

## 주사탐침현미경에서 탐침신호관측의 한가지 방법

리창일, 홍금철

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《과학연구기관들과 교육기관들에서 현대적인 검사기술수단, 계량계측수단들을 연구개발하기 위한 사업을 추진하면서 다른 나라들과의 교류와 협조를 통하여 발전된 검사수단들을 적극 받아들이도록 하여야 합니다.》

접촉식원자힘현미경에서는 탐침과 측정시편이 1nm정도로 접근하였을 때 탐침의 원자들과 시편결면원자들사이에 나타나는 수nN정도로 작은 호상작용힘을 리용하여 시편의 결면나노구조를 측정한다. 탐침과 시편사이의 거리가 수nm정도로 작아지면 탐침과 시편의 결면원자들사이에는 먼저 약한 끌힘이 나타나고 그다음에 끌힘보다 센 밀힘이 나타나게 된다. 측정시편을 미세이송장치의 운동부에 고정하고 시편을 나노척도걸음으로 미세이송시켜 수nm정도로 탐침에 접근시키면 탐침에는 수직방향의 호상작용힘이 나타난다. 처음에는 탐침을 측정시편이 있는 방향으로 당기는 끌힘이 나타나지만 이 힘은 대단히 작다. 그러므로 캔티레버의 휨에 의하여 변화되는 레이자빛의 행로변화도 대단히 작으며 따라서 위치검출소자의 출구에서 나타나는 전압변화도 작다. 측정시편을 탐침에 더 접근시키면 탐침에는 시편과 반대방향으로 향하는 밀힘이 나타난다. 이 힘은 거리변화에 따라 급격히 증가하는데 일정한 범위를 벗어나면 탐침과 측정시편에 물리적인 손상을 주게 되며 측정이 불가능하게 된다. 접촉식원자힘현미경기능에서는 탐침과 시편의 물리적손상이 발생하기 직전의 상태에서 밀힘을 측정하여 시편상을 관측한다. 선행연구들[1-3]에서는 접촉식기능과 비접촉식기능을 설정하는 일반적인 방법에 대해서는 논의하였지만 접촉힘과 비접촉힘의 크기를 변화시켜 측정화상의 질을 개선하는 구체적인 방법에 대해서는 논의되지 않고있다.

시편의 구조를 측정하기 위한 과정은 탐침과 시편사이의 거리를 필요한 크기로 보장하는 미세접근과정과 접근이 완료된 다음 시편의 결면구조에 대한 탐침의 상대적인 주사를 통하여 결면구조의 관측상을 얻는 과정으로 이루어진다.

우리는 주사탐침현미경에서 접촉식원자힘현미경의 기능을 리용하여 탐침과 측정시편의 원자들사이의 호상작용힘을 측정하는 한가지 방법을 고찰하였다.

탐침과 측정시편사이의 거리가 수nm이상으로 분리되어있을 때에는 탐침과 측정시편의 원자들사이의 호상작용힘이 나타나지 않으며 이 상태에서는 캔티레버의 윗면에서 반사된 레이자빛이 위치검출소자의 빛수감부중심에 쏘여지도록 설정하여야 한다. 탐침의 진동으로 인한 레이자빛의 편기가 클수록 차신호는 증가하게 되며 레이자빛의 편기가 빛수감부를 벗어나게 되면 탐침신호가 관측되지 않는다.

그러므로 탐침과 측정시편사이의 호상작용이 없을 때에는 레이자빛행로조절장치를 리용하여 레이자빛이 정확히 빛수감부의 중심으로 향하도록 하여야 한다. 이 상태에서 위치검출소자에 나타나는 차신호는 빛수감부의 좌우부분에서 나타나는 신호값과 거의 같

다. 그 값은 수mV정도로서 최소로 된다. 탐침과 측정시편사이의 거리가 수nm정도로 작아지면 원자들사이의 호상작용힘이 발생하게 되며 이때 밀힘과 끌힘의 방향이 반대이므로 위치검출소자의 전압신호는 서로 반대부호를 띠게 되며 전압신호의 크기는 밀힘인 경우 차신호에서 수백mV로 커진다.

측정대면부상에서 +부호의 접근설정값은 접촉상태를, -부호의 접근설정값은 비접촉상태를 나타내도록 하였다.

위치검출소자에 나타나게 되는 신호의 부호와 크기를 대면부상의 접근설정값에서 설정한 다음 귀환결합을 설정하고 련속방식으로 접근조작을 실행한다. 측정시편은 탐침으로 접근하다가 설정값에 이르면 접근을 자동적으로 중지한다. 접촉상태에서의 접근설정값을 +50mV로 하는 경우 측정화상질이 비교적 높았다. 설정값에 따라 탐침과 측정시편사이의 거리를 변화시킬수 있지만 탐침과 시편의 손상을 피하기 위하여 설정값을 +20mV이상으로 주었다. 접촉상태에서 한결음접근이나 분리기능을 리용하면 탐침과 측정시편사이의 거리를 미세조종하여 화상질을 변화시킬수 있다. 측정구역을 변화시키거나 시편을 교체하여야 할 경우에는 시편을 탐침으로부터 분리시켜야 하며 이때 귀환결합을 취소하고 분리기능을 리용하면 장치에서 탐침과 측정시편사이의 거리를 설정값과 비교하는 공정을 무시하므로 빠른 분리를 진행할수 있다.

## 맺 는 말

주사탐침현미경에서 탐침과 측정시편의 미세접근과정에 탐침과 측정시편의 원자들사이 호상작용힘에 의하여 탐침이 설치된 캔티레버가 변형되는 방향과 변형정도를 레이자빔과 위치검출소자를 리용하여 관측하였다. 그리고 접촉상태에서 호상작용힘의 크기와 표준시편의 결면구조를 관측하는 방법을 확립하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] R. Garcia et al.; Surf. Sci. Rep., 47, 197, 2002.
- [2] Yoshitaka Shingya et al.; Nano Lett., 16, 4, 2213, 2016.
- [3] Horst Hahn et al.; Nanoscale Phenomena, Springer, 40~64, 2009.

주제107(2018)년 6월 5일 원고접수

## A Method for Observing Probe Signal in Scanning Probe Microscope

*Ri Chang Il, Hong Kum Chol*

We described a method for observing the interaction force between the atoms of probe and sample by using the function of contact mode-atomic force microscope in the scanning probe microscope, which had both the function of scanning tunneling microscope and contact mode-atomic force microscope.

Key words: scanning probe microscope, atomic force microscope