

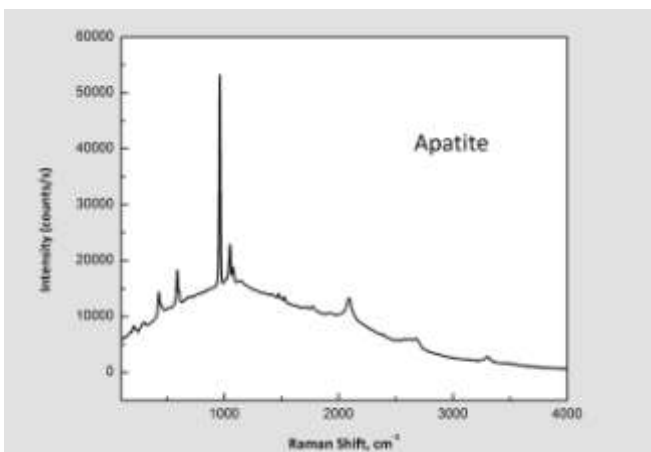
Раман-люминесцентные приборы ИнСпектр для мгновенного неразрушающего анализа драгоценных камней и минералов

Портативный анализатор РаПорт-М[®], настольный анализатор ИнСпектр R532[®] и микро-Раман система РамМикс[®] для мгновенного исследования драгоценных камней, в том числе определения места их происхождения и генотипа.

Рамановская спектроскопия (комбинационного рассеяния) представляет собой незаменимый инструмент для быстрого исследования драгоценных камней и минералов. Анализ поверхности образца и его внутренних включений позволяет определить, подвергался ли камень обработке с целью облагораживания, а также с высокой долей вероятности предположить место происхождения минерала и его генотип. В наше время подобная диагностика становится общедоступным методом, который можно применять и вне стен лаборатории для быстрого получения высокоточных результатов, используя рамановские приборы ИнСпектр: настольный Раман-анализатор ИнСпектр R532, компактный Раман-люминесцентный микроскоп РамМикс M532 и портативный Раман-анализатор РаПорт.



Благодаря **Раман/микро-Раман продуктам ИнСпектр** научные и промышленные исследования в области минералогии дополняются преимуществами метода рамановской спектроскопии, которая позволяет быстро и точно получить необходимые результаты. Приборы ИнСпектр значительно сокращают время анализа драгоценных камней, к тому же повышая точность результата. Более того, исследование минералов с помощью приборов ИнСпектр позволяет проводить измерение объекта непосредственно в оправе ювелирного изделия любой сложности. Несмотря на то, что на протяжении длительного времени рамановские спектрометры оставались дорогими и громоздкими приборами, сейчас ИнСпектр разрабатывает и поставляет компактные портативные рамановские инструменты для анализа вне стен лаборатории.



Рамановский спектр апатита

Рамановская спектроскопия позволяет решать широкий круг геммологических задач, однако этот метод имеет свои ограничения. Некоторые геммологические объекты, например скрытокристаллические минералы бирюза, опал, могут провоцировать интенсивную фотолюминесценцию. Продукты ИнСпектр частично решают проблему фотолюминесценции с помощью специального оптического затвора ПЗС-

матрицы. В качестве альтернативы при работе со сложными образцами программное обеспечение ИнСпектр предлагает опцию регулировки мощности сигнала лазера, времени измерения, а также режим низкочастотной рамановской спектроскопии. Кроме того, некоторые термически неустойчивые минералы (пираргирит, арсенаты с гидратированными катионами) или органические материалы могут плавиться под воздействием лазера. Поэтому необходимо корректно подбирать мощность источника излучения и время съемки.

Продукты ИнСпектр для минералогии



	ИнСпектр R532	РамМикс	РаПорт-М
Спектральный диапазон		100-6000 см ⁻¹	100-4000 см ⁻¹
Спектральное разрешение		4-6 см ⁻¹	6-8 см ⁻¹
Пространственное разрешение	20 мкм	1 мкм	>50 мкм
Эксплуатация	Настольный прибор	Максимальная функциональность	Портативный прибор

ИнСпектр R532®

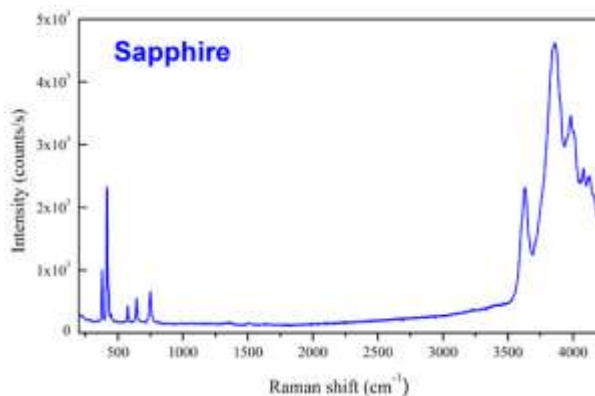
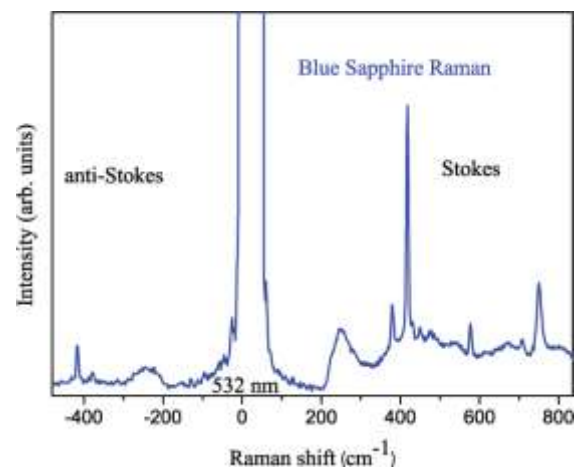
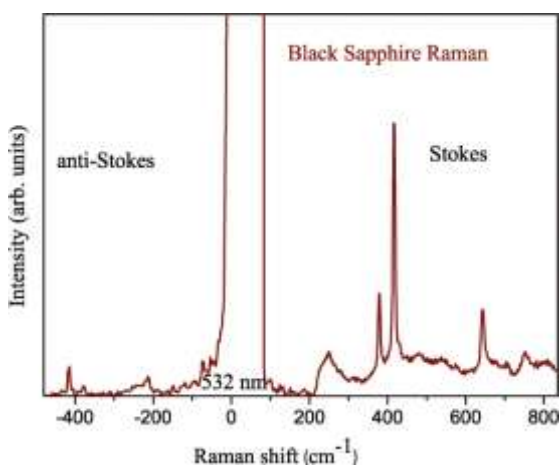
ИнСпектр R532 является уникальным инструментом, который совмещает в себе удобство портативного устройства с функциями высокотехнологичного лабораторного оборудования. Прибор обеспечивает высокую точность измерения рамановских и люминесцентных спектров измерений в широком диапазоне 100-4000 см⁻¹, а также способен проводить измерения в алгоритме Стокс/анти-Стокс. ИнСпектр R532 может быть оснащен оптическим затвором ПЗС-матрицы для скрытия фотолюминесценции при работе со сложными для рамановского анализа минеральными образцами. ИнСпектр R532



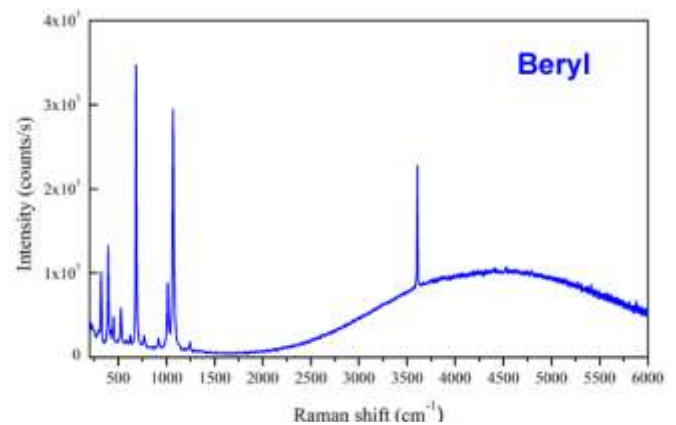
может быть также укомплектован специальной подставкой и насадками для более удобного позиционирования ювелирных изделий для анализа драгоценных камней в оправе.

Преимущества:

- Бесконтактная неразрушающая идентификация драгоценных камней и минералов.
- Мгновенная аутентификация драгоценных камней
- Компактный прибор для портативной лаборатории



Спектр люминесценции сапфира



Спектр люминесценции берилла

ИнСпектр РаПорт-М®

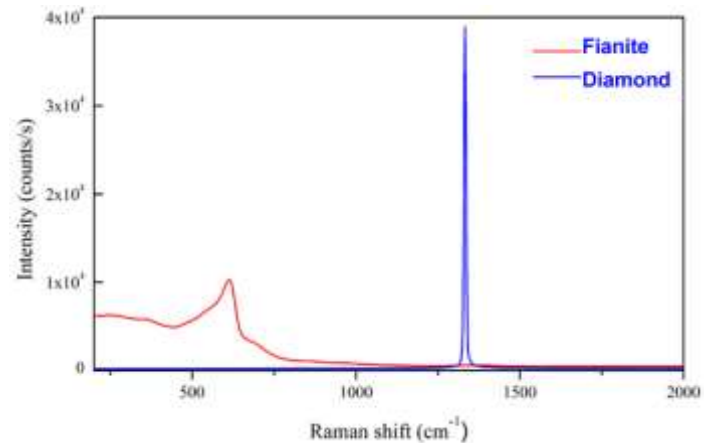
РаПорт-М – портативный рамановский анализатор для мгновенного анализа и идентификации драгоценных камней и минералов непосредственно на месте. Рапорт-М представляет собой более компактную версию рамановского анализатора ИнСпектр R532, качество работы которого подтверждено количеством инсталляций в различных



структурах, так или иначе связанных с геммологией: Геммологическом центре Японии (исследовательский институт), Таможня РФ (определение подлинности драгоценных камней и борьба с контрафактной продукцией), Геммологический центр МГУ (экспертная лаборатория; идентификация и оценка драгоценных камней) и др. Теперь анализ такого же уровня доступен в удобном пользователю месте и не требует никаких специальных навыков для проведения измерений.

Преимущества:

- **Достоверные результаты на месте:** идентификация драгоценных камней, проверка подлинности полудрагоценных камней, определение изоморфов и подвидов.
- **Проведение измерений камней в ювелирном изделии любой сложности** вне зависимости от типа оправы. Измерения в широком спектральном диапазоне 100- 4000 cm^{-1} , специальный оптический затвор для защиты от фотолюминесценции.



защиты драгоценных камней.

- **Мгновенные результаты:** одно измерение менее чем за 3 секунды.
- **Высокая чувствительность:** с учетом возможности регулировки мощности лазера до 12 мВт и меньше, что особенно важно при работе с термически неустойчивыми минералами, РаПорт-М великолепно проводит измерения минеральных спектров, гарантируя неразрушающий анализ и высокий уровень

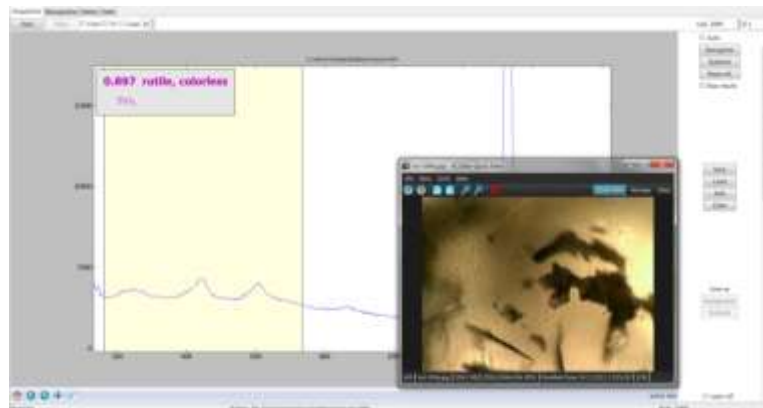
Раман-люминесцентный микроскоп РамМикс®

Раман-люминесцентный микроскоп РамМикс М532 сочетает возможности рамановского анализатора ИнСпектр R532® Scientific Edition и микроскопа Olympus CX-41, адаптируя его для измерений как на пропускание, так и на отражение. ПЗС камера 3 Мр позволяет сфокусироваться на мельчайшем внутреннем газовом или жидком включении или трещине камня, анализ которого необходим для определения региона происхождения, месторождения и возможного облагораживания образца.



Преимущества:

- Исследование внутренних газопо-жидких включений наравне с внешними включениями.
- Исследование минеральных и твердых включений для установления факта возможного облагораживания.
- Диагностика камней, находящихся в любой по сложности оправе или массивных ювелирных изделиях.



Включение рутила в бриллианте

Анализ включений позволяет определить регион происхождения камня

Области применения

Измерения проводились в лаборатории Геммологического Центра МГУ им. М. В. Ломоносова

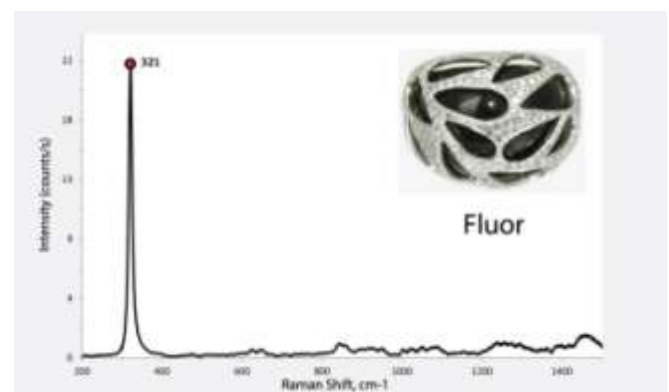
Общие случаи

Пример #1.1

Задача: Диагностика драгоценных камней в ювелирных изделиях и предметах, представляющих историческую ценность)

Оборудование: РаПорт-М, ИнСпектр R532, микроскоп РамМикс

Решение: При диагностике камней, представляющих историческую ценность, часто требуется не допустить механического контакта аналитического инструмента и исследуемого образца. Условие выполняется при использовании рамановского спектрометра ИнСпектр: для успешного анализа образца необходимо лишь сфокусировать лазерный луч на поверхности камня, таким образом, механического контакта не происходит. Сложная оправка камня или масса изделия также не являются помехой для исследования.

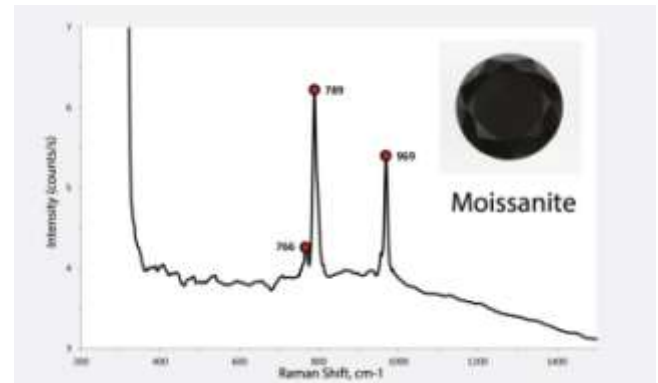


Пример #1.2

Задача: Диагностика минеральных образцов в сложных случаях (минеральное сырье, непрозрачные минералы, минералы с высоким показателем преломления)

Оборудование: РаПорт-М, ИнСпектр R532, микроскоп РамМикс

Решение: На рисунке справа показан черный непрозрачный минерал, представленный как черный бриллиант. Показатель преломления, превышающий 1,8, и полная непрозрачность образца затрудняют диагностику, но благодаря диагностике рамановского спектра образца при помощи анализатора ИнСпектр было однозначно установлено, что это муассанит.



Пример #1.3

Задача: Мгновенная диагностика редких драгоценных камней

Оборудование: РаПорт-М, ИнСпектр R532, микроскоп РамМикс

Решение: ИнСпектр является незаменимым инструментом для диагностики редких драгоценных камней, идентификация которых с помощью стандартных геммологических методов весьма неточна и требует дополнительных затрат времени, особенно если камень представлен поликристаллическим агрегатом или огранен в виде кабошона.



Исследование минеральных, газово-жидких и твердых включений для определения происхождения камня, месторождения и возможного облагораживания

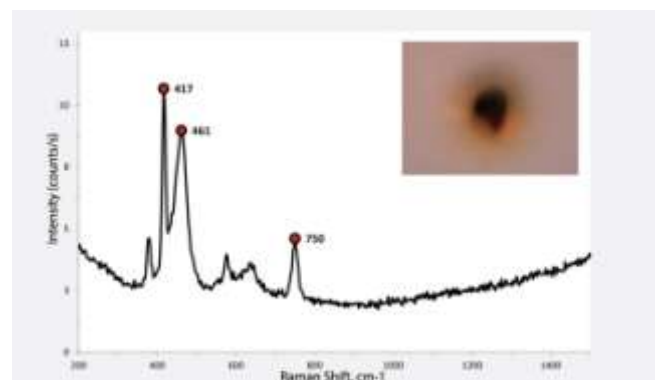
Пример #2.1

Задача: Определение происхождения камня через исследование внутренних включений

Оборудование: микроскоп РамМикс

Решение: Необходимо сфокусироваться на включении камня при помощи встроенной в микроскоп камеры и измерить его спектр. По рамановскому спектру включения было установлено, что это уранинит (UO₂).

Включения уранинита являются типоморфными для сапфиров Кашмирского месторождения (Индия). Однозначная диагностика типоморфных включений позволяет лаборатории высказать мнение о стране происхождения камня.

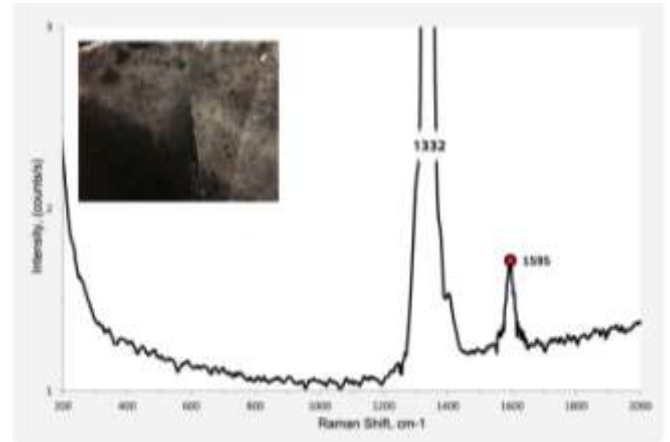


Пример #2.2

Задача: Установление факта облагораживания камня через анализ включений

Оборудование: микроскоп РамМикс

Решение: Для выяснения природы окраски черных бриллиантов, необходимо в первую очередь установить, какие включения окрашивают камень: графит, оксиды или сульфиды. С помощью рамановского спектрометра и микроскопной приставки можно фокусироваться как на поверхностные, так и на внутренние включения. На рисунке справа приведен рамановский спектр черного бриллианта (полоса 1332 см^{-1}), окрашенного многочисленными включениями графита (полоса 1595 см^{-1})



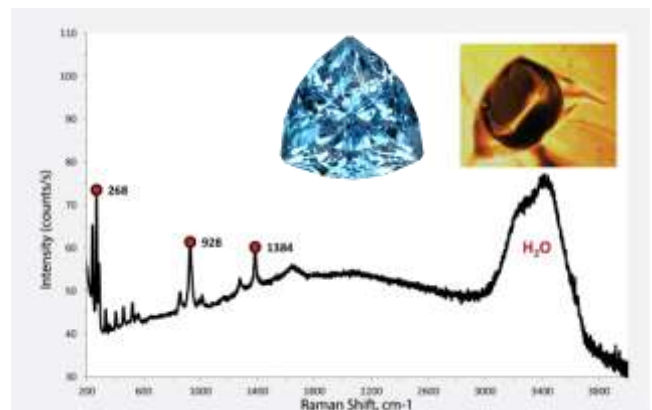
Пример #2.3

Задача: Определение генезиса и месторождения драгоценного камня через анализ состава жидкой фазы

Оборудование: микроскоп РамМикс

Решение: Изучение газовой-жидких включений. Многие драгоценные камни содержат газовой-жидкие включения (ГЖВ), состав которых определяется средой формирования минерала. Так, ГЖВ рубинов из некоторых скарновых месторождений (Пакистан, Афганистан) состоят из CO_2 и примеси H_2S , в то время как ГЖВ рубинов из других месторождений содержат чистый CO_2 . Это касается только рубинов, не прошедших термическую обработку.

В этом примере мы используем микроскоп РамМикс для измерения рамановского спектра ГЖВ топаза. Особенности спектра до 1500 см^{-1} связаны с рамановскими линиями собственно топаза, а широкая полоса в диапазоне $3000\text{--}3500\text{ см}^{-1}$ обусловлена водой, находящейся в полости ГЖВ.



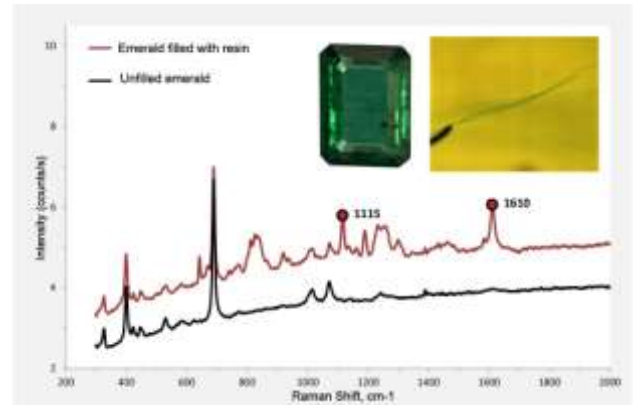
Определение наполнителей в драгоценных камнях и диагностика облагораживания бриллиантов типа IIa

Пример #3.1

Задача: определение наполнителей в драгоценных и полудрагоценных камнях

Оборудование: микроскоп РамМикс

Решение: Драгоценные и полудрагоценные камни часто подвергаются заполнению с помощью различных органических соединений. Чаще всего используют синтетические смолы, которые более устойчивы и дольше остаются в камне, чем масла. Изумруды являются наиболее ярким примером подобного облагораживания.



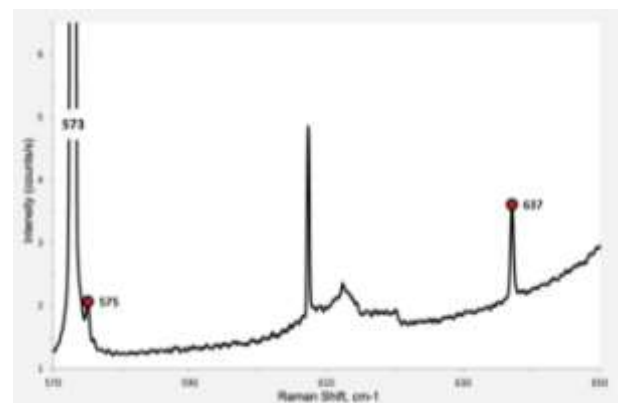
Органические вещества, используемые для заполнения, имеют показатель преломления близкий к изумруду, и значительно уменьшают видимость трещин в камне. Сфокусировавшись с помощью микроскопа РамМикс на трещине и получив рамановский спектр вещества, можно установить конкретный наполнитель: смола, масло, канадский бальзам или их смесь. На рисунке выше приведен рамановский спектр синтетической смолы в трещине изумруда и ее фотография, а также спектр незаполненного изумруда. Органические наполнители часто присутствуют также в бирюзе, жадеите, нефрите и т. д. Их наличие может быть установлено аналогичным образом с использованием рамановского спектрометра РамМикс.

Пример #3.2

Задача: диагностика облагораживания бриллиантов типа IIa

Оборудование: микроскоп РамМикс

Решение: Коричневые малоазотные бриллианты типа IIa подвергаются воздействию высоких температур и давлений (НРНТ облагораживание) с целью устранения коричневой компоненты в окраске и получения бесцветных камней, а в редких случаях - розовых или голубых. Установить наличие такого облагораживания можно с помощью спектра люминесценции, полученного при температуре жидкого азота. При комнатной температуре большинство линий, связанных с малыми концентрациями дефектов не проявляется в спектре из-за тепловых колебаний атомов в решетке алмаза. Поэтому только съемка спектров в жидком азоте (т.е. при температуре 70 K = -196°C) позволяет добиться хорошего разрешения линий и, как следствие, диагностики НРНТ облагораживания.



Люминесценция алмазов возбуждается лазером и, как было сказано выше, накладывается на рамановские линии. В спектре люминесценции алмазов типа IIa имеются парные дефекты азот-отрицательно заряженная вакансия (637 нм) и азот-нейтральная вакансия (575 нм). При наличии НРНТ облагораживания интенсивность полосы 637 нм будет больше интенсивности 575 нм. Если же цвет камня природный, то соотношение интенсивности полос будет обратным. На рисунке 9 приведен спектр люминесценции НРНТ облагороженного бриллианта типа IIa (637 нм > 575 нм), 573 нм – рамановская линия алмаза.

Ограничения метода и их преодоление

Проблема	Решение
<p>Рамановскую спектроскопию почти невозможно использовать для анализа металлов и сплавов с высокой симметрией кристаллической решетки и простого химического состава.</p>	<p>Использование зеленого лазера позволяет сократить его мощность, вместе с тем повышая чувствительность до 10 раз (по сравнению с красным лазером)</p>
<p>Некоторые минералы могут проявлять фотолюминесценцию, которая затрудняет получение рамановских спектров внутренних включений.</p> <p>Проблемные материалы: бирюза, опал, жемчуг, янтарь</p> <p>Интенсивно люминисцирующие минералы: рубин, шпинель, изумруд</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: center;">Ruby Raman</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Специальный оптический затвор (заслонка ПЗС-матрицы) внутри приборов ИнСпектр покрывает красную фотолюминесценцию, что позволяет измерять спектры рубинов, сапфиров, изумрудов и подобных образцов, анализ которых невозможен при использовании других портативных рамановских систем.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: center;">Amber (exposure 400, 100 frames)</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Исследование широкого спектрального диапазона и использование уникального алгоритма распознавания для анализа «полезной» люминесценции и пиков воды.</p> </div> </div> <p>Высокое спектральное и пространственное разрешение, оптимальное как для диагностики образцов материаловедения, так и проблемных материалов.</p>

Термически неустойчивые минералы (пираргирит, арсенаты с гидратированными катионами) или органические материалы могут плавиться под воздействием лазера.	Приборы ИнСпектр обладают регулируемой опцией настройки мощности лазера (5-50мВт; по умолчанию задается - 30 мВт). Применяемая технология протестирована на образцах взрывчатых веществ, термически неустойчивых материалов, а также на предметах искусства.