

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Физики Высоких Технологий
Направление подготовки Химическая технология
Кафедра технология силикатов и наноматериалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование процесса взаимодействия нитрида алюминия с серебросодержащими пастами

УДК 621.493:661.86:669.22

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Слуднев Артемий Анатольевич		01.06.2016

Руководитель

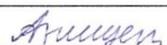
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц А.А.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М.В.	К.Э.Н.		27.05.2016

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		28.05.2016

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТСН	Погребенков Валерий Матвеевич	Д.Т.Н.		

Томск – 2016 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ООП 18.03.01 (240100) ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 3, 19, 20), Критерий 5 АИОР (п. 1.1)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7, 11, 17, 18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1, 5, 8, 9, ОК-2, 3), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2)
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии	Требования ФГОС (ПК-11, 26, 27, 28), Критерий 5 АИОР (п. 1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4, 21, 22, 23, 24, 25, ОК-4, 6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6, 10, 12, 13, 14, 15, 16 ОК-6, 13, 15), Критерий 5 АИОР (п. 1.5)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5, 9, 10, 11), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 7, 8, 12), Критерий 5 АИОР (2.6)
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п. 2.2)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3, 4), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3)

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ИФВТ
 Направление подготовки Химическая технология
 Кафедра ТСН

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
4Г21	Слуднев Артемий Анатольевич

Тема работы:

Исследование процесса взаимодействия нитрида алюминия с серебросодержащими пастами

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: серебросодержащая паста, нитрид алюминия. Задачи исследования: определение возможности применения промышленных серебросодержащих паст для металлизации нитрида алюминия.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Аналитический обзор литературных источников; 2. Постановка цели и задач исследований; 3. Методы исследований; 4. Экспериментальные исследования процессов взаимодействия серебросодержащей пасты марки ПП-9 с нитридом алюминия. Заключение.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская Марина Витальевна
Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Дитц Александр Андреевич	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Слуднев Артемий Анатольевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 80 с., 10 рис., 9 табл., 14 источников, 1 прил.

Ключевые слова: нитрид алюминия, металлизация, серебрясодержащая паста

Объектом исследования является серебрясодержащая паста, нитрид алюминия.

Цель работы – исследование процесса взаимодействия нитрида алюминия с серебрясодержащими пастами.

В процессе исследования проводились эксперименты по установлению влияния различных режимов вжигания на процесс спекания.

В результате исследования определена возможность применения промышленных серебрясодержащих паст для металлизации нитрида алюминия.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: плотность, пористость, шероховатость, водопоглощение, адгезия

Степень внедрения: Проводится НИОКР

Область применения: электроника, микроэлектроника, электротехника

В будущем планируется: получить свой состав серебрясодержащей пасты для нитрида алюминия.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	10
1. Литературный обзор	12
1.1 Свойства нитрида алюминия	12
1.1.1. Химические свойства	12
1.1.2. Физические свойства	13
1.1.3. Применение нитрида алюминия	13
1.2. Свойства серебра.....	14
1.2.1. Химические свойства	14
1.2.2. Физические свойства	15
1.2.3. Применение серебра.....	16
1.3. Серебросодержащие пасты	18
1.4. Методы формирования рисунка	19
1.4.1. Требования к пастам.....	21
1.5. Примеры составов паст	21
1.6. Применение серебросодержащих паст.....	25
1.7. Примеры режимов паст.....	27
1.8. Механизм закрепления (Al_2O_3-Ag , Al_2O_3-Ag-O).....	31
2. Методы исследования и материалы	33
2.2. Цели и задачи.....	33
2.3. Методы исследования.....	33
2.3.1. Рентгенно-фазовый анализ (РФА).....	33
2.3.2. Растровая электронная микроскопия (РЭМ).....	35
2.3.3. Рентгенно-флюорисцентный анализ.....	36

2.3.4. Определение вязкости паст	37
2.3.5. Определение адгезии на отрыв.....	38
2.3.6. Определение проводимости паст	39
2.3. Материалы	43
3. Результаты проведенного исследования	48
3.1. Подготовка поверхности керамики к нанесению пасты	48
3.2. Подготовка и нанесение пасты	51
3.3. Вжигание пасты	54
3.4. Определение температуры спекания нитрида алюминия.....	56
3.5. Определение свойств.....	58
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	66
4.1. Планирование научно-исследовательских работ.....	66
4.1.1. Структура работ в рамках научного исследования	66
4.1.2. Определение трудоемкости работ	67
4.1.3. Разработка графика проведения научного исследования ...	68
4.1.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	73
4.1.4.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	73
4.1.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментальных работ.....	74
4.1.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы	75
4.1.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	77
4.1.4.5. Накладные расходы	78
4.1.4.6. Формирование бюджета затрат научно- исследовательского проекта.....	78

4.2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	79
5. Социальная ответственность	83
Введение.....	83
5.1 Производственная безопасность	83
5.1.1. Анализ вредных факторов при проведении исследований	84
5.1.1.1. Повышенная запыленность	84
5.1.1.2. Повышенная температура воздуха рабочей зоны.....	86
5.1.1.3. Недостаточная освещенность.....	87
5.1.1.4. Повышенная концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны.....	87
5.1.2. Анализ опасных факторов при проведении исследований	88
5.1.2.1. Подвижные части производственного оборудования ..	88
5.1.2.2. Токсическое воздействие на организм человека.....	88
5.1.2.3. Повышенная температура поверхностей оборудования и материалов	89
5.2 Экологическая безопасность.....	89
5.2.1. Защита селитебной зоны	90
5.2.2. Защита атмосферы	90
5.2.3. Защита гидросферы	91
5.2.1. Защита литосферы	91
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	91
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	92
ВЫВОДЫ	94

Список использованной литературы 97

ВВЕДЕНИЕ

Современное общество немислимо без использования электронных устройств. Электроника проникает во все сферы деятельности человека и определяет уровень развития любого государства. Возможности и надежность электронных устройств во многом определяются характеристиками и качеством используемых полупроводниковых приборов. Интегральные микросхемы непосредственно влияют на множество параметров устройства, таких как производительность, габариты, быстродействие, точность обработки информации и качество управления. Уровень развития микроэлектроники задаёт и уровень развития электронной отрасли в целом.

Актуальность исследования

По известным причинам, с начала 90-х годов производство микроэлектроники в России переживало тяжёлые времена. Это привело к существенному спаду в отрасли. Отставание отечественных производителей микроэлектроники в худшие времена составляло по разным оценкам от 20 до 25 лет. В последнее десятилетие ситуация начала меняться в лучшую сторону. Реализация стратегии правительства РФ в области микроэлектроники сократила к настоящему времени технологическое отставание отечественных производителей от западных до 5 лет. Это соответствует одному-двум технологическим поколениям микроэлектронных устройств. Россия входит в активную фазу освоения новых технологий микро и наноэлектроники. Поэтому, увеличение функциональной сложности и уменьшение стоимости микросхем создают необходимость в постоянном поиске новых и модернизации существующих технологий производства. Выбор технологических решений определяет надёжность, функциональные возможности, размеры микроэлектронных устройств и в сильной степени зависит от качества, типа и характеристик доступных материалов.

Современной тенденцией развития изделий электронной техники является увеличение удельной тепловой мощности, что неизменно приводит

к возникновению проблемы теплоотвода и необходимости снижения теплового сопротивления цепи. Отвод тепла через подложку, на которой размещаются тепловыделяющие чипы, является простым и удобным средством снижения теплового сопротивления цепи и, соответственно, температуры полупроводниковых элементов.

Одним из важнейших вопросов при этом является выбор материалов с высокой теплопроводностью. В последнее время керамика на основе нитрида алюминия (AlN) привлекает всё большее внимание в качестве перспективного теплопроводящего материала для использования в электронной технике при создании конструкций силовых устройств, элементов Пельтье, светоизлучающих диодов и СВЧ, транзисторов.

Высокие электрические, теплопроводные и частотные свойства алюмонитридной керамики обуславливают её широкое применение в качестве базового материала для поверхностного монтажа безкорпусных компонентов высокой мощности.

Проводящие пасты состоят из мелкодисперсных порошков металлов и стеклянной фритты, диспергированных в органических связующих веществах. Органическое связующее вещество выполняет свою основную функцию в процессе нанесения пасты, а затем выгорает при ее обжиге. Комбинация основных двух компонентов пасты-металла и стекла определяет такие важные свойства как проводимость, возможность пайки, адгезия к подложке, совместимость с резистивными, диэлектрическими составами и адгезия к подложке. Применяемые на сегодняшний день пасты были разработаны для Al₂O₃ керамики, их составы и добавки оптимизированы под нее.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Свойства нитрида алюминия

Нитрид алюминия – материал с ковалентной связью, имеющий гексагональную кристаллическую структуру, которая является аналогом структуры сульфида цинка, известной как вюрцит.

Нитрид алюминия (AlN) является единственным техническим керамическим материалом, который обладает чрезвычайно интересным сочетанием крайне высокой теплопроводности и отличных изоляционных свойств. Этим свойством обусловлено широкое применение нитрида алюминия в энергетике и микроэлектронике. Например, он используется при изготовлении печатных плат (подложки) в полупроводниках или в качестве теплоотвода в светодиодной осветительной технике или высокомоощной электронике.

1.1.1 Химические свойства

Материал устойчив к очень высоким температурам в инертных атмосферах. На воздухе поверхностное окисление происходит выше 700°C, и при комнатной температуре, были обнаружены поверхностные окисленные слои толщиной 5– 10 нм. Этот окисный слой защищает материал до 1370°C. Выше этой температуры происходит объёмное окисление материала. Нитрид алюминия устойчив в атмосферах водорода и углекислого газа до 980 °C.

Материал распадается медленно в неорганических кислотах при контакте жидкости с границами зёрен, как и в случае с сильными щелочами. Материал гидролизуеться медленно в воде [2].

Медленно растворяется в горячих минеральных кислотах. Холодные HCl, H₂SO₄, HNO₃ и царская водка действуют слабо, холодная HF не действует. Концентрированные горячие растворы щелочей разлагают с выделением NH₃.

1.1.2. Физические свойства.

Нитрид алюминия – белый порошок или водянисто-белые прозрачные кристаллы. Окрашивается при наличии примесей.

Электрофизические свойства.

Нитрид алюминия относится к диэлектрическим материалам. С повышением температуры диэлектрическая проницаемость AlN увеличивается; поскольку керамика на его основе обладает повышенной теплопроводностью, ее можно рассматривать как перспективный диэлектрический и электроизоляционный материал, пригодный к эксплуатации в условиях повышенных температур и при необходимости интенсивного теплоотвода через керамику [3].

Теплофизические свойства.

У нитрида алюминия: Очень высокая теплопроводность ($> 170 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$), высокие электроизоляционные характеристики ($> 1,101212 \text{ см}$), механическая прочность в соответствии с методом двойного кольца $> 320 \text{ МПа}$ (двухосное напряженное состояние), низкий коэффициент теплового расширения – от 4 до $6 \times 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ (при нагреве от 20 до 1000 °C), хорошая способность к металлизации.

1.1.3. Применение нитрида алюминия в светотехнике

Область применения нитрида алюминия очень широка:

- Производство светодиодов;
- Материалы из нановолокна;
- Материал для высокотеплопроводной керамики (вместо оксида бериллия) -подложки, корпуса электронных схем.

Высокие электрические, теплопроводные и частотные свойства керамики на основе AlN обуславливают её широкое применение в качестве базового материала для поверхностного монтажа бескорпусных компонентов высокой мощности [4].

1.2. Свойства серебра

Серебро (лат. Argentum), Ag, химический элемент I группы периодической системы Менделеева, атомный номер 47, атомная масса 107,868; металл белого цвета, пластичный, хорошо полируется. В природе находится в виде смеси двух стабильных изотопов ^{107}Ag и ^{109}Ag ; из радиоактивных изотопов практически важен ^{110}Ag ($T_{1/2} = 253$ сут). Серебро было известно в глубокой древности (4-е тысячелетие до н. э.) в Египте, Персии, Китае [5].

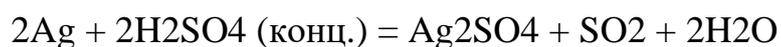
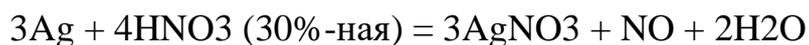
Серебро необычайно пластичный металл. Оно хорошо полируется, придавая металлу особую яркость, режется, скручивается. Путем прокатки можно получить листы толщиной до 0,00025 мм. Из 30 граммов можно вытянуть проволоку длиной более 50 километров. Тонкая серебряная фольга в проходящем свете имеет фиолетовый цвет. По своей мягкости этот металл занимает промежуточное положение между золотом и медью.

1.2.1. Химические свойства серебра

Чистое серебро при комнатной температуре устойчиво на воздухе, но только в том случае, если воздух чистый. Если же в воздухе содержится хотя бы небольшой процент сероводорода или других летучих соединений серы, то серебро темнеет. $4\text{Ag} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 2\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$

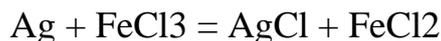
При нагреве до 170°C его поверхность покрывается пленкой Ag_2O . Озон в присутствии влаги окисляет серебро до высших оксидов AgO или Ag_2O_3 .

Серебро растворяется в концентрированных азотной и серной кислотах:



В царской водке серебро не растворяется из-за образования защитной пленки AgCl . В отсутствие окислителей при обычной температуре HCl , HBr , HI также не взаимодействуют с ним благодаря образованию на поверхности металла защитной пленки малорастворимых галогенидов.

Растворяется Ag в хлорном железе, что применяется для травления:



Также легко растворяется в ртути, образуя амальгаму (жидкий сплав ртути и серебра).

Свободные галогены легко окисляют Ag до галогенидов:

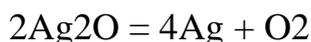


Однако на свету эта реакция обращается, и галогениды серебра (кроме фторида) постепенно разлагаются.

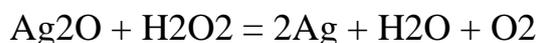
При добавлении щелочи к растворам солей серебра в осадок выпадает оксид Ag_2O , так как гидроксид AgOH неустойчив и разлагается на оксид и воду:



При нагревании оксид Ag_2O разлагается на простые вещества:



С перекисью водорода Ag_2O взаимодействует при комнатной температуре:



С водородом, азотом и углеродом серебро непосредственно не взаимодействует. Фосфор действует на него лишь при температуре красного каления с образованием фосфидов. При нагревании с серой Ag легко образует сульфид Ag_2S [6].

1.2.2. Физические свойства

Природное серебро состоит из двух стабильных изотопов ^{107}Ag (51,839%) и ^{109}Ag (48,161%); известно также более 35 радиоактивных изотопов и изомеров серебра, из которых практически важен ^{110}Ag (Тполураспада = 253).

Модуль упругости 7648 кгс/см², предел прочности 100 МПа (10 кгс/мм²), твердость по Бринеллю 250 Мн/м² (25 кгс/мм²), конфигурация внешних электронов атома Ag 4d¹⁰5s¹.

Серебро – белый блестящий металл, с кубической гранцентрированной решеткой, $a = 0,4086$ нм. Плотность $10,491$ г/см³, температура плавления $961,93^{\circ}\text{C}$, температура кипения 2167°C .

Электрофизические свойства. Серебро обладает наивысшей среди металлов удельной электропроводностью 62500000 см/м при 25°C , удельное электрическое сопротивление $1,59 \cdot 10^{-8}$ Ом·м при температуре 20°C [9].

Теплофизические свойства. Теплопроводность $407,79$ Вт/(м·К.) [$0,974$ кал/(см·°C·сек)] при 18°C , удельная теплоемкость $234,46$ дж/(кг·К) [$0,056$ кал(г·°C)],

Степень отражения серебра в инфракрасном диапазоне 98% , а видимой области спектра – 95% . Легко сплавляется со многими металлами; небольшие добавки меди делают его более твердым, годным для изготовления различных изделий [6].

1.2.4. Применение серебра

Область применения серебра в современном мире крайне велика. Помимо традиционной роли – символа богатства, это один из незаменимых металлов, который участвует во множестве технологических процессов. Основное применение серебра в XXI веке происходит в трех сферах деятельности: промышленность, создание фотографий, изготовление столового серебра и ювелирных украшений. На эти направления приходится почти 95% всего добываемого серебра. Серебро применяется в промышленности настолько широко, что перечислить все технологические процессы, где может быть задействован этот драгоценный металл просто затруднительно. Основными свойствами, благодаря которым серебро так широко используется промышленностью, являются: высокая электро- и теплопроводность, устойчивость к окислению в обычной среде, большая пластичность и высокий коэффициент отражения света.

Из-за отличной электропроводности серебро широко применяется в электронике, например для создания печатных плат переключателей, таких

как кнопки телевизора, клавиатура компьютера или сотового телефона, для покрытия компакт дисков (CD или DVD), а так же в плазменных панелях мониторов телевизоров. Из-за этого же свойства серебро широко применяется и в электротехнике, например в качестве припоя или для создания высокочувствительных контактов.

Серебро используют преимущественно в виде сплавов: из них чеканят монеты, изготавливают бытовые изделия, лабораторную и столовую посуду. Серебро покрывают радиодетали для придания им лучшей электропроводности и коррозионной стойкости; в электротехнической промышленности применяются серебряные контакты. Для пайки титана и его сплавов используются серебряные припои; в вакуумной технике. Серебро служит конструкционным материалом. Металлическое Серебро идет на изготовление электродов для серебряно-цинковых и серебряно-кадмиевых аккумуляторов. Оно служит катализатором в неорганических и органических синтезе (например, в процессах окисления спиртов в альдегиды и кислоты, а также этилена в окись этилена). В пищевой промышленности применяются серебряные аппараты, в которых готовят фруктовые соки. Ионы Серебра в малых концентрациях стерилизуют воду. Соединения Серебра (AgBr , AgCl , AgI) применяются для производства кино- и фотоматериалов [7].

В химической промышленности серебро незаменимо в качестве катализатора (катализатор – вещество, которое позволяет или способствует протеканию химического процесса) в процессе создания двух соединений: оксида этилена и формальдегида. Эти соединения имеют большое значение при производстве пластмасс. В год химическая промышленность потребляет больше 150 млн. унций серебра, это составляет третью часть от промышленного применения этого драгоценного металла.

1.3. Серебросодержащие пасты

Проводящие пасты состоят из мелкодисперсных порошков металлов и стеклянной фритты, диспергированных в органических связующих веществах. Органическое связующее вещество выполняет свою основную функцию в процессе нанесения пасты, а затем выгорает при ее обжиге. Комбинация основных двух компонентов пасты-металла и стекла определяет такие важные свойства как проводимость, возможность пайки, адгезию к подложке, совместимость с резистивными, диэлектрическими составами и др [8].

Проводниковые пасты на основе серебра (например СрП – V -15-0,5 и СрП-V-15-0,7) обладают высокой проводимостью (удельное поверхностное сопротивление $R_{\text{пов}}$ не более $2 \cdot 10^{-3}$ Ом), однако им присущи такие недостатки как миграция серебра и выщелачивание при пайке.

Высокой стабильностью и надежностью обладают пасты на основе золота, но они имеют высокую стоимость и требуют для облуживания специальных золото - оловянных припоев.

Наиболее широко применяются серебро-палладиевые пасты СрПП-1,-2, -3. Наряду с высокой проводимостью ($R \leq 3 \cdot 10^{-2}$ Ом), адгезией (прочность сцепления с керамикой не менее 15-20 МПа) и хорошей облуживаемостью они совместимы с большинством резистивных и диэлектрических составов и выдерживают повышенную температуру (150 °С).

Серебряные и серебро-палладиевые пасты используют для изготовления проводников, для нанесения электродов керамических конденсаторов и т.д.

Некоторые пасты созданы специально для операции монтажа кристалла на основание корпуса микросхемы и призваны заменить традиционные решения в виде проволок, лент и преформ [8]. Паста поставляется в шприцах и может быть использована в высокоскоростном автоматизированном или в ручном оборудовании для дозирования.

Это позволяет существенно сократить время монтажа кристалла и снизить стоимость операции. Оплавление производится в атмосфере азота или формирующего газа.

Стандартный размер шариков припоя 25-45 мкм, но может быть изменён в зависимости от задачи. Содержание металлического наполнителя в пасте – 88%. В таблице представлены припои, поставляемые в виде паяльных паст, подходящие для большинства применений (Приложение 1).

Технология низкотемпературного спекания серебра возникла относительно недавно, но сразу же нашла применение в сборке силовых полупроводниковых модулей. Суть технологии заключается в спекании частиц серебра при низкой температуре с получением структуры близкой к структуре металлического серебряного порошка.

Одна из разновидностей данной технологии требует приложения высокого давления. Монтаж при этом осуществляется при помощи специализированного пресса в течение нескольких секунд. Другая технология позволяет осуществлять спекание без приложения давления, только за счёт химического взаимодействия частиц серебра [8].

Ключевые преимущества технологии низкотемпературного спекания серебра:

- Высочайшая тепло-, электропроводность. Значения близкие к объёмным характеристикам серебра.
- Монтаж при низких температурах.
- Высокая скорость монтажа.

1.4. Методы формирования рисунка. Требования к пастам

Проводники толстоплёночных схем выполняются путем нанесения через трафареты проводниковых паст. Проводниковые пасты должны обеспечивать получение следующих характеристик композиции (после вжигания):

1. Высокую удельную проводимость во избежание заметного падения напряжения и нагрева.

2. Высокую адгезию пленки с подложкой, поскольку непосредственно к ней присоединяются выводы и навесные элементы.

3. Возможность присоединения к поверхностям проводников монтажных проводов и навесных элементов пайкой или сваркой.

4. Композиция должна быть устойчива к воздействиям, связанным с выполнением технологических процессов, и выдерживать заданные условия эксплуатации.

Проектирование топологии толсто пленочных проводников во многом аналогично проектированию печатных плат. Проводники должны изготавливаться предельно короткими, чтобы уменьшить сопротивление схемы. Поверхностное сопротивление толсто пленочных проводников должно изменяться в пределах от 0,005 Ом/а до 0,1 Ом/а в зависимости от типа применяемой пасты. Для нанесения проводников необходимо использовать только одну сторону подложки. Количество пересечений должно быть минимальным, поскольку для их создания необходимы две дополнительные операции нанесения и вжигания пленок (нанесение межслойного диэлектрика и второго проводящего слоя). Для современной технологии стандартной шириной проводника считается 0,25 мм, однако, если это необходимо, можно изготавливать полоски шириной до 0,125 мм. Такие же значения допускаются и для расстояний между проводниками.

Толщина слоя проводника, например, на основе композиций палладий-серебро составляет 10-25 мкм, минимальная ширина (длина) проводника колеблется в пределах 0,15-0,20 мм при нанесении пасты на керамику и 0,20-0,30 мм при нанесении на слой диэлектрика. Минимальное расстояние между проводниковыми элементами 0,05-0,20 мм в зависимости от рецептурного состава пасты.

1.4.1. Требования к пастам

К пастам предъявляют ряд требований:

- не должны окисляться, сильно и быстро расслаиваться;
- желательно долго сохранять свои реологические свойства (то есть способность к вязкому течению и деформации);
- не должны растекаться далеко за пределы первоначально нанесенной дозы;
- не должны оставлять твёрдых не удаляемых остатков после пайки;
- должны обладать клеящими свойствами;
- не должны разбрызгиваться при воздействии достаточно концентрированного источника нагрева;
- не должны ухудшать технических характеристик платы;
- должны отмываться в стандартных растворителях [8].

1.5. Примеры составов паст с указанием материалов

На сегодняшний день проводниковые пасты на основе серебра выпускаются несколькими предприятиями в России. В таблице 1 приведены свойства паст.

Таблица 1-Технические характеристики паст на основе серебра и палладия

	ПП-8	ПП-9	ПП-10	ПП-11	ПП-12	ПП-13	ПП-14	ПП-15	ПП-16	ПП-17
Соотношение Ag/Pd	4:1	4:1	4:1	2,1:1	2,8:1	3,3:1	4:1	6:1	10:1	Ag
Толщина возжженного слоя, мкм	12...18									
Уход размеров проводника, мкм	<50			<30						
Сопротивление, мОм/кв	<40	<40	<40	<45	<35	<30	<25	<15	<10	<5
Облуживаемость припоем: 62Sn/36Pb/2Ag	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
63Sn/37Pb	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
Количество циклов облуживания: (1 цикл - 10с при t=230°C): 62Sn/36Pb/2Ag	4...5	4	4	8..10	7...9	5...7	5...6	4...5	3...4	1...2
63Sn/37Pb	-	-	-	5...6	5...6	4...5	3...4	2...3	-	-
Адгезия, Н: - начальная	20-25	-	20-25							20...35
- после 100 час. при 150°C	17-22	-	17-22							18...31
Облуживаемость на диэлектрике	-	ПД-8- ПД-12	-	ПД-12						
Профиль вжигания:	См. рисунок									
Степень перетира, мкм, не более	25			20						
Условная вязкость, мм	19-24	18-23	17-22	19 - 22						
Номер ТУ	ЕТО.035.367ТУ			ЕТО.035.487ТУ						

Таблица 2- Свойства возжженных слоев проводниковых паст

Наименование параметра	ПП-8 ПП-9 ПП-10 ПП-11 ПП-12 ПП-12С ПП-13 ПП-14 ПП-15 ПП-16 ПП-17 ПП-17С ПП-17Л													
	ПП-8	ПП-9	ПП-10	ПП-11	ПП-12	ПП-12С	ПП-13	ПП-14	ПП-15	ПП-16	ПП-17	ПП-17С	ПП-17Л	
1. Удельное поверхностное сопротивление при толщине пленки 15 мкм, МОМ/кв.драт.	<40			33-55	25-45	25-45	20-40	15-35	10-20	5-15	2,5-7	2,5-5	2,5-7	
2. Шероховатость поверхности при толщине пленки не менее 15мкмRa, мкм, не более	2,5			1,0		0,75	1,0				1,25			
3. Адгезия к керамической подложке, Н, после вжигания,	20-25	НР	20-25	20-35							20-25			
4. Адгезия к керамической подложке, Н, после вжигания и выдержки 100ч при 150°С	17-22	НР	17-22	18-31	18-31	18-31	18-31	18-31	18-31	18-31	18-24			
5. Уход размеров проводника от задаваемого рисунком на трафарете, мкм, не более	50		НР	30							НР			
6. Площадь покрытия припоем, %, не менее	95													
7. Стойкость к разлегированию при температуре (230-240)°С, с, не менее	40				80	70	70	50	50	40	30	10		

Таблица 3-Технические характеристики проводниковых паст

Наименование параметра	Значение параметров по типам паст																				
	ПП-8	ПП-9	ПП-10	ПП-11	ПП-12	ПП-12С	ПП-13	ПП-14	ПП-15	ПП-16	ПП-17	П-17С	П-17Л	П-18	ПП-19	П-20	П-21	ПП-22	П-31	ПП-32	
1. Внешний вид	Вязкая однородная масса от темно-серого до черного цвета												Вязкая однородная масса от серого до черного цвета								
2. Металлы проводящей фазы	Серебро, палладий						Серебро						Серебро, платина				Серебро, палладий, платина	Серебро, платина			
3. Основа органического связующего, (Л – ланолин; Т – терпинеол)	Т			Л	Т						Л	Т									
4. Условная вязкость при температуре 20...22°C, мм	19-24		18-23	17-22	19-22						17-24										
5. Степень перетира, мкм, не более	20									10	20			15		20					

1.6. Применение серебрясодержащих паст

1. Пасты *ПП-8* и *ПП-10* рекомендуется использовать для создания проводников на керамических подложках из керамики ВК-94-1, пасту *ПП-8* - при изготовлении нижних обкладок конденсаторов и нижнего проводникового слоя в многослойных коммутационных платах.
2. Пасту *ПП-9* рекомендуется использовать при создании верхней разводки на диэлектрическом слое при изготовлении многослойных коммутационных плат.
3. Пасты *ПП-11...ПП-17* предназначены для изготовления проводников ГИС, контактных площадок и электродов толсто пленочных пассивных элементов на керамике ВК-94-1, ВК-96 и других типов.
4. Пасты *ПП-11...ПП-14* с высоким содержанием палладия отличаются высокой стойкостью к разлегированию и малым значением миграции серебра; их применение целесообразно для ремонтпригодных схем и изделий.
5. Пасты *ПП-15* и *ПП-16* с низким содержанием палладия, также как и чисто серебряная паста *ПП-17* характеризуются низким удельным сопротивлением и используется в изделиях, где миграция серебра не является критическим фактором.
6. Покрyтия, изготовленные на основе паст *ПП-11...ПП-17*, позволяют производить ультразвуковую сварку алюминиевой проволоки диаметром 30...200 мкм [9].

Паста серебрясодержащая (П-04-16)- однородная суспензия без видимых на глаз крупинок, комков и посторонних включений.

Применяется для металлизации заготовок керамических конденсаторов методом вжигания в воздушной среде.

Наименование показателя	Содержание, марка 1	Содержание, марка 2
Массовая доля серебра металлического (Ag), % , в интервале	от 66,0 до 68,5	от 68,5 до 71,0
Условная вязкость, с, в интервале	от 50 до 65	от 65 до 80

Рекомендуемый профиль вжигания

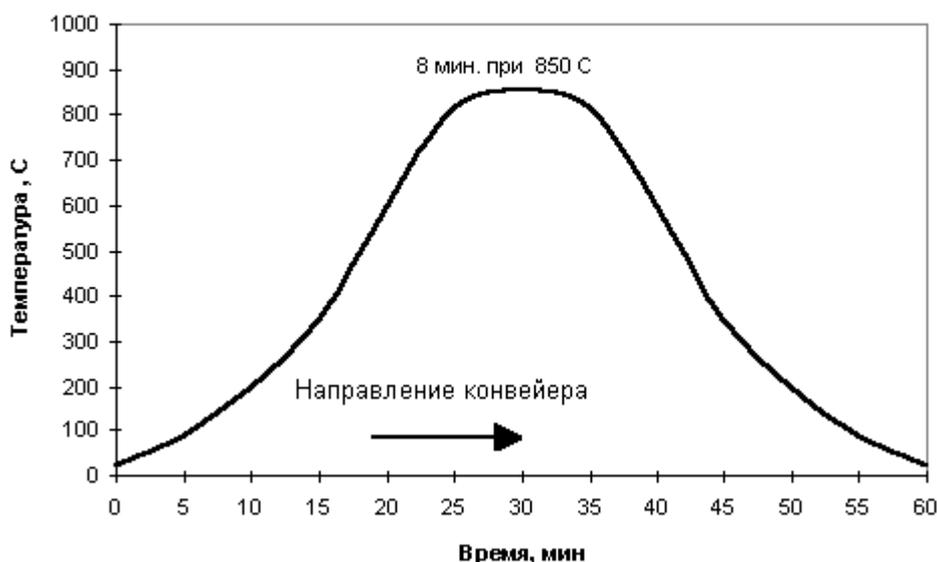


Рисунок 1- Рекомендуемый профиль вжигания

Печь муфельного типа, теплоизлучателем служит муфель, изготовленный из кварца. На изолирующую подложку наносят первый проводниковый слой, поверх него - резистивный слой, а затем - второй проводниковый слой - для образования конденсаторной структуры. Слои сушат и вжигают в воздушной атмосфере.

Известны составы проводниковых паст фирмы Ferro CN33-145 проводящая Ag паста для AlN керамики.

Материал CN33-145 представляет собой серебряную проводящую пасту, специально разработанную для создания металлизации на подложках нитрида алюминия при производстве мощных гибридных схем. Отличается высокой адгезией и проводимостью. Паста CN33-145 также применяется для

создания контактных проводников в светодиодных светильниках и других контактов мощных гибридных схем. Позволяет создавать качественную металлизацию под пайку. Материал также обладает хорошей стабильностью при повторном вжигании [9].

Таблица 4-характеристики Ferro CN33-145

Толщина плёнки	14 мкм
Электрическое сопротивление:	< 1,7 мОм/кв
Адгезия	> 2 кгс/см ²

Ferro CN34-100 проводящая Ag-Pd паста для AlN керамики

Материал CN34-100 представляет собой серебряную проводящую пасту, специально разработанную для создания проводящих слоёв на подложках нитрида алюминия при производстве мощных гибридных схем(табл.5). Отличается высокой адгезией и проводимостью. Отличная совместимость с AlN керамикой и высокая адгезия [9].

Таблица 5-характеристики Ferro CN34-100

Толщина плёнки	10 – 18 мкм
Электрическое сопротивление:	< 15 мОм/кв
Адгезия	> 5 кгс/см ²

1.7. Примеры режимов, как выбирают режимы

Технология металлизации весьма разнообразна и сводится к следующим вариантам: а) нанесение на поверхность керамики пасты, состоящей из тонкодисперсного металла на органической связке, с последующим вжиганием; б) нанесение на поверхность изделия соли металла (например, Ag₂CO₃) в смеси с восстановителем с последующим вжиганием; в) путем пламенного или плазменного (дугового) напыления разогретых до температуры выше T_{пл} металла и конденсации их на поверхности керамики.

Способ вжигания металлосодержащих паст является способом, специфичным для неорганических диэлектриков, обладающих высокой термостойкостью.

Получение металлического слоя данным способом осуществляется путем нанесения на поверхность специальных составов – паст, содержащих соли металла, флюсующие компоненты и связующие вещества.

После подсушки паст на воздухе или в термостатах следует термическая обработка при высоких температурах (до 800°C), в процессе которой образуются металлические расплавы, диффундирующие в поверхностный слой диэлектрика.

Типичными примерами получения металлического слоя вжиганием является использование серебрясодержащих паст, состав которых значительно меняется в зависимости от материала диэлектрика и назначения покрытия.

(Металлизация вакуумным напылением металла осуществляется с помощью специальных установок. Описание их и режимы нанесения покрытий описаны в специальных руководствах. Для этого метода характерно получение тонких покрытий толщиной менее 1 мкм.

Серебряное покрытие на керамику наносят методом вжигания серебрясодержащей пасты при $800\text{--}850^{\circ}\text{C}$.

Метод вжигания состоит в том, что специальную пасту, состоящую из углекислого серебра Ag_2CO_3 (35–40%) и раствора канифоли в скипидаре (65–60%), наносят на поверхность керамики и обжигают, при этом углекислое серебро восстанавливается до металлического.

Для улучшения сцепления серебра с керамикой в пасту вводят небольшие добавки оксида висмута Bi_2O_3 и бората свинца $\text{Pb}_2\text{B}_4\text{O}_7$.

Пасту наносят на предварительно очищенную, обезжиренную и промытую поверхность керамики вручную кистью, а при массовом производстве изделий – на специальных полуавтоматах.

Слой серебра при однократном нанесении пасты и восстановлении составляет 2–3 мкм, при двукратном цикле на более крупных изделиях.

толщина увеличивается до 10 мкм, а при многократном нанесении пасты— до 30–40 мкм.

Технология металлизации состоит в том, что специально подготовленный серебряный с той или иной добавкой порошок определенной гранулометрии (средний размер зерен 1 мкм) наносят на поверхность керамики в виде пасты, приготовленной на органической связке – биндере (например, 100%-ный раствор коллодия).

Пасту вжигают в колпаковых или водородных электрических печах в атмосфере увлажненного водорода или смеси водорода и азота (1 :2 – 3).

После завершения процесса вжигания подложки *охлаждают*. Снижение температуры осуществляется постепенно с определенной скоростью для предотвращения растрескивания стеклянной фазы.

Пример температурно-временного режима вжигания паст приведен на рис. 2.

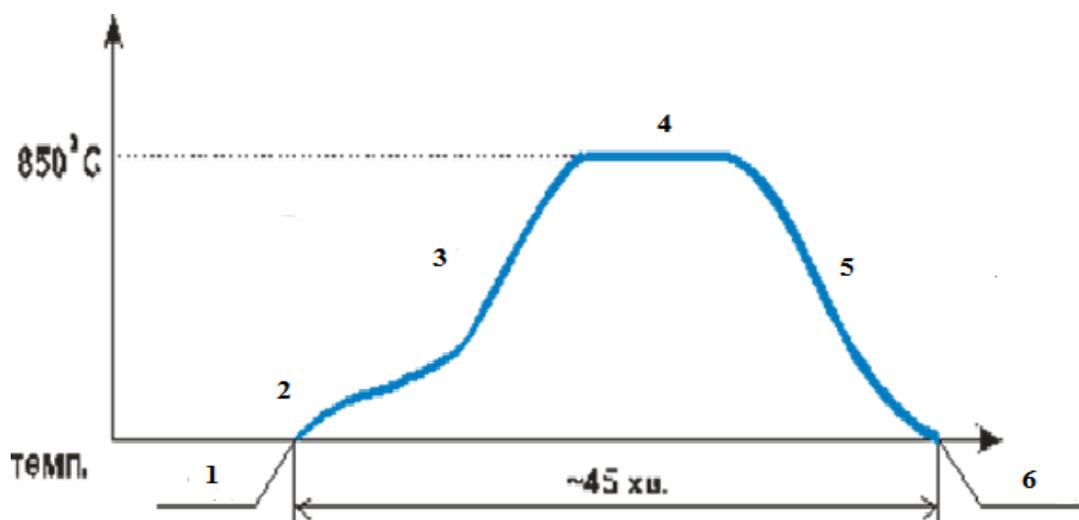


Рисунок 2— Температурно-временной режим вжигания.

1-Вход, 2-Сушка,3-Выпаривание, 4- Спекание, 5-Охлаждение,6- Выход

На первом участке (до 300 – 400 °С) скорость подъема температуры невысокая (около 20 °С/мин). На этом участке происходит выгорание остатков технологической связки. Этот процесс должен идти с умеренной скоростью: не слишком быстро и не слишком медленно. При быстром протекании процесса выгорание сопровождается разрушением пленки, возникают пузырения, отслаивание пленки от подложки и так далее.

При медленном выгорании в пленке может остаться углерод, входящий в состав органического связующего. Если пленка с остатками углерода попадет во вторую температурную зону, где начинает плавиться стекло, то могут возникнуть неконтролируемые реакции, ухудшающие качество элементов.

На втором участке происходит плавление стеклянной фритты и обволакивание расплавленной стеклянной массой частиц функциональной фазы. Скорость подъема температуры здесь достигает 50 – 60 °С/мин.

На третьем участке происходят сложные физико-химические процессы, определяющие основные параметры элементов.

Скорость изменения температуры на этом участке должна выдерживаться с точностью ± 2 °С/мин, а максимальная температура – с точностью ± 1 °С. Четвертый участок температурного профиля соответствует охлаждению подложки до комнатной температуры.

Скорость снижения температуры должна быть достаточно медленной, чтобы исключить растрескивание пленки вследствие различия температурных коэффициентов расширения пленки и подложки.

Электрофизические параметры элементов (сопротивление, температурный коэффициент сопротивления, временная стабильность и так далее) в значительной степени зависят от режимов сушки и вжигания.

Основную роль здесь играют физико-химические процессы, происходящие в пасте при термическом вжигании.

Чем выше конечная температура, тем лучше получается слой серебра, но она ограничивается теплостойкостью изделия, на которое наносится

серебряная пленка. По окончании процесса печка выключается и изделие охлаждается вместе с печкой.

1.8. Механизм взаимодействия и адгезии пасты и керамики (Al₂O₃-Ag, Al₂O₃-AgO)

Известны способы пайки керамики с металлами: по предварительно металлизированному слою, без спекания металлизационного слоя, стекло-припоями (глазурью) и др. Образование связей между керамикой и металлом (или металлическим покрытием, наносимым вжиганием) происходит в результате химических реакций по границе миграции стеклофазы.

Для пленок Ag/Al₂O₃ более стабильной является Al-top конфигурация (вид конфигурации металлической пленки), что обусловлено ослаблением взаимодействия металлических атомов с кислородом вследствие увеличения расстояния между атомами пленки и кислородным слоем. В этом случае основным механизмом химической связи является гибридизация металлических Ag-Al-орбиталей и поляризация Ag-атомов. В случае обогащенного алюминием интерфейса преобладает металлический тип связи. Ионный тип химической связи является основным на кислородных интерфейсах [11].

Поскольку один из интерфейсных атомов металла стремится занять позицию алюминия на данной границе раздела, это вызывает расщепление интерфейсного металлического слоя и приводит к повышению адгезии на границе раздела. Наличие дефектов и прежде всего кислородных вакансий ведет к существенному уменьшению энергии адгезии вследствие частичного разрыва связей металл-кислород.

Анализ электронных характеристик показывает, что в этом случае уменьшается перекрытие орбиталей кислорода и металла вследствие значительного смещения валентной зоны кислорода от уровня Ферми.

Реакция между металлом и оксидом является реакцией замещения следующего вида: $Me + Me'O \leftrightarrow MeO + Me'$

Анализ составов и областей применения показал, что производимые в стране пасты разрабатывались и применяются с алюмооксидной керамикой. В связи с этим компонентный состав паст обеспечивает высокую адгезию к алюмооксидной керамике, но скорее всего не обеспечит ее к алюмонитридной.

2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛЫ

2.2. Цели и задачи

Цель работы: исследование процесса взаимодействия нитрида алюминия с типовыми серебросодержащими пастами.

Задачи работы.

- Изучить свойства исходных материалов.
- Изучить возможные взаимодействия алюмонитридной керамики и серебросодержащей пасты марки ПП-9.

2.3. Методы исследования

2.3.1. Рентгенофазовый анализ

Длина волны рентгеновских лучей (0,05-0,20 нм) имеет тот же порядок, что и расстояния между рассеивающими центрами (атомами) кристаллической решетки минералов. Поэтому при прохождении через кристаллическое вещество рентгеновские лучи претерпевают явление дифракции. Расстояние между периодически повторяющимися в пространстве системами атомов (атомными плоскостями), образующими кристаллическую решетку, характеризуются набором межплоскостных расстояний d_{hkl} . Каждая кристаллическая фаза обладает своей кристаллической решеткой и своим, характерным только для нее, набором значений d_{hkl} [12].

Сущность анализа заключается в изучении дифракционной картины, получаемой при отражении рентгеновских лучей атомными плоскостями в структуре кристаллов [12]. Математическая связь между геометрией дифракционной картины и межплоскостным расстоянием в кристалле выражается формулой Вульфа – Бреггов:

$$2d \cdot \sin\theta = n \cdot \lambda \quad (2.8)$$

где d – межплоскостное расстояние, нм;

θ - угол падения рентгеновского луча, град;

$n = 1, 2, 3$ (целое число длин волн);

λ - длина волны рентгеновского луча, нм.

Поскольку λ – величина известная (она зависит только от типа электронной трубки), то задача определения межплоскостных расстояний сводится к нахождению углов Θ для всех линий дифрактограммы. Выполнение условий Вульфа-Бреггов при изменении угла падения рентгеновского излучения регистрируется на рентгенограмме возникновением максимума. Интенсивность этого максимума соответствует интенсивности отраженного луча, которая в свою очередь зависит от количества атомов, составляющих данное семейство плоскостей, т.е. от «заселенности» атомной плоскости. Поэтому интенсивность отраженного луча также является характеристикой изучаемого объекта.

Анализ исходных веществ и продуктов взаимодействия проводился на дифрактометре ДРОН-3М с рентгеновскими трубками БСВ-24 с CuK_α -излучением ($\lambda = 0,154056$ нм). Основные параметры съемки: скорость 2 – 4 град/мин, напряжение анод-катод 30 – 40 кВ, анодный ток 15 – 25 мА.

Расшифровка дифрактограмм производится путем определения значений межплоскостных расстояний (d_α/n) и относительных интенсивностей рефлексов ($I_{\text{отн}}$). Сравнением табличных рентгеновских характеристик [12]. чистых кристаллических фаз с полученным набором основных рефлексов исследуемого образца диагностируется вещественный состав сырьевых материалов или фазовый состав готовых керамических изделий.

О количественном фазовом составе исследуемого образца судят по соотношению интенсивности выбранного аналитического рефлекса (свободного от наложения других линий остальных фаз) на дифрактограммах с максимальной интенсивностью этой же линии на дифрактограмме минерала-эталона, снятой при тех же условиях.

2.3.2. Растровая электронная микроскопия

Электронная микроскопия позволяет осуществить изучение формы и размеров отдельных кристаллов, частиц, зерен, процессов протекающих на их границах, процессов образования новых кристаллических фаз, а также оценить пористую структуру материала. Метод основан на взаимодействии электронного пучка с изучаемым объектом.

Электроны пучка взаимодействуют с материалом образца и генерируют различные типы сигналов: вторичные электроны, обратноотраженные электроны, Оже-электроны, рентгеновское излучение, световое излучение (катодоллюминесценция) и т. д. Эти сигналы являются носителями информации о топографии и материале образца.

В результате взаимодействия с атомами образца электроны первичного пучка могут передать часть своей энергии электронам образца. В результате такого взаимодействия может произойти отрыв электронов. Такие электроны называются вторичными. Эти электроны обычно обладают небольшой энергией (порядка 50 эВ). Часто электрон первичного пучка обладает энергией, достаточной для появления нескольких вторичных электронов.

Так как энергия вторичных электронов невелика, их выход возможен только с приповерхностных слоев материала (менее 10 нм). Благодаря небольшой кинетической энергии эти электроны легко отклоняются небольшой разностью потенциалов. Это делает возможным существенно повысить эффективность детекторов (собрать максимально возможное количество электронов) и получить высококачественные изображения с хорошим отношением сигнал/шум и разрешением лучше 1 нм. Количество вторичных электронов зависит от угла столкновения электронного пучка с поверхностью образца, то есть от топографии. Поэтому сигнал вторичных электронов применяется для воспроизведения топографии образца.

Определение микроструктурных характеристик исследуемых объектов осуществлялось с помощью сканирующего (растрового)

электронного микроскопа JSM-840 фирмы «Jeol» (Япония), снабженного рентгеновским микроанализатором фирмы «LINK». Образцы перед съемкой покрываются тонким слоем серебра (10-20 нм) для устранения зарядки поверхности. После напыления они помещаются в фокус электронной пушки микроскопа, а затем осуществляется их съемка при следующих режимах: ускоряющее напряжение электронного пучка 10 – 15 кВ, рабочее расстояние съемки 20 – 50 мм и увеличение до 10000 раз.

Интерпретация электронно-микроскопической картины сложна, особенно в случае многофазных материалов, и поэтому ее расшифровка осуществляется в сочетании с другими методами анализа [13].

2.3.3. Рентгенофлуоресцентный анализ

Рентгенофлуоресцентный анализ является разновидностью рентгеноспектрального анализа и относится к эмиссионным методам. В эмиссионных методах проводят изучение характеристических спектров испускания рентгеновских лучей, которые возникают, например, в результате бомбардировки образца электронами высоких энергий. Такие спектры применяют для химического анализа как массивных образцов (рентгенофлуоресцентный анализ), так и субмикроскопических частиц, их также используют для определения структуры областей ближнего порядка, координационных чисел и т.п.

В основе рентгенофлуоресцентного анализа лежит бомбардировка вещества электронами высоких энергий. В результате бомбардировки происходит вырывание электронов с внутренних оболочек атомов, при этом внешние электроны переходят на освободившиеся внутренние электронные орбитали, испуская энергию в виде электромагнитного излучения, обычно в виде рентгеновского излучения. Каждый элемент имеет свой характеристический рентгеновский эмиссионный спектр, состоящий из набора линий (острых пиков). Спектры различных элементов отличаются друг от друга, поскольку положение в них отдельных линий зависит от разности энергий между электронными уровнями, например между 2p- и 1s-

уровнями. Эта разность в свою очередь зависит от атомного номера элемента (закон Мозли). Рентгеновские эмиссионные спектры поэтому можно использовать для проведения как качественного, так и количественного элементного анализа веществ. По положению отдельных линий в спектре судят о присутствии того или иного элемента, а по их интенсивности – о количестве присутствующих элементов [14].

2.3.4. Определение вязкости паст

Контроль условной вязкости паст необходим для определения пригодности использования той или иной проводниковой пасты. Сущность контроля вязкости паст заключается в измерении диаметра пятна, образующегося из навески пасты при воздействии груза массой (249-251) г.

Для контроля условной вязкости паст применяют:

весы лабораторные аналитические

линейку проверочную

спирт изопропиловый,

ткань хлопчатобумажную

стекло листовое

смолу эпоксидно-диановую

Определение вязкости паст проходит в несколько этапов. Для начала взвешивают навеску пасты массой (0,14-0,16)г на чистой, предварительно протертой изопропиловым спиртом или ацетоном стеклянной пластине размером $(60*60)\pm 5$ мм, расположив пасту в центре пластины. При этом паста должна занимать минимальную площадь и не должна быть размазана по пластине. Затем накрывают навеску пасты вторым чистым стеклом, в центре которого эпоксидной смолой приклеен груз массой, и выдерживают в таком состоянии навеску пасты в течение 15 мин.

После окончания времени необходимо измерить, не разнимая стекло, диаметральный размер пятна в двух взаимоперпендикулярных направлениях и вычислить среднее значение. За условную вязкость принимают среднее значение размера пятна по трем экспериментам. Для серебросодержащей

пасты марки ПП-9, нормальной условной вязкостью будет являться размер диаметра пятна, среднее значение которого равно 18-22 мм.

2.3.5. Определение адгезии на отрыв

Контроль адгезии пленки к керамической подложке необходим для того чтобы понять насколько правильно произошло их взаимодействие. Непосредственно само определение адгезии пленки к керамической подложке заключается в измерении усилия, необходимого для отрыва покрытия от керамики.

Для контроля применяются:

- разрывная машина тип;
- электропаяльник с терморегулятором;
- проволока;
- канифоль сосновая;
- шкаф сушильный.

Следует отметить, что контроль адгезии пленки к керамической подложке после вжигания пленки проводят на двух любых площадках пяти контрольных образцов.

Для начала требуется подготовить подложки по следующим действиям:

- Довести температуру в паяльной ванне с припоем до $(230-240)^{\circ}\text{C}$, контролируя температуру с помощью термометра.
- Обезжирить пять контрольных образцов, путем помещения их в банку с ксилолом на (57) мин. С помощью пинцета вытащить платы и высушить их на воздухе в течение (30-60)с.
- Погружают контрольный образец с помощью пинцета в вертикальную ванну с расплавленным припоем на $(5\pm 0,5)$ с. Поверхность расплавленного припоя в ванне должна быть чистой и блестящей.
- Через 5-10с удаляют остатки флюса с плат, ополоснув их в ксилоле.

- Следующим этапом требуется обслужить десять проволочек длиной не менее 70мм. Для этого устанавливают температуру жала паяльника (340-360)°С и проводят припайку приложенной проволоки на площадку размером (2*2) мм паяльником в течение не более 5с.

Затем необходимо выдержать подложки с припаянной проволокой не менее 4 часов в нормальных условиях. После этого отгибают проволоку вверх под углом 90° к подложке на расстоянии 2-3 мм от места пайки, устанавливают подложку с припаянной проволокой в держатель разрывной машины, и увеличивают нагрузку от нулевого значения до величины, соответствующей усилию отрыва проволоки. Нужно заметить, что скорость подачи нагрузки при этом должна быть (70-74) мм/мин. Далее на механическом счетчике разрывной машины считывают величину адгезии, выраженную в Ньютонах.

В завершении определения адгезии на отрыв требуется рассчитать среднее значение адгезии на пяти контрольных образцах.

2.3.6. Определение проводимости паст

Контроль удельного поверхностного сопротивления пленки необходим для того чтобы определить насколько эффективно паста проводит электрический ток. Для того, чтобы определить электропроводимость пасты, нам потребуется определить удельное поверхностное сопротивление пленки, и взять величину обратную ей.

Для измерения удельного поверхностного сопротивления используются:

Цифровой мультиметр;

Индикатор многооборотный;

Определение удельного поверхностного сопротивления проходит в несколько этапов. Для начала замеряют толщину проводника шириной 0,5 мм с помощью индикатора 1МИГ на каждой из двух линий пяти контрольных образцов и рассчитывают среднее значение из десяти измерений. Далее замеряют сопротивление на каждом из двух проводников

шириной 0,5мм на каждом из 5 контрольных образцов. Затем полученное значение сопротивления делят на 100 и рассчитывают среднее значение из 10 измерений.

В конечном итоге необходимо рассчитать значение удельного поверхностного сопротивления, приведенное к значению толщины проводника, равному 15 мкм по формуле:

$$R = \frac{R_1 \cdot D_1}{15}, \quad (1)$$

где R – удельное поверхностное сопротивление, приведенное к 15 мкм, мОм/квadrat;

R1 – фактическое среднее значение сопротивления, мОм/квadrat;

D1 – фактическая средняя толщина проводника, мкм.

Полученное значение удельного поверхностного сопротивления берем в обратном эквиваленте и определяем величину электропроводимости пасты.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г21	Слуднев Артемий Анатольевич

Институт	ИФВТ	Кафедра	ТСН
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	240100 – Химическая технология

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование структуры работ, их трудоемкость, разработка графика проведения исследования, расчет бюджета исследования: затраты на сырье, оборудование, заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы
2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя эффективности: определение финансовой эффективности и ресурсоэффективности; сравнение эффективности разработки с аналогами

Перечень графического материала:

1. График проведения и бюджет НИ
2. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская Марина Витальевна	К. Э. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Слуднев Артемий Анатольевич		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.

4.1. Планирование научно-исследовательских работ

4.1.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр,
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и	5	Проведение теоретических	Бакалавр

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
экспериментальные исследования		расчетов и обоснований	
	6	Проведение экспериментов	Бакалавр
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	9	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка технологии получения керамзита.	Бакалавр
Изготовление и испытание опытного образца	11	Получение опытных образцов	Бакалавр, руководитель
	12	Лабораторные испытания опытных образцов	Бакалавр, руководитель
Оформление комплекта документации по ВКР	13	Составление пояснительной записки	Бакалавр

4.1.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Определение ожидаемой (средней) трудоемкости выполнения:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – наиболее вероятное время в течение, которого должна быть выполнена работа, чел-дни; $t_{\text{min}i}$ – минимальное время для выполнения данного этапа при благоприятном стечении обстоятельств, чел-дни; $t_{\text{max}i}$ – максимальное время для выполнения данного этапа при неблагоприятном стечении обстоятельств, чел-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости, рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дней; $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел-дни; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.1.3. Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (4)$$

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

В 2016 году 366 календарных дней, из них 105 выходных для и 14 праздничных дней. Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 105 - 14} = 1,48$$

В таблице 3.2 представлены временные показатели проведения научно-исследовательской работы.

Таблица 3.2 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоемкость работ						Исполнитель и	Т _р , раб. дн.		Т _{ки} , кал. дн.	
		t _{min} , чел-дн.		t _{max} , чел-дн.		t _{ож} , чел- дн.			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2					
1	Составление технического задания	0,2	0,2	1	1	0,5	0,5	Р	0,2	0,2	0,4	0,4
		6	6			2	2		6	6		
2	Выбор направления исследований	0,2	0,2	1	1	0,5	0,5	Б	0,2	0,2	0,4	0,4
		6	6			2	2		6	6		
3	Выбор направления исследований	0,5	0,5	2	2	1,1	1,1	Р	0,5	0,5	0,8	0,8
		5	5			1,1	1,1		5	5		
4	Подбор и изучение материалов	0,5	0,5	2	2	1,1	1,1	Б	0,5	0,5	0,8	0,8
		5	5			1,1	1,1		5	5		
5	Календарное планирование работ по теме	5	5	11	11	7,4	7,4	Р	3,7	3,7	5,5	5,5
		5	5			7,4	7,4		3,7	3,7		
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	1	1	2	2	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	1,0	1,0
		1	1			1,4	1,4		0,7	0,7		
7	Проведение экспериментов	1	1	2	2	1,4	1,4	Б	0,7	0,7	1,0	1,0
		1	1			1,4	1,4		0,7	0,7		
8	Сопоставление	3	3	5	5	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	2,8	2,8
		3	3			3,8	3,8		1,9	1,9		
9	Сопоставление	6	6	8	8	6,8	6,8	Б	3,4	3,4	5,0	5,0
		6	6			6,8	6,8		3,4	3,4		
10	Сопоставление	2	2	3	3	2,4	2,4	Р	1,2	1,2	1,8	1,8
		2	2			2,4	2,4		1,2	1,2		

№	Название работ	Трудоемкость работ						Исполнитель и	Т _р , раб. дн.		Т _{кi} , кал. дн.	
		t _{min} , чел-дн.		t _{max} , чел-дн.		t _{ож} , чел- дн.			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2					
	результатов с теоретическим и исследованиям и	3	3	5	5	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	2,8	2,8
8	Оценка полученных результатов	2	2	4	4	2,8	2,8	Р	1,4	1,4	2,1	2,1
		4	4	6	6	4,8	4,8	Б	2,4	2,4	3,6	3,6
9	Определение целесообразнос ти проведения ВКР	3	3	7	7	4,6	4,6	Р	2,3	2,3	3,4	3,4
		3	3	7	7	4,6	4,6	Б	2,3	2,3	3,4	3,4
10	Разработка технологии	2	2	3	3	2,4	2,4	Б	1,2	1,2	1,8	1,8
11	Приготовление опытных образцов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2,5	2,5
		14	14	28	28	19, 6	19, 6	Б	9,8	9,8	14, 5	14, 5
12	Испытания опытных образцов	2	2	4	4	2,8	2,8	Р	1,4	1,4	2,1	2,1
		5	5	7	7	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	4,3	4,3
13	Составление пояснительной записки	13	13	16	16	14, 2	14, 2	Б	7,1	7,1	10, 5	10, 5

Р – руководитель; Б – бакалавр.

На основе таблицы 3.2 был построен календарный план-график в виде диаграммы Ганта.

Таблица 3.3 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работы	Исполнители	T_{ki} дней												
			февраль		март			апрель			май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр	1												
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,8												
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	5,5												
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	1,0												
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, бакалавр	2,8												
Проведение экспериментов	Бакалавр	5,0												
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр	3,8												
Оценка полученных результатов	Руководитель, бакалавр	4,6												

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , дней												
			февраль		март			апрель			май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	3,4												
Разработка технологии	Бакалавр	1,8												
Приготовление опытных образцов	Руководитель, бакалавр	14,5												
Испытания опытных образцов	Руководитель, бакалавр	4,3												
Составление пояснительной записки	Бакалавр	10,5												

Руководитель	Бакалавр

4.1.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.1.4.1. Материальные затраты

Результаты расчета затрат на сырье в процессе проведения НИР представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Затраты на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, З _м , руб.
Нитрид алюминия	кг	0,5	9000	4500
Серебросодержащая паста (Марка ПП-9)	л	0,05	15000	750
Изопропиловый спирт	л	5,0	106	530
Итого				5780

4.1.4.2. Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

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. Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100 \cdot k} \quad (5)$$

Где C_n – первоначальная стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации, %;

n – число проработанных месяцев;

k – количество месяцев в году.

Число проработанных месяцев n берем из расчета того, что на НТИ инженером было затрачено 1248 ч = 1,73 месяца.

Таблица 3.5 - Расчет амортизации оборудования

Наименование оборудования	С _п , руб	Н _а , %	А, руб
Весы аналитические Веста В153	15000	10	216
Полуавтоматический принтер трафаретной печати SMT-80	100000	8	1442
РФА- установка ДРОН-3М	180000	12	3114
Электронный микроскоп Altamu	4000000	12	57666
Печь шахтная	150000	12	2162
Итого			64600

4.1.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (6)$$

$Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p , \quad (7)$$

$Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дн. (табл.10).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} , \quad (8)$$

Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн.

В таблице 3.6 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 3.6 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	140	140
Количество нерабочих дней		
выходные дни:	16	16
праздничные дни:	6	6
Потери рабочего времени		
отпуск:	0	0
невыходы по болезни:	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	118	118

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (9)$$

Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{tc});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 3.7.

Таблица 3.7. Расчет основной заработной платы

Исполнители	Категория	k_T	Z_{tc} , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. Дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	Доцент, к.т.н.	0,3	23264	0,3	0,2	1,3	45366	1604	32,5	52156

Бакалавр	Лаборант	0,3	14874	0,3	0,2	1,3	25524	945	62	58614
Итого $Z_{осн}$										110770

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зн}$, руб.
Руководитель	52156	3801,0	55957
Бакалавр	58614,8	4103,0	62717,8

4.1.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (10)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Таблица 3.9 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	52156	3801,0
Бакалавр	58614,8	4103,0
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,305	
Итого:	36195,8	

4.1.4.5. Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать и ксерокопирование материалов исследования, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (11)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16%).

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= 0,16 \cdot (36195,8 + 55957 + 62717,8 + 64600 + 5780) = \\ &= 36040 \text{ руб} \end{aligned}$$

4.1.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1. Материальные затраты НИИ	5780		табл. 3.4
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	64600		табл. 3.5
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	52156	58614,8	табл. 3.7

4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	3801,0	4103	табл. 3.8
5. Отчисления во внебюджетные фонды	36195,8		табл. 3.9
6. Накладные расходы	36040		16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	261290		Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 3.10 основные затраты НТИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы.

4.2. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается

как:
$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (12)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается как:

$$I_{ri} = \sum a_i \cdot b_i \quad (13)$$

где I_{ri} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Таблица 3.11 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Сложность технологии		0,10	3	3	3

2. Диэлектрические свойства	0,25	4	5	5
3. Теплофизические свойства	0,15	4	5	4
4. Энергосбережение	0,25	5	5	5
5. Материалоемкость	0,25	5	3	3
Итого	1			

Таблица 3.12 - Сравнительная эффективность разработки

Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
	4,40	4,30	4,15

Из расчетов выявлено, что текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности вариантов является выгодным и превосходит аналоги. Так как данный проект является только научной разработкой и началом исследования, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать не представляется возможным.

В целом, данный проект является перспективным с точки зрения ресурсопотребления, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты на себестоимость будущей продукции за счет использования местных недорогих сырьевых материалов и возможное достижение требуемых характеристик.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Г21	Слудневу Артемию Анатольевичу

Институт	ИФВТ	Кафедра	ТСН
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	240100 – Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объекты исследования – серебросодержащая паста, керамический материал на основе нитрида алюминия. Область применения – электроника, электротехника, микроэлектроника.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	Вредные факторы: повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; повышенная температура воздуха рабочей зоны. Опасные факторы: токсическое воздействие на организм человека; электрический ток; движущиеся машины и механизмы; повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов.
2. Экологическая безопасность:	Используемые в работе вещества оказывают вредное воздействие на окружающую среду. Необходимой мерой безопасности является очистка загазованного воздуха в приточных системах вентиляции.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные виды ЧС: возгорание, пожар, взрыв при работе с электрооборудованием, в частности с электропечами.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Правовые нормы трудового законодательства. Мероприятия по компоновке рабочей зоны.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Слуднев Артемий Анатольевич		

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Данная выпускная работа посвящена исследованию процессов взаимодействия нитрида алюминия с серебросодержащими пастами и определению возможности применения промышленных серебросодержащих паст для металлизации нитрида алюминия.

Цель данной главы – выявление вреда и опасностей для человека и окружающей среды, возникающих при выполнении экспериментальной части работы, а также разработка мер по их устранению.

Объекты исследования – серебросодержащая паста, а так же керамический материал на основе нитрида алюминия. Область применения данного вида керамики включает электронику, электротехнику и микроэлектронику, а именно теплонагруженные элементы электронных микросхем и других конструкций, где важен отвод тепла в процессе эксплуатации.

Для осуществления экспериментальной части работы применялось следующее оборудование: принтер трафаретной печати, шахтная печь, муфельная печь.

5.1. Производственная безопасность

Для обеспечения безопасности персонала при работе в лаборатории необходим анализ вредных и опасных факторов. Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных факторов проводится по ГОСТ 12.0.003-74 [28]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для выбранных объектов исследования, представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по исследованию процессов взаимодействия нитрида алюминия с серебросодержащими пастами:

Источники факторов	Факторы по ГОСТ 12.0.003-74		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1.Серебросодержащая паста 2. Керамический материал на основе нитрида алюминия 3. Изопропиловый спирт; 4. Принтер трафаретной печати 5. Муфельная печь 6. Шахтная печь.	1. Повышенная загазованность воздушной рабочей зоны; 2. Повышенная температура воздуха рабочей зоны;	1. Токсическое воздействие на организм человека; 2. Электрический ток; 3. Движущиеся машины и механизмы; 4. Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов.	1. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [29] 2. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [30] 3. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. [31] 4. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. [32] 5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [33]

5.1.1. Анализ вредных факторов при исследовании материалов

5.1.1.1. Повышенная загазованность воздушной рабочей зоны

Основные материалы, используемые в работе – нитрид алюминия (твердый) и серебросодержащая паста марки ПП-9. В состав пасты входят органические вещества и растворители, которые выделяются при перемешивании пасты, определении ее вязкости, и нанесении на керамическую подложку. Во время процесса вжигания пасты происходит разложение этилцеллюлозы с выделением диоксида углерода.

Проникновения данных веществ в организм человека возможно при вдыхании паров и газов во время работы. CO₂– это раздражающий газ. Попадая в органы дыхания в не больших количествах, может вызывать беспокойство, головокружение, рвоту и судороги, а в больших концентрациях – явления удушья и опасные для жизни отеки легких. Терпинеол же в свою очередь может стать причиной развития расстройств центральной нервной системы (ЦНС) , пары также могут вызвать раздражение глаз и серьезные проблемы с дыханием, в том числе смертельный отек легких. Чтобы избежать попадания вредных веществ в организм, необходимо хорошо проветривать рабочее помещение, а так же внимательно настраивать работу вытяжных шкафов.

Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны используемых в работе веществ приведена в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – ПДК веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Формула	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Особенности действия на организм
Углерода диоксид	CO ₂	27000/9000	4	-
Терпениол	C ₁₀ H ₁₈ O	10	3	-

Как видно из представленных данных, газообразные вещества, используемые в работе, не относятся к веществам высокого и чрезвычайного классов опасности. Тем не менее, превышение ПДК приводит к неблагоприятному воздействию на организм человека, вызывая проблемы с дыханием и отеки легких.

Загрязнение атмосферного воздуха газами и парами вызывает необходимость его очистки в приточных системах вентиляции с трехкратным обменом.

К средствам индивидуальной защиты от загазованности рабочей зоны относятся респираторы фильтрующего типа, а так же различные защитные очки для защиты глаз от воздействия паров органики из пасты.

5.1.1.2. Повышенная температура воздуха рабочей зоны

Технология вжигания серебросодержащей пасты в алюмонитридную керамику в данной работе включает обжиг в шахтных печах при температурах, превышающих 850°С, что приводит к повышению температуры воздуха в помещении за счет выделения тепла печными установками.

Нормирование метеорологических условий рабочей зоны производственных помещений производят согласно ГОСТ 12.1.005-88. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [29].

Экспериментальная часть работы проводилась как в теплое, так и в холодное время года. Нормативные показатели по температуре воздуха в помещении приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Оптимальные и допустимые температуры воздуха в рабочей зоне производственных помещений [29]

Период года	Категория работ	Температура, °С		
		Оптимальная	Допустимая	
			Верхний предел	Нижний предел
Холодный	Средней тяжести - Па	18 – 20	23	17
Теплый	Средней тяжести - Па	21 – 23	27	18

Мероприятия по созданию оптимальных температурных условий работы различны для каждого периода года. Для поддержания оптимальной температуры воздуха в холодное время года необходима установка центрального воздушного отопления. Для поддержания необходимой температуры в летнее время года используют систему приточно-вытяжной вентиляции, причем место забора свежего воздуха устанавливают с наветренной стороны, вдали от мест загрязнения.

5.1.2. Анализ опасных факторов при исследовании материалов

5.1.2.1 Токсическое воздействие на организм человека

В качестве растворителя при используется изопропиловый спирт. Это вещество по степени воздействия на организм относится к веществам 3-го класса опасности (умеренно опасные вещества). Предельно допустимая концентрация паров изопропилового спирта в воздухе рабочей зоны - 10 мг/м³ [34]. Изопропиловый спирт обладает наркотическим действием. Отравление возможно при вдыхании паров при превышении ПДК. Серьезное токсическое воздействие на здорового взрослого человека при попадании внутрь организма может быть достигнуто при дозах порядка 50 мл и более. Изопропанол при приеме внутрь метаболизируется в печени под действием алкогольдегидрогеназы в ацетон, что обуславливает его токсическое действие.

Чтобы предотвратить токсическое воздействие изопропанола на организм человека все работы с ним должны проводиться с использованием приточно-вытяжной вентиляции, должна быть соблюдена герметизация оборудования, аппаратов, процессов слива и налива. Также должна быть исключена возможность попадания вещества внутрь организма.

5.1.2.2 Электрический ток

В ходе выполнения данной работы имеет место использование электрических приборов. Для химических лабораторий, в которых применяются электроприборы общего назначения, следующие основные правила безопасной работы:

1. Соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей;
2. Ограждение токоведущих частей;
3. Применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств с целью предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
4. Применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;

5. Применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;

6. Использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

7. По окончании рабочего дня нужно снять напряжение с отдельных приборов, а также отключить все щитки на лабораторных столах и общий рубильник за пределами лаборатории.

Использование электрических приборов общего назначения в ходе выполнения данной работы не предполагает использования средств индивидуальной защиты персонала. Достаточной мерой безопасности является соблюдение общих правил при работе с электроприборами.

5.1.2.3. Движущиеся механизмы

Источником опасного фактора является принтер трафаретной печати. При работе на принтере необходимо быть предельно внимательным и аккуратным, так как существует возможность получения травм рук при внесении их в опасную зону.

Перед работой необходимо проверить исправность машины, включающих, выключающих устройств, наличие защитного заземления, чистоту и порядок на рабочем месте. Убрать лишние предметы с оборудования, проверить, включены ли местная вытяжная и общая приточно-вытяжная системы вентиляции (вентиляция должна быть включена за 10-15 мин. до начала работы), а так же проверить и отрегулировать освещение рабочего места. Требования безопасности во время работы:

Выполнять только порученную руководителем работу.

2.3.6.1. Запрещается допускать на рабочее место лиц, не имеющих отношения к порученной работе, передоверять оборудование другому лицу.

2.3.6.2. При установке и съеме форм, смывке форм и при всех вспомогательных работах пользоваться ручным поворотом машины.

- 2.3.6.3. Смывку формы можно производить только при снятом или опущенном ракеле.
- 2.3.6.4. Для переноски ракелей должны использоваться специальные закрывающиеся футляры с запорными приспособлениями, а для их хранения - стеллажи или пирамиды, в которых ракели устанавливаются острием внутрь.
- 2.3.6.5. Трафаретные формы (рамы) хранить в стеллажах-кассетах, высота которых не должна превышать 1,8 м.
- 2.3.6.6. Продукцию складировать аккуратно на стеллажи, высота складирования не должна превышать 1,6 м от уровня пола (включая высоту стеллажа).
- 2.3.6.7. Постоянно следить за чистотой и порядком вокруг машины.

5.1.2.4. Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов.

Термические опасности в лаборатории обусловлены наличием оборудования с повышенной температурой поверхности. К таким оборудованьям относятся печь для обжига и сушильный шкаф.

Аппараты с повышенной температурой поверхности защищены специальными заградительными корпусами. При работе с таким оборудованием необходимо исключить их непосредственный контакт с кожными покровами, для этого используются специальные захваты и защитные перчатки из жароустойчивого материала. Электрическая печь должна включаться только в сеть с заземлением.

Работающие обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения. Помещение для работы с электропечью должно быть обеспечено первичными средствами пожаротушения: огнетушителем, ящиком с песком, емкостью с водой.

5.2 Экологическая безопасность

Охране окружающей среды должно уделяться большое внимание. При выполнении данной выпускной работы используются вещества, которые имеют определенное негативное воздействие на природу. В процессе проведения экспериментальной части работы материалы проходят механическую, химическую и тепловую обработку.

5.2.1 Защита селитебной зоны

Особых требований защиты к зданию, технологическому процессу и оборудованию также не предъявляется, кроме поддержания чистоты рабочего места и работы вентиляции для очистки воздуха от пыли. Таким образом, применение таких средств защиты селитебной зоны, как санитарно-защитная зона, не является необходимым.

5.2.2 Защита атмосферы

Выбросы в атмосферу при выполнении научно-исследовательской работы возможны по двум причинам. Часть выбросов в атмосферу происходят при выгорании органической связки, но они минимальны. Другая часть связана с сухой переработкой порошкообразного сырья, что неминуемо вызывает запыленность рабочей зоны, воздух из которой выводится наружу. Защитить воздушный бассейн можно с помощью применения эффективных очистных аппаратов или посредством местных отсосов вытяжкой вентиляционной системы с последующей очисткой запыленного воздуха в аппаратах пылеуловителях.

При производстве также не выделяются вредные газообразные вещества, так как используемые в работе печи – электрические, что означает отсутствие газообразных продуктов сгорания топлива.

5.2.3 Защита гидросферы

В ходе выполнения работы большинство компонентов использовалось в сухом виде, никаких растворов не предусматривалось. Единственное жидкое вещество – изопропиловый спирт – добавлялся пасту в небольших

количества для уменьшения вязкости, не оказывая вредного воздействия на гидросферу.

5.2.4 Защита литосферы

Твердые отходы, которые могли бы привести к загрязнению литосферы - отсутствуют. Брак при прессовании высушенной пасты может использоваться вторично, вводится в состав основной массы после соответствующего измельчения.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Использование в ходе работы электрического оборудования, а также печных установок для высокотемпературного обжига создает вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера, таких как возгорание, пожар или взрыв.

Наиболее частыми причинами ЧС подобного рода могут являться нарушение правил пожарной безопасности; неисправность электрооборудования, электросетей и нарушение электротехнических правил; самовозгорание, статическое электричество, грозовые разряды; неудовлетворительная постановка инструктажа, недостаточная дисциплина.

Для предупреждения возникновения ЧС подобного рода необходимо осуществление ряда предупреждающих мер:

1. Перед работой с оборудованием, являющимся потенциальным источником чрезвычайной ситуации, работник обязан пройти инструктаж по технике безопасности.
2. Установка не должна загрождать пути эвакуации в случае чрезвычайных ситуаций и закрывать собой предупредительные знаки и сигналы.
3. Около каждой установки должен быть автомат аварийного отключения электроэнергии, а в электрической цепи присутствовать устройство защитного отключения.

4. При повреждении изоляции соединительных проводов возможно возгорание проводки, поэтому рядом с оборудованием должен находиться исправный огнетушитель.

В случае возгорания, возникновения пожара или взрыва необходимо немедленно прекратить работы в помещении и принять меры по устранению чрезвычайной ситуации. По возможности необходимо обесточить все оборудование в лаборатории при помощи общего рубильника. В случае если пожар не распространился по помещению, необходимо использовать огнетушитель, для своевременного тушения загоревшегося оборудования или участка электросети. При необходимости нужно обеспечить эвакуацию людей в безопасное место, а также использовать кнопку пожарной сигнализации. Также в лаборатории находится аптечка с медикаментами для оказания пострадавшим первой медицинской помощи.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с нормами правового регулирования и техникой безопасности, каждый работник лаборатории должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты и смывающими веществами.

В целях сохранения работоспособности и профилактики заболеваний, работникам, имеющим контакты с химическими веществами, следует два раза в год проводить витаминизацию.

Перед началом работы каждый работник проходит инструктаж и вводную лекцию по технике безопасности, после которой он расписывается в журнале о вводном инструктаже. Для исключения возможности несчастных случаев вопросы безопасности труда и других видов деятельности изучают в обязательном порядке все студенты и учащиеся высших и средних специальных учебных заведений в соответствии с утвержденными учебными планами и программами.

Также необходимо проводить поверку и вести контроль над оборудованием и осуществлять в указанный период государственный и надзор и общественный контроль над соблюдением законодательства по охране труда.

Кроме того, важным аспектом являются организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны. Рабочее место на гидравлическом прессе или возле печи должно предусматривать свободный доступ к любой их части для контроля над процессом и ремонта. Также установка не должна загрождать пути эвакуации в случае ЧС и закрывать собой предупредительные знаки и сигналы.

Органы управления должны быть выделены по отношению к общему фону, а рычаг аварийного отключения электроэнергии должен быть легко достигаем при работе у любой части установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елагин А.А., Шишкин Р.А., Афонин Ю.Д., Бекетов А.Р., Баранов М.В. Механизм процесса и технология газофазного синтеза нитрида алюминия. // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3
2. Лукин В. И Исследование низкотемпературного спекания серебряной пасты [Текст] / В. И. Лукин [и др.] // Сварочное производство. 2014. № 12. С. 24-30.
3. Моряков О.С., Куцко О.С. Свойства материалов, применяемых в корпусах мощных полупроводниковых приборов для теплоотвода и термокомпенсирования. - Обзоры по электронной технике.
4. Нищев К. Н. Исследование адгезионных свойств спеченных слоев серебросодержащих паст [Текст] / К. Н. Нищев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. 2014. № 4 (32). С. 154-163
5. Полупроводниковые приборы. ЦНИИ "Электроника".— М., 1978.
6. Ральченко В.Г., Конов В.И., Леонтьев И.А. Свойства и применение поликристаллических алмазных пластин. - Сб. трудов 7-ой Международной конференции "Высокие Технологии в Промышленности России", 29-30 июня 2001. – М.: МГУ,
7. Рахштадт А. Г. , Геллер Ю. А. “Металловедение”, Москва , 2004 год.
8. Роткоп Л.Л., Спокойный Ю.Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры. - М., 2006.
9. Свойства элементов. Ч. 1. Физические свойства. Справочник. 2-е изд.- М., Металлургия, 1976.
10. Туманова А. Т. “ Методы исследования механических свойств металлов ”. Том 2 , Москва, “Машиностроение” , 2004 год.
11. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. - М.: Химия, 1978.

12. Под ред. И.Л. Кнунянца, М., Краткая химическая энциклопедия, 1961-1967 гг.

13. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вязущих веществ. Учебное пособие для студентов вузов. М. Высшая школа 1981г

14. Аверко-Антонович И.Ю. Бикмуллин Р.Т., Методы исследования структуры и свойств полимеров, Казань, КГТУ, 2002. - 604 с. Учебное пособие.