

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»
Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра радиофизики и электроники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для самостоятельной работы по дисциплине
«ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА»
студентов магистратуры по направлению 03.04.02 .-Физика
Очная форма обучения

Гурин Н.Т.

Ульяновск 2020

Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Оптоэлектронные устройства» студентов магистратуры по направлению 03.04.02.-Физика. Очная форма обучения. Гурин Н.Т.- Ульяновск: УлГУ, 2020.

Настоящие методические указания предназначены для студентов направления 03.04.02 «Радиофизика», изучающих дисциплину «Оптоэлектронные устройства». В работе приведены методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы, задания для самостоятельного выполнения, список рекомендуемой литературы, программное обеспечение по дисциплине. Предназначены для студентов очной формы обучения при подготовке к лабораторным занятиям и к зачету по данной дисциплине. Рекомендованы к использованию Ученым советом Инженерно-физического факультета высоких технологий УлГУ Протокол №11 от « 16» июня 2020 г.

1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы.

По данной дисциплине организуется и проводится внеаудиторная самостоятельная работа.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Самостоятельная работа по данной дисциплине состоит из следующих модулей:

проработка лекционного материала

- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к экзамену.

При подготовке к лабораторным, практическим занятиям и контрольным мероприятиям рекомендуется руководствоваться учебниками, учебными пособиями, методическими указаниями для выполнения лабораторных работ в том числе и информацией, полученной в Internet.

Студентам рекомендуется следующий порядок организации самостоятельной работы над темами и подготовки к лабораторным и практическим занятиям:

- ознакомиться с содержанием темы;
- прочитать материал лекций, при этом нужно составить себе общее представление об излагаемых вопросах;
- прочитать параграфы учебника, относящиеся к данной теме;
- перейти к тщательному изучению материала, усвоить теоретические положения и выводы, при этом нужно записывать основные положения темы (формулировки, определения, термины, воспроизводить отдельные схемы и чертежи из учебника и конспекта лекций, а также методических указаний для выполнения лабораторных работ):
- подготовить и оформить отчет по лабораторной работе;
- проработать материал практических занятий.

2. Задания для самостоятельного выполнения.

Название разделов	Темы лекций	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<i>Раздел 1. .</i> Введение	1. Введение. Оптоэлектроник а как одно из важнейших направлений развития современной электроники. Преимущества			<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче зачета –п.4 метод. указ., вопросы 1.</i>

	оптоэлектронных устройств. История и этапы развития оптоэлектроники . Классификация оптоэлектронных устройств.			
Раздел 2. Основные свойства оптического излучения как носителя информации .	1.Основы фотометрии.			<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче зачета–п.4 метод. указ., вопросы 1.</i>
	2.Психофизиологические особенности зрения человека-оператора.	2. Психофизиологические особенности зрения человека-оператора. Вопросы по теме: 1. Функция видности глаза человека.2.Пороги чувствительности глаза человека..Яркий контраст. 3..Разрешающая способность глаза.Поле ясного зрения. Углы наблюдения и обзора.4.Критическая частота мельканий.Пропускная способность глаза.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к практической занятию и к сдаче зачета–п.4 метод. указ., вопросы 1.</i>
	3. Основные свойства оптического излучения как носителя информации.	3. Основные свойства оптического излучения как носителя информации.		<i>Проработка учебного материала, подготовка к практической занятию и</i>

		<p>Вопросы по теме:</p> <p>1. Оптический диапазон шкалы электромагнитных колебаний. 2. Уравнение плоской монохроматической волны. Виды модуляции излучения. 3. Когерентное и некогерентное излучение. 4. Интерференция и дифракция.</p>		<p>к сдаче зачета – п.4 метод. указ., вопросы 1.</p>
<p>Раздел 3. Устройства оптоэлектроники.</p>	<p>1. Излучатели. Инжекционная и предпробойная электролюминесценция. Классификация излучателей. Излучающие диоды. Твердотельные и полупроводниковые лазеры. Многоэлементные излучатели.</p>	<p>1. Излучающие диоды. Твердотельные и полупроводниковые лазеры. Многоэлементные излучатели.</p> <p>Вопросы по теме:</p> <p>1. Излучатели. 2. Инжекционная и предпробойная электролюминесценция. 3. Классификация излучателей. 4. Свето- и ИК-излучающие диоды. Полупроводниковые и твердотельные лазеры. Многоэлементные излучатели.</p>	<p>Лабораторные работы № 1.1. Исследование спектральных характеристик излучателей.</p> <p>1.2. Исследование электрооптических характеристик светоизлучающих диодов.</p> <p>2.1. Исследование вольт-амперных характеристик светоизлучающих диодов.</p>	<p>Проработка учебного материала, подготовка к практическому занятию и к сдаче зачета – п.4 метод. указ., вопросы 2-4. Подготовка к устному опросу-допуску к выполнению лабораторных работ. Оформление и подготовка к защите отчетов по лабораторным работам по вопросам, приведенным в п.3.</p>
	<p>2. Устройства управления световым лучом. Электрооптическ</p>			<p>Проработка учебного материала, подготовка к</p>

	ие, акустооптически е и магнитооптическ ие эффекты. Модуляторы. Дефлекторы.			сдаче зачета–п.4 метод. указ., вопросы 5-9.
	3. Фотоприемники. Фотопроводимо сть и фотогальваничес кие эффекты. Одноэлементны е фотоприемники: фоторезисторы,	3. Многоэлементны е фотоприемники: линейки и матрицы фотодиодов, фототранзисторо в, приборы с зарядовой связью, сканисторы, нейроконы. Вопросы по теме: 1. Фотоприемники. 2.Фотопроводимос ть и фотогальваническ ие эффекты. 3.Линейки и матрицы фотодиодов, фототранзисторов. 4. приборы с зарядовой связью.5. Сканисторы, нейроконы.	Лабораторные работы №2.2. Исследование вольт-амперных характеристик фоторезисторов (фототранзисторо в) . 2.3 Исследование световых характеристик фоторезисторов. 2.4. Исследование спектральных характеристик фоторезисторов.	<i>Проработка учебного материала, подготовка к практическо му занятию и к сдаче зачета –п.4 метод. указ., вопросы 10- 18. Подготовка к устному опросу- допуску к выполнению лабораторных работ. Оформление и подготовка к защите отчетов по лабораторны м работам по вопросам, приведенным в п.3.</i>
	4.Оптроны. Назначение и устройство оптопар. Классификация оптопар. Основные свойства и области применения оптронов. Оптоэлектронны е микросхемы.		Лабораторная работа №1.3. Исследование оптронов	<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче зачета –п.4 метод. указ., вопросы 19. Подготовка к устному опросу-</i>

				<p>допуску к выполнению лабораторной работы. Оформление и подготовка к защите отчетов по лабораторной работе по вопросам, приведенным в п.3.</p>
	<p>5. Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС). Основы фокусировки и распространения света. Волоконные световоды. Компоненты ВОЛС.</p>	<p>5. Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС). Основы фокусировки и распространения света. Волоконные световоды. Компоненты ВОЛС. Вопросы по теме: 1.Фокусировка и распространение света в ВОЛС. 2.Основные характеристики ВОЛС. 3.Элементная база ВОЛС.4. Волоконные световоды. 5.Компоненты ВОЛС.</p>		<p>Проработка учебного материала, подготовка к практическому занятию и к сдаче зачета –п.4 метод. указ., вопросы 20-23.</p>
	<p>6. Индикаторы. Основные физические эффекты, используемые в активных и пассивных индикаторах. Классификация индикаторов. Одноэлементные, знаковые,</p>	<p>6. Пассивные индикаторы: жидкокристаллические, электрохимические индикаторы. Методы адресации и способы ввода информации в индикаторах. Индикаторы с</p>		<p>Проработка учебного материала, подготовка к практическому занятию и к сдаче зачета –п.4 метод. указ., вопросы 24-28.</p>

	<p>шкальные индикаторы и индикаторные панели. Активные индикаторы: светодиодные, электролюминесцентные, катодолюминесцентные, газоразрядные, накаливающие; Пассивные индикаторы: жидкокристаллические, электрохимические индикаторы. Методы адресации и способы ввода информации в индикаторах. Индикаторы с внешней адресацией ячеек. Индикаторы с внутренней адресацией ячеек (с самосканированием).</p>	<p>внешней адресацией ячеек. Индикаторы с внутренней адресацией ячеек (с самосканированием).</p> <p>Вопросы по теме: 1. Пассивные индикаторы. 2. жидкокристаллические индикаторы. 3. электрохимические индикаторы. 4. Методы адресации и способы ввода информации в индикаторах. 5. Индикаторы с внешней адресацией ячеек. Индикаторы с внутренней адресацией ячеек (с самосканированием).</p>		
	<p>7. Оптоэлектронные датчики. Фотодатчики. Датчики перемещений и давлений на основе оптронов и ВОЛС.</p>	<p>7. Оптоэлектронные датчики. Фотодатчики. Датчики перемещений и давлений на основе оптронов и ВОЛС.</p> <p>Вопросы по теме: 1. Оптоэлектронные датчики. 2. Фотодатчики. 3. Датчики перемещений и</p>		<p>Проработка учебного материала, подготовка к практическому занятию и к сдаче зачета – п.4 метод. указ., вопросы 29.</p>

		давлений на основе оптронов и ВОЛС.		
	8.Оптоэлектронные системы обработки информации. Оптические процессоры. Компоненты оптических процессоров. Оптоэлектронные процессоры и их компоненты. Пространственно-временные модуляторы света. Оптические запоминающие устройства. Элементы интегральной оптики.			<i>Проработка учебного материала, подготовка к сдаче зачета –п.4 метод. указ., вопросы 30-32.</i>
	9.Фотопреобразователи солнечного излучения. Принцип действия. Основные характеристики и параметры. Виды фотопреобразователей.	9.Фотопреобразователи солнечного излучения. Принцип действия. Основные характеристики и параметры. Виды фотопреобразователей. Вопросы по теме:1.Вентильный фотоэффект.2. Фотопреобразователи солнечного излучения. Принцип действия 3. Основные характеристики и параметры фотопреобразователей.4. Виды фотопреобразователей.		Проработка учебного материала, подготовка к практическому занятию и к сдаче зачета –п.4 метод. указ., вопросы 33-34.

--	--	--	--	--

3. Вопросы для текущего контроля при выполнении лабораторных работ,

Номера заданий из методических указаний к лабораторным работам Ч.1 и Ч.2 по дисциплине “Оптоэлектронные устройства.” (п.5 метод. указ., №№ 7, 8.)

№ лабораторной работы	Формулировка вопроса
1.1	1.Основные понятия люминесценции и электролюминесценции.
	2. Виды и принципы действия полупроводниковых излучателей.
	3.Физические основы работы и материалы полупроводниковых излучателей.
	4.Согласование спектральных характеристик излучателей и приемников излучения.
1.2	1.Основные технологические методы изготовления СИД.
	2.Структура и конструкции СИД.
	3.Основные механизмы потерь при выводе излучения.
	4.Методы повышения эффективности вывода излучения СИД.
1.3.	1.В чем основные достоинства оптоэлектронных коммутаторов ?
	2.Каковы основные достоинства диодного оптрона ?
	3.Как увеличить коэффициент передачи тока управления оптрона ?
	4.Каковы основные особенности транзисторного, тиристорного оптронов ?
	5.Почему для управления выходным элементом сложного оптрона нужно использовать два последовательно включенных фотодиода в режиме источника ЭДС ?
	6.Какими процессами определяется быстродействие диодного, транзисторного и тиристорного оптронов ? Сравните эти оптроны по быстродействию.
2.1 -2.5	1.Объясните механизмы собственной и примесной проводимости в полупроводниках с точки зрения зонной теории. Что такое ‘темновая’ электропроводность полупроводника ?
	2.Что такое оптическое поглощение, расскажите об основных видах поглощения излучения полупроводником ? Укажите

	возможные типы переходов электронов при поглощении квантов света.
	3.Что такое внутренний фотоэффект в полупроводниках ? Перечислите фотоэлектрические эффекты и объясните их суть
	4.Что называется фотопроводимостью ? Объясните собственную и примесную фотопроводимость полупроводников.
	5.Как и почему изменяется электропроводность полупроводников в зависимости от длины волны падающего излучения ? Как связана критическая длина волны с характеристиками полупроводника при собственной и примесной фотопроводимости ?
	6.Что такое квантовый выход внутреннего фотоэффекта ?
	7.Запишите уравнение непрерывности фототока для одномерного случая и проанализируйте его.
	8.Приведите классификацию фоточувствительных полупроводниковых приборов.
	9. Объясните характер зависимости фототока от светового потока, падающего на фоторезисторы.
	10.Объясните вольт-амперные характеристики фоторезисторов.
	11. Объясните спектральные характеристики фоторезисторов. Определите по этим характеристикам материал фоторезистора.
	12.Объясните зависимость избыточной концентрации носителей заряда от времени.
	13.Объясните, что такое электролюминесценция, предпробойная и инжекционная электролюминесценция ?
	14.Объясните принцип действия светоизлучающего диода.
	15.Объясните, чем определяется спектр излучения светодиодов.
	16.Объясните вольт-амперные характеристики светодиодов.
	17.Как определить высоту потенциального барьера р-п-перехода по вольт-амперным характеристикам светодиодов ?

1. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

Зачет проводится в форме электронного тестирования. Итоговый тест по дисциплине “Оптоэлектронные устройства” - электронный ресурс находится на сайте moodle1.ulsu.ru. Для получения доступа к тестированию студентам необходимо получить код доступа в деканате.

Содержание тестов.

Введение. Основные свойства оптического излучения как носителя информации

1. Указать правильные утверждения:

а. Оптоэлектроника отличается от вакуумной электроники и полупроводниковой электроники обработкой электрических и оптических сигналов.

б. Пропускная способность оптических каналов больше, чем электронных.

Излучатели

2. Длина волны излучаемого светодиода света зависит от

а. потока инжектированных через переход носителей

б. ширины запрещенной зоны полупроводника

в. величины приложенного к переходу прямого напряжения

3. Указать правильные утверждения:

а. Гетеропереходы используются в том числе и в светоизлучающих диодах.

б. Для излучающих диодов, работающих в ИК диапазоне, используют такую характеристику, как зависимость яркости излучения L от тока диода i .

в. Эффективные светодиоды и гетеролазеры используют суперинжекцию.

4. Принцип действия светодиодов и полупроводниковых лазеров основан на:

а. предпробойной электролюминесценции

б. катодолуминесценции

в. инжекционной электролюминесценции

.

Устройства управления световым пучком

5. Полуволновое напряжение управления электрооптического модулятора – это напряжение, при котором

а. пропускание модулятора максимально

б. сдвиг фаз между лучами составляет половину длины волны

в. интенсивность проходящего излучения увеличивается вдвое

6. Дефлекторы электронно-оптических линий предназначены для изменения

а. во времени поляризации лазерного излучения

б. по заданному закону интенсивности лазерного излучения

в. во времени положения пучка лазерного излучения

7. Изменение показателя преломления ячейки Керра пропорционально (E – напряженность

электрического поля)

- а. E
- б. $(E)^2$
- в. $\ln(E)$

8. Анализатор электрооптического модулятора служит для

- а. изменения фазы лазерного излучения
- б. преобразования изменения фазы излучения в изменение интенсивности
- в. изменения длины волны лазерного излучения

9. Указать правильные утверждения:

- а. Эффект Франца-Келдыша в полупроводниках практически безынерционен (10-13с).
- б. Эффект Франца-Келдыша заключается в наблюдаемом во внешнем электрическом поле сдвига края фундаментальной полосы поглощения полупроводников.
- в. Эффект Поккельса – это квадратичный (по полю) электрооптический эффект.

Фотоприемники

10. Длинноволновая граница спектральной чувствительности фотодиода определяется

- а. скоростью поверхностной рекомбинации
- б. шириной запрещенной зоны полупроводника
- в. величиной приложенного к фотодиоду напряжения

11. Для изготовления фоторезисторов применяются

- а. собственные полупроводники
- б. сегнетоэлектрики
- в. сильнолегированные полупроводники

12. Величина фототока, протекающего через рп-переход при воздействии на него светового потока с интенсивностью Φ определяется выражением (k – коэффициент fotocувствительности)

- а. $I = k \ln(\Phi)$
- б. $I = k\Phi$
- в. $I = \exp(k\Phi)$

13. Наибольшая длина волны, при которой наблюдается поглощение излучения полупроводником, соответствует

- а. примесному поглощению
- б. поглощению кристаллической решеткой
- в. собственному поглощению при прямых переходах

14. Какому из механизмов поглощения в полупроводнике соответствует наименьшая длина волны поглощаемого излучения

- а. собственному

- б. примесному
- в1. поглощению свободными носителями заряда

15. При работе фотоэлектрических приборов в фотопроводном режиме

- а. внешнее напряжение не прикладывается
- б. на переход подается прямое напряжение
- в. на переход подается обратное напряжение

16. Положение максимума на спектральной характеристике фоторезистора определяется

- а. напряжением, приложенным к фоторезистору
- б. углом падения излучения на поверхность фоторезистора
- в. шириной запрещенной зоны полупроводника

17. В каком случае вольтметр, подключенный к однородному кристаллу полупроводника, зафиксирует появление фото-ЭДС

- а. при освещении красным светом сильнолегированного кристалла германия
- б. при освещении зеленым светом сильнолегированного кристалла кремния
- в. во всех случаях вольтметр покажет 0, так как фото-ЭДС не образуется

18. Указать правильные утверждения:

- а. В фоторезисторах полупроводниковый кристалл заключен между невыпрямляющими контактами металл-полупроводник.
- б. Фоторезистор имеет рп-переходы.

Оптроны

19. Указать правильные утверждения:

- а. В оптроне источник и приемник света связан электрически.
- б. Оптроны всегда имеют только закрытый оптический канал.
- в. Обязательным элементом в оптопаре всегда является фотодиод.
- г. В оптопаре реализована полная гальваническая развязка источников и приемников излучения.

Волоконно-оптические линии связи

20. Указать правильные утверждения:

- а. В световодах центральная часть окружена внешней оболочкой с меньшим показателем преломления.
- б. Световоды всегда работают в одномодовом режиме

21. Если n_1 – показатель преломления сердцевины световода, а n_2 – показатель преломления его оболочки, то для них будет выполняться следующее условие

- а. $n_2 > n_1$
- б. $n_2 < n_1$
- в. $n_2 = n_1 = 1$

22. Если в поперечном сечении оптического волокна уменьшение показателя преломления от центра к краю происходит плавно, то этот элемент –

- а. линейный световод
- б. рассеивающий световод
- в. градиентный световод

23. Числовая апертура световода определяет

- а. величину потерь мощности излучения на единице длины
- б. количество максимумов на спектральной характеристике
- в. максимальный угол, при котором возможен ввод излучения в световод

Индикаторы

24. Указать правильные утверждения:

- а. Окрашивание электрохромных материалов происходит в результате окислительно-восстановительных реакций, в которых участвуют электроны.
- б. Модуляция поляризации света может происходить вследствие переориентации молекул жидкого кристалла.

25. Создать жидкокристаллический индикатор с изменяемым цветом ячейки можно, если использовать эффект

- а. "твист-эффект"
- б. "гость-хозяин"
- в. Шоттки

26. К активным индикаторам относятся:

- а. электрохромные индикаторы
- б. электрофоретические индикаторы
- в. электролюминесцентные индикаторы

27. К пассивным индикаторам относятся:

- а. светодиодные индикаторы
- б. жидкокристаллические индикаторы
- в. катодолюминесцентные индикаторы

28. *Плазменные индикаторы используют:*

- а. предпробойную электролюминесценцию
- б. инжекционную электролюминесценцию
- в. электролюминесценцию тлеющего газового разряда

Оптоэлектронные датчики

29. *Оптоэлектронные датчики осуществляют:*

- а. преобразование электрических параметров в механические
- б. преобразование электрических величин в оптические
- в. преобразование оптических, механических, электромагнитных параметров в электрические

Оптоэлектронные системы обработки информации

30. *Указать правильные утверждения:*

- а. Носителем информации в оптоэлектронных системах обработки информации является модулируемый во времени и пространстве лазерный луч.
- б. В оптоэлектронных системах обработки информации сигналы передаются с помощью акустических колебаний.

31. *Когерентный оптический процессор осуществляет:*

- а. последовательную обработку информации
- б. параллельную обработку информации
- в. электронную обработку информации

32. *Оптоэлектронная вычислительная система осуществляет обработку:*

- а. цифровых сигналов
- б. аналоговых сигналов
- в. двумерных изображений

Солнечные фотопреобразователи

33. *Солнечные фотопреобразователи осуществляют:*

- а. преобразование солнечной энергии в оптическую
- б. преобразование солнечной энергии в электрическую
- в. преобразование солнечной энергии в механическую

34. Принцип действия солнечного фотопреобразователя основан на

- а. явлении фотопроводимости
- б. эффекте вентильной фотоэдс
- в. явлении фотолюминесценции

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Список рекомендуемой литературы

а. Основная литература

1. Астайкин, А. И. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. И. Астайкин, М. К. Смирнов ; под ред. А. И. Астайкин. — Электрон. текстовые данные. — Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2011. — 343 с. — 978-5-9515-0159-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60849.html>
2. Легкий В.Н., Оптоэлектронные элементы и устройства систем специального назначения [Электронный ресурс]: учебник / Легкий В.Н. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011. - 455 с. - ISBN 978-5-7782-1777-5 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778217775.html>

б. Дополнительная литература

3. Гурин Н.Т., Сабитов О.Ю. Пленочные электролюминесцентные панели. Учебное пособие. Ульяновск.: УлГУ, 2012,-98 с.- URL: <ftp://10.2.96.134/Text/gurin.pdf>
4. Гурин Н. Т. Физика и техника пленочных электролюминесцентных излучателей переменного тока : монография / Гурин Нектарий Тимофеевич, О. Ю. Сабитов. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 430 с.
5. Позиционно- и координатно-чувствительные полупроводниковые фотоприемники с отрицательной дифференциальной проводимостью : монография / Новиков Сергей Геннадьевич, Н. Т. Гурин ; УлГУ. - Ульяновск : УлГУ, 2012. - 152 с.
6. Астайкин, А. И. Основы оптоэлектроники / А. И. Астайкин, М. К. Смирнов. — Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2001. — 260 с. — ISBN 5-85165-625-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/60961.html> (дата обращения: — Режим доступа: для авторизир. пользователей)

