

УДК 666.112.9.28:666.112.7

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ  
СТЕКЛОМАТЕРИАЛОВ С КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ  
СУЛЬФИДА СВИНЦА

Г.Е.РАЧКОВСКАЯ, Г.Б.ЗАХАРЕВИЧ

Учреждение образования

«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Беларусь

Композиционные стекломатериалы, полученные на основе стеклянных матриц и квантовых точек (наночастиц, нанокристаллов) полупроводниковой фазы сульфида свинца (PbS) перспективны в качестве насыщающихся поглотителей для реализации режимов синхронизации мод и модуляции добротности целого ряда твердотельных лазеров, излучающих в ближней ИК области спектра. Для создания таких наноструктурированных композиционных материалов использовано боросиликатное стекло, допированное оксидом свинца и элементарной серой. Стекло в такой композиции выступает в роли среды (матрицы), в которой диспергированы при определенных условиях термической обработки квантовые точки сульфида свинца.

Ранее получены наноструктурированные композиционные материалы на основе силикатной матрицы. Технология синтеза такой матрицы достаточно трудоемка, так как требует высокой температуры синтеза  $1450 \pm 50$  °С, что вызывает улетучивание серы из стекольного расплава.

Введение в силикатную матрицу второго стеклообразователя – борного ангидрида,  $B_2O_3$ , приводит к ослаблению структурной сетки стекла и, как следствие, к снижению температуры его синтеза. Технология получения композиционного стекломатериала с квантовыми точками PbS включает два основных технологических процесса: синтез матричного стекла и его термическую обработку с целью формирования в стеклянной матрице квантовых точек сульфида свинца. Синтез боросиликатного матричного стекла осуществлялся при температуре 1350 °С в газовой пламенной печи с выдержкой при максимальной температуре варки в течение 2-х часов. Из стекломассы методом литья были изготовлены образцы, которые в дальнейшем подвергались термической обработке. В результате термической обработки происходит зарождение центров кристаллизации полупроводниковой фазы сульфида свинца и их рост. Температура термообработки стеклянной матрицы была выбрана на основании данных дифференциально-термического анализа и соответствовала температуре, близкой к температуре стеклования. Формирование в стекле квантовых точек PbS размером от 3,4 до 8,2 нм с распределением по размерам, близким к монодис-

персному, достигается в результате одноступенчатого режима термообработки образцов. Результаты рентгенофазового анализа подтвердили наличие в стеклянной матрице нанокристаллов PbS. Оптимизированы технологические режимы термообработки стеклянной матрицы, позволяющие направленно вести процесс формирования квантовых точек PbS заданного размера. Методом рентгеновского малоуглового рассеяния определены размеры квантовых точек PbS, формирующихся в процессе термической обработки стеклянной матрицы. Исследована кинетика выделения наноструктурированной полупроводниковой фазы PbS в объеме боросиликатной стеклянной матрицы. Установлена кинетическая зависимость роста квантовых точек от продолжительности термообработки, что позволило направленно изменять средний размер квантовых точек и управлять спектрально-оптическими характеристиками композиционного стекломатериала, используя эффект размерного квантования.

Спектры оптического поглощения термообработанных стекол, полученные в диапазоне длин волн 0,5–2,25 мкм при различной длительности прогрева, четко отражают квантоворазмерный эффект.

На спектрах оптического поглощения, по мере роста квантовых точек PbS, отмечено смещение первого экситонного пика поглощения в длинноволновую область от 0,8 до 1,86 мкм.

Насыщение (уменьшение) поглощения в спектральной области, соответствующей низшему по энергии оптическому переходу в системе уровней энергии размерного квантования, при интенсивном световом воздействии используется в пассивных затворах (насыщающих поглотителях) лазеров для генерации импульсов короткой и сверхкороткой длительности. Управляя размерами квантовых точек PbS, можно смещать пик полосы поглощения, соответствующий первому экситонному резонансу, в широком спектральном диапазоне, тем самым, смещая рабочую длину волны пассивного затвора лазера, используя для этой цели одно и то же стекло с PbS, но подвергнутое разной термической обработке. Пассивный затвор, выполненный из такого композиционного стекломатериала с квантовыми точками PbS, при малой интенсивности падающего светового излучения, имеет высокий коэффициент поглощения, т. е. затвор закрыт. При сильном резонансном возбуждении, когда интенсивность света сильно возрастает, коэффициент поглощения значительно снижается и наступает эффект просветления – затвор открыт и пропускает лазерный луч.

Созданные новые наноструктурированные композиционные стекломатериалы с квантовыми точками PbS найдут применение в качестве твердотельных пассивных затворов, с помощью которых можно осуществлять генерацию коротких и сверхкоротких импульсов на длинах волн 0,8 – 1,86 мкм в лазерах, применяемых для медицины, волоконно-оптических линий связи и дистанционного зондирования атмосферы.