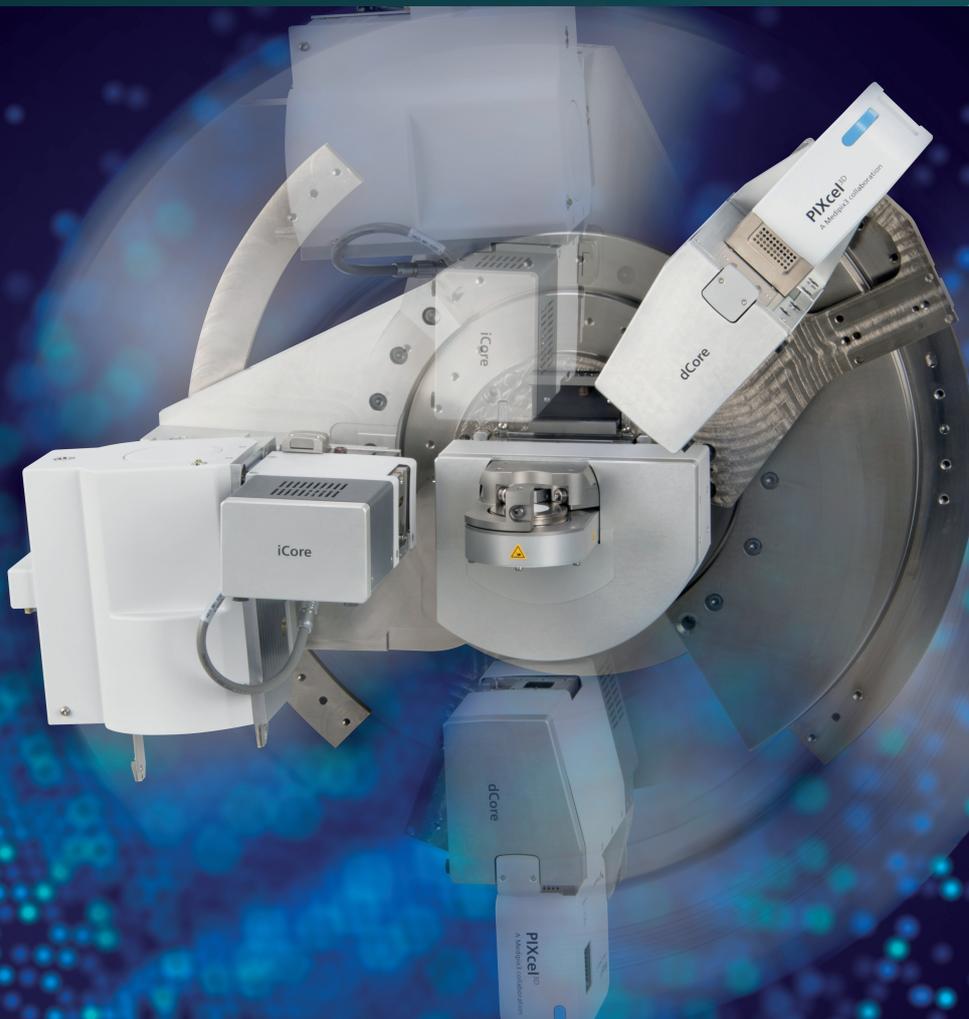




**Malvern
Panalytical**
a spectris company

Empyrean MultiCore

인기 있는 XRD 응용 분야를 위한 탁월한 사용 편의성 및 자동화



XRD 자동화의 새로운 표준

Empyrean Multicore는 업계 및 학계에서 가장 널리 사용되는 XRD 응용 분야를 위해 손쉬운 자동화 기능과 최고 수준의 성능을 결합한 다목적 X선 회절분석기입니다.

Empyrean은 2010년부터 X선 회절, 산란 및 이미징의 표준을 정립하여, 분석가에게 분말부터 박막, 나노물질에서 고형 물체에 이르는 모든 물질에서 가장 광범위한 측정이 가능한 최상의 성능을 제공합니다.

Empyrean Multicore는 완전 자동화된 입사빔과 회절 빔 광학 장치(iCore 및 dCore) 및 사용하기 쉬운 소프트웨어를 통해 수동 개입 없이 광범위한 일상적인 실험을 수행할 수 있는 맞춤형 구성입니다.



정밀한 광학 장치와 탁월한 사용 편의성을 갖춘 Empyrean Multicore는 가장 얇은 에피택셜 필름(epitaxial film)부터 가장 거친 지질학 샘플까지, 일상적인 샘플 분석에 필요한 모든 것을 넓고 접근이 용이한 캐비닛에 담았습니다.

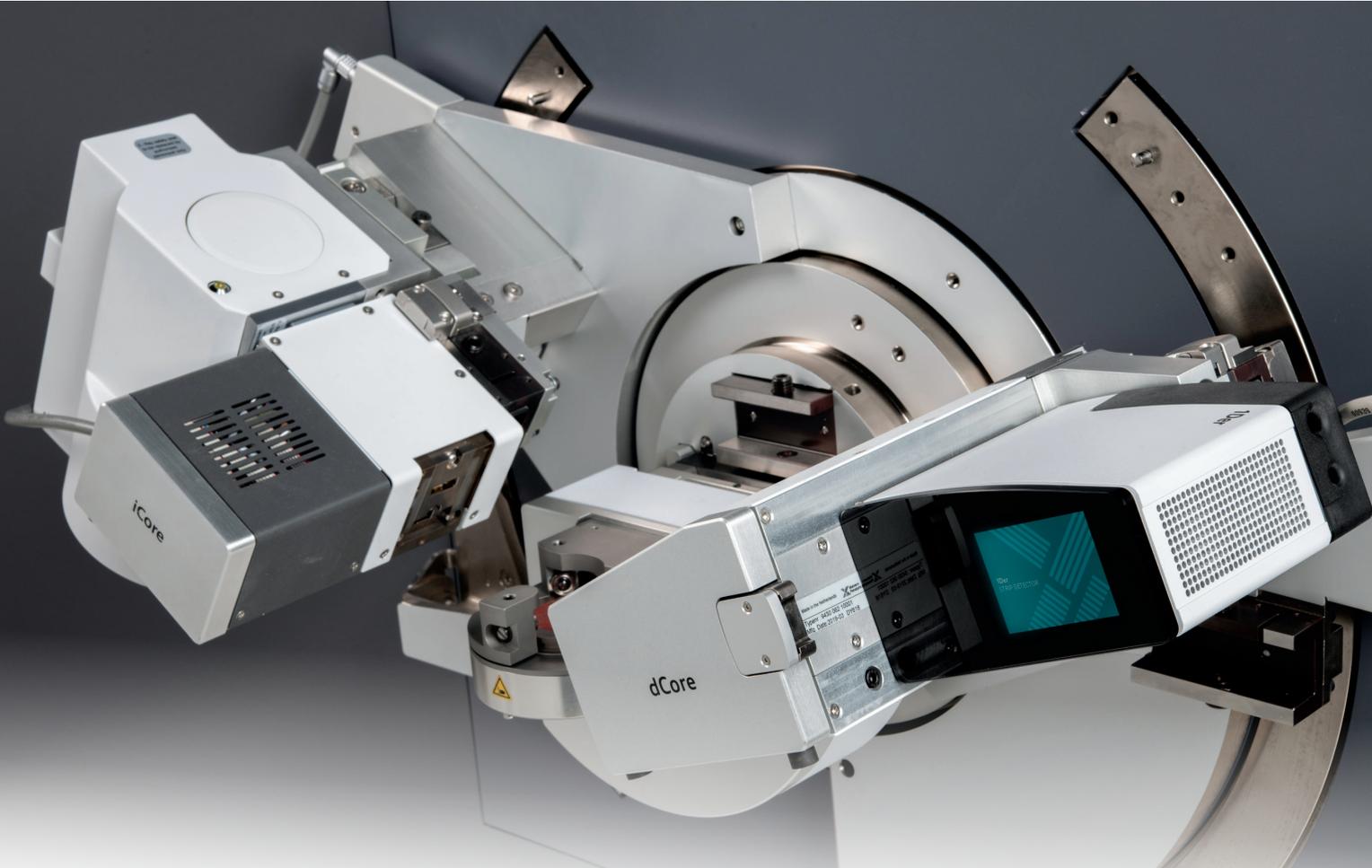
Empyrean Multicore의 핵심에는 **iCore** 및 **dCore** 모듈이 있으며, 이를 통해 다양한 측정 유형의 수집을 단일 배치로 자동화할 수 있습니다. 또한 자동 성분 설정 덕분에 규제 환경과도 완벽하게 호환됩니다.

따라서 대규모 배치의 신속한 처리가 필요한 산업 실험실이든, 사용하기 쉽고 오류 없는 설정이 필요한 학과 부서이든, Empyrean Multicore를 통해 매일 필요한 성능을 얻을 수 있습니다.

강도(intensity)와 분해능(resolution) 중 어느 것을 우선시해야 합니까?

기존 기기에서 이 질문으로 어려움을 겪고 계신다면 저희가 도와드리겠습니다.

Empyrean Multicore를 사용하면 측정 우선순위가 변경되는 상황에 쉽게 적응할 수 있습니다. 데이터 품질을 우선시한다면 고분해능을, 빠른 측정을 우선시한다면 고강도를 선택할 수 있습니다. 여러분에게 달려 있습니다!



Multicore의 핵심에 있는 광학 및 샘플 스테이지는 가장 인기 있는 다양한 XRD 실험에서 완전히 자동화되고 안정적인 작동과 탁월한 성능을 제공합니다.

Empyrean Multicore의 핵심

Cu 또는 Co X선 작업 시 새로운 Empyrean Multicore의 iCore 및 dCore 모듈을 사용하면 XRD를 처음 사용하는 사용자도 고급 기술을 쉽게 사용할 수 있습니다.

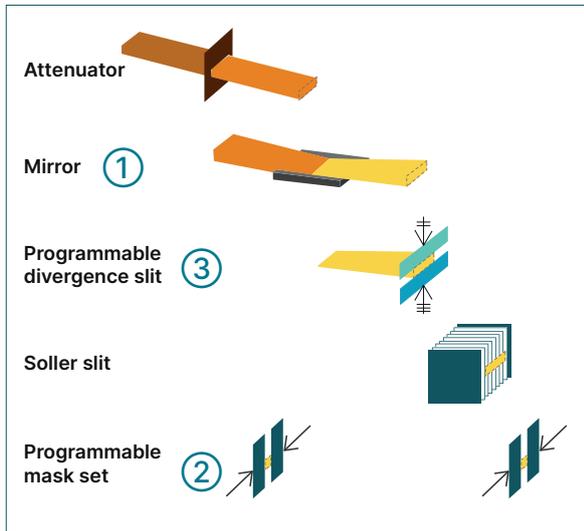
이러한 사용 편의성은 interactive optics를 통해 시스템이 하나의 측정 구성에서 다른 측정 성분으로 자동 전환될 수 있기 때문에 가능합니다. 개별 성분을 수동으로 변경해야 하는 복잡성이 모두 제거되고, 번거로움 없이 대규모 응용 분야에서 동일한 성능을 얻을 수 있습니다.

손쉬운 성능 구현을 위한 자동 성분 전환

아래에는 각 모듈의 모든 성분이 나와 있으며, 일상적인 성능에 가장 큰 차이를 만드는 다섯 가지 성분 기술(①~⑤)을 강조합니다.

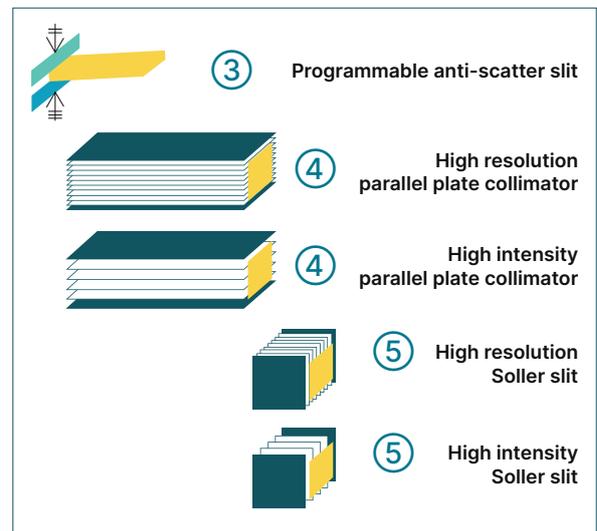
iCore

입사빔 광학 장치(incident-beam optics)



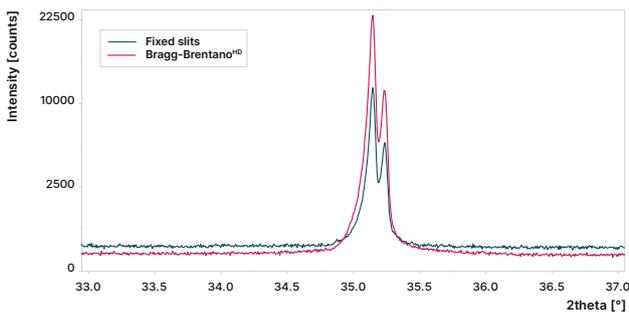
dCore

회절 빔 광학 장치(Diffracted-beam optics)



① 미러(Mirror)

Empyrean Multicore는 Malvern Panalytical의 검증된 폴 사이즈 Bragg-Brentano^{HD} 다층 미러를 사용하여 샘플에 단색 K α 방사선만 입사되도록 합니다.



이는 다음을 의미합니다.

- 백그라운드 레벨이 감소하고 최소 검출 한계가 개선됩니다.
- 형광 배경이 제거됩니다.
- 다양한 측정 유형을 수용할 수 있습니다.

그림 1. 두 가지 광학 구성(일치하는 피크 모양을 만들기 위해 선택)을 사용한 NIST 기기 반응 표준 SRM1976b의 분석: ¼° (빨간색)로 설정된 기존 프로그래밍 가능 발산 슬릿(PDS) 및 Empyrean Multicore Bragg-Brentano^{HD} 미러(파란색). 후자는 명확하게 더 높은 강도와 더 낮은 배경을 보여주고, 완벽한 단색 K α 방사선을 사용하는 이점을 보여줍니다.

② 프로그래밍 가능한 마스크 세트(Programmable mask set)



Empyrean Multicore의 iCore 모듈에 사용되는 프로그래밍 가능한 발산 마스크 세트를 사용하면 마스크 너비를 독립적으로 제어할 수 있습니다(0.1mm까지). 이렇게 하면 입사빔의 폭을 정밀하게 제어할 수 있는 빔 터널이 생성됩니다.

이는 다음을 의미합니다.

- 빔 폭이 샘플 폭과 완벽하게 일치합니다.
- 공기 및 샘플 홀더로부터의 산란이 최소화됩니다.
- 신호 대 백그라운드 비율(Signal-to-background ratios)이 개선됩니다.

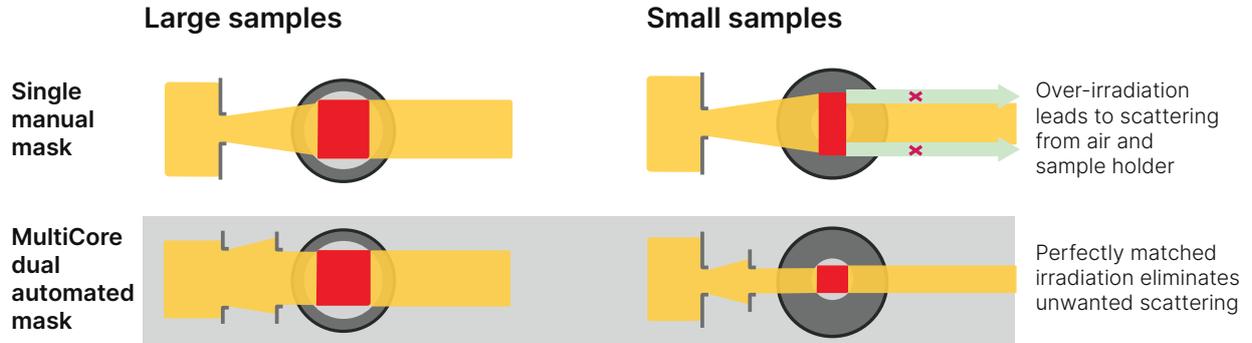


그림 2. Empyrean Multicore에 사용되는 프로그래밍 가능한 마스크 세트는 크기에 관계없이 모든 샘플에 완벽하게 일치합니다.

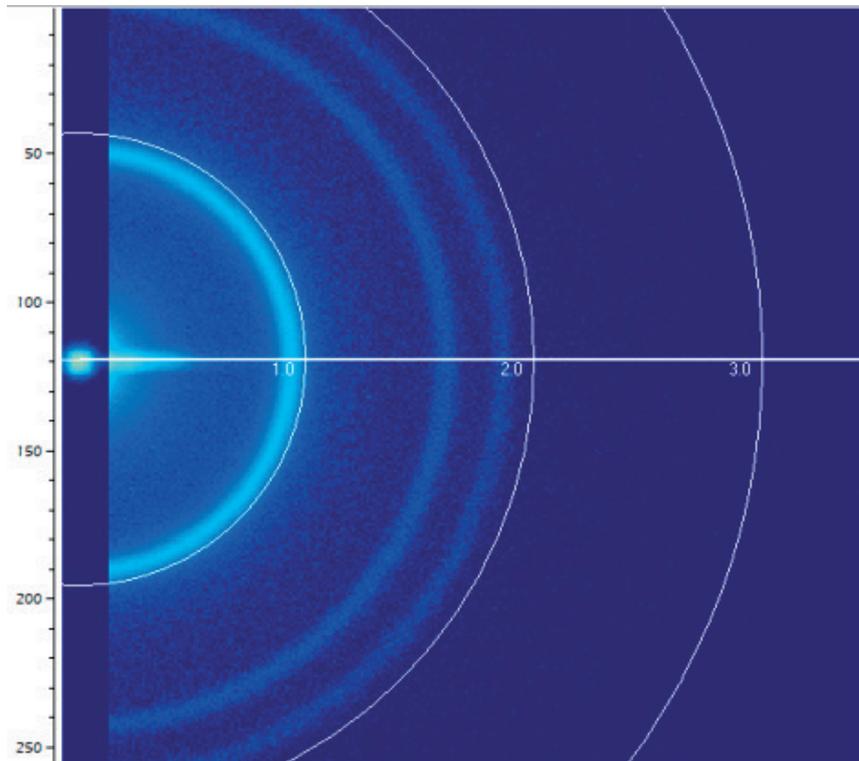
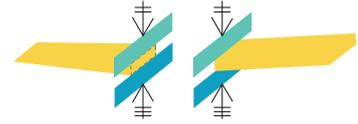


그림 3. SBA-15 중다공성 실리카 분말(PIXcel^{3D} 검출기 및 SAXS/WAXS 스테이지 사용)의 2D 회절 이미지는 낮은 각도에서 완벽한 Debye-Scherrer 링을 보여줍니다. Empyrean Multicore의 프로그래밍 가능한 마스크는 최소 0.1mm의 크기를 지원하므로 이러한 유형의 이미지를 쉽게 얻을 수 있으며 샘플 표면에서 '마이크로 매핑'을 수행할 수도 있습니다.

③ 프로그래밍 가능한 발산 및 산란 방지 슬릿(Programmable divergence and anti-scatter slits)

기존의 비대칭 슬릿과 달리 Emperyen Multicore에 사용되는 프로그래밍 가능한 발산 슬릿(PDS)과 프로그래밍 가능한 산란 방지 슬릿(PASS)에는 각각 독립적으로 움직일 수 있는 블레이드가 2개 있습니다.



이는 다음을 의미합니다.

- 조사 길이(irradiation length)와 관찰 길이(observation length)를 샘플 길이와 정확히 일치하도록 제어할 수 있습니다.
- 강도(intensity)는 대칭 슬릿 설계에 비해 최대 20%까지 증가할 수 있습니다.

Conventional symmetric slits MultiCore asymmetric slits

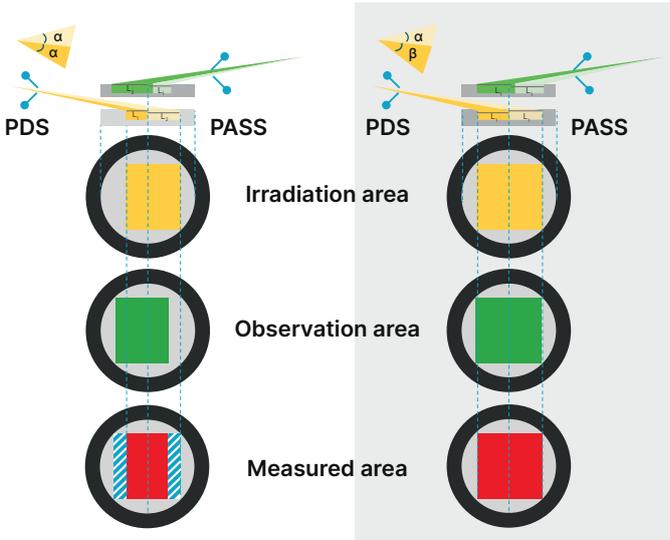


그림 4. 기존의 대칭 슬릿 설정(왼쪽)에서는 샘플의 일부가 측정에 영향을 주지 않습니다. MultiCore(오른쪽)에 사용되는 PDS 및 PASS 기술을 사용하면 샘플의 측정된 면적이 최대화됩니다.

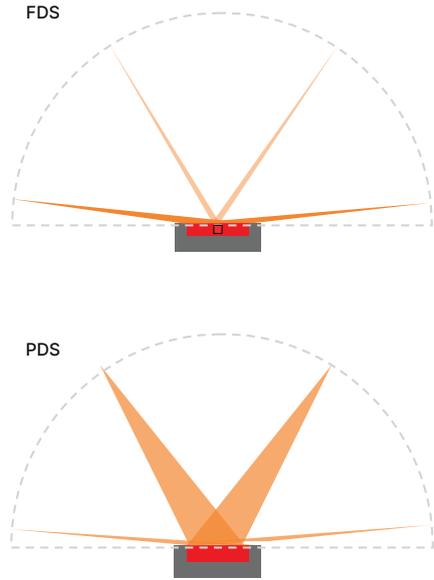


그림 5. 고정 발산 슬릿(FDS-Fixed Divergence Slit) 설정(상단) 또는 프로그래밍 가능한 발산 슬릿(PDS-Programmable Divergence Slit) 설정 중 어떤 것을 선호하든 Emperyen Multicore는 샘플 유형에 대한 최상의 측정 전략을 정의할 수 있는 유연성을 제공합니다.

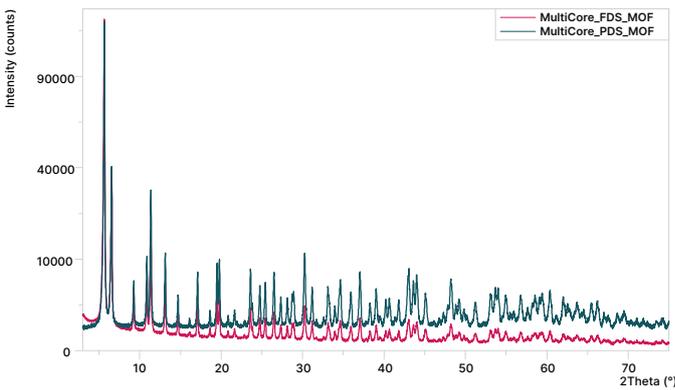


그림 6. FDS 설정(빨간색)과 PDS 설정(파란색)을 사용한 금속 유기 프레임워크의 스캔 비교 PDS를 사용하면 조사 및 관찰 영역이 스캔 범위 전체에서 일정하게 유지되므로 낮은 회절 피크를 높은 각도에서 쉽게 볼 수 있습니다.

빔 정형(Beam shaping) - Emperyen Multicore의 고유한 장점

샘플에 맞게 빔 모양을 자동으로 조정할 수 있는 기능은 Emperyen Multicore만의 고유한 기능입니다.

이 ‘빔 정형(Beam shaping)’ 기술을 사용하여 빔 크기를 2차원으로 제어함으로써 회절 강도가 증가하고 배경 신호가 기존 설정에 비해 최소화됩니다.



④ 평행 시준기(Parallel-plate collimators)

Empyrean Multicore는 폴 사이즈 **고분해능 및 고강도 평행 시준기(PPC)**를 갖추고 있어 2세타 방향을 따라 빔의 **적도 발산**을 제어합니다.

이 폴 사이즈는 다음을 의미합니다.

- 피크가 더 선명해져 분해능이 높아집니다.
- 샘플 유형 및 필요한 측정 속도에 따라 강도 또는 분해능을 최적화할지 여부를 결정할 수 있습니다.

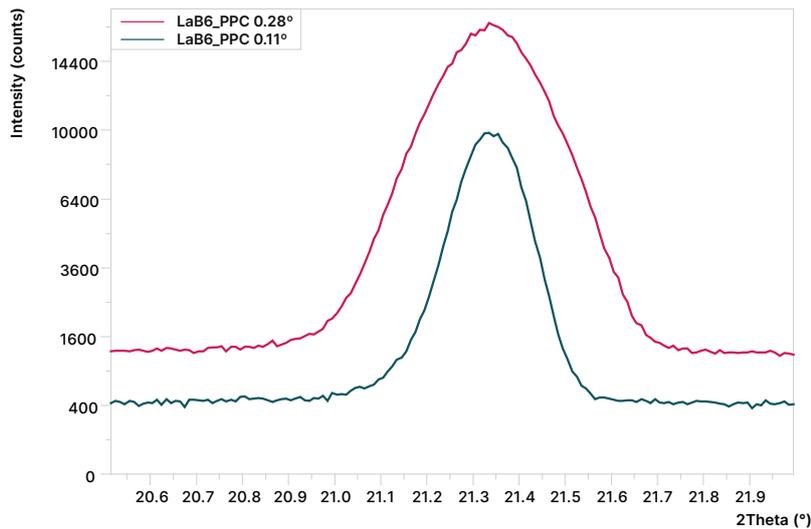
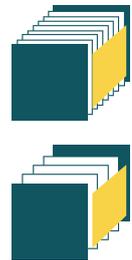


그림 7. 0.11°(파란색) 및 0.28°(빨간색)로 설정된 평행 시준기를 사용한 LaB₆ 분말 측정 비교 고강도 또는 고분해능.



⑤ Soller 슬릿(Soller slits)

Empyrean Multicore의 폴 사이즈 **고분해능 및 고강도 Soller 슬릿**은 빔 방향에 수직인 빔의 **축 발산**을 제어합니다.

이는 다음을 의미합니다.

- 피크가 더 날카로워져 특히 낮은 2세타 각도에서 더 높은 대칭 프로파일을 제공합니다.
- 샘플 유형 및 필요한 측정 속도에 따라 강도 또는 분해능을 최적화할지 여부를 결정할 수 있습니다.

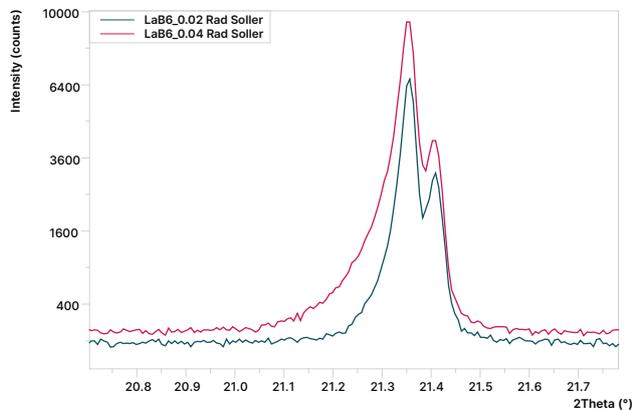


그림 8. 0.02 rad (파란색) 및 0.04 rad (빨간색)에서 Soller 슬릿을 사용하여 LaB₆ 분말의 측정 비교.

PPC와 Soller를 한 번에 사용할 수 있습니까?

XRR, GI-XRD, 응력(stress) 또는 텍스처 측정을 실행 중이라면 PPC와 Soller 슬릿을 조합하여 이러한 실험에서 최상의 분해능, 바탕값 비율 및 계수 통계를 얻을 수 있습니다. 또한 Empyrean Multicore의 dCore 모듈은 이러한 성분을 통합하는 9가지 방법을 제공하므로 실험을 위한 최고의 속도와 분해능을 제공합니다.

최적의 성능, 최소의 시간

Empyrean Multicore를 사용하면 성능과 효율성 사이에서 타협할 필요가 없으며, 다른 시스템에서는 제공되지 않는 다양한 기능을 활용할 수 있습니다. 다음 세 페이지에서는 Empyrean Multicore를 사용하는 것이 좋은 이유에 대해 간단히 설명 드리겠습니다.

완전히 유연한 자동화 실험 전환

기존의 XRD 시스템은 광학 장치 전환을 위한 수동 개입이 필요합니다. 이것은 그 자체로 시간이 오래 걸릴뿐만 아니라 모든 실험을 수동으로 최적화 (상당한 가동 중지 시간이 발생)하거나 야간 배치 실험 (불가피하게 일부 실험을 최적화되지 않은 설정에서 실행하는 것을 의미) 중에서 선택해야 하는 경우가 많습니다.

Empyrean Multicore는 다양한 완전 자동화 실험 및 샘플 유형을 원하는 순서로 실행할 수 있으므로 이러한 절충과 어려운 선택을 해소할 수 있습니다.

- 기존 광학 장치와 샘플 교환기만 있다면 무인 배치(예: 야간)를 실행할 수 있지만 실험은 동일해야 하므로 강도와 분해능이 유연하지 않습니다.



기존 XRD 기기

- 유연한 수동 시스템을 사용하는 경우, 수동 마스크 변경, 재구성, 간단한 휴식 시간 등 다음 단계로 넘어가기를 기다리는 경우가 많기 때문에 시스템 효율성이 제한됩니다.



48개 위치 샘플 교환기가 장착된 Empyrean Multicore

- 사전 정의된 측정 프로그램을 사용하여 샘플을 로드하고 '시작'을 누르면 처음부터 시간이 절약됩니다.
- 실험 또는 샘플 유형에 관계없이 최대 48개의 샘플 배치를 연속적으로 실행할 수 있으므로 시간을 절약하고 최적화된 구성의 이점을 누릴 수 있습니다.



그림 9. Empyrean Multicore를 사용하면 기존 XRD 시스템과 비교하여 시간을 절약하고 실험을 최적화할 수 있습니다.



눈으로 직접 확인하는 성능

책상에서 그대로 응용 분야 전문가가 제공하는 Empyrean 데모를 시청하십시오!



그림 10. 자동화된 구성 옵션을 보완하기 위해 Empyrean Multicore의 배치 측정을 위한 15개 위치 샘플 매거진은 분말에서 나노 입자, 고체에서 박막에 이르는 광범위한 샘플 유형을 지원합니다.

뛰어난 저각(low-angle) 성능

더 큰 구조적 특징을 측정하는 데 중요한 저각(low-angle) 실험에는 매우 좁은 고강도 X선 빔이 필수적입니다.

그림 11에 나와 있는 것처럼 Empyrean Multicore는 잘 제어되는 빔과 특허받은 저각 샘플 홀더 덕분에 이러한 실험에서 탁월한 성능을 제공합니다. 중요한 것은 빔 나이프를 사용하지 않고도 좁은 빔을 얻을 수 있기 때문에 전송(transmission), 응력(stress) 및 입계각 입사(grazing-incidence) 데이터도 획득할 수 있습니다.

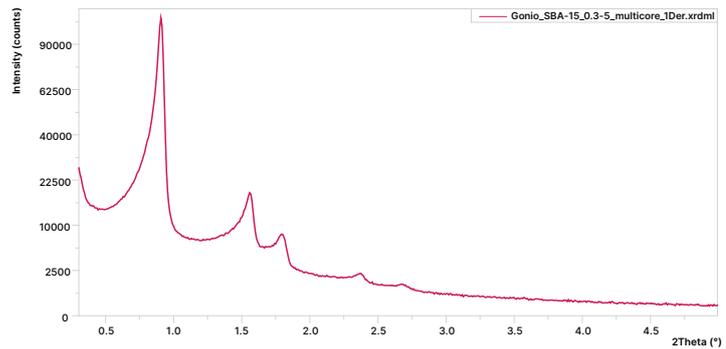


그림 11. 직경 ~10nm의 균일한 육각형 공극을 포함하고 Empyrean Multicore를 사용하여 측정된 중다공성 실리카(SBA-15) 샘플. 이 데이터는 타이트한 고강도 X선 빔 덕분에 매우 낮은 각도(첫 번째 데이터 포인트는 0.3° 2θ, 강도는 제곱근 눈금에 있음)에서 높은 분석 품질을 보여줍니다.

효과적인 형광 억제

형광을 보이는 샘플의 경우 배경 형광을 제거하는 것이 매우 중요하며, 그림 12에서 볼 수 있듯이 1Der 검출기의 우수한 에너지 분해능은 훌륭한 해결책입니다.

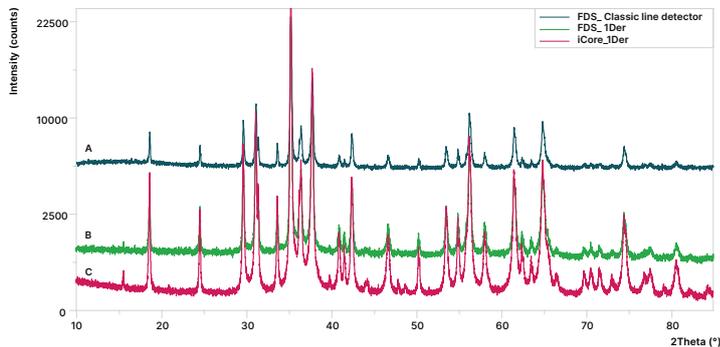


그림 12. Empyrean Multicore에서 단일 스캔을 사용한 Cr_2CuO_4 , Cr_2O_3 및 CrCuO_2 의 혼합물 분석(주 피크가 정규화됨) (A) 고정 슬릿(FDS) 및 기존 라인 검출기로 수집된 데이터로, Cr 및 Cu 형광으로 인해 발생하는 높은 수준의 바탕값 강도를 보여줍니다. (B) FDS 및 고에너지 분해능 1Der 검출기로 측정된 데이터로, Cr의 형광이 검출기에 의해 제거됨에 따라 바탕값 강도 수준이 현저히 감소한 것을 보여줍니다. (C) iCore와 1Der 검출기의 조합은 모든 형광(Cu 및 Cr)을 완전히 배제하여 신호 대 백그라운드 비율을 90배 개선합니다. 40°, 48°의 약한 피크가 이제 선명하게 보입니다.

고분해능 X선 반사 측정

박막의 층 두께 측정은 점점 중요해지고 있는 XRD의 응용 분야이며, 비파괴적 X선 반사율(XRR) 기술은 사용 편의성과 신뢰성 덕분에 '최고의 표준'으로 부상했습니다.

Empyrean Multicore를 사용하면 300nm 이상의 두께의 레이어를 분해할 수 있습니다.

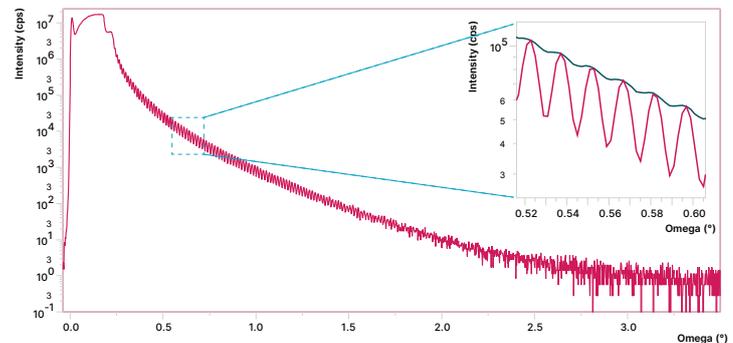


그림 13. Si에서 282nm SiO_2 층의 X선 반사율 곡선 삽도는 iCore(빨간색)에서 획득한 데이터와 Goebel 미러(파란색)이라고도 하는 포물선형 미러의 비교를 보여주며 iCore의 훨씬 높은 분해능을 보여줍니다.

모든 응용 분야를 위한 실험 옵션

X선 회절은 100년이 넘는 기간 동안 물질 분석을 위한 기본 분석 방법이었습니다. 따라서 물질을 연구하거나 가공하는 곳이면 어디에서나 X선 회절분석기를 찾아볼 수 있습니다.

Empyrean Multicore는 모든 응용 분야 전반에 걸쳐 다양한 샘플 유형을 간편하게 자동 분석하여 다른 회절분석기보다 한 단계 더 앞서나갑니다. 아래 차트에서 제시한 바와 같이, 처음에는

광범위한 실험을 탐색하는 것이 어려울 수 있습니다. 하지만 당사 전문가의 도움을 받으면 모든 실험에 대해 자동화된 배치 측정을 자신 있게 설정하고 실행할 수 있습니다.

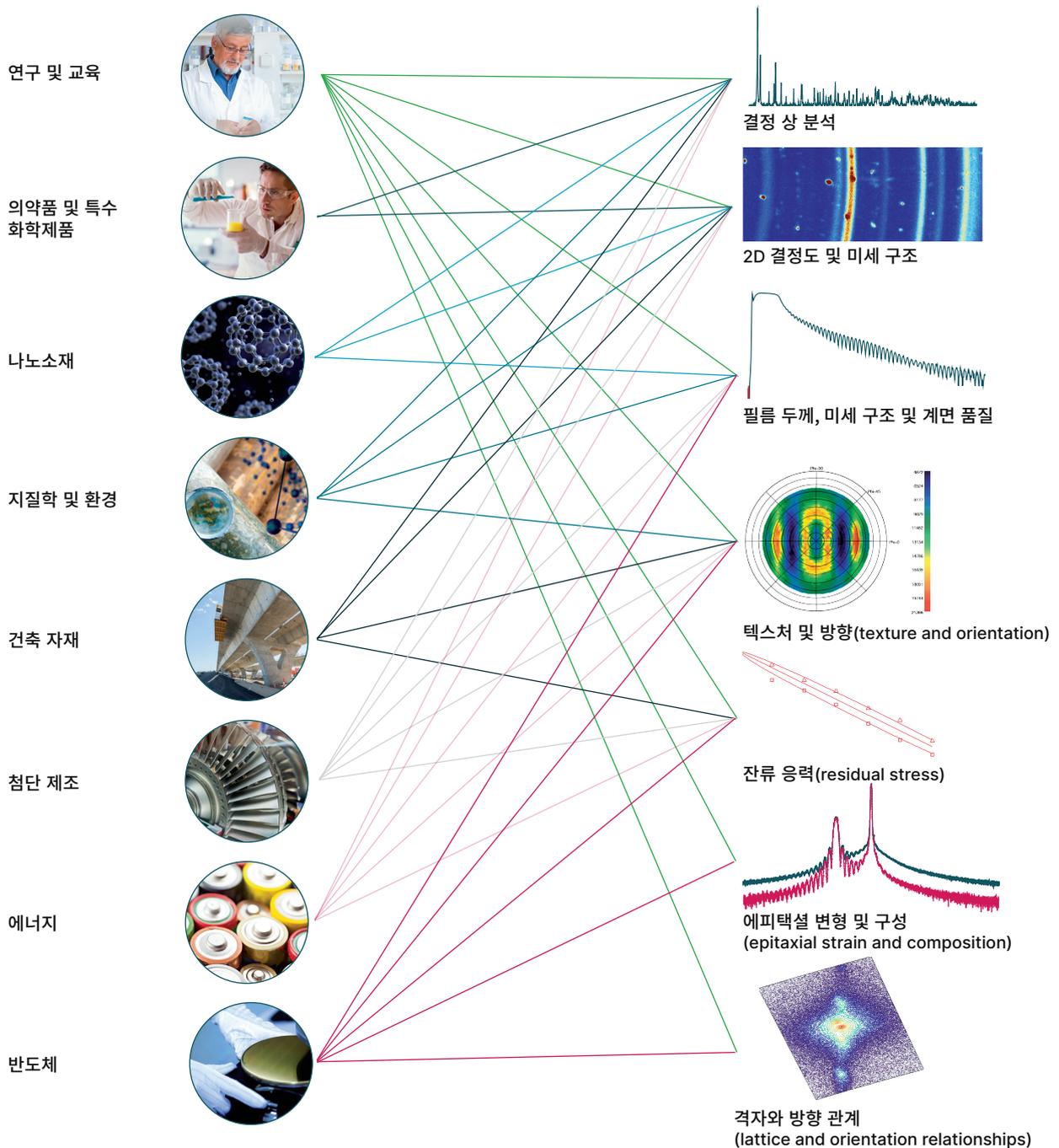


그림 14. Empyrean Multicore에서 사용할 수 있는 실험 제품군은 모든 응용 분야에서 XRD에서 필요한 모든 것을 제공합니다.

Non-ambient stages와의 호환성

Non-ambient 연구에서는 다양한 제어 온도, 습도 또는 전기화학 조건에서 샘플을 측정합니다. Empyrean Multicore는 이러한 요구 사항을 쉽게 수용할 수 있습니다.

예를 들어, 온도 제어 연구 중에 열팽창으로 인해 샘플 높이가 변경될 수 있습니다. Multicore Optics는 프로그래밍 가능한 Z 스테이지를 사용하여 샘플의 표면을 스캔하므로 이러한 높이 이동 오류를 제거합니다.

뿐만 아니라 전동식 부품과 최적화된 설정을 통해 높은 데이터 품질을 보장하여 온도에 영향을 받는 피크에 대한 정확한 위치 이동과 위상 전이에 대한 신뢰할 수 있는 데이터를 제공합니다.

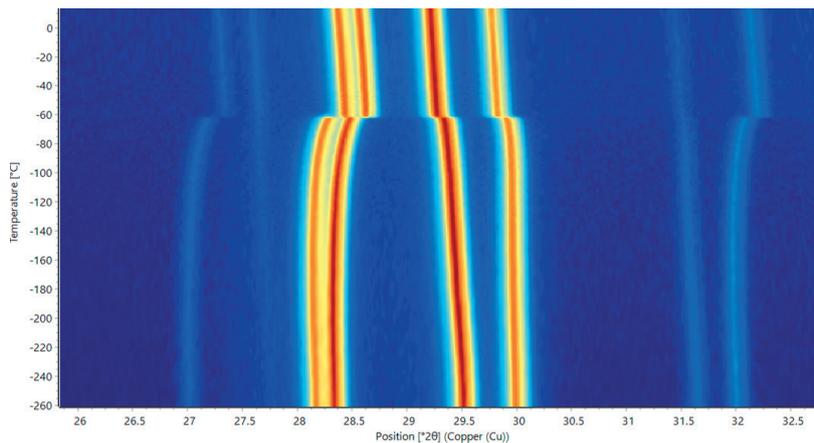


그림 15. 이 2D 플롯은 강유전체 물질 (NH_4)₂SO₄ 샘플의 회절 강도(파란색에서 빨간색까지의 범위)가 2θ 각(x축)과 온도(y축)에 따라 어떻게 변하는지 보여줍니다. 실온에서 냉각되면 -61°C 에서 갑작스러운 피크 변위(상유전체에서 강유전체로의 결정 상 전이를 나타냄)가 관찰되고, 추가로 냉각하면 피크가 계속해서 -260°C 까지 점진적으로 감소합니다. 데이터는 Oxford Cryosystems의 Phenix 폐쇄형 냉동장치를 사용하여 Empyrean Multicore에서 수집되었습니다(위 그림 참조).

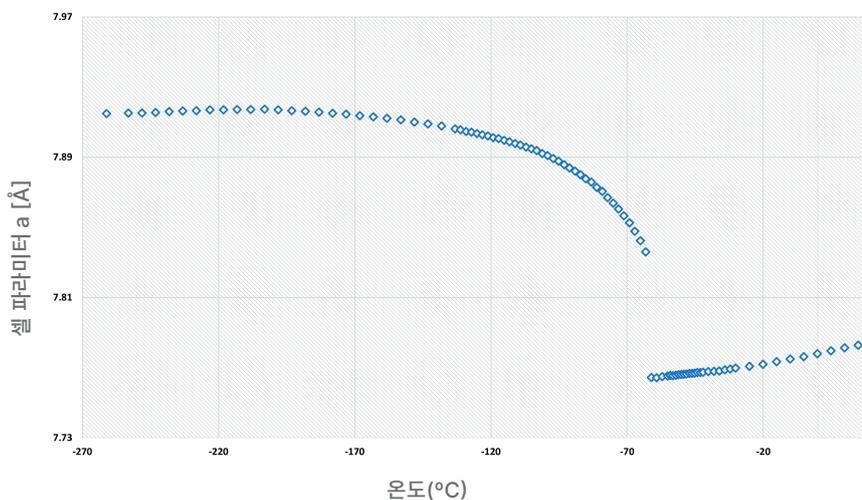


그림 16. 그림 15와 같이 동일한 물질에 대한 격자상수 a 와 온도 간의 관계. HighScore Plus의 스마트 사용자 배치 프로세스를 통해 구조 맞춤에 도달하면 이 대규모 데이터 세트의 셀 매개 변수가 자동으로 내보내집니다.

다결정 분말

다결정 물질의 분석은 아마도 XRD의 가장 일반적인 응용 분야일 것입니다. Empyrean Multicore는 분말과 고체 모두에 존재하는 상의 식별, 분포 및 속성에 대한 자세한 정보를 제공할 수 있습니다. 샘플은 평평한 홀더 또는 모세관으로 지지할 수 있으며, 특수 단계에서는 non-ambient 측정을 허용합니다.

다중 위상 정량화

Empyrean Multicore는 혼합물 내 결정상 정량화를 위한 높은 데이터 품질과 빠른 속도를 제공합니다. 검출 한계는 0.1 wt% 미만으로, 학계 및 제약 응용 분야에서 물질의 순도를 평가하는 데 이상적인 설정입니다.

분말 샘플의 일상적인 측정

일상적인 작업에서 샘플은 일반적으로 시퀀스의 일부로 수동 또는 자동 배치로 측정됩니다. 그러나 인접한 샘플의 표면 크기와 볼륨은 매우 다를 수 있으며, 기존 시스템에서는 최상의 데이터 품질을 생성하기 위해 발산 슬릿과 마스크를 수동으로 설정해야 합니다. Empyrean Multicore를 사용하면 최적의 빔 크기와 형태가 자동으로 설정되므로 일상적인 정보 수집이 간소화됩니다.

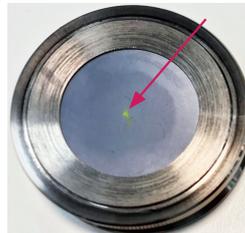
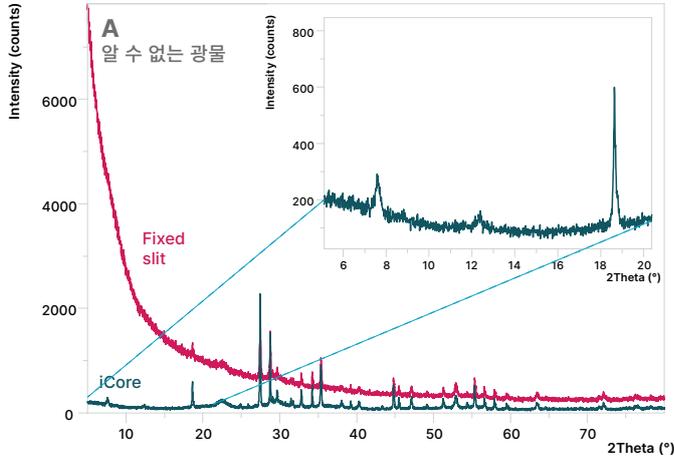
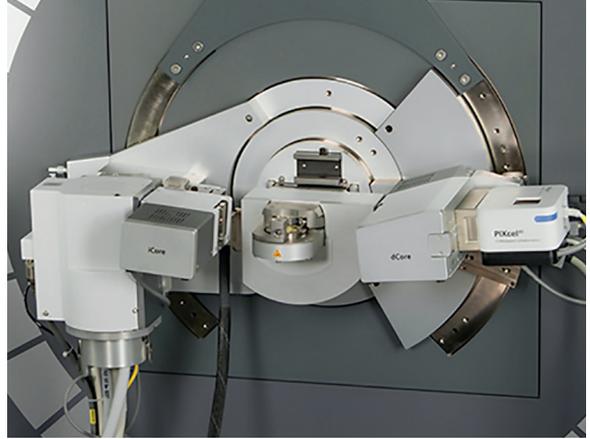
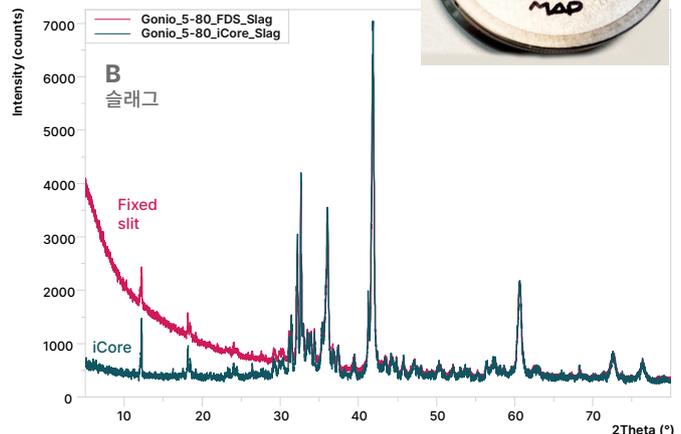


그림 17. Empyrean Multicore는 단일 시퀀스 내에서 완전히 다른 크기의 샘플에 정기적으로 적응할 수 있습니다. 이러한 적응성의 좋은 예는 여기에 표시된 한 쌍의 분석입니다. (A) 중앙에 있는 소량의 황색 분말 (화살표 참조), Si 제로 백그라운드 홀더 위에 장착된 지질 현장에서 채취한 알 수 없는 광물, (B) 표준 백로딩 홀더에 장착된 많은 양의 슬래그. 이러한 매우 다양한 샘플에 대한 Empyrean Multicore의 성능을 보여주기 위해 기존의 고정 슬릿(빨간색)과 빔 나이프(파란색)가 있는 전통식 iCore 모듈을 사용하여 획득한 중단 없는 데이터를 보여줍니다.



나노소재

크기 분포, 표면 대 부피 비율, 응집 특성 등 나노 물질의 다양한 특성은 그 거동과 응용에 중요한 역할을 합니다. Empyrean Multicore는 정보가 풍부한 소각 X선 산란 (Small-angle X-ray Scattering, SAXS) 기법을 사용하여 위상의 순도를 쉽게 결정하고 나노 구조적 특성을 파악합니다.

상 식별 및 미량 분석

일반 분말 회절은 나노 결정 크기 및 미세 변형의 세부 정보와 함께 상 식별 및 상 순도에 대한 정보를 제공합니다. 보완적인 방법으로 광각 X선 산란(WAXS)도 사용할 수 있습니다.

Empyrean Multicore의 광학장치는 반사 및 투과 스피너와 함께 작동하여 Powder XRD, WAXS 및 SAXS 데이터를 완전히 자동으로 수집할 수 있습니다.

SAXS를 사용한 크기 분포

소각 X선 산란(SAXS) 실험은 직접 빔에 가까운 투과 모드에서 수행되므로 광학 부품의 낮은 배경 산란과 함께 빔 경로를 철저히 제어해야 합니다.

Empyrean Multicore는 이러한 두 가지 기준을 모두 충족할 뿐만 아니라 PIXcel 검출기의 높은 동적 범위와 고분해능을 통해 감도 검출 기능을 제공합니다.

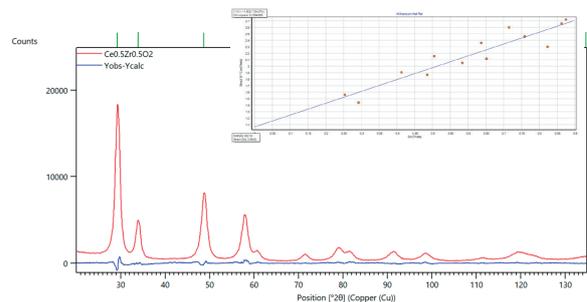


그림 18. $Ce_{0.5}Zr_{0.5}O_2$ 나노입자에 대한 WAXS 결과 삽도는 HighScore Plus를 사용한 Williamson-Hall 분석을 보여주며, 이는 평균 입자 지름이 $83 \pm 10 \text{ \AA}$ 임을 보여줍니다.

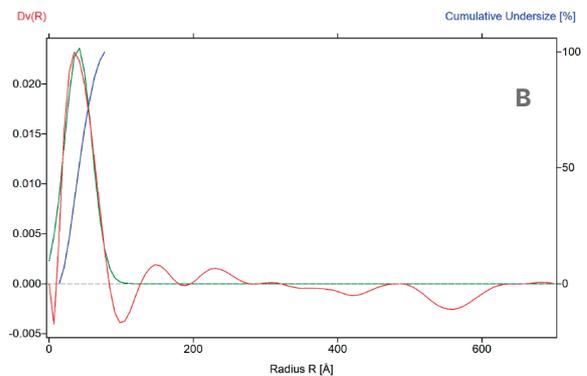
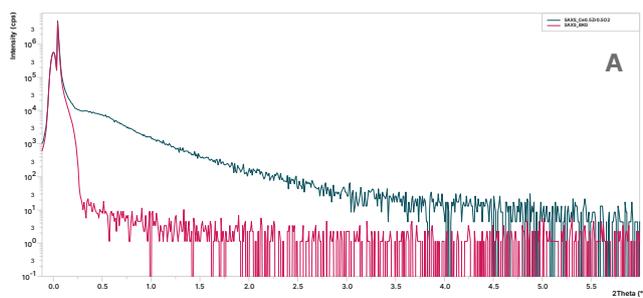


그림 19. 동일한 $Ce_{0.5}Zr_{0.5}O_2$ 나노입자에 대한 SAXS 결과 (A) (로그 스케일) SAXS 데이터(빨간색)와 시스템 배경(파란색)의 비교; (B) EasySAXS 소프트웨어를 사용하여 평균 입자 반경(R_{50})을 41 Å로 추후 측정, 그림 18에 표시된 WAXS 분석과 일치.

고체 물질



현대 첨단 엔지니어링, 적층 제조 및 고고학 연구의 경우 샘플은 비파괴적으로 검사해야 하는 고체 조각인 경우가 많습니다. 이러한 샘플은 종종 최상의 데이터 품질과 정확성을 위해 평행 빔 지오메트리(parallel beam geometry)로만 분석할 수 있는 평행하지 않은 표면을 가지고 있습니다. Multicore Optic의 유연한 평행 시준기를 사용하면 잔류 응력 및 텍스처 분석을 더 빠르고 정확하게 수행할 수 있습니다.

잔류 응력(Residual stress)

물질의 잔류 응력을 분석하는 것은 다양한 다결정 재료, 특히 경화강(hardened steels), 용접 이음, 세라믹 및 새로운 물질의 안전성과 내구성을 보장하는 데 유용합니다.

잔류 응력 분석은 다양한 방법으로 수행할 수 있으며 Empeyan Multicore는 광범위한 샘플 단계를 사용하여 기존의 모든 기술을 지원합니다.

예를 들어, dCore 모듈에서 고분해능 또는 고강도 평행 콜리메이터를 사용하면 재질에서 격자 간격 간의 차이를 빠르고 정확하게 파악하여 잔류 응력이 있는지 확인할 수 있습니다. 또한 Stress Plus 소프트웨어를 사용하면 분석 루틴을 완전히 자동화할 수 있습니다.

텍스처(Texture) 측정

텍스처 분석은 기계적 강도 및 성형성과 같은 속성을 제어하기 위해 금속 생산에 매우 중요합니다. 이러한 분석은 샘플을 기울이고 회전시켜 가능한 모든 방향('극점도')에 대해 주어진 반사의 강도 분포를 생성함으로써 수행됩니다.

Empeyan Multicore는 (3축 또는 5축) 크래들을 사용하여 데이터를 자동으로 수집함으로써 이 프로세스를 간소화합니다. 'Texture' 소프트웨어 모듈을 사용한 후속 데이터 분석은 결정체에 대한 방위 분포 함수(ODF)를 생성하는 데 사용됩니다.

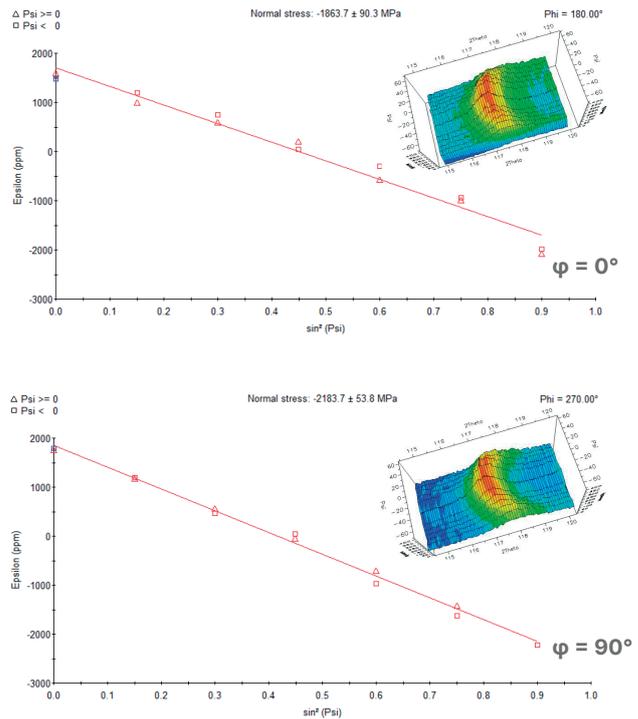


그림 20. 두 수직 방향에서 탄화텅스텐(WC) 샘플의 잔류 응력으로 $\phi = 0^\circ$ 에서 $-1864 \pm 90\text{MPa}$, $\phi = 90^\circ$ 에서 $-2184 \pm 54\text{MPa}$ 의 다축 압축 응력 성분을 보여줍니다.

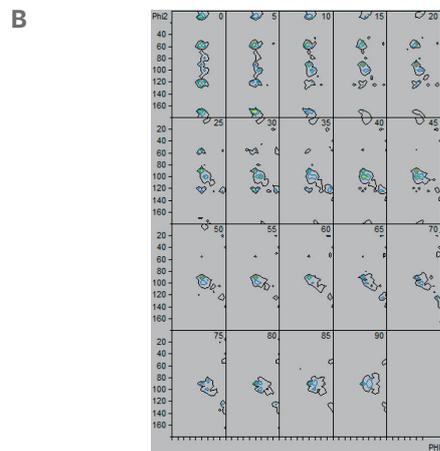
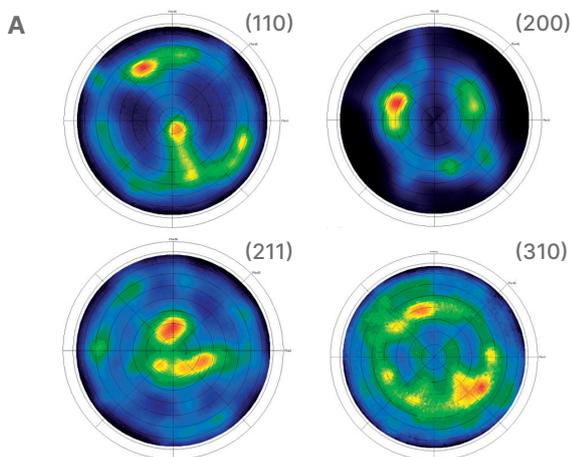


그림 21. Ti 합금의 텍스처 측정. (A) 4개의 극점도 (B) ODF 분석

다결정 박막

박막 분석은 간단한 작업이 아니지만, Empyrean Multicore는 속도 및/또는 정확성을 위해 고강도 또는 고분해능 성분의 최적화된 조합을 통해 단일 플랫폼에서 광범위한 박막 실험을 제공합니다. 또한 사전 정의된 측정 템플릿은 단 한 번의 버튼 클릭으로 샘플 정렬 루틴을 포함한 모든 측정 유형을 처리합니다.

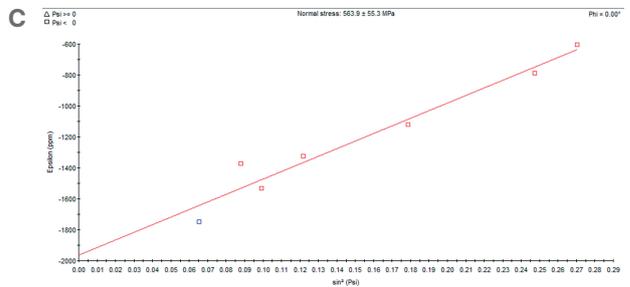
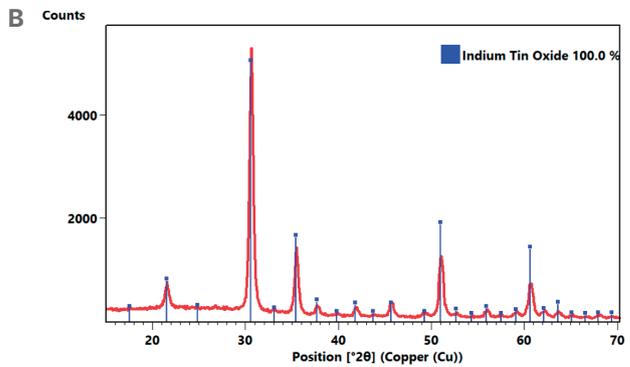
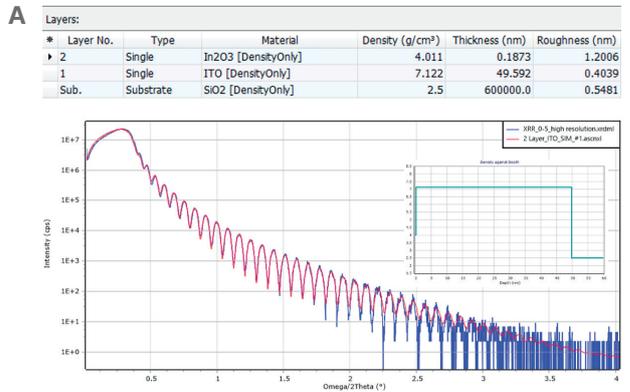
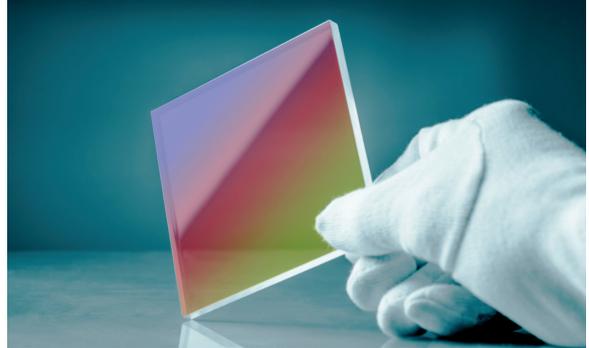
밀도, 두께 및 계면 특성 측정

X선 반사측정(XRR)은 박막 및 표면의 산란을 측정하여 필름 밀도 및 두께, 접점의 거칠기, 계면의 측면 균일성과 같은 정보를 얻는 매우 민감한 방법입니다. 표시된 예는 단 5분 이내에 수집된 8 자리의 강도 범위(intensity range)를 수집한 것만으로도 주목할 만합니다.

상 식별 및 잔류 응력 측정

공학 재료의 경우, 박막에 존재하는 상의 식별을 이해하는 것 외에도 잔류 응력 측정을 사용하여 구조적 무결성을 확인하는 것이 중요합니다.

데이터를 직접 해석하거나 Empyrean Multicore에 전용 'GI-stress' 측정('Stress Plus' 소프트웨어를 사용하여 자동화할 수 있음)을 수행하도록 요청할 수 있습니다.



뛰어난 평행 빔 성능

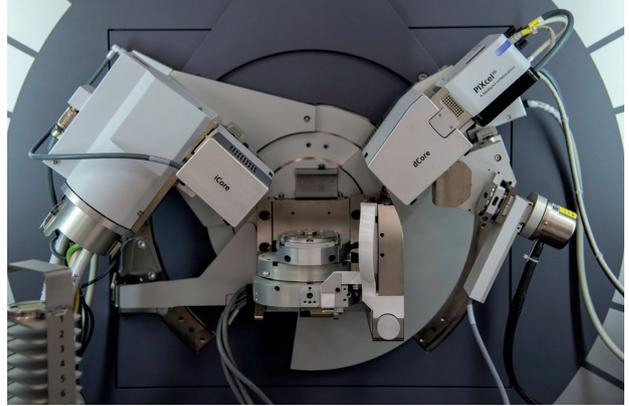
박막을 분석하려면 기관 대신 표층과 X선의 상호 작용을 극대화하기 위해 작은 입사각 각도를 사용해야 합니다.

XRR과 마찬가지로 이러한 입계각 입사 X선 회절(GI-XRD) 실험은 빔 발산을 매우 정밀하게 제어해야 합니다. Empyrean Multicore의 iCore 모듈은 이러한 요구 사항을 충족하는 매우 높은 품질의 병렬 빔을 생성하는 반면 dCore 모듈의 PPC는 고강도 및 고분해능 옵션을 제공하여 속도나 강도의 저하 없이 완전한 유연성을 제공합니다.

그림 22. 자동 샘플 정렬 후 유리 샘플에서 50nm 인듐 주석 산화물층을 3회 연속 측정합니다. (A) 레이어 및 계면 두께, 밀도 및 거칠기를 결정하기 위한 XRR 시뮬레이션 및 맞춤, (B) 레이어의 단일 구성(파란색 마커)을 보여주는 GI-XRD 및 위상 식별, (C) 레이어에 인장 응력이 있음을 보여주는 GI 잔류 응력 분석.

에피텍셀 박막(Epitaxial thin films)

결정질 층이 기판에 대해 잘 정의된 방향을 갖는 에피텍셀 박막은 많은 전자 장치의 기초입니다. Empyrean의 독자적인 이중 빔 경로 설계를 통해 Multicore는 수동 개입 없이도 일상적인 에피텍셀 박막 분석을 단순화하고 간소화할 수 있는 다양한 전문 방법을 제공합니다.



초고속 2D XRR 맵핑

기존의 1D X선 반사측정(XRR) 곡선은 레이어 두께, 밀도 및 거칠기에 대한 유용한 정보를 제공합니다. 오프셋 각도가 다른 수백 개의 1D XRR 곡선으로 구성된 2D XRR 맵은 계면 형태에 대한 추가 정보를 제공합니다.

Empyrean Multicore는 PIXcel^{3D} 검출기의 작은 픽셀 및 매우 낮은 노이즈 레벨과 결합된 iCore 모듈의 완벽한 평행 빔 프로파일을 통해 이러한 실험 유형에 탁월한 분해능을 제공합니다.

2D XRR 맵의 수집 시간은 클래식 1D XRR 곡선의 수집 시간과 동일하므로 샘플에 대한 정보를 극대화해야 할 때는 이 옵션이 매우 매력적입니다.

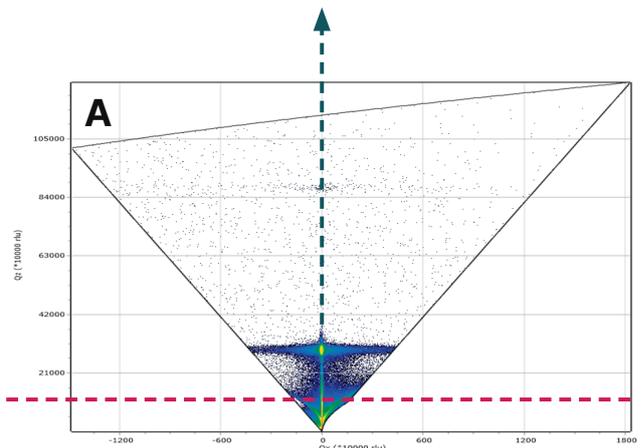
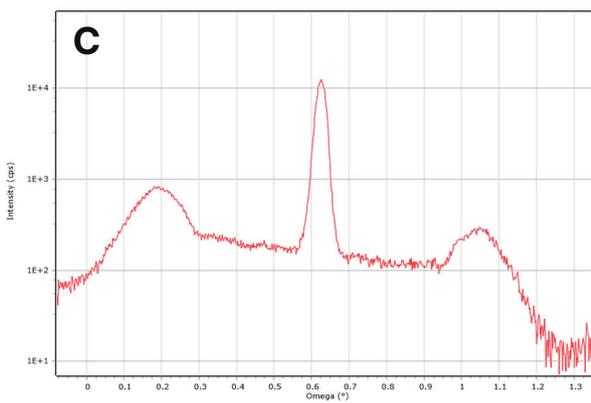
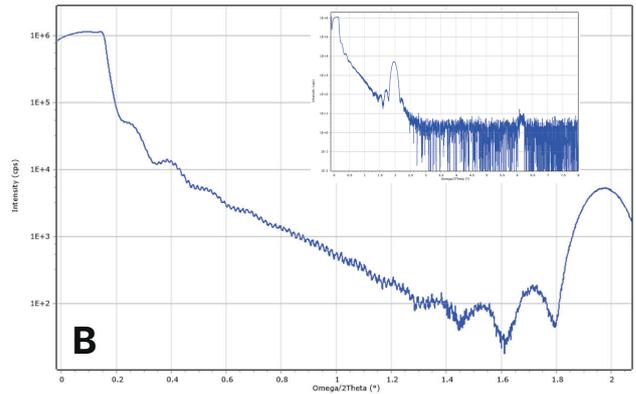


그림 23. Empyrean Multicore를 사용한 Si 기판의 이중층 필름(26.7nm C + 253nm SiO₂)의 분석. AMASS 소프트웨어를 사용하여 2D 초고속 XRR 맵(A)을 사용하여 거울형 반사율 곡선(B) 및 확산 산란 곡선(C)을 도출할 수 있습니다. 후자는 C-SiO₂ 계면이 상관 길이가 130nm인 프랙탈 모델을 따른다는 것을 보여줍니다.

고분해능 로킹 곡선(High-resolution rocking curves) 및 역격자 공간 맵(reciprocal space maps)

3-바운스(TA) 분석기와 함께 듀얼 암 구성을 채택함으로써 iCore Optics의 분해능을 더욱 향상하여 고품질의 에피택셜 변형층 구조를 위한 클래식 로킹 곡선과 역격자 공간 맵(RSM)을 제공할 수 있습니다.

AMASS 소프트웨어 모듈이 제공하는 부드러운 맞춤을 통해 초격자 주기와 개별 요소의 구성 비율을 쉽게 결정할 수 있습니다. 또한 RSM 획득을 위해 PIXcel^{3D} 검출기를 사용한 고유한 이중 빔 경로 구성은 유연성과 사용 편의성을 제공하여 빠르고 자동화된 정렬 및 데이터 수집이 가능합니다.

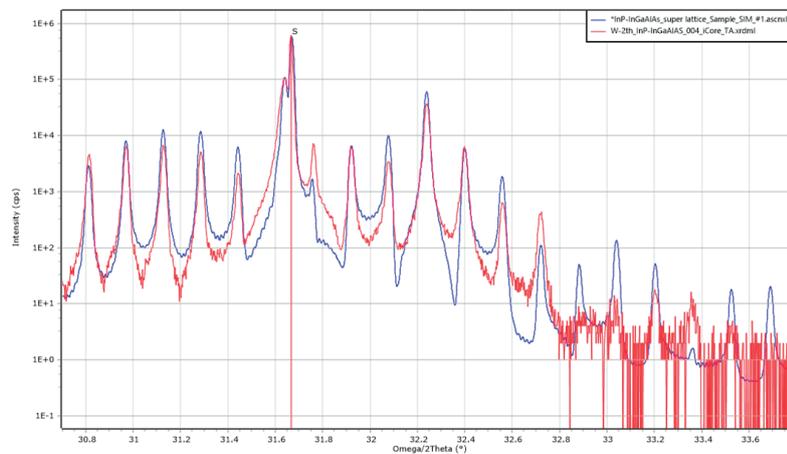


그림 24. INP 기판에서 성장한 InGaAlAs-InGaAsP 초격자에 대한 TA 분석기와 함께 iCore를 사용하여 획득한 로킹 곡선 데이터, (004) 반사(RED) 및 그 결과로 생성된 AMASS 지원 부드러운 맞춤(파란색)에 대한 고분해능 로킹 곡선 데이터.

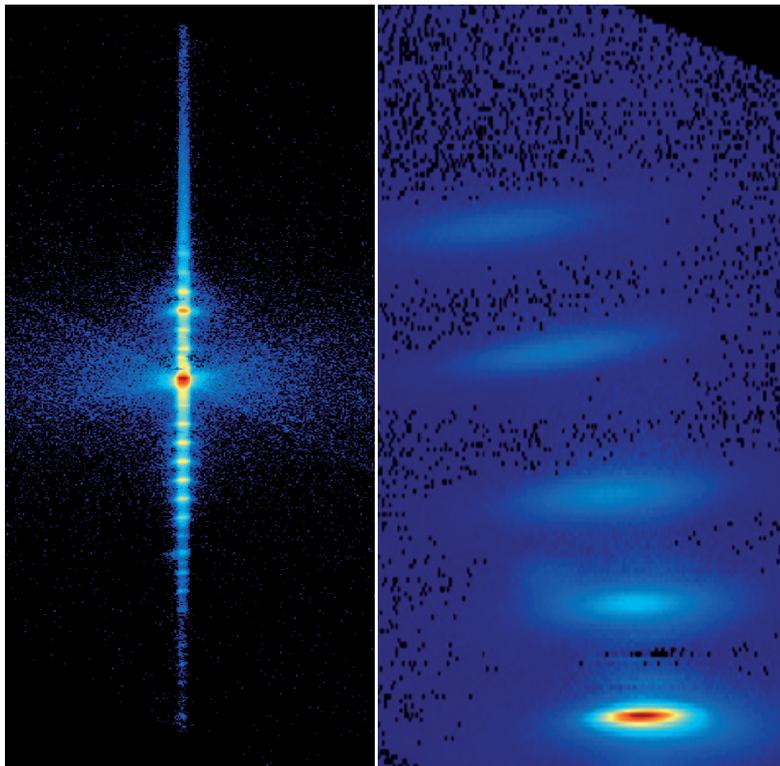
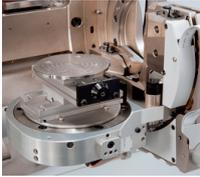


그림 25. Empeyan Multicore가 포함된 PIXcel^{3D} 검출기를 사용하여 5분 이내에 수집한 초고속 RSM(URSM)의 예: (왼쪽) InGaAlAs-InGaAsP 초격자 박막의 (004) 반사 플롯, (오른쪽) GaN 기반 고 전자 이동성 트랜지스터에 대한 (105) 반사 플롯. (두 맵 모두에서 $K\alpha_2$ 성분은 Highscore 소프트웨어를 사용하여 제거되었습니다.)

Empyrean Multicore 옵션

Empyrean Multicore에서 필요한 것을 결정하는 데 도움이 되도록, 여기에 제공되는 추가 옵션에 대한 간략한 요약과 수행하려는 실험 유형에 대한 개요를 안내 드립니다. 자세한 내용은 전체 기술 사양을 참조하거나 전문가에게 문의하십시오.

| 샘플 스테이지 | | | | | |
|--|--|---|--|---|---|
| 반사-투과 스피너 + 샘플 교환기 | SAXS/WAXS 스테이지 | 캐필러리 스피너 | 모듈식 샘플 스테이지 | 3축 크래들 5축 크래들 | 비대기 챔버 |
|  |  |  |  |  |  |
| X선관 | | | 검출기 | | |
| Co LFF-HR | Cu LFF-HR | 1Der | PIXcel ^{1D/3D} | | |
|  |  |  |  | | |
| 샘플 유형 | 실험 유형 | 관심 속성 | 참고 | | |
| 분말 | 분말 XRD | <ul style="list-style-type: none"> 결정상 동정 Rietveld 정량화 결정체 분석 비정질 정량화 | <ul style="list-style-type: none"> 반사-투과 스피너와 함께 작동 완전 자동화된 High throughput 측정을 위해 48개 샘플 교환기를 사용하는 것이 좋습니다. | | |
| 분말 (선호 방향) | 투과 XRD | | | | |
| 나노 입자 | SAXS, WAXS (투과) | <ul style="list-style-type: none"> 결정상 동정 입자 크기 결정 특정 표면 Guinier 및 Porod 분석 | | | |
| 고체 | 잔류 응력, 텍스처 | <ul style="list-style-type: none"> 결정상 동정 잔류 응력 분석 텍스처 분석 | <ul style="list-style-type: none"> 샘플 크기에 따라 모듈식 스테이지, 3축 또는 5축 크래들 또는 반사 투과 스피너를 선택합니다. | | |
| 다결정 박막 | XRR, GI-XRD, GI- 잔류 응력, 텍스처 | <ul style="list-style-type: none"> 결정상 동정 두께 밀도 표면/계면 거칠기 | <ul style="list-style-type: none"> 모듈식 스테이지 또는 3축 또는 5축 크래들 또는 반사-투과 스피너와 함께 사용(고처리량 측정의 경우) | | |
| 에피택셜 박막 | XRR, HR-XRD, 로킹 곡선, URSM | <ul style="list-style-type: none"> 구성 두께 초격자 주기 변형 이완 해석 | <ul style="list-style-type: none"> 3축 또는 5축 크래들과 함께 사용 | | |

Empyrean Multicore에 대해 궁금한 점이 있으십니까?

글로벌/지역 영업 담당자 또는 응용 분야 과학자와 상담하여 귀사의 특정 요구 사항에 맞는 맞춤형 솔루션을 찾아보십시오!

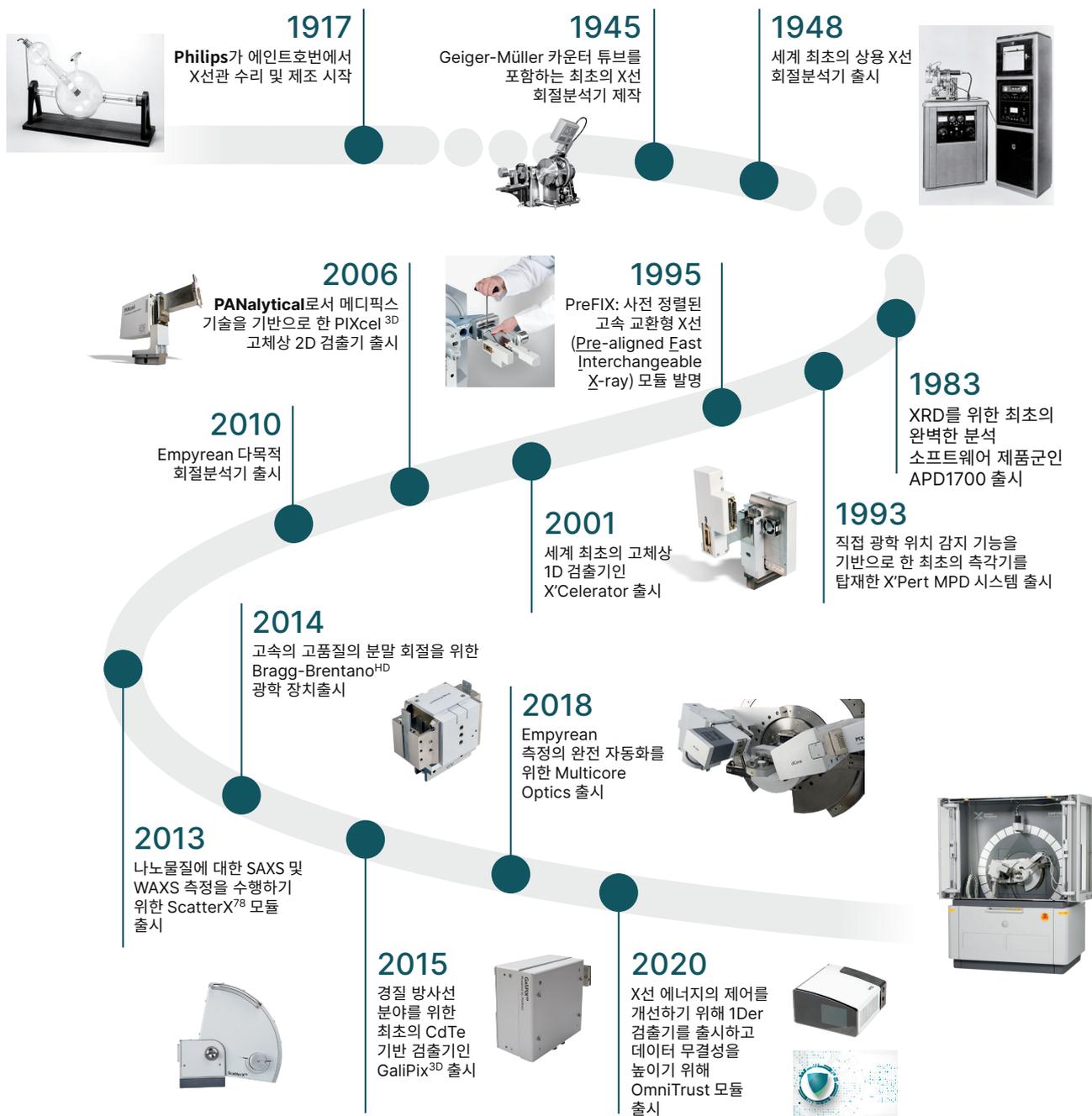
XRD에 대한 100년의 집념

XRD는 오랜 기간에 걸쳐 확립된 기술입니다. X선관에서 자동 광학 장치에 이르기까지, 최전선에서 활용되고 있습니다.

그래서 100년이 넘는 시간 동안 XRD의 전문성을 키울 수 있었습니다. 이제 Empyrean이 제공하는 이 기술을 최대한 활용할 수 있도록 지원하고자 합니다.

Empyrean은 현재 전 세계 1,000개 이상의 산업 실험실, 연구 센터 및 대학교에 설치되었습니다. 다음 고객이 되고 싶으시다면 유용한 소식을 알려드리겠습니다. 100개 이상의 지역 문의 센터로 구성된 글로벌 네트워크를 멀리 않은 곳에 만나보실 수 있습니다.

Empyrean Multicore의 소유자라면 교육 세션, 소모품 패키지 및 서비스 제공을 통해 향후 수년간 완벽하게 기기를 작동할 수 있도록 도와드립니다. 어쩌면 100년이 될 수도 있습니다!



Malvern Panalytical 소개

Malvern Panalytical은 재료 및 생명 과학 분석 분야의 글로벌 리더입니다. 우리는 작은 것에 숨겨진 힘을 끌어내어 고객이 더 큰 목표를 달성할 수 있도록 돕습니다.

우리의 비전은 세상을 더 깨끗하고 건강하며 생산적으로 만드는 것입니다.

정밀 측정, 신뢰할 수 있는 데이터, 전문지식을 바탕으로 하는 Malvern Panalytical은 고객과 협력하여 최선의 솔루션을 구현합니다.

우리 모두는 발견의 동반자입니다. 고객과 서로 협력하여 새로운 가능성을 발견하고 성과를 이루기 위해 노력합니다.

Malvern Panalytical에서는 다음의 가치를 지키려고 노력합니다. 그 가치란 주인의식을 갖고(Own it), 높은 목표를 추구하며(Aim High), 진실되게 행동하는 것(Be True)입니다.

2030년까지 자체 운영에서 Net Zero를 달성하고 2040년까지 전체 가치 사슬에서 Net Zero를 달성하기로 약속했습니다.

전 세계에 2,300명 이상의 직원이 있으며 우리는 세계 최고의 정밀 측정 그룹인 Spectris plc의 일원입니다.

Malvern Panalytical. We're big on small™

서비스 및 지원

Malvern Panalytical은 분석 프로세스를 지속적으로 관리하기 위해 필요한 교육, 서비스 및 지원을 제공합니다.

Malvern Panalytical은 투자 수익을 늘릴 수 있도록 도와드리며, 증가하고 있는 분석 요구 사항에도 대응 가능하도록 지원합니다.

Malvern Panalytical의 전 세계 전문가로 구성된 팀이 응용 분야의 전문성, 신속한 대응 및 기기 최대 가동 시간을 보장함으로써 비즈니스 프로세스에 가치를 더해 드립니다.

- 사전 예방 차원의 로컬 및 원격 지원
- 다양한 서비스 계약
- 규정 준수 및 검교정 지원
- 현장 방문 교육 및 정기적인 사용자 교육
- 원격 교육 및 웹 세미나
- MyStore 및 My Customer Support Portal 통한 디지털 지원 포털 운영
- 시료 분석, 방법 개발 및 응용 측정 컨설팅



Malvern Panalytical

말번 파날리티칼 코리아
경기도 성남시 분당구 황새울로 200번길 26 N 타워가든
Tel : 031-786-0840
E-mail : korea.info@malvernpanalytical.com
www.malvernpanalytical.com/kr