

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Новосибирский институт органической
химии им. Н.Н. Ворожцова
Сибирского отделения
Российской академии наук
(НИОХ СО РАН)

просп. Академика Лаврентьева, д. 9, г. Новосибирск,
630090, Российская Федерация
Тел.: (383) 330-88-50, факс: (383) 330-97-52
E-mail: benzol@nioch.nsc.ru <http://www.nioch.nsc.ru>
ОКПО 03533903, ОГРН 1025403651921
ИНН/КПП 5408100191/540801001

01.02.2024 № 15326- 03-13/85

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Новосибирского института органической
химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского
отделения Российской академии наук
д.ф.-м.н., профессор



/ Е.Г. Багрянская

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова
Сибирского отделения Российской академии наук (ННХ СО РАН)
(Принято на заседании Ученого совета 30 ноября 2023 года, протокол №12).

Диссертация к.х.н. **Казанцева Максима Сергеевича** «Структура, физико-химические и полупроводниковые свойства кристаллов сопряженных гетероарилена-содержащих соолигомеров и сокристаллов аренов для органической оптоэлектроники» выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Новосибирском институте органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук (ННХ СО РАН) в период 2013-2023 гг. Тема диссертации утверждена Ученым советом ННХ СО РАН 20 июня 2023 г. (протокол №6). Научный консультант: д-р физ.-мат. наук Дмитрий Юрьевич Парашук, профессор физического факультета Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, МГУ им. М.В. Ломоносова, МГУ).

М.С. Казанцев в 2010 г. окончил факультет естественных наук Новосибирского государственного университета по специальности «химия» и получил квалификацию «Химик». В 2013 г. защитил кандидатскую диссертацию по специальности 02.00.04 – физическая химия на тему «Исследование механизма карбонилирования метанола и диметилового эфира на твердых гетерополиокислотных катализаторах методом ЯМР спектроскопии». С 2013 года во время подготовки диссертации соискатель Казанцев М.С.

работал в должностях научного сотрудника, старшего научного сотрудника, заведующего лабораторией органической электроники НИОХ СО РАН.

Материалы диссертационной работы рассмотрены на заседаниях Ученого совета НИОХ СО РАН 31.10.2023, протокол №11, 30.11.2023, протокол №12).

Присутствовали: 20 членов Ученого совета из 26 (явка 76,9%, что составляет более двух третей численности Ученого совета, Ученый совет НИОХ СО РАН избран Общим собранием научных работников 30.03.2021 в составе 26 человек). Кворум имеется, заседание правомерно. Всего присутствовали 12 докторов наук, 19 кандидатов наук, 9 сотрудников без ученой степени. Председатель заседания: председатель Ученого совета, д-р физ.-мат. наук, проф. Багрянская Е.Г. Секретарь: ученый секретарь, канд. хим. наук Бредихин Р.А.

Слушали:

1. научный доклад заведующего Лабораторией органической электроники, кандидата химических наук М.С. Казанцева.

2. отзыв рецензента, главного научного сотрудника Лаборатории многоспиновых координационных соединений МТЦ СО РАН доктора химических наук Г.В. Романенко.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация Казанцева Максима Сергеевича «Структура, физико-химические и полупроводниковые свойства кристаллов сопряженных гетероарилена-содержащих соолигомеров и сокристаллов аренов для органической оптоэлектроники» является самостоятельно выполненной законченной научно-квалификационной работой.

Цель диссертационной работы: установить связь химической структуры соединений, способа роста, структуры и состава кристаллов сопряженных гетероарилена-содержащих соолигомеров и аренов, перспективных для органической оптоэлектроники, с их физико-химическими, оптическими и полупроводниковыми характеристиками.

Актуальность темы исследования обусловлена высоким интересом к органической оптоэлектронике, обладающей рядом преимуществ перед традиционной, неорганической. В частности, преимуществами полупроводниковых устройств на основе органических соединений выступают гибкость, легкость, широкая вариативность структуры и свойств, малое количество вещества, простота и дешевизна используемых технологий, биосовместимость, чувствительность к внешним воздействиям и др. Это позволяет органической электронике конкурировать с уже имеющимися на рынке технологиями и находить свои уникальные применения.

Одной из проблем, стоящих перед исследователями в данной области, является отсутствие принципов молекулярного дизайна органических полупроводниковых материалов с необходимыми свойствами. Для решения данной проблемы необходимы систематические исследования фундаментальных закономерностей «структура-свойство» для органических полупроводниковых материалов.

К числу практических задач современной органической оптоэлектроники относится получение материалов, сочетающих эффективный сбалансированный амбиполярный транспорт зарядов и люминесцентные свойства. Совмещение данных функций в одном материале является нетривиальной задачей, поскольку для достижения высокой подвижности носителей заряда требуется плотная кристаллическая упаковка, что зачастую приводит к тушению люминесценции.

Таким образом, высокая перспективность и потенциальная дешевизна устройств органической электроники, а также возможность массового промышленного производства устройств обуславливают высокую актуальность и значимость представленной диссертационной работы.

Научная новизна и теоретическая значимость. В ходе диссертационного исследования были получены следующие оригинальные результаты:

1. Впервые изготовлены и изучены монокристаллические органические полевые транзисторы на основе кристаллов гетероариллен-содержащих линейных сопряженных соолигомеров в геометрии с верхним затвором и верхними электродами.
2. Впервые проведено систематическое сравнительное исследование полупроводниковых характеристик органических кристаллов, полученных из раствора и из пара.
3. Впервые получены и исследованы многофункциональные монокристаллы, сочетающие транспорт зарядов, люминесценцию и высокую механическую гибкость.
4. Впервые для материалов с эффектом усиления фотолюминесценции в агрегированном состоянии показано, что термическое воздействие и фазовый переход не приводят к существенному снижению эффективности фотолюминесценции кристаллических образцов.
5. Впервые проведено исследование производных 2-((9Н-флуорен-9-илиден)метил)пиридина, как перспективного структурного блока для органической оптоэлектроники.
6. Для образцов 2-((9Н-флуорен-9-илиден)метил)-5-([2,2'-битиофен]-5-ил)пиридина продемонстрирован редкий эффект обратимого механофлуорохромизма.
7. Впервые получена и систематически исследована серия материалов на основе фуран-фениленовых соолигомеров, в том числе фуран-фенилены с высокой растворимостью и возможностью получения полупроводниковых материалов из раствора. Показан высокий квантовый выход фотолюминесценции и эффективный транспорт зарядов в кристаллах фуран-фениленов, полученных из раствора.
8. Впервые систематически исследовано влияние количества ароматических фрагментов соолигомеров на полупроводниковые свойства.
9. Впервые продемонстрирована эффективность избирательного введения фторных заместителей в фенильные фрагменты для оптимизации структуры и свойств соолигомеров.
10. Впервые для фуран-содержащих полупроводников достигнут эффективный электронный и амбиполярный транспорт зарядов с электролюминесценцией органических полевых транзисторов.

11. Впервые предложен подход кристаллизации органических сопряженных линейных молекул на наклонных подложках для контролирования размера и ориентации кристаллических полупроводниковых доменов.

12. Впервые апробирован метод кристаллизации в присутствии добавок для светоизлучающих и полупроводниковых материалов, востребованных для органической фотоники и электроники. Показана применимость данного подхода для получения метастабильных полиморфных форм.

Практическая значимость работы. С прикладной точки зрения серия материалов, полученных в ходе диссертационного исследования Казанцевым М.С. с сотрудниками, может быть востребована для изготовления устройств органической оптоэлектроники, в частности, органических полевых и светоизлучающих транзисторов, лазеров, сенсоров, сцинтилляторов. Разработанные подходы для кристаллизации, допирования и варьирования структуры и свойств материалов могут быть использованы в области химического материаловедения, фотоники и инженерии новых оптоэлектронных систем. Некоторые из представленных подходов также можно применять и к другим классам органических сопряженных молекул для оптимизации их кристаллической структуры и функциональных характеристик.

Методология и методы исследования. В представленной работе использовали мультидисциплинарный подход, основанный на применении широкого набора физико-химических методов. Для исследования физико-химических свойств соединений использовали оптические, электрохимические и термические методы анализа. Фотолюминесценцию полученных материалов исследовали с помощью метода интегрирующей сферы и времязазрешенной спектроскопии. Для получения кристаллов использовали методы роста как из раствора, так и из пара. Отметим, что ряд подходов был разработан и освоен исследователями непосредственно в ходе работы, в частности кристаллизация на наклонных подложках и кристаллизация в присутствии структурно-родственных добавок. Исследование кристаллов проводили методами оптической микроскопии, монокристалльной и порошковой рентгеновской дифракции. Для интерпретации экспериментальных данных в ряде случаев использовали методы квантовохимических расчетов. Для исследования транспорта зарядов в полученных материалах были изготовлены и изучены органические полевые транзисторы с различной архитектурой.

Положения, выносимые на защиту:

1. Дырочная подвижность монокристаллов фуран- и тιοфен-фениленов в полевых транзисторах с верхним затвором находится в диапазоне $\sim 0.05\text{--}0.3\text{ см}^2\cdot\text{В}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$ и принципиально не зависит от количества сопряженных фрагментов и метода роста кристаллов.

2. Многократное механическое изгибание светоизлучающих полупроводниковых кристаллов 1,4-бис(5'-гексил-[2,2'-бифиофен]-5-ил)бензола приводит к снижению подвижности зарядов, при этом эффективность фотолюминесценции сохраняется.

3. Производные ((9Н-флуорен-9-илиден)метил)фенила, обладающие конформационной подвижностью, проявляют эффект усиления фотолуминесценции в агрегированном состоянии, механо- и термофлуорохромизм за счет конформационных перестроек в кристаллах.

4. Избирательное введение заместителей позволяет варьировать структуру, тип агрегации, фотоокислительную стабильность, фотолуминесцентные и полупроводниковые свойства фуран-фениленовых соолигомеров.

5. Фуран-фениленовые соолигомеры способны проявлять дырочный, электронный и амбиполярный транспорт зарядов, что делает их перспективными светоизлучающими полупроводниками.

6. Кристаллизация полупроводниковых пленок на наклонных подложках позволяет оптимизировать ориентацию и латеральные размеры доменов.

7. Предложенные критерии структурной совместимости матрицы и допанта позволяют проводить их отбор для получения допированных кристаллов.

8. Кристаллизация органических сопряженных малых молекул в присутствии добавок позволяет контролировать полиморфизм и оптоэлектронные свойства кристаллов.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность полученных в работе результатов следует из i) согласованности данных, полученных различными теоретическими и экспериментальными методами; ii) отсутствия противоречий с известными литературными данными; iii) апробации результатов работы на международных и всероссийских конференциях, в том числе в виде устных и приглашенных докладов; iv) экспертной оценки результатов работы редакционными коллегиями высокорейтинговых престижных зарубежных изданий.

Полученные в работе результаты могут быть использованы в научно-исследовательской практике НИОХ СО РАН, а также в лабораториях следующих научных организаций: Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН (ИСПМ РАН), Институт химической кинетики и горения СО РАН им. В.В. Воеводского Сибирского отделения РАН (ИХКГ СО РАН), Институт неорганической химии им. А.В. Николаева (ИНХ СО РАН) Сибирского отделения РАН, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ), Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ), Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения РАН.

Полнота опубликования результатов. По теме диссертации опубликованы 20 статей в высокорейтинговых зарубежных рецензируемых журналах, входящих в базы научного цитирования Web of Science и Scopus. Полученные результаты широко представлены на международных и отечественных профильных конференциях.

Список публикаций автора по теме диссертации

1. Sonina A. A., Cheshkina D. S., Kazantsev M. S. Additive-Assisted Crystallization of 9,10-Diphenylanthracene // **Crystals**. – 2023. – Т. 13, № 6. – С. 861. (Q2).

2. Sonina A. A., Kuimov A. D., Shumilov N. A., Koskin I. P., Kardash T. Y., Kazantsev M. S. Additive-Assisted Perylene Polymorphism Controlled *via* Secondary Bonding Interactions // **Crystal Growth & Design**. – 2023. – T. 23, № 4. – C. 2710-2720. (Q2).
3. Trukhanov V. A., Kuevda A. V., Dominskiy D. I., Mannanov A. L., Rybalova T. V., Tafenko V. A., Sosorev A. Y., Konstantinov V. G., Kazantsev M. S., Borshchev O. V., Ponomarenko S. A., Pshenichnikov M. S., Paraschuk D. Y. Strongly polarized surface electroluminescence from an organic light-emitting transistor // **Materials Chemistry Frontiers**. – 2023. – T. 7, № 2. – C. 238-248. (Q1).
4. Kuimov A. D., Becker C. S., Sonina A. A., Kazantsev M. S. Host–guest molecular doping guide for emissive organic semiconductor crystals // **New Journal of Chemistry**. – 2022. – T. 46, № 44. – C. 21257-21267. (Q2).
5. Kuimov A. D., Becker C. S., Shumilov N. A., Koskin I. P., Sonina A. A., Komarov V. Y., Shundrina I. K., Kazantsev M. S. Synthetic approach for the control of self-doping in luminescent organic semiconductors // **Materials Chemistry Frontiers**. – 2022. – T. 6, № 16. – C. 2244-2255. (Q1).
6. Koskin I. P., Becker C. S., Sonina A. A., Trukhanov V. A., Shumilov N. A., Kuimov A. D., Zhuravleva Y. S., Kiseleva Y. O., Shundrina I. K., Sherin P. S., Paraschuk D. Y., Kazantsev M. S. Selectively Fluorinated Furan-Phenylene Co-Oligomers Pave the Way to Bright Ambipolar Light-Emitting Electronic Devices // **Advanced Functional Materials**. – 2021. – T. 31, № 48. – C. 2104638. (Q1)
7. Sonina A. A., Becker C. S., Kuimov A. D., Shundrina I. K., Komarov V. Y., Kazantsev M. S. Alkyl-substituted bis(4-((9H-fluoren-9-ylidene)methyl)phenyl)thiophenes: weakening of intermolecular interactions and additive-assisted crystallization // **CrystEngComm**. – 2021. – T. 23, № 14. – C. 2654-2664. (Q2).
8. Sosorev A. Y., Trukhanov V. A., Maslennikov D. R., Borshchev O. V., Polyakov R. A., Skorotetcky M. S., Surin N. M., Kazantsev M. S., Dominskiy D. I., Tafenko V. A., Ponomarenko S. A., Paraschuk D. Y. Fluorinated Thiophene-Phenylene Co-Oligomers for Optoelectronic Devices // **ACS Applied Materials & Interfaces**. – 2020. – T. 12, № 8. – C. 9507-9519. (Q1).
9. Kuimov A. D., Becker C. S., Koskin I. P., Zhaguparov D. E., Sonina A. A., Shundrina I. K., Sherin P. S., Kazantsev M. S. 2-((9H-fluoren-9-ylidene)methyl)pyridine as a new functional block for aggregation induced emissive and stimuli-responsive materials // **Dyes and Pigments**. – 2020. – T. 181. – C. 108595. (Q1).
10. Kazantsev M. S., Sonina A. A., Koskin I. P., Sherin P. S., Rybalova T. V., Benassi E., Mostovich E. A. Stimuli responsive aggregation-induced emission of bis(4-((9H-fluoren-9-ylidene)methyl)phenyl)thiophene single crystals // **Materials Chemistry Frontiers**. – 2019. – T. 3. – C. 1545-1554. (Q1).
11. Mannanov A. A., Kazantsev M. S., Kuimov A. D., Konstantinov V. G., Dominskiy D. I., Trukhanov V. A., Anisimov D. S., Gultikov N. V., Bruevich V. V., Koskin I. P., Sonina A. A., Rybalova T. V., Shundrina I. K., Mostovich E. A., Paraschuk D. Y., Pshenichnikov M. S. Long-range exciton transport in brightly fluorescent furan/phenylene co-oligomer crystals // **Journal of Materials Chemistry C**. – 2019. – T. 7, № 1. – C. 60-68. (Q1).

12. Sosorev A. Y., Nuraliev M. K., Feldman E. V., Maslennikov D. R., Borshchev O. V., Skorotetcky M. S., Surin N. M., Kazantsev M. S., Ponomarenko S. A., Paraschuk D. Y. Impact of terminal substituents on the electronic, vibrational and optical properties of thiophene-phenylene co-oligomers // **Physical Chemistry Chemical Physics**. – 2019. – T. 21, № 22. – C. 11578-11588. (Q2).
13. Sonina A. A., Koskin I. P., Sherin P. S., Rybalova T. V., Shundrina I. K., Mostovich E. A., Kazantsev M. S. Crystal packing control of a trifluoromethyl-substituted furan/phenylene co-oligomer // **Acta Crystallographica Section B**. – 2018. – T. B74. – C. 450-457. (Q2).
14. Kazantsev M. S., Beloborodova A. A., Kuimov A. D., Koskin I. P., Frantsev E. S., Rybalova T. V., Shundrina I. K., Becker C. S., Mostovich E. A. Synthesis, luminescence and charge transport properties of furan/phenylene co-oligomers: The study of conjugation length effect // **Organic Electronics**. – 2018. – T. 56. – C. 208-215. (Q1).
15. Koskin I. P., Mostovich E. A., Benassi E., Kazantsev M. S. A quantitative topological descriptor for linear co-oligomer fusion // **Chemical Communications**. – 2018. – T. 54, № 52. – C. 7235-7238. (Q1).
16. Koskin I. P., Mostovich E. A., Benassi E., Kazantsev M. S. Way to Highly Emissive Materials: Increase of Rigidity by Introduction of a Furan Moiety in Co-Oligomers // **The Journal of Physical Chemistry C**. – 2017. – T. 121, № 42. – C. 23359–23369. (Q2).
17. Kazantsev M. S., Konstantinov V. G., Dominskiy D. I., Bruevich V. V., Postnikov V. A., Luponosov Y. N., Tafeenko V. A., Surin N. M., Ponomarenko S. A., Paraschuk D. Y. Highly bendable luminescent semiconducting organic single crystal // **Synthetic Metals**. – 2017. – T. 232. – C. 60-65. (Q1).
18. Kazantsev M. S., Beloborodova A. A., Frantseva E. S., Rybalova T. V., Konstantinov V. G., Shundrina I. K., Paraschuk D. Y., Mostovich E. A. Methyl substituent effect on structure, luminescence and semiconducting properties of furan/phenylene co-oligomer single crystals // **CrystEngComm**. – 2017. – T. 19. – C. 1809-1815. (Q2).
19. Kudryashova L. G., Kazantsev M. S., Postnikov V. A., Bruevich V. V., Luponosov Y. N., Surin N. M., Borshchev O. V., Ponomarenko S. A., Pshenichnikov M. S., Paraschuk D. Y. Highly Luminescent Solution-Grown Thiophene-Phenylene Co-Oligomer Single Crystals // **ACS Applied Materials & Interfaces**. – 2016. – T. 8. – C. 10088–10092. (Q1).
20. Kazantsev M. S., Frantseva E. S., Kudryashova L. G., Konstantinov V. G., Mannanov A. A., Rybalova T. V., Karpova E. V., Shundrina I. K., Kamaev G. N., Pshenichnikov M. S., Mostovich E. A., Paraschuk D. Y. Highly-Emissive Solution-Grown Furan/Phenylene Co-Oligomer Single Crystals // **RSC Advances**. – 2016. – T. 6. – C. 92325-92329. (Q1).

Апробация результатов. Результаты настоящей диссертационной работы представлялись автором на международных и всероссийских конференциях в области органической электроники, химии и материаловедения. Автором лично представлено 12 докладов на международных конференциях, в том числе 7 приглашенных докладов.

Личный вклад автора. Выбор направления исследований, постановка цели и задач, интерпретация и обобщение полученных данных, формулировка выводов принадлежат автору диссертации. Казанцев М.С. принимал ключевое участие в подготовке и

проведении экспериментов, написании и отправке в печать научных публикаций. Обсуждение полученных результатов и многочисленные дискуссии проводились совместно с научным консультантом – д.ф.-м.н. Паращуком Д.Ю. и коллегами. Синтез тιοфен-фениленовых соолигомеров выполнен Борщевым О.В. и Лупоносовым Ю.Н. (ИСПМ РАН), синтез фуран-фениленов, производных флуоренилидена и 1,2-бис(5-(4-октилфенил)тιοфен-2-ил)этена выполнен к.х.н. Мостовичем Е.А., Францевой Е.С., к.х.н. Мельниковой-Беккер К.С., Киселевой Ю.О. (НИОХ СО РАН). Исследования электрохимических свойств проведены лично автором. Кристаллизация соединений выполнена автором, а также под руководством автора – сотрудниками Лаборатории органической электроники НИОХ СО РАН Куимовым А.Д., Сониной А.А., Шумиловым Н.А. (НИОХ СО РАН). Измерения методами термогравиметрии и дифференциальной сканирующей калориметрии проведены к.х.н. Шундриной И.К. (НИОХ СО РАН). Измерения методом стационарной оптической спектроскопии выполнены Куимовым А.Д. под руководством автора и частично – лично автором. Измерения фотолуминесценции 1,4-бис(5'-гексил-[2,2'-битиофен]-5-ил)бензола выполнены Константиновым В.Г. (МГУ). Измерения методом времязрешенной флуоресцентной спектроскопии выполнены Шериным П.С. (МТЦ СО РАН), Маннановым А.А. и Пшеничниковым М.С. (Университет Гронингена, Нидерланды). Рентгеноструктурные исследования проведены Рыбаловой Т.В., Сониной А.А. (НИОХ СО РАН), Тафеенко В.А. (МГУ). Количественный фазовый анализ выполнен Кардаш Т.Ю. (ИК СО РАН). Квантовохимические расчеты выполнены Коскиным И.П. (НИОХ СО РАН). Изготовление и исследование органических полевых транзисторов выполнены лично автором работы, а также частично Шумиловым Н.А. под руководством автора.

Научные исследования, результаты которых включены в диссертацию, выполнены соискателем во время работы в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Новосибирском институте органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук в соответствии с планами научно-исследовательских работ учреждения в рамках соответствующих программ и проектов:

государственного задания НИОХ СО РАН по темам научно-исследовательских работ “Фундаментальные основы создания органических материалов для оптоэлектроники (новая лаборатория)” на период 2019-2021 гг., 2022-2024 гг. в рамках реализации мероприятий национального проекта «Наука», «Наука и Университеты».

грантов РНФ № 20-73-10090 “Со-кристаллизация как эффективный инструмент контроля оптоэлектронных свойств органических светоизлучающих полупроводников”, руководитель – к.х.н. М.С. Казанцев, 2020-2023 гг., № 18-73-00081 “Высокоэффективные органические светоизлучающие материалы с программируемыми свойствами”, руководитель – к.х.н. М.С. Казанцев, 2018-2020 гг., гранта РФФИ № 16-33-60011 “Фенилен/фурановые олигомеры для органической электроники”, руководитель – к.х.н. М.С. Казанцев, 2016-2018 гг.

Соответствие формуле специальности. Диссертационная работа соответствует пункту 1 «Экспериментально-теоретическое определение энергетических и структурно-динамических параметров строения молекул и молекулярных соединений, а также их спектральных характеристик» и пункту 12 «Физико-химические основы процессов

химической технологии и синтеза новых материалов» паспорта специальности 1.4.4 – физическая химия.

Выполненная диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, содержит ряд полезных результатов, как в фундаментальном, так и в практическом плане. В ходе проделанной работы систематически изучены структура, физико-химические, оптические и полупроводниковые свойства серии кристаллов новых сопряженных малых молекул, включающей тиофен- и фуран-фениленовые соолигомеры, производные ((9Н-флуорен-9-илиден)метил)фенила, а также сокристаллов аренов: установлены связи структуры и свойств, разработаны подходы для дизайна, кристаллизации и настройки оптоэлектронных характеристик материалов. По своей новизне, актуальности полученных результатов, научно-методическому уровню и практической значимости диссертация Казанцева М.С. отвечает всем требованиям ВАК (пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора химических наук.

Диссертация «Структура, физико-химические и полупроводниковые свойства кристаллов сопряженных гетероарилена-содержащих соолигомеров и сокристаллов аренов для органической оптоэлектроники» Казанцева Максима Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.4 – физическая химия.

Заключение принято на заседании Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук 30 ноября 2023 года. Присутствовали: 20 членов Ученого совета из 26 (Ученый совет НИОХ СО РАН избран Общим собранием научных работников 30.03.2021 в составе 26 человек).

Результаты открытого голосования Ученого совета НИОХ СО РАН:

«за» – 20 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

Председатель Ученого совета
Директор, д.ф.-м.н., проф.



Е.Г. Багрянская

Ученый секретарь, к.х.н.



Р.А. Бредихин