

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности

А.А. Панфилов

« 30 » 08 2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Физические основы микро – и нанoeлектроники»

Направление подготовки 12.03.04 "Биотехнические системы и технологии"

Профиль подготовки: «Биомедицинская инженерия»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
4	4/144	18		18	72	Экзамен(36)
Итого	4/144	18		18	72	Экзамен(36)

Владимир 2019

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины – формирование у студентов знаний о физических процессах, лежащих в основе функционирования полупроводниковых структур современной твердотельной микроэлектроники, физической основе функциональной электроники, принципах нанoeлектроники.

Задачи:

- формирование у студентов базовых знаний в области физических процессов твердотельной микроэлектроники;
- приобретение студентами навыков расчёта параметров полупроводниковых материалов, анализа характеристик полупроводниковых приборов;
- формирование представлений о физической основе функциональной электроники;
- формирование представлений о перспективных направлениях развития микро - и нанoeлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физические основы микро – и нанoeлектроники» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Пререквизиты дисциплины: «Физика», «Высшая математика», «Начальный практикум по электронике» «Схемотехника», «Компоненты электронных средств».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-1	частичное	Знать физические закономерности процессов в полупроводниковых структурах современной твердотельной микроэлектроники, физические принципы функциональной и нанoeлектроники. Уметь рассчитывать основные электрофизические параметры полупроводников. Владеть навыками применения естественнонаучных знаний для анализа физических процессов в полупроводниковых структурах.
ПК-3	частичное	Знать физические основы микроэлектронной компонентной базы биотехнических систем. Уметь анализировать основные характеристики полупроводниковых компонентов при конструировании медицинских изделий и биотехнических систем на элементном уровне. Владеть способностью анализа основных параметров и характеристик полупроводниковых устройств биотехнических систем.

ПК-5	частичное	<p>Знать физические принципы и возможности функциональной и наноэлектроники в создании интегрированных биотехнических и медицинских систем.</p> <p>Уметь анализировать основные характеристики, определяющие возможности функциональной и наноэлектроники в создании интегрированных биотехнических и медицинских систем.</p> <p>Владеть навыками анализа информации о возможностях функциональной и наноэлектроники в создании интегрированных биотехнических и медицинских систем.</p>
------	-----------	---

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Электропроводность полупроводников	4	1-5	6		8	28	2,8/20	
	Тема 1. Общие сведения о полупроводниках.		1	2			4	0,4/20	
	Тема 2. Статистика носителей заряда в полупроводниках.		3	2		4	8	1,2/20	
	Тема 3. Подвижность носителей заряда в полупроводниках		5	2		4	8	1,2/20	Рейтинг - контроль №1
2	Физические принципы работы полупроводниковых структур	4	7-13	8		6	8	2,8/20	
	Тема 1. Физические принципы работы полупроводниковых диодов с электронно-дырочным переходом		7	2		6	14	1,6/20	
	Тема 2. Физические процессы в биполярных транзисторах		9	2			6	0,4/20	
	Тема 3. Полупроводниковые элементы на структурах		11	2			8	0,4/20	Рейтинг - контроль №2

	металл-диэлектрик-полупроводник								
	Тема 4. Физико-технологические особенности структур полупроводниковых интегральных микросхем		13	2			30	0,4/20	
3	Основы функциональной и нанoeлектроники	4	15-17	4		4	6	1,6/20	
	Тема 1. Основные направления функциональной электроники		15	2		4	12	1,2/20	
	Тема 2. Физические основы нанoeлектроники		17	2			12	0,4/20	Рейтинг - контроль №3
	Всего за семестр:	4	18	18		18	72	7,2/20	Экзамен(36)
Наличие в дисциплине КП/КР					-				-
Итого по дисциплине:		4	18	18	-	18	72	7,2/20	Экзамен (36)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1 Электропроводность полупроводников

Тема 1. Общие сведения о полупроводниках

Энергетическая зонная модель металлов, диэлектриков, полупроводников. Полупроводники с собственной проводимостью. Примесные полупроводники с электронной и дырочной проводимостью. Зонная энергетическая структура собственного полупроводника. Зонная энергетическая структура примесного полупроводника.

Тема 2. Статистика носителей заряда в полупроводниках

Функция распределения плотности состояний в зонах собственного полупроводника. Функция распределения электронов по энергетическим состояниям. Концентрация носителей заряда, положение уровня Ферми в собственном полупроводнике. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в невырожденных примесных полупроводниках (примесь одного вида).

Тема 3. Подвижность носителей заряда в полупроводниках

Механизмы рассеяния носителей заряда. Подвижность носителей заряда. Температурная зависимость подвижности. Зависимость электропроводности полупроводников от температуры. Диффузионный и дрейфовый токи в полупроводниках. Равновесные и неравновесные носители заряда.

Раздел 2. Физические принципы работы полупроводниковых структур

Тема 1. Физические принципы работы полупроводниковых диодов с электронно-дырочным переходом

Электронно-дырочный переход (р-п переход). Возникновение потенциального барьера. Контактная разность потенциалов. Зонная модель р-п перехода в равновесном состоянии. Зонная модель р-п перехода при прямом и обратном смещениях. Вольт-амперная характеристика идеального диода на основе р-п перехода. Влияние генерации, рекомбинации и объемного сопротивления базы на характеристики реальных диодов.

Тема 2. Физические процессы в биполярных транзисторах

Структура и принцип действия биполярного транзистора. Основные режимы работы. Физические процессы в бездрейфовом биполярном транзисторе в активном режиме. Схемы включения биполярного транзистора. Входные и выходные

характеристики для включения с общей базой и общим эмиттером.

Тема 3. Полупроводниковые элементы на структурах металл-диэлектрик-полупроводник

Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры). Полевые транзисторы с изолированным затвором (МДП – транзисторы). Режимы работы МДП-структур, электрические характеристики. МДП-транзисторы с встроенным и индуцированным каналами. Полевые транзисторы с управляющим *p-n* переходом.

Тема 4. Физико-технологические особенности структур полупроводниковых интегральных микросхем

Классификация микросхем по конструктивно - техническому исполнению. Степень интеграции микросхем. Конструктивно-технологические особенности интегральных биполярных и МПД – транзисторов. Принципы технологии производства полупроводниковых микросхем. Технологические проблемы интегральной микроэлектроники,

Раздел 3. Основы функциональной и нанoeлектроники

Тема 1. Основные направления функциональной электроники

Ограничения в схемотехнической интегральной электронике по физическим и технологическим факторам. Направления функциональной электроники. Физические основы оптоэлектроники. Полупроводниковые излучатели. Фотоприёмники. Основные направления развития фотоники. Основные направления развития магнитоэлектроники. Акустоэлектроника.

Тема 2. Физические основы нанoeлектроники

Ограничения развития микроэлектроники. Материалы и структуры нанoeлектроники. Элементы и устройства одноэлектроники. Элементы молекулярной электроники. Функциональная нанoeлектроника. Нанотехнологии в области запоминающих устройств. Нанодисплей.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Раздел 1. Электропроводность полупроводников

Тема 2. Статистика носителей заряда в полупроводниках

Лабораторная работа « Статистика носителей заряда в примесных полупроводниках» Изучение зонной энергетической структуры примесных полупроводников. Расчёт концентрации электронов в полупроводнике, содержащем донорную примесь. Расчёт концентрации дырок в полупроводнике, содержащем акцепторную примесь. Определение положения уровня Ферми в невырожденных примесных полупроводниках.

Тема 3. Подвижность носителей заряда в полупроводниках

Лабораторная работа « Электропроводности полупроводников» Изучение механизмов рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Расчет электропроводности полупроводников. Температурная зависимость подвижности. Изучение зависимости электропроводности полупроводников от температуры.

Раздел 2. Физические принципы работы полупроводниковых структур

Тема 1. Физические принципы работы полупроводниковых диодов с электронно-дырочным переходом

Лабораторная работа « Свойства полупроводникового электронно-дырочного перехода» Анализ зонной модели электронно-дырочного перехода (*p-n* перехода) в равновесном состоянии. Расчёт контактной разности потенциалов. Влияние электрофизических характеристик электронно-дырочного перехода и температуры на контактную разность потенциалов.

Тема 1. Физические принципы работы полупроводниковых диодов с электронно-дырочным переходом

Лабораторная работа « Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах». Изучение методики экспериментального исследования характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах. Влияние генерации, рекомбинации и объемного сопротивления базы на характеристики реальных диодов.

Раздел 3. Основы функциональной и наноэлектроники

Тема 1. Основные направления функциональной электроники

Лабораторная работа « Исследование вольтамперной характеристики светодиода »
Изучение методики экспериментального снятия вольтамперной характеристики светодиода Основные физические процессы, параметры и характеристики светодиодов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Физические основы микро – и наноэлектроники» используются образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения. Занятия проводятся в мультимедиа-аудиториях оборудованных компьютерной техникой и средствами для демонстрации презентаций и других видео- и аудиоматериалов. Имеются подборки видеоматериалов и слайдов, текстовых файлов по тематике курса, доступные каждому студенту.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Интерактивная лекция (раздел 1, темы 1-3; раздел 2, темы 1, 2; раздел 3, тема 1);
- Групповая дискуссия (раздел 1, тема 2; раздел 2, тема 1; раздел 3, тема 1);
- Анализ ситуаций (раздел 3, тема 1);
- Разбор конкретных ситуаций (раздел 1, темы 2,3; раздел 3, тема 2).

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль успеваемости

Рейтинг - контроль №1

1. Энергетическая зонная модель металлов, диэлектриков, полупроводников.
2. Собственные и примесные полупроводники.
3. Зонная энергетическая структура собственного полупроводника.
4. Зонная энергетическая структура примесного полупроводника.
5. Функция распределения электронов по энергетическим состояниям (функции Ферми-Дирака, Больцмана).
6. Концентрация носителей заряда и положение уровня Ферми в собственном полупроводнике.
7. Концентрация носителей заряда и положение уровня Ферми в электронном полупроводнике.
8. Концентрация носителей заряда и положение уровня Ферми в дырочном полупроводнике.
9. Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках.
10. Температурная зависимость подвижности носителей заряда.
11. Зависимость электропроводности полупроводников от температуры.
12. Диффузионный и дрейфовый токи в полупроводниках.

Рейтинг - контроль №2

1. Электронно–дырочный переход ($p - n$ переход) в полупроводнике. Контактная разность потенциалов.
2. Зонная модель $p-n$ перехода в равновесном состоянии.
3. Зонная модель $p-n$ перехода при прямом внешнем напряжении.
4. Зонная модель $p-n$ перехода при обратном внешнем напряжении.
5. Барьерная и диффузионная емкости $p-n$ перехода.
6. Теоретическая вольт-амперная характеристика $p-n$ перехода
7. Структура и основные режимы работы биполярного транзистора.
8. Схемы включения биполярного транзистора.
9. Входные и выходные характеристики биполярного транзистора для включения с общей базой и общим эмиттером.
10. Сущность эффекта поля. Режимы обогащения, обеднения, инверсии и глубокого обеднения в приповерхностном слое полупроводника.
11. Режимы работы полевых транзисторов с изолированным затвором (МДП – транзисторов), параметры, вольт – амперные характеристики.
12. МДП-транзисторы с встроенным и индуцированным каналами.
13. Физические процессы в транзисторе с управляющим $p-n$ переходом и электрические характеристики.

Рейтинг-контроль №3

1. Классификация микросхем по конструктивно - техническому исполнению.
2. Основные направления функциональной электроники.
3. Светодиоды. Основные физические процессы и параметры.
4. Фотодиоды, фототранзисторы. Основные физические процессы и параметры.
5. Основные направления развития магнитоэлектроники.
6. Структура и основные характеристики магнитодиодов, биполярных и полевых магнитотранзисторов.
7. Ограничения развития микроэлектроники. Классификация низкоразмерных структур.
8. Материалы и структуры наноэлектроники.
9. Элементы и устройства одноэлектроники.
10. Элементы молекулярной электроники.
11. Нанотехнологии в области запоминающих устройств.
12. Нанодисплеи на основе электрохромных полимеров и квантовых точек.
13. Устройства магнитонаноэлектроники.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен)

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Понятие энергетических зон в твёрдом теле. Энергетические зонные диаграммы металлов, диэлектриков, полупроводников.
2. Собственные и примесные полупроводники. Донорные и акцепторные примеси в кремнии.
3. Зонная энергетическая структура полупроводника с собственной проводимостью. Эффективная плотность состояний в зоне проводимости и валентной зоне полупроводника. Функции распределения электронов по энергетическим состояниям (функции Ферми-Дирака, Максвелла-Больцмана).
4. Концентрация носителей заряда, положение уровня Ферми полупроводника с собственной проводимостью.
5. Энергетическая зонная диаграмма полупроводника с электронным типом проводимости. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в невырожденном электронном полупроводнике.

6. Энергетическая зонная диаграмма полупроводника с дырочным типом проводимости. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в невырожденном дырочном полупроводнике.
7. Подвижность свободных носителей заряда в полупроводниках. Температурная зависимость подвижности носителей заряда.
8. Связь электропроводности с концентрацией носителей заряда и их подвижностью. Температурная зависимость электропроводности полупроводников.
9. Диффузионная и дрейфовая компоненты плотности тока и полупроводнике.
10. Равновесные и неравновесные носители заряда. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда.
11. Электронно-дырочный переход ($p-n$ – переход). Возникновение потенциального барьера. Контактная разность потенциалов.
12. Анализ энергетической зонной диаграммы электронно-дырочного перехода в равновесном состоянии.
13. Анализ энергетической зонной диаграммы электронно-дырочного перехода в неравновесном состоянии при прямом смещении.
14. Анализ энергетической зонной диаграммы электронно-дырочного перехода в неравновесном состоянии при обратном смещении.
15. Виды токов через электронно-дырочный переход. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) идеального $p-n$ -перехода. Особенности вольт-амперной характеристики реального диода при прямом и обратном смещениях.
16. Пробой $p-n$ перехода и его механизмы. Виды пробоя $p-n$ перехода: лавинный, туннельный, тепловой.
17. Биполярный транзистор. Принцип действия, структура. Основные физические процессы в биполярных транзисторах. Режимы работы биполярного транзистора.
18. Схемы включения биполярного транзистора, Отличительные особенности, применение.
19. Биполярный транзистор в схеме с общей базой. Основные параметры. Вольт-амперные характеристики биполярного транзистора в активном режиме при включении по схеме с общей базой.
20. Биполярный транзистор в схеме с общим эмиттером. Основные параметры. Вольт-амперные характеристики биполярного транзистора в активном режиме при включении по схеме с общим эмиттером.
21. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры). Режимы обогащения, обеднения, инверсии и глубокого обеднения в приповерхностном слое полупроводника.
22. Полевые транзисторы с изолированным затвором (МДП-транзисторы). Режимы работы МДП – структур, электрические характеристики. МДП-транзисторы с встроенным и индуцированным каналами.
23. Полевые транзисторы с управляющим $p-n$ переходом. Физические процессы в транзисторах. Режимы работы, параметры, вольт-амперные характеристики.
24. Классификация микросхем по конструктивно - техническому исполнению. Степень интеграции микросхем. Принципы технологии полупроводниковых микросхем.
25. Типы носителей информационного сигнала в функциональной электронике. Основные направления функциональной электроники.
26. Оптоэлектроника. Люминесценция, виды, способы возбуждения. Полупроводниковые излучатели. Основные процессы, параметры и характеристики.
27. Фоторезистивный эффект. Фотодетекторы. Фотодиоды, фототранзисторы. Основные процессы, параметры и характеристики.
28. Физические основы магнитоэлектроники. Основные направления развития магнитоэлектроники.

29. Ограничения развития микроэлектроники. Классификация низкоразмерных структур. Материалы и структуры нанoeлектроники.
30. Физические основы, элементы и устройства одноэлектроники.
31. Физические основы и элементы молекулярной электроники.
32. Нанотехнологии в области запоминающих устройств.
33. Нанодисплеи на основе электрохромных полимеров и квантовых точек
34. Приборы квантовой электроники: лазеры и фотоприемники на структурах с квантовыми точками.
35. Физико-технологические принципы структур магнитонанoeлектроники. Устройства магнитонанoeлектроники.
36. Тенденции и перспективы развития микро – и нанoeлектроники.

Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студентов включает изучение теоретического материала, подготовку к защите лабораторных работ, выполнение реферата, подготовку к рейтинг - контролю. Текущий контроль освоения материала проводится на лабораторных занятиях в процессе обсуждения изучаемых вопросов, путём экспресс-опроса на занятиях, проведения рейтинг - контроля, индивидуальных собеседований. Формы отчета студента перед преподавателем о результатах выполнения самостоятельной работы: конспект, реферат, обзоры информации, графическое представление изученного учебного материала,

Вопросы для самостоятельной работы

Раздел 1. Электропроводность полупроводников

[основная литература: 1-3; дополнительная литература:1]

1. Энергетическая зонная модель металлов, диэлектриков, полупроводников.
2. Энергетическая зонная структура полупроводника с собственной проводимостью.
3. Функция распределения плотности состояний в зонах.
4. Распределение электронов по энергетическим состояниям (функции Ферми-Дирака, Максвелла-Больцмана).
5. Зависимость функции распределения электронов по энергетическим состояниям от температуры.
6. Концентрация носителей заряда в собственном полупроводнике.
7. Энергетическая зонная структура примесного полупроводника.
8. Концентрация носителей заряда в невырожденных примесных полупроводниках.
9. Подвижность носителей заряда.
10. Температурная зависимость подвижности.
11. Электропроводность полупроводников.
12. Зависимость электропроводности полупроводников от температуры.
13. Диффузионный и дрейфовый токи в полупроводниках.
14. Равновесные и неравновесные носители заряда.

Раздел 2. Физические принципы работы полупроводниковых структур

[основная литература: 1-3; дополнительная литература:1,2]

1. Электронно-дырочный переход в полупроводнике. Контактная разность потенциалов.
2. Энергетическая зонная диаграмма электронно-дырочного перехода в равновесном состоянии.
3. Зонная модель электронно-дырочного перехода при прямом и обратном смещении.
4. Барьерная и диффузионная емкости электронно-дырочного перехода.
5. Вольт-амперная характеристика идеального диода на основе *p-n* перехода.

6. Влияние генерации, рекомбинации и объемного сопротивления базы на характеристики реальных диодов.
7. Пробой $p-n$ перехода и его механизмы. Виды пробоя $p-n$ перехода: лавинный, туннельный, тепловой.
8. Принцип действия, структура, основные физические процессы в биполярных транзисторах.
9. Режимы работы биполярного транзистора.
10. Схемы включения биполярного транзистора, Отличительные особенности, применение.
11. Биполярный транзистор в схеме с общей базой. Основные параметры. Входные и выходные характеристики транзистора в активном режиме.
12. Биполярный транзистор в схеме с общим эмиттером. Основные параметры. Входные и выходные характеристики транзистора в активном режиме.
13. Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник
14. Физические процессы в полевых транзисторах с изолированным затвором.
15. Режимы работы МДП - структур и электрические характеристики.
16. МДП-транзисторы с встроенным и индуцированным каналами.
17. Полевые транзисторы с управляющим $p-n$ переходом. Режимы работы, параметры, вольт-амперные характеристики.
18. Классификация микросхем по конструктивно - технологическому исполнению.

Раздел 3. Основы функциональной и нанoeлектроники

[основная литература: 2,4,5; дополнительная литература:3,4,5]

1. Физические принципы функциональной электроники.
2. Основные направления функциональной электроники.
3. Физические основы оптоэлектроники.
4. Полупроводниковые излучатели. Основные процессы, параметры и характеристики.
5. Полупроводниковые фотоприёмники. Основные процессы, параметры и характеристики.
6. Основные направления развития фотоники.
7. Физические основы магнитоэлектроники.
8. Магнитодиоды, биполярные и полевые магнитотранзисторы.
9. Материалы и структуры нанoeлектроники.
10. Физические основы, элементы и устройства одноэлектроники.
11. Физические основы и элементы молекулярной электроники.
12. Нанотехнологии в области запоминающих устройств.
13. Нанодисплеи на основе электрохромных полимеров и квантовых точек
14. Физико-технологические принципы структур и устройства магнитонанoeлектроники.
15. Тенденции и перспективы развития микро – и нанoeлектроники.

Реферат

Структура реферата: титульный лист; содержание; текст реферативной работы, состоящий из введения, основной части и заключения; список использованной литературы; приложение. Во введении обосновывается актуальность темы, определяются цели и задачи реферативной работы. В основной части студент анализирует проблему, формулирует основные положения темы. Название и расположение глав основной части должно соответствовать содержанию реферата Главы, параграфы должны заканчиваться логическими выводами, подводящими итоги соответствующего этапа выполненной работы. Заключение содержит выводы по работе. Рекомендуемый объём реферата – 15...20 листов формата А4 (MS WORD, Times New Roman, кегль 14, 1,5 интервала).

Темы рефератов

1. Современное состояние и проблемы микроэлектроники.
2. Устройства оптоэлектроники в биотехнических системах.
3. Устройства магнитоэлектроники в биотехнических системах.
4. Устройства акустоэлектроники в биотехнических системах.
5. Перспективы создания быстродействующих нанотранзисторов.
6. Наносенсоры на основе одноэлектронных транзисторов.
7. Химически чувствительные полевые транзисторы и биосенсоры на их основе.
8. Приборы политроники в биотехнических системах.
9. Полимерные наноструктуры для гибких экранов.
10. Приборы квантовой электроники на структурах с квантовыми точками.
11. Устройства на фотонных кристаллах.
12. Устройства магнитонаноэлектроники.
13. Основные направления криоэлектроники.
14. Перспективы развития спинтроники.
15. Биоэлектроника в создании интегрированных биотехнических и медицинских систем.
16. Базовые логические элементы из бактерий и ДНК.
17. Молекулярная электроника в создании интегрированных биотехнических и медицинских систем.
18. Основные направления функциональной наноэлектроники.
19. Элементы и устройства одноэлектроники.
20. По выбору студента

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. Старосельский, В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники. Учебное пособие для вузов/ В.И. Старосельский М.: Издательство Юрайт, 2015. - 467 с	2015		https://bookree.org/reader?file=716104

<p>2. Физика. Введение в твердотельную электронику [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.Г. Захаров [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018.— 107 с.</p>	<p>2018</p>		<p>https://inep.sfedu.ru/wp-content/uploads/2015/04/24/</p> <p>https://avidreaders.ru/read-book/fizika-vvedenie-v-tverdotelnyuyu-elektroniku.html</p>
<p>3. Бурбаева, Н.В. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс] / Бурбаева Н.В., Днепровская Т.С. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 312 с. - ISBN 978-5-9221-1379-3</p>	<p>2012</p>		<p>https://www.studentlibrary.ru/ru/doc/ISBN9785922113793-SCN0000/000.html</p>
<p>4. Зебрев Г.И. Физические основы кремниевой наноэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Зебрев Г.И.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Лаборатория знаний, 2019.— 241 с</p>	<p>2019</p>		<p>https://obuchalka.org/2017102597034/fizicheskie-osnovy-kremnievoi-nanoelektroniki-zebrev-g-i-2011.html</p> <p>https://bookree.org/reader?file=1427836</p>
<p>5. Основы нано- и функциональной электроники/ Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов, — М.: Лань, 2013. — 320 с. - ISBN: 978-5-8114-1378-2</p>	<p>2013</p>		<p>https://knigifb2.org/obychenie/7174-yua-smirnov-i-drosvnovy-nano-i-funkcionalnoy-elektroniki-2013-pdf.html</p>
<p>Дополнительная литература</p>			
<p>1. Авдеев С.П. Краткий обзор теории полупроводниковых структур [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Авдеев С.П.— Электрон. текстовые данные.— Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018.— 118 с.</p>	<p>2018</p>		<p>https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927527212.htm</p> <p style="text-align: center;">1</p>
<p>2. Воротынцев В.М., Базовые технологии микро- и наноэлектроники / Воротынцев В. М., Скупов В. Д. - М. : Проспект, 2017. - 520</p>	<p>2017</p>		<p>http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976519633.htm</p> <p style="text-align: center;">1.</p>

с. - ISBN 978-5-392-25297-8. -			
3 Кондрашин А.А., Современные технологии изготовления трехмерных электронных устройств : Учеб. пособие / Кондрашин А.А., Лямин А.Н., Слепцов В.В. Изд-е 2-е, испр. и доп. - М. : Техносфера, 2019. - 210 с. - ISBN 978-5-94836-504-6.	2019		https://www.technosphera.ru/files/book_pdf/0/book_536_155.pdf
4. Игнатов, А.Н. Нанoeлектроника. Состояние и перспективы развития : учеб. пособие / А.Н. Игнатов. — 2-е изд., стер. — Москва: ФЛИНТА, 2017. — 360 с. - ISBN 978-5-9765-1619-9.	2017		http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=462120

7.2. Периодические издания

1. Журнал «Известия вузов: электроника» (Электронная библиотека ВлГУ).
2. Журнал «Нано - и микросистемная техника» (Библиотека ВлГУ).
3. Журнал «Микроэлектроника».
4. Журнал «Физика и техника полупроводников».
5. Журнал «Журнал технической физики»

7.3. Интернет-ресурсы


1. <https://vlsu.bibliotech.ru> Электронно-библиотечная система «Библиотех».
2. www.studentlibrary.ru Электронно-библиотечная система «Консультант студента».
3. www.e.lanbook.com Электронно-библиотечная система «Лань».
4. www.ZNANIUM.COM Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM».
5. www.iprbookshop.ru Научно-образовательный ресурс ЭБС «IPRbooks».
6. www.academia-moscow.ru Электронно-библиотечная система «Академия».
7. www.bibliorossica.com Электронно-библиотечная система «БиблиоРоссика».
8. www.biblioclub.ru Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн».
9. www.normacs.ru Информационно-справочная система NORMA CS.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Лабораторные работы проводятся в компьютерном классе 330-3 и лаборатории 328-3, оборудованной стендами для выполнения экспериментальных работ.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения: MS Office.

Рабочую программу составила Фролова Т.Н. Фролова

Рецензент,
начальник отдела медицинской физики,
информатики и дозиметрии ГБУЗ ВО "ОКОД"
к.т.н., Чирков К. В. 

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры "Биомедицинские и электронные системы и технологии"

Протокол № 1 от 30.08 2019 года

Заведующий кафедрой Сушкова Л.Т. 

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 12.03.04 "Биотехнические системы и технологии"

Протокол № 1 от 30.08 2019 года

Председатель комиссии Сушкова Л.Т. 