

## Рецензия

**на диссертационную работу Рожковой Ксении Сергеевны на тему «Структурные, оптические и электротранспортные свойства пленок PEDOT:PSS в полимерных солнечных элементах», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05302–Физика»**

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) <u>Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</u></p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</p>	<p>Тема диссертации соответствует направлению развития науки: Энергетика и машиностроение, Альтернативная энергетика и технологии: возобновляемые источники энергии, ядерная и водородная энергетика, другие источники энергии</p> <p>Диссертация выполнена в рамках грантового финансирования по научным и научно-техническим проектам Комитета науки МОН РК по теме: «Разработка фотопреобразователя солнечной энергии на основе органических полупроводниковых нанокompозитов» (2020–2022 г., ИРН AP08856176)</p>
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит/не вносит</u> существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта/не раскрыта</u>	В диссертации приведены результаты исследования влияния модификации структуры зарядо-транспортных слоев на фотовольтаические характеристики преобразователей солнечной энергии. Поскольку такие экспериментальные исследования ранее не были проведены, то результаты диссертации вносят существенный вклад в развитие органической электроники, при создании солнечных ячеек и оптоэлектронных устройств, обладающих высокой стабильностью и производительностью, а также функциональных элементов молекулярной электроники. Важность темы диссертационной работы достаточно полно раскрыта для развития таких направлений как фотовольтаика, электроника, сенсорика, биофизика и медицина.
3.	Принцип самостоятельности	<p>Уровень самостоятельности:</p> <p>1) <u>Высокий;</u></p> <p>2) Средний;</p> <p>3) Низкий;</p> <p>4) Самостоятельности нет</p>	Уровень самостоятельности выполнения диссертационного исследования высокий. Автор самостоятельно выполнил все необходимые эксперименты по пробоподготовке и сборке солнечных ячеек, а также в исследовании образцов различными методами. Автор принимал участие в обсуждении результатов,

			подготовке публикаций и представлении результатов на научных конференциях различного уровня. Обсуждение и интерпретация полученных данных проводилась совместно с научными консультантами.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована</u> ; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность приведенных в диссертации научных данных обоснована. В работе были получены модифицированные и нанокompозитные пленки дырочно-транспортного слоя и исследовано их влияние на фотовольтаические характеристики органического солнечного элемента. Результаты этих исследований могут быть использованы при получении высокопроизводительных фотопреобразователей, наносенсоров, оптических и электронных устройств.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает</u> ; 2) Частично отражает; 3) Не отражает	Содержание диссертации подробно отражает тему диссертации, ее цели и задачи и основные положения выносимые на защиту. Представленный материал изложен логично и последовательно, результаты и выводы согласованы друг с другом и соответствуют теме диссертации.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют</u> ; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Цели и задачи диссертационной работы соответствуют теме исследования, отражают содержание и раскрывают основные аспекты диссертационной работы.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u> ; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Все разделы и положения диссертации логически полностью взаимосвязаны и носят структурированный характер, что можно видеть из последовательности изложенных полученных научных данных и их анализа.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть</u> ; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	Полученные автором результаты являются обоснованными и доказаны с помощью критического анализа, проведенного на основе представлений о физико-химических свойствах образцов и актуальном обзоре доступных литературных данных. Автором использованы хорошо апробированные методики исследования структурно-морфологических, оптических и фотоэлектрических характеристик материалов.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) <u>полностью новые</u> ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Научные результаты и положения, полученные в рамках диссертационной работы, являются новыми. Было установлено, что спиртовые растворители и термический отжиг оказывают влияние на формирование гомогенных пленок PEDOT:PSS с улучшенными дырочно-транспортными характеристиками. Показано, что примесь нанолент фталоцианина и его

			металлокомплексов и наночастиц графеноподобных структур в PEDOT:PSS оказывает влияние на электрофизические характеристики пленки и приводят к возрастанию эффективности органического солнечного элемента.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) <u>полностью новые</u> ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Выводы диссертации являются полностью новыми и ранее не были получены в других работах. Выводы подтверждены результатами детального сравнительного анализа экспериментальных данных.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) <u>полностью новые</u> ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Технические, технологические, экономические решения являются новыми и обоснованными и могут быть использованы при создании новых высокоэффективных электронных и оптических устройств.
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы <u>основаны</u> /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы	Все основные результаты диссертационной работы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах и самостоятельно проведенных экспериментальных исследованиях, полученных с помощью известных методик и сертифицированного оборудования.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет	<b>Положение №1.</b> Спиртовые растворители и термический отжиг препятствуют образованию агломератов, обогащенных PSS, что приводит к улучшению транспорта дырок на границах PEDOT:PSS/фотоактивный слой и PEDOT:PSS/ITO. 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 7.2 Является ли тривиальным? 2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 7.4 Уровень для применения: 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) да;  <b>Положение №2.</b> Встраивание нанолент фталоцианина и его металлокомплексов в дырочно-транспортный слой PEDOT:PSS способствует улучшению кристалличности и уменьшению сопротивления пленки. 7.1 Доказано ли положение?

			<p>1) доказано; 7.2 Является ли тривиальным? 2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 7.4 Уровень для применения: 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) да;</p> <p><b>Положение №3.</b> Существует критическая концентрация наночастиц WS<sub>2</sub> в пленке PEDOT:PSS, превышение которой приводит к выталкиванию наночастиц на поверхность пленки, в результате наблюдается резкое увеличение межфазного сопротивления дырочно-транспортного слоя</p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 7.2 Является ли тривиальным? 2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 7.4 Уровень для применения: 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) да;</p> <p>Большая часть результатов с подробным описанием опубликована в 18 высокорейтинговых журналах, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в базы Thomson Reuters и Scopus, 4 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК и 11 публикаций в материалах международных и республиканских конференций.</p>
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой	8.1 Выбор методологии – обоснован или методология достаточно подробно описана 1) да; 2) нет	Выбор методологии является обоснованным. Для получения основных результатов диссертационного исследования используются методы сканирующей электронной и атомно-силовой микроскопии, оптической и импедансной спектроскопии, рентгеновской дифракции и вольтамперометрии.

	информации	8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>	Результаты получены при использовании современных методов исследований, обработки и интерпретации данных с использованием компьютерных технологий. Методология исследования описана с подробным изложением методики подготовки образцов, экспериментального оборудования и подходов к анализируемым результатам.
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>	Теоретические выводы диссертации доказаны экспериментальными исследованиями, выявлена взаимосвязь между результатом эксперимента и методом получения материала, а также обсуждены на международных научных конференциях и научных семинарах. Все закономерности проверены, подтверждены, и соответствуют общепризнанным физическим законам.
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Важные утверждения работы во всех разделах диссертации при необходимости подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.
		8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u> /не достаточны для литературного обзора	Используемые литературные источники актуальны и достаточны для литературного обзора.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>	В диссертационной работе представлены экспериментальные результаты по исследованию влияния модификации транспортных слоев на фотовольтаические характеристики органических солнечных элементов с их интерпретацией.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u> ; 2) <u>нет</u>	Диссертация имеет практическое значение. При выполнении работы была разработана технология получения композитного проводящего электрода на основе PEDOT:PSS и определены оптимальные параметры фотопреобразователя солнечной энергии, обеспечивающие высокий показатель эффективности. Полученные результаты могут быть использованы в гибкой электронике, а также при разработке фотовольтаических и оптоэлектронных ячеек, светоизлучающих диодов и термоэлектрических устройств.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) <u>полностью новые</u> ;	Предложения для практики являются полностью новыми.

		2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	
10.	Качество написания и оформление	Качество академического письма: 1) <u>высокое</u> ; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертационная работа выполнена на достаточно высоком уровне и представляет собой законченную научно-исследовательскую работу. Текст диссертации написан ясным научным языком, с использованием принятой в данной области исследований терминологии. Стиль изложения письма соответствует научным работам.

### Заключение о возможности присуждения степени доктора философии (PhD)

Диссертационная работа Рожковой Ксении Сергеевны внесет существенный вклад в развитие науки в Республике Казахстан.

Считаю, что диссертационная работа Рожковой Ксении Сергеевны на тему «Структурные, оптические и электротранспортные свойства пленок PEDOT:PSS в полимерных солнечных элементах», представленная на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05302–Физика», соответствует всем требованиям, предъявляемым Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК к диссертационным работам.

На основе вышеизложенного ходатайствую перед Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК о присуждении Рожковой Ксении Сергеевне степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05302 – Физика».

### Рецензент:

Доктор физико-математических наук, профессор РАН

В. н. с. Института химической кинетики и горения Сибирского Отделения РАН им. В. В. Воеводского

Кулик Л.В.

11.08.23

Подпись Кулик Л.В. заверяю  
Фамилия

