



УКРАЇНА

(19) UA (11) 65395 (13) U
(51) МПК (2011.01)
G01N 25/00ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО ОПОРУ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДІОДІВ

1

(21) u201104203

(22) 06.04.2011

(24) 12.12.2011

(46) 12.12.2011, Бюл.№ 23, 2011 р.

(72) БЕЛЯЄВ ОЛЕКСАНДР ЄВГЕНОВИЧ, БОЛТОВЕЦЬ МИКОЛА СИЛОВИЧ, КОНАКОВА РАІСА ВАСИЛІВНА, КУДРИК ЯРОСЛАВ ЯРОСЛАВОВИЧ, ШЕРЕМЕТ ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ ІМ. В.Є.ЛАШКАРЬОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) Спосіб вимірювання теплового опору напівпровідникових діодів, який включає пропускання через діод струму імпульсом періодом t_F , причому $t_F \ll t_{пр}$, де $t_{пр}$ - характерний час теплової релаксації діода, і вимірювання залежності напруги від температури корпусу $U(T)$, пропускання постійного розігрівачого струму I_T протягом періоду, більшого за t_F , при підтриманні постійної температури

2

корпусу діода, вимірювання величини напруги U_T і визначення температури діода T_F по залежності $U(T)$, який відрізняється тим, що величину струму під час пропускання імпульсу змінюють від 0 до максимального робочого струму I_{max} і 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 , розігрівальний струм $I_T = I_{max}$ подають періодом $t_F \gg t_{пр}$ і шпаруватістю $Q = t_T / (t_T + t_F)$, 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.

Корисна модель відноситься до способів вимірювання параметрів напівпровідникових приладів зокрема, випрямляючих діодів і світлодіодів.

Як відомо, при зміні температури кристалу приладу змінюються його електричні параметри такі як вхідні і вихідні струми, коефіцієнти передачі, ємності і т.д. На зростання температури можуть впливати як зовнішні фактори так і розігрів внаслідок пропускання струму. Із зростанням потужності діодів відбувається зростання максимального рівня інжекційного струму, що в свою чергу супроводжується додатковим розігрівом, пов'язаним як з самим пропусканням струму так і з безвипромінювальною рекомбінацією. Розігрів активної області діода призводить до значного падіння енергетичної ефективності і активізації деградаційних процесів. Відповідно дослідження і врахування теплового опору діодів є важливим аспектом при розробці і виробництві потужних освітлювальних світлодіодів.

Відомий спосіб вимірювання теплового опору напівпровідникового приладу описаний в патенті [1] (аналог). Він полягає в подачі на діод грюючих імпульсів струму постійної амплітуди I_T , в проміжку

між якими через діод пропускають постійний початковий струм, визначаючи величину грюючої потужності і вимірюючи зміну термочутливого параметру - прямої напруги діоду (U_F) при протіканні постійного початкового струму. Подачу грюючих імпульсів проводять таким чином, що величину обернену скважності грюючих імпульсів струму $Q^{-1} = t_u \cdot f_{сл}$, де t_u - тривалість грюючих імпульсів, $f_{сл}$ - частота їх слідування, збільшують по лінійному закону з постійною крутизною S_q . Тепловий опір визначають з залежності $R_T = v / (K_T P_m S_q)$, де K_T - температурний коефіцієнт прямої напруги діоду при протіканні постійного початкового струму v - швидкість зміни прямої напруги діоду при протіканні початкового струму. Цей метод не задовольняє необхідної точності вимірювання теплового опору, бо є екстраполяційним і недостатньо враховує фактичну залежність термочутливого параметру від температури.

Відомий спосіб вимірювання теплового опору, обраний нами за найближчий аналог [2], полягає в наступному. Спочатку пропускаючи через діод струм імпульсами тривалістю меншою за характерний час теплової релаксації діода, для запобіган-

(19) UA (11) 65395 (13) U

ня додаткового внутрішнього розігріву, вимірюють залежність напруги від температури корпусу діоду $U(T)$ при робочому значенні струму (I_F). Припустивши, що залежність напруги лінійна від температури і пропускаючи постійний гріючий струм $I_T = I_F$ через діод в постійному режимі отримують відповідні значення напруги U_T і з залежності $U(T)$ температуру діоду T_F . По формулі $R_T = \Delta T / (U_T - I_T)$, де $\Delta T = T_F - T_K$, T_K - температура корпусу діода визначають його тепловий опір. Недоліком цього методу є те, що при його використанні не враховується того, що залежність напруги діоду від температури є лінійною лише на ділянці експоненційності, а при великих чи занадто малих струмах ця залежність може не бути експоненційною. Також недоліком є те, що при великих струмах зміна напруги незначна, що значно зменшує точність вимірювань і це необхідно враховувати.

Задачею корисної моделі є підвищення точності визначення теплового опору напівпровідникових діодів.

Поставлена задача вирішується способом вимірювання теплового опору напівпровідникових діодів, який включає пропускання через діод струму імпульсом періодом T_F , при чому $T_F \ll T_{пр}$, де $T_{пр}$ - характерний час теплової релаксації діода, і вимірювання залежності напруги від температури корпусу $U(T)$, пропускання постійного розігрівального струму I_T протягом періоду більшого за T_F при підтриманні постійної температури корпусу діода, вимірювання величини напруги U_T і визначення температури діода T_F по залежності $U(T)$, який відрізняється тим, що величину струму під час пропускання імпульсу змінюють від 0 до максимального робочого струму I_{max} і 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 , розігрівальний струм $I_T = I_{max}$ подають періодом $T_T \gg T_{пр}$ і шпаруватістю $Q = T_T / (T_T + T_F)$, на який накладають постійний струм величиною I_F , при якому в момент вимкнення I_T вимірюють величину напруги U_F , по якій визначають температуру діоду 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 діоду.

При використанні нашого методу з набору вольт-амперних характеристик можна визначити струм I_F , при якому температурний коефіцієнт напруги максимальний, тобто різниця напруги при різних температурах максимальна. При цій величині струму доцільніше проводити вимірювання температури діоду, тому що це дозволяє точніше визначити температуру діоду. Але використання струму I_F в ролі розігрівального є недоцільним, бо

значно збільшує час потрібний для вимірювання. Використання максимального робочого струму для розігріву дозволяє зменшити час, необхідний для розігріву приладу, збільшити максимальну температуру нагрівання приладу, що дозволяє збільшити ΔT і відповідно зменшити похибки при визначенні теплового опору. За період короткого імпульсу T_T тривалістю кілька десятків мікросекунд кристал приладу не встигає охолонути, а використання струму амплітудою I_F при якому спостерігається максимальний температурний коефіцієнт напруги дозволяє більш точно визначити температуру в активній області приладу.

Нижче наведений приклад по реалізації способу вимірювання теплового опору напівпровідникових діодів в тому числі світлодіодів на основі широкозонних напівпровідників. Проведено вимірювання теплового опору світлодіоду LUW_W5AM Golden Dragon plus.

Змінюючи температуру корпусу діоду і використовуючи імпульси періодом $T_F = 20$ мкс, що не розігрівають зразок, отримали калібрувальний набір імпульсних ВАХ при температурах 20-100 °C, які показано на фіг. 1. При $I_F = 75$ мА для якого було максимальне значення температурного коефіцієнта опору побудували залежність $U(T)$ показану на фіг. 2.

Пропускаючи через світлодіод розігрівальний струм, $I_T = 2,2$ А імпульсами з періодом $T_T = 0,2$ с і шпаруватістю $Q = 10000$ із струмом $I_F = 75$ мА, при якому вимірюємо напругу і з залежності $U(T)$ визначаємо температуру діоду, під час пропускання імпульсу I_F . Звідки розраховували тепловий опір світлодіоду:

$$R_T = \frac{T_F - T_K}{U_T(I_T + I_F)} = \frac{368K - 303K}{4,476V \cdot (2,2A + 0,075A)} = 6,38$$

К/Вт

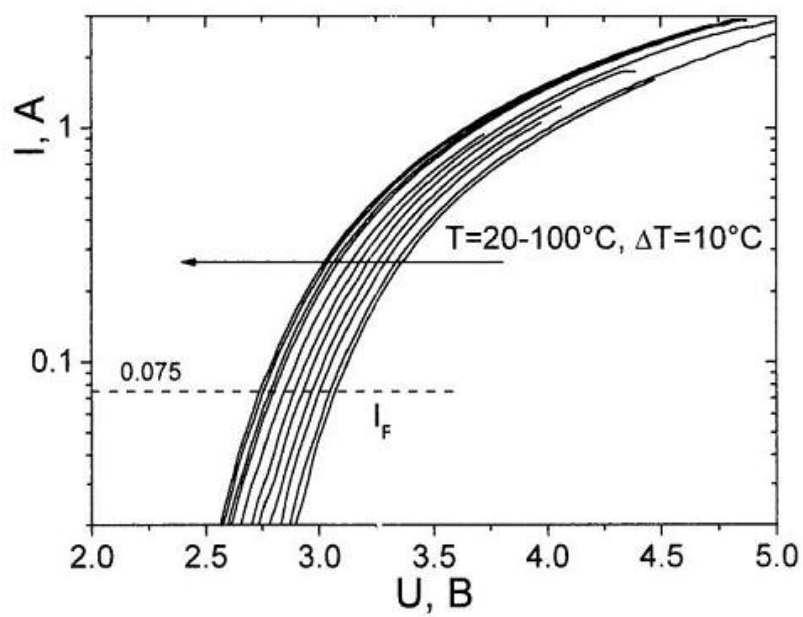
Виміряні значення теплового опору для досліджених світлодіодів в межах похибки відповідають паспортним даним.

Таким чином зазначений спосіб вимірювання теплового опору дозволяє визначати тепловий опір напівпровідникових діодів і світлодіодів точніше за прототип.

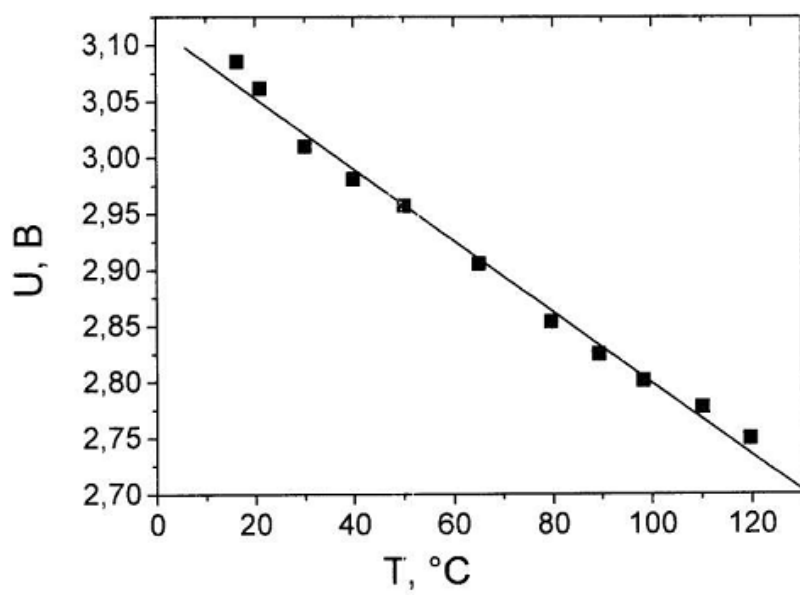
Джерела інформації:

1. Аналог. Винахідник: В.А. Сергеев, Власник: Ульяновский государственный технический университет. Способ определения теплового сопротивления переход-корпус полупроводниковых диодов. № RU 2178893 (C1), 2002-01-27.

2. Найближчий аналог. Винахід: Mizukami Hiro-taka. Measuring method of LED DC thermal resistance, and measuring device thereof. № JP 10300811 (A), 1998-11-13.



Фиг. 1



Фиг. 2