



Nochiziqli Optik Muhitlarning Xususiyatlarini Taxlil Qilishda O'z-O'zini Fokuslash Va O'z-O'zini Defrkukslashning Qo'llanishi

Sharipova Mashhura Shamshiddinovna

shakir_nishanov22@mail.ru

Annotatsiya: Maqolada Nochiziqli optika prinsiplari ko'rib chiqiladi. lazer nurlanishi va nochiziqli optika effektlaridan foydalanishga asoslangan zamonaviy optikani to'liq xarakterlanadi.

Kalit so'zlar: Zamonaviy optika, Nochiziqli optika lazer nurlanishi va nochiziqli optika effektlar.

1. Nochiqli optikaning tarixi

Zamonaviy nochiziqli optikaning asosiy holatini tushuntirishdan oldin, shu sohaning mashhur mutaxassisi I.R.Shenning «Nochiziqli optika prinsiplari» kitobidan quyidagi satrlarni keltirsa o'rinli bo'ladi: «Bizning atrofimizdagi barcha fizikaviy jarayonlar chiziqli kechganda, fizika juda zerikarli, hayot esa umuman bo'lmagan bo'lar edi». Baxtimizga biz nochiziqli olamda yashayapmiz. Agar chiziqiylik fizikaga bezak bersa, nochiziqiylik esa uni jozibador ko'rsatadi». Bu so'zlar lazer nurlanishi va nochiziqli optika effektlaridan foydalanishga asoslangan zamonaviy optikani to'liq xarakterlaydi.

S.I.Vavilov «mikrostruktura sveta» kitobida o'zing 20-yillarda o'tkazgan kuzatishlarini va undan keyingi tajribalarini umumlashtirib quyidagi fikrlarni bildirgan edi.

«Yutayotgan muhitdagi nochiziqlik faqat absorbsiyaga nisbatan kuzatilishi shart emas. Absorbsiya dispersiya bilan bog'langan, demak yorug'likning muhitda tarqalish tezligi umuman olganda yorug'lik quvvatiga bog'liq bo'lishi kerak. Shu sababli muhitning boshqa optik xususiyatlarida ikkiga ajralib sinishda – dixroizm, aylantirish qobiliyatida va hokazolarda umumiy holda yorug'lik quvvatiga bog'liq ko'rinishi, ya'ni superpozitsiya prinsipi buzilishi kerak». Chiziqli bo'lmagan optikaning lazer nurlanishining tarqalishini eksperimental tekshirish bilan bog'langan keyingi rivojlanishi oqibatida Vavilovning bo'lishi mumkin bo'lgan chiziqli emas hodisalarning xilma-xil ekanligi haqidagi fikri tasdiqlanibgina qolmay, balki u aytib o'tgan hamma konkret effektlar kuzatildi. Shuning uchun Vavilov haqli ravishda chiziqli bo'lmagan optikaning asoschisi hisoblanadi.

Vavilov chiziqli bo'lmagan hodisalarning sababini yorug'likni yuta oladigan molekula yoki atomlar sonining o'zgarishida, ya'ni atom, molekularning uyg'ongan holatga o'tishi va bu holatda bo'lish vaqtining o'zgarishida ko'rgan. Chiziqli bo'lmagan hodisalar yuqorida ko'rsatilgan sabablardan tashqari yana qator sabablar tufayli ham yuz beradi. Shunga mos ravishda lazer nurlanishining tarqalishini o'rganganda topilgan chiziqli bo'lmagan hodisalar to'plami yanada turli-tuman bo'lib chiqdi.

Yuqorida keltirilgan boblardan ma'lumki, optika fizikaning yetarli darajada yaxshi o'rganilgan sohasiga kiradi. Optik jarayonlarga qiziqish katta ekanligi tabiiydir. Chunki odam atrof olam haqidagi ma'lumotlarning 80-85% ni ko'rish orqali oladi. Avval boshida optika, ko'rish



sohasidagi elektromagnit to'liqlarni o'rganish, ya'ni odam ko'zi qabul qiladigan to'liqlar ($\lambda=0,40\div 0,76$ mkm) bilan cheklangan. Shunday qilib, yorug'lik - bu elektromagnit tebranishlarning aniq bir to'liq uzunlikli sohasi deb hisoblash mumkin.

Zamonaviy optika ko'rish sohasiga tutashgan ultrabinafsha sohani (yumshoq rentgen nurlari bilan birgalikda) va infraqizil sohadan to radioto'liqlarning millimetr diapazonigacha bo'lgan keng sohani o'rganadi.

XX asr o'rtalariga kelib, yorug'likning modda bilan o'zaro ta'siri jarayoni to'liq o'rganildi. Xususan, optikaning asosiy makroskopik qonunlari bilan yorug'likning atom darajasigacha mikroskopik o'zaro ta'sir qonunlari o'rtasidagi bog'liqlik aniqlandi. Bunda mikroskopik darajadagi o'zaro ta'sirda bitta umumiy hol aniqlandi, u ham bo'lsa: barcha jarayonlar birtomonli jarayon ekanligi ma'lum bo'ldi. Bu degani, atom yorug'lik bilan o'zaro ta'sirning har bir elementar aktida atiga bitta foton yutadi. Eksperimental natijalar Maksvellning elektromagnit nazariyasi va kvant nazariyalari kelishuviga erishishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun tadqiqotlarni asosan tugallangan deb hisoblash mumkin. Bu tadqiqotlarning asosini yaxshi ma'lum bo'lgan yorug'likning tarqalish va uning muhit bilan o'zaro ta'sir qonunlari tashkil etadi.

XX asr o'rtalarida lazerning yaratilishi, holatni butunlay o'zgartirib yubordi. Ma'lum bo'lishicha bu qonunlar keng tarqalgan, ammo kichik intensivlikli yorug'lik holidagina o'rganilgan. Lazer nurlanishidan foydalanib erishiladigan yuqori intensivlikdagi yorug'lik holi uchun optikaning asosiy makroskopik qonunlari o'rinli emas. Impuls lazeri chiqaradigan yorug'lik intensivligi boshqa har qanday lazer kashf qilingunga qadar bo'lgan yorug'lik manbai intensivligidan bir necha tartibga yuqoridir.

Masalan, standart spektral lampa (masalan simob lampa) intensivligi - 1 Vt/cm^2 standart impuls lazeri nurlanishi intensivligi - 10^{10} Vt/cm^2 ; zamonaviy o'ta quvvatli lazer - 10^{20} Vt/cm^2 . Taqqoslash uchun: atom intensivligi 10^{16} Vt/cm^2 tartibda (bu atom ichki kuchlanganligi $5 \cdot 10^9 \text{ V/cm}$ teng bo'lgandagi elektr maydon kuchlanganligi nurlanishi intensivligidir) bo'ladi.

Kichik va katta intensivlikdagi yorug'likning modda bilan o'zaro ta'siri natijalari o'rtasidagi farq bo'yicha ikkita asosiy sabab mavjud.

Birinchidan, bir fotonli jarayonlar kichik intensivlikdagi yorug'likning mikroskopik darajada o'zaro ta'sirini ifodalaydi, yuqori intensivlikdagi yorug'likning o'zaro ta'sirida esa, har bir elementar aktda ko'p fotonli jarayonlar yuzaga keladi.

Ikkinchidan, yuqori intensivlikda o'ziga-o'zi ta'sir effekti yuzaga kelib, bunda yorug'likning moddada tarqalishi tufayli modda o'zining oldingi holatini o'zgartirishi kuzatiladi. O'zaro ta'sir qanday bo'lsa, o'sha jarayon ham, masalan, agar o'sha jarayonning ehtimolligi nurlanish intensivligining birinchi darajasiga proporsional bo'lsa, o'zarota'sir chiziqli deb hisoblash qabul qilingan. Agar nurlanish intensivligining darajasi 1 dan katta bo'lsa nochiziqli deb ataladi. Shundan optikada kichik va katta intensivlikli yorug'liklar uchun mos ravishda chiziqli va nochiziqli optika terminlari kelib chiqqan.

2. Nochiziqli optik muhit

XX asrning oxirgi uchta o'n yilligi davomida nochiziqiy optikani rivojlantirish yo'lida katta eksperimental va nazariy materiallar to'plandi. Bu materiallar fan va texnikaning turli xil sohalarida nochiziqli optik jarayonlarining qo'llanilishiga imkon berdi. Fizikaning bu yangi sohasining rivojlanishiga Nobel mukofoti laureati professor N.Blombergen professorlar R.Xoxlov, S.Axmanov va ko'pgina boshqa olimlar katta hissa qo'shdilar. Quyida yangi yorug'lik intensivligiga bog'liq ravishda yuzaga keladigan jarayonlar nochiziqiy optika effektlari haqida asosiy ma'lumotlar keltirilgan. Bundan tashqari fan va texnikaning har xil sohalarida nochiziqli optikaning holati va ba'zi bir juda muhim qonunlari muhokama qilinadi.



Lazer texnologiyasi jarayonlarini shartli ravishda ikki turga bo'lish. Ularni birinchisida lazer nurini o'ta aniq fokuslash va impulsli rejimda ham, uzluksiz rejimda ham energiyani aniq dozalash imkoniyatidan foydalaniladi. Bunday texnologik jarayonlarda o'rtacha quvvati uncha yuqori bo'lmagan lazerlar: impuls-davriy ishlaydigan gaz lazerlari, neodim kirishmali itiriy-alyuminiy granat kristallaridagi lazerlar qo'llaniladi. Keyingi lazerlar yordamida soatsozlik sanoati uchun yoqut va olmos toshlarda mayda (diametri 1-10 mkm va chuqurligi 10-100 mkm gacha) teshiklar parmalash texnologiyasi va ingichka sim tortish uchun filerlar texnologiyasi ishlab chiqilgan. Kichik quvvatli impuls lazerlar qo'llanadigan asosiy soha mikroelektronika va elektrovakuum sanoatida mitti detallarni kesish va payvandlash, mitti detallarga markalar tushirish bilan bog'liq; poligrafiya sanoati ehtiyojlari uchun raqamlar, harflar, tasvirlar avtomatik tarzda kuydirib tayyorlanadi.

Keyingi yillarda mikroelektronikaning eng muhim sohalaridan biri-fotolitografiyada oddiy yorug'lik manbai o'rniga lazerlardan foydalanilmoqda. Ma'lumki, fotolitografiya usulini qo'llamay turib, o'ta mitti bosma platalar, integral sxemalar va mikroelektron texnikaning boshqa elementlarini tayyorlab bo'lmaydi.

3. Fokuslash va defokuslash

Submikron litografiyadagi keyingi taraqqiyot ekspozitsiyalovchi yorug'lik manbai sifatida lazer nuri vujudga keltiradigan plazmadan tarqaladigan yumshoq rentgen nurlanishidan foydalanish bilan bog'liq. Bu holda rentgen nurlanishining to'liq uzunligi $\lambda=(0,01-0,001\text{mkm})$ bilan belgilanadigan ajratish chegarasi juda ulkan bo'ladi.

Lazer texnologiyasining ikkinchi turi o'rtacha quvvati katta: 1 kVt gacha va undan yuqori bo'lgan lazerlardan foydalanishga asoslangan. Yuqori quvvatli lazerlardan kuchli texnologik jarayonlar: qalin po'lat listlarni qirqish va payvandlash, sirtqi toblash, yirik gabaritli detallarga metallni eritib yopishtirish va legirlash (metallarni maxsus material, xrom, nikel va boshqalar bilan qoplash), binolar sirtini tozalash, marmar, granitni kesish, gazlama, teri va boshqa materiallarni bichishda foydalaniladi. Metallarni lazer bilan payvandlashda chok juda sifatli chiqadi, elektron-nurli payvanda ishlatiladigan vakuum kameralarga ehtiyoj qolmaydi, bu esa konveyerli ishlab chiqarishda juda muhimdir.

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.

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.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. V. Protopopov. Laser Heterodyning. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.
2. Устинов Н.Д., Матвеев И.Н., Протопопов В.В. Методы обработки оптических полей в лазерной локации. – М.: Наука, 1983.
3. Baltazar R., Solano C., Martinez-Ponse G. Optical heterodyne method to measure phase objects // Optics communications. 2003. V.218. 73.
4. Cheng-Chih Hsu. The Applications of the Heterodyne Interferometry. Taiwan: Yuan Ze University, 2000.
5. Ахманов С.А., Дьяков Д.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. - М: Наука, 1981.