

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

Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 03.03.02 Физика
 ООП/ОПОП Физика
 Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Различные свойства наноматериалов AlN, синтезированных дуговым методом на постоянном токе и легированных Fe

УДК 661.666.091-022.532:546.72-44

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Лю Гэньжун		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Ларионов В.В.	профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Верховская М.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Сечин А.И.	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры	Лидер А.М.	д.т.н., профессор		

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовать свою роль в команде.
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке.
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций.
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять естественно-научные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
ОПК(У)-2	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
ОПК(У)-3	Способен использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.
ОПК(У)-4	Способен понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности.
ОПК(У)-5	Способен использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией.
ОПК(У)-6	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением

	информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК(У)-7	Способен использовать в своей профессиональной деятельности знание иностранного языка.
ОПК(У)-8	Способен критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности.
ОПК(У)-9	Способен получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах и других малых коллективах исполнителей.
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
ПК(У)-2	Способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта
ПК(У)-3	Готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований
ПК(У)-4	Способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин
ПК(У)-5	Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований
ПК(У)-6	Способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований
ПК(У)-7	Способность участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме
ПК(У)-8	Способность понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования



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

Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки (ООП/ОПОП) 03.03.02 Физика

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП

(Подпись) (Дата) Лидер А.М.

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
150Б91	Лю Гэньжун

Тема работы:

Различные свойства наноматериалов AlN, синтезированных дуговым методом на постоянном токе и легированных Fe	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	27.01.2023, 27-79/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	06.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)	Алюминиевый порошок, железный порошок и азот, необходимые инструменты и техническая база, необходимая литература. Целью данной работы является попытка синтезировать наноразмерные образцы AlN:Fe дуговым методом на постоянном токе, наблюдать за морфологией образца и тестировать его характеристики. Элементный состав образцов анализировали методом РФА. Морфологию образцов наблюдали с помощью СЭМ. Содержание элементов измеряли с помощью энергетической спектроскопии ЭДС.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке (аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)	Аналитический обзор литературных источников Материал и методы исследований Результаты исследований Социальная ответственность Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Заключение по работе

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Таблица свойств AlN, рентгеноструктурный анализ образцов, энергетический спектр SEM и диаграмма петли гистерезиса.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Сечин А.И.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская М.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
-	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Ларионов В.В.	профессор		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Лю Гэньжун		



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

Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки (ООП/ОПОП) 03.03.02 Физика

Уровень образования бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2022/2023 учебного года)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
150Б91	Лю Гэньжун

Тема работы:

Различные свойства наноматериалов AlN, синтезированных дуговым методом на постоянном токе и легированных Fe

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	06.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.05.2023	Обзор литературы	20
20.05.2023	Объект и методы исследования	25
25.05.2023	Расчет и аналитический анализ	25
15.05.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
16.05.2023	Социальная ответственность	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Ларионов В.В.	профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры	Лидер А.М.	Д.Т.Н., профессор		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Лю Гэньжун		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 89 с., 17 рис., 27 табл., 40 источников литературы.

Актуальность. Нитрид алюминия легированный железом находит широкое применение во многих областях промышленности. Он является электрическим изолятором и перспективен в качестве электрического компонента в производстве многих материалов, является важным полупроводниковым материалом третьего поколения. Нитрид алюминия является примером образцов в области исследования наноматериалов.

Нитрид алюминия представляет собой ковалентный кристалл с высокой прочностью и термостойкостью, обладает отличной теплопроводностью, диэлектрическими свойствами и высокой устойчивостью к эрозии расплавленного металла, а также является хорошим материалом, устойчивым к температурному воздействию.

Цель работы: разработать метод получения нитрида алюминия в плазме дугового разряда на постоянном токе, описать его свойства, исследовать способ легирования железом, исследовать магнитные свойства полученных образцов и их характеристики.

Ключевые слова: нитрид алюминия, плазма дугового разряда на постоянном токе, легирование нитридом алюминия.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА 1. ВВЕДЕНИЕ	11
1.1 Наноматериалы.....	11
1.1.1. Методы получения наноматериалов	12
1.1.2. Применение наноматериалов	13
1.2. Модифицированный магнитный полупроводник	14
1.3. Основные свойства AlN	15
1.3.1. Физические свойства AlN	15
1.3.2. Химические свойства AlN	17
1.3.3 Применение нитрида алюминия	18
ГЛАВА 2. Синтез наноматериалов AlN.....	20
2.1. Устройства и экспериментальные методы получения нитридов алюминия	20
2.1.1. Метод дуговой плазмы постоянного тока.....	20
2.1.2 Дуговое плазменное устройство постоянного тока	22
2.2. Нитрид AlN, легированный Fe	24
ГЛАВА 3. Методы исследования характеристик нитрида алюминия.....	27
3.1 Рентгеновская дифракция (XRD)	27
3.2. Сканирующий электронный микроскоп.....	28
3.3. Энергодисперсионная спектроскопия (ЭДС)	31
3.4. Анализ механизма роста различных форм образования в образцах	34
3.4.1 Анализ механизма роста структуры нанопроволок.....	34
3.4.2 Анализ механизма роста конусной структуры наноконечности образца AlN	36
3.5. Магнитные и флуоресцентные свойства AlN, легированного Fe.....	37
ГЛАВА 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	41
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	41
4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и	

ресурсосбережения.	43
4.2.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	43
4.2.2 SWOT – анализ	44
4.3 Планирование научно-технического исследования	50
4.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ	51
4.4 Бюджет научного исследования	57
4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	57
4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ ..	58
4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	58
4.4.4 Дополнительная заработная плата.....	60
4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды	60
4.4.6 Расчет затрат на электроэнергию.....	60
4.4.7 Расчет затрат на научные и производственные командировки и накладные расходы.....	61
4.4.8 Формирование бюджета затрат НТИ	62
4.5 Ресурсоэффективность	62
Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	65
ГЛАВА 5. Социальная ответственность Введение.....	69
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	69
5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.	69
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	70
5.2 Производственная безопасность	70
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.	70
5.2.2 Отклонение показателей микроклимата Анализ показателей микроклимата.....	71

5.2.3 Превышение уровня шума Анализ показателей уровня шума	73
5.2.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны Анализ показателей освещенности рабочей зоны.....	75
5.2.5 Электробезопасность Анализ электробезопасности.....	76
5.3. Экологическая безопасность.	77
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	78
5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	78
5.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	79
Выводы по разделу.....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
Благодарности	84
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	86

ГЛАВА1. Введение

1.1 Наноматериалы

В 1959 году Ричард Фейнман предложил концепцию нанотехнологий [1]. Развитие туннельной электронной микроскопии в 1981 году и просвечивающей электронной микроскопии с 1931 года послужило основой развития методов наблюдения и контроля структуры наноматериалов. Нанотехнологии развивались семимильными шагами, а сочетание традиционных дисциплин породило множество новых областей исследований, таких как нанобиология, нанодинамика, наноэлектроника и наноматериалы. Когда структура вещества достигнет нанометрового масштаба, появляются новые свойства. Такой материал, отличающийся не только исходным составом атомов и молекул, но и особыми свойствами макроскопических веществ, называется наноматериалом.

Таблица 1.1 Процесс развития и знаковые события в истории развития нанотехнологий [2]

1959	Фейнман предположил, что «если люди смогут создавать и контролировать свойства материалов в меньшем масштабе, это откроет совершенно новый мир нанотехнологий».
1981	«Наноструктура твердого тела» была предложена немецким экспертом по наноматериалам Х. Глейтером, и были разработаны исследования наноразмерных зерен и наноматериалов.
1982	Г. Бюйнинг и Х. Рорер изобрели сканирующий туннельный микроскоп, который реализовал наблюдение материалов на атомном уровне и контроль на нанометровом уровне.

1990	Первая международная конференция по нанонауке и технологиям прошла в Балтиморе (США). Ученые из разных стран обсудили четыре вопроса: наноматериалы, наноэлектроника, наномеханика и нанобиология.
------	--

1.1.1. Методы получения наноматериалов

1. Газофазный метод

Газофазный метод также называют методом испарения-конденсации [3]. Принцип заключается в нагревании материала до плавления, испарения и газообразного состояния. После столкновения с инертным газом частицы теряют кинетическую энергию и кристаллизуются. После охлаждения можно получить нано-порошок на стенках реакционного сосуда. Если инертный газ заменить азотом, можно получить нанопорошок нитрида, что является методом, используемым в данном эксперименте.

2. Жидкофазный метод

1) Гидротермальный метод

Гидротермальный метод представляет собой метод, в котором реагенты и растворители помещаются в вакуумную камеру, а затем реагируют в среде с высокой температурой и высоким давлением для получения наночастиц [3]. Эта реакция проходит в две стадии «растворение-кристаллизация».

2) метод осаждения

Метод осаждения представляет собой метод получения наноматериалов с помощью реакции химического осаждения. Добавляют осаждающий агент в раствор катионной растворимой соли и создают определенные внешние условия для осаждения осадка из раствора, а затем подвергают термическому разложению или

дегидратации для получения желаемого порошка [3]. Обычно используется при получении оксидов.

3) Твердофазный метод

Твердофазный метод относится к методу синтеза наноматериалов без плавления или газификации исходных кристаллов или самопроизвольной реакции с образованием нанокристаллов [3]. В основном это метод механического шарового измельчения, метод синтеза с самораспространяющимся горением и так далее.

1.1.2. Применение наноматериалов

Оптическое применение. Тонкие пленки, изготовленные из наноматериалов, часто имеют уникальные преимущества в инфракрасном диапазоне, такие как сильная инфракрасная отражательная способность и хорошая прозрачность, например, наноплёнки SiO_2 и TiO_2 [3]. Использование этих материалов для изготовления светильников может значительно сэкономить энергию и является хорошим теплоизоляционным материалом.

Катализатор. Наночастицы имеют малый размер и большую поверхность по сравнению с объемом, что обуславливает большую активность на поверхности благодаря различиям в электронных состояниях на поверхности и внутри молекулы. Недостаточное соответствие атомов на поверхности также является основным условием для использования наночастиц в качестве катализатора. Одновременно поверхностный и объемный эффекты также определяют его хорошую каталитическую активность. В высокомолекулярных окислительно-восстановительных реакциях наночастицы благородных металлов могут

значительно повысить эффективность реакции, а полупроводниковые наночастицы в области обработки воды и деградации пестицидов проявляют гораздо более эффективные свойства фотокатализа, чем обычные полупроводники [3].

Упрочнение керамики. Синтерирование нанопорошков происходит быстрее и может снижать температуру синтеризации. Например: смешивание нанопорошков Al_2O_3 и ZrO_2 позволяет получить высокопрочный керамический материал, температура синтеризации которого может быть снижена на $100\text{ }^\circ\text{C}$, а прочность при разрыве увеличена на 25% [3].

1.2. Модифицированный магнитный полупроводник

Магнитные полупроводники получают путем введения определенного количества магнитных металлических элементов в немагнитные полупроводники. После легирования они проявляют определенные магнитные свойства. Являются новым типом полупроводниковых материалов, в основном для целей реализации магнитного управления в компонентах микроэлектроники [4]. Магнетизм разбавленных магнитных полупроводников вызван легированными атомами металла, замещающими некоторые катионы в кристаллической решетке. Рис. 1.2 представляет собой схематическую диаграмму трех полупроводников [3].

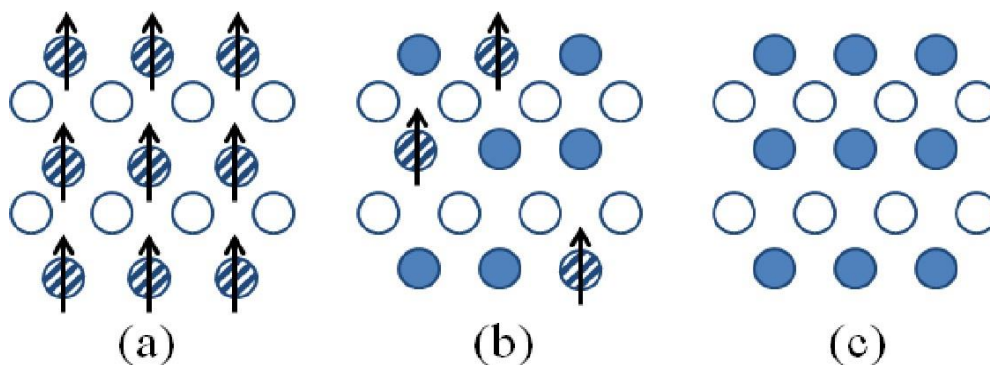


Рисунок 1.2– (a) Магнитный полупроводник, (б) Разбавленный магнитный

полупроводник, (в) Немагнитный полупроводник, кружки со стрелками на рисунке обозначают магнитные ионы [3]

Изучение разбавленных магнитных полупроводников можно проследить до 1960-х годов, однако первые разбавленные магнитные полупроводники имели дефекты, заключавшиеся в том, что точка Кюри была слишком низкой для практического применения, а их проводимость была близка к проводимости диэлектриков [4]. Только после того в 2000 году Дитль и др. теоретически доказали, что точки Кюри у соединений GaN и ZnO p-типа, легированные ионами марганца, превышают комнатную температуру, исследование разбавленных магнитных полупроводников приняло широкий аспект [5,6].

1.3. Основные свойства AlN

1.3.1. Физические свойства AlN

Нитрид алюминия (AlN) представляет собой ковалентный кристалл, который принадлежит к гексагональной кристаллической системе, его структура подобна структуре алюминия, образуя тетраэдр с ковалентными связями, как показано на рисунке 1.3.1 [7, 8].

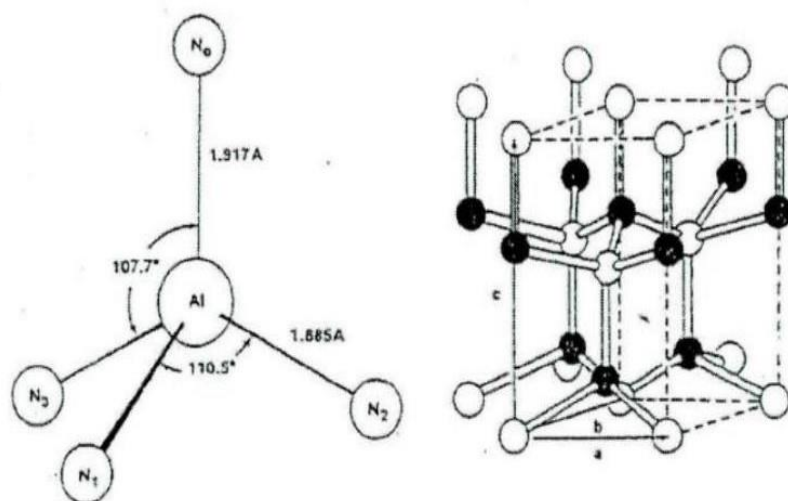


Рисунок 1.3.1. Структура нитрида алюминия

Нитрид алюминия представляет собой бесцветный прозрачный кристалл с плотностью $3,26 \text{ г/см}^3$. Однако, поскольку он часто содержит примеси, такие как Al и Al_2O_3 , AlN обычно имеет серый или светло-голубой цвет. Он обладает очень высокой температурой плавления и сублимируется при температуре около $2723,15 \text{ К}$ [15].

Основные физические свойства:

Таблица 1.2 – Основные физические свойства AlN

Структура	Шестиугольная система
Плотность (г/см^3)	3.26
Твердость (ГПа)	12
Прочность на изгиб (МПа)	300
Модуль Юнга (ГПа)	308
Температура плавления (К)	2400 (Термическое разложение)
Теоретическая теплопроводность ($\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$)	320

Коэффициент теплового расширения (K^{-1})	4.7×10^{-6}
Удельная теплоемкость ($Дж \cdot K^{-1} \cdot K^{-1}$)	730 (25°C)
Удельное сопротивление (Ом·м)	1×10^{14}
Диэлектрическая прочность (кВ·мм)	14
Диэлектрическая проницаемость (1 МГц)	8.6-9.0
Диэлектрические потери (1МГц) МГц)	1×10^{-4}



Рис. 1.3.2. Внешний вид порошка нитрида алюминия (порошок получен пиролизом в среде аммиака при температурах ниже 600 °C)

1.3.2. Химические свойства AlN

Порошок AlN легко вступает в реакцию с газообразной водой и разлагается на воздухе, что создает трудности при его хранении, легко окисляется при высокой

температуре и аэробной среде, обладает высокой устойчивостью к коррозии металла [7].

1.3.3 Применение нитрида алюминия

Применение нитрида алюминия (AlN) в высокотемпературной технологии широко распространено благодаря его ценным физическим и химическим свойствам[10]. Он используется в качестве огнеупорного и электроизоляционного материала для изготовления электроизоляционных трубок термопары и электроизоляционных структурных элементов, работающих в коррозионной среде. Высокая термостойкость и химическая стабильность AlN позволяют использовать его в качестве подкладки для электролитических ванн, резервуаров, расплавленного стекла и кубов, где температура может достигать 1300-2000°C [11]. Нитрид алюминия используется для изготовления композитных материалов. Добавление AlN в полимерную матрицу может улучшить физико-химические и физико-механические свойства композитных материалов, такие как теплопроводность, электрическое сопротивление, износостойкость и т.д. [12]. Нитрид алюминия может использоваться в качестве добавки для производства изделий с высокой теплопроводностью и коррозионной стойкостью [13]. Тонкие пленки AlN используются в микроэлектронике для изготовления микромодулей [14], интегральных схем и как активных элементов чипов [15-17]. Благодаря своей высокой устойчивости к коррозии в расплавленной соли, AlN покрытия применяются в ядерной промышленности [18]. Добавление нитрида алюминия в никель или алюминий (весовая доля 30%) позволяет наблюдать снижение

коэффициента линейного расширения и тепловых напряжений, а также увеличение твердости и плотности [19]. Образцы имеют только закрытые поры, размер частиц основы (особенно никеля) практически не увеличивается в процессе спекания. В сочетании с нитридом титана AlN используется для покрытия стали, работающей в коррозионной среде, такой как пар при 600°C или окружающая среда, насыщенная хлоридами. Лучшая коррозионная стойкость достигается при использовании модификатора $(\text{Ti}_{0.6}\text{Al}_{0.4})\text{N}$; при этом материал не подвергается коррозии при температуре выше 800°C после выдержки в течение 10 часов [20].

ГЛАВА 2. Синтез наноматериалов AlN

В настоящее время основные методы получения наноструктур AlN включают: метод прямого азотирования, метод термического восстановления, метод химического осаждения из паровой фазы, плазменный метод дуги постоянного тока и так далее [21-25]. Следует отметить, что различные методы получения приводят у нитрида алюминия к различиям по наноструктуре.

2.1. Устройства и экспериментальные методы получения нитридов алюминия

2.1.1. Метод дуговой плазмы постоянного тока

Метод дуговой плазмы постоянного тока является важным методом получения наноматериалов, особенно для получения некоторых соединений с высокой температурой плавления. Дуговой разряд может генерировать чрезвычайно высокие температуры, которые могут достигать нескольких тысяч градусов Кельвина, а в области дуги существует большой температурный градиент [3]. Плазма представляет собой смешанный газ из электронов, ионов, атомов и т. д., образующийся между катодом и анодом в результате дугового разряда, — высокореакционный, сильно ионизированный, высокотемпературный газ, чрезвычайно реакционноспособный [32]. Плазма дугового разряда представляет собой плазму, находящуюся в состоянии локального теплового равновесия, которая намного ниже, чем температура полностью ионизированной высокотемпературной плазмы (10^8 K) в управляемых реакциях ядерного синтеза, где температура составляет около $3 \times 10^3 \sim 5 \times 10^4$ K. Однако плотность тока выше, энергия более сконцентрирована, а генерация и

поддержание дуговой плазмы не так сложны, как плазма ядерного синтеза, поэтому ее можно применять ко многим процессам, которые невозможно выполнить обычными методами, и к образцам, которые трудно получить обычными методами.

Из-за особых физических свойств AlN и потенциальных перспектив использования нанofункциональных элементов было проведено множество исследований в разных странах. Например, быстрый твердофазный метод получения AlN [26] основан на использовании следующих материалов: AlCl₃ (99,99%), Al₂S₃ (99,9%), Li₃N (99,5%) и Ca₃N₂ (99%); метод газовой фазы горения для получения AlN [27], основное уравнение реакции которого выглядит следующим образом: AlCl₃ + NH₃ + 50Ar = AlN + 3HCl. Метод синтеза монокристаллического AlN в патенте [28] основан на взаимодействии газообразных соединений алюминия и нитридных реагентов или активных металлов в области высоких температур. Этот процесс может быть представлен следующей реакцией: 3AlCl + N₂ = 2AlN + AlCl₃, 2Al + MgF₂ = 2AlF + Mg, 2AlF + Mg + N₂ = 2AlN + MgF₂. Жин Чжин из Университета Цинхуа и другие использовали метод шаблонов углеродных нанотрубок, смешав порошок углеродных нанотрубок, алюминия и оксида алюминия, и при условии подачи аммиака при высокой температуре, получили линейный AlN размером 10-50 нм. Это подтверждает возможность контролируемого роста AlN путем регулировки диаметра углеродных нанотрубок [30]. Группа Цун Хунтао из центра развития передовых материалов Шэньян использовала наночастицы Al в качестве исходного материала, наночастицы Fe₂O₃ в качестве катализатора и при подаче потока NH₃ при 700 °C на Si-основе. В результате синтезировали монокристаллический массив конусов AlN [31]. Мы выбрали постоянный дуговой метод по следующим причинам:

- a) простые материалы, малое загрязнение. В
- b) экспериментальном образце не нужно использовать аммиак, не нужно проводить дополнительную обработку для очистки аммиака;
- c) короткое время синтеза. В этом экспериментальном режиме время одного цикла реакции менее часа, что удобно для многократного проведения экспериментов для поиска лучших условий реакции.
- d) низкая стоимость получения материала.

2.1.2 Дуговое плазменное устройство постоянного тока

Генератор дуговой плазмы постоянного тока представляет собой устройство, которое преобразует электрическую энергию в высокотемпературный ионизированный газ. Он может генерировать высокотемпературные плазменные струи высокой энергии для различных промышленных применений, таких как резка, сварка, напыление и т. д. [32]. Генератор дуговой плазмы постоянного тока обычно состоит из катода, анода, системы подачи газа и источника питания. Дуговой разряд между катодом и анодом генерирует высокотемпературную плазму, система газоснабжения обеспечивает подачу рабочего газа, а источник питания обеспечивает стабильный постоянный ток разряда.

Генераторы дуговой плазмы постоянного тока можно разделить на две категории в зависимости от положения дуги и формы плазменной струи. В зависимости от положения дуги генераторы дуговой плазмы постоянного тока можно разделить на три категории [32]: переносной генератор дуговой плазмы, стационарный генератор дуговой плазмы и гибридные генераторы плазмы. Принцип работы переносного

дугового плазменного генератора заключается в том, что заготовка используется в качестве анода, а дуга генерируется между катодом и заготовкой. Дуга стационарного дугового плазменного генератора генерируется только между катодом и анодом и не зависит от самого образца. Дуга гибридного плазменного генератора существует как между катодом и анодом, так и между катодом и образцом.

По форме плазменной струи дуговые генераторы плазмы постоянного тока можно разделить на две категории [32]: генераторы турбулентной плазмы и генераторы ламинарной плазмы. Турбулентная струя, создаваемая генератором турбулентной плазмы, имеет значительный воздухововлекающий эффект, малое удлинение, высокий рабочий шум и большой осевой температурный градиент. Ламинарный струйный поток, создаваемый генератором ламинарной плазмы, характеризуется малым вовлечением воздуха, большим соотношением сторон (может превышать 50), низким рабочим шумом, длиной может превышать 500 мм и небольшим осевым температурным градиентом.

Обе эти классификации отражают различные характеристики и преимущества дуговых плазменных генераторов постоянного тока в их конструкции и использовании [32]. Например, переносные плазменные генераторы с переносом дуги лучше подходят для приложений, которые вступают в непосредственный контакт с образцом, таких как резка и сварка, потому что их принцип работы зависит от типа образца. Генераторы дуговой плазмы без переноса больше подходят для применений, где нет прямого контакта с образцом, таких как покраска и обработка поверхности изделия.

Кроме того, при выборе генератора дуговой плазмы постоянного тока

необходимо учитывать другие факторы, такие как мощность, эффективность, стабильность, срок службы, стоимость и т. д. Различные типы генераторов дуговой плазмы постоянного тока могут отличаться в этом отношении по конструкции [33].

2.2. Нитрид AlN, легированный Fe

Метод производства наноструктур легированного железом алюминиевого нитрида (AlN:Fe) – основан на использовании плазмы дугового разряда на постоянном токе. В рис. 2.2.1 показано оборудование, используемое в этом эксперименте. Рис.2.2.2 показывает структурную схему оборудования для получения нитрида алюминия с атомами железа. В этом эксперименте вольфрамовый стержень является катодом, а угольный графитовый тигель помещается на анод медного тигля с водяным охлаждением. Алюминий и железный порошок смешиваются, затем подвергаются давлению около 15 МПа в течение примерно 10 минут, чтобы получить шаровую форму образца, который помещается в угольный графитовый тигель. Смесь помещается в стеклянный реакционный сосуд и откачивается до давления 40 кПа. После чего в реакционную колбу вводится азот. В нашем эксперименте реализовывали следующие условия: ток 100А, напряжение 20V, давление 40кПа, время реакции около 20 минут.

Для получения дуги сначала устанавливают ток 100А, затем медленно уменьшают расстояние между катодом и анодом. В момент контакта двух полюсов опускают анод для создания дуги. Расстояние между катодом и анодом можно удаленно управлять для контроля напряжения.

В ходе эксперимента обнаружено, что продукт обычно осаждается на вольфрамовом стержне. Поэтому после окончания реакции продолжают подавать охлаждающую воду в течение 10 минут. Затем открывают реакционную камеру, удаляют реакционный порошок черного цвета с поверхности вольфрамового стержня, и собирают материал серого цвета между вольфрамовым стержнем и поверхностью стекла реакторного сосуда.



Рисунок 2.2.1– Экспериментальное устройство с дугой постоянного тока

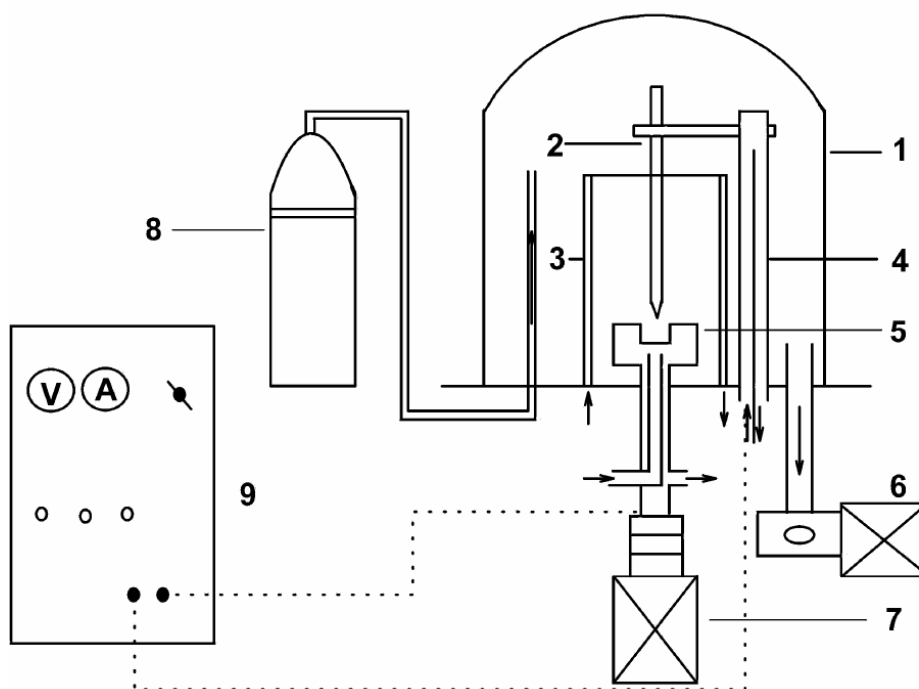


Рисунок 2.2.2 – Структурная схема экспериментального устройства

1-стеклянная крышка, 2-вольфрамовый стержень, 3-водяное охлаждение, 4-медная скоба, 5-водяное охлаждение медного тигля, 6 - форвакуумный насос, 7-электрический элеватор, 8 - газовый баллон, 9 - сварочный аппарат постоянного тока.

После завершения реакции реактор охлаждают в течение 15 минут, поднимают давление до атмосферного, удаляют черный порошок с поверхности вольфрамового стержня, для получения серого образца, который осаждён на вольфрамовом стержне.

Структура образца измеряется при помощи рентгеновского дифрактометра DX-2700B. Форма образца наблюдается на приборе HITACHI Regulus8100, а спектральный анализ выполняется с помощью BRUKER QUANTAX 200. Магнитные свойства измеряли с помощью магнитометра для вибрационных образцов LakeShore модели 7404.

ГЛАВА 3. Методы исследования характеристик нитрида алюминия

3.1 Рентгеновская дифракция (XRD)

Структуру образца анализировали при помощи рентгеновского дифрактометра DX-2700B. Для этого проводили сравнение дифракционного спектра материала со стандартной картой для получения информации о составе и структуре материала и т.д.

Основным уравнением здесь является уравнение Брэгга $2d\sin\theta=n\lambda$, которое отражает связь между углом дифракции и структурой кристалла. Дифракционные спектры образца приведены на рисунке 3.1.

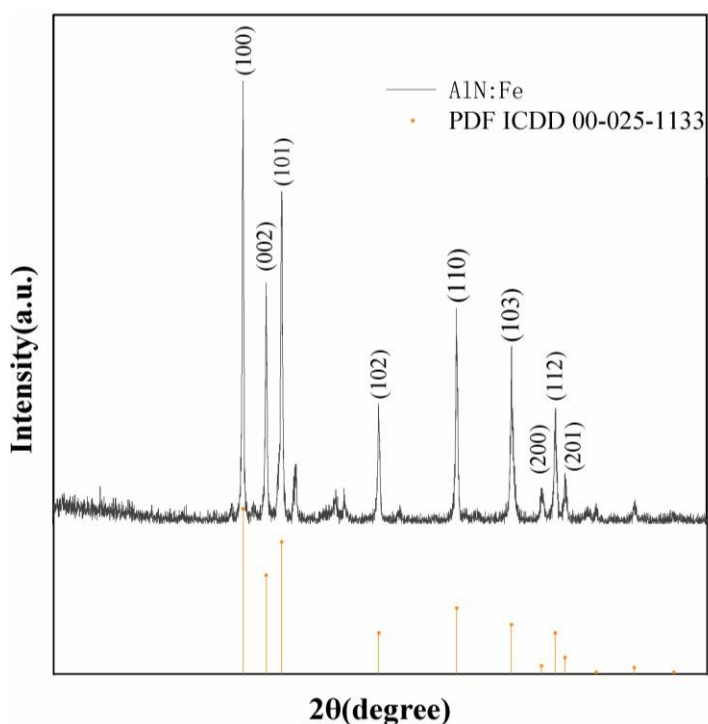


Рисунок 3.1 – Сравнение спектра рентгеновской дифракции образца (AlN:Fe) и стандартной карты

Из рисунка следует, что образец AlN:Fe соответствует стандартной карте ICDD 00-008-0262. Однако можно увидеть и дополнительные пики. Рентгенофазовый

анализ показывает наличие примеси в виде соединения углерода и вольфрама. Соотношение вольфрама и углерода изменяется от 4:1 до 2:1, при этом наиболее вероятным соединением является W_2C . Содержание всех остальных составляющих Al, C и Fe достигает величины 99,9, что указывает на то, что в образце отсутствуют элементарные Al, C и Fe.

3.2. Сканирующий электронный микроскоп

Сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) - это вид электронного микроскопа, который создает изображение поверхности образца путем сканирования его поверхности фокусированным пучком электронов. Пучок электронов взаимодействует с атомами образца и создает соответствующие сигналы, содержащие информацию о топографии и составе поверхности образца, которые комбинируются с положением луча света для создания изображения. Сканирующий электронный микроскоп может достигать разрешения менее 1 нм [35].

В состав СЭМ входит электронная пушка, которая формирует фокусированный пучок электронов. После фокусировки с помощью линзы образуется пучок электронов с определенной энергией, интенсивностью и диаметром пятна, который направляется на исследуемый образец [34]. Пучок электронов, проникая вглубь образца, взаимодействует не только с атомами на поверхности образца, но и с атомами в определенном диапазоне толщины образца. В результате возникает излучение в виде вторичных электронов, отраженных электронов, оже-электронов и рентгеновских лучей. Поэтому для получения необходимой информации требуются различные детекторы, такие как детектор вторичных электронов, спектрометры

рентгеновских лучей и т.д.

Преимущества применения СЭМ состоят в простоте процесса подготовки образцов, меньшего повреждения и загрязнения образцов и возможности вращения образцов в трех измерениях в камере микроскопа.



Рисунок 3.2.1 – Сканирующий микроскоп QUANTAX 200 фирмы HITACHI

Regulus8100 & BRUKKER

В образце нами обнаружено как минимум три структуры наноразмерного вида: относительно простые и распространенные нанопроволочные структуры, катализирующие структуры с небольшим шариком на вершине и относительно сложные наноконусообразные шиповидные структуры (рис. 3.2.1).

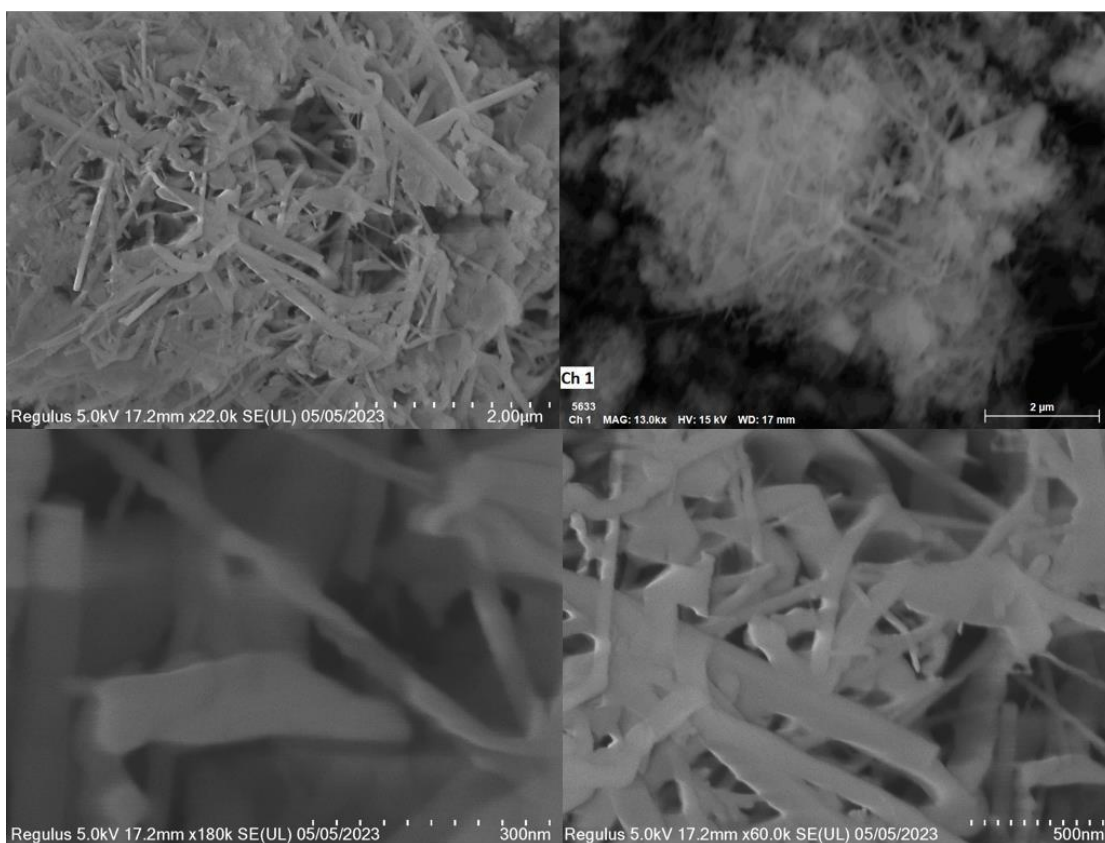
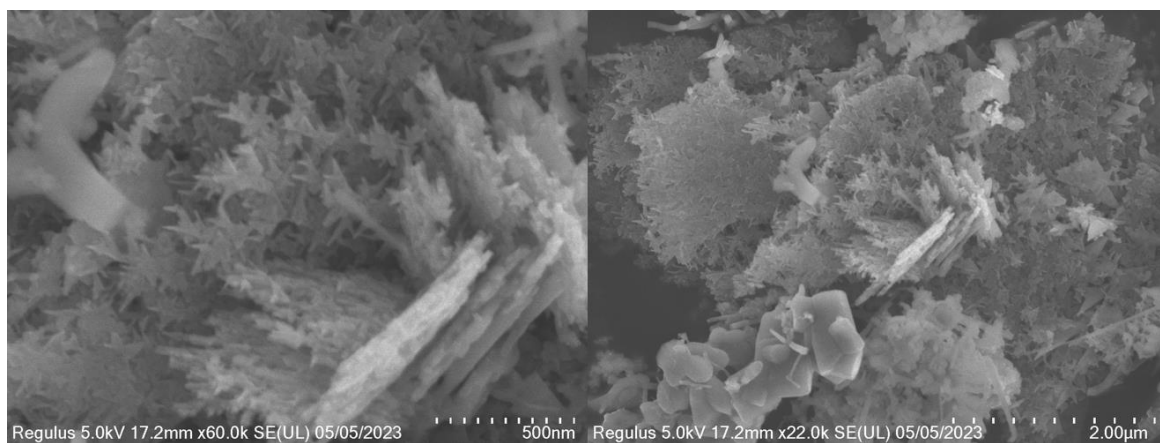


Рис.3.2.2 Структура нанопроволоки

Из рисунка ясно видно скопление нанопроволок, переплетающихся друг с другом. Диаметр одиночной нанопроволоки варьируется примерно от 40 нм до 200 нм.



а)

б)

Рисунок 3.2.3 – Изображение наноструктуры в форме конуса

Вторая наноструктура, обнаруженная в образце, имеет форму конуса (рис. 3.2.3).

В правом нижнем углу изображения можно увидеть явно более крупную коническую форму. Основное содержание составляют конические структуры меньшего размера (показано в центре рисунка 3.2.3 (б)). Эти конусы диаметром менее 50 нм переплетаются друг с другом и в конечном итоге образуют шиповидную структуру и пластинчатую структуру толщиной менее 100 нм.

3.3. Энергодисперсионная спектроскопия (ЭДС)

Энергодисперсионная спектроскопия (Energy Dispersive Spectroscopy) служит для анализа элементов материала. Обычно используется вместе с электронным микроскопом с растровой электронной микроскопией (РЭМ) или трансмиссионным электронным микроскопом (ТЭМ). Как правило, анализ посредством ЭДС может выполняться в трех режимах: точечный анализ, линейный анализ и площадной анализ. Точечный анализ обеспечивает элементный состав одной точки; линейный анализ обеспечивает элементный состав вдоль линии; площадной анализ обеспечивает средний элементный состав выбранной области [34].

При анализе методом ЭДС образец облучают пучком электронов и исследуют возникающее характеристическое рентгеновское излучение. Энергия и интенсивность рентгеновских лучей измеряется детектором. Энергия рентгеновского излучения пропорциональна порядковому номеру элемента образца, а интенсивность пропорциональна концентрации этого элемента в образце [34]. Анализируя энергию и интенсивность этих рентгеновских лучей, можно провести качественный и полуколичественный элементный анализ материала.

Анализ посредством ЭДС имеет несколько преимуществ по сравнению с

другими методами анализа. Например, он не разрушает материал и требует небольшой или отсутствующей подготовки образца. Он также может предоставлять быстрые результаты и может использоваться для анализа малых областей или частиц [34].

Однако у этого метода есть некоторые недостатки. Например, по сравнению с другими технологиями (например, дисперсионная спектроскопия длины волны (WDS)), имеет относительно низкое пространственное разрешение. Он также чувствителен к загрязняющим веществам на поверхности и требует тщательной калибровки для достижения точных результатов. С другой стороны метод имеет много приложений в материаловедении, геологии, биологии и других областях. Например, он может использоваться для анализа состава минералов, металлов, керамики, полимеров и биологических образцов, может использоваться для изучения коррозии, износа и других поверхностных явлений [34].

Кроме того, используя электронные пучки низких энергий, можно анализировать области размером до нескольких нанометров, что соответствует размеру образца в данном эксперименте.

Анализ спектра образца данным методом показал, что элемент W, отображаемый на дифракционной карте XRD, не смешивается с кристаллической структурой образца. Доля элемента W в нанопроволочных кластерах очень низкая и может рассматриваться как нулевая, что не повлияет на качество получаемого образца.

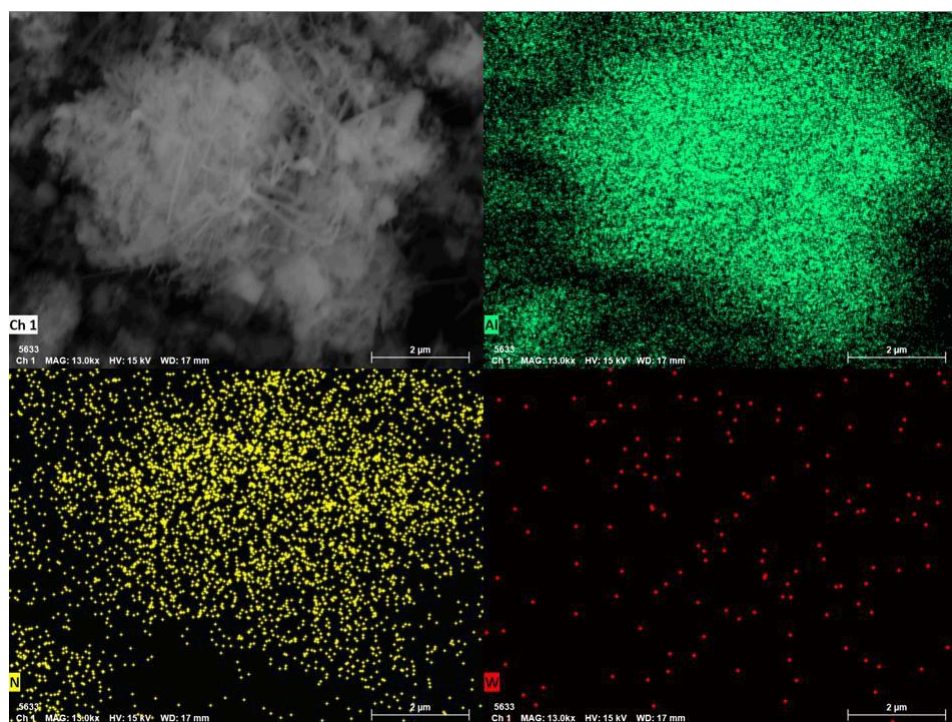


Рисунок 3.3– Спектра образца нанопроволочных кластеров с элементами включениями вольфрама

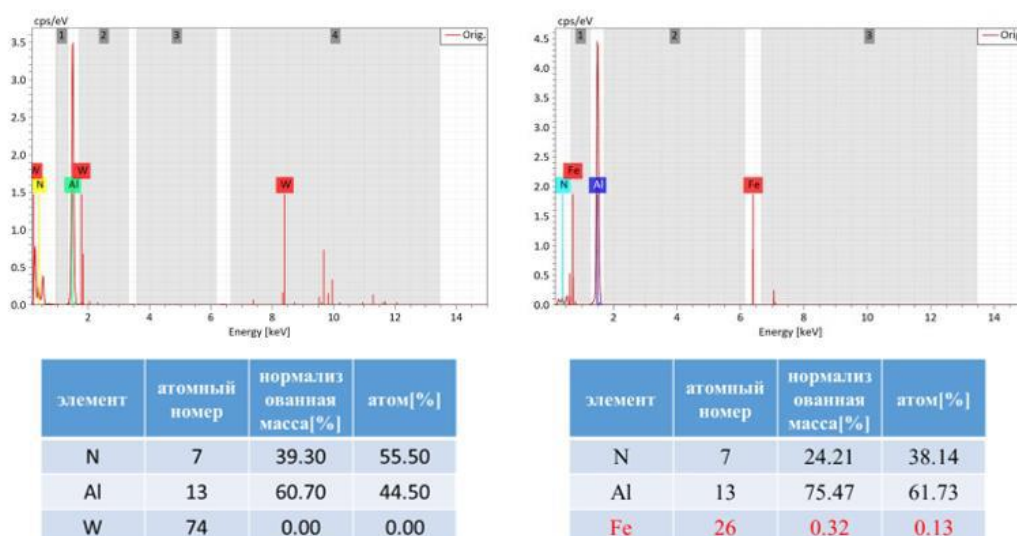


Рисунок 3.3.2 – Энергетический спектр вольфрама и железа

Таким образом, наблюдается отчётливый пик железа (Fe) в энергетическом спектре ЭДС. Можно предположить, что содержание Fe в образце (массовое соотношение Al и Fe в сырье до реакции составляет 10:1) составляет менее 1 %.

Однако, точность измерения не позволяет определить отмеченное содержание железа. Точное измерение элементов Fe требует дальнейших исследований в будущем.

3.4. Анализ механизма роста различных форм образования в образцах

В эксперименте было обнаружено, что если увеличить соотношение железа в смеси исходных материалов, то на кончике образца начинают образовываться шарообразные структуры. Анализ спектра показал, что главным компонентом шарообразной структуры является Fe. Можно заметить, что различные соотношения Fe в исходных материалах заметно влияет на рост нанопроволочных структур.

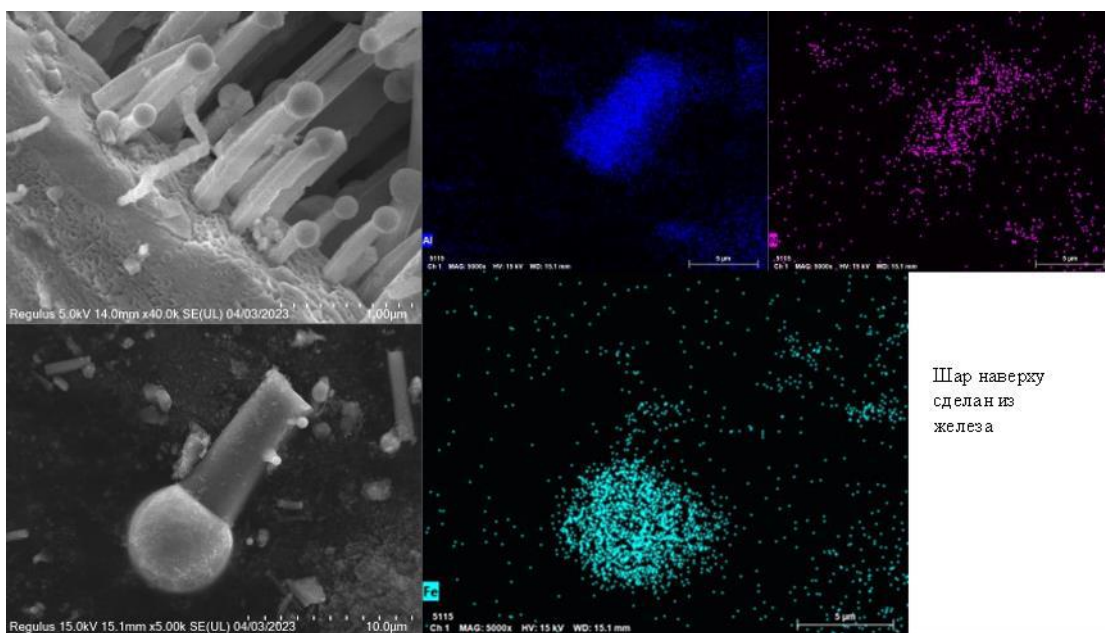


Рисунок 3.4– Образец, выращенный методом VSL

Из рисунка 3.4 следует, что шарики в верхней части нанопроволоки состоят из железа (рисунок 3.4).

3.4.1 Анализ механизма роста структуры нанопроволок

Известно, что нитрид алюминия AlN в структурном плане растет вдоль

направления $[0001]$, что зафиксировано во многих литературных источниках по выращиванию вюрцитных нанопроволок AlN [3]. Когда доля Fe в сырье низкая, глобула наверху отсутствует, что является типичным признаком механизма VLS, поэтому механизм роста должен принадлежать механизму VLS. Когда доля Fe в сырье относительно высока, на фотографиях сканирования образца хорошо видно, что рост его структуры относится к механизму VSL. Возможно, слишком много железа для легирования в решетку AlN, а поскольку температура плавления железа составляет 1809 К, что намного выше температуры плавления алюминия, небольшие капли железа предпочтительно прилипают к подложке при уменьшении температуры вдоль градиента температуры во время формирования образца. В таком случае Fe действует как катализатор, заставляя пересыщенный AlN прикрепляться к гранулам Fe и расти вдоль направления $[0001]$ с образованием нанопроволок или наностержней. Принципиальная схема механизма его роста выглядит следующим образом (рисунок 3.4.1).

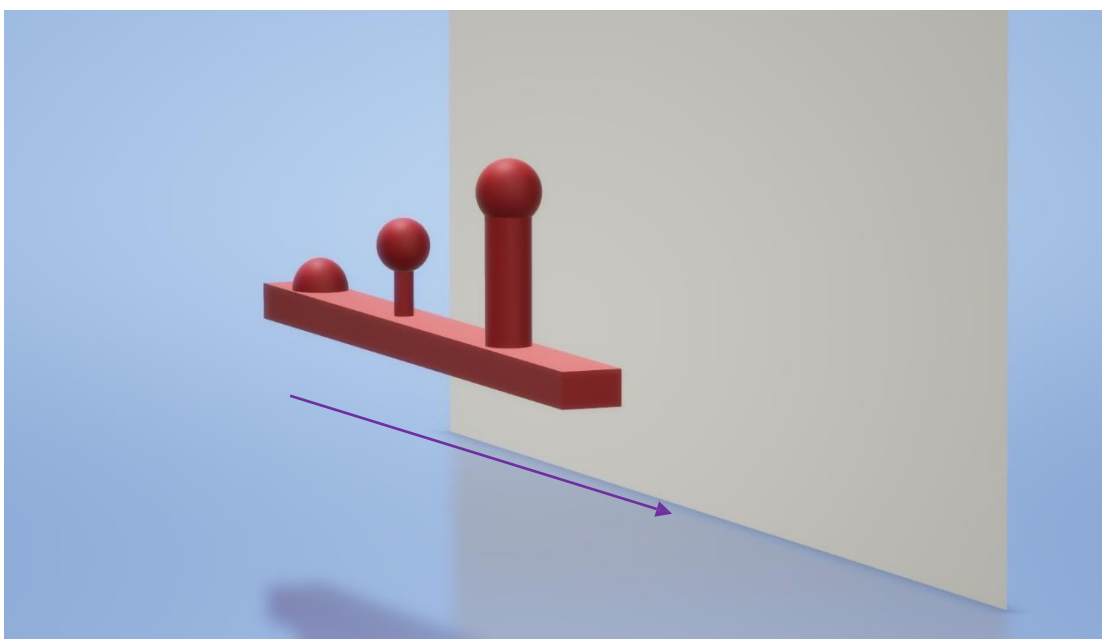


Рисунок 3.4.1 – Схематическая диаграмма механизма роста VSL с железным шаром сверху. Стрелка представляет собой условную ось времени

На рисунке условно представлена схема роста нанопроволоки с легированием её конца железом в форме шарика.

3.4.2 Анализ механизма роста конусной структуры наноконечности образца AlN

В реакции не использовался катализатор, и на поверхности образца не было металлических частиц, поэтому можно предположить, что механизм роста относится к механизму ВС.

В работе [3] рассмотрен механизм роста AlN. Указано, что сначала наноструктурный «наконечник» растет вдоль направления $[0001]$ подложки. Затем ветвь начинает вытягиваться в направлении вертикальной полярности, разрастаясь вдоль $[10\ 1\ 0]$. Новые ветви продолжают повторять эту модель роста, которая, в свою очередь, формирует «игольчатую пирамидально-конусную структуру». Принципиальная схема механизма его роста выглядит следующим образом (рисунок

3.4.2).

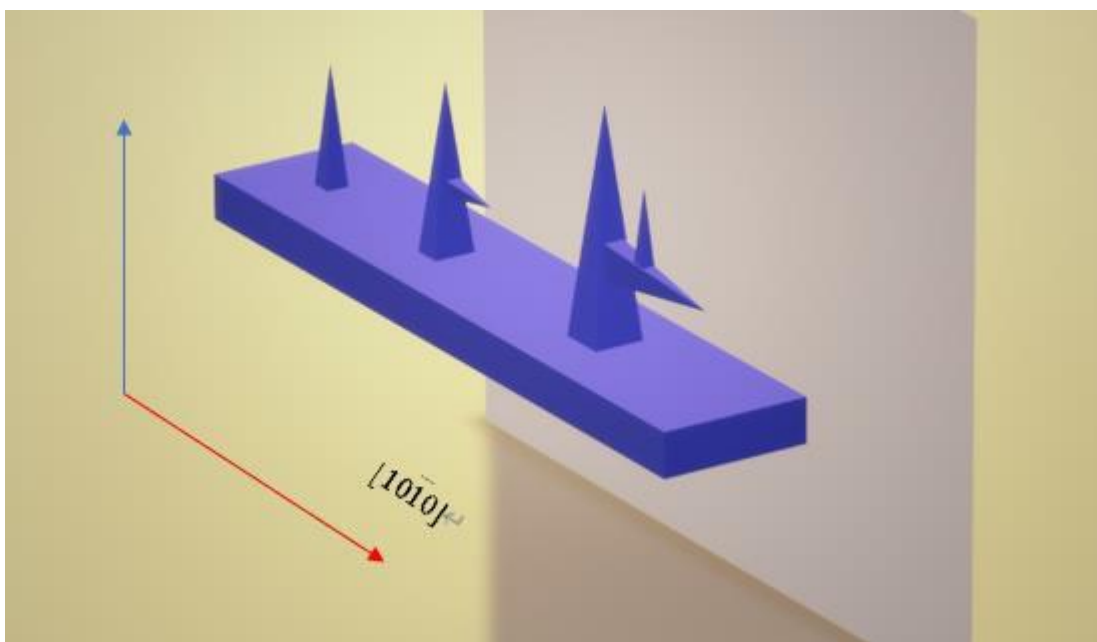


Рисунок 3.4.2 – Схематическая диаграмма роста структуры наноконуса. На пирамидке наноконуса последовательно формируется дополнительный конус меньшего размера.

3.5. Магнитные и флуоресцентные свойства AlN, легированного Fe

В ходе работы исследованы магнитные характеристики AlN, легированного Fe. На рисунке 3.5 представлена петля гистерезиса образца при комнатной температуре. Результаты свидетельствуют, что образец является ферромагнитным. Его намагниченность насыщения составляет 2,826 emu/g, а коэрцитивная сила — 240 Oe. Поскольку в соответствии с предыдущим анализом XRD в образце не осталось «неиспользованного» железа (Fe), то, следовательно, исключается возможность того, что магнетизм является свойством остаточного не прореагировавшего Fe. В наноструктурированных образцах, выращенных по механизму VS, магнетизм должен исходить от самого AlN:Fe. Это может быть связано с легированием Fe,

вызывающим вакансию азота V_N , которая захватывает электрон и образует группу $Fe^{3+}-V_N-Fe^{3+}$. Орбитали, занятые захваченными электронами, перекрываются с d-оболочками ионов Fe, и захваченный электрон имеет спин, направленный по полю, в то время как и у двух ионов Fe спины также направлены по полю, что и приводит к появлению у образцов ферромагнитных свойств.

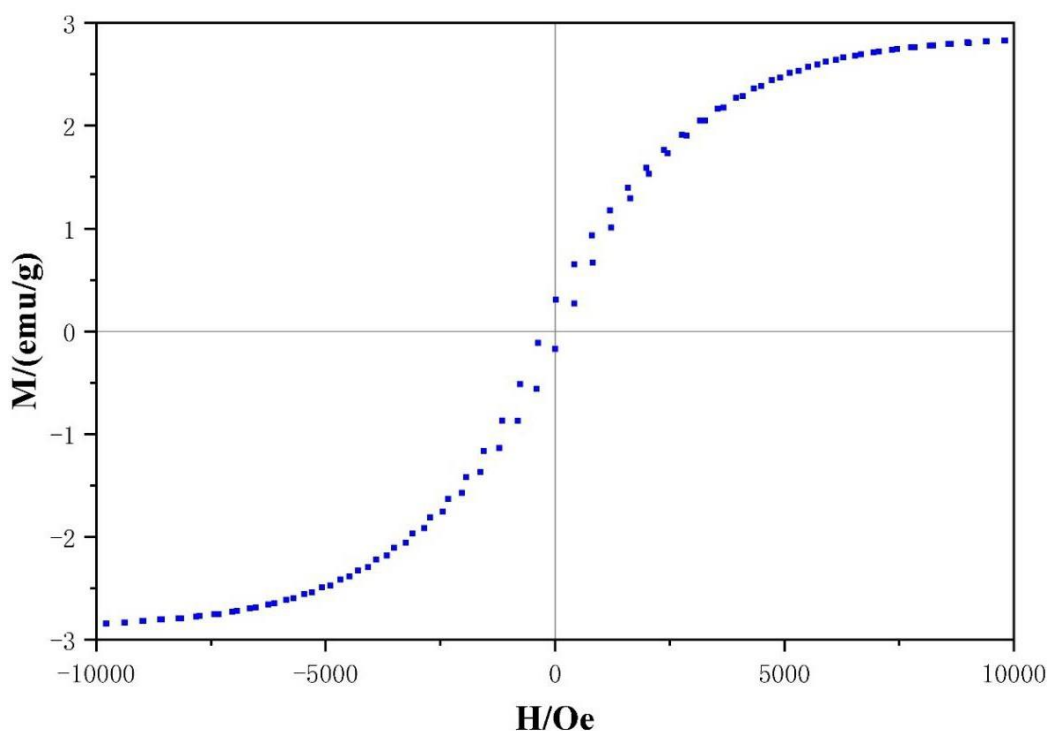


Рисунок 3.5.1– Кривые М-Н наноструктур AlN:Fe при комнатной температуре

Для образцов с другим механизмом роста VSL может добавляться часть магнетизма от верхних железных шариков, что требует дальнейших сравнительных экспериментов для анализа.

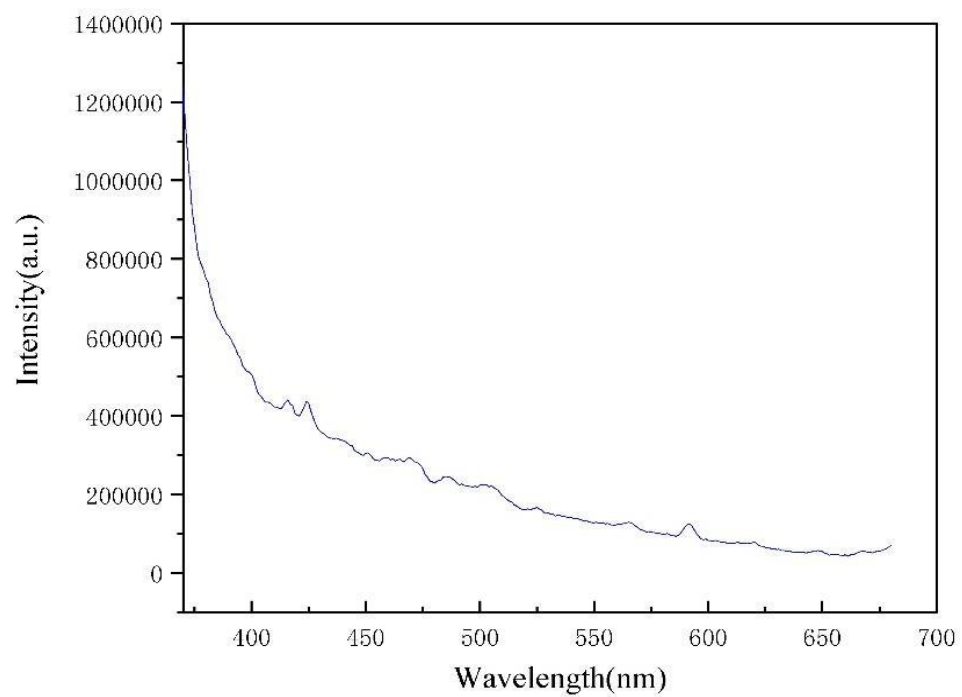


Рисунок 3.5.2 – Спектр флуоресценции образца

Образец был проанализирован по спектру флуоресценции, и было обнаружено, что AlN:Fe не имеет характеристик флуоресценции.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б91	Лю Гэньжун

Школа		Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	«Физика»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Затраты на сырьё, размер окладов, затраты на электроэнергию, амортизационные расходы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	– Согласно проектной документации. Районный коэффициент 1.3
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	– Отчисления во внебюджетные фонды 30%
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	– Потенциальные потребители результатов исследования; – проведение анализа конкурентоспособности.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	– цели и результаты проекта; – организационная структура проекта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	– структура работ в рамках научного исследования; – разработка графика проведения научного исследования; – бюджет научно-технического исследования.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности НИ; 2. SWOT- анализ; 3. Диаграмма Ганта; 4. Бюджет затрат научно-технического исследования 5. Основные показатели эффективности НИ	

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Лю Гэньжун		

ГЛАВА 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы "Свойства наноматериалов на основе нитрида алюминия (AlN), синтезированных в плазме дугового разряда на постоянном токе, и легированных железом (Fe)" заключается в экономическом планировании и оценке ресурсоэффективности создания материалов.

В данном разделе предусмотрены следующие задачи по оценке коммерческого потенциала и перспектив научных исследований:

- Провести SWOT – анализ для выявления сильных и слабых сторон проекта;
- Провести планирование научно – исследовательской работы;
- Определить бюджет научного проекта;
- Определить ресурсоэффективность проекта;

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследований являются организации полупроводниковой, энергетической и информационной сферы. В каждой области материалы должны производиться экономичным способом для достижения новых свойств и качеств. Это означает, что потребителями являются крупные коммерческие и некоммерческие организации, связанные с отраслью.

Для выявления групп потребителей, которым могут быть интересны результаты этих научных исследований, необходимо сегментировать рынок.

Ключевые характеристики сегментированных потребителей:

Местоположение – регион с развитой электронной промышленностью

(полупроводники, энергетика и информация).

Отношение к сервису – готовность внедрять новые технологии в техпроцессы.

Принципы закупок – Компания осуществляет централизованные закупки.

Поскольку исследование, представленное в работе, обеспечивает технологию для новых материалов, результаты будут интересны большинству организаций, независимо от того, где они расположены. Для выявления групп потребителей, которые могут быть заинтересованы в данных композитных материалах, необходимо сегментировать рынок. В таблице 1 показана диаграмма сегментации рынка по модификации поверхности.

Таблица 1. Карта сегментирования рынка услуг в области наноматериалов

		Вид услуги		
		Используйте материал в качестве смазки	Используйте этот материал в качестве подложки для крупных интегральных схем и упаковочного материала.	Используйте этот материал в качестве чип-конденсатора.
Сфера услуг	Электронный компонент			
	Интегральная схема			
	машиностроение			
	ЛТЛ «Электронные материалы Фуцзянь Хуацин»		ЛТД «Электронные технологии Джиари Фэнтай»	ЛТД «Химическая интеграция (Сямынь) Полупроводниковая технология»

В качестве конкурентных компаний были рассмотрены: ЛТЛ «Электронные материалы Фуцзянь Хуацин», ЛТД «Электронные технологии Джиари Фэнтай» и ЛТД «Химическая интеграция (Сямынь) Полупроводниковая технология».

4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

4.2.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Продукт: Электронный материал AlN: Fe, легированный Fe на основе AlN, имеет характеристики AlN и разбавленного магнитного полупроводника.

Целевой рынок: компании, производящие полупроводниковую электронику, и компании, производящие новые материалы.

Детальный анализ конструктивного исполнения необходим, т.к. каждый тип конструктивного исполнения имеет свои достоинства и недостатки. Данный анализ производится с применением оценочной карты. Экспертная оценка производится по техническим характеристикам и экономическим показателям по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее низкая оценка, а 5 – наиболее сильная. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1. Б_Ф – высокоинтенсивная модификация внутренней поверхности отверстий пучками ионов азота низкой энергии. Б_{К1} – нанесение защитных покрытий.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, для этого были отобраны 2 конкурентные разработки. Расчет показателя конкурентоспособности производился по формуле:

$$K = \sum i B_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

где B_i – бал i -го показателя, B_i – вес показателя (в долях единицы).

Таблица 2. Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Ф	Б _{К1}	Б _{К2}	К _Ф	К _{К1}	К _{К2}

1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Классы материалов для использования	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	5	3	1,25	1,25	0,75
3. Уровень шума работы установки	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
4. Качество изделий	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
5. Простота в эксплуатации	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
6. Скорость создания изделий	0,1	5	4	2	0,5	0,4	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена изготавливаемой продукции	0,15	4	3	2	0,6	0,45	0,3
Итого:	1	31	28	17	4,55	4,1	2,75

$$K_{\Phi} = 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,55$$

$$K_{K1} = 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 = 4,1$$

$$K_{K2} = 0,2 \cdot 3 + 0,25 \cdot 3 + 0,1 \cdot 2 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 2 + 0,15 \cdot 2 = 2,75$$

Где, конкурентами является K1 – композитный материал на основе AlN, а K2 – композитный материал на основе GaN. Соответственно Бк1 – это балльная оценка конкурентоспособности по заявленным критериям AlN и Бк2 – это балльная оценка конкурентоспособности по заявленным критериям GaN.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что вариант №1 является предпочтительным.

4.2.2 SWOT – анализ

Для оценивания актуальности проекта часто применяется методика SWOT –

анализа, которая позволяет рассмотреть его перспективы, слабые и сильные стороны. SWOT – является аббревиатурой, которая раскрывает аспекты данного вида анализа, а именно:

- Сильные стороны (Strengths) - преимущества проекта
- Слабости (Weaknesses) - недостатки проекта
- Возможности (Opportunities) - факторы внешней среды, использование которых создаст преимущества проекту на рынке
- Угрозы (Threats) - факторы, которые могут потенциально ухудшить положение проекта на рынке

Основная задача данного типа анализа систематизировать все данные об имеющемся проекте и на основе наглядно представленной информации принимать решения о дальнейшем развитии проекта, а в нашем случае научного исследования

Таблица 3 – SWOT – анализ

	Сильные стороны научно - исследовательского проекта С1 Возможность изготовления высокотехнологичного композита с необходимыми свойствами С2 Использование нового метода изготовления композита снижает количество пор в материале С3 Экологически безопасное производство С4 Высокие технологические свойства материала С5 Применение для создания деталей сложных геометрических форм	Слабые стороны научно – исследовательского проекта Сл1. Высокие требования к исходным материалам для изготовления Сл2. Необходимость изготовления большого количества оборудования для промышленных нужд Сл3. Требования к расчету параметров для получения необходимых свойств
Возможности В1 Высокая потребность современных отраслей промышленности в новых материалах В2 Улучшение плотности самого композита В3 Возможность изготовления деталей, которые ранее изготавливались «классическими» методами и замена этих методов		
В4 Увеличение количества производимого композита и сокращение затрат на производство В5 Добавление возможных примесей для получения новых свойств		
Угрозы У1 Наличие других исследовательских групп, занимающихся схожими разработками У2 Возможность сокращения		

бюджета исследования, за счет отданного предпочтения «классическим» проверенным методам.		
---	--	--

По завершению первого этапа SWOT – анализа были обозначены и сформулированы четыре необходимых области. Второй этап заключается в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно – исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Анализ несоответствий поможет привести необходимые корректировки в научно – исследовательский проект

Таблица 4 – Интерактивная матрица сильных сторон с учетом возможностей

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	+	-	-	+	+
	B3	+	-	-	+	+
	B4	+	-	-	-	-
	B5	+	-	-	+	-

При проведении анализа таблицы учета сильных сторон и возможностей, можно выделить следующие коррелирующие комбинации: B1C1C2C3C4C5, B2C1C3C4C5, B3C1C4C5, B4C1, B5C1C4C5.

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

Таблица 5 – Интерактивная матрица слабых сторон с учетом возможностей

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	+	+
	B2	+	-	+
	B3	-	+	-
	B4	-	-	-

	B5	-	-	-
--	----	---	---	---

При проведении анализа таблицы учета слабых сторон и возможностей, можно выделить следующие коррелирующие комбинации: B1Сл1Сл2Сл3, B2Сл1Сл3, B3Сл2.

Таблица 6 – Интерактивная матрица сильных сторон с учетом угроз

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

При проведении анализа таблицы учета «сильных сторон проекта с учетом угроз», выявлены следующие комбинации: У1С1, У1С3, У2С1.

Таблица 7 – Интерактивная матрица слабых сторон с учетом угроз

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	-
	У2	+	+	-

При реализации 3 этапа в результате рассмотрения 4 матриц составляется окончательная матрица SWOT – анализа.

Таблица 6 – Итоговая матрица SWOT - анализа

	Сильные стороны научно - исследовательского проекта C1 Возможность изготовления высокотехнологичного композита с необходимыми свойствами C2 Использование нового метода изготовления композита снижает количество пор в материале C3 Экологически безопасное производство C4 Высокие технологические свойства материала C5 Применение для создания деталей сложных	Слабые стороны научно – исследовательского проекта Сл1. Высокие требования к исходным материалам для изготовления Сл2. Необходимость изготовления большего количества оборудования для промышленных нужд Сл3. Требования к расчету параметров для получения необходимых свойств
--	--	---

	геометрических форм	
Возможности В1 Высокая потребность современных отраслей промышленности в новых материалах В2 Улучшение плотности самого композита В3 Возможность изготовления деталей, которые Ранее	В1С1С2С3С4С5 – современные производства нуждаются в создание новых, более совершенных композитов. К данным композитам также предъявляется ряд серьезных требований, которые согласуются с сильными сторонами проекта. В2С4С4 – увеличение плотности позитивно сказывается на параметрах материала при применении в механических конструкциях	В1Сл1Сл2Сл3 - к композиционным материалам предъявляются высокие требования. Однако из – за новизны метода требуется создание производственной базы для создания больших партий композита. В2Сл1Сл3 – подобные возможности открываются только при условии закрепления
изготавливались «классическими» методами и замена этих методов В4 Увеличение количества производимого композита и сокращение затрат на производство В5 Добавление возможных примесей для получения новых свойств	В3С1С5 – данная возможность появляется благодаря лучшим свойствам материала, что позволяет занять область рынка, которая раньше принадлежала другим методам. В4С1 – для достижения свойств материала, полученного методом искрового разряда, другим производствам требуется затратить большее количество ресурсов. В5С1С4 – возможности исходного композита открывают широкую область возможных модификаций.	исходного композитного материала на рынке. В3Сл2 – Нежелание или невозможность переоснащения может помешать выпуску нового композита.
Угрозы У1 Наличие других исследовательских групп, занимающихся схожими разработками У2 Отдайте предпочтение «классическим» проверенным методам, сократите бюджет исследований	У1С1С3 – наличие конкурирующих научных групп, занимающихся схожей тематикой создает угрозы того, что будет создан композит со свойствами лучшим, чем у данного У2С1 – угроза непринятия нового метода за счет длительного существования старого, консервативного подхода к производству	У1Сл1Сл2 – подобные исследования требуют постоянного финансирования на ранних этапах У2Сл1Сл2 – консервативным методам отдается предпочтение

В результате рассмотрения матрицы SWOT – анализа можно сделать вывод, что

основные угрозы проекту следует ожидать со стороны внешнего вида.

Он имеет ряд преимуществ, связанных с физическими свойствами заданного композита, что позволяет ему занять место на рынке по сравнению с другими. Однако новое производство требует нового дорогостоящего оборудования для его производства, что и является основной трудностью его реализации.

4.3 Планирование научно-технического исследования

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведено распределение исполнителей по видам работ. Планирование комплекса предполагаемых работ осуществлялось в следующем порядке:

- разработка задания;
- теоретические исследования;
- составление порядка эксперимента, выбор технических режимов;
- изготовление исследуемых образцов;
- изготовление подготовка исследуемых образцов к исследованиям;
- экспериментальные исследования;
- оценка результатов экспериментов;
- оформление отчёта по ВКР;
- подготовка к защите ВКР.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5.

Таблица 5. Распределение исполнителей и этапы выполняемых работ

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка	1	Составление и утверждение технического	Руководитель темы

технического задания		задания	
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, лаборант (дипломник)
	3	Проведение патентных исследований	Руководитель, лаборант
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, лаборант
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, лаборант
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, лаборант
	7	Составление порядка эксперимента, выбор технических режимов	Руководитель, лаборант, сотрудник-техник
	8	Изготовление исследуемых образцов	Инженер
	9	Подготовка исследуемых образцов к проведению экспериментов	Инженер
	10	Проведение экспериментов	Руководитель, лаборант, сотрудник-техник
	11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями и подготовка к участию в конференции	Руководитель, лаборант
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов и участие в конференции	Руководитель, лаборант
	13	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, лаборант

Данная таблица отображает вклад каждого участника исследовательской работы.

Наибольшая часть работы приходится на лаборанта (дипломника).

4.3.1 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.

С целью определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используем следующую формулу:

$$t_{ож} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5}, \quad (5.2)$$

где $t_{ож}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения работы, чел.дн.; t_{min} – минимально возможная трудоёмкость выполнения работы, чел.дн.; t_{max} –

максимально возможная трудоёмкость выполнения работы, чел.-дн. Оценка трудоёмкости выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 43 + 2 \cdot 91}{5} = 62.2 \text{ чел.-дн.}$$

Трудоёмкость выполнения научного исследования для сотрудника – техника:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 18}{5} = 10.8 \text{ чел.-дн.}$$

Трудоёмкость выполнения научного исследования для лаборанта:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 61 + 2 \cdot 129}{5} = 88.2 \text{ чел.-дн.}$$

Далее определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (5.3)$$

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

Произведем длительно работ в рабочих днях.

Расчёт продолжительности работы выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$T_{pд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д} = \frac{62.2 \text{ чел.-дн.}}{1} \cdot 1 = 62.2 \text{ раб.дни}$$

Продолжительность работы выполнения научного исследования для сотрудника-

техника:

$$T_{РД} = \frac{10.8 \text{ чел.-дн.}}{1} \cdot 1 = 10.8 \text{ раб.дни}$$

Продолжительность работы выполнения научного исследования для лаборанта:

$$T_{РД} = \frac{88.2 \text{ чел.-дн.}}{1} \cdot 1 = 88.2 \text{ раб.дни}$$

Ленточный график проведения научных работ изображается в форме диаграммы Ганта. Для построения диаграммы необходимо перевести рабочие дни в календарные дни, для чего воспользуемся следующим соотношением:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_K, \quad (5.4)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях; T_K – коэффициент календарности, определяющийся выражением 4.4.

$$T_K = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}}, \quad (5.5)$$

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

Рассчитаем коэффициент календарности по формуле 4.4:

$$T_K = \frac{365}{365 - 66} = 1.22$$

Построим таблицу по результатам расчётов, в которой укажем трудоёмкости работ, название работы, а также укажем длительность работ в рабочих и календарных днях, таблица 6.

Таблица 6. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Длит. работ в раб. дни ТРД			Длит. работ в кален. дни ТКД		
	tmin, чел.-дн			tmax, чел.-дн			tОЖ, чел.-дн			НР	СТ	ЛАБ	НР	СТ	ЛАБ
	НР	СТ	ЛАБ	НР	СТ	ЛАБ	НР	СТ	ЛАБ						
Составление и утверждение технического задания	2	-	-	4	-	-	2.8	-	-	2.8	-	-	3.4	-	-
Подбор и изучение материалов по теме	10	-	10	21	-	30	14.4	-	18	14.4	-	18	17.6	-	21.96
Проведение патентных исследований	5	-	7	8	-	15	6.2	-	10.2	6.2	-	10.2	7.6	-	12.4
Выбор направления исследований	3	-	5	4	-	7	3.4	-	5.8	3.4	-	5.8	4.2	-	7.1
Календарное планирование работ по теме	2	-	3	3	-	4	2.4	-	3.4	2.4	-	3.4	2.9	-	4.2
Проведение теоретических расчетов и обоснований	4	-	7	6	-	10	4.8	-	8.2	4.8	-	8.2	5.9	-	10
Составление порядка эксперимента, выбор технических режимов	1	1	2	3	3	4	1.8	1.8	2.8	1.8	1.8	2.8	2.2	2.2	3.4
Изготовление исследуемых образцов	-	-	2	-	-	3	-	-	2.4	-	-	2.4	-	-	2.9
Подготовка образцов к проведению экспериментов	-	-	7	-	-	12	-	-	9	-	-	9	-	-	11
Проведение экспериментов	5	5	5	15	15	15	9	9	9	9	9	9	11	11	11
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями; подготовка к конференции*	5	-	7	10	-	12	7	-	9	7	-	9	8.5	-	11
Оценка эффективности полученных результатов; участие в конференции**	3	-	3	10	-	10	5.8	-	5.8	5.8	-	5.8	7.1	-	7.1
Определение целесообразности проведения ОКР	3	-	3	7	-	7	4.6	-	4.6	4.6	-	4.6	5.6	-	5.6
Итог	43	6	61	91	18	129	62.2	10.8	88.2	62.2	10.8	88.2	75.9	13.2	107.6

На основе таблицы 6, построим календарный план-график. График построим для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования. Отметим области в зависимости от исполнителей, ответственных за конкретную работу, таблица 7.

Таблица 7 – Календарный план-график (график Ганта) проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	Тк _и , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
				январь	февраль			март			апрель			май			июнь	
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы	4.88															
2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель	25.6															
		Лаборант (дипломник)	36.6															
3	Проведение патентных исследований	Руководитель	9.8															
		Лаборант (дипломник)	18.3															
4	Выбор направления исследований	Руководитель	4.9															
		Лаборант (дипломник)	8.5															
5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	3.7															
		Лаборант (дипломник)	4.9															
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель	7.3															
		Лаборант (дипломник)	12.2															
7	Составление порядка эксперимента,	Руководитель	3.7															
		Лаборант (дипломник)	4.9															

	выбор технических режимов	Сотрудник- техник	3.7															
8	Изготовление исследуемых образцов	Лаборант (дипломник)	3.7															
9	Построение 3Д моделей	Лаборант (дипломник)	14.6															
10	Проведение экспериментов	Руководитель	18.3															
		Лаборант (дипломник)	18.3															
		Сотрудник- техник	18.3															
11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями;*	Руководитель	12.2															
		Лаборант (дипломник)	14.6															
12	Оценка эффективности полученных результатов;**	Руководитель	12.2															
		Лаборант (дипломник)	12.2															
13	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель	8.5															
		Лаборант (дипломник)	8.5															

Руководитель темы
Лаборант (дипломник)
Сотрудник-техник

Таким образом, в ходе данного этапа работы были определены длительности и обозначены сроки выполнения всех запланированных видов работ. Была построена диаграмма Ганта, наглядно демонстрирующая этапы выполнения проекта участниками.

В результате выполнения подраздела был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

4.4 Бюджет научного исследования

4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

В данном разделе составлен полный бюджет научных исследований. Расходы научных исследований состоят из материальных затрат, расходов на специальные оборудования, основной и дополнительной заработной платы, социальные отчисления и накладные расходы.

В статью расходов входят затраты на приобретение материалов, комплектующих изделий, необходимых для выполнения работ по данному научному исследованию. В таблице 8 приведены расходы по данной статье.

Таблица 8. Сырье, материалы, комплектующие изделия

Наименование	Марка, размер	Кол- во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Al порошок	кг	1	2165	2165
Fe порошок	кг	1	1445	1445
Канцелярские товары	шт.			1900
Спирт	500 мл	2	400	800
шлифовальный инструмент	Число	1	670	670
Халат	М	1	750	750
Набор лабораторных инструментов	Малый	1	1300	1300
пробоотборная трубка	2ml	200	400	400
Всего за материалы				9430
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				377.2
Итого по статье				9807.2

Согласно полученным данным, порошковое сырье имеет максимум.

4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В рамках выполнения исследования использовалось имеющееся в собственности XRD, оборудование SEM, и закупка дополнительного специального оборудования не производилась. В таком случае затраты на специальное оборудование отсутствуют. Однако в ходе эксплуатации оборудования средства были затрачены в соответствии с амортизационными отчислениями. Расчет амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов.

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (5.6)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет Амортизация:

$$A_M = \sum \frac{I \cdot H_A}{12}$$

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

Таблица 9. Амортизационные расходы

№	Наименование оборудования	Ст-ть, руб.	Срок полезного исп., лет	Н _л , %	Время исп., мес.	Амортизационные расходы, руб
2	DX-2700B XRD	8897550	7	14	1	103805
3	ZHF-500Электродуговая печь для получения фуллеренов	1186340	10	10	2	19772
4	HTACHU Regulus8100 SEM & BRUKER QUANTAX 200 EDS	593170000	10	10	0,1	494308
Итого:						617885

4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную

заработную плату.

Основная заработная плата работников вычисляется по формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (5.7)$$

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

Основная заработная плата одного работника:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p \quad (5.8)$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывалась по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} \quad (5.9)$$

где $З_m$ – 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 10 представлен годовой баланс рабочего времени для 6- дневной рабочей недели, в таблице 11 представлен расчет основной заработной платы.

Таблица 10. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	47
Действительный годовой фонд рабочего времени	252

Таблица 11. Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб/мес	Среднедневная ставка, руб/раб. день	Затраты времени, раб. дни	Фонд, з/платы, руб
Научный руководитель	26116	1077.8	62.2	67039.16
Сотрудник-техник	13058	538.9	10.8	5820.12
Лаборант (дипломник)	-	-	88.2	-

Итого	72859.28
-------	----------

По данным таблицы 11 получены данные по затратам на заработную плату сотрудников за весь период ВКР.

4.4.4 Дополнительная заработная плата

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (5.10)$$

где, $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0.12-0.15).

Дополнительная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 0.13 \cdot 67039.12 = 8715.09 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата сотрудника-техника:

$$Z_{\text{доп}} = 0.13 \cdot 5820.12 = 756.62 \text{ руб.}$$

Суммарная дополнительная заработная плата равна 9471,71 рубль.

4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Данные расходы включают 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. Ставка отчислений во внебюджетные фонды для учреждений, осуществляющих научную и образовательную деятельность, на 2021 год составляет 30% (ПФ – 22%, ФФОМС – 5.1%, ФСС – 2.9%)

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$Z_{\text{внеб.}} = k_{\text{внеб.}} \cdot Z_{\text{осн.}} = 69915 \cdot 0.3 \approx 20974.5 \text{ руб} \quad (5.11)$$

где $k_{\text{внеб.}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды ($k_{\text{внеб.}} = 0,3$).

4.4.6 Расчет затрат на электроэнергию

Потребляемая мощность анализатора составляет 7 кВт/час. Длительность еженедельной работы на комплексной технологической установке составляет 2

часа. Стоимость электроэнергии в Томске составляет 5.748 рубля за 1 кВт/час. Стоимость электропотребления за 5 месяцев рассчитывается по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об.} \cdot Ц_{э} \cdot t_{об.}, \quad (5.12)$$

где $P_{об.}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт; $Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час; $t_{об.}$ – время работы оборудования, час.

Затраты на электроэнергию для технологических целей приведены в таблице 12.

Таблица 12. Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования	Потребляемая мощность $P_{об.}$, кВт	Затраты $C_{эл.об.}$, руб.
Персональный компьютер	646	0.3	1113,96
Комплексная технологическая установка	50	20	5350
Итого			6463,96

4.4.7 Расчет затрат на научные и производственные командировки и накладные расходы

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов, а также организационных взносов на конференции. Расчеты по данному пункту представлены в таблице 13.

Таблица 13. Расчеты на научные и производственные командировки

Наименование мероприятия	Оплата, руб
Конференция «Перспективы развития фундаментальных наук XVIII)	1500
Итого: 1500 руб.	

Накладными расходами учитываются прочие затраты организации, такие как: печать и ксерокопирование проектировочных документов, оплата услуг связи. Накладные расходы определяются:

$$z_{\text{накл}} = \frac{\sum \text{статей} \cdot 1}{7} \cdot k$$

где k – коэффициент, учитывающий накладные расходы (k = 0,16).

4.4.8 Формирование бюджета затрат НТИ

Расчет бюджета затрат в результате проведения НТИ представлен в таблице 12.

Таблица 12. Бюджет затрат

Наименование статьи	Сумма, руб
Материальные затраты	9807,2
Затраты на специальное оборудование для научных работ	617885
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	72859,28
Затраты по доп. заработной плате исполнителей темы	9471,71
Отчисления во внебюджетные фонды	20974,5
Затраты на электроэнергию	6463,96
Затраты на научные производственные командировки	1500
Накладные расходы	500
Бюджет затрат	739461,65

4.5 Ресурсоэффективность

Определение эффективности происходит на основе расчёта интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трёх вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчёта, с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{ФИНР}}^{\text{ИСП}} = \frac{\Phi_{Pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.13)$$

где Φ_{Pi} – стоимость i-го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость

исполнения научно-исследовательского проекта.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.14)$$

В таблице 13 представлена сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта. Данный проект сравнивается с методикой качественного анализа материалов, заложенной в программе как базовая.

Таблица 13. Сравнительная оценка характеристик

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Данный проект	Базовая методика качественного анализа материалов
Способствует росту производительности труда	0.25	5	5
Соответствует требованиям потребителей	0.15	4	4
Энергосбережение	0.2	4	3
Надежность	0.2	4	4
Материалоемкость	0.2	5	4
Интегральный показатель ресурсоэффективности		4.45	4.25

Характеристики имеют схожие критерии, так как методики реализованы для одного прибора. Каждая из представленных методик реализована для определённой задачи.

Пример расчёта интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_p = 0.25 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 4 + 0.2 \cdot 4 + 0.2 \cdot 5 = 4.45$$

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

$$I_{\text{ИСП}} = \frac{I_{Pi}}{I_{\text{ИСПи}}^{\text{ФИНР}}}, \quad (5.15)$$

Сравнительная эффективность проекта определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{CP}} = \frac{I_{\text{ДП}}}{I_{\text{ИСП}}}, \quad (5.16)$$

В таблице 14 представлена сравнительная эффективность данного проекта с базовой методикой качественного анализа материалов.

Таблица 14. Сравнительная эффективность

Показатели	Данный проект	Базовая методика качественного анализа материалов
Интегральный финансовый показатель	1	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4.45	4.25
Интегральный показатель эффективности	4.45	4.25
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1.05	0.95

Анализируя данные таблицы 14, разработанная методика эффективнее стандартной. Традиционная оценка экономической эффективности полученных результатов невозможны, т.к. они носят чисто научный характер.

Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент» был выполнен анализ конкурентоспособности. Проведён SWOT-анализ проекта, в ходе которого были выявлены потенциальные внутренние и внешние сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Из анализа выяснили, что потенциальных сильных сторон у проекта больше, чем слабостей, что свидетельствует о перспективности исследования. Сильными сторонами можно назвать то, что технология является экономичной, энергоэффективной и экологичной, имеет маленький срок готовых результатов при проведении научного исследования и имеет квалифицированный персонал. К слабым сторонам можно отнести отсутствие прототипа научной разработки, Недостаток финансовых средств, большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования.

При планировании научно-исследовательской работы был произведен подсчет бюджета исследования по материальным затратам (9807,2 руб.), затратам на специальное оборудование для научной работы (617885 руб.), затратам по основной заработной плате исполнителей тем (72859,28 руб.),

затратам по дополнительной заработной плате (9471,71 руб.), затратам на научные и производственные командировки (1500 руб.), отчислениям во внебюджетные фонды (20974,5), затратам на электроэнергию (6463,96 руб.) и накладным расходам (500 руб.). Всего бюджет составил 739461,65 руб.

Проведена оценка результатов ресурсоэффективности, которая составила 4,45 из 5, что говорит о хорошей эффективности реализации технического проекта.

Проведение такого рода оценки коммерческой ценности необходимо, чтобы оценить состояние и перспективы проводимых научных исследований.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б91	Лю Гэньжун

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	ОЭФ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	03.03.02 Физика

Тема ВКР:

Синтез и исследование свойств $\text{KTi}_2(\text{P04})_3$	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	Работа проводилась в лаборатории 613 блока В здания Тан Аоцин Цзилиньского университета. Технический процесс заключается в насыщении водородом углеродного материала, содержащего нанотрубки с помощью автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller. В процессе возникли следующие вредные факторы: отклонение показателей микроклимата в помещении превышение уровней шума; превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений недостаточная освещенность рабочей зоны; и опасный фактор – электрический ток. В работе возникают отходы спирта, которые могут вызвать загрязнение гидросферы. Возможно, возникают пожар и взрыв газовых баллонов, и пожар в процессе работы.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. СанПиН 2.2.4.548 – 96. ГОСТ 12.1.006 – 84 ССБТ. ГОСТ 12.1. 045 – 84 ССБТ. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. СанПиН 2.2.2/2.4.1340– 03.
2. Производственная безопасность при эксплуатации: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер. Прохождение тока может вызывать у человека раздражение и повреждение различных органов. Пороговый неотпускающий ток составляет 50 Гц (6– 16мА). Основные коллективные способы и средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль; установка оградительных устройств. Индивидуальные основные изолирующие электрозащитные средства способны длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановок.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	В процессе выполнения работы могут возникать отходы спирта, которые могут вызвать загрязнение гидросферы. Спирт используют для подготовки образцов углеродного материала. После этого процесса, в растворе спирта могут существовать аморфы углерода и наноуглерод. Для охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения, можно обработать отходы спирта методом дистилляции. Полученный спирт после процесса

	дистиляции может использовать повторно.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	В связи с использованием водорода в процессе выполнения работы насыщения водородом углеродного материала, содержащего нанотрубки, существуют опасности пожар и взрыв. Чтобы избежать такой опасности необходимы следующие мероприятия: 1) создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в постоянной готовности системы общего оперативного и локального оповещения и информации о пожаре и взрыве; 3) проектирование, размещение, строительство и эксплуатация объектов инфраструктуры, в том числе и потенциально опасных. готовности; 2) наличие и поддержание в
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А.И.	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Лю Гэньжун		

ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Данный раздел выпускной квалификационной работы посвящен вопросам обеспечения нормативных условий труда и (санитарно-гигиенические требования, обеспечение пожарной безопасности, защита от опасных и вредных производственных факторов) в соответствии с нормативными документами.

Данная работа представляет собой сравнительные исследования различных свойства наноматериалов AlN, синтезированных дуговым методом на постоянном токе и легированных железом (Fe), полученного различными методами. Это предполагает работу на различных установках. Например, установка Электродуговая печь ZHF-500 для подачи образцов дугового синтеза постоянного тока, сканирующий электронный микроскоп с энергодисперсионной приставкой Quanta 200 3D, рамановский спектрометр.

Поэтому рассмотрение безопасности и гигиены труда при осуществлении работ с AlN, синтезированных дуговым методом на постоянном токе и легированных железом (Fe) с помощью специального оборудования для проведения экспериментов с целью определения морфологии поверхности особенно важно при проведении данного исследования.

Данный раздел рассматривает опасные и вредные факторы исследования, а также отвечает на вопросы безопасности рабочего и сохранности его здоровья.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.

Правовые нормы трудового законодательства, относительно работы в описанных выше условиях регулируются таким документом как, трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021).

Таким образом, нормальная продолжительность рабочего времени не может

превышать 40 часов в неделю, а режим работы предусматривает

продолжительность рабочей недели, в данном случае шестидневная рабочая неделя. Как следствие, применяется следующий режим работы: с понедельника по пятницу 7 часов в день, в субботу 5 часов в день. Оплата труда производится в размере не меньше МРОТ, и нормы труда установлены в соответствии с уровнем техники, технологии, организации производства и труда.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

Рациональная планировка рабочего места должна обеспечивать: наилучшее размещение орудий и предметов труда, не допускать общего дискомфорта, уменьшать утомляемость работника, повышать его продуктивность труда. Согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.», соблюдены требования о размере зоны досягаемости моторного поля в вертикальной и горизонтальной плоскостях, высоты рабочей поверхности, пространства для ног и рабочего сиденья. Отрегулировано размещение средств отображения информации, именно мониторов ЭВМ: под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости.

5.2 Производственная безопасность

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

В ходе анализа рабочего места при проведении исследований было выявлено, что в лаборатории возможно наличие таких вредных и опасных факторов, как: отклонение показателей микроклимата; повышение уровня шума; недостаточная освещенность рабочей зоны; опасность электрического тока. Все вышеописанные факторы объединены в таблице 4.1 и классифицированы в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 .

Таблица 5.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Тип фактора		Нормативные документы
	Вредный	Опасный	

1.Отклонение показателей микроклимата	+	-	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [4].
2.Превышение уровня шума	+	-	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.[5]
3.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	-	СанПиН 2.1.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.[7]
4.Опасность электрического тока	-	+	Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 12.1.019-2017[9]
5. присутствие вредных веществ	+	-	Воздух рабочей. Металлы и металлоиды в частицах, находящихся в воздухе.Требования к оценке процедур измерения. ГОСТ Р 21832-2021[12]
6. схема эвакуации при пожаре.	+	-	СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений.»

5.2.2 Отклонение показателей микроклимата Анализ показателей микроклимата

Микроклиматом называются метеорологические условия внутри производственных помещений. К показателям, входящим в понятие микроклимат можно отнести такие факторы как: температура воздуха, скорость движения воздуха, влажность и тепловое излучение.

Повышенная влажность воздуха затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Санитарными нормами, установленными для производственных помещений заданы оптимальные и допустимые диапазоны температуры воздуха, скорости движения молекул и влажности воздуха. В таблицах 5-6 представлены оптимальные и допустимые параметры рабочей зоны для различных категорий работ. В нашем случае, категория работ - Па, т.е. работы, связанные с постоянной

ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей. В этом эксперименте температура окружающего воздуха всегда поддерживается на уровне 24°C, а скорость ветра поддерживается на уровне 0,1-0,2 м/с, что обеспечивается центральной системой кондиционирования воздуха, подключенной к экспериментальному зданию. Зона реакции в экспериментальном устройстве изолирована от вакуума, а устройство водяного охлаждения будет непрерывно охлаждать металлическую внутреннюю стенку вокруг дуги в вакуумной стеклянной крышке, поэтому изменение температуры окружающей среды, вызванное экспериментальным устройством, очень мало.

Таблица 5 - Оптимальные и допустимые параметры температуры для рабочей зоны

Период года	Температура, °C		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.
Холодный	22-24	18-26	40-60	75	0,1	≤ 0,1
Теплый	23-25	20-30	40-60	55 (280°C)	0,1	0,1-0,2

Таблица 6 - Оптимальные и допустимые параметры скорости движения воздуха для рабочей зоны

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
			Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	IIa (175-232)	15-75	0,1	0,3
Теплый	IIa (175-232)	15-75	0,1	0,4

Таблица 7 - Предельно допустимые концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия

Вещества	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Алюминия окись в виде аэрозоля конденсации	2	4
Алюминия окись в виде аэрозоля дезинтеграции (глинозем, электрокорунд)	6	4
Кремния двуокись кристаллический при содержании его в пыли: свыше 70% от 10 до 70% от 2 до 10%	1	3
	2	4
	4	4
Кремния двуокись аморфный, в виде аэрозоля конденсации	1	3
Пыль растительного и животного происхождения с примесями двуокиси кремния больше 10 %	2	4
Силикаты и пыль, содержащая силикаты: асбест асбестоцемент, цемент, апатит, глина тальк, слюда, мусковит	2	4
	6	4
	4	4
Чугун	6	4
Шамото-графитовые огнеупорные	2	4
Электрокорунд в смеси с легированными сталями	6	4
Электрокорунд хромистый	6	4

К средствам коллективной защиты можно отнести установки кондиционирования воздуха, основная задача которых поддерживать параметры воздуха в установленных пределах, для обеспечения надежной работы и комфортных условий для работников. Лаборатория имеет крупномасштабную систему вентиляции и фильтрации, соединенную с экспериментальным зданием, однако, независимо от того, является ли эксперимент взвешиванием и прессованием сырья или сбором образцов, большое количество порошка с Al, Fe и C в качестве основных компонентов будет продолжаться. будет производиться, и учитывая, что большинство образцов имеют структуру порядка 500 нм, поэтому необходимо использовать средства индивидуальной защиты и носить фильтрующие маски N95 на протяжении всего процесса.

5.2.3 Превышение уровня шума Анализ показателей уровня шума

Производственным шумом называется шум на рабочих местах, на участках или на территориях предприятий, который возникает во время производственного процесса. Источниками шума на производстве являются

транспорт, технологическое оборудование и системы вентиляции. В нашей научно-исследовательской лаборатории не находится никаких приборов и устройств, создающих шум, который может оказать влияние на здоровье.

Следствием вредного действия производства шума могут быть снижение работоспособности и снижение производительности труда.

Уровень шума на рабочем месте математиков - программистов и операторов видеоматериалов не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах - 65дБА. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63 - 8000 Гц.

Средства индивидуальной защиты органов слуха работающих установлены ГОСТ 12.4.318-2019 по системе стандартов безопасности труда.

Для определения допустимого уровня шума на рабочих местах используется ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности.» , СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки». В таблице 7 приведены допустимые уровни звукового давления на рабочем месте согласно нормам из СН 2.2.4/2.1.8.562–96.

Таблица 7 - Допустимые уровни звукового давления на рабочем месте, согласно

Вид деятельности	Частота, Гц							
	Уровень звукового давления, дБ							
Научная деятельность, проектирование	62	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	71	61	54	49	45	42	40	30

Основным источником шума в эксперименте в основном является система водяного охлаждения, и ее шум может достигать 70 децибел. Необходимо использовать средства коллективной защиты. По отношению к источнику возбуждения шума коллективные средства защиты подразделяются на средства, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта. Внутри

здания тихие помещения необходимо располагать вдали от шумных так, чтобы их разделяло несколько других помещений или ограждение с хорошей звукоизоляцией. В этом эксперименте стеклянная стена и стеклянная дверь в середине лаборатории используются для разделения комнаты, чтобы облегчить реакцию, чтобы войти в другую половину комнаты и продолжать время от времени наблюдать за состоянием реакции.

Конечно, также необходимо использовать средства индивидуальной защиты, и использование авиационных наушников David Clark H10-13H может эффективно удовлетворить потребности этого эксперимента по контролю шума.

5.2.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны Анализ показателей освещенности рабочей зоны

Качество освещения влияет на работоспособность сотрудника, на его психологическое состояние в процессе выполнения работ. Наиболее благоприятное влияние на состояние сотрудника оказывает преимущественно естественное освещение. Нормы естественного, искусственного и совмещенного освещения зданий и сооружений, мест производства работ вне зданий представлены в СанПиН 2.1.3685-21 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий» он определяет наименьшую освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях в зависимости от вида производимой деятельности.

В соответствии с СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95» все зрительные работы делятся на 8 разрядов и зависимости от размера объекта различения и условий зрительной работы. Принимаем четвертый разряд зрительной работы (средней точности). Допустимые значения наименьшей освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях в соответствии с выше обозначенным документом, для четвертого разряда зрительной работы приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Нормирование значения освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении

Характер зрительно й работы	Наименьший размер объекта	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различия	Характер фона	Освещенность, лк	
					Комбинир.	Общее
Средняя точность	0,5-1,0	а	Малый	Темный	750	300
		б	Малый	Средний	500	200
Разряд зрительно й работы	4	в	Средний	Темный	500	200
			Малый	Средний	400	200
			Средний	Средний	400	200

Естественного освещения в лаборатории по условиям зрительной работы, как правило, недостаточно, как правило, недостаточно, поэтому на рабочих местах оказывается задействованным и искусственное освещение. Оно может быть обеспечено с помощью люминесцентных ламп ЛВ (белого цвета) мощностью 20, 40, 80 Вт. Для рабочих мест с искусственным освещением регламентирована допустимая освещенность, согласно действующим санитарным нормам и правилам СП 52.13330.2016 . Согласно СП 52.13330.2016 газоразрядные лампы приняты в качестве основного источника света. Необходимо учитывать, пульсацию светового потока, слепящее действие, а также возникновение стробоскопического эффекта. Для уменьшения коэффициента пульсации люминесцентные лампы включают в разные фазы трехфазной электрической сети. Самым вредным освещением в этом эксперименте является не люминесцентная лампа и светодиодный светоизлучающий блок, а сильный свет, испускаемый дугой через верхнюю часть реакционного сосуда, и его интенсивность света не видна напрямую, и для наблюдения за реакционным устройством необходимо носить защитные очки 10197 производства компании ЗМ.

5.2.5 Электробезопасность Анализ электробезопасности

Основными причинами воздействия тока на человека являются: случайные проникновения или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования в результате

повреждения изоляции и т.д. Поражающее действие электрического тока зависит от значения и длительности протекания тока через тело человека, рода и частоты тока, места протекания тока, индивидуальных свойств человека. Опасной величиной тока является ток, равный 0,001 А, а смертельной 0,1 А. Также исход электропоражения зависит от состояния внешней среды. Могут быть следующие виды воздействий: термическое (ожог); электрическое; механическое (электрометаллизация), биологическое (паралич мышц, электрический удар)

Устанавливает предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений и токов ГОСТ 12.1.038 – 82. Помещение, в котором производилась дипломная работа, относится к помещениям, так как там отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность, вследствие этого к оборудованию предъявляются следующие требования: экран видеомонитора должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя (расстояния от источника).

5.3. Экологическая безопасность.

Вопрос об охране окружающей среды является актуальным и крайне важным в настоящее время, так как с каждым годом увеличивается количество веществ, загрязняющих окружающую среду. Использование металлических отходов состоит из нескольких технологических операций, в том числе: проверка металлических отходов, отделение отходов черных металлов от отходов цветных металлов, разделение различных неметаллических примесей, окончательный контроль отходов, обработка.

Для утилизации Аллюминиевых проб используют специальные контейнеры для неорганических материалов. Ввиду того, что титан не токсичен, предварительной обработке перед утилизацией он не подвергается. Вывоз отработанных проб продуктов осуществляется специализированными службами. Таким образом удастся избежать каких-либо загрязнений атмосферы, гидросферы и литосферы, непосредственно, в процессе работы.

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

Возможной ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы. Низкие температуры могут привести к авариям систем теплоснабжения. Также в результате порывов ветра могут быть обрывы линий электропитания, из-за чего возможны перебои в электроснабжении; перегрузки, которые могут стать причиной пожара. Для предотвращения подобных ситуаций необходима организация системы аварийного электропитания, по возможности проведение линии электроснабжения под землей.

Наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам электрического характера. Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Пожарная безопасность обеспечивается наличием огнетушителей. Огнетушитель углекислотный (ОУ-2) для тушения загораний веществ, горение которых не происходит без доступа воздуха, и электроустановок, находящихся под напряжением не более 10000 В. Огнетушитель химический водно-пенный (ОХВП-10) для тушения начальных загораний твердых веществ и легковоспламеняющихся жидкостей (кроме щелочных металлов и веществ, т.к. их горение происходит без доступа воздуха).

Здание соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу .

Здание, где был разработан дипломный проект, построено из кирпича. Помещение снабжено противопожарной защитой, направленной на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничения

материального ущерба от него рабочее помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 21-01-97.

5.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

В качестве превентивных мер по предотвращению пожаров и взрывов на объекте используются такие меры как: не менее одного раза за полгода необходимо проводить со всеми работниками противопожарный инструктаж, обучение правилам противопожарной безопасности; внедрение инструктивных материалов наглядной агитации, регламентов и норм ведения технологического процесса на подстанции; необходимо устраивать противоаварийные работы с распределением выполнения работ при аварийных ситуациях .

В рассматриваемой рабочей зоне, для увеличения противопожарной устойчивости: периодический осмотр состояния лабораторного оборудования, ремонт при необходимости; содержание в исправном состоянии токоведущих проводников, обеспечение беспрепятственного подхода, и отхода от оборудования.

В помещениях для оповещения рабочего персонала о наличии ЧС предусмотрено звуковое оповещение, происходящее при срабатывании датчиков на задымление в помещениях. Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения, применяющиеся до прибытия пожарной команды.

На каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений. План эвакуации представлен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – План эвакуации из рабочего помещения.

В передней и задней части лаборатории есть две двери. В случае возникновения чрезвычайной ситуации вы можете покинуть лабораторию через одну из дверей и пройти прямо по коридору около 10 м до ближайшего выхода, чтобы

покинуть здание лаборатории. В коридоре лабораторного корпуса установлена спринклерная система.

Выводы по разделу

В данном разделе были рассмотрены вопросы обеспечения безопасных, безвредных и пожароопасных условий труда, необходимых при выполнении и написании выпускной работы. Выявлены факторы, оказывающие вредное и опасное воздействие в ходе проведения эксперимента.

В результате анализа опасных и вредных факторов можно сделать вывод, что помещение, где был разработан дипломный проект, принадлежит к категории помещений без повышенной опасности по степени вероятности поражения электрическим током.

Для создания комфортных условий относительно микроклимата помещения необходимо наряду с естественной применять искусственную (механическую) вентиляцию.

В случае ЧС в лаборатории присутствует план эвакуации, огнетушитель. Лаборатория закрывается на сигнализацию и корпус находится под вахтовой охраной. По состоянию пожаробезопасности помещение соответствует нормам.

По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От. 30.04.2021)
2. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.»
3. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы, и их классификация.»
4. СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.»
5. ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.»
6. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки»
7. СанПиН 2.1.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.»
8. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*»
9. ГОСТ 12.1.019-2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.»

10. ГОСТ Р 54149-2010 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.»

11. СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений.»

12. ГОСТ Р 21832-2021 «Воздух рабочей. Металлы и металлоиды в частицах, находящихся в воздухе. Требования к оценке процедур измерения»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучены основные свойства AlN и синтезированы его наноразмерные образцы в плазме электродугового разряда на постоянном токе.
2. Проведенный анализ морфологии полученных образцов показывает возможность получения нанопроволок нитрида алюминия длиной до 200 нм с сформированными в виде конуса шаровидными включениями железа.
3. Предложен механизм роста разных морфологий синтезированных образцов (нанопроволока, наноконусы).
4. Исследованы магнитные свойства (образец имеет насыщенную намагниченность 2.826 ед/г, коэрцитивную силу 240 Ое и остаточную намагниченность 0.3 ед/г) полученных полупроводников и проведён анализ механизма формирования магнитных свойств.
5. Проведено тестирование образцов AlN:Fe по характеристикам флуоресценции. Показано, что в отличие от известных, образец не обладает флуоресцентными свойствами.
6. Доказано, что синтез наноразмерных образцов различной формы наилучшим образом протекает при токе 100 А, напряжении дугового разряда 20 В и давлении 40 кПа.
7. Анализ образцов растровым просвечивающим электронным микроскопом (РЭМ) доказывает, что существуют режимы роста как VS, так и VSL.
8. Синтезированные образцы обладают ферромагнитными свойствами при 20⁰С, что подтверждается анализом с использованием вибрационного магнитометра (VSM).

Благодарности

<<Удивительный ветер развеивает белый день, пейзаж запада убегает>>, а лето в Цзида кажется особенно незнакомым. Хотя если спросить, как я жил, я, наверное, просто улыбнусь безысходно, но я все равно благодарен Цзилиньскому университету, наверное, это судьба, <<стремясь к добру, получил добро, за что же жаловаться?>> Благодарю Цзилиньский университет за предоставленную платформу и каждого человека на этом кампусе, каждую песню. От всех учителей до лебедей и утят на озере Цинху, эти курсы разнообразны и интересны, а эти маленькие животные милые и теплые; благодарю сотрудников всех отделов и торговцев на лотках, вы - краеугольный камень нормального функционирования школы; благодарю каждого однокурсника, с которым я общался постоянно или только слышал его имя, независимо от того, подходили мы друг другу или нет, или не подходил я кому-то другому, я благодарю вас всех, вы - большая часть моего четырехлетнего опыта. Встреча с вами среди бесчисленных живых существ - очень интересное дело. Желаю всем удачи. В этой работе я хочу особенно поблагодарить студентов проекта по инновационному и предпринимательскому обучению студентов, ваш опыт экспериментов и использования оборудования очень мне помог; также хочу особенно поблагодарить всех преподавателей общественной экспериментальной платформы Цзилиньского университета.

Благодарю Томский политехнический университет, благодарю ваш университет и Цзилиньский университет за совместную программу по физике (совместное образование Китая и зарубежных стран), если бы не эта программа, на обложке этой работы пришлось бы поменять герб. Здесь также благодарю всех преподавателей Томского политехнического университета.

Благодарю моего китайского научного руководителя господина Лян Хэнняна за ваше терпение и доброжелательность в обучении, быть вашим учеником - большая честь. Особенно впечатлило ваше гибкое и эффективное решение проблем и мудрое и спокойное общение с людьми. Может быть, я знаю вас не так долго и не виделся часто, но, как говорят, люди, которые встретились,

всегда снова встретятся, желаю вам успехов в карьере.

Благодарю моего российского научного руководителя господина Виталия Васильевича, не смог встретиться с вами лично - большое сожаление, но в письмах ваша теплота и вежливость вызывают уважение, а ваша точная и полезная статья демонстрирует вашу обширную эрудицию и ценный опыт. Больше всего благодарю вас за ваше терпение, ведь я не очень хорошо знаю русский язык. Желаю вам счастья и здоровья.

Наконец, я хочу поблагодарить своих папу и маму, спасибо вам, папа и мама.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Feynman R.P.** Eng.Sci.23,22(1960); reprinted in J.Micromech. Systems 1,60 (1992).
2. **.Xu Y.S.** Получение и высоковольтные физические свойства разбавленных магнитных полупроводниковых наноматериалов на основе нитрида III группы [D]// Цзилиньский университет. 2013. Р. 1-2.
3. **Shen L.H., Lei W.W.,Cui Q.L.** Получение, физические свойства и фазовый переход под высоким давлением наноматериалов из нитридов металлов. Пекин. Издательство Пекинского университета Цзяотун . 2014. С. 20 . (Китай).
4. **Chang K., Xia J.B.** Китай. Разбавленные магнитные полупроводники: достижения физики.1994, (14) .С. 82.
5. **Dietl T., Ohno H., Matasukura F.** Zener model description of ferromagnetism in zinc-blende magnetic semiconductors. Science. 2000. 287 (5455): P.1019-1022.
6. **Mi W. B., Bai H. L., Liu H.** Microstructure, magnetic, and optical properties of sputtered Mn-doped ZnO films with high-temperature ferromagnetism // Journal of Applied Phusics. 2007. V. 101. № (2): № 023904.
7. **Sheppard L. M.** Aluminum nitride: a versatile but challenging material // J. American Ceramic Society bulletin.1990. V. 69. № 11. P. 1801-1812
8. **Bloom S.** Band struetures of GaN and AlN // Journal of Physics and Chemistry of solids. 1971. V.32. P. 20-27.
9. **King C. N., Кристофер Н.** Технология цветной тонкопленочной электролюминесценции // Технология оптоэлектроники. 1988. V. 8. № (4): P. 65-76.
10. **Pat. 5219804 US.** Process for preparing ultrafine aluminum nitride powder / Alan W. Weimer, Gene A. Cochran, John P. Henley, Glenn A. Eisman. 1993.
11. Oh J. T., Hing P., Fong P. H. S. The processing of cordierite glasses containing AlN // Journal of Materials Processing Technology. 1997. V. 63. No 1 – 3. P. 851 – 854.
12. Xu Y. S., Chung D. D. L., Mroz C. Thermally conducting aluminum nitride

polymer-matrix composites // Composites Part a-Applied Science and Manufacturing. 2001. V. 32, No 12. P. 1749 –1757.

13. Pat. 6207288 US. Copper ink for aluminum nitride / Terry Bloom ; 2001.

14. **Belyanin A. F.** Bouilov L. L., Zhirnov V. V. Application of aluminum nitride films for electronic devices // Diamond and Related Materials. 1999. V. 8. No 2 – 5. P. 369 – 372.

15. **Lee C. K.**, Abrar A., Cochran S. Thick aluminium nitride films deposited by room-temperature sputtering for ultrasonic applications // Ultrasonics. 2004. V. 42. No 1 – 9. P. 485 – 490.

16. **Moreira M.** Aluminum scandium nitride thin-film bulk acoustic resonators for wide band applications / M. Moreira, J. Bjurstrom, I. Katardjev, V. Yantchev // Vacuum. — 2011. — Vol. 86, No 1. — P. 23 – 26.

17. **Cibert C.** Pulsed laser deposition of aluminum nitride thin films for FBAR applications / C. Cibert, M. Chatras, C. Champeaux [et al.]

// Applied Surface Science. 2007. Vol. 253. No 19. P. 8151 – 8154.

18. **Natesan K.** Development and performance of aluminum nitride insulating coatings for application in a lithium environment // Journal of Nuclear Materials. 1998. V.258. P. 488 – 494.

19. **Atarashiya K.** Aluminum nitride metal composites using ultra-fine aluminum particles and their application for joining // Journal of Materials Processing Technology. 1995. V.. 54, No 1 – 4. P. 54 – 59.

20. **L M. S.** Composite coatings of titanium-aluminum Nitride for steel against corrosion induced by solid NaCl Deposit and water vapor at 600 °C // Materials Research. 2004. V. 7. No 1. P. 27 – 33.

21. **Guan B., Fu Z.Y., Y.C.Wang, W.M.Wang, J.Y.Zhang, H.F.Lin,** Китай. Получение наночастиц нитрида алюминия с помощью дуговой плазмы постоянного тока. Китайский журнал цветных металлов. 2004. 14. 206.

22. **Song Y., C.G.Wang, Y.Huang,** Китай. Редкие металлические материалы и инженерия. 2005. № 1. С. 147.

23. **Shang S.Y.,L.Mei, L.Y.Li, Y.X.Yin, X.Y.Da.,** Китай. Новые химические

материалы.2004. №7. С.8.

24. **X.Y.Li, T.Qiu, C.Y.Shen**, Китай. Журнал Китайского керамического общества, 2004, 11, 1422.

25. **M.L.Qin, X.H.Qu, J.L.Lin,P.A.Xiao, B.J.Zhu** , Китай. Наука и инженерия материалов порошковой металлургии, 2002, 1, 50.

26. **Janes, R. A.** Rapid solid-state metathesis routes to aluminum nitride / R. A.Janes, M. A. Low, R. B. Kaner // Inorganic Chemistry. 2003. Vol. 42, № 8. P. 2714 - 2719.

27. **Axelbaum, R. L.** Gas-phase combustion synthesis of aluminum nitride powder. Twenty-Sixth Symposium / R. L. Axelbaum, C. R. Lottes,j.

I. Huertas, L.J. Rosen; ed. by A. R. Burgess, F. L. Dryer. - Pittsburgh: Combustion Institute, 1996. Twenty-Sixth Symposium. P. 1891 - 1897.

28. **Park J-R., Rhee S.-W., Lee K.-H.** Gas-PHase Synthesis of AlN Powders from ALCL3-NH3-N2 // Journal of Materials Science. 1993. V. 28 (1). P. 57-64

29. **Pat. 3598526 US.** Method for preparing monocrystalline aluminum nitride / Gilbert S. Layne, Gilbert S. Layne.; 1971.

30. **Zhang Y.J., Liu J., He R.R., Zhang Q., Zhang X.Z.; Zhu J.** Synthesis of Aluminum Nitride Nanowires from Carbon Nanotubes // J.Chemistry of Materials. 2001. V.13 (11). P. 3899-3905.

31. **Tang Y.B., Cong H.T., Chen Z.G.,Cheng H.M.**An array of Eiffel-tower-shape AlN nanotips and its field emission properties // J.Applied physics letters. 2005. V.86 (23). 233104 (1-3).

32. **Wang Y.B., Lei G., Hu Z.J.** Китай. Дуговой плазменный генератор. CN201010577320.5, 2010.

33. **Cao X.Q. , He R.D. , L.Chen** , Китай. Исследование конструкции генератора постоянного тока и ключевых технологий // J. Механика. 2020. 47 № 5. P. 45-53.

34. **Ma T.C., Hu X.W., Zhang Y.H.** Китай. Принципы физики плазмы, Университет науки и технологии. China Press. 1998. P. 138.

35. **Goldstein J. I., Newbury D.E., Michael J. R., Ritchie N. W. M..** Scanning electron microscopy and X-Ray microanalysis fourth edition [M].Springer. 2018
36. **Wang, Qiushi, Weilong, et al.** Assembled 3D hierarchical microspheres from magnetic Y-doped AlN nanoparticles[J]. Journal of Nanoparticle Research An Interdisciplinary Forum for Nanoscale Science & Technology, 2018.
37. **F. S. Liu, J. K. Liang, Q.L.Liu.** Люминесцентные свойства и структурные характеристики тонких пленок AlN, легированных Eu [C], Труды подкомитета по материаловедению и технологиям второго ежегодного академического собрания выдающихся докторантов Китайской ассоциации. для науки и техники. 2003.
38. Wu S. Y. , Liu H. X. , Gu L. Synthesis, characterization, and modeling of highquality ferromagnetic Cr-doped AlN thin films // J. Applied Physics Letters. 2002. V. 82(18). P. 3639-3639.
39. Molnár S . V., Munekata H., Ohno H. New diluted magnetic semiconductorsbased on III–V compounds // J. Journal of Magnetism & Magnetic Materials. 1991. V. 93(2). P. 356-364.