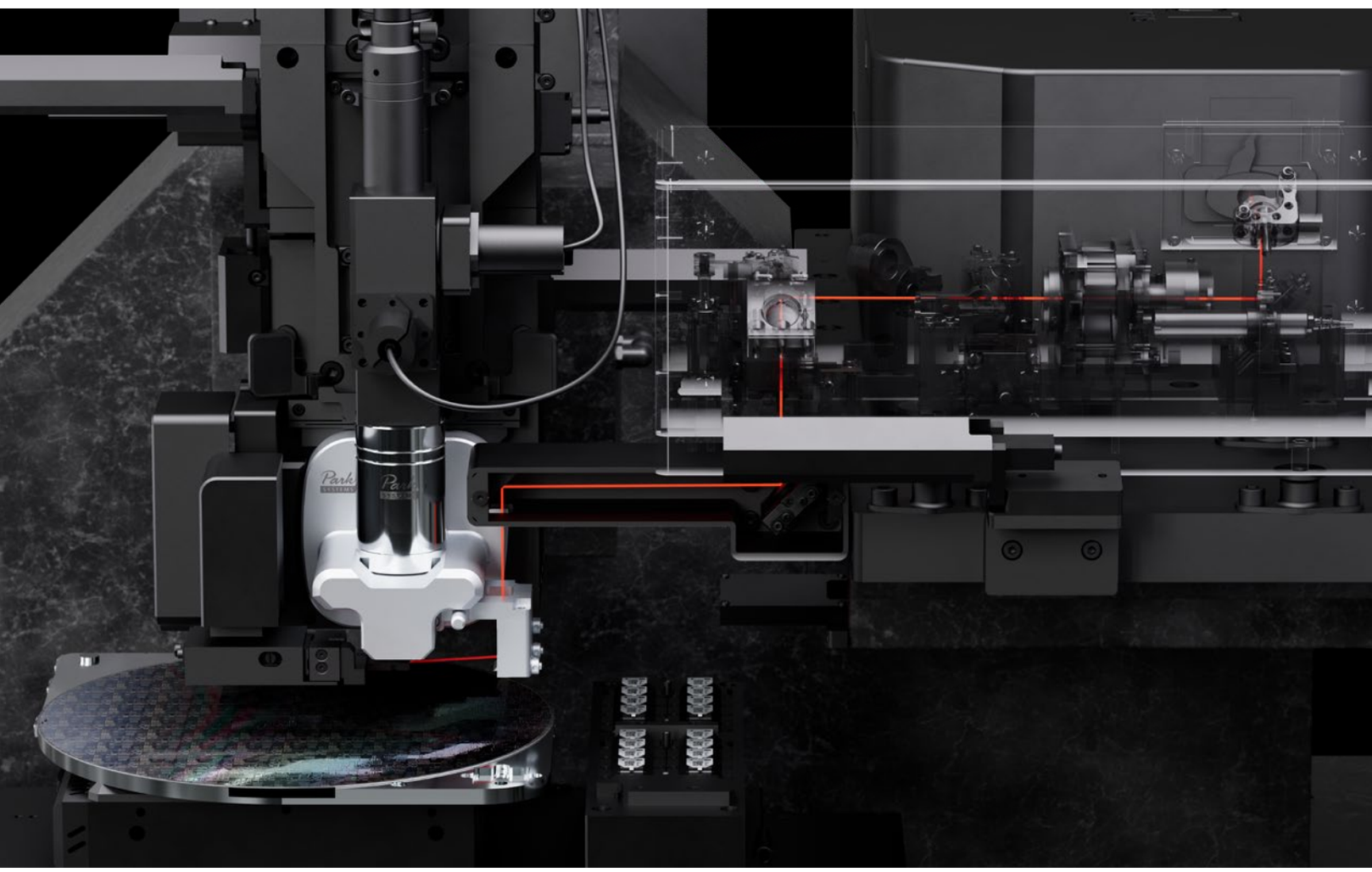
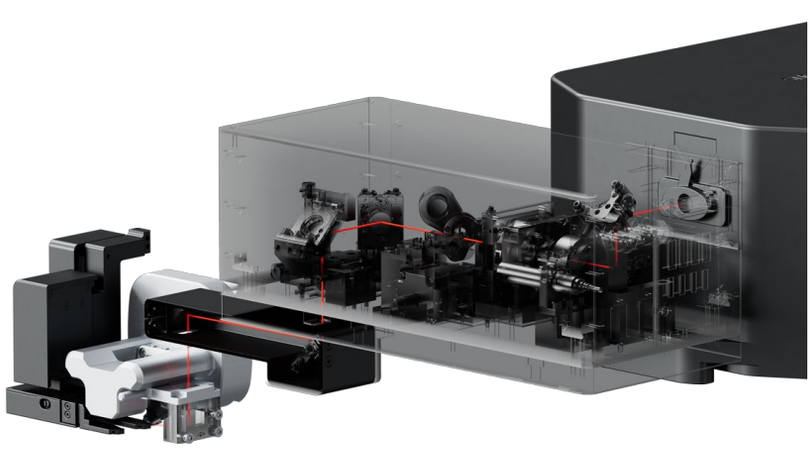
Park Nano-IR Spectrometers

AFM과 나노스케일 IR 분광기술의 결합





Park SYSTEMS

파크시스템스의 나노 IR 분광기는 원자현미경(AFM)과 광유도력 현미경(PiFM) 기술을 통합한 제품군입니다. 이 혁신적인 플랫폼은 AFM 기능을 완벽하게 유지하면서 나노스케일의 분자 진동 매핑을 제공하므로 종합적인 표면 형상, 나노기계, 전기, 열 특성 분석이 가능합니다.

나노 IR 모드를 통해 화학 조성과 표면 형상을 동시에 분석할 수 있는 Park 나노 IR 분광기는 반도체, 고분자, 박막, 2D 소재 및 기타 첨단 소재의 나노스케일 IR 분광 및 이미징에 적합합니다.

Park Nano-IR Spectrometers 주요 기능

정밀한 화학적 특성 분석에 최적화

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

FX AFM의 모든 장점을 융합한 플랫폼

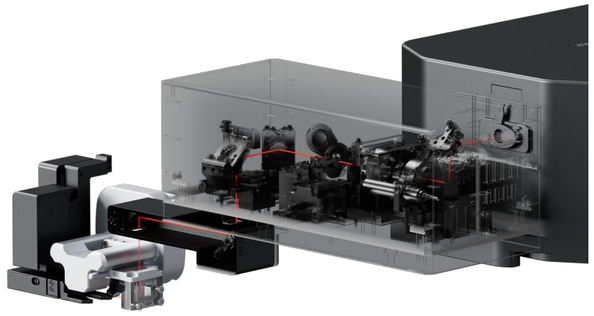
- 우수한 FX 제품군의 기계적 설계 기반
- 직교 스캔 시스템
- True Non-contact™ 모드
- 자동 프로브 교체
- 레이저 빔 자동 정렬

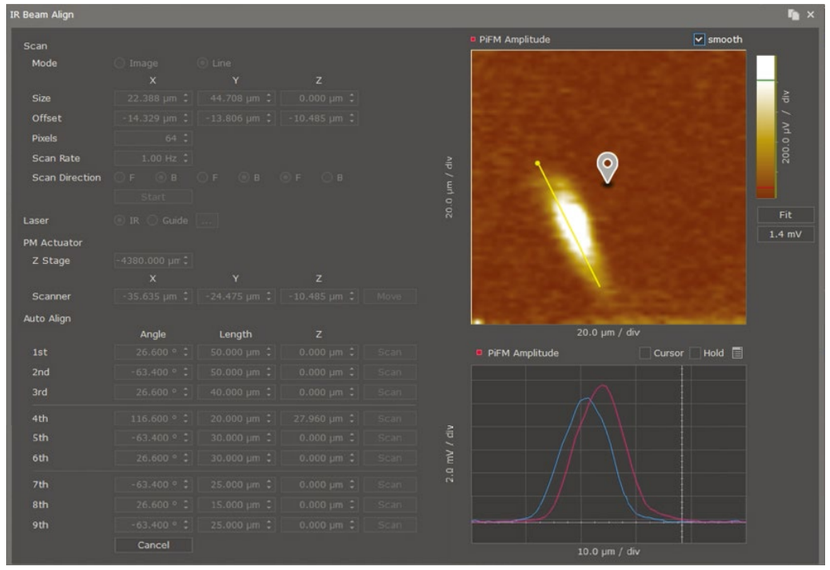
Park Nano-IR Spectrometer

최첨단 AFM 기술을 활용한 나노스케일 IR 분석

나노스케일 IR 측정을 위한 자동화 워크플로

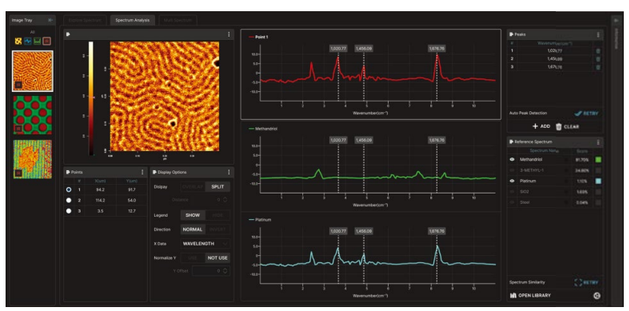
파크시스템스의 나노 IR 분광기는 검증된 FX 플랫폼을 기반으로, 프로브 자동 교체와 비전 기반 AFM 레이저 빔 자동 정렬 등 다양한 자동화 기능에 더해, IR 측정까지 구현할 수 있습니다. 나노 IR 측정 신호의 실시간 피드백을 통해 최적의 빔 위치를 찾아내는 완전 자동 IR 빔 정렬 루틴을 제공합니다.





SmartScan™을 통한 IR 빔 자동 정렬

SmartScan™은 IR 빔 자동 정렬 기능을 제공합니다. 파라볼릭 미러(PM) 액추에이터를 사용하여 풀 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™를 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.

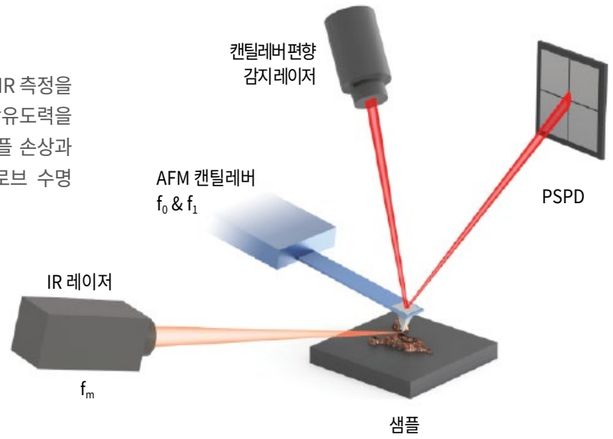
Park Nano-IR Spectrometer

비접촉식 고분해능 화학 이미징

True Non-contact™ IR 측정

나노 IR 분광기는 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.

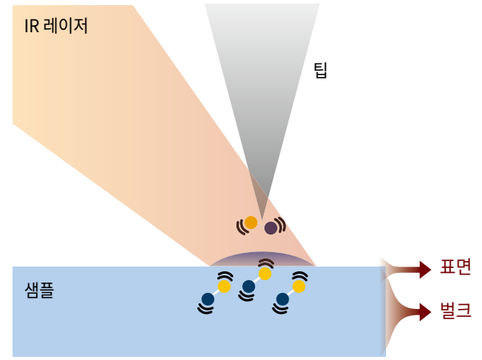


샘플 특성에 따른 스마트 감지 모드

나노 IR 분광기는 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.

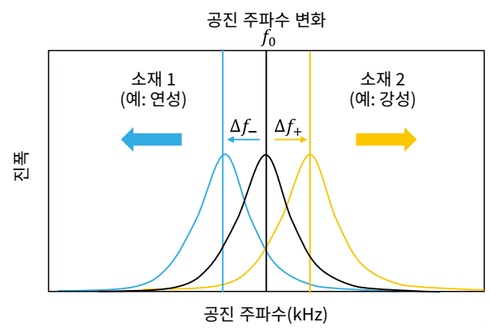
사이드밴드 모드는 차이 주파수(f_1–f_0)에서 레이저를 변조하여, 팁과 샘플 계면의 비선형 상호작용을 정밀하게 감지합니다. 배경 신호를 억제하고 국소 화학 대비를 향상시킴으로써, 복잡하거나 이질적인 표면의 미세 구조를 고해상도로 분석할 수 있습니다.



나노 IR 이미지 안정화를 위한 감지 주파수 최적화

안정적이고 일관된 고해상도 나노 IR 이미징을 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.

나노 IR 분광기는 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.

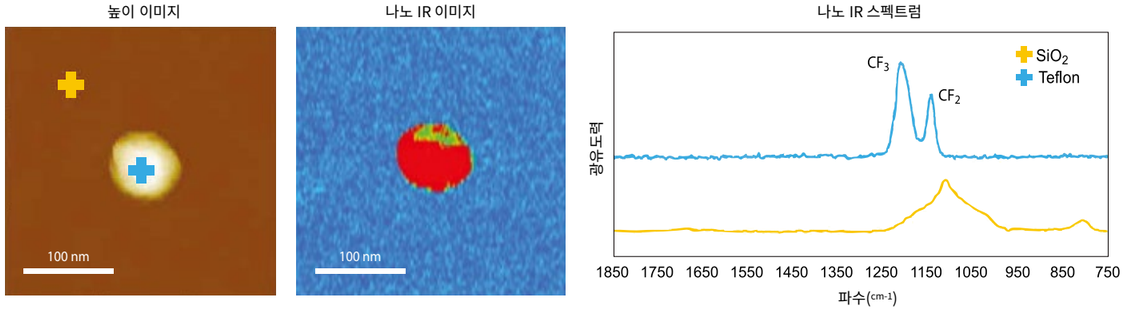


Park Nano-IR Spectrometers

다양한 애플리케이션 측정에 최적화

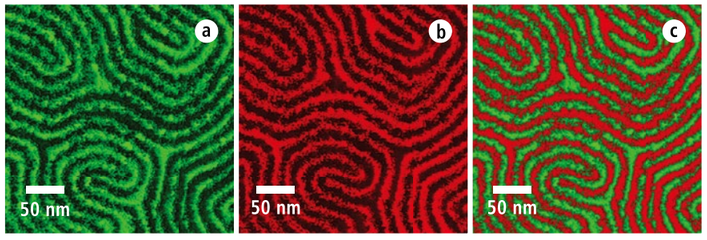
결함별 화학적 특성 분석

나노 IR 이미징을 통해 오염, 잔류물, 공정 이상과 같은 나노스케일 결함을 화학적으로 정밀 식별할 수 있습니다. 나노 IR 분석 예시에서 관찰된 결함 스펙트럼은 PTFE(테플론)과 일치함을 확인할 수 있습니다. 이러한 기능은 고급 결함 분석과 반도체 공정 모니터링에 특히 유용합니다. 또한 KLARF 파일 통합을 지원하여, 등록된 결함 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.

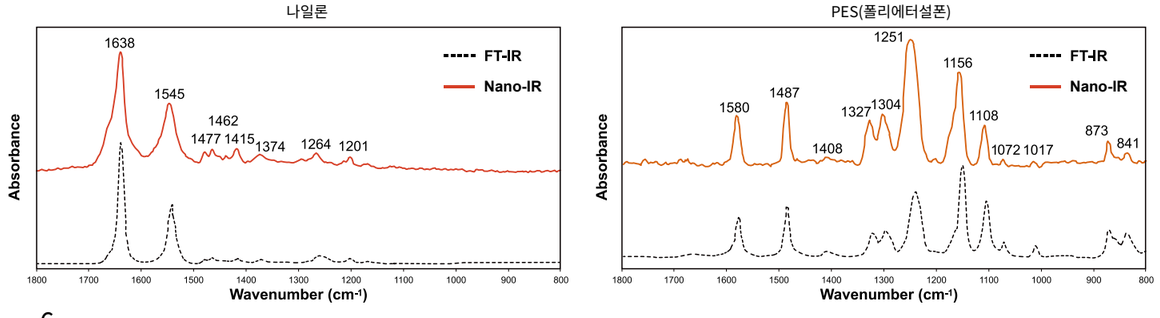


- PS-b-PMMA

ⓐ 1493cm-1에서 측정한 PS 소재의 나노 IR 이미지
ⓑ 1731cm-1에서 측정한 PMMA 소재의 나노 IR 이미지
ⓒ PS 소재와 PMMA 소재의 오버레이 나노 IR 이미지

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 보여줍니다. 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.



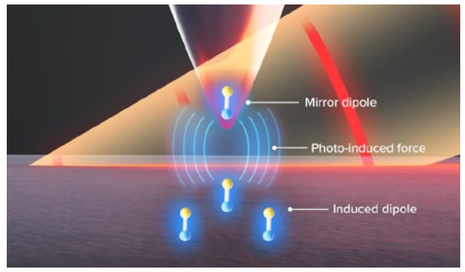
Park Nano-IR Spectrometer

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.

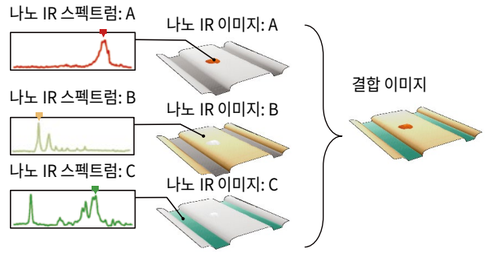
레이저 파장을 스윕할 때 캔틸레버 진동 진폭의 변화는 국소 IR 흡수를 직접 반영하며, 이를 통해 스펙트럼과 화학적 맵이 작성됩니다. 이러한 비침습적 접근 방식은 5 nm 이하의 공간 분해능과 단층 민감도를 제공하여, 나노스케일에서 분자의 화학적 특성을 정밀하게 분석할 수 있습니다. 이를 통해 분자 구성을 원자 수준에 가까운 해상도로 시각화할 수 있습니다.



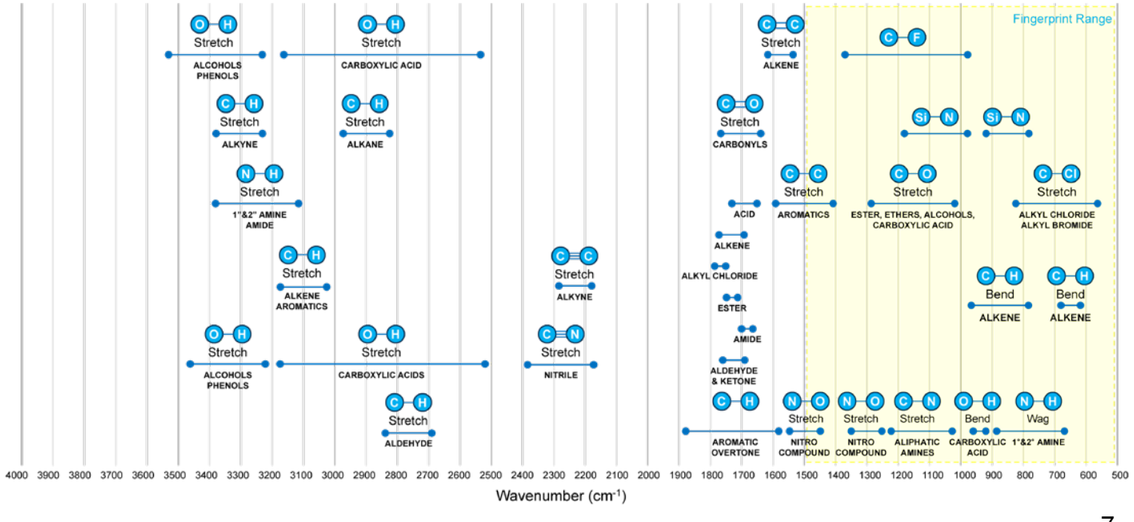
나노스케일 IR 분광 및 화학적 맵

나노 IR 분광기는 포인트 분광과 화학적 이미지 처리를 모두 지원합니다. 특정 샘플 위치에서 측정한 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 Nano-IR Spectrometers

기술 세부사양

● 기본 ○ 옵션 – 지원 불가

		FX40 IR	FX200 IR	FX300 IR
IR 레이저 옵션 (IR Laser Options)	QCL Laser (3 modules)	●	●	●
	Extended QCL Laser (4 modules)	○	○	○
	QCL + OPO Laser	–	○	○
	QCL + OPO/DFG Laser	–	○	○
선택 가능한 옵션 (Available Options)	Facility Controller	○	●	●
	XEA Software	–	○	○
	KnowItAll Software	○	○	○
외형 크기 및 무게 (Dimension and Weight)	Acoustic Enclosure (Outer)	970 mm × 990 mm × 1,530 mm	1,250 mm × 1,280 mm × 1,570 mm	1,250 mm × 1,280 mm × 1,570 mm
	Cabinet	1,200 mm × 900 mm × 1,700 mm	1,200 mm × 900 mm × 1,890 mm	1,200 mm × 900 mm × 1,890 mm
	Total Weight (AFM Body + AE)	920 kg	2,290 kg	2,340 kg
요구되는 환경 (Required Environment)	Acoustic Noise Level	65 dB		
	Floor Vibration Level	VC-D (6.25 μm/sec)		
	Power	2.3 kW (Maximum)		

- Specifications, including dimensions and weight, may differ depending on the laser configuration.
- 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
- OPO Laser: 7,117 – 4,950 cm^{-1} and 4,385 – 2,281 cm^{-1} typical
- OPO/DFG Laser: 7,117 – 4,950 cm^{-1}, 4,385 – 2,281 cm^{-1} and 806 – 589 cm^{-1} typical

AFM 모드

- Topographic Imaging
  - Contact Mode
    - Constant Height Mode
    - Constant Force Mode
    - Fast imaging Mode (FiM) ** (Only for FX200 IR / FX300 IR)
  - 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)
- Thermal Properties
  - Scanning Thermal Microscopy (SThM) *
    - Temperature Mapping
    - Thermal Conductivity Mapping
- Nanolithography & Manipulation
  - Nanolithography *
  - Nanomachining *
- 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)

** 추가 옵션이 필요합니다.*
*** 파크시스템스에 문의 바랍니다.*

Park SYSTEMS
www.parksystems.com