

SmartRaman 显微共焦模块

市场上普通型的商业化显微共焦光谱仪的价格非常昂贵，购买商业化显微共焦光谱仪对普通科研工作者是一件奢华的事情。但是，如果科研工作者具有一台任何光谱仪(最好包括 CCD 探测器)，通过购买我们设计的显微共焦模块，就成为一台成本低、操作简便以及光路布置合理的多功能显微共焦光谱仪。

对于显微共焦光谱仪而言，如何使得激光斑点与共焦孔在样品上的像点一致，是能够测到光谱和提高光谱仪信噪比的关键。同时，显微物镜的光学通孔非常小，如何使得激光能准直地入射到样品也是非常重要的问题。随着光谱仪系统集成度越来越高，光谱仪的自动化程度也逐渐提高，以至于不同激光器的切换，光学滤光片的选取，探测器出口的配置等都完全自动化。自动化的提高使得使用者操作非常方便，但关键光学元件的全自动化对仪器在长时间工作状态下的稳定性提出了很高要求，这就要求所有光学元件都必须由计算机来控制，而一旦某光学元件性能出现问题或被损坏，更换此光学元件并准直光谱仪的光路将非常麻烦。全自动化光谱仪不仅价格昂贵，而且使用成本非常高。

在测试过程中，因为各种科学实验的需要，人们不可避免地希望给显微共焦光谱仪添加激光器，包括紫外和近红外的激光器，这就需要往光路里添加更多的光学元件或更换与新添加激光波长对应的光学滤光片和其它光学元件，但全自动光谱仪的很多光学元件都是固定的，在更换或添加光学元件将非常不方便。另外，在测试过程中，还可能需要更换不同倍数和工作距离的显微物镜。更换或者添加激光器以及显微共焦光谱仪的任何元件，原则上都必须重新对光路进行准直，但是，在此情况下，全自动光谱仪都很难对激光和信号光路进行共焦准直调节。因此，作为一个多功能的显微共焦光谱仪来说，更换很多光学元件情况下如何实现快速光路准直，是全自动光谱仪很难实现的。

SmartRaman 显微共焦模块，可以和两个及以上普通光谱仪相结合，达到性价比高、结构稳定、添加和升级各种光学元件方便、光路准直快速、操作简便和信号透过率高的 SmartRaman 显微共焦光谱仪。具体情况请看[模块特点](#)、[设计范例](#)和[实测结果](#)。

一、模块特点

设计加工多波长显微共焦拉曼模块，与各商业化光谱仪组成显微共焦拉曼光谱仪和显微共焦光致发光光谱仪。

1、模块稳定性：

两个小型激光器与模块固定在一起，绝大部分光学元件在同一水平面内放置，保证了模块的光学稳定性。同时可外光路引入多路激光器。

2、激光波长配置：

显微模块内部可选择固定两个小型激光器，例如波长为 632.8nm 的氦氖激光器(1mW-17mW)，各种波长(如 532nm, 405nm 或 830nm 等)的小型固态泵浦激光器，以及其它小型激光器。同时可外光路引入多路激光器。

3、信号透过率高：

经显微模块上的显微物镜收集后的拉曼信号或荧光信号，可通过一个反射镜和一个汇聚透镜后直接进入光谱仪入口，有望达到光谱系统信号透过率的极限。

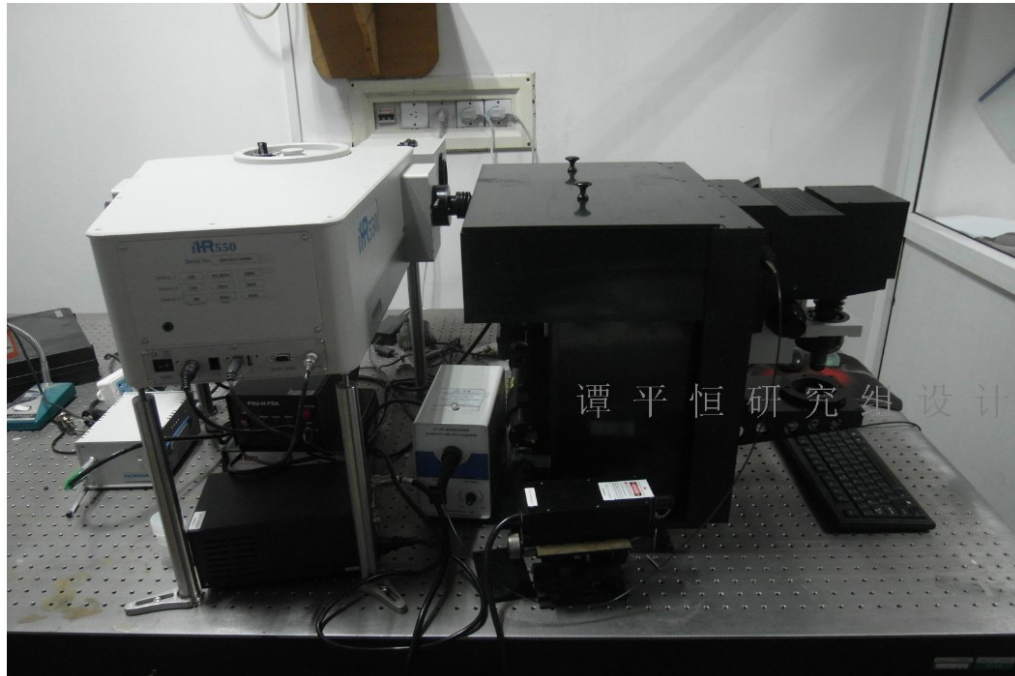
4、不同波长激光切换：

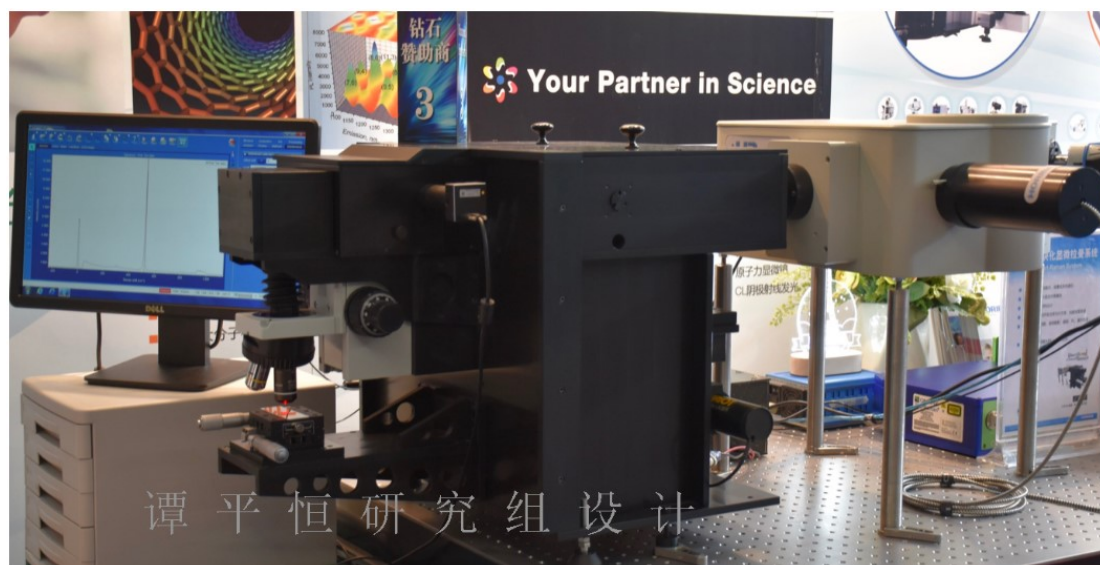
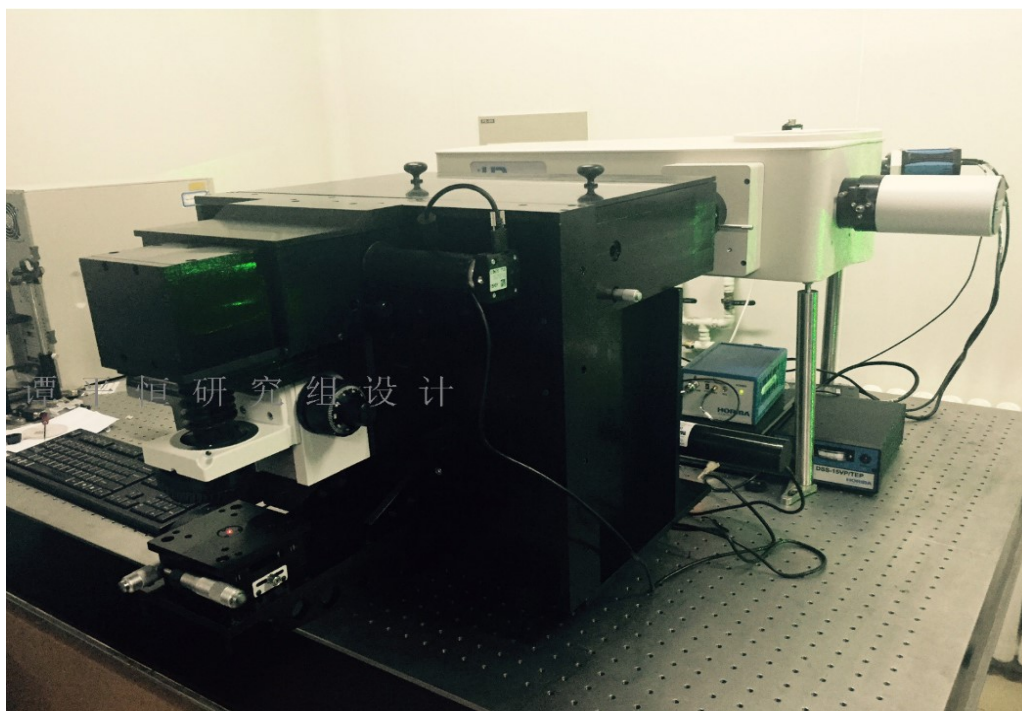
提供调节方便的插拔式拉曼滤光片支架，实现在很短时间内不同波长激光方便切换。

5、显微镜参数：

提供开放式显微镜模块，支持大样品空间和二维扫描平台放置。实现样品固定时上下移动物镜来聚焦，方便低温光谱测试。

二、设计范例





三、实测结果

以下为所涉及拉曼模块和 iHR550 光谱仪组成的显微共焦拉曼光谱仪的拉曼光谱和光致发光光谱的实测结果。具体测试参数在右侧谱仪软件中可看出。

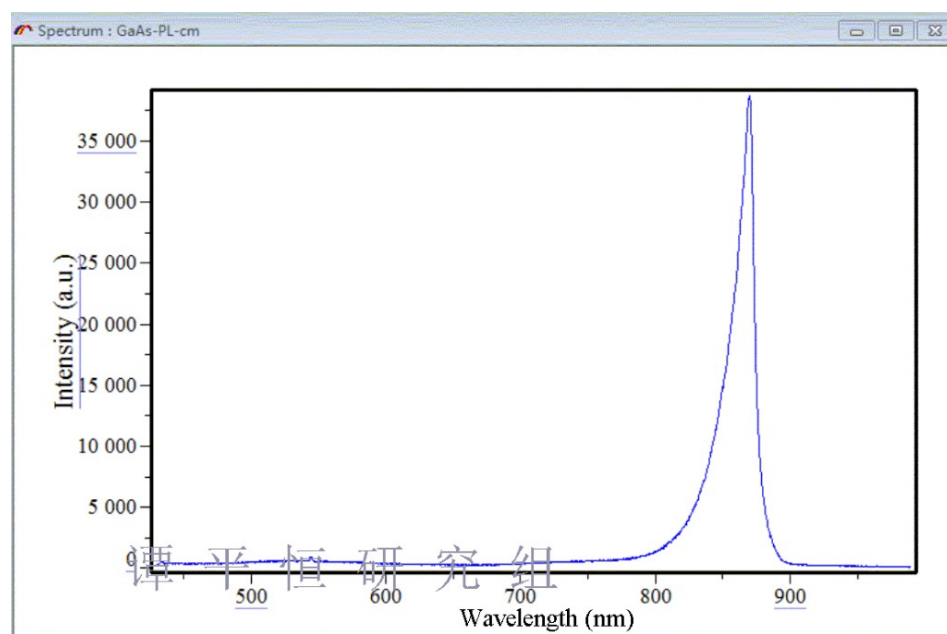
注：

- a. 此测试结果严重依赖于所用光谱仪和其它仪器参数，不作为模块验收标准。
- b. 在其它网站或报告等任何地方引用本页所含图片，请注明图片出处。

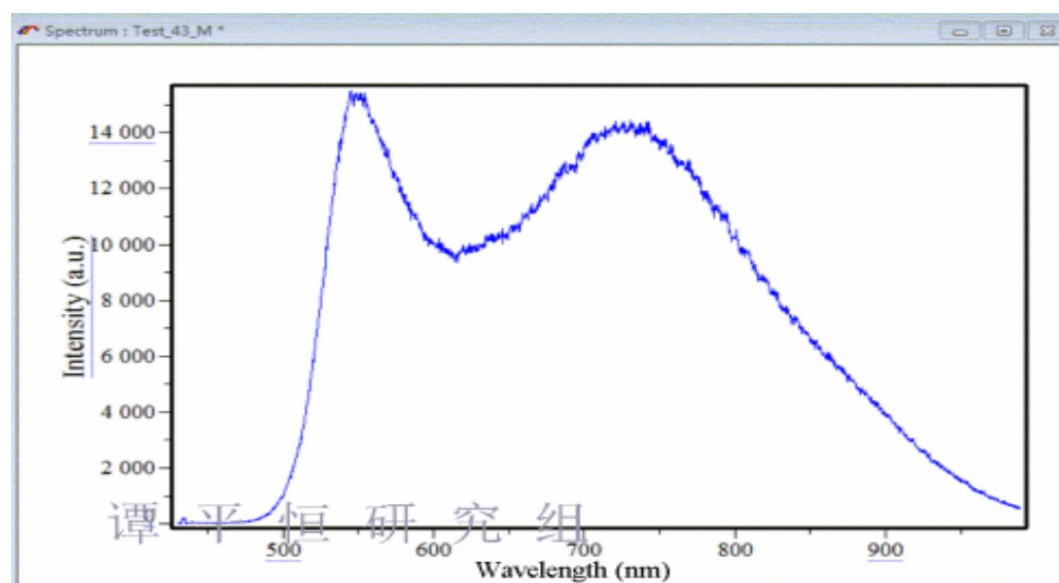
1、光致发光光谱

1.1、GaAs 单晶，50 倍长工作距离物镜，150 刻线光栅，狭缝宽度 200 微米

固态泵浦激光器 405nm, 到达样品激光功率小于 0.004mW, 并衰减 10 倍, 积分时间 10s。



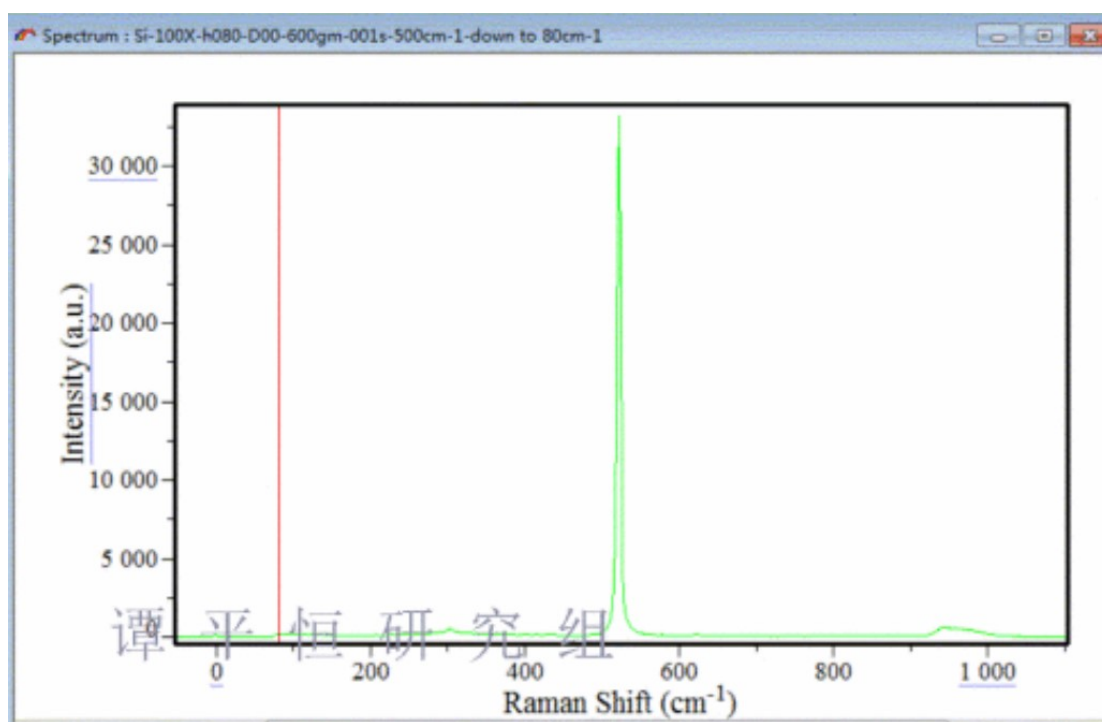
1.2、Newport OG507 彩色玻璃，50 倍长工作距离物镜，150 刻线光栅，狭缝宽度 200 微米固态泵浦激光器 405nm, 到达样品激光功率小于 0.004mW, 并衰减 10^4 倍, 积分时间 10s。



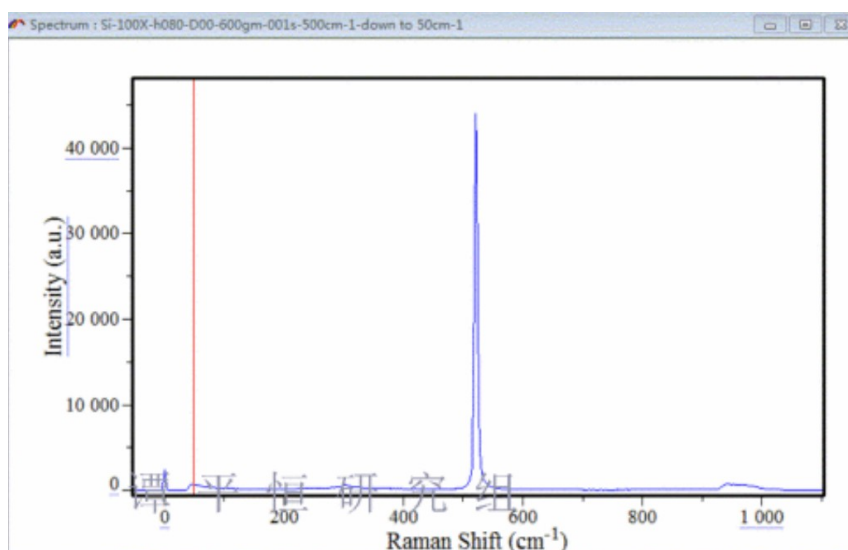
2、拉曼光谱

2.1、氦氛激光 632.8nm 所测光谱

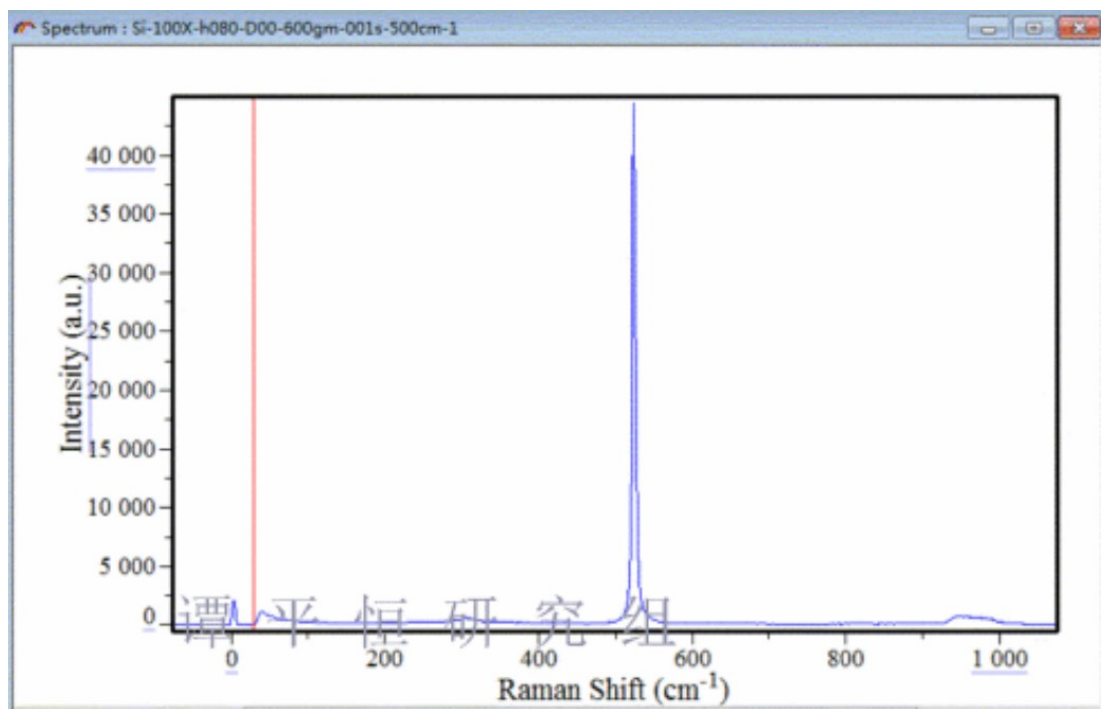
2.1.1、硅单晶，取向(111)，100倍物镜，600刻线光栅，狭缝宽度80微米氦氛激光632.8nm，到达样品激光功率约5mW，积分时间1s最低测试波数约80 cm^{-1} 。



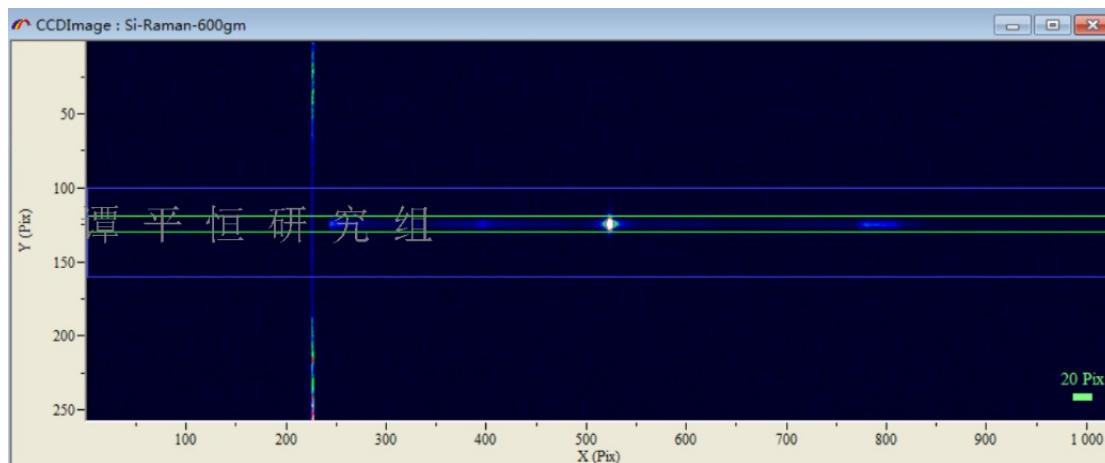
2.1.2、硅单晶，取向(111)，100倍物镜，600刻线光栅，狭缝宽度80微米氦氛激光632.8nm，到达样品激光功率约5mW，积分时间1s最低测试波数约50 cm^{-1} 。



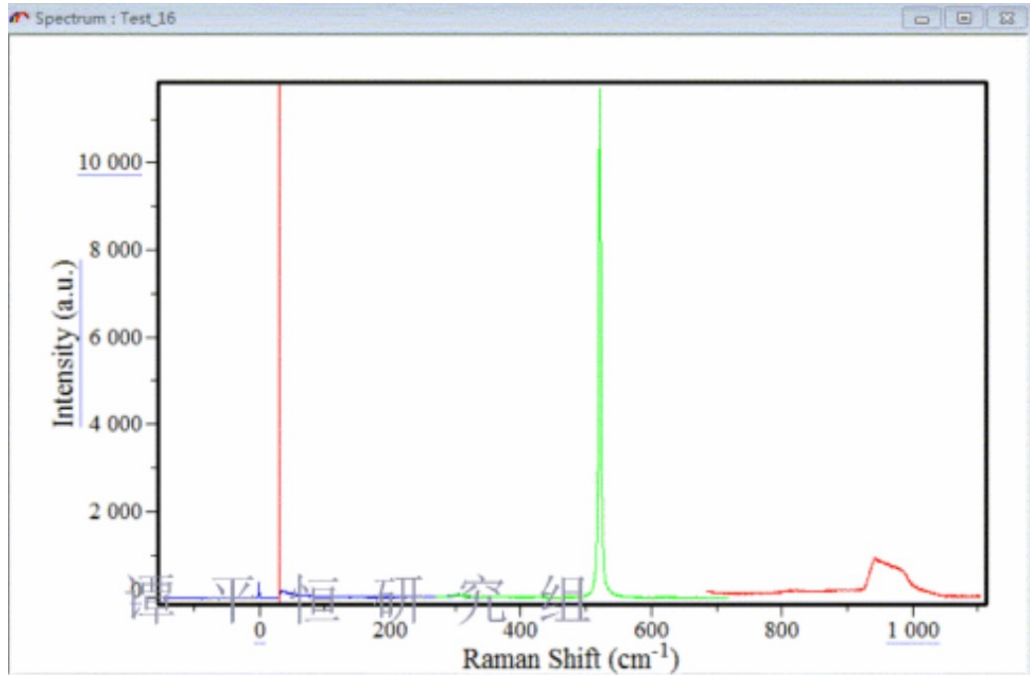
2.1.3、硅单晶，取向(111)，100倍物镜，600刻线光栅，狭缝宽度80微米氦氖激光632.8nm，到达样品激光功率约5mW，积分时间1s 最低测试波数约30cm⁻¹。



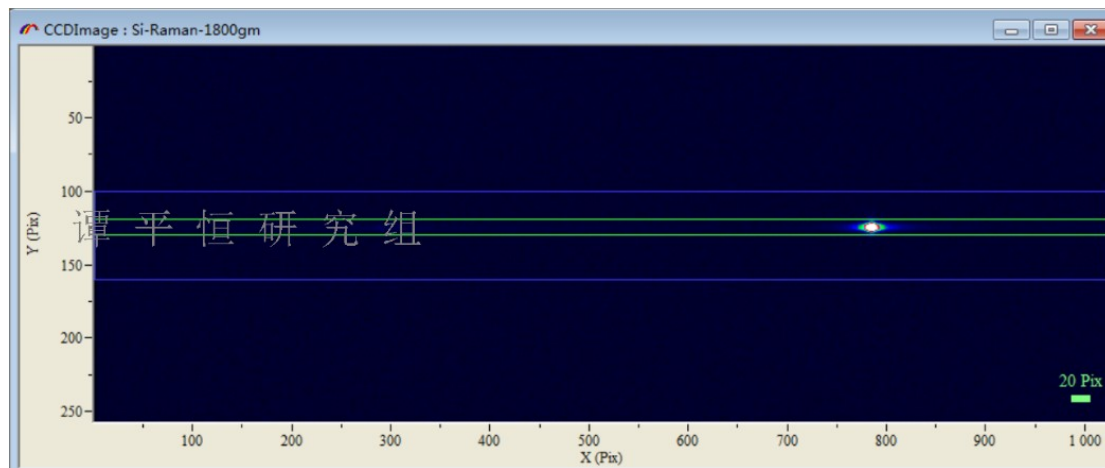
下图为上图拉曼光谱的 CCD 图像。拉曼信号覆盖的 CCD 宽度为 10 像数高度，且 CCD 图像非常干净，无杂散光信号。



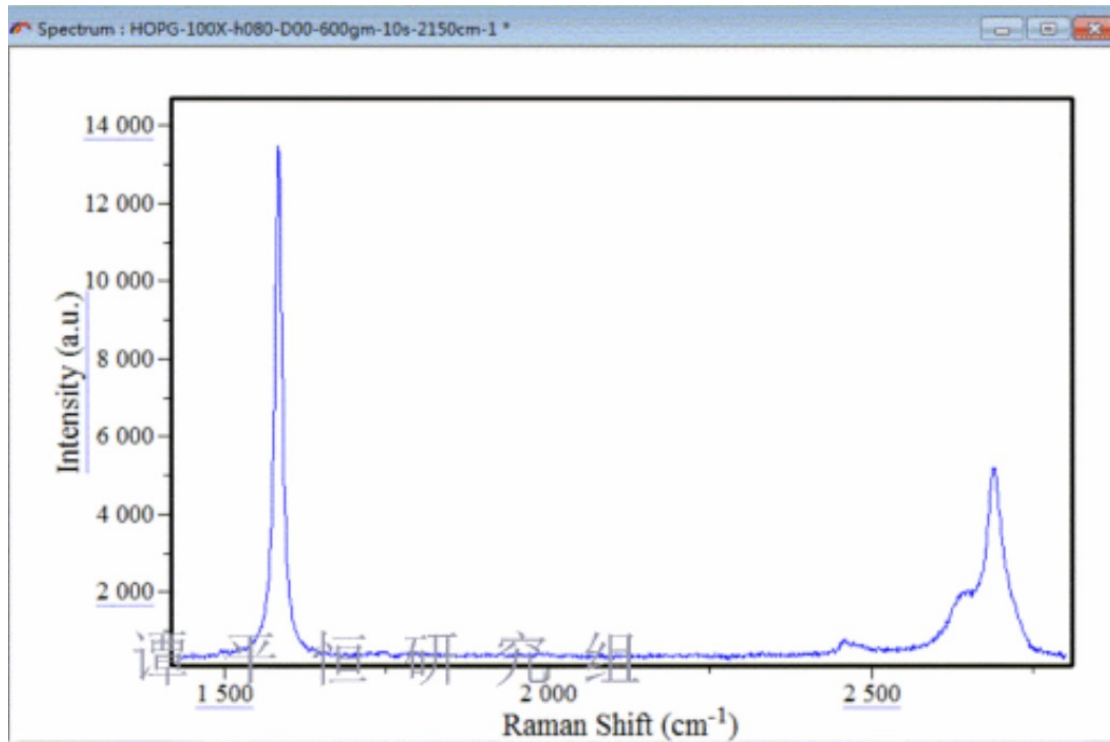
2.1.4、硅单晶，取向(111)，100倍物镜，1800刻线光栅，狭缝宽度80微米 氦氖激光632.8nm，到达样品激光功率约5mW，积分时间1s(二阶峰10s) 最低测试波数约30cm⁻¹。



下图为上图拉曼光谱的 CCD 图像。拉曼信号覆盖的 CCD 宽度为 10 像数高度，且 CCD 图像非常干净，无杂散光信号。



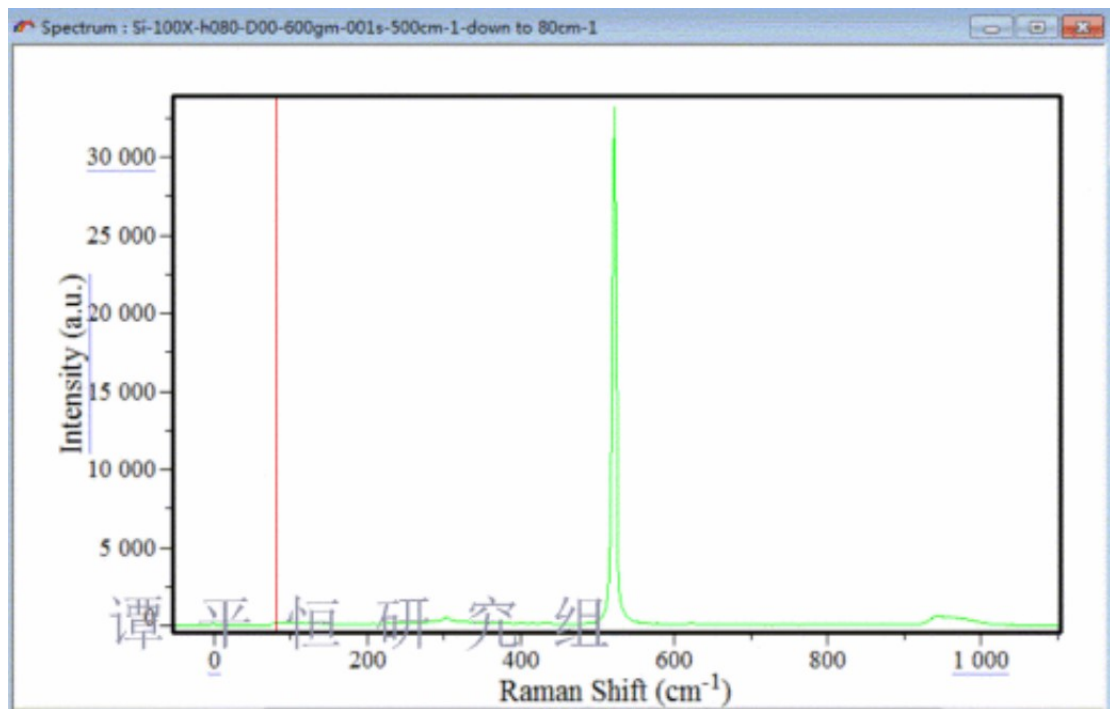
2. 1. 5、石墨晶体, 100 倍物镜, 600 刻线光栅, 狭缝宽度 80 微米氦氖激光 632. 8nm, 到达样品激光功率约 5mW, 积分时间 10s。



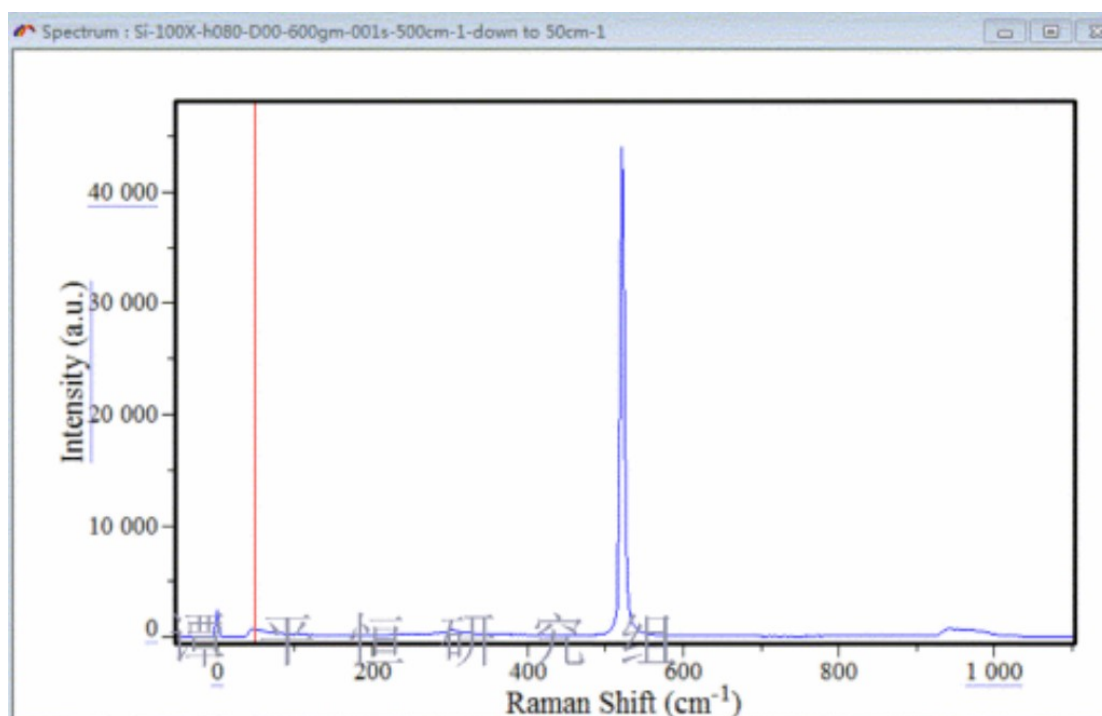
2.2、拉曼光谱

2.2.1、氦氛激光 632.8nm 所测光谱

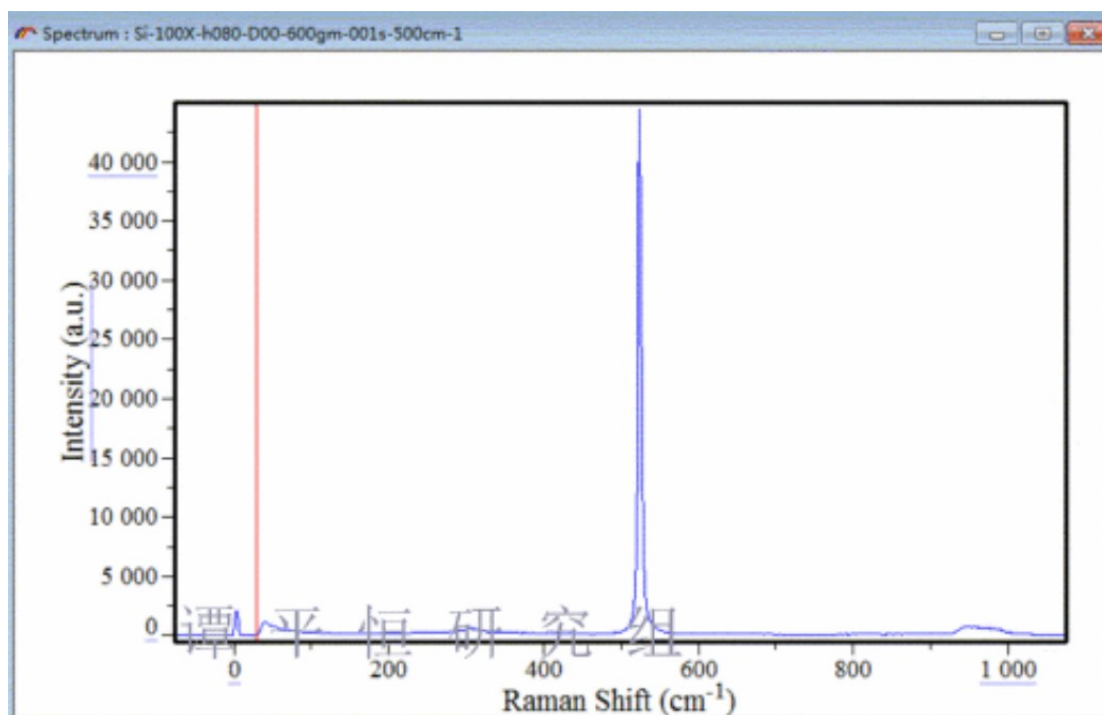
2.2.1.1、硅单晶，取向(111)，100倍物镜，600刻线光栅，狭缝宽度80微米氦氛激光632.8nm，到达样品激光功率约5mW，积分时间1s 最低测试波数约80 cm^{-1} 。



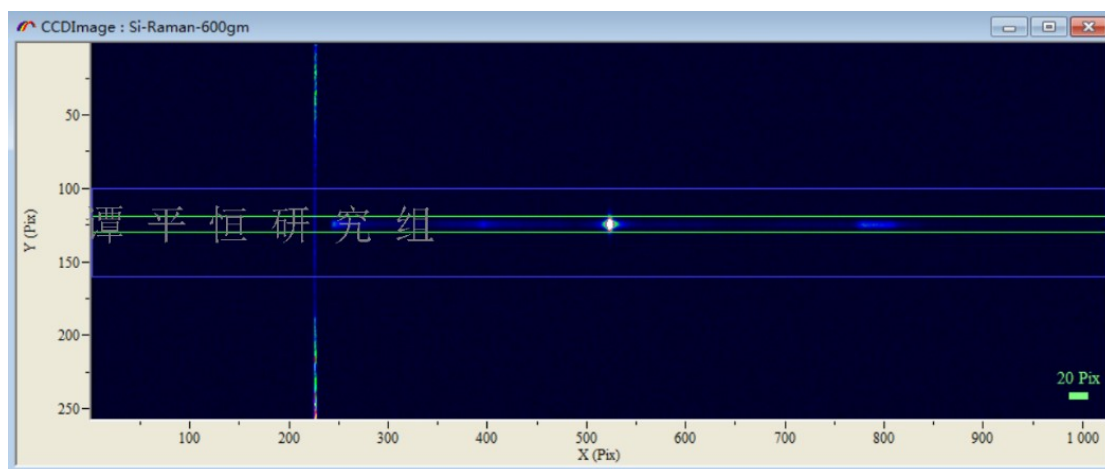
2.2.1.2、硅单晶，取向(111)，100倍物镜，600刻线光栅，狭缝宽度80微米氦氖激光632.8nm，到达样品激光功率约5mW，积分时间1s 最低测试波数约50cm⁻¹。



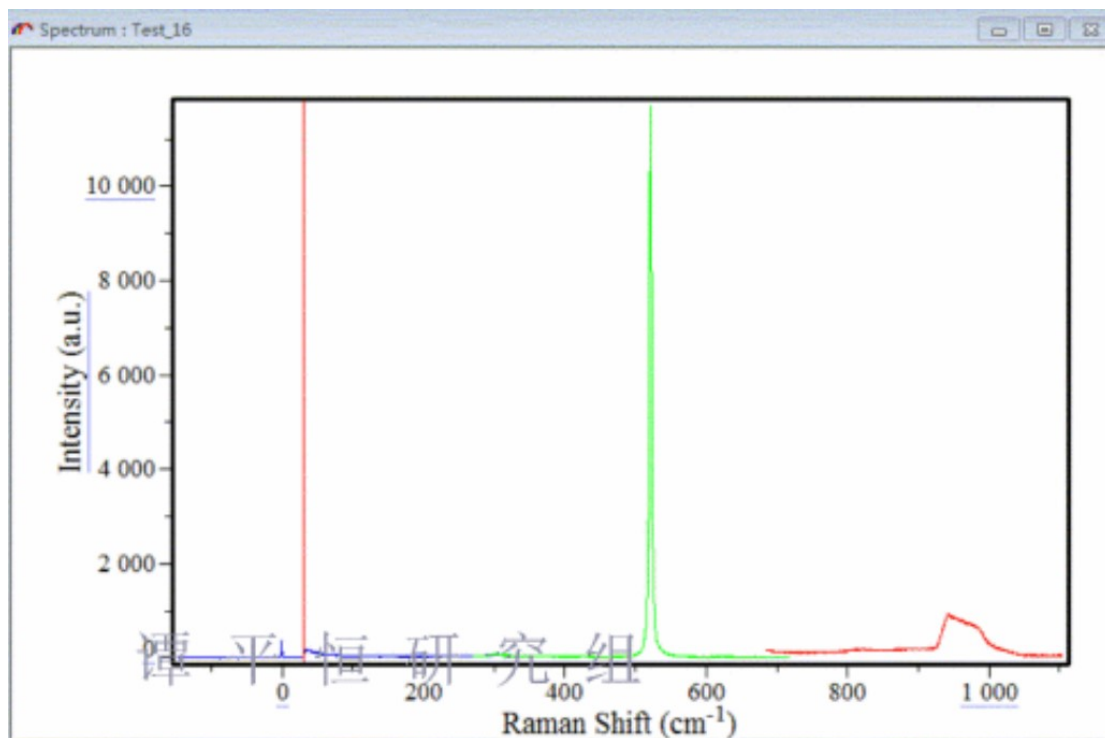
2.2.1.3、硅单晶，取向(111)，100倍物镜，600刻线光栅，狭缝宽度80微米氦氖激光632.8nm，到达样品激光功率约5mW，积分时间1s 最低测试波数约30cm⁻¹。



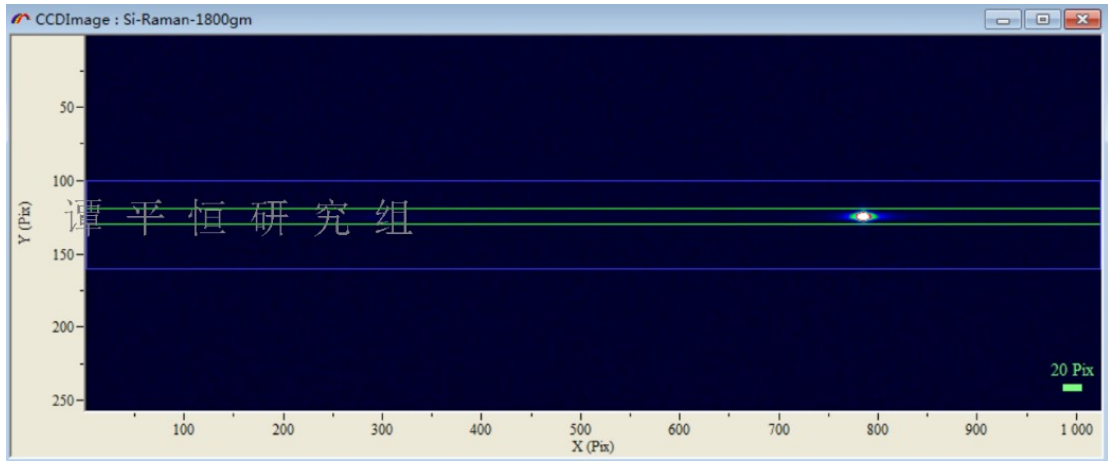
下图为上图拉曼光谱的 CCD 图像。拉曼信号覆盖的 CCD 宽度为 10 像数高度，且 CCD 图像非常干净，无杂散光信号。下图为上图拉曼光谱的 CCD 图像。拉曼信号覆盖的 CCD 宽度为 10 像数高度，且 CCD 图像非常干净，无杂散光信号。



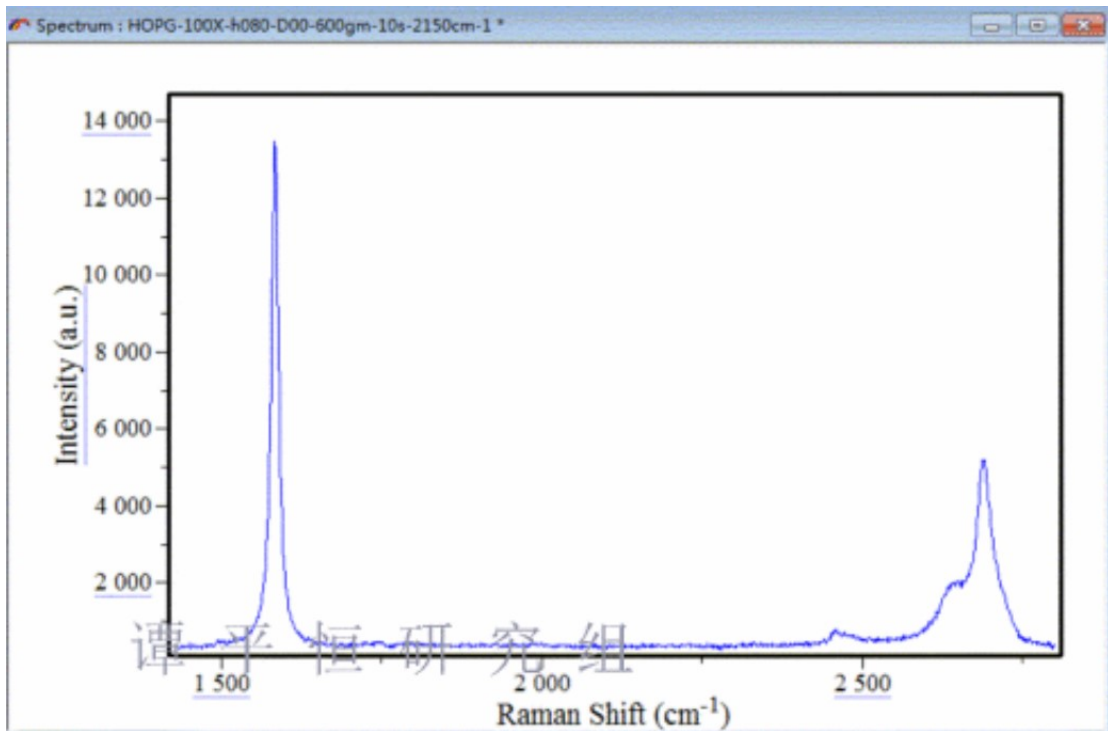
2.2.1.4、硅单晶，取向(111)，100倍物镜，1800刻线光栅，狭缝宽度80微米氦氖激光632.8nm，到达样品激光功率约5mW，积分时间1s(二阶峰10s)最低测试波数约 30cm^{-1} 。



下图为上图拉曼光谱的 CCD 图像。拉曼信号覆盖的 CCD 宽度为 10 像数高度，且 CCD 图像非常干净，无杂散光信号。



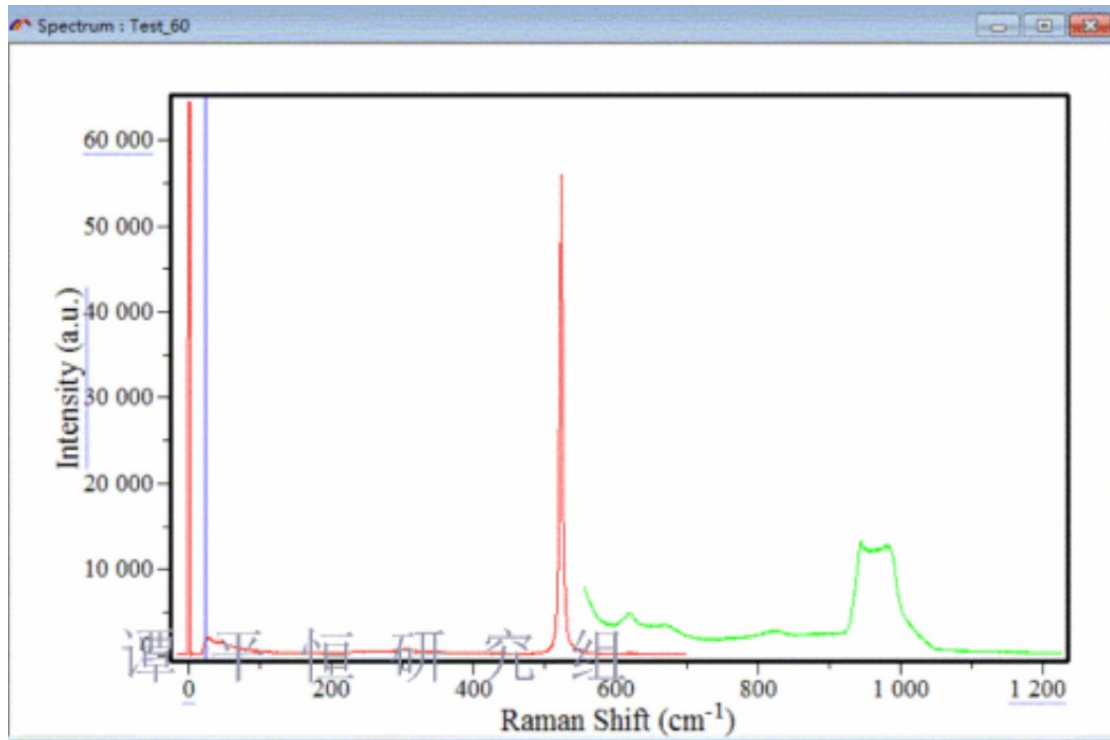
2.2.1.5、石墨晶体, 100 倍物镜, 600 刻线光栅, 狭缝宽度 80 微米氦氖激光 632.8nm, 到达样品激光功率约 5mW, 积分时间 10s。



2.2.2、固态泵浦激光 532nm 所测光谱

2.2.2.1、硅单晶, 100 倍物镜, 1800 刻线光栅, 狭缝宽度 80 微米固态泵浦激光器 532nm, 到达样品激光功率约 18mW, 积分时间 4s。

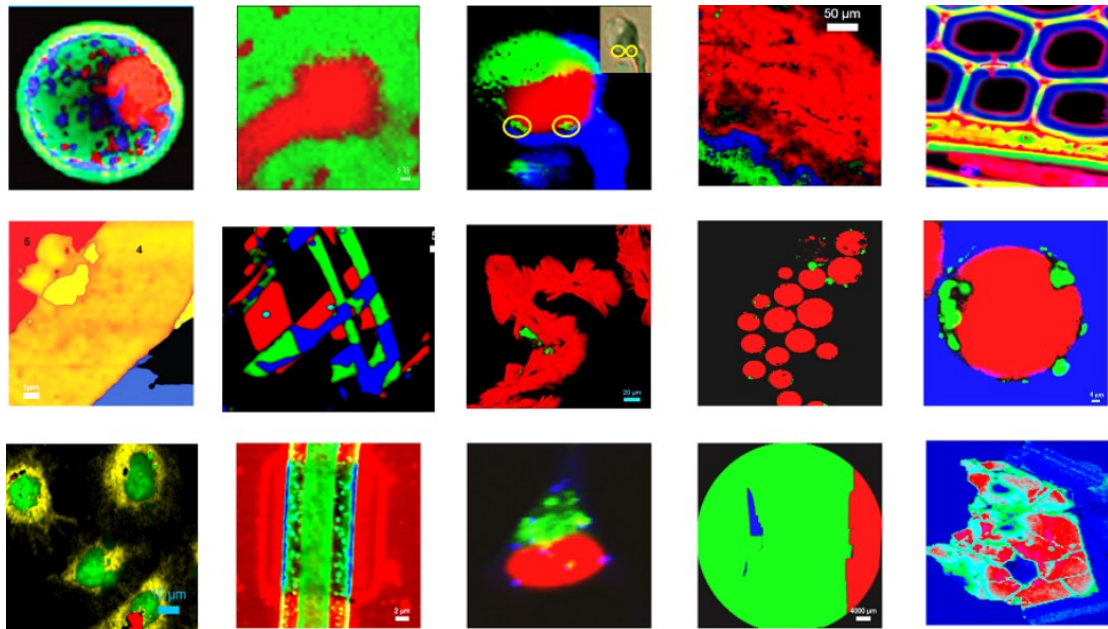
最低测试波数约 20cm⁻¹



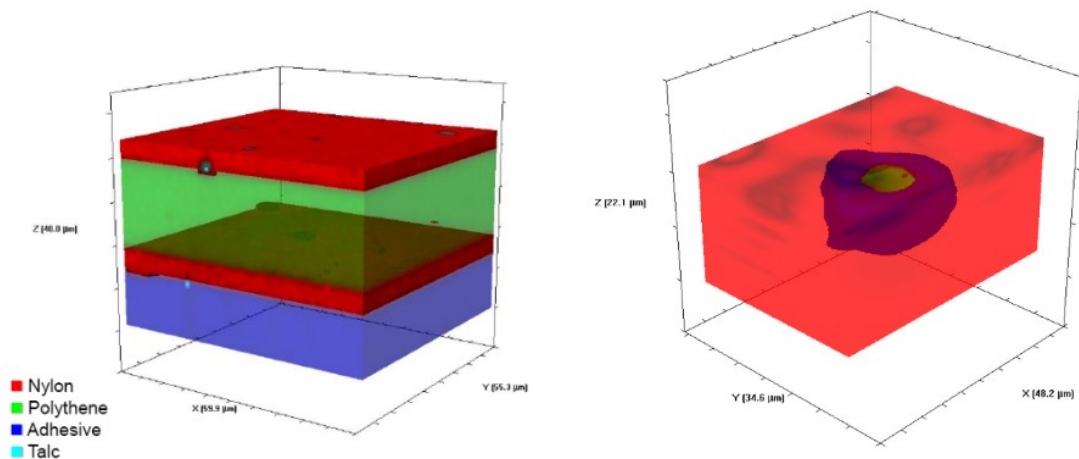
2.2.3、拉曼光谱成像

2.2.3.1、显微拉曼模块可安装拉曼成像平台，进行高质量的拉曼成像测试。

二维拉曼成像：



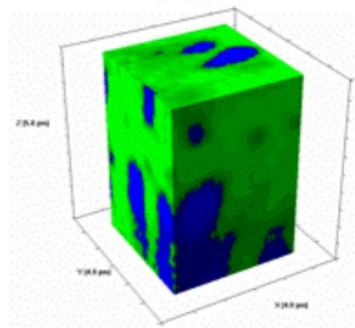
三维拉曼成像：



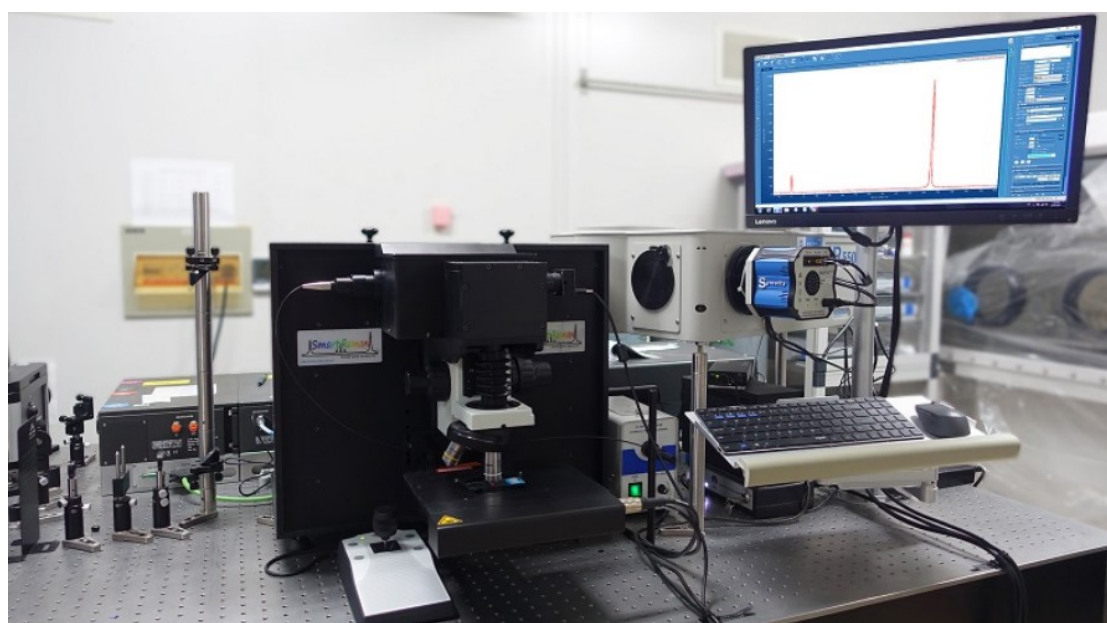
多层聚合物薄膜



包裹体

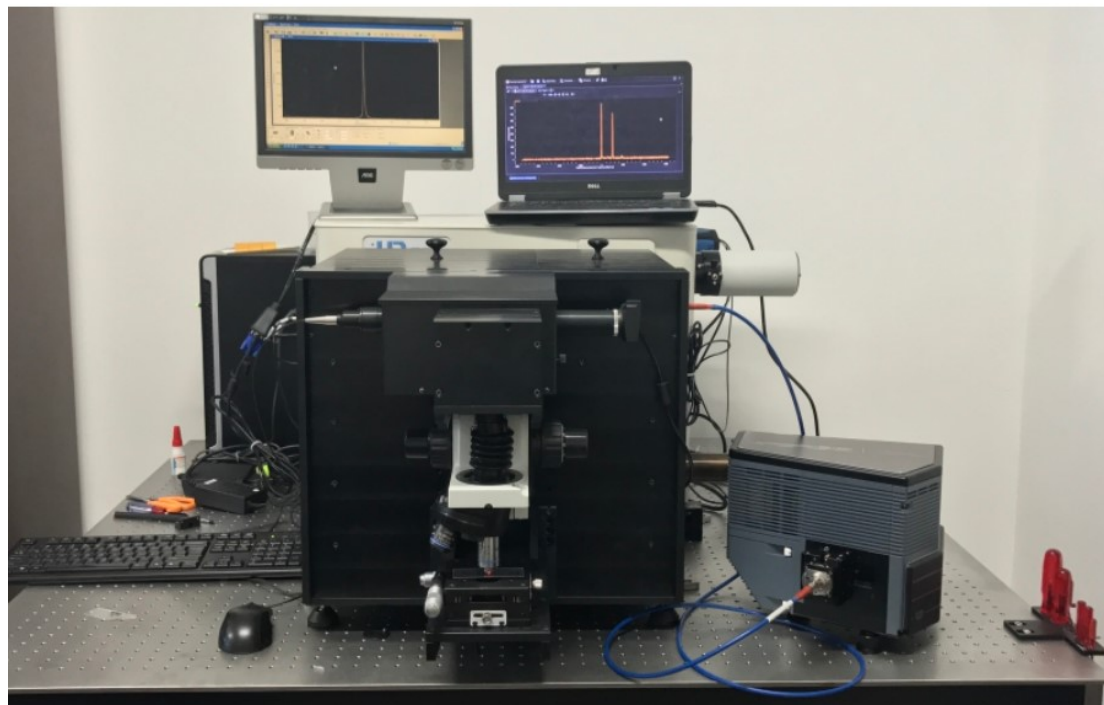


半导体研究所自己使用的 SmartRaman 显微共焦模块与 HORIBA iHR550 耦合的展示设备常年处于工作状态, 模块内置 633nm 和 532nm 激光器和二维成像平台, 随时欢迎各位专家、用户以及合作伙伴参观和现场测试。



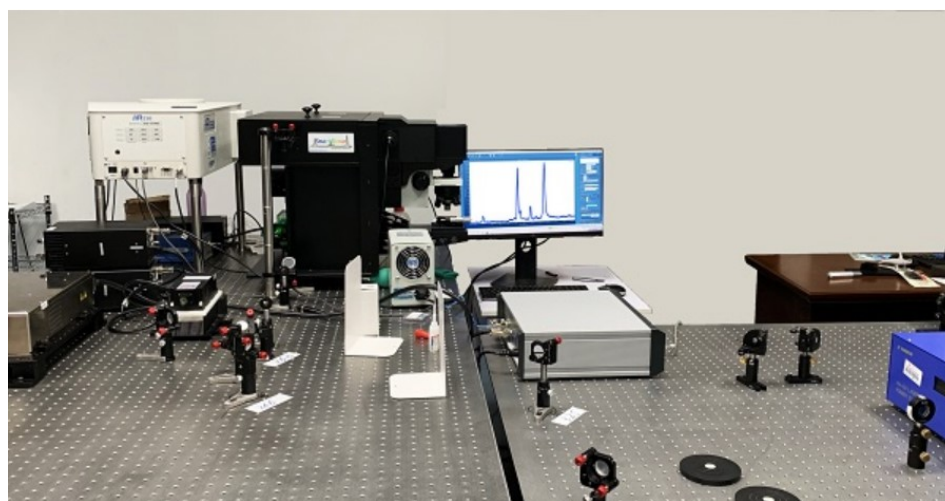
SmartRaman 显微共焦模块的主要特点实例说明如下：

1. SmartRaman 显微共焦模块能同时耦合两个及以上光谱仪，可在一个模块上实现高分辨拉曼光谱和宽光谱范围荧光光谱的测试。



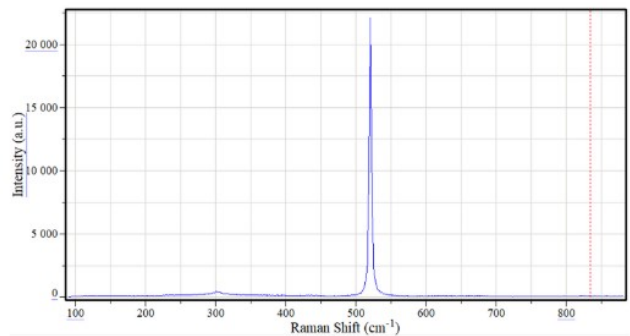
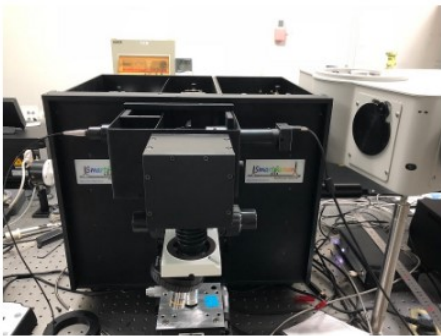
SmartRaman 显微共焦模块同时耦合 HORIBA iHR550 高分辨光谱仪和 PI Fergie 光纤光谱仪的现场效果图以及相关测试结果。

2. 同一个 SmartRaman 显微共焦模块可以耦合从深紫外到近红外的多个激光器，下图所示出将 266nm、325nm、360nm 和 532nm 激光器耦合到同一模块的现场图，计算机屏幕显示了 266nm 激光测试的拉曼光谱结果。用户基于该模块在以后升级其它波长激光来测试拉曼光谱的成本低，只需购买特定波长的激光器和相应波长的拉曼滤光片及适配器即可。

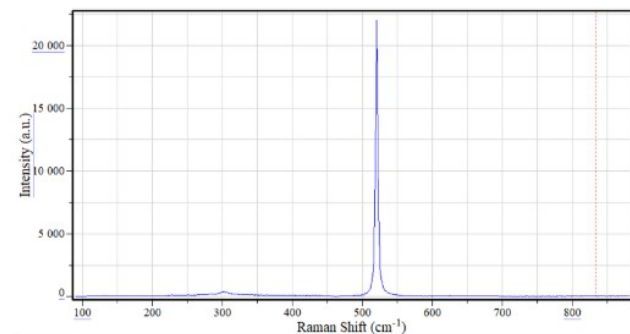
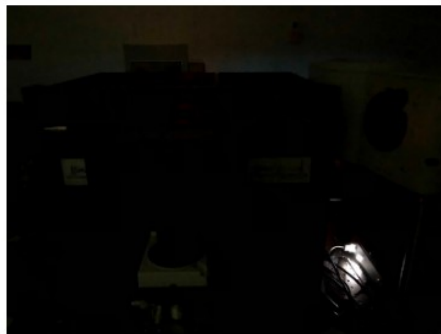


配置有 266nm、325nm、360nm 和 532nm 激光的 SmartRaman 显微共焦模块以及利用 266nm 激光测试的拉曼光谱。

3. SmartRaman 显微共焦模块与光谱仪耦合，即使在耦合模块顶盖开放和实验室照明灯打开的情况下，仍然具有非常低的本底噪声，所测结果与全暗室测试的本底噪声基本相同，如下图所示。该性能非常便于仪器的光路调节以及在实验室照明灯打开的日常条件下也可以测得信噪比非常高的拉曼光谱。关于拉曼光谱信噪比的科学定义和相关测量方法可以参考[相关链接](#)。

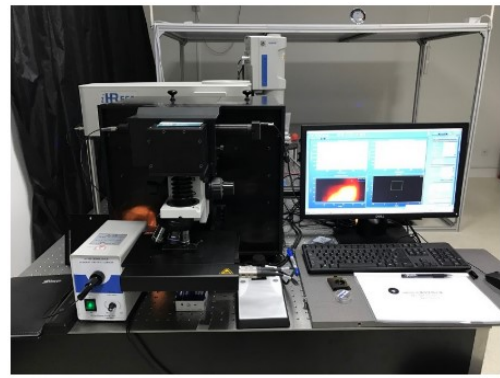
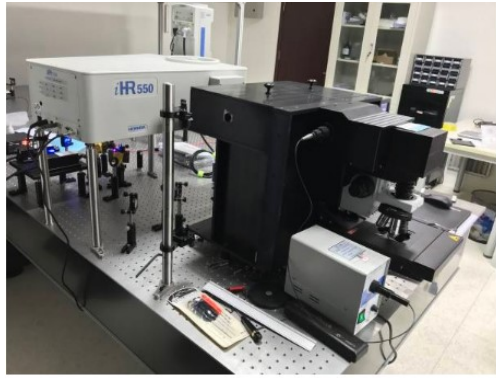


耦合模块顶盖开放和实验室照明灯全开的日常条件下所测的拉曼光谱



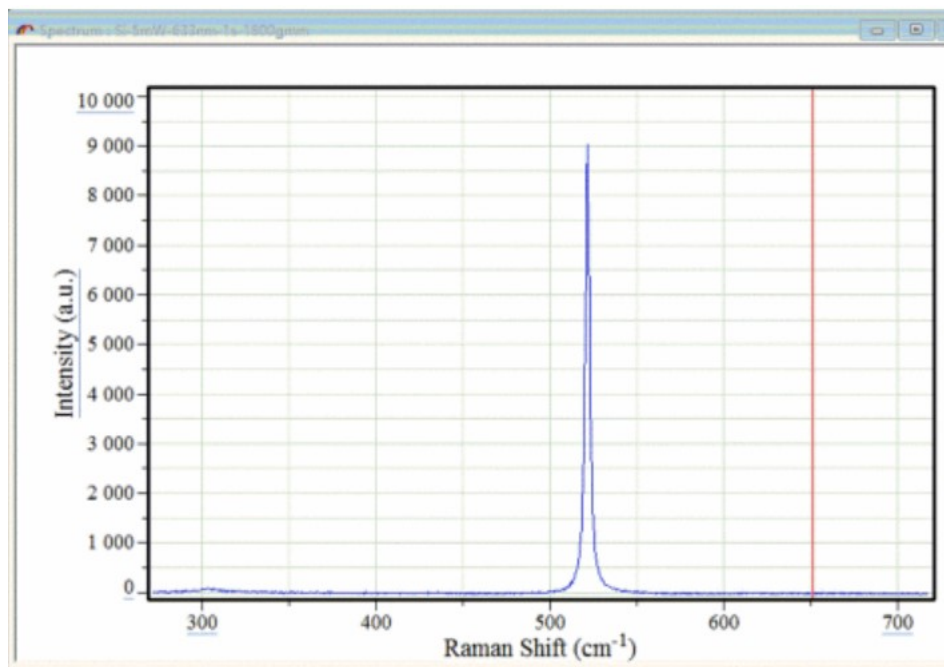
耦合模块顶盖合上和实验室照明灯关闭的暗室条件下所测的拉曼光谱

4. SmartRaman 显微共焦模块能耦合多个激光器以及二维成像平台，而且为用户自己随意添加激光器提供了可能，便于后期模块功能的逐渐升级。



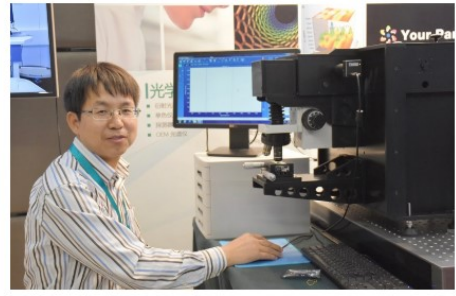
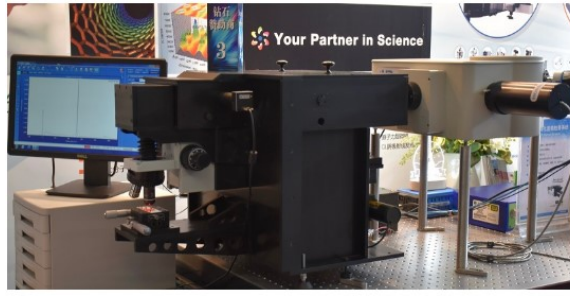
为北京大学 iHR550 配备的显微共焦模块，耦合四条激光线和二维成像平台。

5. SmartRaman 显微共焦模块中来自样品的拉曼信号只经过一个反射镜即可被聚焦到光谱仪入口狭缝，因此具有非常高的信号透过率。这使得 He-Ne 激光器输出功率仅为 5mW 和使用 1800 刻线光栅时，利用 iHR550 也可获得 9000 计数每秒。



电子科技大学显微共焦模块拉曼谱仪实测结果，Si111 样品，He-Ne 激光器输出功率 5mW，1800 刻线光栅，狭缝宽度 80 微米，100 倍物镜，积分时间 1 秒。

6. SmartRaman 显微共焦模块具有性价比高，操作简便，感受与高端拉曼光谱仪相似的测试体验和测试结果。



部分科研院校用户：

清华大学

北京大学

浙江大学

山东大学

北京工业大学

北京航空航天大学

北京理工大学

中国矿业大学

北京邮电大学

西北大学

电子科技大学

南方科技大学

东北大学

苏州大学

四川大学

内蒙古工业大学

南通大学

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

中国科学院苏州纳米所

中国科学院上海硅酸盐所