

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТ-
ВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ

Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Физический факультет

(Наименование Института/факультета - разработчика рабочей программы)



УТВЕРЖДАЮ

Декаан факультета (директор института)

Физический факультет

факультет

" " _____ 20__ г.

Рабочая программа дисциплины

Принципы работы приборов полупроводниковой электроники

Направление подготовки магистратуры

44.03.01 Педагогическое образование

Профиль подготовки

Физика и методико-информационные технологии в образовании

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

очная

Саратов, 2020

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	/ Гаманок В.Б..	<i>В.Б. Гаманок</i>	
Председатель НМК	Аникин В.М.	<i>В.М. Аникин</i>	
Заведующий кафедрой	Железовский Б.Е.	<i>Б.Е. Железовский</i>	
Специалист Учебного управления	Юшинова И.В.	<i>И.В. Юшинова</i>	06.05.19г.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Принципы работы приборов полупроводниковой электроники» является формирование знаний о процессах, происходящих в полупроводниках и полупроводниковых структурах, и принципах работы, созданных на этой основе полупроводниковых приборов. Кроме того, студенты должны приобрести навыками работы с такими приборами, тем самым подготавливая себя к решению задач, соответствующих профильной направленности.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Принципы работы приборов полупроводниковой электроники» относится к дисциплинам раздела ФТД. Факультативы учебного плана ООП по направлению 44.03.01 Педагогическое образование, профилю «Физика».

Для освоения данной дисциплиной студенты должны использовать знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин «Информационные технологии в педагогическом образовании», «Математический анализ», дисциплин раздела «Общая и экспериментальная физика».

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ОПК-8 Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний	2.1_Б.ОПК-8. Обладает научными знаниями по физике, астрономии, математике. 3.1_Б.ОПК-8. Решает задачи по математике, физике и астрономии различного уровня сложности (в т.ч. олимпиадные). 4.1_Б.ОПК-8. Организует постановку физического эксперимента (лабораторного, демонстрационного, компьютерного), 5.1_Б.ОПК-8. Использует методы теоретического анализа результатов наблюдений и экспериментов	Знать физические понятия и величины, основные физические модели; физические принципы и законы Уметь давать определения основных физических понятий и величин; формулировать основные физические законы; строить математические модели для описания простейших физических явлений Владеть навыками применения основных физических законов к описанию физических процессов, природных явлений и ситуаций, использует методы теоретического анализа результатов эксперимента.
ПК-6. Владеет навыками участия в разработке и реализации различного типа проектов в образовательных организациях в педагогической сфере	1.1_Б.ПК-6. Организует образовательный процесс с использованием современных технологий, соответствующих общим и специфическим особенностям возрастного развития	Знать: современные технологии организации учебного процесса, учитывающие особенности возрастного развития личности Уметь: использовать современ-

	личности	менное технологии в образовательном процессе. Владеть: навыками анализа получаемых результатов для оценки эффективности предложенного проекта
--	----------	---

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Се- мес- тр	Не- деля се- мест- ра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации
				Лекц.	Лаб	Ср	
1	Введение. Современное состояние полупроводниковой электроники и перспективы её развития	5	1	0,5			
2	Классификация твердых тел по величине электропроводности	5	1	0,5		2	Контрольные вопросы
3	Элементы зонной теории твердого тела	5	1,2	2			Контрольные вопросы
4	Явления переноса в полупроводниках	5	2	0,5		2	Контрольные вопросы
5	Простейшие полупроводниковые приборы: термисторы, варисторы, фоторезисторы	5	2,3	1,5	4	4	Контрольные вопросы
6	Контакт металла с полупроводником (КМП) и приборы на этой основе	5	3,4	1,5	2	2	Контрольные вопросы
7	<i>p-n</i> - переход. Приборы с электронно-дырочным переходом	5	4,5	3	4	6	Контрольные вопросы
8	Динисторы, тиристоры и симисторы	5	5,6	1,5	2	2	Контрольные вопросы
9	Биполярные транзисторы (БТ)	5	6,7	3	4	8	Контрольные вопросы
10	Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП)	5	7,8	1		2	Контрольные вопросы
11	Полевые транзисторы с <i>p-n</i> -переходом (ПТ)	5	8	1		2	Контрольные вопросы
12	Полевые транзисторы с изолированным затвором (МДП)	5	9	2	2	6	Контрольные вопросы
13	Промежуточная аттестация	5					Зачет
14	Итого за семестр – 72ч.			18	18	36	

Содержание дисциплины

1. Введение. Современное состояние полупроводниковой электроники и перспективы её развития.

2. Классификация твердых тел по электрическим свойствам: диэлектрики, полупроводники, металлы. Виды полупроводниковых материалов: элементарные полупроводники, бинарные соединения, тройные и сложные соединения, твердые растворы, органические полупроводники, стеклообразные и аморфные полупроводники. Значение полупроводников в современной физике, технике и различных отраслях народного хозяйства.

3. Зонная теория электропроводности твердых тел. Электрон и дырка в кристалле как квазичастицы. Электронные и дырочные полупроводники.

4. Явления переноса в полупроводниках. Уравнение непрерывности. Диффузионный и дрейфовый токи. Соотношение Эйнштейна.

5. Простейшие полупроводниковые приборы: термисторы, варисторы, фотосопротивления. Использование этих приборов в электронных схемах

6. Контакт металла с полупроводником (КМП). Работа выхода и контактная разность потенциалов. Барьер Шоттки. Омический контакт. Выпрямление на КМП. Виды токов через КМП. Диффузионная и диодная теории выпрямления на КМП.

7. P-n-переход. Расчет электрических характеристик p-нда на основе модели Шоттки. Виды токов через p-n-переход. ВАХ p-n-перехода. Явления инжекции и экстракции носителей заряда.

7.1 Выпрямление на p-n-переходе. Барьерная емкость p-n-перехода. Зарядовая и диффузионная емкости. Влияние на ВАХ p-n-перехода различных факторов и внешних воздействий. Виды пробоя p-n-перехода: лавинный, туннельный, тепловой.

7.2 Полупроводниковые приборы с p-n-переходом: выпрямительные диоды, стабилитроны, варикапы, светоизлучающие диоды, фотодиоды, высокочастотные диоды, импульсные диоды, туннельные диоды.

8. Динисторы и тиристоры. Структура и принцип действия динистора. Параметры и ВАХ динистора. Принцип действия тиристора. Характеристики и параметры. Условия переключения. Симисторы. Использование динисторов, тринисторы и симисторов в электронных устройствах.

9. Биполярные транзисторы. Структура и основные режимы работы. Взаимодействие двух p-n-переходов. Принцип действия биполярного транзистора (БТ) в качестве усилителя. Схемы включения. Физические параметры БТ и связь между ними. БТ на постоянном токе. Статические характеристики БТ. Работа транзистора на малом переменном сигнале. h-параметры их экспериментальное определение. Факторы, определяющие быстродействие транзистора.

10. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры). Идеальная МДП-структура. Режимы обогащения, обеднения, инверсии и глубокого обеднения в приповерхностном слое полупроводника. Вольфа-

радная характеристика МДП-структуры. Поперечная и продольная проводимости МДП-структуры. Реальные МДП-структуры.

11. Полевые транзисторы (ПТ). ПТ с управляющим р-п-переходом: принцип действия. Статические характеристики ПТ. Эквивалентная схема ПТ. Частотные свойства ПТ с управляющим р-п-переходом. ПТ с барьером Шоттки и его особенности.

12. Полевые транзисторы с изолированным затвором (МДП-транзисторы). МДП-транзисторы с встроенным и индуцированным каналами. Частотные свойства МДП-транзисторов. Факторы, определяющие быстродействие МДП-транзисторов. Малосигнальные параметры ПТ.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по педагогическому направлению подготовки в рамках изучения дисциплины **«Принципы работы приборов полупроводниковой электроники»** реализация компетентного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они составляют не менее 50% аудиторных занятий.

Основными педагогическими технологиями при изучении данной дисциплины являются индивидуализация и дифференциация обучения, развивающее обучение, проблемное обучение. Специфическими технологиями являются технологии организации учебной деятельности при использовании персонального компьютера, а также использование Интернеттехнологий и мультимедийных технологий при подготовке к занятиям и самостоятельной работе.

В соответствии с учебно-методическим комплексом по учебной дисциплине могут использоваться следующие виды учебных занятий.

Аудиторные занятия. Все виды аудиторных занятий сочетают образовательную, воспитательную, практическую и методическую функции.

Учебная работа по структурированию и анализу содержания образовательно-информационных ресурсов по учебной дисциплине, результатом которой являются подготовка конспекта, тезисов, составление логических схем или классификаций по изучаемой теме, а также глоссария основных терминов и понятий, фактов, персоналий и дат.

Тренинг – занятие, предназначенное для закрепления базовых теоретических знаний в рамках материала модуля, которое проводится с использова-

нием программного обеспечения тренингового характера на основе электронной базы заданий.

Самостоятельная работа (работа в информационной базе знаний)

Самостоятельная работа студентов является важной компонентой профессиональной подготовки специалистов и включает в себя следующее.

Творческие задания – это самостоятельная учебная научно-методическая работа, основной целью которой является развитие у студентов, прежде всего, исследовательских навыков и умений, таких как: корректность постановки цели проблемы, выделения объекта и предмета исследования, формулировки задач и гипотез работы; логика изложения работы, соотношение и взаимосвязь теоретического и эмпирического материала; грамотное изложение работы, соблюдение не только правил грамматики и орфографии, но и канонов стилистики научного текста; обоснование выбора методического обеспечения, его соответствие задачам исследования; использование современных методов обработки данных эмпирического исследования; корректность статистического и качественного анализа полученных данных; владение основными методами и средствами получения, хранения, переработки информации; корректность авторских обобщений, содержательность и обоснованность выводов.

Штудирование учебного материала – подготовка конспекта, логической схемы изучаемого материала, выучивание глоссария (словарь терминов), изучение алгоритмов решения типовых задач модуля. Занятие проводится в рамках самостоятельной работы обучающегося.

Работа с электронным образовательным ресурсом – повторное закрепление материала с использованием обучающих программных продуктов, слайд-лекций. Занятия проходят в свободные от основного расписания занятий часы, на личном компьютере обучающегося. При изучении дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- педагогическое проектирование;
- дидактические технологии как условие развития оптимизации учебного процесса;
- информационно аналитическое обеспечение учебного процесса и управление качеством образованием школьника;
- информационно – коммуникативные технологии в предметном обучении.

Данная образовательная программа не реализуется, если у поступающего имеются медицинские противопоказания, установленные приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицин-

ских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда».

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья должно проходить с учётом «Методических рекомендаций по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса».

Обучающиеся инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья должны быть обеспечены печатными и электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Применение электронных образовательных ресурсов регламентируется «Положением об электронных образовательных ресурсах для системы дистанционного обучения IPSILON UNI» П 1.58.01-2016 и «Положением об электронных образовательных ресурсах в системе создания и управления курсами MOODLE» П 1.58.02-2014.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации

1. Какие токи называются дрейфовым и диффузионным? Как определяется плотность полного тока?

2. Расскажите о возможных свойствах контакта металла с полупроводником (КМП).

3. Чем определяется толщина области пространственного заряда КМП и какова её зависимость от внешнего приложенного напряжения?

4. Выпрямление на КМП (качественное рассмотрение). Виды токов через КМП.

5. Диффузионная теория выпрямления на КМП.

6. Диодная теория выпрямления на КМП; сравнение с диффузионной теорией. Реальные контакты.

7. Точечный и плоскостной p-n-переходы. Выпрямление на p-n-переходе.

8. Явления инжекции и экстракции носителей заряда.

9. Виды токов через p-n-переход. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) p-n-перехода.

10. Барьерная и диффузионные емкости p-n-перехода.

11. Влияние различных факторов и внешних воздействий на ВАХ p-n-перехода. Виды пробоя p-n-перехода: лавинный, туннельный, тепловой.

12. Выпрямительные диоды. Классификация полупроводниковых диодов. Германиевые и кремниевые выпрямительные низкочастотные диоды.

13. Варикап. Принцип действия варикапа. Основные параметры и характеристики.

14. Стабилитрон. Пробой p-n-перехода. Основные параметры и характеристики стабилитронов.

15. Какие явления в полупроводниках называются фотоэлектрическими?

16. Расскажите о принципах работы светоизлучающих полупроводниковых приборах.

17. Фотодиод. Воздействие света на p-n-переход. Параметры и характеристики фотодиодов. Режимы работы.

18. Какие устройства называются оптронами?

19. С какой целью в электронных приборах используются оптрона?

20. Объясните принцип работы диодного тиристора (динистора).

21. Для каких целей используются динисторы?

22. Что такое триодный тиристор и каковы возможные области его применения?

23. Объясните механизм усиления биполярным транзистором. В чем основное отличие транзисторов p-n-p и n-p-n типа?

24. Какие факторы ограничивают усиление транзистора на высоких частотах?

25. Как устроен полевой транзистор с p-n переходом?

26. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры). Идеальная МДП-структура.

27. Режимы обогащения, обеднения, инверсии и глубокого обеднения в приповерхностном слое полупроводника МДП-структуры. Вольт-фарадная характеристика МДП-структуры.

28. Расчет зависимости емкости МДП-структуры от напряжения в режиме обеднения.

29. Расскажите о принципах работы полевых транзисторов с изолированным затвором.

30. Опишите основные электрические характеристики биполярных и полевых транзисторов.

31. Проведите сравнительный анализ возможностей биполярных и полевых транзисторов.

Возможные темы рефератов

- 1) *p-n*- переход. Его вольтамперная характеристика.
- 2) Диоды Шоттки. Область их применения.
- 3) Биполярные транзисторы. Их основные характеристики.
- 4) Применение диодных и триодных тиристоров в электронных устройствах.
- 5) Полупроводниковая оптоэлектроника.
- 6) Полевые транзисторы.
- 7) Принцип работы и электрические параметры IGBT- транзисторов.
- 8) Гетеропереходы. Сравнительный анализ свойств гетеро- и гомогенных p-n-переходов.

Балльно-рейтинговая оценка знаний студентов бакалавриата осуществляется на основе Положения о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов обучения студентов П 1.06.04.-2013, разработанного ФГБОУ ВО «СГУ им. Н.Г. Чернышевского» и утверждённого приказом ректора от 07.05.2013 № 297-В.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Се- местр	Лекции	Лаб. заня- тия.	Практ. занятия.	С.Р.	Автоматизи- рованное те- стирование	Другие виды учебной деятельности	Про- межточн. аттестация	Итого
5	10	20	0	30	0	0	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента 5 семестр

Лекции – от 0 до 10 баллов

Посещение 100% – 10 баллов

Посещение 75% – 5 баллов

Посещение 50% – 2 балла

Посещение менее 50 % – 0 баллов

Лабораторные занятия – от 0 до 20 баллов

Выполнение 100% работ – 20 баллов

Выполнение 90% работ – 15 баллов

Выполнение 75% работ – 10 баллов

Выполнение 50% работ – 5 баллов

Менее 50% работ -0 баллов

Практические работы: не предусмотрены

Самостоятельная работа:

Правильное выполнение не менее 80% домашних заданий и отчет по работе – 30 баллов

Выполнение от 61% до 80% заданий с предоставлением отчетов – 25 баллов

Выполнение от 41% до 60% заданий с предоставлением отчетов – 10 баллов

Выполнение от 20% до 40% заданий с предоставлением отчетов – 5 баллов

Автоматизированное тестирование – не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности – не предусмотрены

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация проводится в форме *зачёта*.

Если студент набрал 60 баллов, он получает зачет автоматически.

Если перед сдачей зачета студент набрал менее 30 баллов – он не допускается к сдаче зачета.

При проведении промежуточной аттестации
ответ на «зачтено» оценивается от 16 до 40 баллов;
ответ на «не зачтено» оценивается от 0 до 15 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 5 семестр по дисциплине составляет **100** баллов.

Таблица 2.1 Таблица пересчета полученной студентом итоговой суммы баллов по дисциплине **«Принципы работы приборов полупроводниковой электроники»** в оценку (зачет):

60 баллов и более	«зачтено» (при недифференцированной оценке)
меньше 60 баллов	«не зачтено»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) литература:

1. Шалимова К. В. Физика полупроводников [Электронный ресурс]: учебник. - 4-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. – 390 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=648. – ЭБС "ЛАНЬ".

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Лицензионное программное обеспечение: OS Microsoft Windows 7 (количество 5), OS Microsoft Windows Vista (количество 3), Пакет Microsoft Office 2010 количество 8), Corel Draw x7 (количество 8)

Бесплатный доступ (не нужна лицензия) : Free Pascal 2.6.4 (количество 8), Stellarium (количество 8).

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для изучения дисциплины должны быть подготовлены следующие помещения: специализированная аудитория для чтения лекций и проведения лабораторных занятий, оборудованная доской, мультимедийным проектором, персональными компьютерами, экраном, плакатами.

Для проведения лабораторных занятий необходимо иметь столы для сборки макетов устройств, собранных с использованием полупроводниковых приборов, и измерительной аппаратуры.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавриата 44.03.01 Педагогическое образование, профиль «Физика».

Автор(ы)

к.ф.-м.н., доцент

Гаманюк В.Б.

Программа одобрена на заседании кафедры физики и методико-информационных технологий от 06.05.2019 года, протокол №10.

ПРИЛОЖЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

«Принципы работы приборов полупроводниковой электроники»

Список литературы, рекомендуемой преподавателем для ознакомления:

1. Хохлов А. В. Элементная база радиоэлектроники. Тенденции и перспективы развития [Текст] : учебное пособие для студентов физических специальностей / А. В. Хохлов, Т. Е. Вадивасова, А. В. Шабунин ; под ред. В. С. Анищенко ; Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. - Саратов : Издательство Саратовского университета, 2014. - 319, [1] с. : ил. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-292-04235-8 (в ЗНБ 23 экз).

2. Лебедев А.Л. Физика полупроводниковых приборов. – М.: Физматлит, 2008, 487. (в ЗНБ СГУ 35 экз).

3. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. _ 9-е издание, стер. – М.СПб, Краснодар: Лань, 2009, 478.(134 экз)

4. Шалимова К.В. Физика полупроводников: учебник. – 4-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. - 390 с. (в ЗНБ СГУ 43 экз.)

1. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учеб. пособие. – М.: Высшее образование, 2015. – 463 с. Гриф УМО. – ЭБС "ЮРАЙТ".

2. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 336 с. (в ЗНБ СГУ 30 экз.)

3. Твердотельная электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / Легостаев Н. С. - Томск : Эль Контент, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. - 244 с.- Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

4. Основы микроэлектроники : учеб. пособие для студентов вузов / А. А. Коваленко, М. Д. Петропавловский. - 3-е изд., стер. - Москва : Изд. центр "Академия", 2010. - 238 с. Гриф УМО (в ЗНБ СГУ 30 экз.)

5. Гаман В.И. Физика полупроводниковых приборов: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томск. Ун-та, 1989. – 336 с. (в ЗНБ СГУ 73 экз. имидж каталог)