

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе Чертопалова Сергея Васильевича «**Влияние состава и структуры фуллереносодержащих пленок на их физико-химические свойства**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика твердого тела.

1. Актуальность темы диссертации.

На протяжении последних трех десятилетий в науке сохраняется устойчивый интерес к фуллерену и его производным. С одной стороны это обусловлено особенностями его строения, позволяющими использовать фуллерен в качестве удобного модельного объекта при изучении некоторых процессов и явлений, протекающих в материалах с каркасной структурой. С другой стороны, интерес к фуллеренам поддерживается благодаря заманчивым перспективам создания элементов электронных устройств на базе доступного и широко распространенного в природе углерода. Создание функциональных слоев с заданным набором физико-химических свойств необходимого уровня зачастую требует применения комплекса мер по модификации структуры и свойств материалов, включающих легирование, термообработку, радиационное воздействие и пр. Очевидно, что без определения роли и величины влияния этих факторов на свойства новых материалов, как на стадии их изготовления, так и при последующей обработке, осуществление целенаправленных манипуляций по созданию таких объектов с прогнозируемым результатом невозможно.

Диссертационная работа Чертопалова С. В. посвящена исследованию влияния состава и структуры фуллереновых пленок на их физико-химические свойства. Учитывая тот факт, что фуллерен рассматривается как перспективный материал для создания на его базе транзисторов, фотоэлементов, светодиодов и других элементов оптических приборов, тема данной диссертационной работы, несомненно, является актуальной.

Об актуальности, научной и практической значимости темы диссертации убедительно свидетельствует и то, что основные научные результаты получены соискателем при проведении комплексных экспериментальных исследований, направленных на выполнение в Донецком национальном университете таких госбюджетных НИР: «Физико-химические свойства фуллереновых плёночных покрытий» (номер госрегистрации 0100U005076); «Разработка ионно-лучевой технологии осаждения защитных плёнок и покрытий и исследование их свойств» (номер госрегистрации 0103U003367); «Оптимизация структурообразования и свойств нанокристаллических многокомпонентных плёнок при ионно-плазменном распылении» (номер госрегистрации 0106U001949); «Получение нанокристаллических функциональных плёнок на основе

фуллеренов, боридов и нитридов переходных металлов ионно-плазменными методами» (номер госрегистрации 0109U001654); проект УНТЦ Uzb136J «Получение и технология защитных плёнок и покрытий, полученных при ионной имплантации, и исследования их свойств»; проект Ф38/5 ГФФИ «Наноструктуры на основе фуллерен-металлофуллереновых гетеропереходов: получение, структурные, транспортные и фотоэлектрические свойства» (номер госрегистрации 0111U005554).

Обоснованность выбора направления исследований.

Проанализировав опубликованные данные в литературном обзоре по теме диссертации, диссертант пришел к выводу о том, что в научной литературе редко встречается описание комплексных исследований структуры и оптических свойств фуллеритовых покрытий, и обратил внимание на наличие сильной корреляции оптических свойств фуллерита с его структурой, строгого объяснения которой на данный момент нет. Чертопалов С. В. отметил практическое отсутствие сведений о влиянии ионного облучения на тонкую структуру фуллерита и высказал предположение о возможной генерации радиационных дефектов в фуллерите при его взаимодействии с атомами активных газов. Автор также указал на недостаточную изученность вопроса легирования фуллерита атомами металла, в частности, возможности диспергирования допанта в виде наночастиц в фуллеритовой матрице и создания таким образом гетеропереходов. На основании вышеуказанного диссертант обосновано и четко сформулировал цели и задачи исследования, в основе которых лежит предположение о возможности задавать уровень оптических и электрических свойств фуллерита, управляя его дефектной структурой.

Тематика исследований, проведенных в диссертационной работе Чертопалова С.В., соответствует паспорту специальности 01.04.07 – физика твердого тела, физико-математические науки.

2. Наиболее важными научными результатами диссертационной работы представляются следующие:

- выявлено влияние типа подложки на такие структурные характеристики выращенных на них пленок фуллерита, как концентрация дефектов упаковки и двойников роста;
- установлено влияние ионного облучения на тонкую структуру фуллерита C_{60} , проявляющееся в увеличении количества двойников в ходе ионно-стимулированной пластической деформации кристаллов фуллерита;
- получены данные об особенностях поглощении света фуллеритовыми пленками различной степени дефектности, позволяющие установить корреляцию между структурой фуллерита и его оптическими свойствами. В частности, определены энергии электронных

переходов в длинноволновой части спектра поглощения и установлен линейный характер зависимостей коэффициента поглощения от доли аморфной фазы и концентрации дислокаций в кристаллах фуллерита;

– впервые установлен радикало-рекомбинационный механизм хемилюминесценции фуллерита при возбуждении атомарным водородом;

– показана возможность создания фотопреобразователей на основе переходов фуллерит-металлофуллерит и фуллерит-полимер.

Перечисленные выше научные и практические результаты, которые приведены в диссертации Чертопалова С. В. являются новыми.

3. Достоверность полученных результатов.

Для решения поставленной научной проблемы автором задействован комплекс современных взаимодополняющих методов исследований. Для анализа структуры и морфологии тонких пленок использовались такие методы как рентгеновская дифрактометрия, электронография и электронная микроскопия. Оптические свойства исследовались методом ионолюминесценции, ионно-фотонной спектрометрии и радикало-рекомбинационной люминесценции в вакууме. Имеющаяся экспериментальная база позволила диссертанту получить фуллереносодержащие пленки различного состава и структурного совершенства, провести аттестацию их структуры и связать ее с данными по оптическим свойствам. Комплексное применение перечисленных методов определяет достоверность полученных результатов.

4. Полнота изложения результатов исследований в опубликованных работах.

Основные результаты диссертационной работы достаточно полно изложены в девяти статьях и двадцати двух тезисах в материалах конференций. Они опубликованы в престижных специализированных научных журналах и доложены на многих международных конференциях. Диссертация состоит из введения, шести разделов, выводов и списка цитируемой литературы из 174 источников. Работа написана ясно, выводы сформулированы четко. Автореферат правильно и полно отражает основное содержание и структуру диссертационной работы.

5. Значимость полученных результатов для науки и практического применения.

В работе решена актуальная задача по выявлению взаимосвязи тонкой структуры фуллерита с его оптическими свойствами и по установлению закономерностей формирования дефектной структуры пленок фуллерита как в процессе их роста, так и в результате ионного облучения. Представленные результаты, многие из которых получены впервые, существенно дополняют накопленные экспериментальные данные о

структурном состоянии и физических свойствах фуллереносодержащих пленок различного состава физических свойствах и способствуют построению адекватных моделей дефектообразования в фуллерите, что свидетельствует о новизне и научной значимости работы.

Практическая ценность результатов диссертации Чертопалова С.В. состоит в том, что в ней показана возможность создания активных поглощающих слоев в солнечных элементах за счет формирования наночастиц металла в фуллеритовой матрице, способствующих возникновению поверхностного плазмонного резонансного поглощения. Также важным с практической точки зрения являются установленные в работе физические закономерности изменения поглощающих свойств фуллеритовых пленок при контролируемом модифицировании их дефектной структуры. Особо стоит отметить результаты, полученные при исследовании гетероструктур на основе фуллеренов и полимеров, показывающие возможность создания фотоприемников и фотопреобразователей на основе фуллерита.

6. При общей положительной оценке диссертации к ее тексту следует высказать такие замечания:

1. В качестве общего замечания к оформлению работы следует сказать, что практически все приведенные в ней электронограммы и дифрактограммы не проиндцированы.

2. В подразделе 1.10 Постановка задачи в пункте 3 допущена некорректная формулировка, а именно: «Исследовать структуру и оптические свойства..... металл-фуллеритовых пленок..... с целью получения наночастиц металла в фуллеритовой матрице». Очевидно, что в результате одного только изучения структуры и свойств материальный объект получен быть не может.

3. На рисунке 3.20, на котором представлена зависимость спектров поглощения от толщины фуллеритовых пленок, собственно значения толщины пленок не указаны. Таким образом, данный результат является чисто качественным и не дает представления о степени влияния толщины пленок на их оптические свойства.

4. В разделе 4 «Легирование фуллеритов металлами» автор часто не в соответствии со значением использует термин «композит», применяя его и по отношению к двухфазным металл-фуллеритовым смесям и к растворам металлов в фуллерите, а также к многослойным системам.

5. Описание методики формирования металло-фуллеритовых пленок и аттестации их состава и структуры не дает четкого представления об объекте исследования и зачастую не содержит никаких количественных данных.

Так, например, в подразделе 4.1, посвященном легированию фуллерита медью, указывается время испарения меди – 6 секунд и время испарения фуллерена – 1 час, хотя говорится об одновременном осаждении компонентов. При этом ничего не сказано о таких более важных и информативных параметрах, как, например, величины потоков компонентов. В описании результатов исследования структуры полученных пленок также отсутствует информация о соотношении компонентов в пленках и о структуре фуллеритовой фазы, находящейся в межзёренном пространстве кристаллитов меди (является ли она кристаллической или аморфной). В описании многослойной системы медь-фуллерит не указаны толщины слоев. Собственно мотивация формирования такой структуры осталась не ясной. В подразделе 4.2 также отсутствуют данные о соотношении компонентов в пленке системы медь-фуллерит.

В подразделе 4.3 «Структура и оптические свойства композитных пленок Al-C₆₀» при описании методики формирования пленок путем одновременного осаждения компонентов указывается соотношение алюминия и фуллерена 1:3. При этом из текста не ясно, какие величины соотносятся (плотности осаждаемых потоков, атомномолекулярные концентрации компонентов в пленке, массовые доли, толщины... и т.д.).

6. Предположение о формировании раствора замещения меди в фуллерите на основании наблюдаемого уменьшения параметра решетки фуллерита возможно и имеет право на существование, но автору следовало бы рассмотреть и другие причины, приводящие к изменению параметра решетки, например, полимеризация фуллерита под воздействием ультрафиолетового излучения при электроискровой генерации потока меди.

7. В разделе 4.3 сообщается, что сформированные пленки C₆₀ + Al при хранении на воздухе корродируют, но в чем это выражается и каким образом было зафиксировано не сказано.

8. В разделе 4.5 при описании результатов дифракционных исследований, приведенных на рисунке 4.13, автором утверждается, что на дифрактограмме от металло-фуллерита Ag:C₆₀ наблюдается слабый максимум в области углов $2\theta \approx 10^\circ$, характерный для фуллерита с ГЦК решеткой. В действительности же на приведенном рисунке такого максимума нет. При этом данный факт используется автором как свидетельство формирования твердого раствора серебра в фуллерите.

9. В пятом разделе автор делает важный вывод о протекании процессов двойникования в фуллерите под действием возникающих в условиях ионного облучения напряжений. При этом автор никак не обсуждает вопрос о механизме возникновения самих напряжений.

Замечания, приведенные выше, не касаются существования основных научных результатов диссертационной работы Чертопалова С. В. и её выводов, выносимых на защиту. Поставленные в работе задания по установлению влияния структуры фуллеритовых пленок на их оптические свойства решены, а высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Считаю, что по актуальности темы проведенных исследований, новизне, уровню, объему, научной и прикладной значимости полученных результатов диссертационная работа «Влияние состава и структуры фуллереносодержащих пленок на их физико-химические свойства» удовлетворяет требованиям п.п. 9, 11, 12 “Порядку присуждения наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника”, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Чертопалов Сергей Васильевич заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика твердого тела.

Официальный оппонент:

старший научный сотрудник кафедры
физики металлов и полупроводников
Национального технического университета
«Харьковский политехнический институт»,
кандидат физико-математических наук

Дроздов А. Н.

Подпись ст.н.с. Дроздова А.Н. удостоверяю
Учёный секретарь НТУ «ХПИ»



Зайцев Ю. И.