5. Одномерные и нульмерные системы

# Радиационная рекомбинация темного экситона в коллоидных нанокристаллах

**А.В. Родина**1, Ал. Л. Эфрос2

1 ФТИ им. А.Ф. Иоффе, РАН, Санкт-Петербург, 194021, Россия

2 Naval Research Laboratory, Washington, DC 20375, USA

тел: (812) 247-2245, факс: (812) 247-1017, эл. почта: anna.rodina@mail.ioffe.ru

Полупроводниковые коллоидные нанокристаллы в стекле и в водном растворе были впервые синтезированы более 30 лет назад. Их оптические исследования положили начало новой области – физики полупроводниковых нульмерных структур, или квантовых точек. Особенностью коллоидных нанокристаллов является пространственная локализация носителей в очень малой области (1-5 нм), значительно усиливающая обменное взаимодействие между носителями. Основное состояние экситона в сферических нанокристаллах CdSе является оптически неактивным (темным), а энергетическое расстояние до светлого экситона может достигать 20 мэВ [1]. При низких температурах именно темное состояние экситона ответственно за долгоживущую фотолюминесценцию (ФЛ), однако механизмы активации ФЛ в нулевом магнитном поле до настоящего времени однозначно не установлены и являются предметом дискуссий. Известные механизмы активации радиационной рекомбинации темного экситона, связанные с подмешиванием оптически активных экситонных состояний с помощью акустических или оптических фононов, деформаций или внешнего магнитного поля, не позволяют объяснить ряд экспериментальных данных по низкотемпературной ФЛ нанокристаллов CdSe, например, температурную зависимость положения и интенсивности бесфононной ФЛ [2] и ее поляризацию.

Нами предложена новая теоретическая модель, объясняющая активацию темного экситона обменным взаимодействием спинов электронов со спинами оборванных связей (dangling bonds) на поверхности нанокристалла. Излучательная рекомбинация темного экситона становится возможной в результате одновременного переворота поверхностного спина и спина электрона в экситоне, приводящего к подмешиванию состояний светлого экситона. При низких температурах ферромагнитное обменное взаимодействие между спинами в процессе оптической накачки и рекомбинации темных экситонов приводит к динамической поляризации спинов и формированию магнитного полярона. Степень поляризации и поляронная поправка к энергии зависят от условий накачки и температуры. Радиационная рекомбинация темного экситона в поляронном состоянии частично подавляется, причем повышение температуры приводит как к сдвигу энергии бесфонной ФЛ, так и к увеличению ее интенсивности. Таким образом, предложенная модель связывает наблюдавшиеся ранее особенности низкотемпературной ФЛ нанокристаллов CdSe с их спин-идуцированными магнитных свойствами. Взаимодействие спинов электронов со спинами поверхностных связей позволяет объяснить радиационную рекомбинацию темного экситона и ее поляризацию не только в сферических нанокристаллах, но и в двумерных и одномерных коллоидных наноструктурах.

## Литература

[1] Al. L. Efros et al., Phys. Rev B **54**, 484356 (1996).

[2] M. Nirmal, C. B. Murray, and M. G. Bawendi, Phys. Rev. B **50**, 2293 (1994).