

LDIR(Laser Direct Infrared) 이미징을 이용한 다층 포장재 분석



소개

다층 구조의 라미네이트 포장재는 화학적으로나 구조적으로나 모두 복잡한 시스템입니다. 이러한 재료는 단 몇 백 마이크론의 두께일지라도, 여러 겹의 독특한 폴리머 층으로 구성되어 있으며 각 층은 특정한 기능을 제공하도록 설계되었습니다. 각 층은 그 화학적 정체성과 두께에 따라 기계적 강도, 흡수성 제어, 환경 보호 등의 기능을 제공합니다. 다층 포장재의 결함이나 두께 오차는 제품의 손상 및 소비자의 피해 등 매우 부정적인 결과를 가져올 수 있습니다. 따라서 다층 포장재를 개발하고 문제를 해결할 때, 각 층을 맵핑하고 그 두께를 마이크로미터 단위로 정확하게 측정하는 것이 매우 중요합니다.

Agilent 8700 Laser Direct Infrared (LDIR) 화학 이미징 시스템은 높은 공간 분해능으로 폴리머 층을 시각화하고 화학적으로 식별할 수 있는 정교한 화학 이미징 시스템입니다. 8700 LDIR은 직관적인 애질런트 Clarity 소프트웨어의 고급 시각화 기능과 함께 포장재 연구를 위한 빠르고 효과적인 워크플로를 제공합니다. 이 워크플로는 품질 보장, 실패한 분석 또는 분해 공학 등과 관련된 주요 의문에 대한 해답을 제공합니다.

8700 LDIR 이미징 시스템을 이용한 라미네이트 분석의 주요 이점 및 특징

- 애질런트 Clarity 소프트웨어는 시료 로딩부터 분석까지 직관적이고 자동화된 워크플로를 제공합니다.
- 애질런트 시료 홀더는 5분 내로 얇은 표본을 준비할 수 있도록 해줍니다.
- 높은 배율의 가시광선 현미경은 1 μ m 수준의 높은 공간 분해능으로 다층 라미네이트 구조를 보여줍니다.
- 자동화된 Attenuated Total Reflectance(ATR)로 시료 접촉을 하는 과정에서 라이브 이미징 피드백은 광학적 접촉과 가장 높은 품질 수준의 스펙트럼 및 이미지를 보장합니다.
- ATR 모자이크는 우수한 가시광선-적외선 정렬, 자동화된 접근과 방출, 백그라운드 등을 통해 직관성과 원활함을 자랑합니다.
- 포인트 스캐닝 아키텍처는 층 또는 결점 포인트의 정중앙을 측정해 가능한 한 가장 순수한 스펙트럼을 수집합니다.
- 밝은 레이저 광원과 고속 스캐닝 광학 장치는 빠른 스펙트럼 수집 및 이미징을 가능케 합니다.
- 층 이미지 생성과 식별에 대량의 화학계량학적 작업이 불필요합니다.

분석 사례

8700 LDIR을 사용해 분석되는 라미네이트 중 하나는 3 μ m 두께의 얇은 다층으로 구성된 식품 포장재입니다.

시료 전처리에는 애질런트 라미네이트 홀더와 Sample Planer (마이크로톰 장비)가 사용되었습니다. 이들 도구로 시료 전처리 시 특별한 전문 기술이 필요 없이 빠른 작업이 가능합니다. 라미네이트는 라미네이트 홀더의 빌트인 클램프에 그냥 끼우기만 하면 됩니다. 그 후 라미네이트와 홀더 모두를 얇게 잘라 편평한 표면을 형성합니다. 이러한 설계는 라미네이트가 잘리는 과정 또는 이미징 과정에서 휘거나 접이거나 조개지지 않도록 든든하게 받쳐줍니다. 전반 절차를 완료하는 데 단 몇 분만이 소요되며, 이는 레진 임베딩 및 연마 과정으로 인해 몇 시간이 소요되는 전통적인 방법보다 훨씬 빠른 속도입니다.

시료 전처리 후, LDIR 시스템의 고배율 가시광선 카메라를 이용해 다층 구조 분석을 위한 라미네이트 전체 구조를 포착합니다 (그림 1). 총 시료 두께는 117 μ m입니다.

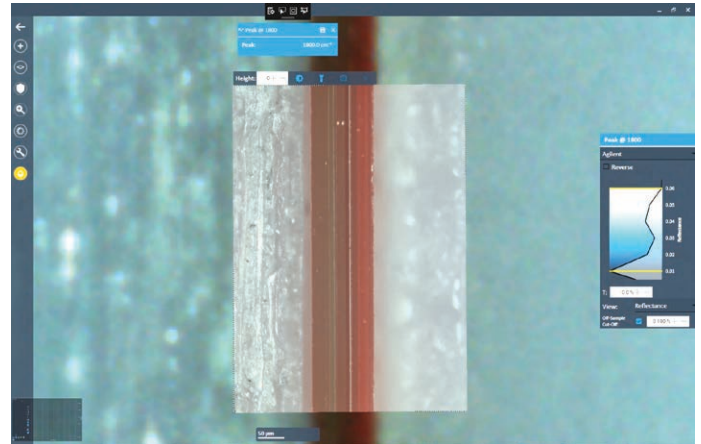


그림 1. 고분해능 가시 이미지를 보면, 라미네이트(붉은색)가 시료 홀더(화이트색) 내에서 지지 플라스틱 재료 사이에 끼워져 있는 것을 확인할 수 있습니다.

그 후 ATR을 이용해 라미네이트 층의 적외선 스펙트럼을 얻어, 높은 공간 분해능에서 그들의 분포를 시각화합니다. 소프트웨어는 사용자가 선택한 관심 대상 영역 모두에 대해 자동화 ATR 접촉을 수행합니다. 라이브 이미지 피드백은 시료 접촉 최초 순간에 변화하는 콘트라스트를 보여줍니다(그림 2).

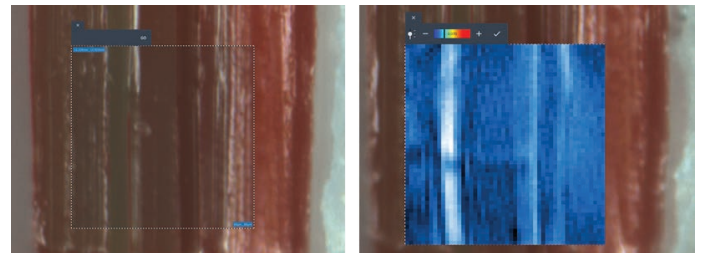


그림 2. (좌측) 가시광선 라미네이트 이미지 분석을 위해 선택한 ATR 화각 (80 x 80 μ m)입니다. (우측) 시료 접촉 후의 라이브 ATR 이미지입니다.

ATR이 시료와 완전히 접촉했을 때, 단순히 더블클릭으로 순수한 스펙트럼을 5초만에 얻을 수 있습니다(그림 3, 좌측). 자동화된 라이브러리 검색을 통해 polyamide와 같은 폴리머 층을 식별했습니다.

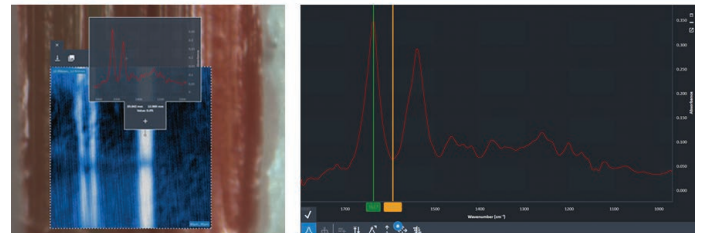


그림 3. (좌측) 관심 부분을 더블클릭 하여 표시된 스펙트럼 프리뷰입니다. (우측)이미징을 위해 밴드를 선택한 스펙트럼 화면입니다.

마지막으로, ATR 화각(80 x 80 μm) 내에서 모든 층의 화학 작용기 분포를 시각화하기 위해 스펙트럼의 주요 밴드(그림 3, 우측)가 14초 내에 0.2 μm 의 픽셀 사이즈로 이미지화(그림 4, 좌측)되었습니다. 이 직관적인 절차에 이어, 각 라미네이트 층의 여러 스펙트럼 밴드(그림 4, 우측)와 화학적 이미지를 조합한 멀티 피크 분석 도구를 이용하여 모든 라미네이트 층에 대한 적외선 화학적 시각화가 이루어졌습니다. 소프트웨어의 눈금자 도구는 각 층의 두께를 측정하는 데 사용됩니다.

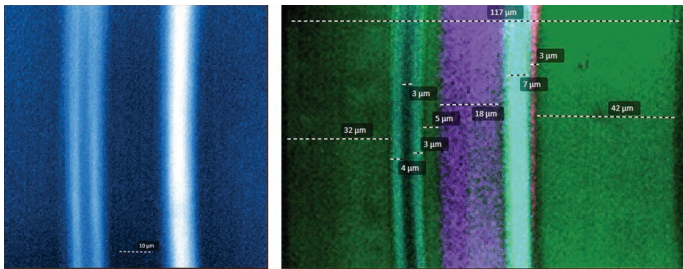


그림 4. (좌측) polyamide 스펙트럼 밴드의 분포도입니다. (우측) 라미네이트 시료의 멀티 피크 분석 결과입니다. 이 포장재 층은 polyethylene(녹색), polyamide(청록색), polypropylene(보라색), polyurethane(분홍색), poly(ethylene) vinyl alcohol(좌측 두 청록색 사이의 층)로 식별되었습니다.

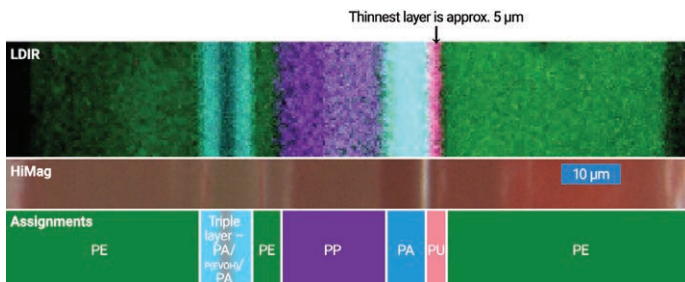


그림 5. (위) LDIR 멀티 피크 분석은 라미네이트 시료의 화학적 층구조를 보여줍니다. (중간) 라미네이트 시료의 고배율 가시광선 이미지입니다. (아래) Polyethylene (PE), Polyamide (PA), Poly(ethylene vinyl alcohol) (P(EVOH)), Polypropylene (PP), Polyurethane (PU)로 구성된 폴리머 층의 화학적 조성 배정을 보여줍니다. 관찰된 것 중 가장 얇은 층의 두께는 2.6 μm 에 불과했습니다.

두 번째, 라미네이트 가시 이미지의 우측에 나타난 층은 모두 동일한 폴리머 화합물 polyethylene이며, 유일한 차이는 붉은색 염료가 첨가되었다는 것 뿐입니다(그림 5). 가시 광선 점검만으로는 이 시료를 보완하기에 충분치 않습니다.

8700 LDIR을 이용한 라미네이트 분석의 두 번째 사례(그림 6)에서, 총 두께 230 μm 내에서 6개의 서로 다른 층이 식별되었습니다. 3개 접촉 ATR 모자이크 이미지는 시료의 총 두께를 포함합니다. 관심 영역에 대한 ATR 접촉은 원활한 자동화 과정으로 진행되었습니다. 여기에서도 가시광선 이미지와 화학 이미지는 완벽하게 일치했습니다.

라미네이트 내에서 4개의 순수 폴리머 층과 1개의 혼합 폴리머 층이 관찰되었습니다(그림 5). 혼합물 분석 검색 결과, 혼합 스펙트럼에는 polyamide와 poly(ethylene) vinyl alcohol (EVOH)이 모두 포함되어 있음이 드러났습니다.

라미네이트의 총 두께는 2개의 ATR 이미지를 모자이크함으로써 이미지화 되어 분류되었습니다(그림 5). 적외선에서 이미지화 된 층은 시각 이미지 내의 층과 완벽하게 일치했습니다. Polyurethane의 얇은 층은 분홍색으로 표시되었으며 두께는 단 2.6 μm 로, 고분해능 LDIR로만 측정과 식별이 가능합니다.

8700 LDIR로 화학 이미징 작업을 하는 것의 장점은 모든 층의 화학적 정체성을 회절을 통한 가장 높은 수준의 공간 분해능으로 식별할 수 있다는 것입니다. 식품 포장재 라미네이트의 화학 이미징 사례에서 지적해야 할 2가지 중요한 점이 있습니다. 첫 번째, 이 실험에서는 가시광선 현미경 이미지 내에서는 단일 층으로 보이는 것(그림 5, 중앙 고배율 이미지 좌측)이 실은 3개 층으로 구성되어 있었습니다.

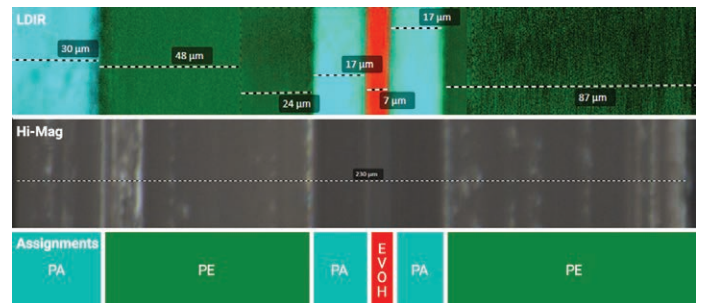


그림 6. (위) 라미네이트 시료의 멀티 피크 분석을 통해 얻은, 여러 층과 그 두께를 보여주는 LDIR 화학 이미지입니다. (중간) 라미네이트의 고배율 가시광선 이미지입니다. (아래) 각 층의 정체: Polyamide (PA), Polyethylene (PE), Ethylene Vinyl Alcohol (EVOH).

결론

Agilent 8700 LDIR 화학 이미징 시스템은 라미네이트 시료 내 모든 층을 찾아 식별할 수 있습니다. 위의 사례에서 8700 LDIR은 두께가 3 μm 미만인 층도 식별했습니다. 사용자는 애질런트의 간소화된 시료 전처리 기술에 힘입어 시료 전처리 과정 대신 라미네이트의 화학적 성질에 대한 연구에 더 집중할 수 있습니다. 직관적인 워크플로는 라미네이트 층의 화학구조를 실시간으로 탐색할 수 있게 합니다. 이와 비슷하게, ATR 모자이크는 완벽한 가시광선-적외선 정렬, 자동화된 접근과 방출, 백그라운드 데이터 수집을 통해 원활하게 진행됩니다. Agilent 8700 LDIR 화학 이미징 시스템은 전례 없는 빠른 속도와 우수한 스펙트럼 품질, 공간 분해능을 자랑하는 포장재 분석 도구를 제공함으로써, 품질 보장, 실패한 분석, 분해 공학이 던지는 까다로운 상황에 해답을 제시합니다.

www.agilent.com/chem/8700-ldir

연구 용도로만 사용하십시오. 진단 용도로는 사용하지 않습니다.

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2018
2018년 9월 26일, 한국에서 인쇄
5994-0312KO

서울시 용산구 한남대로 98, 일신빌딩 4층 우)04418
한국에질런트테크놀로지스(주) 생명과학/화학분석 사업부
고객지원센터 080-004-5090 www.agilent.co.kr

