

刑侦司法分析

- 红外与拉曼光谱法取证分析



多年来, 法医、刑侦等领域一直使用红外和拉曼光谱法来分析各类未知样品。经证实, 红外和拉曼光谱法能在几秒钟内揭示疑为非法或危险材料的化学成分。

显微光谱法甚至可以鉴定碎片的痕量证据, 并可深入分析像油漆碎片这样的复杂样品的结构。

布鲁克光谱事业部针对法医刑侦学中的典型问题提供合适的分析解决方案。

这包括针对微观和宏观样品的各种设备, 既可作为专用设备, 也可以灵活地用于各种应用。

- 鉴定非法物质:
 - 毒品
 - 危险品
- 确定痕量证据的化学成分:
 - 纤维
 - 颗粒物
 - 漆片
- 检测伪造物:
 - 假币
 - 伪造文件
 - 艺术赝品

● 鉴定未知物质

刑侦学必须面对在多样性、成分和颗粒大小等方面具有挑战性的样品。典型的样品就是非法物质，如毒品、在犯罪现场发现的痕量证据，如纤维或漆片等，以及涉嫌伪造的文件。

很大一部分检获的毒品都是掺杂型毒品，因此很难鉴定，几乎每个月都会出现新型的毒品，不同物质的量不计其数。此外，有许多样品很小，比如纤维，要在显微镜下才能看到，无法通过常规方法进行分析。

对于所有这些不同的物质类别和样品类型，红外光谱法可作为一种强大的工具，能在短短数秒内鉴定未知样品。对于非常复杂的样品，如掺杂型毒品或所谓的合法兴奋剂，可通过专用谱库和像混合物分析软件这样的强大工具进行鉴定。通过红外显微镜，甚至可以鉴定微米量级的样品，并分析多层漆片的各个组分。

取证样品的拉曼光谱图能为获得的红外谱图提供补充信息。尽管红外光谱法可以测定几乎任何类型的样品，但拉曼光谱的优势在于其针对某些物质的更高特异性。此外，拉曼光谱法能实现在小瓶中的无损测定，并剖析材料的内部结构。这些特性使拉曼光谱法在鉴定颜料和分析玻璃瓶或塑料包装内可疑材料方面的能力相当强大。

红外光谱法

任何样品的红外光谱都反映其分子组成，就像化学指纹一样（图 1）。有机和无机化学成分二者都对样品光谱有所贡献。因此，红外光谱法非常适于鉴定纯化合物和复杂材料。此外，还可对所分析材料的各组分进行量化。

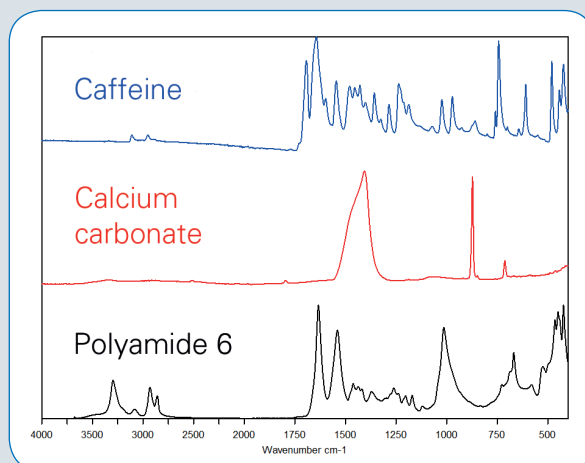


图1: 红外光谱是一种化学指纹, 可以鉴定有机、无机和高分子材料。

对于大多数样品而言，红外光谱分析无需样本制备，无需任何耗材，测定时间通常不到 1 分钟。



● 实时追踪

毒品分析: 日益复杂

疑似毒品材料必须在法医实验室与现场两地进行鉴定, 譬如在已知的毒品交易区、俱乐部或在音乐节上。相应地, 进行分析的人员可能不仅有鉴证专员, 还须有执法机构、保障和安全机构的参与。这是很有挑战性的任务, 因为精神活性物质的数量在稳步增长(图2)。所谓的合法兴奋剂和“研究化学品”都是来自非法毒品的衍生物, 为的是绕过现有禁令。

此外, 毒品往往是掺杂型毒品, 以便优化利润或把某些活性成分的作用结合起来。



图3: ALPHA II 红外光谱仪

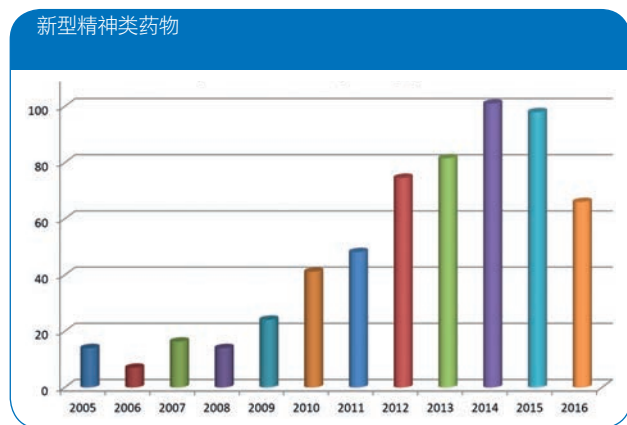


图2: EMCDDA 报告的在欧洲发现的近年来新型精神活性物质的数量, 2005-2016。

物质鉴定系统

设计紧凑、坚固耐用的 ALPHA II 红外光谱仪(图3)非常适用于快速鉴定未知物质, 无论物质的外观或形式如何。完整分析只需不到一分钟时间, 包括取样、测定和数据评估。由于操作简单, 有软件引导的清晰工作流程和自动数据评估, ALPHA II 可由无经验的用户操作。要进行测定, 只需将样品按压在金刚石 ATR 晶体上。测定之后, 样品的红外光谱与数据库自动匹配, 就像鉴定人类指纹一样。

ALPHA II 现已证实能产生可靠结果, 因此, 已由 CAST (英国应用科学技术中心) 授权用于鉴定氯胺酮和甲氧麻黄酮。



示例: 分析街头毒品样品

被称为“霹雳可卡因”的可卡因游离碱很少提供纯产品。图 4 显示利用 ALPHA II 进行测定的真正街头样品的混合分析。从混合分析结果可以明显看出, 样本也掺入了局部麻醉剂苯佐卡因。此外, 还可检测到相当数量的止痛药乙酰乙氧基苯胺 (非那西丁), 用作温和的情绪增强剂, 并且, 由于其肾毒性, 在大多数国家被禁用。

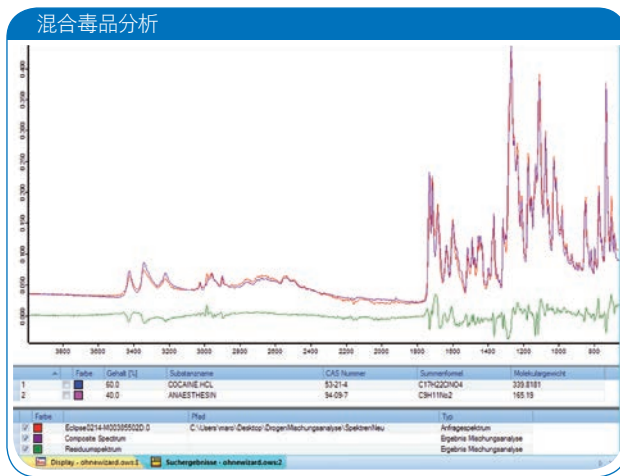


图4: 对街头毒品样品的混合分析的结果。测定光谱 (红色) 与复合光谱 (紫色) 有很高的一致性, 复合光谱是可卡因碱与掺入物质的总和。残余光谱 (绿色) 显示其余的光谱差。



光谱数据库

为了能鉴定任何未知材料, 需要有全面的光谱数据库。布鲁克 ATR-FT-IR-COMplete 库含有超过 2.6 万张光谱, 可以确定几乎任何类型的材料。结合专用于鉴定毒品和爆炸物的特定库, 目前可实现一种非常强大的鉴定能力, 能有效鉴定非法物质和可能会被误认为非法或危险的材料。

布鲁克与 TICTAC 通信有限公司可提供针对进入毒品市场的新型毒品、新型精神活性物质(NPS)和合法兴奋剂的专用谱库。该谱库通过进入市场的新型毒品得以不断扩大, 并发布定期更新。



移动选项

由于 ALPHA II 占用空间很小, 所以非常适于在移动实验室中使用。ALPHA II 可通过汽车点烟器插座的 12 伏电源或利用卡车板上电压 (24 伏) 供电。可充电电池组可通过专用传输面板固定到 ALPHA II 上, 提供长达 8 小时的供电时间。借助可固定在 ALPHA II 上的平板电脑及无线连接适配器, 无需配备令人烦扰的线缆或沉重的计算机硬件即可操作 ALPHA II。



图 5: ALPHA II 外形设计紧凑, 便于运输。可以利用电池组和无线控制这样的移动选项进行独立操作。

● 揭示痕量证据

分析最小的样本

显微光谱法已在法医实验室得到日益普及，被公认为可以分析因太小或太复杂而无法通过常规光谱仪来测定的样品。借助红外和拉曼显微镜，可以获得小至微米量级的样品指定部分的光谱。因此，只需非常少量的样品。通过利用自动面扫描特性，也可以创建二维化学图像，显示样本中化学成分分布情况。这种特性对于调查多层样品特别有用，如漆片。

鉴定纤维和颗粒物

在犯罪现场发现的纤维和颗粒物可提供关于罪犯的信息，譬如，关于他的衣物或去过的具体地点的信息。此外，可能会将这些痕量与从嫌疑人身上获取的类似物品进行对比，从而将其与罪犯联系起来。图 6 显示对 5 种不同纤维样品的分析，利用红外显微镜 LUMOS II 对这些样品进行测定和鉴别。所有纤维都非常纤细，直径大约为 25 μm ，因此，不能利用常规的 ATR 来测定。

聚合物的类型通过在综合性 ATR-FT-IR-COMLETE 库中的库搜索来确定。尽管纤维的可视外观非常类似，但只有两根纤维是由同一聚合物制成的。

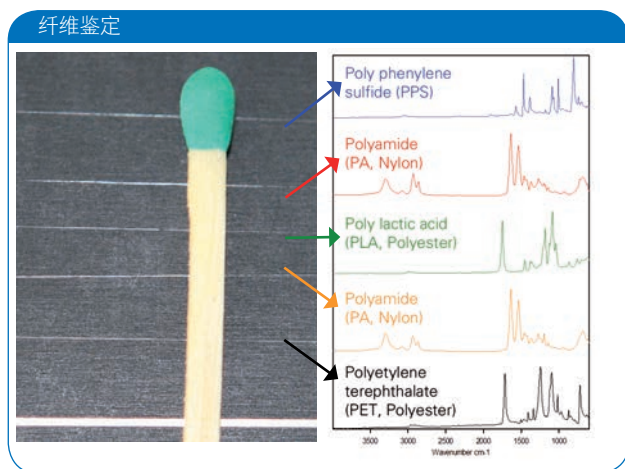


图6: 采样板上的合成纤维与相应的光谱(右)。



图7: LUMOS II 红外显微镜

红外显微技术简便易行

LUMOS II 红外显微镜(图 7)是一款一体化的解决方案，配备集成光谱仪，具备高度自动化特性，并配有一个专门的用户界面。其 8 倍物镜能为 ATR、透射和反射测定模式提供高品质的可见光成像能力。创新的马达驱动衰减全反射(ATR)晶体支持完全自动化执行完整的测定程序，包括背景和样品测定。较大的工作距离以及无阻碍地接触样品，有助于用户轻松定位样品。1.5 x 1.2 mm大视野与大景深使检验样品能非常舒适地完成。结合电动平台，可进行全自动面扫描测定。

专用的 OPUS 视频软件将引导用户完成整个测定程序，并始终针对当前测定步骤提供最适合的功能。另外，可使用 OPUS 光谱软件进行完整的数据评估。为鉴定样品组分，利用 OPUS/SEARCH 软件的功能，可进行光谱搜索和混合物分析。

颜料和清漆碎片的结构

如果发生肇事逃逸事故,车漆碎片是很有价值的痕量证据。通过测定所用材料,可以查明肇事车型。另外,在调查可能的艺术赝品时,也需要对颜料样品进行分析。

分析颜料样品的不同层

利用 ATR 法对颜料样本中各层进行红外显微分析。针对每一层分别定义测定位置和被测区域的外形尺寸。LUMOS II 全自动执行包括设定刀口光圈在内的所有测定程序。

图 8 显示颜料样品的可见光显微图像及对应的四张光谱图。测定点的颜色和所示光谱的颜色一致。包括两个白色层在内的所有层,都可以通过其红外光谱明确区分。

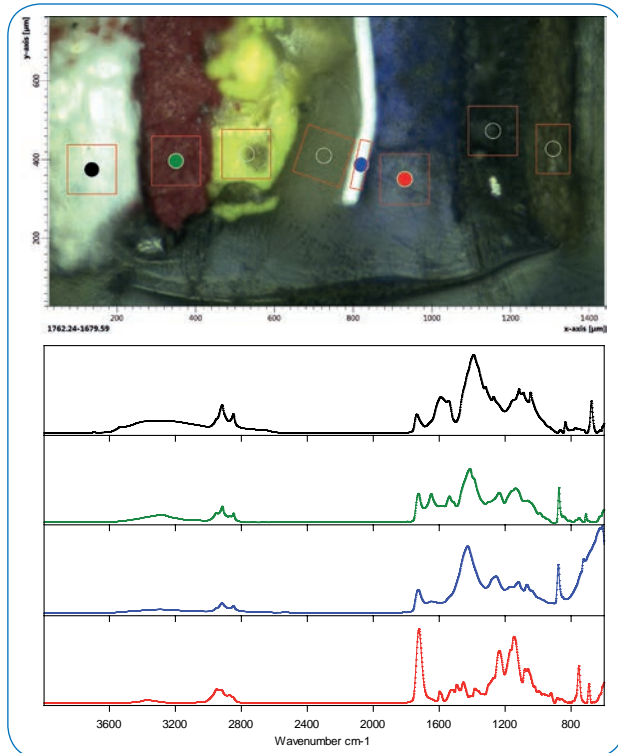


图 8: 多层漆片,显示测定位置与刀口光圈设置。测定点的颜色对应于所示光谱的颜色。

对清漆样品的化学成像

通过测定指定样品区域的常规光谱,现在不仅可以鉴定各个组分,而且能确定其分布情况。这种测定的结果就是化学图像,显示与可见光显微图像叠加的假彩色中某种成分的含量。在指定的样品区采集光谱,可通过利用连续测定进行,利用刀口光阑定义所获得空间分辨率(面扫描)。通过配备焦平面阵列(FPA)探测器的显微镜,分析速度得以显著加快,并且空间分辨率显著提高。HYPERION 3000 是一种利用 FPA 探测器的成像显微镜,带有多达 128 x 128 个探测器元件,每个元件均产生单一光谱。

譬如,对四层的清漆屑的分析如图 9 所示。利用 HYPERION 3000,以 2.7 µm 的像素分辨率测定 340 x 340 µm 的区域。以 4 cm⁻¹ 的光谱分辨率测定总共 16384 个光谱的总采集时间仅为 3 分钟。

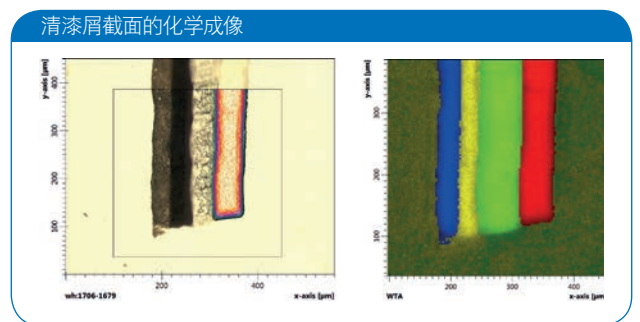


图 9: 左: 四层清漆屑的可见光图像和假彩色图,及与白色层有关的强度分布情况。右: 在 WTA 图中显示所有清漆层的分布情况。

图 9 中的化学图像显示白色层特定的光谱特征的强度分布情况。为了将所有不同组分结合到一个图像中,创建 WTA 图像(图 9 右)。WTA 模型将主要组分的颜色分配给每个图像像素,从而可以在一个图像中显示多个组分。

● 揭露假冒伪劣

伪造文件

红外和拉曼显微光谱法可帮助检测伪造文件的情况。典型问题是测定和表征文件上的油墨及其涂写顺序。

在图 10 中, 所示文件的数字 3 随后用相同颜色的另一个圆珠笔改为 8。通过对 32 x 26 测定点网格的自动红外显微光谱面扫描, 分析完整数字。

在产生的光谱中, 检测到仅存在于数字左侧部分的谱带。该结果如图 10 所示, 其中, 来源于该谱带的化学图像被投射在可见光图像上。由于仅高强度值显示颜色, 其他所有区域保持透明, 所以, 我们可以轻松看到 8 的两半具有不同的化学成分。

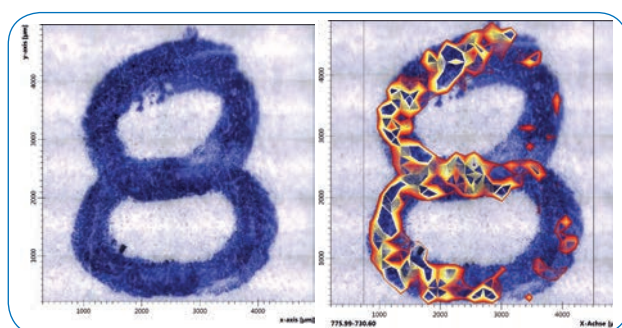


图 10: 伪造的 8 的可见光图像 (左) 和叠加的化学图像 (右)。

艺术品

调查可能伪造的艺术品, 包括对艺术史学家关于风格和工艺的合理性判断, 以及通过取证方法对所用材料的分析。红外和拉曼光谱法可深入了解用于创作某个艺术品的化合物的范围, 并且可以将这些结果与真正在起源时间的可用艺术材料进行比较。显微拉曼光谱法极其强大, 能选择性鉴定画作中的各个颜色, 特别是无机颜料。此外, 显微拉曼光谱法非常具有吸引力, 因为可直接对样品进行非接触式分析。图 11 显示在尼泊尔古代绘画中所用各种颜料的拉曼光谱。进行测定时将 SENTERRA II 拉曼显微镜设置为“开放架构”系统, 可以分析非常大的样本。

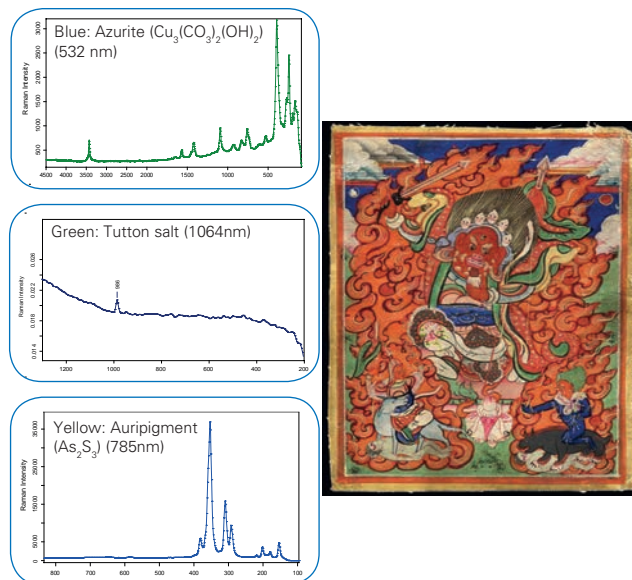


图 11: 通过 SENTERRA II 拉曼显微镜确定在尼泊尔古代画作中所用的颜料。

可靠的显微拉曼光谱法

SENTERRA II 是专为研发和常规实验室中要求苛刻的分析应用而设计的高性能显微拉曼光谱仪。其最重要的创新是实时自动校正技术, 因为这可以确保最高波数精度, 无需利用外部标准进行标定。由于采用非常紧凑的设计, SENTERRA II 的光路很短, 由此带来很高的灵敏度和稳定性。

假币

在纸币中所用的材料, 如纤维、油墨和聚合物涂层, 都可以利用红外和拉曼光谱法进行表征。这种“化学指纹”可被用于检测疑似假币。

所使用的技术受以下一项或多项专利保护: DE 102004025448; DE 19940981。

布鲁克光谱通过 ISO 9001 和 ISO 13485 认证。

激光等级 1

www.bruker.com/optics



400 热线电话: 400-777-2600

布鲁克 (北京) 科技有限公司
北京办公室:
北京市海淀区西小口路66号
中关村东升科技园
B区B-6号楼C座8层
邮编: 100192
电话: +86 (10) 58333000
传真: +86 (10) 58333299
info.bopt.cn@bruker.com

布鲁克 (北京) 科技有限公司
上海办公室:
上海市闵行区合川路2570号
科技绿洲三期1号楼9楼
邮编: 200233
电话: +86 (21) 51720800
传真: +86 (21) 51720899
info.bopt.cn@bruker.com

布鲁克 (北京) 科技有限公司
广州办公室:
广州市海珠区新港东路618号
南丰汇6楼A12单元
邮编: 510660
电话: +86 (20) 22365885
传真: +86 (20) 22365886
info.bopt.cn@bruker.com

布鲁克光谱
香港办公室:
香港九龙湾常悦道9号
企业广场1号楼六层608室
电话: +852 27966100
传真: +852 27966109
info.bopt.hk@bruker.com

布鲁克将不断提高产品性能, 并对技术参数始终享有解释权 © 2020 Bruker Optics BOPT-4000873-06