

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Лукиной Екатерины Александровны  
«Светоиндуцированное разделение зарядов в композитах полупроводящих полимеров и  
фуллеренов по данным импульсной ЭПР спектроскопии»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 1.3.17 - химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных  
состояний вещества**

Представленная работа посвящена исследованию светоиндуцированного разделения зарядов в модельных системах органической фотовольтаики, композитах полупроводящих полимеров полипифенового и поликарбазольного ряда в качестве донорного и производных фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$  – в качестве акцепторного компонента. Подобные системы и устройства на их основе вызывают сегодня большой интерес как перспективная замена традиционных неорганических фотогальванических элементов с потенциально большей технологичностью и доступностью, меньшей стоимостью и токсичностью производства. Несмотря на их интенсивное изучение и коммерчески успешное внедрение в производство, для таких систем пока остается без удовлетворительного решения проблема превращения высокого квантового выхода первичного светоиндуцированного разделения зарядов в высокий коэффициент фотоэлектрического преобразования готового устройства, т.е. проблема эффективного вывода разделенных зарядов на электроды устройства. Решение ее требует детального изучения короткоживущего промежуточного состояния с переносом заряда, предшественника свободных зарядов, представляющего собой спин-коррелированную поляронную пару. Именно изучению таких сложных и интересных объектов методами импульсной ЭПР спектроскопии в X и Q диапазонах и посвящена данная работа, и своевременность и востребованность предпринятого в диссертации исследования не вызывают никаких сомнений. Коллектив, в котором работает автор, является одним из признанных и активно работающих мировых лидеров в области импульсной ЭПР спектроскопии спин-коррелированных радикальных/поляронных пар и авторов методики электронного спинового эха вне фазы для подобных систем, так что корректность выбранных для проводимого исследования методов и подходов не вызывает сомнений.

В представленной работе проведен значительный объем экспериментальных исследований в нескольких вариантах метода электронного спинового эха (эходетектируемый ЭПР, электронное спиновое эхо в фазе и вне фазы, спиновые нутации), представлены теоретическое моделирование и убедительная интерпретация их результатов. Работа содержит как новые экспериментальные данные о конкретных системах (характерные времена жизни и распределения по расстояниям спин-коррелированных поляронных пар, величины обменных интегралов в тесно связанных парах), так и методические находки по способам разделения экспериментально наблюдаемых сигналов на компоненты от разных парамагнитных объектов, одновременно присутствующих в системе (тесно связанные поляронные пары, разделенные поляронные пары, долгоживущие поляроны в ловушках), которые можно использовать в аналогичных исследованиях на любых системах. Автор вполне продемонстрировал свою квалификацию во всех ключевых аспектах современного физико-химического исследования. Работа весьма логично поставлена и выполнена, хорошо опубликована и апробирована. Из полученных в работе результатов я бы хотел особо выделить вывод об обратной корреляции интенсивности сигнала от тесно связанных спин-коррелированных поляронных пар в фотовольтаическом композите с коэффициентом фотоэлектрического преобразования изготовленных из него готовых устройств. Это

открывает возможность оптимизировать такие композиты как материал, в лаборатории, без необходимости изготовления из них фотовольтаических элементов и их тестирования. Можно ли на основании этого сделать напрашивающийся вывод, что эффективное образование тесно связанных пар препятствует разделению зарядов и их выводу из фотоактивной среды, или это более тонкий вопрос? Является ли это собственным, внутренним свойством композита, или зависит от деталей изготовления устройства, используемых материалов электродов, транспортных слоев для заряда и т.п? Ошибок, опечаток и иных погрешностей оформления при изучении автореферата не замечено, единственное пожелание – хотя бы кратко описать проводимые эксперименты: что представляют из себя образцы, при каких температурах можно получать такие спектры и т.д.

Результаты проведенных исследований опубликованы в профильных международных физико-химических журналах и неоднократно докладывались на конференциях. Считаю, что диссертационная работа «Светоиндуцированное разделение зарядов в композитах полупроводящих полимеров и фуллеренов по данным импульсной ЭПР спектроскопии» соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и является научно-квалификационной работой, в которой решена задача развития экспериментальных и теоретических подходов к исследованию поляронных состояний с переносом заряда в полимерно-фуллереновых композитах для органической фотовольтаики, что может быть использовано для разработки детальных механизмов светоиндуцированного разделения заряда и развития методов оптимизации функциональных композитов для создания фотогальванических устройств с высоким коэффициентом фотоэлектрического преобразования готового изделия, а ее автор, Лукина Екатерина Александровна, заслуживает присуждения ей искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 - химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.



Стась Дмитрий Владимирович,

К.ф.-м.н., специальность 01.04.17 - химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества,

доцент, старший научный сотрудник Лаборатории быстропротекающих процессов

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского

Сибирского отделения Российской академии наук

630090, Новосибирск, Институтская ул., 3; <http://www.kinetics.nsc.ru/>

Телефон (раб.): (383) 333 1561, электронная почта: [stass@ns.kinetics.nsc.ru](mailto:stass@ns.kinetics.nsc.ru)

07 ноября 2022 г.

Согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись: Стасс Д.В. удостоверяю



Ученый секретарь  
ИХКГ СО РАН  
К.Ф.-м.н.  
Пыряева А.П.