

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА
Заседания диссертационного совета 24.1.116.01 (Д 002.085.01)
На базе ФГБУН Института синтетических полимерных материалов
им. Н. С. Ениколопова
Российской академии наук

от 10 октября 2025 года № 13

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ – д.х.н., член-корр. РАН, А.Н. Озерин
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ – д.х.н. О.В. Борщев

ПОВЕСТКА ДНЯ

- I** Прием к защите диссертации диссертации И.А. Чуйко на тему: «Синтез донорно-акцепторных полимеров на основе трифениламина методом окислительной полимеризации», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения, химические науки.
- II** Прием к предварительной экспертизе диссертации А.Г. Хмельницкой на тему: «Синтез поли(диметил)(метилвинил)силоксанов в активной среде, их модификация тиолами и композиции на их основе», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения, химические науки.
- III** Прием к предварительной экспертизе диссертации Е.А. Заборина на тему: «Синтез и исследование свойств новых полимеров, содержащих аннелированные фрагменты в составе основной цепи или боковых заместителей», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения, химические науки.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

На основании явочного листа на заседании присутствует 12 членов диссовета из 18, из них очно 8, более 50% от общего числа присутствующих. Необходимый кворум есть.

ФИО	Уч. степень, шифр специальности	Форма участия
Озерин А.Н.	д.х.н., чл-корр. РАН 02.00.06	очно
Борщев О.В.	д.х.н. 1.4.7	очно
Акопова Т.А.	д.х.н. 02.00.06	очно
Агина Е.В.	д.х.н. 02.00.06	очно
Евтушенко Ю.М.	д.х.н. 02.00.06	дистанционно
Зезин А.А.	д.х.н. 02.00.06	очно
Зеленецкий А.Н.	д.х.н. 02.00.06	дистанционно
Кузнецов А.А.	д.х.н. 02.00.06	очно
Музафаров А.М.	д.х.н., академик РАН 02.00.06	очно
Пономаренко С.А.	д.х.н., чл.-корр. РАН 02.00.06	очно
Серенко О.А.	д.х.н. 02.00.06	дистанционно
Сергеев В.Г.	д.х.н. 02.00.06	дистанционно

Необходимый кворум есть.

Экспертная комиссия в составе д.х.н., профессора Кузнецова Александра Алексеевича, д.х.н., чл.-корр. РАН Чвалуна Сергея Николаевича, д.х.н. Борщева Олега Валентиновича, утвержденная решением Диссертационного совета 24.1.116.01 (Д 002.085.01) № 12 от 26 сентября 2025 г., ознакомилась с диссертацией Чуйко Ирины Александровны на тему «Синтез донорно-акцепторных полимеров на основе трифениламина методом окислительной полимеризации».

По результатам рассмотрения диссертации «Синтез донорно-акцепторных полимеров на основе трифениламина методом окислительной полимеризации» принято заключение:

Диссертационная работа Чуйко Ирины Александровны посвящена синтезу донорно-акцепторных полимеров на основе трифениламина методом окислительной полимеризации, исследованию строения и свойств полученных полимеров и оценке возможности применения полученных материалов в качестве функциональных материалов в устройствах гибридной электроники. Главным результатом работы являются синтезированные автором новые мономеры на основе трифениламина, окислительной полимеризацией с FeCl_3 которых были получены серии модельных и донорно-акцепторных (Д-А) гомополимеров различного химического строения – перспективные дырочно-транспортные и интерфейсные материалы для устройств органической и гибридной электроники. Методом проведения полимераналогичной реакции был получен сополимер на основе ТФА, содержащий в своем составе «якорный» фрагмент цианокарбоновой кислоты, способный взаимодействовать с контактирующими слоями оксидов металлов. Выявлены закономерности в изменении характеристик синтезированных полимеров в зависимости от типа электронакцепторной (ЭА) группы, наличия π -спейсера, обеспечивающего сопряжение, и заместителя при ЭА группе, получены знания для прогнозирования и настройки свойств подобных материалов. Проведена оценка возможности применения отдельных Д-А полимеров в качестве дырочно-транспортного слоя в перовскитных солнечных батареях. Автором установлено, что использование некоторых синтезированных в работе полимеров способствует улучшению ключевых выходных параметров устройств и повышению долговременности их работы по сравнению с референсными образцами. Синтезированы также полимеры на основе ТФА со фторсодержащими фрагментами. Показано, что смеси этих полимеров с коммерчески доступным поли(триариламин)ом (РТА) при использовании в качестве дырочно-транспортного слоя обеспечивает достижение высоких значений КПД и стабильности перовскитных солнечных батарей с n-i-p архитектурой. Впервые предложено использовать смесь, состоящую из Д-А полимера и низкомолекулярного соединения-производного ТФА с «якорной» группой, для успешного получения методом слот-матричной печати бездефектных функциональных слоев перовскитных солнечных модулей, имеющих p-i-n архитектуру. Также автором продемонстрирована возможность использования синтезированного фторсодержащего полимера (образца P16) с высоким потенциалом окисления в качестве катодного материала литий-ионных аккумуляторных батарей высокого напряжения.

Актуальность работы

Разработка органических полупроводниковых материалов является неотъемлемой составляющей направления, связанного с органической и гибридной оптоэлектроникой. Трифениламин-содержащие соединения признаны перспективными в качестве функциональных слоев для создания нового поколения оптоэлектронных устройств: перовскитных солнечных батарей (ПСБ), органических светодиодов, металл-ионных аккумуляторных батарей, электрохромных устройств. Полимерные ТФА-содержащие материалы имеют аморфную структуру, обладают хорошей растворимостью и пленкообразующей способностью, что позволяет наносить пленки полупроводниковых соединений современными растворными методами. Также высокая термическая и термоокислительная стабильность полимерных материалов позволяет использовать их в экстремальных условиях, а кроме того, изготавливать и проводить постобработку устройств с использованием высокотемпературных методов, исключая деградацию полупроводникового материала и самого устройства. Трифениламин можно относительно легко модифицировать химически, что открывает широкие возможности по созданию соединений различного строения с комплексом физико-химических свойств для различных применений. Так, одним из перспективных направлений развития молекулярного дизайна органических полупроводников является создание соединений донорно-акцепторного (Д-А) строения, поскольку использование различных сочетаний электронодонорных (ЭД) и электроноакцепторных групп позволяет тонко настраивать оптоэлектронные свойства получаемых материалов.

Цель диссертационной работы Чуйко И.А. заключается в синтезе новых сопряженных гомополимеров на основе трифениламина с электроноакцепторными группами методом окислительной полимеризации, установлении взаимосвязи между их химическим строением и физико-химическими свойствами, а также в оценке перспективности использования полученных соединений в гибридной электронике.

Научная новизна полученных результатов. Разработана схема синтеза, с использованием которой были получены новые мономеры и модельные Д-А полимеры на основе ТФА различного строения, отличающиеся типом боковых электроноакцепторных групп, заместителей при них и наличием сопряженного π -спейсера. Установлены особенности влияния химической структуры полученных полимеров на их физико-химические свойства. Продемонстрировано успешное использование некоторых полимеров в качестве новых дырочно-транспортных слоев (ДТС) в перовскитных солнечных батареях разной архитектуры и в качестве нового катодного материала в литий-ионных аккумуляторных батареях. Впервые продемонстрирован способ изготовления перовскитных солнечных модулей р-і-п архитектуры методом слот-матричной печати на интерфейсных слоях, состоящих из смеси низкомолекулярного соединения с якорной группой и Д-А полимера близкого химического строения. Показано, что использование оригинального подхода к созданию дырочно-транспортных материалов (ДТМ) на основе смеси двух полимерных материалов, а именно, Д-А полимеров с фторсодержащими электроноакцепторными группами на основе ТФА, полученных в рамках данной работы, и коммерческого полимера РТА позволяет повышать КПД и долговременность работы

устройств *n-i-p* архитектуры по сравнению с выходными параметрами устройства сравнения.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в возможности применения выявленных закономерностей «структура – свойство» для настройки спектральных, оптических и электрохимических свойств и фазового поведения полимеров на основе трифениламина путём введения различных электроноакцепторных атомов и групп, сопряженного π -спейсера и фрагментов, повышающих растворимость в органических растворителях. Установлено, что тип электроноакцепторной группы эффективно влияет на энергию уровней НСМО и ВЗМО, ширину запрещённой зоны и спектр поглощения полученных полимеров, а также на их температуры стеклования и начала термической и термоокислительной деструкции. Введение алкильных и фенильных заместителей при электроноакцепторной группе оказывает влияние на термическую стабильность и фазовое поведение полимеров, а наличие сопряженного π -спейсера оказывает комплексное воздействие на данные параметры. Полученные полимеры обладают комбинацией ценных для практического применения свойств, таких как подходящие энергии уровней ВЗМО для транспорта дырок и приемлемые для аморфных материалов значения дырочной подвижности, эффективное поглощение света в УФ и видимой области спектра, высокие значения растворимости и температуры деструкции и стеклования.

Продемонстрировано успешное использование отдельных полимеров в качестве ДТС/интерфейсных слоев перовскитных солнечных батарей. Синтезированные в работе новые полимеры обеспечивают достижение высоких значений КПД и высокой стабильности таких устройств, что открывает новые возможности для дальнейшего развития перовскитной солнечной энергетики. В частности, в работе был предложен оригинальный способ оптимизации свойств ДТС смещением Д–А полимера с соединениями схожего химического строения, имеющими якорную группу, обеспечивающий формирование бездефектных пленок и уменьшению дефектов на ней при слот-матричной печати перовскитных модулей, что способствует увеличению КПД перовскитных солнечных модулей с 13.98% до 15.83% и более чем трехкратному увеличению, по сравнению с аналогами, длительности работы при повышенной температуре (65 °С) (вплоть до 1630 часов (LT_{80})). Использование в качестве дырочно-транспортного материала смеси двух полимерных материалов, а именно Д–А полимеров со фторсодержащими ЭА группами, полученных в работе, и коммерческого РТА, позволяет повышать КПД устройств с *n-i-p* архитектурой с 18.4% до 19.9% и долговременность работы (LT_{40}) при повышенной температуре (50 °С) с 50 до 300 часов. Возможность успешного использования подобных полимеров в металл-ионных аккумуляторных батареях в качестве катодного материала продемонстрирована на одном из полимеров с высоким потенциалом окисления. Полученные результаты показывают перспективность использования подобных полимеров для создания литий ионных аккумуляторных батарей с повышенным рабочим напряжением.

Комиссия отмечает, что диссертация Чуйко И.А. соответствует пунктам 2 и 9 паспорта научной специальности 1.4.7 – «Высокомолекулярные соединения» и отрасли науки – химические. Результаты работы были опубликованы в виде 5 статей в

рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК. Материалы работы также были представлены в виде 17 докладов (устных и стендовых) на всероссийских и международных конференциях.

В публикациях и докладах диссертанта подробно изложены основные положения и содержание проведенных теоретических и экспериментальных исследований. Это полностью соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013г. (в актуальной редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Заключение

В представленном виде диссертация Чуйко И.А. соответствует требованиям ВАК и может быть принята к защите Диссертационным советом 24.1.116.01 (Д 002.085.01) на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Института синтетических полимерных материалов им. Н. С. Ениколопова» Российской академии наук (ИСПМ РАН).

Постановили:

1. Принять к защите диссертационную работу Чуйко И.А. на тему «Синтез донорно-акцепторных полимеров на основе трифениламина методом окислительной полимеризации», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 – высокомолекулярные соединения.
2. Утвердить в качестве официальных оппонентов:

Межуева Ярослава Олеговича, доктора химических наук, доцента, заведующего кафедрой биоматериалов Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, г. Москва;

Князеву Екатерину Александровну, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника Лаборатории полисераазотистых гетероциклов №31 Института органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН (ИОХ РАН), г. Москва.

3. Утвердить в качестве ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук (ИНЭОС РАН) г. Москва.

4. Назначить срок защиты – 11 декабря 2025 года.

5. Утвердить список рассылки автореферата.

6. Разрешить печать автореферата в количестве 120 экземпляров.

Открытым голосованием решение диссертационного совета принимается единогласно.

Председатель диссертационного
совета 24.1.116.01 (Д 002.085.01),
д.х.н., член-корр. РАН

Ученый секретарь, д.х.н.

