

ОТЗЫВ

официального оппонента Вайнштейна Ильи Александровича на диссертацию КОВАЛЕЦ Натальи Павловны «Механические и электрофизические свойства композитов и нанокompозитов полимер/металл, полученных матричным синтезом на трековых мембранах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Представленная диссертационная работа посвящена исследованию перспективных композитных структур, сочетающих в себе уникальные характеристики полимерных и металлических материалов. При этом для контролируемого создания исследуемых нанокompозитов используется матричный синтез на базе трековых мембран с варьируемым пространственным расположением пор и их последующим электрохимическим заполнением различными металлами. В диссертации проанализированы закономерности деформации и разрушения полученных структур в зависимости от режима их получения, включая тип и состояние металлических покрытий, изучены особенности гигантского комбинационного рассеяния света на системе микротрещин металлизированной поверхности композитов трековая мембрана/металл. Выполненные исследования являются актуальными с точки зрения фундаментальных задач физики конденсированного состояния в области описания свойств низкоразмерных сред, а также представляют практический интерес в рамках развития технологий получения новых функциональных наноструктур многоцелевого назначения.

Диссертация состоит из Введения, пяти глав, Заключения, списка публикаций автора и списка литературы. Полный объем диссертации составляет 120 страниц, включая 48 рисунков. Список литературы содержит 105 источников.

Во Введении обоснована актуальность темы диссертации, описана степень ее проработанности, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, а также изложены научная новизна и практическая значимость исследований, сформулированы выносимые на защиту положения, приведена информация об апробации работы и личном вкладе автора.

В Главе 1 представлен обзор известных литературных данных о достижениях в области использования трековых мембран для шаблонного синтеза низкоразмерных металлических структур и композитов полимер/металл.

Кратко рассмотрены теория прочности нанокompозитов и механизмы их разрушения.

Глава 2 является методической и посвящена описанию объектов исследования, включая используемые способы получения композитных структур на основе исходных и металлизированных трековых мембран. Описаны экспериментальные методики нанесения металлических покрытий методами ионного распыления и резистивного напыления, представлено экспериментальное оборудование для проведения механических испытаний на растяжение, исследование параметров удельной проводимости полученных образцов, изучения их морфологии, а также эффектов гигантского комбинационного рассеяния света.

В Главе 3 приведены и проанализированы основные результаты по механическим свойствам композитов трековая мембрана/металл с варьирование типов металла, поверхностной плотности пор, их размера и относительной ориентации по отношению к поверхности. Показано, что прочность композитов ТМ/металл зависит от ориентации системы пор и в общем случае ниже, чем у исходных трековых мембран. Проведена серия механических испытаний сформированных металлических покрытий, для которых проанализированы процессы разрушения и контролируемого растрескивания. Сделан вывод о перспективах металлизированных гибких полимерных пленок на основе ТМ с частично заполненными порами.

В Главе 4 приведены данные о термическом напылении серебра и золота на коммерческие ТМ для формирования ГКР-активных металлических покрытий, которые в последующем подвергаются растяжению и характеризуются в результате системой образующихся микротрещин. Для образцов с разным уровнем деформации получены спектры гигантского комбинационного рассеяния для молекул красителя малахитовый зеленый. Предложены возможные механизмы релаксации деформированной полимерной трековой мембраны для объяснения наблюдаемого роста интенсивности ГКР-сигнала после снятия нагрузки. Показано, что изменение характеристик (электропроводность, прочность и др.) металлического покрытия в процессе эксплуатации зависит и от поверхностной плотности микротрещин, и от их суммарной протяженности.

Глава 5 диссертации посвящена характеристике и описанию полученных ГКР-активных структур, эффективность которой обусловлена определенным сочетанием размера пор в исходной ТМ и их поверхностной плотности, а также

от длины сформированных нанопроволок серебра. Рассмотрены случаи симметричного и асимметричного слипания, с использованием развитого энергетического подхода получено выражение для равновесного радиуса изгиба нанопроволок.

В Заключение сформулированы основные выводы и итоги диссертационной работы.

В работе получен ряд новых научных результатов, касающихся, в частности, развития способов металлизации трековых мембран с частичным заполнением пор, которые выступают одновременно в роли начальных дефектов металлической поверхности. Обнаружен и проанализирован эффект гигантского комбинационного рассеяния света на случайной системе микротрещин металлических покрытий (серебро и золото), полученных в результате растяжений и последующих релаксационных механизмов. Предложены модель и энергетические критерии слипания металлических нанопроволок на жесткой подложке, полученных при контролируемом заполнении пор трековых мембран.

Степень обоснованности и достоверности положений и выводов, сформулированных в диссертации, обеспечивается высокой точностью и воспроизводимостью полученных результатов за счет применения апробированных экспериментальных методик и современного научного оборудования, а также проведением сравнительного анализа с независимыми теоретическими и экспериментальными данными других исследовательских групп.

Вопросы и замечания по диссертационной работе:

1. В диссертации используется понятие «ГКР- или ГКРС метаповерхность» по отношению к системе случайно возникших микротрещин на металлическом покрытии, которое было нанесено на трековые мембраны и подвергнуто процессам растяжения. При этом никакого определения для используемого понятия метаповерхности в работе не дано. Означает ли вышесказанное, что в принципе любое металлическое покрытие (например, упрочняющее и со временем деградирующее после растрескивания) можно считать метаповерхностью?
2. В работе используются термины электропроводность и проводимость и в качестве синонимов – см., например, на стр.72, рис. 4.8б «Электропроводность ($\times 10^7 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$)» и на стр. 73, рис. 4.9 проводимость « $\sigma_{\text{real}} (\cdot 10^7 \text{ См/м})$ », и как независимые характеристики, см., например, на стр. 71 «Электропроводность фактически обеспечивается только проводимостью

металлического слоя». При этом в подавляющем большинстве случаев имеются в виду именно удельная проводимость. Необходимо более строго использовать указанные термины. Кроме того, в диссертации обсуждается поверхностная проводимость. Следовало уточнить, в чем ее особенности и отличия от удельной проводимости.

3. В ряде разделов диссертации используются теоретические подходы с определенным формализмом, см., например, выр. 1 – 11, 19 – 32. При этом не указаны литературные источники, откуда взяты соответствующие формулы, и для большинства используемых величин не приведены единицы измерений. К сожалению, подобная «небрежность» может приводить к ошибочным выводам, какие соотношения уже известны, а какие предложены автором диссертации. Кроме того, отсутствие физических размерностей затрудняет анализ корректности используемых соотношений.
4. В методической главе 2, п. 2.2.6 указано, что для измерений спектров комбинационного рассеяния применялся лазер с рабочей длиной волны 532 нм. При этом в качестве анализируемых веществ использовались растворы малахитового зеленого и родамина R6G. Известно, что R6G имеет интенсивную люминесценцию с максимальной эффективностью возбуждения в области 510–520 нм. Из текста диссертации остается неясным, каким образом удалось исключить люминесцентную помеху и добиться высокого соотношения полезный сигнал/шум при измерении спектров ГКР родамина, см, например, рис. 4.11 и 4.12?
5. В работе присутствует опечатки, орфографические и пунктуационные ошибки, а также погрешности оформления текста и рисунков. Например, «Определяют, с помощью рамановского спектрометра, интенсивность ГКР-сигнала эталонного покрытия» (стр. 74); «Переход от слипшейся части НП к не слипшейся в действительности не должен быть столь резким» (стр. 91); используются единицы измерений cm^{-1} и cm^{-1} , m и м, nm и нм, с и сек; в Главе 5 почему-то принята нумерация рисунков 7.1, 7.2 и т.д.

Указанные замечания и заданные вопросы не уменьшают ценности результатов, полученных в диссертации, и не снижают их высокую оценку.

Результаты диссертационного исследования прошли необходимую апробацию, были представлены на российских и международных научных конференциях, и симпозиумах, опубликованы в 10 статьях в рецензируемых научных изданиях, индексируемых международными базами данных (Web of

Science, Scopus) и рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных работ, зарегистрирован 1 Патент РФ на изобретение. Автореферат соответствует содержанию и структуре диссертации, адекватно отражает полученные в работе результаты.

Диссертация КОВАЛЕЦ Натальи Павловны «Механические и электрофизические свойства композитов и нанокompозитов полимер/металл, полученных матричным синтезом на трековых мембранах» является законченной научно-квалификационной работой и удовлетворяет всем требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор, КОВАЛЕЦ Наталья Павловна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор, профессор РАН Вайнштейн Илья Александрович, главный научный сотрудник Университетского научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии» (НОЦ НАНОТЕХ), Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (УрФУ).

/ Вайнштейн И. А. /

26.04.2024

Тел.: +7 343 375 93 74

e-mail: i.a.weinstein@urfu.ru

Адрес: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

ПОДПИСЬ
ЗАВЕРЯЮ.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ УРФУ
МОРОЗОВА В.А.



Список основных публикаций официального оппонента И.А. Вайнштейна по тематике диссертации Н.П. Ковалец "Механические и электрофизические свойства композитов и нанокompозитов полимер/металл, полученных матричным синтезом на трековых мембранах" в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет

1. A. M. A. Henaish, M. M. Ali, D. E. El. Refaay, I. A. Weinstein, O. M. Hemeda // Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials. - 2020.
2. И. А. Вайнштейн, С. С. Савченко// Известия Академии наук. Серия химическая. - 2023. - Т. 72, № 2. - С. 534-545.
3. S. I. Sadovnikov, A. V. Ishchenko, I. A. Weinstein // Journal of Alloys and Compounds. - 2020. - Vol. 831. -P. 154846.
4. С. И. Садовников, А. В. Ищенко, И. А. Вайнштейн// Журнал неорганической химии. - 2020. -Т. 65, № 9. - С. 1183-1191.
5. A. S. Vokhmintsev, I. A. Weinstein, M. G. Ivlinin, S. A. Shalyakin // Radiation Measurements. -2019. - Vol. 124. -P. 35-39.
6. Д. М. Спиридонов, Д. В. Чайкин, Н. А. Мартемьянов А. С. Вохминцев, И. А. Вайнштейн// Оптика и спектроскопия, 2020. -Т. 128, № 9. -С. 1318-1322.
7. Г. Б. Михалевский, Д. А. Мохов, А. С. Вохминцев, Д. А. Замятин, М. С. Карабаналов, И. А. Вайнштейн// Минералы: строение, свойства, методы исследования. -2021. -№ 12. -С. 105-107.
8. И. А. Петренев, А. С. Вохминцев, С. А. Старовойтова, И. А. Вайнштейн// Физика твердого тела. -2021. -Т. 63, № 11. - С. 1807-1811.