

Рисунок 3 – Распределение амплитуды и направленность колебаний на резонансной частоте 97,6 Гц

Соответствующие частотам 81,8 Гц и 97,6 Гц формы колебаний (смещения), изображены на рис. 2 и 3. На всех рисунках также изображено отклонение от изначального положения.

Поскольку не вычисляется возбуждение конструкции внешними силами, в расчетных результатах представляется относительная форма свободных колебаний.

УДК 535.376

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ТЕПЛОВОЙ НАРАБОТКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СВЕТОДИОДОВ

Бумай Ю.А.<sup>1</sup>, Бобученко Д.С.<sup>1</sup>, Доманевский Д.С.<sup>1</sup>, Манего С.А.<sup>1</sup>,  
Трофимов Ю.В.<sup>2</sup>, Цвирко В.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси»  
Минск, Республика Беларусь

Рассмотрено изменения электрических и оптических параметров светодиодов (СИД) Nichia, происшедших в процессе тепловой наработки, и светодиода Helio, происшедших в результате воздействия ультразвукового излучения (УЗ). Была проведена обработка УЗ на частотах  $f = 84,5$  кГц и  $f = 117,6$  кГц синего СИД Helio. Время обработки составляло 15 минут на каждой из двух выше указанных частот. Тепловые испытания для СИД Nichia проведены при температуре печи 100 °С в течение 400 часов при токе через СИД 35 мА.

В результате тепловой наработки оптические параметры светодиодов Nichia изменились существенно, что видно на рисунках 1 и 2, на которых приведены распределения спектрального потока излучения от энергии фотона для двух светодиодов. Кривые 1 и 2 соответствуют спектрам после тепловой наработки (1 – для тока 10 мА, 2 – для тока 20 мА), кривые 3, 4 – соответствуют исходным спектрам до тепловой наработки (3 – для тока 10 мА, 4 – для тока 20 мА). КПД для пер-

Полученные данные позволяют судить о возможных возникающих напряжениях в устройстве.

Так на резонансной частоте 30,1 Гц наибольшие механические напряжения приходятся на элементы крепежа, выполняющие несущие функции, внутри устройства, так как они расположены перпендикулярно направлению колебаний. Несущие металлические пластины, находящиеся с лицевой и обратной стороны устройства, имеют минимальное напряжение и не подвержены колебаниям по меньшему габаритному размеру (по оси Z).

На резонансных частотах 81,8 Гц и 97,6 Гц напряжения будут возникать на несущих пластинах, так как колебания направлены на их изгиб по меньшему габаритному размеру (по оси Z) и элементах крепежа, оси которых перпендикулярны направлению колебаний.

1. Прохоров, А.М. Физическая Энциклопедия. В 5 т. Т.2. Добротность – магнитооптика / А.М. Прохоров. – М. : Советская энциклопедия, 1990. – 703 с.
2. Kent, L.L. Ansys Workbench Tutorial / L.L. Kent . Arlington: University of Texas, 2005. – 76 p.

вого светодиода изменились от 9 % (10 мА), 7,3 % (20 мА) до тепловой наработки до 2,6 % (10 мА), 2,0 % (20 мА) после тепловой наработки. Также изменилась световая отдача. Значения этих изменений следующие: от 6,3 лм/Вт (10 мА); 4,8 лм/Вт (20 мА) до 1,9 лм/Вт (10 мА); 1,4 лм/Вт (20 мА).

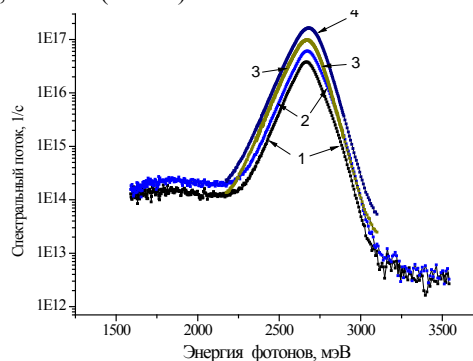


Рисунок 1 – Распределение спектрального потока излучения от энергии фотона для светодиода Nichia NSPB500S (СИД1)

На рисунке 1 (1) – после тепловой обработки; (3) – исходный; ток 10 мА; (2) – после тепловой обработки; (4) – исходный; ток 20 мА.

Изменения тех же параметров для второго светодиода примерно такие же.

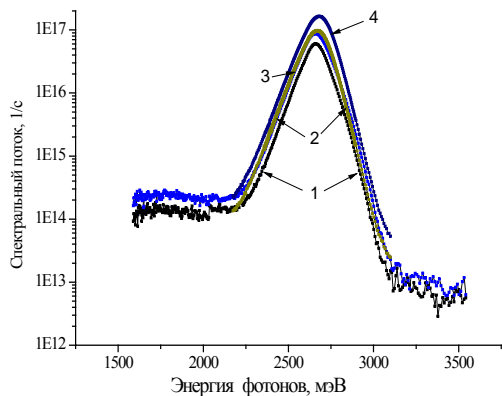


Рисунок 2 – Распределение спектрального потока излучения от энергии фотона для светодиода Nichia NSPB500S (СИД2): (1) – после тепловой обработки; (3) – исходный; ток 10 мА; (2) – после тепловой обработки; (4) – исходный; ток 20 мА

На рисунке 3 приведено распределение спектрального потока излучения от энергии фотона до ультразвукового воздействия (2) и после (1) для тока 100 мА для светодиода Helio.

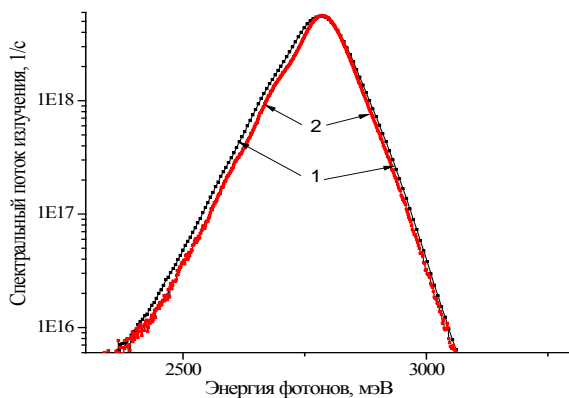


Рисунок 3 – Распределение спектрального потока излучения от энергии фотона для светодиода Helio

Воздействие ультразвукового излучения на светодиод Helio не привело пока к заметному изменению оптических параметров. При этом КПД даже увеличилось от 39,4 % до 44,7 %.

Рассмотрены изменения электрических свойств светодиодов синего свечения Nichia NSPB510S (СИД1, СИД2), происшедших в процессе ускоренных тепловых испытаний и светодиода Helio, происшедших в результате воздействия ультразвукового излучения.

Вольтамперные характеристики (ВАХ) СИД Nichia приведены на рисунке 4.

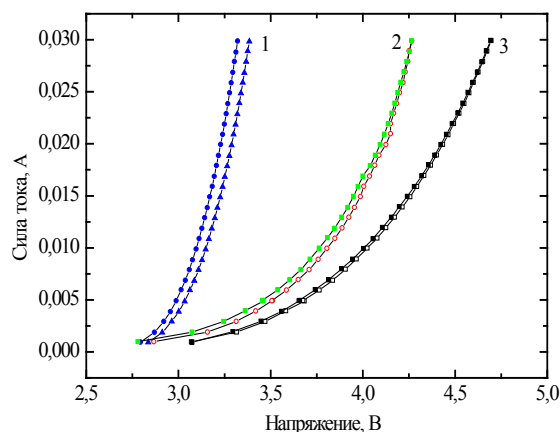


Рисунок 4 – Вольтамперные характеристики СИД Nichia до и после ускоренных тепловых испытаний: (1) – до ускоренных тепловых испытаний СИД1; (2) – после ускоренных тепловых испытаний СИД2

Кривые 1 иллюстрируют разброс ВАХ по всей партии СИД. Различие прямого напряжения на токе 30 мА не превышает 60 мВ. После тепловых испытаний ВАХ обоих светодиодов изменилась значительно (кривые 2, 3), что проявляется в существенном увеличении прямого напряжения для получения необходимого тока. Такое поведение может быть обусловлено как увеличением последовательного сопротивления СИД (возможно из-за изменений сопротивления контактов), так и повышением энергетических барьеров, связанных с ростом плотности интерфейсных состояний (которые являются к тому же центрами безызлучательной рекомбинации). Необходимо отметить, что при этом наблюдается достаточно хорошая воспроизводимость ВАХ при повторных измерениях, хотя у СИД1 наблюдаются нестабильности в области высоких токов.

Необходимо отметить, что деградация мало-мощных СИД Nichia при близких по режимам ускоренных тепловых испытаниях происходит гораздо быстрее, чем мощных СИД Helio, для которых характерен отказ, появляющийся из-за электрического пробоя между электродами, происходящим по краю линзы - рассеивателя. До пробоя ВАХ СИД Helio изменяются слабо.

После ультразвуковых испытаний ВАХ СИД Helio практически не изменился. В описанных выше спектральных исследованиях отмечалось небольшое увеличение КПД СИД Helio после ультразвуковой обработки, что свидетельствует о положительном его воздействии для выбранных режимов (в том числе промежутке времени обработки). Небольшое улучшение произошло и

в тепловых свойствах СИД Helio (снижение теплового сопротивления).

При деградационных испытаниях СИД на основе нитридов, проводимых ранее [1], отмечалось, что для первых ~1000 часов работы наблюдается улучшение КПД СИД. В связи с этим, можно предположить, что выбранные нами режимы соответствуют данному промежутку времени функционирования СИД.

Необходимо отметить также, что механическое напряжение для размножения дислокаций в СИД на базе нитридов составляет  $\sigma_0 = 2,8$  МПа ( $280$  г/мм<sup>2</sup>), мощность ультразвуковой волны для этого можно найти по формуле [2]

$$P = \frac{\sigma_0^2 f}{E_p} V_p \cdot$$

В нашем случае частоты ультразвука составляли  $f = 84,5$  кГц и  $f = 117,6$  кГц, модуль Юнга и

УДК 621

#### ЛАЗЕРНАЯ АБЛЯЦИЯ ГРАФИТА В ЭТАНОЛЕ

Босак Н.А.<sup>2</sup>, Журавлева В.И.<sup>3</sup>, Короза А.Г.<sup>2</sup>, Маркевич М.И.<sup>1</sup>, Чапланов А.М.<sup>1</sup>, Щербакова Е.Н.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Институт физики им. Б.И. Степанова, НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь.

<sup>3</sup>Военная академия Республики Беларусь, Минск, Республика Беларусь

<sup>4</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Введение. Дальнейший прогресс в получении материалов с новыми свойствами связан с такими изменениями в структуре, которые оказывают влияние на фундаментальные свойства объектов. Наиболее перспективное научное направление в области физического материаловедения связано с созданием и изучением структуры и свойств материала, который получен из частиц нанометрового диапазона.

В последние годы было обнаружено, что уменьшение размера частиц в материале может приводить к существенному изменению их свойств [1]. Такие изменения появляются, когда средний размер кристаллических зерен не превышает 100 нм.

Важным фактором, который оказывает большое влияние на химические и физические свойства наночастиц, является возрастание в них относительной доли «поверхностных атомов», находящихся в других условиях, как следствие этого происходит изменение характера взаимодействия между атомами, что делает наночастицу способной эффективно взаимодействовать с химическими соединениями.

Существуют различные способы получения наночастиц. Наиболее эффективный из них основан на получении частиц из компактных

объем пьезокерамики  $E_p \approx 7 \cdot 10^{10}$  Па,  $V_p = 1,884 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup> (диаметр 40 мм, толщина 15 мм).

Следовательно, минимальная мощность ультразвуковой волны, необходимая для эффективного размножения дислокаций, составляет достаточно большую величину ~180–250 Вт. Ввиду этого эффект ультразвука в нашем случае оказался не очень заметным.

1. 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.
2. 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.

твердых материалов: испарение – конденсация, механическое дробление, лазерная абляция [2].

Результаты и их обсуждение. Для абляции материала использовали лазер с длиной волны 1064 нм (лазер на алюмоиттриевом гранате), генерирующий в двухимпульсном режиме (импульсы разделены временным интервалом 3 мкс, длительность импульсов 10 нс).

Образованная в результате испарения вещества горячая абляционная плазма под действием первого импульса создает в приповерхностном слое область с повышенной температурой и пониженной плотностью частиц воздуха [3], поэтому вещество, которое поступает в эту область после второго импульса, практически не вступает во взаимодействие с кислородом, азотом и другими элементами окружающего воздуха [3].

Мишень из графита помещалась в этанол, плотность мощности составляла  $5 \cdot 10^9$  Вт/см<sup>2</sup>, лазерный пучок фокусировался на поверхности графита в пятно диаметром 0,5 мм. В качестве основных методов исследования структуры и фазового состава образцов применялись электронография и метод комбинационного рассеяния света. На рисунке 1 показан КР - спектр исходной мишени.