

Повышение чувствительности комбинационного рассеяния при обнаружении неорганических микрокристаллических художественных пигментов

Шабуня-Клячковская Е.В.^{1,2}, Ващенко С.В.¹, Станкевич В.В.¹,
Гапоненко С.В.¹

¹Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси,

²Белорусский национальный технический университет

Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР) является одним из наиболее эффективных методов идентификации вещества, однако требует большого количества материала для анализа, что недопустимо при исследовании объектов культурного наследия. Интенсивность комбинационного рассеяния может быть существенно увеличена, если атом или молекула находится вблизи поверхности благородного металла в результате генерации локализованных поверхностных плазмонов, обеспечивающих усиление взаимодействия света с веществом. Этот эффект называется гигантским комбинационным рассеянием (ГКР).

В этой работе демонстрируются методики получения ГКР для микрокристаллов киновари (2 мкм) и ультрамарина (2,5 мкм), которые на протяжении многих веков применялись художниками в качестве красного и синего пигментов. Для экспериментов использовались два типа подложек: гель-пленки наночастиц Ag на стекле и Ge/Si-наноструктуры с напылением наночастиц Au. Результаты экспериментов показывают систематическое усиление полос хромофорных центров ультрамарина в 100 раз и избирательное усиление полос в спектрах комбинационного рассеяния киновари в 14-16 раз. Согласно нашим расчетам для серебряных сферических наночастиц [1], фактор усиления КР убывает с ростом расстояния между точечным объектом и поверхностью металлической наночастицы. Максимальное расстояние, при котором можно наблюдать усиление не превышает 30-50 нм. Учитывая микронные размеры кристаллитов пигментов, можно оценить среднее локальное усиление, которое соответствует $2 \cdot 10^6$ – $7 \cdot 10^6$ для ультрамарина и $8 \cdot 10^5$ для киновари. Благодаря высокому фактору усиления, необходимое для анализа количество образца может быть уменьшено до нескольких зерен кристаллитов, которые могут быть деликатно извлечены из объектов культурного наследия, не оставляя видимых повреждений.

Литература:

1. E. V. Klyachkovskaya, D. V. Guzatov, N. D. Strelak, S. V. Vaschenko, A. N. Harbachova, M. V. Belkov, S. V. Gaponenko. J. Raman Spectrosc., vol. 43, issue 6 (2012), 741-744.