

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»

Факультет физико-технический

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

_____ Хагуров Т.А.
« 5 » _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.09 ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Направление подготовки 03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль): Физика и технология радиоэлектронных приборов
и устройств

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2023

Рабочая программа дисциплины «Физика полупроводников» составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика.

Программу составил:

Ильченко Г.П., доцент кафедры
радиофизики и нанотехнологий ФТФ КубГУ,
канд. физ.-мат. наук

подпись

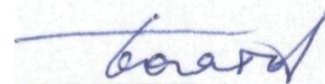
Рабочая программа дисциплины «Физика полупроводников и электроника» утверждена на заседании кафедры (разработчика) радиофизики и нанотехнологий протокол № 1 от 31.08. 2023 г.

и.о.зав. кафедрой
доктор физ.-мат. наук, доцент. Строганова. Е.В.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета
протокол № 1 от 31.08. 2023 г.

Председатель УМК факультета Н.М. Богатов



Рецензенты:

Клещёв Артём Евгеньевич, директор ООО «ЭЛХАРТ»

Дружинин Валерий Анатольевич,
начальник конструкторского бюро ООО «Конструкторское бюро «ИС»

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

1.1 Цель освоения дисциплины.

Учебная дисциплина «Физика полупроводников» ставит своей целью изучение физических эффектов и процессов в полупроводниках и полупроводниковых приборах.

1.2 Задачи дисциплины.

- изучение основных понятий, эффектов, законов и моделей физики полупроводников и соответствующих им математических формул;
- изучение принципов работы полупроводниковых приборов;
- изучение методов экспериментального исследования характеристик полупроводников и полупроводниковых приборов.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Физика полупроводников» относится к обязательным дисциплинам вариативной части Блока 1 учебного плана. Для успешного изучения дисциплины необходимы знания общего курса физики, математического анализа и дифференциальных уравнений. Освоение дисциплины необходимо для изучения дисциплин «Полупроводниковая электроника» и «Схемотехника».

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общепрофессиональных компетенций (ОПК-1, ОПК-2):

Код и наименование индикатора* достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	
ИОПК-1.1. Понимает теоретическое и методологическое основание избранной области физики и радиофизики	Знает законы сохранения массы, энергии и заряда.
	Знает основы зонной теории электропроводности
	Знает основные законы дифференциального и интегрального исчисления
ИОПК-1.2. Понимает актуальные проблемы и тенденции развития соответствующей научной области и области профессиональной деятельности	Умеет применять основы зонной теории для описания электрофизических характеристик полупроводников
	Умеет применять законы квантовой механики для описания диффузии и дрейфа свободных носителей заряда в полупроводниках
	Умеет применять математические методы для решения задач определения электропроводности полупроводников
ОПК-2 Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять научные данные	
ИПК-2.1. Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи	Знает методики проведения исследований параметров полупроводникового диода
	Знает методики проведения исследований параметров биполярного и полевых транзисторов
	Знает методики проведения исследований параметров фотоэлектрических и излучательных приборов
ИПК-2.2. Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	Умеет проводить исследования параметров полупроводникового диода
	Умеет проводить исследования параметров биполярного и полевых транзисторов
	Умеет проводить исследования параметров фотоэлектрических и излучательных приборов

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед., (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры
			6
Контактная работа, в том числе:			
Аудиторные занятия (всего):		48	48
Занятия лекционного типа		16	16
Лабораторные занятия		32	32
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		—	—
Иная контактная работа:			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		6	6
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3
Самостоятельная работа, в том числе:			
Курсовой проект (КП) (подготовка)		—	—
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)		53	53
Подготовка к текущему контролю		10	10
Контроль:			
Подготовка к экзамену		26,7	26,7
Общая трудоёмкость	час.	144	144
	в том числе контактная работа	54,3	54,3
	зач. ед.	4	4

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 6-м семестре:

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Носители заряда в полупроводниках	28	4	-	8	15
2	Генерация, рекомбинация, диффузия и дрейф носителей заряда	24	4	-	-	15
3	Контактные и поверхностные явления в полупроводниках	26	2	-	8	18
4	Физические эффекты в полупроводниках	33	6	-	16	15
	Итого по дисциплине:		16	-	32	63

2.3. Содержание разделов (тем) дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Носители заряда в полупроводниках	Электропроводность полупроводников. Равновесные и неравновесные носители заряда. Дрейфовая скорость. Собственные, примесные и скомпенсированные полупроводники. Основные и неосновные носители. Температурный диапазон применения полупроводниковых приборов. Элементы зонной теории. Гипотеза Планка. Постулаты Бора. Гипотеза де Бройля. Принцип запрета Паули. Энергетические уровни и зоны, энергетическая диаграмма. Дырка. «Легкие» и «тяжелые» дырки.	Устный опрос, защита ЛР
2		Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Функция распределения Ферми-Дирака. Уровень Ферми. Распределение Максвелла-Больцмана. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Концентрации носителей заряда в примесных и собственных полупроводниках. Расчет положения уровня Ферми для невырожденных полупроводников: для собственного и полупроводников n- и p-типа. Определение ширины запрещенной зоны и глубины залегания примесных уровней по температурной зависимости электропроводности.	
3	Генерация, рекомбинация, диффузия и дрейф носителей заряда	Равновесные и неравновесные носители. Квазиуровни Ферми. Оптическая биполярная генерация. Линейная и квадратичная рекомбинации. Время жизни неравновесных носителей заряда. Основные виды рекомбинации. Демаркационные уровни. Диффузионные и дрейфовые токи. Уравнение полного тока. Соотношение Эйнштейна.	Устный опрос
4		Уравнение непрерывности. Уравнение Пуассона. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда при монополярной проводимости. Длина экранирования. Максвелловское время релаксации. Диффузия и дрейф при биполярной оптической генерации. Диффузионная длина. Длина дрейфа.	

5	Контактные и поверхностные явления в полупроводниках	Контакт металл-полупроводник: зонные диаграммы, работа выхода, электронное сродство, контактная разность потенциалов, ВАХ. Распределение объемного заряда и поля. Омические контакты. Поверхностные состояния. Эффект поля. Диод Шоттки. Классификация p-n-переходов. Диаграммы распределения объемного заряда, электрического поля, концентраций носителей. Барьерная емкость. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Диффузионная емкость. ВАХ p-n-перехода.	Устный опрос, защита ЛР
6	Физические эффекты в полупроводниках	Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Классификация и характеристики приемников оптического излучения. Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы. Солнечная батарея. ЭДС Дембера.	Устный опрос, защита ЛР
7		Гальваномагнитные эффекты в полупроводниках: Холла, Гаусса, магнитоконцентрационный. Магниторезисторы. Магнитодиоды. Магнитотранзисторы.	
8		Термоэлектрические явления и эффекты: Зеебека, Пельтье и Томсона. Метод термозонда. Полупроводники в сильных электрических полях: «разогрев» носителей, эффект Ганна, ударная и электростатическая ионизации, туннельный эффект. Туннельный диод.	

2.3.2 Занятия семинарского типа.

Семинарские занятия – не предусмотрены.

2.3.3 Лабораторные занятия.

№	Наименование раздела (темы)	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	Носители заряда в полупроводниках	Четырехзондовый метод и метод термозонда. Измеряется удельное сопротивление полупроводников четырехзондовым методом. Определяется методом термозонда тип полупроводника (p-типа или n-типа).	Защита ЛР
2	Контактные и поверхностные явления в полупроводниках	ВАХ полупроводниковых диодов. Измеряются 10 вольт-амперных характеристик (ВАХ) 6 диодов.	Защита ЛР
3	Физические эффекты в полупроводниках	Датчики физических величин. Исследуются 9 различных датчиков.	Защита ЛР
4		Полупроводниковые фотоприемники. Исследуются характеристики фоторезистора, фотодиода, фототранзистора и солнечной батареи.	

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов).

Курсовые работы – не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка теоретического материала	Методические указания по изучению теоретического материала, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.
2	Оформление и подготовка к защите лабораторных работ	1. Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017. 2. Жужа М.А. Физика полупроводников: лабораторные работы / М.А. Жужа, Е.Н. Жужа, Г.П. Ильченко. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2014.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии.

При реализации учебной работы по освоению дисциплины «Физика полупроводников» используются современные образовательные технологии:

– информационно-коммуникационные технологии;

– проблемное обучение.

На лекции выносятся 80 % материала, изложенного в программе дисциплины. Остальные 20 % материала выносятся для самостоятельного изучения. При объяснении нового материала используются проблемное изложение и поисковая беседа. Часть учебного материала предъявляется также и в электронном виде для ознакомления и изучения. Благодаря этому сокращается время на конспектирование лекционных занятий, что позволяет показывать наглядные пособия, обсуждать современные достижения науки и техники и разбирать конкретные проблемные ситуации, возникавшие в процессе исторического развития производства полупроводниковых материалов и приборов.

На лабораторных занятиях студенты, работая в малых группах по 2 человека, измеряют характеристики полупроводников и полупроводниковых приборов, применяя на практике теоретические знания, учатся работать с цифровыми и аналоговыми измерительными приборами.

Эффективность учебной деятельности студентов оценивается по рейтинговой системе.

В учебном процессе используются следующие **активные и интерактивные формы** проведения занятий: презентация с обсуждением, поисковая беседа, работа в малых группах, дискуссия.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Текущий контроль:

- устный опрос по контрольным вопросам по разделам учебной программы;
- защита лабораторных работ;
- внутрисеместровая аттестация.

Промежуточная аттестация:

- экзамен.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации.

4.1.1 Примеры контрольных вопросов по разделам учебной программы.

Контрольные вопросы предназначены:

- для устного опроса на лекционных занятиях;
- для внутрисеместровой аттестации;
- в качестве дополнительных теоретических вопросов при сдаче студентами отчетов по лабораторным работам.

Раздел 1. Носители заряда в полупроводниках.

Назовите основные специфические особенности полупроводников.

С какой целью легируют полупроводники?

Как формируются разрешенные и запрещенные зоны в полупроводнике?

Как объяснить температурную зависимость концентрации носителей заряда в полупроводнике?

В каких полупроводниках концентрация неосновных носителей выше: в сильнолегированных или в слаболегированных?

Раздел 2. Генерация, рекомбинация, диффузия и дрейф носителей заряда.

Для описания какого состояния полупроводника вводят понятия квазиуровней Ферми?

Для чего вводят понятие «демаркационный уровень»?

Какие слагаемые входят в уравнение полного тока?

Какие физические величины связывают соотношения Эйнштейна?

Какие физические процессы в полупроводниках учитывает уравнение непрерывности?

Раздел 3. Контактные и поверхностные явления в полупроводниках.

Для чего вводят понятие «электронное средство»?

При каких условиях контакт металл–полупроводник является невыпрямляющим?

В чём заключается эффект инверсии электропроводности у поверхности?

Что такое контактная разность потенциалов? Как она образуется?

Почему в состоянии равновесия ток через р-п-переход равен нулю?

Раздел 4. Физические эффекты в полупроводниках.

Как объяснить спектральную характеристику полупроводниковых фотоприёмников?

Обязательно ли при поглощении фотона полупроводником появляются свободные носители заряда?

Какие конструкции имеют полупроводниковые магниторезистивные структуры, в которых устраняется мешающий эффект Холла?

Каким образом в полупроводниковых термоэлементах возникает термо-ЭДС?

Какие физические эффекты изменяют концентрацию и подвижность носителей заряда в сильных электрических полях?

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Перечень вопросов, выносимых на экзамен:

1. Основы электронной теории электропроводности. Отличительные свойства электропроводности полупроводников. Энергия активации проводимости. Равновесные и неравновесные носители заряда. Дрейфовая скорость и ее оценка. Вывод формулы для удельной электропроводности полупроводников. Подвижность носителей заряда. «Горячие» электроны.

2. Модельные представления об электропроводности полупроводников. Генерация. Дырка. Рекомбинация. Удельная электропроводность собственных, примесных и скомпенсированных полупроводников. Основные и неосновные носители. Температурный диапазон применения полупроводниковых приборов.

3. Элементы зонной теории. Особое место валентных электронов. Противоречия классической электродинамики. Гипотеза Планка. Постулаты Бора. Гипотеза де Бройля. Принцип запрета Паули. Образование энергетических зон. Объяснение отличия проводников, полупроводников и диэлектриков на основе зонной теории. Энергетическая диаграмма полупроводника с донорной и акцепторной примесью.

4. Квазиимпульс и эффективная масса. Волновой вектор. Графики энергии свободного электрона и электрона в кристалле. Зоны Бриллюэна. «Отрицательная» масса электрона. Дырка. «Легкие» и «тяжелые» дырки.

5. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака для электронов. Уровень Ферми. Распределение Максвелла-Больцмана. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Функция распределения для дырок.

6. Расчет концентраций электронов и дырок в зонах. Графики функций $N(E)$, $f(E, T)$, dn/dE . Эффективная плотность квантовых состояний. Расположение уровня Ферми в невырожденных и вырожденных полупроводниках. Расчет концентраций носителей (n_i и p_i) для собственного полупроводника.

7. Расчет положения уровня Ферми для невырожденных полупроводников (расчеты иллюстрировать графиками): а) если заданы концентрация носителей и температура; б) из условия электрической нейтральности кристалла для собственного полупроводника. Положение уровня Ферми в широком интервале температур. Температуры T_s и T_i .

8. Определение ширины запрещенной зоны и глубины залегания примесных уровней по температурной зависимости электропроводности.

9. Равновесные и неравновесные носители. Квазиуровни Ферми. Высокий и низкий уровень инжекции.

10. Оптическая биполярная генерация и линейная рекомбинация. Время жизни неравновесных носителей заряда.

11. Оптическая биполярная генерация и квадратичная рекомбинация. Мгновенное время жизни.

12. Основные виды рекомбинации: межзонная, через ловушки, рекомбинация Оже. Поверхностная рекомбинация. Центры прилипания. Демаркационные уровни.

13. Диффузионные и дрейфовые токи. Уравнение полного тока. Соотношения Эйнштейна.

14. Уравнение непрерывности, учитывающее генерацию, рекомбинацию диффузию и дрейф носителей заряда. Уравнение Пуассона.

15. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда при монополярной проводимости. Длина экранирования. Максвелловское время релаксации.

16. Диффузия и дрейф в случае биполярной оптической генерации. Диффузионная длина. Длина дрейфа.

17. Физические процессы в контакте металл-полупроводник. Зонные диаграммы металла и полупроводника до контакта и структуры после контакта в состоянии равновесия и при подаче внешнего напряжения. Работа выхода, электронное сродство, контактная разность потенциалов. Распределение объемного заряда и поля. Омические контакты. ВАХ.

18. Поверхностные состояния. Уровни Тамма. Энергетические диаграммы обедненного, инверсного и обогащенного слоев. Быстрые и медленные поверхностные состояния. Эффект поля.

19. Электронно-дырочный переход в состоянии равновесия. Классификация р-п-переходов. Диаграммы распределения объемного заряда, электрического поля, концентраций носителей. Расчет высоты потенциального барьера. Ширина и барьерная емкость резкого и плавного р-п-перехода.

20. Неравновесное состояние р-п-перехода. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Изменения высоты, ширины барьера и барьерной емкости при прямом и обратном включении. Определение контактной разности потенциалов по вольт-фарадной характеристике. Диффузионная емкость. Расположение квазиуровней Ферми. ВАХ р-п-перехода.

21. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Классификация и характеристики приемников оптического излучения. Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы. Солнечная батарея. ЭДС Дембера.

22. Гальваномагнитные эффекты в полупроводниках: Холла, Гаусса, магнитоконцентрационный. Магниторезисторы. Магнитодиоды. Магнитотранзисторы.

23. Термоэлектрические явления и эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона. Физическая сущность и применение в промышленности. Метод термозонда.

24. Полупроводники в сильных электрических полях: «разогрев» носителей, эффект Ганна, ударная и электростатическая ионизации, туннельный эффект. Туннельный диод.

Экзамен по дисциплине «Физика полупроводников» проводится в письменной форме по билетам, утвержденным в установленном порядке.

Рекомендуется следующие критерии оценки знаний.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется в том случае, если студент демонстрирует:

- незнание основных законов, формул, понятий и терминов учебной дисциплины;
- поверхностное знание теоретического материала.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится студентам, которые при ответе:

- в основном знают учебно-программный материал в объеме, необходимом для продолжения учебы и работы по профессии;

- в целом усвоили основную литературу;

- в ответах на экзаменационные вопросы имеют нарушения в последовательности изложения учебного материала, демонстрируют поверхностные знания вопроса, приводят без математических выводов необходимые физические формулы;

- имеют краткие ответы только в рамках лекционного курса;

- приводят нечеткие формулировки физических понятий и законов;

- имеют существенные погрешности и грубые ошибки в ответе на вопросы экзаменационного билета.

Оценка **«хорошо»** ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают твердое знание программного материала, который излагают систематизировано, последовательно и уверенно;

- усвоили основную и наиболее значимую дополнительную литературу;
- допускают отдельные погрешности и незначительные ошибки при ответе;
- не полностью приводят математические выводы для физических формул в письменных ответах;
- в устных ответах не допускает серьезных ошибок и легко устраняет отдельные неточности с помощью дополнительных вопросов преподавателя.

Оценка «**отлично**» ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают всестороннее систематическое и глубокое знание программного материала (знание основных понятий, законов и терминов учебной дисциплины, умение оперировать ими);
- излагают материал логично, последовательно, развернуто и уверенно;
- излагают материал с достаточно четкими формулировками, подтверждаемыми графиками, цифрами или примерами;
- владеют научным стилем речи;
- делают математические выводы физических формул;
- демонстрируют знание материала лекций, базовых учебников и дополнительной литературы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

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

5.1 Основная литература:

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учебник / К.В. Шалимова. – Изд. 4-е, стер. – СПб. [и др.]: Лань, 2010. – 392 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2016. – 624 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/71742>.

3. Зегря Г.Г. Основы физики полупроводников. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.Г. Зегря, В.И. Перель. – Электрон. дан. – М.: Физматлит, 2009. – 336 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2371>.

4. Смирнов Ю.А. Физические основы электроники: учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. – СПб. [и др.]: Лань, 2013.

5. Жужа М.А. Физика полупроводников: лабораторные работы / М.А. Жужа, Е.Н. Жужа, Г.П. Ильченко. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2014. – 35 с.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

5.2 Дополнительная литература:

1. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебник для академического бакалавриата / В.И. Старосельский; Нац. исслед. ун-т. – М.: Юрайт, 2016.

2. Игумнов Д.В. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д.В. Игумнов, Г.П. Костюнина. – Электрон. дан. – М.: Горячая линия-Телеком, 2011. – 394 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5157>.

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

5.3 Периодические издания:

В библиотеке КубГУ имеются следующие периодические издания по профилю дисциплины:

В мире науки.

Известия ВУЗов. Серия: Радиофизика.

Известия ВУЗов. Серия: Радиоэлектроника.

Известия ВУЗов. Серия: Физика.

Инженерная физика.

Микроэлектроника.

Радиотехника и электроника.

Радиотехника. Реферативный журнал. ВИНТИ.

Сенсор.

Физика и техника полупроводников.

Электроника.

Электроника. Реферативный журнал. ВИНТИ.

Электроника: наука, технология, бизнес.

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам – URL: <http://window.edu.ru/>.

2. Федеральный образовательный портал – URL:
http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm.

3. Каталог научных ресурсов – URL: <http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>.

4. Большая научная библиотека – URL: <http://www.sci-lib.com/>.

5. Раздел «Физика» Естественно-научного образовательного портала – URL:
<http://www.en.edu.ru/catalogue/304>.

6. Раздел «Полупроводники» образовательного проекта А.Н. Варгина «Физика, химия, математика студентам и школьникам» – URL: http://www.ph4s.ru/books_tehnika.html.

7. Раздел «Технические науки (Радиофизика. Радиоэлектроника. Полупроводниковая электроника и др.)» образовательного проекта А.Н. Варгина «Физика, химия, математика студентам и школьникам» – URL: http://www.ph4s.ru/book_ph_poluprovodnik.html.

8. Информационные ресурсы Научной библиотеки КубГУ – URL: <http://www.kubsu.ru/ru/university/library/resources>.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).

Для успешного освоения дисциплины «Физика полупроводников» при самостоятельной работе студент должен иметь:

- 1) конспект лекций в бумажном или электронном виде;
- 2) учебник (учебное пособие) в соответствии со списком литературы;
- 3) тетрадь для лабораторных работ.

Самостоятельная работа содержит следующие виды учебной деятельности студентов:

- теоретическую самоподготовку к лабораторным занятиям и к экзамену по конспектам и учебной литературе;
- оформление отчетов по результатам лабораторных работ (о выполненной лабораторной работе студенты отчитываются преподавателю на следующем (очередном) лабораторном занятии).

Приступая к изучению «Физики полупроводников» студенты должны хорошо владеть необходимым математическим аппаратом: интегрированием и дифференцированием, а также решать дифференциальные уравнения.

Студенту необходимо систематически работать в течение семестра по изучению теоретического материала и приобретению навыков экспериментальной работы.

Для запоминания лекционного материала (в том числе и в период подготовки к экзамену) студенту необходимо хорошо знать свойства памяти и активно пользоваться мнемотехническими приемами. Методические рекомендации по запоминанию можно найти в Интернете по ключевым словам: «память», «мнемоника», «мнемотехника», «как запомнить учебный материал». Желательно также ознакомиться с приемами конспектирования, т.е. со способами сокращения записи слов и словосочетаний, например, применяемыми в словарях и энциклопедиях.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Успешность освоения студентом учебной дисциплины отражается в его рейтинге – сумме баллов, которая формируется в течение семестра по результатам устных опросов, внутрисеместровой аттестации и защит лабораторных работ.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).

8.1 Перечень информационных технологий.

1. Консультирование посредством электронной почты.

8.2 Перечень информационных справочных систем:

1. Электронный каталог научной библиотеки КубГУ (<http://212.192.134.46/MegaPro/Web>).
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» (http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red).
3. Электронная библиотечная система издательства «Лань» (<https://e.lanbook.com/>).
4. Электронная библиотечная система «Юрайт» (<https://www.biblio-online.ru/>).

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Аудитория 317с, оснащенная переносным проектором и меловой доской.
2.	Семинарские занятия	- (Учебным планом семинарские занятия не предусмотрены.)
3.	Лабораторные занятия	Аудитория 317с, оснащенная оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ.
4.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория 317с, оснащенная переносным проектором и меловой доской.
5.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория 317с, оснащенная переносным проектором и меловой доской.
6.	Самостоятельная работа	Аудитория 311с, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет.