



Application Note AN # 81

## Алмазы: исследование с помощью ИК-Фурье спектроскопии

Алмазы – одни из самых популярных драгоценных камней в мире. Большое количество алмазов используется в промышленности.

Высокая стоимость этого материала побуждает людей покупать более дешевые аналоги, такие как фианит или карборунд. Стоимость алмаза зависит от его размера и формы, а также от цвета. Цвет некоторых типов алмазов может быть изменен путем специальной обработки (высокая температура и высокое давление, HPHT). ИК-Фурье спектроскопия – признанный метод, используемый для того, чтобы отличить подлинные алмазы от имитаций, определить тип алмаза (Ia, Ib, ... IIb) и выявить, подвергался ли алмаз HPHT/высокотемпературной обработке.

### Оборудование

Традиционно для ИК-Фурье анализа драгоценных камней используют большие спектрометры исследовательского класса с чувствительным конденсором излучения и охлаждаемым жидким азотом МСТ – детектором [1].

ALPHA-Drift - компактный, мобильный и прочный ИК-Фурье спектрометр. Он прекрасно подходит для анализа драгоценных камней.



Рисунок 1. Спектрометр ALPHA Bruker Optics с модулем диффузного отражения (ALPHA-Drift)

ALPHA имеет ряд преимуществ

- Прочная конструкция, достоверность результатов измерений
- Небольшой размер (20x30 см)
- Универсальность, мобильность
- Доступная цена
- Простота эксплуатации, не требуется жидкий азот
- Анализ любых образцов (твердые вещества, порошки, жидкости и газы)

Для оценки качества алмазов используется простой и надежный метод диффузного отражения, в котором свет, рассеянный образцом, собирается с большого телесного угла. Анализ ограненных алмазов методом пропускания с использованием конденсора излучения затруднен ввиду тонкой регулировки конденсора и необходимости точного расположения образца. Кроме того, слабый световой поток требует более чувствительного охлаждаемого жидким азотом детектора.

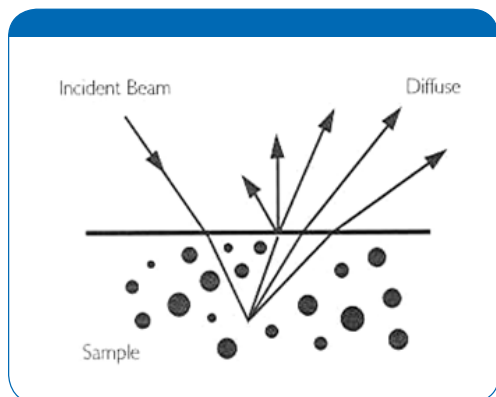


Рисунок 2. Принцип метода диффузного отражения (Падающий свет-образец-рассеянный свет).

### Процедура измерения

Анализ драгоценных камней методом ИК-Фурье спектроскопии с помощью ALPHA-Drift чрезвычайно прост. После регистрации фонового спектра с помощью золотого стандарта, который входит в комплект поставки, камень помещается в чашку для измерения. Если образец не позволяет разместить его поверхность перпендикулярно потоку ИК-излучения, можно использовать порошок КВг для улучшения расположения образца. Для того, чтобы сфокусировать луч на поверхности образца, высота чашки регулируется. Максимальная интенсивность сигнала означает оптимальное расположение образца. После этого спектр образца регистрируется в течение примерно 30 секунд. При оценке данных используются спектры сравнения алмазов определенных типов и/или имитаций. Таким образом устанавливается подлинность алмаза и его тип.

### ИК-Фурье спектр алмаза

На рисунке 3 представлены некоторые типичные ИК-Фурье спектры алмазов. Полоса поглощения между 1800 и 2700  $\text{cm}^{-1}$  соответствует углероду. Пик поглощения на 3100  $\text{cm}^{-1}$  принадлежит водороду, а полоса 1500-1000  $\text{cm}^{-1}$  – азоту.

### Алмаз или..?

Самые распространенные имитации алмаза – это фианит и карборунд. В то время как фианит легко

идентифицируется по теплопроводности, карборунд имеет близкое к алмазу значение теплопроводности и поэтому может быть легко выдан за него. Другие методы идентификации основаны на ряде последовательных тестов, которые может провести только квалифицированный специалист. На рисунке 4 изображены ИК-спектры алмаза, фианита и карборунда. Явные различия между ними очевидны

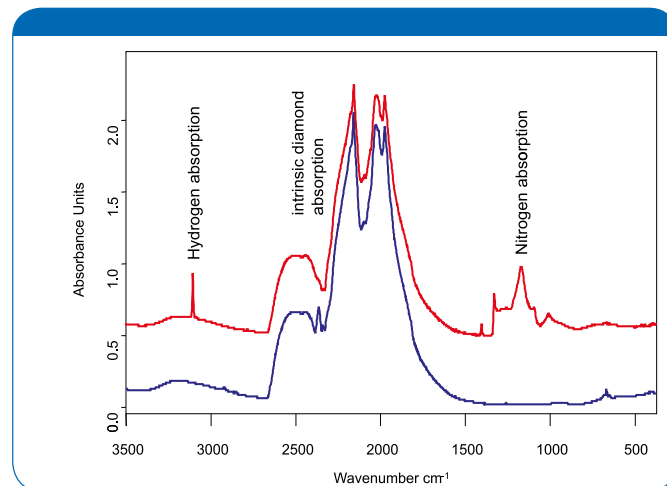


Рисунок 3. ИК-спектры алмазов (средняя ИК-область). (поглощение-волновое число,  $\text{cm}^{-1}$ . Поглощение водорода-поглощение алмаза-поглощение азота)

### Какой тип алмаза?

Алмазы подразделяют на два типа: I и II, тип II не содержит азота (N) в количествах, которые можно определить. Выделяют следующие подтипы:  
 Тип Ia – алмаз, содержащий агрегированный азот  
 Тип Ib – алмаз, содержащий изолированный азот  
 Тип IaA – алмаз, содержащий группы из двух атомов азота  
 Тип IaB – алмаз, содержащий группы из четырех атомов азота  
 Тип IIa – алмаз, не содержащий азот и бор  
 Тип IIb – алмаз, содержащий бор (имеет голубой или серый цвет)

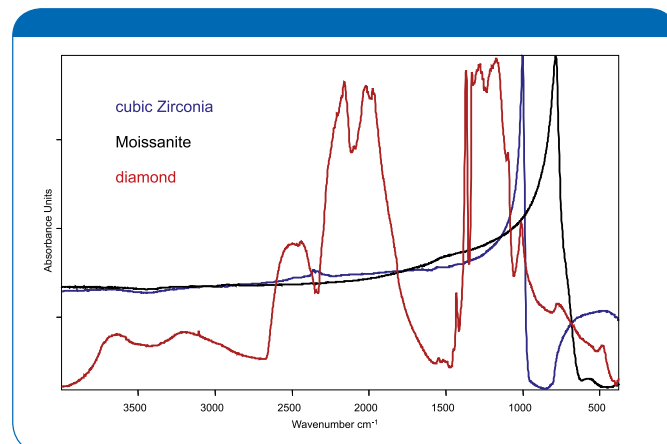


Рисунок 4. ИК-Фурье спектры алмаза и различных имитаций. (поглощение-волновое число,  $\text{cm}^{-1}$ . Фианит. Карборунд. Алмаз)

Типы IIa и IaB, имеющие серый или коричневый цвет, представляют особенный интерес, потому что путем НРНТ/высокотемпературной обработки их можно сделать бесцветными или розовыми. Стоимость бесцветных и розовых алмазов значительно выше. Различие между типами I и II очевидно, так как спектр азмаза типа I имеет полосу поглощения между 1450 и 1000  $\text{cm}^{-1}$ , соответствующую азоту.

Пример характерных отличий алмазов типов Ib и IaB приведен на рисунке 5. Пик на 1131  $\text{cm}^{-1}$  типичен для дисперсного моноатомарного азота и соответственно для алмаза типа Ib. Считается, что полоса поглощения на 1171  $\text{cm}^{-1}$  соответствует «В-центрам» четырех атомов азота и определяет, таким образом, алмаз типа IaB [1].

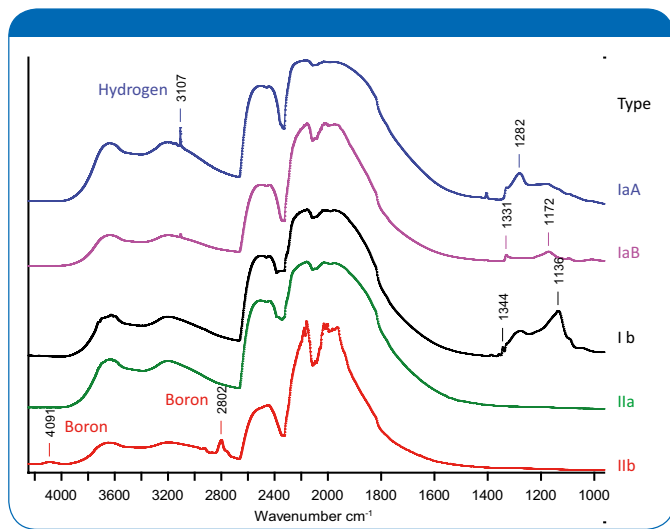


Рисунок 5. ИК-Фурье спектры разных типов алмазов

Синтетические алмазы обычно относятся к типу Ib, полоса поглощения азота на 1344  $\text{cm}^{-1}$  является индикаторной для синтетических алмазов.

## Выводы

Компактный и надёжный ИК-спектрометр ALPHA от Bruker Optics - бесценный инструмент для лаборатории, занимающейся оценкой качества драгоценных камней. Метод диффузного отражения является самым простым и универсальным для подобных исследований.

Методы ИК-Фурье спектроскопии могут быть применены не только для анализа алмазов. Они позволяют, например, отличить синтетические изумруды или рубины от природных минералов.

## Литература

1. P. Thongnopkun, S. Ekgasit; FT-IR Spectra of faceted diamonds and diamond simulants; *Diamond & Related Materials* 14 (2005)1592 - 1599

[www.brukeroptics.com](http://www.brukeroptics.com)

**Bruker Optik GmbH**

Ettlingen · Germany  
Phone +49 (7243) 504-2000  
Fax +49 (7243) 504-2050  
info@brukeroptics.de

**ООО Брукер**

119334 Москва  
Тел. +7-495-502-9006  
Факс +7-495-502-9007  
ir@bruker.ru

**ООО Брукер Оптик Украина**

Киев · Украина  
Тел.: +38 044 272 1258  
Факс: +38 044 272 1258  
info@brukeroptics.com.ua