МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«Национальный исследовательский Нижегородский государственный**

**университет им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

Кафедра физики полупроводников и оптоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.И. МАЛЫШЕВ

"\_\_\_\_\_"\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2018 г.

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| **Физические основы микроэлектроники**  |

Уровень высшего образования

бакалавриат

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль): твердотельная электроника и наноэлектроника

Квалификация (степень): бакалавр

Форма обучения: очная

Нижний Новгород, 2018 год

Набор 2018 года

1. **Место и цели дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина «Физические основы микроэлектроники» относится к обязательным дисциплинам базовой части основной образовательной программы по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника». Для усвоения данного курса студентам необходимы знания по таким модулям и дисциплинам в рамках образовательной программы бакалавра, как модули «Математика» и «Физика» базовой части цикла математических и естественнонаучных дисциплин, курсы «Физика конденсированного состояния» и «Физика полупроводников», «Теоретические основы электро- и радиотехники» и «Схемотехника», относящиеся, соответственно, к базовой и вариативной частям образовательной программы.

«Физические основы микроэлектроники» – естественнонаучная дисциплина, в которой изучаются физические процессы в твердом теле, определяющие технологию изготовления, принцип действия, свойства, характеристики и параметры различных приборов и устройств полупроводниковой электроники в интегральном исполнении.

Целями освоения дисциплины «Физические основы микроэлектроники, являются:

* изучение физических процессов в твердом теле, определяющих технологию изготовления, принцип действия, свойства, характеристики и параметры приборов и устройств полупроводниковой электроники в интегральном исполнении;
* формирование базовых знаний и навыков, необходимых для разработки, расчета, исследования и использования интегральных схем;
* получение углубленного профессионального образования по проектированию, расчету и модернизации твердотельных интегральных приборов электроники, обеспечивающего возможность быстрого и самостоятельного приобретения новых знаний для успешной профессиональной деятельности в области микро- и наноэлектроники.
1. **Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

* ОПК-7. Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.
* ПК-1. Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники.
* ПК-5. Готовность применять знания о фундаментальных основах технологических процессов получения материалов и компонентов нано- и микросистемной техники и использовать их в производстве.

**Матрица компетенций**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Общекультурные (ОК) | Общепрофессиональные (ОПК) | Профессиональные (ПК) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **+** |  |  | **+** |  |  |  | **+** |

|  |  |
| --- | --- |
| **Формируемые компетенции** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине**  |
| ОПК-7. Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности. | *Знать* технологические и структурно-топологические особенности, основы функционирования, способы подгонки, подходы повышения надежности электронных полупроводниковых приборов в интегральном исполнении для монолитных, гибридных и совмещенных микросхем; знать основы и современные тенденции развития аналоговых и цифровых интегральных схем, классифицированных по типу обрабатываемого сигнала, выполняемым функциям применительно к электронной, измерительной и вычислительной технике и к информационным технологиям.  |
| *Уметь* использовать и учитывать современные тенденции развития интегральной электроники, прогресс в миниатюризации, масштабировании и повышение функциональности интегральных электронных устройств.  |
| *Владеть* опытом использования измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в физике и технологии интегральной электроники. |
| ПК -1. Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники. | *Знать* фундаментальные физические явления, определяющие процессы электропереноса, переключения, функционирование сигнальных цепей основных интегральных приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники. |
| *Уметь* применять фундаментальные представления о физических явлениях и процессах, лежащих в основе действия интегральных схем и устройств.  |
| *Владеть* опытом использования представлений о физических явлениях и процессах, лежащих в основе интегральных приборов, схем и устройств для достижения требуемых функциональных характеристик |
| ПК -5. Готовность применять знания о фундаментальных основах технологических процессов получения материалов и компонентов электроники и наноэлектроники, использовать их в производстве, работать на современном технологическом оборудовании. | *Знать* фундаментальные физико-химические основы процессов получения, масштабирования и технологических обработок полупроводниковых, диэлектрических, металлических и других материалов и приборных структур для создания компонентов электроники и наноэлектроники.  |
| *Уметь*  использовать фундаментальные основы технологических процессов получения кремниевых структур и других материалов, актуальных для электроники и наноэлектроники в производстве. |
| *Владеть*  опытом использования знаний о фундаментальных основах технологических процессах получения материалов и структур как компонентов нано- и микросистемной техники. |

1. **Структура и содержание дисциплины**

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 53 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (26 часов занятия лекционного типа, 26 часов лабораторные работы, 1 час - мероприятия промежуточного контроля), 19 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,** **форма промежуточной аттестации по дисциплине**  | **Всего****(часы)** | **В том числе** |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы** из них | **Самостоятельная работа обучающегося, часы** |
| **Занятия лекционного типа** | **Занятия семинарского типа** | **Занятия лабораторного типа** | **Всего** |
| Общие вопросы, определения и методология микроэлектроники | **2** | **2** | **0** |  | **2** |  |
| Технологические основы микроэлектроники. | **2** | **2** | **0** |  | **2** |  |
| Элементы полупроводниковых ИМС | **22** | **6** | **0** | **10** | **16** | **5** |
| Современные тенденции развития ИМС | **10** | **6** | **0** |  | **6** | **4** |
| Приборы микроэлектроники | **22** | **6** | **0** | **10** | **16** | **6** |
| Элементы функциональной микроэлектроники | **12** | **2** | **0** | **6** | **8** | **4** |
| Надежность полупроводниковых приборов и интегральных микросхем | **2** | **2** | **0** |  | **2** |  |
| **Промежуточная аттестация** Устный опрос, прием допусков и проверка отчетов по результатам выполнения лабораторных работ. **Зачет (**8-й семестр) |
| **Итого**  | **72** | **26** | **0** | **26** | **52** | **19** |

Содержание разделов дисциплины:

1. Введение. Предмет дисциплины и ее задачи. Основные термины интегральной электроники. Степень интеграции. Классификация интегральных схем по конструктивно-технологическому и функциональному признакам. Характерные особенности интегральных схем. Полупроводниковые и гибридные, цифровые и аналоговые ИМС. Основные параметры ИМС.

2. Технологические основы микроэлектроники. Основы планарной технологии. Сущность группового метода. Процессы эпитаксии, формирования диэлектрических покрытий, литографии. Диффузионное и ионное легирование. Химическое, плазмо-химическое травление. Методы изоляции элементов, способы их коммутации. Совмещение. Элементы биполярных ИМС. Особенности структуры и топологии транзисторов в интегральном исполнении: эпитаксиально-планарный и изопланарный. Контакты в интегральных микросхемах.

3. Элементы полупроводниковых ИМС. Интегральные биполярные транзисторы. Модель интегрального биполярного транзистора. Эпитаксиально-планарный транзистор с изоляцией p-n переходом. Транзистор с диэлектрической изоляцией. Транзисторы с комбинированной изоляцией. Многоэмиттерные и многоколлекторные транзисторы. Транзисторы с диодом Шоттки. Транзисторы *p-n-p* типа в интегральных схемах. Полевые транзисторы. Транзисторы металл-диэлектрик-полупроводник. Комплементарные МДП-транзисторы. Структуры "кремний на диэлектрике". Элементы ИМС на основе арсенида галлия. Сравнительная характеристика кремния и арсенида галлия как материалов микроэлектроники. Разновидности интегральных транзисторов на арсениде галлия. Транзисторы с управляющим переходом металл-полупроводник. Гетероструктурный транзистор с управляющим переходом металл-полупроводник. Интегральные диоды. Резисторы, конденсаторы и индуктивные элементы, используемые в полупроводниковых и гибридных интегральных схемах. Стабилизация и подгонка параметров элементов. Основные типы навесных компонентов, техника их монтажа.

4. Современные тенденции развития ИМС. Основные тенденции технологии ИМС. Принципы самосовмещения. Использование поликристаллического кремния. Сверхбыстрые транзисторы. Введение в наноэлектронику. КНИ транзисторы, транзисторы с управляемой проводимостью канала, транзисторы с двойным затвором. Транзисторы на квантово-размерных структурах.

5. Приборы микроэлектроники. Схемотехника цифровых интегральных схем, основные характеристики логического элемента. Транзисторная логика с непосредственными связями (ТЛНС). Биполярный ключ. Диодно-транзисторная логика. Элементы транзистор-транзисторной логики. Интегральная инжекционная логика И2Л. ТЛЭС (транзисторная логика на эмиттерной связи). МОП-транзисторная логика. Оперативные запоминающие устройства. Запоминающая ячейка. Запоминающая ячейка на биполярных и на МДП-транзисторах. Программируемые записывающие устройства. Приборы с зарядовой связью. Основы аналоговой схемотехники. Элементарная усилительная ячейка. Дифференциальный усилитель. Операционный усилитель. Основные параметры.

6. Элементы функциональной микроэлектроники. Задачи и принципы функциональной микроэлектроники. Физическая интеграция. Основные направления функциональной микроэлектроники. Элементы оптоэлектроники. Характеристика и особенности оптической связи. Оптоэлектронные ИМС и фотоника. Принципы построения запоминающих и логических элементов на основе магниторезистивных элементов.

7. Сведения по надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Основные положения и понятия теории надежности. Показатели надежности. Постепенные и катастрофические отказы. Причины отказов полупроводниковых приборов и ИМС. Надежность элементов ИМС в целом. Пути повышения качества и надежности ИМС.

**Лабораторный практикум**

Практическая часть курса построена в виде лабораторного практикума, позволяющего привить практические навыки работы по изучению элементов топологий и структур, параметров функционирования, принципов построения обработки сигналов и отдельных схемотехнических решений аналоговых и цифровых интегральных схем. Практикум включает следующие лабораторные работы:

1. Интегральные КМОП-микросхемы.
2. Интегральные микросхемы транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ).
3. Интегральный операционный усилитель (ОУ).
4. Биполярный транзисторный ключ

**4. Образовательные технологии**

 Занятия по дисциплине проводят в лекционной форме, в форме лабораторных занятий, а также в форме самостоятельной работы студентов. На лекциях студенты знакомятся с основными физическим и технологическими принципами и подходами создания и функционирования основных типов цифровых и аналоговых микросхем. В ходе лабораторных занятий студенты приобретают практические навыки работы по изучению элементов топологий и структур, параметров функционирования, принципов построения обработки сигналов и отдельных схемотехнических решений аналоговых и цифровых интегральных схем с применением современного лабораторного оборудования. Самостоятельная работа студентов должна заключаться в изучении лекционного материала, в решении задач, в подготовке допусков и отчетов по лабораторным работам.

**5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов включает в себя активное изучение лекционного материала вместе с соответствующими разделами учебных пособий и описаний лабораторных работ. Оценочными средствами для контроля текущей успеваемости являются текущие оценки в ходе регулярной для каждой группы студентов работы на лабораторных занятиях и индивидуальную оценку в процессе и по завершению выполнения цикла лабораторных работ. Итоговая аттестация проводится в форме **зачета**, включающего в себя проверку знаний теоретических основ, указанных в разделе «Содержание дисциплины», и зачет по итогам практического выполнения лабораторных работ.

Вопросы зачета:

1. Основные термины интегральной электроники. Актуальность планарной технологии при создании ИМС.
2. Элементы и компоненты ИМС. Классы ИМС по технологическому принципу. Характерные особенности интегральных схем.
3. Классификация интегральных схем по степени интеграции. Параметры, определяющие стоимость ИМС
4. Разновидности ИМС по типу изоляции. Основные методы изоляции элементов биполярных ИМС.
5. Интегральные биполярные транзисторы. Модель интегрального биполярного транзистора.
6. Интегральный эпитаксиально-планарный транзистор с изоляцией *p-n* переходом. Транзисторы с диэлектрической изоляцией.
7. Интегральные транзисторы с комбинированной изоляцией. Многоэмиттерные транзисторы.
8. Транзисторы с диодом Шоттки. Транзисторы *p-n-p* типа в интегральных схемах.
9. Интегральные полевые транзисторы.
10. Интегральный транзисторы металл-диэлектрик-полупроводник.
11. Комплементарные МДП-транзисторы. Транзисторы с управляющим переходом металл-полупроводник.
12. Гетероструктурный транзистор с управляющим переходом металл-полупроводник.
13. Интегральные диоды.
14. Резисторы, используемые в интегральных схемах.
15. Конденсаторы и индуктивные элементы, используемые в интегральных схемах.
16. Схемотехника цифровых интегральных схем, основные характеристики логического элемента.
17. Транзисторная логика с непосредственными связями (ТЛНС).
18. Интегральная диодно-транзисторная логика.
19. Элементы транзистор-транзисторной логики.
20. Интегральная инжекционная логика И2Л.
21. Транзисторная логика на эмиттерной связи (ТЛЭС).
22. Интегральная МОП-транзисторная логика.
23. Оперативные запоминающие устройства. Запоминающая ячейка.
24. Запоминающая ячейка на биполярных и на МДП-транзисторах.
25. Программируемые записывающие устройства. Приборы с зарядовой связью.
26. Основные тенденции современной технологии ИМС (самосовмещение, использование поликремния, субмикронные КМОП и т.д.)
27. Особенности технологии КНС КМОП транзисторов.
28. Основные элементы SIMOX-технологии.
29. Принципы технологии разделения и соединения пластин как КНИ-подход.
30. Основные моменты SMART- техпроцесса.
31. Принципы ELTRAN-технологического процесса
32. Введение в наноэлектронику. КНИ транзисторы, транзисторы с управляемой проводимостью канала, транзисторы с двойным затвором.
33. Транзисторы на квантово-размерных структурах.
34. Основы аналоговой схемотехники.
35. Элементарная усилительная ячейка. Дифференциальный усилитель.
36. Операционный усилитель. Основные параметры.
37. Задачи и принципы функциональной микроэлектроники. Физическая интеграция.
38. Элементы оптоэлектроники. Характеристика и особенности оптической связи.
39. Разновидности оптронов, их структуры и основные свойства.
40. Оптоэлектронные ИМС и интегральная оптика.
41. Достижения и перспективы кремниевой интегральной фотоники.
42. Устройства микромеханики МЭМС- устройств
43. 2D- и 3D- МЭМС микрозеркала в гибридных системах телекома.
44. Принципы устройства и параметры МЭМС-светофильтров в оптических и оптоэлектронных приложениях.
45. Магниторезистивные элементы. Принципы построения запоминающих и логических элементов на основе магниторезистивных элементов
46. Качество и надежность интегральных схем.

Методическое обеспечение:

* 1. Биполярный транзисторный ключ: практикум/ Сост. Н.В. Федосеева.– Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2008. – 16с.
	2. Ключ на биполярном транзисторе с резистивной нагрузкой/ Сост. В.Н. Шабанов.– Горький: ГГУ им. Н.И. Лобачевского, 1987. – 13 с.
	3. Изучение операционного усилителя и схем на его основе с использованием виртуальных приборов LABVIEW/ Сост. В.В. Сдобняков, В.В. Карзанов, М.Г. Белянина, Л.С. Бовкун. Практикум.– - Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2012.– 45с.
	4. микросхемы кмом и ТТЛ: практикум/ Сост. В.В. Сдобняков, В.В. Карзанов, Р.Р. Якубов, М.Г. Белянина, Г.В. Вазенмиллер – Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2015. – 45 с.

**6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина «**Физические основы микроэлектроники**».

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  Номеркомпетенции по ОПОП | Характеристика компетенции | Составляющие компетенции |
| Знания | Умения и навыки | Владение опытом и личностная готовность к профессиональному совершенствованию |
| ОПК-7 | Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности. | З1. Знать технологические и структурно-топологические особенности, основы функционирования, способы подгонки, подходы повышения надежности электронных полупроводниковых приборов в интегральном исполнении для монолитных, гибридных и совмещенных микросхем; знать основы и современные тенденции развития аналоговых и цифровых интегральных схем, классифицированных по типу обрабатываемого сигнала, выполняемым функциям применительно к электронной, измерительной и вычислительной технике и к информационным технологиям.  | У1. Уметь использовать и учитывать современные тенденции развития интегральной электроники, прогресс в миниатюризации, масштабировании и повышение функциональности интегральных электронных устройств. | В1. Владеть опытом использования измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в физике и технологии интегральной электроники. |
| ПК-1 | Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники. | З1. Знать фундаментальные физические явления, определяющие функционирование и процессы основных интегральных приборов, схем и устройств микро- и наноэлектроники и микросистемной техники. | У1. Уметь применять фундаментальные представления о физических явлениях и процессах, лежащих в основе действия интегральных схем и устройств.  | В1. Владеть опытом использования представлений о физических явлениях и процессах, лежащих в основе интегральных приборов, схем и устройств для достижения требуемых функциональных характеристик. |
| ПК-5 | Готовность применять знания о фундаментальных основах технологических процессов получения материалов и компонентов электроники и наноэлектроники, использовать их в производстве, работать на современном технологическом оборудовании. | З1. *Знать* фундаментальные физико-химические основы процессов получения, масштабирования и технологических обработок полупроводниковых, диэлектрических, металлических и других материалов и приборных структур для создания компонентов электроники и наноэлектроники. | У1. *Уметь* использовать фундаментальные основы технологических процессов получения кремниевых структур и других материалов, актуальных для электроники и наноэлектроники в производстве. | В1. *Владеть*  опытом использования знаний о фундаментальных основах технологических процессов получения материалов и структур как компонентов нано- и микросистемной техники.. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Перечень компетенций** | **Раздел дисциплины** | **Планируемые результаты** |
| 1 | ОПК-7Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности. | все | З1 (ОПК-7)У1 (ОПК-7)В1 (ОПК-7) |
| 2 | ПК-1. Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники. | все | З1 (ПК-1)У1 (ПК-1)В1 (ПК-1) |
| 3 | ПК-5. Готовность применять знания о фундаментальных основах технологических процессов получения материалов и компонентов электроники и наноэлектроники, использовать их в производстве, работать на современном технологическом оборудовании | все | З1 (ПК-5)У1 (ПК-5)В1 (ПК- 5) |

**6.2.** Описание шкал оценивания.

Аттестация проводится в форме зачета. Форма проведения – индивидуальное собеседование. При выставлении контрольной оценки учитываются результаты сдачи студентом промежуточных отчетов по лабораторному практикуму. Контроль текущей успеваемости включают в себя текущие отчеты по лабораторным работам, обсуждение полученных результатов с преподавателем.

Оценка «зачтено» ставиться при полностью выполненных лабораторных заданиях и сданных отчетах и при положительном ответе на 2 вопроса, составленных на основе списка (п. 5) контрольных вопросов.

**6.3.** Критерии оценивания результатов обучения для проведения аттестации обучающихся по дисциплине.

|  |  |
| --- | --- |
| Зачтено | Полностью выполнены задания лабораторных работ. Сданы отчеты по лабораторным работам. Студент способен объяснить полученные результаты и сделать соответствующие выводы. Студент показывает удовлетворительное знание двух вопросов из списка (п. 5) контрольных вопросов. |
| Незачтено | Студент выполнил менее 1/3 заданий лабораторных работ, показывает неудовлетворительное знание основ курса и базовых понятий. |

Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций, используются билеты, состоящие из 2-х вопросов, составленных на основе контрольных вопросов (п. 5).

**6.4.** Типовые контрольные задания и задания лабораторного практикума, необходимые для оценки результатов обучения.

Типовые контрольные вопросы и задания

1. Что такое логическая переменная, логическая функция и логический сигнал? Какие значения они могут принимать?
2. Каково назначение входов управления в дешифраторе? Как влияет сигнал управления на выходные функции дешифратора?
3. Каким логическим уравнением описывается работа мультиплексора 2×1 с управляющим входом?
4. Как с помощью ***JK***- и ***D***- триггеров реализовать счетный триггер.
5. Каковы основные параметры цифровых микросхем серий ТТЛ и ТТЛШ?
6. Какова физическая структура интегрального биполярного транзистора, изготовленного с использованием комбинированной изоляции?
7. Многоэмиттерный транзистор, какова его структура и принцип действия?
8. Что такое транзистор Шоттки? Как работает ключ на транзисторе Шоттки?
9. За счет чего обеспечивается быстродействие базового элемента И- НЕ ТТЛ?
10. Принцип действия МОП транзистора. Стоковые и сток-затворные характеристики МОП транзистора.
11. Опишите последовательность основных операций при создании структур полупроводниковых интегральных микросхем на комплементарных транзисторах.
12. Какие усилители называют операционными? Обозначение на схемах, понятие «идеального» ОУ.
13. Какова разность фаз между входным и выходным сигналами инвертирующего усилителя на ОУ? Почему?
14. Поясните использование обратных связей для формирования частотных характеристик избирательных усилителей.
15. Какие выходные напряжения могут формироваться на выходе компаратора?
16. Пояснить работу электронной схемы, выполняющей режим работы ключа.
17. Нарисовать и объяснить топологию интегрального БП *n-p-n* транзистора без скрытого слоя и со скрытым слоем.
18. Преимущества и недостатки БП ключа с барьером Шоттки. Нарисовать топологию данного ключа. Пояснить работу схемы.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

***а) Основная литература:***

1. Аваев, Н.А., Наумов Ю.Е., Фролкин В.Т. Основы микроэлектроники, М. Радио и Связь. 1991 г. - 288 с. (33 экз.) <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=318744>
2. [Ефимов И. Е., Козырь И. Я., Горбунов Ю. И. - Микроэлектроника: Физические и технологические основы, надежность : [учеб. пособие для вузов]. - М.: Высшая школа, 1986. - 463 с.](http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=318769) (12 экз) <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=318769>
3. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы. [Электронный ресурс] / Барыбин А.А. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922106795.html>
4. Основы схемотехники микроэлектронных устройств [Электронный ресурс] / Белоус А.И., Емельянов В.А., Турцевич А.С. - М.: Техносфера, 2012. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363073.html>
5. Приборы квантовой и оптической электроники [Электронный ресурс] / Юрчук С.Ю. - М.: МИСиС, 2016.

 <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876239426.html>

1. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс] / Бурбаева Н.В., Днепровская Т.С. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113793.html>

***б) дополнительная литература:***

1. Коломбет Е.А. Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов. – М.: Радио и связь, 1991. – 376 с. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=14619>
2. Коледов, Л.А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок [Электронный ресурс] : учеб. пособие – М.: Радио и связь. (5 экз.) <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=318778>
3. Алексенко А.Г. Шагурин И.И. Микросхемотехника: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1990. – 496 с. (3 экз) <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=318752>
4. Основы электроники [Электронный ресурс] / Водовозов А.М. - М. : Инфра-Инженерия, 2017. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972901371.html>
5. Основы теории электрических цепей. Основные понятия и определения. Методы расчета электрических цепей постоянного и переменного тока. Частотные характеристики R - L и R - C цепей [Электронный ресурс] / Копылов А.Ф., Саломатов Ю.П., Былкова Г.К. - Красноярск: СФУ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763825077.html>
6. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Игумнов Д.В., Костюнина Г.П. - 2-е изд., дополн. - М. : Горячая линия - Телеком, 2011. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991201803.html>

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническое обеспечение дисциплины «Физические основы микроэлектроники» обусловлено проведением лабораторного практикума в специализированной лаборатории, оснащенной измерительным оборудованием, средствами вычислительной техники и макетами лабораторных устройств, управление которыми осуществляется в программной среде LabView. При выполнении некоторых расчетов и для обработки данных студенты могут воспользоваться техническими возможностями одного из имеющихся на физическом факультете ННГУ терминал-классов с применением свободно доступного программного обеспечения.

Программа составлена в соответствии с требованиями установленного ННГУ образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 – «Электроника и наноэлектроника».

Автор:

доцент кафедры физики полупроводников

и оптоэлектроники, к.ф.-м.н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /А.В. Ершов

Рецензент:

доцент кафедры

электроники твердого тела, к.ф.-м.н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /В.В. Карзанов

Заведующий кафедрой физики

полупроводников и оптоэлектроники,

д.ф.-м.н., профессор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/ Д.А. Павлов

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета ННГУ от «07» июня 2018 г., протокол № 13

Председатель

Учебно-методической комиссии

физического факультета ННГУ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / \_Перов А.А. /