

Алексей Мальцев | malcev_mail.ru
Иван Мальцев |

Контроль качества и надежности светодиодов по тепловому сопротивлению p - n -переход–корпус

Стремительное развитие полупроводниковой светотехники привело к тому, что светодиоды стали использоваться не только в устройствах индикации, но и в качестве полноценных источников света. Появилось множество новых производителей, предлагающих свою продукцию по все более низким ценам, на рынок хлынул поток некачественного и контрафактного товара. В результате многие потребители стали разрабатывать собственные методы и средства проверки качества и надежности светодиодов. В настоящее время наиболее часто применяются контроль качества по светотехническим характеристикам, таким как сила света, спектр, угол излучения и т. д. Между тем эти параметры не связаны напрямую с показателем надежности светодиодов. Величина же теплового сопротивления, наоборот, сильно влияет на надежность прибора, поскольку от нее напрямую зависит перегрев кристалла полупроводника, приводящий к изменению яркости и спектра излучения, а также к внезапным отказам. Температура перехода светодиода будет тем меньше, чем ниже полное термосопротивление переход–окружающая среда. Нарушение теплового режима, работа p - n -перехода с температурой, близкой к максимальной, могут привести к сокращению срока службы светодиода в несколько раз.

При описании тепловой модели любого полупроводникового прибора принято считать, что полное термосопротивление состоит из суммы тепловых сопротивлений p - n -переход–корпус и корпус–окружающая среда. Если последнюю величину можно уменьшить с помощью специальных мер — использование радиаторов, внешнего обдува и т. п. [1], то тепловое сопротивление p - n -переход–корпус целиком определяется изготовителем радиоэлектронного компонента, его величина зависит от конструкции, используемых материалов и технологии изготовления светодиода. Эта характеристика обычно указывается в документации, и ее величина, а также разброс теплового сопротивления в партии иллюстрируют устойчивость

и качество технологического процесса и, следовательно, качество самого светодиода.

Для определения термосопротивления p - n -переход–корпус необходимо измерить перегрев кристалла светодиода относительно корпуса. Для этой цели существуют различные методики, однако наиболее распространенной является та, при которой тепловое сопротивление корпус–среда необходимо сделать много меньше термосопротивления p - n -переход–корпус. В реальном стационарном режиме поверхность корпуса полупроводникового прибора может иметь значительный градиент температуры. Поэтому точность показателей будет зависеть от выбора точки измерения. Если тепловое сопротивление корпус–окружающая среда минимально, то можно считать, что температура корпуса имеет минимальный градиент и близка к температуре окружающей среды. Для выполнения этого условия необходимы специальные меры по охлаждению корпуса светодиода, и от их эффективности во многом зависит точность измерения термосопротивления p - n -переход–корпус. Если светодиод имеет пластину для отвода тепла, необходимо применять радиатор с обдувом вентилятором. Для маломощных светодиодов замеры проводятся в сосуде с перемешивающейся жидкостью [2].

Определение теплового сопротивления производилось с помощью специально разработанного тестера. Для уменьшения тепловых потерь в системе корпус–среда испытываемые светодиоды располагались в сосуде с интенсивно перемешивающейся диэлектрической жидкостью. Чтобы не исказить результаты измерений и не вывести из строя исследуемый компонент, она должна обладать химической инертностью, иметь высокие охлаждающие и диэлектрические свойства и низкую кинематическую вязкость. По комплексу параметров предпочтение было отдано кремнийорганическим полиметилсилоксановым жидкостям марки ПМС5 и ПМС10 с кинематической вязкостью 5–10 сСт (сантистоксов). В качестве информативного параметра для измерения температуры кристалла было выбрано прямое падение напряжения на светодиоде. Измерение

проводилось по ГОСТ 19656.15-84. (Метод II): определялись термосопротивление p - n -переход–корпус и импульсное тепловое сопротивление с использованием зависимости прямого напряжения диода от температуры и разогрева импульсами прямого тока. На первом этапе вычислялся температурный коэффициент напряжения (ТКН). Как показали исследования и обзор литературы, зависимость прямого напряжения от температуры у светодиодов линейная, поэтому для вычисления ТКН достаточно снять показания с двух точек. Светодиод помещают в термостат, пропускают через него ток небольшой силы и замеряют прямое напряжение при двух фиксированных значениях температуры. Второй этап — непосредственно измерение. Исследуемый светодиод помещают в сосуд с перемешивающейся жидкостью и пропускают через него импульсы прямого тока, максимального для данного типа изделий, длительностью, в три раза превышающей время тепловой релаксации светодиода. Более подробно с методами измерения теплового сопротивления переход–корпус можно познакомиться в литературе [2–4].

Испытания проводились для трех типов светодиодов фирмы Arlight. Образцы каждого из трех типов были взяты из одних упаковок. ARL2-5053 URS-2cd (красные) — 21 шт., ARL2-5053 UBS-1,8cd (синие) — 34 шт., ARL2-5053 UWC-1,8cd (белые) — 50 шт. Количество светодиодов в выборке определялось по мере проведения исследований. Если при испытаниях изделия в партии показывали большой разброс теплового сопротивления, выборка увеличивалась. На все типы исследуемых светодиодов подавалась мощность 140 мВт, равная максимальной мощности, рассеиваемой ими. Соблюдение этого условия необходимо, поскольку чем выше мощность, тем выше точность измерений термосопротивления. Надо учитывать, что испытания проводятся в сосуде с интенсивно перемешивающейся жидкостью, то есть отвод тепла от светодиода максимально эффективен. В реальных условиях в таком режиме использовать светодиод нежелательно, есть вероятность выхода его из строя. Тепловое сопротивление корпус–среда для такого типа

корпуса имеет порядок 150–200 °C/Вт, следовательно, общее тепловое сопротивление может достигнуть величины 250–300 °C/Вт. При расчете значения для p - n -переход–корпус надо также учитывать, что светодиоды имеют достаточно высокий КПД, поэтому следует использовать тепловую мощность, рассеиваемую на светодиоде, которая будет меньше общей мощности, подаваемой на светодиод, на вели-

чину КПД. Точное значение КПД исследуемых светодиодов неизвестно, поэтому КПД был выбран равным 0,2 (согласно приведенным в литературных источниках и Интернете данным). На рис. 1–3 приведены значения тепловых сопротивлений p - n -переход–корпус трех типов светодиодов. По горизонтали — номера образцов, по вертикали — тепловое сопротивление (°C/Вт).

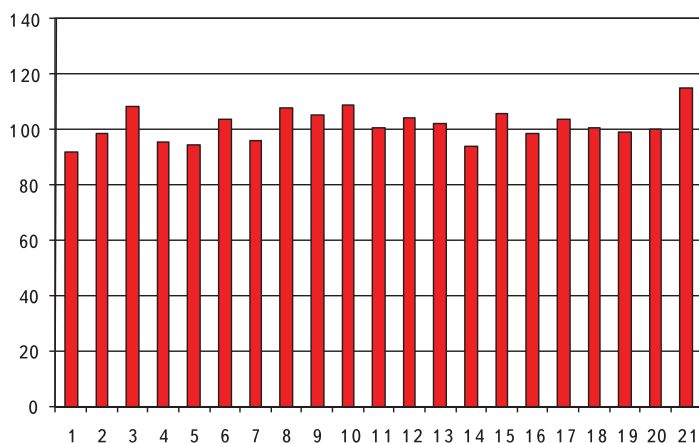


Рис. 1. Тепловые сопротивления p - n -переход–корпус светодиодов ARL2-5053URS-2cd (красные)

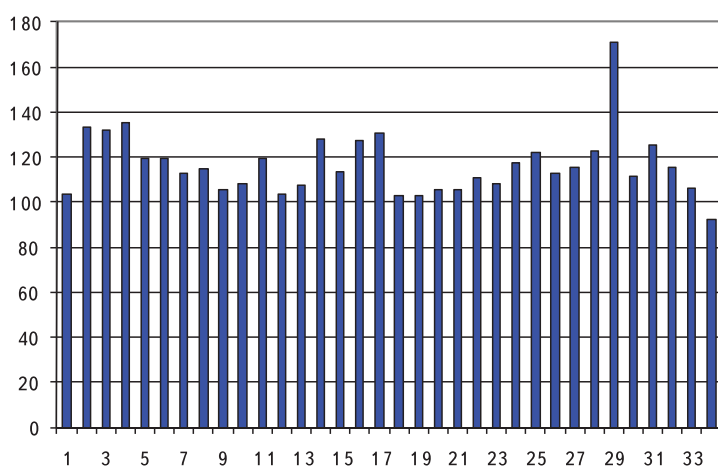


Рис. 2. Тепловые сопротивления p - n -переход–корпус светодиодов ARL2-5053UBS-1,8cd (синие)

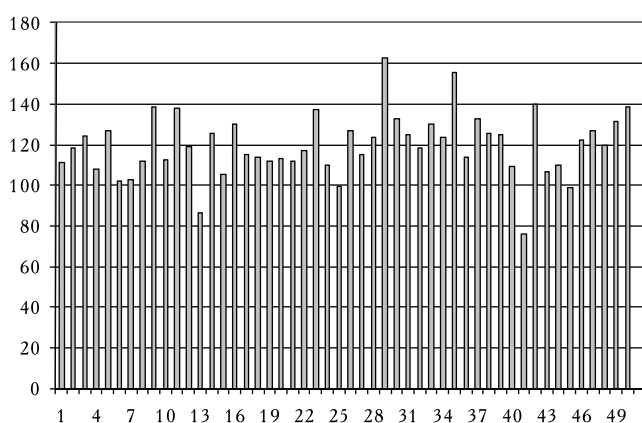


Рис. 3. Тепловые сопротивления p - n -переход–корпус светодиодов ARL2-5053UWC-1,8cd (белые)

Результаты исследования

Результаты исследований образцов светодиодов показывают, что тепловое сопротивление светодиодов ARL2-5053URS-2cd (красные) находится в пределах 94–115 °C/Вт, светодиодов ARL2-5053UBS-1,8cd (синие) лежит в пределах 92–170 °C/Вт, а светодиодов ARL2-5053UWC-1,8cd (белые) — 75–162 °C/Вт. Также удалось определить, что светодиоды ARL2-5053URS-2cd (красные) имеют термосопротивление в партии в среднем 101,6 °C/Вт, разброс значений 9,5%. У светодиодов ARL2-5053UBS-1,8cd (синие) среднее тепловое сопротивление в партии 117 °C/Вт, разброс 45%. Светодиоды ARL2-5053UWC-1,8cd (белые) показали в среднем 120 °C/Вт, разброс 53%. Таким образом, красные ARL2-5053URS-2cd имеют наименьшее среднее сопротивление и наименьший разброс теплового сопротивления в партии, следовательно, технологический процесс их изготовления был более качественным. Из 34 шт. ARL2-5053UBS-1,8cd (синие) 7 шт. имеют тепловые сопротивления значительно выше среднего, а один — аномально высокое. Белые ARL2-5053UWC-1,8cd имеют самое большое среднее тепловое сопротивление и наибольший разброс значений в партии. Из 50 экземпляров 6 штук показали значительное превышение термосопротивления над средним уровнем, следовательно, они имеют высокую вероятность выхода из строя. Высокий перегрев белых и синих светодиодов будет способствовать быстрой деградации кристаллов и приведет к уменьшению яркости и изменению спектра излучения, а также внезапным отказам светодиодов в результате теплового пробоя. По степени разброса теплового сопротивления p - n -переход–корпус можно судить как о качестве изделий данного типа, так и о конкретной партии элементов.

Как видно из результатов исследований, величина теплового сопротивления p - n -переход–корпус может быть выбрана в качестве показателя надежности. Ее измерение позволяет отбраковать светодиоды на этапе входного контроля и повысить тем самым надежность работы аппаратуры в целом.

Литература

1. Староверов К. Системы охлаждения для светодиодов // Новости электроники. 2008. № 17.
2. Федоренко Ю. С., Закс Д. И., Долматов Т. В. Условия однозначного определения тепловых параметров микросхем // Электронная техника. Сер. 8. 1974. Т. 28. № 10.
3. Зигель Л. Измерение теплового сопротивления — ключ к обеспечению нормального охлаждения полупроводниковых компонентов // Электроника. 1978. № 14.
4. ГОСТ 19656.15-84. Дiodы полупроводниковые СВЧ. Методы измерения теплового сопротивления переход–корпус и импульсного теплового сопротивления.