

## TESCAN 应用技术文档

Application documents by TESCOAN CHINA

---

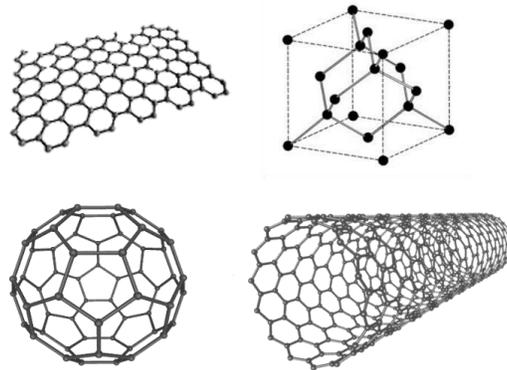
### 分析测试解决方案

Complete solution for analysis and testing

## 碳材料分析

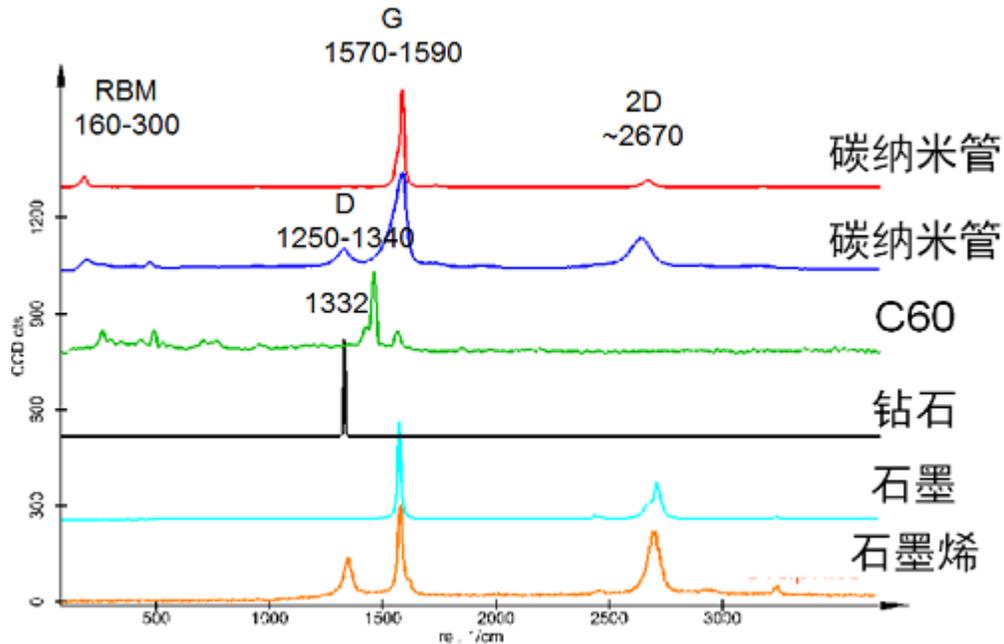
## 碳材料分析

碳材料种类多样，从无定形碳到石墨和金刚石，再到碳管和富勒烯，以及现在最热门的石墨烯。碳材料结构功能广泛，是目前关注和研究最多的新材料。但是在传统扫描电镜系统中也只能给出一些形貌信息，EDS 的分析作用又相对较弱。除此之外，很难获得更多有价值的信息。而 RISE 拉曼-电镜一体化系统的出现对扫描电镜在碳材料领域的分析可谓迈出了一大步。



不同碳结构

碳材料基于碳这个特殊元素的不同结构，会有不同的拉曼峰。碳材料的是拉曼光谱分析能力最强，以及拉曼光谱解析的最为透彻的领域之一。

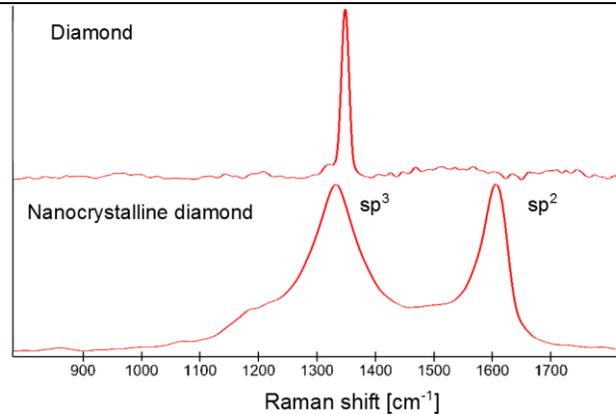
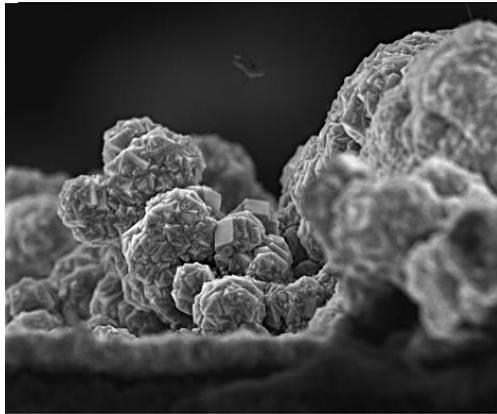


不同碳结构的碳材料具有不同拉曼峰

## 纳米金刚石

试样为纳米金刚石，其大小不到一微米。如果进行 EDS 分析的话则都是 C 元素，没有很有价值的信息。

但在 RISE 系统下，在电镜观察的同时进行拉曼单点分析，发现代表金刚石结构的碳 sp<sup>3</sup> 轨道杂化对应的拉曼峰(1132cm<sup>-1</sup>)半高宽较宽，峰没有较纯的金刚石的峰尖锐，说明纳米金刚石洁净度并不是非常好，其中存在一定的缺陷。



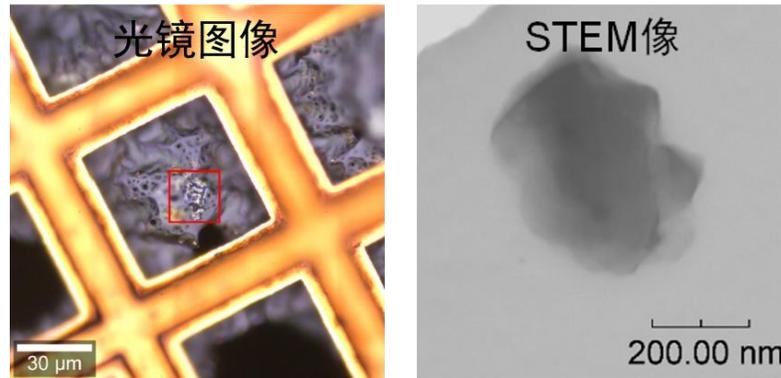
### 纳米金刚石的 RISE 表征

这个信号用传统的电镜无法分析出其结晶情况，而用单独的拉曼其分辨率也不够，如果用 XRD 等表征手段也能发现结晶情况不是很完美，但和电镜图片却无法一一对应。现在类金刚石薄膜(DLC)是个热门方向，RISE 对其可以一次性的进行客户关注信息的全面表征。

### 富勒烯

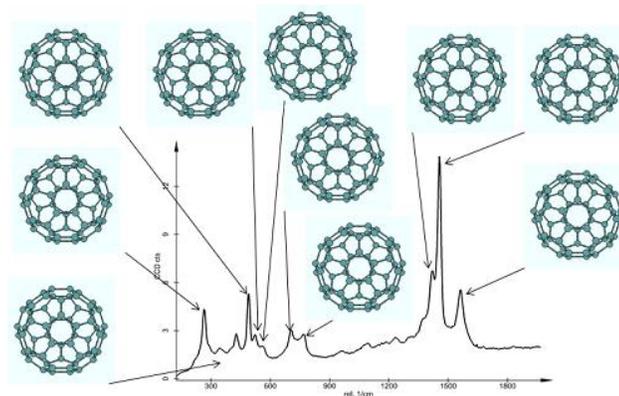
富勒烯是由碳原子用稳定的 sp<sup>2</sup> 杂化成键，形成笼状碳结构，最常见的是 C<sub>60</sub>，当然还会有高阶富勒烯(如 C<sub>70</sub>、C<sub>80</sub> 及 C<sub>84</sub>)。

由于传统 SEM 系统无法确定结构，所以对富勒烯的研究一般不使用扫描电镜，而更多的借助于 TEM 等其它能确定结构的表征手段。而在 RISE 系统中，我们可直接使用 TEM 样品，利用光镜或者电镜找到感兴趣区域，然后进行拉曼光谱的面分布扫描。



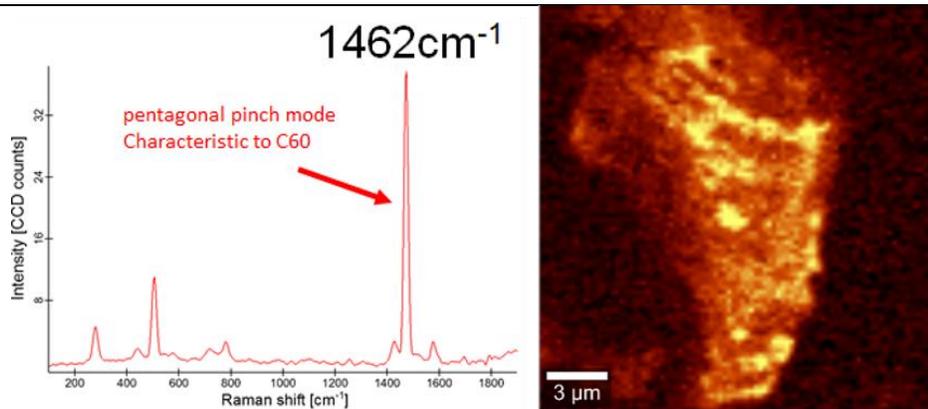
### 通过光镜或电镜找到富勒烯样品的感兴趣区域

具有 C<sub>60</sub> 结构的巴基球具有多种分子振动模式，不同的振动模式对应不同的拉曼谱峰。而其中位于 1462cm<sup>-1</sup> 代表碳原子成五边形收缩模型的谱峰，成为表征巴基球的拉曼特征峰。



### C<sub>60</sub> 的拉曼光谱

对 1462cm<sup>-1</sup> 谱峰的积分强度进行拉曼光谱成像，达到了高分辨的拉曼图像。由此知道试样中富勒烯的结构，及巴基球的分布状况。



### 通过高分辨拉曼图像判断富勒烯的结构和巴基球的分布

RISE 不但弥补了传统 SEM 不能表征富勒烯材料的重大缺憾，而且相比 TEM，它的测试范围更加宽广，可以得到具备统计和整体信息的数据，这是用 TEM 等手段所达不到的。

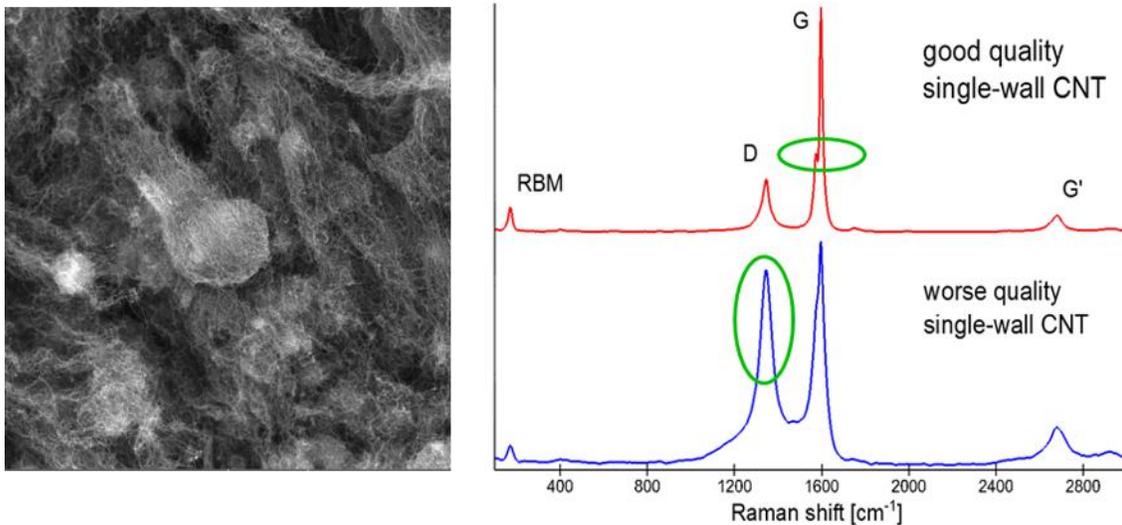
## 纳米碳管

1991 年发现了多壁碳纳米管，1993 年发现了单壁碳纳米管，纳米碳管凭借其特殊的性能成为红极一时的新材料。扫描电镜也是表征纳米碳管的重要手段。不过遗憾的是扫描电镜除了能给出碳管的形貌，测量出管长管径外，很难为科研工作者提供出更多有意义的数据。

而拉曼光谱也是另一个表征碳管性质的绝佳的手段。一般常利用拉曼光谱的几种模式结构，如呼吸模、伸缩 G 模、组合模和缺陷诱导等确定纳米碳管除了形貌外的其它重要

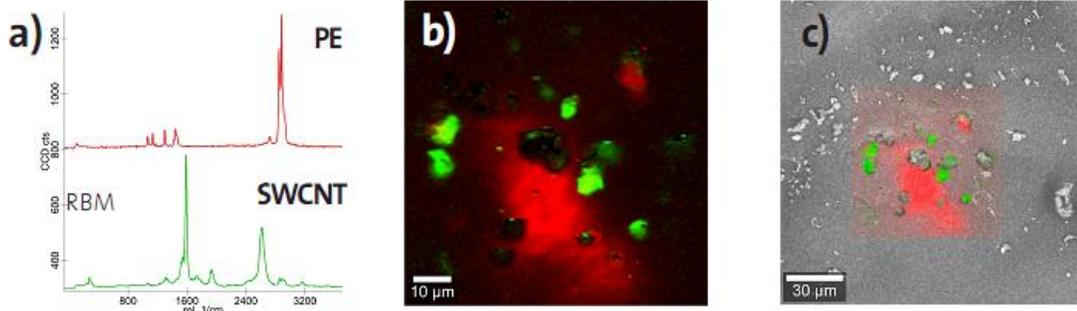
性质。

如下图，仅凭电镜形貌很难分析该碳纳米管是单壁还是多壁，以及质量究竟如何。但是对该区域同时进行拉曼光谱分析，我们发现该区域的拉曼光谱(蓝色)有很强的缺陷 D 峰，G 峰也反应了纳米碳管的不是单壁，因为单壁碳管的 G 峰会有分裂(红色)。



### 纳米碳管的质量和结构分析

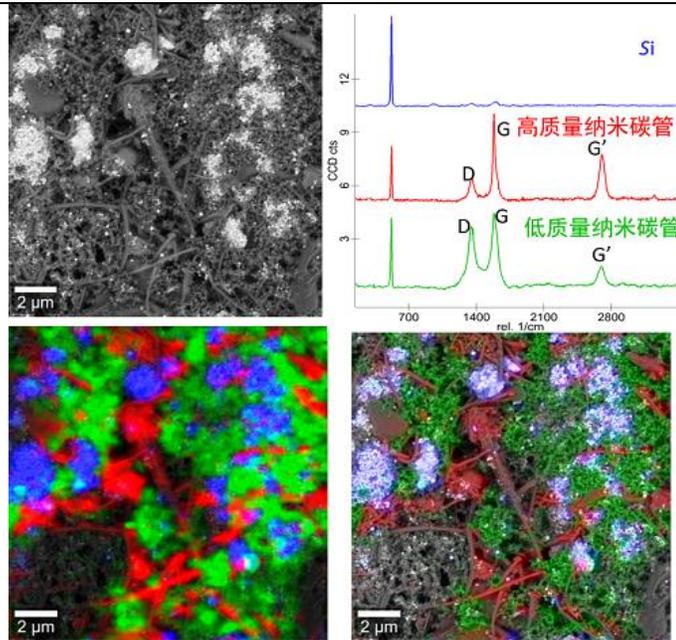
再比如下图，仅凭扫描电镜的图像，我们很难发现更多有用的信息，但是通过对观察区域进行拉曼光谱的面扫描，得到 RISE 图像，我们首先可以通过对拉曼谱的分类非常容易的从结构上区分出单壁纳米碳管(SWCNT)和聚乙烯(PE)，而从图像形貌来判断纳米碳管是单壁还是多壁则是不严谨的。而通过 RISE 图像，则可以把电镜的形貌信息和原位的拉曼结构信息进行综合分析。



### 单壁纳米碳管(SWCNT)和聚乙烯(PE)的综合分析

此外，每一个测试点的拉曼光谱也同时记录了下来，用户可以对得到的拉曼光谱进行解析，对单壁纳米碳管进行更为深入的研究。比如，通过对呼吸模  $148\text{cm}^{-1}$ 、 $164\text{cm}^{-1}$  和  $237\text{cm}^{-1}$  三个拉曼峰进行研究，就可以指认单壁纳米碳管的(n,m)指数，进而确定碳管的管直径以及电子共振跃迁能量等其它特性。

再比如下图，是添加了碳纳米管的电池材料，电镜虽然能清楚的看清碳纳米管的形貌，但是对其质量以及对电池性能提升的帮助却一无所知。然后在进行 RISE 面分布的成像之后，我们可以清楚判断不同形貌的碳纳米管的质量和性质，进而对我们电池性能的研究提供更多的数据支持。



### 通过 RISE 判断不同形貌的碳纳米管的质量和性质

碳材料家族兴旺发达，其性能也随着结构表现出极其神奇的一面。有最硬的金刚石，有最软的石墨；有非常绝缘的金刚石，也有导电性极佳的石墨；有导热性很好的金刚石、石墨，也有绝热性很好的炭黑；有全透光的金刚石，也有全吸光的石墨。还有近年来最受关注的石墨烯。目前以碳材料为主的新材料得到了全世界的广泛关注，有关碳材料的研究也将进入全面的竞争。而 RISE，原位地整合了 SEM 和拉曼分析技术，将会成为碳材料研究领域的“神器”。

**更多信息，请联系我们。**



更多信息请访问

TESCAN 官网 [www.tescan.com](http://www.tescan.com)

TESCAN 中国官网 [www.tescanchina.com](http://www.tescanchina.com)



TESCAN 显微平台



TESCAN 中国官方微信