

УТВЕРЖДАЮ



И. о. ректора,
доктор филологических наук,
профессор

Л.Н. Скаковская

23.04.2019

Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу **Нураевой Аллы Сергеевны** «Формирование микрокристаллов производных аминокислот и их локальные пьезоэлектрические свойства», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

В настоящее время большое внимание уделяется поиску новых органических пьезоэлектрических материалов, которые могут быть использованы для создания экологически чистых и биосовместимых микро- и наноустройств. Одними из лучших кандидатов являются производные природных аминокислот благодаря их структурному многообразию и выдающимся физическим свойствам. Исследование физических свойств кристаллов родственных соединений и анализ их связи со структурой кристаллов позволит обнаружить наиболее перспективные материалы. При этом анализ влияния включений может быть направлен на создание материалов с заданными параметрами и свойствами. В связи с этим, исследование кинетики роста микротрубок дифенилаланина энантиомерных конфигураций и их композитных модификаций с наночастицами оксидов, а также измерение локальных пьезоэлектрических свойств микрокристаллов производных аминокислот несомненно является **актуальной задачей** как в научном, так и в практическом плане.

Диссертационная работа Нураевой А.С. посвящена исследованию кинетики роста микротрубок энантиомеров дифенилаланина, в том числе с включениями наночастиц, а также детальному измерению локальных пьезоэлектрических свойств монокристаллов производных аминокислот. В работе подробно исследованы особенности роста микротрубок дифенилаланина двух конфигураций в чистом водном растворе и в присутствии наночастиц и предложены механизмы, объясняющие обнаруженные различия в кинетике роста, определены локальные эффективные пьезоэлектрические коэффициенты

микротрубок. Измерены локальные эффективные пьезоэлектрические коэффициенты монокристаллов дикарборан-содержащих производных аминокислот и проведен анализ связи пьезоэлектрических свойств со структурой и молекулярной упаковкой монокристаллов.

Основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены в 5 научных публикациях в ведущих российских и международных журналах. Результаты прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях.

На основании большого объема проведенных экспериментальных исследований их анализа автором получен ряд новых результатов, среди которых наиболее интересными, на наш взгляд, являются следующие:

1. Рассчитаны энергии взаимодействия колец из шести мономеров для энантиомеров FF, и предложен механизм возникновения различий в кинетике роста микротрубок.
2. Впервые изучена кинетика роста микротрубок FF в присутствии наночастиц оксидов, и предложен механизм формирования полостей в микротрубках за счет взаимодействия растущих нанотрубок с наночастицами.
3. Проведены измерения эффективных локальных пьезоэлектрических коэффициентов монокристаллов ряда дикарборан-содержащих производных аминокислот и анализ связи пьезоэлектрических свойств монокристаллов с их структурой и молекулярной упаковкой.
4. На основе исследования кинетики роста композитных микротрубок FF с наночастицами предложен механизм формирования полостей в микротрубках, вызванных взаимодействием растущих нанотрубок с наночастицами.

Отметим, что полученные в работе результаты представляются **достоверными**, а выводы и основные положения, выносимые на защиту обоснованными. Это обеспечивается применением поверенных и калиброванных средств измерений, надежной статистикой экспериментов, применением современных и независимых методов обработки экспериментальных данных, согласием с результатами других авторов и непротиворечивостью известным физическим моделям. Достоверность расчетов подтверждается обоснованностью допущений, а также согласованностью с экспериментальными результатами.

Диссертационная работа состоит из введения, литературного обора, пяти глав, три из которых содержат оригинальный материал, заключения, списка цитируемой литературы из 200 наименований. Работа изложена на 120 страницах печатного текста, содержит 48 рисунков. В каждой главе

сформулированы выводы. Содержание диссертации изложено ясно, грамотно и последовательно, выводы логичны.

Во введении сформулирована цель и конкретные задачи работы, дана ее краткая характеристика, сформулированы защищаемые положения, проведен анализ научной новизны, практической и теоретической ценности работы, приведена информация по используемым методикам, отражен личный вклад автора, приведен информация об апробации работы и публикациях автора по теме диссертации.

В первой главе, являющейся литературным обзором, представлены основные свойства широко известных неорганических и органических пьезоэлектриков и указаны сферы их применения. Также даны представления о хиральности и особенности физических свойств кристаллов, состоящих из хиральных молекул. Отмечено, что большинство производных природных аминокислот благодаря свойству хиральности образуют кристаллы с нецентросимметричной элементарной ячейкой, которые обладают пьезоэлектрическими свойствами. Показано, что дипептид дифенилаланин (FF) состоит из остатков аминокислот L- или D-конфигурации и формирует нанотрубки с ключевым мотивом построения шести мономеров FF в кольца. Также отмечено, что интерес к производным аминокислот, содержащим остатки орто-дикарборанов обусловлен их повышенной химической, термической и электрохимической стабильностью, и производные дикарборанов находят широкое применение в разработке перспективных материалов.

Вторая глава содержит описание параметров исследуемых образцов, описание экспериментальных установок и методик.

В третьей главе приводятся результаты сравнения морфологии, кинетики роста и пьезоэлектрических свойств нанотрубок энантиомеров FF. Была подробно изучена морфология и кинетика роста нанотрубок FF L- и D-конфигурации. Показано, что при меньшей скорости роста нанотрубки L-FF вырастают в два раза длиннее нанотрубок D-FF. Кроме того, были рассчитаны энергии взаимодействия колец из шести мономеров для L-FF и D-FF, и предложен механизм образования различий в кинетике роста нанотрубок энантиомеров FF. Показано, что, не смотря на различие в морфологии, нанотрубки L-FF и D-FF имеют близкие значения локальных пьезоэлектрических коэффициентов.

В четвертой главе приводятся результаты исследований морфологии и кинетики роста, а также пьезоэлектрических свойств композитных нанотрубок FF с наночастицами оксидов металлов и кремния. Исследована кинетика роста нанотрубок FF в присутствии наночастиц оксидов и предложена модель формирования полостей в композитных нанотрубках. Исследование композитных нанотрубок FF показало возможность модификации их пьезоэлектрических свойств с помощью наночастиц оксидов.

Пятая глава посвящена исследованию морфологии и пьезоэлектрических свойств кристаллов дикарборан-содержащих производных аминокислот, и анализу влияния функциональных групп на пьезоэлектрическую активность кристаллов. Была показана связь пьезоэлектрических свойств монокристаллов родственных соединений с молекулярной упаковкой, ориентацией водородных связей в кристаллической решетке и структурой аминокислотного остатка.

В заключении приводятся выводы по результатам работы.

Работа А.С. Нураевой не свободна от недостатков. Отметим некоторые из них.

1. Достаточно большая часть диссертационной работы посвящена исследованию кристаллической структуры микротрубок энантиомеров дифенилаланина и дикарборан содержащих производных аминокислот, в названии диссертации это отражено, но на защиту эти результаты почему-то не выносятся.
2. Пьезомодуль d в общем случае является тензором третьего ранга или представляется в виде матрицы $3 \times 6!$ При этом направления прикладываемого напряжения E и относительной деформации ε могут не совпадать. О каком «одномерном случае» идет речь в формуле (2.5)?
3. Графики на рисунках 3.9, 3.10, 4.8, 4.10, 4.12, 5.3 и 5.4 содержат зависимости «пьезоотклика», измеряемого в единицах длины. Что под этим подразумевает автор не понятно. Пьезоотклик не есть физическая величина, это реакция образца на некоторое внешнее воздействие. В связи с этим 3 вывод диссертации о «близких значениях пьезоотклика» выглядит неинформативным.
4. В выводах по главе 5 утверждается, что монокристаллы дикарборат-содержащих производных аминокислот имеют пьезоэлектрический коэффициент больший, чем у «классических» пьезоэлектриков (ниобат и танталат лития). В тоже время существуют сегнетоэлектрические кристаллы, обладающие большим пьезоэлектрическим коэффициентом, чем ниобат и танталат лития. Тогда о какой «рекордной пьезоэлектрической активности» идет речь в 6 выводе диссертации?

Отмеченные выше недостатки не меняют общую положительную оценку работы. Выводы диссертации достаточно обоснованы. Достоверность результатов и обоснованность выводов не вызывают сомнений.

Диссертация Нураевой А.С. «Формирование микрокристаллов производных аминокислот и их локальные пьезоэлектрические свойства» является законченной научно-квалификационной работой. Содержание диссертации соответствует специальности 01.04.07 – Физика

конденсированного состояния. Автореферат диссертации адекватно отражает содержание диссертации. Полученные результаты исследований могут быть использованы при создании биосовместимых функциональных устройств и экологически чистых элементов микроэлектроники.

Диссертация по актуальности избранной темы, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе, их достоверности и новизне соответствует критериям Положения о присуждении учёных степеней (п.9 – п.14), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а её автор, Нураева А.С., заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Отзыв заслушан и обсужден на расширенном заседании кафедры прикладной физики Тверского государственного университета 22 апреля 2019 г., Протокол № 9

Каплунов Иван Александрович
Заведующий кафедрой прикладной физики
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Тверской государственной университет»
профессор, д.т.н.


Каплунов И.А.

Служебный адрес и телефон: 170100 г. Тверь | ул. Желябова, 33;
ivan.kaplunov@tversu.ru; +7 (4822) 322839