

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета Небольсин В.А.

«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Функциональная электроника»

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы

/ Т.В. Свистова /

Заведующий кафедрой
Полупроводниковой элек-
троники и наноэлектроники

/ С. И Рембеза /

Руководитель ОПОП

/ С.И Рембеза /

Воронеж 2017

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: изучение физических основ функциональной электроники; основных физических процессов, лежащих в основе действия приборов функциональной электроники; конструкции, параметров, характеристики и области применения приборов и устройств функциональной электроники.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

– изучение физических основ работы приборов функциональной электроники, методов анализа физических процессов в приборах и расчета их параметров и характеристик;

– выявление связей между принципами работы, параметрами приборов и свойствами материалов, технологическими процессами.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Функциональная электроника» относится к вариативной части блока Б1 учебного плана. Индекс дисциплины Б1.В.ДВ.9.1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Функциональная электроника» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1: способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

ПКВ-2: готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства микроэлектронных приборов и устройств твердотельной электроники;

ПКВ-3: способность идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере физики, проектирования, технологии изготовления и применения микроэлектронных приборов и устройств.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать физические основы функциональной электроники: динамические неоднородности; континуальные среды; генераторы динамических неоднородностей; устройство управления динамическими неоднородностями; детектирование динамических неоднородностей;
	уметь применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы при-

	боров и устройств функциональной электроники;
	владеть информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств функциональной электроники
ПКВ-2	знать основные физические процессы, лежащие в основе действия приборов функциональной электроники;
	уметь классифицировать устройства функциональной электроники по принципу работы; анализировать работу функционального устройства на различных уровнях абстракции;
	владеть методиками аналитического приближенного расчета моделей взаимодействия электромагнитных волн с волнами прочей природы в твердых телах; методиками численного моделирования взаимодействия электромагнитных волн с волнами прочей природы в твердых телах;
ПКВ-3	знать конструкции, параметры, характеристики и области применения приборов и устройств функциональной электроники;
	уметь использовать аппарат электродинамики сплошных сред для анализа работы приборов функциональной электроники; использовать аппарат квантовой механики и электродинамики сплошных сред для расчета характеристик приборов функциональной электроники;
	владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов и устройств функциональной электроники

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Функциональная электроника» составляет 6 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	108	108
Курсовая работа	9	9
Вид промежуточной аттестации - экзамен	27	27
Общая трудоемкость	216	216
	час	
	зач. ед.	6

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	Функциональная электроника. Основные понятия	Предмет дисциплины и ее задачи. Основные понятия функциональной электроники. Основные направления функциональной микроэлектроники. Обзор физических явлений и процессов функциональной микроэлектроники. Модель прибора функциональной электроники.	2	-	-	6	8
2	Функциональная акустоэлектроника	Физические основы функциональной акустоэлектроники: принципы взаимного преобразования акустических и электрических сигналов, волны Рэлея, Лява, Стоунли, Лэмба, Гуляева-Блюштейна. Методы возбуждения и приема акустических волн. Управление распространением акустических волн. Пьезоэлектрические преобразователи. Приборы на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Конструирование многофункциональных устройств на ПАВ. Приборы функциональной акустоэлектроники: линии задержки, генераторы на ПАВ, конвольверы, устройства памяти, Фурье-процессоры.	6	4	-	17	27
3	Функциональная полупроводниковая электроника	Физические основы работы приборов с зарядовой связью (ПЗС). Электрическая объемная неустойчивость в многодолинных полупроводниках. Образование доменов сильного поля; условия их существования и продвижения. Перенос носителей заряда в аморфных полупроводниках, шнурование тока. Квантовые размерные эффекты в полупроводниках. Приборы функциональной полупроводниковой электроники: аналоговые процессоры на ПЗС-структурах, цифровые процессоры на ПЗС-структурах, запоминающие устройства на ПЗС-структурах. Приборы функциональной полупроводниковой электроники: БИСПИН-приборы, приборы на волнах пространственного заряда, приборы на основе эффекта Ганна.	6	4	-	17	27
4	Функциональная оптоэлектроника	Физические основы оптоэлектроники. Фотоэлектрические явления и излучательная рекомбинация в полупроводниках. Основные типы некогерентных источников оптического излучения. Электролюминесцентные конденсаторы, светоизлучающие диоды. Базовые конструкции СИД. Фотоприемники с внутренним фотоэффектом и их сравнительные характеристики: фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры. ВОЛС и их преимущества, используемые типы волокон, методы изготовления оптических световодов. Модуляторы, дефлекторы и преобразователи электрических сигналов.	8	4	18	17	47
5	Функциональная магнитоэлектроника	Физические основы магнитоэлектроники. Магнитоупорядоченные вещества и их магнитные характеристики. Обменное взаимодействие и магнитная анизотропия. Цилиндрические магнитные домены. Доменные границы. Генерация, деление, перемещение и детектирование цилиндрических магнитных доменов. Магнитоэлектронные запоминающие устройства и носители информации. Процессоры сигналов на цилиндрических магнитных доменах (ЦМД). Процессоры сигналов на магнитостатических волнах. Запоминающие устройства на (ЦМД). Запоминающие устройства на магнитных вихрях. Магнитные полупроводники и устройства на их основе.	6	2	-	17	25
6	Функциональная криоэлектроника	Физические основы криоэлектроники. Основные направления криоэлектроники. Особенности физических процессов в полупроводниках при низких температурах. Приборы криоэлектроники. Приборы на эффекте Джозефсона. Логические элементы на сверхпроводниках.	4	2	-	17	23
7	Функциональная молекулярная электроника и биоэлектроника	Физические основы функциональной молекулярной электроники. Электронные процессы в сложных органических молекулах. Молекулярные устройства. Автоволновая электроника. Биоэлектроника	4	2	-	17	23
Контроль							36
Итого			36	18	18	108	180

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Исследование спектрального состава излучения полупроводниковых светодиодов
2. Измерение параметров и характеристик фотоприемников (фоторезистор, фототиристор)
3. Исследование спектральных характеристик
4. *p-i-n*-фотодиодов (LabVIEW)
5. Измерение характеристик диодных оптопар.

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Функциональная электроника» предусматривает выполнение курсовой работы в 7 семестре.

Примерная тематика курсовой работы: «Устройства функциональной электроники».

Курсовая работа по дисциплине «Функциональная электроники» предусматривает расчет конкретного устройства функциональной электроники, поэтому в курсовую работу входит разработка топологии прибора, выбор его законченной конструкции и расчет основных параметров.

Каждый студент получает индивидуальное задание на курсовую работу. В задании приводится наименование темы и исходные данные для проектирования топологии и структуры прибора функциональной электроники.

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- научиться самостоятельно работать с технической и научной литературой;
- проработать вопросы теории и конструирования устройств функциональной электроники;
- обоснованно подходить к выбору технических решений при расчете прибора;
- критически оценивать результаты, полученные при расчете топологии прибора, его параметров и характеристик;
- уметь четко и грамотно излагать свои мысли и наглядно представлять результаты расчетов.

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

Учебным планом по дисциплине «Функциональная электроника» не предусмотрено выполнение контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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
ОПК-1	знать физические основы функциональной электроники: динамические неоднородности; континуальные среды; генераторы динамических неоднородностей; устройство управления динамическими неоднородностями; детектирование динамических неоднородностей;	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5
	уметь применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств функциональной электроники;	Обработка результатов измерений, анализ полученных данных, учет погрешности измерений.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств функциональной электроники	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5
ПКВ-2	знать основные физические процессы, лежащие в основе действия приборов функциональной электроники;	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5
	уметь классифицировать устройства функциональной электроники по принципу работы; анализировать работу функционального устройства на различных уровнях абстракции;	Соблюдение правил техники безопасности при выполнении лабораторных работ; учет погрешности измерений. Обработка результатов измерений, анализ полученных данных	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методиками аналитического приближенного расчета моделей взаимодействия электромагнитных волн с волнами прочей природы в твердых телах; методиками численного моде-	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5

	лирования взаимодействия электромагнитных волн с волнами прочей природы в твердых телах;			
ПКВ-3	знать конструкции, параметры, характеристики и области применения приборов и устройств функциональной электроники;	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5
	уметь использовать аппарат электродинамики сплошных сред для анализа работы приборов функциональной электроники; использовать аппарат квантовой механики и электродинамики сплошных сред для расчета характеристик приборов функциональной электроники;	Соблюдение правил техники безопасности при выполнении лабораторных работ; учет погрешности измерений. Обработка результатов измерений, анализ полученных данных	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов и устройств функциональной электроники	Тест Контрольные задания для защиты лабораторных работ	Выполнение теста на 40 - 100% Ответ на 3-5 заданий варианта из 5	В тесте менее 40 % правильных ответов Решено менее 3 заданий из 5

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной формы обучения по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ОПК-1	знать физические основы функциональной электроники: динамические неоднородности; континуальные среды; генераторы динамических неоднородностей; устройство управления динамическими неоднородностями; детектирование динамических неоднородностей;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств функциональной электроники;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов

	владеть информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств функциональной электроники	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
ПКВ-2	знать основные физические процессы, лежащие в основе действия приборов функциональной электроники;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь классифицировать устройства функциональной электроники по принципу работы; анализировать работу функционального устройства на различных уровнях абстракции;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	владеть методиками аналитического приближенного расчета моделей взаимодействия электромагнитных волн с волнами прочей природы в твердых телах; методиками численного моделирования взаимодействия электромагнитных волн с волнами прочей природы в твердых телах;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
ПКВ-3	знать конструкции, параметры, характеристики и области применения приборов и устройств функциональной электроники;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь использовать аппарат электродинамики сплошных сред для анализа работы приборов функциональной электроники; использовать аппарат квантовой механики и электродинамики сплошных сред для расчета характеристик приборов функциональной электроники;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов и устройств функциональной электроники	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов

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. Функциональная электроника - это

1) область электроники, связанная с исследованиями поведения заряженных частиц в твердом теле под воздействием электрических, магнитных, электромагнитных, тепловых полей, а также с созданием приборов и устройств в микроминиатюрном исполнении с использованием групповой технологии изготовления;

2) область интегральной электроники, в которой изучается возникновение и взаимодействие динамических неоднородностей в континуальных средах в совокупности с физиче-

скими полями, а также создаются приборы и устройства на основе динамических неоднородностей для целей обработки, генерации и хранения информации;

3) область электроники, которая решает задачи, связанные с изучением свойств полупроводников, диэлектриков, магнитных материалов, влиянием на эти свойства примесей и особенностей структуры, изучением свойств поверхностей и границ раздела между слоями различных материалов; созданием в кристалле областей с разными типами проводимости; созданием гетеропереходов и многослойных структур; созданием функциональных устройств микронных и субмикронных размеров, а также способами измерения их параметров.

2. Динамическая неоднородность это –

1) локальный объем на поверхности или внутри среды с отличными от ее окружения свойствами, которая не имеет внутри себя статических неоднородностей и генерируется в результате определенных физико-химических процессов;

2) обедненный подвижными носителями заряда слой на границе раздела двух полупроводников с разным типом проводимости;

3) двойной электрический слой, образующийся за счет нескомпенсированного объемного заряда.

3. Динамическими неоднородностями в оптоэлектронике являются

1) сгустки фотонов;

2) цилиндрические магнитные домены;

3) фононы.

4. Динамическими неоднородностями в акустоэлектронике являются

1) зарядовые пакеты (сгустки) электронов или дырок;

2) цилиндрические магнитные домены;

3) фононы.

5. Динамическими неоднородностями в электронике переноса заряда являются

1) зарядовые пакеты (сгустки) электронов или дырок

2) сгустки фотонов;

3) явления, проявляющиеся при низких криогенных температурах.

6. Динамическими неоднородностями в магнитоэлектронике являются

1) явления, проявляющиеся при низких криогенных температурах;

2) цилиндрические магнитные домены;

3) зарядовые пакеты (сгустки) электронов или дырок;

7. Оптрон – это прибор

1) в котором при обработке информации происходит преобразование электрических сигналов в оптические и обратно;

2) в котором при обработке информации происходит преобразование оптических сигналов в электрические и обратно;

3) в котором основным физическим процессом является перераспределение отдельных порций заряда под действием внешних управляющих сигналов.

8. Основное назначение оптронов состоит в:

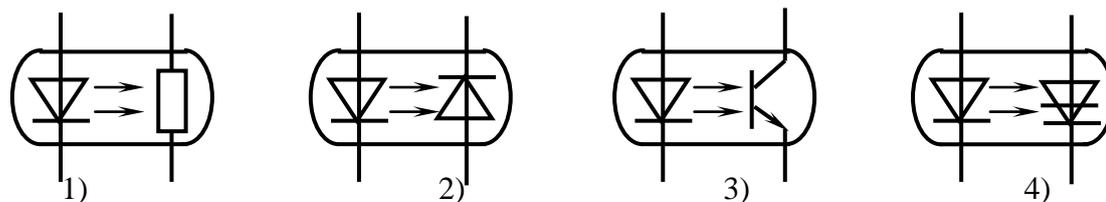
1) повышение входного сопротивления;

2) усилении сигналов;

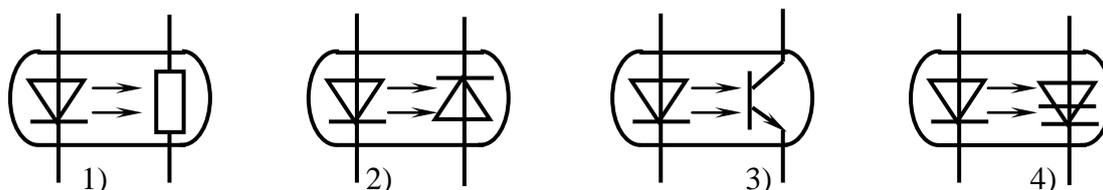
3) гальванической развязке цепей;

4) понижении выходного сопротивления.

9. Условное графическое обозначение резисторного оптрона:



10. Условное графическое обозначение тиристорного оптрона:



7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Определите оптимальное число электродов однородного преобразователя для следующих пьезоэлектрических подложек; а) кварц ST, X; б) танталат лития Z, Y; в) ниобат лития Z, Y. Для каждой из подложек найдите максимальную относительную полосу преобразования.

2. Найти оптимальное число пар электродов N_2 , аперттуру W , сопротивление излучения R_a , ёмкость C и сопротивление электродов однородного ВШП, согласованного с активной нагрузкой $R = 50$ Ом для 3 различных подложек: а) ниобат лития Z, Y-ориентация; б) кварц ST, X-ориентация; в) германат висмута [001], [100]-ориентация. Расчёт провести для двух значений центральной частоты: $f_0 = 200$ МГц, $f_0 = 1000$ МГц.

Поверхностное сопротивление электродов $R_s = 0,5$ Ом/□.

3. Рассчитайте и постройте частотную зависимость коэффициента усиления плёночного усилителя. Подберите оптимальное напряжение питания и концентрацию носителей, обеспечивающие максимально возможное усиление. Определите полосу усиления. Найдите пороговое значение мощности, рассеиваемое плёнкой.

Выполнить задание для двух типов плёночных усилителей – без зазора и с зазором 0,5 мкм, и двух полупроводниковых материалов - кремния (p-Si) и антимонида индия n-InSb при комнатной температуре. Сравните полученные результаты. Данные для расчёта:

- длина усилителя 5 мм, толщина полупроводниковой плёнки $a = 0,05; 0,1; 0,2$ мкм;
- максимальная рассеиваемая мощность $0,1$ Вт/см²;
- диэлектрическая проницаемость подложки $\epsilon = 52$;
- коэффициент электромеханической связи $K = 0,22$;

Электрофизические параметры полупроводниковой плёнки: p-Si: $\epsilon = 11,7$; $\mu = 130$ см²/(В с); n-InSb: $\epsilon = 16$; $\mu = 68000$ см²/(В с).

4. Эффективность преобразования внешней (электрической) мощности планарного GaAs светодиода η равна 1,5 % при прямом токе $I = 50$ мА и разности потенциалов $U = 2$ В. Оценить генерируемую прибором оптическую мощность P_i , если коэффициент отражения R на границе GaAs – воздух равен $R = 0,8$. Коэффициент преломления GaAs $n = 3,6$.

5. Оценить эффективность преобразования внешней мощности планарного GaAs светодиода η , когда внутренняя оптическая мощность P_i составляет 30 % от приложенной электрической мощности. Коэффициент преломления GaAs $n = 3,6$.

6. Рекомбинационное время жизни неосновных носителей заряда фотодиода $\tau = 5$ нс. При протекании постоянного тока оптическая выходная мощность равна $P_{dc} = 300$ мкВт. Определить выходную мощность P_i , когда сигнал через диод модулирован на частоте 20 МГц и 100 МГц.

7. Ширина запрещенной зоны слаболегированного GaAs при комнатной температуре 1,43 эВ. Когда материал сильно легирован (до вырождения) появляются «хвосты состояний», которые эффективно уменьшают ширину запрещенной зоны на 8 %. Определить разницу в излучаемой длине волны света в случае слабого и сильного легирования.

8. Идеальный фотодиод (т.е. с квантовым выходом равным 1) освещается излучением мощностью $P = 10$ мВт при длине волны 0,8 мкм. Рассчитать ток и напряжение на выходе прибора, когда детектор используется в режиме фототока и фотоэдс. соответственно. Ток утечки при обратном смещении $I_0 = 10$ нА, рабочая температура $T = 300$ К.

9. Фотодиод на основе p-n-перехода имеет квантовый выход 50 % на длине волны 0,9 мкм. Рассчитать чувствительность R , поглощенную оптическую мощность P ($I_p = 1$ мкА) и число фотонов, поглощенных в секунду на этой длине волны τ_p .

10. Лавинный фотодиод с коэффициентом умножения $M = 20$ работает на длине волны $\lambda = 1,5$ мкм. Рассчитать квантовый выход и выходной фототок прибора, если его чувствительность R на этой длине волны равна 0,6 А/Вт при потоке 10^{10} фотонов/с.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Напишите структурную формулу литиевой феррошпинели. Определите магнитные моменты ферритообразующих катионов. Рассчитайте магнитный момент литиевой феррошпинели на формульную единицу.

2. Напишите формулу замещенного феррита никеля, если замещение выполнено с целью уменьшения константы анизотропии.

3. Рассчитайте магнитный момент феррограната $Y_{0,25}Gd_{0,75}Fe_5O_{12}$

4. Кремниевый лавинный фотодиод имеет коэффициент умножения $M = 20$ на длине волны 0,82 мкм при этом квантовый выход 50 % и темновой ток 1 нА. Определить число падающих фотонов τ_p на этой длине волны в секунду, обеспечивающее выходной ток прибора (после умножения), больший уровня темнового тока.

5. Что такое домен, доменная стенка? Сравните размеры элементарной ячейки, кристаллита, домена, доменной стенки.

6. Почему несовершенства реального кристалла снижают магнитную проницаемость ферромагнетиков?

7. Чем объяснить высокие значения проницаемости аморфных сплавов?

8. Чем объяснить быстрый спад проницаемости в спектрах металлических ферромагнетиков?

9. Как повысить частотный диапазон применимости металлических ферромагнетиков? Предложите материаловедческие и конструкторские решения.

10. Как повысить начальную проницаемость оксидных ферромагнетиков? Почему она ниже, чем у ферромагнитных сплавов?

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. Основные направления функциональной микроэлектроники.
2. Физические явления и процессы функциональной микроэлектроники
3. Динамические неоднородности функциональной микроэлектроники.
4. Континуальные среды функциональной микроэлектроники.
5. Генераторы динамических неоднородностей функциональной микроэлектроники.

6. Устройство управления динамическими неоднородностями функциональной микроэлектроники.
7. Детектирование динамических неоднородностей функциональной микроэлектроники.
8. Принципы взаимного преобразования акустических и электрических сигналов.
9. Пьезоэлектрические преобразователи.
10. Приборы на поверхностных акустических и магнитостатических волнах (ПАВ и МСВ).
11. Конструирование многофункциональных устройств на ПАВ, МСВ.
12. Приборы функциональной акустоэлектроники.
13. Линии задержки
14. Генераторы на ПАВ.
15. Конвольверы.
16. Устройства памяти.
17. Фурье-процессоры.
18. Аналоговые процессоры на ПЗС-структурах.
19. Цифровые процессоры на ПЗС-структурах.
20. Запоминающие устройства на ПЗС-структурах.
21. БИСПИН-приборы.
22. Приборы на волнах пространственного заряда.
23. Приборы на основе эффекта Ганна.
24. Некогерентные излучатели. Принцип действия, особенности конструкции, параметры и характеристики.
25. Фотодиод. Принцип действия, особенности конструкции, параметры и характеристики.
26. Фототранзистор. Принцип действия, особенности конструкции, параметры и характеристики.
27. Фоторезисторы. Принцип действия, особенности конструкции, параметры и характеристики.
28. Оптоэлектронные пары. Принцип действия, особенности конструкции, параметры и характеристики.
29. Светодиод. Принцип действия, особенности конструкции, параметры и характеристики.
30. Лавинный фотодиод. Принцип действия, особенности конструкции, параметры и характеристики.
31. Волоконно-оптические линии связи
32. Передатчики ВОЛС
33. Оптоволоконные кабели. Конструкция
34. Характеристики оптоволоконных кабелей.
35. Классификация оптических волокон.
36. Приемники ВОЛС. Соединители
37. Оптопары
38. Основные параметры оптопар
39. Оптопары. Эквивалентная схема
40. Конструкция оптопар.
41. Магнитоэлектронные запоминающие устройства и носители информации.
42. Процессоры сигналов на цилиндрических магнитных доменах (ЦМД).
43. Процессоры сигналов на магнитостатических волнах.
44. Запоминающие устройства на (ЦМД).
45. Запоминающие устройства на магнитных вихрях.
46. Магнитные полупроводники и устройства на их основе.
47. Особенности физических процессов в полупроводниках при низких температурах.
48. Приборы на эффекте Джозефсона.

49. Логические элементы на сверхпроводниках.
50. Электронные процессы в сложных органических молекулах.
51. Молекулярные устройства.
52. Автоволновая электроника.

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 (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Функциональная электроника. Основные понятия	ОПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, опрос, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
2	Функциональная акустоэлектроника	ОПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, опрос, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
3	Функциональная полупроводниковая электроника	ОПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, опрос, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
4	Функциональная оптоэлектроника	ОПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, опрос, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
5	Функциональная магнитоэлектроника	ОПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, опрос, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
6	Функциональная криоэлектроника	ОПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, опрос, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
7	Функциональная молекулярная электроника и биоэлектроника	ОПК-1, ПКВ-2, ПКВ-3	Тест, опрос, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе

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 преподавателем 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 преподавателем 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 преподавателем и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы 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

Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
Основная литература				
1	Свистова Т.В.	Функциональная электроника [Электронный ресурс]: Учеб. пособие. - Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2014.	2014, электронный ресурс	1,0
2	Смирнов Ю.А, Соколов С.В., Титов Е.В..	Основы нано- и функциональной: учебное пособие. - СПб.: Лань, 2013. - 311 с.	2013. Печат.	0,39
3	Щука А.А.	Электроника / А. А. Щука ; под ред. А.С. Сигова. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 800 с.	2005. Печат.	0,28
4	Игнатов А. Н.	Оптоэлектроника и нанопотоника: учеб. пособие. - СПб.: Лань, 2011. - 544 с.	2011, учеб. пособ.	0,9
5	Свистова Т.В.	Квантовая и оптическая электроника: учеб. пособие. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический уни-	2009, учеб. пособ.	1,2

		верситет", 2009. - 252 с.		
6	Киселев Г.Л.	Квантовая и оптическая электроника. электроника [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2011. — 314 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=627	2011, Электронный ресурс	1,0
Дополнительная литература				
1	Смирнов, Ю.А., Соколов С.В., Титов Е. В.	Основы микроэлектроники и микропроцессоров техники: Учеб. пособие / Ю. А. Смирнов. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2013. - 496 с.	2013, печат	0,32
2	Кравченко А.Ф.	Физические основы функциональной электроники: учебное пособие. - Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 2000 - 444с.	2000 Печат.	0,1
3	Щука А.А.	Функциональная электроника: Учебник для вузов: - М.: МИРЭА, 1998. – 259 с.	1988. Печат	0,25
Методические разработки				
1	Свистова Т.В.	№ 23-2011 Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника» - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2011. - 48 с.	2011. Печат.	0,45

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

Методические указания к выполнению лабораторных работ представлены на сайте: <http://cchgeu.ru/>

Системные программные средства: Microsoft Windows, Microsoft Vista.

Прикладные программные средства: Microsoft Office 2010 Pro, Fire-Fox, LabVIEW, Elektronik Workbench.

Интернет-ресурсы

Электронная версия «Журнал Технической Физики» www.ioffe.ru/jtf.

Электронная версия «Успехи физических наук» www.ufn.ru.

Научная электронная библиотека www.elibrary.ru.

Электронная версия «Journal Nuclear of Science and Technology» www.aesj.or.jp.

Электронная версия «Indian Journal of Science and Technology» www.indjst.org.

Cornell University Library <http://xxx.lanl.gov>.

Journal of International Scientific Publications www.science-journals.eu.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

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

2. Учебное, научное и технологическое оборудование кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Функциональная электроника» читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия, выполняется курсовая работа.

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 устройств функциональной электроники. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

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

Контроль усвоения материала дисциплины осуществляется тестированием и защитой курсовой работы. Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать 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 удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	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	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретиче-

<p>работа</p>	<p>ские знания, полученные на лекции, при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных, для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.</p>
<p>Самостоятельная работа</p>	<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; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<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>

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1		31.08.2018	
2		31.08.2019	
3		31.08.2020	