

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета РТЭ Небольсин В.А.
«27» марта 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Перспективные наноструктурированные материалы»

Направление подготовки 16.03.01 Техническая физика

Профиль Физическая электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2024

Автор программы  Бабкина И.В.

Заведующий кафедрой
Твердотельной электроники  Небольсин В.А.

Руководитель ОПОП  Янченко Л.И.

Воронеж 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: формирование у обучающихся знаний и навыков в области создания функциональных свойств и применения новых классов наноструктур и наноструктурированных материалов, проявляющих новые физические свойства.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Формирование у обучающихся знаний о физико-химических явлениях, происходящих в материалах на наноуровне, и изучение влияния размерного фактора на свойства (термодинамические, кристаллохимические, электронные, оптические, магнитные, механические) наноструктурированных систем; ознакомление с имеющимися и потенциальными возможностями практического применения наноструктурированных материалов при создании устройств для микроэлектроники и последними достижениями в данной области; формирование навыков получения наноструктурированных материалов и их применения при разработке компонентов микросистемной техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Перспективные наноструктурированные материалы» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Перспективные наноструктурированные материалы» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-6 - Способность осуществлять разработку и контроль технологических процессов изготовления материалов, узлов и устройств микроэлектроники и квантовой электроники на базе нанотехнологий.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-6	Знать физико-химические явления, происходящие в материалах на наноуровне; влияние структурного состояния на свойства наноразмерных или тонкопленочных материалов.
	Уметь разрабатывать наноразмерные и тонкопленочные материалы и структуры со свойствами качественно и количественно отличными от свойств объемных материалов.
	Владеть методами разработки и получения тонкопленочных и наноразмерных структур с заданными структурными параметрами.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Перспективные наноструктурированные материалы» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	90	90
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	54	54
Курсовой проект	+	+
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение	Структура и объекты исследования предмета перспективные наноструктурные материалы. Определение наночастицы. Размернозависимые физико-химические свойства материалов. Классификация размерных эффектов: внутренние и внешние, классические и квантовые. Роль геометрической формы поверхности наноструктур. Классификация наноструктур по размерности и топологическим признакам. Проблема устойчивости наноматериалов.	2	2	-	6	10
2	Углеродные наноструктуры: фуллерен	Фуллерен и его производные. Структура фуллеренов и фуллеритов. Методы получения и разделения фуллеренов. Применение фуллеренов. Фуллерены как полупроводниковые и наноконструкционные материалы. Фуллерены как материалы для нелинейной оптики. Свойства легированного фуллерита. Фуллерены как прекурсоры для роста алмазных пленок и пленок карбида	4	4	-	8	16

		кремния. Фуллерены как материал для литографии. Сверхтвердые фуллерит..					
3	Углеродные наноструктуры: графен и наноалмазы	Графен и наноалмазы. Графен как перспективный материал для нанoeлектронных устройств. Электронные свойства графена. Поведение электронов проводимости в графене. Электроны и дырки в графене. Подвижность носителей заряда в графене. Модификации графена: наноленты и двухслойный графен. Приборы на основе графена: современное состояние. Наноалмазы. Детонационный синтез наноалмазов и извлечение наноалмазов из продуктов взрыва. Традиционные способы применения наноалмазов: абразивные покрытия, компоненты износостойких присадок и покрытий. Перспективные области использования наноалмазов: в биологии, биохимии и медицине.	6	6	6	8	26
4	Углеродные наноструктуры: нанотрубки и нановолокна	Углеродные нанотрубки и нановолокна. Структура углеродных нанотрубок, хиральность. Дефекты структуры углеродных нанотрубок. Методы получения нанотрубок. Дуговой синтез. Лазерный синтез. Пиролиз углеводородов. Очистка и раскрытие нанотрубок: химические способы, физические способы. Электрические и механические свойства нанотрубок. Применение углеродных нанотрубок. Углеродные нанотрубки как зонды АСМ. Углеродные нанотрубки как соединительные проводники. Полевая эмиссия и экранирование. Переключающие устройства из углеродных нанотрубок для компьютера. Химические сенсоры на основе углеродных нанотрубок. Полевой транзистор, нанодиод на основе однослойной углеродной нанотрубки. Углеродная «наноткань». Механическое упрочнение композитов. Возможности применения углеродных нанотрубок в создании наноразмерных механических устройств и наноактуаторов; в качестве нанопористых фильтрующих элементов, зондов для сканирующих микроскопов.	6	6	-	8	20
5	Нанокристаллические материалы	Нанопленки. Кинетика, термодинамика, механизмы роста пленок. Критерии ориентированной кристаллизации. Атомная структура и субструктура межфазных границ. Методы получения тонких пленок. Природа и механизм образования дефектов кристаллической структуры пленок. Полупроводниковые нанопленки. Магнитные нанопленки. Многослойные пленочные наноструктуры. Алмазоподобные и керамические нанопленки. Пленки Лэнгмюра-Блоджетт. Биоактивные	6	6	8	8	28

		наноструктурированные покрытия. Нанопроволоки. Методы получения. Возможное практическое применение. Объемные нанокристаллические материалы, полученные интенсивной пластической деформацией (Схемы ИПД). Структурообразование в процессе ИПД. Свойства материалов в результате ИПД. Объемные нанокристаллические материалы, полученные компактированием нанопорошков. Термическая устойчивость материалов с нанодисперсной структурой. Нанокристаллические материалы, полученные кристаллизацией аморфных.					
6	Фотонные кристаллы	Конструктивная интерференция. Запрещенные зоны и дисперсионные кривые. Дисперсионные диаграммы. Дефекты фотонных кристаллов. Преломление и отражение света в фотонном кристалле. Левые среды. Метаматериалы. Фотонные волокна. Микрорезонаторы на основе фотонных кристаллов. Изготовление фотонных кристаллов. Магнитные фотонные кристаллы.	8	6	-	8	22
7	Наноккомпозиты	Металлические композиты, армированные наночастицами. Полимерные композиты, армированные наночастицами. Стекланные композиты, армированные наночастицами. Магнитные и радиопоглощающие металлсодержащие наноматериалы. Простые (монометаллические) наночастицы. Наночастицы со структурой ядро-оболочка. Ферритовые наночастицы. Материалы с комбинированными наполнителями. Наночастицы на ультрадисперсных носителях. Поглотители электромагнитных волн на основе наноккомпозитов.	4	6	4	8	22
Итого			36	36	18	54	144

5.2 Перечень лабораторных работ:

1. Синтез нанокристаллических биосовместимых и сегнетоэлектрических покрытий методами вакуумного распыления.
2. Синтез нанокристаллических эпитаксиальных пленок карбида кремния на кремнии методом фотонной обработки.
3. Исследование поверхности наноструктур методом атомно-силовой микроскопии.
4. Синтез нанопористых структур методом анодного оксидирования металла.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 7 семестре для очной

формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Технология получения тонкопленочных композиционных наноматериалов металл-диэлектрик»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Перед началом выполнения курсового проекта по дисциплине необходимо познакомить студентов с требованиями к уровню освоения содержания дисциплины, перечнем умений и знаний по дисциплине, содержанием тем, списком рекомендованной литературы.

- Начинать работу нужно с четко поставленной цели и задач, сообщения темы и плана курсового проекта. При изложении литературного обзора рекомендуется активизировать работу студентов с современными отечественными и зарубежными источниками, научными статьями. Для этого целесообразно вовлекать их в дискуссию, предлагать высказывать свою точку зрения по заданному вопросу, предлагать проблемы для совместного обсуждения.

- Обязательно в конце выполнения делать выводы, обобщения, выделение главного.

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-6	Знать физико-химические явления, происходящие в материалах на наноуровне; влияние структурного состояния на свойства наноразмерных или тонкопленочных материалов.	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь разрабатывать наноразмерные и тонкопленочные материалы и структуры со свойствами качественно и количественно отличными от свойств объемных материалов.	Решение стандартных практических задач.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами	Решение прикладных	Выполнение работ в	Невыполнение

	разработки и получения тонкопленочных и наноразмерных структур с заданными структурными параметрами.	задач в конкретной предметной области; проведение анализа данных, полученных по результатам диагностики физических и структурных параметров наносистем.	срок, предусмотренный в рабочих программах	работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
--	--	---	--	--

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-6	знать физико-химические явления, происходящие в материалах на наноуровне; влияние структурного состояния на свойства наноразмерных или тонкопленочных материалов	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь разрабатывать наноразмерные и тонкопленочные материалы и структуры со свойствами качественно и количественно отличными от свойств объемных материалов	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами разработки и получения тонкопленочных и наноразмерных структур с заданными структурными параметрами	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Сопоставьте термин и его определение

(Укажите соответствие для всех 5 вариантов ответа):

- 1) наночастица
- 2) квантовая точка
- 3) кластер
- 4) нанотрубка
- 5) фуллерен

а. компактная обособленная группа связанных друг с другом атомов, молекул или ионов, которая обладает свойствами, в той или иной степени отличными от свойств составляющих ее элементов.

б. аллотропная модификация углерода, часто называемая молекулярной формой углерода, включает целый ряд атомных кластеров C_n ($n > 20$), представляющих собой построенные из атомов углерода замкнутые выпуклые многогранники с пяти- и шестиугольными гранями

в. изолированный твердофазный объект, имеющий отчетливо выраженную границу с окружающей средой, размеры которого во всех трех измерениях составляют от 1 до 100 нм.

г. частица материала с размером, близким к длине волны электрона в этом материале (обычно размером 1-10 нм), внутри которой потенциальная энергия электрона ниже, чем за его пределами, таким образом, движение электрона ограничено во всех трех измерениях.

д. полая цилиндрическая структура диаметром от десятых до нескольких десятков нм и длиной от одного до нескольких сотен микрометров и более, образованная атомами углерода и представляющая собой свернутую в цилиндр графеновую плоскость.

2. Что такое фуллерен?

(Выберите один из 4 вариантов ответа):

- 1) Перколированный графит
- 2) Углеродная нанотрубка
- 3) Семейство шарообразных полых молекул общей формулы C_n
- 4) Плоский лист графита мономолекулярной толщины

3. Эндофуллерены – это:

(Выберите один из 4 вариантов ответа)

- 1) эндоэдральные комплексы, содержащие неуглеродный атом внутри фуллерена
- 2) эндоэдральные комплексы, содержащие неуглеродный атом снаружи фуллерена
- 3) ионизованные фуллерены
- 4) фуллереновые кластеры

4. Что такое углеродные нанотрубки?

(Выберите один из 3 вариантов ответа):

- 1) Протяженные структуры, состоящие из свёрнутых гексагональных сеток с атомами углерода в узлах
- 2) Семейство шарообразных полых молекул общей формулой C_n
- 3) Протяженные структуры из углеродных переплетённых цепей

5. Все однослойные углеродные нанотрубки обладают следующими свойствами:

(выберите одно некорректное утверждение)

- 1) высокой прочностью
- 2) высокой упругостью
- 3) высокой электропроводностью
- 4) высокой теплопроводностью

5) высокой химической стойкостью

6. Какие материалы можно получить при детонационном синтезе с использованием углеродосодержащей атмосферы?

(Выберите один из 4 вариантов ответа):

- 1) углеродные нанотрубки или нитевидные кристаллиты
- 2) смесь графита с металлом или наноалмазы
- 3) соли или комплексы металлов
- 4) низкотемпературные или высокотемпературные метастабильные кристаллические модификации

7. Фотонные кристаллы состоят из

- 1) только кристаллических материалов.
- 2) материалов, хотя бы один из которых должен быть кристаллическим
- 3) материалов, кристалличность которых не обязательна

8. Трехмерным фотонным кристаллом будет являться материал с показателем преломления, отличным от единицы, внутри которого расположена система упорядоченных:

- 1) вакансий
- 2) квантовых точек
- 3) пор диаметром 0,5 мкм

9. Химическая формула опала:

- 1) TiO_2
- 2) Al_2O_3
- 3) SiO_2

10. С чем связана сложность создания полевого транзистора на основе однослойного графена?

(выберите один из трех вариантов ответов):

- 1) высокая подвижность носителей заряда
- 2) амбиполярность проводимости
- 3) высокая вероятность образования заряженных дефектов на поверхности графена

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Попадает ли электромагнитное поле световой волны внутрь фотонных кристаллов в случае конструктивной интерференции

- 1) да
- 2) нет
- 3) да только для 1 и 2-х мерных фотонных кристаллов

2. Конструктивная интерференция в многослойных материалах с высоким оптическим контрастом может наблюдаться в случае (выберите один вариант ответа):

- 1) наклонного падения света, когда отраженные от границ между слоями волны равных амплитуд находятся в противофазе
- 2) наклонного падения света, когда отраженные от границ между слоями волны равных амплитуд находятся в фазе
- 3) нормального падения света, когда отраженные от границ между слоями волны равных амплитуд находятся в противофазе

3. Сопоставьте материал и присущие ему свойства:

(Укажите соответствие для вариантов ответа)

- 1) Алмаз
- 2) Графит
- а. Проводник
- б. Изолятор
- в. Максимальная твердость
- г. Максимальная теплопроводность

4. Для какого типа нанотрубок характерен только металлический тип проводимости
(Выберите один из 3 вариантов ответа)

- 1) ахиральные типа «кресло»
- 2) ахиральные типа «зигзаг»
- 3) хиральные

5. Как называется слой атомов углерода, соединённых посредством sp^2 связей в гексагональную двумерную кристаллическую решётку?

(Выберите один из 4 вариантов ответа):

- 1) фуллерен
- 2) графен
- 3) углеродная нанотрубка
- 4) карбин

6. На основе какой углеродной нанотрубки возможно создание выпрямляющего нанодиода?

(выберите один из 3 вариантов ответа):

- 1) Многослойная углеродная нанотрубка
- 2) Заполненная однослойная углеродная нанотрубка
- 3) Однослойная углеродная нанотрубка с дефектом «локтевое соединение» между кресельной и зигзагообразной частями

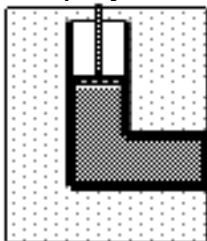
7. Попадает ли электромагнитное поле световой волны внутрь фотонных кристаллов в случае конструктивной интерференции

- 1) да
- 2) нет
- 3) да только для 1 и 2-х мерных фотонных кристаллов

8. При увеличении угла падения по отношению к нормали к одномерному фотонному кристаллу запрещенная зона

- 1) сместится в область больших длин волн
- 2) сместится в область малых длин волн
- 3) не сместится

9. Какой метод получения наноструктурированного материала схематически изображен на рисунке?



- 1) кручение под высоким давлением

- 2) равноканальное угловое прессование
- 3) всесторонняя ковка
- 4) специальная прокатка

10. В узлах кристаллической решетки фуллеритов находятся:

(Выберите один из 3 вариантов ответа)

- 1) атомы углерода
- 2) фуллерены
- 3) наночастицы

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Удельная поверхность открытых одностенных углеродных нанотрубок равна $1000 \text{ м}^2/\text{г}$, а плотность составляет 1.3 г/см^3 . Считая, что у всего материала отношение объема к поверхности – такое же, как и у одной трубки, оцените диаметр нанотрубки.

2. Найдите расстояние между центрами соседних молекул фуллерена в его низкотемпературной модификации (плотность 1.7 г/см^3), которая имеет примитивную кубическую решетку, где молекулы находятся только в вершинах кубической элементарной ячейки.

3. Рассчитайте массу графенового квадрата размером $10 \times 10 \text{ мм}$. Длина связи С–С в графите равна $0,142 \text{ нм}$.

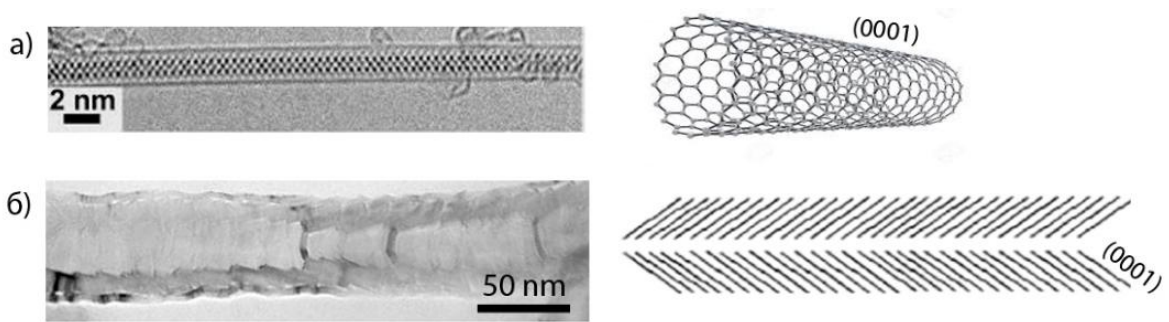
4. Для насыщения свободных валентностей углерод в графене способен образовывать связи с газообразными веществами. Чему равно максимальное число атомов водорода, которые может присоединить указанный выше графеновый квадрат?

5. Оксид цинка, выращенный в виде цилиндрических наностержней диаметром $20\text{--}150 \text{ нм}$, способен выступать в роли миниатюрного полупроводникового источника лазерного излучения. Форма и размеры нанокристаллов оксида цинка зависят от скорости испарения вещества и положения подложки – основы, на которой происходит рост кристаллов. Добиться параллельного расположения наностержней оксида цинка удастся, используя метод газофазного химического транспорта паров оксида цинка на подложку из нитрида галлия, покрытую тонким слоем золота. Оксид цинка – очень тугоплавкий ($t_{пл} \sim 2000^\circ\text{C}$) материал. Как можно получить пары этого вещества? Предложите два способа.

6. Углеродные нанотрубки были получены в 1991 году испарением графита в электрической дуге с последующим водяным охлаждением. Другой способ получения углеродных нанотрубок – высокотемпературное разложение бензола. В каком случае речь идет о физическом, а в каком – о химическом осаждении из газовой фазы?

7. Предложите экспериментальные методы определения прочности и модуля Юнга для нанотрубок.

8. Удельная прочность (получена в испытаниях на растяжение) однослойных углеродных нанотрубок (рис. а), составляет $300\text{--}1500 \text{ ГПа}$, удельная прочность углеродных волокон с «ёлочной» структурой пластин графита (рис. б) – $2\text{--}4 \text{ ГПа}$. Объясните разницу?



9. На химически инертную подложку вакуумным распылением одновременно осаждают однокомпонентные материалы А и В. Исходя из различных вариантов фазовых диаграмм для данной системы, укажите, в каком случае возможно получение нанокompозита из этих материалов.

10. В каком случае **не** будет наблюдаться конструктивная интерференция для 1-мерного фотонного кристалла (10 слоев) при нормальном падении света при условии

а	б	в
$d_1 = 0,05;$	$0,17;$	$0,05$
$d_2 = 1,125;$	$0,15;$	$0,4$
$n_1 = 2,5;$	$2,2;$	$2,0$
$n_2 = 1;$	$1,5;$	$1,25$
$\lambda = 0,5$	$0,3$	$0,4$

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету:

1. Классификация наноструктур по размерности и топологическим признакам.
2. Фуллерен и его производные. Структура фуллеренов и фуллеритов.
3. Методы получения и разделения фуллеренов. Применение фуллеренов.
4. Углеродные нанотрубки и нановолокна. Структура углеродных нанотрубок, хиральность. Дефекты структуры углеродных нанотрубок.
5. Методы получения нанотрубок. Дуговой синтез. Лазерный синтез. Пиролиз углеводородов.
6. Применение углеродных нанотрубок. Углеродные нанотрубки как зонды АСМ. Углеродные нанотрубки как соединительные проводники. Полевая эмиссия и экранирование. Полевой транзистор, нанодиод на основе однослойной углеродной нанотрубки.
5. Графен. Электронные свойства графена. Поведение электронов проводимости в графене. Подвижность носителей заряда в графене.
6. Наноалмазы. Детонационный синтез наноалмазов и извлечение наноалмазов из продуктов взрыва. Применение наноалмазов.
7. Нанопленки. Кинетика, термодинамика, механизмы роста пленок. Полупроводниковые нанопленки. Магнитные нанопленки. Многослойные пленочные наноструктуры. Алмазоподобные и керамические нанопленки. Биоактивные наноструктурированные покрытия
8. Нанопористые материалы. Получение и свойства нанопористого кремния. Получение и свойства нанопористого оксидов алюминия.
9. Объемные нанокристаллические материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. Структурообразование в процессе ИПД. Свойства материалов в результате ИПД. Термическая устойчивость материалов с нанодисперсной структурой.
10. Фотонные кристаллы. Принципы структурной организации материалов с оптической зонной структурой. Конструктивная интерференция. Типы фотонных кристаллов.

11. Фотонные кристаллы. Запрещенные зоны и дисперсионные кривые. Дисперсионные диаграммы. Дефекты фотонных кристаллов.

12. Фотонные кристаллы. Левые среды. Метаматериалы. Фотонные волокна. Микрорезонаторы на основе фотонных кристаллов.

13. Основы методов получения аэрогелей. Сверхкритическая сушка. Сушка при атмосферном давлении. Типы аэрогелей. Неорганические аэрогели. Применение аэрогелей.

14. Нанокompозиты. Металлические композиты, армированные наночастицами. Полимерные композиты, армированные наночастицами. Стекланные композиты, армированные наночастицами.

15. Нанокompозиты. Магнитные и радиопоглощающие металлсодержащие наноматериалы. Простые (монометаллические) наночастицы. Наночастицы со структурой ядро-оболочка. Ферритовые наночастицы. Материалы с комбинированными наполнителями. Наночастицы на ультрадисперсных носителях. Поглотители электромагнитных волн на основе нанокompозитов.

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется по нескольким критериям:

1. Тестирование по темам курса тест-задания.
 1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент ответил правильно на 40% вопросов и меньше.
 2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент ответил правильно на 40-60% вопросов.
 3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент ответил правильно на 60-80% вопросов.
 4. Оценка «Отлично» ставится, если студент ответил правильно на 80% вопросов и более.
2. Ответы на семинарских занятиях по теме курса.
 3. Подготовка и защита курсового проекта.
 4. Зачет с оценкой.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение	ПК-6	Защита реферата
2	Углеродные наноструктуры: фуллерен	ПК-6	Тест, контрольная работа, защита курсового проекта.
3	Углеродные наноструктуры: графен и нанодалмазы	ПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита курсового проекта.
4	Углеродные наноструктуры: нанотрубки и нановолокна	ПК-6	Тест, контрольная работа, защита курсового проекта.
5	Нанокристаллические материалы	ПК-6	Тест, контрольная работа, защита

			лабораторных работ, защита курсового проекта.
6	Фотонные кристаллы	ПК-6	Тест, контрольная работа, защита курсового проекта.
7	Наноккомпозиты	ПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита курсового проекта.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Зачет с оценкой проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса. Критерии оценивания: оценка «отлично» - содержание ответа исчерпывает содержание вопроса. Студент демонстрирует как знание, так и понимание вопросов билета и дополнительных вопросов экзаменатора. Оценка «хорошо» - содержание ответа в основных чертах отражает содержание вопроса. Студент демонстрирует как знание, так и понимание вопроса, но испытывает незначительные проблемы при ответах на дополнительные вопросы. Оценка «удовлетворительно» - содержание ответа в основных чертах отражает содержание вопроса, но допускаются ошибки. Не все положения ответа раскрыты полностью. Имеются фактические пробелы и не полное владение литературой. Оценка «неудовлетворительно» - содержание ответа не отражает содержание вопроса. Имеются грубые ошибки, а также незнание ключевых определений и литературы. Ответ на вопросы не носит развернутого изложения темы.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспечен ность
8.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Гусев, А.И.	Нanomатериалы, наноструктуры, нанотехнологии	2009 печатн.	0,6
7.1.1.2	И. В. Золотухин, О. В. Стогней	Физика наносистем: графены и гранулированные наноккомпозиты : Учеб. пособие	2011 печатн.	0,9
7.1.1.3	В. М. Иевлев, А. В. Бугаков,	Рост и субструктура	2000	0,6

	В. И. Трофимов	конденсированных пленок: учебн. пособие	печатн.	
8.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	И.П. Суздалев	Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов	2006 печатн.	0,2
7.1.2.2	Головин, Ю.И.	Наномир без формул	2012 печатн.	0,4
7.1.2.3	С. А. Гриднев	Нелинейные явления в нано- и микрогетерогенных системах	2012 печатн.	0,4
7.1.2.4	Д. М. Мартинес-Дуарт, Р. Д. Мартин-Палма,	Нанотехнологии для микро- и птоэлектроники	2009 печатн.	0,2
7.1.2.5	Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля	Наноструктурные материалы : учеб. пособие	2005 печатн.	0,2
8.1.3 Методические разработки				
7.1.3.1	А.В. Костюченко	Методические указания к лабораторным работам № 1-4 по курсу "Перспективные наноструктурированные материалы" для студентов направления 222900.62 "Компоненты микро- и наносистемной техники» (бакалавры) очной формы обучения	2015 электр.	1,0

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Компьютерные практические работы:

Обработка результатов сканирующей туннельной микроскопии с использованием программы «Image_Analysis_P9»

Работа с базой межплоскостных расстояний «Powder Diffraction File Alphabetical Index Inorganic Compounds»

Мультимедийные видеофрагменты:

Лекции с сайта <http://www.nanometer.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

9.1 Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

9.2 Учебные лаборатории:

Просвечивающей электронной микроскопии и электронографии

9.3 Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами

9.4 Натурные лекционные демонстрации:

- Напылительные вакуумные установки ВУП-5, УВН-74М
- Установка фотонного отжига УОЛП-1М
- Сканирующий зондовый микроскоп Solver47
- Углеродные нанотрубки, нанопористые оксидные покрытия, биосовместимые нанокристаллические покрытия

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Перспективные наноструктурированные материалы» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета режимов синтеза и контроля структуры наноструктурированных материалов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования.

	Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.