

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной деятельности КФУ

проф. Таюрский Д.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Твердотельная электроника Б1.В.ДВ.3

Направление подготовки: 10.03.01 - Информационная безопасность

Профиль подготовки: Безопасность автоматизированных систем

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

**Автор(ы):** Таюрская Г.В.

**Рецензент(ы):** Шерстюков О.Н.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Шерстюков О. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Казань

2018

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине/ модулю
  - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Таюрская Г.В. (Кафедра радиофизики, Отделение радиофизики и информационных систем), Galina.Tajrsca@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-7	способностью определять информационные ресурсы, подлежащие защите, угрозы безопасности информации и возможные пути их реализации на основе анализа структуры и содержания информационных процессов и особенностей функционирования объекта защиты
ПК-9	способностью осуществлять подбор, изучение и обобщение научно-технической литературы, нормативных и методических материалов, составлять обзор по вопросам обеспечения информационной безопасности по профилю своей профессиональной деятельности
ОПК-4	способностью понимать значение информации в развитии современного общества, применять информационные технологии для поиска и обработки информации
ОПК-2	способностью применять соответствующий математический аппарат для решения профессиональных задач
ПК-1	способностью выполнять работы по установке, настройке и обслуживанию программных, программно-аппаратных (в том числе криптографических) и технических средств защиты информации
ПК-7	способностью проводить анализ исходных данных для проектирования подсистем и средств обеспечения информационной безопасности и участвовать в проведении технико-экономического обоснования соответствующих проектных решений
ПК-8	способностью оформлять рабочую техническую документацию с учетом действующих нормативных и методических документов

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

Дисциплина ЕН.В2 "Твердотельная электроника" входит в профессиональный цикл (блок ЕН) бакалавров по направлению и является обязательной для изучения.

Изучение данной дисциплины базируется на подготовке по физике и математике в рамках Государственного стандарта общего образования, дисциплин подготовки бакалавров по направлению 090900.62 - "Информационная безопасность": ЕН.Ф.7 "математика (мат анализ)", ЕН.Р.1 "физика", ЕН.Ф.5 "Теория комплексного переменного", ДН(М).Р.6 "основы радиоэлектроники".

Дисциплина служит основой для последующего изучения дисциплин курса ДН(М). В2 "функциональная электроника", ДН(М). В2 "физическая электроника", ДН(М).В6 "импульсная и цифровая схемотехника".

Должен уметь:

- математически описывать физические процессы, происходящие в электрических переходах;
- строить математические модели полупроводниковых приборов различного назначения, на основе которых рассчитывать их параметры и строить эквивалентные схемы для различных режимов и частотных диапазонов их работы;
- на основе анализа особенностей полупроводниковых приборов правильно выбирать элементную базу для построения радиотехнических устройств.

Должен владеть:

- методами анализа и синтеза радиоэлектронных устройств с учетом особенностей работы полупроводниковых приборов в различных режимах и частотных диапазонах их применения.
- навыками работы с учебной и научной литературой.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- к решению задач анализа и синтеза радиоэлектронных устройств на современной элементной базе
- эксплуатировать современную радиоэлектронную аппаратуру и оборудование
- работать с современными образовательными и информационными технологиями.

## **2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования**

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.3 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 10.03.01 "Информационная безопасность (Безопасность автоматизированных систем)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 3 курсе в 6 семестре.

## **3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 90 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 54 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 72 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 семестре.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине/ модулю

N	Раздел дисциплины/ модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в физику полупроводников.	6	2	2	0	4
2.	Тема 2. Рекомбинация носителей.	6	2	2	0	4
3.	Тема 3. Законы движения носителей в полупроводниках.	6	2	2	0	4
4.	Тема 4. Электрические переходы.	6	2	4	0	4
5.	Тема 5. Анализ р-п перехода в неравновесном состоянии.	6	2	4	0	4
6.	Тема 6. Полупроводниковые диоды.	6	2	2	0	5
7.	Тема 7. Обратная характеристика реального диода.	6	2	2	0	4
8.	Тема 8. Барьерная и диффузионная емкости диода.	6	2	2	0	5
9.	Тема 9. Биполярный транзистор.	6	2	4	0	4
10.	Тема 10. Статические характеристики транзистора ОБ.	6	2	4	0	4
11.	Тема 11. Малосигнальная эквивалентная схема и статические параметры транзистора ОБ.	6	2	2	0	4
12.	Тема 12. Динамические параметры транзистора ОБ.	6	2	4	0	4
13.	Тема 13. Характеристики и параметры транзистора при включении с общим эмиттером.	6	2	4	0	4
14.	Тема 14. Составные транзисторы. Разновидности дискретных транзисторов.	6	2	2	0	5
15.	Тема 15. Полевые транзисторы.	6	2	4	0	4
16.	Тема 16. МДП-транзисторы.	6	2	4	0	3
17.	Тема 17. Транзисторы полупроводниковых интегральных схем.	6	2	4	0	3
18.	Тема 18. Элементы интегральных схем на МОП-транзисторах.	6	2	2	0	3
	Итого		36	54	0	72

##### 4.2 Содержание дисциплины

###### Тема 1. Введение в физику полупроводников.

Энергетические уровни твердого тела. Зонная структура полупроводников и типы проводимости. Законы распределения носителей в зонах полупроводника. Концентрация носителей в собственном и примесном полупроводниках. Подвижность носителей. Электропроводность. (2 час.)

###### Тема 2. Рекомбинация носителей.

Механизм рекомбинации. Непосредственная рекомбинация. Равновесное и неравновесное состояние. Время жизни. Рекомбинация на примесных центрах. Поверхностная рекомбинация.

###### Тема 3. Законы движения носителей в полупроводниках.

Кинетика носителей. Биполярная диффузия. Монополярная диффузия. Комбинированное движение. Эффект поля.

#### **Тема 4. Электрические переходы.**

Электрические переходы. Разновидности электрических переходов. Классификация p-n переходов. Структура p-n перехода. Анализ перехода в равновесном состоянии. (2 час.)

#### **Тема 5. Анализ p-n перехода в неравновесном состоянии.**

Анализ p-n перехода в неравновесном состоянии. Контакт металл-полупроводник. Гетеропереходы. (2 час.)

#### **Тема 6. Полупроводниковые диоды.**

Полупроводниковые диоды. Анализ идеализированного диода. Решение диффузионного уравнения. Вольтамперная характеристика идеализированного диода. Характеристические сопротивления. (2 час.)

#### **Тема 7. Обратная характеристика реального диода.**

Обратная характеристика реального диода. Виды пробоя перехода. Прямая характеристика реального диода. Работа диода при высоком уровне инжекции. Эквивалентные схемы диода при обратном и прямом включениях по постоянному току. (2 час.)

#### **Тема 8. Барьерная и диффузионная емкости диода.**

Барьерная и диффузионная емкости диода. Эквивалентные схемы диода по переменному току. Типы диодов: силовые диоды, стабилитроны, импульсные диоды, диоды Шоттки, варикапы. (2 час.)

#### **Тема 9. Биполярный транзистор.**

Биполярный транзистор. Принцип работы. Способы включения транзистора. Распределение носителей в базе. Эффект модуляции толщины базы и его следствия. (2 час.)

#### **Тема 10. Статические характеристики транзистора ОБ.**

Статические характеристики транзистора ОБ. Модель Молла-Эберса. Семейства выходных и входных характеристик транзистора. Эквивалентная схема транзистора для постоянных составляющих. (2 час.)

#### **Тема 11. Малосигнальная эквивалентная схема и статические параметры транзистора ОБ.**

Динамические параметры транзистора ОБ. Барьерные и диффузионные емкости транзистора. Коэффициенты инжекции и переноса. Коэффициент передачи тока. Предельная и граничная частота. Максимальная частота генерации. (2 час.)

#### **Тема 12. Динамические параметры транзистора ОБ.**

Динамические параметры транзистора ОБ. Барьерные и диффузионные емкости транзистора. Коэффициенты инжекции и переноса. Коэффициент передачи тока. Предельная и граничная частота. Максимальная частота генерации. (2 час.)

#### **Тема 13. Характеристики и параметры транзистора при включении с общим эмиттером.**

Характеристики и параметры транзистора при включении с общим эмиттером. Эквивалентная схема ОЭ для постоянных составляющих. Статические и динамические параметры транзистора. Эквивалентная схема для переменных составляющих. (2 час.)

#### **Тема 14. Составные транзисторы. Разновидности дискретных транзисторов.**

Составные транзисторы. Транзистор, включенный по схеме с общим коллектором. Дрейфовые транзисторы. Разновидности дискретных транзисторов. (2 час.)

#### **Тема 15. Полевые транзисторы.**

Полевые транзисторы. Классификация полевых транзисторов. Полевой транзистор с управляющим p-n переходом. Принцип действия. Статические характеристики и параметры полевых транзисторов. Эквивалентная схема. (2 час.)

#### **Тема 16. МДП-транзисторы.**

МДП-транзисторы. Статические характеристики и параметры. Эквивалентная схема МДП-транзистора. (2 час.)

#### **Тема 17. Транзисторы полупроводниковых интегральных схем.**

Транзисторы полупроводниковых интегральных схем. Интегральные p-n-p транзисторы: многоэмиттерные и многоколлекторные транзисторы; супербета транзисторы: транзисторы с барьером Шоттки. Особенности цифровых ИС на биполярных транзисторах. (2 час.)

#### **Тема 18. Элементы интегральных схем на МОП-транзисторах.**

Элементы интегральных схем на МОП-транзисторах: интегральные схемы на n-МОП-транзисторах. КМОП-структуры. Статические и динамические запоминающие устройства n-МОП-транзисторах. Энергонезависимые постоянные запоминающие устройства. (2 час.)

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года N301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации N14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Положение от 24 декабря 2015 г. ♦ 0.1.1.67-06/265/15 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение N 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение N 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент N 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент N 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент N 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 6</b>			
	<i>Текущий контроль</i>		
1	Реферат	ПК-8 , ОПК-7	1. Введение в физику полупроводников. 17. Транзисторы полупроводниковых интегральных схем. 18. Элементы интегральных схем на МОП-транзисторах.
2	Контрольная работа	ОПК-2 , ПК-9 , ОПК-4	4. Электрические переходы. 6. Полупроводниковые диоды. 9. Биполярный транзистор. 15. Полевые транзисторы.
	<b>Экзамен</b>	ОПК-2, ОПК-4, ОПК-7, ПК-1, ПК-7, ПК-8, ПК-9	

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 6</b>					
<b>Текущий контроль</b>					

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Реферат	Тема раскрыта полностью. Продемонстрировано превосходное владение материалом. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы высокая.	Тема в основном раскрыта. Продемонстрировано хорошее владение материалом. Используются надлежащие источники. Структура работы в основном соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы средняя.	Тема раскрыта слабо. Продемонстрировано удовлетворительное владение материалом. Используются источники и структура работы частично соответствуют поставленным задачам. Степень самостоятельности работы низкая.	Тема не раскрыта. Продемонстрировано неудовлетворительное владение материалом. Используются источники недостаточны. Структура работы не соответствует поставленным задачам. Работа несамостоятельна.	1
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	2
Экзамен	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

**6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Семестр 6**

**Текущий контроль**

**1. Реферат**



Темы 1, 17, 18

Темы рефератов:

1. Зонная теория твердого тела. Законы распределения носителей в зонах полупроводника .
2. Рекомбинация носителей. Кинетика носителей. Эффект поля.
3. Транзисторы полупроводниковых интегральных схем.

Интегральные p-n транзисторы: многоэмиттерные и многоколлекторные транзисторы; супербета транзисторы: транзисторы с барьером Шоттки;

4. Интегральные схемы на n-MOP-транзисторах. КМОП- структуры.

5. Статические и динамические запоминающие устройства n-MOP-транзисторах. Энергонезависимые постоянные запоминающие устройства на MOP-транзисторах.

6

## 2. Контрольная работа

Темы 4, 6, 9, 15

Необходимо решить задачи по следующим темам:

1. Зонная структура твердого тела, законы движения носителей заряда, кинетика носителей заряда в полупроводниках, эффект поля.
2. Электрические переходы., анализ p-n в равновесном и неравновесном состояниях, полупроводниковые диоды.
3. Биполярные транзисторы, статические и динамические параметры транзистора., составные транзисторы.
4. Полевые транзисторы эквивалентные семы по переменному току, статические и динамические параметры. Варианты контрольных работ задаются преподавателем.

## Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Введение в физику полупроводников. Энергетические уровни твердого тела. Зонная структура полупроводников и типы проводимости.
2. Законы распределения носителей в зонах полупроводника. Концентрация носителей в собственном и примесном полупроводниках.
3. Подвижность носителей. Электропроводность. Рекомбинация носителей. Равновесное и неравновесное состояние. Время жизни. Законы движения носителей в полупроводниках.
4. Эффект поля. Кинетика носителей заряда в полупроводниках.
5. Разновидности электрических переходов.
6. Электронно-дырочный переход. Классификация p-n переходов. Структура p-n-перехода . Анализ перехода в равновесном и неравновесном состояниях.
7. Контакт металл-полупроводник. Гетеропереходы.
8. Полупроводниковый диод. Анализ идеализированного диода. Решение диффузионного уравнения. Вольт-амперная характеристика идеализированного диода.
9. Характеристические сопротивления. Обратная характеристика реального диода. Виды пробоя перехода. Прямая характеристика реального диода. Работа диода при высоком уровне инжекции.
- 10 Барьерная и диффузионная емкости диода. Работа диода в режиме переключения. Эквивалентные схемы диода при обратном и прямом включениях по постоянному и переменному току.
11. Типы диодов: силовые диоды, стабилитроны, импульсные диоды, варикапы, диоды с барьером Шоттки.
12. Биполярный транзистор. Принцип работы. Режимы работы транзистора. Способы включения транзистора. Распределение носителей в базе. Эффект модуляции толщины базы и его следствия.
13. Статические характеристики транзистора ОБ. Модель Молла- Эберса. Семейства выходных и входных характеристик транзистора. Эквивалентная схема транзистора для постоянных составляющих.
14. Малосигнальная эквивалентная схема и статические параметры транзистора с ОБ. Эквивалентная схема для переменных составляющих. Коэффициент передачи эмиттерного тока. Дифференциальные сопротивления эмиттерного и коллекторного переходов. Коэффициент обратной связи по напряжению.
15. Динамические параметры транзистора ОБ. Барьерные и диффузионные емкости транзистора. Коэффициенты инжекции и переноса. Коэффициент передачи тока. Предельная частота.

16. Характеристики и параметры транзистора при включении с общим эмиттером. Эквивалентная схема ОЭ для постоянных составляющих. Статические и динамические параметры транзистора. Высокочастотные свойства и быстродействие транзисторов: предельная и граничная частота транзистора. Эквивалентная схема для переменных составляющих.
- 17 Описание транзистора с помощью h-коэффициентов. Составные транзисторы..
18. Полевые транзисторы. Классификация полевых транзисторов. Полевой транзистор с управляющим p-n переходом. 19. МДП-транзисторы Статические характеристики и параметры полевых транзисторов. Быстродействие полевых транзисторов. Эквивалентные схемы.
- 20.Разновидности дискретных транзисторов. Транзисторы полупроводниковых интегральных схем. Интегральные p-p-n транзисторы: многоэмиттерные и многоколлекторные транзисторы; супербета транзисторы: транзисторы с барьером Шоттки.
- 21 Интегральные схемы на n-МОП-транзисторах. КМОП- структуры. Статические и динамические запоминающие устройства n-МОП-транзисторах. Энергонезависимые постоянные запоминающие устройства на МОП-транзисторах.

#### 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 6</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Реферат	Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему и сдают преподавателю в письменном виде. В работе производится обзор материала в определённой тематической области либо предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, изложение материала, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения. В случае публичной защиты реферата оцениваются также ораторские способности.	1	10
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2	40
		Всего:	50
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

#### 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

##### 7.1 Основная литература:

1. Таюрская Г.В., Масленникова Ю.С. Полупроводниковая электроника / Г.В. Таюрская, Ю.С. Масленникова - Казань: Казан. ун-т, 2015. - 262 с. Электронная версия . Публикация доступна в электронном каталоге НБ КФУ и по прямой ссылке [http://libweb.kpfu.ru/cbooks/06-IPh//06-\\_42\\_A5-000999.pdf](http://libweb.kpfu.ru/cbooks/06-IPh//06-_42_A5-000999.pdf).

2. Бурбаева, Н.В. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2012. ? 312 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5261>.

3. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Игумнов Д.В., Костюнина Г.П. - 2-е изд., дополн. - М. : Горячая линия - Телеком, 2011. - <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785991201803.html>

Авторы Игумнов Д.В., Костюнина Г.П.

Издательство Горячая линия - Телеком

Год издания 2011

Прототип Электронное издание на основе: Основы полупроводниковой электроники. Учебное пособие для вузов. - 2-е изд., дополн. - М.: Горячая линия - Телеком, 2011. - 394 с: ил. - ISBN 978-5-9912-0180-.

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Кольцов, Г.И. Физика полупроводниковых приборов. Расчет параметров биполярных приборов. Сборник задач [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г.И. Кольцов, С.И. Диденко, М.Н. Орлова. ? Электрон. дан. ? Москва : МИСИС, 2012. ? 78 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/47460>.

2. Физика полупроводниковых приборов. [Электронный ресурс] / Лебедев А. И. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785922109956.html>

Авторы Лебедев А. И.

Издательство Физматлит

Год издания 2008

Прототип Электронное издание на основе: Лебедев А. И. Физика полупроводниковых приборов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 488 с. - ISBN 978-5-9221-0995-6.

3. Полупроводниковая электроника [Электронный ресурс] / Коллектив авторов; глав. ред. Мовчан Д.А. - М. : ДМК Пресс, 2015. - (Серия 'Схемотехника'). - <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970603123.html>

Авторы Коллектив авторов; глав. ред. Мовчан Д.А.

Издательство ДМК-пресс

Год издания 2015

Прототип Электронное издание на основе: Полупроводниковая электроника. - М.: ДМК Пресс, 2015. - 592 с.: илл. - (Серия 'Схемотехника'). - ISBN 978-5-97060-312-3.

4. Кольцов, Г.И. Физика полупроводниковых приборов. Расчет параметров биполярных приборов. Сборник задач [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г.И. Кольцов, С.И. Диденко, М.Н. Орлова. ? Электрон. дан. ? Москва : МИСИС, 2012. ? 78 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/47460>.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Воронков Э.Н. Твердотельная электроника DOC - М.: МЭИ, 2002. - 181 с. ♦371.39 МБ

Гуртов В.А. Твердотельная электроника PDF - М.: Техносфера, 2008. - 512 с. - ISBN: 978-5-94836-187-1 (3-е изд., доп.)

Автор: Ульрих ШШумахер Название: Полупроводниковая электроника - Издательство: [www.infineon.com](http://www.infineon.com) Год: 2004 Формат: pdf Размер: 102,63 MB Для сайта: [MirKnig.com](http://MirKnig.com)

Гусев В.А. Твердотельная электроника CHM - М.: СевНТУ, 2004. - 635 с. - ISBN 966-7473-70-8. ♦4538.11 МБ

Троян П.Е. Твердотельная электроника PDF - Учебное пособие. Томск.: ТУСУР, 2006. ? 330 с. ♦622.90 МБ

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему реферата и сдают преподавателю в письменном виде. В работе необходимо сделать обзор материала в определённой тематической области, сформулировать основные выводы. При выполнении работы необходимо соблюдать требования к структуре и оформлению работы.

Контрольная работа:

Обучающиеся получают задание по решению задач согласно вариантам, представленных в пункте 6.3.

Результаты должны представляться в виде электрических и эквивалентных схем, Математических соотношений и численных расчетов. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю.

Для выполнения самостоятельных работ использовать следующие источники информации:

1. Г.В. Таюрская, Ю.С. Масленникова. Полупроводниковая электроника.' (конспект лекций) Публикация доступна в электронном каталоге НБ КФУ.

2. Интернет ресурсы

3. Список литературы, приведенный в 7.1.

р

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Освоение дисциплины "Твердотельная электроника" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Освоение дисциплины "Твердотельная электроника" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Специализированная лаборатория оснащена оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы по отдельным дисциплинам, а также практик и научно-исследовательской работы обучающихся. Лаборатория рассчитана на одновременную работу обучающихся академической группы либо подгруппы. Занятия проводятся под руководством сотрудника университета, контролирующего выполнение видов учебной работы и соблюдение правил техники безопасности. Качественный и количественный состав оборудования и расходных материалов определяется спецификой образовательных программ.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 10.03.01 "Информационная безопасность" и профилю подготовки Безопасность автоматизированных систем .