Синтез и оптические свойства CdSe с квантовыми точками и полимерных нанокомпозитов CdSe/PEPC

О. Т. Бордиан, В. И. Верлан*

Институт прикладной физики, Молдавский государственный университет, г. Кишинев, MD-2028, Молдова
**e-mail: vverlan@gmail.com*

Поступила в редакцию 15.11.2025
После доработки 23.12.2025
Принята к публикации 26.12.2025

Представлены экспериментальные результаты по получению образцов с коллоидными квантовыми точками (КТ) CdSe различных размеров методом термического синтеза из органических растворителей и на их основе полимерных нанокомпозитов (НК) CdSe/PEPC (PEPC – поли-N-эпоксипропилкарбазол). Проведена характеризация КТ с указанием калибровки их размеров методом поглощения в инфракрасном и видимом (Vis) диапазоне экситонных энергий максимумов поглощения. В КТ НК отчетливо проявляются те же экситонные максимумы, что и в КТ CdSe. Полученные результаты объясняются также переносом энергии от полимерной матрицы PEPC к КТ. Свойства прозрачности КТ в системах НК в видимом и инфракрасном диапазонах позволяют предложить их применение в оптоэлектронике, биохимии и т.д. Использование таких материалов даст возможность расширить спектральную область люминесценции, увеличить ее интенсивность на основе процессов переноса энергии и электронов в КТ атомарного типа.

Ключевые слова: CdSe, квантовые точки, оптическое поглощение, нанокомпозиты, CdSe/PEPC

УДК 535.37
https://doi.org/10.52577/eom.2025.61.6.63

ВВЕДЕНИЕ

CdSe – полупроводник из группы A^{II}–B^{VI}, n-типа проводимости с шириной запрещенной зоны (E_g) 1,74 эВ. Нанокомпозиты на основе CdSe остаются фундаментальной вехой в оптоэлектронике и фотонике благодаря сильной зависимости ширины запрещенной зоны от размера частиц, что позволяет точно настроить спектральный диапазон поглощения и фотолюминесценции путем управления размером и пассивацией поверхности КТ. Уменьшение размера кристалла служит одним из способов повышения качества материала (каталитической активности, реакционной способности в твердофазных реакциях, механической прочности, изменения энергии фотонов, испускаемых в процессе фотолюминесценции, и т.д.) [1, 2].

Дискретная структура энергетических состояний приводит к дискретному спектру поглощения КТ, отличному от спектра поглощения объемного кристаллического материала CdSe. К отличительным оптическим свойствам КТ CdSe относятся широкий диапазон размеров полос поглощения света, узкая люминесценция и высокая фоточувствительность структур на их основе [2, 3].

Интересным эффектом, который также может возникать при сильных взаимодействиях дырок и электронов, является прямая фотогенерация экситонов или мультиэкситонов, вызванная одиночным фотоном. Этот эффект может быть весьма полезным и применимым для различных приложений [4].

Это привело к использованию квантовых точек в светодиодах, лазерах на основе квантовых точек, сенсорах и материалах для оптического ограничения света [5–9]. Оптические свойства квантовых точек CdSe: положение пика поглощения, максимум фотолюминесценции, спектральная ширина полосы пропускания и квантовая эффективность определяются не только размером, но и пассивацией поверхности, степенью окисления и взаимодействием с окружающей средой (растворителем, полимерной матрицей, легирующими добавками) [5–9]. Контроль лигандов также позволяет интегрировать квантовые точки в полимерную матрицу без значительной потери фотолюминесценции, а обработка структуры ядро/оболочка снижает безызлучательную рекомбинацию [5–9].

Введение квантовых точек CdSe в полимерные матрицы преследует две основные цели: стабилизацию и защиту квантовых точек в твердой среде (предотвращение агрегации и оптической деградации) и получение новых функциональных свойств (перенос энергии между полимером и квантовыми точками, эффекты гашения/насыщения, полезные для оптического ограничения, модификации показателя преломления и нелинейного отклика). В исследованиях изучались системы с ПММА, ПВС, MEH-PPV и другими сопряженными

полимерами, что выявило зависимость поведения от концентрации квантовых точек, совместимости лиганда и полимера и метода обработки (центрифугирование, литье, полимеризация *in situ*). С точки зрения современных оптических приложений включение квантовых точек CdSe в полимерные матрицы может привести к полезным свойствам для оптической защиты, полностью оптического переключения и модуляции излучения. Недавний пример показывает, что нанокомпозиты CdSe/ПММА могут проявлять зависящие от интенсивности насыщение и гашение (оптическое ограничение), что может найти применение в оптической защите и нелинейных устройствах. Эти эффекты чувствительны к взаимодействиям между квантовыми точками, их взаимодействию с полимерной матрицей, а также к процессам переноса и рекомбинации возбужденных носителей заряда [10–12].

Исследования в области квантовых точек в настоящее время находятся на переднем крае исследований ученых благодаря их замечательным свойствам и широкому применению в физике, технике, медицине и т.д. Разнообразие технологических методов получения КТ и НК на их основе позволяет получать новые свойства, необходимые для практического применения.

Нами синтезированы нанокристаллы CdSe в широком диапазоне размеров модифицированным методом в коллоидных растворах органических растворителей, откалиброваны условия роста и изучены методом оптического поглощения полученные нанокомпозиты. Результаты объясняются образованием атомных уровней в КТ.

PEPC является прогрессивным материалом для различных применений и перспективным фотопроводящим полимером [12]. Он используется для придания специфических свойств материалам в электронике и оптоэлектронике, подходит в качестве матрицы для внедрения пигментов и нанокристаллов.

Впервые получен НК CdSe/PEPC, улучшающий свойства кристаллов CdSe с КТ. Проведено осаждение тонких слоев из коллоидных растворов CdSe и НК CdSe/PEPC на кварцевые подложки методом центрифугирования с последующей сушкой.

ЭКСПЕРИМЕНТ

МАТЕРИАЛЫ

Оксид кадмия (99,999%), олеиновая кислота (90%), селен (99,5%), триоктилфосфин (90%), 1-октадецен (90%) были приобретены у Sigma Aldrich и использовались без дополнительной очистки.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оптические спектры поглощения продуктов синтеза регистрировали с помощью автоматического спектрофотометра Specord UV-Vis с разрешением 1 нм. Распределение частиц по размерам исследовали методом просвечивающей электронной микроскопии (HITACHI TEM 7500) в Политехническом университете Бухареста, Румыния.

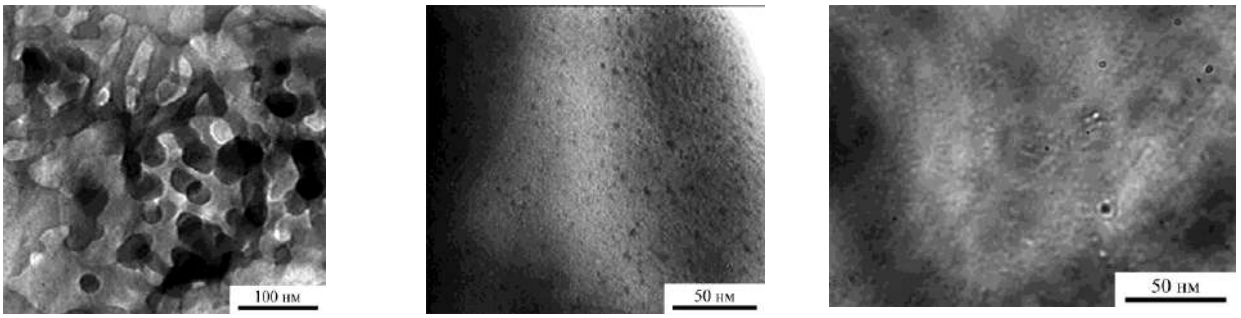
СИНТЕЗ

Полупроводниковые нанокристаллы CdSe были синтезированы методом, аналогичным описанному в [11], и модифицированы в атмосфере аргона в трехотводной кварцевой колбе, снабженной холодильником и нагревательной печью, при температуре 170 °C. На первом этапе был приготовлен исходный раствор, содержащий 170 мг порошка Se, 3 мл 1-октадецена (ODE), 2 мл трибутилфосфина (TBP) и 0,8 мл триоктилфосфина (TOP), которые смешивались при интенсивном перемешивании. Раствор прекурсора Cd был приготовлен из 75 мг порошка CdO, 3 мл 1-октадецена, 1 мл TBP и 4 мл олеиновой кислоты. Эти составы смешивались с помощью ультразвукового устройства. На следующем этапе при температуре 160 °C 2 мл исходного раствора быстро вводили в горячий раствор прекурсора CdO, после чего смесь поддерживали при температуре 160 °C. Квантовые точки (КТ) CdSe различных размеров были получены путем варьирования времени реакции. Коллоидные растворы квантовых точек собирали через определенный интервал времени реакции после инъекции (1 мин) для получения квантовых точек желаемого размера. Полученные квантовые точки CdSe были выделены и дополнительно очищены путем добавления ацетона к охлажденному раствору с последующим центрифугированием при 800 об/мин в течение 30 мин.

Затем часть КТ была введена в полимерную матрицу. В качестве полимера был выбран поли-N-эпоксипропилкарбазол (PEPC). Для приготовления раствора нанокристаллов CdSe и PEPC в качестве растворителя был выбран бензол. Нанокристаллы (НК) CdSe и PEPC растворяли по отдельности в органических растворителях, смешивали и затем гомогенизировали в течение 60 мин. Тонкослойное осаждение проводили на



Рис. 1. Фотографии образцов полученных нанокристаллов CdSe в хлороформе.



(а) (б) (в)

Рис. 2. Изображения ТЕМ порошка CdSe (d = 2,613 нм) (а) и нанокомпозитов CdSe/PEPC в матрице PEPC, полученных при термообработке: температура 30 ºС (б) и 60 ºС (в).

кварцевые подложки методом центрифугирования с последующей сушкой.

НК были приготовлены с двумя концентрациями CdSe: ρ1 = 8 мг/мл и ρ2 = 4 мг/мл. Раствор полимера PEPC был изготовлен с концентрацией ρ3 = 111 мг/мл. Растворы с концентрациями ρ1 и ρ3 готовили при высоких температурах (150 °С), а растворы ρ2 и ρ3 – при комнатной температуре (30 °С). Для полного растворения флаконы подвергали ультразвуковой обработке не менее 10 мин. Перед нанесением слоев на подложки флаконы с раствором выдерживали в течение 10 мин на ледяной бане при температуре 0 °С.

Тонкослойное осаждение проводили на кварцевые подложки методом центрифугирования при скорости вращения 800 об/мин с последующей сушкой при температуре 30°С.

КТ CdSe были охарактеризованы методом спектроскопии поглощения в видимой и инфракрасной области.

Средний размер частиц CdSe, оцененный по спектрам поглощения, находился в диапазоне 8,48–42,49 Å.

Морфология слоев НК CdSe/PEPC изучалась отдельно с помощью оптической микроскопии и оптического поглощения в ультрафиолетовом и видимом диапазонах.

ХАРАКТЕРИСТИКА

На рис. 1 представлено изображение растворов кристаллов CdSe различных размеров, полученных из растворов, диспергированных в хлороформе. Справа налево размер частиц увеличивается, а цвет суспензии меняется от светло-оранжевого до красноватого. Цвет наночастиц CdSe зависит от их размера.

Время реакции для выбранных образцов увеличивается на 1 мин, а пик интенсивности поглощения последовательно смещается в красную область от 494,7 нм.

Анализ полученных изображений показывает, что они содержат кластеры CdSe разных размеров (рис. 2). Это наблюдается на тонких пленках НК, нанесенных на стеклянные и кварцевые подложки. Изображения, полученные в ТЕМ (transmission electron microscope), указывают на относительно близкое распределение наноточек CdSe в матрице PEPC, охватывающее диапазон 2–10 нм. Это также объясняет малые размеры диаметров наночастиц. В то же время в случае образца CdSe/PEPC наблюдается более широкий разброс диаметров нанокластеров. Из изображений на рис. 2 можно понять, что они находятся в диапазоне 2,0–3,0 нм.

На рис. 3 представлены спектры поглощения образцов коллоидных растворов квантовых точек в хлороформе, приготовленных с различными размерами частиц. В спектрах наблюдаются характерные экситонные пики поглощения квантовых точек, обусловленные эффектом размерного квантования. Пики поглощения очень четко проявляются на каждой кривой, что указывает на присутствие квантовых точек CdSe. Край поглощения довольно резкий, что объясняет относительно узкое распределение размеров наночастиц. Значения энергии, рассчитанные по первому экситонному максимуму, превышают значение E_g для объемного CdSe (1,74 эВ при 300 К), что указывает на ультрафиолетовое смещение края поглощения. Увеличение ширины запрещенной зоны определяется квантовым размерным эффектом малых кристаллитов, а расчетные значения диаметра нанокристаллов меньше боровского радиуса объемного экситона CdSe, составляющего 5,6 нм [9, 10].

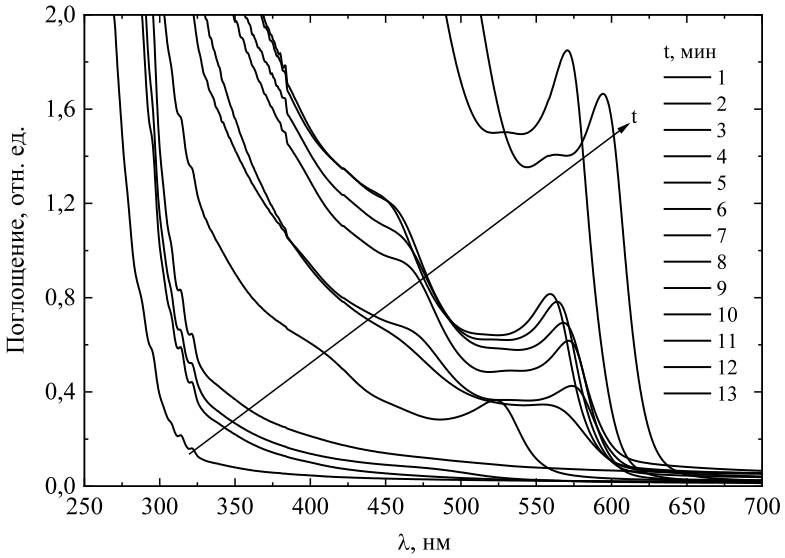


Рис. 3. Спектры пропускания растворов в хлороформе НК CdSe, выращенных при различном времени реакции (линия со стрелкой указывает на рост времени реакции образцов).

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА С НАНОЧАСТИЦАМИ

Установлено, что с уменьшением размера КТ E_g увеличивается, что приводит к увеличению оптических параметров материала КТ и синему смещению порога поглощения экситонных и люминесцентных максимумов. С теоретической точки зрения этот эффект можно описать с помощью простой модели расположения зарядов в квантовом ящике. С уменьшением размера кристалла и зарядов, которое для CdSe составляет 0,848–4,249 нм, электроны, дырки и экситоны в кристалле сжимаются в ящик и образуют уровни, аналогичные уровням в атоме. Эти состояния можно обозначить как атомные, а все вызываемые ими эффекты – как эффекты размерного квантования материала.

Эти экспериментальные результаты согласуются с нашими результатами предыдущих исследований квантовых точек CdSe [10–12].

Первый экситонный максимум и диаметр частиц рассчитаны по формуле (2). При уменьшении размера квантовых точек было обнаружено увеличение E_g, что приводит к усилению оптических параметров материала с квантовыми точками и к синему сдвигу максимумов. С теоретической точки зрения этот эффект можно описать с помощью простой модели зарядов в квантовом ящике. При уменьшении размера кристалла до значений меньше боровского радиуса зарядов (R_b), который для CdSe составляет 6 нм, электроны, дырки и экситоны в кристалле вдавливаются в ящик и образуют уровни, аналогичные уровням в атоме, обозначенные как 1s, 1p, 1d и т.д. Эти состояния можно назвать атомоподобными, а все вызываемые ими эффекты – эффектами размерного квантования материала [13, 14]:

$$E = E_g + \frac{\hbar^2\pi^2}{2R^2}\left(\frac{1}{m_e^*}+\frac{1}{m_h^*}\right) - \frac{1}{R}\left(\frac{1{,}8e^2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\right), \quad (1)$$

где E_g – энергия массивного CdSe (E_g = 1,7 эВ); R – размер наночастицы, m_e^* и m_h^* – эффективные массы электрона и дырки в CdSe. Соответствующие значения эффективных масс приведены в [10]: $m_e^* / m_0 = 0{,}13$ и $m_h^* / m_0 = 0{,}45$, а диэлектрическая проницаемость ε_r = 10,6, ε_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, а e – заряд электрона.

Средний размер частиц CdSe оценивался по положению первого экситонного пика в спектре поглощения по эмпирическому соотношению [14]:

$$d = (1{,}6122\times10^{-9})\lambda^4 - (2{,}6575\times10^{-6})\lambda^3 + (1{,}6242\times10^{-3})\lambda^2 - (0{,}4277)\lambda + 41{,}57, \quad (2)$$

где d (нм) – средний размер квантовых точек CdSe, а λ (нм) – длина волны первого экситонного пика соответствующего образца.

Уравнение (1) иллюстрирует эффект квантового ограничения, присущий квантовым точкам. В этом уравнении второй член является квантово-ограничительным, пропорциональным R^{-2} и смещающим E в сторону более высокой энергии при уменьшении диаметра наночастицы. Третий член в уравнении (1) – кулоновский, пропорциональный R^{-1}. Он смещает E в сторону более низкой энергии при уменьшении радиуса наночастицы. Следовательно, с уменьшением размера частицы увеличивается ширина запрещенной зоны [3, 6, 7].

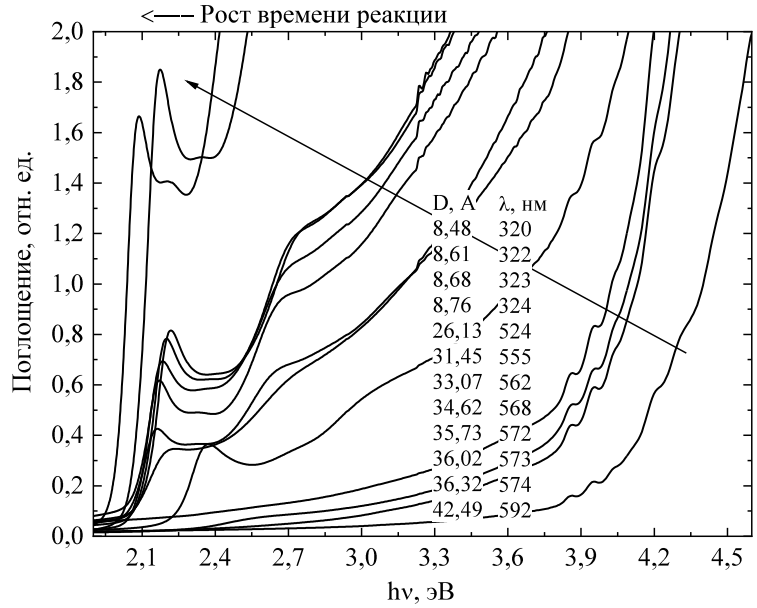


Рис. 4. Спектры пропускания растворов в хлороформе НК CdSe различных размеров и выращенных при различном времени реакции (линия со стрелкой указывает на рост размеров НК).

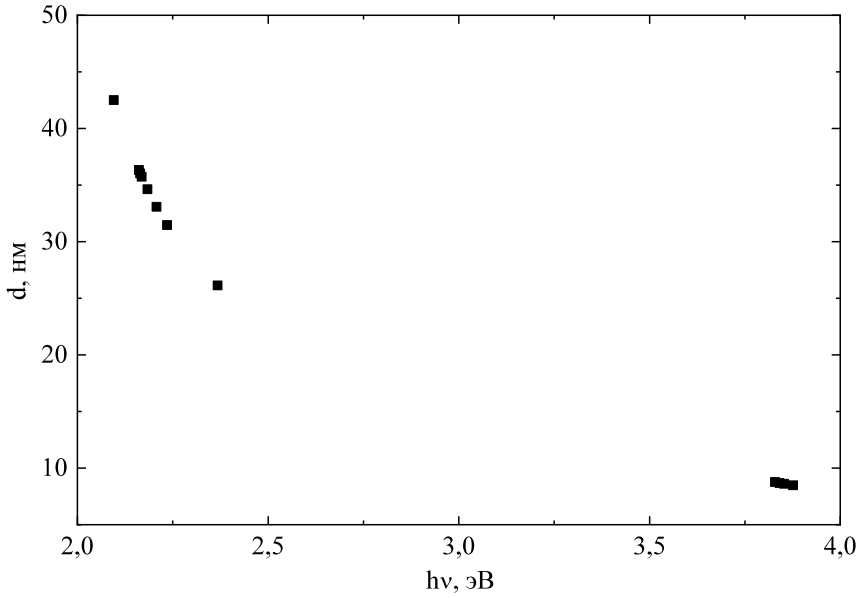


Рис. 5. Зависимость размера квантовых точек CdSe от энергии.

Для сферической КТ с радиусом r эта модель предсказывает, что зависимость от размера и ширина запрещенной зоны E_g пропорциональны $1/R^2$ [14], что и приведено на рис. 5. С уменьшением R для КТ ширина запрещенной зоны увеличивается, и мы наблюдаем эффекты улучшения оптических параметров, описанные выше. Поскольку боровский радиус экситона для CdSe составляет около 6 нм, такой размер квантовых точек подразумевает сильное ограничение носителей заряда, при этом энергии ограничения электрона и дырки превышают кулоновское взаимодействие [3–5].

Результаты измерений ИК-пропускания образцов PEPC, CdSe и НК CdSe/PEPC при комнатной температуре представлены на рис. 6. Наибольшее содержание минимумов T наблюдается в образце НК CdSe/PEPC, где отмечаются и все минимумы пропускания образцов PEPC и CdSe.

Спектры поглощения в ультрафиолетовом и видимом диапазонах слоев CdSe, выращенных при одинаковом времени реакции (1 мин), и НК CdSe/PEPC приведены на рис. 7. Нанокристаллы CdSe в исследованных образцах 1, 2 и 5 относятся к одному типу размеров. Уровни экситонных (квантовых) переходов совпадают во всех образцах: 2,71; 2,88; 3,17; 3,34; 3,60 эВ. Порог поглощения света КТ CdSe НК CdSe/PEPC составил 2,71 эВ (рис. 7).

Теоретическая схема энергетических уровней зон проводимости и валентной зоны идеальной сферической квантовой точки с уровнями атомного типа электрон–дырки и возможных переходов при оптическом возбуждении приведена на рис. 8.

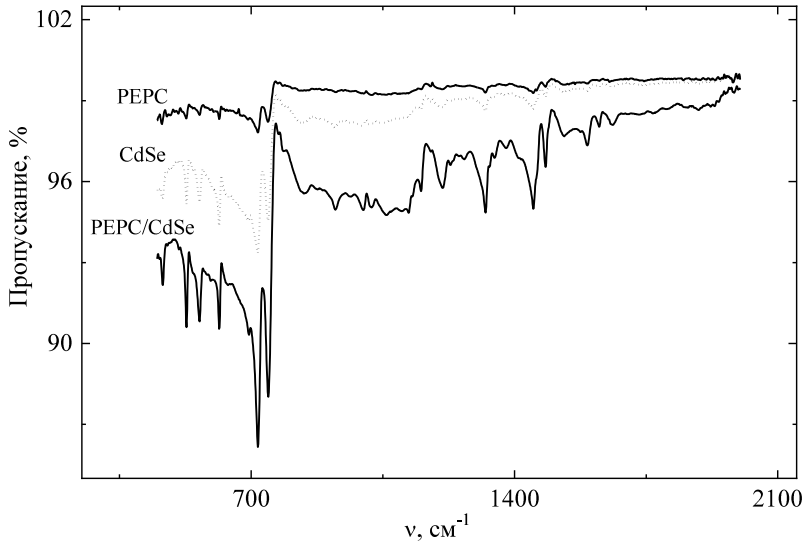


Рис. 6. ИК-спектр пропускания образцов слоев PEPC, а также квантовых точек CdSe и нанокристаллов CdSe/PEPC при комнатной температуре.

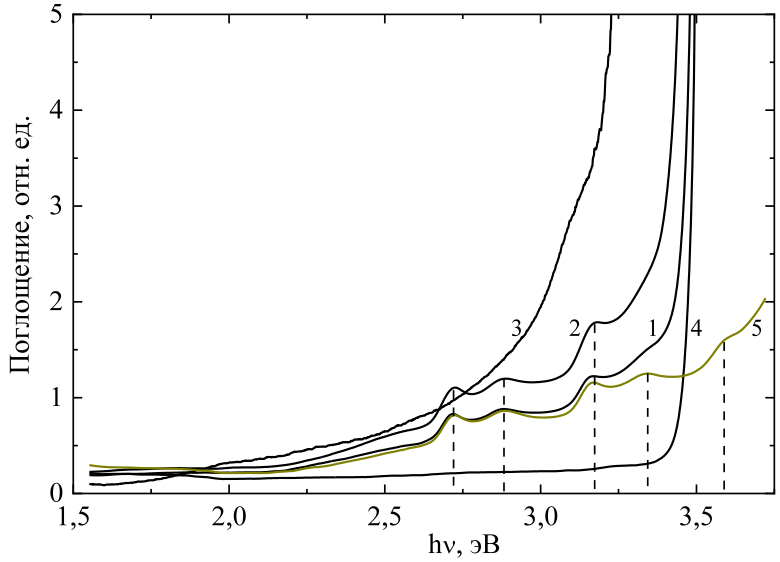


Рис. 7. Спектры поглощения в УФ и видимом диапазонах слоев CdSe, выращенных при одинаковом времени реакции (1 мин), и НК CdSe/PEPC: *1* – слой CdSe/PEPC (1:1); *2* – слой CdSe/PEPC (2:1); *3* – слой PEPC на стекле; *4* – PEPC в растворе $CHCl_2$; *5* – CdSe на кварцевой подложке.

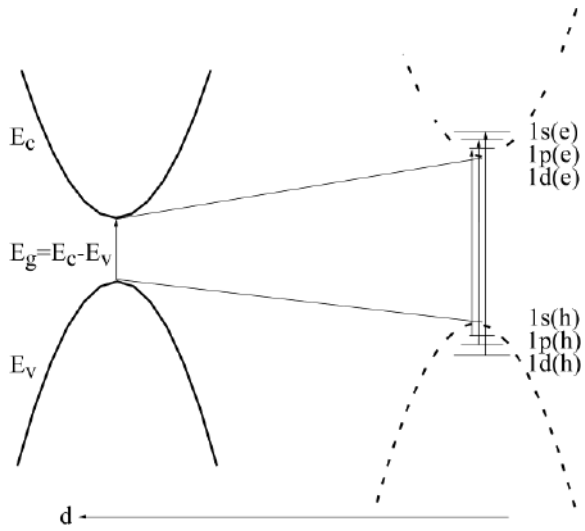


Рис. 8. Теоретическая схема энергетических уровней зон проводимости и валентной зоны идеальной сферической квантовой точки с уровнями атомного типа *e–h* и возможных переходов при оптическом возбуждении.

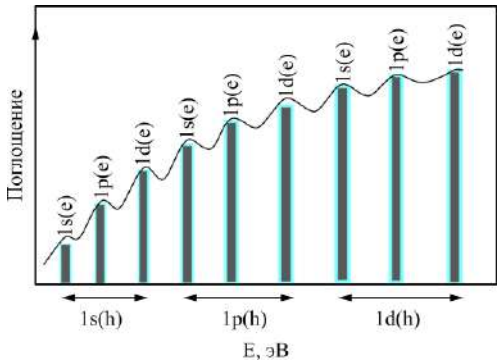


Рис. 9. Схема энергетических уровней электрон–дырки и оптического поглощения на таких переходах идеальной сферической квантовой точки с изотропными скалярными эффективными массами электрона и дырки.

Стрелки указывают на разрешенные оптические переходы между полосами при поглощении квантов света. Это полностью характеризует спектр поглощения НК CdSe. Стрелки отмечают положение четырех хорошо разрешенных переходов, связанных с электронными состояниями 1s или 1p и также приведенных на рис. 7.

При таких размерах квантовых точек CdSe (с уменьшением размера) энергетическая структура материала (валентная зона и зона проводимости не проявляются) становится атомоподобной [4–9].

С увеличением E_g квантовое ограничение приводит к расщеплению (или преобразованию) всех непрерывных энергетических зон, имеющихся в объемном материале, в отдельные (дискретные) энергетические уровни, характерные для атома.

Эти хорошо разделенные состояния квантовых точек можно обозначить с помощью атомоподобных обозначений (1s, 1p, 1d и т.д.), как показано на рис. 8. Дискретная структура энергетических состояний приводит к дискретному спектру поглощения кристаллических квантовых точек (схематически показанному вертикальными полосами при различных энергиях поглощения) (рис. 8, 9).

Эти пики поглощения обусловлены электронными переходами между состояниями дырок 1s(h), 1p(h) и 1d(h) и состояниями электронов 1s(e), 1p(e), 1d(e) КТ НС CdSe. В объемном полупроводнике как непрерывная валентная зона, так и непрерывная зона проводимости разделены фиксированной шириной запрещенной зоны. В случае нанокристаллов непрерывные энергетические зоны отсутствуют, но вместо них возникают дискретные атомоподобные состояния (рис. 3). Фотон с энергией, превышающей ширину запрещенной зоны, переводит электрон из валентной зоны в зону проводимости, создавая электронно-дырочную пару. Для квантовых точек энергетические уровни электрона и дырки подчиняются ряду собственных состояний частицы в сферическом ящике с барьером. Главный пик в спектре поглощения (рис. 5) определяется первым оптически разрешенным переходом между электронными состояниями в зоне проводимости и дырочным состоянием в валентной зоне (рис. 8).

Схематическое представление вышеизложенного показано и на рис. 9. Теоретическая схема энергетических уровней электрон–дырки и оптического поглощения на таких переходах идеальной сферической квантовой точки с изотропными скалярными эффективными массами электрона и невзаимодействующей дырки хорошо объясняет и результаты эксперимента по поглощению (рис. 4, 5). Выражение для зависящего от размера разделения между наименьшими электронными [1s(e)] и дырочными [1s(h)] состояниями КТ (энергетическая щель E_g КТ), полученное с использованием модели квантового ящика, характеризуется дискретными атомоподобными состояниями с энергиями, определяемыми размерами КТ (рис. 5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описана технология и приведена характеристика поглощения коллоидных квантовых точек CdSe. Были получены квантовые точки CdSe различных размеров с калибровочным выделением их размеров и экситонной энергии первого максимума поглощения. На их основе получены нанокомпозиты CdSe/PEPC, которые отчетливо выделяют экситонные максимумы КТ CdSe при оптическом поглощении. Полученные результаты в НК CdSe/PEPC объясняются также переносом энергии от полимерной матрицы к КТ. Поведение различных максимумов экситонного поглощения было продемонстрировано как свидетельство существования атомных электронных уровней квантовых точек с различными наноразмерами. Проведена теоретическая оценка возможных атомных переходов с участием e–h экситонов.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Somers, R.C., Bawendi, M.G. and Nocera, D.G., CdSe nanocrystal based chem-/bio-sensors, *Chem. Soc. Rev*., 2007, vol. 36, p. 579.
2. Jianzi Li, Jian Xu, Lixia Zhao, Qingbo Xu, et al., Preparation and characterization of CdSe and PbSe nanoparticles via aqueous solution for nanoparticle-based solar cells, *Mater. Res. Bull.*, 2013, vol. 48, no. 4, p. 1560.
   https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2012.12.048
3. Jorge, P., Martins, M.A., Trindade, T., Santos, J.L., et al., Optical fiber sensing using quantum dots, *Sensors*, 2007, vol. 7, no. 12, p. 3489.
4. Sergio, Mazzotti, Michael U., Mühlematter, Giulia, Galli and David J., Norris, Theory of excitons in colloidal semiconductor nanoplatelets. *Phys. Rev. B*, 2024, vol. 110, art. ID 195433.
   https://doi.org/10.1103/PhysRevB.110.195433
5. Nguyen, H.Q., Synthesis and optical properties of CdSe nanocrystals and CdSe/ZnS core/shell

nanostructures in non-coordinating solvents, *Adv. Nat. Sci. Nanosci. Nanotechnol.*, 2010, vol. 1, art. ID 025004.

https://doi.org/10.1088/2043-6254/1/2/025004

6. Murray, C.B., Norris, D.J. and Bawendi, M.G., Synthesis and characterization of nearly monodisperse CdE (E = sulfur, selenium, tellurium) semiconductor nanocrystallites, *J. Amer. Chem. Soc*., 1993, vol. 115, p. 8706.

https://doi.org/10.1021/ja00072a025

7. Boatman, E.M., Lisensky, G.C. and Nordell, K.J., A safer, easier, faster synthesis for CdSe quantum dot nanocrystals, *J. Chem. Educ.*, 2005, vol. 82, art. ID 1697.

8. Donovan, Thomas, Harold O., Lee III, Kevin C., Santiago, Marvin, Pelzer, et al., Rapid microwave synthesis of tunable cadmium selenide (CdSe) quantum dots for optoelectronic applications, *J. Nanomater*., 2020, art. ID 5056875.

https://doi.org/10.1155/2020/5056875

9. Huaping, Zhu, Michael Z., Hu, Lei, Shao, Kui, Yu, et al., Synthesis and optical properties of thiol functionalized CdSe/ZnS (core/shell) quantum dots by ligand exchange, *J. Nanomater.,* 2014, art. ID 324972.

https://doi.org/10.1155/2014/324972

10. Geru, I., Bordian, O., Loshmansky, C., Culeac, I., et al., Synthesis and characterisation of CdSe coloidal quantum dots in organic solvent, *Chem. J. Moldova*, 2014, vol. 9, no. 1, p. 128.

11. Geru, I., Bordian, O., Culeac, I., Turta, C., et al., Preparation and characterization of CdSe colloidal quantum dots by optical spectroscopy and 2D DOSY NMR, *Proc. of SPIE, Vol. 9258, Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics, and Nanotechnologies VII*, 2015, 92581W

12. Geru, I.I., Bordian, O.T., Culeac, I.P., Verlan, V.I., CdSe quantum dots and SBMA/CdSe nanocomposites characterization by optical and 2D DOSY NMR methods, *Univ. J. Phys. Appl.*, 2015, vol. 9, p. 263. https://doi.org/10.13189/ujpa.2015.090605

13. Yu, W.W., Qu, L., Guo, W. and Peng, X., Experimental determination of the extinction coefficient of CdTe, CdSe, and CdS nanocrystals, *Chem. Mater*., 2003, vol. 15, p. 2854.

14. Biswas, A. and Ghosal, A., Hole transport characteristics of CdSe single quantum wells at low temperatures, *J. Electron. Dev*., 2011, vol. 10, p. 444.

Summary

The paper presents experimental results on the preparation of samples with colloidal CdSe quantum dots (QDs) of various sizes by the thermal synthesis from organic solvents and the fabrication of CdSe/PEPC (PEPC – poly-N-epoxypropylcarbazole) polymer nanocomposites (NCs) based on them. The QDs are characterized indicating their size calibration, and are characterized by absorption in the infrared and visible ranges of the exciton energies of the absorption maxima. The same exciton maxima as QDs in CdSe are clearly visible in the NC QDs. The obtained results are also explained by the energy transfer from the PEPC polymer matrix to the QDs. The transparency properties of QDs in the NC systems in the visible and infrared ranges suggest their application in optoelectronics, biochemistry, etc. The use of such materials will expand the spectral range of luminescence and increase its intensity based on the processes of energy and electron transfer in atomic-type QDs.

Keywords: CdSe, quantum dots, optical absorption, nanocomposites, CdSe/PEPC