

УДК 621.382

ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА СВЕТОДИОДОВ ПОСЛЕ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ОБРАБОТОК

Бумай Ю.А.¹, Васьков О.С.¹, Доманевский Д.С.¹, Красовский В.В.¹, Нисс В.С.¹, Трофимов Ю.В.², Рубаник В.В.³¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь²РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси»

Минск, Республика Беларусь

³Институт технической акустики НАН Беларуси», Витебск, Республика Беларусь

С использованием метода переходных электрических процессов [1] проведено исследование тепловых свойств (тепловых сопротивлений, времен тепловой релаксации, сечений теплового потока) зеленых светоизлучающих диодов (СИД) фирмы Helio мощностью 1 Вт, прошедших искусственную деградацию с использованием облучения быстрыми электронами с энергией 4 МэВ и синих СИД прошедшими ультразвуковую обработку на частотах 84,5 кГц и 117,6 кГц по 15 минут. Энергия быстрых электронов оказалась достаточной для их глубокого проникновения в СИД и создания, радиационных дефектов в кристалле и области его посадки на теплоотводящее основание, несмотря на наличие линзы [2]. Ультразвуковое воздействие при соответствующем подборе режимов создает механические напряжения, приводящие к размножению и переползанию дислокаций в слоях СИД [3]. Измерения тепловых параметров проведены как при импульсном нагреве, так и при последующем остывании. Вид СИД Helio приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – СИД Helio

На рисунке 2 представлены спектры тепловых сопротивлений зеленых СИД – исходного (g1A) и после облучения быстрыми электронами (g4A – флюенсом $D=5,6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$, g3A – флюенсом $D=1,2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$). Сплошные линии соответствуют анализу в рамках модели Фостера, дискретные – пересчитанные в рамках модели Кауэра [1]. Верхними кривыми на рисунке 2 представлены сечения теплового потока. Вертикальной штрихпунктирной линией отмечена граница «СИД – окружающая среда». Линии дискретного

спектра до времени тепловой релаксации ~ 1 мс принадлежат кристаллу, для времен $\sim 1-80$ мс – посадке кристалла на теплоотводящее основание.

Основные тепловые параметры образцов и режимы их измерения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры СИД и режимы их измерения

СИД	g1A	g4A	g3A
Сечение теплового потока (измерение при нагреве) S_a , мм ²	0,62	0,49	0,51
Сечение теплового потока (измерение при остывании) S_b , мм ²	0,98	0,85	0,83
Температурный коэффициент напряжения, мВ/К	5,64	3,95	4,54
Напряжение на СИД, В	3,7	3,84	4,06
Сила тока СИД, А	0,750	0,744	0,729
Энергетическая эффективность СИД, %	30	6	1,9
Температура перегрева активной области СИД, °С	26,1	32,1	37,6
Тепловое сопротивление СИД (включая слой посадки, до времени тепловой релаксации 20 мс), К/Вт	9,72	11,46	11,86

В соответствии с рисунком 2 и таблицей 1 видно, что, несмотря на сильное уменьшение оптической мощности СИД, тепловые сопротивления компонентов СИД изменились незначительно, причем наиболее сильные изменения после облучения произошли в области посадки кристаллов на теплоотводящее основание (время тепловой релаксации ~ 6 мс).

Необходимо также отметить, что в облученных образцах происходит сильное сужение теплового потока при переходе на слой посадки и заметное изменение температурного коэффициента напряжения. Сужение теплового потока вероятно связано с уменьшением в результате облучения теплопроводности части отражателя и подложки незакрытых кристаллом СИД, что ухудшило условия растекания тепла.

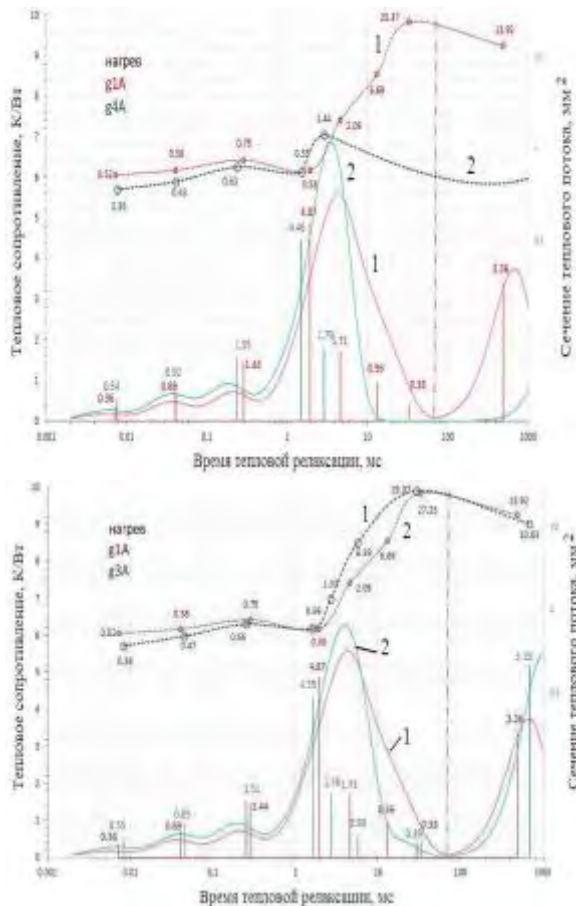


Рисунок 2 – Спектр тепловых сопротивлений зеленых СИД Helio до и после облучения быстрыми электронами: g1A – исходный (1), g4A, g3A – облученные флюенсами быстрых электронов $D=5,6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ и $D=1,2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$, соответственно (2)

На рисунке 3 представлен спектр тепловых сопротивлений синих СИД Helio до и после ультразвуковой обработки. В данном случае изменения тепловых параметров произошло существенно слабее, причем они также наблюдаются в области посадки кристалла СИД. После ультразвуковой обработки даже наблюдалось небольшое уменьшение теплового сопротивления слоя посадки. Сечение теплового потока в результате обработки не изменилось. Необходимо отметить, что эффект улучшения свойств СИД на основе нитридов в первые ~1000 часов работы наблюдался ранее [4]. В связи с этим, можно предположить, что выбранные нами режимы соответствуют данному промежутку времени функционирования СИД.

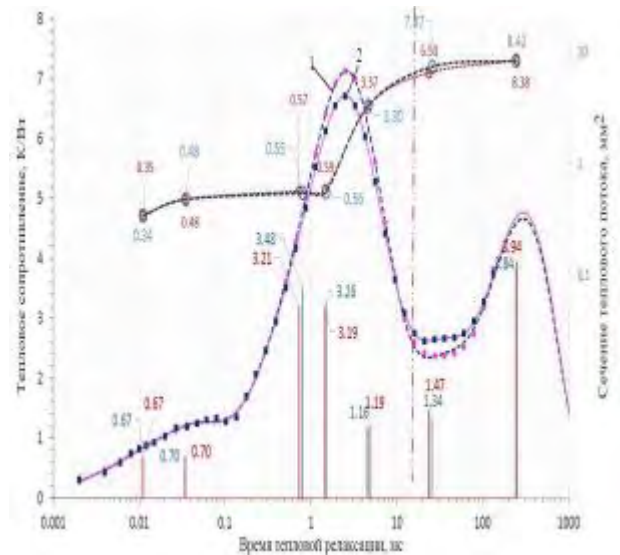


Рисунок 3 – Спектр тепловых сопротивлений синих СИД Helio до (1) и после (2) ультразвуковой обработки

Таким образом, в работе установлены закономерности изменения тепловых параметров СИД на основе нитридов при деградационных воздействиях с использованием облучения и ультразвука.

1. Zakgeim, A.L. Comparative Analysis of the Thermal Resistance Profiles of Power Light-Emitting Diodes Cree and Rebel Types / A.L. Zakgeim, A.E. Chernyakov, A.S. Vaskou, V.K. Kononenko, V.S. Niss // EuroSimE 2013: 14th International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems. – 2013. – №01. – P. 1/7-7/7
2. Павленко, В.И. Воздействие высокоэнергетических пучков быстрых электронов на полимерные радиационно-защитные композиты / В.И. Павленко, Р.Н. Ястребинский, О.Д. Едаменко, Д.Г. Тарасов // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение (95). – 2010. – №1. – С. 129-134.
3. Рабинович, О.И. Моделирование электрических и оптических характеристик светоизлучающих диодов на основе многокомпонентных гетероструктур AlGaInN: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.10 / О.И. Рабинович; Рос. технолог. ун-т. – М., 2008. – 28 с.
4. Полищук, А. Деградация полупроводниковых светодиодов на основе нитрида галлия и его твердых растворов / А. Полищук, А. Туркин. // Компоненты и технологии. – 2008. – № 2. – С.25-27.