

대면적 LCD용 UV 임프린트 장비 개발

UV Imprint Tool Development for Large Area LCD Applications

*최철호¹, 신윤벽¹, 강인구¹, 임종제², #임시형²

*W. H. Choi¹, Y. H. Shin¹, I. G. Kang¹, H. J. Yim², #S. H. Lim²(shlim@kookmin.ac.kr)

¹국민대학교 기계설계 대학원, ²국민대학교 기계자동차 공학부

Key words : UV Imprint Tool, Uniform Pressurizing Device, Pattern Fidelity, Residual Layer Thickness Uniformity

1. 서론

나노 임프린트 리소그래피 (NIL: Nano-Imprint Lithography)[1]는 나노/마이크로 크기의 패턴을 종이 위에 도장을 찍듯이 기판(Substrate) 위에 패턴을 전사하는 공정이다. 이 중, 1996년 Haisma[2] 등에 의하여 제안된 UV-Nanoimprint Lithography (UV-NIL) 공정은, 높은 온도 및 압력 조건에서 공정이 진행되는 가열식 임프린트 리소그래피 (Thermal Imprint Lithography)[3] 방식과는 달리 상온 및 저압 조건에서 공정이 가능하며, 열에 의한 변형을 크게 줄일 수 있어 높은 정밀도의 패턴 전사가 가능한 기술이다. 오늘날 이러한 UV-NIL 공정의 장점을 극대면적(디스플레이 2세대, 370×470 mm²) LCD 패널의 제작공정에 적용하고자 하는 시도가 있다[4]. 하지만, 패턴 전사의 면적이 넓어지면서, 패턴전사의 균일도(Uniformity) 및 충실도(Fidelity) 확보가 어렵다. 이 같은 문제점을 해결하기 위해 대면적 균일 가압시스템이 필요하다.

본 연구에서는, FEM을 이용한 접촉역학 및 구조해석을 통해 유연재질의 실리콘 러버(Silicon rubber)를 이용한 극대면적 UV 임프린트장치를 개발 했으며, 패턴의 균일도 및 레진층 두께의 평탄도를 측정함으로써, 장치의 성능 검증을 수행하였다.

2. UV Imprint Tool

2.1 UV Imprint Tool 설계

극대면적 균일가압장치(Uniform pressurizing device)를 기반으로 하는 UV 임프린트 장비를 설계하였으며, 장비의 개념도는 Figure 1과 같다. 장치는 크게 극대면적 균일 가압을 위한 가압모듈(Upper module), 유리패널을 고정하는 흡착판(Absorbing plate)을 포함하며 가압모듈 가압 시 하중을 지탱하는 척 모듈 Chuck module, 임프린트 공정 중 버블 결합의 문제를 해결하기 위해 저진공 환경을 만들 수 있는 메인바디 모듈(Main body module), 정렬을 위한 스테이지로 구성된다.

2.2 구조해석

UV 임프린트 장비에서 가압 시 하중을 지탱하는 척 모듈의 안전성을 확보하기 위하여 척 모듈에 걸리는 응력값을 해석해 보았다. 이때 사용된 척 모듈의 재료 물성치는 Table 1에 나타내었으며, 구조해석은 상용 유한요소 해석 프로그램인 ANSYS를 이용하였다. 해석결과 최대변위는 척 모듈의 흡착판 부분의 끝단에서 17 μm의 처짐이 발생하였다. 최대 응력은 흡착판의 처짐을 지지해주는 리브(Rib)에서 28 MPa가 발생하였으며 Figure 2에 나타내었다. SM45C의 파괴강도가 620 MPa이므로 22 이상의 안전계수를 확보할 수 있었다.

2.3 UV Imprint Tool

설계와 구조해석을 바탕으로 극대면적 균일가압장치를 기반으로 하는 UV 임프린트 장비를 개발하였다. 실제 제작된 UV 임프린트 장비는 Figure 3에 나타내었다.

3. UV Imprint Tool 성능검증

3.1 패턴의 균일도 측정

임프린트 실험은 2.5 μm의 패턴높이를 가지는 370×470 mm² 크기의 실제 몰드를 이용하여 수행하였다. 실험조건은 가압력(1 bar), 가압시간(240 sec), UV 조사량(1.4 mW/cm²), 조사시간(120 sec)과 같으며, 레진 드랍은 마이크로파이펫(micropipette)을 이용하여 총 24 지점에 70 μl씩 떨어뜨렸다. 패턴의 균일도 측정은 비접촉식 광학측정장치를 이용하여 측정하였으며, 측정결과 패턴높이의 최대값, 최소값, 평균 및 표준편차는 2.5 μm, 2.3 μm, 2.377 μm, 67 nm로 측정되었으며 Figure 4에 나타내었다. 측정된 결과값으로부터 아래의 식을 이용하여 패턴의 균일도를 구하였다.

$$\text{균일도}(\%) = 1 - (\text{표준편차}/\text{평균}) \quad [A]$$

측정결과, 극대면적 임프린트 장비의 패턴전사 균일도는 97.2%임을 확인 할 수 있었다.

3.2 레진층 두께의 평탄도 측정

임프린트 실험은 2.5 μm의 패턴높이를 가지는 370×470 mm² 크기의 실제 몰드를 이용하여 수행하였다. 실험은 가압시간이 일정할 때 가압력 변화에 따른 레진층 두께측정을 수행하였으며 실험 조건은 Table 2에 나타내었다. 실험에서의 레진 드랍은 총 24 지점에 15 μl씩 떨어뜨렸으며 각 포인트당 2번의 반복측정을 통한 평균값을 취하였다. 측정결과 동일한 가압시간에서 가압력이 1 bar, 1.5 bar, 2 bar일 때, 레진층의 평균두께 및 표준편차는 각각 2.879 μm, 2.602 μm, 2.597 μm와 0.804 μm, 0.661 μm, 0.277 μm로 측정되었으며 Figure 5에 나타내었다. 측정된 결과값으로부터 식 [A]를 이용하여 평탄도를 구하였다. 측정결과, 레진층 두께의 평탄도는 가압력이 1 bar, 1.5 bar, 2 bar일 때, 각각 72%, 74.6%, 89%로 측정되었으며 Figure 6에 나타내었다.

4. 결론

본 논문에서는, 극대면적 임프린트 공정 장비의 개발에 관한 것으로 370×470 mm² 크기의 임프린트가 가능한 UV 임프린트 장비를 자체 제작하여 임프린트 공정 후 결과물의 잔류층 두께의 평탄도를 측정해 봄으로써 극대면적 UV 임프린트 장비의 성능을 확인해 보았다. 그 결과 동일한 가압 시간에서 가압력이 높을수록 더 얇은 레진층 두께와 높은 레진층 평탄도를 확보 할 수 있었다. 향후 레진층 평탄도값을 향상시킬 수 있는 최적의 가압시간을 찾는 것과 동시에 spin coater를 이용함으로써 더욱 얇은 레진층 두께의 확보와 평탄도 향상을 위한 실험을 수행할 계획이다.

후기

본 연구는 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 수행(과제번호 10583)되었고, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Stephen, Y. C., Peter, R. K. and Preston, J. R., 1996, "Nanoimprint lithography" *Trans. of the journal of Vacuum Science and Technology B*, Vol. 14, No. 6, pp. 4129-4133.
2. Haisma, J., Verheijen, M. and Heuvel, K., 1996, "Mold-assisted nanolithography: A process for reliable pattern replication," *Trans. of the Journal of Vacuum Science and Technology B*, Vol. 14, No. 6, pp. 4124-4128.
3. Stephen, Y. C., Peter, R. K., Wei, Z., Lingjie, G. and Lei, Z., 1997, "Sub-10 nm imprint lithography and applications", *Trans. of the Journal of Vacuum Science and Technology B*, Vol. 15, No. 6, pp. 2897-2904.
4. Lee, S. W., 2008, "Large Area UV Nanoimprint Lithography: Tools and Applications," *Trans. of the ASNIL2008*, pp. 40.

Table 1 Material properties of SM45C

Material	E (GPa)	ν	Fracture strength(MPa)
SM45C	205	0.29	620

Table 2 Experimental conditions for resin thickness uniformity measurement (Applied pressure)

Applied pressure (bar)	Total pressurizing time (sec)	UV exposure dose (mW/cm ²)	UV curing time (sec)
1	300	1.4	120
1.5			
2			



Fig. 3 Photo of UV imprint tool

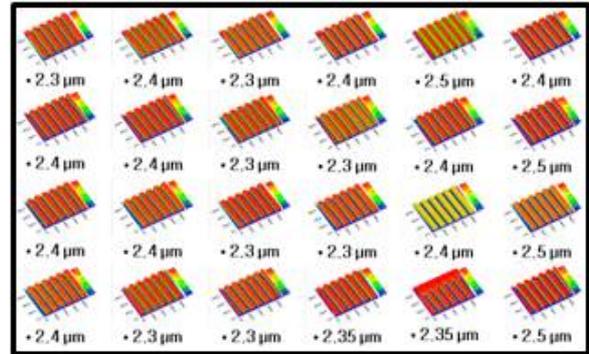


Fig. 4 Pattern height measurement result

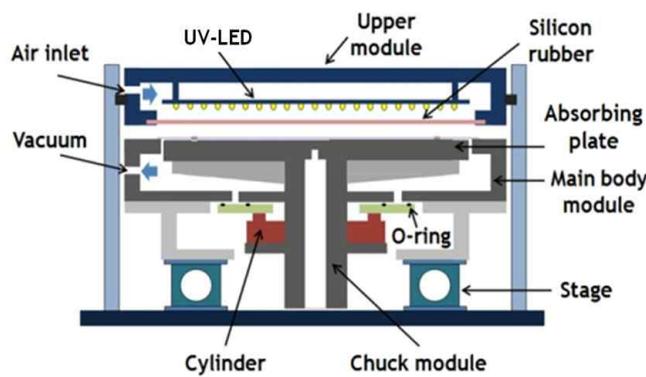


Fig. 1 Large area UV imprint system

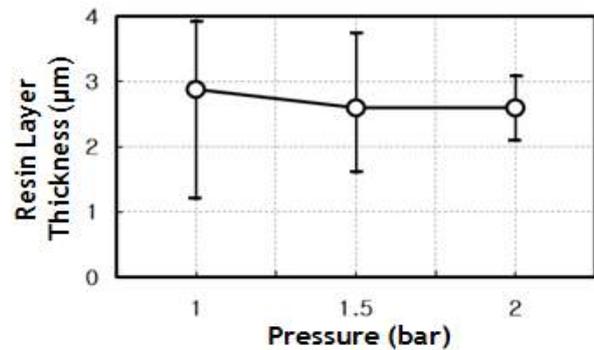


Fig. 5 Resin layer thickness measurement result

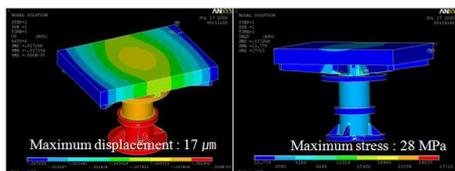


Fig. 2 Structural analysis using FEM

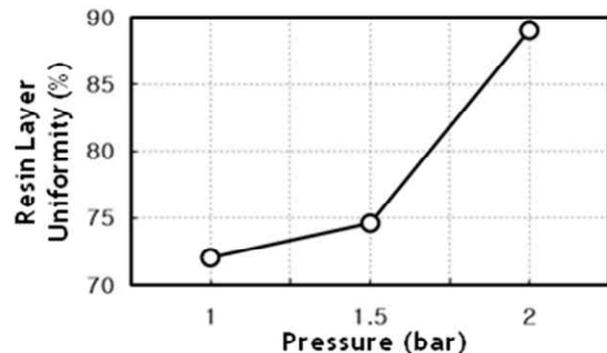


Fig. 6 Resin layer uniformity measurement result