

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. Д. СЕРИКБАЕВА

УДК 621.382.2

На правах рукописи

**Аубакирова Данагуль Машановна**

«Исследование влияния оптического излучения на светоизлучающие диоды»

6N0604 «Физика»

Автореферат диссертации на соискание академической степени магистра

Научный руководитель: Скаков М.К.,  
д.ф.-м.н., профессор

Республика Казахстан  
Усть-Каменогорск, 2010

**Объем:** 60 страниц; **структура диссертации:** титульный лист; содержание; нормативные ссылки; определения, обозначения и сокращения; введение; литературный обзор; материал и методика эксперимента; экспериментальные результаты и их обсуждение; выводы и заключение; список использованных источников; приложения.

**Количество иллюстраций:** 12; **количество таблиц:** 1; **количество использованных литературных источников:** 44.

**Перечень ключевых слов:** Арсенидгаллиевые светоизлучающие диоды, полупроводниковый лазер, импульсное лазерное излучение, гетероструктура, деградация, радиационная стойкость, плотность излучения, имитация.

**Актуальность темы:**

Взаимодействие импульсного лазерного излучения с поверхностью GaAs изучается более 30 лет. Устойчивый интерес к таким исследованиям вызван широким применением арсенида галлия в современной микро- и оптоэлектронике, а также, в частности, тем, что неравновесное импульсное воздействие способно инициировать в полупроводнике различные фазовые превращения и изменять ряд свойств поверхностного слоя внутри зоны облучения. Светоизлучающие диоды ИК-диапазона (далее СИД) широко используются в различных информационных системах, что требует обеспечения их устойчивости к различным внешним воздействиям. При этом достаточно развито и применение лазерных систем с самым разнообразным назначением. При этом основное поглощение мощности лазерного излучения будет происходить на границах металлический омический контакт – полупроводник, а это должно приводить к деградации контакта металл – полупроводник и, следовательно, к деградации выходных параметров СИД. Появление наведенного тока, в свою очередь, приводит к релаксационным процессам в активном слое СИД и, соответственно, к сбоям в его работе. Подобные релаксационные процессы наблюдаются при воздействии импульсного гамма-излучения на полупроводниковые приборы, что позволяет использовать ИЛИ для имитации воздействия гамма-импульса на полупроводниковые приборы.

В реальных условиях эксплуатации изделия подвергаются комплексному или комбинированному действию нескольких радиационных факторов, поэтому важно знать и уметь прогнозировать изменение параметров приборов при таких воздействиях. Этой проблеме к настоящему времени уделяется соответствующее внимание. Но эти исследования не имеют системного характера, что затрудняет практическое применение полученных результатов. Например, арсенидгаллиевые сверхвысокочастотные приборы, светоизлучающие диоды, являются основой для изготовления устройств, эксплуатируемых в условиях космического пространства, в верхних слоях

атмосферы и на ядерных энергетических установках. И как известно, при этом они подвергаются действию различных радиационных полей, что выдвигает определенные требования по обеспечению их радиационной стойкости. Радиационное воздействие приводит к генерации стабильных радиационных дефектов, снижению концентрации электронов и уменьшению их подвижности, и, как следствие к деградации параметров приборов.

**Цель работы:** Изучить деградацию светоизлучающих диодов на основе GaAs при воздействии импульсного лазерного излучения (ИЛИ) с длиной волны вне окна прозрачности (0,308 мкм).

**Объекты исследования:** В качестве объектов исследования использовались СИД 3Л107. Поскольку в зависимости от плотности энергии импульса может меняться его длительность, то в данном случае воздействие ИЛИ (0,308 мкм) характеризовали плотностью мощности, а также количеством импульсов  $N$ . При количестве импульсов  $N < 10$  осуществляли последовательное воздействие одиночными импульсами. При  $N > 10$  использовали импульсно-периодический режим.

**Методы исследования:** При исследовании действия лазерного излучения на СИД можно выделить две характерные задачи:

- исследование действия лазерного излучения с длиной волны в окне прозрачности используемого полупроводникового материала;
- исследование действия лазерного излучения с длиной волны вне окна прозрачности используемого полупроводникового материала.

Методика определения толщины нарушенного слоя заключается в проведении измерений профиля распределения интенсивности микрокатодлюминесценции по сколу структуры, подвергнутой лазерному воздействию. Эти измерения проводились с помощью растрового электронного микроскопа, оборудованного специальной приставкой для измерения профиля интенсивности микрокатодлюминесценции. Разрешение по сколу в данном случае варьировалось от 0,8 мкм до 1 мкм.

#### **Полученные результаты:**

- В данной работе представлены результаты исследования воздействия импульсного лазерного излучения с длиной волны в окне прозрачности на светоизлучающие диоды ИК-диапазона.

- Показано, что стойкость СИД к воздействию ИЛИ сильно зависит от направления воздействия.

- Выявлено три граничных значения плотности мощности ИЛИ, обусловленные деградацией границы металл-полупроводник, проплавлением границы металл – полупроводник и разложением арсенида галлия вблизи

указанной границы.

- Установлено, что амплитуда наведенного тока обнаруживает насыщение при возникновении проплавления данной границы.

- Представляется затруднительным достоверно прогнозировать время потери работоспособности при воздействии гамма-импульса на СИД по результатам, наблюдаемым при воздействии ИЛИ.

**Научная новизна.** К настоящему времени практически отсутствуют данные о работе СИД в условиях действия оптического излучения.

**Практическая ценность.** Поскольку лазерное излучение (ЛИ) широко используется в технологии изготовления различных изделий электронной техники, то полученная информация позволит определить требования по применению ЛИ в технологии изготовления приборов. Полученные данные позволят разработать рекомендации по повышению надежности работы СИД в условиях действия оптического излучения.

Настоящая работа выполнена на основании договора о научно-техническом сотрудничестве между Восточно-Казахстанским государственным-техническим университетом им.Д.Серикбаева и Томским Политехническим университетом № 238/08-ЮТИ

**Сведения о публикациях:** Всего по результатам исследований воздействия ИЛИ на светоизлучающие диоды опубликовано в соавторстве 5 работ.

## Аңдатпа

**Көлемі:** 60 бет; **диссертацияның құрылымы:** титул беті; мазмұны; нормативтік сілтемелер; анықтамалар, белгілеулер мен қысқартулар; кіріспе; әдеби шолу; эксперимент материалы және әдістемесі; эксперименттік нәтижелер мен олардың талдауы; қорытындылар мен тұжырымдар; қолданылған әдебиеттер тізімі; қосымша.

**Иллюстрациялар саны:** 12; **кестелер саны:** 1; **қолданылған әдебиеттер саны:** 44.

**Негізгі сөздер тізімдемесі:** Галлий арсенидтік жарық шығаратын диод, жартылайөткізгіштік лазер, импульстік лазерлік сәуле, гетероқұрылым, деградация, радиациялық тұрақтылық, сәуле тығыздығы, имитация.

### Тақырыптың өзектілігі:

Лазерлік сәуленің галлий арсенидінің беткі қабатына әсері 30 жылдан аса уақыт бойы қарастырылып келеді. Себебі, галлий арсениді қазіргі заманғы микро және оптоэлектроникада кеңінен қолданыс тауып келеді, сонымен қатар, жартылай өткізгіштерге импульстің әсері әртүрлі фазалық ауысуларды және сәулеленген беткі қабаттың құрылымын өзгерту қабілеті байқалды. Инфрақызыл аймақтағы жарық шығаратын диодтар әртүрлі ақпараттық жүйелерде кеңінен қолданылады. Бұл жағдай әртүрлі сыртқы факторлардың әсерінен сақтайтын шараларды анықтауды талап етеді. Лазерлік жүйені де әртүрлі бағытта әртүрлі мақсатта қолдану кейінгі кездері кең өріс алған. Бұл кезде, лазерлік сәуленің қуатының негізгі жұтылуы метал омикалық байланыс-жартылайөткізгіш шекарасында жүзеге асады, ал бұндай әсер металл-жартылайөткізгіш байланысың деградациясына әкеліп, өз кезегінде жарық шығаратын диодтар параметрлерінің деградациясына ұшыратады. Келтірілген тоқтың болуы жарық шығаратын диодтың белсенді қабатында болатын релаксациялық үрдістердің пайда болуына әкеледі де, жарық шығаратын диодтың жұмыс істеуінің тоқтауының негізгі себебі болып табылады. Осыған ұқсас релаксациялық үрдістер жартылайөткізгіштік аспаптарға импульстік гамма сәуле әсер еткенде де байқалған. Олай болса, импульстік лазерлік сәулені гамма импульстің жартылайөткізгіштерге әсерінің имитациясы үшін қолдануға мүмкіндік береді.

Галлий арсенидтік жарық шығаратын диод, космостық кеңістікте, атмосфераның жоғарғы қабаттарында және ядролық энергетикалық қондырғыларда қолданылатын құрылғылардың негізі болып табылады және біздің білетініміздей, бұл жағдайларда әртүрлі радиациялық өрістің әсеріне ұшырайды. Бұл өз кезегінде радиациялық тұрақтылықты қамтамасыз ететін шаралар ұйымдастыруды қажет етеді. Радиациялық әсер стабильді радиациялық

ақаулардың генерациясын, электрондар мен оның қозғалғыштығының концентрациясының төмендеуін тудырады. Бұл жағдай аспаптар параметрлерінің деградациясына әкеледі.

Импульстік лазерлік сәуле аспаптардың уақытша жұмыс істеуінің тоқтауына, катарстрофиялық істен шығуына және соның негізіндегі аспаптар параметрлерінің деградациясына әкелетін радиациялық факторлардың біреуі болып табылады. Бірақ, аспаптарға импульстік лазерлік сәуле әсер еткендегі үздіксіз жұмыс істеу деңгейін және жұмыс істеу уақытын жоғалтуды анықтайтын зерттеулер іс жүзінде жоқ дерлік.

**Жұмыстың мақсаты:** Жарықтылықтан алыс жатқан (0,308 мкм) толқын ұзындығындағы импульстік лазерлік сәуленің GaAs негізіндегі жарық шығаратын диодтарға әсер еткенде пайда болған деградацияны анықтау.

**Зерттеу нысаны:** Зерттеу нысаны ретінде 3Л107 жарық шығаратын диод қолданылды. Импульс энергиясының тығыздығына байланысты оның ұзақтылығы өзгереді. Бұл жағдайда жарық шығаратын диодтың әсері қуат тығыздығы мен N импульстер санымен сипатталады. Импульстер саны  $N < 10$  болғанда импульстердің үздіксіз әсері жүзеге асырылды.  $N > 10$  болғанда импульстік периодтық режим жүзеге асты.

**Зерттеу әдістемесі:** Бүлінген қабаттың қалыңдығын анықтау әдістемесі лазер сәулесі әсер еткен құрылымның шеті бойынша таралған микрокатодлюминесценцияның интенсивтілігінің профилін өлшеуге негізделген. Бұл өлшеулер арнайы жабдықтандырылған сканерлейтін электрондық микроскоп көмегімен жүзеге асты.

**Алынған нәтижелер:**

- Бұл жұмыста жарықтылықта жатқан толқын ұзындығындағы лазерлік сәуленің инфрақызыл аймақта жатқан жарық шығаратын диодтарға әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген.
- Импульстік лазерлік сәуленің жарық шығаратын диодтарға әсері әсердің бағытына тәуелді екені көрсетілген.
- Импульстік лазерлік сәуленің қуатының тығыздығының үш шектік мәні анықталды.
- Бұл шектердің бүлінуі пайда болғанда, қанығу тоғының амплитудасы қанығу шегіне жетеді. импульстік лазерлік сәуле әсер еткен кездегі мәліметтер бойынша жарық шығаратын диодтарға гамма импульсі әсер еткен кездегі жұмыс істеу қаблетінің жоғалу уақытын болжауға болатынын келтірілген.

**Ғылыми жаңашылдығы:** Оптикалық сәуле әсер еткендегі жарық

шығаратын диодтың жұмыс істеуі туралы мәліметтер іс жүзінде жоқ.

**Практикалық маңызы:** Лазерлік сәулені электрондық техника бұйымдарын дайындау технологиясында лазерлік сәулені кеңінен қолдануға байланысты, алынған мәліметтер арқылы аспаптар дайындау технологиясында лазерлік сәулені қолданудың арнайы талаптарын анықтауға, сонымен қатар, оптикалық сәуле әсер еткендегі жарық шығаратын диодтардың жұмысының сенімділігін жоғарылатудың әдістемелерін дайындауға мүмкіндік береді.

**Басылымдар туралы мәліметтер:** Импульстік лазерлік сәуленің жарық шығаратын диодтарға әсері туралы 5 бірлескен авторлық жұмыс басылып шықты.

**Volume:** 60 pages, the structure of the dissertation: the title page, table of contents; normative references, definitions and abbreviations, introduction, literature review, material and methods of the experiment, the experimental results and discussion, findings and conclusion, a list of sources and applications.

**Number of illustrations:** 12; number of tables: 1, number of used literature sources: 44.

**List of key words:** Arsenidgallievye emitting diodes, semiconductor laser, pulsed laser radiation, heterostructure, degradation, radiation resistance, radiation density simulation.

**The relevance of the theme:** Light-emitting diodes infrared (hereinafter LEDs) are widely used in various information systems, which requires their resistance to various external influences. It is quite well developed and the use of laser systems with a variety of appointment. Of particular interest is the impact of pulsed laser radiation (hereafter OR) with a wavelength in the window material used in the manufacture of LEDs, because such radiation can generate electron-hole pair separation in which the external and built-in electric fields leads to the induced current in closed contacts of the LEDs. At the same fundamental absorption of the laser radiation will occur at the boundaries of the ohmic contact metal - semiconductor, and this should lead to the degradation of a metal - semiconductor and, consequently, the degradation of LED output parameters. The appearance of the induced current, in turn, leads to the relaxation processes in the active layer of LEDs and, consequently, to fail in its work. Such relaxation processes are observed under the influence of gamma radiation on semiconductor devices, which allows to use or to simulate the effects of gamma-ray pulse on semiconductor devices.

Arsenidgallievye light-emitting diodes (LEDs) are the basis for the manufacture of devices operating in space, in the upper atmosphere and in nuclear power plants. And as you know, and they are exposed to different radiation fields, which places demands for their resistance to radiation. Radiative forcing leads to the generation of stable radiation defects, reduce the concentration of electrons and reducing their mobility and, as a consequence of the degradation parameters devices.

**Objective:** To study the degradation of light-emitting diodes based on GaAs for pulsed laser radiation (OR) with a wavelength outside the window transparency (0.308 microns).

**Research objects:** The objects of investigation were used LED 3L107. Because depending on the density of pulse energy can vary its length, in this case, the impact, or (0.308 m) was characterized by a power density as well as the number of pulses N.

When the number of pulses  $N < 10$  is consistent impact single pulses. For  $N > 10$  have used a pulse-periodic regime.

**Methods:** The method for determining the thickness of the damaged layer consists in the measurements of the intensity distribution profile mikrokatodlyuminescentsii of Skolem structures were subjected to laser irradiation. These measurements were performed using a scanning electron microscope equipped with a special attachment for measuring the intensity profile mikrokatodlyuminescentsii. Resolution chipped in this case ranged from 0.8 microns to 1 micron.

**The results:**

- In this paper presents the results of research on the effects of pulsed laser radiation with a wavelength in the transparency window for light-emitting diodes infrared range.
- Shown that resistance to the effects of LED or heavily dependent on the direction of impact.
- Revealed three boundary values of the density power or due to degradation of the metal-semiconductor, melting the metal - semiconductor and expansion of gallium arsenide near the specified limits.
- It was established that the amplitude of the induced current shows saturation in the event of penetration of the border.
- It is difficult to reliably predict the time of the loss of efficiency under the influence of gamma-ray pulse on the LED on the results observed under the influence of OR.

**Scientific novelty.** To date, virtually no data on the LED in terms of optical radiation.

**The practical value.** Because the laser (LI) is widely used in the manufacturing technology of various electronic devices, the information obtained will determine the requirements for the application whether the technology of manufacturing equipment. The data obtained will allow to develop recommendations to improve the reliability of the LED under conditions of optical radiation. The data obtained will allow to develop recommendations to improve the reliability of the LED under conditions of optical radiation. This work was performed under the contract on technical and scientific cooperation between the East Kazakhstan State Technical University im.D.Serikbaeva and Tomsk Polytechnic University № 238/08-YUTI.

**For information on publications:** All the results of studies on the effect or light-emitting diodes published co-authored five papers.