

**Факультет физики и электроники**  
**Кафедра электроники и теоретической физики**  
**Направление: 690100 – электроника и наноэлектроника.**  
**Бакалавриат**  
**4-курс, гр.ЭН-16**

**1. Программа дисциплины «Физические основы электроники»**  
**Примерные вопросы**

1. Обобществление электронов в кристалле. Волновые функции электронов в кристалле. Зоны Бриллюэна.
2. Поступательное движение электронов в кристалле. Движение электронов в кристалле под действием внешней силы.
3. Заполнение зон электронами и деление тел на металлы, диэлектрики и полупроводники.
4. Собственные полупроводники. Понятие о дырках.
5. Локальные уровни в запрещенной зоне. Донорные уровни. Акцепторные уровни.
6. Зависимость подвижности **носителей заряда** от температуры. Удельная электропроводность
7. Рассеяние носителей заряда. Магнетосопротивление.
8. Физическая природа эффекта Холла. Постоянная Холла.
9. Определение концентрации носителей тока. Датчики Холла.
10. Возникновение термомагнитных эффектов. Поперечный и продольный эффекты Нернста – Эттингсгаузена.
11. Эффект Риги – Ледюка.
12. Равновесные и неравновесные носители заряда. **Время жизни заряда.**
13. Уравнение непрерывности. Совместная диффузия неравновесных носителей.
14. Функции распределения в статистике Ферми-Дирака. Функция плотности состояний.
15. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в собственных полупроводниках.
16. Работа выхода. Термоэлектронная эмиссия. Ток эмиссии; формула Ричардсона-Дешмена.
17. Эффект Шоттки.
18. Процессы, происходящие при сближении и контакте двух электронных проводников.
19. Блокирующий контакт. Влияние контактного поля на энергетические уровни полупроводника.
20. Выпрямление на контакте полупроводника с металлом. Барьер Шоттки.
21. Контакт металл-диэлектрик-полупроводник (МДП).

22. Получение p-n- перехода.
  23. Равновесное состояние электронно-дырочного перехода. Барьерная емкость электронно-дырочного перехода.
  24. Основные и неосновные носители тока.
  25. Импульсные и высокочастотные свойства p-n- перехода.
  26. Пробой p-n- перехода. Изучение характеристик *p-n* – перехода
  27. Вольтамперная характеристики (ВАХ) полупроводниковых диодов.
- Силовые диоды.
28. Туннельные диоды. ВАХ туннельного диода. Лавинно-пролетные диоды.
  29. Биполярные транзисторы. МДП-транзисторы.
  30. Полевые транзисторы с управляющим переходом.
  31. Тиристоры.
  32. Структура биполярного транзистора. Работа транзистора в схеме с общей базой.
  33. Работа транзистора в схеме с общим эмиттером.
  34. Изучение характеристик биполярного транзистора
  35. Устройство и принцип работы МДП-структуры. Вольтамперные характеристики МДП – транзистора.
  36. Полупроводниковые излучатели и фотоприемники.
  37. Вентильные фотоэлементы. Фотосопротивления.

### **Рекомендуемая литература**

#### **Основная**

1. Г.И. Елифанов, Ю.А. Мома. Твердотельная электроника. М.: "Высшая школа", 1986,- 304 с.
2. Лекции В. И. Переля по теории твердого тела. Ъ Ир: // хууууу. ес! и. к> П с. п. 1 / ес 111. реге!, Научно-образовательный центр ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, - 78 с.
3. Фистуль В.И."Введение в физику полупроводников" Высшая школа, М., 1984
4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К., Шинков А.П., "Полупроводниковые приборы" Высшая школа, М., 1981
5. Зи С. "Физика полупроводниковых приборов" т. 1, т. 2, Мир. М., 1984
6. Овечкин Ю.А. "Полупроводниковые приборы" Высш. школа М.1986

#### **Дополнительная**

1. Кучис Е.В."Методы исследования эффекта Холла", Сов. Радио, М. 1974
2. Остробородова В.В., Егоров В.Д."Спецпрактикум по физике полупроводников", МГУ, М., 1974
3. "Физика твердого тела", под. ред. Струкова Б.А., МГУ, М., 1983

4. Батаван В.В., Концевой Ю.А., Федорович Ю.В. "Измерение параметров полупроводниковых материалов и структур" Радио и связь, М., 1985
5. Павлов Л.П. "Методы измерения параметров полупроводниковых приборов" Высшая школа, М., 1987
6. Павлов Л.П. "Методы определения основных параметров полупроводниковых материалов", Высшая школа, 1975

## 2. Программа дисциплины «Теоретические основы электротехники»

### Примерные вопросы

1. Элементы электрических цепей.
2. Топология электрической цепи.
3. Представление синусоидальных величин с помощью векторов и комплексных чисел.
4. Элементы цепи синусоидального тока. Векторные диаграммы и комплексные соотношения для них.
5. Закон Ома для участка цепи с источником ЭДС.
6. Основы матричных методов расчета электрических цепей.
7. Преобразование энергии в электрической цепи.
8. Мгновенная, активная, реактивная и полная мощности синусоидального тока.
9. Резонансы в цепях синусоидального тока.
10. Векторные и топографические диаграммы.
11. Особенности составления матричных уравнений при наличии индуктивных связей и ветвей с идеальными источниками.
12. Трехфазные электрические цепи. Расчет трехфазных цепей.
13. Метод симметричных составляющих **в трехфазных цепях.**
14. Вращающееся магнитное поле **двухфазного тока.**
15. Резонансные явления в цепях несинусоидального тока.
16. Нелинейные цепи. Расчет нелинейных цепей методом эквивалентного генератора.
17. Графический метод с использованием характеристик по первым гармоникам
18. Метод кусочно-линейной аппроксимации.

19. Метод эквивалентной синусоиды по определению реактивной мощности.

20. Цепи с распределенными параметрами.

### Рекомендуемая литература

#### Основная

1. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М.: Высшая школа, 2005.
2. Сатаров А.А. Электротехника и электроника. Линейные электрические цепи постоянного тока: Учебное пособие. М.: РГОТУПС, 2006.
3. Климентов Н.И. Электротехника. Линейные электрические цепи однофазного переменного тока: Конспект лекций. М.: РГОТУПС, 2001.
4. Сатаров А.А., Гадулин А.Н. Электротехника. Трехфазные цепи: Конспект лекций. М.: РГОТУПС, 2000.

#### Дополнительная

5. Электротехника/ Б.А. Волынский, Е.Н. Зейн, В.Е. Шатерников. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
6. Электротехника и электроника/ Под ред. В.Г. Герасимова. В 3-х т. – Том 1. М.: Высшая школа, 1996.
7. Сборник задач по электротехнике и основам электроники/ Под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Высшая школа, 1987.
8. Брейтер Б.З. Электротехника. Трансформаторы: Конспект лекций. М.: РГОТУПС, 2006.
9. Брейтер Б.З. Электротехника. Машины переменного тока: Конспект лекций. М.: РГОТУПС, 2000.
10. Брейтер Б.З. Электротехника. Машины постоянного тока: Конспект лекций. М.: РГОТУПС, 2000.
11. Мамедов Г.М. Электротехника. Электрические измерения: Конспект лекций. М.: РГОТУПС, 2000.
12. Частоедов Л.А., Гирина Е.С. Теоретические основы электротехники. Часть I. Учебное пособие. М.: РГОТУПС, 2004.
13. Гирина Е.С., Горевой И.М., Астахов А. А. Теоретические основы электротехники. Часть II. Учебное пособие. М.: РГОТУПС, 2007.
14. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чучурин В.Л. Теоретические основы электротехники: в 3-х т. Учебник для вузов. Том 3. – СПб. Питер, 2004.
15. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электромагнитное поле. Учебник для студентов вузов. – М.: Высшая школа, 1078.

### **3. Программа по дисциплинам “Схемотехника” и “Функциональная электроника”**

#### **Примерные вопросы**

1. Транзистор в функциональных блоках электроники. Первая модель транзистора, усилитель тока.
2. Некоторые основные транзисторные схемы. Транзисторный переключатель. Эмиттерный повторитель.
3. Смещение в эмиттерном повторителе.
4. Эмиттерные повторители с расщепленными источниками.
5. Транзисторный источник тока. Смещение в источнике тока. Рабочий диапазон.
6. Недостатки источников тока. Улучшение характеристик источника тока.
7. Усилитель с общим эмиттером. Входное и выходное сопротивления для усилителя с общим эмиттером.
8. Схема расщепления фазы с единичным коэффициентом усиления. Крутизна.
9. Предельный коэффициент усиления: границы применимости простейшей модели транзистора.
10. Недостатки однокаскадного усилителя с заземленным эмиттером. Нелинейность. Входное сопротивление. Смещение.
11. Эмиттерный резистор в качестве элемента обратной связи. Смещение в усилителе с общим эмиттером. Шунтируемый резистор в эмиттерной цепи.
12. Использование согласованного транзистора. Обратная связь по постоянному току.
13. Токовые зеркала. Недостатки токовых зеркал, обусловленные эффектом Эрли. Токовое зеркало Уилсона.
14. Схемы с несколькими выходами и коэффициенты отражения тока.
15. Некоторые типы усилительных каскадов. Двухтактные выходные каскады.
16. Переходные искажения в двухтактных каскадах. Температурная стабильность двухтактных усилителей класса В.
17. Составной транзистор (схема Дарлингтона). Соединение транзисторов по схеме Шиклаи (Sziklai).
18. Использование токового зеркала в качестве активной нагрузки.

19. Дифференциальные усилители как схемы расщепления фазы. Дифференциальные усилители как компараторы.
20. Емкость и эффект Миллера. Емкость схемы и перехода. Эффект Миллера.
21. Стабилизированный источник напряжения. Терморегулятор. Простая логическая схема на транзисторах и диодах.
22. Обратный связь. Операционные усилители. Основные схемы включения операционных усилителей. Инвертирующий усилитель. Неинвертирующий усилитель.
23. Усилитель переменного тока. Источник тока Хауленда.
24. Линейные схемы. Идеальный преобразователь тока в напряжение.
26. Дифференциальный усилитель. Суммирующий усилитель.
27. Предусилители. Усилитель мощности (бустер). Источник питания.
28. Эффекты ограничений ОУ на работу схем на их основе. Коэффициент усиления при разомкнутой цепи ОС. Скорость нарастания.

#### **Литература основная**

1. Нефедов А.Г., Гордеева В.И. Отечественные полупроводниковые приборы и их зарубежные аналоги. – М.: Энергия, 1978;
2. Справочник по интегральным схемам. /Под ред. Б.В. Тарабарина – М.: Энергия, 1980;
3. Транзисторы для аппаратуры широкого применения. Справочник. /Под ред. Б.Л. Перельмана. – М.: Радио и связь, 1981;
4. Аналоговые и цифровые интегральные схемы. / Под ред. С.В. Якубовского. – М.: Советское радио, 1979;
5. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. – 3-е издание (1973) и последующие. – М.: Энергия;
6. Современные линейные интегральные микросхемы и их применение. – М.: Энергия, 1980;
7. Рутковски Дж. Интегральные операционные усилители. – М.: Мир, 1978.
8. Схемотехника аналоговых устройств: курс лекций / автор - составитель Н. П. Корнышев; Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2011. – 152 с.

#### **Дополнительная**

1. Мейзда Ф. Интегральные схемы. Технология и применение. – М.: Мир, 1980;
2. Граф Р. Электронные схемы. – М.: Мир, 1989;
3. Васильев А.А. Электронные устройства. – М.: Советское радио, 1982;

4. Федорчук Е.Г., Герасимов Е.А. Усилители. – М.: Машиностроение, 1979.

#### **4. Программа дисциплины «Наноэлектроника»**

##### **Примерные вопросы**

1. Низкоразмерные системы, квантовыми ямы, квантовыми нити. Квантовые точки, электрофизические свойства твердых тел.
2. Квантовые проволоки, квантовые точки, электрического поля на энергетический спектр параболической потенциальной ямы.
3. Типы сверхрешеток, энергетический спектр сверхрешеток, классификация полупроводниковых сверхрешеток.
4. Энергетический спектр сверхрешетки из квантовых точек в постоянном электрическом поле,
5. Плоские сверхрешетки, спиновые сверхрешетки, составляющим сверхрешетку.
6. Электронная структура сверхрешеток, легированные сверхрешетки, проводимость сверхрешеток, оптические свойства сверхрешеток.
7. Потенциальная ступенька в однородном электрическом поле, легированные сверхрешетки.
8. Потенциале сверхрешетки, осциллирующий вид.
9. Оптические свойства всех полупроводниковых сверхрешеток.
10. Квантовые эффекты, легированной сверхрешетке, поглощение света.
11. Проговое напряжение, реализация одноэлектронных процессов.
12. Теоретические основы одноэлектроники, реализация одноэлектронных приборов.
13. Рассеяние частиц на потенциальной ступеньке, потенциальный барьер конечной ширины, частица в прямоугольной потенциальной яме.
14. Движение частицы в сферически симметричной прямоугольной потенциальной яме
15. Особенности распределения плотности состояний в 2D-системах.
16. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации электронов и толщины пленки для 2D-систем.
17. Энергетический спектр в полупроводниковых пленках с вырожденными зонами.
18. Одноэлектронный ящик, одноэлектронный транзистор, резонансный диод.
19. Принципы работы одноэлектронных устройств
20. Квантовый компьютер на электронном спиновом резонансе в структурах Ge-Si.

#### **Рекомендуемая литература**

## **Основная**

1. Моро, У. Микролитография: Принципы, методы, материалы. Ч.2. — М.: Мир, 1990. — 632с
2. Моро, У. Микролитография: Принципы, методы, материалы. Ч.1. — М.: Мир, 1990. — 606с.
3. Щука, А. А. Наноэлектроника. — М.: Физматкнига, 2007. — 463 с. (15)
4. Киреев В, Столяров А. Технологии микроэлектроники. Химическое осаждение из газовой фазы. — М.: Техносфера, 2006. — 191 с.
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии М.: Физматлит, 2005. 410 с.
6. Гусев, А. И. Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии. М.: ФИЗМАЛИТ, 2007.415 с.
7. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. — М.: Техносфера, 2005. 334 с.; 2009 .— 336 с.

## **Дополнительная**

1. Херман М.А. Полупроводниковые сверхрешетки. Москва: Мир,1989, 210 с.
2. Шик А.Я., Квантовые нити. // Соросовский образовательный журнал.1997. №5. с.87-92
3. Барыбин, А. А., Сидоров, В.Г. Физико-технологические основы электроники. СПб. Лань, 2001. 268 с.

**Факультет физики и электроники**  
**Кафедра электроники и теоретической физики**  
**Направление: 690100 – электроника и наноэлектроника.**  
**Профиль «Физическая электроника». Магистратура**  
**2-курс, гр.ЭН-18**  
**СОДЕРЖАНИЕ ИТОГОВОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО**  
**КОМПЛЕКСНОГО ЭКЗАМЕНА**

**1. Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники.**

Примерные вопросы:

1. Наносистемы. Виды и применение наносистем. Применение наносистем в электронике. Определение наносистем. Свойства наночастиц. Фуллерен, образование свойства и методы получения.
2. Поверхностные и межфазные границы. Микрокластеры и наноразмерные атомные кластеры в полупроводниках и их свойства.
3. Микрокластеры и их энергетическое состояние. Методы получения и применения структур с атомными кластерами
4. Высокотемпературная сверхпроводимость. Высокотемпературная сверхпроводимость и ее применение. Реализация устройств на основе высокотемпературной сверхпроводимости.
5. Солнечные элементы, изготовление солнечных элементов и их особенности.
6. Методы определения удельного сопротивления полупроводниковых материалов. Зондовые методы определения удельного сопротивления.
7. Бесконтактные методы измерения удельной электрической проводимости материалов электроники.
8. Методы измерения концентрации и подвижности носителей тока полупроводниковых материалов.
9. Экспериментальные методы определения оптических констант.
10. Методы определения констант тонкой и сверхтонкой структуры спектров.

**Рекомендуемая литература:**

1. Щука А.А. Наноэлектроника. – М.: Физматкнига, 2007. – 463 с.
2. И.А.Данилов, П.М.Иванов. Общая электротехника с основами электроники. - М.: Высшая школа, 1989.-752с.
3. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. -М.: Мир, 1984 -286с.

**Основная литература:**

- 1.Технология СБИС: в 2-х кн. Кн. 1, 2. Пер. с англ./ Под ред. С. Зи. – М.: Мир, 1986.
- 2.РосадоЛ. Физическая электроника и микроэлектроника. -М.:Высшая школа,1991 -484 с.
- 3.И.П.Степаненко. Основы микроэлектроники. –М.: Лаб.базовых знаний, 2000 -488 с.
4. Шаньгин Е.С. Основы электроники: Учеб. пособие. – Уфа, изд-во УГАТУ, 2007, – 168 с.
5. Leonard D., Pond K., Petroff P.M. Critical layer thickness for selfassembledInAs islands on GaAs// Physical review B. 1994. Vol. 50. №16. Pp.11687-11691.
6. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов: Учебник для вузов. 3-еизд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2002. – 424 с.

#### **Дополнительная литература:**

- 1.Капица П.Л. Электроника больших мощностей. М.: Изд-во АН СССР,1981.
2. Sparks J.R., Sazio P.J.A., Gopalan V., Badding J.V. Templated chemically deposited semiconductor // Optical Fiber Materials. 2013. Vol.43. p.527-557.
3. Q. Fu, M.J. Begarney, C.H. Li, D.C. Law, R.F. Hicks, Phase transitions of III–V compound semiconductor surfaces in the MOVPE environment, J. Cryst. Growth. 225 (2001) 405–409.
4. Шелованова, Г. Н. Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники [Электронный ресурс]: курс лекций / Г.Н. Шелованова. – Электрон. дан. (6 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009.

## **2. Основы проектирование и технология электронных компонентных баз**

### **Примерные вопросы:**

- 1.Элементы полупроводниковых ИМС на биполярные транзисторы. Разработка топологии ИМС.
2. Изоляция элементов и технологически процессы производства ИМС.
3. Конструирование и расчет параметров элементов ИМС на биполярных транзисторах
4. Конструирование транзисторов и топологии кристалла МДП –ИМС.

Порядок расчета конструктивных и электрических параметров элементов МДП- ИМС.

5. Конструирование и технология тонкопленочных гибридных интегральных схем (ГИС). Подложка тонкопленочных ГИС. Материалы элементов тонкопленочных ГИС. Методы формирования конфигураций элементов тонкопленочных ГИС.
6. Компоненты ГИС. Конструктивные и технологические ограничения при проектировании тонкопленочных ГИС. Расчет конструкций элементов тонкопленочных ГИС. Разработка топологии тонкопленочных ГИС.
7. Конструирование и технология толстопленочных ГИС. Платы толстопленочных ГИС. Основные технологические операции изготовления толстопленочных ГИС. Разработка топологии толстопленочных ГИС. Конструктивный расчет элементов толстопленочных ГИС.
8. Конструктивные и технологические методы обеспечения требований к ИМС. Технологические условия на ИМС. Конструктивные меры защиты ИМС от воздействия дестабилизирующих факторов.
9. Конструирование транзисторов и топологии кристалла металл-диэлектрик-полупроводник (МДП) –ИМС. Порядок расчета конструктивных и электрических параметров элементов МДП-ИМС.
10. Конструирование и расчет параметров элементов ИМС на биполярных и униполярных транзисторах.

## **Основная литература**

1. Л.А. Коледов, В.А. Волков, Н.И. Докучаев, Э.М. Илина, Н.И. Патрик  
Конструирование и технология микросхем (курсовые проектирование) М.ВШ-1984г.
2. А.Б.Гребен. Проектирование аналоговых схем.М.Энергия.1976г.  
И.М.Николаев. Н.А. Филинюк Микроэлектронные устройства и основы их проектирования М.Энергия1979г.
- 3.И.Е.Ефимов.Ю.И.Горбунов.И.Я.Козырь.Микроэлектроника - М.:.В.Ш. 1978г.
- 4.И.А.Малышева Технология производства микроэлектронных устройств-М.Энергия1980г.

## **Дополнительная литература**

1. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров, микросборок: Учебник для вузов. М.: Радио и связь, 2005. 400 с.

2. Коледов Л.А., Волков В.А., Докучаев Н.И. Конструирование и технология микросхем: Курсовое проектирование / Под ред. Л.А. Коледова. М.: Высш. шк., 1984. 231 с.
3. Березин А.С., Мочалкина О.Р. Технология и конструирование интегральных микросхем. М.: Радио и связь, 1983. 232 с.
4. Достанко А.П. Технология интегральных схем. Минск: Высш. шк., 1982. 206 с.

### **3. Прикладная квантовая электроника**

#### **Примерные вопросы:**

1. Свойства лазерного излучения
2. Основные типы лазеров.
3. Нагревание поверхности непрозрачного тела лазерным излучением.
4. Плавление и испарение металлов при взаимодействии лазерного излучения с веществом.
5. Эмиссия частиц с поверхности при взаимодействии лазерного излучения с веществом.
6. Образование плазмы при взаимодействии лазерного излучения с веществом.
7. Взаимодействие лазерного излучения с плазмой.
8. Нетепловые нелинейные процессы взаимодействия лазерного излучения с металлами.
9. Явление самофокусировки и самодифракции света.
10. Двухфотонное поглощение. Параметрическое усиление света

#### **Основная литература:**

1. Квантовая радиофизика [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов / В. В. Штыков. - Москва: Изд. центр "Академия", 2009.
2. Основы квантовой электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Иванов. - Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета (ЮФУ), 2011. В ЭБС "Znanium.com". <http://znanium.com/go.php?id=556192>

#### **дополнительная литература:**

1. Квантовая электроника. Приборы и их применение [Текст]: учеб. пособие / В.И. Дудкин, Л.Н. Пахомов. - Москва: Техносфера, 2006.

2. Лекции по квантовой радиофизике [Текст] / Я.И. Ханин; Ин-т приклад. физики РАН. - Нижний Новгород: ИПФ РАН [изд.], 2005.
3. Квантовая радиофизика [Текст]: учеб. пособие / С.-Петерб. гос. ун-т ; под ред. В. И. Чижики. - Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004.
4. Введение в квантовую физику [Электронный ресурс] / А. Н. Паршаков. - Москва: Лань, 2010. - 351 с. В ЭБС "Лань"[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=297](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=297)
5. Электроника в 4 ч. часть 3 квантовая и оптическая электроника [Текст]: Учебник / А.А. Щука. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2016. 117 с. В ЭБС "ЮРАЙТ"  
<http://www.biblioonline.ru/book/F00136E0-30AE-4AAF-A0E9-7C5C187750B>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Библиотека Естественных Наук РАН <http://www.benran.ru/>