

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

---

Школа – Инженерная школа ядерных технологий  
Направление подготовки – 14.03.02 «Ядерные физика и технологии»  
Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерно-топливного цикла

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Структура пленок, напыляемых в магнитном поле путем термического испарения вещества

УДК 621.793.7.539.23.66.048.912

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4Д	Лютиков Олег Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ ИЯТШ	В.Ф. Мышкин	д.ф.-м.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШИП	Н.В. Черепанова	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Т.С. Гоголева	к.ф.-м.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	П.Н. Бычков	к.т.н.		

Томск – 2018 г.  
ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (компетенции)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Общекультурные компетенции</b>		
Р1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.	Требования ФГОС (УК3,4,5, ОПК-2).
Р2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.	Требования ФГОС (УК-2-5, ОПК-2).
Р3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления, осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности	Требования ФГОС (Ук1, УК- 2, УК-3, УК-4,ОПК-2, 3, ПК-6, 19-23).
Р4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы.	Требования ФГОС (ОК-4, ОПК-1-3, ПК-1, ПК-5, Пк-7, Пк-8, Пк-9, ПК-10, ПК-11, ПК-17, Пк-19,Пк-20,ПК-21).
Р5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.	Требования ФГОС (УК-4,5, ОПК-2, ПК-6)
Р6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (УК-7, 8, ОПК-3, ПК-12).
<b>Общепрофессиональные</b>		
Р7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	Требования ФГОС (УК-1, 2, ОПК-1, ПК-2,3,4,5, 6,7, 10, 11,14, ).
<b>Профессиональные компетенции</b>		
Р8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования ; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и	Требования ФГОС (УК-7, 8, ОПК-3, ПК-2, 4,6, 8, 11, 12, 14, 17, 18, 20).

	значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).	
P9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов	Требования ФГОС (УК-1,2,8, ПК-2, 5,6, 7, 8, 9, 10, 11, 20).
P10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.	Требования ФГОС (ПК-4, 14, 15, 16, 21, 22).
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.	Требования ФГОС (ПК-11, 12, 13, 20, 21, 22).
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.	Требования ФГОС (УК-2 ОПК-1, ПК-1, 2, 4, 5, 6, 7, 8).
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.	Требования ФГОС (ОПК-1,2, ПК – 1, 5, 10, 11, 13, 20, 21).
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 7, 10, 11, 14, 16, 18, 22).
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования	Требования ФГОС (УК-1, 2, 3, 6, 8, ОПК-3 ПК-5, 6,9, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23).

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

Школа – Инженерная школа ядерных технологий  
 Направление подготовки (специальность) – 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 Бычков П.Н.  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
0А4Д	Лютиков Олег Николаевич

Тема работы:

Структура пленок, напыляемых в магнитном поле путем термического испарения вещества	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1508/с от 6.03.2018 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	8.06.2018
--	-----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Объект исследования: процесс формирования пленок диамагнитных веществ в магнитном поле.</li> <li>2. Режим напыления: непрерывно в вакуумной камере, магнитное поле 50 мТл, давление 5 Па.</li> <li>3. Используемое оборудование: вакуумный универсальный пост ВУП-5, насос вакуумный пластинчато-роторный НВР5, источник питания GPR-76015HD, вакуумная камера объемом 5 л.</li> </ol>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изготовить узел для формирования магнитного поля.</li> <li>2. Получить плёнки методом термического испарения в магнитном поле и без него.</li> <li>3. Исследовать кристаллическую структуру пленки с помощью электронной микроскопии. Изучить</li> </ol>

<i>рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	влияние магнитного поля на параметры формируемых пленок. 4. Обобщение полученных результатов и формулировка рекомендаций для дальнейших исследований.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. SEM–изображения (вторичная электронная микроскопия). 2. Схематическое представление основных механизмов роста пленок.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Экспериментальная часть	профессор ОЯТЦ ИЯТШ В.Ф. Мышкин
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	доцент ОСГН ШИП Н.В. Черепанова
Социальная ответственность	ассистент ОЯТЦ ИЯТШ Т.С. Гоголева

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	23.04.2018
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ ИЯТШ	В.Ф. Мышкин	д.ф.-м.н., профессор		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4Д	О.Н. Лютиков		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А4Д	Лютиков Олег Николаевич

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОЯТЦ</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 «Ядерные физика и технологии»

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценочная карта конкурентных технических решений
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Иерархическая структура работ
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	SWOT-анализ

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<i>1. Оценка конкурентоспособности технических решений                  2. Матрица SWOT                  3. Альтернативы проведения НИ                  4. График проведения и бюджет НИ                  5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>
--

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент ОСГН ШИП	Черепанова Наталья Владимировна	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А4Д	Лютиков Олег Николаевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А4Д	Лютиков Олег Николаевич

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 «Ядерные физика и технологии»

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (повышенный уровень электромагнитных полей, отклонение показателей макроклимата от оптимальных, ионизирующее излучение от ПЭВМ, шум, вибрация);</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (вероятность возникновения пожара, вероятность поражения электрическим током)</li> </ul>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность;</li> <li>– пожаровзрывобезопасность;</li> <li>– требование охраны труда при работе с ПЭВМ.</li> </ul>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные).</li> </ul>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>

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

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Гоголева Татьяна Сергеевна	к.ф.-м.н.		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А4Д	Лютиков Олег Николаевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа «Структура пленок, напыляемых в магнитном поле путем термического испарения вещества» содержит 9 рисунков, 13 таблиц, 18 источников, 19 формул.

Ключевые слова: магнитное поле, термическое испарение, пленка, скорость роста, кристалл, поверхность.

Объектом исследования являются процессы с участием парамагнитных частиц, протекающие в слабом магнитном поле. Предмет исследования – структура поверхности пленок, напыляемых на металл.

Цель работы – Исследование пленок диамагнитных металлов, формируемых в слабом постоянном магнитном поле, при их термическом распылении в вакууме.

Для проведения исследований изготовлен магнитный узел, формирующий 6 участков с заданной величиной магнитного поля. Магнитный узел позволяет одновременно получать 6 образцов пленок, формируемых в различных магнитных полях. Структуру поверхности получаемых пленок сравнивали по изображениям, получаемых с помощью электронного микроскопа.

В результате исследования установлено следующее.

1. Толстые пленки, формируемые в магнитном поле 24-250 мТл имеют более ровный рельеф. Магнитное поле слабо влияет на рельеф поверхности пленки алюминия.

2. На начальном этапе формирования пленки алюминия, при величине магнитного поля более 5 мТл, уменьшается зернистость пленки.

Научная новизна – изучение парамагнитных явлений при напылении пленок.

Практическая значимость результатов исследований связана с увеличением однородности пленок различного функционального назначения.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	12
1. Обзор литературы .....	13
1.1 Формирование тонких пленок.....	13
1.2 Стадии процесса роста пленки.....	14
1.3 Основные методы получения тонких пленок .....	16
1.4 Магнетронная распылительная система ВУП-5М.....	20
1.5 Парамагнитные явления в постоянном магнитном поле.....	22
1.6 Особенности кристаллической структуры тонких пленок .....	23
1.7 Магнитная анизотропия тонких пленок.....	25
1.8 Доменная структура тонких ферромагнитных пленок.....	28
2. Экспериментальные исследования процесса формирования пленок в слабом магнитном поле.....	31
2.1 Экспериментальная установка и её узлы .....	31
2.1 Экспериментальные данные и их анализ .....	33
.....	34
2.2 Выводы по экспериментальной части .....	35
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	36
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	37
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений .....	37
3.2 SWOT-анализ .....	38
3.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	44
3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	44
3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	45

3.3.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	46
3.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	48
3.4.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	49
3.4.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	50
3.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	51
3.4.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .	53
3.4.5	Расчет затрат на научные и производственные командировки ...	54
3.4.6	Контрагентные расходы.....	54
3.4.7	Накладные расходы.....	55
3.4.8	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	56
3.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	57
4.	Социальная ответственность.....	60
4.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	61
4.2	Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ.....	62
4.2.1	Организационные мероприятия.....	62
4.2.2	Технические мероприятия .....	63
4.2.3	Условия безопасной работы .....	65
4.3	Электробезопасность.....	67
4.4	Пожарная и взрывная безопасность .....	68
	Заключение .....	71

Список литературы..... 72

## ВВЕДЕНИЕ

Тонкие пленки, которые нанесены вакуумным методом, широко применяются в производстве. Например, дискретных полупроводниковых приборов и интегральных микросхем (ИМС), также тонкие пленки широко используются в качестве разных функциональных покрытий для повышения прочности, коррозионной стойкости, улучшения магнитных и электрических параметров материалов (в частности металлов), используемых в космической и авиационной сферах, машиностроении, энергетике, медицине, цифровой микроэлектронике.

Получение высококачественных и соответствующих по электрическим и физическим параметрам тонких пленок является одним из важнейших технологических процессов формирования структур как дискретных диодов и транзисторов, так и активных элементов ИМС.

Таким образом, от совершенства технологических процессов нанесения тонких слоев значительно зависят такие параметры изделия как надежность и качество микроэлектроники, технологический уровень и экономический показатель их производства.

В последнее время популярность тонкопленочных материалов стремительно растет в научных и технических сферах.

Процесс нанесения тонких пленок вакуумным методом заключается в генерации потока частиц, направленного на данную подложку, и последующей их концентрации с образованием тонкопленочных слоев на покрываемой поверхности подложки.

Вакуумная техника держит значительно место в производстве пленочных структур ИМС. Для создания вакуума в рабочей камере из нее должны быть откачаны газы.

В условиях жесткой конкуренции производители увеличивается роль инновационных технологий – интенсификация технологического процесса и уменьшение себестоимости формируемой продукции.

Поэтому являются актуальными изучение новых физико-химических процессов для разработки технологического процесса. Магнитное поле позволяет управлять как изотопной селективностью различных процессов, так и соотношением скоростей различных конкурирующих явлений.

Цель работы – Исследование пленок диамагнитных металлов, формируемых в слабом постоянном магнитном поле, при их термическом распылении в вакууме.

## **1. Обзор литературы**

### **1.1 Формирование тонких пленок**

**Тонкие пленки** – это тонкие слои вещества или материала, толщина которых находится в диапазоне от долей нанометра до нескольких микрометров, и они также обладают некоторым рядом особенностей атомно-кристаллической структуры, электрических, магнитных и других физических свойств [1].

В случаях, когда говорится об поверхности твердого тела, то обычно имеют в виду некоторое количество самых верхних атомных слоев кристалла. Эта некоторая область примерно составляет несколько нанометров. При этом наличие поверхности может влиять на свойства и слоев, которые лежат еще глубже. Если свойства твердых тел можно характеризовать, опираясь на то, что расположение атомов в кристаллах периодически в трех измерениях, то введение поверхности разрушает ее. Более того, в случае возникновения мелких частиц, периодичность нарушается в трех измерениях во многих случаях. На сегодняшний день такие направления научных и технологических исследований как «нанонаука» и «нанотехнология» бурно развиваются и набирают популярность. Они позиционируются как оплот новой промышленной революции и несет в себе огромную научную новизну [2].

В связи этого тонкие пленки, и в особенности - наноструктурированные тонкие пленки, занимают очень важное место в современных технологиях. Их роль в научно-техническом прогрессе сложно переоценить. Они используются в различных сферах науки и техники, например, в качестве защитных покрытий, для преобразования солнечной энергии в электрическую, в сверхпроводниковых приборах, в интегральной и функциональной микро- и наноэлектронике, компьютерной технике, в фармакологии.

Тонкие пленки имеют особый вид состояния конденсированных веществ [3]. Это обусловлено спецификой процесса их формирования. Тонкие пленки получаются в случае конденсации молекулярных потоков вещества на поверхности материала, путем внедрения ионов в тонкий приповерхностный слой, химическим вакуумным осаждением.

Образование тонких пленок путем осаждения на поверхности состоит из нескольких процессов, а именно: переход вещества из конденсированной фазы (твердая или жидкая), в газообразную; перенос паров вещества в пространстве от испарителя к подложке при пониженном давлении; конденсация паров вещества на поверхности материала (специальной подложке).

## **1.2 Стадии процесса роста пленки**

Как правило, процесс роста пленки делится на четыре стадии, которые описаны ниже.

### ***А. Образование островковой пленки***

Зародыши, которые возникают в результате флуктуационных процессов, растут в трех измерениях, однако рост в направлениях, параллельных подложке, происходит быстрее, чем по нормали. Это обуславливается тем, что рост идет за счет поверхностной диффузии адатомов по подложке, а не в случае прямого соударения с атомами в паровой фазе[4].

### ***Б. Коалесценция островков***

Коалесценция (срастание) зародышей сопровождается уменьшением полной площади проекции зародышей на подложку и ростом их по высоте. Схема коалесценции островков изображена на Рис.5. Процесс коалесценции схож с процессом слияния капель в жидкости. Срастание зародышей приводит к увеличению свободной поверхности подложки, образованию вторичных поверхности между островками и к уменьшению общей поверхности островков, участвующих в слиянии.

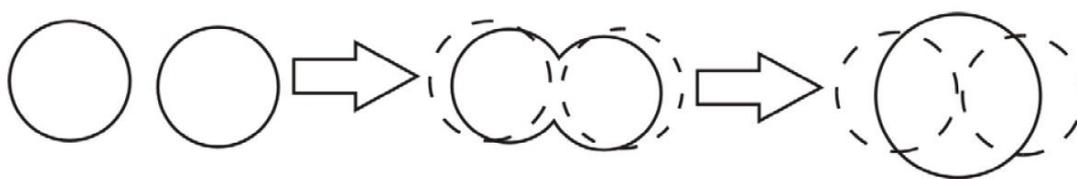


Рис. 1. Схема изменения формы сферических островков в процессе коалесценции

### ***В. Образование сетчатой структуры***

В процессе роста островков тенденция к тому, что они станут совершенно круглыми после срастания, уменьшается. Островки вытягиваются и стремятся образовать непрерывную сетчатую структуру, в которой конденсированный материал разделен длинными узкими каналами неправильной формы шириной от 5 до 20 нм. Затем в каналах образуются мостики, с которых начинается быстрое заполнение канала. Процессы быстрого удаления каналов аналогичны процессам, которые происходят в жидкости, и являются проявлением одного и того же физического эффекта, а именно, минимизации полной поверхностной энергии нарастающего материала путем удаления областей с неровной поверхностью.

### ***Г. Формирование сплошной пленки***

По мере роста пленки, особенно при коалесценции, происходят заметные изменения ориентации островков. Это явление значительно для

эпитаксиального роста пленок. Общий механизм роста поликристаллических слоев аналогичен механизму роста эпитаксиальных пленок, за исключением срастающихся островков, и в этом случае они имеют произвольную относительную ориентацию, которая подчиняется случайному закону распределения. Основной характерной чертой, которая определяет размер зерен в готовой пленке, является не первоначальная концентрация зародышей, а процесс рекристаллизации и сращение зародышей, происходящий при коалесценции зародышей или островков [6].

### 1.3 Основные методы получения тонких пленок

Методы получения тонких пленок довольно разнообразны. Существуют такие методы, как электролитическое осаждение металлов и сплавов, вакуумное испарение, катодное распыление мишени, выращивание из раствора-расплава, метод газотранспортных реакций, ионная имплантация и др. В тонкопленочной *вакуумной технологии* самыми распространенными являются методики, которые делятся на две группы:

*I. Испарение.*

*II. Ионное распыление.*

**I.** Основным методом *в первой группе* является **метод термического вакуумного напыления**. Этот метод характеризуется простотой и высокой скоростью осаждения. Сущность метода заключается в нагреве вещества в вакууме до температуры, при которой кинетическая энергия атомов и молекул вещества становится достаточной для их отрыва от поверхности мишени и движения в пространстве до мишени. Это происходит при такой температуре, при которой давление собственных паров вещества превышает на несколько порядков давление остаточных газов. При этом, атомарный поток распространяется прямолинейно, и при столкновении с поверхностью испаряемые атомы и молекулы

конденсируются на ней. Главными преимуществами этого метода является его простота, доступность и высокая скорость осаждения, что обусловило его широкое использование в тонкопленочной технологии. Однако термовакuumное испарение применяется обычно для испарения металлов, достаточно летучих при температурах до 1800 К. Кроме того, пленки, полученные термическим вакуумным напылением, имеют, как правило, неоднородный химический состав (особенно при напылении из сплавов) и недостаточную стабильность [6].

**Электронно-лучевое испарение.** Обычно, для нагрева испаряемого вещества используют электрический ток. Иногда, особенно для (труднолетучих) металлов, используют также электроннолучевое испарение. Электронно-лучевой нагрев также обеспечивает высокую скорость осаждения, но характеризуется низким коэффициентом полезного использования материала (меньше 20%) и очень низким энергетическим КПД (1...5%), поскольку основная часть энергии расходуется на нагрев тигля, рентгеновское и УФ излучение, а также образование вторичных электронов (до 25% энергии первичного пучка). При этом, вторичные электроны бомбардируют подложку, на которые наносятся пленки, нагревая их вплоть до 1000К и вызывая образование радиационных дефектов в формирующейся пленке. Нагрев материала для испарения можно осуществлять также и другими энергетическими воздействиями, например, ВЧ или СВЧ-излучением, мощными световыми пучками, в частности, лазерными (лазерная абляция) и др [9].

**II.** Существует несколько методов *ионного распыления*, для каждого из которых используется своя распылительная система.

**Катодное распыление (ионное распыление).** Данный метод основан на явлении разрушения катода при бомбардировке его ионизированными атомами разряженного газа. Атомы, вылетающие с поверхности катода при его распылении, распространяются в окружающем пространстве и конденсируются на подложке. При подаче постоянного напряжения

между катодом и анодом ( $\sim 1 \dots 5$  кВ), находящимися в газе при небольшом давлении ( $\sim 10$  Па), возникает тлеющий разряд. Образующиеся при этом ионы бомбардируют катод и вызывают распыление атомов мишени (или даже более крупных частиц – кластеров). Методы получения пленок ионным распылением материала мишени обладают рядом преимуществ перед другими методами.

**Ионно-плазменное распыление.** Ионно-плазменный метод нанесения пленок отличается от катодного распыления тем, что распыление мишени производится не ионами, возникающими в тлеющем разряде, а мощным пучком ионов из специального ионного источника. Большим преимуществом ионно-плазменного напыления является его универсальность. С помощью этого метода можно распылять как тугоплавкие металлы, например, вольфрам, так и различные сплавы без изменения их состава. Пленки сложного состава можно изготавливать одновременным распылением нескольких независимых мишеней. При этом скорость напыления из каждой мишени можно регулировать независимо друг от друга [7].

**Магнетронное распыление.** -Этот метод нанесения пленок является дальнейшим развитием ионно-плазменного напыления. Он основан на распылении материала за счет бомбардировки поверхности мишени ионами рабочего газа (обычно аргона), образующимися в плазме аномального тлеющего разряда. Для повышения эффективности ионизации рабочего газа и создания над поверхностью катода-мишени области плотной плазмы разряд возникает в неоднородных скрещенных электрическом и магнитном полях. Среди рассмотренных методов этот метод имеет более широкие возможности применения и является наиболее перспективным. Магнетронное распыление можно осуществлять как на постоянном, так и на переменном токе [7].

Таблица 1- Преимущества и недостатки основных методов получения тонких пленок

Метод	Преимущества	Недостатки
1. Вакуумное напыление (испаритель резистивный)	Достаточно несложное оборудование для легкоплавких материалов	Возможно сплавление с веществом испарителя
2. Вакуумное напыление (электроннолучевой испаритель)	Можно получать на выходе аморфные пленки одноэлементных полупроводников	Затруднительное испарение тугоплавких металлов, углеродов, окисляемо
3. Химическое осаждение из паровой фазы	Позволяет получить высококачественные приборы, эпитаксиальные слои, позволяет наносить поликристаллические слои	Сложное оборудование. Требуется точное задание скорости газового потока; высокая температура подложки
4. Электрохимическое осаждение	Широкий диапазон получаемых пленочных структур; немалая площадь, однородная по толщине	Возможно в применении лишь для металлических пленок, примеси
5. Магнетронное распыление на постоянном токе	Высокая скорость осаждения	Проблемы при распылении диэлектриков.
6. Катодное распыление	Имеется возможным использовать тугоплавкие материалы в качестве исходной мишени. Немалые	Посредственное качество изготовления пленок

Окончание таблицы 1

	площади поверхности пленок, получаемых на выходе	
7. Ионно-плазменное распыление	Пригоден для проводящих материалов и для изоляторов. Можно получать аморфные пленки металлов и полупроводников.	Атомы распыляющего газа Ag внедряются в подложку; подложка сильно нагревается; материал пленки сплавляется с материалом подложки

#### 1.4 Магнетронная распылительная система ВУП-5М

Вакуумный универсальный пост ВУП-5М предназначен для получения пленок из различных материалов методом вакуумного распыления. Прибор выполнен одной стойкой, в которой размещены рабочая камера, вакуумная система, блоки питания, пульта управления. В рабочей камере установлены три магнетронных распылителя с плоской мишенью [5].

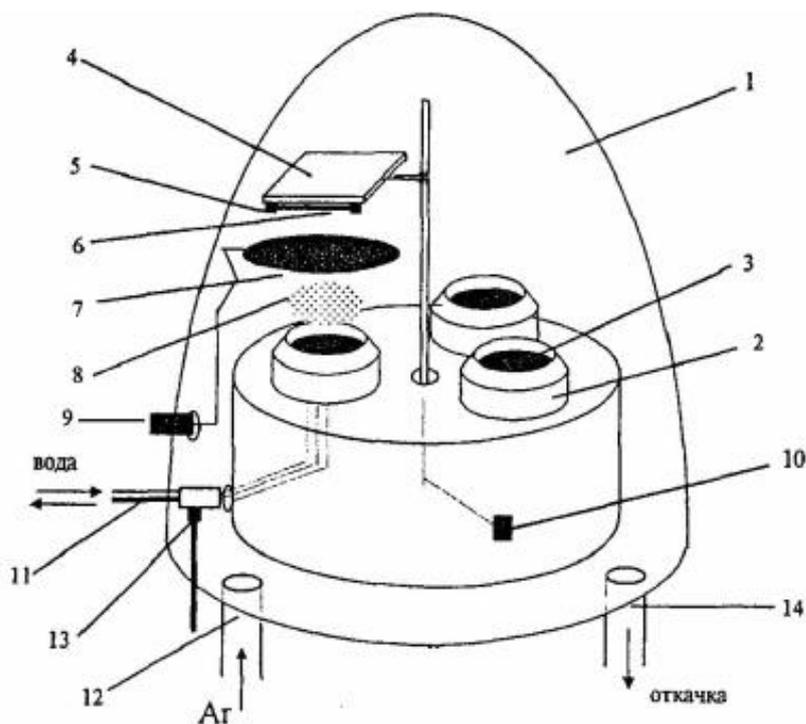


Рис.3. Рабочая камера магнетронной распылительной системы ВУП-5М: 1 – вакуумная камера; 2 - магнетрон; 3 - съемная мишень; 4 – держатель подложки; 5 - зажим; 6 - подложка; 7 - заслонка; 8 - плазма тлеющего разряда; 9 – манипулятор заслонки; 10 - манипулятор держателя подложки; 11 – водяное охлаждение; 12 - напуск рабочего газа; 13 - высоковольтный ввод; 14 – откачка.

Перед напылением на магнетрон (2) устанавливают катод-мишень (3), закрепляют подложку (6) на держателе (4), проверяют работу заслонки (7) и откачивают вакуумную камеру. С помощью крана (12) напускают рабочий газ аргон при рабочем давлении. На катод подают отрицательное напряжение относительно анода.

***Основные параметры и характеристики ВУП-5М:***

- остаточное давление в камере, создаваемое диффузионным насосом при работающей азотной ловушке —  $1,3 \cdot 10^{-4}$  Па;

- максимальное напряжение на выходе высоковольтного выпрямителя источника питания магнетрона - не менее 0,9 кВ;

- максимальный ток магнетрона - не менее 300 мА;

- температура подложки - до 1000 °С;

- время нагрева подложки - не более 30 мин.

Управление магнетронной системой ВУП-5М производится с пульта управления. С помощью пульта обеспечивается выход в рабочий режим вакуумной системы из холодного состояния и коммутация вакуумной системы во время работы. Схема вакуумной коммутации ВУП-5М приведена на Рис. 11.

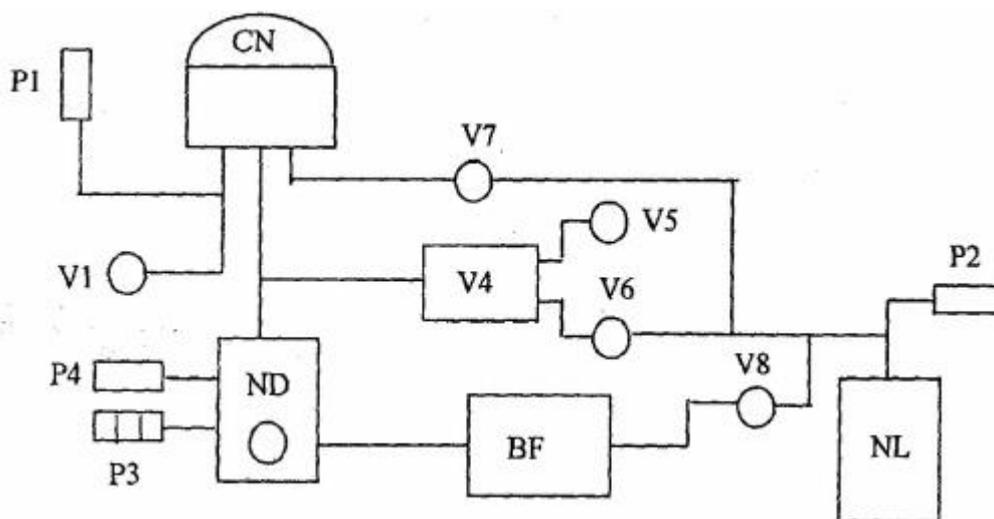


Рис. 4. Схема вакуумной коммутации ВУП-5М: CN - объем рабочий; ND – насос диффузионный; NL - насос форвакуумный; BF - баллон форвакуумный; V1...V8 - клапаны коммутации вакуумной системы; P1, P2, P4 – датчики терморпарные ПМТ-2; P3 - датчик ионизационный ПМИ-2

### 1.5 Парамагнитные явления в постоянном магнитном поле

Во внешнем магнитном поле происходит выстраивание спинов неспаренных электронов радикалов и их прецессия вокруг силовых линий. Поэтому формируются два выделенных направления спинов, в которых спин направлен по магнитному полю или против направления внешнего магнитного поля. Возможные состояния ориентации спинов реагентов приведены на рис. 5.

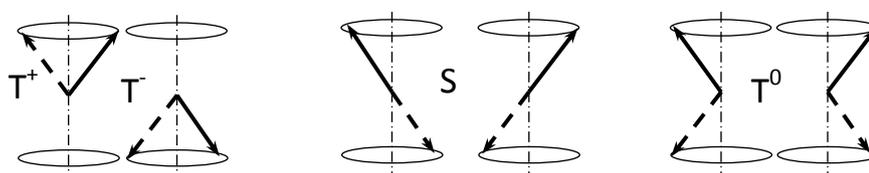


Рис. 5. Схема ориентирования спинов радикалов в магнитном поле

Внешнее магнитное поле уменьшает количество возможных состояний спина и увеличивает вероятность столкновения радикалов с антипараллельными спинами. Вероятность появления синглетных пар в

первую очередь определяется разностью частот прецессии реагирующих радикалов [8].

Частота прецессии  $\omega$  спина валентного электрона радикала определяется энергетическим сдвигом в магнитном поле между спиновыми состояниями:

$$\Delta E = h\omega = g\mu_B (H + a), \quad (1.1)$$

где  $h$  – постоянная Планка,  $\omega$  – частота прецессии,  $g$  – фактор спектроскопического расщепления,  $a$  – постоянная сверхтонкого взаимодействия,  $\mu_B$  – электронный магнетон Бора,  $H$  – напряженность магнитного поля [10].

### **1.6 Особенности кристаллической структуры тонких пленок**

Различные причины определяют магнитные свойства пленок. Особенно большую роль играет кристаллическая структура. Поэтому, установив особенности структуры тонких пленок и закономерности ее влияния на формирование их свойств, можно существенно улучшить физико-технические параметры пленочных материалов и получать образцы с заданными свойствами [12].

Подложки, на которых конденсируются пленки, обычно имеют температуру 100-300°C. Это существенно ниже температуры кристаллизации массивных магнитных сплавов. В результате пленки формируются в условиях заметного переохлаждения [4]. В итоге структура пленок, сконденсированных в вакууме, имеет свою специфику. Для структуры вакуумных конденсатов характерны следующие особенности.

Пленки, полученные при относительно низких температурах подложки, состоят из кристаллов, размеры которых заметно меньше, чем

у массивных образцов (их размер у конденсатов составляет 10- 9-10- 8 м). Охлаждая подложку до достаточно низкой температуры, можно получить вакуумные конденсаты в аморфном состоянии (аморфные пленки).

Из-за больших переохлаждений и перенасыщений процесс формирования пленок сопровождается образованием высокой концентрации несовершенств кристаллической решетки, например возникновением вакансий. Это проявляется в перемещении атомов из узлов кристаллической решетки в межузельные положения. Возникают свободные узлы решетки (вакансии) и межузельные (смещенные) атомы. Микродефекты структуры имеют место и в массивных металлах и сплавах, но в значительно меньшем количестве [4]. Благодаря условиям, при которых происходит зарождение и формирование пленок, в них возникают макро- и микронапряжения и деформации. Уровень напряжений иногда значительно превышает предел прочности материала в массивном состоянии.

Рассмотренные особенности структуры пленок отражают неравновесность состояний, в которых находятся пленки после их получения. Неравновесность состояния пленок также может проявляться в образовании метастабильной фазы, например термодинамически неравновесной аморфной фазы. На степень неравновесности пленок большое влияние оказывают физико-технологические параметры (температура подложки, скорость конденсации, степень вакуума, физическая природа испаряемого материала и др.). В пленках образуется огромное число различных неравновесных состояний, которым соответствуют определенные магнитные свойства. При нагревании пленок, а также при комнатной температуре наблюдается изменение их структурного состояния. Происходят укрупнение кристаллитов, уменьшение микро- и микронапряжений, протекают фазовые превращения. Примером этого является переход термодинамически

неравновесного аморфного состояния в кристаллическое. Также обнаруживается изменение концентрации вакансий и т.п. В результате пленки переходят в более равновесное состояние [12].

Структура и физические свойства пленок помимо указанных причин в большой степени зависят также от толщины пленок. При уменьшении толщины пленок возрастает вклад поверхностных процессов по сравнению с объемными. В пленках с толщиной меньше некоторой критической в результате увеличения вклада поверхностной энергии изменяются фазовые и структурные состояния, электросопротивление и другие физические свойства. Особенности структуры и толщина тонких пленок, естественно, оказывают существенное влияние на их магнитные свойства [11].

### **1.7 Магнитная анизотропия тонких пленок**

Известно большое число различных ферромагнитных материалов, используемых в технике. Ограничимся рассмотрением поликристаллических пленок, полученных из хорошо известных ферромагнетиков (железо, никель, кобальт) и их сплавов. Как уже отмечалось, физические свойства вещества в виде пленки могут существенно отличаться от свойств этого вещества в обычном (массивном) состоянии. Рассмотрим некоторые особенности тонких магнитных пленок и причины, которые их обуславливают [14].

Прежде всего следует отметить, что пленки можно рассматривать как образцы, обладающие двумерной геометрией, то есть малым отношением толщины пленки  $d$  к ее линейным размерам. Например, если диаметр круглой пленки  $D = 1$  мм, а толщина  $d = 100$  нм ( $10^{-4}$  мм), то отношение  $d/D = 10^{-4}$ . При такой геометрической форме образца энергетически выгодным становится состояние пленки, при котором векторы намагниченности при отсутствии внешнего магнитного поля

лежат в плоскости пленки. Благодаря этому для намагничивания пленки в ее плоскости необходимо приложить магнитное поле, значение напряженности которого значительно меньше, чем для случая, когда пленка намагничивается по нормали к ее плоскости. То есть процесс намагничивания тонких пленок существенно зависит от направления, в котором приложено внешнее магнитное поле.

Таким образом, специфика геометрической формы пленок приводит к образованию анизотропии формы. При этом все направления в плоскости пленок эквивалентны (пленка обладает плоскостной магнитной анизотропией). Такая особенность пленок играет большую роль при их использовании в качестве среды для продольной магнитной записи в ЗУ. Пленка играет роль рабочего слоя носителя магнитной записи (например, в магнитном диске) [12].

В пленках наряду с анизотропией формы существуют и другие виды анизотропии, создание которых обусловлено рядом причин. Если к пленке в процессе ее формирования приложить магнитное поле, то в ней возникает одноосная магнитная анизотропия. В плоскости поликристаллической пленки, например, имеющей форму круглого пятна, становится энергетически выгодной не любая ориентация векторов намагниченности, а только такая, при которой намагниченность пленки направлена вдоль одного преимущественного направления. Ось, совпадающая с этим направлением, называется осью легкого намагничивания (ОЛН). При этом векторы намагниченности  $M$  могут ориентироваться вдоль ОЛН как в одном, так и в противоположном направлении. Оба эти направления являются одинаково устойчивыми. ОЛН, как правило, совпадает с направлением намагниченности пленки, которое определяется ориентацией внешнего магнитного поля, приложенного в процессе формирования пленки. На анизотропию влияют различные факторы: кристаллическая структура пленки, упругие

напряжения, преимущественная ориентация пар атомов определенного сорта в сплаве, например, пар атомов железа в железоникелевом сплаве. При отклонении магнитного момента намагниченной пленки от ОЛН ее энергия возрастает. Изменение энергии  $E$  пленки при отклонении намагниченности от ОЛН ее энергия возрастает. Ось, перпендикулярная ОЛН, называется осью трудного намагничивания (ОТН). При ориентации векторов намагниченности вдоль ОТН, энергия одноосной анизотропии максимальна. Анизотропия является важнейшим свойством ферромагнитных материалов и оказывает существенное влияние на процессы перемагничивания, коэрцитивную силу и другие физические характеристики пленок. В пленках при некоторых условиях (наличие ориентированных упругих напряжений, столбчатой структуры и др.) может сформироваться ОЛН, направленная перпендикулярно к ее плоскости. Анизотропия таких пленок называется перпендикулярной. Пленки с перпендикулярной анизотропией могут использоваться в запоминающих устройствах с вертикальным способом записи. В этом случае локальные участки пленки, выполняющей роль рабочего слоя магнитного носителя, перемагничиваются не в ее плоскости, а в направлении, перпендикулярном к поверхности носителя. Последовательность таких локальных участков малого размера представляет записанную цифровую информацию. Ориентация намагниченности по нормали к плоскости пленки обеспечивает малые размеры перемагниченных участков и, следовательно, высокую информационную емкость магнитных носителей. Таким образом, в пленках могут возникнуть различные виды анизотропии, которые существенно влияют на процессы перемагничивания тонкопленочных образцов [15].

## 1.8 Доменная структура тонких ферромагнитных пленок

Ферромагнитные образцы состоят из большого числа намагниченных до насыщения областей, векторы намагниченности в которых направлены в разные стороны. Если векторы намагниченности доменов ориентированы хаотически, то их векторная сумма будет равна нулю. Это состояние образца называется размагниченным. Такой ферромагнетик при отсутствии внешнего магнитного поля будет казаться ненамагниченным, хотя отдельные области самопроизвольной намагниченности сохраняются [13]. При переходе от одного домена к соседнему происходит изменение направления намагниченности. Оно осуществляется не скачком, а постепенно, в пределах некоторого промежуточного слоя определенной ширины. Слой между соседними доменами называется доменной границей (ДГ) или стенкой. В зависимости от толщины пленок в них встречаются разные типы ДГ. Также, существует распределение векторов намагниченности в границах, которые наблюдаются в пленках толщиной более 100 нм и массивных монокристаллах, где имеются антипараллельные домены. Такая модель границы была предложена Блохом. В блоховской границе происходит постепенный поворот векторов  $M$  в плоскостях, параллельных плоскости доменной границы, пока направление намагниченности не изменится на противоположное. При этом в доменной границе возникают отличные от нуля проекции  $M$  на нормаль к плоскости пленки. В центральной части ДГ вектор  $M$  оказывается направленным перпендикулярно к поверхности пленки. В результате на пересечении ДГ с поверхностью пленки возникают магнитные поля. При уменьшении толщины пленок энергия этих полей, а соответственно и полная энергия блоховских границ возрастает. Поэтому в тонких пленках существование блоховских доменных границ энергетически невыгодно [16].

Неель показал, что в пленках толщиной ниже определенной энергетически выгодна ДГ, в которой поворот векторов  $M$  при переходе от одного домена к другому происходит в плоскости пленки. То есть перпендикулярная к поверхности пленки компонента намагниченности остается равной нулю. Доменная граница такого типа называется неелевской. Таким образом, для толстых пленок устойчивой является граница Блоха, а для тонких пленок, например толщиной менее 20 нм, - граница Нееля. При экспериментальном исследовании тонких пленок помимо рассмотренных двух типов доменных границ обнаружены ДГ, в которых чередуются элементы блоховских и неелевских границ. ДГ этого переходного типа получили название границ с перевязками. Границы с перевязками встречаются в интервале промежуточных толщин, где оба крайних случая энергетически эквивалентны. Этот интервал зависит от свойств пленок и приблизительно составляет 30-120 нм. Границы с перевязками иногда называют границами типа колючей проволоки [17].

Отмечаются причины образования доменов в ферромагнетиках. Имеется анизотропный ферромагнитный образец, намагниченный вдоль ОЛН. В этом состоянии он представляет собой постоянный магнит с двумя полюсами и является источником магнитного поля в окружающем пространстве. Это поле обладает достаточно большой энергией. Значит, намагниченное состояние образца является энергетически невыгодным. Поэтому система образец-магнитоэстатическое поле стремится перейти в состояние с меньшей энергией. Это может осуществиться, если образец разбить на отдельные домены. В соседних доменах векторы намагниченности будут иметь противоположные направления, так что в целом тело окажется размагниченным. В этом случае магнитные потоки соседних доменов замыкаются. В результате магнитное поле убывает при удалении от поверхности образца быстрее, и энергия магнитного поля

оказывается меньше [7]. Ферромагнетик переходит в более устойчивое состояние.

Энергия магнитного поля пропорциональна ширине доменов [8]. Чем уже домен, тем меньше энергия ферромагнетика, то есть разбиение ферромагнетика на большое число доменов энергетически выгодно. Однако процесс деления на домены не может продолжаться беспрестанно, так как при этом возрастает число доменных границ, а следовательно, увеличивается их полная энергия. Поэтому ферромагнетик разбивается на такое число доменов, при котором сумма двух энергий  $E_m$  и  $E_T$  минимальна. Еще более энергетически выгодным оказывается состояние ферромагнетика, если в нем помимо продольных доменов образуются домены с намагниченностью, направленной параллельно поверхности. Эти домены называются замыкающими. При такой доменной структуре магнитный поток замыкается внутри ферромагнетика, не выходя наружу. Исключается появление магнитных полюсов, и энергия магнитостатического поля практически становится равной нулю. Доменная структура, в теоретически была рассчитана Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшицем. Существование доменов доказано многочисленными опытами. Для выявления и исследования доменной структуры используют различные методы (метод порошковых фигур, магнитооптический, электронно-микроскопический и др.). При использовании порошкового метода на полированную поверхность образца наносят пипеткой 1-2 капли водной суспензии, содержащей мелкие ферромагнитные взвешенные частицы. Далее сверху помещают покровное стекло и изучают выявленную картину в микроскопе. В тех местах, где векторы намагниченности в границе направлены под углом к поверхности ферромагнетика, возникают магнитные поля (поля рассеяния). Взвешенные частицы, свободно перемещающиеся в жидкости, притягиваются этими полями и собираются над доменными границами,

придавая им вид узких темных линий. Эти линии хорошо видны в оптическом микроскопе. Предварительно пленка размагничивалась при помощи переменного магнитного поля с плавно убывающей до нуля амплитудой. На снимке хорошо видны относительно прямые блоховские доменные границы. Области между доменными границами являются доменами. Они имеют вид полос, ориентированных вдоль ОЛН. Векторы намагниченности в соседних доменах имеют антипараллельные направления [18]. При внесении пленки в магнитное поле она намагничивается и переходит в однодоменное состояние. Доменная граница видна в виде черной линии, разделяющей два домена с антипараллельным направлением намагниченности. В отличие от предыдущей пленки на этом образце наблюдаются ДГ другого типа. На темной границе заметно выделяются короткие линии белого цвета. Так выглядит изображение доменной границы с перевязками, полученное в электронном микроскопе. При использовании магнитооптического метода в отличие от предыдущих рисунков наблюдаются не доменные границы, а сами домены в виде темных и светлых полос. В последнее время получил развитие метод интерференционной электронной микроскопии, который позволяет непосредственно наблюдать картину распределения спонтанной намагниченности в ферромагнитном образце.

## **2. Экспериментальные исследования процесса формирования пленок в слабом магнитном поле**

### **2.1 Экспериментальная установка и её узлы**

Методом термического испарения алюминия получали на подложке пленки алюминия (вакуумное напыление). Напыление производилось в вакуумной установке с начальным давлением  $5 \cdot 10^{-5}$  мм рт.ст. Контроль температуры испарителя производился с помощью хромель-копелевой термопары, расположенной непосредственно на испарителе. Испарение всегда производилось при одной температуре, так как начало процесса

сублимации (т.е. испарения) алюминия постоянна.

Основу экспериментальной установки составляла стандартная вакуумная установка ВУП-5М. Для проведения исследований в вакуумной камере размещались специально изготовленные узлы: термический распылитель, держатель подложки, узел формирования магнитных полей.

Для напыления пленок использовали медные подложки размером  $0,5 \times 1,0$  см и толщиной 1 мм. Поверхность подложек полировались до зеркального состояния в три стадии: сначала путем использования мелкозернистой наждачной бумаги (наждачная бумага №0), затем с использованием пасты ГОИ, и финальный этап полировки был произведен с помощью алмазной пыли.

На поверхности подложки были отмечены области, над которыми измеряли величину магнитного поля. Магниты были помещены в специальный патрон, на разном расстоянии от его передней поверхности. Такая конструкция патрона позволяла формировать на поверхности подложки магнитное поле в диапазоне 0.5-270 мТл. Патрон был изготовлен из дюралюминия, медная подложка крепилась к нему с передней стороны с помощью зажимов и винта из латуни.

Патрон с подложкой устанавливали в вакуумной камере навстречу распылителю на разном расстоянии от него.

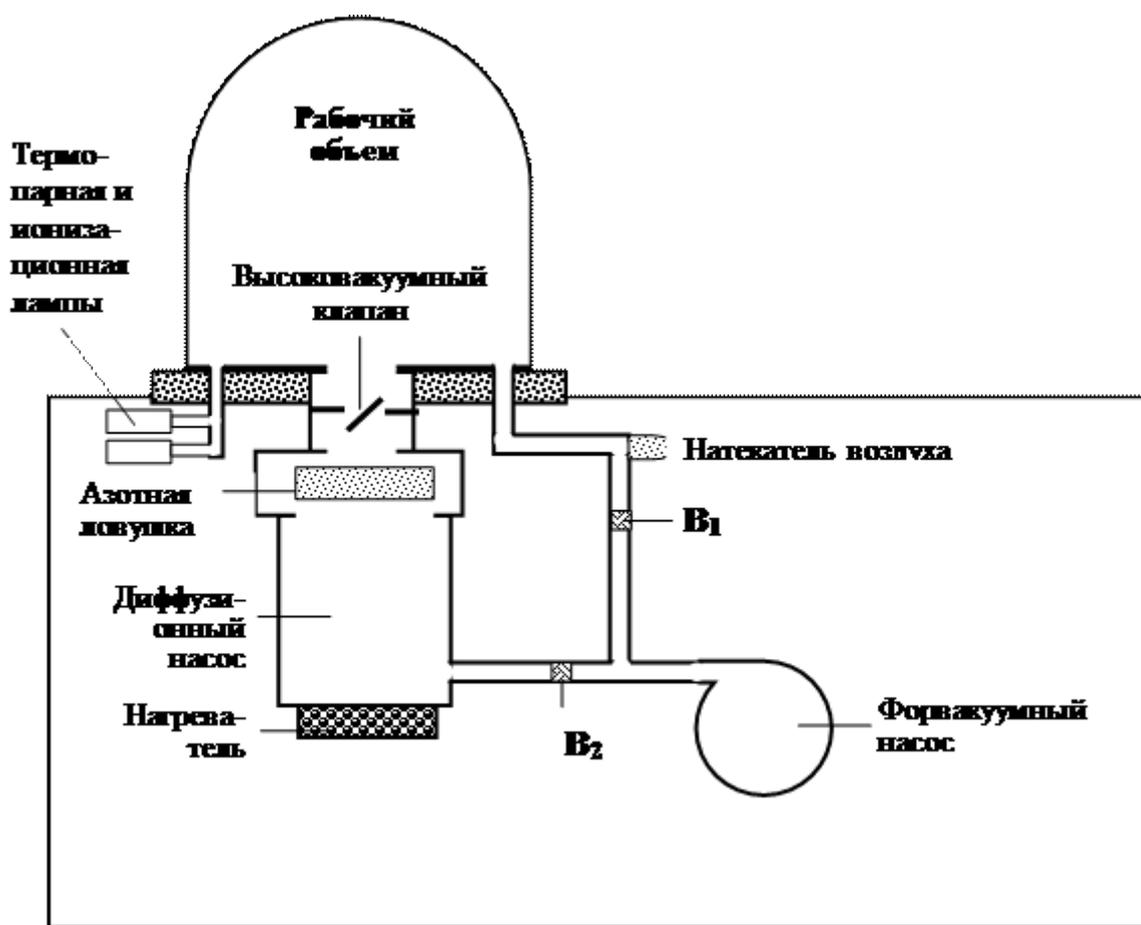


Рис. 6 - Схема экспериментальной установки.

## 2.1 Экспериментальные данные и их анализ

Полученные пленки изучали с помощью сканирующего (растрового) электронного микроскопа JEOL JSM-7500FA. Получали SEM-изображения поверхности с увеличением до 100 000 раз. Некоторые изображения напыляемых нами пленок алюминия приведены на рисунке 7.

Тщательное рассмотрение рельефа поверхности пленок, напыляемых при разной продолжительности времени, показывает следующее. В начальный момент (менее 15 минут) процесса напыления формируются неровная поверхность, на которой выделяются отдельные островки роста (микрочастицы). Размеры этих микрочастиц зависят от величины магнитного поля. Величину магнитного поля изменяли в диапазоне 0-250

мТл. При напылении в течении более 20 минут островки роста полностью исчезают, а рельеф поверхности становится более гладким. Влияние магнитного поля на структуру поверхности пленок алюминия прослеживается в магнитном поле более 5 мТл.

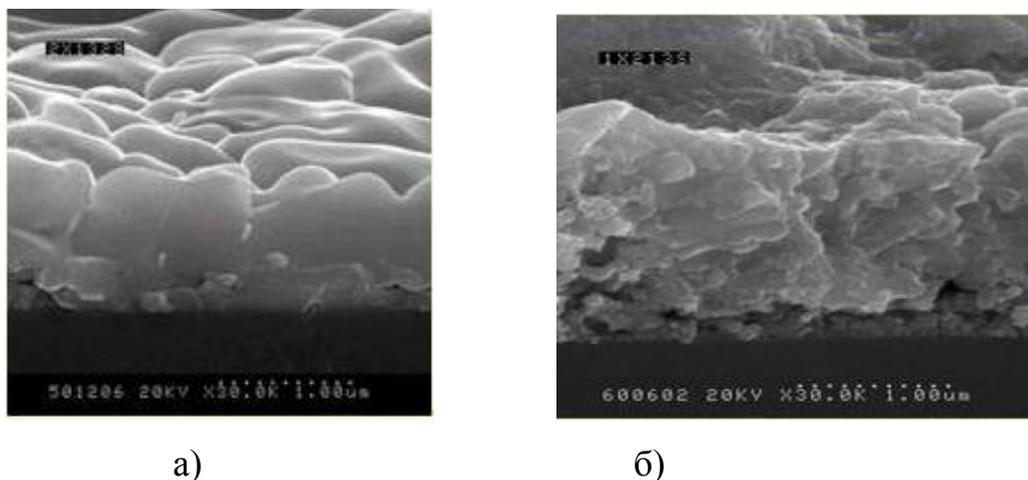


Рис. 7 - SEM-изображения пленок, формируемых в магнитном поле: а – 50 мТл, б – 0 мТл.

На получаемых изображениях вручную подсчитывали количество однородных по цвету участков одного размера. Эти графики для пленок алюминия на медной подложке, формируемых в магнитном поле 0 мТл и 170 мТл за время около 10 минут, приведены на рисунке 8.

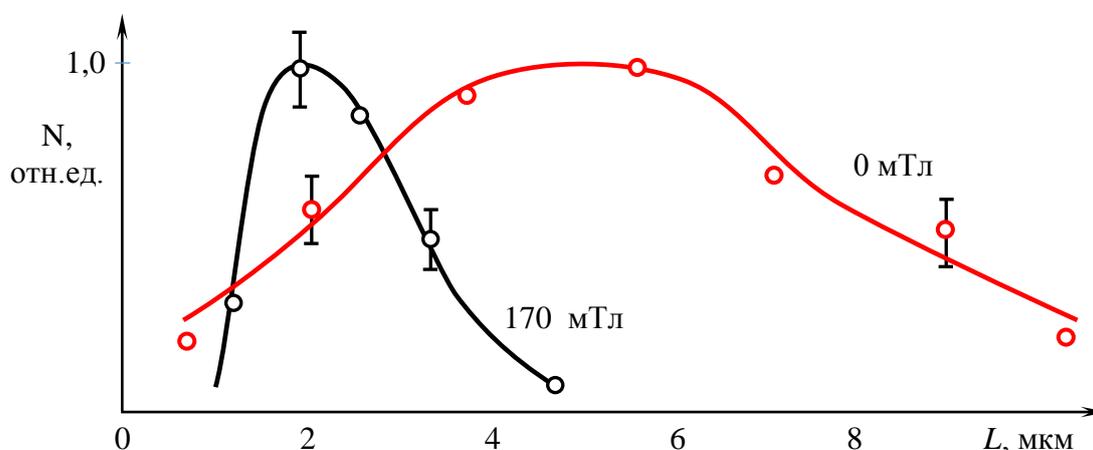


Рис. 8 – Зависимость размеров выступающих участков поверхности пленки от величины поля

Толщины образующихся пленок измерялись с помощью профилометра Ambios XP-1.

## **2.2 Выводы по экспериментальной части**

Внешнее постоянное магнитное поле приводит к образованию плёнок с более плотно упакованными кристаллитами и однородной поверхностью без выраженной сегрегации отдельных фаз, чем при напылении без поля. Направление роста кристаллитов - перпендикулярно плоскости подложки. Из анализа экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

1. Пленки алюминия, формируемые в магнитном поле 5-250,0 мТл имеют более ровный рельеф, чем без поля.

2. На пленках алюминия, формируемых менее 5 мин видно, при величине магнитного поля более 5 мТл, уменьшается зернистость пленки.

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- расчет бюджета научно-технического исследования.

### **3.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В данной научно-исследовательской работе изучается возможность формирования пленок заданного кристаллического состава с помощью внешнего постоянного магнитного поля, проведя эксперименты на металлических отполированных пластинках, используя вакуумный универсальный пост ВУП-5 для напыления.

Целевым рынком данного исследования будут являться микроэлектронные предприятия, космическая промышленность и смежные научные отрасли. В частности, АО «ИСС» им. академика М.Ф. Решетнёва, РКК «Энергия».

#### **3.1.1 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценивать сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Оценочная карта анализа представлена в таблице 1. Позиция разработки и конкурентов оцениваются по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Разработки конкурентов, основанные на методах химическом взаимодействии, химического осаждения, анодного окисления и термического испарения по экономическим и техническим критериям, в некотором случае, уступают данной разработке, но в некоторых аспектах также имеют свои плюсы. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot Б_i, \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{k1}$	$B_{k2}$	$K_{\phi}$	$K_{k1}$	$K_{k2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Помехоустойчивость	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
2. Экологичность	0,18	5	3	3	0,9	0,54	0,54
3. Надежность	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
4. Простота эксплуатации	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
5. Экономичность	0,09	5	3	3	0,45	0,27	0,27
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
3. Цена	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
5. Послепродажное обслуживание	0,06	5	3	2	0,3	0,18	0,12
6. Финансирование научной разработки	0,03	4	5	4	0,12	0,15	0,12
7. Срок выхода на рынок	0,04	5	4	4	0,2	1,16	0,16
8. Наличие сертификации разработки	0,06	4	5	4	0,24	0,3	0,24
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>62</b>	<b>52</b>	<b>46</b>	<b>4,84</b>	<b>3,81</b>	<b>3,44</b>

Использованный в работе метод по формированию пленок заданного кристаллического состава с помощью плазмы магнетронного разряда является оптимальным для использования в практических целях.

### 3.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой

комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован. При этом рекомендуется задавать следующие вопросы:

- Какие технические преимущества вы имеете по сравнению с конкурентами?
- Что участники вашего проекта умеют делать лучше всех?
- Насколько ваш проект близок к завершению по сравнению с конкурентами?

Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами. Чтобы прояснить в каких аспектах вас, возможно, превосходят конкуренты, следует спросить:

- Что можно улучшить?
- Что делается плохо?

- Чего следует избегать?

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию. Формулирование возможностей проекта можно упростить, ответив на следующие вопросы:

- Какие возможности вы видите на рынке?
- В чем состоят благоприятные рыночные возможности?
- Какие интересные тенденции отмечены?
- Какие потребности, пожелания имеются у покупателя, но не удовлетворяются конкурентами?

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту. Для выявления угроз проекта рекомендуется ответить на следующие вопросы:

- Какие вы видите тенденции, которые могут уничтожить ваш научно-исследовательский проект или сделать его результаты устаревшими?
- Что делают конкуренты?
- Какие препятствия стоят перед вашим проектом (например, изменения в законодательстве, снижение бюджетного финансирования проекта, задержка финансирования проекта и т.п.)?
- Изменяются ли требуемые спецификации или стандарты на результаты научного исследования?

- Угрожает ли изменение технологии положению вашего проекта?
- Имеются ли у руководства проекта проблемы с материально-техническим обеспечением?

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>  С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии;  С2. Экологичность технологии;  С3. Квалифицированный персонал;  С4. Маленький срок получения результатов при проведении научного исследования.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>  Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки;  Сл2. Недостаток финансовых средств;  Сл3. Не широкая распространённость и доступность материалов, используемых при проведении научного исследования;  Сл4. У руководства НИР проблемы с материально-техническим обеспечением</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт;  В2. Повышение стоимости конкурентных разработок;  В3. Использование научно-исследовательских достижений ТПУ.</p>		
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства;  У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p>		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3
	B1	+	+	-
	B2	+	-	0
	B3	+	0	-

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3	Сл.4
	B1	0	+	-	+
	B2	0	-	0	-
	B3	+	+	0	-

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	+	-
	У2	+	0	0	-

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3	Сл.4
	У1	+	-	-	-
	У2	0	-	-	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д. следующего вида: В1С1С2С5; В4С1С4. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (таблица 4).

Таблица 4 – Итоговая матрица SWOT – анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии; С2. Экологичность технологии; С3. Квалифицированный персонал; С4. Получение результата научного исследования в короткий срок.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки; Сл2. Нехватка финансовых средств; Сл3. Поставка материалов в долгий срок, используемых при проведении научного исследования; Сл4. Проблемы с материально-техническим обеспечением у самого руководства НИР.
<b>Возможности:</b> В1. Ожидание дополнительного спроса на новый продукт; В2. Повышение стоимости конкурентных разработок; В3. Использование научно-исследовательских достижений ТПУ.	Из данной комбинации видно, что существует возможность создания надежного и экономически выгодного способа создания пленок с помощью плазмы магнетронного разряда.	Спрос на новый продукт может быть увеличен за счет его технологических возможностей. Если использовать инновационную инфраструктуру и необходимое оборудование для проведения испытания опытного образца в ТПУ, то появится возможность избавиться от недостатка финансовых средств
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства; У2. Развитая конкуренция технологий производства.	Проведя анализ сильных сторон и угроз, видно, что вышеуказанные сильные стороны проекта могут существенно понизить процент угроз исследования.	Недостаток финансовых средств приводит к отсутствию спроса на новые технологии производства.

### 3.3 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

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

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, Бакалавр
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	3	Анализ исходных данных	Бакалавр
	4	Выбор направления исследований	Бакалавр, руководитель

	5	Календарное планирование работ по теме	Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Моделирование технологического процесса на ПК	Бакалавр
	7	Экспериментальное исследование	Бакалавр, руководитель
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Бакалавр
	9	Анализ и обработка полученных результатов	Бакалавр
	10	Оформление пояснительной записки к ВКР	Бакалавр
	11	Подготовка к защите ВКР	Бакалавр

### 3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожi}$  используется следующая формула:

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

где  $t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной 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.

### 3.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

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

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (таблица б).

Таблица 6 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	3	5	3,8	Б, Р	3,8	5
Подбор и изучение материалов по теме	10	15	12	Б	12	14
Анализ исходных данных	5	7	5,8	Б	5,8	7
Выбор направления исследований	3	6	4,2	Б, Р	2,1	3
Календарное планирование работ по теме	2	2,5	2,2	Б	2,2	3
Моделирование технологического	10	15	12	Б	12	14

Окончание таблицы 6

процесса на ПК						
Экспериментальное исследование	4	6	4,8	Б, Р	2,4	3
Оценка эффективности полученных результатов	5	7	5,8	Б	5,8	7
Анализ и обработка полученных результатов	2	4	2,8	Б, Р	1,4	2
Оформление пояснительной записки к ВКР	6	10	7,6	Б	7,6	9
Подготовка к защите ВКР	4	7	5,2	Б	5,2	6
<b>Итого:</b>			<b>66,2</b>		<b>60,3</b> <b>Р/Б</b> <b>9,7/56,5</b>	<b>73</b> <b>Р/Б</b> <b>13/68</b>

### 3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

### **3.4.1 Расчет материальных затрат НИИ**

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходовемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том

случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (6)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Все материалы, используемые для создания исследовательской установки являются собственностью отделения ядерно-топливного цикла инженерной школы ядерных технологий, поэтому в расчет показателей затрат стоимость и вспомогательных, комплектующих материалов не берется.

### **3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ**

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение

стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При проведении научно-технических исследований, специальное оборудование, необходимое для проведения работ, не использовалось. Затраты на специальное оборудование для научных работ отсутствуют.

### **3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы**

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (7)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (8)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (9)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб. (в качестве месячного оклада дипломника выступает стипендия, которая составляет 9893 руб. и 36800 руб. для профессора, доктора физико-математических наук);

$F_{\text{д}}$  – количество рабочих дней в месяце (среднее количество рабочих дней – 25);

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-ти дневная неделя.

Баланс рабочего времени представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Баланс рабочего времени

<b>Показатели рабочего времени</b>	<b>Руководитель</b>	<b>Бакалавр</b>
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
-выходные дни	52	52
-праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
-отпуск	56	56
-невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	243

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (10)$$

$$Z_{\text{м}} = 36800 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 71760 \text{ руб.},$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб. ( $Z_{тс}$  составляет 36800 руб.);

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

$k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15 – 20 % от  $Z_{тс}$ );

$k_{р}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 8.

Таблица 8 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_{р}$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	36800	0,3	0,2	1,3	71760	1472	9,7	14278,5
Бакалавр	9893	0,3	0,2	1,3	19291	771,5	56,5	43589,8
Итого								57868,3

#### 3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (11)$$

$$Z_{внеб} = 0,302 \cdot 14278,5 = 4312,1 \text{ руб.},$$

$$Z_{внеб} = 0,302 \cdot 43589,8 = 13164,1 \text{ руб.},$$

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

### **3.4.5 Расчет затрат на научные и производственные командировки**

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.

При проведении НТИ не было научных и производственных командировок, таким образом, в данном случае можно говорить, что затраты на научные и производственные командировки отсутствуют.

### **3.4.6 Контрагентные расходы**

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками), т.е.:

1) Работы и услуги производственного характера, выполняемые сторонними предприятиями и организациями. К работам и услугам производственного характера относятся:

- выполнение отдельных операций по изготовлению продукции, обработке сырья и материалов;
- проведение испытаний для определения качества сырья и материалов;
- контроль за соблюдением установленных регламентов технологических и производственных процессов;
- ремонт основных производственных средств;
- поверка и аттестация измерительных приборов и оборудования, другие работы (услуги) в области метрологии и прочее;

- транспортные услуги сторонних организаций по перевозкам грузов внутри организации (перемещение сырья, материалов, инструментов, деталей, заготовок, других видов грузов с базисного (центрального) склада в цехи (отделения) и доставка готовой продукции на склады хранения, до станции (порта, пристани) отправления).

2) Работы, выполняемые другими учреждениями, предприятиями и организациями (в т.ч. находящимися на самостоятельном балансе опытными (экспериментальными) предприятиями по контрагентским (соисполнительским) договорам на создание научно-технической продукции, головным (генеральным) исполнителем которых является данная научная организация).

Расчет величины этой группы расходов зависит от планируемого объема работ и определяется из условий договоров с контрагентами или субподрядчиками.

В работе использовался сканирующий электронный микроскоп (SEM). Стоимость одного анализа 2000 руб. Количество анализов – 15. Общие затраты – 30000 руб.

### **3.4.7 Накладные расходы**

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Эксперименты проводились 20 дней по 2 часа, мощность установки 5 кВт/час.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$Z_{эл} = C_{эл} \cdot P_{уст} \cdot F_{об} + C_{эл} \cdot P_{комп} \cdot F_{об}, \quad (12)$$

$$Z_{эл} = 5,8 \cdot 20 \cdot 2 \cdot 5 + 5,8 \cdot 0,054 \cdot 56,5 \cdot 4 = 1230,8 \text{ руб.},$$

где  $C_{эл}$  – тариф на промышленную электроэнергию (5,8 руб за 1 кВт·ч);

$P$  – мощность оборудования, кВт;

$F_{об}$  – время использования оборудования, ч.

Накладные затраты:

$$Z_{накл} = Z_{эл}, \quad (13)$$

$$Z_{накл} = 1230,8 \text{ руб.}$$

### 3.4.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 9.

Таблица 9 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	0	пункт 2.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	0	пункт 2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	57868,3	пункт 2.4.3
4. Отчисления во	17476,2	пункт 2.4.4

внебюджетные фонды		
5. Затраты на научные и производственные командировки	0	пункт 2.4.5
6. Контрагентские расходы	30000	пункт 2.4.6
7. Накладные расходы	1230,8	пункт 2.4.7
8. Бюджет затрат НИИ	104781,4	пункт 2.4.8

### **3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 9). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{ипс.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{ипс.}i} = \frac{104781,4}{104781,4} = 1,$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (15)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 10).

Таблица 10 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Производительность	0,3	5
2. Энергосбережение	0,4	5
3. Надежность	0,2	4
4. Материалоемкость	0,1	4
ИТОГО	1	

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = 4,7. \quad (16)$$

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что научно-техническое исследование будет ресурсоэффективно при первом варианте исполнения проекта, т.е. при высокой производительности и энергоэффективности проекта.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т. д.} \quad (17)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.11) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (18)$$

Таблица 11 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7
2	Интегральный показатель эффективности	0,21

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения

поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

#### **4. Социальная ответственность**

В современных условиях одним из основных направлений коренного улучшения всей профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда, то есть путем объединения разрозненных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех уровнях и стадиях производственного процесса.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда [1].

Правила по охране труда и техники безопасности [2] вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

Опасным производственным фактором, называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

#### 4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов (таблица 1), которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические [3].

Таблица 1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа с установкой (сборка) и ПЭВМ, ОЯТЦ ТПУ	Воздействие радиации (ВЧ,УВЧ,СВЧ и т.д.)	–	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
	–	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	–	Пожарная безопасность	Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность

На бакалавра, работающего на компьютере, воздействуют следующие факторы:

- физические: температура и влажность воздуха; шум; статическое электричество; электромагнитное поле низкой частоты; освещённость; наличие излучения;
- психофизиологические.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

## **4.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ**

### **4.2.1 Организационные мероприятия**

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа непосредственно на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией или лицом ответственным за рабочее место после обучения на рабочем месте. После чего сотруднику присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается удостоверение специального образца.

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием перед устройством на работу.



При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680-800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной не менее 500 мм, глубиной на уровне колен не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30°. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15°. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами.

Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка.  
Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубых цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

#### 4.2.3 Условия безопасной работы

Основные параметры, характеризующие условия труда — это микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость [2].

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с и приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха:

при объёме помещения до  $20 \text{ м}^3$  на человека – не менее  $30 \text{ м}^3$  в час на человека; при объёме помещения более  $40 \text{ м}^3$  на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40 %, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – 20-25 °С, зимой – 13-15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц–2 кГц: 25В/м;
- в диапазоне частот 2кГц–400 кГц: 2,5В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц–2 кГц: 250нТл;
- в диапазоне частот 2кГц–400 кГц: 25нТл.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);
- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкР/час. По нормам конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной

дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более 100 мкР/час.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

### **4.3 Электробезопасность**

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ и другими электрическими установками в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %), высокой температуры (более 35 °С), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования [4].

Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами.

Существует опасность поражения электрическим током в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развётки.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы;
- вывешивание плакатов, указывающих место работы;
- заземление корпусов всех установок через нулевой провод;
- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией;
- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заключение в корпуса электропоражающих элементов, заключение в корпус токоведущих частей).

#### **4.4 Пожарная и взрывная безопасность**

В зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с

твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий [5].

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике подразделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорючих или трудно сгораемых материалов;

- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения – предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

- сообщить руководителю;
- позвонить в аварийную службу или МЧС – тел. 112;
- принять меры в соответствии с инструкцией.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, структура пленок, полученных методом вакуумного напыления алюминием, заметно зависит от величины магнитного поля, но при длительном напылении в магнитном поле рельеф поверхности пленки

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оура К. Введение в физику поверхности /К.Оура, В.Г.Лифшиц, А.А.Саранин, А.В.Зотов, М.Катаяма; Ин-т автоматике и процессов упр. ДВО РАН.- М.: Наука, 2006.- 490 с.
2. Рамбиди Н.Г., Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.- 456 с.
3. А.И.Гусев. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнология. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.- 416 с.
4. Вудраф Д., Делчар Т. Современные методы исследования поверхности: Пер. с англ.- М.: Мир, 1989.- 564 с.
5. М.Б.Гусева. Ионная стимуляция в процессах образования тонких пленок на поверхности твердого тела. Соросовский образовательный журнал. – 1998.- №10.- С.106-112.
6. Ефимов И.Е., Козырь И.Я., Горбунов Ю.И. Микроэлектроника.- М.: Высшая Школа, 1986.- 464 с.
7. Черняев В.Н., Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров. – М.: Радио и связь, 1987.- 464 с.
8. Технология тонких пленок. Справочник. Т1/ Под ред.Л.Майсела, Р.Гленга. М.: Сов.радио, 1977.- 664 с.
9. Кузьмичев А. Магнетронные распылительные системы. Книга 1. Введение в физику и технику магнетронного распыления. М.:Аверс, 2008.– 244 с.
10. Кузьмичев А. Магнетронные распылительные системы. Книга 1. Введение в физику и технику магнетронного распыления. М.:Аверс, 2008.– 244 с.
11. Физика твердого тела: Лабораторный практикум/ Под ред. Проф. А.Ф.Хохлова. Том 1. – Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2000.- 360 с.
12. Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок.- М.: Энергоатомиздат, 1989.- 328с.

13. Технология тонких пленок. Справочник. Т1/ Под ред.Л.Майсела, Р.Гленга. М.: Сов.радио, 1977.- 664 с.
14. Данилин Б.С., Сырчин В.Н. Магнетронные распылительные системы. М.:Радио и связь, 1982.- 72 с.
14. Курносов А.И., Юдин В.К. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. М.: Высшая школа, 1986. 366 с.
15. P.J. Kelly, R.D. Arnell, Magnetron sputtering: a review of recent developments and applications. *Vacuum* 56 (2000) 159-172.
16. J. Musila, P. Barocha, J. Vlčeka, K.H. Namc and J.G. Hanc, Reactive magnetron sputtering of thin films: present status and trends, *Thin Solid Films*, V. 475, Issues 1-2, 2005, P. 208-218
16. K. Sarakinosa, J. Alamib, and S. Konstantinidisc, High power pulsed magnetron sputtering: A review on scientific and engineering state of the art, *Surface and Coatings Technology*, V. 204, Issue 11, 2010, P. 1661-1684.
17. P. Kelly, C. F.Beevers, P. Henderson, R. D. Arnell, H. Backer, J. W. Bradley, A comparison of titanium-based films produced by pulsed and continuous DC magnetron sputtering, *Surface and coatings technology*, 2003, vol. 174/175, pp. 795-800.
18. I. Safi. Recent aspects concerning DC reactive magnetron sputtering of thin films: a review. *Surface and Coatings Technology*, V. 127, Issues 2-3, 2000, P. 203-218.