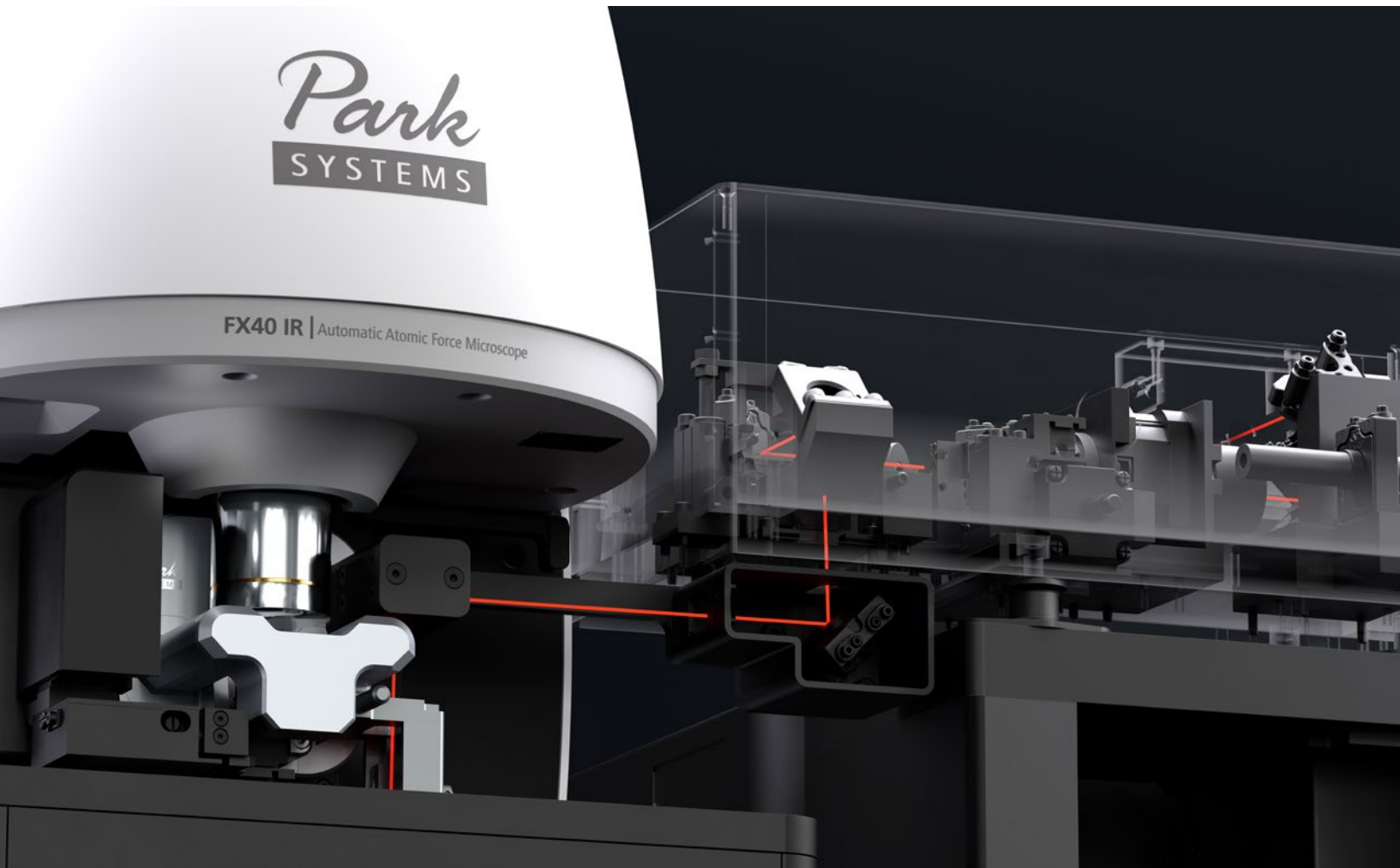


Park FX40 IR

스몰 샘플 나노화학 분석을 위한 비접촉식 AFM 플랫폼



Park
SYSTEMS

Park FX40 IR은 나노스케일 적외선 분광 및 이미징을 위한 첨단 AFM 솔루션입니다. 소형 샘플 측정에 최적화된 검증된 FX40 플랫폼을 기반으로 설계되어, 낮은 노이즈 플로어, 최소화된 열 드리프트, 향상된 기계적 안정성을 바탕으로 뛰어난 정밀도와 신뢰성을 제공합니다. 또한 화학적 특성 분석과 표면 특성 분석을 동시에 지원하여 나노스케일에서 보다 정밀한 물질 특성 분석이 가능합니다.

FX40 IR은 광유도력 현미경(PiFM) 기반의 나노 IR 분광기로, 나노스케일 IR 분광 분석과 화학 이미징을 지원합니다. 모든 Park AFM 제품과 마찬가지로 FX40 IR은 직교 스캔 시스템과 True Non-contact™ 모드를 탑재하고 있어, 손상되기 쉬운 샘플에서도 시료 손상 없이 안정적이고 일관된 측정이 가능합니다. 또한 자동 프로브 교체, IR 빔 자동 정렬, 샘플 뷰 카메라, 다중 위치에서의 순차 측정 기능을 통해 복잡한 측정 작업도 보다 쉽고 효율적으로 수행할 수 있습니다.

FX40 IR은 고성능 AFM과 첨단 IR 기능을 단일 플랫폼에 통합하여, 정밀성과 효율성을 갖춘 나노스케일 화학 분석 환경을 제공합니다.

FX40 IR - 주요 기능

정밀한 화학적 특성 분석에 최적화

- 비접촉식 감지 기능을 갖춘 나노 IR
- 고공간 분해능 화학 이미징
- 포괄적인 소재 특성 분석
- 자동 IR 레이저 정렬

FX AFM의 모든 장점을 융합한 플랫폼

- 우수한 FX 제품군의 기계적 설계 기반
- 직교 스캔 시스템
- True Non-Contact™ 모드
- 자동 프로브 교체
- 레이저 빔 자동 정렬

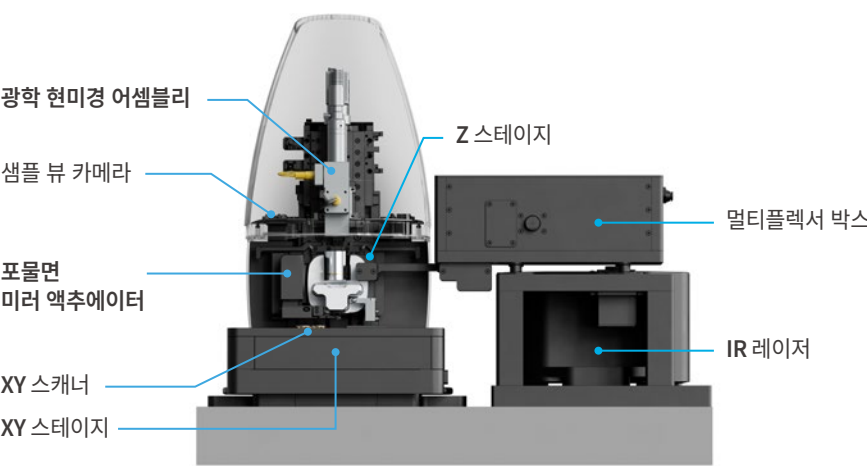
Park FX40 IR

스몰 샘플 나노화학 분석을 위한 비접촉식 AFM 플랫폼

탁월한 Park FX AFM의 기계적 설계

FX AFM 제품군의 우수한 기계 설계를 기반으로 한 FX40 IR은 기계적 노이즈를 최소화하도록 설계되었습니다. 광학 현미경이 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. 또한, FX40 IR은 열팽창 계수가 낮은 소재를 적용하여 열 드리프트(thermal drift)를 최소화함으로써 장시간 측정에서도 안정적인 성능을 제공합니다.

FX40 IR은 IR 레이저, 포물면 미러 액추에이터, 멀티플렉서 박스, 사이드 스티어링 미러와 같은 전용 구성 요소를 통합하여, 안정적이고 일관된 나노스케일 IR 측정 환경을 제공합니다.

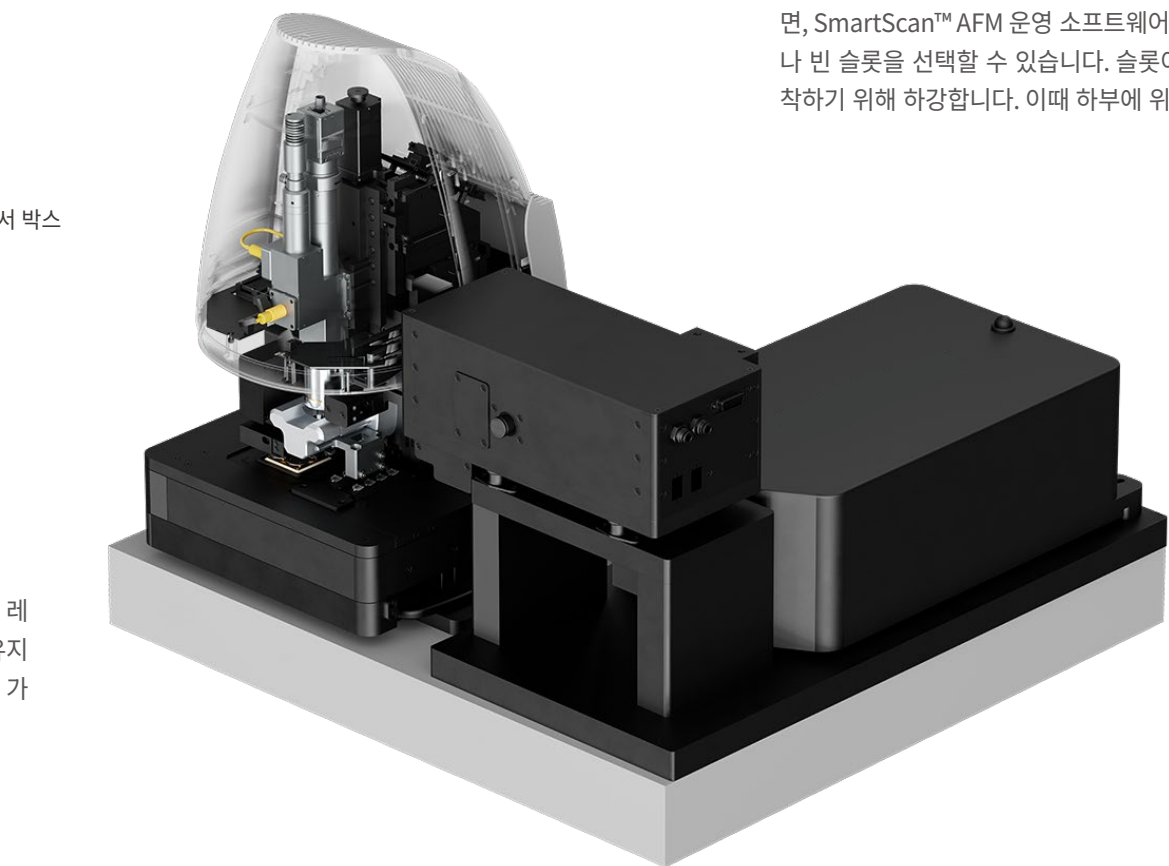


FX 레이저 빔 경로

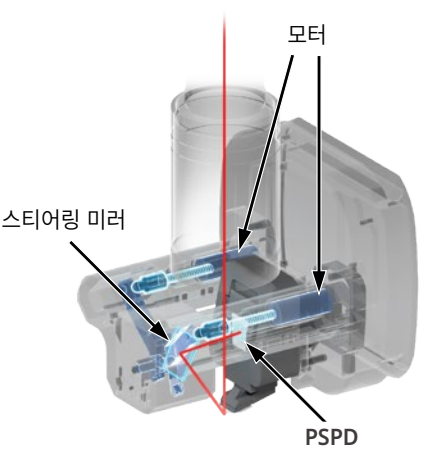
FX의 광학 구조는 광섬유 결합 레이저(SLD)를 광학 현미경에 통합한 설계입니다. 레이저 빔은 대물렌즈를 통해 초점을 맞추고, 광학적 시야의 중심에 고정된 상태를 유지합니다. 레이저 빔의 스폿 크기를 줄여 빔의 누출을 최소화하였기에 고주파 특성을 가진 소형 캔틸레버를 손쉽게 사용할 수 있습니다.

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 빔 누출을 최소화했기 때문에, 고주파 특성을 지닌 소형 캔틸레버도 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.

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

프로브 칩 캐리어



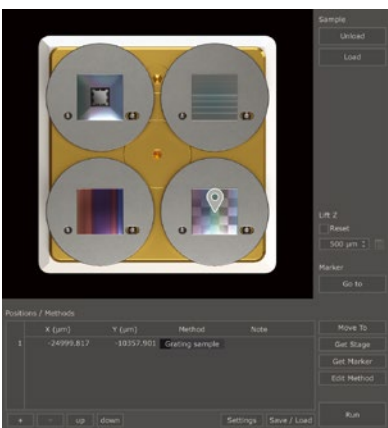
FX 헤드의 Z 스캐너에는 3개의 정밀한 볼 시트가 있어 키네마틱 마운팅이 가능하며, 하단에 내장된 자석이 결합되어 견고하고 항상 동일한 장착 위치를 보장합니다.

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.



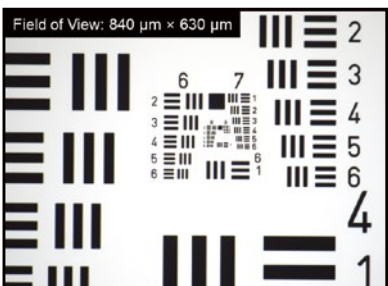
샘플 뷰 카메라

샘플 뷰 카메라는 샘플 영상을 실시간으로 보여주며, 사용자가 원하는 위치를 클릭하면 XY 스테이지가 해당 지점으로 자동 이동합니다. 이를 통해 관심 영역을 쉽게 찾아낼 수 있고, 동일 위치로의 반복 이동도 간편하게 수행할 수 있습니다.



동축 광학 시스템 개선

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

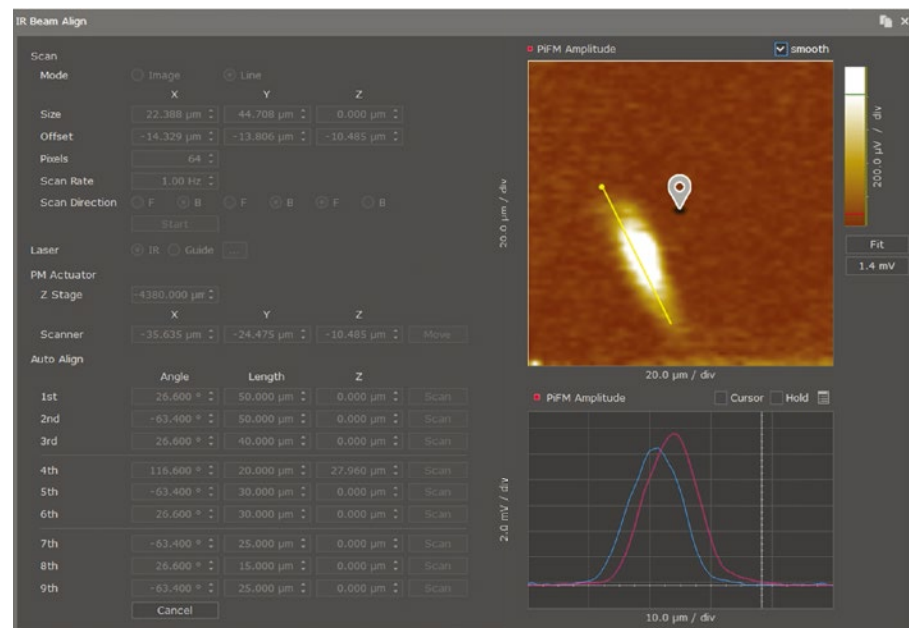
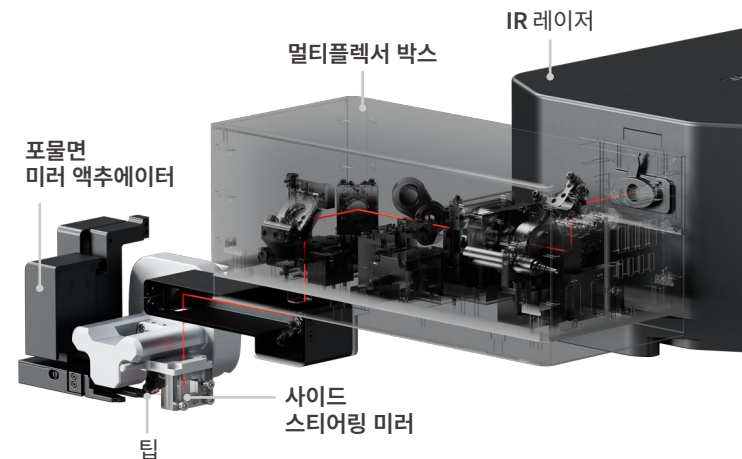


Park FX40 IR

최첨단 AFM 기술을 활용한 나노스케일 IR 분석

나노스케일 IR 측정을 위한 자동화 워크플로

Park FX40 IR은 검증된 FX 플랫폼을 기반으로, 프로브 자동 교체와 비전 기반 AFM 레이저 빔 자동 정렬 등 다양한 자동화 기능에 더해, IR 측정까지 구현할 수 있습니다. 나노 IR 측정 신호의 실시간 피드백을 통해 최적의 빔 위치를 찾아내는 완전 자동 IR 빔 정렬 루틴을 제공합니다.



SmartScan™을 통한 IR 빔 자동 정렬

SmartScan™은 IR 빔 자동 정렬 기능을 제공합니다. 파라볼릭 미러(PM) 액추에이터를 사용하여 폴 스트로크 스캔을 실행한 후, 나노 IR 측정 신호가 최대 강도에 도달하는 위치를 자동 식별합니다. 이를 통해 정확한 정렬을 보장하고, 최소한의 사용자 개입으로 최적의 신호 품질을 확보할 수 있습니다.



SmartAnalysis™을 통한 고급 스펙트럼 분석

SmartAnalysis™는 나노 IR 데이터의 스펙트럼 시각화와 이미지 오버레이를 원활하게 지원합니다. SmartScan의 측정 결과를 클릭 한 번으로 불러올 수 있으며, 화학적 대비 오버레이가 적용된 AFM 이미지와 IR 스펙트럼을 동시에 표시합니다. 이를 통해 표면 형상과 스펙트럼 정보를 효율적으로 해석할 수 있습니다.

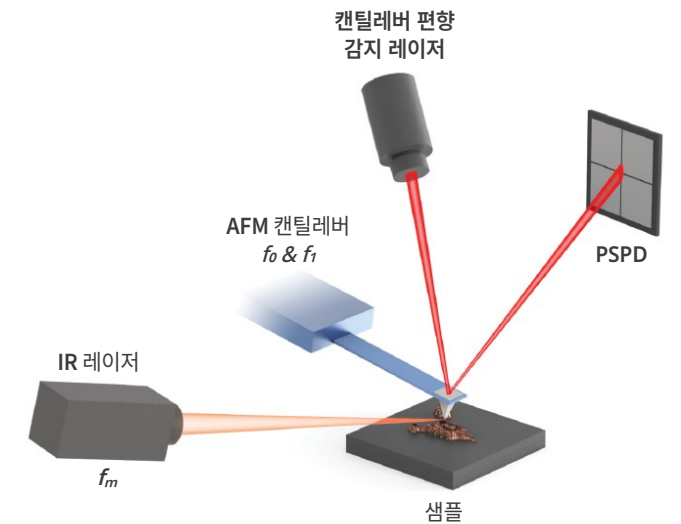
Park FX40 IR

비접촉식 고분해능 화학 이미징

True Non-Contact™ IR 측정

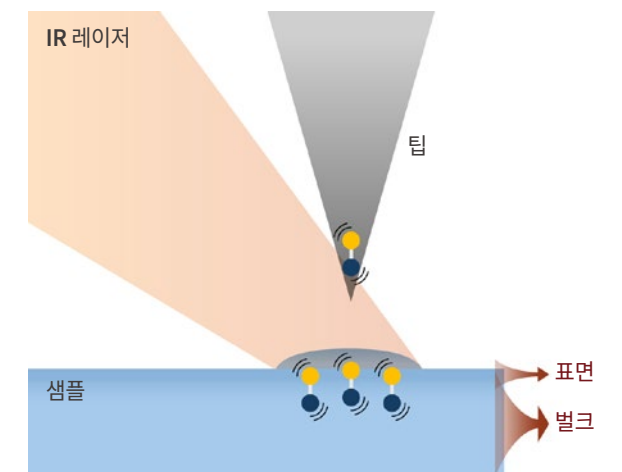
FX40 IR은 광유도력 현미경(PiFM)을 기반으로 완전 비접촉식 IR 측정을 수행하며, 이에 따라 샘플 표면 접촉 없이도 AFM 팁과 샘플 사이의 광유도력을 정밀하게 감지할 수 있습니다. 결과적으로 접촉식 기술의 한계인 샘플 손상과 팁 오염을 원천적으로 방지하고, 5 nm 이하의 공간 분해능과 프로브 수명 향상을 동시에 제공합니다.

비접촉 모드 피드백은 측정 전 과정에서 AFM 팁과 샘플 간 거리를 정밀하게 제어하여, 강도가 낮거나 민감한 소재에서도 탁월한 반복 측정 성능을 보장합니다. 또한 조작이 간편하기 때문에 사용자는 복잡한 설정 과정에 구애받지 않고 분석 결과에 집중할 수 있습니다. 이러한 특성은 나노 IR 분석의 신뢰성과 접근성을 효과적으로 강화합니다.



샘플 특성에 따른 스마트 감지 모드

FX40 IR은 두 가지 감지 모드를 제공함으로써, 샘플 특성과 분석 목표에 따라 최적화된 측정을 구현할 수 있습니다. 다이렉트 모드는 공진 주파수에 레이저를 맞춰 신호 강도를 극대화하고, 넓은 영역이나 두꺼운 샘플 반응 측정에서 뛰어난 성능을 발휘합니다.

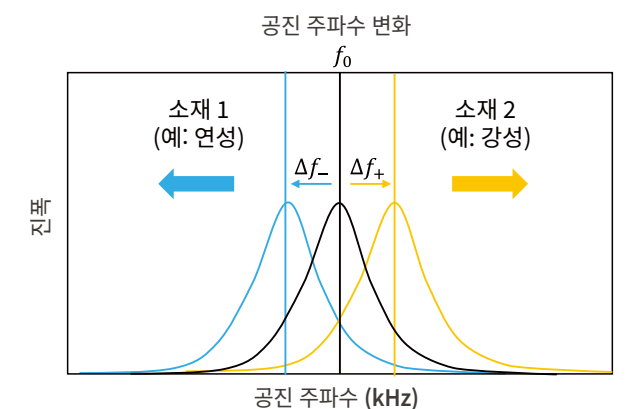


사이드밴드 모드는 차이 주파수($f_1 - f_0$)에서 레이저를 변조하여, 팁과 샘플 계면의 비선형 상호작용을 정밀하게 감지합니다. 배경 신호를 억제하고 국소 화학 대비를 향상시킴으로써, 복잡하거나 이질적인 표면의 미세 구조를 고해상도로 분석할 수 있습니다.

나노 IR 이미지 안정화를 위한 감지 주파수 최적화

안정적이고 일관된 고해상도 나노 IR 이미지를 위해서는 단순한 공진 조건만으로는 충분하지 않으며, 정밀한 주파수 추적이 필요합니다. AFM 팁이 서로 다른 기계적 특성을 가진 소재를 스캔할 경우, 팁-샘플 상호작용으로 인해 캔틸레버의 공진 주파수가 변할 수 있습니다. 이를 제대로 보정하지 않으면 신호 저하와 기계적 아티팩트가 발생할 수 있습니다.

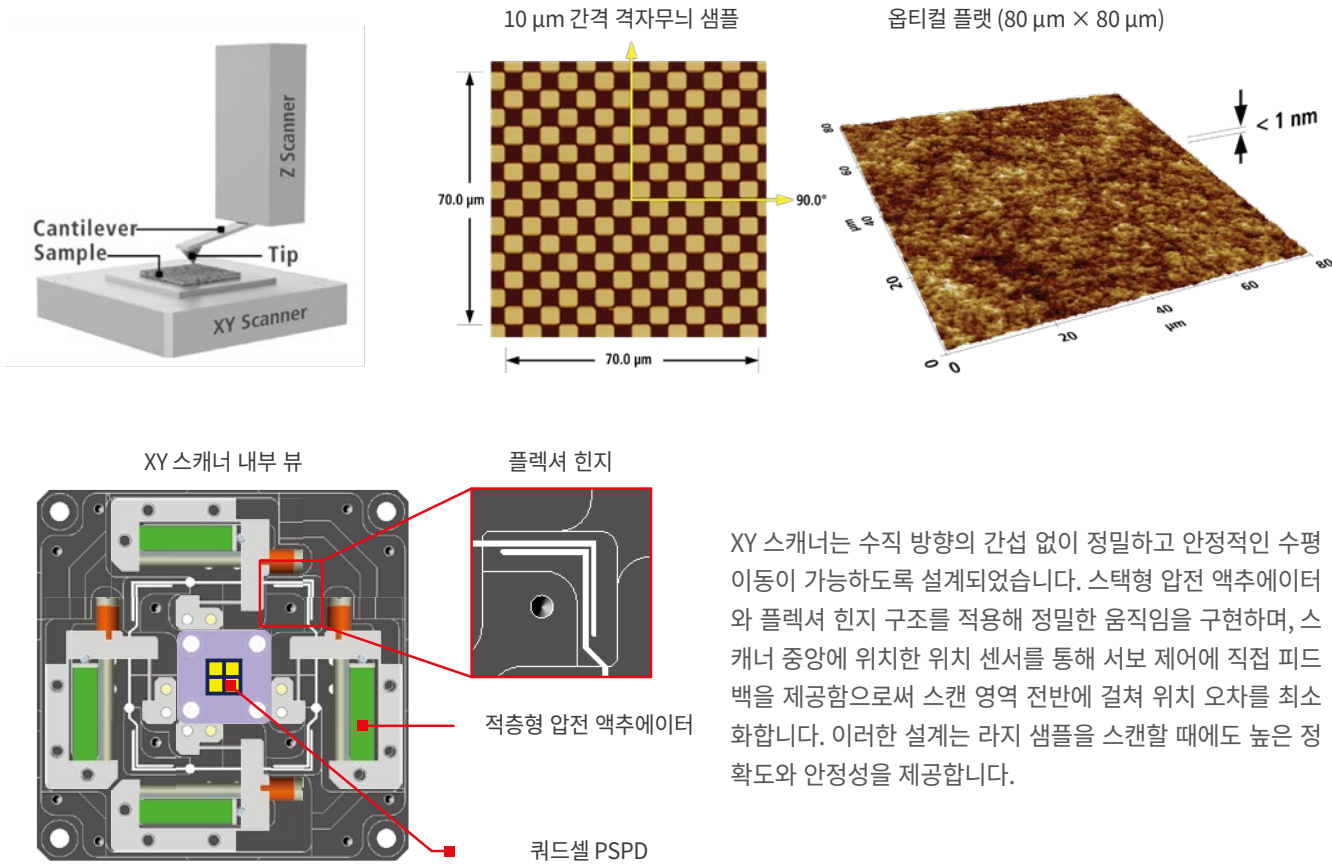
FX40 IR은 각 픽셀마다 좁은 주파수 범위를 자동으로 스캔하고 최적의 감지 주파수를 찾아냅니다. 이를 통해 스캔 전 과정에서 실제 공진 조건을 유지할 수 있으며, 강한 신호가 확보되고 아티팩트가 감소합니다. 그 결과 신호 대 잡음비(SNR)가 개선되어 이질적인 샘플에서도 신뢰성 높은 화학 이미징이 가능합니다.



Park AFM Technology

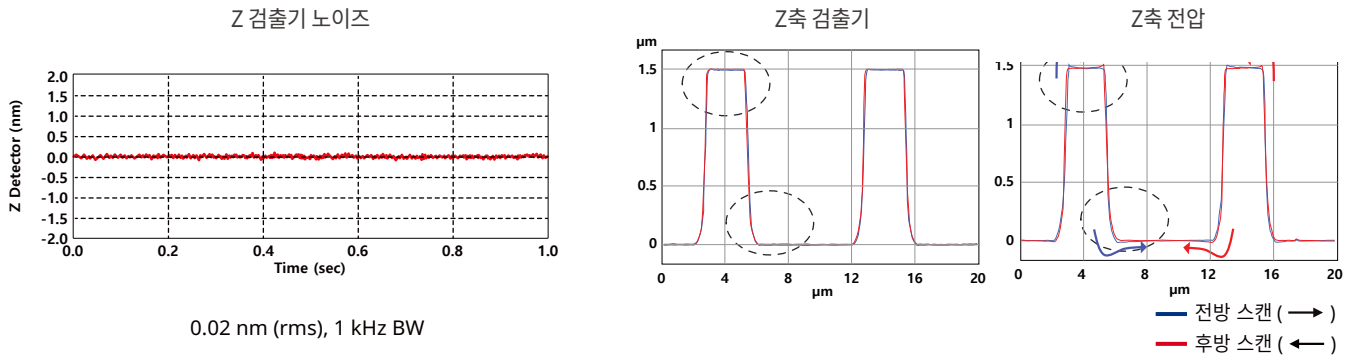
직교 스캔

전통적인 튜브 스캐너 방식의 AFM은 Z축 움직임 이탈과 축간 신호 간섭 문제가 발생하기 쉬우며, 특히 라지 스캔 영역에서는 이미 지 왜곡이 자주 발생합니다. 모든 Park AFM과 마찬가지로, FX40 IR은 플렉서 기반 구조를 갖춘 최첨단 직교 스캔 시스템을 사용합 니다. 2D 플렉서 스캐너가 XY 평면에서 샘플을 이동시킬 때, 별도의 1D 플렉서 스캐너가 Z축 방향에서 팁의 움직임을 독립적으로 제 어합니다. 이처럼 분리된 스캐너 구조는 스캔 과정에서 축간 간섭을 최소화하고, 뛰어난 직교성, 선형 스캔, 그리고 우수한 동적 응답 성을 통해 Z축 움직임 이탈을 최소화하는 정밀 계측을 지원합니다. XY 피드백을 위해 낮은 노이즈 광학 센서와 Z축 제어를 위해 초저 노이즈 스트레인 게이지 센서를 장착한 클로즈드 루프 서보 제어 시스템이 모든 축에서 정밀하고 재현성 높은 스캔을 구현합니다.



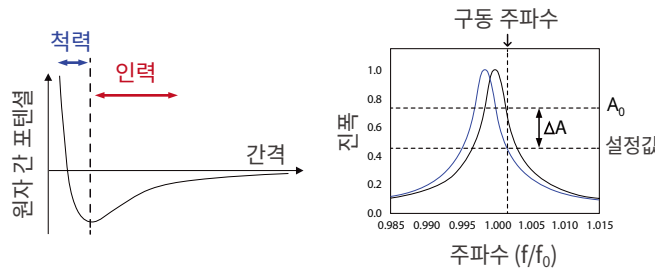
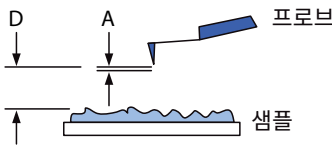
낮은 Z축 검출기 노이즈

Z축 검출기는 0.02 nm 미만의 노이즈 수준을 갖고 있어, 0.1 nm 이하의 서브나노미터 정밀도로 높이를 측정할 수 있습니다. 기존 Z 축 전압 기반 매핑 방식은 단단한 경계면에서 오버슈트 현상이 발생하기 쉽지만, FX40의 Z축 검출기를 활용하면 정밀한 표면 형상 측정이 가능합니다.



True Non-Contact™ 모드

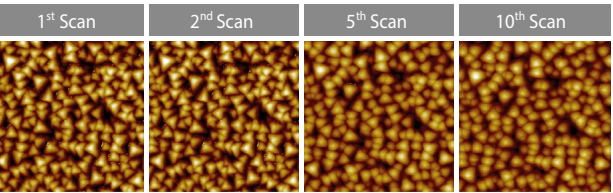
FX40은 Park Systems의 독자적인 기술인 True Non-contact™ 모드를 탑재하고 있습니다. 이 모드는 AFM 팁과 샘플 표면 사이에 작용하는 반데르발스 인력을 감지하여 샘플의 표면 형 상을 측정합니다.



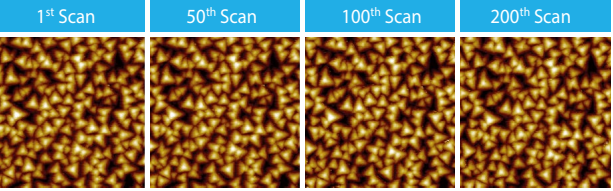
True Non-contact 모드에서는 팁이 공진 주파수보다 약간 높 은 주파수에서 진동하는데, 이 지점은 진폭과 주파수 곡선의 기 울기가 가장 가파른 영역입니다.

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

Tapping 모드

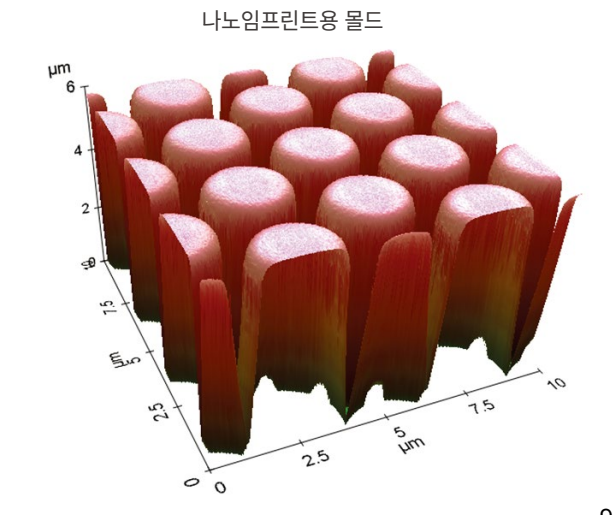
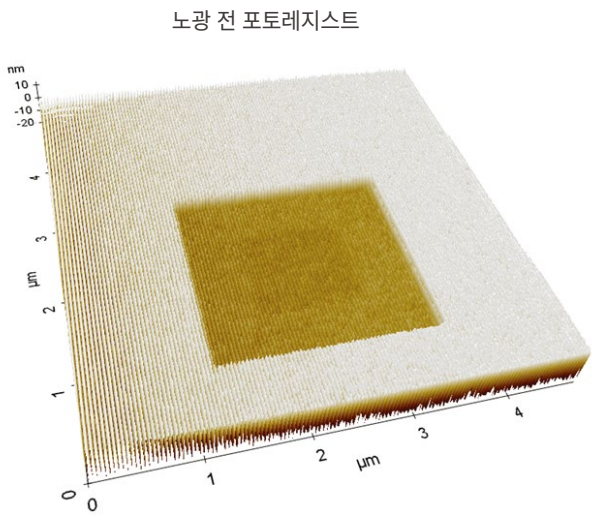


True Non-Contact 모드



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 표 면 형상이며, 주사전자현미경(SEM) 스캔 중 전자빔 조사로 발 생한 손상을 보여줍니다.

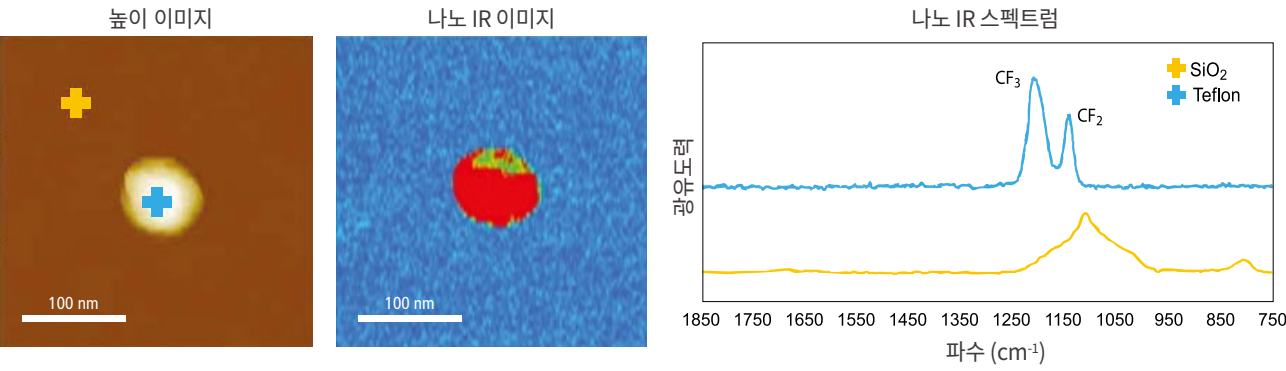


Park FX40 IR

다양한 애플리케이션 측정에 최적화

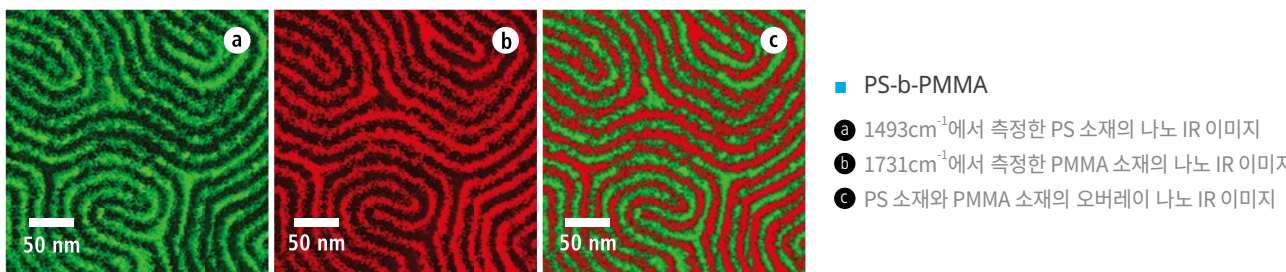
결합별 화학적 특성 분석

나노 IR 이미징을 통해 오염, 잔류물, 공정 이상과 같은 나노스케일 결함을 화학적으로 정밀 식별할 수 있습니다. 나노 IR 분석 예시에 서 관찰된 결합 스펙트럼은 PTFE(테플론)과 일치함을 확인할 수 있습니다. 이러한 기능은 고급 결합 분석과 반도체 공정 모니터링에 특히 유용합니다. 또한 KLARF 파일 통합을 지원하여, 등록된 결합 위치를 기반으로 측정 위치를 안내하여 정밀 위치 분석이 가능합니다.



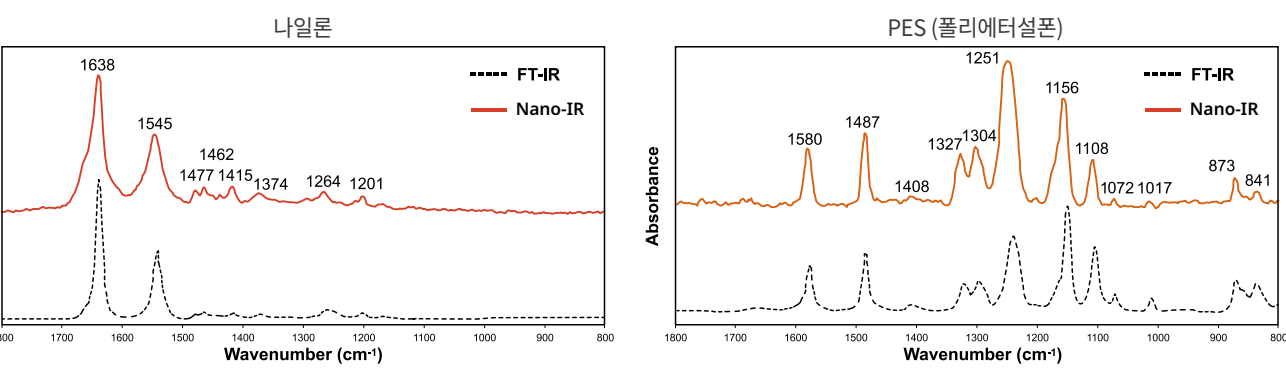
화학적 매핑을 위한 이미지 오버레이

파크시스템스 나노 IR 분광기는 특정 파수에서 이미지를 획득하며, 이는 고유한 흡수 대역과 일치합니다. 결과적으로 각 이미지는 해당 대역을 반영하는 소재를 선명하게 강조합니다. SmartAnalysis를 통해 이미지 오버레이를 수행하면, AFM 형상과 함께 구성 성분의 나노스케일 분포가 뚜렷하게 드러나는 화학적 대비 맵을 얻을 수 있습니다. 이 특정 파수 기반 이미지 오버레이는 개별 이미지를 직관적이고 일관된 나노스케일 화학 맵으로 변환해 해석과 보고를 손쉽게 지원합니다.



FT-IR과 일치하는 나노 IR 스펙트럼

나노 IR 스펙트럼은 피크 위치의 정렬 및 유사한 상대 대역 프로필을 포함하여 기존의 푸리에 변환 IR 분광법(FT-IR) 결과와 높은 일치성을 보입니다. 동일 조건에서 동일 샘플을 나란히 측정할 때, 나노 IR은 FT-IR에서 관찰된 주요 스펙트럼 특성을 재현하면서도 나노스케일 로컬라이제이션을 추가로 제공합니다. 이러한 일관성은 나노스케일 화학 분석의 신뢰성을 높이고, FT-IR 결과와 비교할 수 있는 익숙한 기준점을 제공합니다.



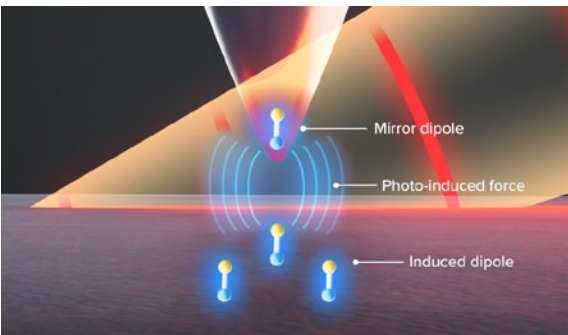
Park FX40 IR

정밀한 화학 분석을 제공하는 나노 IR 기술

나노 IR을 활용한 고분해능 화학 이미지 처리

광유도력 현미경(PiFM)은 조절식 IR 레이저가 공진 주파수에서 분자 진동을 일으킬 때 발생하는 광유도력을 활용합니다. 나노 IR 분광기에 장착된 AFM 캔틸레버는 Non-contact™ 모드로 작동해 샘플을 손상시키지 않고도 이러한 힘을 정밀하게 감지합니다.

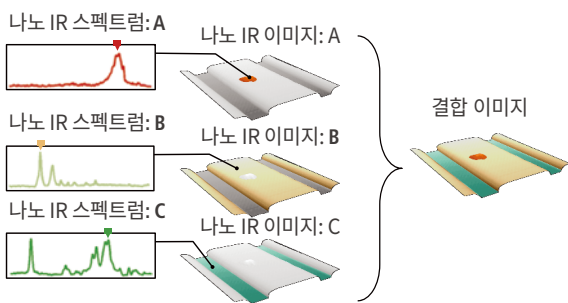
레이저 파장을 스위칭할 때 캔틸레버 진동 진폭의 변화는 국소 IR 흡수를 직접 반영하며, 이를 통해 스펙트럼과 화학적 맵이 작성됩니다. 이러한 비침습적 접근 방식은 5 nm 이하의 공간 분해능과 단층 민감도를 제공하여, 나노스케일에서 분자의 화학적 특성을 정밀하게 분석할 수 있습니다. 이를 통해 분자 구성을 원자 수준에 가까운 해상도로 시각화할 수 있습니다.



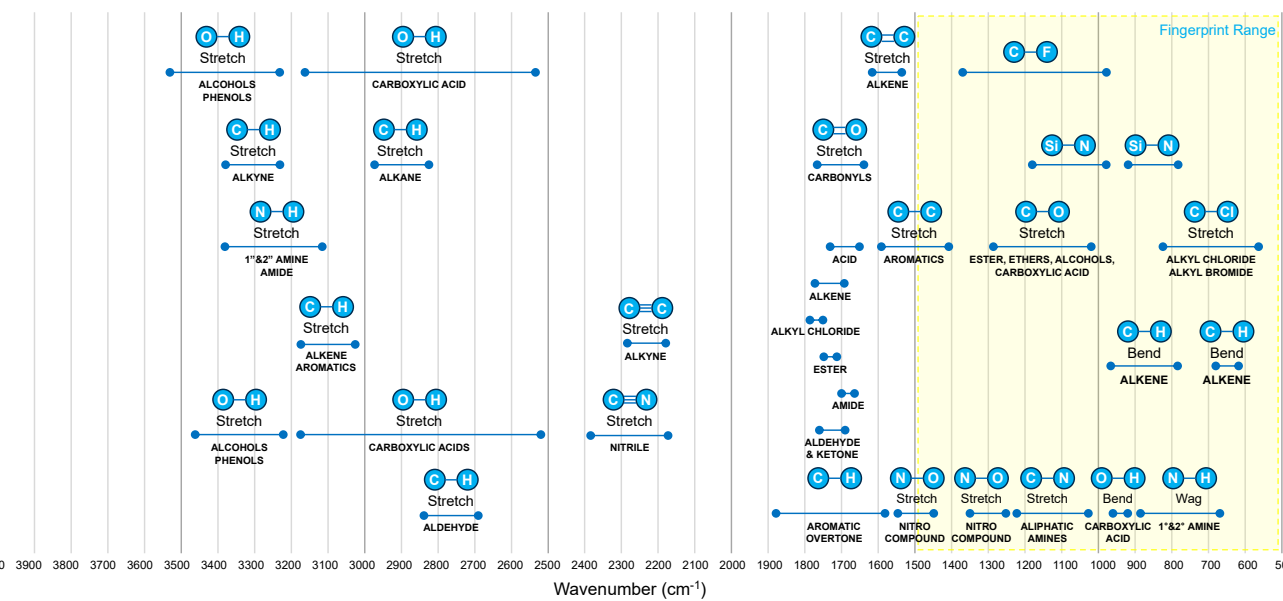
나노스케일 IR 분광 및 화학적 맵

나노 IR 분광기는 포인트 분광과 화학적 이미지 처리를 모두 지원합니다. 특정 샘플 위치에서 측정된 IR 흡수 스펙트럼을 통해 물질을 식별할 수 있으며, 고정 파수 이미지 처리를 통해 분자 진동의 공간 분포를 파악할 수 있습니다.

나노 IR 분광기에서 제공하는 소프트웨어는 스펙트럼 탐색, 피크 선택을 통한 화학적 맵 오버레이, 스펙트럼-공간 상관 분석 등을 손쉽게 수행할 수 있는 직관적 도구를 제공하여 해석 과정을 간소화하고 나노스케일 분석 속도를 크게 향상시킵니다.



작용기 진동 모드 표



Park FX40 IR

기술 세부사항

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)
 - Lateral Force Microscopy (LFM)
- Electrical Properties
 - Conductive AFM (C-AFM) *
 - Current-Voltage (I-V) Spectroscopy
 - Scanning Spreading Resistance Microscopy (SSRM) *
 - 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)
- 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 *

IR Laser

- QCL Laser (3 modules): 1,800 – 770 cm^{-1} typical
- Extended QCL Laser (4 modules)*: 2,395 – 1,995 cm^{-1} and 1,800 – 770 cm^{-1} typical

Scanner

- XY scanner (100 $\mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$, 50 $\mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$ or 5 $\mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$)
- Flexure-guided high-force Z scanner (15 μm)

Sample Mount

- Up to 4 small samples with magnetic sample chuck
- 20 mm $\times$ 20 mm (w $\times$ d), up to 9 mm thickness
- Up to 40 mm $\times$ 40 mm (w $\times$ d) w/o multi-sample chuck

On-Axis Optics

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

Sample-View Camera

- View of four sample holders
- Field of view: 172 mm $\times$ 97 mm
- Resolution: 13 M pixels

Stage

- XY stage: 105 mm $\times$ 40 mm
- Z stage: 12 mm

Automatic Tip Exchanger

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

Dimension and Weight

- AE(Outer): 970 mm $\times$ 990 mm $\times$ 1,530 mm
- Cabinet: 1,200 mm $\times$ 1,160 mm $\times$ 1,900 mm
- Total weight: 1,120 kg (AFM Body + AE)

Required Environment

- Required acoustic noise level: Below 65 dB
- Required floor vibration level: VC-D (6.25 $\mu\text{m}/\text{sec}$)
- Power: 2.3 kW (Maximum)

* 추가 옵션이 필요합니다.

** 파크시스템스에 문의 바랍니다.



Park
SYSTEMS

www.parksystems.com