МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Неразрушающего контроля
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Кафедра Физических методов и прибора контроля качества

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка удельной электрической проводимости ферритов методом сопротивления растекания

УДК 537.622.4:537.311.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2А	Еспенбетов Жанболат Ризабекович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	Доктор физ.-мат. наук, профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. менеджмента ИСГТ	Чистякова Н. О.	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ ИНК	Мезенцева И. Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	Доктор физ.-мат. наук, профессор		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	**Результат обучения (выпускник должен быть готов)**
	Профессиональные компетенции
Р1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки, производства, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения
Р2	Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа
Р3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества
Р4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности
Р5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе
Р6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции
	Универсальные компетенции
Р7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
Р8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы
Р9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности
Р10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду
Р11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки12.03.01Приборостроение
Кафедра физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

_____ _____ Суржиков А.П.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2А	Еспенбетову Жанболату Ризабековичу

Тема работы:

Оценка удельной электрической проводимости ферритов методом сопротивления растекания	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	11.12.2015, №9729/с
Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	литий-цинковая ферритовая керамика
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Необходимо разработать методику оценки значений удельного электрического сопротивления в ферритовой керамике с различной предысторией
Перечень графического материала	Презентация в Microsoft Office PowerPoint 2010

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Исследование электрических свойств ферритов	Малышев Андрей Владимирович, старший научный сотрудник ПНИЛ ЭДиП
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Чистякова Наталья Олеговна, заведующий кафедрой МЕН
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна, ассистент кафедры ЭБЖ

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.12.2015

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ФМПК	Суржиков Анатолий Петрович	Доктор физ.-мат. наук, профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2А	Еспенбетов Жанболат Ризабекович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2А	Еспенбетову Жанболату Ризабековичу

Институт	ИНК	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*	1. Стоимость ресурсов для исследования влияния механической активации прекурсоров на дисперсность ферритовых порошков.
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*	2. Нормы и нормативы расходования ресурсов
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*	3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. *Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения*	1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения при помощи технология QuaD
2. *Планирование и формирование бюджета научных исследований*	2. Планирование научно-исследовательских работ: – структура работ в рамках научного исследования; – определение трудоемкости выполнения работ; – разработка графика проведения научного исследования; – бюджет научно-технического исследования (НТИ).
3. *Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования*	3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей):*	
1. *План-график проведения НИ*	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой менеджмента	Чистякова Наталья Олеговна	кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2А	Еспенбетов Жанболат Ризабекович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2А	Еспенбетову Жанболату Ризабековичу

Институт	ИНК	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования при выполнении ВКР являются ферриты. Рабочим местом при исследовании свойств феррита является научная лаборатория.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	1.1. Вредными факторами при работе в лаборатории являются: – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; 1.2. Опасными факторами при работе в лаборатории являются: электрический ток, пожар. Поражение электрическим током может произойти при использовании неисправного оборудования (охлаждающей системы), прикосновения к неизолированным контактам электросети, находящиеся под напряжением – убрать
2. Экологическая безопасность:	В ходе исследования не образуются какие-либо побочные продукты, которые подлежат утилизации, поэтому в данном случае не существует источников загрязнения окружающей среды.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможны такие чрезвычайные ситуации, как: пожары, ситуации природного характера. К мерам по предупреждению относятся: 1. Планирование защиты населения и территории от ЧС на уровне предприятия (организации); 2. Создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности; 3. Выявление угроз пожара и оповещение персонала; 4. Подготовка работающих к действию в условиях ЧС; 5. Подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС. – убрать (эта информация есть у Вас в самом разделе)
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Соблюдение законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении, а также контроль над исправностью работы в помещении.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2А	Еспенбетов Жанболат Ризабекович		

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки приборостроение
Уровень образования бакалавриат
Кафедра Физических методов и приборов контроля качества
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)
Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2016

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
11.02.2016	*Составление обзора литературы*	
22.02.2016	*Подготовка образцов для исследования*	
10.03.2016	*Проведение исследований методом сопротивления растекания*	
10.04.2016	*Проведение исследований двухзондовым методом*	
15.04.2016	*Сравнение результатов по итогам двух методов*	
24.04.2016	*Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»*	
27.04.2016	*Написание раздела «Социальная ответственность»*	
03.05.2016	*Защита Учебно-исследовательской работы студентов*	
25.05.2016	*Выступление на VI всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность»*	
27.05.2016	*Оформление результатов исследований*	
1.06.2016	*Написание раздела «Заключение»*	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	Доктор физ.-мат. наук, профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржиков А. П.	Доктор физ.-мат. наук, профессор		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 70 с., 14 рис., 15 табл., 20 источников.

Ключевые слова: ферриты, удельная электрическая проводимость, метод сопротивления растекания, двухзондовый метод, удельное сопротивление, .

Объектом исследования является литий-цинковая ферритовая керамика.

Цель работы:

Исследования электрических свойств ферритов с различной предысторией методом сопротивления растекания и двухзондовым методом с нанесением электродов с целью разработки методики определения удельной электрической проводимости в ферритах.

Методология проведения исследования и аппаратура: для спекания ферритовых прессовок применялась стандартная лабораторная печь сопротивления типа МПЛ-6 "ХимЛабо" (Netzsch, Германия), микроструктура спеченных образцов исследовалась на шлифованных, полированных и протравленных шлифах с использованием оптического микроскопа МБИ-15У, Взвешивание образцов производилось на аналитических весах ВЛА-200г-М с чувствительностью $1 \cdot 10^{-4}$ г.

В процессе исследования проводились: измерения электрической проводимости в ферритах двумя методами, исследования электрических свойств ферритов, измерения энергии активации электрической проводимости.

В результате исследования будет оценен метод измерения сопротивления растекания для экспресс-оценки значений удельного электрического сопротивления.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.1.005–88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. СНиП 23-05-95 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
3. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

ферриты: химические соединения оксида железа Fe_2O_3 с оксидами других металлов.

двухзондовый метод: метод для измерения удельного сопротивления образцов, имеющих правильную геометрическую форму.

метод сопротивления растекания: метод основан на измерении сопротивления структуры, состоящей из металлического зонда и полупроводникового образца, установленного на его плоской поверхности.

спекание ферритов: называют нагрев и выдержку порошковой формовки при температуре ниже точки плавления основного компонента с целью обеспечения заданных механических и физико-химических свойств.

энергия активации: энергия, которую можно сообщить валентному электрону, чтобы он оторвался от атома и стал подвижным носителем заряда

электрическая проводимость: способность тела проводить электрический ток, а также физическая величина, характеризующая эту способность и обратная электрическому сопротивлению.

удельное сопротивление: физическая величина, характеризующая способность вещества препятствовать прохождению электрического тока.

В данной работе использованы следующие сокращения:

УЭП – удельная электрическая проводимость;

QuaD – QUality ADvisor;

ВАХ – вольт-амперные характеристики;

ПДК – предельно-допустимые концентрации;

НТИ – научно-техническое исследование.

Оглавление

Введение 11
1 Обзор литературы 12
1.1 Электрические свойства ферритов 12
1.2 Методы измерения удельного сопротивления 15
1.3 Двухэлектродный метод измерения 15
1.4 Метод измерения сопротивления растекания 18
2 Объект и методы исследования 22
2.1 Объект исследования 22
2.2 Метод определения удельного электрического сопротивления на постоянном токе по двухэлектродному методу 23
2.4 Метод расчета коэффициента r_0 28
3. Экспериментальные результаты 29
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 39
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 39
4.2 Планирование научно-исследовательских работ 42
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 56
5 Социальная ответственность 59
5.1 Введение 59
5.2 Производственная безопасность 60
5.3 Экологическая безопасность 64
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях 65
5.5 Организационные мероприятия обеспечения безопасности 67
Заключение 68
Список использованных источников 69

Введение

Современный технический прогресс связан непосредственно с применением и созданием новых неорганических материалов с электрическими и магнитными специфическими свойствами. Средь данных материалов внушительные позиции занимают ферриты — соединения окиси железа с окислами других металлов, отличительной чертой у которых является ценное сочетанием полупроводниковых, диэлектрических и ферромагнитных свойств. Это разрешает использовать ферриты там, где применение обычных металлических ферромагнетиков практически невозможно. Прежде всего, речь идет о технике сверхвысоких и высоких частот. Несравнимо возрастают потери энергии из-за появления вихревых токов это связано с повышением частоты электромагнитных колебаний. Мощность данных потерь прямо пропорциональна квадрату частоты и размерам тела, но обратно пропорциональна удельному сопротивлению ферромагнетика. Очевидно, что в высокочастотных полях потери энергии могут быть снижены увеличением сопротивления, а оно у ферритов достигает величины порядка 10^{10}—10^{4} Ом см.

Сфера применения ферритовых материалов очень широка, а объем ферритовой продукции постоянно растет. Современное развитие и совершенствование электронной техники сопровождается все большим ужесточением требований к свойствам ферритовых материалов. При этом все чаще возникает необходимость в магнитных материалах узкоспециального назначения, обладающих определенным сочетанием электрофизических и магнитных свойств. Сказанное в полной мере относится к ферритовой керамике, на основе которой разрабатываются фазовращатели, используемые в современных РЛС.

В связи с этим в технике достаточно востребованы методы контроля электрических и магнитных свойств ферритовой керамики, которые постоянно совершенствуются.

1 Обзор литературы

1.1 Электрические свойства ферритов

Как и любых других твердофазных материалов, свойства ферритов, можно разделить на две группы структурно нечувствительные, или объемные, и структурно-чувствительные. Структурно нечувствительные свойства определяются типом кристаллической структуры феррита и химическим составом, а структурно-чувствительные — дефектами (несовершенством) кристаллической и электронной структуры. К первому типу относят магнитострикцию, константу кристаллографической анизотропии, удельную теплоемкость, точку Кюри, намагниченность насыщения, диэлектрическую проницаемость, и т. д. В качестве структурно-чувствительных свойств рассматривают теплопроводность, электропроводность, прочность, форму петли гистерезиса и др. Впрочем, данное деление весьма условно, так как трудно указать такое свойство, которое бы абсолютно не зависело от степени или несовершенства электронной и кристаллической структур ферритов. [4.153]

Ко многим ферритам предъявляют повышение механические требования. Влияние параметров кристаллической структуры на прочность подробно рассматривается в обзоре Холла. Отметим только, то что поры всегда способствуют уменьшению механической прочности. Поры концентрируют механические напряжения выступая в качестве зародышей для образования трещин. Прочность материала зависит от размера пор, их ориентации, характера пористости и локализацией пор (на границах зерен или внутри их). Уменьшение размеров кристалла увеличивает прочность магнитной керамики на излом. Полагают, что микротрещины и дислокации обрываются на границе зерен и поэтому, чем меньше размер кристаллов, тем прочнее керамический материал. Свойства ферритов можно изменять в широких пределах, варьируя только керамическую структуру. К сожалению, этот путь сравнительно мало

используют для создания новых магнитных материалов, что связано с недостаточной разработкой теории спекания. [1.27]

Взаимодействие спекаемых ферритовых прессовок с кислородом окружающей атмосферы при диффузионном характере процесса может приводить к существенной неоднородности содержания кислорода в объеме материала. Связанные с этим постепенные изменения электрических и магнитных характеристик ферритов при переходе от поверхности к сердцевине изделия обуславливают так называемой размерный фактор, т.е. различие свойств изделий, спеченных в одинаковых условиях, но обладающих разными размерами. Особенное значение данный фактор приобретает для СВЧ-ферритов миллиметрового и сантиметрового диапазонов с характерной для них относительно большой удельной поверхностью изделий. Поэтому для СВЧ-ферритового приборостроения актуальной задачей является определение глубинного распределения свойств материалов при конкретных режимах высокотемпературного спекания. Из-за многообразия ферритов эта задача в настоящее время решена только для ограниченного круга соединений. [6.95-97]

Удельное сопротивление ρ, комплексная диэлектрическая проницаемость ε^* существенно влияют на распространение электромагнитных волн в феррите и, следовательно, определяют функциональные свойства приборов, изготовленных на основе феррита. Для решения многих практических задач, в частности, для прогнозирования диэлектрических характеристик необходимо знание аналитических зависимостей ρ, действительной ε' и мнимой ε'' частей ε^* от частоты f и температуры T. В настоящее время имеется большое количество работ, посвященных исследованию электрофизических свойств ферритов [11.25-26]. Зависимости σ и ε^* от f и T для поликристаллических ферритов принято интерпретировать в рамках модели Купса (межслоевой поляризации) и межслоевой поляризации с участием поверхностных состояний межзеренных границ. Одной из основных причин возникновения межслоевой поляризации является процесс

электропереноса, поэтому механизм электропереноса влияет на характеристики межслоевой поляризации. Считают, что электроперенос осуществляется либо движением носителей заряда по примесной зоне, либо прыжками носителей по локализованным энергетическим уровням за счет электрон-фононного взаимодействия. Прыжковый механизм электропереноса в феррите связывают с наличием двухвалентных ионов железа и электронными переходами между ионами переменной валентности, например: $Fe^{2+} + Me^{3+} \rightarrow Fe^{3+} + Me^{2+}$. Установлено, что чем больше концентрация Fe^{2+}, тем больше проводимость и тем больше ε'. Исходя из этого, полагают, что такие переходы ответственны как за электроперенос заряда, так и за поляризацию. В таком случае можно не привлекать модель Купса, так как перезарядка пар ионов $Fe^{2+} + Me^{3+} \leftrightarrow Fe^{3+} + Me^{2+}$ уже является процессом переориентации диполей в переменном поле. Так как компоненты пары являются кристаллообразующими ионами, то большое значение ε' можно объяснить высокой концентрацией таких пар. [10.243]

1.2 Методы измерения удельного сопротивления

В данной работе на примере ферритовой керамики опробованы два метода измерения величин удельного электрического сопротивления: двухэлектродный и сопротивления растекания.

1.3 Двухэлектродный метод измерения

При исследовании электрических свойств полупроводников и производстве полупроводниковых материалов, структур и приборов возникает необходимость измерения удельного электрического сопротивления или удельной электрической проводимости полупроводниковых материалов в виде монокристаллических слитков, образцов различной геометрической формы, пластин. [14.35] Диффузионных, эпитаксиальных и ионно-легированных слове, составляющих часть полупроводниковых структур. Измерение удельного сопротивления осуществляется не только для установления его значения, но также для определения других важных параметров полупроводникового материала на основе теоритических расчетов или дополнительных экспериментальных данных.

Выбор метода измерения осуществляют с учетом получения требующейся информации, особенностей исследуемого материала, возможности изготовления электрических контактов, геометрической формы образца, метрологических характеристик метода измерения. В идеальном случае измерение характеристик материалов не должно приводить к разрушению образца и не должно требовать его специальной обработки[15.42].

Многие методы измерения удельного электрического сопротивления полупроводниковых материалов основаны на измерении разности электрических потенциалов на некотором участке образца, через который пропускается электрический ток. Исторически одним из первых методов измерения удельного сопротивления был двухзондовый метод, применявшийся для измерения удельного сопротивления металлов. Измерения с помощью методов, для которых необходимо строго определенная геометрия образца,

сопряжены со значительными затратами времени, главным образом на изготовление образцов и контактов к ним. Для быстрого измерения удельного сопротивления используют четырехзондовый метод, метод сопротивления растекания, а также метод Вандер-Пау.

При использовании зондовых методов нужен непосредственный контакт с полупроводниковым образцом. Поэтому эти методы приводят к разрушению образцов. Например, при измерениях методом сопротивления растекания металлические зонды разрушают поверхность образца; для применения же метода Ван-дер-Пау необходимо создание четырех контактов. Поэтому существует потребность в методах измерения, не требующих непосредственного контакта с образцом и получивших название бесконтактных. Имеется несколько подходов к осуществлению бесконтактных измерений. Они основаны на использовании отражения или поглощения электромагнитной волны, индуктивной или ёмкостной связи образца с измерительной схемой. В силу этого бесконтактные методы являются оптическими или высокочастотными. [5.68,73]

Двухэлектродный метод применяют для измерения удельного сопротивления образцов, имеющих правильную геометрическую форму и постоянные поперечное сечение. При этом на торцевых гранях образца, например в виде прямоугольной пластины, изготавливают омические контакты. Через эти контакты вдоль образца пропускают электрический ток.

Метод применим для образцов с однородным распределением удельной электрической проводимости по глубине, а также в диапазоне частот измерительного поля от постоянного тока до радиочастот ~ 10^6 Гц [7.39].

Если образец однороден, то его удельное сопротивление (Ом·см)

$$\rho = \frac{U \cdot S}{I \cdot d} \qquad (1.1)$$

где I – сила тока, протекающего через образец, А; U – разность потенциалов между электродами, В; d - расстояние между электродами (толщина образца), см; S – площадь поперечного сечения, см^2.

Ток через образец подается от регулируемого источника постоянного тока, гарантирующего достаточную его стабильность по времени. Сила тока измеряется миллиамперметром, разность потенциалов – электронным цифровым вольтметром с высоким входным сопротивлением.

Погрешность измерений напряжения и тока при использовании с цифровой индикацией не превышает 0,1%. Однако систематическая погрешность измерения напряжения между потенциальными зондами зависит от сопротивления контакта зонда с образцом, которое может в 10^3-10^4 раз превышать сопротивление образца. Чтобы устранить влияние сопротивлений контактов на результаты измерений, необходимо предельно уменьшить протекающий через них ток. Для этого используют вольтметры с высоким входным сопротивлением (10^8 Ом и больше), причем сопротивление изоляции каждого из зондов относительно любого элемента измерительной установки должно быть много больше этого значения.

Неточное соблюдение геометрических размеров образца ведет к отклонению формы эквипотенциальных поверхностей от плоских поверхностей, параллельных торцевым граням образца, и возникновению систематической погрешности. Искажение формы эквипотенциальных поверхностей и одномерного пространственного распределения линий тока имеет место в образце правильной геометрической формы вблизи омических контактов, если они неоднородны по площади. В предельном случае использования точечных токовых контактов эту погрешность можно свести к значению, не превышающему 0,5%, при следующих соотношениях геометрических размеров образца: $a>3b$, $s\leq a/2$, $b/2\leq w\leq b$, где a,b,w – длина, ширина и толщина образца. При этом потенциальные зонды следует располагать на расстоянии от торцевых граней образца, больше $3b$.

Отклонение реального контакта зонда от теоритической модели точечного потенциального контакта также вносит систематическую погрешность в результат измерения.

Случайная составляющая относительной погрешности измерений, обусловленная невоспроизводимостью расстояния между зондами при независимой фиксации каждого из зондов со среднеквадратическим отклонением, Δs, определяется соотношением $\frac{\delta\rho}{\rho} = 1.41\,(\frac{2\Delta s}{s})$ при доверительной вероятности 0,95.

На контакте металл – полупроводник при протекании электрического тока может возникать ряд физических эффектов и явлений, которые вносят существенную погрешность в результаты измерений. Основными из них являются: инжекция носителей заряда контактом, влияющая на проводимость образца; эффект Пельте, приводящий к возникновению градиента температуры на образце и соответствующей этому градиенту термо-ЭДС; нагрев образца электрическим током, протекающим через образец. Указанные явления необходимо учитывать не только при измерении удельной проводимости, но и во всех случаях, когда через измеряемый образец с металлическим контактами протекает электрический ток. Чтобы уменьшить погрешности, вызванные этими явлениями, ток через образец выбирается минимальными, но обеспечивающими необходимую точность измерения тока и напряжения.[2.35-36]

1.4 Метод измерения сопротивления растекания

Данный метод основан на измерении сопротивления структуры, состоящей из металлического зонда и полупроводникового образца, установленного на его плоской поверхности. Если зонд металлический содержит контакт малой омический площади с поверхностью полупроводника, то сопротивление имеющей структуры, замеряемое при пропускании тока через данный контакт, именуют сопротивлением растекания. Допускается, что второй

контакт к полупроводнику показывает собой контакт большой площади с пренебрежимо меньшим сопротивлением, находящийся на большом расстоянии от зонда. Метод сопротивления растекания получил обширное применение для измерения удельного сопротивления разных полупроводниковых материалов в достаточной сфере измеряемых значений при повышенной локальности измерений, с целью контроля эпитаксиальных структур, и вдобавок для нахождения распределения удельного сопротивления по толщине ионно-легированных и диффузионных слоев[4.63,64].

Для измерения сопротивления растекания на практике используют двухзондовый метод измерений. Однако существует, несколько причин, почему сопротивление реальной структуры металл — полупроводник может отличаться от сопротивления растекания идеализированной структуры. Из-за разности работ выхода полупроводника и металла в приконтактной области полупроводника существует обедненный или обогащенный слой, который влияет на сопротивление структуры. Обычно контакт металл — полупроводник неомичен, и при протекании через него электрического тока сопротивление контакта возрастает за счет сопротивления обратно смещенного запирающего слоя или уменьшается вследствие инжекции носителей заряда при прямом смещении. Из-за малой площади контакта электрическое поле в приконтактной области может быть достаточно большим, что приводит к уменьшению подвижности носителей заряда. По этой же причине может происходить заметный электрический нагрев приконтактной области, сопровождающийся изменением удельного сопротивления полупроводника и образованием термо-ЭДС. Перечисленные явления нарушают основные предположения об однородности полупроводника и омичности контакта, с учетом которых проведено вычисление сопротивления растекания. Поэтому трудно ожидать, что реальное сопротивление растекания структуры будет достаточно точно соответствовать значению[5.22-24].

Так как сопротивление растекания определяется в основном приконтактной областью толщиной в несколько r_0, то методу присуща высокая локальность измерений. Пространственная разрешающая способность метода соответствует диаметру контакта, т.е. составляет примерно 10мкм. Объем области, где определяется удельное сопротивление, может быть равен 10^{-10} см$^{-3}$.

Составляющие погрешности измерений обусловлены невоспроизводимостью размеров контакта зонд-полупроводник, влиянием сопротивления контакта за счет присутствия оксидного слоя, нагревом приконтактной области и снижением подвижности носителей заряда в сильных электрических полях. При больших значениях удельного сопротивления заметное влияние оказывают возникающая на поверхности область пространственного заряда и нестабильность во времени поверхностного заряда и нестабильность во времени поверхностного потенциала[7.63].

Этот метод применим для изучения неоднородного распределения энергии активации объемной проводимости по глубине спеченных образцов феррита в широком диапазоне измеряемых значений при очень высокой локальности измерений.

Согласно этому методу сопротивление полупроводника определяется из измерений сопротивления растекания точечного омического контакта металлического зонда к полупроводнику. Метод основан на линейности вольтамперной характеристики (ВАХ) при малых напряжениях ($U<k\cdot T$/e) точечного контакта металл-полупроводник, обусловленной уменьшением ширины запрещенной зоны и возрастанием концентрации носителей тока из-за больших механических нарушений под точечным зондом[3.98-100].

Хорошо заточенный зонд (например, с радиусом заточки 25 мкм или заточенный на пирамиду) при величине нагрузки от 10 до 200 г создает воспроизводимый и надежный омический контакт с эффективным радиусом (1…6) мкм [8.42-48]. Давление на зонд в пересчете на эффективный радиус

достигает $3 \cdot 10^8$ г/см^2, а это значительно превышает прочность любых окисных изолирующих слоев и практически ведет к прокалыванию всех прослоек. Использование малых токов (10^{-2}…10^{-7} А) и малых напряжений, не превышающих $k \cdot T$/e, позволяет получить линейную зависимость тока от напряжения хотя бы за счет малой величины аргумента в экспоненциальной зависимости тока от напряжения.

2 Объект и методы исследования

2.1 Объект исследования

В качестве объекта для исследования была использована литий-цинковая ферритовая керамика, полученная как традиционным термическим, так и радиационно-термическим спеканием при температуре 1050 °С, 1100 °С в течении 140 минут, а также ферритовая керамика марки 3СЧ-18 (см. таблицу 1).

Термическое (**Т**) спекание проводили в лабораторной печи сопротивления. Радиационно-термическое (**РТ**) спекание проводилось в пучке ускоренных электронов ускорителя ЭЛВ-6 (НИИЯФ им. Будкера, г. Новосибирск).

Химическая формула литий-цинковой ферритовой керамики: $Li_{0.4}Fe_{2.4}Zn_{0.2}O_4$. Химическая формула ферритовой керамики марки 3СЧ-18: $Li_{0,65}Fe_{1,598}Ti_{0,5}Zn_{0,2}Mn_{0,5}Bi_{0,02}O_4$.

Таблица 1. Образцы для ферритовой керамики для исследования

№ образца	Тип спекания	Температура спекания, °С	Время спекания, мин
1	РТ	1100	140
2	РТ без предварительного синтеза	1100	140
3	РТ	1050	140
4	РТ без предварительного синтеза	1050	140
5	РТ	1050	140
6	Т	1100	140
7	Т без предварительного синтеза	1100	140
8	Т	1050	140
9	Т без предварительного синтеза	1050	140
10	Т	1050	140

Для измерения удельного сопротивления на постоянном токе по двухэлектродному методу были нанесены металлические электроды термическим испарением серебра в вакууме (установка ВУП-5).

Также объектом исследования в работе выступает методика оценки удельного сопротивления методом сопротивления растекания.

2.2 Метод определения удельного электрического сопротивления на постоянном токе по двухэлектродному методу

Для измерения величин электрических параметров феррита: энергии активации электропереноса на постоянном токе $E_{d\sigma}$ была использована схема измерения по двухэлектродному методу (рис. 1). Метод применим для образцов с однородным распределением удельного электрического сопротивления по глубине, а также в диапазоне частот измерительного поля от постоянного тока до радиочастот ~ 10^6 Гц [8, 9].

В этом случае значения удельного электрического сопротивления ρ_{dc} определяются по выражению (2.1).

$$\rho = \frac{U \cdot S}{I \cdot d} \qquad (2.1)$$

где I – сила тока, протекающего через образец, А; U – разность потенциалов между электродами, В; d - расстояние между электродами (толщина образца), см; S – площадь поперечного сечения, см^2.

Метод применим для образцов с электродами обладающими невыпрямляющими свойствами, так называемыми «омическими» контактами.

Для установления невыпрямляющих свойств контакта металл-феррит была построена вольтамперная характеристика контакта для каждого образца с электродом.

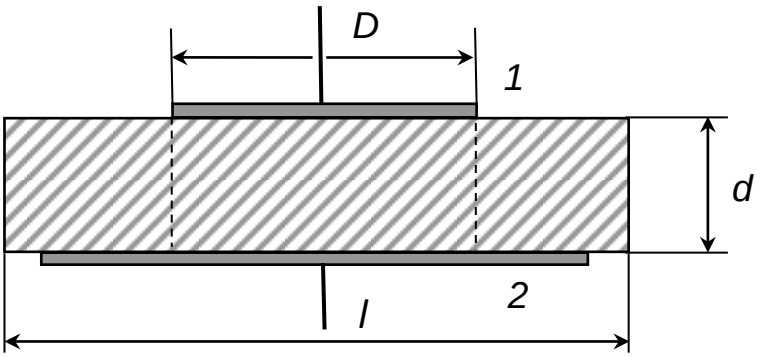

Рис. 1 Двухэлектродная схема измерения удельной объемной электрической проводимости. *1* - верхний электрод (*D*=5 мм);
2 - нижний электрод; *d*, *l* - толщина и диаметр образца

2.3 Метод определения удельного электрического сопротивления по методу измерения сопротивления растекания

Для измерения сопротивления растекания использовали двух зондовую схему измерений (рис. 2).

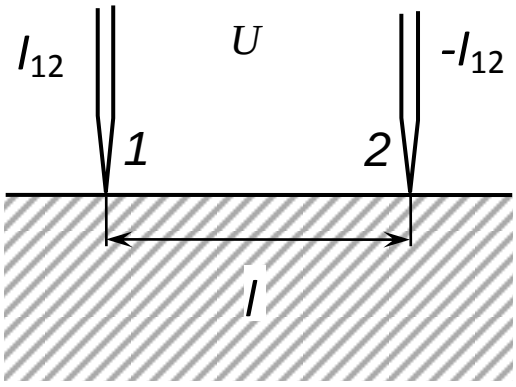

Рис. 2 Двухзондовая схема измерения
сопротивления растекания

При осуществлении металлического омического контакта с известным радиусом r_0 контактирующей площадки его сопротивление растекания $R_р$

однозначно связано с объемным удельным электрическим сопротивлением полупроводника ρ. Эта связь определяется решениями уравнения Лапласа для различных частных случаев [9.39].

Если распределение потенциала в образце - известная функция $U(r)$, то

$$R_{\text{р}} = \frac{U(r_0)}{I_{12}} = \frac{U}{2 \cdot I_{12}} - \frac{U(l)}{I_{12}} \qquad (2.2)$$

где: l - расстояние между зондами; $\pm U(r_0)$ - разница потенциалов между зондами 1 и 2; I_{12} - сила тока между зондами 1 и 2.

При $l \gg r_0$ $U(l) \to 0$, $R_{\text{р}} = U/(2 \cdot I_{12})$. Тогда, объемное удельное электрическое сопротивление запишется в виде:

$$\rho = \frac{U}{I} \cdot \pi \cdot r_0 \qquad (2.3)$$

Где U – приложенное напряжение к зонду; I – ток в цепи образца; r_0 – радиус металлического контакта зонд-материал, м.

Блок-схема измерения тока объемной проводимости в зависимости от температуры образца по методу сопротивления растекания приведена на рис. 3.

Измерения проводились при заданном с источника постоянного тока Б5-45 (***1***) напряжении U_{12}. Зондами на поверхности ферритового образца служили два прижимных заостренных контакта (***6***). Ферритовый образец в форме таблетки диаметром 12 мм и толщиной 0,5 мм помещался на полированную поверхность столика (***3***), изготовленного из немагнитной нержавеющей стали, который служил также, вместе со стержнем (***4***), электрическим выводом с одного из зондов на источник постоянного тока (***1***).

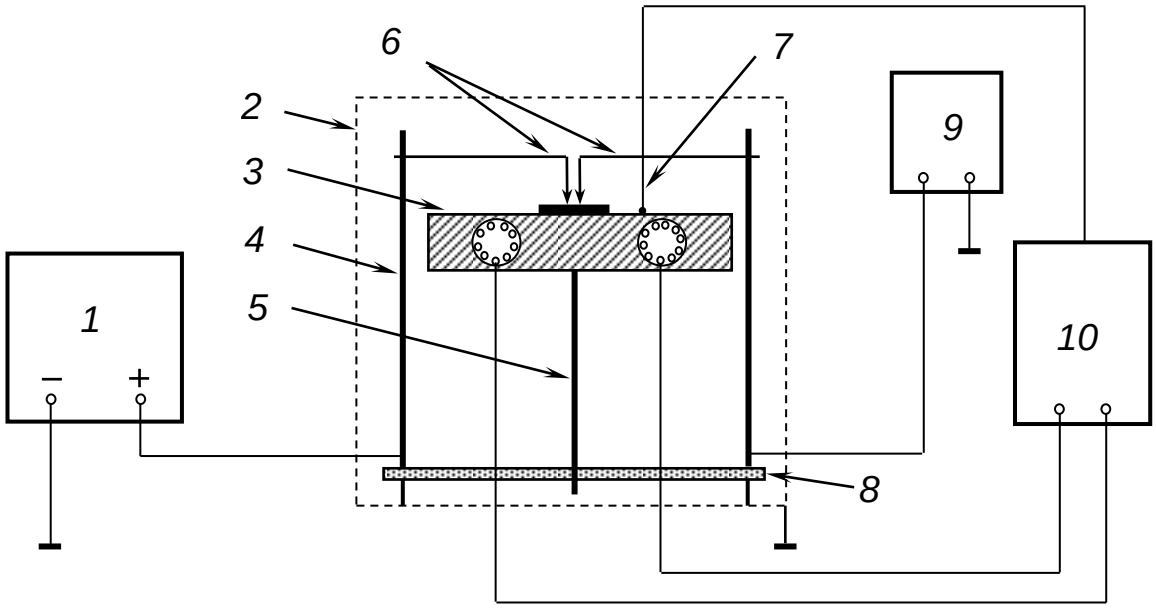

Рис. 3 Блок-схема измерения тока объемной проводимости в зависимости от температуры образца по методу сопротивления растекания

Вывод с другого зонда на универсальный вольтметр (***9***) обеспечивался вторым стержнем. Электроизоляция двух электрических выводов друг от друга обеспечивалась карболитовым основанием (***8***). Для экранирования измерительной ячейки от внешних электромагнитных помех вся ячейка помещалась в металлический заземленный экран (***2***). Также использовались экранированные провода с разъемами типа СР-50. Для нагрева образца использовался встроенный в столик (***3***) спиральный нагреватель, управление которым осуществлялось с источника постоянного тока с терморегулятором «ВАРТА» ТП-403 (***10***) и дифференциальной ХА термопары (***7***).

Источник постоянного тока построен по простейшей выпрямительной схеме, с использованием понижающего трансформатора, выпрямляющего диодного моста и емкостного фильтра. Регулировка тока в нагрузке - нагревательных спиралях, осуществлялась с помощью микропроцессорного терморегулятора «ВАРТА» ТП-403, встроенного в корпус источника тока, и тиристорного преобразователя, включенного в первичную обмотку

трансформатора. Электрическая схема этого источника с терморегулятором приведена в приложении А1 [16.23]. Использование терморегулятора «ВАРТА» в этом источнике позволило задавать в широком интервале скорости линейного нагрева/охлаждения образцов, а также длительности температурных выдержек с точностью поддержания температуры 1°.

На один из зондов подавался положительный потенциал с (***1***), в электрической цепи второго зонда измерялся искомый ток I_{12} с помощью универсального вольтметра В7-21А (***9***).

В общем случае температурная зависимость тока подчиняется закону Аррениуса:

$$I = I_0 \cdot \exp\left[-\frac{E_{d\sigma}}{k \cdot T} \right] \qquad (2.4)$$

где I_0 слабо зависящая от температуры образца T постоянная, k - постоянная Больцмана; $E_{d\sigma}$ - энергия активации электропереноса на постоянном токе.

Величина энергии активации объемного электропереноса $E_{d\sigma}$ определялась, при использовании выражения (2.4), по тангенсу угла наклона аппроксимационной прямой, проведенной через экспериментальные точки температурной зависимости тока объемной проводимости, построенной в координатах $\mathrm{Ln}(I)=F\,[1/(k \cdot T)]$.

Глубинное распределение $E_{d\sigma}(x)$ в образце определялось путем измерения величины $E_{d\sigma}$ при последовательном удалении тонких слоев с поверхности ферритовых образцов. Удаление слоев производилось путем механической шлифовки с использованием абразивного корундового микропорошка Al_2O_3 со средним размером частиц 20 мкм. Толщина удаляемого слоя определялась путем измерения остаточной толщины образца с использованием индикатора И4 часового типа (ГОСТ 577-68). Разрешающая способность микрометра (цена деления) составляет 10 мкм.[3.256]

2.4 Метод расчета коэффициента r_0

1. Для каждого из исследуемых образцов при комнатной температуре измеряли значение постоянного тока I, при фиксированной напряжении U, (метод измерения сопротивления растекания, п.2.3) в глубине образца, после сошлифовки более 300 мкм с каждой из сторон образцов (таблица 2).
2. После изготовления серебряных электродов и проверки линейности ВАХ контакта измеряли значения удельного сопротивления образцов на постоянном токе по двухэлектродному методу (п.2.2).
3. Для каждого образца с использованием выражения (2.3) и рассчитанного значения ρ_{dc} определяли искомое значение r_0.

3. Экспериментальные результаты

3.1 Измерение и расчет электрических параметров

На рис. 4 приведена вольтамперная характеристика контакта металл-феррит для образца № 1.

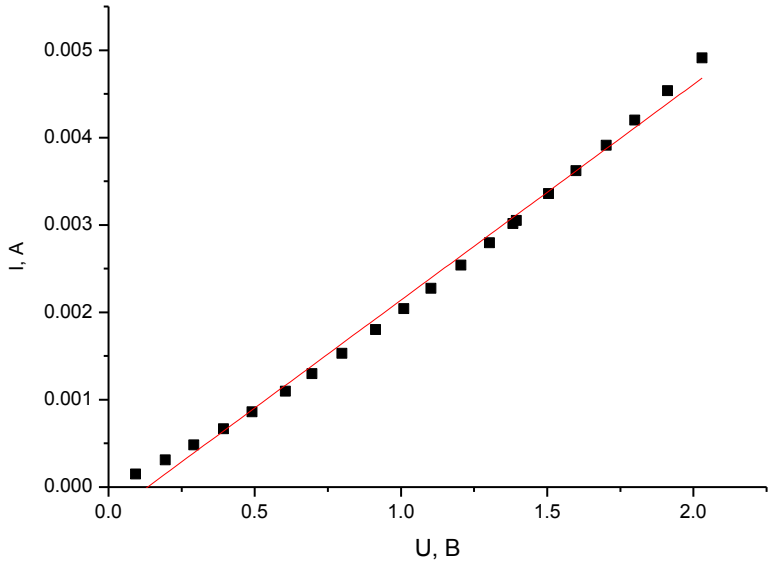

Рис. 4 ВАХ образца №1 с металлическим электродом

Из полученной линейности ВАХ образца с электродом (рис. 3) следует применимость данных электродов для измерения удельного сопротивления исследуемого феррита двухэлектродным методом.

Для других образцов были получены аналогичные экспериментальные результаты по линейности ВАХ контакта электрод-феррит.

Следовательно, для каждого из образцов ферритовой керамики с серебряным электродом возможно измерить и рассчитать по методу 2.2 значения удельного сопротивления на постоянном токе ρ_{dc}.

Значения ρ_{dc} были определены экспериментально для 10 образцов ферритовой керамики (см табл. 2).

Затем для каждого из образцов по методу измерения сопротивления растекания (метод 2.3) были определены значения тока при заданном постоянном напряжении (см табл. 2).

Из выражения для оценки удельного электрического сопротивления по методу сопротивлению растекания требуется знать значение r_0 – радиус металлического контакта зонд-материал. Приравнивая найденные для каждого образца ферритовой керамики значения ρ_{dc} и выражение 2.3 по методу 2.4 были рассчитаны значения r_0 (см табл. 2).

Таблица 2. Значения электрических параметров образцов ферритовой керамики

№ обр.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ρ_{dc}, Ом·см	$2\cdot10^3$	$5.3\cdot10^3$	$6.6\cdot10^3$	$6.9\cdot10^3$	$5\cdot10^4$	$8.6\cdot10^4$	$7.9\cdot10^4$	$8.2\cdot10^5$	$7.8\cdot10^5$	$2\cdot10^8$
U, В	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5
I, мкА	7	1.9	1.2	1.04	0.4	0.13	0.15	0.019	0.02	0.0015
r_0, мкм	14.8	19.7	9	8	21	12	13	16.6	16.8	24

U – напряжение, подаваемое на один из зондов при измерении по двухзондовому методу;

I – ток в цепи образца при комнатной температуре.

Из таблицы 2 можно видеть, что полученные значения r_0 находятся в диапазоне (8-24) мкм в независимости от величины ρ_{dc}, которая меняется от образца к образцу в широком диапазоне 10^3 – 10^8 (Ом·см). Указанный разброс значений r_0 может быть связан с различным давлением зондов

(невоспроизводимость контакта) на поверхность ферритовых образцов при измерении тока по методу сопротивления растекания. Для оценки значений удельного сопротивления ρ по методу измерения сопротивления растекания с использованием выражения 2.3 определим среднее значение коэффициента r_0.

Статистическая обработка данных по десяти образцам с использованием критерия Стьюдента (Госсета) позволила оценить среднее значение r_0=(15.5±3.7) мкм для доверительной вероятности 95 % [20.15].

Выводы

Таким образом, используя выражение для удельного электрического сопротивления по методу измерения сопротивления растекания $\rho = \frac{U}{I} \cdot \pi \cdot r_0$ с определенным средним значением параметра r_0=(15.5±3.7) мкм возможно приближенно оценивать значения удельного сопротивления ρ для образцов ферритовой керамики различного состава и величины удельного сопротивления ρ в широком диапазоне 10^3 –10^8 (Ом·см).

Рассмотренный метод выигрывает у классического двухэлектродного метода измерения удельного сопротивления за счет лучшей экспрессности измерений, т.к. в процессе измерения не требуется наносить металлические электроды.

3.2 Измерение энергии активации электрической проводимости с использованием метода сопротивления растекания

С использованием рассмотренного метода измерения сопротивления растекания в силу присущей ему локальности возможно определение энергии активации электрической проводимости по глубине образцов ферритовой керамики. В отличии от проведенных выше измерений для получения значений энергии активации электрической проводимости требуется строить температурные зависимости тока в цепи образца (метод 2.3).

Вначале экспериментально для каждого образца получили температурные зависимости тока I, от температуры. Затем такие измерения проводились после последовательной сошлифовки тонких слоев (около 30- 50 мкм) каждого из исследованного образца ферритовой керамики. Сошлифовка проводилась вручную с использованием мелкодисперсного порошка корунда Al_2O_3.

Затем, вычислили значения энергии активации проводимости $E_{d\sigma}$ на поверхности образца и в каждой точке при сошлифовке, т.о. получая глубинное распределение этого параметра по объему образцов.

Из выражения (2.4) следует, что определить $E_{d\sigma}$ можно логарифмируя обои части выражения. Таким образом, если построить экспериментальную температурную зависимость тока от температуры в координатах $\mathrm{Ln}(I)=F\,[1/(k\cdot T)]$ (рис. 5) при условии, что экспериментальные точки будут ложиться на прямую, то тангенс угла наклона такой аппроксимационной прямой и будет соответствовать искомому значению $E_{d\sigma}$.

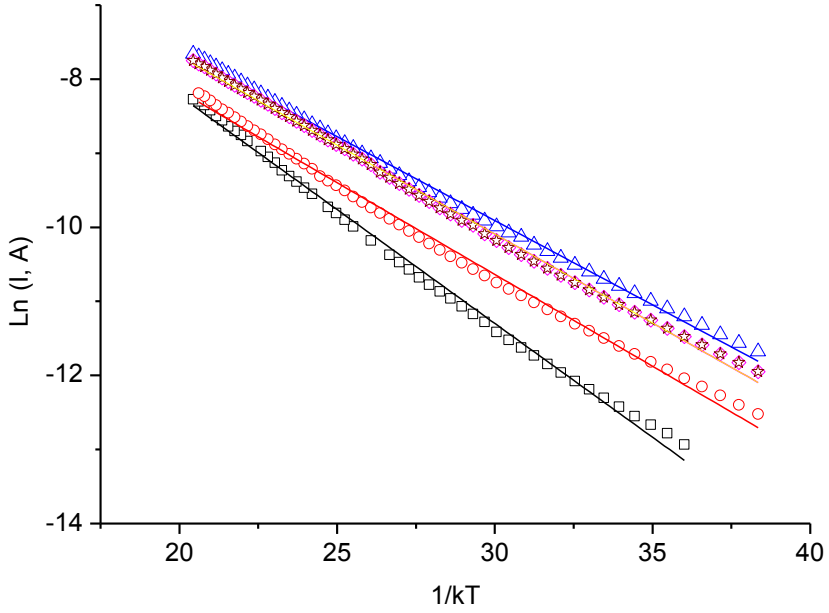

Рис. 5 Зависимость логарифма тока от обратной температуры для образца № 1 ферритовой керамики

В результате послойных измерений $E_{d\sigma}$ можно построить профиль глубинного распределения в объеме ферритового образца (рис. 6).

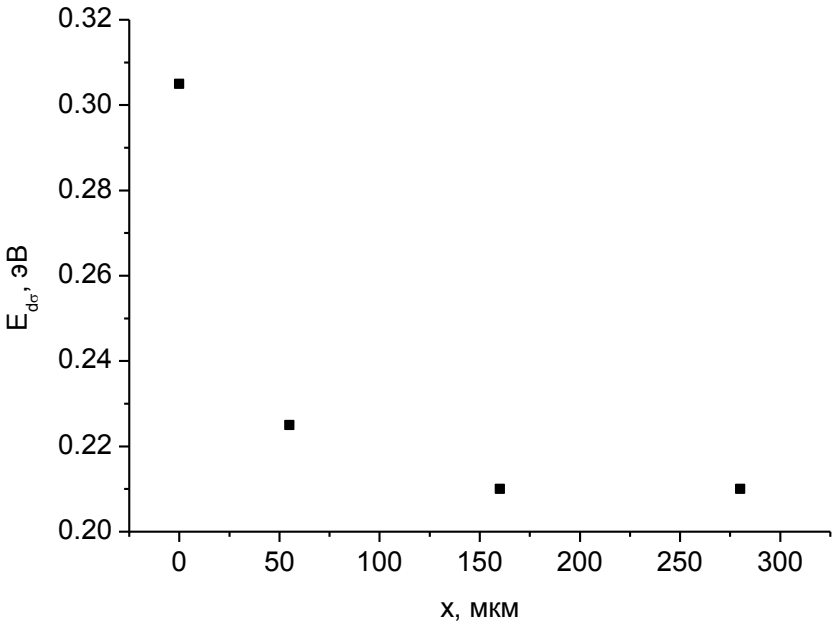

Рис. 6 Профиль глубинного распределения значений энергии активации проводимости для образца № 1 ферритовой керамики

Далее представлены температурные зависимости тока при послойных сошлифовках, а также профили распределения значений $E_{d\sigma}$ для образцов с различным значением удельного сопротивления.

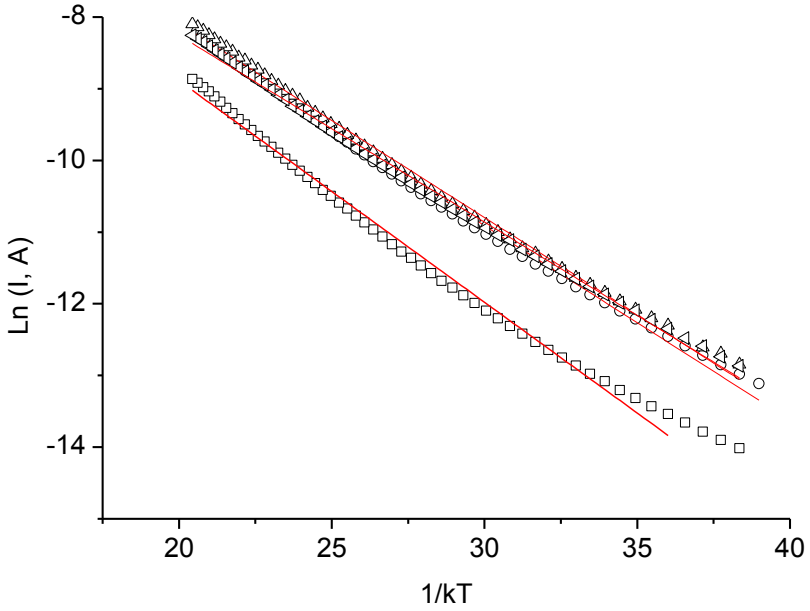

Рис. 7 Зависимость логарифма тока от обратной температуры для образца № 3 ферритовой керамики

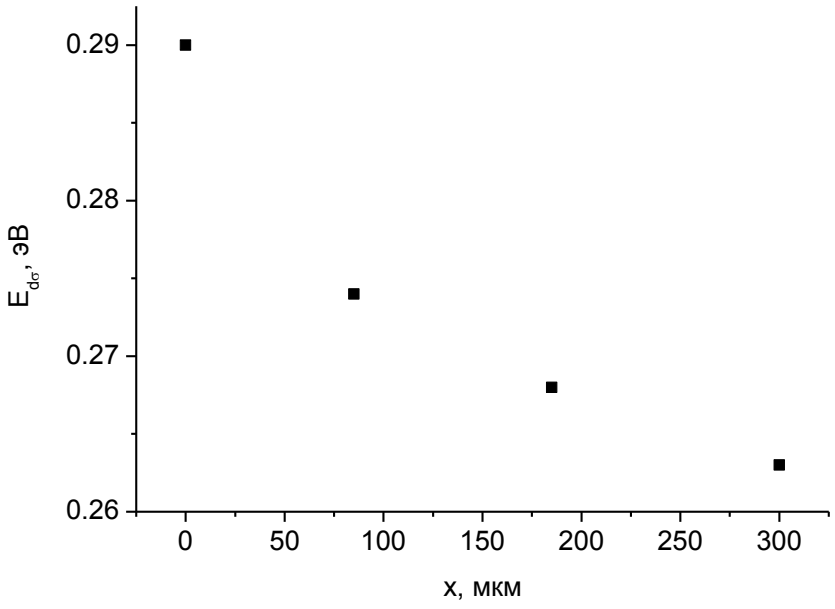

Рис. 8 Профиль глубинного распределения значений энергии активации проводимости для образца № 3 ферритовой керамики

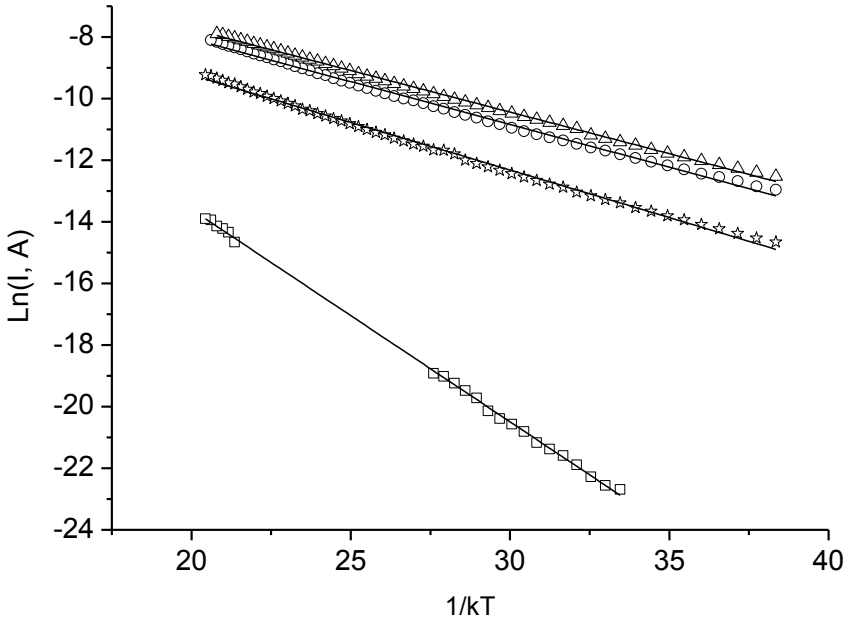

Рис. 9 Зависимость логарифма тока от обратной температуры для образца № 5 ферритовой керамики

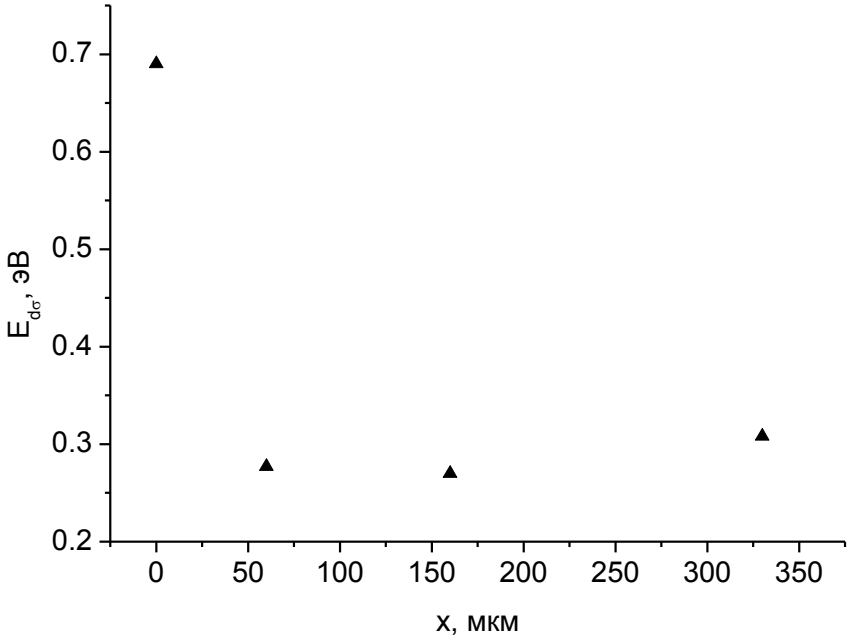

Рис. 10 Профиль глубинного распределения значений энергии активации проводимости для образца № 5 ферритовой керамики

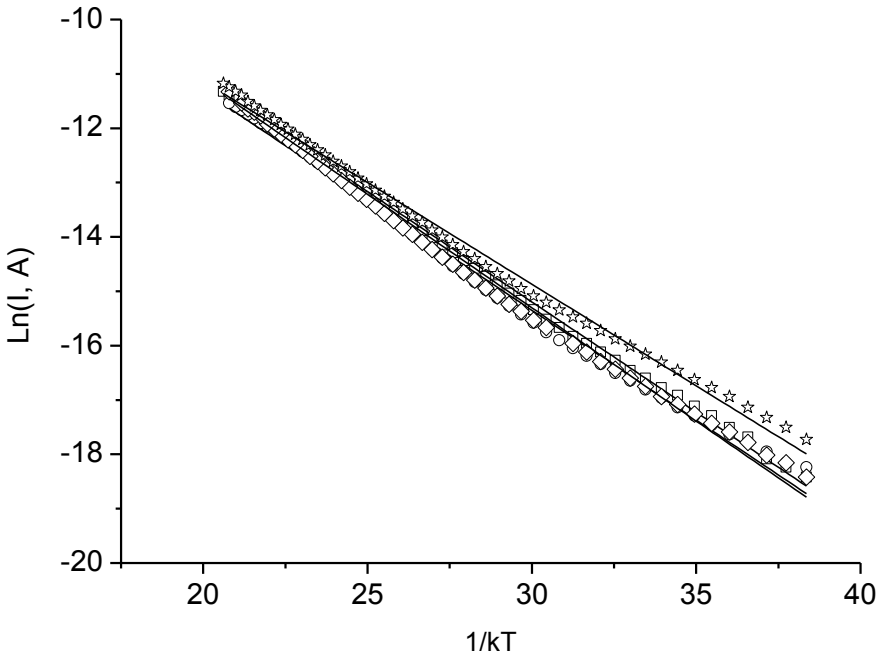

Рис. 11 Зависимость логарифма тока от обратной температуры для образца № 9 ферритовой керамики

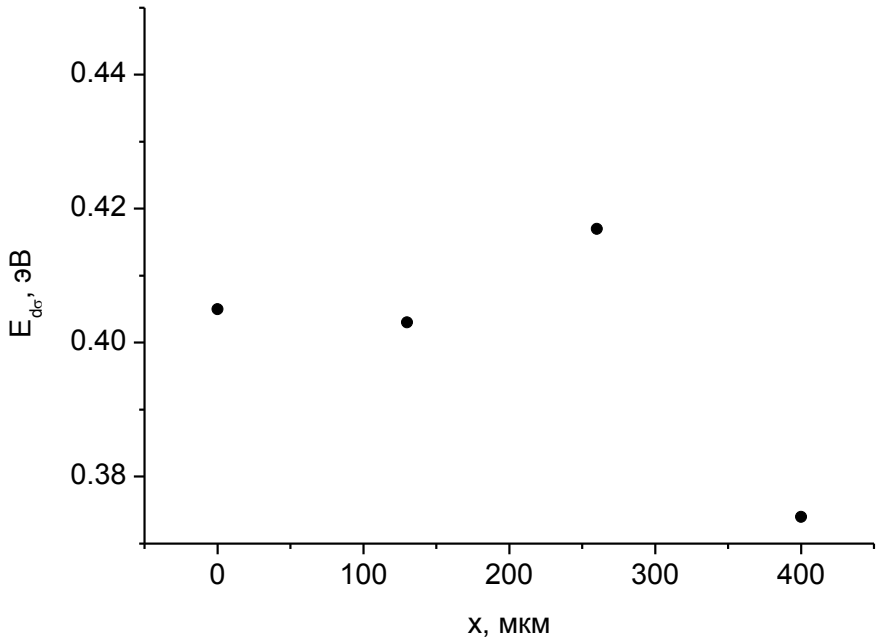

Рис. 12 Профиль глубинного распределения значений энергии активации проводимости для образца № 9 ферритовой керамики

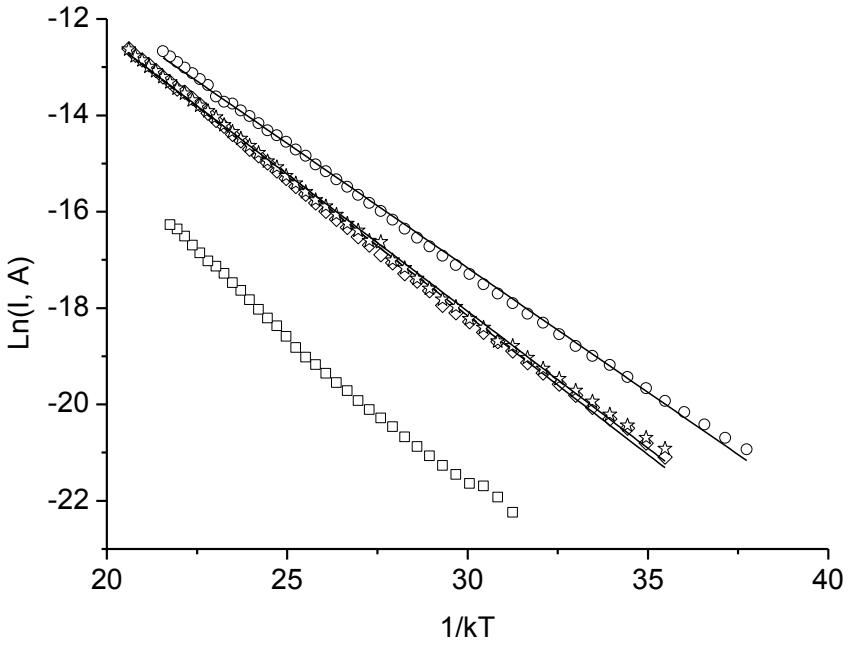

Рис. 13 Зависимость логарифма тока от обратной температуры для образца № 10 ферритовой керамики

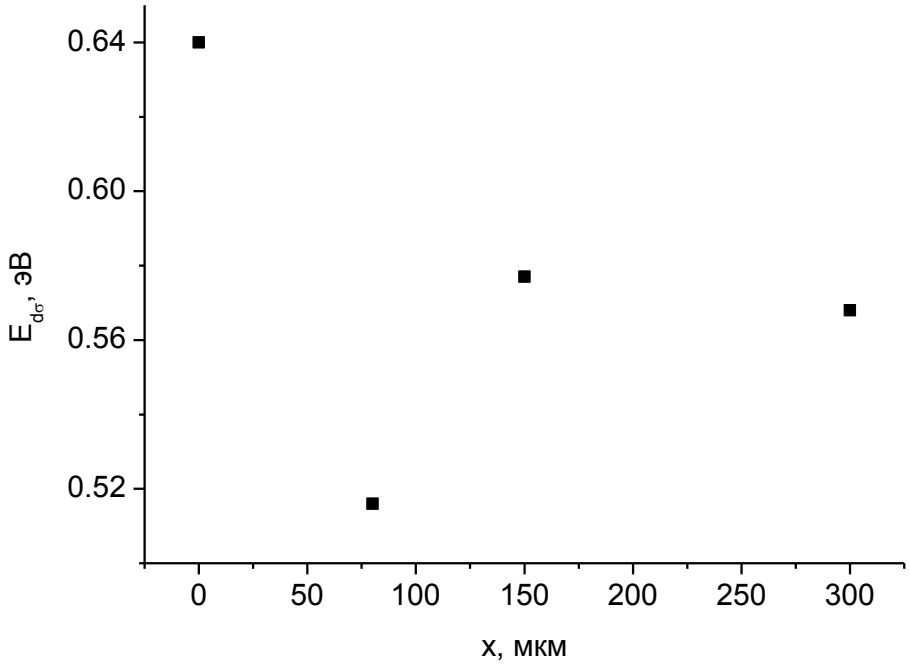

Рис. 14 Профиль глубинного распределения значений энергии активации проводимости для образца № 10 ферритовой керамики

Выводы

Таким образом, рассмотренный метод измерения сопротивления растекания в силу локальности измерений хорошо подходит для построения глубинных профилей распределения значений энергии активации электрической проводимости в исследуемых образцах ферритовой керамики. При этом такой метод оказался универсальным и может применяться для образцов с широким диапазоном значений удельного сопротивления $\rho=10^3–10^8$ (Ом·см).

Полученные в работе данные по профилям глубинного распределения энергии активации электрической проводимости служат одной из основных характеристик спеченной ферритовой керамики. Например, с их использованием возможна оценка коэффициентов диффузии кислорода при взаимодействии ферритов с кислородом окружающего воздуха при спекании, что важно при совершенствовании технологии термического и радиационно-термического спекания ферритов.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Технологий QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1. Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность;
- правовая защищенность.

2. Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтопригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;

– эргономичность;

– унифицированность;

– уровень материалоемкости разработки.

Для сравнения конкурентоспособности термогравиметрического метода выбран метод сканирующей электронной микроскопии. Выбранные показатели для оценки конкурентоспособности метода показаны в таблице 2.

Таблица 2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	**Вес критерия**	**Баллы**	**Максимальный балл**	**Относительное значение** (3/4)	**Средневзвешенное значение** (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Помехоустойчивость	0,15	70	100	0,7	0,018
2. Надежность	0,15	90	100	0,9	0,0202
3. Безопасность	0,1	80	100	0,8	0,0135
4. Простота эксплуатации	0,05	80	100	0,6	0,003
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
5. Конкурентоспособность	0,35	90	100	0,9	0,0945
6. Цена	0,05	60	100	0,6	0,001
7. Финансовая эффективность научной разработки	0,15	70	100	0,6	0,009
Итого	**1**				

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{ср} = \sum В_i \cdot Б_i, \quad (2.1)$$

где $П_{ср}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

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

$Б_i$ – средневзвешенное значение i-го показателя.

$$П_{ср} = 0.15 * 70 + 0.15 * 90 + 0.1 * 80 + 0.05 * 80 + 0.35 * 90 + 0.05 * 60 + 0.15 * 60 = 10{,}5 + 13.5 + 8 + 4 + 31{,}5 + 3 + 10{,}5 = 81$$

Показатель Пср = 81 говорит о том, что разработка считается перспективной и следует развивать ее.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 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 табл. 3.

Таблица 3. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	**№ раб**	**Содержание работ**	**Должность исполнителя**
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, лаборант
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подготовка образцов для экспериментов	Лаборант, студент
	6	Проведение экспериментов	

Продолжение таблицы 3.

	7	Сравнение экспериментальных результатов по итогам двух методов	Студент
Обобщение и оценка результатов	8	Расшифровка данных и сравнение с имеющимися показателями	Лаборант, дипломник
Оформления отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Руководитель, лаборант, дипломник

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях 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:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{mini}+2t_{maxi}}{5}, \quad (2.2)$$

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

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

t_{maxi} – 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 процентов.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (2.3)$$

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.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (2.4)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = 1{,}48, \quad (2.5)$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году (366 дней);

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году (111 дней);

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году (8 дней).

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу 4.

Таблица 4. 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											
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Составление и утверждение технического задания	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель			2	2	2	3	3	3
Подбор и изучение материалов по теме	5	5	5	9	9	9	6,6	6,6	6,6	Студент			7	7	7	10	10	10
Выбор направления исследований	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Руководитель			5	5	5	7	7	7
Календарное планирование работ по теме	2	2	2	4	4	4	2,8	2,8	2,8	Руковод.-лабор.			2	2	2	3	3	3
Подготовка образцов для экспериментов	5	5	7	10	10	15	7	7	10,2	Лабор.-студ.			4	4	6	6	6	9
Проведение экспериментов	10	10	15	10	15	25	12	12	19	Сотруд. др. лабораторий			6	6	10	9	9	15
Расшифровка данных и сравнение с имеющимися показателями	8	5	8	10	10	13	8,8	7	10	Лабор.-студ.			5	4	5	7	6	7
Составление пояснительной записки	5	10	15	7	13	25	5,8	11,2	19	Руковод.-лабор.- студ.			2	4	7	3	6	10

На основе таблицы 4 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени, отведённый на написания ВКР. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 5. Календарный план график проведения НИР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki}, кал. дни	Продолжительность выполнения работ										
				Фев.		Март			Апрель			Май		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление ТЗ	Руководитель	3											
2	Изучение материалов	Студент	10											
3	Выбор направления	Руководитель	7											
4	Планирование работ	Руковод.-лабор.	3											
5	Подготовка образцов	Лабор.-студ.	9											
6	Проведение экспериментов	Сотрудники др. лабораторий	15											
7	Сравнение результатов	Студент	5											
8	Расшифровка данных	Лабор.-студ.	7											
9	Пояснительная записка	Руковод.-лабор.-студ.	10											

- руководитель; - лаборант; - сотрудники других лабораторий; - студент.

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования

4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

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 расходуемых 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);

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_м = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^{m} Ц_i \cdot N_{расхi}, \quad (2.6)$$

где k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

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

$Ц_i$ – цена приобретения единицы *i*-го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м^2 и т.д.);

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов *i*-го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м^2 и т.д.).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах от 15 до 25 процентов от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 6.

Таблица 6. Материальные затраты

Наименование	**Единица измерения**	**Количество**			**Цена за ед., руб.**			**Затраты на материалы ($З_м$), руб.**		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	лист	100	100	150	1,2	1,4	1,2	138	161	207
Картридж для принтера	шт.	1	1	2	1000	1000	1000	1150	1150	2300
Феррит	кг.	1	1,5	2	5000	5000	5500	5750	8625	12650
Серебро	кг.	0,5	0,5	0,45	34,5	36	35,6	19.83	20.7	18.42
Итого								7057	9956	15175

4.2.4.2 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. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 7. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15 процентов от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 7. Расчет бюджета затрат на приобретение оборудования для научных работ

Наименование оборудования	**Количество единиц оборудования**			**Цена единицы оборудования, руб.**			**Общая стоимость оборудования, руб.**		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Вакуумный универсальный пост ВУП-5	1	1	1	17500	17500	17500	218750	218750	218750
В7-38. Вольтметр универсальный	1	1	1	16000	16000	16000	1920	1920	1920
Мультиметр цифровой	1	1	1	1050	950	1100	1207	1092	1265

Вакуумный универсальный пост ВУП-5	1	1	1	17500	17500	175000	218750	218750	218750
Итого							221877	221762	221935

4.2.4.3 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 от 20 до 30 процентов от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 8.

Таблица 8. Расчет основной заработной платы

№ работ	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1,8	1,8	1,8	1,46	1,46	1,46	2,63	2,63	2,63
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	6,6	6,6	6,6	0,25	0,25	0,25	1,65	1,65	1,65
3	Выбор направления исследований	Руководитель	4,8	4,8	4,8	1,46	1,46	1,46	7	7	7
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, лаборант	2,8	2,8	2,8	2	2	2	5,6	5,6	5,6
5	Подготовка образцов для экспериментов	Лаборант, студент	7	7	10,2	0,79	0,79	0,79	5,53	5,53	8
6	Проведение экспериментов	Сотрудники других лабораторий	12	12	19	0,79	0,79	0,79	9,5	9,5	15
7	Сравнение результатов по итогам двух методов	Студент	1,8	1,8	1,8	0,25	0,25	0,25	0,45	0,45	0,45
8	Расшифровка данных и сравнение с имеющимися показателями	Лаборант, студент	8,8	7	10	0,79	0,79	0,79	6,95	5,53	7,9
9	Составление пояснительной записки	Руководитель, лаборант, студент	5,8	11,2	19	2,25	2,25	2,25	13	25,2	42,75
Итого									52,31	63,09	90,98

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (2.7)$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (от 12 до 20 процентов от $З_{осн}$).

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = Т_р \cdot З_{дн}, \quad (2.8)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_М \cdot М}{F_д}, \quad (2.9)$$

где $З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года: 11,2 месяца при отпуске в 24 раб. дня; 10,4 месяца при отпуске в 48 раб. дней;

$F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 9. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	**Руководитель**	**Лаборант**	**Студент**
Календарное число дней	366	366	366
Количество нерабочих дней: выходные, праздничные	119	119	119
Потери рабочего времени: отпуск, невыходы по болезни	48	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	199	175

Месячный должностной оклад работника:

$$З_м = З_{тс} \cdot \left(1 + k_{пр} + k_д\right) \cdot k_р, \quad (2.10)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Таблица 10. Расчет основной заработной платы

Исполнители	**$З_{тс}$, тыс. руб.**	**$k_{пр}$**	**$k_{д}$**	**$k_{р}$**	**$З_{м}$, тыс. руб.**	**$З_{дн}$, тыс. руб.**	**$Т_{р}$, раб. дн.**	**$З_{осн}$, тыс. руб.**
Руководитель	34,596	0,3	0,3	1,3	71,96	4,05	18	72,9
Лаборант	14,584	1,3	0	1,3	24,65	1,39	21	29,19
Студент	5,708	0	0	1,3	7,42	0,44	28	12,32
Итого $З_{осн}$								114,41

4.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (2.11)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федерального закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 11. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	**Основная заработная плата, тыс. руб**		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	136,65	154,87	163,98
Лаборант	39,2	46,55	51,45
Студент	10,12	11,44	12,32
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271		
Итого			
Исполнение 1	50,4		
Исполнение 2	57,69		
Исполнение 3	61,72		

4.2.4.5 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.

Таблица 12. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	**Сумма, руб.**			**Примечание**
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НТИ	7057	9956.7	15175	
2. Затраты на спецоборудование для научных работ	2218770	2217620	2219350	
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	185970	212860	227750	
4. Отчисления во внебюджетные фонды	50400	57690	61720	
5. Накладные расходы	394265.7	400028.1	404131.0	16% от суммы ст.1-5
6. Бюджет затрат НТИ	2858426,7	2842514	2929950.1	Сумма ст. 1-6

4.3 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. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносится финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (3)$$

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

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

Φ_{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 разах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (3.1)$$

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

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 13. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	**Весовой коэффициент параметра**	**Исп. 1**	**Исп. 2**	**Исп. 3**
1. Помехоустойчивость	0,15	5	5	5
2. Надежность	0,15	5	5	5
3. Безопасность	0,1	5	4	4
4. Простота эксплуатации	0,05	4	5	5
5. Конкурентоспособность	0,35	5	5	5
6. Цена	0,05	4	3	4
7.Финансовая эффективность научной разработки	0,15	4	4	4
Итого	1			

$$I_{\text{р1}} = 5 * 0{,}15 + 5 * 0{,}15 + 5 * 0{,}1 + 4 * 0{,}05 + 5 * 0{,}35 + 4 * 0{,}05 + 4 * 0{,}15 = 4{,}75$$

$$I_{\text{р2}} = 5 * 0{,}15 + 5 * 0{,}15 + 4 * 0{,}1 + 5 * 0{,}05 + 5 * 0{,}35 + 3 * 0{,}05 + 4 * 0{,}15 = 4{,}65$$

$$I_{\text{р3}} = 5 * 0{,}15 + 5 * 0{,}15 + 4 * 0{,}1 + 5 * 0{,}05 + 5 * 0{,}35 + 4 * 0{,}05 + 4 * 0{,}15 = 4{,}7$$

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

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{\text{р1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп 1}}},\ I_{\text{исп2}} = \frac{I_{\text{р2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп 2}}} \text{ и т.д.} \quad (3.2)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($Э_{ср}$):

$$Э_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (3.3)$$

Таблица 14. Сравнительная эффективность разработки

Показатели	**Исп. 1**	**Исп. 2**	**Исп. 3**
Интегральный финансовый показатель разработки	0.975	0.971	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,75	4,65	4,7
Интегральный показатель эффективности	4,63	4,51	4.7
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,02/0.98	0,97/0,96	1.01/1,04

Проведя расчет энерго- и ресурсоэффективности и сравнив различные исполнения проходим к выводу, что исполнение № 3 является наилучшим вариантом.

5 Социальная ответственность

5.1 Введение

Данная выпускная квалификационная работа заключается в оценку удельной электрической проводимости ферритов методом сопротивления растекания. Объектом исследования при ее выполнении является феррит, а рабочей зоной– лабораторная комната в проблемной научно-исследовательской лаборатории электроники, диэлектриков и полупроводников (ПНИЛ ЭДиП) с расположенными в ней приборами, инструментами для приготовления ферритового порошка и рабочим местом для лаборанта.

В результате работы будут исследованы электрические свойства ферритов с различной предысторией методом сопротивления растекания и двухзондовым методом с нанесением электродов с целью разработки методики определения удельной электрической проводимости в ферритах.

Для исследований ферритов применялась стандартная лабораторная печь сопротивления . Температура образцов при спекании контролировалась при помощи микропроцессорного терморегулятора с использованием термопары платина-платинородий, помещенной измерительным концом в объеме печи на минимальном расстоянии от партии спекаемых прессовок.

В связи с тем, что в ходе ВКР приготавливаются пробы и анализируются экспериментальные данные, которые проводятся в других лабораториях, в данном разделе рассмотрим все возможные вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть во время проведения подготовительного действия перед исследованием, а именно измерение ферритов.

5.2 Производственная безопасность

5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности

Объектом исследования является феррит. Его спекают, а затем напыляют серебром для проведения экспериментальных исследований. Соответственно при этом следует рассмотреть такие вредные факторы, как повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.

Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 15 для категории Iб, к ней относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121 - 150 ккал/ч (140 - 174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Таблица 15. Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура, °С					Оптимальная влажность, %		Скорость движения, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая не более	Оптимальная не более	Допустимая не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

Из таблицы 15 видно, что в анализируемой лабораторной комнате параметры микроклимата соответствуют нормам.

Микроклимат комнаты поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также дополнительным прогревом в холодное время года.

Недостаточный уровень освещения

Естественное освещение создается источниками света природного характера. Его характеристики, прежде всего, зависят от времени суток, но так же определяются и географическим положением местности, временем года и состоянием атмосферы.

Естественное освещение является для человека физиологически необходимым и наиболее благоприятным. Однако оно не может в полной мере обеспечить его нормальную жизнедеятельность. Из-за этого еще в древности люди начали искать к нему дополнение – искусственное освещение.

Сегодня в качестве источников искусственного освещения, как правило, выступают лампы накаливания, люминесцентные лампы или источники света, использующие светодиоды.

Недостаточный уровень освещения на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Выполнение зрительной работы, особенно длительной и напряженной, при недостаточных количественных и качественных характеристик и параметров освещенности может вести к развитию ряда нарушений и заболеваний органа зрения. Нормы освещения должны соответствовать СНиП 23-05-95*«Свод правил. Естественное и искусственное освещение».

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта, мм	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк	
					Комбинированное освещение	Общее освещение
высокая точность (III разряд зрительной работы)	0,3-0,5	а	малый	темный	2000	200
		б	малый	средний	1500	200
			средний	темный	1000	200
		в	малый	светлый	750	200
			средний	светлый	750	200
			большой	темный	600	200
		г	средний	светлый	400	200
			большой	средний	400	200
средняя точность (IV разряд зрительной работы)	0,5-1,0	а	малый	темный	750	200
		б	малый	средний	500	200
			средний	темный	500	200
		в	малый	светлый	400	200
			средний	светлый	400	200
			большой	темный	400	200
		г	средний	светлый	400	200
			большой	средний	400	200
			большой	светлый	400	200

Во время напыления серебра на ферриты работает вакуумный универсальный пост «ВУП-5». В данном случае недостаточное освещение в лаборатории является непостоянным так как используется комбинированное освещение.

5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности

Вероятность получение травмы в результате механического воздействия присутствует. Так как вакуумный пост подключается в сеть переменного тока частотой 50 Гц напряжением 380 В. перед эксплуатацией необходимо использовать индивидуальные средства защиты: диэлектрический коврик перед установкой, слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками при ремонтных работах, диэлектрические перчатки

При работе с вакуумным постом есть риск нагрева кожуха, поэтому крайне важно использование охлаждающей системы. Охлаждающей жидкостью в данном случае является вода. Проверить подачу холодной воды в контур охлаждения диффузионного насоса. Кожух может нагреться до температуры, опасной для человека и поэтому следует перед началом работы убедиться в том, что охлаждающая система включена и исправно работает, и только после этого начать эксперимент.

Перед началом работы провести внешний осмотр установки, проверить исправность оборудования. Проверить наличие и исправность защитного заземления, исправность электроизоляции проводов, питающей розетки и рубильника

Теоретически при высоком нагреве вакуумного поста возможно возникновения пожара. При возникновении пожара обесточить установку, выключив общий питающий рубильник (находится с левой стороны от входной двери). Затем вызвать пожарную охрану по тел. 01, приступить к тушению пожара всеми имеющимися средствами, сообщить заведующему лабораторией. Огнетушитель типа ОУ находится при входе в лабораторию

5.3 Экологическая безопасность

Во время приготовления феррита с серебряным напылением небольшая часть образца остается на стенках универсального поста и на стенках кожуха. Данные остатки смываются водой при мытье приспособлений, и попадают в трубопроводную систему. Из-за этого мельчайшие порции серебра может попасть в почву и в подземные воды, но его концентрация в воде настолько мала, что вреда окружающей среде не принесет.

В ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» ПДК лития в воде равно 0,03 мг/л, цинка – 1 мг/л и железа – 0,3 мг/л. Превышение же ПДК может оказать пагубное влияние на употребляющих такую воду людей, скот и растения.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относится к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности.

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций являются, во-первых, внутренние, к которым относятся: сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина. Во-вторых, внешние чрезвычайные ситуации, - это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов и т.д.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Возникновение пожара в лаборатории может быть обусловлено нагревом кожуха, особенно если не была включена охлаждающая система или же она была неисправна. При этом возможно оплавление изоляции соединительных проводов, их оголение, как следствие - короткое замыкание, сопровождаемое искрением.

Следовательно, для целей обеспечения пожарной безопасности эксплуатация вакуумного поста связана с необходимостью проведения обслуживающих, ремонтных и профилактических работ. При этом используются различные смазочные материалы, легковоспламеняющиеся жидкости, прокладывают временные электропроводки, ведут пайку и чистку отдельных узлов и деталей. Также всегда есть вероятность дополнительной пожарной опасности, которая требует соответствующих мер пожарной профилактики.

Пожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара. Успех борьбы с пожаром во многом зависит от его своевременного обнаружения и быстрого принятия мер по его ограничению и ликвидации.

Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожароопасности, анализируемое в данной работе помещение относится в категории Г.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещений предприятия;
- издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

В лабораторной комнате должны висеть огнетушители, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить его. На видном месте в коридорах вывешены инструкции и обязанности сотрудников и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удается ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

5.5 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Рабочее место является первичным звеном производства, оно представляет собой определенный участок производственной площади цеха, предназначенный для выполнения одним рабочим порученной работы, специально приспособленный и технически оснащенный в соответствии с характером этой работы. От того, насколько правильно и рационально будет организовано рабочее место, зависит безопасность и производительность труда. Как правило, каждое рабочее место оснащено основным и вспомогательным оборудованием и соответствующим инструментом. Отсутствие на рабочем месте удобного вспомогательного или нерациональное расположение, захламленность создают условия для возникновения травматизма.

В рабочее место входит: стол и стул лаборанта, вакуумный универсальный пост, стеллаж с приспособлениями, умывальник.

При работе должны быть предусмотрены перерывы длительностью 20 мин через 1- 2 ч после начала работы, длительностью 30 мин примерно через 2 ч после обеденного перерыва; обеденный перерыв длительностью не менее 40 мин находится примерно в середине рабочего дня. Перерывы должны использоваться для активного отдыха и лечебно-профилактических мероприятий и процедур.

Персоналу, который работает с ферритами необходимо при себе иметь такие средства индивидуальной защиты, как: халат, очки, перчатки. А персоналу, который работает с вакуумным универсальным постом для профилактики необходимо использовать диэлектрический коврик перед установкой, слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками при ремонтных работах, диэлектрические перчатки

Заключение

В работе для образцов ферритовой керамики был оценен метод измерения сопротивления растекания для экспресс-оценки значений удельного электрического сопротивления ρ. Оценено среднее значение коэффициента r_0=(15.5±3.7) мкм для вычисления значений ρ ферритовых образцов. Метод применим для образцов феррита различного типа и широким диапазоном значений удельного сопротивления 10^3–10^8 (Ом·см).

По сравнению с классическим двухэлектродным методом измерения ρ рассмотренный метод обладает большей скоростью (нет необходимости нанесения металлических электродов), а также локальностью измерений, что обуславливает его применение для исследования распределения неоднородности электрических свойств ферритовой керамики.

С использованием рассмотренного метода построены профили распределения значений энергии активации электрической проводимости по глубине ферритовых образцов с различным значением удельного электрического сопротивления, которые являются важной характеристикой для ферритовой керамики.

Список использованных источников

1. Левин Б.Е., Третьяков Ю.Д., Летюк Л.М. Физико-химические основы получения, свойств и применения ферритов. – М.: Металлургия, 1979. – 472.с.
2. Смит Я., Вейн Х. Ферриты. Физические свойства и практическое применение. – М.: ИЛ, 1962.-504с.
3. Летюк Л.М., Журавлев Г.И. Химия и технология ферритов. – Л.: Химия, 1983 - 256с.
4. Третьяков Ю.Д., Олейников Н.Н., Граник В.А. Физико-химические основы термической обработки ферритов. – М.: Изд-во МГУ, 1973.-323с.
5. Рабкин Л.И., Соскин С.А., Эпштейн Б.Ш. Ферриты. Строение, свойства, технология производства. – Л.: Энергия, 1968 – 385с.
6. Суржиков А.П., Притулов А.М., Пешев В.В., Малышев А.В. Объемная неоднородность электрических свойств ферритовой керамики. Известия вузов. Физика. – 2001. - №11. – С. 95-97.
7. Батавин В.В., Концевой Ю.А., Федорович Ю.В. Измерение параметров полупроводниковых материалов и структур. – М.: Радио и связь, 1985. – 264 с.
8. Малышев В.А. Измерение удельного сопротивления полупроводниковых материалов методом сопротивления растекания. // Обзоры по электронной технике. Сер. 2. – М.: ЦНИИ Электроника, – 1974. – Вып. 6. – С. 42-4
9. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов.– М.: Высшая школа, 1987. – 39 с.
10. Ш.Ш. Башкиров, А.Б. Либерман, В.В. Парфенов, В.И. Синявский // Неорганические материалы 15, 3, 516 (1979).
11. V.P. Miroshkin, Ya.I. Panova, and V.V. Pasynkov // Phys. stat. sol. (a) 66, 779 (1981).
12. C.G. Koops // Phys. Rev. 33, 1, 121 (1951).

13. Е.П. Свирина // Изв. АН СССР. Серия Физическая 34, 6, 1162 (1970)

14. Ш.Ш. Башкиров, А.Б. Либерман, В.В. Парфенов, В.И. Синявский // Неорганические материалы 15, 3, 516 (1979).

15. F.K. Lotgering // J. Phys. Chem. Sol. 25, 1, (1964).

16. V.P. Miroshkin, Ya.I. Panova, T.V. Stakhieva // Phys. stat. sol. (a) 66, 503, (1981).

17. A.V. Ramana Reddy, G. Ranga Mohan, D. Ravinder, B.S. Boyanov // Journal of Materials Science 34, 3169, (1999).

18. G. Ranga Mohan, D. Ravinder, A.V. Ramana Reddy, B.S. Boyanov // Materials Letters 40, 39, (1999).

19. K. Radha, D. Ravinder // Indian Journal of Pure & Applied Physics 33, 74, (1995).

20. Казарновский Д.М., Тареев Б.М. Испытание электроизоляционных материалов и изделий Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980.— 216 с