

Заключение диссертационного совета МГУ.013.3
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от 14 мая 2026 г. № 2

О присуждении Федоренко Роману Сергеевичу, гражданину Российской Федерации,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Рост, электрофизические и электролюминесцентные свойства двумерных пленок сопряженных олигомеров» по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния принята к защите диссертационным советом МГУ.013.3 19 марта 2026 г., протокол № 1.

Соискатель Федоренко Роман Сергеевич, 1996 года рождения, обучался в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» с 01.10.2020 г. по 30.09.2024 г.

Соискатель работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории фото- и электрофизики органических полупроводников Института синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН.

Диссертация выполнена на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент Паращук Дмитрий Юрьевич, профессор кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Годовский Дмитрий Юльевич, доктор физико-математических наук, Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории физической химии полимеров,

Тамеев Алексей Раисович, доктор физико-математических наук, Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, главный научный сотрудник лаборатории электронных и фотонных процессов в полимерных наноматериалах,

Постников Валерий Анатольевич, кандидат химических наук, доцент, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Курчатовский комплекс кристаллографии и фотоники, ведущий научный сотрудник лаборатории процессов кристаллизации отделения «Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их компетентностью в области органической электроники и физики полупроводников, а также наличием публикаций в рецензируемых научных изданиях по соответствующей теме.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 9 работ, все опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

1. Bruevich V.V., Glushkova A.V., Poimanova O.Y., Fedorenko R.S., Luponosov Y.N., Bakirov A.V., Shcherbina M.A., Chvalun S.N., Sosorev A.Y., Grodd L., Grigorian S., Ponomarenko S.A.,

- Paraschuk D.Y. Large-Size Single-Crystal Oligothiophene-Based Monolayers for Field-Effect Transistors // *ACS Applied Materials and Interfaces*. — 2019. — Vol. 11. No. 6. — pp. 6315-6324. EDN: RMJGTZ. Импакт фактор 8,2 (JIF). 0,6 печ. л., вклад автора – 0,25.
2. Maslennikov D.R., Sosorev A.Y., Fedorenko R.S., Luponosov Y.N., Ponomarenko S.A., Bruevich V.V. Surface-Enhanced Raman Spectroscopy of 2D Organic Semiconductor Crystals // *Journal of Physical Chemistry C*. — 2019. — Vol. 123. No. 44. — pp. 27242-27250. EDN: EPCVEF. Импакт фактор 3,2 (JIF). 0,5 печ. л., вклад автора – 0,1.
 3. Borshchev O.V., Skorotetsky M.S., Trukhanov V.A., Fedorenko R.S., Surin N.M., Svidchenko E.A., Sosorev A.Y., Kazantsev M.S., Paraschuk D.Y., Ponomarenko S.A. Synthesis, characterization and organic field-effect transistors applications of novel tetrathienoacene derivatives // *Dyes and Pigments*. — 2021. — Vol. 185. part A. — P. 108911. EDN: FZHGXX. Импакт-фактор 4,2 (JIF). 0,6 печ. л., вклад автора – 0,2.
 4. Fedorenko R.S., Kuevda A.V., Trukhanov V.A., Sosorev A.Y., Bakirov A.V., Dorokhov A.I., Surin N.M., Borshchev O.V., Ponomarenko S.A., Paraschuk D.Y. Luminescent 2D single crystals of thiophene–phenylene co-oligomers for field-effect devices // *Materials Chemistry Frontiers*. — 2022. — Vol. 6. No. 21. — pp. 3279-3295. EDN: BOWGQY. Импакт фактор 6,4 (JIF). 1,0 печ. л., вклад автора – 0,35.
 5. Fedorenko R.S., Kuevda A.V., Trukhanov V.A., Konstantinov V.G., Sosorev A.Y., Sonina A.A., Kazantsev M.S., Surin N.M., Grigorian S., Borshchev O.V., Ponomarenko S.A., Paraschuk D.Y. Luminescent High-Mobility 2D Organic Semiconductor Single Crystals // *Advanced Electronic Materials*. — 2022. — Vol. 8. No. 7. — P. 2101281. EDN: AZLVSG. Импакт фактор 5,3 (JIF). 0,7 печ. л., вклад автора – 0,35.
 6. Feriancová L., Balakirev D.O., Fedorenko R.S., Kuevda A.V., Trukhanov V.A., Svidchenko E.A., Surin N.M., Peregudova S.M., Dmitryakov P.V., Dubinets N.O., Fedorov Y.V., Putala M., Ponomarenko S.A., Paraschuk D.Y., Luponosov Y.N. Novel low-bandgap donor–acceptor thiophene-phenylene co-oligomers for light-emitting semiconductor devices // *Dyes and Pigments*. — 2023. — Vol. 215. — P. 111256. EDN: XEMSXX. Импакт-фактор 4,2 (JIF). 0,7 печ. л., вклад автора – 0,25.
 7. Trukhanov V.A., Sosorev A.Y., Dominskiy D.I., Fedorenko R.S., Tafeenko V.A., Borshchev O.V., Ponomarenko S.A., Paraschuk D.Y. Dual Optoelectronic Organic Field-Effect Device: Combination of Electroluminescence and Photosensitivity // *Molecules*. — 2024. — Vol. 29. No.11. — P. 2533. EDN: KMZBSY. Импакт-фактор 4,6 (JIF). 1,8 печ. л., вклад автора – 0,2.
 8. Borshchev O.V., Fedorenko R.S., Sorokina E.A., Kuchkina I.O., Surin N.M., Svidchenko E.A., Anokhin D.V., Moutsios I., Rosenthal M., Ivanov D.A., Vinnik D.A., Paraschuk D.Y., Ponomarenko S.A. Impact of alkyl chain length on the thermal, optical and semiconductor properties of the symmetric 4-alkylphenyl derivatives of [1]benzothieno[3,2-b]benzothiophene // *Journal of Materials Chemistry C*. — 2025. — Vol. 13. No. 34. — pp. 17728-17737. EDN: GNWGSW. Импакт фактор 5,2 (JIF). 0,6 печ. л., вклад автора – 0,25.
 9. Fedorenko R.S., Poletavkina L.A., Trukhanov V.A., Kuklin K.N., Balakirev D.O., Dyadishchev I.V., Saratovsky N.S., Bakirov A.V., Ponomarenko S.A., Luponosov Y.N., Paraschuk D.Y., Sosorev A.Y. Decyloxy-substituted BTBT derivatives for highly efficient and stable thin-film organic (opto)electronic devices // *Physical Chemistry Chemical Physics*. — 2025. — Vol. 27. No.23. — pp. 12119-12128. EDN: ESDNVQ. Импакт фактор 2,9 (JIF). 0,6 печ. л., вклад автора – 0,35.

На диссертацию и автореферат поступило 5 дополнительных положительных отзывов.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получены научные результаты и решены научные задачи, имеющие значение для физики конденсированного состояния и органической электроники. В частности, установлены закономерности влияния химической структуры (линейно-сопряженной, частично аннелированной и донорно-акцепторной) тиюфен-фениленовых соолигомеров на электрофизические и электролюминесцентные свойства их двумерных пленок, что позволило создать двумерные органические светоизлучающие транзисторы. Разработана методика получения молекулярно-гладких кристаллических пленок с латеральными размерами до миллиметра.

Основные результаты работы:

1. Разработана методика роста двумерных кристаллических пленок линейно-сопряженных, частично аннелированных и донорно-акцепторных тиюфен-фениленовых соолигомеров (ТФСО) с латеральными размерами монокристаллических доменов в сотни микрометров и молекулярно-гладкой поверхностью (шероховатость $< 0,4$ нм). Монокристалличность и доменная структура полученных двумерных пленок подтверждена методом оптической микроскопии. Обнаруженная оптическая анизотропия и четкая огранка кристаллитов свидетельствуют о высоком структурном порядке пленок.
2. На основе двумерных пленок линейно-сопряженных олигомеров изготовлены органические полевые транзисторы с подвижностью дырок $0,1\text{--}0,3$ см²/В·с. Устройства демонстрируют высокую стабильность при хранении на воздухе, имеют относительно низкое пороговое напряжение, а также высокое отношение токов включения/выключения (до $2,4 \times 10^5$), что указывает на перспективность линейно-сопряженных структур для их дальнейшего использования.
3. Экспериментально доказано, что использование частично аннелированных ядер бензотиено-бензотиофена (ВТВТ) и тетратиеноацена (ТТА) в составе ТФСО обеспечивает существенное повышение эффективности транспорта заряда по сравнению с линейно-сопряженными аналогами, что обусловлено жесткой планарной молекулярной структурой аннелированных ядер.
4. Показано, что использование модифицированных молекул с дополнительными фениленами, сопряженными с центральными ядрами ВТВТ и ТТА, позволяет получить не только перспективные полупроводниковые свойства устройств, но и улучшить их электролюминесцентные характеристики. В результате были получены двумерные органические светоизлучающие транзисторы (ОСТ) на основе обоих олигомеров.
5. Установлено, что фторирование центрального фенильного кольца в донорно-акцепторных ТФСО позволяет эффективно управлять типом проводимости. Нефторированные олигомеры демонстрируют дырочный или биполярный транспорт, тогда как их фторированные аналоги проявляют исключительно электронный тип проводимости.
6. Показано, что донорно-акцепторные олигомеры ТТРТТ-СНА и ТТФРТТ-СНА являются перспективными материалами для создания красных ОСТ. Для данных соединений достигнута электролюминесценция с максимумами при 645 и 630 нм соответственно и внешней квантовой эффективностью до 0,1% в составе ОСТ, которая отвечает мировому уровню для однокомпонентных устройств.
7. Двумерные пленки ТФСО всех исследованных классов (линейно-сопряженных, частично аннелированных и донорно-акцепторных) способны проявлять как полупроводниковые, так

и электролюминесцентные свойства и выступать активным слоем для ОСТ. Впервые продемонстрированы двумерные ОСТ для всех изучаемых классов соединений. С учетом относительно эффективного транспорта зарядов и высокой стабильности при хранении устройств можно ожидать, что данные классы соединений могут быть использованы в перспективных устройствах органической оптоэлектроники.

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. Пленки на основе тиюфен-фениленовых соолигомеров могут быть двумерными и иметь монокристаллические домены с латеральными размерами в сотни микрометров.
2. Двумерные пленки на основе частично аннелированных тиюфен-фениленовых соолигомеров позволяют получить органические полевые транзисторы с подвижностью носителей зарядов выше $1 \text{ см}^2/\text{Вс}$.
3. Увеличение соотношения между электронной и дырочной подвижностью носителей заряда в пленках на основе донорно-акцепторных тиюфен-фениленовых соолигомеров достигается путем фторирования центрального фенильного кольца.
4. Двумерные пленки на основе тиюфен-фениленовых соолигомеров способны проявлять электролюминесцентные и полупроводниковые свойства, а также выступать активным слоем органических светотранзисторов.

На заседании 14.05.2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Федоренко Роману Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 16, против - 0, 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

14 мая 2026г.

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

С.Ю. Стремоухов