



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **76966** (13) **U**  
(51) МПК (2013.01)  
**G01N 25/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	<b>u 2012 07710</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Бєляєв Олександр Євгенович (UA), Сорокін Віктор Михайлович (UA), Конакова Раїса Василівна (UA), Кудрик Ярослав Ярославович (UA), Шеремет Володимир Миколайович (UA), Шинкаренко Володимир Вікторович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>25.06.2012</b>	(73) Власник(и):	<b>ІНСТИТУТ ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ ІМ. В.Є. ЛАШКАРЬОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, пр. Науки, 41, м. Київ-680, 03028 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	<b>25.01.2013</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>25.01.2013, Бюл.№ 2</b>		

## (54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО ОПОРУ ЛАНОК СВІТЛОДІОДНОЇ СТРУКТУРИ

### (57) Реферат:

Спосіб вимірювання теплових параметрів ланок світлодіодної структури, який полягає в вимірюванні залежності температури р-п переходу світлодіода  $T$  від часу  $t$  після включення світлодіодної структури, вимірюванні потужності, що споживає світлодіодна структура  $P_1$  і визначенні експериментальних значень  $R_i$  теплового опору і часових констант  $\tau_i$  кожної з ланок структури, де  $i$  - номер ланки, крім того додатково вимірюють залежність потужності  $P_2$ , що випромінюється світлодіодною структурою, від температури, визначають залежність коефіцієнта енергоефективності світлодіодної структури  $\eta(T) = P_2/P_1$  від температури та експериментальну залежність теплового опору світлодіодної структури від часу по формулі

$$R(t) = \frac{(T_j - T_0)}{P(1 - \eta(T_j))}$$
, де  $T_j$  - температура р-п переходу в даний момент часу,  $T_0$  - температура в

початковий момент часу, які визначають по залежності  $T(t)$ , після чого розраховують теоретичну

залежність теплового опору світлодіодної структури  $R_1(t)$  за формулою 
$$R_1(t) = \sum_{i=1}^n R_i \left( 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_i}\right) \right)$$

і шляхом апроксимації залежності  $R(t)$  залежністю  $R_1(t)$  знаходять експериментальні значення  $R_i$  і  $\tau_i$ .

U  
UA 76966



Корисна модель належить до способів вимірювання теплових параметрів світлодіодів.

Відомо, що при зміні температури напівпровідникового приладу змінюються його електричні параметри такі як вхідні і вихідні струми, коефіцієнти передачі, ємності і т.д. до зростання температури можуть призводити як зовнішні умови так і розігрів внаслідок пропускання струму. Із збільшенням потужності діодів важливість врахування теплового опору світлодіодів зростає, оскільки при цьому ростуть максимальні рівні інжекційного струму, що в свою чергу супроводжується додатковим розігрівом, пов'язаним як з самим пропусканням струму так і з безвипромінювальною рекомбінацією. При розробці і виробництві світлодіодів необхідним для аналізу якості приладу є дослідження вкладу всіх його ланок в загальний тепловий опір, оскільки на сумарний тепловий опір світлодіода впливають тепловий опір тепловідводу, теплорозподільника, інтерфейсу чип-теплорозподільник і самого чипа.

Відомий спосіб вимірювання теплового опору напівпровідникового приладу описаний в патенті [1] (аналог). Він полягає в вимірюванні теплового опору напівпровідникових діодів, який включає пропускання через діод струму величиною від 0 до максимального робочого  $I_{\max}$  імпульсом періодом  $\tau_F$ , при чому  $\tau_F \ll \tau_{\text{пр}}$ , де  $\tau_{\text{пр}}$  - характерний час теплової релаксації діода, вимірюють набір вольт-амперних характеристик змінюючи температуру корпусу діода, по цих залежностях визначають величину струму  $I_F$ , при якому температурний коефіцієнт напруги максимальний і будують залежність  $U(T)$  при величині струму  $I_F$ , пропускання постійного розігрівуючого струму  $I_T = I_{\max}$ , який подають періодом  $\tau_T \gg \tau_{\text{пр}}$  і шпаруватістю  $Q = \tau_T / (\tau_T + \tau_F)$ , на який накладають постійний струм величиною  $I_F$ , при якому в момент вимкнення  $I_T$  вимірюють величину напруги  $U_F$ , по якій визначають температуру діода  $T_F$  і по формулі  $R_T = \Delta T / ((I_T + I_F) U_T)$ , де  $\Delta T = T_F - T_K$ ,  $T_K$  - температура корпусу діода, визначають величину теплового опору  $R_T$  діода. Цей метод не дозволяє визначати тепловий опір окремих ланок світлодіодної структури, тому є недостатньо інформативним для використання при виробництві світлодіодів, оскільки не дозволяє аналізувати кожен етап цього процесу, формування чипу, контакт теплорозподільника і чипа, тепловий опір тепловідводу, на відповідність вимогам до теплових параметрів готового приладу.

Відомий спосіб вимірювання теплового опору ланок світлодіода, вибраний нами за прототип [2], полягає в наступному. Використовуючи в ролі термозалежного параметру напругу на діоді при сталому струмі, вимірюють залежність його температури від часу після його включення і по формулі  $R(t) = (T_i - T_0) / P$ , де  $T_i$  - температура р-п переходу в даний момент часу,  $T_0$  - температура р-п переходу в початковий момент часу,  $P$  - загальна потужність, яку споживає діод,  $t$  - час визначають залежність його теплового опору від часу. Після цього описують залежність зміни

температури діода від часу формулою  $T_j - T_0 = P \cdot \sum_{i=1}^n R_i \left( 1 - \exp \left( -\frac{t}{\tau_i} \right) \right)$ , де  $R_i$  - тепловий опір,

$\tau_i = R_i \cdot C_i$  - часова константа,  $C_i$  - теплова ємність. Підібравши відповідну кількість доданків і значення  $R_i$  і  $\tau_i$  досягають кореляцію експериментальної залежності теплового опору і температури від часу і отримують відповідні значення теплового опору  $R_i$  і теплоємності  $C_i = \tau_i / R_i$  кожної з ланок світлодіодної структури - тепловідводу, теплорозподільника, інтерфейсу чип-теплорозподільник, самого чипа і т.д. Даний метод має ряд недоліків, таких як невідповідність потужності, що йде на розігрів діода і потужності, яку діод споживає, як наслідок отримані значення теплового опору і ємності є ефективним тепловим опором і ємністю, порівняння вимірюної залежності теплового опору від часу і модельованої залежності температури не дозволяє точно визначати теплові параметри ланок діодної структури.

Задачею корисної моделі є підвищення точності визначення теплових параметрів ланок світлодіодної структури.

Поставлена задача вирішується способом вимірювання теплових параметрів ланок світлодіодної структури, який полягає в вимірюванні залежності температури р-п переходу світлодіода  $T$  від часу  $t$  після включення світлодіодної структури, вимірюванні потужності, що споживає світлодіодна структура  $P_1$  і визначенні експериментальних значень  $R_i$  теплового опору і часових констант  $\tau_i$  кожної з ланок структури, де  $i$  - номер ланки, який відрізняється тим, що додатково вимірюють залежність потужності  $P_2$ , що випромінюється світлодіодною структурою, від температури, визначають залежність коефіцієнта енергоефективності світлодіодної структури  $\eta(T) = P_2 / P_1$  від температури та експериментальну залежність теплового опору

світлодіодної структури від часу по формулі  $R(t) = \frac{(T_j - T_0)}{P(1 - \eta(T_j))}$ , де  $T_j$  - температура р-п переходу в

даний момент часу,  $T_0$  - температура в початковий момент часу, які визначають по залежності  $T(t)$ , після чого розраховують теоретичну залежність теплового опору світлодіодної структури

$R_1(t)$  за формулою  $R_1(t) = \sum_{i=1}^n R_i \left( 1 - \exp \left( -\frac{t}{\tau_i} \right) \right)$  і шляхом апроксимації залежності  $R(t)$  залежністю

$R_1(t)$  знаходять еспериментальні значення  $R_i$  і  $\tau_i$ .

При використанні нашого методу додаткове вимірювання потужності  $P_2$ , що випромінюється діодом і визначення енергоефективності світлодіода дозволяє визначати потужність, яка іде на розігрів світлодіода, що дозволяє точніше визначати тепловий опір, теплову ємність і інші теплові параметри світлодіода і його ланок. Апроксимація залежності вимірюваного теплового опору від часу розрахованою по формулі залежністю також дозволяє точніше визначати теплові параметри ніж, як у випадку представленому в прототипі, при апроксимації теплового опору залежністю температури від часу. Дані, отримані з використанням запропонованого нами методу можна використовувати як при дослідженні так і при розробці і виробництві світлодіодів, оскільки вони дозволяють контролювати процес створення діода на різних стадіях виробництва.

Нижче наведений приклад по реалізації способу вимірювання теплового опору ланок світлодіода. Проведено вимірювання теплового опору ланок світлодіода LUW\_W5 AM Golden Dragon plus.

На зразок подавався гріючий струм (350 мА) і, використовуючи напругу в ролі термозалежного параметра, вимірювалась залежність температури р-п-переходу від часу, яка показана на фіг. 1. Вимірявши залежність енергоефективності світлодіода, по формулі

$R(t) = \frac{(T_j - T_0)}{P(1 - \eta(T_j))}$ , отримуємо експериментальну залежність теплового опору світлодіода від

часу, яка показана на фіг. 2 (суцільна лінія).

Апроксимація отриманої залежності теплового опору світлодіода проводилась методом найменших квадратів. Збільшуючи кількість ланок у моделі і, апроксимуючи нею експериментальну криву, бачимо, що середньоквадратична похибка показана в таблиці 1 зменшується зі збільшенням ланок у моделі до 4, введення п'ятої ланки не дає значного зменшення середньоквадратичної похибки, тобто введення п'ятої експоненційної ланки не доцільне. Результат апроксимації наведений на фіг. 2 (пунктирна лінія).

Таблиця 1

Кількість ланок	Середньоквадратична похибка %
2	0.038
3	0.022
4	0.019
5	0.019

В результаті апроксимації ми отримали теплові параметри ланок світлодіода, які наведені в таблиці 2, де теплоємність визначалась по формулі  $C_i = \tau_i / R_i$ . Ланка 1 відповідає масивному тепловідводу, ланка 2 - друкованій платі, на якій змонтовано світлодіод, ланка 3 - теплорозподільнику, ланка 4 - тепловим характеристикам чипа.

Таблиця 2

Номер ланки, i	$R_i$ , K/Bt	$\tau_i$ , c	$C_i$ , Вт•с/К
1	1.84	2.001	1.00
2	4.69	0.3884	0.0761
3	2.03	0.0357	0.0162
4	7.94	1.31E-03	1.5E-4

Джерела інформації:

1. Аналог. Винахідник: О.Є.Бєляєв, М.С.Болтовець, Р.В.Конакова, Я.Я.Кудрик, В.М.Шеремет, Власник: Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова Національної академії наук України Спосіб вимірювання теплового опору напівпровідникових діодів. Патент на корисну модель №UA65395, 2011-12-12.

2. Прототип. Poppe A. Electrical, thermal and optical characterization of power LED assemblies / A. Poppe, G. Farkas, G. Horvath // Abstracts of the 12<sup>th</sup> International Workshop on Thermal Investigations of ICs and systems.-27-29 September, 2006, Nice, France.-Nice, France, 2006.- P. 197-202.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Спосіб вимірювання теплових параметрів ланок світлодіодної структури, який полягає в вимірюванні залежності температури р-п переходу світлодіода  $T$  від часу  $t$  після включення світлодіодної структури, вимірюванні потужності, що споживає світлодіодна структура  $P_1$  і визначенні експериментальних значень  $R_i$  теплового опору і часових констант  $\tau_i$  кожної з ланок структури, де  $i$  - номер ланки, який **відрізняється** тим, що додатково вимірюють залежність потужності  $P_2$ , що випромінюється світлодіодною структурою, від температури, визначають залежність коефіцієнта енергоефективності світлодіодної структури  $\eta(T) = P_2/P_1$  від температури та експериментальну залежність теплового опору світлодіодної структури від часу по формулі
- $$R(t) = \frac{(T_j - T_0)}{P(1 - \eta(T_j))}, \text{ де } T_j - \text{температура р-п переходу в даний момент часу, } T_0 - \text{температура в початковий момент часу, які визначають по залежності } T(t), \text{ після чого розраховують теоретичну залежність теплового опору світлодіодної структури } R_1(t) \text{ за формулою}$$
- $$R_1(t) = \sum_{i=1}^n R_i \left( 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_i}\right) \right) \text{ і шляхом апроксимації залежності } R(t) \text{ залежністю } R_1(t) \text{ знаходять експериментальні значення } R_i \text{ і } \tau_i.$$

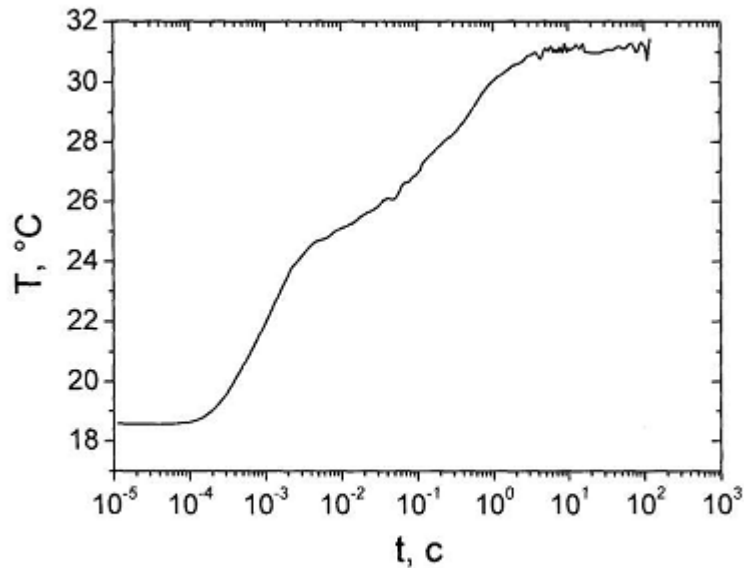
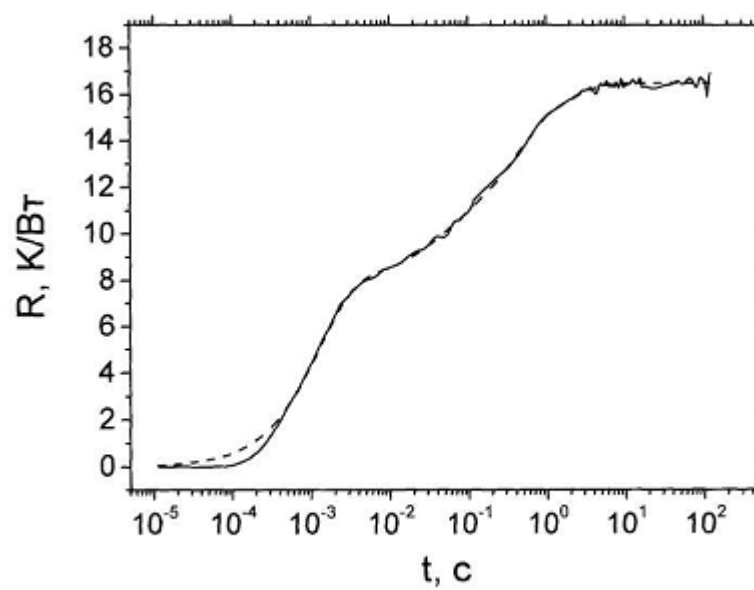


Fig. 1



Фиг. 2

---

Комп'ютерна верстка Л.Литвиненко

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601