

СПЕКТРОСКОПИЯ СТОП-ЗОН В МАГНИТНЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛАХ

В. В. Грязнов¹, В. С. Горелик¹, Н. И. Юрасов^{2,3}

Установлен вид спектров отражения непрерывного излучения видимого диапазона от поверхности (111) глобулярного фотонного кристалла, заполненного магнитными материалами. Наблюдаемые полосы в спектре отражения соответствуют проявлению стоп-зон фотонного кристалла. Было показано, что с изменением типа магнитного материала положение максимума интенсивности в наблюдаемых спектрах отражения зависит от типа магнитного материала, введённого в поры фотонного кристалла.

Ключевые слова: фотонный кристалл, поры, заполнение, феррит, стоп-зона, локальное отражение.

Были исследованы глобулярные фотонные кристаллы, поры которых были заполнены твёрдыми растворами магнитных соединений $\text{Ni}_{0.35}\text{Zn}_{0.65}\text{Fe}_2\text{O}_4$ (“зеленый” образец), $\text{Ni}_{0.35}\text{Zn}_{0.65}\text{Fe}_2\text{O}_4$ (“красный” образец) и $\text{Co}_{0.35}\text{Zn}_{0.65}\text{Fe}_2\text{O}_4$ (“тёмно-зелёный” образец). Для сравнения был изучен также образец опаловой матрицы с диаметром глобул 240 нм. Цвет образцов зависел от их состава и положения запрещённой фотонной зоны, которое определялось диаметром глобул. Исследуемые образцы имели вид тонких (1 мм) пластинок, параллельных поверхности роста (111), с размерами 5×10 мм. Структура образцов, заполненных ферритами, характеризуется существенными неоднородностями и дефектами, обусловленными присутствием магнитного компонента.

Нами были получены спектры отражения от поверхности (111), от областей размером 0.1 мм при нормальном падении широкополосного излучения галогеновой лампы и при 180-градусной геометрии наблюдения отраженного сигнала. При этом угловое разрешение составляло 1.0 градус. Высокое пространственное и угловое разрешение в

¹ Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук.

² Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана.

³ E-mail: nikyurasov@yandex.ru

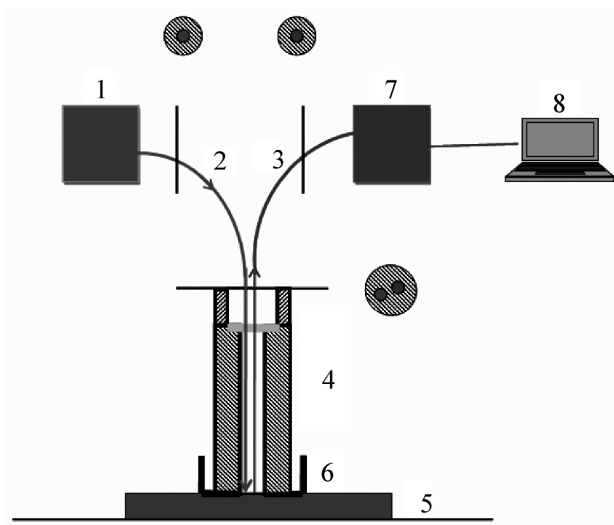


Рис. 1: Экспериментальная установка для регистрации спектров отражения: 1 – источник излучения; 2, 3 – световоды; 4 – Y-образный зонд; 5 – исследуемый фотонный кристалл; 6 – диафрагма; 7 – миниспектрометр; 8 – компьютер.

исследованных спектрах отражения было обеспечено установкой, показанной на рис. 1. Излучение от источника света (1) с помощью световода (2) диаметром 100 мкм подводилось к Y-образному зонду (4), заканчивающемуся диафрагмой (6), размер которой варьировался в диапазоне 100–200 мкм.

Отражённое от поверхности исследуемого образца (5) излучение с помощью световода (3) подводилось к миниспектрометру (7) FSD8 и анализировалось компьютером (8). Регистрация спектров отражения осуществлялась многоэлементным приёмником миниспектрометра FSD8. Время регистрации спектра в области 300–800 нм составляло 1–10 мс.

Наблюдаемое спектральное распределение нормировалось по отношению к спектру галогеновой лампы. Используемая экспериментальная установка позволила получить спектр отражения для 180-градусной геометрии. В этом случае известное соотношение Брэгга приобретает вид:

$$2an_{\text{eff}} = m\lambda \quad (m = 1, 2, \dots). \quad (1)$$

Здесь $a = \sqrt{\frac{2}{3}}D$, D – диаметр глобул, n_{eff} – эффективный показатель преломления фотонного кристалла.

Соответствующий исходному кристаллу эффективный показатель преломления ($n_{\text{eff}} \sim 1.3$) существенно отличался от показателя преломления плавленого кварца

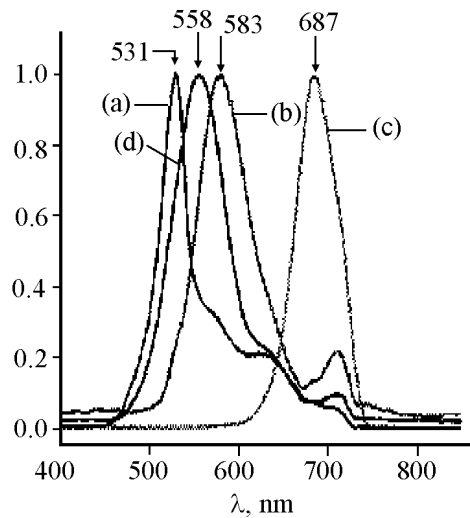


Рис. 2: Спектральные зависимости нормированного коэффициента отражения различных образцов фотонных кристаллов; (а) образец опаловой матрицы, (б) опал, пропитанный $Ni_{0.35}Zn_{0.65}Fe_2O_4$ (“зеленый” образец), (с) опал, пропитанный $Ni_{0.35}Zn_{0.65}Fe_2O_4$ (“красный” образец) и (д) опал, пропитанный $Co_{0.35}Zn_{0.65}Fe_2O_4$ (“тёмно-зелёный” образец).

($n = 1.47$), что объясняется пористостью исходного глобулярного фотонного кристалла.

Работа выполнена при поддержке РФФИ; гранты: 07-02-00106, 07-02-12027, 08-02-00114, 08-02-90020, 08-02-90252, а также Программы № 27 Президиума РАН “Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов”.

По материалам 3 Всероссийской молодежной школы-семинара “Инновационные аспекты фундаментальных исследований по актуальным проблемам физики”, Москва, ФИАН, октябрь 2009 г.

Поступила в редакцию 16 апреля 2010 г.