

## ВЛИЯНИЕ СПИН-ЗАВИСИМОЙ РЕКОМБИНАЦИИ НА ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ АНСАМБЛЯ КОЛЛОИДНЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ

Смирнова О.О. (НИУ ИТМО, ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Научный руководитель – д.ф.-м.н., проф. Родина А.В.

(ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

В представленной работе теоретически рассматривается влияние наличия в ансамбле излучательной и безызлучательной спин-зависимой рекомбинации (вне зависимости от механизма ее возникновения) на циркулярную поляризацию фотолюминесценции.

**Введение.** В ансамблях коллоидных нанокристаллов низкотемпературная фотолюминесценция (ФЛ) определяется излучением с нижних энергетических уровней, что обусловлено быстрой релаксацией нерезонансно возбужденных экситонов в нанокристаллах. При этом в большинстве известных случаев нижние состояния являются оптически запрещенными в дипольном приближении. Несмотря на это, рекомбинация из темного состояния проявляется экспериментально в наличии медленной компоненты тушения ФЛ. Причиной тому служат различные механизмы активации излучения темного экситона, связанные со смешиванием состояний темного экситона с одним или несколькими состояниями оптически разрешенного светлого экситона [1]. Некоторые из них оказываются спин-зависимыми [2,3].

**Основная часть.** Изучаемые энергетически нижние состояния описываются с помощью трёхуровневой модели, состоящей из двух возбужденных уровней и невозбужденного состояния. Система балансных уравнений позволяет получить поведение населенностей во времени для случая импульсного возбуждения, а также для стационарного состояния при постоянной накачке. Показано, что время выхода характеристик в асимптотический режим может быть как меньше, так и больше времени спиновой релаксации, определяющего выход в асимптотику в отсутствие спин-зависимой рекомбинации. Получены аналитические зависимости изучаемых характеристик от времени, в асимптотическом и стационарном режимах при произвольных параметрах системы с учетом возможного неравного начального заселения уровней. Показано, что спин-зависимая рекомбинация может являться причиной смены знака циркулярной поляризации ФЛ как функция от времени, так и от величины магнитного поля. Теория сопоставляется с экспериментом на примере механизма поляризованных в магнитном поле оборванных связей на поверхности нанокристаллов, индуцирующего в случае ненулевого магнитного поля спин-зависимую рекомбинацию в ансамбле.

**Выводы.** Спин-зависимая рекомбинация является одним из ключевых процессов, определяющих интенсивность фотолюминесценции и ее характеристики, такие как поляризация фотолюминесценции и относительная разность населенностей исследуемых уровней в ансамбле коллоидных нанокристаллов. Наличие спин-зависимой рекомбинации может быть причиной появления немонотонности в зависимости поляризации фотолюминесценции, а также смены знака как функции от времени или величины приложенного магнитного поля. Учет спин-зависимой рекомбинации позволяет интерпретировать актуальные экспериментальные данные и получить доступ к внутренним параметрам ансамбля.

1. A.V. Rodina, Al.L. Efros, *Phys. Rev. B* **93**, 155427 (2016).
2. Al.L. Efros, M. Rosen, M. Kuno, M. Nirmal, D.J. Norris, M. Bawendi, *Phys. Rev. B* **53**, 4843 (1996).
3. A.V. Rodina, A. A. Golovatenko, E.V. Shornikova, D. R. Yakovlev, Al.L. Efros, *J. Electron. Mater* **10**, 1007 (2018).

Смирнова О.О. (автор)

Подпись

Родина А.В. (научный руководитель)

Подпись