

제 품 규 격 서

품 명	원자간력현미경 Atomic Force Microscope	모델명	
		제조사(국)	

I. 용도(End-user's Use)			
1. 원자현미경은 마이크로머시닝(Micromachining)으로 제작된 탐침을 시료표면에 가져갔을 때 생기는 원자간의 상호작용력을 측정			
2. 시료의 표면을 nm 단위 이하로 3차원적 형상 분석 함			
3. 대기중에서 극초정밀 분해능으로 도체, 반도체, 부도체등 모든 시료의 표면 관찰			
4. 하드웨어적인 Closed-loop Feedback 제어로 왜곡현상 없는 이미지 화상 도출			
5. 수직(Z) 스캐너와 수평(XY) 스캐너를 분리하여 상호간섭 배제			
6. 튜브 스캐너 대비 약 3 ~ 5 배 속도			
7. 측정 기능: Contact AFM, Dynamic Contact AFM, True Non-contact AFM, LFM, Phase Imaging, Force vs. Distance curve, FMM, FVM, Nanoindentation, MFM, EFM, DC-EFM, SKPM, PFM, Conductive AFM, I/V Spectroscopy 그리고 Temperature Control Stage.			
II. 장비의 구성(Configurations of Goods)			
A. 주장비 (Main System)			
1. 원자현미경 기본구성(Main System)			
- AFM 컨트롤러 / 데이터 처리 시스템		1 set	
- 최대 50 μm x 50 μm 수평(XY) 스캐너: Closed-loop Feedback 제어		1 set	
- 최대 12 μm 수직(Z) 스캐너		1 set	
- 25mm 고정밀 수평(XY) 스테이지		1 set	
- 고해상도디지털 CCD 카메라: 디지털 줌 가능		1 set	
- SmartScan 데이터 수집/분석 및 측정지점 자동화 측정 소프트웨어		1 set	
- XEI 화상 이미지 처리 소프트웨어		1 set	
- 실시간 CCD 카메라 영상 이미지 표현		1 set	
2. 액티브 진동차단 시스템		1 set	
3. 일체형 소음 차폐장치		1 set	
4. Conductive AFM 및 I/V spectroscopy		1 set	
B. 부속장비 (Sub System)			
1. Enhanced EFM (EFM, SKPM, DC-EFM, PFM 사용 가능)		1 set	
2. Lock-in Amplifier		1 set	
3. Variable Enhanced Conductive AFM		1 set	
4. EFM cantilever		6 개	
5. X, Y, Z 표준시료		1 개	
6. Sample Disk		10 개	
III. 성능 및 규격(Performance and Specification)			
1. 이미지 능력			
- 측정속도, 측정방향, 시료두께에 상관없이 어떠한 측정환경에서도 이미지 왜곡 없음			
2. 기본장비 사양 및 성능			
1) 콘트롤 시스템			
- CPU & 메인 메모리: Intel Core i5 3.x GHz, 8 GB RAM			
- 저장장치: 2 x 1 TB hard disk			

- 그래픽: Dual DVI, 1920x1080 pixel
 - 운영체제: 윈도우 10 Professional
 - X/Y/Z 콘트롤 회로: 3축 모두 Closed-loop Feedback 위치제어
 - DSP 제어: 600 MHz DSP Control (4,800 MFLOPS)
 - Electrical Controller: 20 bit DAC for x,y,z scanner positioning,
24 bit ADC for x,y,z position sensor,
Digital Q control.
 - 듀얼 23 인치 LCD 모니터
 - 7개의 입력단과 3개의 출력단이 하나의 보드에 장착
 - 외부 신호와의 동조를 위한 End-of-pixel, end-of-line, end-of-frame, cantilever modulation과
bias modulation 등 5개의 TTL 신호 출력단이 있음
 - 컴퓨터 / 콘트롤러 통신: TCP/IP 또는 USB
- 2) AFM 스테이지 / 헤드 / 스캐너
- 최대 샘플 사이즈: 100mm x 100mm (두께: 최대 20mm)
 - 최대 샘플 중량: 500 g
 - 샘플 이동거리(XY): 최대 25mm x 25mm (고정밀 스테이지)
 - 최대 50 μ m 수평(XY) 스캐너: Closed-loop Feedback 제어
 - * 수평(XY) 측정영역: 최대 50 μ m x 50 μ m
 - * Out-of-plane curvature: 1nm미만 (수직방향/소프트웨어 보정없이, 40 μ m 측정 시)
 - Closed-loop XY resolution: 0.6nm
 - 분리형 수직(Z) 스캐너
 - * 수직(Z) 측정 영역: 최대 12 μ m
 - 분리형 수직(Z) 스테이지 이동: 29.5mm
 - detector resolution: 0.2nm
 - Z Resonant Frequency: 9KHz
 - 캔틸레버 변형의 검출 방식: SLD (Super Luminescent Diode) 이용
 - * 파장: 830nm (Coherent Length: 50 μ m 미만)
 - 캔틸레버 진동 주파수: 최대 3MHz
 - 측정 Resolution: 0.1nm 이하
 - SPM 측정 기능
 - : Contact AFM, Dynamic Contact AFM, True Non-contact AFM, LFM, Phase Imaging, Force
vs. Distance curve, FMM, FVM, Nanoindentation, MFM, EFM, DC-EFM, SKPM, PFM,
Conductive AFM, I/V Spectroscopy 그리고 Temperature Control Stage.
 - 비디오 광학 현미경: 수직(Z) 스캐너 축에 일치 (CCD 카메라 장착)
 - * 배율: 780 배 이상 (19" LCD 모니터 상)
 - * 해상도: 1M pixel (10X objective lens)
 - * 디지털 인터페이스: IEEE 1394
 - * 관찰 영역: 480mm x 360mm
- 3) 시스템 성능
- X/Y/Z 스캔 제어: 하드웨어 Closed-loop Feedback 제어
 - Tip / 시료 접근: 5 Phase 스텝 모터 구동
 - * Backlash-free harmonic gear reduction
 - 레이저 빔 정렬: 광학경로에 방해물 없어서 캔틸레버에 손쉽게 정렬
 - 캔틸레버 교환: 칩 마운트를 이용하여 손쉽게 교환가능
 - 도브테일 헤드 마운트: 레일을 따라 이동함으로써 탈착 용이
- 4) 소프트웨어
- 데이터 수집/분석
 - * 윈도우 기반 데이터 수집 및 이미지 처리
 - * 기울기 및 굴곡 실시간 자동 보정
 - * 동시에 최대 16 이미지를 얻음
 - * 데이터 파일 형식: PNG / JPEG / Text files
 - * 측정 이미지 크기: 64x64, 128x128, 256x256, 512x512, 1024x1024, 2048x2048, 4096x4096
 - 이미지 처리
 - * 푸리에 Power Spectrum 편집

- * Low Pass Filter / 보정
 - * 1차-2차 다항식 곡선근사
 - 데이터 분석
 - * 라인 및 면적의 위치를 사용자가 직접 선택
 - * 라인분석: Height(Min, Max, Mid, Mean, Range, RMS), Line Width, Angle, Line profile, Power Spectrum, Line Histogram
 - * 면적 분석: Height(Min, Max, Mid, Mean, Range, RMS), Average Roughness, Grain Size Analysis, Histogram
 - 프리젠테이션
 - * 사용자가 채색을 직접 선택
 - * 동시에 여러 개의 이미지 표시
 - * 3-D 이미지 표시 및 서로 다른 이미지 중첩 표시
 - 한글 지원
3. Phase Imaging (Phase Detection Microscopy)
- 1) Topography / Phase 동시 측정
 - 2) 사용자가 윈도우 화면에서 구동주파수 직접 선택 (0 ~ 3 MHz)
 - 3) 샘플의 모든 위치에서 Phase 및 Amplitude Spectroscopy 측정
 - 4) True Non-Contact Mode에서 측정
 - 5) Phase 측정 해상도: $\pm 0.01^\circ$
 - 6) Phase 범위: -10V (-180 degree) ~ +10V (+180 degree)
 - 7) Oscillator 방식: 캔틸레버 Modulation
 - 8) 적용 Mode: True Non-Contact AFM, MFM, FMM, SCM, EFM
4. Lateral Force Microscopy (LFM)
- 1) Lateral Force Microscopy / Topography 동시 측정
 - 2) 캔틸레버의 측방향 비틀림을 이용하여 Lateral Force Microscopy 측정
: 비균질성 및 경계면 효과에 의한 표면마찰
 - 3) 적용 Mode: Contact AFM
5. Force vs. Distance Curve
- 1) 수직(Z) 스캐너의 거리에 따른 샘플표면과 Tip 사이의 힘을 측정하여 F/D Curve 도출
 - 2) 이미지상에서 사용자가 임의로 선택한 (x, y) 좌표에서 F/D Curve 측정
6. 액티브 진동차단 시스템과 표준 일체형 차폐장치
- 1) 액티브 진동 상쇄 (주파수 범위: 1 Hz ~ 1,000 Hz)
 - 2) 차단 수준 < -40 dB (10 Hz ~ 1,000 Hz)
 - 3) 최대 중량: 150 kg
 - 4) 표준 일체형 차폐장치로 음향 노이즈와 빛 노이즈를 차단하여 최상의 측정환경 조성
 - 5) 압축 공기는 불필요
 - 6) 외곽 치수: 700 mm x 800 mm x 1300 mm (W x D x H)
7. Conductive AFM
- 1) 동작 Mode: Contact AFM
 - 2) 샘플 표면에서 전기적 특성 이미지 측정
 - 3) DC Bias 전압 범위: ± 10 V
 - 4) Gain range: 7 steps (10^3 to 10^9 V/A)
 - 5) 최대 측정 전류 범위: -10mA ~ 10mA
 - 6) Spectroscopy 범위: I (1 pA ~ 10 mA / 100pA 이하), V (-10 V ~ +10 V)
 - 7) 전류 노이즈: < 0.3pA
 - 8) Cut-off 주파수: 1.2kHz
8. I/V Spectroscopy
- 1) 임피던스 범위: 10^3 to 10^{11} V/A

- 2) Bandwidth: 최대 1.2 KHz
- 3) 샘플 Bias-Voltage 가변
- 4) 전류 범위: 1pA ~ 10mA
- 5) DC Bias 범위: -10V ~ +10 V
- 6) 전류 노이즈: < 0.3pA

9. Electrostatic Force Microscopy (EFM), Electrostatic Force Modulation Microscopy, Scanning Kelvin Probe Microscopy and Piezoelectric Force Microscopy

- 1) 시료표면의 전위, 정전하 분포, Piezoelectric 응답분광, Piezoelectric 힘 분포 및 전하분포 측정
- 2) Lock-in Amplifier 사용
- 3) Topography와 EFM, SKPM, PFM, AC / DC EFM 등을 동시 측정
- 4) 적용 Mode
 - True Non-Contact Mode / Contact Mode
 - Electrostatic Force Modulation Microscopy 는 Contact Mode에서 측정
- 5) Frequency range: DC ~ 3MHz

IV. 기타 조건(Remarks)

1. 보증 기간: 장비 검수 후 1년
2. 장비 설치 및 검사:
 - 1) 장비의 설치 는 제작회사의 숙련된 기술자가 직접 방문하여 설치하고 검사한다.
3. 교육:
 - 1) 장비사용교육은 장비가 설치된 장소에서 실시한다.
4. A/S:
 - 1) 제작회사 안에 숙련된 엔지니어로 구성된 별도의 고객지원팀을 운영한다.