



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ПГУ»)

Утверждаю»  
Председатель приемной комиссии,  
Ректор ПГУ А.Д. Гуляков  
30 октября 2023 г.



ПРОГРАММА  
вступительного испытания в магистратуру  
по направлению **11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**

Составитель  
д.т.н., профессор  
И.А. Аверин

Пенза, ПГУ 2023

Программа разработана на основе ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавра 11.04.04 – Электроника и нанoeлектроника

### **Дисциплина «Материалы электронной техники»**

Фазовые превращения твердых тел. Кристаллизация. Виды кристаллических решеток металлов. Виды дефектов в решетках. Виды сплавов. Правило Гиббса. Диаграммы фазового равновесия. Диаграмма состояния сплавов, образующих неограниченные твердые растворы. Понятие о ликвидусе, солидусе. Диаграммы с эвтектикой. Диаграмма с эвтектоидой. Диаграмма с перитектикой. Связь свойств сплавов с типом диаграммы состояния. Модули Юнга и Гука. Упругая и пластическая деформация металлов. Три способа определения твердости металлов.

Классификация проводниковых материалов. Правило Маттисена. Зависимость удельного сопротивления металлов  $\rho(T)$  от температуры. Основные параметры металлов. Свойства металлов и сплавов с большой удельной проводимостью. Медь и ее сплавы. Алюминий и его сплавы. Керметы, резистивные и проводниковые пасты. Материалы для прецизионных резисторов и резисторов общего применения. Собственные полупроводники на примере Si и Ge: свойства, марки, применение. Свойства, применение  $A^{IV} B^{IV}$  на примере SiC. Свойства, применение  $A^{II} B^{VI}$ . Свойства, применение  $A^{III} B^V$ . Твердые растворы на основе  $A^{III} B^V$ . Аморфные полупроводники как представители  $A^{IV} B^{VI}$ . Параметры магнитных материалов. Способы снижения потерь в них. Процессы, происходящие в ферромагнетиках в магнитном поле. Магнитомягкие низкочастотные материалы. Магнитомягкие высокочастотные материалы. Сегнетоэлектрики. Пироэлектрики. Пьезоэлектрики. Резисторы. Классификация. Основные параметры. Конденсаторы. Классификация. Основные параметры. Схемы замещения резисторов, конденсаторов. ЧИП – резисторы и ЧИП конденсаторы. Катушки индуктивности. Классификация. Основные параметры. Способы снижения собственной емкости и повышения добротности.

## Литература

1. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. – С-Пб: Лань, 2001.– 368с. (26 экз.).
2. Антипов Б.Л., Сорокин В.С., Терехов В.А.. Материалы электронной техники. Вопросы и задачи. – СПб.: Лань, 2003. – 208 с. (20 экз.)
3. Сорокин В.С., Антипов Б.Л., Лазарева Н.П. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики. СПб.: Лань, 2015. – 448 с. [Электронный ресурс. ЭБС Лань] (неограниченный доступ).
4. Сорокин В.С., Антипов Б.Л., Лазарева Н.П. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники. СПб.: Лань, 2015. – 384 с. [Электронный ресурс. ЭБС Лань] (неограниченный доступ).

### **Дисциплина «Физика конденсированного состояния»**

Агрегатные состояния и классификация веществ. Структура кристалла и пространственная решетка. Узлы решетки. Символы ребер, кристаллографическое направление. Кристаллографические плоскости. Параметры Вейса, индексы Миллера. Операции и элементы симметрии. Зеркально-поворотные оси. Инверсионные оси. Категории, сингонии. Методы определения атомной структуры твердых тел. Дифракция рентгеновских лучей. Уравнение Вульфа-Брэггов. Условие Лауэ. Карпускулярно-волновой дуализм света. Свойства волн де Бройля. Принцип неопределенностей Гейзенберга. Статистический смысл волновой функции. Водородоподобный атом. Многоэлектронные атомы. Спин электрона. Вырожденные и невырожденные коллективы частиц. Квантовое состояние и его квантование. Функция плотности состояний. Полная статистическая функция распределения. Функция распределения Максвелла-Больцмана. Функция распределения Ферми-Дирака. Функция распределения Бозе-Эйнштейна. Волновое уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Движение свободной частицы. Прохождение частиц сквозь потенциальный барьер. Микрочастица в потенциальной яме. Образование энергетические зоны. Решетки Бравэ. Кристаллические классы. Куби-

ческие решетки. Зоны Бриллюэна. Функция Блоха. Точечные и протяженные дефекты. Нормальные колебания решетки. Спектр нормальных колебаний решетки. Фононы. Энергетический спектр кристалла. Проводники, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Виды химических связей. Типы кристаллов. Собственные полупроводники. Полупроводники акцепторного типа. Полупроводники донорного типа. Сильнолегированные полупроводники. Закон действующих масс. Сильнолегированные полупроводники. Электропроводность собственных полупроводников. Электропроводность полупроводников донорного типа. Электропроводность полупроводников акцепторного типа. Подвижность носителей заряда и ее зависимость от температуры. Механизмы рассеяния носителей заряда. Эффект Холла. Эффект Холла в полупроводниках р-типа электропроводности. Эффект Холла в полупроводниках п-типа электропроводности. Эффективная масса электрона. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Межзонная или прямая рекомбинация. Рекомбинация с участием ловушек. Люминесценция. Фотолюминесценция. Оптическое поглощение. Собственное поглощение полупроводников. Зависимость времени жизни носителей заряда от их концентрации. Явление сверхпроводимости. Влияние магнитных полей на свойства сверхпроводников. Эффекты Джозефсона. Явление Мейснера. Фотопроводимость. Высокотемпературные сверхпроводники. Электролюминесценция. Подвижность носителей заряда и ее зависимость от температуры. Термоэлектродвижущая сила. Контактная составляющая термо-ЭДС. Эффект Пельтье. Объемная составляющая термо-ЭДС. Эффект Эттингсгаузена.

#### Литература

1. Ансельм А.И. Введение в физику полупроводников. Учебное пособие. СПб.: Лань, 2016. – 624 с. [Электронный ресурс. ЭБС Лань] (неограниченный доступ).
2. Гинзбург И.Ф. Введение в физику твердого тела. – СПб.: Лань, 2010. – 544 с. (20 экз.)
3. Шалимова К.В. Физика полупроводников. СПб.: Лань, 2010. – 384 с. [Электронный ресурс. ЭБС Лань] (неограниченный доступ).

## Дисциплина «Физические основы электроники»

Основные свойства и характеристики р-п-переходов. Расчёт р-п-переходов. Расчет плавного р-п перехода. Расчет резкого р-п перехода. Прямая ВАХ идеального диода. Процессы в диодах при больших прямых токах: уравнения ВАХ для прямых токов. Обратная ВАХ идеального диода. Ток рекомбинации в р-п-переходе диода при прямом смещении. Ток генерации в р-п-переходе диода при обратном смещении. Параметры диода: дифференциальное сопротивление и активное сопротивление базы, диффузионная емкость. Процессы в диодах при больших прямых токах: изменение концентрации основных носителей заряда и появление электрического поля в базе, изменение электрофизических параметров. Условия возникновения лавинного пробоя р-п перехода. Условия возникновения теплового пробоя р-п перехода. Туннельный пробой р-п-перехода диодов. Особенности электрических пробоев реальных диодов. Выпрямительные диоды. Импульсные диоды и диоды Шоттки. Диоды с резким восстановлением обратного сопротивления. Стабилитроны и стабилитроны. Туннельные диоды. Обращенные диоды. Варикапы. Шумовые диоды. Биполярные транзисторы: основные понятия и определения, соотношение постоянных токов, принцип усиления, статические параметры активного режима, постоянные токи в активном режиме, статические параметры режима отсечки. Сравнительный анализ входных и передаточных характеристик БПТ в схемах включения с общим эмиттером и общей базой. Сравнительный анализ выходных и характеристик обратной связи БПТ в схемах включения с общим эмиттером и общей базой. Биполярные транзисторы: малосигнальные параметры. Биполярные транзисторы: явления в БПТ при больших токах. Диодные тиристоры. Триодные тиристоры. Тиристоры, проводящие в обратном направлении. Симметричные тиристоры. Способы управления тиристорами.

Анализ МДП – структуры. МДП – транзистор с индуцированным каналом: структура, принцип действия, выходные и передаточные характеристики. МДП – транзистор со встроенным каналом: структура, принцип действия,

выходные и передаточные характеристики. МДП – транзистор с управляющим р-п переходом: структура, принцип действия, выходные и передаточные характеристики. Параметры МДП – транзисторов: коэффициент влияния подложки, крутизна передаточной характеристики. Параметры МДП – транзисторов: собственное быстродействие, коэффициент модуляции канала. Физическая эквивалентная схема МДП – транзистора. Ограничение моделей первого уровня. ПЗС: принцип действия на примере трехтактных приборов, параметры, конструкция двухтактных приборов.

#### Литература

1. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. Учебник для ВУЗов. – М: Лань, 2009. – 480 с. – [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/300>.
2. Коледов Л.А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебные пособия. - СПб.: Лань, 2009. - 400 с. - [Электронный ресурс. ЭБС Лань] - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/192>.
3. Ефимов И.Е., Козырь И.Я. Основы микроэлектроники: Учебник. - СПб.: Лань, 2008. — 384 с. - [Электронный ресурс. ЭБС Лань] - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/709>.

#### **Дисциплина «Микросхемотехника и системотехника»**

Основные аналоговые функции. Фильтры сигналов. Основные типы и их характеристики. Методы расчёта. Источники тока параметрического и компенсационного типа. Повторители тока. Источники напряжения. Параметрические стабилизаторы напряжения. Стабилизаторы напряжения компенсационного типа. Дифференциальный усилитель. Принцип работы. Основные параметры. Расчет дифференциального усилителя. Эмиттерный повторитель. Принципы его расчёта. Основные схемы включения операционных усилителей (ОУ). Обратная связь в ОУ. Входные каскады ОУ. Усилитель на биполярном транзисторе (БТ) с ОЭ. Усилитель на БТ с ОБ. Усилитель на полевом транзисторе (ПТ) с общим истоком и общим затвором. Выходные каскады ОУ. Интегральные компараторы. Интегральные стабилизаторы напряжения и

тока. Основные операции и тождества булевой алгебры. Методы минимизации логических выражений. Логические элементы диодно-транзисторной логики. ТТЛ-инвертор. ТТЛ- логические элементы И-НЕ, ИЛИ-НЕ. ТТЛ - элемент с тремя состояниями. ТТЛ - элементы ИЛИ-НЕ, И-ИЛИ-НЕ. К-МДП инвертор. Основные К-МДП логические элементы (И-НЕ, ИЛИ-НЕ). Методы проектирования комбинационных схем. Проектирование преобразователей кодов. Проектирование мультиплексоров. Проектирование сумматоров. Проектирование дешифраторов и шифраторов. Интегральные статические триггеры. Синхронные и асинхронные триггеры. Триггер Шмидта. Простейшие регистры. Регистры сдвига. Реверсивный сдвигающий регистр. Счётчики с последовательным переносом. Счётчики с параллельным и сквозным переносом. Счётчики по произвольному основанию. Классификация микропроцессоров. Микропроцессорные комплекты. Организация шин микропроцессоров и микропроцессорных систем. Принципы построения микропроцессорных систем. Архитектуры микропроцессоров. Структура 8-разрядного микропроцессора. Тактовые генераторы цифровых схем. Системы синхронизации микропроцессоров. Арифметико-логические устройства. Построение систем запоминающих устройств. Постоянно запоминающие устройства. Проектирование модулей ПЗУ. Оперативно запоминающие устройства. Проектирование модулей ОЗУ статического типа. Оперативно запоминающие устройства. Проектирование модулей ОЗУ динамического типа. Организация КЭШ-памяти микропроцессоров. Микропроцессоры с фиксированной разрядностью и фиксированным набором команд. Микропроцессоры с микропрограммным управлением и наращиваемой разрядностью. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование сигналов. Основные параметры и характеристики АЦП и ЦАП. АЦП параллельного типа. Многоступенчатые и двухтактные АЦП. Интегрирующий АЦП. АЦП последовательного приближения. Дельта-сигма АЦП. Реализация ЦАП с взвешенным суммированием токов. Схемы преобразования ток-напряжение, применяемые в ЦАП. ЦАП лестничного типа. Матрица R-2R. ЦАП с широтно-импульсной модуляцией. ЦАП на переключаемых конденсаторах. Дельта-сигма ЦАП. ЦАП на коммутируемых

источниках тока. ЦАП на основе дифференциальных каскадов. Преобразование Фурье периодических сигналов. Спектр импульсов напряжения прямоугольной формы. Применение импульсного напряжения в силовой электронике. Интегральные устройства силовой электроники. БТИЗ- (IGBT) транзисторы и гибридные модули на их основе.

#### Литература

1. Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники.- М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2002. - 448 с. (20 экз.).
2. Абрамов В.Б. Микросхемотехника. Проектирование цифровых интегральных схем, Пенза изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006. - 154 с. (67 экз.).
3. Абрамов В.Б., Медведев С.П., Рыжова Т.Н. Проектирование микросхем. Материалы, создание электронно-дырочных переходов, методы изоляции элементов: учебное пособие. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2010. - 152 с. (55 экз.)

Заведующий кафедрой «Нано- и микроэлектроника»



И.А. Аверин