

Заключение диссертационного совета МГУ.013.3

по диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Решение диссертационного совета от 21 сентября 2023 г. № 12

О присуждении Маннанову Артуру Линаровичу, гражданину Российской Федерации,
ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Органические солнечные элементы на основе звездообразных и линейных донорно-акцепторных сопряженных молекул» по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния принята к защите диссертационным советом МГУ.013.3 25 мая 2023г., протокол № 7.

Соискатель Маннанов Артур Линарович 1993 года рождения, в 2017 году окончил магистратуру физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», в 2021 году окончил аспирантуру того же вуза.

Соискатель работает в должности младшего научного сотрудника Лаборатории фото- и электрофизики органических полупроводников Отдела органической электроники Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт синтетических полимерных материалов имени Н.С. Ениколопова Российской академии наук».

Диссертация выполнена на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Научный руководитель – Паращук Дмитрий Юрьевич, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Официальные оппоненты:

Годовский Дмитрий Юльевич – 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»;

Никитенко Владимир Роленович – доктор физико-математических наук, профессор отделения нанотехнологий в электронике, спинтронике и фотонике Офиса образовательных программ Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»;

Тамеев Алексей Раисович – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории электронных и фотонных процессов в полимерных наноматериалах Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук»;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 34 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 6 работ, все опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния. Все статьи индексируются в базах данных Web of Science и Scopus.

Перечень основных публикаций:

1) Mannanov A.L. Spectral technique for accurate efficiency measurements of emerging solar cells / Gavrik A., Mannanov A.L., Tsarev S., Bruevich V.V., Trukhanov V.A., Chernikov Y.A., Savchenko P.S., Gvozdikova J.D., Solodukhin A.N., Troshin P.A., Ponomarenko S.A., Paraschuk D.Yu. // *Solar Energy*. – 2020. – V. 206. – P. 770–777. IF = 7.19 (WoS). Вклад автора – 0.25.

2) Mannanov A.L. Solution-processed star-shaped oligomers in normal and inverted organic solar cells / Trukhanov V.A., Mannanov A.L., Burgués-Ceballos I., Savva A., Choulis S.A., Solodukhin A.N., Luponosov Yu.N., Ponomarenko S.A., Paraschuk D.Yu. // *Synthetic Metals*. – 2016. – V. 215. – P. 229–234. IF = 4.0 (WoS). Вклад автора – 0.2.

3) Mannanov A.L. Charge photogeneration and recombination in single-material organic solar cells and photodetectors based on conjugated star-shaped donor-acceptor oligomers / Mannanov A.L., Savchenko P.S., Luponosov Y.N., Solodukhin A.N., Ponomarenko S.A., Paraschuk D.Yu. // *Organic Electronics*. – 2020. – V. 78. – Art. 105588(1-6). IF = 3.87 (WoS). Вклад автора – 0.8.

4) Mannanov A.L. Branched Electron-Donor Core Effect in D- π -A Star-Shaped Small Molecules on Their Properties and Performance in Single-Component and Bulk-Heterojunction Organic Solar Cells / Solodukhin A.N., Luponosov Y.N., Mannanov A.L., Savchenko P.S., Bakirov A.V., Shcherbina M.A., Chvalun S.N., Paraschuk D.Yu., Ponomarenko S.A. // *Energies*. – 2021. – V. 14, no.12. – Art. 3596(1-14). IF = 3.25 (WoS). Вклад автора – 0.4.

5) Mannanov A.L. Effect of oligothiophene π -bridge length in D- π -A star-shaped small molecules on properties and photovoltaic performance in single-component and bulk-heterojunction organic solar cells and photodetectors / Luponosov Y.N., Solodukhin A.N., Mannanov A.L., Savchenko P.S., Raul B.A.L., Peregudova S.M., Surin N.M., Bakirov A.V., Shcherbina M.A., Chvalun S.N., Pshenichnikov M.S., Paraschuk D.Yu., Ponomarenko S.A. // *Materials Today Energy*. – 2021. – V. 22. – Art. 100863(1-12). IF = 9.26 (WoS). Вклад автора – 0.6.

6) Mannanov A.L. Effects of electron-withdrawing group and π -conjugation length in donor-acceptor oligothiophenes on their properties and performance in non-fullerene organic solar cells / Kalinichenko N.K., Balakirev D.O., Savchenko P.S., Mannanov A.L., Peregudova S.M., Paraschuk D.Y., Ponomarenko S.A., Luponosov Y.N. // *Dyes and Pigments*. – 2021. – V. 194. – Art. 109592(1-8). IF = 5.12 (WoS). Вклад автора – 0.4.

На автореферат поступили 5 дополнительных отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их профессиональной квалификацией и наличием публикаций в области физики конденсированного состояния.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании совокупности выполненных автором исследований получены научные результаты и решены научные задачи, имеющие значение для развития физики конденсированного состояния.

Основные результаты работы:

– Разработана спектральная методика для точного измерения эффективности солнечных элементов, имеющих разную спектральную чувствительность. Методика позволяет оценивать и погрешность измерения эффективности.

– Продемонстрированы однокомпонентные органические солнечные элементы на основе сопряженных звездообразных $D-(\pi-A)_3$ молекул с коэффициентом полезного действия, достигшим 1.2%, и внешней квантовой эффективностью, достигшей 24%, которые являются одними из самых высоких для этого класса материалов.

– Установлен полевой механизм генерации зарядов в однокомпонентных органических солнечных элементах на основе сопряженных звездообразных $D-(\pi-A)_3$ молекул, впервые описанный моделью Онзагера диссоциации зарядовых пар.

– Исследовано влияние типа донорного центра и длины π -спейсера звездообразных $D-(\pi-A)_3$ молекул на транспорт зарядов и фотоэлектрические характеристики однокомпонентных и фуллереновых гетеропереходных органических солнечных элементов на их основе.

– Исследовано влияние типа акцепторной группы и длины олиготиофенового ядра линейных молекул на транспорт зарядов и фотоэлектрические характеристики нефуллереновых гетеропереходных органических солнечных элементов на их основе.

Разработанная спектральная методика измерения эффективности солнечных элементов облегчит сравнение результатов для разных научных групп и между различными технологиями солнечных элементов, способствуя достоверности исследований и разработок в области фотовольтаики. Было показано, что полевой механизм фотогенерации зарядов является узким местом в работе однокомпонентных органических солнечных элементов на основе звездообразных донорно-акцепторных сопряженных молекул, что свидетельствует о том, что межмолекулярная делокализация заряда в материалах на основе сопряженных донорно-акцепторных молекул будет полезна для дальнейшего прогресса однокомпонентных органических солнечных элементов. Было обнаружено, что тип донорного центра, акцепторной концевой группы и длина π -сопряжения в донорно-акцепторных звездообразных и линейных молекулах сильно влияет на транспорт зарядов и эффективность однокомпонентных и гетеропереходных органических солнечных элементов. Полученные результаты дают представление о том, как настраивать и предсказывать свойства таких материалов и фотоэлектрические характеристики органических солнечных элементов на их основе. Выяснение взаимосвязей структура-свойства для исследованных молекул будет полезно для

дальнейшего молекулярного проектирования эффективных молекул как для органических солнечных элементов, так и для других связанных с ними оптоэлектронных применений.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1) Разработанная спектральная методика измерения эффективности солнечных элементов позволяет определять коэффициент полезного действия солнечных элементов, имеющих разную спектральную чувствительность, и оценивать погрешность его измерения.

2) Фотогенерация зарядов в однокомпонентных органических солнечных элементах на основе звездообразных донорно-акцепторных сопряженных молекул описывается моделью Онзагера диссоциации зарядовых пар.

3) Увеличение длины олиготиофенового π -спейсера между донорным и акцепторным блоками в звездообразных сопряженных молекулах приводит к более эффективной диссоциации экситонов и генерации большего числа свободных зарядов, что приводит к увеличению эффективности соответствующих однокомпонентных органических солнечных элементов.

4) Нефуллереновые органические солнечные элементы на основе донорно-акцепторных олиготиофеновых молекул с цианоацетатными концевыми акцепторными группами имеют большую эффективность по сравнению с органическими солнечными элементами на основе аналогов с дициановинильными группами.

На заседании 21.09.2023г. диссертационный совет принял решение присудить Маннанову Артуру Линаровичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 3 доктора наук, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за -14, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета МГУ.013.3
доктор физико-математических наук,
профессор, академик РАН

А.Р. Хохлов

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.013.3
кандидат физико-математических наук, доцент

И.А. Малышкина

21 сентября 2023г.

Подписи А.Р. Хохлова и И.А. Малышкиной заверяю.
Ученый секретарь физического факультета МГУ,
профессор

В.А. Караваев