

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

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка и исследование свойств сенсibilизированного красителем солнечного элемента УДК 547.97:544.525

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Ли Гэнь		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Кашкаров Е.Б.	к.ф.-м.н.		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Седанова Е.П.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

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

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



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

Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки (ООП/ОПОП) 03.03.02 Физика

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
150Б91	Ли Гэнь

Тема работы:

Разработка и исследование свойств сенсibilизированного красителем солнечного элемента	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22.05.2023, 142-41/с

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)	Пленки на основе диоксида титана (TiO_2) с добавкой 0,6 масс.% MXene
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке (аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)	Технология получения сенсibilизированных красителем солнечных элементов Материал и методы исследований Результаты исследований Социальная ответственность Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Заключение по работе
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	-

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Сечин А.И.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская М.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
-	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Кашкаров Е.Б.	к.ф.-м.н.		
ассистент	Седанова Е.П.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Ли Гэнь		



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

Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки (ООП/ОПОП) 03.03.02 Физика

Уровень образования бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
150Б91	Ли Гэнь

Тема работы:

Разработка и исследование свойств сенсibilизированного красителем солнечного элемента

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.11.2022	Литературный обзор по теме ВКР	15
30.04.2023	Методы исследования	5
01.06.2023	Результаты экспериментальных исследований. Обработка результатов.	50
01.06.2023	Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение	15
01.06.2023	Социальная ответственность	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Кашкаров Е.Б.	к.ф.-м.н.		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Седанова Е.П.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

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

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Ли Гэнь		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 82 с., 10 рис., 15 табл., 51 источник.

Ключевые слова: солнечный элемент, краситель, диоксид титана, эффективность, спектрометрия.

Объектом исследования являются фотоанодные пленки на основе диоксида титана (TiO_2) с добавкой 0,6 масс.% MXene

Цель работы – установление влияния добавки MXene на фотоэлектрические характеристики сенсibilизированных красителем солнечных элементов на основе TiO_2 .

В ходе работы был проведен аналитический обзор литературных источников по тематике разработки сенсibilизированных красителем солнечных элементов. Были получены образцы фотоанодных пленок для солнечных элементов на основе TiO_2 с добавлением 0,6 масс.% MXene (Ti_3C_2) и без добавок. Для полученных пленок были измерены фотоэлектрические характеристики, в частности показатель внешней квантовой эффективности.

В результате исследований установлено положительное влияние добавки 0,6 масс.% MXene (Ti_3C_2) в составе фотоанодной пленки TiO_2 на эффективность работы сенсibilизированного красителем солнечного элемента. Общий коэффициент фотоэлектрического преобразования увеличился с 3,9% до 4,2%.

Область применения: солнечные генераторы электроэнергии, сенсоры.

Экономическая эффективность/значимость работы: полученные в рамках выпускной квалификационной работы результаты демонстрируют высокую эффективность фотоэлектрического преобразования сенсibilизированных красителем солнечных элементов на основе диоксида титана с добавлением MXene . Такие солнечные элементы могут быть успешно интегрированы в различные электронные устройства и использованы в энергетике.

В будущем планируется проведение комплексного исследования с целью установления оптимального количества добавки MXene в состав фотоанодной пленки для достижения максимальной эффективности солнечного элемента. Так же запланировано проведение исследований, направленных на установление механических свойств полученных пленок и увеличения их долговечности.

Содержание

Введение.....	10
Глава 1. Технология получения сенсibilизированных красителем солнечных элементов	12
1.1 СКСЭ на основе TiO_2	14
1.1.1 Сенсibilизатор	18
1.1.2 MXene	19
1.2 Исследование модификации материала фотоанода TiO_2	21
1.2.1 Оптимизация структуры фотоанода TiO_2	23
1.2.2 Показатели оценки для сенсibilизированных красителем солнечных элементов	25
Глава 2. Материалы и методы исследования	28
2.1 Подготовка фотоанодов для СКСЭ.....	28
2.1.1 Предварительная обработка подложки.....	28
2.1.2 Приготовление шлама пленок фотоанода	28
2.1.3 Изготовление пленок фотоанода	29
2.2 Приготовление электролита.....	30
2.3 Сборка СКСЭ.....	30
2.4 Исследование фотоэлектрических характеристик СКСЭ.....	31
2.4.1 Внешняя квантовая эффективность пленок	31
2.4.2 УФ/Vis спектрометрия поглощения пленок.....	32
2.4.3 Исследование производительности СКСЭ.....	32
Глава 3. Результаты исследований	34
3.1. Анализ результатов исследования ВКЭ	34
3.2. Анализ результатов УФ-Vis спектроскопии поглощения	35
3.3. Анализ результатов производительности СКСЭ	36
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	39

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	40
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	40
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений	40
4.1.3 SWOT-анализ	42
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	43
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	43
4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования	45
4.2.3 Бюджет научно-технического исследования	47
4.2.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	48
4.2.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	48
4.2.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	50
4.2.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	52
4.2.3.5 Накладные расходы.....	52
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	53
Глава 5. Социальная ответственность.....	57
5.1. Вредные факторы проектируемой производственной среды.....	57
5.1.1 Производственный шум	57
5.1.2 Промышленная санитария.....	58
5.1.3 Микроклимат	59
5.1.4 Расчет искусственной освещенности	60
5.2. Электробезопасность	64
5.3. Пожаровзрывобезопасность.....	67
5.4. Охрана окружающей среды	71
5.4.1. Защита в чрезвычайных ситуациях	72
5.4.2. Правовые вопросы обеспечения безопасности.....	73
Заключение по работе	75
Список литературы	77

Введение

Китай является второй по численности населения развивающейся страной в мире. В связи со стремительным экономическим развитием в последние два десятилетия ежегодное потребление энергии государства огромно. Статистика показывает [1], что только в период с 2000 до 2006 год показатель потребления первичной энергии вырос в 228 раз. При этом среди основных источников энергии на долю нефти, угля и природного газа приходится порядка 20 %, 70 % и 3 % соответственно. Глобальное использование ископаемых энергоносителей сопряжено с выделением большого количества вредных парниковых газов и, как следствие, ухудшением состояния экологии. Также запасы таких энергоносителей ограничены, а научно-технический прогресс в области энергетических технологий недостаточен для покрытия растущих затрат на их производство.

Солнечная энергетика – это прямое преобразование солнечной излучения в электричество за счет фотоэлектрического эффекта в полупроводниках. Использование солнечной энергии является одним из перспективных способов решения возможного энергетического кризиса и экологических проблем (таких как парниковый эффект и разрушение озонового слоя). Однако высокая стоимость и технологическая сложность изготовления традиционных солнечных элементов на основе кремния препятствуют их широкомасштабному внедрению в энергетическую отрасль [2]. Новое поколение солнечных элементов на основе нанокристаллических оксидных полупроводников и красителей, так называемые сенсibilизированные красителем солнечные элементы (СКЭС), являются дешевой и эффективной альтернативой применяемым технологиям [3,4]. Таким образом, направления исследований, связанные с разработкой СКЭС с высокими эксплуатационными характеристиками, приобретают высокую значимость и актуальность.

Целью данной работы являлось установление влияния добавки MXene на фотоэлектрические характеристики сенсibilизированных красителем солнечных элементов на основе TiO_2 .

Задачи работы:

- подготовка пленок на основе TiO_2 без добавок и с добавлением MXene;
- сборка сенсibilизированных красителем солнечных элементов на основе полученных пленок;
- исследование фотоэлектрических характеристик полученных солнечных элементов;
- анализ влияния добавки MXene на фотоэлектрические характеристики солнечных элементов.

Глава 1. Технология получения сенсibilизированных красителем солнечных элементов

Сенсibilизированные красителем солнечные элементы (СКСЭ) стали жизнеспособной альтернативой традиционным фотоэлектрическим устройствам с р-п-переходом, как с точки зрения технического прогресса, так и экономической целесообразности. За прошедшие годы разработка СКСЭ претерпела значительный прогресс, обусловленный глубоким пониманием основополагающих принципов и постоянными исследовательскими усилиями.

История солнечных элементов, сенсibilизированных красителями, берет свое начало в конце 1960-х годов, когда была открыта концепция выработки электроэнергии с помощью подсветки органических красителей в электрохимических ячейках. Исследователи из Калифорнийского университета в Беркли изучали использование хлорофилла, извлеченного из шпината, вдохновляясь процессом фотосинтеза. В 1972 году был синтезирован первый хлорофилл-сенсibilизированный электрод из оксида цинка (ZnO), позволяющий преобразовывать фотоны в электричество за счет введения возбужденных молекул красителя в широкозонный полупроводник [5].

Первые исследования были посвящены монокристаллам ZnO [6], однако эффективность этих первых сенсibilизированных красителями солнечных элементов была ограниченной, поскольку монослой молекул красителя мог поглощать лишь часть падающего света обычно до 1%. Чтобы повысить эффективность сбора света, исследователи начали оптимизировать пористость электрода, используя мелкий оксидный порошок. Это привело к открытию нанопористых электродов из диоксида титана (TiO_2) с коэффициентом шероховатости около 1000. В 1991 году были изобретены СКСЭ с эффективностью 7%, что стало важной вехой в их развитии [7].

Эти инновационные солнечные батареи, часто называемые ячейками Гретцеля, были совместно изобретены в 1988 году Брайаном О'Риганом и Майклом Гретцелем в Калифорнийском университете в Беркли. Дальнейшие усовершенствования были сделаны этими учеными в Федеральной политехнической школе Лозанны до 1991 года. Созданное ими устройство состояло из наночастиц TiO_2 толщиной 10 мкм, с большой площадью поверхности и оптически прозрачной пленкой, покрытой монослоем красителя с переносом заряда, специально разработанного для сенсibilизации пленки для эффективного сбора света. Такая конструкция позволила устройству собирать значительную часть падающего потока солнечной энергии, достигая эффективности более 80% при преобразовании фотонов в электрический ток. Общая эффективность преобразования падающих фотонов в ток (incident photon to current conversion efficiency) была измерена на уровне 7,1-7,9% при имитации солнечного света и 12% при рассеянном дневном свете. Ячейки продемонстрировали высокую плотность тока короткого замыкания (J_{sc}), превышающую 12 мАсм^{-2} , исключительную стабильность в течение не менее пяти миллионов оборотов без разложения, а также низкую стоимость, что делает их перспективными для практического применения [7].

По мере продолжения исследований и технологического прогресса эффективность сенсibilизированных красителем солнечных элементов значительно повысилась. Были достигнуты высокоэффективные СКСЭ с КПД, превышающим 15%, и продолжающиеся исследования направлены на дальнейшее повышение их эффективности и стабильности. Кроме того, исследователи изучают новые материалы и технологии, такие как перовскитные материалы и органические неорганические гибриды, чтобы расширить границы эффективности солнечных элементов, сенсibilизированных красителями.

В заключении следует отметить, что разработка солнечных элементов, сенсibilизированных красителями, представляет собой прогрессивный путь, характеризующийся непрерывными исследованиями, инновациями и усовершенствованиями. От первых открытий в лаборатории до нынешнего состояния высокой эффективности и стабильности, СКСЭ стали перспективной технологией в области преобразования солнечной энергии.

1.1 СКСЭ на основе TiO_2

Сенсibilизированные красителем солнечные элементы, как показано на рисунке 1.1, состоят из пяти основных компонентов: электропроводящей подложки, фотоанода, красителя, электролита и контрэлектрода. Фотоанод в основном состоит из нанопористой пленки на основе диоксида титана (TiO_2). Структура TiO_2 -пленки [8,9], тип молекул красителя-чувствительного агента [10], состав электролита [11], структура контрэлектрода [12] и другие структурные конструкции на основе традиционных СКСЭ [13] могут влиять на оптико-электрические свойства СКСЭ.

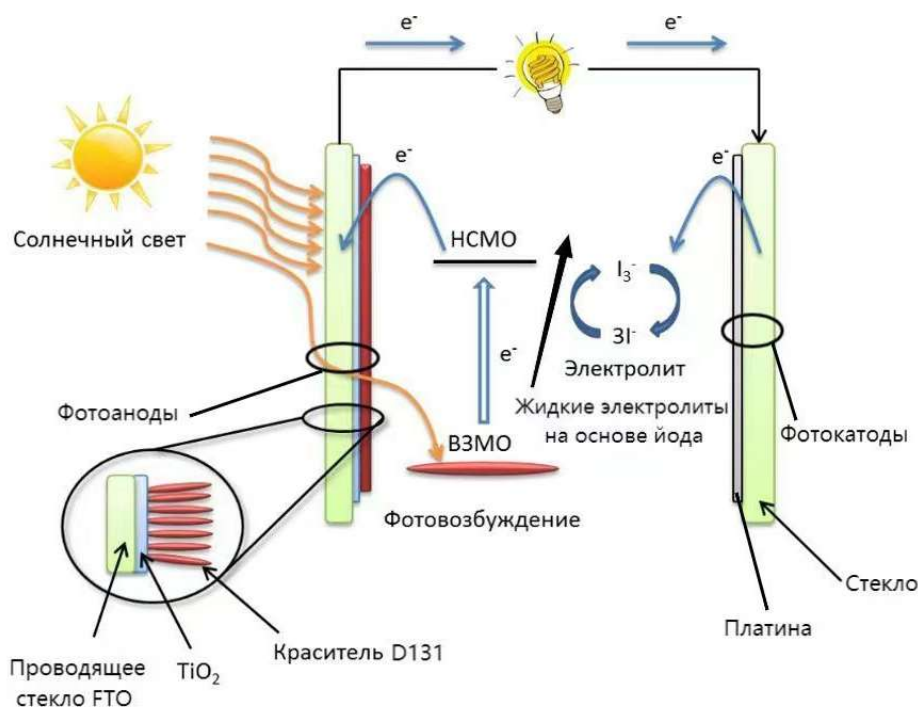


Рисунок 1.1 – Схема структуры СКСЭ

Как ключевой компонент СКСЭ, фотоанод обладает способностью адсорбировать красители-чувствительные элементы, передавать фотогенерированные электроны и увеличивать коэффициент поглощения света. Нанокристаллические пленки являются не только носителем молекул красителей, но также промежуточным транспортером заряда и местом возникновения электронных сочетаний, которые имеют важное значение для определения фотоэлектрических свойств аккумулятора. Учитывая вышеупомянутые факторы, нанокристаллические пленки фотоанода должны отвечать следующим требованиям [14-16]:

- материал фотоанода должен иметь подходящую молекулярную нижнюю уровню занятости (LUMO) и запрещенную зону, которые соответствуют энергетическим уровням молекул красителей-чувствительных элементов и электролита системы окислительно-восстановительной реакции, что обеспечивает перенос электронов между энергетическими уровнями в термодинамическом аспекте;

- нанопленки и проводящая подложка, а также наночастицы в пленке должны иметь хороший электрический контакт, чтобы внедренные электроны могли эффективно передаваться и переноситься;

- окислительно-восстановительные пары в электролите должны хорошо проникать внутрь нанопленки, чтобы эффективно восстанавливать и регенерировать окисленные молекулы красителей.

С учетом вышеуказанных требований, основным направлением исследований фотоанодов для СКСЭ является повышение эффективности фотоэлектрического преобразования ячеек за счет увеличения транспорта электронов, подавления комбинирования электронов и усиления использования поглощения света. Основными материалами, применяемыми в качестве фотоанодов для СКСЭ, являются простые полупроводниковые оксиды, такие как TiO_2 , ZnO , SnO_2 , Nb_2O_5 , Al_2O_3 , CeO_2 и NiO , а также некоторые трехкомпонентные металлические оксиды, такие как SrTiO_3 и

Zn_2SnO_4 , и материалы с ядром-оболочкой, такие как SnO_2 , покрытый TiO_2 и Nb_2O_5 , покрытый TiO_2 [17,18]. Однако до сих пор наиболее эффективным фотоанодом СКЭС остается TiO_2 , и исследования в этой области сосредоточены на синтезе нанокристаллического TiO_2 , его модификации и оптимизации структуры фотоанода.

TiO_2 как материал, первоначально применяемый в качестве фотоанода в СКЭС, является стабильным, безопасным, обладает большой площадью поверхности в наномасштабе, имеет подходящую ширину запрещенной зоны и LUMO, и является отличным фотоэлектрическим материалом с обширными запасами. При комнатной температуре и атмосферном давлении TiO_2 существует в основном в форме рутила и анатаза. Исследования показывают, что анатазный TiO_2 имеет лучшие фотоэлектрические свойства [19], и поэтому широко применяется в качестве светочувствительного электрода в СКЭС, тогда как рутил обладает лучшими преломляющими свойствами [20] и имеет некоторое применение в сосуществовании с анатазом. Кроме кристаллической структуры, другие микроструктурные свойства наночастиц TiO_2 , такие как размер, форма, удельная поверхность, поры тонкой пленки, оказывают важное влияние на характеристики СКЭС. Высокая удельная поверхность светочувствительного электрода является необходимым условием для достижения высокой эффективности СКЭС, увеличение удельной поверхности наноматериалов можно достичь путем уменьшения размера кристаллов. Однако уменьшение размера частиц приводит к увеличению количества границ зерен, что не способствует диффузии носителей заряда в тонкой пленке светочувствительного электрода, что оказывает негативное влияние на эффективность батареи. Исходя из этого, обычно считается, что наиболее подходящий размер частиц находится в диапазоне от 10 до 25 нм [21,22]. Выбор подходящего метода и процесса для оптимизации наночастиц TiO_2 является первоочередной задачей для исследований.

Существует много способов получения наночастиц TiO_2 [23,24]. В зависимости от состояния реагентов, они могут быть классифицированы как газофазный, жидкостный и твердофазный методы. Газофазные методы включают термический разложения титановых спиртов, окисление TiCl_4 в газовой фазе, гидрогенерационное горение TiCl_4 , окисление TiCl_4 в газовой фазе титановыми спиртами и гидролиз титановых спиртов в газовой фазе. Жидкостные методы включают сол-гельный метод [25], гидротермальный метод [26], гидролитический метод [27], метод химического осаждения [28] и метод микроэмульсии. Основной принцип жидкостных методов заключается в выборе одного или нескольких соответствующих растворимых металлических солей, приготовление раствора с учетом состава приготавливаемого материала, а затем выбор отложенного агента (или использование методов испарения, сублимации, гидролиза и т.д.), чтобы равномерно отложить металлические ионы (или выкристаллизоваться). Твердофазные методы включают высокоэнергетическое шаровое измельчение и механическое измельчение и т.д. Наиболее широко используемый в области фотокаталитического nano TiO_2 коммерческий катализатор P25, производства немецкой компании Degussa, получен газофазным методом (гидрогенерационное горение TiCl_4). TiO_2 , полученный газофазным методом, имеет высокую чистоту, мелкий размер частиц и хорошую однородность распределения, но процесс газофазного метода сложен, имеет высокое энергопотребление, высокие требования к материалам оборудования и требует точного контроля параметров процесса. Обычно производители не могут его производить, что приводит к высокой стоимости продукта. Поэтому для получения наночастиц TiO_2 обычно используют жидкостные методы.

1.1.1 Сенсibilизатор

Сенсибилизированные красителем солнечные элементы, в которых широкая запрещенная зона полупроводника может быть расширена только за счет сенсибилизации красителем до видимой и даже инфракрасной области светопоглощения элемента. Когда свет попадает на краситель, электроны основного состояния переходят в возбужденное состояние, электроны возбужденного состояния попадают в полосу проводимости полупроводника, а дырки реагируют с I^3^- , восстанавливая краситель. Коэффициент молярной экстинкции, диапазон поглощения света и квантовая эффективность инжекции электронов являются наиболее важными элементами работы красителя и сильно влияют на эффективность фотоэлектрического преобразования СКСЭ. Существует два основных типа фотосенсибилизаторов, обычно используемых в сенсибилизированных красителями солнечных элементах: металлокомплексные красители и чистые органические красители в виде малых молекул. Основными металлокомплексными красителями являются комплексы рутения, осмия, платины и цинк-порфириновые комплексы.

Органические красители обычно имеют гораздо более высокие молярные коэффициенты поглощения (50,000-200,000 М·см), чем комплексы на основе гвоздя, но обычно имеют более высокий диапазон поглощения света (в пределах 100-250 нм) [39]. Более эффективные органические красители обычно содержат донор электронов и акцептор электронов, соединенные сопряженными связями. Акцептор электронов функционализирован кислотной группой, прикрепленной к поверхности оксида. Фотовозбуждение вызывает чистый перенос электронов от донора электронов к акцептору электронов, которые затем попадают в полосу проводимости полупроводника. Обычно присоединение алкильной цепи к красителю создает сложный барьер из дырок в окислительно-восстановительной паре и электронов на

поверхности TiO_2 . Обычно используются триариламиновая система, индольная система [40]

Индольные системы - это класс молекул красителей, основанных на структуре индола. Индол - это азотсодержащее ароматическое кольцо, обладающее особыми химическими и оптическими свойствами, поэтому широко используется в области красителей. К распространенным индольным красителям относятся D102, D131, D149 и другие.

Красители индольной системы обычно состоят из индольного кольца и различных заместителей, присоединенных к индольному кольцу. Эти заместители могут быть изменены по структуре и положению для изменения спектра поглощения, люминесценции и химической стабильности красителей. Красители индольной системы обычно демонстрируют широкую полосу поглощения в спектре поглощения, поглощая свет в видимой и ближней ультрафиолетовой областях. Это делает их потенциально выгодными для таких применений, как сенсibilизированные красителями солнечные элементы, фотосенсibilизированные материалы и флуоресцентные зонды. Красители индольной системы также могут быть синтезированы, а их заместители структурированы для изменения их растворимости, поведения молекулярной агрегации и фотофизических свойств, что позволяет точно контролировать свойства красителей. Это открывает возможности для разработки и синтеза органических красителей с особыми требованиями к применению.

1.1.2 MXene

MXene - это класс двумерных слоистых материалов, получаемых из карбидов или нитридов переходных металлов методом химического отшелушивания. Его превосходные свойства - высокая электропроводность,

высокая механическая прочность и химическая стабильность - привели к широкому интересу в энергетическом секторе.

В сенсibilизированных красителями солнечных элементах MXene может играть важную роль как часть материала фотоанода. Фотоанод является одним из ключевых компонентов СКСЭ и отвечает за поглощение световой энергии и преобразование ее в электроны. MXene в качестве материала фотоанода имеет следующие преимущества:

- высокая электропроводность: MXene обладает отличной электропроводностью, что эффективно облегчает транспортировку и инжекцию электронов в полупроводниковый материал, повышая эффективность фотоэлектрического преобразования;

- большая площадь поверхности: MXene имеет ламинарную структуру, что обеспечивает большую площадь поверхности и помогает увеличить площадь контакта фотоанода с красителем и электролитом, улучшая эффект поглощения света и эффективность переноса электронов;

- настраиваемость: структура и свойства MXene могут быть настроены путем управления количеством слоев, поверхностных функциональных групп и компонентов, что позволяет оптимизировать электрохимические свойства MXene для конкретных условий применения и достичь более высокой эффективности фотоэлектрического преобразования;

- химическая стабильность: MXene обладает высокой химической стабильностью и способен сохранять стабильность характеристик и срок службы в условиях эксплуатации СКСЭ.

Применение MXene в сенсibilизированных красителем солнечных элементах в основном отражается в создании и улучшении фотоанодов. Комбинируя наноматериалы MXene с другими функциональными материалами (например, диоксидом титана), можно создать композитный фотоанод для повышения эффективности фотоэлектрического преобразования. Электропроводность MXene помогает повысить

эффективность переноса электронов, а большая площадь поверхности может увеличить адсорбцию красителя и еще больше усилить эффект поглощения света. Кроме того, химическая стабильность MXene способствует стабильности и долгосрочной работе фотоанода.

1.2 Исследование модификации материала фотоанода TiO_2

Несмотря на то, что наночастицы TiO_2 как материалы светочувствительного анода дали поразительный КПД солнечной батареи, все еще существует множество проблем: (1) тонкие пленки нанокристаллического TiO_2 содержат множество поверхностных состояний, что вызывает проблемы с поверхностными дефектами, электронными ловушками и соединением границ, что значительно повышает вероятность комплексования фотоиндуцированных электронов с электролитом и красителем [29]. (2) Движение электронов в тонком слое TiO_2 занимает время от микросекунд до секунды и является самым медленным процессом во всей СКСЭ [15]. Это связано с тем, что электролит проникает во всю пористую пленку, и в электроде не формируется макроскопического электростатического градиента, поэтому концентрационный градиент электронов внутри пленки становится движущей силой для их перемещения, и поэтому транспорт электронов осуществляется диффузией, а не дрейфом. Коэффициент диффузии электронов в нанокристаллической пленке на порядки ниже, чем в объемном полупроводнике. Низкий коэффициент диффузии электронов в пористой пленке и наличие поверхностных ловушек приводят к снижению собираемых фотогенерированных электронов и ограничивают производительность солнечного элемента.

Исследование модификации материала TiO_2 для фотоанода является эффективным методом повышения производительности СКСЭ и решения указанных проблем. Поверхностные свойства наночастиц TiO_2 сильно влияют

на производительность СКСЭ. Несмотря на то, что пленочный электрод имеет большую удельную поверхность, что позволяет увеличить количество поглощаемого красителя и повысить использование света солнечной батареей, поверхностные дефекты и проблемы границы соединения приводят к легкому захвату электронов окисленными молекулами красителя и I_3^- , увеличивая вероятность рекомбинации электронов и ухудшая производительность батареи. В связи с этим исследователи провели множество работ по модификации материала фотоанода, включая обработку поверхности TiO_2 -пленки и фальсификация.

Самым распространенным методом обработки поверхности TiO_2 пленки является использование водного раствора $TiCl_4$. Этот метод был предложен впервые Grätzel [30], а затем широко применяется. Помещение обожженной TiO_2 пленки в раствор $TiCl_4$ воды значительно увеличивает плотность короткого замыкания светового тока (J_{sc}) собранных СКСЭ. Исследователи считают, что обработка $TiCl_4$ может покрыть поверхность TiO_2 частиц тонким слоем более мелких частиц TiO_2 , создавая барьер на полупроводниковом-электролитном интерфейсе, повышающий эффективность инжекции электронов. Кроме того, эти мелкие частицы TiO_2 также способствуют увеличению контакта электродов TiO_2 . Хотя удельная поверхность нанокристаллической пленки может снизиться после обработки, увеличение объема нанокристаллического TiO_2 на единицу объема повышает J_{sc} , что увеличивает КПД преобразования энергии света в электроэнергию (η) [31]. Кроме того, были предприняты попытки обработки поверхности TiO_2 другими способами. Wu [32] и др. обрабатывали TiO_2 пленку с использованием четырех видов кислот (соляной, серной, азотной и фосфорной), чтобы изучить влияние обработки кислотой на свойства СКСЭ. Результаты показали, что обработка соляной кислотой дала наилучшие результаты по заполнению фактора (FF) в батарее, превосходя другие обработки кислотой. Соляная кислота вызывает положительное смещение проводимости электрода TiO_2 , не разрушая при

этом поверхностную структуру TiO_2 , и не добавляет новых примесей, увеличивая точки поглощения красителей на TiO_2 , что в свою очередь повышает поглощение красителя.

Введение MXene в качестве примеси является ещё одной стратегией оптимизации структуры тонкой пленки фотоанода с целью улучшения его проводимости и эффективности преобразования света в электричество. MXene, как двумерный наноматериал, обладает выдающимися электропроводностью и способностью к электронному транспорту. Введение MXene в TiO_2 тонкую пленку фотоанода может служить новым слоем для передачи электронов, повышая проводимость пленки и снижая электрическое сопротивление электронного транспорта, что в свою очередь увеличивает скорость передачи электронов [33]. Это улучшение способно снизить вероятность рекомбинации электронов, повысить эффективность передачи фотогенерированных электронов и увеличить эффективность преобразования света в электричество. Более того, MXene обладает высокой удельной поверхностью и химической активностью, что позволяет обеспечить больше активных поверхностных сайтов для адсорбции красителя, усиливая способность поглощения света и дальнейшее повышение эффективности преобразования света в электричество.

1.2.1 Оптимизация структуры фотоанода TiO_2

Фотоанодные пленки TiO_2 , ключевой компонент сенсibilизированных красителем солнечных элементов, могут быть оптимизированы и улучшены как вопрос первостепенной важности. Параметры фотоанодных пленок, которые могут влиять на количество адсорбированного красителя и скорость переноса электронов, включают, но не ограничиваются этим, толщину пленки и молекулярную структуру пленки.

Толщина пленки фотоанода является ключевым параметром, требующим балансировки между увеличением поглощения красителя и повышением эффективности переноса электронов. Более толстая пленка может вместить больше наночастиц TiO_2 и молекул красителя, увеличивая тем самым количество фотоиндуцированных электронов и способность поглощения света. Однако слишком толстая пленка приводит к увеличению времени передвижения электронов в фотоаноде, что снижает скорость переноса электронов и увеличивает вероятность их рекомбинации. Кроме того, слишком толстая пленка может влиять на проницаемость электролита и сцепление пленки с проводящей основой. Исследование, проведенное Nakade [22], показало, что оптимальная толщина пленки TiO_2 фотоанода составляет 14 мкм. Однако конкретная оптимальная толщина может незначительно варьироваться в зависимости от условий эксперимента и методов изготовления. Согласно имеющейся литературе и методам исследования, используемым в данной работе, оптимальная толщина пленки фотоанода в СКЭС с электролитом на основе $\text{I}^- / \text{I}_3^-$ составляет примерно 15-20 мкм.

Обработка TiCl_4 - это метод оптимизации и улучшения структуры фотоанодных пленок [30]. TiCl_4 - это широко используемый агент для улучшения электропроводности и свойств поверхности фотоанодных пленок путем пропитки и прокаливания пленок TiO_2 . Обработка TiCl_4 может улучшить кристаллизацию пленок TiO_2 , увеличить размер зерна и улучшить электропроводность пленок. В то же время, обработка TiCl_4 может образовать больше активных участков, увеличить адсорбцию молекул красителя и улучшить способность поглощения света. Кроме того, обработка TiCl_4 может улучшить межфазный контакт между фотоанодом и электролитом, повышая эффективность переноса электронов и инжекции заряда, что способствует улучшению работы солнечных элементов, сенсibilизированных красителем.

Допирование MXene является еще одной стратегией оптимизации структуры фотоанодной пленки, направленной на улучшение

электропроводности и эффективности фотоэлектрического преобразования фотоанодов [33]. MXene, как двумерный наноматериал, обладает превосходной электропроводностью и способностью переноса электронов. Допирование MXene в фотоанодные пленки TiO_2 может быть использовано в качестве нового электронно-транспортного слоя для увеличения проводимости пленки и снижения сопротивления переноса электронов, таким образом, увеличивая скорость переноса электронов. Это улучшение может уменьшить скорость соединения электронов, увеличить эффективную передачу фотогенерированных электронов и повысить эффективность фотоэлектрического преобразования. Кроме того, MXene также имеет высокую удельную площадь поверхности и химическую активность, что может обеспечить большее количество поверхностных реакционных участков и увеличить возможность адсорбции красителя, тем самым усиливая поглощение света и еще больше повышая эффективность фотоэлектрического преобразования.

1.2.2 Показатели оценки для сенсibilизированных красителем солнечных элементов

Показатели оценки сенсibilизированных красителем солнечных элементов в данной работе включают: фотоэлектрическое преобразование (η), напряжение разомкнутой цепи (V_{oc}), плотность тока короткого замыкания (J_{sc}), коэффициент заполнения (FF), внешняя квантовая эффективность (ВКЭ) и поглощение (Absorbance).

Коэффициент фотоэлектрического преобразования (η) представляет собой отношение между выходной электрической энергией и входной световой энергией, и выражается формулой [34]:

$$\eta = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) * 100\% = \frac{V_{oc} J_{sc} FF}{P_{in}},$$

где P_{out} - максимальная выходная мощность элемента,

P_{in} - входная оптическая мощность.

Напряжение разомкнутой цепи (V_{oc}) - это напряжение ячейки, измеренное на сенсibilизированном красителем солнечном элементе без внешней нагрузки [35], и выражается формулой:

$$V_{oc} = 1/q (E_{fermi} - E_{redox}^-)$$

где E_{fermi} - уровень энергии Ферми полупроводника,

E_{redox} - потенциал Найквиста окислительно-восстановительной электронной пары в электролите.

Плотность тока короткого замыкания (J_{sc}) - это плотность тока, генерируемая при соединении анода и катода в короткую цепь в рабочем состоянии сенсibilизированного красителем солнечного элемента, выражается уравнением [36]:

$$J_{sc} = \frac{I_{sc}}{A}$$

где I_{sc} - ток короткого замыкания,

A - площадь ячейки.

Коэффициент заполнения (FF) описывает соотношение между выходным током и выходным напряжением ячейки и отражает степень эффективности переноса и сбора заряда в ячейке, выражается уравнением [37]:

$$FF = \frac{V_{mp} \cdot J_{mp}}{V_{oc} \cdot J_{sc}},$$

где V_{mp} представляет собой выходное напряжение элемента в точке максимальной мощности,

J_{mp} - выходной ток элемента в точке максимальной мощности.

Внешняя квантовая эффективность (ВКЭ) - это отношение заряда, собранного СКСЭ, к количеству всех падающих фотонов и выражается уравнением [36]:

$$EQE(\lambda) = \frac{I_{sc}}{qAQ(\lambda)}$$

где $Q(\lambda)$ - спектральная плотность потока падающих фотонов,

q - электронный заряд.

Поглощение (A) представляет собой меру степени поглощения света клеткой и выражается формулой [37]:

$$A = \lg \frac{I_0}{I} = -\lg T$$

где I_0 - интенсивность падающего света,

I - интенсивность проходящего света,

T - коэффициент пропускания.

Глава 2. Материалы и методы исследования

2.1 Подготовка фотоанодов для СКСЭ

2.1.1 Предварительная обработка подложки

Перед использованием проводящее стекло было разрезано на куски размером 1,5 см x 2 см, а затем очищено в ультразвуковой ванне в течение 15 минут в дистиллированной воде, безводном этаноле, изопропанолем, изопропанолем и безводном этаноле. Очищение проводилось во всех перечисленных веществах в этом же порядке.

Очищенное стекло было высушено на воздухе, после чего укладывалось на фольгу проводящей стороной вверх и помещалось в установку УФ-очистки для обработки озоном в течение 15 минут.

2.1.2 Приготовление шлама пленок фотоанода

Получение пленки TiO_2 смесь из 0,25 г гидроксипропилцеллюлозы, 0,5 г полиэтиленгликоля (Хорошая дисперсия и высокая вязкость способствуют получению более ровной и стабильной фотоанодной пленки) и 4 мл водопроводной помещалась во флакон с магнитной мешалкой и перемешивалась в течение 20 минут. Далее во флакон был добавлен 1 г диоксида титана P25, и смесь продолжала перемешиваться еще в течение 48 часов.

Пленка $\text{TiO}_2@\text{MXene}$ была получена на основе соединения Ti_3C_2 . Для его получения было использовано два подхода, предложенных авторами [38]. Первый заключался в том, что порошок МАХ-фазы Ti_3AlC_2 был помещен в концентрированную кислоту HCl . Второй способ заключался в использовании водного раствора плавиковой кислоты HF . В обоих случаях растворы подвергались воздействию ультразвуком, для слойки удаления Al . Осадок,

полученный при фильтровании хлоридного раствора, промывался в этаноле и был высушен в вакууме для получения чистого $\text{Ti}_3\text{C}_2@\text{MXene}$.

Полученное соединение MXene добавлялся во флакон вместе с диоксидом титана P25. Полученная смесь также перемешивалась в течение 48 часов.

2.1.3 Изготовление пленок фотоанода

Пленки TiO_2 и $\text{TiO}_2@\text{MXene}$ были выполнены согласно методу «соскабливания раствора». Полученные шламы наносились и равномерно распределялись по поверхности подготовленного токопроводящего стекла с использованием стеклянной палочки.

Полученные полуфабрикаты фотоанодов помещались в муфельную печь, внешний вид которой показан на рисунке 2.1, и прокаливались в несколько этапов.



Рисунок 2.3 – Муфельная печь KSL-1200X

Первый этап включал в себя многоступенчатый нагрев и выдержку пленок при определенных температурах. Печь разогревалась со скоростью 5

°C/мин до 325 °C, выдержка при этой температуре составляла 5 минут. Далее температура увеличивалась до 375 °C с последующей выдержкой в течение 5 мин, до 450 °C и выдержкой 15 минут и до 500 °C с выдержкой 15 минут. Далее прокаленные пленки погружались в водный раствор TiCl_4 (соотношение: 60 мкл тетраоксида титана, 10 мл воды) проводящей стороной вверх и выдерживались в печи при 70 °C в течение 1 часа. Далее пленки извлекались из печи, промывались дистиллированной водой и этанолом, сохли.

Второй этап прокаливания включал в себя выдержку пленок в печи в течение 30 минут при температуре 500 °C, после чего оставались в печи остывать до комнатной температуры.

Остывшие пленки вынимались из печи и сразу погружались в раствор красителя (растворитель безводный этанол, концентрация 1 мг на 10 мл, краситель D131). После пропитки в течение 3-5 часов в условиях избежания света, плёнки промывались в этиловом спирте, после чего сохли.

2.2 Приготовление электролита

Йод, йодид лития, ТВР (4-tert-Butylpyridine, Действует как поверхностно-активное вещество в электролитах, помогая регулировать межфазные свойства электролита) и ЕМII (Electrolyte with Methylimidazole and Iodide, образует канал переноса заряда между фотоанодом и фотокатодным электродом.) были взвешены в молярных соотношениях 0,05 моль/л, 0,1 моль/л, 0,5 моль/л и 0,6 моль/л, соответственно, и растворены в 4 мл. Раствор перемешивали в течение 1 ч, а затем перелили в затемненную емкость для хранения.

2.3 Сборка СКСЭ

Проводящее стекло с нанесенной пленкой пропитывалось 10 мкл жидкого электролита на основе йода. Далее пленка прикладывалась к

платиновой пластинке, и полученная конструкция скреплялась зажимом. Схематично этот процесс показан на рисунке 2.2.

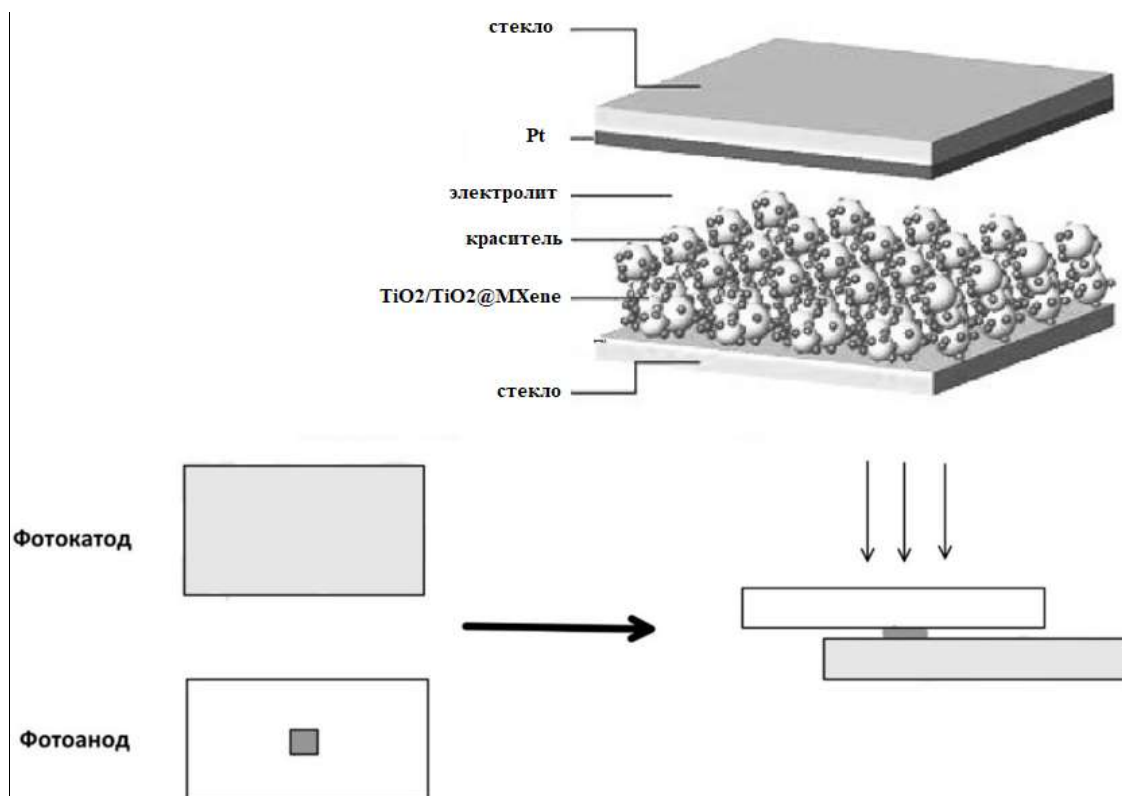


Рисунок 2.2 – Схема сборки СКСЭ

2.4 Исследование фотоэлектрических характеристик СКСЭ

2.4.1 Внешняя квантовая эффективность пленок

Внешняя квантовая эффективность (ВКЭ) определяется как отношение числа генерируемых пар электронов к числу падающих на устройство фотонов. Сенсителизированные красителем солнечные элементы, с добавкой MXene и без MXene, были последовательно помещены в спектрометр 7-SCSпес (рисунок 2.3) для измерения стандартного состояния элемента, элемент затем зажимается и точка света выравнивается с пленкой, чтобы начать измерение эффективности экзоквантов.



Рисунок 2.3 – Системы тестирования солнечных элементов 7-SCSpec

2.4.2 УФ/Vis спектрометрия поглощения пленок

Степень поглощения измерялась по методу спектрофотометрии. Дистиллированная вода помещалась в коническую колбу на 50 мл. В нее добавлялась взвесь 0,18 г гидроксида натрия. После тщательного перемешивания отобралось две колбы раствора по 10 мл. полученные фотоаноды помещались в колбы до растворения пленок в растворе. Пробы по 1 мл полученных растворов помещались в две колориметрические пробирки с добавлением 2 мл раствора гидроксида натрия. Далее образцы они были помещены в фотометр УФ-Vis для тестирования.

2.4.3 Исследование производительности СКСЭ

Для измерения характеристик эффективности солнечного элемента, а именно плотности фототока на коротком замыкании (J_{sc}), напряжение на разомкнутой цепи (V_{oc}), коэффициент заполнения (FF) и эффективность

преобразования фотоэнергии (η), был использован солнечный симулятор модель (рисунок 2.4). Солнечный симулятор использует ксеноновую лампу,, обеспечивающую равномерную область освещения области $5,5 \text{ см} \times 5,5 \text{ см}$ с интенсивностью света, соответствующей стандарту АМ 1.5. Цифровой источник напряжения обеспечивает тестовое сканирование от 1,0 до 0 В с шагом в 0,01 В с записью сигнала J-V. Образцы СКСЭ помещались под излучение симулятора так, чтобы свет падал перпендикулярно на фотоанод.



Рисунок 2.7 – Солнечный симулятор

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б91	Ли Гэнь

Школа	Отделение школы (НОЦ)	Уровень образования	Направление/специальность
		Бакалавриат	03.03.02 «Физика»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Затраты на сырье, размер окладов, затраты на электроэнергию, амортизационные расходы</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	– 30% премии; – 20% надбавки; – 30% районный коэффициент
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	– <i>Отчисления во внебюджетные фонды 14,4%</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	– Потенциальные потребители результатов исследования; – проведение анализа конкурентоспособности.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	– цели и результаты проекта; – организационная структура проекта.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	– структура работ в рамках научного исследования; – разработка графика проведения научного исследования; – бюджет научно-технического исследования.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Оценочная карта;</i> 2. <i>SWOT- анализ;</i> 3. <i>Диаграмма Ганта;</i> 4. <i>Бюджет затрат научно-технического исследования</i>	

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Ли Гэнь		

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель данного раздела ВКР заключается в оценке перспективности разработки и планировании финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НИ. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы: будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала разработки;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Целью данной работы являлось приготовление сенсibilизированных красителем солнечных элементов и оценка их производительности путем измерения эффективности фотоэлектрического преобразования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Подготовка различных сенсibilизированных красителем солнечных элементов путем варьирования добавления или отсутствия MXene
2. Измерение внешней квантовой эффективности ячейки
3. Измерение УФ-Vis спектров поглощения тонких пленок
4. Характеристика фотоэлектрических характеристик собранных устройств DSSC с помощью J-V характеристик

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Областями применения результатов данного исследования являются различные сферы, связанные с солнечными батареями. Соответственно потенциальными потребителями могут выступат производители солнечных батарей, исследовательские институты, занимающиеся изучением солнечной энергии, а также компании, работающие в области альтернативных источников энергии.

В таблице 4.1 представлены потенциально заинтересованные стороны проекта.

Таблица 4.1 – Заинтересованные стороны проекта

Организации	Ожидания организаций
Производители солнечных батарей	Использование результатов для разработки новых солнечных батарей
Институт солнечных исследований	Использование результатов исследования для разработки и улучшения характеристик полученных сенсibilизированных красителем солнечных элементов

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, направленный на оценку сравнительной эффективности научной разработки, был проведен с помощью оценочной карты, представленной в таблице 2. В качестве конкурентных

покрытий, которые применяются в науке были выбраны тонкопленочные покрытия ZnO(k1) и SiO2(k2).

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы (макс. 5)			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. Эффективность преобразования	0,25	5	4	3	1,25	1,00	0,75
2. Скорость переноса электронов	0,15	5	4	2	0,75	0,6	0,30
3. Стабильность	0,16	5	4	2	0,80	0,64	0,32
4. Технологичность	0,08	5	5	3	0,40	0,40	0,24
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,11	5	3	2	0,55	0,33	0,22
2. Уровень проникновения на рынок	0,06	4	3	2	0,24	0,18	0,12
3. Предполагаемая цена	0,05	3	4	4	0,15	0,20	0,20
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	3	4	0,50	0,30	0,40
5. Срок выхода на рынок	0,04	5	3	2	0,20	0,12	0,08
Итого	1	42	29	21	4,84	3,77	2,63

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i-го показателя.

Таким образом, конкурентоспособность разработки составила 4,84, в то время как двух других аналогов 3,77 и 2,63 соответственно. Результаты показывают, что данная научно-исследовательская разработка является

конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как удобство в эксплуатации, надежность, цена, предполагаемый срок эксплуатации.

4.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта проведен SWOT-анализ, где детально продуманы сильные и слабые стороны научно-технической разработки (таблица 3). Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз происходило на основе результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.

Таблица 4.3 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Высокая скорость исследования С2. Высокая регулируемость, позволяющая контролировать свойства титанового диоксида путем управления процессом производства, добавления легирующих добавок и других методов. С3. Хорошая стабильность, диоксид титана имеет очень хорошую химическую и термическую стабильность, может находиться при высокой температуре, кислоте и щелочи и других жестких условиях для поддержания стабильности.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Относительно медленная скорость электронно-дырочного комплексообразования в пленках диоксида титана также ограничивает увеличение эффективности фотоэлектрического преобразования. Сл2. Подготовка DSSC занимает много времени
--	--	--

Продолжение таблицы 4.3

Возможности В1. Возможность преобразовывать солнечную энергию в электрическую В2. Возможность защитить окружающую среду	Направления развития В1С1. Высокоскоростное и экономичное исследование позволит повысить спрос у изготовителей имплантатов В3С2. Благодаря простоте DSSC, дальнейшее развитие не займет много ресурсов	Сдерживающие факторы В1Сл1. Медленная скорость электронно-дырочного комплексообразования В2Сл2. Подготовка покрытия занимает много времени
Угрозы У1. Отсутствие дополнительных ингредиентов У2. Развитая конкуренция технологий производства	Угрозы развития У1С1. Покрытие доступно в большом количестве различных процессов подготовки и поэтому потенциально может повлиять на спрос на этот процесс нанесения покрытия	Уязвимости У2Сл1. Отсутствие дополнительного измерительного оборудования

В результате SWOT-анализа можно сделать вывод, что преимущества разработанной фотоанодной пленки в настоящее время явно перевешивают ее недостатки. Существующие недостатки могут быть устранены путем использования описанных выше возможностей.

Результаты SWOT-анализа учтены в структуре работ, которые будут проводиться при дальнейшем развитии исследовательского проекта.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование работ предполагало определение структуры работ по проведению научного исследования, определение участников каждого вида работ, установление продолжительности работ, построение графика проведения исследований. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по выполнению НТР представлены в таблице 4.

Таблица 4.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов НИР	Инженер
	8	Оценка эффективности результатов	Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	9	Составление пояснительной записки	Инженер
	10	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Инженер
	11	Социальная ответственность	Инженер

4.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Определение трудоемкости выполнения научного исследования проведено экспертным путем в человеко-днях. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Исходя из рассчитанной ожидаемой трудоемкости работ, была определена продолжительность каждого этапа работы (в рабочих днях T_p), учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, а также возможность выполнения нескольких видов работ в один временной промежуток. Далее с помощью формулы 2 рассчитана продолжительность одной работы в рабочих днях:

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.5 (Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – студент-инженер).

Таблица 4.5 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	1		4		2,2		2,2	3
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	1	4	4	2,2	2,2	2,2	3
3. Обзор научной литературы		16		32		22,4	22,4	33
4. Выбор методов исследования		16		30		21,6	21,6	32
5. Планирование эксперимента		60		90		72	72	108
6. Проведение эксперимента		16		30		21,6	21,6	32
7. Анализ полученных результатов НИР		30		65		44	44	66
8. Оценка эффективности результатов		6		18		10,8	10,8	16
9. Составление пояснительной записки		6		18		10,8	10,8	16
10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение		4		8		5,6	5,6	6
11. Социальная ответственность		4		8		5,6	5,6	6
Итог	2	159	8	303	4,4	216,6	216,6	321

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	3												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	3		■										
3	Обзор научной литературы	Исп2	33			■	■	■	■						
4	Выбор методов исследования	Исп2	32				■	■	■						
5	Планирование эксперимента	Исп2	108				■	■	■	■	■	■			
6	Проведение эксперимента	Исп2	32				■	■	■	■	■	■			
7	Анализ полученных результатов НИР	Исп2	66							■	■	■	■		
8	Оценка эффективности результатов	Исп2 Исп3	13									■	■	■	
9	Составление пояснительной записки	Исп2 Исп3	13									■	■	■	
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Исп1	6											■	
	11. Социальная ответственность	Исп1	6											■	

Примечание:

||||| – Исп 1 (научный руководитель)

■ – Исп 2 (студент-инженер)

4.2.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением.

4.2.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

В ходе подготовки и характеристики сенсibilизированных красителем солнечных элементов были использованы расходные материалы. Ниже в таблице 4.7 приведен расчет их стоимости.

Таблица 4.7 – Материальные затраты

Наименование статей	Размер	Кол-во	Цена, руб./кг	Итого затраты, руб.
Порошок диоксида титана P25 ГОСТ 13463-67-7 ,кг	0,100	1	425,1	425 ,1
Порошок гидроксипропилцеллюлозы ГОСТ 9004-64-2 ,кг.	0,100	1	70,8	70,8
Полиэтиленгликоль 2000 ГОСТ 25322-68-3 ,кг	0,100	1	56,6	56,6
Дигидроиндолоподобный краситель D131 ГОСТ 27215-38-9 ,л	0,100	3	471,6	1414,8
MXene(Ti3C2) ГОСТ 2239027-86-1 , кг	0,050	1	4715,8	4715,8
Жидкие электролиты на основе йода ГОСТ 7553- 56-2 ,л	0,050	1	306,5	306,5
Проводящее стекло FTO ГОСТ 157450-68-4 ,штука	50	1	589,8	589,8
Тетрахлорид титана ГОСТ 7550-45 ,л	0,250	1	252,4	252,4
Изопропанол ГОСТ 67-63 ,л	0,500	1	212,3	212,3
Безводный этанол ГОСТ 64-17-5 ,л	0,500	2	224,1	448,2
Перчатки резиновые, технические ГОСТ 20010- 93, пар	100	1	152,2	152,2
Итого:				8644,5

4.2.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на

амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов.

Таблица 4.8 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	УФ-облучатель BZS250GF-TC	1	15	280	280
2	Муфельная печь KSL-1200X	1	12	11	11
3	Шкафы для шоковой сушки GFL-45	1	10	11	11
4	Ультразвуковой очиститель с ЧПУ KQ-400DED	1	5	36	36
5	Симулятор солнечного света TRM-PD	1	15	120	120
Итого:	458 тыс. руб.				

Расчет амортизации проводится следующим образом.

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m,$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

Рассчитаем амортизацию для осциллографа, с учётом, что срок полезного использования 10 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{10} = 0,1.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

УФ-облучатель:

$$A = \frac{H_{AI}}{12} \cdot m = \frac{0,0667 \cdot 280000}{12} \cdot 4 = 6222,2 \text{ руб}$$

Муфельная печь:

$$A = \frac{H_{AI}}{12} \cdot m = \frac{0,0833 \cdot 11000}{12} \cdot 4 = 305,6 \text{ руб}$$

Шкафы для шоковой сушки:

$$A = \frac{H_{AI}}{12} \cdot m = \frac{0,1000 \cdot 11000}{12} \cdot 4 = 366,7 \text{ руб}$$

Ультразвуковой очиститель с ЧПУ:

$$A = \frac{H_{AI}}{12} \cdot m = \frac{0,2000 \cdot 36000}{12} \cdot 4 = 2400 \text{ руб}$$

Симулятор солнечного света

$$A = \frac{H_{AI}}{12} \cdot m = \frac{0,0667 \cdot 120000}{12} \cdot 4 = 2666,7 \text{ руб}$$

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A = 6222,2 + 305,6 + 366,7 + 2400 + 2666,7 = 11961,2 \text{ руб}$$

4.2.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p,$$

где $Z_{он}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

(таблица 4.9).

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя) среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{50700 \cdot 10,3}{245} = 2131 \text{ руб.},$$

где Z_m – должностной оклад работника за месяц;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{22100 \cdot 11,2}{245} = 1010 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot k_p = 39000 \cdot 1,3 = 50700 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot k_p = 17000 \cdot 1,3 = 22100 \text{ руб.}$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.9 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{\text{тс}}, \text{руб.}$	k_p	$Z_m, \text{руб.}$	$Z_{\text{дн}}, \text{руб.}$	$T_p, \text{раб.дн.}$	$Z_{\text{осн}}, \text{руб.}$
Руководитель	39000	1,3	50700	2131	62.2	132548.2
Инженер	17000	1,3	22100	1010	88.2	89082
Итого:						221630.2

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0.15 \cdot 132548.2 = 19882 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0.15 \cdot 89082 = 13362.3 \text{ руб.}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

4.2.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяются по формуле:

Для руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб}(З_{осн} + З_{доп}) = 0.3 \cdot (132548.2 + 19882) = 45729.06 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб}(З_{осн} + З_{доп}) = 0.3 \cdot (89082 + 13362.3) = 30733.29 \text{ руб.}$$

$k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование).

Общая ставка взносов составляет в 2023 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.2.3.5 Накладные расходы

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

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

$$З_{накл} = k_{нр} \cdot (З_{осн} + З_{доп} + З_{внеб}) \quad (4.16)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

Получим,

$$З_{\text{накл}} = ((30733.29 + 45729.06) + (13362.3 + 19882) + (221630.2)) * 0.16 = 53013.896 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Изготовление и характеристика сенсibilизированных красителем солнечных элементов» по форме, приведенной в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Группировка затрат по статьям

Статьи						
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
11961.2	8644.5	221630.2	33244.3	76462.35	53014	397956.55

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

Таблица 4.12 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	TiO ₂	ZnO	SiO ₂
1. Повышение срока эксплуатации батареи	0,1	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3	3
3. Сложность получения пленочного покрытия	0,15	5	4	3
4. Энергоэкономичность	0,20	4	2	3
5. Надежность	0,25	5	3	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4	3
ИТОГО	1			

$$I_{p-ucn1} = 5*0,1 + 4*0,15 + 5*0,15 + 5*0,20 + 5*0,25 + 4*0,15 = 4,7;$$

$$I_{p-ucn2} = 4*0,1 + 3*0,15 + 4*0,15 + 2*0,20 + 3*0,25 + 4*0,15 = 3,2;$$

$$I_{p-ucn3} = 3*0,1 + 3*0,15 + 3*0,15 + 3*0,2 + 4*0,25 + 3*0,15 = 3,25.$$

Из приведенных расчетов выявлено, что текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности вариантов является выгодным и превосходит аналоги. Так как данный проект является только научной разработкой и началом исследования, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать не представляется возможным. В целом, данный проект является перспективным с точки зрения ресурсопотребления, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты на себестоимость будущей продукции за счет использования местных недорогих сырьевых материалов и возможное достижение требуемых характеристик.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы.

1. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей.

2. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 397956.55руб;

3. По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

Данный проект является преимущественным, превосходящим свои аналоги по комбинированному индексу ресурсоэффективности опциона.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б91	Ли Гэнь

ШКОЛА		Отделение	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	03.03.02 «Физика»

Тема дипломной работы: «Разработка и исследование свойств сенсibilизированного красителем солнечного элемента»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения) Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Объект исследования – Сенсibilизированные красителем солнечные элементы на основе диоксида титана Область применения – Влияние допирования 0,6 масс.% МХе₂ на фотоэлектрическое преобразование, скорость переноса электронов и поглощение света сенсibilизированных красителем солнечных элементов Приводится перечень НТД, используемой в данном разделе.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность Анализ показателей шума и вибрации - установление соответствие показателей нормативному требованию; Анализ показателей микроклимата - показатели температурные, скорости движения воздуха, запыленности. Анализ освещенности рабочей зоны - типы ламп, их количество, соответствие нормативному требованию освещенности; Анализ электробезопасности - наличие электроисточников, характер их опасности; - установление класса электроопасности помещения, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления. Анализ пожарной безопасности - присутствие горючих материалов, тем самым, присутствие повышенной степени пожароопасности. - категории пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение. - Разработать схему эвакуации при пожаре.	Для всех случаев вредных и опасных факторов на рабочем месте указать ПДУ, ПДД, допустимые диапазоны существования, в случае превышения этих значений: - перечислить средства коллективной и индивидуальной защиты; - привести классы электроопасности помещений, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления, - категорию пожароопасности помещения, - марки огнетушителей, их назначение. При отклонении показателя предложить мероприятия.
2. Экологическая безопасность: - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Наличие отходов (металлическая стружка, абразивная пыль, черновики бумаги, отработанные картриджи принтера, обрезки электромонтажных проводов) потребовали разработки методов (способов) утилизации перечисленных отходов. Наличие радиоактивных отходов также требует разработки их утилизации.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: • перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; • выбор наиболее типичной ЧС; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; • разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Рассматриваются 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой; 2) техногенная – исключить несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (большая вероятность проведения диверсии). Необходимо предусмотреть мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
---	--

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Ли Гэнь		

Глава 5. Социальная ответственность

В связи с различными чрезвычайными ситуациями, происходящими на предприятии, соответственно очень важным является обеспечение безопасности рабочих мест на предприятии, и предотвращение возможных опасных ситуаций.

Для выполнения выпускной квалификационной работы по теме подготовки и характеристики допированных MXene титановых оксидных сенсibilизированных солнечных элементов, для тестирования образцов был использован симулятор солнечного света. В соответствии с этим данная глава посвящена рассмотрению правил безопасной работы на основных этапах подготовки ячеек, а также их последующему испытанию. Рассматриваются условия труда на установке, освещаются опасные и вредные производственные факторы, имеющиеся средства и методы защиты, описываются организационные и технические мероприятия, которые необходимо выполнить перед началом работы.

5.1. Вредные факторы проектируемой производственной среды

При проведении работ на установке возможно воздействие вредных факторов таких, как [41]:

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

5.1.1 Производственный шум

Очистка токопроводящего стекла осуществляется на ультразвуковом очистителе с ЧПУ, одна из основных частей устройства преобразует

электрическую энергию в ультразвуковой преобразователь. Воздействие шума в первую очередь влияет на органы слуха, нервную и сердечно-сосудистую системы [42]. В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 допустимый уровень шума при сосредоточенной умственной работе составляет 75 дБА. Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБА обозначены знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026 [43]. Рекомендуется использовать следующие средства коллективной защиты: акустические экраны, выгородки, объемные поглотители звука, виброизолирующие опоры; средства индивидуальной защиты: специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противозумные каски.

5.1.2 Промышленная санитария

В данной дипломной работе проводилась работа по добавлению MXene в титановые оксидные сенсibilизированные красителем солнечные элементы.

По ГОСТу 12.1.007-76 ССБТ существует определенная классификация по степени воздействия на организм вредные вещества подразделяют на четыре класса опасности:

- 1-й - вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й - вещества высокоопасные;
- 3-й - вещества умеренно опасные;
- 4-й - вещества малоопасные.

Оксид титана относится к 3 классу опасности поскольку его ПДК составляет 10 мг/м³, также обладает фиброгенным действием.

Необходимо использовать индивидуальные средства защиты (перчатки, очки, защитный рабочий халат).

5.1.3 Микроклимат

При работе установки включены охлаждающие системы и одновременно с этим процессом происходит, нагрев вакуумной камеры, что приводит к изменению микроклимата в помещении. Параметрами, характеризующими микроклимат, являются [44]:

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

Выполняемые работы относятся к Iб категории работ. К данной категории относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121–150 ккал/ч (140–174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Температура наружных поверхностей технологического оборудования, ограждающих устройств, с которыми соприкасается в процессе труда человек, не превышает 45 °С.

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

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

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21-23	60-40	0,1
Теплый	22-24	60-40	0,1

Для создания оптимальных метеорологических условий применяется кондиционер, который поддерживает оптимальные параметры микроклимата автоматически, независимо от меняющихся условий. В холодное время года

для поддержания в помещении оптимальной температуры воздуха применяется отопление.

5.1.4 Расчет искусственной освещенности

Согласно СНиП 23-05-95 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 150 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.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 5,7$ м, ширина $B = 4,3$ м, высота = 3,7 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

$$S = 5,7 \times 4,3 = 24,51 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c=50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{IT}=70\%$. 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 OSRAM DULUX L 32W/840 2G11, световой поток которой равен $\Phi_{лд} = 2900$ Лм.

Выбираем светильники ССП-158 32Вт 4000К IP65 LLT 4690612008950. Этот светильник имеет одну лампу мощностью 32 Вт, длина светильника равна 1150 мм, ширина – 60 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda=1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,3$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Высота светильника над полом, высота подвеса:

$$h_n = H - h_c = 3700 - 300 = 3400$$

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

Расчетная высота, высота светильника над рабочей поверхностью:

$$h = h_n - h_{rp} = 3400 - 800 = 2600 = 2,6 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 2,6 = 2,86 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{4,3}{2,86} = 1,5 \approx 2$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{5,7}{2,86} = 1,99 \approx 2$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 2 \cdot 2 = 4$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,86}{3} = 0,953 \text{ м}$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Однако необходимо провести дополнительные расчеты:

$$4300 = L_2 + \frac{2}{3}L_3 + 2 \cdot 1150$$

$$L_2 = \frac{(4300 - 2300) \cdot 3}{5} = 1200$$

$$l = \frac{L_2}{3} = \frac{1200}{3} = 400$$

Аналогичные расчеты проводим для длины комнаты:

$$5700 = L_1 + \frac{2}{3}L_1 + 2 \cdot 60$$

$$L = \frac{(5700 - 120) \cdot 3}{5} = 3348$$

$$l = \frac{L_1}{3} = \frac{3348}{3} = 1116$$

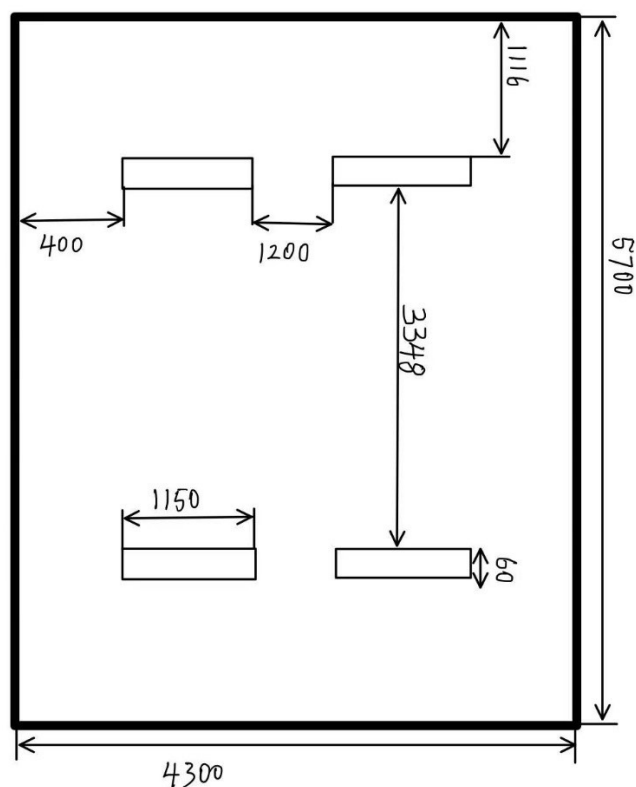


Рисунок 5.1 – Схема размещения светильников в помещении

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{5,7 \cdot 4,3}{2,6 \cdot (5,7 + 4,3)} = 0,94$$

Для коэффициентов отражения берутся приблизительные значения:

= 50% и потолка = 30%. Значения коэффициента использования светового потока светильников с люминесцентными лампами примем равным 53 %.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 5,7 \cdot 4,3 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,53} = 2861,42 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2900 - 2861,42}{2900} \cdot 100\% = 1,3\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 1,3\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

5.2. Электробезопасность

Неисправность проводки установки может стать причиной поражения электрическим током. Прохождение тока может вызывать у человека раздражение и повреждение различных органов. Пороговый не отпускающий ток составляет 50 Гц (6–16мА). Защита от воздействия электрического тока осуществляется путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий [45].

Электробезопасность должна обеспечиваться конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты. Электроустановки и их части выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

Согласно [46] помещения разделяются на три класса опасности.

1. Помещение без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18—20°, с влажностью 40—50%, $U < 1000 \text{ В}$).

2. Помещение с повышенной опасностью (где имеется один из следующих признаков: повышенная температура, влажность 70—80%, токопроводящие полы, металлическая пыль, наличие заземления, большого к-ва оборудования, $U < 1000 \text{ В}$).

3. Помещения особо опасные, в которых имеется наличие двух признаков из второй группы или имеются в помещении едкие или ядовитые взрывоопасные вещества, $U > 1000 \text{ В}$.

Используемое помещение относится к классу с повышенной опасностью, так как в данном помещении возможно одновременное прикосновения человека к имеющей соединение с землей металлоконструкцией здания с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования с другой стороны. Граничные значения напряжений, при повышении которых требуется выполнение защиты от косвенного прикосновения для помещений с повышенной опасностью составляет $>25 \text{ В}$ переменного тока и $>60 \text{ В}$ постоянного тока [47].

Для предотвращения поражения электрическим током следует проводить следующие мероприятия:

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

В качестве мероприятий по обеспечению безопасности работы с электрооборудованием могут быть использованы:

1. изоляция токоведущих частей;
2. малое напряжение в электрических цепях;
3. защитное заземление, зануление, защитное отключение;
4. применение разделяющих трансформаторов;
5. использование оболочек и блокировок для предотвращения возможности случайного прикосновения к токоведущим частям и ошибочных действий или операций;
6. защитные средства и предохранительные приспособления.

Индивидуальные защитные средства подразделяются на основные и дополнительные. К основным защитным изолирующим средствам в установке до 1000 В относятся изолирующие штанги, клещи изолирующие и электроизмерительные указатели напряжения, диэлектрические перчатки, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками. К 85 дополнительным изолирующим защитным средствам относятся средства, которые дополняют основные средства защиты, а также могут служить для защиты от напряжения прикосновения и шагового напряжения. Дополнительными защитными средствами в установках до 1000 В служат диэлектрические галоши, диэлектрические коврики, изолирующие подставки [48].

Безопасным для организма человека можно считать переменный ток силой не выше 0,05 А ток силой более 0,05 - 0,1 А опасен и может вызвать смертельный исход.

Безопасным напряжением для человека считается напряжение 42 В в нормальных условиях и 12 В в условиях повышенной опасности (сырость, высокая температура, металлические полы и др.).

Величина измерения сопротивления заземления - Ом и оно должно быть минимально низким по значению. Идеальным случаем считается, если величина будет нулевая, это означает при пропускании "вредных" электротоков какое-либо сопротивление отсутствует, что гарантирует полное поглощение их землей. Так как достигнуть идеала практически невозможно, то вся электроника и электрооборудование создаются на основе некоторых нормированных величин сопротивления заземления равно 60, 30, 15, 10, 8, 4, 2, 1 и 0,5 Ом. Исходя из ПУЭ 1.7.101, требуется не более чем 2, 4 и 8 Ом сопротивление заземления для источника тока (генератора или трансформатора).

5.3. Пожаровзрывобезопасность

Используемое помещение относится к категории Б по пожарной и взрывопожарной опасности, так в данном помещении расположены горючие легковоспламеняемые материалы, также баллоны с газами. Помещение, в котором находится установка, оснащено аварийными выходами, обеспечено средствами пожаротушения, сигнализацией оповещения пожара. План эвакуации представлен на рисунке 5.2.

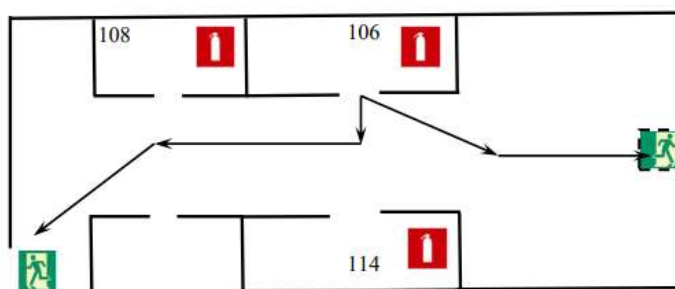


Рисунок 5.2 – План эвакуации рабочих помещений

Работники допускаются к работе только после прохождения инструктажа о мерах пожарной безопасности, во всех помещениях вывешены таблички с указанием номера телефона вызова пожарной охраны и таблички с направлением пути эвакуации и план эвакуации.

В лаборатории расположены огнетушители порошковые ОП-4(з)-АВСЕ-02 (предназначен для тушения твердых, жидких и газообразных веществ и электроустановок до 1000 вольт) [49, 50].

Причинами возникновения пожара могут быть:

1. Нарушение правил эксплуатации электрического оборудования;
2. Курение в неустановленных местах;
3. Перегрузка электрических сетей;
4. Нарушение правил пожарной безопасности;
5. Неправильное хранение возгорающихся веществ.

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

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

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

2. Баллоны с газом, устанавливаемые в помещении находятся от радиаторов отопления и других отопительных приборов на расстоянии не менее 1 метра и от печей и других источников тепла с открытым огнем не менее 5 метров. При невозможности выдержать необходимое расстояние, необходимо применять защитные экраны, предохраняющие баллоны от местного разогрева, располагая баллон не ближе 0.1 м от экрана. Установленные баллоны также необходимо предохранять от действия солнечных лучей [51].

3. Выпуск газов из баллона производится через редуктор, предназначенный исключительно для данного газа и окрашенный в соответствующий цвет.

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности:

А — повышенная взрывопожароопасность. Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком

количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

Б — взрывопожароопасность. Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.

В1 — В4 — пожароопасность. Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б.

Г — умеренная пожароопасность. Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Д — пониженная пожароопасность. Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Используемое помещение относится к категории Б по пожарной и взрывопожарной опасности, так в данном помещении расположены горючие легковоспламеняемые материалы, также баллоны с газами.

Таблица 5.2. Типы огнетушителей и их назначение

Тип	Жидкостные	Порошковые	Углекислотные	Аэрозольные	Воздушно-пенные
Огнетушители	ОВ-1(3) ОВ-8	ОП-5 ОП-8 ОП-2	ОУ-5 ОУ-3 ОУ-10	ВВПА-500 ВВПА-400	ОВП-4 ОВП-8 ОВП-40 (ОВП-50)
Описание	Огнетушащее средство представлено водой и водными растворами химически активных веществ. Также используются поверхностно активные вещества.	Порошки общего и спец. назначения. Основа порошка – минеральные соли. Добавляют также вещества для предотвращения увлажнения и комкования порошка.	Гасящее вещество углекислота. При распылении она расширяется в 400 раз, образуя газ. При этом температура понижается до -70 градусов Цельсия.	Гасящее вещество представляет собой галоидированные углеводороды, которые образуют при распылении бромистый этил, хладон.	Огнетушащее вещество – пена, которая образуется во время химической или механической реакции водных растворов.
Область применения	Используются только при плюсовых температурах. Назначенные для тушения горящих твердых веществ	Наиболее универсальны используются во всех типах пожаров.	При тушении пожаров в помещении, где нежелательно использовать воду.	Хорошо тушат твердые вещества, электрические установки под напряжением. Исключение щелочи и вещества, содержащие кислород.	Предназначенные для тушения средних пожаров. Не рекомендуется использовать при тушении веществ, поддерживающих горение без кислорода
Класс пожара	А, В	А,В,С,Е	В,С	В,С,Е	А,В,С

5.4. Охрана окружающей среды

В настоящее время одним из важных вопросов в любой сфере деятельности является вопрос экологичности. Экологичность отхода представляет собой способность отхода не оказывать отрицательного воздействия на окружающую среду за пределами допустимых значений.

В настоящий момент ведутся активные работы по переработке отходов, их утилизации или обеспечения повторного использования. Переработка является процессом деятельности, направленным на изменение физического, химического состояния отхода для дальнейшего обращения с отходами.

В данной работе отходами являются металлические порошки (алюминий, титан, литий), полученные вследствие чистки камеры и других компонентов установки.

Утилизация металлических отходов состоит из нескольких технологических операций, включающих в себя:

- демонтаж конструкций и сбор металлических отходов;
- магнитная сепарация – способ отделения магнитных материалов от немагнитных. Основан на использовании различия магнитных свойств (магнитной восприимчивости, остаточной индукции, коэрцитивной силы и др.) компонентов механической смеси в неоднородном поле постоянных магнитов или электромагнитов;
- транспортировку отходов на перерабатывающее предприятие
- проверка металлических отходов (в т.ч. дозиметрическая). Суть проверки исключить возможность приема и продажи металлического лома, который имеет радиоактивное загрязнение или локальные источники, организации (физические и юридические лица).

5.4.1. Защита в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. ЧС бывают техногенные и природные. Техногенные ЧС вызваны производственной деятельностью человека, в то время как природные ЧС возникают по причине природных явлений и процессов. Так, к техногенным чрезвычайным ситуациям относятся пожары и взрывы на производстве, аварии с выбросом химически опасных или радиоактивных веществ и т.д. Природные ЧС могут возникнуть ввиду наводнения, заморозка, урагана и т.д. Рассмотрим две наиболее типичных чрезвычайных ситуации, которые могут произойти на предприятии.

Первый случай: остановка производства в результате сильных морозов.

Меры по предупреждению ЧС:

1. Повышение устойчивости системы электроснабжения. В первую очередь целесообразно заменить воздушные линии электропередач на кабельные (подземные) сети, использовать резервные сети для запитки потребителей, предусмотреть автономные резервные источники электропитания объекта (передвижные электрогенераторы).

2. Использование запасных автономных источников теплоснабжения, заглубления теплотрасс.

3. Обеспечение устойчивости систем водоснабжения (устройство дублирования водопитания, кольцевание системы, заглубление водопроводов, обустройство резервных емкостей и водохранилищ, очистка воды от вредных веществ и т.п.).

4. Обеспечение устойчивости системы водоотведения. Повышение устойчивости системы канализации достигается созданием резервной сети труб, по которым может отводиться загрязненная вода при аварии основной сети. Насосы, используемые для перекачки загрязненной воды, комплектуются надежными источниками электропитания.

Второй случай: диверсия. Для обеспечения безопасности работника, предотвращения хищений и проникновении посторонних лиц на предприятие следует использовать ряд мер безопасности:

1. Организовать контрольно-пропускной пункт.
2. Установить системы видеонаблюдения в производственных цехах, а также на всех входах и выходах из здания.
3. Установить оповещающие системы безопасности при несанкционированном проникновении на предприятие в нерабочее время.

5.4.2. Правовые вопросы обеспечения безопасности

К работе на установке «Радуга-спектр» допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний, прошедшие обучение безопасности труда и инструктаж на рабочем месте. К самостоятельной работе допускаются работники после специального обучения и проверки знаний, норм и правил работы с электроустановками, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы на установке, имеющие не менее III группы по электробезопасности.

Повторная проверка знаний норм и правил электробезопасности проводится с работниками не реже 1 раза в 12 месяцев, повторный инструктаж на рабочем месте – не реже 1 раза в 3 месяца. Проведение всех видов инструктажа должно оформляться в журнале регистрации инструктажа установленного образца, с обязательными подписями получившего и проводившего инструктаж, с указанием даты проведения инструктажа,

наименования и номеров инструкции на виды работ, по которым проводится инструктаж.

В данной главе рассмотрены условия работы с установкой, выделены опасные и вредные производственные факторы, а также существующие средства и методы защиты, описаны организационные и технические мероприятия, проводимые перед началом работы. Проведен расчет освещенности помещения, который удовлетворяет требуемым нормам общего равномерного освещения.

Заключение по работе

В рамках выпускной квалификационной работы была проведена подготовка фотоанодных пленок на основе TiO_2 и $\text{TiO}_2@\text{MXene}$ с целью исследования влияния допирования 0,6% MXene на свойства титанооксидных сенсibilизированных красителем солнечных элементов, включая внешнюю квантовую эффективность (ВКЭ), характеристики поглощения света и фотоэлектрические характеристики.

Измерения ВКЭ показали, что внешняя квантовая эффективность СКСЭ увеличилась с пика 47,8% до 52,8% после допирования 0,6% MXene. MXene как проводящий материал может действовать как слой переноса электронов, увеличивая проводимость и скорость переноса электронов в фотоанодных пленках, тем самым увеличивая внешнюю квантовую эффективность СКСЭ.

Измерения оптического поглощения показали, что добавление 0,6% MXene немного уменьшило поглощение пленок во всей полосе (310-800) нм. Это может быть связано с тем, что молекула MXene занимает некоторые из адсорбционных сайтов красителя, что приводит к меньшей адсорбции красителя и, следовательно, к уменьшению поглощения пленок.

Результаты теста J-V кривой показали, что допирование 0,6% MXene увеличило напряжение разомкнутой цепи СКСЭ с 0,66 В до 0,67 В, плотность тока короткого замыкания с 8,49 mA/cm^2 до 9,64 mA/cm^2 , коэффициент заполнения с 0,71 до 0,66 и эффективность фотоэлектрического преобразования с 3,9% до 4,2%.

Следует отметить, что экзоквантовая эффективность и фотоэлектрическое преобразование солнечных элементов на основе оксида титана, сенсibilизированных красителем, были повышены после допирования 0,6% MXene. Несмотря на то, что MXene занимал некоторые адсорбционные сайты, высокая проводимость MXene все еще играла положительную роль в повышении эффективности СКСЭ.

В рамках проведения оценки коммерческого потенциала и перспективности исследования работы было выявлено, что текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности вариантов является выгодным и превосходит аналоги. Так как данный проект является только научной разработкой и началом исследования, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать не представляется возможным. В целом, данный проект является перспективным с точки зрения ресурсопотребления, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты на себестоимость будущей продукции за счет использования местных недорогих сырьевых материалов и возможное достижение требуемых характеристик.

В ходе оценки рабочего места на предмет вредных проявлений факторов производственной среды была продемонстрирована организованность рабочего пространства и достаточный уровень безопасности с точки зрения норм и правил.

Список литературы

1. Shao S. et al. Environmental regulation and enterprise innovation: a review //Business Strategy and the Environment. – 2020. – Vol. 29. – N. 3. – P. 1465-1478.
2. Марончук И. И., Саникович Д. Д., Мирончук В. И. Солнечные элементы: современное состояние и перспективы развития //Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2019. – VOL. 62. – №. 2. – С. 105-123.
3. Малюков С. П., Саенко А. В. Разработка модели сенсibilизированного красителем солнечного элемента //Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2014. – №. 1 (150). – С. 120-126.
4. Кисленко С. А. и др. Солнечные элементы, сенсibilизированные красителем: современное состояние и перспективы развития //Теплоэнергетика. – 2010. – №. 11. – С. 58-64.
5. Tributsch H., Calvin M. Electrochemistry of excited molecules: photo-electrochemical reactions of chlorophylls //Photochemistry and Photobiology. – 1971. – Vol. 14. – N. 2. – P. 95-112.
6. Tsubomura H. et al. Dye sensitised zinc oxide: aqueous electrolyte: platinum photocell //Nature. – 1976. – Vol. 261. – P. 402-403.
7. O'regan B., Grätzel M. A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films //nature. – 1991. – Vol. 353. – N. 6346. – P. 737-740.
8. Lee S. et al. Two-step sol– gel method-based TiO₂ nanoparticles with uniform morphology and size for efficient photo-energy conversion devices //Chemistry of Materials. – 2010. – Vol. 22. – N. 6. – P. 1958-1965.
9. Shankar K. et al. Highly-ordered TiO₂ nanotube arrays up to 220 μm in length: use in water photoelectrolysis and dye-sensitized solar cells //Nanotechnology. – 2007. – Vol. 18. – N. 6. – P. 065707.

10. Hagberg D. P. et al. Molecular engineering of organic sensitizers for dye-sensitized solar cell applications //Journal of the American Chemical Society. – 2008. – Vol. 130. – N. 19. – P. 6259-6266.
11. Bai Y. et al. High-performance dye-sensitized solar cells based on solvent-free electrolytes produced from eutectic melts //Nature materials. – 2008. – Vol. 7. – N. 8. – P. 626-630.
12. Wang H., Hu Y. H. Graphene as a counter electrode material for dye-sensitized solar cells //Energy & Environmental Science. – 2012. – Vol. 5. – N. 8. – P. 8182-8188.
13. Bai Y. et al. In situ growth of a ZnO nanowire network within a TiO₂ nanoparticle film for enhanced dye-sensitized solar cell performance //Advanced Materials. – 2012. – Vol. 24. – N. 43. – P. 5850-5856.
14. Sugathan V., John E., Sudhakar K. Recent improvements in dye sensitized solar cells: A review //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – Vol. 52. – P. 54-64.
15. Zhang Q., Cao G. Nanostructured photoelectrodes for dye-sensitized solar cells //Nano today. – 2011. – Vol. 6. – N. 1. – P. 91-109.
16. Kong F. T., Dai S. Y., Wang K. J. Review of recent progress in dye-sensitized solar cells //Advances in OptoElectronics. – 2007. – Vol. 2007.
17. Gao C. et al. A facile method to prepare SnO₂ nanotubes for use in efficient SnO₂-TiO₂ core-shell dye-sensitized solar cells //Nanoscale. – 2012. – Vol. 4. – N. 11. – P. 3475-3481.
18. Chen S. G. et al. Preparation of Nb₂O₅ coated TiO₂ nanoporous electrodes and their application in dye-sensitized solar cells //Chemistry of Materials. – 2001. – Vol. 13. – N. 12. – P. 4629-4634.
19. Park N. G., Van de Lagemaat J., Frank A. J. Comparison of dye-sensitized rutile-and anatase-based TiO₂ solar cells //The Journal of Physical Chemistry B. – 2000. – Vol. 104. – N. 38. – P. 8989-8994.

20. Lee D. U. et al. CTAB facilitated spherical rutile TiO₂ particles and their advantage in a dye-sensitized solar cell //Solar Energy. – 2008. – Vol. 82. – N. 11. – P. 1042-1048.
21. Kopidakis N. et al. Spatial location of transport-limiting traps in Ti O 2 nanoparticle films in dye-sensitized solar cells //Applied Physics Letters. – 2005. – Vol. 87. – N. 20. – P. 202106.
22. Nakade S. et al. Influence of TiO₂ nanoparticle size on electron diffusion and recombination in dye-sensitized TiO₂ solar cells //The Journal of Physical Chemistry B. – 2003. – Vol. 107. – N. 33. – P. 8607-8611.
23. Dai S. Key Science and Technology of Thin Film Solar Cells //Shanghai Scientific and Technical Publishers: Shanghai. – 2013.
24. Oda Y. et al. Energetic alignment in nontoxic SnS quantum dot-sensitized solar cell employing spiro-OMeTAD as the solid-state electrolyte //Science and Technology of Advanced Materials. – 2014.
25. Lee Y., Chae J., Kang M. Comparison of the photovoltaic efficiency on DSSC for nanometer sized TiO₂ using a conventional sol–gel and solvothermal methods //Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2010. – Vol. 16. – N. 4. – P. 609-614.
26. Nian J. N., Teng H. Hydrothermal synthesis of single-crystalline anatase TiO₂ nanorods with nanotubes as the precursor //The Journal of Physical Chemistry B. – 2006. – Vol. 110. – N. 9. – P. 4193-4198.
27. Lee S., Jeon C., Park Y. Fabrication of TiO₂ tubules by template synthesis and hydrolysis with water vapor //Chemistry of materials. – 2004. – Vol. 16. – N. 22. – P. 4292-4295.
28. Lin S. C. et al. Quantum-dot-sensitized solar cells: assembly of CdS-quantum-dots coupling techniques of self-assembled monolayer and chemical bath deposition //Applied physics letters. – 2007. – Vol. 90. – N. 14. – P. 143517.

29. Zhang X, Liu F, Huang Q. Dye-sensitized W-doped TiO₂ solar cells with a tunable conduction band and suppressed charge recombination //The Journal of Physical Chemistry C. – 2011. – Vol. 115. – N. 25. – P. 12665-12671.
30. Nazeeruddin M K, Kay A, Grätzel M. Conversion of light to electricity by cis-X₂bis (2, 2'-bipyridyl-4, 4'-dicarboxylate) ruthenium (II) charge-transfer sensitizers (X= Cl-, Br-, I-, CN-, and SCN-) on nanocrystalline titanium dioxide electrodes //Journal of the American Chemical Society. – 1993. – Vol. 115. – N. 14. – P. 6382-6390.
31. Ito S, Liska R, Comte P. Control of dark current in photoelectrochemical (TiO₂/I⁻–I³⁻) and dye-sensitized solar cells //Chemical Communications. – 2005. – N. 34. – P. 4351-4353.
32. Hao S C, Wu J H, Fan L Q. The influence of acid treatment of TiO₂ porous film electrode on photoelectric performance of dye-sensitized solar cell //Solar energy. – 2004. – Vol. 76. – N. 6. – P. 745-750.
33. Song H L. A new electrochemically prepared composite counter electrode for dye-sensitized solar cells //Thin Solid Films. – 2020. – Vol. 701. – P. 137926.
34. Ni D X. Effect of treatment on the photovoltaic performance of base-based dye-sensitized solar cells// Wuhan University of Technology. – 2011.
35. Ji S L. Construction and performance of photoanode structures for dye-sensitized solar cells // Heilongjiang University. – 2009.
36. Wisnu Ananda. Electronic and EMC Laboratory Center for Material and Technical Product (B4T) // Ministry of Industry. Bandung, West Java, Indonesia, 40135.
37. Liu L. Studies on Preparation, Modification, Structure Optimization and Photoelectric Properties of TiO₂ Photoanode Materials // TianJin University. – 2017
38. Sreedhar A., Noh J. S. Recent advances in partially and completely derived 2D Ti₃C₂ MXene based TiO₂ nanocomposites towards photocatalytic applications: A review //Solar Energy. – 2021. – Vol. 222. – P. 48-73.

39. Choi J, Song S, Kang G. Dye-sensitized solar cells employing doubly or singly open-ended TiO₂ nanotube arrays: structural geometry and charge transport //ACS applied materials & interfaces. – 2014. – Vol. 6. – N. 17. – P. 15388-15394.
40. Mishra A., Fischer M. K. R., Bäuerle P. Metal-free organic dyes for dye-sensitized solar cells: From structure: Property relationships to design rules //Angewandte Chemie International Edition. – 2009. – Vol. 48. – N. 14. – P. 2474-2499.
41. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 28.12.2013).
42. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Минздрав России. – Москва. – 1996.
43. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Минздрав России. – Москва. – 1997.
44. ГОСТ12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. Издательство стандартов. – Москва. – 1984.
45. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Издательство стандартов. – Москва. – 1984.
46. ПУЭ-7 Правила устройства электроустановок 2009 г.
47. ГОСТ 12.1.045-84. Система стандартов безопасности труда. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Издательство стандартов. – Москва.- 1984. 106.
48. Федеральный закон Российской Федерации от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 12.03.2014) "О пожарной безопасности".

49. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

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

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