

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета _____ В.А. Небольсин

«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Оптоэлектроника и нанофотоника»

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

Профиль Инженерные нанотехнологии в приборостроении

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы _____ /Липатов Г.И./

Заведующий кафедрой
Полупроводниковой электроники
и наноэлектроники _____ /Рембеза С.И./

Руководитель ОПОП _____ /Липатов Г.И./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели изучения дисциплины

Формирование знаний о физических процессах, лежащих в основе современных оптоэлектронных приборов, в которых эффекты взаимодействия между электромагнитными волнами оптического диапазона и электронами вещества используются для генерации, передачи, обработки, хранения и отображения информации.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Овладение методами измерения, анализа и расчета параметров и характеристик приборов и устройств оптоэлектроники и нанофотоники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Оптоэлектроника и нанофотоника» относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока Б1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Оптоэлектроника и нанофотоника» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и экспериментального исследования.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать физические процессы, лежащие в основе современных оптоэлектронных приборов; характеристики и параметры приборов; области их возможного применения
	уметь выполнять измерения характеристик и определять параметры оптоэлектронных приборов
	владеть навыками анализа и расчета параметров и характеристик оптоэлектронных приборов и устройств

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Оптоэлектроника и нанофотоника» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	60	60

В том числе:		
Лекции	24	24
Практические занятия (ПЗ)	12	12
Лабораторные работы (ЛР)	24	24
Самостоятельная работа	48	48
Виды промежуточной аттестации — зачет	+	+
Общая трудоемкость		
академические часы	108	108
з.е.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекции	Практ. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Излучение оптического диапазона	Особенности оптической электроники. Фотометрические и энергетические характеристики и параметры оптического излучения. Излучение и поглощение света полупроводниковыми структурами	4	2	4	8	18
2	Источники некогерентного излучения	Механизм генерации излучения в полупроводниках. Внешний квантовый выход и потери излучения. Светоизлучающие диоды (СИД). Параметры и характеристики СИД	4	4	4	10	22
3	Источники когерентного излучения	Квантовые переходы и вероятности излучательных переходов. Ширина спектральной линии. Использование вынужденных переходов для усиления электромагнитного поля. Полупроводниковые лазеры. Конструкции, параметры и режимы работы лазеров	4	2	8	10	24
4	Полупроводниковые фотоприемные приборы	Принцип работы фотоприемных приборов. Характеристики, параметры и модели фотоприемников. Фоторезисторы. Фотодиоды. Фототранзисторы и фототиристоры	8	2	8	12	30
5	Нанопотонные приборы, устройства и системы	Физические основы нанопотоники. Излучающие приборы на основе органических наноматериалов (OLED). Фотоприемные нанoeлектронные приборы	4	2	—	8	14
Итого			24	12	24	48	108

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Исследование спектрального состава излучения полупроводниковых светодиодов.
2. Исследование характеристик фоторезистора.

3. Исследование характеристик фотодиода.
4. Исследование характеристик фототранзистора.
5. Измерение постоянной времени фоторезистора.
6. Измерение передаточной характеристики диодной оптопары.
7. Изучение световода.

5.3 Перечень практических занятий

1. Фотометрические и энергетические характеристики и параметры оптического излучения.
2. Излучение света полупроводниковыми структурами.
3. Квантовые переходы и вероятности излучательных переходов.
4. Моделирование ВАХ фотодиода.
5. Распространение излучения в световодах.
6. Оптические свойства квантовых ям и квантовых точек

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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	знает физические процессы, лежащие в основе современных оптоэлектронных приборов; характеристики и параметры приборов; области их возможного применения	Выполнение и защита лабораторных работ, работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	умеет выполнять измерения характеристик и определять параметры оптоэлектронных приборов	Выполнение и защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

				граммах
	владеет навыками анализа и расчета параметров и характеристик оптоэлектронных приборов и устройств	Выполнение и защита лабораторных работ, работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»;

«не зачтено».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-1	знает физические процессы, лежащие в основе современных оптоэлектронных приборов; характеристики и параметры приборов; области их возможного применения	Тест	Выполнение теста на 70—100 %	Выполнение менее 70 %
	умеет выполнять измерения характеристик и определять параметры оптоэлектронных приборов	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеет методами анализа и расчета параметров и характеристик оптоэлектронных приборов и устройств	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

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. Какая длина соответствует верхней границе оптического диапазона:

а) 0,1 мкм; б) 0,5 мкм; в) 1 мм; г) 10 мм?

2. Какая длина соответствует нижней границе оптического диапазона:

а) 1 нм; б) 10 нм; в) 100 нм; г) 1 мкм?

3. Какая длина соответствует инфракрасному излучению:

а) 0,3 мкм; б) 0,6 мкм; в) 0,5 мкм; г) 1 мкм?

4. Какая длина соответствует ультрафиолетовой области спектра:

а) 0,3 мкм; б) 0,7 мкм; в) 0,9 мкм; г) 12 мкм?

5. С помощью каких частиц переносится оптическая энергия:

а) фотонов; б) фононов; в) электронов; г) дырок?

6. Какой длине волны соответствует максимальная чувствительность глаза:

а) 0,41 мкм; б) 0,56 мкм; в) 0,63 мкм; г) 0,72 мкм?

7. Какой длине волны соответствует минимальная чувствительность глаза в области, близкой к инфракрасному излучению:

а) 0,72 мкм; б) 0,62 мкм; в) 0,55 мкм; г) 0,5 мкм?

8. Какое из материалов относится к непрямозонным материалам:

а) ZnSe; б) GaP; в) GaN; г) CdS?

9. Что предусматривается в структуре фотоприемника для повышения чувствительности:

- а) короткая поглощающая свет область;
- б) длинная поглощающая свет область;
- в) узкая поглощающая свет область;
- г) оптические контакты с низким сопротивлением?

10. От чего зависит частота излучения светодиода:

- а) напряжения;
- б) прямого тока;
- в) ширины запрещенной зоны;
- г) обратного напряжения?

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Контрольное задание № 1

1. Перечислите энергетические и световые параметры. В чем их различие?
2. Чем определяется вид спектральной зависимости обнаружительной способности фоторезистора?
3. Факторы, определяющие внешнюю квантовую эффективность СИД.
4. Находится ли излучение GaP ($E_g=2,25$ эВ) в видимой части спектра?
5. Опишите типичные конструкции оптопар.
6. С какой целью в оптопарах в качестве детекторов используют фототранзисторы?
7. Что такое токовая и вольтовая чувствительность фотоприемника?
8. Дайте определение фотопроводимости. Чем определяется величина фотопроводимости полупроводника?

Контрольное задание № 2

1. Виды генерации оптического излучения.
2. С какими тремя основными типами переходов между двумя энергетическими уровнями E_1 и E_2 связана работа лазера?
3. Чем определяется вид диаграммы направленности полупроводникового лазера?

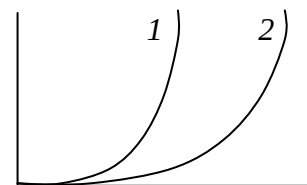
4. СИД на основе гетероструктур.
5. Параметры и характеристики СИД.
6. Охарактеризуйте оптопары с управляемым оптическим каналом.
7. Что такое коэффициент поглощения излучения и как он зависит от уровня легирования полупроводника?
8. Дайте определение фото-э.д.с. Чем определяется величина фото-э.д.с. в фотодиоде?

Контрольное задание № 3

1. На какие три группы можно разделить оптоэлектронные приборы?
2. Почему спектр излучения лазерного СИД претерпевает качественное изменение при переходе из диодного режима работы в режим оптической квантовой генерации?
3. Какие режимы работы фотодиода возможны?
4. Чем характеризуют инерционность фотоприемников?
5. Перечислите и охарактеризуйте предельные параметры оптопар.
6. Применение оптопар в цифровых устройствах.
7. Конструкции лазеров.
8. Какие условия необходимо соблюдать для уверенного приема оптического излучения?

Контрольное задание № 4

1. Что такое люминесценция? Чем она отличается от теплового излучения?
2. Сопоставьте характеристики СИД и полупроводникового лазера, оцените их преимущества и недостатки.
3. Проанализируйте факторы, определяющие быстродействие диодных оптопар.
4. Физические условия генерации и усиления лазерного излучения.
5. Находится ли излучение GaAs ($E_g = 1,45$ эВ) в видимой части спектра?
6. Какой фотоэлемент допускает изменение полярности приложенного напряжения?
7. Нарисуйте схему наблюдения фотопроводимости.
8. Какая из приведенных вольт-амперных характеристик принадлежит полупроводниковому излучателю инфракрасного спектра излучения, а какая — видимого спектра излучения?



Контрольное задание № 5

1. Что такое инжекционная электролюминесценция?
2. Проанализируйте факторы, определяющие быстродействие СИД.
3. Чем определяется и от чего зависит коэффициент передачи по току в диодных оптопарах?
4. Параметры и характеристики фотоприемников.

5. На какую длину волны приходится максимум излучения Солнца (температура 6000 °С) и человека?
6. Будет ли изменяться фототок, если вместо дневного света осветить фотоэлемент через красный или зеленый светофильтр? Обоснуйте свой ответ.
7. Почему для преобразования энергии солнечных лучей в электрическую используют p — n -переходы в кремнии?
8. Предложите оптоэлектронный метод определения скорости движения тела.

Контрольное задание № 6

1. Чем определяется ширина спектра электролюминесцентного излучения?
2. Что определяет спектральную характеристику фотоэлемента?
3. Чем определяется диаграмма направленности излучения СИД?
4. Проанализируйте факторы, ограничивающие чувствительность фоторезисторов.
5. Назначение оптопар и область применения диодных оптопар.
6. В чем различие в спектральных характеристиках теплового и люминесцентного излучения?
7. Нарисуйте зависимости фототока и фото-э.д.с. p — n -перехода от светового потока.
8. Нарисуйте энергетическую схему инжекционного лазера и структуру лазера с двумя переходами.

Контрольное задание № 7

1. Перечислите основные возможные переходы в полупроводнике.
2. Чем определяется положение максимума электролюминесцентного излучения?
3. Опишите типовые конструкции индикаторных СИД и СИД для систем волоконной оптической связи ВОЛС.
4. Порог генерации лазера.
5. Спектр излучения лазерного СИД в диодном режиме работы и режиме оптической квантовой генерации.
6. Какие материалы считаются базовыми в технологии оптопар?
7. Как по передаточной характеристике оптопары определить статический и дифференциальный коэффициенты передачи по току?
8. Нарисуйте выходные вольт-амперные характеристики фототранзистора.

Контрольное задание № 8

1. Какими факторами определяется внешняя квантовая эффективность СИД?
2. Перечислите и охарактеризуйте полупроводниковые материалы, применяемые для изготовления фоторезисторов, работающих в видимом диапазоне.
3. Какие причины вызывают возникновение темнового тока?
4. Лазерное усиление в полупроводниках.

5. С какой целью в фотодиоде используют $p-i-n$ -переход?
6. В каком направлении происходит излучение в лазере с $p-n$ -переходом?
7. Параметры и характеристики оптопар.
8. Предложите оптоэлектронный метод определения уровня жидкости.

Контрольное задание № 9

1. Чем определяется эффективность люминесценции?
2. Перечислите известные вам прямозонные полупроводниковые материалы и определите спектральные диапазоны излучения СИД на их основе.
3. В чем состоят особенности фоторезисторов, используемых в далекой ИК-области спектра?
4. Опишите типичные конструкции оптопар.
5. Лазеры с гетерогенной структурой.
6. Применение оптопар в аналоговых устройствах.
7. Какие структуры используют в качестве многоэлементных фотоприемников для записи и считывания оптической информации?
8. Нарисуйте зонную диаграмму, отображающую принцип действия фототранзистора.

Контрольное задание № 10

1. Почему спектр излучения СИД зависит от температуры?
2. Охарактеризуйте важнейшие параметры фоторезистора.
3. Какие законы должны выполняться при поглощении электроном фотона в непрямозонном полупроводнике?
4. Нарисуйте семейство ВАХ выходной цепи оптодиристора для разных величин входного тока.
5. Виды генерации оптического излучения.
6. Находится ли излучение GaSe ($E_g=1,8$ эВ) в видимой части спектра?
7. Применение оптопар в импульсных устройствах.
8. Нарисуйте схемы включения фотодиода в фотогенераторном и фотодиодном режимах работы.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Не предусмотрено учебным планом

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Энергетические и фотометрические параметры и характеристики оптического излучения.
2. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.
3. Собственное поглощение в полупроводниках при прямых переходах.
4. Собственное поглощение в полупроводниках при непрямых переходах.
5. Поглощение света свободными носителями заряда, экситонное, примесное и ре-

шеточное поглощение.

6. Оптическая генерация и пространственное распространение свободных носителей заряда в полупроводнике.
7. Энергетические диаграммы собственного и примесного полупроводников и распределение концентраций носителей.
8. Процессы рекомбинации и спектры рекомбинационного излучения.
9. Инжекционная люминесценция. Квантовая эффективность светоизлучающего диода.
10. Конструкции СИД.
11. Гетеропереходы; свойства и характеристики гетеропереходов.
12. Излучающие диоды на основе ДГС.
13. Спонтанное излучение, индуцированное излучение и поглощение.
14. Условия работы лазера. Характеристики лазеров.
15. Конструкции лазеров.
16. Классификация приемников оптического излучения. Параметры и характеристики фотоприемников.
17. Явление фотопроводимости. Фоторезисторы.
18. Зависимость чувствительности фоторезистора от его конструктивно-технологических параметров.
19. ВАХ фотодиода при параллельном и перпендикулярном освещении $p-n$ -перехода.
20. Зависимость чувствительности фотодиода от его конструктивно-технологических параметров.
21. Полупроводниковые $p-i-n$ -фотодиодные детекторы.
22. Лавинные фотодиодные детекторы.
23. Фототранзисторы и фототиристоры.
24. Фоточувствительные МДП-приборы и фотоприемники с зарядовой связью.
25. Оптипары и их основные параметры.
26. Применение оптоэлектронных приборов.
27. Распространение излучения в ступенчатом волокне; числовая апертура и межмодовая дисперсия.
28. Распространение излучения и межмодовая дисперсия в градиентных волокнах.

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Как изменится положение максимума спектра излучения светодиода при переходе с рабочей температуры 4 К к комнатной.
2. 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 поглощаемых в секунду фотонов r_p на этой длине волны, обеспе-

чивающее выходной ток прибора (после умножения), большой уровня темнового тока.

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

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

5. 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_f , когда сигнал через диод модулирован на частоте 20 МГц и 100 МГц.

6. 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.

7. Идеальный фотодиод (квантовый выход равен 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 фото-э.д.с. соответственно. Ток утечки при обратном смещении $I_0=10$ нА, рабочая температура 300 К.

8. Фотодиод на основе p — n -перехода имеет квантовый выход 50 % на длине волны 0,9 мкм. Рассчитать чувствительность S , поглощаемую оптическую мощность P ($I_p=1$ мкА) и число поглощаемых в секунду фотонов r_p на этой длине волны.

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

10. Определить диаметр сердцевины одномодового оптоволокна с показателем преломления 1,46, если по нему предполагается пропускать излучение с $\lambda=0,85$ мкм, а относительное изменение показателя преломления на границе сердцевина—оболочка $\Delta n=0,002$.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 8 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 4 балла. Максимальное количество набранных баллов — 12.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 7 до 12 бал-

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Излучение оптического диапазона	ОПК-1	Тест-билет
2	Источники некогерентного излучения	ОПК-1	Тест-билет
3	Источники когерентного излучения	ОПК-1	Тест-билет
4	Полупроводниковые фотоприемные приборы	ОПК-1	Тест-билет
5	Нанопотонные приборы, устройства и системы	ОПК-1	Тест-билет

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника. — СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2011. — 544 с.

Астайкин А.И., Смирнов М.К. Основы оптоэлектроники. — М.: Высш. шк., 2007. — 277 с.

Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. — М.: Высш. шк., 2001. — 573 с.

Дополнительная литература

Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники. — М.: Высш. шк., 2006. — 543 с.

Игнатов А.Н. Оптоэлектронные приборы и устройства. — М.: Эко-Трендз, 2006. — 272 с.

Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. — М.: Техносфера, 2004. — 592 с.

Ермаков О. Прикладная оптоэлектроника. — М.: Техносфера, 2004. — 416 с.

Мартынов В.Н., Кольцов Г.И. Полупроводниковая оптоэлектроника. — М.: МИСиС, 1999. — 400 с.

Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику. —

М.: Высш. шк., 1991. — 191 с.

Зи С. Физика полупроводниковых приборов: В 2 кн. — М.: Мир, 1984. Кн. 2. — 456 с.

Методические разработки

Липатов Г.И. Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1, 2 по курсу «Квантовая и оптическая электроника». — Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2008. — 30 с. ОПК-1

Липатов Г.И. Методические указания к выполнению лабораторных работ № 3—5 по курсу «Квантовая и оптическая электроника». — Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2008. — 42 с.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Системы компьютерной математики MathCAD, графического программирования LabVIEW.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Учебный компьютерный класс, оснащенный компьютерными программами для выполнения расчетов и виртуальных лабораторных работ, и рабочими местами для самостоятельной подготовки обучающихся с выходом в Интернет.

Оборудование лаборатории 203/4: монохроматор УМ-2, селективный микровольтметр ВМ-6, генератор типа Г033, стенды для измерения переходных процессов оптодиода, диодных и диодно-транзисторных оптопар.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) по дисциплине «Оптоэлектроника и нанофотоника»

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

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

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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 удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, под-

занятие	готовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных работ, для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	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 зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

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