

**Компонент ОПОП 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**  
**Специализация Радиоэлектронные системы управления и передачи информации**  
наименование ОПОП

**Б1.В.ДВ.02.02**  
шифр дисциплины

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Дисциплины (модуля) **Физические основы электроники сверхвысоких частот и квантовой электроники**

---

Разработчик (и):

Шульженко А.Е.  
ФИО

старший преподаватель  
должность

Утверждено на заседании кафедры

радиотехники и связи  
наименование кафедры

протокол № 8 от 06.03.2024 года

Заведующий кафедрой радиотехники и связи



подпись

Борисова Л.Ф.  
ФИО

## 1. Критерии и средства оценивания компетенций и индикаторов их достижения, формируемых дисциплиной (модулем)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора(ов) достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)			Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточной аттестации
		<i>Знать</i>	<i>Уметь</i>	<i>Владеть</i>		
ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Решает профессиональные задачи, применяя физико-математический аппарат	приёмы решения задач анализа и расчета характеристик полупроводниковых приборов; - методы измерения электронных приборов; - принципы обработки полученных данных;	- решать задачи анализа и расчета характеристик полупроводников, применяя соответствующий математический аппарат - составлять измерительные схемы; - обрабатывать полученные данные, делать выводы	навыками решения задач анализа и расчета характеристик свойств полупроводников, применяя соответствующий математический аппарат - навыками проведения экспериментов с электронными приборами.	- комплект заданий для выполнения лабораторных работ; - тестовые задания; - типовые задания по вариантам для выполнения расчетно-графической работы;	Вопросы к зачету Результаты текущего контроля
ПК-3 Способен к реализации программ экспериментальных исследований, в том числе в режиме удаленного доступа, включая выбор технических средств, обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Проводит экспериментальные исследования с применением средств обработки данных	принципы планирования экспериментальных исследований.	обосновывать программу эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных.	техникой проведения экспериментальных исследований.		

## 2. Оценка уровня сформированности компетенций (индикаторов их достижения)

Показатели оценивания компетенций (индикаторов их достижения)	Шкала и критерии оценки уровня сформированности компетенций (индикаторов их достижения)			
	Ниже порогового («неудовлетворительно»)	Пороговый («удовлетворительно»)	Продвинутый («хорошо»)	Высокий («отлично»)
<b>Полнота знаний</b>	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены не грубые ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.
<b>Наличие умений</b>	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Выполнены типовые задания с не грубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме (отсутствуют пояснения, неполные выводы)	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Задания выполнены в полном объеме без недочетов.
<b>Наличие навыков (владение опытом)</b>	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для выполнения стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
<b>Характеристика сформированности компетенции</b>	Компетенции фактически не сформированы. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.  ИЛИ Зачетное количество баллов не набрано согласно установленному диапазону	Сформированность компетенций соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач.  ИЛИ Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону	Сформированность компетенций в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков достаточно для решения стандартных профессиональных задач.  ИЛИ Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону	Сформированность компетенций полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для решения сложных, в том числе нестандартных, профессиональных задач.  ИЛИ Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону

### 3. Критерии и шкала оценивания заданий текущего контроля

#### 3.1 Критерии и шкала оценивания лабораторных работ

Перечень лабораторных работ, описание порядка выполнения и защиты работы, требования к результатам работы, структуре и содержанию отчета и т.п. представлены в методических материалах по освоению дисциплины (модуля) и в электронном курсе в ЭИОС МАУ.

Оценка/баллы	Критерии оценивания
<i>Отлично</i>	Задание выполнено полностью и правильно. Отчет по лабораторной/практической работе подготовлен качественно в соответствии с требованиями. Полнота ответов на вопросы преподавателя при защите работы.
<i>Хорошо</i>	Задание выполнено полностью, но нет достаточного обоснования или при верном решении допущена незначительная ошибка, не влияющая на правильную последовательность рассуждений. Все требования, предъявляемые к работе, выполнены.
<i>Удовлетворительно</i>	Задания выполнены частично с ошибками. Демонстрирует средний уровень выполнения задания на лабораторную/практическую работу. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены.
<i>Неудовлетворительно</i>	Задание выполнено со значительным количеством ошибок на низком уровне. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены. ИЛИ Задание не выполнено.

#### 3.2 Критерии и шкала оценивания расчетно-графической работы

Перечень контрольных заданий, рекомендации по выполнению представлены в методических материалах по освоению дисциплины (модуля) и в электронном курсе в ЭИОС МАУ.

В ФОС включен типовой вариант контрольного задания.

1. Уровень Ферми в примесных полупроводниках  $N_1$  и  $N_2$  находится на  $\Delta E$  ниже дна зоны проводимости (Значение  $\Delta E = \Delta E_0/Z$ ) ( $Z$ -номер варианта).

1.1, 1.2. Какова вероятность  $f_n(E)$  того, что при температуре  $T$ , энергетические уровни, расположенные на  $Z \cdot 3 \cdot kT$  выше зоны проводимости, заняты электронами.

1.3, 1.4. Какова вероятность  $f_p(E)$  того, что на уровне, расположенном у потолка валентной зоны, содержатся дырки.

1.5. Нарисовать зонную диаграмму и функции  $Z(E)$ ,  $N(E)$   $f(E)$  для данных полупроводников.

2. Имеются собственные полупроводники  $N_1$  и  $N_2$ .

2.1, 2.2. Рассчитать концентрацию собственных носителей в материалах  $N_1$ ,  $N_2$  при температуре  $T$  при известных значениях  $m_n, m_p$  для носителей заряда.

2.3, 2.4. Определить, во сколько раз различаются вероятности заполнения электронами нижнего уровня проводимости в собственных материалах при  $T$  и  $T_x$ .

2.5, 2.6. Определить положение уровня Ферми ( $E_{np} - E_f$ ) при температурах  $T$  и  $T_x$ , для материалов  $N_1$  и  $N_2$ .

2.7 Рассчитать и построить зависимость  $\ln n_i(1/T)$  для материалов  $N_1$  и  $N_2$  (на одном графике)

3. Имеются примесные полупроводники.

В материале  $N_1$  находится примесь  $N_{np1}$ ; в материале  $N_2$  - примесь  $N_{np2}$ .

- 3.1,3.2. Определить температуру ионизации  $T_s$  примесей в материалах  $N_1$  и  $N_2$  (учесть, что  $N_c$  и  $N_v$  зависят от температуры).
- 3.3, 3.4. Определить температуру перехода к собственной проводимости  $T_i$  в материалах  $N_1$  и  $N_2$  (учесть, что  $N_c$  и  $N_v$  зависят от температуры).
- 3.5, 3.6. Учитывая значения величин  $T_i$  и  $T_s$  определить концентрацию основных и неосновных носителей в материале  $N_1$  при температуре  $T$ .
- 3.7, 3.8. Учитывая значения величин  $T_i$  и  $T_s$  определить концентрацию основных и неосновных носителей в материале  $N_2$  при температуре  $T$ .
- 3.9, 3.10. Определить концентрацию основных и неосновных носителей в материале  $N_1$  при температуре  $(T+0.1T)$
- 3.11. Построить качественно зависимость концентрации основных носителей  $\ln n(1/T)$  для материалов  $N_1$  и  $N_2$  (на одном графике).
4. Имеется материал  $N_1$  (или  $N_2$ ) с примесями концентрацией  $N_{np2}$  (или  $N_{np1}$ ). Плотность тока через образец равна  $j=10^5$  А, температура  $T$ .
- 4.1, 4.2. Определить тепловую скорость основных и неосновных носителей.
- 4.3, 4.4. Определить дрейфовую скорость основных и неосновных носителей.
- 4.5 Определить отношение полного тока через образец к току, обусловленному дырочной составляющей.
- 4.6. Определить удельное сопротивление материала  $\rho(T)$ .
- 4.7. Рассчитать значение проводимости материала  $N_1$  (или  $N_2$ ) при известных значениях подвижности  $\mu_n, \mu_p$  при температуре  $(T+0.3T)$ .

#### Исходные данные

	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$N_1 - Si : \Delta E_z = 1,11 \text{ эВ (300K)} ; N_2 - Ge : \Delta E_z = 0,72 \text{ эВ (300K)}$									
$T, K$	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350
$T_x, K$	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290
Пр1	As	P	Sb	As	P	Sb	As	P	Sb	As
Пр2	In	B	Al	In	B	Al	In	B	Al	In
$N_{np1}$	$10^{20}$	$10^{23}$	$10^{21}$	$10^{24}$	$10^{22}$	$10^{23}$	$10^{21}$	$10^{24}$	$10^{22}$	$10^{23}$
$N_{np2}$	$10^{22}$	$10^{20}$	$10^{23}$	$10^{22}$	$10^{24}$	$10^{20}$	$10^{23}$	$10^{22}$	$10^{24}$	$10^{21}$
$\mu, \text{ м}^2/\text{Вс}$	Значения выбираются по графикам $\mu(N_{np})$ (см. рис.1 и рис.2) с учетом влияния температуры: $\mu(T) = \mu(300) (T/300)^{-3/2}$									

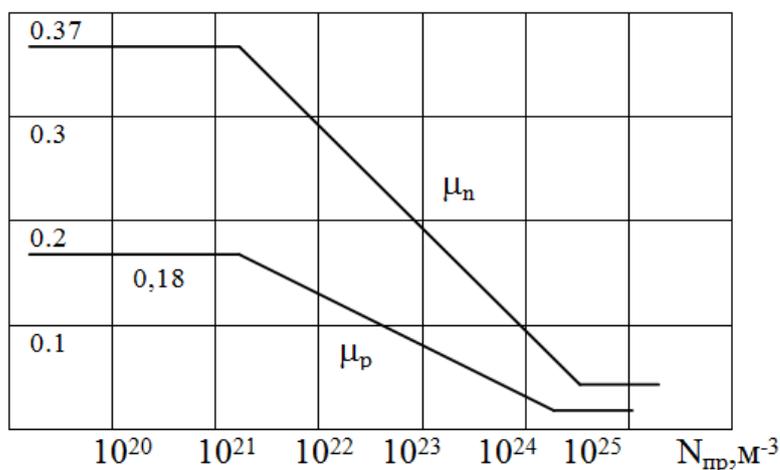


Рис.1. Зависимость подвижности электронов и дырок в германии от концентрации примесей (300K)

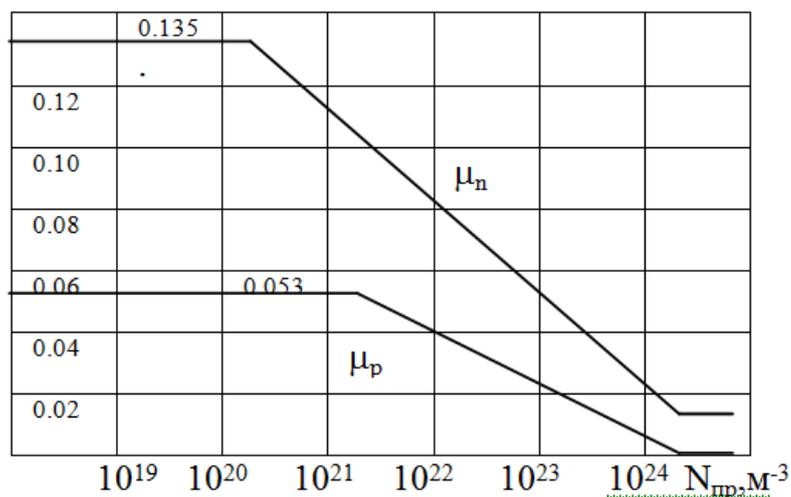


Рис.2. Зависимость подвижности электронов и дырок в кремнии от концентрации примесей (300К)

Вариант для расчета выбирается по последней цифре номера зачетной книжки студента.

Оценка/баллы	Критерии оценивания
<i>Отлично</i>	Работа выполнена полностью, без ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием непонимания материала).
<i>Хорошо</i>	Работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны, допущена одна негрубая ошибка или два-три недочета, не влияющих на правильную последовательность рассуждений.
<i>Удовлетворительно</i>	В работе допущено более одной грубой ошибки или более двух-трех недочетов, но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.
<i>Неудовлетворительно</i>	В работе есть грубые ошибки и недочеты ИЛИ Контрольная работа не выполнена.

#### 4. Критерии и шкала оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении промежуточной аттестации

##### Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины (модуля) с зачетом

Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине(модулю), то он считается аттестованным.

Оценка	Баллы	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	60 - 100	Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону
<i>Незачтено</i>	менее 60	Зачетное количество согласно установленному диапазону баллов не набрано

**5. Задания диагностической работы для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках внутренней независимой оценки качества образования**

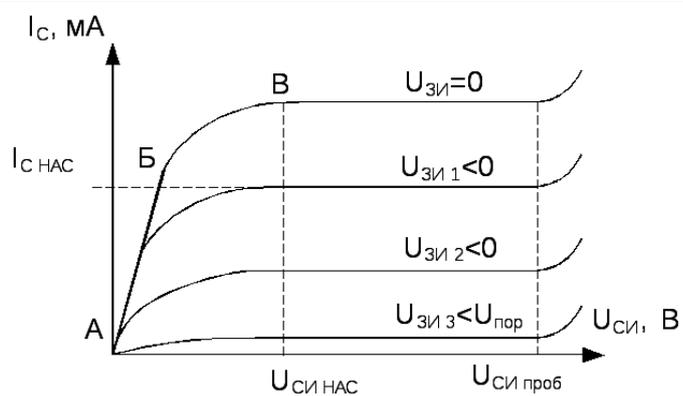
ФОС содержит задания для оценивания знаний, умений и навыков, демонстрирующих уровень сформированности компетенций и индикаторов их достижения в процессе освоения дисциплины (модуля).

Комплект заданий разработан таким образом, чтобы осуществить процедуру оценки каждой компетенции, формируемых дисциплиной (модулем), у обучающегося в письменной форме.

Содержание комплекта заданий включает: тестовые задания

**Комплект заданий диагностической работы**

Компетенция ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения	
1.	Что такое валентная зона, зона проводимости и запрещенная зона?
2.	Принцип работы p-n перехода.
3.	Полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов в канале. (HEMT).
4.	Входная ВАХ биполярного транзистора.
5.	Выходная ВАХ биполярного транзистора
6.	Полевые транзисторы с управляющим переходом Шоттки
7.	Какие материалы используют для создания полупроводников донорного типа
8.	Материалы, применяемые для производства транзисторов СВЧ.
Компетенция ПК-3 Способен к реализации программ экспериментальных исследований, в том числе в режиме удаленного доступа, включая выбор технических средств, обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных	
1.	Опишите методику измерения коэффициента усиления по току для партии биполярных транзисторов
2.	Измерьте коэффициент усиления тока для биполярного транзистора используя данный вам измеритель
3.	Опишите методику измерения крутизны проходной характеристики для партии полевых транзисторов
4.	Опишите методику измерения емкости для партии диодов
5.	Опишите методику измерения сопротивления в открытом состоянии для партии диодов
6.	Опишите методику измерения выходной проводимости для партии транзисторов
7.	Единицы измерения проводимости
8.	Какое из представленных изображения соответствует выходной ВАХ полевого транзистора 1)



2)

