
Нелинейно-оптический отклик коллоидного раствора нанопластинок CdSe различной концентрации

Смирнов А.М.^{1,2}, Козлова М.В.¹, Манцевич В.Н.¹, Саиджонов Б.М.³,
Васильев Р.Б.^{3,4}, Днепровский В.С.¹

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, 119991, Москва, Ленинские горы, 1-2

²ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 125009, Москва, ул. Моховая, 11-7

³МГУ им. М.В. Ломоносова, химический факультет, 119991, Москва, Ленинские горы, 1-3

⁴МГУ им. М.В. Ломоносова, ФНМ, 119991, Москва, Ленинские горы, 1-73

Энергетический спектр нанопластинок определяется материалом и их толщиной, контролируемой с точностью до одного атомного слоя [1]. Получение лазерной генерации на экситонном переходе в нанопластинках представляет несомненный интерес ввиду возможности варьирования длины волны излучения путем изменения толщины и состава нанокристаллов. В данной работе было исследовано нелинейное пропускание коллоидных нанопластинок CdSe с различной оптической плотностью в режиме однофотонного стационарного возбуждения экситонов при различных интенсивностях накачки. Использование нанопластинок CdSe толщиной 2,5 атомных слоя обеспечило излучение в ультрафиолетовом диапазоне (390–400 нм), при сравнительно большом поперечном сечении поглощения и низком пороге усиления среди подобных коллоидных полупроводниковых нанокристаллов. Ранее был подробно изучен эффект уменьшения поглощения на частотах экситонных переходов в нанопластинках CdSe/CdS [2, 3], а в данном исследовании, изменяя концентрацию нанопластинок в растворе, удалось достичь перехода от режима ограничения поглощения к режиму оптического усиления. Впервые установлена сильная зависимость модуляции поглощения экситонных переходов от концентрации нанопластинок и интенсивности накачки.

Определены особенности нелинейного поглощения, в том числе интенсивности насыщения, коллоидных растворов нанопластинок CdSe различных концентраций при однофотонном стационарном возбуждении экситонов наносекундными лазерными импульсами методом накачки и зондирования. Обнаружен рост дифференциального пропускания и насыщение поглощения коллоидных растворов нанопластинок CdSe малой и средней концентрации на длине волны экситонного перехода из подзоны тяжелых дырок в подзону проводимости (1hh-1e). Уменьшение поглощения с ростом оптического возбуждения, объяснено эффектом заполнения фазового пространства экситонов [2, 3], при учёте обмена энергией между экситонными состояниями [2] и экситон-экситонного взаимодействия [3]. Экспериментально продемонстрирована возможность достижения оптического усиления в коллоидных растворах нанопластинок при увеличении концентрации нанопластинок с ростом интенсивности возбуждения [4]. При высоких интенсивностях накачки значения дифференциального пропускания на длине волны экситонного перехода 1hh-1e становятся отрицательными. Отрицательные значения дифференциального пропускания соответствуют режиму оптического усиления в коллоидном растворе с высокой концентрацией нанопластинок, обеспечиваемому эффективным процессом переизлучения в среде, конкурирующему с безызлучательным оже-процессом.

[1] S. Ithurria et al., *J. of the Am. Chem. Soc.*, **130** 16504 (2008).

[2] A.M. Smirnov et al., *Solid State Comm.*, **299**, 113651 (2019).

[3] A.M. Smirnov et al., *J. of Lumin.*, **229**, 117682 (2021).

[4] A.M. Smirnov et al., *Res. in Phys.*, **32**, 105120 (2022).