

## PDMS stamp 제조시 패턴의 전사 정확도 연구

이은지, 김경섭, 김남훈, 노용한\*

성균관대학교

### Investigation on Transcription Accuracy of PDMS Stamps to Mold Patterns

Eun-Ji Yi, Kyoung-Seob Kim, Nam-Hoon Kim and Yonghan Roh\*

Sungkyunkwan Univ.

**Abstract** : Transferring patterns from mold to PDMS stamp is very useful technology in micro-fabrication, complex and three-dimensional structures. First experimentation, mold's patterns were transferred to PDMS stamp. Comparing with PDMS stamp and Mold, patterns were transferred about 97.9%. Second experimentation, PDMS stamps were made several times by only one mold, scale and distance of transferred patterns were uniform about 89.3%. We proved that transferring patterns from mold to PDMS stamp is accurate. The uniformity of stamps is the same after mold was used several times. Transferring patterns from mold to PDMS stamp has uniformity and accuracy, it will be useful technology.

**Key Words** : Softlithography, Replica molding, PDMS stamp, Contact printing

### 1. 서 론

반도체를 제작하는 공정 중 lithography공정은 빛을 이용하는 photo lithography 방법과 빛을 이용하지 않는 soft lithography가 있다[1-3]. Photo lithography 방법의 예로는 extreme UV(EUV) lithography, soft X-ray lithography, electron-beam writing 등이 있다[2]. Photo lithography는 많은 고가의 장비를 필요로 하며, 제작시간이 오래 걸리며 부산물이 많이 생겨 환경오염을 일으키며, 빛의 특성 때문에 다단구조나 파장보다 작은 구조를 만드는데 제약이 있다[2]. Soft lithography 방법의 종류에는 micro contact printing( $\mu$ CP), replica molding(REM), micro transfer molding( $\mu$ TM) 등이 있다. Soft lithography는 원가가 낮고 공정이 간단하며, 빛의 회절이 없고, 빛을 잘 통과시키며 100nm 이하의 구조도 제작이 가능하여 차세대 lithography기술로 각광받고 있다. Soft lithography에서 중요한 기술 중의 하나는 contact printing으로 제작공정이 간단하고 편리하며 한번 제작된 stamp로 여러 번의 패턴전사가 가능하고 photolithography에 비하여 재료의 낭비가 적다[2]. Stamp를 제작할 때는 elastomer를 사용한다. Elastomer 중에서도 PDMS의 장점은 첫째 탄성체이므로 패턴 제작시 mold에서 stamp를 떼어낼 때 일그러지거나 파괴되지 않으며, 둘째 stamp를 이용하여 대면적이거나 복잡한 기판에도 일정한 모양의 패턴을 찍어낼 수 있다. 셋째 고분자물질에 대하여 반응성이 낮고 표면에너지가 적다. 또한 sub-micron의 패턴도 제작가능하고 완성된 stamp는 투명하여 필요한 경우 빛을 이용할 수 있고, 100번 이상 여러달 동안 stamp를 사용하여도 그 특성이 변하지 않고 제작비용이 싸다[2]. 그러나 replica molding(REM) 기술을 적용할 때 중요한 문제점은 결함(defect)과 오버레이 정합(Overlay Registration)으로 이 점만 해결된다면 널리 쓰일 것이다. 이번 연구에서는 PDMS stamp를 제작하였을 때 결함 없이

mold 패턴이 정확히 전사되고 여러번 stamp를 제작하였을 때 만들어진 PDMS stamp간의 패턴 균일도를 알아보고자 한다.

### 2. 실험

Si (100)Wafer 위에 Photo lithography로 2, 3, 5 $\mu$ m 크기의 dot패턴과 2, 3, 5 $\mu$ m크기의 line패턴을 형성한다. Mold 제작시 패턴의 높이(h)는 0.2~20 $\mu$ m, 패턴간 거리(d)는 0.5~200 $\mu$ m, 패턴의 너비(l)는 0.5~200 $\mu$ m가 되어야 하며 aspect ratio(너비/높이)는 0.2~2가 되어야 결함이 없는 stamp를 제작할 수 있다. 패턴의 결함을 피하기 위해 실험에서는 높이(h)는 0.65 $\mu$ m, 너비(l)는 3~10 $\mu$ m, 패턴간 거리(d)는 3.5~6.6 $\mu$ m로 제작하였다. [2]

### 3. 결과 및 검토

그림1은 mold의 구조를 SEM image를 나타낸 것으로 (a)~(c)는 2, 3, 5 $\mu$ m dot 패턴 mold 이고, (d)~(f)는 2, 3, 5 $\mu$ m의 line 패턴 mold 이다. Mold가 만들어지면 PDMS (Sylgard 184 elastomer) stamp를 제작하기 위해 prepolymer와 curing agent의 비율을 10:1로 플라스틱 비커에 부은 뒤 vortex 장비를 이용하여 거품이 충분히 생길 때까지 섞어준다. 거품이 충분히 형성되면 비커를 dessicator에 넣어 거품을 완전히 제거한다. Petri dish를 세척하고 완전히 건조된 petri dish에 준비된 mold를 넣고 PDMS를 부어준다. 그 다음 petri dish를 오븐에 올려놓고 70 $^{\circ}$ C에서 1시간 동안 경화한 뒤 petri dish에서 PDMS를 벗겨낸 후 PDMS와 mold를 분리한다. 제작된 mold와 전사된 패턴의 모양과 크기는 scanning electron microscope(SEM, Philips XL30)을 이용하여 분석하였다.

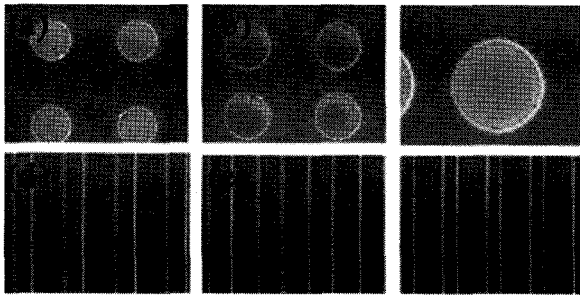


그림 1. mold의 구조. SEM images.

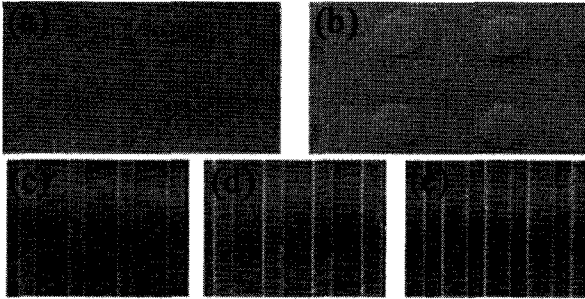


그림 2. 그림 1의 mold를 이용하여 만든 PDMS stamp의 구조.

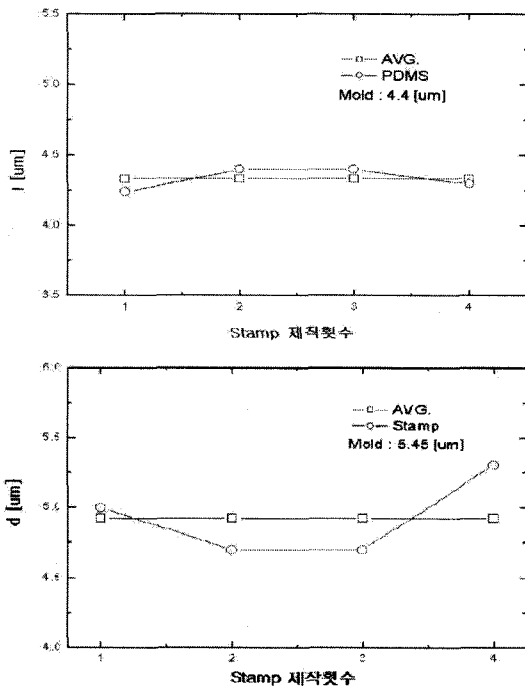


그림 3. Stamp의 제작회수에 따른 크기와 너비.

그림2는 PDMS stamp의 구조를 SEM image로 나타낸 것으로 (a)-(b)는 2μm dot 패턴의 전체와 부분이며 (c)-(e)는 각각 2, 3, 5μm line 패턴이다. 이렇게 stamp를 제작한 이후에도 mold에는 어떠한 defect도 발생하지 않았다. 그림3은 2μm의 dot Mold로 PDMS Stamp를 4회 제작하였을

때의 결과를 나타낸다. (a)는 패턴크기(l)을 나타내며, (b)는 패턴간 거리(d)를 나타낸다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 PDMS stamp 제작 시 원본mold구조와 제작된 stamp구조와의 일치성 및 재현성을 알아보고자 하였다. SEM 이미지 분석결과 mold와 PDMS stamp의 패턴의 모양은 동일하고 그 크기는 97.9% 일치하게 전사됨을 알 수 있었다. 또한, 여러 번의 Stamp제작을 통하여 제작된 Stamp간의 일치도 또한 89.3%로 균일함을 알 수 있다. 그러므로 이러한 Contact Printing기술의 장점을 이용하여 3차원, 복잡한 구조의 stamp를 제작할 때도 전사정확도 및 재현성을 기대할 수 있을 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] A soft-imprint technique for direct fabrication of submicron scale patterns using a surface-modified PDMS mold - Won Mook Choi, O. Ok Park
- [2] Soft Lithography - Younan Xia, George M. Whitesides
- [3] 차세대 리소그래피기술, 전자정보센터