



利用红外激光成像（QCL） 技术实现表面污染物的高通量筛选

应用说明 MIC419

关于FT-IR和精密机械部件的QA/QC

精密机械部件对质量要求十分严苛。因为这些部件通常是需要由大量特殊组件装配而成。如果某个组件含有杂质，那么整个部件将面临质量风险。

在此方面，FT-IR显微镜分析是一种经实践证明的、可用于定位和识别未知物质及污染物的分子振动光谱法。这种分析方法能够明确而可靠地指出污染来自何处，以及如何排除故障。

更快地找到感兴趣区(ROI):

一个常见的问题是透明的杂质（例如，油渍），这使得寻找感兴趣区的过程变得单调冗长。然而，对制造商而言100%的质量控制方法是非常有必要的，尤其是对于高价值产品或关键机械部件。虽然FT-IR成像是解决此问题的合适方案，但使用焦平面阵列探测器来实现大量样品检测并非易事。红外激光器的引入让我们最终能够在很短的时间内，通过化学性质来判断样品。

这项新技术支持在几分钟内完成对宏观表面（几十平方厘米）的微米分辨率分析，从而开辟了一系列新的应用。

将FT-IR与QCL相结合的最佳实践

红外激光成像覆盖中红外指纹区域（1800-950 cm^{-1} ）。FT-IR显微镜分析和红外激光成像技术均可用于透射、反射和ATR。

离散波数成像则主要覆盖特定波数而非全波谱，因而可显著加快采集速度。

在光谱扫描中，需要选定相应光谱范围，并通过连续激光扫描生成光谱。所得光谱与FT-IR光谱相同。^[1] FT-IR显微镜分析可覆盖宽光谱范围（450-6000 cm^{-1} ），有助于识别未知物质并带来高可靠性。

总而言之，通过将QCL与FT-IR相结合，用户将能够快速找到感兴趣区并予以测定，从而完成明确识别过程。

利用红外激光成像找到ROI:

为演示此方法,我们对一枚完整的怀表(精密机械部件行业的典型代表)进行了检查。金属本身没有红外信号,因此该组件的表面就像一面镜子,让红外光从金属上反射出去。然而,如果存在某个微小杂质,那么该杂质会将红外光吸收,我们便能通过反射光的变化来检测到杂质。

在此特定示例中(图1),我们需要对怀表进行硅油残留测试,因而选定了 1250 cm^{-1} 代表Si-CH₂波段,进行红外激光成像分析。我们在不到3.5分钟的时间内,在该离散波长下,以 $5\mu\text{m}$ 像素分辨率完成了对整个样品($30\times 30\text{ mm}$)的扫描。

虽然视觉照片中未显示污染迹象,但红外成像显示出明显差异——其中有一个清晰可见的污渍轮廓,位于怀表的一个小区域内(图1, A)

利用FT-IR提高分析置信度:

在找到污染物的位置之后,只需点击一下鼠标,即切换到FT-IR显微镜分析模式。在即时切换模式后,我们可立即在样品上设置FT-IR测定点。利用完整的MIR光谱,我们即可通过在光谱参考库中进行检索,来确定残留物的性质。图2显示了检索结果。整个分析过程的总耗时不超过5分钟,并且获得了准确可靠的结果。

由此可见,主要有两种用法示例:第一种用例是在已建立常见污染物目录的基础上,利用离散波长(单波长)的红外激光成像予以搜索,然后利用FT-IR来验证结果。第二种用例则是发现了某种未知杂质,在此情况下,可利用FT-IR予以识别,然后利用红外激光成像,对其他样品进行该污染物的筛查。

FT-IR和红外激光成像:相得益彰

对于大多数实验室而言,FT-IR经实践证明的可靠性能(尤其是在测定未知物质方面)是不容错过的。HYPERION II将现代红外激光成像技术与完整FT-IR光谱对应的全面化学信息相结合。HYPERION II软件则可帮助用户轻松快捷地完成不同红外模式之间的切换。只需轻点鼠标,即可在不同红外技术之间来回切换,从而高效地完成样品分析。

参考文献

[1] 《应用说明MIC420: QCL在法医鉴定中的应用》,布鲁克光学,2021。

图1: 左上角的视觉照片未显示污染迹象或任何残留物。 1250 cm^{-1} 红外成像(右上角)则显示有少量污染。在特写镜头中,污染物的大小和范围变得清晰。在不到5分钟的时间内,即完成了对怀表的整个机芯(900 mm^2)分析。

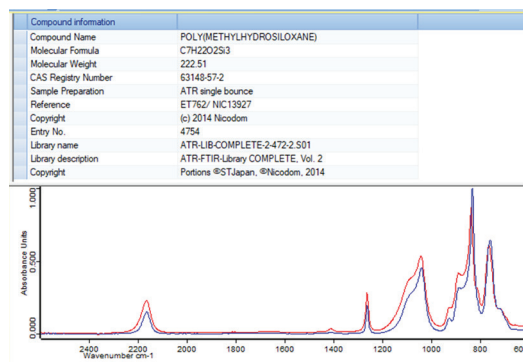
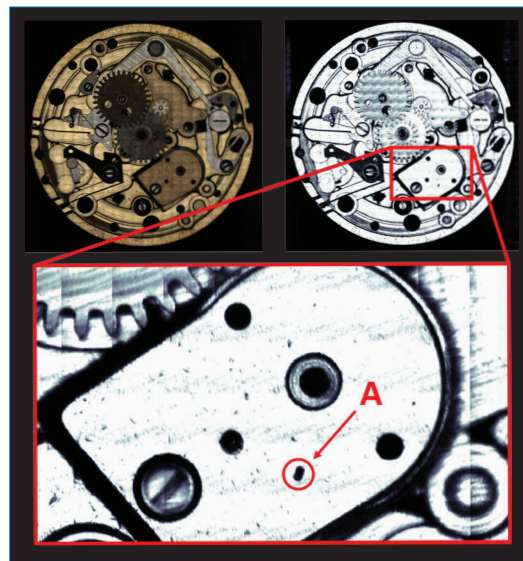


图2: 根据在污染点直接采集的FT-IR光谱,在光谱参考库中检索结果。光谱采集自 $4000\text{--}600\text{ cm}^{-1}$ 范围。

