

## 使用激光直接红外 (LDIR) 成像进行多层包装材料分析



### 前言

多层层压包装材料无论在结构还是化学方面都是一种复杂的系统。尽管这些材料的厚度只有几百微米，但它们包含许多不同的聚合物层，每一层都具有特定功能。依靠每层特定的化学性质和厚度，可以提供机械强度、控制渗透性或环境保护。多层包装中的任何缺陷或厚度误差都可能产生毁灭性的影响，造成产品损坏并给消费者带来风险。因此，在开发多层包装以及对多层包装进行故障排除时，对每一层进行成像并在微米水平精确测量层的厚度至关重要。

Agilent 8700 激光直接红外 (LDIR) 化学成像系统是一种先进的化学成像系统，它可以进行化学鉴定并以高空间分辨率实现聚合物层的可视化。凭借直观的 Agilent Clarity 软件的先进可视化功能，8700 LDIR 为包装材料研究提供了一种快速、有效的工作流程。此工作流程揭示了质量保证、故障分析或逆向工程中关键问题的答案。

## 8700 LDIR 成像系统用于层压材料分析的主要优势和特点

- Agilent Clarity 软件提供从放置样品到分析的直观的自动化工作流程
- 安捷伦样品支架可在 5 分钟内完成样品的前处理
- 通过高放大倍率可见光显微镜可以概览多层层压材料结构，空间分辨率高达 1  $\mu\text{m}$
- 在样品与自动衰减全反射 (ATR) 采样头接触期间进行实时成像反馈，确保最佳接触和高质量的谱图及成像
- 直观、无缝的 ATR 拼接具有卓越的可见红外对齐、自动贴近和释放以及背景处理功能
- 单点扫描可精确定位到某一层或缺陷的中心，收集最纯的谱图
- 明亮的激光光源和快速扫描光学元件可实现快速谱图采集和成像
- 图像生成和层鉴定无需具备大量化学计量学知识

### 分析示例

使用 8700 LDIR 分析的层压材料之一是层薄低至 3  $\mu\text{m}$  的多层食品包装材料。

使用安捷伦层压材料支架和切片器（一种切片设备）进行样品前处理。利用这些工具，无需掌握专业技能即可快速实现样品前处理。层压材料直接插入层压材料支架的夹具中。然后，对层压材料和夹具进行切片以形成平整表面。此设计可确保在切片和成像过程中材料得到完美支撑，层压材料不会出现弯曲、折叠或分裂现象。整个过程仅需几分钟，比需要若干小时的传统树脂包埋和抛光过程快得多。

样品前处理结束后，使用 LDIR 系统中的高放大倍率可见光摄像头获取层压材料结构概况，观察多层结构（图 1）。总样品厚度为 117  $\mu\text{m}$ 。

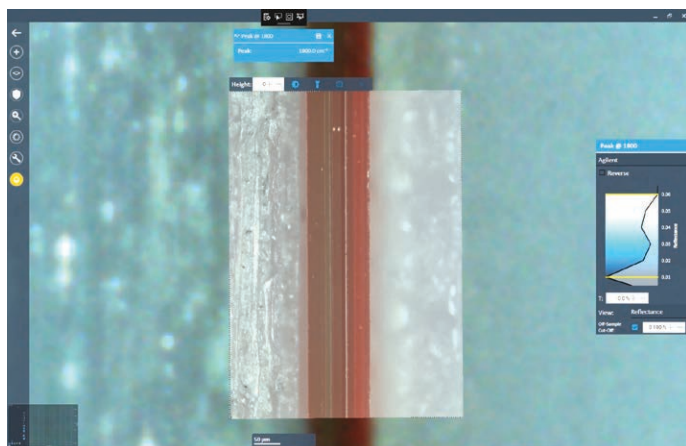


图 1. 处于样品支架的支持性塑料材料（白色）之间的层压材料的高分辨率可视图像（红色）

之后，使用 ATR 采集层压材料层的红外谱图，显示高空间分辨率的分布图。软件对用户选定的任意目标区域执行自动化 ATR 接触。实时成像反馈显示样品接触初始时刻的对比度变化（图 2）。

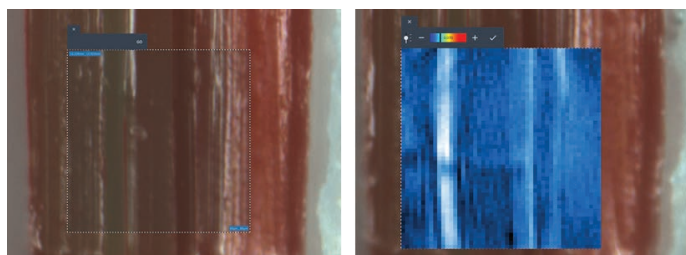


图 2. (左) 层压材料可视图像分析选定的 ATR 观察视野 (80 × 80  $\mu\text{m}$ )。 (右) 接触样品之后的实时 ATR 图像

当 ATR 与样品完全接触后，仅需双击即可在 5 秒钟之内获取纯净光谱图（图 3，左）。自动谱库搜索鉴定聚合物层为聚酰胺。

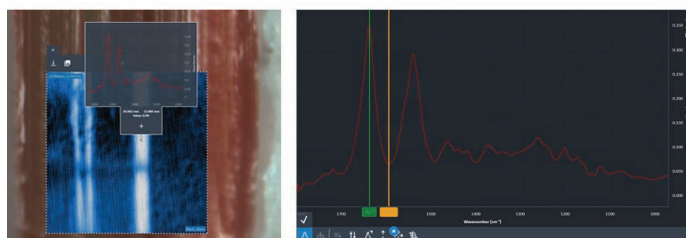


图 3. (左) 双击目标点之后的光谱预览。(右) 展示选定用于成像的峰

最后，为了实现 ATR 观察视野内 (80 × 80 μm) 所有层的化学官能团分布可视化，对光谱的主要峰位 (图 3, 右) 进行成像 (图 4, 左)，所需时间不超过 14 秒，像素大小为 0.2 μm。这一直观过程后，使用多峰分析功能实现所有材料层的红外化学可视化，该功能把每个材料层的不同谱带 (图 4, 右) 的化学成像结合在一起。软件中的直尺工具用于测量每一层的厚度。

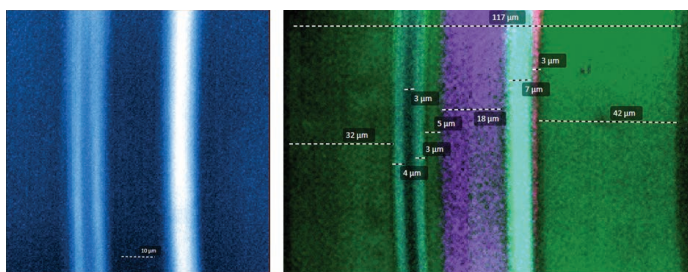


图 4. (左) 聚酰胺谱带分布。(右) 层压材料样品的多峰分析。各层分别鉴定为聚乙烯 (绿色)、聚酰胺 (青色)、聚丙烯 (紫色)、聚氨酯 (粉色) 和聚(乙烯)乙烯醇 (左边两个青色层之间)

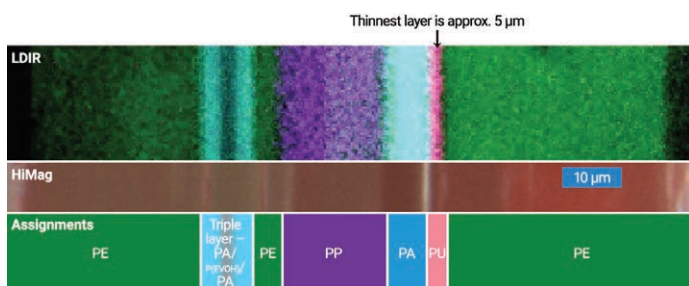


图 5. (上) LDIR 多峰分析显示层压材料样品的化学层。(中) 层压材料样品的高放大倍率可视图像。(下) 聚合物层的化学归属为聚乙烯 (PE)、聚酰胺 (PA)、聚(乙烯-乙烯醇) (P(EVOH))、聚丙烯 (PP) 和聚氨酯 (PU)。观测到最薄层的厚度仅为 2.6 μm

其次，层压材料可视图像右侧的层全部为相同的聚丙烯聚合物，唯一不同的是添加了红色染料 (图 5)。仅凭目视检查无法确定样品的组成。

使用 8700 LDIR 进行层压材料分析的第二个示例中 (图 6)，在 230 μm 的总厚度内鉴定出 6 个不同的层。一个三点接触 ATR 马赛克图像可跨越整个样品宽度。ATR 可无缝、自动地与目标区域接触。再次注意，可视图像与化学图像完美对齐。

在层压材料中观察到 4 个纯聚合物层和 1 个混合聚合物层 (图 5)。根据混合物分析的搜索匹配结果，混合谱图包括聚酰胺和聚(乙烯)乙烯醇 (EVOH)。通过拼接 2 个 ATR 图像对完整宽度的层压材料进行成像和分类 (图 5)。红外图像中的层与可视图像中的层完美对齐。以粉红色突出显示的聚氨酯薄层的厚度仅为 2.6 μm，只能通过高分辨率 LDIR 进行测量和鉴定。

8700 LDIR 化学成像的优点是，它可以揭示所有层的化学性质，且具有衍射允许的最高空间分辨率。此食品包装层压材料化学成像示例中，我们需要注意两点。首先，以上示例表明，在显微镜可视成像中显示为单层 (图 5, 左侧中间的高倍放大图像) 的结构实际为三层。

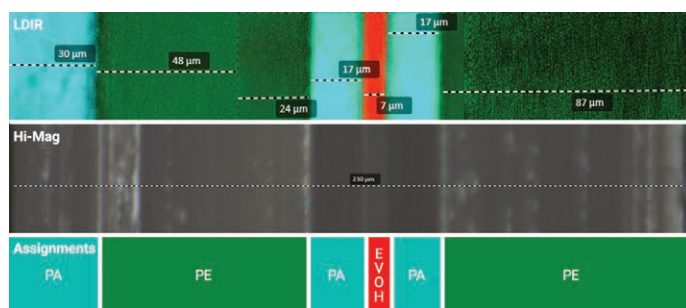


图 6. (上) 使用多峰分析层压材料样品获得的 LDIR 化学成像可显示不同的层和厚度。(中) 层压材料的高放大倍率可见光图像。(下) 各个层分别为：聚酰胺 (PA)、聚乙烯 (PE) 和乙烯-乙烯醇 (EVOH)

## 结论

Agilent 8700 LDIR 化学成像系统可发现并鉴定层压材料样品的所有层。以上示例表明，8700 LDIR 可识别出厚度小于 3 μm 的层。安捷伦推出的易用型样品前处理方案使得用户可以专注于层压材料的化学性质研究，而不必掌握专业的样品前处理知识。直观的工作流程可实现对层压材料层的实时化学研究。同样，ATR 拼接通过完美的可见红外对齐、自动靠近和释放以及背景数据收集实现了无缝处理。Agilent 8700 LDIR 化学成像系统为用户提供了一种强大的包装材料分析工具，该工具具有无与伦比的速度、优异的谱图质量和空间分辨率，可揭示质量保证、故障分析和逆向工程应用中所需的答案。

查找当地的安捷伦客户中心：

[www.agilent.com/chem/contactus-cn](http://www.agilent.com/chem/contactus-cn)

免费专线：

800-820-3278, 400-820-3278 (手机用户)

联系我们：

[LSCA-China\\_800@agilent.com](mailto:LSCA-China_800@agilent.com)

在线询价：

[www.agilent.com/chem/erfq-cn](http://www.agilent.com/chem/erfq-cn)

[www.agilent.com/chem/8700-ldir](http://www.agilent.com/chem/8700-ldir)

仅限研究使用。不可用于诊断目的。

本文中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司，2018  
2018年9月26日，中国出版  
5994-0312ZHCN

