

ces, since most of the existing no longer satisfy the increasing demands of industry. Striving to improve response accuracy and stability at the moment slip clutch, and their longevity has led to the development of structures coupling of high accuracy. Particularly noteworthy are the coupling with rolling friction with sliding beads. Replacement of sliding friction to rolling friction with slippage can increase response accuracy and stability at the moment slip friction surfaces of joints. However, these couplings have not yet fully explored and investigated. The aim of the study of friction-ball site was getting dependences of μ on the design parameters. To conduct relevant research was designed measurement setup. As a result, the research found that the coefficient μ significantly depends on the angle of contact surfaces and clean the surface and not significantly affected by the contact pressure on the contact surface to the ball P and its diameter.

Keywords: friction-ball clutch, clean the surface, the angles of contact, the coefficient, the method of least squares.

*Надійшла до редакції
22 квітня 2011 року*

УДК 621.382.2

ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ СВІТЛОВИПРОМІНЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Руденко Н.М., Романова І.І.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

Розглянуто декілька конструкцій різних світлодіодів: на сапфірової підкладці та на карбіді кремнію. Виведені їх покращені характеристики. В результаті для першого кристала була отримана розсіяна потужність 0,16 Вт, а для другого кристала – 1,12 Вт. Продемонстровано розрахунок теплового режиму за допомогою методу теплових опорів, який може використовуватися для оцінки надійності світлодіодів і поліпшення їх характеристик застосуванням спеціальних технологій відведення тепла від кристала за допомогою спеціальної технології монтажу та управління робочим струмом.

Ключові слова: *світлодіоди, тепловий режим світловипромінюючих пристроїв, багатокристалні світлодіоди, розрахунок теплових опорів.*

Вступ

Наразі значно поширюються нові сфери застосування світлодіодів (СД). Це вимагає вдосконалення параметрів світловипромінюючих пристроїв. Велика кількість вітчизняних та зарубіжних вчених займаються розробкою світловипромінюючих структур [1]. Проте і досі не вирішені деякі проблеми при виготовленні світлодіодів, наприклад, деградація всіх початкових параметрів випромінюючих структур із часом. Одним з чинників, що призводить до цього, є температура, вплив якої на довговічність і стабільність світлодіодів наразі є малодослідженим.

Постановка задачі

На відміну від ламп розжарювання світлодіоди випромінюють тепло не в зовнішнє середовище, а проводять його в напрямку від p - n переходу до тепловідводу кристала світлодіоду.

Для ефективної роботи світлодіода необхідно забезпечення правильного теплого режиму, оскільки підвищення температури прискорює ймовірність відмов, що призводить до зниження надійності.

На сьогодні існує декілька конструкцій СД, які суттєво різняться між собою. Типова конструкція СД складається з кристала, який розміщується у поглибленні рамочного тримача; а також верхнього контакту кристала, що розварюється на іншому кінці тримача. Така конструкція заливається у суцільний монолітний епоксидний корпус.

Подібні конструкції мають свої недоліки.

Покращена модель світлодіода

Авторами запропоновано два типи кристалів: перший на сапфіровій підкладці, другий кристал, «перевернутий», на карбіді кремнію (рис. 1, 2).

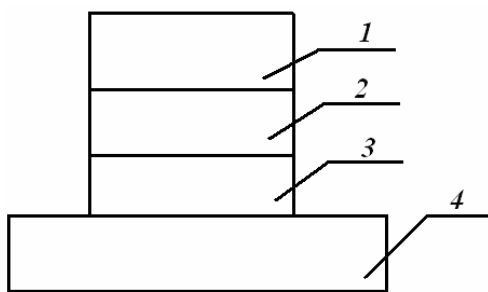


Рис. 1. Кристал на сапфіровій підкладці, де 1 – шар GaN, 2 – підкладка Al_2O_3 , 3 – шар струмопровідного клею, 4 – підкладка.

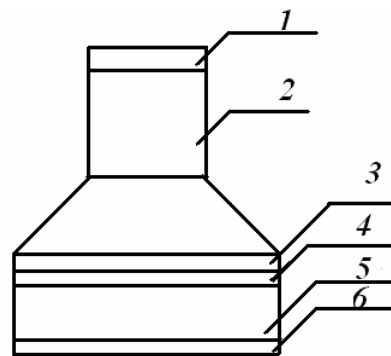


Рис. 2. Кристал на підкладці карбід кремнію, де 1 – контактний шар, 2 – підкладка SiC, 3 – шар GaN, 4 – шар InGaN, 5 – шар омичного контакту, 6 – евтектика.

В результаті отримано для першого кристала: сумарний опір на підкладці $50,3^{\circ}C/Вт$, при номінальному струмі 40 мА і напрузі 4,0 В, розсіювана потужність складає 0,16 Вт. Результуючі дані по другому кристалу: сумарний опір $1,1^{\circ}C/Вт$, при номінальному струмі 0,35 А і напрузі 3,2 В, розсіювана потужність 1,12 Вт.

У табл. 1 наведені отримані авторами значення теплового опору кожного шару для кристалу на сапфіровій підкладці та на підкладці карбід кремнію.

На сьогодні нас не вдовольняє традиційна конструкція СД внаслідок своєї малої тепловіддачі. Тому було запропоновано конструкцію COB (chip on board).

Все більше уваги приділяють потужним СД, які відрізняються своїми покращеними характеристиками на відмінно від інших. Раніше у СД збірках розміщувалося багато СД. Тепер, за появи потужних СД, їх розміщується набагато

менше, а оптична система, яка направляє світловий потік у потрібний тілесний кут, грає дуже важливу роль.

Таблиця 1. Теплові опори шарів для кристалу на сапфіровій підкладці та карбїду кремнію.

Номер шару	Товщина, І, мкм		k_i , Вт/м К		A , мкм ²		R_{Ti} , К/Вт	
	Al ₂ O ₃	SiC	Al ₂ O ₃	SiC	Al ₂ O ₃	SiC	Al ₂ O ₃	SiC
1	3	0,5	110	200	300×300	100×100	0,3	0,0035
2	95	250	46	320	300×300	900×900	30	0,96
3	20	3	28	110	300×300	900×900	20	0,03
4	-	3	-	110	-	800×800	-	0,042
5	-	1	-	200	-	800×800	-	0,007
6	-	1,5	-	48	-	800×800	-	0,048

Багатокристальний світлодіод

У наш час виробники світлодіодної продукції широко почали використовувати багатокристальні СД. Їх унікальність та перевага на відміну від інших СД полягає у використанні декількох кристалів на одній підкладці, внаслідок чого збільшується світловий потік, і ціна за один люмен стає менше [3].

Багато фірм займається випуском продукції багатокристальних СД. Наприклад, фірма Samsung випускає СД серії Sunpix-6, у склад якого входять три групи кристалів, не з'єднаних між собою, та у кожній групі ще по три кристала, з'єднаних послідовно. Такий СД має тепловий опір не більше 6 градусів на Вт, вартість за один люмен світлового потоку при цьому зменшується до 0,17 грн.

Відома фірма CREE представила на ринку електронної продукції (зокрема СД) багатокристальний СД MC-E Color, який складається із чотирьох кристалів різних кольорів (RGBW: червоний, зелений, синій, білий). Всі ці кристали мають окремі виводи і дозволяють керувати кожним із них окремо [3, 4].

Такий СД має тепловий опір лише 4°C/Вт, і максимально припустимий струм через кожен кристал досягає значення 700 мА, при цьому сумарний світловий потік збільшується до 500 лм.

Отже, багатокристальні конструкції СД дозволяють збільшити струм і сумарну потужність виробу, і в результаті й світловий потік, але при умові ефективного тепловідводу.

Розрахунок теплового режиму світловипромінюючих структур

Ефективний тепловідвід є дуже важливою складовою для забезпечення довготривалості роботи СД. Тепловий режим СД визначається за допомогою методу теплових опорів [2].

Спочатку розрахуємо теплові потоки, що проходять через кристал. Найбільший квантовий вихід кристалу випромінювача складає 30 %. Інша потужність, що підводиться, перетворюється у тепло. Вважаємо наступне: потуж-

ність, яка виділяється на чипі, включає потужність, котру виділяє гетероперехід; тепловий потік розподілений рівномірно по площі гетеропереходу.

Тоді, загальний вираз для теплового потоку матиме вигляд:

$$\frac{\partial Q}{\partial T} = kA \frac{\partial T}{\partial x},$$

де Q – загальний тепловий потік, Вт; k – коефіцієнт теплопровідності, Вт/см °С; A – площа, перпендикулярна до направлення розповсюдження тепла, см²; $\frac{\partial T}{\partial x}$ – градієнт температури повздовж осі x , °С/см.

Оскільки кристал складається із багатьох шарів, котрі мають різний тепловий опір, то загальний опір кристала буде визначатися за формулою:

$$R_{Ti} = \sum l_i / k_i A_i,$$

де l – шар.

Ми можемо визначити повний тепловий опір світлодіодного джерела світла, за формулою: $R_{TP-A} = R_{TR-S} + R_{TS-B} + R_{TB-h} + R_{Th-A}$, де R_{TP-A} – тепловий опір р-п перехід-повітря, R_{TP-S} – тепловий опір р-п перехід підкладка, R_{TS-B} – тепловий опір підкладка-основа, R_{TB-h} – тепловий опір, де основа – радіатор, R_{TB-A} – тепловий опір радіатор повітря (рис. 3).

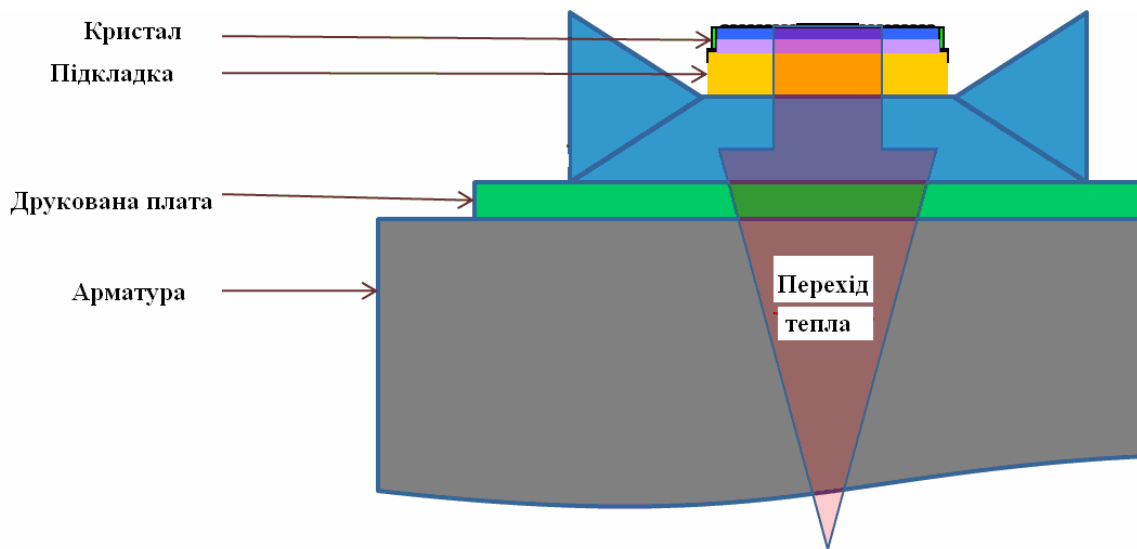


Рис. 3. Схематичне зображення світлодіоду (без радіатора).

Температура р-п переходу визначається за формулою:

$$T_{p-n \text{ перехід}} = T_{\text{середовище}} + P \cdot R_{\Sigma},$$

де P – споживана потужність світлодіоду, Вт; R_{Σ} – тепловий опір між переходом і середовищем, °С/Вт.

Тепловий опір визначаємо відношенням зміни температури переходу ΔT_{p-n} , яке виражається у °С, до потужності $P_{\text{раз}}$ (у Ватах):

$$R_T = \Delta T_{p-n} / P_{\text{раз}} \text{ (}^{\circ}\text{C/Wm)}$$

Із формули видно, що чим менше ΔT_{p-n} , тим менше R_T , тобто кращим є тепловідвід. Якщо $T_{p-n \text{ перехід}} \geq T_{\text{макс}}$, то необхідно ще встановлювати радіатор.

Висновки

Представлені нові конструкції світловипромінюючих структур, перший кристал на сапфіровій підкладці, другий – на підкладці з карбїду кремнію. Отримані дані по першому кристалу – розсіювана потужність 0,16 Вт, а по другому кристалу - потужність 1,12 Вт.

Розглянуті нові моделі багатокристалних світлодіодів. Визначено, що розробкою даних світловипромінюючих структур займаються такі фірми, як Samsung, CREE.

Для більш ефективної роботи світловипромінюючих структур необхідний досконалий розрахунок теплового режиму, оскільки підвищення температури прискорює ймовірність відмов СД, що зменшує надійність пристрою. Продемонстровано елементарний розрахунок теплового режиму у СД, за допомогою методу теплових опорів. Отже, за даною системою можна розрахувати тепловий режим для світлодіода, адже, саме зайва температура заважає СД працювати на його обіцяні 10 тисяч годин.

У подальшому планується розробка моделі світловипромінюючої структури для розрахунку температури кристала та очікуваного реального терміну експлуатації залежно від умов експлуатації: номінальних, робочих і теплових. Результати моделювання в середовищі MathCad можуть бути використані для оцінки та покращення характеристик світлодіода, що проектується, внаслідок збільшення відводу тепла від кристала, за допомогою застосування спеціальних технологій монтажу, а також використовуючи засоби збільшення терміну експлуатації світлодіоду керуванням робочим струмом.

Література

1. Шуберт Ф.Е. Светодиоды / Ф. Е. Шуберт / Пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 2-е изд. – 496 с.
2. Танасис Р. Светодиодные сборки на основе технологии Anotherm компании Optek / Р. Танасис // Полупроводниковая светотехника. – 2009. – № 1. – С. 24–25.
3. Thimm A. Ceramic Heatsink Provides Innovative Thermal Management / A. Thimm // Power Electronics Europe. – 2008. – № 2. – pp. 32-33.
4. Кучер В.Я. Основы технической диагностики и теории надёжности: Письменные лекции / В.Я. Кучер. - СПб.: СЗТУ, 2004. – 48 с.

References

1. Shubert F.E. LEDs / F.E. Shubert // Translate from Eng. A.E. Unovich. – М.: FIZMATLIT, 2008. – 2 ed. – 496 p. [rus]
2. Tanasis P. LED assembly technology based on company Anotherm Optek / P. Tanasis // Semiconductor lighting. – 2009. – № 1. – P. 24–25. [rus]
3. Thimm A. Ceramic Heatsink Provides Innovative Thermal Management / A. Thimm // Power Electronics Europe. – 2008. – № 2. – pp. 32-33.

4. Kucher V.J. Fundamentals of technical diagnostics and reliability theory: Written lectures / V.J. Kucher // St. Petersburg: SZTU, 2004. – 48 с. [rus]

N.N. Rudenko, I.I. Romanova

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine.

OVERALL PERFORMANCE OF THE LIGHT EMITTING STRUCTURES

Some designs of various LEDs are considered: on a sapphire lining and on silicon carbide lining. Deduced their best characteristics. As the result, received the data on the first crystal – scattering power 0,16 W, and on the other, power was 1,12 W. Calculations of a thermal mode by means of a method of thermal resistance are shown, which can be used to assess and improve performance LED that is designed, by increasing the heat removal from the crystal by using special technology installation and managing operating current.

Keywords: LEDs, heat treatment of the light emitting devices, multycrystal LEDs, the calculation of thermal resistance.

Н.Н. Руденко, И.И. Романова

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ СТРУКТУР

Рассмотрено несколько конструкций различных светодиодов: на сапфировой подкладке и на карбиде кремния. Выведенные их лучшие характеристики. В результате для первого кристалла была получена рассеянная мощность 0,16 Вт, а для второго кристалла – 1,12 Вт. Продемонстрирован расчет теплового режима с помощью метода тепловых сопротивлений, который может использоваться для оценки надежности светодиодов и улучшения их характеристик за счет применения специальных технологий отвода тепла от кристалла с помощью специальной технологии монтажа и управления рабочим током.

Ключевые слова: светодиоды, тепловой режим светоизлучающих устройств, многокристалльные светодиоды, расчет тепловых сопротивлений.

*Надійшла до редакції
11 листопада 2010 року*