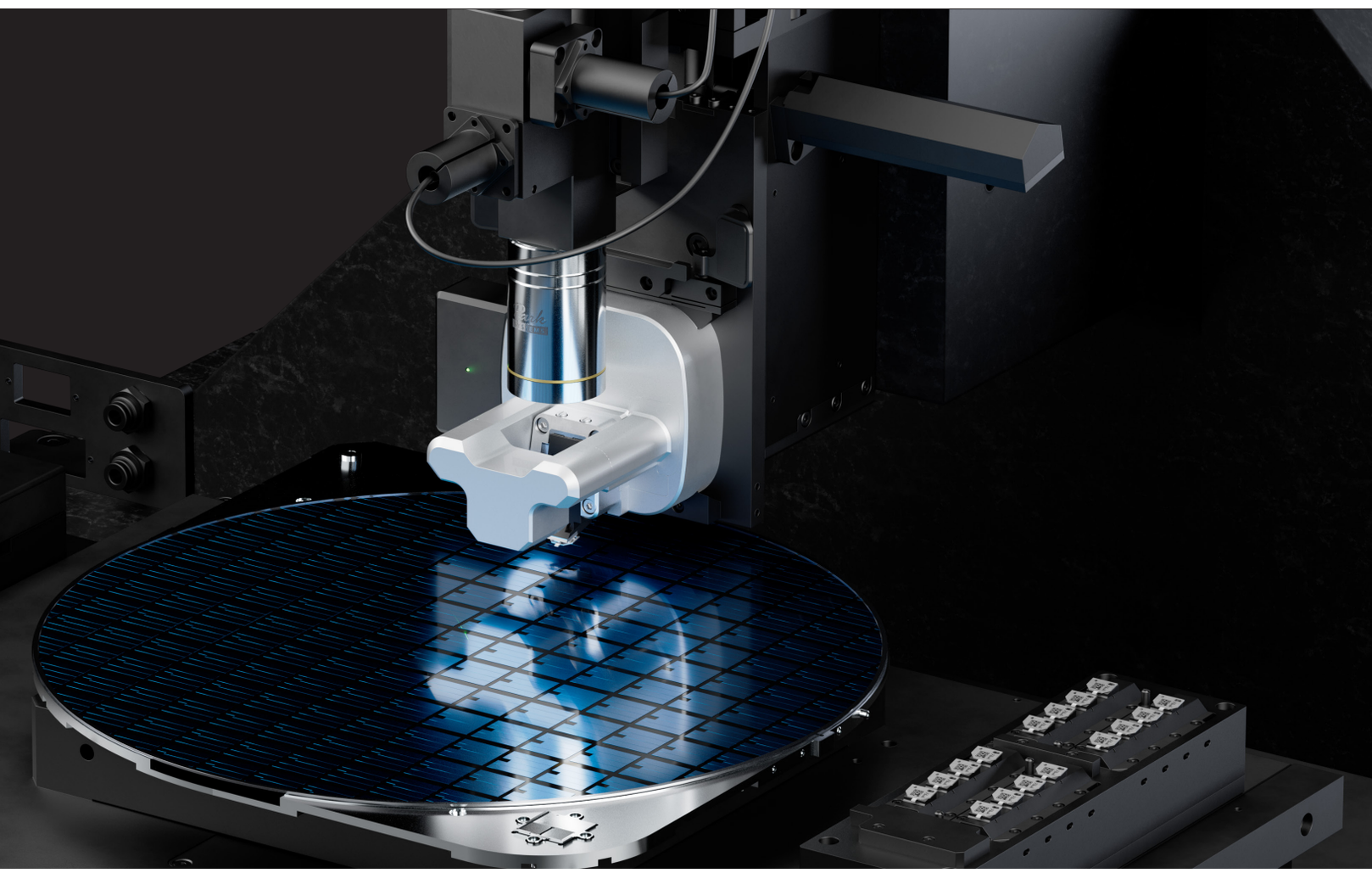
Park FX300

300 mm 샘플 측정에 최적화된 원자현미경





Park SYSTEMS

Park FX300은 최대 300 mm 샘플을 측정할 수 있도록 설계된 파크시스템스의 혁신적인 원자현미경(AFM) 제품입니다. 낮은 노이즈 플로어, 최소화된 열 드리프트, 기계적 안정성 향상 등의 기능을 통해 FX300은 최고의 정밀도와 신뢰성을 제공합니다.

모든 Park AFM 제품과 마찬가지로 FX300은 직교 스캔 시스템과 True Non-contact™ 모드를 탑재하고 있어, 손상되기 쉬운 샘플에서도 정확한 고해상도 측정이 가능합니다.

FX300의 주요 기능으로는 자동 프로브 교환, 레이저 빔 자동 정렬 등이 있습니다. 이는 Park FX AFM 제품군의 대표적인 특징으로, 사용자의 편의성을 높이고 생산성을 극대화합니다. 자동 스캔 파라미터 최적화, 다중 위치에서의 순차 측정, 강력한 데이터 분석 도구 등의 추가 기능을 통해 복잡한 작업도 간편하게 수행할 수 있습니다.

성능 향상과 강화된 안전 기능을 갖춘 FX300은 연구 및 산업 환경 전반에 걸쳐 나노스케일 이미징 및 분석에 최적화된 솔루션입니다.

FX300 핵심 기능

탁월한 AFM 성능
- 낮은 노이즈 플로어
- 열 드리프트 최소화
- 직교 스캔 시스템
- True Non-contact™ 모드

사용자 편의성
- 자동 프로브 교체
- 레이저 빔 자동 정렬

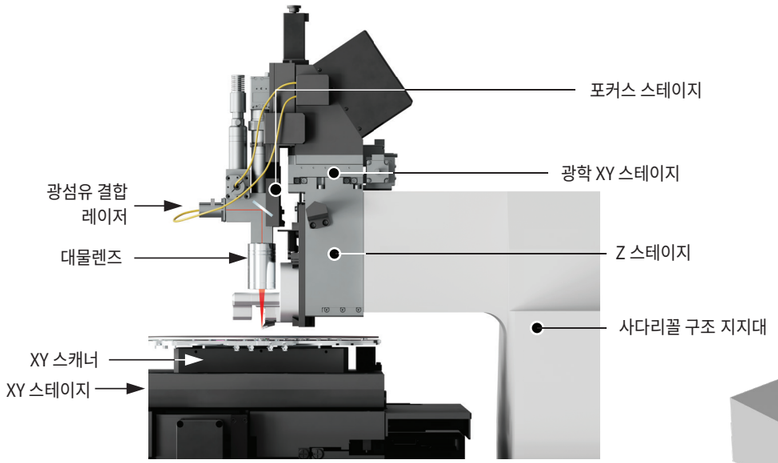
추가 기능
- 안전시설 기능
- 외부 소음 차단 장치 개선
- 라이브 모니터링 카메라
- FX AFM 컨트롤러

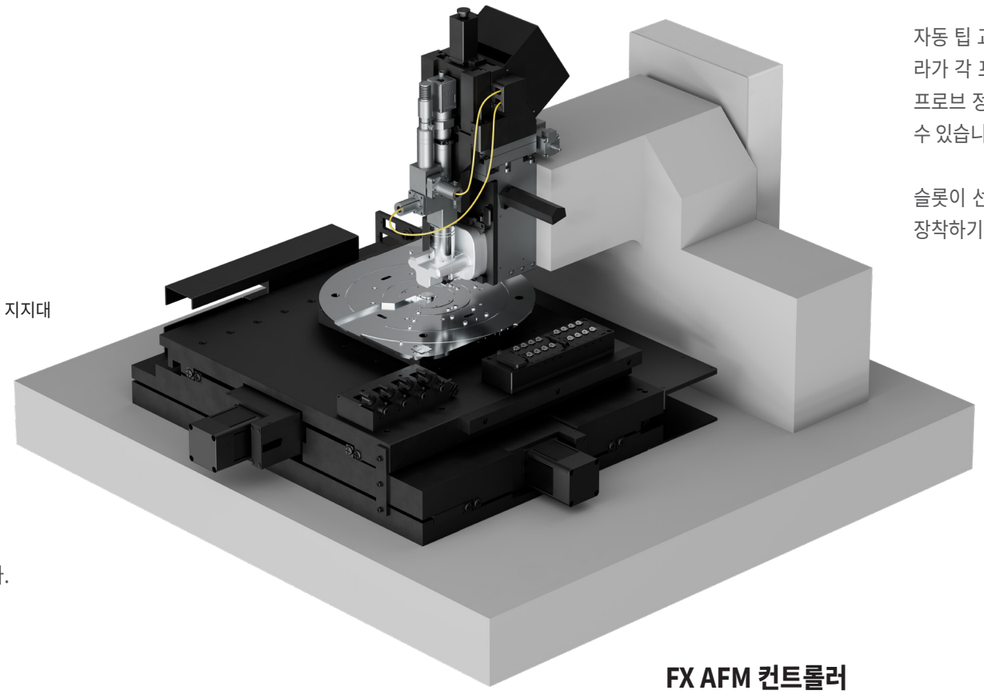
Park FX300
300 mm 샘플 측정에 최적화된 원자현미경

탁월한 Park FX AFM의 기계적 설계

FX AFM 제품군은 기계적 노이즈를 최소화하도록 설계되었습니다. 광학현미경이 Z 스테이지와 분리되어 있어, Z 스테이지에 가해지는 하중이 감소하고, 결과적으로 기계적 진동에 대한 민감도가 최소화됩니다. Z 스테이지는 고강성 크로스 롤러가이드와 2개의 베어링 블록을 적용하여 더욱 견고하게 제작되었습니다.

사다리꼴 구조 지지대는 FX300의 기계적 강도를 더욱 강화시켰으며, 열팽창 계수가 낮은 소재로 열 드리프트를 줄여 장시간 사용해도 안정적인 성능이 보장됩니다.





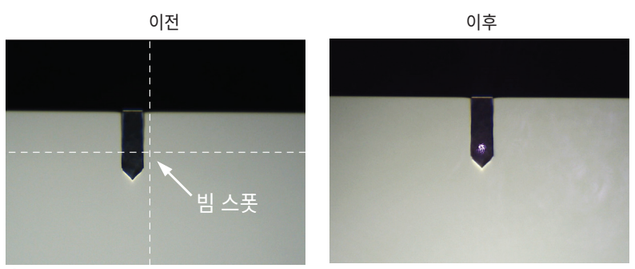
FX 레이저 빔 경로

FX의 광학 구조는 광섬유 결합 레이저(SLD)를 광학 현미경에 통합한 설계입니다.
레이저 빔은 대물렌즈를 통해 초점을 맞추고, 광학 시야의 중심에 고정된 상태를 유지합니다.

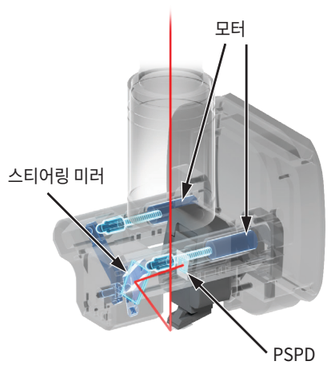
레이저 빔 자동 정렬

비전 기반의 정렬 시스템은 캔틸레버의 형상과 위치를 감지한 후, 광학 XY 스테이지를 이동시켜 빔 스폿 중심에 캔틸레버를 정확하게 정렬시킵니다.

레이저 빔의 스폿 크기를 줄여 빔의 누출을 최소화하였기에 고주파 특성을 가진 소형 캔틸레버를 손쉽게 사용할 수 있습니다.



FX 헤드에 내장된 2개의 정밀 모터가 스티어링 미러를 조정하여 레이저 빔이 위치감지광검출기(PSPD) 중심에 정확히 정렬되도록 합니다.



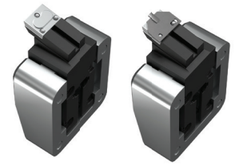
자동 프로브 교체

AFM 프로브 교체는 경험 많은 사용자에게도 난이도가 높은 작업이며, 종종 캔틸레버 파손으로 이어집니다. Park AFM은 이러한 문제 해결을 위해, 사전 정렬된 프로브 칩 캐리어와 정확한 위치에 반복적으로 도달할 수 있는 정밀 위치 조정점을 통해서 팁의 위치를 신뢰성 있고 일관되게 유지합니다.

프로브 칩 캐리어



각각의 칩 캐리어에는 프로브 유형, 일련번호, 제조일, 세부사양 등이 포함된 QR 코드가 부착되어 있습니다.



FX 헤드의 Z 스캐너에는 3개의 정밀한 볼 시트가 있어 키네마틱 마운팅이 가능하며, 하단에 내장된 자석이 결합되어 견고하고 항상 동일한 장착 위치를 보장합니다.

자동 팁 교환기(ATX) 모듈은 최대 16개의 사전 장착된 프로브를 보관할 수 있습니다. ATX 카메라가 각 프로브의 QR 코드를 스캔하면, SmartScan™ AFM 운영 소프트웨어에서는 각 슬롯의 프로브 정보가 표시되므로 사용자는 마우스 클릭 한 번으로 장착된 슬롯이나 빈 슬롯을 선택할 수 있습니다.

슬롯이 선택되면, AFM 헤드는 장착된 프로브를 슬롯에 배치하거나 새로운 프로브를 슬롯에서 장착하기 위해 하강합니다. 이때 하부에 위치한 강력한 자석 위치에 따라 동작이 결정됩니다.



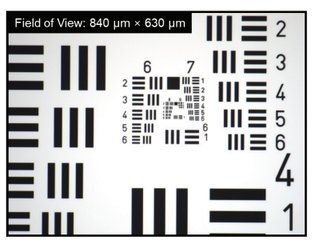
FX AFM 컨트롤러

FX AFM 컨트롤러는 PC와 1 Gbps 통신을 통해 고속 제어가 가능하며, 통신 대기시간 지연을 제거하여 정밀도를 향상시킵니다. 8채널 록인 증폭기는 단일 스캔에서 다양한 특성의 이미지 캡처를 지원합니다. 5 MHz 대역폭의 팁 바이어스 변조 기능을 통해 추가 모듈 없이도 접촉 공진 PFM 및 헤테로다인 KPFM 등의 고급 모드 측정을 지원합니다. 또한 FX 컨트롤러는 안전한 측정을 위한 AFM 헤드 충돌 방지 기능을 제공합니다.



동축 광학 시스템 개선

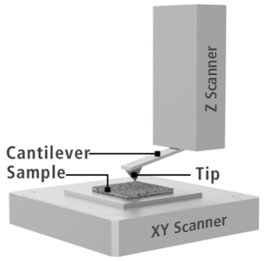
방해 요소가 없는 광학 현미경을 통해 명확한 시야를 확보할 수 있어, 최소 0.87 µm의 라인 폭까지 확인할 수 있습니다.



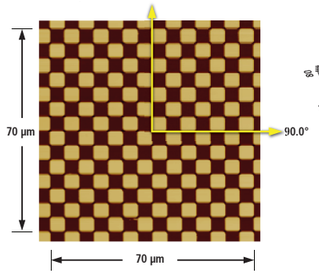
Park AFM 핵심 기술

직교 스캔

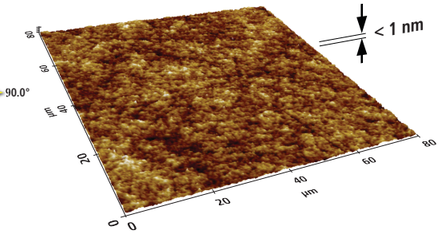
전통적인 튜브 스캐너 방식의 AFM은 Z축 움직임 이탈과 축간 신호 간섭 문제가 발생하기 쉬우며, 특히 라지 스캔 영역에서는 이미지 왜곡이 자주 발생합니다. 모든 Park AFM과 마찬가지로, FX300은 플렉셔 기반 구조를 갖춘 최첨단 직교 스캔 시스템을 사용합니다. 2D 플렉셔 스캐너가 XY 평면에서 샘플을 이동시킬 때, 별도의 1D 플렉셔 스캐너가 Z축 방향에서 팁의 움직임을 독립적으로 제어합니다. 이처럼 분리된 스캐너 구조는 스캔 과정에서 축간 간섭을 최소화하고, 뛰어난 직교성, 선형 스캔, 그리고 우수한 동적 응답성을 통해 Z축 움직임 이탈을 최소화하는 정밀 계측을 지원합니다. XY 피드백을 위해 낮은 노이즈 광학 센서와 Z축 제어를 위해 초저노이즈 스트레인 게이지 센서를 장착한 클로즈드 루프 서보 제어 시스템이 모든 축에서 정밀하고 재현성 높은 스캔을 구현합니다.

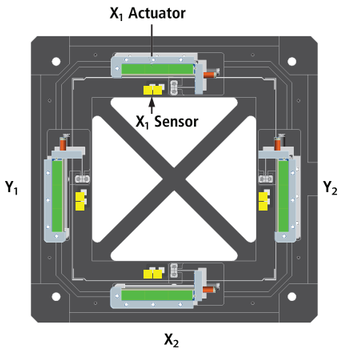


10 µm 간격 격자무늬 샘플



옵티컬 플랫 (80 × 80 µm)





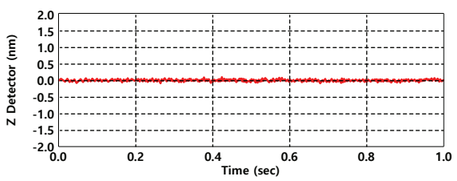
라지 샘플의 경우 단일 서보 방식의 XY 스캔 아키텍처를 적용하면 샘플 척 회전 동작에 취약합니다. 이러한 회전 동작은 위치 센서에서 거리가 멀어질수록 오차를 증가시켜, 정확한 위치제어에 문제를 일으킬 수 있습니다.

FX300은 이러한 문제 해결을 위해, 듀얼 서보 XY 스캐너 아키텍처를 적용했습니다. 각각의 축에 두 쌍의 액추에이터와 위치 센서를 배치하고, 총 4개의 액추에이터를 독립적으로 제어하여, 300 × 300 mm^2 전체 샘플 영역에서 정확한 위치 지정이 가능합니다.

낮은 Z축 검출기 노이즈

Z축 검출기는 0.02 nm 미만의 노이즈 수준을 갖고 있어, 0.1nm 이하의 서브나노미터 정밀도로 높이를 측정할 수 있습니다. 기존 Z축 전압 기반 매핑 방식은 단단한 경계면에서 오버슈트 현상이 발생하기 쉽지만, FX300의 Z축 검출기를 활용하면 정밀한 표면 형상 측정이 가능합니다.

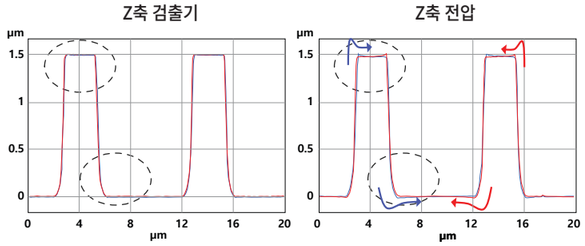
Z 검출기 노이즈



0.02 nm (rms), 1 kHz BW

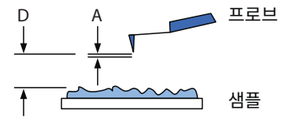
Z축 검출기

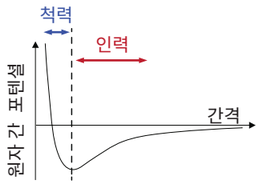
Z축 전압

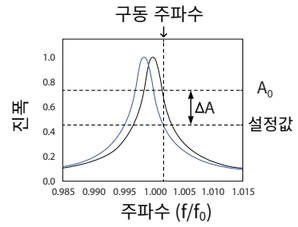


True Non-Contact™ 모드

FX300은 Park Systems의 독자적인 기술인 True Non-contact™ 모드를 탑재하고 있습니다. 이 모드는 AFM 팁과 샘플 표면 사이에 작용하는 반데르발스 인력을 감지하여 샘플의 형상을 측정합니다.





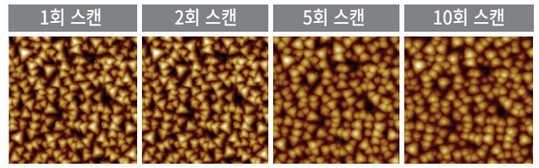


True Non-contact 모드에서는 팁이 공진 주파수보다 약간 높은 주파수에서 진동하는데, 이 지점은 진폭과 주파수 곡선의 기울기가 가장 가파른 영역입니다.

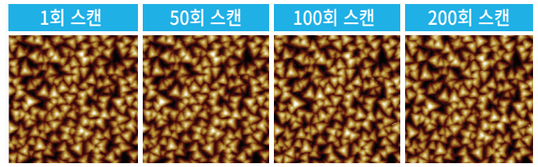
팁이 샘플에 접근하면 반데르발스 인력으로 인해 실질적인 공진 주파수가 낮아지고, 이에 따라 구동 주파 진폭이 감소합니다. Z 서보는 이 감소된 진폭을 새로운 설정점으로 유지하면서, 팁이 XY 방향으로 스캔되는 동안 팁과 샘플의 상호작용을 일정하게 유지하여 정밀한 표면 형상 측정을 가능하게 합니다.

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

Tapping 모드



True Non-Contact 모드

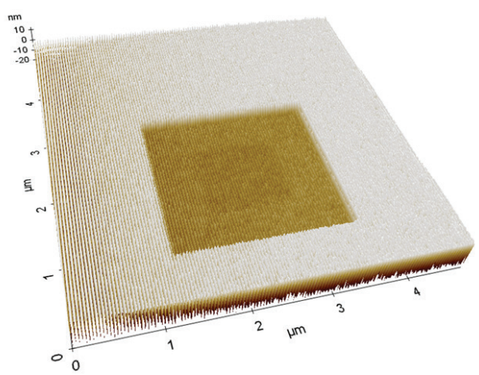


질화크롬(CrN) 팁 검사용 샘플

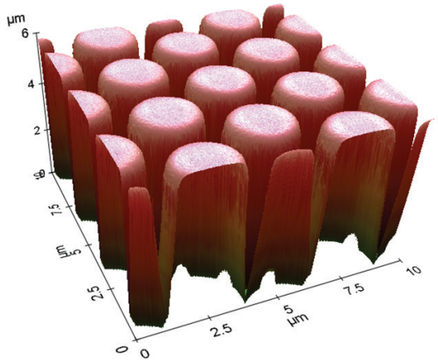
True Non-contact 모드를 사용하면 Tapping 모드 기반의 AFM으로 측정하기 어려운 부드럽고 끈적거리는 샘플뿐 아니라 섬세하고 깨지기 쉬운 샘플도 측정 가능합니다. 아래 이미지는 True Non-contact 모드로 획득한 노광 전 포토레지스트의 표면 형상이며, 주사전자현미경(SEM) 스캔 중 전자빔 조사로 발생한 손상을 보여줍니다.

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 측정 가능합니다.

노광 전 포토레지스트

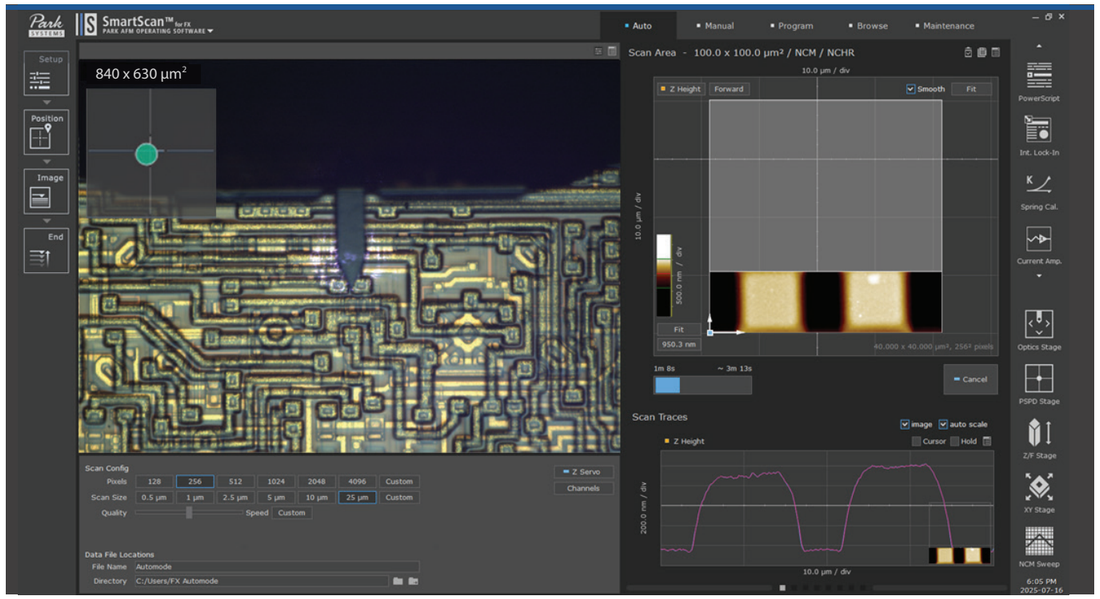


나노임프린트용 몰드

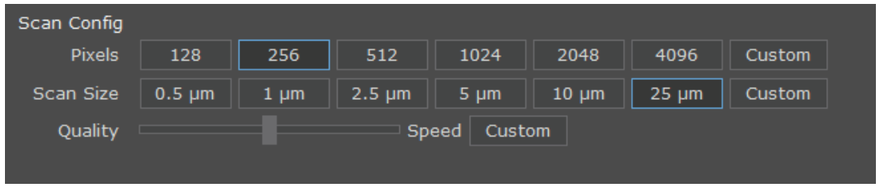


Park SmartScan™
모든 사용자가 쉽게 사용할 수 있는 AFM 기술

FX300에는 직관적인 인터페이스와 강력한 자동화 기능을 제공하는 Park SmartScan™이 탑재되어 있어, 원하는 이미지를 손쉽게 확보할 수 있습니다.

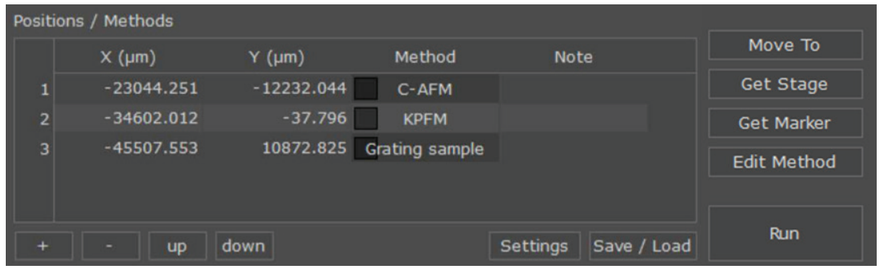


전통적인 AFM 시스템의 경우, 사용자는 Z 서보 게인, 포스 설정값, XY 스캔 속도 등의 수많은 파라미터를 직접 입력하며 시행착오를 겪어야 했습니다. SmartScan은 스캔 크기와 픽셀, 속도와 품질 중 원하는 우선순위 등 단 3가지 파라미터만 선택하면, 나머지는 샘플 형상을 실시간으로 분석하여 자동으로 최적화합니다. SmartScan은 초보자도 고품질 이미지를 쉽게 확보할 수 있는 방안을 제시하여, 사용자의 부담을 최소화합니다.



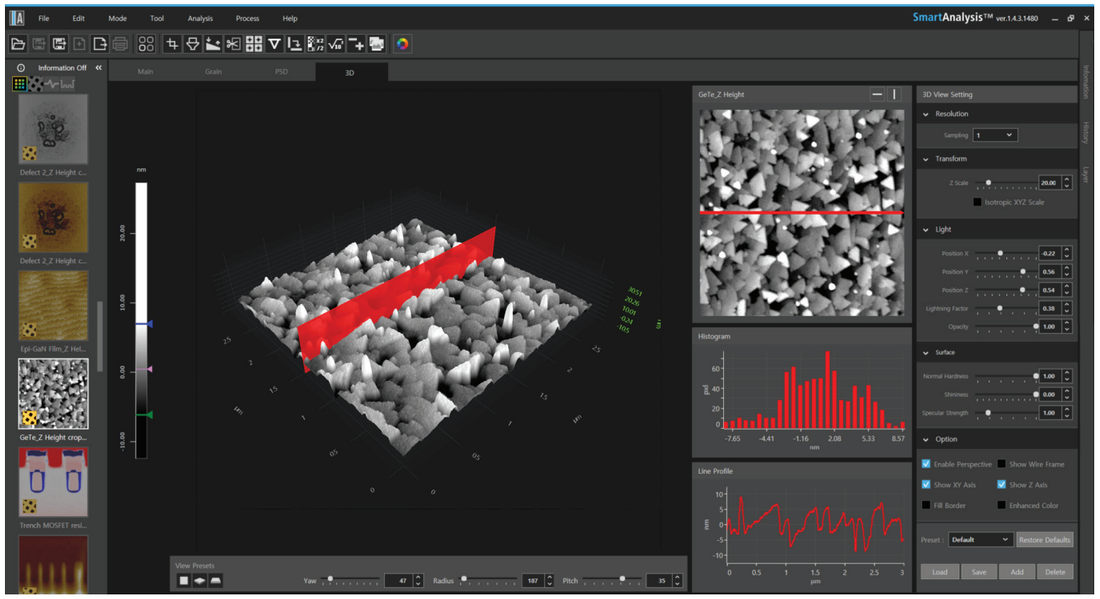
StepScan™

StepScan™은 매크로 샘플 이미지에서 다양한 지점을 선택하고, 특정 스캔 레시피를 각 위치에 할당할 수 있어, 사용자의 순차적 자동 측정을 지원합니다.

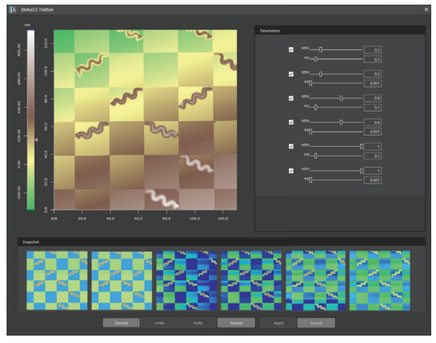


Park SmartAnalysis™
AFM 데이터 워크플로 최적화

FX300에서 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.



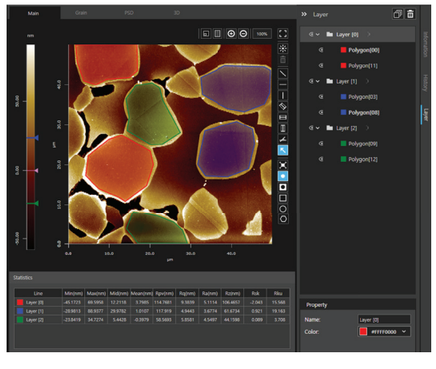
LCD Panel Topography
EZ Flatten을 통한 후처리



EZ Flatten

노이즈, 샘플 경사, 표면 불규칙성과 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.

LTPS TFT Backplane Topography
다중 관심 영역 지정



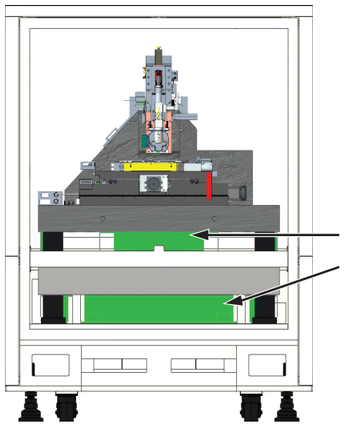
다중 레이어 분석

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 것과는 달리, SmartAnalysis는 선택된 모든 영역에서 다양한 지표를 동시에 제공합니다.

Park FX300
추가 기능

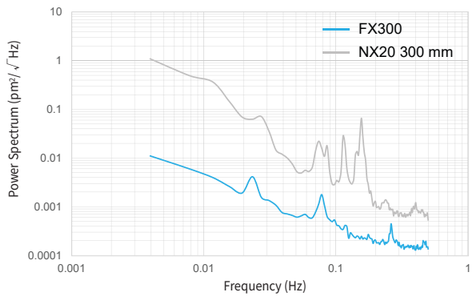
진동 차단 및 외부 소음 차단 장치 개선

FX300은 업그레이드된 진동 차단 시스템과 새롭게 설계된 외부 소음 차단 장치가 장착되어 있습니다. 모듈형 능동진동제어 시스템이 이중 레이어로 탑재된 베이스 프레임이 노이즈 플로어를 획기적으로 감소시킵니다.



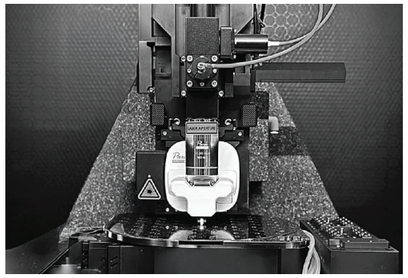
FX 시리즈의 최첨단 기계 설계가 반영된 FX300은 이전 세대 모델인 Park NX20 300 mm보다 훨씬 낮은 노이즈 수준을 제공합니다.

FX300과 NX20 300 mm의 노이즈 플로어 비교



라이브 모니터링 카메라

라이브 모니터링 카메라가 외부 소음 차단 장치 도어에 부착되어 있어, 도어가 닫힌 상태에서도 사용자가 장치 내부를 실시간으로 확인할 수 있습니다.



샘플 척 옵션

샘플 척은 최대 300 mm 직경의 웨이퍼 전용 샘플 척과 최대 3개의 6인치 웨이퍼를 위한 멀티 샘플 척의 2가지 옵션을 제공합니다. 두 옵션 모두 샘플을 안정적으로 고정할 수 있는 진공 척 시스템 기반입니다.



안전시설 기능

시설 컨트롤러, 상태표시등이 포함된 정전기 제거기, 비상 정지(EMO) 버튼, 경고음 장치가 있는 시그널 타워 등의 다양한 안전시설 기능이 기본으로 제공됩니다. 또한, 환경 제어의 강화가 필요할 경우에는 팬 필터 유닛(FFU)을 옵션으로 적용할 수 있습니다.

비상정지버튼



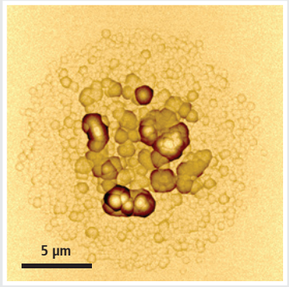
신호 타워



Park FX300
다양한 애플리케이션 측정에 최적화

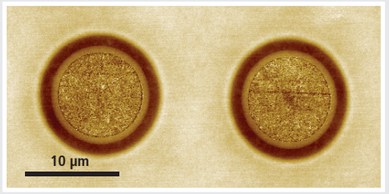
FX300은 소형 샘플부터 최대 300mm 웨이퍼까지, 광범위한 연구 및 산업 분야에서 정밀한 측정을 제공합니다.

Semiconductors & Devices



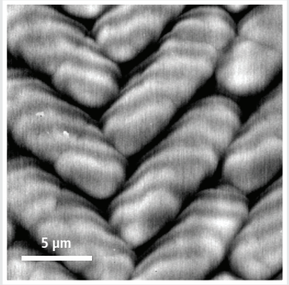
Defects on Si Wafer

실리콘 웨이퍼 표면 결함을 True Non-contact 모드로 측정하여 표면 형상을 획득했습니다.
스캔 데이터에서는 최고점부터 최저점까지의 높이 차이가 33.6 nm로 나타났으며 이미지에서는 결함의 크기와 형태를 확인할 수 있습니다.



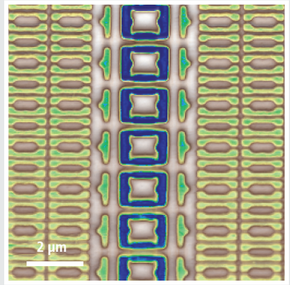
Cu Pad

반도체 소자 구리(Cu) 패드를 표면 형상을 얻기 위해 True Non-contact 모드로 측정했습니다.
스캔 데이터에 따르면 밸리까지의 높이 차이는 4.2 nm였으며, 이미지를 통해 디싱(dishing) 현상을 분석할 수 있는 표면 형태를 확인할 수 있습니다.



Magnetic Device

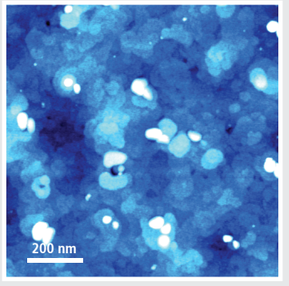
자성 소자는 표면 형상과 자기 신호를 동시에 얻기 위해 자기현미경 (Magnetic Force Microscopy, MFM) 모드로 측정되었습니다.
이미지에서는 자성 소자에서의 자기 신호 분포를 확인할 수 있습니다.



Silicon Device

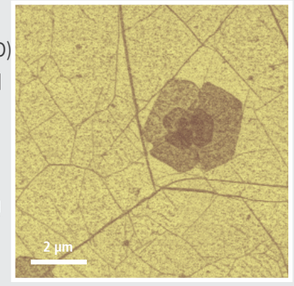
패턴화 반도체 소자는 표면 형상과 도핑 농도를 동시에 얻기 위해 마이크로파 임피던스 현미경(MIM) 모드로 측정되었습니다.
이미지에서는 패턴화된 소자의 정전용량 분포를 확인할 수 있습니다.

Functional & Advanced Materials



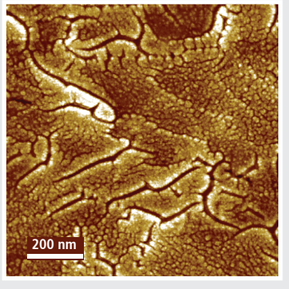
Barium Titanate ($BaTiO_3$, BTO)

바륨 타이타네이트는 표면 형상을 얻기 위해 True Non-contact 모드로 측정되었습니다.
스캔 데이터에서는 최고점부터 최저점까지의 높이 차이가 13.6 nm로 나타났으며, 이미지에서는 미세한 표면 구조와 거칠기를 확인할 수 있습니다.



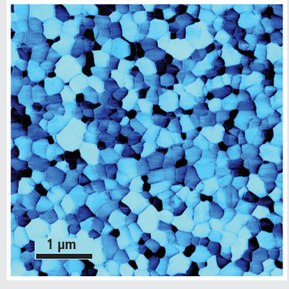
Multi-layer Graphene

멀티 레이어 그래핀이 실리콘 기판 위에 형성된 샘플의 표면 전위 대비를 얻기 위해 KPFM 모드로 측정하였습니다.
스캔 이미지에서는 멀티 레이어 그래핀의 표면 전위 분포를 확인할 수 있습니다.



Gallium Nitride (GaN) Film

질화 갈륨 박막에서 표면 형상을 얻기 위해 True Non-contact 모드로 측정하였습니다.
스캔 데이터에서는 최고점에서 최저점까지의 높이 차이가 6.4 nm로 나타났으며, 이미지에서는 표면의 거칠기와 입자 모양 영역 및 균열을 확인할 수 있습니다.



Perovskite

페로브스카이트의 전기적 특성을 전도성 원자현미경(C-AFM)으로 측정하였습니다.
스캔 데이터에서는 최고점에서 최저점까지의 저항값 차이가 190 GΩ이었으며, 이미지에서는 다각형 형태의 표면 구조를 확인할 수 있습니다.

Park FX300
기술 세부사양

AFM 모드

- Topographic Imaging
  - Contact Mode
    - Constant Height Mode
    - Constant Force Mode
    - Fast imaging Contact Mode (FiCM) *
  - 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 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)
- AFM-IR
  - Photo-induced Force Microscopy (PiFM) **
- Thermal Properties
  - Scanning Thermal Microscopy (SThM) *
    - Temperature Mapping
    - Thermal Conductivity Mapping
- Nanolithography & Manipulation
  - Nanolithography *
  - Nanomachining *
- In-liquid Operation
  - In-liquid Topography *
  - Electrochemical AFM (EC-AFM) *

* 추가 옵션이 필요합니다.
** 파크시스템스에 문의 바랍니다.

스캐너(Scanner)

- Dual-servo XY scanner (100 µm × 100 µm or 15 µm × 15 µm)
- Flexure-guided high-force Z scanner (15 µm or 30 µm)

샘플 장착부(Sample Mount)

- Vacuum grooves for wafers (up to 300 mm)
- Multi-wafer chuck for 150 mm wafers (optional)

동축 광학 시스템(On-Axis Optics)

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

스테이지(Stage)

- XY stage: 350 mm × 300 mm
- Z stage: 22 mm

자동 팁 교환기(Automatic Tip Exchanger)

- 16 pre-aligned probes with kinematic mount and QR code chip carrier

안전 시설(Safety and Facility Features)

- Facility Controller
- Photo Ionizer
- Emergency Machine Off (EMO) button
- Fan Filter Unit (FFU) *

외형 크기 및 무게(Dimension and Weight)

- AE (Outer): 1250 mm × 1280 mm × 1560 mm
- Cabinet: 1176 mm × 900 mm × 2038 mm
- Total weight: 2225 kg (AFM Body + AE)

요구되는 환경(Required Environment)

- Required acoustic noise level: Below 65 dB
- Required floor vibration level: VC-D (6.25 µm/sec)
- Power: 1 kW (Maximum)

Park SYSTEMS
www.parksystems.com