

Ga⁺ 이온 빔 조사량에 따른 자기 조립 단분자막의 습식에칭 특성

노동선*, 김대은**

Effect of Ga⁺ Ion Beam Irradiation On the Wet Etching Characteristic of Self-Assembled Monolayer

Dong Sun Noh*, Dea Eun Kim**

ABSTRACT

As a flexible method to fabricate sub-micrometer patterns, Focused Ion Beam (FIB) instrument and Self-Assembled Monolayer (SAM) resist are introduced in this work. FIB instrument is known to be a very precise processing machine that is able to fabricate micro-scale structures or patterns, and SAM is known as a good etch resistance resist material. If SAM is applied as a resist in FIB processing for fabricating nano-scale patterns, there will be much benefit. For instance, low energy ion beam is only needed for machining SAM material selectively, since ultra thin SAM is very sensitive to Ga⁺ ion beam irradiation. Also, minimized beam spot radius (sub-tens nanometer) can be applied to FIB processing. With the ultimate goal of optimizing nano-scale pattern fabrication process, interaction between SAM coated specimen and Ga⁺ ion dose during FIB processing was observed. From the experimental results, adequate ion dose for machining SAM material was identified.

Key Words : Focused Ion Beam (집속 이온 빔 가공), Self-Assembled Monolayer (자기조립단분자막), Ion dose (이온 주사량), Rapid prototype (신속시제품제작), Ultra Violate light (자외선), Electron Beam (전자빔), Scanning Probe microscope (주사탐침원자현미경)

1. 서론

미세 형상을 만드는 기술로 다양한 리소그래피 기술이 이용되고 있다. 특히 Ultra Violate light, X 선 등과 마스크를 이용한 포토리소그래피 기술은 대량 생산에 적합하지만 [1-2], 마스크제작공정과 마스크 정렬 시스템 도입 등의 막대한 초기 투자비를 요구하기 때문에 rapid prototype 과 신모델 개발

과 같은 분야에는 제작공정이 유연하게 적용되어야 하므로 적용이 어렵다. 또한 유연한 제작 방법으로 Ultra Violate light (UV) [2], Electron Beam (EB) [1][3], 미세접촉기술 (Micro Contact Printing)[4], Scanning Probe microscopy (SPM) [5-6] 등이 연구되었는데 UV 의 경우는 파장의 크기가 170nm 정도로 크기 때문에 분해능이 떨어지며, EB 의 경우는 전자 빔 조사에 의한 이차 전자의 Back scattering 이 FIB[7]의 이차이온 Back scattering 보다 크기 때문에 FIB 보다 분해능이 저하되며[1], 또한 resist

접수일: 2005년 09월 07일; 게재승인일: 200x년 xx월 xx일

* 연세대학교 대학원 기계 공학과

** 연세대학교 대학원 기계 공학과

와의 민감도도 FIB 보다 떨어진다. 그리고 Micro Contact Printing 의 경우는 이형공정 시 형상변형의 문제 등이 아직 해결되어야 하고, 탄성 변형에 의한 접촉표면적이 달라지는 문제를 가지고 있다. 끝으로 SPM 의 경우는 프로브 팁이 마모되는 단점을 가지고 있다. 이러한 미세가공에 있어서의 기술적 단점을 보완하기 위한 한 방안으로 본 연구에서는 나노 스케일의 가공 정밀도를 구현 할 수 있고, 곡면 등 다양한 형상 구현이 용이한 FIB 장비와 SAM 레지스트를 도입 하였다. 따라서 간단한 습식 에칭공정(KOH 에칭)을 제외한 별도의 추가 과정 없이 손쉽게 미세 패턴을 정교히 제작 할 수 있었다. 또한 본 실험에서는 FIB 장비를 이용해 Ga⁺ 이온 조사량과 SAM 레지스트의 가공성과의 상관관계를 확인 하고자 이온조사량에 따른 SAM 레지스트의 가공 정도를 습식에칭을 통해 관측하였으며, 미세 패턴을 가공하였다.

2. 실험

2.1 실험 장비

본 실험에서는 Ga⁺ 이온 빔 조사에 의한 SAM 가공 특성을 분석하기 위해 SEIKO 사의 SMI2050 FIB 장비를 이용하였으며, 가속전압을 30keV 로 고정 한 후 이온 조사 량을 변화 시켜 가면서 SAM 의 에칭 특성변화를 관측하였다. SAM 과 같은 얇은 resist 가공은 적은 이온 에너지 조사에 의해서도 충분히 가공이 가능하므로 이온 빔 적용에너지를 최소화 시켜 가공 정밀 도를 높였으며, 동시에 이온 빔 반경도 축소 시켜 가공 정밀도를 더욱 향상 시켜 적용하였다.

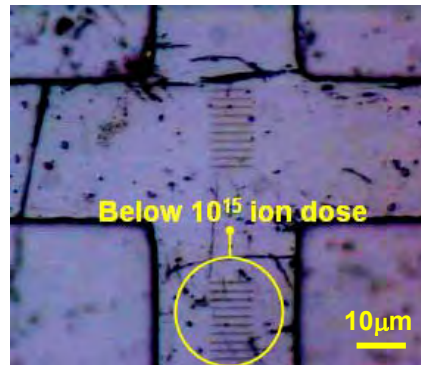
2.2 시편 준비 및 자기조립단분자막 코팅

붕소가 도핑 된 Si(100)을 시편으로 준비 하였으며, 레지스트 재료로써는 자기 조립 단분자막의 일종인 OTS(Octadecyltrichlorosilane)-SAM 을 사용하였다. OTS-SAM 코팅은 Si(100)표면의 n-hexane 과 이소프로필 알코올(IPA)을 이용해 표면의 유기물 등의 이물질 제거 후 피라나 용액(7:3, 28% H₂O₂: H₂SO₄)속에서 20 분간 Si 표면을 산화 시킨 후 Octadecyltrichlorosilane 용액이 희석된 용액에 넣어 OTS-SAM 를 Si 표면에 코팅 하였다 [8-9]. OTS-SAM 코팅 층의 두께는 ellipsometry 측정장비를 이용해 측정한 결과 ~2.6nm 두께로 매우 얇게 코팅

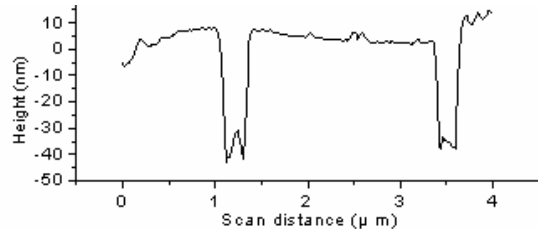
되었음이 확인되었고, OTS-SAM 표면은 소수성의 성질을 가지고 있음으로 표면 접촉 각(100°이상)을 측정하여 가시적으로 표면에 단분자막이 형성되었음을 확인 하였다.

2.3 KOH 습식 에칭

Ga⁺ 이온 빔 조사에 의해 선택적으로 가공된 OTS-SAM 표면에 가공형상을 만들기 위해 습식에칭을 적용하였다. 습식에칭용액으로는 실리콘의 이방성 에칭 액으로 널리 사용되고 있는 KOH 용액을 사용하였고 [10]. KOH 용액은 용액의 농도와 적용 온도, 교반 조건 등에 의해 에칭민감도가 변하므로 에칭 조건으로 1M KOH, 60°C, 무 교반 상태에서 에칭 시간을 변화시켜 가며 패턴을 형성하였다.



(a)



(b)

Fig. 1 Positive micro-patterns on Si (100) (a) optical image (x 500), (b) cross-sectional profile at below 10¹⁵ ion dose and ~10min. etching in 1M KOH solution

2.4 실험 결과

OTS-SAM 이 코팅된 Si wafer 표면에 조사된 Ga⁺ 이온의 개수에 의해 시편의 에칭 특성이 달라 짐을 확인 하였으며, 본 실험에서는 이온의 개수를 변화시켜 가면서 가공하였다. Fig 1 은 10¹⁵ 개 미만의 이온을 OTS-SAM 표면에 조사한 후 1M KOH, 60°C 에서 ~10 분 에칭을 실시한 가공 영역에서의 패턴 이미지 이다. 패턴의 크기는 수백 nm 급의 선 폭으로 가공되었으며, 매우 매끄러운 양각 패턴 형상을 얻을 수 있었다.

양각 패턴이 가공되는 조건보다 이온 주사량을 증가 시키면 Ga⁺ 이온이 주사된 모든 면에서 음각의 패턴이 형성됨을 확인 하였다. 이는 Ga⁺ 이온이 Si 격자 사이로 완전히 이식되어 에칭 저항성이 증가 되었기 때문이며 [11], Fig 2 은 상대적으로 많은 개수의 Ga⁺이온이 Si 에 침투되어 습식 에칭 후 음각 패턴이 돌출 되었음을 보여 주고 있다. 이 실험에서 적용된 이온의 개수는 상대적으로 많은 17 x 10¹⁵ 개의 Ga⁺이온을 7μm 길이로 시편에 조사 하였으며, 그에 따라 다음과 같은 음각 형태의 패턴이 가공되었다.

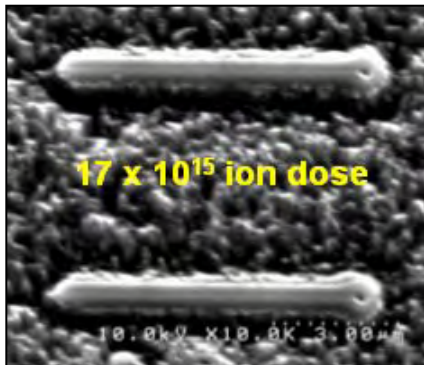


Fig. 2 SEM image of negative micro-patterns on Si (100). etching in KOH solution

SAM 을 이용한 FIB 가공 시 이온 주사량에 따라 습식에칭 후 형성되는 패턴의 양상이 완전히 다를 수 있다. 본 실험에서는 확인 하였으며, 이와 더불어 이온 빔 조사 경로를 조정함으로써 여러가 패턴을 만들 수 있다. Fig 3 는 5μm (폭)x 5μm(길이) 정사각형 모양으로 10¹⁵ 개 미만의 이온을 주사하여 가공한 포켓의 이미지이다. 1M KOH 용액에서 5 분

습식 에칭 후 양각 형태의 사각 패턴형상이 제작 되었으며, 에칭 시간과 온도를 증가에 의해 에칭 깊이를 제어 할 수 있다.

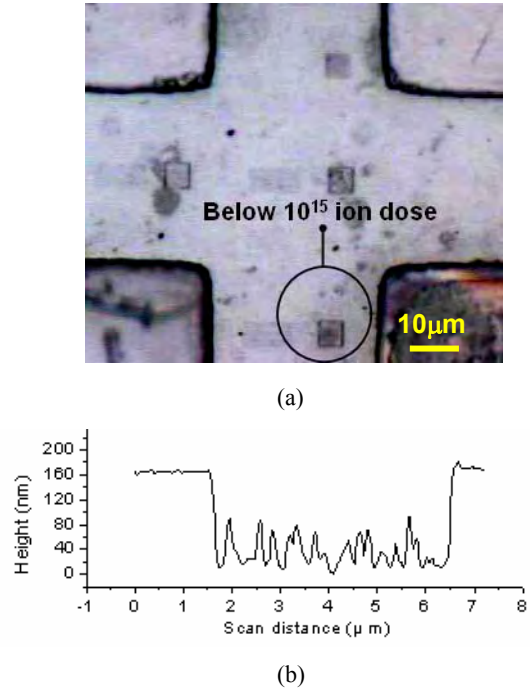


Fig. 3 5μm x 5μm pocket on Si (100) (a) optical image (x 500), (b) cross-sectional profile at below 10¹⁵ ion dose and 5min. etching in 1M KOH solution

3. 결론

본 실험을 통해 Ga⁺ 이온의 조사량에 따라 SAM 레지스트만 선택 적으로 가공할 수 있음을 확인 하였다. 또한 상대적으로 많은 이온 개수를 시편 표면에 조사 하였을 때는 양각의 패턴이 형성됨을 습식에칭 을 통해 알 수 있었다. 따라서 FIB 장비와 SAM 을 이용하면, 향후 더 정교한 미세한 가공물 제작에 이용될 수 있을 것으로 예상된다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 지정 연세대학교 정보저장기기 연구센터의 지원 (과제번호: R11-1977-042-12001-0)으로 이루어 졌으며, 산업자원부에서

지원하는 산업기술기반조성 사업인 마이크로 나노 점.선 가공기반 구축사업의 장비지원 및 연구 협조에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Thompson, L.F., Grant Willson, C., Bowden, M.J., Introduction to Microlithography 2nd ed., ACS Professional reference book
2. Oh, S.Y., Choi, H.S., Jie, H.S., Park, J.K., Materials Science and Engineering C 24 (2004) 91-94
3. Mendes, P.M., Preece, J.A., Current Opinion in Colloid & Interface Science 9 (2004) 236- 248
4. Fujihira, M., Furugori, M., Akiba, U., Tani, Y., Ultramicroscopy 86 (2001) 75±83
5. Sung, I.H., Kim, D.E., Applied Surface Science 239 (2005) 209-221
6. Dagata, J.A. et al, Appl.Phys.lett., 56, 2001 (1990)
7. Giannuzzi, Lucille A., Stevie, Fred A., "Introduction to Focused Ion Beams Instrumentation, Theory, Techniques and Practice" Spricger
8. Wang, M., Liechti, Kenneth M., Wang, Q., and White, J.M., Ameican Chemical Society published on web page est:9.1
9. Ulman, A., Chem. Rev.1996,96,1533-1554
10. Zubel, I., Kramkowska, M., Sensors and Actuators A 115 (2004) 549-556
11. Brugger, J., Beljakovic, G., Despont, M., de Rooij, N.F., and Vettiger, P., Microelectronic Engineering 35 (1997) 401 - 404