

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Авази Мирзо на тему: «Исследование влияния фуллеренов и углеродных нанотрубок на структуру и физические свойства некоторых аморфных и кристаллических полимеров», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности: 01.04.07 – физика конденсированного состояния в Диссертационном Совете 6D.KOA-056 при Таджикском Национальном университете.

*Актуальность темы.* Диссертационная работа соискателя Авази Мирзо на тему: «Исследование влияния фуллеренов и углеродных нанотрубок на структуру и физические свойства некоторых аморфных и кристаллических полимеров» посвящена исследованием, одной из динамично развивающегося направления в материаловедении – нанокомпозитным материалам на полимерной основе, где в качестве модифицирующих добавок, рассматриваются наночастицы на углеродной основе: фуллеренов  $C_{60}$ ,  $C_{70}$  и углеродные нанотрубки (МУНТ). Безусловно, многочисленными научными работами, доказано, что допирование малой массовой концентрации наночастиц на углеродной основе, в пределах (0,1÷10% масс.) приводит к существенным изменениям ряда физико-механических свойств и эксплуатационно-технологических характеристик исходных полимеров. Комбинируя между матрицами исходных полимеров и различными типами допируемых углеродных наночастиц и их концентрацией, можно таким образом, получать новые нанокомпозитные полимеры с желаемыми характеристиками и свойствами. Автором во введении и в первом разделе диссертационной работы, подчёркиваются, актуальность, а степени изученности темы исследования, теоретические и методологические аспекты исследования. Обосновываются выбор объектов исследования – углеродсодержащие нанокомпозитные полимерные материалы (плёнки), полученные на основе трёх наиболее распространённых полимерных материалов: кристаллического полимера – полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) и аморфных полимеров – полиметилметакрилат (ПММА) и полистирола (ПС), допируемые наночастицами фуллеренов  $C_{60}$ ,  $C_{70}$  и МУНТ с концентрацией от 0,1 до 10 масс %, в качестве модифицирующих добавок.

При анализе актуальности темы исследования автором использованы достоверные литературные источники последних лет. Таким образом, исходя из анализа актуальности темы исследования (выбором объектов и методами исследования) можно заключить, что тема настоящей диссертационной

работы, безусловно, современна, востребована и её актуальность, не вызывает сомнения.

*Научная новизна.* Диссертационная работа носит в основном, экспериментальный характер, соответственно, и основные полученные автором научные достижения, связаны именно с экспериментально полученными результатами, для конкретных, выше упомянутых объектов углеродсодержащих нанокompозитных образцов на полимерной основе. К научной новизне полученных результатов диссертационной работы можно отнести:

– результаты исследования морфологических структур (топология) поверхности исследуемых нанокompозитных полимерных образцов на основе аморфных и кристаллических полимеров ПММА и ПЭНП допируемых наночастицами фуллерена  $C_{60}$  и МУНТ. Показано, что морфологические структуры поверхности образцов сложным образом меняются в зависимости, как от типа допируемых углеродных наночастиц, так и от их концентрации. Выявлены, что топология поверхности образцов нанокompозитов ПММА+МУНТ более неравномерны, чем нанокompозиты на основе ПММА+ $C_{60}$  и это характеризуется геометрическими размерами допируемых наночастиц МУНТ и фуллерена  $C_{60}$  ( $d_{\text{МУНТ}} > d_{C_{60}}$ ). Также показано, что наночастицы фуллерена  $C_{60}$  оказывают существенное влияние на морфологию поверхности ПММА по сравнению с ПЭНП, выражающихся в увеличении шероховатости последнего;

– в диапазоне длиной волны  $200 \div 800$  нм автором, экспериментально получены оптические спектры поглощения, фотолюминесценция исследуемых образцов. Выявлено, что оптические спектры поглощения и фотолюминесценция вышеупомянутых композитов меняются в зависимости от вида допируемых наночастиц и их концентрации, проявляющиеся в изменении интенсивности, появлении новых полос и сдвига края полосы;

– для полимерных нанокompозитных образцов группы ПММА и ПС допируемые фуллереном  $C_{60}$  методом Тауса, определены концентрационные зависимости энергии ширины запрещённой зоны  $E_g$ , где показано, что это энергия для образцов группы ПС+ $C_{60}$ , уменьшается в пределах от 4,2 эВ (для чистого ПС) до 2,5 эВ (для нанокompозитного образца ПС+ $C_{60}$  10% масс.).

К научным достижениям диссертационной работы, также можно отнести результаты исследования теплофизических свойств, а именно коэффициента температуропроводности, теплового расширения образцов (полученные методов лазерная вспышки, фотоакустической спектроскопии и дилатометрии), а также результаты исследования упругих свойств полученные

методом бриллюэновской спектроскопии. Безусловно, также следует отметить, к научным показателям диссертационной работы, разработанную компьютерную моделирующую программу «Фотоакустика» для проведения численных ФА экспериментов, позволяющая провести анализ зависимости параметров (амплитуды, частоты и фазы) ФА сигнала от ряда теплофизических и оптических свойств исследуемых образцов УНКПМ. Показано, что разработанная программа, позволяет оперативно выбирать соответствующие параметры и произвести необходимые ФА расчёты.

*Обоснованность и достоверность научных положений и выводов.*

Полученные результаты в рамках темы диссертационной работы, автором логично, обоснованы применением современной экспериментальной техники и различными методами исследования. Достоверность полученных результатов, подтверждаются в опубликованных работах автора в 8 - научных журналах, рекомендованных, соответствующим ВАК-ом Республики Таджикистан (два из которых имеют высокие наукометрические показатели, входящие в база данных Scopus и Web of Sciences), а также апробируемые на 18 Международных научных конференциях и симпозиумах. Поэтому, исходя из этого можно заключить, что обоснованность и достоверность научных результатов диссертационной работы, безусловна и не вызывает сомнения.

*Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы.*

Результаты, полученные в рамках настоящей диссертационной работы могут быть полезными, прежде всего, для более глубокого и систематичного научного анализа и выводов углеродсодержащих нанокompозитных образцов на полимерной основе, с целью их дальнейшего определения эксплуатационно-технологических свойств и разумеется, реального прикладного применения.

В силу того, что основные полученные результаты автором носят экспериментальный характер, то безусловно, они могут послужить, источником для создания новых, подобных полимерных нанокompозитов допируемые другими типами модифицирующих углеродных наночастиц (наноалмазы, нановолокны и других).

*Краткие описания.* Первый раздел диссертация, носит обзорный характер. Автором более подробно раскрываются актуальность и современность темы исследования. Здесь же автором приводятся информация об объектах исследования, методологических основах и экспериментальной техники и оборудования. Обосновываются выбор каждого метода и соответствующих оборудования, характерных для исследования выбранных объектов – нанокompозитных полимерных тонких плёнок с углеродными нанодобавками.

Во втором разделе, диссертационной работы, приводятся результаты исследования методом бриллюэновской спектроскопии и другими теплофизическими методами (дилатометрия, ДСК, лазерная вспышка). Приведены основные результаты, полученные соответствующими методами.

Третий раздел диссертационной работы, посвящен исследованиям оптических (спектрофотометрических и фотолюминесцентных) свойств образцов, также здесь же приводятся результаты фотоакустического (ФА) метода анализа. В заключение показаны основные полученные выводы диссертационной работы.

*Положительные и отрицательные стороны диссертационной работы.*

Положительные стороны диссертационной работы, можно обозначить прежде всего, в правильном выборе объектов исследования (т.е. по его актуальности, современности и востребованности), цели и постановке задачи исследования. Чётко отражены, также степени новизны полученных результатов, основные защищаемые положения, выводы и заключения. Список анализируемых литературных источников включают, в основном работы выполненные за последние 3-5 годы и полностью соответствуют, порядку их указания в тексте диссертации. Особый интерес представляют, также и выбор методов исследования, где автором характерно для исследуемых образцов (в виде тонких нанокompозитных полимерных плёнок) были выбраны соответствующие более чувствительные и прецизионные методы, предназначенные для изучения тонкоплёночных образцов, таких как: метод лазерной вспышки, бриллюэновской спектроскопии, лазерной фотоакустической спектроскопии, дилатометрии и других современных традиционных оптических методов. Все полученные автором экспериментальные результаты являются новыми для данных исследуемых образцов и представляют большой научно-практический интерес и безусловно, можно отнести их положительной стороне диссертационной работы.

В качестве отрицательные стороны диссертационной работы, можно отметить следующие основные замечания:

- 1) Было бы уместно, если в название диссертации вместе слово «некоторых», отразились бы более конкретные объекты исследования, так как они уже автором известны.
- 2) На рисунках АСМ сканирование поверхности образцов, очень плохо видны многие характерные «детали», которые позволяли бы оценить, например, размеры и распределения (расположение) углеродных наночастиц (зёрен, кластеров). Не указаны площадь поверхности сканирования (размерность). Также отсутствуют, более чёткая систематизация объектов исследования по

типам наночастиц и более подробные и научно-обоснованные комментарии к полученным рисункам;

3) Методом бриллюэновской спектроскопии, автором приведена теоретическая зависимость (формула), связывающая упругие параметры объекты исследования с частотой бриллюэновского спектра (смещения пиков бриллюэновского рассеяния) и экспериментальные результаты. Однако не приведены, расчётные данные и сравнительные оценки упругих характеристик конкретных образцов;

4) На рисунках, а также и в таблицах, представляющие результаты экспериментальных работ по определению теплофизических параметров образцов (методами дилатометрия, ДСК и лазерная вспышка), отсутствует оценка погрешности измерения и сравнительного анализа;

5) В третьем разделе, методом Тауца, автором определена энергия ширины запрещённой зоны  $E_g$  в зависимости от концентрации наночастиц, только для одной группы образцов ПС+Фуллерен  $C_{60}$ , интересно было бы, определить эту зависимость  $E_g$  и для других групп: ПС+ $C_{70}$ , ПС+МУНТ. А лучше было бы ещё и для другие комбинации образцов, т.е. полученные на матрицах полимеров ПММА и ПЭНП. Однако, автором не проведены до конца такие виды расчётов.

6) Недостаточно приведены научно-обоснованные интерпретация полученных спектров поглощения и фотолюминесценция образцов (причины смещения пиков в спектрах поглощения и люминесценция и т.п.). В спектрах люминесценции, отсутствуют спектры возбуждения люминесценции.

7) Отсутствуют характерные расчёты для исследуемых образцов на базе разработанной программы «Фотоакустика» для моделирования ФА процессов.

Однако, указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

Основные результаты диссертационной работы автора опубликованы в 26 научных работах, в том числе 8 научных статьях в рецензируемых журналах, включённые в перечень предусмотренных ВАК -ом при Президенте РФ, два из которых включены в перечень базы данных Web of Sciences и Scopus.

Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на многочисленных международных и отечественных научных конференциях и научных семинарах.

Автореферат диссертации и опубликованные работы автора полностью и объективно отражают основное содержание диссертации, подтверждают и подчёркивают результаты проведённых исследований.

Уровень решаемых задач полностью удовлетворяют соответствующим требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности: 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа соискателя Авази Мирзо «Исследование влияния фуллеренов и углеродных нанотрубок на структуру и физические свойства некоторых аморфных и кристаллических полимеров» является завершённой научно-квалификационной работой, которая по критериям актуальности, научной новизны, обоснованности и достоверности полученных результатов и выводов, соответствует всем предъявляемым требованиям.

Диссертант, Авази Мирзо, заслуживает присуждения ему, учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07- физика конденсированного состояния.

**Официальный оппонент:**

доктор физико-математических наук, профессор,  
кафедры «Электроника, радиотехника и телекоммуникация»  
НАО «Казахский агротехнический исследовательский  
университет имени С. Сейфуллина»

по специальности:

01.04.07 - физика конденсаторного состояния



Ногай А.С.

13.08.2024

Подпись официального оппонента,  
д.ф.-м.н., проф. Ногай А.С. удостоверяю:  
Учёный секретарь  
НАО «КАТИУ им. С. Сейфуллина»

  


Дерипсадина Г.М.