

# 초미세 패턴 구조 성형을 위한 Roll to Flat 임프린팅 시스템 개발 Development of Roll to Flat Imprinting System for Micro/Nano Device Forming

\*#이혜진<sup>1</sup>, 이낙규<sup>1</sup>, 이근안<sup>1</sup>, 이태진<sup>1</sup>, 이형욱<sup>2</sup>  
\*#H. J. Lee<sup>1</sup>(natl@kitech.re.kr), N. K. Lee<sup>1</sup>, G. A. Lee<sup>1</sup>, T. J. Lee<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> 한국생산기술연구원, <sup>2</sup>충주대학교 에너지시스템공학과

Key words : Roll to Flat, Thermal Imprinting, Process Parameter, Micro Pattern

## 1. 서론

임프린트(Imprint) 기술은 1990년대 중반 미국 프린스턴 대학교의 Stephen Y. Chou 교수에 의해 도입된 마이크로/나노 구조물 제작 방법으로, 낮은 생산성을 가지는 리소그래피(Lithography) 방법을 대체할 수 있는 기술로 최근 많은 연구를 진행하고 있다.

이러한 임프린트 기술은 크게 열 변형/경화 방식(Thermal imprint technology)과 자외선 경화 방식(UV Imprint technology)로 나눌 수 있다.

임프린팅 기술은 세부적으로 Embossing, Roll to Roll 기술로 분류되어 많은 기술이 발전되고 있으며, 이 중 Roll to Roll 기술은 디스플레이 산업의 발전으로 산업적으로 많이 응용되고 있는 기술이다. 하지만 대다수가 UV Imprinting 기술을 이용한 연구에 치중하고 있는 상황으로, Thermal imprinting 기술의 연구는 아직은 활발하지 않은 상황이다.

최근에는 다양한 응용분야가 개발되면서 소재의 다양화가 이루어지고 있으며, 이 들 중 UV 경화성 소재가 아닌 다른 소재가 적용되는 분야는 Thermal imprint 기술이 적용되어야 하는 상황이다. 또한 Roll to Roll 기술은 기본적으로 Rolled mold가 적용되고 있으며, 이러한 Rolled mold의 경우 복잡한 제작 공정 및 제작 가격이 매우 높은 이유로 이러한 공정을 대체할 수 있는 공정 기술이 필요하게 되었다.

단점을 보완 할 수 있는 기술로 주목을 받고 있다.

- Roll imprint 방식의 중요성 및 특징을 요약하면 다음과 같다.
- 반도체 공정과 유사한 기존방식에서 필요한 진공(Vacuum)이 불필요함으로서 고가의 생산설비 부담의 경감
  - 진공이 필요 없으므로 대면적화가 용이하다.
  - 대량생산이 가능함으로 생산성 향상을 통한 원가 절감
  - In-line system을 접목하면 자동 생산 공정제어와 동시에 품질 테스트가 가능하다.

## 2. Roll to Flat Imprinting System의 구성 및 설계

지금까지의 Roll imprinting 기술과 관련된 자료들을 분석하여 Thermal 방식의 공정으로 응용분야가 적정하고, 지금의 기술로 적용이 가능한 시스템 사양을 다음과 같이 결정하여 시스템 구성 및 설계에 관한 연구를 진행하였다.

Table 1 Specification of Roll to Flat System

Description item	Specification data
Forming area	300mm×300mm
Forming load capacity	1 ton <sub>F</sub>
Heating capacity	700 °C
Max. forming speed	10m/min

위 사양을 만족하기 위해 Roll to Flat 시스템을 Fig.3과 같이 설계하여 구조적 안정성을 평가하였다. 다양한 구조해석을 통해 시스템의 구동은 안정적으로 수행할 수 있음을 확인 하였고, 이를 통해 실제 시스템을 제작하였다.

Method	UV	Scalpel	Holography	X-Ray	E-Beam	Imprint
Pattern Generation	Mask	Mask	Periodic	Mask	Serial	Stamp
Exposure Field	Wafer	Wafer Scan	Wafer Scan	Wafer	1-10 mm	Wafer
Minimum Dimension	250 nm	80 nm	150 nm	50-100 nm	6 nm	8 nm
Time/Wafer	1-5 min	1-5 min	30-60 sec	2 min	1 day	10-180 sec
Throughput/ Hour	10-50	20-60	45-60	10-40	0.1	10-50

Fig. 1 Manufacturing Specification of MEMS Process

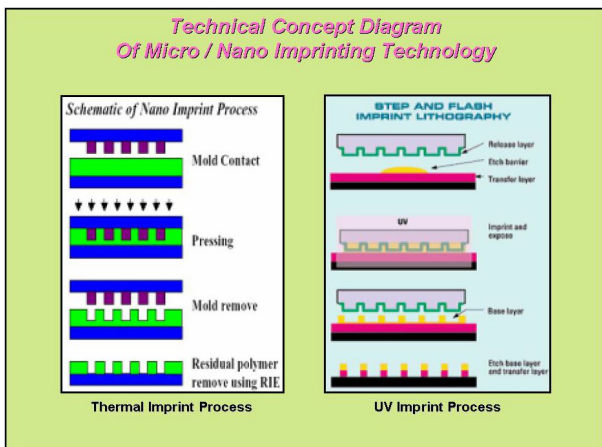


Fig. 2 Compared Picture of UV and Thermal Imprint

본 연구에서는 이러한 Roll to Roll 공정을 대체할 수 있는 Roll to Flat 공정기술에 대해 연구를 수행하고자 제안되었으며, 이 기술은 Flat mold를 사용할 수 있으므로 Roll to Roll 공정이 가지고 있는

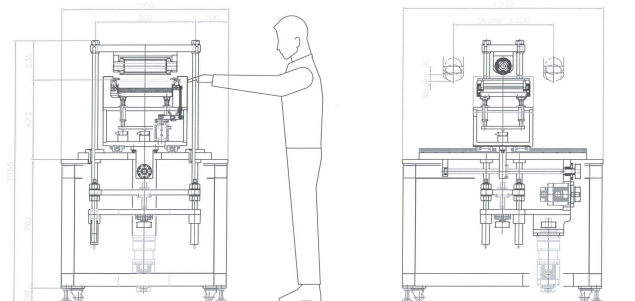


Fig. 3 Designed Roll to Flat System

## 3. Roll to Flat Imprinting System 제작

설계된 시스템을 정밀 가공 및 조립 공정을 통해 Fig.4와 같이 제작하였고, 시스템의 수평도 및 성형 정밀도 유지를 위한 구동 사양을 정밀 측정을 통해 취득하였다.

그리고 본 Roll to Flat 시스템은 Thermal Imprint 공정을 대상으로 제작되었으므로 열적 안정성 데이터를 확보하기 위해 실제 구동 실험을 수행하였다. 그 결과 열적 요인이 시스템의 구동에 미치는 영향이 매우 적음을 관측할 수 있었다.



(a) Roll to Flat Imprinting System



(b) Heating Plate and Roller Units



(c) System integrated controller

Fig. 4 Manufactured Roll to Flat Imprinting System

#### 4. 결론

본 연구를 통해 개발한 Roll to Flat Imprinting System은 반도체 공정이 갖고 있는 높은 부대비용을 해결하고, Roll to Roll 공정의 고가 금형이 갖는 단점을 보완할 수 있는 중간적 신 공정 기술로 추후 다양한 마이크로 디바이스 제조공정에 적용하여 시스템의 성능을 상용화 단계까지 향상시킬 예정이다.

#### 후기

본 연구는 한국생산기술연구원에서 수행중인 “D/W기법을 이용한 미소부품 제조기술 개발” 과제를 통해 얻어진 연구 결과로, 이에 관계자 여러분들에게 감사의 말씀을 올립니다.

#### 참고문헌

1. Stephen Y. Chou, Peter R. Krauss, Preston J. Renstrom, "Imprint of sub-25nm vias and trenches in polymers," Applied Physics Letter, 67, 21, 3114, 1995.
2. Tapio. Makela, Tomi Haatainen, Paivi Majander, Jouni Ahopelto, "Continuous roll to roll nanoimprinting of inherently conducting

- poly-aniline," Microelectronic Engineering, 84, 877-879, 2007.
3. Stephen Y. Chou, Peter R. Krauss, Preston J. Renstrom, "Imprint lithography with 25-nanometer," Resolution Science, 272, 85-87, 1996.
4. Stephen Y. Chou, Peter R. Krauss, "Imprint lithography with sub-10nm feature size and high throughput," Microelectronic Engineering, 35, 237-240, 1997.
5. Lebib A, Y. Chen, J. Bourneix, F. Carcenac, E. Cambri, L. Couraud and H. Launois, "Nanoimprint lithography for a large area pattern replication," Microelectronic Engineering, 46, 319-322, 1999.
6. X.C. Shan, T. Ikehara, Y. Murakoshi, R. Maeda, "Applications of micro hot embossing for optical switch formation," Sensors and Actuators A, 119, 433-440, 2005.
7. Patrick W. Leech, Robert A. Lee, Brett A. Sexton, Fiona Smith, "Hot embossing of micrographic elements in polypropylene," Microelectronic Engineering, 84, 109-113, 2007.