

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 03.04.02 Физика
 Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование способов получения пьезокерамики системы Ba-Sr-Ti-O с улучшенными пьезо- и пироэлектрическими свойствами

УДК 666.65:621.315.61

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОБМ01	Волов Артем Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор НИЦ ФМКМ ИШХБМТ	Сурменев Роман Анатольевич	д.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОГН ШБИП ТПУ	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП ТПУ	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н., профессор		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели.
УК(У) -4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия.
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия.
УК(У)-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-3	Способностью к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ;
ОПК(У)-4	Способностью адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности;
ОПК(У)-5	Способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки;
ОПК(У)-6	Способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе;
ОПК(У)-7	Способностью демонстрировать знания в области философских вопросов естествознания, истории и методологии физики.
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-2	Способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.
ПК(У) -3	Способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности.
ПК(У)-6	Способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями при реализации программ бакалавриата в области физики.
ПК(У)-7	Способностью руководить научно-исследовательской деятельностью в области физики обучающихся по программам бакалавриата.
ДПК(У)-1	Способностью планировать и проводить фундаментальные исследования в проектах в области ядерно-физических исследований, взаимодействия излучения с веществом, а также модернизация современных и создание методов изучения механических, электрических, магнитных, тепловых свойств твердых тел и критически оценивать полученные результаты.
ДПК(У)-2	Способностью обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной деятельности, осуществлять презентацию научной деятельности.

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 03.04.02 Физика
 Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Лидер А.М.
 (Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
ОБМ01	Волону Артему Александровичу

Тема работы:

Исследование способов получения пьезокерамики системы Ва-Sr-Ti-O с улучшенными пьезо- и пирозлектрическими свойствами	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 18-57/с от 18.01.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является керамика на основе титаната бария легированная ионами стронция, исходный порошок для которой был синтезирован двумя методами. Затраты на выполнение исследовательской работы минимальны, что говорит об экономической выгоде проведенного исследования. Выполнение работы не сопровождается выбросами отравляющих веществ в окружающую среду.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы 2. Экспериментальная часть 3. Анализ и обсуждение полученных результатов 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность 6. Заключение
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович, д.т.н., профессор.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна, к.э.н.
Раздел ВКР на иностранном языке	Лахотюк Любовь Андреевна, старший преподаватель.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

1 Обзор литературы

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОБМ01	Волов Артем Александрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
ОБМ01	Волову Артему Александровичу

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	03.04.02 Физика

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	районный коэффициент – 1,3; коэффициент накладных расходов – 0,8
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Общая система налогообложения. Отчисления во внебюджетные фонды – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОБМ01	Волов Артем Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
ОБМ01	Волов Артем Александрович

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	03.04.02 Физика

Тема дипломной работы: «Исследование способов получения пьезокерамики системы Ва-Sr-Ti-O с улучшенными пьезо- и пирозлектрическими свойствами»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – пьезокерамика на основе системы Ва-Sr-Ti-O. Рабочая зона – химическая лаборатория площадью 20 м ² . Область применения – микроэлектроника (инфракрасные датчики, конденсаторы)
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов <ul style="list-style-type: none"> • Природа воздействия • Действие на организм человека • Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов) • СИЗ коллективные и индивидуальные 1.2. Анализ выявленных опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> • Термические источники опасности • Электроопасность • Пожароопасность 	1. Вредные факторы: <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Недостаточная освещенность; 1.2. Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры; 1.3. Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ; 1.4. Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ; 1.5. Наличие токсикантов, ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ; 2. Опасные факторы: <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ; 1.2. Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> • Выбросы в окружающую среду • Решения по обеспечению экологической безопасности 	<ul style="list-style-type: none"> • Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, вторцвет - и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника, обрезки монтажных проводов, бракованная строительная продукция) и способы их утилизации; • Загрязнение водостоков.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> • перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; • разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
4. Перечень нормативно-технической документации.	– ГОСТы, СанПиНы, СНиПы

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОБМ01	Волов А.А.		

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

Школа – Инженерная школа ядерных технологий

Уровень образования Магистратура

Направление подготовки – Физика конденсированного состояния

Отделение школы (НОЦ) – Отделение экспериментальной физики

Период выполнения _____

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.2022	Введение	15
20.02.2022	Аналитический обзор литературы	15
08.03.2022	Экспериментальная часть	20
14.04.2022	Анализ результатов	15
12.05.2022	Социальная ответственность	13
16.05.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	12
27.05.2022	Раздел ВКР на английском языке	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор НИЦ ФМКМ ИШХБМТ	Сурменев Р.А.	д.т.н., профессор		

СОГЛАСОВАНО:

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает 114 с., 27 рис., 39 табл., 75 источников, 1 прил.

Ключевые слова: титанат бария-стронция, пьезокерамика, пироэлектричество, твердофазный синтез, синтез методом полимерных комплексов, пироэлектрические датчики.

Объектом исследования является сегнетоэлектрический материал – титанат бария-стронция, полученный двумя методами и с разной молярной концентрацией стронция.

Цель работы: изучить влияние метода синтеза и молярной концентрации стронция на пиро-, пьезо- диэлектрические свойства.

В процессе работы были проведены два метода синтеза твердофазный и полимерных комплексов (метод Печини). Твердофазным методом были получены порошки двух молярных соотношения Ва:Sr – 9:1 и 7:3. Фазовый состав исследовался методом рентгенофазового анализа и спектроскопии комбинационного рассеяния света (рамановской спектроскопии).

В результате исследования был получен титанат бария-стронция с разным молярным соотношением Ва:Sr, которые исследовались на пиро-, пьезо- и диэлектрические свойства. Было определено, что методом Печини не получилось синтезировать однофазную систему.

Область применения: электроника и микроэлектроника (датчики, исполнительные механизмы, конденсаторы).

Экономическая эффективность/значимость работы: изменение молярного содержание стронция с целью изменение пиро-, пьезо- и диэлектрических свойств для применения в области микроэлектроники.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

РС – рамановская спектроскопия

РФА – рентгенофазовый анализ

РФЭС – рентгеновая фотоэлектронная спектроскопия

БТ – титанат бария

БСТ – титанат бария-стронция

Содержание

Введение	13
1. Обзор литературы	15
1.1. Свойства и структура перовскитов.....	15
1.2. Способы получения пьезоматериалов.....	17
1.3. Явление поляризации в перовскитах	18
1.3.1. Пьезоэффект	18
1.3.2. Пироэлектрический эффект.....	20
1.4. Применение пьезокерамики	21
2. Экспериментальная часть.....	26
2.1. Выбор метода синтеза и состава	26
2.2. Синтез порошков $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ (БСТ).....	31
2.2.1. Синтез порошка твердофазным методом.....	31
2.2.2. Синтез порошка методом Печини	31
2.3. Получение керамики	32
2.4. Поляризация керамики	32
3. Анализ полученных результатов.....	33
3.1. Фазовый анализ полученных порошков.....	34
3.2. Фазовый анализ керамики.....	44
3.3. Пиро-, пьезо- и диэлектрические свойства керамики.....	46
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	50
4.1 Предпроектный анализ.....	51
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	51
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	51
4.1.3 SWOT-анализ.....	53
4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	54
4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	56

4.2	Инициация проекта	57
4.3	Планирование управления научно-техническим проектом	59
4.3.1	Иерархическая структура работ проекта	59
4.3.2	План проект.....	60
4.4	Бюджет научного исследования.....	62
4.4.1	Организационная структура проекта.....	69
4.4.2	План управления коммуникациями проекта	70
4.4.3	Реестр рисков проекта	70
4.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.....	71
4.5.1	Оценка абсолютной эффективности исследования	71
4.5.2	Оценка сравнительной эффективности исследования	75
5.	Социальная ответственность	79
5.1.	Производственная безопасность	79
5.1.1.	Отклонение показателей микроклимата в помещении.....	79
5.1.2.	Превышение уровней шума.....	81
5.1.3	Химические опасные и вредные факторы	82
5.1.4	Повышенный уровень электромагнитных излучений	83
5.1.5.	Поражение электрическим током	84
5.1.6.	Освещенность	86
5.1.7.	Пожарная опасность.....	89
5.2.	Экологическая безопасность	91
5.3.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	93
	Перечень НТД.....	95
	Заключение.....	96
	Список литературы	97
	Приложение А	105

Введение

Пироэлектрические инфракрасные детекторы, использующие сегнетоэлектрический материал в качестве ключевых чувствительных элементов, находят широкое применение в мониторинге безопасности, измерении температуры, тепловизорной съемке, разведке и преобразовании энергии. Практическая полезность пироэлектрического инфракрасного детектора в основном определяется пироэлектрическим коэффициентом.

Еще одним наиболее значимым применением сегнетоэлектриков является преобразование одного вида энергии в другой. Сюда можно отнести: пьезоэлектрические преобразования и пироэлектрические.

Одним из перспективных материалов является керамика на основе свинца. Пьезоэлектрические свойства (d_{33}) данных керамик составляют около 600-700 пКл/Н, что является одним из лучших. Но данный материал токсичен и температуры фазовых переходом слишком далеко расположены друг от друга, что приводит к снижению пироэлектрического коэффициента и чувствительности детектора в необходимом температурном диапазоне.

Другим материалом, который обладает схожими свойствами является БТ. Он является более экологичным, но существует такая же проблема, расстояние между фазовыми переходами составляет более 100 градусов. Одним из возможных вариантов по улучшению пироэлектрических свойств является модификация другими элементами. У титаната стронция данное расстояние равняется 50 градусов, но все фазовые переходы лежат в отрицательных температурах. Одним из вариантов можно встраивать ионы Sr^{+2} кристаллическую структуру БТ, что будет снижать температуры фазовых переходов и расстояние между ними.

Актуальность данной работы заключается в исследовании влияния метода синтеза и разной концентрации стронция на свойства титаната бария-стронция, установлении точной структуры и фазового состава, полученной керамики.

Целью данной работы является исследование влияние метода синтеза и молярной концентрации стронция на пьезо-, пироэлектрические свойства титаната бария-стронция.

Положение, выносимое на защиту:

Увеличение концентрации стронция в соединении титаната бария стронция приводит к увеличению пироэлектрического и пьезоэлектрического коэффициентов, но снижает степень тетрагональности и температуру Кюри.

1. Обзор литературы

1.1. Свойства и структура перовскитов

Перовскитами называют соединения подобные CaTiO_3 , а наиболее известным является PbTiO_3 , обладающие сегнето-, антигнетоэлектрическими, ферромагнетными и т.п. свойствами. Формула данных соединений записывается как $\text{A}[\text{BO}_3]$, где А двухзарядный, В четырехзарядный катион, также катионы могут быть трехзарядными [1]. Структура перовскита представляет собой куб, в центре которого расположен катион большого размера А, на вершинах катион меньшего размера В, а на середине ребер расположены атомы кислорода (рис 1). Из свойств следует отметить, что перовскит является сегнетоэлектриком, то есть обладает высокой диэлектрической проницаемостью, так же не плавится, а только разлагается в кипящей серной кислоте. Твердость 5,5 – 6 по шкале Мооса [2].

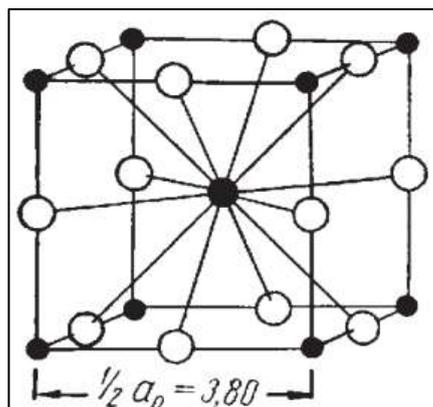


Рисунок 1.1 - Структура перовскита [2].

К перовскитоподобным относят такие соединения, которые сохраняют вид перовскитной структуры. Одним из таких соединений является эльпасолит со структурной формулой $\text{A}_2\text{BB}'\text{X}_6$ и имеют вид рисунке 2, K_2NaAlF_6 пример такого соединения. Еще похожим на перовскит соединением можно назвать A_2BX_6 типа K_2PtCl_6 . Он также имеет кубическую форму, однако внутри половина анионных октаэдров пуста, а октаэдры BX_6 расположены в хаотичном порядке и изолированы друг от друга (см рисунок 3) [3].

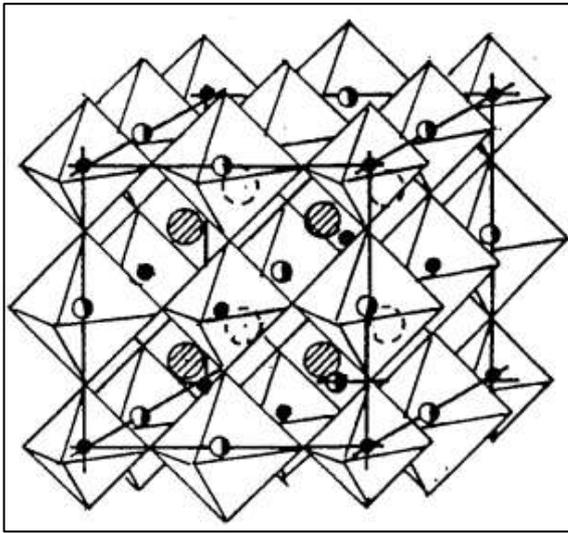


Рисунок 1.2 - Структура $A_2BB'X$

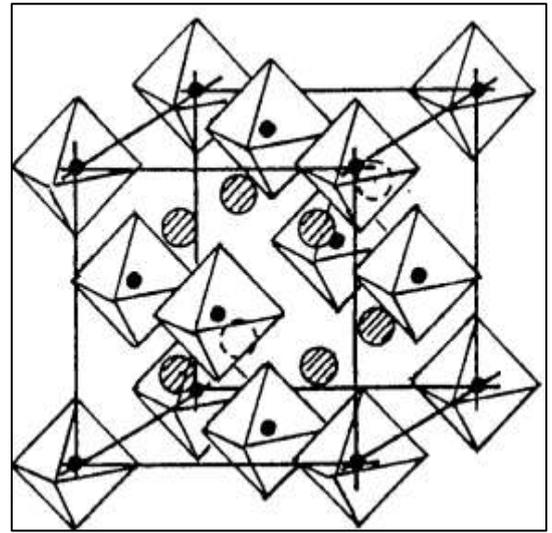


Рисунок 1.3 - Структура A_2BX_6

Выделяют еще гибридные перовскиты. Со структурной формулой $APbX_3$, где A чаще всего ион метиламмония (CH_3NH_3), а X_3 ион из числа галогенов (Cl, Br, I). Структура подобного соединения показана на рисунке 4. Следует отметить, что данный тип соединений обладает высоким коэффициентом поглощения, регулируемой шириной запрещенной зоной. Из-за этих свойств материалы на основе гибридных перовскитов используют в фотоэлектрических и оптоэлектронных сферах [4,5].

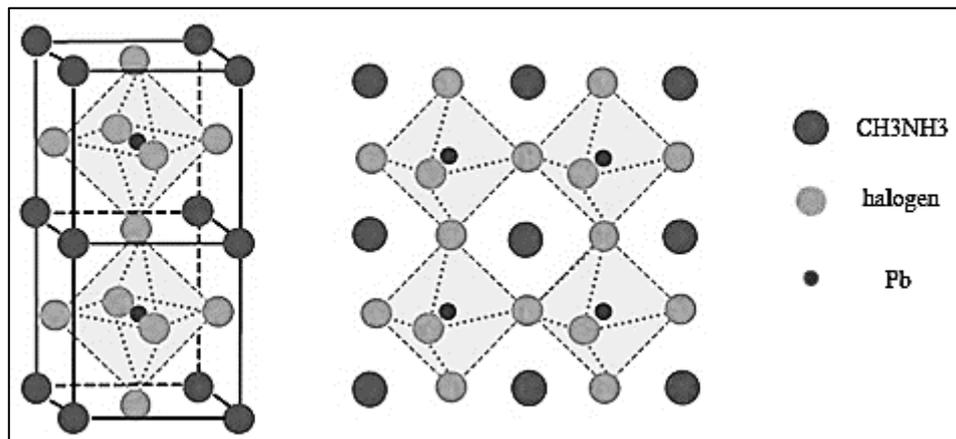


Рисунок 1.4 - Структура гибридного перовскита [5].

1.2. Способы получения пьезоматериалов.

Методы синтеза нанопорошков можно разделить на несколько групп таких как [6]:

1. По принципу изменения размера частиц в ходе синтеза
 - 1.1. диспергационные методы
 - 1.2. конденсационные методы
2. По агрегатному состоянию исходных веществ.
 - 2.1. твердые
 - 2.2. жидкие
 - 2.3. газообразные

К 1.1 относятся следующие типы: механическое дробление (связано с механическими напряжениями такими как сжатие, растяжение, изгиб и др.), ультразвуковое диспергирование макроскопических частиц в растворах и механохимический синтез. В 1.2 можно выделить следующие методы: основанные на различных вариантах смешения исходных компонентов, основанные на различных вариантах удаления растворителя, сжигания.

Ультразвуковой метод относят к группе физико-химической, то есть промежуточной. Микроструктура получаемых соединений определяется параметрами физического воздействия такими как: частота, интенсивность и т.п. Эти воздействия запускают механизм протекания химических реакций, что приводит к образованию особой микроструктуры, фазового состава и уникальных функциональных свойств [7].

Один из самых распространённых методов синтеза — твердофазный метод (механохимический). Этот метод осуществляется с помощью различных мельниц (планетарных, шаровых и т.д.), в которых происходит измельчение кристаллов и их пластическая деформация. Результатом перемола является ускоренный массоперенос и перемешивание компонентов на атомарном уровне. Одной из особенностей данного метода можно выделить, что он протекает при сравнительно низких температурах [8]. Из преимуществ можно выделить

следующее: невысокая энергоёмкость, уменьшение времени синтеза, а также отсутствие водных стоков из различного сырья. К недостаткам относят возможное загрязнение продукта синтеза абразивным материалом [9].

Метод осуществляется с помощью шаровой мельницы, ниже приведены некоторые её параметры. К основным относят: относительную частоту вращения барабана и коэффициент заполнения мелющими телами. К другим параметрам можно отнести потребляемую мощность, производительность и качество готового продукта, циркуляционная нагрузка, скорость воздуха в барабане, соотношение длин камер, живое сечение перегородки, расход сепарационного воздуха, аэродинамический параметр. Для получения частиц с меньшим размером, необходимо задавать меньшие значения относительной частоты вращения, так как мелющие тела будут постоянно находится в контакте с исходным веществом, а при увеличении частоты будет происходить дробление мелющими телами исходного [10].

1.3. Явление поляризации в перовскитах

1.3.1. Пьезоэффект

Поляризация — это процесс смещения связанных зарядов, имеющих общий электрический момент не равный нулю. Выделяют упругие (быстрые) и неупругие (замедленные) виды поляризации (первые не связанные с тепловым движением, а вторые связаны). В общем случае выделяют следующие виды поляризации: электронная (смещение электронных оболочек под действием внешнего эл. поля), ионная (смещение узлов кристаллической решетки под действием внешнего эл. поля), дипольная (ориентация диполей под действием внешнего эл. поля), электронно-релаксационная (ориентация дефектных электронов во внешнем электрическом поле), ионно-релаксационная (смещение слабо закрепленных ионов в узлах кристаллической структуры), структурная (ориентация примесей и неоднородных макроскопических включений), спонтанная (наличие электрического дипольного момента в отсутствии внешнего эл. поля (чаще всего присуща сегнетоэлектрикам)), резонансная

(ориентация частиц, собственные частоты которых совпадают с частотами внешнего электрического поля), миграционная (связана с наличием в диэлектрике слоев различной проводимостей) [11,12].

В пьезоэлектриках поляризация происходит следующим образом при отсутствие внешних воздействий дипольные моменты на рисунке 5 направлены от отрицательно заряженного атома кислорода к положительно заряженному атому кремния. Располагаются моменты так, что углы между ними равны 120 градусам, а их сумма равна нулю. Как только прикладывается механическое воздействие, например, сжатие или растяжение, углы между моментами смещаются и их сумма уже не равна нулю, а как следствие появляются заряды на поверхности такого материала (см. рисунок 6). Такой вид поляризации называется прямой пьезоэффект [13].

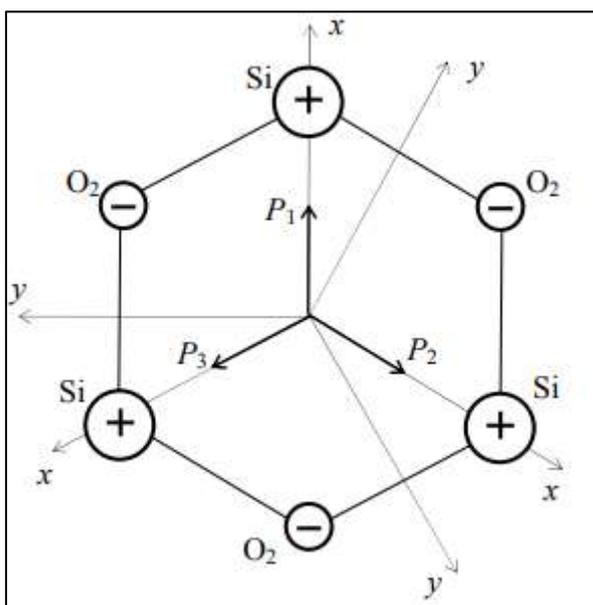


Рисунок 1.5 - Структура кварца [13].

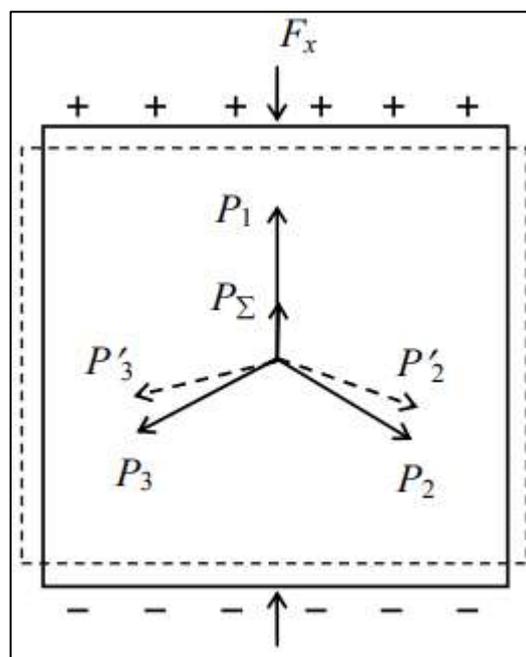


Рисунок 1.6 - Деформация пьезоэлемента на основе кварца [13].

В прямом пьезоэффекте связь получаемых на поверхности зарядов и приложенной силой осуществляется с помощью следующего выражения:

$$q = d_{пр} \cdot F, \quad (1.1)$$

где d – пьезоэлектрический модуль.

Также существует и обратный пьезоэффект, который заключается в том, что при приложении внешнего электрического поля кристалл сжимается или расширяется. Данный эффект описывается выражением:

$$S = d_{06} \cdot E, \quad (1.2)$$

где S – деформация, E – напряженность электрического поля.

Значение пьезоэлектрического модуля при прямом и обратном пьезоэффектах равны. Данные уравнения описывают пьезоэффекты в упрощенном виде для показания качественной стороны. В реальных условиях зависимость проявляется не только от величины прикладываемой силы или электрического поля, но и от характера и направления сил относительно кристаллографических осей кристалла. Пьезоэффект описывается не одним пьезомодулем, а их число зависит от симметрии кристалла [14].

1.3.2. Пироэлектрический эффект

Пироэлектрический эффект - это свойство полярного кристалла вырабатывать электрическую энергию, когда он подвергается изменению тепловой энергии [15]. Можно также определить пироэлектрический эффект как способность кристаллов генерировать электричество, когда они динамически нагреваются или охлаждаются; пироэлектрик становится поляризованным положительно или отрицательно пропорционально изменению температуры. Физический механизм пироэлектрического эффекта заключается в следующем: при постоянных внешних условиях (температура, давление и т.д.) структура полярного кристалла соответствует его энергетическому минимуму. В то же время полярно-чувствительные межатомные связи, стремясь к их взаимному упорядочению, находятся в тонком равновесии с тепловым хаотическим движением атомов в кристаллической решетке. Когда это равновесие изменяется, вызванное, например, изменением температуры (т.е. изменением тепловой энергии), полярный кристалл немедленно реагирует появлением электрических зарядов, связанных с поляризацией, на поверхности кристалла.

На рисунке 7 представлена модель изменения дипольного момента с увеличением температуры.

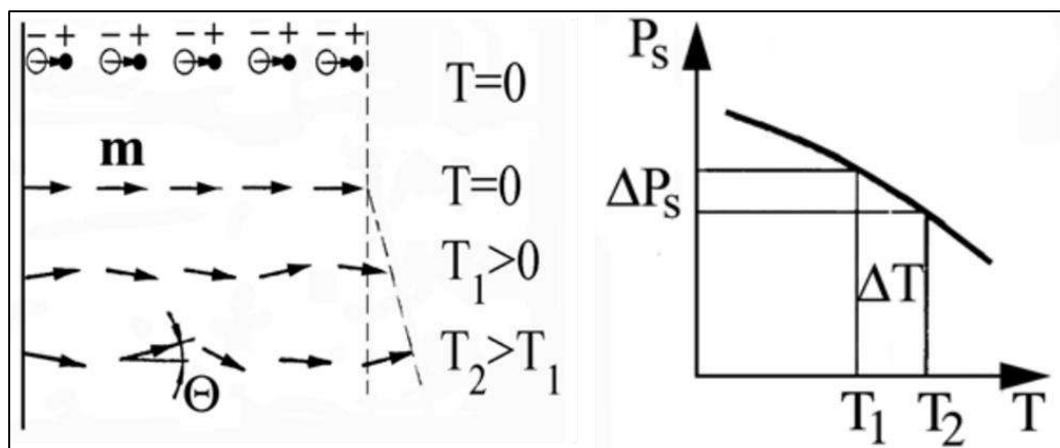


Рисунок 1.7 – Модельный механизм возникновения пироэффекта.

Пироэлектрический коэффициент можно определить с помощью следующей формулы [16]:

$$I_{\text{пиро}} = A \cdot p \cdot dT/dt, \quad (1.3)$$

где $I_{\text{пиро}}$ – пироэлектрический ток, A – площадь электродов, p – пироэлектрический коэффициент, dT – изменение температуры за время dt .

Очень небольшие изменения температуры могут вызвать ощутимый пироэлектрический потенциал: инфракрасные датчики сконструированы из таких пироэлектрических материалов, когда тепла человека или животного с расстояния нескольких метров достаточно для генерации напряжения. Среди широкого спектра тепловых датчиков, использующих пироэлектрический эффект, есть датчики детектора движения, инфракрасные термометры для высокоточной пирометрии, пироэлектрические видиконы как в вакуумных, так и в микронных конструкциях и т.д.

1.4. Применение пьезокерамики

Использование пьезокерамики можно разделить на несколько групп такие как: генераторы, датчики, актюаторы, преобразователи и комбинированные системы [17]. Также разделяют от вида пьезоэффекта: прямой

(преобразование из мех. в эл.), обратный и комбинированный [18]. Применение прямого пьезоэффекта еще разделяют на способы создания механического воздействия: акустоэлектрические (в качестве приемников) и механоэлектрические (датчики и генераторы). У обратного пьезоэффекта выделяют следующие области применения: связанные с волновыми процессами, связанные с механическим перемещением. На данный момент, керамику используют в ультразвуковом медицинском оборудовании, датчиках, резонаторах, фильтрах и т.д. Ниже будут приведены более детальные примеры применения.

Пьезоэлектрический двигатель - это система механического перемещения, обусловленного пьезоэлектрическим эффектом. Основными признаками можно назвать: шаги движения, дальность движения, скорость движения, силу нагрузки. Пьезоэлектрический двигатель делится на: линейное действие и вращательное действие; ударное действие, деформационное действие и силовое действие. Принцип работы ударного действия заключается в следующем: движущаяся часть двигателя приводится в движение ударным воздействием пьезоэлемента на собственную частоту колебаний (резонансную частоту) передачи. Суть деформационной операции заключается в том, что за счет изменения напряженно-деформированного состояния элемента под действием пьезоэлемента подвижный элемент перемещается в определенной ступенчатой последовательности. Принцип работы динамического пьезоэлектрического двигателя: сила передается непосредственно (или через передаточное звено) от пьезоэлемента к объекту, при этом угловое или линейное движение осуществляется в ограниченном диапазоне [19].

Так как есть пьезодвигатель, то есть и пьезогенератор это исходит из прямого и обратного пьезоэффектов и от того, что любой двигатель может стать генератором и наоборот, но с некоторым условиями. Был создан генератор постоянного тока на эффекте Казимира, который решает проблему внешнего источника питания [20]. Однако, указывается, что данная модель является маломощной и не применима для бытовой нагрузки, а лишь для зарядки

ионисторов и аккумуляторов 1,2-1,5 В. В качестве другой модели пьезогенератора, предлагается его установить под землю, и чтобы внешним источником стали машины [21]. Данная идея перспективна в том случае, если какой-то активный участок автостреды переоборудовать либо целиком, либо частично в “пьезодорогу” и поставить рядом повышающий трансформатор для передачи энергии, либо использовать данную энергию для освещения этой автостреды без дополнительных преобразований.

Другим применением пьезоматериалов является ультразвуковой увлажнитель воздуха, который работает по следующему принципу, пьезоэлектрический элемент вибрирует при высоких частотах и разбивает воду на мельчайшие частички создавая подобие тумана, после чего вентилятор выдувает водяную взвесь. Согласно проведённым исследованиям содержание аэроионов в воздухе при разной влажности с использованием увлажнителя и без сильно изменялось [22]. Без использования увлажнителя количество отрицательных аэроионов было меньше минимально допустимых согласно СанПиН 2.2.4.1294-03, а при примерно такой же влажности с использованием увлажнителя количество отрицательных увеличилось почти в два раза и прошло минимальное требование (>600 шт/см³).

Еще одним способом применения пьезокерамики является устранение адгезии грунтов на рабочих частях землеройных машин. Рассматривался такой комбинаторный метод с использованием пьезокерамики, которая колеблется на высоких частотах [23]. Также по приведенным результатам можно сказать, что незамёрзший грунт с различной степенью влажности отлипает от ковша примерно от 10 до 40 с, в зависимости от температуры окружающей среды, а при замерзании это время изменяется с 15 до 40 с. Также упоминается, что при внедрении такой установки на ковши, затраты на создание такой техники увеличатся на 20-40%, а также и их эффективность возрастет.

Далее будут рассмотрены частные случаи применения материалов на основе перовскитов.

- 1) В цементной промышленности.

Возможность создания огнеупорных кирпичей на основе системы цирконита кальция (CaZrO_3) и оксида магния. Материал на основе данной системы не обладает жидкой фазой до температур выше 2060°C . Из свойств можно отметить: коррозионную стойкость и хорошую адгезию обмазки, однако она отслаивается при высоких температурах. В систему был добавлены некоторые виды шпинели для изменения свойств (герцинита и алюмомагниевого шпинели) [24]. Были улучшены значения пористости, которые составили 17-18%, значительно увеличены прочности на изгиб и были найдены материалы с оптимальными свойствами: 2МА с процентным составом CaZrO_3 14% MgO 83% ZrO_2 0,5% MgAl_2O_4 2,5% и 8Н CaZrO_3 14% MgO 80,7% ZrO_2 0,5% FeAl_2O_4 4,8%.

2) Применение титаната бария-стронция. (BaSrTiO_3)

Одним из вариантов применения данного соединения является сэндвич конденсатор на сегнетоэлектрических пленках. Данные сэндвич-структуры состоят из сапфировой подложки, нижнего электрода из платины на него наносится многослойная пленка из БСТ, за ним располагается верхний электрон из меди. Размеры данного изделия получились примерно от $0,6 \times 0,3$ до $1,6 \times 0,8$ мм. Управляющее напряжение таких материалов примерно 15 В. Лучший показатель управляемости проявляется у конденсаторов с емкостью 1,3 пФ. Значение тангенса диэлектрических потерь довольно низкое, а при управляющих напряжениях от 20 до 30 меньше 0,002. Также на температурной зависимости от -55 до 85 градусов значение емкости снижается на 15% [25].

Другое применения наноразмерных пленок для перестраиваемых сверхвысокочастотных устройств. Созданию из пленок ($\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$) толщиной менее 30 нм перестраиваемых СВЧ-устройств, варакторы из таких пленок снизят потери в СВЧ устройствах и улучшат характеристики [26]. Еще БСТ можно использовать для создания интегральных микросхем, нано- или микросистемной техники.

3) Применение титаната стронция. (SrTiO_3)

В [27] упоминается, что пленки из титаната стронция хорошо применимы для создания конденсаторов, варисторов и мемристоров. Также в [27] создается

пятыслоўная пленка титаната, якая выкарыстоўвалася для стварэння кандэнсатара са наступнымі параметрамі: памер $0,8 \times 0,8$ мм, дыяэлектрычнай праніцаемасцю 186, а тангес угла дыяэлектрычных страт склаў 0,08.

4) Сінтэз люмінофора.

Возможность стварэння люмінофора з титаната кальцыя [28] і цырконата кальцыя [29]. У першым выпадку ў сумесь дадаецца празеодім, склад падыходзіць для стварэння FED-дысплеяў і выкарыстання ў якасці чырвонага люмінофора з доўгім паслесвеченнем, а ў другім выпадку, гэтая сумесь можа выкарыстоўвацца ў аптаэлектронных прыборах і плоскіх дысплеях.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

Научно-исследовательская работа посвящена исследованию способов синтеза пьезокерамики на основе состава $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ с целью получения улучшенных пьезо- и пирозлектрических свойств. В работе использовались два метода получения сырья: модифицированный метод золь-гель и твердофазный синтез. Область применения объекта исследования: электроника (конденсаторы, датчики), промышленность (пьезосенсоры).

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном проекте сегментами рынка являются:

- Электроника
- Гражданская промышленность
- Военная промышленность
- Медицина

Основной областью применения объекта исследования является электроника, при этом в этой области наблюдается большая конкуренция. Потенциальными потребителями могут выступать ООО «Пьезоэлектрик» и НКТБ «Пьезоприбор».

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В качестве первого конкурентного технического решения был рассмотрен «датчик давления 415 8xx8» производства ООО «Пьезоэлектрик». В качестве второго конкурентного технического решения был рассмотрен «датчик давления 415 8xx8» производства НКТБ «Пьезоприбор». Недостатками конкурентного решения являются: неэкологичный состав на основе свинца, низкий выходной сигнал. Для второго конкурентного решения также в качестве недостатка выступает небольшой срок эксплуатации.

В таблице 1 приведена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – конкурентное техническое решение «датчик давления 415 8xx8» производства ООО «Пьезоэлектрик», к2 – конкурентное техническое решение «датчик давления 415 8xx8» производства НКТБ «Пьезоприбор».

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Выход продукта	0,14	5	3	4	0,7	0,42	0,56
2. Доступность	0,18	4	4	4	0,72	0,72	0,72
3. Безопасность	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
4. Чувствительность	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
2. Цена	0,14	5	3	2	0,7	0,42	0,28
3. Срок эксплуатации	0,12	4	5	3	0,48	0,6	0,36
Итого	1	32	27	24	4,55	3,84	3,45

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Вес показателей в сумме должны составлять 1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

По приведённым данным анализа конкурентов можно видеть, что конкурентоспособность разработки составила 4,55, в то время как у аналогов соответствующие величины 3,84 и 3,45, что говорит высокой конкурентоспособности научно-технической разработки.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 2). Применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

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

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны С1. Низкая цена проекта С2. Высокие пироэлектрические свойства С3. Доступность исходного сырья для синтеза объектов исследования С4. Экологичность объекта исследования	Слабые стороны Сл1. Низкий срок эксплуатации Сл2. Наличие большего числа аналогов, закрепившихся на рынке.
Возможности В1. Появления спроса на зарубежных рынках В2. Изменение основных характеристик объекта исследования в зависимости от требований рынка.	Угрозы У1. Рост стоимости и блокировка каналов импортных исходных материалов У2. Появления на рынке аналога с более высокими показателями качества

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны				Слабые стороны	
		С1	С2	С3	С3	Сл1	Сл2
Возможности	В1	+	+	-	+	+	+
	В2	-	+	+	-	+	+
Угрозы	У1	-	+	-	-	0	-
	У2	+	-	+	0	+	+

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 4).

Таблица 4.4 –SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>С1. Низкая цена проекта</p> <p>С2. Высокие пирoeлектрические свойства</p> <p>С3. Доступность исходного сырья для синтеза объектов исследования</p> <p>С4. Экологичность объекта исследования</p>	<p>Сл1. Низкий срок эксплуатации</p> <p>Сл2. Наличие большего числа аналогов, закрепившихся на рынке.</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Появления спроса на зарубежных рынках</p> <p>В2. Возможность изменения основных характеристик объекта исследования в зависимости от требований рынка.</p>	<p>Использования новых методик синтеза исходных материалов улучшенных пьезoeлектрических свойств.</p>	<p>Привлечение дополнительных специалистов с производства для отработки технологии по получению керамики, отработка различных технологических параметров</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Рост стоимости и блокировка каналов импортных исходных материалов</p> <p>У2. Появления на рынке аналога с более высокими показателями качества</p>	<p>Закрытие рынков закупки исходного сырья может привести к уменьшению производительности.</p>	<p>Отсутствие спроса на объект исследования может понизить стоимость оплаты научного труда и принести убытки производителю.</p>

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполнена специальную форму, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 5).

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного

проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаком, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 4.5 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	2
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	5	5

13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	60	57

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось, что разработка является перспективной, а уровень имеющихся знаний у разработчика выше среднего.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования. Для дальнейшего улучшения необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки и проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.

4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов, проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг будет предполагать предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических

услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика.

Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (таблица 6).

Таблица 4.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
ООО «Пьезоэлектрик»	Получение методики: поляризации, синтеза и температурной обработки пьезокерамических материалов

В таблице 7 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 4.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Синтез пьезокерамики $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ разных составов двумя методами и определить параметры при которых получаются наилучшие пьезо и пироэлектрические свойства.
Ожидаемые результаты проекта:	Увеличение пьезо и пироэлектрических коэффициентов, изменение точки Кюри, увеличение диэлектрических свойств и количество возможной запасенной энергии.
Критерии приемки результата проекта:	Исследование методами: сканирующей электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа, d_{33} –тестером, тестером сегнетоэлектриков aix АССТ, рамановской спектроскопии, рентгено-фотоэлектронной спектроскопии. Наличие всех элементов соединения: Ba, Sr, Ti, O в заданном соотношении.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Проведение несколько синтезов разными методиками порошков для создания керамики системы $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$. Поляризовать образцы разными методами.
	Исследование пьезо- и пироэлектрических свойств керамики
	Проведение обработки полученных данных
	Выявить влияние метода синтеза, поляризации и температурной обработки на пиро- и пьезоэлектрические свойства.

В таблице 8 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 4.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Сурменев Р.А., д.т.н., профессор.	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	1530
2.	Волов А.А., магистрант ИЯТШ	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, синтез керамики, проведение исследований, анализ и сравнение экспериментальных данных, написание работы	3030
ИТОГО:				4560

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы

проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта (таблица 9).

Таблица 4.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	3859892
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2020-31.05.2022
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2020
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2022

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 1).



Рисунок 4.1 – Иерархическая структура работ

4.3.2 План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблица 10, 11).

Таблица 4.10– Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	7	01.09.20	07.09.20	Волов А.А., Сурменев Р.А.
Согласование плана работ	7	08.09.20	15.09.20	Волов А.А., Сурменев Р.А.
Литературный обзор	138	16.09.20	31.01.21	Волов А.А.
Проведение экспериментов, обработка и обсуждение результатов	382	01.02.21	20.03.22	Волов А.А., Сурменев Р.А.
Написание отчета	72	21.03.22	31.05.22	Волов А.А.
Итого:	606			

Таблица 4.11 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2020				2021												2022								
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май				
Утверждение темы магистерской диссертации	7																									
Согласование плана работ	7																									
Литературный обзор	138																									
Проведение экспериментов, обработка и обсуждение результатов	382																									
Написание отчета	72																									



- Волов А.А.



- Волов А.А., Сурменев Р.А.

4.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы;
2. Специальное оборудование для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Научные и производственные командировки;
6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями;
7. Накладные расходы.

Сырье и материалы. Расчёт материальных затрат включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта (таблица 12).

Таблица 4.12 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Единицы измерения	Количество	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Карбонат бария, BaCO ₃ 99%	г	45	20,6	927
Оксид титана (анатаз) TiO ₂ 99,8%	г	20	31,2	624
Карбонат стронция, SrCO ₃ 99,9	г	10	36,7	367,3
Этанол, 99,9%	мл	100	16	1600
Поливиниловый спирт (ПВС) (M _w = 31000-50000 г/моль, степень гидролиза 98-99%)	гр	0,3	19,2	5,8
Серебряная токопроводящая паста	шт	1	26204	26204
Лимонная кислота 99,5%	гр	54	39,4	2127,6
Этиленгликоль	мл	324	8,3	2682,4
Изопропоксид титана, Ti(OC ₃ H ₆) ₄ , 97%	мл	54	42	2268

Продолжение таблицы 12

Электроэнергия	Наименование	Время работы оборудования, час	Потребляемая мощность, кВт	Цена за 1 кВт·ч	Сумма, руб
	ПК	1000	0,7	3.85	2695
	Шаровая мельница	150	0,75		433
	Сушильный шкаф	400	1,6		2464
	Муфельная печь	200	1,8		1386
	Ультразвуковая ванна	140	2,2		1186
	Магнитная мешалка с подогревом	150	1,1		635
	d ₃₃ - tester	100	0,1		38,5
Всего	45643,6				
Транспортно-заготовительные расходы (3%)					1369
Итого по статье					47013

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме ВКР (таблица 13). Такое оборудование как: тестер сегнетоэлектриков aix ACCT, интерферометр SP-120, высоковольтный усилитель TREK 609E-6 заранее закуплены и использованы в лаборатории МНИЦ ПМЭМ.

Таблица 4.13 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Шаровая мельница	1	1128800	1328000
2	Сушильный шкаф	1	182750	215000
3	Муфельная печь	1	238425	280500
4	Ультразвуковая ванна	1	55794	65640
5	Магнитная мешалка с подогревом	1	104550	123000
6	d ₃₃ - tester	1	561000	660000
7	Гидравлический пресс	1	97801	115060
Итого, руб.:				2787700

Расчет основной заработной платы. 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 оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 14.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

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

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}$$

где: $Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 14.

Таблица 4.14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	99	99
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	24	24
- отпуск	14	14
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	212	212

Месячный должностной оклад работника:

$$З_м = З_б * (k_{пр} + k_д) * k_р, \text{ где}$$

$З_б$ – базовый оклад, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда); $k_д$ – коэффициент доплат и надбавок; $k_р$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 15.

Таблица 4.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_б$, руб.	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$З_м$, руб.	$З_{дн}$, руб.	$T_р$, раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	18500	-	-	1,3	24375	1287,7	212	272992,4
Магистрант	7043	-	-	1,3	9157	483,8	212	102558

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{доп} = З_{осн} * k_{доп};$$

где, $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 16 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.16 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	272992,4	102558
Дополнительная зарплата	40984,8	15383,7
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	313941,3	117941,7

Отчисления на социальные нужды. Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \text{ где}$$

$k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2022 г. в соответствии с Федеральным законом №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Отчисления на социальные нужды со стороны руководителя составляют:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 * 313941,3 = 94182,4 \text{ рублей}$$

Отчисления на социальные нужды со стороны магистранта составляют:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 * 117941,7 = 35382,5 \text{ рублей}$$

Научные и производственные командировки. В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Затраты на научные и производственные командировки составляют 43188,3 руб.

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями. Сторонней организацией был выполнен анализ материалов методом растровой электронной спектроскопии, который выполняется в

Томском региональном центре коллективного пользования г. Томск. Расчет затрат на подрядные работы представлен в таблице 17.

Таблица 4.17 - Расчет затрат на подрядные работы

Метод анализа	Количество часов	Стоимость, руб	Итого, руб
Растровая электронная микроскопия	25	3000	75000

Накладные расходы. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{рук}} + Z_{\text{маг}}) = 0,8 \cdot (313941,3 + 117941,7) = 345506,4$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Общие затраты проекта приведены в таблице 18.

Таблица 4.18 – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям									
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Доп-ая заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Данное исследование	47013	2787700	375550,4	56368,5	129564,9	43188,3	75000	-	345506,4	3859892
Аналог	80000	5000000	486500	72975	145950	55947,5	125000	-	447580	6413952,5

Операционные затраты будут вычислены по следующей формуле:

$$\begin{aligned} \text{Опер. затр.} &= \text{сырьё} + \text{амортизация} + \text{ЗП(осн} + \text{доп)} + \\ &\text{соц. отч.} + \text{науч. ком.} + \text{контр. расх.} + \text{накл. расх} = 47013 + 278770 + \\ &375550,4 + 56368,5 + 129564,9 + 43188,3 + 75000 + 345506,4 = \\ &1350962 \text{ рублей, что составляет } 35\% \text{ от себестоимости проекта.} \end{aligned}$$

Амортизация научного оборудования вычислялась по следующему принципу.

Срок полезного использования оборудования составлял 10 лет, поэтому норма амортизации составляет:

$$N_a = \frac{100\%}{10} = 10\%$$

где N_a – норма амортизации в процентах.

Первоначальная стоимость оборудования составляла 2787700 рублей. Из этого следует, что годовая сумма амортизации составляет:

$$C_{\text{перв.}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_a}{100} = \frac{2787700 \cdot 10}{100} = 278770 \text{ руб}$$

4.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 2.

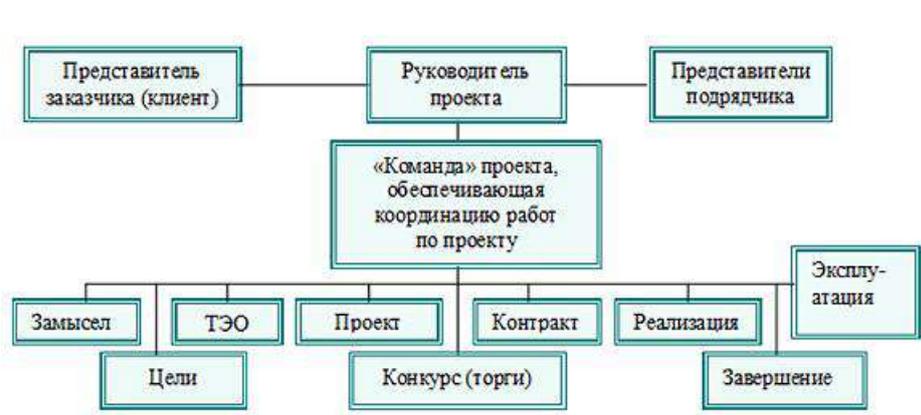


Рисунок 4.2 – Проектная структура проекта

4.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 19).

Таблица 4.19 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (пятница)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

4.4.3 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 20.

Таблица 4.20 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Рост стоимости и блокировка каналов импортных исходных материалов	5	5	Высокий	Замещение импорта	Политические
2	Появления на рынке аналога с более высокими показателями качества	3	5	Высокий	Поиск новых решение по модификации и материала	Увеличение количество исследований в данной области

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

4.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где: $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t= 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 21. При расчете рентабельность проекта составляла **20-25 %**, норма амортизации 10 %.
 Выручка= инвестиции*1,25 = 3859892*1,25 = 4824864.

Таблица 4.21 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	4824864	4824864	4824864	4824864
2	Итого приток, руб.		4824864	4824864	4824864	4824864
3	Инвестиционные издержки, руб.	-3859892	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35%от бюджета)	0	1350962	1350962	1350962	1350962
5	Налогооблагаемая прибыль(1-4)	0	3473902	3473902	3473902	3473902
6	Налоги 20 %, руб.(5*20%)	0	694780	694780	694780	694780
8	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	2779122	2779122	2779122	2779122
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация)	-3859892	3057892	3057892	3057892	3057892
10	Коэффициент дисконтирования при i=20% (КД)	1	0,833	0,694	0,578	0,482
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.(9*10)	-3859892	2548243	2123536	1769613	1474678
12	∑ ЧДД		9144969 руб.			
12	Итого NPV, руб.		5285077 руб.			

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет **5285077** рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности(PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру

инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{9144969}{3859892} = 2,37$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или =0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 22 и на рисунке 3.

Таблица 4.22 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-3859892	3057892	3057892	3057892	3057892	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	

	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-3859892	2779902	2527183	2297439	2088581	5833214
	0,2	-3859892	2548243	2123536	1769613	1474678	4056179
	0,3	-3859892	2352225	1809403	1391849	1070653	2764238
	0,4	-3859892	2184209	1560149	1114392	795994	1794852
	0,5	-3859892	2038595	1359063	906042	604028	1047836
	0,6	-3859892	1911182	1194489	746556	466597	458933
	0,7	-3859892	1798760	1058094	622408	366123	-14507
	0,8	-3859892	1698829	943794	524330	291294	-401645
	0,9	-3859892	1609417	847061	445822	234643	-722948
	1,0	-3859892	1528946	764473	382236	191118	-993118

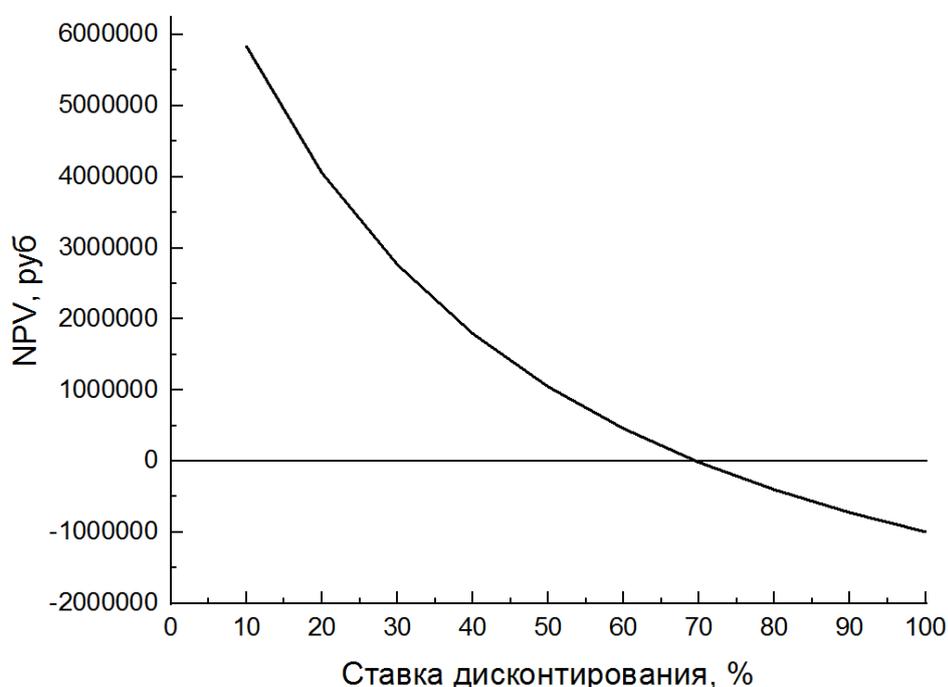


Рисунок 4.3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,69.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $69\% - 20\% = 49\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 23).

Таблица 4.23 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i = 0,20$), руб.	-3859892	2548243	2123536	1769613	1474678
2	То же нарастающим итогом, руб.	-3859892	- 1311649	811887	2581500	4056178
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DRR_{диск} = 1 + (1311649 / 2123536) = 1,62$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 24).

Таблица 4.24 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие схожих по свойствам со свинец содержащими керамиками составов не содержащих свинец пьезокерамик	Создание безсвинцовых керамик с некоторыми улучшенными свойствами

4.5.2 Оценка сравнительной 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 соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

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

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

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 25).

Таблица 4.25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта	0,20	5	5	4
2. Доступность	0,15	5	3	3
3. Долговечность	0,15	4	4	4
4. Безопасность	0,15	4	3	4
5. Простота эксплуатации	0,15	5	4	5
6. Чувствительность	0,20	5	4	5
Итого	1	28	23	25
I_{pi}		4,7	3,9	4,2

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^p$ и аналога $I_{финр}^a$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}; I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}$$

где: $\mathcal{E}_{ср}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{финр}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{финр}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 26.

Таблица 4.26 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,6	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,9	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	7,83	3,9	4,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,49	0,54

Выводы: Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 5285077 руб.; индекс доходности $PI=2,37$, внутренняя ставка доходности $IRR= 69\%$, срок окупаемости $PP_{дск}=1,62$ года.

Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

5. Социальная ответственность

Введение

Социальная ответственность – ответственность отдельного ученого и научного сообщества перед обществом. Первостепенное значение при этом имеет безопасность применения технологий, которые создаются на основе достижений науки, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, как и для окружающей среды проведения исследований.

Данная работа посвящена получению пьезокерамики на основе титаната бария, легированного ионами стронция и исследованию его свойств. Порошок титаната бария-стронция (BST) получали твердофазной реакцией и методом полимерных комплексов (Печини) на базе лаборатории научно-исследовательского центра «Физическое материаловедение и композитные материалы» Томского политехнического университета.

Раздел включает в себя оценку условий труда на рабочем месте, анализ вредных и опасных факторов труда, разработку мер защиты от них.

5.1. Производственная безопасность

5.1.1. Отклонение показателей микроклимата в помещении

Проанализируем микроклимат в помещении, где находится рабочее место. Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Эти факторы влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата по СанПиН 1.2.3685-21 [1] приведены в таблице 1 и 2.

Таблица 5.1 – Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	20	40-60	0,2
Теплый	22,5		0,2

Таблица 5.2 – Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
	Нижняя допустимая граница	Верхняя допустимая граница		
Холодный	15	24	20-80	<0,5
Теплый	22	28	20-80	<0,5

Общая площадь рабочего помещения составляет 20 м², объем составляет 60 м³. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [2] санитарные нормы составляют 6,5 м² и 20 м³ объема на одного человека. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

После анализа габаритных размеров рассмотрим микроклимат в этой комнате. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха, скорость ветра.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основным недостатком – приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам, объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40 м³ [2]. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 60 м³, из этого

следует, что дополнительная вентиляция не требуется. Параметры микроклимата поддерживаются в холодное время года за счет систем водяного отопления с нагревом воды до 100°C, а в теплое время года – за счет кондиционирования, с параметрами согласно [3]. Нормируемые параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям [4].

5.1.2. Превышение уровней шума

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, а также проникает снаружи. Шум вызывает головную боль, усталость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, память ухудшается, реакция уменьшается.

Основным источником шума в комнате являются вентилятор в вытяжном шкафу, шейкер. Уровень шума варьируется от 41 до 60 дБ. Согласно СанПиН 2.2.2 / 2.4.1340-03, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБ [2].

Кроме того, в лаборатории также есть источник ультразвукового излучения – ультразвуковая ванна. При эксплуатации ультразвукового оборудования всех видов должен быть полностью исключен непосредственный контакт рук работающего с жидкостью, ультразвуковым инструментом и обрабатываемыми деталями, в которых возбуждаются ультразвуковые колебания. Если это невозможно по технологическим причинам, то все работы должны выполняться с соблюдением специальных мер (закрепление деталей с помощью специальных приспособлений и др.) Контактное воздействие ультразвука исключается при автоматизации производственных процессов, применении дистанционного управления, технических средств фиксации источника ультразвука относительно обрабатываемой детали, нанесении виброизолирующих покрытий на ручки ультразвукового оборудования.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

1. устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
2. изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов);
3. применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

Средства индивидуальной защиты: применение спецодежды и защитных средств органов слуха (наушники, беруши, антифоны).

5.1.3 Химические опасные и вредные факторы

При выполнении экспериментальной части выпускной квалификационной работы используются химические вещества, представленные в таблице 1, для которых известны ПДК в воздухе рабочей зоны из СанПиН 1.2.3685-21 [1].

Для защиты от вредных и опасных факторов предусмотрены следующие меры предосторожности: работу ведут под тягой с вентиляцией, при работе в лаборатории должна использоваться следующая спецодежда и средства индивидуальной защиты: халат хлопчатобумажный, перчатки, очки защитные.

Таблица 5.3 – Характеристика вредных веществ, используемых в работе.

Наименование	Физические свойства	Класс опасности	Величина ПДК, мг/м ³
Оксид титана (IV)	Белый порошок	4	10
Стронция карбонат	Белый порошок	4	6
Бария карбонат	Белый порошок	2	0,5
Изопропоксид титана	Светло-желтая жидкость	3	-

Этиленгликоль	Бесцветная жидкость	3	5
Этанол	Прозрачная жидкость	4	1000
Соляная кислота	Прозрачная жидкость	3	5

5.1.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот.

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 напряженность электрического и магнитного поля при воздействии в течение всей смены составляет 500 В/м и 50 А/м соответственно для полей частоты 10-30 кГц [5]. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76) [6-7].

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля радиочастотного диапазона при работе на ПЭВМ у человеческого организма сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головные боли, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония, изменения сердечной мышцы проводимости. Тепловой эффект электромагнитного поля характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода электромагнитного поля на тепловую энергию.

Предельно допустимые уровни облучения по ОСТ 54 30013-83 [8]:

- а) до 10 мкВт/см², время работы (8 часов);
- б) от 10 до 100 мкВт/см², время работы не более 2 часов;

в) от 100 до 1000 мкВт/см², время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками;

г) для населения в целом ППЭ не должен превышать 1 мкВт/см².

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

- Средства коллективной защиты (защита временем; защита расстоянием; снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения; экранирование источника; защита рабочего места от излучения);

- СИЗ:

1) Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

2) Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO₂).

При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

5.1.5. Поражение электрическим током

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует повышенная влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и

возможность одновременного соприкосновения токоведущих элементов с заземленными металлическими корпусами оборудования [6].

Лаборатория относится к помещению с без повышенной опасностью поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются: $I < 0,1$ А; $U < (2-36)$ В; $R_{\text{зазем}} < 4$ Ом. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Каждому необходимо знать меры медицинской помощи при поражении электрическим током. В любом рабочем помещении необходимо иметь медицинскую аптечку для оказания первой медицинской помощи.

Поражение электрическим током чаще всего наступает при небрежном обращении с приборами, при неисправности электроустановок или при их повреждении.

Для освобождения пострадавшего от токоведущих частей необходимо использовать непроводящие материалы. Если после освобождения пострадавшего из-под напряжения он не дышит, или дыхание слабое, необходимо вызвать бригаду скорой медицинской помощи и оказать пострадавшему доврачебную медицинскую помощь:

- обеспечить доступ свежего воздуха (снять с пострадавшего стесняющую одежду, расстегнуть ворот);
- очистить дыхательные пути;
- приступить к искусственной вентиляции легких (искусственное дыхание);
- в случае необходимости приступить к непрямому массажу сердца.

Любой электроприбор должен быть немедленно обесточен в случае:

- возникновения угрозы жизни или здоровью человека;
- появления запаха, характерного для горящей изоляции или пластмассы;

- появления дыма или огня;
- появления искрения;
- обнаружения видимого повреждения силовых кабелей или коммутационных устройств.

Для защиты от поражения электрическим током используют СИЗ и СКЗ.

Средства коллективной защиты:

- Заземление источников электрического тока;
- Использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.

Средства индивидуальной защиты: использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

5.1.6. Освещенность

Согласно СНиП 23-05-95 [9] в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 300 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока,

учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 6,5$ м, ширина $B = 3$ м, высота $H = 3$ м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 [9] необходимо создать освещенность не ниже $E = 300$ Лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \cdot B, \quad (5.1)$$

$$S = 3 \cdot 6,5 = 20 \text{ м}^2$$

Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен $\Phi_{ЛД} = 2300$ Лм.

Выбираем открытые двухламповые светильники с люминесцентными лампами типа ОД-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна $x = 1230$ мм, ширина – $y = 266$ мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина $\lambda = 1,2$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,7$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p, \quad (5.2)$$

где h_n – высота светильника над полом,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОД: $h_n = 3$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c \quad (5.3)$$

$$h = 3 - 1 - 0,7 = 1,3 \text{ м}$$

Находим индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A+B)} \quad (5.4)$$

$$i = \frac{19,5}{1,3 \cdot 9,5} = 1,57$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70\%$, $\rho_{\text{С}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,57$ равен $\eta = 0,56$.

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi_{\text{д}} \cdot \eta} \quad (5.5)$$

$$N = \frac{300 \cdot 19,5 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2300 \cdot 0,56} = 7,5$$

Принимаем равным 8 ламп. Берем 4 светильника, 2 ряда по 2 светильника.

Из условий равномерности освещения определяем расстояния L_1 и $L_1/3$ и L_2 и $L_2/3$ по следующим уравнениям:

$$A = L_1 + 2/3 \cdot L_1 + 2 \cdot y \quad (5.6)$$

$$6500 = L_1 + 2/3 \cdot L_1 + 2 \cdot 266$$

$$L_1 = 3581 \text{ мм}; L_1/3 = 1194 \text{ мм};$$

$$B = L_2 + 2/3 \cdot L_2 + 2 \cdot x \quad (5.7)$$

$$3000 = L_2 + 2/3 \cdot L_2 + 2 \cdot 1230;$$

$$L_2 = 324 \text{ мм}; L_2/3 = 108 \text{ мм};$$

На рисунке 1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

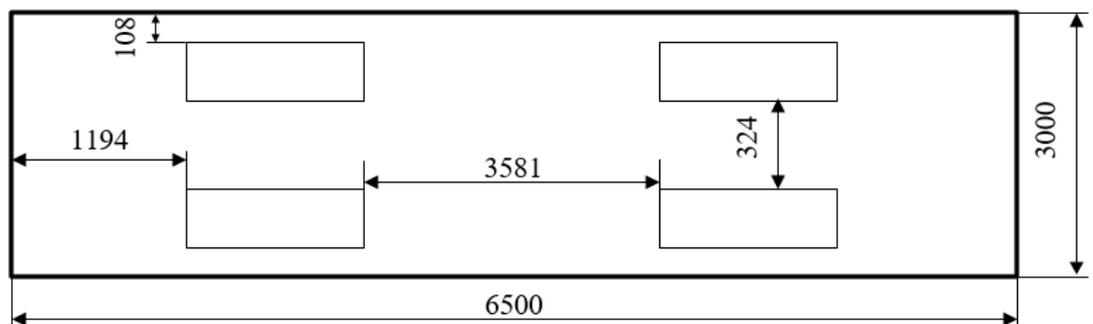


Рисунок 5.1 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Потребный световой поток люминесцентной лампы определяется по формуле 1.5:

$$\Phi_{\text{д}} = \frac{300 \cdot 19,5 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{8 \cdot 0,56} = 2155 \text{ Лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{Лд}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{Лд}}} \cdot 100\% \leq 20\% \quad (5.8)$$

$$\frac{\Phi_{\text{Лд}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{Лд}}} \cdot 100\% = \frac{2300 - 2155}{2300} \cdot 100\% = 6,3\%$$

Таким образом, мы получили, что необходимый световой поток не выходит за пределы требуемого диапазона. Теперь рассчитаем мощность осветительной установки:

$$P = N \cdot P_{\text{л}}, \quad (5.9)$$

где $P_{\text{л}}$ – номинальная мощность одной лампочки

$$P = 8 \cdot 40 = 320 \text{ Вт}$$

5.1.7. Пожарная опасность

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д.

Согласно НПБ 105-03 [10] лаборатория относится к категории В – горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 21-01-97 [11] (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

К причинам возникновения пожара неэлектрического характера относится халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня).

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

1. специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении;
2. специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;
3. первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители, пенные огнетушители, ящики с песком, войлок, кошма или асбестовое полотно);

4. автоматические сигнализаторы (типа СВК ЗМ-1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений предвзрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Лаборатория полностью соответствует требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, изображенного на рисунке 2, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

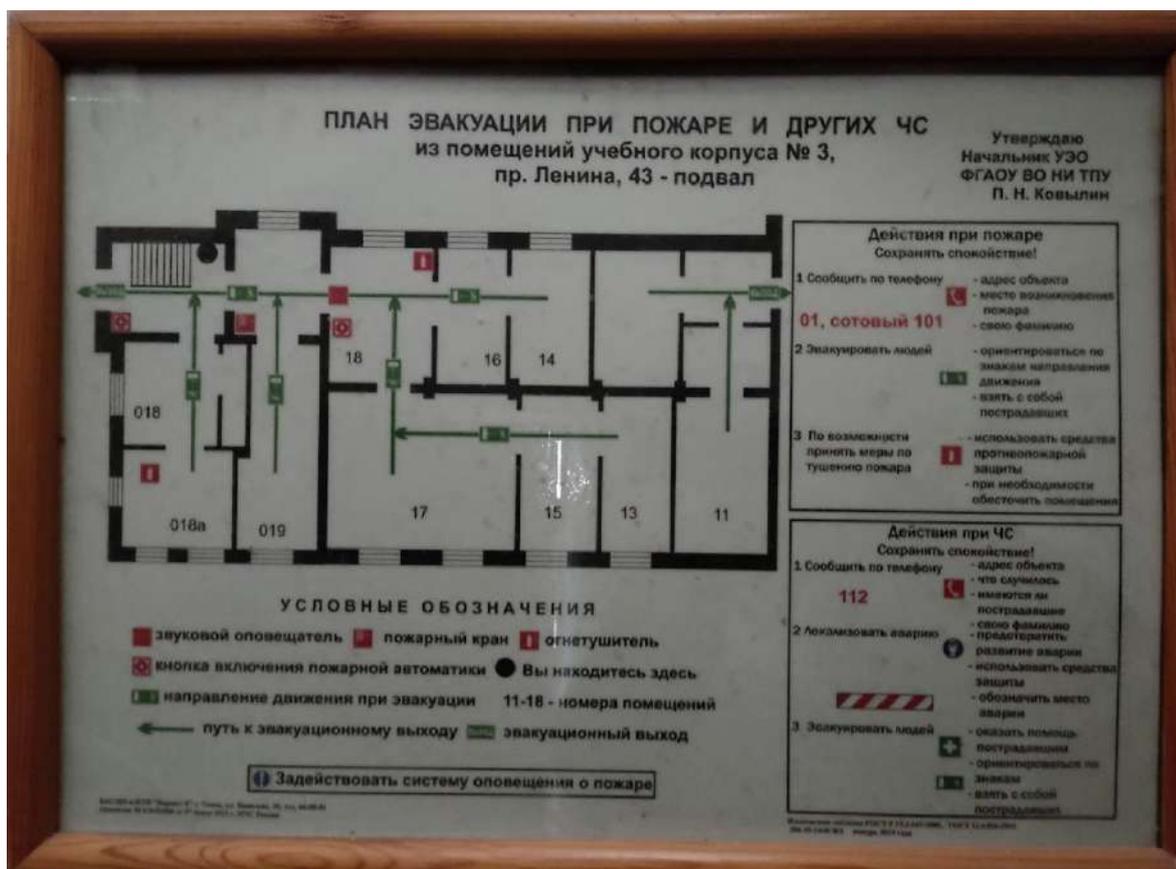


Рисунок 5.2 – План эвакуации

5.2. Экологическая безопасность

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу).

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические части компьютера подвергаются специальной переработке;

Исходя из сказанного выше перед планированием покупки компьютера необходимо:

-Побеспокоится заранее о том, каким образом будет утилизирована имеющаяся техника, перед покупкой новой.

-Узнать насколько новая техника соответствует современным эко-стандартам и примут ее на утилизацию после окончания срока службы.

Таким образом утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

- 1) отделить металлические детали от неметаллов;
- 2) разделить углеродистые металлы от цветмета;
- 3) пластмассовые изделия (крупногабаритные) измельчить для уменьшения объема;
- 4) копир-порошок упаковать в отдельную упаковку, точно также, как и все проклассифицированные и измельченные компоненты оргтехники, и после накопления на складе транспортных количеств отправить предприятиям и фирмам, специализирующимся по переработке отдельных видов материалов.

Утилизации подвергаются и объекты исследования, которые в процессе создания получили механические повреждения, например, после спекания керамика отслоилась, во время прессования таблетка разрушилась после того,

как её достали из пресс-формы, во время поляризаций керамический образец пробило электрическим полем. Одним из вариантов утилизации подобного сырья – является использование бракованной керамики в качестве дополнительного наполнителя (в объеме до 60%) в традиционно используемых в строительстве материалах, таких как железобетон, строительные растворы, клеи для плитки. Также в ходе выполнения работы использовалось значительное количество воды, отработанная вода отправлялась в специальный слив, впоследствии проходила очистку и утилизировалась.

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Природная чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории или акватории, сложившейся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлечет за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приводит к авариям систем тепло- и водоснабжения, сантехнических коммуникаций и электроснабжения, приостановке работы. В этом случае при подготовке к зиме следует предусмотреть: а) газобаллонные калориферы (запасные обогреватели), б) дизель или бензоэлектростанции; в) запасы питьевой и технической воды на складе (не менее 30 л на 1 человека); г) теплый транспорт для доставки работников на работу и с работы домой в случае отказа муниципального

транспорта. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

В лаборатории научно-исследовательского центра «Физическое материаловедение и композитные материалы» Томского политехнического университета наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

Перечень НТД

1. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
2. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
3. ГОСТ 12.4.154-85 «ССБТ. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты».
4. ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
5. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
6. ГОСТ 12.1.004 «Пожарная безопасность».
7. ГОСТ 12.1.010-76 «Взрывобезопасность».
8. ОСТ 54 30013-83 «Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности».
9. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».
10. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности».
11. СНиП 21-01-97 «Противопожарные нормы».

Заключение

В результате выполнения работы были апробированы два метода синтеза исходного порошка: твердофазный и метод Печини. С помощью первого метода было получено два состава $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ и $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$.

По данным РФА, в результате отжига при 1100 °С в течение 5 ч, предположительно, все ионы стронция диффундируют в решетку для образования составов БСТ_01 и БСТ_03, это подтверждается сдвигом рефлексов в большие значения 2θ . Для порошка, полученного методом Печини, отжиг проводился при 900 °С в течение 5 ч, обнаружено множество вторичных фаз, которые, предположительно, принадлежат соединениям $\text{Ba}_2\text{Ti}_9\text{O}_{20}$ или $\text{Ba}_6\text{Ti}_{17}\text{O}_{40}$.

По данным Рамановской спектроскопии, у порошков составов $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ и $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ наблюдается сдвиг частот относительно БТ. При этом с увеличением концентрации стронция интенсивность всех мод снижается. Мода колебания на 720 см^{-1} сдвигается в область более высоких волновых чисел.

У составов $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ и $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ были исследованы пьезоэлектрический коэффициент d_{33} и пироэлектрические свойства. Установлено, что увеличение концентрации стронция в керамике, приводит к увеличению значения пьезомодуля d_{33} с 48 ± 17 до 166 ± 36 пКл/Н и количеству запасенной энергии, однако, значение КПД снижается. Пироэлектрический коэффициент увеличивается с увеличением молярной концентрации стронция от 0,1 до 0,3 в интервале от $9,6 \pm 0,5$ до 36 ± 2 пКл/($\text{см}^2 \cdot \text{К}$), соответственно. Температурный диапазон использования керамики, в качестве чувствительного элемента для инфракрасного датчика, снижается с увеличением содержания стронция, так как температура Кюри у состава $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ находится в интервале температур от 25 до 50 °С, а у $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ от 75 до 100 °С.

Список литературы

1. Рябухин А. Г. Перовскиты (тип 2-4) //Известия Челябинского научного центра УрО РАН. – 2002. – №. 2. – С. 51-60.
2. Бетехтин А. Г. Курс минералогии. Учебное пособие. М. – 2007.
3. Александров К. С., Безносиков Б. В. Иерархия перовскитоподобных кристаллов (Обзор) //Физика твердого тела. – 1997. – Т. 39. – №. 5. – С. 785-808.
4. Степарук А. С. и др. Гибридные перовскиты: получение, структура, термодинамика //Химия твердого тела и функциональные материалы–2016", XI семинар" Термодинамика и материаловедение". – 2016. – С. 288-288.
5. Шамин А. А. и др. Солнечные ячейки на основе перовскитов //Молодой ученый. – 2015. – №. 4. – С. 284-287.
6. Кочегаров И. И., Трусов В. А., Юрков Н. К. Обзор методик получения нанопорошков //Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2010. – Т. 2. – С. 426-428.
7. Лукашин А. В., Елисеев А. А. Физические методы синтеза наноматериалов //Методические материалы–М: МГУ,–2007.– С. 32 – 2007.
8. Рудская А. Г. и др. Методы синтеза LaMnO₃ (обзор) //Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 25. – №. 2 (25). – С. 78.
9. Яковлева И. С., Исупова Л. А. Способ получения перовскитов. – 2012.
10. Шарапов Р.Р. Оптимизация работы оборудования для получения тонкодисперсных порошков / Прокопенко В.С., Агарков А.М. — Текст: непосредственный // Вестник БГТУ — 2015. — № 1.
11. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. Учеб. для студ. вузов по спец. электронной техники - 3-е изд., СПб., 2001. — С. 368 — ISBN 5-8114-0409-3.
12. Павлов П.В. Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. Учеб. - 3-е изд., М., Высш. шк.; 2000. — С. 494 — ISBN 5-06-003770-3.

13. Гольдштейн А.Е. Физические основы получения информации: Учебник – Т.: Издательство томского политехнического университета, 2010. – С. 311.
14. Бобцов А.А. Исполнительные устройства и системы для микроперемещений. / В.И. Бойков, С.В. Быстров, В.В. Григорьев, П.В. Карев – СПб: Университет ИТМО, 2017. – С. 134.
15. Буш А. А. Пьезоэлектрический эффект и его применения. Учебное пособие / Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет)» - М., 2005. – С. 212 –ISBN 5-7339-0538-7.
16. Poplavko Y., Yakymenko Y. 4 - Pyroelectricity // Functional Dielectrics for Electronics / Poplavko Y., Yakymenko Y. Woodhead Publishing, 2020. - p. 131-159.
17. Жуков С. Пьезокерамика и перспективы ее применения // Техноplus. — 2009. — № 5 (90).
18. ГОЛОВНИН В. А. и др. Пьезоэлектрическая керамика: применение, производство, перспективы //Вестник Тверского государственного университета. Серия: Физика. – 2010. – №. 11. – С. 47-58.
19. Бардин В. А. и др. Пьезоэлектрические актюаторы и пьезодвигатели //Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. – 2017. – №. 1. – С. 696-700.
20. Пьезоэлектрический генератор постоянного тока на основе эффекта Казимира: патент Рос. Федерация № 2665682; заявл. 23.12.2015; опубл. 04.09.2018, Бюл. – № 25
21. Зибров В. А., Тряпичкин С. А., Соколовская О. В. Пьезогенератор в устройстве структурного мониторинга водопроводных сетей //Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 27. – №. 4 (27). – С. 57.
22. Петрович, В. В. Исследование ультразвукового увлажнителя воздуха / В. В. Петрович, К. Н. Жарков ; науч. рук.: Т. П. Кот, О. В. Абметко // Новые

материалы и технологии их обработки : сборник научных работ XX Республиканской студенческой научно-технической конференции, Минск, 2019. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 130-132.

23. Зеньков С. А. и др. Устранение налипания грунта на рабочие органы землеройных машин с использованием пьезокерамических излучателей //Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2013. – Т. 1. – С. 64-72.

24. Кастилло Г. и др. Электроплавленные огнеупорные матрицы $MgO-CaZrO_3$ с улучшенными в результате добавок алюмомагниевого шпинели и герцинита свойствами для применения и в цементной промышленности //Огнеупоры и техническая керамика. – 2012. – №. 1-2. – С. 64-69.

25. Фирсенков А. И. и др. Электрически управляемые сэндвич-конденсаторы на многослойных сегнетоэлектрических плёнках //Электроника и микроэлектроника СВЧ. – 2018. – Т. 1. – С. 34-38.

26. Мухортов М. В. и др. Применение наноразмерных пленок титаната бария-стронция для перестраиваемых сверхвысокочастотных устройств //Журнал технической физики. – 2006. – Т. 76. – №. 10. – С. 106-109.

27. Анараки Х. С. и др. Синтез пленок титаната стронция золь–гель методом и перспективы их применения в электронной технике //Физика и техника полупроводников. – 2014. – Т. 48. – №. 12.

28. Ухов К. А., Тугова Е. А., Травицков А. В. Сравнительный анализ процессов формирования и свойств твердых растворов на основе системы $LaAlO_3-CaTiO_3$ //НЕДЕЛЯ НАУКИ-2015. – 2015. – С. 31-31.

29. Жуков А. В. и др. Синтез наноструктурированных люминофоров на основе цирконата кальция //Успехи в химии и химической технологии. – 2015. – Т. 29. – №. 6 (165). – С. 90-92.

30. Nadaud K. et al. Temperature stable $BaSrTiO_3$ thin films suitable for microwave applications //Thin Solid Films. – 2015. – Vol. 591. – p. 90-96.

31. Madhan K., Devi E., Kalaiselvi B. J. Synthesis, structural characterization and dielectric studies of Ba_{1-x}Sr_xTiO₃ (BST) //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2015. – Vol. 1665. – №. 1. – p. 120010.
32. Kholam Y. B. et al. Synthesis of star shaped Ba_{1-x}Sr_xTiO₃ (BST) powders //Materials chemistry and physics. – 2006. – Vol. 97. – №. 2-3. – p. 295-300.
33. Ries A. et al. Barium strontium titanate powder obtained by polymeric precursor method //Materials characterization. – 2003. – Vol. 50. – №. 2-3. – p. 217-221.
34. Simões A. Z. et al. Microwave-hydrothermal synthesis of barium strontium titanate nanoparticles //Journal of Alloys and Compounds. – 2010. – Vol. 508. – №. 2. – p. 620-624.
35. Mao C. et al. Low temperature synthesis of Ba_{0.70}Sr_{0.30}TiO₃ powders by the molten-salt method //Materials Chemistry and Physics. – 2007. – Vol. 106. – №. 2-3. – p. 164-167.
36. Cole M. W. et al. Material properties of MOSD derived Ba_{1-x}Sr_xTiO₃-based thin films for pyroelectric sensor applications //Integrated Ferroelectrics. – 2006. – Vol. 83. – №. 1. – p. 99-111.
37. Li M., Xu M. Effect of dispersant on preparation of barium–strontium titanate powders through oxalate co-precipitation method //Materials Research Bulletin. – 2009. – Vol. 44. – №. 4. – p. 937-942.
38. Ianculescu A. et al. Intrinsic pyroelectric properties of thick, coarse grained Ba_{1-x}Sr_xTiO₃ ceramics //Ceramics International. – 2016. – Vol. 42. – №. 8. – p. 10338-10348.
39. Mao C. et al. Nonhydrolytic sol–gel synthesis and dielectric properties of ultrafine-grained and homogenized Ba_{0.70}Sr_{0.30}TiO₃ //Ceramics international. – 2008. – Vol. 34. – №. 1. – p. 45-49.
40. A Gatea H. Synthesis and characterization of BaSrTiO₃ perovskite thin films prepared by sol gel technique //International Journal of Thin Film Science and Technology. – 2021. – Vol. 10. – №. 2. – p. 5.

41. Devi E., Kalaiselvi J. Structural and Thermal Characterization of Sr Doped BaTiO₃ //International Journal of Applied Engineering Research. – Vol. 10. – №. 3. – p. 2015.
42. Liou Y. C., Wu C. T. Synthesis and diffused phase transition of Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO₃ ceramics by a reaction-sintering process //Ceramics international. – 2008. – Vol. 34. – №. 3. – p. 517-522.
43. Yustanti E., Hafizah M. A. E., Manaf A. Exploring the effect of particle concentration and irradiation time in the synthesis of barium strontium titanate (bst) Ba_{1-x}Sr_xTiO₃ (x: 0-1) nanoparticles by high power ultrasonic irradiation. – //International Journal of Technology. – 2016. – Vol. 7. – p. 1016.
44. Ianculescu A. et al. Investigation of Ba_{1-x}Sr_xTiO₃ ceramics prepared from powders synthesized by the modified Pechini route //Journal of the European Ceramic Society. – 2007. – Vol. 27. – №. 13-15. – p. 3655-3658.
45. Jeon J. H. Effect of SrTiO₃ concentration and sintering temperature on microstructure and dielectric constant of Ba_{1-x}Sr_xTiO₃ //Journal of the European Ceramic Society. – 2004. – Vol. 24. – №. 6. – p. 1045-1048.
46. Ianculescu A. et al. Properties of Ba_{1-x}Sr_xTiO₃ ceramics prepared by the modified-Pechini method //Ferroelectrics. – 2008. – Vol. 369. – №. 1. – p. 22-34.
47. Mudinepalli V. R. et al. Effect of grain size on dielectric and ferroelectric properties of nanostructured Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO₃ ceramics //Journal of Advanced Ceramics. – 2015. – Vol. 4. – №. 1. – p. 46-53.
48. Sengupta L. C. et al. Pyroelectric and electronic properties of thick film and thin film Ba_{1-x}Sr_xTiO₃ //Integrated Ferroelectrics. – 1998. – Vol. 22. – №. 1-4. – p. 393-404.
49. Cheng J. G. et al. Pyroelectric Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO₃ thin films derived from a 0.05 M solution precursor by sol-gel processing //Applied physics letters. – 1999. – Vol. 75. – №. 21. – p. 3402-3404.
50. Yoo J. H., Gao W., Yoon K. H. Pyroelectric and dielectric bolometer properties of Sr modified BaTiO₃ ceramics //Journal of materials science. – 1999. – Vol. 34. – №. 21. – p. 5361-5369.

51. Whatmore R. W., Osbond P. C., Shorrocks N. M. Ferroelectric materials for thermal IR detectors //Ferroelectrics. – 1987. – Vol. 76. – №. 1. – p. 351-367.
52. Xu Z., Qiang H. Dielectric and piezoelectric properties of $(1-x)$ Ba_{0.67}Sr_{0.33}TiO_{3-x}Ba_{0.9}Ca_{0.1}Ti_{0.9}Zr_{0.1}O₃ ceramics //Journal of Sol-Gel Science and Technology. – 2016. – Vol. 77. – №. 3. – p. 650-653.
53. Thongtem T. et al. Characterization of SrCO₃ and BaCO₃ nanoparticles synthesized by sonochemical method //Materials Letters. – 2010. – Vol. 64. – №. 4. – p. 510-512.
54. Murugan A. V., Samuel V., Ravi V. Synthesis of nanocrystalline anatase TiO₂ by microwave hydrothermal method //Materials Letters. – 2006. – Vol. 60. – №. 4. – p. 479-480.
55. Lu H., Burkhart L. E., Schrader G. L. Sol-Gel Process for the Preparation of Ba₂Ti₉O₂₀ and BaTi₅O₁₁ //Journal of the American Ceramic Society. – 1991. – Vol. 74. – №. 5. – p. 968-972..
56. Lee B. K. et al. {111} twin formation and abnormal grain growth in barium strontium titanate //Journal of the American Ceramic Society. – 2003. – Vol. 86. – №. 1. – p. 155-160.
57. Kohno M. et al. Dispersion of ruthenium oxide on barium titanates (Ba₆Ti₁₇O₄₀, Ba₄Ti₁₃O₃₀, BaTi₄O₉ and Ba₂Ti₉O₂₀) and photocatalytic activity for water decomposition //Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions. – 1998. – Vol. 94. – №. 1. – p. 89-94.
58. Wu Y. J. et al. Effects of phase constitution and microstructure on energy storage properties of barium strontium titanate ceramics //Journal of the European Ceramic Society. – 2017. – Vol. 37. – №. 5. – p. 2099-2104.
59. Wang X. et al. Dielectric and tunable properties of Zr doped BST ceramics prepared by spark plasma sintering //Journal of alloys and compounds. – 2012. – Vol. 533. – p. 25-28.
60. Alkathy M. S., Joseph A., Raju K. C. J. Dielectric properties of Zr substituted barium strontium titanate //Materials Today: Proceedings. – 2016. – Vol. 3. – №. 6. – p. 2321-2328.

61. Zhang W. et al. Synthesis, microstructure and dielectric properties of zirconium doped barium strontium titanate obtained by solvothermal method //Journal of Materials Science: Materials in Electronics. – 2013. – Vol. 24. – №. 7. – p. 2234-2239.
62. Dobal P. S. et al. Micro-Raman study of $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ ceramics //Journal of Raman Spectroscopy. – 2001. – Vol. 32. – №. 2. – p. 147-149..
63. Davar F., Salavati-Niasari M., Baskoutas S. Temperature controlled synthesis of $SrCO_3$ nanorods via a facile solid-state decomposition rout starting from a novel inorganic precursor //Applied Surface Science. – 2011. – Vol. 257. – №. 9. – p. 3872-3877.
64. Sakamoto K. et al. XPS spectral analysis for a multiple oxide comprising NiO, TiO_2 , and $NiTiO_3$ //Applied Surface Science. – 2020. – Vol. 526. – p. 146729.
65. Södergren S. et al. Lithium intercalation in nanoporous anatase TiO_2 studied with XPS //The Journal of Physical Chemistry B. – 1997. – Vol. 101. – №. 16. – p. 3087-3090.
66. Vasquez R. P. $SrCO_3$ by XPS //Surface Science Spectra. – 1992. – Vol. 1. – №. 1. – p. 112-116..
67. Kosola A. et al. Effect of annealing in processing of strontium titanate thin films by ALD //Applied Surface Science. – 2003. – Vol. 211. – №. 1-4. – p. 102-112..
68. Schmitz P. J. Characterization of the surface of $BaCO_3$ powder by XPS //Surface Science Spectra. – 2001. – Vol. 8. – №. 3. – p. 190-194..
69. Fujisaki Y., Shimamoto Y., Matsui Y. Analysis of decomposed layer appearing on the surface of barium strontium titanate //Japanese journal of applied physics. – 1999. – Vol. 38. – №. 1A. – p. L52..
70. Baniecki J. D. et al. Surface core-level shifts of strontium observed in photoemission of barium strontium titanate thin films //Applied physics letters. – 2006. – Vol. 89. – №. 16. – p. 162908..
71. Giridharan N. V., Jayavel R., Ramasamy P. Structural, Morphological and Electrical Studies on Barium Strontium Titanate Thin Films Prepared by Sol-Gel

Technique //Crystal Research and Technology: Journal of Experimental and Industrial Crystallography. – 2001. – Vol. 36. – №. 1. – p. 65-72..

72. Shen Z. Y. et al. Glass modified barium strontium titanate ceramics for energy storage capacitor at elevated temperatures //Journal of Materiomics. – 2019. – Vol. 5. – №. 4. – p. 641-648.

73. Dai G. et al. Direct and indirect measurement of large electrocaloric effect in barium strontium titanate ceramics //International Journal of Applied Ceramic Technology. – 2020. – Vol. 17. – №. 3. – p. 1354-1361.

74. Deb K. K., Hill M. D., Kelly J. F. Pyroelectric characteristics of modified barium titanate ceramics //Journal of materials research. – 1992. – Vol. 7. – №. 12. – p. 3296-3305..

75. Zhang J. et al. Influence of Sr/Ba ratio on the dielectric, ferroelectric and pyroelectric properties of strontium barium niobate ceramics //Ceramics International. – 2013. – Vol. 39. – №. 2. – p. 1971-1976.

Приложение А

Раздел 1 Литературный обзор

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОБМ01	Волов Артем Александрович		

Консультант школы отделения (НОЦ): Отделение экспериментальной физики

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Лаптев Роман Сергеевич	К.Т.Н.		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы: ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ляхотюк Любовь Андреевна			

1. Literature review.

1.1. Properties and structure of perovskites.

Perovskites are compounds like CaTiO_3 , and the most famous is PbTiO_3 , which have ferroelectric, anti-magnetoelectric, ferromagnetic and other properties. The formula of these compounds is written as $\text{A}[\text{BO}_3]$, where A is a two-charge cation, B is a four-charge cation. Cations can also be three-charge ones [1]. The perovskite structure is a cube with a large cation A in the center, a smaller cation B at the vertices, and oxygen atoms in the middle of the edges (Fig. 1). From the properties it should be noted that perovskite is a ferroelectric, that is, it has a high dielectric constant, it also does not melt, but only decomposes in boiling sulfuric acid. Hardness 5.5 – 6 on the Mohs scale [2].

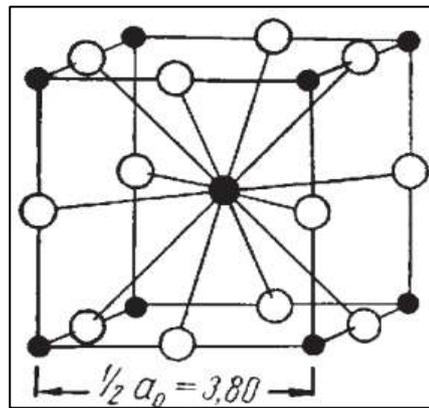


Figure 1.1 - Perovskite structure [2].

Perovskite-like compounds include such compounds that retain the appearance of a perovskite structure. One of these compounds is elpasolite with the structural formula $\text{A}_2\text{BB}'\text{X}_6$ and one has the form Figure 2, K_2NaAlF_6 being an example of such a compound. Another compound similar to perovskite can be called A_2BX_6 of the K_2PtCl_6 type. It also has a cubic shape, but inside half of the anionic octahedra are empty, and the NBO_6 octahedra are arranged in a chaotic order and isolated from each other (see Figure 3) [3].

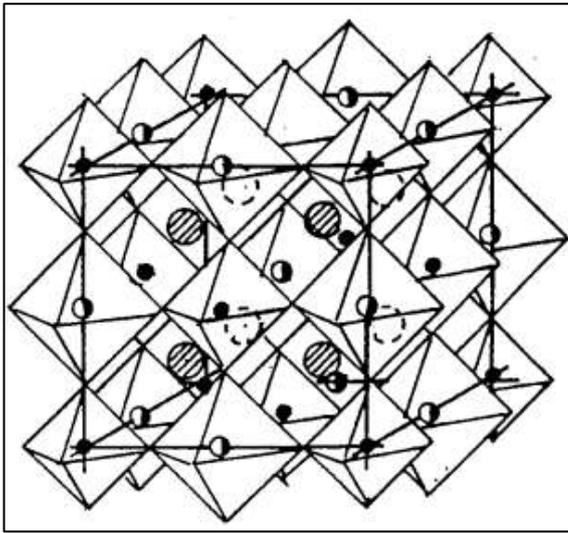


Figure 1.2 - A2BB'X Structure

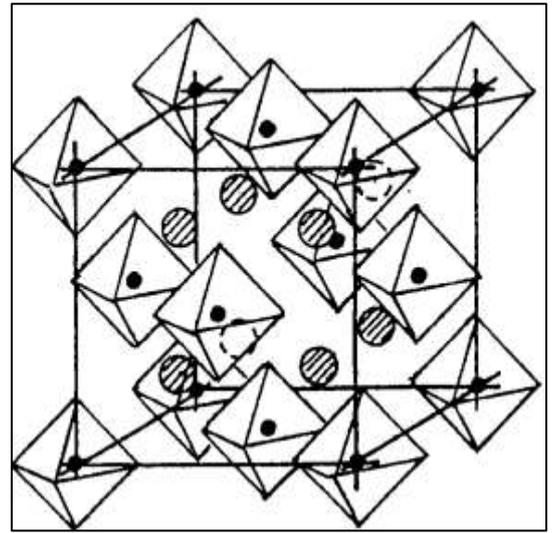


Figure 1.3 - A2BX6 Structure

Hybrid perovskites are also isolated. With the structural formula $APbX_3$, where A is most often a methylammonium ion (CH_3NH_3), and X_3 is a halogen ion (Cl, Br, I). The structure of such a compound is shown in Figure 4. It should be noted that this type of compounds has a high absorption coefficient regulated by the band gap. Because of these properties, materials based on hybrid perovskites are used in photovoltaic and optoelectronic spheres [4,5].

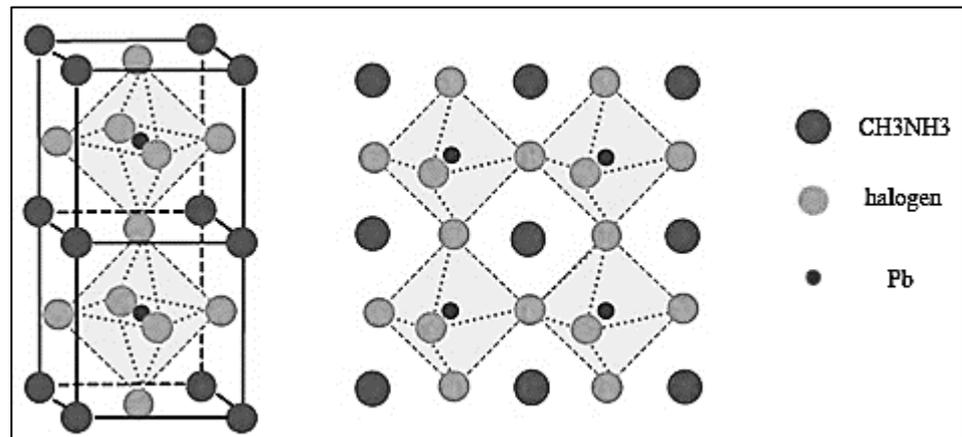


Figure 1.4 - Structure of hybrid perovskite [5].

1.2. Methods of obtaining piezomaterials.

Methods of synthesis of nanopowders can be divided into several groups such as [6]:

1. According to the principle of particle size change during synthesis
 - 1.1. dispersion methods
 - 1.2. condensation methods
2. According to the aggregate state of the starting substances.
 - 2.1. solid
 - 2.2. liquid
 - 2.3. gaseous

1.1 includes the following types: mechanical crushing (associated with mechanical stresses such as compression, stretching, bending, etc.), ultrasonic dispersion of macroscopic particles in solutions and mechanochemical synthesis. In 1.2, the following methods can be distinguished: based on various options for mixing the initial components, based on various options for solvent removal, incineration.

The ultrasonic method belongs to the group of physico-chemical, that is, intermediate. The microstructure of the resulting compounds is determined by the parameters of physical impact such as: frequency, intensity, etc. These effects trigger the mechanism of chemical reactions, which leads to the formation of a special microstructure, phase composition and unique functional properties [7].

One of the most common methods of synthesis is the solid—state method (mechanochemical). This method is carried out with the help of various mills (planetary, ball, etc.), in which crystals are crushed and their plastic deformation occurs. The result is accelerated mass transfer and mixing of components at the atomic level. One of the features of this method is that it proceeds at relatively low temperatures [8]. The advantages include the following: low energy consumption, reduced synthesis time, as well as the absence of water effluents from various raw materials. The disadvantages include possible contamination of the synthesis product with an abrasive material [9].

The method is carried out using a ball mill, below are some of its parameters. The main ones include: the relative frequency of rotation of the drum and the filling factor of grinding media. Other parameters include power consumption, performance and quality of the finished product, circulation load, air velocity in the drum, the ratio

of chamber lengths, the live section of the partition, the flow of separation air, aerodynamic parameter. To obtain particles with a smaller size, it is necessary to set smaller values of the relative rotational speed, since the grinding bodies will be constantly in contact with the starting substance, and with increasing frequency, the grinding bodies of the initial one will be crushed [10].

1.3. The phenomenon of polarization in perovskites

1.3.1. Piezo effect

Polarization is the process of displacement of bound charges having a common electric moment not equal to zero. Elastic (fast) and inelastic (slow) types of polarization are distinguished (the former are not related to thermal motion whereas the latter are). In general, the following types of polarization are distinguished: electronic (displacement of electron shells under the influence of an external electric field), ionic (displacement of crystal lattice nodes under the influence of an external electric field), dipole (orientation of dipoles under the influence of an external electric field), electron-relaxation (orientation of defective electrons in an external electric field), ion-relaxation (displacement of weakly fixed ions in the nodes of the crystal structure), structural (orientation of impurities and inhomogeneous macroscopic inclusions), spontaneous (the presence of an electric dipole moment in the absence of an external electric field (most often inherent in ferroelectrics)), resonant (orientation of particles whose natural frequencies coincide with the frequencies of the external electric field), migration (associated with the presence of layers of different conductivities in the dielectric) [11,12].

In piezoelectrics, polarization occurs as follows in the absence of external influences, the dipole moments in Figure 5 are directed from a negatively charged oxygen atom to a positively charged silicon atom. The moments are arranged so that the angles between them are 120 degrees, and their sum is zero. As soon as a mechanical action is applied, for example, compression or stretching, the angles between the moments shift and their sum is no longer zero, and as a result charges

appear on the surface of such a material (see Figure 6). This type of polarization is called a direct piezoelectric effect [13].

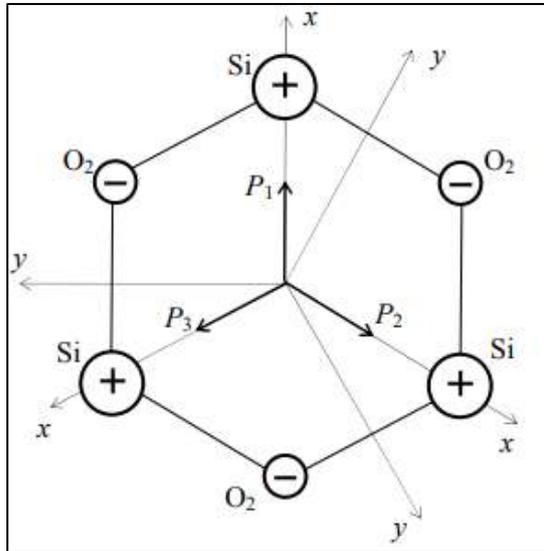


Figure 1.5 - Quartz structure [13].

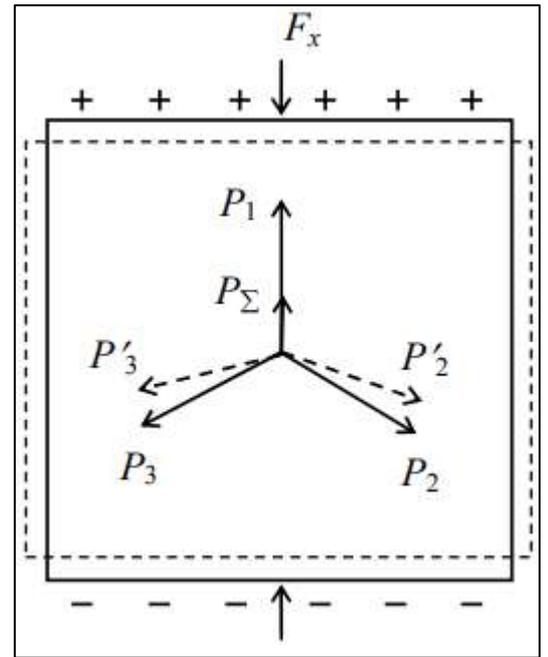


Figure 1.6 – Deformation of a quartz piezoelectric element [13].

In the direct piezoelectric effect the connection between the charges received on the surface and the applied force is carried out using the following expression:

$$q = d_{\text{dir}} \cdot F, \quad (1.1)$$

where d is the piezoelectric module.

There is also an inverse piezoelectric effect, which consists in the fact that when an external electric field is applied, the crystal contracts or expands. This effect is described by the expression:

$$S = d_{\text{inver}} \cdot E, \quad (1.2)$$

where S is the deformation, E is the electric field strength.

The value of the piezoelectric module for the forward and reverse piezoelectric effect is equal. These equations describe piezoelectric effects in a simplified form to provide a qualitative side. In real conditions, the dependence is manifested not only on the magnitude of the applied force or electric field, but also on the nature and direction of the forces relative to the crystallographic axes of the crystal. The piezoelectric effect

is described by more than one piezo module, and their number depends on the symmetry of the crystal [14].

1.3.2. Pyroelectric effect.

The pyroelectric effect is the property of a polar crystal to generate electrical energy when it is subjected to a change in thermal energy [15]. The pyroelectric effect can also be defined as the ability of crystals to generate electricity when they are dynamically heated or cooled; the pyroelectric becomes polarized positively or negatively in proportion to the temperature change. The physical mechanism of the pyroelectric effect is as follows: under constant external conditions (temperature, pressure, etc.), the structure of the polar crystal corresponds to its energy minimum. At the same time, polar-sensitive interatomic bonds, striving for their mutual ordering, are in fine equilibrium with the thermal chaotic motion of atoms in the crystal lattice. When this equilibrium changes, caused, for example, by a change in temperature (i.e. by changing the thermal energy), the polar crystal immediately reacts with the appearance of electric charges associated with polarization on the crystal surface. Figure 7 shows a model of the change in the dipole moment with increasing temperature.

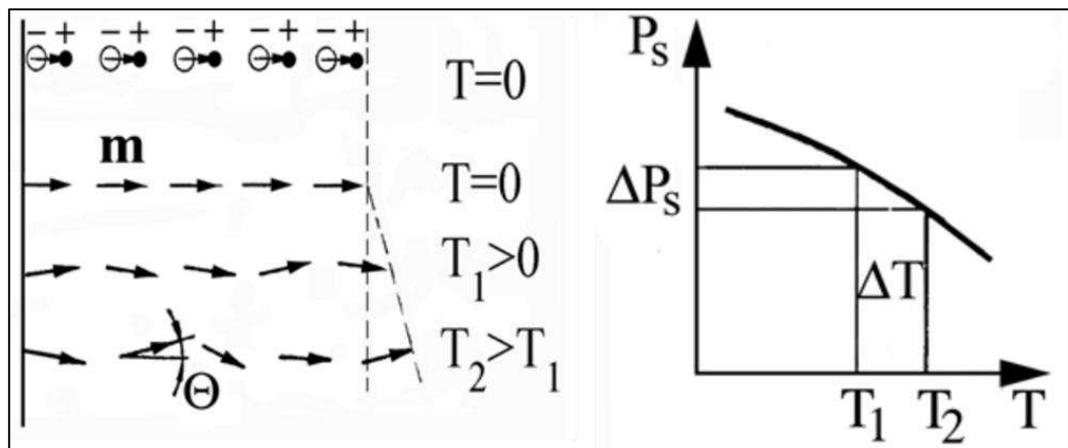


Figure 1.7 – Model mechanism of pyroeffect occurrence.

The pyroelectric coefficient can be determined using the following formula [16]:

$$I_{\text{pyro}} = A \cdot p \cdot dT/dt, \quad (1.3)$$

where I_{pyro} is the pyroelectric current, A is the area of the electrodes, p is the pyroelectric coefficient, dT is the temperature change during dt .

Very small temperature changes can cause a noticeable bioelectric potential: infrared sensors are constructed from such pyroelectric materials when the heat of a person or animal from a distance of several meters is enough to generate voltage. Among the wide range of thermal sensors using the pyroelectric effect, there are motion detectors, infrared thermometers for high-precision pyrometry, pyroelectric vidicons in both vacuum and microelectronic structures, etc.

1.4. Application of piezoceramics.

The use of piezoceramics can be divided into several groups such as: generators, sensors, actuators, converters and combined systems [17]. It separated by the type of piezoelectric effect: direct (transformation from fur. in e.), reverse and combined [18]. The use of a direct piezoelectric effect is also divided into ways of creating a mechanical effect: acoustoelectric (as receivers) and mechanoelectric (sensors and generators). The reverse piezoelectric effect has the following areas of application: related to wave processes, related to mechanical displacement. At the moment, ceramics are used in ultrasound medical equipment, sensors, resonators, filters, etc. More detailed application examples will be given below.

A piezoelectric motor is a system of mechanical displacement caused by a piezoelectric effect. The main signs can be called: movement steps, range of movement, speed of movement, load force. Piezoelectric motor is divided into: linear action and rotational action; impact action, deformation action and force action. The principle of operation of the shock action is as follows: the moving part of the motor is driven by the impact of the piezoelectric element on the natural oscillation frequency (resonant frequency) of the transmission. The essence of the deformation operation is that due to the change in the stress-strain state of the element under the action of the piezoelectric element, the movable element moves in a certain step sequence. The principle of operation of a dynamic piezoelectric motor: the force is transmitted directly

(or through a transmission link) from the piezoelectric element to the object, while angular or linear motion is carried out in a limited range [19].

Since there is a piezo motor, that is, a piezo generator, this comes from direct and reverse piezo effects and from the fact that any motor can become a generator and vice versa, but under some conditions. A direct current generator based on the Casimir effect was created and the one which solves the problem of an external power source [20]. However, it is indicated that this model is low-power and is not applicable for household loads, but only for charging ionistors and 1.2-1.5 V batteries. As another model of the piezo generator, it is proposed to install it underground, and that the external source should be machines [21]. This idea is promising if some active section of the motorway is converted either entirely or partially into a “piezo-road” and a step-up transformer is placed next to it for energy transmission, or this energy is used to illuminate this motorway without additional transformations.

Another application of piezo materials is an ultrasonic humidifier, which works according to the following principle: the piezoelectric element vibrates at high frequencies and breaks the water into tiny particles creating a kind of mist, after which the fan blows out the water suspension. According to the conducted studies, the content of aeroions in the air at different humidity with and without a humidifier varied greatly [22]. Without using a humidifier, the number of negative aeroions was less than the minimum permissible ones according to SanPiN 2.2.4.1294-03, and at approximately the same humidity using a humidifier, the number of negative ones almost doubled and passed the minimum requirement (>600 pcs/cm³).

Another way to use piezoceramics is to eliminate the adhesion of soils on the working parts of earthmoving machines. Such a combinatorial method was considered using piezoceramics, which oscillates at high frequencies [23]. Also, according to the results, it can be said that unfrozen soil with varying degrees of humidity peels off from the bucket from about 10 to 40 c, depending on the ambient temperature, and when freezing, this time changes from 15 to 40 C. It is also mentioned that with the introduction of such an installation on buckets, the cost of creating such equipment will increase by 20-40%, as well as their efficiency will increase.

Further, special cases of the use of materials based on perovskites will be considered.

1) In the cement industry.

The possibility of creating refractory bricks based on a system of calcium zirconite (CaZrO_3) and magnesium oxide. The material based on this system does not have a liquid phase up to temperatures above $2060\text{ }^\circ\text{C}$. Of the properties, it can be noted: corrosion resistance and good adhesion of the coating, but it peels off at high temperatures. Some types of spinel were added to the system to change the properties (hercynite and alumomagnesium spinel) [24]. Porosity values were improved, which amounted to 17-18%, bending strengths were significantly increased and materials with optimal properties were found: 2MA with a percentage composition of CaZrO_3 14% MgO 83% ZrO_2 0.5% MgAl_2O_4 2.5% and 8H CaZrO_3 14% MgO 80.7% ZrO_2 0.5% FeAl_2O_4 4.8%.

2) The use of barium-strontium titanate. (BaSrTiO_3)

One of the applications of this connection is a sandwich capacitor on ferroelectric films. These sandwich structures consist of a sapphire substrate, the lower electrode is made of platinum, a multilayer film of barium-strontium titanate is applied to it, and an upper electron of copper is located behind it. The dimensions of this product turned out to be approximately 0.6×0.3 to 1.6×0.8 mm. The control voltage of such materials is about 15 V. The best controllability indicator is shown in capacitors with a capacity of 1.3 pF. The value of the dielectric loss tangent is quite low, and at control voltages from 20 to 30 it is less than 0.002. Also, depending on the temperature from -55 to 85 degrees, the capacity value decreases by 15% according to [25].

Other applications of nanoscale films for tunable ultrahigh frequency devices. The creation of tunable microwave devices from films ($\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3$) with a thickness of less than 30 nm, varactors from such films will reduce losses in microwave devices and improve performance [26]. Barium-strontium titanate can also be used to create integrated circuits, nano- or microsystem technology.

3) The use of strontium titanate. (SrTiO_3)

In [27] it is mentioned that strontium titanate films are well applicable for the creation of capacitors, varistors and memristors. Also in [27], a five-layer titanate film is created, which was used to create a capacitor with the following parameters: size 0.8×0.8 mm, dielectric constant 186, and the tangent of the dielectric loss angle was 0.08.

4) Phosphor synthesis.

The possibility of creating a phosphor from calcium titanate [28] and calcium zirconate [29]. In the first case, praseodymium is added to the mixture, the composition is suitable for creating FED displays and using as a red phosphor with a long afterglow, and in the second europium, this mixture can be used in optoelectronic devices and flat displays.