

대 면적 일괄전사를 위한 UV 임프린트장치 개발

UV Imprint System Development for A Large-Area Replication

*#김광¹, 김주현¹, 이성열¹, 황주하¹, 강동균¹, 김영일², 정미숙²,

*#K. Kim(kimkwang@kpu.ac.kr)¹, J. H. Kim¹, S. Y. Lee¹, J. H. Hwang¹, D. K. Kang¹, Y. I. Kim², M. S. Jung²
¹ 한국산업기술대학교 기계설계공학과, ² 한국산업기술대학교 나노광공학과

Key words : UV Imprint, Self-Balanced Pneumatic Stage, Large-Area Replication

1. 서론

UV에 의한 나노 임프린트의 프로세스는 광 경화 수지를 몰드에 압착시킨 후 UV를 조사하여 수지를 경화 시키고 몰드를 이형 함으로써 몰드와 동일한 패턴을 얻는 것이다. 나노 임프린트에 서는 가압을 위해 주로 공압 및 서보 모터압이 사용되고 있으며 몰드와 Sheet와의 평행 유지[1] 및 패턴과 몰드 사이에 개재된 Air Trap의 에 의한 패턴전사 불량이 발생한다. 특히 대면적의 패턴전사 시에는 몰드의 평탄도, 기판(substrate)의 평탄도 문제로 Air Trap 발생이 필연적이어서 이를 해결하기 위한 여러 방법들이 연구되어 왔다.

수지의 경화방법 이외에 양산성 확보를 위한 대면적의 전사기술이 일괄전사와 step & repeat 방식으로 발전되어 진행되었다 [2]. 대면적 일괄전사는 광학 시트의 제작 및 패턴드 미디어 제작에 활용되고 있으며, step & repeat 는 패턴 사이즈가 상대적으로 소형인 바이오와 소형 렌즈 구현에 활용되고 있다.

본 연구는 대면적의 일괄전사를 위한 임프린트 장치의 개발에 관한 것으로 대 면적 일괄전사를 상온, 저압에서 Air trap 발생 없이 전사가 가능한 UV 임프린트 장비구현을 목적으로 한다.

진공환경을 적용한 몰드의 고정과 가압, 패턴상의 Air Trap 제거, 평형유지 스테이지의 적용, 수지의 균일한 도포 막 형성을 위한 수지 코팅장치 등을 UV 임프린트 장치로 구성하여 그 성능을 측정하였다.

2. 균일 가압 을 위한 자기 평형 장치

대면적 임프린트 프로세스에서는 특히 몰드와 substrate 는 수평이 중요하며 전 영역에 대해 균일한 두께의 잔류층을 얻을 수 있으며 몰드의 패턴 전사율을 향상시킬 수 있다. 몰드와 substrate 가 평형하지 않은 상태에서는 좌우의 패턴 전사가 달라지거나 엣지 부분에 과도한 하중이 가해져 몰드의 손상을 초래할 수 있다. 또한, 스탬퍼의 평탄도 문제는 대면적 일괄전사에서는 air trap 이라는 문제로 미성형이 발생할 수 있기 때문에 진공상태의 환경을 유지해주어야 한다.

이러한 패턴의 전사율 향상, 몰드보호, Air trap 방지를 위해 를 보호하기위한 보상기구로서 자기평형 공압 스테이지

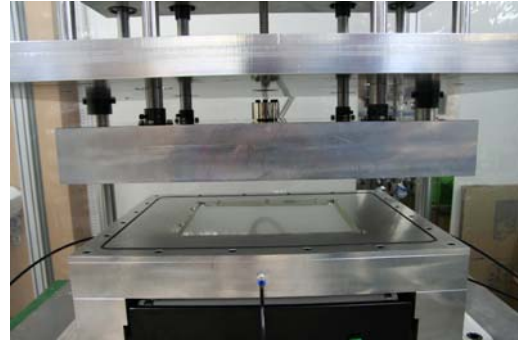


Fig.2 Photo of Vacuum Chamber in Imprint System

(Self-Balanced Pneumatic Stage)를 [3] 적용하였으며, Fig.1 에 구조를 나타내었다. Elastomer 를 원주방향에 배치하여 substrate 를 포함한 stage 부분이 이동하여 몰드에 접촉할 때 compliant 기구로 작용하도록 하였다. 스탬퍼(stamper) 의 고정 방법으로 진공흡착을 위한 진공척 (vacuum chuck)을 사용하였으며 air trap 을 없애기 위해 진공 환경을 만들었다. 작동순서는 먼저 진공척에 스탬퍼를 흡착시켜 고정시킨다. 진공척에 작은 흡입구를 구성하여 흡착시키는 방식으로 흡착구의 면적이 흡착력과 관계가 있다.

스탬퍼를 흡착 시킨 후 챔버를 닫고 펌프를 가동하여 진공 상태를 만들고 진공도가 100mTorr 이하가 되면 공기압으로 substrate 를 스탬퍼에 밀착시켜 스탬퍼의 패턴을 전사시킨다.

전사가 가능한 패턴의 영역은 □500×350(mm)으로 22인치 모니터용 광학시트에 대응된다. 스탬퍼의 이동은 스탬퍼 모터를 사용하고 있으며, 2가지의 이동 모드를 사용하며 이형시에는 마이크로 스탬퍼를 사용하여 이동 분해능을 1μm 이하로 구동시킨다. 패턴 전사시 가압은 2 bar 까지 사용하며 400 kgf 이상 가압할 수 있다.

Fig.2 에 제작한 임프린트 장치에서 진공 챔버 부분과 자기평형 공압스테이지 부분을 나타내었다. 챔버 부분의 스탬퍼 흡착용 유로와 진공부분의 유로를 독립적으로 사용하여 챔버의 기압이 대기압 상태로 되어도 스탬퍼는 흡착된 상태를 유지하게 된다.

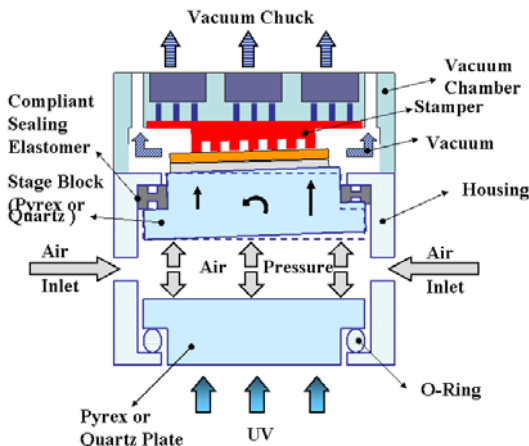


Fig. 1 Principle of Self-balanced Pneumatic Stage with Vacuum Chamber

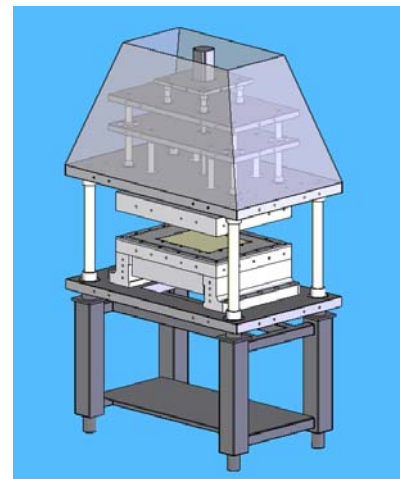


Fig. 3 Imprint System for Large-Area Replication

Table 1 Specifications of Imprint System

Items		Specifications
Working Size	[mm]	500 x 350
Stamper Stroke	[mm]	300
Vacuum Pressure	[mTorr]	100
Imprinting Force	[Kgff]	400
Stroke Resolution	[μ m]	0.25

Fig.3 에 대면적 일괄전사를 위해 제작한 장치를 나타내었다. 상부에 스탬퍼의 구동과 진공 챔버 상부를 이동시키는 모터부가 위치하고 있으며, 챔버 하부에 자외선(UV) 램프를 위치시켜 자외선이 파이프스로 구성된 공기압실과 진공부를 통과하여 UV 수지에 도달할 수 있도록 구성하였다. Table 1에 대면적 임프린트를 위해 제작한 장치의 사양을 나타내었다.

3. 균일한 패턴 두께 형성을 위한 도포기술

임프린트시 패턴의 전사율 향상과 균일한 도포막 두께 형성 및 패턴의 미 성형 방지를 위하여 대 면적에서의 수지의 균일한 막 형성이 필요하다. 이러한 패턴의 전사율 향상을 위하여 바코터를 이용한 바코터 어플리케이션을 설계, 제작하여 대 면적에서의 수지의 상, 하, 좌, 우의 위치 및 높이 편차를 감소시켜 전 면적에서의 균일한 수지의 도포막을 형성 시켰다. Fig.4에 균일 도포를 위해 제작한 바코터 어플리케이션의를 나타내었다. Sheet의 평탄도가 균일하지 못하여 도포막이 고르지 못 할 경우 스테이지를 조절하여 상, 하, 좌, 우의 위치를 보정한다. 도포막의 분해능은 1 μ m 로 설정하였으며 사용하는 수지의 점도와도 관계가 깊다.

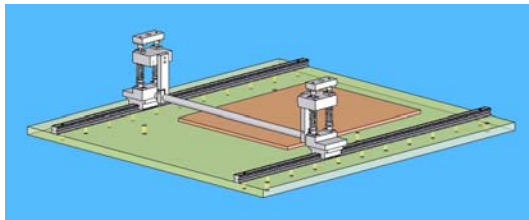
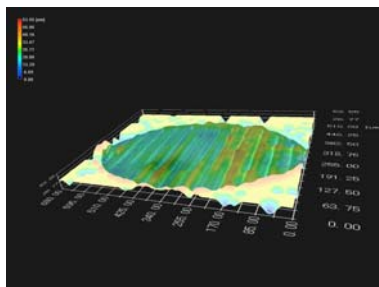
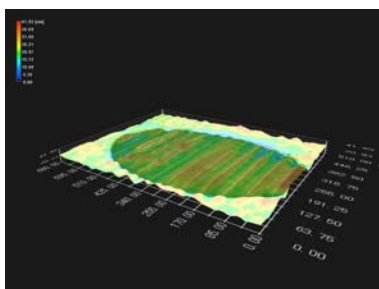


Fig. 4 Bar Coater Applicator



(a) Test Pattern on Stamper



(b) Imprinted Pattern on Substrate

Fig.5 Comparison of Imprinted Test Pattern

하부는 평탄도가 우수하고 변형이 적은 파이프스를 사용했다. 수지를 도포할 substrate의 평탄도는 균일한 도포에 중요한 인자로서 해결해야 할 문제로 남아있다.

4. 대면적 패턴 전사 실험 및 고찰

장치의 전사성 확인을 위해 높이 50 μ m 의 프리즘을 테스트 패턴으로 하는 0.4mm 두께의 시험용 스탬퍼 □300×250(mm)를 사용하였다. 이 테스트 패턴의 형상은 Fig.5(a) 에 나타내었다. 제작한 대면적 임프린트 장치를 이용하여 전사된 패턴은 Fig.5(b) 에 나타내었다. 전사된 패턴은 40 μ m의 높이를 갖고 있어 80%정도의 전사율을 나타내고 있어 전사율 향상이 필요하다. 또한 미전사 부분이 일부 발생하였으며 이는 substrate의 평탄도 문제에 기인한 것으로 사료된다. 향후, 가압 압력을 2bar 이상으로 향상시키는 것과 substrate의 평탄도 보완에 대해 더욱 연구를 필요로 한다.

5. 결론

본 연구는 대면적의 일괄전사를 위한 임프린트 장치의 개발에 관한 것으로 □500×350(mm)의 임프린트가 가능한 UV 임프린트 장치를 자체 제작하여 시험용 스탬퍼 □300×250(mm)를 이용한 전사성을 확인하였다.

그 결과 높이 50 μ m 의 프리즘 패턴에 대해 전사된 패턴은 40 μ m의 높이를 갖고 있어 80%정도의 전사율을 얻을 수 있었다. 일부 미전사 부분이 발생하였으며 향후, 가압 압력을 향상시켜 전사성을 향상시키는 것과 substrate의 평탄도에 영향을 받지 않도록 이에 보완 연구가 필요하다.

참고문헌

1. Choi, B.J., Johnson, S. and Sreenivasan, S.V., "Partially Constrained Compliant Stages for High Resolution Imprint Lithography", Proceedings of DETC2000/MECH-14145, Baltimore, Maryland, 2000.
2. Hiroshima, H., Komuro, M., Kurashima, Y. Kim, S.H. and Muneishi, T., "Step-and-Repeat Photo-Nanoimprint System Using Active Orientation Head", The Japan Society of Applied Physics, Vol. 43, No. 6B, 4012-4016, 2004
3. 김광 외4인, "UV 나노 임프린트용 자기평형 공압스테이지 연구", 한국정밀공학회 2006년도 춘계학술대회논문집, 163-164, 2006.