

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Института химии высокочистых веществ

имени Г. Г. Девярых
Российской академии наук



Буланов А. Д. Буланов А. Д.

«20» 07 2019 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии высокочистых веществ имени Г. Г. Девярых Российской академии наук на диссертационную работу Сайфутярова Расима Рамилевича «Высокочистые координационные соединения металлов с органическими лигандами для люминесцентных структур», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.27.06 Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники.

1. Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Сайфутярова Расима Рамилевича посвящена актуальной проблеме – исследованию глубокой очистки низкомолекулярных органических металлокомплексов, являющихся полупроводниковыми материалами, а также получению новых гибридных органо-неорганических материалов.

Органические полупроводники получили широкое применение в устройствах отображения информации и находят новые области применения. Одной из основных ограничений использования органических полупроводниковых материалов является низкая стабильность, зависящая, в том числе и от чистоты материалов. В литературе проблемы очистки органических люминофоров до полупроводниковой чистоты 4-5N обсуждаются крайне скупо. Данная информация носит технологический характер, и фирмы-производители

не спешат с ней делиться. Поэтому исследования, выполненные диссертантом, несомненно являются актуальными.

2. Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автором продемонстрирована эффективность вакуумной сублимации в зависимости от различных условий проведения процесса очистки металл-органических комплексных соединений. Показано, что при одинаковой химической чистоте материалы, очищенные при различных условиях, имеют различия в электрофизических свойствах.

Получаемая более высокая химическая чистота позволяет точнее контролировать свойства материала, а также повышать эффективность электронных изделий, изготовленных на основе органических полупроводниковых материалов.

Автором впервые получено и всестороннее исследовано новое металлокомплексное соединение: (2-(4-метилпиразол-1-ил)фенил) Pt (дибензоилметан), новые двухкомпонентные тонкопленочные гибридные материалы на основе трис(8-оксихинолята)алюминия с различными неорганическими материалами (B_2O_3 , PbF_2 и PbO).

3. Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов

В ходе данной работы диссертантом спроектирована и сконструирована установка для вакуумной сублимационной очистки органических полупроводниковых материалов.

В ходе работы была разработана методика повышения химической чистоты органических низкомолекулярных металлокомплексных соединений вплоть до 99,9998 мас.%. Данный уровень химической чистоты соответствует стандартам полупроводниковых неорганических материалов.

4. Общая характеристика работы

Диссертация Сайфутярова Расима Рамилевича состоит из введения, 6 оригинальных глав и итогов работы. Содержание работы изложено на 125 страницах, включая 70 рисунков, 13 таблицу и библиографию, содержащую 139 наименований.

Во введении автором ставится цель диссертационной работы. Далее автор приводит список задач, которые необходимо было решить для достижения

поставленной цели. Приведена научная новизна и практическая значимость диссертационной работы. Обоснована надежность и достоверность результатов. Приведено соответствие содержания диссертации паспорту специальности.

Первая глава является литературным обзором, в котором рассмотрены общие свойства органических люминофоров и тонкопленочных светоизлучающих диодных структур на их основе. Проведен обзор методов очистки органических полупроводниковых материалов. Представлен обзор комплексных соединений платины, как одних из наиболее перспективных низкомолекулярных органических люминофоров.

Изложены основные сведения о гибридных материалах. Рассмотрены различные методы их формирования и применения.

Во второй главе рассматриваются реактивы и материалы, использованные в диссертационной работе. Описаны стандартные аналитические методики используемые в диссертационной работе (МС-ИСП и СЭМ). Указаны методики изготовления и измерения электрофизических и спектральных характеристик изготовленных тонкопленочных светоизлучающих структур, включавших: методику подготовки подложек; методику вакуумного термического напыления органических полупроводниковых материалов; методику измерения вольт-амперных характеристик светодиодных структур; методику измерения спектров электролюминесценции тестовых светодиодных структур; методику измерения интенсивности электролюминесценции и определения координат цветности тестовых светоизлучающих структур.

Третья глава посвящена вакуумной сублимационной очистке комплексных соединений 8-гидроксихинолина и его 2-метил замещенному соединения с различными металлами. Автор проводит сравнительный анализ эффективности сублимационной очистки от различных параметров.

Четвертая глава посвящена синтезу, очистке и исследованию комплексов платины (II). Для комплексов Pt(II) с лигандами 8-оксихинолином и 2-метил-8-оксихинолином уточнены физические свойства благодаря получению препаратов высокой чистоты. Асимметричный комплексное соединение (2-(4-метилпиразол-1-ил)фенил) Pt (дибензоилметан) было получено впервые. Для всех соединений измерены спектры поглощения и люминесценции, подтверждены молекулярные структуры ЯМР и рентгеноструктурным анализами. Тестовые тонкопленочные светоизлучающие структуры были

изготовлены из синтезированных и очищенных препаратов, и измерены основные электрофизические и спектральные характеристики изготовленных структур.

В пятой главе описана используемая методика формирования люминесцентных тонкопленочных гибридных структур на основе Alq_3 и неорганических фаз B_2O_3 , PbO , PbF_2 . Описаны результаты исследования свойств гибридных материалов. Исследована возможность модификации тонкопленочных структур проведением обменной химической реакции инициируемой лазерным излучением.

Шестая глава посвящена обсуждению полученных в работе результатов.

5. Основные замечания и вопросы по работе

1. В работе не используются другие методы определения химической чистоты, кроме масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, которая не позволяет определять газообразующие примеси, а также примеси органических соединений.
2. Схема установки сублимационной очистки приведена в сильно упрощенном виде, не позволяющим оценить конструкционные особенности.
3. Не сделана оценка эффективности электролюминесценции светодиодных структур, например, нет измерений внешнего квантового выхода.
4. Для тонкопленочных гибридных структур не проведен рентгеноструктурный анализ, подтверждающий однофазность получаемого материала.

Вышеперечисленные замечания не снижают общей положительной оценки от выполненной работы

6. Заключение о соответствии диссертационной работы требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.13 г. № 842 (далее – Положение), с учетом соответствия формуле специальности 05.27.06 Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники

Диссертационная работа Сайфутярова Расима Рамилевича «Высокочистые координационные соединения металлов с органическими лигандами для люминесцентных структур» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу на актуальную тему. Диссертационная работа

выполнена на высоком научном уровне и в соответствии с п. 9 раздела II Положения и в ней изложены **новые научно-обоснованные технологические решения**, имеющие существенное значение для развития страны, а именно научно-обоснованного метода получения люминесцентных материалов на основе органических металлокомплексов с химической чистотой, соответствующей чистоте неорганических полупроводниковых материалов.

Рекомендовать практическое применение результатов работы Сайфутярова Р. Р. в следующих организациях Российской Федерации:

1. Постановка технологии получения высокочистого комплексного соединения трис(8-оксихинолят) алюминия для технологии OLED на базе АО «Центральный научно-исследовательский институт «ЦИКЛОН».

2. Создание системы вакуумной сублимационной очистки органических полупроводниковых материалов на базе АО «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии».

Диссертационная работа обладает внутренним единством, логично построена, содержит новые научные результаты и положения, ее структура и содержание соответствует заявленным целям исследования. Достоверность полученных результатов и положений подтверждена большим объемом проведенных исследований с использованием взаимодополняющих современных методов, а также применением при обработке и интерпретации полученных данных подходов, принятых в современной мировой научной практике. Основные научные результаты диссертации прошли апробацию и были представлены на российских и международных конференциях, а также опубликованы в отечественных рецензируемых научных изданиях (Оптика и спектроскопия) и в ряде высокорейтинговых зарубежных журналах (Phys. Status Solidi A, Journal of Organometallic Chemistry, Journal of Inorganic Chemistry и др.). Число публикаций автора соответствует критериям п. 13 раздела II Положения. Автореферат и опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации.

Таким образом, стоит заключить, что по своей актуальности, научной новизне и практической значимости, а также личному вкладу автора представленная диссертационная работа «Высокочистые координационные соединения металлов с органическими лигандами для люминесцентных структур» полностью отвечает требованиям раздела II Положения, а по

формуле и области исследования соответствует специальности 05.27.06 Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники.

В соответствии с формулой специальности 05.27.06 Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники, охватывающей проблемы создания новых и совершенствования существующих технологий для изготовления и производства материалов электронной техники: полупроводников, диэлектриков, включающая проблемы и задачи, связанные с разработкой научных основ, физико-технологических и физико-химических принципов создания указанных материалов, научные и технические исследования и разработки в области технологии, моделирования, измерения характеристик указанных материалов и технологических сред, в диссертационной работе:

– разработаны аппаратура и методика получения кристаллических препаратов органических металлокомплексов с химической чистотой до 99,9998 мас.% (область исследования п.5. Физико-химические исследования технологических процессов получения новых и совершенствования существующих материалов электронной техники.);

– исследовано влияние условий проведения процесса вакуумной сублимационной очистки на химическую чистоту конечного органического полупроводникового материала (область исследования п.1. Разработка и исследование физико-технологических и физико-химических принципов создания новых и совершенствования традиционных материалов и приборов электронной техники, включая полупроводники, диэлектрики, металлы, технологические среды и приборы микроэлектроники и функциональной электроники.);

– получены новые тонкопленочные органо-неорганические гибридные материалы с контролируемыми люминесцентными свойствами (область исследования п.1. Разработка и исследование физико-технологических и физико-химических принципов создания новых и совершенствования традиционных материалов и приборов электронной техники, включая полупроводники, диэлектрики, металлы, технологические среды и приборы микроэлектроники и функциональной электроники.

В связи с изложенным, считаем, что диссертационная работа на тему

«Высокоочищенные координационные соединения металлов с органическими лигандами для люминесцентных структур», представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.27.06 Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники полностью соответствует требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» в редакции, утвержденной Постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям. а ее автор **Сайфутяров Расим Рамилевич**, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.27.06 Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники.

Диссертация и автореферат Сайфутярова Р. Р. «Высокоочищенные координационные соединения металлов с органическими лигандами для люминесцентных структур» обсуждены, а отзыв заслушан и утвержден на семинаре по проблеме «Химия высокоочищенных веществ» ФГБУН «Институт химии высокоочищенных веществ им. Г. Г. Девярых Российской академии наук» (протокол №15 от 28.06.19).

**Зав. лабораторией Высокоочищенных
оптических материалов ИХВВ РАН**
д.х.н.



Евгений Михайлович Гавришук

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии высокоочищенных веществ им. Г.Г.Девярых Российской академии наук

Адрес: 603950, Н.Новгород, ГСП-75, ул. Тропинина,49

Тел.: (831) 462-77-50, (831) 462-76-22

Адрес в сети Интернет: <https://www.ihvv.org/>

E-mail: bulanov@ihps.nnov.ru