

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета В.А. Небольсин
«31» августа 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

«Твердотельная микро- и наноэлектроника»

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль Компоненты микро- и наносистемной техники

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2018

Автор программы

/Калгин А.В./

И.о. заведующего кафедрой
Физики твердого тела

/Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП

/Стогней О.В./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: изучение студентами современного состояния и перспективных направлений развития твердотельной микроэлектроники, ее элементной базы, методов изготовления основных структур интегральных микросхем и их практического использования

1.2. Задачи освоения дисциплины: физические основы микроэлектроники. Устройство, принцип действия, основные характеристики и параметры базовых элементов твердотельной микроэлектроники. Перспективные элементы и предельные возможности интегральной микроэлектроники. Физические ограничения миниатюризации элементов микроэлектроники. Понятие о наноэлектронике. Элементы функциональной микроэлектроники

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Твердотельная микро- и наноэлектроника» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Твердотельная микро- и наноэлектроника» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - Способен участвовать в разработке топологии монолитных интегральных схем, знаком с топологическими принципами построения интегральных схем.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	знать топологические принципы построения интегральных схем
	уметь разрабатывать топологии монолитных интегральных схем
	владеть навыками работы с интегральными схемами

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Твердотельная микро- и наноэлектроника» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	90	90
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	54	54
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы зач.ед.	180 5	180 5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение	От микроэлектронной технологии к наноэлектронной. Качественные изменения свойств при переходе к наноразмерам	6	6	4	8	24
2	Полупроводниковые диоды	Выпрямительные диоды. Стабилитроны. Варикапы. Светодиоды. Фотодиоды. Импульсные, высокочастотные и сверхвысокочастотные диоды. Туннельные диоды. Диоды Шоттки. Обращенные диоды	6	6	4	8	24
3	Интегральные транзисторные структуры	Классификация транзисторных структур. Интегральные полевые транзисторы. Интегральный биполярный транзистор.	6	6	4	8	24

		Перспективные транзисторные структуры					
4	Тиристоры	Динисторы. Тринисторы. Симисторы	6	6	2	10	24
5	Интегральные схемы	Интегральные схемы и их классификация. Элементная база интегральных схем. Технология производства интегральных схем. Логические элементы интегральных схем. Интегральные схемы СВЧ-диапазона	6	6	2	10	24
6	Нанотранзисторные структуры	Кремниевые транзисторы с изолированным затвором. КНИ-транзисторы. Транзисторы на структурах SiGe. Многозатворные транзисторы. Гетеротранзисторы. Гетероструктурный транзистор на квантовых точках. Нанотранзисторы на основе углеродных трубок. Нанотранзисторы на основе графена. Спиновой нанотранзистор. Наноэлектромеханический транзистор	6	6	2	10	24
Итого			36	36	18	54	144

5.2. Перечень лабораторных работ

1. Изучение полупроводниковых диодов
2. Изучение биполярных транзисторов
3. Изучение полевых транзисторов с управляющим p-n переходом
4. Изучение полевых МОП-транзисторов

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 5 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Кремниевые транзисторы с изолированным затвором».

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- закрепление и углубление теоретических знаний, полученных студентами при освоении теоретического материала дисциплины «Твердотельная микро- и наноэлектроника» в форме аудиторных занятий: лекций и практик;
- приобретение опыта самостоятельной работы с научной, технической, справочной, патентной литературой, ГОСТами и т.д.;
- практическое применение знаний, полученных при изучении общепрофессиональных дисциплин.

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1. Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-3	знать топологические принципы построения интегральных схем	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь разрабатывать топологии монолитных интегральных схем	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками работы с интегральными схемами	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2. Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-3	знать топологические принципы построения интегральных схем	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь разрабатывать топологии монолитных интегральных схем	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками работы с интегральными схемами	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2. Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1. Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Какие диоды работают в режиме пробоя?

- a) варикапы;
- b) стабилитроны в режиме теплового пробоя;
- c) стабилитроны в режиме электрического пробоя;
- d) туннельные диоды.

2. Какой пробой опасен для p-n перехода?

- a) тепловой;
- b) электрический;
- c) и тот и другой.

3. Какое из приведенных соотношений токов в биполярном транзисторе является правильным?

- a) $I_{\text{Э}} = I_{\text{К}} + I_{\text{Б}}$;
- b) $I_{\text{К}} = I_{\text{Э}} + I_{\text{Б}}$;
- c) $I_{\text{Б}} = I_{\text{Э}} + I_{\text{К}}$.

4. В каком направлении включаются эмиттерный и коллекторный p-n переходы биполярного транзистора?

- a) это зависит от типа транзистора (n-p-n или p-n-p);
- b) оба перехода в прямом направлении;
- c) эмиттерный – в обратном, коллекторный – в прямом;
- d) эмиттерный – в прямом, коллекторный – в обратном.

5. Транзистор включен по схеме с общей базой. Могут ли превышать единицу коэффициент усиления по току K_I и коэффициент усиления по напряжению K_U ?

- a) оба коэффициента могут;
- b) K_I может, K_U не может;
- c) K_I не может, K_U может.

6. В каком режиме работы транзистора происходит усиление входного сигнала до уровня выходного сигнала?

- a) в режиме отсечки;
- b) в активном режиме;
- c) в режиме насыщения.

7. Как изменится ток стока при увеличении напряжения на затворе полевого транзистора относительно истока?

- a) не изменится;
- b) увеличится;
- c) уменьшится.

8. Какая из передаточных характеристик $I_c = f(U_{\text{зи}})$, представленных на рис. 1, принадлежит полевому МОП транзистору с индуцированным каналом?

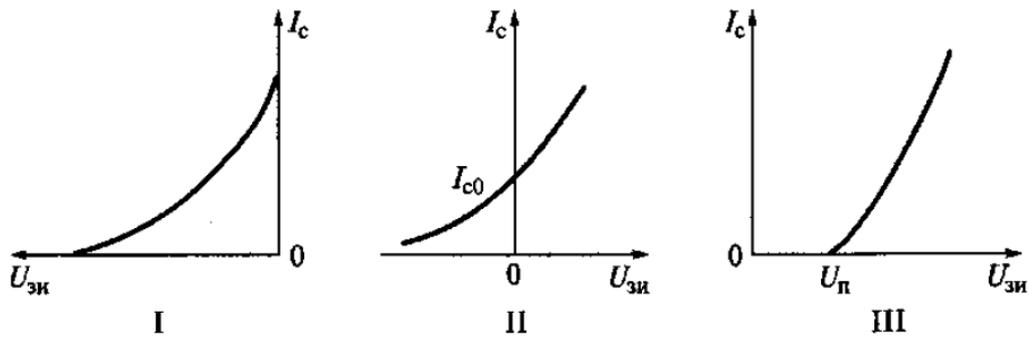


Рис. 1

- a) I;
- b) II;
- c) III.

9. Какой способ используется на практике для перевода триодного тиристора из закрытого состояния в открытое?

- a) повышение анодного напряжения;
- b) изменение полярности напряжения на управляющем электроде;
- c) подача положительного напряжения на управляющий электрод;
- d) изменение полярности анодного напряжения.

10. Какой способ используется на практике для перевода триодного тиристора из открытого состояния в закрытое?

- a) изменение полярности анодного напряжения;
- b) установление анодного тока ниже тока удержания;
- c) подача отрицательного напряжения на управляющий электрод.

7.2.2. Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Найти, чему равна высота потенциального барьера ϕ_k в диоде Шоттки электронный германий $n\text{-Ge}$ – золото Au . Удельное сопротивление полупроводника $\rho = 1 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

- a) 11,8 эВ;
- b) 0,48 эВ;
- c) 1,24 эВ;
- d) 0,03 эВ.

2. Чему равен потенциал ϕ в барьере Шоттки $n\text{-Si}$ – Au при напряжении $V = -5 \text{ В}$ на расстоянии $z = 1,2 \text{ мкм}$ от границы раздела кремний – золото. $\rho = 10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

- a) 2,9 В;
- b) 1,16 В;
- c) 3 В;
- d) 0,07 В.

3. Найти контактную разность потенциалов для идеализированного $p\text{-}n$ перехода при температуре 20°C , о котором известно, что концентрация донорной примеси составляет $2,5 \cdot 10^{15} \text{ атомов/см}^3$, акцепторной примеси $2 \cdot 10^{18} \text{ атомов/см}^3$, а соответственная концентрация носителей в кристалле,

из которого изготовлен переход, равна $3,5 \cdot 10^{14}$ атомов/см³.

- a) 0,544 В;
- b) 1,303 В;
- c) 3,231 В;
- d) 0,323 В.

4. Для барьера Шоттки электранный арсенид галлия – золото в GaAs – Au рассчитайте, чему равно максимальное электрическое поле E в области пространственного заряда при внешнем напряжении $V = +0,3$ В. $N_D = 10^{16}$ см⁻³.

- a) 4 В/см;
- b) $1,33 \cdot 10^2$ В/см;
- c) $2,5 \cdot 10^3$ В/см;
- d) $3,82 \cdot 10^4$ В/см.

5. Имеется резкий кремниевый p-n переход при комнатной температуре $T = 300$ К с площадью $S = 10^3$ см² и концентрацией легирующей примеси $N_D = N_A = 10^{18}$ см⁻³. Вычислите время, за которое обратное смещение возрастает от 0 до -10 В, если ток через этот диод равен 1 мА.

- a) $3,26 \cdot 10^{-7}$ с;
- b) $5,1 \cdot 10^{-5}$ с;
- c) $1,44 \cdot 10^{-8}$ с;
- d) $2,6 \cdot 10^{-3}$ с.

6. Показать, что при экспоненциальном распределении примеси в базе n-p-n биполярного транзистора поле E_x постоянно. Найти в этом случае концентрацию неосновных носителей вблизи коллектора, если уровень легирования около эмиттера $N_A = 10^{17}$ см⁻³, толщина базы транзистора $x_b = 0,3$ мкм, а $E_x = 4000$ В/см.

- a) $8 \cdot 10^{13}$ см⁻³;
- b) $9,8 \cdot 10^{14}$ см⁻³;
- c) $2,3 \cdot 10^{12}$ см⁻³;
- d) $0,08 \cdot 10^{14}$ м⁻³.

7. Чему равна плотность поверхностных состояний N_{ss} в МДП-структуре p-Si – Si₃N₄ – Si в состоянии плоских зон, если уровень легирования подложки $N_A = 1,5 \cdot 10^{15}$ см⁻³, площадь затвора $S = 0,5$ мм², толщина нитрида кремния $d_n = 1,2 \cdot 10^{-5}$ см, а наклон экспериментальной ВФХ равен $\delta = \Delta C / \Delta V = 42$ пФ/В.

- a) $1,2 \cdot 10^4$ см⁻²эВ⁻¹;
- b) $9,2 \cdot 10^5$ см⁻²эВ⁻¹;
- c) $7,1 \cdot 10^9$ см⁻²эВ⁻¹;
- d) $4,2 \cdot 10^{12}$ см⁻²эВ⁻¹.

8. На рис. 2 приведены графики зависимости относительных коэффициентов усиления по току α/α_0 и β/β_0 биполярного транзистора в функции частоты f (α – коэффициент усиления в схеме с ОБ, β – коэффициент усиления в схеме с ОЭ, α_0, β_0 – те же коэффициенты при низкой частоте).

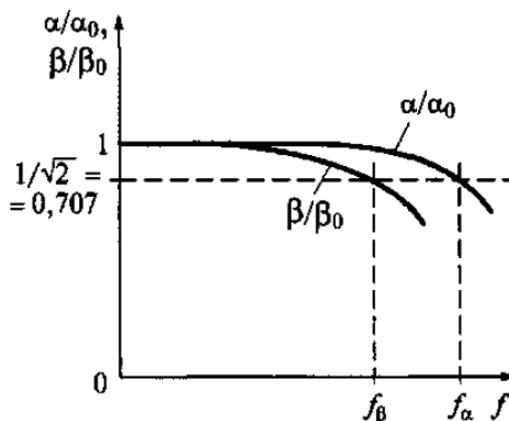


Рис. 2

В диапазоне частот 800...1000 Гц коэффициенты α и β остаются постоянными. С повышением частоты α и β снижаются. Частоты f_α и f_β – граничные частоты, на которых α и β снижаются в $\sqrt{2}$ раз.

Определите по графикам, в области каких частот снижаются коэффициенты α и β .

- а) в области низких частот;
- б) в области средних частот;
- с) в области высоких частот.

9. В каком направлении включены p-n переходы затвора полевого транзистора, показанного на рис. 3?

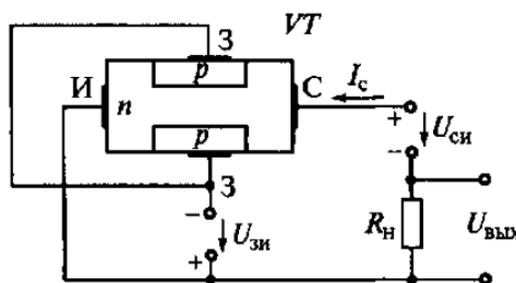


Рис. 3

- а) в прямом;
- б) в обратном;
- с) направление не имеет значения.

10. Дан ПЗС-прибор с затворами 5×5 мкм для формирования изображения. Пороговое значение детектируемого заряда составляет $2,5 \cdot 10^3$ электронов на элемент изображения, а заряд каждого элемента считывается и обнуляется каждые 10 мс. В термодинамическом равновесии поверхностная плотность зарядов в инверсионном слое равна $1 \cdot 10^{13}$ см⁻². Рассчитайте время жизни неосновных носителей заряда τ_0 в кремнии p-типа с $\rho = 10^5$ Ом·см, учитывая, что доля тепловой генерации не превышает 5% от детектируемого порогового заряда.

- а) 7 с;
- б) 4 мс;
- с) 23 мс;
- д) 0,5 с.

7.2.3. Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Какое напряжение нужно приложить к варикапу, характеристика управления $C(U)$ которого приведена на рис. 4, чтобы общая емкость варикапа и параллельно подключенного к нему конденсатора емкостью 100 пФ составила 150 пФ?

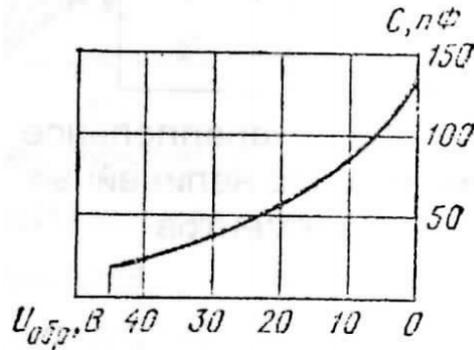


Рис. 4

- a) 4 В;
- b) 23 В;
- c) 1,1 В;
- d) 0,7 В.

2. Определить амплитуду тока в нагрузочном резисторе сопротивлением $R_H = 2,5$ кОм однополупериодного выпрямителя (рис. 5), если напряжение на первичной обмотке трансформатора $U_1 = 20$ В, коэффициент трансформации $n = 0,4$. Считать, что прямое сопротивление диода $R_{пр} = 0$.

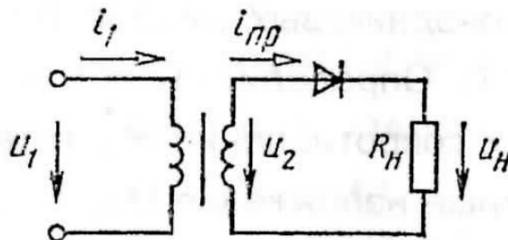


Рис. 5

- a) 28,3 мА;
- b) 7,2 мА;
- c) 1 мА;
- d) 0,3 мА.

3. На диоде марки ДЗ12 при изменении прямого напряжения от 0,2 до 0,4 В прямой ток увеличивается от 3 до 16 мА. Каково дифференциальное сопротивление этого диода?

- a) 15,4 Ом;
- b) 12,3 Ом;
- c) 1,54 Ом.

4. При включении биполярного транзистора VT по схеме с общей базой коэффициент усиления по току равен 0,95. Чему будет равен коэффициент

усиления по току биполярного транзистора, если его включить по схеме с общим эмиттером, как показано на рис. 6?

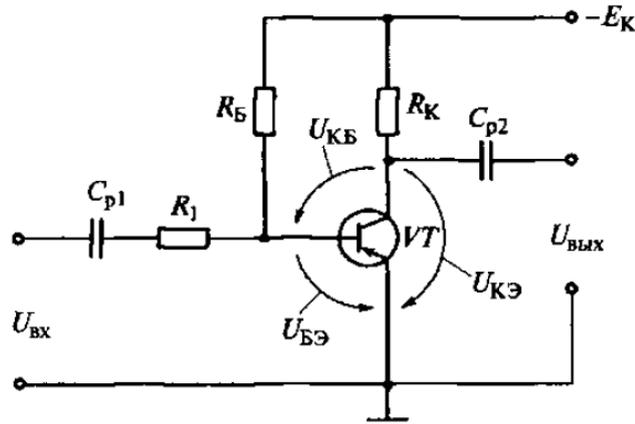


Рис. 6

- a) 0,95;
- b) 0,05;
- c) 19;
- d) 20.

5. В транзисторе марки КТ315А, включенном по схеме с общим эмиттером, ток базы изменился на 0,1 мА. Как при этом изменится ток эмиттера, если коэффициент усиления $\alpha = 0,975$?

- a) 4 мА;
- b) 0,4 мА;
- c) 40 мА.

6. Найдите h -параметры транзистора ГТ322Б по его входной (рис. 7, а) и выходной (рис. 7, б) характеристикам, соответствующим схеме с общим эмиттером для $U_K = 5$ В и $I_B = 150$ мкА. Определите, какой из ответов не верен.

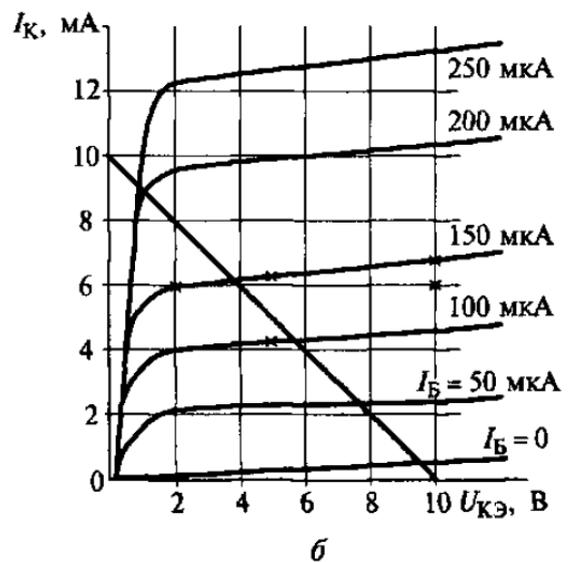
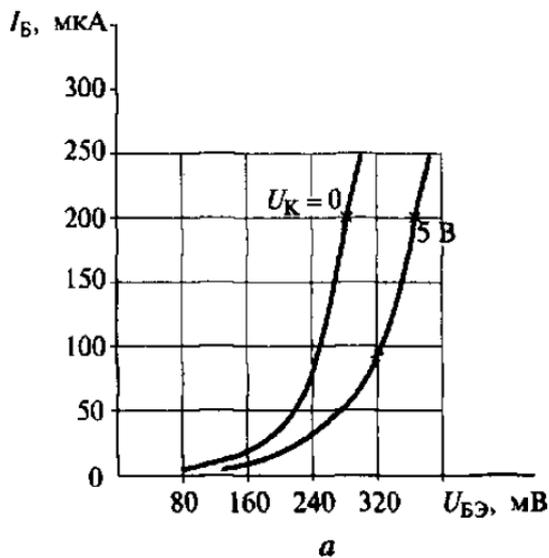


Рис. 7

- a) $h_{11} = 330 \text{ Ом};$
- b) $h_{12} = 16 \cdot 10^{-3};$
- c) $h_{21} = 46;$
- d) $h_{22} = 10^{-6} \text{ См};$
- e) $h_{22} = 10^{-4} \text{ См}.$

7. Найдите коэффициенты усиления по напряжению K_U и по току K_I , входное $R_{вх}$ и выходное $R_{вых}$ сопротивления усилительного каскада с общим коллектором (рис. 8) на транзисторе ГТ322Б, у которого $h_{11} = 330 \text{ Ом}$, $h_{21} = 46$, $h_{22} = 10^{-4} \text{ См}$, если сопротивление эмиттера $R_Э = 1 \text{ кОм}$. Определите, какой из ответов не верен.

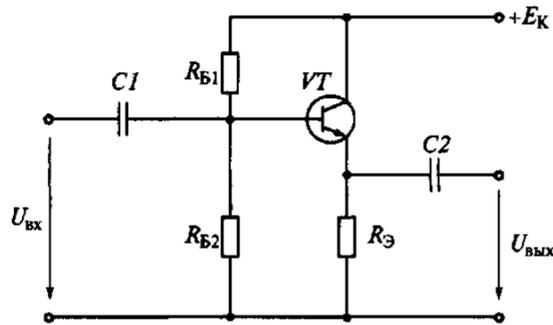


Рис. 8

- a) $K_U = 9,92;$
- b) $K_U = 0,992;$
- c) $K_I = 40,9;$
- d) $R_{вх} = 41,25 \text{ кОм};$
- e) $R_{вых} = 7 \text{ Ом}.$

8. На рис. 9, а приведена схема усилительного каскада с общим эмиттером на транзисторе ГТ322Б, а на рис. 9, б – его схема замещения. Рассчитайте сопротивление базы R_B , при котором рабочая точка будет находиться на середине линейных участков входной и выходной характеристик, если $E_K = 10 \text{ В}$ и $R_K = 1 \text{ кОм}$. Определите коэффициенты усиления по напряжению K_U , по току K_I и по мощности K_P , а также входное $R_{вх}$ и выходное $R_{вых}$ сопротивления усилительного каскада. Входные характеристики и h -параметры возьмите из задачи 6, значение h_{12} примите равным нулю. Определите, какой из ответов не верен.

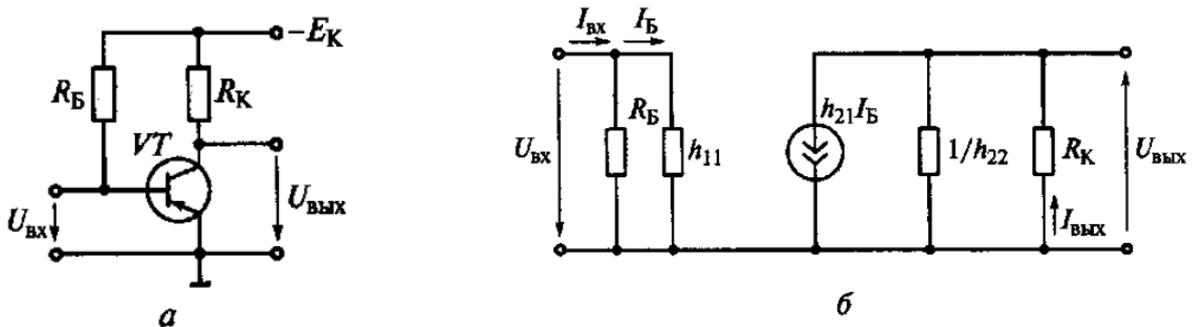


Рис. 9

- a) $R_B = 64,3 \text{ кОм}$;
- b) $K_U = 140$;
- c) $K_I = 46,2$;
- d) $K_P = 6468$;
- e) $R_{вх} = 330 \text{ Ом}$;
- f) $R_{вых} = 1 \text{ кОм}$;
- g) $R_B = 6,43 \text{ кОм}$.

9. Определите крутизну характеристики $S = dI_d/dU_{зи}$ полевого транзистора КП103Л, если при изменении напряжения на затворе на 1,5 В ток стока изменился на 2,25 мА.

- a) 0,5 мА/В;
- b) 1,0 мА/В;
- c) 1,5 мА/В.

10. Определите коэффициент усиления K_U усилительного каскада (рис. 10) на полевом транзисторе КП103М при $R_c = 4 \text{ кОм}$, если крутизна характеристики $S = dI_d/dU_з = 2,5 \text{ мА/В}$. Звено автоматического смещения $R_u - C_u$ и разделительные конденсаторы C и C_c не учитывать.

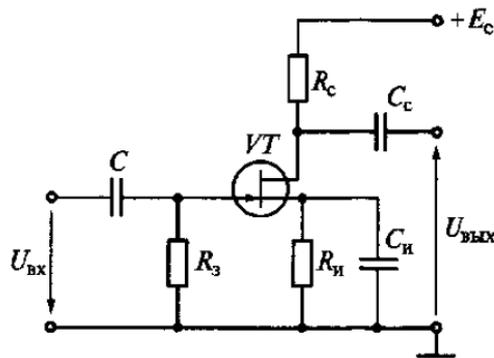


Рис. 10

- a) $K_U = 5$;
- b) $K_U = 10$;
- c) $K_U = 15$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. От микроэлектронной технологии к нанoeлектронной. Качественные изменения свойств при переходе к наноразмерам.

2. Выпрямительные диоды.
3. Стабилитроны.
4. Варикапы.
5. Светодиоды.
6. Фотодиоды.
6. Импульсные, высокочастотные и сверхвысокочастотные диоды.
7. Туннельные диоды.
8. Диоды Шоттки.
9. Обратные диоды.
10. Схемы включения биполярных транзисторов.

11. Статические характеристики биполярных транзисторов.
12. Динамический режим работы биполярного транзистора.
13. Эквивалентная схема биполярного транзистора.
14. Система h -параметров биполярных транзисторов. Y -параметры.
15. Фототранзисторы.
16. Полевые транзисторы со встроенным каналом.
17. Полевые транзисторы с индуцированным каналом.
18. Полевые транзисторы для ИМС.
19. Тиристоры.
20. Кремниевые нанотранзисторы с изолированным затвором.
21. КНИ-нанотранзисторы.
22. Нанотранзисторы на структурах SiGe.
23. Многозатворные нанотранзисторы.
25. Гетероструктурный нанотранзистор на квантовых точках.
26. Нанотранзисторы на основе углеродных трубок.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7. Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение	ПК-3	Тест
2	Полупроводниковые диоды	ПК-3	Тест
3	Биполярные транзисторы	ПК-3	Тест
4	Полевые транзисторы	ПК-3	Тест
5	Тиристоры	ПК-3	Тест
6	Нанотранзисторные структуры	ПК-3	Тест

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики

выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Грязнов А. С. *Основы микроэлектроники: практикум* / А. С. Грязнов, Ф. М. Бетеньков. – Барнаул: АлтГПУ, 2021. – 82 с.
2. Смирнов В. А. *Физические основы микроэлектроники: учеб. пособие* / В. А. Смирнов, О. В. Шуваева. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 232 с.
3. Клюбин В. В. *Физические основы микроэлектроники: учебник* / В. В. Клюбин. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 189 с.
4. Касьянов А. О. *Приборы и методы функциональной микроэлектроники: учебное пособие* / А. О. Касьянов. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018. – 99 с.
5. Калгин А.В. *Физические основы наноэлектроники: практикум: учеб. пособие* / Калгин А.В.; ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т". – Воронеж: [б. и.], 2017 (Воронеж: Участок оперативной полиграфии изд-ва ВГТУ, 2017). – 81 с.
6. Шука А.А. *Наноэлектроника: учеб. пособие* / А.А. Шука; под ред. А.С. Сигова. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 342 с.
7. Калгин А.В. *Лабораторный практикум по электронике: учеб. пособие* / А.В. Калгин, К.Г. Королев, О.И. Сысоев, Л.И. Янченко. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. – 131 с.
8. Жданова Н. В. *Микроэлектроника: учеб. пособие* / Н. В. Жданова. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2014. – 123 с.
9. Легостаев Н. С. *Микроэлектроника: учеб. пособие* / Н. С. Легостаев, К. В. Четвергов. – Томск: Эль Контент, 2013. – 172 с.
10. Шишкин Г.Г. *Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства: учеб. пособие* / Г.Г. Шишкин, И. М. Агеев. – М.: БИНОМ, 2012. – 408 с.

11. Гатчин Ю. А. Введение в микроэлектронику: учеб. пособие / Ю. А. Гатчин, В. Л. Ткалич, А. С. Виволанцев, Е. А. Дудников. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 114с.

12. Орлова М. Н. Микроэлектроника: лаб. практикум / М. Н. Орлова, И. В. Борзых. – М.: Изд. ДомМИСиС, 2010. – 77 с.

13. Шелованова Г. Н. Современные проблемы микро- и нанoeлектроники: учеб. пособие / Г. Н. Шелованова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. – 128 с.

14. Смирнов В. И. Нанoeлектроника, нанофотоника и микросистемная техника: учеб. пособие / В. И. Смирнов. – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – 280 с.

15. Растворова И. И. Электроника и нанoeлектроника: учеб. пособие / И. И. Растворова, В. Г. Терехов. – Спб: Санкт-Петербургский горный университет, 2016. – 205 с.

16. Дробот П. Н. Нанoeлектроника: учеб. пособие / П. Н. Дробот. – Томск: ТУСУР, 2016. – 286 с.

17. Орлова М. Н. Нанoeлектроника: курс лекций / М. Н. Орлова, И. В. Борзых. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2013. – 50 с.

18. Галочкин В. А. Введение в нанотехнологии и нанoeлектронику: конспект лекций / В. А. Галочкин. – Самара: ГОБУВПО ПГУТИ, 2013. – 367 с.

19. Драгунов В. П. Микро- и нанoeлектроника: учеб. пособие / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. – 38 с.

20. Игнатов А. Н. Нанoeлектроника. Состояние и перспективы развития: учеб. пособие / А. Н. Игнатов. – Новосибирск: ГОУ ВПО «СибГУТИ», 2011. – 410 с.

21. Ткалич В. Л. Физические основы нанoeлектроники: учеб. пособие / В. Л. Ткалич, А. В. Макеева, Е. Е. Оборина. – СПб: СПбГУИТМО, 2011. – 83с.

22. Троян П. Е. Нанoeлектроника: учеб. пособие / П. Е. Троян, Ю. В. Сахаров. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 88 с.

8.2. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Microsoft Word, Origin, Google Chrome.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

2. Дисплейный класс.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Твердотельная микро- и наноэлектроника».

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета задач из разных разделов дисциплины «Твердотельная микро- и наноэлектроника». Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить

	задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>