

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю:
Декан факультета радиотехники и электроники
Небольсин В.А.
«30» августа 2017 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Физические основы микро- и нанотехнологий»**

Направление подготовки: 16.03.01 Техническая физика

Профиль: Физическая электроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Нормативный период обучения: 4 года

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2017

Разработчик



К.Г. Королев

Заведующий кафедрой
физики твердого тела



Ю.Е. Калинин

Руководитель ОПОП



Ю.Е. Калинин

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование у обучающихся способностей применять эффективные методы синтеза и исследований субмикронных структур микро- и наноэлектроники, в том числе углеродных наноструктур.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- формирование знаний физических основ функционирования устройств на основе микро- и нанотехнологий;
- умение применять фундаментальные законы природы и естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;
- выработать навыки по анализу разнообразных методик и технологических маршрутов создания структур ультрабольших интегральных схем для научно обоснованного выбора соответствующей технологии, наиболее подходящей для решения конкретной задачи.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физические основы микро- и нанотехнологий» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физические основы микро- и нанотехнологий» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - способностью использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности

ПК-4 - способностью применять эффективные методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов, проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
	уметь использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
	владеть способностью использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности

ПК-4	знать эффективные методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов,
	уметь проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики
	владеть способностью проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физические основы микро- и нанотехнологий» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	60	60
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	24	24
Самостоятельная работа	84	84
Курсовая работа	+	+
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	144 4	144 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.	СРС	Всего, час
1	Физические основы обработки материалов в микро- и нано-электронике	Основные материалы полупроводниковой электроники: Требования к материалам микро- и наноэлектроники. Классификация и	6	4	14	24

		<p>общая характеристика основных полупроводниковых материалов: германий, кремний, арсенид галлия, фосфид галлия, арсенид индия, антимонид индия, антимонид галлия.</p> <p>Механическая обработка материалов микро- и наноэлектроники.</p> <p>Физические основы механизмов разрушения хрупких материалов при механической обработке. Абразивная обработка. Резка слитков на пластины и элементы. Разламывание пластин после скрайбирования. Шлифовка и полировка пластин, Контроль качества механической обработки.</p> <p>Технохимические процессы подготовки подложек изделий микро- и наноэлектроники</p> <p>Цели технохимических процессов подготовки подложек. Виды загрязнений.</p> <p>Отмывка и химическая обработка пластин. Химико-динамическая и электрохимическая обработки. Парогазовая и ионно-плазменная обработки. Плазмохимическая обработка. Получение особо чистой воды.</p>				
2	Физические основы формирования заданных свойств у материалов микро- и наноэлектроники	<p>Физические и схемотехнические ограничения на уменьшение размеров активных элементов и рост степени интеграции.</p> <p>Технологические, схемотехнические и фундаментальные физические ограничения уменьшения размеров элементов интегральных схем.</p> <p>Фундаментальные физические ограничения на уменьшение размеров: существование минимального рабочего напряжения, статистические неопределенности параметров малых элементов, теплофизические характеристики, эффект туннелирования носителей тока, электромиграция.</p> <p>Рост числа межсоединений и увеличение времени задержки распространения сигнала между элементами ИС.</p> <p>Термическое окисление кремния</p> <p>Роль двуокиси кремния в технологии интегральных схем. Методы контролируемого формирования тонких и сверхтонких слоев SiO₂. Сегрегация примесей при термическом окислении.</p> <p>Электрические свойства тонких пленок окисла. Проблемы формирования сверхтонких пленок.</p> <p>Методы легирования.</p> <p>Физические основы методов легирования в микро-и наноэлектронике. Ограничения методов термической диффузии. Ионное легирование. Моделирование процессов диффузии и</p>	6	4	14	24

		ионного легирования. Образование и отжиг радиационных дефектов.				
3	Физико-химические основы планарной технологии.	<p>Основы планарной технологии. Основные операции планарной технологии. Технологические маршруты производства различных типов интегральных схем. «Критические» операции, определяющие минимальные размеры элементов. Переход с наноразмерным элементам.</p> <p>Авто-и гетероэпитаксия Механизмы эпитаксиального роста тонких пленок. Автоэпитаксия кремния. Эпитаксия из газовой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Формирование наноразмерных структур. Гетероэпитаксия. Получения структур «кремний-на-диэлектрике».</p> <p>Субмикронная литография и сухое травление. Методы сухого травления. Анизотропия и селективность травления. Механизмы ионно-ускоряемого и ионно-возбуждаемого травления. Низкотемпературная газоразрядная плазма. Плазменное травление, ионное травление, реактивное ионное травление.</p>	6	4	14	24
4	Физические основы технологии изделий микро- и нанотехнологий	<p>Формирование структур методами термического испарения Резистивный нагрев. Взрывное (дискретное) испарение. Лазерный нагрев. Высокочастотные (индукционные) испарители. <u>Электронно-лучевой нагрев.</u></p> <p>Формирование структур методами катодного распыления Схема распыления на постоянном токе. Схема распыления на постоянном токе с постоянным смещением. Схема распыления на переменном токе. Многокатодная схема. Схема с независимым распылением катодов. Недостатки катодного распыления.</p> <p>Формирование структур методами ионно-плазменного распыления Триодная схема с постоянным потенциалом на мишени. Триодная схема с изолированным источником. Магнетронная схема. Ионно-лучевое распыление.</p>	6	4	14	24
5	Физические основы металлизации и ИС на основе МДП-структур	<p>Процессы металлизации интегральных схем. Процессы формирования межсоединений и их вклад в быстродействие интегральных схем. Требования к материалам для межсоединений. Физические и химические методы получения тонких пленок. Удельное сопротивление, контактное сопротивление различных материалов, применяемых в кремниевой</p>	6	4	14	24

		<p>технологии. Химическая и физическая адгезия. Эффект электромиграции. Стойкость к электромиграции. Недостатки алюминиевой металлизации. Силициды тугоплавких металлов. Системы металлизации на основе меди. Многоуровневая металлизация.</p> <p>Методы реализации СБИС на основе МДП-структур.</p> <p>Структура и параметры МДП-транзистора. Технология производства интегральных схем на МДП-транзисторах. МОП- транзистор с поликремниевым затвором. Принципы самосовмещения. Масштабирование МОП-транзистора. Предельные размеры МОП-транзистора. Структура и технологический маршрут субмикронного транзистора.</p> <p>Особенности СБИС на основе МДП-структур.</p> <p>Эффект короткого канала. КМОП-инвертор. Технологические проблемы создания КМОП-инвертора. Трехмерная интеграция. Структуры со слабо легированными областями истока-стока. Структуры «кремний-на-диэлектрике» со сверхтонким слоем кремния. Структуры с двойным затвором. МДП-транзистор с вертикальным затвором.</p>				
6	Углеродные наноструктуры в электронике	<p>Основные представления о углеродных наноструктурах</p> <p>Фуллерены, нанотрубки, графен, их физические свойства. Хиральность углеродных нанотрубок. Электронная структура, электронный спектр, проводимость углеродных нанотрубок. Дефекты нанотрубок.</p> <p>Применение углеродных наноструктур</p> <p>Методы получения и разделения полупроводниковых и металлических нанотрубок, структур на их основе. Полевой транзистор и одноэлектронный транзистор на нанотрубках. Запоминающие устройства на массивах нанотрубок. Электромеханические устройства.</p> <p>Перспективы графеновой электроники</p> <p>Методы получения графена. Зонная структура графена. Законы дисперсии в однослойных и двухслойных графеновых структурах. Проводимость графена. Транзисторные структуры на основе графена.</p>	6	4	14	24
Итого			36	24	84	144

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 8 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы:

1. Термическое окисление кремния
2. Получение мелких *p-n* переходов методом ионного легирования
3. Интегральные ионно-легированные резисторы и конденсаторы.
4. Логический элемент И-НЕ на *n*-канальных МОП-транзисторах.
5. Расчет параметров получения кремниевых КНД структур.
6. Субмикронный КМОП-инвертор
7. Трехмерный КМОП-инвертор.
8. МОП-транзистор с вертикальным затвором.
9. Субмикронный биполярный транзистор с изоляцией окислом.
10. Активные элементы на нанотрубках.

Курсовая работа 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
ОПК-1	знать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	уметь использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Решение стандартных практических задач, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	знать эффективные методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов,	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики	Решение стандартных практических задач, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	знать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	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 способностью использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	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
ПК-4	знать эффективные методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов,	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики	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 способностью проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических	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

средств технической физики					
----------------------------	--	--	--	--	--

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) *Какой из методов травления позволяет получить наибольшую анизотропию травления?*
 - a. *плазмохимическое*
 - b. *ионное*
 - c. *реактивно-ионное*
 - d. *химическое*
- 2) *Какие материалы перспективны для создания устройств СВЧ-диапазона?*
 - a. *Кремний*
 - b. *Германий*
 - c. *Арсенид галлия*
 - d. *Фосфид индия*
- 3) *Чем ограничено уменьшение напряжения питания ИС?*
 - a. *размером элементов*
 - b. *рабочей температурой*
 - c. *толщиной изоляции*
 - d. *мощностью*
- 4) *Какие операции из набора базовых чаще повторяются в технологических маршрутах создания ИС?*
 - a. *Окисление*
 - b. *Фотолитография*
 - c. *Диффузия*
 - d. *Металлизация*
- 5) *Каковы нетермические механизмы роста сверхтонких слоев SiO₂?*
 - a. *Поверхностная диффузия*
 - b. *Дила-Гроува*
 - c. *Объемная диффузия*
 - d. *Плазменные*
- 6) *Какую из возможных донорных примесей вы выберете для формирования мелкого p-n перехода?*
 - a. *фосфор*
 - b. *сурьма*
 - c. *мышьяк*
 - d. *висмут*

- 7) Какой метод легирования следует выбрать для формирования мелкого p-n перехода?
- ионное
 - эпитаксия
 - диффузия
 - молекулярно-лучевое
- 8) По какому механизму диффузия идет быстрее?
- междоузельному
 - вакансионному
 - краудионный
 - диссоциативный
- 9) Какие источники излучения применяются для субмикронной литографии?
- оптические
 - рентгеновские
 - электронные
 - ионные
- 10) Как зависит сопротивление углеродных нанотрубок от их длины?
- увеличивается
 - уменьшается
 - не зависит
 - зависит от метода измерений

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. При каких характерных размерах начинает проявляться эффект Кулоновской блокады?
2. Какая операция в технологическом маршруте ИС определяет возможную степень интеграции?
3. Какие операции планарной технологии имеют наибольшую стоимость в расчете на готовый кристалл? Почему?
4. Запишите основные химические реакции получения двуокиси кремния.
5. На чем основаны феноменологические модели диффузии? В чем их ограничения?
6. Какой минимальный размер элемента можно получить методом диффузии при проектной норме 100 нм и глубине легирования 200 нм?
7. Напишите основные химические реакции для МОС-гидридной эпитаксии A_3B_5 .
8. Какую элементную базу следует выбрать для трехмерной интеграции? Почему?
9. Какой тип проводимости будет иметь нанотрубка и хиральность (10, 10)?
10. Каким методом можно создать гетеропереход на нанотрубках?

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

- 1. Назовите основные тенденции развития микро- и нанотехнологий создания устройств электронной техники.*
- 2. Перечислите базовые операции планарной технологии.*
- 3. Каковы изменения набора базовых операций при переходе к наноразмерным приборам?*
- 4. Для каких толщин окислов применим закон Дила-Гроува? Почему?*
- 5. При каких параметрах транзистора надо учитывать туннелирование носителей?*
- 6. Для чего в технологии СБИС используется диэлектрик с большой диэлектрической проницаемостью?*
- 7. Во сколько раз можно увеличить толщину подзатворного диэлектрика при использовании материалов с высокой диэлектрической проницаемостью?*
- 8. В чем разница процессов авто-эпитаксии и гетероэпитаксии?*
- 9. Зачем в короткоканальных МОП-структурах надо повышать уровень легирования подложки?*
- 10. Какие графеновые структуры могут служить основой запоминающих устройств?*

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Основные тенденции развития микро-и нанотехнологий создания устройств электронной техники.

Закон Мура. Основные причины замедления темпов роста степени интеграции.

Квантовые ограничения для приборов классической электроники.

Одноэлектронный транзистор. Кулоновская блокада.

Резонансный туннельный транзистор.

Физические ограничения минимальных размеров ИС.

Схемотехнические и технологические ограничения минимальных размеров ИС.

Базовые операции и основные принципы планарной технологии. Изменения набора базовых операций при переходе к наноразмерным приборам.

Бездислокационный кремний. Геттерирование примесей. Внутреннее и внешнее геттерирование.

Термическое окисление. Основные методы. Получение сверхтонких слоев.

Законы Дила и Гроува для термического окисления. Ограничения законов для сверхтонких окислов.

Сегрегация примесей при термическом окислении.
Диффузия как метод легирования в технологии субмикронных СБИС.
Атомные и феноменологические модели диффузии.
Двойная диффузия. Ограничения метода диффузии.
Ионная имплантация примесей. Длина пробега ионов.
Распределение внедренных ионов по глубине. Модель Пирсона.
Анизотропия ионного легирования. Температурные режимы.
Применения ионного легирования в технологии субмикронных СБИС.
Образование и отжиг радиационных дефектов. Быстрые отжиги наноразмерных слоев.
Автоэпитаксия кремния. Методы автоэпитаксии.
Молекулярно-лучевая эпитаксия в технологии наноразмерных структур электроники.
Основные требования к подложкам в процессах гетероэпитаксии.
Технология «кремний-на-изоляторе».
Эпитаксия соединений АЗБ5. Мос-гидридная эпитаксия.
Предельная разрешающая способность различных методов литографии.
Оптическая литография в дальнем УФ-диапазоне.
Рентгенолитография.
Электронно-лучевая литография. Эффект близости.
Электронно-проекционная литография.
Ионная литография.
Методы сухого травления. Ионно-возбуждаемые и ионно-ускоряемые реакции.
Анизотропия и селективность методов сухого травления.
Плазменное, ионное, реактивно-ионное травление.
Основные требования к материалам для межсоединений.
Многоуровневые системы металлизации.
Сравнительная характеристика алюминиевой и медной систем металлизации.
Адгезионно-барьерные подслои. Методы получения и роль в технологии субмикронных СБИС.
МОП-структуры ИС с малыми размерами элементов. Принцип масштабирования.
КМОП-инвертор. Самосовмещение в технологии МОП.
Трехмерные интегральные схемы.
МОП-структуры с двойным и вертикальным затвором. ВЧ-характеристики.
Эффект короткого канала. Характеристики транзисторов с субмикронными каналами.
МДП-транзисторы с диэлектриками с высокой диэлектрической проницаемостью.
Методы получения и разделения углеродных нанотрубок.
Хиральность углеродных нанотрубок. Тип проводимости и гетеропереходы на нанотрубках.

Наноразмерные запоминающие устройства на нанотрубках. Гибридные технологии.

Одноэлектронный транзистор на нанотрубке.

Получение и характеристики графеновых слоев. Однослойные и двухслойные слои.

Зонная структура, электронный спектр и проводимость графеновых слоев.

Перспективные приборные структуры на графене.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Физические основы обработки материалов в микро- и нано-электронике	ОПК-1, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Физические основы формирования заданных свойств у материалов микро- и наноэлектроники	ОПК-1, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Физико-химические основы планарной технологии.	ОПК-1, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

4	Физические основы технологии изделий микро- и нанотехнологий	ОПК-1, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Физические основы металлизации и ИС на основе МДП-структур	ОПК-1, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Углеродные наноструктуры в электронике	ОПК-1, ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

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

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик 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

Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид	Обеспеченность

			издания	
Основная литература				
	И.Б. Захарова	Физические основы микро- и нанотехнологий. – Санкт-Петербург: Изво Политехнического университета, 2010 – 201 с.	2010 Печ.	1,0
	А.Г. Ткачев, И.В. Золоту-хин	Аппаратура и методы синтеза твердотельных наноструктур. – М: Машиностроение, 2007. – 316 с.	2007 Печ.	1,0
Дополнительная литература				
	Головин Ю.И.	Основы нанотехнологий. – М.: Машиностроение, 2012. – 656 с.	2012 Печ.	0,1

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:

Microsoft Word, <http://cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

Учебные лаборатории: «Физического материаловедения», «Физ. свойства твердых тел».

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

По дисциплине «Физические основы микро- и нанотехнологий» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовая работа.

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 закрепление теоретического материала путем проведения семинарских занятий по основным темам теоретического курса. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

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.
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 зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.