

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Дагестанский государственный университет»
Факультет информатики и информационных технологий

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физические основы микроэлектроники

Кафедра информатики и информационных технологий

Образовательная программа
09.04.02- Информационные системы и технологии

Профиль подготовки:
Информационные системы и технологии

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Статус дисциплины: вариативная

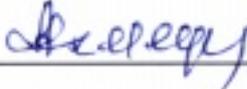
Махачкала - 2018

Рабочая программа дисциплины " Физические основы микроэлектроники " составлена в 2018 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 09.04.02 Информационные системы и технологии (уровень: магистратура) от 30.10.2014 г. №1402

Разработчик(и): кафедра ИиИТ Мустафаев А.Г.

Рабочая программа дисциплины одобрена:

На заседании кафедры ИиИТ от « 2 » 07 2018г., протокол № 12

Зав. Кафедрой  Ахмедов С.А.

(подпись)

На заседании Методической комиссии факультета ИиИТ

от « 3 » июля 2018г., протокол № 10.

Председатель  Камиллов К.Б.

(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно – методическим

управлением « 09 » 07 2018г. 
(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физические основы микроэлектроники» входит в вариативную часть ООП по направлению подготовки 09.04.02 Информационные системы и технологии, и является дисциплиной по выбору.

В процессе обучения студенты знакомятся с основными физическими процессами и явлениями, определяющими принципы конструирования, производства и эксплуатации микроэлектронной аппаратуры с высокими показателями качества.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: ПК-7 способностью осуществлять сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; ПК-12 способностью проводить анализ результатов проведения экспериментов, осуществлять выбор оптимальных решений, подготавливать и оставлять обзоры, отчеты и научные публикации; ПК-16 готовностью воспроизводить знания для практической реализации новшеств.

Объем дисциплины 2 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семестр	Учебные занятия					Форма промежуточной аттестации
	в том числе					
	Контактная работа обучающихся с преподавателем				СРС, в том числе экзамен	
	Всего	из них				
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия			
2	72	4	8		60	зачет

1. Цели дисциплины

Целями освоения дисциплины являются: формирование систематических знаний о явлениях и процессах в полупроводниках, используемых при разработке приборов твердотельной электроники; формирование представлений о достаточно сложных процессах в различных рода контактах, являющихся основой практически всех приборов современной микроэлектроники; ознакомление студентов с физическими процессами, происходящими в различных твердотельных приборах дискретного и интегрального исполнения.

Задачи дисциплины:

-изучение основных физических процессов в полупроводниках и полупроводниковых устройствах (элементах микросхем);

-приобретение навыков измерения и анализа параметров полупроводниковых материалов и элементов микросхем;

-изучение физических процессов, с которыми связаны перспективы развития микроэлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физические основы микроэлектроники» входит в вариативную часть ООП по направлению подготовки 09.04.02 Информационные системы и технологии, и является дисциплиной по выбору. Данная дисциплина изучается студентами в 2 семестре.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен

- Знать фундаментальные физические закономерности, определяющие свойства полупроводников; физические процессы в различных контактных системах, являющихся основой твердотельной и микроэлектроники; физические основы твердотельной и микроэлектроники: принципы действия основных приборов – биполярных и полевых транзисторов, тиристоров, СВЧ-диодов, их параметры и их конструктивные особенности дискретного и интегрального исполнения.

- Уметь проводить оценочные расчеты физических характеристик полупроводниковых материалов; применять полученные знания при теоретическом анализе и компьютерном моделировании устройств микроэлектроники.

- Иметь представление о современном состоянии и методах исследований в области физики полупроводников; владеть информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств твердотельной и микроэлектроники; методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов твердотельной электроники; информацией об областях применения и перспективах развития приборов.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов

следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ПК-7	способностью осуществлять сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные нормативные акты в области образовательной деятельности в части квалификационной аттестации на разных уровнях образования и их взаимосвязь с профессиональными стандартами в сфере промышленного производства; -знать способы приобретения с помощью информационных технологий и использования в практической деятельности новые знания и умения; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить анализ результатов обработки информации; - самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - информационными технологиями приобретения новых знаний и умений; - методами анализа результатов обработки информации.
ПК-12	способностью проводить анализ результатов проведения экспериментов, осуществлять выбор оптимальных решений, подготавливать и оставлять обзоры, отчеты и научные публикации	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - статистические методы обработки экспериментальных данных, включая методы корреляционного, регрессионного, дискриминантного и кластерного анализа, а также методы проверки гипотез; - технологии анализа результатов проектирования и разработки информационно-аналитических систем, а также выбора наиболее оптимальных решений с учетом данного анализа; - методику (критерии и процедуру) выбора информационных технологий для поддержки процессов управления и проектирования; - основные методы выбора оптимальных решений, подготовки и составления обзоров, отчетов и научных публикаций; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить анализ результатов проведения

		<p>экспериментов с помощью методов корреляционного, регрессионного, дискриминантного и кластерного анализа; - осуществлять выбор оптимальных решений с помощью методов проверки гипотез, подготавливать и составлять обзоры, отчеты и научные публикации; - проводить эксперименты и анализировать результаты их проведения; - сравнивать и выбирать информационные технологии для решения задач управления и проектирования;</p> <p>Владеть:</p> <p>- процедурами корреляционного, регрессионного, дискриминантного и кластерного анализа результатов проведения экспериментов; - технологиями подготовки отчетов, составления обзоров, навыками формирования научных публикаций; - способностью осуществлять выбор оптимальных решений, подготавливать и составлять обзоры, отчеты и научные публикации; - процедурами выбора оптимальных решений с использованием информационных технологий</p>
ПК-16	готовностью воспроизводить знания для практической реализации новшеств	<p>Знать:</p> <p>- основные технологические процессы и физические основы технологических процессов микроэлектроники;</p> <p>Уметь:</p> <p>- применять полученные знания при разработке и проектировании изделий микроэлектроники;</p> <p>Владеть:</p> <p>- навыками практического применения методов исследования материалов электронной техники</p>

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часа. Лекции – 4 часов, лабораторные занятия – 8 часов, самостоятельная работа - 60 часов.

4.2. Структура дисциплины

Наименование разделов	Разделы дисциплины	Трудоемкость освоения раздела дисциплины, час

	семестр	Неделя семестра	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
Модуль 1.						
Физико-химические основы процессов нанесения вещества на поверхность твердой фаза подложки.	2	1-5	2		4	30
Итого за модуль			2		4	30
Модуль 2.						
Физико-химические основы процессов удаление вещества с поверхности твердой фаза подложки.	2	6-8	1		2	15
Физико-химические основы процессов фотолитографии и процессов легирования	2	9-12	1		2	15
Итого за модуль			2		4	30
Итого по дисциплине		72	4		8	60

4.3. Содержание дисциплины

Модуль 1.

Тема 1. Классификация физико-химических процессов технологии микроэлектроники. Процессы нанесения, удаления и перераспределения примесей между внешней средой и твердой фазой. Геометрический, структурный и химический фактории. Физико-химический критерий в технологических процессах микроэлектроники.

Тема 2. Физико-химические основы процессов нанесения вещества на поверхность твердой фаза - подложки. Теоретические основы процессов нанесения вещества на поверхность твердой фазы. Существующие представления о механизмах зарядообразования и роста новой фазы. Физико-химические основы эпитаксиальной технологии. Получение тонких пленок методом газофазной эпитаксии и методами физической конденсации.

Модуль 2.

Тема 3. Физико-химические основы процессов удаление вещества с поверхности твердой фаза - подложки. Процессы механического удаления вещества. Технологические особенности процессов резания полупроводниковых материалов. Удаление загрязнений с поверхности подложки. Процессы химического удаления кремния и германия с поверхности твердой фазы. Локальное и локально-анизотропное травление

полупроводников. Вакуум термическое удаление вещества с поверхности твердой фазы.

Тема 4. Физико-химические основы процессов фотолитографии и процессов легирования. Физико-химические основы фотолитографии. Основные параметры фоторезисторов. Технология фотолитографического процесса. Проекционная и сканирующая. Механизмы диффузии легирующих элементов в кремнии. Математическое описание диффузионных процессов, используемых в технологии производства полупроводниковых приборов. Коэффициент диффузии и его взаимосвязь с условиями проведения процессов.

Тема 6. Оборудование и приборы для проведения технических процессов изготовления микросхем. Устройство и принцип работы установки для фотолитографии. Методика нанесения фоторезиста на поверхность полупроводниковой пластины. Интеграция физико-химических процессов технологии микроэлектроники.

4.4 ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Темы лабораторных занятий	Время на выполнение работы, ч
Модуль 1		
1.	Получение воды высокой степени чистоты.	2
2.	Получение тонких пленок методом вакуум-термического испарения и конденсации.	2
Модуль 2		
3.	Электроннографическое исследование тонких слоев.	2
4.	Изучение свойств структур металл-диэлектрик-полупроводник	2
Итого		8

5. Образовательные технологии

В аудитории проводятся лекции и лабораторные занятия. Лекционные занятия освещают концептуальные и теоретические вопросы. На них обучаемым предлагается базовый материал курса. Лекционные занятия проводятся с применением мультимедийных средств. Лабораторные занятия проводятся с целью практического закрепления лекционного материала.

Самостоятельная работа выполняется студентами по предлагаемым темам, в том числе выбранным для самостоятельного изучения. Некоторые из них докладываются с последующим обсуждением студентами. Коллоквиумы проводятся с целью закрепления лекционного материала и контроля знаний обучающихся. Консультации проводятся в форме ответов на вопросы студентов и обсуждений.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Виды самостоятельной работы студентов, обеспечивающие реализацию цели и решение задач данной рабочей программы:

- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка и сдача экзамена;
- конспектирование первоисточников.

Самостоятельная работа студентов включает следующие компоненты:

№ п/п	Наименование работы	Форма контроля
1	Проработка лекционного материала	Экзамен
2	Подготовка к лабораторным работам	Допуск к каждой лабораторной работе и защита отчета.
3	Подготовка к практическим занятиям	Устный опрос
4	Подготовка к модульным контрольным работам	Проверка работ, оценка качества выполненных работ

Темы для самостоятельного изучения студентами:

1. Зонная структура твердых тел
2. Статистика электронов и дырок в полупроводниках
3. Электропроводность металлов и полупроводников
4. Генерация и рекомбинация носителей заряда
5. Диффузия и дрейф носителей заряда в полупроводниках
6. Контактные явления

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения и навыки	Процедура освоения
ПК-7	способностью осуществлять сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	- лекция, дискуссия - отчеты к практическим занятиям - тесты - ситуационные задачи – лабораторный практикум
ПК-12	способностью проводить анализ результатов проведения экспериментов, осуществлять выбор оптимальных решений, подготавливать и оставлять обзоры, отчеты и научные публикации	- лекция, дискуссия - отчеты к практическим занятиям - тесты - ситуационные задачи – лабораторный практикум
ПК-16	готовностью воспроизводить знания для практической реализации новшеств	- лекция, дискуссия - отчеты к практическим занятиям - тесты - ситуационные задачи – лабораторный практикум

7.2. Типовые контрольные задания.

Примерные тестовые вопросы:

- 1 Ширина запрещенной зоны больше в каких материалах:
 - a) проводниках;
 - b) полупроводниках;
 - c) диэлектриках

- 2 Образование свободных электронов и дырок при воздействии квантов света называется:
 - a) излучательной рекомбинацией;
 - b) межзонной рекомбинацией;
 - c) световой генерацией;
 - d) тепловой генерацией

- 3 Где располагаются уровни глубокой примесей на энергетической диаграмме:
 - a) вблизи дна зоны проводимости;
 - b) вблизи середины запрещенной зоны;
 - c) вблизи потолка валентной зоны

- 4 Где располагается уровень Ферми на энергетической диаграмме невырожденного полупроводника n-типа при комнатной температуре?
 - a) выше донорных уровней;
 - b) выше середины запрещенной зоны, но ниже донорных уровней;
 - c) ниже середины запрещенной зоны, но выше акцепторных уровней;
 - d) ниже акцепторных уровней

- 5 Где располагается уровень Ферми на энергетической диаграмме невырожденного полупроводника p-типа при температуре, близкой к температуре собственной проводимости?
 - a) выше донорных уровней;
 - b) выше середины запрещенной зоны, но ниже донорных уровней;
 - c) ниже середины запрещенной зоны, но выше акцепторных уровней;
 - d) ниже акцепторных уровней

- 6 Где располагается уровень Ферми на энергетической диаграмме вырожденного полупроводника n-типа, если известно, что еще не все примеси ионизованы?
 - a) в разрешенной зоне;
 - b) выше середины запрещенной зоны, но ниже примесной зоны;
 - c) вблизи середины запрещенной зоны;
 - d) ниже середины запрещенной зоны, но выше примесной зоны

- 7 Где располагается уровень Ферми на энергетической диаграмме вырожденного полупроводника p-типа, если известно, что процесс собственной проводимости уже начался?
 - a) в разрешенной зоне;
 - b) выше середины запрещенной зоны, но ниже примесной зоны;
 - c) вблизи середины запрещенной зоны;
 - d) ниже середины запрещенной зоны, но выше примесной зоны

- 8 Носителями заряда в полупроводниках являются (несколько ответов):
 - a) свободные электроны в зоне проводимости;
 - b) валентные электроны в зоне валентности;
 - c) дырки в зоне проводимости;

- d) дырки в валентной зоне
- 9 Основные носители заряда в легированном полупроводнике, если $N_A > N_D$:
- электроны;
 - дырки;
 - электроны и дырки;
 - электроны и ионы примесей
- 10 Движение носителей заряда из-за градиента концентрации:
- генерация;
 - рекомбинация;
 - диффузия;
 - дрейф
- 11 Удельное сопротивление в полупроводниках с повышением температуры:
- растет;
 - падает;
 - растет с ростом прямого напряжения;
 - падает с ростом прямого напряжения.
- 12 Основная причина такой зависимости заключается в:
- изменении средней тепловой скорости носителей;
 - изменении концентрации носителей заряда;
 - изменении подвижности носителей заряда;
 - изменении длины свободного пробега носителей заряда
- 13 Вид связи в кристалле кремния:
- ионная;
 - ковалентная;
 - металлическая;
 - молекулярная
- 14 Элементарная кристаллическая решетка кремния:
- кубическая объемно-центрированная;
 - кубическая гранецентрированная;
 - гексагональная;
 - кубическая алмазная.
- 15 Основная причина образования неосновных носителей заряда:
- излучательная рекомбинация;
 - межзонная рекомбинация;
 - световая генерация;
 - тепловая генерация
- 16 Где процесс рекомбинации идет более интенсивно:
- в чистом полупроводнике;
 - в полупроводнике с участием пустых ловушек;
 - в полупроводнике с участием заполненных электронами ловушек;
 - на поверхности полупроводника

Примерные темы рефератов:

1. Зонная теория кристаллов и статистика равновесных и неравновесных носителей заряда в кристаллах.
2. Проводимость кристаллических тел.
3. Контакт металл-полупроводник.
4. Физические процессы в р-п-переходе.
5. Биполярные транзисторы.
6. Полевые транзисторы.
7. Фотоэлектрические приборы.
8. СВЧ-генераторные диоды.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Процессы нанесения, удаления и перераспределения примесей между внешней средой и твердой фазой.
2. Геометрический, структурный и химический факторы.
3. Физико-химический критерий в технологических процессах микроэлектроники.
4. Теоретические основы процессов нанесения вещества на поверхность твердой фазы.
5. Существующие представления о механизмах зародообразования и роста новой фазы.
6. Физико-химические основы эпитаксиальной технологии.
7. Получение тонких пленок методом газофазной эпитаксии и методами физической конденсации.
8. Процессы механического удаления вещества.
9. Технологические особенности процессов резания полупроводниковых материалов.
10. Удаление загрязнений с поверхности подложки. Процессы химического удаления кремния и германия с поверхности твердой фазы.
11. Локальное и локально-анизотропное травление полупроводников.
12. Вакуум термическое удаление вещества с поверхности твердой фазы.
13. Механизмы диффузии легирующих элементов в кремнии.
14. Математическое описание диффузионных процессов, используемых в технологии производства полупроводниковых приборов.
15. Коэффициент диффузии и его взаимосвязь с условиями проведения процессов.
16. Физико-химические основы фотолитографии.
17. Основные параметры фоторезисторов.
18. Технология фотолитографического процесса. Проекционная и сканирующая.
19. Устройство и принцип работы установки для фотолитографии.
20. Методика нанесения фоторезиста на поверхность полупроводниковой пластины.
21. Интеграция физико-химических процессов технологии микроэлектроники

22. Изделия, составляющие элементную базу электронных средств различного назначения. Электроника и микроэлектроника Основные этапы, тенденции и направления развития.
23. Основы зонной теории. Зонная структура металлов, полупроводников и диэлектриков. Носители заряда - электроны и дырки.
24. Контакт металл- полупроводник. Электронно-дырочный переход, его свойства. Контактная разность потенциалов. Граница полупроводник-диэлектрик.
25. P-n переход в состоянии равновесия. Контакт между полупроводниками одного типа проводимости. Емкости p-n перехода.
26. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) p-n перехода. Особенности ВАХ реального диода.
27. Биполярный транзистор (БТ). Принцип работы. Режимы работы, статические параметры, схемы включения БТ. Модель Эберса-Молла. Статические ВАХ в схемах включения БТ с общей базой и общим эмиттером. Работа БТ в импульсном режиме.
28. МДП-транзисторы. Принцип действия. Статические параметры и ВАХ.
29. Полевые транзисторы с управляющим p-n переходом (ПТУП). Принцип действия. Статические параметры и ВАХ.
30. Основные типы оптоэлектронных приборов. Электролюминесценция. Светодиоды. Фотодетекторы и фоторезисторы. Индикаторные устройства.
31. Классификация ИС по плотности упаковки, назначению и технологии. Области их применения.
32. Получение и очистка кремния. Выращивание кристаллов по методу Чохральского.
33. Механическая обработка п/п материалов. Резка, шлифовка, полировка, скрайбирование. Технологические процессы подготовки подложек. Оборудование и материалы для очистки подложек. Методы измерений и контроля.
34. Литография. Фотошаблоны. Фоторезисты. Контактная и проекционная фотолитография. Электронно-лучевая и рентгеновская литография.
35. Диффузия. Методы диффузии. Уравнение Фика. Методы измерения основных параметров диффузионных слоев. Дефекты диффузионных слоев.
36. Эпитаксия. Методы и оборудование для выращивания эпитаксиальных слоев.
37. Биполярная технология. Физическая структура биполярного транзистора. Другие элементы биполярной ИС. Основные параметры транзистора.
38. КМОП технология. Физическая структура КМОП транзистора. Основные параметры КМОП транзисторов.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Программой дисциплины в целях проверки прочности усвоения материала предусматривается проведение различных форм контроля:

1. «Входной» контроль определяет степень сформированности знаний, умений и навыков обучающегося, необходимым для освоения дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин.
2. Тематический контроль определяет степень усвоения обучающимися каждого раздела (темы в целом), их способности связать учебный материал с уже усвоенными знаниями, проследить развитие, усложнение явлений, понятий, основных идей.
3. Межсессионная аттестация–рейтинговый контроль знаний студентов, проводимый в середине семестра.
4. Рубежной формой контроля является зачет. Изучение дисциплины завершается зачетом, проводимым в виде письменного опроса с учетом текущего рейтинга.

Рейтинговая оценка знаний студентов проводится по следующим критериям:

Вид оцениваемой учебной работы студента	Баллы за единицу работы	Максимальное значение
Посещение всех лекции	макс. 5 баллов	5
Присутствие на всех практических занятиях	макс. 5 баллов	5
Оценивание работы на семинарских, практических, лабораторных занятиях	макс. 10 баллов	10
Самостоятельная работа	макс. 40 баллов	40
Итого		60

Неявка студента на промежуточный контроль в установленный срок без уважительной причины оценивается нулевым баллом. Повторная сдача в течение семестра не разрешается.

Дополнительные дни отчетности для студентов, пропустивших контрольную работу по уважительной причине, подтвержденной документально, устанавливаются преподавателем дополнительно.

Лабораторные работы, пропущенные без уважительной причины, должны быть отработаны до следующей контрольной точки, если сдаются позже, то оцениваются в 1 балл.

Знания, умения, навыки и опыт деятельности оцениваются по балльной системе на основе результатов тестирования, решения контрольных задач, участия в обсуждениях, представления рефератов. Оценки определяются с учётом индивидуальных особенностей студентов с максимально соблюдаемой объективностью вне зависимости от каких-либо внешних факторов (давления со стороны руководства, просьб и попыток подкупа).

Оценивание знаний и умений производится в 5-балльной системе в

соответствии с оценочной шкалой разд. 7.2. Оценке "удовлетворительно" - 3 балла, оценке "хорошо" - 4 балла, оценке "отлично" - 5 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература

а) основная литература:

1. Воронов В.К., Подоплелов А.В., Сагдеев Р.З. ФИЗИКА НА ПЕРЕЛОМЕ ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ: Физические основы нанотехнологий. Кн.3. Изд.стереотип. URSS. 2016. 432 с.

2. Рыжонков Д.И. Лёвина В.В., Дзидзигури Э. Наноматериалы. Изд.2. 2014. 365 с.

3. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии. Учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2016. 431 с.

б) дополнительная литература:

1. Зи С. "Физика полупроводниковых приборов".- М., Мир, 1984, 1 том (450 с.), 2 том (450 с.).

2. Елифанов Г. И., Мома Ю. А. "Физические основы конструирования и технологии РЭА и ЭВА": Учебное пособие для вузов. – М.: Сов. Радио, 1979.- 352 с.

3. Елифанов Г. И., Мома Ю. А. "Твердотельная микроэлектроника". – М. Высшая школа, 1986.- 304 с.

4. Чистяков Ю. Д., Райнова Ю. П. "Физические основы технологии микроэлектроники". -М.: Металлургия, 1979.- 408 с.

5. Сугано Т., Икома Т. "Введение в микроэлектронику".- М:Мир, 1988.- 320 с.

6. Орешкин П. Г. "Физика полупроводников и диэлектриков".- М.: ВШ, 1977.- 448 с.

7. Ефимов И. Е., Козырь И. Я., Горбунов Ю. И. "Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность": Учебное пособие для вузов – М. ВШ, 1986. - 464 с.

8. Шалимова К. В. "Физика полупроводников".- М.: Энергоатомиздат, 1985.-392 с.

9. Электронные образовательные ресурсы:

1. eLIBRARY.RU[Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. — Москва, 1999 – . Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 01.09.2018). – Яз. рус., англ.

2. Moodle[Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/>(датаобращения: 22.08.2018).

3. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах литературы, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный (дата обращения: 21.09.2018).

1. Физические основы микроэлектроники [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/761/21761/files/popov2.pdf>

2. Физические основы микроэлектроники [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://iu4.ru/edu/211001/sem06/fom/fom_lect.pdf

10. Методические указания по освоению дисциплины

Учебная работа студента предполагает регулярное ведение рабочих тетрадей: конспект лекций, конспект самостоятельной работы с учебной литературой, словарь терминов (глоссарий). Темы для самостоятельного изучения соответствуют учебному плану и предполагают более углубленную работу с учебной литературой. Самостоятельная работа студентов должна способствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике. Задания для самостоятельной работы составляются по темам, по которым не предусмотрены аудиторские занятия. Задания по самостоятельной работе оформлены в виде вопросов с указанием конкретного вида самостоятельной работы:

- конспектирование первоисточников и другой учебной литературы
- работа с учебной и научной литературой
- подготовка докладов к участию в тематических дискуссиях
- поиск и обзор научных публикаций, заключение по обзору
- выполнение контрольных работ, написание рефератов, эссе
- моделирование и анализ конкретных проблемных ситуаций

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для успешного освоения дисциплины, обучающийся использует следующие программные средства:

пакеты ПО общего назначения:
программы-оболочки,
текстовые редакторы;
специализированное

- Пакет Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint ит.д.);
- Федеральный портал «Российское образование» - www.edu.ru;
- Браузер (Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera, Safari, Internet Explorer).

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Реализация учебной дисциплины требует наличия типовой учебной аудитории с возможностью подключения технических средств:

а) Мультимедийная аудитория - для лекций; б) Компьютерный класс, оборудованный для проведения практических работ средствами оргтехники, персональными компьютерами, объединенными в сеть с выходом в Интернет – для практических занятий.

Для проведения лекционных занятий требуется аудитория на курс, оборудованная интерактивной доской, мультимедийным проектором с экраном. Для проведения лабораторных занятий требуется лаборатория оснащенная технологическим, аналитическим и измерительным оборудованием, позволяющим исследовать процессы формирования полупроводниковых структур и измерять их характеристики.