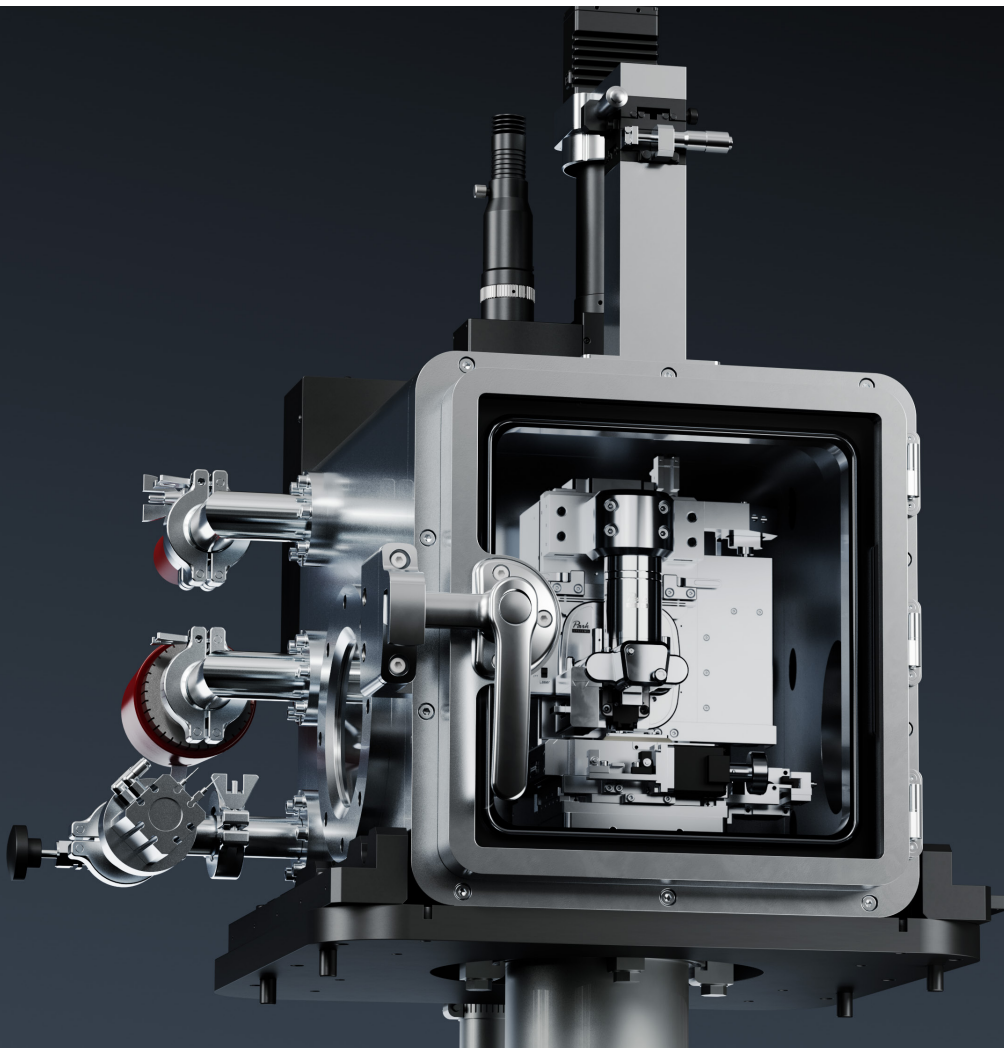


Park NX-Hivac

결합 분석 및 대기 민감 소재 분석을 위한 최적의 솔루션



Park
SYSTEMS

NX-Hivac은 첨단 반도체 및 소재 연구를 위해 설계된 고진공 원자현미경(AFM)으로, 공기 노출에 민감한 샘플의 정밀한 나노스케일 분석을 가능하게 합니다. 깨끗하고 안정적인 측정 환경을 제공을 통해, NX-Hivac은 학계와 산업 연구소 모두에서 신뢰받는 플랫폼으로 자리매김했습니다.

NX-Hivac의 핵심에는 Park Systems의 독자적인 직교 스캔 시스템과 True Non-contact™ 모드에 고진공 환경을 결합해 구현된 시스템입니다. 이러한 기술은 민감한 샘플을 보호하는 동시에, 일반 대기 환경이나 건조 질소(N₂) 조건에서는 구현하기 어려운 형상적, 기계적, 전기적 특성을 정확하게 분석할 수 있도록 합니다.

반도체 소자부터 공기에 민감한 소재에 이르기까지, NX-Hivac은 일관된 성능과 신뢰성 높은 결과를 제공합니다. 자동 진공 제어를 비롯한 다양한 고급 모드와 기능을 지원하여, 연구자들에게 고진공 AFM 연구를 위한 종합적인 솔루션을 제공합니다.

NX-Hivac - 주요 특징

고진공 AFM 기능

- 안정적인 고진공 환경
- 공기에 민감한 소재 분석
- 모터 구동형 광검출기(A-B) 정렬
- 자동 진공 제어
- 진공 유지 상태에서 다중 샘플 로딩

탁월한 AFM 성능

- True Non-contact™ 모드
- 직교 스캔 시스템
- 빠른 Z 서보 속도
- 쉬운 프로브 교환
- 다양한 AFM 모드 제공

Park NX-Hivac

공기 민감성 소재에 특화

NX-Hivac 고진공 제어

NX-Hivac은 정밀한 나노스케일 측정을 위한 고진공 환경을 제공합니다. 환경적 간섭을 제거하여, 일반 대기 환경이나 건조 질소(N₂) 환경에서 수행하기 어려운 정밀 분석을 구현합니다. 챔버는 5분 이내에 10⁻⁵ Torr 수준의 진공도에 도달하며, 내부 크기는 250 mm × 320 mm × 270 mm로 설계되었습니다.

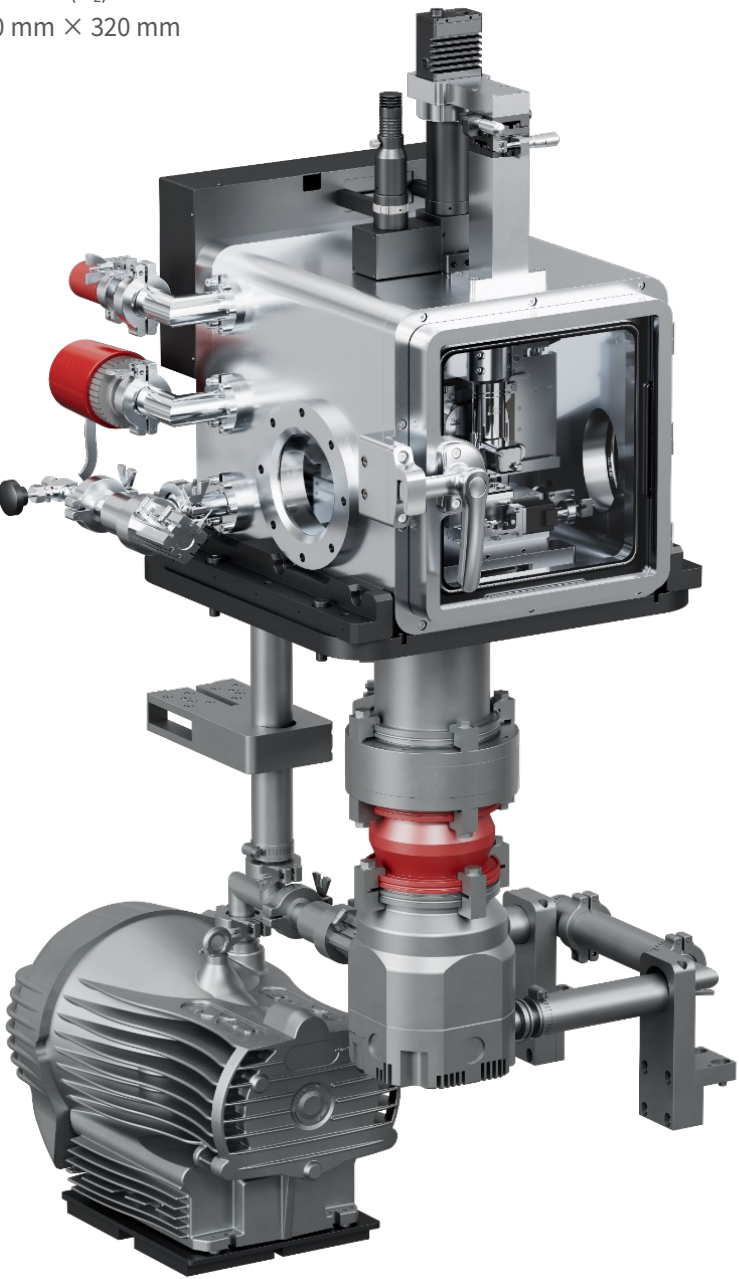
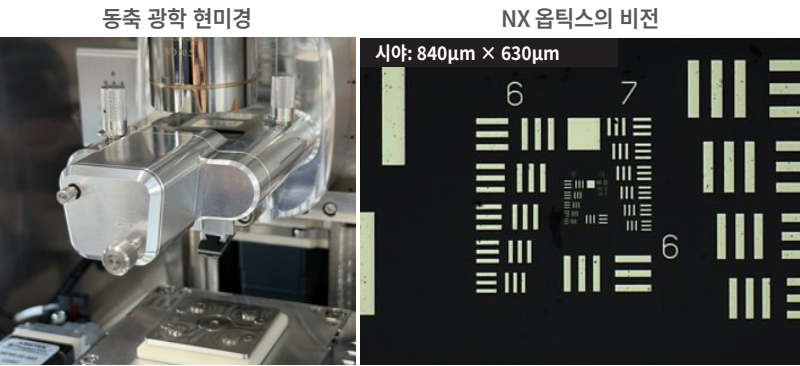
모터 구동형 광검출기(A-B) 정렬

이 시스템은 저간섭성 조명을 위해 초광대역 발광 다이오드(SLD)를 사용하여 광학 간섭을 최소화하고 이미지 선명도를 향상시킵니다. 빔과 위치감지광검출기(PSPD) 정렬 노브를 사용하여 X-Y축을 직접 제어함으로써 정밀한 빔 위치 조정이 가능합니다. 편의성을 더욱 높이기 위해, PSPD A-B축 정렬은 챔버를 열지 않고도 진공 상태에서 수행할 수 있습니다.



동축 광학 현미경

고배율 동축 광학 현미경은 샘플 표면을 선명하게 보여줍니다. 소프트웨어로 제어되는 LED 광원이 샘플 표면을 비추어 더욱 정확한 관찰을 가능하게 합니다.

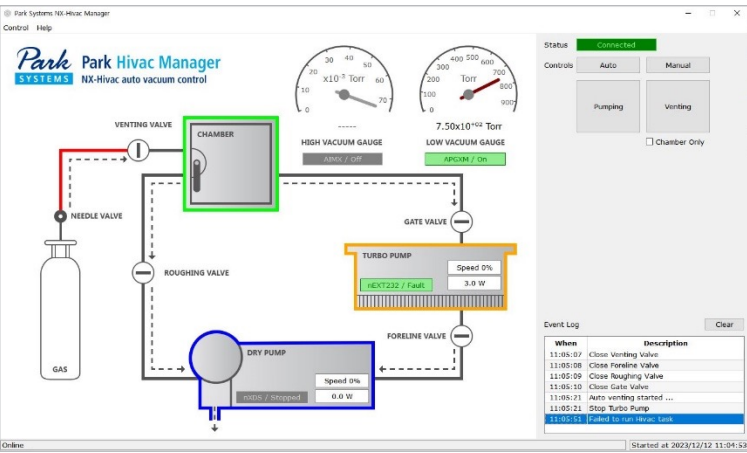


가스 방출을 최소화한 챔버 소재

NX-Hivac 챔버는 고진공 환경에서 가스 방출을 최소화하도록 최적화된 소재로 제작되었습니다. 이러한 설계는 진공 형성 시간을 단축하고 안정적인 진공 상태를 유지하여, 일관되고 신뢰성 높은 측정 성능을 제공합니다.

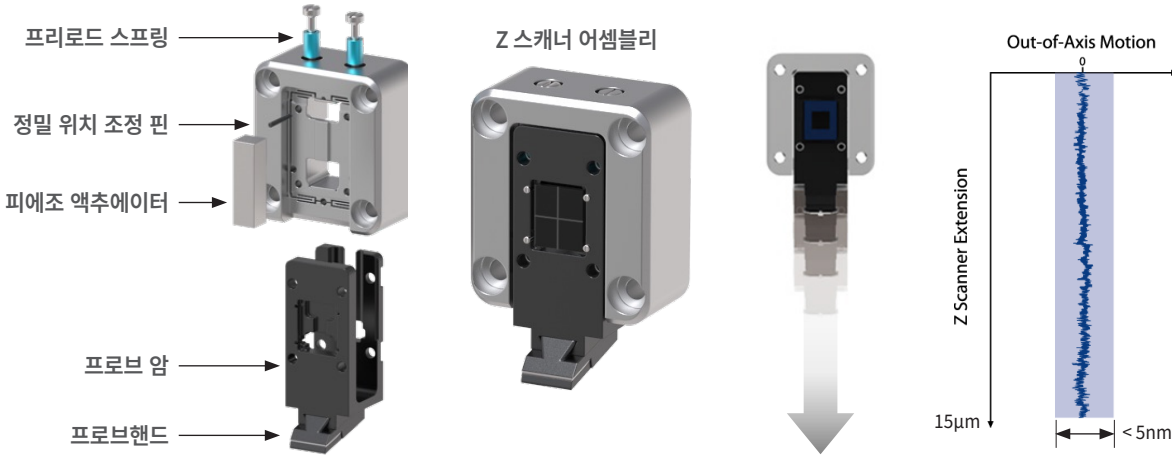
Hivac Manager

Park Hivac Manager는 원클릭 펌핑 및 벤팅 기능을 통해 진공 작업을 빠르고 간편하게 수행할 수 있도록 지원합니다. 이 소프트웨어는 각 단계의 진행 과정을 명확하게 시각화하고 워크플로를 자동화하여, 작업자의 부담을 줄이고 전반적인 운영 효율성을 향상시킵니다.



향상된 Z 스캔 직진도

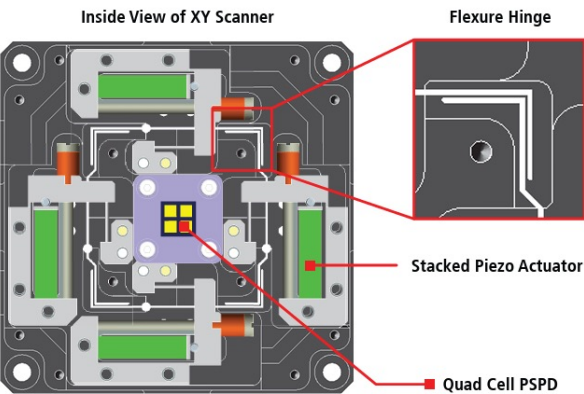
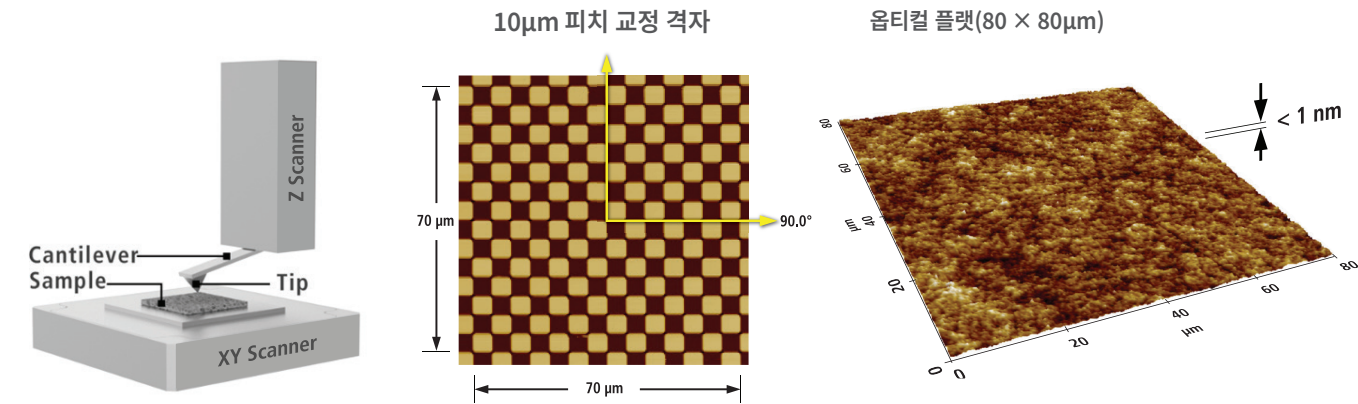
Park NX 시리즈 Z 스캐너는 측정에 사용되는 전체 동작 범위에서 0.1% 이내의 우수한 직진도를 유지하며, 최대 15 μm까지 완전히 확장된 상태에서도 측에서 이탈하는 움직임을 5 nm 이하로 억제합니다. 프리로드 스프링, 정밀 위치 조정 핀, 피에조 액추에이터를 결합한 컴팩트한 조립 구조를 통해 드리프트를 최소화하고 정밀한 수직 이동을 구현하여, 정확하고 왜곡 없는 나노스케일 측정을 지원합니다.



Park AFM 기술

직교 스캔

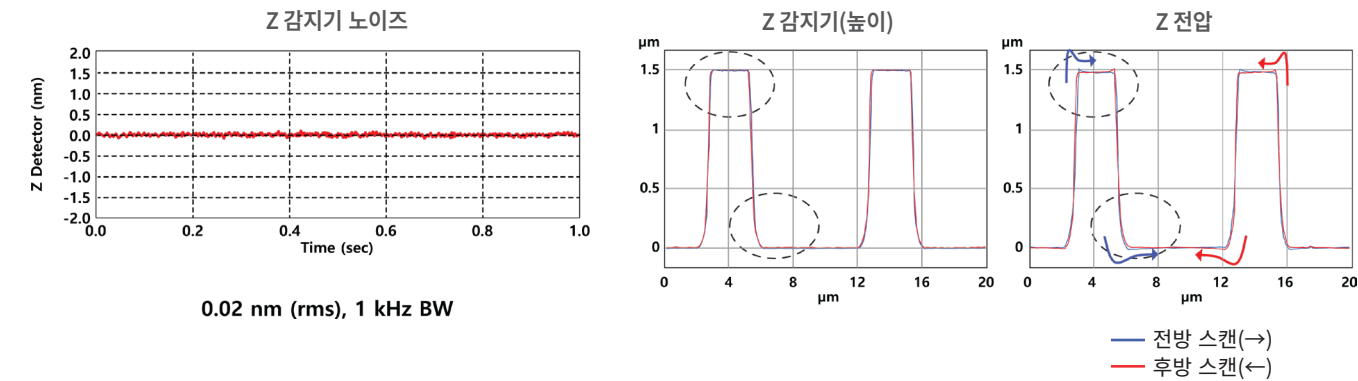
전통적인 튜브 스캐너 방식의 AFM은 Z축 움직임 이탈과 축간 신호 간섭 문제가 발생하기 쉬우며, 특히 대형 스캔 영역에서는 이미지 왜곡이 자주 발생합니다. 모든 Park AFM과 마찬가지로, NX-Hivac은 플렉서 기반 구조를 갖춘 최첨단 직교 스캔 시스템을 사용합니다. 2D 플렉서 스캐너가 XY 평면에서 샘플을 이동시킬 때, 별도의 1D 플렉서 스캐너가 Z축 방향에서 팁의 움직임을 독립적으로 제어합니다. 이처럼 분리된 스캐너 구조는 스캔 과정에서 축간 간섭을 최소화하고, 뛰어난 직교성, 선형 스캔, 그리고 우수한 동적 응답성을 통해 Z축 움직임 이탈을 최소화하는 정밀 계측을 지원합니다. XY 피드백을 위해 낮은 노이즈 광학 센서와 Z축 제어를 위해 극도로 낮은 노이즈 스트레인 게이지 센서를 장착한 클로즈드 루프 서보 제어 시스템이 모든 축에서 정밀하고 재현성 높은 스캔을 구현합니다.



XY 스캐너는 적층형 피에조 액추에이터와 플렉서 힌지 구조를 사용하여 수직 방향 간섭 없이 평탄한 수평 이동을 구현하도록 설계되었습니다. 또한 스캐너 중앙에 있는 위치 센서는 서보 제어에 대한 직접적인 피드백을 제공하여, 스캔 영역 전체에 걸쳐 위치 오차를 최소화합니다. 이러한 설계는 라지 샘플을 스캔하는 경우에도 일관된 정확성과 높은 안정성을 보장합니다.

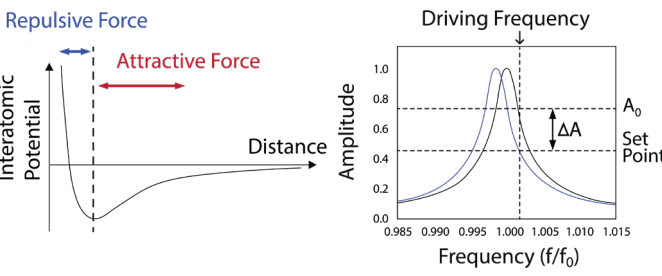
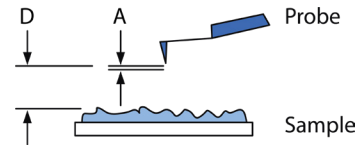
낮은 Z축 감지기 노이즈

Z축 감지기는 0.02nm 미만의 노이즈 수준을 갖고 있어, 0.1nm 이하의 서브나노미터 정밀도로 높이를 측정할 수 있습니다. 기존 Z축 전압 기반 패핑 방식은 단단한 경계면에서 오버슈트 현상이 발생하기 쉽지만, NX-Hivac의 Z축 감지기를 활용하면 정밀한 표면 형상 측정이 가능합니다.



True Non-contact™ 모드

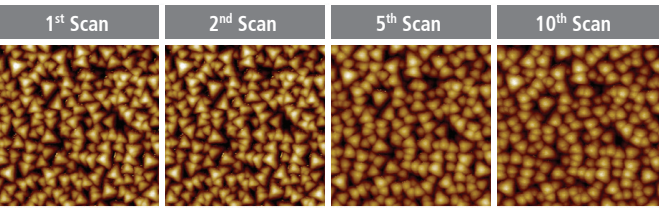
NX-Hivac은 Park Systems의 독자적인 기술인 True Non-contact™ 모드를 탑재하고 있습니다. 이 모드는 AFM 팁과 샘플 표면 사이에 작용하는 반데르발스 인력을 감지하여 샘플의 형상을 측정합니다.



True Non-contact 모드에서는 팁이 공진 주파수보다 약간 높은 주파수에서 진동하는데, 이 지점은 진폭과 주파수 곡선의 기울기가 가장 가파른 영역입니다.

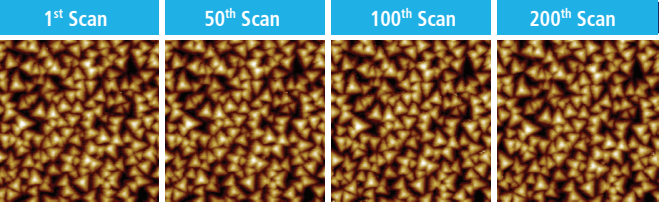
팁이 샘플에 접근하면 반데르발스 인력으로 인해 실질적인 공진 주파수가 낮아지고, 이에 따라 구동 주파 진폭이 감소합니다. Z-서보는 이 감소된 진폭을 새로운 설정점으로 유지하면서, 팁이 XY 방향으로 스캔되는 동안 팁과 샘플의 상호작용을 일정하게 유지하여 정밀한 표면 형상 측정을 가능하게 합니다.

태핑 모드



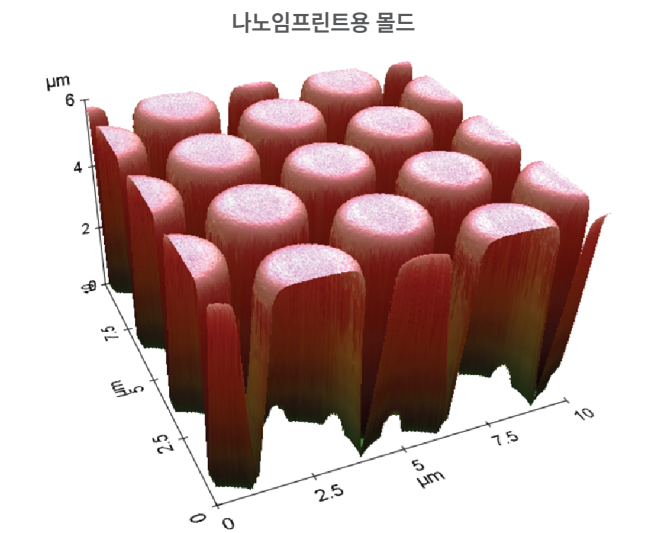
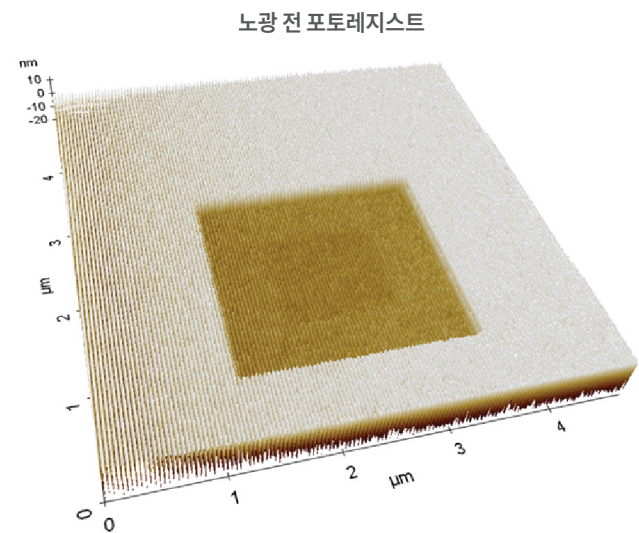
True Non-contact 모드는 태핑 모드와 달리 팁 마모와 샘플 손상을 방지할 수 있습니다. 질화크롬(CrN) 팁 검사용 샘플을 반복 스캔한 결과에 따르면, 태핑 모드는 팁 마모로 인해 몇 번의 스캔 후에 이미지가 흐려지지만 True Non-contact 모드는 200회 스캔 후에도 이미지가 선명하게 유지됩니다.

True Non-Contact 모드



True Non-contact 모드를 사용하면 태핑 모드 기반의 AFM으로 측정하기 어려운 부드럽고 끈적거리는 샘플뿐 아니라 섬세하고 깨지기 쉬운 샘플도 측정 가능합니다. 아래 이미지는 True Non-contact 모드로 획득한 노광 전 포토레지스트의 표면 형상이며, 주사전자현미경(SEM) 스캔 중 전자빔 조사로 발생한 손상을 보여줍니다.

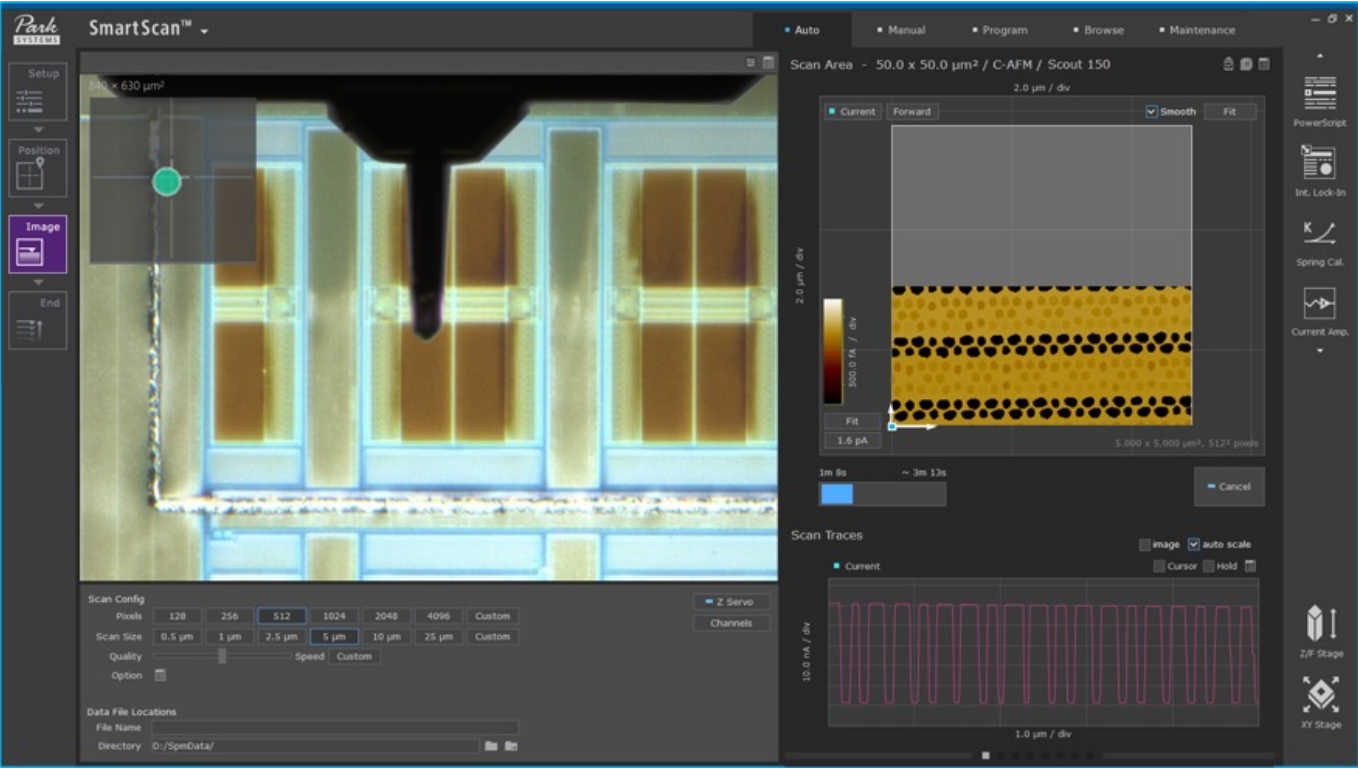
True Non-contact 모드는 높은 형상도 스캔 가능합니다. 팁의 끝부분뿐 아니라 측면에서도 인력을 감지하여, Z 서보가 수직 형상에 접근할 때 빠르게 팁을 반응시킵니다. True Non-contact 모드를 사용하면, 아래 이미지처럼 나노임프린트 몰드와 같은 깊은 구멍이나 높은 기둥 구조물도 측정합니다.



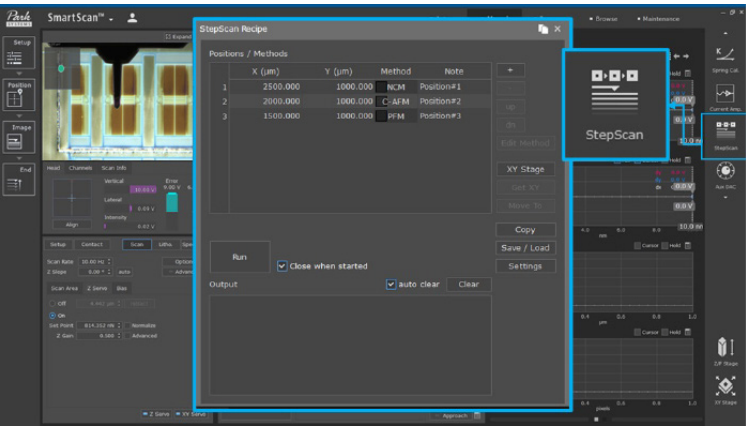
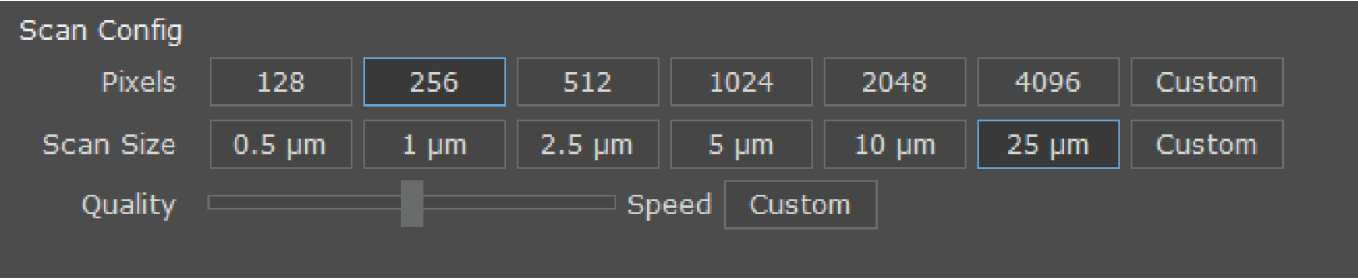
Park SmartScan™

모든 사용자가 쉽게 사용할 수 있는 AFM 기술

NX-Hivac에는 직관적인 인터페이스와 강력한 자동화 기능을 제공하는 Park SmartScan™이 탑재되어 있어, 원하는 이미지를 손쉽게 확보할 수 있습니다.



전통적인 AFM 시스템의 경우, 사용자는 Z 서보 게인, 포스 설정값, XY 스캔 속도 등의 수많은 파라미터를 직접 입력하며 시행착오를 겪어아 했습니다. SmartScan은 스캔 크기와 픽셀, 속도와 품질 중 원하는 우선순위 등 단 3가지 파라미터만 선택하면, 나머지는 샘플 형상을 실시간으로 분석하여 자동으로 최적화합니다. SmartScan은 초보자도 고품질 이미지를 쉽게 확보할 수 있는 방안을 제시하여, 사용자의 부담을 최소화합니다.



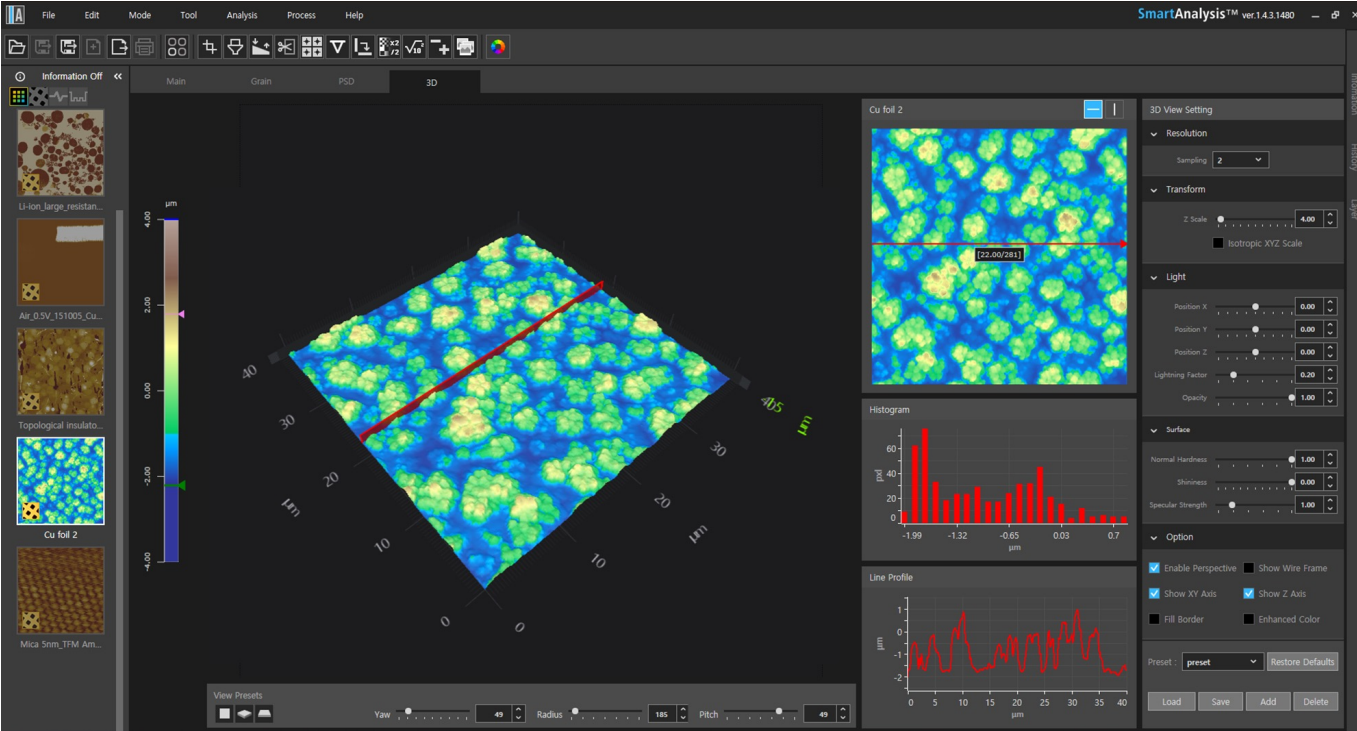
StepScan™

StepScan™은 효율적이고 일관된 데이터 획득을 위해 측정 위치와 측정 레시피를 사전에 정의할 수 있도록 지원하는 Park SmartScan™의 고급 기능입니다.

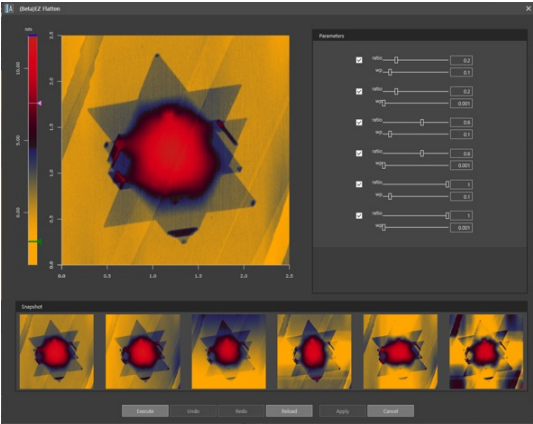
Park SmartAnalysis™

AFM 데이터 워크플로 최적화

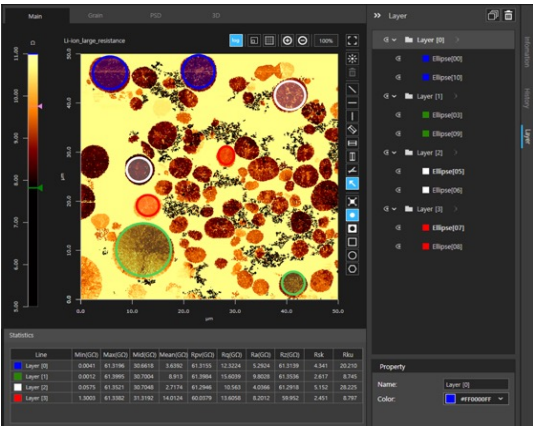
NX-Hivac에서 스캔한 데이터는 AFM 이미지 분석 소프트웨어인 Park SmartAnalysis™를 사용하여 분석할 수 있습니다. 이 소프트웨어는 빠른 이미지 처리, 포괄적 데이터 분석, 효율적 결과 공개를 지원합니다.



Graphene on HOPG Topography
EZ Flatten을 통한 후처리



Lithium-ion battery electrode Resistance
다중 관심 영역 지정



EZ Flatten

노이즈, 샘플 경사, 표면 불균일성과 같은 아티팩트를 보정하는 AFM 데이터 후처리는 번거롭고 시간이 많이 걸립니다. SmartAnalysis는 EZ Flatten 기능을 통해 이를 간소화합니다. 다양한 평탄화 파라미터 세트를 적용해 6개의 결과를 자동으로 생성하기 때문에 사용자는 샘플 데이터 특성을 가장 정확하게 대표하는 이미지를 선택할 수 있습니다.

다중 레이어 분석

사용자는 다각형 자유 영역 그리기 도구를 사용하여 관심 있는 영역을 동시에 분석 및 비교할 수 있습니다. 기존 AFM 데이터 분석 소프트웨어가 한 번에 하나의 영역만 분석할 수 있는 것과 달리, SmartAnalysis는 선택된 모든 영역에서 다양한 지표를 동시에 제공합니다.

Park NX-Hivac

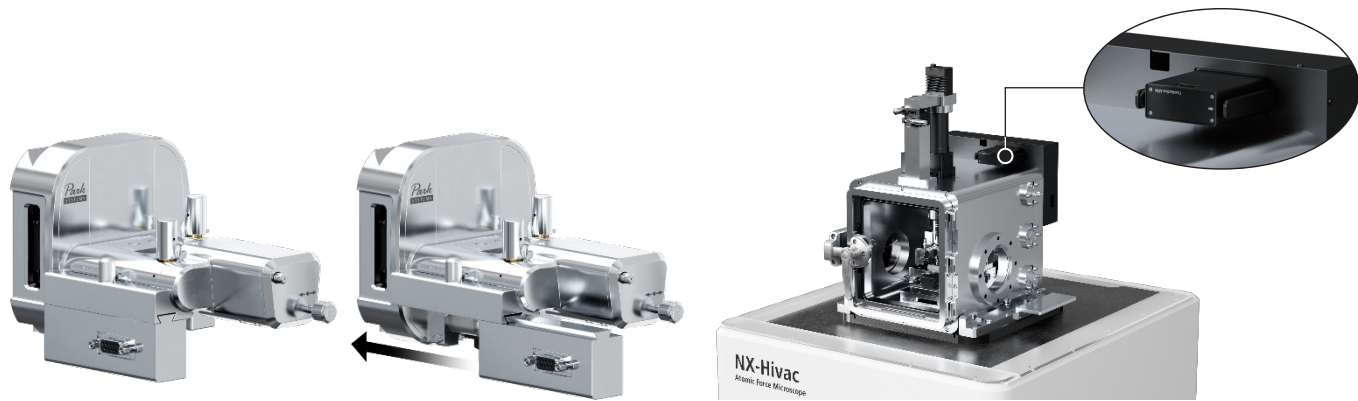
추가 기능

가장 광범위한 AFM 모드 및 옵션

NX 컨트롤러는 4개의 내장형 락인 증폭기를 통합하고 있어, 기존의 이중 패스 방식 대신 단일 스캔으로 KPFM 및 PFM과 같은 고급 모드를 수행할 수 있습니다. 이를 통해 측정 효율이 크게 향상됩니다. 헤드 확장 모듈(HEM)을 사용하면 헤테로다인 KPFM 및 접촉 공진 PFM을 포함한 더욱 향상된 기능을 사용할 수 있습니다.

고급 모드를 위한 간편한 하드웨어 설정

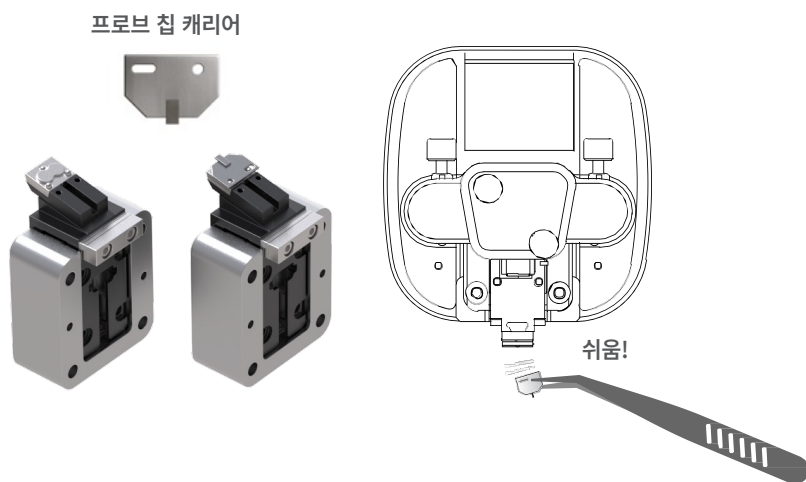
NX AFM 헤드는 헤드 확장 모듈(HEM)과 완벽하게 통합되어 다양한 고급 이미징 모드를 지원합니다. 옵션 모듈은 확장 슬롯에 직접 연결되어 추가 기능을 위한 설정이 간소화됩니다. Park NX 시리즈 AFM은 모듈식 디자인을 특징으로 하여 제품 라인 전반에 걸쳐 옵션과의 호환성을 보장합니다.



사전 장착된 프로브

AFM 프로브 교체는 숙련된 사용자에게도 까다로울 수 있으며, 캔틸레버 파손으로 이어지는 경우가 많습니다. Park AFM은 정밀 위치 조정점이 있는 사전 정렬된 프로브 칩 캐리어를 사용하여 이 문제를 해결하고, 안정적이고 일관된 팁 위치 조정을 보장합니다.

NX 헤드의 Z 스캐너는 정밀 위치 조정을 위한 3개의 정밀 볼과 베이스에 자석을 탑재하여 안전하고 안정적이며 항상 동일한 장착 위치를 보장합니다.



다중 샘플 마운트

NX-Hivac은 최대 4개의 쿠폰 크기 샘플을 수용할 수 있어, 진공 유지 상태로 효율적인 순차 측정을 지원합니다. 자석 마운트는 금속 디스크를 사용하여 빠르고 쉽게 샘플을 로드할 수 있으며, 다양한 샘플 유형에서도 샘플을 견고하게 고정하여 안정적이고 신뢰할 수 있는 결과를 제공합니다.



Park NX-Hivac

다양한 애플리케이션 측정에 최적화

Park NX-Hivac은 공기에 민감한 샘플에 대한 정밀 측정을 제공하여 연구 분야에 이상적인 솔루션입니다.

Energy & Advanced Materials

Lithium-Ion Battery Electrode

리튬 이온 배터리 전극을 주사 확산 저항 현미경(SSRM)으로 분석했습니다. 저항 이미지는 전극 표면 전체에 걸쳐 뚜렷한 대비를 보여주며, 최고점부터 최저점까지의 높이 차이는 약 61.4GΩ입니다.

Nickel-Cobalt-Aluminum Oxide for Lithium-Ion Battery

리튬 이온 배터리에 널리 사용되는 양극재인 NCA를 켈빈 프로브 힘 현미경(KPFM)으로 분석했습니다. 일함수는 평균 4.9eV로 측정되었으며, 이는 일반적으로 4.8~5.0eV 범위의 참고값과 일치합니다.

Semiconductors & Devices

DRAM

68nm 채널을 가진 DRAM 테스트 구조를 주사 확산 저항 현미경(SSRM)으로 분석했습니다. 저항 이미지는 채널 영역 전체에 걸쳐 나노 스케일의 대비를 보여주며, 최고점부터 최저점까지의 높이 차이는 약 27.5GΩ입니다.

SiC MOSFET

SiC MOSFET을 주사 확산 저항 현미경(SSRM)으로 분석했습니다. 왼쪽은 진공 조건, 오른쪽은 대기 조건에서 측정한 전류 이미지로, 진공 환경에서 전기적 특성이 더욱 선명하게 관찰됩니다.

진공 조건에서의 전류

대기 조건에서의 전류

2D Materials

Graphene on HOPG

HOPG 위의 그래핀 층을 True Non-contact 모드로 분석했습니다. 이미지는 그래핀 표면의 단계 형태와 층 구조를 명확하게 보여주며, 최고점부터 최저점까지의 높이 차이는 약 16nm입니다.

Metals

Copper Foil

핫 엠보싱 기법으로 제작된 구리 호일 샘플을 True Non-contact 모드로 분석했습니다. 스캔 이미지는 최고점부터 최저점 사이에 약 4.2μm의 높이 차이를 가진 콜리플라워 형상의 표면 구조를 보여줍니다.

AFM Modes

- Topographic Imaging
 - Contact Mode
 - Constant Height Mode
 - Constant Force Mode
 - True Non-Contact™ Mode
 - Tapping Mode
 - PinPoint™ Mode
 - Fast PinPoint™ Mode
- Mechanical Properties
 - PinPoint™ Nanomechanical Mode
 - Fast PinPoint™ Nanomechanical Mode *
 - Force-Distance (F-D) Spectroscopy
 - Nanoindentation
 - Force Modulation Microscopy (FMM)
 - Dynamic Mechanical Analysis (DMA) *
 - Torsional Force Microscopy (TFM) *
 - Lateral Force Microscopy (LFM)
- Electrical Properties
 - Conductive AFM (C-AFM) *
 - Current-Voltage (I-V) Spectroscopy
 - Scanning Spreading Resistance Microscopy (SSRM) *
 - Scanning Tunneling Microscopy (STM) *
 - Scanning Capacitance Microscopy (SCM) *
 - Piezoresponse Force Microscopy (PFM)
 - Piezoresponse Spectroscopy
 - Off-resonance PFM
 - Contact Resonance PFM (CR-PFM) *
 - Dual Frequency Resonance Tracking PFM (DFRT-PFM) *
 - PinPoint™ Nanoelectrical Modes *
 - Electrostatic Force Microscopy (EFM)
 - Kelvin Probe Force Microscopy (KPFM)
 - Heterodyne KPFM *
 - Sideband KPFM
 - Amplitude Modulation KPFM (AM-KPFM)
 - Microwave Impedance Microscopy (MIM) **
- Magnetic Properties
 - Magnetic Force Microscopy (MFM)
 - Frequency Modulation MFM (FM-MFM)
 - Amplitude Modulation MFM (AM-MFM)
 - Thermal Properties
 - Scanning Thermal Microscopy (SThM) *
 - Temperature Mapping
 - Thermal Conductivity Mapping
- Nanolithography & Manipulation
 - Nanolithography *
 - Nanomachining *

Scanner

- XY scanner (50 μm $\times$ 50 μm or 100 μm $\times$ 100 μm)
- Flexure-guided high-force Z scanner (15 μm or 30 μm)

Sample Mount

- Up to 4 small samples with magnetic sample chuck
- 10 mm $\times$ 10 mm (w $\times$ d), up to 20 mm thickness
- Up to 100 mm $\times$ 100 mm (w $\times$ d) w/o multi-sample chuck

Stage

- XY stage: 22 mm $\times$ 22 mm
- Z stage: 24 mm
- Focus stage: 11 mm

Dimension and Weight

- AE (w/ Vacuum Chamber): 800 mm $\times$ 950 mm $\times$ 1,240 mm
- Vacuum Chamber (Inner): 250 mm $\times$ 320 mm $\times$ 270 mm
- Desk: 1,410 mm $\times$ 810 mm $\times$ 740 mm
- Total weight: 450 kg (AFM Body + AE)

On-axis Optical Microscope

- Direct on-axis vision of sample surface and cantilever
- Field of view: 840 μm $\times$ 630 μm (w/ 10 $\times$ objective lens)
- CCD: 5 M Pixel

High Vacuum Control

- Vacuum Level: Typically, down to 10-5 Torr
- Pumping Speed: < 5 min to 10-5 Torr

Required Environment

- Required acoustic noise level: Below 65 dB
- Required floor vibration level: VC-D (6.25 $\mu\text{m}/\text{sec}$)
- Power: 1 kW (Maximum)

* 추가 옵션이 필요합니다.

** Park Systems에 문의 바랍니다.

