LAZERLARNING ASOSIY HOSSALARI

I.I. Anarboyev
Andijon davlat texnika instituti
Email: iqboljon.anarboyev@mail.ru

Annotatsiya: Spektrning optik qismida ishlatiladigan yorug‘lik manbalarining nurlanishi kogerent bo‘lmaydi, masalan, manbaning butun nurlanishi uning atomlari, molekulalari, ionlari, erkin elektronlari kabi mikroskopik elementlari chiqarayotgan va o‘zaro kogerent bo‘lmagan oqimlardan tashkil topgan bo‘ladi. Gaz razryadining yorug‘lanishi, su’niy va tabiiy manbalarning issiqlik nurlanishi, turli usulda uyg‘otilgan lyuminessensiya kogerent bo‘lmagan nurlanishga misol bo‘la oladi.

Kalit so‘zlar: lazerlar, yorug‘lik, optik kvant generatorlari, kogerent nurlar

Аннотация: Излучение источников света, используемых в оптической области спектра, не является когерентным, например, всё излучение источника состоит из взаимно некогерентных потоков, испускаемых его микроскопическими элементами, такими как атомы, молекулы, ионы, свободные электроны. Примерами некогерентного излучения являются свет газовых разрядов, тепловое излучение искусственных и естественных источников, а также люминесценция, вызванная различными методами.

Ключевые слова: лазеры, свет, оптические квантовые генераторы, когерентные лучи

Abstract: The radiation of light sources used in the optical part of the spectrum is not coherent, for example, the entire radiation of the source consists of mutually incoherent streams emitted by its microscopic elements, such as atoms, molecules, ions, free electrons. Examples of incoherent radiation include gas discharge light, thermal radiation from artificial and natural sources, and luminescence induced by various methods.

Keywords: lasers, light, optical quantum generators, coherent rays

Kirish

XX asrning 60 yillari boshida boshqa tipdagi yorug‘lik manbalari yaratilgan bo‘lib, ular optik kvant generatorlari (OKG) yoki lazerlar deb ataladi. Kogerent bo‘lmagan manbalardagiga qarama-qarshi ravishda kvant generatorning bir-biridan mikroskopik masofalarda bo‘lgan qismlaridan chiqayotgan elektromagnitik to‘lqinlar o‘zaro kogerent bo‘ladi. Bu jihatdan kvant generatorlari kogerent radio to‘lqinlari manbalariga o‘xshash bo‘ladi.

Nurlanishning kogerentligi optik kvant generatorlarining qariyib hamma xususiyatlarida ko‘rinadi. Nurlanishning to‘la energiyasi bundan istisno bo‘ladi, chunki bu energiya kogerent bo‘lmagan manbalardagi kabi dastavval uzatilayotgan energiyaga bog‘liq bo‘ladi. Lazerlarning nurlanishi kogerentligi bilan bog‘langan

ISSN 3030-3907

ajoyib xususiyati shundan iboratki, energiya vaqt davomida, spektrda, fazoda tarqalish yo‘nalishlari bo‘yicha konsentratsiyalanadi. Ba’zi kvant generatorlarining nurlanishi yuqori darajada monoxromatik bo‘ladi. Boshqa lazerlar davom etish vaqti 10^{-12} s ga teng bo‘lgan juda qisqa impulslar chiqaradi; shuning uchun bunday nurlanishning oniy quvvati juda katta bo‘lishi mumkin.

ADABIYOTLAR TAXLILI

Lazerlarning yaratilishi insoniyat ilmiy-texnik taraqqiyotining ulkan yutuqlaridan biri desa bo‘ladi. Lazerlar yaratilishining boshlanishi 1916 yilga borib taqaladi. O‘sha yili buyuk fizik olim A.Eynshteyn birinchi bo‘lib, majburiy nurlanish tushunchasini kiritdi, va nazariy yo‘l bilan majburiy nurlanish uni majburlovchi nurlanishga kogerentligini (mosligini) ko‘rsatadi. 1930 yilda P.Dirak o‘zi tomonidan yaratilgan nurlanishning kvantomexanik nazariyasi asosida majburiy nurlanish va uning kogerentlik xususiyatlarini chuqurroq va aniqroq taxlil qilib, tushuntirib berdi. Lekin bu lazerning yaratilishi uchun yetarli emas edi. 1930 yildan boshlab optik spektroskopiya sohasida ko‘plab ilmiy-tadqiqot ishlari boshlanib ketdi. Bu izlanishlar natijasida atomlar, molekulalar, ionlarning energetik sathlari haqida ko‘plab ma’lumotlar olindi va keyinchalik turli lazerlarning yaratilishida ishlatildi. Bu ishlarga S.Ye.Frish va V.A.Fabrikant kabi Rossiya olimlari ham o‘z hissalarini qo‘shishdi[1].

Qudratli lazer texnologiyasi mashinasozlikda, avtomobil sanoatida, qurilish materiallari sanoatda qo‘llaniladi. U materiallarga ishlov berish sifatini oshiribgina qolmay, ishlab chiqarish jarayonlarining texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini ham yaxshilaydi. Masalan, 14 mkm qalinlikdagi po‘lat listlarni lazer bilan payvandlash tezligi 100 m/soat ga yetadi; bunda 10 kVt(soat elektr energiya sarflanadi[2].

Bundan ham quvvatliroq lazer texnikasi rivojlanishi bilan lazer nurlanish energiyasi an’anaviy energiya turlari (elektr tok energiyasi, mexanik energiya, ximiya jarayonlar energiyasi) bilan bir qatorda xalq xo‘jaligida borgan sari keng qo‘llanilmoqda[3].

Lazerlar fizikasi fan sifatida 19 asr oxirlari va 20 asr boshilaridagi yorug‘lik haqidagi tushunchalar, termodinamika va kvant mexanikasi fanlari asosida tashkil topdi.

O‘sha vaqtga kelib, optikadagi turli fizik jarayonlarni tushuntirishda yorug‘likning to‘lqin va korpuskulyar (zarracha) nazariyalaridan foydalanish yo‘llari ishlab chiqib bo‘lingandi[4]. Difraktsiya, interferentsiya va qutblanish hodisalarini yorug‘likning to‘lqin tabiati bilan tushuntirish mumkin. Bu holda yorug‘likni elektromagnit to‘lqin sifatida qaralib, u elektr va magnit maydonlarining amplitudasi, chastotasi ν yoki to‘lqin uzunliklari λ bilan tavsiflanadi.

Ushbu ikki ν va λ kattaliklar quyidagi

ISSN 3030-3907

$$\lambda = c / \nu \qquad (1)$$

munosabat bilan bog‘langa.

Bu yerda s-yorug‘likning vakuumdagi tezligi.

TADQIQOT USULI

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

$$\bar{\rho} = \int_0^{\infty} \rho_{\nu} d\nu = \left(E^2 + H^2\right) / 8\pi \qquad (2)$$

ko‘rinishda ifodalash mumkin. Bu yerda ρ_{ν}-elektromagnit nurlanishining spektral hajmiy zichligi bo‘lib, o‘lchamligi J⁄sm^3·Gts bo‘lib, ye^2 va N^2-lar elektromagnit to‘lqinning o‘rtacha kvadratik elektr hamda magnit kuchlanganliklaridir.

Elektromagnit to‘lqinlarning modda bilan o‘zaro ta’sirla-shuvining tabiati va effektivligi elektromagnit to‘lqin oqi-mining zichligiga yoki I intensivligiga bog‘liq bo‘ladi. Elektro-magnit to‘lqinning elektr maydon kuchlanganligi ye uning inten-sivligi I bilan quyidagi

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

munosabat orqali bog‘langan[5].

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

$$\varepsilon_f = h\nu \qquad (4)$$

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

$$I = h \cdot \nu \cdot n_f \cdot s \qquad (5)$$

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

$$\rho_{\nu} = 8\pi\nu^2 kT/c^3 \qquad (6)$$

formula esa spektral $\rho(\nu)$ zichlikning chastotaga bog‘liqligini faqat katta to‘lqin uzunliklarda, ya’ni $h\nu << kT$ 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[6].

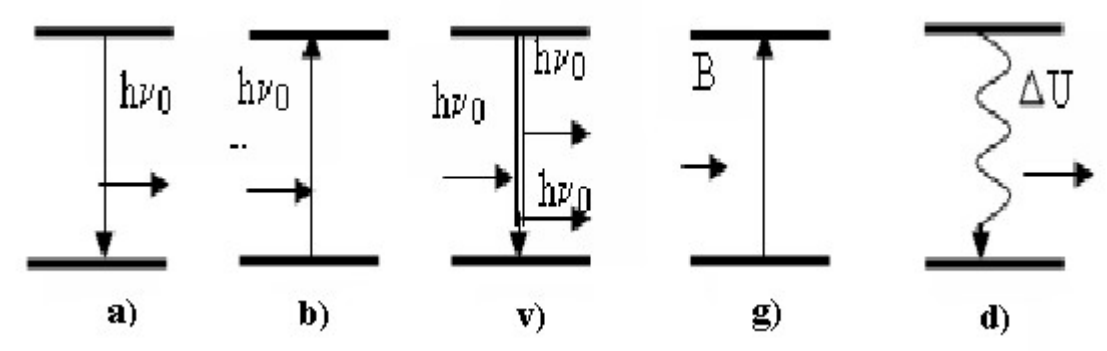
Moddalar tomonidan nurlanishning tajribada aniqlanayotgan spektral zichlikning chastotaga bog‘liqlik taqsimoti Plank taklif etgan emperik

$$\rho_{\nu} = (8\pi\nu^2 / c^3) \cdot [h\nu / (e^{h\nu/kT} - 1)] \qquad (7)$$

formuladagi taqsimot bilan yaxshi mos tushgan edi.

ISSN 3030-3907

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 (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[6]. 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



1-rasm. Ikki sathli kvant tizimda zarralarning bir sathdan

ikkinchi sathga nurlanishli (a, b, v) va nurlanishsiz (g, d) o'tishlari. holatlaridagi zarralarning turli xil o'tishlari 1-rasmda ko'rsatilgan.

TAHLIL VA NATIJALAR

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

$$h\nu_o = \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \qquad (8)$$

spontan nurlanish berib o'tishi mumkin.

Ushbu o'tishni sxematik ravishda quyidagicha

$$A(2) \rightarrow A(1) + h\nu_o \qquad (9)$$

tenglama bilan ifodalash mumkin[7].

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 koeffisienti o'zaro quyidagi munosabat

ISSN 3030-3907

$$\tau_0 = 1/A_{21} \qquad (10)$$

orqali bog‘langan.

Spontan o‘tishlar natijasida yuqori energetik sathdagi zarralar N_2 kontsentratsiyasining o‘zgarishi quyidagi

$$N_2 = N_{20} \exp(-t/\tau_o) \qquad (11)$$

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[8].

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) $\Delta U=-\Delta\varepsilon$ kinetik energiya sarf bo‘ladi va quyidagi

$$A(1) + B \xrightarrow{\Delta U} A(2) + B \qquad (12)$$

ifodada ko‘rsatilgandek ravishda ro‘y beradi.

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

$$A(2) + B \rightarrow A(1) + B + \Delta U \qquad (13)$$

ko‘rinishda ro‘y berishi mumkin.

XULOSA

Zarralarning bir sathdan ikkinchi sathga majburiy o‘tishlari A. Eynshteynning gipotezasiga binoan faqat 8 ifodadagi shartni qanoatlantiruvchi elektromagnit rezonans kvantlar bilan o‘zaro ta’sirlashuvda ro‘y berishi, ya’ni majburiy o‘tishlarining ehtimolligi ν_o chastotali tashqi elektromagnit maydondagina noldan farqlidir. A.Eyneshteynning 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

$$A(1) + h\nu_o \rightarrow A(2) \qquad (14)$$

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

$$A(2) + h\nu_o \rightarrow A(1) + 2h\nu_o \qquad (15)$$

ISSN 3030-3907

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 proportsionaldir, ya’ni

$$\left.\begin{aligned} W_{12} &= B_{12}\,\rho(\nu) \\ W_{21} &= B_{21}\,\rho(\nu) \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

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

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.

ADABIYOTLAR

1. M. S. Saidov, B. M. Abdurakhmanov, and L. O. Olimov. // Applied Solar Energy 2007, vol. 43. 4, p.203÷207.

2. Саидов А.С., Лейдерман А.Ю., Маншуров Ш.Т. Особенности поликристаллического кремния, полученного пятикратной переплавкой на солнечной печи. // Гелиотехника, 2010, №2, 35-38.

3. PatentUz IAP 0561. **Termoelektrik material va uni tayyorlash usuli** 29.06.2018. Byul., № 6. B.M. Abduraxmanov, M.M. Adilov. M.X. Ashurov. va boshqalar.

4. Patent FAP20190154 25.02.2021. Granulalangan yarimo‘tkazgichli termoelektrik materiallar tayyorlash usuli Olimov L.O., Anorboev I.I., Mamirov A., Omonboev F.L., Omonboeva M.L.

5. L.O. Olimov, I.I. Anarboyev. Some electrophysical properties of polycrystalline silicon obtained in a solar oven // Silicon. Springer Nature Published: 27 January 2022 volume 14, p.p 3817–3822(№11 Springer, Impact Factor 2,941)

6. L.O. Olimov, I.I. Anarboyev. Some electrophysical properties of polycrystalline silicon obtained in a solar oven // Silicon. Springer Nature Published: 27 January 2022 volume 14, p.p 3817–3822(№11 Springer, Impact Factor 2,941)

7. L.O. Olimov, I.I. Anarboyev, A.M. Mamirov Granullangan yarimutkazgichli termoelektrik materiallar tayyorlash usuli // Uzbekistan Respubliki Fanlar akademyasining maruzalari // 2020 y. №4, bet.20 -24. (№7)

8. L.O.Olimov, I.I.Anarboyev, Issledovaniye mikrostrukturi i elektricheskix svoystv kremniya, poluchennogo chastichnim nagrevom solnechnogo izlucheniya

ISSN 3030-3907

// Andijon Davlat Universiteti Ilmiy Xabarnoma fizika – matematika tatqiqotlari 2021. V 3.I 2 pp 43-47.(№13)

ISSN 3030-3907