

## FOTON KRISTALLAR VA ULARNING SPEKTRLARI

**Jumayev Mustaqim Rofiyevich**

*f.m.f.d., professor.*

**Sattorova Gulandom Hamroqulovna**

*BuxDU magistranti*

**Tursunov Adiz Nurali o'g'li**

*BuxDU magistri*

**Annotatsiya:** *Ishda foton kristallarning ta'qiqlangan va ruxsat etilgan energetik zonalari hamda ularda tarqalishi mumkin bo'lgan to'lqinlar tadqiq etilgan*

**Kalit so'zlar:** *foton kristallaring o'lchamlari , o'tkazish va qaytarish ko'rsatkichlari spektri femtosekund davomiylikli lazer nurlanishlari.*

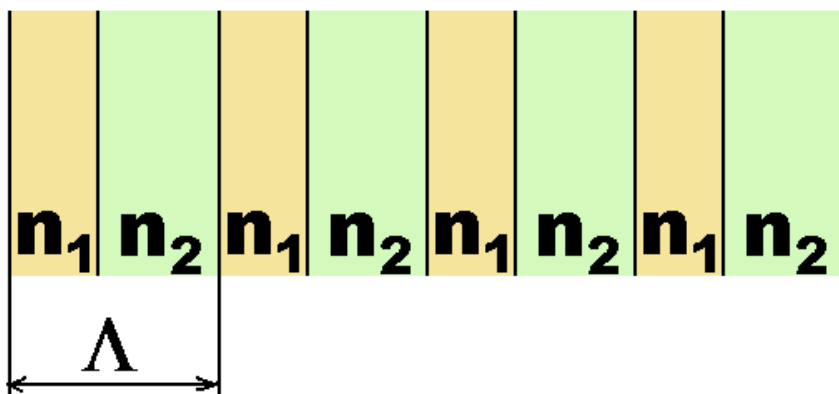
### Foton kristallar

Foton kristallar deb dielektrik singdiruvchanligi yoki uni tavsiflovchi boshqa xossalari yorug'lik to'lqin uzunligiga teng masofada fazoviy tarzda davriy o'zgaruvchi qattiq jismlari strukturaga aytiladi. Yoki boshqaqcha qilib aytganda, Foton kristallarni singdirish ko'rsatkichlari fazoviy yo'nalishlarda davriy o'zgaradigan kristall deb ham ta'riflash mumkin.

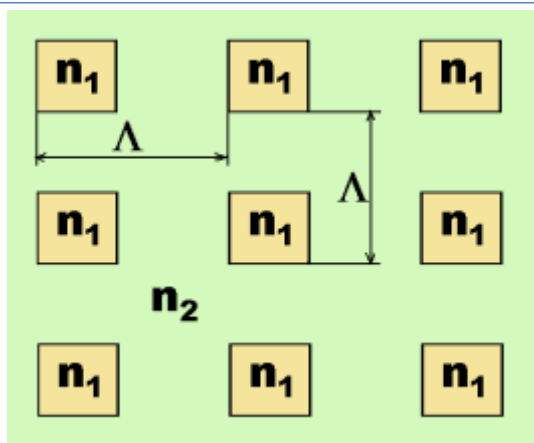
foton kristallarni o'lchamiga ko'ra 3 guruhga ajratish mumkin:

1. Singdirish ko'rsatkich faqat bitta fazoviy yo'nalishda davriy o'zgaruvchi – bir o'lchovli foton kristallar (1-rasm).

Bu yerda L-ikki qatlamli singdirish ko'rsatkichlari  $n_1$  va  $n_2$  bo'lgan geterostruktura (ya'ni ko'p qatlamli tizim) xususiyatining o'zgarish masofasi yoki davrini bildiradi.



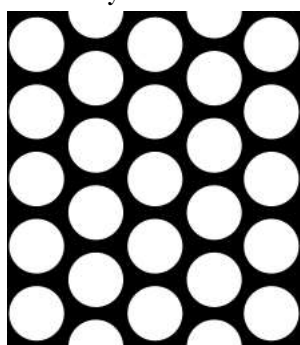
(1-rasm)



(2-rasm)

2. Singdirish ko'rsatkich ikki fazoviy yo'nalishda davriy o'zgaruvchi – ikki o'lchovli foton kristal. Bunda  $n_1$  foton kristall  $n_2$  singdirish ko'rsatkich kristallda "o'stirilgan" bo'lib, rasmda ko'rsatilgan holda to'g'ri to'rt burchakli sohalar majmuasidan iborat. (2-rasm)

3. Shuningdek singdirish ko'rsatkich uchala fazoviy yo'nalishida davriy o'zgaradigan kristall panjaralar ham mavjud bo'lib, ular uch o'lchovli yoki 3D foton kristallar deyiladi.



(3-rasm)

Shuni alohida ta'kidlash lozimki, foton kristalni ham taqiqlangan va ruxsat etilgan energetik zonalar (yoki sohalar)ga ega muhit (yoki tizim) sifatida quyidagi 4 guruhga bo'lish mumkin: dielektriklar, o'tkazgichlar, yarim o'tkazgichlar va o'ta o'tkazgichlar.

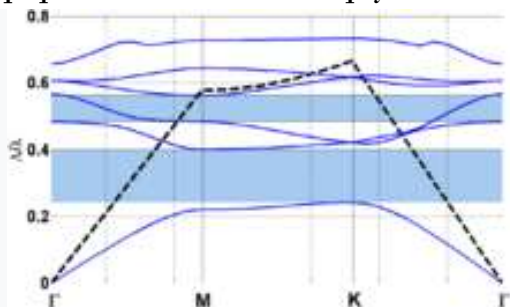
Eksperimental tadqiqotlarda foton kristalning xususiyatlari optik diapazonga mos keluvchi elektromagnit to'lqinlar vositasida o'rganilib, foton kristalning xarakterli o'lchamlari, odatda, yorug'lik to'lqin uzunligi tartibida bo'ladi. Ya'ni foton kristalning o'lchamlari – ko'rinuvchi nurlar to'lqin uzunliklari (470-770nm) ga yaqin bo'ladi.

Bu esa foton kristalda sodir bo'luvchi tebranishlar yoki to'lqiniy jarayonlarni nazariy tahlil etishni juda ham murakkablashtiradi. Chunki endi har bir qatlam uchun Shryodinger yoki Maskvell tenglamalarini yechish hamda chegaraviy shartlar (ikki qatlam birikkan soha uchun) ni hisobga olishga to'g'ri keladi.

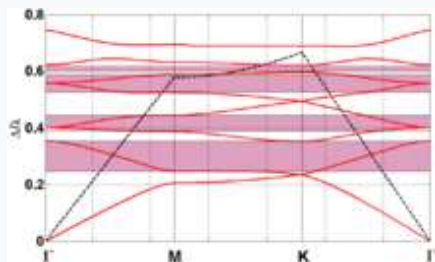
Ayonki, bunday masalalarni ko'p qatlamli muhitlar (yoki strukturalar) holi uchun aniq yechish imkoniyati keskin kamayadi va taqribiy nazariy usullar hamda sonli uslublar bilan ish ko'rishga to'g'ri keladi.

#### **Foton kristallarining o'tkazish va qaytarish spektrlari**

Yuqorida qayd etilganidek, foton kristalning eng muhim xususiyatlaridan biri ularda taqiqlangan va ruxsat etilgan energetik sohalarning mavjudligidir. Ya'ni odatiy so'z bilan aytganda, fotonning energiyasi taqiqlangan sohaga mos kelsa, agar u tashqaridan tushsa – to'la qaytadi; kristall ichiga nurlansa – unga tarqala olmaydi.



4-rasm



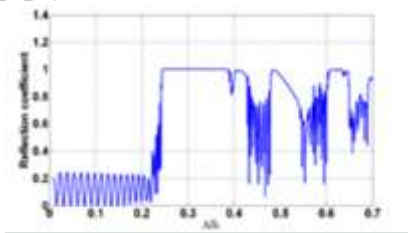
5-rasm

4- va 5- rasmlarda TE qutblanishga ega (bunda elektr maydoni kristallga perpendikulyar yo'nalgan) hamda TM qutblanishga ega (bunga magnit maydoni kristallga tik yo'nalgan) fotonlar uchun energetik zonalar diagrammasi keltirilgan. Bu diagrammalarda gorizontaal o'q bo'ylab fotonlarning to'lqin vektorlari  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  ( $\lambda$  - fotonning to'lqin uzunligi) joylashtirilgan. Vertikal o'qga esa foton kristal dielektrik singdiruvchanligi o'zgarish davri  $\Delta$  ning foton to'lqin uzunligiga nisbati berilgan.

4-rasmdan ko'rinib turibdiki, TE qutblanishli soha fotonlar uchun 2 ta taqiqlangan soha (yoki zona) mavjud bo'lib, ular ko'k rangga bo'yalgan.

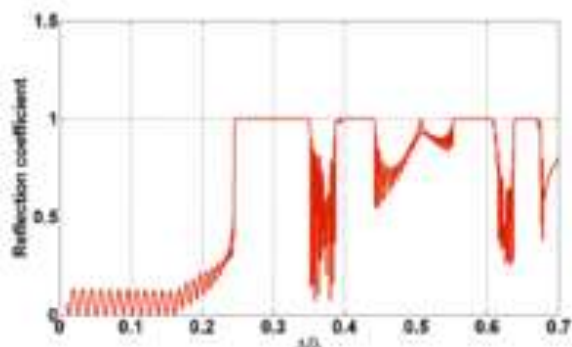
Xususan, yuqorida joylashgan taqiqlangan soha  $0,5 \leq \frac{\Delta}{\lambda} \leq 0,6$  oraliqqa mos keladi. Arsenid galliy foton kristal uchun  $\lambda = 294 \text{ nm}$  ekanligini hisobga olsak, bu taqiqlangan sohaga mos keluvchi foton to'lqin uzunliklari uchun quyidagi qiymatlarni olamiz:

$\lambda_{max} = \frac{\Delta}{0,5} = 588 \text{ nm}$ ;  $\lambda_{min} = \frac{\Delta}{0,6} = 490 \text{ nm}$ ; Demak, bu foton kristalda to'lqin uzunliklari  $490 \text{ nm} \leq \lambda \leq 588 \text{ nm}$ ; ni bo'lgan fotonlar tarqala olmaydi (yoki deyarli to'liq qaytadi).



(6-rasm)

TM qutblanishli yorug'lik yoki fotonlar uchun esa bu foton kristalga 4 ta taqiqlangan energetik soha mavjud (5-rasm). Xususan, eng quyi taqiqlangan soha  $0,25 \leq \frac{\Delta}{\lambda} \leq 0,35$  ga mos keladi. Demak, bu holda to'lqin uzunliklari  $840nm \leq \lambda \leq 1176nm$ ; bo'lgan fotonlar arsenid galliy foton kristaldan o'ta olmaydi.



(7-rasm)

Shuningdek foton kristalning qaytarish spektri ya'ni qaytarish ko'rsatkichining to'lqin uzunligiga bog'lanishlari (6-rasm) TE qutblanish uchun, 7-rasm TM qutblanish uchun) ko'rsatadiki,  $0,25 \leq \frac{\Delta}{\lambda} \leq 0,35$  sohada ularning hech biri tarqala olmaydi, Demak, bunday taqiqlangan energetik sohalar foton uchun butunlay taqiqlangan zonani hosil qiladi.

Yuqorida keltirilgan foton to'lqin uzunligining eng kichik qiymati

$\lambda = 490nm$  ga uning maksimal chastotasi  $\nu_{max} = \frac{c}{\lambda_{min}} \approx 6,122 \cdot 10^{14} Hz$  yoki davomiylik davri  $T_{max} = \frac{1}{\nu_{max}} \approx 1,63 \cdot 10^{-15} sek \approx 1,63 femtosekund$  bo'lgan lazer nurlanishi mos keladi.

**XULOSA:** TE va TM qutblanishga ega elektromagnit to'lqinlarning foton kristallarida tarqala olish shartlari keltirib chiqarilgan va buning uchun femtosekund fotonlarni nurlovchi lazer manbalari lozim ekanligi ko'rsatib berilgan

#### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Photonic Crystals, H. Benisty, V. Berger, J.-M. Gerard, D. Maystre, A. Tchelnokov, Springer 2005.
2. Е. Л. Ивченко, А. Н. Поддубный, "Резонансные трёхмерные фотонные кристаллы, "Физика твёрдого тела.
3. В. А. Кособукин, "Фотонные кристаллы, «Окно в Микромир», No. 4, 2002.
4. В. Г. Федотов, А. В. Селькин / МНОГОВОЛНОВАЯ БРЭГГОВСКАЯ ДИФРАКЦИЯ И ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В 3D ФОТОННОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЁНКАХ Архивная копия
4. Arabov J.O., Qosimov F.T. Hozirgi zamon fan va texnikasining rivojida yarimo'tkazgichlarning o'rni. // Involta Scientific Journal, 1(7). 2023/4/1. 134-138.

5. Arabov J.O. ,Yodgorova G.T. Fizika fanidan masalalar yechishda kompyuter texnologiyalaridan foydalanish. // Finland International Scientific Journal of Education, Social Science & Humanities , Tom 11 № 3. 78-81
6. Jumayev M.R., Arabov J.O., Sattorova G.H., Tursunov A. N. Kristallardagi nohizig'iy akustik effektlar. // Involta Scientific Journal, 1(7). 2022/6/4. 3-8