



## “Involta” Ilmiy Jurnalni

Vebsayt: <https://involta.uz/>

### ПРИМЕНЕНИЕ КВАНТОВО-РАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР В ПРИБОРАХ МИКРО - И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

**Туксанова Зилола Изатуллоевна**

Преподаватель, Бухарский государственный университет

**Назаров Эркин Садикович**

Кандидат технических наук, доцент, Бухарский государственный  
университет

**Насуллаев Бахтиёр Сайфулло угли**

Студент, физико-математический факультет, Бухарский государственный  
университет

**Аннотация:** Последние три десятилетия развития физики твердого тела характеризуются тем, что основными объектами исследования все в большей степени становятся не массивные кристаллы, а тонкие пленки, многослойные тонкопленочные системы, проводящие нити и кристаллиты малого размера. То обстоятельство, что квантово-размерные структуры находятся в центре внимания именно сейчас, вызвано интенсивным развитием в последние годы технологии изготовления полупроводниковых структур – молекулярно-лучевой эпитаксии (представляет собой усовершенствованную разновидность

методики термического напыления в условиях сверхвысокого вакуума), нанолитографии, открытием явления самоорганизации наноструктур (методы получения с использованием эффектов спонтанного образования наноструктур).

**Ключевые слова:** Полупроводник, наноструктура, гетероструктура, лазеры, энергетический спектр, двумерная система, пороговый ток, инжекционный лазер, генерация, световые кванты.

Весь комплекс явлений, обычно понимаемый под словами «электронные свойства низкоразмерных электронных систем», и многочисленные новые типы электронных приборов, использующих эти свойства, - все это имеет в основе один фундаментальный физический факт: изменение энергетического спектра электронов и дырок в структурах с очень малыми размерами. В таких системах существенно меняется большинство электронных свойств - возникает большое число новых, так называемых размерных эффектов. Наиболее кардинальной перестройкой свойств отличаются квантовые размерные структуры, в которых свободные носители заряда локализованы в одном, двух или во всех трех координатных направлениях в области с размерами порядка дебройлевской длины волны носителей. При этом вступают в силу законы квантовой механики, и происходит изменение наиболее фундаментальной характеристики электронной системы - ее энергетического спектра. Спектр становится дискретным вдоль координаты, по которой ограничено движение. Если движение ограничено вдоль одного или двух направлений, то под влиянием внешних полей и взаимодействий с центрами рассеяния (фононы, примеси) могут меняться уже не три, а лишь две или только одна из компонент импульса электронов и дырок, в результате чего носители ведут себя как двумерный или одномерный газ. Квантовые структуры, в которых движение носителей ограничено во всех трех направлениях, напоминают искусственные атомы. Здесь энергетический

спектр является чисто дискретным. Квантово-размерные структуры обладают целой совокупностью уникальных свойств, весьма далеких от тех, какие можно наблюдать в системе обычных, трехмерных электронов и дырок. Такие структуры могут служить основой для создания новых типов полупроводниковых приборов, в первую очередь для опто- и наноэлектроники.

Самым распространенным типом полупроводникового лазера является лазер на двойной гетероструктуре, где активная область представляет собой тонкий слой узко зонного полупроводника между двумя широко зонными. Такие двойные гетероструктуры на основе полупроводниковых соединений  $A^{III}B^V$  были предложены и реализованы Ж.И. Алферовым и др. При достаточно малой толщине активной области гетероструктура начинает вести себя как квантовая яма и квантование энергетического спектра в ней существенно меняет свойства лазеров.

Основное влияние на свойства лазеров оказывает изменение плотности состояний, происходящие под влиянием размерного квантования. Если в массивном полупроводнике в непосредственной близости от края зоны эта величина мала, то в квантово-размерной системе она не убывает вблизи края, оставаясь равной  $m/ph^2$ . Благодаря этому факту условия создания инверсной населенности в двумерных системах оказываются более благоприятными, чем в трехмерных системах. Создание лазеров с квантово-размерной активной областью позволило получить непрерывную генерацию при комнатной температуре и в дальнейшем снизить пороговый ток инжекционного лазера до рекордно низких значений, составляющих к настоящему моменту величину порядка  $50 \text{ A/cm}^2$ .

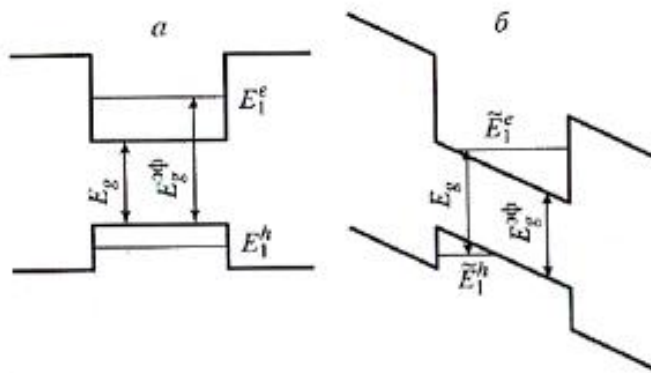


Рис. 1. - Двусторонняя лазерная гетероструктура: а) в состоянии термодинамического равновесия; б) при работе.

Благодаря иной энергетической зависимости плотности состояний меняется не только величина порогового тока, но и его температурная зависимость. Она становится более слабой, в силу чего непрерывную генерацию удастся получить не только при комнатной, но и при более высокой температуре.

Другой особенностью лазеров на квантовых ямах является возможность их частотной перестройки. Минимальная энергия излучаемых световых квантов равна

$$\hbar\omega = E_g + E_1^e + E_1^h$$

Она меняется при изменении размеров квантовой ямы, т.е. путем изменения ширины квантовой ямы можно осуществить перестройку частоты генерации, сдвигая ее в коротковолновую сторону по сравнению с лазерами с широкой (классической) активной областью.

В квантовых точках энергетический спектр меняется больше радикально, чем в квантовых ямах. Плотность состояний имеют д - образный вид, и в результате отсутствуют состояния, которые не принимают участия в усилении оптического излучения, но содержат электроны. Это уменьшает потери энергии и, как следствие, уменьшает пороговый ток.

**Литература:**

1. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем, СПб, Наука, 2001.
2. Парфенов В.В., Закиров Р.Х., Болтакова Н.В. Физика полупроводниковых приборов: Методич. пособие к практикуму по физике твердого тела. Казань: Изд-во КГУ, 2004.
3. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники, СПб, 2003.
4. Саидов С.О, Туксанова З.И. Изменения и результаты угловых распределений гамма-лучей из реакции// “Involta” научный журнал том 1, № 6 , 6.05.2022 г. Издатель Хоразм маъмун академия 27-39 стр.
5. Саидов С.О, Туксанова З.И. Эффект Холла как один из методов исследования свойств твердого тела // Узбекистон олимлари ва ёшларининг инновацион илмий-амалий тадқиқотлари мавзусидаги конференция Тошкент 2021 йил.
6. Саидов С.О, Туксанова З.И. Тестологияда типологиянинг масалалари / Eurasian journal of academic research. Volume 1 Issue 7, October 2021.
7. Туксанова З.И., Носирова Н. Solving Problems is an Important Part of Learning Physics // Central asian journal of mathematical theory and computer sciences <http://cajmtcs.centralasianstudies.org/index.php/CAJMTCS> Volume: 02 Issue: 10 | Oct 2021 ISSN: 2660-5309.
8. Саидов С.О., Туксанова З.И. Микромир – от атома Демокрита до кварков // Образование и наука XXI веке. Научно образовательный научный журнал. Декабрь 2021 год.
9. Саидов С.О., Туксанова З.И. Microcosm - from the atom of democritus to quarks // Humanite Congress- International Multidisciplinary Virtual Conference Hosted From Lyon, France <https://conferencepublication.com> December 19 th 2021.
10. Назаров Э.С., Туксанова З.И. Эффективное использование инновационных технологий в системе образования. Abstracts of IX

International Scientific and Practical Conference «Scientific achievements of modern society» Liverpool, United Kingdom 28-30 April 2020. pp.772-778.

11. Кодиров Ж.Р., Маматрузиев М., Составление программного обеспечения, алгоритм и расчет математической модели применения свойств солнечного опреснителя к точкам заправки топливом.// Молодой ученый, (2018) С 50-53.

12. Кодиров Ж.Р., Маматрузиев М. Изучение принципа работы устройстванасосного гелио-водоопреснителя.//Международный научный журнал «Молодой ученый», 26 (2018) С 48-49.

13 Кодиров Ж.Р, Хакимова С.Ш, Мирзаев Ш.М. Анализ характеристик параболического и параболоцилиндрического концентраторов, сравнение данных, полученные на них.// Вестник ТашИИТ №2 2019 С 193-197.

14. Кодиров Ж.Р., Мавлонов У.М., Хакимова С.Ш. Аналитический обзор характеристик параболического и параболоцилиндрического Концентраторов.// Наука, техника и образование 2021. № 2 (77). С 15-19.

15. Мирзаев Ш.М., Кодиров Ж.Р., Ибрагимов С.С. Способ и методы определения форм и размеров элементов солнечной сушилки. //Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). 2021;(25-27):30-39. <https://doi.org/10.15518/isjaee.2021.09.030-039>.

16. Mirzaev, Sh M.; Kodirov, J R. Ibragimov, S S. (2021) "Method and methods for determining shapes and sizes of solar dryer elements," // *Scientific-technical journal*: Vol. 4: Iss. 4, Article 11.

17. Qodirov, J. (2022). Установление технологии процесса сушки абрикосов на гелиосушилках.// Центр научных публикаций. [Том 8 № 8 \(2021\)](#)

18. Mirzayev Sh.M., Qodirov J.R., Hakimov B. Quyosh qurilmalarida o'riklarni quritish uchun mo'ljallangan quyosh qurilmasini yaratish va uning ishlash rejimini tadqiq qilish.// *Involta Scientific Journal*, 1(5), 371–379. (2022).

19. Sh. Mirzaev., J. Kodirov., Khakimov Behruz. Research of apricot drying process in solar dryers.// [Harvard Educational and Scientific Review](#). Vol. 1 No. 1 (2021).
20. Qodirov, J. Quyosh meva quritgichi qurilmasining eksperiment natijalari. // центр научных публикаций. [Том 1 № 1 \(2020\)](#).
21. Arabov Jasur Olimboyevich., Hakimova Sabina Shamsiddin qizi., To'xtayeva Iqbola Shukurillo qizi. Past haroratli qiya ho'llanadigan sirtli quyosh suv chuchutgichlarida bug'lanadigan sirt bilan kondensatsiyaladigan sirt orasidagi masofani optimallashtirish.// Eurasian journal of academic research Innovative Academy Research Support Center. Volume1 Issue01, April 2021.
22. Hikmatov Behzod Amonovich, Ochilova Gullola Tolibovna - Fizika fanidan laboratoriya mashg'ulotlarida dasturiy vositalardan foydalanish. PEDAGOGS-2022 Том 6 Номер 1 Страницы 382-388
23. Бехзод Амонович Хикматов - Изучение физико-механических и химических свойств почвы. Наука, техника и образование Номер 2-2 (77) Страницы 52-55.
24. Ибрагимов С.С., Кодиров Ж.Р., Хакимова С.Ш.. Исследование усовершенствованной сушилки фруктов и выбор поверхностей, образующих явление естественной конвекции.// Вестник науки и образования (2020) № 20 (98). С 6-9.
25. С.С.Ибрагимов. [Проектирование двухскатной теплицы с эффективным использованием солнечного излучения](#).// Молодой ученый, (2016) С 103-105.
26. С.С.Ибрагимов., А.А. Маликов. [Исследование теплового режима инсоляционных пассивных систем](#).// Молодой ученый, (2016) С 27-29.
27. Ахатов Ж.С., Самиев К.А., Мирзаев М.С., А.Э.Ибрагимов А.Э. Исследование теплотехнических характеристик солнечной комбинированной опреснительно-сушильной установки. // Гелиотехника. 2018. № 1. С.20 -29.
28. Мирзаев М.С., Самиев К.А., Мирзаев Ш.М. Экспериментальное исследование расстояния между испарителем и конденсатом наклонно-многоступенчатой опреснительной установки.// Гелиотехника. 2018. № 6. С.27 -34.
29. Мирзаев М.С., Самиев К.А., Мирзаев Ш.М. Технико-экономические показатели и оценка воздействия на окружающую среду усовершенствованной наклонной многоступенчатой солнечной установки для опреснения воды.// Путь науки Международный научный журнал. 2021. № 1 (83). С.17-23.