

나노스케일의 접촉 강성에 대한 습도의 영향

The Effect of Humidity on Nano-scale Contact Stiffness

김두인^{a*}, 김광호^{a,b}

^{a*}부산대학교 하이브리드소재 솔루션 국가핵심연구센터(E-mail:dooin.kim@pusan.ac.kr), ^b부산대학교 재료공학과

초 록: 탐침현미경(Atomic Force Microscope)을 이용하여 탐침과 표면 사이에 나노스케일의 접촉 반경을 가지는 접촉부를 만든 후 접촉부의 접촉 강성(contact stiffness)을 관찰하였다. 다양한 습도 조건하에서 접촉 강성의 변화를 측정된 결과, 습도에 의해 접촉부의 인장 거동이 달라짐을 확인할 수 있었으며, 습도 변화에 따라 인장 거동의 천이점이 존재함을 확인할 수 있었다.

1. 서론

나노시스템의 특징 중 하나인 높은 표면적을 이용하여 에너지 변환시스템의 효율을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이와 같은 나노시스템의 표면에서 작용하는 표면력은 시스템의 제조, 분산 및 평가에 난제로 작용하고 있다. 특히 습도를 가지는 대기에 나노시스템이 노출되는 경우 두 표면의 접촉부에 응축되는 모세관 응축현상(capillary condensation)이 발생한다.(1) 이와 같이 응축된 물 분자는 표면사이의 마찰, 마모 및 응착에 큰 영향을 미침이 알려져 있다.(2,3) 본 연구에서는 탐침현미경을 이용하여 다양한 습도조건하에서 표면과 탐침 사이에 나노스케일의 접촉부를 만든 후 흡착된 수분이 접촉부의 강성에 미치는 영향을 관찰하였다.

2. 본론

본 연구에서는 탐침현미경(Nanoscope III, Digital Instruments)을 사용하였으며, 실리콘 표면에 대해 약 10 nm의 반경을 가지는 Si₃N₄ 탐침을 사용하여 접촉부의 인장 시험을 실시하였다. 탐침현미경은 습도 조절용 챔버에 설치되었으며 질소와 증류수를 혼합한 기체를 이용하여 습도 분위기를 조절하였다. 다양한 습도조건하에서 탐침현미경의 측정모드중 하나인 힘-변위 곡선 (Force-displacement curve)을 이용하여 탐침과 표면 사이의 접촉부에서 인장 거동을 관찰하여 수분의 영향을 평가하였다.

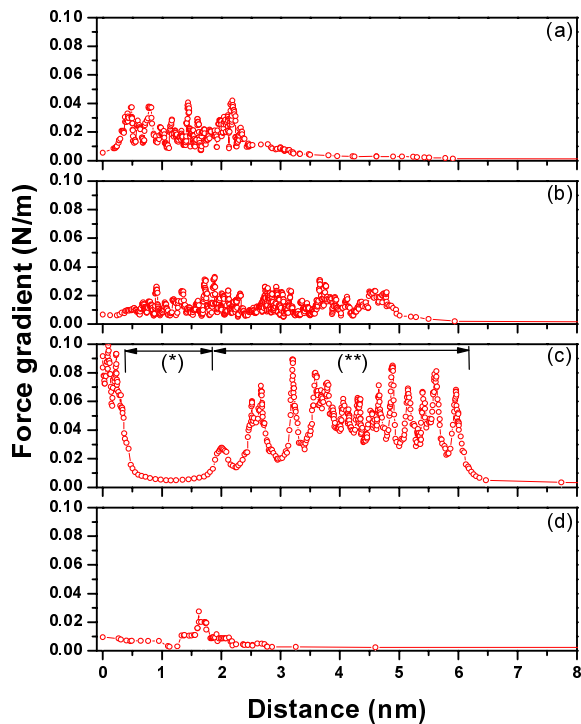


Fig. 1. Force gradient versus distance at relative humidities (a) <math><1\%</math>, (b) 6%, (c) 40%, (d) 80%

인장 변형량에 대한 힘의 변화량을 관찰한 결과 Fig. 1에 보인 바와 같이 저습 영역과 고습 영역에서의 인장 거동이 상이함을 확인할 수 있었으며, 특히 약 40%의 습도에서는 Fig.1의 (c)에서 보인바와 같은 천이 현상을 관찰할 수 있었다. 이와 같은 결과는 물분자가 표면사이의 접촉부의 강성에 큰 영향을 미치고 있음을 의미하는 것이며 습도조건은 미소시스템의 마찰 및 응착에 지대한 영향을 미칠 것으로 보인다.

3. 결론

본 연구에서는 탐침현미경을 이용하여 대기중의 수분이 미세 접촉부의 인장 강성에 미치는 영향을 관찰하였으며, 저습도의 영역과 고습도의 영역에서 물분자가 접촉부의 강성에 미치는 영향이 상이함을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 나노시스템에서 발생하는 응착 및 마찰에 대한 근본적 이해에 큰 도움이 될 것으로 보인다.

후기

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터사업(R15-2006-022-01001-0) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. J.N. Israelachvili, Intermolecular and Surface Forces, Academic, London, 1991.
2. C.H. Masterangelo and C.H. Hsu, J. Microelectromech. Syst. 2 (1993) 33.
3. J. Grobelny, N. Pradeep, D.-I. Kim and Z.C. Ying, Appl. Phys. Lett., 88 (2006) 91906.