Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор
_____ Хагуров Т.А.
подпись
«31» мая 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.04 ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Направление подготовки 03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль) Радиофизические методы по областям применения (биофизика)

Форма обучения очная

Квалификация выпускника бакалавр

Краснодар 2019

Рабочая программа дисциплины Б1.В.04 «Физика полупроводников» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика» профиль «Радиофизические методы по областям применения (биофизика)».

Программу составил:
М.А. Жужа, доцент кафедры радиофизики
и нанотехнологий ФТФ КубГУ, канд. физ.-мат. наук



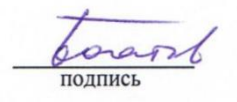
Рабочая программа дисциплины Б1.В.04 «Физика полупроводников»
утверждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий
протокол № 7 «14» мая 2019 г.
Заведующий кафедрой (разработчика) Копытов Г.Ф.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры
радиофизики и нанотехнологий
протокол № 7 «14» мая 2019 г.
Заведующий кафедрой (выпускающей) Копытов Г.Ф.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии
физико-технического факультета
протокол № 11 «21» мая 2019 г.
Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



Рецензенты:

Гаврилов А.И., доцент кафедры физики ФГБОУ ВО КубГТУ, канд. физ.-мат. наук

Исаев В.А., заведующий кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий ФГБОУ ВО КубГУ, д-р физ.-мат. наук

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 профессиональных компетенций (ПК):

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	**уметь**	**владеть**
1	ПК-1	способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования	основные понятия, эффекты, законы и модели физики полупроводников и соответствующие им математические формулы	использовать знания по физике полупроводников для анализа принципа работы полупроводниковых приборов	экспериментальными методами исследования полупроводников и полупроводниковых приборов
	ПК-6	способностью к проведению занятий в учебных лабораториях образовательных организаций высшего образования	структуру проведения лабораторного занятия в вузе	провести вводный инструктаж для студентов перед выполнением лабораторной работы и принять отчёт по лабораторной работе	навыками работы с измерительными приборами

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	**уметь**	**владеть**
	ПК-7	владением методикой проведения учебных занятий в общеобразовательных и профессиональных образовательных организациях	объём учебного материала по физике полупроводников, преподающегося в общеобразовательных и профессиональных образовательных организациях	выбрать методику проведения учебных занятий при объяснении нового учебного материала по физике полупроводников	методикой изложения учебного материала по физике полупроводников

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

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

Вид учебной работы		Всего часов	6-й семестр (часы)
Контактная работа, в том числе:			
Аудиторные занятия (всего):		**32**	**32**
Занятия лекционного типа		16	16
Лабораторные занятия		16	16
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:			
Проработка учебного (теоретического) материала		50	50
Оформление и подготовка к защите лабораторных работ		29	29
Контроль:			
Подготовка к экзамену		26,7	26,7
Общая трудоемкость	**час.**	**144**	**144**
	в том числе контактная работа	**38,3**	**38,3**
	зач. ед.	**4**	**4**

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины. Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в _6-м_ семестре:

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	Носители заряда в полупроводниках	28	4	-	4	20
2	Генерация, рекомбинация, диффузия и дрейф носителей заряда	24	4	-	-	20
3	Контактные и поверхностные явления в полупроводниках	26	2	-	4	20
4	Физические эффекты в полупроводниках	33	6	-	8	19
	Итого по дисциплине:		**16**	**-**	**16**	**79**

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента.

2.3. Содержание разделов (тем) дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Носители заряда в полупроводниках	Электропроводность полупроводников. Равновесные и неравновесные носители заряда. Дрейфовая скорость. Подвижность носителей заряда. «Горячие» электроны. 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. Квазиимпульс и эффективная масса. Волновой вектор. Графики энергии свободного электрона и электрона в кристалле. «Отрицательная» масса электрона. Дырка. «Легкие» и «тяжелые» дырки.	Устный опрос, защита ЛР, задания для сам. работы

1	2	3	4
2	Носители заряда в полупроводниках	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.	Устный опрос, защита ЛР
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	Генерация, рекомбинация, диффузия и дрейф носителей заряда	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.	Устный опрос
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, задания для сам. работы
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, задания для сам. работы
7	Физические эффекты в полупроводниках	Гальваномагнитные эффекты в полупроводниках: Холла, Гаусса, магнитоконцентрационный. Магниторезисторы. Магнитодиоды. Магнитотранзисторы.	Устный опрос, защита ЛР
8	Физические эффекты в полупроводниках	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.	Устный опрос, защита ЛР

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	**Четырёхзондовый метод и метод термозонда.** Измеряется удельное сопротивление полупроводников четырёхзондовым 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 выносится 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: 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;
– задания для самостоятельной работы.

Промежуточная аттестация:
– экзамен.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации.

4.1.1 Примеры контрольных вопросов для устного опроса по разделам учебной программы.

Контрольные вопросы предназначены:
– для устного опроса на лекционных занятиях;
– 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 сродство»?

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 p-n-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?

4.1.2 Примеры заданий для самостоятельной работы

Задание 1.

Освоить «роль» преподавателя, проводящего лабораторные работы по физике полупроводников в «Лаборатории полупроводниковой электроники». Для этого:

1. Тщательно изучить описание одной из лабораторных работ.

2. Выполнить лабораторную работу.

3. Ответить на контрольные вопросы к лабораторной работе и дополнить их собственными вопросами по теории, методике измерений и численным расчетам.

4. Ответить на 2 вопроса: «Каким образом данную лабораторную работу можно вывести из строя?» и «Как этого не допустить?». Предложить несколько вариантов защиты лабораторной работы от «неквалифицированного пользователя».

5. Для студентов, ещё не выполнявшим данную лабораторную работу и приступающим к её выполнению:

- провести вводный инструктаж (объяснить схему лабораторной установки и особенности методики измерений, уменьшающие погрешности, показать способы выполнения отдельный операций, напомнить о технике безопасности, предупредить о возможных ошибках);

- при выполнении лабораторной работы в случае необходимости провести повторное разъяснения или показ действий;

- после выполнения принять отчёт по лабораторной работе: задать вопросы по теории, проверить правильность заполнения таблиц, проведённых расчётов и построенных графиков, сделать разбор допущенных ошибок.

Задание 2.

Учебный материал по физике полупроводников в общеобразовательных организациях (школах, гимназиях, лицеях) изучают в старших классах в главе «Электрический ток в различных средах» школьных учебников. В профессиональные образовательные организации (профессиональные училища, колледжи, техникумы) школьники поступают, в основном, после 9 класса. Поэтому они могут изучать физику по тем же учебникам для старших (10–11) классов.

В интернете на многочисленных учебных сайтах можно найти электронные школьные учебники, которые можно скачать бесплатно, а также читать онлайн с компьютера или планшета (смартфона, телефона).

Используя школьные учебники по физике, необходимо определить:

- каков в них объём теоретического материала по физике полупроводников;
- какие формулы используются и какие задачи решаются по теме «физика полупроводников»;
- какие лабораторные работы выполняются по физике полупроводников.

Задание 3.

Используя знания, полученные при изучении дисциплин «Психология и педагогика» и «Основы педагогического мастерства», определить, какие методики можно использовать для объяснения учебного материала по физике полупроводников.

На одном из лекционных занятиях выступить в роли учителя, изложив новый учебный материал (очередную лекционную тему по физике полупроводников), представив студентов в роли школьников.

Задание 4.

Изучить материалы сайта для творческих педагогов Лаборатории Образовательных Технологий «Образование для новой эры» (http://www.trizway.com/). Составить перечень методик и приёмов педагогической техники, которые можно использовать для изучения физики полупроводников.

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 примесями.
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. Распреде-

ление 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 p-n-переходов. Диаграммы распределения объемного заряда, электрического поля, концентраций носителей. Расчет высоты потенциального барьера. Ширина и барьерная емкость резкого и плавного p-n-перехода.

20. Неравновесное состояние p-n-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 p-n-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 объёме, 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 твёрдое 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.

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. 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.

2. 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.

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

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

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. ВИНИТИ.
Сенсор.
Физика и техника полупроводников.
Электроника.
Электроника. Реферативный журнал. ВИНИТИ.
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, выполнения заданий для самостоятельной работы 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 магнитно-маркерной 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 магнитно-маркерной доской.
5.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория 317с, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской.
6.	Самостоятельная работа	Аудитория 311с, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет.

Учебная лаборатория полупроводниковой электроники ФТФ КубГУ		
Лабораторные занятия по дисциплине «Физика полупроводников» проводятся в учебной лаборатории полупроводниковой электроники (ауд. 317с), оснащенной необходимым лабораторным оборудованием и приборами.	Оборудование учебной лаборатории:	Кол-во
	Осциллограф С1-78	2
	Осциллограф С1-92	1
	Осциллограф цифровой запоминающий АКИП-4115/1А	1
	Цифровой вольтметр В7-38	5
	Цифровой мультиметр АКТАКОМ АВМ-4084	1
	Источник питания Б1-12	1
	Источник питания Б5-9	5
	Источник питания Б5-12	1
	Частотомер электронно-счетный Ч3-54	1
	Измеритель мощности термисторный М3-22А	1
	Измеритель характеристик полупроводниковых приборов Л2-56	1
	Комплект лабораторного оборудования К32	1
	Измеритель КСВН панорамный РК2-47	1
	Измеритель КСВН панорамный Р2-59	1
	Генератор импульсов Г5-54	2
	Генератор Л30	3