

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертации **Кудрявцева Андрея Владимировича** “*Нелинейно-оптические свойства микрокристаллов глицина и фенилаланинов*” представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Самоорганизованные пептидные соединения, включающие пептидные нанотрубки на основе дифенилаланина, пептидные наноленты на основе трифенилаланина, также как и микрокристаллы  $\gamma$ - и  $\beta$ -глицина принадлежат к группе нецентросимметричных структур, которые в настоящее время вызывают в значительный интерес исследователей, занимающихся проблемами биосовместимой микросистемной техники. Это связано с тем, данные структуры обладают заметным пьезоэлектрическим и нелинейно-оптическим эффектами, что делает их перспективными для практического использования в микроэлектромеханических и нелинейно-оптических устройствах, в том числе биосовместимых.

Вместе с тем физические свойства данных материалов на сегодняшний день слабо изучены, что, прежде всего, обусловлено трудностями их получения в стабильном состоянии.

В связи с этим диссертация А. В. Кудрявцева, целью которой стало определение нелинейно-оптических характеристик органических микрокристаллов глицина и самоорганизованных пептидных наноструктур на основе фенилаланинов и выявление их структурных особенностей, представляется, несомненно, **актуальной** в области физики конденсированного состояния.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованных источников, включающего 147 наименований. Объем диссертации насчитывает 149 страниц машинописного текста, включая 46 рисунков.

Работа **хорошо апробирована**. Ее основные результаты были представлены на 6 российских и международных конференциях и семинарах, опубликованы в 10 научных работах, три из которых входят в число цитируемых ресурсом Web of Science и три - в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Автореферат диссертации соответствует содержанию и структуре диссертации и адекватно отражает полученные в работе результаты.

*Во введении* соискателем обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель и поставлены основные задачи, определены объекты исследования, отмечены новизна и практическая ценность полученных ре-

зультатов. Отмечен личный вклад автора. Изложены основные научные положения, выносимые на защиту. Приведены сведения о публикациях, апробации работы, ее структуре и объеме.

*Первая глава* содержит литературный обзор по теме диссертации. Представлены общие сведения об объектах исследования. Рассмотрены структура и физические свойства самоорганизованных пептидных наноструктур и, в частности, структур на основе дифенилаланина, а также микрокристаллов глицина. Наибольшее внимание уделяется нелинейно-оптическим и пьезоэлектрическим свойствам исследуемых материалов, обсуждаются перспективы их применения.

**Во второй главе** приведено подробное описание используемых в работе экспериментальных методик и теоретических подходов, используемых для изучения нелинейно-оптических свойств материалов методом генерации второй оптической гармоники. Дано описание экспериментальных установок.

**В третьей главе** изложена технология приготовления образцов пептидных наноструктур на основе дифенилаланина. Обсуждаются данные, полученные в ходе исследования нелинейно-оптических свойств пептидных наноструктур на основе ди- и трифенилаланина. Для расчёта значений компонент тензора нелинейно-оптических восприимчивостей пептидных нанотрубок на основе дифенилаланина и пептидных нанолент на основе трифенилаланина проводились нелинейно-оптическое картирование и измерение поляризационных зависимостей интенсивности сигнала второй гармоники. На основе анализа поляризационных зависимостей сигнала для пептидных нанолент на основе трифенилаланина было установлено, что данные структуры относятся к точечной группе  $C_2$ , а поверхность роста нанолент представляет собой срез (010). Обнаружены и исследованы методом силовой микроскопии пьезоотклика пьезоэлектрические свойства пептидных нанолент на основе трифенилаланина, проведена оценка эффективного пьезоэлектрического коэффициента данного материала. Исследовано изменение поляризационных зависимостей второй гармоники в пептидных нанолент на основе дифенилаланина при фазовом переходе.

**Четвертая глава** содержит результаты исследования нелинейно-оптических свойств микрокристаллов  $\beta$  и  $\gamma$ -глицина. На основе результатов нелинейно-оптического картирования и измерения поляризационных зависимостей сигнала второй для микрокристаллов  $\beta$ -глицина вычислены значения эффективной нелинейной восприимчивости, а также значения отдельных компонент тензора квадратичной нелинейной восприимчивости.

**В глава пять изложены** результаты анализа однофотонной и двухфотонной люминесценции в пептидных нанотрубках на основе дифенилаланина при термической обработке. Для установления механизма люминесценции автором был проведён отжиг образцов пептидных нанотрубок в различных газовых средах, причём отжиг проводился двумя способами: в запаянную ампулу с газом и в потоке газа. Было обнаружено, что люминесценция наибольшей интенсивности наблюдается при отжиге исследуемого материала в воздухе или в атмосфере азота, из чего автором заключает, что возникновение люминесценции связано с атомами азота, вошедшими в структуру пептидных нанотрубок на основе дифенилаланина с. Предполагается, что наиболее вероятным является интеркаляция молекул азота в гидрофильные каналы и дефекты нанотрубок.

На основании проведенных экспериментальных исследований соискателем получен ряд важных, принципиально *новых результатов*:

1. Методом генерации второй гармоники было установлено, что величина эффективной нелинейной восприимчивости микрокристаллов  $\beta$ -глицина составляет  $1.0 \pm 0.1$  пм/В.

2. Показано, что пептидные наноленты на основе трифенилаланина обладают моноклинной структурой с точечной группой  $C_2$ . Определены величины компонент тензора квадратичной нелинейной восприимчивости пептидных нанотрубок на основе дифенилаланина.

3. Обнаружен пьезоэлектрический эффект в пептидных нанолентах на основе трифенилаланина. Оценочная величина эффективного пьезокоэффициента составляет 2-5 пм/В.

4. Установлено, что наблюдаемая в дифенилаланиновых пептидных нанотрубках однофотонная и двухфотонная люминесценция связана с атомами азота, вошедшими в структуру нанотрубок.

Диссертация А. В. Кудрявцева имеет важное *практическое значение*. Определенные в ней численные значения компонент тензора нелинейных восприимчивостей пептидных нанотрубок на основе дифенилаланина, и микрокристаллов глицина могут быть востребованы при создании нелинейно-оптических элементов устройств микро- и наноэлектронных приборов.

Обнаруженная люминесценция в пептидных нанотрубках на основе дифенилаланина, открывает перспективы для разработки биосовместимых источников видимого излучения.

Полученные в работе результаты могут быть востребованы в научно-исследовательских центрах, занимающихся проблемами сегнетоэлектриков и их применением. Например, ИК РАН им. А.В. Шубникова (г. Москва), ФИАН (г. Москва) ФТИ им. Иоффе РАН (г. С.-Петербург), Государственный оп-

тический институт им. Вавилова (г. С.-Петербург), Воронежский государственный университет и др.

Отметим, что полученные в работе результаты представляются **достоверными**, а выводы и основные положения, выносимые на защиту - **обоснованными**, что, в частности обеспечивается использованием апробированных экспериментальных методик, воспроизводимостью полученных результатов и их соответствием основным законам физики твердого тела, а также известным литературным данным.

Вместе с тем, диссертация не лишена **недостатков**, некоторые из которых отмечены ниже.

1. Автором не приведена методика оценки погрешности результатов измерений величин, определенных в диссертационной работе.

2. Пункт 4 раздела «Научная новизна» сформулирован некорректно. Здесь следовало бы говорить не о механизме «появления однофотонной и двухфотонной люминесценции», а о связи данного эффекта с присутствием атомов азота в структуре нанотрубок на основе дифенилаланина.

3. В разделе 3.4. диссертации рассматривается «латеральный» и «внеплоскостной» пьезоэлектрический отклики. Восприятие полученных результатов улучшилось, если бы автор использовал при анализе систему общепринятых пьезоэлектрических коэффициентов, например  $d_{ijk}$ .

4. В разделе 3.5 диссертации (стр. 106) обсуждаются оптические свойства пептидных нанотрубок при их нагреве лазерным лучом. Однако, каких либо сведений о локальной температуре и величине температурного градиента автор не приводит. Не дискутируется также влияние обусловленных локальным нагревом упругих напряжений на интенсивность второй гармоники.

5. Текст диссертации изобилует аббревиатурами, что затрудняет его восприятие. Наряду с этим не ясно, с какой целью в диссертации автор дважды приводит список своих публикаций (стр. 14. и стр. 133.)

6. В тексте диссертации встречаются ошибки и опечатки, например:

а) В автореферате раздел 3.4 соответствует разделу 3.5 диссертации и наоборот - раздел 3.5 автореферата соответствует разделу 3.4 диссертации.

б) Число авторских публикаций, приведенных в автореферате – 10, а в диссертации - 9.

г) В выражении (3) на стр 65 пропущена константа  $\epsilon_0$ .

Однако, сделанные замечания не уменьшают ценность работы и не влияют на ее основные выводы и защищаемые положения. Диссертация Кудрявцева А. В. по актуальности, новизне, масштабу проведенных в ней исследований и по совокупности полученных результатов отвечает критериям п. 9 и другим требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степе-

ней» ВАК Минобрнауки РФ, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 N 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Кудрявцева Андрей Владимирович, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

д.ф.-м.н., профессор



Л.Н Коротков  
12. 05. 2015 г.

Л.Н Коротков - профессор кафедры физики твердого тела федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО ВГТУ).

Раб. телефон: 4732 46 66 47

Электронный адрес: [l\\_korotkov@mail.ru](mailto:l_korotkov@mail.ru)

Адрес организации: 394026, г. Воронеж, Московский пр-т, 14, ФГБОУ ВПО ВГТУ.



Подпись Коротков Л.Н.  
ЗАВЕРЯЮ  
учёный секретарь Учёного совета ВГТУ  
М.В. А.В.Мандрыкин