

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

Институт **Физико-технический институт**
Направление подготовки **03.03.02 – физика**
Кафедра **Общей физики**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|--|
| Определение равномерности толщины никелевых покрытий, нанесенных на циркониевые сплавы методом магнетронного распыления |

УДК 669.296:546.74:621.793.74

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------|---------|------|
| 150Б30 | Цзя Цзинвэнь | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент | Кашкаров Борисович | Егор | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---|---------------------------------|---------|------|
| Доцент | Меньшикова Екатерина Валентиновна | Кандидат философских наук | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент | Волков Викторович | Юрий к. т. н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------------|-------------------|---------------------------|---------|------|
| Зав. кафедрой общей физики | Лидер Маркович | Андрей к.ф.-м.н. | | |

Томск – 2017 г.

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

Институт **Физико-технический институт**
Направление подготовки **03.03.02 – физика**
Кафедра **Общей физики**

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Лидер А.М.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------|
| 150Б30 | Цяо Цзинвэнь |

Тема работы:

Определение равномерности толщины никелевых покрытий, нанесенных на циркониевые сплавы методом магнетронного распыления

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации,

Объектом исследования является методика неразрушающего контроля толщины никелевых покрытий, сформированных методом магнетронного распыления на подложках циркониевого сплава Zr-1Nb и кремния.

| | |
|--|--|
| <i>влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i> | |
|--|--|

| | |
|--|---|
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p> | <ul style="list-style-type: none"> – Обзор литературных источников; – Подготовка подложек; – Нанесение никелевых покрытий на образцы циркониевого сплава Zr-1Nb и Si методом магнетронного распыления; – Анализ толщины покрытия; – Социальная ответственность; – Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; – Заключение. |
|--|---|

| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы | |
|---|--|
| Раздел | Консультант |
| Социальная ответственность | Волков Юрий Викторович, доцент ЭБЖ ИНК |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Меньшикова Екатерина Валентиновна, доцент МЕН ИСГТ |
| Иностранный язык | |

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

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Ассистент ОФ ФТИ | Кудяров Виктор Николаевич | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------------|--------------|----------------|-------------|
| 150Б30 | Цяо Цзинвэнь | | |

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

Студенту:

| | |
|---------------|--------------|
| Группа | ФИО |
| 150Б30 | Цяо Цзинвэнь |

| | | | |
|----------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------|
| Институт | Физико-технический | Кафедра | Общей физики |
| Уровень образования | Бакалавр | Направление/специальность | 03.03.02 Физика |

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

| | |
|---|---|
| <i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | <i>Определение стоимости ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых информационных и человеческих</i> |
| <i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | <i>Знакомство и отбор норм и нормативов расходования ресурсов</i> |
| <i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> | <i>Знакомство с системой налогообложения, со ставками 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> | <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i> |
| <i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i> | <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет.</i> |
| <i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i> | <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической составляющей</i> |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ | |
|---|--|

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|------------------|------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| | | | | |

| | | | | |
|--------|---|---------------------------------|--|--|
| Доцент | Меньшикова Екатерина Валентиновна | Кандидат философских наук | | |
|--------|---|---------------------------------|--|--|

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------------|--------------|----------------|-------------|
| 150Б30 | Цяо Цзинвэнь | | |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

| | |
|---------------|--------------|
| Группа | ФИО |
| 150Б30 | Цзя Цзинвэнь |

| | | | |
|----------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------|
| Институт | Физико-технический | Кафедра | Общей физики |
| Уровень образования | Бакалавр | Направление/специальность | 03.03.02 Физика |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|---|--|
| <p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p> | <p>В данной работе в качестве материала был выбран циркониевый сплав Zr-1Nb, используемый в качестве оболочек тепловыделяющих элементов в активной зоне ядерных реакторов. Нанесение никелевых покрытий на образцах циркониевого сплава Zr-1Nb и Si осуществлялось в вакуумной камере методом магнетронного распыления. Определение толщины никелевых покрытий проводилось методом шарового истирания (<i>прибор для определения толщины покрытий – «Calotest»</i>), сканирующей электронной микроскопии и методом рентгеновской дифракции. Рентгеноструктурный анализ проводился путем анализа дифрактограмм исследуемых образцов, полученных на дифрактометре.</p> |
|---|--|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|--|
| <p>1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p> | <p>1.1. В качестве вредных факторов выделены: отклонение показателей микроклимата, недостаточное освещение рабочей зоны, превышение уровней шума, вибрация. Приведены рекомендации по улучшению микроклимата в</p> |
|--|--|

| | |
|--|--|
| | <p>лаборатории, рекомендации по минимизации влияния шума и вибрации.</p> <p>1.2. В качестве опасных факторов выявлены движущиеся машины и механизмы, химические факторы (превышение ПДК изопропилового спирта, керосина, возможность поражения электрическим током, возникновение пожара. Приведены рекомендации к мерам пожарной безопасности, способы защиты от электрического тока.</p> |
|--|--|

| | |
|--|--|
| <p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. | <p>Предусмотрена защита селитебных и природных зон от негативного воздействия на атмосферу, гидросферу, литосферу.</p> |
| <p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. | <p>Для обеспечения безопасности людей в ЧС приведены:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС |
| <p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | <p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны; – расчет искусственного освещения. |

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

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры ЭБЖ | Волков Юрий Викторович | к.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------------|--------------|----------------|-------------|
| 150Б30 | Цяо Цзинвэнь | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 80 _____ с., _____ 18 _____
рисунков, _____ 14 _____ таблиц, _____ 46 _____ литературных источника, 0 приложение.

Целью работы является разработка методики неразрушающего контроля равномерности толщины никелевых покрытий, нанесенных на циркониевые сплавы методом магнетронного распыления.

В первой главе описаны основные принципы ионной очистки и магнетронного напыления тонкопленочных покрытий.

Во второй главе описаны разрушающие и неразрушающие методы контроля толщины покрытий.

В третьей главе описана экспериментальная часть, включающая формирование никелевых покрытий с различной толщиной на подложках кремния и циркониевого сплава и определение их толщины разрушающими методами и методом рентгеновской дифракции.

В ходе работы были сформированы никелевые покрытия толщиной 0,5-2 мкм на подложках из кремния и циркониевого сплава Zr-1Nb методом магнетронного распыления.

Разработана методика неразрушающего контроля равномерности толщины никелевых покрытий на подложках из циркониевого сплава.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 14 |
| Глава 1. Физические основы методов ионной очистки и магнетронного распыления..... | 16 |
| 1.1 Ионная очистка..... | 16 |
| 1.2 Метод магнетронного распыления..... | 17 |
| Глава 2. Методы контроля толщины покрытий..... | 21 |
| 2.1. Разрушающие методы контроля..... | 21 |
| 2.1.1 Капельный метод..... | 21 |
| 2.1.2. Метод шарового истирания..... | 22 |
| 2.1.3. Кулонометрический метод..... | 24 |
| 2.1.4 Метод сканирующей электронной микроскопии..... | 24 |
| 2.2. Неразрушающие методы контроля..... | 25 |
| 2.2.1 Рентгеновские методы измерения толщины покрытий..... | 25 |
| 2.2.2 Эллипс метрические методы контроля толщины покрытий..... | 27 |
| Глава 3. Экспериментальная часть..... | 29 |
| 3.1. Определение толщины никелевых покрытий на подложках из сплава | |

| | |
|--|----|
| Zr-1Nb и Si..... | 29 |
| 3.2. Определение толщины никелевых покрытий, сформированных в диапазоне толщин 0,5-2 мкм..... | 32 |
| 3.3 Методика определения равномерности толщины покрытия..... | 36 |
| Заключение..... | 38 |
| Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..... | 39 |
| Введение..... | 39 |
| 4.1. Оценка для коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективностей и ресурсосбережений..... | 39 |
| 4.1.1. Потенциальные потребители исследования..... | 39 |
| 4.1.2 Технология QuaD..... | 40 |
| 4.1.3 SWOT-анализ..... | 41 |
| 4.2. Планирование научно-исследовательских работ..... | 42 |
| 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования..... | 42 |
| 4.2.2.Определение трудоемкости выполнения работ..... | 43 |
| 4.2.3. Построение графика работ..... | 47 |

| | |
|--|----|
| 4.3 Бюджет научно-технического исследования..... | 50 |
| 4.3.1 Расчет затрат на материалы..... | 50 |
| 4.3.2 Расчет основной заработной платы..... | 51 |
| 4.3.3. Расчет отчислений от заработной платы..... | 52 |
| 4.3.4. Расчет затрат на электроэнергию..... | 53 |
| 4.3.5. Расчет амортизационных расходов..... | 55 |
| 4.3.6 Расчет общей себестоимости разработки..... | 57 |
| Вывод..... | 57 |
| Глава 5. Социальная ответственность..... | 59 |
| Введение..... | 59 |
| 5.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды..... | 59 |
| 5.1.1. Производственный шум..... | 59 |
| 5.1.2. Микроклимат..... | 60 |
| 5.1.3. Расчет искусственной освещенности..... | 62 |
| 5.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды..... | 65 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 5.2.1. Электробезопасность..... | 65 |
| 5.2.2. Пожаровзрывобезопасность..... | 69 |
| 5.3. Охрана окружающей среды..... | 72 |
| Вывод..... | 73 |
| Заключение..... | 74 |
| Список литературы..... | 76 |

Введение

Определение толщины сформированных покрытий является одной из главных задач при проведении научных экспериментов, а также аттестации соответствия покрытий техническим и эксплуатационным требованиям. Выбор метода определения толщины зависит от многих факторов, таких как тип покрытия, толщина, точности измерения, допустимость разрушения покрытия или самой детали и др. По техническим причинам, учитывая индивидуальные особенности различных методик осаждения, невозможно создать равномерное покрытие, особенно при формировании покрытий с толщиной более 100 нм. Таким образом, разработка методов контроля равномерности толщины покрытий является актуальной задачей.

Многочисленные исследования влияния водорода на свойства металлов и сплавов требуют подготовки экспериментальных образцов, содержащих различные концентрации водорода, причем с различным распределением водорода в объеме материала. Наводороживание легкоокисляющихся металлов и сплавов, как правило, затруднено из-за наличия оксидной пленки на поверхности, снижающей проникновение водорода. К таким материалам можно отнести титановые и циркониевые сплавы, получившие широкое применение в авиакосмической промышленности и ядерной энергетике, соответственно. В данной работе в качестве материала был выбран циркониевый сплав Zr-1Nb, используемый в качестве оболочек тепловыделяющих элементов в активной зоне ядерных реакторов. Проблема водородного охрупчивания циркониевых сплавов решается большим кругом исследователей на протяжении нескольких десятков лет. При этом разрабатываются различные защитные покрытия, а также покрытия, повышающие скорость поглощения водорода, что позволяет моделировать различные условия проникновения водорода в циркониевый сплав. Так, например, удаление окисной пленки и нанесение слоя никеля на поверхность циркониевых сплавов позволяет существенно повысить скорость сорбции водорода за счет каталитических свойств никеля. Кроме того, толщина

покрытий оказывает непосредственное влияние на кинетику проникновения водорода, что требует разработки неразрушающих методов контроля равномерности осаждаемых покрытий. На сегодняшний день существует большое количество методов контроля толщины покрытий, однако неразрушающих методов весьма мало. К наиболее перспективным методам неразрушающего контроля можно отнести метод рентгеновской дифракции, эллипс метрии, вихре токовый, а также акустические методы. Неразрушающий контроль толщины покрытий не лишает изделие пригодности для последующей эксплуатации, что является основным достоинством таких методов.

Целью данной работы является разработка методики неразрушающего контроля равномерности толщины никелевых покрытий, нанесенных на циркониевые сплавы методом магнетронного распыления.

Для выполнения цели были поставлены следующие задачи:

1. Литературный обзор по теме исследования.
2. Подготовка подложек из циркониевого сплава Zr-1Nb и Si.
3. Нанесение никелевых покрытий на образцы циркониевого сплава Zr-1Nb и Si методом магнетронного распыления.
4. Определение толщины никелевых покрытий прямыми методами измерения: методом шарового истирания и сканирующей электронной микроскопии.
5. Определение толщины никелевых покрытий методом рентгеновской дифракции.
6. Разработка методики неразрушающего контроля толщины никелевых покрытий методом рентгеновской дифракции.

Глава 1. Физические основы методов ионной очистки и магнетронного распыления

1.1 Ионная очистка

При нанесении различных покрытий очистка поверхности от различных загрязнителей и окислов очень важна. Распыление с ионами аргона это наиболее эффективным методом для удаления сверхтонких поверхностных слоев, который позволяет очищать субстрат.

Источник ионов образует направленный поток ионов аргона, которые ускоряются до высокой энергии. Они бомбардируют подложку, вызывая её распыление [1]. Средние энергии распыляемых частиц составляют обычно десятки эВ и зависят от свойств материала мишени и характеристик ионного пучка [2].

Для аморфных и поликристаллических материалов для энергий ионов Согласно теории Зигмунда [3] до 1 кэВ коэффициент распыления определяется следующим выражением:

$$S = \frac{3}{\pi^2} \alpha \frac{M_i M_a}{(M_i + M_a)^2} \frac{E_i}{2E_{sub}},$$

где M_i и M_a - атомная масса для ионов и атомов, которая распыляется материала, г/моль; E_i - энергия для падающего иона, эВ; E_{sub} - энергия для сублимации атомов подложки, эВ; α - безразмерный параметр, зависящий от M_i/M_a .

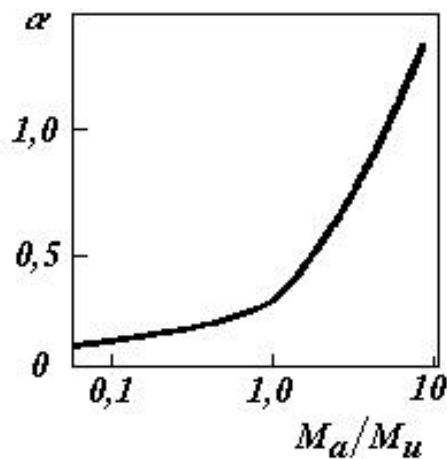


Рисунок 1.1 – Зависимость коэффициента α от отношения массы атома распыляемого материала M_a к массе иона M_i .

Отношения между α и M_i/M_a при нормальном падении пучка ионов показана на рис. 1.1.

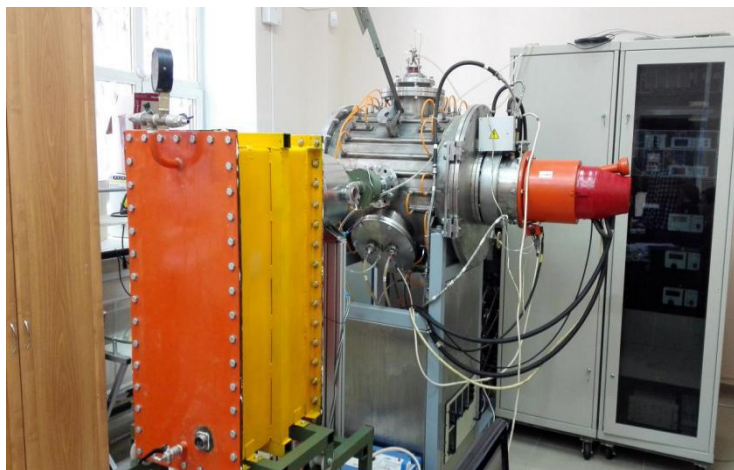
При высоких энергиях ионов, коэффициента распыления уменьшается, которая связана с большой глубиной проникновения частиц в твердое тело [4].

1.2 Метод магнетронного распыления

Метод магнетронного распыления широко используется в различных областях промышленности для нанесения износостойких, с низким коэффициентом трения, коррозионно-стойких, декоративных покрытий, а также покрытий с конкретными оптическими или электрическими свойствами. Основной процесс распыления был известен в течение многих лет, и многие материалы были успешно осаждаются с помощью этой методики [5, 6]. Использование первых магнетронных систем в начале 1970 гг., которые принято называть «обычные» или «сбалансированные» магнетроны, было важным шагом в получении тонкопленочных покрытий [7, 8].

Для реализации гибридных технологий ионно-плазменной модификации свойств поверхностных слоев предназначена установка предназначена, которая включает имплантацию ионов газов, осаждение для однослойных и многослойных покрытий широкой номенклатуры на изделия

способом конденсации вещества с ионным ассистированием. Внешний вид вакуумной камеры представлен на рисунке 1.2.



*Рисунок 1.2. – Внешний вид вакуумной камеры установки
«Радуга-спектр»*

С низкой энергией источник ионов предназначен для очистки поверхности образцов и изделий в вакуумных камерах до нанесения покрытий. Поверхность очищается распылением атомов. Очистка ионов осуществляется методом ускоренных газовых ионов, предварительно ускоренных в диодной системе прямого действия, энергия ионов находится в диапазоне (0-3,5) кэВ.

Технические характеристики оборудования, входящего в комплект, что позволяет осуществлять совместную работу всего комплекса электрооборудования.

Типичным примером может служить плазменное азотирование нержавеющей стали с последующим ее покрытием износостойким материалом, например, нитридом титана (TiN). Закаленный азотированный слой обеспечивает дополнительную поддержку износостойкого покрытия (за счет высокой твердости), улучшая его адгезию.

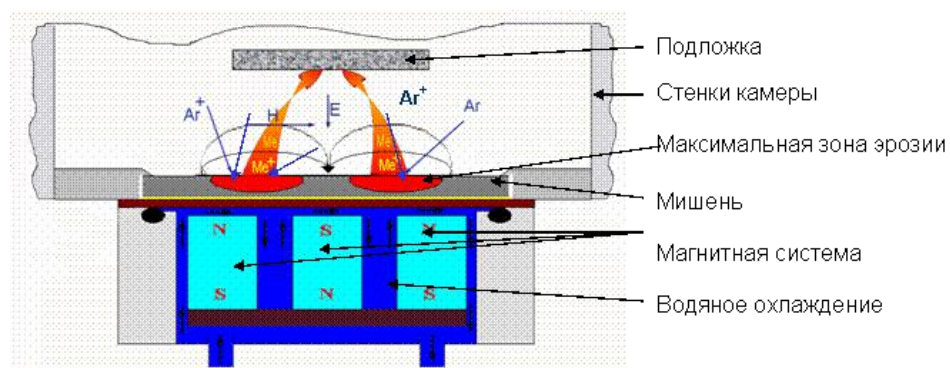


Рисунок 1.2 – Схематическое изображение сбалансированных систем.

В процессе распыления, мишень бомбардируется энергичными ионами, генерируемыми в плазме тлеющего разряда, расположенной в передней части мишени. Процесс бомбардировки вызывает удаление распыляемых атомов мишени, которые затем могут конденсироваться на подложке в виде тонкой пленки [9]. Вторичные электроны также выбиваются с поверхности мишени в результате ионной бомбардировки. Эти электроны играют важную роль в поддержании плазмы. Магнитное поле сконфигурировано параллельно поверхности мишени, и может сдерживать движение вторичных электронов в непосредственной близости от мишени. Магниты расположены таким образом, что один полюс, расположенный на центральной оси мишени, а второй полюс образован кольцом магнитов вокруг внешнего края мишени. Ловушки электронов таким образом, существенно увеличивает вероятность ионизирующих электрон-атомных столкновений, происходящих. Эффективность повышенной ионизации магнетрона приводит к плотной плазме в области мишени. Это, в свою очередь, приводит к увеличению ионной бомбардировки мишени, что дает более высокие скорости распыления и, следовательно, более высокие скорости осаждения на подложке.

Энергия бомбардирующих ионов может быть увеличена за счет подачи отрицательного напряжения смещения на подложку. Однако это может привести к дефектам в покрытии и увеличению внутренних напряжений, что может сильно повлиять на свойства покрытия. Таким образом, с помощью

сбалансированных магнетронов трудно нанести плотные покрытия на большие или многокомпонентные подложки. Чтобы нанести плотные покрытия без создания чрезмерных внутренних напряжений, необходима высокая плотность тока и относительно низкая энергия ионов. Такие условия напыления легко обеспечиваются использованием несбалансированного магнетрона [10].

Электроны ускоряются в электрическом и закручиваются в магнитном поле, в результате чего происходит их движение по циклоиде вдоль поверхности мишени. Ускоренные электроны ионизируют рабочий газ (аргон). Образовавшиеся таким образом ионы аргона ускоряются в электрическом поле, бомбардируют поверхность мишени, и распыляют ее. Распыленные атомы осаждаются на поверхность образца. в области сильного магнитного поля, наиболее интенсивно распыляется поверхность мишени, которая есть вид замкнутой дорожки, форма полюсов магнитной системы определяет её геометрия [11].

Преимущества [12]:

1. достаточно высокая скорость осаждения;
2. образование радиационных эффектов не вызывается;
3. равномерность осаждения более высокая.

Недостатки методов распыления:

Возможности этого метода, которые ограничатся низкими значениями энергий конденсирующихся атомов, что обуславливает невысокую адгезионную прочность между покрытием и подложкой[13]. Чтобы достигнуть устранения недостатка требует применять достаточно сложных схем ассистировали [14].

Глава 2. Методы контроля толщины покрытий

Методы контроля толщины покрытий можно разделить на разрушающие и неразрушающие. К разрушающим методам относятся капельный метод, метод шарового истирания, микроскопия, кулонометрический метод и др. Наибольшее применение среди неразрушающих методов получили рентгеновские методы, ультразвуковой контроль, эллипсометрические методы и др. Неразрушающие методы контроля можно разделить на следующие виды: магнитный, радиационный, оптический, радиоволновой, электрический, акустический, тепловой, вихретоковый и др. [15]. Каждый этот вид подразделяется на методы, которым в свою очередь соответствуют определенные средства контроля.

2.1. Разрушающие методы контроля

Разрушающий контроль отличается относительной дешевизной и простотой, в этом его основные преимущества. Разрушающие методы применяются в случаях, когда исследуемые образцы не подвергаются дальнейшему использованию.

2.1.1 Капельный метод

По числу капель, определяем толщину покрытия определяют, которая заартачатся на растворение покрытия по формуле: $H = H_k (n-0,5)$, где H_k – толщина покрытия, которая снимается в течение заданного времени одной каплей раствора; n – число капель, которое израсходоваться на растворение покрытия [16].

Чтобы определить толщину покрытия используем электроструйный прибор (Рисунок 2.1).

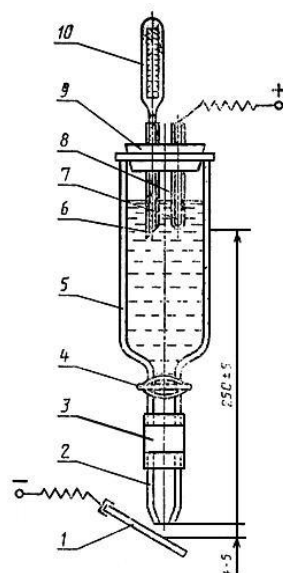


Рисунок 2.1 – Электроструйный прибор для определения толщины покрытия. 1 - деталь; 2 - капиллярная трубка; 3 - резиновая трубка; 4 - кран; 5 - капельная воронка; 6, 8 - стеклянные трубки; 7 - платиновая проволока; 9 - пробка; 10 - термометр

2.1.2. Метод шарового истирания

Используем прибор «Calotest» для измерения толщины покрытий (рис. 2.2). Этот метод широко используется, чтобы анализировать покрытий толщиной от 0,1 до 50 мкм. Он быстро и точно для определения толщины у которых однослойные, так и многослойные покрытия [17]. В последнее время этот метод приобрел большое признание в университетах. Это хороший и полезный метод для оценки износостойкости промышленного компонента [19,20]. Детальные исследования влияния условий испытаний на скорость износа и механизмов в тесте показали тонкие и первоначально неожиданные эффекты, связанные с влиянием шар состояния поверхности на повышение частиц [21].

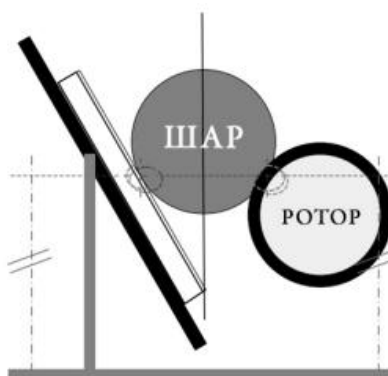


Рисунок. 2.2. Прибор для определения толщины покрытий «Calotest» [22].

Calotest обеспечивает быстрое, простое и недорогое определение толщины покрытия. Вращающийся шар с известным диаметром прижимается к поверхности покрытия с предварительно выбранной нагрузкой. Место сферы центра образца и контактная нагрузка всегда постоянны. В контактную зону углубление с формой сферического колпачка при добавлении абразивной суспензии истирается как на покрытие, так и на подложку. (рис. 2.3) Ротор двигателя соединен с валом Calotest, на котором сделаны пазы чтобы из нержавеющей стали с абразивной пастой передать вращение шару [21].

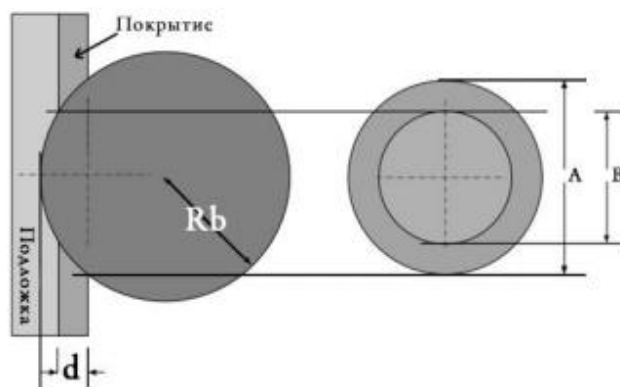


Рисунок 2.3 – Расчет толщины покрытия с помощью шлифа [21].

Определяем толщину покрытия по формуле [21]:

$$d = \frac{1}{2} \left(\sqrt{4Rb^2 - B^2} - \sqrt{4Rb^2 - A^2} \right)$$

Преимущества

- позволяет быстро, просто и недорого определить толщину покрытий

- позволяет определять толщины различных материалов: металлических, полимерных и диэлектрических пленок в диапазоне от 100 нм до 50 мкм.

Недостатки

- отнести разрушение образца после исследования.

2.1.3. Кулонометрический метод

Данный способ определения толщины покрытия основан на анодном растворении покрытия и фиксации времени, затраченного на его растворение [23].

К достоинствам такого анализа можно отнести:

- возможность определения как однослойных, так и многослойных металлических покрытий в достаточно широком диапазоне от 50 нм до 75-100 мкм;
- малая площадь зоны измерения, от 0,25 мм²;
- независимость от технологии напыления и состава покрытия.

2.1.4 Метод сканирующей электронной микроскопии

Этот метод обеспечивает большую глубину резкости, который означает, что область образца, которую можно рассматривать в фокусе в одно и то же время, на самом деле достаточно велика [24].

Основные этапы подготовки образца СЭМ включают очистку поверхности, стабилизацию образца с помощью фиксажа, промывку, обезвоживание, сушку, установку образца на металлическом держателе и покрытие образца слоем материала, который является электропроводным [25].

Сигналы, полученные в результате SEM, являются результатом взаимодействия электронного пучка с атомами на поверхности или вблизи

поверхности образца, включают вторичные электроны, обратно рассеянные электроны (BSE), характеристические рентгеновские лучи, свет (катодоллюминесценцию), ток образца и переданные электроны [26]. При обнаружении вторичных электронов СЭМ может создавать яркие изображения поверхности образца) с превосходным разрешением около 1-5 нм.

2.2. Неразрушающие методы контроля

2.2.1 Рентгеновские методы измерения толщины покрытий

Рентгеновской дифракции (XRD) является мощным средством для определения кристаллической структуры и параметров решетки. Основные принципы дифракции рентгеновских лучей можно найти в учебниках например от Buerger [27], Klug and Alexander [28], Cullity [29], Taylor [30], Guinier [31], Barrett and Massalski [32]. Этот метод проводился путем анализа дифрактограмм исследуемых образцов, которые получаются на дифрактометре. Её внешний вид показан на рисунке 2.4.



Рисунке 2.4. Внешний вид дифрактометра

Метод основан на отражении рентгеновских лучей с атома поверхности образца. Глубина излучения зависит от угла падения: чем он меньше, тем меньшее расстояние проходит луч в глубине материала [33]. На

рисунке 2.4 схематически представлены техники съемки симметричного и асимметричного измерений

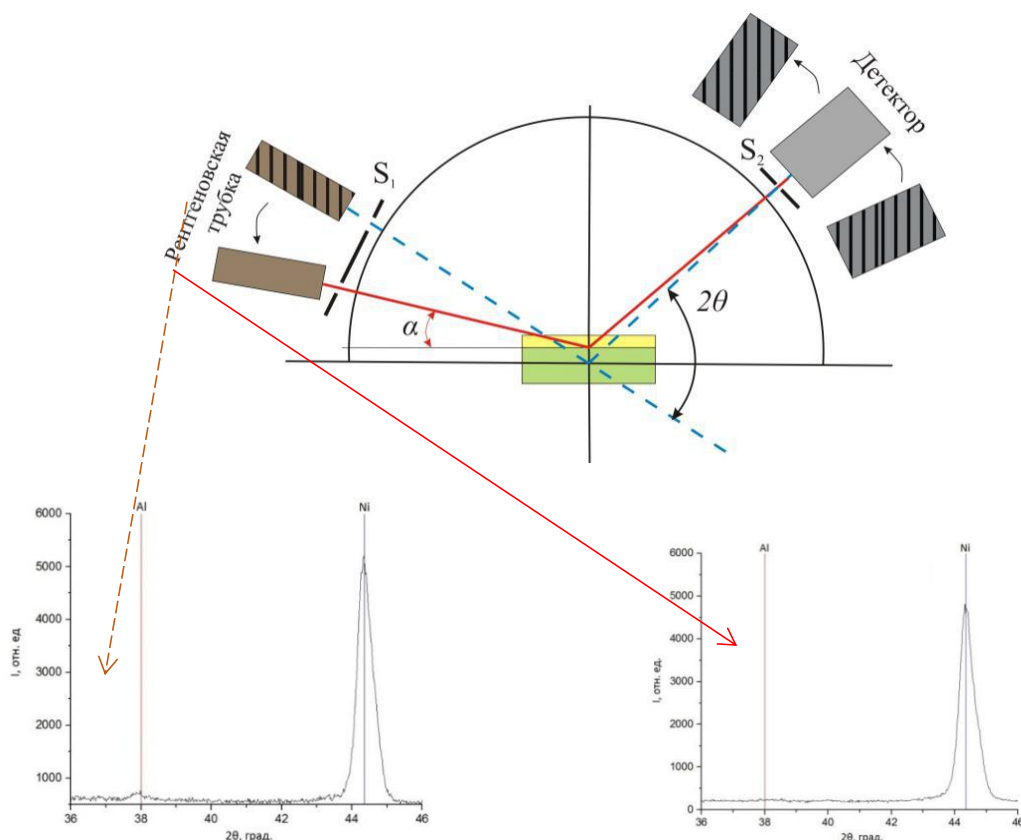


Рисунок 2.4 – Техника получения дифракционной картины для тонких пленок при симметричном измерении (синяя линия) и асимметричном (красная линия).

Толщина покрытий проводилась с помощью геометрии скользящего пучка по формуле:

$$h = \frac{\ln(1 - R) \sin \alpha \sin(2\theta - \alpha)}{\mu(\sin \alpha + \sin(2\theta - \alpha))} \quad (2.1)$$

где α – угол падения, θ – угол скольжения (брэгговский угол), μ – коэффициент линейного поглощения, R – доля излучения, отраженного слоем с толщиной h .

Преимущества

В сравнении с существующими способами измерения толщины тонких пленок, достоинствами рентгеновского метода являются:

- необязательность специальной подготовки образцов;
- возможность предварительного пребывания образцов, как при нормальных условиях, так и в определенных атмосферных условиях, таких, например, как – высокая температура или давление;
- возможность получения информации о структуре материала на практически любой площади (от кв. мм до кв. см);
- возможность контролировать глубину анализа по величине падающего угла;
- возможность изучения структуры внутри образца.
- самый простой в использовании и распространенный метод.

Недостатки

Порой существуют ограничения, не позволяющие его применять: высокая температура или скорость перемещения объекта, односторонний доступ к объекту контроля, сложная форма поверхности и внутренней структуры [34].

2.2.2 Эллипс метрические методы контроля толщины покрытий

В настоящее время существуют различные формы эллипс метрии, которые применяются для исследования физических свойств тонких пленок [36]. Спектральная эллипс метрия включает измерение и анализ комплексного коэффициента отражения в широком диапазоне длин волн при фиксированном угле падения света. Этот метод обеспечивает информацию для функций оптического ответа [37].

Рефлективная эллипс метрия применяется для количественной оценки оптической системы с помощью так называемого относительного коэффициента отражения Ψ [38]. Для эллипса метрии основное уравнение:

$$\rho = \frac{R_p}{R_s} = \tan \Psi \cdot e^{i\Delta} \quad (2,2)$$

Где R_p и R_s - комплексные коэффициенты отражения для

p-поляризации и s-поляризации соответственно. $\tan\Psi$ - отношение амплитуд коэффициентов отражения R_p и R_s , Δ - разность их фаз:

$$\tan\Psi = \frac{r_p}{r_s} \quad (2,3)$$

$$\Delta = \delta_p - \delta_s \quad (2,4)$$

Преимущества.

Эллипсометрические методы быстрые, неразрушающие, очень чувствительны к наличию поверхностных включений и обеспечивают более высокую точность определения показателя преломления и толщины тонких слоев.

Недостатки.

Это метод требует градуировочные образцы для каждого вида покрытий и подложки, которые соответствуют по химическому составу. Кроме того, при измерениях существуют, которые определяются ограничения для материалов покрытия и подложки.

Глава 3. Экспериментальная часть

3.1. Определение толщины никелевых покрытий на подложках из сплава Zr-1Nb и Si

Для проведения экспериментов были использованы образцы кремния и циркониевого сплава Zr-1Nb размерами 20×20×1 мм. Подготовка образцов проводилась в несколько этапов:

1) механическая шлифовка подложек с использованием наждачной бумаги, маркировок 600, 1500, 2000 и 2500 (последовательно). Механическая обработка необходима для выравнивания поверхности, а также удаления окисного слоя;

2) промывка образцов в спирте для удаления органических загрязнений и остатков абразивов;

3) ионная очистка поверхности непосредственно перед нанесением никелевого покрытия для удаления окисной пленки и органических загрязнений поверхности;

4) нанесение покрытия Ni на образцы.

Формирование никелевых покрытий осуществлялось методом магнетронного распыления. Остаточное давление в вакуумной камере составляло $1,5 \times 10^{-3}$ Па. Предварительно образцы подвергались очистке в плазме тлеющего разряда (аргона) в течение 5 мин при напряжении разряда 1500 В. Параметры нанесения покрытия представлены в табл. 3.1. В качестве мишени использовался никель марки Н0 (степень чистоты 99,99%).

Таблица 3.1. Режим осаждения никелевых покрытий.

| Мощность разряда, кВт | Ток разряда, А | Давление в камере (аргон), Па | Время напыления, мин |
|-----------------------|----------------|-------------------------------|----------------------|
| 2 | 3,5 | 0,15 | 10 |

После формирования никелевых покрытий проводилось измерение их толщины прямыми методами измерения: методом шарового истирания и методом сканирующей электронной микроскопии боковой поверхности скола

покрытия. Изображения поверхности покрытий Ni на циркониевом сплаве представлены на рис. 3.1. Стоит отметить, что на циркониевых подложках определить с высокой точностью диаметры кольца, образованного в результате истирания, достаточно сложно. Размытые границы кольца на образце циркониевого сплава вызваны высокой шероховатостью поверхности и низкой твердостью материала подложки.

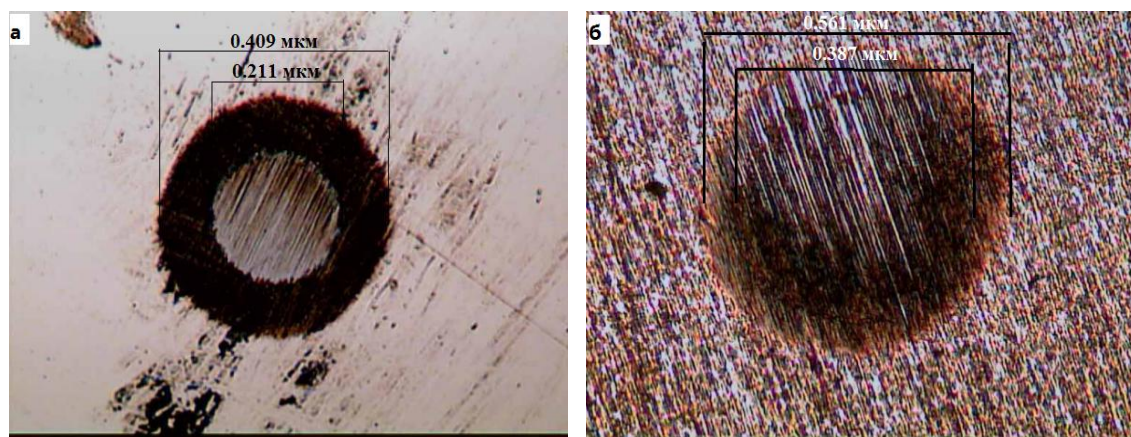


Рисунок. 3.1. Изображения сферического шлифа на образцах Si/Ni (а) и Zr-1Nb/Ni (б).

Результаты расчета толщины покрытий приведены в таблице 3.2. Толщина покрытий для образцов Si и сплава Zr-1Nb, напыленных при одинаковых параметрах, отличается незначительно и составила примерно 1,2 мкм.

Таблица 3.2. Результаты измерения толщины никелевых покрытий на подложках из сплава Zr-1Nb и Si.

| | D, мкм | d, мкм | h, мкм |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Si+Ni 10 min N1 | 0,409 | 0,211 | 1,20 |
| Si+Ni 10 min N2 | 0,411 | 0,232 | 1,13 |
| Si+Ni 10 min N3 | 0,410 | 0,225 | 1,16 |
| Zr+Ni 10 min N1 | 0,516 | 0,378 | 1,20 |
| Zr+Ni 10 min N2 | 0,561 | 0,387 | 1,18 |
| Zr+Ni 10 min N3 | 0,537 | 0,386 | 1,19 |

Измерение толщины никелевых покрытий также проводилось методом сканирующей электронной микроскопии. Съемка проводилась при ускоряющем напряжении 15 кВ. Изображение поверхности покрытий Ni на подложке из циркония представлено на рис. 3.2а. На поверхности образцов видны следы шлифовки, при этом покрытие полностью покрывает поверхность циркониевого сплава и не имеет видимых трещин. Толщина никелевого покрытия на подложке из кремния составила 1.2 мкм (рис. 3.2б), что хорошо согласуется с результатами измерений, проведенных методом шарового истирания.

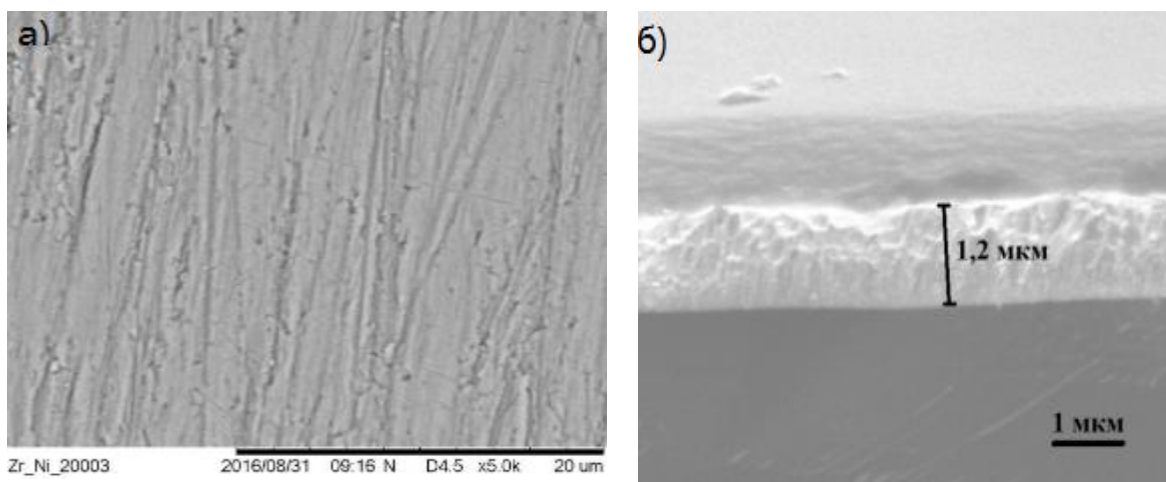


Рисунок. 3.2. Изображение поверхности покрытий Ni на подложке из циркония(а) и скола на кремнии (б)

Следующим этапом было измерение толщины покрытий, рентгеновским методом используя геометрию скользящего пучка. Глубина проникновения рентгеновских лучей зависит от угла падения: чем он меньше, тем меньше и глубина. Таким образом, снятие дифрактограмм при различных углах падения рентгеновских лучей дает возможность анализировать изменение кристаллических фаз от подложки к покрытию. Дифрактограммы кремниевого образца, снятые при углах падения рентгеновских лучей 1° , $1,1^\circ$ и $1,2^\circ$ представлены на рис. 3.3. Видно, что с уменьшением угла падения рентгеновских лучей уменьшается интенсивность рефлекса Si (подложки), причем при значении угла 1° данный рефлекс не наблюдается. Таким образом, минимальный угол при котором можно «отсечь» подложку равен $\alpha=1^\circ$. R имела

значение 0,98. Рассчитанное значение толщины покрытия составляет 1,2 мкм.

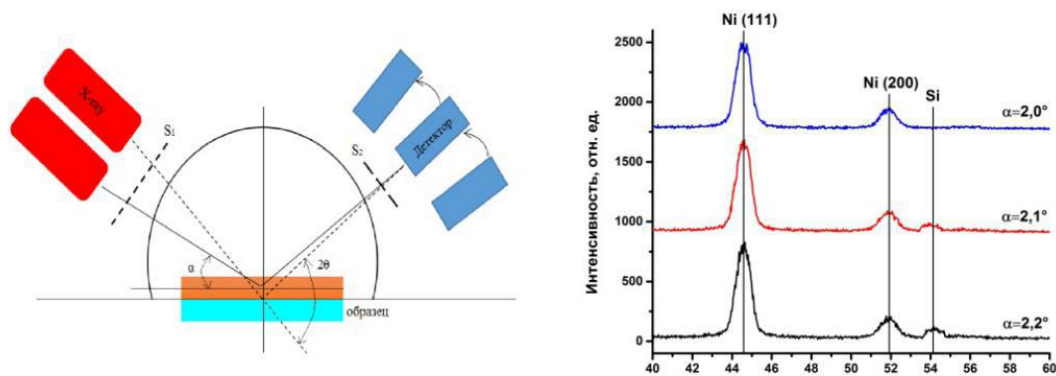


Рисунок. 3.3. Дифрактограммы образцов Si/Ni при различных углах падения рентгеновских лучей (2θ съемка)

3.2. Определение толщины никелевых покрытий, сформированных в диапазоне толщин 0,5-2 мкм

Для проведения экспериментов были использованы образцы кремния и циркониевого сплава Zr-1Nb размерами 20×20×1 мм. Подготовка образцов проводилась аналогично процедуре, описанной в разделе 3.1. Параметры ионной очистки и магнетронного напыления никелевых покрытий представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3. Параметры ионной очистки и осаждения покрытий.

| Номер образца | Мощность разряда, кВт | Ток разряда, А | Давление в камере (аргон), Па | Напряжение разряда, В | Время напыления, мин |
|------------------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Режим ионной очистки | | | | | |
| 1 | 0,42 | 0,35 | $(5,9 \pm 0,1) \cdot 10^{-2}$ | 1300 ± 50 | 5 |
| Режим осаждения никелевых покрытий | | | | | |
| 1 | 2,00 | 3,35 | $1,13 \cdot 10^{-2}$ | 492 | 5 |
| 2 | 2,00 | 3,36 | $1,16 \cdot 10^{-1}$ | 490 | 10 |
| 3 | 2,00 | 3,31 | $1,13 \cdot 10^{-1}$ | 502 | 15 |
| 4 | 2,01 | 3,30 | $1,13 \cdot 10^{-1}$ | 502 | 20 |

Для измерения толщины сформированных покрытий используем метод сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Съемка проводилась при ускоряющем напряжении 15000 вольт. Изображение сколов покрытий Ni на подложке из кремния представлено на рис. 3.4. Измеренные значения толщины

никелевых покрытий составили 550 нм, 1100 нм, 1400 нм и 1900 нм при осаждении в течение 5 мин., 10 мин., 15 мин. и 20 мин., соответственно.

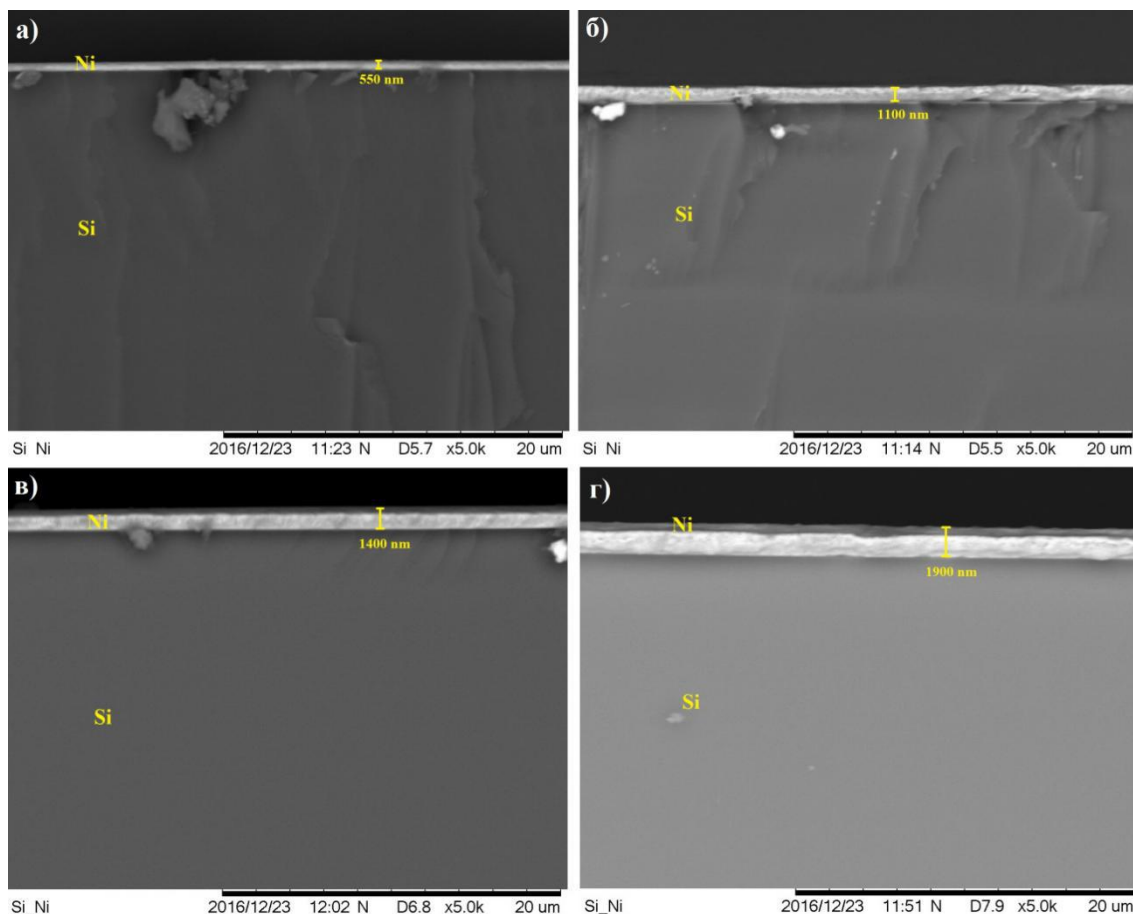


Рис. 3.4. Изображение поверхности покрытий Ni на кремниевой подложке при осаждении в течение: 5 мин. (а), 10 мин. (б), 15 мин. (в) и 20 мин. (г).

Измерение толщины сформированных покрытий также осуществлялось методом шарового истирания. Типичные изображения сферического шлифа на образцах кремния и циркониевого сплава показаны на рисунке 3.5. Из рисунка видно, что кольца, образованные в результате истирания никелевых покрытий, видны достаточно хорошо и имеют ровные края, что позволило определить толщину покрытий с малой погрешностью (менее 5%). Результаты расчета толщины покрытий (по формуле 2.1) приведены в таблице 3.4. Толщина покрытий для образцов Si и сплава Zr-1Nb, напыленных при одинаковых параметрах, отличается в пределах погрешности измерения, и согласуется с результатами СЭМ. Таким образом, толщина сформированных

покрытий была определена двумя прямыми методами измерения, что позволило аттестовать образцы для дальнейшего их анализа методом рентгеновской дифракции.

Таблица 3.4. Результаты измерения толщины никелевых покрытий на подложках из сплава Zr-INb и Si.

| | D, мкм | d, мкм | h, мкм |
|-----------------|--------|--------|--------|
| Si+Ni 5 min N1 | 0.603 | 0.551 | 0.591 |
| Si+Ni 10 min N2 | 0.514 | 0.389 | 1.111 |
| Si+Ni 15 min N3 | 0.533 | 0.380 | 1.375 |
| Si+Ni 20 min N4 | 0.517 | 0.241 | 2.059 |
| Zr+Ni 5 min N1 | 0.469 | 0.394 | 0.637 |
| Zr+Ni 10 min N2 | 0.538 | 0.378 | 1.442 |
| Zr+Ni 15 min N3 | 0.519 | 0.320 | 1.643 |
| Zr+Ni 20 min N4 | 0.542 | 0.274 | 2.153 |

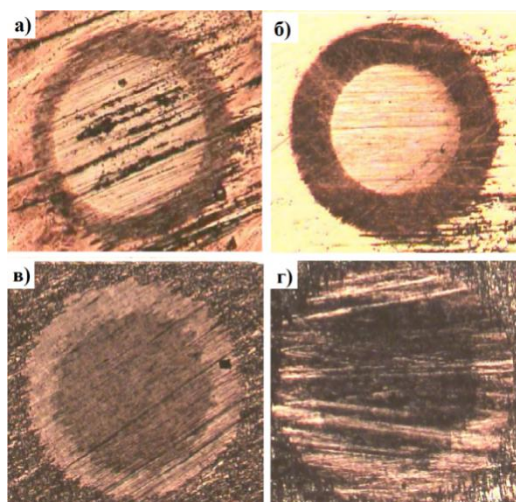


Рисунок 3.5. Изображения сферического шлифа на образцах из кремния (а, б) и циркониевого сплава (в, г) с никелевым покрытием, осажденным в течение 10 мин (слева) и 15 мин (справа)

Следующим этапом было измерение толщины покрытий, рентгеновским методом используя геометрию скользящего пучка. Дифрактограммы циркониевых образцов, снятые при разных углах падения

рентгеновских лучей представлены на рисунке 3.6. Видно, что с уменьшением угла падения рентгеновских лучей уменьшается интенсивность рефлекса α -Zr (подложки). Таким образом, минимальный угол при котором можно «отсечь» подложку равен $\alpha=0,4^\circ$, $0,8^\circ$, 1° , $1,3^\circ$ для образцов с никелевым покрытием, осажденным в течение 5, 10, 15 и 20 мин соответственно. При расчете толщины покрытий по формуле (2.1), величина R имела значение 0,98. Рассчитанное значение толщины покрытий составило 0,57, 1,02, 1,25, 1,90 мкм.

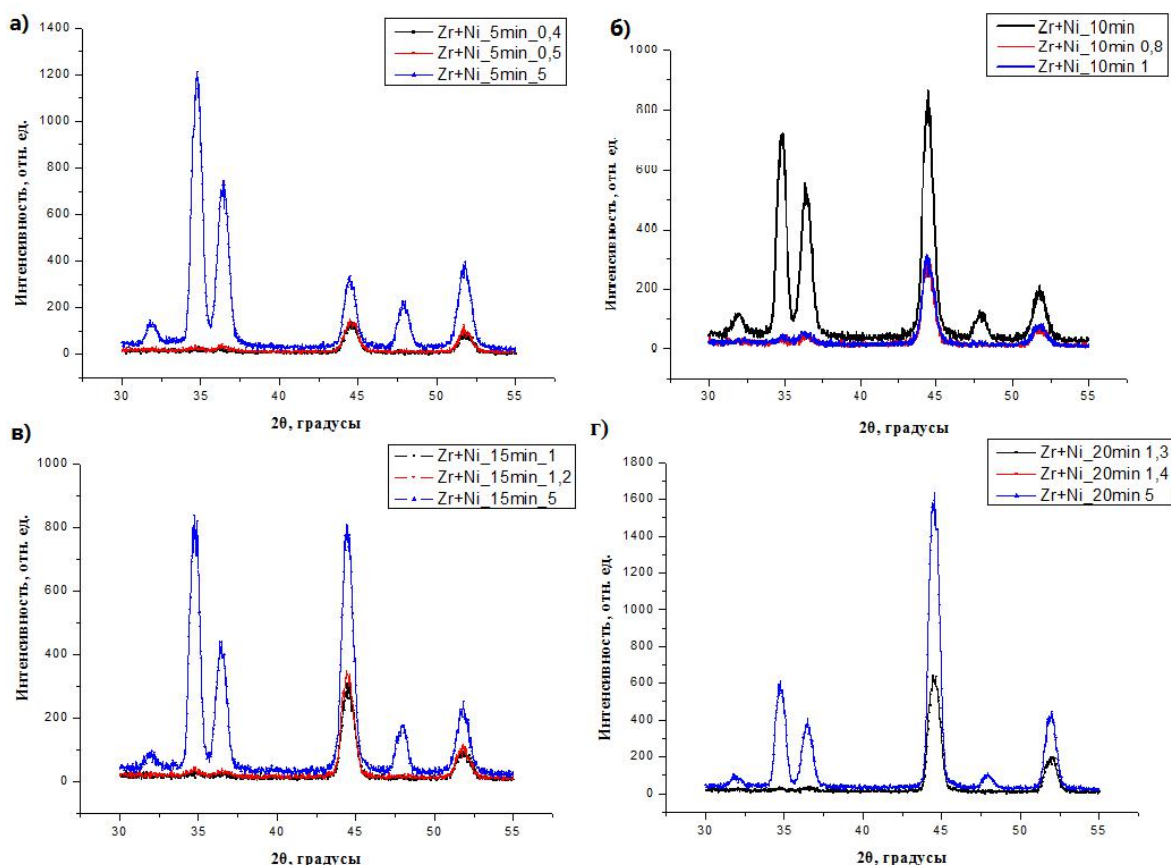


Рисунок. 3.6. Дифрактограммы образцов Zr-Nb/Ni при различных углах падения рентгеновских лучей (2θ съемка)

3.3 Методика определения равномерности толщины покрытия

Метод рентгеновской дифракции показал перспективы использования в качестве метода для определения толщины никелевых покрытий, осажденных методом магнетронного распыления на подложках из циркониевого сплава Zr-1Nb. Таким образом, необходима разработка методики, позволяющей проводить неразрушающий контроль равномерности сформированных покрытий. Для определения равномерности толщины покрытия методом рентгеновской дифракции необходимо проводить измерения в различных точках образца. Для реализации такого подхода необходимо сфокусировать рентгеновские лучи с помощью коллиматора в пучок небольшого диаметра. Кроме того, немаловажно и применение современных высокоскоростных детекторов, что позволит проводить анализ толщины покрытия в точке за достаточно короткое время (не более 5 мин). В качестве такого детектора может быть использован широкодиапазонный высокоскоростной детектор OneSight фирмы Shimadzu. Предложенная методика определения равномерности толщины покрытия представлена на рисунке 3.7. Методику можно разделить на следующие этапы:

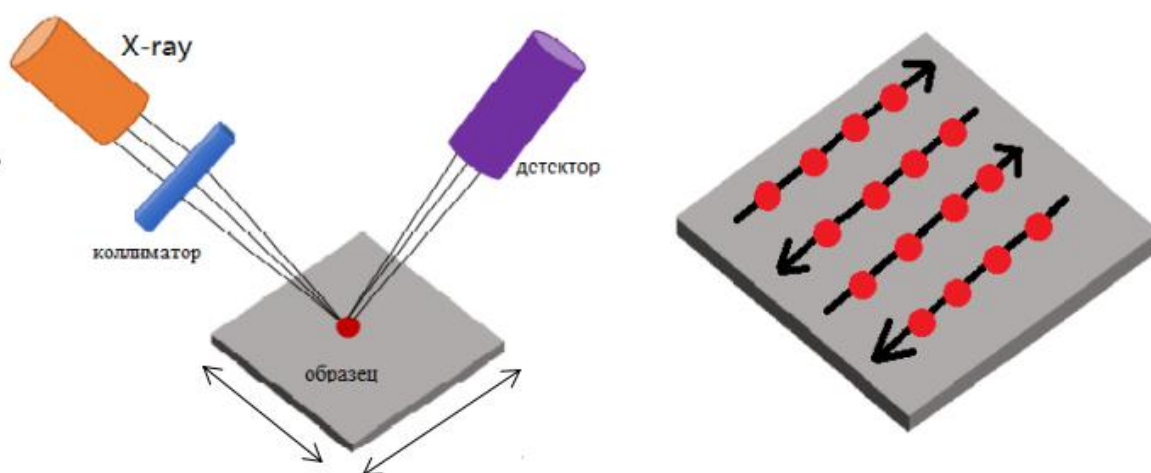


Рисунок. 3.7. Методика определения равномерности толщины покрытия

1. Задание перемещения образца. Перемещение образца можно осуществлять как вручную, так и с помощью автоматизированной системы с использованием

шаговых двигателей. При задании схемы перемещения необходимо определить начальную точку, шаг перемещения между точками, направление и количество проходов с учетом размера образца.

2. Анализ толщины покрытия в заданных точках. Для определения толщины покрытия используется методика, основанная на определении минимального угла падения рентгеновских лучей при котором можно «отсечь» рефлекс подложки. Подробно методика описана в разделах выше. Методику определения толщины покрытия в точке можно автоматизировать. При этом будет необходимо задание начальных параметров: начальный угол падения рентгеновских лучей, шаг изменения угла падения, угловой диапазон (2θ). После определения минимального угла для первой точки, данный угол будет являться начальным для измерения в следующей точке, и так далее.

3. Расчет толщины покрытия в каждой точке. Расчет толщины покрытия осуществляется по формуле 2.1 и записывается в файл с учетом погрешностей измерения.

4. Построение распределения толщины покрытия. Пример построения распределения толщины покрытия приведен на рисунке 3.8. Таким образом можно провести оценку равномерности толщины по всей поверхности образца.

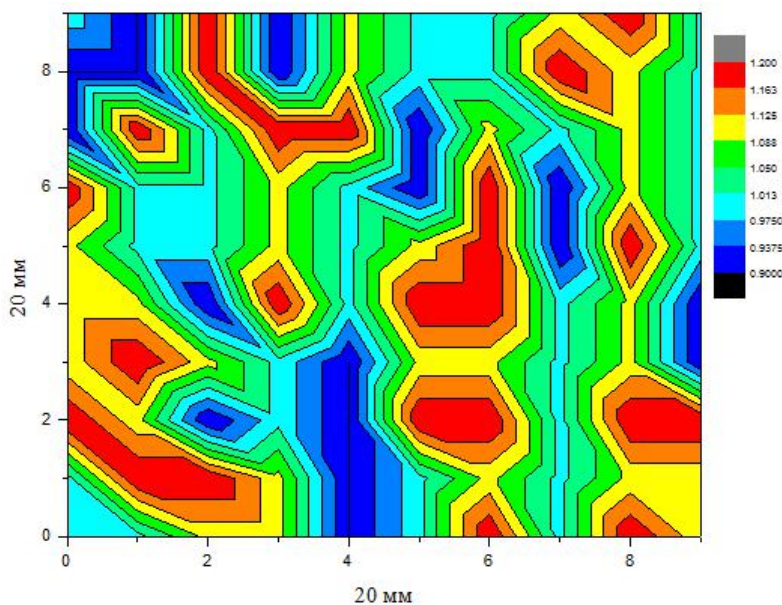


Рисунок. 3.8. Карта распределения толщины покрытия на поверхности образца.

Заключение

В данной работе были изучены методы нанесения покрытий физическим осаждением из паровой фазы и методы контроля толщины покрытий.

В ходе работы были сформированы никелевые покрытия толщиной 0,5-2 мкм на подложках из кремния и циркониевого сплава Zr-1Nb методом магнетронного распыления. Определение толщины никелевых покрытий проводилось прямыми методами измерения: методом шарового истирания и сканирующей электронной микроскопии. Была отработана методика определения толщины никелевых покрытий методом рентгеновской дифракции в геометрии скользящего пучка. Аттестация методики осуществлялась путем сравнения полученных данных о толщине покрытия с данными, полученными прямыми методами измерения.

Была разработана методика неразрушающего контроля равномерности толщины никелевых покрытий на подложках из циркониевого сплава.

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Оценка коммерческой ценности (потенциала) развития является предпосылкой чтобы поискать источник финансирования для научных исследований и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы текущих исследований. Может найти партнера благодаря такой оценке ученый для дальнейших исследований, коммерциализации результатов таких исследований и открытий бизнесов.

Цель данной главы: расчет затрат, необходимых для проведения НИОКР.

4.1. Оценка для коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективностей и ресурсосбережений

4.1.1. Потенциальные потребители исследования

Используют плазменные методы осаждения тонких пленок в вакууме для формирования нано структурированных поверхностных слоев, в частности, а также метод ионной имплантации. Плазменные методы осаждения тонких пленок, которые в вакууме широко известны и хорошо проработаны. Примером могут служить методы катодного распыления, покрытия магнетронными и вакуумными дуговыми источниками плазмы.

Применяют настоящие технические условия к механизму крепления и перемещения образцов, предназначенных для подачи обработанных материалов в зону ионного распыления мишени (мишень распыляется пучком заряженных частиц).

Целевой рынок, который основан на результатах исследования, - это производство установки вакуумной камеры. Устройство предназначено для реализации гибридной технологии ионно-плазменной модификации свойств поверхностных слоев, который включает имплантацию газовых ионов, путем конденсации вещества с ионной поддержкой на изделиях осаждение однослойных и многослойных покрытий широких номенклатур.

Ближайший план использования строящейся установки: участие в программе развития и проведение исследований, которые направляются в области техники на повышение прочностных характеристик конструкционных материалов.

Трудоемкость в отношении значительных увеличений скорости получения конечного продукта результаты этих исследований из-за более низкого энергопотребления и могут быть востребованы для металлургических промышленности.

4.1.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) это гибкий инструмент для измерения характеристик, которые на рынке характеризует качества новых разработки и ее перспективы, и предоставление решений в исследовательском проекте. По своему содержанию этот инструмент близок к методу оценки конкурентоспособных технических решений.

Показатели для оценки качества и перспектив развития бизнеса, а также с учетом его технического и экономического характеристик.

Чтобы упростить процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме (табл. 1).

В соответствии с технологией QuaD путем по столбальной шкале каждый показатель оценивает экспертный, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Вес показателей, который определяется экспертным путем, в сумме должны 1.

Анализ конкурентного технического решения:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

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

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | Максимальный балл | Относительное значение (3/4) | Средневзвешенное значение (3x2) |
|--|--------------|-------|-------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Показатели оценки качества разработки | | | | | |
| 1. Энергоэффективность | 0,09 | 20 | 100 | 0,2 | 1,8 |
| 2. Помехоустойчивость | 0,18 | 30 | 100 | 0,3 | 5,4 |
| 3. Надежность | 0,1 | 10 | 100 | 0,1 | 1 |
| 4. Уровень материалоемкости разработки | 0,15 | 15 | 100 | 0,15 | 2,25 |
| 5. Простота эксплуатации | 0,12 | 80 | 100 | 0,8 | 9,6 |
| Показатели оценки коммерческого потенциала разработки | | | | | |
| 6. Конкурентоспособность продукта | 0,08 | 54 | 100 | 0,54 | 4,32 |
| 7. Уровень проникновения на рынок | 0,07 | 97 | 100 | 0,97 | 6,79 |
| 8. Цена | 0,09 | 63 | 100 | 0,63 | 5,67 |
| 9. Послепродажное обслуживание | 0,02 | 50 | 100 | 0,5 | 1 |
| 10. Наличие сертификации разработки | 0,1 | 85 | 100 | 0,85 | 8,5 |
| Итого | 1 | | | | 46.33 |

Проведем оценку качества и перспективности по технологии QuaD по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где $P_{ср}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научных разработок;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Он используется для изучения внешней и внутренней среды проекта.

SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (табл. 2).

Таблица 2– SWOT-анализ

| | Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экологическая безопасность. С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С3. Ресурсоэкономичность. С4. Простота использования. | Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие сертификации Сл3. Отсутствие продвижения в рынке. Сл4. Финансирование Сл5. Послепродажного обслуживания нет. |
|--|---|---|
| Возможности: В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт В2. Повышение стоимости конкурентных разработок. В3. Появление новых источников. | Разработка комплекса с более высокими показателями качества, чем на рынке (в частности, более высокая надежность и скорость), чтобы получить готовый продукт с конкурентными преимуществами с оптимальными затратами, высоким качеством и инженерными услугами. | 1. Повысить квалификацию персонала у потенциальных потребителей 2. Создание инженерных услуг с целью обучения работе с готовым продуктом 3. Покупка необходимого оборудования для тестирования прототипа 4. Нехватка предложения или изменение поставщика |
| Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Ограничения на экспорт технологий У4. Ложность в получении сертификации (большая стоимость) У5. Материальное обеспечение проекта (низкое). | Продвижение программы для создания 2. Создание конкурентных преимуществ готовой продукции 3. Сертификация и стандартизация продукта | Развитие персонала 2. Создание инженерных услуг с целью обучения работе с готовым продуктом 3. Приобретение оборудования для тестирования прототипов 4. Нехватка предложения или изменение поставщика 5. Продвижение Программы для создания спроса 6. Создание конкурентных преимуществ готовой продукции 7. Сертификация и стандартизация продукта |

4.2. Планирование научно-исследовательских работ.

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.

При разработке конкретных проектов необходимо планировать сроки индивидуальных работ и использований каждого из проектных проектов.

На первом этапе составляет полный список, который поддерживается работ, провод исполнителей и оптимальная продолжительность. Результат планирования работы являет сеть или линейный график реализации проекта. Наиболее удобный и практичный способ для этих целей являет представление линейного графика. Для построения, над исполнителями, мы составим список работ и выполним работы, выполним эти работы и сведем их в таблицу 3.

Таблица 3 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

| Основные этапы | № раб | Содержание работ | Должность исполнителя |
|--------------------------------|-------|---|-------------------------------|
| Создание темы проекта | 1 | Составление и утверждение темы проекта | Научный руководитель |
| | 2 | Анализ актуальности темы | |
| Выбор направления исследования | 3 | Поиск и изучение материала по теме | Студент |
| | 4 | Выбор направления исследований | Научный руководитель, студент |
| | 5 | Календарное планирование работ | |
| Теоретические исследования | 6 | Изучение литературы по теме | Студент |
| | 7 | Подбор нормативных документов | |
| | 8 | Анализ использующихся средств и методов | |
| | 9 | Систематизация и оформление информации | |
| Оценка полученных результатов | 10 | Анализ результатов | Научный руководитель, студент |
| | 11 | Заключение | руководитель, студент |

4.2.2.Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения в человеко-днях и носит вероятностный характер, поскольку ее трудно учесть. Расчет рабочей силы осуществляет экспериментально-статистическим метод на основе определения ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях:

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

где $t_{ож\ i}$ – трудоемкость выполнения которая лжидаются i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость для выполнений заданной i -ой работы.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость для выполнений заданной i -ой работы

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{ri} \cdot k, \quad (3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

T_{ri} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

k – Коэффициент календарности, который предназначается в календарное для переводов рабочего времени.

Коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{кГ}}{T_{кГ} - T_{вД} - T_{пД}}, \quad (4)$$

где $T_{кГ}$ – количество календарного дня в году;

$T_{вД}$ – количество выходного дня в году;

$T_{пД}$ – количество праздничного дня в году.

Определим длительность этапа в рабочем дне и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1,45$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k до целых чисел нужно округлить. Результаты показана на в таблице 4.

Таблица 4. Временные показатели проведения ВКР



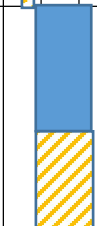


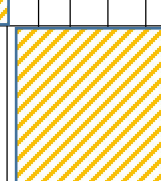


| № ра б. | Исполнители | Продолжительность работ | | | | | | |
|---------|--|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| | | t _{min} , чел-дн | t _{max} , чел-дн | t _{ож} , чел-дн | T _p , раб.дн | T _к , кал.дн | У _i , % | Г _i , % |
| 1 | Руководитель, студент-дипломник | 1 | 4 | 2 | 1.1 | 2 | 1.53 | 1.53 |
| 2 | Студент-дипломник | 16 | 40 | 25 | 25 | 36 | 34.67 | 38.10 |
| 3 | Студент-дипломник, руководитель | 4 | 10 | 8 | 4 | 6 | 5.55 | 43.28 |
| 4 | Руководитель, консультант, студент-дипломник | 5 | 12 | 9 | 4.4 | 6 | 6.10 | 45.35 |
| 5 | Руководитель, консультант, студент-дипломник | 15 | 25 | 19 | 6.3 | 9 | 8.74 | 54.72 |
| 6 | Студент-дипломник | 14 | 25 | 21 | 21 | 30 | 29.13 | 82.26 |
| 7 | Студент-дипломник, | 4 | 10 | 8 | 4 | 6 | 5.55 | 93.62 |

| | | | | | | | | |
|-------|--|---|---|---|------|-----|------|------------|
| | руководитель | | | | | | | |
| 8 | Руководитель, консультант, студент-диплом ник | 2 | 5 | 4 | 1.3 | 2 | 1.80 | 95.1 1 |
| 9 | Студент-диплом ник | 2 | 7 | 5 | 5 | 7 | 6.93 | 100. 00 |
| Итого | | | | | 72.1 | 104 | | |

4.2.3. Построение графика работ

Наиболее удобный и наглядный вид календарного плана работ — это построение ленточного графика проведения НИР в форме диаграмм Ганта. График строится в рамках таблицы 5. с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени дипломирования. В то же время работа на графике отличается разным штрихованием, в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 5 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

| Этап | Вид работы | Исполнители | t_k | Март | Апрель | Май | Июнь |
|------|--|-------------|-------|---|---|---|---|
| 1 | Постановка задачи | НР | 2 |  | | | |
| 2 | Разработка и утверждение технического задания (ТЗ) | НР, И | 2 |  | | | |
| 3 | Подбор и изучение материалов по тематике | НР, И | 9 |  | | | |
| 4 | Разработка календарного плана | НР, И | 6 | |  | | |
| 5 | Расчет принципиальной схемы устройства | И | 6 | |  | | |
| 6 | Разработка макета устройства | И | 36 | | |  | |
| 7 | Корректировка параметров принципиальной схемы устройства | И | 6 | | |  | |
| 8 | Оформление расчетно-пояснительной записки | И | 30 | | | |  |

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением.

4.3.1 Расчет затрат на материалы

Расчет материальных затрат осуществляется:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи} \quad (6)$$

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

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, которые планируются при выполнении научного исследования к использованию (шт. кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида, которые потребляются материальным;

k_T – коэффициент, который учитывает транспортно-заготовительный расход.

В пределах 15-25% транспортный расход принимаются от стоимости материалов.

Таблица 6- Материальные затраты только для 1 исполнителя

| Наименование | Единица измерения | количество | Цена за ед, руб. | Затраты на материалы, (зм),руб |
|---------------------------|-------------------|------------|------------------|--------------------------------|
| Бумага | лист | 150 | 2 | 345 |
| Картридж для принтера | шт. | 1 | 1000 | 1150 |
| Интернет | М/бит | 1 | 350 | 402,5 |
| Ручка | шт. | 1 | 20 | 23 |
| Дополнительная литература | шт. | 2 | 400 | 920 |
| Тетрадь | шт. | 1 | 10 | 11,5 |
| Итого | | | | 2852 |

4.3.2 Расчет основной заработной платы

Данная работа расходов включает расход и вознаграждение, которые включают бонусы, которые включатся в фонд заработной платы. Расчет основного уровня оплаты на основе трудозатрат для каждого этапа и размера месячной зарплаты исполнителя.

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}$$

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 7 ($K=1.19 \cdot 1.1 \cdot 1.3=1.7$).

Таблица 7 – Затраты на основную заработную плату

| Исполнитель | Оклад, руб./мес. | Среднедневная ставка, руб./день | Затраты времени, дни | Коэффициент | Фонд з/платы, руб. |
|---------------|------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|--------------------|
| НР | 23265 | 1638,7 | 20 | 1,7 | 32774,9 |
| И | 7864 | 553,9 | 72,1 | 1,7 | 39938,09 |
| Итого: | | | | | 72712,99 |

Таким образом, затраты на полную заработную плату составили:

СПОЛН = **72712,99** руб.

4.3.3. Расчет отчислений от заработной платы

Затраты по этой статье составляют отчисления по единому социальному налогу (ЕСН).

Отчисления по заработной плате определяются по следующей формуле:

$$C_{соц} = K_{соц осн},$$

Где:

$K_{соц}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы.

Данный коэффициент составляет 30% от затрат на заработную плату и включает в себя:

- 1) отчисления в пенсионный фонд;

- 2) на социальное страхование;
- 3) на медицинское страхование.

Отчисления из заработной платы составили:

$$C_{соц} = 0,3 * 72712,99 = 21813,90 \text{руб.}$$

4.3.4. Расчет затрат на электроэнергию

Этот вид расходов включает в себя стоимость электроэнергии для эксплуатации оборудования и затраты на электричество, затрачиваемое на освещение. Затраты на электроэнергию при работе оборудования для технологических целей рассчитываются по формуле:

$$Э_{ОБ} = P_{ОБ} Ц_{Э} t_{ОБ}$$

где:

$Э_{ОБ}$ – затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием, руб.;

$P_{ОБ}$ – мощность, которая потребляется оборудованием, кВт;

$Ц_{Э}$ – тарифная цена за 1 кВт·час;

$t_{ОБ}$ – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования вычисляется на основе данных для ТРД инженера из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{УСТ.ОБ} K_C$$

где

$P_{УСТ. ОБ}$ – установленная мощность оборудования, кВт;

K_C – коэффициент спроса, зависящий от количества, загрузки групп электроприемников.

Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Затраты на электроэнергию для технологических целей приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Затраты на электроэнергию для технологических целей

| Наименование оборудования | Время работы оборудования $t_{ОБ}$, час | Потребляемая мощность $P_{ОБ}$, кВт | Затраты ЭОБ, руб. |
|---------------------------|--|--------------------------------------|-------------------|
| Персональный компьютер | 140 | 0,3 | 232.74 |
| Паяльная станция | 40 | 0,05 | 10.28 |
| Источник питания | 10 | 0,4 | 20.54 |
| Итого: | | | 263,56 |

$\Sigma = 263,56$ руб

4.3.5. Расчет амортизационных расходов

В данной работе рассчитываем амортизацию для оборудования за время выполнения работы.

Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования оборудования по формуле:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot Ц_{ОБ}}{F_D} \cdot t_{BT}^n$$

где H_A – годовая норма амортизации,

$Ц_{ОБ}$ – цена оборудования,

F_D – действительный годовой фонд рабочего времени,

t_{BT} – время работы для вычислительной техники при создании программного продукта,

n – число задействованных ПЭВМ.

ЭВМ:

$H_A = 25\%$;

$Ц_{ОБ} = 25000$ руб.;

$F_D = 2416$ часов;

$t_{BT} = 160$ часов;

$$n = 1.$$

$$C_{AM1} = \frac{H_A \text{ЦОБ}}{F_D} t_{BT} n = 413.9 \text{ руб}$$

Паяльная станция:

$$H_A = 25\%;$$

$$\text{ЦОБ} = 1000 \text{ руб.};$$

$$F_D = 2416 \text{ часов};$$

$$t_{BT} = 35 \text{ часа};$$

$$n = 1.$$

$$C_{AM2} = \frac{H_A \text{ЦОБ}}{F_D} t_{BT} n = 3.62 \text{ руб}$$

Источник питания:

$$H_A = 25\%;$$

$$\text{ЦОБ} = 25000 \text{ руб.};$$

$$F_D = 2416 \text{ часов};$$

$$t_{BT} = 5 \text{ часа};$$

$$n = 1.$$

$$C_{AM3} = \frac{H_A \text{ЦОБ}}{F_D} t_{BT} n = 12.93 \text{ руб}$$

Итак, затраты на амортизационные отчисления составили:

$$C_{AM} = C_{AM1} + C_{AM2} + C_{AM3} = 413.9 + 3.62 + 12.93 = 430.45 \text{ руб}$$

4.3.6 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет сметы затрат на разработку, можно определить общую стоимость для разработки проекта «Макет демонстрационной модели принципов КТ».

Таблица 9 – Смета затрат на разработку проекта

| Статья затрат | Условное обозначение | Сумма, руб. (Исп.1) |
|--|----------------------|---------------------|
| Материалы и покупные изделия | СМАТ | 2852 |
| Основная заработная плата | СПОЛН | 72712.99 |
| Отчисления в социальные фонды | ССОЦ | 21813,90 |
| Расходы на электроэнергию | Э | 272.72 |
| Амортизационные отчисления | САМ | 430.45 |
| Работы, выполняемые сторонними организациями | ССТОР | - |
| Накладные расходы | СН | - |
| Итого: | | 98082,06 |

Вывод

Сравнили значения интегральной показателя эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в третьем

исполнении это более эффективным вариантом решения задачи, работе с позиции финансовых и ресурсных эффективности, поставленной в данной.

Глава 5. Социальная ответственность

Введение

На тему определение равномерности толщины никелевых покрытий, нанесенных на циркониевые сплавы методом магнетронного распыления, исследовательская работа предполагает работу с вакуумным и ионно-плазменным оборудованием, а также работу с баллоном. В данной главе рассмотрена правила безопасной работы труда при выполнении основных этапов нанесения покрытий, а также их последующих испытаний. Рассмотрены условия работы с установкой, которые выделяют опасные и вредные производственные факторы, а также существующие средства и методы защит, описаны организационные и технические мероприятия, проводимые перед началом работы.

5.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

При проведении работ на установке возможно воздействие вредных факторов таких, как:

- 1) Производственный шум.
- 2) Микроклимат.
- 3) Освещенность.

5.1.1. Производственный шум

Шум вреден для человеческого организма, системный, оба могут вызвать изменения в слуховой системе, но также могут влиять на неслуховую систему. Ранним эффектом этих эффектов являются в основном физиологические изменения, длительное воздействие более интенсивного шума, могут вызывать патологические изменения. Кроме того, шум на рабочем месте может также мешать языковой коммуникации, влиять на эффективность и даже вызывать несчастные случаи.

Шум приносит людям физический и психологический вред главным образом в следующих областях:

Повреждение слуха. Существуют тесты, которые: когда люди слушают звук мотоцикла, через 8 часов после того, как слух будет поврежден; Если рок-концертный зал, через полчаса, человеческий слух будет поврежден.

Вредный для сердечно-сосудистой системы человека городской шум и жители обследования состояния здоровья показывают, что: шум региона при каждом повышении децибела, частота гипертонии увеличилась на 3%.

Влияют на нервную систему человека, нетерпеливые, раздражительные.

Влиять на сон, вызывая усталость.

5.1.2. Микроклимат

Микроклимат связан с природной средой, региональной средой и другими крупными экологическими единицами, непосредственным контактом с предметом или частью основной части соответствующих местных условий окружающей среды.

Изменение микроклимата в помещении происходит при работе компонентов установки, а также охлаждающего оборудования происходит изменение микроклимата в помещении. В соответствии с [1], параметрами, характеризующими микроклимат, являются:

1. температура воздуха;
2. температура поверхностей
3. относительная влажность воздуха;
4. скорость движения воздуха.

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

| Период года | Температура воздуха, °С | Температура поверхности, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| холодный | 21-23 | 20-24 | 60-40 | 0,1 |
| теплый | 22-24 | 21-25 | 60-40 | 0,1 |

В холодное время года для поддержания в помещении оптимальной температуры воздуха применяется отопление.

5.1.3. Расчет искусственной освещенности

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Основной задачей светотехнических расчётов для искусственного освещения является определение требуемой мощности электрической осветительной установки для создания заданной освещённости.

Для освещения помещения используются светильники для ламп ЛХБ типа ОД (мощность 15 Вт).

Высота помещения: $H = 3700$.

Расстояние светильников от перекрытия: $h_c = 300$.

Высота светильника над полом, высота подвеса:

$$h_n = H - h_c = 3700 - 300 = 3400 \quad (5.1)$$

Высота рабочей поверхности над полом: $h_{rp} = 800$.

Расчетная высота, высота светильника над рабочей поверхностью:

$$h = h_n - h_{rp} = 3400 - 800 = 2600 \quad (5.2)$$

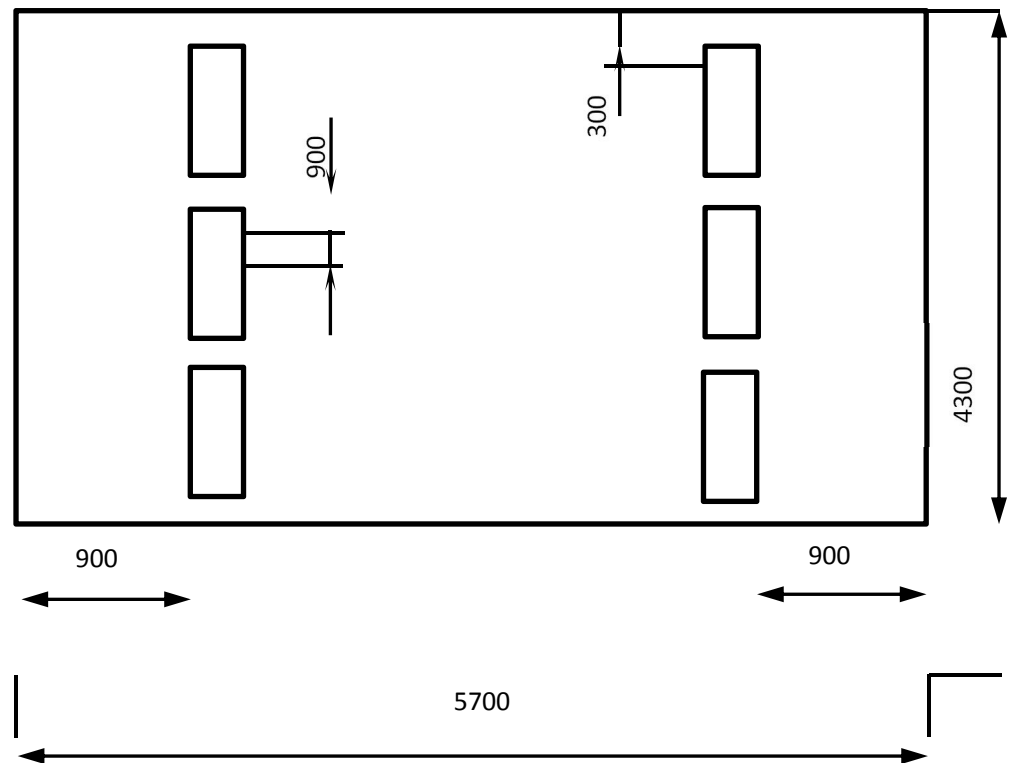


Рисунок 5.1 – Схема размещения светильников в помещении

При одиночных установках или при непрерывных рядах из одиночных светильников в соответствии для двухламповых светильников ОД с требованиями наименьшая допустимая высота

подвеса над полом составляет 3,5 м.

Рассчитанная величина $h = 2600$ мм не соответствует требованиям.

Между соседними светильниками расстояние: $L = 36$ мм;

До стены расстояние от крайних светильников: $l = 12$ мм.

Расстояние от крайних светильников до стены является оптимальным, так как рекомендуемая величина равна $\frac{L}{3} = \frac{36}{3} = 12$.

Интегральный критерий оптимальности расположения светильника является величина $\lambda = L/h$. Од величина при наивыгоднейшем расположении светильников должна составлять 1,4 м.

Между светильниками оптимальное расстояние L должно составлять:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,6 = 3,64 \text{ м}, \quad (5.3)$$

что соответствует настоящему расположению светильников.

Метод коэффициента выполняет расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности

:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 25 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{4 \cdot 0.49} = 4209 \text{ Лм}, \quad (5.4)$$

где:

Нормируемая минимальная освещенность (по СНиП 23-05-95):

$E_H = 200$;

Площадь освещаемого освещения: $S = 25 \text{ м}^2$;

Коэффициент запаса, который учитывает загрязнение светильника, наличие в атмосфере дыма, пыли: $K_z = 1,5$ (помещение с малым выделением пыли);

Коэффициент для неравномерности освещения: $Z = 1,1$;

В помещении число ламп: $N = 4$;

Коэффициент для использования светового потока: $\eta = 49$.

Световой поток лампы ЛХБ типа ОД (15 Вт) составляет 820 Лм.

Расчет искусственного освещения, который показал от 6 ламп световой поток 2806 Лм.

5.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

Возможно воздействие следующего опасного производственного фактора при выполнении работы:

- 1) Электрическое напряжение.
- 2) Пожаровзрывоопасность.

5.2.1. Электробезопасность

С уделением особого внимания человеческой энергии и непрерывному использованию электричества, энергетические объекты и оборудование с современной человеческой работой и жизнью неотделимы, обладают силой и даже становятся основной предпосылкой развития современных отраслей. Но неоспоримо, что по

разным причинам сила энергии в людях одновременно приносит удобство работы и жизни, проблемы, вызванные электрооборудованием для человеческого производства и жизни, представляют собой массу проблем и потерь, а иногда даже Проявляется как катастрофа. Поэтому электробезопасность не только стала национальным электрическим оператором и обслуживающим персоналом для устранения скрытых опасностей безопасности, предотвращения несчастных случаев, защиты здоровья работников и успешного завершения задачи важного содержания работы, а также электрического Профессионалы первыми столкнулись и сосредоточены на решении проблемы.

Работы по электробезопасности - это комплексная работа, в основном разделенная на два аспекта: одна - изучать различные электрические аварии, изучать электрические аварии, причины, состав, характеристики, законы и защитные меры; Другой - исследование электрического подхода для решения различных проблем безопасности, а именно использование электрического мониторинга, электротехнического контроля и методов электрического управления для оценки безопасности системы или для получения необходимых условий безопасности.

Неисправность проводки установки может стать причиной поражения электрическими токами. Прохождение тока может вызывать раздражение и повреждение различного органа у человека. Пороговый

не отпускающий ток составляет 50 Гц (6-16мА).

Согласно [39] электробезопасность должна обеспечивать конструкцию электроустановок, техническими способами и средствами защиты. Электроустановки и их части выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергали опасные и вредные воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и требованиям электробезопасности соответствуют.

Согласно [40] помещения разделяются на три класса опасности. Помещения, которые используются и относятся к классу с повышенной опасностью. Граничные значения напряжений, при повышении которых от косвенного прикосновения для помещений с повышенной опасностью составляет >25 В. выполнение защиты переменного тока требует и >60 В постоянного тока.

Для предотвращения поражения электрическим током следует проводить следующие мероприятия [41]:

1. содержать оборудование в работоспособном состоянии и эксплуатировать его в соответствии с нормативно-техническими документами;
2. проводить технические обслуживания своевременно;
3. соблюдать технику безопасности при работе с оборудованием;
4. проводить инструктаж для работников [42].

Статистика электрических происшествий показывает, что

структура электрооборудования является ошибочной, установка низкого качества не может отвечать требованиям безопасности, вызванным значительной частью аварии. Поэтому для обеспечения безопасности людей и оборудования оборудование безопасности в электрооборудовании имеет следующие требования:

1. Надежные защитные меры должны приниматься для живого оборудования, открытого на земле и доступного для человека.

2. Живая часть оборудования должна храниться на безопасном расстоянии от земли и других токоведущих частей.

3. простую в изготовлении систему питания сверх напряжения, должен быть громоотвод, молниеотвод, разрядник, защитный зазор и другое устройство защиты от напряжения.

4. низковольтная энергосистема должна быть заземлена, а затем - защитным устройством.

5. для установки высоковольтного электрооборудования для установки высоковольтных предохранителей и автоматических выключателей и других видов защитных мер; Низковольтное электрооборудование должно использоваться для защиты соответствующих низких электрических защитных мер.

6. Знаки безопасности должны быть указаны на месте установки электрооборудования.

7. В зависимости от характеристик и требований определенного

электрооборудования должны быть приняты специальные меры безопасности.

5.2.2. Пожаровзрывобезопасность

Каждый год пожары занимают тысячи жизней и здоровья, вызывая сотни миллионов экономических потерь. Согласно статистическим данным, ежегодные экономические потери в мире по экономическому объему производства до 0,2% от общего числа производителей сил в Китае, времена и потери в Китае, чем в развитых странах, но потеря довольно серьезная. Огонь не только уничтожил материальную собственность, вызвал хаос общественного порядка, но и прямо или косвенно навредил жизни, причинив большой вред народу.

По сравнению с огнем процесс взрыва короче, в случае отсутствия времени для принятия мер по его контролю и взрыва, вызванного воздействием людей и воздействием большего диапазона ударов, потеря более серьезная, поэтому Ранняя профилактика взрыва. Это особенно важно.

Взрыв относится к явлению, что большое количество энергии быстро высвобождается или быстро преобразуется в энергию и другие формы энергии, такие как свет и тепло, из-за неожиданных причин. Взрыв - очень быстрый физический или химический процесс

высвобождения энергии. В соответствии с причиной взрыва и характером взрыва взрыв можно разделить на три категории.

1. физический взрыв: обычно относится к газовым баллонам, котлам, сосудам под давлением и другим контейнерам в пределах давления газа может выдерживать больше давления швейцарского устройства и контейнера, вызванного образованием взрыва. Это чисто физический процесс, только изменение состояния, никаких химических изменений. До и после физического взрыва характер и химический состав взрывчатого вещества не изменились.

2. химический взрыв: он вызван высокотемпературными экзотермическими веществами в химической реакции, что приводит к большому количеству высокотемпературного и высокого давления газа, вызванного взрывом. Высокая скорость химической реакции, создавая большие количества газа и много тепла, является тремя основными элементами химического взрыва.

3. атомный взрыв: ядро некоторых веществ, реакция деления или реакция

По пожарной и взрывопожарной опасности согласно [43] используемое помещение относится к категории Г.

Ведутся работы согласно [44] в здании, которые предусмотрят инженерно-технические решения, обеспечиваемые в случае пожара эвакуацию людей, подачу средств пожаротушения к очагу, есть

сигнализация и работает оповещение о пожаре.

Допускаются к работе только после прохождения инструктажа о мерах пожарной безопасности согласно [45] работники, вывешены таблички с указанием номера телефона вызова пожарной охраны и таблички во всех помещениях с направлением пути эвакуации и план эвакуации.

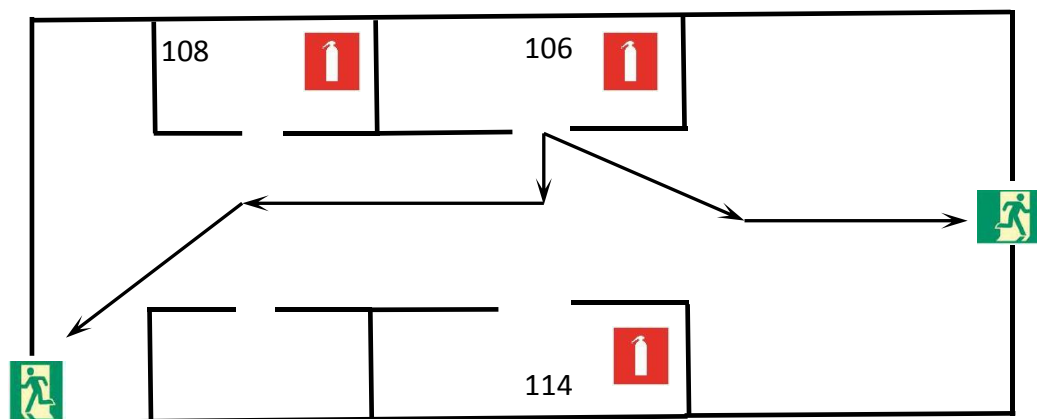


Рисунок 5.2 – План эвакуации рабочих помещений

План эвакуации 106 аудитории представлен на рисунке 5.2, где находится установка «Радуга-спектр». По плану видно 2 эвакуационного выхода и 3 огнетушителя. В лабораториях расположены огнетушители порошковые ОП-4(з)-АВСЕ-02.

На установке используются баллоны с аргоном и азотом при работе. Эксплуатация баллонов связана с рядом опасных факторов. Наполненный сжатым газом баллон обладает большой энергией, и если в нем образуется отверстия, то газ истекает из него с критической

скоростью.

Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, находящихся под высоким давлением описаны в [46, 47]. В целях безопасности, выполнены общие правила эксплуатации баллонов:

1. Баллоны установлены вертикально и надежно закреплены в таком положении металлическим хомутом, а также защищены от падения на них сверху каких-либо предметов.

2. Баллоны с газом, которые устанавливаются находятся от радиаторов отопления и других отопительных приборов в помещении на расстоянии не менее 1 метра и от печей и других источников тепла с открытым огнем не менее 5 метров. Необходимо применять защитные экраны при невозможности выдержать необходимое расстояние, которые предохраняют баллоны от местного разогрева, располагая баллон не ближе 0.1 м от экрана. Баллоны, которые установление также необходимо предохранять от действия солнечных лучей.

3. Из баллона производится через редуктор выпуск газов, который предназначаются исключительно для данных газов и окрашенный в соответствующий цвет. Камера низкого давления редуктора, которая имеет манометр и пружинный предохранительный клапан, которые отрегулированы на соответствующее давление в емкости; вентиль баллона необходимо медленно во всех случаях открывать и закрывать.

5.3. Охрана окружающей среды

В данной работе отходами являются металлическая порошка, которые получаются вследствие чистки камеры и других компонента установки.

Утилизация металлических отходов состоит из нескольких технологических операций:

1. демонтаж конструкций и сбор металлических отходов;
2. транспортировку отходов на перерабатывающие предприятия;
3. проверка металлических отходов (в т.ч. дозиметрическая);
4. отделение отходов чёрных металлов от отходов цветных металлов;
5. отделение различной примесей неметаллических характеров;
6. заключительный контроль отхода;
7. переработка.

Вывод

В ходе рассмотрения безопасности и гигиены труда при осуществлении работ с помощью установки «Радуга-спектр», были выявлены вредные и опасные факторы рабочей зоны, причины и средства защиты, рассмотрены чрезвычайные ситуации и поведение в них. Также был произведен расчет воздухообмена в помещении рабочей зоны с установкой «Радуга-спектр», в котором работает один человек.

Заключение

В настоящей работе были изучены методы нанесения покрытий физическим осаждением из паровой фазы, а также разрушающие и неразрушающие методы контроля толщины покрытий. На основе литературных данных в качестве неразрушающего метода контроля толщины покрытий был выбран метод рентгеновской дифракции, позволяющий в одном цикле измерений проводить анализ толщины и структуры покрытия. Для отработки и аттестации метода на подложки из циркониевого сплава Zr-1Nb и кремния были осаждены никелевые покрытия в диапазоне толщин 0,5-2 мкм методом магнетронного распыления. Измерение толщины покрытий предварительно осуществлялось двумя прямыми методами измерения: методом шарового истирания и сканирующей электронной микроскопии.

Было установлено, что толщина сформированных никелевых покрытий на подложках из кремния и циркониевого сплава отличается незначительно (отклонение $\pm 5\%$). Оба прямых метода измерения показали достаточно хорошую сходимость результатов по толщине, что позволило аттестовать подготовленные образцы.

В ходе экспериментов была отработана методика определения толщины никелевых покрытий методом рентгеновской дифракции в геометрии скользящего пучка. Данный метод неразрушающего контроля можно применять для определения толщины никелевых покрытий в

диапазоне от 0,5-2 мкм.

Для определения равномерности толщины никелевых покрытий по всей поверхности образца была разработана методика неразрушающего контроля, основанная на последовательном измерении толщины покрытия в заданных точках.

Была проведена оценка трудоемкости выполнения работ и затраты на разработку проекта, которые составили 98082,06 руб.

В ходе рассмотрения безопасности и гигиены труда при осуществлении работ с помощью установки «Радуга-спектр», были выявлены вредные и опасные факторы рабочей зоны, причины и средства защиты, рассмотрены чрезвычайные ситуации и поведение в них. Также был произведен расчет воздухообмена в помещении рабочей зоны с установкой «Радуга-спектр», в котором работает один человек.

Список литературы

1. Свирин В.Т., Стогний А.И. Формирование пучка равномерной плотности в холловском ионном источнике с открытым торцом. Приборы и техника эксперимента, – 1996. – № 5.
2. Моргулис Н. Д. Катодное распыление, «Успехи физических наук», – 1946. т. 28, в. 2-3, – с. 202.
3. Никоненко В.А. Математическое моделирование технологических процессов: Моделирование в среде MathCAD. Практикум, под ред. Кузнецова Г.Д. – М.: МИСиС, – 2001. – 48 с.
4. Распыление твердых тел ионной бомбардировкой, под ред. Р. Бериша, пер. С англ., в. 1-2, М., – 1984-86.
5. Behrisch R. Sputtering by particle bombardment. // Springer. – 1981. – Vol. 47. – P. 145-218.
6. Townsend PD, Kelly JC, N.E.W. Hartley. Ion Implantation, Sputtering and their Applications. // Academic Press. – 1976. – P. 333.
7. McLeod PS, Hartsough LD. High-rate sputtering of enhanced aluminum mirrors. // J Vac Sci Technol. – 1977. – Vol. 14. – № 1. – P. 263-265.
8. Waits R.K. Planar magnetron sputtering // J. Vac. Sci. Technol. – 1978. – Vol.15. – № 2. – P.179-187.
9. Sproul WD, Legg KO. Opportunities for Innovation: Advanced Surface Engineering, – 1995.

10. Kelly P.J., Arnell R.D. Magnetron sputtering: a review of recent developments and applications // *Vacuum*. – 2000. – Vol. 56. – P. 159-172.
11. Данилин Б.С., Сырчин В.К. Магнетронные распылительные системы. – М.: Радио и связь, – 1982.
12. Bell T, Dong H, Sun Y. // *Tribology Int.* – 1998. – Vol. 31. – № 13. – P. 127-137.
13. Nordin M., Larsson M. Deposition and characterization of multilayered PVD TiN/CrN coating on cemented carbide // *Surface and coatings technology*. – 1999. – Vol. 116-119. – P. 1138-1144.
14. Fox-Rabinovich, G.S.; Yamamoto, K.; Veldhuis, S.C.; Kovalev, A.I.; Dosbaeva, G.K. Tribological Adaptability of TiAlCrN PVD Coatings under High Performance Dry Machining Conditions. *Surf. Coat. Technol.* – 2005. – Vol. 200. – P. 1804-1813.
15. Ключев В. В. Неразрушающий контроль и техническая диагностика. – М.: «Машиностроение», – 2003. – 656 с.
16. Мельников П.С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении. – М.: Издательство «Машиностроение», – 1979. – P. 321.
17. Grill A. Electrical and Optical Properties of Diamond-like Carbon // *Thin Solid Films*. – 1999. – Vol. 355. – P. 189-193.
19. K.L. Rutherford, I.M. Hutchings. A micro-abrasive wear test, with particular application to coated systems. // *Surface Coating Technology*. – 1996. – Vol. 79. – № 1-3. – P. 231-239.

20. K.L. Rutherford, I.M. Hutchings. Theory and application of a micro – scale abrasive wear test, J. // Testing and Evaluation. JTEVA. – 1997. – Vol. 25. – № 2. – P. 250-260.

21. R.I. Trezona, D.N. Allsopp, I.M. Hutchings. Transitions between two body and three-body abrasive wear: influence of test conditions in the micro scale abrasive wear test. // Wear. – 1999. – Vol. 225-229. – № 1. – P. 205-210.

22. Pioneer TS-S01RSII [Electronic resource] // sgCarMart. Marketplace.–URL:
<http://www.sgcarMart.com/products/overview.php?ID=402>, free access. Date of application: 12.05.2016.

23. Мельников П.С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении. – М.: Издательство «Машиностроение», – 1979. – 321 с.

24. S. L. Flegler, J. W. Heckman Jr., K. L. Klomprens. Scanning and Transmission Electron Microscopy, – 1993.

25. J. J. Bozzola, L. D. Russell. Electron Microscopy, – 1992.

26. Zhou WL, Wang ZL. Scanning Microscopy for Nanotechnology, – 2006.

27. M. J. Buerger. X-ray Crystallography, – 1942.

28. H. P. Klug, L. E. Alexander. X-ray Diffraction Procedures, – 1954.

29. B. D. Cullity. Elements of X-ray Diffraction, – 1956.

30. A. Taylor. X-ray Metallography, – 1942.

31. A. Guinier. X-ray Diffraction, – 1963.

32. O. Bohnke, G. Robert. Solid State Ionics, – 1982 – P. 115.

33. Out-of-plane diffraction measurements // Rigaku journal. – 2009. – Vol. 25. – № 1. – P.10-15.
34. Kluyev V.V. X-ray Testing. – M.: Publishing house «СПЕКТР», – 2010. – Vol. 1. – P. 1006.
36. K. Vedam. Spectroscopic ellipsometry: a historical overview. // Thin Solid Films. – 1998. – Vol. 313-314. – P. 1-9.
37. D. E. Aspnes and A. A. Studna. // Dielectric functions and optical parameters of Si, Ge, GaP, GaAs, GaSb, InP, InAs, and InSb from 1.5 to 6.0 eV. // Physical Review B. – 1983. – Vol. 27. – № 2. – P. 985-1009.
38. Аззам Р., Баїиара Н. Эллипсометрия и поляризованный свет. – М.: Мир, – 1981.
39. ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
40. ПУЭ-7 Правила устройства электроустановок, – 2009.
41. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
42. ГОСТ 12.0.004-90. ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения.
43. НПБ 105-95 Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
44. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Гострой России, – 1997. – 12 с.

45. ППБ 01 – 03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, – 2003.

46. ПБ 03-576-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

47. ГОСТ 12.2.085-2002 «Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности».