

Исследование Изменение Параметров Светоизлучающих Диодов В Процессе Эксплуатации

Абдуллаев Жамолiddин Солижонович¹, Каримов Баходир Хошимович²

Аннотация: В работе приведены результаты исследования процесса деградации светодиодов (СД) на основе $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}:\text{Te}(x > 0,34) - \text{Al}_{0,34}\text{Ga}_{0,66}\text{As}:\text{Zn-GaAs}:\text{Zn}$.

Ключевые слова: светоизлучающие диоды, жидкостнофазная эпитакция, фотолюминесценция, вольт-амперная характеристика, вольт-фарадная характеристика, электролюминесценция, глубокие центры.

В данной исследовании приведены результаты исследования процесса деградации промышленных светодиодов (СД) на основе $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}:\text{Te}(x > 0,34) - \text{Al}_{0,34}\text{Ga}_{0,66}\text{As}:\text{Zn-GaAs}:\text{Zn}$ гетероструктур. Эпитаксиальные слои последовательно наращивались на подложки p^+ - Ga As. Часть СД с мезаструктурой имела защитное покрытие из Si_3N_4 .

Эти светодиоды получены методом жидкостнофазной эпитаксии.

При исследовании деградационного процесса измерялись все основные электрические характеристики СД. Спектр электролюминесценции (ЭЛ) исследованных СД содержал две полосы свечения: красную (К) $h\nu_m = 1,82$ эВ с полушириной 0,06 эВ и инфракрасную (ИК) $h\nu_m = 1,39-1,4$ эВ с полушириной 0,07 эВ. Исследования показали, что если в СД ИК полоса свечения имела максимум $h\nu_m = 1,39$ эВ, то при деградации спектральное положение обеих полос не изменялось. Если же максимум ИК – полосы соответствовал 1,4 эВ, то в процессе деградации наряду с уменьшением величины обеих полос наблюдалось смещение ИК полосы свечения в длинноволновую сторону. При этом относительное изменение К – полосы было слабее, чем относительное изменение ИК – полосы.

Наблюдалось изменение интенсивности и а так же смещение ИК – полосы в длинноволновую сторону, которые происходит одновременно с ростом избыточного термотуннельного тока на обратной ветви вольт – амперной характеристики (ВАХ). Рост избыточного тока при наработке характеризует увеличение концентрации дефектов в области пространственного заряда (ОПЗ) $p - n$ перехода, в то же время изменение интенсивности ИК полосы свидетельствует об увеличении концентрации дефектов на гетерогранице GaAs-AlGaAs.

В процессе исследования обнаружено, что чем значительное увеличивался избыточный ток, тем сильнее снижалась интенсивность ИК полосы, что позволяет считать эти процессы связанными. Это приводит к тому, что увеличение избыточного тока и снижение интенсивности ИК обусловлены одной причиной, а именно, релаксацией напряжений в гетеросистеме, сопровождающейся введением структурных дефектов в границе раздела $\text{Al}_{0,34}\text{Ga}_{0,66}\text{As} - \text{GaAs}$ и $\text{Al}_{0,34}\text{Ga}_{0,66}\text{As} - \text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}(x > 0,34)$. Известно, что увеличение в $p - n -$ переходе плотности структурных дефектов приводит к росту избыточных токов на обратной ветви ВАХ. [1]

¹ доцент Ферганского филиала Ташкентского университета информационной технологии им. Мухаммада ал-Харезми

² кандидат физика –математических наук, доцент. Ферганский государственный университет. г. Фергана, Узбекистан



Для исследования изменений параметров глубоких центров (ГЦ) в процессе деградации светодиодов проводилось процесс деградации при пропускании через образцов прямого тока с плотностью $I_g = 16 \text{ А/см}^2$ при температуре 50°C в течение 3000 часов. В определенных этапах деградации контролировалась интегральная эффективность свечения, спектры электролюминесценции, вольт - амперные и вольт - фарадные характеристики (ВФХ).

Кроме того, также измерялись параметры глубоких центров в активной области СД. Измерения проводилось методом релаксационной емкостной спектроскопии глубоких уровней, известном в литературе как метод DLTS. В спектре DLTS обнаружено восемь пиков, соответствующих ловушкам для основных носителей (ОН) – дырок, и один пик связанный с ловушками для неосновных носителей (НН) – электронов, в активном р – слое СД. По температурным зависимостям положения максимумов указанных пиков от постоянной времени перезарядки глубоких центров было определено их энергетическое положение и сечения захвата носителей. Концентрация ГЦ оценивалась по величине сигнала DLTS.

Для того, чтобы судить о пространственной локализации центров, измерения их концентрации проводились при различных обратных смещениях на диоде, соответствующих различной ширине, области пространственного заряда (ОПЗ).

Для анализа кинетики деградации исследованных СД, процесс деградации условно разделяется на периоды (интервалы А – Б, Б – С и С – Д), соответствующие характерным изменениям параметров СД при наработке.

1. В период А – Б эффективность свечения основной К – полосы электролюминесценции ($W_k = k\eta_o I_n \eta_k$) практически не изменяется. При этом на ВАХ наблюдается увеличение прямого и обратного туннельно – термических и терморекombинационного токов. Одновременно растет ток на участке, где доминировал термоэмиссионная компонента, что свидетельствует об увеличении доли рекомбинационного тока и снижении коэффициента инжекции.

В тех светоизлучающих диодах, у которых на участке А – Б рекомбинационный ток не возрастал – величина W_k оставалась постоянной и в спектре DLTS наблюдалось увеличение концентрации только ловушек H_3 и H_4 и снижение число ловушек H_1 и E . В тех СД, у которых на участке А – Б рекомбинационный ток значительно возрастал и падала величина W_k , одновременно с ростом числа ловушек H_3 и H_4 в спектре DLTS увеличилась концентрация центров H_7 и H_8 .

Известно, что процесс рекомбинационно – стимулированного размножения структурных дефектов в материале A^3B^5 сопровождается рождением вакансий. Авторы работ [2], с дефектом V_{Ga} в $Al_{0,32}Ga_{0,68}As$ связывают отрицательно заряженную дырочную ловушку с энергетической глубиной $0,64 \pm 0,01$ эВ. Это значение удовлетворительно согласуется с энергией ионизации обнаруженной нами дырочной ловушки H_7 .

В период Б – С деградации W_k обусловлена снижением объемной квантовой эффективности свечения η_k при постоянной величине токов на ВАХ. В спектре DLTS сигнала в это время происходит уменьшение числа ловушек H_3 , H_4 и рост концентрации центров E , H_5 и H_6 .

Участок Б – С процесса деградации СД мы связываем со снижением внутреннего квантового выхода К – полосы свечения в активном р – области диода.

Наконец, на участке С – Д наработки скорость снижения объемной эффективности свечения уменьшается. В то же время на прямой и обратной ветвях ВАХ вновь начинают расти туннельно – термический и рекомбинационный токи, а в спектре DLTS сигнала увеличивается концентрация центров H_3 , H_7 , H_8 и снижается число электронных ловушек E . В период наработки С – Д изменение всех характеристик аналогично изменениям, происходящим на участке А – Б деградации СД.



Описанная кинетика снижения эффективности свечения СД при деградации становится понятной, если предположить, что в период Б – Д деградации СД обусловлена диффузией подвижных примесей или дефектов из удаленных от р – n перехода областей гетероструктуры, а именно, высоколегированной GaAs. Легкоподвижными (донорными) дефектами в GaAs являются, как известно, междоузельные атомы Zn. Диффузия последних через активную область, вероятно, приводит к росту концентрации сложных примесных комплексов – центров рекомбинации Н₅ и Н₆, возможно, образующихся из ловушек Н₃ и Н₄.

Происходящее одновременно некоторое увеличение числа электронных ловушек Е близких по параметрам к известным донорным центрам в Al_xGa_{1-x}As свидетельствует в пользу сделанного предположения о диффузии из подложки при наработке доноров. В свою очередь возрастание в р – n переходе концентрации доноров вновь приводит к размножению там структурных дефектов, сопровождающемся ростом туннельно –термических и рекомбинационных токов (участок С – Д) и одновременно увеличением концентрации ловушек Н₃, Н₇ и Н₈.

References.

1. Юсупов, Ё. (2023, October). Классификация факторов влияющих на тепловые характеристики солнечных ППЖ. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".
2. Мирзаева, М. А., & Акрамов, Ш. Ш. У. (2020). Биология сортов сахарной свеклы, вредителей, болезней и способы борьбы с ними. Universum: технические науки, (11-3 (80)), 81-83.
3. Полвонов, Б. (2023, October). Физика квантовых точек: свойства и применения в полупроводниковой оптике. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".
4. Ziyoyeva, M. (2023). Ta'lim jarayonida dasturiy vositalardan foydalanishning didaktik imkoniyatlari. Евразийский журнал академических исследований, 3(4 Special Issue), 92-97.
5. Ziyoyeva, M. S. (2023). Ta'lim jarayonida pedagogik dasturiy vositalardan foydalanishning mazmuni va mohiyati. Namangan davlat universiteti Ilmiy axborotnomasi, (7), 735-741.
6. Отажонов, С. М., Рахмонкулов, М. Х., Мовлонов, П. И., & Юнусов, Н. (2021). Влияние термообработки на фотоэлектрические свойства гетероструктуры Cu_{2-x}Te-CdTe. Science, 89, 19.
7. Сатволдиев, И. (2023, November). ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ В ВУЗАХ. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".
8. Юсупов, Ё. (2023, October). Анализ современного состояния и перспективы развития солнечных энергосистем. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".
9. Bozarov, V. I. (2019). An optimal quadrature formula with sinx weight function in the Sobolev space. Uzbekistan academy of sciences vi romanovskiy institute of mathematics, 47.
10. Далиев, Б. С. (2022). О Численном Решении Линейных Обобщенных Интегральных Уравнений Абеля. Periodica Journal of Modern Philosophy, Social Sciences and Humanities, 13, 191-198.
11. Насриддинов, О. (2023, October). Решение физической задачи с дифференциальным уравнением в программе maple. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".



12. Насриддинов, О. У. (2023, October). Численное решение дифференциальных уравнений в maple методом Рунге-Кутты. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".
13. Jo'raeva, D. (2022). Buziladigan oddiy differentsial tenglama uchun birinchi chegaraviy masala. O'zbekistonda fanlararo innovatsiyalar va ilmiy tadqiqotlar jurnali, 2(13), 456-461.
14. Мовлонов, П. (2023, October). СОПРОТИВЛЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ТАБЛЕТОК N-ТИПА CDS НА НАЧАЛЬНОЙ СТАРЕНИЯ В ПРИНЦИПЕ. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".
15. Nasriddinov, O., Madibragimova, I., & Isomiddinova, O. (2024). DIFFERENSIAL TENGLAMAGA KELUVCHI STATIKA MASALASINI MAPLE DASTURIDA YECHISH. Farg'ona davlat universiteti, (4), 88-88.
16. Qodirov, X. (2024). МАКТАВ ФИЗИКА KURSINING "ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA HODISASI" MAVZUSINI O 'QITISHDA DASTURIY TAMINOTLARDAN FOYDALANISHNING AHAMIYATI. Interpretation and researches.
17. Абдурахмонов, С. Ж., Акрамов, Ш. Ш., & Бахтиёрова, Д. Ф. (2018). Регулирование плодоношения хлопчатника путем удаления части новообразующихся бутонов. Актуальная наука, (11), 18-21.
18. Nasriddinov, O., Maniyozov, O., & Bozorqulov, A. (2023). Xususiy hosilali differensial tenglamalarning umumiy yechimni topishning xarakteristikalar usuli. Research and implementation.
19. Qodirov, X. (2023, November). ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA HODISASI. INDUKSIYA ELEKTR YURITUVCHI KUCH. FARADEY QONUNI. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".
20. Жураева, Д. (2023, November). ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ВЫЗОВЫ. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".
21. Мадибрагимова, И. (2023). РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ С ПОМОЩЬЮ УРОКОВ МАТЕМАТИКИ. Conference on Digital Innovation : "Modern Problems and Solutions".
22. Назирова, Р. М., Таджиев, С. М., Мирсалимова, С. Р., & Акрамов, Ш. Ш. (2018). Интенсивная технология получения РК-удобрения. Современные научные исследования и разработки, (3), 415-418.
23. Абдуллаев, Ж. (2023). Развитие профессиональных компетенций студентов через преподавание технических предметов в ВУЗах. Conference on Digital Innovation : "Modern Problems and Solutions".
24. Жураева, Д. (2023, November). ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАТНОГО КЛАССА В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ: НОВЫЙ ПОДХОД К АКТИВИЗАЦИИ СТУДЕНТОВ. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".
25. Маниёзов, О. А. (2023). ИСПОЛЬЗУЙТЕ АЛГОРИТМ ФУРЬЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА. Новости образования: исследование в XXI веке, 2(14), 229-233.
26. Ибрагимов, О. О., & Акрамов, Ш. Ш. (2018). Регулирование плодоношением хлопчатника путем удаления части новообразующихся бутонов. Современные научные исследования и разработки, (6), 314-315.



27. Botirova, N. (2023). Development of educational-cognitive competence on the basis of personality-oriented education of future primary class teachers. *Modern Science and Research*, 2(6), 563-567.
28. Юсупов, Ё. (2023, October). Методы измерения тепловых и энергетических характеристик параболоцилиндрических концентраторов. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".
29. Сатволдиев, И. А. (2023). ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ДИОДОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОПТРОНА ОТКРЫТОГО КАНАЛА. *International journal of advanced research in education, technology and management*, 2(10).
30. Сабилов, С. (2023, October). Материалы для водородной энергетики на основе барий-стронция-кобальта BA0, 5SR0, 5 C 1-XFEXO3-Z. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".
31. Djurabayevna, B. N. (2023). Ways of Implementing the Design of the Individual Education Trajectory of the Future Primary Class Teachers. *Journal of Pedagogical Inventions and Practices*, 21, 47-52.
32. Farhodovich, T. X. D. (2023). Boshlang 'ich sinf o 'quvchilarining tafakkurini rivojlantirishning psixologik va pedagogik jihatlari. *Ijtimoiy fanlarda innovasiya onlayn ilmiy jurnali*, 3(3), 24-28.
33. Otaqulov, O. H., Ergashev, S. F., & Yusupov, Y. A. (2020). Analysis of the optical and thermal characteristics of a solar parabolic cylindrical collector. *Scientific-technical journal*, 3(6), 8-17.
34. Мавлонов, П. (2023, November). МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УГЛЕРОДНЫХ КЛАСТЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".
35. BOZAROV, B. (2023). Uch o 'lchovli fazodagi sferada aniqlangan funksiyalarni taqribiy integrallash uchun optimal kubatur formulalar: uch o 'lchovli fazodagi sfera... *Потомки Аль-Фаргани*, (4), 109-113.
36. Otaqulov, O., Nasriddinov, O., & Isomiddinova, O. (2023). MAPLE DASTURIDA DIFFERENSIAL TENGLAMALARNI SONLI YECHIMINI RUNGE-KUTTA USULIDAN FOYDALANIB TOPISH. *Farg'ona davlat universiteti*, (2), 128-128.
37. Сатволдиев, И. (2023, October). РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОПТРОНА ОТКРЫТОГО КАНАЛА. In Conference on Digital Innovation: "Modern Problems and Solutions".

