

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Маннанова Артура Линаровича «Органические солнечные элементы на основе звездообразных и линейных донорно-акцепторных сопряженных молекул», представленную на соискание учёной 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 выявление механизмов фотогенерации и рекомбинации зарядов в однокомпонентных органических солнечных элементах. Эффективности органических солнечных элементов стремительно возрастали в последние годы, достигнув значений 17–18% для лучших лабораторных образцов солнечных элементов на основе объемного гетероперехода. Тем не менее, это все еще меньше, чем у неорганических солнечных элементов. В последнее время, параллельно высокоэффективным гетеропереходным солнечным элементам, активно развиваются однокомпонентные солнечные элементы, которые привлекают своей простой структурой, и они лишены многих недостатков гетеропереходных солнечных элементов. На данный момент эффективности однокомпонентных солнечных элементов не велики, и это связано с тем, что до конца не ясны механизмы генерации и рекомбинации зарядов в таких солнечных элементах и нет четкого понимания взаимосвязи молекулярной структуры материала фотоактивного слоя и основных рабочих характеристик солнечных элементов. Выявление корреляций между структурой молекул, свойствами материалов и эффективностью устройств на их основе должно ускорить дальнейший прогресс в области гетеропереходных и однокомпонентных органических солнечных элементов.

Диссертация Маннанова А.Л. содержит обзор литературы, методическую и экспериментальную части. В первой главе представлен литературный обзор, в котором рассмотрено устройство органических солнечных элементов и описан их принцип работы, рассмотрены основные классы фотоактивных материалов для органических солнечных элементов и теоретические модели процессов генерации зарядов в них. Во второй главе приведено описание использованных в работе материалов и экспериментальных методов изготовления органических солнечных элементов и их характеристики. Кроме того, в данной главе представлена новая оригинальная спектральная методика для точного измерения эффективности солнечных элементов, позволяющая также оценивать и точность измерения эффективности. В третьей главе проведено сравнение нормальной и инвертированной архитектур гетеропереходных солнечных элементов на основе звездообразных донорно-акцепторных олигомеров. В четвертой главе приведены результаты экспериментального исследования механизмов генерации и рекомбинации зарядов в однокомпонентных солнечных элементах на основе звездообразных донорно-акцепторных сопряженных молекул. Выявленный полевой механизм фотогенерации зарядов в таких солнечных элементах впервые успешно описан моделью Онзагера диссоциации зарядовых пар. В пятой главе систематически исследовано влияние типа разветвляющего донорного центра и длины олиготиофенового  $\pi$ -спейсера между донорным и акцепторными фрагментами в звездообразных D-( $\pi$ -A)<sub>3</sub> молекулах на эффективность однокомпонентных и гетеропереходных солнечных элементов на их основе. Полученные результаты дают представление о том, как настроить и предсказать свойства таких материалов и фотоэлектрические характеристики солнечных элементов на их основе. Шестая глава посвящена нефуллереновым гетеропереходным солнечным элементам на основе донорно-акцепторных олиготиофенов. Результаты позволили выявить влияние

длины сопряжения и типа акцепторной группы на свойства и характеристики олиготиофенов в нефуллереновых солнечных элементах.

Все изложенные в диссертации научные результаты получены лично автором. Маннанов А.Л. показал себя квалифицированным и целеустремленным исследователем, способным проводить самостоятельные научные исследования. Научные результаты диссертации широко представлены в высокорейтинговых международных научных журналах и доложены на многих международных конференциях.

Таким образом, считаю, что диссертация Маннанова А.Л. является работой высокого научного уровня и удовлетворяет требованиям Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Я рекомендую ее автору для присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 - «Физика конденсированного состояния».

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук  
профессор

Д.Ю. Паращук

Подпись профессора Д.Ю. Паращука заверяю

Ученый секретарь Ученого совета

Физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова,  
Профессор

В.А.Караваев