

тий // Материалы Международной научной конференции ИРЭМВ-2005 «Излучение и

рассеяние электромагнитных волн». Таганрог, 2005. С.327-329.

УДК 535.376

ВЛИЯНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ ЛИНЗ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЕТОДИОДОВ

Бумай Ю.А.¹, Бобученко Д.С.¹, Доманевский Д.С.¹, Куклицкая А.Г.¹, Манего С.А.¹, Трофимов Ю.В.², Цвирко В.И.²

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

²РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси»
Минск, Республика Беларусь

При длительной работе светоизлучающих диодов (СИД) помимо оптической и электрической деградации их кристаллов из-за роста количества дефектов структуры происходит также деградация полимерных линз СИД, формирующих определенную диаграмму направленности излучения. Облучение высокоэнергетическими частицами также может приводить к образованию дефектов как в кристаллах, так и линзах СИД и является одним из способов достижения быстрой деградации. В данной работе исследовано влияние облучения быстрыми электронами (энергия 4 МэВ, флюенс $D = 1,2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$) на оптические свойства ультрафиолетовых и зеленых СИД фирмы Helio (мощностью 1 Вт), в частности, установлен вклад деградации линзы в общую деградацию СИД. Энергия быстрых электронов оказалась достаточной для глубокого проникновения электронов в СИД, т.е. для создания радиационных дефектов как в линзе СИД, так и кристалле [1]. Необходимо отметить, что после облучения произошло визуальное наблюдаемое помутнение линз, при этом они приобрели желтый оттенок. Изменялись спектры электролюминесценции в области токов 1 – 350 мА в режиме стабилизации тока СИД, а также радиометрическая мощность излучения.

Спектры электролюминесценции при разных токах ультрафиолетового СИД, облученного быстрыми электронами, показаны на рисунке 1. На спектрах СИД с линзой наблюдаются две полосы. Одна из них с максимумом в интервале 3,08–3,09 эВ принадлежит основному излучению СИД, вторая (широкая) с максимумом в интервале ~2,0–2,1 эВ связана с радиационными дефектами. После удаления линзы интенсивность основной полосы возрастает приблизительно в ~170–190 раз (в исследуемом диапазоне токов). Это значит, что ультрафиолетовое излучение эффективно поглощается материалом линзы облученного СИД. Интенсивность второй полосы после удаления линзы, наоборот, уменьшается в несколько раз. В этом случае широкая полоса полностью обусловлена радиационными дефектами в кристалле СИД и представляет собой, вероятно, «желтую дефектную полосу», наблю-

даемую в этом спектральном диапазоне в несовершенных кристаллах СИД на базе нитридов [2].

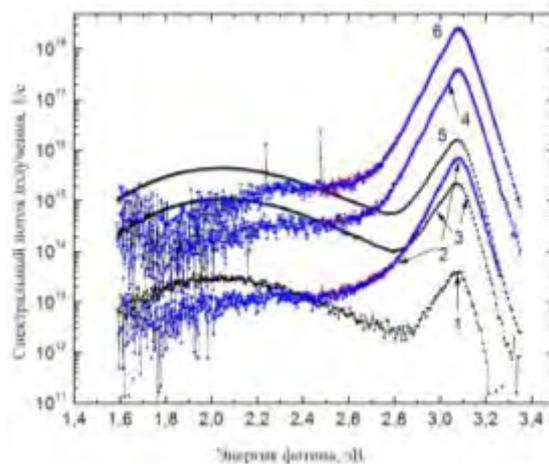


Рисунок 1 – Спектр электролюминесценции ультрафиолетового СИД, облученного флюенсом быстрых электронов $D = 1,2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$:
(1, 3, 5) – с линзой; (2, 4, 6) – без линзы;
ток: (1, 2) – 10 мА; (3, 4) – 100 мА;
(5, 6) – 350 мА.

В связи с этим, наиболее вероятной причиной увеличения интенсивности широкой полосы в облученных СИД при наличии линзы является фотолюминесценция радиационных дефектов материала линзы, возбуждаемая ультрафиолетовым излучением кристалла. При этом она наблюдается приблизительно в том же диапазоне спектра, что и «желтая дефектная полоса» в кристалле СИД.

Необходимо отметить также, что из-за наличия полосы связанной с дефектами свечение ультрафиолетового СИД становится подобным свечению белого, т.е. сильно изменяются цветовые координаты излучения.

Спектры электролюминесценции при разных токах зеленого СИД, облученного быстрыми электронами, показаны на рисунке 2. В отличие от ультрафиолетовых СИД в спектрах зеленых наблюдается одна полоса с максимумом в интервале 2,32–2,37 эВ (в зависимости от уровня воз-

буждения, определяемого током), принадлежащая основному излучению.

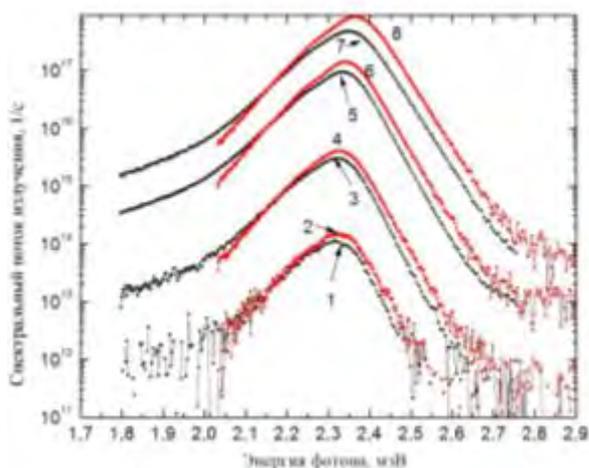


Рисунок 2 – Спектр электролюминесценции зеленого СИД, облученного флюенсом быстрых электронов $D = 1,2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$:

(1, 3, 5, 7) – с линзой; (2, 4, 6, 8) – без линзы; ток: (1, 2) – 1 мА; (3, 4) – 10 мА; (5, 6) – 100 мА.

Удаление линзы приводит лишь к небольшому (~1,5–2 раза) возрастанию потока излучения в максимуме. Это значит, что повреждение линзы не сказывается существенным образом на эффективность излучения зеленого СИД. Вероятной причиной этого является то обстоятельство, что излучение зеленого СИД не возбуждает люминесценцию радиационных дефектов материала линзы (имеющую максимум вблизи ~2,0 – 2,1 эВ) ввиду близости к энергии основной полосы. Необходимо также отметить, что «дефектная желтая полоса» лежит также в диапазоне излучения данного СИД и ее вклад мало заметен, в отличие, например, от ультрафиолетового или синего СИД.

Установлено также, что деградация линз может приводить к отказу СИД вследствие образования проводящего канала по краю линзы и отражателя, приводящего к короткому замыканию электродов, т.е. шунтированию кристалла. Это подтверждается также термографическими исследованиями такого СИД. На рисунке 3 приведена термограмма, на которой отчетливо наблюдается разогрев проводящего канала между электродами (светлый участок термограммы). Вольт-амперная характеристика СИД после отказа становится линейной с сопротивлением ~1–2 Ом.

Отметим, что аналогичные отказы появлялись также и при ускоренных тепловых испытаниях (температурах СИД порядка 130°C и токах 330 мА). В этом случае на поверхности чашки, фокусирующей излучение, в полимере образуются пузырьки, которые не только уменьшают отражательную способность поверхности чашки, но и изменяют поверхностную проводимость

корпуса СИД. Необходимо отметить, что отказ ультрафиолетовых СИД Helio при ускоренных тепловых испытаниях наблюдался всего лишь через 110 часов.

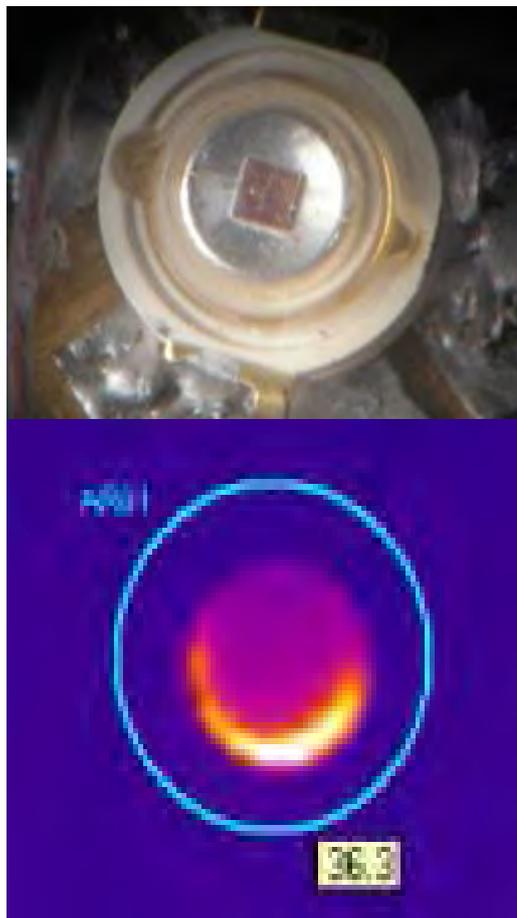


Рисунок 3 – Вид СИД Helio и термограмма облученного СИД после отказа (получена при токе через СИД 530 мА).

Таким образом, установлено влияние деградации полимерных линз СИД, вызванной облучением быстрыми электронами, на спектры электролюминесценции и вид отказов СИД на базе нитридов.

1. 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.
2. Юнович, А.Э. Дивакансия азота возможная причина желтой полосы в спектрах люминесценции нитрида галлия /А.Э. Юнович //ФТП. – 1998, – Т.32, – №10, – С.1181-1183.