

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет
информационных технологий
и электроники
наименование факультета

Кафедра
Нано – и микроэлектроника
наименование кафедры

Направление подготовки 11.03.04. «Электроника и наноэлектроника»
код и наименование

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника
наименование профиля

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

ПензГУ 02. 11.03.04. 011 ПЗ
обозначение, присваиваемое кафедрой

на тему

Разработка методик синтеза и спектроскопические исследования порошков оксида цинка,
модифицированных углеродом

тема бакалаврской работы

Студент группы 20ПД1
номер группы

Тон 10.06.24
подпись, дата

Пониматкин В.А.
фамилия, иниц.

Руководитель к.ф.-м.н. доцент
должность

Волк 10.06.24
подпись, дата

Карманов А.А.
фамилия, иниц.

наименование организации

Нормоконтролер ст. преподаватель
должность

Рыжова 11.06.24
подпись, дата

Рыжова Т.Н.
фамилия, иниц.

Работа допущена к защите в ГЭК (протокол заседания кафедры от 10.06.24
№ 10)

Заведующий кафедрой

Андреев 10.06.24
подпись, дата

Пронин И.А.
фамилия, иниц.

Работа защищена с оценкой отл. (протокол ГЭК от 26.06 № 10)

Секретарь ГЭК

Андреев 26.06.24
подпись, дата

Вольсков А.А.
фамилия, иниц.

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 81 лист формата А4, 19 рисунков, 2 таблицы, список использованных источников, содержащий 33 наименований, 3 приложения.

Объектом исследования являются композиты на основе оксида цинка, модифицированные углеродом.

Цель работы: разработать методики синтеза порошков оксида цинка, модифицированных углеродом. Провести исследование качественного состава методом ИК Фурье спектроскопии, структуры и морфологии растровой электронной микроскопии.

Задачи исследования:

- анализ литературы;
- разработка методик синтеза порошков оксида цинка, модифицированные углеродом;
- синтез порошка ZnO золь – гель методом;
- исследование методом ИК Фурье спектроскопии;
- разработка методик синтеза порошков оксида цинка, модифицированные углеродом;
- провести исследование качественного состава и морфологии поверхности порошка оксида цинка, модифицированные углеродом;
- провести исследование морфологии поверхности порошка оксида цинка модифицированных углеродом методом растровой электронной микроскопии;
- установить комбинационные зависимости между технологическими режимами синтеза порошков оксида цинка, модифицированных углеродом и их качественным составом и морфологии поверхности.

Актуальность исследования

Порошки оксида цинка, модифицированные углеродом, являются перспективными материалами для создания ионисторов с улучшенными

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

свойствами. Актуальность использования таких материалов обусловлена следующими факторами:

- порошки оксидов цинка модифицированного углерода имеет высокий потенциал для применения электродного материала для ионисторов, благодаря ее высоким электрохимическим характеристикам;

- обладают улучшенными электрическими свойствами, такими как электрическая проводимость и емкость, что делает их перспективными для применения в ионисторах;

- модификация оксида цинка модифицированные углеродом позволяет улучшить его структурные и морфологические свойства, что может привести к увеличению поверхности контакта между электродами и электролитом, что, в свою очередь, может улучшить эффективность ионистора;

- порошки ZnO, модифицированные углеродом, могут быть использованы для создания ионисторов с высокой емкостью и низким внутренним сопротивлением, что делает их перспективными для применения в различных областях, включая электронную технику, транспорт и энергетику.

Кроме того, использование порошков ZnO, модифицированных углеродом, может помочь уменьшить стоимость производства ионисторов, что делает их более конкурентоспособными на рынке;

В целом, порошки оксида цинка, модифицированные углеродом, являются перспективными материалами для создания ионисторов с улучшенными свойствами, что делает их актуальными для исследований и разработок в этой области.

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Анализ методик синтеза порошков, модифицированного ZnO	8
1.1 Получения наноматериалов золь-гель методом	8
1.2 Основные свойства и методы получения оксида цинка	10
1.3 Влияние углерода на оптические свойства порошка ZnO.....	12
1.4 Связь между ферромагнетизмом и формированием сложных углеродных связей в порошках ZnO, легированных углеродом.....	17
1.5 Наноструктурированный композитный порошок ZnO/Zn/аморфная углеродная матрица: новый фотокатализатор для красителя	22
1.6 Характеристики переходного металла оксидов.....	25
1.7 Композитные материалы на основе оксида цинка для передовых технологий	27
1.8 ZnO-графен	31
2 Разработка методики синтеза порошков и исследование качественного состава и морфологии поверхности порошка ZnO модифицированных углеродом.....	34
2.1 Методика синтеза порошка ZnO/C методом золь-гель с использованием сахарозы	34
2.2 Методика синтеза порошка ZnO/C методом осаждения с использованием глюкозы	36
2.3 Методика синтеза порошка ZnO с гидроксидом натрия методом осаждения.....	38
3 Исследование качественного состава и морфологии поверхности порошка оксида цинка модифицированных углеродом методом инфракрасным Фурье спектроскопии.	40

4 Расчет освещения лаборатории наноматериалов и нанодиагностики.....	47
Заключение	59
Список использованных источников	60
Приложение А. Задание на ВКР	63
Приложение Б. Презентация ВКР	67
Приложение В. Проверка ВКР на оригинальность в системе «Антиплагиат. ВУЗ».....	80

ВВЕДЕНИЕ

Темой данной выпускной квалификационной работы является «Разработка методик синтеза и спектроскопические исследования порошков ZnO, модифицированных углеродом».

Оксид цинка — это универсальный и широко используемый полупроводниковый материал, который имеет широкий спектр применения в различных областях, включая оптоэлектронику, катализ и биомедицинскую инженерию. Его уникальные свойства, такие как высокая энергия связывания экситона, высокая подвижность электронов и оптическая прозрачность, делают его привлекательным материалом для разработки передовых устройств и систем. Однако, свойства материалов на основе ZnO могут быть значительно улучшены путем модификации их структурных и электронных свойств посредством введения примесей или дефектов.

Один из наиболее перспективных подходов к модификации ZnO — это введение углерода, которое может привести к формированию новых электронных состояний, улучшению оптических свойств и повышению каталитической активности. Материалы на основе ZnO, модифицированные углеродом, показали улучшенную фотокаталитическую производительность, улучшенные свойства датчиков и повышенную биосовместимость, что делает их подходящими для широкого спектра приложений, от очистки окружающей среды до биомедицинских устройств.

Значительный потенциал материалов на основе ZnO, модифицированных углеродом, разработка эффективных методов синтеза и глубокого понимания их структурных и электронных свойств становятся востребованными в производстве. Синтез высококачественных порошков ZnO с контролируемым содержанием углерода и распределением является ключевым для изготовления устройств и систем с оптимальной

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Введение	Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Пониматкин							
Пров.		Карманов					6	81	
Н.контр.		Рыжева		13.06.24		гр. 20ПД1			
Утв.									

производительностью. Кроме того, структурные, оптические и электрофизические свойства этих материалов требует применения передовых методов нанодиагностики, таких как:

- рентгеновская дифракция;
- инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье.

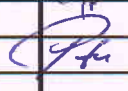
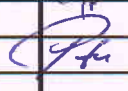
					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Анализ методик синтеза порошков, модифицированного ZnO

1.1 Получения наноматериалов золь-гель методом

Развитие золь-гель технологии связано с простотой управления наноархитектурой на протяжении всего синтеза. Возможность адаптировать структуру наносистем из начальных стадий обработки способствует получению чистых материалов с улучшенными свойствами. Усовершенствованные свойства таких соединений позволяют использовать их в виде волокон, пленок, мелкодисперсных порошков и монолитов в различных областях применения. В этом разделе будет представлена золь-гелевая обработка с особым акцентом на аэрогели.

Золь-гель технология обычно включает четыре основных этапа, часто добавляются дополнительные процедуры для улучшения механических свойств и характеристик геля. Все этапы синтеза вносят свой вклад в структуру геля и влияют на его свойства и, следовательно, на соответствующие области применения. Стадии золь-гель синтеза представлены на рисунке 1.1 [1].

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Анализ методик синтеза порошков, модифицированного ZnO	Лит.		Лист	Листов		
Разраб.		Пониматкин									
Пров.		Карманов						8	81		
						гр. 20ПД1					
Н.контр.		Рыжова		13.06							
Утв.											

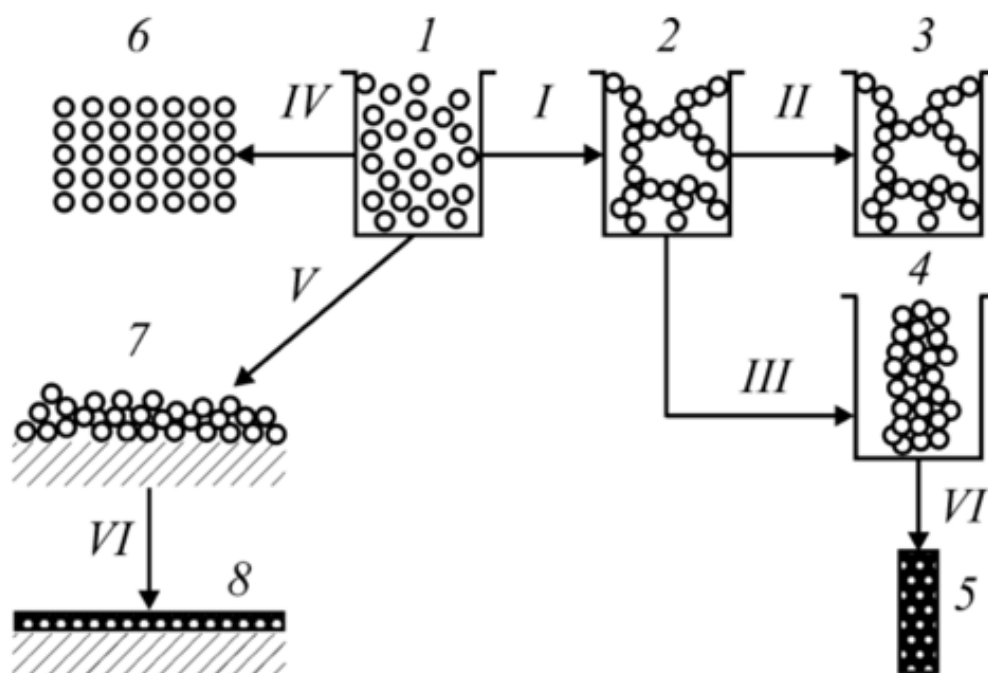


Рисунок 1.1 – Стадии получения материалов при помощи золь-гель технологии

Для изготовления материалов золь-гель методом используют алкоксиды металлов, спирты, которые подвергаются двум ступенчатым реакциям: гидролизу и конденсации. Эти реакции приводят к образованию неорганической сети [2].

На первой стадии происходит приготовление золя. Коллоидная суспензия образуется в результате диспергирования твердых наноразмерных частиц, полученных из материала-предшественника, в растворителе.

На второй стадии происходит гелеобразование. Гель – это связнодисперсная система, состоящая из непрерывных твердой и жидкой фаз, которые имеют коллоидные размеры 1–1000 нм [1].

Сшивание и разветвление частиц происходит благодаря добавлению кислотного или основного катализатора, который инициирует полимеризацию с образованием взаимосвязанной цепной структуры.

На третий стадии происходит старение геля: гель выдерживается в исходном растворе, чтобы увеличить основу и механическую прочность геля. Под «старением геля» понимаются структурные изменения, проходящие

после точки гелеобразования в «мокрое геле». Во время «старения геля» не прекращается процесс гелеобразования, т. к. образовавшаяся пространственная структура сосуществует с золей, содержащим множество мелких кластеров, которые продолжают присоединение к общей структуре.

В четвёртой стадии происходит «спекание», в процессе которого формируется стеклообразный или керамический материал. Во время обжига происходит удаление растворителей, летучих продуктов деструкции и химически связанной воды. Происходит перестройка структуры неорганического полимера – идут процессы спекания, а в ряде случаев и кристаллизации [3].

Золь-гель наноструктуры могут быть получены из различных материалов, таких как диоксид кремния, оксиды металлов, органические материалы, такие как полимеры, такие как целлюлоза и углеродные материалы, например графен и углеродные нанотрубки [4].

1.2 Основные свойства и методы получения оксида цинка

Оксид цинка – это широкозонный полупроводник *n*-типа входящий в группу соединений A_2B_6 с шириной запрещённой зоны 3,3 эВ при температуре 300 К. Оксид цинка имеет кристаллическую решетку типа «вюрцит» [5].

Изображение кристаллической решетки представлено на рисунке 1.2 [6]

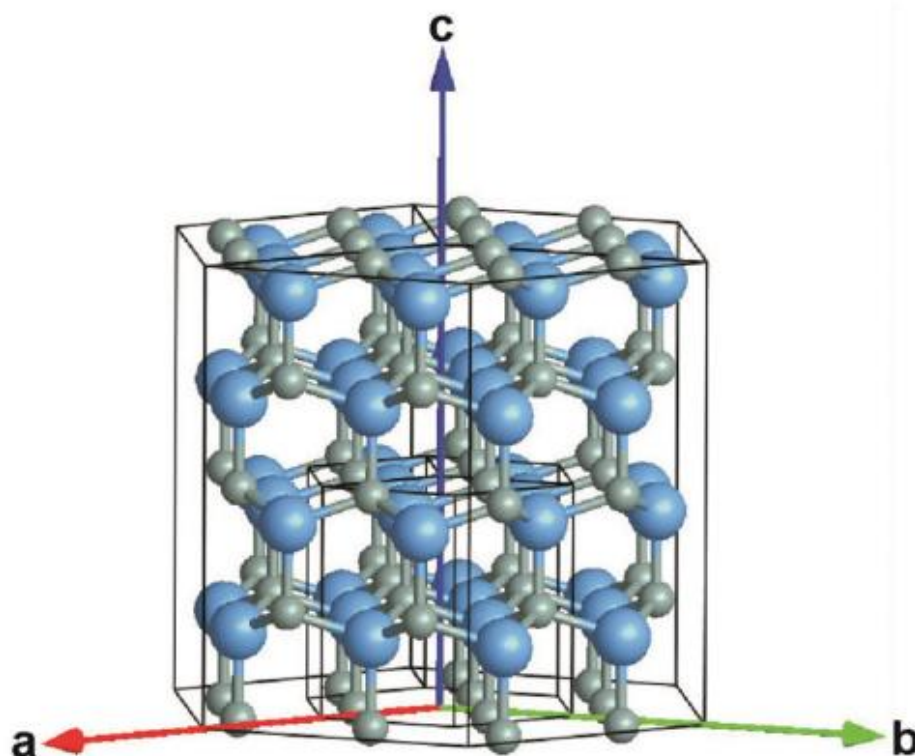


Рисунок 1.2 – Кристаллическая решетка оксида цинка

Оксид цинка обладает амфотерными свойствами, вследствие чего растворяется в кислотах с образованием солей, а также в щелочах, образует комплексные три- тетра- и гексагидроксоцинкаты, взаимодействует с растворами солей с образованием простых или двойных гидроксосолей. При сплавлении оксида цинка с основаниями и с большинством оксидов металлов образуются цинкаты [6].

Основные химические свойства оксида цинка:

- при температуре выше 1000 °С восстанавливается до металлического цинка типичными восстановителями;
- с водой не взаимодействует, проявляет амфотерные свойства, реагирует с растворами кислот и щелочей;
- оксид цинка растворяется в водном растворе аммиака, образуя комплексный аммиакат;
- при сплавлении с щелочами и оксидами металлов образует цинкаты;

– при взаимодействии с оксидами неметаллов образует соли, где является катионом [7].

Оксид цинка встречается в природе в виде минерала цинкита. Его получают обжигом цинкового концентрата, последующей продувкой его воздухом при температуре 1473 К и улавливанием пылевидного оксида цинка в специальных фильтрах, а также сжиганием цинка на воздухе или прокаливанием гидроксида, нитрата или оксалата цинка [7].

1.3 Влияние углерода на оптические свойства порошка ZnO

Авторы в работе [8] предлагают для модификации свойств порошков оксида цинка совместный размол с порошками углерода в планетарной шаровой мельнице с последующим отжигом в среде аргона при температуре от 200 до 1000 °С. Подобные условия синтеза по мнению авторов исследования являются оптимальными для получения кристаллов хорошего качества. Авторами также были исследованы полученные материалы методами рентгеноструктурного анализа и ИК-спектроскопии. Результаты исследований указывают на замену С на Zn. Кроме того, результаты анализа материалов методом спектроскопии комбинационного рассеяния света указывают на наличие неупорядоченного графитового слоя, покрывающего кристаллы. Исследование фотolumинесценции показывает непрерывное гашение в видимой области при увеличении концентрации углерода, а соотношение интенсивности излучения, связанного с дефектами, и УФ-излучения может быть незначительным и составлять всего 0,02. В качестве возможных источников супрессии предложены пути радиационной рекомбинации путем интеграции углерода [8].

Свойства ZnO были в центре исследований, помимо методов синтеза и кинетики роста, в связи с его потенциальным применением в оптоэлектронных устройствах, в частности в устройствах, излучающих ультрафиолетовое излучение. Эмиссионные свойства ZnO были в центре исследований ZnO из-за его потенциального применения в оптоэлектронных устройствах, в

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

частности в устройствах, излучающих ультрафиолетовое излучение. Однако, помимо ультрафиолетового излучения, спектры фотолюминесценции ZnO обычно содержат другие полосы в видимой области, которые приписываются излучению, связанному с дефектами, даже несмотря на то, что точный тип дефекта окончательно не установлен. Наиболее часто упоминаемой гипотезой возникновения зеленого излучения является электронный переход от края зоны проводимости к кислородным вакансиям или вакансиям цинка. Жёлтая полоса люминесценции обусловлена избытком кислорода, примесями лития или гидроксильной группой. Оранжево-красное излучение обусловлено электронными переходами от цинковых внедрений к кислородным внедрениям. Тем не менее, считается, что поверхностные дефекты и комплексы дефектов также объясняют происхождение видимых излучений [9].

В частности, широко изучалось легирование углеродом в ZnO. Помимо большого количества сообщений о свойствах *p*-проводимости или ферромагнетизма, большой научный интерес вызвали также люминесцентные свойства ZnO, легированного углеродом. Сообщалось, что голубое излучение наблюдалось от частицы ZnO, модифицированные углеродом [10]. Также присутствовали углеродистые примеси, обнаружено усиление сине-фиолетовой полосы излучения тонкого ZnO пленки, изготовленная методом импульсного лазерного осаждения. Зеленое свечение в пленке ZnO, легированного углеродом, или порошок ZnO, отожженный с углеродом также сообщалось о черном цвете. Кроме того, широкая полоса излучения, которая охватывает весь видимый диапазон от 400 до 800 нм. наблюдалось на примере полый структуры микротрубки-нанопроволока, изготовленной из ZnO, легированный углеродом [11].

Исследования полученных материалов методом рентгеновского фазового анализа показали, что легированные углеродом кристаллы ZnO имеют структуру вюрцита с гексагональной симметрией без обнаруживаемых вторичных фаз. Введение углерода методом высокоэнергетического размола

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

вызывает сдвиг полосы УФ-излучения в сторону более коротких длин волн и помогает подавить видимую эмиссию кристаллов ZnO. Максимальное значение отношения интенсивности УФ- и видимой эмиссии достигается при температуре отжига 800 °С. Добавление углерода может привести к уменьшению дефектности поверхности кристаллов ZnO или созданию новых путей рекомбинации, которые могут конкурировать с каналами распада, приводящими к видимой фотолюминесценции. Выше этой оптимальной температуры происходит карботермическая реакция, результатом которой является формирование большого количества дефектов в кристалле и уменьшение отношения интенсивности УФ- и видимой эмиссии.

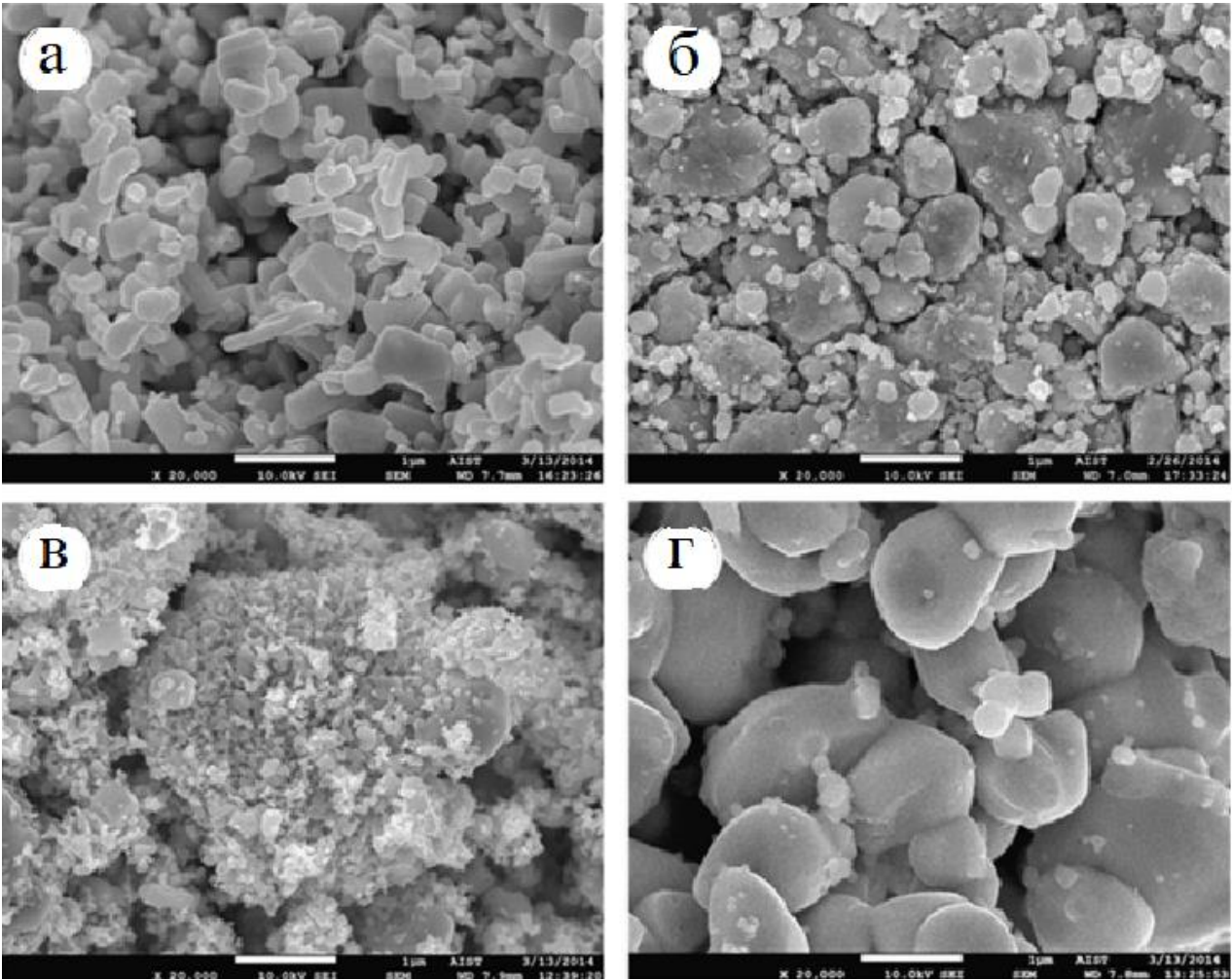
ZnO и порошки углерода (99,9%) были смешаны в различных массовых соотношениях (2, 3 и 4%). После грубого помола в течение 1 часа смесь была дополнительно измельчена с помощью высокоэнергетической планетарной шаровой мельницы со скоростью 200 об/мин в течение 60 часов, а затем отожжена в аргоне при различных температурах от 200 до 1000 °С. Кристаллическая структура порошков была исследована с помощью рентгеновской дифракции. Поверхностная морфология была охарактеризована с помощью сверхвысокоразрешающей сканирующей электронной микроскопии.

Химические связи и колебательные частоты были проанализированы с помощью инфракрасной спектроскопии Фурье. Спектр эмиссии образцов был собран с помощью фотолюминесцентной спектроскопии. Все измерения были проведены при комнатной температуре. Химическая структура связей полученных катализаторов была продемонстрирована с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (при 15 кВ, 15 мА). Измерения были проведены с помощью монохроматического источника рентгеновских лучей (1486 эВ).

На рисунке 1.3 [8] представлены изображения порошков до и после помола с 4% С и последующей термообработки при различных температурах. Исходный материал ZnO имеет форму стержней и частиц с диаметрами от 0,1

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

до около 1 мкм. После помола высокоэнергетическим планетарным шаровым мельчением в течение 60 часов и последующей термообработки, маленькие частицы агрегируют, образуя большие частицы. Высшая температура приводит к образованию более крупных частиц, которые имеют размер порядка микрометра (например, после 2 часов термообработки при 1000 °С в среде чистого аргона).



а) ZnO без отжига. Углерод после высокоэнергетического планетарного шарового размол в течение 60 часов и последующего отжига при: б) 600 °С, в) 800 °С и г) 1000 °С в чистом аргоновом газе

Рисунок 1.3 – Сканирующая электронная микроскопия ZnO

На рисунке 1.4 представлены рентгеноструктурные картины порошков ZnO и C-легированного ZnO. Закономерности исходного ZnO и ZnO, легированного 4% C при различных температурах, показаны на рисунке 1.4

[8]. Дифракционные пики широки при температурах ниже 800 °С, что указывает на низкую кристалличность. Это справедливо и для других концентраций углерода.

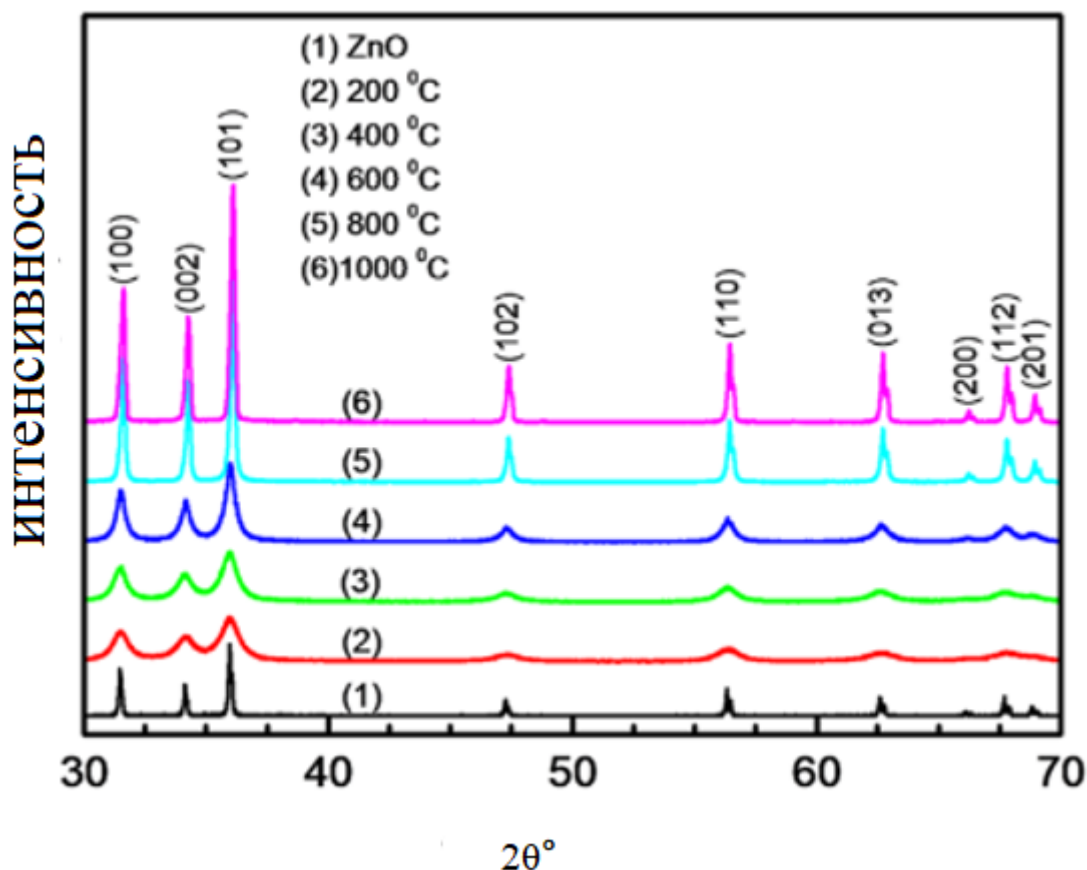


Рисунок 1.4 – Рентгеновские дифрактограммы исходного материала ZnO при различных температурах отжига 2 θ°

Порошок ZnO, легированный углеродом, с качественными монокристаллами, был успешно получен с помощью техники высокоэнергетического шарового помола и при соответствующих условиях отжига, а именно при 800 °С в аргоновой среде. Измерения рентгеновских дифракционных спектров и ИК Фурье спектроскопии указывают на замену углерода на цинк. Однако, анализ Рамана предполагает наличие графитового слоя на поверхности кристаллов ZnO. Включение углерода может происходить двумя способами: диффузией внутрь и формированием графитовой структуры на поверхности. Интеграция углерода оказывает сильное влияние на спектр фотолуминесценции порошка ZnO. Помимо

незначительного сдвига УФ-диапазона, эмиссия, связанная с дефектами, значительно подавляется, и подавление пропорционально уровню легирования, делая легирование углеродом эффективным методом для получения почти чистого УФ-излучения из кристаллов ZnO. Включение углерода может помочь уменьшить концентрацию дефектов, пассивировать поверхность и/или обеспечить нес радиоактивный путь рекомбинации, что приводит к подавлению видимого диапазона [8].

1.4 Связь между ферромагнетизмом и формированием сложных углеродных связей в порошках ZnO, легированных углеродом

Рассматриваем возможную связь между дефектами, углеродными связями и ассоциированными магнитными свойствами порошков ZnO, легированных углеродом, с номинальными концентрациями углерода 0, 1, 3, 5, 8 и 10 моль %. Образцы были приготовлены с помощью механического помола, ассистированного твердофазной реакцией, и тщательно характеризованы с использованием различных техник. Рентгеновская дифракция и микрорамановский анализ выявили структурные изменения ниже и выше номинального легирования углеродом концентрации 3 мол. % с образованием комплексов собственных дефектов. Было обнаружено, что кислорода, содержание цинка и ширина запрещенной зоны ZnO постепенно уменьшаются с увеличением содержания углерода. РФЭС-исследования выявили образование связей Zn–O–C и O–C–O и частичное замещение кислорода углеродом, во всех образцах в виде Zn–C. Когда номинальная концентрация допинга превышает 3 мол. %, резко увеличивается образование связей C–Zn–C. Нелегированный ZnO образец был диамагнитным, свободный чистый графитовый углерод был парамагнитным, а 3 мол. % углерод легированный образец ZnO показал максимальную намагниченность насыщения. Комнатная температура ферромагнетизма приписывается присутствию Zn–O–C, O–C–O и O–Zn–C связи, в которых атомы кислорода могут играть решающую роль в обеспечении магнитных связей на большие

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

расстояния взаимодействие. Связи C–Zn–C уменьшают намагниченность насыщения, стимулируя антиферромагнитное взаимодействие поведение и образование собственных дефектов, связанных с легированием углерода, по-видимому, не имеют никакого значения наблюдается влияние на комнатную температуру ферромагнетизма [12].

Поиск ферромагнетизма при комнатной температуре в полупроводниковых оксидных металлах, таких как ZnO, проводился интенсивно в течение последних двух десятилетий [13]. Это было основано на предсказании авторов работы [12], что легирование Mn в немагнитном ZnO может индуцировать ферромагнитное поведение, сохраняя при этом полупроводниковые свойства. Отчеты о наблюдении ферромагнетизма при комнатной температуре в ZnO при легировании 3d переходными металлами увеличиваются ежедневно. В этих системах, происхождение этого поведения является высоко спорным и остается предметом широкой дискуссии. Кроме того, было трудно полностью исключить вторичные фазы оксидов переходных металлов и убедиться, что наблюдаемый ферромагнетизм действительно происходит от внутреннего источника, а не от внешнего постороннего фазы.

С другой стороны, было сообщено, что чистый ZnO с разными морфологиями становится ферромагнитным без присутствия каких-либо легирующих примесей или когда размер кристаллитов сильно уменьшен [14]. Очевидно, что эти утверждения предполагают, что внутренние дефекты ZnO могут быть ответственны за происхождение это поведение. Поэтому ферромагнетизм был рассмотрен как универсальное свойство наночастиц из-за увеличения наличия дефектных состояний и возникшего из обменных взаимодействий между локализованными электронными спиновыми моментами, возникающими из кислородных вакансий на поверхностях наночастиц [15].

Ферромагнетизм также наблюдается при комнатной температуре в наночастицах ZnO, покрытых органическими молекулами. Органические молекулы, такие как тиол, амин или триоктилфосфиноксид, закрепляясь на

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

поверхности наночастиц ZnO, могут модифицировать его электронную структуру, вызывая ферромагнитное поведение при комнатной температуре без необходимости в магнитных легирующих элементах [16].

В нескольких недавних исследованиях комнатная температура ферромагнетизма наблюдалась в нелегированных наночастицах ZnO и тонких пленках для образцов, которых не страдают от кластеризации примесей. Объявлены объекты ферромагнетизма в комнатной температуре для ZnO, легированного B, K, Li, Al и Ga. Наведенный магнитный момент на атомах кислорода в ближайшие к парам вакансий B–Zn, были предложены ответственными за наблюдение поведения ферромагнетизма в ZnO, легированном в неспаренных электронных пар вакансий B–Zn могут вызывать поляризацию спин-орбитали ближайших соседних атомов кислорода. Вакансии цинка могут вызывать ферромагнетизм в нанопроволоках ZnO.

Включение калия в решетку ZnO может способствовать образованию вакансии цинка в системе и ввести отверстия для стабилизации комнатной температуры ферромагнетизма, опосредованного отверстиями. Аналогично, легирование литием, по-видимому, играют аналогичную роль в поведении ферромагнетизма наночастиц ZnO при комнатной температуре. ZnO, легированный Al, физическая природа наведенного ферромагнетизма была связана с зарядом переноса между атомами Zn и адсорбированными атомами Al [17].

Инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье. Типичные спектры инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье -поглощения чистого ZnO и образцов ZnO, легированных углеродом, показаны на рисунке 1.5 [11, 12]

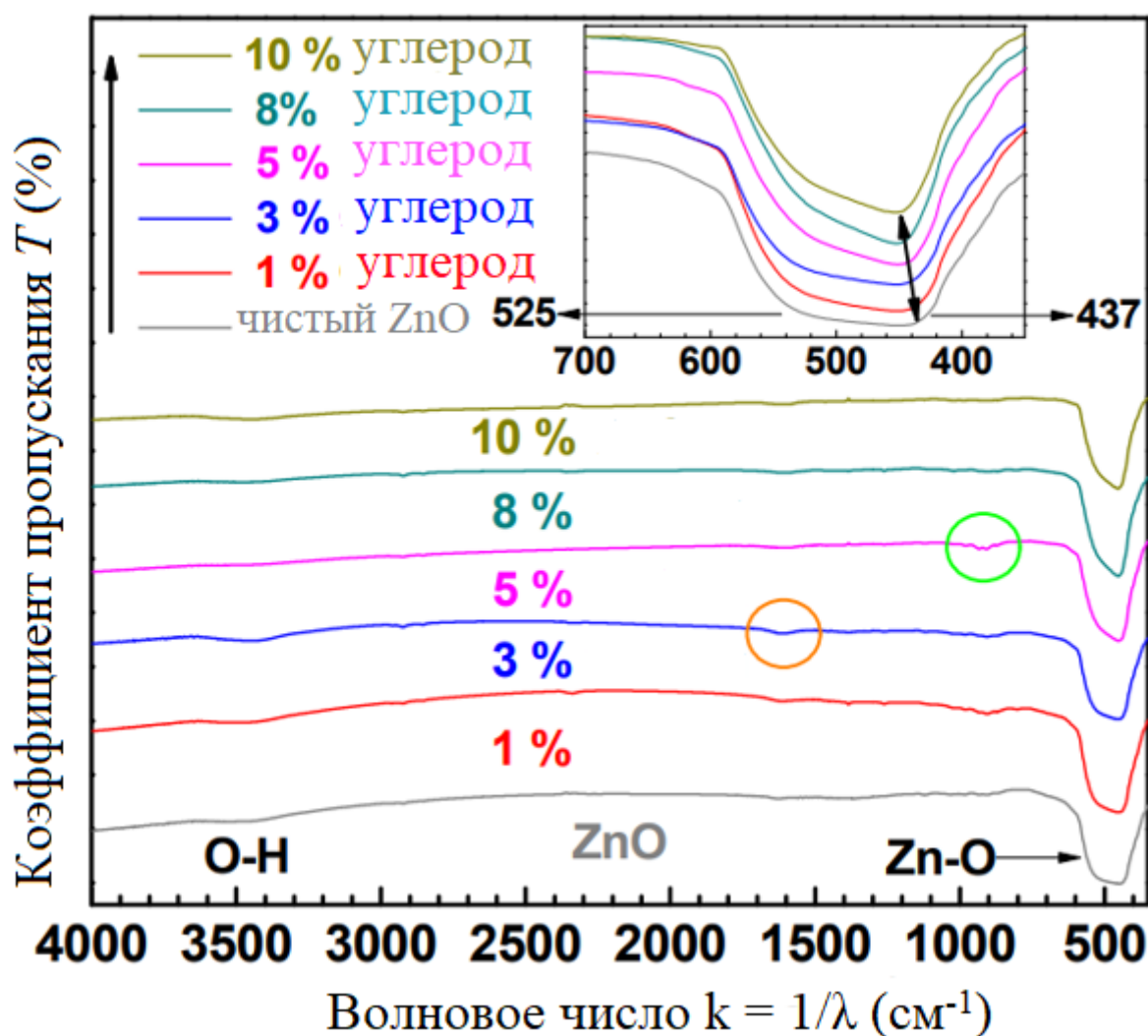


Рисунок 1.5 - ИК-Фурье спектры образцов чистого ZnO и ZnO, легированного углеродом. На вставке показано в увеличенном масштабе спектры в диапазоне $<700 \text{ см}^{-1}$

Для всех образцов наблюдалась слабая полоса около 3450 см^{-1} , также наблюдались две сильные полосы поглощения, перекрывающиеся в районе 437 и 525 см^{-1} . Группа в 3450 см^{-1} принадлежит валентным колебаниям гидроксильных групп, соответствующих молекулам окружающей воды абсорбируется на поверхности порошков ZnO.

Полосу около 437 см^{-1} можно отнести к антисимметричным валентным колебаниям связей O–Zn–O в тетраэдрической координации, а полоса, появляющаяся около 525 см^{-1} , может быть связана с дефицитом кислорода и/или кислородной вакансии в ZnO [18]. Более тщательный осмотр в диапазоне волновых чисел $<700 \text{ см}^{-1}$ указывает на то, что полоса поглощения

при 437 см^{-1} смещена в синий цвет, а полоса при 525 см^{-1} уменьшается по интенсивности с увеличением концентрации углерода. Первое вибрационное изменение позволяет предположить, что на связь $\text{O}-\text{Zn}-\text{O}$ в структуре ZnO влияет присутствие углерода, а второй может быть связан с уменьшением отношения O/Zn .

Синий сдвиг УФ полосы, расположенной при 437 см^{-1} с увеличением содержания углерода, может быть связано с заменой CO на ZnO состав. Фактически, если углерод замещает кислород в своих местах, то мы ожидаем изменений как уменьшение массы и прочность химических связей, что влияет на положение ИК группы. Приведенная масса связи $\text{Zn}-\text{O}$ больше, чем у связи $\text{Zn}-\text{C}$, поэтому частичный CO должен сместить ИК-диапазон в сторону более высоких волновых чисел, что и наблюдалось.

С другой стороны, разница в электроотрицательностях для Zn и O выше, чем для Zn и углерода, что означает, что связи изменяются от более ионных (для $\text{Zn}-\text{O}$) к более ковалентным (для $\text{Zn}-\text{O}-\text{C}$) характер, т.е. он становится сильнее с образованием CO , что опять же подразумевает сдвиг в сторону более высоких волновых чисел, как это наблюдалось. Таким образом, эти результаты инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье могут указывать на то, что атомы углерода вызывают структурные изменения в структуре ZnO . Стоит отметить, что в инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье -спектрах образцы ZnO , легированные углеродом, очень слабые полосы, расположенные ~ 1390 и 1630 см^{-1} , (оранжевый кружок), может указывать на наличие связей $\text{C}-\text{O}$ и $\text{C}=\text{O}$ соответственно, тогда как остаточные полосы сосредоточены при $\sim 970\text{ см}^{-1}$ (зеленый кружок) может быть отнесено к неплоскополяризованному растяжению CO [19].

Рентгеновская дифракция: Уточнение рентгенограмм методом порошковой рентгеновской дифракции для нелегированного ZnO и образцы ZnO , легированного углеродом, для различных номинальных концентраций углерода показаны на рисунке 1.6

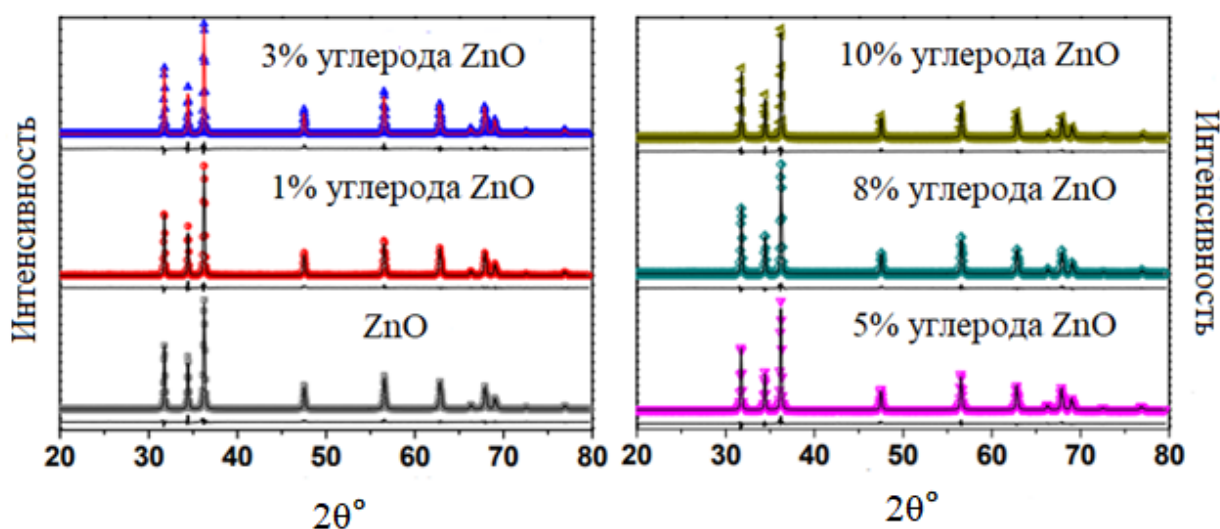


Рисунок 1.6 – Метод порошковой рентгеновской дифракции-анализ нелегированных и легированных углеродом образцов ZnO. Сферами на рисунке отмечены экспериментальные данные, сплошные линии – аппроксимация

В пределах чувствительности рентгеноструктурной дифракции все пики могут быть проиндексированы к структуре вюрцита фазы ZnO. Однако, небольшое плечо, расположенное при $26,8^\circ$, наблюдается в паттернах рентгеноструктурной дифракции при $x \geq 0,05$, когда ось y отображается в логарифмическом масштабе, и он может быть коррелирован с следами свободного углерода. Хотя расширение линий рентгеноструктурной дифракции не является надежным, что приводит к большим ошибкам в среднем размере кристаллита, не легированные и легированные углеродом ZnO порошки могут быть рассмотрены как объемные материалы, с диапазоном значений размера кристаллита между 1–2 мкм [12].

1.5 Наноструктурированный композитный порошок ZnO/Zn/аморфная углеродная матрица: новый фотокатализатор для красителя

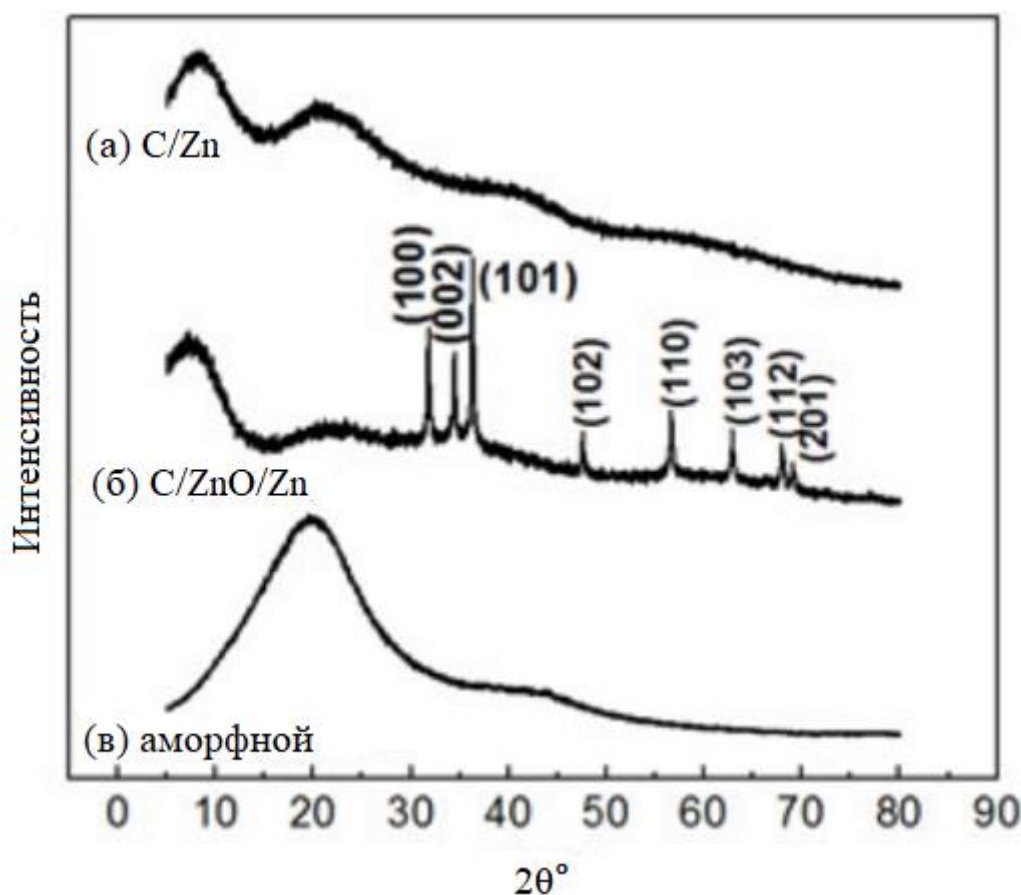
Синтез и фотокаталитический потенциал инновационного типа порошкового катализатора, представляющего собой композиционный материал на основе Zn и/или ZnO, диспергированных в матрице аморфного

углерода, был исследован. Композит Zn/ZnO/аморфный углерод с наноструктурной матрицей был получен методом частичного пиролиза на основе метода Печини. Аморфный характер композита был охарактеризован рентгеновской дифракцией, а химическая связь исследована методом инфракрасной спектроскопии [20].

В настоящее время передовые физико-химические процессы требуют материалов с комбинацией свойств, не встречающихся в обычных материалах. Материалы, образованные ассоциацией органических и неорганических соединений, являются альтернативой для получения новых многофункциональных материалов и материалов со свойствами, превосходящими те, которые придают компоненты, когда они действуют по отдельности [21]. Углерод в кристаллической или аморфной форме, такой как углеродные нанотрубки, графен, графит и активированный уголь, считается перспективным материалом для различных применений, таких как электроника и оптические устройства, газовые сенсоры и солнечные элементы, а также считается хорошим фотокатализатором [22].

Рентгеновские спектры композитов C/ZnO/Zn и C/Zn, а также рентгеновский спектр матрицы углерода показывают на рисунке 1.7 [20]

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Спектры (а) C/Zn, (б) C/ZnO/Zn и (в) аморфной углеродной матрицы

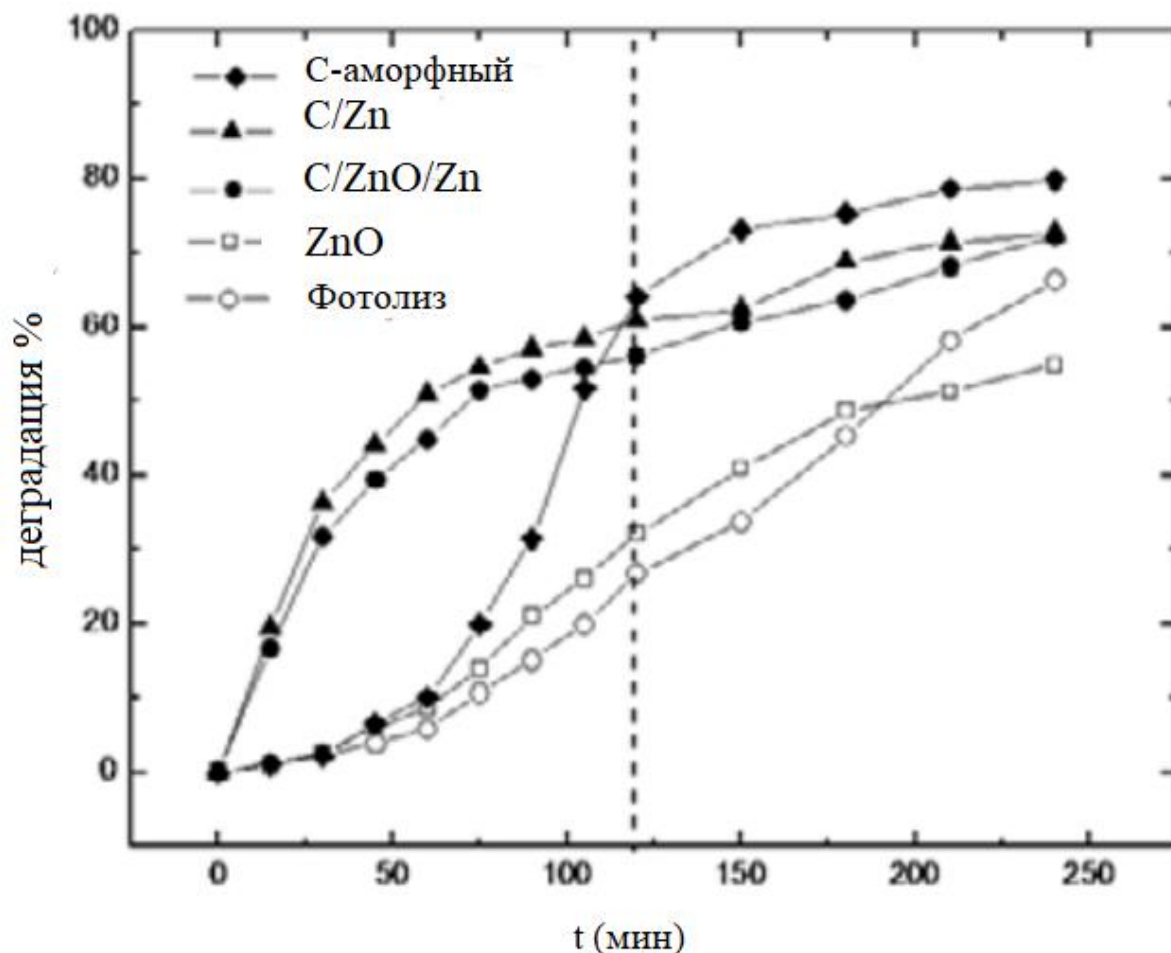
Рисунок 1.7- Рентгеновские дифракционные спектры

Рентгеновский спектр композита C/ZnO/Zn характеризуется низкой кристалличностью, с дифракционными пиками. Пики, идентифицированные в рентгеновском спектре C/ZnO/Zn, могут быть проиндексированы как Брэгговские отражения кристаллической структуры цинкита с гексагональной симметрией и пространственной группой. С другой стороны, дифракционные спектры для композита C/Zn и матрицы углерода показывают рефлексы, характерные для аморфной структуры углерода [20].

Фотокаталитическая активность. Кривые фотодегradации красителя с концентрацией 12,5 мг/л в присутствии нескольких катализаторов с концентрацией 100 мг/л показаны на рисунке 1.6.

На рисунке 1.8 [20], наблюдается изменение поведения между соединениями фотолиза и ZnO, а также между соединениями C/ZnO/Zn, C/Zn

и аморфными соединениями примерно через 2 часа разложения. Эти предварительные эксперименты показали, что прямой фотолиз фенолового красного красителя имеет большое значение, так как скорость его деградации в этих условиях (около 66%) была выше, чем у коммерческого оксида цинка.



ZnO, C-аморфный, C/ZnO/Zn и C/Zn с концентрацией 100 мг/л⁻¹.

Рисунок 1.8- Превращение красителя фенолового красного при УФ-облучении на катализаторах

1.6 Характеристики переходного металла оксидов.

Оксиды переходных металлов представляют собой оксиды *d*-блоков элементов таблицы Менделеева с частично заполненной *d*-подоболочкой. Они привлекли исследовательское сообщество своими уникальными и невероятными свойствами, такими как магнитные, оптические и электрохимические. Новые свойства позволили использовать их во многих

практических приложениях, таких как хранение энергии (например, суперконденсаторы, литий-ионные батареи и т. д.), устройства энергонезависимой памяти, датчики, солнечные элементы и инфракрасные детекторы. Способность модулировать как физические, так и химические свойства помогает в разработке новых устройств с настраиваемыми свойствами и, следовательно, повышает их промышленное значение [23].

Возобновляемые углеродные материалы кажутся многообещающими из-за высокой плотности энергии и мощности по сравнению с коммерческими электродами на основе углерода, и все это при низкой стоимости.

Однако корреляция между различными факторами, такими как поверхностные функциональные группы, микроструктура, химический состав, смачиваемость электродами и площадь поверхности, еще предстоит в значительной степени изучить с целью разработки активированного угля высокого качества. Понимание основного требования биомассы для достижения высокой электропроводности наряду с высокой удельной поверхностью является вопросом, требующим решения. Связь между типами биомассы и распределением пор по размерам еще предстоит глубоко рассмотреть. Недостаток понимания обусловлен главным образом сложными химическими реакциями, происходящими при активации, гетерогенной морфологией биомассы, приводящей к вариациям диффузии активирующих агентов и т. д. Исследования, проведенные на сегодняшний день, установили тот факт, что создание большого количества микропор приводит к увеличению площади поверхности, что выгодно с точки зрения плотности энергии и емкости суперконденсатора. Исходная морфология растительной ткани, используемой для приготовления активированного угля, также играет доминирующую роль в определении распределения пор по размерам конечного продукта [24].

Графен привлек довольно много внимания во всех углеродных материалах, которые были обнаружены для ионисторов, из-за большой площади поверхности и особенно высокой электропроводности [25].

За последние десять лет графен можно синтезировать с помощью различных синтетических подходов, таких как графитизация, эпитаксиальный рост, механическое расщепление, расслоение в фазе раствора, электрохимическое расслоение. Восстановленный оксид графена считается недорогим и высокопроизводительным методом синтеза графеновых материалов хорошего размера. Было доказано, что пониженное содержание оксида графена обычно подвержен проблемам накопления и агломерации из-за взаимодействия Ван-дер-Ваальса, что приводит к существенной потере эффективной площади поверхности, тем самым уменьшая емкость. Много усилий было направлено на разработку оптимальных конструкций DLC для улучшения удельной емкости [26].

1.7 Композитные материалы на основе оксида цинка для передовых технологий

Композиционные материалы на основе оксида цинка демонстрируют такие преимущества, как низкая стоимость, защита окружающей среды, хорошая электрохимическая обратимость, высокая удельная емкость, высокая плотность мощности, высокая плотность энергии, хорошая циклическая стабильность и простота подготовки, что делает их перспективными материалами для современных суперконденсаторов [27].

С развитием промышленности и сельского хозяйства мир потреблял огромное количество энергии. Следовательно, запасы энергоносителей становятся все более дефицитными, иными словами, в будущем будет исчерпано много невозобновляемых ресурсов. Тем не менее, широкое использование этих ресурсов будет более привлекательным, когда они будут работать в компании с технологиями хранения энергии. Кроме того, оперативное управление накопителями энергии имеет важное значение для устранения несоответствия между эффективностью, качеством электроэнергии, экологическими ограничениями и затратами [28].

ZnO-углеродный аэрогель благодаря хорошей электрохимической активности и экологическим свойствам ZnO рассматривался как многообещающий электродный материал. Однако он имеет короткий срок службы из-за недостатка образования дендритов во время последовательного цикла [29].

Хорошо известно, что углеродный аэрогель обладает высокой проводимостью, большой удельной поверхностью и хорошей химической стабильностью среди углеродных материалов. Применение емкости углерода и фарадеевской емкости оксида металла было результатом большой удельной емкости ZnO в сочетании с углеродным аэрогелем с большой площадью поверхности. [29]

Принцип равномерного распределения для порошков ZnO и углеродного аэрогеля можно увидеть в равном соотношении изображений ZnO/ углеродный аэрогель, показанных на рисунке 1.9 [27]

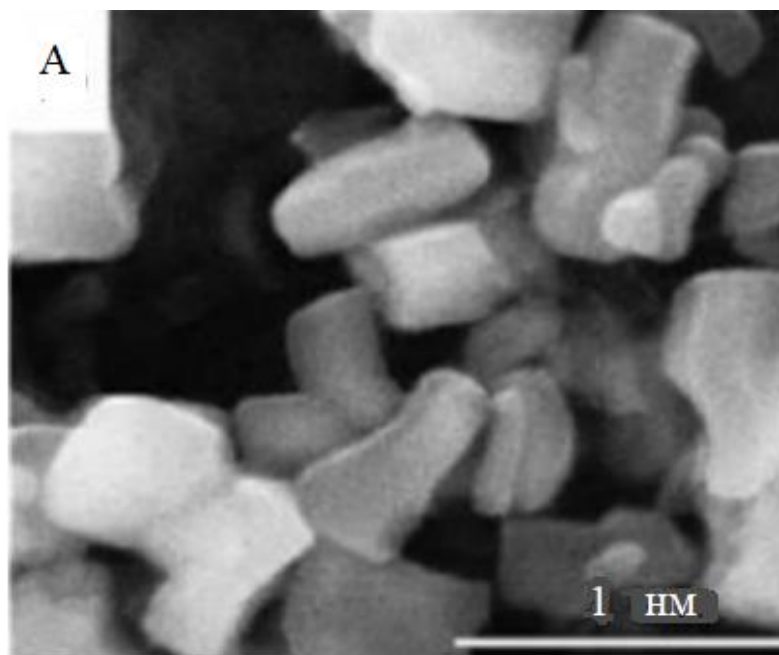


Рисунок 1.9-Сканирующий электронный микроскоп-изображение конфигурации ZnO/углеродного аэрогеля в пропорции 1:1.

Из микроскопических изображений видно, что добавление углеродного аэрогеля может глубоко влиять на морфологию композита. Обнаженные порошки ZnO имеют тонкую структуру с хорошо ограниченными

кристаллитами. Микрокристаллическая форма многих остаточных пор в кубе. Вакансии, мигрирующие из шейки или поры границы кристалла, приводят к существованию пустот.

Изображения сканирующего электронного микроскопа для образцов после 500 циклов представлены на рисунке 1.10 [27]

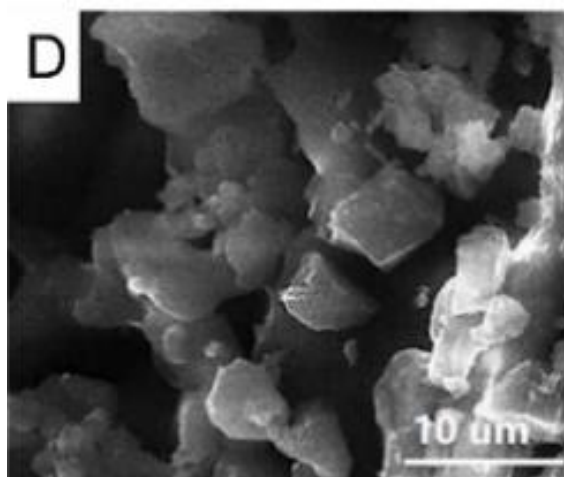
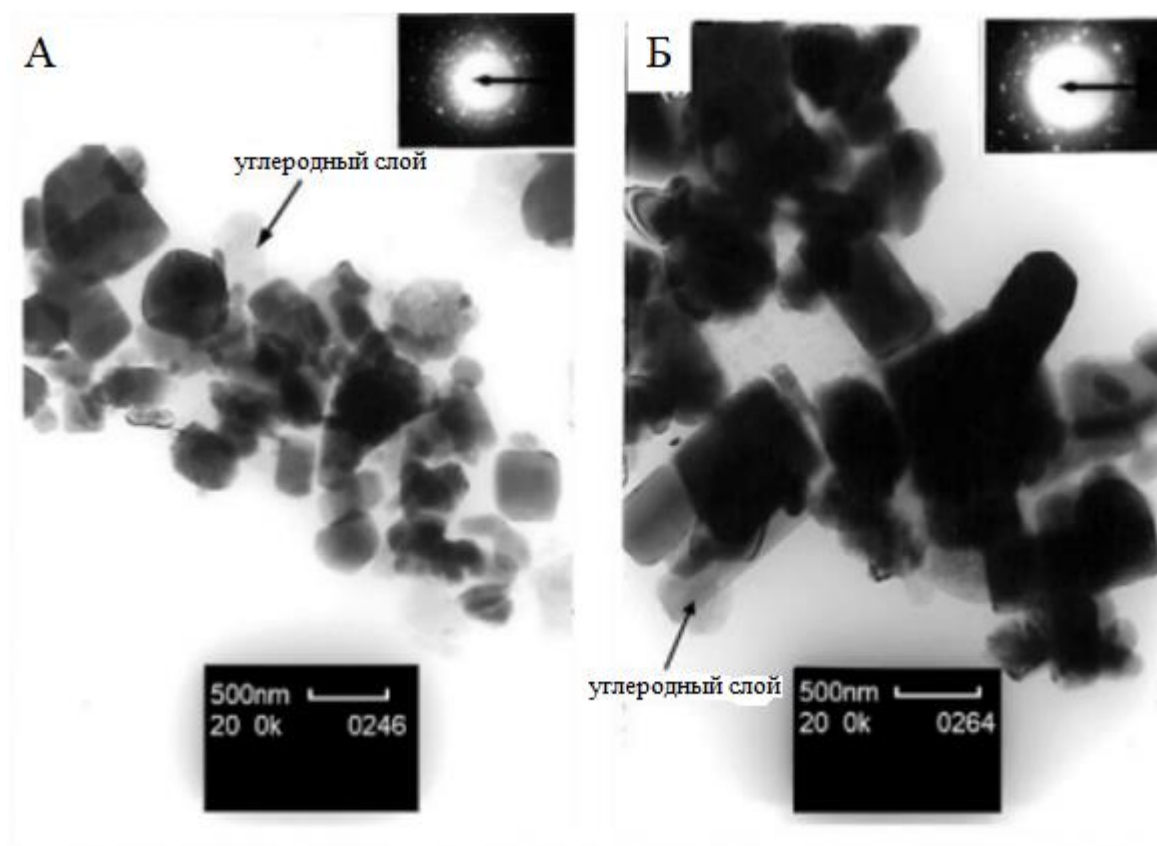


Рисунок 1.10-сканирующий электронный микроскоп-изображение соединений ZnO/углеродного аэрогеля после циклов: 2:1

Для конфигурации 2:1, когда содержание ZnO улучшается, также улучшается связность между зернами. Электрическая проводимость усиливается. После 500 циклов, частицы композитов, ZnO/углеродный аэрогель, становятся пористыми и маленькими, что имеет значительное влияние на стабильность заряда и разряда.

На рисунке 1.11 [27] представлены изображения просвечивающей электронной микроскопии и изображение дифракции просвечивающих электронов для электродных материалов с ZnO и углеродом 1:1 и 2:1 для ионисторов.



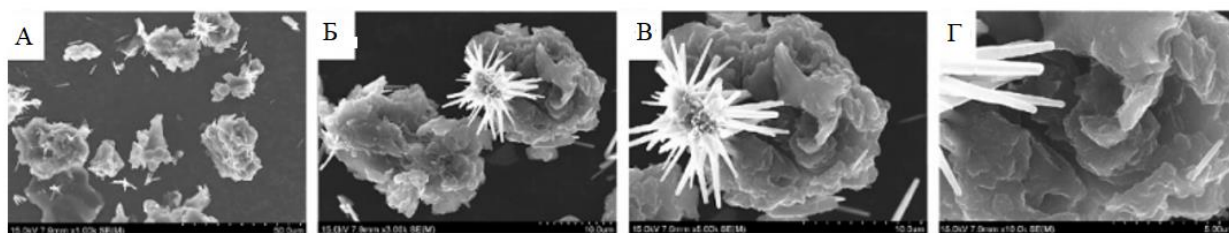
А) Изображения просвечивающей электронной микроскопии соединений ZnO/аэрогель углерода: 1:1; Б) Изображения просвечивающей электронной микроскопии соединений ZnO/аэрогель углерода 2:1.

Рисунок 1.11 - Изображения просвечивающей электронной микроскопии

Легко понять, что оба вида образцов были хорошо распределены со средним размером частиц ~ 100 нм. Более того, показано, что частицы являются искусственными кубическими с поликристаллической конфигурацией. Потому что существование дифракционных пятен и однородной центральной может быть доказано с помощью паттернов дифракции просвечивающих электронов. Частицы дифракционной картины ZnO постепенно увеличиваются с увеличением доли компонентов ZnO. Это явление указывает на то, что частицы углерода и ZnO смешиваются равномерно. Высокая проводимость может быть причиной того, что радиус ZnO более равномерно распределен в углеродном массиве, в составе 2:1, который хорошо связан между собой, как мы видим на дифракции

просвечивающих электронов. Как видно на изображениях дифракции просвечивающих электронов, аморфность больше по сравнению с конфигурацией 1:1.

Рисунок 1.12 [27] демонстрирует типичные изображения сканирующего электронного микроскопа для синтезированного активированного углерода/ZnO



(А) увеличении в 1000 раз; (Б) увеличении в 3000 раз; (В) увеличении в 5000 раз; (Г) увеличении в 10,000 раз.

Рисунок 1.12 -Изображения сканирующего электронного микроскопа соединений активированного углерода/ZnO

Изображения показывают, что образец состоит из нерегулярно упакованных частиц активированного углерода с диаметрами от нескольких микрон до 10 микрон. Скопления углеродных шаров и цветков, похожих на ZnO, выращенных на поверхности активированного угля. Внимательно наблюдая за рисунком 1.11(В), авторы [30] обнаружили, что микрокристаллы ZnO (длина 3–7 мм) постепенно уменьшались от основания диаметра (диаметр: 1–1.5 мм) до вершины (диаметр: 100–300 нм), что привело к образованию конических микрометров. Активированный уголь с пористой и шероховатой поверхностью, как мы можем видеть на рисунке 3 (Г), полезен для улучшения удельной площади поверхности. Синтезированный активированный уголь/ZnO имеет сходную морфологию при 700 и 800 °C [27].

1.8 ZnO-графен

Графен привлек внимание в числе всех углеродных материалов, найденных для ионисторов, из-за высокой поверхности и особенно высокой электрической проводимости [31]. За последние десять лет графен может быть

синтезирован разными синтетическими подходами, такими как графитизация, эпитаксиальный рост, механическое расщепление [32] считается методом с низкой стоимостью и высокой производительностью для синтеза качественных материалов графена. Доказано, что оксид графена обычно подвержен проблемам накопления и агломерации из-за взаимодействия Ван-дер-Ваальса, что приводит к существенной потере эффективной площади поверхности, тем самым уменьшая емкость. Много усилий было направлено на разработку оптимальных конструкций ионисторов для улучшения удельной емкости.

Изогнутый графен был разработан введением разделителей и проектированием асимметричной конфигурации. В отличие от суперконденсаторов, псевдоконденсаторы хранят энергию посредством фарадеевого процесса, содержащего обратимые и быстрые окислительно-восстановительные реакции между электролитом и материалами электрода на поверхности электрода. Обычно говоря, псевдоконденсаторы на основе металлических оксидов показали более высокую емкость, чем суперконденсаторы. Однако псевдоконденсаторы показали низкую стабильность из-за низкой электрической проводимости. Гибридный конденсатор комбинирует суперконденсаторы и псевдоемкости, в котором фарадеевая емкость и суперконденсаторы могут вносить вклад в общую производительность одновременно. Кроме того, введение графена в смешанные конденсаторы может улучшить общую проводимость соединения, тем самым значительно улучшить электрохимическую стабильность псевдоемкостных металлических оксидов [33].

Композиционные материалы на основе ZnO обладают множеством преимуществ, что делает их перспективными материалами для перспективных ионисторов. Представляется, что электродные материалы на основе ZnO будут занимать все более видное место в исследованиях ионисторов. В то же время его выдающиеся характеристики привлекли внимание, потому что этот специальный материал легко превращается во что-то вроде структуры

желточной скорлупы благодаря зарядке, которая играет решающую роль в последующем цикле. Как показано в этом обзоре [31], электрохимические характеристики постепенно улучшались за счет оптимизации новых морфологий и настраиваемого состава композитных материалов на основе ZnO. Предполагается, что оптимальная степень модификации является ключевым моментом в суперконденсаторах. Кроме того, удельная поверхность, изменение объема и последующее измельчение являются серьезными проблемами для коммерческого применения.

Тем не менее, композиты ZnO серьезно страдают от недостатков, связанных с многочисленными поверхностными и внутренними объемными дефектами, которые резко ограничивают их применение. В определенной степени ему мешает низкая подвижность и плохие оптические выходные характеристики.

Для того, чтобы найти идеальный процесс подготовки и идеальный материал электрода, многие исследователи вложили много исследований. С одной стороны, методы получения композиционных материалов на основе ZnO также будут проще. С другой стороны, выбор композиционных материалов на основе ZnO будет более разнообразным, не ограничиваясь соединениями переходных металлов. Это также, может быть, многокомпонентная комбинация проводящих полимеров или других проводящих материалов [27].

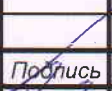
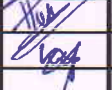
2 Разработка методики синтеза порошков и исследование качественного состава и морфологии поверхности порошка ZnO модифицированных углеродом

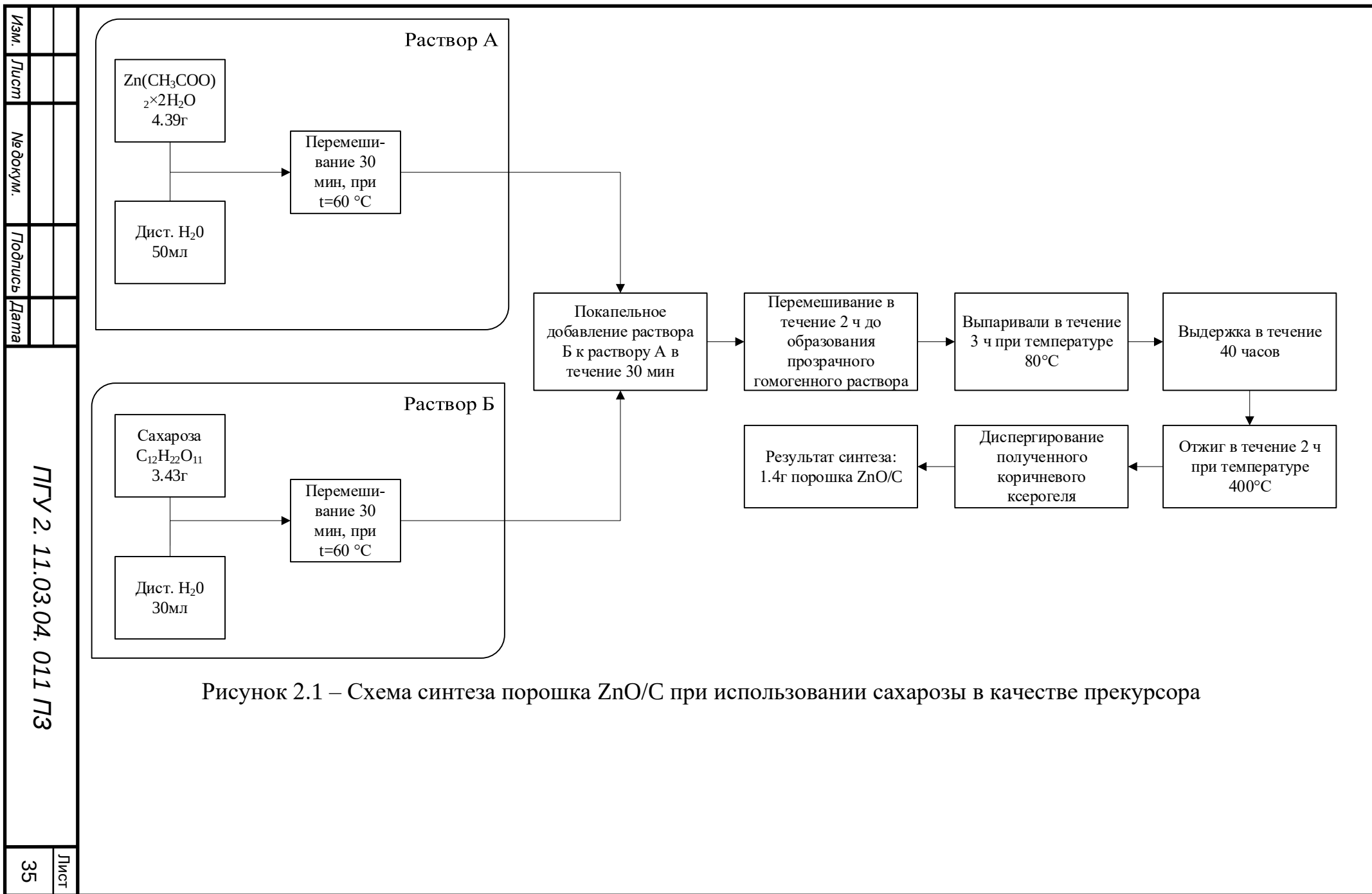
2.1 Методика синтеза порошка ZnO/C методом золь-гель с использованием сахарозы

Для реализации первой методики были изготовлены 2 раствора. Для раствора А смешали 4.39 грамм дигидрата ацетата цинка и 50 мл дистиллированной воды. Данный раствор перемешивали магнитной мешалкой в течении 30 минут при температуре 60 °С. При изготовлении раствора Б, перемешали сахарозу в 30 мл дистиллированной воды в течении 30 минут при температуре 60 °С. Далее покапельно добавляли раствор Б к раствору А в течении 30 минут.

Затем осуществляли перемешивание в течении двух часов при температуре 60 °С до образования прозрачного гомогенного раствора. Далее выпаривали в течении 3 часов при температуре 80 °С, затем проводилась выдержка полученного порошка в течении 40 часов. Дальнейшая термическая обработка проводилась в течении 2 часов при температуре 400 °С. Конечный продукт синтеза представлял собой коричневый ксерогель, который тщательно перетирали в ступке до образования однородного порошка. Масса образца составила 1.43 г порошка ZnO/C.

Схема технологического процесса синтеза порошка ZnO/C приведена на рисунке 2.1

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка методики синтеза порошков и исследование качественного состава и морфологии поверхности порошка ZnO модифицированных углеродом	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Пониматкин						
Пров.		Карманов					34	81
Н.контр.		Рыжова		13.06.22		гр. 20ПД1		
Утв.								



2.2 Методика синтеза порошка ZnO/C методом осаждения с использованием глюкозы

Для реализации второй методики были изготовлены 2 раствора. Для раствора А смешали 4.39 грамм дигидрата ацетата цинка в 50 мл дистиллированной воды. Данный раствор перемешивали магнитной мешалкой в течении 30 минут при температуре 60 °С. При изготовлении раствора Б, перемешали глюкозу в 30 мл дистиллированной воде в течении 30 минут при температуре 60 °С. Далее покапельно добавляли раствор Б к раствору А в течении 30 минут.

Затем осуществляли перемешивание в течении двух часов при температуре 60 °С до образования прозрачного гомогенного раствора. Далее выпаривали в течении 6 часов при температуре 85 °С, затем продолжили отжиг в течении 1 часа при температуре 400 °С. Конечный продукт синтеза представлял собой коричневый ксерогель, который тщательно перетирали в ступке до образования однородного порошка. Масса образца составила 1.4 грамм порошка ZnO/C.

Схема технологического процесса синтеза порошка ZnO/C приведена на рисунке 2.2

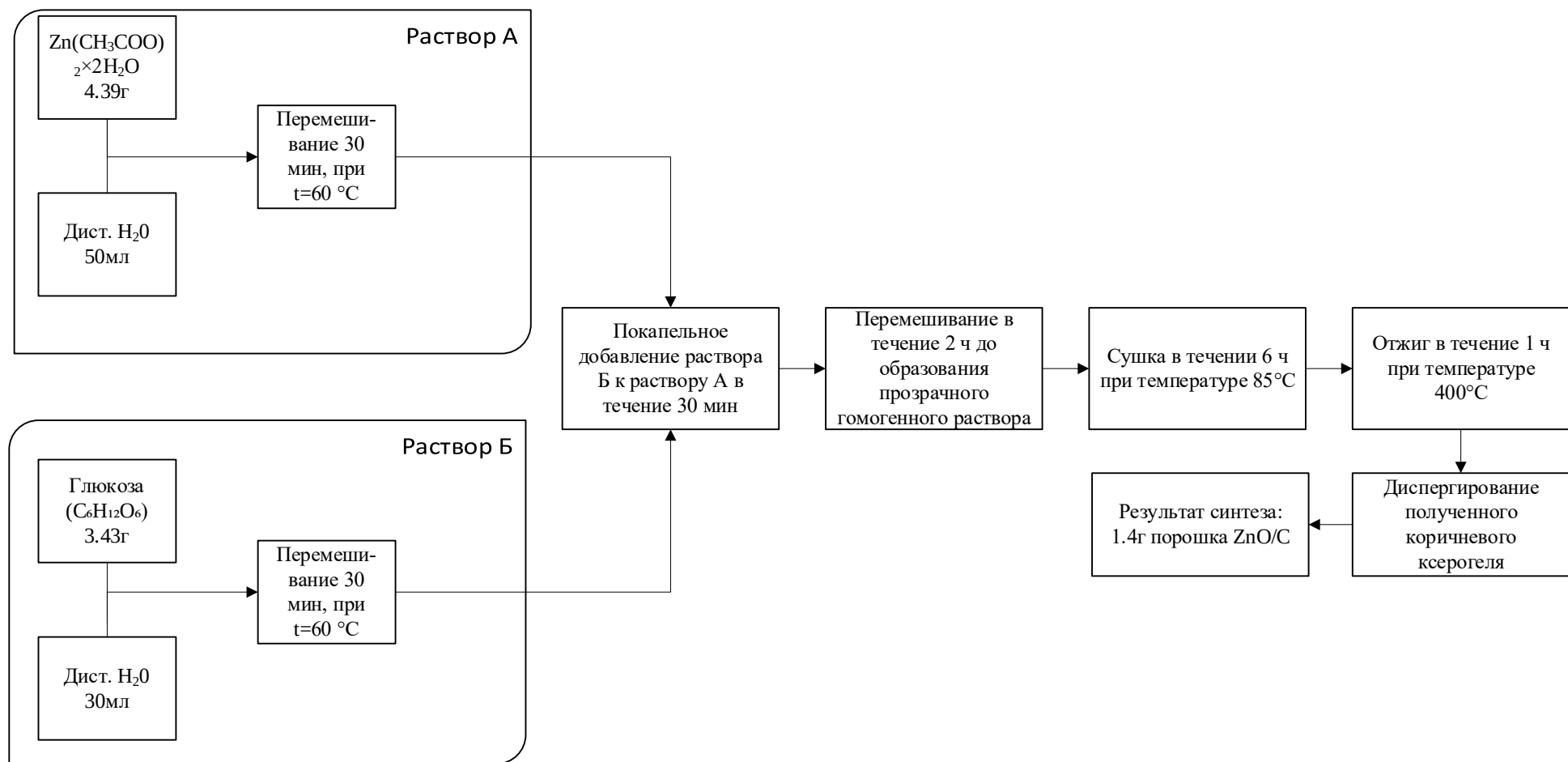


Рисунок 2.2 – Схема синтеза порошка ZnO/C при использовании глюкозы в качестве прекурсора

2.3 Методика синтеза порошка ZnO с гидроксидом натрия методом осаждения

Для реализации третьей методики синтеза были изготовлены 2 раствора. Для раствора А 13,6 г. хлорида цинка перемешали покапельно со 100 мл дистиллированной воды в 3 этапа. Для раствора Б гидроксид натрия был перемешан со 100 мл дистиллированной воды.

Затем добавили раствор Б в раствор А в течении 5 часов (1 мл/мин) через фильтровальную бумагу. В результате получили раствор белого цвета. Последующий отжиг проводился в течении двух часов при температуре 400 °С. Полученные порошки были перетерты в агатовой ступке до образования однородного порошка белого цвета. Финальный отжиг проводился в муфельной печи в течении двух часов при температуре 600 °С. Синтезированные образцы представляют собой желтоватый порошок массой 0,56 грамм.

Схема технологического процесса синтеза порошка ZnO приведена на рисунке 2.3

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

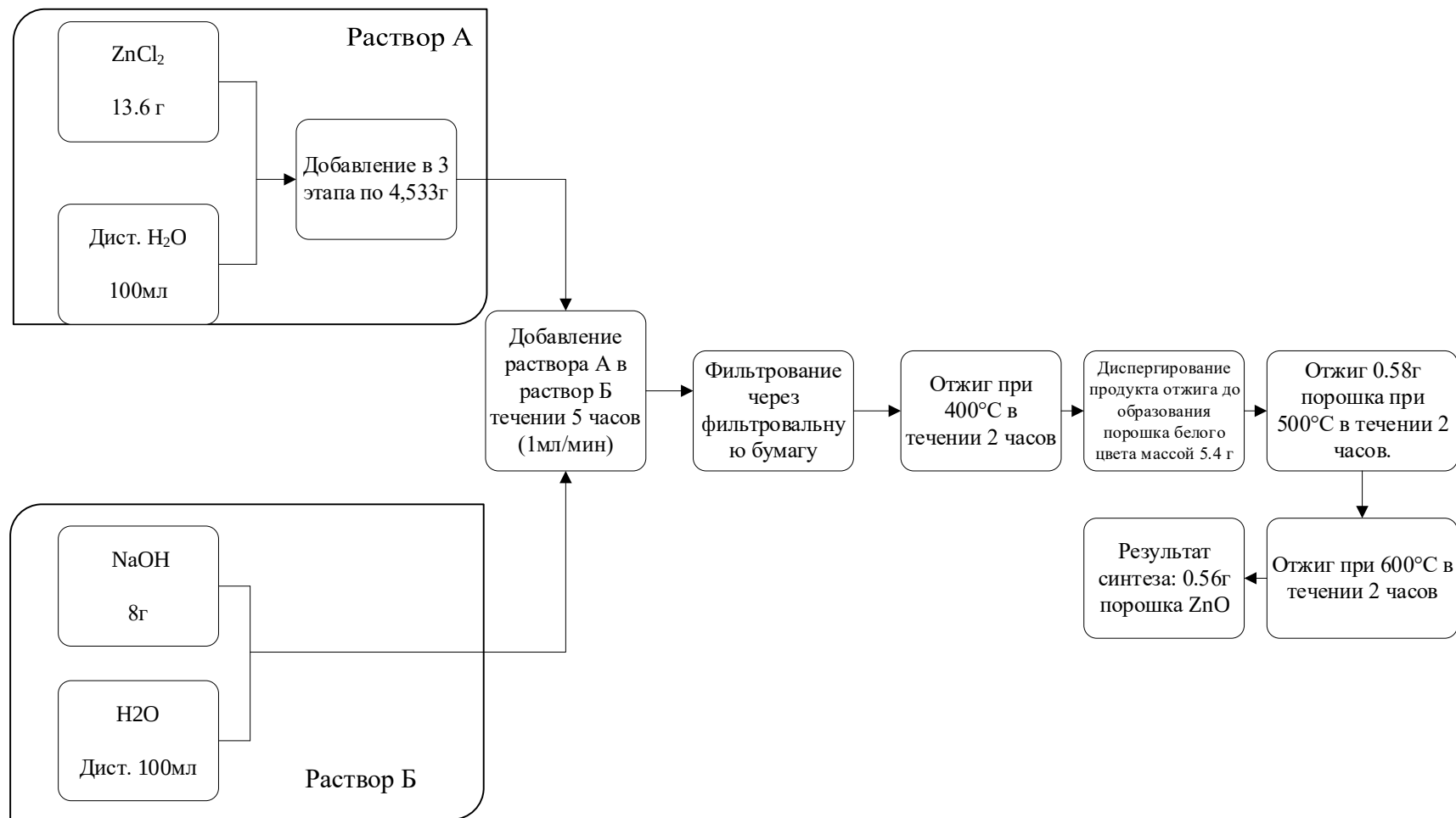


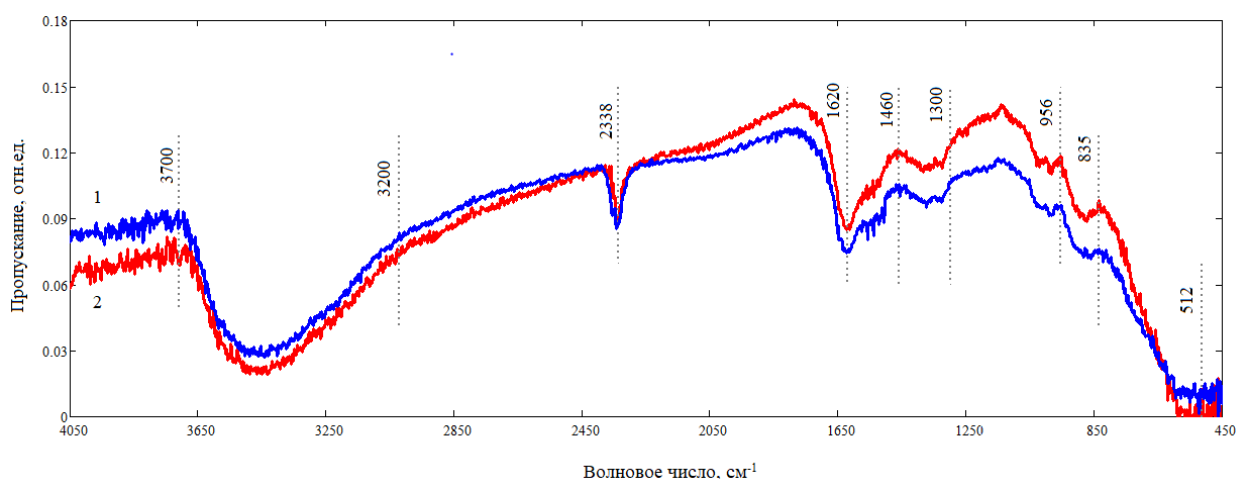
Рисунок 2.3 – Схема синтеза порошка оксида цинка при использовании хлорида цинка в качестве прекурсора

3 Исследование качественного состава и морфологии поверхности порошка оксида цинка модифицированных углеродом методом инфракрасным Фурье спектроскопии.

Спектроскопические исследования качественного состава образцов проводили на ИК-Фурье-спектрометре ФСМ1201 (ООО «Инфраспек», Россия). Образцы готовили в виде прессованных с бромидом калия таблеток (усилие прессования 10 т) при массовом соотношении $x:10x$, где x – масса исходной навески порошка ZnO , $10x$ – масса KBr . Непосредственно перед прессованием порошки бромида калия и оксида цинка, синтезированного в рамках разработанных методик, перетирали в агатовой ступке. Дегазация образцов в процессе прессования не проводилась.

На рисунке 3.1 представлены ИК-спектры пропускания исследуемых образцов, полученных в соответствие с разработанными методиками синтеза. Измерения проводили в спектральном диапазоне $450-4050\text{ см}^{-1}$ со спектральным разрешением 4 см^{-1} .

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Исследование качественного состава и морфологии поверхности порошка оксида цинка модифицированных углеродом методом инфракрасным Фурье спектроскопии.	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Пониматкин					40	81
Пров.		Карманов						
Н.контр.		Рыжова		13.06.24		гр. 20ПД1		
Утв.								



1 – методика порошка ZnO/C при использовании сахарозы, 2 – методика порошка ZnO/C при использовании глюкозы

Рисунок 3.1 – ИК-спектры пропускания исследуемых образцов ZnO/C, полученных в соответствии с разработанными методиками синтеза.

В соответствии с представленными на рисунке 3.1 ИК-спектрами можно сделать вывод, что качественный состав порошков, полученных по методикам № 1 и № 2, отвечает кристаллическому оксиду цинка с варьируемым содержанием углерода.

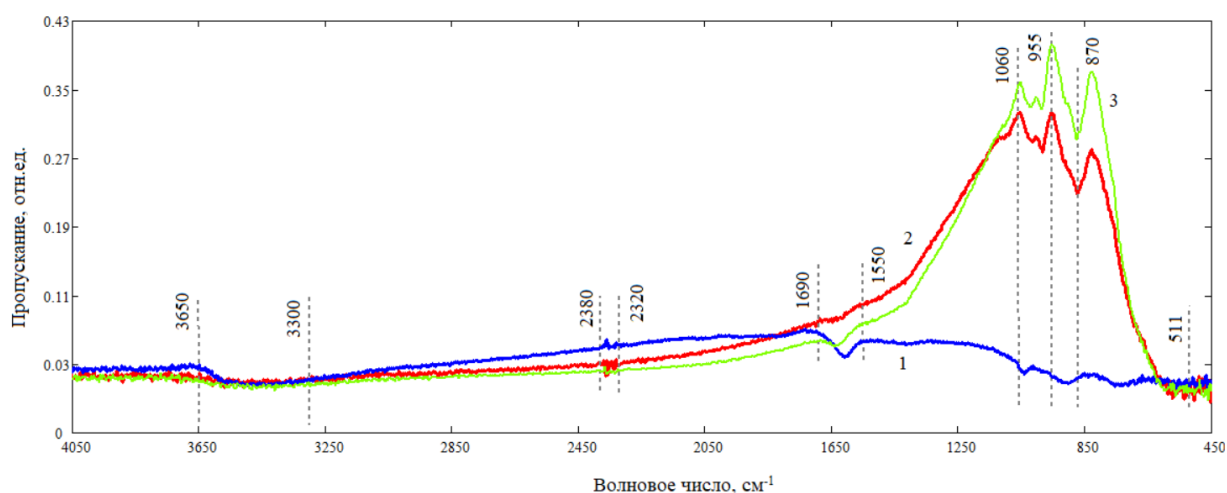
О кристаллизации ZnO можно судить по широкой интенсивной полосе поглощения с максимумом 512 см^{-1} , которая отвечает деформационные решеточные колебания связей $\text{Zn}=\text{O}$. Углерод по ИК-спектрам преимущественно идентифицируется в виде CH_3 , CH_2 и $\text{C}-\text{O}-\text{H}$ групп, на что указывают характеристические пики поглощения 835 см^{-1} . При этом для образцов, полученных в соответствии с методикой порошка ZnO/C при использовании глюкозы, углерод по ИК-спектрам достоверно не идентифицируется (кривая 2 на рисунке 1), что, по всей видимости, является следствием высокой температуры отжига (400°C), при которой полностью удаляются углеродосодержащие компоненты прекурсоров. Исходя из этого, при синтезе нанокомпозитов «оксид цинка – углерод», целесообразным являлось смешение порошков ZnO с использованием сахарозы. Обобщенные

результаты анализа ИК-спектров исследуемых материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Интерпретация ИК-спектров пропускания исследуемых образцов

Положение полос и пиков поглощения, см^{-1}	Присутствие колебательной моды на ИК-спектре		Интерпретация
	Образец № 1	Образец № 2	
512	+	+	деформационные решеточные колебания связей Zn=O
835-956	+	+	Zn-OH , внеплоскостные N-H
1300-1460	+	+	деформационные $-\text{CH}_2-\text{C-OH}$
1620	+	+	деформационные H-O-H , ароматические C=C
2338	+	+	атмосферный CO_2
3020-3700	+	+	валентные симметричные OH

На рисунке 3.2 представлены ИК-спектры пропускания 3 исследуемых образцов, полученных в соответствие с разработанными методиками синтеза М21, М22, М23. Измерения проводили в спектральном диапазоне $450 - 4050 \text{ см}^{-1}$ со спектральным разрешением 4 см^{-1} .



1 – методика М21, 2 – методика М22, 3 – методика М23

Рисунок 3.2 – ИК-спектры пропускания исследуемых образцов ZnO/C, полученных в соответствии с разработанными методиками синтеза

В соответствии с ИК – спектрами, представленными на рисунке 3.2, можно заключить, что химический состав порошков, полученных методами М21, М22 и М23, соответствует кристаллическому оксиду цинка с изменяющимся содержанием углерода. О кристаллизации ZnO можно судить по широкой интенсивной полосе поглощения с максимумом 511 см^{-1} , которая отвечает деформационные решеточные колебания связей $\text{Zn}=\text{O}$. Углерод по ИК-спектрам преимущественно идентифицируется в виде CH_3 , CH_2 и $\text{C}-\text{O}-\text{H}$ групп, на что указывают характеристические пики поглощения 870 см^{-1} . Обобщенные результаты анализа ИК-спектров исследуемых материалов представлены в таблице 2.

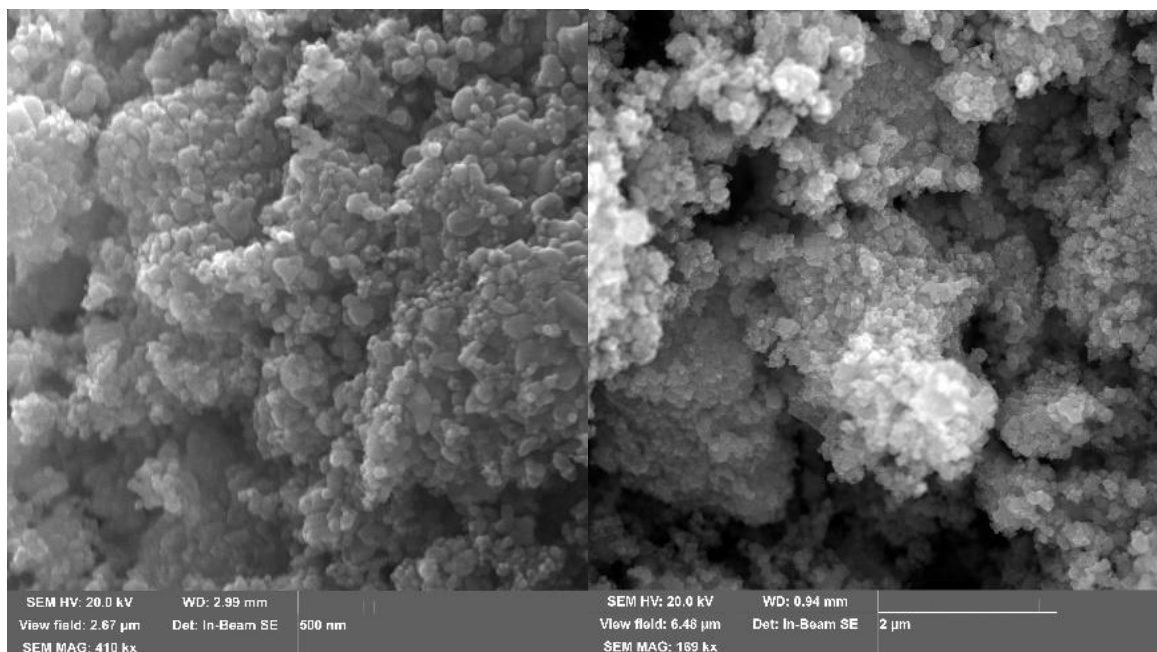
Таблица 2 – Интерпретация ИК-спектров пропускания исследуемых образцов

Положение полос и пиков поглощения, см ⁻¹	Присутствие колебательной моды на ИК-спектре			Интерпретация
	Образец № 3	Образец № 4	Образец № 5	
511	+	+	+	деформационные решеточные колебания связей Zn=O
870	-	+	+	Zn-OH, внеплоскостные N-H
955 – 1060	+	+	+	деформационные колебания C-O-H
1550-1690	+	-	-	деформационные H-O-H, ароматические C=C
2320-2380	+	+	+	атмосферный CO ₂
3300-3650	+	+	+	валентные симметричные OH

Дополнительной отличительной особенностью ИК-спектров исследуемых порошков являются широкая интенсивная полоса поглощения в спектральном диапазоне 3300–3650 см⁻¹ и выраженные минимумы пропускания при 1690 и 1550 см⁻¹ и 1620 и 835 см⁻¹. Указанные полосы и пики поглощения отвечают валентным симметричным колебаниям OH-групп, деформационным колебаниям H-O-H, а также Zn-OH группе соответственно. Данное обстоятельство указывает на присутствие в образцах воды в связанном и свободном виде, что коррелирует с их высокой удельной площадью поверхности, на которой происходит активная адсорбция атмосферной воды и углекислого газа.

На рисунке 3.3 показаны изображения растровой электронной микроскопии:

Для анализа зависимости морфологии поверхности структур было проведено исследование поверхности методом растровой электронной микроскопии. На рисунках 3.3 и 3.4 приведены микрофотографии поверхности образцов методом РЭМ



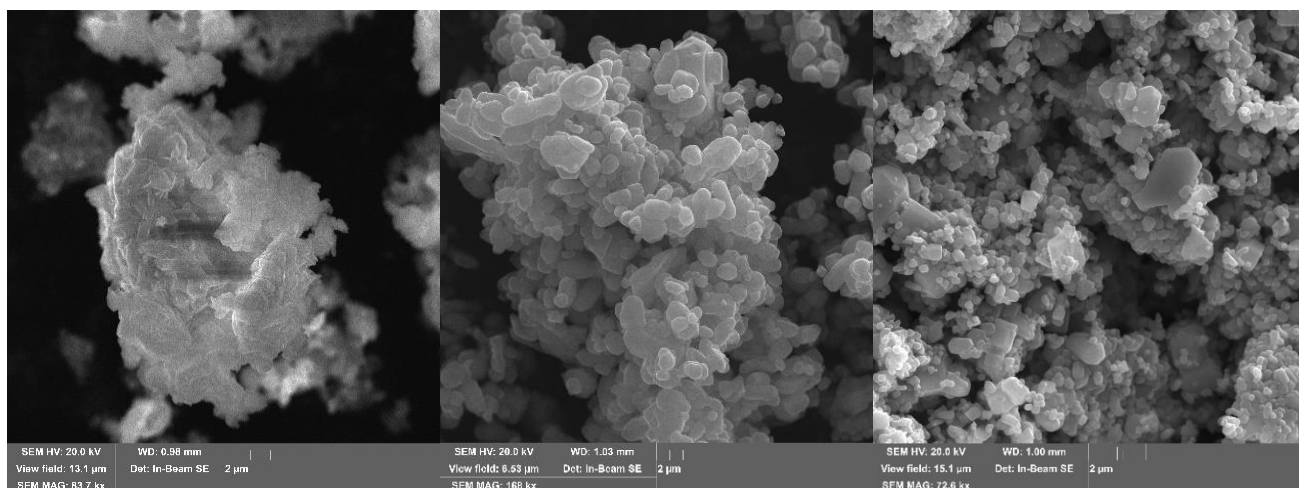
(а)

(б)

а) – методика порошка ZnO/C при использовании сахарозы, б) – методика порошка ZnO/C при использовании глюкозы

Рисунок 3.3 –Микрофотографии РЭМ образцов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



(а)

(б)

(в)

а) – методика М21, б) – методика М22, в) – методика М23

Рисунок 3.4 –Микрофотографии РЭМ образцов

После проведения анализа микрофотографий, были рассчитаны средние размеры зерен. Таким образом, зависимости от методики зерна имели следующие размеры: для структур, смешанный с сахарозой средний размер зерен составлял 116 нм; для структур, смешанный с глюкозой средний размер зерен составляет 0,2 мкм, для структур методики М22 средний размер зерен составляет 0,4 мкм; для структур методики М21 средний размер зерен составляет 0,45 мкм, для структур методики М23 средний размер зерен составляет 0,8 мкм. Проанализировав данные микрофотографии структур, обнаружим, что размеры отличаются во всех методиках.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ

Лист

46

4 Расчет освещения лаборатории наноматериалов и нанодиагностики.

Деятельность инженера-исследователя в сфере нанотехнологий, конкретно создание методов получения, изучения и регулирования параметров наноструктур, предполагает тесное взаимодействие с разнообразным технологическим и исследовательским оборудованием.

Место работы инженера-исследователя расположено в научно-исследовательской лаборатории, характеризующийся белым потолком, стенами, окрашенными в светло-зеленый цвет, и деревянным линолеумом на полу. Для обеспечения оптимальных условий труда размеры лаборатории (площадь и объем) должны быть пропорциональны числу сотрудников и количеству технологических и исследовательских приборов, размещенных в ней. Санитарно – гигиенические нормы предписывают следующие требования для одного работающего: объем помещения должен быть не менее 19,5 кубических метров, а площадь, ограниченная стенами или глухими перегородками не менее 6 квадратных метров. Кроме того, необходимо соблюдать нормы температуры в рабочей зоне (ГОСТ 12.1.005-88), изоляцию от шумов (ГОСТ 12.1.003.-83), чистоту воздуха (ГОСТ 12.1.005-88), освещение (ГОСТ 12.1.004-83) и другие. Планировка рабочего места играет ключевую роль, поскольку она должна обеспечивать комфортное выполнение задач, экономию энергии и времени оператора, рациональное использование производственных площадей, удобство обслуживания компьютерного оборудования строгое соблюдение правил охраны труда.

Научно-исследовательская деятельность инженера проводится на рабочих местах, представленных прямоугольными столами стандартного размера (1500×700 мм), оборудование необходимыми комплектами устройств и аппаратуры.

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Пониматкин					
Пров.		Карманов					
Н.контр.		Рыжова		13.06.14			
Утв.							
					Лит.	Лист	Листов
						47	81
					гр. 20ПД1		

Первое рабочее место инженера-исследователя специализируется на исследовании наноструктурированных материалов с помощью атомно-силовой микроскопии и оборудовано следующим образом:

- компьютером, состоящим из системного блока, монитора, мыши и клавиатуры;
- атомно-силовым микроскопом, предназначенным для высокоточного исследования наноструктур.

Второе рабочее место инженера-исследователя специализируется на исследовании наноструктурированных материалов с помощью ИК-спектроскопии в ближневолновой и средневолновой инфракрасной области и оборудовано следующим образом:

- компьютером, включающей системный блок, монитором, мышью и клавиатуру, для обработки и анализа полученных данных;
- ИК Фурье – спектрометром ФСМ 1201, предназначенным для высокоточного исследования спектральных характеристик наноструктур в инфракрасном диапазоне.

В ходе своей деятельности в научно – исследовательской лаборатории наноматериалов и нанодиагностики инженер – исследователь может подвергаться воздействию различных вредных и опасных факторов, таких как:

- повышенная или пониженная температура воздуха (ГОСТ 12.1.005-88);
- повышенная или пониженная влажность воздуха (ГОСТ 12.1.005-88);
- чрезмерная запыленность воздуха (ГОСТ 12.1.005-88);
- превышающий допустимые нормы уровень шума (ГОСТ 12.1.036-81);
- превышающий допустимые нормы уровень электромагнитного излучения (ГОСТ 12.1.045-84);
- недостаточная естественная или искусственная освещенность рабочего места (СНиП 23-05-95);

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

— превышающий допустимые нормы уровень ионизирующего излучения (ГОСТ 12.1.045-84);

— опасность поражения электрическим током (ГОСТ 12.1.030.-81);

— пожароопасность (ГОСТ 12.1.004-91);

— нервно – эмоциональные перегрузки;

— умственное перенапряжения;

— перенапряжение зрительного аппарата;

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88, в научно – исследовательской лаборатории наноматериалов и нанодиагностики, где проводились исследования, микроклиматические условия должны соответствовать следующим параметрам: температура воздуха от 30 до 31 °С при относительной влажности воздуха около 85% или 40 °С при влажности воздуха 40 %, а скорость не должна превышать 0,2 метра в секунду. Микроклимат научно – исследовательской лаборатории наноматериалов и нанодиагностики, где проводились исследования должны полностью соответствовать нормативным требованиям, обеспечивая следующие параметры:

— температура воздуха в диапазоне от 18 до 25 °С;

— относительная влажность воздуха не превышает 60 %;

— скорость воздуха составляет 0,1 метра в секунду.

Уровень шума на рабочем месте в научно – исследовательской лаборатории наноматериалов и нанодиагностики находится в пределах допустимых норм, не превышая 60 дБА, и составляет 45 дБА, что полностью соответствует требованиям ГОСТ 12.1.012-90 и обеспечивает безопасные условия труда.

Допустимые значения параметров электромагнитных излучений регламентируется ГОСТ 12.1.045 – 84. В научно – исследовательской лаборатории на рабочем месте инженера – исследователя используются мониторы *Samsung* с диагональю 17 дюймов, частотой обновления 65 Гц и

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

разрешением 1360×768, которые полностью соответствуют требованиям стандарта ТСО-99, характеризуюсь пониженным уровнем электромагнитного излучения. Кроме того, на рабочем месте строго соблюдается режим труда и отдыха, что обеспечивает безопасные условия для инженера.

Электробезопасность в научно – исследовательской лаборатории наноматериалов и нанодиагностики обеспечивается в полном соответствии с требованием ГОСТ 12.1.030 – 81. Помещение, где проводились работы, классифицируется как группа помещений без повышенной опасности в отношении поражения электрическим током, поскольку отсутствует риск одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям, соединенным с землей, и металлическим корпусам электрооборудования. Кроме того, в помещении отсутствует токопроводящая пыль, а тип пола – токонепроводящий, что соответствует требованиям ПУЭ 1.1.13.

Электропитание приборов в научно – исследовательской лаборатории наноматериалов и нанодиагностики осуществляется от сети переменного тока промышленной частоты 50 Гц, напряжением 220 В с глухозаземленной нейтралью. Согласно ПУЭ 1.1.13, такие установки классифицируются как электроустановки с напряжением до 1000 В. Все приборы размещены в корпусах, что делают их закрытыми приборами. Для предотвращения несчастных случаев, связанных с прикосновением к корпусу приборы в случае замыкания на него токоведущих частей, предусмотрено защитное заземление, что соответствует требованиям ПУЭ 1.7.55.

Компьютеры подключены к сети переменного тока напряжением 220 В с помощью трёх контактных вилок, третий контакт обеспечивает надежное заземление, что соответствует требованиям электробезопасности, установленным в ГОСТ 12.1.030 – 81.

Во время проведения исследований, эксплуатации компьютеров, а также при выполнении ремонтных и профилактических работ строго соблюдаются следующие правила безопасности:

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- разъемы на электрооборудовании, подключенном к сети, не коммутируются;
- включенное оборудование постоянно находится под наблюдением;
- запрещается работа на неизвестном электрооборудовании;
- категорически запрещается ремонт оборудования и вскрытие корпусов при включенном напряжении питания;
- запрещается работа на приборах без надежного заземления.

В научно – исследовательской лаборатории основными факторами риска возникновения пожара являются:

- неисправность или поломка электрооборудования;
- нарушение требования и норм пожарной безопасности;
- неисправность или повреждение электрической сети;
- нарушение установленных правил эксплуатации оборудования;
- неисправность или повреждение электрической сети;
- нарушение требования и норм пожарной безопасности.

В целях предотвращения возникновения пожара и обеспечения пожарной безопасности в научно – исследовательской лаборатории, в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004. – 91, предусмотрены следующие меры:

- рубильники прямого доступа, позволяющие быстро отключить электропитание в случае необходимости;
- огнетушители ОХП – 10 и ОХПВ – 10, готовые к использованию в случае пожара;
- запасные выходы, обеспечивающие быструю и безопасную эвакуацию персонала в случае пожара;
- регулярный инструктаж по технике безопасности для всех сотрудников лаборатории.

Освещенность помещения играет ключевую роль в работе инженера – исследователя. В отношении освещенности научно – исследовательской лаборатории предъявляются строгие гигиенические, технико – экономические

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

требования. Правильно спроектированное и реализованное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, положительно влияет на психологическое состояние инженера – исследователя, а также увеличивает производительность труда.

Недостаточная освещенность на рабочем месте инженера может привести к развитию зрительного утомления, что, в свою очередь, может вызвать близорукость, головные боли, раздражительность, нервное напряжение и стресс, а также ослабить внимание и концентрацию. С другой стороны, чрезмерное яркое освещение может вызвать раздражение в глазах, что также негативно влияет на работу и здоровье. Неправильное направление света на рабочем месте инженера – исследователя может создавать резкие тени и блики на мониторе, что значительно затрудняет восприятие информации с экрана, заставляя менять положение головы и корпуса, напрягать зрение. Это не только увеличивает нагрузку на глаза, но и на шею, спину, плечи и руки, что приводит к быстрому утомлению и дискомфорту при работе в кабинете. Источниками бликов на мониторе могут быть расположены рядом с экраном источника света, светлое оборудование, яркие поверхности, незашторенные окна и другие объекты, которые отражают свет. Напряженная зрительная работа, вызванная нерациональным освещением, может стать причиной функциональных нарушений в зрительном аппарате, привести к расстройству зрения, а в худшем случае к полной потере зрения.

Выбор системы освещения рабочих мест в научно – исследовательской лаборатории наноматериалов и нанодиагностики регламентируется СНиП и учитывает следующие требования:

- уровень освещенности определяется типом выполняемой зрительной работы и ее сложностью;
- обеспечивается постоянство освещения во время работы, чтобы не вызывать дискомфорт и утомление;
- оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока, чтобы не создавать бликов и теней;

- равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях в окружающем пространстве, чтобы обеспечить комфортное зрение;
- отсутствие резких теней и бликов, которые мешают работе;
- электробезопасность, пожаробезопасность, экономичность, эффективность, долговечность и простота эксплуатации системы освещения.

Исследование наноструктурированных материалов не требует от инженера – исследователя высокой точности измерений, но оно связано с длительной работой за компьютером и над научно – техническими документами. Поэтому, согласно СНиП 23 – 05 – 95, рекомендуется обеспечивать освещенность рабочего места на уровне 400 лк при использовании комбинированной системы освещения, чтобы обеспечить комфортное зрение и предотвратить утомление.

Для обеспечения постоянства освещения в течение дня, особенно при недостаточном естественном освещении, устанавливается комбинированная система освещения, которая включает в себя дополнительное искусственное освещение. Это искусственное освещение используется не только в темное время суток, но и в светлое, чтобы обеспечить равномерное и постоянное освещение рабочего места.

Для научно – исследовательской лаборатории наиболее подходящим является одностороннее боковое естественное освещение. Однако, при этом необходимо учитывать, что прямые и отраженные блики могут оказывать нагрузку на глаза и снижать зрительную четкость восприятия. В связи с этим, дисплей компьютера не должен быть обращен непосредственно в сторону окна, чтобы избежать прямых и отраженных бликов. Если невозможно изменить расположение рабочего места, то дисплей должен быть установлен под углом к окну. Кроме того, для обеспечения равномерного распределения яркости в поле зрения инженера – исследователя, стены научно – исследовательской лаборатории окрашиваются в светлые тона с высоким коэффициентом отражения, что помогает уменьшить нагрузку на глаза и улучшить зрительную четкость. Чтобы исключить возможность засветки

дисплея компьютера прямым световым потоком, источники искусственного освещения располагаются параллельно линии зрения оператора, сбоку от рабочего места, что обеспечивает оптимальное освещение и предотвращает блики на экране.

В научно – исследовательской лаборатории для реализации комбинированного освещения используются люминесцентные лампы ЛБ 80, которые обеспечивают световой поток в 5200 лм. Эти лампы характеризуются высокой световой отдачей, создают более рассеянный свет, чем точечные источники света, такие как лампы накаливания, галогенные и газоразрядные лампы высокого давления. Кроме того, они имеют продолжительный срок службы, достигающий порядка 10 лет, и излучают свет со спектральным составом, близким к естественному. Основной недостаток люминесцентных ламп – эффект мерцания, который может вызывать дискомфорт и утомление у людей. Согласно СНиП 23 – 05 – 95, необходимо соблюдать предельно – допустимое значение коэффициента пульсации освещенности рабочего места, которое не должно превышать 15 %. Мерцание может вызвано пульсацией тока, низким качеством производства, отработкой гарантийного срока службы, проблемами с кондаками, блоком питания и вентиляцией.

Чтобы подтвердить соответствие используемой системы освещения СНиП 23-05-95, мы проведем расчет освещенности рабочего места инженера – исследователя в научно – исследовательской лаборатории наноматериалов и нанодиагностики с помощью точечного метода. Этот метод используется для расчета местного, общего равномерного и локализованного освещения при любом расположении освещаемых поверхностей.

Нормируемая минимальная освещенность рабочего места (Е) определяется уравнением 4.1:

$$E = \frac{F \cdot m \cdot e \cdot p \cdot Y}{1000 \cdot K_3 \cdot h} , \quad (4.1)$$

Где F – световой поток светильника, лм;

m – коэффициент, учитывающий отраженную составляющую света и действие удаленных светильников (1,05 – 1,2);

$e = e_1 + e_2 + \dots + e_i$ – условная освещенность, которая создавалась бы i – м светильником при установке в нем лампы 1000 лк;

p – расстояние от плоскости, в которой расположена контрольная точка, до проекции светильника, м;

$Y = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_i$ – коэффициент, учитывающий переход от горизонтальной плоскости к вертикальной;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий запыление светильников и износ источников света (1,5 – 2);

h – высота подвеса светильников над расчётной поверхностью, м.

Научно – исследовательская лаборатория наноматериалов и нанодиагностики имеет размеры 15 метров в длину, 5 метров в ширину и 3,5 метра в высоту. В ней установлены 8 светильников типа ОД с прямым косинусным светораспределением. Каждый из этих светильников оснащен двумя люминесцентными лампами ЛБ – 80, каждая из которых обеспечивает световой поток в 5200 люмен. Расположение светильников в помещении представлено на рисунке 4.1

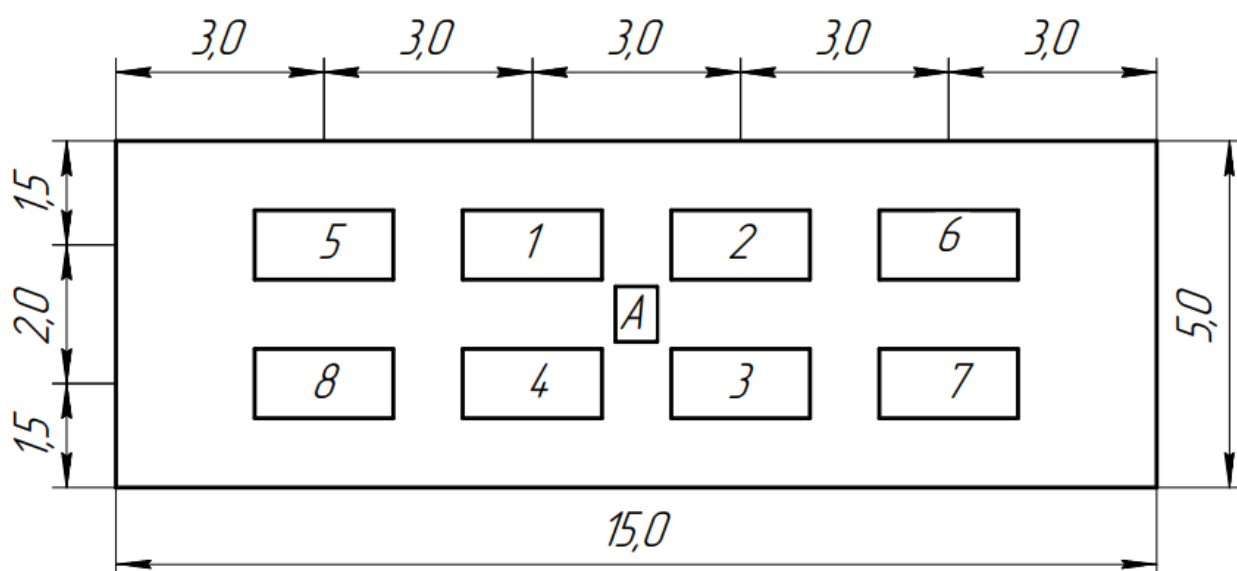


Рисунок 4.1 – Расположение светильников в научно-исследовательской лаборатории: А – контрольная точка; 1-8 светильники

Поскольку в каждом из светильников установлены две люминесцентные лампы ЛБ – 80, каждая из которых обеспечивает световой поток в 5200 люмен, общий световой поток составляет $F = 2 \times 5200 \text{ лм} = 10400 \text{ лм}$.

Для люминесцентных ламп используется коэффициент $m = 1,1$. Который учитывает отраженную составляющую света и влияние удаленных светильников.

Так как научно – исследовательская лаборатория наноматериалов и нанодиагностики относится к помещениям с низким уровнем пыли, то коэффициент запаса для люминесцентных ламп составляет $K_z = 1,5$.

Поскольку плотность нормирования освещенности расположена на высоте 0,8 метра от пола, то высота подвеса светильников над рабочей поверхностью составляет: $h = 3,5 - 0,8 = 2,7$ метра.

Условная освещенность, создаваемая I – м светильником при установке в нем лампы мощностью 1000 люмен, может быть определена по уравнению

$$4.2: e_i = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha_i}{h^2}, \quad (4.2)$$

где I_α – сила света по направлению к точке:

α_i – угол между нормалью к поверхности, которой принадлежит точка и лучом падающего света, определяемый выражением 4.3:

$$\alpha_i = \arctg\left(\frac{d_i}{h}\right), \quad (4.3)$$

где d_i – расстояние от контрольной точки A до проекции светильника.

$$d_1 = d_2 = d_3 = d_4 = \sqrt{1,5^2 + 1^2} \text{ м} = 1,8 \text{ м}, \quad (4.4)$$

$$d_5 = d_6 = d_7 = d_8 = \sqrt{4,5^2 + 1^2} \text{ м} = 4,6 \text{ м}. \quad (4.5)$$

Определим α_i :

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \arctg\left(\frac{1,8 \text{ м}}{2,7 \text{ м}}\right) = 34^\circ, \quad (4.6)$$

$$\alpha_5 = \alpha_6 = \alpha_7 = \alpha_8 = \arctg\left(\frac{4,6 \text{ м}}{2,7 \text{ м}}\right) = 60^\circ. \quad (4.7)$$

Определим e_i :

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 225 \text{ кд}, \quad (4.8)$$

$$I_5 = I_6 = I_7 = I_8 = 135 \text{ кд}, \quad (4.9)$$

$$e_1 = e_2 = e_3 = e_4 = \frac{225 \text{ кд} \cos^3 34^\circ}{(2,7 \text{ м})^2} = 17,8 \text{ лк}, \quad (4.10)$$

$$e_5 = e_6 = e_7 = e_8 = \frac{135 \text{ кд} \cos^3 60^\circ}{(2,7 \text{ м})^2} = 2,4 \text{ лк}. \quad (4.11)$$

Исходя из условной освещенности, которая создавалась бы i -м светильником, определим:

$$e = e_1 + e_2 + e_3 + e_4 + e_5 + e_6 + e_7 + e_8 = 80,8 \text{ лк}. \quad (4.12)$$

Рассчитаем Y_i , по выражению 4,13:

$$Y_i = \cos \theta + \frac{d_i}{h} \sin \theta. \quad (4.13)$$

где θ – угол наклона вертикальной плоскости, равный 90° ;

$$Y_1 = Y_2 = Y_3 = Y_4 = 0,67, \quad (4.14)$$

$$Y_5 = Y_6 = Y_7 = Y_8 = 1,70. \quad (4.15)$$

С учетом всего вышеизложенного, рассчитаем освещенность рабочего места инженера исследователя по выражению (4.1):

$$E = \frac{10400 \cdot 80,8 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 2,37}{1000 \cdot 1,5 \cdot 2,7} = 541_{\text{лк}}. \quad (4.16)$$

Полученные результаты расчета освещенности рабочего места инженера – исследователя, равные $E = 541$ лк, удовлетворяют требованиям СНиП 23 – 05 – 95. Таким образом, реализованная в научно – исследовательской лаборатории система освещения отвечает требованиям безопасности труда и удобства работы.

На основе всего вышеизложенного можно сделать вывод о том, что микроклимат, уровень шума и освещенность в научно – исследовательской лаборатории соответствуют необходимым требованиям нормативных документов для помещений данного типа, установленным ГОСТ 12.1.003 – 83 и СНиП 23 – 05 – 95.

Кроме того, в соответствии с ГОСТ 12.1.004 – 91, в лаборатории приняты меры противопожарной безопасности, включая: рубильники прямого доступа для быстрого отключения установки от электрической сети; огнетушители ОХП – 10 и ОХПВ – 10; а также оборудованы запасные выходы, обеспечивающие быструю эвакуацию персонала в случае пожара.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана методика синтеза порошков оксида цинка, модифицированного углерода. Провели исследование качественного состава методом ИК – Фурье спектроскопии. С помощью растровой электронной микроскопии были получены изображения структуры.

Установили комбинационные зависимости между технологическими режимами синтеза порошков оксида цинка, модифицированных углеродом и их качественным составом и морфологии поверхности.

Результаты исследования показали, что каждый из используемых методов синтеза позволяет получать порошки оксида цинка, модифицированные углеродом с уникальными свойствами, такими как электрическая проводимость и емкость.

Итог работы демонстрируют эффективность разработанных методик синтеза и спектроскопических исследований для получения порошков оксида цинка, модифицированных углеродом с улучшенными электрическими свойствами. Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых материалов и технологий на основе порошков оксида цинка, модифицированных углеродом для ионисторов, что может иметь значительное практическое значение в различных областях, таких как электроника, энергетика и транспорт.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мошников В.А., Таиров Ю.М., Хамова Т.В., Шилова О.А. Золь-Гель Технология Микро - и нанокомполитов. Учебное пособие / Под. ред. О. А. Шиловой. — СПб.: "Лань", 2013. — 304 с.
2. Максимов А. И., Мошников В. А., Таиров Ю.М. Основы золь-гель-технологии нанокомполитов. – СПб.: "ЛЭТИ", 2007. – 156 с.
3. *Chang-Soo Kim, Charles Randow, Tomoko Sano Editors. Hybrid and Hierarchical Composite Materials.* 2015 – 500 p. SBN 978-3-319-12867-2.
4. Ду А., Чжоу Б., Чжан З., Шен Дж. Особый материал или новое состояние вещества: обзор и переосмысление аэрогеля. Матер. 6(3), 941–968 (2013).
5. *Petritz R. L. Theory of photoconductivity in semiconductor films //Physical Review.* – 1956. – Т. 104. – №. 6. – С. 1508.
6. *Ludi B., Niederberger M. Zinc oxide nanoparticles: chemical mechanisms and classical and non-classical crystallization //Dalton Transactions.* – 2013. – Т. 42. – №. 35. – С. 12554-12568.
7. Ерохин, Ю. М. Химия : Учебное пособие. — М.: Академия, 2013. — с. 145.
8. *Tu N. et al. Effects of carbon on optical properties of ZnO powder //Journal of Luminescence.* – 2016. – Т. 174. – С. 6-10.
9. *L.T. Tseng, J.B. Yi, X.Y. Zhang, G.Z. Xing, H.M. Fan, T.S. Herng, X. Luo, M. Ionescu, J. Ding, S. Li, AIP Adv. 4 (2014) 067117.*
10. *Z.G. Wang, X.T. Zu, S.Z. Yang, L.M. Wang, J. Mater. Sci. 41 (2006) 3729.*
11. *P. Kumar, H.K. Malik, K. Asokan, EPL 110 (2015) 67006.*
12. *Beltrán J. J., Barrero C. A., Punnoose A. Relationship between ferromagnetism and formation of complex carbon bonds in carbon doped ZnO powders //Physical Chemistry Chemical Physics.* – 2019. – Т. 21. – №. 17. – С. 8808-8819.

13. M. H. Farooq, X.-G. Xu, H.-L. Yang, C.-J. Ran, J. Miao, M. Z. Iqbal and Y. Jiang, *Rare Metals*, 2013, 32, 264–268.
14. X. Xu, C. Xu, J. Dai, J. Hu, F. Li and S. Zhang, *The Journal of Physical Chemistry C*, 2012, 116, 8813–8818.
15. M. A. Garcia, J. M. Merino, E. Fernández Pinel, A. Quesada, J. de la Venta, M. L. Ruíz González, G. R. Castro, P. Crespo, J. Llopis, J. M. González-Calbet and A. Hernando, *Nano letters*, 2007, 7, 1489–94.
16. J. Zhang, S. Xiong, X. Wu, A. Thurber, M. Jones, M. Gu, Z. Pan, D. A. Tenne, C. B. Hanna, Y. Du and A. Punnoose, *Physical Review B*, 2013, 88, 085437.
17. S. Chen, N. V. Medhekar, J. Garitaonandia and K. Suzuki, *Journal of Physical Chemistry C*, 2012, 116, 8541–8547.
18. G. Xiong, U. Pal, J. G. Serrano, K. B. Ucer and R. T. Williams, *Physica Status Solidi (C) Current Topics in Solid State Physics*, 2006, 3, 3577–3581.
19. M. D. Frogley, C. Wang, G. Cinque and A. H. Barber, *Vibrational Spectroscopy*, 2014, 75, 178–183.
20. Lanfredi S. et al. ZnO/Zn/amorphous carbon matrix nanostructured composite powder: A new photocatalyst for dye //Mrs Advances. – 2016. – Т. 1. – С. 1327-1332.
21. L.S. Avarinda, K.K. Nagaraja, H.S. Nagaraja, K. Udaya Bhat, Badekai Ramachandra Bhat, *Electrochim. Acta* 95, 119 (2013)
22. J. Matos, M. Hofman, R. Pietrzak, *Carbon*. 54, 460 (2013).
23. C. F. Klingshirn, B. K. Meyer, A. Waag, A. Hoffmann and J. Geurts, *Zinc Oxide: From Fundamental Properties Towards. Novel Applications*, Springer, Heidelberg, 2010.
24. Kneissl M. et al. III-Nitride ultraviolet emitters //Springer Series in Materials Science. – 2016.
25. К. Чжан, К. Скрафффорд, М. Ли, З. Цао, З. Ся, П. М. Аджаян, Б. Вей, *Нано Стал*. 2014, 14, 1938–1943.
26. Х. Цзи, С. Чжао, З. Цяо, Дж. Юнг, Ю. Чжу, Ю. Лу, Л. Л. Чжан, А.Х. Макдональд, Р.С. Руофф, *Нат. сообщество* 2014, 5, 3317-3320.

27. Wang Y. et al. Zinc oxide based composite materials for advanced supercapacitors //ChemistrySelect. – 2018. – Т. 3. – №. 2. – С. 550-565.
28. A. Barin, L. N. Canha, A. R. Abaide, K. F. Magnago, R. Q. Machado, IEEE. 2009, 09, 3615–3620
29. D. Kalpana, K. S. Omkumar, S. Suresh Kumar, N. G. Renganathan, Electrochem. Acta 2006, 52, 1309–1315.
30. Ю. М. Лю, С. Лю, Матер. Chem. Phys. 2014, 148, 380–386
31. Q. Zhang, K. Scrafford, M. Li, Z. Cao, Z. Xia, P. M. Ajayan, B. Wei, Nano Lett. 2014, 14, 1938–1943.
32. Z. Y. Xia, S. Pezzini, E. Treossi, G. Giambastiani, F. Corticelli, V. Morandi, A. Zanelli, V. Bellani, V. Palermo, Adv. Funct. Mater. 2013, 23, 4684–4693.
33. Ho M. Y. et al. A review of metal oxide composite electrode materials for electrochemical capacitors //Nano. – 2014. – Т. 9. – №. 06. – С. 1430002.

Приложение А

(обязательное)

Задание на ВКР

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

«Утверждаю»

Зав. кафедрой НиМЭ

Пронин И.А.

(фамилия, инициалы)

«05» июня 2024 г.

З А Д А Н И Е
на бакалаврскую работу

1. Студента гр. 20ПД1 факультета информационных технологий и электроники
Пониматкина Владимира Александровича

Направление подготовки 11.03.04. «Электроника и нанoeлектроника»

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

(фамилия, имя, отчество)

2. Руководитель Карманов Андрей Андреевич

(фамилия, имя, отчество)

3. Тема бакалаврской работы Разработка методик синтеза и спектроскопические исследования порошков оксида цинка, модифицированных углеродом.

Тема утверждена приказом ПГУ № 396а/о от «17» 04 2024 г.

4. Техническое задание на бакалаврскую работу

1. Разработать методики синтеза порошков оксида цинка, модифицированных углеродом. Провести исследование качественного состава и морфологии поверхности порошка оксида цинка модифицированных углеродом инфракрасным Фурье спектроскопии методом.

2. Провести исследование морфологии поверхности порошка оксида цинка модифицированных углеродом методом растровой электронной микроскопии.

3. Установить комбинационные зависимости между технологическими режимами синтеза порошков оксида цинка, модифицированных углеродом и их качественным составом и морфологии поверхности.

5. Объем и содержание основной части бакалаврской работы

5.1. Пояснительная записка

1. Литературный обзор.

1.1 Получение наноматериалов золь-гель методом.

1.2 Основные свойства и методы получения оксида цинка.

1.3 Влияние углерода на оптические свойства порошка оксида цинка.

1.4 Связь между ферромагнетизмом и формированием сложных углеродных связей в порошках оксида цинка, легированных углеродом.

1.5 Наноструктурированный композитный порошок ZnO/Zn/аморфная углеродная матрица новый фотокатализатор для красителя.

1.6 Характеристики оксидов переходного металла.

1.7 Композитные материалы на основе оксида цинка для передовых технологий.

1.5 Наноструктурированный композитный порошок ZnO/Zn/аморфная углеродная матрица новый фотокатализатор для красителя	
1.6 Характеристики оксидов переходного металла	
1.7 Композитные материалы на основе оксида цинка для передовых технологий	
1.8 Zn-графен	
5.2. Иллюстративная часть	
Титульный слайд	Слайд 1
Цель и задание исследования	Слайд 2
Актуальность и научная новизна исследования	Слайд 3
Схема синтеза порошка оксида цинка и углерода при использовании сахарозы в качестве прекурсора	Слайд 4
Схема синтеза порошка оксида цинка и углерода при использовании глюкозы в качестве прекурсора	Слайд 5
ИК-спектры пропускания исследуемых образцов ZnO/C, полученных в соответствии с разработанными методиками синтеза	Слайд 6
Схема синтеза порошка оксида цинка при использовании хлорида цинка в качестве прекурсора	Слайд 7
ИК-спектры пропускания исследуемых образцов ZnO/C, полученных в соответствии с разработанными методиками синтеза	Слайд 8
Микрофотографии РЭМ образцов	Слайд 9-10
Анализ влияния освещённости научно-исследовательской лаборатории на работу инженера исследователя	Слайд 11
Заключение и вывод исследования	Слайд 12

6. Консультанты и содержание дополнительных разделов

6.1. _____

Консультант _____

7. Календарный график по выполнению бакалаврской работы

Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя, консультанта
Литературный обзор	20%	05.06.24	
Разработка методики синтеза порошков и исследование качественного состава и морфологии поверхности порошка ZnO модифицированных углеродом	25%	06.06.24	
Исследование качественного состава и морфологии поверхности порошка оксида цинка модифицированных углеродом, методом инфракрасным Фурье спектроскопии	35	06.06.24	
Расчет освещенности научной лаборатории синтеза наноматериалов	10%	07.06.24	
Иллюстративная часть	5%	08.06.24	
Оформление пояснительной записки	5%	08.06.24	

Руководитель бакалаврской работы _____

подпись

Карманов А.А.

фамилия, инициалы

Дата выдачи задания

«05»

июня

2024 г.

Задание к исполнению принял _____

подпись

Пониматкин В.А.

фамилия, инициалы

«05»

июня

2024 г.

Бакалаврскую работу к защите допустить

Декан факультета _____

подпись

Кревчик В.Д.

фамилия, инициалы

«12»

июня

2024 г.

Приложение Б
(обязательное)
Презентация ВКР

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



**Пензенский государственный университет
Кафедра «Нано- и микроэлектроника»**

**Разработка методик синтеза и
спектроскопические исследования
порошков ZnO, модифицированных
углеродом.**



**Выполнил: Пониматкин В.А.
Научный руководитель:
к.ф.-м.н., доцент - Карманов А.А**

Цель и задачи исследования

Цель работы: разработать методики синтеза порошков оксида цинка, модифицированных углеродом.

Задачи:

- 1 Провести исследование качественного состава и морфологии поверхности порошка оксида цинка модифицированных углеродом инфракрасным Фурье спектроскопии методом.
- 2 методика синтеза порошка оксида цинка модифицированным углеродом методом золь-гель с использованием сахарозы.
- 3 методика синтеза порошка оксида цинка модифицированным углеродом методом золь-гель с использованием глюкозы.
- 4 Методика синтеза порошка ZnO с гидроксидом натрия методом осаждения
- 5 Установить комбинационные зависимости между технологическими режимами синтеза порошков оксида цинка, модифицированных углеродом и их качественным составом и морфологии поверхности.

Актуальность и научная новизна исследования

Порошки оксида цинка, модифицированные углеродом, являются перспективными материалами для создания ионисторов с улучшенными свойствами. Актуальность использования таких материалов обусловлена следующими факторами:

1. Обладает улучшенными электрическими свойствами, такими как электрическая проводимость и емкость;
2. В настоящее время не существует методов, позволяющих целенаправленно оптимизировать все требуемые параметры;
3. Порошки ZnO, модифицированные углеродом, могут быть использованы для создания ионисторов с высокой емкостью и низким внутренним сопротивлением;
4. использование порошков ZnO, модифицированные углеродом, может помочь уменьшить стоимость производства ионисторов, что делает их более конкурентоспособными на рынке;

Схема синтеза порошка ZnO/C при использовании сахарозы в качестве прекурсора

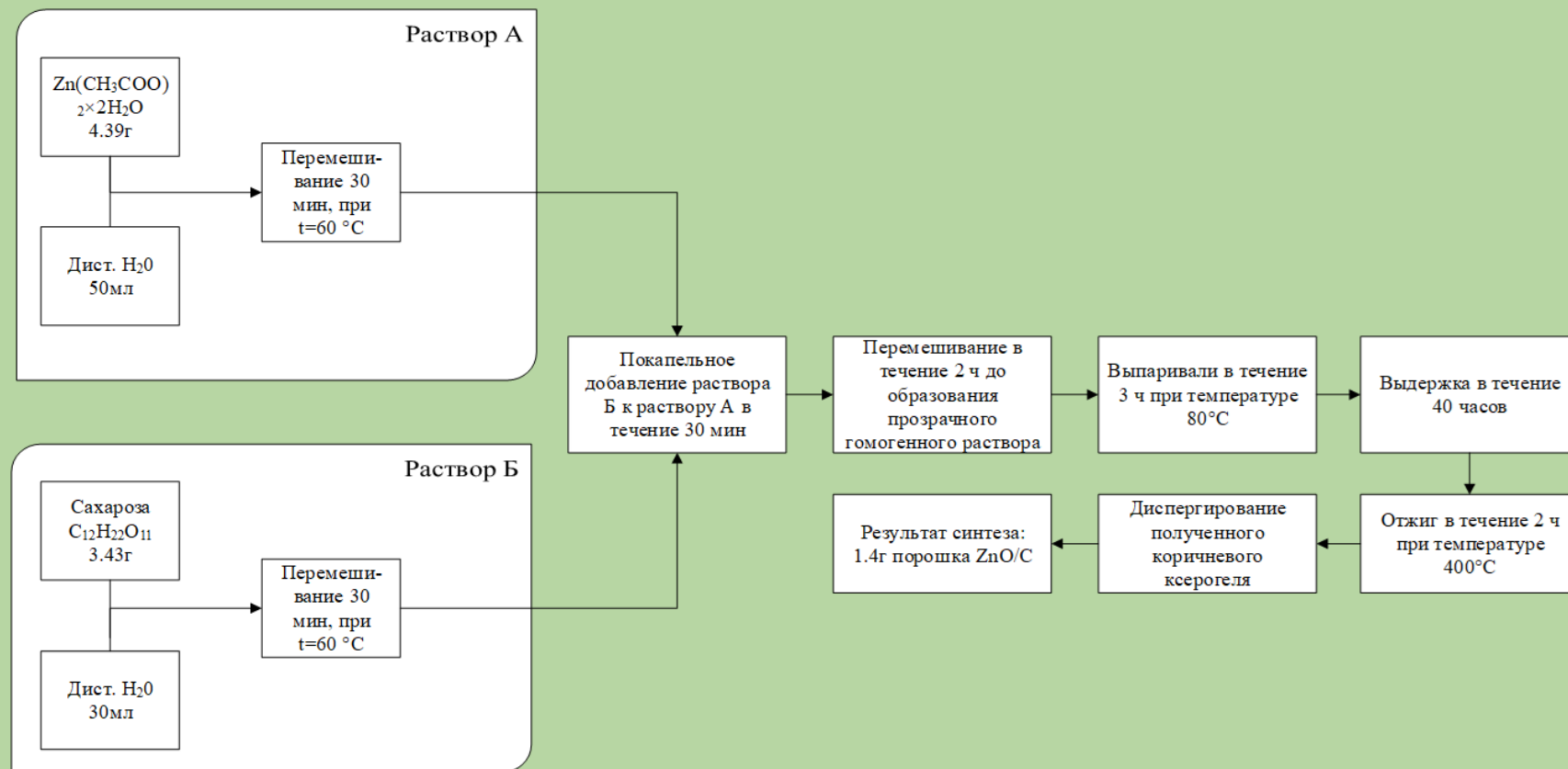
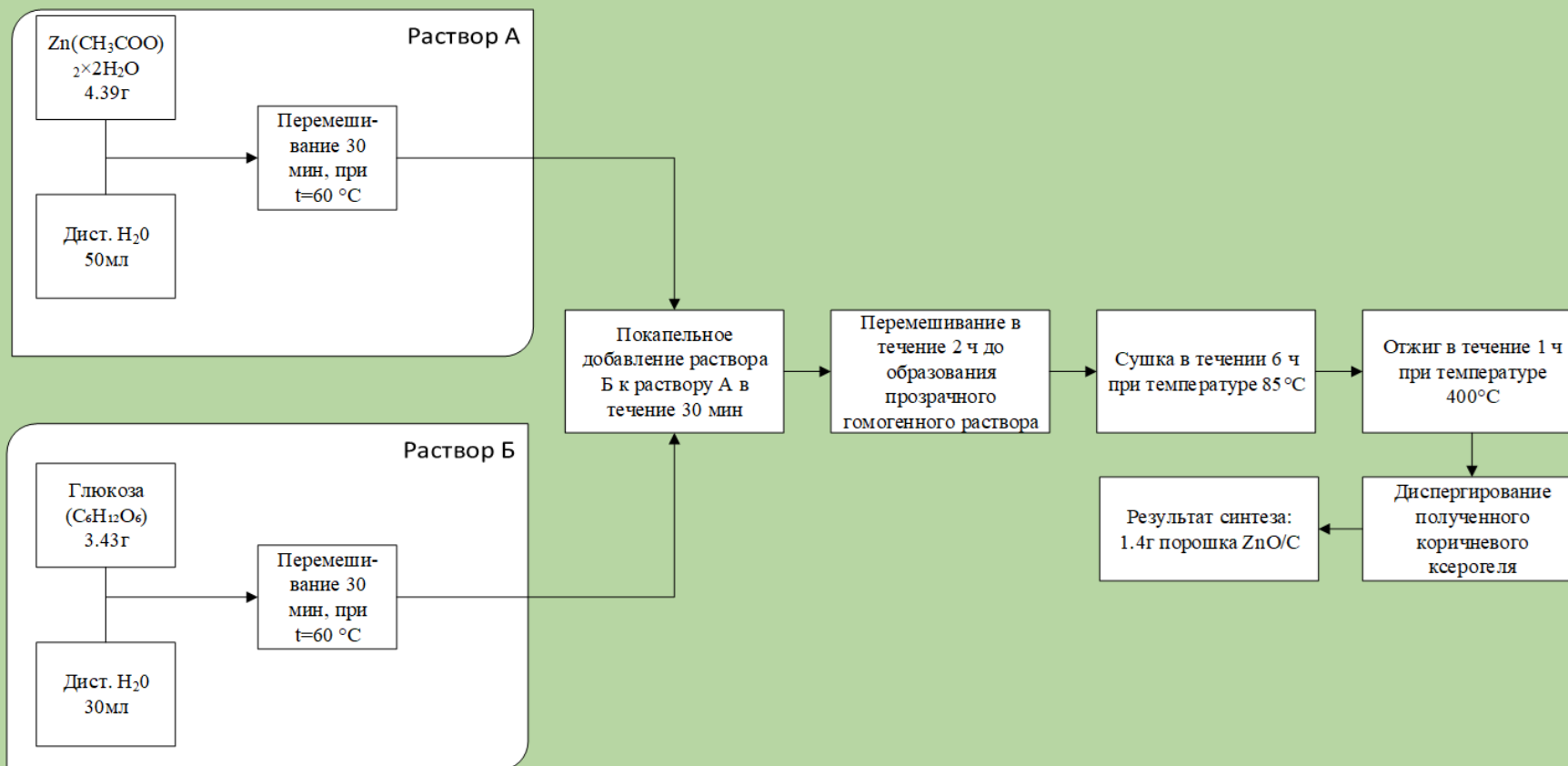
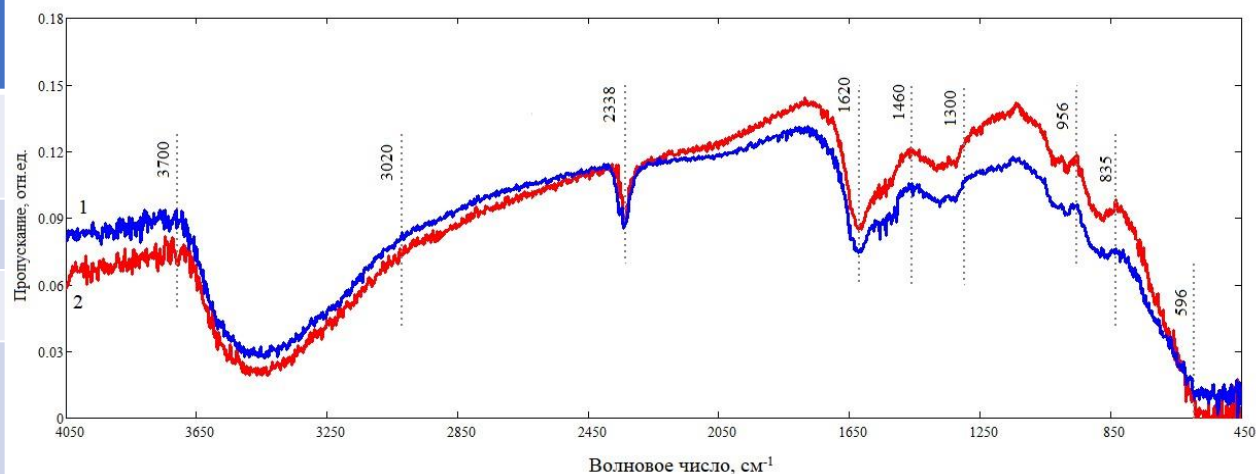


Схема синтеза порошка ZnO/C при использовании глюкозы в качестве прекурсора



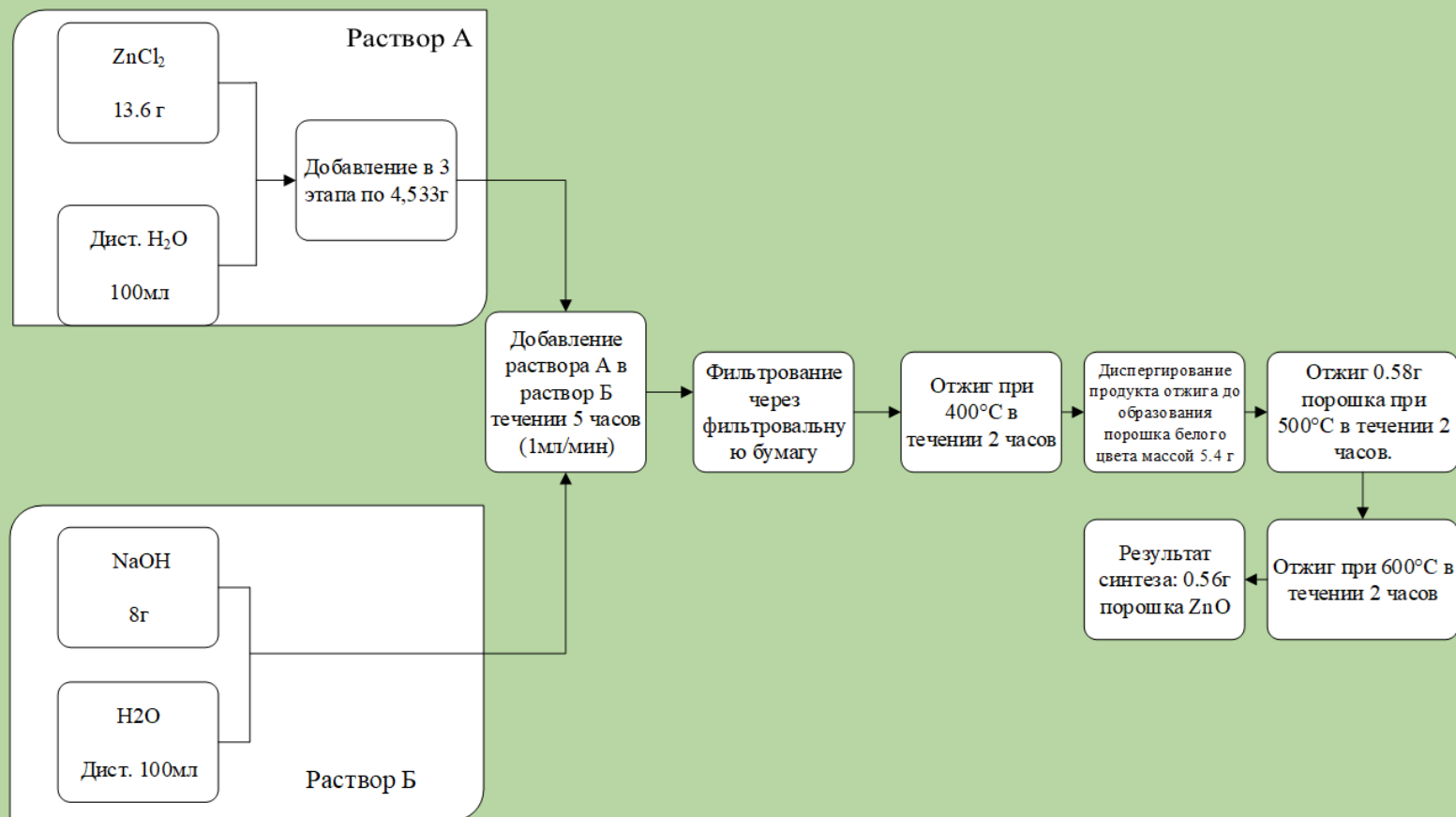
ИК-спектры пропускания исследуемых образцов ZnO/C, полученных в соответствии с разработанными методиками синтеза

Положение полос и пиков поглощения, см ⁻¹	Присутствие колебательной моды на ИК-спектре		Интерпретация
	Образец № 1	Образец № 2	
596	+	+	деформационные решеточные колебания связей Zn=O
835	+	+	деформационные колебания C-O-H
956	+	+	Zn-OH, внеплоскостные N- H
Изм. Лист № докум. Подпись Дата Лист 42 ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	+	+	деформационные -CH ₂ -C-OH
1300			
1460	+	+	деформационные -CH ₂ -C-OH
1620	+	+	деформационные Н-О-Н, ароматические C=C
2338	+	+	атмосферный CO ₂
3020-3700	+	+	валентные симметричные ОН



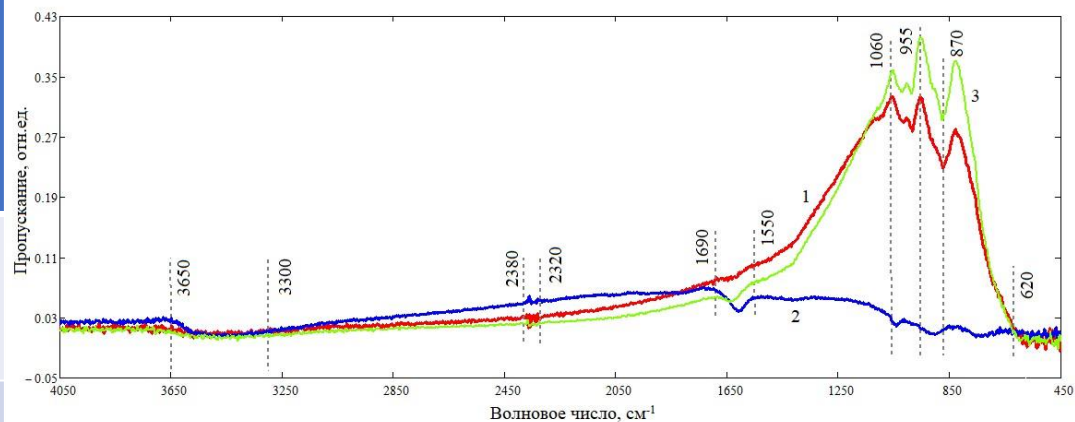
1 – методика порошка ZnO/C при использовании сахарозы,
2 – методика порошка ZnO/C при использовании глюкозы

Схема синтеза порошка оксида цинка при использовании хлорида цинка в качестве прекурсора



ИК-спектры пропускания исследуемых образцов ZnO/C, полученных в соответствии с разработанными методиками синтеза

Положение полос и пиков поглощения, см ⁻¹	Присутствие колебательной моды на ИК-спектре			Интерпретация
	Образец № 3	Образец № 4	Образец № 5	
620	+	+	+	деформационные решеточные колебания связей Zn=O
870	-	+	+	Zn-OH, внеплоскостные N-H
955 – 1060	+	+	+	деформационные колебания C-O-H
1550-1690	+	-	-	деформационные Н-О-Н, ароматические C=C
2320-2380	+	+	+	атмосферный CO ₂
3300-3650	+	+	+	валентные симметричные OH

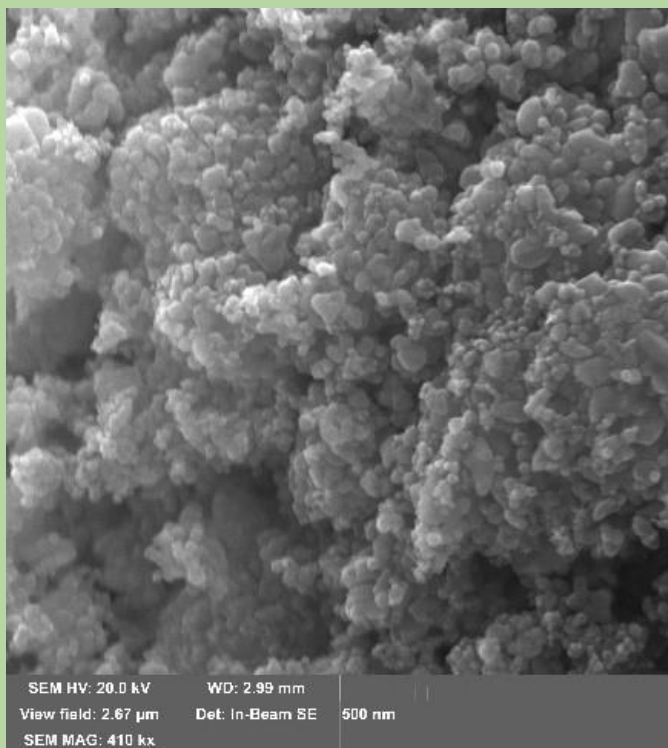


1 – методика М42,

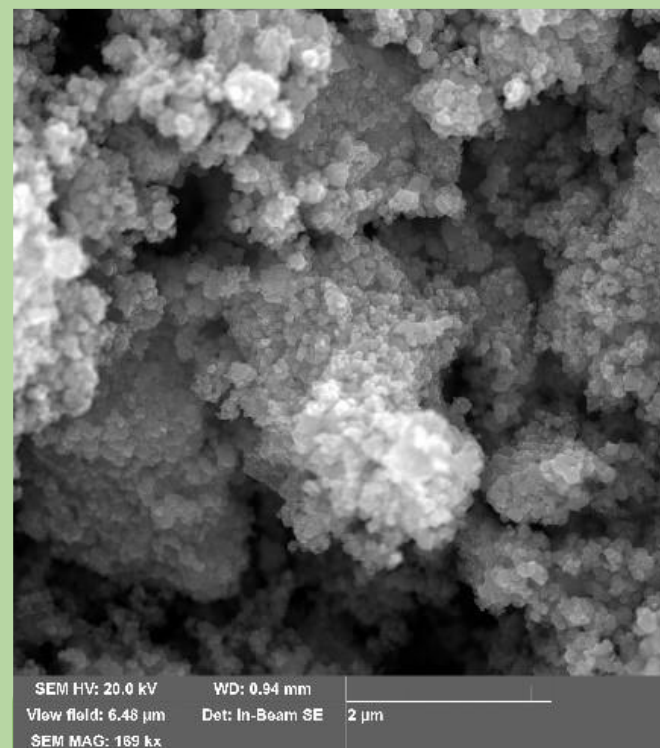
2 – методика М41,

3 – методика М43

Микрофотографии РЭМ образцов

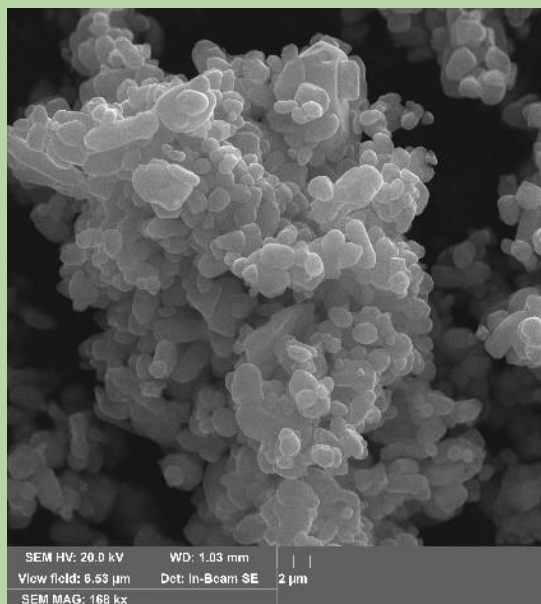


а) – методика порошка ZnO/C при использовании сахарозы

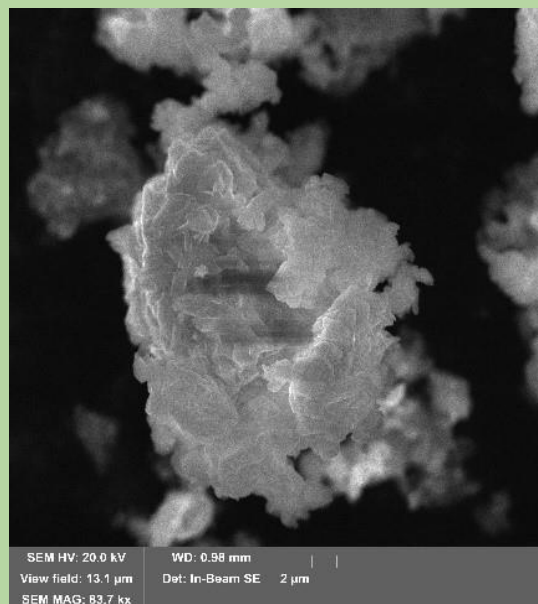


б) – методика порошка ZnO/C при использовании глюкозы

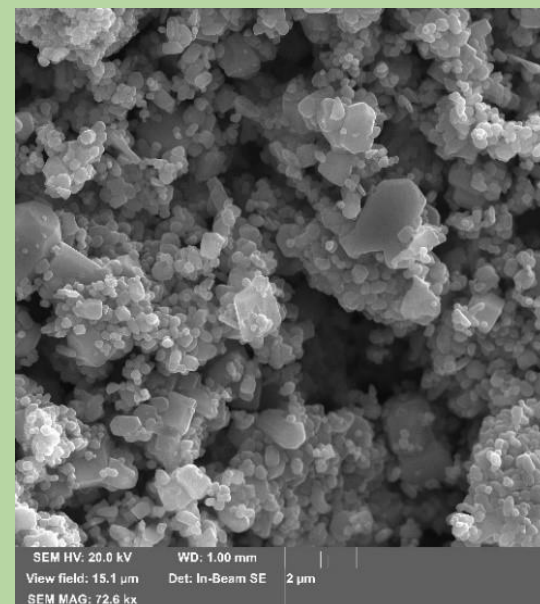
Микрофотографии РЭМ образцов



а) – методика М42



б) – методика М41,



в) – методика М43

Анализ влияния освещённости научно -исследовательской лаборатории на работу инженера исследователя

Основным определяющим фактором в работе инженера-исследователя является освещённость на рабочем месте. Правильно спроектированное и установленное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, пониженное негативное воздействие на зрительный аппарат, положительное психологическое воздействие на работающего, повышенную производительность труда.

Недостаточная освещённость на рабочем месте отрицательно влияет здоровье инженера-исследователя и на качество его работы. Данный фактор приводит к развитию зрительного утомления, которое способствует образованию близорукости, головным болям, раздражительности, нервному напряжению и стрессу, а также ослабляет внимание при выполнении работ.

По формуле, представленной ниже был произведён расчёт освещённости на рабочем месте инженера-исследователя:

$$E = \frac{F \cdot m \cdot e \cdot p \cdot Y}{1000 \cdot K_3 \cdot h}$$

Полученный результат освещённости рабочего места инженера-исследователя удовлетворяет установленным СНиП 23-05-95 нормам. Таким образом, реализованная на рабочем месте инженера-исследователя система освещения удовлетворяет требованиям безопасности и удобства труда.

Заключение и вывод исследования

Таким образом, в ходе выполнения преддипломной практики был исследован анализ литературы по теме синтеза порошков модифицированного ZnO в рамках химических методов, включая золь-гель технологию и химическое осаждение. Была разработана методика синтеза порошка ZnO/C методом золь-гель, а также успешно был синтезирован порошок по данной методике.

Результаты исследования показали, что каждый из используемых методов синтеза позволяет получать порошки оксида цинка, модифицированные углеродом с уникальными свойствами.

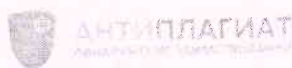
Приложение В.

Проверка ВКР на оригинальность в системе «Антиплагиат. ВУЗ»

					ПГУ 2. 11.03.04. 011 ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Протокол

проверки на оригинальность в системе «Антиплагиат.ВУЗ» выпускной
бакалаврской работы на тему «Теоретическое изучение влияния формы
квантовых точек на характеристики солнечных элементов»
студента 4 курса Пониматкина Владимира Александровича
направления подготовки 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»,
профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника»
Руководитель ВКР Карманов Андрей Андреевич



СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

Примечание: государственная и университетская

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Пониматкин Владимир Александрович
Самоцитирование
рассчитано для: Пониматкин Владимир Александрович
Название работы: Разработка методик синтеза и спектроскопические исследования порошков оксида цинка,
модифицированных углеродом
Тип работы: Выпускная квалификационная работа
Подразделение: Кафедра "Нано- и микроэлектроника"

РЕЗУЛЬТАТЫ

■ ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ, ЧИСТОК ПРИ КОПИРОВАНИИ НЕ ЗАПЛАЧЕНЫ, ПРОСИМ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ	32.72%	СОВПАДЕНИЯ	32.72%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	61.24%	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	61.24%
ЦИТИРОВАНИЯ	6.04%	ЦИТИРОВАНИЯ	6.04%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%	САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 13.06.2024

ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 13.06.2024 13:28

«13» 06 2024 год

Карманов
подпись

Карманов А.А.
фамилия, инициалы

Ректору Пензенского
государственного университета
А. Д. Гулякову
студента 4 курса
очной формы обучения
Пониматкина Владимира Александровича

ЗАЯВЛЕНИЕ

Я, Пониматкин Владимир Александрович, студент 4 курса очной формы обучения направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника», прошу провести проверку с использованием системы «Антиплагиат ВУЗ» выпускной квалификационной работы на тему « Теоретическое изучение влияния формы квантовых точек на характеристики солнечных элементов», выполненной мной самостоятельно, на содержание элементов плагиата.

Все прямые заимствования из печатных и электронных источников, а также из защищенных ранее выпускных квалификационных работ, кандидатских и докторских диссертаций имеют соответствующие ссылки.

Я ознакомлен с действующим Стандартом университета «Выпускная квалификационная работа обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры», согласно которому обнаружение плагиата является основанием для недопуска ВКР к защите и отчисления из университета.

Студент



Пониматкин В.А.

ВКР представлена на проверку 13.06.24

Руководитель ВКР



Карманов А.А.



АНТИПЛАГИАТ
ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАИМСТВОВАНИЙ

СПРАВКА

Пензенский государственный университет

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Пониматкин Владимир Александрович
Самоцитирование
рассчитано для: Пониматкин Владимир Александрович
Название работы: Разработка методик синтеза и спектроскопические исследования порошков оксида цинка, модифицированных углеродом
Тип работы: Выпускная квалификационная работа
Подразделение: Кафедра "Нано- и микроэлектроника"

РЕЗУЛЬТАТЫ

■ ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ: НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ 32.72%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ 61.24%
ЦИТИРОВАНИЯ 6.04%
САМОЦИТИРОВАНИЯ 0%

СОВПАДЕНИЯ 32.72%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ 61.24%
ЦИТИРОВАНИЯ 6.04%
САМОЦИТИРОВАНИЯ 0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 13.06.2024

ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 13.06.2024 13:28

Структура документа:

Проверенные разделы: библиография с.59-60, содержание с.1-2, основная часть с.3-58, 60-61

Модули поиска:

Переводные заимствования*; Библиография; Диссертации НББ; Шаблонные фразы; ИПС Адилет; Цитирование; Коллекция НБУ; СМИ России и СНГ; Патенты СССР, РФ, СНГ; Медицина; IEEE; Публикации eLIBRARY; Перефразирования по СПС ГАРАНТ: аналитика; Перефразирования по Интернету; Кольцо вузов; Перефразирования по Интернету (EN); Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Переводные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Публикации РГБ; Переводные заимствования по Интернету (EnRu); Переводные заимствования (RuEn); Переводные заимствования по коллекции Гарант: аналитика; Публикации eLIBRARY (переводы и перефразирования); СПС ГАРАНТ: аналитика; Перефразирования по коллекции IEEE;

Работу проверил: Головяшкин Алексей Николаевич

ФИО проверяющего

Дата подписи:

13.06.24

Подпись проверяющего



Чтобы убедиться
в подлинности справки, используйте QR-код,
который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.