

多模式共聚焦成像表征石墨烯和二维材料

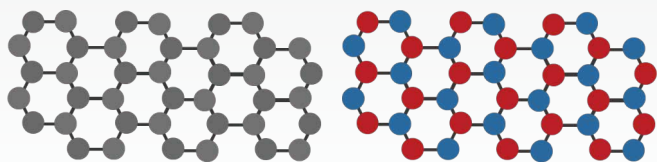
Angela Flack, Marco Ferreira, Stuart Thomson

Edinburgh Instruments, Livingston, UK



引言

- 石墨烯和过渡金属二硫化物(TMDs)等二维材料拥有独特的光电性质。
- 拉曼、光致发光(PL)和二次谐波(SHG)显微成像不会损坏样品，还能提供更多关于层厚度、应力、应变、缺陷密度和掺杂的信息。



石墨烯结构

二硫化物结构 MX_2
M=过渡金属(Mo)
X=硫(S)



实验设备



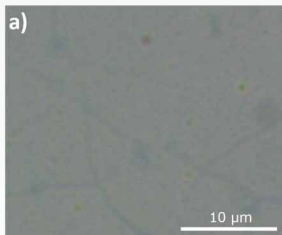
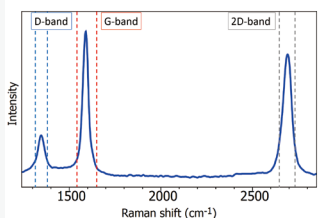
RMS1000共聚焦显微拉曼光致发光光谱仪
用于多模式成像，参数如下：

- 532 nm的激发波长，用于拉曼和光致发光测试
- 1040 nm的激发波长用于二次谐波测试
- 100 × 0.9 NA的物镜
- 300 gr/mm的光栅用于采集光致发光和二次谐波，1800 gr/mm用于拉曼成像
- Ramacle® 可进行快速成像，极大缩短采集时间



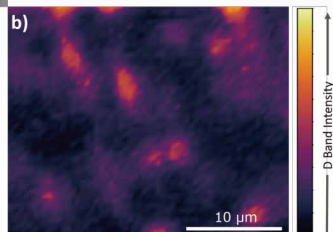
石墨烯

- sp^2 碳键形成极性很强的 π 键，会产生强烈的拉曼信号
- 拉曼光谱中3个主要峰位：
 - G峰-代表层数，对应应变、温度和掺杂较敏感
 - D峰-缺陷带
 - 2D峰-代表层数



石墨烯样品的反射白光成像

- D带越强，样品内部的无序程度越高
- 由 sp^2 碳环的碳呼吸模式引起，必须与缺陷相邻才具有拉曼活性
- 利用拉曼对石墨烯样品进行成像，可以观察到缺陷较高的区域



利用D带强度对拉曼成像进行伪着色着色

- 从得到的拉曼光谱中，我们可以绘制出D带的强度，其可以显示出石墨烯薄膜的高缺陷区域
- 深色区域表示石墨烯无缺陷，而橙色区域表示有缺陷

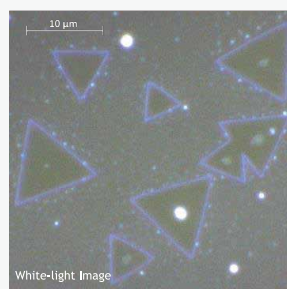


MoS₂

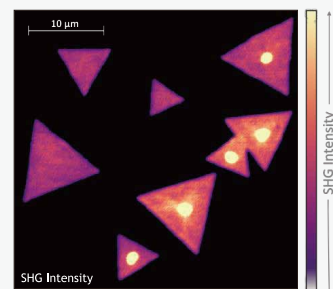
- 由于其直接带隙，MoS₂在光学传感器和场效应晶体管等应用中比石墨烯更具优势
- 使用多模式显微光谱仪器获得相关拉曼，PL和SHG成像

SHG强度成像可提供以下信息：

- 边缘区域-信号低
- 压力和应力区域-信号增强
- 样品同质性



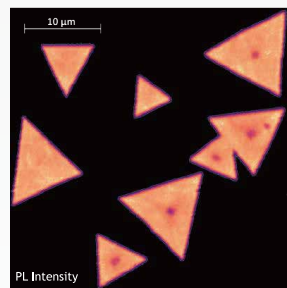
White-light Image



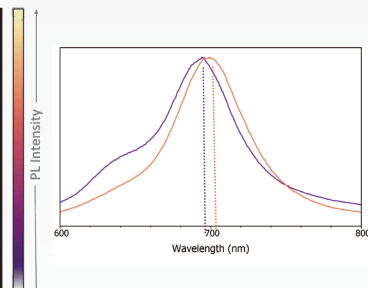
SHG Intensity

PL成像可提供以下信息：

- 强度
 - 层厚度-较低信号强度代表存在层数>1，与SHG成像中的受力区域相关联
- 峰位置
 - 当层数和应变增加时会发生红移
- 峰宽
 - 应变增加峰宽随之增加

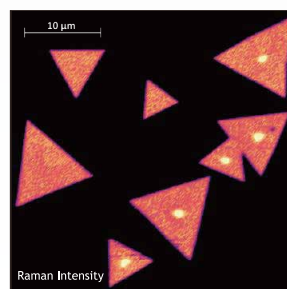
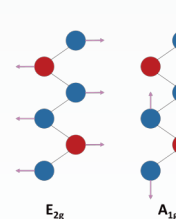


PL Intensity

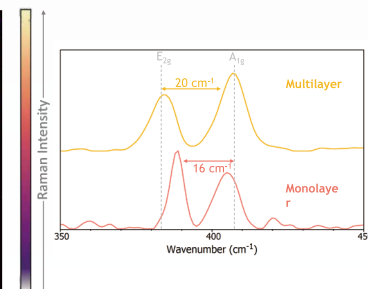


拉曼成像主要聚焦于2个峰位

- E_{2g} 峰-平面内振动
 - 对应应变极其敏感，显示发生红移
- A_{1g} 峰-面外振动
- E_{2g} 峰和 A_{1g} 峰之间的差距越大=层数越多
- E_{2g} 峰和 A_{1g} 峰比值变化=层数增加
- 这些峰位的强度越高代表层数越多



Raman Intensity



结论

- 多模式显微光谱仪可以对二维材料进行更加深入的研究
- 使用RMS1000可从同一样品中获取拉曼、PL和SHG成像，得到更多补充信息
- 结合多种技术可提供更多有关层厚度、压力、应变、掺杂和缺陷密度的信息



RMS1000