

# Nano Transfer Printing 를 이용한 6inch Si wafer에서의 금속 패턴 형성 연구

\*김종우, 양기연, 변경재, 이현

고려대학교 신소재공학과

## metal nano patterning on the 6inch Si wafer substrate by Nano Transfer Printing

\*J. W. Kim, K. Y. Yang, K. J. Byun, H. Lee

Dept. of Materials and Science and Engineering, Korea Univ

Key words : nTP, large area patterning, metal pattern

### 1. 서론

나노 단위의 미세한 패턴의 제조 기술은 산업 전반에 걸쳐 필수적인 요소로 자리 잡고 있다. 일반적인 미세 패턴을 제조하는 E-beam lithography<sup>1,2</sup>, Dip-pen lithography<sup>3,4</sup>, EUV lithography<sup>5</sup>, Immersion lithography<sup>6</sup>, Laser Interference Lithography<sup>7</sup>와 같은 기술들은 공정이 복잡하거나 생산성이 떨어지며 고가라는 단점을 가지고 있다. 이를 대안하기 위한 기술 중 하나가 나노 트랜스퍼 프린팅(nano transfer printing, nTP)이다. 나노 트랜스퍼 프린팅은 공정이 간단하고 비평면 기판에서의 패턴 형성이 가능하며 다층 구조의 제작 역시 가능하다. 하지만 실제 산업에서 사용되기 위한 넓은 면적 기판에의 적용이 어려운 실정이다.

본 실험에서는 300nm~ 2μm 크기의 패턴을 갖는 6inch quartz stamp를 master로 PDMS stamp를 nano-molding 기술을 이용하여 제작하였고 PDMS stamp에 Au층을 증착한 후 나노 트랜스퍼 프린팅 기술을 이용하여 6inch Si wafer 위에 Au 패턴을 형성하는 연구를 진행하였다.

### 2. 실험

나노 트랜스퍼 프린팅을 위한 PDMS stamp를 제작하기 위해 6inch quartz stamp를 master로 사용하였다. master로 사용된 quartz stamp는 quartz wafer위에 photos resist 를 spin-coating 한 후 DUV lithography를 이용하여 패턴을 제작하고, reactive ion etching을 이용하여 quartz wafer를 식각하였다. 이렇게 제작된 quartz stamp는 2X2cm 단위로 다양한 dot과 line 패턴을 가지고 있다.

quartz stamp에 표면처리 없이 PDMS stamp를 제작할 경우 PDMS와 quartz stamp사이의 흡착력으로 인해 분리가 어려워진다. quartz stamp와 PDMS 사이의 접촉 에너지를 줄여주기 위해서는 quartz stamp의 표면 에너지를 줄여주어야 한다. 이에 본 연구에서는 trichlorosilane 계열의 heptadecafluoro-1,1,2,2-tetra-hydro-decylreagent와 n-hexane을 1:1000으로 섞은 용액에 quartz stamp를

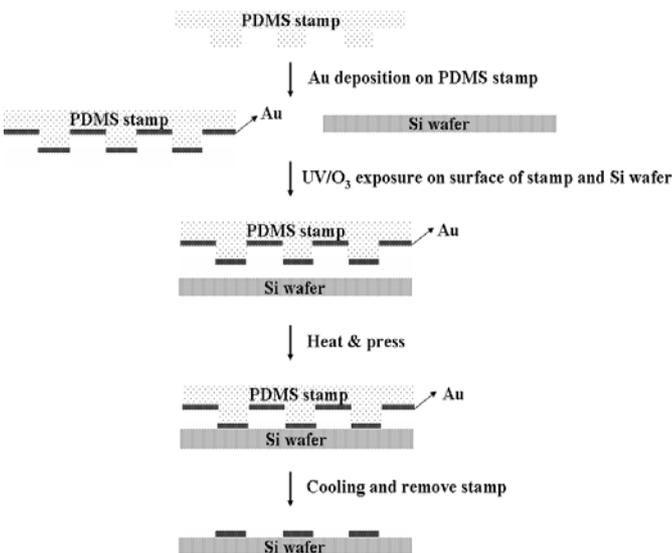


Fig. 1 schematic of procedures for nano transfer printing(nTP)

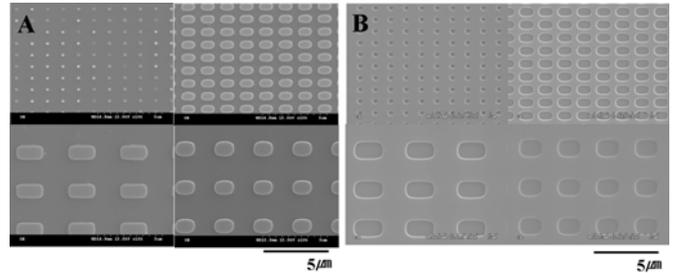


Fig. 2 SEM image of 6inch quartz stamp pattern(a) and PDMS stamp pattern(b)

집어넣어 소수성의 자기 조립 단분자막(self-assembled monolayer, SAM)을 형성하였다. 이렇게 소수성의 성질을 갖는 자기 조립 단분자막을 quartz stamp 표면에 coating하여 표면에너지를 줄여주었다<sup>8</sup>.

PDMS는 마찰력과 접착력이 낮으며 유연하여 공정 시 Au가 쉽게 분리될 수 있는 특성을 가지고 있다. 전체적인 실험 모식도는 Fig. 1에 나타내었다. PDMS stamp의 제작을 위해 dow coming사의 sylgard 184A, B를 10:1로 혼합하여 quartz stamp위에 부은 뒤 1시간동안 진공처리하여 PDMS내의 기포를 제거해주고 그후 1시간동안 80℃에서 가열하여 PDMS를 경화시켰다. 이후 master와 PDMS를 분리하여 나노트랜스퍼 프린팅을 위한 PDMS stamp를 제작하였다<sup>9</sup>.

이렇게 제작한 PDMS stamp 위에 E-beam evaporater를 이용하여 Au layer를 20nm 증착하였다. Au가 증착된 PDMS stamp와 Si wafer를 10분간 UV/O<sub>3</sub>에 노출시켜 표면에 -OH기를 성장시켰다. Si wafer와 PDMS stamp를 접촉시켜 표면에 형성되어 있는 -OH기의 결합이 잘 이루어지도록 10분간 5atm, 100℃로 가압, 가열하였다. 이후 상온에서 10분간 Au와 Si wafer 사이의 결합이 안정화 될 때까지 냉각 후 PDMS stamp와 Si wafer를 분리시켰다.

Au와 Si wafer간의 결합만큼 전면적에 conformal contact을 시키는 것 역시 중요한 공정 중 하나이다. 이를 위하여 전면적에 균일한 압력을 가할수 있는 pressure vessel type의 임프린팅 장비를 이용하였다. 이 장비는 내부 chamber의 밀면이 탄성중합체막으로 되어있어 전면적에 균일한 가압을 해줄 수 있다<sup>10</sup>. 이 장비를 이용하여 전면적에서 conformal contact을 시킨 후 6inch Si wafer와 Au가 증착된 6inch PDMS stamp를 집어넣고 100℃, 5atm으로 가열 가압하여 전 면적에서 균일한 pattern 전사가 일어나도록 하였다.

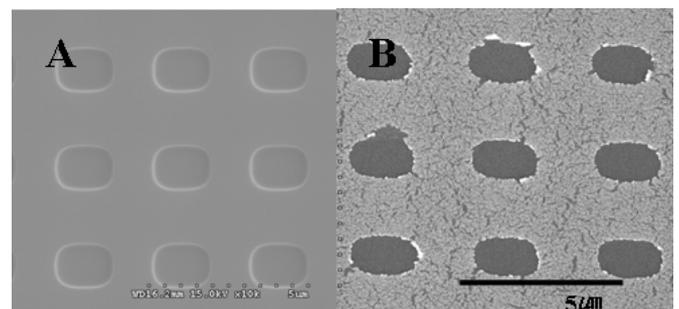


Fig. 3 SEM image of PDMS stamp pattern(a) and Au pattern on Si wafer(b)

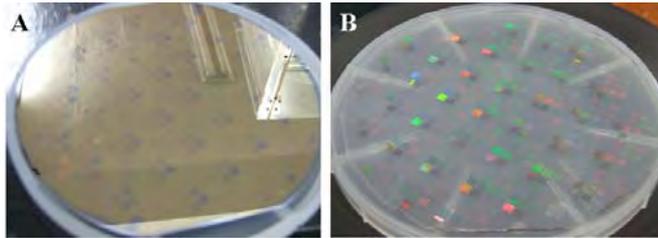


Fig. 4 Au pattern on Si wafer(a) and PDMS stamp(b)

### 3. 실험 결과

Fig. 2는 master로 사용된 quartz stamp와 nano-molding 기술로 제작된 PDMS stamp의 패턴을 비교하고 있다. 그림에서 보듯이 sub-micron급의 quartz stamp의 패턴이 PDMS stamp로 깨끗하게 전사되었음을 확인할 수 있다.

PDMS stamp를 이용하여 나노 트랜스퍼 프린팅 기술로 Au pattern이 형성된 Si wafer의 SEM image는 Fig. 3에 나타내었다. PDMS stamp의 튀어나온 패턴 위에 증착된 Au layer가 성공적으로 Si wafer 위에 전사되었음을 확인할 수 있다. 또한 6inch Si wafer 전체에 Au 패턴이 형성되었음을 Fig. 4에서 확인할 수 있다.

나노 트랜스퍼 프린팅 공정 후의 PDMS stamp와 Si wafer 위의 Au 패턴의 EDX의 결과는 Fig. 5와 같다. Fig. 5-a는 Au layer가 전사된 Si wafer의 EDX 결과인데 Au가 성공적으로 Si 위에 전사되었음을 알 수 있다. Fig. 5-b에서 보는 것처럼 나노 트랜스퍼 공정이 끝난 후의 PDMS stamp의 EDX결과에는 Au가 검출되어 일부 영역에서 Au layer가 완전히 전사되지 못한 것을 확인할 수 있다.

### 4. 결론

nano-molding을 이용하여 제작한 PDMS stamp를 이용한 나노 트랜스퍼 프린팅은 빠르고 간편하게 금속 나노패턴의 제작을 가능하게 해준다. 본 연구에서는 나노 트랜스퍼 프린팅을 이용하여 6inch 면적의 Si wafer 위에 300~2000nm 크기의 Au pattern을 한번에 제작하는데 성공하였다

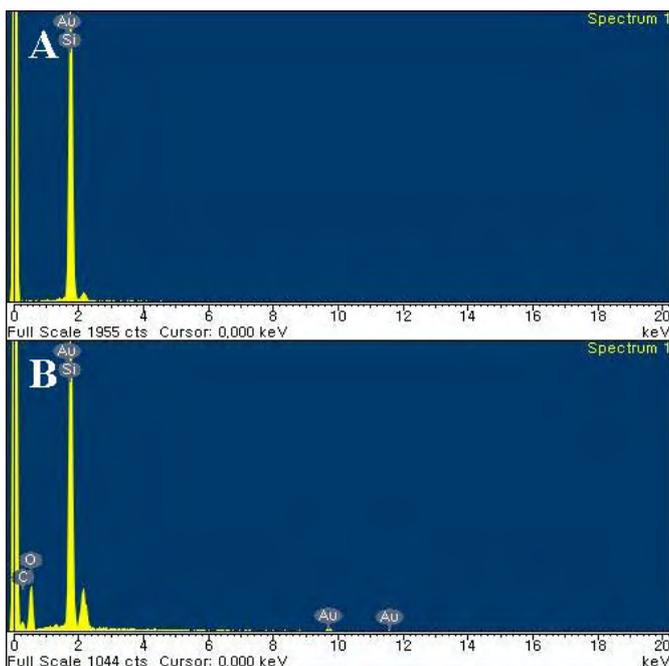


Fig. 5 PDMS stamp after nPT and EDX analysis of Au pattern on Si wafer surface(a) and PDMS stamp surface(b) after nPT

### 후기

This work was supported by the Korea research Foundation Grant founded by the Korea Government.

### 참고문헌

1. A. Murray, M. Scheinfein, M. Isaacson and I. Adesida, J. Vac. Sci. Technol. B, "radiolysis and resolution limits of inorganic halide resist". 3, 367-272, 1985
2. T. Takigawa, H. Wada, Y. Ogawa, R. Yoshikawa, I. Mori and T. Abe, J. Vac. Sci. Technol. B, "advanced e-beam lithography", 9, 2981-2985, 1991
3. K. Kise, H. Watanabe, K. Itoga, H. Sumitani and M. Amemiya, J. Vac. Sci. Technol. B, "Improvement of resolution in x-ray lithography by reducing secondary electron blur", 22, 126-130. 2004
4. E. Toyota and M. Washio, J. Vac. Sci. Technol. B, "Extendibility of proximity x-ray lithography to 25 nm and below", 20, 2979-2983, 2002
5. A. Pepin, P. Youinou, V. Studer, A. Lebib, Y. Chen, Microelectronic Eng, "Nanoimprint lithography for the fabrication of DNA electrophoresis chips " 61-62, 927-932, 2002
6. C. M. Sotomayor Tores, S. Zankovych, J. Seekamp, A. P. Kam, C. Clavijo Cedeno, T. Hoffmann, J. Ahopelto, F. Reuther, K. Pfeiffer, G. Bleidiessel, G. Gruetzner, M. V. Maximov and B. Heidari, Mat. Sci. and Eng. C "Nanoimprint lithography: an alternative nanofabrication approach", 23, 23-31, 2003
7. M. Bender, B. Otto, B. Hadam, B. Vratzov, B. Spangenberg, H. Kurz, Microelectronic. Eng, "Fabrication of nanostructures using a UV-based imprint technique ", 53, 233-236, 2000
8. G. Y. Jung, S. Ganapathiappan, X. Li, D. A. A. Ohlberg, D. L. Olynick, Y. Chen, W. M. Tong, R. S. Williams, Appl. Phys. A, "Fabrication of molecular-electronic circuits by nanoimprint lithography at low temperatures and pressures", 78, 1169-1173, 2004
9. Kuma, A, Whitesides. G. M, Apply. Phys. Lett, "Features of gold having micrometer to centimeter dimensions can be formed through a combination of stamping with an elastomeric stamp and an alkanethiol "ink" followed by chemical etching", 63, 2002-2004, 1993
10. H. Lee, G. Y. Jung, Microelectron Eng, "Wafer to wafer nano-imprinting lithography with monomer based thermally curable resin", 77, 168-174, 2005
11. 바탕재 9pt.
12. 홍길동, 김길동, "공작기계의 선형이송 오차 보정," 한국 정밀 공학회지, 99, 149-150, 1999.