

ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.А. БУНИНА



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01.11 Полупроводниковые приборы

Направление подготовки: 11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль): Системы радиосвязи, мобильной связи и радиодоступа

Квалификация (степень): бакалавр

Форма обучения: очная, очно-заочная

Институт: математики, естествознания и техники

Кафедра: физики, радиотехники и электроники

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	2	2	-
Семестр/триместр	3	5,6	-

Лекции	36	10	-
Лабораторные занятия	36	10	-
Практические (семинарские) занятия	-	-	-
в т.ч. практическая подготовка	2	4	
Консультации	-	-	-
Форма(ы) промежуточной аттестации	зачет	зачет	-
Контроль	-	-	-
Иные формы работы	-	-	-
Самостоятельная работа	36	88	-

Всего часов: 108

Трудоемкость: 3 зачетные единицы.

Разработчик(и) рабочей программы:

кандидат физико-математических, доцент _____ Кузнецов Д.В.

I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Цель изучения дисциплины: изучение физики электронных процессов в вакууме, газах, твердых телах, на границах раздела сред; изучение принципов построения и работы электронных приборов различного назначения; формирование мотивации к осуществлению профессиональной деятельности; подготовка к использованию систематизированных теоретических и практических знаний при решении профессиональных задач.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение физических явлений и процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств полупроводниковой электроники;
- расширение и систематизация знаний о квантовой теории твердого тела, необходимых для описания процессов в полупроводниковых электронных устройствах;
- формирование навыков экспериментальных исследований и техники измерений характеристик и параметров полупроводниковых приборов.

Место дисциплины в структуре ОПОП: Дисциплина Б1.В.01.11 Полупроводниковые приборы реализуется в рамках модуля 5 «Системы радиосвязи, мобильной связи и радиодоступа» части ОПОП, формируемой участниками образовательных отношений.

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	Знать: - способы проектирования решения конкретной задачи проекта, определения оптимальных способов ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений;	Знает: - основные методы и методики решения прикладных задач в технике и технологиях решаемые с использованием знаний физики, технологий работы полупроводниковой электроники
	Уметь: - формулировать совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение; - качественно решать конкретные задачи (исследования, проекта, деятельности) за установленное время	Умеет: - улучшать параметров (особенно повышения рабочих частот, эффективности приборов, уровня выходной мощности, диапазона рабочих температур и т.д.)
	Владеть: - навыками определения ожидаемых результатов решения по-	Владеет: - навыками постановки задачи и методики ее решения в процессе

	<p>ставленных задач;</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками публичного представления результатов решения задач исследования, проекта, деятельности; 	<p>научно-исследовательской деятельности с использованием знаний физики и информационных технологий</p>
<p>ПКС-1 Способен к техническому обслуживанию, настройке и эксплуатации систем радиосвязи, настройке программных средств, используемых при техническом обслуживании и эксплуатации систем радиосвязи</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы теории функционирования систем радиосвязи; - характеристики, принцип действия, конструкцию сложных функциональных узлов систем радиосвязи; - теорию и практику эксплуатации систем радиосвязи. 	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - исследования и их применение в исследовании полупроводниковых приборов; - особенности приборов на основе различных полупроводников и современные достижения в данной области с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - монтировать и настраивать составные части систем радиосвязи; - осуществлять выбор программных средств используемых при техническом обслуживании и эксплуатации систем радиосвязи; - проводить мониторинг технического состояния систем радиосвязи по основным показателям. 	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формулировать цели и задачи научных исследований полупроводниковых приборов, а также обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы их исследования; - применять методы расчета и моделирования полупроводниковых приборов; - собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по полупроводниковым приборам.
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками регулировки и мониторинга технического состояния систем радиосвязи; - навыками настройки программных средств, используемых при техническом обслуживании и эксплуатации систем радиосвязи; - навыками использования контрольно-измерительного оборудования для диагностики состояния систем радиосвязи. 	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - приемами и методами исследования параметров и характеристик полупроводниковых приборов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств; - навыками работы с информационными базами данных и поиском информации о свойствах полупроводниковых приборов.

II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
	Раздел 1. «Основы теории полупроводников»	40,5	13,5		13,5	13,5
1.	Тема 1. «Основные параметры и свойства полупроводников»	13,5	4,5		4,5	4,5
2.	Тема 2. «Электрические переходы, типы и классификация»	13,5	4,5		4,5	4,5
3.	Тема 3. «Вольт-амперная характеристика p-n перехода»	13,5	4,5		4,5	4,5
	Раздел 2. «Твердотельная электроника»	67,5	22,5		22,5	22,5
4.	Тема 4. «Полупроводниковые диоды – устройство, классификация, применение»	13,5	4,5		4,5	4,5
5.	Тема 5. «Физические основы работы биполярного транзистора»	13,5	4,5		4,5	4,5
6.	Тема 6. «Физические основы работы полевых приборов»	13,5	4,5		4,5	4,5
7.	Тема 7. «Физические основы работы тиристор»	13,5	4,5		4,5	4,5
8.	Тема 8. «Полупроводниковые приборы специального назначения»	13,5	4,5		4,5	4,5
	<i>зачет</i>					
	<i>Итого за 3 семестр</i>	108	36		36	36
	ИТОГО:	108	36		36	36

Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
	Раздел 1. «Основы теории полупроводников»	43	5		5	33
1.	Тема 1. «Основные параметры и свойства полупроводников»	15	2		2	11
2.	Тема 2. «Электрические переходы, типы и классификация»	15	2		2	11
3.	Тема 3. «Вольт-	15	1		1	11

	амперная характеристика p-n перехода»					
	Раздел 2. «Твердотельная электроника»	65	5		5	55
4.	Тема 4. «Полупроводниковые диоды – устройство, классификация, применение»	15	1		1	11
5.	Тема 5. «Физические основы работы биполярного транзистора»	15	1		1	11
6.	Тема 6. «Физические основы работы полевых приборов»	15	1		1	11
7.	Тема 7. «Физические основы работы тиристор»	15	1		1	11
8.	Тема 8. «Полупроводниковые приборы специального назначения»	15	1		1	11
	<i>зачет</i>					
	<i>Итого за 6 семестр</i>	108	10		10	88
	ИТОГО:	108	10		10	88

Заочная форма обучения (не реализуется)

III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Текущая аттестация проводится в форме контрольной работы.

Типовой вариант контрольной работы

1. Нарисовать зонную диаграмму собственного полупроводника, полупроводника n-типа, и полупроводника p-типа.
2. Концентрация электронов в начальный момент времени в полупроводнике составляет 10^{17}см^{-3} . За время 10^{-4}с эта концентрация уменьшилась до 10^{15}см^{-3} . Определить время жизни в таком полупроводнике.
3. Определить скорость дрейфа электронов и дырок в собственном германии при температуре $T = 300\text{К}$, если полупроводник находится в электрическом поле с напряженностью $E=1000\text{ В/см}$.
4. Определить и сравнить скорость дрейфа электронов в германии при напряженности поля $E = 10\text{см/кВс}$ его скоростью придвижении на расстоянии 10 см в таком же поле в вакууме.

5. Определить ширину запрещенной зоны германия (Ge) при температуре $T = 500$ К, если при $T = 300$ К ширина запрещенной зоны $0,658$ эВ.
6. Определить ширину запрещенной зоны в германии (Ge) при $T = 300$ К, если при $T = 0$ К ширина запрещенной зоны равна $0,73$ эВ.
7. Определить будет ли находиться кристалл германия и кремния в состоянии пробоя, если приложено напряжение 8 кВ. Толщина кристалла 200 мкм.
8. Определить коэффициенты диффузии (D_n , D_p) электронов и дырок, длины диффузионного смещения (L_n , L_p) в собственном Si при $T = 300$ К. Известно, что $t_p = t_n = 10^{-5}$ с.
9. Удельное сопротивление собственного германия равно $0,43$ мОм. Определить собственную концентрацию носителей Ge при $T = 300$ К.
10. В кремний введены донорные и акцепторные примеси. Концентрации доноров и акцепторов соответственно равны $N_D = 50 \cdot 10^{13}$, $N_A = 10^{17}$ см $^{-3}$. Определить удельное сопротивление.
11. Образец германия легирован сурьмой, так что один атом примеси приходится на $2 \cdot 10^6$ атомов Ge. ($N_{Ge} = 4,4 \cdot 10^{28}$ м $^{-3}$). Определить концентрацию электронов и дырок при температуре $T = 300$ К, удельное сопротивление легированного полупроводника и коэффициенты диффузии электронов и дырок (D_n , D_p). N_{Ge} – плотность атомов в германии.
12. Определить ширину запрещенной зоны полупроводника при $T = 300$ К, полагая, что эффективная масса электрона равна эффективной массе дырки и равна $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг. $n_i = 1,5 \cdot 10^{10}$ см $^{-3}$.

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме экзамена с использованием следующих оценочных материалов:

Вопросы к экзамену
3 семестр, очная
6 семестр, очно-заочная

1. Энергетические уровни и зоны
2. Проводники, полупроводники и диэлектрики
3. Собственная электропроводность полупроводников
4. Распределение электронов по энергетическим уровням
5. Примесная электропроводность полупроводников
6. Донорные примеси
7. Акцепторные примеси
8. Дрейф носителей заряда
9. Диффузия носителей заряда
10. Электронно-дырочный переход
11. Вентильное свойство p-n-перехода
12. Вольт-амперная характеристика p-n-перехода
13. Виды пробоев p-n-перехода
14. Ёмкость p-n-перехода

15. Контакт «металл – полупроводник»
16. Контакт между полупроводниками одного типа проводимости
17. Гетеропереходы
18. Свойства омических переходов
19. Общие сведения о диодах.
20. Выпрямительный диод.
21. Особенности вольт-амперных характеристик выпрямительных диодов.
22. Импульсный диод.
23. Туннельный диод.
24. Обращенный диод.
25. Диод Шоттки.
26. Варикап.
27. Стабилитрон. Стабистор.
28. Структура и основные режимы работы биполярного транзистора.
29. Физические процессы в биполярном транзисторе.
30. Полевой транзистор с управляющим р-n-переходом.
31. Полевой транзистор с изолированным затвором со встроенным каналом.
32. Полевой транзистор с индуцированным (инверсионным) каналом.
33. Сравнение МДП- и биполярного транзистора.
34. Комбинированный транзистор.
35. Динистор.
36. Триодный тиристор.
37. Запираемый тиристор.
38. Симметричный тиристор.

IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Основная литература

1. Валюхов, Д.П. Физические основы электроники : учебное пособие / Д.П. Валюхов, Р.В. Пигулев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 135 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457767>. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480528> (Дата обращения 01.09.2021).
2. Водовозов, А.М. Основы электроники : учебное пособие / А.М. Водовозов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. - 140 с. : ил., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9729-0137-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444184>. (Дата обращения 01.09.2021).

4.2. Дополнительная литература

1. Игумнов, В.Н. Физические основы микроэлектроники : учебное пособие / В.Н. Игумнов. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. - 358 с. : ил., табл. - Библиогр.: с.

345-346. - ISBN 978-5-4475-3300-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271708>. (Дата обращения 01.09.2021).

V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	https://infourok.ru/	Инфоурок: образовательный интернет-проект России. Включает: конспекты уроков, презентации, тесты, видеоуроки и другие материалы по предметам школьной программы.	Свободный доступ
2.	http://edu.ru/	Российское образование: Федеральный портал. Включает ссылки на порталы и сайты образовательных учреждений; государственные образовательные стандарты; нормативные документы; каталог экскурсий и обучающих программ.	Свободный доступ
3.			

VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1.	http://www.biblioclub.ru	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	www.elibrary.ru	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ

VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.

VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории, оснащенной следующим оборудованием:

Источник ЭДС; Миллиамперметры; Вольтметры; Амперметры; Набор электродов; Сосуд с электродами; Реостаты; Секундомер; Ключи; Магазин сопротивления; Гальванометры; Реохорды; Катушки; Сопротивления; ВУП-2М; ИПД-1; магазины сопротивлений; Магазины емкостей, модуль ФПЭ-11 осциллографы универсальные С1-71, осциллографы универсальные С1-73, Измеритель (ампервольтметр).

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.