

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

Заведующий каф. РЭТЭМ

_____ В.И. Туев

« ____ » _____ 2016 г.

**ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ И МОНТАЖА МОЩНЫХ
СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ,
ТЕХНОЛОГИИ КОРПУСИРОВАНИЯ СВЕТОДИОДОВ БЕЛОГО ЦВЕТА**

Методические указания по практической и самостоятельной работе
работе магистрантов для направления подготовки
11.04.03– Конструирование и технология электронных средств,
27.04.04– Управление в технических системах

Разработали:

Заведующий каф. РЭТЭМ

_____ В.И. Туев

Профессор каф. РЭТЭМ

_____ А.А. Вилисов

Доцент каф. РЭТЭМ

_____ В.С. Солдаткин

Магистрант каф. ЭП

_____ В.С. Каменкова

Солдаткин В.С., Вилисов А.А., Туев В.И., Каменкова В.С. Технология сборки и монтажа мощных светоизлучающих изделий, Технологии корпусирования светодиодов белого цвета: Методические указания по практической и самостоятельной работе студентов. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. – 19 с.

Настоящие методические указания по практической и самостоятельной работе студентов составлены с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлениям подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств», 27.04.04 «Управление в технических системах». Методические указания по практической и самостоятельной работе предназначены для магистрантов, изучающих специальные дисциплины «Технология сборки и монтажа мощных светоизлучающих изделий», «Технологии корпусирования светодиодов белого цвета» и содержат перечень задач для практической работы и список тем, отводимых на самостоятельное изучение. В изучении материалов данных методических указаний, магистранты должны расширить свои знания по изучаемым дисциплинам, а также данные методические указания направлены на формирования у магистрантов следующих знаний, умений и навыков:

знать о светотехнических, энергетических и монтажно-эксплуатационных характеристиках светодиодов и матриц;

уметь разрабатывать технологические процессы на светодиод белого цвета свечения различной сложности под руководством специалистов более высокой квалификации;

владеть навыками расчета теплового режима светодиода при его проектировании.

Оглавление

ЗАДАЧИ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	4
ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА, ОТВОДИМЫХ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ПРОРАБОТКУ.....	11
ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ КОНСПЕКТА САМОПОДГОТОВКИ.....	15
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	17

ЗАДАЧИ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Задача №1

Освещенность, необходимая при чтении, составляет $E = 30$ лк. Свет от лампы со светильником, находящейся на расстоянии $h = 1$ м, падает на рабочее место под углом $\alpha = 60^\circ$. Какой минимальной мощности следует взять лампу, если ее световая отдача $\eta = 100$ лм/Вт?

Дано:

Освещенность $E=30$ лк,

Расстояние от лампы $h=1$ м,

Угол падения света $\alpha = 60^\circ$,

Световая отдача $\eta = 100$ лм/Вт

Определить

Минимальную мощность лампы необходимую для чтения P .

Решение:

По формуле: $P = \frac{\Phi}{\eta}$ рассчитываем мощность

Находим Φ по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot 4\pi \cdot h^2}{\cos \alpha}$$

Ответ:

Минимальная мощность лампы необходимая для чтения составляет $P = 7,5$ Вт.

Индивидуальное задание

№	E , лк	h , м	α , °	η , лм/Вт
1	35	0,5	60	107
2	50	2	60	110
3	65	1,7	60	100
4	75	0,8	60	120
5	40	2,5	45	116
6	45	1	60	150
7	60	1,3	45	110
8	35	2	60	100
9	30	2,5	60	120
10	40	1	60	107

Определить минимальную мощность лампы P (Вт) необходимую для чтения.

Задача №2

Светодиодная лампа, потребляющая мощность 8 Вт, дает световой поток 800 лм, 40% этого потока направлено на поверхность 5 м². Определить среднюю освещенность поверхности.

Дано:

Мощность лампы $P=8$ Вт,

Световой поток $\Phi_0 = 800$ лм,

Площадь поверхности $S = 5$ м².

Определить: Среднюю освещенность $E_{\text{ср}}$.

Решение:

По определению, освещенность $E = \frac{\Delta\Phi}{S}$. В данном случае $\Delta\Phi$ составляет 40% всего светового потока Φ_0 излучаемого лампой, т.е. $\Delta\Phi = 0,4\Phi_0$. Весь световой поток $\Phi_0 = \eta N$. Тогда средняя освещенность, создаваемая лампой на площади S ,

$$E_{\text{ср}} = \frac{\Delta\Phi}{S} = \frac{0,4\Phi_0}{S} = \frac{320}{5} = 64 \text{ лк}$$

Ответ:

Средняя освещенность $E_{\text{ср}} = 64$ лк

Индивидуальное задание

№	P , Вт	Φ_0 , лм	S , м ²	% потока направлено на поверхность
1	4	413	3	50
2	6	513	4	40
3	4	453	6	60
4	6	5,5	3,5	60
5	7	5	4	50
6	8	3,5	3,5	40
7	2	3	6	50
8	6	3	5	30
9	4	3,5	4	40
10	7	2	5	50

Определить среднюю освещенность $E_{\text{ср}}$

Задача №3

Лампа, в которой светящимся телом служат 4 светодиодных излучающих элемента с площадью $S = 8,19 \text{ мм}^2$, дает силу света $I = 35 \text{ кд}$. Найти яркость лампы B , если сферическая колба лампы сделана из прозрачного стекла.

Дано:

Площадь излучающего элемента $S = 8,19 \text{ мм}^2$,

Сила света $I = 35 \text{ кд}$.

определить: яркость лампы B .

Решение:

Излучающей поверхностью являются поверхность четырех светодиодных излучающих элементов.

Яркостью B светящейся поверхности называется величина, численно равная отношению силы света с элемента излучающей поверхности к площади проекции этого элемента на плоскость, перпендикулярную к направлению наблюдения (т. е. к видимой поверхности элемента):

$$B = \frac{dI}{dS \cos \theta},$$

где θ — угол между нормалью к элементу поверхности и направлением наблюдения.

Т.к. лучи испускаются нормально на поверхность шарика, то $\theta = 0^\circ$, $\cos 0^\circ = 1$.

Видимая поверхность четырех светодиодных излучающих элементов:

$$B = \frac{I}{4S} = \frac{35}{4 \cdot 8,19} = 1,07 \times 10^6 \text{ кд/м}^2$$

Ответ:

Яркость лампы $B = 1,07 \times 10^6 \text{ кд/м}^2$

Индивидуальное задание

№	S , мм ²	I , кд
1	7,87	85
2	8,14	45
3	8,11	30
4	7,93	120
5	8,15	75
6	8,27	100
7	8,13	30
8	7,83	85
9	7,9	45
10	8,1	85

Определить яркость лампы B .

Задача №4

Какой мощности нужно взять электролампу для создания нормальной освещенности (100лк) обрабатываемой на станке детали, находящейся на расстоянии $R = 50$ см от лампы? Лучи от лампы падают нормально к поверхности детали. Световая отдача лампы $\eta = 120$ Лм/Вт.

Дано:

освещенность $E = 100$ лк,

расстояние $R = 50$ см,

угол нормали,

световая отдача лампы $\eta = 120$ Лм/Вт.

определить: мощность лампы N .

Решение:

Сила света лампы $I = ER^2$;

Световой поток, излучаемый лампой $\Phi = 4\pi I = 4\pi ER^2$;

Поскольку световая отдача $\eta = \Phi/N$ то

$$N = \frac{\Phi}{\eta} = \frac{4\pi ER^2}{\eta} = 2,6 \text{ Вт}$$

Ответ:

Мощность лампы $N = 2,6$ Вт.

Индивидуальное задание

№	E , лк	R , см	η , лм/Вт
1	100	20	107
2	100	30	110
3	100	60	100
4	100	70	120
5	100	40	116
6	100	35	150
7	100	60	110
8	100	55	100
9	100	55	120
10	100	35	107

Определить: мощность лампы N .

Задача №5

На каком расстоянии друг от друга следует подвешивать светодиодные лампы мощностью по $N = 8$ Вт и световой отдаче $\eta = 100$ Лм/Вт, что бы освещенность на поверхности рабочего места в точке, лежащей посередине между двумя лампами, была меньше $E = 100$ лк? Высота рабочего места $h_1 = 0,7$ м, расстояние от поверхности стола до лампы $h_2 = 3,5$ м, лампы подвешиваются на расстоянии $h_3 = 0,3$ м от стола.

Дано:

мощность лампы $N = 8$ Вт,

световая отдача $\eta = 100$ Лм/Вт,

освещенность $E = 100$ лк,

высота рабочего места $h_1 = 0,7$ м,

расстояние от поверхности стола до лампы $h_2 = 3,5$ м,

расстояние от лампы до стола $h_3 = 0,3$ м.

определить: расстояние между лампами l .

Решение:

Освещенность в точке M равна сумме освещенностей, создаваемых обеими лампами, и должна быть не меньше нормы E , т.е. $E_1 + E_2 \geq E$.

Исходя из симметрии $2E_1 = E \Rightarrow E_1 = E/2$;

$$E_1 = \frac{1}{r^2} \cos i;$$

$$r = \frac{h_2}{\cos i};$$

$$E_1 = \frac{l}{h_2^2} \cos^3 i;$$

$$l = 2h_2 \operatorname{tg} i$$

Косинус угла падения i равен:

$$\cos i = \sqrt[3]{\frac{E_1 h_2^2}{l}} = \sqrt[3]{\frac{E h_2^2}{2l}}$$

Ответ:

расстояние между лампами $l = 2h_2 \operatorname{tgi}$,

косинус угла падения $i \cos i = \sqrt[3]{\frac{E_1 h_2^2}{l}} = \sqrt[3]{\frac{E h_2^2}{2l}}$.

Индивидуальное задание

№	N , Вт	η , лм/Вт	E , лк	h_1 , м	h_2 , м	h_3 , м
1	4	107	100	0,5	3,8	0,5
2	6	110	50	1,2	4,1	0,25
3	4	100	65	0,8	3,3	0,7
4	6	120	75	1,5	3	0,4
5	7	116	40	1	3,9	0,6
6	8	150	65	1,3	4,1	0,55
7	2	110	60	0,9	3,6	0,55
8	6	100	100	1,1	4	0,3
9	4	120	85	1,4	3,4	0,45
10	7	107	80	1,3	3,3	0,6

Определить расстояние между лампами l .

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА, ОТВОДИМЫХ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ПРОРАБОТКУ

1. Классификация и особенности светодиодов и светодиодных матриц:

- индикаторные, средней мощности и мощные светодиоды;
- светодиодные матрицы с общей люминофорной композицией и с люминофорной композицией нанесённой на каждый кристалл матрицы;
- монолитные светодиодные матрицы;
- пространственное расположение люминофорной композиции.

Светодиод или светоизлучающий диод (СД, СИД, LED англ. Light-emitting diode) — полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока. Излучаемый свет лежит в узком диапазоне спектра. Его спектральные характеристики зависят во многом от химического состава использованных в нём полупроводников. Иными словами, кристалл светодиода излучает конкретный цвет (если речь идёт об СД видимого диапазона), в отличие от лампы, излучающей более широкий спектр и где конкретный цвет отсеивается внешним светофильтром.

Индикаторные светодиоды (ИЛТ) сегодня являются лидерами в повсеместном использовании. Появившись в 60-х годах, они быстро завоевали популярность, вытеснив лампы накаливания, используемых в качестве подсветки и индикации. А использование в данных светодиодах кристаллы с повышенной яркостью позволяют использовать их в мощных светоизлучающих устройствах (фонари, стоп-сигналы, индикаторные огни, светофоры, DIP-ленты и т.д.). На сегодняшний день практически ни одна бытовая техника не обходится без индикаторного светодиода. Существуют следующие стандартные типоразмеры индикаторных светодиодов : 3; 5; 4,8; 8 и 10мм.

Для производства светодиодного оборудования компания НТФ Светодиодное освещение использует светодиоды средней и большой мощности. Все они маркируются как светодиоды PLT.

2. Тепловые и оптические расчёты и моделирование.

3. ГОСТы и прогнозирование срока службы светодиода.

Согласно ГОСТ Р56231, координаты цветности после 2 000 ч работы не должны выходить за пределы допуска начального разброса.

4. Анализ процессов деградации светодиода связанных с перегревом.

При «разгоне» светодиодов можно увеличить срок службы посредством более сильного охлаждения кристалла, чем при нормальном режиме работы. Однако надо понимать, что даже при обеспечении нормального теплового режима срок службы светодиодов при «разгоне» все равно снижается, поскольку одной из причин деградации кристаллов является превышение силы тока над максимально допустимым значением.

5. Методы обеспечения оптимальных тепловых режимов.

Обеспечение нормального теплового режима является одной из главных задач, решаемых при проектировании РЭА. Как правило, меры, применяемые для обеспечения нормального теплового режима ЭРИ и РЭА, приводят к увеличению габаритных размеров и массы конструкции, а также дополнительным затратам электроэнергии. Вследствие этого необходимо найти оптимальное решение, компромиссное между необходимостью обеспечить нормальный тепловой режим ЭРИ и недопустимостью значительного увеличения потребления энергии, массы, габаритов и т.д. Обоснование применяемых мер может быть получено путем расчета тепловых режимов проектируемой аппаратуры и оптимального проектирования

системы обеспечения теплового режима при выполнении требуемой надежности РЭА.

6. Применяемые в производстве теплопроводящие материалы и конструкции.

Обеспечение эффективного теплового контакта путем применения соответствующих теплопроводящих электроизоляционных материалов имеет важное значение в различных отраслях промышленности.

7. Технологический процесс изготовления светодиодов и матриц:

- технологические операции монтажа кристаллов;
- соединения электрических выводов;
- приготовление люминофорной композиции;
- нанесение люминофорной композиции.

Типы корпусов СД. Посадка кристалла на теплоотвод, разварка выводов, световыводящая линза.

8. Технологический контроль в технологическом процессе.

Контроль технологического процесса производства обеспечивает своевременное выявление отклонений от установленного технологического режима и позволяет быстро устранить их. Для выполнения контроля применяют контрольно-измерительные приборы, за которыми наблюдают аппаратчики, лаборанты, сменный мастер или инженер. Контроль состоит в основном из замеров температуры, давления или разрежения в рабочем пространстве аппаратов, определения концентрации растворов по удельному весу или титрованием.

9. Классификация светодиодов и матриц по группам по их основным параметрам.

Основные характеристики светодиодов:

- сила света (эффективность);
- угол излучения;
- мощность;
- рабочий ток;
- цвет (температура свечения);
- деградация светодиода.

Способы контроля: Конспект самоподготовки, Выступление (доклад)
на занятии.

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ КОНСПЕКТА САМОПОДГОТОВКИ

Во введении даются краткая характеристика и современное состояние рассматриваемого вопроса. Указываются цель и задачи проекта, объект исследования, выполненные разработки и элементы новизны, привнесенные в процессе написания курсового проекта. Обосновывается актуальность выбранной темы.

Основная часть работы должна содержать вопросы тематики. Вначале описываются теоретические положения, раскрывающие сущность рассматриваемой проблемы, анализируются собранные материалы, характеризующие практическую сторону объекта исследования. Этот раздел работы следует иллюстрировать таблицами, схемами (диаграммами), фотографиями, проспектами и другими материалами. В расчетной части можно привести формулы, нормативные и статистические материалы, необходимые для обоснования отдельных положений. При использовании материалов из других источников следует делать сноски с указанием автора, названия и год издания книги или других материалов.

Заключение должно состоять из выводов и предложений, которые получены в результате работы. Их следует формулировать четко и по пунктам.

Список литературы содержит список учебной, научной литературы, научных статей, законодательных и нормативных актов и проч., (но не менее 10 источников литературы, из них не менее 5 на статьи в научных журналах, индексируемых РИНЦ, Scopus или Web of Science) использованных источников при выполнении конспекта самоподготовки.

Конспект самоподготовки должен содержать титульный лист, содержание, список используемой литературы и приложения. Объем работы должен составлять 15 страниц компьютерного текста, шрифт № 14 через 1,5 интервала, выровненный по ширине и в соответствии с ОС ТУСУР 01-2013

«Работы студенческие по направлениям подготовки и специальностям технического профиля».

Пример обозначения заголовков в реферате:

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ литературы

Методы и средства измерений

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шуберт Ф. Светодиоды / пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 496 с.
2. Nakamura S., Fasol G. The Blue Laser Diod (Springer, Berlin). – 1997. – С. 335.
3. Панков Ж. Оптические процессы в полупроводниках / пер с англ. Ж. Панков; под ред. Ж.И. Алфёрова и В.С. Вавилова – М.: Мир, 1973. – 456 с.
4. Коган Л.М. Полупроводниковые светоизлучающие диоды. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
5. Берг А., Дин П. Светодиоды // Пер с англ. А. Э. Юнович. – М.: Мир, 1979. –687 с.
6. Ландсберг Г.С. Оптика. Учеб. Пособие: Для вузов. – 6-е изд., стереот. – М. ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 848 с.
7. Энергоэффективное электрическое освещение: учебное пособие / С.М. Гвоздев, Д.И. Панфилов, Т.К. Романова и др.; под. ред. Л.П. Варфоломеева. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 288 стр.
8. Мешков В.В. Основы светотехники, ч.1 – М.: Энергия,1979.
9. Мешков В.В., Матвеев А.Б, Основы светотехники, Ч-2. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
10. Солдаткин В.С. Модернизация и исследование характеристик светодиода белого свечения для поверхностного монтажа. Автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.11.07 / гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники (ТУСУР) РАН. Томск, 2013.
11. В.Е. Бугров, К.А. Виноградова. Оптоэлектроника светодиодов. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 174 с.
12. Narukawa Y., Ichikawa M., Sanga D., Sano M., Mukai T. White light emitting diodes with super-high luminous efficacy // Journal of Physics: Applien Physics. – 2010. – № 43.
13. Воробьёв А.А., Воробьёва Е.В. и др. Моделирование теплового режима полупроводниковых приборов с различными типами теплоотводов //

Твердотельная электроника. Сер. 1, СВЧ-техника. – 2010. – Вып. 2(505). – С. 12-20.

14. Никифоров С. Температура в жизни и работе светодиодов // Компоненты и технологии. – 2006. – №54. – С. 42-47.

15. Абрамов В.С., Агафонов Д.Р., Шишов А.В., Щербаков Н.В., Рыжиков И.В., Сощин Н.П., Юнович А.Э. Белые светодиоды // Светодиоды и лазеры. – 2002. – №№1-2. – С. 25-29.

16. Шурыгина В. Твёрдотельные осветительные системы. Прощайте старые, добрые светильники // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. – 2008. – №5. – С. 88-97.

17. Радомский Н. Сравнительный анализ продукции ведущих производителей белых светодиодов // Полупроводниковая светотехника – 2010. – №4. – С. 6-12.

18. Бадгутдинов М.Л. Особенности излучательной рекомбинации в p-n-гетероструктурах InGaN/AlGaIn/GaN с множественными квантовыми ямами и светодиодах на их основе / Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.ф.-м.н., г. Москва. – 2007.

19. Кузнецов Г.Д., Сушков В.П., Кушхов А.Р., Ермошин И.Г., Билалов Б.А. Омические контакты к GaN // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2009. – № 3. – С. 4-13.

20. Zinovchuk A.V., Malyutenko O.Yu., Malyutenko V.K., Podoltsev A.D., Vilisov A.A. The effect of current crowding on the heat and light pattern in high-power AlGaAs light emitting diodes // Journal of Applied Physics. – 2008. – Т.104. – № 3. – С.033115.

21. Смирнова И.П., Марков Л.К., Павлюченко А.С., Кукушкин М.В. AlGaInN-светодиоды с прозрачным p-контактом на основе тонких пленок ITO // Физика и техника полупроводников. – 2012. – Т. 46. – № 3. – С. 384-388.

22. Юнович А.Э., Копьев П.С. Белые светодиоды на основе широкозонных гетероструктур с квантовыми ямами // Международный форум по нанотехнологиям „Rusnanotech – 2008”. – 2008. – Москва.

23. Бадгудинов М.Л., Гальчина Н.А., Коган Л.М., Рассохин И.Т., Социн Н.П., Юнович А.Э. Мощные светодиоды белого свечения для освещения // Светотехника. – 2006. – №3. – С.36-40.
24. Социн Н.П., Гальчина Н.А., Коган Л.М., Широков С.С., Юнович А.Э. Светодиоды „теплого“ белого свечения на основе р–n-гетероструктур типа InGaN/AlGaIn/GaN, покрытых люминофорами из иттрий-гадолиниевых гранатов // ФТП. – 2009. – Т.43. – вып. 5. – С.700-704.
25. Бадгудинов М.Л., Коробов Е.В., Лукьянов Ф.А., Юнович А.Э., Коган Л.М., Гальчина Н.А., Рассохин И.Т., Социн Н.П. Спектры люминесценции, эффективность и цветовые характеристики светодиодов белого свечения на основе р-п гетероструктур InGaIn/GaN, покрытых люминофорами // ФТП. – 2006. – Т.40. – вып. 6. – С. 758-163.
26. Гридин В.Н., Зайцев С.Н., Рыжиков И.В., Щербаков Н.В. Разработка нового поколения полупроводниковых источников освещения // Компьютерная оптика. – 2012. – Т.36. – № 4. – С.541-553.
27. Васильев А. Многокристальные источники света // Магазин свет. – 2010 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.magazine-svet.ru/analytics/62759/>
28. Брискина Ч.М., Румянцев С.И., Рыжков М.В., Социн Н.П., Спаский Д.А. Поиск оптимальных составов гранатовых люминофоров с Ce³⁺ для белых светодиодов // Светотехника. – 2012. – №05. – С. 37-39.
29. Социн Н.П. Светодиод + порошковый люминофор = новое качество света // Светодиоды и лазеры. – 2002. – №№1-2. – С.60-63.
30. Меркушев О.М., Ведерников Л.Г. Фотолюминофор на основе YAG, активированные Ce³⁺, в светодиодах белого света // Светодиоды и лазеры. – 2002. – №№1-2. – С.64.