


Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Кафедра «Электрооборудование и радиооборудование судов»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФИТ

 /И.А. Рычка/

« 27 » февраля 2020 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **«Физические основы микроэлектроники»**

по направлению

27.03.04 «Управление и информатика в технических системах»  
(уровень бакалавриат)

Петропавловск-Камчатский  
2020

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Составитель рабочей программы

Доцент кафедры «ЭУЭС»



Марченко А.А.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «ЭУЭС»

« 27 » февраля 2020 г, протокол № 7

Заведующий кафедрой «ЭУЭС»

«27» 02 2020 г.



Белов О.А.

## 1. Цели и задачи учебной дисциплины

Предметом изучения являются основные понятия и законы фундаментальных физических процессов, лежащих в основе функционирования полупроводниковых приборов.

**Целью** освоения дисциплины «Физические основы микроэлектроники» является формирование у студента знаний о фундаментальных физических процессах, лежащих в основе функционирования полупроводниковых приборов, об особенностях и рабочих характеристиках таких приборов. А также о ряде технологических процессов, связанных с производством микропроцессоров.

## 2. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих *общеобразовательных компетенций*:

1. способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2).

Наименование компетенции при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе бакалавриата индикаторами достижения компетенций

Код компетенции	Наименование компетенции	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ОПК-2	способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.	<b>Знать:</b> – основные физические процессы в полупроводниковых структурах; принцип действия, основные параметры и характеристики важнейших полупроводниковых приборов; физические основы функционирования полупроводниковых диодов и транзисторов и их рабочие характеристики;	З(ОПК-2)
		<b>Уметь:</b> – выбирать полупроводниковые материалы для полупроводниковых устройств электротехнического	У(ОПК-2)
		<b>Владеть:</b> – методами экспериментального исследования характеристик и параметров полупроводниковых приборов и структур.	В(ОПК-2)

## 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

При изучении дисциплины используются знания и навыки, полученные во время изучения дисциплин: «Физика» (раздел «Электричество и магнетизм»), «Математика» (тема «Элементы линейной алгебры»), «Комплексные числа»).

Курс «Физические основы микроэлектроники» служит для создания теоретической базы при изучении последующих специальных дисциплин, связанных с автоматизацией технологических процессов, электроснабжением и электрооборудованием отрасли.

#### 4.Содержание дисциплины

##### 4.1.Тематический план дисциплины очной формы обучения

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Физические основы проводимости полупроводников	12	6	2		4	6	Контроль СРС, защита практических и лабораторных работ	
Количественные соотношения в физике полупроводников	15	7	2	5		8		
Электронно-дырочный переход	21	13	3	6	4	8		
Полупроводниковые диоды	12	6	2		4	6		
Биполярный бездрейфовый транзистор	10	2	2			8		
Полевые (униполярные) транзисторы	16	8	2	6		8		
Тиристоры	9	2	2			7		
Интегральные микросхемы	13	7	2		5	6		
Экзамен	36						Тест, опрос	
<b>Всего</b>	<b>144</b>	<b>51</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>57</b>		

##### Тематический план дисциплины заочной формы обучения

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Физические основы проводимости полупроводников	17	2	1		1	15	Контроль СРС, защита практических работ, проверка РГЗ	
Количественные соотношения в физике полупроводников	17	2	1	1		15		
Электронно-дырочный переход	18	3	1	1	1	15		
Полупроводниковые диоды	16	1			1	15		
Биполярный бездрейфовый транзистор	15					15		
Полевые (униполярные) транзисторы	16					16		
Тиристоры	19	3	1	2		16		
Интегральные микросхемы	17	1			1	16		
Экзамен							Тестирование, опрос	9
<b>Всего</b>	<b>144</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>123</b>		<b>9</b>



## 4.2. Содержание дисциплины

### Тема 1. Физические основы проводимости полупроводников

#### Лекция

Общие сведения о полупроводниковых материалах. Энергетические зонные диаграммы кристаллов. Прохождение тока через металлы. Собственная проводимость полупроводников. Примесная проводимость полупроводников. Электронная проводимость. Полупроводники  $n$ -типа. Дырочная проводимость. Полупроводник  $p$ -типа. Однородный и неоднородный полупроводник. Неравновесная концентрация носителей. Прохождение тока через полупроводники. Уточнение понятий "собственные" и "примесные" полупроводники .

*Лабораторное занятие №1. Исследование переходных процессов электрических цепей*

*Практическое занятие №1. Основы физики полупроводников*

### Тема 2. Количественные соотношения в физике полупроводников.

#### Лекция

Распределение Ферми. Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми – Дирака. Плотность квантовых состояний. Концентрация носителей в зонах. Собственный полупроводник. Примесный полупроводник. Смещение уровня Ферми.

*Лабораторное занятие №2. Исследование переходных процессов электрических цепей*

*Практическое занятие №2. Основы физики полупроводников*

### Тема 3. Электронно-дырочный переход.

#### Лекция

Образование и их свойства  $p$ - $n$  перехода. Виды  $p$ - $n$  переходов. Потенциальный барьер. Токи  $p$ - $n$  перехода в равновесии. Электронно-дырочный переход при внешнем смещении. Вольт-амперная характеристика  $p$ - $n$  перехода. Влияние температуры на характеристику и свойства  $p$ - $n$ -перехода. Емкость  $p$ - $n$  перехода.

*Лабораторное занятие №3. Принцип действия и параметры выпрямительных диодов, стабилизаторы, простейшие диодные схемы.*

*Практическое занятие №3. Свойства МОП-структур*

### Тема 4. Полупроводниковые диоды

#### Лекция

Диоды. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) диода. Параметры диода. Разновидности диодов. Выпрямительные и силовые диоды. Тепловой расчет полупроводниковых приборов. Кремниевые стабилитроны (опорные диоды) Кремниевые стабилитроны (опорные диоды). Импульсные диоды. Туннельные и обращенные диоды. Варикапы. Обозначение (маркировка) маломощных диодов.

*Лабораторное занятие №4. Принцип действия и параметры выпрямительных диодов, стабилизаторы, простейшие диодные схемы.*

*Практическое занятие №4. Свойства МОП-структур*

### Тема 5. Биполярный бездрейфовый транзистор.

#### Лекция

Устройство и принцип действия. Основные соотношения для токов. Коэффициент передачи токов. Возможность усиления тока транзистором. Три схемы включения транзистора. Статические характеристики транзистора. Предельные режимы (параметры) по постоянному току транзистора. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы транзистора. Зависимость внутренних параметров транзистора от режима и от температуры. Четырехполюсные  $h$ -параметры транзистора и эквивалентная схема с  $h$ -параметрами. Определение  $h$ -параметров по статическим характеристикам. Связь между внутренними параметрами и  $h$ -параметрами. Частотные свойства транзисторов. Дрейфовый транзистор. Частотно-зависимые параметры. Дрейфовый транзистор.

*Лабораторное занятие №5. Исследование стабилитрона*

## *Практическое занятие №5. Свойства МОП-структур*

### **Тема 6. Полевые (униполярные) транзисторы**

#### *Лекция*

Униитрон. МОП-транзистор. МОП-транзистор со встроенным каналом. МОП-транзистор с индуцированным каналом *n*-типа. Параметры и эквивалентная схема полевого транзистора. Обозначение (маркировка) и типы выпускаемых транзисторов.

#### *Лекция*

*Лабораторное занятие №6. Исследование стабилитрона*

*Практическое занятие №6. Свойства р-п переходов*

### **Тема 7. Тиристоры.**

#### *Лекция*

Устройство и принцип действия тиристоров . Закрытое состояние тиристора (ключ отключен). Открытое состояние тиристора (ключ включен) . Включение и выключение тиристора. Параметры тиристора. Типы и обозначения силовых тиристоров.

*Лабораторное занятие №7. Исследование логических микросхем*

*Практическое занятие №7. Асинхронные двигатели*

### **Тема 8. Интегральные микросхемы**

#### *Лекция*

Интегральные микросхемы. Основные типы и характеристики интегральных микросхем.

*Лабораторное занятие №8. Исследование логических микросхем*

*Практическое занятие №8. Свойства р-п переходов*

## **5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся**

### **5.1. Внеаудиторная самостоятельная работа курсантов / студентов**

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Физические основы микроэлектроники» является важной составляющей частью подготовки студентов по специальности 27.03.04 «Управление у технических системах» и выполняется в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) и учебным планом КамчатГТУ.

Самостоятельная работа студентов ставит своей целью:

1. развитие навыков ведения самостоятельной работы;
2. приобретение опыта систематизации полученных результатов исследований, формулировку новых выводов и предложений как результатов выполнения работы;
3. развитие умения использовать научно-техническую литературу и нормативно-методические материалы в практической деятельности;
4. приобретение опыта публичной защиты результатов самостоятельной работы.

### **5.2 Вопросы**

1. Прохождение тока через металлы
2. Собственная проводимость полупроводников
3. Примесная проводимость полупроводников.
4. Электронная проводимость. Полупроводник *n*-типа
5. Дырочная проводимость. Полупроводник *p*-типа.
6. Прохождение тока через полупроводники
7. Распределение Ферми. Плотность квантовых состояний
8. Функция распределения Ферми – Дирака. Плотность квантовых состояний.
9. Собственный полупроводник. Примесный полупроводник. Смещение уровня Ферми.
10. Токи *p-n* перехода в равновесии.
11. Электронно-дырочный переход при внешнем смещении.



12. Вольт-амперная характеристика  $p-n$  перехода.
13. Влияние температуры на характеристику и свойства  $p-n$ -перехода
14. Диоды. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) диода. Параметры диода
15. Разновидности диодов. Выпрямительные и силовые диоды
16. Кремниевые стабилитроны (опорные диоды) Кремниевые стабилитроны (опорные диоды).
17. Импульсные диоды. Туннельные и обращенные диоды. Варикапы
18. Биполярный бездрейфовый транзистор.
19. Три схемы включения транзистора.
20. Статические характеристики транзистора
21. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы транзистора
22. Зависимость внутренних параметров транзистора от режима и от температуры
23. Четырехполюсные  $h$ -параметры транзистора и
24. эквивалентная схема с  $h$ -параметрами. Определение  $h$ -параметров по статическим характеристикам.
25. Свойства МОП-структур
26. МОП-транзистор. МОП-транзистор со встроенным каналом.
27. МОП-транзистор с индуцированным каналом  $n$ -типа.
28. Устройство и принцип действия тиристоров
29. Закрытое состояние тиристора (ключ отключен). Открытое состояние тиристора (ключ включен) . Включение и выключение тиристора.
30. Интегральные микросхемы. Основные типы и характеристики интегральных микросхем.

#### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Физические основы микроэлектроники» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

### **7.Рекомендуемая литература**

#### **7.1. Основная литература**

1. Чье Е.У.Схемотехника. Аналоговые и аналого-цифровые устройства: Учебное пособие. П-Камчатский.: КамчатГТУ , 2002. – 98 с.
2. Чье Е.У.Схемотехника. Импульсные и цифровые устройства: Учебное пособие. П-Камчатский.: КамчатГТУ , 2002. – 98 с.

## 7.2. Дополнительная литература

1. Белов О.А. Электротехника и электроника на судах рыбопромыслового флота. – М-МОРКНИГА, 2017. – 344 с.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. Учебник - 10-е изд. М.: Юрайт, 2013. – 317с
3. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника и микропроцессорная техника. М.: Высшая школа, 2008. – 797 с.  
, 2005. – 263 с.
4. Белоусов В.В. Судовая электроника и электроавтоматика. – М.: Колос, 2008. – 645 с.

## 8.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система «eLibrary»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>

## 9.Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методика преподавания данной дисциплины предполагает чтение лекций, проведение практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций по отдельным (наиболее сложным) специфическим проблемам дисциплины. Предусмотрена самостоятельная работа студентов, прохождение аттестационных испытаний промежуточной аттестации, а также написание курсовой работы (для очной и заочной форм обучения) и контрольной работы (для студентов заочной формы обучения).

**Лекции** проводятся, как правило, в интерактивной форме с элементами дискуссий, и спорных посылов и утверждений. На лекциях рассматриваются основные понятия предметной области, методы, приемы и средства функционирования электроэнергетических систем и сетей. При проведении лекций используются современные информационные технологии, демонстрационные материалы. Текущий контроль учебы курсантов и студентов проводится на лабораторных и практических занятиях.

**Практические занятия** проводятся в виде детального практического разбора конкретных ситуаций в реальных электрических цепях и устройствах, обсуждения логики поиска решений задач (проблем), разбора заданий для самостоятельной работы

**Лабораторные работы** с письменным и устным отчетом о разработанном плане проведения работы, методах контроля основных электротехнических процессов и параметров, полученных результата и их осмыслении, с демонстрацией использованных при этом информационных технологий. По каждой практической и лабораторной работе оформляется отчет, на основании которого проводится защита работы (цель – оценка уровня освоения учебного материала). По результатам лабораторных и практических работ в каждом семестре выставляется оценка, которая учитывается при промежуточной и итоговой аттестации по дисциплине. Студенты заочной формы обучения выполняют задания по практическим работам в период самостоятельного освоения дисциплины (после установочных сессий) и представляют отчеты по лабораторным занятиям во время лабораторно-экзаменационных сессий.

Целевое назначение практических занятий состоит в развитии самостоятельности мышления студентов; углублении, расширении, детализировании знаний, полученных на лекции в обобщенной форме, и содействии выработке навыков профессиональной деятельности, рассматриваются примеры решения профессиональных задач, осуществляется контроль результатов освоения учебного материала. При этом формируются практические навыки, необходимые в дальнейшем при выполнении курсового проекта. Студенты заочной формы обучения индивидуально выполняют контрольную работу, результаты которой используются для промежуточной и итоговой аттестации.



## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем**

### ***10.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса***

1. электронные образовательные ресурсы, представленные в п. 6 и 7 данной рабочей программы;
2. использование слайд-презентаций;

### ***10.2 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса***

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

1. текстовый редактор Microsoft Word;
2. электронные таблицы Microsoft Excel;
3. презентационный редактор Microsoft PowerPoint;

## **11. Курсовой проект (работа)**

Выполнение курсового проекта (работы) не предусмотрено учебным планом.

## **12. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. для проведения лекционных занятий, практических лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы учебная аудитория № 3-411 с комплектом учебной мебели на 32 посадочных места;
2. доска аудиторная;
3. комплект лекций по темам курса «Электротехника, электроника и схемотехника»;
4. мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор);
5. лабораторные стенды.
6. Кодоскоп и комплект слайдов для кодоскопа.