

61.6 009V  
с. 70С  
8/4

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)



Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1c6cfa0a-52a6-4f49-ae0-5584d3fd4820  
 Владелец: Троян Павел Ефимович  
 Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

ОТЕ  
ОЯН  
« 20 » 09 2016 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ СВЕТОДИОДЫ И СВЕТОДИОДНЫЕ УСТРОЙСТВА

|   |  |
|---|--|
| Уровень основной образовательной программы      | Бакалавриат  |
| Направление(я) подготовки (специальность)       | 11.03.03– Конструирование и технология электронных средств       |
| Профиль(и)                                      | Технология электронных средств                                   |
| Форма обучения                                  | Очная  |
| Факультет                                       | Радиоконструкторский (РКФ)                                       |
| Кафедра   | Радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга (РЭТЭМ) |
| Курс  | Четвёртый  |
| Семестр   | Седьмой  |
| Учебный план набора 2016 года и последующих лет |  |

#### Распределение рабочего времени:

| № | Виды учебной работы                                  | Семестр 7 | Всего | Единицы |
|---|--|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции   | 36        | 36    | часов   |
| 2 | Практические занятия                                 | 36        | 36    | часов   |
| 3 | Лабораторные занятия                                 | 8         | 8     | часов   |
| 4 | Всего аудиторных занятий                             | 80        | 80    | часов   |
| 5 | Из них в интерактивной форме                         | 20        | 20    | часов   |
| 6 | Самостоятельная работа                               | 64        | 64    | часов   |
| 7 | Всего (без экзамена)                                 | 144       | 144   | часов   |
| 8 | В зачетных единицах                                  | 5         | 5     | ЗЕТ     |
| 9 | Самостоятельная работа на подготовку, сдачу экзамена | 36        | 36    | часов   |


Экзамен 7 семестр

Томск 2016

Лист согласований


Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств, утвержденного «12» ноября 2015 года, Приказ № 1333, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «03» февраля 2016 года, протокол № 44.

Разработчики:

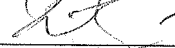
Заведующий кафедрой, д.т.н. каф. РЭТЭМ \_\_\_\_\_  Туев В. И.

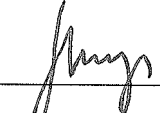
Доцент, к.т.н. каф. РЭТЭМ \_\_\_\_\_  Солдаткин В. С.

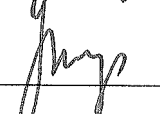
Профессор, д.т.н. каф. РЭТЭМ \_\_\_\_\_  Вилисов А. А.

Заведующий обеспечивающей каф. РЭТЭМ \_\_\_\_\_  Туев В. И.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

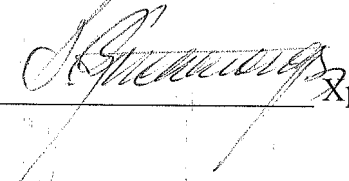
Декан РКФ \_\_\_\_\_  Озеркин Д. В.

Заведующий профилирующей кафедрой РЭТЭМ \_\_\_\_\_  Туев В. И.

Заведующий выпускающей кафедрой РЭТЭМ \_\_\_\_\_  Туев В. И.

Эксперты:

Доцент, к.б.н. каф. РЭТЭМ \_\_\_\_\_  Несмелова Н. Н.

Доцент каф. РЭТЭМ \_\_\_\_\_  Христюков В. Г.

## **1. Цели и задачи дисциплины:**

### **1.1. Цели дисциплины:**

Целью освоения дисциплины является приобретение знаний студентами в области физических основ, принципов действия и технологий изготовления современных светодиодов.

### **1.2 Задачи дисциплины:**

- формирование знаний об основных физических процессах работы светодиодов и светотехнических устройств.

- формирование умения анализировать исходные данные и результаты исследований светодиодов и светотехнических устройств.

- освоение методов расчёта и формирование навыков проектирования светодиодов и светотехнических устройств.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Б1.В.ОД.9 обязательная дисциплина вариативной части профессионального цикла. Основой для изучения данной дисциплины являются: физические основы микро- и нанoeлектроники, физико-химические основы технологии электронных средств, полупроводниковые наногетероструктуры. Знания, полученные в рамках этой дисциплины, могут быть использованы студентами при подготовке выпускной квалификационной работы.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины:**

Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

*ПК-5* – готовностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчёта и проектирования деталей, узлов и модулей электронных средств.

В результате изучения дисциплины студент должен:

***Знать:***

- основные физические процессы работы светодиодов и светотехнических устройств.

***Уметь:***

- анализировать исходные данные и результаты исследований светодиодов и светотехнических устройств

***Владеть:***

- методами расчёта и основами проектирования светодиодов и светотехнических устройств.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

| № | Виды учебной работы                                  | Семестр 8 | Всего | Единицы |
|---|--|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции   | 36        | 36    | часов   |
| 2 | Практические занятия                                 | 36        | 36    | часов   |
| 3 | Лабораторные занятия                                 | 8         | 8     | часов   |
| 4 | Всего аудиторных занятий                             | 80        | 80    | часов   |
| 5 | Из них в интерактивной форме                         | 20        | 20    | часов   |
| 6 | Самостоятельная работа                               | 64        | 64    | часов   |
| 7 | Всего (без экзамена)                                 | 144       | 144   | часов   |
| 8 | В зачетных единицах                                  | 5         | 5     | ЗЕТ     |
| 9 | Самостоятельная работа на подготовку, сдачу экзамена | 36        | 36    | часов   |

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                                     | Лекции | Практ. зан. | Лаб. зан. | СРС | Всего час. | Формируемые компетенции |
|-------|---|--------|-------------|-----------|-----|------------|-------------------------|
| 1.    | Физические основы работы СД   | 8      | 8           |           | 10  | 26         | ПК-5                    |
| 2.    | Основные характеристики СД  | 7      | 7           |           | 10  | 24         | ПК-5                    |
| 3.    | Методы получения белого цвета свечения СД                           | 7      | 7           |           | 10  | 24         | ПК-5                    |
| 4.    | Методы измерения основных характеристик СД и устройств на их основе | 7      | 7           | 4         | 17  | 35         | ПК-5                    |
| 5.    | Методы испытаний СД и устройств на их основе                        | 7      | 7           | 4         | 17  | 35         | ПК-5                    |
|       | Всего, час  | 36     | 36          | 8         | 64  | 144        |                         |

##### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

| № п/п | Наименование разделов                     | Содержание разделов  | Трудоемкость (час.) | Формируемые компетенции |
|-------|---|--|---------------------|-------------------------|
| 1.    | Физические основы работы СД               | Инжекция.<br>Рекомбинация.<br>Световывод.  | 8                   | ПК-5                    |
| 2.    | Основные характеристики СД                | Электрические характеристики:<br>Прямая ВАХ, обратная ВАХ, зависимость прямого напряжения от температуры окружающей среды.<br>Светотехнические характеристики:<br>зависимость светового потока, силы света и световой отдачи от тока, зависимость светового потока от температуры окружающей среды, связь оптической мощности и светового потока.<br>Колориметрические характеристики:<br>Зависимость спектра излучения от температуры окружающей среды, зависимость цветовой температуры от температуры окружающей среды, зависимость цветковых координат от температуры окружающей среды | 7                   | ПК-5                    |
| 3.    | Методы получения белого цвета свечения СД | RGB метод.<br>Получение белого цвета свечения СД с помощью люминофоров.  | 7                   | ПК-5                    |
| 4.    | Методы измерения                          | Методы измерения электрических   | 7                   | ПК-5                    |

|    |  |   |    |      |
|----|--|---|----|------|
|    | основных характеристик СД и устройств на их основе | характеристик.<br>Методы измерения световых характеристик.<br>Методы измерения колориметрических характеристик.   |    |      |
| 5. | Методы испытаний СД и устройств на их основе       | Испытания на климатические воздействия СД и устройств на их основе.<br>Испытания на механические воздействия СД и устройств на их основе.<br>Ресурсные испытания СД и устройств на их основе. | 7  | ПК-5 |
|    |  | Итого:  | 36 |      |

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) дисциплинами

| №                                | Наименование дисциплин                                  | № № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин |   |   |   |   |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|
|                                  |   | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <b>Предшествующие дисциплины</b> |   |   |   |   |   |   |
| 1.                               | Физические основы микро- и нанoeлектроники              | X   | X | X | X | X |
| 2.                               | Физико-химические основы технологии электронных средств | X   | X | X | X | X |
| 3.                               | Полупроводниковые наногетероструктуры                   | X   | X | X | X | X |
| <b>Последующие дисциплины</b>    |   |   |   |   |   |   |
| 1.                               | ВКР   | X   | X | X | X | X |

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Перечень компетенций | Виды занятий |    |     |       |     | Формы контроля  |
|----------------------|--------------|----|-----|-------|-----|---|
|                      | Л            | Пр | Лаб | КР/КП | СРС |   |
| ПК-3                 | +            | +  | +   |       | +   | Посещение занятий, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практической работе, Опрос на занятиях. |

Л – лекция, Пр – практические и семинарские занятия, Лаб – лабораторные работы, КР/КП – курсовая работа / проект, СРС – самостоятельная работа студента

### 6. Методы и формы организации обучения

#### Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

| Методы   | Интерактивные практические занятия | Интерактивные лекции | Интерактивные лабораторные занятия | Всего |
|--|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|-------|
| Исследовательский метод                            | 0                                  | 0                    | 8                                  | 8     |
| Презентации с использованием слайдов с обсуждением | 0                                  | 6                    | 6                                  | 6     |
| Разработка проекта                                 | 6                                  | 0                    | 0                                  | 6     |
| Итого интерактивных занятий                        | 4                                  | 8                    | 8                                  | 20    |

### 7. Лабораторный практикум

| №  | № раздела дисциплины                         | Наименование лабораторных работ                  | Трудо-емкость (час.) | ОК, ПК |
|----|--|--|----------------------|--------|
| 1. | Методы измерения основных характеристик СД и | Исследование тепловых режимов работы светодиода. | 4                    | ПК-5   |

|        |   |  |    |      |
|--------|---|--|----|------|
|        | устройств на их основе  |  |    |      |
| 2      | Методы измерения основных характеристик СД и устройств на их основе | Исследование зависимости световой отдачи от прямого тока в зависимости от температуры окружающей среды светодиода.   | 4  | ПК-5 |
| 3      | Методы испытаний СД и устройств на их основе                        | Испытание светодиода воздействием повышенной температуры и повышенной электрической нагрузкой, контроль до и после испытаний ВАХ, светового потока, цветовой температуры | 4  | ПК-5 |
| Итого: |   |  | 8* |      |

\*Студент должен выполнить из приведенного перечня не менее 2<sup>x</sup> лабораторных работ.

### 8. Практические занятия (семинары)

| №      | Наименование разделов   | Содержание разделов   | Трудоемкость (час.) | Формируемые компетенции |
|--------|---|---|---------------------|-------------------------|
| 1.     | Физические основы работы СД   | - Определение длины растекания тока между омическими контактами светодиодного кристалла.<br>- Расчёт линзы в зависимости от кривой силы света светодиода. | 8                   | ПК-5                    |
| 2.     | Основные характеристики СД  | - Определение освещённости и силы света на расстоянии от светодиодного светильника.   | 7                   | ПК-5                    |
| 3.     | Методы получения белого цвета свечения СД                           | - Расчёт толщины герметизации кристалла и отражателя светодиода для обеспечения максимального вывода света.   | 7                   | ПК-5                    |
| 4.     | Методы измерения основных характеристик СД и устройств на их основе | - Расчёт линзы в зависимости от кривой силы света светодиода.   | 7                   | ПК-5                    |
| 5.     | Методы испытаний СД и устройств на их основе                        | - Определение срока службы светодиода в зависимости от конструктивного исполнения и тепловых режимов эксплуатации.  | 7                   | ПК-5                    |
| Итого: |   |   | 36                  |                         |

### 9. Самостоятельная работа

| №  | № раздела дисциплины | Тематика самостоятельной работы   | Трудо-емкость (час.) | ОК, ПК | Форма контроля                                  |
|----|----------------------|---|----------------------|--------|---|
| 1. | 1-5                  | Проработка лекционного материала  | 10                   | ПК-5   | Опрос на занятиях, Посещение занятий            |
| 2. | 4, 5                 | Подготовка к лабораторным работам и отчёт:<br>- Исследование тепловых режимов работы светодиода.<br>- Исследование зависимости световой отдачи от прямого тока в зависимости от температуры окружающей среды светодиода.<br>- Испытание светодиода воздействием повышенной температуры и повышенной электрической нагрузкой, контроль до и после испытаний ВАХ, светового потока, цветовой температуры. | 8                    | ПК-5   | Отчет по лабораторной работе, Посещение занятий |
| 3. | 1-5                  | Темы практических занятий:<br>- Определение освещённости и силы света на расстоянии от светодиодного  | 36                   | ПК-5   | Отчет по практической работе, Посещение занятий |

|    |     |  |    |      |                                       |
|----|-----|--|----|------|---------------------------------------|
|    |     | <p>светильника.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Определение длины растекания тока между омическими контактами светодиода.</li> <li>- Определение срока службы светодиода в зависимости от конструктивного исполнения и тепловых режимов эксплуатации.</li> <li>- Расчёт линзы в зависимости от кривой силы света светодиода.</li> <li>- Расчёт толщины герметизации кристалла и отражателя светодиода для обеспечения максимального вывода света.</li> </ul>  |    |      |                                       |
| 4. | 1-5 | <p>Подготовка к контрольной работе по темам.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Физические процессы работы: инжекция, рекомбинация, световывод.</li> <li>- Взаимосвязь характеристик с физическими процессами: ВАХ, зависимость световой отдачи от прямого тока, зависимость световой отдачи, спектра излучения и срока службы от температуры.</li> <li>- Влияние технологических и конструкторских приёмов на оптимизацию характеристик светодиодов и светотехнических устройств: теплоотвод, просветляющие покрытия, элементы вторичной оптики.</li> </ul> | 5  | ПК-5 | Посещение занятий, контрольная работа |
| 5. | 1-5 | <p>Темы для самостоятельной работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Физические основы работы СД</li> <li>- Основные характеристики СД</li> <li>- Методы получения белого цвета свечения СД</li> <li>- Методы измерения основных характеристик СД и устройств на их основе</li> <li>- Методы испытаний СД и устройств на их основе.</li> </ul>   | 5  | ПК-5 | Конспект самоподготовки               |
|    |     | Итого:   | 64 |      |                                       |

## 10. Примерная тематика курсовых проектов (работ) – не предусмотрено

### 11. Балльно-рейтинговая система

#### 11.1 Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|-------------------------------|--|---|---|------------------|
| Посещение занятий             | 18   | 15  | 15  | 48               |
| Лабораторные работы           | 10   | 15  | 15  | 40               |
| Компонент своевременности     | 4  | 4   | 4   | 12               |
| Итого максимум за период:     | 32   | 34  | 34  | 100              |
| Нарастающим итогом            | 32   | 66  | 100   | 100              |

#### 11.2 Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки                       | Оценка |
|---|--------|
| □ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ        | 5      |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4      |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3      |
| < 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ        | 2      |

### 11.3 Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС)                             | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS)           |
|--|--|-------------------------|
| 5 (отлично)                              | 90 - 100   | A (отлично)             |
| 4 (хорошо)                               | 85 - 89  | B (очень хорошо)        |
|  | 75 - 84  | C (хорошо)              |
|  | 70 - 74  | D (удовлетворительно)   |
| 65 - 69                                  |  |                         |
| 3 (удовлетворительно)                    | 60 - 64  | E (посредственно)       |
| 2 (неудовлетворительно),<br>(не зачтено) | Ниже 60 баллов   | F (неудовлетворительно) |

### 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

#### а) основные источники

1. Светодиоды и светодиодные устройства: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств / Солдаткин В. С., Вилисов А. А., Туев В. И. – 2016. 40 с. Электронный ресурс: <https://edu.tusur.ru/training/publications/5954>

2. Полупроводниковая светотехника: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 211000.62 – Конструирование и технология электронных средств / Туев В. И., Солдаткин В. С., Вилисов А. А. – 2015. 46 с. Электронный ресурс: <https://edu.tusur.ru/humans/2856>

#### б) дополнительные источники

1. Туннельный эффект в вырожденном p-n переходе [Текст] : руководство к лабораторной работе по физике для студентов всех специальностей / А. В. Лячин, М. В. Федоров ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физики. - Томск : [б. и.], 2010. - 12 с. - Библиогр.: с. 12. (1 экз).

2. Полупроводниковые приборы : Учебник для вузов / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 6-е изд., стереотип. - СПб. : Лань, 2002. - 480 с. (17 экз.)

3. Твердотельная электроника : Учебное пособие для вузов / В. А. Гуртов. - 2-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2005. - 406 с. (89 экз).

#### в) учебно-методические пособия и требуемое ПО

1. Полупроводниковая светотехника: Методические указания к лабораторному практикуму для подготовки бакалавров 211000 «Конструирование и технология электронных средств», профиль «Технология электронных средств» / Туев В. И., Солдаткин В. С., Вилисов А. А. – 2014. 12 с. Электронный ресурс: <https://edu.tusur.ru/humans/2856>

2. Полупроводниковая светотехника: Методические указания по практической и самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» / Солдаткин В. С., Вилисов А. А., Туев В. И. – 2015. 9 с. Электронный ресурс: <https://edu.tusur.ru/humans/2856>

### 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лабораторное оборудование каф. РЭТЭМ и НИИ СТ ТУСУР.

### 14. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:


(при необходимости по усмотрению разработчиков программы)

ТУСУР  
105



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
  
\_\_\_\_\_ П. Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ СВЕТОДИОДЫ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

Уровень основной образовательной программы: бакалавриат

Направления подготовки: 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»

Профиль: «Технология электронных средств»

Форма обучения: очная

Факультет: радиоконструкторский (РКФ)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга (РЭТЭМ)

Курс четвертый

Семестр седьмой

Учебный план набора 2016 года и последующих лет.

Зачет нет

Диф. зачет нет

Экзамен седьмой семестр

Томск 2016

## Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины Б1.В.ОД.9 «Светодиоды и светотехнические устройства» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине Б1.В.ОД.9 «Светодиоды и светотехнические устройства» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной Б1.В.ОД.9 «Светодиоды и светотехнические устройства» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код  | Формулировка компетенции   | Этапы формирования компетенции  |
|------|--|---|
| ПК-5 | готовностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчёта и проектирования деталей, узлов и модулей электронных средств | Должен знать основные физические процессы работы светодиодов и светотехнических устройств.<br>Должен уметь анализировать исходные данные и результаты исследований светодиодов и светотехнических устройств.<br>Должен владеть методами расчёта и основами проектирования светодиодов и светотехнических устройств. |

### 1. Реализация компетенций

#### Компетенция ПК-5

ПК-5 – готовностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчёта и проектирования деталей, узлов и модулей электронных средств.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

Таблица 2– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав                           | Знать   | Уметь  | Владеть   |
|----------------------------------|---|--|---|
| Содержание этапов                | основные физические процессы работы светодиодов и светотехнических устройств        | анализировать исходные данные и результаты исследований светодиодов и светотехнических устройств | методами расчёта и основами проектирования светодиодов и светотехнических устройств |
| Виды занятий                     | Лекции.<br>Практические занятия.<br>Лабораторные работы.<br>Самостоятельная работа. | Лекции.<br>Практические занятия.<br>Лабораторные работы.<br>Самостоятельная работа.              | Лекции.<br>Практические занятия.<br>Лабораторные работы.<br>Самостоятельная работа. |
| Используемые средства оценивания | Посещение занятий.<br>Опрос на занятиях.<br>Экзамен.                                | Посещение занятий.<br>Отчет по лабораторной работе.<br>Отчёт по практической работе.             | Посещение занятий.<br>Выступление с докладом.                                       |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

| Показатели и критерии     | Знать   | Уметь  | Владеть  |
|---------------------------|---|--|--|
| Отлично (высокий уровень) | основные физические процессы работы, взаимосвязь характеристик с физическими процессами, влияние технологических и конструктивных приёмов на оптимизацию характеристик светодиодов и светотехнических устройств | анализировать исходные данные и результаты исследований, делать выводы и принимать технические решения на базе анализа исходных данных и результатов исследований светодиодов и светотехнических устройств | методами расчёта и основами проектирования, основами разработки конструкторской и технологической документации, основами разработки программы и методик испытаний светодиодов и светотехнических устройств |

|                                       |  |  |  |
|---------------------------------------|--|--|--|
| Хорошо (базовый уровень)              | основные физические процессы работы, взаимосвязь характеристик с физическими процессами светодиодов и светотехнических устройств | анализировать исходные данные и результаты исследований светодиодов и светотехнических устройств, делать на их основе выводы | методами расчёта и основами проектирования, основами разработки конструкторской и технологической документации на светодиоды и светотехнические устройства |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | базовые основы физические процессы работы светодиодов и светотехнических устройств   | анализировать исходные данные и результаты исследований светодиодов и светотехнических устройств                             | методами расчёта и основами проектирования   |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии     | Знать   | Уметь   | Владеть   |
|---------------------------|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Физические процессы работы: инжекция, рекомбинация, световывод.</li> <li>- Взаимосвязь характеристик с физическими процессами: ВАХ, зависимость световой отдачи от прямого тока, зависимость световой отдачи спектра излучения и срока службы от температуры.</li> <li>- Влияние технологических и конструкторских приёмов на оптимизацию характеристик светодиодов</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализировать исходные данные и результаты исследований: проводить выбор и обоснование комплектующих, выбирать область применения в зависимости от внешних воздействующих факторов и режимов эксплуатации.</li> <li>- Принимать технические, решения на базе анализа исходных данных и результатов исследований, в части доработки светодиодов и светотехнических устройств для обеспечения</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Методами расчёта и основами проектирования: тепловые и светотехнические расчёты и моделирование.</li> <li>- Основами разработки конструкторской документации: знание ЕСКД и ЕСТД и владение программными продуктами для разработки комплектов чертежей (АСКОН Компас-3D, Autodesk AutoCAD).</li> <li>- Основами разработки программы и методик испытаний (ПМ)</li> </ul> |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|   | <p>светотехнических устройств: теплоотвод, просветляющие покрытия, элементы вторичной оптики.</p>   | <p>конструктивно-технологического запаса.</p>  | <p>светодиодов и светотехнических устройств: ПМ исследовательских испытаний, ПМ технологических испытаний, ПМ предварительных испытаний, ПМ квалификационных испытаний, ПМ периодических испытаний.</p>  |
| <p><b>Хорошо (базовый уровень)</b></p>              | <p>- Физические процессы работы: инжекция, рекомбинация, световывод.<br/>- Взаимосвязь характеристик с физическими процессами: ВАХ, зависимость световой отдачи от прямого тока, зависимость световой отдачи, спектра излучения и срока службы от температуры</p> | <p>- Анализировать исходные данные и результаты исследований: проводить выбор и обоснование комплектующих, выбирать область применения в зависимости от внешних воздействующих факторов и режимов эксплуатации</p> | <p>- Методами расчёта и основами проектирования: тепловые и светотехнические расчёты и моделирование.<br/>- Основами разработки и конструкторской и технологической документации: знание ЕСКД и ЕСТД и владение программными продуктами для разработки комплектов чертежей (АСКОН Компас-3D, Autodesk AutoCAD)</p> |
| <p><b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b></p> | <p>- Физические процессы работы: инжекция, рекомбинация, световывод</p>   | <p>- Анализировать исходные данные и результаты исследований: проводить выбор и обоснование комплектующих, анализировать область применения светодиодов и светотехнических устройств</p>                           | <p>- Методами расчёта и основами проектирования: тепловые и светотехнические расчёты и моделирование</p>   |

## 2. Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

### *Контрольная работа:*

- Физические процессы работы: инъекция, рекомбинация, световывод.
- Взаимосвязь характеристик с физическими процессами: ВАХ, зависимость световой отдачи от прямого тока, зависимость световой отдачи, спектра излучения и срока службы от температуры.
- Влияние технологических и конструкторских приёмов на оптимизацию характеристик светодиодов и светотехнических устройств: теплоотвод, просветляющие покрытия, элементы вторичной оптики.

### *Темы практических занятий:*

- Определение освещённости и силы света на расстоянии от светодиодного светильника.
- Определение длины растекания тока между омическими контактами светодиодного кристалла.
- Определение срока службы светодиода в зависимости от конструктивного исполнения и тепловых режимов эксплуатации.
- Расчёт линзы в зависимости от кривой силы света светодиода.
- Расчёт толщины герметизации кристалла и отражателя светодиода для обеспечения максимального вывода света.

### *Темы лабораторных работ:*

- Исследование тепловых режимов работы светодиода.
- Исследование зависимости световой отдачи от прямого тока в зависимости от температуры окружающей среды светодиода.
- Испытание светодиода воздействием повышенной температуры и повышенной электрической нагрузкой, контроль до и после испытаний ВАХ, светового потока, цветовой температуры.

### *Темы для самостоятельной работы:*

- Физические основы работы СД

- Основные характеристики СД
- Методы получения белого цвета свечения СД
- Методы измерения основных характеристик СД и устройств на их основе
- Методы испытаний СД и устройств на их основе

**Экзаменационные вопросы:**

- 1) Опишите ВАХ светодиода и какие элементы конструкции кристалла, и физические процессы оказывают влияние на её отклонение от идеальной.
- 2) Какие существуют физико-химические процессы деградации светодиодов.
- 3) Влияние режимов эксплуатации на деградацию светодиодов.
- 4) Влияние технологических режимов производства на деградацию светодиодов.
- 5) Основные виды потерь генерируемого излучения в светодиоде.
- 6) Влияние температуры на прямое напряжение, спектр и световой поток светодиодов и светотехнических устройств.
- 7) Особенности многокристалльных и однокристалльных конструкций светодиодов и светотехнических устройств.
- 8) Основной перечень квалификационных испытаний светодиода.
- 9) Особенности получения узкой кривой силы света и область применения таких светотехнических устройств.
- 10) Методы получения белого цвета свечения и особенности герметизации люминофорной композицией светодиода.

### **3. Методические материалы**

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

1. Светодиоды и светодиодные устройства: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств / Солдаткин В. С.,

Вилисов А. А., Туев В. И. – 2016. 40 с. Электронный ресурс: <https://edu.tusur.ru/training/publications/5954>

2. Полупроводниковая светотехника: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 211000.62 – Конструирование и технология электронных средств / Туев В. И., Солдаткин В. С., Вилисов А. А. – 2015. 46 с. Электронный ресурс: <https://edu.tusur.ru/humans/2856>

3. Туннельный эффект в вырожденном p-n переходе [Текст] : руководство к лабораторной работе по физике для студентов всех специальностей / А. В. Лячин, М. В. Федоров ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физики. - Томск : [б. и.], 2010. - 12 с. - Библиогр.: с. 12. (1 экз).

4. Полупроводниковые приборы : Учебник для вузов / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 6-е изд., стереотип. - СПб. : Лань, 2002. - 480 с. (17 экз.)

5. Твердотельная электроника : Учебное пособие для вузов / В. А. Гуртов. - 2-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2005. - 406 с. (89 экз).

6. Полупроводниковая светотехника: Методические указания к лабораторному практикуму для подготовки бакалавров 211000 «Конструирование и технология электронных средств», профиль «Технология электронных средств» / Туев В. И., Солдаткин В. С., Вилисов А. А. – 2014. 12 с. Электронный ресурс: <https://edu.tusur.ru/humans/2856>

7. Полупроводниковая светотехника: Методические указания по практической и самостоятельной работе по дисциплине для студентов специальности 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» / Солдаткин В. С., Вилисов А. А., Туев В. И. – 2015. 9 с. Электронный ресурс: <https://edu.tusur.ru/humans/2856>