

YARIMO‘TKAZGICHLI LAZERLAR: ISHLASH PRINSIPI VA TURLARI

Sayfutdinova Sevara Erkinkon qizi

Andijon davlat universiteti, magistrant

E-mail: temur_77a@mail.ru

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7932253>

ARTICLE INFO

Received: 03rd May 2023

Accepted: 11th May 2023

Online: 12th May 2023

KEY WORDS

Lazer, yarimo‘tkazgich,
yorug‘lik diodi, n -tip
yarimo‘tkazgich, p -tip
yarimo‘tkazgich, valent soha,
o‘tkazuvchanlik sohasi,
taqiqlangan soha, energetik
sath, p - n -o‘tish.

ABSTRACT

Optik kvant generatorlarining yaratilishi – lazerlarni yaratishda erishilgan yutuqlar texnologik yechimlarning yangi, nihoyatda istiqbolli maydonini ochib berdi. Lazerlar va kvant generatorlari hozirda fan va texnikada keng qo‘llaniladi.

Maqolada yarimo‘tkazgichli lazerlar, ularning xususiyatlari, fizikaviy asoslari, shuningdek, yarimo‘tkazgichli lazerlardan turli sohalarda foydalanishga oid ma‘lumotlar berilgan.

KIRISH

Lazerlar ishlash jarayonlari va prinsiplari ularning yaratilishi ancha oldin ma‘lum bo‘lgan. XX asrda lazerlarning amaliy tadbiri keng miqiyosida namoyon bo‘ldi (telemetriya, metallurgiya, tibbiyot, sanoat, qishloq xo‘jaligi). Ishlab chiqarish va boshqa soxalarning ravnaqi o‘z ta‘sirini o‘tkazdi. Masalan, T.Meyman 1960 yil 16 may kuni birinchi marta optik kvant generatori – lazerning ishlashini namoyish etdi [1]. T.Meymanning olib borgan tadqiqotlari lazer fizikasida yangi davrni ochib bergan bo‘lsada, tarixan “stimullashgan nurlanish tabiati” to‘g‘risidagi nazariy ta‘limot A. Eynshteynga ta‘alluqlidir [2]. Lazerlar va lazer nurlanishi qonuniyatlari, lazer texnologiyalari ustida izlanishlar bir asrdan oshiqroq vaqtdan buyon haligacha davom etib kelmoqda.

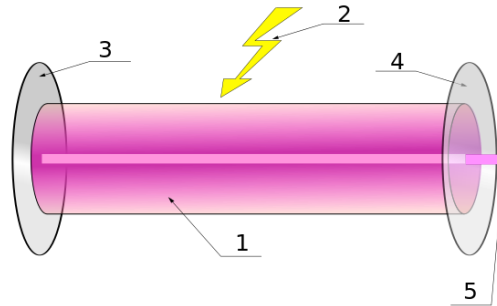
MUXOKAMA

1960 yilning dekabrda uzluksiz rejimda ishlovchi birinchi geliy- neon lazeri yaratildi [3]. Dastlab lazer infraqizil diapazonda, keyinchalik esa takomillashtirilib ko‘rinadigan to‘lqin uzunligidagi qizil rangli nurlanishga moslashtirildi. Lazerlar klassifikasiya qilinganda quyidagilarga turlarga ajratish mumkin [4]: lyuminessensiyalanuvchi qattiq jislardagi (dielektrik kristallar va shisha), yarimo‘tkazgichli lazerlar, organik bo‘yoqli lazerlar, gaz (yoki gazodinamik) lazerlar, eksimer lazerlar, kimyoviy lazerlar, erkin elektronli lazerlar, yarimo‘tkazgich – kvant kaskadli lazerlar, tolali yoki optik tolali lazer va vertikal nurlanuvchi lazerlar (VCSEL).

Lazerlarning boshqa turlari (rentgen, gamma va boshqa turdagi lazerlar) bo‘yicha hozirgi kunda ilmiy tadqiqotlar davom etmoqda [5].

Barcha lazerlar uchta asosiy qismdan iborat bo'ladi (1-rasm): faol muhiti, energiya manbai va optik rezonator. Ularning har biri o'ziga xos funksiyani bajarib, lazerning ishlashini ta'minlaydi. Ularning xaqida qisqacha ma'lumot berib o'lamiz.

Faol muhit - yorug'lik oqimini kuchaytiradi. Energiya manbai - energiyani faol muhitga tanlab pompalaydi. Optik rezonator - induksiyalangan nurlanishni bir qismini yig'adi, teskari aloqani ta'minlaydi.



1-rasm. Lazerning tuzilishi.

1 - lazer moddasi (faol muhit), 2 - yuqori kuchlanishli manba, 3 - ko'zgu, 4 - yarim shaffofko'zgu, 5 - lazer nuri.

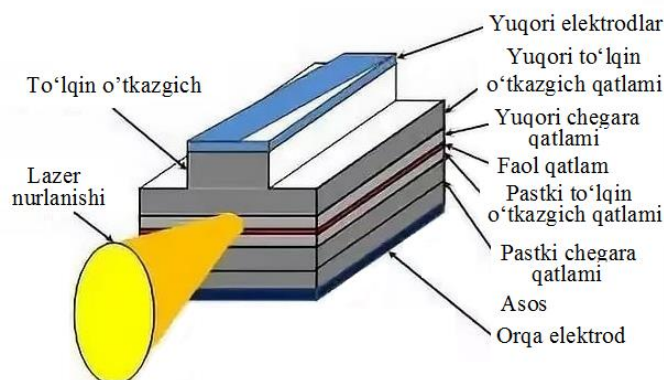
Yarimo'tkazgichli kristallarni keng oraliqda hususiyatlarini boshqarish mumkinligi, undan turli maqsadlarda foydalanish mumkin bo'lgan lazerlar yaratish imkoniyatlarini ochib bermoqda [6]. Yarimo'tkazgichli lazer 1958 yilda N.G.Basov va uning komandasi tomonidan yaratilgan.

Yarimo'tkazgichli lazer - kristall yarim o'tkazgich materialiga asoslangan qurilma bo'lib, uning tashqi elektrodlariga elektr kuchlanish berilganda yorug'lik chastotalari yoki to'lqin uzunliklarining tor sohasida ma'lum bir yonalishdagi intensiv kogerent yorug'lik oqimi hosil qiladi.

NATIJALAR

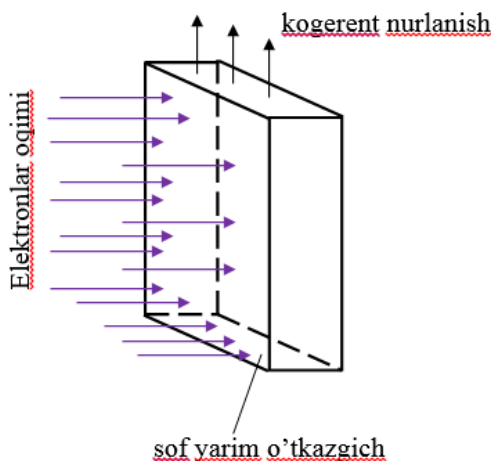
Yarimo'tkazgichli lazerlarning nurlanishi ham boshqa turdagi lazerlarning nurlanishi kabi vaqt va fazoda kogerent hisoblanadi. Ya'ni, lazer nurlanishi yuqori monoxromatikligi sababli, qat'iy yo'nalgan yorug'lik dastasi hosil qiladi. Yarimo'tkazgichli lazerlar bir qator muhim xarakteristikalar bilan boshqa turdagi lazerlardan sezilarli darajada farq qiladi [7] (2-rasm).

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 santimetr kub hajmda $10^{17} - 10^{18}$ ta atomga yetkazishda bajariladi.



2-rasm. Lazer konstursiyasining sxematik diagrammasi.

Yarimo'tkazgich lazerida optik rezonator vazifasini yarimo'tkazgichli kristallning yon tomonlari bajaradi (3-rasm). Kristallning qarama-qarshi silliqlangan tomoni ko'zgu vazifasini bajaradi, chunki yarim o'tkazgichli kristallaming sindirish ko'rsatkichi ($n=3,5$) juda katta qiymatga ega, yarimo'tkazgich va havo chegarasidan $30\div35\%$ yorug'lik qaytadi.



3-rasm. Elektronlar oqimi bilan sof yarimo'tkazgichda kogerent nurlanish olishning sxematik chizmasi.

Arsenid-galliy lazerining to'liq uzunligi $\lambda=0,84\text{mkm}$, $77\text{ }^{\circ}\text{C}$ da foydali ish koeffitsiyenti $70\div80\%$ ni tashkil qiladi. *GaAs* lazeri generatsiyasining quyi chegarasi, $77\text{ }^{\circ}\text{C}$ da $(2\div3)\cdot 10^2\text{A/sm}^2$ ni tashkil etadi. Impulsli rejimda elektr toki $0,5\div1$ mikrosekund davomida invers bandlik hosil qiladi, uning quvvati 100 V tga yaqin. Uzlüksiz rejimda esa quvvati bir necha Vattni tashkil etadi. Aslida yarimo'tkazgich lazerlari eng samarali lazer bo'lishi bilan birga generatsiyasi keng spektral oraligini ($0,3\text{ mkm}$ dan to 30 mkm) egallaydi.

Yarimo'tkazgichli lazerlarning o'ziga xos xususiyatlari sifatida quyidagilarni keltirib o'tish mumkin:

1. Oddiy lazerlarda kvant o'tishlari diskret energetik sathlari o'rtasida sodir bo'lsa, yarimo'tkazgichli lazerlarda o'tishlar materialning energetik zonalari tuzilishi bilan bog'liq;
2. Yarimo'tkazgichli lazerlar juda kichik (uzunligi $\sim 0,1\text{ mm}$) va ulardagi faol muhit juda tor ($\sim 1\text{ mkm}$ yoki undan kam) bo'lgani uchun lazer nurlarining yoyilishi an'anaviy lazernikiga qaraganda ancha katta;



3. Yarimo'tkazgichli lazer nurlanishining fazoviy va spektral xarakteristikalari p-n o'tish hosil qilingan materialning taqiqlangan zona kengligi, nur sinishi ko'rsatkichi kabi xususiyatlariga keskin bog'liq;

4. Yarimo'tkazgichli lazerlar uchun qo'zg'atish (damlash) ning turli: p-n o'tish orqali injeksiyalash (injeksion lazerlar), optik qo'zg'atish, elektronlar dastasi va ko'chkili teshilish yordamida qo'zg'atish usullari mavjud (1-jadval) [8].

1-jadval.

Lazerlarning turlari va parametrlari

Yarimo'tkazgich	Kimyoviy belgianishi	To'lqin uzunligi, mkm
<i>Elektronlar bilan qo'zg'atiluvchi lazerlar</i>		
Rux sulfid	ZnS	0,33
Galliy selenid	GaSe	0,6
Galliy arsenid	GaAs	0,85
Qo'rg'oshin sulfid	PbS	4,3
Antimonid indiy	JnSb	5,3
Qo'rg'oshin selenid	PbSe	8,6
<i>Injeksiyon lazerlar</i>		
Galliy arsenid	GaAs	0,85
Indiy arsenid	JnAs	3,2
Qo'rg'oshin tellurid	PbTe	6,5
Qo'rg'oshin selenid	PbSe	8,5
<i>Optik yo'l bilan qo'zg'atiluvchi lazerlar</i>		
Kadmiy sulfid	CdS	0,5
Indiy arsenid	JnAs	3,2
Antimonid indiy	JnSb	5,3
Qo'rg'oshin tullurid	(Pb+Sn)Te	6,5 ... 16,5

Yarimo'tkazgichli lazerning afzalliklari sifatida quyidagilarni keltirish mumkin:

1. Ixchamlik. Yarimo'tkazgichli lazerlar bitta chipda ishlab chiqariladi. Bu ularni turli xil murakkab konstruksiyalarga osongina birlashtirish imkonini beradi.
2. Foydali ish ko'effisiyentining yuqoriligi. Mazkur turdagi lazerlarda FIK 50% ga yetadi. Bu boshqa turdagi lazerlarga nisbatan kam elektr energiya sarflaydigan lazerlarni ishlab chiqarish imkonini beradi.
3. Faol muhitda yorug'lik oqimini kam yo'qotilishi. Xona haroratida va undan yuqori haroratlarda ishlatish imkoniyati.

Shu bilan birga yarimo'tkazgichli lazerlarning ayrim kamchiliklarga ham ega. Ular harorat o'zgarishiga o'ta sezgir. Yana bir kamchilik - lazer diyodida yorug'lik nurining kuchli farqlanishi hisoblanadi [9,10]. Bugungi kunda yarimo'tkazgichli lazerlar turli sohalarda amaliy maqsadlarda qo'llanilib kelinmoqda [11-13].

TAKLIFLAR

1. Telemetriya datchiklari, optik balandlik o'lchagichlar, masofa o'lchagichlar, pirometrlar ishlab chiqarishda;



2. Optik tolali sistemalar, kogerent aloqa sistemalari, shuningdek, ma'lumotlarni uzatish va saqlash sistemalarini ishlab chiqarishda;
3. Xavfsizlik tizimlari, kvant kriptografiyasi, avtomatlashtirish jarayonida;
4. Videoproyektorlar, lazer printerlar, lazer ko'rsatkichlar, skanerlar, CD pleerlar ishlab chiqarishda;
5. Optik metrologiya va spektroskopiya, jarrohlik, stomatologiya, kosmetologiya, terapiyada;
6. Materiallarni qayta ishlash, suvni tozalash, kimyoviy reaksiyalarni nazorat qilishda;
7. Sanoat mashinasozligida va sanoat saralash vositalarida;
8. O't oldirish sistemalari va havo mudofaa sistemalarini ishlab chiqarishda.

XULOSA

Lazerlar shiddat bilan inson faoliyati sohalariga kirib kirayotganini ko'ramiz. Ular turli sohalarda – metallni qayta ishlash, tibbiyot, o'lchash, nazorat qilish, fizikaviy, kimyoviy va biologik tadqiqotlar bo'yicha imkoniyatlarimizni ancha kengaytirdi. Bugungi kunda lazer nurlari imkoniyatlari natijasida ko'plab foydali va qiziqarli kasblar vujudga kelgan. Ko'p hollarda lazer nuridan foydalanish noyob natijalarni beradi. Kelajakda lazer nurlari insoniyatga yangi imkoniyatlar berishiga shubha yo'q.

Yarimo'tkazgichli lazerlarning o'zi fanda va umuman asbobsozlikda muhim o'rinni egallaydi. Ular doimiy ravishda takomillashtirib boriladi va yaqin kelajakda biz ilgari ma'lum bo'lmagan yangi qurilmalarni ko'ramiz.

References:

1. Звельто О. Принципы лазеров. –М.: Мир, 1990.
2. Мириноятов М.М. Лазер физикаси ва техникаси. –Т.: Университет, 2009.
3. Федоров Б.Ф. Лазеры. Основы устройства и применения. –М.:ДОСААФ, 1988.
4. Крылов К. И. и др. Основы лазерной техники. –Л.: Машиностроение, 1990.
5. Турсунов А.Т., Тухлибоев О. Квант электроникасига кириш. –Т.: Ўқитувчи, 1992.
6. Тешабоев А., Зайнобидинов С., Мусаев Э.А. Яримўтказгичлар ва яримўтказгичли асбоблар технологияси. –Т.: "ЎАЖБНТ" маркази, 2005.
7. Шестаков А. Активные элементы твердотельных лазеров с полупроводниковой накачкой //Научно-технический журнал «Фотоника». -2007. Выпуск №5.–С.30-32.
8. Тарасов Л.В. Физические основы квантовой электроники. –М.: Наука, 1976.
9. Чижиков В.И. Твердотельные лазеры с диодной накачкой //Соровский образовательный журнал. -2001. Том № 7. №8. –С. 104-106.
10. Алексеев Ю. Исследование динамики модулируемых полупроводниковых лазеров. –М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2013.–С.522.
11. Вейко В.П. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. –М.: Физматлит, 2008. –С.312.
12. Тарасов Л.В. Лазеры и их применение. Учебное пособие для ПТУ. –М.: Радио и связь, 1983. –С.152.
13. Алыпудов Ю.К. Лазерные микротехнологии и их применение в электронике. –М.: Радио и связь, 2001. –С.632.
14. Борейшо А.С. и др. Лазер. Применения и приложения. Учебное пособие. –М.: Лань, 2021. –С. 520.