«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. декана инженерно-физического факультета

_____/Алиева М.Ф.

«16» марта 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Б1.О.13 Теоретическая механика

направление подготовки: 27.03.04 "Управление в технических системах"

направленность (профиль): Управление и информатика в технических системах

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Майкоп, 2021

Факультет Инженерно – физический

Кафедра Теоретической физики

Составитель (разработчик) программы докт. ф-м. наук, профессор Тлячев В.Б. _____

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры теоретической физики
протокол № 8 от «16» марта 2021 г.

Заведующий кафедрой докт. ф-м. наук, профессор Тлячев В.Б. _____

Согласовано:
Председатель УМК факультета: ст. преподаватель Плисенко О.А. _____

Содержание

Пояснительная записка 4
1. Цели и задачи дисциплины (модуля). 4
2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы. 8
3. Содержание дисциплины (модуля). 8
4. Самостоятельная работа обучающихся. 15
5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля). 27
6. Образовательные технологии 30
7. Методические рекомендации по дисциплине (модулю). 30
8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов 34
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля). 36
10. Лист регистрации изменений 37

Пояснительная записка

Рабочая программа (РП) дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки *27.03.04 Управление в технических системах,* направленность (профиль)*: Автоматизированные системы обработки информации и управления*.

РП представляет собой совокупность дидактических материалов, направленных на реализацию содержательных, методических и организационных условий обучающихся.

Дисциплина «*Физика полупроводников»* относится к обязательной части Блока 1 учебного плана.

Для освоения дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и владения, сформированные в ходе изучения следующих дисциплин и прохождения практик:

– физика;
– метрология и измерительная техника;
– электроника и электротехника;
– технологическая (проектно-технологическая) практика.

Трудоемкость дисциплины: _6_ з.е./_216_ ч.;
контактная работа:
занятия лекционного типа – _34_ ч.,
занятия семинарского типа (практические занятия) – 34 ч.,
контроль самостоятельной работы – _4_ ч.,
иная контактная работа – _0,3_ ч.,
контролируемая письменная работа – ___ ч.,
самостоятельная работа (СР) – 117 ч.,
контроль – 26,7 ч.

Ключевые слова: *полупроводники, зонная теория, запрещенная зона, уровень Ферми, подвижность носителей, полупроводниковые приборы, интегральные схемы.*

Составитель: д.ф.-м.н., доцент, Тлячев В.Б

1. Цели и задачи дисциплины (модуля).

Цель дисциплины: формирование следующих общепрофессиональных компетенций:

ОПК-1 – способность анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики;

ОПК-2 – способность формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний, профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин (модулей);

ОПК-3 – способность использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины:

– усвоение теории и методологии исследовательской деятельности для решения базовых задач управления в технических системах;

– формирование целостного представления о технологии и методах научного исследования, возможных методах решения типовых задач управления в технических системах;
– изучение подходов к организации и проведению выпускного научного исследования;
– получение навыков формирования научной гипотезы, анализа научной проблемы, работы с информационными массивами, планирования исследовательской работы, аргументирования, обоснования, доказательства и представления результатов.

Таблица 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция (код и наименование)	**Индикаторы достижения компетенций** (код и наименование)	**Результаты обучения**
ОПК-1 *Способность анализировать задачи управления в технических системах на основе положений, законов и методов естественных наук и математики.*	ИД-1ОПК-1 - Анализирует задачи, выделяет базовые составляющие управления в технических системах.	*Знает:* основные положения, законы квантовой механики и зонную теорию твердого тела, явлений происходящих в полупроводниковых материалах и приборах на их основе. *Умеет:* анализировать и объяснять поведение носителей зарядов в твердом теле на основе зонных диаграмм. *Владеет:* навыком расчета характеристик полупроводниковых структур на основе знаний законов физики твердого тела, микроскопических параметров полупроводниковых материалов на основе их макроскопических параметров.
	ИД-2ОПК-1 - Рассматривает возможные варианты решения задачи управления в технических системах, оценивая их достоинства и недостатки.	*Знает:* характеристики полупроводниковых приборов, на которых строятся технические системы управления. *Умеет:* рассчитывать характеристики полупроводниковых приборов и рассматривать различные варианты решения задач управления на их основе, оценивая их достоинства и недостатки. *Владеет:* навыком расчета и определения характеристик полупроводниковых приборов.
ОПК-2 *Способность формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний, профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин (модулей).*	ИД-1ОПК-2 - Формулирует задачи в области управления в технических системах.	*Знает:* законы . *Умеет:* определять и планировать перспективные цели собственной деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей и реализовывать намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей. *Владеет:* навыками определения приоритетов собственной деятельности, личностного развития и профессионального роста, составления плана последовательных шагов для достижения поставленной цели.

	ИД-2ОПК-2 - Грамотно и аргументировано формирует собственные суждения и оценки на основе знаний по профильным разделам математических и естественно-научных дисциплин.	*Знает:* физико-математический аппарат, касающийся физики твердого тела, который позволяет грамотно и аргументировано формировать собственные суждения и оценки. *Умеет:* привлекать для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, соответствующий физико-математический аппарат из физики полупроводников. *Владеет:* соответствующим физико-математическим аппаратом при решении задач физики полупроводников.
ОПК-3 *Способность использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности.*	ИД-1ОПК-3 - Использует знания по применению основных видов материалов в профессиональной деятельности, а также в формулировке требований, предъявляемых к новым, перспективным видам материалов при реализации инновационных проектов, поддержки и управления жизненным циклом инновационных продуктов.	*Знает:* возможности применения основных полупроводниковых материалов в своей профессиональной деятельности. *Умеет:* формулировать требования, предъявляемые к новым, перспективным видам полупроводниковым материалам при реализации инновационных проектов, поддержки и управления жизненным циклом инновационных продуктов. *Владеет:* методиками расчета характеристик полупроводниковых материалов при реализации инновационных проектов, поддержки и управления жизненным циклом инновационных продуктов.
	ИД-3ОПК-3 - Обеспечивает рациональное природопользование и экологическую безопасность в повседневной и профессиональной деятельности.	*Знает:* возможности экологической безопасности при производстве полупроводниковых приборов, способы рационального природопользования при получении полупроводниковых материалов. *Умеет:* оценить экономический и экологический вред при производстве полупроводников. *Владеет:* методиками расчета экономического и экологического показателей при производстве полупроводников.

2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы.

Таблица 2. Объем дисциплины (модуля) общая трудоемкость: 6 з.е. / 216 ч.

Форма обучения *очная*

Виды учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах			
		V			
Общая трудоемкость дисциплины	216				
Контактная работа:					
занятия лекционного типа	34	34			
занятия семинарского типа (семинары)	34	34			
контроль самостоятельной работы	4	4			
иная контактная работа	0,3	0,3			
контролируемая письменная работа					
контроль	26,7	26,7			
Самостоятельная работа (СР)	117	117			
Курсовая работа (проект)					
Вид промежуточного контроля:	**зачет**				

3. Содержание дисциплины (модуля).

Таблица 3. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения *очная*

Семестр V

Номер раздела	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Объем в часах					
		Всего	Л	ПЗ	КСР	Контроль	СР и ИКР
1	**Введение в зонную теорию**	**43**	**4**	**4**	**2**	**8**	**25**
1.1	Квантово-механическое описание строения атома	12	1	1		2	8
1.2	Зонная теория строения твердого тела	15	2	2		3	8
1.3	Металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории. Примесные полупроводники. Полуметаллы.	16	1	1	2	3	9
2	**Явления в**	**83**	**14**	**14**	**1**	**9**	**44**

	полупроводниках						
2.1	Электропроводность полупроводников. Дырки. Подвижность носителей. Функция распределения Ферми.	13	2	2		1	8
2.2	Теплопроводность полупроводников. Фононы.	13	2	2	1	2	6
2.3	Контактные явления. Работа выхода. Контактная разность потенциалов.	11	2	2		1	6
2.4	Выпрямление на контакте двух металлов, металла и полупроводника и двух полупроводников. p-n переход.	11	2	2		1	6
2.5	Термоэлектрические явления (эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона).	12	2	2		2	6
2.6	Гальваномагнитные и термомагнитные явления.	11	2	2		1	6
2.7	Фотопроводимость	11	2	2		1	6
3	**Полупроводниковые приборы**	**90**	**16**	**16**	**1**	**9**	**48**
3.1	Полупроводниковые диоды. Выпрямительные диоды. Диоды Шоттки.	11	2	2		1	6
3.2	Явления пробоя. Стабилитроны. Туннельные и обращенные диоды. Быстродействие диодов.	12	2	2	1	1	6
3.3	Биполярные транзисторы. ВАХ и параметры.	11	2	2		1	6
3.4	Режимы работы биполярных транзисторов. Быстродействие. Транзисторы Шоттки.	11	2	2		1	6
3.5	Полевые транзисторы. Типы, ВАХ и параметры.	11	2	2		1	6
3.6	Быстродействие полевых транзисторов. Мощные полевые транзисторы и биполярные транзисторы с изолированным затвором.	12	2	2		2	6
3.7	Многослойные структуры. Тиристоры, тринисторы и симисторы.	11	2	2		1	6
3.8	Другие типы	11	2	2		1	6

	полупроводниковых приборов (диоды Ганна, лавинно-пролетные диоды, фотодиоды, светодиоды и др.)						
Итого		**216**	**34**	**34**	**4**	**27**	**117**

Задания к практическим (семинарским) занятиям

Задание 1. Покажите, что зеленый свет ($\lambda = 5 \times 10^{-7}$ м) может возбуждать электроны, которые могут пройти через запрещенную зону кремния (Si).

Решение. Пользуясь формулой де Бройля, найдем что

$$\lambda_{крит} = \frac{hc}{E_g} = \frac{6.62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{1.1 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 1.13 \times 10^{-6} \text{ м}$$

Таким образом, критическое значение длины волны для кремния составляет $1{,}13 \times 10^{-6}$ м. По условию задачи излучение с $\lambda = 5 \times 10^{-7}$ м $= 0{,}5 \times 10^{-6}$ м имеет даже большую энергию, чем та, которая необходима для прохождения электронов через запрещенную зону.

Задание 2. (a) Кристалл германия (Ge) освещается электромагнитным излучением частотой $3{,}091 \times 10^{14}$ Гц. Вычислите фотоэмиссию на длине волны, генерируемую этим взаимодействием. Германий - это простой полупроводник с шириной запрещенной зоны E_g , равной 0,7 эВ.

(b) Изобразите спектр поглощения германия, то есть график зависимости поглощенной энергии в % в зависимости от длины волны λ.

Решение. (a) Сначала сравним энергию падающего фотона $E_{фотона}$ с энергией запрещенной зоны Eg:

$$E_{фотона} = h\nu = 6{,}6 \times 10^{-34} \times 3{,}09 \times 10^{14} = 2{,}04 \times 10^{-19} \text{ Дж}$$

По условию Eg = 0,7 эВ = $1{,}12 \times 10^{-19}$ Дж , что меньше, чем $E_{фотона}$. Поэтому движение электронов сопровождается испусканием нового фотона с энергией равной Eg, и частью энергии, превышающая Eg, которая рассеивается в кристалле в виде тепла (см. рис. 1).

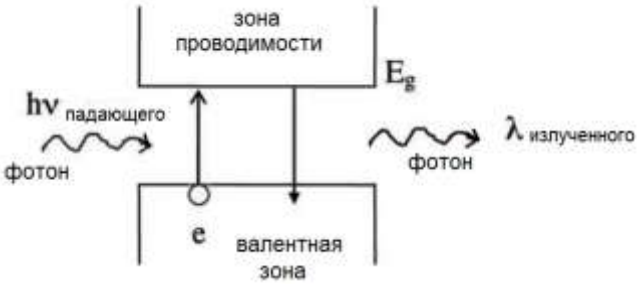


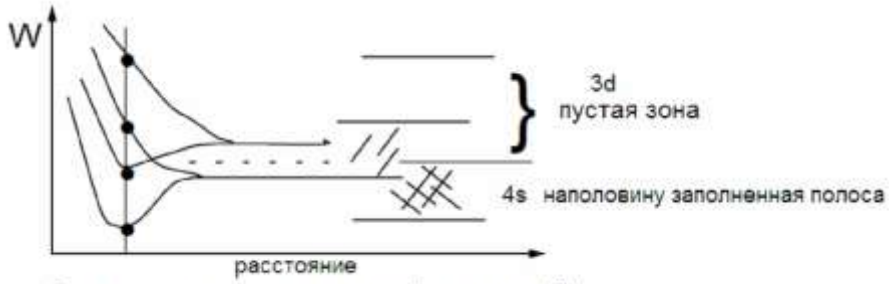
Рис. 1.

$$\lambda_{излучен.} = \frac{hc}{E_g} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{0.7 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 1.77 \times 10^{-6} \text{ м}$$

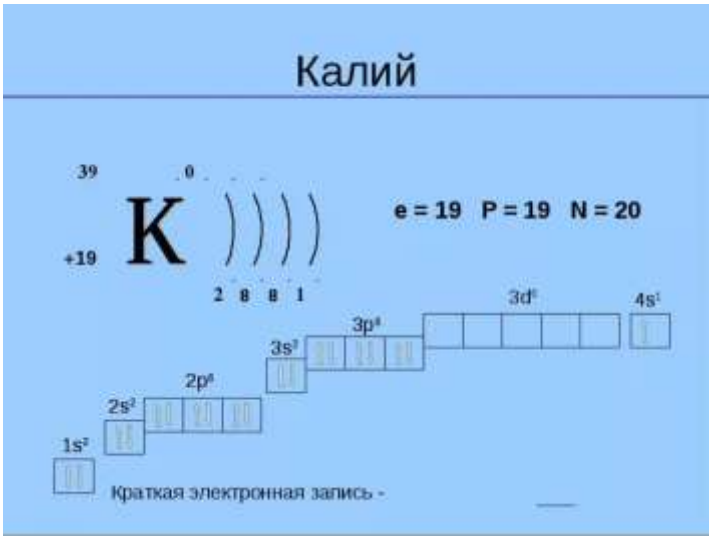
Задание 3. На основе зонной теории объясните хорошую электропроводность калия (K) и бериллия (Be).

Решение.

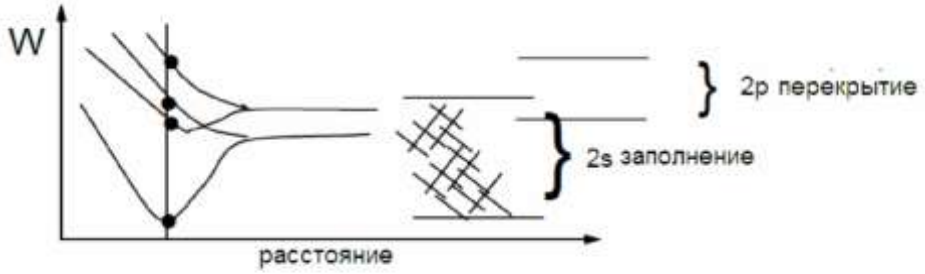
В калии (K) каждый атом вносит один электрон и одну орбиталь в зону проводимости (4s-зону). Согласно принципу запрета Паули, каждая “молекулярная орбиталь” может вместить два электрона. Поэтому зона проводимости лишь наполовину заполнена электронами, что обеспечивает электрическую проводимость.



Структура энергетических уровней для калия (K)



У бериллия (Be) каждый атом, находящийся в узле кристаллической решетки вносит два электрона и одну орбиталь в зону проводимости (2s-зону). При наличии двух электронов на орбиталь (от каждого атома) 2s зона проводимости заполняется. Наблюдаемая электропроводность обусловлена перекрытием полосы 2p, которая является пустой и, таким образом, обеспечивает пустые энергетические состояния, необходимые для электронной проводимости.



Структура энергетических уровней для бериллия Be

Задание 4.

В проходящем белом свете чистый кристаллический материал (без примесей или с очень малым количеством примесей) выглядит красным.

а) Объясните, является ли этот материал проводником, полупроводником или изолятором?

(b) Какова приблизительная ширина запрещенной зоны для этого материала в эВ?

Решение.

а) По шкале электромагнитных волн “белый свет” содержит излучение в диапазоне длин волн от 4000 Å (фиолетовый) до 7000 Å (темно-красный). Кристаллический материал, кажущийся красным при пропускании, имеет следующие характеристики поглощения:

а) если кристаллический материал чистый (без примесей), то его следует классифицировать как полупроводник, поскольку он обладает конечной «запрещенной зоной». Поэтому для активации носителей заряда требуются кванты света (фотоны) с энергиями, превышающими энергию излучения фотонов красного цвета.

(б) Принимая длину волны красного цвета λ = 6500 Å как пограничную в качестве края оптического поглощения для этого материала, можно найти энергию фотонов красного цвета:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = 3.05 \times 10^{-29}\ \text{Дж} \times \frac{1\ \text{eV}}{1.6 \times 10^{-19}\ \text{Дж}} = 1.9\ \text{эВ}$$

Таким образом, ширина запрещенной зоны для данного кристаллического материала составляет **E=1.9 эВ.**

Задание 5.

Неизвестный материал прозрачен для света с частотой (ν) вплоть до 1,3 x 10^{14} Гц. Нарисуйте (изобразите) схематично зонную структуру полосы для этого материала.

Решение.

По формуле Планка $E = h\nu$ находим энергию фотонов с частотой 1,3 x 10^{14} Гц**:**

$$E = h\nu = (6.63 \times 10^{-34}\ \text{Дж}\cdot\text{с}) \times (1.3 \times 10^{14}\ \text{с}^{-1}) \times$$
$$\times \frac{1\ \text{эВ}}{1.6 \times 10^{-19}\ \text{Дж}} = 0.54\ \text{эВ}$$

Таким образом получаем, что материал прозрачен для фотонов с энергиями меньше, чем 0.54 эВ.

Полученное значение энергии позволяет схематично построить запрещенную зону и зонную структуру.

Задание 6.

Некоторый кристаллическое вещество демонстрирует, так называемый «оптический край полосы» (переход от поглощения света к пропусканию) при частоте света ν = 5x10^{14} Гц ($с^{-1}$).

(а) Нарисуйте (изобразите схематично) диаграмму, которая отражает указанное в условии задания оптическое поведение.

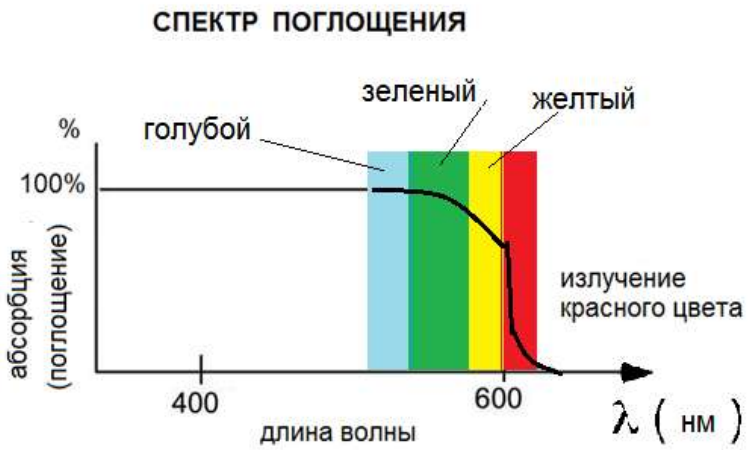
b) Какого цвета, по вашему мнению, должен быть этот материал при дневном свете?

(в) Какова ширина запрещенной зоны (E_g) этого материала?

Решение.

(a) Конкретное значение длины волны света связано с частотой по формуле

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^{8}\ \text{м/с}}{5 \times 10^{14}\ \text{с}^{-1}} = 6 \times 10^{-7}\ \text{м} = 600\ \text{нм}$$



(b) Цвет будет оранжевым или «красноватым».

(в)

$$E_g = E_{\text{фотона}} = h\nu = 6.63 \times 10^{-34}\ \text{Дж} \cdot \text{с} \times 5 \times 10^{14}\ \text{Гц}$$
$$= 3.315 \times 10^{-19}\ \text{Дж} \times \frac{1\ \text{эВ}}{1.6 \times 10^{-19}\ \text{Дж}} = 2.07\ \text{эВ}$$

Задание 7.

а) определить количество (в граммах) бора (B), которое, будучи замещенным в 1 кг германия (Ge), установит плотность носителей заряда 3,091 x 10^{17} $см^{-3}$.

б) нарисуйте схематично структуру энергетических зон этого материала, а также обозначения всех важных свойств (особенностей).

Решение

а) Из периодической системы химических элементов Менделеева находим, что для бора (B) молярная масса равна 10,81 а.е.м. или приблизительно M_B=11 г/моль, для германия (Ge) – молярная масса равна M_{Ge}=73 г/моль. С другой стороны, молярный объём германия известен и равен V_{Ge}=13,6 $см^3$/моль. Тогда плотность одного моля германия будет равна M_{Ge}/ V_{Ge}= 5,37 г/cm^3 . Отсюда объем 1 кг=1000 г германия будет равен приблизительно 187,3 cm^3. Добавление бора (B) дает один переносчик носителя заряда (электрон или дырка?) на атом. По условию задачи концентрация бора в германии должна стать равной 3,091 x 10^{17} $см^{-3}$. Зная молярную массу бора M_B, то есть массу одного моля и зная, что в одном моле содержится число Авогадро частиц N_A = 6.02x10^{23}, находим массу частиц бора, по плотности равной плотности носителей заряда 3,091 x 10^{17} $см^{-3}$

$$m_B = \frac{3{,}091 \times 10^{17}}{6{,}02 \times 10^{23}} \times 10{,}81 = 5{,}55 \times 10^{-6}\ \text{г}$$

Таким образом, для каждого 1 cm^3 германия (Ge) добавляется 5,55 x10^{-6} г бора (B). Учитывая, что по условию задачи берется 1 кг германия объем которого 187,3 cm^3 , находим, что для этого объёма масса бора будет равна

$$187{,}30 \times 5{,}55 \times 10^{-6} = 1{,}04 \times 10^{-3}\ \text{г}$$

4. Самостоятельная работа обучающихся.

Цели самостоятельной работы – освоить те разделы дисциплины, которые не были затронуты в процессе аудиторных занятий, но предусмотрены рабочей программой, а также расширить границы получаемых знаний, умений и навыков (владений) в процессе дополнительного изучения отдельных тем, решении практических задач, исследования отдельных вопросов дисциплины с помощью учебно-методической литературы; подготовиться к занятиям лекционного и семинарского типа.

Виды самостоятельной работы:

- выполнение домашних заданий;
- подготовка рефератов;
- изучение отдельных тем, вопросов, их конспектирование;
- подготовка докладов по отдельным вопросам тем;
- подготовка презентаций по отдельным вопросам тем;
- выполнение домашних контрольных заданий;
- подготовка к занятиям лекционного и семинарского типа;
- подготовка к текущим контрольным мероприятиям;
- другие виды самостоятельной работы студентов.

Таблица 4. Содержание самостоятельной работы обучающихся

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Разделы или темы рабочей программы	Форма отчетности
1	Внеаудиторная самостоятельная работа	Введение в зонную теорию	Опрос и конспект видеолекции
2	Внеаудиторная самостоятельная работа	Явления в полупроводниках	Коллоквиум
3	Внеаудиторная самостоятельная работа	Полупроводниковые приборы	Защита рефератов

Индивидуальные домашние задания

Домашнее задание № 1.

1. Найти среди рис. 1... 8 вольтамперную характеристику (ВАХ) заданного типа электронного прибора (ЭП).

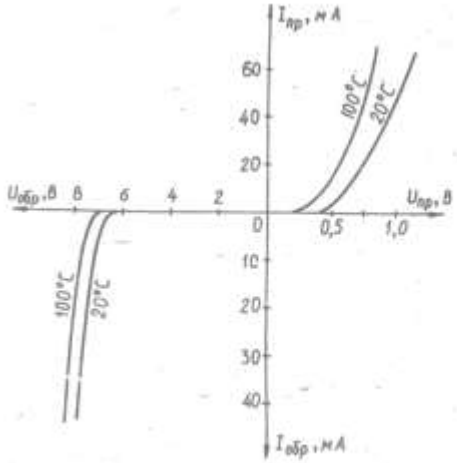


Рис. 1.

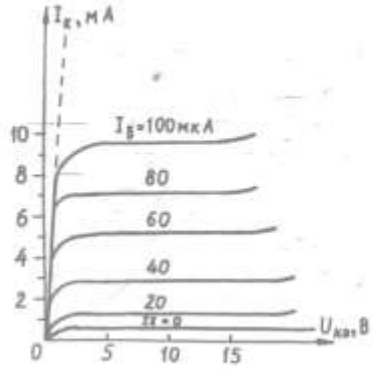


Рис. 2.

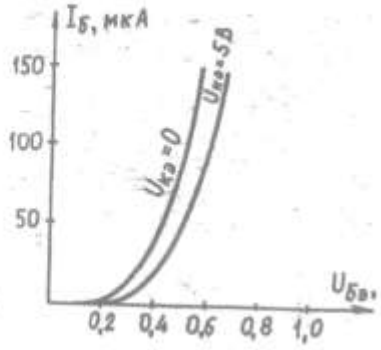


Рис. 3.

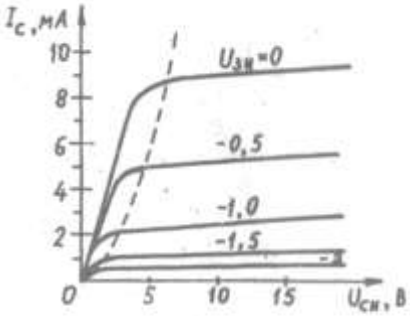


Рис. 4.

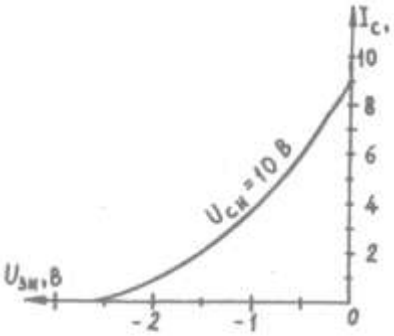


Рис. 5.

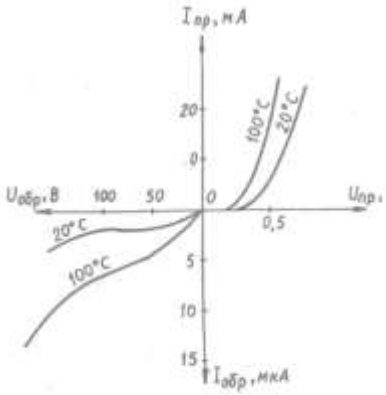


Рис. 6.

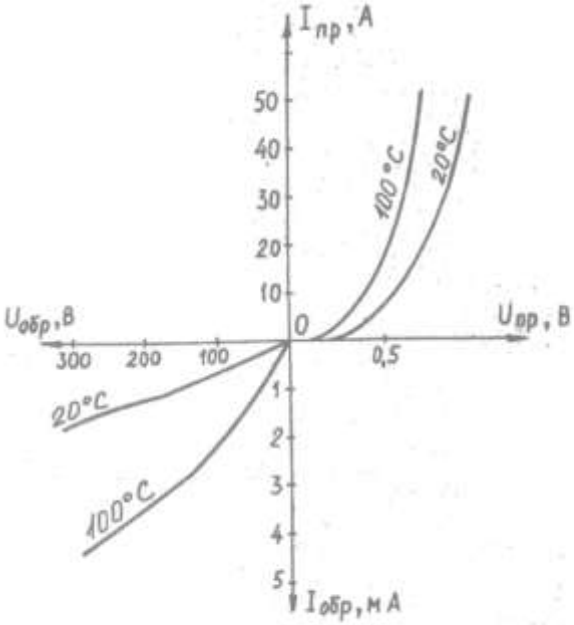


Рис. 7.

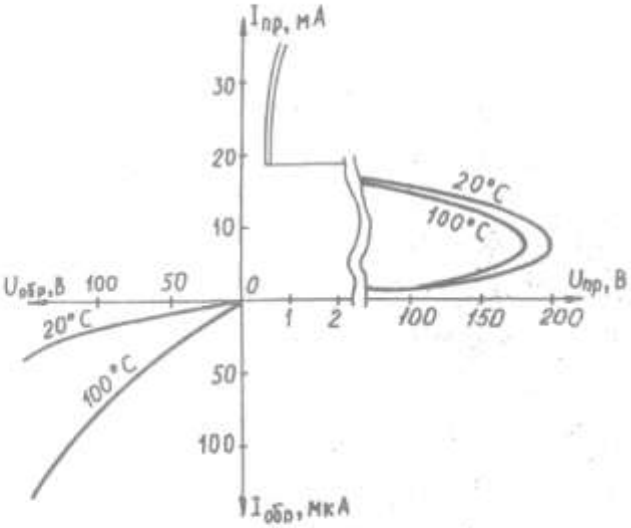


Рис. 8.

2. Определить в обеих заданных точках ВАХ:

а) ток или напряжение на ЭП, если заданы соответственно напряжение или ток;

б) сопротивление ЭП постоянному току - R;

в) дифференциальное сопротивление ЭП -.

Кратко описать типовые применения данного ЭП.

Условия для расчета определяются табл. 1 и табл. 2

Таблица 1

Задание	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип электронного прибора	Точечный ДИОД		Мощный выпрямительный диод		Стабилитрон		Динистор			
Окружающая температура	20	100	20	100	20	100	20	100	20	100
Положение на ВАХ расчетных точек	1.Прямая ветвь 2.Обратная ветвь						1. Прямая ветвь, включенное состояние 2.Обратная ветвь		1.Прямая ветвь, включенное состояние 2.Прямая ветвь, включенное состояние	
Заданные электрические величины (см. табл. 2)	Прямое напряжение $U_{пр}$, обратное напряжение $U_{обр}$				Прямое напряжение $U_{пр}$, обратный ток $I_{обр}$		Прям.ток $I_{пр.вкл}$, обр.напр. $U_{обр}$		Прямой ток $I_{пр.вкл}$, прям.напряжение $U_{пр.вкл}$	

Таблица 2

Задание	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{пр}$, В	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,4	0,45	0,5	0,55.	0,6
$U_{обр}$, В	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$I_{обр}$, мА	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
$I_{пр.вкл}$, мА	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
$U_{пр.вкл}$, В	100	110	120	130	140	150	160	170	110	120

Домашнее задание №2.

1. Найти среди рис. 1...8 статические характеристики заданного типа транзистора (схема включения - общий эмиттер для биполярного транзистора, общий исток для полевого).

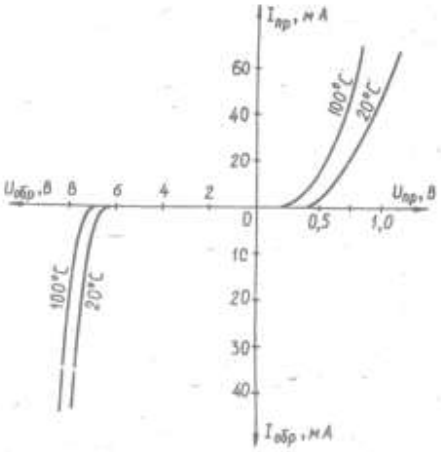


Рис. 1.

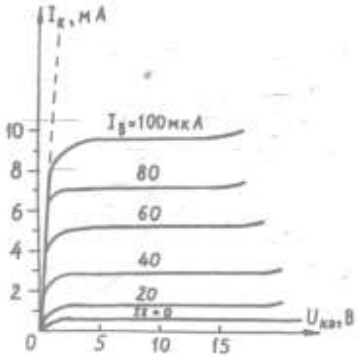


Рис. 2.

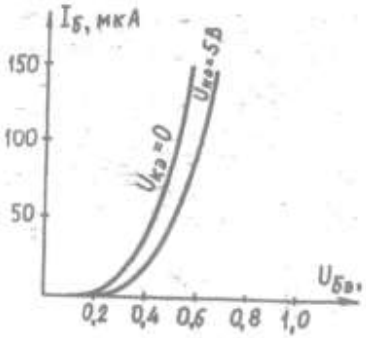


Рис. 3.

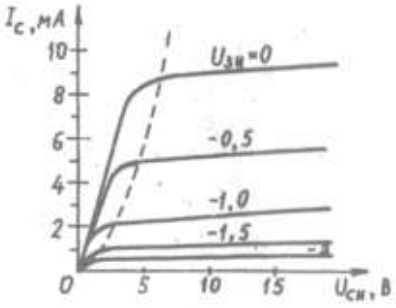


Рис. 4.

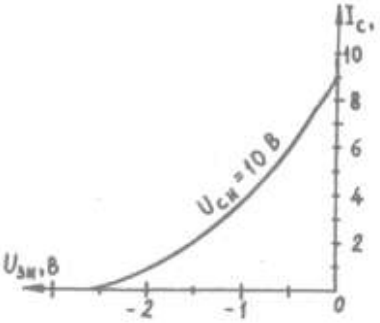


Рис. 5.

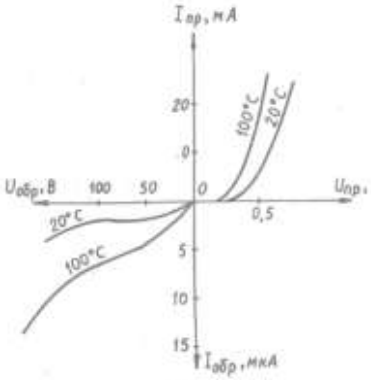


Рис. 6.

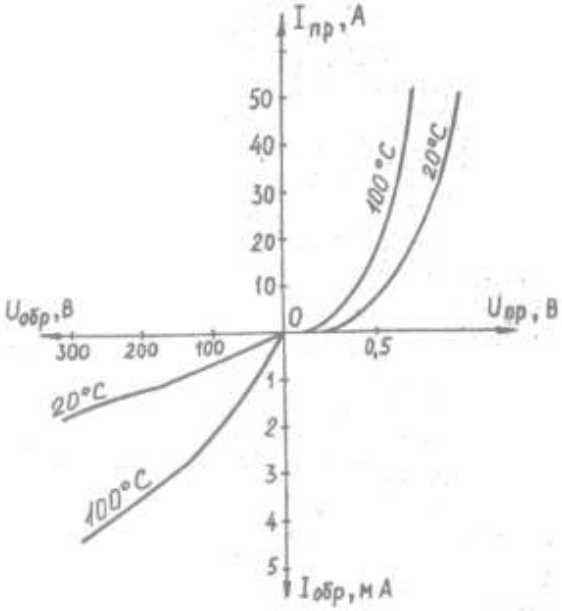


Рис. 7.

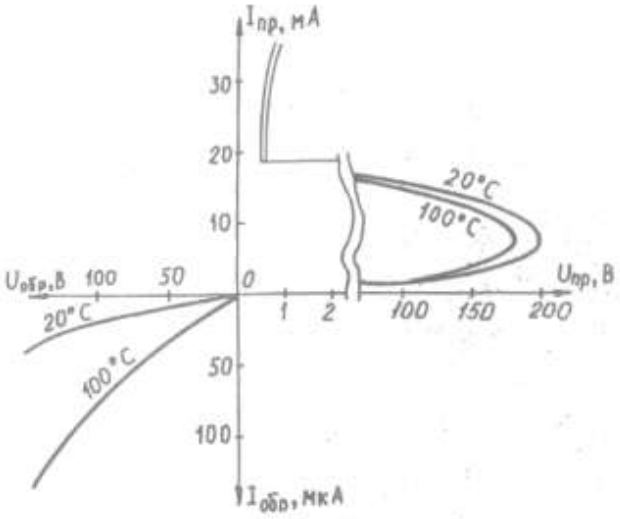


Рис. 8.

2. На выходных характеристиках транзистора построить нагрузочную прямую и при заданном положении рабочей точки определить выходной ток I_0, выходное напряжение U_o и падение напряжения U_R на нагрузочном сопротивлении R.

3. Определить в рабочей точке малосигнальные дифференциальные параметры транзистора. В вариантах с биполярным транзистором рассчитываются , h_{11},h_{21},h_{22},с полевым - S; R_i;.

4. В случае использования транзистора в низкочастотном усилительном каскаде найти его основные малосигнальные параметры в рабочей точке при сопротивлении источника сигнала $R_г$= 10 кОм. В вариантах с биполярным транзистором определяется $R_{вх}$, $R_{вых}$, K_u, с полевым транзистором определяется $R_{вых}$, K_u и характеризуется величина $R_{вх}$.

5. В случае использования транзистора в качестве ключа найти условия получения в нем состояний отсечки и насыщения, выходные напряжение и ток в состоянии отсечки U_{omc}, I_{omc}, выходные напряжение и ток в состоянии насыщения $U_{нас}$, $I_{нас}$ Условия для построений и расчетов определяются данными табл. 3 и табл. 4

Таблица 3

Задание	Предпоследняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип транзистора	биполярный					полевой с управляющим р-п переходом				
Напряжение источника питания E, В	8	10	12	14	16	8	10	12	14	16
Нагрузочное сопротивление R , кОм	1	1,25	1,5	1,75	2	1	1,25	1,5	1,75	2
Чем определяется рабочая точка (см. табл. 4)	$I_б$					$U_{зи}$				

Таблица 4

Задание	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9
Ток базы $I_б$, мкА	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60
Напряжение затвор-исток $U_{зи}$, В	-0,75	-1	-1,25	-1,5	-2	-0,75	-1	-1,25	-1,5	-2

Методические указания к выполнению домашних заданий

Домашнее задание № 1

Для решения задачи I необходимо ознакомиться с основными свойствами и применением двухполюсных полупроводниковых ЭП - разновидностями диодов, стабилитроном, динистором (неуправляемым тиристором).

Необходимая вольт-амперная характеристика (ВАХ) должна быть аккуратно перенесена на кальку или скопирована другим способом. На ВАХ выполняются построения, обозначаются величины токов и напряжений, а также указывается, какой температуре эта ВАХ соответствует. Этапы решения должны быть пояснены.

Пусть ВАХ заданного ЭП при заданной температуре имеет вид рис. 9 (триодный тиристор при постоянном токе управляемого электрода), а остальная часть задания определяется из табл. 1 и 2 по двум последним цифрам номера студенческого билета - 88. В этом случае задано:

$I_{пр.вкл}$ = 36 мА

$U_{пр.вкл}$ =110 В

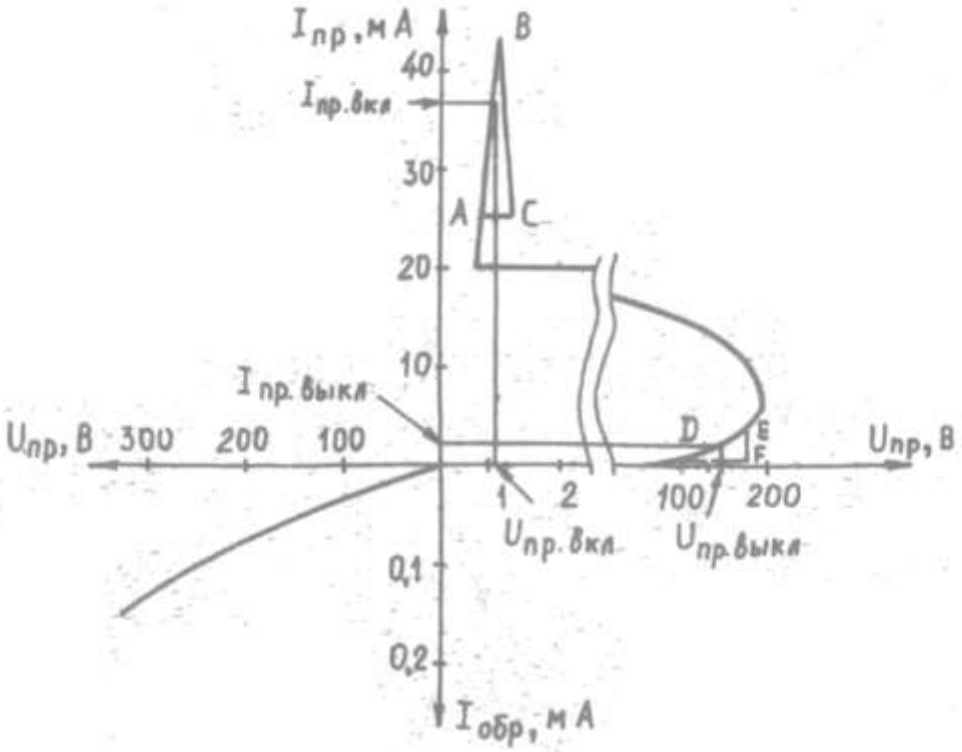


Рис. 9.

Построив эти точки на соответствующих участках прямой ветви ВАХ, найдем:

$$U_{пр.вкл} \approx 1{,}2\ В,$$
$$I_{пр.выкл} \approx 2\ мА.$$

Рассчитаем R_0 во включенном и выключенном состояниях:

$$R_{0\,вкл} = \frac{U_{пр.вкл}}{I_{пр.вкл}} = \frac{1{,}2}{36 \cdot 10^{-3}} = 33{,}3\ Ом;$$

$$R_{0\,выкл} = \frac{U_{пр.выкл}}{I_{пр.выкл}} = \frac{110}{2 \cdot 10^{-3}} = 55\ кОм.$$

Для расчета дифференциального сопротивления построим около заданных точек прямоугольные треугольники, катеты которых будут равны приращениям напряжения Δ U и тока Δ I

Треугольники должны быть достаточно малыми для того, чтобы их гипотенузы, являющиеся участками ВАХ, можно было считать отрезками прямых линий. Выполнив построения, найдем:

$$R_{д\,пр.вкл} = \frac{\Delta U_{пр.вкл}}{\Delta I_{пр.вкл}} = \frac{AC}{BC} \approx \frac{0{,}4}{20 \cdot 10^{-3}} = 20\ Ом;$$

$$R_{д\,пр.выкл} = \frac{\Delta U_{пр.выкл}}{\Delta I_{пр.выкл}} = \frac{DF}{EF} \approx \frac{72}{2 \cdot 10^{-3}} = 36\ кОм.$$

В качестве указания на типовые применения тиристора можно назвать выпрямление переменного тока и коммутацию в электрических цепях. Выпрямление возможно благодаря его вентильным свойствам, видным из приведенного расчета. Коммутация возможна благодаря тому, что тиристор при прямом напряжении может находиться как во включенном, так и в выключенном состояниях, при которых его сопротивления также значительно отличаются.

Следует иметь в виду, что в обозначениях токов и напряжении тиристора индексы "вкл", "выкл" в литературе обычно используются в ином значении. Например, $U_{вкл}$ обозначает то прямое напряжение, при котором происходит отпирание тиристора.

Домашнее задание №2.

Для решения задачи № 2 необходимо изучить принцип работы и способы описания электрических, свойств биполярного и полевого транзисторов, ознакомиться с принципами использования биполярных и полевых транзисторов в усилительных каскадах и в качестве ключей.

Указания п.п, 1, 2, 3 задания

Пусть необходимые статические характеристики имеют вид рис. 10 и рис. II (МДП-транзистор с индуцированным каналом р-типа).

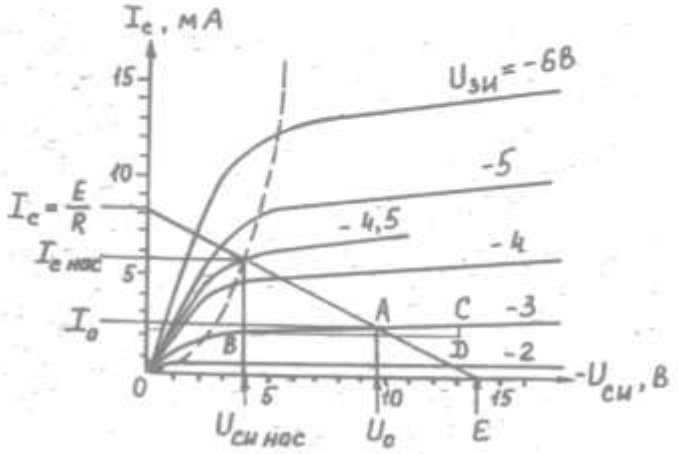


Рис. 10.

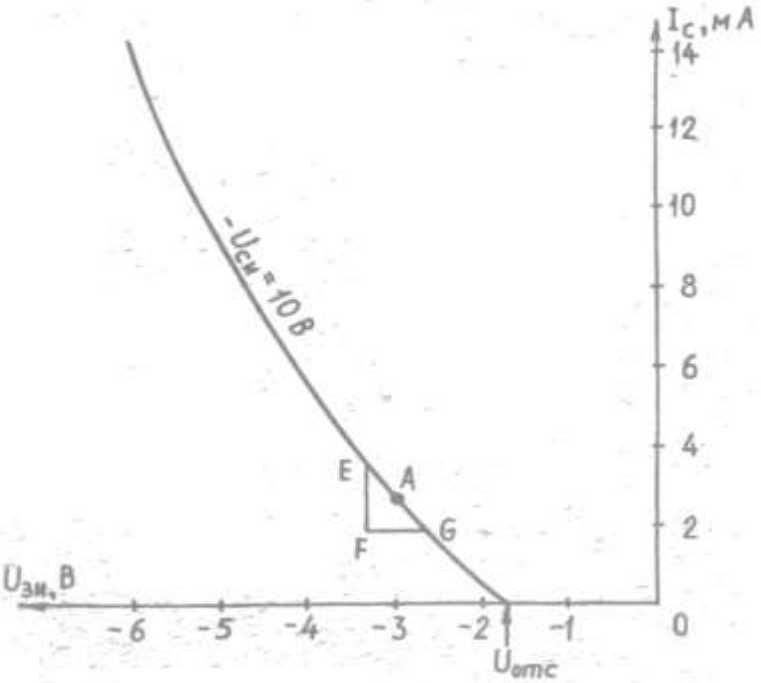


Рис. 11.

На рис. 10 на примере варианта № 88 построены нагрузочная прямая и рабочая точка А, что позволяет графически найти требуемые в п. 2 величины:

$$R_i = \frac{\Delta U_{CИ}}{\Delta I_C}\Bigg|_{U_{ЗИ}=-3\,В} = \frac{BD}{CD} \cong \frac{9}{0{,}8\cdot 10^{-3}} = 11{,}25 \text{ кОм}.$$

Построив в рабочей точке на выходных характеристиках треугольник B C D , можно определить внутреннее сопротивление:

$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{ЗИ}}\Bigg|_{U_{СИ}=10\,В} = \frac{EF}{FG} \cong \frac{1{,}7\cdot 10^{-3}}{0{,}8} = 2{,}1 \text{ мСм}.$$

Необходимо понимать, что использование имеющейся -стокозатворной (а в случае биполярного транзистора - входной) характеристики вполне допустимо, даже если указанное на ней напряжение $U_{СИ}$ ($U_{КЭ}$) отличается от необходимой величины (U_0).

Возникающая при этом погрешность очень невелика из-за слабого влияния выходного напряжения на величину выходного тока в усилитель ном режиме.

Поскольку дифференциальные параметры полевого транзистора взаимно связаны, коэффициент усиления может быть рассчитан, исходя из величин R_i и S:

$$\mu = R_i \cdot S = 11{,}25\cdot 10^3 \cdot 2{,}1\cdot 10^{-3} = 23{,}6.$$

<u>Указания к п.п. 4.5 задания</u>

Вполне достаточную в большинстве случаев точность дают следующие приближенные выражения.

Для биполярного транзистора

$$R_{вх} = h_{11}, \quad R_{вых} = \frac{R}{1 + h_{22}\cdot R}, \quad K_U = \frac{h_{21}}{R_г + h_{11}} R,$$

для полевого транзистора:

$$R_{вых} = \frac{R}{1 + \frac{R}{R_i}}, \quad K_U = \frac{1}{1 + \frac{R_г}{R_{вх}}} \cdot S \cdot R.$$

В состоянии отсечки транзисторный ключ с биполярным транзистором находится при $I_б$=0. В этом случае:

$$U_{кэ\ отс} = E - I_{ко} \cdot R \cong E,$$
$$I_{к\ отс} = I_{ко},$$

где $I_{ко}$ – тепловой ток коллекторного перехода.

Ключ с полевым транзистором с р-п переходом находится в состоянии отсечки, если

$$|U_{зи}| > |U_{отс}|.$$

При этом

$$U_{си\ отс} = E,$$
$$I_{с\ отс} = 0.$$

Состояние насыщения в биполярном ключе достигается, при увеличении базового тока до величины $I_{б\ нас}$, а в ключе на полевом транзисторе с р-п переходом - при уменьшении абсолютной величины напряжения на затворе до напряжения $U_{зи\ нас}$. В обоих случаях рабочая точка смещается по нагрузочной прямой до линии, разделяющей области активного режима и область включенного состояния ключа (пунктирная линия на выходных характеристиках).

В рассмотренном выше примере полевого МДП транзистора (рис. 10) искомые параметры составляют величины:

$$U_{си\ отс} = E = 14\ В,$$
$$I_{с\ отс} = 0,$$
$$U_{зи\ отс} = U_{отс} = -1{,}6\ В,$$
$$U_{си\ нас} = 3{,}7\ В,$$
$$I_{с\ нас} = 5{,}8\ мА,$$
$$U_{зи\ нас} = -4{,}5\ В.$$

Недостающая выходная характеристика, в данном случае при Uзи = 4,5 В, может быть построена исходя из того, что близлежащие выходные характеристики практически параллельны, а расстояния между ними пропорциональны, выходному току.

Вопросы для самоконтроля по теме «Диоды и тиристоры»

1. Чем отличаются полупроводниковые диоды на основе р-п переходов и на основе переходов металл-полупроводник?
2. Как зависят вольтамперные характеристики полупроводниковых диодов на основе кремния от температуры окружающей среды?
3. Полупроводниковые стабилитроны. Вольтамперные характеристики стабилитронов.
4. Выпрямители на основе полупроводниковых диодов. Преимущества выпрямителей, построенных на основе диодов с переходами металл-полупроводник.
5. Триодные тиристоры. Устройство и вольтамперные характеристики.
6. Управляемые полупроводниковые выпрямители на основе тиристоров.

Задачи

1. Параметрический стабилизатор напряжения выполнен на полупроводниковом стабилитроне с напряжением лавинного пробоя, равном 6В. Определить какая величина напряжения будет поддерживаться на выходе стабилизатора напряжения.

2. Определить по статическим вольтамперным характеристикам во сколько раз уменьшается величина падения напряжения на полупроводниковом диоде при использовании в выпрямителях кремниевых диодов с переходом металл-полупроводник, вместо диодов с «р-п»-переходами.

Вопросы для самоконтроля по теме «Транзисторы»

0. Что называется транзистором? Какова классификация транзисторов?

1. Каковы принцип работы и устройство биполярного транзистора?

2. Как определить входное сопротивление биполярного транзистора по входным статическим вольтамперным характеристикам?

3. Чем объясняется низкий уровень собственных шумов канальных транзисторов?

4. Как зависит ток стока МДП - транзистора от напряжения затвор-исток?

5. Чем объясняется малая мощность, потребляемая КМПД - транзистором от источника питания?

6. Чем объясняется большая величина входного сопротивления канальных транзисторов?

7. Каковы применения биполярных транзисторов.

8. Какие схемы включения биполярных транзисторов используются в усилителях сигналов?

9. Поясните принцип действия и назначение фильтра нижних частот. Какие типы фильтров нижних частот вы знаете?

10. Как зависит от частоты амплитудно-частотная характеристика операционного усилителя?

11. Каким методом можно расширить динамический диапазон амплитудной характеристики усилителя?

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля).

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Профессиональные базы данных

Базы данных ИНИОН РАН http://inion.ru/resources/bazy-dannykh-inion-ran/

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru

Ресурс содержит учебники, учебные пособия, монографии, периодические издания, справочники, словари, энциклопедии. В настоящее время включает более 130 тыс. наименований. Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

ЭБС АГУ на платформе аппаратно-программного комплекса ООО КДУ http://adygnet.bibliotech.ru

Ресурс содержит электронные аналоги трудов преподавателей АГУ. Обеспечивает доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям. Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

ООО «Научная электронная библиотека» (НЭБ) www.elibrary.ru

Российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии и образования, в том числе электронные версии более 3900 российских научно-технических журналов, из которых более 2800 журналов в открытом доступе.

Международные базы данных научных изданий

Web of Science https://apps.webofknowledge.com Наукометрическая реферативная база данных журналов и конференций. Режим доступа: IP адреса университета

Scopus https://www.scopus.com/search/ – это наукометрическая реферативная база данных, входящая в базу данных SciVerse компании Elsevier. SciVerse объединяет в себе материалы из коллекции рецензированной литературы SciVerse Scopus, собрания полнотекстовых статей SciVerse ScienceDirect. Режим доступа: IP адреса университета.

zbMATH https://zbmath.org/ Реферативная база данных по чистой и прикладной математике.

Интернет-ресурсы открытого доступа (Open Access)

(Информационно-поисковые (справочные) системы)

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» http://window.edu.ru/ Ресурс обеспечивает свободный доступ к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов, к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования и к ресурсам системы федеральных образовательных порталов, объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России.

Университетская информационная система Россия uisrussia.msu.ru

Открытые образовательные курсы

Курсы Основы физики полупроводников и электроники на русском языке:
https://openedu.ru/course/mephi/mephi_bmos
https://www.edx.org/course/osnovy-fiziki-poluprovodnikov-i-elektroniki

Курс Основы физики полупроводников и электроники на английском языке:
https://www.coursera.org/learn/semiconductor-physics#syllabus

Таблица 5.1. Основная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Филиппов, В.В. Физика полупроводниковых приборов: практикум / В.В. Филиппов, С.В. Мицук. – Липецк : Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2016. – 125 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576863
2	Филяк, М. М. Основные физические процессы в проводниках, полупроводниках и диэлектриках: учебное пособие / М. М. Филяк. – Оренбург: ОГУ, 2015. – 134 с. **ЭБС:** Режим доступа: http://pda.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438992&sr=1
3	Лебедев, А. И. Физика полупроводниковых приборов / А. И. Лебедев. – М.: Физматлит, 2008. – 488 с. **ЭБС:** Режим доступа: http://pda.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68403&sr=1
4	Игумнов, В. Н. Физические основы микроэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Н. Игумнов. – М., Берлин: Директ-Медиа, 2014. – 358 с. **ЭБС:** Режим доступа: http://pda.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271708&sr=1

Таблица 5.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Стильбанс, Л. С. Физика полупроводников / Л. С. Стильбанс. – М. : Сов. радио, 1967. – 452 с.
2	Шкловский, Б. И. Электронные свойства легированных полупроводников [Электронный ресурс] / Б. И. Шкловский, А. Л. Эфрос. – М.: Наука, 1979. – 416 с. **ЭБС:** Режим доступа: http://pda.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483402&sr=1
3	Рывкин, С. М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках / С. М. Рывкин. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. – 496 с. **ЭБС:** Режим доступа: http://pda.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483399&sr=1
4	Чеботарев, С. Н. Полупроводниковые наногетероструктуры с промежуточной подзоной / С. Н. Чеботарев, В. В. Калинчук, Л. С. Лунин. – М.: Физматлит, 2016. – 192 с. **ЭБС:** Режим доступа: http://pda.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485236&sr=1

Таблица 5.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№ п/п	Название (адрес) ресурса
1	https://openedu.ru/course/mephi/mephi_bmos/ Курс Основы физики полупроводников и электроники
2	https://www.coursera.org/learn/semiconductor-physics#reviews Курс Semiconductor Physics
3	www.window.edu.ru Единое окно доступа к образовательным ресурсам

4	http://edu.ru Федеральный портал «Российское образование»

Таблица 5.4. Периодические издания

№ п/п	Наименование
1.	Журнал «Современная электроника» – https://www.soel.ru/zhurnal/o-zhurnale/
2.	Журнал «Радиотехника и электроника» https://sciencejournals.ru/journal/radel/
3.	Журнал «Электроника и электротехника» https://e-notabene.ru/elektronika/
4.	Журнал «СВЧ Электроника» https://microwave-e.ru/o-zhurnale/
5.	Журнал «Успехи физических наук» https://ufn.ru/

6. Образовательные технологии

Таблица 6. Образовательные технологии

Все лекционные занятия проводятся с использованием презентационных видеоматериалов. При этом на лекциях и практических занятиях используются следующие технологии:

Информационно – коммуникационная технология.

Технология развития критического мышления

7. Методические рекомендации по дисциплине (модулю).

Методические рекомендации преподавателю

Изучив содержание учебной дисциплины, целесообразно разработать матрицу наиболее предпочтительных методов обучения и форм самостоятельной работы студентов, адекватных видам лекционных и семинарских занятий.

Необходимо предусмотреть развитие форм самостоятельной работы, выводя студентов к завершению изучения учебной дисциплины на её высший уровень. По учебному плану предусмотрено проведение разного типа занятий.

Вузовская лекция – главное звено дидактического цикла обучения. Её цель – формирование у студентов ориентировочной основы для последующего усвоения материала методом самостоятельной работы. Содержание лекции должно отвечать следующим дидактическим требованиям:

- изложение материала от простого к сложному;
- логичность, четкость и ясность в изложении материала;
- возможность проблемного изложения, дискуссии, диалога с целью активизации деятельности студентов;
- опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные;

- тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и будущей профессиональной деятельностью студентов.

Преподаватель, читающий лекционные курсы в вузе, должен знать существующие в педагогической науке и используемые на практике варианты лекций, их дидактические и воспитывающие возможности, а также их методическое место в структуре процесса обучения.

Лекции читаются с использованием наглядных пособий и электронных презентаций, с применением современных методов обучения, стимулирующих познавательную активность. В начале каждого практического занятия преподаватель организует повторение изученного на лекции материала по контрольным вопросам к данному практическому занятию, вспоминает со студентами понятийный аппарат. При возникновении затруднений у студентов при решении задач преподаватель подробно разбирает каждый шаг решения с обязательным вовлечением студентов группы в процесс обсуждения алгоритма решения задачи.

В условиях преобладающего теоретического обучения обязательным условием для формирования умений и навыков является усвоение теоретического материала, поэтому вопросы контроля должны проверять тот теоретический материал, содержание которого представлено в конспекте лекции и указанной литературе. Перечень рассматриваемых вопросов по теме преподаватель формирует во время чтения лекции.

По уровню сложности предусматриваются самые различные вопросы, предполагающие воспроизведение и закрепление теоретического материала, проверку его осмысления, вопросы на обобщение, анализ и синтез и др. Обязательно предусматриваются контрольные вопросы на проверку усвоения определений ключевых понятий, знание фактов, теорий, концепций, то есть всего того, что определяет основное содержание темы.

Вопросы и задания для контроля должны позволить студентам самостоятельно определить уровень усвоения учебного материала по теме, представленного в лекции, на практическом занятии.

Семинар проводится по узловым и наиболее сложным вопросам (темам, разделам) учебной программы. Он может быть построен как на материале одной лекции, так и на содержании обзорной лекции, а также по определённой теме без чтения предварительной лекции. Главная и определяющая особенность любого семинара – наличие элементов дискуссии, проблемности, диалога между преподавателем и студентами и самими студентами.

При подготовке классического семинара желательно придерживаться следующего алгоритма:

а) разработка учебно-методического материала:

- формулировка темы, соответствующей программе;
- определение дидактических, воспитывающих и формирующих целей занятия;
- выбор методов, приемов и средств обучения для проведения семинара;
- подбор литературы для преподавателя и студентов;
- при необходимости проведение консультаций для студентов;

б) подготовка студентов и преподавателя:

- составление плана семинара из 3-4 вопросов;

- предоставление студентам 4-5 дней для подготовки к семинару;
- предоставление рекомендаций о последовательности изучения литературы (учебники, учебные пособия, законы и постановления, руководства и положения, конспекты лекций, статьи, справочники, информационные сборники и бюллетени, статистические данные и др.);
- создание набора наглядных пособий.

Подводя итоги семинара, можно использовать следующие критерии (показатели) оценки ответов:

- полнота и конкретность ответа;
- последовательность и логика изложения;
- связь теоретических положений с практикой;
- обоснованность и доказательность излагаемых положений;
- наличие качественных и количественных показателей;
- наличие иллюстраций к ответам в виде исторических фактов, примеров и пр.;
- уровень культуры речи;
- использование наглядных пособий и т.п.

В конце семинара рекомендуется дать оценку всего семинарского занятия, обратив особое внимание на следующие аспекты:

- качество подготовки;
- степень усвоения знаний;
- активность;
- положительные стороны в работе студентов;
- ценные и конструктивные предложения;
- недостатки в работе студентов;
- задачи и пути устранения недостатков.

При проведении аттестации студентов важно всегда помнить, что систематичность, объективность, аргументированность – главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний студентов. Знание критериев оценки знаний обязательно для преподавателя и студента.

Методические указания студентам по дисциплине

Профессиональная подготовка в современных вузах строится по принципу «от теории к практике», что создает базу для формирования умений и владений (навыков) на основе усвоения теоретического материала. Именно поэтому следует особое внимание уделять качеству усвоения теоретического материала.

Изучение дисциплины предусматривает лекционные и практические занятия, а также самостоятельную работу. Изучение курса завершается промежуточной аттестацией. Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения всех учебных заданий, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Цель лекции – формирование ориентировочной основы для последующего усвоения студентами учебного материала. Лекция в процессе изучения дисциплины позволяет представить студенту новый учебный материал, разъяснить темы, трудные для

понимания, систематизировать учебный материал, сориентировать в структуре и содержании учебного процесса.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации для практического занятия и указания для выполнения самостоятельной работы.

В ходе лекционных занятий обучающемуся необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание изучаемой дисциплины, научные выводы и практические рекомендации.

Материал каждой лекции должен быть проработан: должны быть выделены определения, понятия, законы, теоремы и их доказательства (при наличии). Должна быть усвоена логическая связь элементов изученного материала.

При параллельной работе с учебной литературой необходимо конспектировать прорабатываемый материал. Все непонятные моменты следует обязательно разобрать с преподавателем на занятии или в рамках СР.

Подготовка к лекции заключается в следующем: прочитайте учебный материал по теме лекции в учебниках и учебных пособиях, уясните место изучаемой темы в своей профессиональной подготовке, выпишите основные термины, уясните, какие учебные элементы остались для вас неясными, запишите вопросы, которые вы зададите лектору на лекции.

Практическое занятие – форма организации обучения, которая направлена на формирование практических умений и навыков и является связующим звеном между самостоятельным теоретическим освоением студентами учебной дисциплины и применением ее положений на практике. Практическое занятие позволяет развить у студентов профессиональную культуру и профессиональную коммуникацию. Преподаватель в этом случае является координатором обсуждений предложенных практических заданий, подготовка которых является обязательной. Поэтому тема, практические задания и основные источники обсуждения предлагаются студентам заранее. Цели обсуждения и выполнения заданий направлены на формирование знаний, умений и навыков профессиональной полемики и формирование компетенций. На этапе подготовки доминирует самостоятельная работа студентов по решению проблем и заданий, а в процессе занятия идет активное обсуждение, дискуссии и выступления студентов, где они под руководством преподавателя делают обобщающие выводы и заключения.

Зная тему практического занятия, необходимо готовиться к нему заблаговременно: читать рекомендованную и дополнительную литературу, конспект лекций, методические указания к практическим занятиям, структурировать материал, составлять словарь терминов, отвечать на контрольные вопросы, решать ситуационные задачи и т.п. На практическом занятии вы можете получить консультацию преподавателя по любому учебному вопросу изучаемой темы.

Под самостоятельной работой студентов понимают учебную деятельность студентов, которая организована преподавателями, но осуществляется студентом без непосредственного участия преподавателя в учебной деятельности студента. Все виды самостоятельной работы студентов по дисциплине представлены в фонде оценочных средств. Четкая организация самостоятельной работы студентов делает ее эффективной. Это обеспечивается предоставлением студентам: учебных и учебно-методических пособий; тематических планов лекций, практических занятий, образцов контрольных работ, тестов, кейсов и др.; перечня знаний и умений, которыми они должны овладеть при

изучении дисциплины; информации о процедуре сдачи зачета и экзамена и др. Ответы представляются в письменной форме (печатной, непосредственно преподавателю, или электронной).

Самостоятельная работа студента является основным средством овладения учебным материалом во время, свободное от обязательных учебных занятий. Она включает в себя выполнение различного рода заданий, которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. По каждой теме учебной дисциплины студентам предлагается перечень заданий для самостоятельной работы.

К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению. Студентам следует: руководствоваться графиком самостоятельной работы, выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать на семинарах и консультациях неясные вопросы; при подготовке к экзамену параллельно прорабатывать соответствующие теоретические и практические разделы дисциплины, фиксируя неясные моменты для их обсуждения на консультации с преподавателем.

Самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов.

Подготовка к промежуточной аттестации ведется на основе полученного лекционного материала и рекомендованной литературы, осмысления работы на практических занятиях и самостоятельной работы.

8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;

- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;

- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

- для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;

- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;

- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

- для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

- для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

Лекционные занятия проводятся в аудиториях, предоставляемых деканатом факультета в соответствии с расписанием. Лекции сопровождаются презентациями, представляемыми через медиапроектор и интерактивную доску или телевизор с выходом в сеть Интернет. Программное обеспечение ПК ауд. 323б, 329 и ноутбука для презентаций:

Лицензионное программное обеспечение

– операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN. Microsoft Open License No 48824880;

– офисный пакет программ Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN. Microsoft Open License No 45084044;

– свободно-распространяемое программное обеспечение:

OpenOffice Impress.

10. Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номера листов			Основание для внесения изменения	Подпись	Расшифровка подписи	Дата	Дата введения изменения
	заменных	новых	аннулированных					