

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Институт химии имени В.И.
Никитина Национальной академии наук
Таджикистана доктор технических наук,
профессор Сафаров Ахрор Мирзоевич

« 19 _____ 2024 г.



О Ф И Ц И А Л Ъ Н Ы Й О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу Авази Мирзо на тему «Исследование влияния фуллеренов и углеродных нанотрубок на структуру и физические свойства некоторых аморфных и кристаллических полимеров», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07-физика конденсированных сред

В XX веке произошло много открытий в корне изменивших жизнь человечества. Одним из открытий стало обнаружение новых аллотропных форм углерода, таких как фуллерены, а впоследствии и углеродных нанотрубок, наноалмазов и графенов. Невероятные свойства этих структур открыли широчайшие перспективы их исследования для создания различных углеродных композиционных материалов, а также пористых углеродных материалов (сibunит, волокнистый углерод) для электроники, медицины, машиностроения и пр. В качестве адсорбентов широко используются углеграфитные материалы, однако направленное модифицирование их поверхности, для придания ей новых свойств, достаточно затруднено, вследствие невысокой концентрации функциональных групп в них. В случае нанотрубок и структурно подобных материалов модифицирование, как правило, идет по местам заранее созданных дефектов, что приводит к структурным изменениям в материале. По этой причине наиболее перспективно исследовать как химическое модифицирование, так и простое допирование углеродных материалов, тем более, что именно они обладают комплексом уникальных физико-химических свойств, так необходимых для промышленно важных материалов. В этом плане особый интерес представляют углеродсодержащие нанокомпозитные материалы на основе распространённых и широко используемых полимеров, таких как полиметилметакрилат (ПММА), полистирол (ПС) и полиэтилен низкой плотности (ПЭНП). Если принят во внимание широкую область применения

указанных полимеров в различных областях промышленности и техники, то исследуемая тема представляет важное народно-хозяйственное значение.

Актуальность выбранной темы. Исследованию морфологической структуры поверхности и физических свойств полимерных композитов при внешних воздействиях посвящено большое количество работ. Однако технологии получения композитных систем, исследованию влияния нанокремниевых частиц (НУЧ) (фуллерены C_{60} и C_{70} , многослойные углеродные нанотрубки - МУНТ) на структуру, механические (упругие) и теплофизические свойства полимеров уделено недостаточно внимания. Поэтому выбранная тема исследования бесспорно актуальна, она представляет большой интерес как с научной, так и с практической точек зрения.

Представленная на отзыв диссертационная работа Авази Мирзо состоит из введения, трёх глав, общего заключения, списка цитированной литературы. Она изложена в 110 страницах, включая 49 рисунков, 9 таблиц и библиографических ссылок из 121 наименований.

Во **введении** обоснованы актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, охарактеризованы научная новизна, научно-практическая ценность, основные положения, выносимые на защиту и другие.

Первая глава представляет собой краткий аналитический литературный обзор, где приведены сведения по созданию полимерных композиционных материалов с нанокремниевыми наполнителями и методам их исследования, особенностям применения нанокремниевых частиц (НУЧ) в качестве модифицирующих добавок и их влияние на физические свойства полимерных материалов. В конце главы на основе анализа литературных данных сформулирована постановка задачи работы.

Вторая глава является экспериментально-методической в ней приведены сведения об объектах исследования, где в качестве матрицы использовали полиэтилен низкой плотности (ПЭНП), полиметилметакрилат (ПММА) и полистирол (ПС), а наполнителями служили фуллерены C_{60} , C_{70} и многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ); рассмотрена технология приготовления композитов из общих растворов. Приведены сведения об использованной аппаратуре и кратко охарактеризованы основные методы исследования полимеров и их композитов.

В **третьей главе** изложены результаты исследований по изучению влияния малых добавок (0,1 - 10 масс.%) НУЧ на структуру поверхности, упругие (C_{60} и C_{70} и МУНТ), теплофизические и спектрофотометрические свойства образцов композитов на основе ПЭНП, ПММА и ПС. Диссертант на примере наполненных НУЧ ПММА (МУНТ, C_{60}) и ПЭНП (C_{60}) проследил за поведением структуры, теплофизических и дилатометрических свойств

полимеров и их композитов. Рассмотрены вопросы температуропроводности указанных композитных образцов методом лазерной вспышки и фотоакустики.

Наиболее важными и ценными с научной и прикладной точек зрения результатами работы являются:

1. Методом электронной микроскопии показано, что внедрение малых добавок НУЧ ($C < 1-3\%$) сопровождается образованием морфологических структур поверхности композитов на основе ПММА и ПЭНП, которые в сильной степени зависят от типа допируемых углеродных наночастиц и их концентрации.

2. В кристаллических и аморфных полимерах как с ростом температуры, так и концентрации фуллерена C_{60} наблюдается уменьшение коэффициента температуропроводности композитных образцов. Предложен механизм уменьшения температуропроводности, связанный с рассеянием фононов на кристаллах, наночастицах, микропорах и пустотах.

3. Выявлено влияние МУНТ на свойства аморфных и кристаллических полимеров. Показано, что внедрённые частицы МУНТ в полимерах представляют собой жёсткую дисперсную фазу в матрице полимера. Они, в основном, располагаются в межструктурных аморфных областях, усиливая структурную неоднородность материала.

4. Определена концентрационная зависимость энергии ширины запрещённой зоны (E_g) композитов на основе ПММА и ПС. Выявлена общая тенденция уменьшения E_g с ростом концентрации частиц в композите.

5. Разработана компьютерная моделирующая программа для проведения численных фотоакустических (ФА) экспериментов, позволяющая провести анализ зависимости параметров ФА сигнала от теплофизических и оптических характеристик углеродсодержащих композиционных материалов.

Результаты научных исследований Авази Мирзо являются обоснованными и имеют ясную структурную и физическую интерпретацию. Диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на высоком уровне.

В заключении перечислены основные выводы по результатам выполненного исследования.

Заслугой автора и практическим результатом диссертационной работы можно считать возможность использования результатов работы для прогнозирования свойств и повышения работоспособности полимерных нанокомпозитов при воздействии внешних факторов.

Следует отметить, что Авази Мирзо выполнил большой объем работы, им накоплен богатый и новый экспериментальный материал о структуре,

упругих, теплофизических и оптических свойствах нанокремнеземсодержащих полимеров с привлечением самых современных методов исследования (атомно-силовой микроскопии, лазерной вспышки, лазерной фотоакустики, дилатометрии, бриллюэновского рассеяния, оптической и люминесцентной спектроскопии), они могут найти применение в индустрии производства нанокремнеземных материалов.

Вместе с тем работа не лишена недостатков:

1. Отсутствие аргументированного объяснения изменения морфологической структуры поверхности композитных образцов на основе нанокремнеземных частиц.

2. Отсутствие более точной оценки пиков бриллюэновского рассеяния для каждого из типов нанокремнеземных образцов.

3. При исследовании спектров поглощения нанокремнеземных образцов на основе ПММА, ПС и ПЭНП приведены общие оценки влияния НУЧ на изменения характера появления новых пиков поглощения и чем они обусловлены.

4. В диссертации встречаются грамматические и стилистические ошибки.

Научная новизна полученных результатов заключается в том, что (Аваз аз автореферат саҳифаи 5 панҷ пунктро ба инҷо парто)

– морфологические структуры поверхности композитов на основе ПММА и ПЭНП сложным образом зависят от типа допируемых углеродных наночастиц и их концентрации;

– температуропроводность нанокремнеземных полимеров на основе ПЭНП и ПММА линейно уменьшается как с ростом температуры, так и с ростом концентрации;

– определена концентрационная зависимость энергии ширины запрещенной зоны (E_g) композитов на основе ПММА и ПС. Выявлена общая тенденция уменьшения E_g с ростом концентрации нанокремнеземных частиц в композите;

– методом лазерной фотоакустики (ФА) с микрофонной схемой регистрации сигнала определены ряд оптических, теплофизических и акустических характеристик образцов УНКПМ. Получены соотношения между основными ФА параметрами для каждого композита; выявлено, что соотношения между ФА параметрами переходят от случая «оптически прозрачных» (исходные полимеры) к «оптически непрозрачным» (УНКПМ);

– разработана компьютерная моделирующая программа для проведения численных ФА экспериментов, позволяющая провести анализ зависимости

параметров ФА сигнала от теплофизических и оптических характеристик УНКПМ.

Личный вклад соискателя заключается в выборе и теоретическом обосновании направления, постановке задач исследования, непосредственном участии в проведении экспериментов, обсуждении и обобщении результатов и подготовке публикаций в печати.

Достоверность полученных результатов обеспечивалась применением современных и надёжных методов исследования структуры (атомно-силовая микроскопия, оптическая спектроскопия (спектрофотометрическая и фотолюминесцентная), бриллюэновское рассеяние, сканирующая калориметрия, дилатометрия) и упругих свойств исследованных систем.

Изложенные в диссертационной работе результаты апробированы на многочисленных международных и республиканских конференциях.

Научная и практическая значимость результатов.

Практическим результатом работы можно считать возможность использования результатов диссертационной работы для прогнозирования свойств и работоспособности полимерных наноконструкций при воздействии внешних факторов. Практическую значимость имеют результаты работы по изучению влияния концентрации НУЧ на структуру и свойства композитных систем при сложных условиях испытаний. Важным является разработка компьютерной моделирующей программы для проведения численных ФА экспериментов, позволяющая провести анализ зависимости параметров ФА сигнала от теплофизических и оптических характеристик углеродонаполненных композиционных полимерных материалов.

Результаты работы могут быть использованы при чтении специальных курсов «Физика полимеров», «Наноматериалы и нанотехнологии» и «Композиционные материалы».

Общая характеристика диссертации.

Оценивая работу в целом, необходимо отметить, что диссертационная работа Авази Мирзо содержит научно обоснованные разработки в области физико-химии крупнотоннажных полимерных композитных материалов широкого применения. Основные выводы диссертации базируются на большом экспериментальном материале, их достоверность подтверждается согласованностью результатов, полученных с использованием различных методов исследования. Диссертация и автореферат написаны грамотно и хорошо оформлены. Отмеченные выше недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертации и не являются существенными. Автореферат и публикации достаточно полно и объективно отражают содержание диссертации.

Диссертация соответствует требованиям пунктов 67 и 69 Порядка присуждения ученых степеней и ученых званий (доцента, профессора), утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Авази Мирзо представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая как по объему, так и по содержанию, а также по значимости полученных результатов для теории и практики полностью отвечает требованиям пунктов 31 и 33-35 Порядка присуждения ученых степеней и ученых званий (доцента, профессора), утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267 (в редакции пост. Правительства РТ от 26.06.2023 №295), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07-физика конденсированных сред.

Отзыв рассмотрен на расширенном коллоквиуме лаборатории химии высокомолекулярных соединений Института химии им В.И. Никитина НАНТ от 24 июля 2024 г., протокол № 9

Отзыв подписали:

и.о. заведующей лаборатории химии ВМС
д.х.н., профессор
секретарь коллоквиума, к.х.н.

 З.К. Мухидинов
 С.Р. Усманова

Института химии им В.И. Никитина НАНТ,
г. Душанбе, Ул. Айни 299/2
тел: 992 934884843
e-mail: zainu@mail.ru

Подписи З.К. Мухидинова и С.Р. Усмановой заверяю:
Начальника отдела кадров





Ф.А. Рахимова