

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.

Полимерные материалы для электроники и светотехники

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

Томск 2016

Солдаткин В.С., Вилисов А.А., Туев В.И., Каменкова В.С. Полимерные материалы для электроники и светотехники: Методические указания по практической и самостоятельной работе студентов. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. – 16 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 «Полимерные материалы для электроники и светотехники», 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 основы оформления, представления и аргументированно защищать результатов выбора полимерных материалов по техническим и функционально-стоимостным характеристикам для технологического процесса монтажа и герметизации светодиодного кристалла;

уметь оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выбора полимерных материалов для технологии монтажа и герметизации светодиодных кристаллах основываясь на результатах контроля и исследования основных технических характеристик;

владеть навыками монтажа и герметизации светодиодного кристалла применяя полимерные материалы, исследования технических характеристик, оформления, представления и аргументированной защиты результатов выбора технологических решений.

Оглавление

ЗАДАЧИ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	4
ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА, ОТВОДИМЫХ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ПРОРАБОТКУ	8
ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ КОНСПЕКТА САМОПОДГОТОВКИ.....	14
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	16

ЗАДАЧИ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Задача №1

Определить критический угол и долю вышедшего излучения из светодиодного кристалла GaN , $AlGaInP$, $GaAs$ помещенного в компаунд в воздух.

Дано:

Показатель преломления воздуха,

показатель преломления кристалла GaN , $AlGaInP$, $GaAs$,

$P_{внутр}$ мощность оптического излучения внутри кристалла

Определить

Критический угол $\varphi_{кр}$,

долю оптической мощности вышедшей из кристалла $P_{внеш}$.

Решение:

По формулам:

$$\varphi_{кр} = \arcsin\left(\frac{n_3}{n_1+n_2}\right),$$

$$\frac{P_{внеш}}{P_{внутр}} = \frac{1}{4} \left(\frac{n_3^2}{n_1^2+n_2^2} \right)$$

Рассчитаем значения $\varphi_{кр}$, и $P_{внеш}$.

Ответ:

Критический угол для GaN составляет $\varphi_{кр} = 14,47$ град., а доля вышедшего излучения в воздух $P_{внеш} = 3,8$ %.

Индивидуальное задание

№	n_1	n_2	n_3	$P_{внутр}, \text{ мВт}$
1	2,29	1,1	1	50
2	2,29	1,2	1	50
3	4,49	1,3	1	50
4	4,5	1,5	1	50
5	2,29	1,4	1	50
6	4,5	1,6	1	50
7	4,5	1,7	1	50
8	4,49	1,8	1	50
9	4,49	1,9	1	50
10	4,5	1,3	1	50

Определить значение критического угол $\varphi_{кр}$ и доли вышедшего излучения в воздух $P_{внеш}$.

Задача №2

Нагретый электронный элемент потребляет постоянное напряжение $U_{np} = 3,2 \text{ В}$ при прямом токе $I_{np} = 350 \text{ мА}$, расположен на медной пластине размерами $1000 \times 1000 \times 100 \text{ мкм}^3$ монтированной на диэлектрический клей, всё тепло от нагретого элемента проходит через данную пластину. Необходимо определить температуру электронного элемента, если температура окружающей среды составляет $T_{окр} = 25 \text{ }^\circ\text{С}$.

Дано:

$$U_{np} = 3,2 \text{ В},$$

$$I_{np} = 350 \text{ мА},$$

медная пластина с размерами $1000 \times 1000 \times 100 \text{ мкм}^3$,

толщина слоя клея 30 мкм ,

теплопроводность меди 400 Вт/м·К,

теплопроводность клея 20 Вт/м·К,

$$T_{окр} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Определить:

Температуру электронного элемента $T_э$.

Решение:

Определим тепловое сопротивление R_t , используя формулу:

$$R_t = \frac{\delta}{(\lambda_{Cu} + \lambda_k)S},$$

где δ – толщина слоя (м);

S – площадь слоя (м²);

λ_{Cu} – теплопроводность меди (Вт/м·К);

λ_k – теплопроводность клея (Вт/м·К).

$$R_t = \frac{0,00013}{(400+20)0,000001} = 0,31 \text{ К/Вт}.$$

Определим рассеиваемую мощность по формуле:

$$P = U_{np} \times I_{np},$$

$$P = 3,2 \text{ В} \times 0,35 \text{ А} = 1,12 \text{ Вт} = 1120 \text{ мВт}.$$

Определим температуру электронного элемента $T_э$ по формуле:

$$T_э = T_{окр} + (R_t \times P),$$

$$T_э = 25 \text{ } ^\circ\text{C} + (0,31 \text{ К/Вт} \times 1,12 \text{ Вт}) = 25,35 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Ответ

Температура электронного элемента $T_э = 25,35 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Индивидуальное задание

№	Пластины с размерами 1000 × 1000 × 100 мкм ³					
	U_{np} , В	I_{np} , В	$\delta_{\text{клея}}$, мкм	λ_{Cu} , Вт/м·К	λ_k , Вт/м·К	$T_{\text{окр}}$, °С
1	3,2	350	30	400	30	20
2	3,2	350	30	400	50	23
3	3,2	350	30	400	60	25
4	3,2	350	30	400	80	21
5	3,2	350	30	400	90	23
6	3,2	350	30	400	110	22
7	3,2	350	30	400	120	19
8	3,2	350	30	400	140	25
9	3,2	350	30	400	150	22
10	3,2	350	30	400	170	20

Определить температуру электронного элемента.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА, ОТВОДИМЫХ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ПРОРАБОТКУ

1. Технологическое оборудование для серийного производства светодиодов и светодиодных матриц по нанесению клея

Необходимо понимать, что производство будет состоять из последних стадий технологического процесса – сборки модулей, контроля качества и упаковки. Начальные стадии – выращивание кристаллов и эпитаксиальных пластин – высокотехнологические и наукоемкие процессы. В России ни одно предприятие не занимается таким производством. Процесс сборки светодиодных модулей начинается с операции монтажа кристаллов, который осуществляется с помощью токо- и теплопроводящего клея. Для этого процесса используют линию по производству светодиодных светильников, кристаллы подаются в виде пластин на липкой ленте, механизм определяет годные элементы и обрезает ленту в нужном месте. В производстве светодиодных ламп используются мощные кристаллы на сапфировых подложках, на основе GaN-структур, а для получения белого света их покрывают люминофором. Затем осуществляется механический и визуальный контроль на предмет сдвига кристалла.

Следующий этап первичного монтажа – заготовки светодиодов крепятся на плату вместе с элементами электропитания. Крепление осуществляется с помощью паяльной лампы. Готовые платы уже можно монтировать в светильник. Далее следует последнее контрольное испытание, на специальном стенде линии по производству светодиодов. Успешно прошедшие контроль качества изделия готовы к упаковке.

Для улучшения качественных характеристик можно использовать промежуточный процесс плазменной обработки изделий, для этого используются различные газы.

Эта операция проводится перед нанесением клея для более тщательного очищения поверхности, благодаря чему будет обеспечена максимальная фиксация и снижен процент брака.

2. Технологическое оборудование для серийного производства светодиодов и светодиодных матриц по нанесению люминофорной композиции.

Технологический процесс сборки светодиодного излучающего элемента выглядит следующим образом:

На металлическое основание приклеивают нитридные кристаллы планарного типа. Контакты кристаллов соединяют между собой последовательно при помощи ультразвуковой микросварки.

Для получения белого света свечения полученную конструкцию заливают компаундом, смешанным с люминофором. Компаунд представляет собой оптически прозрачный двухкомпонентный силиконовый каучук. Люминофор имеет максимум излучения на длине волны 555 нм при возбуждении монохроматическим источником излучения с длиной волны 460 нм.

3. Технологическое оборудование для серийного производства светотехнических устройств по нанесению теплопроводящей пасты для монтажа светодиодов и светодиодных матриц.

При конструировании осветительных приборов (светильников, прожекторов и т. д.), для обеспечения максимального времени наработки прибора на отказ, следует особое внимание уделять отводу тепла от светодиода. В качестве радиаторов хорошо подходят различные алюминиевые профили (уголки, швеллеры и т.д.), которые несложно найти в магазинах стройматериалов. Для уменьшения теплового сопротивления следует использовать теплопроводящую пасту или клей.

4. Теплопроводящей пасты для монтажа светодиодов и светодиодных матриц.

Важно учитывать, что для использования в современных светодиодных устройствах теплопроводящие пасты должны иметь широкий диапазон рабочих температур. Для уличного светильника такой диапазон может составлять от -50°C до $+100^{\circ}\text{C}$ и выше. Опыт показывает, что широко

распространенные и популярные на отечественных производствах традиционные теплопроводящие пасты в ряде случаев не отвечают таким жестким требованиям. Поэтому через относительно короткий период времени паста может высохнуть, потерять свои полезные свойства и, как следствие, теплопередача будет нарушена.

5. Полимерные материалы для монтажа и формирования вторичной оптики светодиодов и светотехнических устройств.

Полимерные органические материалы, как правило, наносятся с помощью жидкостных методов благодаря хорошей растворимости и нелетучести из-за высокого молекулярного веса полимерной цепочки.

6. Гониометрические методы определения показателя преломления полимерных прозрачных материалов и контрольно-измерительное оборудование.

Гониометрические методы измерения основаны на определении углов отклонения лучей образцом, изготовленным в виде призмы. Данный метод измерения обеспечивает высокую точность до $1,5 \cdot 10^{-5}$, а на уникальных гониометрах, например как динамический гониометр, до 10^{-6} .

Точность измерения показателя преломления зависит от выбранной призмы и условий для осуществлений измерений.

Гониометрические методы включают:

- метод наименьшего отклонения;
- метод автоколлимации.

7. Рефлектометрические методы определения показателя преломления полимерных прозрачных материалов и контрольно-измерительное оборудование.

Волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС) является таким видом системы передачи, при котором информация передается по оптическим диэлектрическим волноводам, известным под названием «оптическое волокно». На сегодняшний день оптическое волокно считается самой совершенной физической средой для передачи информации, а также самой

перспективной средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния. Волоконная оптика стала главной «рабочей лошадкой» процесса информатизации общества и тем самым обеспечила себе гарантированное развитие в будущем.

В настоящее время по всему миру поставщики услуг связи прокладывают за год десятки тысяч километров волоконно-оптических кабелей под землей, по дну океанов, рек, в тоннелях и коллекторах.

В процессе строительства и эксплуатации ВОЛС проводится целый комплекс измерений для определения технического состояния оптических волокон и накоплению статистических данных в целях разработки мер по повышению их надежности и качества.

Известно, что наиболее эффективным методом, решающим задачи измерения параметров ВОЛС, является метод рефлектометрии. Оптический рефлектометр является одним из основных диагностических приборов, позволяющим оценивать качество волоконно-оптических линий связи как при их прокладке и эксплуатации, так и при выпуске пассивных компонентов этих линий.

8. Методы контроля плотности полимерных материалов и контрольно-измерительное оборудование.

9. Методы контроля электропроводности полимерных материалов и контрольно-измерительное оборудование.

10. Методы контроля удельного объемного электрического сопротивления полимерных материалов и контрольно-измерительное оборудование.

11. Диэлектрические теплопроводящие клеи и параметры технологического процесса их отверждения.

Время жизни до термического отверждения клея отсчитывается от момента установки компонента до помещения всей системы в печь. При длительной задержке может происходить расслоение и растекание клея, что негативным образом сказывается на адгезии и теплопроводности материала.

Чем меньше размер компонента и количество нанесённого клея, тем быстрее он может высохнуть. Время жизни до термического отверждения клея может варьироваться от десятков минут до нескольких часов.

12. Электропроводные теплопроводящие клеи и параметры технологического процесса их отверждения.

Отверждение происходит при комнатной температуре. Выдержка для отверждения клея при 20°C составляет несколько минут. Процесс отверждения ускоряется при наличии на склеиваемой поверхности влаги. Время “схватывания” клеев составляет от нескольких секунд до нескольких минут в зависимости от состава клея, типа склеиваемого материала и влажности окружающей среды. Время полного отверждения 24 часа при 20 °С и относительной влажности воздуха не менее 55%. При относительной влажности воздуха менее 55%, а также с целью ускорения отверждения клеев рекомендуется применение активаторов, которые предварительно наносят на склеиваемые поверхности из раствора. В качестве активатора используют продукт АС-15, представляющий собой 15-20 % раствор N, N-диметиланилина в этиловом спирте, АВ-10- 10%-й водный раствор карбоната калия и некоторые другие. После нанесения активатора на поверхность дают открытую выдержку для удаления растворителя, затем поверхности склеивают по рекомендуемой для данного клея технологии.

13. Эпоксидные компаунды.

Технология нанесения обычного неорганического люминофора на кристалл тоже не отличается простотой - из-за седиментации трудно осуществить точную дозировку компаунда с введенным люминофорным порошком. Для решения этой проблемы был применен специальный оптический модификатор, вводимый в эпоксидный компаунд. Такое "know-how" позволило устранить процесс осаждения люминофора - люминофор равномерно распределяется по объему компаунда (он как бы «висит» в полимерной массе.), что очень важно. Во-первых, это позволяет увеличить квантовый выход за счет более полного облучения поверхности частичек

люминофора, и, во-вторых, позволяет добиться хорошей повторяемости результатов

14. Компаунды на основе силикона.

В ряде случаев для влагозащиты платы может быть использован теплопроводный силиконовый заливочный компаунд Dow Corning Sylgard 160. Это двухкомпонентный силиконовый компаунд, он обладает коэффициентом теплопроводности 0,62, низкой динамической вязкостью и широким диапазоном температур эксплуатации (от -50 до $+200^{\circ}\text{C}$).

15. Гелеобразные компаунды.

Полиуретан, используемый в компаунде, обладает высокой диэлектрической прочностью, а также вязкостью - при внешнем воздействии в нем появляются вмятины, но не трещины. Наряду с отличной адгезией к металлам и пластикам это делает его идеальным материалом для использования в кабельной изоляции. Еще одно преимущество полиуретанового компаунда состоит в том, что он не меняет диэлектрические свойства в жидком и полимеризованном состоянии. Это означает, что напряжение можно подавать сразу после окончания монтажа муфты: через 20 минут после заливки (при комнатной температуре) компаунд переходит из жидкого состояния в желеобразное, затем 2 часа требуется для отверждения, и в течение 24 часов наступает полная полимеризация.

Способы контроля: Конспект самоподготовки или реферат, Выступление с докладом или опрос на занятиях.

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. Полимерные материалы в светотехнике и электронике: Учебное пособие / Туев В. И., Вилисов А. А., Иванов А. А., Солдаткин В. С. - 2016. 47 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/6609>, свободный.
2. Оптические свойства твердых тел: Учебное пособие по дисциплине «Оптические свойства твердых тел» для магистров направления подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» программы академической магистратуры «Проектирование и технология микро- и наноэлектронных средств» / Симонова Г. В., Кистенева М. Г. - 2016. 126 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/5935>, свободный.
3. Наноэлектроника: Учебное пособие / Дробот П. Н. - 2016. 286 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/6436>, свободный.
4. Оптическое материаловедение: Учебное пособие / Симонова Г. В., Кистенева М. Г. - 2013. 148 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/2992>, свободный.
5. Физические основы оптоэлектроники: Учебное пособие / Давыдов В. Н. - 2013. 139 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3716>, свободный.
6. Александров С.Е., Греков Ф. Ф. Технология полупроводниковых материалов: Учебное пособие. 2-е изд., испр. - СПб.: Издательство "Лань", 2012 - 240 с. [Электронный ресурс]. - <https://e.lanbook.com/reader/book/3554/#4>
7. Теоретическая механика: Учебное пособие / Люкшин Б. А. - 2012. 303 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/1451>, свободный.