

일정 하중 스크래치를 이용한 비정질 경취성 재료의 나노가공을 위한 소재변형거동의 유한요소해석

신용래*(부산대 정밀기계공학과), 이정우, 윤성원, 강충길(부산대 기계공학부)

주제어 : 나노 인덴테이션, 나노 스크래치, 파일업, 탄성복원, 극미세 패턴

광 리소그래피 기술에 의하여 제작가능한 최소선폭의 물리적 한계로 인하여 주사터널현미경(STM)이나 원자력간 현미경 (AFM)을 이용한 산화물 나노구조체 형성 기술들이 국내외에서 다양하게 연구되고 있다. 나노가공에서 초미세 프로브 기반기술이 유용하게 사용되는 이유는 10nm이하 정밀도의 구조체의 제작이 가능하고, 공정이 간단하며 초기장비 설치 및 장비가동에 드는 비용이 매우 저렴하기 때문이다. 나노프로브 기반 리소그래피 기술의 예로는 주사터널현미경(STM)을 이용한 나노양극산화기술(nano-oxidation)과 마찰력현미경(FFM)이나 원자력현미경(AFM)을 이용한 정적/동적나노스크래치 기술 등을 들 수 있다. FFM이나 AFM을 이용한 정적/동적 나노스크래치 기술과 같이 소재에 직접적인 기계적 가공을 통한 극미세 패턴 제작에 있어 나노인덴테이션의 스크래치 공정은 원자력현미경을 이용했을 때에 비하여 수직하중의 조절범위가 넓으며(max. 1N), 가공면이 넓고 (수cm²), 수평하중의 조절이 가능하다는 장점이 있다. 또한 마찰에 의한 영향과 탄성회복양, 최종가공부의 형상 등을 고려할 수 있으며 다이아몬드 팁을 이용하기 때문에 다양한 소재를 가공할 수 있다.

본 연구는 나노인덴터의 이러한 장점을 이용하여 극미세 패턴을 제작하기위한 기초연구로 스크래치 후 발생하는 파일업과 탄성회복 즉 소재의 나노변형거동을 유한요소해석으로 예측하였으며 스크래치 가공을 이용한 패턴제작의 최적의 가공조건을 찾기 위해 스크래치 하중과 속도에 대하여 소재변형의 유한요소해석을 실시하였고 실험을 통해 이를 검증하였다. 단결정 소재의 방향성에 따른 가공특성의 차이를 배제하기 위하여 소재는 비정질 실리콘과 비정질 보로실리케이트 (Pyrex 7740)를 사용하였다. 또한 스크래치된 가공변질층의 식각마스크 효과를 이용한 마스크리스 극미세 패턴의 제작을 위한 기초연구의 일환으로 스크래치 공정시 소재의 가공부에 형성되는 응력 및 변형을 분포를 관찰하였다. 이는 다이아몬드 팁을 이용한 실리콘의 가공시 소재표면에 형성된 비정질 산화층 및 전위밀집층의 식각 특성을 이용한 마스크리스 나노 가공기술로 소개 된 바가 있으며 이러한 가공변질층은 기계적 나노가공 공정시 표면에 부하되는 응력 및 변형을 분포와 밀접한 관련을 가진다. 따라서, 가공변질층을 식각공정을 위한 음성 및 양성 마스크로 사용하기 위한 가공조건에 따른 응력 및 변형 분포를 예측하였다. 나노인덴테이션 스크래치 공정의 유한요소해석은 ABAQUS 6.2를 사용하였고 본 연구결과는 나노인덴테이션의 스크래치 기능을 활용하여 극미세 패턴을 제작할 때 기초연구로써 활용되어질 것이다.

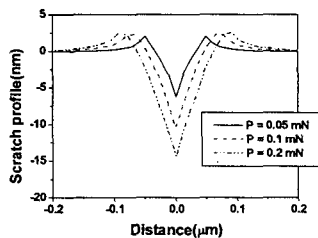


Fig. 1 (a) Scratch profile of pyrex

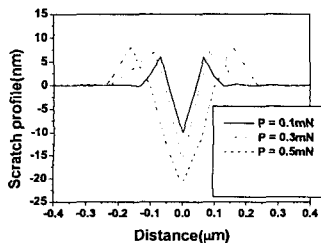


Fig. 1 (b) Scratch profiles on silicon

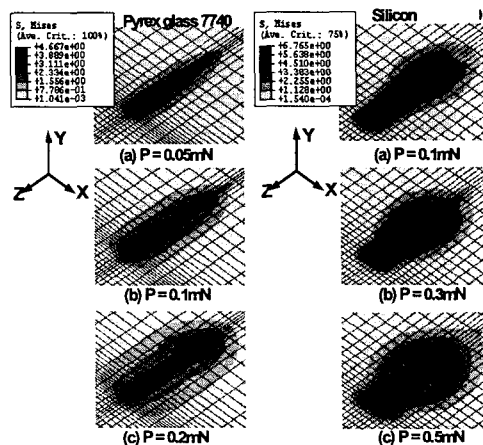


Fig. 2 von-Mises stress distribution for different scratch load obtained by 3D FEM (V=10μm/s)