

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 10.08.2023 16:25:11
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Б.Б.Педько



«30»

мая

2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Физическая электроника

Направление подготовки

03.03.03 Радиофизика

профиль

Физика и технология материалов и устройств радиоэлектроники

Для студентов

4 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н. Третьяков С.А.

Тверь, 2023

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является изучение основ электроники твердого тела, электроники поверхностей и пленок, физики генерации и управления сигналами, эмиссионной и вакуумной электроники.

Задачами дисциплины является приобретение фундаментальных знаний теории и практики физической электроники и получение возможности их применения для научно-технических приложений в радиофизике и электронике.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физическая электроника» изучается в модуле «Физика и технология радиоэлектронных устройств» Блока 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Для успешного освоения данной дисциплины необходимы знания, полученные в рамках общего курса физики, курсов теоретической механики, электродинамики, квантовой механики, физики твердого тела и оптики полупроводников, диэлектриков, металлов, а также математических дисциплин — линейной алгебры, анализа, теории функций комплексного переменного

3. Объем дисциплины: 4 зачетные единицы, 144 академических часа, в том числе:

контактная аудиторная работа: лекции 30 часов, практические занятия 30 часов;

самостоятельная работа: 84 часа, в том числе контроль 27 часов.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен осуществлять разработку радиоэлектронных средств.	ПК-3.1. Осуществляет анализ радиоматериалов и материалов для создания несущих конструкций

	радиоэлектронных средств.
ПК-4. Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы.	ПК-4.1. Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований.

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения

Экзамен в 7 семестре.

6. Язык преподавания: русский.

II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.

1. Для студентов очной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)				Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции		Практические занятия		
		всего	в т.ч. ПП	всего	в т.ч. ПП	
1. Основы электроники твердого тела 1. Динамика носителей заряда. 2. Спектр электрона в кристалле. 3. Нульмерные (точечные) дефекты в кристаллах. 4. Аморфные твердые тела. 5. Статистика носителей заряда. 6. Перенос заряда в твердом теле. 7. Неравновесные носители заряда. 8. Граничные и контактные дефекты. Переходы.	28	7		7		14
2. Основы электроники поверхностей и пленок. 1. Энергетические характеристики поверхностей. 2. Микроминиатюризация приборов. 3. Пленочные структуры. 4. Перенос в пленках. 5. Прохождение тока в диэлектрических структурах. 6. Пленочные элементы.	28	7		7		14

7. Методы исследования поверхностей и тонких структур. 8. Спектроскопия. 9. Микроскопия. Рентгеновские методы						
3. Основы эмиссионной и вакуумной электроники. 1. Динамика заряженных частиц. 2. Электронные взаимодействия в твердых телах 3. Атомные и ионные взаимодействия. 4. Корпускулярные пучки большой мощности. 5. Другие виды излучений. 6. Приборы и устройства на вынужденном излучении потоков частиц. 7. Релятивистские эффекты и нелинейные механизмы.	30	8		8		14
4. Основы физики генерации и управления сигналами. 1. Лазеры. 2. Оптические резонаторы. 3. Режимы работы лазерных устройств. 4. Молекулярные генераторы. 5. Взаимодействия электромагнитных полей и пространственных зарядов. 6. Принципы действия полупроводниковых приборов. 7. Взаимодействия акустических полей и пространственных зарядов. Акустические дефекты. Электрооптический и магнито-оптический эффекты.	31	8		8		15
экзамен	27					27
ИТОГО	144	30		30		84

III. Образовательные технологии

Учебная программа- наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
1. Основы электроники твердого тела 1. Динамика носителей заряда. 2. Спектр электрона в кристалле. 3. Нульмерные (точечные) дефекты в кристаллах. 4. Аморфные твердые тела. 5. Статистика носителей заряда. 6. Перенос заряда в твердом теле. 7. Неравновесные носители заряда. 8. Граничные и контактные дефекты. Переходы.	<i>Лекции, практические занятия</i>	<i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач Мозговой штурм дискуссия</i>

<p>2. Основы электроники поверхностей и пленок.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Энергетические характеристики поверхностей. 2. Микроминиатюризация приборов. 3. Пленочные структуры. 4. Перенос в пленках. 5. Прохождение тока в диэлектрических структурах. 6. Пленочные элементы. 7. Методы исследования поверхностей и тонких структур. 8. Спектроскопия. 9. Микроскопия. Рентгеновские методы 	<p><i>Лекции, практические занятия</i></p>	<p><i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач</i> <i>Мозговой штурм</i> <i>дискуссия</i></p>
<p>3. Основы эмиссионной и вакуумной электроники.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Динамика заряженных частиц. 2. Электронные взаимодействия в твердых телах 3. Атомные и ионные взаимодействия. 4. Корпускулярные пучки большой мощности. 5. Другие виды излучений. 6. Приборы и устройства на вынужденном излучении потоков частиц. 7. Релятивистские эффекты и нелинейные механизмы. 	<p><i>Лекции, практические занятия</i></p>	<p><i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач</i> <i>Мозговой штурм</i> <i>дискуссия</i></p>
<p>4. Основы физики генерации и управления сигналами.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Лазеры. 2. Оптические резонаторы. 3. Режимы работы лазерных устройств. 4. Молекулярные генераторы. 5. Взаимодействия электромагнитных полей и пространственных зарядов. 6. Принципы действия полупроводниковых приборов. 7. Взаимодействия акустических полей и пространственных зарядов. Акустические дефекты. Электрооптический и магнитооптический эффекты. 	<p><i>Лекции, практические занятия</i></p>	<p><i>Активное слушание. Групповое решение задач. Решение индивидуальных задач</i> <i>Мозговой штурм</i> <i>дискуссия</i></p>

IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

Форма проведения промежуточного контроля: студенты, освоившие программу курса «Распространение электромагнитных волн» могут сдать экзамен

по итогам рейтинговой аттестации согласно «Положения о рейтинговой системе обучения в ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то экзамен сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.)

Для проведения текущей и промежуточной аттестации:

ПК-3. Способен осуществлять разработку радиоэлектронных средств:

ПК-3.1. Осуществляет анализ радиоматериалов и материалов для создания несущих конструкций радиоэлектронных средств.

Задание:

1. Какие взаимодействия учитывает классическая электронная теория металлов.

2. Как влияет эффект Шоттки на работу выхода электрона из твёрдого тела

Способ аттестации: устный

Критерии оценки:

Дан правильный развернутый ответ с обоснование – 2 балла

Дан правильный развернутый ответ без обоснования – 1 балл

Дан неправильный ответ – 0 баллов

ПК-4. Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы:

ПК-4.1. Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований.

Задание:

1. Для некоторого транзистора типа р-п-р задано:
 $I_{pЭ} = 1 \text{ мА}$; $I_{nЭ} = 0,01 \text{ мА}$; $I_{pК} = 0,98 \text{ мА}$; $I_{nК} = 0,001 \text{ мА}$. Вычислите:
а) статический коэффициент передачи тока базы;
б) эффективность эмиттера, или коэффициент инжекции;

- в) ток базы и коэффициент передачи тока в схемах ОБ и ОЭ;
г) значения токов $I_{КБ}$ и $I_{КЭ}$;
д) значение β и I_B , если $I_{рК} = 0,99$ мА и $I_{нЭ} = 0,005$ мА.

2. Кремниевый транзистор типа n-p-n комнатной температуре имеет концентрацию примесей в базе $1,3 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$ и в коллекторе $1,3 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$. Толщина активной области базы при $U_{КБ} = 0$ составляет 1 мкм.
а) Покажите, что при $U_{КБ} = 3,6 \text{ В}$ толщина активной области базы изменяется на 10%. Положите, что $n_i = 10^{16} \text{ м}^{-3}$.

б) Вычислите барьерную ёмкость перехода база-коллектор, если площадь перехода 10^{-8} м^2 и напряжение $U_{КБ} = 0$.

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

- а) 4 балла - Полностью и правильно с обоснованием решенная задача
б) 3 балла - Решение с правильным обоснованием, наличием математических выкладок и указанным правильным ходом рассуждений, но не доведенное до правильного численного результата
в) 2 балла - Наличие правильного обоснования, выполнен выбор приближений, правильно записаны необходимые для решения математические утверждения, но не хватает одного из необходимых логических шагов

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1) Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Корнилович [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 71 с. — 978-5-7782-2160-4. — Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/45187.html>

б) дополнительная литература:

2. Шевченко О.Ю. Основы физики твердого тела [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.Ю. Шевченко. — Электрон. текстовые данные. — СПб.

: Университет ИТМО, 2010. — 77 с. — 2227-8397. — Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/67512.html>

2) Программное обеспечение

а) Лицензионное программное обеспечение

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1.ЭБС«ZNANIUM.COM» www.znanium.com;

2.ЭБС «Университетская библиотека онлайн»<https://biblioclub.ru/>;

3.ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

План практических занятий

1. Основы электроники твердого тела

2. Основы электроники поверхностей и пленок.

3. Основы эмиссионной и вакуумной электроники.

4. Основы физики генерации и управления сигналами.

Методические рекомендации

Предметом оценки является подготовка студентов к занятиям, работа студентов на практических и лабораторных занятиях, выполнение ими тестовых заданий.

Оценки успеваемости студентов проходит в модульную неделю в соответствии с графиком учебного процесса.

Практические задания по демонстрации компетенций заключаются в устных или письменных ответах на поставленные преподавателем или составленным самими студентами вопросы (традиционные или в форме тестов).

При этом оценивается обоснованность ответа, ясность и последовательность изложения мысли. Такая демонстрация компетенций проверяет уровень владения теоретическим и практическим материалом.

Типовые тесты

1. Классическая электронная теория металлов

- учитывает взаимодействие электронов с ионными остовами
- учитывает взаимодействие электронов между собой
- не учитывает дополнительные поля, порождаемые другими электронами и ионами

2. Классическая электронная теория металлов

- даёт правильную оценку средней длины свободного пробега электронов
- даёт правильную оценку электронной теплоёмкости металлов
- даёт правильную интерпретацию законов Ома и Джоуля-Ленца

3. Температура вырождения электронного газа в статистике Ферми-Дирака

- близка к абсолютному нулю
- близка к температурам плавления металлов
- юольше температур плавления металлов

4. Согласно квантовой электронной теории металлов электроны подчиняются

- статистике Бозе-Эйнштейна
- статистике Ферми-Дирака
- статистике Максвелла-Больцмана

5. Эффект Шоттки

- не влияет на работу выхода электрона из твёрдого тела
- уменьшает работу выхода

- увеличивает работу выхода

6. Автоэлектронной эмиссией называют явление испускания электронов в вакуум с поверхности твёрдого тела

- под действием внешнего магнитного поля
- в результате нагрева тела до высоких температур
- под действием внешнего электрического поля

7. Высвобождение электрона из катода не требует затрат энергии

- при автоэлектронной эмиссии
- при термоэлектронной эмиссии
- при фотоэлектронной эмиссии
- при вторичной эмиссии

Итоговый контроль проводится в форме экзамена, который включает письменные или устные ответы на теоретические вопросы.

1. Динамика носителей заряда.
2. Спектр электрона в кристалле.
3. Статистика носителей заряда.
4. Энергетические характеристики поверхностей.
5. Микроминиатюризация приборов.
6. Пленочные структуры.
7. Перенос в пленках.
8. Прохождение тока в диэлектрических структурах.
9. Методы исследования поверхностей и тонких структур.
10. Электронная микроскопия.
11. Туннельная микроскопия.
12. Растровая электронная микроскопия
13. Динамика заряженных частиц.
14. Атомные и ионные взаимодействия.

15. Корпускулярные пучки большой мощности.
16. Приборы и устройства на вынужденном излучении потоков частиц.
17. Взаимодействия электромагнитных полей и пространственных зарядов.
18. Определение работы выхода электрона из оксидного катода
19. Термоэлектронная эмиссия металлов.
20. Самостоятельный разряд в газах.
21. Физика электронных усилительных и генераторных ламп.

VII. Материально-техническое обеспечение

<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p> <p>Учебная аудитория № 28 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Экран настенный Screen Media 153x203 2. Комплект учебной мебели на 24 посадочных места 3. Меловая доска 4. Переносной ноутбук 5. проектор EPSON EB-X05 с потолочным креплением 	<p>Microsoft Windows 10 Enterprise MS Office 365 pro plus Acrobat Reader DC - бесплатно Google Chrome – бесплатно</p>
<p>Учебно-научная лаборатория радиоэлектроники № 25 А (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вольтметр цифровой В7-78/2 2. Осциллограф цифровой WA 102 (2 шт.) 3. Ноутбук DELL Ispiron 1300 (1.7 GHz) 15.4WXGA. 512MB. 80GB 4. Генератор сигналов PCG 10A 5. Источник питания PCS 64i 6. Муфельная печь МИМП-3П 7. Осциллограф двухканальный PCS 500 А 8. Источник питания Б5-49 9. Источник питания Б5-50 10. Генератор Г3-33 2шт 11. Генератор Г3-109 12. Генератор Г4-109 13. Калибратор фазы Ф1-4 	

	14. Селективный микровольтметр В6-9 15. Осциллограф С1-72 2шт 16. Осциллограф С-1-73	
--	---	--

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			