
Изучение свойств центров окраски в алмазах

Дмитрий Бобрышев,¹ Мусса Боллуев¹

¹Московский физико-технический институт, Институтский пер., 9, Долгопрудный, Московская обл., 141701

Аннотация—Данная работа посвящена изучению центров окраски в алмазах. Здесь будет приведена основная информация о структуре решётки алмаза с центром окраски, о зависимости спектра люминесценции электронов в центрах окраски. Экспериментальная часть работы состоит в определении зависимости спектра люминесценции алмаза с центрами окраски от температуры.

Ключевые слова и фразы: Центры окраски в алмазах

1. ВВЕДЕНИЕ

Центрами окраски в алмазах называют инородные атомы, внедрённые в кристаллическую решётку алмаза. Наиболее интересными центрами окраски в настоящий момент являются NV-, SiV- и GeV-центры. Наличие таких центров в кристаллической решётке приводит к люминесценции алмаза (наиболее выраженным свойством люминесценции обладают центры NV⁻, SiV⁻, GeV⁻, далее мы будем рассматривать именно их). Температурная зависимость спектра излучения позволяет определять температуру алмаза, а значит, и окружающей среды. Температурные датчики, в основе которых лежит алмаз с центрами окраски, могут заменять обычные полупроводниковые датчики температур, в том числе и в экстремальных условиях. Кроме того, маленький размер таких устройств позволяет использовать их для исследования внутриклеточных процессов живых организмов, или, например, для исследования активности мозга.

Другим способом использования люминесценции является измерение магнитного поля. Вследствие эффекта Зеемана наблюдается расщепление энергетических уровней электронной оболочки. Зная это расщепление, можно определить величину и направление внешнего магнитного поля. Такие датчики могут быть использованы, например, для геологической разведки.

Схема уровней оптического перехода электронной оболочки GeV-центра представлена на рис. 1. Основной и первый возбуждённый уровни расщеплены на два вследствие спин-орбитального взаимодействия: спин электронной оболочки $s_z = \pm 1/2$, а момент импульса $l_z = \pm 1$. Каждый из этих уровней дважды вырожден. При нулевой температуре можно наблюдать 4 линии (A, B, C и D на рис. 1), однако при повышении температуры происходит уширение линий вследствие эффекта Яна-Теллера, и линии тонких структур перестают быть различимыми. Этот эффект проявляется в поглощении или испускании фонона при переходе электрона между подуровнями тонкой структуры. На рис. 2 изображены возможные переходы электрона: в случае (a) поглощается один фонон, соответствующий энергии перехода. В случаях (b) и (c) поглощаются 2 фонона, имеющих такие энергии, чтобы их сумма была равна энергии перехода. В исследуемых GeV-центрах процесс (b) не происходит.

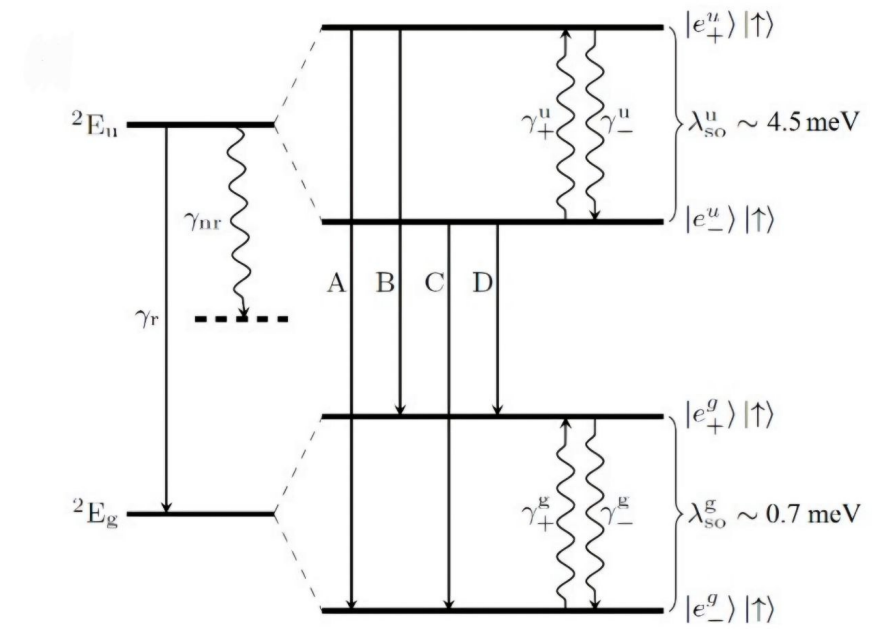


Figure 1. Схема уровней оптического электронного перехода в GeV-центре. Сплошными прямыми линиями отмечены оптические переходы, волнистыми – нерадационные переходы.

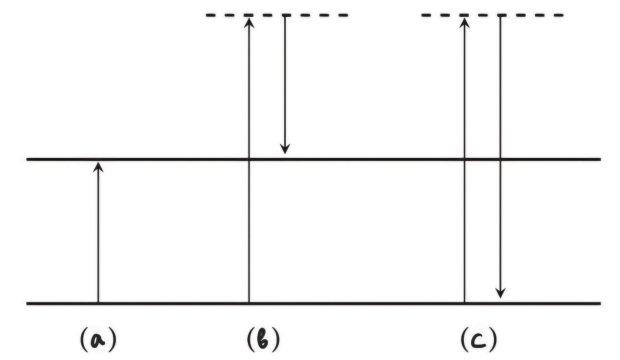


Figure 2. (a) – прямой однофононный процесс, (b) – двухфононный Рамановский процесс, (c) – упругое рассеяние фононов