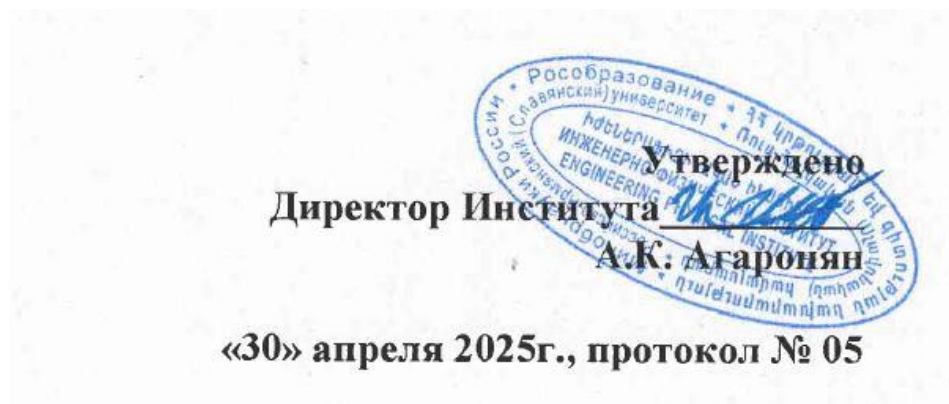


**ГОО ВПО Российско-Армянский (Славянский)
университет**



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.05.01 Полупроводниковые приборы

Автор (ы) к.т.н., ст. науч. сотр. Геворкян Владимир Арамович
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

**Направление подготовки: 11.03.03 Конструирование и технология
электронных средств**

Согласовано:

Заведующий Кафедрой общей физики и квантовых наноструктур

Айрапетян Д.Б.



(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины;

В курсе «Полупроводниковые приборы» изучаются контакт металл-полупроводник, электронно-дырочный переход, переходы Шоттки, полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, МДП-транзисторы, полевые транзисторы с управляющим переходом.

1.2. Трудоемкость в академических кредитах и часах, формы итогового контроля (экзамен/зачет);

3 академических кредита / 108 часов. Форма итогового контроля — зачет.

1.3. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления)

Данная дисциплина взаимосвязана с такими дисциплинами как: Физические основы микроэлектроники, Схемо- и системотехника электронных средств, Микропроцессорные системы, Подготовка технической документации.

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции (в соответствии рабочим с учебным планом)	Наименование компетенции (в соответствии рабочим с учебным планом)	Код индикатора достижения компетенций (в соответствии рабочим с учебным планом)	Наименование индикатора достижений компетенций (в соответствии рабочим с учебным планом)
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3	Знает методы поиска информации, ее системного и критического анализа Умеет осуществлять ее критический анализ и синтез Владеет методикой системного подхода для решения поставленных задач
ПК-3	Способен синтезировать логические схемы в базе выбранной технологической библиотеки на основе заданных временных и физических ограничений с использованием средств	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3	Знает разработку набора ограничений на процесс синтеза Умеет разработать и встраивать средства для

	автоматизированного проектирования		самотестирования и кристального тестирования Владеет моделированием полученного списка цепей цифровой части СнК
--	------------------------------------	--	---

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины: ознакомление студентов с физическими процессами, происходящими в различных твердотельных приборах дискретного и интегрального исполнения.

Учебная задача: ознакомить студентов с принципами работы полупроводниковых приборов и с возможностями применения этих знаний в практических исследованиях, привить студентам навыки теоретического анализа при решении практических задач и проведения физического практикума по электронике.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и зачетных единицах) *(удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)*

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах	Распределение по семестрам
		1 сем
1	2	3
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	108	108
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	64	64
1.1.1. Лекции	32	32
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	32	32
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	44	44
1.2.1. Подготовка к практическим занятиям		
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	Зачет	Зачет

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции(ак. часов)	Практ. Занятия (ак. часов)
1	2=3+4+5+6+7	3	4
Введение.	1	1	-
Раздел 1. Контактные явления в полупроводниках.	18	18	-
Тема 1.1. Контакт метал-полупроводник.	2	2	-
Тема 1.2. Выпрямление на контакте металл-полупроводник.	2	2	-
Тема 1.3. Контакт электронного и дырочного полупроводников.	3	3	-
Тема 1.4. Выпрямление на р-п переходе.	3	3	-
Тема 1.5. Расчет вольтамперной характеристики р-п перехода.	2	2	-
Тема 1.6. Физический смысл тока насыщения р-п перехода.	2	2	-
Тема 1.7. Пробой р-п передода.	2	2	-
Тема 1.8. Переход Шоттки	1	1	
Тема 1.9. Гетеропереходы.	1	1	
Раздел 2. Полупроводниковые диоды.	3	3	
Тема 2.1. Полупроводниковые диоды.	2	2	
Тема 2.2. Диоды Шоттки.	1	1	
Раздел 3. Физические принципы работы транзисторов.	8	8	-
Тема 3.1. Принцип работы биполярного транзистора	2	2	-
Тема 3.2. Параметры биполярного транзистора.	3	2	-
Тема 3.3. Полевые транзисторы.	3	2	-
Тема 3.4. МДП транзисторы.	3	2	-
Раздел 4. Фотовольтаический эффект в р-п переходе	2	2	
Тема 4.1. Фотовольтаический эффект в р-п переходе. Взаимодействие оптического излучения с полупроводником. Прямые разрешенные переходы.	2	2	-
Раздел 5. Темы практических занятий	18	-	18
Материалы, используемые в производстве микроэлектронных компонент (диэлектрики, проводящие, полупроводниковые).	3	-	3
Четерёхзонный метод измерения величины поверхностного сопротивления полупроводниковых и проводящих плёнок.	3	-	3
Измерение физических параметров эпитаксиальных слоёв с помощью шар-шлифа.	3	-	3

Измерение температурной зависимости электропроводности различных металлов и	3	-	3
Исследование вольт-амперных характеристик Ge и Si диодов.	4	-	4
ИТОГО	48	32	16

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Введение.

Раздел 1. Контактные явления в полупроводниках.

Тема 1.1. Контакт метал-полупроводник. В данном разделе рассматривается контакт металла с полупроводником при разных значениях термодинамической работы выхода. Рассчитывается контактная разность потенциалов между металлом и полупроводником. Определяется закон изменения энергетических зон и выводится выражение для определения толщины обедненного слоя. Выводится выражение для емкости контакта металл-полупроводник.

Тема 1.2. Выпрямление на контакте металл-полупроводник. В данном разделе рассматривается контакт металла с полупроводником п-типа проводимости. Выводится выражение для смещения квазиуровней Ферми при подключении внешнего напряжения. Определяется плотность тока при различной полярности внешнего напряжения. Определяется зависимость толщины объемного заряда от величины и направления внешнего напряжения.

Тема 1.3. Контакт электронного и дырочного полупроводников. В данном разделе дается краткая информация о технологических способах получения р-п переходов. Определяется контактная разность потенциалов и закон изменения энергетических зон. Определяется зависимость толщины объемного заряда от степени легирования п- и р- областей. Выводится выражение для емкости р-п перехода.

Тема 1.4. Выпрямление на р-п переходе. Рассматривается р-п переход к которому прикладывается внешнее напряжение разной полярности. Качественно описывается зависимость тока от направления и величины приложенного внешнего напряжения.

Тема 1.5. Расчет вольтамперной характеристики р-п перехода. В данном разделе рассматривается диффузионная теория выпрямления р-п перехода. Описываются допущения при которых верна диффузионная теория выпрямления р-п перехода. Выводятся выражения для вольтамперной характеристики диода и тока насыщения.

Тема 1.6. Физический смысл тока насыщения р-п перехода. В данном разделе дается физическое объяснение тока насыщения диода. Показывается, что ток насыщения обусловлен тепловой генерацией неосновных носителей в р- и п- областях. Рассматривается влияние температуры и степени легирования на ток насыщения.

Тема 1.7. Пробой р-п перехода. В данном разделе рассматриваются четыре типа пробоя в р-п переходе: туннельный, лавинный, тепловой и поверхностный. Описываются физические процессы приводящие к возникновению пробоя.

Тема 1.8. Переход Шоттки. ([1] гл.6, [2] гл.8, [3] гл.2)

Барьер Шоттки. Вольт-амперная характеристика. Свойства и параметры омического перехода.

Тема 1.9. Гетеропереходы. ([1] гл.8, [3] гл.2)

Гетеропереходы. Понятие идеального гетероперехода. Требования к материалам гетеропары. Изотопные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.

Раздел 2. Полупроводниковые диоды.

Тема 2.1. Полупроводниковые диоды. ([2] гл.4, [3] гл.4)

Структура и основные элементы полупроводникового диода. Вольтамперная характеристика с учетом падения напряжения на сопротивлении базы. Генерация и рекомбинация носителей заряда в р-п-переходе. Влияние поверхностных состояний на вольт амперную характеристику. Лавинный, туннельный и тепловой пробой.

Тема 2.2. Диоды Шоттки. ([2] гл.4, [3] гл.4)

Классификация полупроводниковых диодов. Диоды Шоттки.

Раздел 3. Физические принципы работы транзисторов.

Тема 3.1. Принцип работы биполярного транзистора. В данном разделе рассматривается принцип работы биполярного транзистора типа п-р-п с общей базой. Дается объяснение механизмам токопрохождения через эмиттерные и коллекторные цепи.

Тема 3.2. Параметры биполярного транзистора. В данном разделе дается определение основных параметров транзистора. Определяется зависимость коэффициента усиления по току от внутренних параметров транзистора: эффективности эмиттера, коэффициента переноса и эффективности коллектора. Выводятся выражения для этих параметров и анализируется зависимость коэффициента усиления по току от параметров транзистора – от толщины базовой области и проводимости п- и р- областей. Показывается, что в схеме с общей базой усиления по току не происходит. Анализируются выходные характеристики транзистора, показывающие зависимость коллекторного тока от коллекторного напряжения.

Тема 3.3. Полевые транзисторы. В данном разделе рассматривается структура современного полевого транзистора. Отдельно рассматривается принцип действия полевого транзистора и его статические характеристики.

Тема 3.4. МДП транзисторы. В данном разделе рассматривается реальная структура МДП транзистора с п-каналом и принцип его работы.

Раздел 4. Фотовольтаический эффект в р-п переходе

Тема 4.1. Фотовольтаический эффект в р-п переходе. Взаимодействие оптического излучения с полупроводником. Прямые разрешенные переходы. В данном разделе рассматриваются физические явления, приводящие к возникновению фотовольтаического эффекта в р-п переходе. Выводится общее выражение для вольтамперной характеристики освещенного фотодиода. Рассматриваются разные схемы включения фотодиодов – как фотоприемник и как преобразователь энергии.

2.3.3. Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума

Практические занятия проводятся в форме разборов типовых задач и расчетных заданий, направленных на закрепление теоретического материала. Обсуждаются физические принципы работы полупроводниковых приборов, выполняются анализ энергетических диаграмм контактов, моделируются вольтамперные характеристики. Лабораторные практикумы предусматривают проведение физических измерений, обработку экспериментальных данных и анализ результатов с оформлением отчетов.

2.3.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Лабораторные установки физического практикума лаборатории технологии материалов и структур электронной техники
- Учебные методические пособия к практическим занятиям

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)		Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)	Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
	M1 ¹	M2	M1	M2	M1	M2		
Вид учебной работы/контроля								
Контрольная работа (при наличии)			0.5	0.5				
Устный опрос (при наличии)								
Лабораторные работы (при наличии)	0.5	0.5						
Письменные домашние задания (при наличии)								
Решение задач	0.5	0.5						
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей					0.5	0.5		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.5
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								0.5
	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

¹ Учебный Модуль

3. Теоретический блок (указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1. Учебник(и);

1. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1990.
2. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. Т 1,2. – М.: Мир, 1984.
3. В.А. Гуртов. Твердотельная электроника. – ПетрГУ 2004.
4. И.П. Степаненко. Основы микроэлектроники. – Москва 2001.
5. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. – М.: Наука, 1978.
6. Шалимова К.В. Физика полупроводников. – М.: Высшая школа, 1976.
7. Кардона П.Ю. Основы полупроводников. – М.: Мир, 2003.
8. Sah C.T. Fundamentals of solid-state electronics / C.T. Sah. World Scientific, 1991.
9. Пасынков В.В. Полупроводниковые приборы: учебник для вузов. / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. 6-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2002.

3.1.2. Учебное(ые) пособие(я);

1. Драгунов В.П. Основы нанoeлектроники: учеб. пособие / В.П. Драгунов, И.П. Неизвестный, В.А. Гридчин. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000.
2. Гаман В.И. Физика полупроводниковых приборов: учебное пособие. / В.И. Гаман. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000.

4. Фонды оценочных средств (указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).

4.1. Планы практических занятий

1. Материалы, используемые в производстве микроэлектронных компонент (диэлектрики, проводящие, полупроводниковые).
2. Четерёхзонный метод измерения величины поверхностного сопротивления полупроводниковых и проводящих плёнок.
3. Измерение физических параметров эпитаксиальных слоёв с помощью шар-шлифа.
4. Измерение температурной зависимости электропроводности различных металлов и полупроводников.
5. Исследование вольт-амперных характеристик Ge и Si диодов.

4.2. Материалы по практической части курса

4.2.1. Задачники (практикумы);

1. Специальный физический практикум, под ред. А.А. Харламова, ч. 2, изд. 3, Издательство Московского университета, 1977

4.3. Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

1. Объясните, что такое контактная разность потенциалов на границе металл–полупроводник.
2. Постройте энергетическую диаграмму р-п перехода при прямом и обратном смещении.
3. Какие типы пробоя характерны для р-п перехода? Дайте краткое описание каждого.
4. В чем отличие идеального гетероперехода от неидеального?
5. Опишите принцип действия диода Шоттки. В чем его преимущества?
6. Рассчитайте ширину обедненного слоя для р-п перехода с заданной концентрацией примесей.
7. Объясните, как возникает фотовольтаический эффект в полупроводнике.
8. Сравните работу обычного и МДП транзистора.
9. Какие параметры влияют на усиление по току в биполярном транзисторе?
10. Приведите примеры применения полупроводниковых приборов в сенсорике и энергетике.

4.4. Образцы вариантов контрольных работ, тестов и/или других форм текущих и промежуточных контролей

Билет 1

1. Контакт металл-полупроводник
 - Контактная разность потенциалов
 - Определение толщины обедненного слоя и закона искривления зон
 - Емкость контакта металл-полупроводник
2. Пробой р-п перехода. Типы пробоев.

Билет 2

1. Выпрямление на контакте металл-полупроводник
 - Определение изменения квазиуровня Ферми
 - Вольт-амперная характеристика контакта металл-полупроводник
2. Принцип работы биполярного транзистора

4.5. Перечень зачетных вопросов

- 1) Контакт метал-полупроводник.
- 2) Выпрямление на контакте металл-полупроводник.
- 3) Контакт электронного и дырочного полупроводников.
- 4) Выпрямление на р-п переходе.
- 5) Расчет вольтамперной характеристики р-п перехода.
- 6) Физический смысл тока насыщения р-п перехода.
- 7) Пробой р-п передода.
- 8) Переход Шоттки.
- 9) Гетеропереходы.
- 10) Полупроводниковые диоды.
- 11) Диоды Шоттки.
- 12) Принцип работы биполярного транзистора.
- 13) Параметры биполярного транзистора.
- 14) Полевые транзисторы.

- 15) МДП транзисторы.
- 16) Фотовольтаический эффект в р-п переходе.
- 17) Взаимодействие оптического излучения с полупроводником. Прямые разрешенные переходы.

4.6. Образцы зачетных билетов

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра общей физики и квантовых наноструктур

Направление: Конструирование и технология электронных средств

**Дисциплина: Полупроводниковые приборы
(бакалавриат III-ий курс, II-ой семестр)**

Зачетный билет № **

1. Электронно-дырочный (р-п) переход
2. Структура, принцип действия и схема включения биполярного транзистора.
3. Фотовольтаический эффект в р-п переходе.

Зав. кафедрой ОФКН _____ Д.Б. Айрапетян
20__г.
