

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 20248

(13) С1

(46) 2016.08.30

(51) МПК

H 01L 21/66 (2006.01)

G 01R 31/26 (2014.01)

(54)

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГИИ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПРИ ИСПЫТАНИИ МОЩНОГО ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО СВЕТОДИОДА

(21) Номер заявки: а 20131127

(22) 2013.09.30

(43) 2015.04.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого" (ВУ)

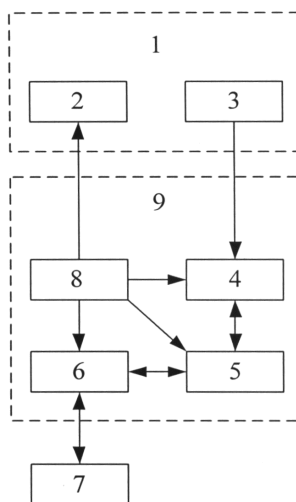
(72) Авторы: Савкова Татьяна Николаевна; Кравченко Александр Ильич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого" (ВУ)

(56) RU 2300115 С1, 2007.
RU 2178893 С1, 2002.
RU 2473149 С1, 2013.
UA 100604 С2, 2013.
KR 2013/0034708 А.
WO 2013/122442 А1.

(57)

Способ измерения энергии тепловых потерь при испытании мощного полупроводникового светодиода, при котором устанавливают в калориметр с отверстием для вывода излучения указанный светодиод и подают на него напряжение, поддерживая постоянную потребляемую мощность, измеряют температуру корпуса калориметра с блоком из металла с высокой теплопроводностью, не проводящей электрический ток жидкости внутри калориметра с большой удельной теплоемкостью, температуру крепежа калориметра и подложки светодиода, температуру окружающей среды в процессе работы светодиода за определенный период времени t ; по результатам измерений определяют энергию тепловых потерь Q в соответствии с выражением:



Фиг. 1

ВУ 20248 С1 2016.08.30

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3,$$

где Q_1 - тепловая энергия, испускаемая поверхностью светодиода, которую определяют как сумму энергии теплового излучения поверхности светодиода $Q_{\text{и}}$ и тепловой энергии конвекционного потока с поверхности светодиода $Q_{\text{к}}$:

$$Q_1 = Q_{\text{и}} + Q_{\text{к}},$$

энергию теплового излучения поверхности светодиода $Q_{\text{и}}$ определяют в соответствии с выражением:

$$Q_{\text{и}} = \alpha \cdot \sigma \cdot T_{\text{А}}^4 \cdot s_1 \cdot t,$$

где α - коэффициент черноты поверхности светодиода; σ - постоянная Стефана-Больцмана; $T_{\text{А}}$ - температура на поверхности светодиода; s_1 - площадь излучающей поверхности светодиода; t - время проведения измерений;

тепловую энергию конвекционного потока с поверхности светодиода определяют в соответствии с выражением:

$$Q_{\text{к}} = \gamma \cdot (T_{\text{А}} - T_0) \cdot s_1 \cdot t,$$

где γ - коэффициент теплоотдачи; T_0 - температура окружающей среды;

тепловую энергию Q_2 , которая пошла на нагрев блока из металла с высокой теплопроводностью, крепежа, подложки светодиода, жидкости и корпуса, определяют в соответствии с выражением:

$$Q_2 = c_{\text{бл}} \cdot m_{\text{бл}} \cdot \Delta T_{\text{бл}} + (c_{\text{кр}} \cdot m_{\text{кр}} + c_{\text{пд}} \cdot m_{\text{пд}}) \cdot \Delta T_{\text{пд}} + c_{\text{ж}} \cdot m_{\text{ж}} \cdot \Delta T_{\text{ж}} + c_{\text{тм}} \cdot m_{\text{тм}} \cdot \Delta T_{\text{тм}},$$

где $c_{\text{бл}}$ - удельная теплоемкость материала блока; $m_{\text{бл}}$ - масса материала блока; $\Delta T_{\text{бл}}$ - приращение температуры материала блока за время измерения; $c_{\text{кр}}$ - удельная теплоемкость материала крепежа; $m_{\text{кр}}$ - масса крепежа; $c_{\text{пд}}$ - удельная теплоемкость материала подложки светодиода; $m_{\text{пд}}$ - масса подложки светодиода; $\Delta T_{\text{пд}}$ - приращение температуры подложки светодиода за время измерения; $c_{\text{ж}}$ - среднее значение удельной теплоемкости жидкости; $m_{\text{ж}}$ - масса жидкости; $\Delta T_{\text{ж}}$ - приращение температуры жидкости за время измерения; $c_{\text{тм}}$ - удельная теплоемкость материала корпуса; $m_{\text{тм}}$ - масса корпуса; $\Delta T_{\text{тм}}$ - разность средней и начальной температуры корпуса;

тепловую энергию Q_3 , уносимую с внешней поверхности корпуса конвекционным потоком, определяют исходя из выражения:

$$Q_3 = \gamma \cdot (T_{\text{Фр}} - T_0) \cdot s_2 \cdot t,$$

где s_2 - площадь внешней поверхности корпуса; $T_{\text{Фр}}$ - средняя температура на поверхности корпуса.

Изобретение относится к испытаниям мощных полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД) мощностью более трех ватт, а именно к способу определения энергии тепловых потерь, выделяющейся при работе СИД, и может быть использовано для контроля их качества, а также при проектировании осветительных устройств.

Из существующего уровня техники известен способ измерения средней мощности тепловых потерь по измерению средней мощности светового излучения с использованием калиброванного спектрометрического комплекса с интегрирующей сферой, где световое излучение исследуемого СИД направляют в интегрирующую сферу и сравнивают с излучением эталонной лампы [1]. Далее через световод из оптического волокна излучение подают в спектрометр, цифровой измеритель мощности и персональный компьютер. Результаты измерений обрабатывают с помощью программных комплексов на персональном компьютере [2].

Данный способ обладает следующими недостатками:

не позволяет учитывать изменение температуры во время измерения, что существенно влияет на увеличение погрешности;

использование дорогостоящего и сложного измерительного оборудования.

Близким по технической сущности является способ определения теплового сопротивления переход - корпус силовых полупроводниковых приборов [3], в ходе осуществления которого определяется средняя мощность тепловых потерь корпуса полупроводникового прибора по энергии электрических потерь в полупроводниковом приборе на n -м интервале измерений. Однако этот способ не учитывает энергию тепловых потерь с излучающей поверхности полупроводникового светодиода и не может обеспечить достаточную точность определения средней мощности тепловых потерь светодиода.

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является разработка способа измерения энергии тепловых потерь светодиода, повышение достоверности полученного результата при значительном удешевлении способа.

Способ измерения энергии тепловых потерь при испытании мощного полупроводникового светодиода, при котором устанавливают в калориметр с отверстием для вывода излучения указанный светодиод и подают на него напряжение, поддерживая постоянную потребляемую мощность, измеряют температуру корпуса калориметра с блоком из металла с высокой теплопроводностью, непроводящей электрический ток жидкости внутри калориметра с большой удельной теплоемкостью, температуру крепежа калориметра и подложки светодиода, температуру окружающей среды в процессе работы светодиода за определенный период времени t ; по результатам измерений определяют энергию тепловых потерь Q в соответствии с выражением:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3,$$

где Q_1 - тепловая энергия, испускаемая поверхностью светодиода, которую определяют как сумму энергии теплового излучения поверхности светодиода Q_u и тепловой энергии конвекционного потока с поверхности светодиода Q_k :

$$Q_1 = Q_u + Q_k,$$

энергию теплового излучения поверхности светодиода Q_u определяют в соответствии с выражением:

$$Q_u = \alpha \cdot \sigma \cdot T_A^4 \cdot s_1 \cdot t,$$

где α - коэффициент черноты поверхности светодиода; σ - постоянная закона Стефана-Больцмана; s_1 - площадь излучающей поверхности светодиода; T_A - температура на поверхности светодиода; t - время проведения измерений;

тепловую энергию конвекционного потока с поверхности светодиода определяют в соответствии с выражением:

$$Q_k = \gamma \cdot (T_A - T_0) \cdot s_1 \cdot t,$$

где γ - коэффициент теплоотдачи; T_0 - температура окружающей среды;

тепловую энергию Q_2 , которая пошла на нагрев блока из металла с высокой теплопроводностью, крепежа, подложки светодиода, жидкости и корпуса, определяют в соответствии с выражением:

$$Q_2 = c_{\text{бл}} \cdot m_{\text{бл}} \cdot \Delta T_{\text{бл}} + (c_{\text{кр}} \cdot m_{\text{кр}} + c_{\text{пд}} \cdot m_{\text{пд}}) \cdot \Delta T_{\text{пд}} + c_{\text{ж}} \cdot m_{\text{ж}} \cdot \Delta T_{\text{ж}} + c_{\text{тм}} \cdot m_{\text{тм}} \cdot \Delta T_{\text{тм}},$$

где $c_{\text{бл}}$ - удельная теплоемкость материала блока; $m_{\text{бл}}$ - масса материала блока; $\Delta T_{\text{бл}}$ - приращение температуры материала блока за время измерения; $c_{\text{кр}}$ - удельная теплоемкость материала крепежа; $m_{\text{кр}}$ - масса крепежа; $c_{\text{пд}}$ - удельная теплоемкость материала подложки светодиода; $m_{\text{пд}}$ - масса подложки светодиода; $\Delta T_{\text{пд}}$ - приращение температуры подложки светодиода за время измерения; $c_{\text{ж}}$ - среднее значение удельной теплоемкости жидкости; $m_{\text{ж}}$ - масса жидкости; $\Delta T_{\text{ж}}$ - приращение температуры жидкости за время измерения; $c_{\text{тм}}$ - удельная теплоемкость материала корпуса; $m_{\text{тм}}$ - масса корпуса; $\Delta T_{\text{тм}}$ - разность средней и начальной температуры корпуса;

тепловую энергию Q_3 , уносимую с внешней поверхности корпуса конвекционным потоком, определяют исходя из выражения:

$$Q_3 = \gamma \cdot (T_{\text{Фср}} - T_0) \cdot s_2 \cdot t,$$

где s_2 - площадь внешней поверхности корпуса; $T_{\text{Фср}}$ - средняя температура на поверхности корпуса.

Особенность способа заключается в измерении энергии тепловых потерь с использованием калориметра, в котором происходит разделение энергии тепловых потерь и световой энергии излучения СИД. Тем самым определяют с достаточной точностью излучаемую тепловую энергию и энергию конвекционного потока с поверхности СИД; тепловую энергию, выделяемую подложкой СИД, а также способ позволяет определить среднюю мощность тепловых потерь, светового излучения и энергетическую эффективность СИД.

На фиг. 1 представлена блок-схема установки для измерения энергии тепловых потерь СИД; на фиг. 2 - калориметр; на фиг. 3 - результаты измерений световых характеристик СДМ 50 Вт с использованием калиброванного спектрорадиометрического комплекса с интегрирующей сферой DTF-320-201.

Блок-схема установки (фиг. 1) содержит: калориметр 1, в котором установлены СИД 2, термопары 3 через аналоговый коммутатор 4 подключены к аналого-цифровому преобразователю 5 и через блок управления 6 к персональному компьютеру 7. От блока стабилизированного напряжения 8 запитаны СИД 2 и все элементы измерительной схемы 9, а именно аналоговый коммутатор 4, аналого-цифровой преобразователь 5, блок управления 6.

На фиг. 2 показан калориметр 1. Корпус 10 калориметра 1 выполнен из плотного теплоизолирующего материала, внутри которого в непроводящей электрический ток жидкости 11 с большой удельной теплоемкостью расположен блок 12 из металла с высокой теплопроводностью, на который устанавливают СИД 2. Крышка 13 калориметра 1 имеет отверстие 14 для вывода излучения. Мешалка 15 служит для перемешивания жидкости.

Способ осуществляется следующим образом.

В калориметр 1 устанавливают СИД 2, на который подают напряжение постоянной мощности, измеряют температуру корпуса 10 калориметра, блока 12 из металла с высокой теплопроводностью, непроводящей электрический ток жидкости 11 с большой удельной теплоемкостью, СИД 2 и окружающей среды в момент включения и в течение времени проведения измерений; полученные данные поступают в персональный компьютер 7; рассчитывают в персональном компьютере 7 энергию Q тепловых потерь по формулам.

Энергию тепловых потерь Q , выделяемую СИД 2 в течение времени проведения измерений t , определяют суммой тепловых энергий: энергии Q_1 , испускаемой с поверхности СИД 2, энергии Q_2 , переданной подложкой СИД 2, элементам калориметра 1, а также, энергии Q_3 , отданной внешней поверхностью корпуса 10 калориметра 1 в окружающую среду:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3. \tag{1}$$

Тепловую энергию Q_1 , испускаемую поверхностью СИД 2, определяют как сумму энергии теплового излучения поверхности СИД 2 Q_u и тепловой энергии конвекционного потока с поверхности СИД 2 Q_k :

$$Q_1 = Q_u + Q_k, \tag{2}$$

энергию теплового излучения поверхности СИД 2 Q_u определяют соответствии с выражением:

$$Q_u = \alpha \cdot \sigma \cdot T_A^4 \cdot s_1 \cdot t, \tag{3}$$

где α - коэффициент черноты поверхности СИД 2; σ - постоянная закона Стефана-Больцмана; s_1 - площадь излучающей поверхности СИД 2; T_A - температура на поверхности СИД 2; t - время проведения измерений;

тепловую энергию конвекционного потока с поверхности СИД 2 определяют в соответствии с выражением:

$$Q_k = \gamma \cdot (T_A - T_0) \cdot s_1 \cdot t, \quad (4)$$

где γ - коэффициент теплоотдачи; T_0 - температура окружающей среды;

тепловую энергию Q_2 , которая пошла на нагрев блока 12 из металла с высокой теплопроводностью, крепежа (на фиг. 2 не показан), подложки СИД 2, жидкости 11 и корпуса 10 определяют в соответствии с выражением:

$$Q_2 = c_{\text{бл}} \cdot m_{\text{бл}} \cdot \Delta T_{\text{бл}} + (c_{\text{кр}} \cdot m_{\text{кр}} + c_{\text{плд}} \cdot m_{\text{плд}}) \cdot \Delta T_{\text{плд}} + c_{\text{ж}} \cdot m_{\text{ж}} \cdot \Delta T_{\text{ж}} + c_{\text{тм}} \cdot m_{\text{тм}} \cdot \Delta T_{\text{тм}}, \quad (5)$$

где $c_{\text{бл}}$ - удельная теплоемкость материала блока 12; $m_{\text{бл}}$ - масса материала блока 12; $\Delta T_{\text{бл}}$ - приращение температуры материала блока 12 за время измерения; $c_{\text{кр}}$ - удельная теплоемкость материала крепежа; $m_{\text{кр}}$ - масса крепежа; $c_{\text{плд}}$ - удельная теплоемкость материала подложки СИД 2; $m_{\text{плд}}$ - масса подложки СИД 2; $\Delta T_{\text{плд}}$ - приращение температуры подложки СИД 2 за время измерения; $c_{\text{ж}}$ - среднее значение удельной теплоемкости жидкости 11; $m_{\text{ж}}$ - масса жидкости 11; $\Delta T_{\text{ж}}$ - приращение температуры жидкости 11 за время измерения; $c_{\text{тм}}$ - удельная теплоемкость материала корпуса 10; $m_{\text{тм}}$ - масса корпуса 10; $\Delta T_{\text{тм}}$ - определяют как разность средней и начальной температуры корпуса 10;

тепловую энергию Q_3 , уносимую с внешней поверхности корпуса 10 конвекционным потоком, определяют исходя из выражения:

$$Q_3 = \gamma \cdot (T_{\text{Фр}} - T_0) \cdot s_2 \cdot t, \quad (6)$$

где s_2 - площадь внешней поверхности корпуса 10; $T_{\text{Фр}}$ - средняя температура на поверхности корпуса 10.

По энергии тепловых потерь определяют среднюю мощность тепловых потерь, светового излучения и энергетическую эффективность СИД 2.

Рассмотрим осуществление способа на примере светодиодного модуля СИД 2 белого света, расположенного на медной подложке, с потребляемой мощностью 50 Вт. Использовали калориметр, представляющий собой разновидность массивного калориметра - интегратора (калориметр) [4]. СИД 2 закрепляли на блоке 12, выполненном из алюминия в виде цилиндра и установленном в калориметр 1, корпус 10 которого изготовлен из плотного пеноплекса, и заполненного дистиллированной водой 11, которая перемешивалась мешалкой 15 для равномерного распределения тепла. С помощью блока стабилизированного напряжения 8 устанавливали и поддерживали потребляемую СИД 2 мощность в 50 Вт. Одновременно с включением блока стабилизированного напряжения 8 измеряли температуру термодатчиками 3 из хромель - капель, установленными, как показано на фиг. 2, всех элементов калориметра 1 - температуру корпуса 10 калориметра, блока 12 из металла с высокой теплопроводностью, непроводящей электрический ток жидкости 11 с большой удельной теплоемкостью, СИД 2, а также окружающей среды. Термодатчики 3 через аналоговый коммутатор 4 подключались к аналого-цифровому преобразователю 5, а далее через блок управления 6 цифровой сигнал попадал в персональный компьютер 7, где накапливался и обрабатывался. Измерения проводились в течение 2 часов. На основе полученных данных по формулам (1-6) рассчитывалась энергия тепловых потерь Q . Поделив величину энергии тепловых потерь Q на время проведения измерений t определяют среднюю мощность P тепловых потерь СИД.

Результаты вычислений приведены в таблице.

Вычитая из полной потребляемой мощности СИД среднюю мощность тепловых потерь, определяют среднюю мощность светового излучения. Энергетическую эффективность СИД определяют как отношение средней мощности светового излучения к полной потребляемой мощности (в светотехнической терминологии это энергетическая отдача излучения).

Результаты вычисления энергии тепловых потерь СИД мощностью в 50 Вт, измеренных с использованием калориметра 1

Обозначение	Тепловая энергия, выделяемая СИД за 2 часа, Дж	Средняя мощность тепловых потерь СИД, P, Вт	Средняя мощность тепловых потерь в % от полной потребляемой мощности СИД
Q_1	16219,61	2,25	4,50
Q_2	233245,08	32,39	64,79
Q_3	1464	0,20	0,40
Q	250928,69	34,85	69,70

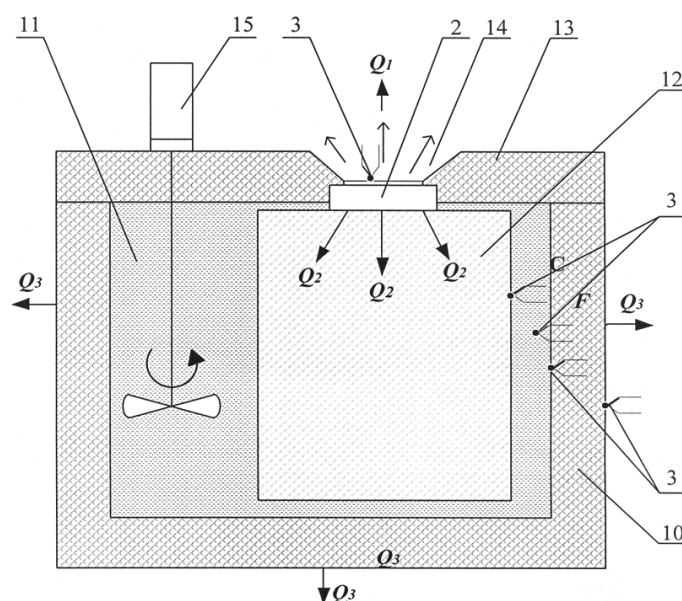
В результате измерений было установлено, что средняя мощность светового излучения СИД составила 15,15 Вт, а энергетическая эффективность - 30,3 %.

Измерение средней мощности теплового излучения нашли свое подтверждение при измерениях средней мощности светового излучения с использованием калиброванного спектрометрического комплекса с интегрирующей сферой DTF-320-201 (фиг. 3) с погрешностью измерений порядка 5 %.

Таким образом, заявляемый способ позволяет достаточно точно, неразрушающее и дешево произвести измерение энергии тепловых потерь Q . Это необходимо для контроля качества СИД и дальнейшего проектирования светотехнической продукции с их использованием.

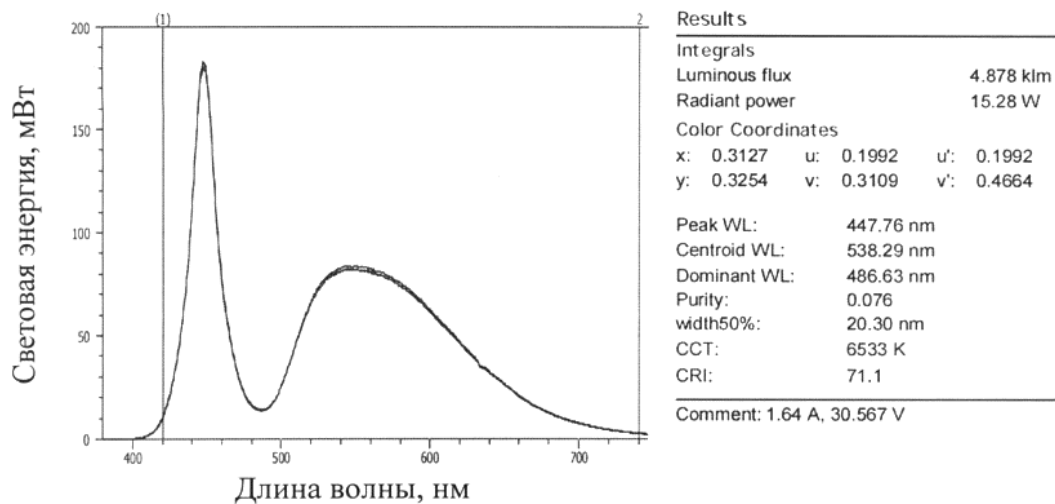
Источники информации:

1. ГОСТ 17616-82. Лампы электрические. Методы измерения электрических и световых параметров. - М.: Госстандарт Союза ССР. - 50 с.
2. Трофимов Ю.В., Бобров С.Ф., Цвирко В.И., Шумак Д.В. Испытание офисных светодиодных светильников BOX и ROUND от LUXON // LUMEN&EXPERTUNION. - № 2. - 2012. - С. 59-73.
3. Патент РФ 2006103036, 2007.
4. Кальве Э., Прат А. Микрокалориметрия. Применение в физической химии и биологии. - М.: изд. им. лит., 1963. - С. 59-60.



Фиг. 2

BY 20248 C1 2016.08.30



Фиг. 3