

**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O`RTA
MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI**

**ABU RAYXON BERUNIY nomidagi
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**ELEKTRONIKA VA AVTOMATIKA FAKULTETI
ELEKTRONIKA VA MIKROELEKTRONIKA KAFEDRASI**

FAYZULLAEV TOLIBJON MUYSIN O`G`LI

**MAVZU: KO`P ZARYADLI MARGANETS KLASTERLARIGA EGA
BO`LGAN KREMNIY ASOSIDA FOTON XISOBLAGICHLARINING
TEXNALOGIYASINI ISHLAB CHIQARISH VA TAYYORLASH**

**5A310801 – “ELEKTRONIKA VA ELEKTRON TEXNIKASI”
MUTAHASISLIGI BO`YICHA**

MAGISTRLIK DISSERTATSIYASI

KAFEDRA MUDIRI:

prof. ILIYEV.X.M

ILMIY RAHBAR:

prof. ZIKRILLAYEV .N.F

Toshkent – 2016 y.

MUNDARIJA

KIRISH

I BOB KREMNIY MATERIALIGA KRISHMA ATOMLARINI DIFFUZIYASI VA FOTOOTKAZUVCHANLIK

- 1.1. Kirishma atomlarni kremniy materiallariga diffuziyasi
- 1.2. Kremniyda kirishma atomlarning eruvchanligi
- 1.3. Kremniyda chuqur energetik satih xosil qiluvchi kirishmalar kiritilganda kuzatiladigan yangi fizik xodisalar
 - 1.3.1. Kompensatsiyalangan kremniyda fotootkazuvchanlikni infraqizil nur ta'sirida so'nishi
 - 1.3.2. Kompensatsiyalangan kremniyda fotootkazuvchanlikni harorat ta'sirida so'nishi
 - 1.3.3. Kompensatsiyalangan kremniyda fotootkazuvchanlikni uzoq muddatli relaksatsiyasi va qoldiq o'tkazuvchanlik

II BOB KOMPENSATSIYALANGAN KREMNIYNI OLISH TEXNALOGIYASI HAMDA UNI ELETROFIZIK VA FOTOELEKTRIK O'LCHASH USULLAR

- 2.1. Kremniyli taglikka mexanik ishlov berish
- 2.2. Kremniy plastinkalarini sayqallash
- 2.3. Kremniy materiallarida mexanik va kimyoviy yemirish usullari
- 2.4. Kremniy plastinkalaridan kristall qirqish
- 2.5. Kremniy materiallarida kirishmalarning diffuzion tavsifi
- 2.6. Past haroratli diffuziya qilish usuli yordamida margants bilan legirlangan kompensatsiyali kremniy na'munalarini olish
- 2.7. Xoll effekti asosida kompensatsiyalangan kremniyning elektrofizik kattaliklarini o'lchash
- 2.8. Kompensatsiyalangan kremniyni fotootkazuvchanligini o'lchash usuli

III BOB KOMPENSATSIYALANGAN KREMNIY ASOSIDAGI FOTO VA FOTON DATCHIKLAR

- 3.1. Infraqizil va integral nurlarni sezuvchi fotopryomniklar
- 3.2. Kompensatsiyalangan kremniy asosida foton xisoblagich

XULOSA

ADABIYOTLAR RO`YXATI

ILOVA

KIRISH

Mavzuning dolzarbligi. Ma'lumki, yarim o'tkazgich materialining solishtirma qarshiligi harorat oshishi bilan (OKdan) eksponensial qonun bilan kamayadi. Masalan, yarimo'tkazgich kremniyning harorati $T=100^0\text{ K}$ dan 300^0 K ga oshganda, uning solishtirma qarshiligining qiymati $10^{15}\text{ Om}\cdot\text{sm}$ dan $2\cdot 10^5\text{ Om}\cdot\text{sm}$ gacha, ya'ni 10^{10} karra kamayadi. Shu oraliqda eng yaxshi metall oltin elementini solishtirma qarshiligi bor yo'g'i 17% ortadi. Demak, yarimo'tkazgichlarning elektr xossalarini harorat yordamida juda katta oraliqda boshqarish mumkin ekan. Bu yarim o'tkazgichlarga xos juda noyob xossadir.

Shuningdek, yarimo'tkazgich materiallarning solishtirma qarshiligi kirishma atomlarni konsentratsiyasiga o'ta sezgir bo'ladi. Misol uchun, oltinga 30% mis yoki InGa moddasi qo'shilsa, uning solishtirma qarshiligi bor yo'g'i 3% o'zgaradi. Shu holda xususiy 1 kg kremniyga 0,001 mg, ya'ni Si dagi bir birlik hajimdagi atomlar sonidan 10^9 karra kam bo'lgan B,P yoki Sb kirishma atomini qo'shadigan bo'lsak, uning solishtirma qarshiligi 10^3 karra oshadi. Demak, xona haroratida Si ning solishtirma qarshiligini faqat kirishma atomlar konsentratsiyasini $10^{11}\div 10^{19}\text{ sm}^{-3}$ ga oshirish hisobiga uning solishtirma qarshiligi $\rho\sim 10^5\text{ Om}\cdot\text{sm}$ dan $\rho\sim 10^{-3}\text{ Om}\cdot\text{sm}$ ga o'zgartirish mumkin ekan. Demak, yarimo'tkazgichlarga kirishma elementlari kiritilganda ularning xususiyatlarini keskin o'zgarishi xossaga ega ekan.

Dissertatsiya ishining ilmiy texnik muommolarni yechishga bag'ishlanganligi. Yarimo'tkazgich materiallari ichida elektronika sanoatida eng ko'p qo'llanadigan material kremniy bo'lganligi sababli kremniyga kirishma atomlarini kiritib uni elektrofizik xususiatlarini boshqarish xozirda dolzarb masalalardan xisoblanadi. Kirishma atomlari bilan kompensatsiyalangan kremniy namunalari tashqi ta'sirga o'ta sezgir bo'lib, ular asosida fizik kattaliklarni o'lchashga mo'ljallangan datchiklarni yaratish asosida o'ta sezgir qurilmalarni qurish imkoniyatlari mavjud ekan. Dissertatsiya ishining maqsadi kompensatsiyalangan kremniy namunalarning elektrofizik parametrlarini

boshqarish imkonini beradigan texnologiyasini yaratish hamda yaratilgan texnologiya asosida olingan namunalarni fotosezgirlikini oshirishdan iborat.

Tadqiqotning maqsadi. Hozirgi kunda tashqi ta'sirlarga o'ta chidamli bo'lgan yoki uning aksi o'ta sezgir bo'lgan yarimo'tkazgich materiallarni olish handa ular asosida yangi turdagi qurilma va asboblarni yaratish yarimo'tkazgichlar texnologiyasining asosiy yo'nalishlardan biri xisoblanadi.

Kremniy materialiga krishma atomlarini gaz xolatdan diffuziya usuli bilan kiritib, uning elektrofizik parametrlarini o'zgartirish hamda kerakli parametrlarni olishni boshqara bilish desertatsiya ishining asosiy maqsadi qilib tanlab olindi. Bu ishni bajarish uchun kremniy namunalariga marganets atomlarini yopiq kvars ampulalarida diffuziyasi amalga oshirildi. Kerakli elektrofizik parametrlari namunalarni diffuzion usul bilan olishda, diffuziya vaqti va diffuziya haroratini bilish texnologiyaning asosiy fundamental kattaliklaridan xisoblanadi. Shuning uchun bu kattaliklarning qiymatini aniq bilish va boshqarish quydagi tashqi ta'sirlarga o'ta sezgir bo'lgan kompensatsiyalangan kremniyni olish imkonini beradi.

Kompensatsiyalangan kremniynining elektrofizik parametrlarini boshqarib tashqi yorug'likka, ayniqsa infraqizil nurlarni o'ta sezgir seza oladigan bo'lishiga erishish kerak bo'ladi.

Buning uchun quydagi vazifalarni tajriba yo'li bilan aniqlash kerak boladi. Boshlang'ich kremniy namunalari tanlab olib ularga marganets kirishma atomlarini gaz faza xolatidan kirish uchun mexanik va kimyoviy ishlov berish;

- Namunalarni marganets krishma atomlari solingan kvars ampulalariga solib, $p=10^{-5}-10^{-6}$ mm simob ustuni darajasida vakuum olish;
- Diffuziya jarayonini o'tkazish texnologiyasida ko'p bosqichli diffuziya usulidan foydalanish.
- Diffuziya jarayoni past xaroratlardan boshlab, so'ngra marganets atomini eng yaxshi diffuziyasi kuzatilgan muxitlarda amalga oshirish.

- Diffuziyadan so`ng kremniy namunalarini kimyoviy va mexanik usullar bilan tozalash, elektrofizik parametrlarini Xoll effekti asosidagi usul yordamida aniqlash.
- Kompensatsiyalangan kremniy namunalari asosida fotopryomnik va foton xisoblagichlarini yarayish hamda ulardan foydalanish imkoniyatlarini ko`rsatib berish.

Tadqiqot usullari. Dissertatsiya ishini muvofaqiyatli tugatishda hamda olingan natijalarni ilmiy ahamiytli bo`lishi uchun klssik va zamonaviy o`lchash usullardan foydalanildi. Bularga to`rt zondli usul, Xoll efekti asosida kompensatsiyalangan kremniyning elektrofizik parametrlarini aniqlash, spektral tavsiflarni olish uchun IKS-21 spektrometri, fotosezgirlik va krishma atomlarni kremniy namunalaridagi miqdorini bilishda FURE spektrometri va boshqalardan keng foydalanildi.

Dissertatsiyaning ilmiy yangiligi. Kremniyga krishma atomlarini diffuziya qilish usullari va ularni texnologik rejimlari bu ishdan oldin ham aniqlangan. Lekin, kimyoviy faol elementlarni kremniyga diffuziya qilganda ular kremniy plastinkalari va namunalarning sirtini yemirish hususiyatiga ega bo`ladi. Bu xolatni oldini olish uchun hozirda mavjud bo`lgan texnologiyalardan vos kechib yangi texnologik rejimlarni yaratish yoki mavjudlarni yanada takomillashtirishni talab etiladi.

Magistrlik dissertatsiyasida marganets kirishma atomlarini kremniyga ikki bosqichli diffuziya qilishda namunalarning elektrofizik parametrlarni boshqarish imkonini beradigan texnologiya yaratilindi. Nisbatan past haroratlarda marganets atomlari kremniy namunalarini sirtiga kiritib olinib, so`ngra harorat 1000 °C dan yuqoriga ko`tariladi. Bunda, diffuziya vatqi qisqaradi, ya`ni energiya tejash imkoni yaratiladi. Yaratilgan texnologiya asosida yarimo`tkazgich materiallariga krishma atomlarini ikki bosqichli, past va yuqori haroratli diffuziya qilish natijasida ba`zi kimyoviy faol elementlarini kremniy sirtini yemirish holatini kamayganligi aniqlandi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati. Yechilgan ilmiy texnik masalaning amaliy ahamiyati shundan iboratki, kremniy yarimo`tkazgich materiali elektronikada keng qo`llanilgani sababli, elektronika sanoatida yaratilgan texnologiyadan keng foydalanish imkoniyatini ochib beradi.

Tadqiqot natijalari asosida yaratilingan ikki bosqichli diffuzion texnologiyadan foydalanish sarflanadigan energiya (elektr tokini) miqdorini tejashga hamda diffuziya vaqtini qisqarishiga sabab bo`ladi. Bu o`z navbatida olingan ilmiy natijalarni amaliy jixatdan etiborga loyiqligidan dalolat beradi.

Olingan natijalarnin h ishonchliligi kremniy namunalarini elektrofizik va fotoelektrik parametrlarini o`lchashda klassik Xoll usuli bilan bir qatorda zamonaviy FURE spektrometridan ham foydalanilgan. O`lchash kattaliklarini tahlil qilishda ko`plab o`lchangan va takroran tekshirilgan natijalar asos qilib olingan. Bu olingan natijalarni ilmiy asoslanganligi va ishonchliligidan dalolat beradi.

Tadqiqot natijalarining nazariy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining nazariy ahamiyatiga olingan natijalar qattiq jismlarda diffuzion jarayonlar fizikasida fundamental kattalik hisoblangan diffuziya koefitsentini haroratga va material turiga qarab o`zgarishini aniqlashda va nazariyasini takomillashtirishda foydalanish mumkin.

Amaliy tomondan dissertatsiya ishida aniqlangan va tadbqiq etishga tavsiya etilgan ikki boshqichli diffuzion texnologiyadan elekkyronika sanoatida yarimo`tkazgich asboblarni yaratishda keng qo`llash mumkin. Bu o`z novbatida hozirda dolzarb bo`lgan elektr energiyasini tejashga va diffuziya vaqtini sezilarli darajada kamaytirishga olib keladi. Ya`ni texnologik diffuzion jarayonlarning texnik yechimini hal qilishda asos bo`ladi.

Tadqiqot natijalarini joriy qilish. Tadqiqot natijalari TDTUning “Elektronika va mikroelektronika” kafedrasida o`qitiladigan “ Yarimo`tkazgich materiallar texnologitasi”, “ Yarimo`tkazgich asboblarni texnologiyasi”, “Quyosh elementlarini yaratish texnologiyasi”, “Qattiq jisimlar fizikasi” va boshqa

fanlarda o`tiladigan mavzularni mustahkamlash va laboratoriya ishlarini bajarishda samarali foydalanish mumkin.

Ishning aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari “Elektronika va mikroelektronika” kafedrasining ilmiy siminarlarida muhokama qilindi. Universittda o`tkazilgan ilmiy amaliy konferensiyalarda ma`ruzalar bilan qatnashildi.

Natijalarning e`lon qilinganligi. Dissertatsiyaning ilmiy va amaliy natijalari 2 ta ilmiy ishlarda aks ettirilgan.

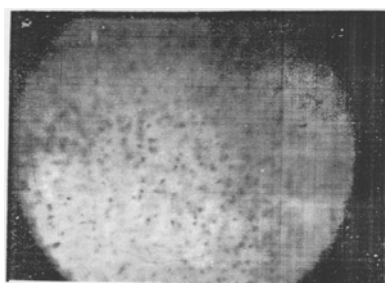
Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, 3 ta bob, xulosa, adabiyotlar ro`yxati, 2 ta ilovadan hamda _ matn betidan, _ ta rasm va _ ta jadvaldan iborat.

I BOB

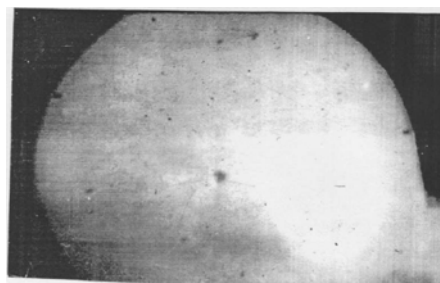
KREMNIY MATERIALIGA KRISHMA ATOMLARINI DIFFUZIYASI VA FOTOOTKAZUVCHANLIK

1.1 KIRISHMA ATOMLARNI KREMNIY MATERIALLARIGA DIFFUZIYASI

Diffuziya usuli bilan kirishma atomlarni kiritish hozirgi zamon mikroelektronikasida xar xil murakkablikdagi integral sxemalarni yaratish texnologiyasining eng asosiy etaplaridan hisoblanadi. Diffuziya jarayoni 2 ta asosiy bosqichlaridan: kirishma atomlar eruvchanligi va ularning diffuziya koeffisienti bilan aniqlanadi. Eruvchanlik berilgan haroratda diffuziya yo'li bilan kristallga kiritish mumkin bo'lgan atomlar konsentratsiyasidir. Eruvchanlik, kirishma atomlar radiusi, massasi va ularni tashqi elektron qobig'idagi elektronlar soniga, asosiy yarim o'tkazgich atomlaridan qanchalik farq qilganligiga bog'liq. Bu farq qancha katta bo'lsa, kirishma atomlarining kristall panjara tugunlarida joylashish ehtimolligi shuncha kam bo'lishi bilan birga ularning eruvchanlik qiymatlari ham kam bo'ladi. Agar kirishma atomlar bilan yarim o'tkazgichning asosiy atomlari orasidagi tafovud qancha katta bo'lsa, bunday holda kirishma atomlar kristall panjara oralig'ida joylashish ehtimolligi katta bo'ladi. Bunday kirishma atomlari yarim o'tkazgich materiallarning Krista panjaralarida tugunlar aro joylashgan nuqsonlarni hosil qiladi. Bundaylarga: Si ga Zn, Fe, Ni, Co . . .larni misol qilish mumkin.



a)



b)

1.1 – rasm. a). Diffuziya jarayonida Si monokristaliga Ni atomlarini kiritilayotgan jarayonida infraqizil nurlı mikroskopi yordamida olingan tasvir
b) solishtiriluvchi namuna.

Agar kirishma atomlar bilan yarim o'tkazgich materialining asosiy atomlari orasidagi tafovud qancha kam bo'lsa atomlarni kristall panjara tugunlarida joylashish ehtimolligini o'lchamlari katta bo'lishi bilan birga ularning eruvchanligi ham yuqori darajada bo'ladi. Bunday yarim o'tkazgich materiallar o'rindosh kirishmali qattiq jism deb ataladi. Masalan, Si uchun V, In, Ga, P, As, Sb . . .kabi atomlarni misol qilish mumkin.

Kirishma atomlarning eruvchanligini haroratga bog'liqligi quyidagicha aniqlanadi:

Bunda N -berilgan haroratda kirishma atomlarni eruvchanligi, k -Boltsman doimiysi,

T -harorat, E_r -eruvchanlik energiyasi,

N_0 -harorat cheksiz bo'lganda eruvchanlik qiymati.

Kirishma atomlarning yarimo'tkazgich material sirtidan diffuziyani natijasida hajm bo'ylab kirib borish tezligini ko'rsatadigan kattalik bu diffuziya koeffitsientidir. Diffuziya koeffitsienti qiymati ham kirishma atomlari parametrlari va diffuziya tezligiga bog'liq.

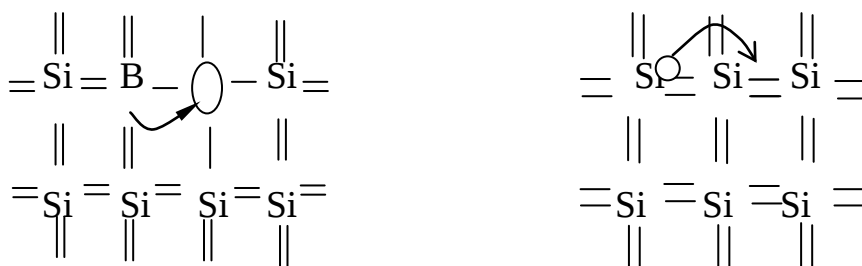
D_0 -tempratura cheksiz bo'lgandagi diffuziya koeffitsienti,

E_d -diffuziyaning energiya faolligi (ya'ni atomlarning kristall panjara ichida bir muvozanat holatdan ikkinchi muvozanat holatga o'tishi uchun zarur bo'lgan energiya). Agar kirishma atom va tugunlar bo'yicha diffuziya qilinadigan bo'lsa, unda E_d ni qiymati tugunda turgan atomning 3ta qo'shnisi bilan bog'lanishni uzishi uchun kerak bo'lgan energiya ham atom qo'shni tugun joyiga o'tishi uchun u yerda vakansiya paydo bo'lishi uchun kerak energiyalar yig'indisiga teng bo'ladi.

Bunday kirishma atomlar uchun Si da E_d qiymati $E_d=3\div 5$ eV ga teng bo'ladi. Agar atom tugunlararo diffuziya qilinayotgan bo'lsa, unda E_d qiymati atom turgan tugunlararo joyidan qo'shni shunday joyga o'tishi uchun zarur bo'lgan energiyalar bilan, atom 2 ta tugun o'rtasidan o'tayotganda tashqi qo'niq

elektronlar o‘zaro itarilish kuchlarini yengishi uchun sarf qilinayotgan energiyalar yig‘indisiga teng bo‘ladi. Bunday kirishma atomlar uchun E_d qiymati $E_d=0,5\div 2,5$ eV atrofida bo‘lishi mumkin.

Masalan Li va Fe atomlarining Si da $T=1000^\circ\text{C}$ haroratdagi diffuziya koeffitsiyenti $D_{\text{Li}}\sim 10^{-3}$ cm²/s, $D_{\text{Fe}}\sim 10^{-6}$ cm²/s. Bor (B) yoki fosfor (P) ni $T=1200^\circ\text{C}$ haroratda diffuziya koeffitsiyenti $D_{\text{B}}=10^{-12}$ cm²/s, $D_{\text{P}}=2\cdot 10^{-12}$ cm²/s ga teng bo‘ladi.



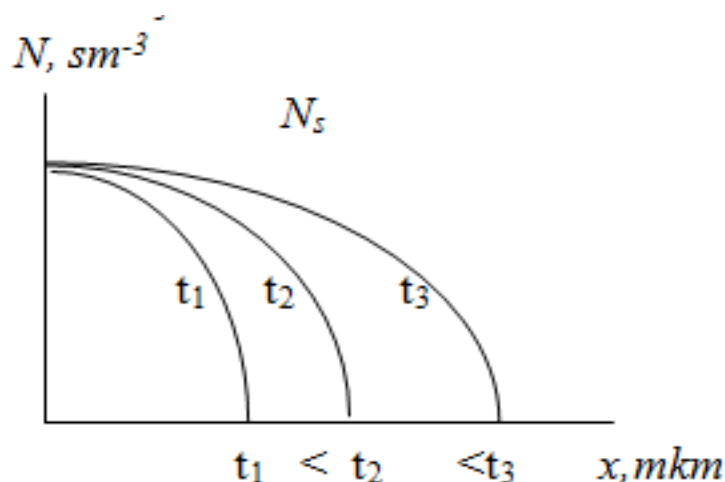
1.2 – *rasm.* Si kristaliga ba’zi elementlarni diffuziya yo‘li bilan kiritish.

Diffuziya jarayonida berilgan vaqtda kirishma atomlarning hajm bo‘yicha taqsimoti diffuziya vaqtida kirishma atomlar miqdoriga qarab 2 xil bo‘lishi mumkin. Agar diffuziya jarayonida jism sirtidagi yoki diffuziya kechayotgan muhitda kirishma atomlar konsentratsiyasi, kirishma atomlarning diffuziya bo‘layotgan haroratdagi eruvchanligidan juda katta bo‘lsa, ya’ni diffuziya jarayonida kirishma atomlarning sirtidagi qiymati deyarli o‘zgarishsiz qolsa, bunday holatni chegaralanmagan manbadan diffuziya deyiladi va uning taqsimot quyidagi tenglik bilan aniqlanadi:

$$N = N_s \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) \quad (3)$$

bunda D – diffuziya koeffitsiyenti, t – diffuziya vaqti, x – diffuziya chuqurligi, N_s – kirishma atomlarning sirtidagi konsentratsiyasi.

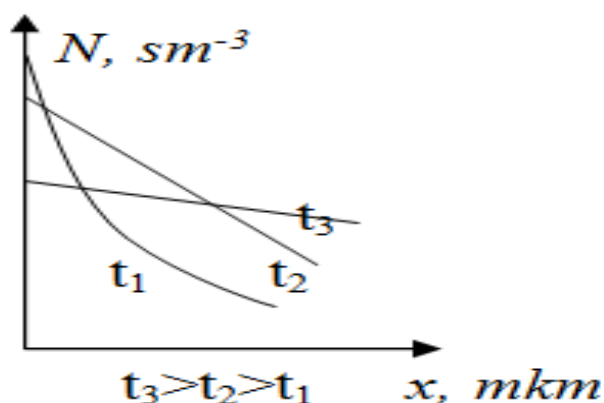
Bunday holat o'zgarmas manbadan bo'layotgan diffuziya holati deyiladi. Agar



1.3 – rasm. Chegaralanmagan manbadan diffuziyaning taqsimoti.

diffuziya jarayonida kirishma atomlarning jism sirtidagi konsentratsiyasi o'zgarib boradigan bo'lsa, bunday holni chegaralangan manbadan diffuziya deyiladi va uning taqsimoti quyidagi tenglik bilan aniqlanadi:

$$N(x, t) = \frac{Q}{\sqrt{\pi Dt}} \exp\left(-\frac{x^2}{4Dt}\right) \quad (4)$$



1.4 – rasm. Chegaralangan manbadan kirishma atomlarini diffuziyaning taqsimoti (urlixil vaqtda diffuziyalangan). bunda Q – diffuziya vaqtida 1sm^2 yuzadan yarim o'tkazgichga kiritilgan kirishma atomlari miqdori, D – diffuziya koeffitsiyenti, t – diffuziya vaqti, x – diffuziya chuqurligi.

1.2 KREMNIYDA KIRISHMA ATOMLARNING ERUVCHANLIGI

Kirishma atomlarning kristallda eruvchanligi – berilgan haroratda diffuziya natijasida kristallga kiritish mumkin bo‘lgan atomlar konsentratsiyasiga aytiladi. Demak, shu haroratdagi eruvchanlikdan ortiqcha atomlarni kristall panjaraga kiritish mumkin emas. Eruvchanlik haroratga bog‘liq bo‘lib, harorat oshishi bilan eksponensial qonuniyat bilan oshib boradi va quydagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$N = N_0 \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \quad (5)$$

bunda N_0 – $T = \infty$ bo‘lgandagi eruvchanlik, E – eruvchanlik energiyasi, k – Bolsman doimiysi. Kristall panjaraga diffuziya usuli bilan kiritilgan kirishma atomlar har xil holatlarda bo‘lishi mumkin – faqat tugunlarda joylashishi, faqat tugunlar aro joylashishi hamda boshqa atomlar yoki nuqsonlar bilan birikmalar hosil qilishi mumkin. Nazariy hisoblashlar ko‘rsatadiki, kirishma atomlarning tugunlarda joylashishi uchun quyidagi shartlar bajarilishi lozim, yarim o‘tkazgichning asosiy atomlarning va kirishma atomlar radiuslari bir-biriga juda yaqin bo‘lishi va ularning farqi 14% dan oshmasligi kerak. Shu bilan birga asosiy va kirishma atomlari tashqi qobig‘idagi elektronlar soni ham juda kam farq qilishi kerak. Masalan, Ge atomlarining valent elektronlari soni, atom radiusu hamda kristall tuzilishlari Si atomlaridan juda kam farq qilganligi uchun Ge kremniy kristallda cheksiz eruvchanlik xususiyatiga ega.

Kirishma atomlarning tugunlar aro joylashishi uchun kirishma atomlardan asosiy atomning radiusi qancha kam bo‘lishi va ularning valent elektronlari, yarim o‘tkazgichning asosiy atomlarini valent elektronlardan qancha ko‘p farq qilishi asosiy sabab hisoblanadi. Masalan, Li atomlari kremniy kristallida 100% tugunlar orasida joylashadi. Ammo juda ko‘p kirishma atomlari bir vaqtning o‘zida ham tugunlarda ham tugunlar orasida joylashishi mumkin. Masalan, Cu, Fe, Mn, Ni-atamlari kremniyda shunday holatlarda bo‘ladi. Kirishma atomlarning diffuziya koeffitsiyenti bilan, ularni eruvchanligi o‘rtasida ma’lum bog‘lanish bor, ya’ni diffuziya koeffitsiyenti qancha katta bo‘lsa, ularning

eruvchanligi shuncha kam bo'ladi. Diffuziya yo'li bilan kiritilgan atomlarning hammasi ham elektrofaol bo'lmaydi, ya'ni ta'qiqlangan sohada biror energetik sath hosil qilib, qo'shimcha elektron yoki kovak hosil qilmaydi. Bunday xususiyatga ko'proq diffuziya koeffitsiyenti katta bo'lgan va asosan tugunlar orasida joylashgan kirishma atomlari ega bo'ladi. Masalan, nikel kirishma atomlarining $T=1250^{\circ}\text{C}$ da eruvchanligi $N=(4\div 5)10^{17} \text{ sm}^{-3}$ ga teng, ulardan faqat $4\cdot 10^{14} \text{ sm}^{-3}$ gina elektrofaol atom hisobida ikkita akseptor energetik sathini hosil qiladi. Kiritilgan atomlarning asosiy qismi 99.9% i elektroneytral holatda qolib, har xil nuqsonlar bilan birikmalar hosilqiladi. Shunday xususiyatga Fe, Mn, Co, C va boshqa elementlar ham egadir. Kirishma atomlarning eruvchanligiga ta'sir etadigan yana bir kattalik bu ularning segregatsiya koeffitsiyenti – k hisoblanadi. Bu kattalik kirishma atomlarining yarim o'tkazgich materiallarida ularning erigan (N_y) (suyuq) va qattiq jism (N_s) azot holatlarini ya'ni fazaviy muvozanat holatidagi konsentratsiyalarning nisbatiga tengdir.

$$k = \frac{N_{qattiq}}{N_{suyuq}} \quad (6)$$

k – kirishma atomlar tabiatiga bog'liq bo'lib, u qancha katta bo'lsa, ya'ni 1ga yaqinlashsa, uning eruvchanligi shuncha katta bo'ladi. Quyida kremniy kristallida ba'zi kirishma atomlarning eruvchanligi va segregatsiya koeffitsiyentining qiymatlari keltirilgan:

1.1- jadvalda kremniyda kirishma atomlarning eruvchanlik va segregatsiya koeffitsienti ko'rsatilgan.

1.1- jadval

Kirishma	Maksimal eruvchanlik ,	Segregatsiya	Maksimal
Cu	$3\cdot 10^{18}$	$2.5\cdot 10^{-4}$	1300
Ag	$2\cdot 10^{17}$		1350
Au	$1\cdot 10^{17}$	$3\cdot 10^{-5}$	1250
Li	$4\cdot 10^{19}$	$1.3\cdot 10^{-2}$	1200
B	10^{20}	0,9	1200

Al	$1.7 \cdot 10^{20}$	10^{-1}	1200
In	10^{19}	$5 \cdot 10^{-4}$	1200
P	$2 \cdot 10^{20}$	0.35	1200
As	10^{20}	0.3	1200
Sb	10^{20}	0.4	1200
Zn	10^{17}	$4 \cdot 10^{-4}$	1250
Mg	10^{16}		1250
Cd	10^{16}		1250
Hg	10^{16}		1270
Sc	10^{16}		1250
V	10^{16}		1250
Sn	10^{21}		1350
Ge	10^{22}		1430
Cr	10^{16}		1200
Fe	$5 \cdot 10^{16}$	$8 \cdot 10^{-6}$	1250
Co	$2 \cdot 10^{16}$		1250
Ni	$7 \cdot 10^{17}$		1250
Mn	$2 \cdot 10^{16}$		1250
Re	10^{16}		1250
Ru	10^{17}		1260
Os	10^{16}		1300
Rn	10^{16}		1250
Ir	$5 \cdot 10^{16}$		1250
Pd	$4 \cdot 10^{16}$		1250
Pt	10^{16}		1250
Sm	10^{18}		1300
Gd	10^{18}		1300
Ho	10^{17}		1300
O	$1.7 \cdot 10^{18}$		1250
S	$5 \cdot 10^{16}$		1250
Se	10^{17}		1250
Te	$5 \cdot 10^{17}$		1250
Mo	10^{15}		1200
W	10^{15}		1200

Shuni ta'kidlash lozimki, ba'zi kirishma atomlarning eruvchanligi hamma vaqt ham (1) ifoda bilan aniqlanmaydi. Ularning eng katta eruvchanligi ma'lum haroratgacha o'sib borib keyin kamayadi. Masalan, Cu atomlarini kremniyda eng katta eruvchanligi $T=875^{\circ}\text{C}$ da $N=4 \cdot 10^{16} \text{ sm}^{-3}$ ga teng bo'lib, keyin harorat oshishi bilan kamayadi.

1.3 KREMNIYDA CHUQUR ENERGETIK SATIH XOSIL QILUVCHI KIRISHMALAR KIRITILGANDA KUZATILADIGAN YANGI FIZIK XODISALAR

Odatdagi kirishma atomlaridan farqli, yarimo'tkazgich materiallarida chuqur energetik satih xosil qiluvchi kirishma atomlar, nafaqat

ionizatsiyalanishi energiyasining qiymatini kattaligi bilan ($E=0,1\div 0,6$ e/v) balki, energetik sathlarini soni va kirishma atomlarni kristall panjarada joylashishi, zaryadlanish darajasiga hamda kristall panjaradagi boshqa atomlar bilan murakkab komplekslar xosil bo'lish va ularni, yarimo'tkazgich materiallining elektrofizik, optik, fotoelektrik xossalriga ta'sir qilishi natijasida, ba'zi yangi fizik xodisalar kuzatildi. Shu sababli yarimo'tkazgich materiallarning funksional imkoniyatlari yanada kengayadi va ular asosida tubdan yangi asboblardan va qurilmalarni yaratish mumkin bo'ldi. Bu bobda, chuqur energetik sath xosil qiluvchi kirishma atomlari bilan kompensatsiyalangan kremniyda kuzatilgan va nazariy tasdiqlangan ba'zi bir fizik xodisalarga oid ma'lumotlar keltirildi.

1.3.1 KOMPENSATSIYALANGAN KREMNIYDA FOTOOTKAZUVCHANLIKNI INFRAQIZIL NUR TA'SIRIDA SO'NISHI

Yarimo'tkazgich materiallarda kuzatilgan fotoelektrik xodisalar ichida materialni qo'shimcha infraqizil (IQ) nurlar bilan yoritilgan ya'ni fon yorug'lik mavjud bo'lganda fototokning so'nish effekti ko'plab olim va mutaxassislarni qiziqtirib kelmoqda. Bu effektning o'rganish birinchidan yarimo'tkazgich materiallaridagi kirishma atomlarining fundamental parametri xisoblangan kirishma atomlarini energetik sathlarning qiymatini, tok tashuvchilarni shu energetik sathda yutilish yuzasi xaqidagi ma'lumotlarni bilish bilan birga, fon yorug'lik mavjudligida ishlay oladigan IQ fotopremniklarni yaratish imkoniyatlarini ochib beradi. Fotootkazuvchanlikni IQ nurlar ta'sirida so'nishi, so'nish darajasi qiymati

$K = \frac{\sigma_f}{\sigma_f + \sigma_{f+h\nu}}$ bilan ifodalanadi. Bunda, σ_f – (doimiy fon ($h\nu > E_g$) yorug'ligi mavjud bo'lgandagi fotootkazuvchanlik, $\sigma_{f+h\nu}$ – fotootkazuvchanlikga qo'shimcha IQ nur ta'sir etgandagi fotootkazuvchanlikni qiymati.

Kompensatsiyalangan kremniyda fotoo'tkuzuvchanlikni IQ nur ta'sirida so'nishini o'rganish natijalarini taxlili asosida quyidagilar aniqlandi:

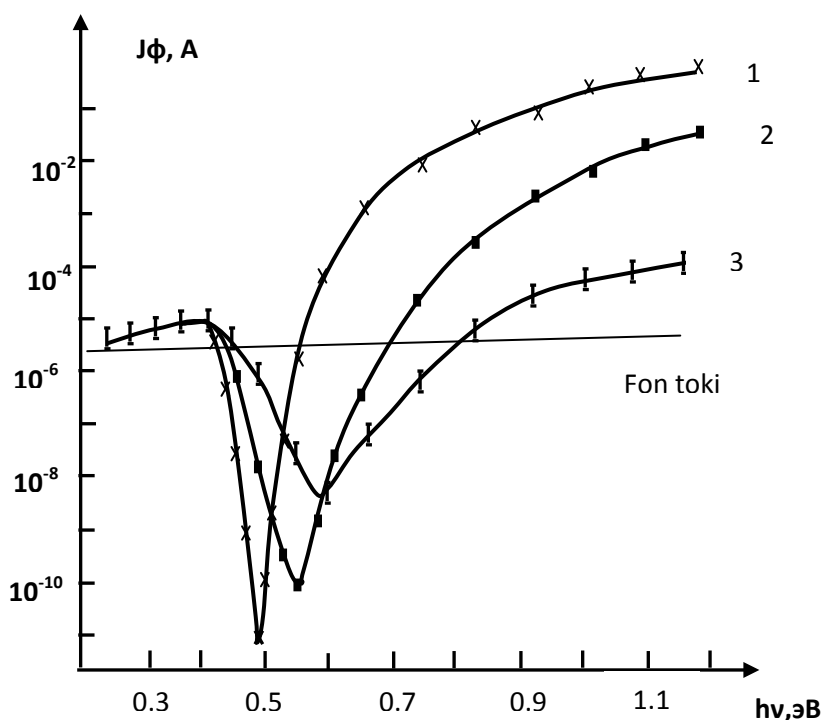
1. Fotoo'tkazuvchanlikni IQ nur ta'siridagi so'nish darajasini qiymati $K=10^2 \div 10^6$ gacha bo'lishi.

2. Materialni solishtirma qarshiligi o'zgarishi bilan IQ nur ta'sirida so'nishning kuzatilish chegarasini siljishi.

3. Materialni solishtirma qarshiligi kamayishi bilan IQ nur ta'sirida so'nishning kuzatilish spektr oralig'ini kengayishi.

Kirishma atomlari bilan kompensatsiyalangan kremniyda fotoo'tkazuvchanlikni IQ nur ta'sirida so'nishi boshlang'ich materialdagi kirishma bor atomlarining konsentratsiyasiga bog'liqligini o'rganish maqsadidi boshlang'ich kirishma bor atomlarini konsentratsiyasi

$N_V=2 \cdot 10^{14} \div 2 \cdot 10^{16} \text{ sm}^{-3}$ oralig'ida o'zgartirib olindi.



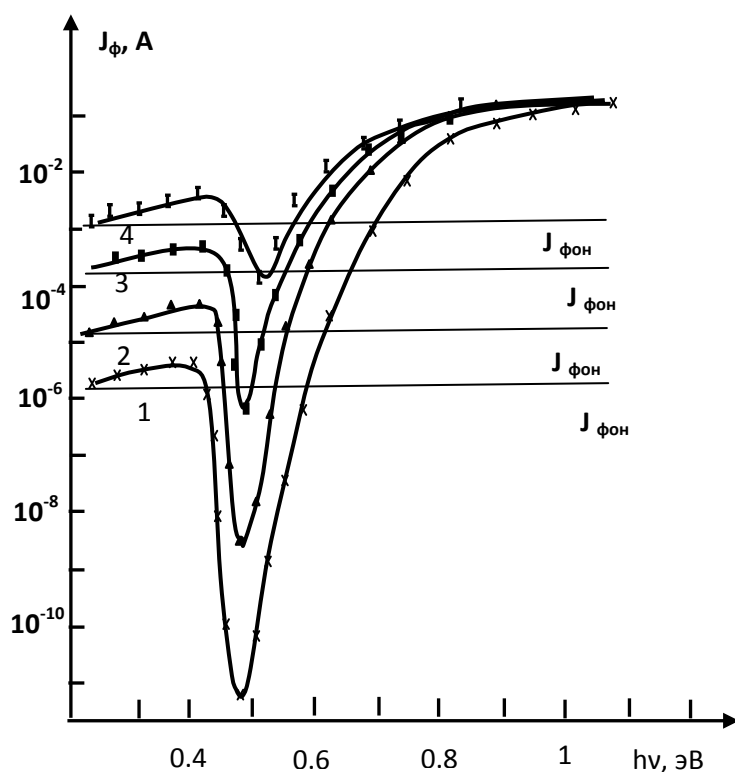
1.5-rasm. Boshlang'ich kremniy materialidagi kirishma bor atomlarining konsentratsiyasiga bog'liq xolda fotoo'tkazuvchanlikni IQ nur ta'sirida so'nishi

$\rho\text{-Si} \langle \text{B, Mn} \rangle$ $T=80 \text{ K}$, $E = 20 \text{ V/sm}$:

1 - $\rho \approx 10^5 \text{ Om} \cdot \text{sm}$ (KDB-1); 2 - $\rho \approx 10^5 \text{ Om} \cdot \text{sm}$ (KDB-10);

3 - $\rho \approx 10^5 \text{ Om} \cdot \text{sm}$ (KDB-100).

Tajriba natijalarini taxlili shuni ko'rsatdiki, kompensatsiyalangan kremniydagi fotoo'kazuvchanlikni IQ nur ta'sirida so'nishining boshlanish chegarasini qiymati, so'nish darajasi, fotonlar energiyasi bo'yicha so'nish oralig'i materialning solishtirma qarshiligiga, o'tkazuvchanlik turiga, kirishma atomlarning elektrfoal konsentratsiyasiga, fon yoritilganlik qiymatiga hamda so'ndirishga sabab bo'lgan IQ nurning energiyasi va quvvatiga bog'liq ekan. Bu natijalarni ilmiy asoslashda, ya'ni kompensatsiyalanga kremniyda kuzatilgan fotoo'tkazuvchanlik xodisasining mexanizmini tushuntirishda Rouz tomonidan yaratilgan, taqiqlangan soha kengligida ikkita chuqur energetik satx bo'lgan klassik model asosida amalga oshirib bo'lmaydi. Bunga quyidagi tajriba natijalarini misol qilish mumkin.



1.6-rasm. Kompensatsiyalangan kremniyda turli fon yorug'ligidagi fotoo'tkazuvchanlikning so'nishini spektral bog'lanishi. $\rho=10^5 \text{Om}\cdot\text{sm}$, $E=20 \text{V/sm}$, $T=80\text{K}$.

$$I_4 > I_3 > I_2 > I_1 \quad I_1 = 10^{-3} \text{lk.} \quad I_4 = 0,5 \text{lk.}$$

1. Kompensatsiyalangan kremniydagi fotoo'tkazuvchanlikni IQ nur ta'sirida so'nishi $h\nu=0,47 \div 0,48 \text{eV}$ oralig'ida bo'lib, yarimo'tkazgich materialida kuzatilganda ikkilangan optik o'tish xodisasiga mos tushmaydi.

2. Fotoo‘tkazuvchanlikni IQ nur ta’sirida so‘nishi kremniy materialining solishtirma qarshiligi va kirishma atomlarning elektrfaol konsentratsiyasiga bog‘liq bo‘lishi.

3. Fotoo‘tkazuvchanlikni IQ nur ta’sirida so‘nishining darajasi $K=10^5 \div 10^6$ bo‘lib, mavjud model orqali xisoblanganda so‘nishga sabab bo‘lgan energetik sathning tok tashuvchi kovaklarni yutish yuzasi, rekombinatsion markazda kovaklarni yutish yuzasida 10^{12} darajasida katta bo‘lib, nazariy xisoblar natijasida mos ravishda $S_{RM} \approx 10^{-26} \text{sm}^{-3}$ va $S_{RR} \approx 10^{-14} \text{sm}^{-3}$ tashkil etdi. Odatda tok tashuvchilarni bunday yutish yuzasiga ega bo‘lgan energetik sathlar yarimo‘tkazgich materiallarda uchramaydi.

1.3.2 KOMPENSATSIYALANGAN KREMNIYDA FOTOO‘TKAZUVCHANLIKNI HARORAT TA’SIRIDA SO‘NISHI

Kirishma atomlari bilan kompensatsiyalangan kremniyda kuzatilgan fotoo‘tkazuvchanlikni tashqi muxit haroratiga bog‘liqligini o‘rganishlar shuni ko‘rsatdiki, fotoo‘tkazuvchanlik materialni solishtirma qarshiligi va o‘tkuzuvchanlik turiga qarab $T=77 \div 350 \text{K}$ harorati oralig‘ida kuzatilar ekan. Integral yorug‘likning turli qiymatlarida yoritilganda xosil bo‘lgan fotoo‘tkazuvchanliknin haroratga bog‘liqligi $T=77 \div 200 \text{K}$ oralig‘ida o‘rganilganda, $T=140 \text{K}$ dan boshlab fototokni harorat ta’sirida so‘nishi kuzatildi.

Integral yorug‘likning intensivligini ortishi bilan fototokni harorat ta’sirida so‘nishi yuqori harorat tomonga siljib bordi. Harorat ta’sirida

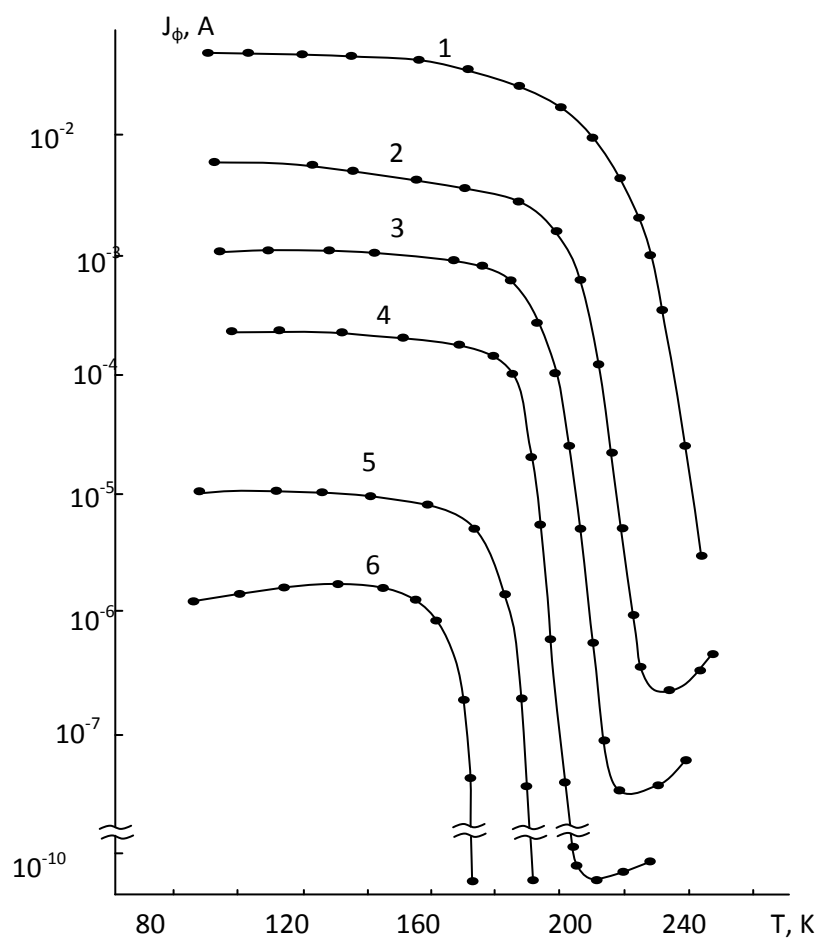
fotoo‘tkazuvchanlikni so‘nish darajasini qiymati $K = \frac{J_f}{J_f + t} \approx 10^6 \div 10^7$ ga teng bo‘lib, fototokni IQ nur ta’sirida so‘nishiga qaraganda ham ko‘proq bo‘di.

Kompensatsiyalangan kremniyda fototokni harorat ta’sirida so‘nish effekti boshqa yarimo‘tkazgich materiallarda kuzatilgan fotoo‘tkazuvchanlikni harorat ta’sirida so‘nish xodidasidan quyidagilar bilan farqlandi.

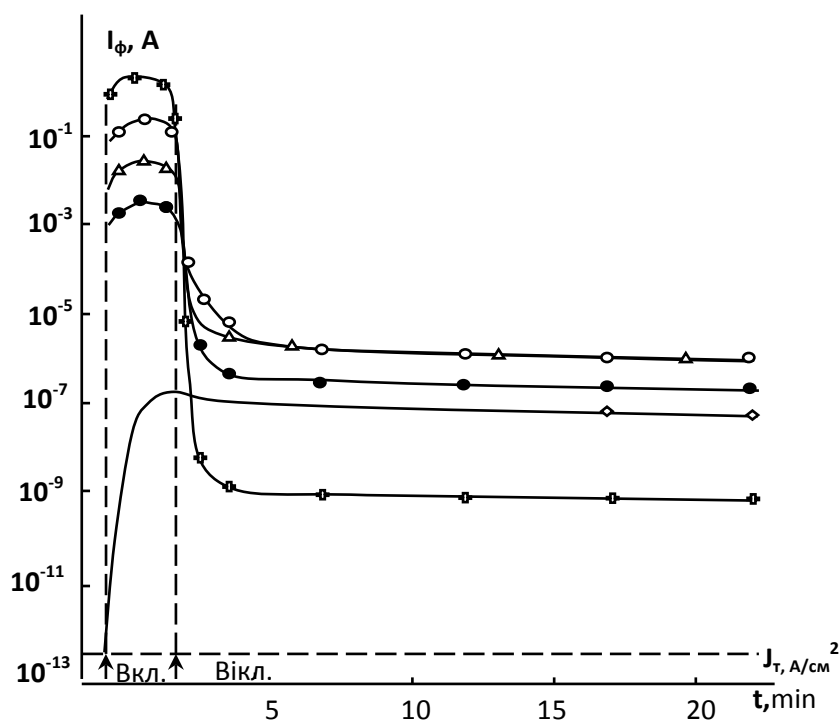
1. Fototokning fon yorug'likdagi qiymatidan qattiy nazar fotoo'tkazuvchanlikni so'nish darajasi $K=10^5 \div 10^7$ ni tashkil etdi.

2. Fotoo'tkazuvchanlikni so'nishi haroratning kichik oralig'ida kuzatilib,

▲ $T=25 \div 30$ grad ga teng bo'ldi.



1.7-rasm. Kompensatsialangan kremniyda turli fon yorug'likni turli qiymatlarda fotoo'tkazuvchanlikni harorat ta'sirida so'nishi. $Si<B,Mn>\rho \approx 10^5 \text{ Om}\cdot\text{sm}$, $E=40 \text{ V/sm}$: 1- 25 lk, 2-10 lk, 3- 5 lk, 4- 1 lk, 5- 0,5 lk, 6- 0,1 lk



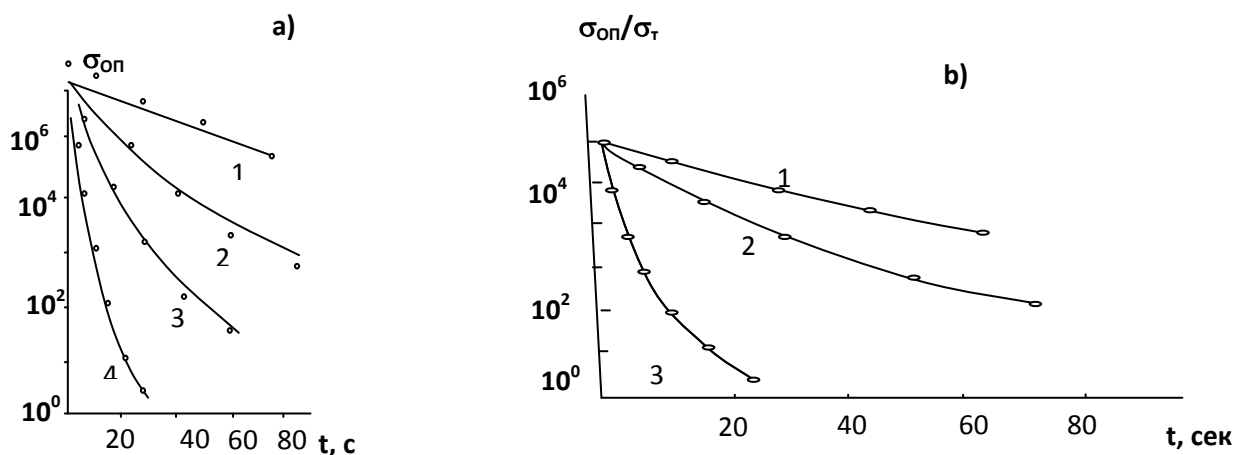
1.8-rasm. Kompensatsiyalangan kremniyda integral yorug‘likning turli qiymatlarida fotoo‘tkazuvchanlikning uzoq muddat lirelaksatsiyasi
 $p\text{-Si} \langle B, Mn \rangle v$.

1.3.3 KOMPENSATSIYALANGAN KREMNIYDA FOTOO‘TKAZUVCHANLIKNI UZOQ MUDDATLI RELAKSATSIYASI VA QOLDIQ O‘TKAZUVCHANLIK

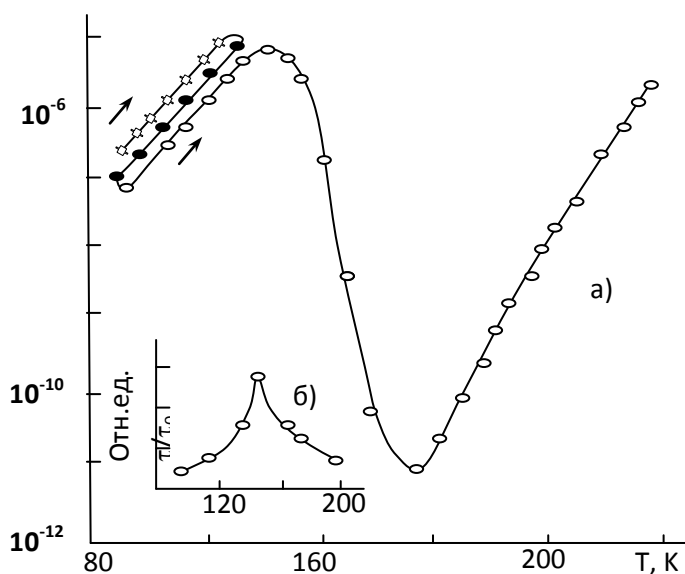
Kompensatsiyalangan kremniyda kuzatilgan g‘ayrioddiy fotoo‘tkazuvchanlik xodisalaridan yana biri, fotoo‘tkazuvchanlik xosil qilganidan so‘ng yorug‘lik manbasi o‘chirilsa, qorong‘u xolatda fotoo‘tkazuvchanlikni qiymati o‘zini boshlang‘ich xolatiga qaytmasdan ma’lum bir qoldiq o‘tkazuvchanlikga ega bo‘lar ekan. Fototokning qiymati qoldiq o‘tkazuvchanlik qiymatiga birdan tushmasdan ma’lum bir vaqt oralig‘ida kamayib borishi kuzatildi. Bu fizik xodisa yarimo‘tkazgich materiallaridagi fotoo‘tkazuvchanlikni qoldiq o‘tkazuvchanligi deb nomlanadi. 10.4 rasmda kompensatsiyalangan kremniy materialida harorat $T=77K$ bo‘lganida hamda yorug‘lik quvvatini turli qiymatlarida yoritib

yorug'lik manbasi o'chirilganda kuzatilgan uzoq muddatli relaksatsiya va qoldiq o'tkazuvchanlikning qiymatini vaqtga bog'liq o'zgarishi ko'rsatilgan.

Kompensatsiyalangan kremniyda kuzatilgan qoldiq o'tkazuvchanlikga IQ nur va haroratni ta'siri o'rganilganda, qoldiq o'tkazuvchanlikni IQ nur va harorat ta'sirida so'nish xodisasi kuzatildi. 10.5 rasmda qoldiq o'tkazuvchanlikga IQ nur ta'sirida so'nishi ko'rsatilgan.



1.9-rasm. Kompensatsiyalangan kremniydagi qoldiq o'tkazuvchanlikni IQ nur ta'sirida so'nishi a) 1- $h\nu=0,42$ eV, 2- $h\nu=0,45$ eV, 3 - $h\nu=0,5$ eV, 4 - $h\nu=0,6$ eV; b) $h\nu=0,62$ eV.



1.10-rasm. a) kompensatsiyalangan kremniydagi qoldiq o'tkazuvchanlikni harorat ta'sirida so'nishita'sirini so'nishi

II BOB

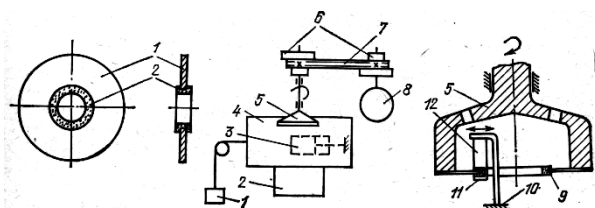
KOMPENSATSIYALANGAN KREMNIYNI OLISH TEXNALOGIYASI HAMDA UNI ELETROFIZIK VA FOTOELEKTRIK O'LGHASH USULLAR

2.1 KREMNIYLI TAGLIKKA MEXANIK ISHLOV BERISH

IS lar asosan kremniy monokristalidan tayyorlanadi, bunga sabab nisbatan sodda usul bilan hosil qilinadigan SiO_2 qatlamini yuqori sifatlidir. Katta diametrli Si monokristalini olish texnologiyasi ancha arzon va yaxshi o'zlashtirilgan.

Kremniy monokristall slitkasidan qirqib olingan, ma'lum mexanik va kimyoviy ishlov berilgan plastinka IS tagligi deyiladi.

Si ga mexanik ishlov berish



2.1-rasm. Kremniyslitkasidan plastinka qirqish uchun olmos kukuni surilgan metall diskdan foydalaniladi. Disk qalinligi 0,1- 0,15 mmni tashkil etadi

Qirquvchi uskunadagi kremniy slitkasini ushlagichining siljish tezligi 20-30 mm/min. Qirqilgan plastinka sirtida abraziv material (poroshok) ta'siri tufayli monokristall struktura buzilgan qatlam yuzaga keladi, bu qatlam qalinligi 10-30 mkm bo'lib 7-8 sinf tozalikka to'g'ri keladi. IS hosil qilish uchun esa plastini sirtidagi notekislik 0,02 -0,1 mkm.dan oshmasligi kerak bu esa 14-sinf tozaligidan ham yuqori tozalikdir. Bunday tekislikka erishish uchun plastinkalar mikroporoshoklar yordamida maxsus yuqori aniqlikdagi aniqliklarda jilvirlanadi, (shlipovka), so'ngra sayqallanadi (polirovka). M14-M15 mikroporoshok yordamida shlipovka qilinganda shishali shlipovalnik ishlatiladi. Olmos pastasi yordamida polirovka qilinganda shlipovalnik sirti lattali bo'ladi.

Plastinkaning 2 tomoni shlipovka qilinadi. Polirovka esa faqat IS hosil qilinadigan yuzasi qilinadi. M14 - mikrokukunda kukunlar o'lchami 14-10

mkm, M10-mikrokukunda esa 10-7 mkm. ASM-3/2- sintetik almaz kukuni, 3/2 - kukunlari o'lchami, yiriklari 3 mkm, maydalari 2 mkm.

2.1-jadval

Mikrokukun	Buzulgan qatlam qalinligi, mkm	Plastinka sirtining tozalik sinfi
M14	20-30	7
M10	15-25	8-9
ASM 3/2	9-11	12-13
ASM 1/0.5	5-7	13
ASM 0.5/0.3	3-dan kichik	13-14
ASM 0.3/0.1	1-dan kichik	14

Kremniy sirtini tozalash.

Jilvirlash va sayqallashtan so'ngra plastinka sirti mikrokukun qoldiqlari va texnikdog'lardan tozalanadi.

Buning uchun eritkichlarda va kislotalarda kimyoviy tozalanadi. Ikkinchi usul fizikaviy tozalash usuli,unda kremniy molekulalari bilan bog'langan kirishma molekulalariga qizdirish yoki ionli bombardirovka yordamida katta energiya berib,uchirib yuboriladi. Ultra tovushli uskuna yordamida kukun qoldiqlari uchxloretilen, toluol, to'rtxlorli uglerod eritgichlardan foydalanib tozalanadi.

Organik moddalarning molekulalaridan tozalash uchun sulfat kislota (H_2SO_4) da qaynatiladi.

Metall atomlaridan tozalashga HSl va HNO_3 da qaynatiladi,HF da yuviladi. Hamma vaqt eng oxirida ionlardan tozalangan (deionli) suvda yuviladi.Plastinka sirtining tozaligini tekshirish usullaridan biri sayqallangan sirtini mikroskopda kuzatish. Yorug'lik nuri plastinka sirtlariga juda kichik burchak ostida tushadi. Toza joylar qorong'i bo'lib iflos joylardan sochilgan nur mikroskopga tushadi va yorug' bo'lib ko'rinadi.

Boshqa usul: plastinka sirti ho'llanganda agar yog'lar bo'lsa suv bir tekis qatlam hosil qilmaydi, balki bir qancha bo'laklarga ajralib ketadi.

Deionlashgan suv olish texnologiyasi

Plastinkani tozalash jarayonida har xil suvlar ishlatiladi:

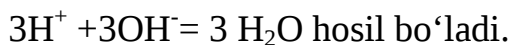
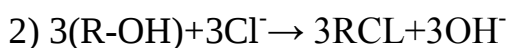
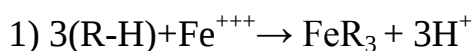
Distillangan suv $\rho = 200 \text{ kOm sm}$ vodoprovod suvini bug'latib va qayta sovitib olinadi.

Bi distillangan suv $\rho=500 \text{ kOm sm}$. Distillangan suvni bug'latib qayta sovitib olinadi.

Ionlardan tozalangan (deionli) suv $\rho=20 \text{ mOm sm}$. Distillangan suvni ion almashuvchi smolalardan o'tkazish orqali olinadi. Bu smolalar 2xil bo'lib 1-kationlar (metal ionlarni yutadi) 2-anionlar (kislota qoldiqlari ionlarini yutadi).

Kationlar ximyaviy formulasi : R-H ; anionlarniki: R-OH

Misol: FeSl_3 dan tozalash quyidagicha bo'ladi:



(1) dagi Fe^{+++} ioni R bilan bog'lanib qoladi va N^+ ioni hosil bo'ladi.

(2)dagi Cl^- ioni R bilan bog'lanib qoladi va ON^- ioni hosil bo'ladi.

H^+ va OH^- ionlari bog'lanib suv hosil bo'ladi.

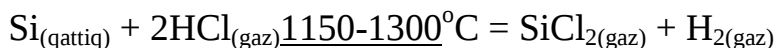
Kremniy plastinkasida epitaksial qatlam o'tsirish uchun,MDP strukturalarining zatvor osti oksid qatlamini olish uchun gazli yemirish usuli bilan plastinka sirti tozalanadi.Bunda ifloslar tozalanishi bilan birga monokristall struktura buzilgan qatlam ham olib tashlanadi (ya'ni nuqsonlar yo'qotiladi.)

Yemirgich sifatida N yoki Ne ning galogenlar (F, Sl, Br) galogenovodorodlar (HVr, HCL), serovodorod H_2S ,geksaftorid SF_6 bilan aralashmasi ishlatiladi.

N va Ne dagi bu moddalarning miqdori 0,1-1 % gacha bo'ladi.

Oksidlovchi qurilmada yoki epitaksial qatlam o'stiruvchi reaktorda $T=800-1300^\circ \text{C}$ harorat oralig'ida ishlov beriladi.

Si ni HCL da yemirganda quyidagi reaksiya vujudga keladi:



ya'ni Si sirti gaz shaklida ajralib tozalanadi.

Abrziv materiallar

“ Abrziv ” so'zi lotinchadan olingan bo'lib, “ skoblit” “ parchalash” degan ma'noni bildiradi. Abrziv materiallarning asosiy xossasi ularning qattiqligidir. Eng qattiq material olmos bo'lib, Moss shkalasi bo'yicha 10 sinf, korund- 9 sinf , topaz - 8 sinf, kvarts - 7 sinf ga to'g'ri keladi.

Materiallarning abrazivlik qobiliyati obraziv material yordamida ishlov berilayotgan material sirtidan birlik vaqtda qirib olingan miqdori bilan baxolanadi. Agar olmosning abrazivlik qobiliyati birga teng deb olinsa, u xolda bor karbidiniki–0,6; kremniy karbidiniki–0,5; monoqorundniki–0,25; elektroqorundniki–0,15 ga teng bo'ladi.

Yarim o'tkazgichli asboblari va IS larni ishlab chiqarishda quyidagi obraziv materiallar ishlatiladi:Olmos - sanoatda grafitdan yuqori bosim va harorat hosil qilingan su'niy olmos ishlatiladi.

Karbid kremniy - kremniyning uglerod bilan kimyoviy birikmasi .

Karbid kremniyning rangi kimyoviy tozalash darajasiga qarab yashildan qora ranggacha o'zgarishi mumkin. Kimyoviy tozasi rangsiz, yashildan qora rangachan bo'ladi. Qora rangligi qattiqligi kam bo'ladi.

Karbid bor - borning uglerod bilan kimyoviy birikmasi.

Elektroqorund- kristalli alyuminiy Oksidi. Al_2O_3 oq modda. Sanoatda uch xil elektrokorund ishlab chiqariladi: Oq - 98,5 — 99,5% Al_2O_3 bor;

normal elektrokorund - 91- 96 % Al_2O_3 bor;

qora elektrokorund 65-75 % Al_2O_3 bor.

Xrom Oksidi - yashil rangli kukun (poroshok).

Aerosil - g'ovak ko'kimtir - oq kukun, toza kremniy ikki Oksidi.

Quyidagi markalari ishlab chiqariladi A-175, A-300, A- 380, zarralarining o'rtacha o'lchami mos ravishda 10 - 40 , 5- 20, 5- 15 mkm bo'ladi.

2.2 KREMNIY PLASTINKALARNI SAYQALLASH

Yarim o'tkazgichli plastinka sirtiga ishlov berish sifatini oshirish va mexanik buzilgan sirt chuqurligini kamaytirish uchun sayqallash amalga oshiriladi. Sayqallash yumshoq sayqallagichda bajariladi. Yumshoq sayqallagichda qattiq disk ustiga yumshoq material qoplangan bo'ladi (duxoba, ipak, chit va xokazo). Abraziv material sifatida zarralar o'lchami 3 mkm.dan kichik bo'lgan sintetik olmos kukuni, alyuminiy oksidi, xrom oksidi, kremniy ikki oksidi yoki sirkoniy ikki oksidi ishlatiladi. Sayqallovchi material o'zining g'ovaklarida abrazivning zarralarini ushlab qolishi kerak. Oraliq sayqallashda tuksiz material ishlatiladi. Yakuniy sayqallashda turli material va zarralar o'lchami 1 mkm.dan kichik bo'lgan abraziv kukuni ishlatiladi.

Yumshoq sayqallagichlarning chidamliligi yuqori emas. Masalan batisli sayqallagichda 20-30 plastinkani sayqallash mumkin. Satinlisida-50-70 ta plastinkani ;zamshlida-100-120 plastinkani, duxobada-500-600 plastinkani. Sayqallash uch bosqichdan iborat;

- birinchi bosqich (oraliq sayqallash) abraziv qorishmasini tayyorlash va sayqallagichni tayyorlash. Shisha diskka yumshoq material (batits) qoplanadi. Abraziv zarralari bir tekis taqsimlanishi uchun, Batits sirti spirt yoki soat moyi bilan xo'llanadi, yordamchi shisha disk sirtiga olmos kukunli pasta (ASM 3) suriladi va bir necha tomchi soat moyi tomiziladi. Hosil bo'lgan qorishmani boshqa shisha disk yordamida shisha disklar yuzasida bir tekis surilguncha bir-biriga ishqalanadi. Bu disklarning har biri navbat bilan batits qoplangan sayqallagichga suriladi va hamma olmos kukun batits sirtiga o'tkaziladi. Kremniy plastinkasi bir tomoni bilan maxsus moslamaga yopishtiriladi va sayqallovchi qurilmaga o'rnatiladi. Sayqallash jarayonida qizish kuchli bo'lmasligi uchun sayqallagichning aylanish tezligi 30 - 40 ayl/min ortmasligi kerak. (qiziganda plastinka ko'chib ketishi va mexanik ta'sirlanishi mumkin).

- Ikkinchi bochqich (oraliq sayqallash), sayqallagich materialining almashtirish va ASM1 olmos kukunidan foydalanish. Buning uchun shisha

diskka boshqa yumshoq material (duxoba) qoplanadi, issiq suv yoki spirt bilan ho'llanadi. Duxobaga olmos kukunli pasta (ASM1) suriladi va soat moyi tomiziladi. Maxsus moslamaga yopishtirilgan (birinchi bosqichda) plastinka moslama bilan birgalikda tozalanadi va sayqallovchi qurilmaga o'rnatiladi hamda sayqallash davom etiriladi. Ikkinchi bosqichda sayqallagichning plastinkaga bosimi ko'paytiriladi, aylanish tezligi 25- 30 ayl/ min gacha kamaytiriladi.

- Uchinchi bosqich (yakuniy nozik sayqallash)da sayqallagich va abraziv material almashtiriladi. Sayqallagich materiali sifatida yangi batis va abraziv sifatida xrom oksidi, kremniy ikki oksidi yoki sirkoniy ikki oksidi ishlatiladi.

Xrom oksidining ikki turidan foydalaniladi:

- 1)Yirik, zarralar o'lchami 0,6- 0,8 mkm, bixromat (ikki xromli birikma) kaliyning oltingugurt bilan reaksiyasidan olinadi;
- 2) Mayda zarralar o'lchami 0,2 - 0,4 mkm, bixromat ammoniyning termik parchalanishidan olinadi.

Xrom oksidi bilan sayqallash jarayoni sekin kechadi, bir necha soat davom etadi.Kremniy ikki oksidi yoki sirkoniy ikki oksidi yordamida sayqallash tezligi ancha yuqori. Kremniy ikki oksidi kukuni zarralarini o'lchami 0,1 mkmdan kam bo'ladi. Kremniy ikki oksidi kukuning qorishmasi: bir qism kukunga besh qism suv qo'shib tayyorlanadi. Qorishmani sayqallash jarayonida aralashtirib turilishi kerak. Yumshoq material sifatida zamsh ishlatiladi, sayqallagichning aylanish tezligi 100 ayl/min gacha bo'ladi.Sirkoniy ikki oksidi kukuni zarralari o'lchami 0,1 mkm.dan kichik, qorishmasi bir qism kukunga o'n qism suv qo'shilgan bo'ladi.Oxirgi bosqichda avvalgi ikki bosqichdagi olmos zarralari sirtdan ketkaziladi va mexanik buzilgan qatlam qalinligi keskin kamayadi va plastinkaning tozalik darajasi 13 - 14 sinfga to'g'ri keladi.

“V” markali ionlardan tozalangan suv tabiiy vodoprovod suvini distillyatsiya qilinib, so'ngra ionlardan tozalab olinadi. Solishtirma qarshiligi $T=20^{\circ}\text{C}$ da $1\text{M}\Omega \cdot \text{sm}$ bo'ladi.

”B” markali ionlardan tozalangan suvni “V” markali deionlashgan suvdan qayta deionlashtirilib, soʻngra gʻovakliklari oʻlchami $d = 10 \text{ mkm}$ boʻlgan inert filtrlovchi materialdan oʻtkazib erimagan zarralardan tozalab olinadi. Solishtirma qarshiligi $10 \text{ MOm} \cdot \text{sm}$ ni tashkil etadi.

A” markali ionlardan tozalangan suvni “B” markali deionlashgan suvdan gʻovaklar oʻlchami $d = 0,5 \text{ mkm}$ boʻlgan maxsus filtrlovchi materiallarda filtrlanib olinadi. Solishtirma qarshiligi 20 MOm sm ga teng boʻladi.

Yarim oʻtkazgichli plastinka sirtiga kimyoviy ishlov berish

Sirtidagi kirlar miqdori (kontsentratsiyasi) yarim oʻtkazgichli asboblarda va IS larning parametrlari turgʻunligiga taʼsir qilmagan holdagina sirt texnologik toza deyiladi.

Plastinka sirtini tozalashning fizik usullari:

- ultratovushli tozalash;
- kirlarni oquvchi suyuqlikda choʻtkalar bilan yuvish;
- gaz oqimini purkab tozalash (toza azot gazida);
- ionlar va elektronlar oqimi bilan bombardirovka qilish;
- plazma muhitida ionlar bilan ishlov berish;
- vakuumda yoki inert muhitda yuqori haroratda qizdirish.

Kimyoviy tozalash usullari:

- iflosliklarni eritib yuborish;
- kirlangan plastinkaning yupqa sirt qatlamini eritib ketkazish.

Plastinka sirtidagi fizikaviy kirlar.

Fizikaviy adsorbsiyalangan fizikaviy kirlar quyidagilar:

- Organik boʻlmagan kirlar: turli chang zarralari, abraziv materiallarning zarralari.
- Organik kirlaryogʻ qatlamlari, ion almashuvchi smolalar qoldiqlari, fotorezits zarralari, oʻlchami $1-20 \text{ mkm}$ oraligʻida boʻlgan mikroorganizmlar va hokazolar.

Yarim oʻtkazgichli material sirtiga kirlarning fizikaviy adsorbsiyasi molekulalar orasida Van-der -Vaals kuchlari yuzaga kelishi tufayli hamda

elektrostatik qutblanish (zaryadlangan zarralarning Kulon kuchi bilan ta'sirlanishi) sababli bo'lib, qaytuvchi jarayonlardir.

Organik bo'lmagan kirlarni gidromexanik yo'l bilan yoki toza azot gaz oqimini purkash orqali tozalanadi.

Organik kirlar kremniy plastinkasiga termik ishlov berilganda uglerod atomini hosil qilib parchalanadi.

Organik kirlar qutbli va qutbsizga bo'linadi:

Qutbli organik kirlar: moylar, oqsillar, sirtidagi faol moddalarni qoldiqlari. Bu moddalarning molekulalari sirt bo'yicha yo'nalgan bo'lib va o'zaro tortilib, kirlar yuzasining qisqarishiga olib keladi.

Qutbsiz organik kirlar: mineral yog'lar, parafinlar, vazelinlar. Bu moddalarning molekulalari sirt energiyasi katta bo'lib, katta yuzalarni qoplab oladi.

Suvda erimaydigan organik moy kirlar plastinka sirtini gidrofob holatga keltiradi, Ya'ni suv bilan ho'llanmaydi. Sirtini bir tekis tozalash uchun gidrofil xolatga keltirish kerak. Moy kirlardan tozalash orqali sirtini gidrofob holatdan gidrofil holatga o'tkazish yog'sizlantirish deyiladi.

Organik kirlar organik eritgichlarda yoki ularning bug'ida yuvib tozalanadi. Avval qutbsiz yoki kuchsiz qutbli eritgichlarda (benzol, toluol, to'rt xlorli uglerod, ayrim freonlarda) qutbsiz kirlar yuviladi, so'ngra spirt, atseton, uchxlor etilenda qutbli kirlar tozalanadi.

Plastinka sirtidagi kimyoviy kirlar.

Kimyoviy kirlar yarim o'tkazgichli material sirtida kimyoviy adsorbsiya (xemosorbsiya) kuchlari bilan bog'langan bo'ladi. Xemosorbsiyada adsorbsiyalangan modda atomlari bilan yarim o'tkazgichli plastinka sirtidagi atomlar orasida mustahkam kovalent yoki ion bog'lar hosil bo'ladi. Bu qaytmaz jarayondir. Kimyoviy kirlar ionli va atomli bo'ladi:

Ionli kirlar suvda eruvchi tuzlar, kislotalar va ularning asoslari bo'lib, plastinka sirtiga yuvuvchi va yemiriluvchi eritmalaridan, sayqallovchi

qorishma (suspenziya)lardan, qirquvchi, jilvirlovchi va sayqallovchi disklarning metall asoslaridano'tadi.

Atomli kirlar kimyoviy refaollar tarkibida mavjud bo'lgan ,Ag,Su,Fe atomlarining plastinka sirtiga mikromurtakshaklida o'tirishi yoki butun sirtni qoplashi, hatto mikroskopik qatlamlar hosil qilishidir.

Kimyoviy kirlarni kuchli oksidlovchi aralashmalarda, kompleks hosil qiluvchi eritmalarda, sirdagi faol moddalarda, kislotalarda ketkaziladi.

Tozalashda birinchi navbatda organik kirlar va sirt bilankimyoviy bog'langan qatlamlar ketkaziladi, so'ngra-ionli vaatomli kirlar ketkaziladi.

Turli kirlarning asosiy manbalari:

- Yarim o'tkazgichli plastinkaga mexanik ishlov berishda ishlatiladigan ishlab chiqarish xonalarida havoda mavjud bo'lgan chang;
- plastinkalarni tashish va saqlashda qo'llaniladigan idishlar, moslamalar va qurilmalar;
- texnologikmuhit;
- organik va organik bo'lmagan reagentlar;
- yuvishda ishlatiladigan suv;
- kirlarning sezilarli manbai texnoog kiyimi, tanasi, kosmetikasi, bakteriyalar, viruslar, qo'llardagi moy qoldiqlari.

Tozalashda qo'llaniladigan usullar va moddalar tozalanuvchi yarim o'tkazgich materialiga nisbatan inert, yong'indan xavfsiz va zaharliligi kam bo'lishi kerak. Yarim o'tkazgichli plastinkalarni ifloslantirmasligi uchun kimyoviy refaollar, gazlar va suv yuqori darajada tozallikka ega bo'lishi kerak. Tozalashda ishlatiladigan qurilmalar" cheksiz kamaytirilib borish"ga asoslangan holda loyihalangan bo'lishi kerak (ketma-ket vannalar, bug'da tozalash va boshqalar).

2.3 KREMNIY MATERIALLARIDA MEXANIK VA KIMYOVIIY YEMIRISH USULLARI

Fizikaviy yog'sizlantirish usulida organik kirlar issiq yoki qaynab turgan organik eritgichlarda eritiladi. Moy molekulalari plastinka sirtidan ajralib

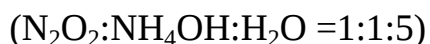
eritgichda bir tekis taqsimlanadi. Bir vaqtda teskari jarayon- tozalangan plastinka sirtiga moy molekulalari adsorbsiyasi ham bo'ladi, bu jarayonni kamaytirish uchun ketma-ket vannalarda yuvish usulidan foydalaniladi.

Kirlarni organik eritmalarda eritib tozalash juda samarador, lekin ko'p marta toza eritgichga solinishi tufayli organik eritgich isrofgarchiligi ko'p bo'ladi. Ayrim organik eritgichlar zaharli va yonish xavfi yuqori bo'ladi.

Yarim o'tkazgichli plastinkalarni organik eritgichlar bug'ida tozalanganda ham cheksiz kamaytirib borish asosiga amal qilinadi. Qaynab turgan organik eritgich bug'lari tozalanayotgan sirt yuzasida kondensatsiyalanadi. Kondensatsiyalangan bug' tomchilari plastinka sirtidan oqib tushayotib, kirlarni o'zi bilan olib ketadi. Bu usulda plastinka yuzasi cheksiz ko'p marta toza organik eritgich bilan yuviladi, ifloslangan organik eritgich esa boshqa vannaga oqib tushadi. Bunday tozalashni izopropil spirt, freon -113, xlorlangan uglevodorod bug'larida bajariladi. Bulardan eng qulayi freon - 113: bo'lib, yonmasligi, zaharli bo'lmagan suyuqligi va qaynash harorati $47,6^{\circ}\text{C}$, zichligi $1,57\text{ g/sm}^2$ ni tashkil etadi. Eritgichlar bug'ida sovun, erigan moylar, tarkibida suv bo'lgan birikmalar yaxshi tozalanmaydi. Bu usul kamchiligi: bug'lanish hisobiga organik eritgichning ko'p isrof bo'lishi va qurilma yuqori darajada germetik - berk bo'lishiligi talab etilishidir.

Kimyoviy yog'sizlantirishni moy molekulalarini parchalovchi, lekin tozalanayotgan materialga ta'sir qilmaydigan aralashmalarda amalga oshiriladi. Shuning uchun aralashmada moy molekulalari yuk va tozalanayotgan sirtidan ularning desorbsiyasi bo'lmaydi.

Kimyoviy yog'sizlantirish uchun qaynoq ($75 - 80^{\circ}\text{C}$) pereks ammiakli eritgichdan foydalaniladi. Bu eritgich pereks vodorod (N_2O_2) va ammoniy gidrooksidi (NN_4ON) ning suvdagi aralashmasidan iborat bo'ladi.



Eritgich qizdirilganda N_2O_2 dan ajralib chiqqan atomar kislorod organik va organik bo'lmagan kirlarni oksidlaydi. Ammoniy gidrooksidi (NH_4OH) pereks vodorod H_2O_2 ning parchalanish reaksiyasini tezlashtiradi, moylarni sirtidan

o'ziga tortib oladi, ayrim metall ionlari bilan yaxshi eruvchi komplekslar hosil qiladi. Kimyoviy yog'sizlantirish fizikaviy yog'sizlantirishga nisbatan kam zararli va kam mehnat talab qiladi.

Sirtni metallarning atom va ionlaridan, oksid qatlamlari qoldiqlaridan, sulfidlaridan, nitridlardan kislotalar yordamida tozalanadi. Metall ionlarini kislota tarkibidagi vodorod siqib chiqaradi. Kislotalar bilan tozalashda texnika xavfsizligi qoidalariga qattiq rioya qilish kerak, chunki kislota teriga va ko'zga tegsa kuydiradi.

Kremniyni yemirish

Kremniy plastinkasini yemirish qattiq va suyuq muhit chegarasida amalga oshadi va 5 ta bosqichdan iborat bo'ladi:

- kimyoviy reagentning plastinka yuzasiga diffuziyalanib kelishi.
- reagentning adsorbsiyalanishi.
- kimyoviy reaksiyaga kirishish.
- reaksiya mahsulotlarining desorbsiyalanishi (tashqariga chiqarilishi).
- reaksiya mahsulotlarining plastinka yuzidan diffuziyalanib uzoqlashishi.

Yemirilish tezligi Fik qonuniga asosan Yemirilish tezligi kimyoviy reagentning plastinka sirtiga tomon diffuziyalanish tezligi: δ - kimyoviy reagentning konsentratsiya gradiyenti mavjud bo'lgan eritgich sirtki qatlam qalinligi.

Kimyoviy reaksiya tezligi:

$$v_g = D \frac{(N_{hajm} - N_{sirt})}{\delta} \quad v_p \Leftrightarrow (N_A)^a (N_B)^b \cdot \exp\left(-\frac{\Delta W}{RT}\right)$$

N_A - N_B - o'zaro reaksiyaga kirishuvchi moddalar miqdori

ΔW -kimyoviy reaksiyaning amalga oshishi uchun zarur energiya

R- universal gaz doimiysi

a, b – kimyoviy reaksiya formulasida elementlar oldiga qo'yiladigan koeffitsiyentlar

Faolatsiya energiyasi - bu molekulalarning o'rtacha energiyasiga nisbatan ortiqcha energiya bo'lib, molekulalar to'qnashganda shu energiya hisobiga kimyoviy reaksiyaga kirishadi.

Suyuqliklarda diffuziya tezligini belgilovchi faolatsiya energiyasi:

$\Delta W_{\text{dif.}} = (1 - 4) \text{ kkal/mol}$ ga teng bo'ladi.

Har xil yemirgichlardagi kimyoviy reaksiyani belgilovchi faolatsiya energiyasi esa $\Delta W = (10 - 100) \text{ kkal/mol}$ bo'lishi mumkin.

Agar $\Delta W > \Delta W_{\text{dif.}}$ bo'lsa kimyoviy reaksiya ketadi.

Agar $\Delta W < \Delta W_{\text{dif.}}$ bo'lsa diffuziya jarayoni sodir bo'ladi.

Shlipovka qilingan (jilvirlangan) sirt sayqallangan (polirovka qilingan) sirtga nisbatan kichik faolatsiya energiyasiga ega.

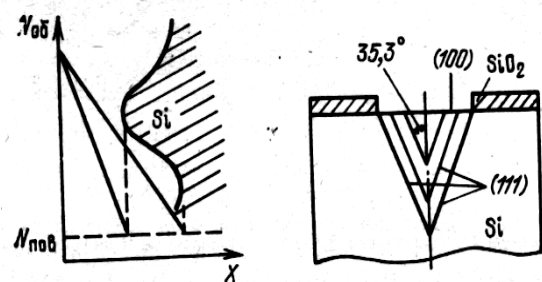
Faolatsiya energiyasini sirt notekisliklari, nuqsonlari va atomlarning joylashish zichligiga bog'liq bo'lib, ularning oshishi bilan kamayib boradi.

Har xil kristall yo'nalishlarida ΔW har xil bo'lgani uchun yemirilish tezligi kristall yo'nalishiga bog'liq bo'ladi.

Bunday yemirgichlar selektiv yemirgichlar deyiladi va kristall strukturasi o'rganishda, sirt va hajmidagi nuqsonlarni tekshirishda ishlatiladi. ($\Delta W > \Delta W_{\text{dif.}}$ - kimyoviy reaksiya tezligi boshqariladi), haroratga kuchli bog'liq bo'ladi.

$\Delta W < \Delta W_{\text{dif.}}$ - sayqallovchi yemirish,

sirt notekisliklariga nuqsonlarga bog'liq emas, haroratga kuchsiz bog'liq bo'ladi. Asosan diffuziya tezligiga ta'sir qiluvchi faktorlarga, masalan aralashtirib turishga, yemirgich yopishqoqligiga bog'liq. (Bunday yemirgichlarda diffuziya tezligi boshqarilib turiladi) bo'ladi.



Kremniyning HF va HNO₃ aralashmasida yemirilish tezligi kimyoviy reagentlarning kremniy sirtiga diffuziyasi tezligi bilan aniqlanadi. Bunda sirt notekisliklari yemirilib,

tekislanib boradi. 2.2-rasmda yemirgich miqdori gradiyenti katta, shuning uchun yemirilish tezligi katta bo'ladi.

2.2 rasm. Kimyoviy reagentlar katta diffuziya tezligi bilan yetib keladi.

Kremniy uchun yo'nalishga bog'liq bo'lgan yemirgichlar ishqorlarning suvdagi eritmaları va gidrazin gidrat (NH₂)₂H₂O misol qilish mumkin. Bu

yemirgichlar uchun faollashish energiyasi: suvdagi 10 %li eritmasi uchun 13 kkal/mol NaOH ni tashkil etadi. Gidrazin gidrat uchun esa faollashish energiyasi 6-10 kkal/mol ga teng.

Bu yemirgichlarda [100] yoʻnalish [111] yoʻnalishga nisbatan bir necha oʻn marta tezroq yemiriladi. Masalan [100] yoʻnalishli kremniy plastinkasini yemirish natijasida V - shakldagi chuqurlik yuzaga keladi. Bu chuqurlik ISlarni tayyorlashda izolyatsiyalangan sohalar hosil qilishda ishlatiladi.

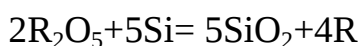
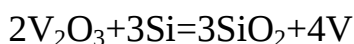
Kremniyga kirishma kiritish

Diffuziya usuli: diffuziya usulidan birinchi marta p-n-oʻtish hosil qilishda foydalanilgan boʻlib, xozirgi davrga qadar bu usul nazariy va amaliy tomondan takomillashtirilib kelinmoqda. Bundan maqsad, diffuziya usuli bilan olingan qatlamlarning asosiy parametrlari - sirtqi qatlamdagi kirishma miqdori va hosil qilingan qatlamning qalinligini - yuqori aniqlikda boshqarish imkoniyatlarini kengaytirish, texnologik jarayonlarning tan narxini pasaytirish.

Planar texnologiyasida koʻp qoʻllaniladigan diffuziya usullaridan biri-tashuvchi gaz oqimida diffuziya qilish usullari. Bu xolda diffuzantlar manbai sifatida qattiq, suyuq, gaz holatidagi moddalar ishlatiladi.

Reaktorda diffuziya sohasi 30 sm boʻlib, harorat $(700-1300)^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ va diffuzant joylashgan soha (6 sm) da harorat $(400-1100) \pm 2^{\circ}\text{C}$ oraliqda boshqariladi.

Yuqori haroratda diffuzant bugʻlanib, uning molekulalarini tashuvchi gaz (inert gazlar N_2 , Ar,) oqimi diffuziya sohasiga olib keladi. Qattiq diffuzant sifatida akseptorli kirishma uchun V_2O_3 , donorli kirishma uchun R_2O_5 oksidlar ishlatiladi. Diffuziya sohasida quyidagi kimyoviy reaksiya sodir boʻladi:



natijada elementar V yoki R va SiO_2 hosil boʻladi. Reaksiya maxsulotlari: SiO_2 bilan V_2O_3 yoki R_2O_5 Si sirtida shisha qatlam hosil qilib, kirishma manbai boʻlib qoladi. Bu qatlam Si ni eroziyadan va bugʻlanishdan saqlaydi.

Diffuziya jarayonida plastinka sirtida hosil boʻlgan kirishma miqdori:

- diffuzant haroratiga
- uning suv bug'i bilan to'yinganligiga
- tashuvchi- gaz tarkibiga
- tashuvchi- gaz oqish tezligiga

bog'liq bo'ladi.

Bor angidridi V_2O_3 -700⁰C va fosfor angidridi R_2O_5 -200⁰C da intensiv bug'lana boshlaydi.

Tashuvchi- gaz tezligi odatda ~1500 sm³/ min. bo'ladi.

Sirtqi qatlamdagi kirishma miqdoriga ta'sir qiluvchi faktorlarning hammasini nazorat qilib bo'lmaydi. Masalan, birinchi navbatda suv bug'larini kuchli yutuvchi R_2O_5 va V_2O_3 moddalardagi suv bug'lari miqdorini, ya'ni bu moddalarni diffuziya uskunasiga joylashtirishdan oldin suv bug'laridan butunlay tozalashning iloji yo'q. Diffuzantlarda avvaldan suv bug'i mavjudligi esa plastinka sirtida kirishma miqdori notekis taqsimlanishiga sabab bo'ladi va bu qattiq diffuzantlarning asosiy kamchiligi hisoblanadi.

Bu kamchilikni galogenlardan iborat bo'lgan suyuq diffuzantlardan foydalanish orqali bartaraf etish mumkin. Bu xolda diffuziya qurilmasi yagona yuqori haroratli sohaga ega bo'ladi, suyuq diffuzantni bug'lantirish uchun (20-40)⁰C harorat etarli bo'ladi. Eng ko'p ishlatiladigan galogen birikmalari:

- uchxlorli fosfor RSI_3
- xlorli fosforoksidi $ROSI_3$
- uchbromli bor BBr_3

kvars trubaga uch xil gaz oqimi yuboriladi:

- 1) N_2 yoki Ar dan iborat asosiy gaz oqimi: tezligi 1000 sm³/min.
- 2) Shu gazning kuchsiz oqimi (tezligi 10 sm³/min) suyuq diffuzant orqali
- 3) Kuchsiz (~15sm³/min) kislorod oqimi.

Suyuq diffuzant ishlatilganda tashuvchi-gaz tarkibidagi kislorod kirishma oksidini hosil qilishi uchun kerak.

BBr_3 uchun reaksiya:



PSl₃ uchun:



POCl₃ diffuziya jarayonida parchalanadi va R₄O₁₀, PSl₃, Cl₂ hosil bo'ladi. Bunda(PCl₃+O₂)- yuqoridagi reaksiyadan tashqari quyidagicha reaksiya bo'lishi mumkin:



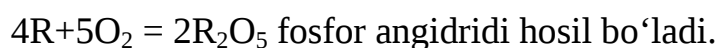
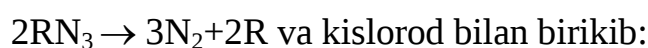
Bu reaksiyalarda Si sirtini yemirishi mumkin bo'lgan erkin xlor hosil bo'ladi. Agar O₂ ko'p bo'lsa plastinka sirtida himoyalovchi SiO₂ qatlam hosil bo'ladi.

Suyuq diffuzantlardan foydalanishning kamchiligi: diffuzantlar ham, kimyoviy reaksiya mahsulotlari ham zaharli moddalar hisoblanadi.

Gaz holatdagi diffuzantlar-kirishma gidridlari (N bilan birikmalari), masalan RN₃-fosfin, V₂N₆-di boran, AsH₃-arsin.

Fosfin diffuzantidan foydalanilganda tashuvchi-gaz sifatida RN₃, Ar va O₂ aralashmasi ishlatiladi.

Diffuziya kamerasida T≥440⁰C haroratda fosfin (RN₃) parchalanadi:



Kremniy sirtida:



Bu usulning afzalligi plastinka sirtida hosil bo'ladigan kirishma atomlarining miqdorini, inert gaz tarkibidagi gidrid miqdorini o'zgartirib, aniq boshqarish imkoni mavjudligidadir.

Kamchiligi- gaz holatdagi diffuzantlarning zaharliligidir.

2.4 KREMNIY PLASTINKALARDAN KRISTALL QIRQISH

Yarim o'tkazgichli plastinkalardan qirqish usullari:

- Olmosli disk yordamida qirqish;
- metall simlari bilan abraziv material yordamida qirqish;
- ultratovush qurilmasida qirqish;

- olmos bilan chizib, so'ngra sindirish;
- elektron - nur dastasi bilan chizib, so'ngra sindirish;
- lazer nurida chizib, so'ngra sindirish.

Olmosli disk yordamida qirqish. Bu usul bilan plastinkani qirqishda ishlab chiqarish unumdorligini oshirish uchun bir qancha disklarni birlashtirib plastinkalardan kristallar qirqiladi. Disklar orasidagi prokladka qalinligi kristall o'lchamini beradi. Kristall geometrik o'lchamlari orasidagi farq - 0,03 mm. dan oshmaydi.

Sim yordamida abraziv material bilan qirqish usulini plastinkadan kvadrat va to'rtburchak shaklidagi kristallar qirqish uchun qo'llaniladi. Bu usul ikki xil ko'rinishga ega. Birinchi xolda sim maxsus vilkaga o'rnatilgan rolikka o'raladi. Vilka krivoship - shatun mexanizmi yordamida oldinga va orqaga harakatlanadi.

Bunda sim ham oldinga va orqaga vilka bilan birgalikda harakatlanadi va sekin rolikka o'ralib boradi. Simni o'rashdan maqsad butun ishchi uzunligi bo'yicha sim bir xil yedirilshi uchun, Kesuvchi modda ishchi yuzaga uzluksiz yuborib turiladigan abraziv kukunning suv bilan qorishmasidir. Sim esa abraziv kukunni kesiluvchi sirtida harakatga keltirishga xizmat qiladi. Abraziv zarralar sim ta'sirida harakatlanib, bir tomoni bilan simni yediradi, ikkinchi tomoni bilan plastinka sirtini o'yadi. Simning harakat tezligi 200- 600 harakat/ min ni tashkil etadi.

Sim yordamida qirqish ma'lum afzalliklarga ega. Qirqilayotgan plastinka kichik tezlik bilan simga yaqinlashtirsa, uning sirtida buzilishlar kam sodir bo'ladi, bu esa Au, Al, Ni, Cu va boshqa moddalarning qatlami bo'lgan plastinkani qirqishda yupqa qatlam ko'chib ketmaydi. Simni almashtirish ko'p vaqt talab qilmaydi. Bu usul bilan qirqilgan kristallarning eng kichik o'lchami 0,5 x 0,5 mmni tashkil etadi.

Yarim o'tkazgichli plastinkalarni qirqish uchun volfram, po'lat, nikel, nixrom va MV-50 qotishmasi simlaridan foydalaniladi. Sim diametri 0,05-- 0,15 mm, bo'lib, qirqiluvchi soha kengligi mos ravishda 0,08--0,2 mm bo'ladi.

Bu usulning asosiy afzalligi: qirqiluvchi sohaning torligi, kristall qirralarining sinmasligi.

Ultratovush qurilmasida plastinkalardan kristall qirqish: Bu usuldan dumaloq yoki murakkab shakldagi kristallarni qirqishda foydalaniladi. Qirqish jarayoni quyidagicha: Ultratovush tebranishli generatoridan 15- 70 kGts chastotali tok tebragichning elektr simiga beriladi. O'zgartirgich bu tokni mexanik tebranishga aylantiradi. Bu tebranish qirquvchi moslamaga uzatiladi. Qirquvchi moslama plastinka sirtiga tegib turgan sohaga uzluksiz abraziv qorishma berib turiladi. Abraziv zarralari ultratovush tebranishi ta'sirida harakatga kelib plastinkaning qirquvchi moslama tegib turgan qismini qirqadi. Qirquvchi uskuna shakli qirqiladigan kristall shakliga o'xshash bo'ladi.

Olmos bilan chizib sindirish usuli plastinkadan kvadrat va to'rtburchak shaklidagi kristallarni qirqishda ishlatiladi. Yarim o'tkazgichli plastinka yuzasiga olmos yordamida ikkita o'zaro perpendikulyar yo'nalishda chiziq chiziladi. Chiziq chuqurligi 5-10 mkm, kengligi 20-40 mkmni tashkil etadi. Plastinka yuzasida chiziq atrofida lokal sohada materialni kuchsizlantiruvchi mexanik kuchlanishlar yuzaga keladi.

Plastinkani egganda chizilgan joylaridan sinadi. Bu usulning afzalligi materialni qirqish jarayonida isrof bo'lmaydi. Chizishda eng kichik qadam 0,5 mm ga teng bo'ladi. Qirquvchi qismidagi olmosning geometrik shakliga qarab uch turga, bo'linadi: uch tomonli piramida; to'rt tomonli piramida; to'rt tomonli qirqilgan piramida.

Elektron - nur bilan qirqish. Bunda elektron - nur dastasi plastinka sirtida ma'lum qadam bilan x va y o'q bo'yicha harakatlanadi. Elektron - nur tushgan mikrosohalar eriydi. Erish va qotish qisqa vaqtda bo'lib, shu sohalarda issiqlik ta'sirida mexanik kuchlanishlar yuzaga keladi. Plastinka egilsa shu sohalarda sinadi. Ma'lum sharoitda (plastinka qalinligi, elektron nur diametri, qurilma quvvati va boshqalarga qarab) elektron nur usuli bilan plastinka to'liq qirqilishi mumkin. Bunda nur tushgan sohalarda plastinka materiali erib bug'lanib ketadi.

Lazer nuri bilan chizish usuli zamonaviy elektronikada ko'proq qo'llanilmoqda. Bu usulda ham elektron-nur bilan chizish usulidagi kabi juda kichik soha bug'latiladi. Bu usul yordamida plastinkaning yuzasida har qanday qatlam bo'lganda ham istalgan chuqurlikkacha va to'liq qirqish mumkin.

Chiziq o'lchamlari (eni va chuqurligi), lazer nuri ta'sir qiladigan soha, chizish tezligi, plastinka materialining butun chiziq uzunligi bo'yicha bir tekis yedirilishi plastinkaning lazer nuriga nisbatan harakatlanish tezligi, lazerning quvvati, lazer nuri impulsining chastotasi va davomiyligi fokuslangan nur o'lchamiga bog'liq bo'ladi.

Plastinkaning chizilgandan so'ng sindirish. Plastinkaning kristallga bo'lishda chizilgandan so'ng sindirish juda muhim jarayon hisoblanadi. Noto'g'ri sindirish, xatto yaxshi chizilgan plastinkalardan ham juda ko'p yaroqsiz kristall chiqishiga sabab bo'lib, kristalning qirralarini notekis, geometrik shaklini buzilishga olib keladi. Plastinka yuzasida chiziq chizib sindirish chizuvchi kuchlanish hosil qilishga asoslangan bo'lib, bunda chiziq bo'yicha yoriq paydo bo'ladi. Plastinkalar turli xil usullar bilan sindiriladi. Shulardan ko'p qo'llaniladigan uch usullarini ko'ramiz:

Birinchi usulda plastinkani yumshoq taglikka (rezina, parolon va boshqalar) chiziqni pastga qaratib qo'yiladi va plastinka ustidan rezinali valikni ikki o'zaro perpendikulyar yo'nalishda yurgiziladi. Valik o'q chiziqlari katta aniqlikda parallel bo'lishi kerak, aks xolda plastinka chiziqlardan sinmasdan har xil tomonlarga sinishi mumkin.

Valikni birinchi yurgizganda plastinka uzun bo'laklarga bo'linadi, ikkinchi marta perpendikulyar yurgizilganda uzun bo'laklar kvadrat va to'rtburchaklarga bo'linadi. Sindirish jarayonida uzun bo'laklar va kiristallar siljib ketmasligi uchun avval plastinka qog'ozga yoki polietilen qatlamiga kleylanadi.

Ikkinchi usul mexanizatsiyalashtirilgan usuldir. Plastinkani kleylagandan so'ng ma'lum egrilik radiusiga ega bo'lgan harakatlanayotgan ikkita lenta

orasidan o'tkaziladi. Plastinka lentaning egirilgan qismidan o'tayotganda chizilgan joylardan bo'laklarga bo'linadi.

Uchinchi usulda chizilgan plastinka sferik sirtga ega bo'lgan linza sirtiga jipslashtiriladi. Natijada plastinka bir vaqtda ikki yo'nalishda sinadi. Qurilma sferik linza va rezinalimembranadan iborat bo'ladi. Plastinka chiziqlarinipastga qaratib membrana ustiga qo'yiladi. Plastinka ustidan sferik linza qo'yiladi. Membranaga havoning ma'lum bosimi berilganda plastinka sferik linzaga jipslashadi va bo'laklarga bo'linadi. Bu usulning afzalligi oddiyliigi, avtomatlashtirish mumkinligi, unumdorligidir. Bu usul bilan plastinkani faqat kvadrat shakldagi kristallarga bo'laklash mumkin. Har xil o'lchamdagi kvadrat kristallar uchun aloxida har xil egrilik radiusidagi sferik linzalar ishlatiladi.

Sindirish sifati uchchala usulda ham egish kuchlanishiga bog'liq. Sindirish uchun zarur bo'lgan egish kuchlanishi quyidagi ifoda bilan aniqlanishi mumkin.

$$H = \frac{mh^2}{bl^2} = \frac{m}{b} \left[\frac{h}{l} \right]^2. \quad (7)$$

bunda m – egilish momenti

h -chizilganda hosil bo'lgan chuqurligi

b - Kristall uzunligi l - Kristall qalinligi $\left[\frac{h}{l} \right]$ - sinish imkoniyati kattaligi

deyiladi.

2.5 KREMNIY MATERIALLARIDA KIRISHMALARNING DIFFUZION TAVSIFI

Ma'lumki, diffuziya zarrachalar konsentratstyasi mavjud bo'lganda sodir bo'ladi. Diffuziya Fik qonuni orqali ifodalanadi. Fik ning birinchi qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$j = -D \frac{dN}{dx} \quad (8) \quad j = -D \frac{dN}{dx}$$

bo'yicha birlik vaqt ichida birlik yuzani kesib utuvchi zarrachalar oqimi (N). D- kesib utuvchi zarrachalarning diffuziya koeffitsienti. Uning ulchov birligi [sm²/s] Belgilangan vaqt bo'yicha va ma'lum bir masofa bo'yicha kesib o'tuvchi zarrachalarning konsentratsiyasi Fik ning ikkinchi qonuni orqali hisoblanadi:

$$\frac{dN}{dt} = D \frac{d^2 N}{dx^2} \quad (9) \quad \frac{dN}{dt} = D \frac{d^2 N}{dx^2}$$

Yarim o'tkazgichlarga kirishmalarning diffuziyasi gaz fazasidan (agar bug' bosimi yetarlicha bo'lsa) yoki material yuzasiga kiritilgan qatlamdan amalga oshiriladi. Diffuziyaning asosiy parametric kirishmalar diffuziya koeffitsienti

D hisoblanadi, uning qiymati haroratga quyidagicha bog'lik:

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{kT}\right)$$

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{kT}\right) \quad (10)$$

Bunda Q- panjara kirishma atomining biror muvozanat holatdan boshqa holatga sakrab utishi uchun zarur bo'lgan energiyani kursatuvchi kirishmalarning aktivlash energiyasi. D₀- o'zgarmas kattalik, uT ~ ∞ bo'lganda kirishma diffuziya koeffitsientini kursatuvchi qiymat. Q ning qiymati kirishma atomining fizik parametrlariga bog'lik holda keng intervalda o'zgaradi. Odatda yarimo'tkazgichlarda kirishma atomlarining diffuziyas icheksiz manbadan yoki chekli manbadan olib boriladi. (2) tenglamaning yechimi cheksiz manbadan diffuziya uchun kirishma atomlari

konsentratsiyasining Kristall ichiga quyidagicha taqsimlanishiga olib keldi:

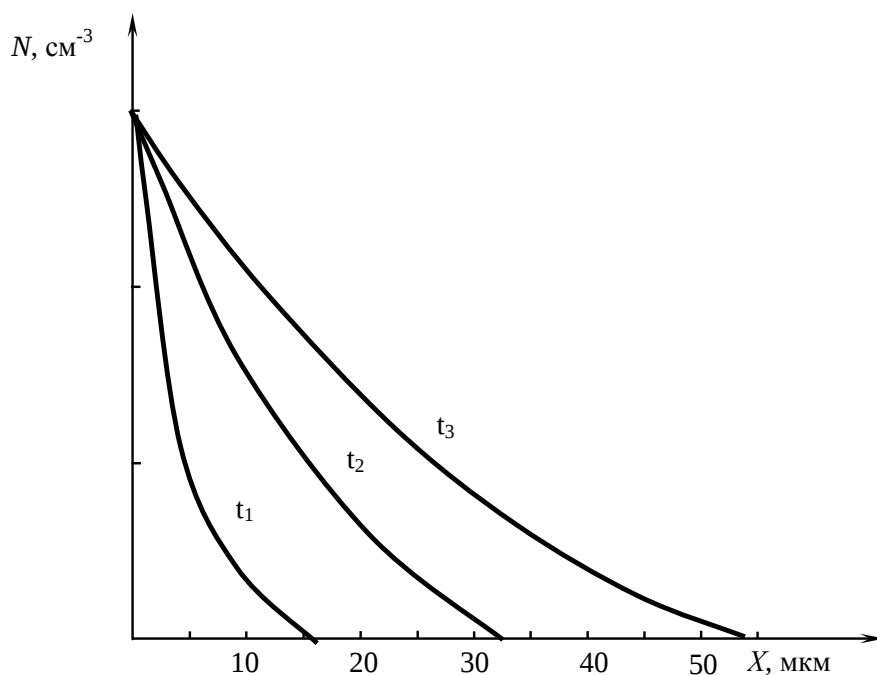
$$N(x, t) = C_s \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) \quad (11)$$

Cheklangan manbadan diffuziyalashda esa: $N(x, t) = \frac{C}{\sqrt{\pi Dt}} \exp\left(-\frac{x^2}{4Dt}\right) \quad (12)$

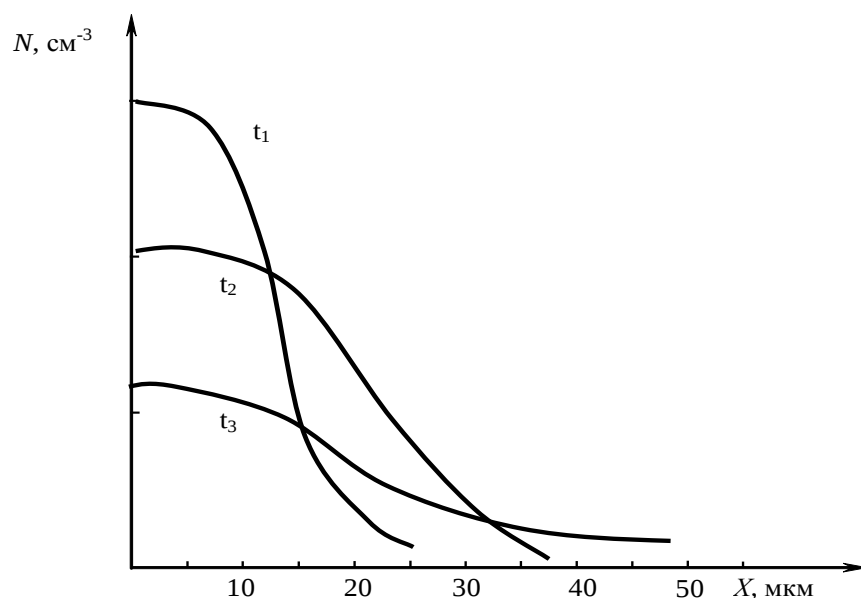
Bunda t - diffuziya vaqti, x - qatlamdan diffuziyagacha bo'lgan masofa, D – berilgan haroratda diffuziya koeffitsienti. Agar berilgan haroratda kirishmalarning diffuziya koeffitsienti va diffuziya vaqti ma'lum bo'lsa, kirishmalarning maksimal diffuziyalanish chuqurligi L ni aniqlash mumkin:

$$L = 2\sqrt{Dt} \quad (13)$$

Diffuziya vaqtida konsentratsiyaning taqsimlanishini rasmda kursatamiz. Kremniyda bir qancha kirishma asosiy diffuzion kattaliklari 2.1- jadvalda keltirilgan. Diffuziya vaqtida konsentratsiyaning taqsimlanishini rasmda kursatamiz.



2..3-rasim $t_1 < t_2 < t_3$ doimiy manbadan diffuziya qilingan kristall hajmidagi kirishma atomlarining taqsimoti



2.4-rasim $t_1 < t_2 < t_3$ cheklangan manbadan diffuziya qilingan kristall hajmidagi kirishma atomlarining taqsimoti. Kremniyda bir qancha kirishma asosiy diffuzion kattaliklari 2.2- jadvalda keltirilgan.

2.2- jadval

Kirishma	D_0 sm ² /s	E_g eV
B	$5 \cdot 10^{-4}$	3,5
Al	$4,8 \cdot 10^{-4}$	3,3
Zn	$1,65 \cdot 10^{-3}$	3,9
P	$1,05 \cdot 10^{-4}$	3,7
As	$3,2 \cdot 10^{-5}$	3,6
Ni	$2,3 \cdot 10^{-3}$	0,47
Sn	$0,1 \cdot 10^{-3}$	1,4
Ag	$2,7 \cdot 10^{-3}$	1,59

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki diffuziyalanuvchi kirishmalarning energiya aktivatsiyasi bir- biridan keskin farq qilmoqda. Shuning uchun sharoitga ajratish mo‘mkin: ($Q > 2$ eV) bo‘lsa sekin diffuziyalanuvchi kirishmalar va ($Q < 2$ eV)

bo'lsa sekin diffuziylanuvchi kirishmalar deyiladi. Diffuziya mexanizmiga ko'ra uchga bo'linadi-vakatsiyali, Tugunlararo, dissotsiatsiali.

Yarimo'tkazgichlarda kirishma atomlarining eruvchanligi (kirishuvchanligi)-bu berilgan haroratda yarimo'tkazgich panjarasiga kirgan atomlarning maksimal kontsentratsiyasi va u quyidagicha ifodalanadi.

$$N = N_0 \exp\left(-\frac{E_p}{kT}\right) \quad (14)$$

Yarimo'tkazgichlardagi kirishmalarning diffuziya koeffitsientini yoki eruvchanligini aniqlashni osonlashtirish uchun jadvalda turli haroratlardak T ning eV lardagi qiymati keltirilgan.

2.3-jadvalda haroratga bog'liq holda kT ning qiymati, elektron-voltlarda ifodalangan.

2.3-jadval

T, °K	kT, eV	T, °K	kT, eV	T, °K	kT, eV	T, °K	kT, eV
250	0,0215	650	0,0559	1050	0,0903	1450	0,1247
300	0,0258	700	0,0602	1100	0,0946	1500	0,1290
350	0,0301	750	0,0645	1150	0,0989	1550	0,1333
400	0,0344	800	0,0688	1200	0,1032	1600	0,1376
450	0,0387	850	0,07310	1250	0,1075		
500	0,0430	900	0,0774	1300	0,1118		
550	0,0473	950	0,0817	1350	0,1161		
600	0,0516	1000	0,086	1400	0,1204		

Elektron va kovaklarning diffuziya koeffitsienti Eynshteyn munosabati orqali topiladi

Yarimo'tkazgichlarda elektronlarning diffuziya koeffitsienti:

$$D_n = \left(\frac{kT}{e}\right) \cdot \mu_n \quad (15) \quad D_n = \left(\frac{kT}{e}\right) \cdot \mu_n$$

Kovaklarning diffuziya koeffitsienti

$$D_p = \left(\frac{kT}{e} \right) \cdot \mu_p \quad (16)$$

bundak – Boltsman doismiysi. $k = 0.86 \cdot 10^{-4}$ Ev/k.

T-harorat (k)

e – elektron zaryadi,

μ_p

μ_n va μ_p - berilgan haroratda elektron va kovaklarning harakatchanligi.

Elektron va kovaklarning diffuziya chukurligi:

$$L_n = \sqrt{D_n \tau_n} \quad (17)$$

$$L_p = \sqrt{D_p \tau_p} \quad (18)$$

Jadvalda elektron va kovaklarning diffuziya koeffitsientining qiymatlari keltirilgan.

2.4-jadvalda harorat $T = 300^0\text{K}$ bo'lganda ba'zi muhim yarimo'tkazgichlarda elektron va kovaklarining diffuziya koeffitsienti ifodalangan.

2.4-jadval

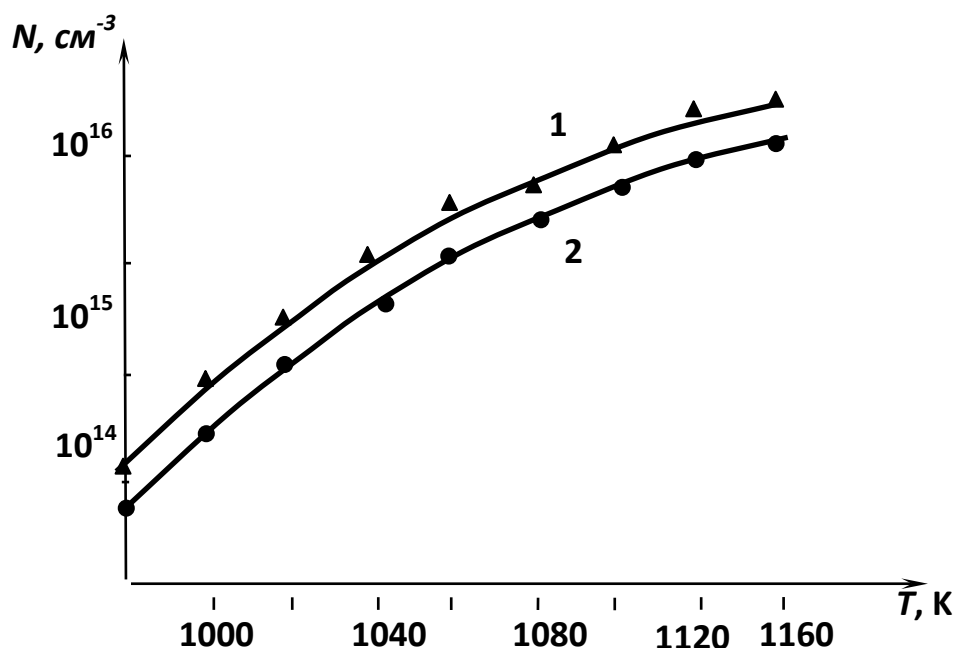
Yarimo'tkazgich	D_n cm/c	D_p cm/c
Si	35-39	9-11
Ge	95-100	45-50
GaAs	200-220	9-10

2.6 PAST HARORATLI DIFFUZIYA QILISH USULI YORDAMIDA MARGANTS BILAN LEGIRLANGAN KOMPENSATSIYALI KREMNIY NA'MUNALARINI OLISH.

Bizda ishlab chiqilgan past haroratli diffuziyaning mohiyati quyidagilarni o'z ichiga oladi. O'rganilayotgan na'munalar va diffuziya – kvarts ampulasining hajmiga nisbatan massasi aniqlangan toza metalmarga nets va o'rganilayotgan na'munalar, ichidagi havosi so'rib olingan kvarts ampulaga (ampuladagi bosm 10^{-6} mm.sim ust.) joylashtirilgandan so'ng, ampula xona temperaturasida ($T=300$ K) SOUL-4 diffuziya pichkasiga joylashtiriladi. Avvaldan o'rganilgan diffuziya pechkasining harorati, ichida joylashtirilgan kvarts ampulaning harorati bilan birgalikda 5 grad/minut tezlik bilan bosqichma – bosqich ko'tariladi. Na'munalar $T=550\div 700^{\circ}\text{C}$ haroratga chiqqanidan so'ng xuddi shu haroratda na'munalar $t=10\div 20$ minut oralig'ida ushlab turiladi. Diffuziya pechkasining harorati $T=1030\div 1050^{\circ}\text{C}$ haroratgacha $150\div 200^{\circ}\text{C}$ /minetarlicha tezlik bilan ko'tariladi. Xuddi shu haroratda na'munalardan $t=5\div 10$ minut atrofida ushlab turiladi, so'ngra na'munalar joylashgan kvarts ampula diffuziya pechkasi ichidan 200°C /sekund ega bo'lan tezlik bilan maxsus yoqqa tashlab sovitiladi (yog' qizdirilgan narsalarni tez sovitish uchun ishlatiladigan xavfsizligi yuqori bo'lgan xomashyo hisoblanadi). Imkoniyatlarning ko'rsatkichi, yo'nalishli va ishonli taklif etilayotgan legirlash texnologiyasi quyidagi savollarga ijobiy javob berishi mumkin: Kirishma atomlari kerakli chuqurlikkacha va berilganc huqurlikkacha diffuziya qilish imkoniyati. Kirishma atomlari na'munalarning elektrofizik xususiyatlariga bilinarli darajada ta'sir etuvchi kontsentratsiyada bo'lishliligi Diffuziyali legirlash jarayonidan keyin na'munalarning sirtlarini qanaqa darajada olish. Bu texnologiyaniq effektivligi va ishlab chiqarishdagi takrorlanuvchanliligi. Bu texnologiya marganets kirishma atomi nanoklasterlarining kremniy panjarasida shakillanishi va bunday klasterlarning holatini turg'unlashuviga imkoniyat yaratadi. Bunday savollarga quyidagi eksperimental natijalar asosida javob berish mumkin.

Ya'ni texnologiya bo'yicha 10 marta diffuziya jarayoni o'tkazildi. bir diffuziya jarayonida 5 tadan 7 tagacha na'munala olindi.

Har diffuziyadan so'ng na'munalarning sirti MIM-8 mikroskopi yordamida batafsil tekshirildi hamda oddiy diffuziya yordamida olingan na'munalar bilan taqqoslandi. O'rganilgan natijalar shuni ko'rsatdiki, oddiy texnologiya yordamida olingan na'munalardan farqli ravishda, yangi texnologiya yordamida olingan bunday na'munalarnig sirtida hech qanday eroziya, va sirt bo'ylab silitsid va qotishmalarning tashkil topishi kuzatilmadi. Diffuziya jarayonida kirgan kirishmalarning chuqurligini aniqlash uchun materialning 4 zondli usul yordamida na'munaning qalinligi bo'yicha tekshirib chiqildi va materialdagi tok tashuvchilarning harakatchanligi Xoll effekti yordamida hisoblandi. Bunda isxodnoy material sifatida solishlirma qarshiligi $\rho=5, 10 \text{ Om}\cdot\text{sm}$ o'tkazuvchanligi r- turli markasi KDB bo'lgan, sanoatda ishlab chiqarilgan monokristall kremniydan foydalanildi. Aytib o'tilgandek bunday materialning tanlanganligi kompensatsiya usuli bilan kremniyda donor krishma sifatida kirgan marganetsning elektr aktiv atomlarining kontsentratsiyasi juda aniq hisoblangan.



2.5-rasm. Kremniydagi elektr aktiv marganets atomlarining kontsentratsiyasini diffuziya temperaturasi bog'likligi.

1.Si<B,Mn>Yangi texnologiya yo‘li bilan olingan namunalarda.

2.Si<B,Mn>Oddiy texnologiya yo‘li bilan olingan namunalarda.

Shuni hisobga olib o‘tish kerakki ikkinchi holda diffuziya pechi kerakli oxirgi temperaturaga o‘rnatilgandan so‘ng, na‘munalar solingan kvarts ampula pechkaga o‘rnatiladi va diffuziya jarayoni 2 soat davom etadi. Xuddi shu jarayon 5 marta dan ortiq takrorlanadi va har doim oxirgi harorat 15 °C ga katta. Rasimdan ko‘rinib turibdiki bu eksperiment 10 marta dan ortiq takrorlandi. Na‘munaga marganets atomlari bir xil chuqurlikka kirgan, undan tashqari yangi texnologiya bilan olingan na‘munalarda yanada ko‘proq. Rasimdan shuni aytib o‘tish kerakki yangi texnologiya bilan olingan na‘munalarda marganetsning elektroaktiv atomlari kontsentratsiyasi sirt va hajim bo‘yicha, oddiy texnologiya yordamida olingan na‘munalarga nisbatan 7÷10 % ga ko‘proq.

Yarimo‘tkazgichlarda kirishma atomlari nanoklasterlarini shakillantirishni termodinamik va texnologik shakillanish shartlarini tadbqiq qilishning natijalari keltirilgan. Nanoklasterlar shakillanishi dastlab, aralashma atomlarining o‘z-o‘zi bilan va kristall panjara nuqsonlari bilan o‘zaro ta’siri natijasidir. Shuning uchun aralashma atomlarining o‘zarot a’sirlarini optimal termodinamik shartlari – bu nanoklasterlar shakillanishini evolyutsion boshlanishidir va u na‘munaviy materiallarning parametrlari, aralashma atomlarining fizikaviy va kimyoviy faolliklari hamda yarimo‘tkazgich panjarasiga aralashma atomlarini kiritish orqali aniqlanadi, shuningdek materialga termik ishlov beriladi.

Yuqorida ko‘rsatilgan nanoklasterlarni yarimo‘tkazgich materiallarda olishning bir qancha usullari jumladan Ionimplantatsiyasi, molekula nurlari epetaksiyasi, radiatsiya nurlari yordamida va ximiyaviy reaksiyalar natijasida olingan nanostrukturalardan bir qancha ustunliklarini ko‘rsatib berishdan iboratdir. Demak biz taklif etayotgan krishma atomlarini past haroratda diffuziyali legirlashning bir qancha qulayliklari mavjuddir. Past haroratli diffuziya qilishda materialning sirt qatlamida oksid va silitsid qatlamlar hosil bo‘lmaydi va qimmatbahodagi qurilmalardan va qiyin bosqichma – bosqich amalga oshiriladigan texnikaviy va texnologikj arayonlardan foydalanilmaydi.

Undan tashqaridi ffuziyali legirlashni avzalligi kam elektr energiya va kam vaqt talab etiladi. Diffuziyali legirlashda krishma atomlari yarimo'tkazgich materialning butun hajmi bo'yicha teng taqsimlanadi ya'ni nanoklsterlarni hajm bo'yicha hosil qilish mo'mkin. Bu nanostrukturaga ega bo'lgan materialning elektrofizik xsusiyatlarini o'rganishni ya'ni unga elektr va magnit maydonlarni ta'siri o'rganiladi shu jumladan kuchli va kuchsiz magnit maydonlarda materialning elektro fizik parametrlarini ya'ni harakatchanlikni haroratga bog'liqligini o'rganishdan iboratdir.

Shunday qilib past diffuziya jarayonida nafaqat erroziyasiz sirt, sirtoldi sohasida silitsid tashkil qilmagan na'munalarni olish imkoniyati hamda belgilangan chuqurlikdagi kerakli kontsentratsiyada na'munalarni bir xil legirlash imkoniyatini beradi. Bu elektronikada yarim o'tkazgich materiallarni legirlashda jiddiy yangicha yondashuv hisoblanadi.

Bu eksperimental natijalr hamma hisoblashlardan, kremniyda marganetsning diffuziya koefitsenti va eruvchanligi uchun o'rnatilgan qonuniyatlar, past haroratli diffuziya sharoitida ishlamaydi. $T=550\div 700^{\circ}\text{C}$ berilgan haroratdagi marganetsning kremniydagi eruvchanligi $N_{\text{Mn}}\sim 10^{10}\text{cm}^{-3}$, diffuziya koefitsenti $D=2\cdot 10^{-8}\div 5\cdot 10^{-8}\text{cm}^2/\text{s}$ bo'ladi, unda qalinligi 1 mm bo'lgan na'munalarni bir xil legirlash uchun

$$t = \frac{l^2}{4 \cdot D} = \frac{0,1^2}{4 \cdot 2 \cdot 10^{-8}} = 10^5$$

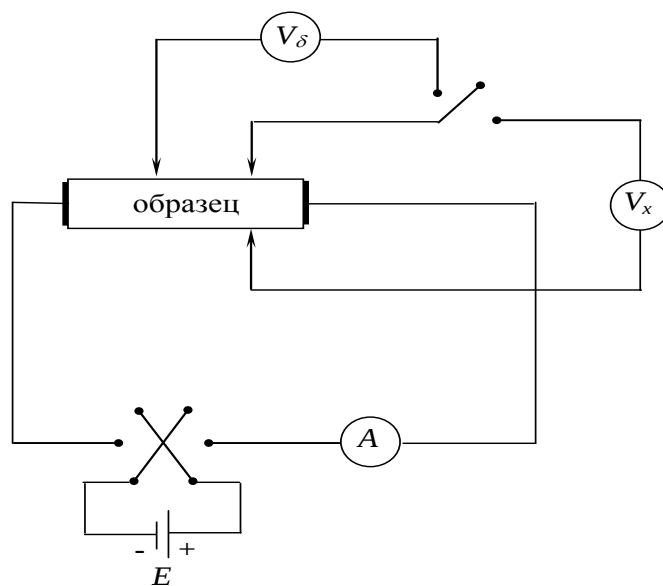
sekund ya'ni $t=30$ soat atrofida vaqt talab qilinadi. Bizning yangi texnologiyamizda diffuziya jarayoni uchun hammasi bo'lib 3 soat vaqt talab qilinadi. Marganets nomlarining kontsentratsiyasi hajimda $N_{\text{Mn}}\sim (2\div 3)\cdot 10^{15}\text{cm}^{-3}$ ni tashkil etadi, ya'ni kutilganiga nisbatan 5 darajaga katta. Olingan natijalar asosida, past harorat sohasida diffuziya tugunlararo ketadi va kirishma atomlari tugunlararo joylashishini tasdiqlash mumkin. Qo'shimcha isbotlashlar shunga xizmat qiladiki past haroratli diffuziyada vakantlar kontsentratsiyasi $N_{\text{V}}\sim 10^7\text{cm}^{-3}$

³, ya'ni u tugunlararo o'tirgan marganets kontsentratsiyasiga nisbatan $10^7 \div 10^8$ darajaga kichik. Vakantlar kontsentratsiyasi

$$N = N_s \exp\left(-\frac{3}{kT}\right) \text{ formula yordamida hisoblanadi.}$$

2.7 XOLL EFFEKTI ASOSIDA KOMPENSATSIYALANGAN KREMNIYNING ELEKTROFIZIK KATTALIKLARINI O'LCHASH.

Diffuziya jarayonidan keyin na'munalarning (n , μ , ρ) elektrofizik kataliklari o'lchandi. O'lchashlar doimiy Xoll qurilmasida o'tkazildi va uning elektrik sxemasi. Na'muna maxsus tutqichga o'rnatildi va so'ngra magnit maydon kuchlanganligi $H=1400$ E bo'lgan doimiy magnit qurilmasiga tushirildi. Na'muna $E=5$ V/sm bo'lgan doimiy elektrmaydon kuchlanganligiga ulandi.



2.6-rasm. Koeffitsent Xoll va elektro'tkazuvchanlikni o'rganish qurilmasi.

Omik kontakt sifatida InGa eritmasidan foydalanildi:

Si<B,Mn>na'munasining solishtirma qarshiligi quyidagi formula yordamida aniqlandi:

$$\rho = \frac{U_{\delta} dt}{I \cdot l_{\delta}} \quad (19)$$

Bu yerda l_{δ} — kuchlanish tushayotgan soha uzunligi;

a – Namunaning eni;

t – na'munaning qalinligi;

I – Na'muna orqali oqib o'tayotgantok;

U_{δ} - Omik kuchlanish tushuvi.

Doimiy Xoll quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$R_H = \left(\frac{U_H t}{IH} \right) \cdot (20)$$

Bu yerda U_H – Xoll EYUK si;

H – magnit maydon kuchlanganligi.

Zaryad tashuvchilarning harakatchanligini aniqlash quyidagicha ifodalaniladi:

$$\mu = \frac{R_H}{\rho} \quad (21)$$

2.5- jadvalda KDB-3 kremniy namunalariga marganets atomlarini $T = 1065^{\circ}\text{C}$ da

$t = 60$ minutda diffuziya qilingandagi elektrofizik parametrlari.

2.5- jadval

N	ρ , Om*sm	μ *sm ² /B*s	p,n-sm ⁻³	I_F/I_Q
n1	$1.07 \cdot 10^4$	1113	$5.26 \cdot 10^{11}$	2.85
n2	$8,68 \cdot 10^4$	1317	$5.46 \cdot 10^{11}$	5.35
n3	$1.35 \cdot 10^4$	1355	$3.4 \cdot 10^{11}$	3.75
n1	$9.07 \cdot 10^3$	837	$8.23 \cdot 10^{11}$	1.5
n2	$7.26 \cdot 10^3$	1351	$6.37 \cdot 10^{11}$	1.25
n3	$9.09 \cdot 10^3$	952	$7.21 \cdot 10^{11}$	1.85

2.6-jadvalda Si<B,Mn> namunalarini T= 120°C haroratda t= 20minut vaqtda termaishlov berilganidan sungi elektrofizik parametrlari.

2.6-jadval

N	ρ , Om*sm	μ *sm ² /B*s	p,n-sm ⁻³	I _F /I _Q
n1	2.87*10 ⁴	558	3.89*10 ¹¹	4.5
n2	3.2*10 ⁵	665	2.93*10 ¹⁰	17
n3	2.74*10 ⁵	625	3.65*10 ¹⁰	6.3
n1	3.55*10 ⁴	507	3.47*10 ¹¹	5.96
n2	3.36*10 ⁴	737	2.53*10 ¹¹	17.55
n3	4.03*10 ⁴	564	2.75*10 ¹¹	6.98
n1	1.24*10 ⁴	75	6.68*10 ¹²	5.85
n2	1.19*10 ⁴	93	5.64*10 ¹²	7.76
n3	1.41*10 ⁴	70	6.27*10 ¹²	5.8
n1	1.64*10 ¹	382.73	9.96*10 ¹⁴	1.02
n2	2.89*10 ¹	412.21	5.24*10 ¹⁴	1.03
n3	1.54*10 ¹	419.09	9.69*10 ¹⁴	1.01

2.7-jadvalda KDB-5 kremniy namunalariga marganets atomlarini T= 1055°C da t= 60 minutda diffuziya qilingandagi elektrofizik parametrlari ifodalangan.

2.7-jadval

N	ρ , Om*sm	μ *sm ² /B*s	p,n-sm ⁻³	I _F /I _Q
n4	9.36*10 ²	1378	4.8*10 ¹²	1.14
n5	4*10 ³	30	8*10 ¹³	1.35
n6	5.56*10 ³	163	6.89*10 ¹⁴	46.1
n7	10	200	1.10*10 ¹⁵	1.1
n8	18.7	283	1.17*10 ¹⁵	1.21
n9	25.5	38	6.3*10 ¹⁵	1.1

n10	39	156	$1.02 \cdot 10^{15}$	1.22
n11	15.2	232	$1.76 \cdot 10^{15}$	1.07
n12	16.2	253	$1.52 \cdot 10^{15}$	1.03

2.8-jadvalda KDB-3 kremniy namunalariga marganets atomlarini $T = 1068^{\circ}\text{C}$ da $t = 60$ minutda diffuziya qilingandagi elektrofizik parametrlari ifodalangan.

2.8-jadval

N	ρ , $\text{Om} \cdot \text{sm}$	$\mu \cdot \text{sm}^2/\text{B} \cdot \text{s}$	$p, n \cdot \text{sm}^{-3}$	I_F/I_Q
n17	$3.22 \cdot 10^4$	130.8	$1.48 \cdot 10^{12}$	149
n18	$4.8 \cdot 10^4$	359	$3.6 \cdot 10^{11}$	846
n19	$1.58 \cdot 10^3$	213	$1.85 \cdot 10^{13}$	12

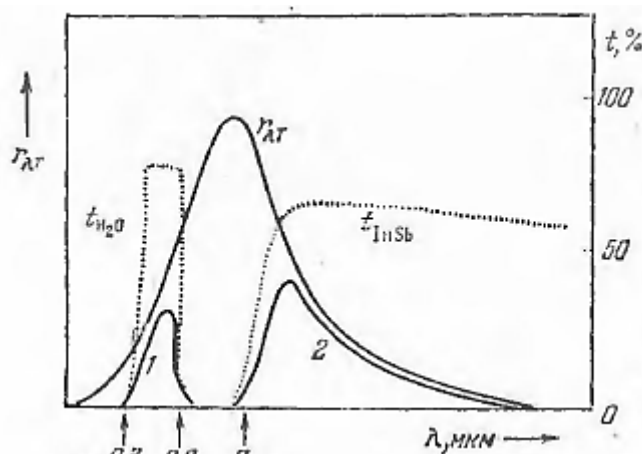
2.8. KOMPENSATSIYALANGAN KREMNIYNI FOTOO`TKAZUVCHANLIGINI O`LCHASH USULI

Monoxromatorlar Tadqiq qilinayotgan optik hodisani tabiati haqida to`liqroq ma`lumot olish uchun bu hodisa integral datchiklar bilan emas o`z tarkibida to`lqin uzunliklari keng intervallarini saqlovchi monoxramatik nurlanishda olinadi. Optik diapozondagi nurlanish manbalarini ko`pchiligi lazerni bir necha turlaridan tashqari to`lqin uzunligi keng bo`lgan spektrda nurlanish chiqaradi, shuning uchun to`lqin uzunliklarini tor intervallarini ajratish uchun (ideal holda bitta to`lqin uzunligini) ularni maxsus qurilma monoxromatorlar orqali o`tkazish kerak.

Filtrlar. Yorug`lik dastasini monoxramatik qilishni oddiy usuli – ularni selektiv tiniqlikga ega bo`lgan modda qatlami orqali o`tkazish kerak. 2.7-rasmda qora jismni nurlanishini  $r_{\lambda T}$  spektral bog`liqligini va qalinligi 5 sm bo`lgan distillangan suv qatlamini tiniqligi  $t$  va surma qo`shilgan indiyini monokristalidan yasalgan plastinasini bog`liqligi ko`rsatiladi, bunda plastinadagi aralashma konsentratsiyasi 80 °K haroratda 10^{13} sm^{-3} qalinligi 1mm. Yo`g`on to`liq chiziqlar bilan shular orqali o`tgan nurlanishni spektrlari ko`rsatilgan. Ko`rinib turibdigi bunda suv to`lqin uzunligi 0,3 dan 1,1 mkm gacha bo`lgan nurlarni o`tkazadi surmali indiy esa to`lqin uzunligi 5 mkm dan qisqa bo`lgan to`lqin uzunligili nurlanishni to`liq ushlab qoladi. Shunday qilib suv qatlami ichki tomonlama filtr hisoblanadi. Ya`ni suv qisqa to`lqinli ham uzun to`linli nurlanishlarni ushlab qoladi. Shu vaqtda InSb dan ishlangan plastina nurlanishni spektrni faqat qisqa to`lqinli tomonini kesib tashlaydi.

InSb orqali o`tgan uzun to`lqinli nurlanishni to`sib qolish uchun tiniq bo`lmagan moddadan to`lqin uzunliklari o`tkazmaydigan qatlamdan foydalanish kerak. Masalan, (CaF_2) fliorit plastinka faqat to`lqin uzunligi 9 mkm gacha bo`lgan soha uchun tiniq, shuning uchun qora jism nurlanishini InSb va CaF_2 orqali o`tkazib to`lqin uzunliklari 7 dan 9 mkm gacha bo`lgan kenglikni olish mumkin.

Shunday qilib [1.2] malumotlaridan foydalanib plastinalar juftligini faqat uzun toʻlqinlilar uchun tiniq boʻlgan va faqat qisqa toʻlqinli spektr sohalari uchun tiniq boʻlgan moddalardan plastinalar juftligini tanlab filtr hosil qilishimiz mumkin, va u spektrni maʼlum qisminigina oʻtkazadi .

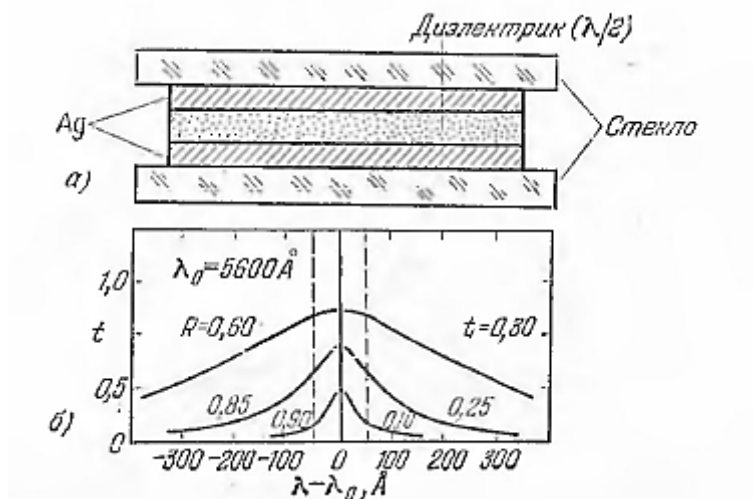


2.7. – rasm. Absolyut qora jismni nurlanish spektrlari, suv qatlami orqali oʻtgan (1) va toza surmali indiy plastnalari orqali oʻtgan (2). Shtrixli chiziqlar bilan suv va surmali indiyning tiniqlik spektrlari koʻrsatilgan [8].

Interferens ion filtrlar. Tiniqlik sohasini toraytirish mumkin, yuqa silliq parallel plastinalarini interferensiyasi hisobiga.

Interferensial filtrlar yuzasi bir necha kvadrant santimetr boʻlgan shisha plastinalardan iborat boʻladi, uni tomonlaridan biri ketma-ket yarim tiniq metall plyonka bilan (kumush yoki alyumini) dielektrik plyonka bilan qoplanadi. (2.7-rasm), ikkinchi yarim tiniq metall qatlam bilan shisha plastinani ikkinchi tomoni qoplanadi va u mehanik zararlanishlardan saqlaydi. Rasm 1.6 da 5600A toʻlqin uzunligi uchun bunday filtrni tiniqlik palasalarini shakli koʻrsatiladi. Metall qoplamalirining turli qalinliklari uchun (R qaytarish koeffitsienti t tiniqlik). Sindirish koʻrsatkichi n va qalinligi d boʻlgan modda qatlami toʻlqin uzunligi $\lambda_k^{max} = \frac{2nd}{k}$ boʻlganda maksimal tiniqlikga ega boʻladi (nurlar qatlamga normal holda oʻtadi), bu yerda $k=1,2,3 \dots$, boʻlsa ikkinchi qatlamni qalinligi tanlash mumkin, ikkinchi qatlam shunday boʻlish kerak λ_{k-1}^{max} va λ_{k+1}^{max} birinchi qatlam

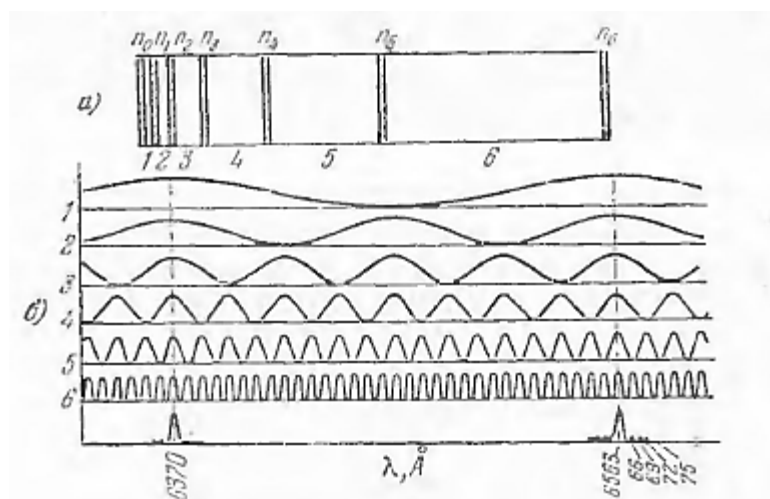
toʻlqin uzunligi boʻyicha mos kelsin, bunda tiniqlik minimal boʻladi. Uch va undan koʻp turli qalinlikdagi va materiallardan yasalgan plastinalardan foydalanib tiniqlikni juda tor kengligini olish mumkin.



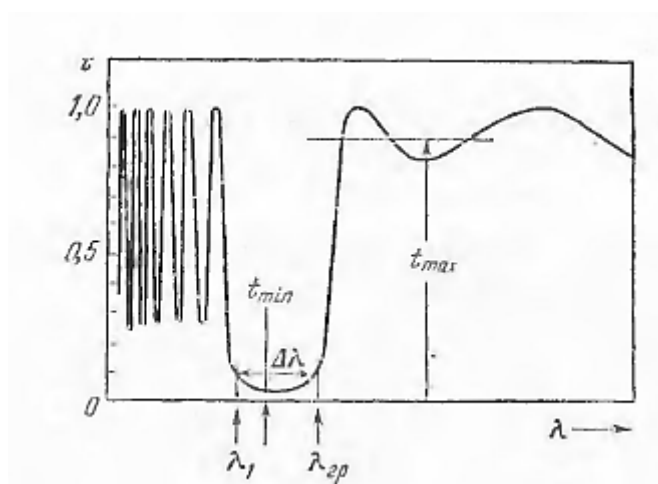
2.8.- rasm. Interferension filtr [1.8]: sxematik qirqim (a) va bu filtrni tiniqlik kengligini (b).

2.9. - rasmda koʻp qatlamli interferension poliaziatsion yorugʻlik filtrini sxemasi keltirilgan unda optik jihatdan anizotrop materialni qatlamlari 1,2,3,4,5,va 6 poliorolodlar orasiga joylashtiradi. Shu yerni oʻzida 1,2,3 va boshqalar bloklarini tiniqlik spektrlari koʻrsatilgan(poliroid-teleporoid), shuningdek butun tizimni natijaviy tiniqligi ham bunda koʻrinib turibdiki 6370 va 6563 A larda ular bir biridan ancha uzoqqa ajratilgan va ularni yarim kengligi 3 karra koʻp emas. Hisoblash usuli materiallarini tanlash inteferension filterlarni konkret tuzilishi Roʻzemberk monografiyasida toʻliqroq yoritilgan [1.8].

Bizning sanoatimizda interferension filtrlarni uch turi ishlab chiqariladi: qirquvchi, tor palasali va toʻlqin uzunligi 0,22 dan 25,0 mkm gacha boʻlgan diapozonli. Qirquvchi filtrlar uzun toʻlqinli nurlanishlarni oʻtkazadi uni qisqa toʻlqinli qismi qirqadi.



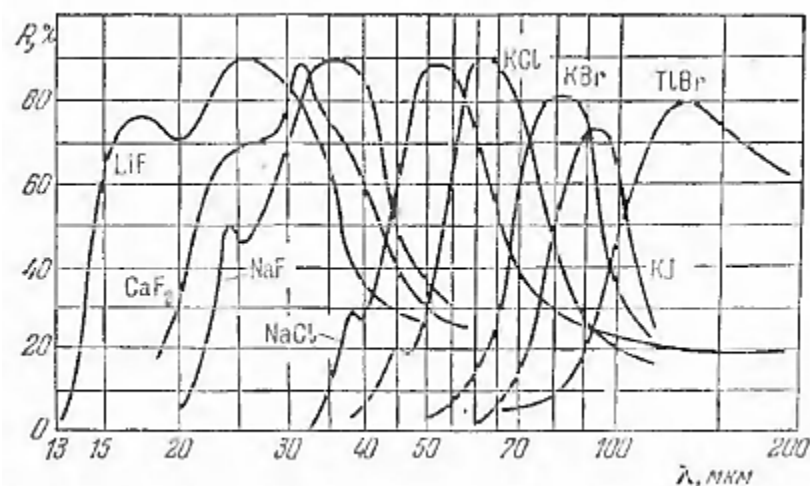
2.9. – rasm. Ko`p qatlamli interferonsion polyariatsion yorug`lik filtri [8]: sxematik qirgim (a) va 1-6 bloklarini tiniqliylik spektrlar (poliroid – plastina-poliroid) va natijaviy spektr (b).



2.10. – rasm. Qirquvchi filtorni tiniqlik spektri [8].

2.10. - rasm da qirquvchi filtrlarni xarakteristikalarini ko`rsatilgan:  $\lambda_{gr}$  o`tkazishni qisqa to`lqinli chegarasi (tiniqlik 10 % ni tashkil etadi;  $\Delta\lambda = \lambda_{gr} - \lambda_1$  o`tkazishni spektral diapozoni 10 % dan kam; t_{min} (%) - $\Delta\lambda_{fon}$ uzun to`lqinli sohada tiniqlikni o`rtacha qiymati.

Tor diapozonli interferon filtrlar 0,1λ gacha to`lqin uzunlik intervalida tor spekroni ajratadi .



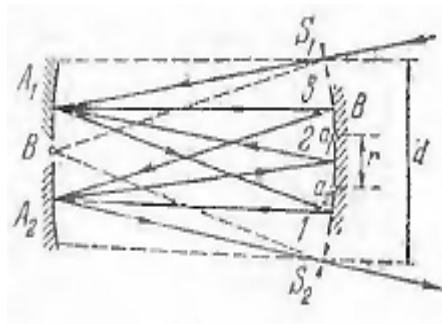
2.11. – rasm. Qoldiq nurlar sohasida ionli kristallarni qaytarish spektrlar. [1.2].

Kenglikli interferonsion filtrlar toʻlqin uzunligi $0,1\lambda$ dan keng boʻlgan intervallarni qirqib tashlaymiz.

Interferonsion fitorlarni oʻtkazishi $t_{\max}$ yarim oʻtkazgichda polasani kengligiga bogʻliq boʻladi, eng kam oʻtkazishni spektral diapozoni kattaligi 30 – 80% chegarasida boʻladi.

*Qoldiq nurlardagi monoxromator.*Yon kristallardan qaytgan spektrlar sohaga ega boʻladi, bunda qaytarish koeffitsienti rasm 1.9 da koʻrsatilganidek 100% ga yaqin shuning uchun shunday materialdan ishlangan plastinalardan koʻp marta qaytganidan keyin ancha katta monoxromatik dasta hosil boʻladi [1.9]. Uaytni yorugʻlik kuchli monoxromatorni optik sxemasi rasm 1.10 da koʻrsatilgan. Bu yerda ionli kristallardan ishlangan shar shaklidagi oynadan foydalaniladi shuning uchun asbobga kirayotgan va chiqayotgan nurlarni dastasi konussimon shaklga ega, bu esa sxemani yorugʻlik kuchini katta boʻlishiga olib keladi. 2.12. - rasmdagi kichkina a_1 , a_2 va b nuqtalar A_1, A_2 va B oynalarni qiyshiqlik markazini bildiradi. Asbobdan chiqayotgan nur dastasini monoxromatiklik darajasi qaytarishlar sonini aniqlaydi $(d/r-1)$ ga teng, bu yerda d - kirish va chiqishlari orasidagi tirqishdagi masofa, r - a_1 va a_2 qishiqlik markazlari va A_1 va A_2 oynalar orasidagi masofa.

Qoldiq nurlarda ishlaydigan monoxromatorlarning kamchiligi boʻlib oynani shu materialsi uchun toʻlqin uzunliklar intervalini oʻzgarmasligi hisoblanadi, ammo katta yorugʻlik kuchi bunday asboblarni afzalligi hisoblanadi va bu ularni optik tajribalarida koʻproq ishlatilish imkonini beradi, ayniqsa uzoq infraqizil sohasida, u yerda tadqiq qilinayotgan spektrlarni intensivligi kichik boʻladi.



2.12. – rasm. Qoldiq nurlardagi Uayt monoxromatorini optik sxemasi [1.9].

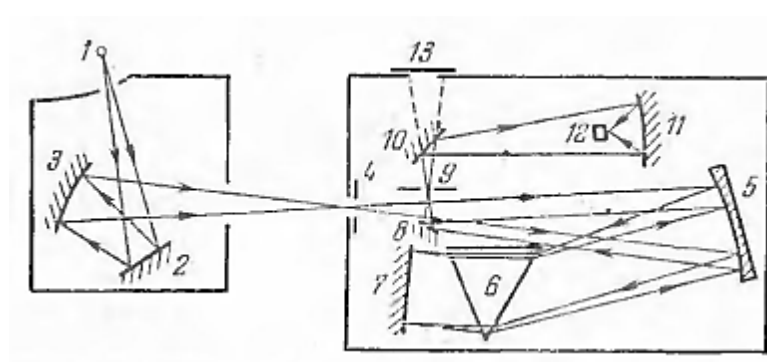
Prizmalı monoxromatorlar. Manbani murakkab spektridan kerakli toʻlqin uzunliklari boʻlagini ajratib oladigan eng koʻp tarqalgan asboblardan biri boʻlib dispersiya hodisasidan foydalaniladigan monoxromatorlar hisoblanadi. Ular spektrni mos keladigan boʻlaklari uchun tiniq materiallardan ishlanadi (sindirish koʻrsatkichini toʻlqin uzunligiga bogʻliqligidan), ulardan plizmalar tayyorlanadi.

Rossiyaning optik sanoatida ultrabinafsha diapozonlari uchun kvarsdan ishlangan plizmalı boʻlgan CF-10 va boshqa monoxromatorlarni ishlab chiqariladi; koʻrinadigan nur diapozoni uchun – shishani turli soʻrtlaridan ishlangan plizmalı UM-2 va boshqa monoxromatorlar; infraqizil diapozon dagi nurlar uchun shishadan ishlangan prizmalar (F-1 flintglas 0,5—1,7mkm sohasi uchun), ftorli litiy (LiF 0,9—5,5 soha uchun), tosh tuzi (NaCl 3—15mkm silvin), (KCl 9—18 soha uchun) bromli kaliy, (KV 16—25mkm soha uchun), -ZMR-3, IKC-12, IKM-1, IKC-21 ishlab chiqaradi.

2.13. - rasm monoxromator IKC-12 asbobini optik sxemasi koʻrsatilgan (infraqizil spektrometr model 12). Yoritgichdan 1 chiqayotgan nurlarni integral

dastasi 2, 3 oynalaridan qaytganidan keyin balandligi 15 mm va maksimal kengligi 2 mm boʻlgan tirqish 4 orqali oʻtib monoxromatorga $\alpha \approx 8^\circ$ konus burchagi boʻylab kiradi. Bu burchakni kattaligi parabolasiimon oynani oʻlchami va fokus masofasiga koʻra aniqlanadi ($\varnothing 100\text{mm}$, $F=270\text{ mm}$), kirayotgan dastani konus burchagi α_{vx} dan oshmasligi kerak, agar tizimni maksimal yorugʻlik kuchiga erishishni xohlasak. Parabolasiimon oynadan 5 qaytgan nurlarni parallel dastasi qoʻzgʻalmas uch qirrali prizma 6 orqali oʻtib toʻlqin uzunligi boʻicha birinchi yoyilishga uchraydi. Dastani bir qismi Littrof oynasi 7 tekisligida normal qaytganidan keyin prizma orqali ikkinchi marta oʻtadi va tashkil etilgan toʻlqin uzunliklari boʻyicha yoyiladi. Oyna 8 tirqish 9 orqali oʻtgan dasta oynalar 10 va 11 lardan qaytganidan keyin qabul qilgichga 12 yoʻnaltiriladi.

Bunday usul ikki marta oʻtkazgandan keyin parchalanadigan dastani obyektivni karimatorlaridan birida qoʻllangan prizma orqali (parabolik oyna 5) aftokolimatsiya usuli deyiladi.

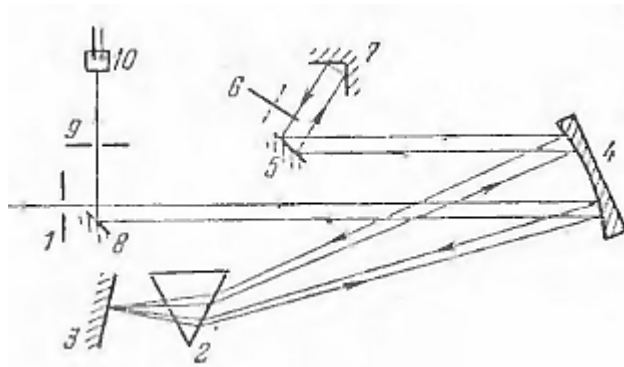


2.13. – rasm.. Prizmalı monoxromatorni aftokolimatsion sxemasi [8].

2.14. - rasmda ikkilangan monoxromatorni optik sxemasi koʻrsatilgan bunda nurlanish dastasi monoxromatorga tirqish orqali kiradi 4,5,7 oynalaridan qaytganidan keyin toʻrt marta oʻsha bitta prizma 2 orqali oʻtadi va Littrov 3 oynasida ikki marta qaytadi. Birinchi monoxromatizatsiyadan keyin dasta aylanuvchi disk obtyurator 6 yordamida selektiv modullanadi, bu disk toʻlqin uzunligini sohasi uchun tiniq materialsidan tayyyorlangan, bunda nur energiyasi

ko'p va u o'lchash aniqligini pasaytiradigan sochilgan fonni hosil qiladi. Ikkilangan monoxromator monoxromatorlik darajasini anchaga yaxshilaydi prizma orqali ikki marta o'tilganga nisbatan, ammo ikkilangan monoxromatorni sozlash murakkab bo'lgani uchun bunday asboblarni infraqizil sohadagi to'lqin uzunliklari uchun ishlab chiqarmaydi.

2.13. - rasmga qaytamiz. Oynadan 8 ($10 \times 30 \text{ mm}^2$ tekis oyna) qaytgan dasta $\Delta\lambda$ to'lqin uzunligiga ega bo'lgan intervaldagi nur tirqishda 9 yig'iladi va monoxromatordan chiqadi. Littrof oynasi 7 qandaydir burchakka burilganidan keyin monoxromatordan mos keladigan to'lqin uzunligi intervalidagi nurlar dastasini chiqarish mumkin.



2.14. – **rasm.** Ikkilangan prizmalı monoxromatorni aftokolimatsion sxemasi [1.5]

Oynani sindirish ko'rsatgichini termik o'zgarishini kondensatsiyalash vaqtida u buraladigan sohada richchakga mahkamlangan, uni yelkalari turli termik kengayish koeffitsientiga ega bo'lgan ishlangan sterjen juftligi bilan bog'langan.

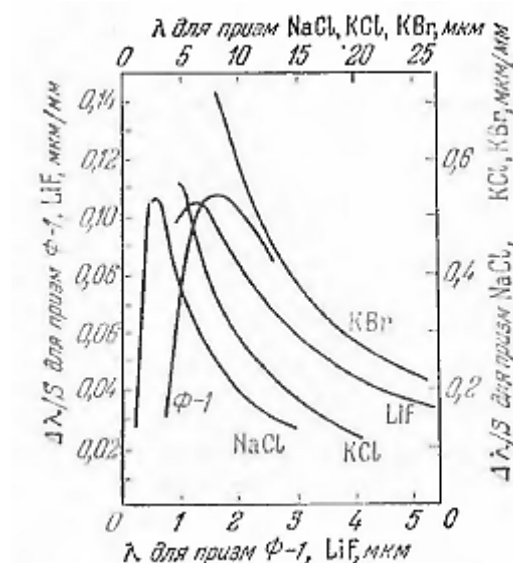
To'lqin uzunliklari intervali kattaligini $\Delta\lambda$ bilish tajriba natijalarini tahlil qilish uchun kerak va u prizmani A sindiradigan burchagi, kolimator oynasini fokus masofasiga F , tirqishlarni 4 va 9 kengligiga, prizma ahyosini sindirish ko'rsatgichiga, $\Delta\lambda$ intervaldagi o'rtacha to'lqin uzunligiga λ , shuningdek dispersiyani sindirish ko'rsatgichiga $dn/d\lambda$ bog'liq. $\Delta\lambda$ kattalik tirqishni

spektral kengligi deyiladi, prizmani barcha ishchi sohalari uchun yaqinlashtirilgan formula yordamida hisoblanishi mumkin [1.10].

$$\Delta\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 = DS + \lambda \left(mb \frac{dn}{d\lambda} \right)^{-1}$$

$$D = \frac{(1 - n^2 \sin^2 \frac{A}{2})^{\frac{1}{2}}}{2m \sin \frac{A}{2} \frac{dn}{d\lambda}}.$$

Bu yerda b- prizmalar asosini uzunligi; m – prizma orqali o'tgan nurlarni soni (odatdagi aftokolimatsion bir prizmal qurilma uchun $m=2$); S tirqishni ishchi kengligi (teng bo'lmagan kirish va chiqish tirqishlarida $S = 1/2(S_1 + S_2)$). Formuladagi ikkinchi a'zo $\Delta\lambda_2 \rightarrow 0$ bo'lganda ruxsat etilishni difraksion chegarasi hisoblanadi va S ga kuchsiz bog'liq bo'ladi.



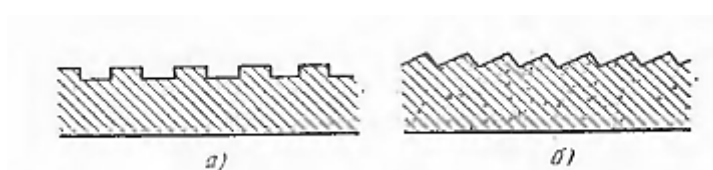
2.15. – rasm. IMC-11,-12,-21[8] monoxromatorlar uchun to'lqin uzunligiga bog'liq tirqishlarni spektral kengligi [8].

2.15. - rasmda $\Delta\lambda/S$ tirqishlarni spektral kengliklarini to'lqin uzunliklariga nisbatan bog'liqligi mikronlarda ifodalangan IKC -11, -12 asboblaridagi F-1, LiF, NaCl, KCl va KVg prizmalari uchun (IKC-21 uchun) ham bu grafiklarni qo'llasa bo'ladi, agarda asbobda esheletta o'rnida Littrofni silliq oynasi ishlatilsa. 2.15. - rasm asosida $\Delta\lambda$ kattalikni mos keluvchi qo'lqin uzunliklari

uchun λ oson topish mumkin agar tirqishlarni ochilish kattaligi ma'lum bo'lsa (kengligi millimetrlarda). Odatda grafikdagi tajribali bog'liqlikni ko'rinishi uchun to'lqin uzunligidan o'lchanayotgan kattalik (kvantlar energiyasi) tirqishlarni spektral kengligini spektri eng muhim bo'laklaridan ko'rsatiladi. O'lchanayotgan kattalik va uni to'lqin uzunliklari bo'yicha olingan hosilalari λ ga kuchli bog'liq. Tirqishni spektral kengligi minimal bo'lishi kerak berilgan effekt yoki modda spektrni to'g'ri aniqlash uchun.

Difraksion monoxromatorlar. Eng mukammallashgan spektral asboblarda dispersiyalovchi element bo'lib qaytaruvchi diffraksion panchara hisoblanadi. Ko'rinadigan diapozon uchun ba'zida tiniq panjaralardan foydalaniladi, ultrabinafsha va infraqizil diapozonlar uchun esa faqat qaytaruchi panjaralar ishlatiladi, chunki spektrni bu sohasi uchun yetarli darajada yaxshi tiniq va texnologik talablarni qanoatlantiruvchi panjaralarga shtrixlarni kesilishiga materiallarni yo'qligi hisoblanadi.

Chet elning seriyalab ishlab chiqariladigan spektrometrlarida metallga chizilgan qaytaruvchi panjaralardan foydalaniladi, ularda shtrixlar ikki profilli bo'ladi: laminar (2.16.a - rasm.)), pog'onali (2.16. b - rasm)). o'zimizning asboblarda asosan pog'onali panjaralar – esherettalardan foydalaniladi.



2.16. - rasm. Qaytaruvchi diffraksion panjaralarni shtrihlarini profillash [1.9].

Spektrdagi to'lqin uzunliklarini tahsimlanishi qaytaruvchi rejektorlar tomonidan beriladigan quyidagi ifoda yordamida bayon qilinadi.

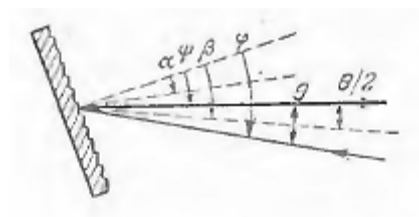
$$m\lambda = d(\sin\psi \pm \sin\varphi) \quad (1.1)$$

Bu yerda m – spektr tartibi, d - panjara doimiysi, φ va ψ – tushish va diffraksiya burchaklari ulardagi musbat ishora panjarani normaldan bir tomonga joylashgan tushayotgan va diffraksiya qilingan dastasiga mos keladi. Agar ishora manfiy bo`lsa turli tomonlarga .

Agar asboblarda diffraksiyalangan va tushayotgan dastalar orasidagi burchak qayt qilinganini hisobga olsak (2.17. - rasmdagi θ burchak) (1.1 formula quyidagi ko`rinishga keladi.

$$m\lambda = 2d\cos\frac{\theta}{2}\sin\beta = C_p\sin\beta,$$

Bu yerda $C_p = 2d\cos\frac{\theta}{2}$ -asbob doimiysi, β panjarani burilish burchagi (2.16. - rasm).



2.17. - rasm. Eshelitta shtrixlaridan qaytgan nurlarni yo`li [1.9].

Intensivlikni nisbiy taqsimlanishi to`lqin uzunligiga, shtrix shakliga bog`liq. Eshellettani birinchi tartibdagi spektrlar uchun qaytarish sharoiti quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$I = \left[\frac{\sin(\pi\Delta/\lambda)}{\pi\Delta/\lambda} \right]^2$$

$\theta(\theta \rightarrow \theta)$ kichik burchaklarda kattalik $\Delta = 2d\sin(\beta - \alpha)$ shuning uchun eshellettani pog`onalarini ishchi sirtlaridan oynasimon yo`nalishda qaytgan diffraksiyalangan nurlanishi maksimal intensivlikka ega bo`ladi va α burchak “yorqinlik” burchagi deyiladi.

Ba'zi asboblarda (CF-4, SF-10, DFC-12 va boshqalar) ularni arzonlashtirish uchun panjaralar bilan repliklardan foydalaniladi. Repliklarni tayyorlash texnologiyasi eshelettlarni plastikni suyuq qatlam bilan qoplashdan iborat bo'lib, ular qotganidan keyin (bosim ostida) ko'chirib olinadi va silliq shisha plastinaga yopishtiriladi, alyumini qatlami bilan (vakumda changlatilgan) qoplanadi.

Yorqinlik burchagi panjaralarda odatda 10 dan 20 ° gacha doirada joylashgan bo'ladi. Panjara doimiysi (1.1) formulaga muvofiq to'liq uzunliklari intervalida yotadi va shunga mo'ljallangan. 1.3 jadvalda illustratsiya uchun panjara doimysiga teskari bo'lgan sonlar keltirilgan va to'liq uzunliklari sohasiga, ular difraksiyni birinchi tartibiga mos keladi.

Difraksion panjaralar plizmalarga o'xshab bir emas bir necha spektr tartibini bergani sababli ($m=1,2,3\dots$ 1.1 formulada), bir birini ustiga tushadi, "toza" spektrni olish uchun dastlabki filtratsiyani o'tkazish kerak bunda yuqorida ko'rib chiqilgan monoxromatlashni bir yoki bir necha qo'polroq usullaridan foydalanamiz.

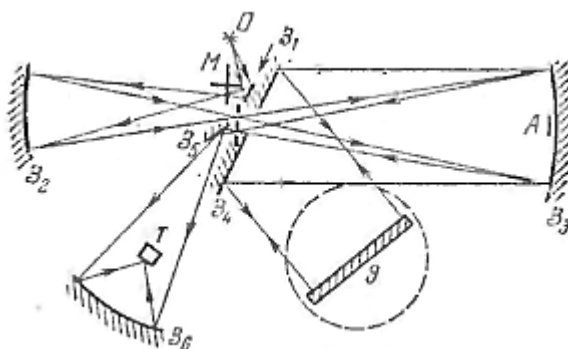
c	k=2		k=1	
	$\lambda_{\max}$	$\lambda_1 - \lambda_2$	$\lambda_{\max}$	$\lambda_1 - \lambda_2$
1200	0,18	0,14—0,24	0,35	0,23—0,69
600	0,35	0,28—0,47	0,69	0,46—1,4
300	0,69	0,55—0,93	1,4	0,9—2,8
100	2,1	1,7—2,8	4,2	2,8—8,3
50	4,2	3,3—5,6	8,3	5,6—17
12	18	14—24	35	23—70
6	35	28—47	69	46—140
2	105	84—140	210	140—420
1,5	140	110—190	280	190—560
0,5	420	330—560	830	560—1700
0,2	1050	840—1400	2100	1400—4200

Здесь c — число штрихов на 1 мм; $\lambda_{\max}$ — длина волны (в мкм), соответствующая максимуму интенсивности в спектре (в шелетта в схеме автоколлимации, угол блеска равен 12°); $\lambda_1 - \lambda_2$ — интервал длин волн, в котором интенсивность излучения не менее 40% интенсивности при $\lambda_{\max}$; k — порядок дифракции.

Masalan, yaqin infraqizil sohasi uchun spektrometrlarda spektr tartibini bo'lish uchun kichikroq dispersiyaga ega bo'lgan plizmalardan foydalanib

dastlabki monoxromatlash o'tkaziladi. Infraqizil nurlarni uzun to'liqli sohasi uchun mo'ljallangan spektrometrlarda bunday usuldan hozircha foydalanib bo'lmaydi, chunki yetarli darajada tiniqroq bo'lgan materiallar yo'q prizmalarni tayyorlash uchun, shuning uchun yuqori tartibdagi boy energiya spektrlariga ega bo'lganlari ko'rilmaydi, shuningdek qisqa to'liqli sochilgan nurlanishlarni kamaytirish "qoldiq" nurladagi qaytaruvchi plastinalar yordamida amalga oshiriladi (2.6. - rasmga qarang) ularda nurlar dastasini selektiv modulyatsiyasi uchun o'tkazuvchi turli filtrlari mavjud bo'ladi. Oxirgi usul shundan iboratki ulardagi modulyator diski shunday materialdan ishlanadiki u parazit nurlanishlar uchun tiniq shuning uchun chiqish signali hissaga ega emas. Masalan to'liqli uzunligi $\lambda > 20$ mkm bo'lgani uchun tosh tuz tiniq emas, undan modulyator tayyorlash mumkin va u berilgan vazifada qo'liqli uzunligi $\lambda < 20$ mkm parazit bo'lgan nurlarni modullamaydi (NaCl 0,3 dan 17 mkm gacha soha uchun tiniq).

2.17 - rasmda Bon tomonidan 20-80 mkm soha uchun Pfunft avtokolimatsion sxemasi bo'yicha yig'ilgan spektrometr ko'rsatilgan u monoxromatori o'rtasida tirqishi bo'lgan silliq oynadan Z_4 , parabolik oynadan Z_3 va eshelettani E iborat. Oliy tartibdagi spektrlarni va sochilgan nurlanishlarni yo'qotish uchun yoritgichda Z_1 oynadan foydalanilgan "qoldiq qaytaruvchi", selektiv modulyator M, poletelindan ishlangan filtrlardan foydalanilgan. Z_2 , Z_6 oynalar sharsimon Z_5 silliq, O- nur manbayi, A-ekran, T – qabul qilgich.



2.18. – rasm. Pfunftni avtokolimatsion sxemasi [1.9].

Yeraslavoldagi davlat optik institutida loyihalangan va 100-2000 mkm sohasidagi spektrometr ishonchli ishlab turibdi uni monoxromatorini sxemasi

Bon sxemasiga o`xshaydi. A.F.Ioffe nomidagi fizika – texnika institutida Stohanov tomonidan asbob yasalgan, uni monoxromatori uchun Pfunt sxemasidan foydalanilgan [1.1].

Interferometrlar. Katta to`lqin uzunliklari sohasida ( $\lambda > 40 \text{ mkm}$ ) kuchsiz intensivlik sababli diffraksion monoxromatlarni yechish imkoniyati pasayadi uni oshirish uchun Maykelson interferometridan [1.16] yoki lominar panjarali interferometrdan foydalansa bo`ladi. Ushbu holatda qayt qilingan interferensiya egri chizig`i yoki interferogramma xohlagan spektral tarkibni  $S(\omega)$  o`rganish uchun munosabat bilan yoritiladi.

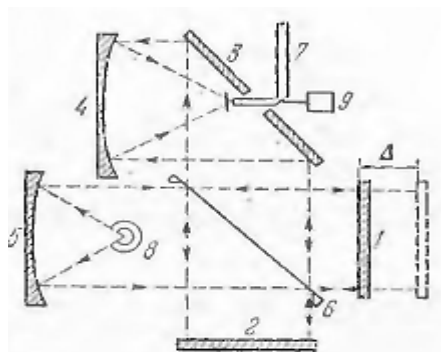
$$I(\Delta) = \frac{1}{2I(0)} + \int_0^\infty S(\omega) \cos \omega \Delta d\omega,$$

Bu yerda Δ ikkita interferonsiyalovchi dastani o`tish farqi,  $I(0)$  esa o`tish faqlari nol bo`lgandagi intensivlik. Juft funksiyalar uchun  $I(\Delta)$  integral furiye o`zgartirishlaridan foydalanib qidirilayotgan spektrni olamiz .

$$S(\omega) = 4 \int_0^\infty [I(\Delta) + \frac{1}{2}I(0)] \cos \omega \Delta d\Delta,$$

U o`lchanayotgan kattalik $I(\Delta)$ orqali ifodalangan uni analogli yoki raqamli usul bilan hisoblash mumkin.

2.19. - rasmda Maykelson interferometri ko`rsatilgan [1.16]. 4 va 5 oynalarni parabolik kolimatorlari 23 sm diametriga ega. Silliqlik oyna 1 mikroskopni stolchasi bo`ylab ko`cha oladi natijada fazalar farqi  $-5 \leq \Delta \leq 200$  mm chegaralarda o`zgartiriladi. Ajratuvchi plastinka 6 naylardan tayyorlangan u yuqori diellektrik singdiruvchanlikga ega. Filtr sifatida politelin plyonkadan foydalanilgan uni ikkala tomoni o`zaro perpendekulyar yo`nalishdagi shtrixlar bilan qoplangan qutblanish effektini yo`qotish uchun. Yorug`lik o`tish yo`liga kvarts va iyonlanuvchi kristallardan ishlangan aylanuvchi disksimon filtr tutgichlari o`rnatilgan. Yorug`likni chiqishga uzatish uchun uzunligi bir metrga yetadigan ichki diametri 11 mm li loton naydan 7 foydalanilgan.

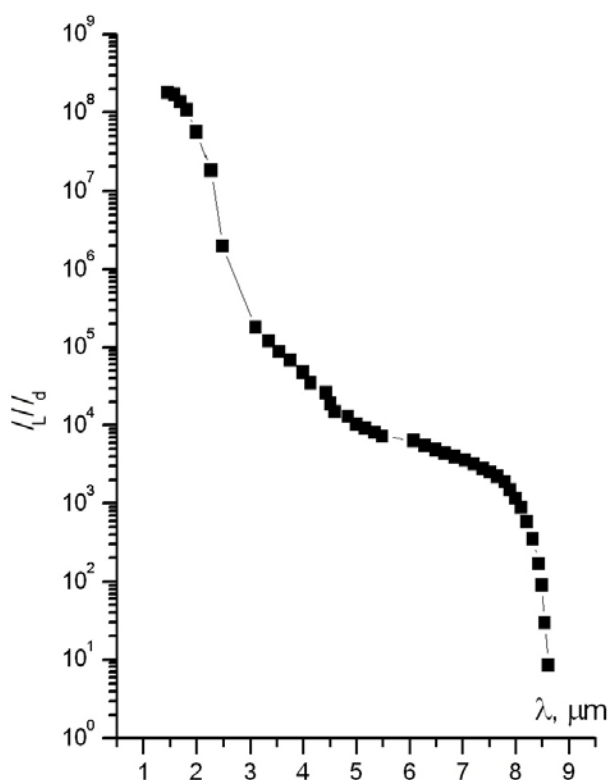


2.19. – rasm. Maykreson interferometri [1.16]: Silliqlik oynalar 1, 2, 3: 4, 5 – parabolasiimon oynalar, 6- ajratuvchi plastina: 7- chiqish yorug`lik yo`li; 8- simob lampa; 9-yorug`lik to`sgich.

Yuqorida bayon qilingan sxema harorat $1,2^{\circ}C$ da to`lqin uzunligi 100-5000mkm oraliqda bo`lgan magnit maydonidagi turli namunalarning tiniqliligini o`lchash imkonini beradi.

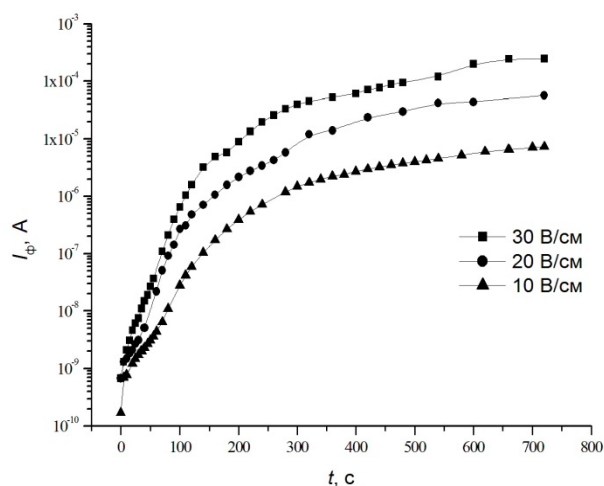
Marganes atomlarining bunday klasterlarining kremniydagi konsentratsiyasi $N \sim 10^{15} \text{ sm}^{-3}$ ni tashkil etadi. Namunalar fotoo`tkazuvchanligini o`rganish uchun ular IKS-21 qurilmasiga o`rnatilgan kriostatga joylashtirildi, kriostat silliqqlangan kremniyli ikkita filtrlargi ega bo`lib, bu filtrlar fonli va xususiy yorug`likdan himoya vazifasini o`taydi. IQ nur quvvati maxsus filtrlar asbob yordamida o`zgartirildi, bu filtrlar IMO-2N tipli “Lazer nurining o`rtacha quvvatini o`lchagich” yordamida kalibrovka qilindi.

Tadqiqotlar natijalari shuni ko`rsatdiki, bunday namunalarda “yorug`lik yutulishining boshlanishi” $h\nu \geq 0,16 \text{ eV}$ ($\lambda \leq 8 \text{ mkm}$) sohadan namoyon bo`la boshladi. Foton energiyasi oshib borishi bilan fototok uzluksiz va sakrab o`zgarib boradi va o`zining maksimal qiymatiga  $h\nu = 0,75 \div 0,8 \text{ eV}$  ( $\lambda \approx 1,55 \text{ mkm}$ ) da erishadi (2.20-rasm ). Bu paytda yorug`lik tokining qorong`ulik tokiga nisbati 8-9 darajalarga etadi, ya`ni spektrning $\lambda = 1,55 \text{ mkm}$ sohasida anomal fotosezgirlik kuzatiladi.[13]

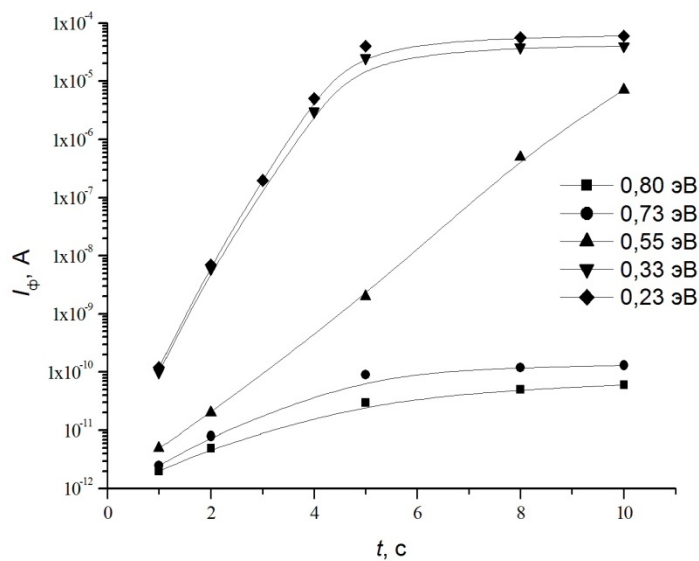


2.20. – rasm. Marganes atomlaridan tashkil topgan nanoklasterli kremniy namunasi fotoo‘tkazuvchanligining spektral bog‘liqligi.

Eksperiment natijalari shuni ko‘rsatdiki, $h\nu=0,33$ eV, $T=100$ K da fototok I_f ning tushayotgan fotonlar vaqt intervali $t=0\div300$ s oraliqda vaqtga bog‘liqligi $4\div4,5$ darajaga ortadi, yoritilish yana davom ettirilganda fototok deyarli to‘yinish qiymatiga, ya’ni 1 darajaga oshadi xolos (2.21-rasm).Tadqiqotlardan shu narsa ma’lum bo‘ladiki, marganes atomlaridan tashkil topgan nanoklasterli kremniy quyosh nurlanishi spektriga mos keluvchi IQ nurlar fotonlarini hisoblayapti. 3-rasmda marganes atomlaridan tashkil topgan nanoklasterli kremniy namunasi fototokining tushayotgan fotonlar energiyalarining turli qiymatlarida yoritish vaqtiga bog‘liqligi keltirilgan.Yoritilganlik 5 min dan oshiq bo‘lganda fotoo‘tkazuvchanlik maksimal qiymatga erishadi, bu fototokning kattaligi tushayotgan fotonlar energiyalari oshishi bilan oshib boradi. Tushayotgan fotonlar energiyasi $h\nu=0,73$ eV dan boshlab o‘sish vaqti doimiysi kamayib boradi, fototok tezda o‘zining maksimal qiymatiga taxminan bir sekund davomida erishadi.



2.21-rasm. Marganes atomlaridan tashkil topgan nanoklasterli kremniy namunalarida turli xil elektr maydoni qiymatlarida fototok o'zgarishining vaqtga bog'liqligi ($T=100\text{ K}$, $\rho=8\cdot 10^3\text{ Om}\cdot\text{sm}$, $h\nu=0,33\text{ eV}$).



2.22-rasm. Marganes atomlaridan tashkil topgan nanoklasterli kremniy namunalarida tushayotgan fotonlar energiyalarining turli qiymatlarida fototok o'zgarishining nurlantirish vaqtiga bog'liqligi.

III-BOB

KOMPENSATSIYALANGAN KREMNIY ASOSIDAGI FOTO VA FOTON DATCHIKLAR

KIRISH

Fan va texnikani rivojlanishi, yangi zamonaviy ishlab chiqarish texnologiyalarni yaratish, texnologik tizimlarni avtomatlashtirish, kompyuterlarning yangi avlodini yaratish hamda ekologik muommolarning echimini ijobiy xal qilishda yarimo'tkazgich materiallar asosida yaratilgan datchiklar va qurilmalaridan foydalanmasdan amalga oshirib bo'lmaydi. Yarimo'tkazgich materiallar asosidagi datchiklar yaratilish texnologiyasi, tezkorligi va sezgirligi bo'yicha imkoniyatlarini kengaytirish chegaralari oxiriga etdi. Shu sababli, yangi yarimo'tkazgich materiallarini olish yoki mavjud materiallar asosida tezkorligi yuqori bo'lgan ixcham datchiklar va qurilmalarni yaratish soha mutaxassislari va texnologlaridan yangi inavatsion echimlarni hal qilishni talab qiladi. Yaratilgan, past haroratda kirishma atomlari bilan kompensatsiyalangan kremniy olish texnologiyasi hamda bu materiallarda kuzatilgan yangi fizik xodisa va effektlar kompensatsiyalangan kremniy asosida yaratiladigan datchik va qurilmalarni elektronikada qo'llash istiqbolli yo'nalish ekanligini ko'rsatadi. Chunki, bu turdagi datchik va qurilmalar olinish texnologiyasini kam energiya sarfi, materiallarning elektrfizik parametrlarini turg'unligi va ular asosida yaratilgan fizik kattaliklarni o'lchovchi datchiklarni o'ta sezgirligi hamda qurilmalarni ixchamligi va tan narxining arzonligi bilan ajralib turadi.

Kompensatsiyalangan kremniyda kuzatilgan fizik xodisa va effektlar o'zining g'ayri oddiyligi hamda bu materiallarning elektrfizik parametrlari tashqi ta'sirlarga (harorat, integral va monoxramatik yorug'lik, elektr va magnit maydon kuchlanganligi, bir o'qli va har tomonlama bosim, tushayotgan fotonlarning energiyasi va quvvati) o'ta sezgirligi bilan mavjud yarimo'tkazgich materiallaridan farqi qilishi kelajakda elektronika sanoati

uchun ularni asosiy materiallardan biri bo'lib qolishidan dalolat beradi. Yuqorida o'rganilgan fizik xodisa va effektlarni ko'pi bitta materialda kuzatilishi, kompensatsiyalangan kremniy asosida ko'p funksiyali datchiklarning yaratish imkonini beradi. Avtotebranishlar asosida yaratiladigan datchiklar nafaqat sezgirligi balki, amplituda-chastotali chiqish signali bilan hozirda mavjudlaridan tubdan farq qiladi.

3.1 INFRAQIZIL VA INTEGRAL NURLARNI SEZUVCHI FOTOPRYOMNIKLAR

Zamonaviy elektronika va optoelektronikada kichik quvvatli IQ nurlarni sezuvchi va qayd qiluvchi fotopryomniklarni yaratish muommosining echimini xal qilish dolzarb masalalardan xisoblanadi. Bunday fotopryomniklardan texnikani turli sohalarda keng qo'llash imkoniyatlari mavjud. IQ nurlarni sezuvchi yaratiladigan fotopremniklardan masofadan boshqarish qurilmalarida, tibbiyotda haroratni o'lchash va kasallikni aniqlovchi tamograflarda, tungi ko'rish qurilmalarida, quyosh energiyasining tarkibini o'rganish va nazorat qilishda, turli obektlarni qo'riqlashda hamda yong'in xavfsizligini nazorat qilishda samarali foydalanish mumkin. Ko'plab yarimo'tkazgich materiallar asosida yaratilingan, fotoqarshilini o'zgarishi xisobiga ishlydigan IQ nur fotopremniklarni kichik quvvatdagi IQ nurlarni sezish imkoniyatlari cheklanganligi tufayli ulardan turli sohalarda keng foydalanib bo'lmaydi. Ayniqsa, integral yorug'lik mavjudligida IQ nurlarni seza olidigan fotopryomniklar kam va ularni sezgirligi yaxshi emas. Kunduzi integral yorug'lik mavjudligida qo'shimcha kichik quvvatli IQ nurlarni seza oladigan fotopremniklarni yaratishda kompensatsiyalangan kremniyda kuzatilgan fotoo'tkazuvchanlikni IQ nur ta'sirida so'nishi effektidan foydalanish mumkin.

Tajriba natijasida aniqlangan hamda ilmiy xulosalar asosida, kompensatsiyalangan kremniy materialini nisbatan past haroratda ($T=77\div 200K$) integral nur bilan yoritib fotoo'tkazuvchanlikning ma'lum

turg'un qiymatiga olib kelib, so'ngra qo'shimcha IQ nur ta'sir etilsa, tushayotgan fotonlar energiyasining $h\nu=0,4\div0,6\text{eV}$ oralig'ida fotoo'tkazuvchanlikni so'nishi kuzatiladi. Fotonlar energiyasining ta'sirida fotoo'tkazuvchanlikni so'nishi $\frac{hf}{h\nu} = 10^4\div10^6$ ni tashkil etdi. Bunday sezgirlik hozirda mavjud bo'lgan yarimo'tkazgich materiallar asosida yaratilgan biron-bir fotopryomnikda kuzatilmagan.

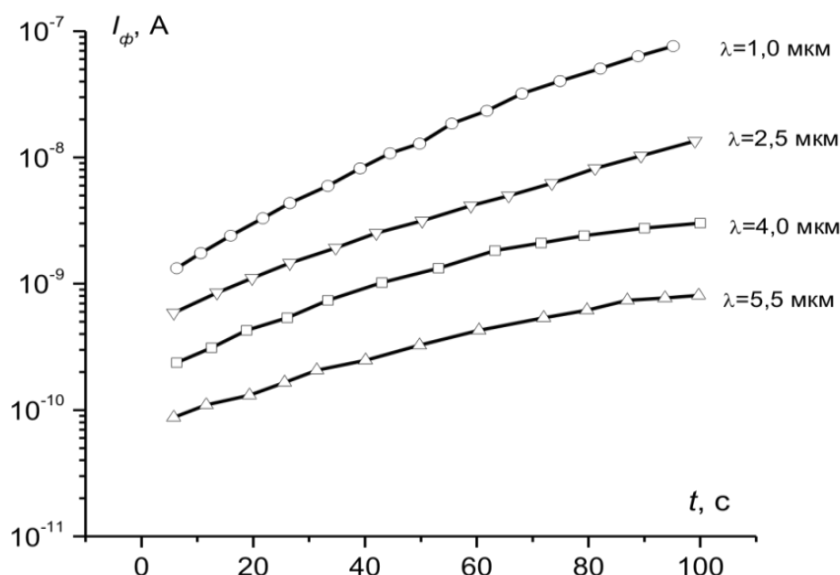
Taklif etilayotgan IQ nur fotopryomnik $T=77\div200\text{K}$ oralig'ida, tashqi elektr maydon kuchlanganligini $E=10\div50\text{V/sm}$ qiymatiga ishlay oladi. Fotopryomniklarni fotonlar energiyasini sezishi $h\nu=0,4\div0,8\text{eV}$ oralig'ida bo'lib, nisbatan katta qiymatdan integral fon mavjudligida foton energiyasining quvvatinikichik $I=10^{-9}\div10^{-5}\text{Vt/sm}^2\cdot\text{s}$ qiymatlari oralig'ida IQ nurni seza oladi. IQ nur energiyasining bunday kichik quvvatini seza oladigan o'ta sezgir fotopryomniklar hozirda mavjud emas.

Kompensatsiyalangan kremniy materiali asosida taklif etilgan IQ nur fotopryomniklarini yaratilish texnologiyasining soddaligi, kam energiya talab qilishi, spektral sezgirligining kengligi va harorat qiymatini katta oralig'ida ishlay olishi tufayli hozirgi elektronika keng ishlab chiqarish mumkin.

3.2 KOMPENSATSIYALANGAN KREMNIY ASOSIDA FOTON XISOBLAGICH

Hozirda, monokristall kremniy va birikmali yarimo'tkazgich materiallar (PbS, PbSe, InSb va boshqa) asosida yaratilgan ko'chki diodlar ko'rinishidagi foton xisoblagichlar elektronika keng foydalanib kelinmoqda. Bunday foton xisoblagichlarni yaratishda murakkab texnologiyalardan foydalanib, faol element va kontakt sohani qatlama-qatlam qilib olish talab etiladi. Boshqa turdagi foton xisoblagichlar yanada murakkab elektrontizim asosida ishlaydi. Sezgir foton xisoblagichga tushgan foton birlamchi signal amplitudasini xosil qiladi. Bu impuls qo'shimcha elektr tizimida seleksiyalanib va kuchaytirilib, so'ngra xisoblagich blokiga uzatiladi. Kompensatsiyalangan

krmeniy asosida yaratiladigan foton xisoblagich IQ nurning to'liq uzunligini $\lambda=1,5\div 8\text{mkm}$ qiymatlari oralig'ida, harorat $T=77\div 250\text{K}$ oralig'ida o'tasezgirlik bilan fotonlar oqimini aniqlay oladi.



3.1- rasm. Kompensatsiyalangan kremniyda fotonlar energiyasiga bog'liq fototokning qiymatini vaqt oralig'ida o'sish kinetikasi

Tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, kompensatsiyalangan kremniy asosida yaratiladigan foton xisoblagichga $\lambda=1,5\div 8\text{mkm}$ to'liq uzunlikdagi fotonlar kelib tushganda, fototokning qiymati o'smb borar ekan. Fototokning qiymatini ma'lum vaqt oralig'ida o'sish kinetikasi 2.1-rasmda berildi. Rasmdan ko'rinadiki, kompensatsiyalangan krmeniy asosidagi foton xisoblagich yuzasiga tushayotgan fotonlarning to'liq uzunligiga qarab fototokning qiymati 2 marotabadan 50 marotabagacha ortib borar ekan. Foton xisoblagich yuzasi $S=0,05\text{ sm}^2$ qalinligi $d=0,1\text{ smda}$ tayyorlab olindi. Uning ikki yoniga tok o'tkazuvchi elektrod simlar o'tkazilib, tashqi ta'sirlardan ximoya qilish maqsadida metall korpusga joylashtirildi. Materialga fotonlar tushishi uchun korpusning tepa qismiga shaffof safir materiali o'rnatildi. Namunaga tashqi elektr manbadan $U=6\text{V}$ ulandi. Foton xisoblagichga ketma-ket qilib mikroampermetr ulangan bo'lib, u boshlang'ich (qorong'u xolatdagi)

va fotonlar tushgandagi xolatlarda tokning qiymatini o'lchash imkoniyatini beradi.

Kompensatsiyalangan kremniy asosida yaratilishi taklif etilgan foton xisoblagichning asosiy parametrlari quyidagilardan iborat.

- spektrall sezgirligi $\lambda=1,5\div 8\text{mkm}$ ($h\nu=0,2\div 1\text{eV}$)
- ishlash harorat oralig'i $T=77\div 250\text{K}$
- tashqi elektr manba $U=6\text{V}$
- o'lchami $5\times 1\times 1,5\text{mm}^3$
- sezgirlik chegarasi $S=10^{-9}\text{Vt/sm}^2\cdot\text{sek}$
- o'lchash uchun kerak bo'lgan minimal vaqt $\tau>10^{-2}\text{sek}$

Taklif etilgan foton xisoblagich imkoniyatlari xozirda mavjudlari bilan solishtirilganda uning sezgirligi yuqori ekanligi va keng harorat oralig'ida fotonlar oqimini o'ta aniqlik bilan xisoblay olishi mumkinligi ko'rsatib berildi. Bunday foton xisoblagichlar yaratilish texnologiyasini soddaligi, kam energiya talab qilishi bilan bir qatorda uzoq vaqt mobaynida amaliyotda foydalanish imkonini beradi.

Xulosa

Tadqiqot natijalari asosida yaratilingan ikki bosqichli diffuzion texnologiyadan foydalanish sarflanadigan energiya (elektr tokini) miqdorini tejashga hamda diffuziya vaqtini qisqarishiga sabab bo`ladi. Bu o`z navbatida olingan ilmiy natijalarni amaliy jixatdan etiborga loyiqligidan dalolat beradi.

Olingan natijalarnin h ishonchliligi kremniy namunalarni elektrofizik va fotoelektrik parametrlarini o`lchashda klassik Xoll usuli bilan bir qatorda zamonaviy FURE spektrometridan ham foydalanilgan. O`lchash kattaliklarini tahlil qilishda ko`plab o`lchangan va takroran tekshirilgan natijalar asos qilib olingan. Bu olingan natijalarni ilmiy asoslanganligi va ishonchliligidan dalolat beradi. Dissertatsiya ishida aniqlangan va tadbiq etishga tavsiya etilgan ikki boshqichli diffuzion texnologiyadan elekyronika sanoatida yarimo`tkazgich asboblarni yaratishda keng qo`llash mumkin. Bu o`z novbatida hozirda dolzarb bo`lgan elektr energiyasini tejashga va diffuziya vaqtini sezilarli darajada kamaytirishga olib keladi. Tadqiqot natijalarining nazariy ahamiyatiga olingan natijalar qattiq jismlarda diffuzion jarayonlar fizikasida fundamental kattalik hisoblangan diffuziya koefitsentini haroratga va material turiga qarab o`zgarishini aniqlashda va nazariyasini takomillashtirishda foydalanishga tavsiya etildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Курносов А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. М.Высшая школа, 1986 г
2. «Ярим ўтказгичли асбоблар ва интеграл схемалар технологияси» фанидан маърузалар тўплами. Тошкент, 1999 й.
3. «Ярим ўтказгичли асбоблар ва интеграл схемалар технологияси курсига оид атамалар».Тошкент, 2004й.
4. «Технология полупроводниковых приборов и интегральных схем». Методические указания к лабораторным работам Ташкент, 2004 г.
5. “YARIMO`TKAZGICHLI ASBOBLAR VA INTEGRAL SXEMALAR TEXNOLOGIYASI” FANIDAN LABORATORIYA ISHLARIGA USLUBIY QO`LLANMA. Toshkent, 2008 y.
6. A. Teshaboyev, S. Zaynobidinov, E.A. Musayev: “Yarim- o`tkazgichlar va yarimo`tkazgichli asboblarni texnologiyasi” - T.; “Talqin” - “Qaldirg`och” - 2006.
7. M.T. Нормуродов, Б.Е. Умирзоков, И.П. Пармонкулов: “Электрон техника материаллари ва қурилмалари технологияси” - Т.; “Меҳнат” - 2004.
8. И.П. Пармонкулов, Б.Е. Умирзоков, З.Н. Шаҳобиддинов, А.С. Рисбаев: “Электрон асбоблар ва қурилмалар ишлаб чиқариш технологияси” фанидан ўқув қўлланма - Т.; ТДТУ - 2002.
9. Готра З.Ю. Технология микрoeлектронных устройств. Справочник, 1991 г.
10. Илиев Х.М. «Ярим ўтказгичли асбоблар ва интеграл схемалар технологияси» фанидан маърузалар тўплами. Тошкент, 1999 й. 86 бет. Электрон версияси бор.
11. Илиев Х.М. «Ярим ўтказгичли асбоблар ва интеграл схемалар технологияси курсига оид атамалар».Тошкент, 2004й., 30 бет.

12. Илиев Х.М. «Технология полупроводниковых приборов и интегральных схем». Методические указания к лабораторным работам Ташкент, 2004 г. 73с. Электрон версияси бор.
13. ILIEV KH.M. “YARIM O`TKAZGICHLI ASBOBLAR VA INTEGRAL SXEMALAR TEXNOLOGIYASI” FANIDAN LABORATORIYA ISHLARIGA USLUBIY QO`LLANMA. Toshkent, 2008 y. 48 bet. Электрон версияси бор.
14. A. Teshaboyev, S. Zaynobidinov, E.A. Musayev: “Yarim o`tkazgichlar va yarim o`tkazgichli asboblar texnologiyasi” - T.; “Talqin” - “Qaldirg`och” - 2006.
15. M.T. Нормуродов, Б.Е. Умирзоков, И.П. Пармонкулов: “Электрон техника материаллари ва қурилмалари технологияси” - Т.; “Мехнат” - 2004.
16. И.П. Пармонкулов, Б.Е. Умирзоков, З.Н. Шаҳобиддинов, А.С. Рисбаев: “Электрон асбоблар ва қурилмалар ишлаб чиқариш технологияси” фанидан ўқув қўлланма - Т.; ТДТУ - 2002.
17. А.Т. Мамадалимов., М.Н. Турсунов., «Ярим ўтказгичли қуёш элементлари физикаси ва технологияси» ўқув қўлланма, Тошкент, 2003й. 103 бет. Электрон версияси бор.
28. ILIEV KH.M. “Quyosh elementlari texnologiyasi” fanidan laboratoriya ishlariga uslubiy qo‘llanma 2008 y. 30 bet. Электрон версияси бор.
29. Илиев Х.М. «Ярим ўтказгичли асбоблар ва интеграл схемалар технологияси» фанидан маърузалар тўплами. Тошкент, 1999 й.
30. Илиев Х.М. «Ярим ўтказгичли асбоблар ва интеграл схемалар технологияси курсига оид атамалар». Тошкент, 2004й.
31. Iliev Kh.M. «Yarim otkazgichli asboblar va integral sxemalar texnologiyasi» fanidan laboratoriya ishlariga uslubiy qollanma. Toshkent. 2008 y.
32. Илиев Х.М. «Технология полупроводниковых приборов и интегральных схем». Методические указания к лабораторным работам

Ташкент, 2004 г.

36. Бахадирханов М.К., Тачилин С.А. «Физика и технология солнечных элементов» учебное пособие. Ташкент. 2007г.
37. А.Т. Мамадалимов., М.Н. Турсунов., «Ярим ўтказгичли қуёш элементлари физикаси ва технологияси» ўқув қўлланма, Тошкент, 2003й
38. Илиев Х.М., Ковешников С.В. «Альтернативные источники энергии» учебное пособие. Ташкент. 2007г.
39. Iliev Kh.M. “Quyosh elementlari texnologiyasi” fanidan laboratoriya ishlariga uslubiy qo‘llanma. Toshkent. 2008 y.

Internet saytlari:

1. <http://avnsite.narod.ru/physic/pp/index.htm>
2. <http://elanina.narod.ru/lanina/index.files/student/tehnology/text/gaas.htm>
3. <http://www.ad.ugatu.ac.ru/knbase/conten.htm>
4. <http://elanina.narod.ru/lnina/index/files/student/tehnologu/text/gaas/htm>
5. <http://solbaat.narod.ru/index.htm>
6. <http://www.ioffe.rssi.ru/journals/ftp/>
7. <http://www.intersolar.ru>
8. <http://www.courier.com.ru/energy>
9. <http://solarenergy.iatp.org.ua/index.htm>
10. http://esco-escosys.narod.ru/2003_5/index.htm