

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

**«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»**

(ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга

(РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ

Декан РКФ

_____ Д.В. Озеркин

« ____ » _____ 2018 г.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ
УСТРОЙСТВ**

Учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ для
магистрантов

Разработали:

Заведующий каф. РЭТЭМ

_____ В.И. Туев

Томск 2018

Туев В.И. Проектирование светодиодных и светотехнических устройств: Учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2018. – 19 с.

Настоящее учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ магистрантами составлены с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств и 27.04.04 Управление в технических системах. Учебно-методические указания для выполнения лабораторных работ предназначены для магистрантов, изучающих специальные дисциплины «Проектирование светодиодных и светотехнических устройств», «Технология изготовления светодиодных кристаллов», «Управление в светотехнических системах» и содержит описание четырех лабораторных работ.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Требования безопасности.....	4
2 Лабораторная работа №1.....	7
3 Лабораторная работа №2.....	9
4 Лабораторная работа №3.....	11
5 Лабораторная работа №4.....	14
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	18

1 Требования безопасности

Перед началом лабораторных работ студенты должны получить инструктаж по технике безопасности в лаборатории и ознакомиться с правилами эксплуатации приборов и другого оборудования, используемого при выполнении работ. Инструктаж проводит преподаватель, ведущий занятия. После проведения инструктажа студент расписывается в регистрационном журнале о том, что он ознакомлен с правилами безопасной работы в лаборатории и обязуется их выполнять. Студенты не прошедшие инструктаж к работе не допускаются. Студенты, замеченные в нарушении настоящих правил, отстраняются от выполнения лабораторных работ.

1.1 Требования безопасности перед началом и окончанием работы

Каждый студент должен:

1. Знать расположение общих рубильников силовой сети напряжением 220 вольт, частотой 50 Гц для того, чтобы в случае необходимости быстро отключить питание от лабораторных установок;
2. Изучить описание лабораторной работы и инструкции к используемым приборам;
3. Ознакомиться с макетом установки;
4. Проверить наличие заземления на каждом приборе, подлежащем заземлению. В случае отсутствия заземления сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией.

1.1.1 Запрещается:

- Включать в сеть приборы, вращать ручки настройки без разрешения преподавателя;
- Переставлять приборы из установки;
- Разбирать схемы, вскрывать приборы и т.д.;
- Начинать проведение эксперимента без разрешения преподавателя;

- Загромождать рабочее место и установку одеждой, сумками и др. посторонними предметами.

Перед началом эксперимента получить допуск у преподавателя.

В присутствии преподавателя включить приборы, входящие в установку, в соответствии с инструкциями к приборам и описанием лабораторной работы. Если приборы не работают, сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией.

При нарушении нормальной работы прибора (зашкаливание, характерный запах горелого и т.п.) немедленно отключить прибор и сообщить об этом преподавателю или зав. лабораторией;

1.1.2 Запрещается:

- Работать с незаземленными и неисправными приборами.
- Самим проводить устранение неисправностей.
- Оставлять без наблюдения включенные приборы.

Если работа выполнена полностью и правильно, то по указанию преподавателя выключить приборы в соответствии с инструкцией и привести в порядок рабочее место.

1.2 Требования безопасности в аварийных ситуациях

1. При появлении запаха гари, дыма или возгорания принять меры по обнаружению источника возгорания и его ликвидации;

2. В случае пожара обесточить помещение, вызвать по телефону 01 пожарную охрану, произвести эвакуацию людей, сообщить администрации о случившемся и приступить к тушению пожара с помощью имеющихся средств пожаротушения;

3. В случае поражения человека электрическим током, необходимо быстро освободить пострадавшего от действия тока. Вызвать врача. Если пострадавший находится без сознания, то нужно привести его в сознание, давая нюхать нашатырный спирт, если пострадавший плохо дышит, начать

делать искусственное дыхание и массаж сердца и продолжать их делать до прибытия врача;

4. В случае затопления помещения водой необходимо обесточить помещение, вызвать сантехника, вынести ценное оборудование и при необходимости сообщить администрации о случившемся.

1.3 Порядок оформления работ

В процессе выполнения лабораторной работы студент должен наблюдать за ходом эксперимента, отмечая все его особенности: изменение цвета, тепловые эффекты, выделение газа и т.д. Результаты наблюдений записывают в лабораторный журнал, придерживаясь определенной последовательности:

- название лабораторной работы, дата выполнения;
- цель работы;
- краткая теория вопроса;
- результаты эксперимента;
- выводы по результатам работы.

Записи в лабораторном журнале производят чернилами.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями ОС ТУСУР 01 – 2013.

2 Лабораторная работа №1. Контроль вольт-амперной характеристики светодиодного излучающего элемента.

Цель работы: овладение навыками контроля параметров светодиодных излучающих элементов

Задача: исследование зависимости тока светодиодного излучающего элемента от приложенного напряжения в области прямого смещения.

2.1 Оборудование:

1. Ампервольтметр .

Класс точности 0,15/0,005.

Пределы измерений

10 и 100 мВ; 1, 10, 100 и 350 В.

2. Источники питания MPS 3003

Основные технические характеристики:

Многооборотный регулятор для точной установки напряжения, последовательное и параллельное соединение 2х каналов: автотрекинг, 2-х полярный выход, режимы работы: стабилизация тока, напряжения и динамическая нагрузка, индикация: 3-разрядные LED-дисплеи на ток и напряжение, защита от перегрузки и переполюсовки, электронное отключение нагрузки 2 вентилятора охлаждения, включен в Госреестр средств измерений, регистрационный номер 32050-06.

- выходное напряжение 30 В.

- ток 3 А.

-уровень пульсаций 1 мВ.

- количество каналов 2 + 1.

- дополнительный канал 5В/3А.

- точность установки 0.1В/0.01А.

- влияние нагрузки 0.01% ±3мВ.

- влияние сетевое напряжения 0.01% ±3мВ.

3. Цифровой миллиамперметр.

2.2 Задание на лабораторную работу

1. Собрать схему включения светодиодного излучающего элемента с источником питания и миллиамперметром.
2. На источнике питания установить стабилизацию по значению прямого тока.
3. На источнике питания задать ток, при котором у светодиода начинается свечение (выдержать в течении 5 минут для термостабилизации), измерить значение прямого напряжения.
4. Проводя измерения величин по п.3, повышать значение тока с шагом 1 мА.
5. Повторить п.п. 3-4 для пяти других образцов СИЭ.
5. Рассчитать среднеквадратическое значение напряжения в каждой из измеренных точек. Построить усредненный график ВАХ.
6. Рассчитать среднеквадратическое отклонение напряжения в каждой из измеренных точек. Ненести на график ВАХ доверительный интервал.
7. Ответить на контрольные вопросы преподавателя и написать отчёт.

3 Лабораторная работа №2. Контроль значений световой отдачи (n)

Цель работы: овладение навыками контроля параметров светодиодных излучающих элементов.

Задача: исследование зависимости световой отдачи светодиодного излучающего элемента от тока в области прямого смещения.

3.1 Оборудование

1. Источники питания MPS 3003

Основные технические характеристики:

Многооборотный регулятор для точной установки напряжения, последовательное и параллельное соединение 2х каналов: автотрекинг, 2-х полярный выход, режимы работы: стабилизация тока, напряжения и динамическая нагрузка, индикация: 3-разрядные LED-дисплеи на ток и напряжение, защита от перегрузки и переполюсовки, электронное отключение нагрузки 2 вентилятора охлаждения, включен в Госреестр средств измерений, регистрационный номер 32050-06.

- выходное напряжение 30 В.
- ток 3 А.
- уровень пульсаций 1 мВ.
- количество каналов 2 + 1.
- дополнительный канал 5В/3А.
- точность установки 0.1В/0.01А.
- влияние нагрузки 0.01% ±3мВ.
- влияние сетевое напряжения 0.01% ±3мВ.

3. Цифровой миллиамперметр.

4. Измеритель светового потока «ТКА-КК1» (Рисунок 1).

5. Соединительные провода.



Рисунок 1 – Измеритель светового потока «ТКА-КК1» предназначен для измерения полного светового потока светодиодов в видимой области спектра (от 380 до 780 нм) по методу «интегрирующей сферы»

3.2 Задание на лабораторную работу

1. Собрать схему включения светодиодного излучающего элемента с источником питания и миллиамперметром.

2. На источнике питания установить стабилизацию по значению номинального значения для выбранного светодиодного излучающего элемента прямого тока.

3. Поместить СИЭ в фотометрическую сферу (рис. 1).

4. На источнике питания задать ток, при котором у светодиода начинается свечение (выдержать в течении 5 минут для термостабилизации), измерить значение прямого напряжения, прямого тока и светового потока.

5. Проводя измерения величин по п.4, повышать значение тока с шагом 1 мА.

5. Повторить п.п. 4-5 для пяти других образцов СИЭ.

6. Рассчитать среднеквадратические значения напряжения, тока и светового потока в каждой из измеренных точек.

7. По формуле (1) рассчитать световую отдачу n :

$$n = \Phi / (I \times U), \quad (1)$$

где Φ – среднее значение светового потока;

I – среднее значение протекающего тока, А;

U – среднее значение напряжения, В.

8. Ответить на контрольные вопросы преподавателя и написать отчёт.

4 Лабораторная работа №3. Контроль значений координат цветности (x, y)

Цель работы: овладение навыками контроля параметров светодиодных излучающих элементов.

Задача: исследование оптических характеристик светодиодных излучающих элементов.

4.1 Оборудование:

1. Спектроколориметр «ТКА-ВД» Предназначен для измерения спектральных характеристик источников оптического излучения. В зависимости от конфигурации входного устройства прибор работает как в режиме яркомера или в режиме измерения освещенности.

Основные технические характеристики:

- диапазоны измерения:

освещенности, лк (10 - 200 000);

яркости, кд/м² (10 - 20 000);

цветовой температуры, К (1600 - 16 000);

- предел допустимого значения основной относительной погрешности измерения:

освещенности, % $\pm 10,0$;

яркости, % $\pm 10,0$;

- пределы допустимого значения абсолютной погрешности измерения координат цветности x, y, не более:

тепловых источников $\pm 0,005$.



Рисунок 2 – Спектроколориметр «ТКА-ВД» Предназначен для измерения спектральных характеристик источников оптического излучения координат цветности x, y, u, v , координат цвета X, Y, Z , коррелированной цветовой температуры T_c .

2. Источники питания MPS 3003

Основные технические характеристики:

Многооборотный регулятор для точной установки напряжения, последовательное и параллельное соединение 2х каналов: автотрекинг, 2-х полярный выход, режимы работы: стабилизация тока, напряжения и динамическая нагрузка, индикация: 3-разрядные LED-дисплеи на ток и напряжение, защита от перегрузки и переплюсовки, электронное отключение нагрузки 2 вентилятора охлаждения, включен в Госреестр средств измерений, регистрационный номер 32050-06.

- выходное напряжение 30 В.
- ток 3 А.
- уровень пульсаций 1 мВ.
- количество каналов 2 + 1.
- дополнительный канал 5В/3А.
- точность установки 0.1В/0.01А.
- влияние нагрузки 0.01% \pm 3мВ.
- влияние сетевое напряжения 0.01% \pm 3мВ.

3. Микроскоп МБС – 10.

4. Цифровой миллиамперметр.

5. Зондовая станция.

6. Соединительные провода.
7. Светодиодные излучающие элементы.

4.2 Задание на лабораторную работу

1. Собрать схему включения светодиодного излучающего элемента с источником питания и миллиамперметром.

2. На источнике питания установить стабилизацию по значению прямого тока.

3. На источнике питания задать ток, при котором у светодиода начинается свечение (выдержать в течении 5 минут для термостабилизации), измерить значение прямого напряжения и координат цветности.

4. Проводя измерения величин по п.3, повышать значение тока с шагом 1 мА до значения, когда на ВАХ начнётся существенный рост прямого напряжения.

5. Повторить п.п. 3-4 для пяти других образцов СИЭ.

5. Рассчитать среднеквадратическое значение напряжения в каждой из измеренных точек и среднеквадратические значения координат цветности. Построить усредненный график координат цветности.

7. Ответить на контрольные вопросы преподавателя и написать отчёт.

5 Лабораторная работа №4. Контроль значения коэффициента мощности лампы светодиодной

Цель работы: овладение навыками контроля параметров светодиодных ламп.

Задача: исследование электрических характеристик лампы светодиодной.

5.1. Общие сведения об устройстве питания лампы светодиодной

Устройство питания предназначено для преобразования переменного напряжения питающей электрической сети в постоянное напряжение или постоянный ток необходимого значения для питания СИЭ.

К устройствам питания предъявляются следующие основные требования:

- по мощности;
- по коэффициенту полезного действия;
- по стабильности выходного тока во времени (пульсация);
- по диапазону значений напряжений электрической сети переменного тока, напряжением 220 В (+10%, минус 15%) и частотой 50 Гц ($\pm 5\%$) в соответствии с ГОСТ 13109-97;
- по электромагнитной совместимости в части помехоустойчивости светового оборудования в соответствии с ГОСТ Р 51514-2013.
- по электромагнитной совместимости в части уровня промышленных помех в соответствии с ГОСТ CISPR 15-2014;
- по электромагнитной совместимости в части эмиссии гармонических составляющих тока в соответствии с ГОСТ 30804.3.2-2013;
- по средней наработке до отказа, определяемой по методу ускоренных испытаний;
- по нормируемому сроку службы лампы при номинальном напряжении;

- по габаритным размерам;
- по значению коэффициента мощности в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1356.

Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения

Яркость свечения СИЭ пропорциональна протекающему току, поэтому основная функция устройства питания светодиодной лампы - обеспечить стабильный ток, вне зависимости от значения напряжения электрической сети, температуры среды и т.д.

Устройства питания строятся по трем основным принципам:

- аналоговые линейные стабилизаторы тока;
- импульсные понижающие преобразователи;
- устройства с коммутацией светоизлучающих диодов.

Практическая применимость устройств питания, работающих на различных принципах, определяется наличием интегральных микросхем, реализующих названные принципы.

5.2 Оборудование:

1. Трансформатор разделительный.
2. Измеритель электрической мощности GPM-8212 (рисунок 3.13).
3. Стенд экспериментальный. Вид стенда изображен на рис. 3.

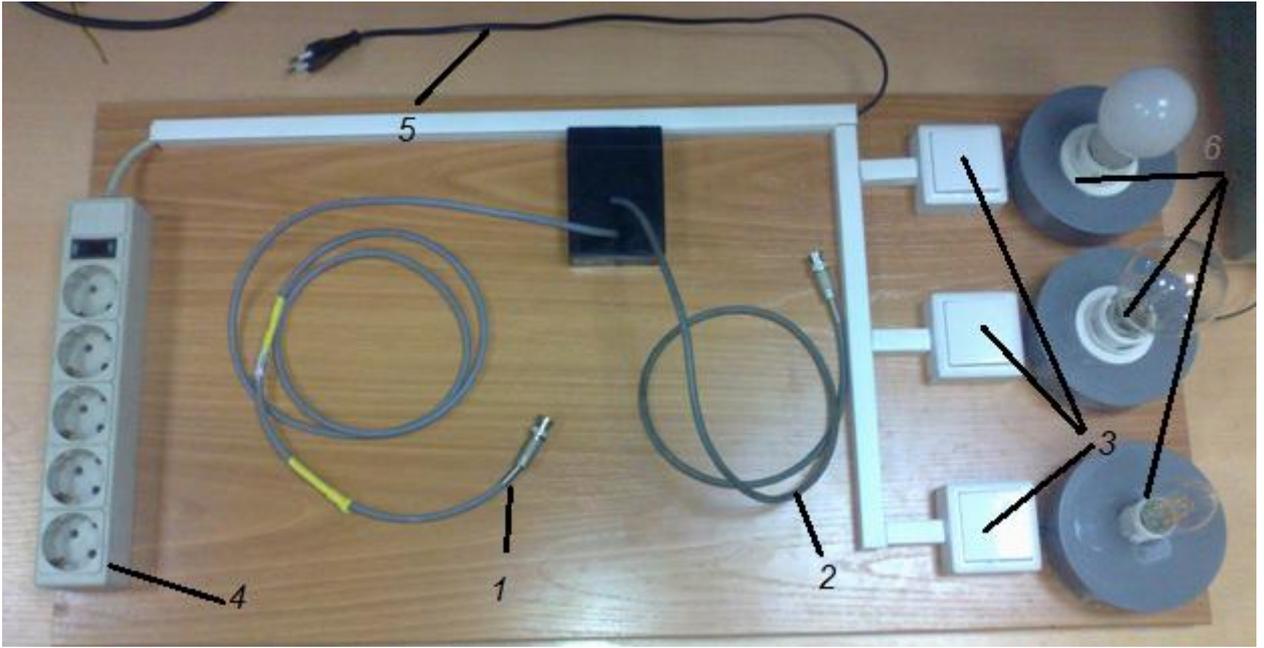


Рисунок 3 – Внешний вид стенда экспериментального

Схема электрическая установки для измерения коэффициента мощности приведена на рис.4.

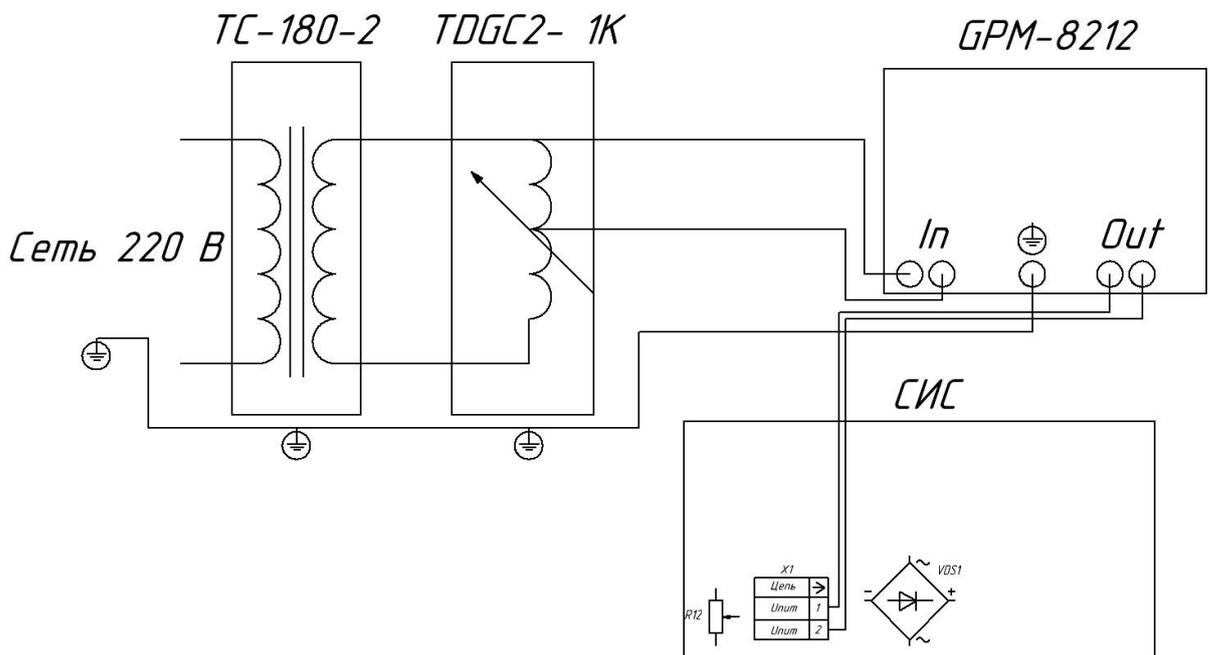


Рисунок 4 – Схема электрическая установки

Схема электрическая установки для измерения формы потребляемого тока приведена на рис.5.

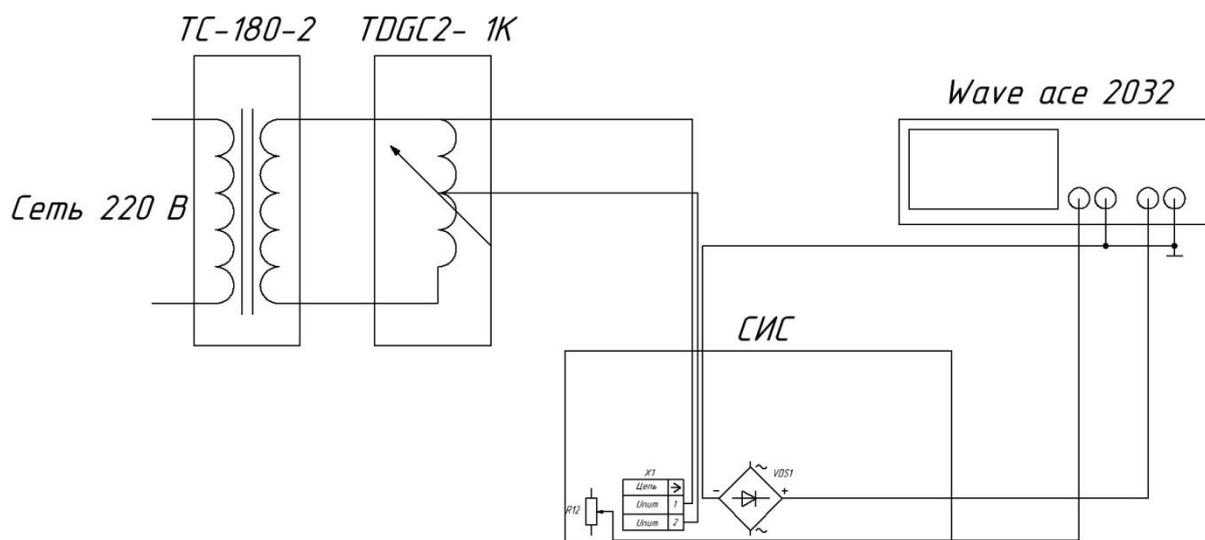


Рисунок 5 – Схема электрическая установки для измерения формы потребляемого тока

5.3 Задание на лабораторную работу

1. Собрать схему электрическую установки в соответствии с рис.4.
2. Для следующих ламп: LED-A60 15 Вт; Лампа накаливания 75 Вт; Лампа светодиодная СВ 220-5 осуществить измерение коэффициентов мощности.
3. Собрать схему электрическую установки в соответствии с рис.5.
4. Измерить и зарисовать формы потребляемого тока для следующих ламп: LED-A60 15 Вт; Лампа накаливания 75 Вт; Лампа светодиодная СВ 220-5.
5. Ответить на контрольные вопросы преподавателя и написать отчёт.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Светодиоды : Пер. с англ. / А. И. Берг, П. Дин; Ред. и предисл. А. Э. Юнович. - М. : Мир, 1973. - 98[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 4 экз.)
2. Физика полупроводниковых приборов : пер. с англ.: В 2 кн. / С. М. Зи; Пер. В. А. Гергель, Пер. Н. В. Зыков, Пер. Р. З. Хафизов, Ред. Пер. Р. А. Сурис. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Мир, 1984 - Кн. 2. - М. : Мир, 1984. - 456 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)
3. Технология сборки и монтажа мощных светоизлучающих изделий: Учебное пособие / Туев В. И., Солдаткин В. С., Вилисов А. А., Старосек Д. . - 2016. 48 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6600>, свободный.
4. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие имеет гриф СибРУМЦ «Для межвузовского использования» / Давыдов В. Н. - 2016. 139 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/5963>, свободный.
5. 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] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/5458>, свободный.
6. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике: Коллективная монография / Российская Академия наук, Сибирское отделение, Институт физики полупроводников; ред. А.Л. Асеев. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. – 367 (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)
7. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем: Учебное пособие / Романовский М. Н. - 2012. 123 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1304>, свободный.

8. Единая система технологической документации: Справочное пособие / Е.А. Лобода, В.Г. Мартынов, Б.С. Мендриков и др. – М.: Издательство стандартов, 1992. - 325 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)

9. Технология сборки и монтажа мощных светоизлучающих изделий, технологии корпусирования светодиодов белого цвета: Методические указания по практической и самостоятельной работе / Солдаткин В. С., Туев В. И., Вилисов А. А., Каменкова В. С. - 2016. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6616>, свободный.

10. Технология сборки и монтажа мощных светоизлучающих изделий: Учебно- методические указания для выполнения лабораторных работ для магистрантов / Солдаткин В. С., Вилисов А. А., Туев В. И. - 2016. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6584>, свободный.