Нанотрубчатые резонаторы на основе ван-дер-ваальсовых монослоев MoS_2

Казанов Д.Р., Пошакинский А.В., Шубина Т.В.

ФТИ им. А.Ф.Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26

DOI 10.34077/Semicond2019-392

Оптические резонаторы, усиливающие взаимодействие вещества со светом, являются ключевым элементом для реализации квантовых эффектов в нанопотонике. Среди возможных модификаций микрорезонаторов, использующих моды шепчущих галереи, трубчатые резонаторы отличаются сильной локализацией оптических полей в малой площади сечения стенок и высокой добротностью. В данной работе мы представляем результаты исследования трубчатых резонаторов на основе синтезированных нанотрубок, многослойные стенки которых состоят из связанных слабыми ван-дер-ваальсовыми силами атомно-тонких монослоев дихалькогенидов переходных металлов, которые характеризуются сильными экситонными резонансами с большой силой осциллятора.

Экспериментально изучено излучение нанотрубок MoS_2 методом спектроскопии микрофотолюминесценции [1]. Показано, что ярко выраженные пики в спектрах фотолюминесценции, поляризованные вдоль оси трубки, связаны с формированием мод шепчущей галереи, возбуждаемых внутри стенки трубки по ее окружности. Данные моды обладают конечным радиационным временем жизни, определяемым радиусом трубки. Разработана теория, описывающая зависимость положения пиков от диаметра трубки и толщины ее стенок. Установлено, что ширина пиков обусловлена флуктуациями числа монослоев, формирующих стенку трубки, а также конечной угловой апертурой объектива [2]. Описанные эффекты могут быть применены для создания высокоэффективных наноразмерных оптических поляризаторов.

Особый интерес представляет возможность реализации режима сильной связи между оптическими модами шепчущей галереи и А-экситоном в материале трубки, приводящего к формирования экситонных поляритонов, распространяющихся внутри стенки трубки. Подстройка энергии оптических мод к энергии экситона может быть осуществлена путем варьирования угла наклонного падения возбуждающего излучения. На рис. 1 пунктирными кривыми представлен расчет дисперсии экситон-поляритонных мод, соответствующих различным азимутальным квантовым числам. Величина расщепления Раби между верхними и нижними модами для MoS_2 нанотрубок высокого структурного качества может достигать 100 мэВ. Цветом показана рассчитанная интенсивность фотолюминесценции. В случае, когда расщепление Раби превышает ширину экситонного резонанса, спектры фотолюминесценции демонстрируют пики на частотах собственных поляритонных мод структуры.

Рис.1. – Фотолюминесценция (цвет) и дисперсия (пунктирные линии) нижних (LPs) и верхних (UPs) ветвей экситон-поляритонов, распространяющихся внутри стенки нанотрубки MoS_2 . Изменение цвета от синего к желтому соответствует усилению интенсивности.

[1] T.V. Shubina et al., *Annalen der Physik*, 1800415 (2019).

[2] D.R. Kazanov et al., *Appl. Phys. Lett.*, 113, 101106 (2018).