

# 리소그래피를 이용한 고해상 미세패턴-롤 제작

## Fabrication of High-Resolution Micropatterned-Roll using lithography

\*유종수<sup>1,2</sup>, #조정대<sup>2</sup>, 김동수<sup>2</sup>, 김도진<sup>3</sup>

\*J. S. Yu<sup>1,2</sup>, #Jeongdai. Jo(micro@kimm.re.kr)<sup>2</sup>, D. S. Kim<sup>2</sup>, and D. J. Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 재료공학과 대학원, <sup>2</sup>한국기계연구원 정보장비연구센터, <sup>3</sup>충남대학교 재료공학과

Key words : Micropatterned-Roll, Lithography, Flexible-mask, Photoresist-coating

### 1. 서론

최근 전자 및 디스플레이 산업 관련 부품의 소형화, 고정도화, 박판화 추세에 따른 정밀한 미세패턴 형성 공정 및 장비의 성능향상에 능동적 대응을 위해서는 수십 $\mu\text{m}$ 이하의 패턴을 프린팅할 수 있는 고해상 미세패턴-롤 형성 기술의 확보가 요구되고 있다. 필름 및 플라스틱 위에 프린팅 공정을 이용하여 정밀도를 수십  $\mu\text{m}$ 급 저가의 기전소자 및 Printed electronics 제품을 만들 수 있는 향후 거대시장 형성에 대응할 수 있는 생산 시스템, 즉 롤 투 롤 공정 및 시스템 개발이 요구되고 있으며, 이의 미세패턴 롤이 필수적인 요소가 되었고, 이로 인하여 실린더 또는 롤 등의 곡면 기층에 대한 미세 패터닝 기술개발이 더욱 필요하게 되었다. 그러나 기존의 평면 마스크로는 6" 이상의 패터닝을 할 경우 많은 패턴 결함 및 불량과 대면적 패터닝이 불가능하다는 단점을 가지고 있으며, 레이저 기술 또는 전통적인 프린팅기술로는 20 $\mu\text{m}$  이하의 패턴을 제작하는 것은 불가능하다. 또한 이러한 패턴을 형성하기 위해 사용되어왔던 리소그래피 방법은 모두 평면(planar) 패터닝에 사용되어 왔으며 이는 패턴 대상이 되는 기층이 모두 웨이퍼 또는 LCD 글래스 등이기 때문이다. 그러나 기술의 추세가 유연한(flexible) 기판의 패터닝과 대량 생산을 위한 롤 투 롤 연속공정으로 나아가게 됨에 따라, 미세한 제판 롤이 필요하게 되었다. 본 연구에서는 고해상 미세패턴을 실린더와 같은 원통형의 기판에 유연성 마스크와 리소그래피를 이용하여 제작함으로써 위와 같은 문제점들을 해결 하였다.

### 2. 고해상 미세패턴-롤 제작

고해상 미세패턴-롤의 제작은 미리 설정된 패턴을 갖는 마스크(mask)를 준비하는 단계, 실린더의 표면에 레지스트(resist)층을 코팅하는 단계, 상기 마스크를 실린더 표면에 밀착하여 감싼 후 상기 실린더에 코팅된 레지스트층을 노광하는 단계 및 상기 포토레지스트를 현상하는 단계로 나누어 수행 하였다.

본 실험에서 마스크는 유연성을 가지는 마스크 사용하였으며 패턴 간격 20 $\mu\text{m}$ 와 10 $\mu\text{m}$ 의 유연성 마스크를 각각 제작하여 실험 하였다.

실린더 표면에 포토레지스트층을 코팅(coating)하기 전에 실린더의 수분을 제거하기 위해 80 $^{\circ}\text{C}$  내지 90 $^{\circ}\text{C}$ 에서 3분간 경화(pre-baking)하였으며, 실린더의 낮은 표면에너지(low surface energy)를 가진 소수성(hydrophobic)의 표면을 높은 에너지를 가진 친수성(hydrophilic)으로 바꾸기 위해 표면 플라즈마 처리법(surface plasma)을 이용, 포토레지스트의 접착력을 높이는 등의 전처리 과정을 수행하였다.

전처리된 실린더를 코팅함에 있어 패턴의 크기가 작으면 포토레지스트층의 두께도 얇아져야 함으로 실린더를 포토레지스트에 침지(dipping)하여 회전시켜 최대한 얇게 포토레지스트가 골고루 코팅될 수 있도록 하였다. 또한 얇게 포토레지스트층을 코팅하기 위해 PR1505라 불리우는 저점도 포토레지스트를 사용하였다. 한편 코팅된 포토레지스트층이 일정하지 않을 시 포토레지스트를 제거하는 재작업을 해야 한다. 이때, 현상액(developer)을 사용하면 현상액의 주요성분인 HF에 의해 실린더 표면의 금속층 또는 산화층이 손상되기 쉬우므로, N<sub>2</sub> 분위기에서 순수(deionized water)를 아세톤 및 메탄올과 함께 사용하여 핫플레이트에서 건조하여 포토레지스트를 제거하였다. 경화(curing) 조건은 온도가 너무 높으면 포토레지스트층이 열에 의해 현상될 수 있으므로 80 $^{\circ}\text{C}$ 에서 8분 내지 10분간 경화(soft baking)하여 PR1505 포토레지스트 막을 형성하였다.

이렇게 제작된 실린더에 유연성 마스크를 부착할 때, 투과된 빛이 회절 하여 패턴전사의정밀도가 떨어지지 않도록 유연성 마스크와 실린더를 밀착하여 케톤 테이프 등을 이용하여 부착하였다. 노광장치를 이용하여 노광 시 유연성 마스크를 감싼 실린더의 노광은 유연성 마스크가 자외선 영역을 조사함으로써 패턴을 전사하게 된다. 유연성 마스크의 패턴부분은 얇은 유기막으로 형성되어 있는데, 유기막 패턴위에 조사된 빛은 반사되어 포토레지스트를 감광시키지 못하며 유기막이 없는 부분은 투과하여 포토레지스트를 감광시킴으로서 코팅된 포토레지스트의 패턴을 전사시키게 된다. 또한 실린더의 경우에는 마스크와 면접촉이 아닌 선접촉을 하기 때문에, 단위면적당 노광량이 작으므로 자외선에 노출되는 시간을 1.5에서 2.5 배 정도로 시간을 증가하여 노광을 수행하였다. 이보다 노광 시간이 적은 경우에는, 노광 후 현상액에 실린더를 담그면 패턴이 현상되지 않고 포토레지스트가 벗겨지지 않으며, 이보다 노광 시간이 많은 경우에는 필름마스크의 패턴대로 현상되지 않고 포토레지스트 전체가 벗겨질 수 있어서 5분에서 6분간 노광 공정을 수행하였다. 노광 공정을 통해 상대적으로 결합이 약해져 있는 부분의 포토레지스트가 현상액에 의해 녹게 되므로, 노광된 실린더에 포토레지스트의 패턴이 전이되게 된다. 양성 포토레지스트(positive photoresist)의 경우 감광 작용에 의해 풀어진 고분자 사슬 부분이, 음성 포토레지스트(negative photoresist)의 경우 감광 작용에 의해 결합이 강해진 부분에 비해 상대적으로 결합이 약한 부분(노광되지 않은 부분)이 현상된다. 현상액으로는 크게 염기성의 수용액과 솔벤트(solvent) 류가 있는데, 대부분은 수산화칼륨(KOH) 수용액과 같은 염기 수용액을 사용하지만 SU series와 같은 음성 포토레지스트는 아세톤이나 특정 솔벤트를 사용한다. 본 실험에서는 상품명 AZ400K와 AZ300MIF를 사용하여 현상하였으며, 현상 후에 순수(deionize

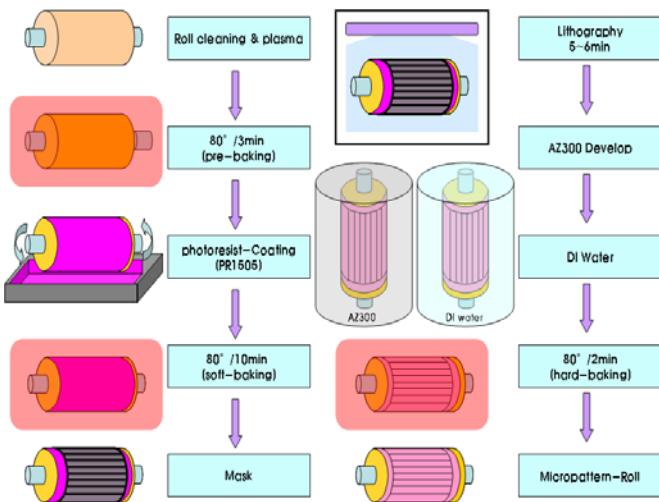


Fig. 1 Fabrication process of High-Resolution Micropatterned-Roll by using lithography

water)를 세정용으로 사용하여 불순물을 제거하는데, 세정 효과를 높이고 건조 시간을 단축하기 위해서 순수를 가열하여 사용하였다. 현상 및 세정이 끝나면 현상과정에서 풀어진 폴리머 (polymer) 조직을 단단하게 만들기 위해 80°C에서 2분간 경화 (hard baking)한 후, 식각 공정을 수행하여 현상공정을 통해 형성된 포토레지스트 패턴과 동일한 금속 패턴을 형성시킨 후 포토레지스트를 제거하여 패턴 형성이 완료된다.

### 3. 실험결과 및 고찰

실린더에 유연성 마스크를 이용하여 리소그래피 공정을 통한 미세패턴-롤 제작 실험에 대한 결과로 Fig. 2와 같이 20 $\mu$ m와 10 $\mu$ m의 미세패턴-롤을 얻을 수 있었으며, 패턴 측정 결과 Fig. 3 (a), (b) 20 $\mu$ m 와 (c), (d) 10 $\mu$ m 와 같은 패턴들을 얻을 수 있었다.

그러나 Fig. 4와 같이 평면이 아닌 곡면에서의 리소그래피 방법은 곡률 반경에 따른 부족한 노광(Insufficient lithography) 과잉 노광(excess lithography), 빛의 굴절(Refraction of light) 등의 문제점들이 발생하였다. 차후 노광 시 실린더의 회전방법이나 노광장치의 위치정렬 등의 공정조건과 표면처리 방법을 개선한다면 고해상도 패턴-롤 성형 기술로서 사용이 가능하리라 판단된다.



Fig. 2 Result of fabrication for high-resolution micropatterned-roll with 20 $\mu$ m and 10 $\mu$ m

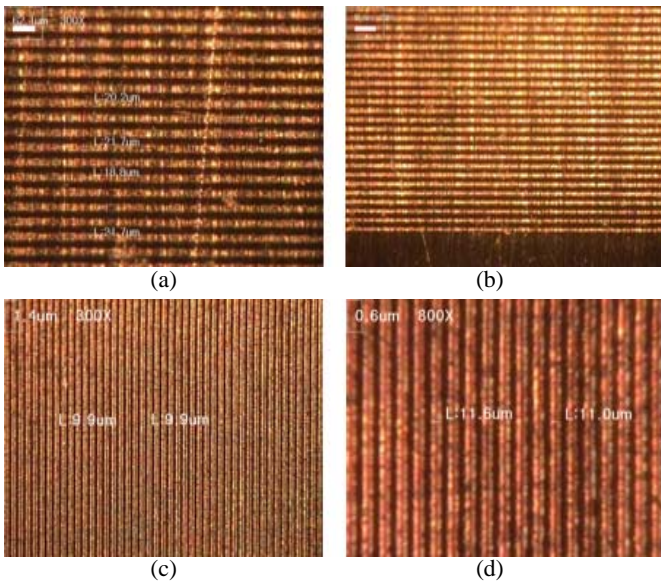


Fig. 3 Results image of Micropatterned-roll to microscope: (a), (b) line width 20 $\mu$ m patterns, and (c), (d) line width 10 $\mu$ m patterns.

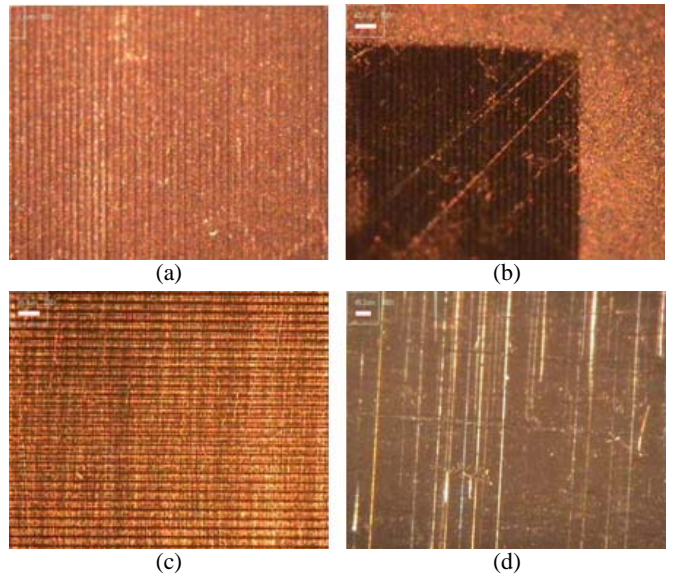


Fig. 4 Result of failures and defects in micropatterned-roll (a) insufficient lithography, (b) excess lithography, (c)refraction of light, and (d) scratch

### 4. 결론

본 연구에서는 고해상도 미세패턴을 실린더와 같은 원통형 기관에 유연성 마스크와 리소그래피 방법으로 제작함으로써, 기존의 평면 마스크 방식으로 할 경우 패턴 결함 문제 및 불량과 대면적 패턴이 불가능하다는 문제점들을 해결하였으며, 전통적인 스크린 인쇄방법, 그라비아 인쇄방법, 습식 인쇄방법, 프렉스 인쇄방법과 레이저 조사 방법에서 불가능 했던 20 $\mu$ m 이하의 패터닝도 가능하였다. 또한 이러한 패턴을 형성하기 위해 사용되어왔던 방법인 평면 패터닝 리소그래피에서 벗어나 유연한(flexible) 기관의 패터닝과 대량 생산을 위한 롤 투 롤 연속공정으로의 응용이 가능하리라 진단된다.

### 후기

본 연구는 (주)아템 (김창희)의 연구지원과, 한국기계연구원 COE(전문화연구사업) 연구비 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. G. W. Neudeck, R. F. Pierret, and R. C. Jaeger "Introduction to Microelectronic Fabrication." p17-28
2. D. Gamota, P. Brazis, K. Kalyanasundaram, and J. Zhang "PRINTED ORGANIC AND MOLECULAR ELECTRONICS" p193-195, p323-324.
3. Jeongdai Jo, JongSu Yu, Kwang-Young Kim, Eung-Sug Lee, and Byung-Oh Choi. "Exposure device for non planar substrate, patterning method for non planar substrate using the device and patterned non planar substrate using the method thereof" KOR0004580, 2007.