

원자 현미경 장비의 바닥 진동(정상 상태) 허용 기준 결정

이 동 연*

Determination of the Allowable Vibration Level of the Atomic Force Microscope Equipment

Dong-Yeon Lee

ABSTRACT

Currently, Atomic Force Microscope(AFM) has been widely used to measure the surface topography of a sample by detecting interaction force between atoms on the sample and extremely sharp probe tip. The vertical resolution of AFM is mainly determined by external vibration noise. The resolution of AFM shows different values for the different environment, thus it is necessary to determine relationship between the criteria and the resolution of AFM regardless of environment. In this paper, we discuss the allowable level of floor vibration for AFM equipment at given resolution. The vibration criteria can be used as reference data to design mechanical structure and to analyze the structural dynamics of AFM equipment.

1. 서론

Fig.1과 같은 원자 현미경은 시료 표면의 원자와 미세 가공에 의해 만들어진 캔틸레버(cantilever, 탐침)에 의한 원자력을 측정하여 시료 표면의 형상을 보여주는 장비이다. 원자 현미경은 개개의 원자를 측정할 수 있고, 최소 sub-angstrom의 분해능을 가질 수 있으며, 사용 환경의 진동 및 소음에 민감한 장비이다. 원자 현미경은 헤드, 정밀 구동 장치, 광학 기기 등과 같은 여러 요소에 의한 접합을 이루고 있다. Fig.2와 같은 원자 현미경의 설계 시 엔지니어는 여러 진동 저감 대책을 연구 및 적용하지만 장비의 고분해능에 의해 부가적으로 제진대(vibration table)와 같은 진동 저감 장치를 장비내에 설치한다. 이러한 제진대를 설치할 때 장비의 동적 특성 및

제진대의 진동 저감 성능에 따라 원자 현미경 장비의 성능(분해능)이 결정된다.

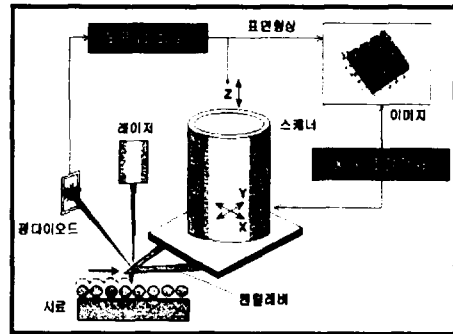


Fig.1 Schematic diagram of AFM

원자 현미경 장비의 분해능은 여러 요인(진동, 소음, 전자 noise 등)에 의해 결정되지만 진동에 의한 영향이 가장 크며, 분해능은 헤드와 스테이지

*. PSIA Corp.

사이의 상대 거리로 표현된다. 즉, 원자 현미경은 사용 환경(진동)에 따라 분해능이 결정된다. 분해능을 결정하기 위해서는 제진대를 포함한 원자 현미경 장비의 동적 특성을 알아야 하며 이 때 입력은 바닥 진동(속도)이고, 출력은 헤드(탐침)와 스테이지 사이의 상대 변위 이다. 일반적으로 장비의 동적 특성을 결정하기 위한 방법은 진동 시험(Vibration test)과 충격 시험(Impact Hammer test)이 있다. 본 연구에서는 진동 시험을 기초로 하였다. 실험적인 방법을 이용하여 진동 허용 기준을 결정하는 경우 실험 대상 장비의 동적 특성을 고려하지 않고, 입력 진동에 대한 장비의 분해능을 관찰하므로써 진동 허용 기준을 결정할 수 있다.

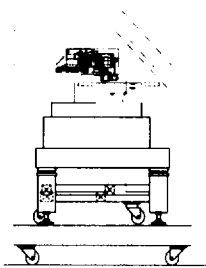


Fig.2 Overall drawing of AFM equipment(SM5-200mm)

2. 본 론

2.1 바닥 진동의 특성

일반적으로 원자 현미경이 장착되는 바닥의 진동 특성은 다음과 같다. 첫째, 대부분의 주기 진동은 일정 속도로 회전하는 장비에서 발생한다. 만약 n 개의 회전 장비가 있으면 n 개의 진동 주파수가 관측되고, 이들의 조합 또한 주기 진동 특성을 보인다. 둘째, 건물을 지지하는 기초는 도로 교통에 의한 진동을 받으며 이는 건물에 전달된다. 이러한 기초 진동은 랜덤 및 주기 진동 특성을 보인다. 셋째, 사람의 보행 또한 충격 진동을 발생시킨다.

이러한 보행에 의한 충격 진동은 건물의 주 공진 주파수를 가진 시킨다[1].

본 연구에서는 여러 바닥 진동 중 주기 진동에 대한 원자 현미경 장비의 동적 특성에 대한 진동 시험을 수행하였다.

2.2 진동 시험

바닥 진동에 대한 원자 현미경 장비의 동적 특성을 결정하기 위해서는 주어진 분해능과 주파수에서 입사 진동의 크기를 헤드와 스테이지 사이의 상대 거리가 분해능의 수치가 될 때까지 증가 혹은 감소시키고, 주어진 분해능에 도달할 때의 바닥 진동 수치가 바닥 진동 허용 기준이 된다.

이러한 진동 시험을 위하여 입력은 Fig.3과 같이 함수 발생기, 증폭기 및 스피커를 사용하였고, 헤드와 스테이지 사이의 상대 거리를 원자 현미경 장비의 영점 스캔(zero scan)이라는 방법을 통하여 측정 하였다.

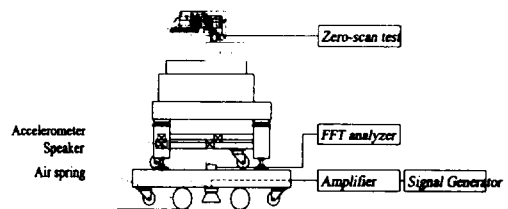


Fig.3 Setup for vibration test

1) 바닥 진동 입력

본 실험에서 모사된 진동 입력은 정상 상태의 정현파이다. 정현파를 입력으로 주기 위해 함수발생기(HP33120A)로부터 4Hz에서 80Hz까지 Octave band center frequency 간격으로 정현파를 발생시켰다. 함수 발생기의 출력은 증폭기(Pioneer

VSX-502)의 입력으로 전달된다. 이 증폭기에서 증폭된 신호는 스피커(150Wmax, 10inch)로 전달된다. 스피커는 장비의 하부 프레임에 붙어 있으므로 스피커의 상대 움직임이 장비의 하부 프레임에 전달되고, 이 상대 운동이 정현파 바닥 진동으로서 진동 시험시의 입력으로 생각할 수 있다. 이때 입력 진동은 가속도계(Halcyonics, VA-1)로 측정하여 변위로 적분하여, 이 결과를 속도 정현파 진동 입력으로 간주한다.

2) 분해능(출력) 검출

원자 현미경 장비의 소프트웨어 중에서 영점 스캔이라는 항목이 있다. 영점 스캔이란 시료를 움직이지 않고, 헤드와 스테이지 사이의 상대 변위를 레이저로 측정한 후 데이터를 주파수 분석한다. 이 때 상대 변위(분해능)의 주파수 및 크기를 알 수 있다.

3) 실험 방법

분해능 결정 : 원자 현미경 장비의 목표 분해능으로서 헤드와 스테이지(시료) 사이의 상대 변위이다. 실험에서는 1 nanometer로 정하였다.

입력 진동의 크기 결정 : 정현파 바닥 진동 입력은 스피커의 상대 운동으로 입력시키고, 입력 크기를 증가 혹은 감소시키면서 헤드와 스테이지의 상대 변위가 1 nanometer에 도달하는 시점에서 크기를 얻을 수 있다. 이 크기가 진동 허용 기준이 된다. 그러나, 실제 실험시에는 환경 노이즈(바닥 진동 등)의 영향으로 S/N 비를 고려하여 환경 노이즈 보다 약 10배 이상 큰 진동 크기를 입력시키고, 이 때 제로 스캔 결과를 기록한다. 원자 현미경 장비를 선형 시불변 시스템이라 가정하면 입력과 진동 사이에 일차 함수적인 관계가 있고, 이 결과를 이용하여 1 nanometer 분해능 시의 입력 진동으로 유추할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 결정된 원자 현미경 장비의 정현파 바닥 진동 허용 기준은 Fig.4 와 같다.

Fig.4에서 가로축은 진동 주파수[Hz]이고, 정현파 바닥 진동 허용 기준의 주파수 간격은 Octave band center frequency의 간격과 동일하다. 세로축은 정현파 바닥 진동 허용 기준의 속도 크기(m/s,p-p)이다. 또한 A 전자 회사의 clean room 바닥 진동을 점선으로 도시하였다. A 전자 회사의 바닥에서 원자 현미경 장비가 작동된다면, 1nm 수준의 분해능이 얻어짐을 알 수 있다. 또한 이 결과는 다른 공장 및 연구소에 설치될 경우 분해능을 예측하는데 활용 가능하다.

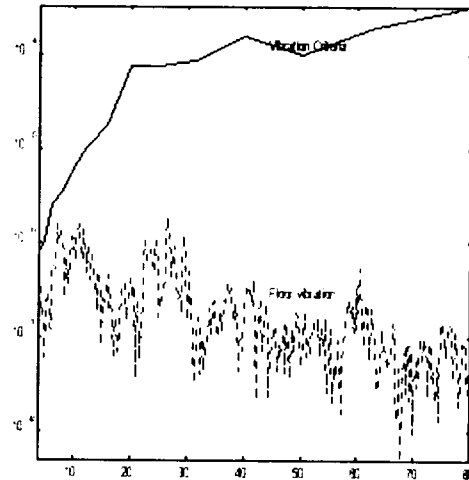


Fig.4 Floor Vibration Criteria for AFM equipment(SM5-200mm), vertical axis : Velocity[m/s,p-p], horizontal axis : Freq.[Hz]

추후 연구 과제를 포함한 고찰을 하자면 다음과 같다.

첫째, 실험시 입력 진동은 정상상태의 정현파 진동이었다. 즉, 바닥 진동 허용 기준의 초기 연구로서

추후 연구는 과도 진동 등에 대한 연구가 진행되어야 한다[2].

둘째, 실험시 입력 진동은 1개의 정상 상태 정현파를 입력시켰다. 그러나, 반도체 공장의 바닥 진동은 여러개의 정현파를 가질 수 있다. 추후 연구에서는 여러개의 정현파 진동이 있을 때의 바닥 진동 기준에 대한 결과를 얻어야 할 것이다.

셋째, 충격 시험(Impact hammer test)과 같은 방법으로 본 연구에서 얻은 결과를 비교 검토하는 것이 필요하다[2].

참고문헌

- (1) Hal Amick, 1997, "On Generic Vibration Criteria for Advanced Technology Facilities with a Tutorial on Vibration Data Representation", Journal of the Institute of Environmental Sciences, V.XL, no.5, pp.35-44
- (2) 이흥기, 박해동, 최현, 배기선, 김두훈, 1995 "정밀 장비의 미진동 제어 기술에 관한 연구(HDD CELL 진동제어)", '95 춘계 학술 대회 논문집, pp.233-239