밀 연삭 가공을 통한 1차 형상 가공과 나노 파우더를 이용한 폴리싱 공정을 통하여 2차 경면 가공을 수행하였다. 최종 금형은 각각 $\pm 3\mu$ m, $\pm 0.3^\circ$ 의 치수와 각도 공차로 설계, 제작되었다. 최종 제작된 금형의 코어부는 Fig. 3과 같으며, 최종 금형은 이러한 40nm이하의 flatness를 갖는 미러 코어 12개로 구성된다.

3. 초소형 광픽업 대응 마이크로 미러 성형

마이크로UV성형 공정은 상온 저압 공정이 가능

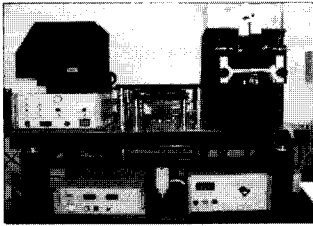


Fig. 4 Image of micro UV-molding system

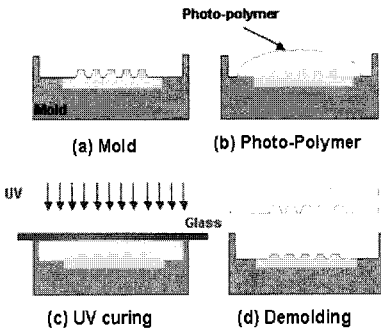


Fig. 5 Micro UV-molding procedure of micro mirror array

하여, 성형품의 낮은 열팽창 계수, 높은 안정성 등으로 초소형 광부품의 제작에 적합한 것으로 알려져 있다[5,7]. 본 연구에서는 이러한 마이크로 UV성형 공정을 이용하여 마이크로 미러 어레이를 제작하고 평가하였다. Fig. 4는 본 연구에 사용된 마이크로UV성형 장비로, 광원과 광량 조절 장치, 가압 시스템 등을 갖추고 있다. 마이크로 미러 어레이는 Fig. 5와 같이 초정밀 금형상에 포토 폴리머를 도포하고 유리 기판을 덮은 후, 수축 보정을 위한 가압공정과 경화를 위한 노광 공정을 수행하고, 이형을 통하여 제작되었다. 이때 노광 및 가압 조건 등의 공정변수 제어를 통해 최적의 공정조건을 선정하였다. 또한 열처리 기법과 유리 기판의 보강을 통해 성형 시 자주 발생하는 기포 및 이형시 결함을 최소화하였다[7].

제작된 성형품의 표면 특성 평가를 위해 비접촉식 3차원 표면 형상 측정기(백색 주사 간섭법)를 이용하여 $700\mu\text{m} \times 500\mu\text{m}$ 의 유효 면적에서 측정이 수행되었다.

Fig. 6은 3차원 형상 측정기로 측정된 45° mirror 부의 금형 측정 이미지이며 Fig. 7은 금형과 성형품의 미러면 형상 정밀도 중 평탄도 측정 결과를

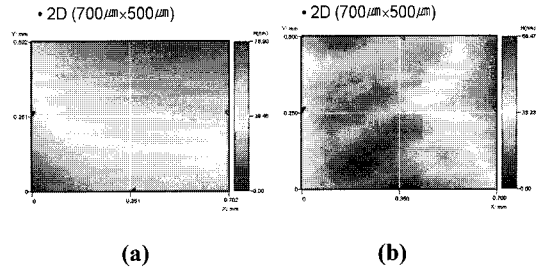
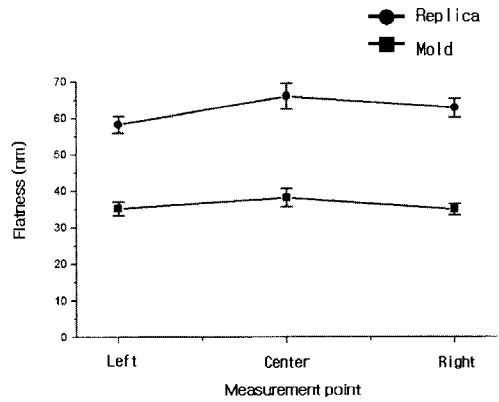
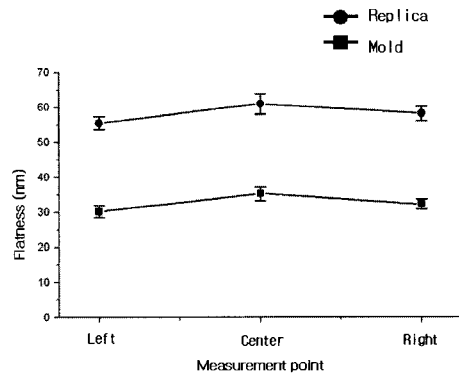


Fig. 6 Surface measurement results of (a) mold and (b) molded part



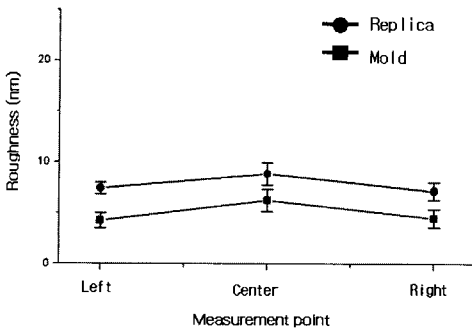
(a) 45° mirror surface



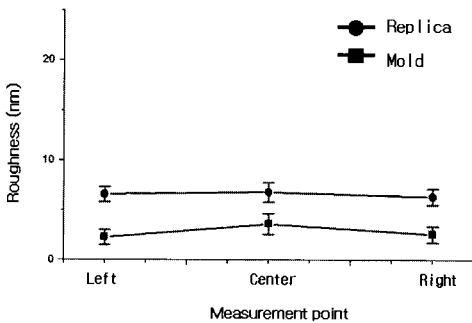
(b) 64.48° mirror surface

Fig. 7 Comparison of surface flatness between (a) 45° and (b) 64.48° mirror surface

보여준다. 측정은 마이크로 UV 성형에 의해 제작된 미러 어레이의 중앙과 양끝단에서 임의의 영역을 선정하여 수행되었다. 결과에서 알 수 있



(a) 45° mirror surface



(b) 64.48° mirror surface

Fig. 8 Comparison of surface roughness between (a) 45° and (b) 64.48° mirror surface

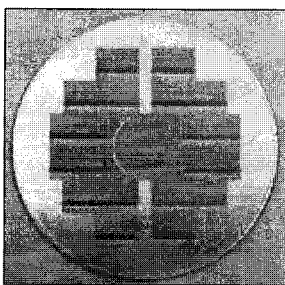


Fig. 9 Image of UV-molded wafer scale micro mirror array

듯이 45°와 64.48°의 각 미러면은 모두 평균값 70nm (P-V)이하의 평탄도를 가져 설계치의 형상 정밀도를 만족함을 알 수 있다. 또한 Fig. 8과 같이 표면 거칠기(surface roughness)에 해당하는 R_a 값의 경우 수 나노에 불과해 고정밀의 표면 품질을 갖는 경면이 복제되었음을 확인하였다. Fig. 9는

마이크로UV성형에 의해 제작된 최종 웨이퍼 스케일 마이크로 미러를 보여준다. 웨이퍼 스케일의 미러 성형은 기포 발생, 경화 이후의 수축 및 이형 등 모든 면에서 많은 결함이 발생한다. 특히 상대적으로 본 마이크로 미러 어레이 성형품이 두께가 얇고 복잡한 형상을 가짐에 따라 이형시 미러면의 변형이 초래되어 복제된 미러면의 평탄도를 다소 저하시킴을 알 수 있다. 하지만 측정 결과로부터 웨이퍼 스케일 마이크로 미러 어레이는 70nm(P-V) 수준의 표면 품질을 가지고 있음을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 SFF 광픽업의 구성 요소로서 웨이퍼 스케일 마이크로 미러 어레이를 제작하기 위해 초정밀 금형을 설계/제작하고, 마이크로 UV 성형을 이용한 고분자 복제 기술을 기반으로 최종 성형품을 제작하였다. 마이크로 UV 성형에 의해 제작된 미러 어레이의 경우 70nm(P-V) 이하의 표면 품질을 갖으며 이는 설계값보다 작음을 알 수 있다. 현재 본 연구의 성형 공정을 이용한 웨이퍼 스케일 마이크로 미러 어레이의 양산기술에 관한 연구가 진행중이다.

후 기

본 연구는 과학기술부의 국가지정연구실 사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] Carrola Strandman, 1995, Fabrication of 45° mirrors together with well-defined V-grooves using wet anisotropic etching of silicon, *J. Microelectromechanical Syst.*, 4(4), pp. 219~2162.
- [2] Sung. Kim, Jang-Joo. Kim, 2004, Fabrication of multimode polymeric waveguides and micromirrors using deep X-ray lithography, *IEEE photonics technology letters*, Vol. 16, pp. 798~800.
- [3] T. Satoh, A. Ichimura, O. Mikami, S. Tomaru, M. Hikita, T. Uchida, 1998, Coupling of spot-size converted laser diode to polymeric waveguide with 45-degree micro reflection mirror for optical surface mount technology, *IEMT/IMC Symposium*, pp.

- 114~117.
- [4] 김종성, 강신일, 2000, 광디스크 기판 성형시 발생하는 복굴절의 최소화를 위한 이론적 연구, 한국소성가공학회지, 제 9 권, 제 2 호, pp. 103~111.
- [5] S. Kang, 2004, Replication Technology for Micro/Nano Optical Components, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 43, No. 8B, pp. 5706~5716.
- [6] 이명복, 손진승, 김해성, 조은형, 2005, Fabrication of micro mirror array for integrated optical pickup, 한국광학회 동계학술대회, pp. 314~315.
- [7] 김석민, 김동묵, 강신일, 전병희, 2002, 전사성 향상을 위한 마이크로 UV 성형 공정 최적화, 한국소성가공학회 추계학술대회, pp. 343~346.