

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ Н.М. Кижнера

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Применение модификаторов для управления процессом смачивания стеклом алюмонитридной керамики

УДК 666.3:546.62'17:666.1.063.5-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Никулин Михаил Алексеевич		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына Зоя Васильевна	к. т. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва Инна Борисовна	к. т. н.		

Планируемые результаты обучения
по ООП 18.03.01 Химическая технология

P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственно-го анализа, связанные с созданием и пере-работкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия , общества и окружающей среды
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4Г51	Никулину Михаилу Алексеевичу

Тема работы:

Применение модификаторов для управления процессом смачивания стеклом алюмонитридной керамики	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования - модификаторы для управления процессом смачивания стеклом алюмонитридной керамики..</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной</i></p>	<p>Анализ литературных источников; постановка задач исследования; изучение методов исследования; анализ результатов экспериментов; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность; заключение по работе.</p>

<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>		
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Результаты экспериментов: угол смачивания, коэффициент термического расширения.	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Криницына З.В., доцент ОСГН, к.т.н.	
Социальная ответственность	Скачкова Л.А., старший преподаватель ООД ШБИП	
Экспериментальная часть	Дитц А.А., доцент НОЦ Н.М. Кижнера, к.т.н.	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Никулин Михаил Алексеевич		

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Уровень образования бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ Н.М. Кижнера
 Период выполнения _____ осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
	Социальная ответственность	

СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва И.Б.	К.Т.Н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 101 с., 24 рис., 24 табл., 40 источников.

Ключевые слова: нитрид алюминия; угол смачивания; коэффициент термического расширения.

Объектом исследования является состав литьевого стекла с добавками различных модификаторов.

Цель работы – исследование модификаторов для управления процессом смачивания стеклом алюмонитридной керамики

В процессе исследования проводились: приготовление состава стекла с различными модификаторами, определение характеристик стекла и измерение угла смачивания, коэффициента термического расширения.

В результате исследования: были сделаны выводы на основе полученных данных по углу смачивания и коэффициенту термического расширения.

Степень внедрения: лабораторные испытания.

Область применения: энергетика/машиностроение.

Экономическая эффективность/значимость работы: в результате проведения анализа экономической эффективности выявлено, что данное исследование по сравнению с аналогичными более ресурсоэффективно.

В будущем планируется: исследование модификаторов для управления процессом смачивания стеклом на алюмонитридной керамики с окисленной поверхностью.

ПЕРЕЧЕНЬ СТАНДАРТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОФОРМЛЕНИИ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
4. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
5. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
6. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
7. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

КТР – коэффициент термического расширения;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	12
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	14
1.1 Общие сведения	14
1.1.1 Способы получения	14
1.2 Керамика на основе нитрида алюминия	15
1.2.1 Применение	15
1.2.2 Достоинства и недостатки	17
1.2.3 Способы получения	20
1.3 Способы металлизации керамики	21
1.3.1 Общие сведения	21
1.3.2 Металлизация вжиганием	23
1.3.3 Вакуумное напыление	23
1.3.4 Напыление жидкого металла	23
1.3.5 Металлизация алюмонитридной керамики	24
1.4 Металлизационные пасты для керамики на основе нитрида алюминия с использованием стеклоприпоя	25
1.5 Методы исследования	25
1.5.1 Растровая электронная микроскопия	25
1.5.2 Измерение угла смачивания	30
1.5.3 Рентгенофазовый анализ	36
2 Материалы	38
2.1 Составы стёкол	38
2.2 Расчёт свойств стёкол	38
3 Экспериментальная часть	40
3.1 Описание материалов	40
3.2 Приготовление стёкол	40
3.2.1 Приготовление стекольных шихт	40

3.2.2	Варка стёкол.....	40
3.2.3	Подготовка стёкол к исследованию.....	40
3.3	Исследование смачивания образцов нитрида алюминия стеклом при нагревании.....	41
3.4	Исследование образцов на коэффициент термического расширения.....	48
	Выводы.....	53
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	55
4.1	Предпроектный анализ.....	55
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	55
4.2	SWOT-анализ.....	57
4.3	Планирование научно-исследовательских работ.....	60
4.3.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	60
4.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	61
4.3.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	62
4.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	68
4.4.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	68
4.4.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	69
4.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	70
4.4.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	72
4.4.5	Накладные расходы.....	72
4.4.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	73
4.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	74
5	Социальная ответственность.....	76
	Введение.....	77
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	78
5.1.1	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	78

5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	79
5.2.1	Анализ вредных и опасных производственных факторов.....	80
5.3	Обоснование мероприятий по снижению воздействия	81
5.3.1	Вредные вещества.....	81
5.3.2	Метеорологические условия производственной среды	83
5.3.3	Шумы.....	86
5.3.4	Освещение	87
5.3.5	Электробезопасность	88
5.3.6	Механические опасности.....	89
5.3.7	Пожарная безопасность	90
5.3.8	Экологическая безопасность	91
5.3.9	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	92
	Вывод	95
	Список публикаций студента	96
	Список использованных источников	97

Введение

Спрос на полупроводниковые силовые модули обладающие высокой мощностью, также имеют высокую надежность и низкую стоимости обоснован большим рынком силовых преобразовательных устройств: источников бесперебойного питания и импульсного питания, приводов, систем «smart power», транспортных средств на электричестве и т. д. Требования которые являются основными к готовому силовому модулю — малые габариты и низкая цена материалов, участвующая в производстве устройства и в ходе производства. С точки зрения безопасности, устройство должно обладать отличными техническими характеристиками, быть устойчива к воздействиям окружающей среды и иметь почти абсолютную безотказность. Современные модули должны быть сконструированы с минимальным значением переходных тепловых сопротивлений, так же иметь нормальное распределение индуктивностей силовых шин в сочетании с высоким напряжением изоляции.

Керамика уже давно заняло место одного из самых распространенных изоляционных материалов. Широкая популярность керамики обуславливается, высокими механическими и электрическими свойствами, одним из важных качеств керамики является недиффузионность исходных материалов, простота технологии производства, низкая стоимость изделий. Что важно, керамика не гигроскопична и термостойка. Механическая прочность на сжатие, растяжение, изгиб больше чем достаточна для практического использования. В российской промышленности используют по большей части алюминоксид (95–98% окиси алюминия), электрокорунд (99% Al_2O_3), стеатит, брокерит (97% окиси бериллия), титанаты (тикондовая и термокондовая керамика), также керамика в составе у которых имеется высокотвердый карбид бора, окись циркония и другие материалы.

При производстве силовых модулей необходимость обеспечения безотказности и высоких напряжений изоляции первостепенна. Также для получения минимальных значений переходных тепловых сопротивлений

используются керамические подложки на основе оксида алюминия Al_2O_3 , нитрида алюминия AlN и оксида бериллия BeO с медным слоем с обеих сторон керамической пластины.

Применение нитрида алюминия в мире на много больше по сравнению с оксидом бериллия. Процесс получения бериллиевой керамики является вредным как для окружающей среды так и для человека. Использование бериллиевой керамики в наше время пошло на спад и практически не используется. Алюмонитридная керамика имеет высочайшие энергетические, изолирующие свойствами, силой изоляции и а высокой температурной проводимостью (≥ 170 W/mK). Алюмонитридная керамика ближе по коэффициенту теплового расширения к кремнию. Этот материал в основе большинства кристаллов, применяемых в силовой электронике, чем керамика из Be . Нитрид алюминия дает возможность собирать компактные, выгодные по соотношению цена\качество компоненты и гибриды с высокой плотностью интеграции. Отличная прочность керамики и низкий коэффициент тепловой расширения разрешает беспроблемное внедрение в систему [1].

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Общие сведения

Нитрид алюминия (алюмонитрид) — неорганическое бинарное химическое соединение Al с N. Химическая формула — AlN [2].

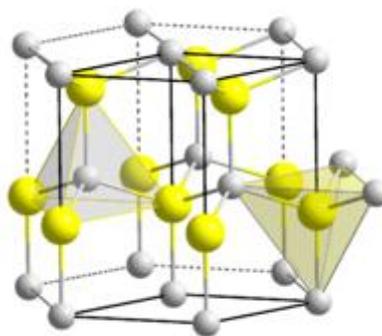


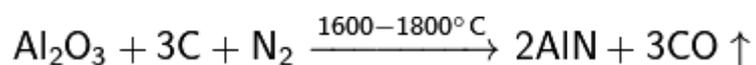
Рисунок 1 Структура нитрида алюминия.

1.1.1 Способы получения

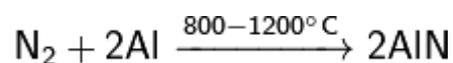
Рассмотрим такие способы получения нитрида алюминия как [3]:

- Карботермическое восстановление;
- Азотирование оксида алюминия аммиаком;
- Азотирование металлического Al;
- Азотирование металлического Al в плазме;
- Самораспространяющийся высокотемпературный синтез;
- Разложение $\text{AlCl}_3 \cdot \text{NH}_3$ и других прекурсоров в газовой фазе.

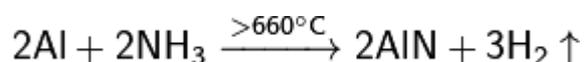
Нитрид алюминия получается в процессе восстановления Al_2O_3 углем в атмосфере азота [2]:



Получить нитрид алюминия можно также с помощью азотирования алюминиевой пудры [2]:



Получение нитрида алюминия в виде осадка происходит при пропускании через алюминий аммиака получается водород и, в виде осадка, нитрид алюминия [2]:



1.2 Керамика на основе нитрида алюминия

Алюмонитридная керамика является тем материалом, который открывает перспективу в космической технике, приборостроении в наше время. Такие свойства как высокая теплопроводность открывает широкое применение алюмонитридной керамике в изделиях с большим количеством теплонагруженных элементов [3].

1.2.1 Применение

С каждым годом создание композиционных материалов необходимых для работы в условиях близких экстремальным более востребовано. Такой материал как нитрид алюминия представляет большой интерес по ряду причин. отличается аномально высокой теплопроводностью выделяет нитрид алюминия на фоне других материалов. Теплопроводность монокристаллический AlN около 350 Вт/(м×К), этот показатель превосходит теплопроводность меди. Значительное электропроницание нитрида алюминия 10¹³-10¹⁴ Ом·см, низким тангенсом угла диэлектрических потерь (3-12)10⁻⁴. 300 МПа является прочностью на изгиб керамики имеющую в своей основе нитрид алюминия. Коррозионная стойкость также отличает керамику из нитрида алюминия: к воздействию воздуха, расплавов металлов. Например, металлический алюминий не взаимодействует с нитридом алюминия до 1773 К [4].

Такой комплекс свойств позволяет использовать материалы на основе нитрида алюминия в [5]:

- энергетике
- металлургии
- для изготовления испарительных элементов, сопел, фильтров

- тиглей для разливки металлов,
- защиты электролизеров и электродов
- в электронике и технике СВЧ
- вместо керамики из оксида бериллия.

На данный момент свойства нитрида алюминия достаточно не изучены, отсутствуют технологии для масштабного производства. Вышеперечисленные факты сдерживают широкое применение композитов в мире. [6].

В электронике

Области применения керамических подложек [7]:

- Производство корпусов и носителей светодиодных чипов;
- Производство монолитных интегральных схем, микросборок;
- Производство высоконадежных термоэлектрических элементов Пельтье;
- Производство коммутационных микрополосковых плат Полупроводниковых приборов;
- Производство теплопроводящих изоляторов, систем охлаждения;
- Производство прецизионных резисторов;
- Производство толстопленочных нагревателей.

В космическом приборостроении

В космической отрасли были выбраны такие области использования нитрида алюминия как производство [8]:

корпусов и подложек мощных монолитных интегральных схем усилителей мощности;

коммутационных микрополосковых плат мощных полупроводниковых структур, устанавливаемых методом обратного монтажа;

подложек мощных согласованных нагрузок и поглотителей мощности;

теплопроводов устройств охлаждения приемных систем повышенной чувствительности;

теплопроводящих изоляторов нагревателей активных термостатов приборных узлов;

изолирующих прокладок в системах отвода тепла конструкционных узлов;

составляющих теплопроводящих клеев и смазок;

подложек термоэлектрических преобразователей на основе элементов Пельтье в системе охлаждения до температуры 160 К;

элементов систем передачи тепла и нагрева (на криогенном уровне около 70 К);

элементов систем с применением микрохолодильных машин для компенсации механических вибраций;

элементов перспективных разработок в области схемотехники и микроЭВМ в качестве подложек для ЧИПов для улучшения отвода тепла и доведения плотности упаковки до 500 см² кремния в объеме 1 дм³.

1.2.2 Достоинства и недостатки

Преимущество нитрида алюминия :

- сочетание его физических и электрических характеристик:
- высокая теплопроводности,
- хорошие электроизоляционные свойства
- умеренный коэффициента теплового расширения
- относительно невысокая стоимость.

Во всех областях фирмы занимающие выпуском электроники и компонентов к ней переходят на использование нитрида алюминия в своих изделиях, там где использовали оксид бериллия. Наибольшее применение оксид бериллия нашёл в изготовлении корпусов, поглотителей и оконечных нагрузок.

В таких направлениях где важно именно охлаждение, например приемники излучения. Требуемое охлаждение у которых около 150–160 К, необходимо использование новой базы компонентов, которая надлежащим образом обеспечит экстремальное значение показателя «мощность – частота» и

одновременно проведёт необходимую оптимизацию их массогабаритных характеристик. Используемые при этом конструкционные материалы должны иметь высокую теплопроводность, хорошие изолирующие свойства и высокую прочность.

Проведенный нами обзор показал, что этого можно достичь при переходе от традиционных конструкционных материалов — плат и подложек на основе Al_2O_3 и BeO — к использованию керамики на основе нитрида алюминия.

В таблице 1 приведены наиболее важные сравнительные электрофизические характеристики предлагаемой для использования в разработках научной аппаратуры керамики из нитрида алюминия (AlN) и керамики из оксида бериллия (BeO) и оксида алюминия (Al_2O_3) по данным отечественных и зарубежных источников [8].

Таблица 1– Сравнительная характеристика свойств соединений, составляющих основу теплопроводной керамики [8].

Параметр	AlN	BeO	Al_2O_3
Теплопроводность, Вт/м×К	180– 200	220– 240	18–24
Прочность на изгиб, МПа	250– 300	170– 230	300–350
Электрическая прочность, кВ/мм	14–18	10	14–18
Удельное электросопротивление (при 25 °С), Ом×м	$>10^{12}$	$>10^{11}$	$>10^{12}$
Диэлектрическая постоянная (при 1 МГц)	9	8	9-10
Тангенс угла диэлектрических потерь:			
при 1 МГц	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}
при 10 МГц	5×10^{-3}	1×10^{-4}	5×10^{-4}

Коэффициент температурного линейного расширения (25 °С), $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	4,6	7,8	8,0
Плотность, г/см ³	3,26	2,9	3,9

Выпускаемая в настоящее время керамика из нитрида алюминия уступает керамике из оксида бериллия и оксида алюминия по значениям диэлектрических потерь, однако обладает высокими теплофизическими и электротехническими характеристиками, экологически чистая и относительно недорогая (её удельная стоимость в 5–7 раз ниже удельной стоимости керамики из оксида бериллия).

Керамика из нитрида алюминия является идеальным конструкционным материалом для приборов и устройств на основе кремниевых кристаллов, так как коэффициенты температурного линейного расширения (КТЛР) алюминия и кремния практически совпадают в широком температурном диапазоне.

Наиболее оптимальные условия пайки кремниевого кристалла создаются при его посадке на подложку из нитрида алюминия. Таким образом, использование подложек из нитрида алюминия для монтажа кремниевых кристаллов ведет к существенному снижению напряжений в местах спаивания, что значительно повышает качество изделий и увеличивает их надежность.

Опыт работы создателей научной аппаратуры показал, что возникающие при функционировании приборов вибрации влияют на работоспособность приборов и ухудшают их выходные параметры. Использование в качестве конструкционных развязок керамики на основе нитрида алюминия существенно снизит уровни создаваемых вибраций.

Создание современных устройств передачи научных данных, систем радиолокации, радиодальномеров и радиовысотомеров требует разработки компактных узлов, рассеивающих значительные тепловые мощности. В подобных устройствах широко применяются интегральные схемы миллиметрового диапазона (ММИС), которые имеют плотность рассеиваемой мощности порядка 1 Вт/мм². Для отвода такой плотности мощности требуются

материалы с высокой теплопроводностью и с КТЛР, близким к КТЛР полупроводниковых материалов подложек интегральных схем (кремния, арсенида галлия, нитрида галлия). Нитрид алюминия в значительной степени удовлетворяет этим требованиям.

В современных приборах широко используется установка активных полупроводниковых структур на пассивные коммутационные микрополосковые платы методом обратного монтажа (flip-chip). При этом тепло, выделяемое активными структурами, отводится через выводы этих структур на материал коммутационной платы. Изготовление микрополосковых плат из нитрида алюминия дает возможность значительно снизить рабочую температуру активных полупроводниковых структур, что существенно повышает надежность работы и увеличивает срок службы устройств [7].

Главным недостатком керамики на основе нитрида алюминия является сложность её получения. В большинстве способов получения керамики на основе нитрида алюминия предусматривается спекание при очень высоких температурах – порядка 1800÷1850 °С. К тому же, спекание приходится проводить без доступа воздуха, поскольку при нагревании в присутствии кислорода нитрид алюминия окисляется до оксида алюминия.

1.2.3 Способы получения

Частичное реакционное спекание

Азотирование алюминия - способ получения порошка из нитрида алюминия. Это происходит стандартным путём в области температур 800–1200 °С. Возможно воспользоваться восстановлением оксида алюминия с одновременным азотированием. Изготовление керамики из нитрида алюминия происходит в несколько этапов:

- Прессование заготовок из порошка
- Спекание в среде азота при 1900°С.

В дальнейшем процессе происходит добавление до 10% алюминиевой пудры. Пудра при азотировании образует AlN, который является связкой. Частичное реакционное спекание проходит в данном процессе[5].

Полное реакционное спекание

Полученные прессовки из чистого порошка металлического алюминия сразу же подвергаются спеканию в азоте. Плотность при этом способе не более 0,5–0,6 от теоретической [5].

Горячее прессование

Условия получения керамики Температура: 2000–2100 °С ; P=30 Мпа.

Керамика из чистого нитрида алюминия имеет невысокий уровень механических характеристик: $\sigma_{\text{изг}}$ не выше 350МПа и находит применение в качестве огнеупорного материала [5].

Сиалоны

Si-Al-O-N – обладают высокой твёрдостью, прочностью.

Устойчивы к агрессивной химической среде при больших температурах. Высокие тепло- и электроизоляционные характеристики и т.д. Наибольшее распространение получил β -сиалон ($\beta\text{-Si}_{6-x}\text{Al}_x\text{N}_{8-x}\text{O}_x$), имеющий $\sigma_{\text{изг}}$ до 1200 МПа, твёрдость по Виккерсу 13–17 ГПа, который применяется для изготовления деталей газовых турбин, деталей двигателей внутреннего сгорания, режущего инструмента и т.д. [9].

Спекание с добавлением оксида иттрия

Известен также способ, при котором к нитриду алюминия добавляется оксид иттрия Y_2O_5 . В процессе спекания в такой смеси образуются алюмоиттриевые гранаты, благодаря чему температура спекания снижается, но при этом ухудшаются свойства спечённой керамики.

1.3 Способы металлизации керамики

1.3.1 Общие сведения

К неорганическим диэлектрическим материалам относится большая группа материалов, в которую входят керамические изделия, фарфор, стекло, кварц, слюда, ситаллы, ферриты.

Металлизация неорганических диэлектриков применяется с целью придания поверхности деталей из этих материалов свойств металла: электропроводности, теплопроводности, способности к пайке. Металлизация стекла широко применяется для получения зеркал.

В зависимости от назначения изделия и способа металлизации толщина металлического покрытия может изменяться в больших пределах от нескольких долей микрона до 50 мкм. Для обеспечения пайки керамических и ферритовых деталей толщина покрытия составляет 12—50 мкм. Для создания электропроводности толщина покрытия колеблется в пределах 6—18 мкм. Весьма тонкие покрытия (0,1—1,0 мкм) получают при серебрении или алюминировании стекла в производстве зеркал или полупрозрачных покрытий деталей оптических систем.

Способы металлизации диэлектрических материалов наиболее распространены в области точного приборостроения и радиоэлектроники. Металлизацию в виде сплошного покрытия применяют для керамических корпусов микросхемных устройств, но чаще всего производят частичную металлизацию поверхности для получения проводниковых элементов электрических схем, нанесенных на диэлектрические материалы

Соответствующим подбором видов покрытий и их толщины на подложках из керамических материалов, а также таких материалов, как ситаллы, и некоторых других получают очень сложные электрические схемы, в состав которых входят сопротивления, индуктивности, емкости, проводники и тому подобные электрические элементы в виде тонких пленок. Сочетанием металлических покрытий с вытравливанием рельефа производят шкалы и различные рисунки на стекле, фарфоре и на некоторых видах керамики. Прочность сцепления металлических покрытий в зависимости от способа металлизации и состояния поверхности покрываемого материала составляет 25—200 кгс/см² [10].

Промышленное применение в настоящее время получили следующие способы металлизации [10]:

- вжигание металлов в поверхность диэлектрического материала;
- металлизация вакуумным напылением металла;
- металлизация распылением расплавленного металла;

1.3.2 Металлизация вжиганием

1. Нанесения на поверхность специальных составов(паст, содержащих соли металла, флюсующие компоненты и связующие вещества)
2. Подсушка
3. После следует термическая обработка при высоких температурах (до 800° С),

Пример получения металлического слоя вжиганием является использование серебряносодержащих паст [10].

1.3.3 Вакуумное напыление

Способ вакуумной металлизации заключается в конденсации паров металла на покрываемой поверхности в вакуумных установках. Этот способ весьма эффективен при получении тонких (0,1—1,0 мкм) слоев металла на мелких деталях, обрабатываемых в барабане насыпью. Тонкие слои покрытия обладают плохой износоустойчивостью и поэтому пригодны лишь для деталей, не подвергающихся трению или воздействию рук рабочих при сборке или рук потребителей при эксплуатации. Вакуумный способ металлизации по сравнению с химико-электролитическим в большинстве случаев не имеет преимуществ. Следует отметить также, что при вакуумном напылении значительно больший расход материалов и электроэнергии [10].

1.3.4 Напыление жидкого металла

Металлизация распылением расплавленного металла (шоопирование) применяется сравнительно редко вследствие того, что слой металла получается неравномерным, пористым и плохо сцепленным с основой.

Данный способ заключается в нанесении расплавленного металла действием сжатого воздуха, получил весьма ограниченное применение из-за большой неравномерности покрытий, весьма грубой поверхности

металлического слоя, слабого сцепления напылённого металла с поверхностью [11].

1.3.5 Металлизация алюмонитридной керамики

В настоящее время в электронной технике все большее применение находит высокотеплопроводная алюмонитридная (AlN) керамика. При этом особенное внимание уделяется решению вопросов, связанных с ее металлизацией.

Существует способ металлизации алюмонитридной керамики. При его реализации с помощью эвтектики оксид алюминия-медь непосредственно на поверхность AlN керамики наносят слой меди. Однако данный процесс пригоден только для металлизации пластин. Также в этом процессе формируется сплошное покрытие без формирования топологического рисунка металлизации. Для получения топологического рисунка металлизации необходимо проводить последующее фотолитографическое травление. Изделия после данного способа, не допускают высокотемпературную пайку в среде водорода из-за восстановления адгезионного эвтектического слоя.

Существует металлизационная паста, предназначенная для металлизации алюмонитридной керамики, включающая (мас.ч. из 100 мас.ч.) молибден 90, марганец 5 и SiO₂ 5. Пасту наносят на алюмонитридную керамику и обжигают при 1200-1400 °С в неокислительной среде.

Данный состав пасты практически не может создавать с керамикой из нитрида алюминия переходный адгезионный слой. Данную пасту можно использовать для металлизации алюмооксидной керамики. При обжиге пасты в неокислительной среде также нельзя получить качественного металлизационного покрытия, поскольку вжигание металлизующих покрытий, основными компонентами которых являются тугоплавкие металлы, проводится в увлажненной газовой среде. Данное техническое решение не может обеспечить достаточную адгезию металлизации к алюмонитридной керамике при пайке высокотемпературным припоем, в то время как во многих случаях, например, в корпусах полупроводниковых приборов, требуется адгезия 200 кг/см² и более [12].

1.4 Металлизационные пасты для керамики на основе нитрида алюминия с использованием стеклоприпоя

Для использования стекла в качестве стеклоприпоя необходимо, чтобы оно соответствовало следующим требованиям :

- КТР используемого стекла и нитрида алюминия должны быть примерно равны. Это предотвратит механические напряжения на границе слоя керамики и металлизационно слоя;
- Высокий показатель адгезии необходим для прочности соединения металлизационного слоя с керамической основой;
- Низкий тангенс угла диэлектрических потерь для предотвращения больших потерь энергии и нагревания металлизационного.

Вывод:

Необходимо определить состав стекла, наиболее подходящий для использования в качестве стеклоприпоя для металлизации керамики на основе нитрида алюминия.

1.5 Методы исследования

1.5.1 Растровая электронная микроскопия

Что такое растровая электронная микроскопия (РЭМ)

Типичный РЭМ инструмент включает электронную пушку, камеру образца, детектор ЭДС, электронную консоль и мониторы визуального отображения. Растровый электронный микроскоп (РЭМ) использует сфокусированный луч электронов высокой энергии для генерации множества сигналов на поверхности твёрдых образцов. Сигналы, возникающие в результате взаимодействия электронов с образцом, раскрывают информацию об образце, в том числе внешнюю морфологию (текстуру), химический состав, кристаллическую структуру и ориентацию материалов, составляющих образец. В большинстве случаев, данные собираются на протяжении выбранного участка поверхности образца, и генерируется двухмерное изображение, которое отображает пространственные вариации этих свойств. Площади приблизительно

от 1 см до 5 мкм в ширину могут быть отображены в режиме сканирования с использованием обычных методов РЭМ (увеличение в диапазоне приблизительно от 20X до 30000X, пространственное разрешение от 50 до 100 нм). РЭМ также способен выполнять анализ в выбранных точках образца. Этот подход особенно полезен при качественном или полуколичественном определении химического состава (с использованием EDS), кристаллической структуры и ориентации кристалла (с использованием EBSD). Дизайн и функции РЭМ очень похожи на ЭПМА и много схожих возможностей существует между этими двумя инструментами.

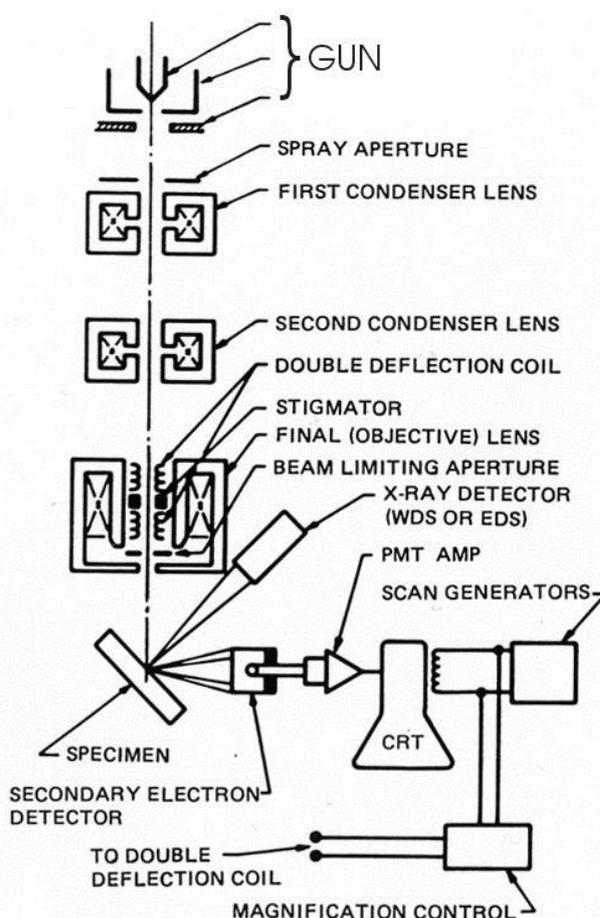


Рисунок 2 Схематическое изображение электронно-рентгеновского комбинированного РЭМ -ЭПМА.

Основные принципы растровой электронной микроскопии (РЭМ)

Ускоренные электроны в РЭМ несут значительные порции кинетической энергии, и эта энергия рассеивается в виде различных сигналов, возникающих в

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

Растровый электронный микроскоп (РЭМ) - Как это работает?

Основные компоненты всех РЭМ включают следующее:

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

- Устройства вывода данных.

Технические требования к инфраструктуре:

- Питание;
- Вакуумная система;
- Система охлаждения;
- Отсутствие вибрации пола;
- Отсутствие в помещении магнитных и электрических полей.

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

Применения

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

Достоинства и недостатки растровой электронной микроскопии (РЭМ)?

Достоинства:

Возможно, нет другого инструмента с такой же широкой областью применения в исследовании твердых материалов, сравнимых с РЭМ. РЭМ является необходимым во всех областях, где требуется определение характеристики твёрдых материалов. Хотя это больше всего относится к применениям в геологии, важно отметить, что эти применения составляют очень небольшую часть научных и промышленных применений, существующих для данного прибора. С большинством РЭМ сравнительно легко работать благодаря удобным «интуитивным» интерфейсам. Многие применения требуют минимальных действий по подготовке образцов. Для многих применений получение данных происходит быстро (менее 5 минут на изображение для SEI, ОРЭ, точечного ЭДС анализа). Современные РЭМ выдают данные в цифровом виде, что очень удобно.

Недостатки:

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

чувствительность к элементам, присутствующим в низких концентрациях по сравнению с датчиками дисперсионной рентгеновской спектроскопии по длине волны (ДРСДВ) в большинстве электронных микроанализаторов пробы (ЭПМА). Электропроводящее покрытие должно быть приложено к электроизоляционному образцу для исследования в обычном РЭМ, если инструмент не способен работать в режиме низкого вакуума.

Руководство пользователя - Сбор образцов и подготовка

Подготовка образца может быть минимальной или основательной для РЭМ анализа, в зависимости от природы образцов и необходимых данных. Минимальная подготовка включает получение образца, вписывающегося в камеру РЭМ, и некоторые меры для предотвращения накопления заряда на диэлектрических образцах. Наиболее электроизолирующие образцы покрывают тонким слоем электропроводного материала, обычно углерода, золота, или какого-либо другого металла или сплава. Выбор материала для проводящих покрытий зависит от данных, которые необходимо получить: углерод является наиболее желательным, если приоритетным является элементный анализ, в то время как металлические покрытия являются наиболее эффективными для получения электронных изображений с высоким разрешением. Кроме того, электроизолирующий образец может быть исследован без проводящего покрытия в микроскопе с возможностью работы в "низком вакууме" [19].

1.5.2 Измерение угла смачивания

Угол смачивания обычно измеряется для жидкости, в которой граница раздела жидкость/газ встречается с твёрдой поверхностью. Он количественно определяет смачиваемость твердой поверхности жидкостью через уравнение Юнга. Данная система на границе твёрдой, жидкой и газовой фаз имеет уникальный равновесный угол смачивания при данной температуре и давлении. Однако на практике наблюдается гистерезис угла смачивания от так называемого опережающего (максимального) угла смачивания до отстающего (минимального) угла смачивания. Равновесный угол смачивания находится в пределах этих значений и может быть вычислен на их основе. Равновесный угол

смачивания отражает соотношение сил молекулярного взаимодействия в жидкой, твёрдой и газовой фазах.

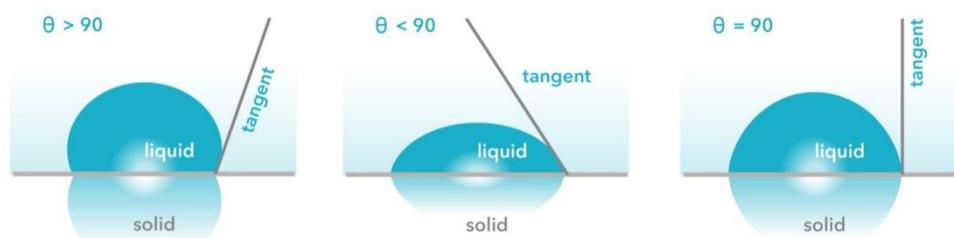


Рисунок 3 Углы смачивания

Термодинамика

Форма границы раздела жидкость/газ определяется уравнением Юнга-Лапласа, с углом смачивания, играющим роль граничного условия в уравнении Юнга. Теоретическое описание контакта возникает из рассмотрения термодинамического равновесия между тремя фазами: жидкой фазы (Ж), твёрдой фазы (Т) и газовой/паровой фазы (Г) (которая может представлять собой смесь окружающей атмосферы и паров жидкости равновесной концентрации). "Газообразной" фазой также может быть другая (не смешивающаяся) жидкая фаза. Если поверхностная энергия (т.е. поверхностное натяжение) на границе твёрдое тело-газ обозначается $\gamma_{ТГ}$, твёрдое тело-жидкость – $\gamma_{ТЖ}$, а жидкость-газ – $\gamma_{ЖГ}$, то равновесный угол смачивания θ_C определяется из этих величин по уравнению Юнга:

$$\gamma_{ТГ} - \gamma_{ТЖ} - \gamma_{ЖГ} \cos \theta_C = 0$$

Угол смачивания также может быть связан с силами адгезии через уравнение Юнга-Дюпре:

$$\gamma(1 + \cos \theta_C) = \Delta W_{SLV}$$

где W_{SLV} энергия адгезии на границе твёрдое тело-жидкость на единицу площади при среднем объёме V .

Уравнение Юнга-Лапласа для трёхмерной капли является нелинейным. Это связано с основным пределом кривизн, который включает производные первого и второго порядка функции формы капли $F(x, y)$:

$$\kappa_m = \frac{1}{2} \frac{(1 + f_x^2) f_{yy} - 2f_x f_y f_{xy} + (1 + f_y^2) f_{xx}}{(1 + f_x^2 + f_y^2)^{3/2}}$$

Решение этого частного дифференциального уравнение, определяющего форму трёхмерной капли, в сочетании с соответствующими граничными условиями, чрезвычайно сложно, и это обычно применяют альтернативный подход минимизации энергии. Для этой цели используется программное обеспечение с открытым исходным кодом, Surface Evolver, которое вычисляет форму капли, минимизируя сумму потенциальных и поверхностных энергий. Формы трёхмерных прикреплённых и подвесных капель были успешно предсказаны с помощью этого метода минимизации энергии.

Гистерезис

Если мы добавим достаточно небольшое количество жидкости в каплю, линия контакта ещё будет удерживаться, и угол смачивания будет увеличиваться; аналогичным образом, если удалить достаточно небольшое количество жидкости из капли, линия контакта будет по-прежнему на месте, и угол смачивания будет уменьшаться. Следовательно, капля, помещённая на поверхность, имеет набор углов смачивания в пределах от так называемого опережающего (максимального) угла смачивания, θ_A , до так называемого отстающего (минимального) угла смачивания, θ_R . Юнговский равновесный угол смачивания находится где-то между этими значениями, и гистерезис угла смачивания обычно определяется как $\theta_A - \theta_R$.

Уравнение Юнга предполагает совершенно плоскую поверхность. Даже на такой гладкой поверхности капля будет проявлять гистерезис угла смачивания. Равновесный угол смачивания (θ_C) может быть рассчитан на основе θ_A и θ_R , что было показано теоретически Тадмором и экспериментально подтверждено Чибовским, как,

$$\theta_c = \arccos \left(\frac{r_A \cos \theta_A + r_R \cos \theta_R}{r_A + r_R} \right)$$

где

$$r_A = \left(\frac{\sin^3 \theta_A}{2 - 3 \cos \theta_A + \cos^3 \theta_A} \right)^{1/3} ; \quad r_R = \left(\frac{\sin^3 \theta_R}{2 - 3 \cos \theta_R + \cos^3 \theta_R} \right)^{1/3}$$

На грубой или загрязнённой поверхности также будет наблюдаться гистерезис угла смачивания, но теперь локальный равновесный угол смачивания (уравнение Юнга в данном случае действует только локально) может варьироваться от места к месту на поверхности. Исходя из уравнения Юнга-Дюпре, это означает, что энергия адгезии меняется локально – таким образом, жидкость должна преодолеть локальные энергетические барьеры для того, чтобы смочить поверхность. Одним из следствий этих барьеров является гистерезис угла смачивания: степень увлажнения, и, следовательно, наблюдаемый угол смачивания (средний вдоль линии контакта), зависит от того, как жидкость продвигается или отступает по поверхности.

Поскольку жидкость продвигается по изначально сухой поверхности, но отступает от изначально влажной поверхности, гистерезис угла смачивания также может возникнуть, если твёрдое вещество было изменено в результате его предыдущего контакта с жидкостью (например, в результате химической реакции или поглощения). Такие изменения также могут производить заметно зависящие от времени углы смачивания.

Динамические углы смачивания

Для жидкости, быстро движущейся по поверхности, угол смачивания может изменяться от его значения в состоянии покоя. Опережающий угол смачивания увеличится со скоростью, а отстающий угол смачивания будет уменьшаться.

Типичные углы смачивания

Углы смачивания чрезвычайно чувствительны к загрязнению; значения, воспроизводимые лучше, чем на несколько градусов, обычно получают только в

лабораторных условиях с использованием очищенных жидкостей и очень чистых твёрдых поверхностей. Если молекулы жидкости сильно притягиваются к молекулам твёрдого тела, то капля жидкости полностью растянется по твёрдой поверхности, что соответствует углу смачивания 0° . Это часто бывает с водой на голых металлических или керамических поверхностях, хотя наличие оксидной плёнки или загрязнений на твёрдой поверхности может значительно увеличить угол смачивания. Как правило, если угол смачивания водой меньше 90° , твёрдая поверхность считается гидрофильной, а если угол смачивания водой больше 90° , твёрдая поверхность считается гидрофобной. Многие полимеры обладают гидрофобными поверхностями. Высоко гидрофобные поверхности, сделанные из материалов с низкой поверхностной энергией (например, фторированные), могут иметь углы смачивания водой $\sim 120^\circ$. Некоторые материалы с высокой шероховатостью поверхности могут иметь угол смачивания водой даже больше, чем 150° , из-за наличия воздушных карманов под каплей жидкости. Они называются сверхгидрофобными поверхностями.

Если угол смачивания измеряют со стороны газа, а не со стороны жидкости, то он должен быть заменён на 180° минус полученное значения. Углы смачивания в равной степени применимы также к границе раздела двух жидкостей, хотя они чаще измеряются для твёрдых продуктов, таких как антипригарные кастрюли и водонепроницаемые ткани [22].

Методы измерения

Статический метод сидячей капли

Угол смачивания сидячей капли измеряется с помощью гониометра, используя оптическую подсистему для захвата профиля чистой жидкости на твёрдой подложке. Угол, образованный между границей раздела жидкость/твёрдое тело и границей раздела жидкость/газ, – и есть угол смачивания. В старых системах использовалась оптическая система микроскопа с подсветкой. Системы текущего поколения используют камеры высокого разрешения и программное обеспечение для сбора данных и анализа угла смачивания. Углы измеряются таким образом, что часто довольно близки к

возникающим углам смачивания. Равновесные углы смачивания могут быть получены путём применения чётко определенных колебаний.

Метод подвесной капли

Измерение углов смачивания для подвесных капель гораздо сложнее, чем для сидячих капель из-за присущего ему нестабильного характера перевёрнутых капель. Эта сложность далее усиливается при попытке наклонить поверхность. Экспериментальная установка для измерения углов смачивания для подвесных капель на наклонных подложках была разработана в последнее время. Этот метод позволяет проводить осаждение нескольких микрокапель на нижней стороне текстурированной подложки, которая может быть отображена с помощью ПЗС-камеры с высоким разрешением. Автоматизированная система позволяет наклонять подложки и анализировать изображения для расчёта опережающих и отстающих углов смачивания.

Динамический метод сидячей капли

Динамический метод сидячей капли похож статический метод сидячей капли, но требует, чтобы капля была изменена. Распространённый тип динамического исследования сидячей капли определяет наибольший угол смачивания, возможный без увеличения площади границы раздела твёрдое тело/жидкость путём динамического добавления объёма. Этот максимальный угол является опережающим углом. Затем объём уменьшают, чтобы произвести измерение наименьшего возможного – отстающего – угла. Разница между опережающим и отстающим углами смачивания - гистерезис угла смачивания.

Динамический метод Вильгельми

Метод расчёта средних опережающих и отстающих углов смачивания на твёрдых телах единой геометрии. Обе стороны твёрдого образца должны иметь одни и те же свойства. Смачивающие силы на твердом теле измеряются, как только твёрдое тело погружают в или извлекают из жидкости с известным поверхностным натяжением. Кроме того, в этом случае можно измерить равновесный угол смачивания с применением самоконтролируемых колебаний.

Эта методология, называемая VIECA, может быть реализована довольно простым способом с помощью баланса Вильгельми.

Одноволоконный метод Вильгельми

Динамический метод Вильгельми применяется к одиночным волокнам для измерения опережающих и отстающих углов смачивания.

Метод уравнения капиллярного подъёма Вошборна

Включает измерение среднего угла смачивания и скорости сорбции для порошков и других пористых материалов. Измеряется изменение массы в зависимости от времени [22].

1.5.3 Рентгенофазовый анализ

Основной задачей рентгенофазового анализа является идентификация различных фаз в их смеси на основе анализа дифракционной картины, даваемой исследуемым образцом. Широкое распространение из-за простоты и универсальности получил метод порошка.

Рентгеновские камеры и дифрактометры различаются способом регистрации дифракционной картины. В камерах эта картина фиксируется на фотографическую пленку, в дифрактометрах с помощью различного типа счетчиков (сцинтилляционных, пропорциональных, полупроводниковых). Широкое применение способов регистрации рентгеновских лучей (счетчики) и усовершенствование фотографического метода (фокусирующие камеры – монохроматоры) расширило границы чувствительности фазового анализа и увеличило надежность идентификации фаз в самых сложных случаях.

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

Методы съемки рентгенограмм делят на фотографические и дифрактометрические. В первом случае дифракционная картина одновременно

регистрируется на фотопленке и представляет собой ряд концентрических пар дужек (черных полос) [22].

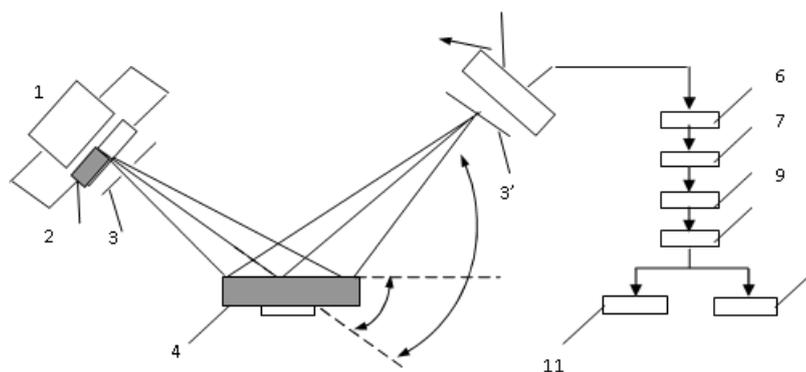


Рисунок 4 Принципиальная схема дифрактометра [22]

- | | | |
|-------------------------------|----------|----------------------|
| 1.источник | высокого | |
| напряжения | | 7. усилитель |
| 2. рентгеновская трубка | | 8. дискриминатор |
| 3. диафрагмы | | 9.пересчетная схема |
| 4. образец | | 10.пересчетная схема |
| 5. счетчик квантов | | 11.интенсиметр |
| 6. фотоэлектронный умножитель | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Г51	Никулину Михаилу Алексеевичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Химическая технология

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Доступность исходного сырья, экологичность, прочность, энергоэффективность.</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Расчет основной заработной платы, баланс рабочего времени, общая стоимость оборудования и материалов, отчисления во внебюджетные фонды</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> <i>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</i> <i>2. Матрица SWOT</i> <i>3. График проведения и бюджет НТИ</i> <i>4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i> 	
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.02.2019
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Креницына З.В.	К.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Никулин Михаил Алексеевич		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целевой рынок

Высокотеплопроводная керамика на основе оксида бериллия, оксида и нитрида алюминия всегда была востребована в электронике, поскольку сочетание высокой теплопроводности с высокими диэлектрическими свойствами позволяет существенно повысить технические характеристики и эффективность работы приборов, в которых высокотеплопроводная керамика используется в качестве подложек. От применения оксида бериллия в этих целях отказались в большинстве стран по причине его высокой токсичности и вредности для окружающей среды. Нитрид алюминия превосходит по характеристикам оксид алюминия, но ещё недавно производство керамических изделий на основе нитрида алюминия было невыгодным в связи со сложностями их получения. В последнее время с развитием технологии и появлением новых, более эффективных способов получения керамических изделий на основе нитрида алюминия алюмонитридная керамика постепенно вытесняет с рынка традиционную алюмооксидную (корундовую) керамику в тех областях, где от материала требуется высокая теплопроводность. Вместе с растущим спросом на алюмонитридную керамику растёт спрос и на металлизационные пасты, рассчитанные на применение с нитридом алюминия, поскольку более 90% рынка алюмонитридной керамики составляют металлизированные керамические изделия. Большинство современных металлизационных паст предназначены для применения к алюмооксидной керамике, которая пока что занимает более прочные позиции на рынке электроники, и не рассчитаны на взаимодействие с нитридом алюминия, в то время как процесс металлизации нитрида алюминия на данный момент является малоизученным. Поэтому требуется разработка новых металлизационных паст, рассчитанных на применение с керамикой на основе нитрида алюминия.

Главные сферы применения металлизированных керамических изделий на основе нитрида алюминия:

- Производство многослойных микросхем;
- Производство солнечных элементов;
- Производство светодиодов;
- Производство электровакуумных приборов.

Основные потенциальные потребители результатов исследования:

- ЗАО «НЭВЗ-КЕРАМИКС», г. Новосибирск – производство керамических подложек и корпусов микросхем;
- ОАО «НИИПП», г. Томск – производство светодиодов;
- АО "НПП "Исток" им. Шокина", г. Фрязино – производство электровакуумных приборов.

Сегментирование

Таблица 6 – Сегментирование рынка

		Основа металлизации					
		Алюминий	Медь	Серебро	Молибден, марганец	Вольфрам	Платина
Вид продукции	Готовые металлизационные пасты						
	Стёкла, используемые для приготовления металлизационных паст						

	- Отечественные фирмы		- Зарубежные фирмы
--	-----------------------	--	--------------------

4.2 SWOT-анализ

1. Сильные стороны

Сильными сторонами данного проекта являются новые технические возможности, которые даст его продвижение и отсутствие массового производства металлизационные пасты, эффективных в применении с нитридом алюминия.

2. Слабые стороны

Слабые стороны – недостаток научно-исследовательских данных о процессах металлизации керамики на основе нитрида алюминия и смачивания нитрида алюминия стеклом, недостаток времени и оборудования для исследований.

3. Возможности

Главным благоприятным условием для продвижения проекта является сочетание двух факторов – это возрастающий спрос на керамические изделия из нитрида алюминия, большую часть которых составляют металлизированные изделия, и низкое на данный момент предложение на рынке металлизационных паст, пригодных для этих целей.

4. Угрозы

Хотя на данный момент процесс металлизации нитрида алюминия является малоизученным, исследования в этой области активно ведутся, и если сейчас нет прямых конкурентов в производстве металлизационных паст для нитрида алюминия, они могут появиться в ближайшем будущем. К тому же, если и будут разработаны технически эффективные металлизированные изделия из нитрида алюминия, неизвестно, будет ли их производство экономически оправдано в связи со сложностью получения керамики на основе нитрида алюминия.

Таблица 7 – SWOT-анализ реализации проекта.

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Наличие бюджетного финансирования. С4. Квалифицированный персонал. С5. Новизна проекта на рынке.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Недостаток научной базы в области исследования Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца Сл3. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования</p>

<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Отсутствие прямых конкурентов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка стекла из более качественного сырья 2. Новые технологии в производстве 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нарботка и укрепление конкурентных преимуществ 2. Производство из разнообразного сырья 3. Введение новых бизнес единиц
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Возможность появления прямых конкурентов</p> <p>У2. Высокие требования к техническим характеристикам продукции</p> <p>У3. Сложность получения керамики на основе нитрида алюминия</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Расширить каналы распределения продукции 2. Разработать программу по упрощению технологии производства для молодых специалистов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нарастить объемы производства, занять новые ниши сбыта 2. Расширить каналы закупки материалов и комплектующих 3. Нарботка и укрепление конкурентных преимуществ

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

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 [23].

Порядок этапов работы и распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице.

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Подготовка рабочего места: подготовка исходных веществ,	Инженер

		растворителей и вспомогательных веществ	
--	--	--	--

Продолжение таблицы 8

	7	Проведение экспериментов	Инженер
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, инженер
Проведение ВКР			
Изготовление и испытание опытного образца	11	Получение опытных образцов	Инженер
	12	Лабораторные испытания опытных образцов	Инженер
Оформление комплекта документации по ВКР	13	Составление пояснительной записки	Инженер

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{min i} + 2 \cdot t_{max i}}{5},$$

Где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; $t_{min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.; $t_{max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

Где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении выпускной квалификационной работы наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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 2019 году 365 календарных дней, из них выходных и праздничных дней 66. Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

В таблице 9 представлены временные показатели проведения научно-исследовательской работы.

Таблица 9 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работы	Трудоемкость работ						Исполнитель	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
		$t_{min, чел-дни}$		$t_{max, чел-дни}$		$t_{ож, чел-дни}$			Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
		Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.		Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
1	Разработка технического задания	0,3	0,3	1	1	0,6	0,6	Р	0,3	0,3	0,4	0,4
		0,3	0,3	1	1	0,6	0,6	И	0,3	0,3	0,4	0,4
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	2	2	1,1	1,1	Р	0,6	0,6	0,7	0,7
		0,5	0,5	2	2	1,1	1,1	И	0,6	0,6	0,7	0,7
3	Календарное планирование работ по теме	1	1	1,5	1,5	1,2	1,2	Р	0,6	0,6	0,7	0,7
		1	1	1,5	1,5	1,2	1,2	И	0,6	0,6	0,7	0,7
4	Подбор и изучение материалов	5	5	10	10	7	7	Р	3,5	3,5	4,3	4,3
		5	5	10	10	7	7	И	3,5	3,5	4,3	4,3
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	4	4	6	6	4,8	4,8	И	4,8	4,8	5,9	5,9
6	Проведение экспериментов	5	5	10	10	7	7	И	7	7	8,5	8,5

№	Название работы	Трудоемкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
		t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни			Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
		Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.		Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
7	Получение опытных образцов	7	7	10	10	8,2	8,2	И	8,2	8,2	10	10
8	Лабораторные испытания опытных образцов	2	2	3	3	2,4	2,4	И	2,4	2,4	2,9	2,9
9	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	4	4	5	5	4,4	4,4	Р	2,2	2,2	2,7	2,7
		7	7	10	10	8,2	8,2	И	4,1	4,1	5	5
10	Оценка эффективности полученных результатов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2,1	2,1
		5	5	7	7	5,8	5,8	И	2,9	2,9	3,5	3,5

№	Название работы	Трудоемкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
		t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни			Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
		Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.	Исп.		Исп.	Исп.	Исп.	Исп.
11	Составление пояснительной записки	8	8	12	12	9,6	9,6	И	9,6	9,6	11,7	11,7

На основе таблицы 9 был построен календарный план-график проведения НИОКР

Таблица 10 – Календарный план-график проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Разработка технического задания	Руководитель, инженер	0,4 0,4	■													
2	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер	0,7 0,7	■	■												
3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер	0,7 0,7	■	■												
4	Подбор и изучение материалов	Руководитель, инженер	4,3 4,3		■	■	■	■									
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	5,9			■	■	■	■								
6	Проведение экспериментов	Инженер	8,5				■	■	■	■							
7	Получение опытных образцов	Инженер	10					■	■	■	■						
8	Лабораторные испытания опытных образцов	Инженер	2,9						■	■	■						
9	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, инженер	2,7 5							■	■	■					
10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер	2,1 3,5								■	■	■				
11	Составление пояснительной записки	Инженер	11, 7									■	■	■	■	■	■
				Руководитель							Инженер						
				■							■						

4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{рас\ xi}$$

Где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{рас\ xi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.); C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 11– Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Кол-во, кг	Цена за единицу, руб/кг	Сумма, руб.
Нитрид алюминия	С	58	7000	406
Изопропиловый спирт	ХТ	15700	96	1507,2
Карбонат натрия десятиводный	ХЧ	883	65	57,4
Карбонат кальция	Ч	92	55	5
Изопропиловый спирт	ХТ	2	150	300
Олеиновая кислота	—	0,010	87	0,87
Карбонат кальция	Ч	92	55	5
Свинцовый сурик	Ч	159	250	39,8
Оксид иттрия	В	1,9	35000	66,5
Электротовары для сборки установки	-	-	-	1141,9
Всего за материалы				2154.6

Итого по статье C_m	3529,67
-----------------------	---------

4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (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 [23]:

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100 \cdot k},$$

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 12 – Расчет амортизации оборудования

Наименование оборудования	C_n , руб	H_a , %	A, руб
Весы аналитические Веста В153	15000	10	216
Пресс гидравлический	15000	8	173
Щековая дробилка ШД-10	250000	10	3604
Виброплощадка	22500	12	389
РФА- установка ДРОН-3М	180000	12	3114
ДТА- установка STA 449 F3 Jupiter	3000000	12	51900
Печь камерная	70000	12	1211
Итого:	–	–	60607

4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату [23]:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

Где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

Где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

В таблице 13 приведен баланс рабочего времени каждого работника НИИ.

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365

Количество нерабочих дней		
-выходные дни:	44	48
-праздничные дни:	14	14
Потери рабочего времени		
-отпуск:	56	28
-невыходы по болезни:	2	2
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	273

Месячный должностной оклад работника:

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

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (30% от $Z_{тс}$); 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 14.

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	33664	0,3	0,2	1,3	65644,8	2741,8	9	24676,2
Инженер	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2104	44	92576
Всего:								117255.2

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнители	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зп}$, руб.
Руководитель	24676.2	2467,6	27141,8
Инженер	92576	9257,6	101833,6

4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования).

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	24676.2	2467,6
Инженер	92576	9257,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	34952,9	

4.4.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

$$З_{внеб} = k_{нр} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов $k_{нр}$ допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НИИ составляют:

$$Z_{внеб} = 0,16 \cdot (3529,67 + 60607,00 + 136444,8 + 40674,2) = 38600,9$$

4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НИИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	
		Исп.1	Исп.2
1.	Материальные затраты НИИ	3529,67	
2.	Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	60607,00	
3.	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	92576,00	24676,2
4.	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9257,60	2467,6
5.	Отчисления во внебюджетные фонды	34952,9	
6.	Накладные расходы	30896,2	
7.	Бюджет затрат НИИ	258963,17	

Как видно из таблицы 17 основные затраты НИИ приходятся на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ и заработную плату исполнителей темы.

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Сравнительная оценка характеристик вариантов объекта представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

ИТОГО	1			
-------	---	--	--	--

Рассчитанная сравнительная ресурсоэффективность разработки представлена в таблице 19.

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.

Таблица 19 – Сравнительная ресурсоэффективность разработки

	Текущий проект	Исп. 1	Исп. 2
I_{pi}	4,55	3,7	3,75

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.

Список публикаций студента