

Передаточная функция гиросtabilизатора в соответствии с рис. 2. и с (2) имеет вид:

$$\frac{\alpha(s)}{M_p(s)} = (T_B^2 s^2 + 2\xi_B T_B + 1) \div \left\{ s \left[AT_B^2 s^3 + T_B (2A\xi_B + T_B b_p) s^2 + (A + 2\xi_B T_B b_p) s + (b_B + K_{MB} K_{ДС1} K_{У1}) \right] \right\} \quad (4)$$

Из (4) следует, что в установившемся режиме гиросtabilизатор с ВОГ, как и с любым другим датчиком угловой скорости, имеет дрейф со скоростью:

$$\dot{\alpha} = \omega_{ДР} = M(b_p + K_{MB} K_{ДС1} K_{У1}).$$

Имея в виду температурную зависимость величины K_{MB} [4], следует ожидать и зависимость дрейфа гиросtabilизатора от температуры.

Предположим, что все звенья в цепи стабилизации безинерционные, за исключением платформы и рамы, тогда для качественной оценки поведения гиросtabilизатора с ВОГ на качающемся основании можно применить отношение:

$$\frac{\alpha(s)}{\gamma(s)} = - \frac{i^2 (J_p s^2 + h_p)}{A s^2 + (b_p + i K_{MB} K_p) s + i^2 h_p} \quad (5)$$

где A – момент инерции ИГС относительно оси подвеса;

J_p – осевой момент инерции двигателя стабилизации;

i – коэффициент передачи редуктора;

b_p, h_p – коэффициенты вязкого трения в осях подвеса платформы ИГС и в подшипниках ротора двигателя;

K_p – коэффициент передачи по каналу стабилизации;

γ – угол качки основания;

α – угол поворота платформы ИГС.

Отношение (5) можно использовать для предварительного частотного анализа поведения гиросtabilизатора на качающемся основании.

1. Лукьянов, Д.П., Распопов, В.Я., Филатов, Ю.В. Прикладная теория гироскопов. Учебник.- СПб.: ГНЦ РФ – ОАО «ЦНИИ «Электроприбор», 2015. – 315 с.
2. Распопов, В.Я. Теория гироскопических систем. Гиросtabilизаторы. Тула: Издательство ТулГУ, 2016. – 388с.
3. Интерферометрические волоконно-оптические гироскопы с линейным выходом. Прилуцкий, В.Б. и др. // Сб. материалов XI Санкт-Петербургской Международной конференции по интегрированным навигационным системам. – СПб., 2004. – С. 129-136.
4. Распопов, В.Я. Микромеханические приборы.- М.: Машиностроение, 2007.- 399 с.

УДК.628.984

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ

Савкова Т.Н., Кравченко А.И., Колесник Ю.Н.

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого
Гомель, Республика Беларусь*

Изменение принципов конструирования световых осветительных приборов с использованием светодиодов (СД) продиктовано физическими процессами полупроводников. Одним из основных способов создания надёжных и эффективных светодиодных приборов основан на параллельном планировании тепловых, электрических, оптических и спектральных свойств источника освещения [1].

Важнейшая проблема при проектировании световых приборов с СД – обеспечение требуемого теплового режима СД. Большинство параметров СД, в основном определяющие их превосходство над другими источниками света – срок службы и световая отдача – сильно зависят от температуры активной области. Превышение температуры « $p-n$ » – перехода ведёт к уменьшению светового потока и ускоренной деградации кристалла. На температуру перехода влияет путь распределения тепла между переходом и окру-

жающей средой (определяется тепловым сопротивлением), мощность рассеивания светодиода, температура окружающей среды, а также ток питания [2,3].

Существует несколько способов определения температуры активной области светодиодов. Методы, основанные на зависимости прямого напряжения светодиода от температуры [4] – [8], являются косвенными, контактными, требующие калибровочных измерений.

По методу [9], температура « $p-n$ » – перехода определяется по смещению спектрального максимума излучения в область коротких длин волн при повышении температуры. Данный способ характеризуется большой погрешностью из-за наличия шумов и возможной интерференции в спектре излучения СИД. Отличительной особенностью метода [10], является определение зависимостей длины волны от температуры для заданных точек в выбранной длинноволновой

части спектра излучения светодиода.

Еще один метод основан на применении рамановской спектроскопии, с помощью которой может быть определена температура различных слоев структуры [11]. Для светодиодов, у которых в качестве подложки используется сапфир, температура может быть определена с помощью оптического измерения длин волн линий, излучаемых хромом (Cr3+), который находится в подложке в виде примеси [12].

Целью данной работы является разработка метода определения тепловых характеристик мощных светодиодов (СД): мощности тепловых потерь, температуры «*p-n*» – перехода, теплового сопротивления и т.д.

Определение тепловых характеристик СД проводилось с использованием экспериментальной установки (рис.1), основными элементами которой являются: калориметр, микроконтроллер, блок питания и персональный компьютер.

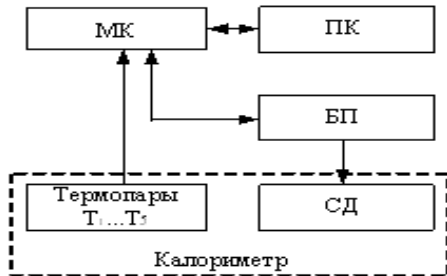


Рисунок 1 – Блок-схема экспериментальной установки для определения тепловых характеристик СД: МК – микроконтроллер, БП – блок питания, СД – светодиод (ARPL–3W6000), ПК – персональный компьютер

В калориметр устанавливали радиатор в форме усеченной сферы из металла с высокой теплопроводностью с закреплённым на нём СД. Съёмная крышка калориметра имела технологическое отверстие для вывода светового излучения СД. Измерение температуры осуществлялось термопарами, установленными на излучающей поверхности, корпусе и подложке СД, радиаторе, а также на корпусе калориметра.

Управление блоком питания, измерение ЭДС термопар, первичная обработка результатов измерений, а также передача этих данных в ПК осуществлялась программируемым микроконтроллером «Arduino».

Измерения температуры проводились при токах от 0,1 – 1,0 А через «*p-n*» – переход СД.

По измеренным температурам элементов поверхности СД, радиатора и калориметра на основании закона Стефана–Больцмана и формулы Ньютона определялась энергия теплового излучения и энергия, уносимая конвекционным потоком. В целом, энергия тепловых потерь ««*p-n*» – переход – окружающая среда» при установленном токе в условиях стационарного режима за

время измерения определялась соотношением:

$$Q_T = Q_J + Q_S + Q_B + Q_C, \quad (1)$$

где Q_J , Q_S , Q_B и Q_C – тепловые потери энергии с поверхности линзы, корпуса, подложки СД и радиатора.

Тепловая энергия, приходящая от активной области (АО) и рассеиваемая поверхностями линзы и корпуса СД (других элементов) на основании закона Фурье в условиях стационарного режима определяется соотношениями:

$$Q_{Jl} = \frac{\lambda_{Jl} \cdot S_{Jl}}{d_{Jl}} \cdot (T_J - T_{Jl}) \cdot t \quad (2)$$

$$\text{и } Q_{Js} = \frac{\lambda_{Js} \cdot S_{Js}}{d_{Js}} \cdot (T_J - T_s) \cdot t, \quad (3)$$

где λ_{Jl} и λ_{Js} – теплопроводность среды, заполняющей пространство между активной областью и поверхностями линзы и корпуса СД; S_{Jl} и S_{Js} – площадь поверхностей линзы и корпуса СД; d_{Jl} и d_{Js} – средние расстояния от АО СД до поверхности линзы и корпуса; T_J , T_{Jl} и T_s – температуры «*p-n*» – перехода, поверхности линзы и корпуса, соответственно; t – время измерения. Записав эти соотношения для двух токов I_1 и I_2 , после несложных вычислений, получим температуры АО T_{J1} и T_{J2} :

$$T_{J1} = n_2 \cdot T_{J2} - n_2 \cdot T_{J2} + T_{J1}$$

$$\text{и } T_{J2} = \frac{T_{J1} - T_{s1} + n_2 \cdot T_{s2} - n_1 \cdot T_{J2}}{n_2 - n_1}, \quad (5)$$

$$\text{где } n_1 = \frac{Q_{J1}}{Q_{J2}} \text{ и } n_2 = \frac{Q_{s1}}{Q_{s2}}.$$

Рассчитанные величины энергии (мощности) тепловых потерь и температуры АО СД позволяют определить ряд составляющих теплового сопротивления СД, энергетический выход, энергию и мощность светового излучения. Так, для токов $I_1 = 0.35\text{A}$ и $I_2 = 0.7\text{A}$ через «*p-n*» – переход СД (ARPL–3W6000): мощности тепловых потерь составили – 0.67 и 1.65Вт; мощности светового излучения – 0.41 и 0.75Вт; энергетическая эффективность – 38% и 31%; температуры АО – 85 и 149 °С; тепловое сопротивление «АО – окружающая среда» – 84 и 73°С/Вт, соответственно. Погрешность определения тепловых параметров СД составила порядка 10%.

Таким образом, предложен калориметрический метод определения тепловых характеристик мощных светодиодов, который может быть использован для контроля их качества, а также при проектировании осветительных устройств.

1. Менжини, М. Разработка надежных светодиодных источников освещения / М. Менжини, Г. Менжессо, Э. Занони, М. Да Лаго, Н. Тривеллин // Полупроводниковая светотехника, – 2013, №5, – С. 61–64.
2. Миранович, В. Мощные светодиоды: особенности применения, проблемы и методы решения на примере светодиодов компании Prolight Opto Technology / В. Миранович, И. Филоненко // Электронные компоненты, – 2007, №6, – С. 45–49.
3. Xi Y. Junction-temperature measurement in GaN ultraviolet light-emitting diodes using diode forward voltage method / Y. Xi, E.F. Shubert // Appl. Phys. Lett. – 2004. – Vol. 85. – P. 2163.
4. Y. Xi, J. – Q. Xi, Th. Gessmann, J.M. Shah, J.K. Kim, E.F. Schubert, A.J. Fisher, M.H. Crawford, K.H.A. Bogart, A.A. Allerman. Appl. Phys. Lett., 86, 031 907 (2005).
5. Пат. US 2010/0004892 A1 /Ming-Te LIN, Knang-Yu Tai, Jyh-Chen Chen, Farn-Shiun Hwu. Method for Measuring PN-Junction Temperature of Light-Emitting Diode; опубл. 14.01.2009. Бюл. № 12/353, 294.
6. Пат. US 2011/0031903 A1 / V.N. Hoang, R. Surdeanu, P. Bracken, B. Bataillou, D.V. Steenwinekel. System and method for estimating the junction temperature of a light emitting diode; опубл. 27.01.2009. Бюл. № 12/863, 744.
7. Пат. US 2010/0315019 / G. Hoogzaad, Schmitz, H. M. Wilhelmus, R. Surdeanu. Led driver circuit and method, and system and method for estimating the junction temperature of a light emitting diode; опубл. 27.01.2009. Бюл. № 12/863, 740.
8. Пат. US 2009/0306912 A1 / J.-C. Chen, F.-S. Hwu, G.-J. Sheu, K.-C. Chen, F.-L. Lin. Method of measuring LED junction temperature; опубл. 20.08.2008. Бюл. № 12/194, 591.
9. Пат. US 2008/0205482 A1 / D. Cao, Z. –H. Lin. Method and testing equipment for LEDs and Laser diodes; опубл. 23.02.2007. Бюл. № 11/678, 243.
10. Патент № 2011147653/ А.Н. Пихтин, С.А. Тарасов, Е.А. Менькович. Способ определения температуры активной области светодиодов; опубл. 23.02.2007. Бюл. № 11/678, 243.
11. Kuball M. Self-Heating effects at high Pump Currents in Deep UV LED /M. Kuball, S. Pajasingam, A. Sarua et al. // Appl.Phys.Lett. 2003. Vol. 82. P. 124.
12. Winewisser C. In-situ temperature measurements via ruby R-lines of sapphire substrate based InGaN light emitting diodes during operation / C. Winewisser, J. Schneider // J. Appl. Phys. 2001. Vol. 89. – P. 3091.

УДК 531.31

БЕСПЛАТФОРМЕННАЯ ИНЕРЦИАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Сапегин А.Н., Норенко М.В.

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт им. И. Сикорского»
Киев, Украина*

В современной технике наблюдается большой рост различных робототехнических средств, беспилотных подвижных объектов. Миниатюрность объектов не позволяет использовать классические типы систем для решения задач ориентации, навигации и управления, поэтому построение и исследование микромеханических чувствительных элементов и систем является особенно актуальным в настоящее время [1].

Технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС) непрерывно развиваются и каждым годом какие, точность становится больше. Уменьшение размеров и требований к питанию датчиков делает их более универсальными в использовании. Еще одно из преимуществ МЭМС технологий является то, что выходной сигнал цифровой, что в свою очередь улучшает качество и скорость обработки данных. Но несмотря на преимущества подобные датчики проигрывают в точности классическим волоконно-оптическим и

лазерным гироскопом.

Одной из передовых компаний разрабатывающих МЭМС технологии является Sensorog – норвежский производитель и разработчик инерциальных датчиков и датчиков давления. С 2009 года компания сосредоточилась на выпуске МЭМС гироскопов, а основную линейку продуктов составили гироскопы ST202, STIM210 [4] и инерциальных измерительных модуль STIM300, который представлен на рисунке 1.

Несмотря на размеры 39мм на 45мм на 22мм STIM 300 содержит в себе 3 гироскопа, 3 акселерометра и 3 инклинометра, которые приближаются по точности к волоконно-оптическим гироскопам. Датчик устойчив к воздействиям магнитного поля и удара, частота обновления данных 2000 Гц и имеет цифровой выход RS422 со скоростью передачи 1,84 Mbit c.