

## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента**

на диссертацию Маннанова Артура Линаровича на тему: «Органические солнечные элементы на основе звездообразных и линейных донорно-акцепторных сопряженных молекул», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Диссертация Маннанова А.Л. посвящена определению влияния молекулярной структуры звездообразных и линейных донорно-акцепторных сопряженных молекул на фотоэлектрические характеристики органических солнечных элементов на их основе, а также выявлению механизмов фотогенерации и рекомбинации зарядов в однокомпонентных органических солнечных элементах. Тема работы крайне актуальна, поскольку дальнейшее развитие органической фотовольтаики требует детального понимания процессов, происходящих в солнечных элементах, а также выявления связей между структурой используемых молекул и характеристиками устройств.

Работа выполнена на высоком научном уровне и включает как методологическую часть (разработку спектральной методики измерения КПД солнечного элемента), так и применение различных экспериментальных техник (изготовление и характеристика солнечных элементов, спектроскопия поглощения и фотолюминесценции, атомно-силовая микроскопия, измерение подвижностей зарядов и др.) и анализ полученных результатов на основе теоретических моделей. В первой главе представлен обзор литературы по устройству органических солнечных элементов и принципам их работы, рассмотрены теоретические модели процессов генерации зарядов. Во второй главе приведено описание методологии исследований, в частности представлена новая оригинальная спектральная методика для точного измерения эффективности солнечных элементов, которая была опробована на органических и перовскитных солнечных элементах. В третьей главе

проведено сравнение нормальной и инвертированной архитектур гетеропереходных солнечных элементов на основе звездообразных молекул различного строения. Выявлены корреляции между числом алкильных и алкоксильных групп в составе молекул и током короткого замыкания соответствующих устройств с нормальной и инвертированной архитектурами. В четвертой главе проведено исследование механизмов генерации и рекомбинации зарядов в однокомпонентных солнечных элементах на основе звездообразных донорно-акцепторных сопряженных молекул. Установлен полевой механизм генерации зарядов в таких солнечных элементах, впервые описанный моделью Онзагера диссоциации зарядовых пар. Установлены механизмы рекомбинации в разных режимах работы солнечных элементов. В пятой главе исследовано влияние химического строения звездообразных донорно-акцепторных молекул, а именно донорного центра и длины тиофенового спейсера между донорным и акцепторными фрагментами, на эффективность однокомпонентных и гетеропереходных солнечных элементов на их основе. В результате выявлены наиболее перспективные с точки зрения фотовольтаики донорные центры для дизайна новых молекул, а также выявлена оптимальная длина тиофенового спейсера. В данной главе также развито описание процесса генерации зарядов в однокомпонентных солнечных элементах моделью Онзагера. В работе не оставлены без внимания и наиболее перспективные на сегодняшний день органические солнечные элементы на основе нефуллереновых акцепторов – в шестой главе изучены гетеропереходные солнечные элементы на основе донорно-акцепторных олигодиофенов в смесях с IDIC и Y6. Результаты позволили выявить влияние длины сопряжения и типа акцепторной группы в олигодиофеновых донорах на характеристики соответствующих нефуллереновых солнечных элементов. В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

Все представленные в диссертации результаты являются новыми и оригинальными, выводы достаточно обоснованы. Результаты и выводы диссертации, в частности спектральная методика для точного измерения эффективности солнечных элементов и выявленные корреляции структура молекул – характеристики устройств, будут полезны в исследованиях других научных групп и центров. Достоверность и высокая научная значимость результатов подтверждается их публикацией в известных высокорейтинговых научных журналах и докладами на многих международных конференциях.

В работе нет серьезных недостатков, которые стоило бы отдельно отмечать. В целом диссертация оставляет положительное впечатление.

Диссертационная работа Маннанова А. Л. соответствует специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния, а также соответствует критериям пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова.

Учитывая вышесказанное, считаю, что соискатель Маннанов Артур Линарович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук

ведущий научный сотрудник Лаборатории физической химии полимеров  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт  
элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова Российской  
академии наук (ИНЭОС РАН)

Годовский Дмитрий Юльевич

Контактные данные:

Тел. - ; e-mail: godovsky@polly.phys.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

02.00.06 – Высокомолекулярные соединения.

Адрес места работы:

119334, г. Москва, ул. Вавилова, д. 28, стр. 1, Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН.

Дата 05.09.2023

Подпись

Подпись д.ф.-м.н. Годовского Дмитрия Юльевича заверяю

Ученый секретарь ИНЭОС РАН

/Гулакова

Е.Н./