

TNL 기반 초소형 PCD 공구를 이용한 PR의 기계화학적 나노가공 특성 TNL-Based Nano-machining of PR Layer using Micro PCD Tool for Mechano-Chemical Surface Modification

*김선호¹, 이정민¹, #박정우¹

*S. H. Kim¹, J. M. Lee¹, #J. W. Park(jwoopark@chosun.ac.kr)¹
¹ 조선대학교 기계설계공학과

Key words : TNL(Tribo Nanolithography), PCD(Poly Crystalline Diamond), PR(Photo Resist), Nano-machining, AFM(Atomic Force Microscope), Nanopatterning

1. 서론

기계적 lithography (Soft lithography) 수행 시 전자 빔의 사용 없이 회로기판으로의 패턴을 이동시킬 때 부드럽고 유연한 재료들이 사용된다.⁽¹⁻³⁾ 하지만 다양 스텝핑 공정을 통한 정확한 패턴을 유지하는 것은 어렵다. 결과적으로 복합적인 기능의 장치를 만들어 내는 것은 어렵다. 따라서 유연한 lithography 는 일반적으로 전자 빔을 이용한 lithography 기술과 직접적으로 경쟁 할 수 없다. 대신 유연한 lithography 는 일반적인 lithography 가 할 수 없는 100 나노미터 이하의 곡선모양이나 생물학적인 표면에 사용되어 왔다.⁽⁴⁾ 본 연구에서는 TNL(Tribo Nanolithography)을 기반으로 기계적인 방법으로 PR 에 나노단위(nano-scale)의 미세 패터닝(Micro patterning)을 수행하기 위해 PR 의 기계화학적 성질에 대해 실험을 실시하였다.

2. 실험 장치 및 방법

본 실험은 유연한 재질의 재료를 이용한 Lithography 시 자체 개발한 초소형 PCD(Poly crystalline diamond)⁽⁵⁾ 공구를 이용하여 기계적인 방법으로 나노 스케일의 미세 패터닝을 수행하기 위한 PR(AZ1512)의 특성을 알아보는 실험으로 Fig. 1 과 같은 실험 과정을 거친다.

PR 코팅에 사용되는 샘플인 (100) t-type (1~10Ω•cm) 실리콘 웨이퍼(Si-Wafer)의 세척은 표면의 무기물 및 유기물을 제거하기 위해 Piranha cleaning 세척(H₂SO₄(98%): H₂O₂(30%) = 1: 0.9)을 1 시간 30 분 동안 실시 한 후 유기화합물을 제거하기 위해 초음파 세척기에서 순수세척(3 분), 아세톤 세척(3 분), 순수세척(3 분)순으로 수행하였다. 이후 자연 산화막 제거를 위해 5%의 DHF(Diluted Hydrofluoric)용액에서 1 분 동안 침지한 후 흐르는 물에 약 1 분간 세척 하였다. 이후 순수세척(3 분)과 표면 수분 제거를 위한 10 분간의 자연 건조를 실시하였다.

준비된 실리콘 웨이퍼 샘플은 PR 코팅을 위해 스피ن 코터(SPIN1200D, Midas system)를 이용하여 PR 을 도포하였다. PR 의 코팅 두께가 1μm 이하로 유지 되게 하기 위하여 1 단계(10 초, 500rpm), 2 단계(60 초, 7000rpm), 3 단계(10 초, 1000rpm)를 거쳐 PR 의 도포가 완료된다. PR 의 도포가 끝난 샘플은 가열기(GLHPS-G Hot plate & Stirrer, Global lab)를 이용하여 100℃에서 10 분 동안 가열하면 PR 의 코팅이 모두 완료된다.

코팅이 완료된 샘플은 초소형 PCD 캔틸레버를 장착한 AFM(XE-100, PSIA)를 이용하여 TNL 과정을 수행하였다. 예비 실험에 의하면 PR 의 두께가 700nm 일 때 완전히 제거 시키는데 필요한 수직력이 약 130.0μN 부근에서 존재함을 알 수 있었다. 따라서 PCD 캔틸레버에 가해지는 힘은 129.9μN 부터 132.3μN 까지 점진적으로 증가 시켜 실험을 수행하였다.

3. 실험 결과

실험 결과 최대 790nm의 깊이를 가지는 패턴을 형성하

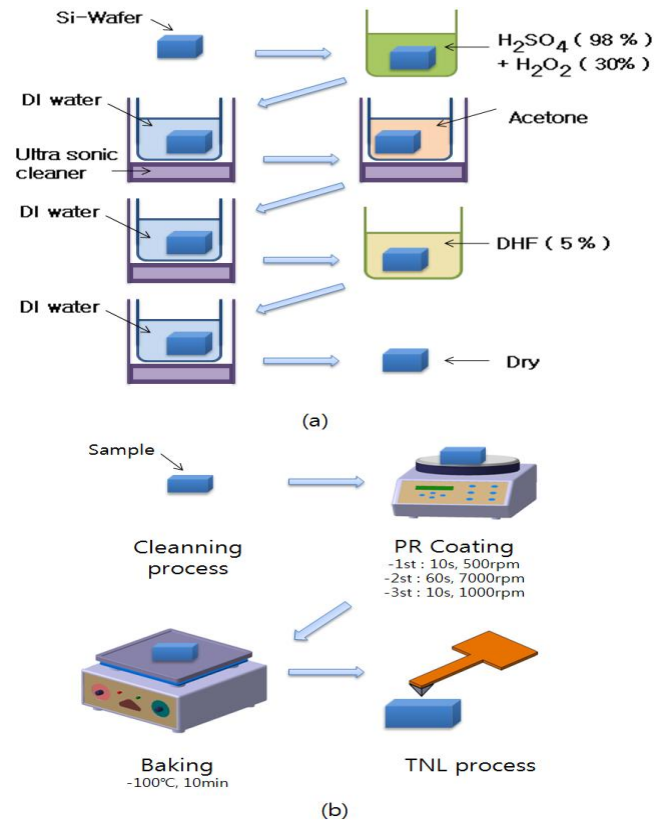


Fig. 1 Scheme of experimental procedure. (a) sample cleaning process (b) PR coating process and TNL process with PCD micro cantilever

였으며, 패턴의 깊이와 폭은 PCD 캔틸레버에 가해지는 힘과 비례하였다. 캔틸레버에 가해지는 힘이 130μN 이상 일 때 팁은 샘플 표면까지 도달 하였으며, 일정 힘부터는 패턴의 깊이가 일정하게 유지 되었다.

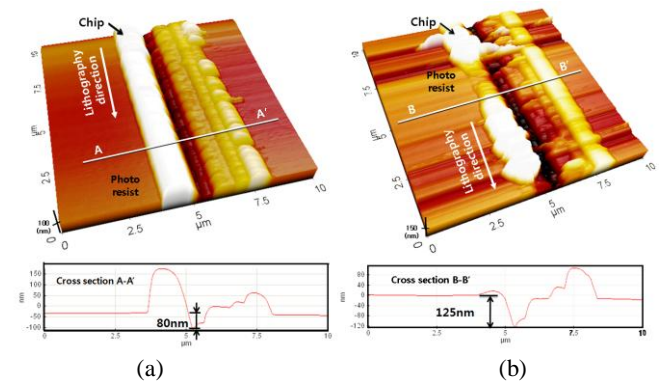


Fig. 2 AFM topography image of single line fabricated using micro PCD tools. (a) under normal load of 129.9μN (b) under normal load of 130.3μN

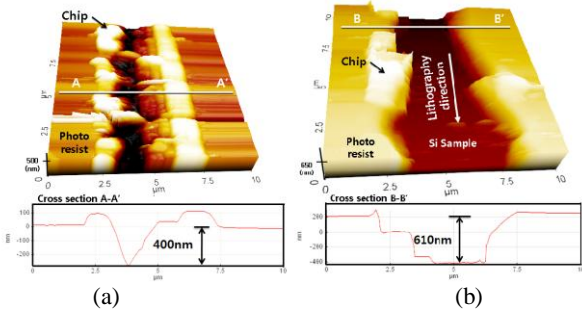


Fig. 3 AFM topography image of single line fabricated using micro PCD tools. (a) under normal load of 130.7μN (b) under normal load of 131.1μN

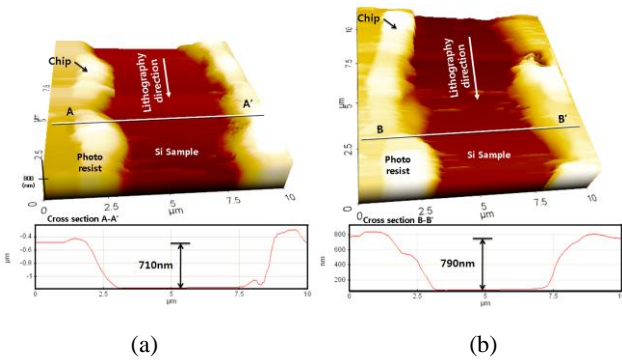


Fig. 4 AFM topography image of single line fabricated using micro PCD tools. (a) under normal load of 131.5μN (b) under normal load of 131.9μN

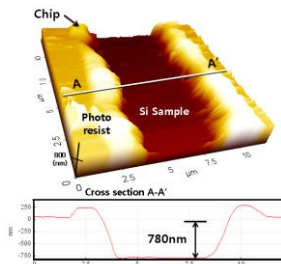


Fig. 5 AFM topography image of single line fabricated using micro PCD tools. Under normal load of 132.2μN.

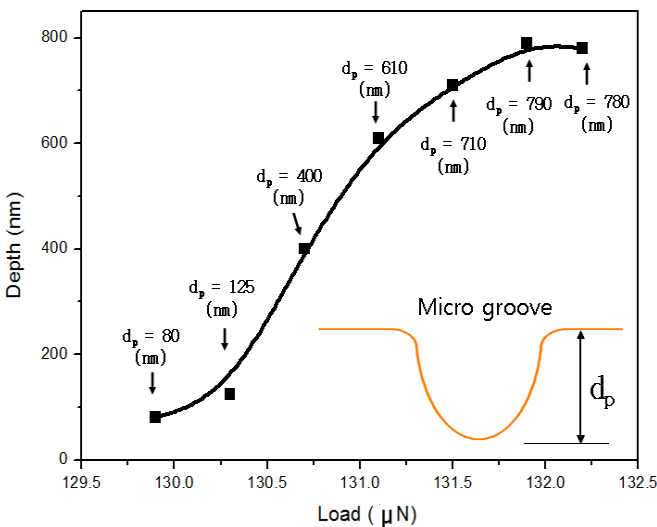


Fig. 6 Depth variation of micro machined surface according to various normal loads of micro PCD tool.

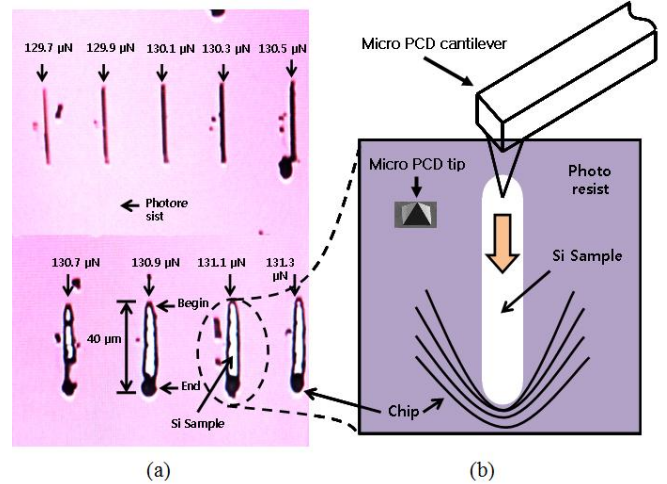


Fig. 7 Depth variation of micro machined surface according to various normal loads of micro PCD tool. (a) CCD image of TNL process on sample surface (b) micro machining process using micro PCD tools

4. 결론

TNL 기반의 초소형 PCD 공구를 이용한 PR의 기계화학적 가공 실험에 대한 실험결과 Fig. 6 과 같이 초소형 PCD 공구에 가해지는 힘이 129.9μN ~ 132.2μN 까지 변화할 때 PR에 생성되는 패턴의 깊이가 80nm ~ 790nm 까지 변동됨을 확인 하였다. 가해지는 힘의 크기가 131.7μN 이상일 때 패턴의 깊이는 780~790nm 사이에서 일정하게 유지되었으며, Fig. 7 에서 PR의 유연한 성질로 인해 패턴 생성 라인의 옆과 끝부분에 대량의 칩이 발생함을 알 수 있었다. 이를 통해 기계적 lithography 공정에서 보다 정밀한 패턴 구조물 생성을 제어할 수 있는 새로운 파라미터를 제시할 수 있었다.

후기

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 (2009-0064616) 및 2008년도 한국학술진흥재단의 지원 (2008-2-D00071)을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. Xia, Y. N. and Whitesides, G. M. "Soft lithography," *Angew. Chem.*, **37**, 551-75, 1998.
2. Kumar, A., Biebuyck, H. A. and Whitesides, G. M. "Patterning self-assembled monolayers—applications in materials science," *Langmuir*, **10**, 1498-511, 1994.
3. Zhao, X. M., Xia, Y. N. and Whitesides, G. M. "Soft lithographic methods for nano-fabrication," *J. Mater. Chem.*, **7**, 1069-74, 1997.
4. Jackman, R. J., Wilbur, J. L. and Whitesides, G. M., "Fabrication of submicrometer features on curved substrates by microcontact printing," *Science*, **269**, 664-6, 1995.
5. Park, J. W., Kawasegi, N., Morita, N. and Lee, D. W., "Tribanolithography of Silicon in Aqueous Solution based on Atomic Force Microscopy," *Applied Physics Letters*, **85**, 10, 1766-1768, 2004.