

*Sobirova Tursunoy Abdipatto qizi,  
Andijon davlat universiteti magistranti  
Andijon, Uzbekistan*

## **YARIMO‘TKAZGICHLI LAZERLAR**

***Annotatsiya:** Ushbu maqolada yarimo‘tkazgichli lazerlarning ishlash prinsipi va turlari o‘rganilgan. Ilmiy sohada hamda sanoatda qo‘llanilishi haqida ma‘lumotlar keltirilgan va uni yaxshilash uchun muhim tavsiyalar berilgan.*

***Tayanch so‘zlar:** p-n o‘tish, yarimo‘tkazgichli lazerlar, GaAs, rekombinatsiya, generatsiya, lazer nurlari, temperature*

*Собирова Турсунной Абдипатто кизи,  
Магистр Андижанского государственного университета  
Андижан, Узбекистан*

## **ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ**

***Аннотация:** В данной статье исследуются принципы и типы полупроводниковых лазеров. В нем представлена информация о его применении в науке и промышленности, а также даны важные рекомендации по его совершенствованию.*

***Ключевые слова:** p-n переход, полупроводниковые лазеры, GaAs, рекомбинация, генерация, лазерные пучки, температура*

*Sobirova Tursunoy Abdipatto qizi,  
Master student of Andijan state university  
Andijan, Uzbekistan*

## **SEMICONDUCTOR LASERS**

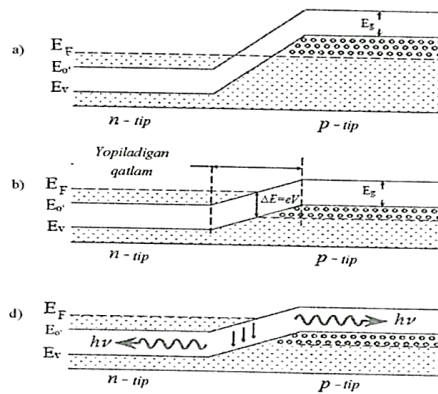
***Abstract:** This article explores the principles and types of semiconductor lasers. It provides information on its application in science and industry, as well as important recommendations for its improvement.*

***Keywords:** p-n junction, semiconductor lasers, GaAs, recombination, generation, laser beams, temperature*

Yarimo‘tkazgichli lazerlar uchun p-n o‘tish sohasida elektron va kovaklar bir vaqtda ishtirok etishi katta ahamiyatga ega. Bu shart kuchli legirlangan

yarimo'tkazgich donor va akseptorni hosil qiladigan elementlarni yarimo'tkazgichning kristall panjarasiga kiritib konsentratsiyasini bir  $\text{sm}^3$  hajmda  $10^{17}$ - $10^{18}$  ta atomga yetkazishda bajariladi, Kuchli legirlangan yarimo'tkazgichlarda Fermi sathi  $E_f$  o'tkazuvchanlik zonasining ichida joylashadi. n-tipdagi yarimo'tkazgichda donor sathi elektronga to'ladi va qisman o'tkazuvchanlik zonasiga ham o'tadi. p-tipli yarimo'tkazgichda esa akseptor sathi to'lmaydi va tirqish valent zonasida paydo bo'ladi [1]. Fermi sathi esa valent zonasida joylashadi. Shu ikki xil kuchli legirlangan yarimo'tkazgichlar tutashtirib qo'shilsa, energetik sathlar siljiydi va Fermi sathi ikkala tip uchun bir xil qiymatga ega bo'ladi. 1-rasmda (a) kuchli legirlangan p-n tipli yarimo'tkazgichning energetik sxemasi keltirilgan. Agar elektr manbaning musbat qutbini p-tipiga va manfiysini n-tipiga ulasak, elektronlar musbat elektrodga, kovaklar esa manfiy elektrodga qarab yo'naladi. Ana shu ikki xil zaryadli zarrachalar ikki tipli yarimo'tkazgichning qo'shilgan chegarasida, ya'ni p-n o'tish chegarasida uchrashadi. Elektronlar kovaklar bilan uchrashib, rekombinatsiyalashadi va kvant nurlanishini hosil qiladi. Kvant nurlanishining energiyasi  $E_g = h\nu$  ga teng [2].

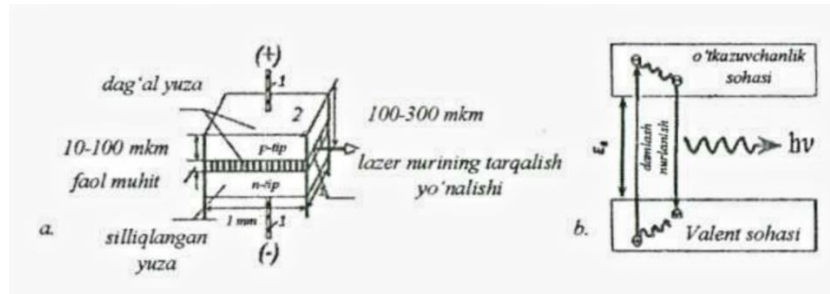
Elektr maydoni ta'sirida energetik sohalarning siljishi kuzatiladi. o'sha siljish 1-rasmda (b) sxematik keltirilgan. Siljish qiymati elektr maydon potentsiali bilan bog'langan:  $\Delta E = eV$ , bu yerda  $e$  - elektron zaryadi,  $V$  - elektr maydon potentsiali. Yarimo'tkazgichning ikki tipi tomonga beriladigan tokning elektr maydoni ta'sirida p-n o'tish chegarasida "yopiladigan qatlam" hosil bo'ladi. Bu yopiladigan qatlamda inversion ko'chganlik hosil bo'ladi. Yarimo'tkazgichga elektr manbai ulaganda tashqi elektr maydoni ta'sirida yopiladigan qatlamda elektronlarni n-tipli yarimo'tkazgichning o'tkazish sohasidan va teshiklarni esa p-tipning valent sohasidan tortib chiqarib to'playdi. Shu paytda yopiladigan qatlamda elektron bilan teshik uchrashib rekombinatsiyalashish natijasida yorug'lik nurini chiqaradi (3-rasmga (d) qarang). Shuni aytish lozimki, p-n o'tishli yarimo'tkazgich yaxlit monokristalldan tayyorlanadi va p-n o'tish shu monokristallning ichida hosil qilinadi. Yarimo'tkazgichli lazerlarning faol moddalari: GaAs, InAs, InSb, PbSe.



1-rasm. Kuchli legirlangan p-n o'tishli yarimo'tkazgichlarning energetik sohalari va kvant nurlanish sxemasi:

a) Elektr maydon ta'siri bo'lmaganda sohalarning siljishi kuzatilmaydi. b) Elektr maydon ta'sirida sohalarning p-tip tomonga siljishi. d) Rekombinatsiya vaqtida yopiladigan qatlamdan kvant nurlanishi.

Bu faol moddalar rezonatorga joylansa, lazer nurlarini chiqaradi. Yarimo'tkazgich lazerida optik rezonator vazifasini yarimo'tkazgichli kristallning yon tomonlari bajaradi.



2-rasm. a) yarimo 'tkazgichli lazeming tuzilishi: 1-elektr toki beriladigan simning kontakti, 2-yarimo 'tkazgich kristali; b) damlash.

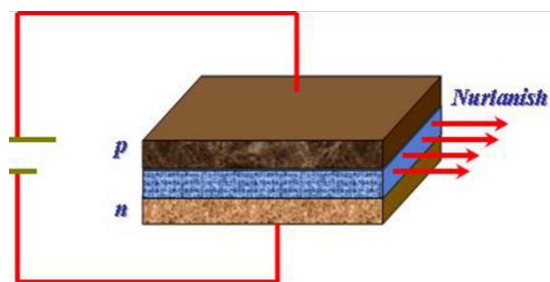
Damlash tokining GaAs lazeri generatsiyasining quyi chegarasidan ancha yuqori qiymatida nurlanish spektri  $3,5 \text{ sm}^{-1}$  kenglikka ega.

Yarimo'tkazgichning temperaturasini o'zgartirish yo'li bilan ham tashqi bosim (ostida mexanik kuch ta'sirida), ham generatsiya chastotasini o'zgartirish imkoniyati mavjuddir [4]. Shunday qilib, yarimo'tkazgichlarning tarkibini, temperaturasini o'zgartirib va bosim ta'sirida generatsiya chastotasini (to'lqin uzunligini) uzluksiz o'zgartirish mumkin. Shu sababli, yarimo'tkazgich lazeri

optoelektronikada, lazer printerida va spektroskopiyada keng ko‘lamda qo‘llanilmoqda.

An'anaviy diodning anodasi ijobiy potentsialga ega bo'lganda, ular diyotning oldinga yo'naltirilganligi aytiladi. Bunday holda, n-mintaqasidagi elektronlar p-mintaqasiga AOK qilinadi va p-maydonidagi teshiklar yarim o'tkazgichning p-n o'tishiga n-mintaqasiga kiritiladi. Agar elektron va teshik "yaqin" bo'lsa (tunnel mumkin bo'lganda masofadan), ular ma'lum bir to'lqin uzunligi foton (energiya tejash tufayli) va fonon (momentumni saqlab qolish sababli, foton momentumni olib tashlaydi) shaklida energiyani chiqarish bilan birlashtirilishi mumkin. Ushbu jarayon spontan nurlanish deb ataladi va ledlarda nurlanishning asosiy manbai hisoblanadi [5].

Biroq, muayyan sharoitlarda, rekombinatsiyadan oldin elektron va kovak uzoq vaqt davomida (mikrosekundlarga qadar) bir sohada bo'lishi mumkin. Agar bu nuqtada istalgan (rezonans) chastotaning fotoni bu maydon orqali o'tadigan bo'lsa, u ikkinchi fotonning chiqarilishi bilan majburiy rekombinatsiyaga olib kelishi mumkin, uning yo'nalishi, polarizatsiya vektori va fazasi birinchi fotonning bir xil xususiyatlariga to'g'ri keladi.



2-rasm Yarimo'tkazgichli Lazer.  
p,n-yarimo'tkazgichli diod

Lazer diyotida yarim o'tkazgich Kristal juda nozik to'rtburchak plastinka shaklida ishlab chiqariladi. Bunday plastinka aslida nisbatan kichik bo'shliqda radiatsiya cheklangan optik to'lqindir. Kristalning yuqori qatlami n-maydonni yaratish uchun qotishma va pastki qatlamda p-maydon hosil qiladi. Natijada katta maydonning tekis p-n o'tishidir. Kristalning ikki tomoni (uchlari) Fabri-qalam rezonatori deb ataladigan optik rezonatorni tashkil etuvchi silliq parallel samolyotlarni hosil qilish uchun parlatiladi. Ushbu samolyotlarga perpendikulyar

bo'lgan spontan nurlanishning tasodifiy fotoni butun optik to'lqin orqali o'tadi va tashqariga chiqmasdan oldin uchidan bir necha marta aks etadi. Rezonator bo'ylab o'tib, u majburiy rekombinatsiyaga olib keladi, bir xil parametrlarga ega yangi va yangi fotonlarni yaratadi va radiatsiya kuchayadi (majburiy nurlanish mexanizmi). Daromad yo'qotishdan oshib ketgach, lazer ishlab chiqarish boshlanadi.

Lazer diodlar bir necha turdagi bo'lishi mumkin. Qatlamlarning asosiy qismida qatlamlar juda nozik bo'lib, bunday struktura faqat bu qatlamlarga parallel yo'nalishda radiatsiya hosil qilishi mumkin. Boshqa tomondan, agar to'lqin uzunligi to'lqin uzunligiga nisbatan ancha keng bo'lsa, u allaqachon bir nechta transvers usulda ishlaydi. Bunday diyot ko'p (inglizcha) deb ataladi. «multi-mode»). Bunday lazerlarni qo'llash qurilmadan yuqori radiatsiya kuchini talab qiladigan va yaxshi nur yaqinlashuvi uchun shart bo'lmagan hollarda (ya'ni, uning sezilarli farqlanishiga yo'l qo'yiladi) mumkin. Dasturning bunday sohalari bosma qurilmalar, kimyo sanoati, boshqa lazerlarni pompalashdir. Boshqa tomondan, agar yaxshi nurga e'tibor berish kerak bo'lsa, to'lqinning kengligi radiatsiya to'lqin uzunligi bilan taqqoslanishi kerak. Bu erda nurning kengligi faqat diffraksiya bilan qo'llaniladigan chegaralar bilan aniqlanadi. Bunday qurilmalar optik saqlash qurilmalarida, lazer maqsad belgilarida, shuningdek, tolali muhandislikda qo'llaniladi. Shuni ta'kidlash kerakki, bunday lazerlar bir nechta uzunlamasına modlarni qo'llab-quvvatlamaydi, ya'ni ular bir vaqtning o'zida turli to'lqin uzunliklarida yoyilmaydi.

Lazer diodining radiatsiya to'lqin uzunligi yarim o'tkazgichning  $p$  - va  $n$  - sohalari energiya darajalari o'rtasida taqiqlangan zonaning kengligiga bog'liq. Radiatsion element etarli darajada nozik bo'lgani uchun, diffraksiya tufayli diodning chiqarilishidagi nur deyarli darhol ajralib chiqadi. Ushbu ta'sirni bartaraf etish va nozik nurni olish uchun yig'ish linzalarini ishlatish kerak. Ko'p keng lazerlar uchun silindrsimon linzalar eng ko'p ishlatiladi. Nosimmetrik linzalardan foydalanilganda yagona rejimli lazerlar uchun nurning kesimi elliptik bo'ladi, chunki vertikal tekislikdagi kelishmovchilik gorizontol holatdan oshadi. Eng muhimi, bu lazer pointerining nurlari misolida ko'rinadi.

Yuqorida tavsiflangan eng oddiy qurilmada optik rezonatorning o'ziga xos qiymati bundan mustasno, alohida to'lqin uzunligini ajratish mumkin emas. Shu bilan birga, bir nechta uzunlamasına modlar va juda keng chastota diapazonida radiatsiya kuchaytiradigan materiallarda bir nechta to'lqin uzunliklarida ishlash mumkin. Ko'pgina hollarda, ko'plab ko'rinadigan radiatsiya lazerlari, shu jumladan, ular kuchli beqarorlikka ega bo'lgan va ko'plab omillarga bog'liq bo'lgan yagona to'lqin uzunligida ishlaydi — oqim o'zgarishi, tashqi harorat va boshqalar. So'nggi yillarda yuqorida tavsiflangan eng oddiy lazer diodining dizayni ko'plab yaxshilanishlarga duch keldi, shuning uchun ularga asoslangan qurilmalar zamonaviy talablarga javob berishi mumkin edi.

Yuqorida tavsiflangan lazer diodining dizayni "n-p homostruktsiyasi bilan diod" deb ataladi, uning ma'nosi biroz keyinroq tushuniladi. Bunday diodlar juda samarasiz. Ular faqat zarba rejimida ishlashi mumkin bo'lgan bunday katta kirish kuchini talab qiladi; aks holda ular tezda qizib ketadi. Dizaynning soddaligi va tarixiy ahamiyatga ega bo'lishiga qaramasdan, amalda ular qo'llanilmaydi. Ushbu qurilmalarda tor taqiqlangan maydonga ega bo'lgan materiallar qatlami kengroq taqiqlangan maydonga ega bo'lgan ikkita qatlam o'rtasida joylashgan. Ko'pincha Gallium arsenidi (GaAs) va alyuminiy-Gallium arsenidi (AlGaAs) qo'sh geteroyekturaga asoslangan lazerni amalga oshirish uchun ishlatiladi. Ikki xil yarim o'tkazgichning har bir birikmasiga heteroyekturiya deyiladi va qurilma "qo'sh heteroyekturali diod" (DGS) deb ataladi. Ingliz tilidagi adabiyotlarda "double heterostructure laser" yoki "DH laser" nomlari ishlatiladi. Maqolaning boshida tasvirlangan dizayn "homopersda diod" deb ataladi, bu bugungi kunda juda keng qo'llaniladigan ushbu turdagi farqlarni tasvirlash uchun.

Qo'sh heterostrukturali lazerlarning afzalligi shundaki, elektronlar va teshiklarning birgalikda yashash maydoni ("faol maydon") nozik o'rta qatlamda joylashgan. Bu shuni anglatadiki, ko'plab elektron-teshikli juftliklar kuchaytirilishga hissa qo'shadi-ularning ko'pchiligi past daromadli hududda qolmaydi. Bundan tashqari, yorug'lik heterojenlerin o'zidan aks etadi, ya'ni radiatsiya butunlay eng samarali daromad sohasida bo'ladi.

Agar DGS diodining o'rta qatlami yanada nozikroq bo'lsa, bunday qatlam kvant chuqur kabi ishlay boshlaydi. Bu shuni anglatadiki, vertikal yo'nalishda elektronlar energiyasi kvantlanadi. Kvant chuqurlarining energiya darajalari o'rtasidagi farq potentsial to'siq o'rniga radiatsiya hosil qilish uchun ishlatilishi mumkin. Bu yondashuv o'rta qatlam qalinligi bog'liq bo'ladi nurlanish to'lqin uzunligi, nazorat qilish nuqtai nazaridan juda samarali hisoblanadi. Bunday lazerning samaradorligi radiatsiya jarayonida ishtirok etadigan elektronlar va teshiklarning zichligiga bog'liqligi bir qatlamli lazerga nisbatan ancha yuqori bo'ladi.

Nozik qatlamli heteroyekturali lazerlarning asosiy muammosi-samarali nurni ushlab turishning mumkin emasligi. Uni bartaraf etish uchun kristalning har ikki tomonida yana ikkita qatlam qo'shiladi. Ushbu qatlamlar Markaziy qatlamlarga nisbatan kichikroq sinishi indeksiga ega. Svetoforga o'xshash bunday struktura yorug'likni yanada samarali ushlab turadi. Ushbu qurilmalar alohida-alohida ushlab turilgan heterostructures ("separate confinement heterostructure", SCH)

1990 yildan buyon ishlab chiqarilgan yarimo'tkazgich lazerlarining aksariyati ushbu texnologiya asosida ishlab chiqariladi.

Tarqatilgan teskari aloqa lazerlari (ros) ko'pincha ko'p chastotali tolali optik aloqa tizimlarida qo'llaniladi. To'lqin uzunligini barqarorlashtirish uchun p-n o'tish hududida diffraksiya panjarasini tashkil etuvchi kesma chiziq hosil bo'ladi. Ushbu kesma tufayli, faqat bitta to'lqin uzunligi radiatsiya rezonatorga qaytadi va kelgusida kuchaytirishda ishtirok etadi. Ros-lazerlar barqaror radiatsiya to'lqin uzunligiga ega, bu esa ishlab chiqarish bosqichida chiziqning qadamlari bilan belgilanadi, lekin harorat ta'sirida biroz farq qilishi mumkin. Bunday lazerlar zamonaviy optik telekommunikatsiya tizimlarining asosi hisoblanadi.

Lazer diodlarining keng tarqalishi muayyan ilovalar uchun maxsus bo'lgan turli xil korpuslarga olib keldi. Bu masala bo'yicha rasmiy standartlar mavjud emas, lekin ba'zida yirik ishlab chiqaruvchilar korpuslarni birlashtirish bo'yicha bitimlar tuzadilar[3]. Bundan tashqari, mijozlar talablariga muvofiq radiatorlarni kesish bo'yicha xizmatlar mavjud, shuning uchun barcha turdagi binolarni

ro'yxatga olish qiyin (miniBUT, miniDIL va boshqalar). Xuddi shunday, tanish tanadagi kontaktlarni PIN qilish ham noyob bo'lishi mumkin, shuning uchun yangi ishlab chiqaruvchidan sotib olishdan oldin pinlarni tayinlash har doim tekshirilishi kerak. Bundan tashqari, tashqi ko'rinishni radiatsiya to'lqin uzunligi bilan bog'lamang, chunki amalda deyarli har qanday (ketma-ket) to'lqin uzunligi bilan radiator har qanday korpusga o'rnatilishi mumkin. Lazer modulining asosiy elementlari:

Lazer diodlar muhim elektron komponentlardir. Ular optik tolali aloqa liniyalarida boshqariladigan yorug'lik manbalari sifatida keng qo'llaniladi. Ular, shuningdek, lazer masofa o'lchagichlari kabi turli xil o'lchov uskunalarida ham qo'llaniladi. Yana bir keng tarqalgan foydalanish — shtrix o'qish. Lazer ko'rsatkichlari, kompyuter sichqonlari, odatda qizil va ba'zan yashil ko'rinadigan radiatsiya lazerlari. Infraqizil va qizil lazerlar-CD va DVD pleyerlarida. Binafsha lazerlar HD DVD va Blu-Ray qurilmalarida. Moviy lazerlar-yangi avlod proektorlarida ko'k nur manbai va yashil (ko'k nur ta'sirida maxsus kompozitsiyaning floresansidan olingan). Spektroskopiya uchun tez va arzon qurilmalarda yarim o'tkazgich lazerlarini qo'llash imkoniyatlari o'rganiladi.

CD-pleyerlar va shtrix-o'quvchilarda ishonchli yarim o'tkazgich lazerlari ishlab chiqilgunga qadar ishlab chiquvchilar kichik geliy-neon lazerlaridan foydalanishga majbur bo'ldilar.

Elektron nuqtai nazardan, lazer diodi odatiy diod bo'lib, ular keng tarqalgan. Asosiy optik xususiyat-chiqish optik quvvatining p-n o'tish orqali oqayotgan oqimga bog'liqligi. Shunday qilib, radiatsion diyotning mutlaqo har qanday haydovchisining zarur qismi oqim manbai hisoblanadi. Oqim manbai funktsiyasi (oralig'i, barqarorligi, modulyatsiyasi va boshqalar) optik quvvat funktsiyasini to'g'ridan-to'g'ri belgilaydi. Faol sovutish bilan lazerlarda o'rtacha quvvat darajasini saqlab qolish bilan bir qatorda, haydovchi sovutgichni boshqarishni ta'minlashi kerak. Diod oqimi va sovutishni tizimli ravishda boshqarish bitta qurilma va ikkita alohida qurilma bo'lishi mumkin. Drayvning muhim xususiyati, shuningdek, qo'llab-quvvatlaydigan lazer diodli korpusning turi hisoblanadi.



### **Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. Богданкевич О. В., Дарзбек С. А., Елисеев П. Г., [Полупроводниковые лазеры](#), М., 1976
2. Кейси Х., Паниш М., Лазеры на гетероструктурах, пер. с англ., т. 1-2, М., 1981
3. Федоров Б.Ф. Лазеры. Основы устройства и применение М., 1988, 190 с.
4. Каримов И.Н., Носиров М.З., Эрматов Ш.А., Иброхимов М.Б. Лазерлар: кеча, бугун, эртага//Илмий хабарнома, АДУ, 2015, №4, 19-22 б.
5. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М.: Наука, 1988.