

LAZER TEXNIKASINING FIZIK ASOSLARI. TEBRANISHLAR TURLARINING SHAKLLANISHI

Axmadaliyeva Gulnora Xamroqulovna
FJSTI Biotibbiyot myhandisligi, biofizika va axboro texnologiyalari kafedrasida
katta o'qituvchisi

PHYSICAL BASIS OF LASER TECHNIQUE. FORMATION OF TYPES OF VIBRATION

Akhmadaliyeva Gulnora Khamrokulovna

**Senior lecturer of the Department of Biomedical Engineering, Biophysics and
Information Technologies of FMIOPH**

Annotatsiya

Bugungi kunda lazer texnikasidan foydalanish turli sohalarda, xususan tibbiyotda ham keng tarqalib bormoqda. Talabalar hamda tadqiqotchilar uchun lazer texnikasida optik generator yordamida majburiy nurlanishni vujudga keltirishning fizik asoslari haqida ma'lumotlar keltirilgan. Lazer nurining yorug'lik nuridan farqi, hususiyati, optik generatorda nurlanish inversiyasini yaratishning turli usullari haqida ma'lumotlar beriladi.

Kalit so'zlar: Tebranishlar turlarining shakllanishi, o'z-o'zidan yoki majburiy nurlanish, nurning yutilishi, kvant generatori, lazer nurining hususiyati, monoxromatiklik, kogerentlik.

Yorug'lik energiyasidan foydalanish insoniyatning azaliy orzusi edi. Qadim zamonlardan beri quyosh yorug'lik nurlanishining manbai sifatida qabul qilingan. Biroq, quyosh nurlanishi, isitiladigan jismlarning nurlanishi yoki elektr gazining chiqishi kabi, polixromatikdir, ya'ni, turli uzunlikdagi to'lqinlar aralashmasidir.

Polixromatik nurlanish bilan atomlar qo'zg'aladi va ular elektromagnit tebranishlar emissiyasi bilan birga yuqori energiya darajasidan pastki darajaga

o'tadi. Bu nurlanish alohida qismlar - kvantlar (fotonlar) shaklida amalga oshiriladi. Fotonning energiyasi atomning yuqori va pastki holatlardagi energiyalari orasidagi farqqa teng va formula bilan aniqlanishi mumkin.

$$E = hv$$

bu yerda h - Plank doimiysi; v – nurlanish chastotasi, Gts.

Oddiy sharoitlarda moddaning atomlari turli energiyadagi fotonlarni chiqaradi, atomlarning bir energiya holatidan ikkinchisiga o'tishi tasodifiydir. Bu holatda paydo bo'ladigan radiatsiya turli uzunlikdagi to'lqinlar to'plamidir, ya'ni polixromatikdir.

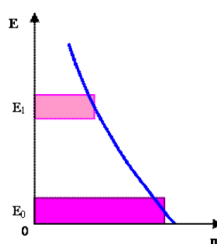
Polixromatik nurlanishdan keyingi texnologik foydalanish uni energiya konsentratsiyasini oshirishga qaratishni talab qiladi. Biroq, polixromatik nurlanish linzalardan o'tgandan so'ng, fokuslangan nuqta juda muhim o'lchamlarga ega bo'lib, bu turli uzunlikdagi to'lqinlarning turli xil sinishi indeksleri bilan izohlanadi.

Optika nazariyasidan ma'lumki, fokus nuqtasining o'lchami difraksiya bilan belgilanadi va uning minimal o'lchami fokuslangan nurlanishning to'lqin uzunligiga taxminan tengdir. Shunday qilib, optik diapazonda to'lqin uzunligi bo'lgan radiatsiyani taxminan 1 mkm o'lchamdagi nuqtaga qaratish printsiplial jihatdan mumkin. Biroq, polixromatiklik tufayli, nuqtadagi fokuslangan nurlanish hajmi yuzlab va minglab mikrometrlarga ko'tariladi. Natijada polixromatik nurlanish energiyasining yuqori konsentratsiyasini olish mumkin emas.

Muammoning asosiy yechimi 0,1-10,0 mkm yorug'lik nurlanish diapazonida ma'lum bir to'lqin uzunlikdagi monoxromatik nurlanishni olishdir. Bunday nurlanish 1960 yilda optik kvant generatorida (OKG) olingan bo'lib, unda ishchi suyuqlik sifatida sintetik yoqut ishlatilgan. Keyinchalik, OKG inglizcha ifodaning birinchi harflaridan (induktsiyalangan emissiya natijasida yorug'likning kuchayishi) "lazer" nomini oldi.

Lazerning ishlashi, uning nomidan ko‘rinib turibdiki, stimulyatsiya qilingan emissiya printsiptiga asoslanadi. Rag‘batlantirilgan emissiya printsiptini tushunish uchun kvant elektronikasining elementar asoslarini ko‘rish zarur.

Atomlar va molekulalarning ichki energiyasi ma’lum turdagi atomlar va molekulalarga xos bo‘lgan qat’iy qiymatlarning butun diapazonini olishi mumkin. 1-rasmda ikkita energiya darajasini E_1 va E_0 ko‘rish mumkin. Atomning yuqori darajadan pastki darajaga o‘tishi fotonning emissiyasi bilan birga keladi. Bu fotonning energiyasi atomning yuqori va quyi holatlardagi energiyalari orasidagi farqqa teng. Agar atomlar hech qanday tashqi ta’sirni boshdan kechirmasa, u holda ular muvozanat deb atash mumkin bo‘lgan holatda bo‘ladi. Bu holat atomlarning xaotik harakatiga qaramay, ularning yuqori va quyi energiya holatlaridagi n soni o‘zgarmasligini bildiradi. Bundan tashqari, Boltsman printsiptiga ko‘ra, E_0 pastki energiya holatidagi atomlar soni har doim E_1 yuqori holatidagi atomlar sonidan bir oz ko‘proq bo‘ladi.



1-rasm. Ikki darajali atom energiyasi tizimining muvozanat holati diagrammasi

E_0 quyi energiya holatidagi har bir atom bitta fotonni yutish orqali E_1 yuqori energiya holatiga o‘tishi mumkin. Shunga ko‘ra, E_1 yuqori holatidagi har bir atom bir xil foton shaklida ortiqcha energiyadan voz kechib, E_0 darajasiga o‘tadi.

Muvozanat holati shartli ravishda 1-rasmda ko‘rsatilgan. Bu tashqi ta’sirlardan mustaqil ravishda yuzaga keladigan va atomning yuqori energiya holatidan E_1 pastki E_0 ga o‘tishi bilan birga keladigan fotonning o‘z-o‘zidan emissiyasi bilan ta’minlanadi.

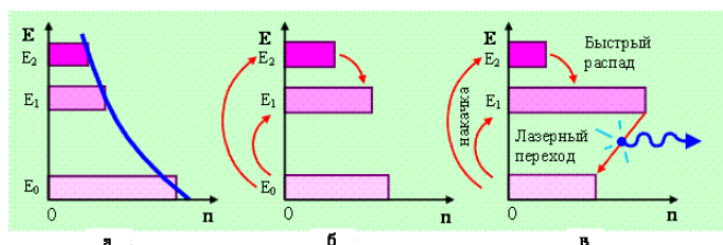
Qo‘shimcha tashqi energiya ta’sirini, ya’ni isitish atomlarning bir qismini yuqori energiya holatiga o‘tkazadi va ular pastroq holatga o‘tganda, ular fotonlarni chiqaradilar. Biroq, atomlarning bu nurlanishi bir-biridan mustaqil ravishda sodir

bo'ladi. Yorug'lik kvantlari xaotik harakatdagi atomlar tomonidan chiqariladi. Spontan nurlanish kuzatiladi. Yuqori E_1 darajasida joylashgan atomlar tomonidan fotonlarning nurlanishi bilan bir qatorda, energiya E_0 pastki darajasida joylashgan atomlar tomonidan so'riladi. Bunday holda, atom E_1 yuqori darajasiga ko'tarilib, nurlanishning paydo bo'lishiga to'sqinlik qiladigan fotonni yutadi.

Radiatsiya hosil qilish uchun yuqori darajadagi E_1 atomlari soni quyi darajadagi E_0 atomlari sonidan ko'p bo'lishi kerak. Tabiiy sharoitda har qanday haroratda yuqori darajadagi zarrachalar har doim pastroq darajaga qaraganda kamroq bo'ladi. Ko'rib chiqilayotgan ikki darajadan yuqorisi quyiga qaraganda ko'proq o'rinish bo'lishini ta'minlash uchun maxsus choralar ko'riladi. Kvant elektronikasidagi materiyaning bu holati teskari bog'lanish bilan faol muxit deb ataladi.

Nurlanish inversiyasini yaratishning turli usullari mavjud bo'lib, ular o'ziga xos energiya darajasi sxemasiga va faol zarrachalarning xususiyatlariga bog'liq. Optik ta'sir yordamida uch darajali energiya tizimida teskari nurlanishni yaratishni ko'rish mumkin. Ushbu sxemadan foydalanib, birinchi marta yoqut lazerida monoxromatik nurlanish olindi.

Tashqi ta'sir bo'lmaganda o'rinishgan atomlarning taqsimlanishi, ya'ni damlash bo'lmasa, Boltsman qonuniga bo'ysunadi (2,a-rasm). E_1 holatidan E_0 ga o'tish avval ko'rib chiqilgan ikki darajali sxema bo'yicha sodir bo'ladi va radiatsiya hosil bo'lishiga to'sqinlik qiladigan o'tish hisoblanadi.



2-rasm. Uch darajali tizimda teskari o'rinishuvini yaratish

Tashqi energiya ta'sirida, masalan, ksenon chirog'ining optik ta'sirida faol vosita energiyani intensiv ravishda yutadi. Yutish natijasida ko'p sonli atomlar eng

yuqori energiya darajasi E_2 ga, u yerdan esa o'z-o'zidan E_1 darajasiga o'tishi mumkin (2-rasm, b).

Yetarli darajada qizg'in optik damlash asosiy holatdan sezilarli miqdordagi atomlarning E_1 darajasiga o'tishi va E_0 asosiy holatidagi qo'zg'alishdan oshib ketishiga olib keladi. Bu holat qo'zg'alishning inversiyasi sifatida tavsiflanadi (2-rasm, v). Atomlarning E_1 darajasidan E_0 asosiy darajasiga keyingi o'tishi lazer nurlanishining paydo bo'lishi bilan sodir bo'ladi. Bu o'tish induktsiyalangan, ya'ni majburiy, radiatsiyaga olib keladi. Nurlanish inversiyasini olish uchun boshqa tizimlar ham mavjud. Xususan, quyidagi faol lazer zarralari uchun teskari nurlanishni olishning to'rt darajali tizimi keng tarqalgan: CO_2 molekullari, gaz lazerlarida CO, qattiq holatdagi tizimlarda neodimiy ionlari va boshqalar.

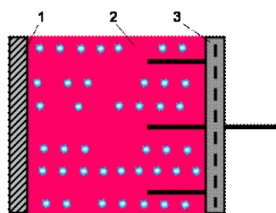
Faol zarrachalarning teskari o'rnamishini yaratish lazer nurlanishini olishning asosiy shartidir. Zamonaviy texnologik lazerlarda ishchi suyuqlik deb ataladigan faol muhit sifatida turli gaz aralashmalari, qattiq va suyuqliklar qo'llaniladi.

Optik damlagicj ishchi suyuqlik impulsli yoki doimiy ishlaydigan gaz cho'g'lanma lampasidan yorug'lik oqimi bilan ta'minlanadi. Ushbu nasos usuli ishlaydigan suyuqlik qattiq yoki suyuq bo'lgan lazerlarni qo'zg'atish uchun ishlatiladi.

Gaz chiqarish nasos usulida ishchi suyuqlikning faol zarralari elektr razryadga ta'sir qiladi. Ushbu nasos usuli ishlaydigan suyuqlik turli xil gaz aralashmalari bo'lgan lazerlarni qo'zg'atish uchun keng qo'llaniladi.

Induktsiyalangan (majburiy) nurlanish shaklida ko'rib chiqilgan energiya o'tishi optik kvant generatorlari - lazerlarning ishlashining asosini tashkil qiladi. Lazer to'g'ridan-to'g'ri uning ichida qo'zg'atilgan nurlanish manbai. Ikkita zarur komponentdan tashkil topgan lazer diagrammasi - rezonatoridagi faol muhit 3-rasmda ko'rsatilgan. Faol muhit 2, yuqorida ko'rib chiqilgan shartlarga muvofiq, teskari nurlanishga ega. Optik rezonator bitta yassi shaffof oynadan 1 va unga

parallel bo‘lgan yassi oynadan 3 iborat bo‘lib, nurlanishni qisman shaffoflik bilan uzatadi.



3-rasm. Kvant generatorining prinsipial sxemasi

Generatsiya jarayonini amalga oshirish uchun chiqarilgan yorug‘lik energiyasining bir qismi doimiy ravishda faol muhit ichida qolishi kerak, bu esa yangi atomlarning qo‘zg‘atilgan nurlanishni keltirib chiqarishi kerak. Bu shart optik rezonator oyna yordamida aniq bajariladi (3-rasm). 1-oyna unga tushadigan barcha energiyani aks ettiradi va shaffof oyna 3 energiyaning faqat bir qismini, ya’ni foydali energiyani uzatadi. Keyin energiyaning bu qismi rezonatordan chiqariladi va fokuslash tizimlari yordamida yorug‘lik nurlanishi yuqori quvvat zichligini olish uchun kichik nuqtaga to‘planadi. Energiyaning bir qismi rezonatorida shaffof oyna 3 orqali aks ettiriladi va generatsiyaga faol muhitning yangi qismlarini jalb qilish uchun xizmat qiladi.

Shunday qilib, kvant generatorida optik rezonator yordamida lazer faol muhitining qo‘zg‘atilgan zarralarini qo‘zg‘atilgan nurlanish jarayonlarini samarali amalga oshirish uchun zarur bo‘lgan yuqori nurlanish intensivligi olinadi. Optik rezonatorlar nafaqat induktsiyalangan majburiy jarayonlarning ehtimolini sezilarli darajada oshiradi, balki lazer nurlanishining xususiyatlarini ham aniqlaydi.

Materiallarni qayta ishlash uchun ishlatiladigan sanoat lazerlari to‘lqin uzunligi taxminan 0,1-10,6 mkm bo‘lgan nurlanishni (asosan ultrabinafsha va infraqizil hududlarda) hosil qiladi. Ishlash rejimlariga qarab, uzluksiz va impulsli davriy nurlanish lazerlari o‘rtasida farqlanadi. Lazer nurlanishining amaliy qo‘llanilishini ta’minlaydigan asosiy xossalari monoxrom, yuqori kogerentlik, past nurlanish divergensiyasi va yuqori nurlanish quvvati zichligidir.

Monoxrom lazerlarning tor to‘lqin uzunliklari diapazonida chiqarish qobiliyatini tavsiflaydi. Monoxromatik nurlanish monoxromatorlar yordamida olinadi. Ularning ishlash printsipti termal nurlanishning ma’lum bir spektridan tor chastota diapazonini ajratishdir. Katta quvvat yo‘qotishlari bilan bog‘liq bo‘lgan monoxromatik nurlanishni olishning bu usuli sanoatda qo‘llanilishini topmadi. Monoxromatorlardan farqli o‘laroq, lazer to‘lqin uzunliklarining juda tor diapazonida juda katta energiya va radiatsiya quvvatini yaratishi mumkin. Amalda, lazer bir xil to‘lqin uzunligida chiqariladi.

Lazer nurlanishi oddiy polixromatik nurlanish bilan solishtirganda tushunish oson bo‘lgan kogerentlik bilan tavsiflanadi. Isitilgan jismlarga xos bo‘lgan polixromatik nurlanish turli chastotali to‘lqinlar to‘plamidan iborat bo‘lib, ularning fazalari vaqt o‘tishi bilan xaotik tarzda o‘zgaradi va kogerent nurlanishning tipik namunasidir. Bundan farqli o‘laroq, optik rezonatorida to‘plangan lazer nurlanish energiyasi yangi paydo bo‘lgan nurlanish kosmosda tarqaladigan fazada bo‘ladigan tarzda hosil bo‘ladi. Bunday nurlanish kogerent deb ta’riflanadi.

O‘zining monoxromatikligi va kogerentligi tufayli lazer nurlanishi nazariy jihatdan nurlanishning to‘lqin uzunligiga mos keladigan diametrli nuqtaga yo‘naltirilishi mumkin. Bu materiallarni samarali qayta ishlash uchun zarur bo‘lgan radiatsiya energiyasining yuqori konsentratsiyasiga erishadi.

Lazer nurlanishining qimmatli xususiyati uning yuqori yo‘nalishi bo‘lib, radiatsiyaning past farqlanishi bilan tavsiflanadi. Nazariy jihatdan, lazer nurlanishining burchak farqi shunchalik kichik bo‘lishi mumkinki, u faqat nurning rezonatoridan chiqishida kogerent to‘lqinlarning diffraksiyasi fenomeni bilan belgilanadi. Lazer nurlanishining amaliy farqi nazariy divergensiyadan sezilarli darajada oshadi. Ammo shunga qaramay, lazer nurlanishi an’anaviy yorug‘lik manbalariga nisbatan juda yuqori yo‘nalishga ega. Kam farqlanish tufayli lazer nurlanishi energiyaning yuqori konsentratsiyasini ta’minlaydigan kichik nuqtaga qaratilgan. Lazer nurlanishining yuqori yo‘nalishi lazer energiyasini juda kam yo‘qotishlar bilan uzoq masofalarga uzatish imkonini beradi.

Lazer nurlanishining ko'rib chiqilgan xususiyatlari - monoxromatiklik, kogerentlik va past divergensiya - yuqori quvvat zichligini olish imkonini beradi. Lazer nurlanishining quvvat zichligi E - lazer nurining kesmasidan o'tadigan nurlanish kuchining S tasavvurlar maydoniga nisbati, ya'ni. $E = P / S$ Quvvat zichligi E ning o'lchami Vt / sm^2 . Lazer nurlanishining quvvat zichligi lazer nurlanishini millimetrning o'ndan yoki yuzdan bir qismidagi juda kichik o'lchamdagi nuqtaga yo'naltirish qobiliyati tufayli ulkan qiymatlarga yetadi. Kuchli texnologik lazerlarning yaratilishi ushbu nurlanishni fokuslashda uzluksiz rejimda $10^8 Vt/sm^2$ gacha va impulsli rejimda $10^{12} Vt/sm^2$ gacha zichlikka erishish imkonini berdi.

Xulosa. Lazer nurlanishining bunday yuqori energiya parametrlari elektr yoyi, plazma va boshqa ma'lum issiqlik energiyasi manbalarining quvvat zichligidan bir necha daraja yuqori bo'lib, qotib qolish, sirtni qoplash, payvandlash, kesish va teshiklarni teshish texnologik jarayonlarida har qanday materiallarning yuqori samarali va sifatli qayta ishlanishini ta'minlaydi.

Adabiyotlar

1. С.О.Саидов, Основы физики лазеров и лазерных технологий [текст]: учебник / - БУХАРА: ООО "БУХОРО ДЕТЕРМИНАНТИ" издательство КАМОЛОТ, 2023 г. 360 ст
2. Б.Н.Пойзнер, Физические основы лазерной техники: учебное пособие
3. Бозоров Э.Х., Турдиев М.Р., Основы медицинской лазерной физики учебное пособие Бухара-2022 Издательство "Дурдона"
4. И.К.Султанова, Н.Г.Блинкова, Г.Н.Блинков, Изученик работы лазеров: методическое указания к лабораторной работе. Минск БРТУ -2014 г.