

UV 임프린트 리소그래피를 이용한 노트북용 초슬림 LGP 제작에 관한 연구 A Study on the Process of using UV Imprint Lithography Ultra Slim LGP for Note PC

*김주현¹, 김세덕², #김광³

*J. H. Kim¹, ²S.D.Kim, #K. Kim(kimkwang@kpu.ac.krcom)³

¹ 한국산업기술대학교 기계시스템설계, ²엑츠(주), ³한국산업기술대학교 기계설계공학과

Key words : UV Imprint, Imprint Lithography, LGP (Light Guide Panel), BLU (Back Light Unit), Pressure Equalization

1. 서론

나노 임프린트 리소그래피(NIL: Nano Imprint Lithography) 기술은 1995년 미국 프린스턴 대학의 Stephen Y. Chou 교수에 의해 처음으로 제안된 기술[1]로 수십 나노에서 수 나노미터의 패턴을 비교적 간단한 공정을 통해 구현이 가능한 기술이다. 이 기술은, 경화 방식에 따라 열 경화 방식(Thermal-type)[1]과 UV 경화 방식(Ultraviolet-type)[2]로 나뉘는데, 열 경화 방식 NIL은 몰드를 전사하고자하는 Substrate 위에 배치하고 고온 고압의 조건에서 눌러 전사한 후 냉각 과정을 거쳐 경화 후 이형 하여 패턴을 얻는 방식이고, UV 경화 방식 NIL은 상온저압의 조건에서 UV를 조사하여 수지를 경화한 후 이형 하여 패턴을 얻는 방식이다.

90년대 후반부터 시장의 주목을 받기 시작한 평판 디스플레이(FPD: Flat Panel Display)는 현재까지 빠른 성장을 이루면서 디스플레이 시장을 주도하고 있다. 그 중 LCD는 소형 휴대폰에서부터 대형 TV에 이르기까지 모든 디스플레이 시장에 적용되고 있으며 이처럼 수요가 급격히 증가하면서 국가 간에 치열한 경쟁, 업체 간 전략적 제휴 및 시장경쟁의 우위를 선점하기 위한 기술혁신이 가속화 되고 있다. 이러한 기술혁신 중에서도 LCD의 발광을 담당하는 백라이트(BLU: Back Light Unit)에 관한 연구가 많이 진행 되고 있는데, LCD는 다른 디스플레이와 달리 스스로 발광을 하지 못하기 때문에 BLU로부터 제공된 빛을 투과시키거나 차단시키는 것으로 영상을 만들어 낸다[3].

본 연구에서는 UV 임프린트 프로세스를 이용하여 13.3" Note PC에 적용 가능한 LED BLU용 bump 패턴 도광판(LGP: Light Guide Plate)과 Prism 시트의 역할까지 가능한 Prism 패턴 도광판 제작에 관한 연구를 진행 하였다.

2. 레진 도포에 관한 연구

임프린트 공정에서 레진을 도포 하는 기술은 높은 전사율과 잔류층 두께 최적화 등에 큰 영향을 미친다. 기존의 17"모니터용 LGP 생산연구[4]에서 적용하였던 스크린 인쇄방식의 레진 도포 기술은 요구되는 영역에 일정한 두께의 레진을 도포 할 수 있는 방법으로 적용 하였다. 그러나 사용되는 레진의 특성에 따라 미세 기포의 발생, 일정한 두께의 레진 막을 얻기 힘든 문제 등이 발생하게 됨을 많은 실험을 통해 알게 되었다. 연구에 사용된 레진의 경우 점도가 100cPs, 굴절률이 1.49이고, 기포를 포함하기 쉬운 성질을 갖고 있다. 때문에 스크린 인쇄를 통해서 레진을 도포 했을 때 비누거품과 같은 기포들이 발생하고 이러한 기포들은 임프린트 공정 시 여러 가지 문제를 발생 시킨다. 보통 스크린 인쇄에서 기포가 발생하는 문제는 잉크에 소포제 등의 이물질들을 첨가하여 잉크의 성질을 변화시켜 해결하지만 본 연구에 사용되는 레진의 경우 이물질 첨가를 통해 문제를 해결 할 경우, 경화 조건이나 굴절률 등을 원하는 사양에 맞추기가 어렵게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 스크린 인쇄 방식을 변형한 와이어 스크린을 제작하고 실험 하였다. 와이어 스크린이란, Fig. 1(b)와 같은 형태를 갖는 레진 도포용 마스크로, 그 역할은 스크린 인쇄에서의 스크린 마스크와 같다. 스크린 인쇄에서 사용되는 스크린 마스크의 경우 Fig. 1(a)처럼 격자형 그물 구조로 되어 있기 때문에 스크린 마스크를 스퀴지로 밀고 지나갈 때 기포를 포함하기 쉬운 성질을 갖는 레진에 다량의 기포가 발생하고, 이 기포는 스크린 막을 통해 레진이 도포되는 면에 나타나게 된다.

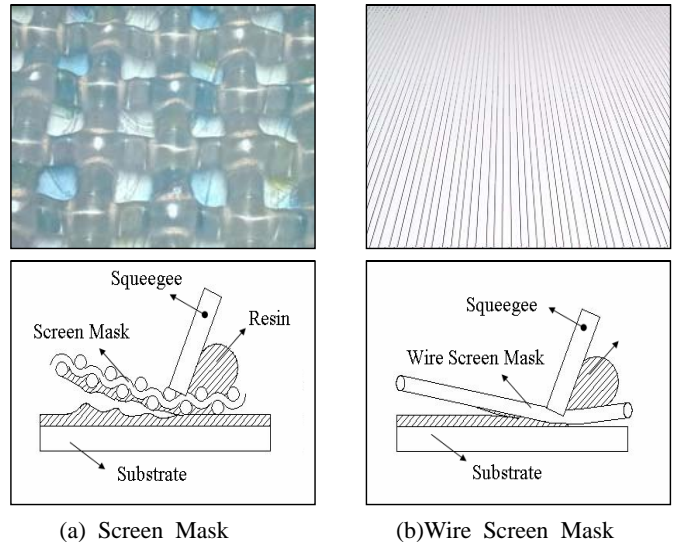


Fig. 1 Schematic diagram of Screen Mask

이 같은 기포가 발생하는 원인을 격자형 그물 구조에 의해 발생 한다고 가정하고 격자형 구조에서 한 방향의 선만 남기는 와이어 스크린 구조를 고안하였다. Fig. 2는 연구에 사용된 와이어 스크린의 제작 도면과 완성된 사진이다. 스크린 마스크로 적합한 역할을 하기 위해서는 Fig. 2에서 보다 피치가 더욱 작고 실크 스크린 마스크와 같이 적당한 연신율과 강성을 갖는 마스크가 되어야 하지만 제작상의 문제로 인해 선경 $\phi 0.2\text{mm}$ 의 니켈 도금 강선을 2mm 피치로 연결하여 제작했다. 제작된 와이어 스크린으로 수지 도포 실험을 진행한 결과 일반 스크린 인쇄를 통해 레진을 도포할 때 생기던 기포들은 98% 이상 사라지는 것을 확인 하였다. 하지만 일반적인 스크린인쇄에 맞게 제작된 스퀴지를 사용할 경우 오픈 영역이 상대적으로 커진 와이어 스크린에서는 와이어 마스크가 스퀴지를 파고드는 현상이 발생하고, 상대적으로 강도가 높은 강선이 스퀴지에 가해지는 반발력이 커지고 스퀴지의 부분적으로 마찰력이 다르게 작용 하는 등의 문제가 발생하였다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 적합한 와이어 선정과 마스크의 오픈 영역 최적화가 필요하다.



Fig. 2 Wire Screen Mask

3. 압력의 크기가 미치는 영향

UV 임프린트는 Thermal 임프린트에 비해 낮은 압력을 이용하여 패턴을 전사 할 수 있는 기술이지만 일정 수준 이하의 압력으로 공정을 진행할 경우 낮은 전사율이나 잔류 층 막 두께의 불균일을 가져올 수 있다. 기존 장치의 구조상 압력을 더 높일 경우 진공 챔버가 열리게 될 우려가 있어 이를 방지하기 위해 클램프를 제작하였다. 클램프를 장착하고 2~6Bar의 압력으로 실험을 진행한 결과, 2Bar, 3Bar에서는 전사된 패턴에 물결 같은 무늬가 나타났고, 4Bar에서 점차 사라지면서 5Bar 이상에서는 눈에 띄지 않을 정도로 사라졌음을 실험을 통해 확인 할 수 있었다. □50×50mm 패턴 전사의 경우 1Bar의 작은 압력으로 95% 이상의 전사율을 확인 할 수 있었던 이전 연구[5]와 비교할 때 5배의 압력을 가했을 때 시스템이 안정 되는 결과를 볼 수 있는데 이것은 전사 면적증가에 가압력이 비례함을 알 수 있다.

4. 프리즘 LGP의 패턴

Fig. 3은 노트북용 초슬림 프리즘 LGP를 제작하기 위하여 제작한 UV 임프린트 장치로 몰드의 이송용은 스텝 모터를 사용하고 LabVIEW 기반으로 제어하였다. 가압력은 6Bar, 진공은 $10^{-1} \sim 10^{-2}$ Torr로 저진공을 사용하고 최대 □400×300mm 패턴이 적용 가능하다. 챔버 내부에는 몰드와 Substrate간의 평행유지와 균일가압을 위한 Bellows type의 자기 평형 장치[4][5]가 조립되어 있다.

Fig. 4와 같은 방법으로 Bump패턴과 Prism패턴의 전사율 측정하고 비교 하였다. 잔류층의 막 두께를 측정하기 위해 전사된 패턴의 일부를 떼어내고 단면을 측정하였다. Fig. 5와 같이 패턴은 각각 그림과 같은 형상을 가지고 있다. Bump패턴은 외경 $\varnothing 37\mu\text{m}$, 내경 $\varnothing 27\mu\text{m}$, 깊이 $5\mu\text{m}$ 내외의 크기로 불규칙적으로 배열 되어있고 프리즘 패턴은 폭 $35\mu\text{m}$, 깊이 $30\mu\text{m}$ 정도로 규칙적으로 배열되어 있기 때문에 비교적 Prism패턴이 Bump패턴에 비해 전사조건이 까다롭다. Table 1의 전사율에서도 알 수 있듯이 두 패턴 모두가 90%에 달하는 높은 전사율을 보여주고 있으며, Bump패턴은 Prism패턴보다 높은 전사율을 보여주고 잔류층 두께 편차도 작은 것을 알 수 있다.

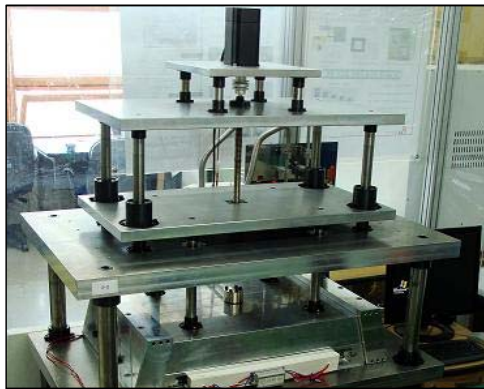
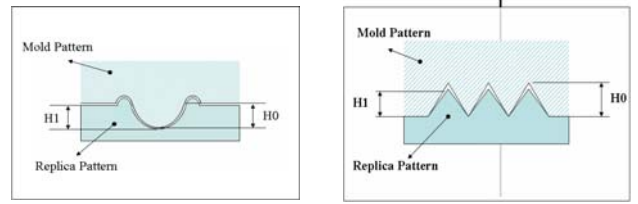


Fig. 3 UV Imprinter for 15" LGP

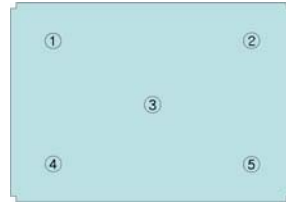
Table 1 Replica LGP data

Table legend	Bump Pattern	Prism Pattern
Pattern Size (H0)	$5\mu\text{m}$	25~ $35\mu\text{m}$
Imprint condition (Pressure, Curing time)	6 Bar (=0.6MPa), 30min	
Replication Ratio (ave, $H1/H0 \times 100$)	94.12 %	89.93 %
Deviation($H_{1\text{MAX}} - H_{1\text{MIN}}$)	$1.4\mu\text{m}$	$4.52\mu\text{m}$
Residual layer thickness (ave)	$0.42\mu\text{m}$	$1.57\mu\text{m}$



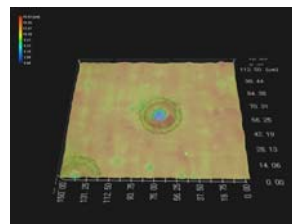
(a) Bump Pattern

(b) Prism Pattern[4]

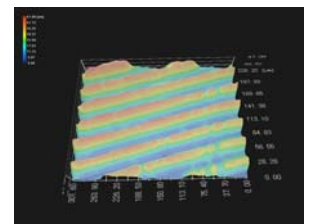


(c) measuring point

Fig. 4 Pattern measuring method



(a) Bump LGP Pattern



(b) Prism LGP Pattern

Fig. 5 Replica LGP Pattern

5. 결론

UV 임프린트를 이용하여 13.3" Note PC용 Bump LGP와 Prism LGP를 제작하였다. 레진 도포 과정에서 스크린 인쇄 적용 시 생기는 문제점을 와이어 스크린 마스크 제작을 통해 해결하고자 많은 실험을 진행했고 기포발생의 문제를 해결하였다. 하지만 이 과정에서 도포막의 아치형 굴곡이나 스퀴지의 여러 문제점들이 확인 되었고 앞으로 이를 해결하기 위한 연구진행이 필요함을 알 수 있었다. 또한 전사과정에서 가압력에 따라 패턴 전사에 문제가 생길 수 있다는 사실을 알 수 있었고, 이는 전사하고자 하는 패턴의 면적에 의존적이라는 사실을 알 수 있었다.

후기

실험 장비 제작에 도움을 주신 아이엠비전에 감사드립니다.

참고문헌

1. Chou, S. Y., Krauss, P. R. and Renstrom, P. J., "Nanoimprint lithography", J. Vac. Sic. Technol. B, Vol. 14(6), pp.4129-4133, 1996.
2. Haisma, J., Verheijen, M. and Heuvel, K., "Moldassisted nanolithography: A process for reliable pattern replication," J. Vac. Sic. Technol. B, Vol.14(6), pp.4124-4128, 1996.
3. K.Kim, J.H. Kim, S.Y. Lee, J.H. Hwang, D.K. Kang, Y.I. Kim and M.S. Jung, "UV Imprint System Development for A Large-Area Replication", KSPE 2007 Spring, Jeju, Korea. 173-174. 2007
4. J.H. Kim, K. Kim, "A Study on the Equalization for Pressure of UV Imprint System for A Large-Area Replication", KSPE 2008 June, Jeju, Korea. 131-132, 2008
5. K.Kim, B.S. Koo, J.H. Cho, J.W.Kim and J.H. Kim, "Self-Balanced Pneumatic Stage for UV Nanoimprinter", KSPE 2006 Autumn, Jeju, Korea. 163-164, 2006