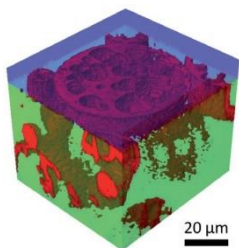


Рамановское картирование является мощным средством создания детальных изображений химической структуры поверхности образца по его рамановским спектрам. Полный рамановский спектр измеряется для каждого элемента карты, затем по спектру распознается состав или структура материала, и изображение соответствующим образом раскрашивается в различные (искусственные) цвета для удобства визуализации.

Метод рамановского картирования широко применяется для описания пространственного распределения компонентов в образце, но также этим методом можно изучать концентрацию, фазовые состояния, сжатие / деформацию и кристаллическую структуру образца. Посредством всего лишь одного цикла снятия данных можно получить целый набор рамановских карт, которые дают исследователю много больше информации об образце по сравнению с обычным оптическим изображением.

Рамановское картирование изображения можно проводить по всем трем координатам (X, Y, Z), в любых их сочетаниях. Пожалуй, самым распространенным является 2D картирование вдоль поверхности (плоскость XY), но бывают весьма полезны и другие варианты, как например 1D профилирование по глубине (ось Z), 2D оптическое вертикальное сечение (плоскости XZ и YZ) и, наконец, полное 3D картирование объема (XYZ). Кроме того, рамановское картирование может быть скомбинировано с другими методами анализа, такими как изучение химической кинетики или скачков температуры.

Для получения рамановских карт высокого качества и точности от прибора требуется высокое пространственное разрешение (иными словами, достаточное оптическое разрешение для различения расположенных рядом объектов). Конфокальные рамановские микроскопы компании HORIBA Scientific обладают суб-микронным пространственным разрешением на уровне оптического предела в зависимости от конфигурации системы (длина волны возбуждения, числовая апертура объектива, и т.д.). Конфокальная оптическая схема обеспечивает необходимое аксиальное разрешение для профилирования образца по глубине, оптического вертикального сечения и объемного картирования.



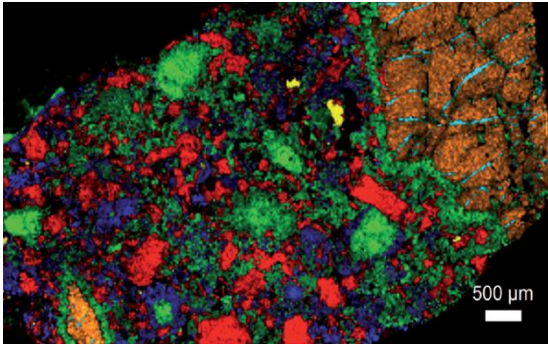
3D объемное изображение растекшейся капли полимера внутри полимерной матрицы. Также на изображении видны следы масла от использованного иммерсионного объектива.

В комбинации с атомно-силовым микроскопом (АСМ) зондово-усиленная рамановская спектроскопия (TERS) обеспечивает пространственное разрешение лучше 15 нм, что много ниже оптического дифракционного предела.

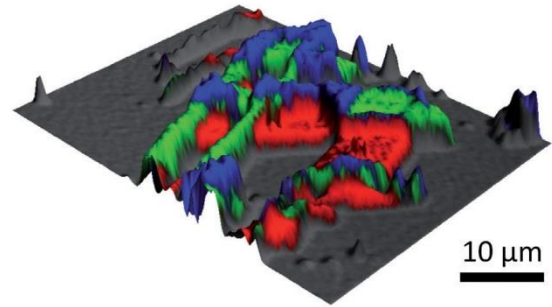
Для автоматического перемещения образца при картировании необходимо использовать прецизионный моторизованный столик. Столик на шаговых двигателях перемещается на большие расстояния (в десятки и сотни мм) с минимальным шагом от 50 нм и подходит для картирования больших объектов, таких как таблетки, куски метеоритов и минералов, срезы биологических тканей. Альтернативой является использование пьезоэлектрического столика, с рабочим диапазоном всего в несколько сотен микрометров, однако обеспечивающего нанометровый шаг и идеально подходящего для создания изображений нано-объектов, таких как углеродные нанотрубки и квантовые точки. Пьезоэлектрический столик может быть использован с любым рамановским микроскопом, и именно такого типа столик с необходимостью используется в АСМ, соединенном с рамановским микроскопом.

Компания HORIBA Scientific предлагает пользователям также дополнительные режимы картирования, включая SWIFT™ для сверхбыстрого построения рамановского изображения и DuoScan™ для картирования поверхностей большого размера. SWIFT™ резко сокращает общее время измерения, позволяя считывать большое число спектров за очень короткое время. DuoScan™ позволяет работать с картами большой площади с сохранением конфокального разрешения..

Важно знать, что перевод исходных данных (набора измеренных поточечных рамановских спектров) в рамановское изображение требует специального программного обеспечения для обработки данных, анализа и визуализации.



Рамановская карта большой площади поверхности метеорита (7мм x 5 мм), демонстрирующая распределение энстатита, форстерита, анортита, витлокита, родонита и карбидов.



Слои графена на кремниевой подложке. Распределение по высоте отвечает интенсивности G-линии углерода; также разными цветами выделены области **моно-слоя**, **двойного слоя** и **тройного слоя** графена.

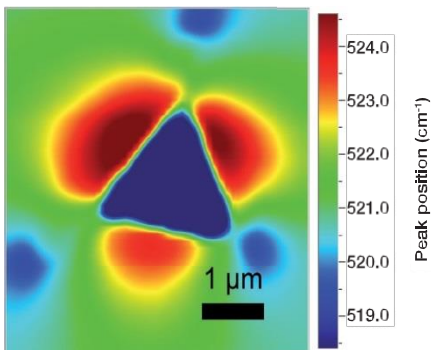
Рамановский спектр дает исследователю множество информации: о составе материала (по характерным рамановским линиям), о распределении компонент материала (по относительной интенсивности пиков, или по результатам мультивариантного анализа данных), о молекулярной форме или механическом напряжении (по смещению пика), о кристаллической или фазовой структуре (по ширине пика), и т.д. Программная среда LabSpec 6 от HORIBA Scientific предлагает пользователю максимально полную и гибкую функциональность, включая методы мультивариантного анализа (MVA), для извлечения нужной информации из спектральных данных и построения информативных изображений.

Для визуализации 2D рамановской карты (поверхности образца или вертикального оптического сечения образца) используют цветовую палитру и шкалу яркостей, что позволяет отобразить поточечно химические или структурные свойства. Соответственно, изменение цвета или яркости пиксела на изображении отвечает изменению интенсивности пика, или положения пика, или его ширины. Соответствующая легенда карты выбирается в программе через панель управляющего меню.

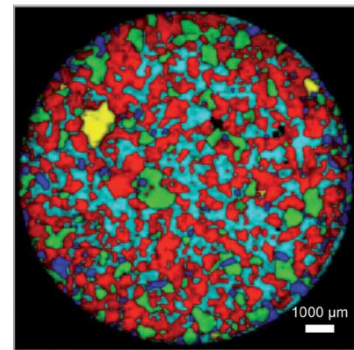
Иногда 2D изображения для большей наглядности можно перестроить в 3D, откладывая по третьей оси такие параметры как интенсивность, положение / ширина пика и относительная высота поверхности (например, ACM топография).

Для визуализации полноценной 3D рамановской карты (например снятой с объема образца) используются все три координатные оси и панель меню для легендирования химических или структурных свойств. Программное обеспечение поддерживает полноценную трехмерный рендеринг результата с функциями вращения, изменения угла зрения, освещенности, прозрачности, и т.п., что позволяет детально изучить внутреннюю и внешнюю структуру образца.

Рамановское картирование является мощным исследовательским инструментом для аналитиков и ученых самых различных направлений. Оно широко используется для микро- и нанометровой детальной визуализации химического состава образцов, изучения распределения фармацевтических активных компонент в лекарственных средствах, анализа свойств минералов, послойного анализа структур графена, определения размера углеродных нанотрубок и их проводящих свойств, изучения деформаций в полупроводниках, анализа полимерных покрытий, срезов биологических тканей и клеток. При разработке новых материалов и новых направлений исследований конфокальное рамановское картирование придает новый импульс изучению структуры и свойств материалов.



Карта кремниевого образца, индентированного нано-зондом типа Берковича. Четко виден сдвиг пика кремния, вызванный локальной деформацией структуры вокруг углубления.



Карта фармацевтической таблетки, снятая в режиме DuoScan™ со 100% покрытием поверхности образца. Показано распределение основных активных ингредиентов и наполнителя.