

Новые гибридные полимерные нанокомпозиты на основе ПВДФ+CdS/ZnS: структура и диэлектрические свойства

Ф. В. Гаджиева

Бакинский государственный университет,
г. Баку, AZ1148, Азербайджанская Республика,
e-mail: flora_1985@mail.ru, fhajiyeva@bsu.edu.az

Поступила 02.07.2019
После доработки 11.07.2019
Принята к публикации 17.07.2019

Изучены структура и диэлектрические свойства новых гибридных полимерных нанокомпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS. Установлено, что при низких концентрациях наночастицы ZnS и CdS формируют структуру полимерной матрицы и в полученных нанокомпозитах возникают новые полярные группы и стабильные ловушки для электрических зарядов, что, в свою очередь, приводит к увеличению диэлектрической проницаемости и поляризуемой способности нанокомпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS. Дальнейшее увеличение концентрации наночастиц приводит к тому, что они ведут себя как отдельная дисперсная фаза и с повышением содержания этой фазы проводимость нанокомпозитов растет, в результате поляризуемая способность нанокомпозитов постепенно уменьшается.

Ключевые слова: нанокомпозит, поливинилиденфторид, сульфид кадмия, сульфид цинка, полимер

УДК 537.226.83

DOI: 10.5281/zenodo.3640530

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что оптические свойства наноразмерных полупроводниковых кристаллов зависят не только от их состава, структуры и размера, но и от состояния границы раздела их фаз или поверхности. Так, дефекты на поверхности наночастиц, такие как примеси посторонних атомов или точечные дефекты структуры, могут играть роль потенциальных ям или барьеров для дырок и электронов. Как правило, это приводит к изменению зонной структуры и оптических свойств наноразмерных частиц полупроводников и с уменьшением размеров данных наночастиц эти изменения становятся еще чувствительнее к дефектам. Обычно для устранения и предотвращения подобных явлений используют процесс пассивации, при котором поверхностные атомы связываются с атомами другого вещества, при этом очень важно, чтобы ширина запрещенной зоны второго соединения была больше предыдущего. Иными словами, частицы одного соединения покрывают слоем другого соединения, которые называют core-shell (ядро в оболочке) наноразмерными частицами. Например, наночастицы CdS покрывают слоем наночастиц CdSe, что значительно улучшает оптические, фотолюминесцентные, электрические и другие свойства наночастиц, приближая их к свойствам изолированных нанокластеров. Нанокомпозиты на основе нескольких полупроводниковых наночастиц обладают рядом уникальных свойств, обусловленных не только чрезвычайно малыми размерами полупроводниковых наночастиц, но и особенностями строения полимерной матрицы.

Одно из таких свойств состоит в том, что полимерная матрица позволяет организовывать наночастицы в надмолекулярные структуры, что значительно усиливает необычные свойства наночастиц [1].

В последнее время в ряде работ [2] исследователями показано, что квантовые точки (КТ) на основе комбинированных полупроводниковых наночастиц, в том числе PbS-CdS типа ядро-оболочка, могут применяться в качестве чувствительных солнечных элементов. Установлено, что солнечные элементы, сенсibilизированные КТ PbS-CdS, показывают в 4 раза более высокую эффективность по сравнению с солнечными элементами, сенсibilизированными с помощью КТ PbS. Показано также, что среднее время жизни электрона увеличивается с изменением толщины оболочки CdS, причем оболочка CdS играет важную роль в предотвращении рекомбинации носителей. Значительно увеличенное среднее время жизни электрона и длина диффузии электронов являются важным свидетельством более высокой эффективности данной ячейки. Также авторами установлено, что оболочка CdS эффективно предотвращает фотокоррозию PbS, что приводит к высокостабильной фотопроводимости полученных гибридных наноструктур.

В работе [3] отмечено, что узкополосные наночастицы PbS, обладающие фотолюминесцентными свойствами в ближней инфракрасной области, были осаждены на наноструктурах TiO₂ методом последовательной послойной адсорбции для разработки квантовопоглощающих

солнечных элементов (КВСЭ). Толщины нанопленок PbS были оптимизированы для повышения фотоэлектрических характеристик КВСЭ на основе PbS. Однородный слой CdS непосредственно наносили на предварительно выращенный фотоанод PbS-TiO₂ для защиты PbS от химического воздействия полисульфидных электролитов. Была зафиксирована высокая плотность фототока короткого замыкания (приблизительно 10,4 мА/см²) для сосенсибилизированного солнечного элемента PbS/CdS, тогда как плотность фототока солнечных элементов, сосенсибилизированных только наночастицами PbS, была ниже 3 мА/см². Эффективность преобразования мощности сосенсибилизированного солнечного элемента PbS/CdS достигала 1,3%, что было выше арифметического добавления эффективности отдельных составляющих (PbS и CdS). Эти результаты показали, что синергетическая комбинация PbS с CdS может обеспечить разработку более стабильного и эффективного сенсibilизатора для практических применений солнечных элементов.

Известно, что ультрафиолетовое (УФ) излучение влияет на долгосрочную стабильность многих органических материалов. Недавно было обнаружено, что синее излучение также представляет опасность. В исследовании [4] были разработаны эпокси-ZnO/CdS (ЭП-ZC) основные наноконпозиты, способные экранировать как ультрафиолетовое, так и синее излучение. Во-первых, наночастицы на основе ZnO/CdS были синтезированы путем роста CdS на готовых квантовых точках ZnO (ZnO КТ). В отличие от КТ ZnO, которые поглощают только часть ультрафиолетового излучения, наночастицы на основе ZnO/CdS проявляют сильное поглощение в области длины волны, простирающейся от УФ-излучения до синего. Кроме того, диапазон поглощения можно регулировать путем изменения молярного отношения ионов Zn/Cd. Была использована in-situ полимеризация для получения ЭП-ZC основных наноконпозитов, которые являются оптически прозрачными при длинах волн более 500 нм. Было обнаружено, что наноконпозиты на основе ЭП-ZC обладают высокозащитными свойствами от УФ-излучения и могут почти полностью блокировать ультрафиолетовый свет в интервале длин волн между 200–400 нм и более чем 80% голубого света между 400–450 нм при 0,3 масс.% содержании наночастиц ZnO/CdS в матрице эпоксидной смолы.

Целесообразность использования ZnS в качестве укупоривающего материала для квантовых точек PbS с использованием методов последовательной адсорбции и реакции ионного

последующего осаждения проанализирована в исследовании [5]. Результаты показывают, что слой ZnS облегчает осаждение PbS посредством процесса ионного обмена, в то время как наложенный слой ZnS имеет тенденцию покрывать PbS способом, подобным физическому процессу укладки. Поэтому квантовые точки PbS, покрытые аморфным ZnS, разрабатываются при использовании техники SILAR, которую можно применить для заполнения мезопористых субстратов и, следовательно, для построения объемных гетеропереходов.

Авторами работы [6] впервые синтезированы и исследованы гибридные полимерные наноконпозиты на основе ПП+PbS/CdS. Известно, что наночастицы PbS преимущественно обладают высокой фотолюминесцентной способностью в инфракрасной области. Фотолюминесцентный анализ наноконпозитов на основе ПП+PbS/CdS показывает два люминесцентных пика на спектрах люминесценции при длинах волн 680 и 715 нм. Было выявлено, что для гибридных систем на основе ПП+PbS/CdS спектрально-чувствительная область расширяется и это позволяет применять такие наноконпозиты в различных областях науки и техники.

Одномерные наноконпозиты на основе CdS/ZnS были успешно синтезированы с помощью двухступенчатого сольвотермического метода в работе [7]. Предварительно сформированные нанопроволоки CdS диаметром около 45 нм и длиной до нескольких десятков микрометров были покрыты слоем оболочки ZnS с помощью реакции ацетата цинка и тиомочевины при 180°C в течение 10 ч. Обнаружено, что однородная оболочка ZnS состоит из наночастиц ZnS с диаметром около 4 нм, которые закреплены на нанопроводах без предварительной обработки поверхности. Установлено, что оболочка ZnS может эффективно пассивировать поверхностные электронные состояния ядер CdS, что объясняет усиленную фотокаталитическую активность наноконпозитов на основе CdS/ZnS по сравнению с нанопроводами без покрытия CdS.

В работе [8] эмиссионные нанослои PbS/CdS типа ядро/оболочка были синтезированы методом катионного обмена. Установлено, что в данных нанослоях наблюдается значительный синий сдвиг фотолюминесценции, что указывает на более сильное квантовое удержание в ядре PbS, поскольку толщина нанослоя уменьшается до восьми атомных слоев. Точный анализ толщины каждого слоя показывает связь между энергетическим зазором и толщиной в исключительно одномерно ограниченной наноструктуре.

Простой низкотемпературный процесс синтеза малых и стабильных квантовых точек PbS/CdS с эмиссией ниже длины 1100 нм описан в работе [9]. Для синтеза квантовых точек PbS/CdS использовался раствор PbCl₂ в олеиламине и 1-додекантиоле. Тонкая оболочка CdS выращивалась на PbS при комнатной температуре методом катионного обмена. Такой метод получения наночастиц PbS/CdS обеспечивает в 6–9 раз более интенсивное излучение, чем чистые наночастицы PbS с лучшей оптической стабильностью. Установлено, что отжиг квантовых точек PbS/CdS в твердом состоянии при умеренных температурах (50–100°C) улучшает кристалличность частиц. Обмен лигандов на отожженном PbS/CdS с 1-додекантиолом усиливает долговременную стабильность частиц. Следовательно, был разработан простой и управляемый метод для создания высокостабильных, чистых, контролируемых по размеру КТ PbS/CdS, с широкополосной люминесценцией, детектируемой недорогими полупроводниковыми детекторами.

Цель настоящей статьи – разработка и исследование новых гибридных полимерных нанокомпозитов на основе поливинилиденфторида (ПВДФ) и наночастиц CdS и ZnS. Как известно, ПВДФ – это полукристаллический полимер, обладающий высокой химической стабильностью, термической стойкостью, уникальными пьезоэлектрическими и пиро-электрическими свойствами. Учитывая эластичность, оптическую прозрачность и легкую перерабатываемость ПВДФ, можно предположить, что применение этого полимера в качестве матрицы может влиять на комплексные электрофизические, эксплуатационные (прочность, долговечность и др.) и активные (фотолюминесцентные, фотовольтаические и др.) свойства нанокомпозитов, полученных на их основе. Полимерные нанокомпозиты на основе ПВДФ+CdS/ZnS объединяют в себе и полярную полимерную матрицу ПВДФ, обладающего высокими сегнетоэлектрическими и пьезо-электрическими свойствами, и наночастицы CdS и ZnS, являющиеся высокоэффективными люминофорными материалами. Предполагается, что исследование таких тройных полимерных нанокомпозитов приведет к разработке новых высокоэффективных многофункциональных полимерных нанокомпозитов, обладающих отличительными физико-химическими свойствами [10–13].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Материалы

Все химические реактивы были использованы без предварительного очищения: поливини-

лиденфторид (ПВДФ, Solvay 6020/1001), хлорид кадмия (CdCl₂×5H₂O, Sigma Aldrich C3141), сульфид натрия (Na₂Sx9H₂O, PLC 141687), ЦТАBr (цетилтриметиламмоний бромид C₁₉H₄₂BrN, AB 117004, 98% химически чистый), хлорид цинка (ZnCl₂, PLC 141779), диметилформамид (Daejung CAS № 68-12-2).

Синтез полимерных нанокомпозитов

Наночастицы CdS и ZnS были синтезированы и стабилизированы соответственно методике [13]. Синтез полимерных нанокомпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS был осуществлен следующим образом: 0,2 г ПВДФ был растворен в растворителе-диметилформамиде при комнатной температуре. Наночастицы CdS при различных содержаниях были добавлены в раствор полимера с растворителем и перемешивались в течение 2 часов до получения однородной смеси. Затем наночастицы ZnS были добавлены в раствор полимера с наночастицами CdS и 2 часа находились там до получения однородной однородной смеси. Полученная однородная смесь была переведена в чашку Петри и сушилась нескольких суток. Для полного удаления растворителя из объема полимерной матрицы нанокомпозиты были высушены в вакуумном шкафу при температуре 120°C в течение часа. Затем при температуре плавления ПВДФ (180°C) и давлении 10 МПа были получены тонкие нанокомпозитные пленки толщиной 100 мкм. Охлаждение пленок проводилось в воде, скорость охлаждения составила 200°C/мин.

Характеризация полимерных нанокомпозитов

Рентгенодифракционный анализ

Анализ рентгенограммы был выполнен на Rigaku Mini Flex 600 XRD дифрактометре, снабженном Cu K α-излучением, при комнатной температуре.

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ)

Распределение наночастиц по объему полимерной матрицы изучалось методом сканирующей электронной микроскопии (SEM, Jeol JSM-767 F). Сканирование было проведено в SEI режиме при ускоряющем напряжении 15 кэВ и рабочем расстоянии 4,5 мм. Энергодисперсионный спектр (ЭДС) был получен с помощью приставки СЭМ- X-Max 50 (Oxford Instruments).

Методика измерения диэлектрических свойств

Измерение диэлектрической проницаемости, тангенса угла диэлектрических потерь и удель-

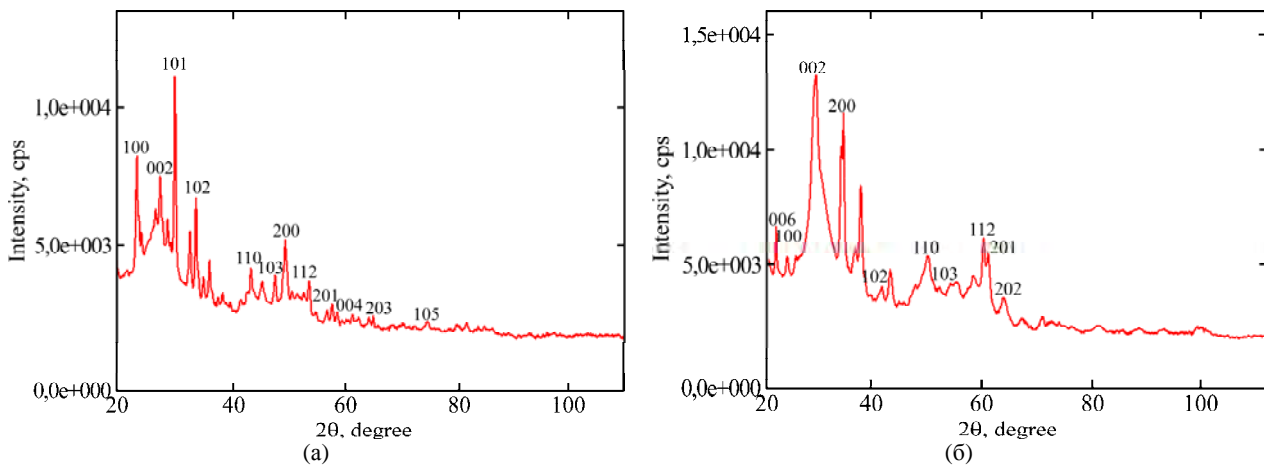


Рис. 1. Дифрактограммы наночастиц CdS (а) и ZnS (б).

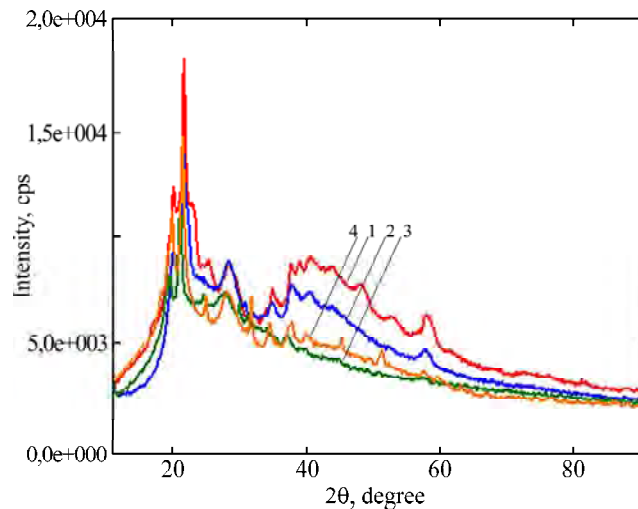


Рис. 2. Дифрактограммы полимерных нанокомпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS: 1 – ПВДФ; 2 – ПВДФ+1% CdS/ZnS; 3 – ПВДФ+3% CdS/ZnS; 4 – ПВДФ+5% CdS/ZnS.

ного сопротивления нанокомпозитов производилось с помощью измерителя иммитанса МНИПИ Е7-20. С применением широкополосного измерителя иммитанса Е7-20 измерялись частотная зависимость емкостей и диэлектрические потери при температуре $T = 293$ К в интервале частот $f = 25$ Гц – 1 МГц. Измерение диэлектрической проницаемости в зависимости от температуры проводилось при $f = 1$ кГц с помощью измерителя МНИПИ Е7-21. Измерение значения удельного сопротивления в зависимости от температуры осуществлялось с помощью тераомметра Е7-13 А.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 представлены дифрактограммы наночастиц CdS (а) и ZnS (б). Установлено, что основные пики при 2θ , равной $24,9^{\circ}(002)$; $26,6^{\circ}(101)$; $28,3^{\circ}(102)$; $36,8^{\circ}(110)$; $43,9^{\circ}(103)$; $48,1^{\circ}(200)$; $51,1^{\circ}(112)$; $52,1^{\circ}(201)$; $53,1^{\circ}(004)$; $54,9^{\circ}(202)$; $58,6^{\circ}$; $67,1^{\circ}(203)$; $69,6^{\circ}(210)$; $71,2^{\circ}(211)$; $72,8^{\circ}(114)$, $75,9^{\circ}(105)$, принадлежат наночастицам сульфида кадмия гексагональной структуры соответственно базе данных Card

ICCD PDF (00-101-1054). Также из рис. 1б видно, что основные пики, наблюдающиеся на дифрактограмме, относятся к наночастицам сульфида цинка вюрцитного типа соответственно базе данных ICCD PDF (00-101-1195). Остальные пики, наблюдаемые на дифрактограммах сульфида цинка и кадмия принадлежат стабилизатору ЦТАBr, в присутствии которого стабилизированы наночастицы CdS и ZnS [13].

На дифрактограммах (рис. 2) полимерных нанокомпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS видно, что с увеличением содержания наночастиц CdS и ZnS в матрице полимера увеличивается степень кристалличности полимерных нанокомпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS. Известно, что ПВДФ существует преимущественно в двух формах: в α - и β -формах. В α -форме цепные молекулы находятся в спиральной конформации с периодом идентичности $4,64$ Å, включающим два мономерных звена. В β -форме макромолекулы представляют собой плоские зигзагообразные цепи, период идентичности которых составляет $2,56$ Å и включает одно мономерное

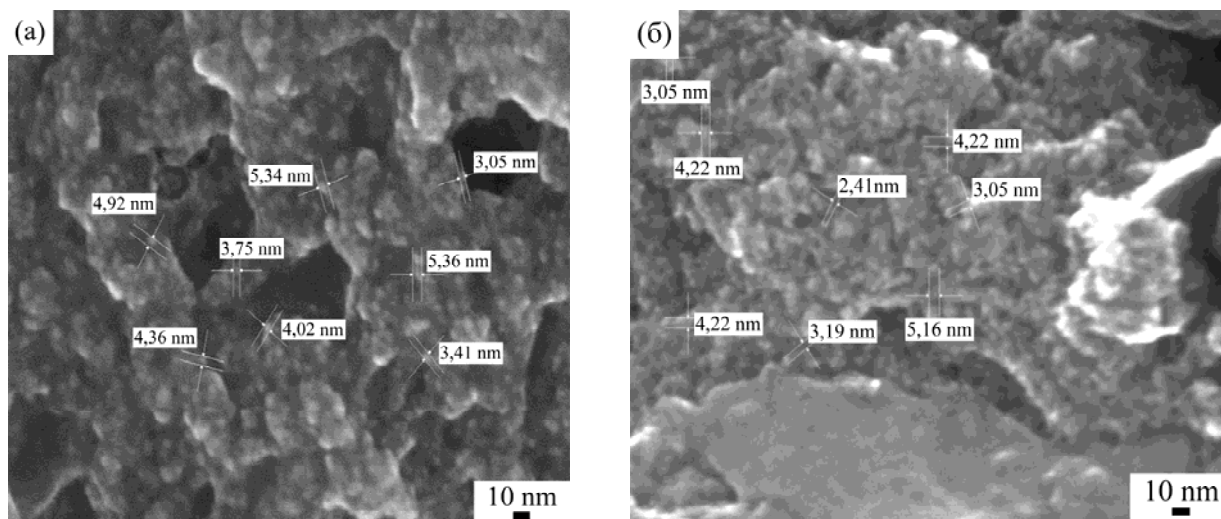


Рис. 3. СЭМ изображения наночастиц CdS (а) и ZnS (б).

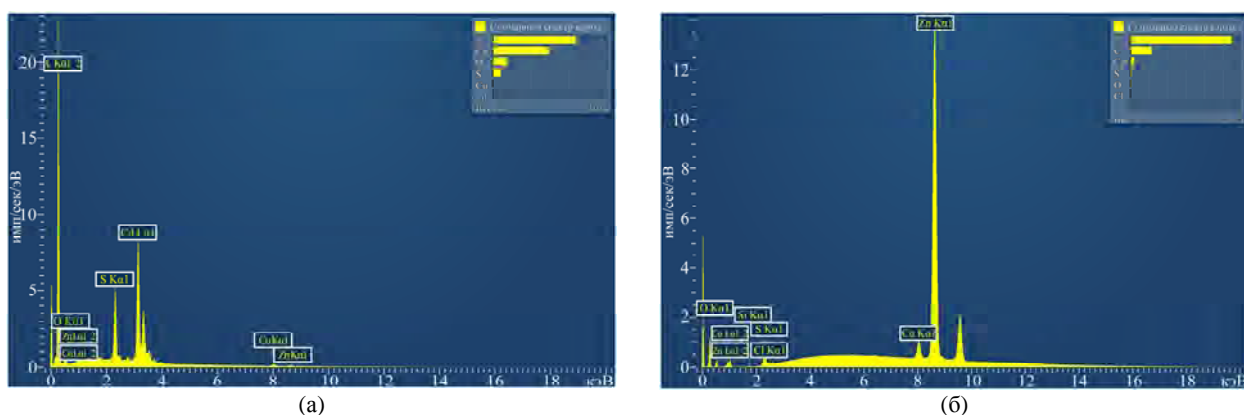


Рис. 4. ЭДС спектр наночастиц CdS (а) и ZnS (б).

звено. Как видно из рис. 2, при 2θ , равной $18,83^\circ$ и $20,41^\circ$, наблюдаются два пика, которые принадлежат α - и β -фазам ПВДФ соответственно. Также на дифрактограмме наблюдаются пики при $35,43^\circ$ и $41,19^\circ$, являющиеся характерными пиками для α -фазы ПВДФ. Установлено, что с введением наночастиц CdS и ZnS интенсивность пиков, принадлежащих α -фазе, уменьшается, а для β -фазы увеличивается. Таким образом, установлено, что внедрение полупроводниковых наночастиц приводит к уменьшению доли α -фазы и увеличению β -фазы полимерных нанокм-позитов [14].

На рис. 3 приведены СЭМ изображения наночастиц CdS (а) и ZnS (б). Как видно из СЭМ изображений, наночастицы сульфида кадмия и сульфида цинка хорошо стабилизированы в присутствии стабилизатора-ПАВ-цетилтриметиламмоний бромид. Установлено, что наночастицы монодисперсны и средний размер наночастиц составляет 3–5 нм. Отмеченные ЭДС спектры наночастиц на рис. 4 показали, что синтезированные и стабилизированные наночастицы не имеют примесей невзаимодейст-

вующих исходных реагентов и состоят из чистых наночастиц CdS и ZnS. Элемент меди, проявляющийся на ЭДС спектре, исходит от медной подложки, на которую были нанесены наночастицы во время СЭМ анализа.

Показана зависимость диэлектрической проницаемости нанокм-позитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS от частоты (а) и содержания наночастиц CdS и ZnS (б) (рис. 5). Как видно из рис. 5, с введением этих наночастиц в матрицу ПВДФ диэлектрическая проницаемость увеличивается до 3% объемного содержания, а затем уменьшается. Предполагается, что при 3% содержании CdS и ZnS наночастицы формируют структуры, а с увеличением концентрации наночастиц увеличивается электропроводность нанокм-позитов и в результате значение диэлектрической проницаемости уменьшается [15–17].

Зависимость тангенса диэлектрических потерь нанокм-позитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS от частоты отмечена на рис. 6. Показано, что значение $\text{tg}\delta$ в зависимости от концентрации наночастиц CdS и ZnS меняется с экстремумом, то есть с увеличением содержания наночастиц значение $\text{tg}\delta$ увеличивается и в случае нанокм-позита на основе

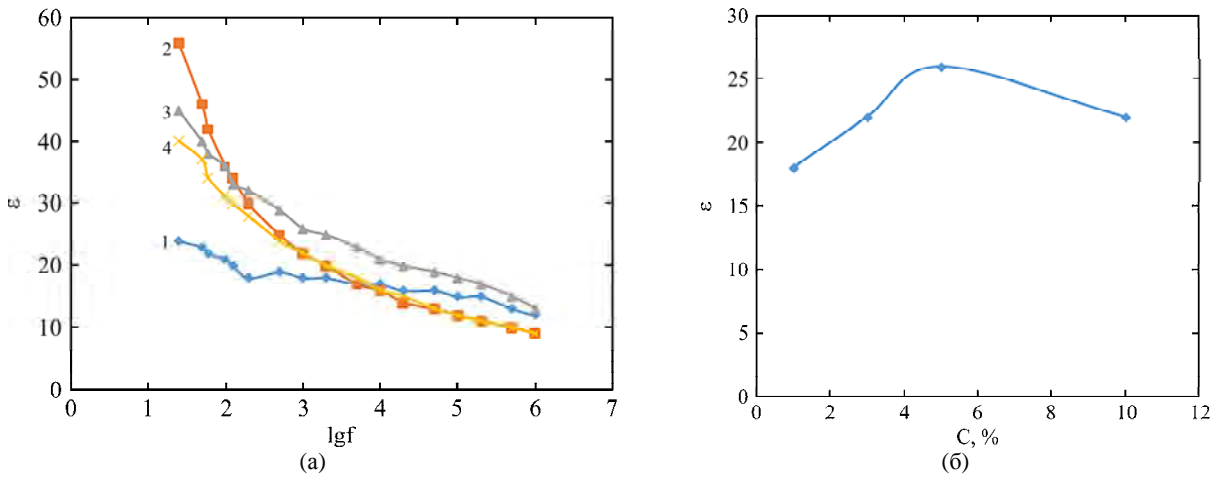


Рис. 5. Зависимость диэлектрической проницаемости нанокомпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS от частоты (а) и содержания наночастиц CdS и ZnS (б): 1 – ПВДФ+1%CdS/ZnS; 2 – ПВДФ+3%CdS/ZnS; 3 – ПВДФ+5%CdS/ZnS; 4 – ПВДФ+10%CdS/ZnS.

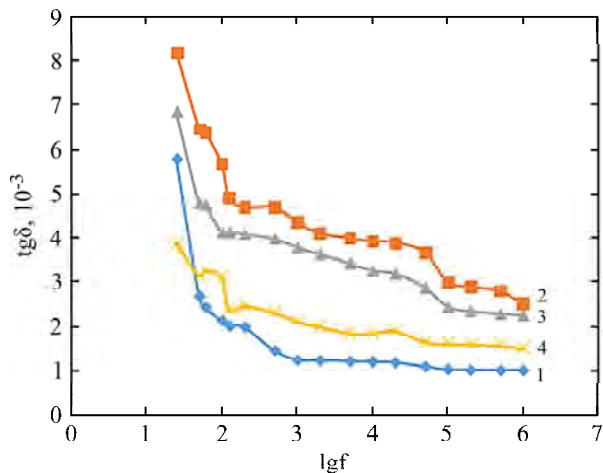


Рис. 6. Зависимость тангенса диэлектрических потерь нанокомпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS от частоты: 1 – ПВДФ+1%CdS/ZnS; 2 – ПВДФ+3%CdS/ZnS; 3 – ПВДФ+5%CdS/ZnS; 4 – ПВДФ+10%CdS/ZnS.

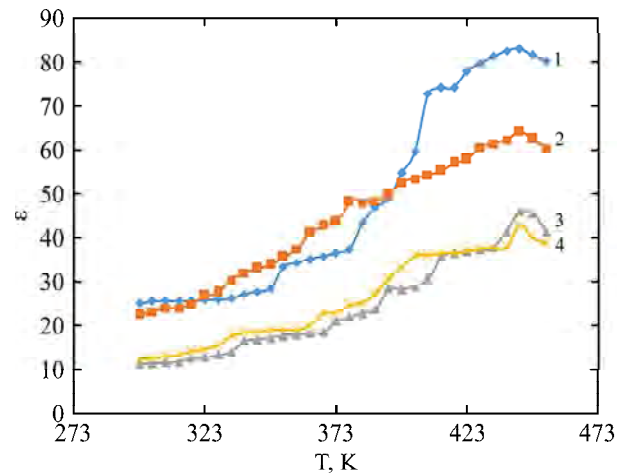


Рис. 7. Зависимость диэлектрической проницаемости нанокомпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS от температуры: 1 – ПВДФ+1%CdS/ZnS; 2 – ПВДФ+3%CdS/ZnS; 3 – ПВДФ+5%CdS/ZnS; 4 – ПВДФ+10%CdS/ZnS.

ПВДФ+3%CdS/ZnS значение диэлектрических потерь оказывается максимальным, а дальнейшее увеличение содержания наночастиц приводит к уменьшению значения $\text{tg}\delta$. Увеличение $\text{tg}\delta$ означает увеличение релаксационных процессов, то есть в нанокомпозитах на основе ПВДФ+3%CdS/ZnS за счет увеличения диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ оказывается максимальным. Этот результат хорошо коррелируется с увеличением диэлектрической проницаемости нанокомпозитов.

На рис. 7 представлена зависимость диэлектрической проницаемости нанокомпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS от температуры. Показано, что диэлектрическая проницаемость полимерных нанокомпозитов увеличивается с повышением температуры и при достижении температуры 443 К происходит скачкообразное увеличение диэлектрической проницаемости, а затем уменьшение. Резкое уменьшение диэлектрической проницаемости нанокомпозитов

объясняется разрушением кристаллической фазы полимерной матрицы ПВДФ.

Зависимость удельного сопротивления нанокомпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS от температуры показана на рис. 8. Установлено, что с увеличением температуры значение удельного сопротивления для нанокомпозита на основе ПВДФ+1%CdS/ZnS резко уменьшается до температуры 343 К, а затем постепенно уменьшается до температуры 373 К, после 373 К остается постоянным. Для нанокомпозитов на основе ПВДФ+3%CdS/ZnS, ПВДФ+5%CdS/ZnS и ПВДФ+10%CdS/ZnS значение удельного сопротивления резко уменьшается до температуры 328 К, а затем до температуры 378 К медленно уменьшается, после 378 К остается постоянным. Установлено, что уменьшение сопротивления с увеличением температуры связано с увеличением ионной проводимости нанокомпозитов. После 433 К наблюдается небольшое увеличение сопротивления нанокомпозитов в зависимости от температуры. Увели-

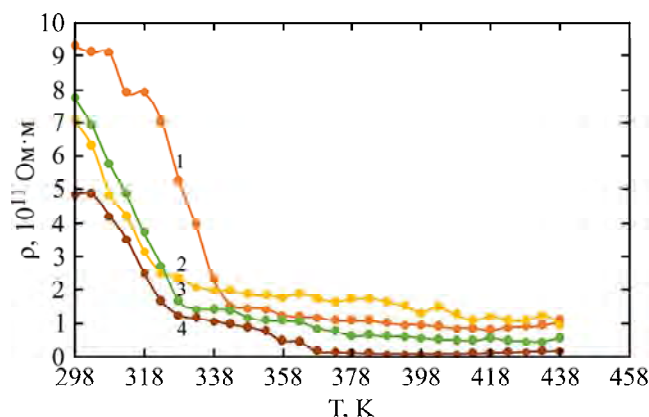


Рис. 8. Зависимость удельного сопротивления нанокomпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS от температуры: 1 – ПВДФ+1%CdS/ZnS; 2 – ПВДФ+3%CdS/ZnS; 3 – ПВДФ+5%CdS/ZnS; 4 – ПВДФ+10%CdS/ZnS.

чение сопротивления после 433 К также объясняется разрушением кристаллической фазы полимера и увеличением расстояния между наночастицами [18–21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучены структура и диэлектрические свойства новых гибридных полимерных нанокomпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS. Установлено, что при низких концентрациях наночастицы ZnS и CdS формируют структуры для полимерной матрицы и в полученных нанокomпозитах возникают новые полярные группы и стабильные ловушки для электрических зарядов, что в свою очередь приводит к увеличению диэлектрической проницаемости и поляризуемой способности нанокomпозитов на основе ПВДФ+CdS/ZnS. Дальнейшее увеличение концентрации наночастиц приводит к тому, что наночастицы ведут себя как отдельная дисперсная фаза и с увеличением содержания этой фазы проводимость нанокomпозитов увеличивается, в результате поляризуемая способность нанокomпозитов постепенно уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. *Наночастицы металлов в полимерах*. М.: Химия, 2000. 671 с.
2. Lai-Hung L., Protesescu L., Kovalenko M. and Loi M. *Phys Chem Chem Phys*. 2014, (16), 736–742.
3. Yitan L., Lin W., Xiya C., Ruizi Z. et al. *Nanoscale Res Lett*. 2013, **8**(1), 1–7.
4. Chunchun H., Feng W., Chong G., Peng L. et al. *J Mater Chem C*. 2015, (3), 5065–5072.
5. Lidong S. *Sci China Mater*. 2016, **59**(10), 817–824.
6. Novruzova A.A., Ramazanov M.A., Chianese A., Hajiyeva F.V. et al. *Chem Eng Trans*. 2017, **60**, 61–66.
7. Le W., Hongwei W., Yingju F., Xinzhen L. et al. *Nanoscale Res Lett*. 2009, **4**(6), 558–564.
8. Simeen K., Zhoufeng J., Shashini M.P., Jianjun H. et al. *J Nanomater*. 2017, **2**(60), 3685–3690.
9. Durmusoglu E.G., Yildizhan M.M., Gulgun M.A. et al. *J Phys Chem C*. 2017, **121**(45), 25520–25530.
10. Magerramov A.M., Ramazanov M.A. and Hajiyeva F.V. *Optoelectron Adv Mat*. 2008, **2**(11), 743–746.
11. Magerramov A.M., Ramazanov M.A. and Gadjiyeva F.V. *Rapid Commun*. 2009, **3**(12), 1348–1353.
12. Magerramov A.M., Ramazanov M.A., Hajiyeva F.V., Alieva S.G. *J Appl Electrochem*. 2011, **47**(5), 428–432.
13. Ramazanov M.A., Hajiyeva F.V., Maharramov A.M., Shirinova H.A. et al. *Proceedings of International Conference of Young Scientists Problems of Physics and Astronomy*. 25 May 2018, Baku State University, Azerbaijan, pp. 30–36.
14. Ramazanov M.A., Hajiyeva F.V., Shirinova H.A., Mamedov H.M. *Int J Modern Phys B*. 2019, **33**(10), 1950083-1-1950083-15.
15. Ramazanov M.A., Hajiyeva F.V., Maharramov A.M. *Integr Ferroelectr*. 2019, **192**(1), 103–112.
16. Magerramov A.M., Ramazanov M.A., Hajiyeva F.V., Nuriyeva S.G. *Proceedings of International Conference Modern trends in physics*. 20–22 April, Baku State University, Azerbaijan, 2017, pp. 7–11.
17. Maharramov A.M., Ramazanov M.A., Ahmadova A.B., Hajiyeva F.V. et al. *Dig J Nanomater Bios*. 2016, **11**(3), 781–786.
18. Maharramov A.M., Ramazanov M.A., Hajiyeva F.V. *Chalcogenide Lett*. 2016, **13**(1), 35–40.
19. Maharramov A.M., Ramazanov M.A., Sultanova J.R., Hajiyeva F.V. et al. *JOBM*. 2016, **8**(3), 113–118.
20. Maharramov A.M., Ramazanov M.A., Hajiyeva F.V., Amirov S.S. *JOBM*. 2016, **8**(1), 15–20.
21. Magerramov A.M., Ramazanov M.A., Hajiyeva F.V., Guliyeva V.M. *J Appl Electrochem*. 2011, **9**(5), 133–141.

Summary

The structure and dielectric properties of new hybrid polymeric nanocomposites based on polyvinylidene fluoride (PVDF)+CdS/ ZnS were studied. It was found that at low concentrations, ZnS and CdS nanoparticles play the role of a structure former for the polymer matrix, and, in the nanocomposites, new polar groups and stable traps for electric charges appear, which, in turn, results in an increase in the dielectric constant and polarizability of PVDF+CdS/ZnS based nanocomposites. A further

increase in the concentration of nanoparticles leads to the fact that nanoparticles behave as a separate dispersed phase, and with an increase in the content of this phase, the conductivity of nanocomposites increases, and the consequently polarized ability of nanocomposites gradually decreases.

Keywords: nanocomposite, polyvinylidene fluoride, cadmium sulphide, zinc sulphide, polymer