

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
Z.M.BOBUR NOMIDAGI ANDIJON DAVLAT UNIVERSITETI

Qo'lyozma huquqida

Mehmonova Zilola
**LAZERLARNING ZAMONAVIY
ELEKTRONIKADA QO'LLANILISHI**

5A140202-“Fizika (Lazer fizikasi)”

Magistr
akademik darajasini olish uchun yozilgan

DISSERTATSIYA

Ilmiy rahbar:
f-m.f.n., dots. M.Nosirov

Andijon-2014

MUNDARIJA

KIRISH

1-BOB. LAZERLARNING ASOSIY XOSSALARI

- 1.1. Elektromagnit to'liqlar
- 1.2. Kvant kuchaytirgichlar
- 1.3. Optik kvant generatorlar
- 1.4. Lazer nurining xususiyatlari

1-bobning xulosalari

2-BOB. LAZERLARNING ISHLASH PRINSIPI VA TURLARI

- 2.1. Lazerlarning yaratilishiga olib kelgan fundamental effektlar
- 2.2. Mayatnikning sinusoidal nohiziqli tebranishlari
- 2.3. He-Ne lazeri
- 2.4. Qattiq jismli lazerlar

2-bobning xulosalari

3-BOB. LAZERLAR ASOSIDAGI QURILMALAR

- 3.1. CD-disklar
- 3.2. Lazerli printerlar
- 3.3. Fotonabor avtomatlar
- 3.4. Lazerlar fizikasidan elektron darslik

3-bobning xulosalari

UMUMIY XULOSALAR

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI

KIRISH

Hozirgi zamonning ajoyib belgilaridan biri bu mikrozarralarning majburiy nurlanish berish jarayoni asosidagi lazerlarning yaratilishi va ularning kogerent nurlanishi asosida sanoatda turli maqsadlarga mo'ljallangan lazerli qurilmalarning va texnologik komplekslarning yaratilishiga olib keldi. Ushbu kunda xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida lazerlar va lazerli texnologiyalari ishlatilmoqda. Xususan, sanoatda turli-tuman materiallarni kesishda, payvandlashda va mexanizmlarni mustahkam-ligini oshirishda, tibbiyot sohasida lazer nuridan tashxis qo'yishda, davolash va jarrohlik jarayonida aloqa tizimida ma'lumot elituvchi sifatida, fan va texnika sohasida o'lchash va tashxis qo'yish vositalari sifatida hamda o'quv jarayonida kogerent nurlanishning to'liq va zarracha xususiyatlarni namoyon etishda keng foydalanilmoqda.

Lazer - yorug'lik nuri yo'nalganlik yuqori darajada bo'lgan monoxromatik kogerent yorug'lik manbaidir. «Lazer» so'zining o'zi «majburiy nurlanish tufayli yorug'likning kuchayishi» ma'nosini anglatadigan inglizcha so'z birikmalarinning bosh harflaridan tuzilgan.

Haqiqatan ham, lazerning ta'sirini belgilaydigan asosiy fizik protsess bu nurlanishning majburiy chiqishidir. U *foton* energiyasi atom (yoki molekula) ning uyg'onish energiyasi bilan aniq mos tushganda, *foton* uyg'ongan *atom* bilan o'zaro ta'sirlashganda yuz beradi.

Agar uyg'ongan atomlarning soni katta va sathlarning invers joylashishi mavjud (atomlar yuqori, uyg'ongan holatda pastki, uyg'onmagan holatdagidan ko'p) bo'lsa, spontan nurlanishda paydo bo'lgan birinchi foton borgan sari kuchayib boradigan o'ziga o'xshash quyunlarni hosil qiladi. Spontan nurlanishning kuchayishi yuz beradi.

Invers joylashgan muhitda majburiy chiqish hisobiga yorug'lik bosimi bo'lishi mumkinligini 1939 yilda fizik V.A.Fabrikant ko'rsatib bergan. U gazdagi elektr razryadda invers joylashish yaratishni ham taklif qilgan.

1955 yilda bir vaqtda va bir-biridan mustaqil ravishda sobiq ittifoqda N.G.Basov va A.M.Proxorov, AQShda Ch.Tauns dunyoda birinchi invers joylashgan muhitda elektromagnit nurlanish kvantlari generatorini taklif qilishdi. Unda teskari bog'lanishdan foydalanish natijasida majburiy nurlanish o'ta monoxromatik nurlanishni generatsiyalashga olib keldi.

Bir necha yil o'tgach, 1960 yilda amerika fizigi T.Meyman optik diapazonli birinchi kvant generatori - lazerni ishga tushirdi. Unda teskari bog'lanish yuqorida aytilgan optik rezonator yordamida amalga oshirildi, invers joylashish esa ksenon lampa-chaqnagich nurlanish bilan nurlanadigan yoqut kristallarida uyg'otildi.

Lazerda nurlanish chizig'ini toraytirishdan tashqari, nurning yoyilishini 10^{-4} radiandan kichikroq, ya'ni burchak sekundlari darajasida olishga erishiladi.

Ma'lumki, yo'nalgan ensiz yorug'lik nurini amalda istalgan manbadan olish mumkin, Buning uchun yorug'lik oqimi yo'liga bir to'g'ri chiziqda joylashgan mayda teshikli bir necha ekran qo'yish kerak. Faraz qilaylik, biz qizdirilgan qora jismni oldik va diafragmalar yordamida yorug'lik nurini hosil qildik, prizma yoki boshqa spektral asbob vositasida undan spektrning eni lazer nurlanish spektrining eniga mos nurini ajratdik. Lazer nurlanish quvvatini, uning spektri enini va nurning burchak yoyilishini bilgan holda, Plank formulasi yordamida faraz qilinayotgan o'sha qora jism temperaturasi hisoblash mumkin. Qora jismdan lazer nuriga ekvivalent yorug'lik nuri manbai sifatida foydalaniladi. Bu hisob bizga ulkan raqamni beradi: qora jism temperaturasi o'nlarcha million gradus bo'lishi kerak ekan! Lazer nurining ajoyib xossasi - uning yuqori effektiv temperaturasi tadqiqotchilar oldida lazerdan foydalanmay turib, mutlaqo bajarish mumkin bo'lmagan katta imkoniyatlarni ochadi. Hozirgi vaqtda turli-tuman muhitlar - gazlar, suyuqliklar, shishalar, kristallardagi lazerlar yaratilgan.

Shuning uchun Lazerlarning ishlash prinsiplari va xossalarini, shuningdek, ularning zamonaviy elektronikada qo'llanilishini chuqur tahlil qilish orqali ularning qo'llanish samaradorligini oshirish dolzarb muammolardan biridir.

Ishning maqsadi va vazifalari: Lazerlarning ishlash prinsiplari va xossalari, shuningdek, ularning zamonaviy elektronikada qo'llanilishini chuqur tahlil qilish orqali ularning qo'llanish samaradorligini oshirish. Lazerlarni o'rganishda zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish.

Tadqiqot ob'ektlari va usullari: Kvant elektronikasi qonuniyatlari asosida lazerlarning ishlash prinsiplarini chuqur tahlil qilish.

Tadqiqot uslubiyoti va uslublari: Lazerlarning ishlash prinsipi va zamonaviy elektronikada qo'llanilishi axborot texnologiyalari asosida o'rganib chiqildi va takomillashtirildi hamda elektron o'quv uslubiy majmua yaratildi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy yangiligi. Lazerlarning zamonaviy elektronikada qo'llanilishi axborot texnologiyalari asosida o'rganib chiqildi va takomillashtiriladi hamda elektron o'quv uslubiy majmualar yaratildi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Lazer fizikasi bo'yicha yaratilgan elektron o'quv uslubiy majmua bu soxada ilmiy izlanishlar olib borayotgan tadqiqotchilarga va qiziquvchilarga u haqda mukammal bilimlar berishni ta'minlaydi.

Dissertatsiya aprobatsiyasi. Dissertatsiyada olingan natijalar va keltirilgan ma'lumotlar bo'yicha xalqaro va markaziy ilmiy amaliy anjumanlarda, seminarlarda ma'ruzalar qilingan hamda xalqaro va markaziy jurnallarda, ADU xabarnomasida maqolalar chop ettirilgan.

Ishning xajmi. Dissertatsiya kirish, uchta bob, xulosa, adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan tashkil topgan. Dissertatsiya 81 betda rasmiylashtirilgan bo'lib, 34 ta rasm va 5 ta jadvallardan tashkil topgan. Adabiyotlar ro'yxati 25 ta nomdan iborat.

1-BOB. LAZERLARNING ASOSIY XOSSALARI

1.1. Elektromagnit to'liqlar

XIX asr oxiri - XX asr boshilarida optikadagi turli fizik jarayonlarni tushuntirishda yorug'likning to'liq va korpuskulyar (zarracha) nazariyalaridan foydalanish yo'llari ishlab chiqib bo'lingandi. Difraksiya, interferensiya va qutblanish hodisalarini yorug'likning to'liq tabiati bilan tushuntirish mumkin. Bu holda yorug'likni elektromagnit to'liq sifatida qaralib, u elektr va magnit maydonlarining amplitudasi, chastotasi ν yoki to'liq uzunliklari λ bilan tavsiflanadi.

Ushbu ikki ν va λ kattaliklar quyidagi

$$\lambda = c / \nu \quad (1.1)$$

munosabat bilan bog'langan. Bu yerda c -yorug'likning vakuumdagi tezligi.

Elektromagnit to'liqlarning energetik tavsifi sifatida elektromagnit maydon energiyasining o'rtacha hajmiy $\bar{\rho}$ zichligini

$$\bar{\rho} = \int_0^{\infty} \rho_{\nu} d\nu = \frac{(E^2 + H^2)}{8\pi} \quad (1.2)$$

ko'rinishda ifodalash mumkin. Bu yerda ρ_{ν} -elektromagnit nurlanishining spektral hajmiy zichligi bo'lib, o'lchamligi $J \cdot s^3 \cdot Gts$ bo'lib, E^2 va H^2 -lar elektromagnit to'liqning o'rtacha kvadratik elektr hamda magnit kuchlanganliklaridir.

Elektromagnit to'liqlarning modda bilan o'zaro ta'sirlashuvining tabiati va effektivligi elektromagnit to'liq oqimining zichligiga yoki I intensivligiga bog'liq bo'ladi. Elektromagnit to'liqning elektr maydon kuchlanganligi E uning intensivligi I bilan quyidagi

$$E = (4\pi I/c)^{1/2} \quad (1.3)$$

munosabat orqali bog'langan.

Geometrik optika nuqtai nazardan yorug'likni bir jinsli muhitda c tezlik bilan tarqalayotgan yorug'lik fotonlari (zarrachalari) oqimidan iborat deb qarash mumkin. Fotonlarning energiyasi ularning chastotasiga bog'liq bo'ladi va

$$\varepsilon_f = h\nu \quad (1.4)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bu yerda h -Plank doimiysi bo'lib, qiymati $6,62 \cdot 10^{-34}$ J·s. Ushbu ma'noda monoxromatik yorug'likning intensivligi fotonlarning hajmiy n_f konsentratsiyasi va energiyasi orqali belgilanishi mumkin, ya'ni

$$I = h \cdot \nu \cdot n_f \cdot c \quad (1.5)$$

Yigirmanchi asrning boshida termodinamik muvozanatli sistemalar nurlanishining spektral zichligini tushintirish yo'llari noma'lum edi. Klassik termodinamika asosida Reley-Jinslar tomonidan chiqarilgan

$$\rho_v = 8\pi\nu^2 kT / c^3 \quad (1.6)$$

formula esa spektral $\rho(\nu)$ zichlikning chastotaga bog'liqligini faqat katta to'lqin uzunliklarda, ya'ni $h\nu \ll kT$ shart bajarilganda moddaning elektromagnit nurlanish jarayonini to'g'ri tushuntirib berar edi. Bu yerda $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ J/ K bo'lib, u Boltsman doimiysi deyiladi.

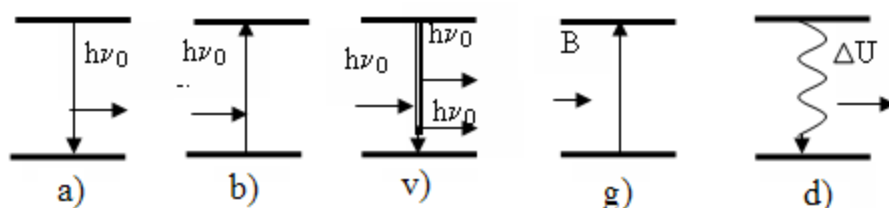
Moddalar tomonidan nurlanishning tajribada aniqlanayotgan spektral zichlikning chastotaga bog'liqlik taqsimoti Plank taklif etgan emperik

$$\rho_v = (8\pi\nu^2 / c^3) \cdot [h\nu / (e^{h\nu/kT} - 1)] \quad (1.7)$$

formuladagi taqsimot bilan yaxshi mos tushgan edi.

A.Eynshteyn 1916 yili kvant tushunchalar asosida, ya'ni kvant tizim tomonidan yorug'likning yutilishi yoxud nurlanishi, ushbu tizimning biror energetik holatdan boshqa energetik holatga o'tishida, majburiy nurlanish jarayoni bo'lishi mumkinligi haqidagi o'z gipotezasi asosida (1.7) emperik formulani keltirib chiqardi. Buning ma'nosi quyidagicha: kvant tizimda, ya'ni diskret energetik holatli tizimda zarralarning bir holatdan boshqasiga spontan nurlanish chiqarib va nurlanishsiz o'tishidan tashqari tashqi elektromagnit maydon nurlanishi ta'sirida, majburiy o'tishlari ro'y berishi mumkin. Bu majburiy o'tishda zarra

chiqargan elektromagnit nurlanishning parametrlari uni majburlovchi elektromagnit nurlanishning parametrlari bilan aynan bir xil bo'ladi. Ushbu jarayonda kvant tizimlar tomonidan chiqarilayotgan nurlanishning kogerentlik xususiyati paydo bo'ladi. Kvant tizimning ikki ε_1 va ε_2 energetik holatlaridagi zarralarning turli xil o'tishlari 1-rasmda ko'rsatilgan.



1-rasm. Ikki sathli kvant tizimda zarralarning bir sathdan ikkinchi sathga nurlanishli (a, b, v) va nurlanishsiz (g, d) o'tishlari.

Avvalambor g'alayonlantirilgan zarra yuqori energiyali sathdan quyi energiyali sathga o'z-o'zidan, ya'ni spontan nurlanish berib o'tishi mumkin. Spontan nurlanish kvant tabiatga ega. Kvant mexanika qoidalariga binoan atom yoki molekula yuqori (ya'ni g'alayonlantirilgan) sathda cheksiz uzoq vaqt bo'la olmaydi. Zarraning yuqori energetik sathdan, quyi energetik sathga birlik vaqt davomida A_{21} o'tish ehtimolligiga bog'liq holda, g'alayonlantirilgan zarra yuqori sathdan chekli tezlik bilan Bor postulatiga asosan

$$h\nu_0 = \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \quad (1.8)$$

spontan nurlanish berib o'tishi mumkin.

Ushbu o'tishni sxematik ravishda quyidagicha

$$A(2) \rightarrow A(1) + h\nu_0 \quad (1.9)$$

tenglama bilan ifodalash mumkin.

Zarralarning yuqori energetik sathdan faqatgina spontan nurlanish berib, quyi energetik sathga o'tish jarayonida, zarraning yuqori energetik sathdagi o'rtacha yashash vaqti va zarraning birlik vaqt ichidagi spontan o'tish ehtimolligi A_{21} , ya'ni Eynshteyn koeffitsiyenti o'zaro quyidagi munosabat

$$\tau_0 = 1/A_{21} \quad (1.10)$$

orqali bog'langan.

Spontan o'tishlar natijasida yuqori energetik sathdagi zarralar N_2 konsentratsiyasining o'zgarishi quyidagi

$$N_2 = N_{20} \exp(-t/\tau_0) \quad (1.11)$$

munosabat bilan ifodalanadi.

Zarralarning spontan o'tishlarida hosil bo'lgan yorug'lik kvantlari bir xil energiyaga ega bo'lgani bilan o'zaro moslik yo'q. Ushbu yorug'lik fotonlarining fazoning turli yo'nalishlarida tarqalishining ehtimolligi bir xil. Yorug'lik fotonlarining vaqtning turli momentlarida paydo bo'lish ehtimolligi ham bir xil bo'lgani uchun ushbu kvantlarga tegishli elektromagnit to'lqinlar o'zaro faza bo'yicha bog'lanmagan va ixtiyoriy qutblanishga ega.

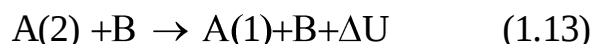
Alohida zarralarning spontan o'tishlaridan farqli o'laroq, zarralarning bir sathdan ikkinchisiga nurlanishsiz o'tishlari uchun o'zaro ta'sirlashuvchi A-zarra bilan boshqa V zarraning bo'lishi shart.

Aynan shunday o'zaro ta'sirlashuvlarda zarra 1-holatdan 2-holatga yoki 2-holatdan 1-holatga yorug'lik kvantini nurlamay yoki yorug'lik kvanti ta'sirisiz o'tadi. Zarraning boshqa zarra bilan to'qnashuvi natijasida g'alayonlantirilgan holatga o'tish jarayoni (1g-rasm) $\Delta U = -\Delta \epsilon$ kinetik energiya sarf bo'ladi va quyidagi



ifodada ko'rsatilgandek ravishda ro'y beradi.

To'qnashuvlar natijasidagi relaksatsiya jarayonida g'alayonlangan zarraning energiyasi to'qnashuvi zarralarning ilgarilanma energiyasiga yoki V zarrani g'alayonlantirishga sarf bo'lishi mumkin. Ushbu jarayon quyidagi



ko'rinishda ro'y berishi mumkin.

Zarralarning bir sathdan ikkinchi sathga majburiy o'tishlari A. Eynshteynning gipotezasiga binoan faqat (1.8) ifodadagi shartni qanoatlantiruvchi elektromagnit rezonans kvantlar bilan o'zaro ta'sirlashuvda ro'y berishi, ya'ni

majburiy o'tishlarining ehtimolligi ν_0 chastotali tashqi elektromagnit maydondagina noldan farqlidir. A.Eynshteynning gipotezasiga binoan tashqi rezonans chastotali maydon ta'sirida zarra 1-energetik sathdan 2-energetik sathga elektromagnit kvantlarning rezonans yutilishi natijasida (1 b- rasm), ya'ni

$$A(1) + h\nu_0 \rightarrow A(2) \quad (1.14)$$

ko'rinishda o'tishidan tashqari, zarraning 2 energetik sathdan 1 energetik sathga quyidagi

$$A(2) + h\nu_0 \rightarrow A(1) + 2h\nu_0 \quad (1.15)$$

jarayon bo'yicha o'tishi mumkin. Ushbu 1v- rasmdagi jarayonda zarra majburiy ravishda foton chiqaradi, ya'ni kvant zarraning majburiy elektromagnit nurlanish jarayoni ro'y beradi. Bu jarayon kvant elektronikasining yoki lazerlar fizikasining asosi bo'lib xizmat qildi.

Zarralarning birlik vaqt ichidagi W_{12} va W_{21} majburiy o'tish ehtimolliklari rezonans kvantlarning hajmiy n_p zichligiga, yoki boshqacha qilib aytganda tashqi elektromagnit maydonning spektral zichligiga proporsionaldir, ya'ni

$$\left. \begin{aligned} W_{12} &= B_{12} \rho(\nu_0) \\ W_{21} &= B_{21} \rho(\nu_0) \end{aligned} \right\} \quad (1.16)$$

bu yerda V_{12} va V_{21} -Eynshteynning mos ravishda majburiy yutilish va nurlanishlar uchun koeffitsiyentlari.

Zarrani yuqori energetik sathdan quyi energetik sathga majburiy o'tishdagi elektromagnit kvant nurlanishi uni majburlovchi elektromagnit nurlanishi kvantiga aynan o'xshashdir, ya'ni chastotalari, fazalari, qutblanish tekisliklari, tarqalishi yo'nalishlari bir xil.

1.2. Kvant kuchaytirgichlar

Oldingi paragraflarda ko'rib o'tganimizdek, zarralarning majburiy o'tishlarida hosil bo'lgan nurlanishlarning yordamida elektromagnit to'lqinni faol

(invers bandlikli) muhitdan o'tganda kogerent kuchaytiriladi. Ushbu kuchaytirgichlarning vazifasi undan o'tayotgan elektromagnit to'lqinning amplitudasini ortirishdan iborat bo'lsa, u holda kvant kuchaytirgich-elektron kuchaytirgichlarga o'xshashdir.

Kvant kuchaytirgichlarda elektromagnit to'lqinning amplitudasini yoki intensivligini oshirishdagi jarayonlarni va uning imkoniyatlarini aniqlash uchun K_0 va to'yinish intensivligi I_t bo'lgan faol muhitdan monoxromatik elektromagnit to'lqinning o'tish jarayonini ko'raylik. Kuchaytirgichning kirishdagi elektromagnit to'lqinning intensivligini I_0 deb belgilaylik. Rezonans bo'lmagan yo'qotishlar nolga teng bo'lgan holda bunday muhitning dx qalin-ligini o'tgan to'lqin intensivligining o'zgarishi quyidagi

$$dI(x)/dx = k(x) I(x) \quad (1.17)$$

tenglama bilan aniqlanishi mumkin. Intensivlik I ning ortishi va K ning o'zgarish xarakterini bilgan holda (1.17) tenglamani boshqa ko'rinishda keltirish mumkin, ya'ni

$$(1 + I/I_t) dI/I = K_0 dx \quad (1.18)$$

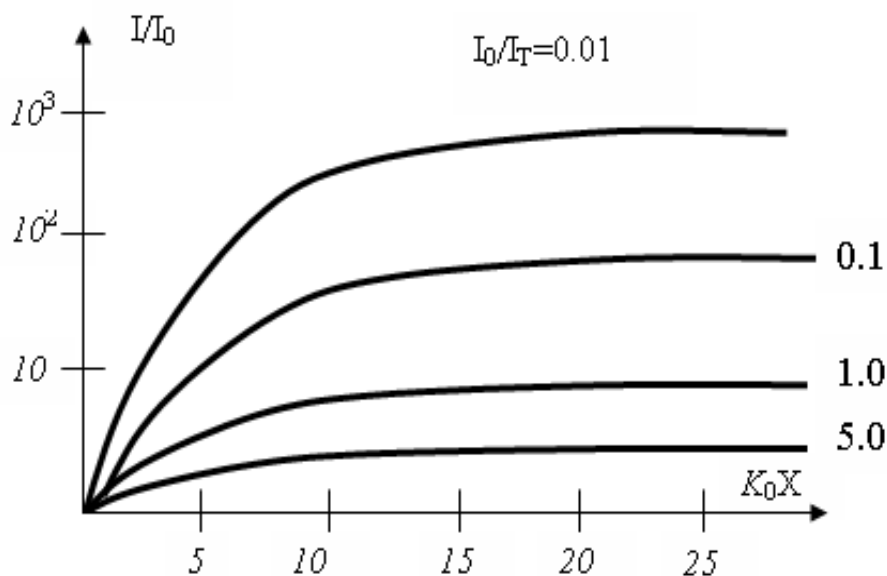
Ushbu ($x=0$ da $I=I_0$) chegaraviy shartni e'tiborga olib, (84) tenglamani integrallasak, muhitning kirishdagi elektromagnit to'lqinning intensivligi I_0 va x koordinatasidagi intensivligi (x) bilan bog'lovchi trantsendent tenglamani olamiz;

$$\ln(I/I_0) + (I/I_t) - (I_0/I_t) = K_0 x \quad (1.19)$$

Ushbu tenglamaning o'lchamsiz (I_0/I_t) parametrining turli o'zgarish qiymatlarining yechimi 6-rasmda keltirilgan.

Ushbu 6-rasmdan va (1.19) tenglamadan ko'rinib turibdiki kuchaytirilayotgan elektromagnit to'lqinning kichik intensivliklarida, ya'ni ($I \ll I_t$, $I_0 \ll I_t$ shartlar bajarilganda va majburiy nurlanish jarayoni g'alayontirilgan sathdagi zarralar soniga ta'sir ko'rsatmaganda) nurlanishning intensivligi faol muhitni o'tgan sari eksponentsial ravishda ortib boradi, ammo lekin majburiy o'tishlar ehtimolligini ($\sim I$) g'alayontirilgan sathni boshqa barcha jarayonlar asosida

so'ndirilishi ehtimoligiga (I_t) nisbatiga bo'lgan damlash energiyasini kogerent nurlanishga aylantirish effektivligi kichik bo'ladi, hamda $\sim I/I_t$ miqdorni tashkil etadi. Ushbu I/I_t nisbatning miqdori ortgan sari majburiy nurlanishlar jarayoning ahamiyati ortib boradi va



2-rasm. Invers bandlik hosil qilingan muhitdan o'tayotgan elektromagnit to'lqin intensivligining o'zgarishi.

$I \gg I_t$ shart bajarilganda amaliy jihatdan damlash energiyasining ($\sim I/I + I_t$) qismi kogerent nurlanish energiyasiga aylantiriladi. Bu holda intensivlikning o'sish tezligi kamayadi va faqat faol muhitning tavsiflari bilan aniqlanadigan quyidagi

$$\Delta I / \Delta x = I_t K_0 \quad (1.20)$$

doimiy kattalikka intiladi.

Yuqorida ko'rib o'tilgan mavzularda biz nurlanishning faol muhitdan o'tishda rezonans bo'lmagan yo'qotishlarni e'tiborga olmadik. Real holda ular bor. Birinchidan nurlanish dastasi tarqalish jarayonida difraksiya natijasida ko'ndalang kesimi bo'yicha kengayib boradi va faol muhitdan tashqariga chiqib ketadi. Buning natijasida energiyaning bir qismi yo'qotiladi.

Nurlanish dastasining ko'ndalang kesimi 2ω bo'lganda, uning tarqalishdagi yoyilish burchagi $\theta_\alpha = \lambda/2\omega$ kattalikni tashkil etadi. L masofani o'tgan nurlanish dastasining ko'ndalang kesimi bo'yicha radiusi $\theta_\alpha L$ miqdorga ortadi. Demak, qalinligi $\sim \theta_\alpha L$ va diametri $\sim 2\omega$ bo'lgan halqaga tushgan barcha nurlar faol muhitdan tashqariga chiqib ketadi. Ushbu yo'qotishlarning nisbiy kattaligi $\sim \lambda/\omega^2$ miqdorni tashkil etadi va infraqizil diapazondagi nurlanishlarda maksimal qiymatga erishadi. Ko'p ishlatiladigan lazer nurlanish-larda ($\omega \sim 1\text{sm}$ va $\lambda = 1\frac{1}{4}10\text{mkm}$) uchun ushbu yo'qotishlar $\sim (0,1\frac{1}{4}1)10^{-3} \text{ sm}^{-1}$ ni tashkil etadi. Bu degani 1m uzunlikdagi faol muhitni o'tishda nurlanishning difraksiya natijasidagi yo'qotishlari $1\div 10\%$ oraliqda yotadi. Ikkinchidan kuchaytirgichlarda optik elementlar ham bo'lib, ularda nurlanish energiyasining bir qismi yo'qotiladi. Har bir optik elementda nurlanishning 1% qismi yo'qolishi mumkin.

Real faol muhit ideal bir jinsli muhit bo'lmaydi va nurlanish bunday muhitni o'tganda sochilish va refraktsiya natijasida o'z energiyasining bir qismini yo'qotishi mumkin. Ushbu yo'qotishlarning fizik mohiyatini ochib o'tirmay, ularni bir birlik uzunlikka to'g'ri kelgan umumiy $\beta_0[\text{sm}^{-1}]$ koeffisiyent bilan belgilashimiz mumkin.

Ushbu yo'qotishlar birlik uzunlikdagi faol muhitni o'tgan nurlanishning $\beta_0 I$ qismni tashkil etadi va intensivlikka chiziqli bog'lanish bilan ortadi. Yuqorida aytib o'tilgandek intensivlik ortgan sari kogerent nurlanishning birlik uzunlikdagi faol muhitni o'tishdagi energiyasining ortishi susayib boradi va nihoyat $I_t K_0$ kattalikka tenglashib, o'zgarmay qoladi. Demak kogerent nurlanish faol muhitni o'tayotganda uning kuchayish va susayish jarayonlari o'zaro tenglashguncha intensivligi ortib boradi. Shundan so'ng kuchaytirilayotgan nurlanish intensivligi o'zgarmay qoladi va o'zining

$$I_{\max} = I_t K_0 / \beta_0 \quad (1.21)$$

maksimal qiymatiga erishadi.

Bundan tashqari lazer nurlanishi o'ta monoxromatik bo'lgani sababli, u kvant kuchaytirgichni o'tish jarayonida monoxromatiklik xususiyatini yanada yaxshilaydi. Bunga sabab, faol muhitning kuchaytirish koeffitsiyentining qiymati rezonans chastotada maksimurga ega bo'lishi va nurlanish spektrining markaziy qismi chetki qismlariga nisbatan ko'proq kuchaytirilishidir.

1.3. Optik kvant generatorlar

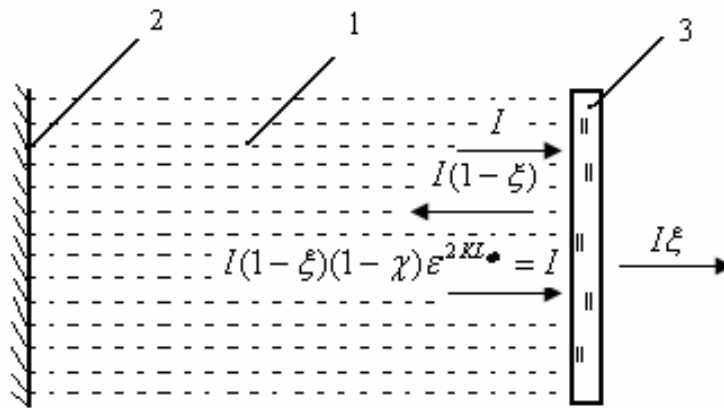
Kirishiga elektromagnit nurlanish beriladigan va uni kuchaytiradigan optik kuchaytirgichlardan farqli o'laroq, optik kvant generator, radiochastotalar diapazonidagi avtogeneratorlar kabi, optik diapazondagi kogerent elektromagnit nurlanishlarni hosil qiladi. Shuning uchun optik kvant generator yoki lazer, musbat teskari bog'lanishli qurilma bo'lib, majburiy nurlanishlar kogerent kuchaytirish orqali elektromagnit nurlanishni hosil qiladi.

Elektromagnit nurlanishni olish uchun faol muhit yoki optik kuchaytirgich optik rezonator ichiga joylashtiriladi va unda faol muhit parametrlaridan kelib chiqqan holda turg'un elektromagnit to'lqinlar hosil qilinadi. Kuchaytiruvchi faol muhit va optik rezonatordan iborat bo'lgan lazerning chizmasi 3-rasmda berilgan.

Invers bandlikga ega ishchi 1 muhit undan o'tayotgan elektromagnit nurlanishni majburiy nurlanish hisobiga kuchaytiradi. Ikki o'zora parallel joylashgan biri to'la qaytaruvchi 2 biri esa yassi va qisman ξ o'tkazuv koeffitsiyentiga ega ko'zgulardan 3 iborat optik rezonator ichida nurlanish chastotalari kuchaytirish chizig'i kengligi ichida yotuvchi. elektromagnit to'lqinni hosil qiladi. Uning bir qismini chiqish ko'zgusi (3) orqali tashqariga chiqariladi.

Uzunligi L_f parametrlari K_0 I_t bo'lgan faol muhit ko'zgularining oralig'i L_r , o'tkazuvchanligi ξ , yo'qotishlar koeffitsiyenti $\chi \cong 2L_f\beta_0$ ga teng optik rezonator ichiga joylash-tirilgan bo'lsin.

Lazerdagi generatsiyaning manbai bo'lib, g'alayonlantirilgan faol zarraning spontan nurlanishi xizmat qiladi. Spontan nurlanish faol muhit bo'ylab tarqalganda, g'alayonlantirilgan zarralar bilan ta'sirlashishi natijasida ularni majburiy (kogerent) nurlanish berdiradi va bu jarayonda elektromagnit nurlanishning kogerent kuchaytirilishi ro'y beradi. Chegaralangan o'lchamga ega faol muhit va optik rezonator ko'zgulari oralig'ida optik o'q bo'ylab tarqalayotgan nurlanishlar maksimal darajada kuchaytiriladi. Bu holda, elektromagnit nurlanishning faol muhitni bir marta o'tishidagi kuchayishi



3-rasm. Optik kvant generator-lazerning prinsipal chizmasi.

$e^{2K_0L_f}$ ni tashkil etadi va bu kuchayish chiqish koeffitsiyenti ξ bo'lgan ko'zgudagi hamda optik rezonator ichidagi χ yo'qotishlardan katta bo'lsa, optik rezonator ichida elektromagnit maydonning tebra-nishlari paydo bo'lib, turg'un holat vujudga keladi. Bu holdagi K_{ch} kuchaytirish koeffitsiyenti chegaraviy kuchaytirish koeffitsiyenti deyiladi va u quyidagi

$$e^{2K_{rLf}}(1-\chi)(1-\xi)=1 \quad (1.22)$$

munosabat bilan aniqlanadi. Uning qiymati $\chi\xi \ll 1$ shart bajarilganda

$$K_{ch} = \frac{1}{2L_\phi} \ln \frac{1}{1-\chi-\xi} \quad (1.23)$$

miqdorga teng bo'ladi.

Bu yerda shuni ta'kidlash lozimki, chegaraviy K_{Ch} kuchaytirish ko'effisiyenti, faol muhitning kuchaytirishni xarakterlovchi K_0 ko'effisiyentdan farqli o'laroq, real holatdan kelib chiqqan holda turg'un generatsiya shartlarini belgilaydi va optik rezanatorning xarakteristikasi bo'lib xizmat qiladi.

Shunday qilib, faol muhitning kuchaytirish ko'effisiyenti K_0 chegaraviy kuchaytirish K_{Ch} ko'effisiyentidan katta bo'lsa, lazerda turg'un generatsiya boshlanadi va u kogerent elektromagnit tebra-nishlarni tarqata boshlaydi.

Lazerdan chiqayotgan nurlanish intensivligi optik rezonator ichida chiqish ko'zgusi tomon tarqalayotgan fotonlar zichligi chiqish ko'zgusining o'tkazish ko'effisiyentiga bog'liq bo'ladi va quyidagi

$$I = h\nu_0 n_p c \xi / 2 \quad (1.24)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

Nurlanish I intensivligini (1.23) va faol muhitning kuchaytirishi K ko'effisiyentini (1.24) fotonlar zichligi bilan bog'lovchi ifodalarni e'tiborga olib, (1.23) ifodani quyidagi

$$I = \frac{I_T \cdot \xi}{2} \left(\frac{K_0}{K} - 1 \right)$$

ko'rinishga keltirish mumkin. Faol muhitning turg'un holatdagi K kuchaytirish ko'effisiyentini chegaraviy kuchaytirish K_R ko'effisiyentiga teng bo'ladi va (1.24) ifodani e'tiborga olsak quyidagi

$$I = \frac{I_T \cdot \xi}{2} \left[\frac{2K_0 L_\phi}{\ln(1 - \chi - \xi)^{-1}} - 1 \right] \quad (1.25)$$

ifodani olamiz.

Quyidagi $2K_{Ch}L_f$ ifodaning kichik qiymatlarida (ya'ni $yexr2K_{Ch}L_f \approx 1 + 2K_{Ch}L_f$ bo'lganda) (1.25) formula soddalashadi va quyidagi

$$I = \frac{I_T \xi}{2} \left(\frac{2K_0 L_\phi}{\xi + \lambda} - 1 \right) \quad (1.26)$$

ko'rinishga keladi.

Yuqoridagi (1.25) va (1.26) ifodalardan ko'rinib turibdiki, ξ ($\xi \ll \chi$) kattalikning kichik qiymatlarida lazerdan chiqayotgan nurlanishning intensivligi chiqish ko'zgusining o'tkazish koeffitsiyenti ortgan sari chiziqli ravishda o'sib boradi va ξ kattalikning ($\xi \gg \chi$) shartni bajargan qiymatlarida esa ξ ning qiymati ortgan sari kamayib boradi. Shunday qilib, lazer nurlanishining quvvati nuqtai nazardan chiqish ko'zgusini o'tkazish ξ koeffitsiyentining optimal ξ_{opt} qiymati bor va bu qiymatda lazerdan chiqayotgan nurlanishining quvvati maksimal bo'ladi. Umumiy holda ξ_{opt} ning qiymati raqamli usulda hisoblab topiladi. Xususan kuchaytirish kuchsiz bo'lganda, ya'ni $2K_{ch}L_f \ll 1$ va $\exp(2K_rL_f) \cong 1 + 2K_{ch}L_f$ da ξ_{opt} ning qiymati hisoblab topish uchun analitik ifoda olish mumkin. Buning uchun $vI/v\xi$ ni nolga tenglaymiz va quyidagi

$$\xi_{onm}^2 + 2\chi\xi_{onm} + \chi(\chi - 2K_0L_\phi) = 0$$

kvadratik tenglamani yechib chiqish ko'zgusini optimal o'tkazish koeffitsiyentini aniqlashimiz mumkin.

Optik rezonator chiqish ko'zgusining optimal o'tkazish koeffitsiyenti

$$\xi_{onm} \approx \sqrt{2K_0L_\phi\chi} - \chi \quad (1.27)$$

ifoda orqali aniqlanadi.

1.3. Lazer nurining xususiyatlari

Lazer nurlanishining monoxramatikligi deb, lazerning tor to'liq uzunliklar yoki chastotalar oralig'ida nurlanish berish qobilyatiga aytiladi va u $\Delta\nu/\nu_0$ kattalik bilan aniqlanadi. Lazer nurlanishi spektrining eni, avvalam bor lazer nechta nurlanish chizig'ida generatsiya berishi bilan aniqlanadi. Lazerning nurlanish chizig'ida generatsiya berishi esa optik rezonator ichida joylashgan faol muhitning kuchaytirish konturining eni $\Delta\nu_\varepsilon$ va optik rezonator parametrlari bilan belgilanadi.

Shuning uchun faol muhit kuchaytirish konturining ichida optik rezonatorning chastotalari joylashgan bo'lishi mumkin. Chastotalarning soni quyidagi

$$\frac{q\lambda}{2}=L_R \quad (1.28)$$

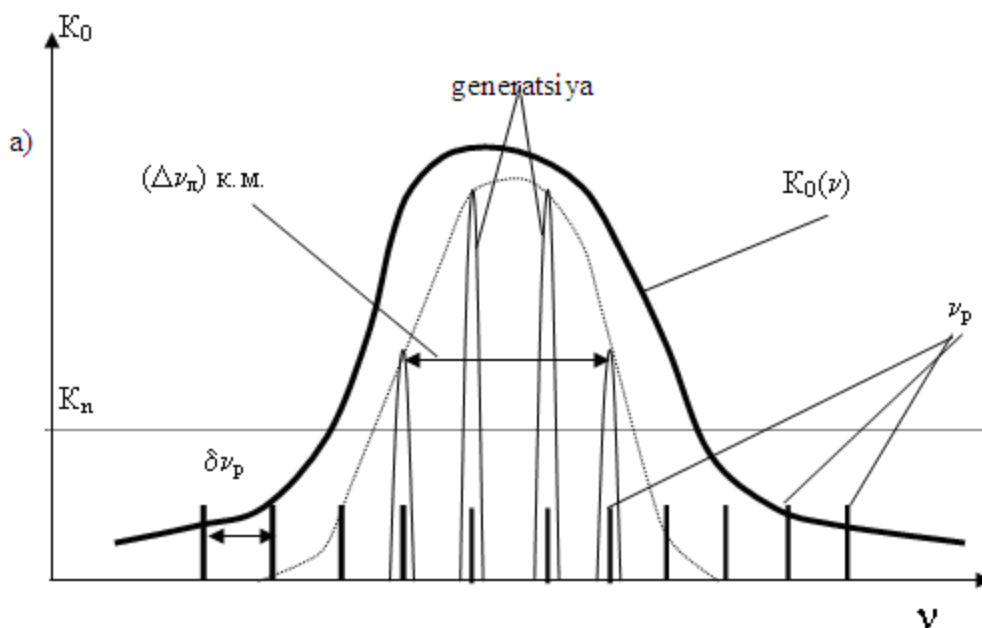
ifoda bilan aniqlanishi mumkin. Bu yerda q -xususiy chastotalar soni, λ -nurlanishning to'liq uzunligi, L_R -optik rezonator uzunligi.

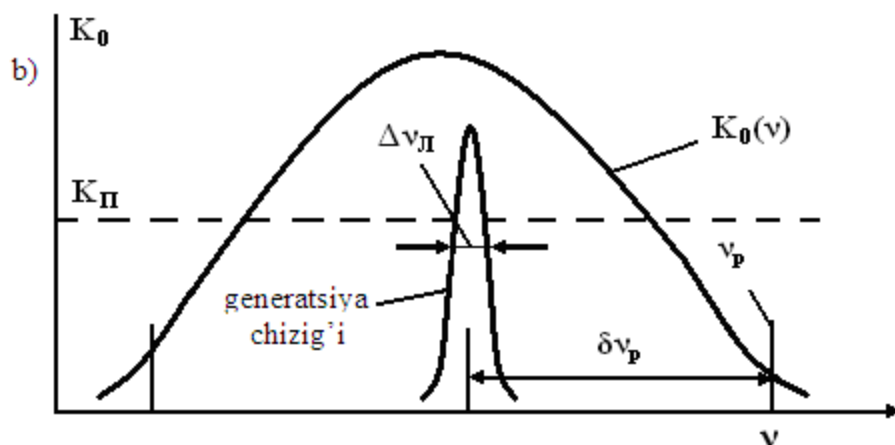
Xususiy chastotalar orasidagi masofa esa

$$\delta\nu_R=\frac{c}{2L_p} \quad (1.29)$$

ifoda orqali aniqlanadi.

Demak, faol muhitning kuchaytirish $K_0(\nu_R)$ koeffitsiyenti chegaraviy kuchaytirish K_{Ch} koeffitsiyentdan katta bo'lgan shartlarni bajaruvchi optik rezonatorning barcha xususiy chastotalarida lazer generatsiyasi ro'y beradi. Agar yuqoridagi shart rezonatorning faqat bir chastotasi uchun bajarilsa, lazer yakka chastotali nurlanish beradi. (4b-rasm). Agarda $K_0(\nu_R)>K_{Ch}$ shart optik rezonatorning ko'plab xususiy chastotalari uchun bajarilsa lazer bir vaqtning o'zida ko'plab chastotalarda nurlanish beradi. (4a-rasm). Bu holda lazer





4-rasm. Kuchaytirish $K(v)$ chizig'ining profili va lazer generatsiyasining ko'p chastotali (a) hamda yakka chastotali (b) spektrlarining grafigi.

nurlanishi spektrini punktr chiziq bilan belgilangan kontur tashkil etadi. Shuning uchun faol muhitli optik rezonatorning aslligi (generatsiya holatidagi lazerning aslligi) Q_L bo'sh optik rezonatorning Q_R aslligidan katta bo'ladi va lazer nurlanishi spektrining eni $\Delta\nu_L$, bo'sh optik rezonator spektrining enidan $\Delta\nu_r$ ko'plab marta kichik bo'ladi. Chegaraviy holda uzluksiz generatsiya holatidagi lazer nurlanishining quvvatiga ham bog'liq bo'ladi va quyidagicha bo'ladi.

$$(\Delta\nu_L)_{\text{chegar.}} = 2\pi(\Delta\nu_r)^2 h\nu_0 / R_L \quad (1.30)$$

Bu yerda R_L -lazerning to'la quvvati. Misol tariqasida C_2 lazer nurlanishi spektrining eni chegaraviy holda qancha qiymatni olishni hisoblab ko'rish mumkin. $\xi + \chi = 0,5$, $L_R = 100\text{sm}$, $R_L = 100Vt$, $\Delta\nu = 1,5 \cdot 10^7 \text{Gs}$ da $(\Delta\nu_L)_{\text{chegar.}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{Gs}$.

Albatta real sharoitda bunday qiymatli spektral kenglikka erishib bo'lmaydi. Sababi faol muhitning bir jinsli ekanligi, mexanik va akustik ta'sirlar natijasida faol muhitning o'z navbatida optik rezonatorning parametrlari o'zgarishi hamda optik elementlarning kamchilliklarining ta'siri bo'ladi.

Shunday qilib, yakka chastotali (yuqori monoxromatik bo'lgan) nurlanish olish uchun $\Delta\nu_\varepsilon$ kattalik va optik rezonator uzunligi kichik qiymatga ega bo'lishi kerak. Yakka chastotali generatsiya holatida muhit kuchaytirish konturining eniga

nisbatan ko'plab marta kichik va bu kattalik optik rezonator parametrlari bilan belgilanadi. Optik rezonatorning asosiy parametrlaridan biri bu uning aslligi, ya'ni

$$Q_p = 2\pi\nu_0\tau_d$$

Bu yerda τ_d -optik rezonator ichida yig'ilgan energiyaning dissipatsiya vaqti.

Optik rezonator ichida nurlanishning bir ko'zgudan ikkinchi ko'zguga o'tishdagi (yakka bir tebranishdagi) energiyaning nisbiy yo'qotilishi $\sim(\xi+\chi)$ ni tashkil etadi, bir marta tebranish uchun ketgan vaqt $2L_R/s$ ga teng. Shuning uchun energiyaning dissipatsiya vaqti

$$\tau_d \approx \frac{2L_p}{c(\xi + \chi)} \quad (1.31)$$

ifoda bilan aniqlanishi mumkin. Bu yerda ξ -optik rezonator chiqish ko'zgusining nurlanishni qaytarish koeffitsiyenti, χ -optik rezonator ichidagi energiya yo'qotishlarni belgilovchi koeffitsiyent.

Ushbu aytganlardan kelib chiqqan holda bo'sh optik rezonator spektral konturining enini

$$\Delta\nu_r = \frac{1}{2\pi\tau_d} = \frac{\nu_0}{Q_p} \approx \frac{c(\xi + \chi)}{4\pi L_p} \approx \delta\nu_r \frac{(\xi + \chi)}{2\pi} \ll \delta\nu_r \quad (1.32)$$

ifoda orqali baholanib aniqlansa bo'ladi.

Real lazerda optik rezonator ichiga faol-kuchaytiruvchi muhit joylashgan va optik rezonatoridagi energiyaning yo'qotishlari nurlanish faol-kuchaytiruvchi muhitni har-bir o'tganida to'ldirib turiladi. Shuning uchun faol muhitli optik rezonatorning aslligi (generatsiya holatidagi lazerning aslligi) Q_l bo'sh optik rezonatorning Q_r aslligidan katta bo'ladi va lazer nurlanishi spektrining eni $\Delta\nu_l$, bo'sh optik rezonator spektrining $\Delta\nu_r$ enidan ko'plab marta kichik bo'ladi. Chegaraviy holda uzluksiz generatsiya holatidagi lazer nurlanishining quvvatiga ham bog'liq bo'ladi va quyidagi

$$(\Delta\nu_l)_{\text{chegar}} = 2\pi(\Delta\nu_r)^2 \frac{h\nu_0}{P_{fl}} \quad (1.33)$$

bu yerda P_l -lazerning to'la quvvati. Misol tariqasida SO_2 lazer nurlanishi spektrining eni chegaraviy holda qancha qiymatni olishini hisoblab ko'rish mumkin. $\xi+\chi=0,5$, $L_r=100$ sm, $r_l=100$ Vt, $\Delta\nu=1,5\cdot 10^7$ Gts da $(\Delta\nu)_{chegar}=2\cdot 10^6$ Gts.

Albatta real sharoitda bunday qiymatli spektral kenglikka erishib bo'lmaydi. Sababi faol muhitning bir jinsli emasligi, mexanik va akustik ta'sirlar natijasida faol muhitning o'z navbatida optik rezonatorning parametrlari o'zgarishi hamda optik elementlarning kamchilliklari ta'siri bo'ladi.

Maxsus chora tadbirlar ko'rish natijasida, ya'ni haroratni stabilizatsiya qilish, mexanik va akustik to'lqinlar ta'siridan lazerni ihota qilish, elektr ta'miniot manbaining parametrlarini stabilizatsiyalash natijasida qisqa vaqt ichida lazer nurlanishi enining kengligini ~ 1 kGts atrofida olish mumkin. Buning natijasida lazer nurlanishining monoxromatiklik darajasi $10^{-9}\div 10^{-12}$ oraliq'ida bo'lishi mumkin. Lazer nurlanishining monoxromatikligi, lazerli kimyoda, izotroplarni ajratishda, meditsinada, biologiyada va boshqa hollarda, ya'ni moddalarga selektiv ta'sir qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Lazer nurlanishi kogerent nurlanish. Bu kogerentlik xususiyatining birlamchi sababini "**lazer**" so'zining ma'nosi bildirib turibdi, ya'ni yorug'likni majburiy nurlanish yordamida kuchaytirish demakdir. Majburlovchi yorug'lik nurlanishi va majburlangan yorug'lik nurlanishi aynan bir xil parametrlarga ega bo'lgan nurlanishlardir. Ularning chastotalari, fazalari, tarqalish yo'nalishlari bir xil. Bu nurlanishlarning elektr maydon kuchlanganligi vektorlari bir xil tekislikda tebranadilar, ya'ni ular bir xil qutblangan nurlanishlardir.

Demak, lazer nurlanishining ixtiyoriy, istalgan ikki nuqtasidagi elektromagnit tebranishlarning fazalar farqi vaqt bo'yicha o'zgarmasdir. Shuning uchun kogerentlikni vaqtiy va fazoviy kogerentliklarga ajratish mumkin. Vaqtiy kogerentlik deganda, lazer nuri dastasining biror nuqtasida ikki turli vaqt oraliq'idagi elektromagnit tebranishning fazalarining farqi o'zgarmasligini tushinish mumkin.

Fazoviy kogerentlik deganda, aynan bir vaqtning o'zida lazer nuri dastasining o'zida lazer nuri dastasining biror kesimi yuzasidagi ikki turli nuqtalardagi elektromagnit tebranishlarning fazalari farqining o'zgarmasligi tushiniladi.

Real sharoitlarda lazer nurlanishining fazasi va chastotasi vaqt o'tishi bilan, yoki fazodagi kuzatish nuqtalarining o'zgarishi bilan o'zgarishi mumkin. Shuning uchun lazer nurlanishi dastasining kogerentlik darajasini xarakterlovchi maxsus ko'rsatkichlar kiritilishi mumkin. Buni birinchi holda elektromagnit to'lqinlarning vaqt bo'yicha o'zaro korrelyatsion funksiyasi

$$F_1(\tau) = \frac{\overline{E_1(t)E_2(t+\tau)}}{\overline{E_1(t)E_2(t)}} \quad (1.36)$$

orqali amalga oshirsa bo'ladi. Bu yerda vaqt bo'yicha o'rtachalashtirish amalga oshiriladi.

Ikkinchi holda lazer nurlanishini ikki nur dastasiga ajratib va bu nur dastalarining turli optik yo'llarni o'tgandan so'ng uchratish natijasida olingan interferentsion manzaraning

$$F_2 = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (1.37)$$

ko'rinuvchanlik koeffitsiyenti bilan xarakterlasa bo'ladi. Bu yerda $I_{\max}$ va $I_{\min}$ - interferentsion manzaradagi yorug'likning maksimal va minimal qiymatlari. Absolyut kogerent nurlanish uchun F_1 va F_2 koeffitsiyentlarning maksimal qiymati birga teng. Agar ikki elektromagnit to'lqinlarning fazalarining farqi tasodifiy ravishda o'zgarsa F_1 va F_2 koeffitsiyentlarning qiymati nolga intiladi.

Lazer nurlanishining kogerentlik darajasi ko'p faktorlarga bog'liq. Bular faol muhitning vaqt o'tishi bilan parametrlarining o'zgarishi, optik rezonator elementlarining akustik va mexanik ta'sirlar natijasida tebranishlari natijasida lazer nurlanishining spektri kengayadi. Bu kengayish asosida lazerdan chiqayotgan elektromagnit to'lqinlarning tebranishlarini quyidagi

$$E(r, t) = E_0(r) \cdot \cos[\pi \nu t + \varphi(r, t)]$$

qonuniyatga bo'ysunadi desak, u holda nisbiy $\varphi(r,t)$ fazaning $t=0$ momentdan boshlab o'zgarishlari $2\pi\Delta\nu t$ ga proporsional ravishda ro'y beradi va

$$\tau_{\text{kog}} = \frac{1}{\Delta\nu_p} \quad (1.38)$$

vaqtdan so'ng 2π ga teng bo'ladi. Bu shunday xarakterli vaqt, bu vaqt farqining ichida ikki elektromagnit to'lqinlar o'zaro kogerent bo'ladi. Bu vaqtni kogerentlik vaqti deyish qabul qilingan. Shu vaqt ichida elektromagnit to'lqin bosib o'tgan yo'lni kogerentlik uzunligi deyish qabul qilingan, ya'ni

$$L_{\text{kog}} = c\tau_{\text{kog}} = \frac{c}{\Delta\nu_p} \quad (1.39)$$

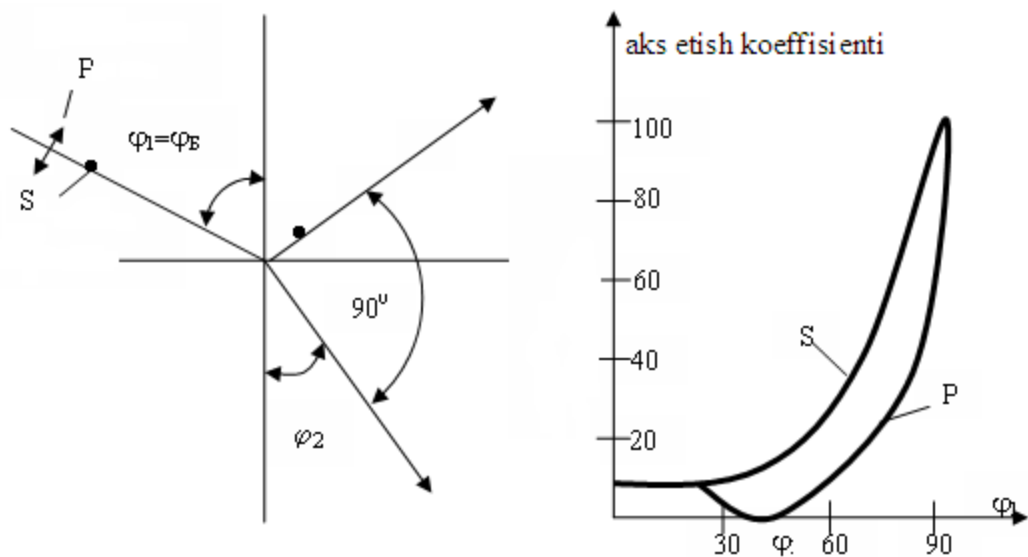
Shu vaqt farqi ichida va shu yo'l farqi uzunligida elektro-magnit to'lqinlar optik rezonatoridan chiqishdagi tebranishlarga sinxron holda tebranadi.

Lazer nurlanishining qutblanganligi elektromagnit to'l-qinida elektr maydon kuchlanganlik vektorining yo'nalganligini xarakterlaydi. Agarda yorug'lik dastasining har-bir nuqtasida elektr maydon kuchlanganlik $\vec{E}$ vektori nurlanish tarqalish yo'nalishiga ko'ndalang tekislikda bir to'g'ri chiziq bo'ylab tebransa, bunday nurlanishni chiziqli yoki yassi qutblangan nurlanish deyiladi. Qutblanish tekisliklari o'zaro ko'ndalang, fazalar farqi o'zgarmas kattalikga ega bo'lgan ikki chiziqli qutblangan nurlanishlarning yig'indisi elliptik qutblangan nurlanishni beradi.

Agarda qutblanish tekisliklari o'zaro perpendikulyar va fazalar farqi $\pi/2$ yoki $3\pi/2$ ga teng bo'lgan ikkita chiziqli qutblangan nurlanishning yig'indisi doiraviy qutblangan nurlanishni hosil qiladi. Agarda yorug'lik qutblanmagan bo'lsa, elektromagnit to'lqin-ning elektr maydon vektori uning tarqalishiga ko'ndalang tekislikda tasodifiy yo'nalishlarda tebranishi mumkin. Zarraning yuqori energetik sathdan quyi energetik sathga spontan o'tishida hosil bo'lgan yorug'lik kvantining qutblanish har qanday ixtiyoriy yo'nalishda bo'lishi mumkin. Shu spontan yorug'lik kvanti ta'sirida hosil bo'lgan majburiy yorug'lik kvantining qutblanishi ham uni majburlovchi spontan yorug'lik kvantining qutblanishdek

bo'ladi. Shuning uchun chiziqli qutblangan yorug'lik nurlanishini olish uchun lazerning optik rezonator ichiga elektromagnit tebranishlarning elektr maydan kuchlanganlik vektorini ma'lum berilgan tekislikdagi tebranishlarini o'tkazuvchi optik element, ya'ni qutblantirgich kiritiladi. Agarda optik rezonator ichida chiziqli qutblantiruvchi optik element bo'lmay, lazerdan qutblanmagan nurlanish chiqayotgan bo'lsa, u holda nurlanish yo'lga undan kerakli turdagi qutblanishli nurlanishni hosil qiluvchi maxsus optik elementlar qo'yilishi mumkin.

Ko'pincha amaliyotda qutblangan nurlanishni olish uchun, elektromagnit nurlanishni sindirish ko'rsatkichlari turlicha bo'lgan ikki muhim chegarasidan aks etishdagi va o'tishdagi xodisalardan foydalaniladi. qutblangan yorug'lik nurlanishini olishning eng ko'p



6-rasm. Qutblanishning S va P tashkil etuvchilari va aks etish koeffisientining tushish burchagiga bog'liqligi

tarqalgan usullaridan biri, ya'ni yorug'lik to'lqinini (nurlanishini) gazli va qattiq muhit chegarasidan o'tishida qutblantirish usuli 6-rasmida ko'rsatilgan. Ikki muhit chegarasiga tushayotgan yorug'lik to'lqinining ixtiyoriy ravishda joylashgan elektr maydon kuchlanganlik vektorini ikki o'zaro perpendikulyar ravishda

joylashgan tashkil etuvchilarga (6-rasm) S-tashkil etuvchi ($\vec{E}$ vektor rasm tekisligiga perpendikulyar) va R-tashkil etuvchi (vektor $\vec{E}$ rasm tekisligida yotibdi) larga ajratish mumkin. 6-rasmda keltirilgan bog'lanishlardan ko'rinib turibdiki, qutblanish turlicha bo'lgan nurlanishlarning ikki muhit chegarasiga tushishi φ_1 burchagining φ_1 o'zgarishiga qarab, aks etish ko'effitsiyenti turlicha bo'lishi mumkin ekan. 6-rasmdan yana shu narsa ko'rinib turibdiki, agar yorug'lik nurlanishi ikki muhit chegarasiga Bryuster burchagi φ_B ostida $\text{tg}\varphi_B=n_0$ (bu yerda n_0 -qattiq jismning sindirish ko'rsatkichi) shart bajarilgan holda tushayotgan bo'lsa, qutblanishning R tashkil etuvchisi uchun aks etish ko'effitsiyenti nolga teng bo'ladi. Yorug'lik nurlanishining ikki muhit chegarasiga tushish φ_1 va sinish φ_2 burchaklari o'zaro $\sin\varphi_1/\sin\varphi_2=n_0$ qonun bilan bog'langanligi uchun tushish burchagi Bryuster burchagiga teng bo'lgan holda aks etgan va singan nurlanishlar orasidagi burchak 90° teng bo'ladi. Bu holda aks etgan nurlanishda qutblanishning R tashkil etuvchisi bo'lmaydi. Buning fizik sababi quyidagicha: aks etgan nurlanishni beruvchi ikkilamchi manba vazifasini bajaruvchi qattiq jismdagi elektr dipollar o'zlarining tebranish yo'nalishlarida elektromagnit to'lqin tarqatmaydilar. Shuning uchun ikki muhit chegarasidan aks etgan nurlanishda elektr maydon kuchlanganligining tebranishlarining faqat "S" tashkil etuvchilari bo'ladi. Gazli lazerlarda chiziqli qutblangan nurlanish olish uchun razryad nayining chetlari, (faol muhitning chegaralari) uning o'qi bo'ylab tarqalayotgan nurlanish uchun Bryuster burchagi ostida joylashgan shisha plastinkalar bilan yopiladi. Bunda bu shisha plastinkadan o'tayotgan yorug'lik nurlanishi elektr maydon $\vec{E}$ kuchlanganligi tebranishning R tashkil etuvchisi S tashkil etuvchisiga nisbatan kam susayadi va shuning uchun yorug'lik nurlanishning optik rezonator ko'zgulari orasida ko'plab marta tebranish natijasida Bryuster burchagi ostida qo'yilgan plastinkadan ham ko'plab marta o'tadi. Bu hol lazer nurlanishining elektr maydoni $\vec{E}$ vektorining tebranishlarining R tashkil etuvchisidagi yorug'lik intensivligining keskin ortishiga va S tashkil etuvchisining intensivligining keskin kamayishiga olib keladi. Shu jarayon

natijasida Bryuster burchagi ostida qo'yilgan plastinkalar bilan chegaralangan razryad nayli gazli lazerlarning nurlanishlari to'la chiziqli qutblangan bo'ladi.

1-bobning xulosalari

Shunday qilib, ushbu bobda lazer nurining asosiy xossalari ko'rib chiqildi va quyidagi xulosalarga kelindi:

A.Eynshteyn 1916 yili kvant tushunchalar asosida, ya'ni kvant tizim tomonidan yorug'likning yutilishi yoxud nurlanishi, ushbu tizimning biror energetik holatdan boshqa energetik holatga o'tishida, majburiy nurlanish jarayoni bo'lishi mumkinligi haqidagi o'z gipotezasi asosida emperik formulani keltirib chiqardi.

Zarrani yuqori energetik sathdan quyi energetik sathga majburiy o'tishdagi elektromagnit kvant nurlanishi uni majburlovchi elektromagnit nurlanishi kvantiga aynan o'xshashdir, ya'ni chastotalari, fazalari, qutblanish tekisliklari, tarqalishi yo'nalishlari bir xil.

Kogerent nurlanish faol muhitni o'tayotganda uning kuchayish va susayish jarayonlari o'zaro tenglashguncha intensivligi ortib boradi. Shundan so'ng kuchaytirilayotgan nurlanish intensivligi o'zgarmay qoladi va o'zining maksimal qiymatiga erishadi.

Lazer nurlanishi o'ta monoxromatik bo'lgani sababli, u kvant kuchaytirgichni o'tish jarayonida monoxromatiklik xususiyatini yanada yaxshilaydi.

Lazerdagi generatsiyaning manbai bo'lib, g'alayonlantirilgan faol zarraning spontan nurlanishi xizmat qiladi. Spontan nurlanish faol muhit bo'ylab tarqalganda, g'alayonlantirilgan zarralar bilan ta'sirlashishi natijasida ularni majburiy nurlanish berdiradi va bu jarayonda elektromagnit nurlanishning kogerent kuchaytirilishi ro'y beradi.

2-BOB. LAZERLARNING ISHLASH PRINSIPI VA TURLARI

2.1. Lazerlarning yaratilishiga olib kelgan fundamental effektlar

Lazer- yo'nalganligi yuqori darajada bo'lgan monoxromatik kogerent yorug'lik manbai bo'lib, majburiy nurlanish tufayli yorug'likning kuchayishi ma'nosini anglatadi. Lazerning ta'sirini belgilaydigan asosiy fizik jarayon - nurlanishning majburiy chiqishi bo'lib, u foton energiyasi atom (yoki molekula) ning uyg'onish energiyasi bilan mos tushganda, foton uyg'ongan atom bilan o'zaro ta'sirlashganda yuz beradi. Bunday o'zaro ta'sir natijasida uyg'ongan atom uyg'onmagan holatga o'tadi, ortiqcha energiya esa yangi foton tarzida nurlanadi; bu yangi fotonning energiyasi, qutblanish va tarqalish yo'nalishi xuddi birlamchi fotonnikidek bo'ladi. Shunday qilib, uyg'ongan atomlar tomonidan fotonlarning majburiy chiqishidan tashqari, uyg'ongan atomlar uyg'onmagan atomlarga o'tganda fotonlarning o'z-o'zicha, spontan chiqish jarayoni hamda atomlar uyg'onmagan holatdan uyg'ongan holatga o'tganida fotonlarning yutilish jarayoni yuz beradi. Agar uyg'ongan atomlarning soni katta va sathlarning invers joylashishi mavjud bo'lsa, spontan nurlanishda paydo bo'lgan birinchi foton borgan sari kuchayib boradigan o'ziga o'xshash quyunlarni hosil qiladi va spontan nurlanishning kuchayishi yuz beradi.

Qudratli lazer texnologiyasi mashinasozlikda, avtomobil sanoatida, qurilish materiallari sanoatida qo'llaniladi. U materiallarga ishlov berish sifatini oshiribgina qolmay, ishlab chiqarish jarayonlarining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini ham yaxshilaydi. Bundan ham quvvatliroq lazer texnikasi rivojlanishi bilan lazer nurlanish energiyasi an'anaviy energiya turlari (elektr tok energiyasi, mexanik energiya, ximiyaviy jarayonlar energiyasi) bilan bir qatorda xalq xo'jaligida borgan sari keng qo'llanilmoqda.

Bu yerda nochiziqli tebranishlarning, xususan, lazerlarning paydo bo'lish jarayonlarida muxim ahamiyatga ega bo'lgan noizoxronlik va angarmoniklik kabi fundamental effektlar haqida so'z boradi. Noizoxronlik deb tebranayotgan sistema

tebranish davrining amplitudaga bog'liqligiga aytiladi. Angarmoniklik esa tebranishlarning sinus yoki kosinus qonunlaridan chetlashishidir.

Elektronning ko'ndalang magnit maydonidagi harakatini ko'rib chiqamiz. Ma'lumki, elektron bunday maydonda aylanma harakat qiladi va harakat qonuni

$$mv^2/r = eBv \quad (2.1)$$

tengama orqali aniqlanadi, bu yerda v -elektron tezligi, r -aylana radiusi, B - magnit maydon induktsiyasi, m va e – elektron massasi va zaryadi. Relyativistik effektlarni hisobga olsak, massa $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$ qonun bo'yicha o'zgaradi.

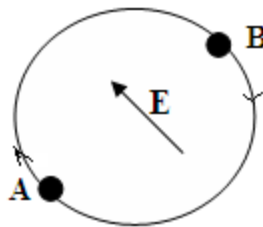
$$v = 2\pi r / T \quad (2.2)$$

munosabatni hisobga olgan holda tebranish davri uchun

$$T = \frac{2\pi m_0}{eB} \sqrt{1 + \frac{e^2 B^2}{m_0^2 c^2} r^2} \quad (2.3)$$

ifodani hosil qilamiz. Bu ifodadan ko'rinib turibdiki, tebranish davri amplituda (aylanish radiusi) ortishi bilan ortib boradi, ya'ni harakat noizoxron.

Endi aylana tekisligi bo'ylab yuqori chastotali elektr maydoni kiritamiz:



7-rasm.

Elektronlar A nuqtadan o'tayotganda harakat yo'nalishi elektr maydon yo'nalishi bilan mos tushgani uchun tormozlanadi, V nuqtada esa harakat yo'nalishi elektr maydon yo'nalishi bilan qaram qarshi bo'lganligi uchun tezlashadi. Natijada elektronlar ikkita guruhga ajraladi. yetarli energiyaga ega bo'lgan elektronlar keskin tormozlanganda o'z energiyalarini tashqi muxitga uzatadi, ya'ni lazer nuri hosil bo'ladi.

Ma'lumki, garmonik tebranma harakat qilayotgan sistema

$$x'' + \omega^2 x = 0 \quad (2.4)$$

tenglamaga bo'ysunadi va uning koordinatasi

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (2.5)$$

qonun bo'yicha o'zgaradi, bu yerda A - tebranish amplitudasi, ω - tsiklik chastota, φ_0 - boshlang'ich faza. (2.4) va (2.5) qonunlarga bo'ysinuvchi tebranishlar garmonik tebranishlar, ulardan chetlashishlar esa angarmoniklik deyiladi.

Har qanday davriy funksiya quyidagi Fure qatoriga yoyilish mumkin:

$$x(t) = A_0 + \sum A_n \cos(n\omega t + \varphi_n) \quad (2.6)$$

Bu yerdagi birinchi had o'zgarmas tashkil etuvchi deyiladi, koordinatalar boshini mos tanlab bu hadni yo'qotish mumkin. Yig'indidagi birinchi had asosiy garmonika, keyingi hadlar esa mos holda ikkinchi, uchinchi va hakazo garmonikalar deyiladi. Odatda asosiy garmonikaning amplitudasi eng katta bo'ladi. Angarmoniklikni miqdoriy baholash uchun nochiziqlik koeffitsiyenti deb nomlanuvchi

$$\chi = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + \dots}}{A_1} \quad (2.7)$$

kattalikdan foydalaniladi. χ nolga teng bo'lsa, tebranish garmonik, aks holda angarmonik bo'ladi.

Faraz qilayik, nochiziqli elementga garmonik signal (2.5) berilayotgan va chiqish signali kirish signali bilan

$$y = a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 \quad (2.8)$$

ko'rinishda bog'langan bo'lsin. (5) ifodani (8) ga qo'yamiz va ma'lum

$$\sin^2 \alpha = 1/2 + 1/2 \sin(2\alpha - \pi/2), \quad (2.9)$$

$$\sin^3 \alpha = 3/4 \sin \alpha - 1/4 \sin 3\alpha, \quad (2.10)$$

trigonometrik munosabatlarni e'tiborga olgan holda u uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$y = a_2 A^2 + (a_1 A + 3/4 a_3 A^3) \sin(\omega t + \varphi) + 1/2 a_2 A^2 \sin(2\omega t + 2\varphi - \pi/2) + 3/4 \sin(3\omega t + 3\varphi + \pi) + \dots \quad (2.11)$$

Bu ifodadan ko'rinib turibdiki, kvadratik had chiqish signalida domiy tashkil etuvchi hamda ikkilangan signal hosil bo'lishiga olib keladi. Kubik had esa kiruvchi signal amplitudasining ortishiga va uchlangan signal hosil bo'lishiga olib keladi. SHuningdek, kvadratik had kiruvchi signal kvadratiga, kubik had esa kubiga proporsional bo'ladi.

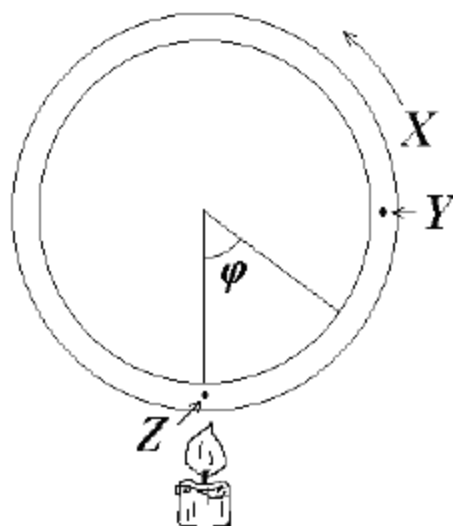
Agar yetarli intensivlikka ega bo'lgan infra qizil diapazondagi elektromagnit nurlanish ($2.8 \cdot 10^{14}$ Gts) niobat bariy kristalidan o'tkazilsa, chiqishda $5.6 \cdot 10^{14}$ Gts chastotali ko'zga ko'rinuvchi yashil nur hosil bo'ladi. Bu chastota kirish signali chastotasidan ikki marta katta bo'lib, yuqoridagi mulohazalarning to'g'riligini tasdiqlaydi.

Uchtadan ortiq dinamik o'zgaruvchilarga ega bo'lgan nochiziqli sistemalarda bir biriga yaqin boshlang'ich shartli ikkita harakat bir biridan uzoqlashib boradi va ma'lum vaqtdan keyin ular umuman turlicha harakatlanadi. Agar barcha fazoviy traektoriyalar shunday xossaga ega bo'lsa, ular dinamik xaos namoyon qiladi. Bu tasodifiy jarayonga o'xshash rejim bo'lib, dissipativ sistemalarda fazoviy fazoda attraktorlar hosil qiladi va barcha traektoriyalarni o'ziga tortib oladi.

Dinamik xaosga misol sifatida halqasimon trubada suyuqlik konveksiyasini misol qilish mumkin (8-rasm). Trubaning pastki qismi qizdiriladi, yuqorisi esa sovuq xolda ushlab turiladi. Natijada suyuqlikning pastki qismi yuqoriga, yuqori qismi pastga harakatlanadi. Suyuqlikning harakati Lorents tenglamalari orqali tavsiflanadi:

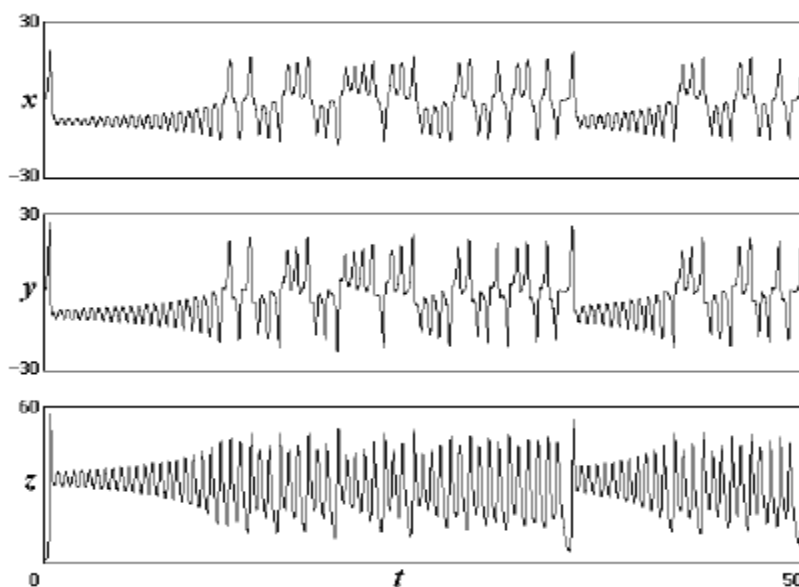
$$\begin{aligned}x' &= \sigma(x-y), \\ y' &= rx-y-xz, \\ z' &= -bz+xy,\end{aligned}\quad (2.12)$$

bu yerda x' - suyuqlikning oqim tezligi; y - va z – trubaning o'ng va quyi qismlarida temperaturaning o'rtacha qiymatdan og'ishi; b - geometrik parametr bo'lib, aylana uchun 1 ga teng; σ - qovushqoqlik va issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari nisbati; r – isitilish darajasi.

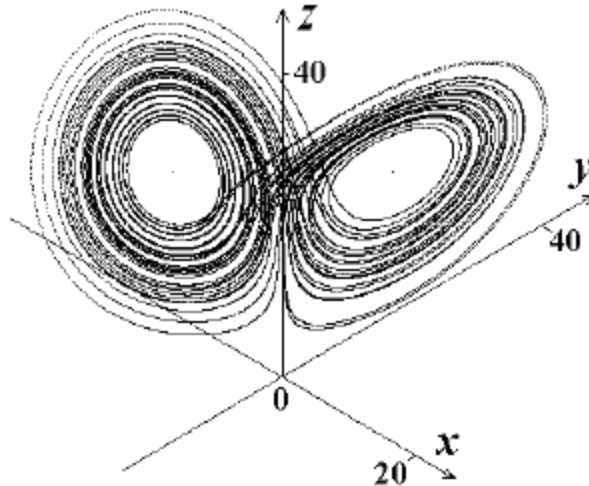


8-rasm.

Bizning misolda $\sigma=10$, $b=8/3$, $r=28$. Agar bu qiymatlarni yuqoridagi (2.12) tenglamalarga qo'yib, ularni kompyuterda yechsak, x , y , z kattaliklarning vaqtga bog'lanishi uchun 9-rasmda ko'rsatilgan grafiklar hosil bo'ladi. Grafiklardan ko'rinib turibdiki, x , y , z kattaliklarda statsionar yoki davriylik kuzatilmaydi, lekin ular kvadratlarning o'rtachalari $\langle x^2 \rangle$, $\langle y^2 \rangle$, $\langle z^2 \rangle$ statsionar bo'ladi. Agar x , y , z kattaliklarni bitta koordinatalar sistemasida ifodalasak, 10-rasmdagi grafik hosil bo'ladi.



9-rasm.



10-rasm.

Shunday qilib, nohiziqli tebranishlarning, xususan, lazerlarning paydo bo'lish jarayonlarida noizoxronlik, angarmoniklik va dinamik xaos kabi fundamental effektlar muxim ahamiyatga ega ekan.

2.2. Mayatnikning sinusoidal nohiziqli tebranishlari

Ma'lumki, tebranma harakat tabiatda eng ko'p uchraydigan harakat turlaridan biri bo'lib, ularga soat mayatnigi, prujinaning tebranishlari, daraxt barglarining shamolda tebranishlari, avtomobil dvigatelining tebranishlari, elektromagnit tebranishlar va h.k. juda ko'plab xodisalarni misol keltirish mumkin. Tebranma harakatlarni o'rganish matematik mayatnikning tebranishini o'rganishdan boshlanadi.

Matematik mayatnikning kichik tebranishlari ($\omega=1$)

$$x'' + x = 0 \quad (2.13)$$

tenglamaga bo'ysunib, tebranish davri

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (2.14)$$

formula orqali aniqlanadi. Lekin, tebranish amplitudasi ortgan sari uning harakati

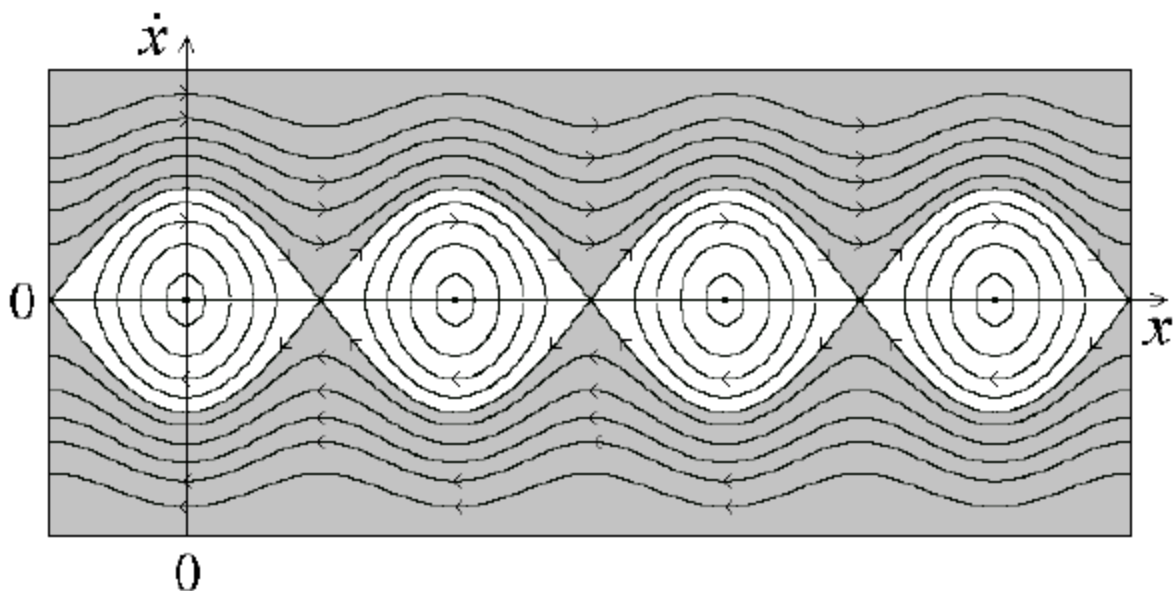
$$\ddot{x} + \sin x = 0 \quad (2.15)$$

tenglamaga bo'ysunib, tebranish davri ham o'zgarib boradi. Sinusoidal nochiziqlikka ega bo'lgan bu tenglamaga nafaqat matematik mayatnik, balki, fizik mayatnik, o'ta o'tkazuvchanlik kontakti, lazerlarning nochiziqli muxitda tarqalishi, Kirxgof analogiyasi va juda ko'p xodisalar bo'ysunadi. SHuning uchun bu tenglamani batafsil ko'rib chiqamiz.

Mayatnikning potentsial energiyasi

$$W(x) = -\cos x \quad (2.16)$$

ifoda orqali aniqlanib, uning minimulari $x = 2\pi n$ nuqtalarda, tugunlari esa $x = 2\pi n + \pi$ nuqtalarda bo'ladi (11-rasm).



11-rasm

Mayatnik harakatining fazoviy traektoriyasini uchta tipga ajratish mumkin:

- 1) potentsial o'ra ichidagi tebranma harakat;
- 2) tugundan tugunga boruvchi separatrisa bo'yicha harakat;
- 3) rotatsion harakat.

Energiyaning saqlanish qonunini yozamiz

$$\frac{\dot{x}^2}{2} - \cos x = E \quad (2.17)$$

Bu yerda E - to'la energiya bo'lib, $-1 < E < 1$ bo'lganda tebranma harakat, $E=1$ bo'lganda separatriza bo'yicha harakat, $E > 1$ bo'lganda rotatsion harakat yuz beradi. Har bir harakatni alohida ko'rib chiqamiz.

Tebranma harakat.

Mayatnik quyidagi boshlang'ich shartlarni qanoatlantirsin:

$$x(0)=x_0, \dot{x}(0)=0 \quad (2.18)$$

U holda $E=-\cos x_0$. (2.17) tenglamadan

$$\dot{x} = \pm \sqrt{\sin^2(x_0/2) - \sin^2(x/2)} \quad (2.19)$$

ni hosil qilamiz, bu yerda “+” ishorasi fazoviy traektoriyaning yuqori ismini, “-” ishorasi esa quyi qismini bildiradi.

$$m = \sin^2(x_0/2) \quad (2.20)$$

belgilash kiritamiz. U holda $E=2m^2-1$. (2.19) tenglamada o'zgaruvchilarni ajratib,

$$dt = \frac{dx}{2\sqrt{m^2 - \sin^2(x/2)}} \quad (2.21)$$

ni hosil qilamiz. $\sin x = m\tau$ belgilash kiritamiz. U holda

$$dx = \frac{md\tau}{\sqrt{1-m^2\tau^2}} \quad (2.22)$$

va (2.21) tenglama

$$dt = \frac{d\tau}{\sqrt{(1-\tau^2)(1-m^2\tau^2)}} = F(z, m) \quad (2.23)$$

ko'rinishni oladi. Bu tenglamani butun fazoviy traektoriya bo'yicha integrallab, tebranish davri uchun

$$T = 4 \int_0^{\pi/2} \frac{d\Psi}{\sqrt{1-m^2 \sin^2 \Psi}} = 4K(m) \quad (2.24)$$

ifodani olamiz, bu yerda $K(m)$ – 1-tur elliptik integrali, $m^2 = \frac{E+1}{2}$.

Shunday qilib, tebranish davriga energiyaga bog'liq bo'lib, harakat noizoxron ekanligini bildiradi. Elliptik funksiyalarning xossalriga asosan, (2.19) tenglamaning yechimi

$$\varphi = \text{am}(t, m) \quad (2.25)$$

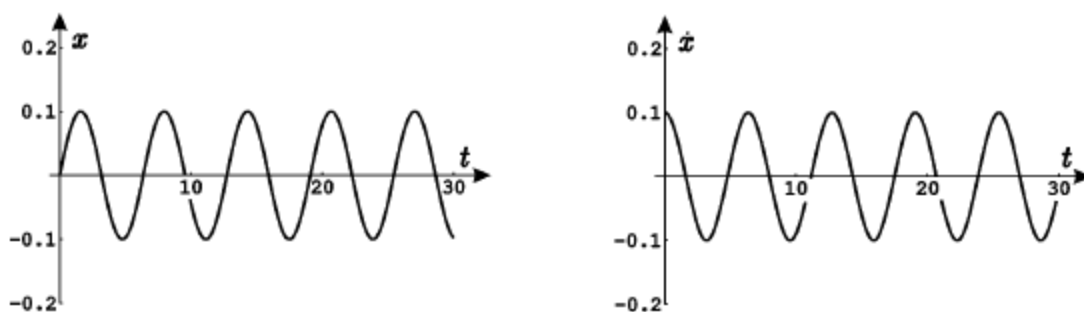
$$z = \sin \varphi = \text{sn}(t, m) \quad (2.26)$$

bu yerda $\text{am}(t, m)$ -elliptik funksiyaga teskari funksiya bo'lib, YAkobi amplitudasi, $\text{sn}(t, m)$ -elliptik sinus deyiladi. $z = \sin(x/2)/m$ bo'lganligi uchun

$$x = \pm 2 \arcsin[m \text{sn}(t, m)] \quad (2.27)$$

$$x' = \pm 2 m \text{cn}(t, m) \quad (2.28)$$

$\text{cn}(t, m)$ - elliptik kosinus. 12-rasmda koordinata va tezlikning (x , x') vaqtga bog'liqlik grafiklari keltirilgan. Grafiklardan ko'rinib turibdiki, $E = -1$ bo'lganda harakat chiziqli va garmonik, qolgan hollarda esa angarmonik va noizoxron bo'lar ekan.



12-rasm

Separatrisa bo'yicha harakat.

Bunday harakatda (2.19) integral

$$\frac{x^2}{2} = 1 + \cos x = 2 \cos^2(x/2) \quad (2.29)$$

ko'rinishni oladi. Bu tenglamada o'zgaruvchilarni ajratsak,

$$\frac{dx}{2 \cos^2(x/2)} = \pm dt \quad (2.30)$$

ko'rinishga keladi. Hosil bo'lgan tenglamani integrallab

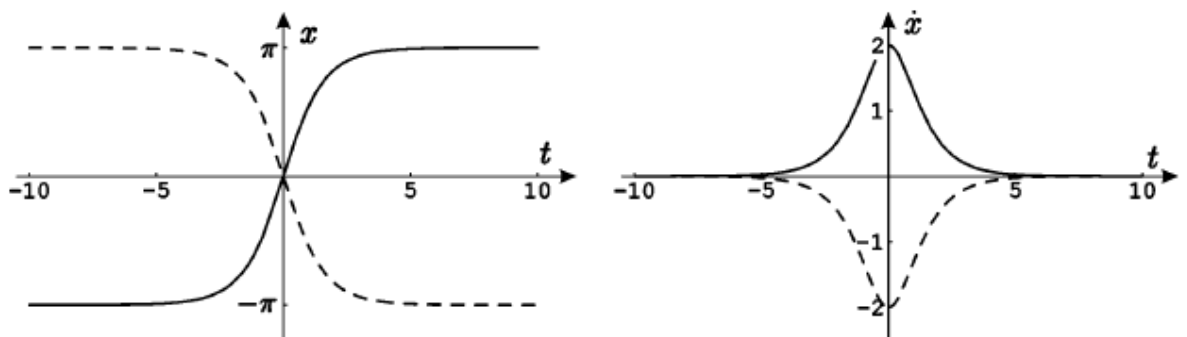
$$\ln \left| \text{tg} \frac{\pi + x}{4} \right| = \pm (t - t_0) \quad (2.31)$$

ifodani olamiz, bu yerda t_0 - integrallash domiysi. Oxirgi ifodadan x va x' larni aniqlaymiz:

$$x = \operatorname{arctg}(\exp[\pm(t-t_0)]) - \pi \quad (2.32)$$

$$x' = \pm 2/\operatorname{ch}(t-t_0) \quad (2.33)$$

Bu kattaliklarning vaqtga bog'liqligi 13-rasmida keltirilgan.



13-rasm

Rotatsion harakat.

Rotatsion harakatda koordinata davriy bo'lmaydi, lekin tezlik davriy bo'ladi. Bunday harakatda $E > 1$ bo'lganligi uchun (11) integral

$$dt = \frac{dx}{2m\sqrt{1 - m^{-2} \sin^2(x/2)}} \quad (2.34)$$

ko'rinishni oladi. $\varphi = x/2$ belgilash kiritamiz va bir qator o'zgartirishlardan so'ng

$$t = F(\varphi, 1/m)/m \quad (2.35)$$

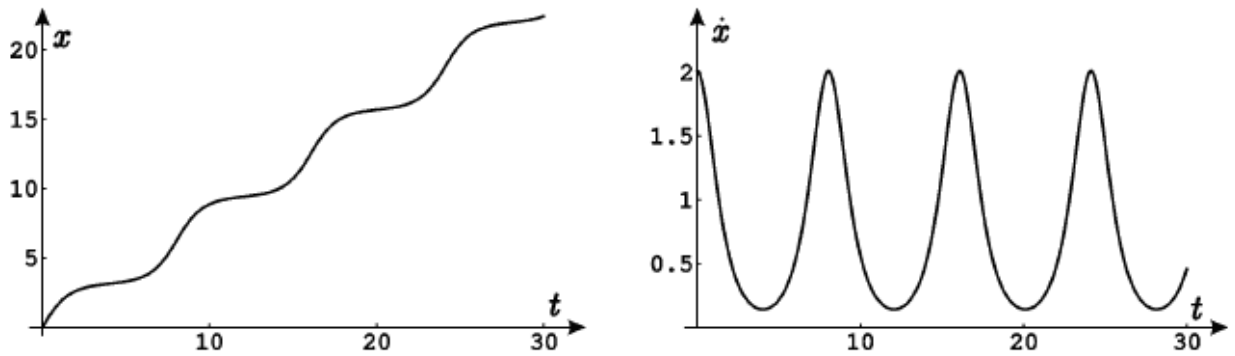
$$\varphi = \operatorname{am}(mt, 1/m) \quad (2.36)$$

$$x' = 2m \operatorname{dn}(mt, 1/m) \quad (2.37)$$

echimlarga ega bo'lamiz. Tebranish davri

$$T = 4K(1/m)/m \quad (26)$$

ifoda orqali aniqlanadi. U $m=1$ bo'lganda cheksiz bo'lib, $m \rightarrow \infty$ bo'lganda nolga intiladi. Rotatsion harakat uchun koordinati va tezlikning vaqtga bog'liqligi 14-rasmida keltirilgan.



14-rasm

Grafiklardan ko'rinib turibdiki, rotatsion harakatda koordinata vaqt o'tishi bilan ortib boradi (davriy bo'lmaydi), tezlik esa davriy bo'ladi.

SHunday qilib, tabiatdagi juda ko'p xodisalarni tavsiflaydigan matematik mayatnikning sinusoidal noziqli tebranishlari energiya qiyomatiga qarab tebranma harakat, seratrisa bo'yicha harakat va rotatsion harakat turlariga bo'linar ekan.

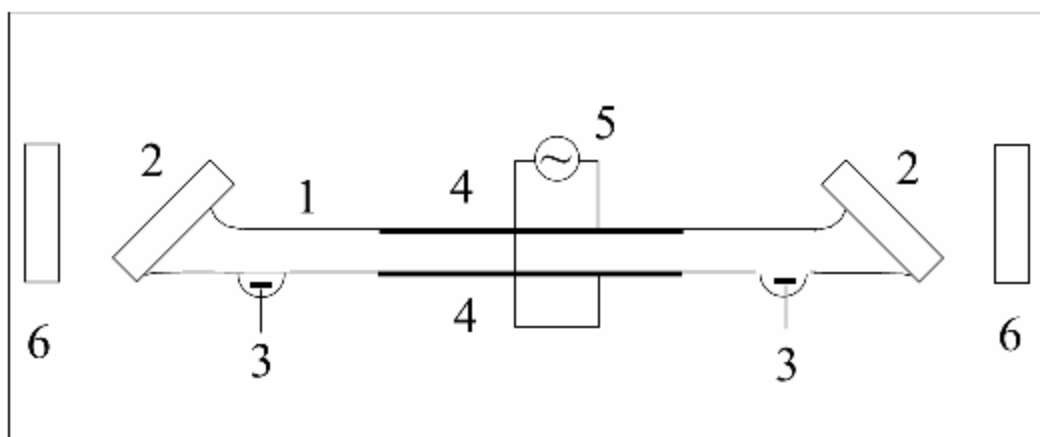
2.3. He-Ne lazeri

Geliy-neon lazeri gazli lazerlar majmuasiga kiradi. Geliy-neon gaz aralashmasi to'ldirilgan gazorazryadli nay lazerning asosiy qismi bo'lib xizmat qiladi (16-rasm).

Gazli razryad nayining ichki diametri bir necha mm dan 1 sm gacha, uzunligi esa bir necha sm dan bir necha metrgacha bo'lishi mumkin. Faol muhit sifatida neon gazi olinib, yordamchi gaz sifatida unga geliy gazi qo'shiladi va ularning nisbati taxminan 1:7 munosabat olinib, gaz razryad nayi kerakli bosimlarda (1,3 mm sm. ust. teng bosimlarda) to'ldiriladi. Razryad nayining ichida yoki tashqarisida 16-rasmda ko'rsatilgandek tsilindrik yoki tasmali elektrodlar joylashtiriladi va ular mos holda doimiy tokli yoki ko'ndalang yuqori chastotali razryad hosil qilishi uchun xizmat qiladi.

Geliy va neon aralashmali muhitdagi jarayonni tahlil qilish uchun, geliy va neon atomlarining elektron energetik sathlari diagrammasidan foydalanamiz. (15-rasm).

Geliy yordamchi gaz bo'lib, ikkinchi tur to'qnashishlar yordamida neon ishchi energetik sathlarini neon atomlari bilan to'ldirishga yordamlashadi. Geliy atomlarining o'zi erkin elektronlar bilan to'qnashganda yuqori energetik sathlarga chiqadi. Geliy atomining bu yuqori sathlardagi yashash vaqti 10^{-3} s va bu sathlar energiyasi neon atomining 2S va 3S sathlarining energiyalariga yaqin. Bu holda yuqori energetik sathdagi geliy atomlari pastki sathda joylashgan neon atomlari bilan noelastik (rezonans) to'qnashib uni yuqorigi 2S va 3S ishchi sathlarga chiqaradi. Geliy atomi 2S sathi va neon atomini 3S sathi energiyalarining farqi 300 cm^{-1} tartibida bo'ladi. Bu xona temperaturasidagi kT ning qiymatidan bir muncha katta bo'lishiga qaramasdan geliy atomidan neon atomiga energiya uzatish jarayonining intensivligi kuchli kechadi. Shunday qilib, aytish mumkinki, g'alayonlantirilgan geliy atomlari yordamida neon atomlarini g'alayonlantirish uchun, energiya zarralarning o'zaro rezonans to'qnashishi yo'li bilan uzatilar ekan. Tanlash qoidalariga asosan zarralarga S-sathdan p-sathlarga o'tishga ruxsat berilgan.



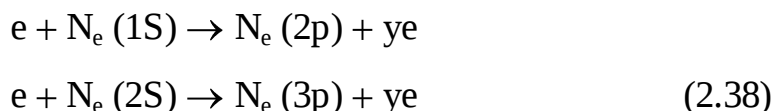
15-rasm. Geliy-neon lazeri konstruktsiyasining chizmasi.

1-razryad nayi, 2-Bryuster burchagi ostida qo'yilgan shisha qoplamalar, 3-doimiy tokli razryad olish uchun o'rnatilgan elektrodlar, 4-razryad nayining ustki ikki

yuzasida uning uzunligi bo'ylab qo'yilgan metall (mis) elektrodlar, 5-yuqorichastota generatori, 6-optik rezonator ko'zgulari.

O'tishlarida invers bandlik hosil bo'ladi va lazerning to'rt energetik sathli tuzilishdagi ishlash tamoyiliga mos keladi. Bu jarayon yordamida invers bandlik hosil qilish asosiy hisob-lanishidan tashqari neon atomlari elektronlar bilan to'qnashishda ham g'alayonlantirilgan sathlarga o'tkazilib, invers bandlik hosil qilinishi mumkin. Doimiy tokli razryadli holda razryad tokining katta qiymatlarida neon atomining 1S sathi elektron-neon to'qnashuvi natijasida to'ldiriladi. Shu holda 2p va 3p sathlarning 1S sathdagi neon atomlari bilan zinapoya usulida to'ldirilishi asosiy bo'lib qoladi. Bu hol invers bandlikning kamayishiga hamda generatsiyaning yo'qolishiga olib keladi.

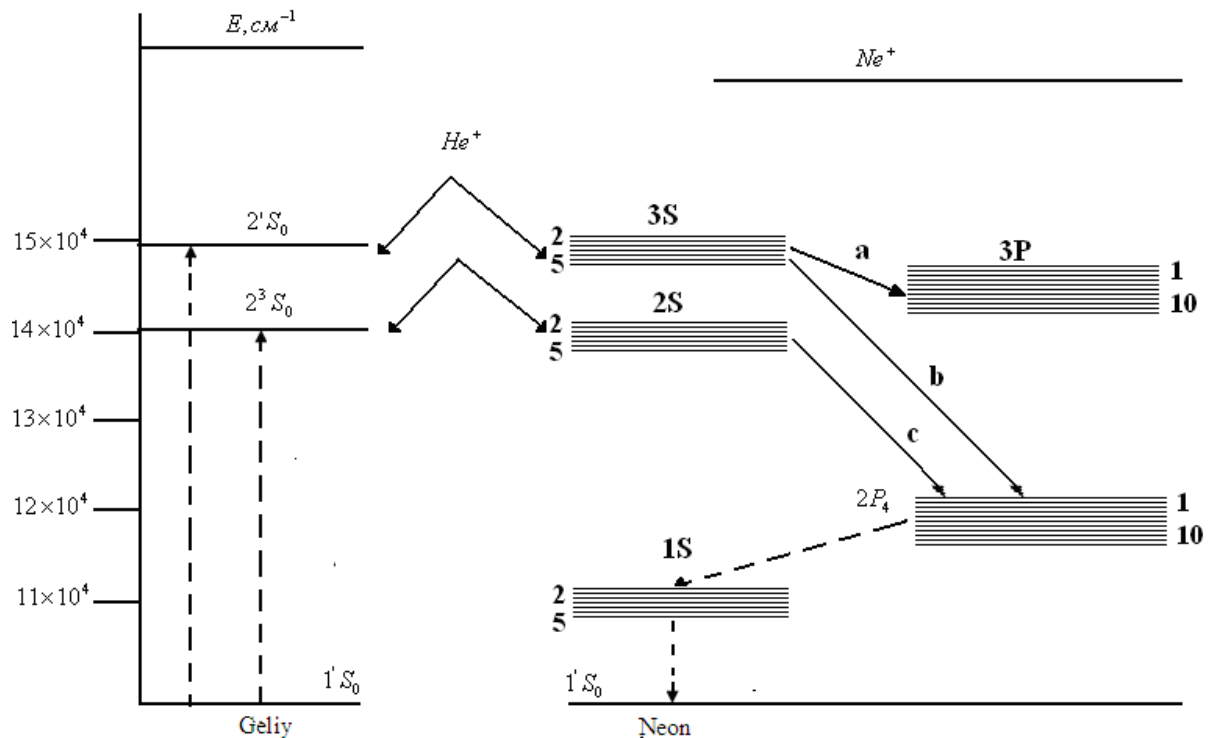
Bu holda neon atomining nurlanishi $2S \rightarrow 2p$ va $3S \rightarrow 3P$ sathlardagi o'tishlariga to'g'ri keladi. Bu jarayonlarni quyidagi



ifodalar ko'rinishida belgilash mumkin.

Tarixan, birinchi bo'lib, $2S \rightarrow 2p$ energetik o'tishlarida lazer generatsiyasi olingan. Hozirgi paytda, sanoatda ishlab chiqilgan lazerlarda uch xil o'tishlarda generatsiya olingan bo'lib, ularda generatsiya olish shart-sharoitlari taxminan bir xil (gaz aralashmasi bosimi, razryad tokining qiymati) va nurlanish quvvatining razryad parametrlariga bog'liqligi ham bir xil bo'ladi. Yuqorida ko'rsatilgan o'tishlarda kuchaytirish quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 3,39 \text{ mkm} \dots\dots\dots 20 \text{ db/m-gacha} \\ \lambda_2 &= 1,15 \text{ mkm} \dots\dots\dots 10-12 \% \text{ bir metrda} \\ \lambda_3 &= 0,63 \text{ mkm} \dots\dots\dots 4-6 \% \text{ bir metrda} \end{aligned}$$



16-rasm. Geliy va neon atomlarining elektron energetik

sathlari diagrammalari. Rasmda quyidagi a) $\lambda_1 = 3,39$ mkm, b) $\lambda_2 = 0,63$ mkm, s) $\lambda_3 = 1,15$ mkm. generatsion o'tishlar ko'rsatilgan.

Geliy Neon

To'lqin uzunligi $\lambda_1 = 3,39$ mkm nurlanish berish imkoniyatiga ega bo'lgan energetik sath neon atomlari bilan tez va oson to'ldiriladi. Lazer generatsiyasi bu holda gaz razryadining parametrlari keng o'zgarish oralig'ida ro'y beradi. To'lqin uzunligi 0,63 mkm nurlanish generatsiyasini olish murakkabroq, lekin bu nurlanish elektromagnit to'lqin diapozonining ko'zga ko'rinadigan diapazonida bo'lgani va foto qabulqilgich qurilmasining eng katta sezgirlik sohasida yotgani uchun neon lazerlari ko'p ishlab chiqariladi va xalq xo'jaligining turli sohalarida ishlatiladi. Nurlanish chizig'i enining kengligini quyidagi uch jarayon belgilay-di.

1. To'qnashuvlar. Geliy-neon lazerlaridagi gaz aralash-masining bosimi $P=66$ Pa va temperaturasi xona temperaturasiga teng bo'lganda zarralarning to'qnashish davri $\tau_0=0,5 \cdot 10^{-6}$ s bo'lib, nurlanish chizig'i enining kengligi

$$\Delta v_t = \frac{1}{2\pi\tau_c} \approx 0,64 \text{ MGts} \quad (2.39)$$

bo'ladi.

2. Tabiiy kengayish. Bu holda nurlanish chizig'i enining kengayishi zarraning spontan nurlanishiga bog'liq bo'lib, uning kengligi

$$\Delta v_{\text{tab}} = \frac{1}{2\pi\tau_{cn}} \approx 19 \text{ MGts} \quad (2.40)$$

bo'ladi.

$$\text{Bu yerda } \tau_{cn}^{-1} = \tau_s^{-1} + \tau_p^{-1}$$

τ_s, τ_r elektronning mos ravishda S va P sathlarda yashash vaqtlari.

3. Dopler kengayishi. Zarralarning issiqlik harakatidagi tezliklari bilan bog'liq bo'lgan nurlanish chizig'i enining kengayishi Kelvin shkalasi bo'yicha 300K uchun mos ravishda:

$$\begin{aligned} \Delta v_d &= 1700 \text{ MGts} \quad (\lambda_1 = 0,63 \text{ mkm}); \\ \Delta v_d &= 800 \text{ MGts} \quad (\lambda_2 = 1,15 \text{ mkm}); \\ \Delta v_d &= 300 \text{ MGts} \quad (\lambda_3 = 3,39 \text{ mkm}). \end{aligned} \quad (2.41)$$

Shunday qilib, geliy-neon lazeri nurlanishi uchun Doppler kengayishi asosiy kengayish bo'ladi.

Geliy-neon lazerida invers bandlikning hosil bo'lishi va uning relaksatsiyasi (ya'ni buzilishi) murakkab jarayon bo'lgani uchun optimal ishchi parametrlarga ega bo'ladi:

1. Neon gazining optimal (13 Pa) bosimi va geliy atomlari konsentratsiyasining neon atomlari konsentratsiyasiga nisbati:

Geliy atomlari konsentratsiyasi neon atomlari konsentra-tsiyasidan ko'p bo'lishi kerak. Tajribalardan topilgan optimal nisbat razryad nayi diametriga bog'liq bo'lib, lazer nurlanishining quvvati maksimal bo'lishi uchun 5:1 dan 10:1 nisbatgacha bo'ladi. Katta qiymatli nisbatlar kichik diametrli razryad nayiga mansub. Neon gazining optimal bosimi bo'lishi, gaz konsentratsiyasining ortishi

natijasida neon atomining pastki energetik sathlarini zinopoya usulida to'ldirilishi sabab bo'lishi mumkin.

2. Razryad nayining optimal diametri. Razryad nayining devorlarida neon atomi 1S sathdagi energiyasini berib asosiy sathga tushadi va shuning uchun razryad nayining diametrini kichraytirish zarur. Boshqa tomondan razryad nayining diametrini kichraytirish nurlanish tarqalishida difraksion yo'qotishlarning ortib ketishiga olib keladi. Shuning uchun tajribada razryad nayining diametri gaz bosimiga qarab 1-5 mm atrofida olinadi.

Tajribalardan geliy-neon lazeri uchun quyidagi

$$R \cdot d = \text{const}$$

“o'xshashlik” qonuni topilgan. Bu yerda R – gaz aralashmasining yig'indi bosimi; d –nayining diametri. O'xshashlik qonunining ma'nosi shundan iboratki turli diametrli razryad nayi uchun gaz aralashmasining shunday bosimini olish mumkinki, bu holda lazer nurlanishining solishtirma xarakteristikalari bir xil bo'ladi.

Tajribalar natijasida gaz aralashmasi bosimini razryad nayi diametriga bo'lgan ko'paytmasining optimal qiymati, geliy-neon lazerlarida 0,44-0,53 mPa oraliq'ida bo'lishi topilgan.

3. Razryad tokining optimal zichligi. Razryad toki zichligining optimallashtirishning sababi, bu neon atomining pastki energetik sathlarini elektronlar bilan to'ldirilishidir. Bu jarayon invers bandlikni pasayishiga va natijada generatsiyaning yo'qolishiga olib keladi. Lazer nurlanishining quvvati razryad tokining kichik qiymatlarida unga chiziqli ravishda bog'langan, tokining ma'lum bir qiymatida nurlanish quvvati maksimumga erishadi, so'ngra razryad toki qiymati oshishi bilan pasayib ketadi. Sanoatda ishlab chiqilgan geliy-neon lazerlarda razryad nayining uzunligiga qarab, elektr tokining optimal qiymati 5-50 mA atrofida bo'ladi.

To'liq uzunliklari 0,63 va 3,39 mkm bo'lgan nurlanishli o'tishlar uchun 3S yuqorigi ishchi sath bo'lsa, to'liq uzunliklari 0,63 va 1,15 mkm bo'lgan nurlanishli o'tishlar uchun 2p umumiy pastki sath bo'lib xizmat qiladi. Bir vaqtning o'zida bu juft nurlanishlarining ro'y berishi neon atomlarining energetik sathlarda taqsimotining buzilishiga olib keladi va invers bandlikni kamaytiradi. Bu hodisa o'tishlarning konkurentsiyasi deyiladi. Amaliyotda ularni yo'qotish uchun quyidagi usullar ishlatiladi:

1. Energetik sathlarning magnit maydon ta'sirida ajralishi (Zeyeman effekti). Har bir spektral chiziq ikkilanadi. Ajralgan komponentalar qarama-qarshi yo'nalishli doiraviy qutblanishga ega. To'liq uzunligi 3,39 mkm bo'lgan nurlanish uchun sathlarning ajralishi katta bo'lsa, 0,63 mkm to'liq uzunlikli nurlanish uchun kichik bo'ladi. Shuning uchun 3,39 mkm nurlanish Bryuster burchagi ostidagi qo'yilgan shisha oynalarda ko'proq yutiladi va to'liq uzunlikda generatsiya bo'lmaydi;

2. Optik rezonatorlarni tayyorlashda 3,39 mkm to'liq uzunlikdagi nurlanishni ko'proq yutuvchi moddalardan (S-52-2; LK-4 va shunga o'xshash shishalardan) yasaladi;

3. Optik rezonator ichida 3,39 mkm to'liq uzunlikli nurlanishni ko'proq yutuvchi metal gazi to'ldirilgan g'ovak idish joylashtiriladi.

2.4. Qattiq jisimli lazerlar

Odatda qattiq jisimli lazerlarga juda ko'p turdagi optik kvant generatorlar kiradi. Ularning ishchi jismlarida invers to'ldirilganlik optik damlash yo'li bilan hosil qilinadi.

Bunday lazerlar faol muhitining asosini qattiq jismga kiritilgan aralashmaning ionlari tashkil etadi. Odatda aralashma ionlari sifatida o'tkinchi metallar (marganets, xrom, nikel va kobalt) yoki nodir yer elementlarining ionlari

ishlatiladi. Ushbu moddalarning atomlari tashqi qobiqlari to'la bo'lishiga qaramay ichki elektron qobiqlari to'lmagan bo'ladi. Tashqi qobiqdagi elektronlar, kristall panjaradagi qo'shni ionlarning elektr maydonlarini qisman ekranlaydi va buning natijasida ishchi faol ion tomonidan chiqazilayotgan va yutilayotgan nurlanishlarning spektral chiziqlar enini katta kengayishiga olib keladi. O'z navbatida bu hol invers to'ldirilganlik olishni osonlashtiradi va kuchaytirish koefitsiyentining ortishiga olib keladi.

Hozirgi paytda invers to'ldirilganlik ko'plab moddalarning ionlarida olingan (masalan Sr^{3+} , Nd^{3+} , Sm^{3+} , Ni^{3+} , Fr^{3+} , va boshqalar). Ammo, sanoat miqyosida ushbu lazerlar asosan Sr^{3+} va Nd^{3+} ionli moddalarda ishlab chiqilgan.

Qattiq jisimli faol muhitlar asosi sifatida korund (Al_2O_3) itiriy alyuminiy granat ($\text{Y}_3\text{Al}_3\text{O}_2$), shisha kabi kristall yoki amorf dielektrik moddalar ishlatiladi. Bunday qattiq jisimli asosda faol muhitni hosil qilishda, asosga kiritilayotgan aralashmaning konsentratsiyasi kichik bo'lib, asosga nisbatan miqdori (0,05÷0,5)% oraliqda yotadi.

Aralashma miqdorining bunday qiymatlardan kam bo'lishi kuchaytirish koefitsiyentini pasayishiga olib keladi, ko'pi esa faol zarralarning o'zaro ta'sirlashuvini orttirib yuboradi. Ishchi faol element juda ko'p talablarga javob berishi zarur. U optik jihatdan bir jinsli, mexanik jihatdan mustahkam, issiqlik o'tkazuvchanligi katta, issiqlik ta'siriga chidamli, nurlanish to'lqin uzunliklari sohasida shaffof va mexanik qayta ishlashlar natijasida katta o'lchamli faol elementlar olish imkoniyatini bera oladigan bo'lishi kerak.

Bu barcha talablarga to'la javob beradigan moddalar kam. Ushbu faol muhit olish imkonini beruvchi moddalarning tavsiflari 2-jadvalda keltirilgan.

Qattiq jisimli lazer qurilmasining prinsipial chizmasi 17-rasmda keltirilgan. Bu qurilma 1-faol elementdan, 2-rezonatordan, 3-optik damlash manbaidan (ksenon yoki kripton gazi bilan to'ldirilgan razryad lampa), 4-yorug'likni qaytargich ko'zgulardan va 5-optik damlash lampasining elektr ta'minot manbaidan iborat. Qattiq jisimli lazerlardagi yuqori lazer sathi zarralar bilan

to'ldirilishi, bu sathdan yuqorida turgan bir nechta sathlardagi zarralarni nurlanishsiz tushishi orqali amalga oshiriladi. Optik damlash lampasining nurlanishi faol elementning asosiy sathida joylashgan zarralarini eng yuqori sathlariga chiqaradi. Bu sathga chiqarilgan zarralarning yashash vaqtlari kichik bo'lgani uchun ular yuqori ishchi lazer sathiga tushib, bu sathda to'planadilar va quyi ishchi lazer sathiga nisbatan invers holatini hosil qiladi. Yorug'likni qaytargich ko'zgulari optik damlash lampasining effektivligini oshirish uchun xizmat qiladi. 2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, elektr ta'minot manbaidan olinayotgan energiya ning ko'p qismi yorug'lik lampasining razryad zanjirida, razryadda qaytaruvchi ko'zgularida, faol elementning yutilish spektriga mos kelmagan nurlanish spektrining energiyasi, asosiy va yuqori energetik sathlarga nurlanishsiz o'tishlarda, zarralarning pastki lazer sathidan asosiy sathiga o'tishida (agar pastki sath asosiy sath bilan mos tushmasa), hamda optik rezonator ichida yo'qotiladi.

Ko'pchilik qattiq jismlar lazerlar davomiyligi 1 ms dan kichik bo'lgan impulsli rejimda ishlaydi va maxsus choralar ko'rilmasa, o'ziga xos qator impulslar nurlovchi rejimda ishlaydi. Bu impulsning davomiyligi 1mks atrofida bo'lib, impuls oralig'i 10mks oralig'ida yotadi. Ushbu xarakterdagi nurlanish rejimining asosida turli sabablar bo'lishi mumkin.

Shulardan ba'zilarini ko'rib chiqaylik. Optik damlash va generatsiya jarayonida faol elementda juda katta issiqlik ajralib chiqishi mumkin va buning natijasida faol element moddasining zichligini va sindirish ko'rsatkichini uzluksiz o'zgarishiga olib keladi.

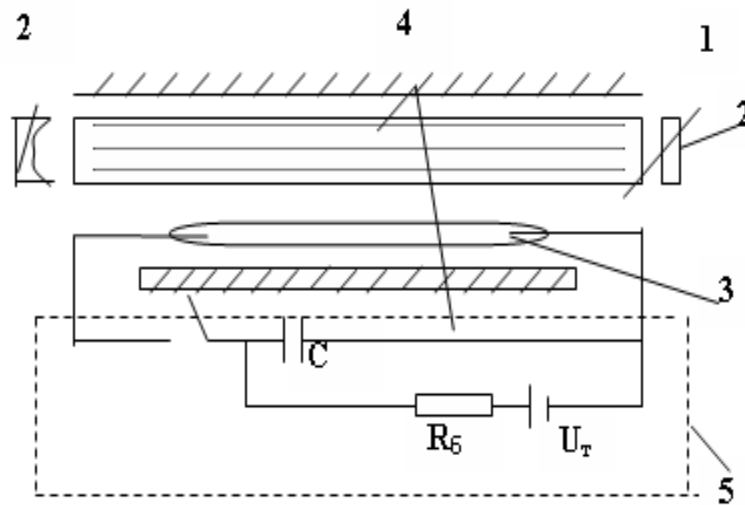
2-Jadval.

Ishchi jism	Yoqut	Neodimli shisha	Ittiriya-alyuminiy granat
Issiqlik o'tkazuvchanligi (J/sm·s·K)	0,3	10^{-2}	0,1
Maksimal o'lchamlari			

(diametri va uzunligi), sm	0,5....1,0	5x20...50	0,5 x 10
Optik damlash energiyasining quyi chegarasi, J/sm ³	20.....50		
	50	0,5	0,5
Ish holatlari	Impulsli davriy	Impulsli davriy	Uzluksiz va ipusli davriy
Erkin generatsiya holatidagi impulsning davomiyligi, ms	1	0,1..1	0,5..10
Nurlanish energiyasi, J			
a)erkin generatsiya holatida, J.	1....10 ²	10 ³	1....10
b)aslligi modulyatsiya qilinganda, J	0,1....1	10 ²	0,1....1
Uzluksiz ish holatida, Vt	-	-	300

Bu o'zgarishlar faol muhit bilan birgalikda rezonatorning optik uzunligini o'zgarishiga olib keladi va buning oqibatida bo'ylama moda sakrab o'zgaradi. Bo'ylama modaning sakrab o'zgarishiga yana faol muhitdagi ionlarning fluorensiya chizig'ini holatining va kengligining o'zgarishlari ham olib keladi. Misol uchun xona temperaturasi 1⁰K ga o'zgarsa yoqut kristalining nurlanishini yutish chizig'ining holati 5·10⁻⁶ mkm ga siljiydi. Yoqut kristalida generatsiya olish jarayonida ushbu holat rezonator bo'ylama modasining nomerini birga o'zgarishi 1mks ichida ro'y beradi. Optik rezonator ichida elektromagnit to'lqinning tarqalishida relaksatsiya tebranma holatning paydo bo'lishiga sabab, invers to'ldiril-ganlikning hosil bo'lishi va yo'qotilishining inertsiasidir. Lazerda inertsianing turg'un holati birdaniga paydo bo'lmaydi. Buning uchun faol muhitning kuchaytirish ko'effisiyenti K₀ chegaraviy K_{Ch}-kuchaytirish ko'effisiyentiga tenglashib, undan orta boshlagandan so'ng, rezonator ichidagi elektromagnit to'lqinning amplitudasi keskin ortadi va bu hol ma'lum bir vaqt

davom etadi. Shu vaqt ichida lazerdan chiqayotgan nurlanish intensivligi o'zining maksimal qiymatiga erishadi.



17-rasm. Optik damlanuvchi qattiq jismli lazerining tuzilishi.

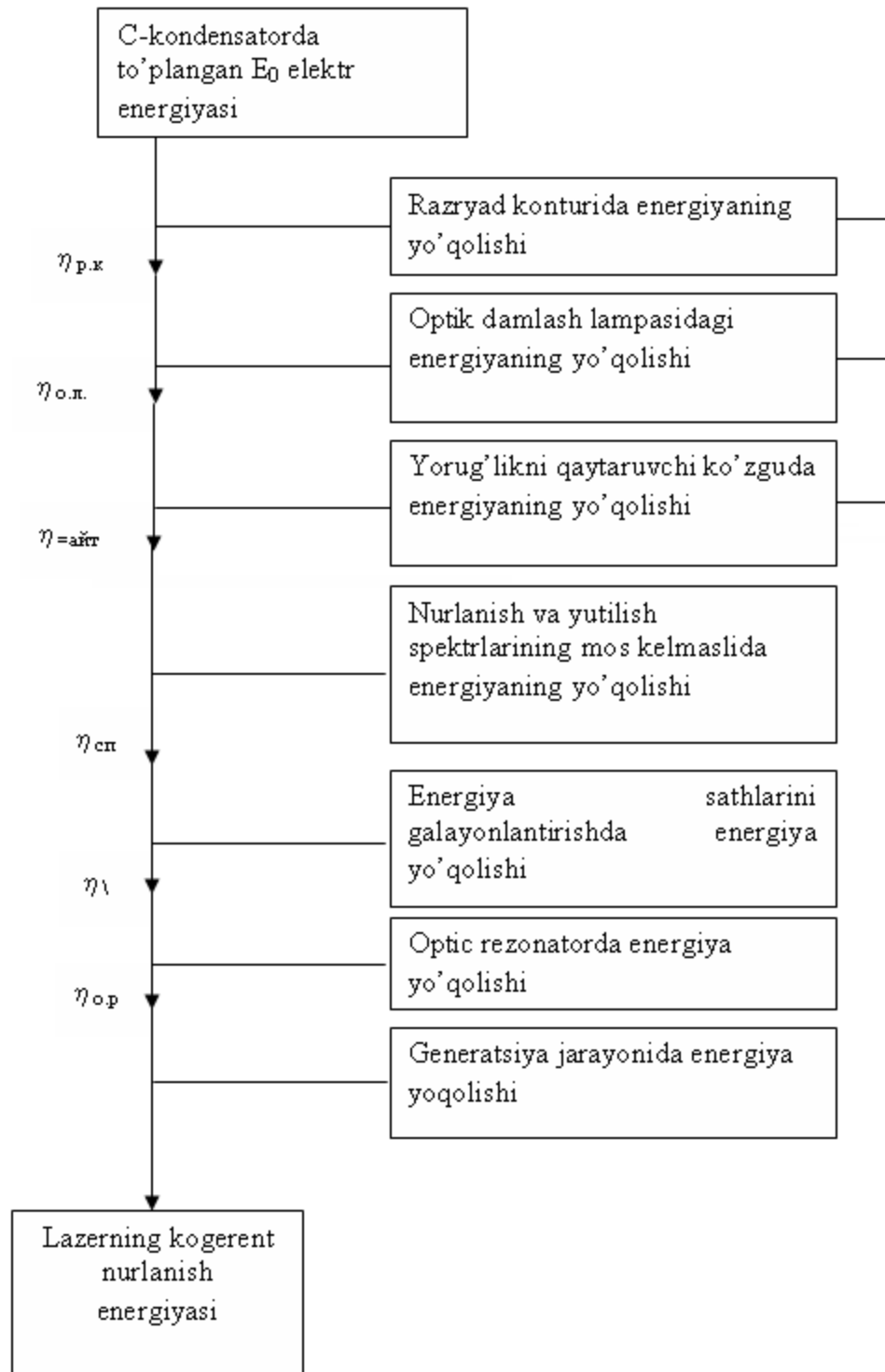
Shu jarayondan so'ng $K_0 = K_{Ch}$ bo'ladi va shunga qaramay yuqori lazer sathidan quyi lazer sathiga zarralarning majburiy o'tishlari natijasida generatsiya davom etadi.

Bu holat $K_0 < K_{Ch}$ shart bajarilguncha davom etadi. Lazer nurlanishning intensivligi nolga tenglashadi. So'ngra yuqorida aytgan jarayonlar yana davriy ravishda takrorlanadi.

Impulsli nurlanishning quvvatini oshirish va uning vaqtini qisqartirish uchun qattiq jismli lazerda optik rezonator aslligini modulyatsiya qilish usuli qo'llaniladi. Bu holni vujudga keltirish uchun optik rezonator ichiga yorug'lik nuri ta'sirida tiniqlashuvchi optik filtr joylashtiriladi. G'alayonlantirilgan zarralarning yuqori energetik sathdan relaksatsiya vaqtiga teng vaqt ichida faol elementini optik damlash ($10^{-4} \div 10^{-3}$ sekund) amalga oshiriladi.

Optik damlash jarayonining oxirida, ya'ni rezonator ichidagi nurlanishning intensivligi ma'lum bir qiymatga yetishganda optik filtr qisqa vaqt ichida tiniqlashadi va bu vaqt ichida barcha g'alayonlantirilgan zarralar yuqori sathdan qo'yi sathga majburiy nurlanish berib o'tadi hamda shu vaqt ichida yakka impulsli

nurlanish generatsiyalanadi. Bu vaqt ichida barcha g'alayonlantirilgan zarralar yuqori sathdan quyi sathga majburiy nurlanish berib o'tadi.



18-rasm. Lazer qurilmasining ishlashida elektr energiyasining kogerent lazer nurlanish energiyasiga aylanishdagi energiya yo'qotishlarining turlari

2-bobning xulosalari

Shunday qilib, nochiziqli tebranishlarning, xususan, lazerlarning paydo bo'lish jarayonlarida noizoxronlik va angarmoniklik kabi fundamental effektlar muxim ahamiyatga ega. Noizoxronlik deb tebranayotgan sistema tebranish davrining amplitudaga bog'liqligiga aytiladi. Angarmoniklik esa tebranishlarning sinus yoki kosinus qonunlaridan chetlashishidir.

Nochiziqli tebranishlarning, mayatnik harakatining fazoviy traektoriyasini energiya qiyamatiga qarab uchta tipga ajratish mumkin:

- 4) potentsial o'ra ichidagi tebranma harakat ($-1 < E < 1$);
- 5) tugundan tugunga boruvchi separatrisa bo'yicha harakat ($E = 1$);
- 6) rotatsion harakat ($E > 1$). Rotatsion harakatda koordinata vaqt o'tishi bilan ortib boradi (davriy bo'lmaydi), tezlik esa davriy bo'ladi.

Geliy-neon lazeri gazli lazerlar majmuasiga kiradi. O'tishlarida invers bandlik hosil bo'ladi va lazerning to'rt energetik sathli tuzilishdagi ishlash prinsipiga mos keladi. Bu jarayon yordamida invers bandlik hosil qilish asosiy hisoblanishidan tashqari neon atomlari elektronlar bilan to'qnashishda ham g'alayonlantirilgan sathlarga o'tkazilib, invers bandlik hosil qilinishi mumkin.

Bu lazerlarda razryad nayining devorlarida neon atomi 1S sathdagi energiyasini berib asosiy sathga tushadi va shuning uchun razryad nayining diametrini kichraytirish zarur. Tajribada razryad nayining diametri gaz bosimiga qarab 1-5 mm atrofida olinadi. Tajribalar natijasida gaz aralashmasi bosimini razryad nayi diametriga bo'lgan ko'paytmasining optimal qiymati, geliy-neon lazerlarida 0,44-0,53 mPa oralig'ida bo'ladi.

Razryad toki zichligining optimallashtirishning sababi, bu neon atomining pastki energetik sathlarini elektronlar bilan to'ldirilishidir. Bu jarayon invers bandlikni pasayishiga va natijada generatsiyaning yo'qolishiga olib keladi. Lazer nurlanishining quvvati razryad tokining kichik qiymatlarida unga chiziqli ravishda bog'langan, tokining ma'lum bir qiymatida nurlanish quvvati maksimumga

erishadi, so'ngra razryad toki qiymati oshishi bilan pasayib ketadi. Sanoatda ishlab chiqilgan geliy-neon lazerlarda razryad nayining uzunligiga qarab, elektr tokining optimal qiymati 5-50 mA atrofida bo'ladi.

Optik rezonatorlarni tayyorlashda 3,39 mkm to'lqin uzunlikdagi nurlanishni ko'proq yutuvchi moddalardan (S-52-2; LK-4 va shunga o'xshash shishalardan) yasaladi. Optik rezonator ichida 3,39 mkm to'lqin uzunlikli nurlanishni ko'proq yutuvchi metal gazi to'ldirilgan g'ovak idish joylashtiriladi.

Odatda qattiq jisimli lazerlarga juda ko'p turdagi optik kvant generatorlar kiradi. Ularning ishchi jismlarida invers to'ldirilganlik optik damlash yo'li bilan hosil qilinadi. Qattiq jisimli lazerlar davomiyligi 1 ms dan kichik bo'lgan impulsli rejimda ishlaydi.

Impulsli nurlanishning quvvatini oshirish va uning vaqtini qisqartirish uchun qattiq jisimli lazerda optik rezonator aslligini modulyatsiya qilish usuli qo'llaniladi.

3-BOB. LAZERLAR ASOSIDAGI QURILMALAR

3.1. CD-disklar

XX asrning 60 yillaridan boshlangan axborotni lazer nuri yordamida optik qayta ishlash, axborotning yuqori himoyalanganligi, mahsulot tannarxining arzonligi va ishlatish qulay bo'lganligi uchun axborotni kompakt disklarda saqlash hozirgi kunda ommalashib, saqlanayotgan axborotning 70 foizini tashkil etmoqda. Ilmiy jurnallar, o'quv qo'llanmalari, kino, musiqa kabi ko'ngilochar va boshqa ma'lumotlarni kompakt disklarda yozib, ommalashtirish hozirgi kunda axborotni qog'ozsiz uzatishning eng qulay usulidir.

Axborotni optik qayta ishlash bo'yicha tadqiqotlar o'zining yozish jarayoni kontaktsiz bo'lganligi, yozilgan axborot yuqori himoya qilinganligi va lazer nurining to'liq uzunligi bilan aniqlanuvchi yozish zichligining yuqoriligi bilan mutaxassislarni o'ziga jalb qilgan.

Umumiy holda axborotni yozish va o'qish jarayonlari quyidagicha tasvirlanishi mumkin:

$$P_3(t) \rightarrow R(x, y) \rightarrow P_{\text{np}}(V_{\text{cq}} t) \rightarrow U_{\text{bix}}(t), \quad (3.1)$$

bu yerda $P_3(t)$ — yozayotgan nur quvvati; $R(x, y)$ — moddaning qaytarish (o'tkazish) koeffitsiyenti taqsimoti; $P_{\text{pr}}(V_{\text{sch}} t)$ — diskdagi signalning o'qish quvvati; $U_{\text{bix}}(t)$ — o'qish signali; x, y — koordinatalar; V_{sch} — o'qish tezligi; t — vaqt.

Axborotni optik kvant generatori yordamida yozish va o'qish intensivligi

$$I(x, y) = \frac{P}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right), \quad (3.2)$$

ifoda orqali aniqlanadi, bu yerda R — to'la nurlanish quvvati; σ^2 — intensivlik dispersiyasi.

Fotoxrom materiallar va metall-yarimo'tkazgich tuzilmalar uchun o'tkazish koeffitsiyentining tushayotgan energiyaga bog'liqligi

$$R(x, y, u) = C \left[\mu(x, y) \right]^{-\epsilon}, \quad (3.3)$$

ifoda orqali aniqlanadi, bu yerda C — material sezgirligi; β — koeffitsiyent. Yozishdagi energiya taqsimoti quyidagiga teng:

$$u(x, y) = \int_{-\infty}^x I_3(x, y) dt = \frac{1}{V_3} \int_{-\infty}^x I_3(x, y) dx, \quad (3.4)$$

bu yerda V_3 — yozish tezligi.

Agar $P_3(t) = P_3(1)t$, $\beta = -1$ bo'lsa,

$$R(x, y) = \frac{CP_3}{2\pi\sigma_3^2 V_3} \exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma_3^2}\right) \int_{-\infty}^x \exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma_3^2}\right) dx. \quad (3.5)$$

K_{pr} sezgirlikka ega bo'lgan diskdagi signal tushayotgan nur quvvatiga proporsional ekanligini e'tiborga olgan holda, bir qancha o'zgartirishlardan so'ng

$$\begin{aligned} & (\gamma + 1) \Phi\left(\frac{L}{K\sqrt{8(\sigma_3^2 + \sigma_{cq}^2)}}\right) \geq \\ & \geq \gamma \left[1 + 2 \exp\left(-\frac{d^2}{2K^2(\sigma_3^2 + \sigma_{cq}^2)}\right) cb \frac{y_0 d}{K^2(\sigma_3^2 + \sigma_{cq}^2)} \right]. \end{aligned} \quad (3.6)$$

munosabatga ega bo'lamiz, bu yerda d — yo'lkalar orasidagi masofa, $L = V_{cq}t$ — impuls davomiyligi, $K = \omega_e / \omega$ -lazer nurining fokuslanish darajasi.

Bu munosabat σ , y i k larning berilgan qiymatlarida informatsion yo'lkalar va axborot yozishning bo'ylama zichligi orasidagi bog'lanishni topishga imkon beradi. Maksimal zichlikni baholash uchun Ld ning minimumlik shartidan yuqoridagi munosabatni yechish kerak. Hisob-kitoblar lazer nurining to'lqin uzunligi 400 nm bo'lganda axborotni yozish zichligi $5 \cdot 10^6$ bit/mm² ga teng bo'lishini ko'rsatadi.

CD-disk yoki kompakt disk lazerli diod, servomotor, optik sistema va fotodetektordan tashkil topgan.



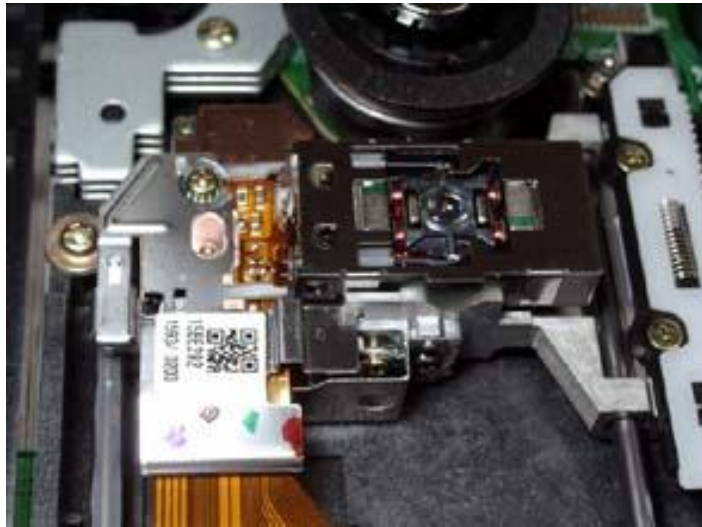
19-rasm

Kompakt diskka axborotni yozish va uni o'qish kam quvvatli lazer nuri yordamida amalga oshiriladi. Kompakt disk yo'lqasi lazer golovkasiga nisbatan oz'garmas tezlik bilan surib turiladi, burchak tezlik esa radiusiga mos ravishda o'zgarib turadi.



20-rasm

Shunday qilib, axborotni ichki yo'lkalardan o'qish aylanishlar sonini ortishi bolan, tashqi yo'lkalardan o'qish esa aylanishlar sininin kamiyishi bilan amalga oshiriladi. Shuning uchun undan axborotni o'qish vinchesterga nisbatan sekinroq amalga oshadi.



21-rasm

Servomotor ichki mikripriserning buyrug'iga asosan qaytaruvchi ko'zguni harakatlantiradi. Bu lazer nurini kerakli yo'lkaga yo'naltirishga imkon beradi. Lazer nuri himoya qatlamidan o'tib, diskning alyuminiy, kumush yoki oltinli sirtiga tushadi. So'ngra undan qaytib, detektorga va sochuvchi prizmagga tushadi. Nur sochuvchi prizmadan yorug'likka sezgir diodga tushadi. Yorug'lik diodlaridagi nur elektr energiyasiga aylantiriladi: yorqin nurlar “bir”larga, xira nurlar “nol”larga aylantiriladi.



22-rasm

Shunday qilib, silliq “dog”lar “bir”larga, o'ralar “nol”larga aylantiriladi. “Dog”larning o'lchami juda kichik bo'lib, taxminan 50 mkm ni tashkil etadi.

Bir marta yozilib, ko'p marta o'qishga mo'ljallangan kompakt disklar (CD-R, DVD-R) audio- va videomahsulotlar, dasturiy mahsulotlar, ma'lumotnomalarni tarqatishda, meditsinada va xujjatlarni arxivlashda keng qo'llaniladi. Ma'lumotlar bazasini yozish va to'ldirib borish uchun CD-RW (DVD-RW, DVD-RAM) disklar qo'llaniladi, ular axborotni yozish va o'chirishga imkon beradi.

Dastlab paydo bo'lgan kompakt disklar 650 Mbayt axborotni yozishga imkon bergan va ular hozirgi kunda ham eng ommalashgan disklardan biridir. 650 nm to'lqin uzunlikka ega bo'lgan yangi lazerlarni qo'llash disklar xajmini 4,5 Gbaytga yetkazishga, to'rt qatlamni qo'llash esa ular xajmini 18 Gbaytga yetkazishga imkon berdi. Keyingi tadqiqotlar to'lqin uzunligi 405 nm bo'lgan lazerlarni qo'llash orqali kompakt disklar xajmini 100-120 Gbaytga yetkazishga imkon berishini ko'rsatmoqda.

Banklarda, meditsinada, elektron kutubxonalarda, arxivlarda va boshqa soxalarda ma'lumotlarni raqamli usulda tasvirlashga o'tish ularning saqlanish muddatini uzaytirishni talab etadi, ya'ni ularning saqlanish muddati qog'ozdagi ma'lumotlarni saqlashdan kam bo'lmasligi kerak. Lekin hozirgi kompakt disklardagi axborotning saqlanish muddati 50 yildan ortmaydi. Tadqiqotlar bu muddatni uzaytirish uchun an'anviy polikarbonat taglik o'rniga metall yoki shishali tagliklar ishlatish kerakligini ko'rsatmoqda. Shuningdek, nafaqat taglik, balki butun disk bir jinsli materialdan tayyorlanishi maqsadga muvofiqdir. Metal disklar yong'in va suvga chidamli bo'lib, axbortniing saqlanish muddatini 300-400 yilga uzaytirishga imkon beradi. Yuqori temperaturali shishalar yoki kvrtslardan foydalanish axborotni saqlanish sifati va muddatini yanada oshiradi.

Shunday qilib, optik disklar yordamida axborotni qayta ishlash, tarqatish, saqlash va saqlanish muddatini uzaytirish hozirgi kundagi dolzarb muammolardan biridir. Bu muammoni hal qilish uchun esa bu soxada chuqur ilmiy tadqiqotlar olib borilishi talab etiladi.

3.2. Lazerli printerlar

Matritsali printerlarda belgilar rangli tasmaga urilayotgan metall ignachalar yordamida qog'ozga tushiriladi. Har bir belgi 9, 18 yoki 24 ta vertikal joylashtirilgan ignalar to'plamidan hosil bo'ladi. Kamchiligi: baland ovoz chiqarib ishlashi, bosma sifatining pastligi, tezligining pastligi.



23-rasm

Purkovchi printer belgilarni siyohli nuqtalarning ketma-ketligi sifatida hosil qiladi. Printerda chop etish juda mayda naychalardan tez qotuvchi siyohning varaqqa purkalishi orqali amalga oshiriladi. Shuning uchun bu printerlarda yuqori sifatli qog'oz qo'llaniladi. Rangli purkovchi printerlarda ranglar to'rtta asosiy rang – xavorang, qirmizi, sariq va qora ranglarning kombinatsiyasi asosida hosil qilinadi.

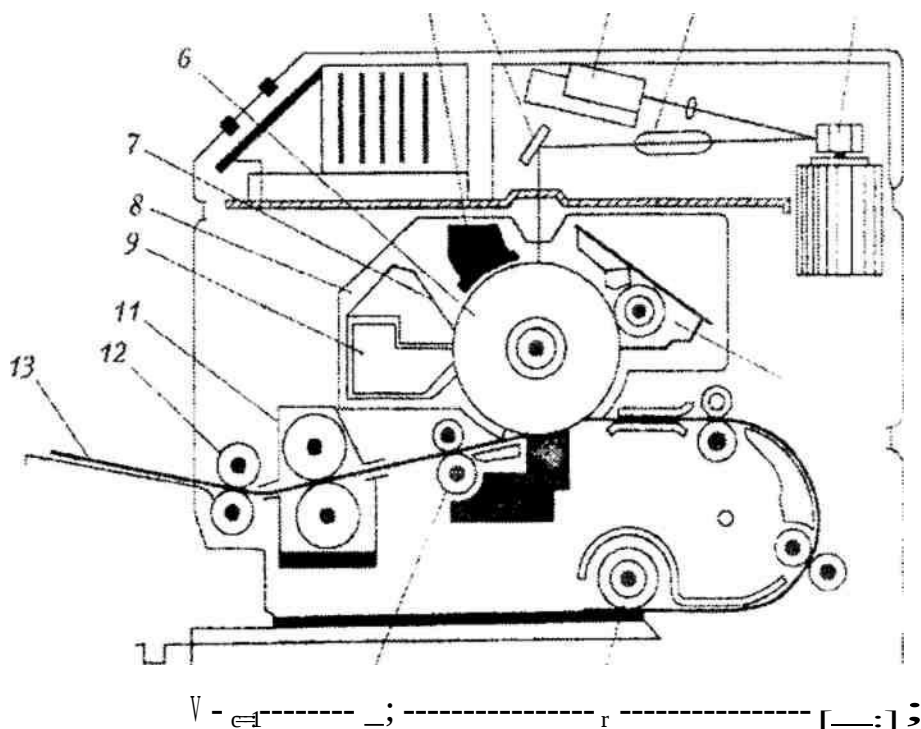
Lazer printerlarining ishlashi quyidagicha: kompyuter matn saxifasining tasvirini o'z xotirasida aks ettiradi va printerga uzatadi. Saxifa haqidagi ma'lumotlar lazer nurlari yordamida yorug'likka o'ta sezgir qoplamali aylanuvchan

barabanga akslantiriladi. Bu qoplama yorug'lik intensivligiga qarab o'zining elektromagnit xususyatlarini o'zgartiradi.

Nurlantirilgandan keyin elektr toki ta'siridagi baraban yuzasining nurlangan qismlariga toner – kukunli bo'yoq yopishib qoladi. Shundan keyin printer maxsus qaynoq valcha yordamida qog'ozni barabanga yo'naltiradi. Shundan keyin toner qog'ozga o'tib issiq ta'sirida "erib" yopishadiva tiniq sifatli tasvir hosil bo'ladi. Kamchiligi: narxining qimmatligi.

Printerlar kompyuter bilan maxsus kabel yordamida ulanadi. Kabelning bir uchi printer uyachasiga, ikkinchi uchi kompyuterning printer portiga ulanadi. Port – kompyuterning maxsus bo'linmasi. Port orqali kompyuterga tashqi qurilmalar ulanadi. Har bir printer drayver deb ataluvchi maxsus dasturga ega. Bu dastur kompyuter bilan printerning o'zaro aloqasini ta'minlaydi.

Varaqli qog'ozda nusxa oladigan lazerli printerning sxemasi 24-rasmda keltirilgan.



24- rasm. Lazerli printerning sxemasi

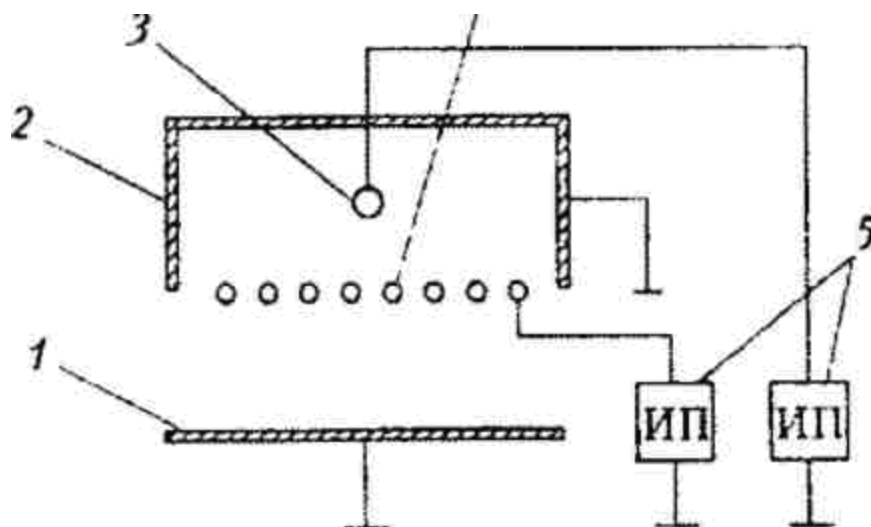
Impuls rejimida ishlovchi yarimo'tkazgichli lazer 3 nurni shakllantiradi. U beto'xtov aylanuvchi ko'pqirrali metall deflektor 1 bilan yoyiladi.

Ob'yektiv 2 ga mahkamlangan fokuslovchi va kompensator linzalari yorug'lik tutamini fokuslaydi. U ko'zgu 4 dan qaytib, elektrofotografik silindr 6 yuzasiga yo'naltiriladi va lazer nurlanishiga sezgir elektrofotografik qatlamda yashirin elektrostatik tasvir hosil qiladi. Yashirin tasvirni ochiltirish qurilma 15 da bir komponentli ochiltirgich bilan amalga oshiriladi.

Ochiltirilgandan so'ng zaryadlangan tasvir ko'chirish elektrizatori 10 shakllantirgan elektrostatik maydon bilan qog'ozga ko'chiriladi va qurilma 11 da mustahkamlanadi. Shundan so'ng qog'oz varag'i valik 12 lar yordamida qabul stoliga 13 chiqariladi. Ko'pgina printerlarda friksion o'zi uzatgich 14 dan uzatiladigan varaqli qog'ozdan foydalaniladi.

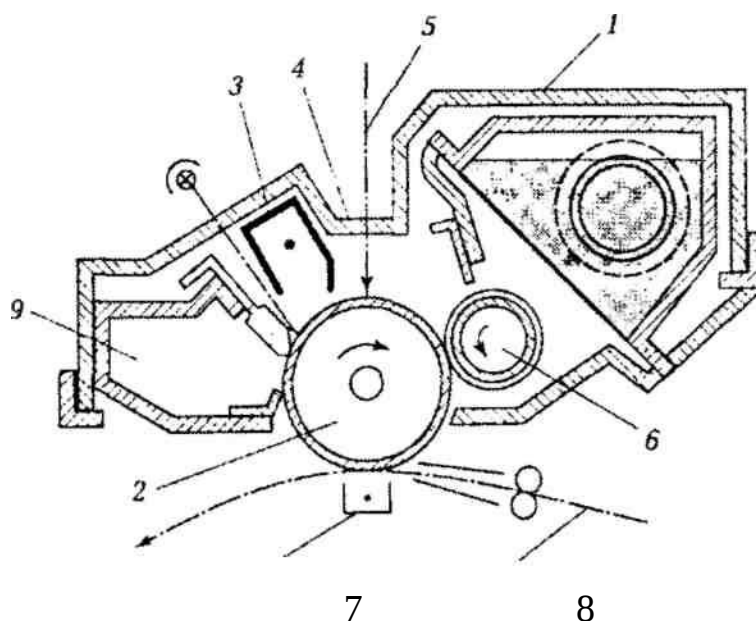
Almashtiriladigan kasseta (kartridj) elektrofotografik silindr 6 va ochiltirish qurilmasi 15 dan tashqari silindrni ochiltiruvchi kukun qoldiqaridan tozalovchi rakelli pichoq 9 ga ega qurilma 9 ni va silindrni zaryadlash elektrizatori 5 ni ishga tushiradi.

Zaryadlash elektroziatori sifatida korotron va skorotron deb ataladigan qurilmalardan foydalaniladi. Korotronning asosiy tuzilish elementi toklantiruvchi elektrod va razryadni stabillashtirish uchun mo'ljallangan ekrandan (25-rasm,a) iborat. Odatda korotron to'rtburchak yoki yarimsilindrik shakldagi ekranga joylashtirilgan diametri 0,025—0,080 mm bo'lgan toklantiruvchi simdan iborat. Korotron ekrani yo bevosita, yoki rezistor orqali yerga ulanadi. Zaryadlashni tezlashtirish uchun umumiy ekranga joylashtirilgan ikkita toklantiruvchi simli korotronlardan foydalaniladi. Ba'zi hollarda qo'shimcha elementlar, masalan, simni chang yoki toner zarralaridan tozalash vositalaridan foydalaniladi.



25 - rasm. Skorotron turidagi elektrizatorlarning sxemasi: 1-EFQ yuzasi; 2-chog'lantiruvchi sim; 3-ekran; 4-boshqaruvchi to'r; 5-quvvat manbai

Skorotronlar korotronlardan zaryadlangan EFQ va toklantiruvchi elektrod orasiga joylashtirilgan to'ring mavjudligi bilan farqianadi. Boshqaruvchi elektrod - to'ring kiritilishi EFQ zaryadlanishini berilgan nazorat qilinadigan kattalikkacha amalga oshirilishini ta'minlaydi. Standart geometrik o'lchamlar quyidagicha; toklantiruvchi sim va to'r orasidagi masofa 6—12 mm; to'r va EFQ orasi 4-10 mm; toklantiruvchi sim va ekran orasi 8—15 mm. Toklantiruvchi va to'r simlarining diametri 0,025—0,08 mm. Tezkor uskunalarda bir necha toklantiruvchi simti skorotronlardan foydalaniladi. Zaryadlash, ochiltirish va tozalash bo'limlari bitta blokka birlashtiriladigan almashtiriladigan kartridjlarni (26-rasm) qo'llash printeriarga xizmat ko'rsatishni soddalashtiradi. Ish zahirasi yoki material sarfi tugaganldan keyin kartridj chiqarib olinadi va yangisiga almashtiriladi. Ishlatilgan kartridj qayta tiklanishi va ochiltiruvchi kukun bilan to'ldirilish mumkin.



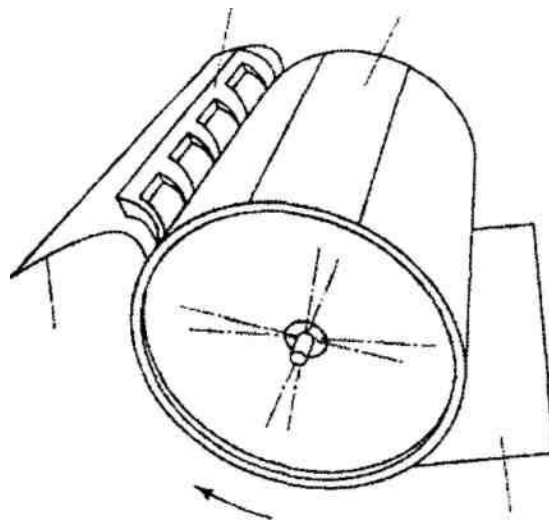
26-rasm. Kartridj ish sxemasi

1-kartridj korpusi; 2-elektrofotografik silindr; 3-zaryadlash bo'limi; 4-eksponirlash uchun darcha; 5-lazer nuri; 6- ochiltirish bo'limi; 7-ko'chirish elektrizatori; 8-qog'oz varag'i; tozalash bo'limi

Ko'chirish jarayoni yakuniga yetgandan so'ng qog'ozning orqa tomonida zaryad qoladi. Uning yordamida fotoretseptor asosi va qog'oz orasidagi elektrostatik tortishish kuchlari ta'siri davom etadi. Qog'ozning ogirlik kuchi bu tortishishni yengish uchun har doim ham yetarli emas. Qog'oz uskunada «tiqilib» qolmasligi uchun uni ajratuvchi maxsus mexanizmlar ko'zda tutilgan. Bu ajratish barmoqlari (27-rasm) va ajratish korotroni bo'lishi mumkin.

Ajratish korotroni ko'chirish korotroniga nisbatan qarama-qarshi qutbli tot hosil qiladi, natijada qog'ozning orqa tomonidagi zaryad neytrallanadi. Biroq zaryadning bir qismi mustahkamlangunga qadar tonerli tasvirni ushlab turishi kerak. Ajratish korotroni ko'chirish korotronidan keyin joylashtiriladi. Zamonaviy uskunalarda tokli simiga o'zgartuvchan kuchlanish beriladigan ajratish korotronidan foydalaniladi.

Elektrofotografik silindr yashirin elektrostatik tasvir va toner qoldiqaridan tozalash uch bosqichda amalga oshadi; dastlabki tozalash, tozalash va zaryadni o'chirish. Tozalash qurilmasi tozalash bo'limi, tonerni tozalash zonasidan tashlash bo'limi va ishlatilgan tonerni chiqarib tashlash yoki qayta ishlatish uchun yig'ish bo'limidan iborat.



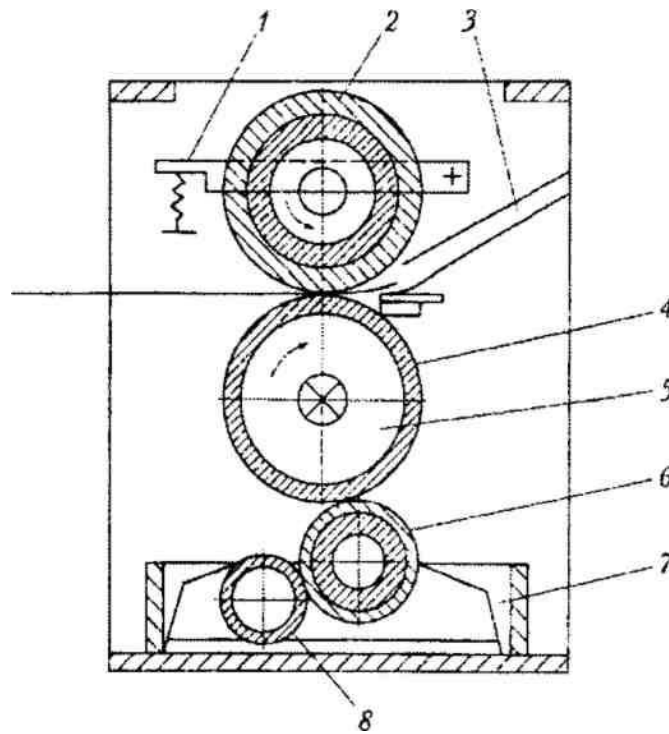
27- rasm. Ajratish barmoqiari

Elektrofotografik silindrda ko'chirishdan so'ng 30% gacha toner qoladi. Uni yuzada elektrostatik kuchlar ushlab turgani uchun tozalash qiyin. Shuning uchun tozalash qurilmasi ikkita tozalovchi element — cho'tka va rakelga ega. Cho'tka dastlabki, rakel pichog'i esa yakuniy tozalashni amalga oshiriladi. Bir komponentli magnitli ochiltirgich bo'lganda dastlabki tozalash magnitli valik bilan amalga oshiriladi.

Zamonaviy printerlarda issiqlik kuchida mustahkamlash keng qo'llanlladi. Issiqlik kuchida mustahkamlash tamoyili quyidagicha. Tonerli tasvirli nusxa bir vaqtning o'zida ham harorat, ham bosim ta'siriga uchrab ikki valiklar (28- rasm) orasidan o'tadi. Bosuvchi valik issiqilikka chldamli rezina qatlami bilan, qizdiriluvchi mustahkamlovchi valik esa ftoroplast qatlami bilan qoplangan.

Mustahkamlashning bunday qurilmalari elektr energiyasi sarfini kamaytiradi, yong'indan xavfsiz va o'lchamlari nisbatan kichik. Mustahkamlash jarayonini aniqlovchi ko'rsatkichlar quyidagilar: yuza mustahkamlovchi valik harorati, qizish vaqti va mustahkamlash zonasidagi bosim. Bu usulning kamchiliklari — tonerning mustahkamlovchi valikka yuqib qolishi va valik elastik qatlamining tez yemirilishi. Yuqib qolishni kamaytirish uchun mustahkamlovchi valikka odatda silikon moyi yoki optistatik suyuqligi surtiladi.

Elektrofotografik stol printerlari shaxsiy EHM asosida qurilgan nashriyot tizimlarining rivojlanishi tufayli matbaa sanoatida keng tarqaldi. Printerlardan kichik bosmaxonalarda ish hujjatlarini tayyorlashda, nashriyotlarda turli adabiyotlarni reproduksiyalanadigan asl nusxa-maket usulida chiqarishda va musahhih nusxalarini olishda muvaffaqiyatli foydalanadilar.



29- rasm. Issiqlik kuchida mustahkamlash qurilmasi:

1-bosish qismi; 2-bosuvchi valik (bosim beruvchi valik); 3-yo'naltiruvchilar; 4-mustahkamlovchi valik; 5-qizdiruvchi; 6-moylovchi valik; 7-rakel; 8-ishlash valigi.

Musahhih nusxalarini tayyorlash uchun 300-600 dpi imkoniyatli printerlardan foydalanish yetarii. Reproduksiyalanadigan ast nusxa-maket olish uchun esa 600—1200 dpi yoki undan yuqori imkoniyatli printerlardan foydalanish maqsadga muvofiq.

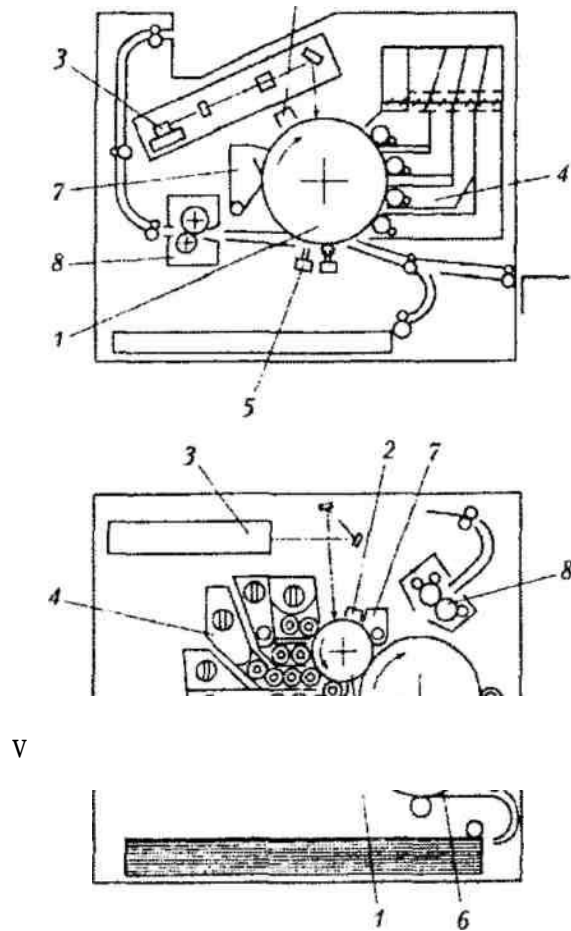
Raqamli svetoproba qurilmalar sifatida ham rangli elektrofotografik printerlardan foydalanitadi. Ularda ham oq-qora printerlar singari, optik-mexanik yoyishli yarimo'tkazgichli lazer yoki LED chizg'ichidan foydalaniladi.

Rangli printerlarning tuzilishi rangli tasvir olish elektrofotografik texnologiyasining bir yoki ikki silindrli varianti tamoyiliga asoslangan. Bir silindrli variant sxemasi 30- rasmda keltiriigan.

Bir silindrli variant — bu ketma-ket ranglarga ajratilgan eksponirlash va to'rt marta (qora bo'yoqni ham qo'shganda) triada EFG silindrida rangli tasvirni to'plashdir. Olingan rangli tasvir bevosita qog'ozga o'tkaziladi va mustahkamlanadi.

Ikki silindrli variant sxemasi 30 v- rasmda keltirilgan. Ikki silindrli variant va uning ochiltirish bo'limlari avtomatik almashtiriladigan modifikatsiyalari lazerli printerlarda ishlatiladi. Bu variant bo'yicha tasvir silindrda ko'p marta eksponirlanadi va ochiltiriladi hamda har gal ko'chirish silindrida tutib turiladigan qog'ozga ko'chiriladi. Rangli tasvirni to'plash jarayoni yakuniga yetganidan so'ng qog'oz varag'i bo'shatiladi va mustahkamlash zonasiga uzatiladi. U yerda kukunli tasvir mustahkamlanadi.

Rangli elektrofotografiya va yorug'likka sezgir materiallarga lazerli yozishning rivojlanishi raqamli bosish mashinasining yaratilishiga olib keladi. Bunday mashinada har bir nusxa olishdan oldin tasvir qolip silindrida hosil qilinadi.



30- rasm. Rangli lazerli printerning bir silindrli (a) va ikki silindrli (b) variant tuzilishlari: 1-EFG silindr; 2-zaryadlash bo'limi; 3-lazer; 4-ochiltirish bo'limlari; 5-ko'chirish bo'limi; 6-ko'chirish silindri; 7-tozalash bo'limi; 8-mustahkamlash bo'limi

Bunday bosish mashinasi an'anaviy varaqli ofset mashinasidan deyarli farq qilmaydi: yon va ort tirkakli pnevmatik o'zi uzatgich; qolip, ofset va bosma silindri; qog'oz o'chirib berish mexanik qurilmasi; qabul stoli.

3.3. Fotonabor avtomatlar

Zamonaviy matbaachilikda ishlab chiqarishning eng muhim bosqichlaridan - fotoqoliplarni tayyorlash jarayoni hisoblanadi. Uning sifatiga to'liq tarzda mahsulotning sifati bog'liqdir. Bugungi kunda fotonabor avtomatisiz (FA) yuqori sifatli rangli matbaa mahsulotini ishlab chiqarish mumkin emas.

Computer-to-film texnologiyasining bosishgacha bo'lgan jarayonida matnning fototasvirini va rastrlangan rasmlarni olish uchun fotonabor avtomatlar qo'llaniladi. Zamonaviy FA larida tasvirni shakllantirish uchun yorug'lik nuri bilan skanerlash ishlatiladi. Yorug'lik dog'ining belgilangan joydan vertikal yoki gorizontal chiziq bo'yiab harakat qilishi va asta-sekin tasvir yozilishi kerak bo'lgan fotomaterialning butun yuzasini bosib o'tishi skanerlash prinsipi hisoblanadi. Bunda yorug'lik signali intensivligini modellashtirishda fotomaterial eksponirlanadi. Bu elementlar orqali shriftli belgilarning tasviri to'liq shakllanadi.

Hozirgi kunda FAda yorug'likning manbasi sifatida lazer qo'llanilmoqda. FAda lazerning yorug'lik manbai tasvirni yozishda muhim ahamiyatga ega. Nurlanishning monoxromatikligi, lazer nurining yuqori intensivligi, nurni tez va yengll boshqarish uning asosiy belgilari hisoblanadi.

Nurlanishning yuqori intensivligi tasvirni yuqori tezlikda yozish imkonini beradi.

Nuqtali-rastr satrlar kcrinishidagi tasvirni yozayotgan lazer nurini boshqarish uchun bir yoki bir necha aks ettiradigan qirralari mavjud va aylanuvchi oynali deflektorlar orqali amalga oshiriladi. Zamonaviy FAlar oynali deflektorlarining aylanish chastotasi bir daqlqada 40000 dan ortiq. Shunday deflektorlar bir marta aylanganda tasvirning bir yoki bir necha nuqtali-rastr satrlar yozilib qoladi.

FAIarda gazli va yarim o'tkazgichli lazerlar - lazer diodlar qo'llaniladi. Gazli lazerlar sifatida - 488 va 633 nm aytarli qisqa to'lqin uzunligiga ega bo'lgan argon ionli(Ar⁺) va geliy-neonli (He-Ne) qo'llaniladi. Zamonaviy fotonabor avtomatlarda yarim o'tkazgichli lazerlardan infraqizil va qizil nurlanishii (to'lqin uzuniigi 780 va

670-680 nm) lazer diodlar qo'llaniladi. To'lqin uzuniigi qanchalik qisqa bo'lsa, fotomateriallarga yozilayotgan nuqta aniq tasvirlanadi.

FAning so'nggi modellari ayrim hollarni hisobga olmaganda ko'zga ko'rinadigan (670-680nm) qizil nur spektrida ishlovchi manba sifatida lazer diodidan foydalaniladi. Lazer diodning afzalligi shundan iboratki, u harorat o'zgarishlariga chidamli, shu bilan birga kichik o'lchamga ega bo'lib eskirib qolishga moyil bolmaydi va deyarli kam energiya isrof qiladi. Ushbu manbaning keng qo'llanilishi ikki sabab bilan izohlanadi. Birinchidan, ushbu manbaga mos keluvchi yangi plyonka ishlab chiqarildi. Plyonkaning yangi turi va qizil manbadan foydalanish endi nurning geliy-neonli manbasi darajasidagi yozib olish sifatini berayapti. Ikkinchidan, geliy-neonli va nurning argonli manbasidan ko'ra lazerli diod arzonidir.

780 nm nurning infraqizil spektrida ishlovchi lazer diod o'rnatilgan FA modellari mavjud va ishlab chiqarilmoqda. Lekin uzun to'lqinga ega bo'lganligi sababl nurning ko'z ko'rindigan qizil spektrida Ishlovchi lazer diodga yozib olish sifatidan pastroq.

FAlarda fotomaterialning joylashish xarakteriga, harakatlantirish va tasvirni yozib berish jihatidan bir necha tuzilish sxemalariga bo'linadi. Hozirgi kunda lazerli FA lar prinsip jihatidan uchta tuzilish sxemasiga ega:

1. Fotomaterial tekislikda joylashib tasvirni bo'yiga qarab yozib (uzluksiz yoki diskretli) harakatlanadi.

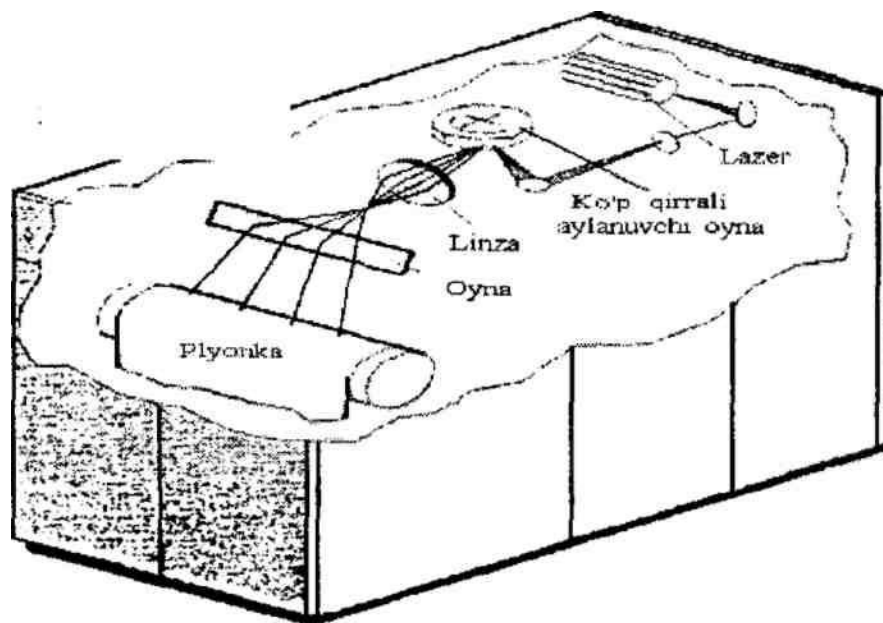
Tasvirning eniga yozllishi uzluksiz aylanadigan ko'p qirrali yohud vaqti-vaqti bilan tebranadigan yon qirrali oynall deflektor orqali amalga oshirlladi. Ushbu sxemadagi FAlari rollkli yoki «kapstan» (ingl. - val) turli avtomatlar deb ataladi (31-rasm).

2. Fotomaterial mahkamlangan baraban yoki yarim barabanning ichki yuzasida joylashadi, tasvirning yozilishi yagona aks ettlruvchi qirra (oyna, to'g'li burchakli prizma yoki pentaprizma) bilan dolm aylanadigan deflektor va eni tomoniga optik sistema va deflektorning baraban o'qi bo'yiab aylanish hisobiga

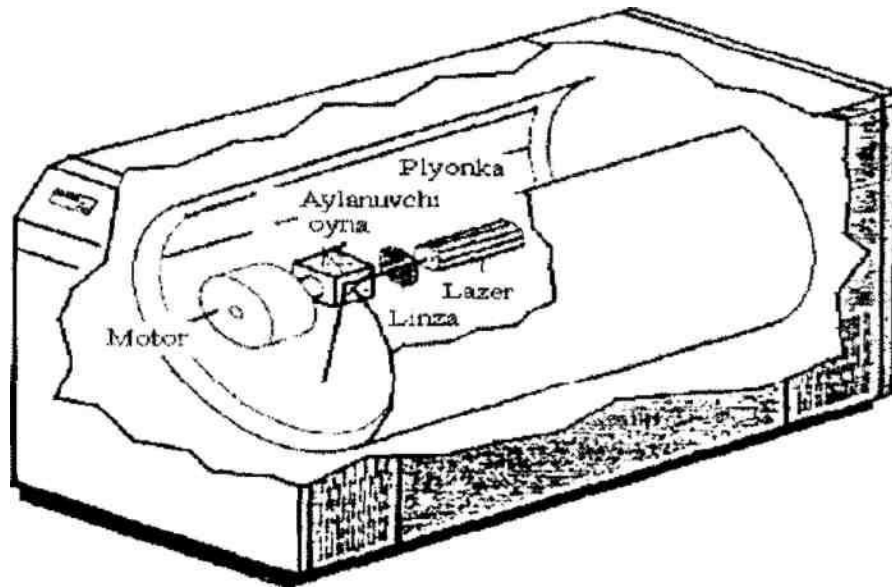
amalga oshiriladi. Yozib olingandan so'ng fotomaterial o'tkazuvchi kassetadan boshiga qaytarilib qabul stoliga topshiriladi. Ushbu sxemadagi fotonabor avtomati «ichki baraban»li avtomatlar turiga kiradi (32-rasm).

3. Fotomaterial (varaqli) uzluksiz aylanuvchi barabanning tashqi yuzasiga joylashadi, tasvirning bo'yiga qarab yozilishi baraban aylanishi hisobiga, eniga qarab yozilishi esa optik sistemaning hosil qiluvchi barabani bo'yiab harakatlanishi orqali amalga oshiriladi. Bunday fotonabor avtomatlar «tashqi baraban»li FAlar turiga kiradi (33-rasm).

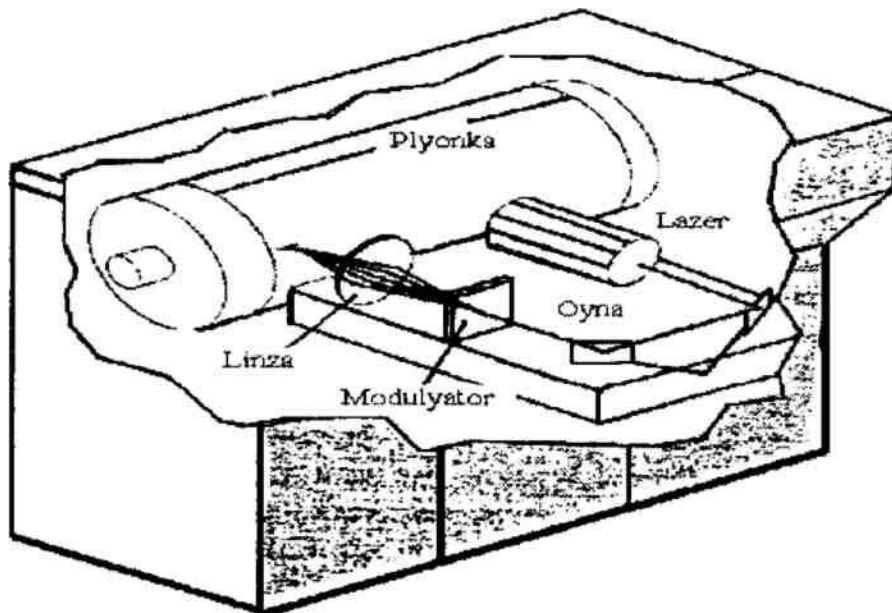
«Kapstan» turidagi FAning asosiy xususiyati tuzilishining soddaligi, yetarli darajada ishonchli va past narxi bilan ajralib turadi. «Kapstan» turli fotonabor avtomatlar boshqa ajralib turadigan xususiyatlariga eni katta bo'lgan plyonkaga yozib olish imkoniyatini ham aytib o'tish o'rinli. Maksimal uzunlik faqatgina rastr prosessori va qabul qiluvchi kasseta sig'imiga bog'liq. Bu avtomatlarni kichik o'lchamligi afzallik deb e'tirof etish o'rinli



31-rasm. «Kapstan» turli fotonabor avtomatlar



32-rasm. «Ichki baraban»li fotonabor avtomatlar



33-rasm. «Tashqi baraban»li fotonabor avtomatlar

«Kapstan» turidagi FAning kamchiliklari optik tizimining qurilmasi, serqirra deflektorlarning aylanish jarayoni va fotomaterial tortish mexanizmining ishi bilan shartlangan.

«Kapstan» turidagi fotonabor uskunalarini mahsulot chiqarish uchun yuqori liniatura (152-200 dpi) talab qilmaydigan, sodda va iqtisodiy jihatdan arzon, unumdorligi o'rtacha texnologiya deyish mumkin.

Hozirda «ichki baraban» prinsipida ishlaydigan fotonabor uskunalari ko'proq tarqalgan. Uskunalar quyidagicha ishlaydi; kassetadan plyonka barabanning ichki yuzasiga etib boradi. U yerda plyonka vakuum sistemasi yordamida yoki mexanik siqish valiklari yordamida mahkamlanadi. Sifat jihatdan qaraganda vakuum sistemasi yaxshiroq. U fotomaterialni barabanning ichki yuzasiga to'liq etishini tamlalaydi. O'lchami 52 sm li Heidelberg Prepress Quasar fotonabor uskunalari mexanik fiksatsiya sistemasiga ega. 72 sm o'lchamli Herkules Pro vakuumli sistemaga, 102 sm o'lchamli Signasetter uskunalari mexanik fiksatsiya sistemasiga ega.

Fotomaterial «ichki baraban»ga o'rnatilgandan va fiksatsiya qilinganidan keyin, baraban o'qidagi karetkaga joylashgan lazer va optik sistema shu o'q bo'yicha siljiydi. Bundan lazer nuri aylantiruvchi prizma yordamida harakatlanish o'qidan siljiydi. Eksponirlangandan keyin fiksatsiya bo'shatiladi va fotomaterial qabul qiluvchi kassetaga tushadi.

Yorug'lik manbaining o'q bo'yiab harakatlanishi turli texnik yo'llar bilan amalga oshirilishi mumkin.

Tasvirning yozilishida shu narsa ahamiyatga egaki, nur silindrning markazida joylashgan va skanerlovchi prizma hamda fotomaterial orasida masofa doimiy o'zgarmasdir, shuning uchun nur fotomaterialga 90° ostida tushadi.

«Ichki baraban»li fotonabor uskunalari tasvirni 305 dpi rastr bilan yozish imkonini beradi.

«Tashqi baraban»li fotonabor uskunalarda fotoplyonka barabanning tashqi yuzasiga emulsiya tarafi yuqoriga qilib o'rnatiladi.

Tasvirni yozish jarayonida baraban aylanadi, fotoplyonka baraban yuzasiga nisbatan normal joylashgan lazer nuri yordamida eksponirlanadi. Lazer nuri baraban o'qiga parallel o'q bo'yiab harakatlanadi.

«Tashqi baraban» turidagi uskunalarning zamonaviylari ko'p nurli yozish imkoniga ega, yani bir vaqtning o'zida bir necha rastr-nuqtali satr yozilishi mumkin, bunda bitta lazer nuri maxsus optik sistema yoki akustooptik modulyator yordamida bir necha nurga ajratiladi. Sunday uskunalar yuqori unumdorlikka ega.

«Tashqi baraban» fotonabor uskunasi uzunligi baraban aylanasi uzunligiga teng fotoplyonkaga tasvir yozadi. Plyonka barabanda vakuum sistemasi bilan fiksatsiya qilinadi. Bu jarayon uzoq vaqtga cho'ziladi. Plyonkani kassetadan olish, uni kerakli uzunlikda kesish, baraban ustiga o'rnatish, vakuum sistemasini ishga tushirib fiksatsiya qilish kerak. Shundan keyingina eksponirlashni boshlash mumkin. Plyonkani barabandan ajratib olish ham malum vaqt talab qiladi.

«Tashqi baraban» sodda tuyulgani bilan yetarlicha murakkab va quyidagi sabablarga ko'ra qimmatdir:

A2 o'lchamli (420x588 mm) fotoplyonkani joylashtirish uchun baraban diametri 135 mm dan kam bo'lmasligi kerak. Aslida esa diametri kattaroq. Vakuum sistemasini baraban aylanayotganda ishga tushirish kerak.

Tasvir yozishning yetarli tezligiga erishish uchun barabanni mutanosib ravishda tez aylantirish kerak. Og'ir barabanni aylantirish va o'zgaras yuqori tezlikni saqlab turish oson emas. Kuchli dvigatel bo'lishi kerak, podshipniklarga katta talab qo'yiladi va barabanning silkinishini oldini olish kerak.

Baraban aylanayotganda plyonka uning sirtidan ko'chib chiqishga intiladi, uni joyida ushlab turish uchun vakuum kerak.

Tasvir hosil qilinishidan oldin plyonka kesilgani uchun uni maxsus kassetalarda saqlash qo'shimcha noqulayliklar keltirib chiqaradi.

«Tashqi baraban»li fotonabor uskunalarida barabanning aylanish chastotasini kamaytirib, yuqorida qayd qilingan muammolardan qutilish mumkin, lekin lazer nurlarini boshqarish qiyinlashadi. Avtomatlarning birgina afzalligi - bu yoruglik manbai fotomaterialga 90 gradusda va juda yaqin joylashishidir.

«Tashqi baraban»li fotonabor uskunalari qimmatligi va ko'pgina kamchiliklari tufayli hozir kam uchraydi, lekin ular tasvirni 5000 dpi da berish imkoniyatiga ega.

Lazerli fotonabor avtomatlar boshqarish va skanerlash qurilmasidan iborat. Boshqarish qurilmasi tasvirdagi ma'lumotni matrisa shaklida kiritish va boshqarish signallarini hosil qilish uchun xizmat qiladi. Bu signallar lazer nurining modulyatsiyasi, fotomaterialning harakatlanishini boshqaradi.

Boshqarish qurilmasi RIP interfeys, asosiy kontroller, xotira va boshqarish bloklaridan iborat.

Lazerli skanerlash qurilmasi (LSU) lazer, modulyator, teleskop, deflektor, ob'yektiv, skanerlash jarayonini sinxronlashtirish sistemasi va lazer nurini korreksiyalashdan iborat.

Fotonabor avtomatlarida yuqori sifatli tasvir olishda yorug'lik manbai sifatida lazer qo'llaniladi.

Lazer nurining intensivligini boshqarish uchun modulyator ishlatiladi. Lazerli fotonabor avtomatlarida elektrooptik (EOM) va akustooptik (AOM) modulyatorlar qo'llaniladi.

Qo'zg'almas modullashtirilgan nurni rastrga aylantirish uchun deflektorlar hizmat qiladi.

Skanerlash qurilmasida akustooptik va optik-mexanik deflektorlar qo'zg'aladigan yoki aylanadigan oynalar ishlatiladi.

Lazerli skanerlash qurilmasining ishlash qobiliyati yuqori bo'lishi uchun ob'yektiv ishlatiladi.

Lazer nurining quvvatini o'zgartirishda neytral svetofiltrlar qo'llaniladi.

Neytral svetofiltrlar - bu yarimshaffof optik sistema tushayotgan nurni to'liq yutib yuboradi.

Har xil liniaturali rastrda tasvirni yozishda har xil diametrdagi mikro nuqta olish uchun diafragmalar qo'llaniladi.

Fotonabor avtomatlarning asosiy texnik xarakteristikalar: yozish o'lchami, imkonli qobiliyat va nuqtaning o'lchami, rastr-liniaturasi, takrorlanish, yozish tezligi.

O'lcham - maksimal o'lcham va eskponirlash o'lchami farqlanadi. Fotonabor avtomatining bu parametri bosish mashinasining o'lchami bilan mos bo'lishi kerak, aks holda fotoqoliplarni qo'lda montaj qilishga to'g'ri keladi, bu esa rangli mahsulot sifatining pasayishiga olib keladi.

Imkonli qobiliyat va nuqta o'lchami. Imkonli qobiliyat deganda uzunlik birligida (odatda dyuymda) hosil qilinadigan nuqtalar soni tushuniladi. Quyidagi imkonli qobiliyatlar ko'proq uchrab turadi: 1270, 1693, 2032, 2540, 3387, 4064, 5080 dpi. Imkonli qobiliyat skanerlovchi va optik sistema tuzilishiga bog'liq.

Agar nuqta diametri imkonli qobiliyat har gal o'zgarganda o'zgarib tursa, maqsadga muvofiq bo'ladi. Bunda nuqta diametri imkonli qobiliyatga nisbatan teskari mutanosiblikda o'zgarishi kerak. Fotonabor uskuna yaratuvchilari shunga intilishadi.

Rastr liniaturasi - bu parametr ko'pincha fotonabor uskunani emas, balki rastr prosessorini xarakterlaydi. Yo'l qo'yiladigan liniatura diapazoni imkonli qobiliyat bilan bog'liq (agar imkonli qobiliyat r dpi bo'lsa, rastr liniaturasi $Lin=r/16$ dpi).

Amalda bosma mahsulot xarakteriga qarab liniaturaga talab qo'yiladi. Jurnal mahsuloti uchun liniatura odatda 133-150 dpi ni, kamroq hollarda, 175 dpi ni tashkil qiladi, reklama mahsuloti uchun 200 dpi gacha chiqishi mumkin.

Takrorlanish - rangli mahsulot uchun fotonabor uskunasi yordamida fotoqolp tayyorlashda to'rtta rang (havorang, pushti, sariq, qora) alohida ranglarga ajratilgan va rastrlangan plyonkalar tayyorlanadi. Bosish jarayonida har xil rangli rastr nuqtalarining yigindisi tasvirni aniq hosil qilishi kerak. Agar o'zgarish yuz bersa tasvir shakli va sifat yo'qotiladi.

Takrorlanish ketma-ket chiqarilgan fotoqoliplarda nuqtalarning o'lchami bo'yicha malum miqdorda maksimal darajada mos tushmasligi bilan xarakterlanadi. Zamonaviy fotonabor uskunalar bu parametr bo'yicha yaxshi ko'rsatkichlarga ega. Masalan, barabanli fotonabor uskunalarida bu miqdor standart 5 mkm ni, «kapstan» turidagi fotonabor uskunalarida esa 25-40 mkm ni tashkil etadi.

Yozish tezligi - barcha zamonaviy fotonabor uskunalar rastrlangan tasvirni yuqori tezlikda yozish imkoniyatiga ega, u esa konstruksiya (deflektorning aylanish chastotasiga, fotomaterial yoki yozish kallagining ishlash tezligiga) va foydalaniladigan imkonli qobiliyatga bogliq. Yozish tezligi fotomaterialning

maksimal kengligi bo'yicha bir daqiqada necha santimetrni eksponirlash qobiliyati bilan belgilanadi.

LinotypeHell firmasi Linotronic seriyasidagi yangi fotonabor uskunalarini ishlab chiqdi. Unga quyidagilar kiradi: «kapstan» turidagi uskunalar Linotronic 260, 300, 330, 500, 530, 560; «ichki baraban»li Linotronic 630, «tashqi baraban»li Linotronic 830, 930.

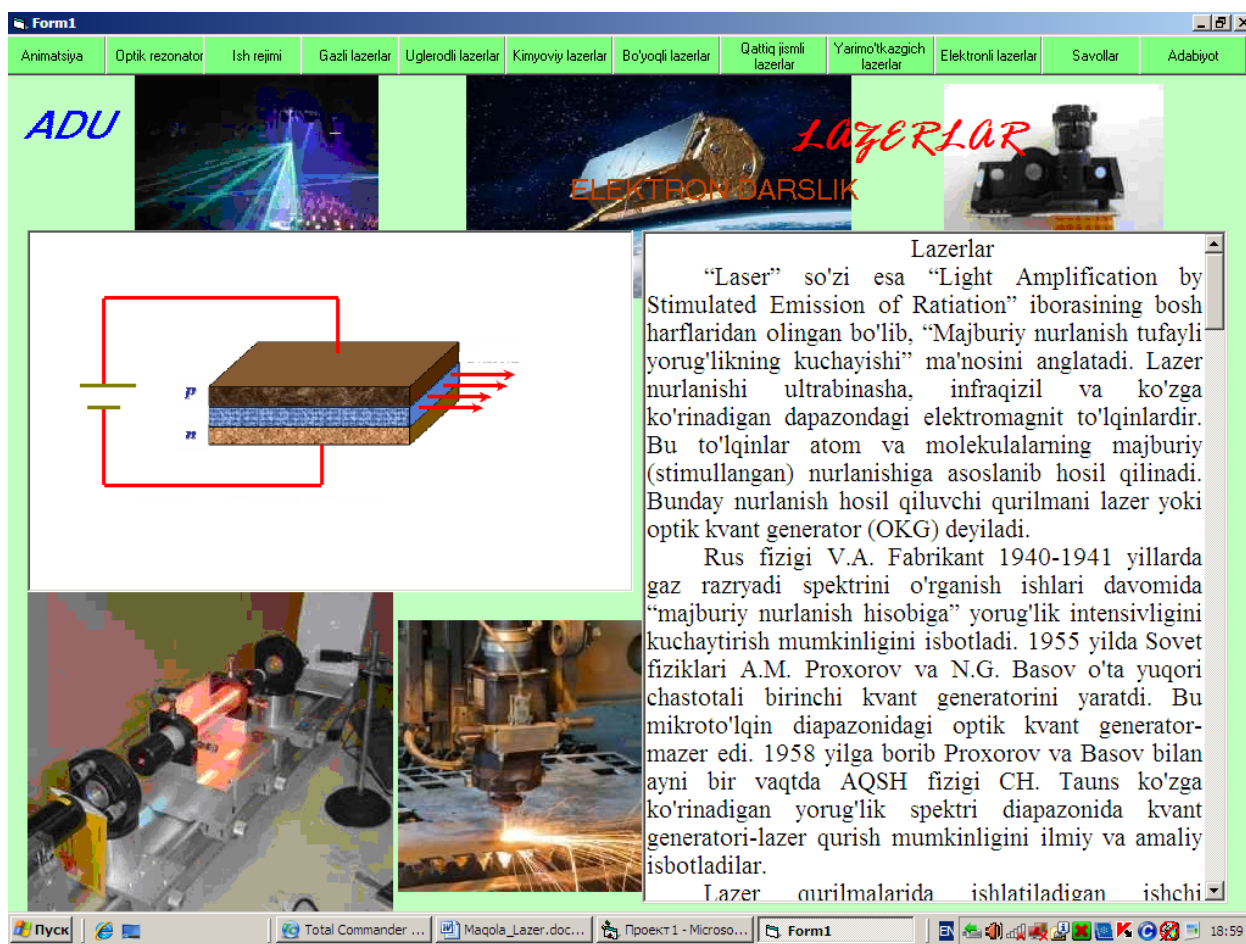
3.4. Lazerlar fizikasidan elektron darslik

Lazerlarni kompyuter yordamida o'rganish uchun Windows tizimida ishlovchi zamonaviy tillardan biri Visual Basic-6.0 da dastur tuzildi. Dasturni tuzishda Microsoft Word, Microsoft FrontPage, Microsoft Paint, Macromedia Flash dasturlaridan samarali foydalanildi.

Dasturning o'ziga xos afzal tomonlari shundaki, foydalanuvchi uni hohlagan marta va hohlagan tezlikda mustaqil ravishda ishlatib ko'rishi, kuzatishi, ta'lim olishi va xulosalar chiqarishi, qolaversa, olgan bilimlarini sinab ko'rishi mumkin. Dastur ishga tushirilganda ekran 34-rasmdagi ko'rinishni oladi.

Dastur “Animatsiya”, “Optik rezonator”, “Ish rejimi”, “Gazli, uglerod oksidli, kimyoviy, bo'yoqli, qattiq jismli, yarimo'tkazgichli, erkin elektronli lazerlar”, “Savollar”, “Adabiyot” kabi tugmalardan, animatsiyalarni tomosha qilish va ma'lumotlar olish oynalaridan tashkil topgan. Foydalanuvchi ixtiyoriy tugmani bosib, shu mavzu haqida ma'lumotlar olishi, rangli tasvirlarini ko'rishi va animatsiyalarni kuzatishi mumkin.

“Adabiyot” tugmasi lazerlarga tegishli adabiyotlar bilan tanishish va chuqurroq bilim olishi uchun mo'ljallangan. “Savollar” tugmasi yordamida olingan bilimlarni sinab ko'rish mumkin.



34-rasm

O'ylaymizki, bu kabi dasturlarni tuzish, ishga tushirish, dars o'tish va mustaqil ta'lim jarayonlarida foydalanish yoshlarning bu fanga bo'lgan qiziqishlarini orttirib, fizik tushuncha va qonuniyatlarni chuqurroq anglab yetishlariga yordam beradi.

3-bobning xulosalari

XX asrning 60 yillaridan boshlangan axborotni lazer nuri yordamida optik qayta ishlash, axborotning yuqori himoyalanganligi, mahsulot tannarxining arzonligi va ishlatish qulay bo'lganligi uchun axborotni kompakt disklarda saqlash hozirgi kunda ommalashib, saqlanayotgan axborotning 70 foizini tashkil etmoqda.

Lazer nurining to'liq uzunligi 405 nm bo'lganda axborotni yozish zichligi $5 \cdot 10^6$ bit/mm², kompakt disklar xajmini 100-120 Gbaytga yetkazish mumkin.

Lazer printerlarida sahifa haqidagi ma'lumotlar lazer nurlari yordamida yorug'likka o'ta sezgir qoplamali aylanuvchan barabanga akslantiriladi. Bu qoplama yorug'lik intensivligiga qarab o'zining elektromagnit xususyatlarini o'zgartiradi.

Zamonaviy matbaachilikda ishlab chiqarishning eng muhim bosqichlaridan - fotoqoliplarni tayyorlash jarayoni hisoblanadi. Bugungi kunda fotonabor avtomatisiz (FA) yuqori sifatli rangli matbaa mahsulotini ishlab chiqarish mumkin emas. Hozirgi kunda FAda yorug'likning manbasi sifatida lazer qo'llanilmoqda. FAda lazerning yorug'lik manbai tasvirni yozishda muhim ahamiyatga ega. Nurlanishning monoxromatikligi, lazer nurining yuqori Intensivligi, nurni tez va yengil boshqarish uning asosiy belgilari hisoblanadi. Nurlanishning yuqori intensivligi tasvirni yuqori tezlikda yozish imkonini beradi.

FAlarda gazli va yarim o'tkazgichli lazerlar - lazer diodlar qo'llaniladi. Gazli lazerlar sifatida - 488 va 633 nm aytarli qisqa to'liq uzunligiga ega bo'lgan argon ionli(Ar⁺) va geliy-neonli (He-Ne) qo'llaniladi. Zamonaviy fotonabor avtomatlarda yarim o'tkazgichli lazerlardan infraqizil va qizil nurlanishii (to'liq uzunligi 780 va 670-680 nm) lazer diodlar qo'llaniladi. To'liq uzunligi qanchalik qisqa bo'lsa, fotomateriallarga yozilayotgan nuqta aniq tasvirlanadi.

Fotomaterial «ichki baraban»ga o'rnatilgandan va fiksatsiya qilinganidan keyin, baraban o'qidagi karetkaga joylashgan lazer va optik sistema shu crq bo'yicha siljiydi. Bundan lazer nuri aylantiruvchi prizma yordamida harakatlanish o'qidan siljiydi. Eksponirlangandan keyin fiksasiya bo'shatiladi va fotomaterial qabul qiluvchi kassetaga tushadi.

Lazerli skanerlash qurilmasi (LSU) lazer, modulyator, teleskop, deflektor, ob'yektiv, skanerlash jarayonini sinxronlashtirish sistemasi va lazer nurini korreksiyalashdan iborat.

Lazer nurining intensivligini boshqarish uchun modulyator ishlatiladi. Lazerli fotonabor avtomatlarida elektrooptik (EOM) va akustooptik (AOM) modulyatorlar qollaniladi.

Lazerlarni kompyuter yordamida o'rganish uchun Windows tizimida ishlovchi zamonaviy tillardan biri Visual Basic-6.0 da dastur tuzildi. Dasturni tuzishda Microsoft Word, Microsoft FrontPage, Microsoft Paint, Macromedia Flash dasturlaridan samarali foydalanildi.

Dasturning o'ziga xos afzal tomonlari shundaki, foydalanuvchi uni hohlagan marta va hohlagan tezlikda mustaqil ravishda ishlatib ko'rishi, kuzatishi, ta'lim olishi va xulosalar chiqarishi, qolaversa, olgan bilimlarini sinab ko'rishi mumkin.

Dastur "Animatsiya", "Optik rezonator", "Ish rejimi", "Gazli, uglerod oksidli, kimyoviy, bo'yoqli, qattiq jismli, yarimo'tkazgichli, erkin elektronli lazerlar", "Savollar", "Adabiyot" kabi tugmalardan, animatsiyalarni tomosha qilish va ma'lumotlar olish oynalaridan tashkil topgan. Foydalanuvchi ixtiyoriy tugmani bosib, shu mavzu haqida ma'lumotlar olishi, rangli tasvirlarini ko'rishi va animatsiyalarni kuzatishi mumkin. "Adabiyot" tugmasi lazerlarga tegishli adabiyotlar bilan tanishish va chuqurroq bilim olishi uchun mo'ljallangan. "Savollar" tugmasi yordamida olingan bilimlarni sinab ko'rish mumkin.

O'ylaymizki, bu kabi dasturlarni tuzish, ishga tushirish, dars o'tish va mustaqil ta'lim jarayonlarida foydalanish yoshlarning bu fanga bo'lgan qiziqishlarini orttirib, fizik tushuncha va qonuniyatlarni chuqurroq anglab yetishlariga yordam beradi.

UMUMIY XULOSALAR

Shunday qilib, ushbu magistrlik dissertatsiyasida lazer nurining asosiy xossalari, ishlash prinsipi, turlari va qo'llanilish soxalari ko'rib chiqildi hamda lazerlarni kompyuterda o'rganish uchun elektron darslik yaratildi.

Dissertatsiya bo'yicha quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

Lazerlarning, ya'ni elektromagnit to'lqinlarning modda bilan o'zaro ta'sirlashuvining tabiati va effektivligi elektromagnit to'lqin oqimining zichligiga yoki intensivligiga bog'liq bo'ladi.

A.Eynshteyn 1916 yili kvant tushunchalar asosida majburiy nurlanish jarayoni bo'lishi mumkinligi haqidagi o'z gipotezasi asosida emperik formulani keltirib chiqardi.

Zarrani yuqori energetik sathdan quyi energetik sathga majburiy o'tishdagi elektromagnit kvant nurlanishi uni majburlovchi elektromagnit nurlanishi kvantiga aynan o'xshash bo'ladi.

Kogerent nurlanish faol muhitni o'tayotganda uning kuchayish va susayish jarayonlari o'zaro tenglashguncha intensivligi ortib boradi. Shundan so'ng kuchaytirilayotgan nurlanish intensivligi o'zgarmay qoladi va o'zining maksimal qiymatiga erishadi.

Lazer nurlanishi o'ta monoxromatik bo'lgani sababli, u kvant kuchaytirgichni o'tish jarayonida monoxromatiklik xususiyatini yanada yaxshilaydi.

Lazer nurlanishining kogerentlik darajasi faol muhitning vaqt o'tishi bilan parametrlarining o'zgarishi, optik rezonator elementlarining akustik va mexanik ta'sirlar natijasida tebranishlariga bog'liq.

Lazerlarning paydo bo'lish jarayonlarida noizoxronlik, angarmoniklik va dinamik xaos kabi fundamental effektlar muxim ahamiyatga ega.

Nochiziqli tebranishlar harakatining fazoviy traektoriyasi energiyaning qiymatiga qarab tebranma, separatrisa va rotatsion ko'rinishlarda bo'ladi.

Geliy-neon lazeri gazli lazerlar majmuasiga kiradi. Bunda geliy atomlari konsentratsiyasi neon atomlari kontsentratsiyasidan ko'p bo'lishi kerak. Razryad nayining devorlarida neon atomi 1S sathdagi energiyasini berib asosiy sathga tushadi va shuning uchun razryad nayining diametrini kichraytirish zarur. Tajribada razryad nayining diametri gaz bosimiga qarab 1-5 mm atrofida olinadi.

Tajribalar natijasida gaz aralashmasi bosimini razryad nayi diametriga bo'lgan ko'paytmasining optimal qiymati, geliy-neon lazerlarida 0,44-0,53 mPa oralig'ida bo'lishi topilgan.

Sanoatda ishlab chiqilgan geliy-neon lazerlarda razryad nayining uzunligiga qarab, elektr tokining optimal qiymati 5-50 mA atrofida bo'ladi.

Qattiq jisimli lazerlarga juda ko'p turdagi optik kvant generatorlar kiradi. Ularning ishchi jismlarida invers to'ldirilganlik optik damlash yo'li bilan hosil qilinadi. Qattiq jisimli lazerlar davomiyligi 1 ms dan kichik bo'lgan impulsli rejimda ishlaydi.

Impulsli nurlanishning quvvatini oshirish va uning vaqtini qisqartirish uchun qattiq jisimli lazerda optik rezonator aslligini modulyatsiya qilish usuli qo'llaniladi.

XX asrning 60 yillaridan boshlangan axborotni lazer nuri yordamida optik qayta ishlash, axborotning yuqori himoyalanganligi, mahsulot tannarxining arzonligi va ishlatish qulay bo'lganligi uchun axborotni kompakt disklarda saqlash hozirgi kunda ommalashib, saqlanayotgan axborotning 70 foizini tashkil etmoqda.

Lazer nurining to'lqin uzunligi 405 nm bo'lganda axborotni yozish zichligi $5 \cdot 10^6$ bit/mm² ga teng bo'lishini, kompakt disklar xajmini 100-120 Gbaytga yetkazish mumkin.

Lazer printerlarida sahifa haqidagi ma'lumotlar lazer nurlari yordamida yorug'likka o'ta sezgir qoplamali aylanuvchan barabanga akslantiriladi. Bu qoplama yorug'lik intensivligiga qarab o'zining elektromagnit xususyatlarini o'zgartiradi.

Zamonaviy matbaachilikda ishlab chiqarishning eng muhim bosqichlaridan - fotoqoliplarni tayyorlash jarayoni hisoblanadi. Bugungi kunda fotonabor

avtomatisiz (FA) yuqori sifatli rangli matbaa mahsulotini ishlab chiqarish mumkin emas. Hozirgi kunda FAda yorug'likning manbasi sifatida lazer qo'llanilmoqda. Nurlanishning monoxromatikligi, lazer nurining yuqori intensivligi, nurni tez va yengil boshqarish uning asosiy belgilari hisoblanadi. Nurlanishning yuqori intensivligi tasvirni yuqori tezlikda yozish imkonini beradi.

FAlarda gazli va yarim o'tkazgichli lazerlar - lazer diodlar qo'llaniladi. Gazli lazerlar sifatida - 488 va 633 nm aytarli qisqa to'lqin uzunligiga ega bo'lgan argon ionli(Ar^+) va geliy-neonli (He-Ne) qo'llaniladi. Zamonaviy fotonabor avtomatlarda yarim o'tkazgichli lazerlardan infraqizil va qizil nurlanishii (to'lqin uzunligi 780 va 670-680 nm) lazer diodlar qo'llaniladi. To'lqin uzunligi qanchalik qisqa bo'lsa, fotomateriallarga yozilayotgan nuqta aniq tasvirlanadi.

Lazerli fotonabor avtomatlar boshqarish va skanerlash qurilmasidan iborat. Boshqarish qurilmasi tasvirdagi ma'lumotni matrisa shaklida kiritish va boshqarish signallarini hosil qilish uchun xizmat qiladi. Bu signallar lazer nurining modulyatsiyasi, fotomaterialning harakatlanishini boshqaradi.

Lazerli skanerlash qurilmasi (LSU) lazer, modulyator, teleskop, deflektor, ob'yektiv, skanerlash jarayonini sinxronlashtirish sistemasi va lazer nurini korreksiyalashdan iborat.

Lazerlarni kompyuter yordamida o'rganish uchun Windows tizimida ishlovchi zamonaviy tillardan biri Visual Basic-6.0 da dastur tuzildi. Dasturni tuzishda Microsoft Word, Microsoft FrontPage, Microsoft Paint, Macromedia Flash dasturlaridan samarali foydalanildi.

Dasturning o'ziga xos afzal tomonlari shundaki, foydalanuvchi uni hohlagan marta va hohlagan tezlikda mustaqil ravishda ishlatib ko'rishi, kuzatishi, ta'lim olishi va xulosalar chiqarishi, qolaversa, olgan bilimlarini sinab ko'rishi mumkin.

O'ylaymizki, bu kabi dasturlarni tuzish, ishga tushirish, dars o'tish va mustaqil ta'lim jarayonlarida foydalanish yoshlarning bu fanga bo'lgan qiziqishlarini orttirib, fizik tushuncha va qonuniyatlarni chuqurroq anglab yetishlariga yordam beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI:

1. Karlov N. V. Lektsii po kvantovoy elektronike. M.: Nauka, 1988.
2. Zvelto O. Prinsipi lazerov. M.: Mir, 1990.
3. Krilov K. I. i dr. Osnovi lazernoy texniki. L.: Mashinostroyeniye, 1990.
4. Tursunov A. T., Tuxliboyev O. Kvant elektronikasiga kirish. T.: O'qituvchi, 1992.
5. Tarasov L. V. Fizicheskiye osnovi kvantovoy elektroniki. M.: Sovetskoye radio, 1976.
6. Ryabov S. G. i dr. Pribori kvantovoy elektroniki. M.: Sovetskoye radio, 1976.
7. Spravochnik po lazeram, v dvux tomax (Pod redaktsiyey A. M. Proxorova). M.: Sovetskoye radio, 1978.
8. Frost T. One to One new MMI Poll: what is the future for CD? // One to One. – 2003. – № 1. – R. 31-33.
9. Petrov V.V., Makurochkin V.G., Tokar A.P. Opticheskiy disk kak yedinyy nositel informatsii // Materialy simpoziuma «Optoelektronnaya sistema zapisi, xra
10. Petrov V.V., Shanoylo S.M., Kryuchin A.A., Kozheshchik V.I., Tokar A.P., Zymenko V.I. Optical immersion as a new way to increase information recording density // Proc. SPIE. – 1991. – Vol. 1831. – P. 2-12.
11. Petrov V.V., Shanoylo S.M., Kryuchin A.A., Kosyak I.V. O probleme soxraneniya zvukovogo kulturnogo naslediya. Materialy konferentsii «Informatsiya dlya vsekh: kultura i tekhnologii informatsionnogo obshchestva» – EVA 2002. – Moskva, 2-7 dekabrya 2002.
12. Guo F., Schlesinger T.E., Stancil D.D. Optical field study of near-field optical recording with a solid immersion lens // Appl. Optics. – 2000. – Vol. 39, № 2. – R. 324-332.
13. Z.Mehmonova, D.Dolimova, N.Otaxonova, M.Nosirov Fizika masalalarini yechishda “Universal hisoblagich”dan foydalanish, ADU xabarnomasi, Andijon, 4/2011, 101-103 b.

14. Z.Mehmonova, D.Dolimova, N.Otaxonova, M.Nosirov Fizika masalalarini yechishda “Universal hisoblagich”dan foydalanish, Физика, математика, информатика, 2011, №5, 24-29 б.
15. Z.Mehmonova, В.Абдуазимов, M.Nosirov M.Кучкарова Mexanikadan virtual laboratoriyalar yaratishda Visual beysikdan foydalanish, АДУ илмий хабарномаси, Андижон, 1/2012, 101-103 б.
16. Z.Mehmonova, J.Alieva, M.Nosirov «Elektr va magnetizm»ga oid virtual laboratoriyalar yaratishda animatsiyalardan foydalanish, Таълим муаммолари, 2013, 78-82 б.
17. Z.Mehmonova, M.Nosirov, О.Парпиева «Электр ва магнетизм»дан виртуал лабораториялар АДУ илмий хабарномаси, 2013, 38-42 б
18. Z.Mehmonova, M.Nosirov Fizikaning «Elektr va magnetizm» bo’limiga oid virtual laboratoriyalar Физика, математика, информатика, 2013, 45-49 б.
19. М.Носиров, З.Меҳмонова, З.Солохидинова Математик маятникнинг синусоидал очизикли тебранишлари, Илмий хабарнома, АДУ, 2014, №3,
20. Z.Mehmonova, D.Dolimova, M.Nosirov Lazerlarni o’rganishda yangi texnologiyalardan foydalanish, XXI asr texnologiyalari, 2014, № 2
21. Z.Mehmonova, Н.Носирова, M.Nosirov Универсал хисоблагич, Патент № DGU 02224, 2011
22. Z.Mehmonova, M.Nosirov, M.Кучкарова Механикадан виртуал лабораториялар, Патент № DGU 02276, 2011
23. Z.Mehmonova, Д.Долимова, M.Nosirov Электр ва магнетизмдан виртуал лабораториялар, Патент № DGU 02582, 2012
24. Z.Mehmonova, О.Бозаров, M.Nosirov Ёруғликнинг синиш қонунини ўрганишда виртуал лабораториялардан фойдаланиш, Қарши, 2010, 197-б.
25. Z.Mehmonova, V.Abduazimov, M.Qo’chqorova, M.Nosirov, G.Mahkamova Fizika masalalarini yechishda “universal hisoblagich” dasturidan foydalanish, Қуёш энергиясини ўзгартиришнинг фотоэлектрик ва иссиқлик-физикавий асослари, Фарғона, 2011, Рес илм-тех конф.мат, 196 б.