

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

« 31 » _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Профиль Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)

Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 2 Семестр 4

Учебный план набора 2014 года.

Распределение рабочего времени:

| № | Виды учебной работы | Семестр 1 | Семестр 2 | Семестр 3 | Семестр 4 | Семестр 5 | Семестр 6 | Семестр 7 | Семестр 8 | Всего | Единицы |
|-----|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|---------|
| 1. | Лекции | | | | 18 | | | | | 18 | часов |
| 2. | Лабораторные работы | | | | - | | | | | - | часов |
| 3. | Практические занятия | | | | 18 | | | | | 18 | часов |
| 4. | Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная) | | | | - | | | | | - | часов |
| 5. | Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4) | | | | 36 | | | | | 36 | часов |
| 6. | Из них в интерактивной форме | | | | 14 | | | | | 14 | часов |
| 7. | Самостоятельная работа студентов (СРС) | | | | 36 | | | | | 36 | часов |
| 8. | Всего (без экзамена) (Сумма 5,7) | | | | 72 | | | | | 72 | часов |
| 9. | Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена | | | | - | | | | | - | часов |
| 10. | Общая трудоемкость (Сумма 8,9) | | | | 72 | | | | | 72 | часов |
| | (в зачетных единицах) | | | | 2 | | | | | 2 | ЗЕ |

Зачет 4 семестр


Томск 2016

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 6 марта 2015 г. № 177, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от « 8 » 09 2016 г., протокол № 73.

Разработчики:

Профессор кафедры ФЭ

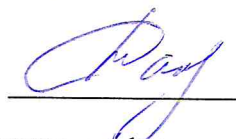
 / П.Е. Троян

Ассистент кафедры ФЭ

 / В.В. Каранский


Заведующий кафедрой

Профессор кафедры ФЭ

 / П.Е. Троян

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки.


Декан ФЭТ

 / А.И. Воронин

Зав. профилирующей
кафедрой ФЭ


 / П.Е. Троян

Зав. выпускающей
кафедрой ФЭ

 / П.Е. Троян

Эксперты:

Председатель методической
комиссии факультета ФЭТ

 / И.А. Чистоедова

Председатель методической
комиссии кафедры ФЭ

 / И.А. Чистоедова

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины «Физические основы микро- и нанoeлектроники» является приобретение знаний по физике электронных процессов в твердотельных структурах, включая наноструктуры, физическим основам действия полупроводниковых приборов и приборов на основе других, в том числе наноматериалов, их электрическим характеристикам для статического и динамического режимов работы, реакциям приборов и устройств на внешние воздействия, представлению приборов в виде моделей, методам экспериментального определения параметров моделей, основам микросистемной техники.

Задачей изучения дисциплины «Физические основы микро- и нанoeлектроники» является приобретение навыков и умений по расчету параметров твердотельных структур и приборов, представлению твердотельных приборов в виде эквивалентных схем и моделей, экспериментальному определению параметров твердотельных структур и моделей и элементов микросистемной техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части базовой части (Б1.В.ДВ.7.1) образовательной программы по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: физика, теоретические основы электротехники, физика конденсированного состояния, материалы электронной техники.

На материалах, изучаемых в данной дисциплине, базируются следующие дисциплины учебного плана, изучаемые позднее: твердотельная электроника, нанoeлектроника, физика полупроводников, элементы и приборы нанoeлектроники.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование у бакалавров следующих профессиональных компетенций (ПК):

- способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

- способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий (ПК-1);

- готовность к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий нанoeлектроники и микросистемной техники (ПСК-3).

3.2. В результате изучения дисциплины бакалавр должен:

знать:

– основные параметры, характеризующие свойства твердых тел, в том числе наноматериалов, используемых для создания твердотельных структур;

– устройство, принцип действия и основные технические характеристики основных классов полупроводниковых приборов;

– эквивалентные схемы приборов, методы расчета параметров эквивалентных схем;

– функциональные электрические и тепловые модели приборов и элементов микросистемной техники и методы определения параметров моделей;

– методы анализа переходных процессов;

уметь:

– анализировать переходные процессы в твердотельных приборах с использованием метода заряда;

– правильно выбирать элементы электронной схемы для решения поставленной задачи с максимальным использованием возможностей приборов, обеспечив при этом высокую надежность схем;

– производить расчеты параметров твердотельных приборов;

– экспериментально определять параметры твердотельных приборов;

владеть:

– навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр |
|---|-------------|-----------|
| | | 4 |
| Аудиторные занятия (всего) | 36 | 36 |
| В том числе: | | |
| Лекции | 18 | 18 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа (всего) | 36 | 36 |
| В том числе: | | |
| Проработка лекционного материала | 4 | 4 |
| Подготовка к практическим занятиям | 14 | 14 |
| Подготовка к контрольным работам | 6 | 6 |
| Выполнение и защита индивидуального задания | 12 | 12 |
| Общая трудоемкость час | 72 | 72 |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | 2 | 2 |

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекции | Практические занятия | Самост. работа студента | Всего час | Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК) |
|--------------|---|-----------|----------------------|-------------------------|-----------|---------------------------------------|
| 1. | Введение, цели и задачи дисциплины | 1 | - | - | 1 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 2. | Физические основы твердотельной электроники | 8 | 6 | 16 | 30 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 3. | Физика твердотельных структур | 9 | 12 | 20 | 41 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| ИТОГО | | 18 | 18 | 36 | 72 | |

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

| № п/п | Наименование разделов | Содержание разделов | Трудоемкость (час.) | Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК) |
|-------|---|---|---------------------|---------------------------------------|
| 1. | Введение, цели и задачи дисциплины | Цели и задачи курса. Требования к объему знаний по дисциплине. Твердотельные наноструктуры. Микросистемная техника. Полупроводниковые приборы как элементы электронных цепей (схем). Понятия, определения: электронные устройства, компоненты (пассивные и активные), полупроводниковые приборы. Основные разновидности полупроводниковых приборов по выполняемым функциям и технологии. Наноэлектроника. Основные разделы курса лекций, диалектика развития дисциплины. Вклад отечественных ученых в развитие полупроводниковой техники, электроники и наноэлектроники. Список рекомендуемой литературы. | 1 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 2. | Физические основы твердотельной электроники | Фундаментальная система уравнений – основа аналитического описания свойств полупроводниковых приборов. Аналитические выражения и физический смысл уравнений Пуассона, полного тока и непрерывности. Определение полупроводникового материала, примеры полупроводниковых материалов (элементарные полупроводники, двойные и тройные соединения). Собственные и примесные полупроводники и их электропроводность. Компенсированные полупроводники. Зонная диаграмма этих материалов. Концентрация свободных носителей | 8 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |

| | | | | |
|----|-------------------------------|---|---|-----------------------|
| | | <p>в собственном и примесном полупроводниках. Положение уровня Ферми в них. Зависимость концентрации свободных носителей от температуры. Физическое обоснование диапазона рабочих температур полупроводниковых приборов. Полупроводники в электрическом поле.</p> <p>Квантовые эффекты, лежащие в основе устройств нанoeлектроники, энергетический спектр в квантовых ямах, проволоках, точках.</p> <p>Генерация и рекомбинация носителей заряда. Виды генерации и рекомбинации: термогенерация, фотогенерация, полевая ионизация; рекомбинация зона-зона, рекомбинация через рекомбинационные уровни, излучательная и безизлучательная рекомбинация.</p> <p>Основные и неосновные носители заряда. Закон действующих масс для собственных и примесных полупроводников. Равновесные и неравновесные носители заряда. Избыточная концентрация носителей. Уравнение электронейтральности. Явления на поверхности полупроводников: обеднение, обогащение, инверсия. Эффект поля.</p> | | |
| 3. | Физика твердотельных структур | <p>Контакты металл-диэлектрик-полупроводник, металл-полупроводник и полупроводник-полупроводник с различным типом проводимости (p-n переход).</p> <p>Понятие работы выхода. Термодинамическая работа выхода и электронное сродство. Контакт металла с полупроводником (M-p/n) – зонная диаграмма. Выпрямляющий и омический контакт. Принцип выпрямления тока на контакте M-p/n по энергетическим диаграммам. ВАХ идеального контакта. Эффект Шоттки. Диод Шоттки. ВАХ реального контакта Шоттки. Распределение электрического поля в области пространственного заряда (ОПЗ) на контакте M-p/n и ширина ОПЗ. Емкость диода Шоттки. Эквивалентная схема и модель диода Шоттки. Особенности диода Шоттки. Омические контакты и их свойства.</p> <p>МДП-структура: режим обеднения, режим инверсии, емкость. Применение МДП-структур. Двумерный электронный газ.</p> <p>Механизм образования электронно-дырочного перехода (ЭДП). Определение ЭДП. Контактная разность потенциалов, ее зависимость от концентрации легирующей примеси, температуры и ширины запрещенной зоны. Энергетические диаграммы ЭДП при прямом и обратном смещениях. Потoki носителей зарядов и принцип выпрямления тока ЭДП. Инжекция и экстракция носителей. Концентрация неосновных носителей заряда у границ ЭДП.</p> <p>Методы получения ЭДП: сплавление, диффузия, ионное легирование, эпитаксия. Понятие плавного и резкого, симметричного и несимметричного ЭДП, точечные и плоскостные ЭДП.</p> | 9 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

| № п/п | Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | № № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | | |
|----------------------------------|---|--|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Предшествующие дисциплины | | | | |
| 1. | физика | + | + | + |
| 2. | теоретические основы электротехники | + | + | + |
| 3. | физика конденсированного состояния | + | + | + |
| 4. | материалы электронной техники | | | |
| Последующие дисциплины | | | | |
| 1 | твердотельная электроника | + | + | + |
| 2 | нанoeлектроника | + | + | + |
| 3 | физика полупроводников | + | + | + |
| 4 | элементы и приборы нанoeлектроники | + | + | + |

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Перечень компетенций | Виды занятий | | | Формы контроля |
|----------------------|--------------|----|-----|---|
| | Л | ПЗ | СРС | |
| ОПК-2 | + | + | + | Опрос на лекциях. Отчет по практической работе. Результаты контрольных работ. Защита индивидуального задания. |
| ПК-1 | + | + | + | Опрос на лекциях. Отчет по практической работе. Результаты контрольных работ. Защита индивидуального задания. |
| ПСК-3 | + | + | + | Опрос на лекциях. Отчет по практической работе. Результаты контрольных работ. Защита индивидуального задания. |

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы | Формы | Лекции (час) | Практические занятия (час) | Всего |
|--|-------|--------------|----------------------------|-------|
| <i>Мультимедийные презентации с видеороликами и раздаточным материалом с последующим обсуждением</i> | | 4 | 4 | 8 |
| <i>Работа в команде</i> | | - | 6 | 6 |
| Итого интерактивных занятий | | 4 | 10 | 14 |

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

не предусмотрено

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика практических занятий | Трудо-емкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК |
|-------|----------------------|---|----------------------|-------------------------|
| 1. | 2 | Свойства полупроводниковых материалов, концентрация свободных носителей в полупроводниках. Определение характеристик полупроводников. | 4 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 2. | 3 | Контакт металл-полупроводник. | 4 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 3. | 3 | Решение задач по ЭДП, гомо- и гетеропереходы. | 6 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 4. | 2 | КР-1. Физические основы твердотельной электроники. | 2 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 5. | 3 | КР-2. ЭДП, гомо- и гетеропереходы. | 2 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика самостоятельной работы (детализация) | Трудо-емкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК | Контроль выполнения работы |
|-------|----------------------|--|----------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1. | 2-3 | Проработка лекционного материала | 4 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 | Опрос на лекциях |
| 2. | 2-3 | Проработка лекционного материала при подготовке к практическим занятиям | 14 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 | Отчет по практической работе |
| 3. | 2-3 | Проработка лекционного материала при подготовке к контрольным работам | 6 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 | Результаты контрольных работ |
| 4. | 3 | Выполнение и защита индивидуальных заданий: «Расчет параметров диода Шоттки» и «Расчет параметров электронно-дырочного перехода» | 12 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 | Защита индивидуального задания |

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

не предусмотрено

11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Таблица 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|----------------------------------|--|---|---|------------------|
| Индивидуальное задание №1 | | 15 | | 15 |
| Индивидуальное задание №2 | | | 15 | 15 |
| Контрольная работа КР-1 | 15 | | | 15 |
| Контрольная работа КР-2 | | 15 | | 15 |
| Отчеты по практическим занятиям | 10 | 5 | 10 | 25 |
| Компонент своевременности | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Посещение занятий | 2 | 2 | 2 | 6 |
| Итого максимум за период: | 30 | 40 | 30 | 100 |
| Нарастающим итогом | 30 | 70 | 100 | 100 |

Таблица 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки | Оценка |
|---|--------|
| ≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |
| < 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

Таблица 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---------------------------------|--|-------------------------|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 – 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 – 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 – 84 | C (хорошо) |
| | 70 – 74 | D (удовлетворительно) |
| 65 – 69 | | |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 60 – 64 | E (посредственно) |
| | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

Вопросы для подготовки к зачету:

1. Элементы зонной теории полупроводников.
2. Параметры, характеризующие свойства полупроводниковых материалов .
3. Фундаментальная система уравнений твердотельной электроники.
4. Собственные, примесные и компенсированные полупроводники.
5. Диапазон рабочих температур полупроводниковых приборов.
6. Равновесные и неравновесные носители зарядов в полупроводниках. Основные и неосновные носители. Закон действующих масс.
7. Полупроводники в электрическом поле.
8. Генерация и рекомбинация носителей в полупроводниках.
9. Уравнение электронейтральности.
10. Явления на поверхности полупроводников.
11. Энергетическая диаграмма выпрямляющего контакта металл-полупроводник.
12. Принцип выпрямления тока на контакте металл-полупроводник по энергетическим диаграммам.
13. Вольтамперная характеристика выпрямляющего контакта металл-полупроводник.
14. Диод Шоттки: структура, эквивалентная схема, параметры эквивалентной схемы. Модель диода Шоттки.
15. Эффект Шоттки.
16. Достоинства и недостатки диода Шоттки.
17. Омические контакты и их параметры.
18. Механизм образования электронно-дырочного перехода. Определение ЭДП.
19. Контактная разность потенциалов. Зависимость от температуры, ширины запрещенной зоны, концентрации легирующей примеси.
20. Потоки носителей зарядов в электронно-дырочном переходе по энергетическим диаграммам. Односторонняя проводимость p-n перехода.
21. Методы получения электронно-дырочного перехода.
22. Вольтамперная характеристика реального электронно-дырочного перехода.
23. Диффузионная и барьерная емкости электронно-дырочного перехода.
24. Эквивалентная схема электронного дырочного перехода. Параметры эквивалентной схемы.
25. Переходные процессы в электронно-дырочном переходе.
26. Пробой электронно-дырочного перехода.

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

1. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Физические основы электроники. – Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 560 с. – [электронный ресурс]. – http://lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=68&pl1_id=937

12.2 Дополнительная литература

1. Троян П.Е. Твердотельная электроника. – Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2006. – 321 с. (48)
2. Гаман З.И. Физика полупроводниковых приборов: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – 426 с. (45)
3. Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: Сов. радио, 1990. – 264 с. (21)
4. Крутякова М.Г., Чарыков Н.А., Юдин В.В. Полупроводниковые приборы и основы их проектирования. – М.: Радио и связь, 1983. – 352 с. (6)
5. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. – СПб.: Лань, 2006. – 480 с. (98)
6. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: Учебное пособие. – М.: Техносфера, 2005. – 408 с. (88)
7. Твердотельная электроника: учебное пособие для вузов / Э. Н. Воронков [и др.]. – М.: Академия, 2009. – 317 с. (4)

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Троян П.Е. Твердотельная электроника. Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе. – Томск: ТУСУР, 2007. – 76 с. (47)

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина» – Режим доступа: <http://www.ph4s.ru/>
2. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
3. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>
4. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/>

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации программы учебной дисциплины требуется аудитория, оснащенная мультимедийным проектором.

8/4

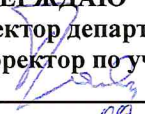
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

УТВЕРЖДАЮ

Директор департамента образования
(Проректор по учебной работе)


П.Е. Троян
«30» _____ 09 2016 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ**

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Профиль Нанотехнологии в электронике и микросистемной техник

Форма обучения очная

Факультет электронной техники (ФЭТ)



Кафедра физической электроники (ФЭ)

Курс 2 Семестр 4

Учебный план набора 2014 года.

Зачет 4 семестр

Разработчики:
Профессор кафедры ФЭ
Ассистент кафедры ФЭ

 / П.Е. Троян
 / В.В. Каранский

Томск 2016

1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе учебной дисциплины «Физические основы микро- и нанoeлектроники» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по учебной дисциплине «Физические основы микро- и нанoeлектроники» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Физические основы микро- и нанoeлектроники» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции |
|-------|---|--|
| ОПК-2 | способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат | <i>знать</i> методы анализа переходных процессов; <i>знать</i> основные параметры, характеризующие свойства твердых тел, в том числе наноматериалов, используемых для создания твердотельных структур; <i>уметь</i> анализировать переходные процессы в твердотельных приборах с использованием метода заряда; <i>владеть</i> навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |
| ПК-1 | способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий | <i>знать</i> эквивалентные схемы приборов, методы расчета параметров эквивалентных схем; <i>знать</i> устройство, принцип действия и основные технические характеристики основных классов полупроводниковых приборов; <i>уметь</i> производить расчет параметров основных классов полупроводниковых приборов; <i>уметь</i> экспериментально определять параметры твердотельных приборов и элементов микросистемной техники; <i>владеть</i> навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |
| ПСК-3 | готовность к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий нанoeлектроники и микросистемной техники | <i>знать</i> функциональные электрические модели приборов и методы определения параметров моделей; <i>уметь</i> правильно выбирать элементы электронной схемы для решения поставленной задачи с максимальным использованием возможностей приборов, обеспечив при этом высокую надежность схем; <i>владеть</i> навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |

2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1 Компетенция ОПК-2

ОПК-2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|-------------------|--|---|--|
| Содержание этапов | <i>знает</i> методы анализа переходных процессов; <i>знает</i> основные параметры, характеризующие свойства твердых тел, в том числе наноматериалов, используемых | <i>умеет</i> анализировать переходные процессы в твердотельных приборах с использованием метода заряда; | <i>владеет</i> навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элемента- |

| | | | |
|---|--|--|---|
| | для создания твердотельных структур; | | ми электронных схем |
| Виды занятий | Лекции; Практические занятия; Групповые консультации | Практические занятия; Индивидуальное задание; Самостоятельная работа | Индивидуальное задание; Самостоятельная работа |
| Используемые средства оценивания | Опрос на лекции; Практическое задание (защита); Контрольная работа; Индивидуальное задание (защита); Зачет | Практическое задание (выполнение, оформление); Индивидуальное задание (выполнение, оформление); | Зачет |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|--|---|---|--|
| Отлично (высокий уровень) | обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| Хорошо (базовый уровень) | знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспособливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | обладает базовыми общими знаниями | обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | работает при прямом наблюдении |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|---|---|--|
| Отлично (высокий уровень) | <i>понимает</i> связь между основными параметрами, характеризующие свойства твердых тел; <i>понимает</i> связь между переходными процессами и полупроводниковыми приборами; <i>аргументирует</i> выбор метода анализа переходных процессов; <i>физически аргументирует</i> выбор и план решения задачи; <i>графически иллюстрирует</i> задачу | <i>свободно применяет</i> методы решения нетиповых задач; <i>умеет</i> физически анализировать переходные процессы в полупроводниковых приборах с использованием метода заряда; <i>умеет</i> математически описывать переходные процессы в полупроводниковых приборах с использованием метода заряда; <i>самостоятельно подбирает</i> и готовит для эксперимента необходимое оборудование; | <i>свободно владеет</i> разными способами представления физической информации в графической и математической форме; <i>способен организовать</i> работу в междисциплинарной команде; <i>демонстрирует способность</i> корректно давать оценку проделанной работе |

| | | | |
|--|---|---|---|
| Хорошо (базовый уровень) | <i>понимает</i> связь между основными параметрами, характеризующие свойства твердых тел; <i>знает</i> переходные процессы в полупроводниковых приборах; <i>имеет</i> представление о методах анализа переходных процессов; <i>аргументирует</i> выбор решения задачи; <i>составляет</i> план решения задачи | <i>самостоятельно подбирает</i> и готовит для эксперимента необходимое оборудование; <i>применяет</i> методы решения нетиповых задач; <i>умеет</i> анализировать переходные процессы в полупроводниковых приборах | <i>владеет</i> разными способами представлениями информации; <i>способен организовать</i> работу в междисциплинарной команде; <i>способен классифицировать</i> полупроводниковые приборы и элементы интегральных схем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <i>знает</i> основные параметры, характеризующие свойства твердых тел; <i>дает</i> определения основных понятий; <i>распознает</i> переходные процессы в полупроводниковых приборах; <i>знает</i> основные методы анализа переходных процессов; <i>знает</i> основные методы решения типовых задач и умеет их применять на практике | <i>умеет</i> работать со справочной литературой; <i>использует</i> приборы, указанные в описании лабораторной работы; <i>умеет</i> представлять результаты своей работы | <i>владеет</i> терминологией в предметной области знания; <i>владеет</i> навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |

2.2 Компетенция ПК-1

ПК-1 способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|--|--|--|
| Содержание этапов | <i>знает</i> эквивалентные схемы приборов, методы расчета параметров эквивалентных схем; <i>знает</i> устройство, принцип действия и основные технические характеристики основных классов полупроводниковых приборов; | <i>умеет</i> производить расчет параметров основных классов полупроводниковых приборов; <i>умеет</i> экспериментально определять параметры твердотельных приборов и элементов микросистемной техники; | <i>владеет</i> навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |
| Виды занятий | Лекции; Практические занятия; Групповые консультации | Практические занятия; Индивидуальное задание; Самостоятельная работа | Индивидуальное задание; Самостоятельная работа |
| Используемые средства оценивания | Опрос на лекции; Практическое задание (защита); Контрольная работа; Индивидуальное задание (защита); | Практическое задание (выполнение, оформление); Индивидуальное задание (выполнение, оформление); | Зачет |

| | | | |
|--|-------|--|--|
| | Зачет | | |
|--|-------|--|--|

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.5.
Таблица 2.5 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|--|---|--|
| Отлично (высокий уровень) | <i>понимает</i> связь между параметрами и характеристиками эквивалентных схем; <i>определяет</i> экспериментальными методами параметры эквивалентных схем приборов и объектов нано- и микросистемной техники; <i>называет</i> основные технические характеристики основных устройств и приборов нано- и микросистемной техники; <i>аргументирует</i> выбор метода расчета основных параметров эквивалентных схем; <i>физически аргументирует</i> выбор и план решения задачи; <i>графически иллюстрирует</i> задачу | <i>свободно применяет</i> методы решения нетиповых задач; <i>умеет</i> математически описывать связь между параметрами эквивалентных схем приборов и объектов нано- и микросистемной техники; <i>умеет выбирать</i> метод расчета основных параметров эквивалентных схем приборов и объектов нано- и микросистемной техники; <i>умеет</i> использовать стандартные программные средства для компьютерного моделирования приборов и объектов нано- и микросистемной техники; <i>умеет</i> проводить физико-математическое моделирование процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники | <i>свободно владеет</i> разными способами представления физической информации в графической и математической форме; <i>способен организовать</i> работу в междисциплинарной команде; <i>демонстрирует способность</i> корректно давать оценку проделанной работе; <i>классифицирует</i> устройства и установки электроники и нанoeлектроники по их функциональному назначению |
| Хорошо (базовый уровень) | <i>распознает</i> эквивалентные схемы устройств и объектов нано- и микросистемной техники; <i>знает</i> принцип действия основных классов устройств и объектов нано- и микросистемной техники и их основные технические характеристики; <i>определяет</i> методы расчета параметров эквивалентных схем устройств и объектов нано- и микросистемной техники; <i>составляет</i> план решения задачи | <i>самостоятельно подбирает</i> и готовит для эксперимента необходимое оборудование; <i>применяет</i> методы решения нетиповых задач; <i>умеет рассчитывать</i> основные параметры приборов и объектов нано- и микросистемной техники и их эквивалентных схем замещения; <i>умеет</i> проводить физико-математическое моделирование процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники | <i>владеет</i> разными способами представлениями информации; <i>способен организовать</i> работу в междисциплинарной команде; <i>способен классифицировать</i> приборы и устройства нано- и микросистемной техники |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <i>дает</i> определения основных понятий; <i>распознает</i> эквивалентные схемы основных устройств и объектов нано- и микросистемной техники; <i>знает</i> принцип действия основных классов устройств и объектов нано- и | <i>умеет</i> работать со справочной литературой; <i>использует</i> приборы, указанные в описании лабораторной работы; <i>умеет</i> представлять результаты своей работы | <i>владеет</i> терминологией в предметной области знания; <i>владеет</i> навыками практической работы с приборами и объектами нано- и микросистемной техники |

| | | | |
|--|------------------------|--|--|
| | микросистемной техники | | |
|--|------------------------|--|--|

2.3 Компетенция ПСК-3

ПСК-3 готовность к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий нанoeлектроники и микросистемной техники

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|--|---|--|
| Содержание этапов | <i>знает</i> функциональные электрические модели приборов и методы определения параметров моделей; | <i>умеет</i> правильно выбирать элементы электронной схемы для решения поставленной задачи с максимальным использованием возможностей приборов, обеспечив при этом высокую надежность схем; | <i>владеет</i> навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |
| Виды занятий | Лекции; Практические занятия; Групповые консультации | Практические занятия; Индивидуальное задание; Самостоятельная работа | Индивидуальное задание; Самостоятельная работа |
| Используемые средства оценивания | Опрос на лекции; Практическое задание (защита); Контрольная работа; Индивидуальное задание (защита); Зачет | Практическое задание (выполнение, оформление); Индивидуальное задание (выполнение, оформление); | Зачет |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|----------------------------------|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | <i>понимает</i> разницу между функциональными и электрическими моделями приборов нанoeлектроники и микросистемной техники; <i>аргументирует</i> выбор метода определения параметров функциональных и электрических моделей приборов нанoeлектроники и микросистемной техники; <i>физически аргументирует</i> выбор и план решения по определению параметров моделей приборов нанoeлектроники и микросистемной техники; <i>графически иллюстрирует</i> основные зависимости | <i>свободно применяет</i> методы решения нетиповых задач; <i>умеет</i> математически описывать связь между параметрами электронной схемы; <i>умеет выбирать</i> метод расчета основных параметров электронной схемы, обеспечивая при этом высокую надежность электрических схем | <i>свободно владеет</i> разными способами представления физической информации в графической и математической форме; <i>способен организовать</i> работу в междисциплинарной команде; <i>демонстрирует способность</i> корректно давать оценку проделанной работе <i>проводит</i> опытно-конструкторские работы в области производства изделий нанoeлектроники и микросистемной техники |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | функциональных и электрических моделей приборов наноэлектроники и микросистемной техники | | |
| Хорошо (базовый уровень) | <i>распознает</i> функциональные и электрические модели приборов наноэлектроники и микросистемной техники; <i>знает</i> принцип действия функциональных и электрических моделей приборов наноэлектроники и микросистемной техники; <i>определяет</i> методы расчета параметров функциональных и электрических моделей приборов наноэлектроники и микросистемной техники; <i>составляет</i> план решения задачи | <i>самостоятельно подбирает</i> и готовит для эксперимента необходимое оборудование; <i>применяет</i> методы решения нетиповых задач; <i>умеет рассчитывать</i> основные параметры электронных схем, обеспечивая при этом высокую надежность схем | <i>владеет</i> разными способами представлениями информации; <i>способен организовать</i> работу в междисциплинарной команде; <i>способен классифицировать</i> полупроводниковые приборы и элементы интегральных схем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <i>дает</i> определения основных понятий; <i>распознает</i> функциональные и электрические модели приборов наноэлектроники и микросистемной техники; <i>знает</i> принцип действия функциональных и электрических моделей приборов наноэлектроники и микросистемной техники | <i>умеет</i> работать со справочной литературой; <i>использует</i> приборы, указанные в описании лабораторной работы; <i>умеет</i> представлять результаты своей работы | <i>владеет</i> терминологией в предметной области знания; <i>владеет</i> навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

– типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: контрольные работы, индивидуальные задания, практические задания, самостоятельная работа, зачет.

3.1 Контрольные работы

1. Расчет параметров полупроводника. Диод Шоттки.
2. Расчет параметров электронно-дырочного перехода.

3.2 Индивидуальные задания

1. Расчет параметров диодов Шоттки.
2. Расчет параметров электронно-дырочного перехода.

3.3 Темы для самостоятельной работы

1. Физические основы твердотельной электроники.
2. Контакт металл-полупроводник. Диод Шоттки.
3. Электронно-дырочный переход.

3.4 Зачет

1. Элементы зонной теории полупроводников.

2. Параметры, характеризующие свойства полупроводниковых материалов .
3. Фундаментальная система уравнений твердотельной электроники.
4. Собственные, примесные и компенсированные полупроводники.
5. Диапазон рабочих температур полупроводниковых приборов.
6. Равновесные и неравновесные носители зарядов в полупроводниках. Основные и неосновные носители. Закон действующих масс.
7. Полупроводники в электрическом поле.
8. Генерация и рекомбинация носителей в полупроводниках.
9. Уравнение электронейтральности.
10. Явления на поверхности полупроводников.
11. Энергетическая диаграмма выпрямляющего контакта металл-полупроводник.
12. Принцип выпрямления тока на контакте металл-полупроводник по энергетическим диаграммам.
13. Вольтамперная характеристика выпрямляющего контакта металл-полупроводник.
14. Диод Шоттки: структура, эквивалентная схема, параметры эквивалентной схемы. Модель диода Шоттки.
15. Эффект Шоттки.
16. Достоинства и недостатки диода Шоттки.
17. Омические контакты и их параметры.
18. Механизм образования электронно-дырочного перехода. Определение ЭДП.
19. Контактная разность потенциалов. Зависимость от температуры, ширины запрещенной зоны, концентрации легирующей примеси.
20. Потоки носителей зарядов в электронно-дырочном переходе по энергетическим диаграммам. Односторонняя проводимость p-n перехода.
21. Методы получения электронно-дырочного перехода.
22. Вольтамперная характеристика реального электронно-дырочного перехода.
23. Диффузионная и барьерная емкости электронно-дырочного перехода.
24. Эквивалентная схема электронного дырочного перехода. Параметры эквивалентной схемы.
25. Переходные процессы в электронно-дырочном переходе.
26. Пробой электронно-дырочного перехода.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

4.1 Основная литература

1. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Физические основы электроники. – Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 560 с. – [электронный ресурс]. – http://lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=68&pl1_id=937

4.2 Дополнительная литература

1. Троян П.Е. Твердотельная электроника. – Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2006. – 321 с. (48)
2. Гаман З.И. Физика полупроводниковых приборов: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – 426 с. (45)
3. Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: Сов. радио, 1990. – 264 с. (21)
4. Крутякова М.Г., Чарыков Н.А., Юдин В.В. Полупроводниковые приборы и основы их проектирования. – М.: Радио и связь, 1983. – 352 с. (6)
5. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. – СПб.: Лань, 2006. – 480 с. (98)
6. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: Учебное пособие. – М.: Техносфера, 2005. – 408 с. (88)
7. Твердотельная электроника: учебное пособие для вузов / Э. Н. Воронков [и др.]. – М.: Академия, 2009. – 317 с. (4)

4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Троян П.Е. Твердотельная электроника. Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе. – Томск: ТУСУР, 2007. – 76 с. (47)

4.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина» – Режим доступа: <http://www.ph4s.ru/>
2. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
3. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>
4. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/>

