

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
**«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»
(ТУСУР)**

**Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)**

УТВЕРЖДАЮ

Декан РКФ

_____ Д.В. Озеркин

«__»_____ 2018 г.

Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и
самостоятельной работе по дисциплине «Преддипломный курс»

Для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров
11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, профиль «Технология
электронных средств»

Зав. кафедрой РЭТЭМ

_____ В.И. Туев

«__»_____ 2018 г.

Томск 2018

Туев В.И. Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Преддипломный курс»: Для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, профиль «Технология электронных средств». – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2018. – 56 с.

Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, профиль «Технология электронных средств».

© Туев В.И., 2018

© ТУСУР, 2018

Содержание

1	ГОСТ15.016-2016.....	4
2	ГОСТ 7.32-2001.....	21
3	Технология плоттерной печати.....	33
3.1	Растворы на основе сополифлуоренов для плоттерной печати матриц органических светодиодов (ОСИД).....	34
3.2	Печать транспортного (дырочного) слоя.....	42
3.3	Печать активных (светоизлучающих) слоев.....	45
3.4	Печать изолирующего слоя (диэлектрика).....	46
3.5	Печать проводящего (металлического) слоя.....	49
3.6	Влияние параметров отжига на электрическое сопротивление элементов печатной электроники.....	50
	Список использованных источников к разделу 3.....	53

1 ГОСТ15.016-2016

1.1 Наименование: ГОСТ15.016-2016 Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.

Стандарт устанавливает требования к построению, содержанию, изложению, оформлению, порядку согласования и утверждения технического задания на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области изделий машиностроения и приборостроения.

В стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 2.001—2013 Единая система конструкторской документации. Общие положения.

ГОСТ 2.102—2013 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.

ГОСТ 2.103—2013 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки.

ГОСТ 2.105—95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.116—84 Карта технического уровня и качества продукции.

ГОСТ 2.118—2013 Единая система конструкторской документации. Техническое предложение.

ГОСТ 2.119—2013 Единая система конструкторской документации. Эскизный проект.

ГОСТ 2.120—2013 Единая система конструкторской документации. Технический проект.

ГОСТ 2.301—68 Единая система конструкторской документации. Форматы.

ГОСТ 2.601—2013 Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.

ГОСТ 3.1001—2011 Единая система технологической документации. Общие положения.

ГОСТ 3.1102—2011 Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов. Общие положения.

ГОСТ 14.201—83 Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования.

ГОСТ 15.012—84 Система разработки и постановки продукции на производство.

Патентный формуляр.

ГОСТ 19.201—78 Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.

ГОСТ 27.003—2016 Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности.

ГОСТ 34.602—89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.

ГОСТ 16504—81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. Издание официальное.

ГОСТ 19433—68 Грузы опасные. Классификация и маркировка.

ГОСТ 21964—76 Внешние воздействующие факторы. Номенклатура и характеристики.

ГОСТ 28934-91 Совместимость технических средств электромагнитная. Содержание раздела технического задания в части электромагнитной совместимости.

Техническое задание (ТЗ): Исходный технический документ для проведения работы, устанавливающий требования к создаваемому изделию (его СЧ или КИМП) и технической документации на него, а также требования к объему, срокам проведения работы и форме представления результатов.

ТЗ на ОКР может состоять из разделов, располагаемых в следующем порядке:

- наименование, шифр ОКР, основание, исполнитель и сроки выполнения ОКР;
- цель выполнения ОКР, наименование и обозначение изделия;
- технические требования к изделию;
- технико-экономические требования;
- требования к видам обеспечения;
- требования к сырью, материалам и КИМП;
- требования к консервации, упаковке и маркировке;
- требования к учебно-тренировочным средствам (при необходимости);
- специальные требования;
- требования к документации;
- этапы выполнения ОКР;
- порядок выполнения и приемки этапов ОКР.

ТЗ на ОКР может быть дополнено приложениями.

В тексте ГОСТ ГОСТ15.016-2016 применены следующие сокращения:

ЕСКД — единая система конструкторской документации;
ЕСПД — единая система программной документации;
ЗИП — запасной инструмент и принадлежности;
КД — конструкторские документы (документация);
КИМП — комплектующие изделия межотраслевого применения;
МГС — Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации;
НД — нормативные документы;
НИО — научно-исследовательская организация;
НИР — научно-исследовательская работа;
ОКР — опытно-конструкторская работа;
ОНТД — отчетная научно-техническая документация;
ОС — окружающая среда;
РКД — рабочая конструкторская документация;
СИ — средства измерений;
СЧ — составная часть;
ТД — техническая документация;
ТЗ — техническое задание;
ТП — технический проект;
ТПр — техническое предложение;
ЭД — эксплуатационная документация;
ЭВТ — электронно-вычислительная техника;
ЭП — эскизный проект;
ЭРИ — электрорадиоизделия.

1.2 В разделе **«Наименование, шифр ОКР. основание, исполнитель и сроки выполнения ОКР»** указывают наименование, шифр ОКР и полное наименование документа (документов), на основании которого (которых) должна выполняться ОКР. номер и дату его (их) утверждения, исполнителя и сроки выполнения ОКР.

ОКР и СЧ ОКР присваивают одинаковые шифры, которые сохраняют до окончания ОКР или ее прекращения. Для СЧ ОКР при необходимости устанавливают дополнительные (добавочные) шифры.

1.3 В разделе **«Цепь выполнения ОКР. наименование и обозначение изделия»** указывают цель выполнения ОКР (устанавливают подлежащие достижению обобщенные результаты выполнения ОКР),

полное наименование, обозначение (если имеется), назначение и область

применения создаваемого (модернизируемого) изделия, а при необходимости и место создаваемого изделия в системе.

В том случае, если разрабатывается многоцелевое изделие, указывают его основное назначение и решаемые задачи, а также предполагаемые варианты применения изделия.

При необходимости в разделе приводят информацию о том, что данное изделие создается:

- в качестве базового с модификациями (комплектациями);
- взамен ранее созданных изделий (отражая преимущества разрабатываемых изделий перед аналогом) или указывают на отсутствие аналога.

В разделе также могут быть указаны (при их наличии) научно-технические достижения и изобретения, на основе которых ведется разработка изделия и обеспечивается функционирование его основных СЧ.

1.4 В разделе «Технические требования к изделию» указывают требования, характеристики, нормы, показатели и другие параметры, определяющие назначение, эксплуатационные характеристики, условия эксплуатации и применения изделия. Раздел может состоять из следующих подразделов:

- состав изделия;
- требования назначения;
- требования электромагнитной совместимости (для радиоэлектронных средств);
- требования живучести и стойкости к внешним воздействиям;
- требования надежности;
- требования эргономики, обитаемости и технической эстетики;
- требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта;
- транспортирование;
- требования безопасности;
- требования стандартизации, унификации и каталогизации;
- требования технологичности;
- конструктивные требования.

При необходимости изложения специфических требований допускается вводить и другие подразделы.

Требования в каждом подразделе располагают в зависимости от степени их важности, характера и формулируют так, чтобы исключить возможность их неоднозначного толкования.

Номинальные значения величин, определяющих количественные требования, характеристики (параметры), нормы и показатели изделия и условий его применения, приводят с допустимыми отклонениями. В случае указания наибольших и (или) наименьших допустимых значений величин должны быть указаны пределы допускаемых погрешностей их измерений (оценки).

1.4.1 В подразделе «**Состав изделия**» перечисляют основные СЧ изделия или приводят требования к составу изделия, а также указывают (при необходимости) назначение СЧ.

Для изделий, имеющих несколько модификаций (вариантов поставки или использования), отличающихся по количеству СЧ, должен быть указан состав каждой модификации (комплектации).

Допускается окончательно определять состав изделия при выполнении этапа разработки эскизного (технического) проекта.

1.4.2 В подразделе «**Требования назначения**» устанавливают:

- характеристики (параметры), обеспечивающие выполнение изделием своих функций в заданных условиях применения, в том числе с учетом аварийных ситуаций, а также нормы и количественные показатели, определяющие эффективность изделия (пространственные пределы работы, точность выполнения операций, время готовности к работе и т. д.);

- технические характеристики (параметры) изделия, обеспечивающие выполнение возложенных на него задач (мощность, чувствительность, коэффициент полезного действия, грузоподъемность и

т. д.). если их значения по каким-либо соображениям (например, экологической безопасности) должны быть ограничены или нормированы;

- порядок и способы взаимодействия с сопрягаемыми объектами, параметры воздействий (сигналов), поступающих на сопрягаемые объекты создаваемого изделия или поступающих на создаваемое изделие от сопрягаемых объектов, необходимость обмена информацией и способы обмена ею, а также требования к автономности применения (при необходимости);

- вероятностно-временные и другие характеристики и показатели, определяющие целевое использование создаваемого изделия, или показатели, значения которых по соображениям безопасности должны быть нормированы (время готовности к использованию, время непрерывной или циклической работы и т. д.).

Если значения задаваемых характеристик (параметров) могут быть установлены только с учетом технических условий использования изделия, то при задании требований

эти условия должны быть однозначно или в ограниченных пределах определены.

Если значений показателей, определяющих основные технические характеристики (параметры) изделия в соответствии с его целевым назначением, указываются только в этом подразделе ТЗ, то в других подразделах на эти показатели могут даваться ссылки без повторения их значений.

1.4.3 В подразделе **«Конструктивные требования»** устанавливают совокупность требований к конструкции создаваемого изделия, соблюдение которых обеспечивает соответствие изделия его целевому назначению и заданному уровню качества в процессе создания, производства и эксплуатации, и указывают:

- основные конструктивные требования к изделию и его СЧ (габаритные, установочные и присоединительные размеры; способ крепления; запасы регулировки управления);
- требования конструктивной приспособленности изделия к консервации;
- вид исполнения (контейнерное, блочное, моноблочное и др.);
- требования к конструктивному оформлению изделия, к разработке его в качестве базового и приспособленности конструкции изделия к дальнейшей модернизации;
- требования комплексной миниатюризации радиоэлектронной аппаратуры изделия;
- требования к порядку заимствования ранее разработанных СЧ изделия и использования СЧ и КИМП, включенных в каталог продукции согласно национальному законодательству государств — участников МГС в этой области:
- массу изделия (при необходимости) и ограничения по массе отдельных или изымаемых СЧ изделия;
- требования приспособленности конструкции изделия к контролю технических характеристик в процессе производства и эксплуатации.

Если планируемое к разработке изделие должно иметь несколько модификаций (вариантов поставки или изготовления), то в ТЗ определяют базовую конструкцию и приводят состав каждой модификации (комплектации).

1.4.4 В подразделе **«Требования электромагнитной совместимости»** устанавливают требования, обеспечивающие их электромагнитную совместимость, помехоустойчивость, а также требования, обеспечивающие защиту от электромагнитных излучений естественного и искусственного происхождения. в том числе устойчивость функционирования радиоэлектронных средств в условиях изменения среды распространения таких излучений.

Содержание требований подраздела по электромагнитной совместимости устанавливаются с учетом требований ГОСТ 28934.

1.4.5 В подразделе **«Требования живучести и стойкости к внешним воздействиям»** устанавливаются

требования, обеспечивающие способность изделия выполнять свои функции в условиях влияния ОС, сопрягаемых и других объектов, а также при возможных повреждениях и в аварийных ситуациях.

Номенклатуру, характеристики внешних воздействующих факторов и содержание требований по стойкости устанавливаются с учетом требований ГОСТ 21964. В подразделе в зависимости от вида и назначения изделия устанавливаются требования в части:

- восстановления и поддержания работоспособности изделия после эксплуатационного повреждения;
- воздействия климатических условий (колебаний и предельных значений температуры, влажности воздуха и атмосферного давления, солнечной радиации, атмосферных конденсированных осадков, агрессивных сред, пыли, воды и т. д.);
- стойкости к воздействию механических нагрузок (вибрационных, ударных, скручивающих, ветровых и др.);
- износостойкости (в том числе к абразивному действию песка и пыли, к воздействию снега, обледенения и др.);
- устойчивости к влиянию внешних физических полей (магнитного, электрического);
- устойчивости к моющим средствам, топливу, маслам, биологическим факторам;
- схемного, конструктивного, производственно-технологического и эксплуатационного обеспечения живучести.

1.4.6 В подразделе **«Требования надежности»** в соответствии с порядком и правилами, регламентированными ГОСТ 27.003. устанавливаются:

- номенклатуру и значения показателей надежности;
- критерии отказов [или конкретное выражение (значение) «выходного эффекта» для изделий, требования надежности к которым установлены с использованием показателя «коэффициент сохранения эффективности»] и предельных состояний, применительно к которым устанавливаются показатели надежности:
- количественные значения показателей назначенного ресурса, срока службы, срока хранения (включают при необходимости);
- требования к конструктивным, производственным и эксплуатационным

способам обеспечения надежности в заданных условиях и режимах эксплуатации;

- требования надежности математического и других видов обеспечения, в том числе метрологической надежности СИ (включают при необходимости);
- общие требования к методам оценки (контроля) соответствия изделия заданным требованиям надежности на различных этапах жизненного цикла;
- количество изделий, выделяемых для испытаний на надежность. и указание о том, с какими испытаниями можно совмещать испытания на надежность;
- необходимость разработки методик ускоренных испытаний на надежность и требования к ним.

1.4.7 В подразделе **«Требования эргономики, обитаемости и технической эстетики»** устанавливают :

- эргономические требования к организации и средствам деятельности человека-оператора (к распределению функций, алгоритмам работы операторов, способам решения поставленных задач, пространственно-временной организации выполняемых операций, циклограммам деятельности, усилиям. требуемым для управления и обслуживания, режиму труда и отдыха, средствам отображения информации, организации рабочего места и т. п.), а также порядок и последовательность учета эргономических факторов на всех этапах создания изделия и учебно-тренировочных средств к нему;

- требования к изделию по обитаемости (к условиям жизни и деятельности), содержащие нормы и требования к физическим, химическим, биологическим и социально-психологическим факторам, обеспечивающим сохранение здоровья и работоспособности персонала:

- требования технической эстетики, определяющие композиционную целостность, информационную выразительность, рациональность формы и культуру производственного исполнения создаваемого изделия, в том числе: стилового соответствия формы современному уровню развития техники, согласованности и соразмерности формы и объемно-пространственной структуры изделия, соответствия цветового решения и отделки изделия.

1.4.8 В подразделе **«Требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта»** устанавливают требования:

- к рабочим и предельным условиям эксплуатации, во время и после которых изделие не должно разрушаться, сохраняя свои параметры в пределах установленных норм с заданным уровнем отклонения величин;
- к эксплуатационным режимам;
- к продолжительности непрерывной или циклической работы;

- к эксплуатации изделия в аварийных ситуациях;
- к системе средств эксплуатационного (объективного) контроля;
- к численности, составу и квалификации обслуживающего персонала;
- к информационно-справочной системе по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту изделия;
- к видам (календарное, по ресурсу, по техническому состоянию), периодичности и объему технического обслуживания, контролю технического состояния и ремонта;
- к удобству ремонта изделия в условиях ремонтных предприятий (органов) и в эксплуатационных условиях:
- к удобству сборки и разборки изделия при техническом обслуживании и ремонте;
- к доступности к отдельным СЧ изделия для технического обслуживания и ремонта без демонтажа других СЧ;
- к исключению возможности неправильной сборки и неправильного подключения кабелей, шлангов и пр., а также других ошибок персонала во время эксплуатации, технического обслуживания и ремонта;
- к составу инструментов, СИ и приспособлений для проведения технического обслуживания и ремонта, сборки и разборки изделия;
- к обеспечению и степени автоматизации дистанционного контроля технического состояния изделия (при необходимости);
- к видам и составу комплектов ЗИП, а также к нормам расхода запасных частей;
- к условиям хранения на открытых площадках, под навесами, в хранилищах, в составе законсервированного объекта;
- к периодичности и продолжительности контроля (при необходимости) технического состояния, технического обслуживания вовремя хранения (переконсервация, тренировка);
- к срокам хранения изделия в различных условиях и видах технического состояния;
- к необходимым затратам материалов, средств труда, трудоемкости и времени на проведение технического обслуживания, ремонта и хранения создаваемого изделия.

1.4.9 В подразделе «Транспортирование» устанавливают требования, определяющие приспособленность изделия к перевозке, и указывают;

- класс опасности по ГОСТ 19433 (при необходимости);
- виды транспорта, которыми может осуществляться перевозка;
- необходимое количество транспортных средств для перевозки изделия, возможное количество перевозимых изделий одной единицей транспорта (при необходимости);
- показатели транспортирования изделия каждым видом транспорта (дальность, скорость, продолжительность перевозок, количество погрузок, перегрузок, выгрузок и др.) и массогабаритные характеристики изделия;
- условия перевозки (в том числе ограничения по климатическим условиям), возможность перевозки в готовом к функционированию в составе более сложного изделия состоянии, параметры допустимых механических воздействий (статических, динамических нагрузок, перепады давления при разгерметизации грузовых кабин летательных аппаратов), необходимость защиты изделия от внешних воздействующих факторов при перевозке, а также требования безопасности перевозки (взрыво-, пожаробезопасности перевозки, несрабатывания систем, перемещения рабочих органов изделия в процессе перевозки);
- последовательность, объем работ, продолжительность подготовки изделия к перевозке, людские ресурсы и средства, привлекаемые для подготовки изделия к перевозке, меры безопасности при проведении погрузочно-разгрузочных работ;
- порядок размещения и способы крепления изделия на транспортном средстве и количество необходимых погрузочно-разгрузочных средств, приспособлений и крепежных материалов, допустимость использования в качестве узлов крепления элементов конструкции изделия;
- последовательность, объем работ, людские ресурсы, средства и продолжительность приведения изделия в рабочее состояние после перевозки;
- специальные требования к изделию при перевозке (исключение загрязняющих воздействий на ОС);
- допустимые перегрузки и др. параметры процесса авиаперевозки; необходимость и периодичность обязательных проверок при перевозках).

Конкретные типы транспортных средств, контейнеров, оборудования и приспособлений, необходимых для обеспечения перевозки изделий, уточненные показатели транспортирования и другие параметры данного подраздела определяют на этапе ЭП (ТП) и устанавливают на стадии разработки РКД в «Руководстве по эксплуатации», разрабатываемом в соответствии с ГОСТ 2.601, согласованным с органами надзора (контроля) за безопасностью перевозок и соответствующими заказчиками

(по видам транспортного обеспечения).

1.4.10 В подразделе «**Требования безопасности**» устанавливают требования, характеризующие конструктивно-технические особенности создаваемого изделия, обеспечивающие безопасность персонала, местного населения, сопрягаемых и других близко расположенных объектов, а также ОС на всех стадиях жизненного цикла изделия:

- безопасности персонала и населения от воздействия электрического напряжения, движущихся частей, теплового (светового) воздействия, высокочастотных, радиационных, электромагнитных полей, ядовитых паров и газов, вибраций, акустических шумов и др., а также специальные технические и медико-технические требования безопасности персонала;

- взрывобезопасности и пожаростойкости изделия, его СЧ, их покрытий и материалов, в том числе применяемых при эксплуатации и ремонте изделия;

- к входящим в состав изделия средствам защиты персонала;

- к средствам блокировки и сигнализации;

- защиты изделия от самосрабатывания и повреждений при воздействии статического электричества и перегрузок (в заданных условиях);

- критерии опасного состояния изделия;

- безопасного удаления персонала при эксплуатации изделия (указывают при необходимости).

В подразделе устанавливают требования по экологической безопасности и утилизации, уничтожению и (или) захоронению изделия, отходов от него и удалению опасных отходов, указывая:

- источники загрязнения ОС в составе изделия при его функционировании (хранении);

- состав и количественные значения загрязняющих воздействий, вредных физических факторов (радиусы зоны с концентрацией веществ (уровнем вредных воздействий) не выше предельно допустимых и (или) мощность выброса, интенсивность воздействия);

- критерии экстремально высокого загрязнения ОС (уровни вредных физических факторов) вследствие отказов (повреждений, аварийных ситуаций) изделия (с допустимой вероятностью не более заданной) и меры (средства) по предотвращению (ликвидации) возможных экологических последствий;

- требования к входящим в состав изделия защитным устройствам (оборудованию), снижающим экологический риск;

- правила эксплуатации (применения) изделия (с защитными устройствами и

без них), обеспечивающие его экологическую безопасность и включенные в разрабатываемую ЭД;

- требования «составу и характеристикам технических средств (систем, оборудования, приборов) контроля экологичности изделия, методам и периодичности контроля загрязняющих воздействий (уровня вредных физических факторов) изделия при его функционировании (хранении), аварийных ситуациях;
- требования по возможно максимальному полному вторичному использованию изделия, веществ и материалов по окончании срока годности (ресурса) и хранения;
- требования к производству и утилизации изделий без использования или побочного выделения токсичных веществ;
- требования по утилизации технологических отходов (материалов, не овеществленных в изделии), побочных продуктов, получаемых в технологическом процессе изготовления изделия, отработанных энергоносителей (вода, воздух, газ, специальные среды);
- требования по ликвидации отходов и изделий.

Выполнение требований по экологической безопасности и утилизации не должно осуществляться за счет ухудшения характеристик назначения изделия и снижения его готовности к применению по назначению. В ТЗ допускается включать организационно-технические мероприятия, направленные на выполнение требований по экологической безопасности и утилизации изделия.

1.4.11 В подразделе **«Требования стандартизации, унификации и каталогизации»** устанавливают требования, направленные на достижение целей стандартизации и каталогизации.

Подраздел должен состоять из двух частей, устанавливающих;

- требования стандартизации и унификации;
- требования каталогизации.

1.4.11.1 В подразделе **«Требования стандартизации и унификации»** устанавливают количественные требования стандартизации и унификации изделия, в том числе требования совместимости, обеспечивающие повышение эффективности применения по назначению в составе сложных изделий.

1.4.11.2 В подразделе **«Требования каталогизации»** излагают требования согласно национальному законодательству государств— участников МГС в этой области.

1.4.12 В подразделе **«Требования технологичности»** устанавливают требования к производственной, эксплуатационной и ремонтной технологичности, обеспечивающие

достижение заданных показателей качества создаваемого изделия при минимальных затратах на его изготовление, техническое обслуживание и ремонт, а также требования технологической рациональности системных, схемных и конструктивных решений.

В подразделе при необходимости устанавливают требования технологической независимости изделий, создаваемых с применением ЭРИ и ЭВТ иностранного производства, которая должна обеспечиваться:

- в изделиях, подлежащих единичному производству. — путем закупки необходимого количества ЭРИ и ЭВТ иностранного производства для проведения исследований и испытаний, комплектации в процессе разработки и изготовления опытного образца изделия, обеспечения ремонтных предприятий, создания страховых запасов на период применения изделия;
- в изделиях, подлежащих серийному производству, — путем последующей замены ЭРИ и ЭВТ иностранного производства в установленные сроки на отечественные аналоги.

Требования технологичности задают в соответствии с ГОСТ 14.201.

При необходимости в подразделе устанавливают требования применения унифицированного и типового оборудования, технологической оснастки в процессе производства изделия, а также в процессе его эксплуатации и ремонта.

1.6 В разделе «**Требования к видам обеспечения**» устанавливают требования и нормы по видам обеспечения изделия для достижения заданной эффективности в процессе его применения и эксплуатации. Раздел должен состоять из подразделов:

- требования к нормативно-техническому обеспечению;
- требования к метрологическому обеспечению;
- требования к диагностическому обеспечению;
- требования к математическому, программному и информационно-лингвистическому обеспечению.

По усмотрению заказчика в раздел могут быть включены и другие группы требований по видам обеспечения разрабатываемого изделия (например, к топогеодезическому, навигационному обеспечению).

1.6.1 В подразделе «**Требования к нормативно-техническому обеспечению**» устанавливают:

- требования к срокам и содержанию работ по нормативно-техническому обеспечению;
- требования формирования электронного каталога создаваемого изделия;
- порядок и правила обеспечения участников ОКР нормативными

документами по стандартизации и каталожной информацией.

Примечание — Работы по нормативно-техническому обеспечению (в части работ по стандартизации и унификации СЧ, КИМП и материалов создаваемого изделия) включают:

- *анализ существующего фонда НД по стандартизации с целью оценки его возможностей по нормативному обеспечению стадий жизненного цикла создаваемого изделия;*
- *экспертизу вновь разрабатываемых программ, планов и нормативных документов по стандартизации СЧ, КИМП и материалов создаваемого изделия (при необходимости);*
- *экспертизу ТЗ на СЧ ОКР (ОКР по созданию СЧ, КИМП, материалов, а также используемых при разработке, эксплуатации и применении изделия оборудования, средств технологического оснащения, средств обеспечения испытаний, контроля и пр.). проводимую с целью определения целесообразности создания новых изделий и включения их в каталог продукции согласно национальному законодательству государств — участников МГС в этой области.*

В данном подразделе приводят перечень НД по стандартизации, которым должна соответствовать РКД, ТД, ЭД и другая ОНТД, разрабатываемые в процессе ОКР. При необходимости перечень стандартов (при большом его объеме) может оформляться в виде приложения к ТЗ.

1.6.2 В подразделе **«Требования к метрологическому обеспечению»** устанавливают:

- количественные значения показателей метрологического обеспечения изделия (СЧ изделия): технических (показатели точности измерений и достоверности измерительного контроля, продолжительность и периодичность измерений параметров, массогабаритные показатели средств измерений и измерительного контроля по ГОСТ 16504 и др.) и технико-экономических (трудоемкость, стоимость и др.);
- требования к методам (методикам) измерений и измерительного контроля параметров и характеристик изделия (обеспечение требуемой точности и (или) достоверности, надежности, быстродействия, простоты аппаратурной реализации, аттестации методик выполнения измерений, степени автоматизации и унификации и др.);
- требования к измерительной системе (системе измерительного контроля) для комплектации изделия (назначение и решаемые задачи, вид используемых средств измерений и измерительного контроля, допустимые значения показателей метрологического обеспечения, степень автоматизации измерительного контроля,

способы взаимодействия и информационного обмена и др.);

- требования к средствам измерений и измерительного контроля для комплектации изделия, а при отсутствии необходимых средств измерений — метрологические и эксплуатационные характеристики средств измерений, подлежащих разработке для комплектации изделия:

- требования к метрологической, электрической, информационной, конструктивной и эксплуатационной совместимости системы (средств) измерения и измерительного контроля с изделием:

- требования к методам и средствам поверки и ремонта средств измерений (возможность выполнения поверки и ремонта метрологическими службами заказчика, согласованность периодичности их проверки с периодичностью технического обслуживания изделия);

- требования к метрологическому обеспечению испытаний опытного образца изделия;

- требования к организации метрологической экспертизы на этапах ОКР по созданию изделия;

- требования к программе метрологического обеспечения разработки изделия (задачи метрологического обеспечения на этапах жизненного цикла, сроки их выполнения, виды отчетности, состав исполнителей), метрологическому сопровождению ОКР.

1.6.3 В подразделе **«Требования к диагностическому обеспечению»** устанавливаются:

- количественные значения показателей технического диагностирования [контроля технического состояния: показателей достоверности (условные вероятности необнаруженного и ложного отказов (неисправностей) изделия, условные вероятности необнаруженного и ложного отказов (неисправностей) в СЧ изделия с точностью, до которой определяется место отказа (неисправности), условная вероятность ошибочного прогнозирования безопасной эксплуатации] и технико-экономических показателей [удельные затраты на техническое диагностирование (контроль технического состояния), средние трудоемкость и продолжительность технического диагностирования (контроля технического состояния)], а также характеристик технического диагностирования [глубина поиска отказа, полнота технического диагностирования (контроля технического состояния) и др.);

- требования приспособленности к техническому диагностированию (контролепригодности) изделия [количественные значения показателей

приспособленности к техническому диагностированию (контролепригодности)], требования к введению в конструкцию изделия встроенных средств технического диагностирования (контроля технического состояния), требования к количеству, расположению и доступности устройств сопряжения с внешними средствами технического диагностирования (контроля технического состояния и др.);

- требования к номенклатуре диагностических (контролируемых) параметров и их характеристик (номинальные, допустимые значения, точки ввода, контрольные точки и др.);

- требования к средствам технического диагностирования (контроля технического состояния);

- требования к методам и правилам технического диагностирования (контроля технического состояния).

1.6.4 В подразделе **«Требования к математическому, программному и информационно-лингвистическому обеспечению»** устанавливают:

- требования к математическому обеспечению (состав и структура общего и специального математического обеспечения, требования к разработке и обоснованию технологий взаимодействия компонентов общего и специального программного обеспечения, требования к разработке и обоснованию алгоритмов и расчетных методик, к надежности, точности и времени решения задач, ресурсу памяти,

чувствительности и пределам изменения входных данных, модульности и гибкости математического обеспечения; нормативы адаптации к составу и состоянию вычислительных средств, возможность использования ранее разработанных элементов математического обеспечения);

- требования к программному обеспечению (требования к общему программному обеспечению, программированию функциональных задач, средствам программирования, метрологической аттестации программного обеспечения и использованию перспективных технологий программирования, порядку отладки, испытаний и сдачи программ в эксплуатацию, к использованию стандартных программ)

должны задаваться с учетом требований стандартов ЕСПД;

- требования к информационно-лингвистическому обеспечению (требования к составу и структуре баз данных (файлов, массивов) используемой информации, носителям информации, системам классификации и кодирования информации и принципам ее формализации, хранению, обновлению, контролю и выдаче информации, организации обмена информацией).

В подразделе также устанавливают требования по обеспечению безопасности

информации в части:

- требований «программным средствам обеспечения безопасности обрабатываемой, хранимой и передаваемой по каналам связи информации, в том числе безопасности информации баз данных каталогизации;
- разработки (применения существующих) программных средств и способов защиты информации, обрабатываемой и хранимой в ЭВТ изделия или передаваемой по каналам связи, от несанкционированного доступа;
- требований к сертификации разрабатываемых программных средств и способов защиты информации.

1.7 В разделе «**Требования к документации**» устанавливают требования к документам разрабатываемого изделия (комплекса, системы) согласно стандартам ЕСКД, включая:

требования к конструкторской документации согласно ГОСТ 2.001, ГОСТ 2.102 и ГОСТ 2.103;

требования к конструкторским документам, которые разрабатываются и применяются в электронном виде, согласно стандартам ЕСКД:

требования к технологической документации согласно ГОСТ 3.1001 и ГОСТ 3.1102;

требования к программной документации согласно ГОСТ 19.201.

2 ГОСТ 7.32-2017

2.1 Наименование: 2 ГОСТ 7.32-2017 Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

Стандарт устанавливает общие требования к структуре и правилам оформления научных и технических отчетов, а также правила для тех случаев, когда единая процедура оформления будет содействовать обмену информацией, совершенствуя обработку отчета в информационной системе.

Настоящий стандарт распространяется на отчеты о фундаментальных, поисковых, прикладных научно-исследовательских работ (НИР) по всем областям науки и техники, выполняемых научно-исследовательскими, проектными, конструкторскими организациями, высшими учебными заведениями, научно-производственными и производственными объединениями, промышленными предприятиями, акционерными обществами и другими организациями.

Положения настоящего стандарта могут быть использованы при подготовке отчета в других сферах научной деятельности.

2.2 Нормативные ссылки

В стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 7.1—2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 7.9—95 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования.

ГОСТ 7.11—2004 (ИСО 832:1994) Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на иностранных европейских языках.

ГОСТ 7.0.12—2011 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила.

ГОСТ 7.79—2000 (ИСО 9—95) Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.

ГОСТ 7.80—2000 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила

составления. Издание официальное.

ГОСТ 7.82—2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 7.90—2007 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Универсальная десятичная классификация. Структура, правила ведения и индексирования.

ГОСТ 8.417—2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.

ГОСТ 9327—60 Бумага и изделия из бумаги. Потребительские форматы.

ГОСТ 15.011—96 Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок проведения патентных исследований.

ГОСТ 15.101—98 Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ.

2.3 Общие положения

2.3.1 Отчет о НИР — научно-технический документ, который содержит систематизированные данные о научно-исследовательской работе, описывает состояние научно-технической проблемы, процесс и/или результаты научного исследования.

2.3.2 По результатам выполнения НИР составляется заключительный отчет о работе в целом. Кроме того, по отдельным этапам НИР могут быть составлены промежуточные отчеты, что отражается в Техническом задании на НИР и в календарном плане выполнения НИР.

2.3.3 Ответственность за достоверность данных, содержащихся в отчете, и за соответствие его требованиям настоящего стандарта несет организация-исполнитель.

2.3.4 Отчет о НИР подлежит обязательному нормоконтролю в организации-исполнителе. При проведении нормоконтроля рекомендуется руководствоваться ГОСТ 2.111.

2.4 Структурные элементы отчета

Структурными элементами отчета о НИР являются:

- **титульный лист;**
- список исполнителей;
- **реферат;**
- содержание;
- нормативные ссылки;
- определения;

- обозначения и сокращения;
- **введение;**
- **основная часть;**
- **заключение;**
- список использованных источников;
- приложения.

Обязательные структурные элементы выделены полужирным шрифтом. Остальные структурные элементы включают в отчет по усмотрению исполнителя НИР с учетом требований разделов 2.5 и 2.6.

2.5 Требования к содержанию структурных элементов отчета

2.5.1 Титульный лист

2.5.1.1 Титульный лист является первой страницей отчета о НИР и служит источником информации, необходимой для обработки и поиска документа.

2.5.1.2 На титульном листе приводят следующие сведения:

- наименование вышестоящей организации;
- наименование организации-исполнителя НИР;
- индекс Универсальной десятичной классификации (УДК);
- коды Высших классификационных группировок Общероссийского классификатора промышленной и сельскохозяйственной продукции для НИР (ВКГОКП), предшествующих постановке продукции на производство;
- номера, идентифицирующие отчет;
- грифы согласования и утверждения;
- наименование работы;
- наименование отчета;
- вид отчета (заключительный, промежуточный);
- номер (шифр) работы;
- должности, ученые степени, ученые звания, фамилии и инициалы руководителей организации-исполнителя НИР, руководителей НИР;
- место и дату составления отчета.

2.5.1.3 Если отчет о НИР состоит из двух и более частей, то каждая часть должна иметь свой титульный лист, соответствующий титульному листу первой части и содержащий сведения, относящиеся к данной части.

2.5.2 Список исполнителей

2.5.2.1 В список исполнителей должны быть включены фамилии и инициалы,

должности, ученые степени, ученые звания руководителей НИР, ответственных исполнителей, исполнителей и соисполнителей, принимавших творческое участие в выполнении работы.

2.5.2.2 Если отчет выполнен одним исполнителем, то его должность, ученую степень, ученое звание, фамилию и инициалы следует указывать на титульном листе отчета.

2.5.3 Реферат

2.5.3.1 Общие требования к реферату на отчет о НИР — по ГОСТ 7.9.

2.5.3.2 Реферат должен содержать:

- сведения об объеме отчета, количестве иллюстраций, таблиц, приложений, количестве частей отчета, количестве использованных источников;

- перечень ключевых слов;

- текст реферата.

2.5.3.2.1 Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста отчета, которые в наибольшей мере характеризуют его содержание и обеспечивают возможность информационного поиска. Ключевые слова приваляются в именительном падеже и печатаются строчными буквами в строку через запятые.

2.5.3.2.2 Текст реферата должен отражать:

- объект исследования или разработки;

- цель работы;

- метод или методологию проведения работы;

- результаты работы;

- основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики;

- степень внедрения;

- рекомендации по внедрению или итоги внедрения результатов НИР;

- область применения;

- экономическую эффективность или значимость работы;

- прогнозные предположения о развитии объекта исследования.

Если отчет не содержит сведений по какой-либо из перечисленных структурных частей реферата, то в тексте реферата она опускается, при этом последовательность изложения сохраняется.

2.5.4 Содержание

2.5.4.1 Содержание включает введение, наименование всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование), заключение, список использованных источников и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы отчета о НИР.

2.5.4.2 При составлении отчета, состоящего из двух и более частей, в каждой из них должно быть свое содержание. При этом в первой части помещают содержание всего отчета с указанием номеров частей, в последующих — только содержание соответствующей части. Допускается в первой части вместо содержания последующих частей указывать только их наименования.

2.5.4.3 В отчете о НИР объемом не более 10 страниц содержание допускается не составлять.

2.5.5 Нормативные ссылки

2.5.5.1 Структурный элемент «Нормативные ссылки» содержит перечень стандартов, на которые в тексте стандарта дана ссылка.

2.5.5.2 Перечень ссылочных стандартов начинают со слов: «В настоящем отчете о НИР использованы ссылки на следующие стандарты».

2.5.5.3 В перечень включают обозначения стандартов и их наименования в порядке возрастания регистрационных номеров обозначений.

2.5.6 Определения

2.5.6.1 Структурный элемент «Определения» содержит определения, необходимые для уточнения или установления терминов, используемых в НИР.

2.5.6.2 Перечень определений начинают со слов: «В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями».

2.5.7 Обозначения и сокращения

2.5.7.1 Структурный элемент «Обозначения и сокращения» содержит перечень обозначений и сокращений, применяемых в данном отчете о НИР.

2.5.7.2 Запись обозначений и сокращений проводят в порядке приведения их в тексте отчета с необходимой расшифровкой и пояснениями.

2.5.7.3 Допускается определения, обозначения и сокращения приводить в одном структурном элементе «Определения, обозначения и сокращения».

2.5.8 Введение

2.5.8.1 Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой научно-технической проблемы, основание и исходные данные для разработки темы, обоснование необходимости проведения НИР, сведения о планируемом научно-

техническом уровне разработки, о патентных исследованиях и выводы из них, сведения о метрологическом обеспечении НИР. Во введении должны быть показаны актуальность и новизна темы, связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами.

2.5.8.2 Во введении промежуточного отчета по этапу НИР должны быть приведены цели и задачи этапа исследований, их место в выполнении НИР в целом.

2.5.8.3 Во введении заключительного отчета о НИР помещают перечень наименований всех подготовленных промежуточных отчетов по этапам и их инвентарные номера.

2.5.9 Основная часть

2.5.9.1 В основной части отчета приводят данные, отражающие сущность, методику и основные результаты выполненной НИР.

2.5.9.2 Основная часть должна содержать:

а) выбор направления исследований, включающий обоснование направления, исследования, методы решения задач и их сравнительную оценку, описание выбранной общей методики проведения НИР;

б) процесс теоретических и (или) экспериментальных исследований, включая определение характера и содержания теоретических исследований, методы исследований, методы расчета, обоснование необходимости проведения экспериментальных работ, принципы действия разработанных объектов, их характеристики;

в) обобщение и оценку результатов исследований, включающих оценку полноты решения поставленной задачи и предложения по дальнейшим направлениям работ, оценку достоверности полученных результатов и их сравнение с аналогичными результатами отечественных и зарубежных работ, обоснование необходимости проведения дополнительных исследований, отрицательные результаты, приводящие к необходимости прекращения дальнейших исследований.

2.5.9.3 Представление в отчете данных о свойствах веществ и материалов проводятся по ГОСТ 7.54, единицы физических величин — по ГОСТ 8.417.

2.5.10 Заключение

Заключение должно содержать:

- краткие выводы по результатам выполнения НИР или отдельных ее этапов;
- оценку полноты решений поставленных задач;
- разработку рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов НИР;
- оценку технико-экономической эффективности внедрения;
- оценку научно-технического уровня выполненной НИР в сравнении с лучшими

достижениями в данной области.

2.5.11 Список использованных источников

Список должен содержать сведения об источниках, использованных при составлении отчета. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1.

2.5.12 Приложения

2.5.12.1 В приложения рекомендуется включать материалы, связанные с выполненной НИР, которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть. В приложения могут быть включены:

- промежуточные математические доказательства, формулы и расчеты;
- таблицы вспомогательных цифровых данных;
- протоколы испытаний;
- описание аппаратуры и приборов, применяемых при проведении экспериментов, измерений и испытаний;
- заключение метрологической экспертизы;
- инструкции, методики, разработанные в процессе выполнения НИР;
- иллюстрации вспомогательного характера;
- копии технического задания на НИР, программы работ, договора или другого исходного документа для выполнения НИР;
- протокол рассмотрения выполненной НИР на научно-техническом совете;
- акты внедрения результатов НИР и др.

2.5.12.2 В приложения к отчету о НИР, предшествующему постановке продукции на производство, должен быть включен проект технического задания на разработку (модернизацию) продукции или документ (заявка, протокол, контракт и др.), содержащий обоснованные технико-экономические требования к продукции.

2.5.12.3 В приложения к отчету о НИР, в составе которой предусмотрено проведение патентных исследований, должен быть включен отчет о патентных исследованиях, оформленный по ГОСТ 15.011, библиографический список публикаций и патентных документов, полученных в результате выполнения НИР, — по ГОСТ 7.1.

2.5.12.4 Приложения следует оформлять в соответствии с 2.6.14.

2.6 Правила оформления отчета

2.6.1 Общие требования

2.6.1.1 Изложение текста и оформление отчета выполняют в соответствии с требованиями стандарта, ГОСТ 2.105 и ГОСТ 6.38. Страницы текста отчета о НИР и

включенные в отчет иллюстрации и таблицы должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 9327.

2.6.1.2 Отчет о НИР должен быть выполнен любым печатным способом на пишущей машинке или с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным, высота букв, цифр и других знаков — не менее 1,8 мм (кегель не менее 12).

Текст отчета следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое — 10 мм, верхнее — 20 мм, левое и нижнее — 20 мм.

Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты разной гарнитуры.

2.6.1.3 Вне зависимости от способа выполнения отчета качество напечатанного текста и оформления иллюстраций, таблиц, распечаток с ПЭВМ должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения.

2.6.1.4 При выполнении отчета необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всему отчету. В отчете должны быть четкие, нерасплывшиеся линии, буквы, цифры и знаки.

2.6.1.5 Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе подготовки отчета, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью — рукописным способом.

Повреждения листов текстовых документов, пометки и следы неполностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

После внесения исправлений документ должен удовлетворять требованиям микрофильмирования, установленным ГОСТ 13.1.002.

2.6.1.6 Фамилии, названия учреждений, организаций, фирм, название изделий и другие имена собственные в отчете приводят на языке оригинала. Допускается транслитерировать имена собственные и приводить названия организаций в переводе на язык отчета с добавлением (при первом упоминании) оригинального названия.

2.6.1.7 Сокращение русских слов и словосочетаний в отчете — по ГОСТ 7.12.

2.6.2 Построение отчета

2.6.2.1 Наименования структурных элементов отчета «Список исполнителей», «Реферат», «Содержание», «Нормативные ссылки», «Определения», «Обозначения и сокращения», «Введение», «Заключение», «Список использованных источников» служат заголовками структурных элементов отчета.

2.6.2.2 Основную часть отчета следует делить на разделы, подразделы и пункты.

Пункты, при необходимости, могут делиться на подпункты. При делении текста отчета на пункты и подпункты необходимо, чтобы каждый пункт содержал законченную информацию.

2.6.2.3 Разделы, подразделы, пункты и подпункты следует нумеровать арабскими цифрами и записывать с абзацного отступа.

2.6.3 Нумерация страниц отчета

2.6.3.1 Страницы отчета следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту отчета. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки.

2.6.3.2 Титульный лист включают в общую нумерацию страниц отчета. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

2.6.3.3 Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию страниц отчета.

Иллюстрации и таблицы на листе формата А3 учитывают как одну страницу.

2.6.5 Иллюстрации

2.6.5.1 Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.

Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные.

На все иллюстрации должны быть даны ссылки в отчете.

2.6.5.2 Чертежи, графики, диаграммы, схемы, иллюстрации, помещаемые в отчете, должны соответствовать требованиям государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Допускается выполнение чертежей, графиков, диаграмм, схем посредством использования компьютерной печати.

2.6.5.3 Фотоснимки размером меньше формата А4 должны быть наклеены на стандартные листы белой бумаги.

2.6.5.4 Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок I». Слово «рисунок» и его наименование располагают посередине строки.

2.6.5.5 Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, Рисунок 1,1.

2.6.5.6 Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и

пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 — Детали прибора.

2.6.5.7 Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например, Рисунок А.3.

2.6.5.8 При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.

2.6.6 Таблицы

2.6.6.1 Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

При переносе части таблицы название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят.

2.6.6.2 Таблицу следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

2.6.6.3 На все таблицы должны быть ссылки в отчете. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

2.6.6.4 Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица» и номер ее указывают один раз справа над первой частью таблицы, над другими частями пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы, например: «Продолжение таблицы I». При переносе таблицы на другой лист (страницу) заголовок помещают только над ее первой частью.

Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки и графы таблицы выходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае — боковик.

Если повторяющийся в разных строках графы таблицы текст состоит из одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавычками; если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее — кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные

в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

2.6.6.5 Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица I» или «Таблица В.I», если она приведена в приложении В.

2.6.6.6 Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

2.6.6.7 Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

Разделять заголовки и подзаголовки боковина и граф диагональными линиями не допускается.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

2.6.6.8 Оформление таблиц в отчете должно соответствовать ГОСТ 1.5 и ГОСТ 2.105.

2.6.7 Ссылки

2.6.7.1 В отчете допускаются ссылки на данный документ, стандарты, технические условия и другие документы при условии, что они полностью и однозначно определяют соответствующие требования и не вызывают затруднений в использовании документом.

2.6.7.2 Ссылаться следует на документ в целом или его разделы и приложения. Ссылки на подразделы, пункты, таблицы и иллюстрации не допускаются, за исключением подразделов, пунктов, таблиц и иллюстраций данного документа.

2.6.7.3 При ссылках на стандарты и технические условия указывают только их обозначение, при этом допускается не указывать год их утверждения при условии полного описания стандарта в списке использованных источников в соответствии с ГОСТ 7.1.

2.6.7.4 Ссылки на использованные источники следует приводить в квадратных

скобках.

2.6.8 Приложения

2.6.8.1 Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

2.6.8.2 В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа, за исключением справочного приложения «Библиография», которое располагают последним.

2.6.8.3 Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение», его обозначения и степени.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

2.6.8.4 Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Е, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O.

В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.

Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

2.6.8.5 Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.

2.6.8.6 Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

При необходимости такое приложение может иметь «Содержание».

2.6.7 Приложениям или частям, выпущенным в виде самостоятельного документа, обозначение присваивают как части документа с указанием в коде документа ее порядкового номера.

3 Технология плоттерной печати

Исследования плоттерной печати отражены в работах [1-16, 20, 21, 28-31]. Принцип работы оборудования плоттерной печати наглядно показан на рис. 3.1, на котором иллюстрируется нанесение линий капиллярным дозатором чернил на поверхность подложки. Особенность плоттерной печати заключается в том, что дозатор наносит жидкость при непосредственном контакте капли с поверхностью подложки.

Для оценки технических характеристик метода плоттерной печати использовалось оборудование фирмы Sonoplot – GIX Microplotter II. [28, 29]. Исследовалась зависимость параметров пленки от скорости перемещения печатающей головки [28-31]. В векторном редакторе SonoDraw, ориентированном на работу с GIX Microplotter II, была подготовлена топология: одиночные линии (длиной 3 мм); полигоны (прямоугольники длиной 3 мм и шириной 0,5 мм, выполненные путем печати перекрывающихся линий с шагом 20 мкм); субпиксели (отрезки линий длиной 0,2 мм).

Большое значение для реализации печати имеют свойства растворов материалов, которые часто называют чернилами по аналогии с хорошо освоенными методами струйной печати текстов и изображений.

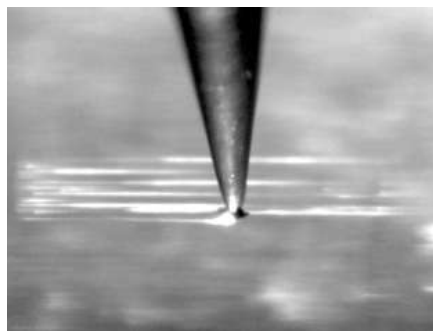


Рис. 3.1 – Нанесение чернил в виде линий на поверхность подложки капиллярным дозатором

Следующий подраздел посвящен решению задач получения растворов для изготовления органических светодиодов (ОСИД). Задача приготовления и исследования свойств растворов решается с применением хорошо отработанной технологии изготовления органических светодиодов методом центрифугирования. Это позволяет определить основные параметры растворов и ОСИД. Экспериментальные результаты, полученные таким образом, позволили в дальнейшем перейти к применению растворов

при отработке технологии печати с помощью плоттеров.

3.1 Растворы на основе сополифлуоренов для плоттерной печати матриц органических светодиодов (ОСИД)

Проблема принтерной печати устройств органической электроники стоит очень остро во всем мире, о чем свидетельствуют многочисленные исследования в этом направлении [32 – 36]. В настоящее время исследования направлены на поиск новых материалов, способах растворения и приготовления композиций чернил, отработки режимов нанесения органических слоев методом принтерной печати с целью уменьшения шероховатости поверхности, равномерности нанесения, снижения краевых эффектов. Если в ранних работах [37] сообщалось, что эффективность ОСИД, изготовленных методами струйной печати существенно ниже, чем эффективность ОСИД, изготовленных центрифугированием, то в последних работах характеристики уже сравнимы. По-прежнему, рекордные характеристики эффективности получаются при изготовлении ОСИД методами термовакуумного напыления, однако, этот метод имеет ряд существенных недостатков. В частности, методом термовакуумного напыления невозможно наносить полимерные функциональные материалы. В таблице 4 приведены сравнительные характеристики различных методов изготовления ОСИД. Видно, что различные методы имеют свои достоинства и недостатки.

Одной из основных проблем принтерной печати является подбор параметров растворителей для приготовления чернил и выбора режима печати. В работе голландских исследователей [38] изучена прецизионная принтерная печать полимерными чернилами. Печать выполнялась с помощью печатающих головок DIMATIX (объем капли 15 пл, 128 сопел, расстояние между соплами 508 мкм). По результатам исследования была построена математическая модель, описывающая процесс печати. На основании модели проведено моделирование различных режимов печати. Показано, что: для точного дозирования малых объемов необходимо учитывать всю последовательность капель; для характеристики капель лучше использовать системы со съемкой одиночных капель, нежели системы со стробированием и усреднением по множеству изображений; даже печать на больших частотах не может быть описана как стационарный процесс. Первая капля может быть описана, как одиночная капля на низкой частоте печати. Последующие капли сильно зависят от капель, нанесенных ранее. Впрыск капель даже при разрыве быстро стабилизируется. В большинстве случаев первая капля сильно отличается по размерам и скорости, следующие капли почти равны по размеру и скорости. При высоких

частотах заполнение сопел чернилами становится существенным за счет избыточного давления Бернулли, которое вызывает уменьшение обратного втягивания мениска и, тем самым, понижает затягивание воздуха в сопла.

Таблица 3.1 Сравнение различных методов создания ОСИД

Сравниваемый параметр	Термовакuumное напыление	Центрифугирование	Трафаретная печать	Струйная печать
Яркость изготавливаемых ОСИД	очень высокая	высокая	высокая	высокая
разрешение, мкм	4	низкое	30	10
размеры печатаемых устройств, м ²	0,9	0,01	очень большие	4
скорость создания, м ² /с	0,01	низкая	50	0,005
возможность варьирования наносимого рисунка	низкая	низкая	низкая	высокая
наличие растворителя	нет	есть	есть	есть
цена устройства на выходе	средняя	высокая	низкая	низкая
возможность многослойного нанесения	большая	средняя	малая	малая

Больших успехов в области создания чернил для органической электроники достигла группа Шуберта [39, 40]. В работах авторы используют микроплоттер microdrop Technologies (Norderstedt, Germany) с диспенсерной (дозаторной) системой, имеющей внутренний диаметр 70 мкм. Было показано, что для печати полимерных пленок такие параметры, как поверхностное натяжение и вязкость, не играют решающей роли, т.к. в большинстве случаев можно подобрать оптимальный режим печати для чернил любой вязкости, однако большое значение играет разница температур кипения основного и вспомогательного растворителей и должна составлять 90-100 °С. В работе [39] в качестве основных растворителей были выбраны толуол ($T_{\text{кип}} 110\text{ °C}$), п-ксилол ($T_{\text{кип}} 138\text{ °C}$), и мезитилен ($T_{\text{кип}} 165\text{ °C}$). В качестве соразтворителей были выбраны нехлорированные ароматические растворители с температурами кипения от 136 до 293 °С с шагом по температуре около 18 °К. В сумме было проверено 42 различных системы: 20, 15 и 7 комбинаций соответственно для толуола, п-ксилола и мезитилена. Показано, что, в конечном итоге, качество пленки зависит не только от поведения высыхания растворителей, но также от стабильности и воспроизводимости капель в процессе печати.

Характеристики жидкости также очень важны. Наилучшие характеристики, такие как приемлемые частотные режимы печати и наименьшую шероховатость пленки (6-8 нм), показала система мезитилена в смеси с октилбензолом. Эта система оказалась лучше широко используемой смеси толуол/о-дихлорбензол [40], к тому же и менее токсичной.

В работе [41] также предлагается композиция, пригодная для изготовления электронных устройств, таких как ОСИД, с использованием технологии струйной принтерной печати. В состав чернил входит растворитель, имеющий температуру кипения более 250 °С и вязкость менее 5сПс. Композиция имеет вязкость в диапазоне от 0,1 до 20 сПс и растворитель относится к алкилзамещенному бензолу (от гексилбензола до додецилбензола). При этом вязкость контролируется количеством растворенного полимера. Высокая температура кипения растворителя позволяет чернилам оставаться «мокрыми» после печати. Это обеспечивает лучший контроль в процессе сушки, что, в конечном итоге положительно сказывается на параметрах напечатанной пленки. Низкая вязкость растворителя обеспечивает работу с такими чернилами на высоких частотах.

В работе [42] авторам удалось создать полноцветный AMPLD дисплей с разрешением 200 ppi методом струйной принтерной печати. В качестве подложки использовалась кремниевая матрица Continuous Grain Silicon с размером пиксела 42 мкм. На этой структуре с нанесенным ITO, методом принтерной печати было нанесено два функциональных слоя: PEDOT:PSS и излучающий полимерный слой (LEP). В случае синего пиксела между PEDOT:PSS и LEP дополнительно принтерной печатью наносился промежуточный слой (IL). Как IL, так и LEP были созданы на основе полифлуорена. Катод был нанесен методом термовакуумного напыления и состоял из бария и алюминия.

В процессе принтерной печати размер капель составлял 23,7 мкм, что составляло объем 7 пл. Первый напечатанный дисплей имел артефакты при отображении, однако, после оптимизации процесса печати дисплей отвечал очень высоким характеристикам, как по разрешению, так и по цветопередаче.

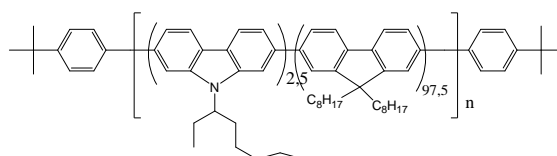
Отдельной мировой проблемой является принтерная печать материалов катода [43]. Использование существующих в настоящее время токопроводящих чернил на основе серебра приводит к плохим характеристикам ОСИД устройств, т.к. серебро обладает относительно высокой работой выхода и требует нанесения дополнительных слоев [46]. Для этих целей более предпочтительны металлы с низкой работой выхода, как, например, кальций, барий, магний, алюминий и т.п. К сожалению, эти металлы очень активны и окисляются не только кислородом воздуха, но и азотом, особенно в мелкодисперсном виде с образованием непроводящего оксида или нитрида [44]. В работе [45] авторы делали чернила для печати катода на основе мелкодисперсного алюминия. Для предотвращения

окисления металла (время окисления на воздухе около 100 пс) измельчение проводилось в шаровой мельнице в среде гексана. Окисление наночастиц меди происходит медленнее, особенно в присутствии восстанавливающего агента [47]. Поэтому часто используют не сами металлы, а их соли или металлоорганические комплексы. Дополнительно, необходима стабилизация коллоидной системы для того, чтобы частицы металла существовали в виде коллоидной системы и не выпадали в осадок, а напечатанный токопроводящий слой имел хорошую адгезию к поверхности [47]. Такую стабилизацию выполняют при помощи различных органических комплексных добавок. Однако такие добавки после печати создают между частицами металла изолирующие прослойки, что снижает проводимость. Поэтому, зачастую, требуется дальнейшая термическая или химическая обработка [48]. Тем не менее, катодные чернила на наночастицах металлов и металлоорганические декомпозиционные чернила рассматриваются, как наиболее перспективные для применения в струйной принтерной технологии создания устройств органической электроники.

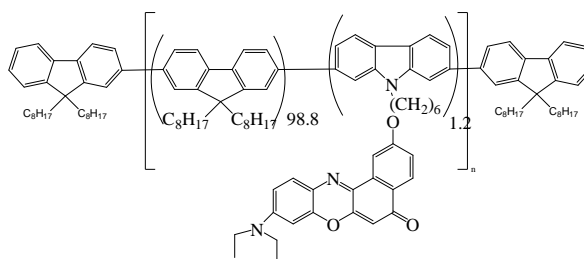
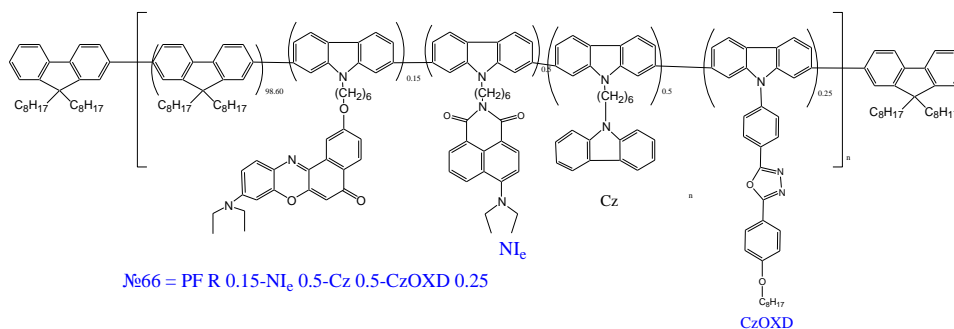
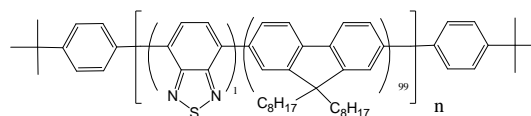
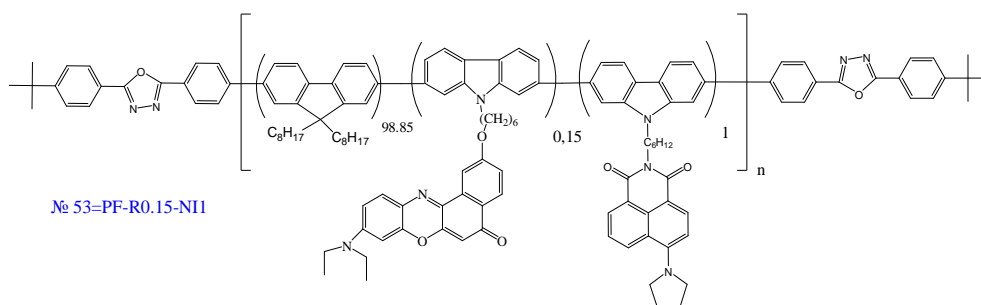
В сборнике [49] показана перспективность использования материалов на основе сополифлуоренов для создания ОСИД, поскольку эти полимеры обладают высокой дырочной проводимостью (до $10^{-3} \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$), широкими возможностями варьирования спектра излучения, большим временем работы устройств. Ни один класс соединений не дает такого большого разнообразия материалов, обладающих высокими электролюминесцентными характеристиками, как у полифлуорена.

В настоящей главе приведены исследования вольт-амперных, вольт-яркостных, спектральных и цветовых характеристик ОСИД, созданных на основе сополифлуоренов, синтезированных в Институте Высокмолекулярных Соединений РАН (Санкт-Петербург) [50].

Структурные формулы исследованных сополифлуоренов приведены ниже.



№50 PF-Cz2.5



В качестве растворителя использовался толуол (Aldrich) высокой степени чистоты (для ВЖХ). Навески образцов растворялись в толуоле в течение 2 суток при постоянном перемешивании на химическом шейкере. Пленки готовились из полученных растворов методом центрифугирования на центрифуге KW-4A при скорости вращения 2000 об/мин (30 сек). Для измерения спектров поглощения и флуоресценции растворы дополнительно разбавлялись таким образом, чтобы оптическая плотность не превышала 1. Спектры поглощения растворов и пленок измерялись на спектрофотометре-спектрофлуориметре Solar CM2203, спектры флуоресценции – на спектрофлуориметре Cary Eclipse. ОСИД готовились по следующей методике: подложки с напыленным ИТО ($\Omega=100 \text{ Ом}/\square$) и профилированным анодом (лазерная гравировка) отмывались в перекисно-аммиачном растворе в течение 30 минут, затем дважды в бидистиллированной воде, после чего сушились в вакуумном шкафу при температуре 110 °С. Далее подложки обрабатывались кислородной плазмой. Дальнейшие операции по изготовлению образцов ОСИД

проводились в перчаточном боксе в атмосфере сухого азота с содержанием паров воды и кислорода не более 10 ppm (рис. 3.2).



Рис. 3.2 – Технологическая линия для создания ОСИД в атмосфере сухого азота

На очищенную подложку методом центрифугирования наносился предварительно профильтрованный через 0,45 мкм PTFE-фильтр водный раствор PEDOT:PSS при скорости вращения 3000 об/мин (1 мин). После нанесения PEDOT:PSS подложка сушилась на нагревательном столике в течение 1 часа при температуре 120 °С. Тoluольные растворы сополифлуоренов предварительно фильтровались через 0,45 мкм PTFE-фильтр. Пленка сополифлуорена наносилась также методом центрифугирования при скорости вращения 2000 об./мин. в течение 1 мин. После нанесения органического люминофора производился отжиг в течение 2 часов при температуре 120 °С. Контрольные измерения толщины пленок выполнялись на профилометре KLA-Tencor MicroXAM 100 (рис. 3.3).



Рис.3.3 – Профилометр KLA-Tencor MicroXAM 100

После нанесения слоя сополимера подложка с полимером помещалась в держатель с теневой маской и переносилась в напылительную камеру установки термовакuumного напыления Auto-306, встроенную в перчаточный бокс с вакуумом не хуже 5×10^{-6} бар. Использовалась композиция катода Ca/Al. Сначала напылялся слой кальция толщиной 10 нм, затем алюминий толщиной 20 нм. Скорость напыления 2 нм/с. После нанесения всех слоев, ОСИД капсулировался для предотвращения воздействия атмосферной влаги и кислорода. Для этого на поверхность катода наносился фотоотверждаемый эпоксидный компаунд (OSSILA) не реагирующий с органическими слоями. Активная зона ячейки закрывалась покровным стеклом. Отверждение эпоксидного компаунда производилось УФ лампой в течение 10 минут. Далее ОСИД извлекался из перчаточного бокса. Все измерения характеристик ОСИД выполнялись при обычных условиях. Вольт-амперные, вольт-яркостные, спектральные и цветовые характеристики измерялись на разработанном автоматизированном комплексе на основе источника-анализатора Keithley и оптоволоконного CCD-спектрометра AvaSpec—2048x64. Программное обеспечение разработано в СФТИ ТГУ (рис.3.4).

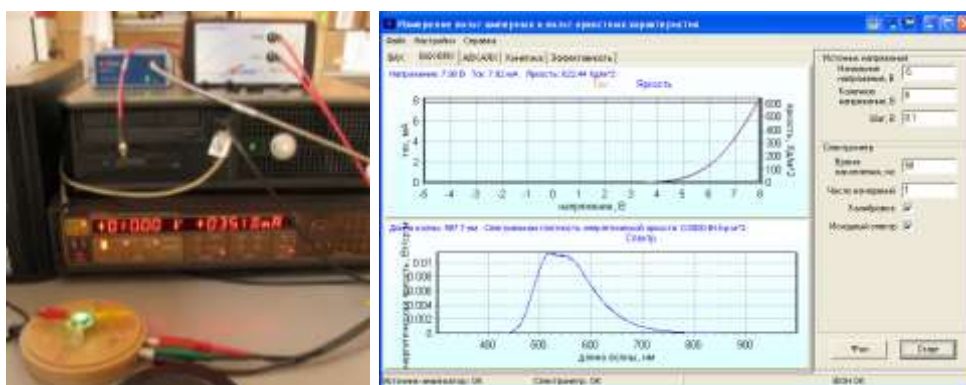
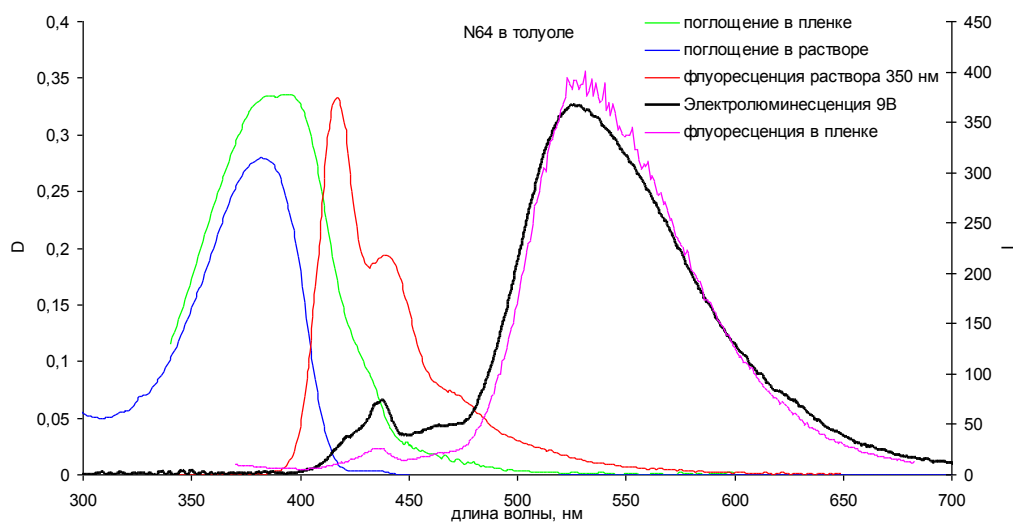
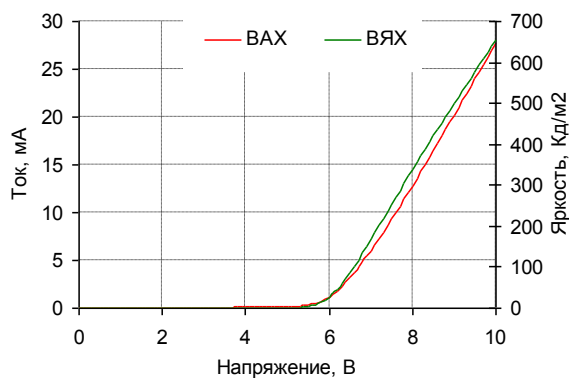


Рис. 3.4 – Разработанный автоматизированный комплекс для измерения вольт-амперных, вольт-яркостных, спектральных и цветовых характеристик

Ниже приведены типичные спектры поглощения и флуоресценции растворов и пленок полифлуоренов и типичные ВАХ, ВЯХ и цветовые характеристики ОСИД (рис. 17, табл. 5), имеющие следующую структуру: ITO/PEDOT:PSS/СП/Ca/Al, где СП – это исследуемый сополифлуорен. Излучающая площадь ОСИД 1 cm^2 .



а)



б)

Рис. 3.5 – Типичные спектры поглощения, флуоресценции исследованных растворов и пленок сополифлуоренов (а) и электролюминесценции ОСИД на их основе. ВАХ и ВЯХ сополифлуорена №64 (б)

Таблица 3.2 Спектрально-люминесцентные и электролюминесцентные характеристики толуольных растворов, пленок сополифлуоренов и структур ОСИД на их основе

В-во	раствор		пленки		EL	Яркость, Кд/м ² при 10 В	U _п , В	CIE 1931
	$\lambda_{\text{погл}}$, нм	$\lambda_{\text{фл}}$, нм	$\lambda_{\text{погл}}$, нм	$\lambda_{\text{фл}}$, нм	$\lambda_{\text{эл}}$, нм			
N50	387	417 440 470	397 425	435 462 492	435 460 490	166	3,7	x=0,15 y=0,08
N53	387	417 442 470	405	437 498 558	440 460 560	643	5,4	x=0,399 y=0,447

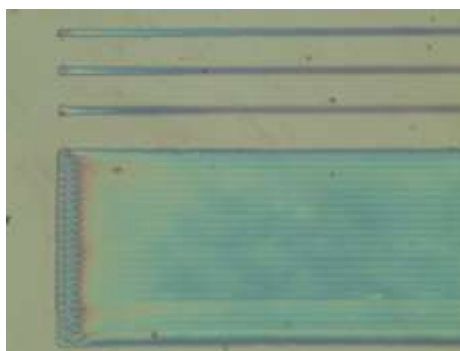
Продолжение таблицы 3.2

N64	383	417 440 470	395	531	440 530	657	6,0	x=0,33 y=0,54
N66	386	417 440 470	395	436 463 560	425 460 480	480	4,4	x=0,20 y=0,22
N81	383	416 440 470 566	383 430	436 462 494 570	440 460 500 560	200	8,4	x=0,40 y=0,41

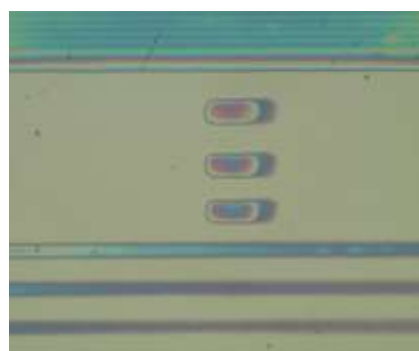
Как видно из приведенных данных, положение полос, как поглощения, так и флуоресценции растворов одинаково для всех соединений, принадлежит флуореновым звеньям. При переходе от раствора к пленке происходит уширение полос поглощения и изменение полосы флуоресценции, что говорит о конформационных изменениях, приводящих к усилению переноса энергии с флуореновых звеньев на другие фрагменты молекулы. Полоса электролюминесценции близка по форме к полосе флуоресценции пленки. Пороговые уровни напряжения низкие (3,7÷8 В), яркость некоторых образцов ОСИД достигает 657 Кд/м² при напряжении 10 В в неоптимизированных ячейках, что говорит о перспективности этих соединений для дальнейших применений в принтерной печати.

3.2 Печать транспортного (дырочного) слоя

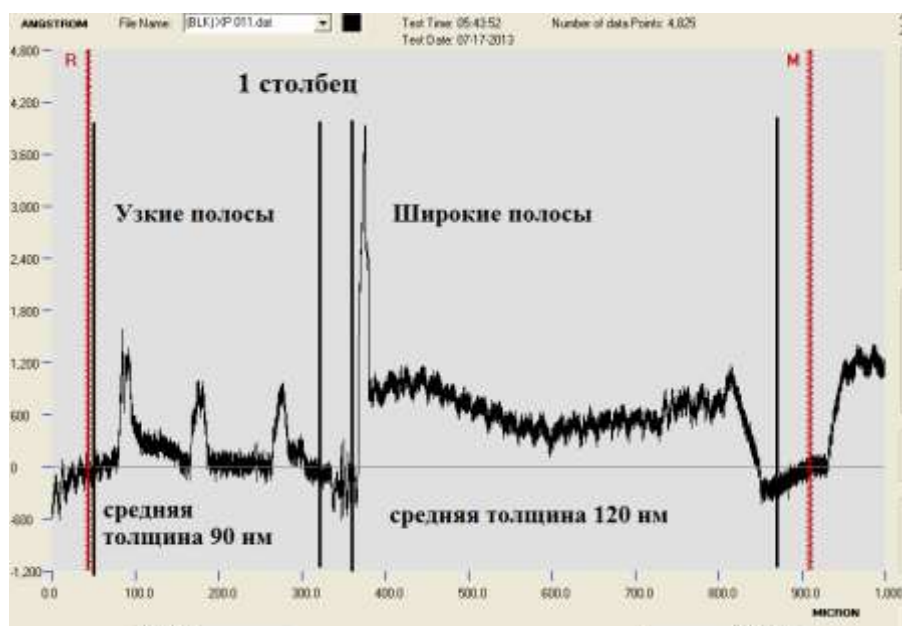
В качестве чернил использовался PEDOT:PSS марки M121 (Ossila), подложка – кварцевое стекло марки S113 50×50×1,0 мм³ со слоем ИТО 100 нм (Ossila). После нанесения слоя чернил подложка подвергалась отжигу в инфракрасной конвекционной печи «Аверон Тропик» при температуре 150°C в течении пяти минут. На рис. 18 представлены микрофотографии полученных пленок и профилограмма. На микрофотографии видно, что пленка непрерывна, обеспечивает заданную топологию, но недостаточно однородна и значительно по данному параметру уступает пленкам, получаемых методом напыления. На профилограмме наблюдается неравномерность.



а)



б)



в)

Рис. 3.6 – Микрофотография напечатанного слоя: а) линии и полигоны; б) полигоны, субпиксели, линии; в) профилограмма пленки линий и полигонов

Как видно из рис. 3.6, плоттер обеспечивает достаточную для практических целей повторяемость печати. Толщина пленки для одиночных линий и субпикселей находится на уровне 80 - 90 нм, средняя толщина пленки полигона – на уровне 120 нм.

На рис. 3.7 приведена типичная профилограмма пленки PEDOT:PSS (снятая на профилометре KLA-Tencor MicroXAM 100), полученная при скорости перемещения дозатора 100 мм/с и значении действующего напряжения на пьезоэлементе, равном 1 В.

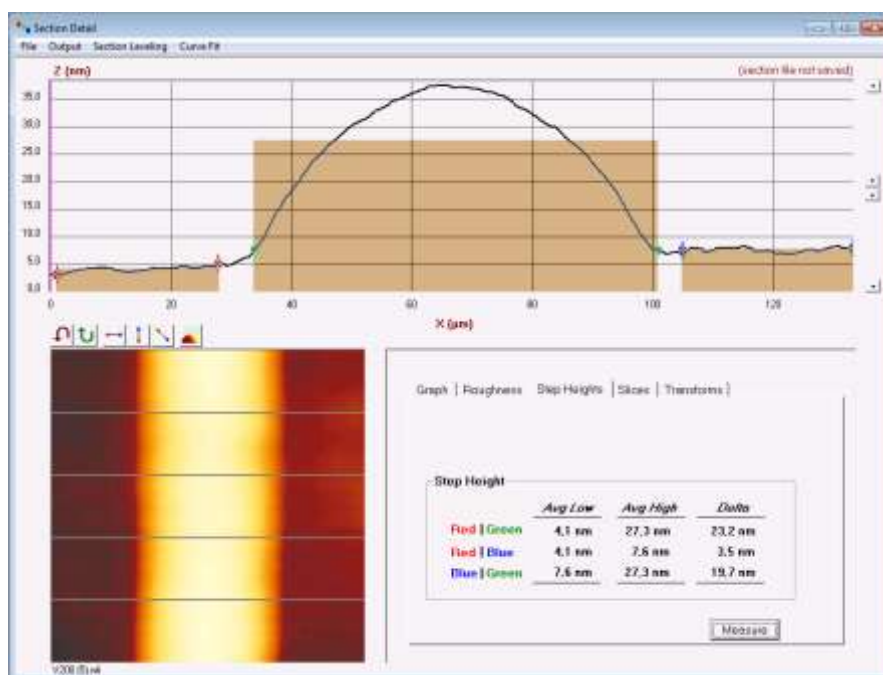


Рис. 3.7 – Профилограмма пленки PEDOT:PSS (линия)

На рис. 3.8 приведена профилограмма пленки для полигона, выполненного путем печати перекрывающихся линий с шагом 20 мкм на скорости 100 мм/с.

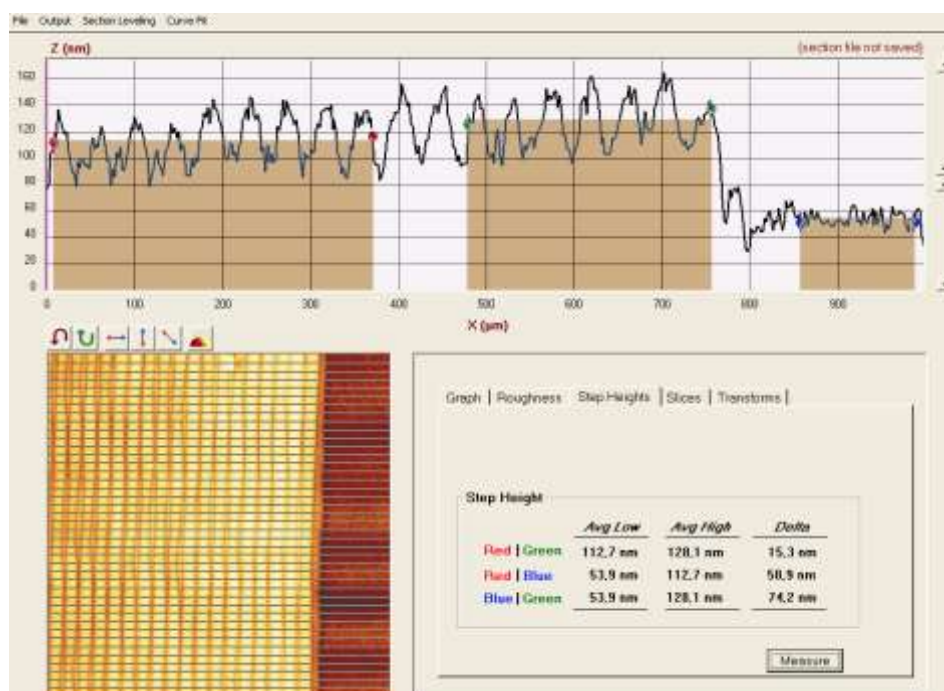


Рис. 3.8 – Профилограмма пленки PEDOT:PSS (полигон)

Средняя толщина пленки PEDOT:PSS составила около 60 нм, полученные результаты говорят о хорошем приближении к требованиям по толщине транспортного слоя, предъявляемым при изготовлении органических светодиодов.

3.3 Печать активных (светоизлучающих) слоев

Аналогично описанной технологии нанесения транспортного слоя были проведены экспериментальные исследования печати активных слоев. Печать выполнялась на поверхность подложки из кварцевого стекла, с предварительно нанесенными слоями ИТО и PEDOT:PSS.

На рис. 3.9 приведена измеренная типичная профилограмма пленки, полученная печатью раствором PF64 на скорости 300 мм/с при напряжении 1 В.

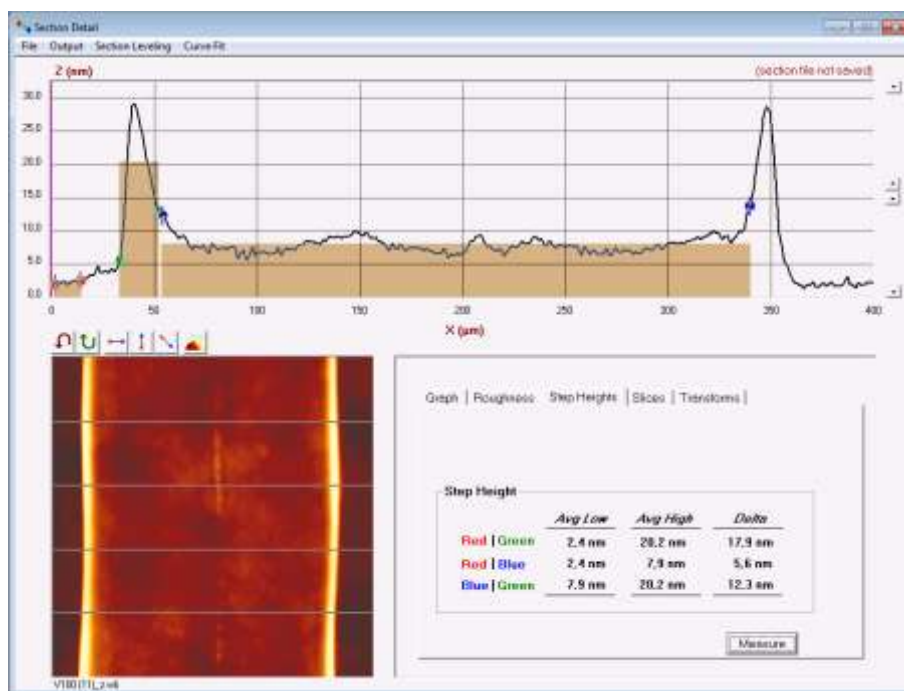


Рис. 3.9 – Профилограмма пленки PF64

Установлено, что ширина пленок во всем диапазоне напряжений и скоростей движения дозатора составляла 320 ± 20 мкм при диаметре капилляра дозатора равном 60 мкм. Это, как утверждает в работах [28, 29], – следствие высокой смачиваемости пленки PEDOT:PSS чернилами PF64.

Очевидным путем уменьшения ширины пленок является оптимизация реологических и физико-химических свойств растворов чернил активных слоев. В первую очередь оптимизации должны подвергаться такие параметры чернил, как вязкость, поверхностное натяжение и интенсивность испарения.

На рис. 3.10 приведены профилограммы пленок, полученных с использованием модифицированного раствора активного слоя: PF8 в смеси толуола и линейного алкилбензола в соотношении 1:3. При концентрации PF8 10 мг/мл вязкость при температуре 20°C составила 2,455сП. Плотность раствора около 0,9 г/мл.



Рис. 3.10 – Профилограмма пленок одиночных линий PF8 (модифицированный раствор)

Из рис. 3.10 видно, что модификация растворителя позволила уменьшить относительную величину выбросов на краях пленки. При этом толщина пленки, измеренная вдоль продольной оси линии, увеличилась с 5–8 до 25 нм.

3.4 Печать изолирующего слоя (диэлектрика)

Одним из ключевых вопросов в технологии производства светодиодных матриц и других устройств является обеспечение электрической изоляции: между соседними пикселями, между анодными и катодными электродами, а также между соседними электродами одного потенциала. Получение изолирующих слоев может решаться традиционно, т.е. путем напыления тонких пленок диэлектриков на различных стадиях. Перспективным представляется технологический процесс печати органических диэлектриков, тем более что он полностью совместим с остальными процессами печати органических слоев матриц. Для этих целей была проведена серия экспериментов по печати изолирующих слоев на базе полиметилметакрилата [28, 29] растворами:

Раствор 1 (PMMA) – Poly(methylmethacrylate) в концентрации 7 мг/мл;

Раствор 2 (PMMA w 15% POSS) – Poly[(propylmethacryl-heptaisobutyl-PSS)-co-(t-butyl methacrylate)] 15% wt POSS в концентрации 7 мг/мл.

На рис. 3.11 и рис. 3.12 приведены профилограммы, измеренные для пленок

одиночных линий, нанесенных с использованием растворов 1 и 2.



Рис. 3.11 – Профилограмма пленок (линии), полученных печатью раствором РММА

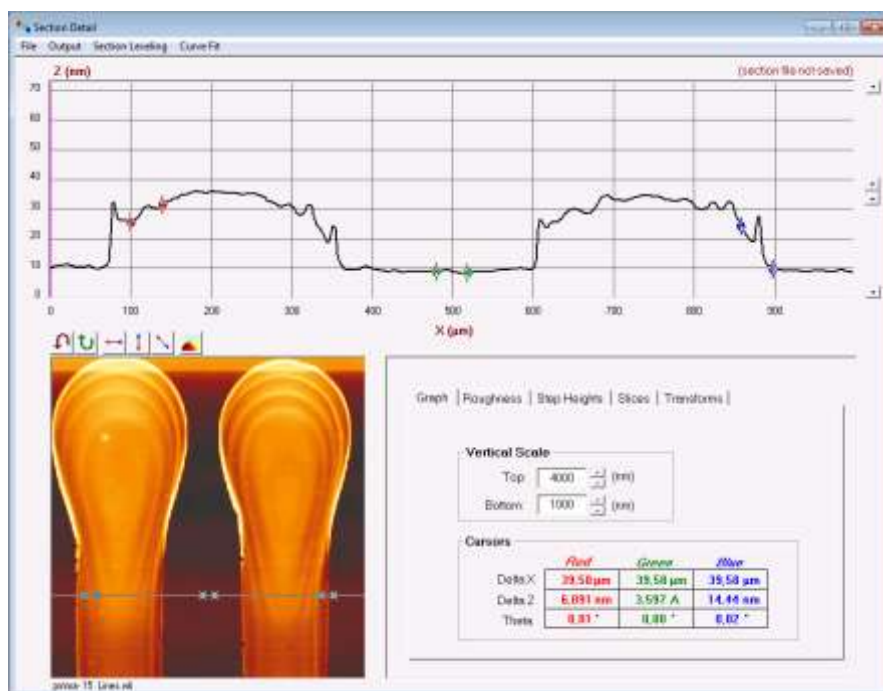


Рис. 3.12 – Профилограмма пленок (линии), полученных печатью раствором РММА w 15% POSS

На рис. 3.13 приведена профилограмма, измеренная для сплошной пленки РММАw 15% POSS, выполненной путем печати перекрывающихся линий с шагом 20 мкм.

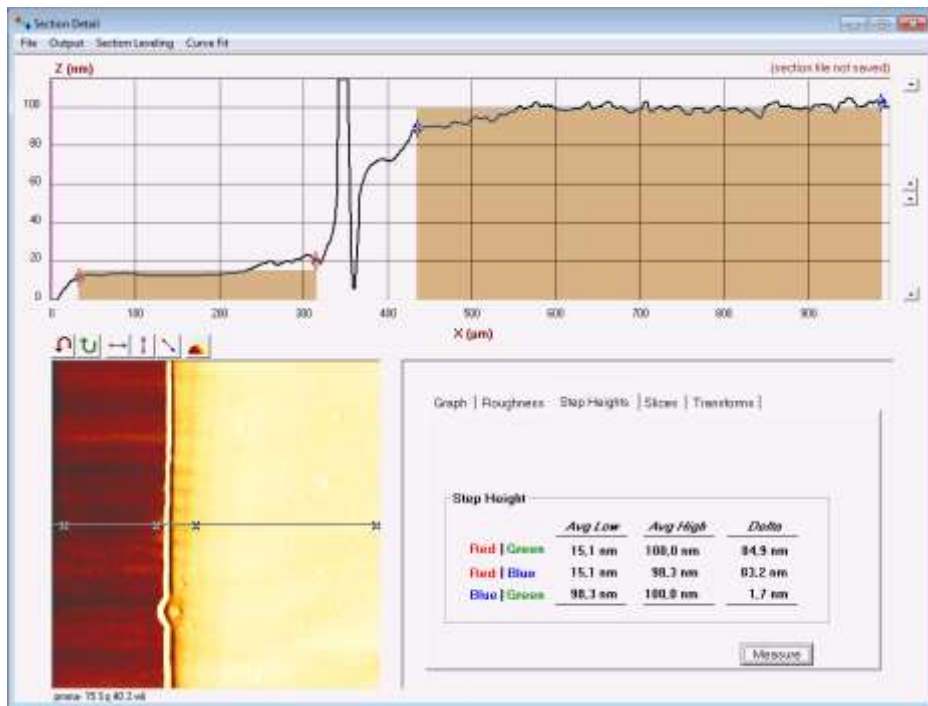


Рис. 3.13 – Профилограмма сплошной пленки, полученной печатью раствором PMMAw 15% POSS

Как видно из результатов измерений, применяемая технология печати вполне позволяет получать как отдельные линии шириной порядка 250 – 300 мкм и толщиной 20 – 30 нм (см. рис. 3.12), так и обеспечивает однородную заливку поверхности (см. рис. 23.13) с толщиной слоя на уровне 100 нм. Это позволяет прогнозировать использование операции печати диэлектрических слоев при производстве компонент электроники.

Для определения электрических характеристик полученных пленок были изготовлены макеты тонкопленочных структур с топологическими размерами 2,54×5 мм, поперечное сечение которых приведено на рис. 3.14.

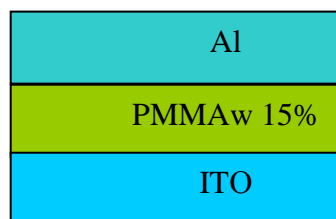


Рис. 3.14 – Поперечное сечение структуры для определения электрических характеристик

Для изготовленных макетов были измерены значения сопротивлений изоляции при значении постоянного напряжения 50, 100 и 200 В. Среднее значение сопротивления изоляции пленки PMMAw 15% POSS составило 5 МОм. Толщина пленки диэлектрика PMMAw 15% POSS составляла около 100 нм.

3.5 Печать проводящего (металлического) слоя

Одним из перспективных применений использования печатной технологии при создании ОСИД-матриц и других элементов является получение проводящих дорожек с использованием серебросодержащих чернил. Было проведено несколько экспериментов по нанесению слоя проводящих чернил марки ANP DGP 40TE-20С.

На рис. 3.15, 3.16 приведены профилограммы пленок одиночной линии и полигона, выполненного путем печати перекрывающихся линий с шагом 20 мкм.

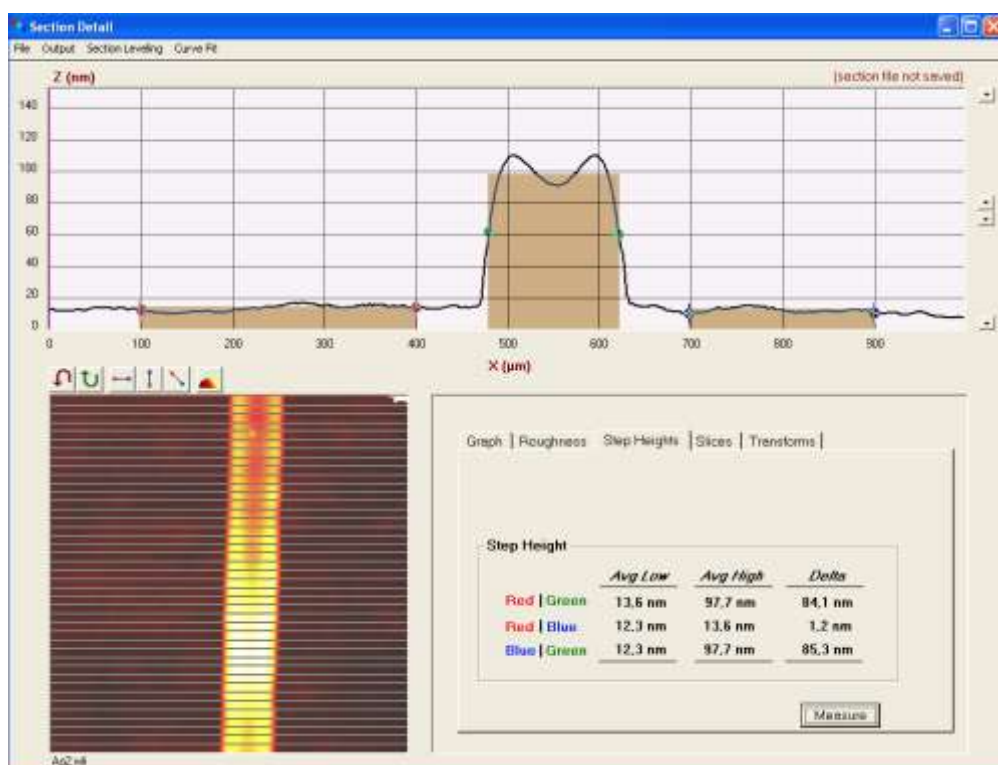


Рис. 3.15 – Профилограмма пленки проводящей линии

В результате экспериментальных исследований получены проводящие пленки толщиной 100 нм (для одиночных линий) и 168 нм (для сплошных полигонов). Сопротивление пленок составило порядка 3–5 Ом/□.

Полученные проводящие пленки могут применяться:

для уменьшения контактного сопротивления в области подключения к анодным электродам матрицы;

для уменьшения потерь тока в проводниках анода, путем шунтирования прозрачного анодного электрода узким проводником (30 мкм и менее) имеющим меньшее сопротивление;

для обеспечения коммутации элементов катодных электродов, полностью либо

частично заменить собой проводящие пленки алюминия.

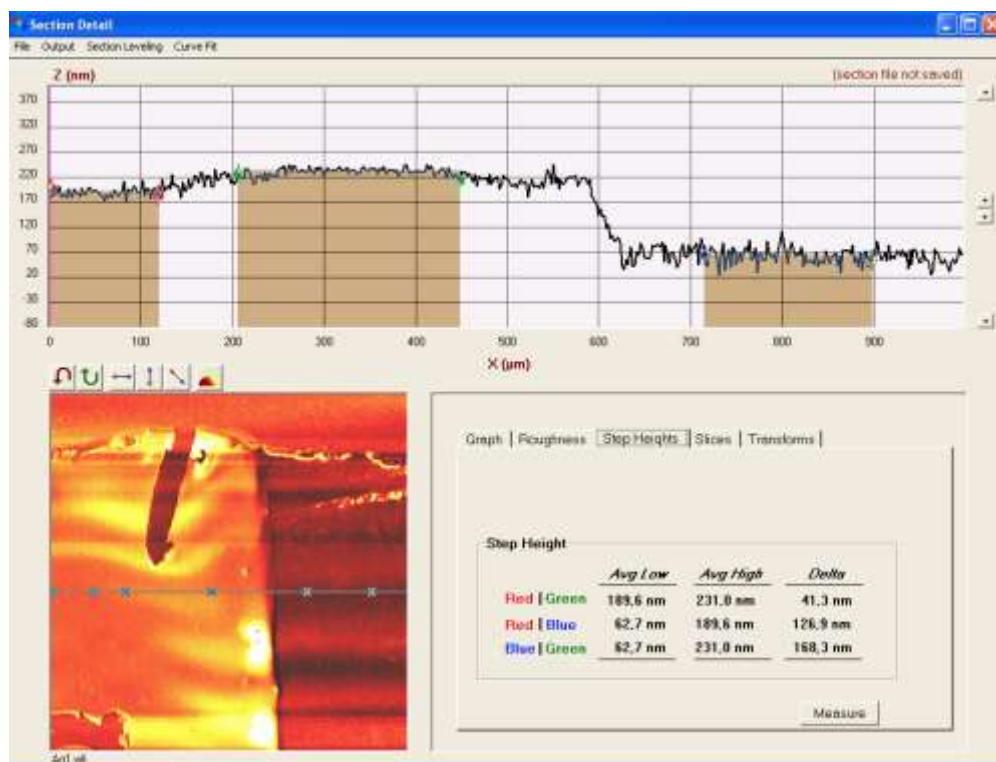


Рис. 3.16 – Профилограмма проводящей пленки полигона

3.6 Влияние параметров отжига на электрическое сопротивление элементов печатной электроники

Для создания устройств печатной электроники необходимо использовать специализированные чернила, которые представляют собой полимерный раствор с мелкодисперсными частицами материала, определяющего свойства пленки в дальнейшем (проводник, полупроводник, диэлектрик).

В работе [31] для создания проводников использованы полимерные чернила с нанодисперсными частицами серебра ANP DGP 40TE-20C. Согласно технологии создания печатных проводников после нанесения чернил на подложку их необходимо высушить при температуре 100...200 °С (в зависимости от типа чернил). В связи с этим возникает необходимость выбора температуростойкой подложки. В качестве гибкого основания для печати была использована пленка из полиэстера (ПЭТ), широко применяемая в задачах ламинирования полиграфической продукции. Увеличение температуры отжига может сократить время нагревания, однако при этом следует учитывать свойства подложки, чтобы избежать ее деформации и разрушения. Поэтому чернила, нанесенные на подложку, подвергались отжигу в инфракрасной конвекционной печи Аверон «АПИК 1.0 Тропик» при температуре 120°С. При этом использовался температурный профиль,

представленный на рис. 3.17.

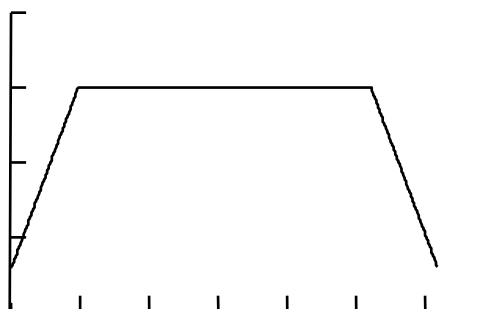


Рис. 3.17 – Термопрофиль нагрева чернил во время отжига (120°C , 400 с)

В качестве экспериментальных элементов печатной электроники с помощью GIX Microplotter II фирмы SonoPlot были нанесены проводники различной длины $L = (5, 10 \dots 25)$ мм. При использовании капилляра с соплом 140 мкм ширина проводников составила 200 мкм (за счет растекания чернил на подложке). Была определена зависимость электрического сопротивления проводников от длительности отжига. Для этого измерялось сопротивление образцов после каждого цикла нагревания согласно термопрофилю рис. 23.17. Результат измерения представлен на рис. 3.18.

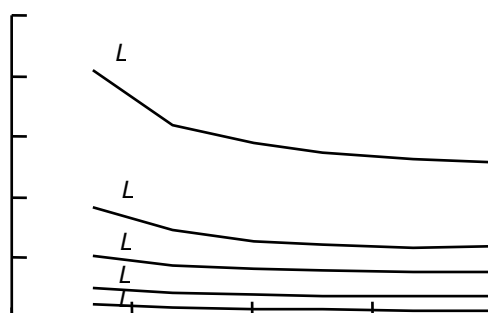


Рис. 3.18 – Зависимость электрического сопротивления проводников от времени отжига

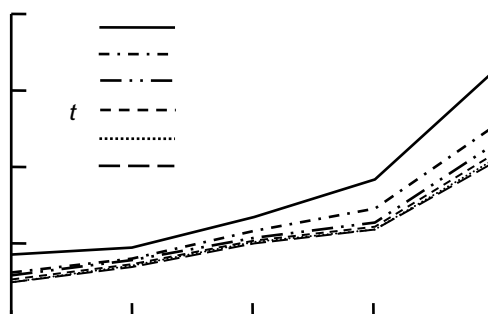


Рис. 3.19 – Зависимость погонного электрического сопротивления проводников от их длины. t – время нагревания

Из рис. 30 видно, что во время отжига сопротивление образцов уменьшается. Сопротивление падает до определенного значения и затем остается постоянным. В данном

случае это произошло через 40 мин нагревания. В рекомендациях производителя указывается фиксированное время отжига при заданной температуре. Однако в подобных задачах, где используются низкотемпературные материалы, такие условия не могут быть выполнены. В связи с этим представляет интерес возможность снижения температуры отжига. В этом случае минимальное изменение сопротивления может служить критерием завершения процесса отжига, так как дальнейшее нагревание не влияет на снижение сопротивления.

Обнаружено, что сопротивление изменяется непропорционально изменению длины проводника (рис.3.19). Отсюда можно сделать вывод о том, что характеристики печатных проводников характеризуются нелинейной зависимостью электрического сопротивления, как от параметров технологических режимов отжига, так и от длины проводника. Неравномерное распределение сопротивления проводника может быть связано с образованием дефектов в процессе печати и во время отжига. В обоих случаях возможно незначительное локальное растекание чернил. Рельеф поверхности основания также может влиять на появление локальных дефектов в процессе печати. Представляет интерес контроль и диагностика качества напечатанных пленок и полученных проводников.

Известны работы [51], в которых изучены свойства СВЧ-линий на традиционных медных печатных проводниках. Результаты свидетельствуют о наличии нелинейных свойств подобных проводящих структур. Представляет интерес проведение детальных исследований для изучения нелинейных свойств проводников, изготовленных по технологии принтерной печати. Учитывая локальный характер появления дефектов, следует оценивать качество печати всей топологии. В этом случае проводник рассматривается как линия с распределенными параметрами. В связи с этим предлагается для диагностики качества печати проводников использовать известный метод нелинейной видеоимпульсной рефлектометрии. Также для контроля эффективности отжига можно использовать модифицированный метод нелинейной рефлектометрии с учетом термоэлектрических эффектов [52]. Методы позволяют в линии с распределенными параметрами обнаруживать участки, сопротивление которых изменяется под нагревающим воздействием постоянного электрического тока [53].

Список использованных источников к разделу 3

1. Argon plasma sintering of ink jet printed silver track on polymer substrates / I. Reinhold, C.E. Hendriks, R. Eckardt, J.M. Kranenburg, J. Perelaer, R.R. Baumann, U.S. Schubert // *Journal of Materials Chemistry* 19 – 2009. – No. 21. – P.3384–3388. ISSN: 0959-9428. <http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2009/JM/b823329b>.
2. Simulation and prediction of the thermal sintering behavior for a silver nanoparticle ink based on experimental input. Sebastian Wünscher, Tobias Rasp, Michael Grouchko, Alexander Kamyshny, Renzo M. Paulus, Jolke Perelaer, Torsten Kraft, Shlomo Magdassi and Ulrich S. Schubert // *Journal of materials chemistry. C, Materials for optical and electronic devices*, 2 – (2014) –, No.31. – P. 6342–6352. – ISSN: 2050-7526. ISSN: 2050-7534. DOI: 10.1039/C4TC00632A.
3. Printed electronics: the challenges involved in printing devices, interconnects, and contacts based on inorganic materials / Jolke Perelaer, Patrick J. Smith, Dario Mager, Daniel Soltman, Steven K. Volkman, Vivek Subramanian, Jan G. Korvink and Ulrich S. Schubert // *J. Mater. Chem.*, – 2010, – 20, – 8446. DOI:10.1039/c0jm00264j.
4. Printed electrically conductive composites: conductive filler designs and surface engineering / Cheng Yang, Ching Ping Wong and Matthew M. F. Yuen // *J. Mater. Chem. – C*, 2013, – 1, 4052. DOI:10.1039/c3tc00572k.
5. Rapid two-step metallization through physicochemical conversion of Ag₂O for printed “black” transparent conductive films / Dong-Youn Shin, Gi-Ra Yi, Dongwook Lee, Jungwon Park, Young-Boo Lee, Inseok Hwang and Sangki Chun // *Nanoscale*, 2013, – 5, 5043. DOI: 10.1039/c3nr00962a.
6. Rapid sintering of silver nanoparticles in an electrolyte solution at room temperature and its application to fabricate conductive silver films using polydopamine as adhesive layers / Yuhua Long, Junjie Wu, Hao Wang, Xiaoli Zhang, Ning Zhao and Jian Xu // *J. Mater. Chem.*, 2011, – 21, – 4875. DOI: 10.1039/c0jm03838e.
7. Nanocomposite oxygen reduction electrocatalysts formed using bioderived reducing agents / Lee Johnson, Wim Thielemans and Darren A. Walsh // *J. Mater. Chem.*, 2010, – 20, – 1737. DOI:10.1039/b922423h.
8. Conductive patterns on plastic substrates by sequential inkjet printing of silver nanoparticles and electrolyte sintering solutions / Michael Layani, Michael Grouchko, Shai Shemesh and Shlomo Magdassi // *J. Mater. Chem.*, 2012, – 22, – 14349. DOI:10.1039/c2jm32789a.
9. Film formation properties of inkjet printed poly(phenylene-ethynylene)-poly(phenylene-vinylene)s / Anke Teichler, Rebecca Eckardt, Christian Friebe, Jolke Perelaer, Ulrich S. Schubert. // *Thin Solid Films*, 519, 2011, 3695–3702. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.schubert-group.de/publications/PDF/Papers/Teichler-2011-2.pdf>
10. All inkjet-printed piezoelectric polymer actuators: Characterization and applications for micropumps in lab-on-a-chip systems / Oliver Pabst, Jolke Perelaer, Erik Beckert, Ulrich S. Schubert, Ramona Eberhardt, Andreas Tünnermann // *Organic Electronics*. Volume 14, Issue 12, – December 2013 – P. 3423–3429.
11. Прохоренко П. П. Ультразвуковой капиллярный эффект / П.П. Прохоренко, Н.В. Дежунов, Г.Е. Коновалов; Под ред. В.В. Клубовича. Минск: Наука и техника, 1981. – 135 с.
12. [Электронный ресурс] <http://nplit.ru/books/item/f00/s00/z0000060/st061.shtml>
13. Polymer light emitting diodes and poly(di-n-octylfluorene) thin films as fabricated with a microfluidics applicator / H. Cheun, P.P. Rugheimer, B.J. Larson, P. Gopalan, M.G. Lagally and M.J. Winokur // *Journal of Applied Physics* 100, – 073510. – 2006.
14. Larson B.J. Controlled deposition of picoliter amounts of fluid using an ultrasonically driven micropipette / B.J. Larson, S.D. Gillmor, and M.G. Lagally – *Review of Scientific*

Instruments 75, 2004– P. 832–836..

15. B.J. Larson. Ph.D. thesis, University of Wisconsin-Madison. New technologies for fabricating biological microarrays. 2005.

16. Patent: 6,874,699 US Int.cl. B05B 1/08. Methods and apparatus for precisely dispensing microvolumes of fluids / B.J. Larson, C.H. Lee, A. Lal, and M.G. Lagally – data of Patent 05.04.2005

17. Template-directed carbon nanotube network using self-organized Si nanocrystals. B. Yang, M.S. Marcus, D. G. Keppel, P.P. Zhang, Z. W. Li, B. J. Larson, D. E. Savage, J.M. Simmons, O.M. Castellini, M. A. Eriksson, and M. G. Lagally. – Applied Physics Letters – 86, – 263107 – 2005..

18. Deposition of sample sand sample matrix for enhancing the sensitivity of matrix-assisted laser desorption D. Barnes, M. Vestling, B.J. Larson, and M.G. Lagally. / ionization mass spectrometry. – USPTO Application – # 11/025,349.

19. Nearterm aging and thermal behavior of polyfluorene in various aggregation states / H. Cheun, B. Tanto, W. Chunwaschirasiri, B. Larson, and M.J. Winokur // Applied Physics Letters – 2004. – № 84, – C.22–24 .

20. Johnson P. GIX Microplotter II: Manual // USA: SonoPlot, – 2011. – 71 p.

21. SonoPlot Microplotter GIX II. URL: [Электронный ресурс] – Режим доступа; www.sonoplot.com/products/Gix-Microplotter-II (дата обращения 25.05.2013).

22. [Электронный ресурс] – Режим доступа; http://global.epson.com/company/corporate_history/milestone_products/pdf/16_sq-2000.pdf.

23. [Электронный ресурс] – Режим доступа; <http://www.nestor.minsk.by/kg/1997/16/kg71608.htm>

24. [Электронный ресурс] – Режим доступа; <http://4pda.ru/2011/12/9/51237/>

25. [Электронный ресурс] – Режим доступа; <http://3dmid.ru/#/>

26. Нисан Антон. 3D-MID: Области применения и технологии производства // Поверхностный монтаж. – №3 (89), – март 2011. – С. 9-13.. [Электронный ресурс] – Режим доступа; <http://3dmid.ru/upload/files/pdf/1/3d-midpdf.pdf>

27. Волков Игорь. Новые возможности прототипирования изделий с использованием 3D-MID технологии // Поверхностный монтаж. №3 (100), – апрель 2013. – С. 11–14. [Электронный ресурс] – Режим доступа; <http://3dmid.ru/upload/files/pdf/1/prototypepdf.pdf>

28. Разработка базовой технологии изготовления особо плоских полноцветных ОСИД-дисплеев методом принтерной печати: пояснительная записка по договору «Органика», государственный контракт № 12418.1006899.11.055 от 05 апреля 2012 г. Этап 1/ Гл. конструктор Туев В.И. Технический проект. Томск, – 2012. – 149 с.

29. Разработка базовой технологии изготовления особо плоских полноцветных ОСИД-дисплеев методом принтерной печати: пояснительная записка по договору «Органика», государственный контракт № 12418.1006899.11.055 от 05 апреля 2012 г. Этап 2 / Гл. конструктор Туев В.И.. Томск, – 2013. – 103 с.

30. Здрок А.Е. Исследование технологии плоттерной печати изделий полимерной электроники // Научная сессия ТУСУР–2014: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, – Томск – 14–16 мая 2014 г.: – в 5 ч. Томск: В-Спектр, 2014. Ч. 1. – С. 180–183.

31. Analysis of influence of annealing parameters on electrical resistance of printed electronics elements / S.A. Artishchev, A.E. Zdrok, A.G. Loschilov, N.D. Maljutin // Microwave & Telecommunication Technology (CriMiCo), 2014 24th International Crimean Conference. Sevastopol – 2014. – P. 690 – 691 (engl.,rus.). – DOI: 10.1109/CRMICO.2014.6959587. IEEE Conference Publications. [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6959587&queryText%3DMalyutin+N.D.>

32. A. Teichler, Zh. Shu, A. Wild, C. Bader, J. Nowotny, G. Kirchner, S. Harkema, J.

- Perelaer and U.S. Schubert Inkjet printing of chemically tailored light-emitting polymers // *European Polymer Journal*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2013.03.031>.
33. A. Teichler, R. Eckardt, C. Friebe et al. Film formation properties of inkjet printed poly(phenylene-ethynylene)-poly(phenylene-vinylene)s // *Thin Solid Films*. – 2011. – 519. – P. 3695–3702.
34. S.-H. Jung, J.-J. Kim, H.-J. Kim High performance inkjet printed phosphorescent organic light emitting diodes based on small molecules commonly used in vacuum processes // *Thin Solid Films*. – 2012. – V. 520. – P. 6954–6958.
35. B.J. Larson, S.D. Gillmor, M.G. Lagally Controlled deposition of picoliter amounts of fluid using an ultrasonically driven micropipette // *Rev. Sci. Instrum.* – 2004. – V. 75, № 832; doi: 10.1063/1.1688436.
36. Y. Xia, R.H. Friend Controlled Phase Separation of Polyfluorene Blends via Inkjet Printing // *Macromolecules*. – 2005, 38, 6466–6471.
37. S.Ch. Chang, J. Liu, J. Bharathan, Y. Yang, J. Onohara, J. Kido Multicolor Organic Light-Emitting Diodes Processed by Hybrid Inkjet Printing // *Advanced Materials*. – 1999. – V. 11, N. 9. – P. 734–737.
38. J.F. Dijkstra, P.C. Duineveld, M.J.J. Hack et al. Precision ink jet printing of polymer light emitting displays // *Journal of Materials Chemistry*. – 2007. – V. 17. – P. 511–522.
39. A. Teichler, J. Perelaer, U.S. Schubert Screening of Film—Formation Qualities of various Solvent Systems for π -Conjugated Polymers Via Combinatorial Inkjet Printing // *Macromolecular Chemistry and Physics*. – 2013. – V. 214. – P. 547–555.
40. A. Teichler, J. Perelaer, F. Kretschmer, M.D. Hager, U.S. Schubert Systematic Investigation of Novel Low-Bandgap Terpolymer Library via Inkjet Printing: Influence of Ink Properties and Processing Conditions // *Macromolecular Chemistry and Physics*. – 2013. – V. 214. – P. 664–672.
41. Пат. US 20110008590A1 United States, H01B 1/12, B32B 3/10, H01L 51/54 Solvent for a printing composition / S. Goddard, P. Wallace. – опубли. 13.01.2011б; приоритет 03.03.2008.
42. T. Gohda, Y. Kobayashi, K. Okano, et al. 6-in. 202-ppi Full-Color AMPLD Display Fabricated by Ink-Jet Method // *SID*. – 2006. - ISSN0006-0966X/06/3702-1767-\$1.00+.00.
43. M. Tuomikoski, R. Suhonen. Pursuing the Printed OLED // электронный ресурс. Режим доступа <http://www.industrial-printing.net/content/pursuing-printed-oled>
44. Grouchko M, Kamyshny A, Magdassi S. Formation of air-stable copper-silver core-shell nanoparticles for inkjet printing. *J Mater Chem*. – 2009. – 19. – P. 3057–62.
45. T. Maaninen Low work function cathode ink // *Generic technologies, Materials and processes. Research and development activities in printed intelligence*. VTT Technical research centre of Finland – 2008., 52 p.
46. In-K. Shim, Y.I. Lee, K.J. Lee, J. Joung An organometallic route to highly monodispersed silver nanoparticles and their application to ink-jet printing // *Materials Chemistry and Physics*. – 2008. – 110. – P. 316–321.
47. Nir MM, Zamir D, Haymov I, et al. Electrically conductive inks for inkjet printing. In: Magdassi S, Ed. *The chemistry of inkjet inks*. New Jersey-London-Singapore: World Scientific. – 2010. - P. 225–54.
48. A. Kamyshny, J. Steinke, S. Magdassi Metal-based Inkjet Inks for Printed Electronics // *The Open Applied Physics Journal*. – 2011. – 4. P. 19–36.
49. J. Shinar *Organic Light Emitting Devices* / Springer; 1 edition, October 31, 2003, 384 p.
50. T.N. Kopylova, R.M. Gadirov, K.M. Degtyarenko, E.N. Tel'minov, T.A. Solodova, E.N. Ponyavina, S.Yu. Nikonov, G.I. Nosova, N.A. Solovskaya, I.A. Berezin, D.M. Il'gach, A.V. Yakimansky Spontaneous and Stimulated Emissions of
51. Distributed passive intermodulation distortion on transmission lines / J. Wilkerson, P. Lam, K. Gard, M. Steer // *IEEE Microwave Theory and Techniques*, – May 2011. – vol. 59, №.

5, – P. 1190–1205,.

52. Artishchev S.A. Diagnostics of electric contact quality by the method of nonlinear baseband pulse reflectometry with allowance for thermoelectric effects. / S.A. Artishchev, E.V., Semyonov. – Russian Physics Journal, 2014 – Vol. 56 – №9 – P. 1039–1045

53. Diagnostic of electrical contacts quality by the nonlinear reflectometry adjusted for thermo effects. / E.V. Semyonov, S.A. Artishchev, A.A. Gorodilov, S.B. Suntsov. // 22nd Int. Crimean Conf. “Microwave & Telecommunication Technology” (CriMiCo’2012). – Sevastopol, 2012, – P. 915–916.

54. Здрок А.Е. Исследование электрических характеристик пьезоэлектрического дозатора плоттерной системы печати / А.Е. Здрок, А.Г. Лошилов, С.А. Артищев. // Электронные средства и системы управления: Материалы докладов X Международной научно-практической конференции (12–14 ноября 2014 г.): В 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, 2014. – С. 216–219. – ISBN978-5-91191-318-2

55. Артищев С.А.. Измерительный стенд для контроля электрических параметров функциональных слоев изделий органической электроники/ С.А. Артищев, А.А. Бомбизов, А.Е. Здрок, А.Г. Лошилов // Электронные средства и системы управления: Материалы докладов X Международной научно-практической конференции (12–14 ноября 2014 г.): В 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, – 2014. – С. 208–212. – ISBN978-5-91191-318-2.

56. Туев В.И. Измерение сопротивлений двухполюсников с применением импульсного сигнала // Известия Том. политех. ун-та. 2006. № 1. – С. 178–182.

57. Семёнов Э.В. Нелинейная рефлектометрия с применением видеоимпульсных тестовых сигналов // Известия Том. политех. ун-та. 2006. – Т. 307, № 3. – С. 153–155.

58. Лошилов А.Г. Измерительный комплекс для исследования электрических и оптических характеристик органических светодиодных матриц / А.Г. Лошилов, М.А. Лазько, А.А. Бомбизов, С.П. Караульных, И.М. Макаров // Электронные средства и системы управления: Материалы докладов X Международной научно-практической конференции (12–14 ноября 2014 г.): В 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, – 2014. – С. 212–218. – ISBN 978-5-91191-318-2 (Ч. 2).

59. Problem of Ink Evaporation while using Plotter Systems to Manufacture Printed Electronic Products / Allanurov A.M., Zdrok A.Ye., Loschilov A.G., Malyutin N.D. // Procedia Technology. – 2014. – V. 18. – P. 19–24. – Elsevier Ltd. DOI:10.1016/j.protcy. 2014.11.006. [Электронный ресурс] – Режим доступа www.sciencedirect.com. International workshop on Innovations in Information and Communication Science and Technology, ICST 2014, 3-5 September 2014, Warsaw, Poland (engl.).

60. Аллануров А.М. Проблема испарения чернил при эксплуатации плоттерных систем изготовления изделий печатной электроники / А.М. Аллануров, А.Е. Здрок, А.Г. Лошилов, Н.Д. Малютин. // Электронные средства и системы управления: материалы докладов X Международной научно-практической конференции (12–14 ноября 2014 г.): В 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, 2014. – С. 220–218. – ISBN978-5-91191-318-2.

61. Мартенс Л.К. Техническая энциклопедия в 26 т. – 1929. – Т. 9. – С. 360–366.