

UCHINCHI NOCHIZIQLI EFFEKTLAR

Nematullayeva N.F.

Jumaniyozova G.N.

Ro`ziyev S.T.

Fizika 3-bosqich talabasi

Aniq va tabiiy fanlar fakulteti

Denov tumani tadbirkorlik va pedagogika instituti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.11261841>

Annotatsiya: Ushbu maqolada muallif Maksvell va Shridenger tenglamalaridan foydalangan holda, daraja nochiziqli effektlar tenglamalarini keltirgan.

Kalit soʻzlar: nochiziqli optika, shaffof dielektrik, daraja nochiziqli effektlar, lokalizatsiya.

KIRISH

XX asrning oxirgi choragida fizikaning yangi boʻlimi-nochiziqli optika tez suʻrtlar bilan rivojlandi. Oʻtgan asrning yigirmanchi yillaridan boshlab rus olimi S.I. Vavilov nochiziqli optikaning effektlari ustida izlanishlar olib bordi. Bu izlanishlarning samari sifatida S.I.Vavilov va V.L.Lyovshinlar tomonidan 1926 yida birinchi bor kuzatilgan nochiziqli optikaning effekti-uran shishasidan oʻtgan yorugʻ nurning oʻtishida yutilish koeffitsientining kamayishini keltirish mumkin.

1960 yida ayrim optic kvant generatorlari (lazerlar)ning yaratilishi esa nochiziqli optikaning rivojlanishida burilish yasadi.

Shu vaqtgacha dielektrlarda koʻriladigan elektromagnit maydon nazariyasi elektr induksiya vektori D va elektr maydon kuchlangalligi E (B va H mos ravishda) orasidagi bogʻlanish chiziqli deb qaralgan. Maydon intensivligi katta boʻlganda bogʻlanish nochiziqli boʻladi. Bu holda paydo boʻladigan hodisalarni oʻrganish uchun yuqorida koʻrilgan nazariya umumlashtirish lozim. Muhit parametrlari va maydon kattaliklari qanday boʻlganda nazariyani bunday umumlashtirishga zaruriyat paydo boʻlishini baholab koʻramiz.

Biz yorugʻlik uchun shaffof dielektrlarni koʻramiz. Bunday muhitda yorugʻlikning tarqalish masofasi yetarlicha katta boʻladi. Muhitda toʻlqin taqalish davomida bir qator effektlar toʻplanish xususiyatiga ega. Masalan, toʻlqin tarqalishida dispersiya, nochiziqlik va soʻnishning taʼsiri shular jumlasidandir. Yaʼni bu effektlar nisbatan kichik boʻlsada, toʻlqin tarqalishi davomida toʻplanib borib katta effektlarga olib kelishi mumkin. Kristall panjara doimiysi $a \approx 3 \cdot 10^{-8} \text{sm}$, yorugʻlik spektrining koʻrish sohasidagi toʻlqin uzunligi $\lambda \sim 5 \cdot 10^{-5} \text{sm}$. Demak, $a \ll \lambda$ boʻlganligi uchun kristallni uzluksiz muhit deb qarash mumkin. Amalda erishib boʻladigan elektr maydon qiymati 10^6V/sm dan kichik boʻlishi kerak. Atom ichidagi maydon 10^9V/sm tartibida boʻlganligi uchun tashqi maydonni kuchsiz gʻalayon deb qarash mumkin. Shunday qilib biz koʻradigan masalalarda tashqi maydon kuchlangalligi hali ham kichik ekan.

Uchinchi nochiziqli effektlar qublanish vektorining yoyilmasi

$$P_{\alpha}(r, t) = P_{\alpha}^{(0)} + \sum_{\beta} \frac{\partial P_{\alpha}}{\partial E_{\beta}} E_{\beta} + \frac{1}{2!} \sum_{\beta, \gamma} \frac{\partial^2 P_{\alpha}}{\partial E_{\beta} \partial E_{\gamma}} E_{\beta} E_{\gamma} + \frac{1}{3!} \sum_{\beta, \gamma, \delta} \frac{\partial^3 P_{\alpha}}{\partial E_{\beta} \partial E_{\gamma} \partial E_{\delta}} E_{\beta} E_{\gamma} E_{\delta} + \dots \quad (1) \quad \text{da elektr}$$

maydon kuchlangalligi boʻyicha uchinchi darajali hadlar bilan bogʻliq. Izotrop muhitlar uchun $\chi^{(2)} = 0$ ikkinchi tartibli effektlar kuzatilmaydi. Bu holatda induksiya vektori D ni quyidagi koʻrinishda yozish mumkin:

$$\operatorname{rot} \operatorname{rot} E + \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 D}{\partial t^2} = 0 \quad (2) \quad \operatorname{div} D = 0 \quad (3)$$

Bu tenglamaning $E = E_0 \exp[i(kr - \omega t)]$, (yassi monoxramatik to'qin) ko'rinishidagi aniq yechimi mavjud. Bu yechimni (2) tenglamaga qo'yib quyidagi bog'lanishni hosil qilamiz:

$$D = (\varepsilon + \frac{2c^2\eta}{\omega^2} |E_0|^2) E \quad \text{bu yerda } \eta = \frac{\omega^2 \alpha}{2c^2} \quad k^2 = \frac{\omega^2 \varepsilon}{2c^2} + 2\eta |E_0|^2.$$

Chiziqli masaladagi yassi to'lqin ko'rinishidagi yechimdan bu yechimning farqi shundaki, to'lqinning faza tezligi $v_\phi = \omega/k$ dielektrik singdiruvchanlik bilan bir qatorda to'lqin amplitudasi E_0 ga ham bog'liq. Agar $\eta > 0$ bo'lsa, faza tezligi amplituda ortishi bilan tezlik ortadi va muhit defokuslovchi (yoyuvchi) deyiladi.

Shu bilan birga (3) tenglamadan $\operatorname{div} E = 0$ kelib chiqadi. Demak, bu holda ham chiziqli nazariyadagi kabi maydon ko'ndalang ekan.

Maksvell tenglamalaridan uchinchi darajali nochiziqlikka ega bo'lgan muhitda yorug'lik to'lqining elektr maydoni uchun to'lqin tenglamasini olish mumkin. Buning uchun (2) va (3) tenglamalarning yechimini amplitudasi rovon o'zgaruvchi yassi to'lqin ko'rinishida qidiramiz:

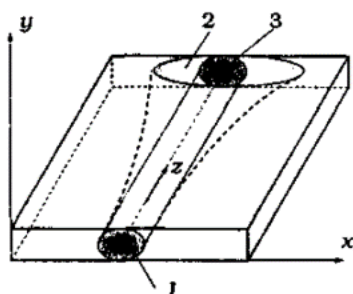
$$E = E_0(r, t) e^{i(k_0 z - \omega t)}. \quad (4)$$

Bu yerda $E_0(r, t)$ to'lqin tarqalish yo'nalishidagi koordinataning va vaqtning ($2\pi/k_0$ tarkibidagi masofalarda va $2\pi/\omega_0$ tarkibidagi vaqt oralig'ida) rovon o'zgaruvchi funksiyasi.

Yassi to'lqin o'tkazgichlar uchun $i \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1}{2} \Delta_\perp u \pm |u|^2 u = 0$ tenglamani (1+1) ko'rinishda keltirish mumkin. Buning uchun bu tenglamani ko'ndalang yo'nalishlardan birini yassi to'lqin o'tkazgichning xususiy modasi bo'yicha o'rtachalaymiz:

$$i \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \pm |u|^2 u = 0 \quad (5)$$

1-rasm:



Odatda, bu tenglama nochiziqli Shridenger tenglamasi deb yuritiladi.

Diffraktsiya hisobiga yassi yorug'lik dastasi (1-rasmda- 1) x yo'nalishida yoyiladi (bu effekt 1-rasm- 2). Shu vaqtda nochiziqlik uni lokalizatsiyalaydi. Ikkala effekt o'zaro bir birini to'la kompensatsiyaganda yorug'lik dastasi statsionar tarqaladi..

References:

1. A.A.Abdumalikov.- T.: Cho'lpon nomidagi nashriyot – matbaa ijodiy uyi, 2011. – 344 b.
2. J.M.Korjavov. – M.:Multidisciplinary Scientific Journal, oktabr 2022.