

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета Небольсин В.А.

«30» августа 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

« Физика полупроводников »

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы

Рембеза / С.И. Рембеза /

Заведующий кафедрой
Полупроводниковой элек-
троники и наноэлектроники

Рембеза / С. И Рембеза /

Руководитель ОПОП

Рембеза / С.И Рембеза /

Воронеж 2017

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: формирование у студентов научной основы для осознанного и целенаправленного использования физических свойств полупроводников для создания приборов и устройств микро и наноэлектроники.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

– расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения фундаментальных закономерностей физики полупроводников и освоение способов практического использования свойств полупроводников;

– развитие понимания связи физических свойств полупроводников с параметрами изделий микроэлектроники на базе этих материалов;

– практическое овладение методами теоретического описания физических свойств полупроводников, владение навыками постановки физического эксперимента по изучению основных свойств и параметров полупроводников;

– владение экспериментальными методами контроля свойств полупроводников;

– создание основы для последующего изучения вопросов физики полупроводниковых приборов, включая устройства и приборы наноэлектроники, твердотельной электроники и технологии микро- и наносистем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физика полупроводников» относится к вариативной части блока Б1 учебного плана. Индекс дисциплины Б1.В.ДВ.3.1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физика полупроводников» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1: способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

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

ОПК-5: способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;

ПКВ-3: способность идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере физики, проектирования, технологии изготовления и применения микроэлектронных приборов и устройств.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	<p>знать структуру зон полупроводников, влияние положения уровня Ферми на статистику электронов; влияние механизмов рассеивания на температурную зависимость подвижности носителей зарядов;</p>
	<p>уметь определять ширину запрещенной зоны и энергию ионизации примесных уровней из спектров поглощения, люминесценции и фотопроводимости;</p>
	<p>владеть экспериментальными методами определения времени жизни неравновесных носителей зарядов.</p>
ОПК-2	<p>знать: – методы составления и решения уравнений электронейтральности; – механизм поглощения света, фотолюминесценцию и фотопроводимость;</p>
	<p>уметь: – правильно выбрать вид статистики электронов в зависимости от положения уровня Ферми; – решать уравнения электронейтральности, определять энергию примесных уровней и ширину запрещенной зоны из температурных зависимостей концентрации электронов;</p>
	<p>владеть способами определения энергии активации примесей и ширины запрещенной зоны из температурных зависимостей концентрации, из спектров оптического поглощения, из спектров фотолюминесценции и фотопроводимости.</p>
ОПК-5	<p>знать механизмы пробоя полупроводников и эффект Ганна, эффект Холла и сопутствующие ему явления;</p>
	<p>уметь определять критерии сильных электрических полей, рассчитывать частоты диодов Ганна из параметров приборной структуры;</p>
	<p>владеть методами расчета равновесной концентрации электронов в полупроводниках.</p>
ПКВ-3	<p>знать физическую природу образования выпрямляющих и омических контактов, характер прямых и обратных токов в разных видах контактов и гетеропереходах;</p>
	<p>уметь строить зонные диаграммы барьеров Шоттки, p-n переходов и гетеропереходов;</p>
	<p>владеть измерениями вольт-амперных характеристик барьерных структур.</p>

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Физика полупроводников» составляет 3 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Курсовой проект(работа) (есть, нет)	нет	нет
Контрольная работа(есть, нет)	нет	нет
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	зачет	зачет
Общая трудоемкость	час	108
	зач. ед.	3
		108
		3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Зонная структура твердых тел	Введение. Уравнение Шредингера для кристалла. Приближенные решения уравнения. Одноэлектронное приближение. Приближение сильной связи. Решение уравнения Шредингера в приближении слабой связи. Зона Бриллюэна. Эффективная масса электрона в кристалле. Зонная структура реальных полупроводников	4	4	18	26
2	Статистика электронов в полупроводниках	Распределение Ферми-Дирака. Концентрация электронов в зоне проводимости. Физический смысл энергии Ферми. Концентрация электронов на примесных уровнях. Уравнение электронейтральности. Определение положения уровня Ферми. Примеры решения уравнения электронейтральности. Собственный и примесный полупроводники. Температурная зависимость концентрации носителей зарядов, определение энергии активации.	6	4	18	28

3	Физические свойства поверхности полупроводника	Поверхностные состояния и поверхностный потенциал. Решение уравнения Пуассона. Дебаевская длина экранирования. Поверхностная проводимость. Эффект поля. Структура металл-диэлектрик - полупроводник. Вольт-фарадная характеристика МДП-структуры и ее связь с параметрами поверхности.	4	4	18	26
4	Контактные явления в полупроводниках	Работа выхода электронов и полупроводника и металла. Контакт полупроводника с металлом и его вольт-амперная характеристика. Контакт полупроводников n- и p- типа проводимости. Вольт-амперная характеристика p-n перехода. Гетеропереходы и их типы.	4	6	18	28
Итого			18	18	72	108

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Определение ширины запрещенной зоны полупроводников
2. Температурная зависимость электропроводности полупроводников и металлов
3. Газовая чувствительность пленок полупроводников
4. Термоэдс контакта полупроводник-металл

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Физика полупроводников» не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) и контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать структуру зон полупроводников, влияние положения уровня Ферми на статистику электронов; влияние механизмов рассеивания на температурную зависимость подвижности носителей зарядов;	Успешное выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	уметь определять ширину запрещенной зоны и энергию ионизации примесных уровней из спектров поглощения, люминесценции и фотопроводимости;	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть экспериментальными методами определения времени жизни неравновесных носителей зарядов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-2	знать: – методы составления и решения уравнений электронейтральности; – механизм поглощения света, фотолюминесценцию и фотопроводимость;	Успешное выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь: – правильно выбрать вид статистики электронов в зависимости от положения уровня Ферми; – решать уравнения электронейтральности, определять энергию примесных уровней и ширину запрещенной зоны из температурных зависимостей концентрации электронов;	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способами определения энергии активации примесей и ширины запрещенной зоны из температурных зависимостей концентрации, из спектров оптического поглощения, из спектров фотолюминесценции и фотопроводимости.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-5	знать механизмы пробоя полупроводников и эффект Ганна, эффект Холла и сопутствующие ему явления;	Успешное выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь определять критерии сильных электрических полей, рассчитывать частоты диодов Ганна из параметров приборной структуры;	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами расчета равновесной концентрации электронов в полупроводниках.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПКВ-3	знать физическую природу образования выпрямляющих и омических контактов, характер прямых и обратных токов в разных видах контактов и гетеропереходах;	Успешное выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь строить зонные диаграммы барьеров Шоттки, p-n переходов и гетеропереходов;	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть измерениями вольт-амперных характеристик барьерных структур.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения, в 5 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-1	знать структуру зон полупроводников, влияние положения уровня Ферми на статистику электронов; влияние механизмов рассеивания на температурную зависимость подвижности носителей зарядов;	Тест	Выполнение теста на 70 – 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь определять ширину запрещенной зоны и энергию ионизации примесных уровней из спектров поглощения, люминесценции и фотопроводимости;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть экспериментальными методами определения времени жизни неравновесных носителей зарядов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-2	знать: – методы составления и решения уравнений электронейтральности; – механизм поглощения света, фотолюминесценцию и фотопроводимость;	Тест	Выполнение теста на 70 – 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь: – правильно выбрать вид статистики электронов в зависимости от положения уровня Ферми; – решать уравнения электронейтральности, определять энергию примесных уровней и ширину запрещенной зоны из температурных зависимостей концентрации электронов;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть способами определения энергии активации примесей и ширины запрещенной зоны из температурных зависимостей концентрации, из спектров оптического поглощения, из спектров фотолюминесценции и фотопроводимости.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-5	знать механизмы пробоя полупроводников и эффект Ганна, эффект Холла и сопутствующие ему явления;	Тест	Выполнение теста на 70 – 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь определять критерии сильных электрических полей, рассчитывать частоты диодов Ганна из параметров приборной структуры;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами расчета равновесной концентрации электронов в полупроводниках.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

ПКВ-3	знать физическую природу образования выпрямляющих и омических контактов, характер прямых и обратных токов в разных видах контактов и гетеропереходах;	Тест	Выполнение теста на 70 – 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь строить зонные диаграммы барьеров Шоттки, p-n переходов и гетеропереходов;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть измерениями вольт-амперных характеристик барьерных структур.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1	Уравнение Шредингера для кристалла и физический смысл его слагаемых. а) слагаемые уравнения Шредингера отображают основные виды взаимодействий квантовых частиц в кристалле; б) слагаемые уравнения Шредингера отображают потенциальное поле кристалла; в) слагаемые уравнения Шредингера отображают характер движения электронов в кристалле.
2	Физический смысл одноэлектронного приближения. а) Одноэлектронное приближение характеризует взаимодействие одного электрона с усредненным полем всех других электронов; б) это приближение отражает реакцию одного электрона на потенциал всего кристалла; в) в этом приближении один электрон взаимодействует с потенциалом всех протонов кристалла.
3	Решение уравнения Шредингера в приближении сильной связи. а) в этом приближении за нулевой порядок теории взаимодействия принимается энергия электрона с собственным атомом; б) сильная связь означает, что электрон не покидает предела кристалла; в) сильная связь означает сильное взаимодействие между электронами.
4	Решение уравнения Шредингера в приближении слабой связи. а) в приближении слабой связи движущейся свободный электрон испытывает периодические возмущения со стороны кристаллической решетки; б) в приближении слабой связи электрон может покинуть объем кристалла; в) в этом приближении электроны слабо связаны между собой.
5	Эффективная масса электрона в кристалле. а) эффективная масса электрона отражает влияние на движение электрона потенциального поля кристаллической решетки; б) эффективная масса электрона определяется размерами кристалла; в) эффективная масса электрона зависит от взаимодействия со всеми другими электронными кристалла.
6	Уравнение Шредингера для кристалла и физический смысл его слагаемых.

	<p>а) слагаемые уравнения Шредингера отображают основные виды взаимодействий квантовых частиц в кристалле;</p> <p>б) слагаемые уравнения Шредингера отображают потенциальное поле кристалла;</p> <p>в) слагаемые уравнения Шредингера отображают характер движения электронов в кристалле.</p>
7	<p>Уравнение электронейтральности отражений</p> <p>а) закон сохранения заряда</p> <p>б) закон сохранения энергии</p> <p>в) нейтральное поведение ионов примеси</p> <p>г) закон сохранения объема</p>
8	<p>Поверхностные состояния обусловлены</p> <p>а) плоскостью кристалла</p> <p>б) обрывок валентных связей</p> <p>в) работой выхода электронов</p> <p>г) окисление кристалла</p>
9	<p>Подвижность носителей зарядов в твердом теле определяется</p> <p>а) тепловой скоростью электронов</p> <p>б) тепловой скоростью отрицательных ионов</p> <p>в) дрейфовой скоростью электронов</p> <p>г) дрейфовой скоростью ионов</p>
10	<p>Выбор статистики электронов в полупроводниках определяется</p> <p>а) типом легирующей примеси</p> <p>б) положение уровня Ферми в зонной структуре</p> <p>в) наличием свободных электронов</p> <p>г) отсутствие дырок в полупроводнике</p>

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1	<p>В каких случаях в кристалле для квантовых частиц – электронов можно применять классическую статистику Больцмана? Когда уровень Ферми расположены</p> <p>а) в зоне проводимости от 1 кТ до 5 кТ</p> <p>б) в валентной зоне более 5 кТ от края</p> <p>в) в запрещенной зоне глубже, чем на 1 кТ от края</p> <p>г) совпадает с дном зоны проводимости</p>
2	<p>Концентрация электронов в полупроводнике в зависимости температуры определяется</p> <p>а) квадратичной зависимостью</p> <p>б) экспоненциальной зависимостью</p> <p>в) линейной зависимостью</p> <p>г) параболической зависимостью</p>
3	<p>При каких соотношениях эффективных масс электронов и дырок положения уровня Ферми с ростом температуры не изменяется</p> <p>а) $m_n^x = m_p^x$</p> <p>б) $m_n^x < m_p^x$</p> <p>в) $m_n^x > m_p^x$</p> <p>г) не зависит от m_n^x и m_p^x</p>
4	<p>Для двух полупроводников с разной шириной запрещенной зоной нарисовать график $\ln n = f\left(\frac{1}{T}\right)$ для определения ширины запрещенной зоны.</p>
5	<p>Для полупроводника с одним примесным уровнем показать качественно последовательность переходов электронов в зону проводимости по мере повышения температуры.</p>

6	Построить две первые зоны Бриллюэна для квадратной кристаллической решетки.
7	Найти эквивалентные энергетические точки в 1 и 2 зонах Бриллюэна квадратной решетки.
8	Нарисовать зонную структуру контакта полупроводника с металлом.
9	Нарисовать схему зонной структуры кристалла в одномерном случае с учетом поверхностных состояний.
10	Нарисовать вольт-амперную характеристику перехода металл-полупроводник.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1	Донорская примесь (фосфор) в кремнии имеет концентрацию $N = 10^{16} \text{ см}^{-3}$ и полностью ионизирована. Рассчитать удельное сопротивление образца ($\mu = 900 \frac{\text{см}^2}{\text{В}\cdot\text{с}}$)
2	Слиток кремния имеет обозначение КЭФ-10. Рассчитать количество примеси в ней при полной ионизации ($\mu = 900 \frac{\text{см}^2}{\text{В}\cdot\text{с}}$) и комнатной температуре.
3	Эффективная масса электрона в кремнии $m_n^* = 0,9m_0$. Найти кинетическую энергию теплового электрона, если тепловая скорость $v_T = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
4	Постоянная кубической кристаллической решетки кристалла $a = 5 \text{ нм}$. Чему равен период зон Бриллюэна в этом кристалле.
5	Записать выражение для температурной зависимости концентрации собственных носителей заряда для кремния $\Delta E_g = 1,12 \text{ эВ}$.
6	Как определить энергию активации примеси и ширину запрещенной зоны полупроводника из зависимости $\ln n = f(\frac{1}{T})$?
7	На какой из поверхностей кремния (100), (110), (111) наименьшее количество образованных связей приходится на 1 см^2 .
8	Какое соотношение работ выхода электрона из металла и из полупроводника должно быть для получения омического контакта?
9	Какой составляющей определяется обратный ток контакта металл – полупроводник?
10	Как определить омичность контакта металл – полупроводник из вольт-амперной характеристики.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Уравнение Шредингера для кристалла. Приближенные решения уравнения.
2. Одноэлектронное приближение. Приближение сильной связи.
3. Принципы построения уравнения Шредингера.
4. Теория возмущений в квантовой механике.
5. Анизотропия эффективной массы электрона в кристалле.
6. Решение уравнения Шредингера в приближении слабой связи.
7. Зона Бриллюэна. Эффективная масса электрона в кристалле.
8. Зонная структура реальных полупроводников
9. Распределение Ферми-Дирака.
10. Концентрация электронов в зоне проводимости.
11. Физический смысл энергии Ферми.
12. Статистическое описание поведения электронов.
13. Эффективная масса плотности состояний.
14. Концентрация электронов на примесных уровнях.

15. Уравнение электронейтральности.
16. Определение положения уровня Ферми.
17. Эффективная масса плотности состояний.
18. Собственный и примесный полупроводники.
19. Статистика электронов на примесных уровнях.
20. Температурная зависимость концентрации носителей зарядов,
21. Определение энергии активации.
22. Физический смысл статистического состояния.
23. Поверхностные состояния и поверхностный потенциал.
24. Решение уравнения Пуассона.
25. Дебаевская длина экранирования.
26. Поверхностная проводимость.
27. Влияние природы адсорбированных молекул на характер искривленных зон.
28. Зависимость дебаевской длины экранирования от концентрации носителей заряда.
29. Структура металл-диэлектрик-полупроводник.
30. Вольт-фарадная характеристика МДП-структуры
31. Структура полупроводников для наблюдения эффекта поля.
32. Определение параметров полупроводников из вида вольт-емкостных характеристик
33. Работа выхода электронов полупроводника и металла.
34. Контакт полупроводника с металлом и его вольт-амперная характеристика.
35. Требования к металлам для барьеров Шоттки.
36. Контакт полупроводников n- и p- типа проводимости.
37. Вольт-амперная характеристика p-n перехода.
38. Гетеропереходы и их типы.
39. Зависимость ВАХ барьера Шоттки от температуры.
40. Зависимость ВАХ p-n перехода от температуры.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится по тестам и билетам, каждый из которых содержит 5 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 5 баллов. Максимальное количество набранных баллов – 10.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 8 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 8 до 10 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Зонная структура	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ПКВ-3	Тест
2	Статистика электронов в полу-	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ПКВ-3	Тест

	проводниках		
3	Физические свойства поверхности полупроводника	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ПКВ-3	Тест
4	Контактные явления в полупроводниках	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ПКВ-3	Тест

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста преподавателем и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач преподавателем и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач преподавателем и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников; учебник для вузов. - СПб.: Лань. 2014. - 400 с.
2. Рембеза С.И. Физика твердого тела: учеб. пособие. Ч. 1. - Воронеж: ВГТУ, 2007. – 207 с.
3. Рембеза С.И. Физика твердого тела: учеб. пособие. Ч. 2. - Воронеж: ВГТУ, 2007. – 137 с.
4. Павлов, П. В. Хохлов А.Ф. Физика твердого тела : учеб. пособие. - М.: Высш. шк., 2000. - 494с.
5. Митрохин В.И. Неравновесные процессы в полупроводниках: учеб. пособие. - Воронеж: ВГТУ, 2006. - 123 с.
6. Шретер Ю.Г., Ребане Ю.Т., Зыков В.А., Сидоров В.Г. Широкозонные полупроводники: учеб. пособие. - СПб.: Наука, 2001. – 125 с.
7. Энциклопедия технологии полупроводниковых материалов / пер. с англ. Э.П. Домашевской. Т.1: Электронная структура и свойства полупроводников / под ред. К.А. Джексона, В. Шретера. - Воронеж: Водолей, 2004. – 967 с.

8. Чеботарев С.Н. Физика и техника полупроводников: учеб. пособие. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2017. – 92 с.

9. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Профессиональные справочные системы «Техэксперт»
<http://195.209.112.161:3000/>

Независимая информационно-консалтинговая компания Enerdata
<https://www.enerdata.ru/>

Научная электронная библиотека: <http://www.elibrary.ru>

ЭБС Книгафонд: <http://www.knigafund.ru/>

ЭБС <http://e.lanbook.com/>

Единое окно доступа к информационным ресурсам <http://window.edu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

2. Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для выполнения расчетов, и рабочими местами для самостоятельной подготовки обучающихся с выходом в «Интернет».

3. Учебное, научное и технологическое оборудование кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Физика полупроводников» читаются лекции, проводятся лабораторные занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины оценивается на зачете.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1		31.08.2018	
2		31.08.2019	
3		31.08.2020	