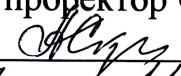


Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Комсомольск-й-на-Амуре государственный технический университет»

Кафедра «Промышленная электроника»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ФГБОУ ВПО «КНАГТУ»


_____ А.Р. Куделько
« 07 » / 11 _____ 2012 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА


дисциплины (курса) «Твердотельная электроника»
основной образовательной программы подготовки дипломированных
специалистов по специальности 210106 – «Промышленная электроника»

Форма обучения	очная
Технология обучения	традиционная
Объем дисциплины	120 часов 4,5 зачетных единицы

Комсомольск-на-Амуре 2012

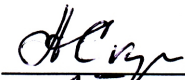
Рабочая программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры
«Промышленная электроника»

Заведующий кафедрой

 С.М. Копытов
« _____ » _____ 2012 г.

СОГЛАСОВАНО

Начальник учебно-методического управления


 А.А. Скрипилев
« 25 » 09 2012 г.

Декан электротехнического факультета


 А.Н. Степанов
« _____ » _____ 2012 г.

Рабочая программа рассмотрена, одобрена и рекомендована к
использованию методической комиссией электротехнического факультета

Председатель методической комиссии

 Н.Е. Дерюжкова
« _____ » _____ 2012 г.

Автор рабочей программы
к.т.н., доцент

 С.М. Копытов
« 19 » 09 2012 г.

ВВЕДЕНИЕ

Область профессиональной деятельности выпускника по специальности 210106 «Промышленная электроника» включает в себя совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, направленной на исследование, моделирование, разработку, производство и эксплуатацию материалов, компонентов, приборов и устройств различного назначения вакуумной, плазменной, твердотельной, микро- и наноэлектроники.

Объектами профессиональной деятельности выпускника по направлению «Электроника и микроэлектроника», в зависимости от содержания конкретной образовательной программы (специальности), являются материалы, компоненты, приборы и устройства электронной и микросистемной техники, технологические процессы их изготовления, методы исследования, проектирования и конструирования, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели процессов и объектов электроники и микроэлектроники, алгоритмы решения типовых задач, относящихся к профессиональной сфере.

Инженер по специальности 210106 должен выполнять следующие виды профессиональной деятельности:

- 1) экспериментально-исследовательскую;
- 2) проектно-конструкторскую;
- 3) производственно-технологическую;
- 4) организационно-управленческую;
- 5) эксплуатационное и сервисное обслуживание.

Для решения профессиональных задач инженер:

- Ø осуществляет сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследований;
- Ø изучает специальную литературу и другую научно-техническую информацию, достижения отечественной и зарубежной науки и техники в области материаловедения, элементной базы и устройств электронной и микросистемной техники;
- Ø проводит экспериментальные исследования объектов электроники с целью их модернизации или создания новых материалов, приборов или их технологий;
- Ø составляет описания проводимых исследований, готовит данные для составления отчетов, обзоров и другой документации;
- Ø выполняет математическое моделирование структур, приборов или технологических процессов с целью оптимизации их параметров;
- Ø участвует в проектировании, конструировании и модернизации приборов и устройств электронной техники на схемотехническом и элементном уровне;

Ø разрабатывает проектную и рабочую техническую документацию, оформляет законченные научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы.

Выпускник должен уметь решать профессиональные задачи, соответствующие его квалификации, указанной в п. 1.4.5 ГОС специальности.

Данная рабочая программа предназначена для студентов дневной формы обучения, обучающихся по направлению 654100 – «Электроника и микроэлектроника», специальность 210106 «Промышленная электроника». Дисциплина «Твердотельная электроника» относится к разделу общепрофессиональных дисциплин.

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Требования государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования к структуре и содержанию курса «Твердотельная электроника»

Индекс	Наименование дисциплин и их основные разделы	Всего часов
ОПД. Ф. 08	Твердотельная электроника: явления переноса в твердых телах, контактные явления в полупроводниках, контакт металл-полупроводник и металл-диэлектрик -полупроводник (МДП); электронно-дырочный переход; изотипные и анизотипные гетеропереходы; полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, тиристоры, МДП-транзисторы, полевые транзисторы с управляющим переходом, полупроводниковые излучатели и фотоприемники, полупроводниковые датчики, сенсорные устройства и преобразователи - принципы действия и характеристики.	120

1.2 Предмет, цели, задачи и принципы построения курса «Твердотельная электроника»

Предметом изучения курса «Твердотельная электроника» являются принципы работы и характеристики основных полупроводниковых приборов; методы их использования на практике; умение анализировать назначение и работу полупроводниковых приборов в современных электронных устройствах и применять приборы твердотельной электроники в проектируемых электронных устройствах.

Цели дисциплины.

Целью дисциплины «Твердотельная электроника» является изучение физики полупроводников и принципов работы полупроводниковых приборов таких как полупроводниковые диоды, полевые и биполярные транзисторы, тиристоры и другие.

Особое внимание уделяется рассмотрению зонной теории твердого тела и процессам в электронно-дырочном переходе и контакте металл-полупроводник; рассматриваются оптоэлектронные, гальваномагнитные и термоэлектронные явления в полупроводниках, а также полупроводниковые приборы, принцип работы которых основан на этих эффектах. Кроме того, приводятся сведения о технологии производства полупроводниковых приборов.

Задачи дисциплины.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- 1) иметь представление (понимать и уметь объяснить) о путях развития и проблемах полупроводниковой электроники;
- 2) знать принцип действия, свойства, основные характеристики и параметры различных полупроводниковых приборов;
- 3) уметь проводить исследования физических процессов в полупроводниковых приборах;
- 4) иметь навыки (опыт) измерения параметров и характеристик полупроводниковых приборов;
- 5) знать основы технологии их производства полупроводниковых приборов.

Принципы построения курса – последовательное рассмотрение сначала физики полупроводников и основных свойств полупроводниковых переходов, а затем конкретных классов приборов, использующих для своей работы то или иное физическое свойство полупроводника или определенного перехода.

1.3. Роль и место курса «Твердотельная электроника» в структуре реализуемой образовательной программы

Роль курса. Курс закладывает основы для дальнейшей схемотехнической подготовки инженеров промышленной электроники и базируется на дисциплинах: «Материалы и элементы электронной техники», «Теоретические основы электротехники», «Физика», «Химия».

Место курса «Твердотельная электроника» в реализуемой образовательной программе специальности 210106 характеризует структурная схема, представленная на рисунке 1.

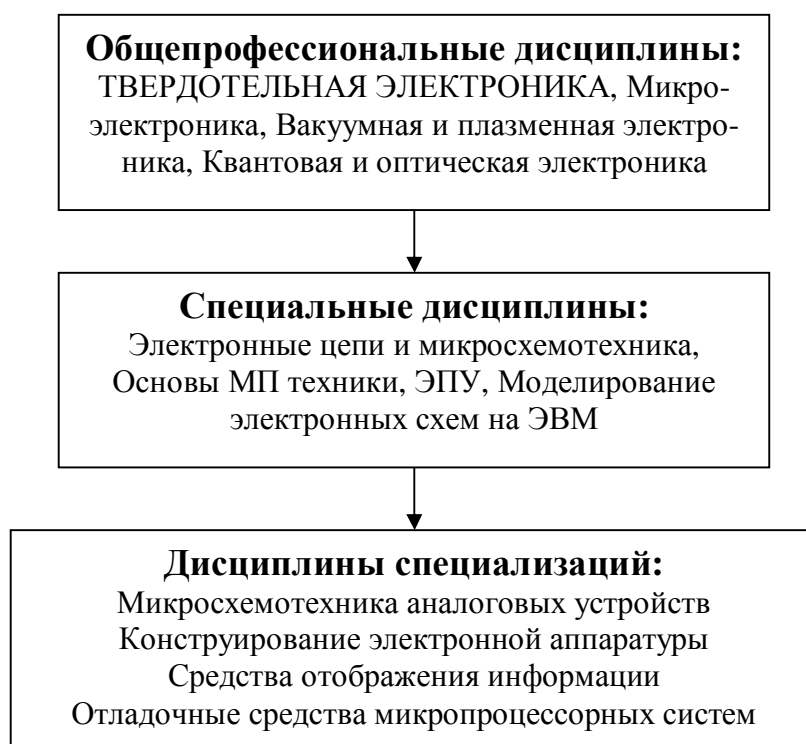


Рисунок 1 – Структурная схема дисциплин специальности

1.4. Объемы учебной работы и предусмотренные рабочими учебными планами реализуемой образовательной программы, формы аттестации ее результатов

Характеристика учебной работы и трудоемкость изучения дисциплины, выраженные в объемах, как в целом, так и в разрезе различных видов учебной деятельности студента, предусмотренные рабочим учебным планом, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика трудоемкости курса «Твердотельная электроника»

Виды учебной работы	Семестр	Объемы учебной работы (в семестре/в неделю), ч.			Объемы учебной работы в кредитах «зачетных единицах»
		Аудиторные	Самостоятельная работа	Всего	
1	2	3	4	5	6
1. Предусмотренный рабочим учебным планом объем изучения курса в учебных семестрах: - всего, - в т.ч. по семестрам	5	51/3 51/3	69/4 69/4	120 120	3,5 3,5
2. По видам аудиторных занятий: -лекции -лабораторные занятия	5 5	34/2 17/1		34 17	1 0,5
3. Аттестация по курсу: -экзамены	5			36	1
4. Итого объем курса по семестрам (записи в зачетную книжку): -экзамены	5			120	3,5
5. Итого трудоемкость курса (дисциплины)				156	4,5

2 СТРУКТУРА КУРСА «ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

Структура курса «Твердотельная электроника» представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Структура курса «Твердотельная электроника»

3 КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК ИЗУЧЕНИЯ КУРСА «ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

3.1 Лекции

Лекции по курсу «Твердотельная электроника» предусматривают рассмотрение теоретических и проблемных вопросов в концентрированной, логически представленной форме, а также состояния и перспектив практического использования приборов твердотельной электроники.

График лекционного курса «Твердотельная электроника» представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Программа лекций курса «Твердотельная электроника»

№ п/п	Тематика лекций	Количество академических часов
1	2	3
1	<p>ВВЕДЕНИЕ Предмет дисциплины и ее задачи. Структура, содержание дисциплины; ее связь с другими дисциплинами учебного плана. Перечень дисциплин и разделов, усвоение которых необходимо студентам для изучения данной дисциплины.</p> <p>Роль электронных приборов в современной электронике. Основы классификации электронных приборов.</p>	2
2	<p>СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ Классификация и энергетические диаграммы твердых тел. Валентная зона и зона проводимости. Зонная структура металла, диэлектрика и полупроводника. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках. Собственные и примесные полупроводники.</p>	2
3	<p>Уровень Ферми. Законы распределения носителей заряда в зонах полупроводника. Вырожденные и невырожденные полупроводники.</p>	2
4	<p>Диффузия и дрейф носителей заряда. Подвижность носителей и коэффициент диффузии, их связь. Полный ток в полупроводнике.</p>	2
5	<p>Полупроводники в сильных электрических полях (ударная ионизация, туннелирование электронов, рассеяние носителей заряда, междолинный переход электронов).</p>	2
6	<p>КОНТАКТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ Физические основы образования электронно-дырочного перехода. Анализ перехода в равновесном и в неравновесном состоянии. Токи через р-п-переход. Свойства симметричного и несимметричного р-п-перехода.</p>	2
7	<p>Диффузионная и барьерная емкость р-п-перехода. Виды пробоя р-п-перехода. Вольт-амперная характеристика р-п-перехода.</p>	2
8	<p>Контакт полупроводников с одним типом проводимости, но с разной концентрацией носителей заряда (переходы типа р+-р, п+-п, р-і, п-і). Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником.</p>	2

Продолжение таблицы 2

1	2	3
9	<p>ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ Классификация полупроводниковых диодов. Выпрямительные диоды, их вольтамперная характеристика, технология изготовления, электрические свойства. Стабилитроны.</p>	2
10	<p>БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ Назначение и классификация транзисторов. Принцип работы транзистора и его основные параметры. Основные режимы работы и схемы включения транзистора.</p>	2
11	<p>Статические вольтамперные характеристики транзистора. Пробой транзистора. Работа транзистора на малом переменном сигнале. Малосигнальные параметры.</p>	2
12	<p>Усилительные свойства транзистора в разных схемах включения. Эквивалентные схемы.</p>	2
13	<p>Дрейфовый и бездрейфовый транзисторы. Частотные свойства транзисторов. Нагрузочная характеристика транзистора. Параметры предельного режима работы по температуре.</p>	2
14	<p>УНИПОЛЯРНЫЕ (ПОЛЕВЫЕ) ТРАНЗИСТОРЫ Полевые транзисторы с управляющим p-n-переходом и с переходом Шотки. Статические характеристики, эквивалентные схемы.</p>	2
15	<p>Полевые транзисторы с изолированным затвором (МДП-транзисторы), структура, принцип действия. МДП-транзисторы с индуцированным и встроенным каналом, статические характеристики, виды пробоя.</p>	2
16	<p>ТИРИСТОРЫ Динисторы (диодные тиристоры). Структура и принцип действия, ВАХ. Динистор с зашунтированным эмиттерным переходом. Триодные тиристоры (тринисторы), структура, принцип действия, ВАХ.</p>	2
17	<p>Тиристоры проводящие в обратном направлении. Симметричные тиристоры (симисторы). Способы переключения тиристоров. Динамические свойства. Основные параметры тиристоров.</p>	2
Итого в 5 семестре		34
Итого по курсу (дисциплине) в целом		34

3.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия направлены на закрепление и углубление, практическое подтверждение теоретических концепций курса, а также на формирование и развитие умений и навыков планирования и проведения эксперимента. График реализации лабораторного практикума приведен в таблице 3.

Подробные описания лабораторных работ и методические указания по их выполнению приведены в /7/.

Таблица 3 – График лабораторных занятий

№ п/п	Наименования лабораторных работ	Количество академических часов
1	2	3
1	Исследование выпрямительных диодов	2
2	Исследование стабилитронов	2
3	Исследование туннельных и обращенных диодов	2
4	Исследование статических характеристик и физических параметров маломощного транзистора в схеме ОБ	2
5	Исследование статических характеристик и физических параметров маломощного транзистора в схеме ОЭ	2
6	Исследование полевого транзистора с управляющим переходом	3
7	Исследование тиристора	2
8	Исследование тиристора	2
Итого в 5 семестре		17
Итого по курсу (дисциплине) в целом		17

3.3 Объем, структура и содержание самостоятельной работы студентов, график ее выполнения

Самостоятельная работа проводится в специализированной лаборатории кафедры, в читальном зале университета.

Виды самостоятельной работы студентов:

- подготовка к лекциям;
- подготовка к лабораторным экспериментам, оформление отчета и подготовка к защите;
- самостоятельное изучение отдельных теоретических разделов курса (таблица 4);
- подготовка к экзамену по курсу.

Таблица 4 – Темы, вынесенные на самостоятельное изучение

№ п/п	Наименования теоретических разделов курса	Количество часов
1.	КОНТАКТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ Гетеропереходы. Методы получения р-п-переходов.	2
2.	ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ Туннельные диоды. Обращенные диоды.	2
3.	Варикапы.	2
4.	Импульсные, высокочастотные и сверхвысокочастотные диоды.	2
5.	Диоды Шотки.	2
6.	БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ. Работа транзистора на импульсах.	2
7.	УНИПОЛЯРНЫЕ (ПОЛЕВЫЕ) ТРАНЗИСТОРЫ Полупроводниковые приборы с зарядовой связью, свойства и параметры.	2
8.	ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ НА ЭФФЕКТЕ МЕЖДОЛИННОГО ПЕРЕХОДА ЭЛЕКТРОНОВ Физические основы отрицательного дифференциального сопротивления, доменная неустойчивость. Эффект Ганна.	2
9.	Пролетный режим работы генератора Ганна.	2
10.	Генератор Ганна в режиме ограничения накопления объемного заряда.	2
11.	ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА Конструкция и принцип действия термоэлектрических устройств. Возникновение термо-ЭДС (эффект Зеебека). Поглощение и выделение теплоты в спаях термоэлемента (эффект Пельтье).	2
12.	Термоэлектрические генераторы.	2
13.	Холодильники и тепловые насосы.	2
14.	МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ Эффект Холла. Магниторезистивный эффект. Преобразователи Холла.	2
15.	Магниторезисторы. Магнитодиоды и магнитотранзисторы.	2
Всего		30

График выполнения самостоятельной работы приведен в таблице 5.

Таблица 5 – График выполнения самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Число часов в неделю																	Итого по видам работы
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
5 семестр																		
Подготовка к лекциям		0,2	0,25	0,2	0,25	0,2	0,25	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	3,8
Подготовка к лабораторным занятиям	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	27,2
Оформление отчета		1		1		1		1		1		1		1		1		8
Изучение теоретических разделов курса			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30
ИТОГО в 5 семестре	1,7	2,9	3,95	4,9	3,95	4,9	3,95	4,9	3,95	4,95	3,95	4,95	3,95	4,95	3,95	4,95	2,25	69
Итого по курсу (дисциплине) в целом	1,7	2,9	3,95	4,9	3,95	4,9	3,95	4,9	3,95	4,95	3,95	4,95	3,95	4,95	3,95	4,95	2,25	69

4 ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЕМЫХ

4.1 Технологии и методическое обеспечение контроля текущей успеваемости студентов

Для текущего контроля используется периодическая в течение семестра оценка результатов учебной деятельности каждого студента с учетом активности на лабораторных занятиях и графика выполнения самостоятельной работы (см. таблицу 5).

4.2 Технологии и методическое обеспечение аттестации по курсу

Данный курс изучается в течение одного семестра. Рабочим учебным планом предусмотрена аттестация в форме экзамена. Допуск к экзамену разрешается при наличии выполненных и защищенных в срок всех лабораторных работ.

Аттестация по курсу в форме экзамена проводится путем совмещения устной и письменной формы. Каждому студенту на экзамене выдаются два теоретических вопроса. Перечень экзаменационных вопросов приведен в Приложении А.

4.3 Технологии и методическое обеспечение контроля выживаемости знаний, умений и навыков, сформированных при изучении курса

Выживаемость знаний, умений и навыков, приобретенных в результате изучения данного курса, выявляются при проведении итогового междисциплинарного экзамена и при государственной аттестации и аккредитации специальности. Педагогические измерительные материалы (ПИМ) по специальности включают в себя вопросы по курсу «Твердотельная электроника». ПИМы хранятся на кафедре ПЭ.

Ключевые разделы курса «Твердотельная электроника», включенные в ПИМы и необходимые для дальнейшей работы студентов, а также для практической деятельности после окончания вуза:

- *полупроводниковые диоды;*
- *биполярные транзисторы;*
- *униполярные (полевые) транзисторы;*
- *тиристоры;*
- *полупроводниковые приборы на эффекте междолинного перехода электронов;*
- *терморезисторы и полупроводниковые термоэлектрические устройства;*

- *полупроводниковые тензометры;*
- *магнитоэлектрические полупроводниковые приборы.*

5 РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КУРСА «ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

5.1 Список основной учебной и учебно-методической литературы

- 1) **Пасынков, В.В.** Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин, - СПб: Лань, 2004. - 480 с.
- 2) **Батушев, В.А.** Электронные приборы: Учебник для вузов. / В.А. Батушев - М.: Высшая школа, 1980. - 383 с.
- 3) **Дулин, В.И.** Электронные приборы. / В.И. Дулин - М.: Энергия, 1977. - 424 с.
- 4) **Викулин, И.М.** Физика полупроводниковых приборов. / И.М. Викулин, В.И. Стафеев - М.: Радио и связь, 1990. - 264 с.
- 5) **Крутякова, М.Г.** Полупроводниковые приборы и основы их проектирования: Учебник для техникумов / М.Г. Крутякова, Н.А. Чарыков, В.В. Юдин. - М.: Радио и связь, 1983. - 352 с.
- 6) **Терехов, В.А.** Задачник по электронным приборам. / В.А. Терехов - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 280 с.

5.2 Список дополнительной учебной, учебно-методической и научной литературы

- 7) **Копытов, С.М.** Твердотельная электроника: Методические указания к лабораторным работам / Сост. С.М. Копытов – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т», 2007. – 40 с.
- 8) **Копытов, С.М.** Твердотельная электроника: Методическое пособие. / С.М. Копытов (автор-составитель) – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т», 2005. – 179 с.
- 9) **Линч, П.** Задачи по физической электронике. / П. Линч, А. Николайдес - М.: Мир, 1975. - 264 с.
- 10) **Росадо, Л.** Физическая электроника и микроэлектроника. / Л. Росадо - М.: Высшая школа, 1991. - 351 с.

5.3 Перечень программных продуктов, используемых при изучении курса

Программные продукты, используемые при изучении курса:

- ∅ программные продукты нормативно-справочного характера, используемые студентами для теоретической подготовки – стандарты в сети Internet;
- ∅ стандартные программы, используемые студентами для подготовки отчетов к лабораторным работам – WINWORD, MathCAD;
- ∅ программа моделирования работы электронных приборов и электронных схем EWB.

5.4 Материально-технические ресурсы

Материально-техническое обеспечение дисциплины:

- ∅ лабораторные стенды 87Л-1 в лаборатории основ электроники кафедры «Промышленная электроника».

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Экзаменационные вопросы

1. Генерация и рекомбинация носителей в полупроводниках. Собственные и примесные полупроводники. Уровень Ферми. Зависимость концентраций носителей от температуры. Связь концентраций основных и неосновных носителей.
2. Диффузия и дрейф носителей. Подвижность, коэффициент диффузии, время жизни, диффузионная длина, длина свободного пробега, зависимость от температуры.
3. Полупроводники в сильных электрических полях. Ударная ионизация, туннелирование, рассеяние носителей, междолинный переход электронов.
4. *P-n*-переход в равновесном состоянии. Энергетическая диаграмма, ширина и высота потенциального барьера, их зависимость от температуры, концентрации примесей, ширины запрещенной зоны.
5. *P-n*-переход в неравновесном состоянии. Энергетическая диаграмма, ширина и высота потенциального барьера, их зависимость от температуры, напряжения.
6. Ёмкости *p-n*-перехода, их влияние на работу диодов и транзисторов. Вольт - фарадная характеристика *p-n*-перехода.
7. Виды пробоев *p-n*-перехода. Зависимость напряжения пробоя от температуры.
8. ВАХ идеального *p-n*-перехода. Влияние температуры, ширины запрещенной зоны, концентрации легирующих примесей.
9. ВАХ реального диода, отличие от ВАХ идеального *p-n*-перехода.
10. Контакт полупроводников с одним типом проводимости. Энергетическая диаграмма, свойства, применение.
11. Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником, применение.
12. Выпрямительные диоды. ВАХ, применение.
13. Стабилитроны, стабилитроны. ВАХ, применение.
14. Туннельный диод. Принцип работы, ВАХ, применение.
15. Обратный диод. Принцип работы, ВАХ, применение.
16. Варикапы. Вольт-фарадная характеристика, эквивалентные схемы на низких и высоких частотах.
17. Импульсные и высокочастотные диоды. Временные диаграммы токов, время восстановления обратного сопротивления, методы его уменьшения.
18. Диоды Шоттки. Преимущества по сравнению с диодами на *p-n*-переходах.
19. Биполярный транзистор. Структура, энергетические диаграммы, токи в электродах.
20. Схема с ОБ. Основные параметры, ВАХ.
21. Схема с ОЭ. Основные параметры, ВАХ.
22. Виды пробоя в транзисторах. Зависимость напряжения лавинного пробоя от схемы включения, параметров внешних цепей.
23. Усилительные свойства транзистора в разных схемах включения. Коэффициенты усиления (K_I , K_U , K_P), входные и выходные сопротивления.
24. Частотные свойства транзисторов в разных схемах включения, сравнение. Дрейфовые и бездрейфовые транзисторы.
25. Работа транзистора на импульсах (ключевой режим работы транзисторов).
26. Предельные режимы работы транзистора по температуре и частоте.
27. Полевые транзисторы с управляющим *p-n*-переходом. ВАХ, частотные свойства, применение.
28. МДП-транзисторы с индуцированным каналом. Структура, ВАХ, частотные свойства, применение.

29. МДП-транзисторы со встроенным каналом. Структура, ВАХ, частотные свойства, применение.
30. Динисторы. Структура, ВАХ, применение.
31. Тринисторы. Структура, ВАХ, применение.
32. Симметричные тиристоры, шунтирование эмиттерных переходов. Структура, ВАХ, применение.
33. Способы включения и выключения тиристоров.
34. Эффект Зеебека, эффект Пельтье. Термоэлемент.
35. Термоэлектрические генераторы. Полупроводниковые холодильники и тепловые насосы.
36. Датчики Холла.
37. Магниторезисторы.
38. Магнитодиоды и магнитотранзисторы.