

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология Отделение
 школы (НОЦ) НОЦ им Н.М. Кижнера

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка состава металлизационной пасты для нитрида алюминия на основе молибдена

УДК 661.862'041:621.793-404.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Дядькова А.Е		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц А.А.	к.т.н, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук И.В.	к.т.н, доцент		28.02.22

По разделу: «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина М.С.	-		28.02.22

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва И.Б.	к.т.н, доцент		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ им Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Ревва И.Б.
 (Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврская работа

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8А	Дядькова А.Е.

Тема работы:

Получение стеклокристаллических низкотемпературных материалов на основе природного диопсида	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1159969

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данные литературного анализа по вопросу «Получение стеклокристаллических низкотемпературных материалов на основе природного диопсида»; Объект исследований –стеклокристаллические низкотемпературные материалы на основе природного диопсида; Предмет исследования – стеклокристаллические композиции на основе разработанных составов стёкол и природного диопсида
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обоснование выбора исходного сырья 2. Разработка состава получаемого материала 3. Определение свойств материала <li style="background-color: yellow;">4. Заключение по работе

Перечень графического материала	Презентация в MS PowerPoint: - Характеристика исходного сырья; - Результаты экспериментов; - Выводы по работе.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
1. Литературный обзор. 2. Методы исследования. 3. Экспериментальная часть.	Дитц Александр Андреевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Методы и методики исследования	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц А.А.	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Дядькова А.Е.		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ООП 18.03.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций

УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владение пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий

ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств

ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
ДПК(У)-1	Способность проводить стандартные испытания материалов и изделий, проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку и анализ результатов

Реферат

Выпускная квалификационная работа 79 с., 17 рис., 22 табл., 26 источников.

Ключевые слова: металлизация, керамика, молибден, нитрид алюминия, металлизационная паста.

Цель работы - разработать металлизационную пасту для алюмонитридной керамики на основе молибдена.

В процессе исследования проводилось: разработка составов металлизационных паст на основе молибдена с добавлением связующей органики, создание образцов из нитрида алюминия, исследование свойств.

В результате исследования была разработана металлизационная паста на основе молибдена для керамики из нитрида алюминия.

Степень внедрения: научно-исследовательская разработка.

Область применения: электроэнергетика и электроника.

В будущем планируется совершенствование технологии и улучшение качеств металлизационной пасты на основе молибдена.

Оглавление

Введение.....	11
1. Литературный обзор	13
1.1. Керамика на основе AlN	13
1.1.1. Теплофизические свойства керамики AlN	14
1.1.2. Химическая стойкость	15
1.2. Металлизация керамики	16
1.2.1. Существующие способы металлизации	18
1.2.2. Требования к составляющим металлизации	23
1.3. Составы паст и режимы для металлизации керамики.....	24
1.3.1. Процессы, протекающие при вжигании металлизации	32
2. Объект и методы исследования	36
2.1. Растровая электронная микроскопия	36
2.2. Растровая электронная микроскопия	36
2.3. Рентгенофазовый анализ	40
3. Экспериментальная часть.....	41
3.1. Материалы.....	41
3.2. Изготовление образцов.....	41
3.3. Исследование свойств спеченных металлических образцов.....	44
3.4. Исследование свойств металлизационного слоя	47
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	50
Введение.....	50
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	51
4.1.1. Анализ конкурентных технических решений	51
4.1.2. SWOT-анализ.....	52
4.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	56
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования	56

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	57
4.2.3. Бюджет научно-технического исследования	61
4.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	67
Выводы по разделу.....	69
5. Социальная ответственность	72
Введение.....	72
5.1. Правовые и организационные основы обеспечения безопасности..	73
5.2. Производственная безопасность.....	74
5.3. Экологическая безопасность и анализ влияния на окружающую среду	78
5.4. Безопасность при возникновении чрезвычайных ситуаций	79
Заключение	79
Вывод по разделу	81
Список литературы	82

Введение

Потребительский спрос на полупроводниковые силовые модули, обладающие высокой мощностью и высокими характеристиками, также с высокой надежностью и низкой стоимостью. Спрос на источники бесперебойного питания, приводы, системы «smart power», транспортные средства на электричестве и т.д. Условия, которые необходимо соблюдать при производстве силового модуля: малые габариты и низкая цена материала для производства устройства. Эти требования являются основными к готовому силовому модулю.

На самом деле для безопасности устройства должны иметь отличные технические характеристики, быть устойчивыми к воздействиям окружающей среды и обладать практически полной безотказностью. Как называется этот продукт? Модули, которые должны быть построены с минимальными переходными сопротивлениями, так же должны иметь нормальное распределение индуктивностей силовых шин в сочетании с высоким напряжением изоляции.

Уже давно керамическая плитка занимает лидирующие позиции среди изоляционных материалов. Благодаря высоким механическим и электрическим свойствам керамика пользуется большой популярностью. Одним из главных качеств керамической продукции является недиффузируемость исходных материалов, простота технологии производства, низкая стоимость изделия. Важный момент – это то, что керамика является термостойкой и негигроскопичной. Мягкая прочность на сжатие, растяжение и изгиб больше не подходит для практического использования. Как правило, для производства российской керамики используют оксид алюминия (95–98 % окиси алюминия), электрокорунд (10 % Al_2O_3) и титанаты. Также в составе есть высокотвердые карбид бора или окись циркония. Другие материалы: керамические смеси с высокопрочным алмазом бора и окись циркония.

Этот материал в основе большинства кристаллов, применяемых в силовой электронике, чем керамика из Ве. Нитрид алюминия дает

возможность собирать компактные, выгодные по соотношению цена\качество компоненты и гибриды с высокой плотностью интеграции. Отличная прочность керамики и низкий коэффициент тепловой расширения разрешает беспроблемное внедрение в систему [1].

Необходимость обеспечения безотказности и высокой изоляции при производстве силовых модулей первостепенна. Еще один способ получить минимальные значения переходных тепловых напряжений - использовать керамику, которая состоит из оксидов алюминия Al_2O_3 и нитрида алюминия, оксида бериллия с медным слоем на обеих сторонах керамической пластины. По сравнению с оксидом бериллий в мире применение нитрида алюминия значительно больше. Способ получения бериллия является вредным как для окружающей среды, так и для человека. Спад использования бериллиевой керамики в настоящее время прекратился и почти не используется. Алюмонитридная керамика обладает высочайшими энергетическими свойствами, силой изоляции и высокой температурной проводимостью (170 W/mK). Алюмонитридная керамика ближе по коэффициенту теплового расширения к кремнию. В отличие от большинства других кристаллов, данный материал больше всех применяется в силовой электронике, чем та же керамика на основе Be. Что отличает нитрид алюминия, так это возможность собирать компактные, выгодные по соотношению цена\качество компоненты и гибриды с высокой плотностью интеграции. Отличный коэффициент теплового расширения, который достаточно низок, а также прочность разрешает беспроблемное внедрение в систему [1].

1. Литературный обзор

1.1. Керамика на основе AlN

Нитрид алюминия (AlN) керамика с превосходной теплопроводностью считается привлекательным подложки или упаковочного материала. Кроме того, керамика AlN имеют отличную прочность на изгиб около 5000 кг/см, высокую электрическое сопротивление, низкая диэлектрическая проницаемость (8,8 при 10 МГц), отсутствие токсичности и коэффициент теплового расширения, близкий к таковому у кремния. Эти свойства делают AlN потенциальным материалом для применения в микроэлектронной упаковке в качестве подложек для укупорки/проводки, теплоотводов силовых устройств, таких как эпитаксиальные транзисторы, светоизлучающие диоды и лазерные диоды, излучающие диоды и лазерные диоды [2].

Начиная с 30-х годов XX века металлизация керамических изделий нашла свое распространение как один из этапов изготовления вакуумно плотных металлокерамических узлов (МКУ). Металлизацию керамики обычно проводят с целью [3]:

- изготовление металлокерамических конструкций;
- создание электрических контактов и производства керамических конденсаторов и пьезоэлементов;
- получение декоративных покрытий.

По методам проведения все процессы металлизации можно разделить на две группы:

- толсто пленочная технология – на поверхность керамики наносят слой мелкодисперсного металла на органической связке, который затем закрепляют высокотемпературной обработкой – вжиганием;
- тонко пленочная технология – на поверхность керамики в вакууме наносится путем конденсации атомов или ионов пленка металла, при этом сцепление металла и керамики обеспечивается без вжигания.

Слой металлизации при толсто пленочной технологии составляет от 10 до 100 мкм, при тонко пленочной – доли и единицы микрометра [4].

Одни и те же процессы могут осуществляться как по толсто пленочной, так и по тонко пленочной технологии. Однако толсто пленочная технология металлизации находит более широкое применение на практике ввиду того, что не требует сложного и дорогостоящего аппаратного оформления как в случае тонко пленочной технологии.

Для металлизации керамики применяются либо чистые порошки тугоплавких металлов – молибдена, вольфрама и др., либо смеси порошков этих металлов с порошками железа, марганца, меди, либо карбиды тугоплавких и активных металлов. Во всех случаях технологическая схема получения спая практически не изменяется. Изменяются только температурные и газовые режимы обработки и состав паст для покрытия. Практическое применение в производстве в настоящее время имеют в основном металлизации с молибденом и металлизация карбидами вольфрама, молибдена и титана [5].

1.1.1. Теплофизические свойства керамики AlN

Такой физический показатель, как плотность в нитриде алюминия соответствует значению 3,11 – 3,27г/см³. При температуре плавления в 16 градусов, температура кипения составляет около 2400 градусов Цельсия. А если добавить к этому нитриду алюминий при температуре из диапазона 1600 – 1700 градусов и поместить в условия давление азота — то материал начнет разлагаться. Также нитриду алюминия является диэлектрик, о чем свидетельствует его высокий показатель электроемкости, химической устойчивости в агрессивных средах и электрической прочности.

Таблица 1.1.1.1. – Сравнительная характеристика свойств соединений, составляющих основу теплопроводности керамики [3].

Параметр	AlN
Теплопроводность, Вт/м•К	180-200
Прочность на изгиб, МПа	250-300
Электрическая прочность, кВ/мм	14-18
Удельное	>10 ¹²

Электросопротивление (при 25 °С), Ом•м	
Диэлектрическая постоянная (при 1 МГц)	9
Тангенс угла диэлектрических потерь:	
При 1 МГц	$1 \cdot 10^{-4}$
При 10 МГц	$5 \cdot 10^{-3}$
Коэффициент температурного линейного расширения (25 °С), $10^{-6}/\text{°С}$	4,6
Плотность, г/см ³	3,26

А в процессе спекания ALN наблюдается, как при разных температурах на материале протекает процесс окисления. Окисление начинается с температуры выше 700 °С. В настоящее время известно, что оксидный слой образуется в условиях комнатной температуры, но его толщина не превышает десятка микрон. В результате, оксидный слой, который образовался на нитриде алюминия, не позволяет влиять на материал температурам вплоть до 1375 °С. После того как температура достигла 1375 °С начинается окисления нитрида алюминия, который называют объемным. Такие атмосферы как атмосфера водорода и углекислого газа, а также нитрид алюминия полностью химически устойчивы до температур в 980 °С. Нитрид алюминия – это схожий материал по своей кристаллической структуре с ZnS, то есть в его основе лежит гексагональная кристаллическая структура и обладает кристаллическими связями. Кристаллическая группа нитрида алюминия имеет вид: $C_{6v}^4 - R_{3mc}$. Нитрид алюминия подвержен распаду, но этот процесс протекает относительно медленно, как при взаимодействии кислот с границами зёрен нитрида алюминия, так и при взаимодействии с щелочами [6].

1.1.2. Химическая стойкость

Нитрид алюминия визуально представляет из себя мелкодисперсный порошок белого цвета. Так же нитриду алюминия характерен вид водянисто-белых прозрачных кристаллов. Горячие минеральные кислоты действуют на нитрид алюминия слабо, поэтому растворяется в них он достаточно медленно.

Такие холодные кислоты как царская водка, соляная кислота, серная кислота и азотная кислота действуют на нитрид алюминия слабо, холодная плавиковая кислота не действует совсем. При воздействии на нитрид алюминия с помощью горячих растворов щелочей, разложение материала происходит с выделением NH_3 . Вышеперечисленное описывает высокую химическую стойкость нитрида алюминия, как перед кислотами, так и перед щелочами [7].

На данный момент применение нитрида алюминия происходит в различных областях промышленности. Можно отметить основные области, где нитрид алюминия стал применяться на постоянной основе. Применение нитрида алюминия в электронике разнопланово, он может служить диэлектриком для производства электрических плат, которые после могут иметь обширное применение, так и основой для полупроводников, которые могут найти свое применение в осветительном оборудовании. Так же нитрид алюминия используют при производстве материалов из нановолокон. В производстве сверхвысокочастотных резисторов оксидная керамика отошла на второй план, так как нитрид алюминия выигрывает перед ней тем, что он не токсичен и имеет высокий показатель теплопроводности. Нитрид алюминия используют для футеровки тиглей, ванн для получения множества расплавленных металлов, стекла при температурах превышающих 1300°C . Подобное использование нитрида алюминия возможно благодаря сочетанию таких его качеств, как высокая огнеупорность и химическая стойкость [4].

1.2. Металлизация керамики

Металлизационное покрытие наносят на керамику для создания токопроводящего слоя на определенной части детали, к которой присоединяют полупроводниковый кристалл и выводы, соединяющие изделие с корпусом полупроводникового прибора. Методы металлизации: вжигание пасты; испарение и конденсация в вакууме; химическое осаждение металлов и др. Первый способ используют в технологии корпусов ИС. Металлизация может также служить в качестве электродов конденсаторов, витков катушек

индуктивностей и промежуточным слоем для соединения керамики с арматурой с помощью пайки.

Метализационный слой позволяет получить прочное, вакуум-плотное, герметичное соединение керамических деталей друг с другом или с металлом методом пайки; создает смачивающуюся припоем поверхность. Плохая смачиваемость объясняется совершенно различной структурой поверхностей керамики и металлов. Исключение составляют припои, содержащие Ti или Zr. Прочный металлизационный слой на керамике служит цементирующей промежуточной составляющей между керамикой и металлом. Прочность сцепления возрастает при близости показателей ТКЛР и усадки. При вжигании металлизационных композиций в керамике происходят два взаимоисключающие процесса: спекание металлических зерен между собой; окисление активных компонентов металлизационной пасты и взаимодействие вновь образующихся центров оксидов с оксидами керамики с появлением переходного слоя. Поэтому в пасту вводят чистые металлы, а также активные добавки, взаимодействующие с компонентами керамики и не нарушающие процесс спекания металлических зерен друг с другом. Толщина металлизационного слоя составляет 25—60 мкм, после вжигания — меньше [8].

Способы металлизации керамики: оксидами металлов и порошками тугоплавких металлов. В первом способе приготовленную пасту наносят на поверхность керамики и вжигают. Происходит диффузия и взаимодействие составляющих с образованием нового соединения. При нагреве в восстановительной среде внешний слой спеченного оксида восстанавливается до чистого металла. Но если оксиды металлов легко смачиваются чистыми металлами — припоями (Ag, Си и др.), то восстановления внешнего слоя не требуется. Наибольшее промышленное применение нашла молибдено-марганцевая технология. Используют состав пасты 80 % Mo + + 20 % Mn. Для обеспечения хорошего качества металлизации в составе пасты должны быть добавки основной керамики, достаточное количество стекловидной фазы, а

также необходима соответствующая газовая среда при обжиге (водород, формирующий газ и др.). Активными добавками могут служить керамические порошки, стекла, глазури, металлы (Fe, Mn, Si, Mg), оксиды (TiO₂), карбиды, нитриды и бориды Ti, Si, Mo и других металлов. Иногда вводят две и более добавки. Основное назначение добавок — обеспечение прочного соединения керамики с металлами, а также снижение температуры спекания. Дисперсность добавок должна быть высокой. Для ускорения окислительных процессов компонентов (например, Mn), водород, подаваемый в печь, увлажняют до точки росы 30±5 °С в зоне подъема температуры. После прохождения зоны максимальной температуры подают сухой водород с точкой росы—40 °С для восстановления Mo [9].

1.2.1. Существующие способы металлизации

В зависимости от назначения металлического покрытия, его размеров и условий эксплуатации таких металлокерамических узлов выбирают соответствующие металлы и технологию металлизации. В разных целях применяют, например, благородные металлы: Ag, Pt,

Au для создания металлокерамических узлов — Mo, W, Mn, Ni, некоторые сплавы (например, ковар, состава 53 % Fe, 29 % Ni, 18 % Si) и др.

Технология металлизация может быть реализована несколькими способами [10]:

- 1) нанесение на поверхность керамики пасты, состоящей из тонкодисперсного металла, замешанного на органической связке, с последующим ее вжиганием;
- 2) нанесение на поверхность керамики соли некоторого металла (например, Ag₂CO₃) в смеси с восстановителем и с последующим вжиганием;
- 3) плазменное напыление металла на поверхность керамики;
- 4) диффузионная сварка керамики и металла при температурах 1100 – 1300 °С и находящихся под давлением 20 - 30 МПа.

Толщина наносимых на керамику металлических покрытий может колебаться от долей микрона до 30 - 50 мкм в зависимости от назначения покрытия и технологии его нанесения.

Самой простой технологией металлизации керамики является создание токопроводящего слоя, поскольку в этом случае не требуется жестких размерных требований. К такому покрытию предъявляются требования надежного сцепления с металлом, высокой стойкости к окислению при длительном хранении, высокой теплопроводности и малых диэлектрических потерь.

Для нанесения электропроводящих металлических покрытий применяют в основном благородные металлы: Ag, Au, Pt, Pd. Из этого перечня наиболее распространено серебро, отличающееся стойкостью к окислению, высокой электропроводностью, хорошей сцепляемостью с керамикой при наличии флюсов и относительно невысокой стоимостью. Все основные виды изделий радиотехнической керамики образуют достаточно прочное сцепление с серебряным покрытием, прочность которого на разрыв составляет 10-30 МПа.

Нанесение серебряного покрытия на керамику производят методом вжигания содержащей серебро пасты, состоящей из карбоната серебра Ag_2CO_3 (35 – 40 %) и раствора канифоли ($\text{C}_9\text{H}_{19}\text{COOH}$) в скипидаре ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$) (60 - 65 %) при температуре 800 – 850 °С. Нанесенное на поверхность керамики (в составе пасты) Ag_2CO_3 восстанавливается до металлического, а для улучшения сцепления его с керамикой в пасту предварительно вводят небольшие добавки оксида висмута V_2O_3 и бората свинца $\text{Pb}_2\text{V}_4\text{O}_7$. Одновременно с восстановлением серебра восстанавливаются оксид висмута до металлического висмута, и борат свинца до металлического свинца и с образованием оксида бора. В процессе обжига оба эти компонента плавятся и расплавленный металл способствует лучшему смачиванию всего микрорельефа поверхности керамического изделия.

Слой однократно наносимого на предварительно очищенную, обезжиренную и промытую поверхность керамики пасты при его восстановлении создает слой серебра 2-3 мкм, при двукратном цикле на более крупных изделиях толщина увеличивается до 10 мкм, а при многократном нанесении пасты — до 30 - 40 мкм. Выводы к серебряным электродам припаивают мягкими припоями при температуре 200 – 300 °С паяльником или на специальных устройствах. Состав мягких припоев базируется главным образом на основе свинца и олова с добавлением Ag, Sb, Cd и др. Мягкими припоями называют припой, которые плавятся при температуре ниже 350 °С [11].

Металлизацию керамики применяют также для создания возможности ее пайки с металлом, так как обычные металлические припои не смачивают керамику и поэтому пайка керамики с металлом без предварительной ее металлизации практически невозможна. Следовательно, без предварительной металлизации поверхности керамики невозможно создание какой-либо металлокерамической конструкции определенной конфигурации. Такие соединения керамики с металлом должны быть вакуумно-плотными.

Особенно важное значение имеет надежность вакуумно-плотных спаев керамики с металлом в электровакуумной технике, использующей большое количество разнообразной по составу керамики. Применение керамики в электровакуумных приборах позволило повысить температуру откачки, улучшить эксплуатационные свойства вакуумной аппаратуры и расширить температурный диапазон ее использования. Основными металлами, с которыми спаивают керамику являются: железо, никель, кобальт, сплав «ковар». К качеству металлического покрытия и спая предъявляют более жесткие требования, чем к серебряным токопроводящим покрытиям. Основным критерием качества спая керамики с металлом — это сопоставимость их коэффициентов линейного расширения. При совпадении таких коэффициентов или при их достаточной близости друг к другу спай называют согласованным. В согласованном спае при его охлаждении после

пайки от 800 - 850° С до нормальной температуры не возникает опасных внутренних напряжений, а в несогласованных спаях такая опасность существует, что может привести к потере вакуумной плотности спая, а это недопустимо.

Металлокерамическая конструкция должна быть построена таким образом, чтобы керамическая деталь обязательно работала на сжатие, а не на растяжение, поскольку ее прочность на сжатие в несколько раз выше, чем на растяжение. Кроме того, непременным условием металлизации и пайки является хорошее сцепление металла с керамикой, определяемое прочностью его на отрыв.

Для создания вакуумно-плотных слоев первичную металлизацию керамики производят такими тугоплавкими металлами как железо, марганец, медь и в зависимости от применяемого металла металлизацию называют по имени применяемого металла.

Технология металлизации по «молибденовой технологии» состоит в том, что специально подготовленный с гой или иной добавкой молибденовый порошок (средний размер зерен 1 мкм) наносят на поверхность керамики в виде пасты, приготовленной на органической связке. Толщина слоя молибдена не должна превышать 25 - 30 мкм. Затем нанесенный слой молибдена вжигают в электрических печах в атмосфере азота и водорода. Температура спекания молибденовой пасты с высокоглиноземистой и корундовой керамикой составляет около 1400° С. В процессе вжигания молибденового порошка между керамикой и молибденом образуется прочный промежуточный слой, состав которого зависит от исходного состава пасты и керамики. Например, при металлизации молибденом и наличии в пасте добавки железа происходит частичное окисление молибдена до его основных оксидов, которые, соединяясь с кислыми оксидами керамики SiO₂, образуют сложное стекло, определяющее прочность и плотность спая. Таким образом, металлизация по «молибденовой технологии» дает прочные покрытия с керамикой, содержащей кислые оксиды [12].

При металлизации по «молибдено-марганцевой» технологии (добавка в пасте Мп 10 — 20 %) в процессе вжигания образуются оксиды марганца, обладающие кислыми свойствами и оксиды молибдена кислого характера MoO_2 и MoO_3 , которые, взаимодействуя с основными оксидами керамики (например, Al_2O_3), образуют легкоплавкие молибдаты, обеспечивающие также прочное сцепление. Пасту при данной технологии вжигают в колпаковых или водородных электропечах в атмосфере смеси водорода с азотом.

Так как смачиваемость молибденового покрытия серебросодержащими припоями незначительна, то на нанесенный тем или иным способом слой молибденового покрытия наносят слой никелевого покрытия толщиной 10-15 мкм. Никель способствует хорошему растеканию припоев. Вжигается никелевое покрытие в водородных печах при 980 °С. Подготовленные таким образом керамические детали с двухслойным металлическим покрытием после соответствующей очистки спаивают с металлическими частями аппаратуры. При этом используют твердые припои — серебро ($t^{\text{TM}} = 961$ °С) или сплавы серебра с медью (например, Ag -28,5 %, Си - 71,5 %) с температурой плавления 779 °С. Металлокерамические спаи для электровакуумной аппаратуры должны выдерживать температуру не менее 450 °С без нарушения вакуумной плотности. Керамику с металлом спаивают в электрических печах в атмосфере водорода и азота при температуре 1030 ± 10 °С (при пайке серебром) или при 820 – 830 °С при пайке сплавом Ag - Си. После этой операции приведенная многоступенчатая технология спаивания заканчивается контролем качества спайки металла с керамикой.

В настоящее время наравне с многоступенчатой технологией спайки металла с керамикой разработана одноступенчатая технология с активными металлами Ti, Zr, которая названа «термокомпрессионной сваркой». Суть этой технологии состоит в том, что спай образуется за одну операцию без предварительной металлизации молибденом и покрытия вторым слоем никеля в результате взаимодействия между твердыми фазами. Сварка

происходит под давлением 20 - 30 МПа и с одновременным нагревом до 1000 °С. Однако область применения такого типа сварки существенно ограничена.

Следует отметить, что применяют также методы нанесения тонких слоев металла на предварительно обожженную керамику путем плазменного и дугового напыления в специальных установках. Тонкопленочное покрытие требует высокой чистоты поверхности керамического изделия и подогрева подложек до 250 – 400 °С и наносится оно без вжигания, а связь керамики с напыленным металлом носит адгезионный характер [13].

1.2.2. Требования к составляющим металлизации

Основными требованиями к металлизации керамики являются [14]:

- высокая адгезия к подложке из алюмонитридной керамики;
- возможность пайки высокотемпературными припоями, как в вакууме, так и в среде водорода.

При вакуумном осаждении металлов на керамические подложки, высокую адгезию металлизации к керамике можно получить при условии химического взаимодействия материала керамического материала с осаждаемым металлом. Чтобы химическая реакция между напыляемым металлом и материалом диэлектрика имела место, необходимо, чтобы она была возможной с точки зрения термодинамики. Реакция между напыляемым металлом и материалом диэлектрика термодинамически возможна в том случае, если величина изменения теплосодержания ΔH образования, например, окисла материала диэлектрика, менее отрицательна, чем величина ΔH образования окисла напыляемого металла. Только в этом случае напыляемый металл будет отнимать кислород от окисла материала диэлектрика и могут образовываться промежуточные фазовые слои.

Применяя вышеизложенные рассуждения при металлизации керамики из нитрида алюминия предпочтение отдают, как правило, титану в качестве первого слоя при вакуумном осаждении металлизационной системы на подложку, поскольку значение ΔH (ккал/моль) образования $TiN = -73,0$ и более отрицательно значения ΔH образования $AlN = -57,7$ [2].

Не менее важно, для обеспечения высокой адгезии металлизации к алюмонитридной керамике, следует учитывать, что загрязнение на подложке с толщиной всего в несколько атомных слоев, может воспрепятствовать хорошему сцеплению, т.е. образованию хорошего переходного слоя и сильно ослабить адгезию. Таким образом, важное значение имеет качество предварительной подготовки поверхности подложек, предназначенных для нанесения на них тонкоплёночной металлизации.

Кроме вышеизложенного, в ряде случаев в подложках из алюмонитридной керамики необходимо формировать переходные металлизированные отверстия, например, в подложках силовых модулей, в подложках для мощных СВЧ транзисторов для снижения индуктивности в базовых цепях и т.п. Отверстия до металлизации обычно формируют лазером. При этом в местах формирования отверстий температура может превышать 2000 °С, что является причиной разложения AlN с образованием загрязняющего поверхность отверстия алюминия, который необходимо удалить в подложках из алюмонитридной керамики, подлежащих тонкоплёночной металлизации [15].

1.3. Составы паст и режимы для металлизации керамики

При выборе порошков металлов для паст рекомендуется [9]:

- Использовать металлические порошки минимально возможными размерами зерен, чтобы обеспечить максимально возможную поверхность керамики (экспериментально установлено, что размер частиц порядка 1 мкм, способствует образованию прочного сцепления);
- Использовать порошок с различными гранулометрическими составами (так как порошок, состоящий из одинаковых по размеру зерен, спекается с меньшей скоростью, чем порошок из разных размеров зерен), что способствует более прочному сцеплению проводящего слоя с керамической поверхностью;

- Металлические зерна должны иметь максимально нарушенную решетку;
- Поверхность зерен должна быть очищена от веществ, которые обладают повышенной диффузионной способностью.

Проводящие пасты состоят из мелкодисперсных порошков металлов, диспергированных в органических связующих веществах.

Для металлизации широко используются тугоплавкие металлы, такие как молибден или вольфрам с различными добавками, снижающими температуру формирования покрытия, повышающими прочность связи покрытия с керамикой, улучшающими смачиваемость покрытия расплавленными припоями и снижающими температуру вжигания покрытия. В общем случае в состав металлизационного покрытия, наносимого на керамику, входят порошок молибдена (вольфрама) в количестве 70 - 95% (по массе) и активные добавки марганца, кремния, титана (гидрида титана), железа, бориды молибдена, ферросилиция и др.

Выбор добавок зависит от химического и фазового составов керамического материала, а также температуры спекания покрытия.

Если керамика не содержит в своем составе стеклофазу, то вжиганием порошка молибдена нельзя добиться плотного металлизационного покрытия, обладающего хорошей адгезией [13].

Введение добавок марганца в металлизационную пасту приводит к значительному повышению адгезии. При вжигании в увлажненном водороде с точкой росы 25 °С металлический марганец окисляется до MnO, которая вступает в реакцию с алюмооксидной керамикой при температурах выше 1000 °С с образованием марганцево-алюминиевой шпинели (MnAl₂O₄). При дальнейшем развитии процесса во времени образуется переходной слой шпинели, обеспечивающий связь зерен молибдена с материалом керамики. Температура плавления эвтектики (MnO - 23 мас. %, Al₂O₃ - 77 мас. %) 1510 °С, поэтому реакция вжигания является твердофазной. Для повышения 27

скорости взаимодействия необходимо введение жидкой фазы, которая хорошо смачивает контактирующие поверхности.

При введении в состав пасты для металлизации керамики ВК 100-2 борид молибдена в ходе вжигания образуется V_2O_3 , который дает эвтектику с оксидом марганца (температура плавления - $750\text{ }^\circ\text{C}$).

В процессе вжигания появляется жидкая фаза, которая хорошо смачивает как поверхность керамики, так и зерна молибдена.

В работе предлагается состав, содержащий 70% молибдена, 20% марганца и 10% MoB_4 , обеспечивающий вакуум - плотное соединение с высокими термомеханическими свойствами керамики А-995 с металлами. Борид молибдена в качестве добавки к молибдено-марганцевым пастам при металлизации керамики 22ХС дает возможность снизить температуру вжигания на $30\text{--}50\text{ }^\circ\text{C}$, обеспечивая при этом достаточно высокое качество спаев.

Также, в качестве добавки большое распространение получила марганцево-титановая добавка, причем титан может вводиться в виде металла, окиси или гидрида, что существенно улучшает качество металлизационных слоев и приводит к увеличению выхода высокопрочных и вакуум-плотных композиций [10].

Например, в работе повышение прочности сцепления достигается тем, что состав содержит в качестве добавок MnO_2 , TiH_2 , Cu_2O при следующем соотношении указанных компонентов, вес. %:

MoO_3 75 – 90

MnO_2 3 – 12

TiH_2 3 – 12

Cu_2O 5 – 1,5

Использование оксидов молибдена, марганца и меди улучшает сцепление покрытия с керамикой. Среднее значение механической прочности соединения составляет 2100 кг/см^2 . Гидрид титана обеспечивает интенсивную взаимную диффузию компонентов.

При металлизации изделий из керамики «Сапфирит-16» используется паста на основе молибдена и марганца с добавками пятиокиси ванадия, что позволяет получать прочные металлокерамические спаи, причем наилучшие результаты получены на составе: 75% Mo, 20% Mn и 5% V₂O₅. Прочная связь металлизационного покрытия с керамикой в данном случае достигается в результате химического взаимодействия компонентов покрытия окиси марганца и пятиокиси ванадия с керамикой и образования в поверхностном слое керамики сложной шпинели (MnV)·Al₃O₄, которая более устойчива, чем алюмомарганцевая.

В работе увеличение механической прочности металлокерамических соединений достигается тем, что состав для металлизации керамики на основе молибдена или вольфрама с добавкой активного металла содержит в качестве последнего ванадий при следующем соотношении компонентов, вес. %:

молибден или вольфрам	90–95
ванадий	5–10.

Выбор добавки ванадия был произведен на основе его высокой адгезионной способности к керамике при напылении; способности образовывать при термообработках соединения, являющиеся активаторами взаимодействия металлизационного слоя с керамикой. Механическая прочность спаев в этом случае достигает 200 МПа.

В работе для металлизации высокоглиноземистой керамики, авторами предлагается паста содержащая (в масс. %):

W	70-95
Al ₂ O ₃	3-20
Cr ₂ O ₃	2-10

Введение в пасту Cr₂O₃ способствует образованию твердого раствора Cr₂O₃ в Al₂O₃, который проявляет наибольшую активность при получении прочных металлокерамических соединений.

Так же существует состав для металлизации керамики, содержащий, вес. %:

молибден	80 – 90
марганец	9 – 17
хром	1 – 4

Выбор добавки хрома обусловлен его высокой адгезионной способностью, а также способностью образовывать при термообработках соединения, являющиеся активаторами взаимодействия металлизационного слоя с керамикой [10].

Для металлизации алюмооксидной керамики предлагается состав. С целью повышения механической прочности и термостойкости металлокерамического спая, паста включающая молибден, марганец и кремний, дополнительно содержит окись галлия при следующем соотношении компонентов (в масс. %):

молибден	основа
марганец	15 - 20
кремний	3 - 6
окись галлия	0,5 – 2

В ряде случаев повышение прочности сцепления металлизующего покрытия с керамикой достигается путем введения в покрытие специальных адгезионных добавок в виде стекла, спека или стеклообразующих компонентов. Особое значение добавки приобретают при металлизации высокоглиноземистых керамических материалов, содержащих более 98% Al_2O_3 и имеющих плотнокристаллическую структуру с незначительным количеством стеклофазы. После вжигания таких металлизующих композиций образуется прочное сцепленное с керамикой покрытие, состоящее из частичек тугоплавкого металла и алюмосиликатного стекла.

Комбинация основных двух компонентов пасты - металла и стекла определяет такие важные свойства как проводимость, возможность пайки, 30 адгезию к подложке, совместимость с резистивными, диэлектрическими составами и др.

Предлагается металлизировать алюмооксидную керамику пастой, состоящей из (в масс. %):

стеклофритта	10-15
молибден	0,8-18
каборнильный никель	остальное

Стеклофритта содержит оксид лантана при следующем соотношении ингредиентов (в масс. %):

MnO ₂	26-29
SiO ₂	31-34
Al ₂ O ₃	19-21
La ₂ O	16-24

Отличительной особенностью предлагаемой пасты является то, что после её вжигания не требуется нанесение дополнительного никелевого покрытия по металлизированному слою при пайке медно - серебрянными припоями. Обеспечивается получение вакуумплотного спая, имеющего высокую механическую и термическую прочность.

Для металлизации керамики из оксида бериллия авторы работы предлагают состав, включающий молибден, марганец, пламень и оксид лантана при следующем соотношении компонентов, (в масс. %) [15]:

марганец	0,5 – 2,0
пламень	15 – 18
оксид лантана	1 – 2
молибден	80 – 82

причем пламень содержит компоненты при следующем соотношении (в масс. %):

оксид алюминия	46 – 47
оксид кальция	44,4 – 45,2
ксид магния	8,6 – 8,8

Авторами работы предлагается паста для металлизации сапфира следующего состава (в масс. %):

Mo	75
стекло Ст-1	20
MoO ₃	5

Ст-1 вводят, для того чтобы создать прочное соединение металлизационного покрытия и сапфира. Также с помощью него в металлизационном слое заполняются поры между зёрнами металлами и образуется вакуумная плотность. Оксид молибдена (VI) вводят для избежания остекловывания металлизационного покрытия. Вжигание покрытия проводится при температуре 1350 °С в газовой смеси.

При термообработке в водородной среде оксид молибдена (VI) восстанавливается до Mo в несколько этапов и обеспечивает кислородом реакции по выгоранию биндера. Таким образом, создается прочное сцепление между Ст-1 и молибденом, так как при выгорании на поверхности молибдена образуются оксид молибдена (II) [10].

Известна также паста для металлизации керамики, которая дополнительно содержит Mo, WO₃ и Fe₂O₃, при следующем соотношении компонентов, вес. %:

MoO ₃	40 – 65
MnO ₂	5 – 15
Cu ₂ O	0,5 – 1,5
стекло	3 – 15
Mo	20 – 40
WO ₃	3,5 – 15
Fe ₂ O ₃	0,5 – 2,5

Выбранные соотношения компонентов, входящих в состав пасты, обеспечивают быстрое протекание реакции в процессе металлизации, а также образование мелких участков стекла и равномерное распределение их в области металлизационного слоя. Использование оксида молибдена (VI) определяется его высокой реакционной способностью вступать в химическое взаимодействие с компонентами металлизационной пасты и керамического

материала, а также высокой поверхностной активностью продуктов, образующихся при восстановлении оксида молибдена (VI). Для снижения летучести оксида молибдена (VI) при температурах свыше 600 °С в состав пасты вводят металлический молибден, что способствует восстановлению оксида молибдена (VI) до менее летучей двуокиси молибдена. В процессе вжигания металлизационного слоя Fe_2O_3 восстанавливается до FeO и в интервале температур 500-700 °С, взаимодействуя с MoO_3 , образует молибдат железа. Образование молибдата железа дополнительно уменьшает возгонку MoO ; приблизительно в два раза. Введение в состав WO_3 приводит к образованию вольфрамата и фольфрамита марганца, который при 1000 °С образует твердый раствор с молибдатом (молибдитом) марганца. Образование твердых растворов облегчает процесс спекания частиц твердой фазы металлизационного слоя [10].

Известен способ металлизации алюмонитридной керамики, согласно которому с помощью эвтектики оксид алюминия - медь непосредственно на поверхность ALN керамики наносят слой меди. Однако данный процесс пригоден только для металлизации пластин. Также в этом процессе формируется сплошное покрытие без формирования топологического рисунка металлизации. Для получения топологического рисунка металлизации необходимо проводить последующее фотолитографическое травление. Кроме того, изделия, получаемые таким способом, не допускают высокотемпературную пайку в среде водорода из-за восстановления адгезионного эвтектического слоя.

В работе предлагается металлизационная паста, предназначенная для металлизации алюмонитридной керамики, включающая (в масс. %): молибден 90, марганец 5 и оксид кремния 5. Пасту наносят на алюмонитридную керамику и обжигают при 1200-1400 °С в неокислительной среде.

Данный состав пасты практически не может создавать с керамикой из нитрида алюминия переходный адгезионный слой. Данную пасту можно использовать для металлизации алюмооксидной керамики. При обжиге пасты

в неокислительной среде также нельзя получить качественного металлизационного покрытия, поскольку вжигание металлизующих покрытий, основными компонентами которых являются тугоплавкие металлы, проводятся в увлажненной газовой среде. Данное техническое решение не может обеспечить достаточную адгезию металлизации к алюмонитридной керамике при пайке высокотемпературным припоем, в то время как во многих случаях, например, в корпусах полупроводниковых приборов, требуется адгезия 200 кг/см² и более [11].

Также металлизационные пасты на основе Mo и W для ALN-керамики часто смешивают с Ti и вжигают при температуре 1850 – 1880 °С в атмосфере азота, после чего покрывают никелем (3...5 мкм) и золотом (1...1,5 мкм). Однако такая высокая температура вжигания данной смеси связана с большими затратами и может использоваться только в тех случаях, когда это действительно экономически оправданно.

1.3.1. Процессы, протекающие при вжигании металлизации

Обжиг – конечная и важная стадия любого керамического производства. При обжиге керамических изделий происходят сложнейшие физико-химические процессы, в результате которых керамическая масса – механическая смесь минеральных частиц – становится камнеподобным материалом – прочным, твердым, химически стойким, с присущими только ему эстетическими свойствами [2].

Периоды обжига:

- подъем температуры, нагревание (наиболее ответственный);
- выдержка при постоянной температуре;
- снижение температуры, охлаждение.

Составляющие режима обжига:

- скорость нагрева и охлаждения;
- время выдержки при постоянной температуре;
- температура обжига;

— среда обжига (окислительная, в условиях свободного доступа воздуха; восстановительная, в условиях прекращения доступа воздуха и избытка угарного газа; нейтральная).

Физико-химические процессы, происходящие при обжиге:

1. Удаление свободной (гигроскопической) влаги – 100–250 °С.

После сушки изделия имеют остаточную влажность около 2–4 %, и эта влага удаляется в начальный период обжига в интервале температур 100–250 °С. Подъем температуры в этом периоде обжига следует вести осторожно со скоростью 30–50 °С в час.

2. Окисление (выгорание) органических примесей – 300–800 °С.

При быстром подъеме температуры и недостаточном притоке кислорода воздуха часть этих примесей может не выгореть, что обнаруживается по темной сердцевине черепка.

3. Дегидратация глинистых материалов – удаление химически связанной воды – 450–850 °С.

Особенно активно этот процесс происходит в интервале температур 580–600 °С. $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ Удаление химически связанной, или конституционной, воды в составе основного глинообразующего минерала – каолинита – сопровождается разложением молекулы этого минерала и переходом его в метакаолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, имеющий скрытокристаллическое строение. В интервале температур 550–830 °С метакаолинит распадается на первичные оксиды $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2$, а при температуре свыше 920 °С начинает образовываться муллит $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, содержание которого во многом определяет высокую механическую прочность, термостойкость и химическую стойкость керамических изделий. С повышением температуры кристаллизация муллита ускоряется и достигает своего максимума при 1200–1300 °С.

4. Полиморфные превращения кварца – 575 °С.

Данный процесс сопровождается увеличением объема кварца почти на 2%, однако большая пористость керамики при этой температуре не препятствует росту кварцевых зерен и в черепке не возникает значительных напряжений. При охлаждении печи при той же температуре происходит обратный процесс, сопровождаемый сокращением объема черепка на приблизительно 5 %.

5. Выделение оксидов железа – от 500 °С.

В составе керамических масс железо может находиться в виде оксидов, карбонатов, сульфатов и силикатов. При температуре обжига выше 500 °С оксид железа Fe_2O_3 , частично замещающий Al_2O_3 в глинистых минералах, выделяется в свободном виде и окрашивает керамику в красный цвет, интенсивность которого зависит от содержания Fe_2O_3 в керамической массе. Углекислое железо – сидерит – Fe_2CO_3 разлагается в интервале температур 400–500 °С. Разложение сульфата железа $FeSO_4$ происходит при температуре 560–780 °С.

6. Декарбонизация – 500–1000 °С.

Данный процесс происходит в фаянсовых и майоликовых массах, в состав которых входят карбонатные породы: мел, известняк, доломит: $CaCO_3 = CaO + CO_2$. Выделяющийся CO_2 не дает каких-либо дефектов на изделиях, если керамические массы в этот период еще не отфлюсовались. В противном случае на поверхности изделий могут появиться характерные вздутия – «пузыри».

7. Образование стеклофазы – от 1000 °С.

Глинистые минералы при нагреве до 1000 °С не плавятся, но ввод в состав керамических масс силикатов с высоким содержанием щелочных металлов способствует образованию смесей с температурой плавления от 950 °С. Жидкая фаза, даже в небольшом количестве, играет очень важную роль в повышении спекания

черепка, как бы «склеивая» минеральные частицы керамической массы в единое целое.

8. Восстановительный обжиг (для фарфора – 1000–1250 °С, для гончарной керамики и майолики – 500–950 °С).

Восстановительная среда создается путем увеличения концентрации окиси углерода в печных газах и способствует изменению цвета керамических масс и декоративных покрытий за счет стремления СО «отнять» кислород у химических элементов, входящих в состав керамических изделий. Цель создания восстановительной среды при производстве фарфора – перевод оксида железа, содержащегося в фарфоровой массе и придающего нежелательную желтую или желто-серую окраску фарфору, в силикат-фаялит $\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ – слабоокрашенное соединение голубовато-белого цвета, в результате чего значительно повышается белизна фарфора. Превращение в результате восстановительного обжига окиси железа в его закись придает черепку в зависимости от содержания в нем Fe_2O_3 и в зависимости от температурного режима обжига оттенок от зеленовато-голубого до иссиня-черного.

2. Объект и методы исследования

2.1. Растровая электронная микроскопия

2.2. Растровая электронная микроскопия

Типичный РЭМ инструмент включает электронную пушку, камеру образца, детектор ЭДС, электронную консоль и мониторы визуального отображения. Растровый электронный микроскоп (РЭМ) использует сфокусированный луч электронов высокой энергии для генерации множества сигналов на поверхности твёрдых образцов. Сигналы, возникающие в результате взаимодействия электронов с образцом, раскрывают информацию об образце, в том числе внешнюю морфологию (текстуру), химический состав, кристаллическую структуру и ориентацию материалов, составляющих образец. В большинстве случаев, данные собираются на протяжении выбранного участка поверхности образца, и генерируется двухмерное изображение, которое отображает пространственные вариации этих свойств. Площади приблизительно от 1 см до 5 мкм в ширину могут быть отображены в режиме сканирования с использованием обычных методов РЭМ (увеличение в диапазоне приблизительно от 20X до 30000X, пространственное разрешение от 50 до 100 нм). РЭМ также способен выполнять анализ в выбранных точках образца. Этот подход особенно полезен при качественном или полуколичественном определении химического состава (с использованием EDS), кристаллической структуры и ориентации кристалла (с использованием EBSD). Дизайн и функции РЭМ очень похожи на ЭПМА и много схожих возможностей существует между этими двумя инструментами.

Ускоренные электроны в РЭМ несут значительные порции кинетической энергии, и эта энергия рассеивается в виде различных сигналов, возникающих в результате взаимодействия электрон-образец, когда падающие электроны тормозятся в твёрдом образце. Эти сигналы включают в себя вторичные электроны (которые производят РЭМ изображения), обратнорассеянные электроны (ОРЭ), дифрагированные обратнорассеянные электроны (ДОРЭ,

которые используются для определения кристаллической структуры и ориентации минералов), фотоны (характеристические рентгеновские лучи, которые используются для элементного анализа и континуума рентгеновских лучей), видимый свет (катодолюминесценция – КЛ), и тепло. Вторичные электроны и обратнорассеянные электроны обычно используются для построения изображений образцов: вторичные электроны являются наиболее ценными для наблюдения морфологии и топографии на образцах, а обратнорассеянные электроны наиболее ценны для иллюстрации контраста композиции в многофазных образцах (т.е. для быстрого распознавания фаз). Рентгеновские лучи образуются в результате неупругих столкновений падающих электронов с электронами в дискретных орбиталях (оболочках) атомов в образце. Возбуждённые электроны возвращаются на более низкие энергетические уровни, они дают рентгеновские лучи, которые имеют фиксированные длины волн (что связано с различием в энергетических уровнях электронов в различных оболочках атомов данного элемента). Таким образом, характеристические рентгеновские лучи производятся для каждого элемента в минерале "возбуждённом" электронным пучком. Анализ РЭМ считается "неразрушающим", то есть, рентгеновские лучи, сформированные с помощью электронных взаимодействий, не приводят к объёмным потерям в образце, так что можно анализировать одни и те же материалы повторно.

Основные компоненты всех РЭМ включают следующее:

- Источник электронов ("Пушка");
- Электронные линзы;
- Держатель образца;
- Датчики всех сигналов, представляющих интерес;
- Устройства вывода данных.

Технические требования к инфраструктуре:

- Питание;
- Вакуумная система;
- Система охлаждения;

- Отсутствие вибрации пола;
- Отсутствие в помещении магнитных и электрических полей.

В РЭМ всегда имеется, по крайней мере, один датчик (как правило, датчик вторичных электронов), и большинство дополнительных датчиков. Специфические возможности каждого конкретного микроскопа зависят от того, какие датчики он содержит.

РЭМ обычно используется для создания изображений форм объектов свысоким разрешением (SEI) наблюдения пространственных вариаций химического состава: 1) получение элементной карты или точечный химический анализ с использованием ЭДС; 2) распознавание фаз на основе среднего атомного числа (обычно связаны с относительной плотностью) с помощью ОРЭ; и 3) получение композиционные карты на основе различий в энергетических уровнях активированных атомов (как правило, металлов и редкоземельных элементов) с использованием КЛ. РЭМ также широко используется для идентификации фаз на основе качественного химического анализа и/или кристаллической структуры. Точное измерение очень малых особенностей и объектов до 50 нм в размере также осуществляется с помощью РЭМ. Обратнорассеянные электронные изображения (ОРЭ) можно использовать для быстрого распознавания фаз в многофазных образцах. РЭМ, оборудованные датчиками дифракционных отраженных обратнорассеянных электронов (ДОРЭ) может быть использован для изучения микроволокнистой и кристаллографической ориентации в различных материалах.

Достоинства:

Возможно, нет другого инструмента с такой же широкой областью применения в исследовании твердых материалов, сравнимых с РЭМ. РЭМ является необходимым во всех областях, где требуется определение характеристики твёрдых материалов. Хотя это больше всего относится к применениям в геологии, важно отметить, что эти применения составляют очень небольшую часть научных и промышленных применений, существующих для данного прибора. С большинством РЭМ сравнительно

легко работать благодаря удобным «интуитивным» интерфейсам. Многие применения требуют минимальных действий по подготовке образцов. Для многих применений получение данных происходит быстро (менее 5 минут на изображение для SEI, ОРЭ, точечного ЭДС анализа). Современные РЭМ выдают данные в цифровом виде, что очень удобно.

Недостатки:

Образцы должны быть твёрдыми и должны вписываться в камеру микроскопа. Максимальный размер в горизонтальном направлении, как правило, порядка 10 см; вертикальные размеры, как правило, гораздо более ограничены и редко превышает 40 мм. Для большинства инструментов образцы должны быть стабильными в вакууме порядка 10^{-5} - 10^{-6} торр. Образцы, которые возможно дегазировать при низких давлениях (породы, насыщенные углеводородами; "влажные" образцы, такие как уголь; органические материалы или набухающие глины и образцы, прокаливаемые при низких давлениях) непригодны для исследования в обычных РЭМ. Тем не менее, РЭМ "низкого вакуума" и "окружающей среды" также существуют, и многие из этих типов образцов могут быть успешно исследованы с помощью этих специализированных микроскопов. ЭДС датчики на РЭМ не могут обнаружить очень лёгкие элементы (H, He, и Li), и многие микроскопы не могут обнаружить элементы с атомными номерами меньше, чем 11 (Na). В большинстве СЭМ используются твердотельные рентгеновские датчики (ЭДС), и, в то время как эти датчики очень быстро и легко использовать, они имеют относительно низкое энергетическое разрешение и чувствительность к элементам, присутствующим в низких концентрациях по сравнению с датчиками дисперсионной рентгеновской спектроскопии по длине волны (ДРСДВ) в большинстве электронных микроанализаторов пробы (ЭПМА). Электропроводящее покрытие должно быть приложено к электроизоляционному образцу для исследования в обычном РЭМ, если инструмент не способен работать в режиме низкого вакуума.

2.3. Рентгенофазовый анализ

Основной задачей рентгенофазового анализа является идентификация различных фаз в их смеси на основе анализа дифракционной картины, даваемой исследуемым образцом. Широкое распространение из-за простоты и универсальности получил метод порошка. Рентгеновские камеры и дифрактометры различаются способом регистрации дифракционной картины. В камерах эта картина фиксируется на фотографическую пленку, в дифрактометрах с помощью различного типа счетчиков (сцинтилляционных, пропорциональных, полупроводниковых). Широкое применение способов регистрации рентгеновских лучей (счетчики) и усовершенствование фотографического метода (фокусирующие камеры – монохроматоры) расширило границы чувствительности фазового анализа и увеличило надежность идентификации фаз в самых сложных случаях.

К достоинствам рентгеновского фазового анализа должны быть отнесены: высокая достоверность и экспрессность метода; то, что метод прямой, так как в принципе основан не на косвенном сравнении с какими-либо эталонами или изменениями свойств, а непосредственно указывает на кристаллическую структуру вещества, наилучшую характеристику каждой фазы, наконец, этот метод не требует большого количества вещества;

Методы съемки рентгенограмм делят на фотографические и дифрактометрические. В первом случае дифракционная картина одновременно регистрируется на фотопленке и представляет собой ряд концентрических пар дужек (черных полос).

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8А	Дядькова Анастасия Евгеньевна

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Химические технологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Рассчитана стоимость исходного сырья, материалов, спецоборудования, комплектующих изделий и покупных полуфабрикатов.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Расчетные величины материалов, сырья и оборудования научно-технического проекта.</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Премимальный коэффициент, районный коэффициент, коэффициент доплат и надбавок, заработная плата по тарифной ставке.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	<i>Доступность исходного сырья, экологичность, прочность, энергоэффективность.</i>
2. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	<i>Расчет основной заработной платы, баланс рабочего времени, общая стоимость оборудования и материалов, отчисления во внебюджетные фонды.</i>
3. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	<i>Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности ИР 2. Матрица SWOT 3. Диаграмма Ганта 4. Оценка перспективности нового продукта 5. График разработки и внедрения ИР 6. Инвестиционный план. 7. Основные показатели эффективности ИП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Дядькова Анастасия Евгеньевна		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – разработка технологии получения металлизационной пасты на основе молибдена для керамики из нитрида алюминия.

4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1. Анализ конкурентных технических решений

Таблица 4.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Трещиностойкость	0,14	5	2	3	0,7	0,28	0,42
3. Ударопрочность	0,18	4	3	3	0,72	0,54	0,54
4. Стабильность соединения с подложкой	0,14	4	4	3	0,56	0,56	0,42
5. Простота изготовления	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,2
6. Эффективность работы	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
7. Безопасность	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена сырья	0,12	4	5	3	0,48	0,6	0,36
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
Итого	1	43	38	37	4,32	3,6	3,47

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j,$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

4.1.2. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.	Сл1. Недостаток научной базы в области исследования.
С2. Экологичность технологии.	Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.
С3. Наличие бюджетного финансирования.	
С4. Квалифицированный персонал.	
С5. Новизна проекта на рынке.	Сл3. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования.
Возможности	Угрозы
В1. Использование оборудования при НИИ ТПУ.	У1. Возможность появления прямых конкурентов.
В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.	У2. Высокие требования к техническим характеристикам продукции.

ВЗ. Отсутствие прямых конкурентов.	УЗ. Сложность получения керамики на основе нитрида алюминия.
------------------------------------	--

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3–4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	-	-
	B2	+	+	+	-	+
	B3	-	-	+	+	-

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	+	+
	B2	+	-	-
	B3	-	-	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	-	-	-
	У2	-	-	-	+	+
	У3	-	-	-	+	-

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
----------------	--	-----	-----	-----

	У1	-	-	-
	У2	-	-	+
	У3	-	+	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны	Слабые стороны
	научно-исследовательского проекта С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Наличие бюджетного финансирования. С4. Квалифицированный персонал. С5. Новизна проекта на рынке.	научно-исследовательского проекта Сл1. Недостаток научной базы в области исследования. Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца. Сл3. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования.
Возможности В1. Использование оборудования	Направления развития В1С1. Минимальные расходы НИИ ТПУ для исследования данной темы.	Сдерживающие факторы В1Сл2Сл3. Сложность в реализации проекта за короткий срок.

<p>инфраструктуры ИНШПТ ТПУ .</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В3. Отсутствие прямых конкурентов.</p>	<p>В2С1С2С3С5. Большой спрос на данную технологию.</p> <p>В3С3С4. Увеличение количества и качества продукции</p>	<p>В2Сл1. Большие затраты на изучение разработки.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Возможность появления прямых конкурентов.</p> <p>У2. Высокие требования к техническим характеристикам продукции.</p> <p>У3. Сложность получения керамики на основе нитрида алюминия.</p>	<p>Угрозы развития</p> <p>У1С1С2. Из-за минимального воздействия на природу появляется большой спрос на данный проект у различных производств.</p> <p>У2У3С4. Сложность в отборе кадров для работы</p>	<p>Уязвимости:</p> <p>У2Сл3. Большая вероятность ухудшения различных характеристик материалов во время долгой перевозки материалов до пункта назначения.</p> <p>У3Сл2. Сложность получения достаточно хорошего качества изделия.</p>

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории

уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ

осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, (4.1)$$

Где, $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

Где, T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{килжс} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.3)$$

Где, T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (4.4)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в	Длительность работ в
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ожі}$, чел-дни		

	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	рабочих дней T_{pi}	календарн ых дней T_{ki}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	0,3	0,3	1	1	0,6	0,6	0,3	0,4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	1	1,5	1,5	1,2	1,2	0,6	0,7
3. Обзор научной литературы	5	5	10	10	7	7	3,5	4,3
4. Выбор методов исследования	5	5	10	10	7	7	3,5	4,3
5. Планирование эксперимента	-	4	-	6		4,8	4,8	5,9
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9

7. Проведение эксперимента	5	5	10	10	7	7	3,5	4,3
8. Обработка полученных данных	-	7	-	10	-	8,2	4,1	5
9. Оценка правильности полученных результатов	3	5	4	7	3,4	5,8	2,9	3,5
10. Составление пояснительной записки	-	8	-	12	-	9,6	9,6	11,7

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

№ работ	Вид работ	Исполнители	Ткi, дн.	Продолжительность выполнения работ														
				февраль		март			апрель			май			июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Руководитель, инженер	0,4 0,4															
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Руководитель, инженер	0,7 0,7															
3		Руководитель	0,7															

	Обзор научной литературы	ль, инженер	0,7																	
4	. Выбор методов исследования	Руководитель, инженер	4,3 4,3																	
5	Планирование эксперимента	Инженер	5,9																	
6	Проведение экспериментов	Инженер	8,5																	
7	Проведение эксперимента	Инженер	10																	
8	Обработка полученных данных	Руководитель, инженер	2,7 5																	
9	Оценка правильности полученных результатов	Руководитель, инженер	2,1 3,5																	
10	Составление пояснительной записки	Инженер	11, 7																	
Руководитель										Инженер										
[штриховка]										[штриховка]										

4.2.3. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

4.2.3.1. Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при получении образца, нанесенного с покрытием Мо. Результаты расчета затрат представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Затраты на получение образца, нанесенного с металлизационным покрытием Мо

Наименование статей	Марка, размер	Количество, г	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Нитрид алюминия	A200	1000	14,4	14400
Изопропиловый спирт	ХТ	15700	96	1507,2
Молибден	МПЧ	500	14,74	7370
Перчатки резиновые, технические	—	1	12	12
Итого:				23289,2

4.2.3.2. Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (4.6)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок	Время использования, я,	$H_A, \%$	Цена оборудования	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Весы аналитические Веста В153	1	15	10	10	15000	216
2	Пресс гидравлический	1	20	0,1	8	15000	173
3	Щековая дробилка ЩД-10	1	20	0,1	10	250000	3604
4	Виброплощадка	1	20	0,1	12	22500	389
5	РФА – установка ДРОН-3М	1	10	0,05	12	180000	3114
6	ДТА – установка STA 449 F3 Jupiter	1	10	0,05	12	3000000	51900
7	Печь камерная	1	15	0,5	12	70000	1211
Итого:		60607 руб.					

4.2.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

где $Z_{\text{он}}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_\partial}, \quad (4.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_∂ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_\partial} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213}. \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц руководителя и инженера:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_\partial) k_p \quad (4.10)$$

где Z_{mc} – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; k_{np} – премиальный коэффициент, равен 0,3; k_∂ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	44/14	48/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	56/2	28/2
- отпуск		
- невыходы по болезни		

Действительный годовой фонд рабочего времени	249	273
--	-----	-----

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	$Z_{мс}, руб$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}, руб$	$Z_{он}, руб$	$T_{р}, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	33664	0,3	0,2	1,3	65644,8	2741,8	9	24676,2
Инженер	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2104	44	92576
Итого:								117255,2

4.2.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 * (24676,2 + 2467,6) = 8143,1 \text{ руб.} \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 * (92576 + 9257,6) = 30550,1. \quad (4.15)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.2.3.5. Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 4.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчислена на социальные нужды	Итого без накладных расходов

60607	23289,2	117255,2	22258,7	38600,9	262103,3
-------	---------	----------	---------	---------	----------

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей} 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.16)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Разработка состава металлизационной пасты для алюмонитридной керамики на основе молибдена» по форме, приведенной в таблице 4.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 4.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	3529,67	3529,67	3529,67	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	60607	60607	60607	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	117252,2	92576	24676,2	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11725,2	9257,6	2467,6	Пункт 4.2.3.3

5	Отчисления внебюджетные фонды	34952,9	34952,9	34952,9	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	30896,2	30896,2	30896,2	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		258963,17	258963,17	258963,17	Сумма ст. 1- 6

4.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.17)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,10	4	4	3
2. Сложность технологии	0,10	3	3	3
3. Диэлектрические свойства	0,25	5	4	5
4. Термофизические свойства	0,15	4	3	3
5. Энергосбережение	0,25	5	5	4
6. Материалоёмкость	0,15	5	2	3
ИТОГО	1	4,55	3,7	3,75

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,55$$

$$I_{p2} = 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 2 = 3,7$$

$$I_{p3} = 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 = 3,75$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}} \quad (20)$$

$$I_{\text{исп.1}}=4,55/0,90=5,06; \quad I_{\text{исп.2}}=3,7/0,91=4,07; \quad I_{\text{исп.3}}=3,75/1=3,75.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,90	0,91	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	3,7	3,75
3	Интегральный показатель эффективности	5,06	4,07	3,75
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать

рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 102 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 98 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 20 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 258963,17руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,90, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,55, по сравнению с 3,7 и 3,75;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,06, по сравнению с 4,07 и 3,75, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
4Г8А		Дядькова Анастасия Евгеньевна	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	<i>18.03.01 Химическая технология</i>

Тема ВКР:

Разработка состава металлизационной пасты для нитрида алюминия на основе молибдена	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения 	<p><i>Объект исследования: технология синтеза алюмонитридной керамики с нанесенной на нее металлизационной пастой из молибдена</i></p> <p><i>Область применения: термoeлектрические модули, полупроводниковые приборы.</i></p> <p><i>Рабочая зона: лаборатория</i></p> <p><i>Размеры помещения: площадь – 18 м², высота – 3 м.</i></p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: барабанная мельница, сушильная камера, муфельная печь, гидравлический пресс, пресс-форма.</i></p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: взвешивание, перемешивание, гидравлическое прессование, обжиг, сушка.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; 	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</p> <p>ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения</p> <ul style="list-style-type: none"> — Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Работа в условиях повышенного уровня шума и вибраций; – Работа с химическими веществами; – Работа с электрооборудованием; – Работа с нагретыми поверхностями; – Психоэмоциональные перегрузки. <p>Опасные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Загазованность, вдыхание токсичных испарений. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – При работе с едкими и ядовитыми веществами дополнительно применяют фартуки, средства индивидуальной защиты глаз и рук; – Для защиты глаз применяют очки различных типов, щитки, маски; – Средства пожаротушения; – Установка нагревательных приборов на термоизолирующих подставках.
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</p>	<p><i>Воздействие на селитебную зону: Косвенное, состоящее в том, что происходит загрязнение с выпадением атмосферных осадков.</i></p>

	<p><i>Воздействие на литосферу: Косвенное, после попадания загрязняющих веществ в атмосферу, они постепенно попадают в почву с дождем или снегом. После этого происходит накопление их в почве и миграции под воздействием различных факторов.</i></p> <p><i>Воздействие на гидросферу: Косвенное, токсичные выбросы попадают в мировые воды при помощи дождя или других осадков.</i></p> <p><i>Воздействие на атмосферу: парниковые газы, пыль от спекания.</i></p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	<p>Возможные ЧС: пожар, поломка химического оборудования.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Дядькова Анастасия Евгеньевна		

5. Социальная ответственность

Введение

В работе рассматривается нанесение металлизационной пасты на основе молибдена на керамику из нитрида алюминия. Исследовали процессы получения нитрида алюминия с использованием добавок с заданным составом и изучение их влияния на физико-химические свойства. На основании полученных данных определяют оптимальное количество молибдена и нитрида алюминия для достижения наиболее высоких оптических и прочностных свойств.

Область применения – изготовление высоконадежных керамических печатных плат, изготовление подложки для лазерных диодов, изготовление основания и держатели кристаллов мощных полупроводниковых приборов, изготовление изоляционной прокладки для максимального отвода тепла от электронных компонентов к радиатору охлаждения, изготовление основания плоских нагревательных элементов. Керамика на основе нитрида алюминия имеет высокую температуру спекания, которая обуславливает ускоренный износ оборудования и повышенный расход электроэнергии, в связи с чем являются актуальными дальнейшие исследования в этой области.

Рабочая зона, в которой проводятся исследования, является лабораторией. Размеры помещения: площадь – 18 м², высота – 3 м. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: 1 барабанная мельница, 1 сушильная камера, 1 муфельная печь, 1 гидравлический пресс, 1 пресс-форма. В рабочей зоне осуществляются следующие процессы: взвешивание нужного количества порошков молибдена и нитрида алюминия, перемешивание их в планетарной мельнице, прессование образцов и их сушка, обжиг.

5.1. Правовые и организационные основы обеспечения безопасности

Трудовой кодекс РФ позволяет регулировать взаимоотношения между работодателем и работником, включая количество отпускных дней, размер заработной платы и т.д [1].

Согласно федеральному закону от 28.12.2013 N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда", работа в лаборатории относится к классу допустимых условий труда (класс 2), так как уровень их воздействия на работника не превышает гигиенические нормативы условий труда, а измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня (смены). Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю, при необходимости возможно сокращение рабочего времени [2].

Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.2.033-78 устанавливает общие эргономические требования, предъявляемые к рабочим местам при выполнении работ в положении стоя. В первую очередь, устройство рабочего места должно соответствовать физиологическим особенностям сотрудника, а также виду осуществляемой им деятельности. При проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование обслуживают мужчины и женщины - общие средние показатели мужчин и женщин [3].

5.2. Производственная безопасность

Согласно ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» составим таблицу и проведем анализ выявленных факторов [4]:

Таблица 1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте название рабочего места

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Отклонение показателей микроклимата в закрытом помещении на рабочем месте	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности».
Нервно-психические перегрузки, монотонность трудового процесса	ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
Опасность вызова ожога тканей организма человека, связанная с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды.	ГОСТ Р 51337-99 «Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей»
Опасность поражения электрическим током	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность»

1) Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте.

Температура, влажность и скорость движения воздуха определяют микроклимат, который воздействует на человека. Без поддержания этих показателей на оптимальном уровне возможен риск снижения трудоспособности сотрудника, ухудшения самочувствия и развития заболеваний. Поддержание температуры и оптимальной влажности в лаборатории достаточно важно, так как все рабочие операции происходят в закрытом помещении. Рассмотрим оптимальные и допустимые параметры микроклимата согласно СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» с учетом того, что категория работы по уровню энергозатрат незначительна (1б) [5]:

Таблица 2 – оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений для категории работ 1б

Оптимальные значения характеристик микроклимата				
Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21 - 23	20-24	40 – 60	0,1
Теплый	22-24	21-25	40 – 60	0,1
Допустимые значения характеристик микроклимата				
Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19 - 24	18-25	15 – 75	0,1-0,2
Теплый	20 –28	19 – 29	15 – 75	0,1 – 0,3

2) *Психоэмоциональные перегрузки.*

К психическим перегрузкам может привести однообразная монотонная работа, требующая повышенной концентрации внимания. Постоянная усталость неминуемо ведёт к снижению эффективности труда. Переутомление может характеризоваться как рядом объективных

признаков, так и субъективными ощущениями работника. Полностью исключить опасность возникновения психических перегрузок нельзя, но можно свести стресс к минимуму путем рационального планирования рабочего дня, чередования труда и отдыха, нормализации режима отхода ко сну.

3) Повышенный уровень шума.

Шумом являются звуковые колебания в диапазоне слышимых частот, способные оказывать негативные воздействия на самочувствие работника [6]. Шум и вибрации на рабочем месте оказывают раздражающее влияние на слуховой анализатор работника, а также приводят к снижению концентрации внимания, и, как следствие, к ошибкам при выполнении заданий. Гигиенические нормативы по шуму устанавливаются по результатам комплексных санитарно-гигиенических обследований работников и клинических исследований влияния шума на слуховой аппарат человека исходя из риска появления профессионального заболевания или травм, обусловленных шумом. Соблюдение гигиенических нормативов не исключает возникновение профессиональных заболеваний у небольшой доли работников, отличающихся повышенной чувствительностью к воздействию шума.

4) Опасность поражения электрическим током.

Уровень потенциального вреда от поражения электрическим током зависит от силы тока, уровня сопротивления тела человека, длительности его прохождения, рода и частоты тока и т.п. Поражение электрическим током может произойти при прикосновении к токоведущим частям, находящимся под напряжением, на которых остался заряд или появилось напряжение. Действие электрического тока на человека приводит к травмам или гибели людей. Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока – 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц,

соответственно – 2 В и 0,4 мА, для постоянного тока – 8 В и 1 мА
Мероприятия для минимизации риска поражения электрическим током:

- Защитное изолирование токоведущих частей;
- Установка разделительного трансформатора;
- Устройства автоматического отключения [7].

5) *Опасность контакта с нагретыми поверхностями* – горячие поверхности деталей оборудования, рукоятей, доступные работнику, являются причиной возникновения ожогов. Ожог может возникнуть как в результате преднамеренных действий (нажим, непосредственный контакт), так и непреднамеренных, если человек находится близко от машины или нагретой поверхности.

6) *Термический ожог* – повреждение тканей организма, вызванное воздействием высоких температур. Для оценки риска ожога от горячей поверхности необходимо знать факторы и влияния, ведущие к ожогу при соприкосновении кожи с горячей поверхностью:

- Температура поверхности;
- Материал;
- Продолжительность контакта кожи с поверхностью.

Принято выделять четыре степени тяжести ожоговой травмы:

- 1 степень – Ожог затрагивает только поверхностный слой кожи (эпидермис), имеет место покраснение и небольшой отёк;
- 2 степень - покраснение и отек кожи в месте термического ожога, а также напряженные или вскрывшиеся пузыри и тонкий струп, который начинает формироваться.
- 3 степень - При третьей степени термического повреждения имеется глубокий ожог до мышц и костей с формированием струпа. Пузыри при третьей степени, как правило, уже лопнувшие. При этом вокруг зоны глубокого ожога могут быть мелкие пузыри с прозрачным содержимым (вторая степень ожога), покраснение (первая степень ожога).

- 4 степень - При четвертой степени ожога происходит обугливание обожженной части тела. Возможно комбинирование четвертой степени с первой, второй и третьей [8].

5.3. Экологическая безопасность и анализ влияния на окружающую среду

Воздействие на атмосферу. Источником загрязнения атмосферы является мелкодисперсная пыль, которая может попадать в воздух в ходе некоторых операций (взвешивание порошков молибдена и нитрида алюминия, прессование). Частицы при значительном накоплении в воздухе могут увеличивать риск возгорания и взрывов, особенно при длительном воздействии высокотемпературных источников [9]. Кроме того, при постоянном и длительном вдыхании пыли нитрида алюминия существует опасность развития алюминоза лёгких. Пути минимизации рисков для окружающей среды - аккуратность при выполнении операций дозирования и взвешивания порошков, а также осуществление работ под вытяжным шкафом.

Воздействие на литосферу. Воздействие на литосферу является косвенным. После попадания загрязняющих веществ в атмосферу, они постепенно попадают в почву в виде грубодисперсных аэрозолей или вместе с дождем или снегом. Далее происходит их накопление в почве и миграция под воздействием различных факторов. Накопление соединений алюминия в почве приводит к её деградации и угнетению жизнедеятельности полезных бактерий.

Воздействие на гидросферу. Попадание частиц алюминия в результате выпадения осадков в воду приводит к её закислению, и в последующем возможно выпадение кислотных дождей.

Воздействие на селитебную зону. В крайне больших количествах нанодисперсные частицы нитрида алюминия являются токсикантом, провоцирующим онкогенные заболевания легких. Кроме того, выпадение кислотных дождей оказывает разрушительное воздействие на здания и сооружения.

5.4. Безопасность при возникновении чрезвычайных ситуаций

К возможным чрезвычайным ситуациям на рабочем месте относятся возникновение возгорания, загорание необесточенной электроустановки. Возгорание возможно в результате ненормированной работы установки. Согласно правилам противопожарного режима в Российской Федерации (с изменениями на 21 мая 2021 года) от 16 сентября 2020 года N 1479 и в связи с вышеперечисленным запрещается [10]:

- Использовать электропровода и кабели с видимыми нарушениями изоляции;
- Пользоваться розетками, другими электроустановочными изделиями с повреждениями.

Также согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок от 15 декабря 2020 года N 903 работник, работающий на электроустановке, обязан [11]:

- Проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ в электроустановках;
- Выполнять требования правил, инструкций по охране труда, указания, полученные при целевом и других инструктажах.

Также сотрудники лаборатории должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре.

Заключение

В работе были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на рабочем месте. Это является основой регулирования отношений между работником и организацией.

Далее была рассмотрена производственная безопасность. Определили класс условий труда, осуществляемого в лаборатории. Подробнее рассмотрели производственные факторы на рабочем месте, чрезмерное воздействие которых может привести к серьезному физическому и психологическому урону. Были определены санитарные требования микроклимата с учетом отнесения работы к категории 1б. Кроме того, была проведена оценка риска

возникновения термических ожогов и поражения электрическим током, а также рассмотрены пути минимизации нервно-психических перегрузок.

Было проанализировано влияние работ в лаборатории на окружающую среду. Рассмотрено влияние на атмосферу, гидросферу, литосферу и селитебную зону. Наночастицы могут оказывать достаточно негативное воздействие на экологическую обстановку, особенно если отсутствует постоянная циркуляция воздуха на рабочем месте, не дающая скапливаться токсичным веществам.

В заключение были определены правила безопасности при возникновении чрезвычайных ситуаций, способных нанести потенциальный вред здоровью и жизни большого числа людей.

Список литературы

1. M. Okamoto, A. Tanaka, M. Oohashi, H. Arakawa, and K. Yamada, "AlN application for PGA package," in Proc. IMC'90, Tokyo, Japan, 1990, pp. 217–223.
2. Y. Kurihara S. Takahashi K. Yamada and T. Endoh "Толсто пленочный проводник Ag-Pd для керамики AlN" IEEE Trans. Комп. Производство гибридов. Технол. об. 13 pp. 306-312 June 1990.
3. Y. Kurokawa C. Toy и WD Scott "Характеристика интерфейса AlN-W в многослойной подложке AlN с совместным обжигом" J. Amer. Керам. соц. об. 72 нет. 4 pp. 612-616 1989.
4. CD Young и JG Duh "Адгезионная прочность и оценка микроструктуры в подложке AlN, металлизированной химическим способом Ni-P" IEEE Trans. Комп. Упак. Производство. Технол. об. 20 стр. 342–354, сентябрь 1997 г.
5. В.А. Преснов, М.Л. Любимов, и др. Керамика и ее спаи с металлом в технике. — М.: Атомиздат. — 1969, - 232 с.
6. В.Н. Батыгин, И.И. Метелкин, А.М. Решетников. Вакуумно плотная керамика и ее спаи с металлами. – М.: Энергия. — 1973, - 408 с.
7. Белинская Г.В., Харитонов Ф.Я., Смирнова Е.П., Костюков Н.С. Металлизация и пайка оксидной керамики. Препринт. АмурКНИИ ДВО АН СССР. Владивосток Дво АН СССР. – 1988, — 69 с. --
8. Ланин В. Л. Формирование токопроводящих контактных соединений в изделиях электроники. – Минск: Изд. центр БГУ, 2007. – 574 с.
9. Макаров Н.А. Металлизация керамики: Учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. – 76 с.
10. Белинская Г.В. Металлизация керамических материалов. Электротехническая промышленность. Электротехнические материалы. No1 и No2 – 1981. – С. 9-13 и 13-15.

11. В.А. Преснов, Ю.Б. Новодворский, М.П. Якубеня. Основы техники и физики спая. Изд-во ТПУ. – 1961. – 234 с.
12. Пивоваров Г.Я., Саминский Л.А. Технохимические процессы электровакуумного производства. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1975. – 304 с.
13. Заводян А.В. Лабораторный практикум. [Электронный ресурс]: <http://www.studfiles.ru/preview/825593/page:10/>
14. Иванов-Есипович Н.К. Физико-химические основы производства радиоэлектронной аппаратуры. [Электронный ресурс]: <http://www.elek.oglib.ru/bg1/8327/275.html>
15. Госпатент СССР. SU 1789520 А1. Состав для металлизации керамики. [Электронный ресурс]: <http://patentdb.su/3-1789520-sostav-dlya-metallizacii-keramiki.html>
16. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).
17. Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда"
18. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
19. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
20. "СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы".
21. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
22. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность.

- 23.ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.
- 24.<https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-toksichnosti-i-potentsialnoy-opasnosti-nanochastits-oksida-alyuminiya-dlya-zdorovya-cheloveka/viewer>[дата обращения: 18.05.2022].
- 25.Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
26. Приказ от 15 декабря 2020 года N 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».