

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI
ABU RAYXON BERUNIY nomidagi TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI

Fakultet: «Elektronika va avtomatika»

Kafedra: «Nazariy elektrotexnika va elektron texnologiyalar»

Qo'lyozma huquqida

Xaydarov Baxrom Azzamqulovich

**Vakuumda o'stirish usuli bilan olingan kremniy plenkali p-n
strukturalarining spektral xarakteristikalarini o'rganish.**

5523300 – «Nanotexnologiya (nanomateriallar, elektron asboblari va qurilmalar)»
yo'nalishi bo'yicha **bakalavr darajasini olish uchun**

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

Kafedra mudiri:

dots. Abidov K.G.

Raxbar:

dots. Nimatov S.J.

Toshkent – 2013 y.

MUNDARIJA

KIRISH	6
I BOB. YUPQA PLYONKALAR ASOSIDA P-N STRUKTURALAR OLIISH USULLARI VA ULARNING SPEKTRAL XARAKTERISTIKALARI BO'YICHA ADABIYOTLAR TAXLILI	8
1.1. Yupqa plyonkalar asosida p-n strukturalar olish usullari.....	8
1.1.1. Termodifuziya usulida p-n strukturalar olish.....	8
1.1.2. Qotishmali p-n o'tishning hosil bo'lishining fizik-metallurgik asoslari.....	9
1.1.3. Planar texnologiyada diffuziya.....	13
1.1.4. Yarimo'tkazgichlarda kirishmalarning diffuzion tavsifi.....	16
1.2. Ion implantatsiya usulida p-n strukturalar olish.....	17
1.2.1. Ion implantatsiya usulida p-n strukturalar olish.....	17
1.2.2. Ionlar kiritish usuli.....	21
1.2.3. Ion implantatsiya usuli bilan yupqa plyonkalar olish.....	22
1.2.4. Ionlar implantatsiyasi.....	26
1.2.5. Kichik energiyali ion implantatsiyaning nanomateriallarni olishdagi imkoniyatlari.....	31
1.3. p-n strukturalarning yorug'likka spektral sezgirligi.....	33
1.3.1. p-n strukturalarning spektral yorug'likka sezgirligini o'rganish.....	33
1.3.2. Yarimo'tkazgichlarning yorug'likka sezgirligini oshirish.....	34
1.3.3. Yarimo'tkazgich lyuks-amper xarakteristikasining asosiy xususiyatlari.....	38
1.4. Malakaviy bitiruv ishining asosiy vazifalari.....	42
II BOB. MOLEKULAR NURLI EPITAKSIYA (MNE) ASOSIDAGI EKSPERIMENTAL QURULMA	43
2.1. Vakuumda o'stirish jarayoni bilan tanishish.....	43
2.2. Yuqori vakuumda p-n o'tishli yupqa plyonkalar o'stirish.....	45
2.2.1. Yuqori vakuumda p-n o'tishli yupqa plyonkalar o'stirish.....	45
2.2.2. UM-2 rusimli monoxromatorining tuzilishi va ishlash printsiipi.....	52
III. BOB. TAJRIBA NATIJALARINI TAXLILI	55
3.1. Kremniy asosidagi ko'pqatlamli yupqa plyonkalarning elektrofizik va	

fotoelektrik xossalari.....	55
3.2.p-n o'tishli namunalarning elektrofizik va fotoelektrik xossalari.....	57
3.2.1.p-n strukturalarning yorug'lik volt-amper xarakteristikasi.....	57
3.2.2. p–n o'tishning volt – amper xarakteristikasi (VAX).....	60
3.2.3. p-n strukturali namunalarning elektrofizik xossalarini o'rganish usuli.....	63
XULOSA.....	71
HAYOT FAOLIYATI XAVFSIZLIGI.....	72
IQTISODIY QISIMI.....	87
ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	94

KIRISH

Nanoelektronika yoʻnalishining paydo boʻlishi xalq xoʻjaligining barcha sohalarida va ishlab chiqarishning asosiy tarmoqlarida, yangi avlod, yaʼni nano va optoelektron asbob va uskunalarining yaratilishiga olib keldi. Bu yutuqlar xususan elektron texnika, energetika, axborot va kompyuter texnologiyalarida, telekommunikatsiya va boshqa sohalarida keng targʻib qilinmoqda. Shu sababdan, nanoelektronikaning asosini tashkil etadigan, qalinligi bir necha nanometr ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$) boʻlgan plyonkalarni olish va xossalarini oʻrganish ustida ishlar butun dunyoda jadal suratlarda olib borilmoqda. Bunday plyonkalarni olish va koʻp qatlamli qilib oʻstirish, nanoelektronika va optoelektronika soxalari uchun aktiv va passiv elementlar xosil qilishda ishlatilishi mumkin. Xozirgi kunda uch oʻlchamli tizimlar xosil qilinib, bunday tizimlarda 1sm^3 xajmda yupqa plyonkalarga asoslangan yuz minglab-millionlab elementlarni joylashtirish imkoniyati mavjud. Kerakli maqsadlarda ishlatilishi mumkin boʻlgan yupqa qatlamlarni xosil qilish, ularning tarkibini, kristall va elektron tuzilishini, fizik va kimyoviy xususiyatlarini oʻrganish fanning ahamiyatini belgilasa, olingan yupqa plyonkalarining asbob sifatida ishlatilishi uning xalq xoʻjaligida va texnikada qoʻllanilishini aks ettiradi.

Yupqa qatlam xosil qilish asosan vakuumda bugʻlantirish, molekulyar nurli epitaksiya, qattiq fazali epitaksiya, ionli edirish va boshqa usullarlar orqali amalga oshiriladi. Bu usullarning asosida bitta tamoil yotadi: taglik (asos) yuzasiga kerakli boʻlgan materialning atomlari oʻtkaziladi, soʻng bu sistemaga xarorat, lazer nurlari, elektronlar yoki ionlar bilan ishlov berish orqali maʼlum bir xususiyatga ega boʻlgan plyonka xosil qilinadi.

Maʼlumki, yarimoʻtkazgichli asboblarda va quyosh elementlarining elektrofizik va fotoelektrik xossalarini oʻrganishning bir necha usullari mavjud. Molekulyar nurli epitaksiya usulida turli monokristall tagliklarga oʻstirilgan yupqa kremniy plyonkalarining elektrofizik va fotoelektrik, jumladan, sigʻim, qorongʻulik va yorugʻlik volt-amper xarakteristika, spektral yorugʻlikka sezgirligi va boshqa

xossalari tatqiq kilindi. Bu maksadda, p-n tuzilmalarning elektrofizik va fotoelektrik xossalari o'rganish uchun namunalarning qorong'ulik va yorug'lik volt-amper xarakteristika hamda spektral yorug'likka sezgirligini aniqlash usullaridan foydalanildi.

Ushbu **malakaviy bitiruv ishining asosiy maqsadi** vakuumda o'stirish usuli bilan olingan kremniy plyonkali p-n strukturalarni qorong'ulik va yorug'lik volt-amper xarakteristikasi va spektral yorug'likka sezgirligini o'rganish [1].

I BOB. YUPQA PLYONKALAR ASOSIDA p-n STRUKTURALAR OLISH USULLARI VA ULARNING SPEKTRAL XARAKTERISTIKALARI BO'YICHA ADABIYOTLAR TAXLILI

1.1. Yupqa plyonkalar asosida p-n strukturalar olish usullari

1.1.1. Termodifuziya usulida p-n strukturalar olish

Malumki, turli kirishma atomlarini kristal sirtiga yoki hajmiga kiritish usullaridan biri diffuziya usuli hisoblanadi. Diffuziya usuli yordamida kirishmalarni kristal sirti yoki hajmiga kiritish vakuum, atmosfera va boshqa sharoitlarda amalga oshirilishi mumkin.

Bu usulda maxsus idishlarga (tigellarga) yarimo'tkazgich kristali, u bilan birga kiritiladigan moddaning tayinli miqdori ham joylashadi, so'ng diffuziya pechida (kristalning suyilish temperaturasidan past bo'lgan) yuqori temperaturagacha qizdiriladi, kirishma modda bug'lanadi va uning atomlari kristall ichiga diffuziyalanib kira boradi. Bu atomlar yo asosiy atomlardan bo'shab qolgan tugunlarga yoki tugunlar orasiga joylashib oladi. Masalan, kremniyga fosforni $\sim 1200^{\circ}\text{C}$ temperaturada diffuziyalanadi, chunki kremniyning suyilish temperaturasi taxminan 1410°C bo'lgani uchun u o'zining qattiq holatini saqlaydi, ammo atomlar issiqlik harakati kuchayishidan vakansiyalar ko'payib ketadi, fosfor va kremniy atomlari radiuslari bir-biriga yaqin bo'lgani uchun fosfor atomlari kremniy kristali tugunlariga joylashib, o'rinbosar kirishma hosil qiladi.

Diffuziya jarayonida kristall ichida kirishma atomlar taqsimoti Fik qonunlaridan kelib chiqadigan diffuziya tenglamasini yechish orqali aniqlanadi. Agar $N(x,t)$ diffuziyalanuvchi kirishma atomlari zichligi ($x=0$ kristal sirti tekisligini belgilaydi), D ularning diffuziya koeffitsienti bo'lsa, x yo'nalishda

$$\frac{dN}{dt} = D \frac{d^2 N}{dx^2} \quad (1.1)$$

Diffuziya tenglamasining cheksiz (doimiy) manba holidagi (kristall sirtida kirishma zichligi N_0 deb olingandagi) yechimi ko'rinishida bo'ladi.

$$N(x,t)=N_0\operatorname{erf}\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \quad (1.2)$$

Bu holda kristall sirti yaqinida kirishma bilan to'yingan yupqa qatlam hosil bo'ladi. Bu qatlamdagi kirishma zichligi imkoni boricha katta qilib olinadi. Bu bosqichni kirishma kiritish bosqichi deyiladi. So'ngra tashqaridan kirishma kiritish bartaraf qilinib (manba uzoqlashtirilib), kristallga kirib bo'lgan kirishma yuqori temperaturada qayta taqsimlanishga duchor qilinadi. Bu bosqich kirishmani (kristall ichiga) haydash deyiladi. U chekli kirishma manbaidan diffuziyalanish holiga mos keladi. Bu holda ning yechimi:

$$N(x,t)=\frac{Q}{\sqrt{\pi Dt}}\exp\left[-\frac{x^2}{2Dt}\right] \quad (1.3)$$

bunda, Q - ligirlash dozasi. Yarimo'tkazgichli asboblarda sanoatida planlar texnologiyada xuddi shu ikki bosqichli diffuziya usuli qo'llanadi [2].

1.1.2. Qotishmali p-n o'tishning hosil bo'lishining fizik-metallurgik asoslari

Yarim o'tkazgichli asboblarda ishlab chiqarish texnologiyasida qotishmali usuldan p-n tuzulmani yaratish, omik o'tishlar va elektrodlanga chiqqichlar ulash uchun foydalaniladi.

Qotishmali p-n o'tish olish uchun yarimo'tkazgich kristall sirtiga elektrod material (metal yoki qotishma) joylashtiriladi. Sistema hosil bo'lguncha qizdiriladi va uncha kata bo'lmagan vaqt davomida ushlab turilib, so'ng sovutiladi. Olinadigan o'tishlar sifati metal va yarimo'tkazgichning sirt holatlariga va tashqi muhitning tozaligiga, suyuq fazada metal va yarimo'tkazgich atomlarining diffuziyasiga, suyuqlarning oqib ketishiga bog'liq bo'ladi.

Qotishmalanish jarayonida yuz beradigan fizik jarayonlarni uchta ketma-ket bosqichga bo'lish mumkin. Ular yarimo'tkazgich sirtini elektrod material ho'llashi; holat diagrammasi bo'yicha aniqlanadigan elektrod qotishmalarning yarimo'tkazgichning ma'lum hazmida suyulish; suyulmaning sovishida erigan yarimo'tkazgich materialining kristallanishi natijasida p-n yoki omik o'tish hosil bo'lishidan iborat.

Agar sof element elektrod materiallar talablariga javob bersa, hech qanday yarimo'tkazgich qo'shilmay eritiladi. Qotishmada berilgan tarkiblovchining suyulish holat diagrammasi likvidus chizig'i bilan aniqlanadi. Suyulish jarayoni diffuziya bilan kuchli bog'langan. Suyulmaga diffuziyalanib o'tuvchi yarimo'tkazgich atomlari unda tekis taqsimlanishiga intiladi. Qotishma sirtidan ketuvchi atomlar yarimo'tkazgichning yangi qatlamida suyulish imkonini beradi. Suyulma va qattiq yarimo'tkazgich orasida yarimo'tkazgichning kimyoviy potentsiali teng bo'lganda muvozanat bo'ladi. Agar zichlik muvozanatdagidan kata bo'lsa, suyulmadan qattiq jism kristallga aylanadi, bu jarayon ikkala fazaning kimyoviy potentsiallari bir-biriga teng bo'lmaguncha davom etadi.

Muvozanat holat suyulganda elektrod qotishma berilgan chuqurlikda yarimo'tkazgichni eritgandan so'ng suyulmani sovitish amalga oshiriladi. Yarimo'tkazgichning suyulma bilan to'yinishi natijasida qattiq fazada kristallanishi yuz beradi. Yarimo'tkazgichning suyulmada kristallanishi jarayoniga qayta kristallanish (rekristallanish) deyiladi, chunki uning holati qattiq taglikning suyulgan qismida ro'y beradi [3].

Sovish boshlanguncha qattiq va suyuq faza chegarasida yarimo'tkazgichning turli sohalari turlicha legirlangan bo'lib kontakt hosil qiladi. Agar, eritilayotgan metal aktseptor kirishma bo'lsa, suyulma bilan yarimo'tkazgich oralig'ida p-turdagi qatlam hosil bo'ladi. Natijada, taglik yarimo'tkazgich plastinka o'tkazuvchanligi n-tur bo'lsa, p-n- o'tish hosil bo'ladi. Unda kirishma taqsimoti pog'onalikka yaqin bo'ladi. Odatda, yarimo'tkazgich taglik plastinkada kirishma kontsentratsiyasi yetarli darajada kam (10^{14} - 10^{16} sm⁻³), rekristallangan qatlamda yetarli kata va 10^{18} - 10^{20} sm⁻³ ni tashkil qiladi.

Suyultirish jarayonining natijalari p-n o'tishning geometric o'lchamlari, suyulishning chuqurligi va frontining shakli, hamda p-n o'tishning maydoni bilan xarakterlanadi. Elektrod materialning suyulish chuqurligini x deb belgilansa, u yarimo'tkazgich sirtidan qattiq va suyuq faza chegarasigacha bo'lgan masofadir. (1.1-rasm).

U yarimo'tkazgichning suyulgan miqdoriga, elektrod qotishma xiliga va suyultirish vaqtiga bog'liq:

$$x = \frac{S_{ya}}{1-S_{ya}} \cdot \frac{d_m}{d_{ya}} \cdot h \quad (1.4)$$

bu yerda, S_{ya} -massa birligida metallda yarimo'tkazgichning eruvchanligi; d_m va d_{ya} - metal va yarimo'tkazgich zichligi; h - elektrod material diskining qalinligi.

Qotishmali p-n o'tishni olishda ahamiyatli geometric tavsifnomalardan biri suyulish frontining shakli bo'lib u yassi tekis bo'lishi kerak. Ideal yassilikdan chetlashish p-n o'tishning effektiv maydonning qisqarishiga, baza qalinligi notekisligiga va boshqa hodisalarga olib keladi. Kassetali suyultirish usuli yassi frontli suyulma olishga imkon beradi. P-n o'tishning maydoni elektrod materiali tayyorlanishiga, suyultirish temperaturasiga va qizdirish rejimiga bog'liq. Suyultirish frontining notekisligi, kristall sirtining turli qisimlarida suyulish tezligi bir xil bo'lmasligidan klib chiqadi. Bunga bir qancha sabablar bo'lishi mumkin. Suyulish jarayonida faollash energiyasi kamayishiga bog'liq bo'lgan sirtidagi turli nuqsonlar va uning turlari (dislokatsiya, chizilishlar, kichik yoriqlar) bo'ladi.

Shuning uchun bu buzilishlar elektrod materialini oqishiga to'sqinlik qiladi va bu sohalarda yarimo'tkazgichning mahalliy suyulishiga olib keladi. Qotishma material sirtining yetarli toza bo'lmasligi va yarimo'tkazgich sirtidagi qoldiq oksidning bo'lishi suyulmagan qisimlar («kattaliklar») paydo bo'lishiga olib keladi (1.2-rasm).

Bu qisimlar p-n o'tishning omik qarshiligi bilan shuntlanib qolishi natijasida qo'shimcha teskari tok hosil bo'lishiga olib keladi.

Qotishmali p-n o'tishlarning xossalari ko'proq eritilayotgan metal va qotishmalarning xossalari bilan aniqlanadi. Shuning uchun ularga bir qancha talablar qo'yiladi:

- 1) elektrod material yarimo'tkazgichning ma'lum qismida hosil qiladigan o'tkazuvchanlik turi yarimo'tkazgich taglik o'tkazuvchanligi turiga qarama-qarshi bo'lishi kerak;
- 2) agar elektrod material sifatida qotishma qo'llanilsa, unda suyuq fazada qotishma tarkiblovchi bir-biriga to'la suyulishi kerak;
- 3) kristallangan qatlam yuqori elektrik o'tkazuvchanlikka ega bo'lishini ta'minlash uchun legirlovchi elementning qattiq yarimo'tkazgichda taqsimot koeffitsienti va eruvchanlik yuqori bo'lishi shart;
- 4) yetarli past temperaturalarda elektrod material yarimo'tkazgich sirtini yaxshi ho'llashi kerak;
- 5) u temperatura yarimo'tkazgichning suyulish temperaturasiga nisbatan mumkin qadar past bo'lishi kerak, chunki yuqori temperaturada suyultirish yarimo'tkazgichda asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning yashash vaqtini kamaytiradi;
- 6) elektrod materialda yarimo'tkazgich elektro fizik xossalarini yomonlashtiruvchi tez diffuziyalanuvchi kirishmalar bo'lmasligi kerak;
- 7) elektrod materialning suyultirish temperaturasida bug'lanish bosimi kichik bo'lishi kerak, aks holda vakuumda materialning intensive bug'lanishi kuzatiladi;
- 8) u yuqori o'tkazuvchanli va issiq o'tkazuvchanli bo'lishi kerak, bu esa, p-n o'tishning to'g'ri yo'nalishda yo'qotishlarni kamaytiradi va haroratni bir maromda bo'lishini ta'minlaydi;
- 9) elektrod material p-n o'tish olingandan keyin, diodni olishning keying jarayonlarida ham, ya'ni barcha temperaturalarda ham qattiq qolishi kerak;
- 10) elektrod material yuqori mexanik xassaga ega bo'lishi kerak, u barcha amaliy ish temperaturalariga va talab darajasidagi mexanik yuklamaga chidamli bo'lishi kerak [4].

1.1.3. Planar texnologiyada diffuziya

Planar (plane) so'zi inglizcha bo'lib, tekislik ma'nosini anglatadi. Hozirgi vaqtda tayyorlanadigan asboblarda va integral mikrosxema yarimo'tkazgichning tekis plastinkasida maxsus usullar yordamida ko'p sonli kichik o'lchamli elementlar (p-n o'tishlar, kontaktlar, sig'implar, tranzistorlar va h.k.) dan bir butun tuzilma ko'rinishida olinadi.

Planar texnologiyada, ayniqsa, yaxshi nazoratga olingan kichik sirt kontsentratsiyasini olish zarur bo'lsa, diffuziya ikki bosqichda olib boriladi. Oldin yuqori sifatli taglikda o'zgarmas sirt kontsentratsiyasini hosil qilish uchun qisqa diffuziya-kiritish amalga oshiriladi (taxminan 1000°C - 1050°C da). Bunda sirt kontsentratsiyasi yo kirishmaning chegaraviy eruvchanligidan yoki diffuziant manbadagi kirishma miqdoridan aniqlanadi.

Qisqa diffuziya-kiritishdan so'ng taglik-plastinkalar pechkadan chiqarib olinadi va kiritish bilan oksidlanuvchi atmosferada kremniy sirtida hosil bo'lgan oynasimon qatlam (masalan, bor silikatli shisha) ketkaziladi. Toza plastinkalar ikkinchi bosqich diffuziya-haydash amalini o'tkazish uchun toza pechkaga joylashtiriladi. Haydash ancha yuqori temperaturada sharoitida o'tkaziladi. Birinchi bosqichda olingan yupqa diffusion qatlam uchun chegaralangan miqdordagi kirishmalar manba vazifasini o'taydi.

Planar p-n o'tishlar soda yassi o'tishlardangeometrik kirishmalar bilan keskin farq qiladi. Planar texnologiyada p-n o'tish kremniy to'rt oksidi bilan himoyalangan sirt pardada ochilgan tirqish orqali yarimo'tkazgich hajmiga kirishma diffuziyasi bilan hosil qilinadi. Bunda kirishma faqat ichkari tomonga emas, himoya niqobi osti sirti bo'ylab ham diffuziyalanib plastina sirtiga chiquvchi p-n o'tish chegarasini passivlashtirishiga olib keladi [5].

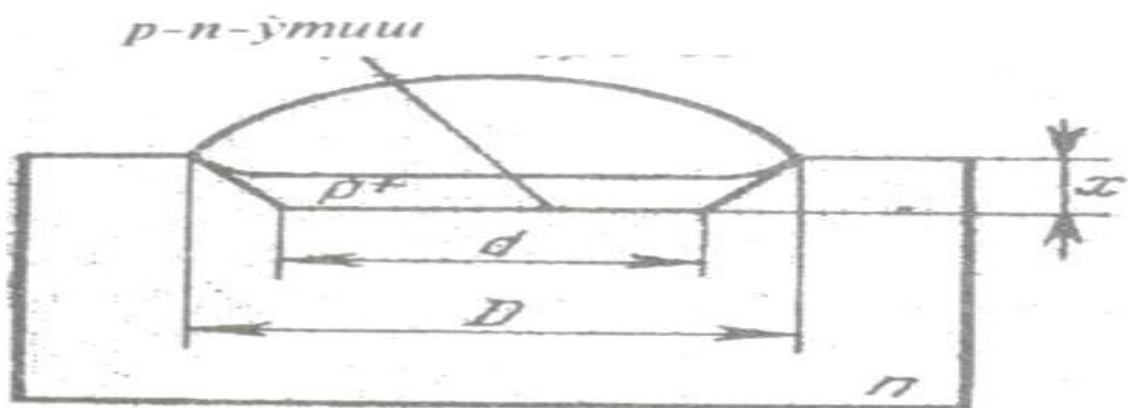
Bu usulning kelib chiqishi barcha p-n o'tishlar asosidagi diod, transistor va kontaktlar tayanch yarimo'tkazgichning kichik qalinlik sirt tekisligida joylashgan. Planar texnologiya yarimo'tkazgich sirtida o'tkazilgan himoya qatlam tirqishi orqali kirishma diffuziyasi natijasida olingan o'tishni planar o'tish deyiladi.

Kremniyda himoya qatlami sifatida kremniyning o'zida vujudga keltirilgan kremniy oksididan foydalaniladi. Planar p-n o'tishning vujudga kelish texnologik jarayon bosqichlari (1.3-rasmda) ko'rsatilgan. Planar texnologiyaning asosini fotolitografiya tashkil qiladi. Oksidlangan monokristall kremniy plastinka sirtiga fotorezist (FR) yupqa qatlam o'tkazildi (1.3,a-rasm). Fotorezist parda niqob orqali ultrabinafsha nur bilan yoritiladi (1.3,b-rasm). Fotorezist ekspozitsiyalangan joyi polimerlanadi va erimaydigan bo'lib qoladi. Natijada, yedirgichda yedirilgan polimerlanmagan joyi yuvilib ketadi (1.3,v-rasm).

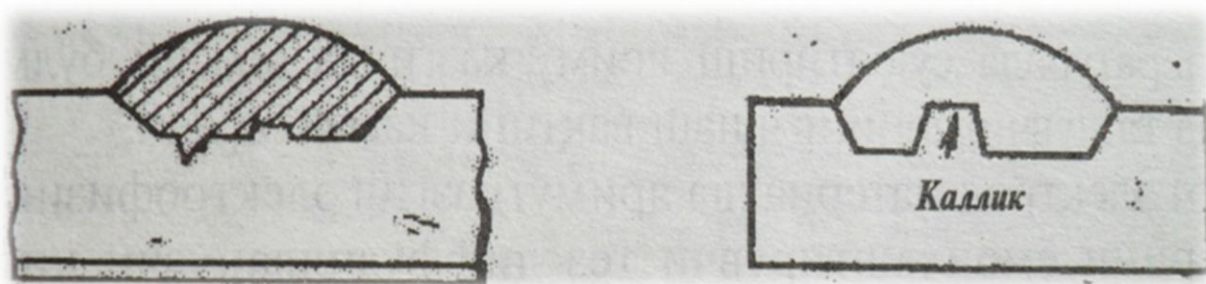
Keyin oksid qatlam ochilgan joy yedirgichlar bilan yediriladi, fotorezist bilan himoyalangan joy esa qoladi (1.3,g-rasm). Bu amaldan keyin taglik kremniy plastinkaga diffuziya o'tkaziladi. Kirishma diffuziyasi faqat tirqish orqali o'tkaziladi. Diffuziya yuqori temperaturada o'tkazilganligi uchun sirt yana oksidlanib qoladi. Fotolitografiyadan foydalangan holda oksidlanib qolgan joy yediriladi va ochilgan joyga metal kontakt o'tkaziladi. Bu amallar natijasida bitta plastinkada bir necha o'n va hatto yuzlab bir xil diod tuzilmalarni olish mumkin. Olingan bu planar p-n o'tishlar tuzilmasi kristallarga kesiladi. Ba'zan, diodlarni yig'ish ishini osonlashtirish uchun plastinka ikkinchi tomoniga omik kontaktlar o'tkazilishi mumkin. Planar p-n o'tish tuzilmasining umumiy ko'rinishi (1.4-rasmda) ko'rsatilgan.

Planar texnologiyani germaniyda ham qo'llash mumkin. Bu holatda kremniy oksid parda germaniy sirtiga kremniy organik birikmalarni termik bug'latish bilan o'tkazildi.

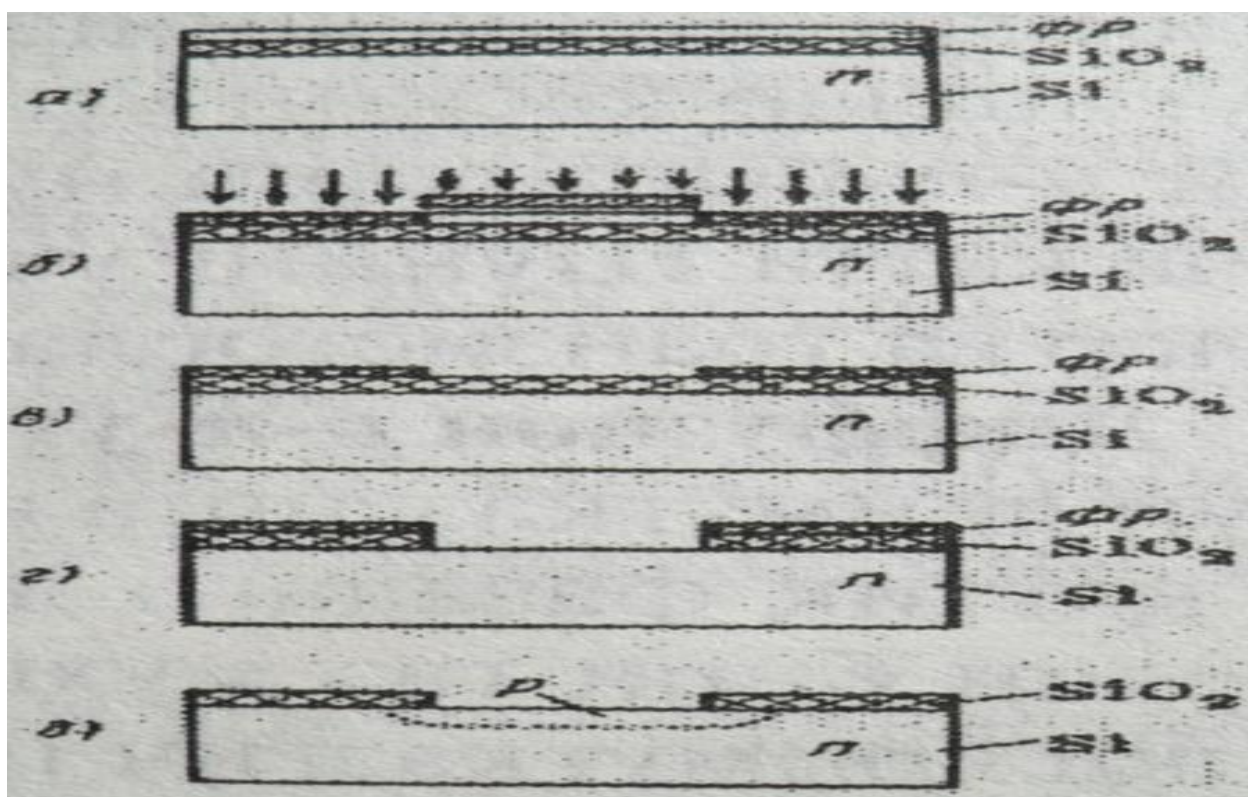
Planar usulda olingan asboblarning gurihining elektr parametridagi farqlar juda kichik. Chunki, bu asboblarning yarimo'tkazgichli bitta plastinkadan birlik texnologiyada olinadi. Shuning uchun ham planar texnologiya mikroelektronikani asosini tashkil qiladi [6].



1.1-rasm. Qotishmali usulda p-n o'tish hosil bo'lishi.



1.2-rasm. Yarim o'tkazgich sirtida to'la ho'llanmaslik oqibatida «kallik» hosil bo'lishi.



1.3-rasm. Planar p-n o'tishning vujudga kelishi texnologik jarayon bosqichlari.

1.1.4. Yarimo'tkazgichlarda kirishmalarning diffuzion tavsifi

Ma'lumki, diffuziya zarrachalar konsentratstyasi mavjud bo'lganda sodir bo'ladi.

Diffuziya Fik konuni orqali ifodalanadi. Fikning birinchi konuni quyidagicha ifodalanadi:

$$j = -D \frac{dN}{dx} \quad (1.5)$$

bunda j - konsentratsiya gradienti $\frac{dN}{dx}$ bilan bog'lik bo'lgan x yo'nalish bo'yicha birlik vakt ichida birlik yuzani kesib o'tuvchi zarrachalar oqimi (N). D - kesib utuvchi zarrachalarning diffuziya koeffitsienti. Uning o'lchov birligi $[m^2/s]$ belgilangan vaqt bo'yicha va ma'lum bir masofa bo'yicha kesib o'tuvchi zarrachalarning konsentratsiyasi Fikning ikkinchi qonuni orqali hisoblanadi:

$$\frac{dN}{dt} = D \frac{d^2N}{dx^2} \quad (1.6)$$

Yarimo'tkazgichlarga kirishmalarning diffuziyasi gaz fazasidan (agar bug' bosimi yetarlicha bo'lsa) yoki material yuzasiga kiritilgan qatlamdan amalga oshiriladi. Diffuziyaning asosiy parametri kirishmalar diffuziya koeffitsienti D hisoblanadi, uning qiymati haroratga quyidagicha bog'lik:

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{kT}\right) \quad (1.7)$$

bunda Q - panjara kirishma atomining biror muvozanat holatdan boshqa holatga sakrab o'tishi uchun zarur bo'lgan energiyani ko'rsatuvchi kirishmalarning aktivlash energiyasi. D_0 - o'zgarmas kattalik, u $T \sim \infty$ bo'lganda kirishma diffuziya koeffitsientini ko'rsatuvchi qiymat.

Q ning qiymati kirishma atomining fizik parametrlariga bog‘lik holda keng intervalda o‘zgaradi. Odatda yarimo‘tkazgichlarda kirishma atomlarining diffuziyasi cheksiz manbadan yoki chekli manbadan olib boriladi.

(1.7) tenglamaning yechimi cheksiz manbadan diffuziya uchun kirishma atomlari konsentratsiyasining kristall ichiga quyidagicha taqsimlanishiga olib keldi:

$$N(x, t) = C_s \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \quad (1.8)$$

Cheklangan manbadan diffuziyalashda esa:

$$N(x, t) = \frac{C}{\sqrt{\pi Dt}} \exp \left(-\frac{x^2}{4Dt} \right) \quad (1.9)$$

bunda t - diffuziya vaqti, x - qatlamdan diffuziyagacha bo‘lgan masofa, D –berilgan haroratda diffuziya koefitsienti.

Agar berilgan haroratda kirishmalarning diffuziya koefitsienti va diffuziya vaqti ma’lum bo‘lsa, kirishmalarning maksimal diffuziyalanish chuqurligi L ni aniqlash mumkin:

$$L = 2\sqrt{Dt} \quad (1.10)$$

1.2. Ion implantatsiya usulida p-n strukturalar olish

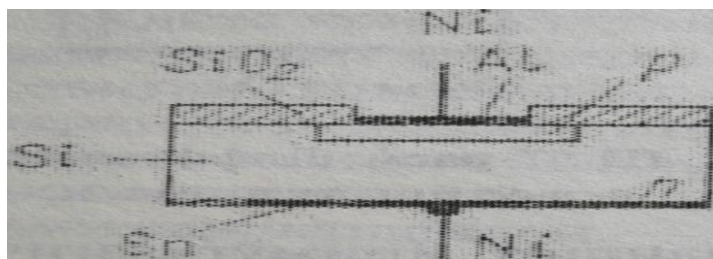
1.2.1. Ion implantatsiya usulida p-n strukturalar olish

Ma’lumki, yarimo‘tkazgich materialarining sirtiga turli kirishma atomlarini kiritish yoki p-n o‘tish hosil qilish uchun ion implantatsiya samarali usulardan biri

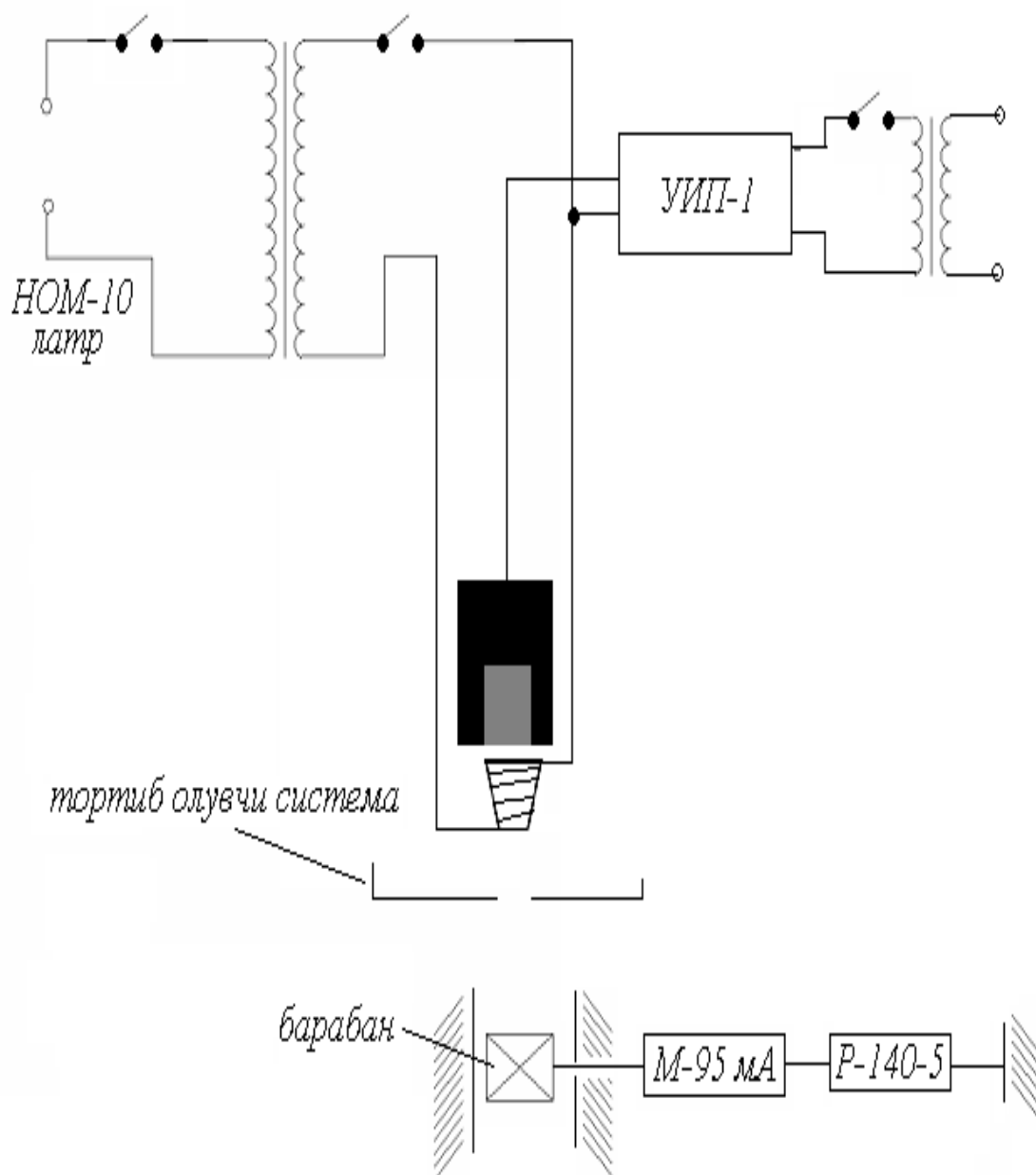
hisoblanadi. Ion implantatsiya usulini boshqa usullar bilan taqqoslaganda u o'zining quyidagi afzalliklari bilan farq qiladi:

- usulning universaliligi-ion tezlatgich yordamida istalgan element atomlarini har qanday kristallga kiritish mumkin. Bu usulda aralashmalar aralashish darajasini va diffuziya koeffitsientini hisobga olish shart emas;
- yuqori bo'lmagan temperaturalarda qo'llanilishi-nurlanish jarayonida namuna xona temperaturasida bo'ladi. Ionlar kiritilgandan so'ng, hosil bo'lgan radiatsion nuqsonlarni kamaytirish uchun termik ishlov beriladi;
- ion implantatsiya past temperaturalarda amalga oshirilgani uchun, Kristal o'zining dastlabki asosiy elektrofizik parametrlarini o'zgartirmaydi;
- bu usul lokal kiritish va uch o'lchovda aniq berilgan kattalikni kichik p-n o'tishlar, shuningdek yashiringan p-n o'tishlar olishda yordam beradi;
- kiritilayotgan aralashmalarning sonini aniq miqdorlash, ionlar energiyasini kerakli miqdorda boshqarish, shuningdek kiritilayotgan atomlarning ta'sirini, ularning joylanishini va kontsentratsiyasini kristallning uch o'lchovida boshqarish mumkin;
- p-n o'tish yaqinidagi aralashmalarning taqsimoti va kontsentratsiyasining boshqarilishi yarim o'tkazgichli asboblarning elektrofizik xossasini o'zgartirish imkonini beradi;
- ion kiritish yuqori vakuum tozalikda (10^{-6} Torr) amalga oshiriladi. Bu jarayonni ma'lum vaqtlarda bir necha sekundlardan to bir necha minutlargacha amalga oshirilishi mumkin.

Odatda, turli ionlarni kristallning sirtiga kiritish uchun tuzilishi jihatidan optikalari mavjud bo'lgan mass-seperatorli ionli tezlatgich qurilmalari ishlatiladi. Mazkur ishda, ishqoriy metal atomlarini ionlashgan holatda kremniyga kiritish uchun mass-speratorsiz ionli tezlatgich qurilmasidan foydalanildi. Bu qurilma o'zining soddaligi, arzonligi va qulayligi bilan ionli implantatriyaning barcha qoidalariga to'la javob beradi. 1.5- rasmda ionli tezlatgich qurilmasining sxemasi tasvirlangan. U tuzilishi jihatidan asosan ikki qisimdan; ion manbasi hamda elektr ta'minlash bloklaridan iborat [7].



1.4-rasm. Planar p-n o'tish tuzilmasining umumiy ko'rinishi.



1.5-rasm. Ion tezlatgich qurilmasining ish sxemasi.

Qurulmaning ion manbai quyidagicha ta'minlangan. Aralashma tuzi issiqqa chidamli materialdan (grafit, molibden, volfram) setkali savatcha shaklida tayyorlangan anod – 1 ga solinadi, savatcha teshigining kengligi 1mm. Anod kamerasini isitish uchun volfram simdan tayyorlangan katod – 2 dan foydalanildi. Anod bilan katod orasiga 200÷400 V kuchlanish berilganda, katoddan chiquvchi elektronlar metal savatchadagi ishqoriy metallarini qizdirish yo'li bilan bug'lantiradi. Unda chiqayotgan atom bug'lari elektron dastalari bilan urilib, ionlashtiriladi. Ionlar aylanuvchi metal barabanga mahkamlangan namuna sirtiga borib urilib, uning sirt yuzasi bo'ylab ma'lum chuqurlikda kirishmalar qatlamini hosil qiladi. Ion tok zichligi (I) *M-95* rusumli mikroampermetr orqali kuzatib boriladi.

Ion manbaning energiya bilan ta'minlanishi quyidagicha; cho'g'lanma tolaga 10kV gacha himoyalangan, *HOM-10* markali transformatoridan kuchlanish beriladi. Katod cho'g'lanishi boshqarib turiladi. Anod va katod oralig'idagi kuchlanish *VIII-1* rusumli universal ta'minlash asbobida o'lchanadi. Tezlatgich blogida yuqori kuchlanishni boshqarish uchun lampali kenatron to'g'rilagichdan (*KP-100*) foydalaniladi. Nishoning yuqori kuchlanishini *C-100* tipli voltmetrda qayd qilib borildi. Nishonga kelib uriluvchi ionlarning tok zichligi (I) *M-95* rusumli mikroampermetrda kuzatib borildi. Tezlatgich va yuqori kuchlanish bloklari metal to'siq bilan o'ralgan texnika hafsizligi qoidalariga to'la javob beradi.

Vakuum sistamasi *BH-2M* rusumli fornasos va *BA-0,5-500* rusumli moyli diffusion nasoslardan iborat. Vakuum sifatini 10^{-6} Torr darajaga yetkazish uchun kamera devorlarini tashqi tomondan hamda diffusion nasosning ostki qismidan elektr isitgich yordamida qizdiriladi. Qizish natijasida kamerada hosil bo'lgan kirlardan va parlangan moylardan tozalash uchun azot tutgich qo'llaniladi. Kameradagi vacuum bosimi *BHT-2* rusumli vakuummetrda nazorat qilib boriladi. Kiritilgan aralashmalar miqdori quyidagi formula orqali aniqlandi:

$$D = \frac{6 \cdot 10^{15} I t}{S} \quad (1.11)$$

bu yerda, I-ion toki zichligi; S- ionlar kiritilayotgan maydon; t-vaqti.

Bu qurilma o'rta energiyalarda ishqoriy metal atomlarini namunalar sirtiga kiritishda o'zining qulayligi, hamda arzonligi bilan, ishlab chiqarishdagi texnologiya talablariga to'la javob beradi [8].

1.2.2. Ionlar kiritish usuli

Dastlab kiritiladigan kirishma atomlari ionlashtiriladi, so'ngra bu ionlarni kata kuchlanishli (bir necha kilovolt chamasida) elektr maydonda tezlantiriladi, shunda ular kristall plastinkasiga kirib oladigan bo'ladi (kristallga kirgan ionlar zichligi taqsimoti 1.6-rasmda tasvirlangan).

Plastina esa xona temperaturasida yoki undan biro z yuqoriroq temperaturada tutib turiladi. Bu usul, ionlar tokini va nurlash vaqtini nazorat qilish evaziga, kiritilayotgan kirishmani aniq hamda takrorlanuvchi miqdorda kiritish, ionlarning kirish chuqurligini tayinlash va boshqa bir qancha afzalliklarga imkon beradi.

Kirishmaning ionlari yarim o'tkazgich kristali panjarasiga kira borib, o'z energiyasini yo'qota boradi, bu yo'qotish ikki ko'rinishda amalga oshadi.

Kiritilgan ion kristall panjarasi tugunidagi atomga urilib, uni o'z joyidan tugunlar orasiga ko'chirib, Frenkel nuqsonini hosil qilishi, ko'chirilgan atom, agar iondan kata energiya olsa, yani boshqa atomlarni o'z tugunidan urib chiqarishi mumkin. Bunday hol *yadroviy (elastik) to'qnashishlar holi* deyilib, ionning yo'lida tuzilishi buzilgan sohalar-klasterlar (o'lchami $(5-10) \cdot 10^{-7}$ sm) vujudga keladi.

Ionlar oqimi yetarlicha kata bo'lganida klasterlar qo'shilishib, makroskopik amorf sohalar hosil qilishi ham mumkin. Ikkinchi holda ion kristall atomlarining elektronlari bilan o'zaro ta'sirlashadi va o'z energiyasini atomlarni ionlash yoki g'alayonlashga sarflaydi. Bu hol *elektronlar bilan (noelastik) to'qnashishlar* deyiladi.

Ionlarni kiritish jarayonini tavsiflaydigan asosiy kattaliklar quyidagilardan iborat:

- 1) agar ionning zaryadi q bo'lsa, uning V kuchlanish ta'sirida olgan energiyasi $E=qU$;
- 2) ionlarning ionlanish karrasi: $n=1,2,3,\dots$, buni va ionning atom massasini, masalan, ${}^4\text{He}^{2+}$ ko'rinishida ifodalanadi, ya'ni bu belgi 2 karra ionlangan geliy atomi demakdir;
- 3) agar ionlar toki zichligi I bo'lsa, u holda t vaqtda namunaning 1 sm^2 yuzi orqali 1 s da $Q=I\cdot t$ miqdor ion kiritiladi, ana shu Q kattalik *nurlash dozasi* deyiladi.

Ionlarning qanday to'qnashishlari ustun bo'lishligi ionning E energiyasi va Z_1 atom no'meriga bog'liq. Nisbattan kichikroq E energiyali va kattaroq Z_1 atom no'merli ionlar asosan yadroviy to'qnashishlarga duch keladi, E energiyasi kattaroq va Z_1 atom no'meri kichikroq bo'lgan ionlar esa asosan elektronlar bilan to'qnashadi.

Tezlantirilgan ionlarni kristallarga kiritish turli nuqsonlarni (tugunlar orasidagi atomlar, vakansiyalar va ularning uyushmalari, vakansiya-kirishma atomi birlashmasi, dislokatsiyalar va boshqalarni) vujudga keltirishi mumkin. Buning ustiga nuqsonlarning zichligi kata bo'lib ketganda sirtiy qatlamda kristall tuzilishining buzilishi (amorflanish) sodir bo'lishi mumkin.

Tuzilishi buzilgan sirtiy qatlamlarda yana qayta kristall tuzilishini tiklash uchun muayyan temperaturalarda muayyan vaqt davomida qizdirib turiladi (bu jarayon *nuqsonlarni kuydirish*-yo'q qilish deyiladi). Germaniyda $400-500\text{ }^{\circ}\text{C}$ da, kremniyda $600-700\text{ }^{\circ}\text{C}$ da amorflangan (buzilgan) sirtiy qatlam qayta kristallanadi. Kiritilgan kirishma atomlari tegishli joylarni egallab oladi, elektr jihatdan aktivlashadi va ular tekis taqsimlanadi [9, 10].

1.2.3. Ion implantatsiya usuli bilan yupqa plyonkalar olish

Ionlar implantatsiyasi bu – kerakli atomlarni ionga aylantirib, uni elektr maydoni ta'sirida qattiq jismning yuza va yuza osti qatlamlariga joylashtirish usulidir. Bunda diffuziya va boshqa usullardan farqli o'laroq har qanday

namunaning istagan atomlarini kerakli miqdorda kiritish olish imkoniyatiga ega bo'linadi. Qattiq jismga chetki qo'shimcha atomlarni qattiq nazorat asosida kiritish usuli 1970 yillardan rivojlana boshladi. Bu usul avvaliga Si (va boshqa yarim o'tkazgichlar) yuzasiga katta energiyali B^+ va P^+ kabi katta energiya bilan (50-300 keV) ionlarni tushirib (bombardirovka qilib) uning yuza osti qatlamlarida B^+ va P^+ atomlarini joylashtirishdan boshlangan. Bu sohada Mayer, Erikson va Devi kabi olimlar juda katta ishlar olib bordilar. Ularning tajriba va boshqa Amaliy hamda nazariy ilmiy ishlari asosida har qanday namunaga (yarim o'tkazgich, dielektrik) kerakli ionlarni zarur miqdorda kiritib, keyin qizdirish yo'li bilan turli p va n sathlarni hosil qilish mumkin ekanligi isbotlandi. Bu hodisa tezda ishlab chiqarishga joriy qilina boshladi. 70-yillardan boshlab ionlar energiyasini 5-10 keVga keltirib qattiq jismning yuza va yuza osti qatlamlari fizik xususiyatlari keskin o'zgarishi mumkin ekanligi aniqlandi. Bunday tajribalarni birinchilar qatorida Ubay Arifov boshchiligidagi o'zbekistonlik olimlar amalga oshira boshladi jumladan, A.X.Qosimov rahbarligidagi olimlar tomonidan kichik energiyali ionlar implantatsiyasi qattiq jismning emissiya xususiyatlari 2-3 marta yaxshilanishi 1970-72 yillarda aniqlangan. Umuman ionlarning energiyasiga qarab implantatsiyani 3 turga shartli ravishda ajratiladi:

1. Kichik energiyali $E_N \leq 5-10$ keV.
2. O'rta energiyali $E_N = 5-10$ keV.
3. Katta energiyali $E_N \geq 5-10$ keV.

O'rta va katta energiyali ionlar implantatsiyasidan asosan yarim o'tkazgichlarda har xil n va p o'tkazuvchanlik hosil qilish, qattiq jismlar sirt osti qatlamlarida kerakli birikmalar hosil qilish, ularning boshqa fizik - kimyoviy xususiyatlari, hattoki mexanik xususiyatlarini o'zgartirish maqsadida foydalanib kelinmoqda. Biz quyida kichik energiyali ionlar implantatsiyasi usuli ustida to'xtalamiz. Bu usul bilan qattiq jismning yuza va yuza osti qatlamlarining xususiyatlarini o'zgartirish va ayrim hollarda yangi ko'p komponentli birikmalar holidagi yupqa plenkalar olish mumkin. Ion implantatsiyasi o'ta yuqori vakkum sharoitida olib boriladi. Qurilmaning asosini 3 ta element tashkil qiladi: namuna, ionlar manbai (to'p) va

ikkilamchi zarralarni registratsiya qilish kollektori. Bundan tashqari qattiq jism yuzasi tarkibi, tuzilishi va xususiyatlarini aniqlash tizimi ham qurilmada koʻzda tutiladi. Bunday qurilmaning bizda ishlatilayotgan koʻrinishi quyidagi tasvirda keltirilgan.

Ion implantatsiya qurilmasining asosiy qismi bu ionlar manbai – toʻpidir. Ionlar toʻpining juda koʻp turlari mavjud. Lekin ularning asosiy prinsipi kam farq qiladi. Misol sifatida sirtiy potensial ionlanishga asoslangan ion toʻpining ishlash prinsipini koʻrib oʻtamiz.

Trubkachaga kerakli ion olish uchun uning atomlari hosil qilish kerak boʻlgan birikma solinadi. Masalan Ba ionini olish kerak boʻlsa, BaTi yoki BaCl₂ tuzidan foydalanish mumkin. Trubkacha qizdirilsa, BaCl₂ bugʻlanib Ba va Cl₂ atom va molekulalari ajraladi. Cl₂ vakuum nasosi yordamida soʻrib olinadi.

Atomlar qattiq qizib turgan – choʻgʻlangan tolaga uriladi va uning bir qismi Ba⁺ ioniga aylanadi. Bunda sirtiy ionlashishda faqat bir zaryadli ion hosil boʻladi. Ionlar elektr maydoni taʼsirida harakatlanadi. Ular fokuslanib keyin separatorda neytral atomlardan ajralib tezlantirilgan hollarda shishaning yuzasiga tushadi. Oxirgi elektrod va nishon orasiga qoʻshimcha manba ulab, ionlarning energiyasini istalgan miqdorda oʻzgartirish mumkin. Ion yuzaga tushayotgan paytda qanday jarayonlar roʻy berishi mumkin? Ionlar implantatsiyasi jarayonida ular (atomlar) yuza va yuza ostiga joylashishi, orqaga energiyasini yoʻqotmasdan (elastik) va energiyasini qisman yoʻqotib (plastik) qaytishi mumkin. Bu jarayonda kirayotgan atomlar panjara orasiga joylashishi; tugunda joylashishi, tugundagi atomlarni surib qoʻyishi yoki ularni urib chiqarishi mumkin. Bu aytilayotgan jarayonlar birlik yuzaga tushayotgan ionlarning miqdori (dozasi) nisbatan kichik boʻlgan hol uchun toʻgʻridir. Empirik hisob kitoblar va tajribalar koʻrsatadiki, agar matritsa va kiritilayotgan atomlarning elektro-kimyoviy aktivligi bir-biridan kam farq qilsa va ularning radiuslari farqi 15 % dan oshmasa, unda kiritilayotgan atomlar asosan tugunlarda joylashadi va qattiq eritma (qotishma) hosil boʻladi. Agar matritsa yoki chetki atomlarning elektr aktivligi keskin farq qilsa, ularning tugundagi atomlari kimyoviy birikma hosil qilishi mumkin. Agar chetki atom diametri matritsa atomi

diametrining 60% va undan kam foizini tashkil qilsa, bu atomlar asosan tugunlar orasiga joylashadi va qattiq eritma hosil qiladi. Tugunlar orasida joylashgan atomlarning tugundagi atomlardan farqi shundaki, ular atrofidagi tugun atomlari bilan valent bog‘lar hosil qilmaydi. Shuning uchun ham ularning donor yoki akseptor xarakteridagi sath hosil qilishi uning faqatgina valentligi bilan emas, balki elektromanfiylik darajasi bilan ham aniqlanadi. Agar uning elektromanfiyligi matritsa atominikidan katta bo‘lsa, u akseptor xususiyatiga ko‘prok moyil bo‘ladi, aks holda - donor.

Shunday qilib, qattiq jism yuzasida yangi birikma olish uchun kichik energiyali ionlar implantatsiya usulidan foydalanish mumkin. Tajribalar va hisob-kitoblar ko‘rsatadiki, bunda ionlar energiyasi taxminan $0,5 \div 5$ keV bo‘lsa, eng optimal hisoblanadi.

Quyidagi rasmda Si ga har xil energiyada kiritilgan. Ba atomlarining taqsimlanishi ko‘rsatilgan (1.7-rasm).

Rasmdan ko‘rinadiki, energiya 5 keV dan katta bo‘lsa, yuza hamda yuza osti Ba atomlari kamayib ketadi hamda yangi birikma hosil bo‘lish energiyasi kamayadi. Energiya 0,5 keV dan kichik bo‘lsa, Ba atomlari asosan yuzada adsorbsiyalan-gan bo‘ladi.

Ion implantatsiya jarayonida avvaliga juda kichik dozalarda ($D \leq 10^{14} \text{sm}^{-2}$) alohida – alohida nuqtalardagi ionlar joylashishi ro‘y beradi. Bu nuqtalar yangi birikmalar hosil bo‘lish markazlari bo‘lib xizmat qiladi. Tushayotgan ionlar miqdori (yangi doza) oshgan sari bu markaz kattalashib boradi. Bu bilan bir vaqtda yuzaning kristalligi ham buzila boshlaydi. Katta dozalarda yuza to‘liq qattiq jism atomlari va tushayotgan atomlar aralashmasidan iborat bo‘lgan amorf plyonkaga aylanadi (1.8 va 1.9 - rasmlar). Kerakli birikmani hosil qilish va qayta kristallanish uchun implantatsiyadan keyin plyonkani qizdirish yoki unga lazer nurlari bilan ishlov berish kerak [11].

Har xil birikma uchun o‘ziga xos harorat mavjud. Masalan, BaSi_2 birikmasi uchun 950K, CoSi_2 uchun 950K. Keyingi rasmda NaSi_2 birikmasi hosil qilingandan keyingi yuza va yuza osti qatlamlari energetik – zonaviy tuzilishining

sxematik tasviri keltirilgan.

Demak, ion-implantatsiya va keyingi qizdirish usuli bilan hosil qilingan plyonkalarda ham qattiq fazali va molekulyar-nurli epitaksiya usullari kabi plyonka va matritsa orasida o'tish qatlami vujudga kelar ekan. O'tish qatlamining kengligi plyonka qalinligidan 1,2-2 marta katta bo'ladi.

Matritsa yuzasida kerakli plyonka hosil qilishda matritsa kristall panjarasi va plyonka panjarasining bir xil bo'lishi muhim ahamiyatga ega. O'ta katta integral sxemalar olish, kuchli esda saqlash qobiliyatiga ega bo'lish tizimlarini olishda ishlatiladigan qatlamma-qatlam hosil qilinadigan epitaksial tizimlarda panjara parametrlarining bir-biridan farqi 0,7% dan oshmasligi kerak. 1.10-rasmda BaSi_2/Si va SiSi_2/Si epitaksial plyonkalarining elektronogrammalari keltirilgan. Si uchun panjara doimiysi $a=5.43 \text{ \AA}$, BaSi plyonkasi uchun esa $a=5.62 \text{ \AA}$.

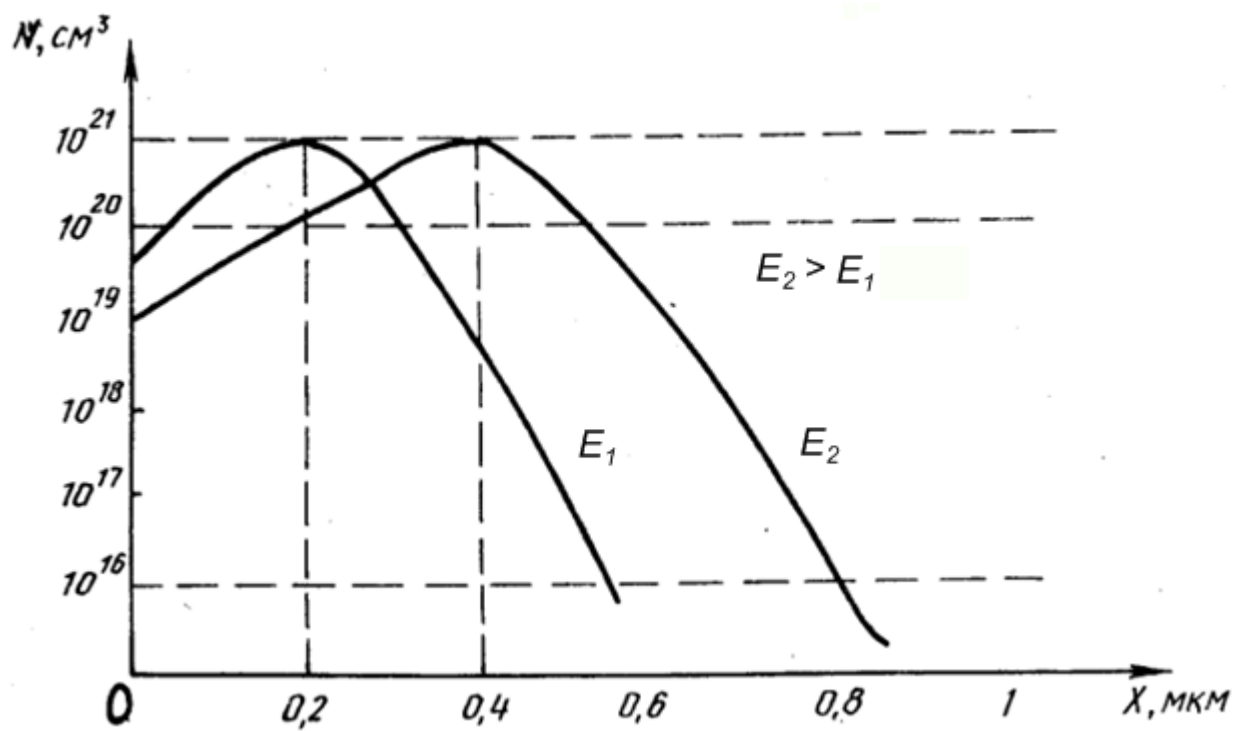
Shuning uchun elektronogrammalarda ikkilangan reflekslar hosil bo'ladi. CoSi_2 uchun $a=5.39 \text{ \AA}$ va kremniynikidan juda kam farq qiladi. Natijada ikkilanishlar ro'y bermaydi.

Panjara doimiylari farq qilgan matritsa va plyonka orasida maxsus o'tish qatlami hosil qilinadi. Bunda « a » ning qiymati sekin-asta o'zgarib boradi.

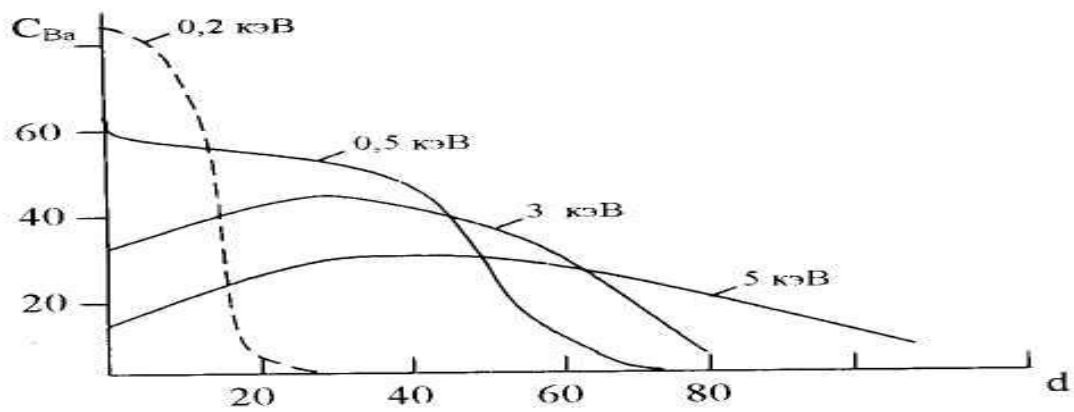
1.2.4. Ionlar implantatsiyasi

Ionlar implantatsiyasi — bu asos material taglik (masalan, kremniy)ga boshqa element (masalan, Ge, Mn, Fe, Ni) ionlarini bombardimon qilib kiritishdir. Bunda taglikka mo'ljallangan miqdorda begona atomlarni ionlar energiyasi va dozasini boshqarish orqali kiritiladi. Kiritilgan katta miqdordagi va nomuvozanatdagi atomlar o'z-o'zidan tashkillashish jarayonlari tufayli katta sondagi 10 000 tagacha atomlarning bir nuqtadagi birikmalari — nanoklasterni hosil qiladi va ular kvant xususiyatlilar deyiladi.

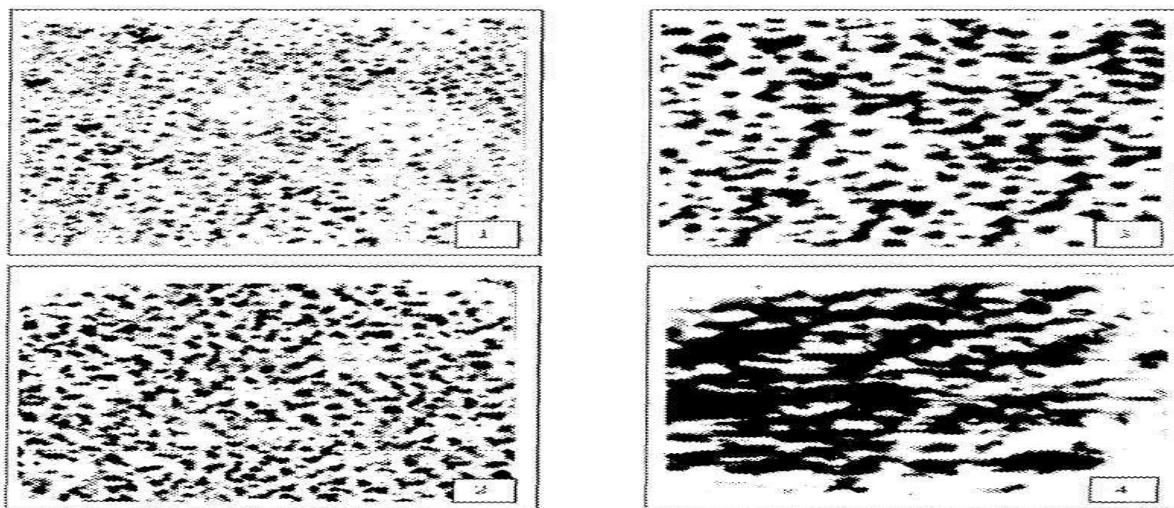
Keyingi yillarda yarim o'tkazgichlar sirtida KN (kvant nuqta)larni ionlar implantatsiyasi usuli yordamida hosil qilish va ularning xossalarini o'rganish shiddat bilan rivojlanmoqda.



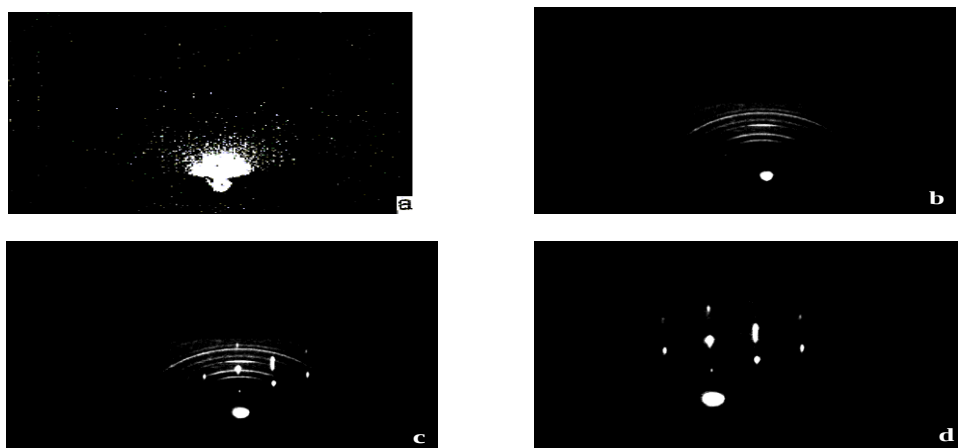
1.6 – rasm. Ionlar implantatsiya usuli bilan kiritilgan kirishmalar taqsimoti.



1.7-rasm. Har xil energiya bilan kiritilgan Ba atomlarining Si yuza va yuza ostidagi qatlamlarining chuqurlik bo'yicha taqsimlanishi.



1.8 – rasm. 1keV energiyali Ba^+ ionlari implantatsiya qilingan Si(100) yuzasining har xil dozadagi elektron mikroskopdagi tasviri.



1.9 – rasm. Ba^+ ionlari bilan legirlangan Si(100) yuzasining har xil haroratda qizdirilganidan keyingi elektronogrammlar:

a – $T=300$ K (amorf sirt); b – $T=700$ K (polikristall); c – $T=900$ K (teksturalangan); d – $T=1100$ K (monokristall).



1.10-rasm. $BaSi_2$ va $CoSi_2$ plyonkalarining elektronogrammalari.

Hozirgi zamon elektron texnikasining asosiy materiali bo'lib hisoblangan kremniy kristallarida bunday ob'ektlarni hosil qilish juda istiqbolli masala hisoblanadi. Kremniy kristaliga kiritiladigan aralashmalar miqdori ularning kremniydagi eruvchanligi bilan chegaralangam. Bu chegarani o'zgartirish uchun qo'llaniladigan usullardan biri ionlar implantatsiyasi usulidir. O'tish guruhiga kiruvchi elementlar atomlarini kremniyga kiritish ularning fizik va rekombinatsion parametrlarini tubdan o'zgartirib yuboradi. Shu tufayli, bunday aralashmalar kiritilayotgan kremniy namunalari o'ta sezgir dagchiklar sifatida xalq xo'jaligining turli sohalarida ishlatiladi. Bunday aralashmalardan tashkil topgan KNLarni hosil qilish ham, albatta, amaliy jihatdan juda qizikarlidir.

Ionlar implantatsiyasi yordamida kremniy kristaliga kiritilgan FeO va MnO ionlarining KNLarni hosil qilish sharoitlari va ularning elektrofizik va fotoelektrik xossalarga ta'sirini o'rganishga bag'ishlangan qator tajribalar o'tkazilgan. haqiqatdan ham, KNGa ega bo'lgan bunday namunalarda spektrning yaqin va o'rta infraqizil sohasida anomal ravishda katta bo'lgan foto sezgirlik, turli hil tok noturgunliklari, gigant magnit qarshiligi va shunga o'xshash juda ko'p qiziqarli hamda amaliy jihatdan istiqbolli natijalar olingan. Ular temir hamda o'tish guruhiga kiruvchi elementlar atomlarining ionlashgan holatida murakkab molekulalar (masalan: Mn_6 , Mn_{12} , Fe_8 , Fe_{10} va x.k.), ya'ni KNLar hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi. Darhaqiqat, so'nggi davrlarda otish guruhi elementlari — Fe, Co, Ni, Mn kabilarning ma'lum sharoitlarda kislorod, vodorod va uglerod atomlari bilan o'zaro ta'sirlashib o'z-o'zidan tashkillanish jarayonlari tufayli juda katta spinga ega bo'lgan ($S=1/2$) ulkan magnit molekulalarning hosil bo'lishi, ularning magnit xossalarini o'rganish jadal sur'atlar bilan amalga oshirilmoqda.

Kvant tuzilmalarning qo'llanilishi. Hozirdanoq kvant tuzilmalar elektronikaning barcha jabhalarida keng qo'llanila boshlangan. Xususan, kvant tuzilmalar asosida yaratilgan o'ta yuqori chastotali tunnel diodlar, tranzistorlar, yarim o'tkazgichli lazerlar, turli datchiklar va sensorlar, kvant kompyuterlar uchun mikroprotsessorlar zamonaviy elektronikaning asosi bo'lib hisoblanmoqda.

Rezonansli tunnel diod — klassik zarracha, to'liq, energiyasi potentsial to'siq energiyasidan katta bo'lsagina undan oshib o'tadi, kichik bo'lsa zarracha to'siqdan qaytadi va teskari tomonga harakatlanadi. Kvant zarracha esa boshqacha harakatlanadi: uning energiyasi yetarli bo'lmasa ham to'siqni to'lqin kabi yengib o'tishi mumkin. To'liq energiyasi potentsial energiyadan kam bo'lsa ham to'siqni oshmasdan o'tish ehtimoli mavjud ekan. Bu kvant hodisa «tunnel samarasi» nomini oldi va u rezonansli tunnel diodida foydalaniladi.

Kvant chuqurliklari asosidagi lazerlar. Kvant tuzilmalar lazerlar tayyorlashda muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda. Bugungi kunda kvant chukurliklar asosida yaratilgan samarali lazer qurilmalari iste'molchilar bozoriga etib bordi va tolali-optik aloqada muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda. Qurilmalar tuzilishi va ishlashi quyidagicha: birinchidan, har qanday lazer uchun energetik sathlarning invers zichpanishini oshirish lozim. Boshqacha aytganda, yuqori energetik sathda quyi satxdagiga qaraganda ko'proq, elektronlar joylashishi kerak bo'lib, termik muvozanat holati paytida buning aski bo'ladi. Ikkinchidan, har bir lazerga optik rezanator yoki elektromagnit nurlanishni ishchi hajmga to'playdigan kalkulytargichlar tizimi zarur.

Kvant chukurlikni lazerga aylantirish uchun uni elektronlar kiruvchi va chiqib ketuvchi ikki kontaktga ulash lozim. Kontakt orkali elektron utkazuvchanlik zonasiga kirgan elektron sakrab, utkazuvchanlik zonasidan valent zonasiga o'tadi va ortiqcha energiyasini kvant, ya'ni elektromagnit to'lqin shaklida nurlantiradi. Keyin valent zonadan boshqa kontakt orqali chiqib ketadi. Kvant mexanikasida nurlanish chastotasi $h\nu = E_d - E_v$ shart bilan aniklanishi ma'lum. Bu erda E_v E_{v1} mos. holda o'tkazuvchanlik zonasi -va valent zonadagi birinchi energetik satxlar energiyasi.

Lazer xosil silgan elektromagnit nurlanish asbobning markaziy ishchi sohasida to'planishi lozim. Buning uchun ichki qatlamlarning sindirish kursatkichi tashqarinikidan katta bo'lishi kerak. Ichki soxa to'lqin uzatgich vazifasini o'taydi deyish ham mumkin. To'lqin uzatgich chegaralariga qaytaruvchi oynalar o'rnatilib, ular rezonator vazifasini bajaradi

Kvant chuqurliklar asosidagi lazerlar oddiy yarim o'tkazgichli lazerlarga qaraganda qator afzalliklarga ega. Ularga quyidagilarni kiritish mumkin: generatsiyalanayotgan lazer chastotasini boshqarish imkoni, optik nurlanishda befoyda so'nishning kamligi, invers zichlanishini hosil qilish elektron gazlarda osonligi tufayli kam tok talab qilinadi va ko'proq, yorug'lik beriladi. Shu tufayli ularning foydali ish koeffitsienti 60 foizgacha etadi.

Hozirda ham kvant chuqurliklar asosida' lazerlar tayyorlash bo'yicha dunyoning ko'pgina laboratoriyalarida keng qamrovli ishlar olib borilmoqda. Aynan tolali-optik aloqada qo'llanilayotgan lazerlar yaratishdagi xizmatlari uchun 2003 yili rus olimi J. Alfeyorovga Nobel mukofoti berilgan edi [12].

1.2.5. Kichik energiyali ion implantatsiyaning nanomateriallarni olishdagi imkoniyatlari

Kichik energiyali ion implantatsiyaning nanomateriallarni olishdagi imkoniyatlari.

Energiyaga bog'liq ravishda ion implantatsiya usulini shartli ravishda 3 turga bo'lish mumkin:

1 - kichik energiyali $E_i \approx 0.2-10 \text{ keV}$

2 - o'rta energiyali $E_i \approx 10-50 \text{ keV}$

3 - katta energiyali $E_i > 50 \text{ keV}$

O'rta va katta energiyali nurlar implantatsiyasi yarimo'tkazgichlarda p yoki n tipli aralashmalar hosil qilish uchun ishlatiladi. So'ngi yillarda ular chuqur qatlamlarda nanonuqtalar olish uchun ham ishlatilmoqda. Kichik energiyali ionlar implantatsiyasi asosan qattiq jismni yuza qatlamlarini modifikatsiya qilish uchun, hamda nanofazalar, nanoklastlar, nanokristallar va nanoplenkalar olish uchun qo'llanilmoqda. Modifikatsiya jarayonini sirtida reaksiyasiz amalga oshirish mumkin, buning natijasida sirtning fizik xususiyatlari o'zgarib boradi va ikkilamchi emissiya xususiyati oshib boradi. Ion bombardirovka – nishonga

urilgan ionlar na'muna ichida qolishi ham yoki qolmasligi ham mumkin. Ion implantatsiyada esa ionlar nishon ichida qoladi.

Kichik energiyali ionlar implantatsiyasida ionlar asosan qattiq jismning yuza va yuza osti qatlamlariga joylashadi.

Ionlar monokristall yuziga tushkanda, ularning ayrimlari kanallar bo'ylab o'z harakatini davom ettirishi va bu uzoq masofalargacha davom etishi mumkin. Kanallanish ikki xil bo'ladi: o'q va tekislik bo'yicha. Ionlarni asosiy qismi betartib tarqalib yuza osti qatlamlarga joylasha boshlaydi, bunday joylashish diffusion joylashish deb ataladi. Ular energiyaga bog'liq ravishda muayyan bir chqurlikda joylashadi. Ionlar joylashgan qatlamlarni ionli legirlangan qatlam deb ataladi. Ionli legirlangan qatlam va bu qatlamning pastida, legirlangan qatlamdan ko'ra 2-3 barobar katta bo'lgan qatlamlarni kristall panjarasi buziladi va amorflana boshlanadi 1.11-rasm.

Kerakli brikmani hosil qilish uchun, amorf qatlamlarni kristallash uchun ion implantatsiyadan so'ng, haroratli yoki lazerl ishlov beriladi.

Tajribalar ko'rsatadiki, kichik dozalarda $D < 10^{15} \text{sm}^{-2}$ ionlar yuzani alohida – alohida maydonlariga tushadi, bu joylarni shartli ravshida nanoklasterlar, kattaroq bo'lsa orolchalar deb atash mumkin. Bu na'munalarni qizdirib monokrisrtallar hosil qilish mumkin. Shu usul bilan Si yuzasida BaSi_2 , CoSi_2 ; GaAs yuzasida esa $\text{Ga}_x\text{Ba}_{1-x}\text{As}$, $\text{Ga}_x\text{Na}_{1-x}\text{As}$ larning nanoklasterlari olingan.

Ionlar dozasi oshirilib borganda klasterlar kengayib, orolchalar hosil bo'ladi, katta dozalarda $D > 10^{16} \text{sm}^{-2}$ yaxlit legirlangan qatlam hosil bo'ladi, bu qatlamni qizdirib yangi turdagi nanomaterial olish mumkin. Ion implantatsiya usuli yordamida bir xil atomli plenkalalar olish, asosan yuza va yuza osti qismlariga ma'lum dozali boshqa atomlarni kiritish orqali, shu material yuzasida va yuzaga osti qatlamlarida nanomateriallar yoki nanplenkalalar hosil qilish mumkin.

Bunday turdagi materiallar lazer texnologiyalarida har xil kuchaytiruvchi qurilmalarda, tranzistorlarni ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi. Agar birlik yuzaga tushayotgan ionlar konsentratsiyasi 10^{14} - 10^{15}sm^{-2} ta bo'lsa, u holda

yuzaning turli nuqtalarida nanomateriallar hosil qilinadi, doza ortib borishi bilan yuzada nanoplankalar hosil bo'ladi.

1.3. p-n strukturalarning yorug'likka spektral sezgirligi

1.3.1. p-n strukturalarning spektral yorug'likka sezgirligini o'rganish

Ma'lumki, donadorlik chegaralari polikristall yarimo'tkazgichli p-n tuzilmalarning fotoelektrik xossalariga sezilarli ta'sir qiladi. Polikristall yarimo'tkazgichli p-n tuzilmalarning spektral yorug'likka sezgirlik xarakteristikalarini bo'yicha olingan salbiy natijalar donadorlik chegaralaridagi rekombinatsiya markazlariga bog'liq holda tushuntiriladi. Spektral yorug'likning aynan donadorlik chegara yoki donadorlik sohalaridagi p-n tuzilmalarning xossalariga yoki zaryad ko'chish jarayonlariga ta'sirini o'rganish usullarini yaratish hal qilinmagan muammolardan biri hisoblanadi.

Donadorlik va donadorlik chegaralaridagi p-n tuzilmalarning yorug'lik sezgirligini o'rganish uchun *ТИСЛ* (yani, тока, индуцированного световым лучом) usuli asosida qurulma tayyorlandi, uning yorug'lik manbai sifatida *UM-2* rusumli monoxromotordan foydalanildi.

Bu usulda $\lambda=0,4\div1,4$ mkm to'lqin uzunlikdagi spektral yorug'lik nurining qo'llanilishi kremniyning ~100 mkm chuqurlikkacha bo'lgan xossalarini, jumladan, donadorlik chegaralarining rekombinatsiya faolligini o'rganish imkonini beradi. Yorug'lik dastasi diametrini $\sim10\div400$ mkm oraliqlarda o'zgartirish shuningdek. Namunalarning yorug'likka sezgirligini turli temperaturalarda o'rganish mumkin. Yorug'lik dastasini ta'minlovchi zond qo'zg'almas tayanchga mahkamlangan.

Namuna o'rnatilgan o'rindiqlik namuna bilan birga gorizontal tekislikda x va y o'qlari bo'ylab ilgarilanma va qaytma harakatlanadi. Bu yorug'lik dastasini aynan donadorlik yoki donadorlik chegara sohalariga tushishini boshqarish imkonini

beradi. 1.12-rasm p-n tuzilmalarning spektral yorug'likka sezgirligini o'rganish qurilmaning sxemasi tasvirlangan.

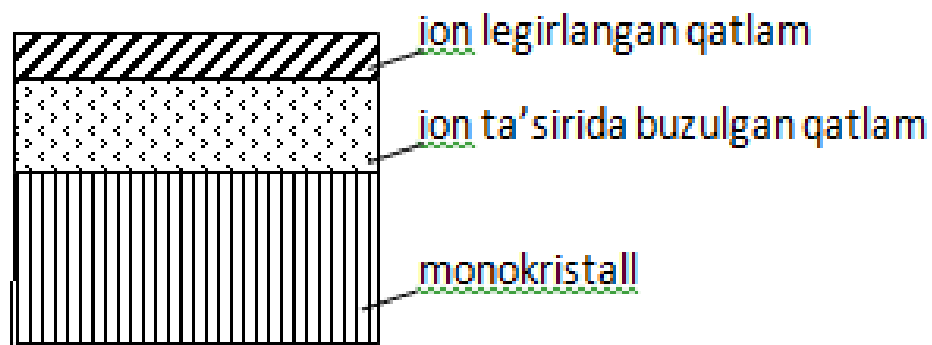
Qizdirish pechi kuchlanishi *HOM-10* rusumli latr yordamida ta'minlanadi. Namuna temperaturasi xromel-alyumel termoparalar yordamida *SH-300* rusumli o'lchash asbobi yordamida nazorat qilinadi. Shuningdek, p-n tuzilmaning yorug'likka sezgirligi ham *SH-300* rusumli o'lchash asbobi va unga parallel ulangan o'zi yozib boruvchi qurilma yordamida aniqlanadi. Tadqiqot obekti termoizolyator (-----) bilan o'ralgan [13].

1.3.2. Yarimo'tkazgichlarning yorug'likka sezgirligini oshirish

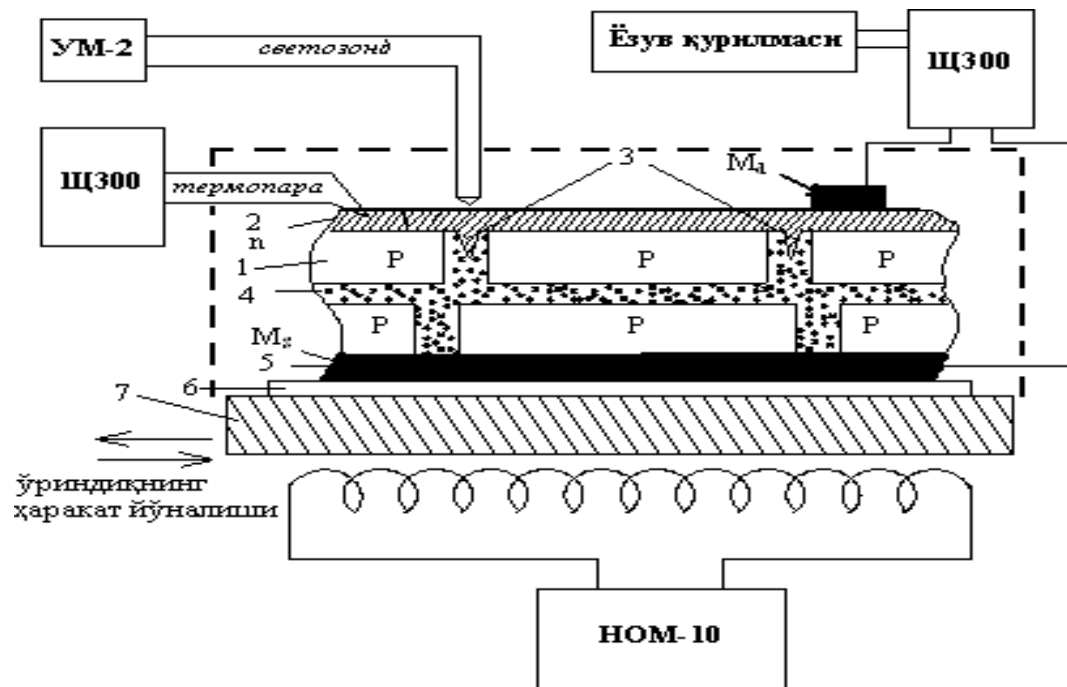
Sanoatda ishlab chiqariladigan asosiy yarimo'tkazgich materiallardagi elektronlar va kovaklarning yashash vaqti τ - ko'p hollarda 10^{-6} - 10^{-8} s atrofida bo'ladi. Bunday Materiallar yorug'lik sezmaydigan materiallar turiga mansubdir. Chunki odatdagi sharoitlarda yorug'lik tufayli o'tkazuvchanlik hosil bo'lganini sezish uchun zaryad tashuvchilar biror turning yashash vaqti 10^{-3} - 10^{-2} s dan kam bo'lmasligi kerak. Amalda bunday sharoitni hosil qilish mumkin. Buning uchun yarimo'tkazgichning taqiqlangan zonasida rekombinatsiyalanish markazlari hosil qilish kerak. Ammo, rekombinatsiyalanish markazlari qancha ko'p bo'lsa, τ shuncha kichik bo'ladi degan xulosaga kelgan edik. Bu xulosa elektronlar va kovaklari bir-biriga teng bo'lgan hol uchun to'g'ri bo'ladi. Elektronlarning yashash vaqti τ_n ni oshirishning (τ_p kamaysa ham) oddiy usulini ko'rib chiqaylik.

Yarimo'tkazgichlarda taqiqlangan zonasida elektronlar va kovaklarni ushlab olish kesimi bir xil (aytaylik 10^{-15} sm^2) bo'lgan I turdagi rekombinatsiyalanish sathlari bo'lsin. Ulardagi elektronlar va kovaklar kontsentratsiyasini 10^{15} sm^{-3} deb olaylik. U holda elektronlar va kovaklarning issiqlik tufayli olgan tezliklari o'rtacha $10^7 \text{ sm} \cdot \text{s}^{-1}$ bo'lishini hisobga olgan holda τ_n va τ_p larning son qiymatini topamiz:

$$\tau_n = \tau_p = \frac{1}{S_{nl} \vartheta p_{2l}} = \frac{1}{10^{-15} \text{ sm}^2 \cdot 10^7 \text{ sm/s} \cdot 10^{15} \text{ sm}^{-3}} = 10^{-7} \text{ s}. \quad (1.12)$$



1.11-rasm. Ion legirlangan qatlamning ko'rinishi.



1.12-rasm. P-n tuzulmalarning spektral yorug'lik sezgirligini o'rganish uchun mo'ljallangan qurilmaning ishlash printsipl sxemasi.

1-p sohaning donadorligi; 2-n fosfor diffuziya qilingan qatlam; 3- fosforning donadorlik chegarasi bo'ylab diffuziyalangan holati; 4-ikki tutashgan donadorliklarning tuzilish modeliga xos donadorlik chegara sohasi; 5- M_d n soha hamda M_s p soha kontaktari; 6-issiqlik o'tkazuvchanligi yuqori bo'lgan dielektrik (slyuda); 7-o'rindiq.

Bu esa yorug'lik ta'sirini sezmaydigan materiallar uchun xos bo'lgan τ ni bildiradi. Endi mana shu materiallarga konsentratsiyasi 10^{16} sm^{-3} bo'lgan va elektronlar bilan to'ldirilgan II turdagi kirishma atomlar sathlarini kiritaylik. Bu sathlar uchun kovaklarni ushlab olish kesimi yuzasini I turdagi sathlarniki kabi 10^{-15} sm^2 deb olsak, elektronlarni ushlab olish ehtimolligi juda kichik bo'ladi. Elektronni ushlab olish kesimi yuzasini II turdagi sathlar uchun 10^{-20} sm^2 deb olib, yarimo'tkazgichni yorug'lik bilan yoritsak, elektronlarning 1.13-rasmdagidek taqsimotini hosil qilamiz. Shuni aytish kerakki, yoritilganda elektron va kovakning I va II sathlarga ushlab olinishi tezliklari bir xil bo'lishi kerak (muvozanat sharti):

$$np_{rI}\vartheta S_{nI} = pn_{rI}\vartheta S_{pI} \quad np_{rII}\vartheta S_{nII} = pn_{rII}\vartheta S_{pII} \quad (1.13)$$

Ularni nisbati

$$\frac{p_{rI}S_{nI}}{n_{rI}S_{pI}} = \frac{p_{rII}S_{nII}}{n_{rII}S_{pII}} = \frac{p}{n} \quad (1.14)$$

Bundan tashqari quyidagilarni ham hisobga olishimiz kerak:

$$n_{rI} + p_{rI} = N_{rI} \quad n_{rII} + p_{rII} = N_{rII} \quad (1.15)$$

N_{rI} va N_{rII} (I va II sathlarning konsentratsiyalari) $S_{nI}=S_{pI}$ bo'lgan holat uchun:

$$p_{rI} = \frac{n_{rI}p_{rII}}{n_{rII}} \cdot \frac{S_{nII}}{S_{pII}} \quad (1.16)$$

Mana shunday sharoitda II sathlarda elektronlarni ushlab olish ehtimolligi kichik bo'lgani uchun, Yorug'lik ta'sirida o'tkazuvchanlik zonasidagi elektronlarning I sathlarga o'tishi yuz beradi, II sathlarda esa kovaklar soni ortib qoldi.

Bu qayta taqsimlanish quyidagi shartlar bajarilguncha davom etishi mumkin:

$$n_{nI} \rightarrow N_{rI}, \quad p_{rI} \rightarrow N_{rII} \quad (1.17)$$

$$n_{rII} \approx N_{rII} \quad (1.18)$$

U holda (1.16) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$p_{rI} = N_{rI} \frac{N_{rI}}{N_{rII}} \cdot \frac{S_{nII}}{S_{pII}} \quad (1.19)$$

Avval qabul qilingan shartlarimizga asosan, $N_{rI}/N_{rII}=10^{-1}$, $S_{nII}S_{pII} = 10^{-5}$ larni (1.19) ga qo'ysak,

$$p_{rI}=10^{-6}N_{rI} \quad (1.20)$$

I va II sathlarning elektronlarni ushlab olishining to'la tezligi

$$\frac{n}{\tau_n} = np_{rI} \vartheta S_{nI} + np_{rII} \vartheta S_{nII} \quad (1.21)$$

Bularni hisobga olgan holda τ_n ni topamiz:

$$\tau_n = \frac{1}{p_{rI} \vartheta S_{nI} + p_{rII} \vartheta S_{nII}} = \frac{1}{10^{-6}N_{rI} \vartheta S_{nI} + N_{rI} \vartheta S_{nII}} = \frac{1}{N_{rI} \vartheta S_{nII}} = 10^{-2} \text{ s} \quad (1.22)$$

Shunday qilib, II sathlarni kiritib, τ_n ni 10^{-7} s dan 10^{-2} s gacha oshirdik, bu esa yarimo'tkazgichning yorug'likka sezgirligi 10^5 marta ortdi, demakdir. Yuqoridagi amallarni kovaklar uchun qayta hisoblab chiqsak, $\tau_p=10^{-8}$ s ekanini, yani τ_p ning 10 marta kamayganini ko'ramiz. Yarimo'tkazgichning yorug'likka sezgirligi elektron va kovaklarning ikki xil tabiatli sathlar orasida qayta taqsimlanishi tufayli yuz beradi.

I sathlardagi kovaklar p_{rI} ning II sathlardagi yorug'lik ta'sirida chiqarilgan elektronlar bilan to'lishi sababli I sathlar orqali elektronlar rekombinatsiyasi

mumkin bo'lmay qoladi. I sathlardagi elektronlar uchun rekombinatsiyalanish markazi bo'lgan kovaklar endi II sathlarga ko'chib o'tadi va u sathlarga elektronlarni ushlab olish kesimi yuzasi juda kichik bo'lgani uchun II sathlar orqali rekombinatsiyalanish hodisasiga qiyinlashadi. Lekin, kovaklarning asosiy qismi II sathlarda joylashgani uchun deyarli barcha rekombinatsiyalanish faqat mana shu sathlar orqali bo'ladi, ya'ni rekombinatsiyalanish ehtimolligi juda kichiklashadi.

Biz misol uchun qabul qilgan son qiymatlarni o'zgartirsak, shunga mos holda yaimo'tkzgidharning yorug'likka sezgirliigi ham o'zgaradi. Masalan, II sathlar uchun $S_{pII}=10^{-17} \text{ sm}^2$ bo'lsa (avvalgi 10^{-15} sm^2), τ_n ning ortishi 10^4 marta bo'ladi va yorug'likka sezgirlik ham shuncha marta ortadi. Agar biz qabul qilgandek kontsentratsiya 10^{16} sm^{-3} emas, N_{rI} gat eng yoki undan kamroq bo'lsa, u holda N_{rI} va N_{rII} lar orasidagi elektronlar va kovaklar taqsimotida keskin o'zgarish bo'lmagani uchun τ_n ham deyarli o'zgarmaydi.

Shunday qilib, bir-biridan N_r , S_n , S_p , va p_r , n_r lari bilan farq qiluvchi ikkita rekombinatsiyalanish sathlari mavjud bo'lgan model asosida yarimo'tkazgidhlari yorug'likka sezgirlikni oshirish hodisasining fizikaviy mohiyatini tushuntirish mumkin bo'lar ekan. Mana shunday model bilan yana ko'pgina fotoelektrik hodisalarni ham tushuntirish mumkin [14].

1.3.3. Yarimo'tkazgidh lyuks-amper xarakteristikasining asosiy xususiyatlari

Malumki, yetarlicha kuchsiz yorug'lik ta'sirida hosil bo'layotgan zaryad tashuvchilar kontsentratsiyasi yoritilganlik intensivligi I ga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$p=n=\beta k I t = \beta \alpha I \tau. \quad (1.23)$$

$n \sim I^\eta$ Umuman olganda, bog'lanishdagi η ko'rsatkich birdan katta yoki kichik bo'lishi ham mumkin.

$\eta > 1$. Amalda bo'lgan hollarni o'tachizig'iy, $\eta < 1$ bo'lgan hollarni past chizig'iy bog'lanish deb ataladi.

O'tachizig'iy bog'lanish lyuks-amper xarakteristikasiga ega bo'lgan yarimo'tkazgich materiallardagi jarayonlarni tushuntirish uchun bundan avvalgi paragrafda keltirilgan ikki sathli modeldan foydalanaylik.

II sathlarning rekombinatsiyalanish markaziga aylanishi tufayli elektronlarning yashash vaqti va yarimo'tkazgichning yorug'likka sezgirligi 10^5 marta ortadi. II sathlar kovaklar uchun rekombinatsiyalanish sathlari bo'la borishi bilan τ_n orta baradi va shunga mos holda fototok ham yorug'lik intensivligi I ga o'tachizig'iy bog'lanish qonuniyati bilan o'sa boradi. II sathlar tamomila rekombinatsiyalanish satihlariga aylangandan keyin lyuks-amper xarakteristika yana chizig'iy bog'lanishli ko'rinishga qaytadi. II sathlarning yopishib turish sathlaridan rekombinatsiyalanish sathlariga aylanish jarayonlari umuman olganda demarkatsion sathlarning holatlariga bog'liq bo'ladi. Demak, bu jarayonlar albatta temperaturaga ham bog'liq bo'ladi. Fermi kvazisathining kovaklar uchun vaziyati quyidagicha aniqlanadi:

$$|E_{fp} - E_v| = -k_0 T \ln\left(\frac{n}{N_v}\right) \quad (1.24)$$

Agar yorug'lik intensivligi I doimiy, demak $p = \text{const}$, deb olsak, temperature ortishi bilan ham ortib boradi. Binobarin, Fermi kvazisathi II sathlardan pastroqqa tushishi va o'tachizig'iy bog'lanish hosil bo'lishi uchun temperatura qancha yuqori bo'lsa, yorug'lik intensivligi shuncha katta bo'lishi kerak ekan. Agar (1.24) ni differentsiallab differentsiallarni chegaraviy qiymatlarning farqlari orqali ifodalasak,

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{|E_{fp} - E_v|}{k_0 T} \cdot \frac{\Delta T}{T} \quad (1.25)$$

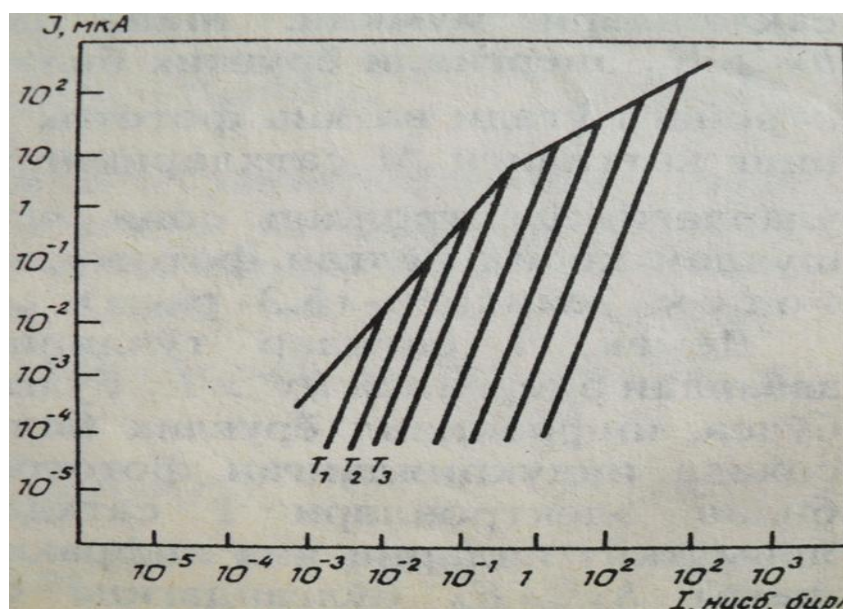
ifoda hosil bo'ladi. Bu ifoda kovaklar kontsentratsiyasi p yorug'lik intensivligi I ga proporsional bo'lsa, (1.25) tenglama sharti bajarilgandagina o'tachizig'iy lyuks-amper bog'lanish hosil bo'ladi, degan ma'noni anglatadi. Ya'ni bu ifoda o'tachizig'iy lyuks-amper xarakteristikaning har xil temperaturalarda paydo bo'lishi uchun zarur bo'lgan yorug'lik intensivligining nisbiy kattaliklardagi qiymatini ko'rsatadi.

Mana shu ko'rib chiqilgan holda rekombinatsiyalanish sathlari to'yingan bo'lsin. Bu-yoritilganlik juda kuchli bo'lsa va rekombinatsiyalanuvchi zaryad tashuvchilar soni umumiy zaryad tashuvchilar sonidan kichik bo'lsa, rekombinatsiyalanish sathlarining zaryad tashuvchilarning kamayishiga qo'ygan hissasiga nisbatan kichik bo'ladi, demakdir. Bu holda o'tkazuvchanlik va valent zonalar orasidagi bevosita rekombinatsiyalanish I va II sathlar orqali bo'layotgan rekombinatsiyalanishdan ko'proq bo'ladi va har bir rekombinatsiyalanish bir elektron va bir kovakning yo'q bo'lishiga olib keladi. Shuning uchun zaryad tashuvchilar sonining kamayishi ancha tez sodir bo'ladi. Mana shunday jarayon lyuks-amper xarakteristikasining pastchizig'iy, ya'ni $\eta < 1$ bo'lgan bog'lanishni yuzaga keltiradi.

Xulosa qilib aytish mumkinki, ko'rib o'tilgan holatlar amalda yuz berishi uchun yarimo'tkazgichning taqiqlangan zonasida har xil xarakterli (rekombinatsiyalanish va yopishib turish) sathlar mavjud bo'lishi shart. Bundan tashqari, bu hodisalar namoyon bo'lishi uchun sathlarning to'ldirilish darajasiga Fermi kvazisathining joylashiga va yarimo'tkazgichning temperaturasiga qarab har xil kattalikdagi yorug'lik intensivligi bilan ta'sir etilishi kerak. Ayrim olingan bir konkret materialda ta'sir etuvchi yorug'lik intensivligini va temperaturani o'zgartira borib lyuks-amper xarakteristikasining chizig'iy, o'tachizig'iy va pastchizig'iy shakllarini hosil qilish mumkin (1.14-rasm) [15].



1.13-rasm. Yarimo'tkazgichning yorug'likka sezgirligini oshirishni tushuntirish modeli: a-yorug'likka sezgirligi past fotoo'tkazgich qorong'uda; b-yorug'likka sezgirligi oshirilgan fotoo'tkazgich qorong'uda; v-yorug'likka sezgirligi oshirilgan fotoo'tkazgich yoritilganda.



1.14-rasm. CdSe yarimo'tkazgichning har xil temperaturalardagi lyuks-amper xarakteristikasi $T_1 < T_2 < T_3$.

1.4. Malakaviy bitiruv ishining asosiy vazifalari

1. Yuqori vakuumli eksperimental qurilmada yupqa qatlamli plyonkalar o'stirish jarayonlarini o'rganish.
2. UM-2 monoxramatorining ishlash tamoyilini o'rganib, uning yordamida namunalarning spektral xarakteristikalarini tahlil qilish.
3. Vakuumda o'stirilgan kremniyli p-n o'tishli namunalarning spektral xarakteristikalarini tatqiq qilish.

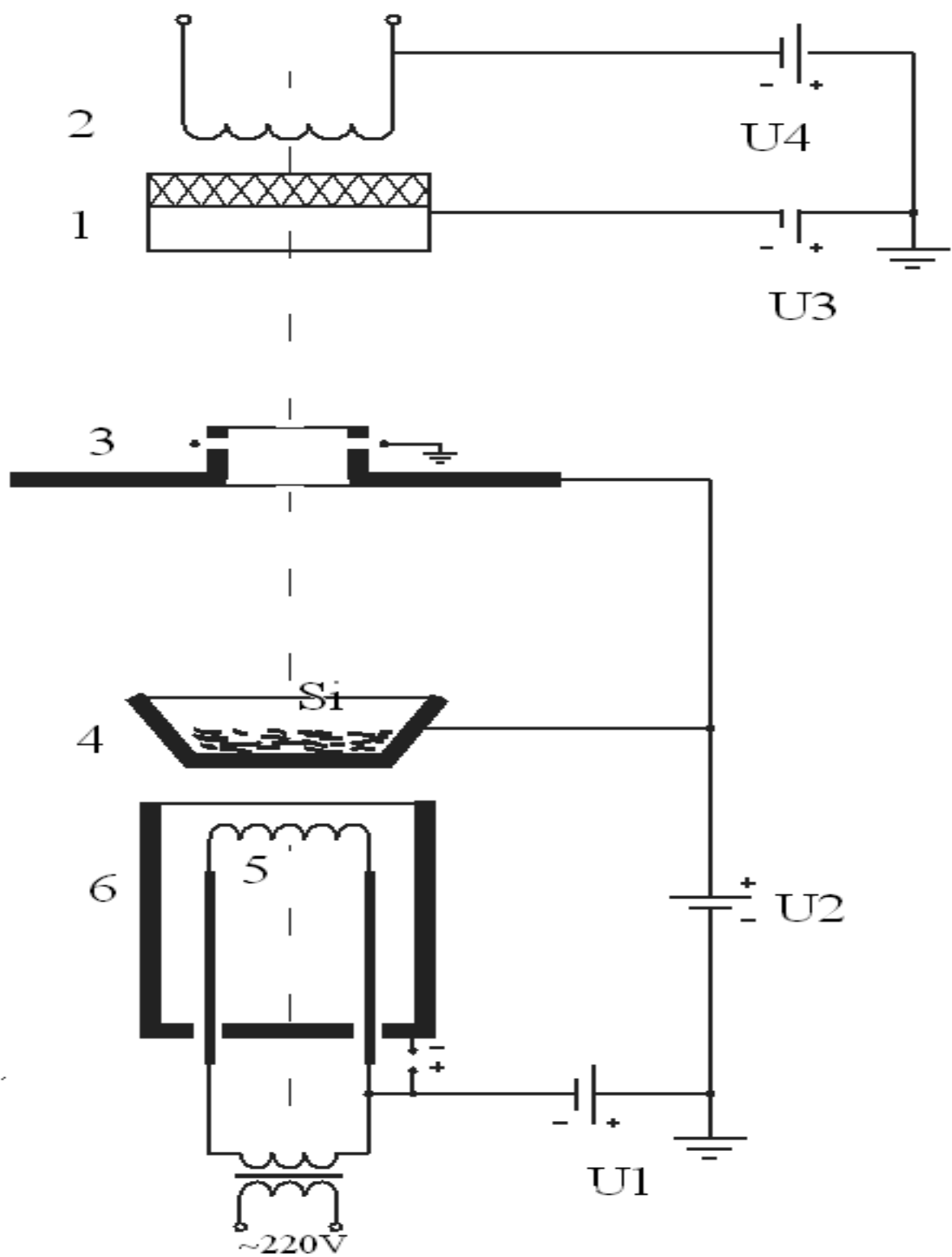
II BOB. MOLEKULYAR NURLI EPITAKSIYA (MNE) ASOSIDAGI EKSPERIMENTAL QURULMA

2.1. Vakuumda o'stirish jarayoni bilan tanishish

Xozirgi kunda p-n o'tishini xosil qilish uchun, bir nechta usullar mavjud. Ular yordami xar-xil sharoitlarda, xar-xil usullarda, p-n o'tishli namunalar o'stirib olinmoqda. Ulardan biri yuqori vakuumda, epitaksiya usuli yordamida p-n o'tishli namunalar o'stirish.

Vakuum qurulmasida yupqa qatlamlar o'stirish uchun molekulyar nurli optik qurulmasidan foydalaniladi. Ushbu qurulma yordamida xar-xil izotipniy monokristall kremniy tagliklarga, polikristall kremniy pardalari o'stirib olindi. Qurulma loyixasiga asosan quyidagi qisimlardan iborat. Qurulma sxemasi 2.1-rasmda tasvirlangan. 1- taglik ushlagich, 2,5- katod, 4- grafit tigel, 3- ionizator, 6- ekran, U_1, U_2, U_3, U_4 -ishchi potentsiallar manbasi. Vakuum o'stirish qurilmasida tajribalar 10^{-6} torr yuqori vakuumda o'tkazildi.

Grafit tigelga solingan kremniyni bug'latish uchun grafit tigel bilan katod orasiga yuqori kuchlanishli elektr maydon xosil qilinib, elektronlarni tezlatuvchi potentsial 3,5-4 kv gat eng bo'lgan kuchlanish beriladi. Qizigan katoddan emissiyalangan elektronlar, kuchli elektr maydonida tezlashib tigelga uriladi va uni qizidiradi. Natijada grafit idishdagi kremniy bug'lana boshlaydi. Grafit idishdan bug'lanayotgan kremniy atomlarini bir qismini ionizator yordamida ionlashtirib, taglik sirtiga qo'shimcha ta'sir kuch xosil qilindi. Taglikni esa 500C dan 950C gacha qizdirish imkoniyati mavjud. Taglik sirtiga kremniy qatlamlarning o'sish tezligi 2-12mkm/minutni tashkil qiladi. Xar-xil temperaturalarda sital, shisha va KDB-40 monokristall tagliklariga, KEF-20 polikristall kremniy pardalari o'stirib olinadi.



2.1-rasm. Vakuum qurilmasi.

2.2. Yuqori vakuumda p-n o'tishli yupqa plyonkalar o'stirish

2.2.1. Yuqori vakuumda p-n o'tishli yupqa plyonkalar o'stirish

Yarim o'tkazgichlar texnologiyasida strukturalarning sirtiga yupqa qatlamli qoplamalarni vakuumda o'tqazish yoki olib tashlash kabi jarayonlar katta o'rin egallaydi. Bu jarayonlar siyraklashgan gazlarda kechadigan molekular-kinetik xodisalarga asoslangan. Yupqa plyonkalar o'tqazishning ikkita asosiy usuli mavjud: termovakuumli bug'lanirib o'tqazish va katodli changlantirib o'tqazish. Termovakuumli bug'lantirib o'tqazishda modda bug'lanish temperaturasi qizdiriladi va uning bug'lari taglik sirtida kondensatsiyalanadi. Bunda taglikning temperaturasi bug' manbaining temperaturasidan pastroq bo'ladi. Katodli changlantirib o'tqazishda xona temperaturasida bo'lgan o'tqaziladigan modda gaz razryadi plazmasidagi kichik energiyali ionlar bilan bombardimon qilinadi. Buning natijasida changlangan atomlar taglikka etib boradi va uning sirtida kondensatsiyalanadi. Bu ikkala usuldan o'tkazuvchi, rezistivli va dielektrikli plyonkalar hosil qilishda foydalaniladi.

Termovakuumli bug'lantirib o'tqazish. Usulning asosi. Usul modda bug'ining yo'nalgan oqimini hosil qilish va bu bug' oqimini temperaturasi bug' manbai temperaturasidan kichik bo'lgan taglik sirtiga kondensatsilanishiga asoslangan. Termovakuumli bug'lantirib o'tqazish jarayonini to'rtta bosqichga bo'lish mumkin: modda bug'ini hosil qilish, bug'ning manbadan taglikka tomon tarqalishi, taglikda bug'ning kondensatsiyalanishi, o'sish markazlarining hosil bo'lishi va plyonkaning o'sishi.

Modda bug'ini hosil qilish uchun modda bug'lantiriladi yoki sublimatsiyalanadi. Modda qizdirilganda undagi atomlarning o'rtacha kinetik energiyasi oshib boradi. Buning natijasida ularning atomlararo bog'lanishni uzish ehtimoli ham oshadi. Atomlar sirtdan ajralib chiqadi va fazoda tarqalib bug' hosil qiladi.

Tizimning muvozanat holatida, ya'ni modda sirtidan chiqib ketayotgan atomlar soni qaytib tushayotgan atomlar soniga teng bo'lgan holatga mos keluvchi bug'ning bosimi p_s to'yingan bug'ning bosimi deyiladi. Bug'lanishning shartli temperaturasi deb $p_s = 1,33 \text{ Pa}$ ga teng bo'ladigan moddaning temperaturasi aytiladi.

Bug'lanishning solishtirma tezligi deb 1 sm^2 yuzadan bir sekunda bug'lanayotgan moddaning grammlar hisobidagi miqdoriga aytiladi va quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$V_{bug'} = 5,85 \cdot \rho_s \sqrt{\frac{M}{T}} \quad (2.1)$$

bu erda p_s – modda to'yingan bug'ining bosimi, Pa; M – moddaning molekular massasi, g/mol; T – moddaning temperaturasi, K.

Bug'ning manbadan taglikka tomon tarqalishi birinchi navbatda vakuum darajasi ta'sir qiladigan diffuziya va konvektsiya yo'llari bilan amalga oshadi. Bug'lanayotgan materialning isroflanishini kamaytirish va bir xil qalinlikdagi plyonka hosil qilish uchun zarrachalarning taglik tomon to'g'ri chiziqli harakatini amalga oshirish kerak. Buning asosiy sharti bug' zarrachasining erkin yugurish yo'li uzunligi manba – taglik masofasidan katta bo'lishligidir.

Gazlarning kinetik nazariyasiga binoan

$$\lambda_{o'r} = \frac{kT}{p\delta^2\pi\sqrt{2}} \quad (2.2)$$

bu erda $\lambda_{o'r}$ – gaz molekulasining erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi, sm; $k = 1,37 \cdot 10^{-17} \text{ Pa} \cdot \text{sm}^3/\text{K}$ – Boltsman doimiysi; T – gazning absolyut temperaturasi, K; δ - gaz zarrachasining effektiv diametri, sm; P – gazning bosimi, Pa.

(2.2) ifodaga binoan $P \approx 10^{-3} \text{ Pa}$ dan boshlab gaz zarrachalarining erkin yugurish yo'li uzunligi bug' manbaidan taglikkacha bo'lgan masofadan (bu masofa sanoatda ishlatiladigan vakuum qurilmalarida 30 sm dan oshmaydi) katta bo'ladi.

Demak, mana shu bosimdan boshlab bug' zarrachasining qoldiq gaz molekulari bilan to'qnashish ehtimolligi juda kichik bo'ladi va bug'lantirilayotgan moddaning zarrachalari taglik tomon to'g'ri chiziqli harakat qiladi [16].

Taglik sirtida bug'ning kondensatsiyalanishi taglikning temperaturasi va atomli oqim zichligiga bog'liq bo'ladi. Taglikka etib borgan bug' atomlari a) shu zahoti undan qaytishi (elastik to'qnashish), b) adsorbsiyalanadi va qisqa vaqtdan so'ng taglikdan qaytib chiqishi (qayta bug'lanish), v) adsorbsiyalanadi va sirt bo'ylab qisqa vaqtli migratsiyadan so'ng unda butunlay qoladi (kondensatsiya).

Bug' atomlarining taglik atomlari bilan bog'lanish energiyasi taglik atomlarining o'rtacha energiyasidan katta bo'lsa, kondensatsiya kuzatiladi, aks holda atomlar sirtidan qaytib ketadi. Agar taglik qizdirilgan bo'lsa, uning atomlarining energiyasi katta va bug'larning kondensatsiyalanish ehtimoli kichik bo'ladi.

Bug' oqimining berilgan zichligida taglik sirtidan hamma atomlar qaytib ketadigan va yupqa qatlam hosil bo'lmaydigan temperatura kondensatsiyaning kritik temperaturasi deyiladi.

Berilgan temperatura uchun atomar oqimning kritik zichligi deb, taglikda atomlar kondensatsiyalanadigan eng kichik zichlikka aytiladi.

O'sish markazlarining hosil bo'lishi atomlarning atom – taglik tizimida erkin energiyaning minimumiga mos keluvchi o'rinlarni topish natijasida ro'y beradi. Bug'larning kondensatsiyalanishi davomida o'simtalar o'sib boradi, ular orasida birlashtiruvchi ko'priklar hosil bo'ladi, o'simtalar birlashib yirik orolchalarga aylanadi. Bundan so'ng orolchalar birlashib bitta to'r hosil bo'ladi. To'r yaxlit plyonkaga aylanadi va qalinlik bo'yicha o'sish boshlanadi. Mana shu vaqtdan boshlab taglikning ta'siri yo'q bo'ladi va bug' zarrachalari sirtidan umuman qaytmasdan hammasi amalda kondensatsiyalana boshlaydi.

Termovakuumli bug'lantirish (TVB) texnikasi. Kremniy oksidi plyonkalarini termik bug'lantirish bilan hosil qilish jarayoni maxsus bosimli vakuum kameralarida o'tkaziladi. Buning uchun VUP-5 vakuum qurilmasidan foydalaniladi. Jarayonning sxemasi 2.2-rasmda keltirilgan. Jarayon vakuum

kamerasini yuklash bilan boshlanadi: bug'lantiriluvchi material tigellarga joylashtiriladi, tagliklar taglik ushlagichlarga, niqoblar niqob ushlagichlarga o'rnatiladi. Undan keyin kamera germetik yopilib, undagi havoni so'rish boshlanadi. Berkitgich (zaslonka)ning yopiq holatida tagliklarni belgilangan haroratgacha, bug'latgichlar esa bug'lanish haroratigacha qizdiriladi. Kameradan havoni so'rish chegaraviy vakuum darajasigacha amalga oshiriladi.

Bundan keyin berkitgich ochiladi va changlantirish boshlanadi. Belgilangan qalinlikdagi plenka hosil qilinganidan keyin berkitgichni yopish yo'li bilan changlatish jarayoni to'xtatiladi. Tagliklar sovitiladi va keyin sekin - asta kameraga havo kiritiladi, so'ng tagliklar echib olinadi.

TVB jarayonining asosiy parametrlari: vakuum kamerasidagi bosim, bug'lantirgichlarning temperatu-rasi, tagliklarning temperaturasi, bug'lantirish vaqti.*Usulning ustunliklari va kamchiliklari.* TVB jarayoni yaxshi o'rganilgan bo'lib, ko'pgina passiv elementlar hosil qilish, yarim o'tkazgichli strukturalarni metallash imkoniyatini beradi, fotoshablonlar va shu kabilarni tayyorlashda qo'llaniladi. TVB yordamida metallar, yarim o'tkazgichlar, dielektriklarning plenkalarni hosil qilish mumkin. Jarayonni avtomatlashtirishning nisbatan osonligi EHM yordamida boshqariladigan murakkab vakuum qurilmalar va komplekslar yaratish imkoniyatini beradi.*Usulning kamchiliklari:* qotishmalar va murakkab moddalarni bug'lantirib o'tqazishda komponentlarning protsentli nisbatlarining o'zagirishi, katta sirtli tagliklarda bir xil qalinlikdagi plenkalarni hosil qilish qiyinligi, qiyin eruvchan materiallarning plenkalarni hosil qilish qiyinligi, bug'lantirgichlarning yuqori inertsionligi, plenkalarni adgeziyasining nisbatan yuqori emasligi, bug'latirish vaqtiga nisbatan so'rish jarayoni tayyorgarlik vaqtining uzunligi, ishlash resurslari 50 ... 100 soatdan oshiq bug'lantirgichlarni yaratish murakkabligi, jihozlarning nisbatan murakkabligi [17].

p-tip yarim o'tkazgich bilan n- tip yarim o'tkazgich tutashgan chegarada xosil bo'ladigan ajoyib xossalik qatlmani p-n o'tish deyiladi.

Uning sodda xoli p-n o'tish bo'lib, bunda mazkur o'tish bitta yarim o'tkazgich kritsallining ichida uning p va n o'tkazuvchanlikka ularning tutashgan

joyida hosil bo'ladi. Amalda xajmi bo'yicha biror tur kirishma, masalan, donorlar tekis taqismlangan yarim o'tkazgichning bir qismiga boshqa tur kirishma aktseptorlar kiritib, bu qisimda aktseptorlar donorlardan ortiqcha bo'ladigan qilinadi. Bu holda donorlar ko'p - n – o'tkazuvchanlikka, aktseptorlar ko'p n-p o'tkazuvchanlikka ega bo'ladi va ular chegarasida p-n gamoo'tish qatlami hosil bo'ladi.

p-n o'tishni hosil qilishning ikkita usuli eng katta ahamiyatga ega:

1. Suyulmali usuli. Masalan, p-o'tkazuvchanlikli yarim o'tkazgich ustiga donor kirishma beradigan metall yoki qotishma sharchasi qo'yiladi, u suyulguncha qizdiriladi, oqibatda suyulgan ustama yarim o'tkazgich kristalli ichiga qisman kiradi va sovutishdan so'ng qayta kristallangan yarim o'tkazgichning n – o'tkazuvchanlikli qatlami hosil bo'lib, n – va p – qatlamlar orasida p-n o'tish hosil bo'ladi. Odatda bu usul bilan oligan p-n o'tishda kirishma zichligi o'zgaradigan qatlam kengligi p-n o'tishning o'z kengligidan ancha kichik bo'ladi. Bunday o'tishlarni keskin p-n o'tish deyiladi.

2. Diffuzion usuli. Bu usul qo'llanganda gazsimon, suyuq yoki qattiq holatdagi kirishmani yuqori temperaturada yarim o'tkazgichga diffuziyalanadi. Diffuzion usulning bir necha xillari bor. Agar n-o'tkazuvchanlikli yarim o'tkazgichga p – o'tkazuvchanlik xosil qiladigan kirishma kiritilsa, diffuzion p-n o'tish xosil bo'ladi. Odatda bunday o'tishlarda kirishma zichligi o'zgaradigan qatlam kengligi p-n o'tish kengligidan kattaroq bo'ladi. Mana shunday o'tishni silliq p-n o'tish deyiladi 2.3-rasm.

Yana bir hol qiziqarli bo'lib, u suyulmali usuliga tegishli. Bu holda kirishma ustama suyulmasidan yarim o'tkazgichga emas, balki yarim o'tkazgichdan ustamaga o'tadi. Masalan, miss bilan yuqori zichlikda legirlangan p-germaniyga metall yoki qotishma suyulmasi kiritilganda ancha katta diffuziya koeffitsientiga ega bo'lgan miss germaniydan ustamaga o'tadi. Bu xodisani yarim o'tkazgich konversiyasi deyiladi.

Keskin p-n o'tishda kirishmalar zichligi p – va n – soxalar chegarasida keskin o'zgaradi, ya'ni p-sohada aktseptorlar zichligi N_a , donorlar $N_d \ll N_a$ bo'lsa, n – qatlamda aktseptorlar deyarli yo'q, donorlar zichligi N_d bo'ladi.

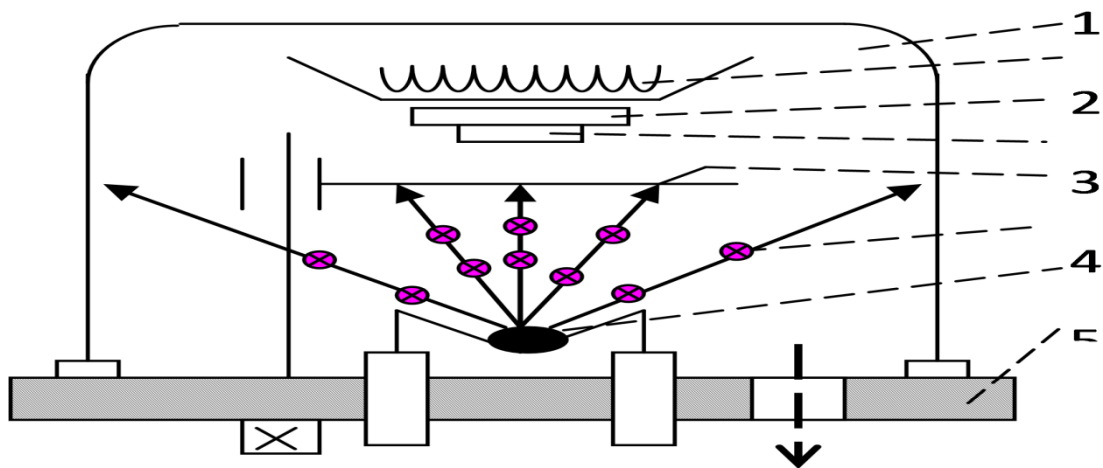
Donor atomlar n – sohada o'z elekttronlarini o'tkazuvchanlik zonasiga berib bo'lgan, ya'ni $n_n = N_d$, aktseptor atomlari p-sohada o'ziga valent zonadan elektronlarni tortib ionlashgan deb faraz qilamiz. Binobarin, p-qatlamda kovaklar musbat zaryadi manfiy aktseptor ionlari zaryadiga teng, ya'ni bu sohalar tutashguncha elektrik jixatdan neytral, barcha kirishma atomlar ionlashgan.

p-soha bilan n – soha tutashtirilganda p-sohada bo'lgan kovaklar n – sohaga diffuziyalanadi, bu soha xajmida rekombinatsiyalanadi, p-sohaning chegaraviy qatlamida asosan qo'zg'almas manfiy ionlar qoladi, ya'ni bu qatlam manfiy zaryadlangan bo'lib qoladi. n -sohada ko'p bo'lgan elektronlar n -sohaga diffuziyalanadi, bu soha xajmida rekombinatsiyalanadi, n –sohaning chegaraviy qatlamida asosan qo'zg'almas musbat ionlar qoladi, ya'ni bu qatlam musbat zaryadlangan bo'lib qoladi,

Shu zaryadlangan p-n o'tish yupqa qatlamidagi elektrik maydon n – tur soha tomonidan p - tur soha tomon yo'nalgan bo'lib, u hosil qilgan elektronlar va kovaklar dreyf oqimlari ularning diffuzion oqimlariga qarama-qarshi yo'nalgan, p-n o'tish shakllanib bo'lganda dreyf va diffuzion oqimlar bir-birini muvozanatlaydi, Fermi sathi ham bir chiziqda yotadi, p-n o'tishdan tok o'tmaydi.

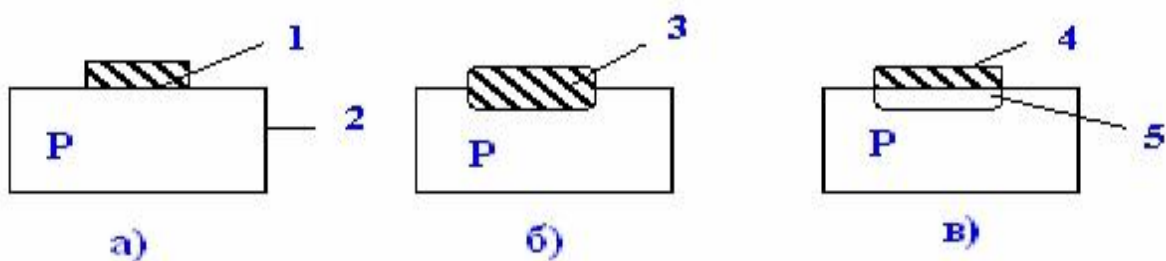
Ba'zi talablarda p-n o'tishdagi zaryadli zarralar haqida quyidagi noto'g'ri tassavur hosil bo'lgani uchrab turadi: go'yo p sohadan n – sohaga kovaklar o'tib chegara qatlamida musbat zaryad, n sohadan p sohaga elektronlar o'tib chegarada manfiy zaryad xosil qiladi deb o'ylashadi 2.4-rasm.

p-n o'tishdagi kirishma ionlari zaryadlari ishorasi diffuziyalangan xarakatchan zaryadlar ishorasiga o'xshaligi yanglishtirsa ehtimol. Vaholanki, diffuziyalangan xarakatchan zaryad tashuvchilar chegarada yig'ilmasdan, xajmga o'tib, rekombinatsiyalanib ketadi. p-n o'tish sohasida $\psi(x)$ elektrik maydoni asosan uning n –soha tarafidagi qatlamidagi musbat donor ionlari, p-soha tarafidagi qatlamidagi manfiy aktseptor ionlari hosil qilganligi sababidan mazkur

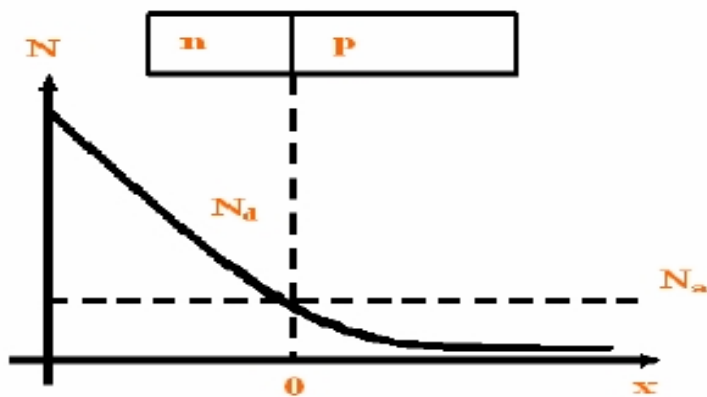


2.2 – **rasm.** Termovakuum changlatish jarayonining sxemasi:

1–vakuum kamerasi, 2–taglik qizdirgichi, 3–taglik ushlagichi, 4 – taglik,
5 – berkitgich (zaslonka), 6–bug’lanuvchi moddaning zarralari, 7 – kremniy
monooksidi bo’lagi solingan bug’lantirgich; 8 – tayanch plita.



2.3-**rasm.** a) donor kirishimali 1-modda, 2-yarim o`tkazgich ustiga qo`yilgan.
b) ustama moddaning yarim o`tkazgich bilan, 3-suyulmasi yuqori tepmeraturada;
v) ustamaning ortiqcha 4-qatlamli sovutishdan so`ng qayta kristallangan yarim
o`tkazgich sirtida.



2.4-**rasm.** p-n o`islarning konstentrastiya bo'yicha taqsimoti.

elektrik maydonda elektrik potentsial $\varphi(x)$ teskari yo`nalishda o`zgarib boradi.

Elektronlarning potentsial energiyasi $\varphi(x)=-eV(x)$, kovaklarniki $\varphi(x)^1=+eV(x)$ bo`lganligi uchun elektronning potentsial energiyasi n – sohadan p –sohaga tomon ko`tarilib boradi, bu yo`nalishda elektronlar uchun potentsial tohsiq mavjud bo`ladi, aksincha, kovakning potentsial energiyasi qarama-qarshi yo`nalishda o`sa boradi, p-n o`tish chegaralari ortidagi  $\phi_k$  potentsiallar ayrimasini kontakt potentsiallar ayrimasi deyiladi, p-n o`tish sohasi maydoni elektronlarning n – sohadan p-sohaga, kovaklarning p-sohadan n – sohaga o`tishiga qarshilik ko`rsatadigan potentsial to'siqdan iborat, φ_k ni uning balandligi deyiladi.

Yuqorida aytilganlarni jamlab, p-n o`tishning quydagi asosiy xossalarini ta'kidlaymiz.

- 1) p-n o`tish yarimo`tkazgichning p va n – o`tkazuvchanlikli sohalari tutashilgan chegarada hosil bo`ladigan yupqa qatlamdir.Uning qalinligi mikronlar tartibida.
- 2) . p-n o`tishni xajmiy zaryad sohasi xam deyiladi, chunki unda xarakatchan zaryad tashuvichlar o`tkazuvchanlik elektronlari va kovaklari juda kam miqdorda bo`lib, asosan qo`zg'almas donor musbat ionlari va aktseptor manfiy ionlari elektrik maydon xosil qiladi.
- 3) p-n o`tishning elektrik maydoni elektronlar va kovaklar uchun tegishli yo`nalishda potentsial to'siq bo`lib, bu to'siqning balandligi kontakt potentsiallar ayrimasiga teng.
- 4) p-n o`tishda xa`rakatchan (tokda qatnashadigan) elektronlar va (kontakt potentsiallar ayrimasiga teng) kovaklar juda kam qolganligi tufayli uning solishtirma elektrik qarshiligi juda katta, to'la qarshiligi p va n - sohalarnikidan ancha katta bo`lishi mumkin [18].

2.2.2 UM-2 monoxramatorining tuzilishi va ishlash printsipti

Quyidagi 2.5-rasmda UM-2 monoxramatorning prinsipial optik sxemasi keltirilgan.

Uskuna ko'rinadigan va infra qizilga yaqinroq oraliqdagi, uzunligi 380-1000 nm bo'lgan monoxramatik spektrlar ajratib chiqadi.

Yorug'lik manbayidan nur fakol tekisligida joylashgan kalemator abektivi orqali qurilma ichiga kiradi. Abektivdan yorug'lik dastasi dispersiyalovchi prizmalar sistemasiga tushadi va uning yordamida spectral chiziqlarga ajraladi.

Fakal tekisligidagi kamera abektivi spectral chiziqlar ko'rinishida tasvirni ko'rsatadi. Spektral liniyalar kuzatuvi akulyar orqali olib boriladi.

Monaxramatorning tashqi ko'rinishi 2.6-rasm. Monaxramator optik kursga maxkamlangan, shu bilan birga kursida spectral lampa va yig'uvchi linza o'rnatilgan.

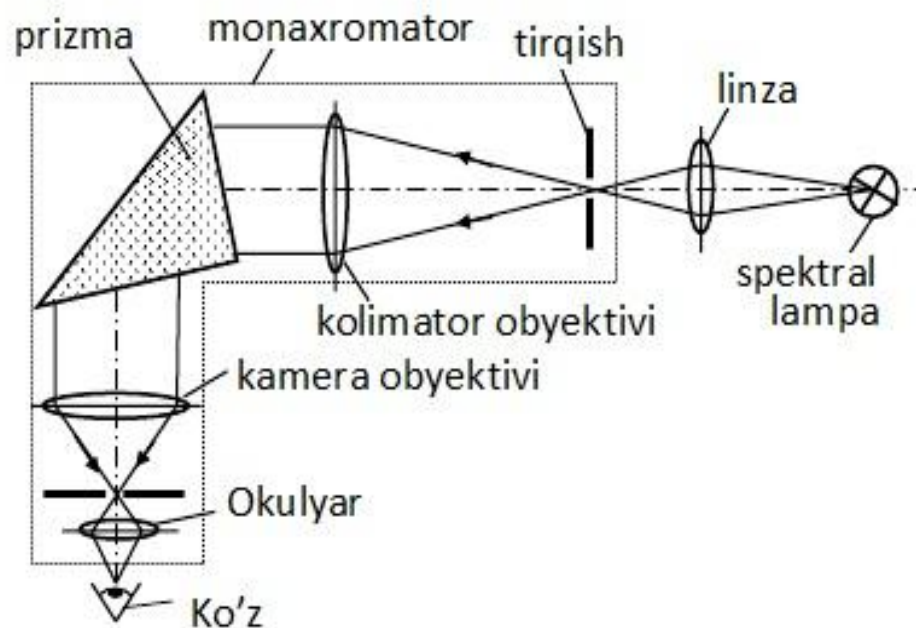
Qurilma ko'rpusida kalemator abektivi, dispersiyalovchi prizma, kamera abektivi va akulyar joylashtirilgan. Kiruvchi tirqish kengligi mk metrik vint bilan to'g'irlanadi, uzunligi plastinka ko'rinishidagi suriluvchi diafragma orqali roslanadi.

Kamera abektivi fokal tekisligida uchburchak ko'rinishidagi indeks mavjud bo'lib, akulyar tugusini lampa yordamida yoritib turishga xizmat qiladi. Indeks spectral chiziqlar joylashuvini aniqlash uchun xizmat qiladi va akulyar orqali ko'rinadi.

Indeks tiniq ko'rinishi akulyarni burab amalga oshiriladi. Monaxramator ko'rpusida kalemator vinti joylashgan u kalematorni fokuslab spectral liniyalar tasvirini tiniqlashtiradi.

Dispersiyalovchi prizma aylantirish silindr shaklidagi $0\div 3500$ grad gacha bo'lgan raqamli bo'linishlarga ega, shkalaning o'zgarishi 0, 50, 100, 150 ...3500 gradni tashkil etadi.

Prizmani burab akulyarda istagan rangni aks etirish mumkin. Monaxramatorni ishga tushirishdan oldin gradirofka amalga oshiriladi.



2.5-rasm. UM-2 monoxramatorning prinsipial optik sxemasi keltirilgan.



2.6-rasm. Monaxramatorning tashqi ko'rinishi.

III.BOB. TAJRIBA NATIJALARINI TAXLILI

3.1. Kremniy asosidagi ko'pqatlamli yupqa plyonkalarining elektrofizik va fotoelektrik xossalari

Nanoelektronika yo'nalishining paydo bo'lishi xalq xo'jaligining barcha sohalarida va ishlab chiqarishning asosiy tarmoqlarida, yangi avlod, ya'ni nano va optoelektron asbob va uskunalarining yaratilishiga olib keldi. Bu yutuqlar xususan elektron texnika, energetika, axborot va kompyuter texnologiyalarida, telekommunikatsiya va boshqa sohalarida keng targ'ib qilinmoqda. Shu sababdan, nanoelektronikaning asosini tashkil etadigan, qalinligi bir necha nanometr ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$) bo'lgan plyonkalarni olish va xossalarini o'rganish ustida ishlar butun dunyoda jadal suratlarda olib borilmoqda. Bunday plyonkalarni olish va ko'p qatlamli qilib o'stirish, nanoelektronika va optoelektronika soxalari uchun aktiv va passiv elementlar xosil qilishda ishlatilishi mumkin. Xozirgi kunda uch o'lchamli tizimlar xosil qilinib, bunday tizimlarda 1sm^3 xajmda yupqa plyonkalarga asoslangan yuz minglab-millionlab elementlarni joylashtirish imkoniyati mavjud. Kerakli maqsadlarda ishlatilishi mumkin bo'lgan yupqa qatlamlarni xosil qilish, ularning tarkibini, kristall va elektron tuzilishini, fizik va kimyoviy xususiyatlarini o'rganish fanning axamiyatini belgilasa, olingan yupqa plyonkalarining asbob sifatida ishlatilishi uning xalq xo'jaligida va texnikada qo'llanilishini aks ettiradi.

Yupqa qatlam xosil qilish asosan vakuumda bug'lantirish, molekulyar nurli epitaksiya, qattiq fazali epitaksiya, ionli edirish va boshqa usullarlar orqali amalga oshiriladi. Bu usullarning asosida bitta tamoil yotadi: taglik (asos) yuzasiga kerakli bo'lgan materialning atomlari o'tkaziladi, so'ng bu sistemaga xarorat, lazer nurlari, elektronlar yoki ionlar bilan ishlov berish orqali ma'lum bir xususiyatga ega bo'lgan plyonka xosil qilinadi.

Ma'lumki, yarimo'tkazgichli asboblarda va quyosh elementlarining elektrofizik va fotoelektrik xossalarini o'rganishning bir necha usullari mavjud.

Molekulyar nurli epitaksiya usulida turli monokristall tagliklarga o‘stirilgan yupka kremniy plyonkalarining elektrofizik va fotoelektrik, jumladan, sig‘im, qorong‘ulik va yorug‘lik volt-amper xarakteristika, spektral yorug‘likka sezgirligi va boshqa xossalari tatkik kilindi. Bu maksadda, p-n tuzilmalarning elektrofizik va fotoelektrik xossalarini o‘rganish uchun namunalarning qorong‘ulik va yorug‘lik volt-amper xarakteristika hamda spektral yorug‘likka sezgirligini aniqlash usullaridan foydalanildi.

Mazkur ishda, p-n tuzilmalarning yorug‘lik volt-amper xarakteristikalari an’anaviy usullarda o‘rganildi. Yorug‘lik volt-amper xarakteristikasi quyosh nuri immitatorida o‘lchandi. Yorug‘lik manbai sifatida cho‘g‘lanma tolasi quvvatga 1000 Vt bo‘lgan, spektri quyosh nurlanish spektriga yaqin bo‘lgan lampadan foydalanildi. Namunalarning yoritilganligini, quyosh elementi etaloni bilan taqqoslab borildi. Olingan qorong‘ulik va yorug‘lik volt-amper xarakteristikasi 3.1-rasmda keltirilgan.

Bu qurilma yordamida quyosh elementlarining fotoelektrik xarakteristikalarini aniqlash imkoniyatini beradi. Ma’lumki, yorug‘lik yarimo‘tkazgichli p-n tuzilmalarning fotoelektrik xossalariga sezilarli ta’sir qiladi. Bu tuzilmalarning yorug‘lik sezgirligini o‘rganish uchun TISL (ya’ni, tok, induktirovannyi svetovym luchom) usuli asosidagi qurilma yig‘ildi va uning yorug‘lik manbai sifatida UM-2 rusumli monoxromatordan foydalanildi.

Bu usulda $\lambda=0,4\div1,4$ mkm spektral to‘lqin uzunlikdagi yorug‘lik nurining qo‘llanilishi kremniyning ~ 100 mkm chuqurlikkacha bo‘lgan xossalarini, jumladan, donadorlik chegaralarining rekombinatsiya faolligini o‘rganish imkonini beradi. Yorug‘lik dastasi diametrini $\sim 10\div 400$ mkm oraliqlarda o‘zgartirish, shuningdek namunalarning yorug‘likka sezgirligini turli xaroratlarda o‘rganish mumkin. Yorug‘lik dastasini ta’minlovchi zond qo‘zg‘almas tayanchga mahkamlangan.

Namuna o‘rnatilgan o‘rindiqlik namuna bilan birga gorizontal tekislikda x va y o‘qlari bo‘ylab ilgari lanma va qaytma harakatlanadi. Bu moslama, yorug‘lik dastasi namuna sirtining istalgan kismiga tushirish imkonini taminlaydi [19].

Olingan namunamizning qalinligi 3mm. KDB-40 tagligiga o'stirib olingan yupka kremniy plyonkasini, MII-4 mikroskopida 100 marta kattalashtirib ko'rganimizda donadorlik chegaralari 10 mikron ekanligi aniklandi. 3.2-rasmda namunani yorug'likka sezgirligining spektral xarakteristikasi keltirilgan.

Olingan natijalar, kremniyli yupka plyonkalar asosida elektron texnikada qo'llaniladigan turli asboblarni yaratish, elektrofizik xossalarini o'rganish esa, ularning parametrlarini takomillashtirish imkonini beradi [20].

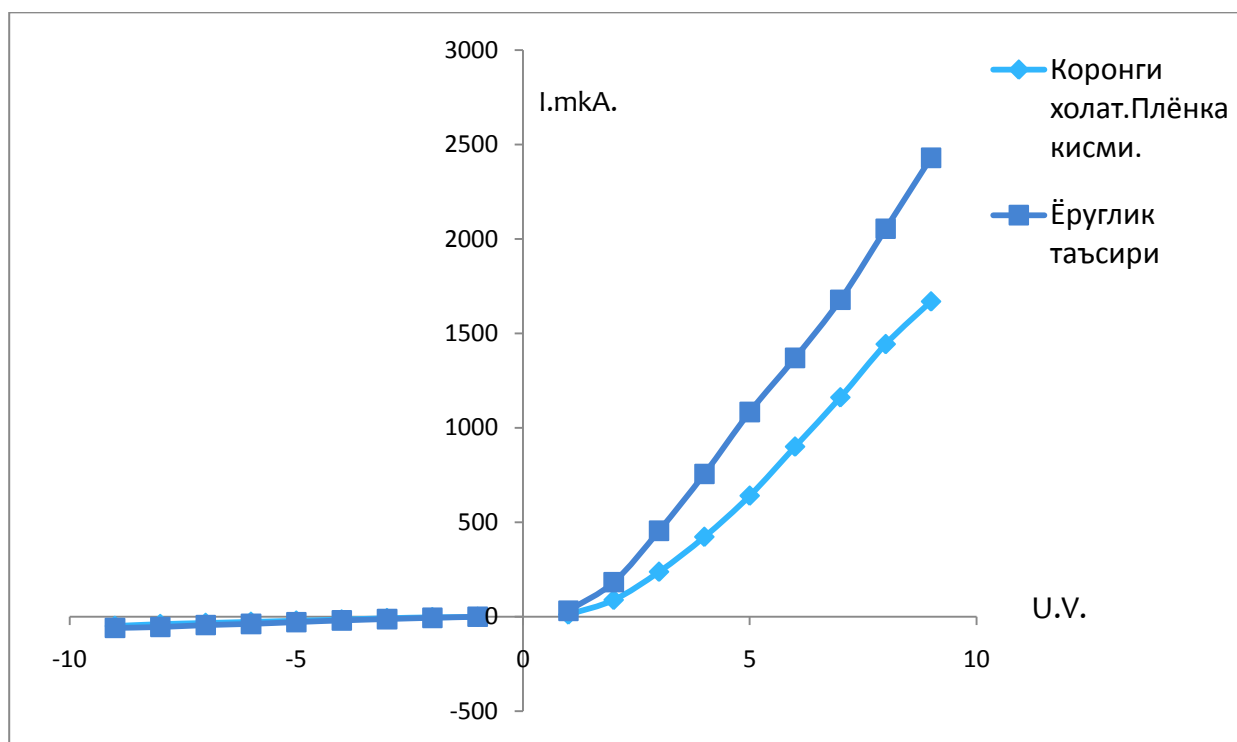
3.2. p-n o'tishli namunalarning elektrofizik va fotoelektrik xossalari

3.2.1.P-n strukturalarning yorug'lik volt-amper xarakteristikasi

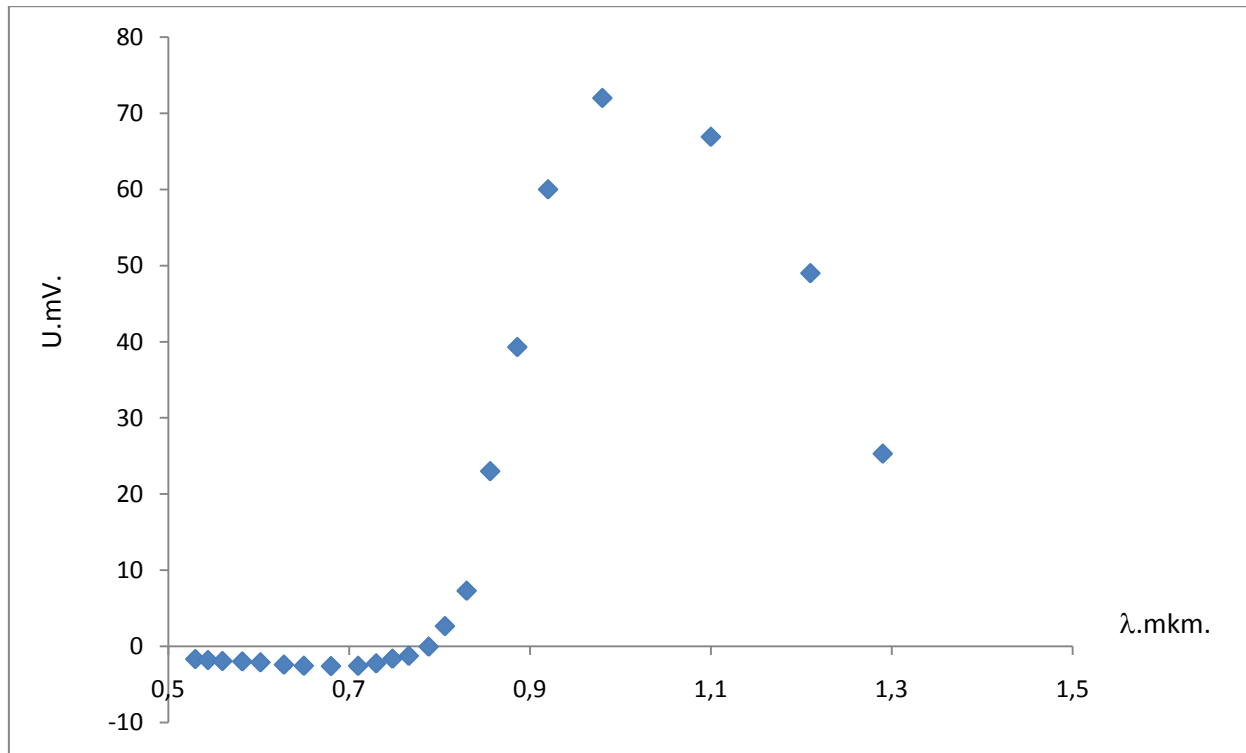
P-n tuzilmalarning yorug'lik volt- amper xarakteristikalari an'anaviy usullarda o'rganildi. Yorug'lik volt-amper xarakteristika quyosh nurlanish immitorida o'lchanadi. Yorug'lik manbai sifatida cho'g'lanma tola quvvati 1000 Vt bo'lgan, nurlanish spektri quyosh nurlanish spektriga yaqin bo'lgan lampadan foydalanildi. Namunalarning yoritilganligi AMO yoki AM1 shartlarini qanoatlantiradi va u quyosh elementi etaloni bilan taqqoslab borildi.

Volt-amper xarakteristikani olish uchun yozib boorish tezligi 3 sekundan oshmaydigan avtomat ravishda boshqarib yozib boruvchi qurulmadan foydalanildi. Grafik chizish qurulmasi sifatida PDP4-002 (Ikki koordinatli planshyeytli potentsiometr) asbobidan foydalanildi. Qurulmaning ishlash printsiplari yuklama aktiv qarshiligining ma'lum vaqt oralig'ida bir necha mOm dan to Om ning o'ndan bir ulushlarigacha o'zgarishiga asoslangan. Qurulma elektron blogining ishlash printsiplari elektr sxemasi 3.3-rasmda keltirilgan. Qurilma manbaga K1 kalit va VF1 saqlagich orqali ulangan, yuklama T1 transformatoridan taminlanadi.

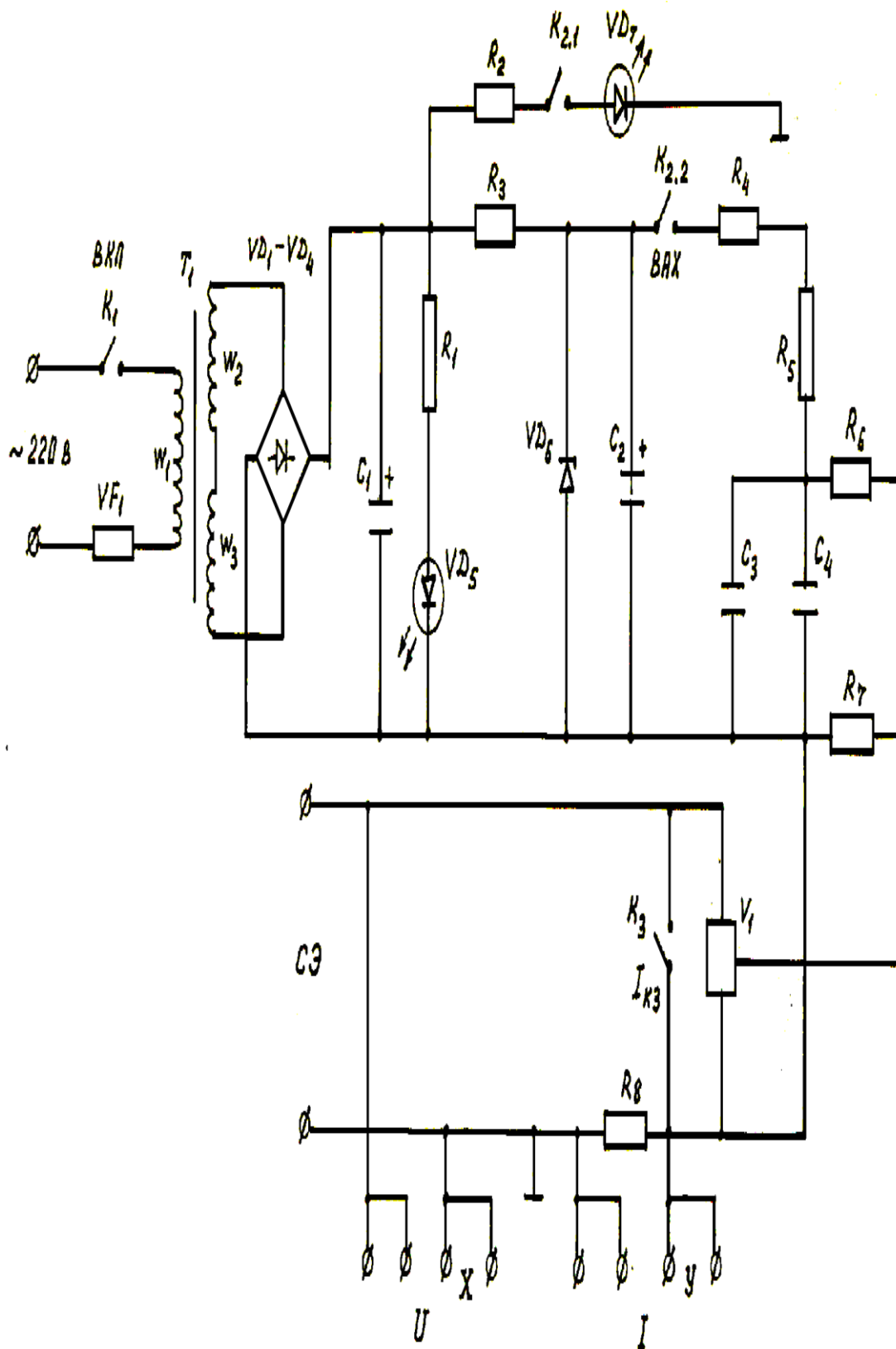
Uning ikkilamchi cho'lg'amidan VD1-VD4 diod ko'prigi orqali 18 V kuchlanish uzatiladi. VD5 yorug'lik diodiga parallel ulangan C1 kondensator filtirlash vazifasini bajaradi. Ikkilamchi manbaga R3 qarshilik orqali VD6 diodda



3.1-rasm. Namunani korong'i va yorug'likdagi VAXsi.



3.2-rasm. Xona xaroratda p-n tuzilmalarning yorug'likka sezgirlik spektral xarakteristikasi.



3.3-rasm. P-n tuzilmalarning yorug'lik volt-ampér xarakteristikasini o'rganish uchun mo'ljallangan qurilma elektron blogining ishlash printsiplal elektr sxemasi.

yig'ilgan parametrik stabilizator ulanib, u +20 V kuchlanishni turg'un holatda ushlab turadi, unga parallel ravishda impuls halaqitining ta'sirini kamaytirib turuvchi C2 sig'im ulangan. Rejim zanjiri ulanadi. Kuchlanish R6 qarshilik orqali yuklama qarshiligi o'zgarishini imitatsiya qiluvchi boshqarish elementiga uzatiladi. Manba uzilib qolishi natijasida yuzaga keluvchi avariya holatini oldini olish uchun R7 qarshilik. Boshqariluvchi element R8 qarshiligi orqali o'rganilayotgan namunaga ketma-ket ulanib, tok beruvchi vazifasini bajaradi.

P-n tuzulmalarning kuchlanishini o'lchash asbob va grafik chizish qurulmasining "X" klemalari parallel ulangan. Tok nazorat qilish asbobining va grafik chizish qurulmasining "Y" klemalari parallel ulangan. K3 kalit qayd qilish va grafik chizish qurulmasi yordamida qisqa tutashuv rejimiga yoki erkin yurish rejimiga galma-gal o'tkazishda foydalaniladi 3.3-rasm.

O'rganilayotgan namunalar "C3" klemasiga ulanadi. Tokni qayd qiluvchi asbob "Y" klemaga hamda "I" klemalariga ulanadi. Bu qurulma va usul quyosh elementlarining fotoelektrik xarakteristikalarini aniqlash imkoniyatini beradi. Biroq, aynan donadorlik chegaralaridagi p-n tuzulmaning fotoelektrik xossalari haqida to'la ma'lumot olib bo'lmaydi. Olingan salbiy natijalar donadorlik chegaralaridagi rekombinatsiya markazlariga bog'liq holda tushuntiriladi [21].

3.2.2. *p-n* o'tishning volt – amper xarakteristikasi (VAX)

P-n o'tish tokining unga berilayotgan kuchlanishga bog'liqligi $I=f(U)$ volt–amper xarakteristika (VAX) deyiladi.

$$I = I_0 \cdot (e^{\pm \frac{qU_0}{kT}} - 1) \quad (3.1)$$

Agar *p-n* o'tishga to'g'ri kuchlanish berilgan bo'lsa, U_0 kuchlanish ishorasi + musbat, teskari kuchlanish berilgan bo'lsa esa - manfiy bo'ladi. $U_{TO'G'} \geq 0,1$ V

bo'lsa eksponentsial songa nisbatan birni hisobga olmasa ham bo'ladi va kuchlanish ortishi bilan tok ham eksponentsial ortib boradi.

Teskari tok to'g'ri tokka nisbatan bir necha darajaga kichik, ya'ni p - n o'tish to'g'ri yo'nalishda tokni yaxshi o'tkazadi, teskari yo'nalishda esa yomon. Demak, p - n o'tish to'g'rilovchi harakat bilan xarakterlanadi va uni o'zgaruvchi tokni to'g'rilashda qo'llashga imkon beradi.

Eksponentsial tashkil etuvchi $e^{\frac{q \cdot U_0}{kT}}$ temperatura ortishi bilan kamayishiga qaramay VAX to'g'ri shaxobchasidagi qiyalik ortadi (3.4. b-rasm). Bu hodisa I_0 ni temperaturaga kuchli to'g'ri bog'liqligi bilan tushuntiriladi. To'g'ri kuchlanish berilganda temperatura ortishi bilan tok ortishiga olib keladi. Amaliyotda p - n o'tish VAXga temperaturaning bog'liqligi **kuchlanishning temperatura koeffitsienti (KTK)** deb ataladigan kattalik bilan baholanadi. KTKni aniqlash uchun temperaturani o'zgartirib borib, o'zgarmas tokdagi p - n o'tish kuchlanishini o'zgarishi o'lchab boriladi. Odatda KTK manfiy ishoraga ega, ya'ni temperatura ortishi bilan o'tishdagi kuchlanish kamayadi. Kremniydan yasalgan p - n o'tish uchun KTK 3 mV/grad darajani tashkil etadi.

(3.1) ifoda ideallashtirilgan p - n o'tish VAX sini ifodalaydi. Bunday o'tishda p va n -sohalarning hajmiy qarshiligi no'lga teng va tok o'tish vaqtida p - n o'tishda rekombinatsiya jarayoni sodir bo'lmaydi deb hisoblanadi. Real o'tishda esa baza qarshiligi o'nlab Om ga teng bo'ladi. Shu sababli (3.1) ifodaga p - n o'tishdagi va tashqi kuchlanish U_0 orasidagi farqni hisobga oluvchi o'zgartirish kiritiladi

$$I = I_0 \cdot (e^{\frac{q(U_0 - r_B I)}{kT}}) \quad (3.2)$$

P - n o'tish sig'imi. Past chastotalarda p - n o'tish toki faqat elektron – kovak o'tishning aktiv qarshiliklari hamda yarim o'tkazgichning p va n –sohalarining qarshiligi (r_B) bilan aniqlanadi. Yuqori chastotalarda p - n o'tishning inertsiyasi uning sig'imi bilan aniqlanadi. Odatda p - n o'tishning ikkita asosiy sig'imi hisobga olinadi: diffuziya va to'siq (baryer).

To'g'ri ulangan p - n o'tishda qo'shni sohalarga asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar injektsiyalanadi. Natijada p - n o'tishning yupqa chegaralarida qiymati jihatidan teng lekin qarama-qarshi ishoraga ega bo'lgan qo'shimcha asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar Q_{DIF} yuzaga keladilar. Kuchlanish o'zgarsa injektsiyalanayotgan zaryad tashuvchilar soni, demak zaryad ham o'zgaradi. Berilayotgan kuchlanish ta'siridagi bunday o'zgarish, kondensator qoplamalaridagi zaryad o'zgarishiga aynan o'xshaydi. Bazaga asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar diffuziya hisobiga tushganliklari sababli, bu sig'im **diffuziya sig'imi** deb ataladi va quyidagi ifodadan aniqlanadi

$$C_{DF} = \frac{qI\tau}{kT} \quad (3.3)$$

(3.3) ifodadan ko'rinib turibdiki, p - n o'tishdan oqib o'tayotgan tok va bazadagi zaryad tashuvchilarning yashash vaqti τ qancha katta bo'lsa, diffuziya sig'imi ham shuncha katta bo'ladi

Ikki elektr qatlama ega bo'lgan elektron – kovak o'tish zaryadlangan kodensatorga o'xshaydi. O'tish sig'imi o'tish yuzasi S , uning kengligi va dielektrik doimiysi ε bilan aniqlanadi. O'tish sig'imi **to'siq sig'imi** deb ataladi va quyidagi ifodadan aniqlanadi

$$C_{T0} = S \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon q N d}{2 U_k (1 + \frac{N_d}{N_a})}} \quad (3.4)$$

O'tishga kuchlanish berilsa, bu vaqtda o'tish kengligi o'zgarganligi sababli, sig'im ham o'zgaradi. Sig'imning berilayotgan kuchlanish U qiymatiga bog'liqligi quyidagicha

$$C_B = C_{B0} \sqrt{\frac{U_k}{U_k \pm U}} \quad (3.5)$$

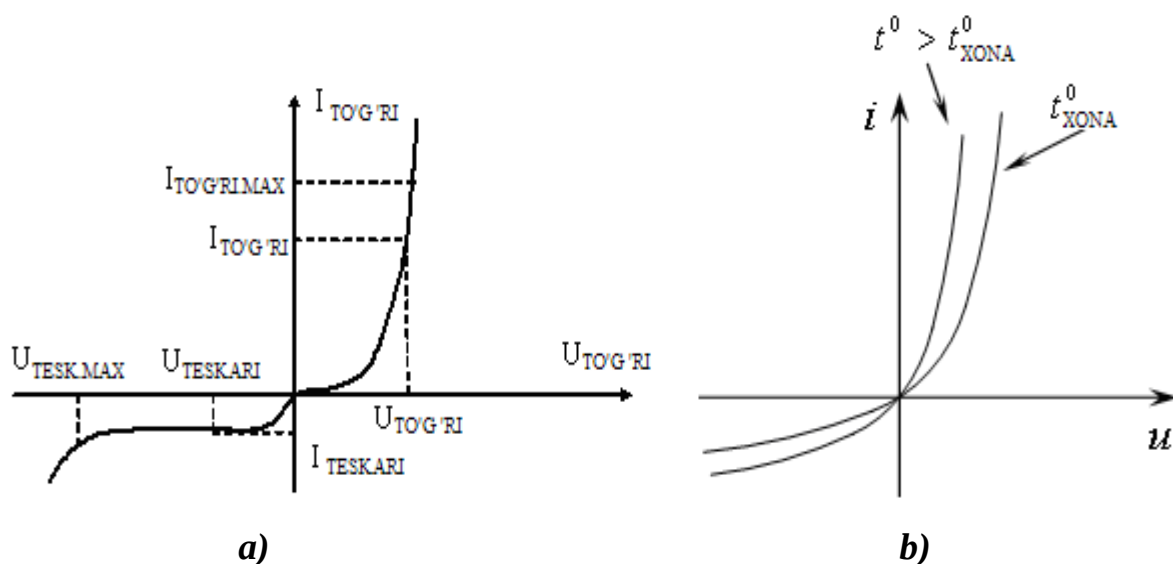
To'g'ri ulangan o'tishda musbat ishorasi, teskari ulanganda esa manfiy ishora olinadi. C_B berilayotgan kuchlanishga bog'liqligi sababli $p-n$ o'tishni o'zgaruvchan sig'imli kondensator sifatida qo'llash mumkin 3.5-rasm.

To'g'ri kuchlanish berilganda diffuziya sig'imi to'siq sig'imidan ancha katta bo'ladi, teskari kuchlanishda esa teskari. Shuning uchun to'g'ri kuchlanish berilganda $p-n$ o'tish inertsiyasi diffuziya sig'imi bilan, teskari ulanganda esa to'siq sig'imi bilan aniqlanadi [22].

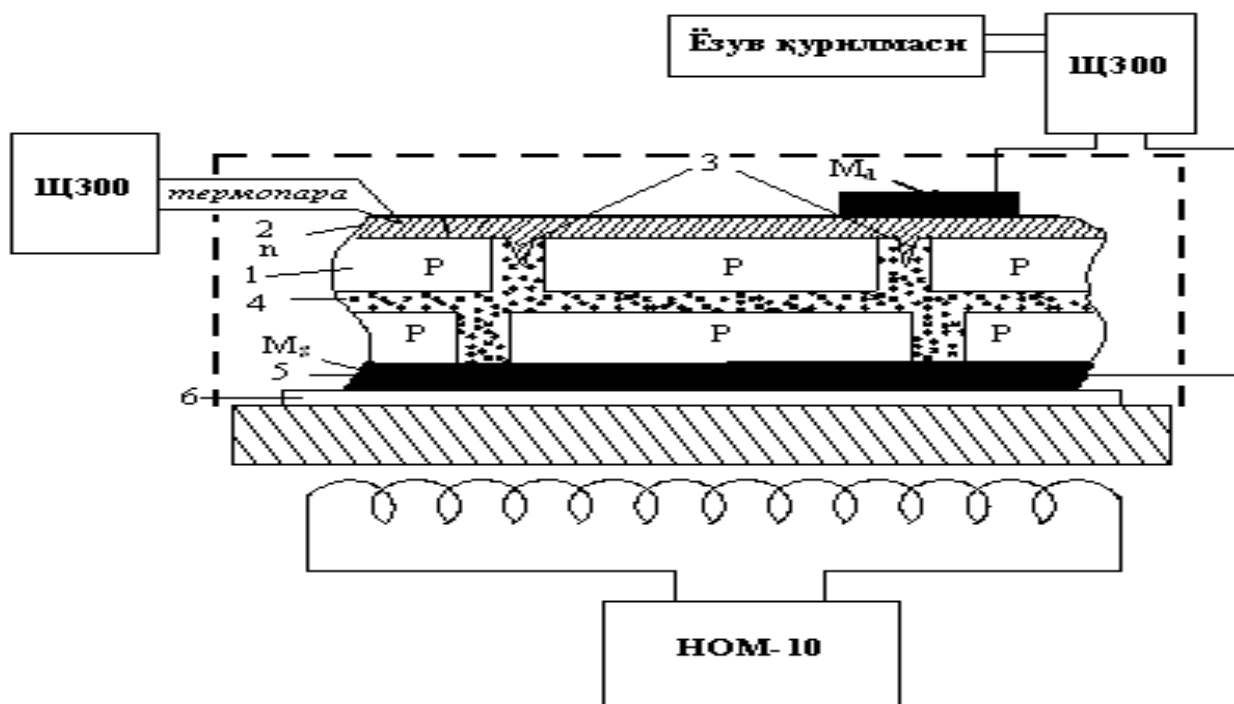
3.2.3. $p-n$ strukturali namunalarning elektrofizik xossalarini o'rganish usuli

$P-n$ tuzulmalarning elektrofizik xossalari asosan sig'im hamda volt-amper xarakteristikalarini aniqlashga asoslangan. Bu usullar $p-n$ o'tish chegarasidagi zaryad holatlarini tushuntirish imkonini beradi. Biroq, bu usullar aynan donadorlik chegara yoki donadorlik sohalaridagi $p-n$ tuzulmalarining xossalarini, zaryad ko'chish jarayonlarini, ular o'rtasidagi bog'liqlik yoki tafovut haqida to'la ma'lumotlar olish imkonini bermaydi. Olingan natijalar donadorlik chegaralaridagi rekombinatsiya markazlaridan iborat $p-n$ tuzulmalarning xossalarini, ularni aniqlash usullarini o'rganish to'la hal qilinmagan muammolardan biri hisoblanadi. Mazkur ishda, $p-n$ tuzulmalarning elektrofizik xossalarini o'rganish uchun tuzulmalarning volt-amper xarakteristikalarini o'lchashga asoslangan usul ishlab chiqiladi. 3.6-rasmda qurulma va namunaning soddalashtirilgan sxemasi keltirilgan.

Qizdirish pechi kuchlanishi *HOM-10* rusumli latr yordamida ta'minlanadi. O'lchashlar $300 \div 800$ K da olib boriladi. Namuna temperaturasi xromel-alyumel termoparalar yordamida *SH300* rusumli o'lchash asbobi yordamida nazorat qilinadi. $P-n$ tuzulmaning elektrofizik parametrlari ham *SH-300* rusumli o'lchash asbobi va unga parallel ulangan o'zi yozib boruvchi qurulma yordamida aniqlanadi. Tadqiqot ob'ekti termoizolyator (-----) bilan o'ralgan.



3.4 – rasm. p-n o'tishning VAX.



3.5-rasm. P-n tuzilmalarining elektrofizik xossalarini aniqlash qurulmasining soddalashtirilgan sxemasi: 1-p soxaning donadorligi; 2-n fosfor diffuziya qilingan qatlam; 3- fosforni donadorlik chegarasi bo'ylab diffuziyalangan holati; 4- ikki tutashgan donadorliklarning tuzilish modeliga xos donadorlik chegara sohasi; 5- M_d n soxa hamda M_s p soxa kontaktlari; 6- issiqlik o'tkazuvchanligi yuqori dielektrik (slyuda); (-----) – termoizolyator.

Namunaning soddalashtirilgan sxemasiga asosan, donadorlik shartli ravishda to'rt burchak shaklida berilgan bo'lib, ular 4 soha bilan ajratilgan.

Namuna sirti 2-n fosfor diffuziya qilingan qatlamdan hamda 3 fosforni donadorlik chegarasi bo'ylab diffuziyalangan sohalaridan iborat. Namunalarning old va arqa tomonlariga M_d n soha hamda M_s p soha kantaktlar hosil qilingan.

O'rganilayotgan namunalar o'lchami 40÷50 mm ni tashkil qiladi. Namuna o'lchamining elektrofizik xossalariga bog'liqligini o'lchash uchun namunalar turli o'lchamlarda qirqladi (3.7-rasm). Tatqiqotlar alohida-alohida namunalar hamda o'lchami bir xil bo'lgan namunalarni paralell va ketma-ket ulash orqali olib boriladi. Olingan natijalar jumladan, donadorlik chegaradagi p-n tuzilmada zaryad ko'chish jarayonini hamda kirishmali issiqlik voltaik effektlarning namoyon bo'lishini tushuntirish uchun termoelektron emissiya modelidan hamda u asosida taklif etilgan yangi, donadorlik chegaradagi p-n tuzilmaning modeli yordamida tushuntirildi.

Tekis p-n o'tishlar zamonaviy elektronika sohasida mustaqil asboblari (diodlar, triodlar), hamda barcha yarim o'tkazgich asboblarni ishini o'rganish va tushunish uchun muhim ahamiyatga ega.

p-n o'tish yaratilishining ba'zi usullari bilan tanishib o'tamiz:

1. *Eritish orqali*, bu usulda p-n sohani nazorat qilish qiyin, sabab, temperatura eritish vaqtiga bog'liq.

n-tip [111] qirrali Si plastinkasi Al bilan birgalikda (A1-tabletka) taxminan 580°S ga qadar qizdiriladi. Bu harorat evtektika nuqtasidan sal yuqoriroqdir. Bunda Si plastinka ustida Al-Si aralashmasi hosil bo'ladi. Harorat pasaygan sari (soviy boshlagach) aralashma qotadi, natijada akseptor (p) kirishmali soha hosil bo'lib, uni kristall holati Si plastinkanikidek bo'ladi. Demak, n-tipli asosda kuchli legirlangan p-soha hosil bo'ladi. p-soha ustidagi Al tomchisidan esa tok o'tishi uchun kontakt sifatida ishlatish mumkin, n-tomonidan omik kontakt olish uchun Au-Sb (1% Sb) qotishma purkaladi va 400°C gacha qizdiriladi, bunda kuchli legirlangan n^+ qatlam hosil bo'ladi. Agar asos p-tip bo'lsa, Al bilan AuSb o'rin almashtiriladi, ya'ni

2. *Diffuziya usuli* - bu usul kirishma taqsimotini 1-usulga nisbatan aniqroq bilishga imkon beradi. $T_0 \geq 1000^\circ\text{C}$

Si ga BBr_3 kirishmasidan B diffuziyalanadi. Plastinkani ma'lum (kerak) tomoni travleniedan saqlanishi uchun metall g'ilof bilan muhofazalanadi va qolgan tomonlari kimyoviy usulda tozalanadi. Natijada p - n mezostruktura hosil bo'ladi. Bu usul bilan p - n o'tishning geometrik o'lchamlarini juda aniq nazorat qilish qiyinroq. Bu muammo boshqa usullar, masalan, planar texnologiya, epitaksiya yoki ion legirlash usullaridan birontasini qo'llash bilan hal etilishi mumkin.

Planar texnologiyada geometrik o'lchamlarni juda aniq olish imkoni mavjud. Bu usul bilan Si sirtida yuqori haroratda yupqa SiO_2 (kremniy ikki oksid) qatlami hosil qilinadi. Biror usul bilan (fotolitografiya, rentgenolitografiya va bosh.) sirtning ba'zi sohalari tozalanadi, sirtida darchalar (yoki istalgan murakkab shakl) hosil qilinadi va ochilgan sohalarga p -tip kirishma diffuziyalanadi. Planar texnologiyada epitaksiya usuli juda keng qo'llaniladi. Epitaksiya yarim o'tkazgich material sirtida yupqa qatlamlarni kimyoviy reaksiya yordamida o'stirishdir. Bunda hosil bo'lgan qatlam kristall tuzilishi asos kristall tuzilishi kabi bo'ladi.

Shuningdek, kirishma konsentratsiyasi taqsimotini aniq nazorat qilish mumkin bo'lgan usul - ion implantatsiya usulidir. Ion implantatsiya past haroratda o'tkaziladi, termik ishlov ($\sim 700^\circ\text{C}$) yordamida ion implantatsiya jarayonida hosil bo'lgan nuqsonlar yo'qotiladi [23, 24].

p - n o'tishlar nazariyasi asosida barcha yarim o'tkazgich asboblarning ishlash prinsipi yotadi. p - n o'tishlar uchun tok kuchi (I) bilan kuchlanish (U) orasidagi bog'lanishni ko'rsatuvchi chizma p - n o'tishning volt-amper xarakteristikasi (VAX) deb ataladi. VAX p - n o'tishning juda muhim xarakteristika hisoblanadi. VAX, ya'ni $I \sim f(U)$ bog'lanish turli qonuniyatlarga bo'ysunadi.

VAX nazariyasining asoschisi Shaklidir, keyinchalik bu hodisani ko'p olimlar o'rgandilar va rivojlantirdilar.

Yarim o'tkazgichlar asbobsozligida va mikroelektronikada asosiy aktiv element sifatida p - n o'tish qo'llaniladi. p - n o'tish (diod) ning ishlash prinsipi uning

volt-ampere hamda volt-farada xarakteristikalarining o'ziga xos xususiyatlariga asoslangan.

Ideal (namunaviy) yarim o'tkazgich diodining VAXni ko'rib chiqamiz. Bunda diod volt-ampere xarakteristikasi quyidagi soddalashtirishlar orqali keltiriladi:

1. Tok bir o'lchamda o'tadi. p va n sohalarda aralashmalar konsentratsiyalari bir tekis, chegarada esa keskin o'zgaradi (keskin $p-n$ o'tish) 3.8-rasm.

2. $p-n$ sohasining o'tish kengligi (d) - kovaklarning n -sohada diffuziya bilan yugurish uzunligi $-L_n$ va elektronlarning p -sohada yugurish uzunligi $-L_p$ dan kichik. Bu esa elektron va kovaklarning hajmiy zaryad qatlamini rekombinatsiya (har xil zaryadlarning uchrashib yo'qolib ketishi) siz o'tishini bildiradi. Zaryadlarning issiqlik tufayli hajmiy zaryad so'hasida generatsiyasi (hosil bo'lishi) yo'q emas. Demak, $p-n$ o'tish nihoyatda ensizdir.

3. Yarim o'tkazgichning $p-n$ sohaslariga aralashma ko'p kiritilgan, ya'ni kovaklarning p -sohadagi va elektronlarning n -sohadagi muvozanatli konsentratsiyalari xususiy yarim o'tkazgichdagi tok tashuvchilarning konsentratsiyasidan sezilarli darajada ko'pdir. Bunday holda tashqi kuchlanishning hammasi $p-n$ o'tishga tushadi deb qarash mumkin.

4. Kuchlanishning teskari deb belgilangan yo'nalishida $p-n$ o'tishning sirqish toklari va "teshilishi" (tokning keskin oshishi) bo'lmadi. Shunday faraz qilinganida, $p-n$ o'tish yuzasi S bo'lgan ideal (namunaviy, mukammal) diodning volt ampere xarakteristikasi quyidagicha ifodalanadi:

$$I = I_N \left(\exp \frac{2V}{kT-1} \right) = j_N S \left(\exp \frac{2V}{kT-1} \right) \quad (3.6)$$

Bunda : I_s - issiqlik toki, j_s - tok zichligi, T - absolyut harorat, k - Bolsman doimiysi, $\phi_t = kT$ - harorat potentsiali, xona harorati ($T=300K$) uchun $kT=0,026$ eV. Yarim o'tkazgich asboblarning parametrlarini hisoblashda bu kattalik ϕ_t ko'p qo'llaniladi. (1) ifodadan ko'rinib turibdiki, barcha diodlar uchun VAX faqat

mikes koefitsienti, ya'ni issiqlik tufayli mavjud qiymati I_s bilan farq qilar ekan, ushbu diod uchun VAX keltirilgan [25].

To'g'ri yo'nalishda ($U>0$) o'zgaras tok manbai musbat qutbi p-sohaga va manfiy qutbi esa n-sohaga ulangan. Teskari yo'nalish deb, ($U<0$) manba qutblarining qarama-qarshi ulanganiga aytiladi.

3.9-rasmdan ko'rinadiki, to'g'ri yo'nalishda kuchlanishning ozgina o'zgarishiga tokning katta miqdor o'zgarishi mos keladi.

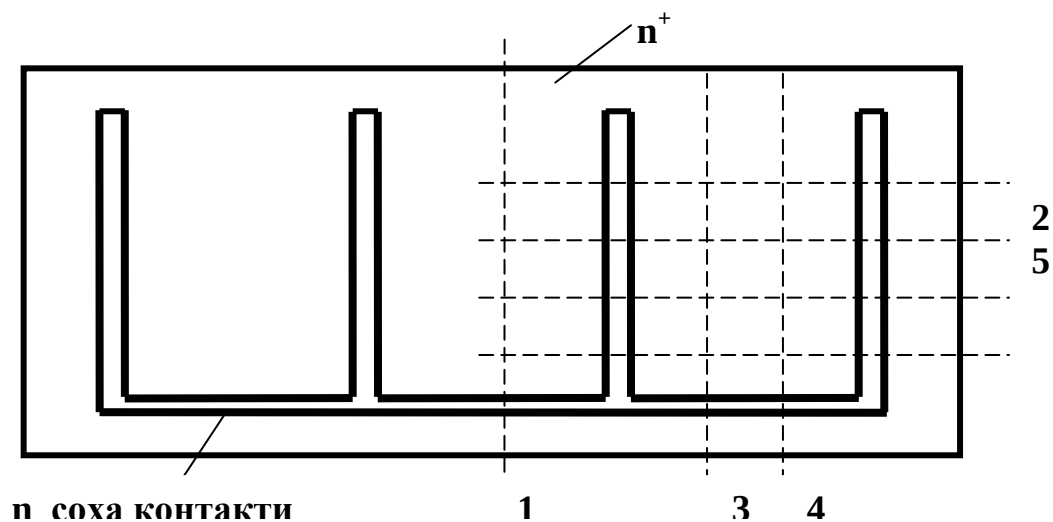
Misol uchun tokning 10 marta o'zgarishiga kuchlanishning 2,3 kT ($T=300$ K) da 5,99 mV o'zgarishiga kifoya. Tokning teskari yo'nalishida ($U<3kT$) ikkinchi hadni hisobga olmaslik mumkin. Bu holda $I_{tes}=I_s$, ya'ni etarli katta yo'nalishda tok to'yinadi va kuchlanishga bog'liq bo'lmaydi. Yarim o'tkazgich asboblarning ishlash haroratlarida kiritilgan aralashma hamma atomlari ionlashgan deb qarab, issiqlik toki uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$j_N = e \cdot n_j^2 \left(\frac{D_p L_n}{L_p N_a \tanh \frac{W_n}{L_n}} + \frac{D_n L_p}{L_n N_a \tanh \frac{W_p}{L_p}} \right) \quad (3.7)$$

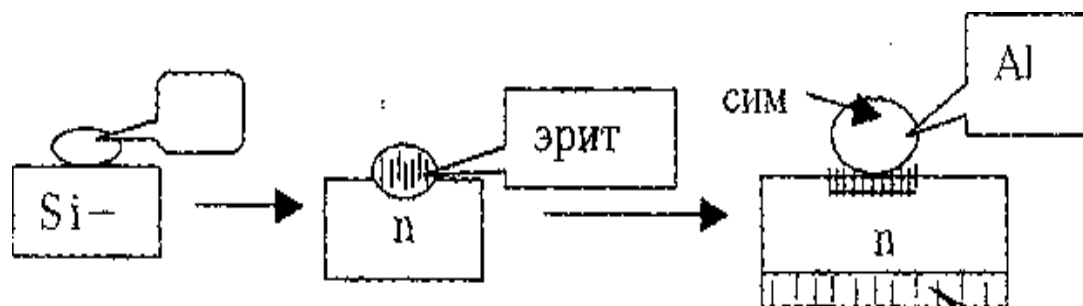
N_a , N_d kovaklarning p-sohada, elektronlarning esa n-sohadagi muvozanat konsentratsiyasi, n_i - xususiy tok tashuvchilar konsentratsiyasi, D_p , D_n - n sohada kovaklarning va p-sohada elektronlarning diffuziya koefitsientlari, W_n , W_p - p va n sohalarning qalinliklari [26, 27].

Issiqlik toklari material parametri (ta'qiqlangan zona kengligi) bilan aniqlanadi. Odatdagi hollarda bu kattalik germaniy uchun 10^{-2} – 10^{-5} A/sm², kremniy uchun 10^{-8} – 10^{-11} A/sm² atrofida bo'ladi.

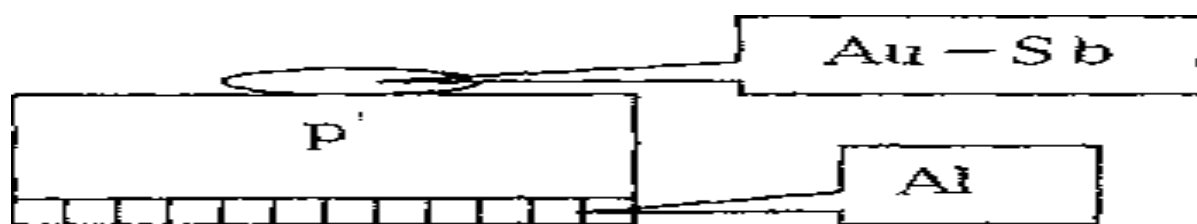
Amalda ko'p hollarda aralashma konsentratsiyasi bir sohada ikkinchi sohadagidan ancha katta bo'ladi - simmetrik bo'lmagan p-n o'tish. Katta konsentratsiyali soha emitter, kichik konsentratsiyali soha esa, baza deb yuritiladi. Aniqlik uchun p-soha emitter, n-sohani esa baza deb qabul qilamiz, ya'ni $N_a \gg N_d(p^+ - n)$. Bu holda (3.7) ifoda soddalashadi:



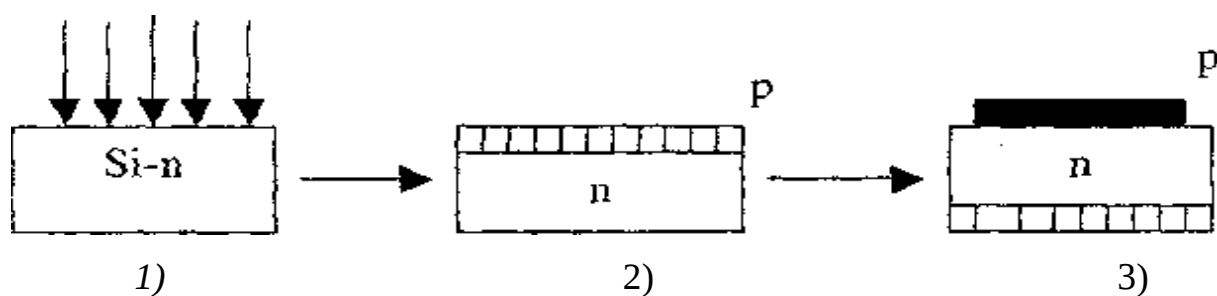
3.6-rasm. p-n tuzulmalarning qir qilish sxemasi (-----) – qir qilish chizig’i;
1÷5 qir qilish ketma-ketligi.



3.7-rasm. p-n o‘tishni olish usuli.



3.8-rasm. p-n o‘tishga kontakt.



3.9 - rasm. Si asosida p-n o‘tish olish.

$$j_N = e \cdot n_j^2 \frac{D_n}{L_p N_a th W_{Lp}} \quad (3.8)$$

(3.8) dan ko‘rinib turibdiki, diodda tok zichligi kattaligi elektron beruvchi (donor) aralashma konsentratsiyasi oshishi bilan, ya’ni - baza solishtirma qarshiligi oshishi bilan oshadi. Bundan tashqari $j_N \cdot \frac{W_a}{L_p}$ nisbatga bog‘liq. Keng bazali diodlarda $(W_n \gg L_p) th \cdot \frac{W_n}{L_p} \cong 1$, u holda,

$$j_N = e \cdot n_j^2 \frac{D_p}{N_d L_p} \quad (3.9)$$

Ensiz bazali diodlarda $W_n \ll L_p$ va $th \cdot \frac{W_n}{L_p} \cong \frac{W_n}{L_p}$,

$$j = e n_j^2 \frac{D_p}{N_d W_b} \quad (3.10)$$

bundan, W_n W_b baza kengligi.

XULOSA

Bitiruv malakaviy ishini bajarish jarayonida olib borilgan tadqiqodlar asosida quyidagi xulosalar qilish mumkin:

- 1) Yuqori vacuum sharoitida kremniy asosidagi yupqa qatlamli plyonkalar olish jarayoni o'rganildi.
- 2) UM-2 rusimli monoxramatorning tuzilishi va ishlash tamoyillari o'rganilib, turli namunalarning yorug'likka sezgirligining spektral xarakteristikolari o'rganildi.
- 3) Kremniy asosida yupqa p-n o'tishli namunalarning spektral xarakteristikolari tatqiq qilindi.

HAYOT FAOLIYATI XAVFSIZLIGI

Bitiruv ishining bu qismida ishlash jarayonida hayot faoliyatining xavfsizligi ta'minlash chora-tadbirlari ko'rib chiqiladi.

Hayot faoliyati deb insonni har kungi faoliyati, dam, olishi, yashash tarziga aytiladi.

Insonlarni texnosferadagi faoliyatining xavfsizligini asoslarini o'rganishga kirishishni avvalo tirik mavjudotlarning o'zaro va atrof-muhit bilan bir-biriga munosabati to'g'risidagi umumiy bilimlarda HFXni o'rnini bilishdan boshlash kerak.

XIX va XX asrlarda olimlarni atrof-muhitini o'zgarishiga insonlarni ta'siri xavotirga keltra boshladi. Biosfera o'zining xokimligini asta-sekin yo'qota boshlab, insonlar yashaydigan joylarda ishlab chiqarish rivojlanishi va tabiatga ta'siri natijasida texnosferaga aylana boshladi. Tirik va tirik bo'lmagan materiyadagi o'zaro biologik munosabatlar, fizik va kimyoviy jarayonlarga o'z o'rnini bo'shata bo'shata boshladi, jamiyatda tabiatni va insonlarni texnosferaning negative faktorlaridan muxofazalash talabi yuzaga keldi.

Jamiyatda va tabiatda yuzaga kelgan ko'pgina negativ faktorlarning avvalam bosh sababi insonlarni antropogen faoliyati bo'lib, xozirgi paytda ushbu muammolarni yechish uchun insoniyat texnosferani mukammallashtirib, odamlarga va tabiatga salbiy ta'sirini yo'l qo'yilgan darajaga pasaytirish hisoblanadi [28].

HFXning fan sifatidagi asosiy maqsadi insonlarni texnosferadagi negative antropogen va tabiiy ta'sirlardan himoyalash hamda hayot faoliyati uchun (qulay) komfort sharoitlar yaratishdan iborat.

Yashash siklida inson va atrof-muhit doimo harakatdagi «inson-yashash muhiti» tizimini hosil qiladi.

Yashash muhiti deb- hozirgi paytda inson faoliyatiga, uning sog'lig'iga va avlodiga bevosita yoki bilvosita, shu zahotiyoq yoki chetdan ta'sir ko'rsatuvchi

shartlab qo'yilgan fizik, kimyoviy, biologik, sotsial faktorlar yig'indisi bo'lgan o'rab turgan muhitiga aytiladi.

Bu tizimda faoliyat ko'rsatib, inson uzluksiz eng kamida ikkita masalani yechadi:

-ovqatga, havoga va suvga bo'lgan extiyojini qondiradi;

-yashash muhitidagi hamda o'ziga o'xshaganlar tomonidan salbiy ta'sirlarni yo'qotadi va muxofaza qilishini yaratadi.

Yashash muhitiga tegishli tabiiy salbiy ta'sirlar dunyo yaratilibdiki, mavjud bo'lib, biosferadagi tabiiy ofatlar hisoblanuvchi iqlimning o'zgarishi, yer silkinishi, momaqalldiroq va ularning manbalari hisoblanadi [29].

Yashash uchun kurash insonni doimo o'zini muxofazalash borasida izlanishlar olib borishga va mukammallashtirishga majbur qildi. Bu o'z vaqtida atrof-muxitiga ham salbiy ta'sir ko'rsata boshlaydi. XX asrga kelib yer yuzida biosferaning kuchaygan iflos zonalari yuzaga keldi, bu o'z navbatida qisman, ba'zi xollarda butunlay regional inqirozga olib keldi. Bunday o'zgarishlargaquyidagilar ta'sir ko'rsatdi:

Texnogen avariylar va falokatlar. XX asr o'rtalarigacha insonlar yirik miqyodagi avariya va falokatlarni amalgam oshira olmagan, texnika va ishlab chiqarishni mukammallashuvi natijada ular tabiiy ofatlardan ham o'tib ketdi.

Hodisa deb-insonlarga, tabiiy manbalarga negative tasiridan zarar keltiruvchi voqeaga aytiladi.

Avariya deb-texnik tizimdagi insonlarni vafotisiz yuzaga kelgan xodisaga aytiladi. Bunda texnik vositalarni qayta tiklashni imkoni bo'lmaydi yoki iqtisodiy jihatdan samarasizdir.

Falokat deb-texnik tizimlardagi insonlarni vafoti yoki yo'qolishi bilan kuzatiladigan hodisaga aytiladi.

Tabiiy ofat deb-Biosferani vayronlovchi, yer yuzidagi odamlarning o'limi yoki salomatligini yo'qotishga olib keluvchi favqulotdaghodisaga aytiladi.

Inson o'z faoliyati bilan tabiatga ta'sirida yer yuzining bir necha regionlarida biosferaning buzilishi natijasida yangi yashash muhiti- texnosfera yaratildi.

Biosfera-Yer yuzidagi hayotni tarqalish maydoni bo'lib, o'z ichiga texnogen ta'sirga yoliqmagani atmosferaning quyi qatlamini, gidrosferani va yerning yuqori qatlamini oladi.

Texnosfera-insonlarning o'zini moddiy va ijtimoiy-iqtisodiy ehtiyojlarini qoniish maqsadida bevosita yoki bilvosita texnik vositalar yordamida o'zgargan biosfera regionidir.

Ishlab chiqarish muhiti-inson ish faoliyatini olib boradigan bo'shliqdir.

Texnosfera sharoitida negative ta'sirlar texnosfera elementlari va insonlarning xatti-harakati asosida bo'ladi. Har bir oqimni o'zgarishiga yarasha «inson-yashash muhiti» tizmini qulay xolatdan o'ta xavfli xolatgacha o'zgarish mumkin.

Xavf deb- tirik va tirik bo'lmagan materiyaning shu materiyaning o'ziga, ya'ni odamlarga, tabiatga, moddiy boyliklarga ziyon keltiruvchi salbiy xususiyatiga aytiladi. Xavf HFXning markaziy tushunchasi hisoblanadi. Xavflarni tabiiy va antropogen kelib chiqaruvchilarga ajratish mumkin. Tabiiy xavflar xaroratni o'zgarishi, tabiiy ofatlar natijasida yuzaga kelsa, antropogen xavflar inson faoliyati natijasida hosil bo'ladigan chiqindilar, mexanik, issiqlik, elektromagnit energiyasini chiqindilarni atmosferaga, suv xavzalariga tushishidan xosil bo'ladi.

Ishlash qobiliyati-deganda ma'lum muddatda ishning soni va sifati bilan tavsiflanadigan inson organizmining funksional imkoniyatlarining kattaligiga aytiladi. Mehnat faoliyatida organizimning ishlash qobiliyati vaqt bo'yicha o'zgaradi. Mehnat qilish jarayonida insonning xolatini bir- birini almashtiruvchi uch fazaga ajratish mumkin:

-ishlash qobiliyatini oshish fazasi, bu vaqtda ishlash qobiliyati boshlang'ich davrdan ish xarakteriga va insoning individual xususiyatiga qarab sekin asta ko'tarilish davri bir necha minutda 1.5-2 soatgacha davom etadi;

-yuqori turg'un ishlash qobiliyati fazasi, bu fazaga yuqori mehnat ko'rsatkichlariga kam energiya sarfi bilan erishish xosdir, uning davomiyligi ishning og'irligiga qarab 2-2.5 soat davom etadi;

-ishchining asosiy ishchi organlarining charchash xissi bilan kechadigan ish qobiliyatining pasayish fazasi.

Ish joyini, ish qurollarini to'g'ri loyixalash, erkin mehnat sharoitini yaratish ish samaradorligini oshiradi, charchashni kamaytiradi va kasbiy kasaliklar kelib chiqish xavfini oldini oladi [28].

Ish joyini tashkil etishda ishlovchining antropometrik va psixofiziologik xususiyatini e'tiborga olish kerak, tik turib ishlash chog'ida ishchi uskunalarini joylashtirishda ayollar bilan erkaklarning bo'yi o'rtacha 11,1 sm ga, yonga chozilgan qo'llari 6,2 sm ga, to'g'riga chozilgan qo'llar farqi 5,7 sm ga, o'tirib ishlash chg'ida esa ayollarni tanasi erkaklarinikidan 9,8 sm ga past ekanligini nazarda tutish kerak.

Ish yuzasini balandligini bajarayotgan ishning og'irligiga, xarakteriga va aniqligiga qarab 12.2.032-78 va 21998-76 DAVST da beriladi.

Operatorning ishlash qobiliyatiga mashina va mexanizm pultlarini to'g'ri tanlash va joylashtirish salmoqli ta'sir ko'rsatadi. Pultlarni o'rnatishda shuni yaxshi bilish kerakki, boshini burmay ko'rish zonasi 120^0 ni boshini burib ko'rish- 225^0 , tepaga 30^0 va pastga esa 40^0 ni tashkil etadi.

Ish va dam olishni navbatma-navbat amalgam oshirish ishlash qobiliyatini yuqori turg'unligini ta'minlaydi. Bundan tashqari ish davomidagi zaruriy mikropauzalar butun ish vaqtining 9...10 foizni tashkil etishi kerak.

Insoning faoliyat ko'rsatishi uchun zarur shartlardan biri xonada o'zining normal tana xarorati $36,5^0\text{C}$ ni ta'minlovchi meteorologik sharoitni yaratishdan iboratdir, unday ta'minoti darajasini qay darajada buzilishiga bog'liq o'rtacha og'irlikdagi va og'ir jismoniy ishni bajarganda tana harorati o'zgarib turadi.

Texnosferaning negativ faktorlari

Atmosfera havosida doimo tabiiy va antropogen manbalardan yuzaga keluvchi aralashmalar mavjud bo'lib, tabiiy aralashmalarga o'simliklar, vulqonlar, kosmosda hosil bo'lgan tuproq yemirilishidan, dengiz tuzlarining bo'laklari yuzaga

keltiradigan changlar, tuman, o'rmonlar va chollardagi yong'inlarning tutuni va gazni va boshqalar. Ular bir meyorda tarqalgan yoki local xolatda, atmosfera ifloslanish darajasiga fonli bo'lib, vaqt o'tishi bilan sekin o'zgaradi.

Atmosfera havosini antropogen ifloslanishini asosan avtotransport, tissiqlik energetikasi va bir qator sanoat korxonalari yuzaga keltiradi [30].

Eng ko'p tarqalgan atmosferani ifloslovchi moddalarga uglerod oksidi CO, oltingugurt oksidi SO₂, azot oksidi, uglevodordlar va changlar kiradi. Bundan tashqari elektronika sanoatida ishlatiladigan xrom, oltingugurt, mineral kislata va organic moddalarning parlari yanada zaharli moddalar qatoriga kirib, hozirgi paytda ularning soni 500 dan oshib ketgan. Antropogen bug'lovchi moddalarning asosiy xususiyati ularning yashash joylarga yaqin yerda hosil bo'lib, yashash xonalariga kirib borishidir.

Quyosh radiatsiyasining asosiy qismi yer yuziga nurlanish diapazonida, yerdan qaytgani infraqizil nur diapazonida uzatiladi. Atmosferaga antropogen ta'sir ko'rsatishi natijasida quyidagi negative oqibatlar yuzaga kelishi mumkin:

- aholi yashaydigan shahar va qishloqlarda zaharli moddalar(CO, NO₂, SO₂, uglevodorodlar, benz(a) piren, benzol va b.) ning YQODsi ko'tariladi;

- NO, SO, O₃ va CH larning intensive tarqalishi kislota yomg'irlarni, parnik effektini yuzaga keltirishi mumkin.

Ishlab chiqarish korxonalari, energetika, aloqa va transport shahar va turar joy muhitini ifloslovchi asosiy energetik manbalar hisoblanib, titrash, akustik ta'sir, elektromagnit maydon va nurlanishlar, ionlovchi nurlanishlarni yuzaga keltiradi.

Uriluvchi texnologik jarayon, relsda yuruvchi transport, qurilish mashinalari, og'ir avtotransport vibratsiya manbai bo'lib, shahardagi turar joylarga tuproq orqali tarqaladi. Vibratsiyani ta'sir qilish zonasini uzunligi uning tuproqda so'nish kattaligiga bog'liq bo'lib, odatda 1dB/m tashkil etadi, suv bilan to'yingan tuproqda bu kattalik ancha yuqoridir. Relsli transport yuzaga keltirgan titrash magistraldan 50-60 m uzoqlikda, temirchilik ustaxonalariniki esa ancha olisroq, 150-200 m da so'nadi. Turar joy binolaridagi titrashni ularda joylashgan texnik qurilmalar lift,

transformator va nasoslar yuzaga keltiradi. Shahardagi shovqinni asosan transport vositalari, ishlab chiqarish uskunalari, sanitary-texnik qurilmalari yuzaga keltiradi, magistrallardagi shovqin darajasi 70-80 dB A va aeroport rayonida 90 dB A va undan ortiqqacha yetadi. Infratovush manbalari tabiiy-qurilish binolarini va suv yuzasini shamol urishi bilan, hamda antropogen raketa dvigatellari, katta hajimdagi ichki yonish dvigatellari, gaz turbinalari, transport vositalari bo'lishi mumkin.

Elektromagnit maydon manbalari radiotexnik ob'ektlar, television va radiolokatsion stantsiyalar, korxonalarning termik tseklari hisoblanadi.

Sanoat chastotasi (50 Гц) dagi elektromagnit maydon (EMM) ta'siri odatda yuqori kuchlanishdagi elektr uzatish tarmog'ida bo'ladi. Xonadagi EMM manbai televizor, display, o'ta yuqori chastota pechlari yuzaga keltiradi. Mikroto'lqin pechlarining himoya ekranlarini nosozligi EM nurlanishini sezilarli oshiradi.

Ionlovchi nurlarining ta'siri tashqi va ichki nurlanishdan bo'lishi mumkin tashqi nurlanishni roentgen va γ -nurlari, proton va neytron oqimi hosil qilsa, ichki nurlanishni inson organizmiga nafas olish va ovqat yeyish trakti orqali α va β -zarralari yuzaga keltiradi. Sanoat rivojlangan regionlarda yashovchi aholida bir yillik summa nurlanishning ekvivalent miqdori roentgen va diagnostic tekshirishlar ko'p bo'lganligi natijasida 30...35 ber/yil (yer yuzidagi yillik nurlanish miqdori 24 ber/yil) ni tashkil etadi.

Turar joylardagi radioaktivlik darajasi binoning qanday materialdan qurilganiga bog'liq, g'ishtli, temirbeton, shlakobeton uyda yog'och uydagidan bir necha marta ortiq bo'ladi. Gaz plitasi nafaqat zaharli moddalar bo'lmish NO_2 , CO ni keltiradi, balki radioaktiv gazlarni ham yuzaga keltiradi. Bularni barchasini xonadagi havoni tez-tez shamollatish orqali bartaraf qilish mumkin.

Yer yuzida ichimlik suvi 2% ni tashkil etib, undan foydalanishning o'rtacha qiymatlari quyidagichadir: - ishlabchiqarishda-53.1%; -xo'jalikda va ichish uchun-19.1%; - sug'orish uchun-14.3%; - boshqa ishlar-13.3%.

Odatda suvdan foydalanganda, avval uni ifloslaydilar, so'ngra suv xavzalariga to'kadilar. Ichki suv xavzalari metallurgiya, neftni qayta ishlash,

kimyo va elektroenergetika korxonalarining, qishloq va turar-joy xo'jaliklarining oqova suvlari bilan ifloslanadi.

Ifloslovchi moddalar biologik, ya'ni organik mikroorganizmlar suvning aylanishiga olib kelsa, kimyoviy moddalar suvning tarkibiga, fizikaviylari uning tiniqligiga va haroratiga ta'sir qiladi.

Biologik ifloslovchi moddalar asosan oziq-ovqat, meditsina va qog'oz ishlab chiqarish korxonalari (500 ming aholi yashaydigan shahardagi suvning ifloslanishiga teng) ning oqova suvlari bilan xavzalarga tushadi.

Biologik ifloslanishni kislarodni biokimyoviy foydalanish (KBF) bilan baholanadi. KBF_5 -suv tarkibini o'zgartiruvchi mikroorganizmlar tomonidan 5 sutka davomida 1L suvni to'liq organik moddalarini mineralizatsiyalash uchun sarflanadigan kislarod miqdori bo'lib, uning meyori $KBF_5=5$ mg/L, aslida esa bu ko'rsatkich ancha kattadir. Kimyoviy ifloslovchilarga neft mahsulotlari, og'ir metallar, ularning birikmalari, mineral o'g'itlar, petitsidlar, kir yuvish moddalari, qo'rg'oshin, simob, kadmiylar eng xavflidir [29].

Fizik ifloslovchilarga sanoat korxonalari, shaxta, kar'ernlarda foydalanilgan suvlar orqali birikmalar sifatida kelib tushadi.

Yerning ustki qatlamini buzilishi foydali qazilmalarni olish va boyitish, ishlab chiqarish va maishiy chiqindilarni ko'mish, harbiy mashq va sinovlar natijasida yuzaga keladi. Har yili yer ostidan qazib olingan massa hajmidagi ishlab chiqarishda faqat 7 % foydalaniladi, qolganlari yaroqsizligi tufayli bir yerga jamlanadi.

Asosiy ifloslovchi sanoatga rangli va qora metallurgiya (80%) korxonalari kirib, ular ifloslaydigan zona 20-50 km radiusda bo'lib, zaharli moddalardan nikel, benzapiren, simob, qo'rg'oshinning YQOD 100 barobar oshiqdir.

Tashqi muxitni muxofaza qilish muammosi bugungi kunning muammosi emas. Insoniyat taraqqiyotining turli bosqichlarida bu muammolar xa turli qirralari bilan ko'rinish berib kelgan. Masalan o'rta asr boshlarida jaxonning katta shaharlarida isitish uchun va boshqa maqsadlar uchun tosh ko'mirdan foydalanish

boshlangan kezlarda bu shaharlarda tutuning ko'payib ketishi natijasida odamlarning tutunga qarshi kurash e'lon qilingani xaqida ma'lumotlar bor.

Atmoskera xavosining bulg'anishi tushunchasiga xar ma'no berishga xarakat qilingan.

Bu tushunchani umumbashariy nuqtai nazaridan olib qarasak, dunyo miqyosida ajralib chiqayotgan zararli moddalar miqdorini ko'z oldimizga keltirishga to'g'ri keladi. Axborotnomalarda berilishicha Amerika Qo'shma Shtatlari issiqlik elektr stantsiyalarida tosh ko'mir yoqish natijasida xosil bo'ladigan changlarning tozalash qurulumalaridan keyin atmosferaga chiqarib yuborilayotgan miqdori yiliga 180.000.000 tonnani tashlik qiladi. Metallurgiya sanoatida ajraladigan chang miqdori 150.000.000 tonna deb keltirilgan. Yog'ochsozlik sanoatida esa bu miqdor 120.000.000 tonnani tashkil qiladi. Bu keltirilgan ma'lumotlar 1985-90 yillarga tegishli.

Ishlab chiqarish muhitidagi negativ faktorlari.

Ishlab chiqarish muhitini deb, negativ faktorlarning kuchaygan konsentratsiyasiga ega bo'lgan texnosferaning qismiga aytiladi. Negativ va zararlovchi faktorlarning asosiy tashuvchisi-bu mashina va boshqa texnik qurulumalar, kimyoviy va aktiv mehnat qurollari, energiya manbalari, ishchilarning kutilmagan xatti-harakatlari, faoliyatni tartibini buzilishi, hamda ish zonasidagi mikroiklim parametrlarining o'zgarishi hisoblanadi.

Negativ va zararlovchi faktorlar quyidagicha guruxlanadi:

fizikaviy- harakatlanuvchi mashina va mexanizmlar, shovqin va tebranishning, elektromagnit va ionlovchi nurlanishning yuqori darajalari, yaxshi yoritilmaganlik, statik elektroning yuqori darajasi va b.;

kimyoviy- agregat xolati turlicha bo'lgan zaharlovchi, ishlovchining asabiga teguvchi, modda va birikmalar [30];

biologik- zararlovchi mikroorganizmlar (bakteriya va viruslar) va ular faoliyatining mahsulotlari hamda ba'zi bir o'simlik va jonivorlar;

psixofiziologik- static va dinamik meyardan ortiq jismoniy yuklamalar, aqliy toliqishlar, analizatorlarning toliqishi, bir xil ishlash, emotsional yuklamalar.

Konkret ishlab chiqarish sharoiti negativ faktorlarning yig'indisi hamda zararlovchi faktorlarning ta'sir etish darajasi bilan tavsiflanadi.

Ishlab chiqarish korxonalaridagi o'ta xavfli ishlarga quyidagilar kiradi:

- 500 kg dan ortiq og'irligi bo'lgan uskunalarni o'rnatish va buzish;
- siqilgan gaz, kislota, ishqor va boshqa xavfli moddalar to'ldirilgan balonlarni tashish;
- 1.5 m dan yuqori balandlikda qurilish-montaj ishlarini olib bori shva tomonlarda ishlash;
- energetika tarmog'i zonasida qazuv ishlarini olib borish;
- quduqlarda, tunnallarda, transheya, dudburonlarda, isitish va eritish pechlarida, shaxta va kameralarda ishlash;
- yuk ko'tarish kranlarini, kranosti yo'llarini montaj, demontajlash, ta'mirlash;
- gidravlik va pnevmatik idish va maxsulotlarni sinash va b.

Negativ faktorlar ishlab chiqarish muhitida ishchilarni jarohatlanishiga va kasbiy kasalliklarga olib keladi.

Xalq xo'jaligidagi jaroxatlanish oluvchi eng ko'p uchraydigan kasblar quyidagilardir(%): haydovchi (18,9), traktorchi (9,8), chilangar (6,4), elektrmonter (6,3), gazomonter (6,3), gazoelektr payvandlovchi (3,9), har xil ishlarni bajaruvchi ishchi (3,5).

Kasbiy kasalliklar datda changlangan va turli gazlar bilan to'lgan xonalarda uzoq vaqt ishlovchilarda, shovqin va tebranish mavjud uskunalarda ishlovchilarda hamda og'ir jismoniy mehnat bilan shug'ullanuvchilarda uchraydi. 1987 yilda Rossiyada kasbiy kasalliklar quyidagicha taqsimlanadi(%):

Nafas yo'llarining kasallanishi (29,2), vibratsiya kasalligi (28), tayanch-harakat apparatini kasallanishi (14,4), eshitish organlarining kasallanishi (10,8), terikasalliklari(5,9), ko'z kasalliklari (2,2), boshqalar (9,5).

Negativ faktorlarni baholaganda uning inson salomatligiga va hayotiga ta'sir etish darajasi, organizmning funktsional xolatini va imkoniyatini o'zgarish xarakteri va darajasi, uning potentsial zahirasi a'tiborga olinadi.

Negativ faktorning yo'l qo'yilgan oxirgi darajasi deb, insonga ta'sir etib, o'ziga, avlodiga biologic o'zgarishlar, vaqtincha paydo bo'lgan kasallikni, shu jumladan immunologik reaksiyani o'zgarishi, asabiy o'zgarishlarni, ish qobiliyatini pasayishini yuzaga keltirmaydigan darajasiga aytiladi. YQOD ni ishlab chiqarish va atrof muhit uchun o'rnatiladi.

Uni qabul qilishda quyidagi printsiplarga amal qilinadi:

- texnikaviy va iqtisodiy samaradorlikdan tibbiy va biologic ko'rsatkichlarni ustun qo'yilishi;

- noxush faktorlarni, shu jumladan kuchli ta'sir etuvchi mutagen kimyoviy birikmalarni, ionlovchi nurlanishlarni chegaralanishi;

- xavfli va zararli faktorlarni yuzaga kelishidan avval ularni paydo bo'lishini oldini olish chora-tadbirlarini ishlab chiqarish va tatbiq etilishi.

Zararli modda deb, zamonaviy usullar bilan aniqlanadigan inson bilan kontaktga jarohatlanishlar, kasalliklar yoki sog'lig'idan chetga chiqishlar, umriga vakelgusi avlodiga ta'sir etuvchi moddaga aytiladi.

Hozirgi paytda inson o'z faoliyatida mavjud 7mln, kimyoviy birikmalardan 60.000 tasidan foydalanadi. Xalqaro maydonda yiliga 500-1000 gacha yangi kimyoviy birikmalar paydo bo'ladi.

Organizmga kimyoviy moddalar nafas yo'llari, oshqozon-ichak trakt iva zararlanmagan teri orqali kiradi. Maishiy zaxarlanish asosan dorilarning, kimyoviy moddalarning oshqozon-ichak traktiga tushushidan, qonga singishidan hosil bo'ladi.

Zaxarlanish o'tkir, surunkali shakillarda kechadi. *O'tkir zaxarlanish* guruh bo'lib odatda avariya, uskunalarining sinishi, mehnat xavfsizligi talablarini buzulishi natijasida ro'y beradi, zaxarli moddalarning ta'siri katta miqdorda qisqa vaqt (bir smenada) davom etishi bilan tavsiflanadi.

Surunkali zaxarlanish esa, zaxarning uzoq vaqt oz-ozdan organizmda to'planish natijasida ro'y beradi. Bunday zaxarlarga xlorlangan uglevodorodlar, benzol, benzin kiradi. Qaytadan bir turdagi zaxar bilan katta dozada zaxarlanish organizmni sensibilizatsiyalashga, ya'ni avvalgisiga nisbatan kuchliroq zaxarlanishga olib keladi. Sensibilizatsiya effekti shu bilan xarakterliki, odam qoniga va boshqa organlarida begona oqsil molekulalari hosil bo'lib, ozgina miqdordagi zaxarli modda xam juda ta'sirga ega bo'lib qoladi.

Moddalarni organizmga ta'sir etishiga qarab klassifikatsiyalar va umumiy xavfsizlik choralari DC (GOST) 12.0.003-74 bilan reglamentlanadi. DC ga asosan moddalar butun organizmni yoki aloxida tizimlarni (markaziy asab, qon aylanish tizimi) ni jigar, buyrak faoliyatini zaxarlovchi, nafas yo'lini, ko'zni, o'pkani, terini qichituvchi, allergen (laklar, formaldegid, nitroobirikmalar, erituvchilar) sensiblovchi, irsiyatga ta'sir qiluvchi (xushboy uglevodorodlar, xrom, nikel, asbest) moddalarga bo'linadi [28].

Ishchi zona xavosidagi zararli moddalarning YQOD deganda zamonaviy izlanish usullari orqali aniqlanishi mumkin bo'lgan, 8 s ish vaqtida, 41 soatlik ish xaftasida, butun ish jarayonida butun hayoti mobaynida inson sog'lig'iga, uning avlodiga zarar keltirmaydigan yoki kasallantirmaydigan miqdorga aytiladi.

YQOD ning boshlang'ich qiymatini o'rnatishda kurunkali ta'sir etishining boshlanish qiymati Lim_{ch} , zaxira koeffitsienti K_3 (10 va undan katta miqdorda) kiritiladi:

$$YQOD = Lim_{ch} / K_3$$

YQODni Lim_{ch} dan 2-3 marta kam darajada o'rnatiladi.

YQODni bir martali maksimal kontsentratsiyasi-ushbu nuqtada nazorat qilish davrida 30 minut davomida zararli moddaning qayd qilingan eng katta miqdoriga aytiladi. Bu qiymatni o'rnatishda insonning reflektorlik reaksiyasini bartaraf etish printsipli asos qilib olinadi.

Zararli va zaharli moddalarning ta'siridan yuzaga keladigan kasbiy kasalliklarga qo'yidagilar kiradi:

nafas yo'llarini zaharlanishidan (rinofaringolaringit, traxeit, bronxit, pnevmoskleroz, zaharli anemiya, gepatit, katarakta, kon'yunktivit, keratokon'yuktivit osteoporoz, osteoskleroz, shish kasalliklar, ayniqsa nafas yo'llarida, buyrakda, oshqozonda, turli xil toshmalar va b.)

Sanoatda ishlab chiqarish zaxarlari deb ishchiga mexnat faoliyati sharoitida ta'sir etadigan va ish qobiliyatini pasaytiradigan, shuningdek, sog'lig'iga putr yetkazadigan kasbiy yoki ishlab chiqarishda ro'y beradigan zaharlanishlarni tushuniladi.

Zaxarlar umumiy yoki maxalliy ta'sir qilishi mumkin. Umumiy ta'sir zaxarning qonga so'rilishi natijasida rivojlanadi. Bunda aksari nisbiy tanlash kuzatiladi, asosan ayrim organlar yoki tizimlar, masalan marganetsdan zaharlanishda asab tizimi, benzoldan zaharlanishda qon yaratish organlari zarar ko'radi. Maxalliy ta'sir to'qimalarning parchalanish maxsulotlari so'rilishi va nerv oxirlari ta'sirlanishidan chiqqan reflector reaksiyalar natijasida odatda umumiy xodisalar bilan xam o'tadi.

Ishlab chiqarishda zaharlanishlar o'tkir, o'rtacha o'tkir va surunkali formada o'tadi. O'tkir zaharlanishlar asosan gruppada bo'ladi. Bu zaharlanishlar quyidagicha tavsiflanadi:

1. Zaxarning ta'siri qisqa muddatli bir smenada bo'ladi;
2. Organizmga zaxar nisbatan katta miqdorda tushadi-xavoda zichligi (kontsentratsiyasi) juda yuqori bo'lganda, yoki zaharli moddani yanglishib ichib qo'yilganda, shuningdek teri zaharli modda bilan qattiq ifloslanishi natijasida;
3. Surunkali zaharlanishlar organizmga nisbatan oz miqdordagi zaxarlarnng uzoq vaqt ta'siridan asta-sekin yig'ilish natijasida paydo bo'ladi. Ular organizmda o'zi yig'ilishi yoki ularning keltirib chiqaradigan o'zgarishlari tufayli paydo bo'ladi.

Organizmning bir xil zaxaelar bilan surunkali va o'tkir zaharlanishda organizmlar va organizm tizimlarining shikastlanishlari bir biridan farq qilishi mumkin. Masalan, benzoldan o'tkir zaharlanishda asosan tizimi zarar ko'radi va

narkotik ta'sir kuzatiladi, surunkali zaxarlanishda esa qon xosil qilish tizimi zararlanadi.

O'tkir va surunkali zaxarlanishlar bilan bir qatorda o'rtacha o'tkir formadagi zaxarlanishlar farq qilinib, bular paydo bo'lishi va belgilarga ko'ra o'tkir zaxarlanishlarga o'xshash bo'lsada, biroq asta-sekin rivojlanadi va birmuncha surunkali kechadi. Ishlab chiqarish zaxarlari o'tkir, o'rtacha o'tkir va surunkali zaxarlanishgagina olib kelmasdan, balki boshqa salbiy oqibatlariga ham sababchi bo'ladi. Ular organizmning biologic qarshiligini pasaytiradi, yuqori nafas yo'llari qatori, sil, yurak-tomir tizimida kasalliklarning rivojlanishiga imkon yaratadi. Zaxarlarning ba'zi birlari genetik ta'siri ko'rsatib, mayib-majruxlikning rivojlanishiga olib kelishi mumkin. Ishlab chiqarishda zaxarlarning organizmga asosiy tushish yo'llari va teri qoplamlaridir, me'da-ichak yo'llari orqali tushishi kamroq ahamiyatga ega. Kamdan-kam xollarda zaxarlar terining shikastlangan qismlari orqali jiradi. Masalan, simobli o'lchov asboblari ishlab chiqarish jarayonida qo'l terisiga shikast yetganda simobning teri ostiga tushishi ehtimol.

Ishlab chiqarishda zaxarlanishning ko'pchilik qimizarli gazlar, bug'lar, tuman, aerozollar bilan nafas olish natijasida paydo bo'ladi. Bunga o'pka to'qimasi satxining kattaligi, zaxarning qonga tez tushishi va zaxarning nafas bilan olinadigan xavodagi turli organlar va tizimlarga o'tish yo'lida qo'shimcha to'siqlar yo'qligi sabab bo'ladi. Zaxarli moddalarnin xavodan qonga o'tishida, ularning o'tish tezligi suvda eruvchanligiga to'g'ri proportsional bo'ladi. Turli birikmalarning qonda eruvchanligi suvda eruvchanligiga yaqinligitufayli ularning alveolyar xavodan qonga o'tishi xam gazlar diffuziyasi qonunlariga binoan taqsimlash koeffitsenti deb nomlanadigan miqdorga bog'liq. Zaxarning alveolyar xavodagi miqdori qanchalik yuqori va uning suvda eruvchanligi katta bo'lsa, u qonga shunchalik tez tushadi va qondagi miqdori shunchalik yuqori bo'ladi [29].

Ayrim birikmalar o'pkadan arterial qonga o'tib, u orqali organizmning boshqa organlari va to'qimalariga tushiladi va ular bilan yaxshi o'zaro ta'sir qiladi. Tez reaksiyaga kirishadigan deb nomlangan bu moddalar qisqa muddat ichida butun organizmga tarqaladi. Sekin reaksiyaga kirishadigan moddalar arterial

qondan to'qimalarga bir muncha sekinlik bilan o'tadi, shunga ko'ra ularning arterial qondagi zichligi vena qonlaridagiga nisbatan yuqori bo'lib turadi. To'qimalar to'yina to'yina brogan sari bu tafovutyo'qoladi va moddaning nafas bilan chiqariladigan xavodagi zichligi uning nafas bilan olinadigan zichligiga yaqinlashadi. Tez reaktsiyaga kirishadigan moddalar nam shilimshiq pardalarning yuzasidek parchlanishga uchraydi va qonga o'zgargan maxsulotlar ko'rinishida so'riladi.

Zaxarlarning teri orqali tushishi, teri zaxarli moddalarning eritmasi va change bilan ifloslangandagina emas, balki xavoda zaxarli gazlar va bug'lar bo'lganda xam zaxarlar teri orqali so'rilishi mumkin, chunki teri nafas olish jarayonida qatnashadi. Bundan tashqari xavodagi zaxarli bug'lar va gazlar teridagi terda va yog' qatlamida erib, keyinchalik u orqali so'rilishi mumkin. Yog'larda va yog'simon moddalarda eruvchan zaxarli birikmalar uchun teri orqali o'tish aloxida axamiyatga ega.

Zaxarlarning teri orqalio'tishi faqatgina ularning yog'larda eruvchanligagina emas balki suvda eruvchanligiga xam bog'liq, chunki b uteri qoplamalaridagi erigan moddaninig qonga o'tish imkoniyatini ma'lum darajada belgilab beradi.

Ishlab chiqarish zaxarlarining teri orqali kirish xususiyatini gigenik normalashda va sog'lomlashtirish tadbirlarini o'tkazishda xisobga olinadi: bunday moddalar uchun xavodagi yo'l qo'yiladigan zichligi (kontsentratsiya) birmuncha past belgilanadi, teri qoplamalarini ximoya qilish chora-tadbirlari ko'zda tutiladi, ishdan keyin albatta dush qabul qilish tayinlanadi.

Zaxarning me'daga tushishi uning shilliq pardasi zararlanishiga, sekretsia bezlarining buzilishiga sabab bo'lishi mumkin. Nixoyat, me'da-ichak yo'llaridagi zaxarlar so'rilib, ko'p qismi vena tizmiga tushadi va jigar to'sig'i orqali o'tadi. Jigar zaxarli moddalarni zararsizlantirishda ishtirok etadigan eng aktiv organlardan biri xisoblanadi, biroq bunda uning o'zi zaxar ta'sir qiladigan a'zoga aylanib qoladi [30].

Zararsizlantirishning birinchi va asosiy yo'li-zaxarlarning kimyoviy tuzilishini o'zgartirishdir. Masalan, organic birikmalar ko'proq gidrooksidlanishga

uchraydi (OH-gruppalari xosil bo'lishi), bu jarayon asosan jigarda, buyrak osti bezlarida va boshqa organlarda aktiv amalgam oshadi. Zaxarlarning o'zgarish jarayonlari turli-tuman oksidlanish, qaytarilish, parchalanish, metillashish, sulfat va glyukuron kislatalari, aminokislotalar bilan murakkab juft birikmalar xosil qilishini o'z ichiga olib pirovrd natijada organizmda ko'pincha birmuncha zaxarsiz va aktiv moddalar xosil qiladi.

Zaxarlarning depolanishi va chiqarilishi ularning zararsizlantirilishida katta ro'l o'ynaydi. Depolanish-ya'ni zaxarli moddalarning u yoki bu organda yig'ilishi, qonda aylanib yurgan zaxar miqdorini vaqtinchalik kamaytirish yo'li xisoblanadi. Masalan, og'ir metallar aksari suyaklarda, jigarda, buyraklarda, ayrim moddalar-nerv tizimida yig'iladi. Bu murakkab jarayon zararsizlantirishning yaxshi usul hisoblanmaydi, chunki zaxarlar depodan qonga qayta tushishi mumkin. Zaxarlarning depodan qon oqimiga tushishi asabiy zo'riqishida, kasalliklarda, ichkilik ichilganda keskin ortishi mumkin, bu surunkali zaxarlanishning zo'rayishiga olib keladi.

Zaxarlarning zararsizlantirishning uchinchi yo'li ularni organizmdan chiqarishdir. Bu turli xil yo'llar: nafas olish, ovqat xazm qilish organlari, buyrak, teri qoplamalari, bezlar orqali amalgam oshadi. Zaxarlarni xaydab chiqarish yo'llari ularning fizik-kimyoviy xossalriga va organizmda o'zgarishiga bog'liq. Masalan alifatik va aromatic qatorlarning organik birikmalari odatda nafas bilan chiqarilgan xavo bilan qisman o'zgarmagan xolda ajralib chiqadi, qisman esa, o'zgargan xolda buyraklar va ovqat xazm qilish organlari orqali ajraladi. Zaxarlarning ajralib chiqish tezligi ularning organizmga tushan dastlabki kunlarida va haftalarida odatda yuqori bo'ladi, keyinchalik u pasayadi [31 – 33].

IQTISODIY QISM

I.Loyihani texnik-iqtisodiy asoslash

II.Investitsiya hajmini aniqlash

- Bino, inshootlar, dastgohlarning ijara qiymati investitsiya hajmi
- Material ishlab chiqarish zaxirasi qiymati investitsiya hajmi
- Tez yemiriladigan va arzon buyumlarning ijara qiymati investitsiya hajmi
- Nazorat – o‘lchov asboblarning ijara qiymati investitsiya hajmi
- Loyixani ishlab chiqarishga sarflangan investitsiya hajmi qiymati

III. Yillik daromad, iqtisodiy samaradorlikni aniqlang

IV. Harajatlarni qoplanish muddatini aniqlang

I. Loyihani texnik-iqtisodiy asoslash

- loyihaning maqsadi, vazifalari, ahamiyati, hozirgi talablarga javob bera olishi
- loyihaning iqtisodiy samaradorligi, qo‘llanish sferalari

II. Investitsiya hajmini aniqlash

Bitiruv ishi bo‘yicha sarflanadigan xarajatlarni quyidagi keltirilgan jadvallarda keltiramiz

Jadval 1.

Material, ishlab chiqarish zahiralari sotib olish investitsiya hajmi

	Materiallar nomi	Soni	Donasining bahosi	NDS 20%	Umumiy qiymati NDS bilan
	1 VT/soat	1	14000	2800	16800
	150 VT/soat	1	2100.000	420000	2520.000
	Jami				2536800 so‘m

Jadval 2

Arzon baholi innventarlar va o'lvov-nazorat asboblarini sotib olish
investitsiya hajmi

	Nomi	Soni	Donasining bahosi	NDS 20%	Umumiy qiymati NDS bilan
	Kethley 4200-SCS	1	107288		107288 \$
	UM-2 Universalnit monoxromator №570116	1			2000\$
	Pribor kombinirovanniy tsifrovoy SH-300	1			780\$
	Istochnik pitaniya postoyannogo toka B5-47	1			123\$
	Lator	1			40\$
	Vakuumba yupqa qatlamlar o'stirish qurilmasi	1			150.000\$
	Jami				260231\$=520.462 000 so'm

Jadval 3.

Asosiy fondlar qiymati

	Asosiy fondlar nomi	Soni	Asosiy fondlar Qiymati
	Laboratoriya	1	1000.000
	Pribor		520.462.000
	Jami		521.462.000 so'm

Amortizatsiya ajratmasi AF 20% tashkil qiladi

$$A_{otch} = 0,2 \cdot OF / 12$$

$$A_{otch} = 0,2 \cdot 521.462.000/12$$

$$A_{otch} = 8691033,333 \text{ so'm}$$

Joriy ta'mirlash va texnik xizmat uchun xarajatlar AF qiymatining 12%

$$P_T = 12\% \cdot OF/12$$

$$P_T = 0,12 \cdot 521.462.000/12$$

$$P_T = 5214620 \text{ so'm}$$

Jadval 4

Loyihani ishlab chiquvchi ishchilarning ish haqini hisoblash

	Bajariladigan ishlar nomi	Lavo- zimi	Kunlar soni	O'rtacha bir kunlik ish haqi	Bajarilga n Ishning Qiymati
	Loyiha mavzusini tanlash va Shakillantirish	SNS	1	17000	17000
	Mavzu bo'yicha ITA tanlash va O'rganish	MNS	2	9000	18000
	Tadqiqot ob'ektining tahlili	MNS	1	9000	9000
	Informatsion ta'lim bilan tanishish	MNS	1	9000	9000
	Ishni dolzarbligini asoslash	MNS	1	9000	9000
	Loyihaning texnologik jarayonlarini o'rganish	MNS	1	9000	9000
	Butlovchi elementlar asosini tanlash	MNS	1	9000	9000
	Materiallar va butlovchi qismlarga buyurtma	MNS	1	9000	9000
	Materiallar va butlovchi qismlarni olish va tekshirish	MNS SNS	1 1	9000 17000	9000 17000
	Yig'ish usullarini ishlab chiqish	MNS	1	9000	9000

	Tajriba o'tkazish	MNS	1	9000	9000
	Tajriba natijalarini tahlil qilish	MNS	2	9000	18000
		SNS	1	17000	17000
	Mustaxkamligini hisoblash	MNS	1	9000	9000
		SNS	1	17000	17000
	Iqtisodiy qism	MNS	1	9000	9000
		SNS	1	17000	17000
	Mehnatni muxofaza qilish	MNS	1	9000	9000
		SNS	1	17000	17000
	Taqriz berish	SNS	1	17000	17000
	Ishni shakillantirish va himoya	MNS	1	9000	9000
	Jami		24		272000

Asosiy ish haqi-barcha ishchilarning ish haqi va 40% miqdorida mukofot pulinig yig'indisi sifatida aniqlanadi

$$Z_{osn}=SOT \cdot 0,4 + SOT$$

$$Z_{osn}=272000 \cdot 1,4$$

$$Z_{osn}=380800$$

Qo'shimcha ish haqi asosiy ish haqining 10% hisobida olinadi

$$Z_D = K_D \cdot Z_{osn}$$

$$Z_D = 0,1 \cdot 380800$$

$$Z_D = 38080$$

Mehnatga haq to'lash fondi asosiy va qo'shimcha ish haqilarning yig'indisi sifatida aniqlanadi

$$FOT = Z_{osn} + Z_D$$

$$FOT = 380800 + 38080$$

$$FOT = 418880 \text{ so'm}$$

Ijtimoiy ehtiyojlarga xarajatlar FOT dan 25% mikdorida hisoblanadi

$$O_{fss} = 25\% \cdot FOT$$

$$O_{fss} = 0,25 \cdot 418880$$

$$O_{fss} = 104720 \text{ so'm}$$

Transport xarajatlari asosiy ish haqidan 20%

$$P_{TR}=0,2 \cdot Z_{OSN}$$

$$P_{TR}=0,2 \cdot 380800 \text{ so'm}$$

$$P_{TR}=76160 \text{ so'm}$$

Ishlab chiqarish ehtiyojlari uchun issiqlik xarajatlari

Uzunligi-10 m

Eni-5m

$$V=\text{Uzunligi} \cdot \text{Eni}$$

$$V=10 \cdot 5=50 \text{ m}^2$$

$$V=50 \cdot 663,05=33152,5 \text{ so'm}$$

Elektr energiyasiga bo'lgan xarajatlar quyidagi formuladan aniqlanadi

$$W=N \cdot T \cdot S$$

N–o'rnatilgan quvvat,

T–ishlatilgan vaqt

S-1 kVt /soat elektr energiya narxi

$$W=1 \cdot 144 \cdot 112,2$$

$$W=16156,8 \text{ so'm}$$

Investitsiya hajmi quyidagi formuladan aniqlanadi

$$K=MPZ+FOT+A_{of}+\sum P$$

$$K=2.536800+418880+8.691033,333+5.340089,3=16.986802,6 \text{ so'm}$$

Jadval 5

O'rganilgan ishning xarajat smetasi

	Xarajatlarning nomi	Kiymati
	Bajarilgan ishning qiymati	15994370,5
	Ishlab chikarish xarajatlari	12303361,9
	Ishlab chiqarish tannarxi	12.261473,9
	Davr xarajatlari	41888
	Material xarajatlari	2586109,3
	Xom – ashyo	2.536800
	Elektroenergiya	49309,3

	FOT	418880
	Ijtimoiy sug'urta	104720
	Amortizatsiya	8691033
	Boshqa xarajatlar	460731,65
	Asosiy ish xaqi	272000

Jadval 6.

Bajarilgan ishning iqtisodiy samaradorligini aniqlash

№	Ko'rsatkichlar nomi	o'lchov birligi	Summa qiymati	Izoh
1	Bajarilgan ishning qiymati	So'm	15.994370,5	Jadval
2	Ishlab chiqarish xarajatlari	So'm	12.303361,9	Jadval
3	Investitsii	So'm	16.986802,6	Formula
4	Iqtisodiy samara	So'm	3.691008,6	Formula
5	Qoplanish muddati	Oy	4,6	Formula
6	Rentabellik	%	22	Formula

Iqtisodiy samarani quyidagi formuladan aniqlaymiz

$$E=(S_1-S_2)\cdot Q$$

$$S_1=S_2\cdot 1,3$$

S_1 va S_2 – avvalgi va keyingi tannarx, Q -ishlab chiqarish hajmi,

$$E=(15994370,5-12303361,9)\cdot 1$$

$$E=3691008,6$$

Rentabellikni aniqlaymiz

$$R=E\cdot 100\%/K$$

$$R = \frac{3691008,6\cdot 100\%}{16986802,6}$$

$$R=21,7$$

Qoplanish muddatini aniqlaymiz

$$T_{OK}=K/E$$

E - iqtisodiy samara

K - kapital

$$T_{ok} = \frac{16.986802,6}{3.691008,6}$$

$$T_{ok} = 4,6 \text{ oy}$$

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. B.M.Abdurahmonov, L.O.Olimov, M. S.Saidov. Applied Solar Energy. 2008. V.44, № 1. P.46-52.
2. А.С.Саидов Препринт Р-9-681. Ташкент: Институт ядерной физики АН РУз, 2007. 8с.
- 3.Б.М.Абдурахмонов, М.М.Адилов, М.Х.Ашуров, Х.Б.Ашуров, Б.Л.Оксенгендлер. Препринт Р-8-693. Ташкент: Институт ядерной физики АН РУз, 2010. 36 с
4. Abdurahmonov B.M., Olimov L.O., Saidov M. S. ISSN 0003-701x,Applied Solar Energy.-2008.-Vol.44.№ 1.-P.46-52.
5. Саидов А.С.Термоэлектретные свойства технического кремния. –Препринт Р-9-681.- Ташкент: Институт ядерной физики АНРУз,2007.-8с.
6. Абдурахманов Б.М.,Олимов Л.О.Обнаружение примесных вольтайческих эффектов в монокристаллических кремниевых солнечных элементах. ДАН РУз.-Тошкент, 2009. -№4.-С.26-29 .
7. Абдурахмонов. Б. М., Адилов М.М.,Ашуров М.Х., Ашуров. Х.Б.,Оксенгендлер.Б.Л. Разработка и исследование кремниевых изотипных,одно и многопереходных тепловольтаических преобразователей энергии. 2012.-Vol.44.№ 1.-P.46-52.
8. Х.Б.Ашуров, Б.М.Абдурахманов, Ш.К.Кучканов, С.Е.Максимов, С.Ж.Ниматов. Тепловольтаические свойства кремниевых плёночных р-п структур, полученных вакуумным осаждением.Гелиотехника (Solar Engineering). 2012. №4. С.15-18; Applied Solar Energy. 2012. V.48 №4. P.245–247.
9. Б.М.Абдурахманов, М.М.Адилов, Ш.К.Кучканов, С.Е.Максимов, С.Ж.Ниматов Х.Б.Ашуров. Термоэлектрические явления в поликристаллических плёнках кремния. //В кн.: «Материалы Республиканской конференции (с участием ученых стран СНГ) «Современные проблемы физики полупроводников» СПФП-2011». Нукус. -

2011. – С.97-99.

10. Антонов П.И., Затуловский Л.М., Костигов А.С. и др. Получение профилированных монокристаллов и изделий способом Степанова. Л.: Наука, 1981.

11. Баграев Н.Т., Даниловский Э.Ю., Клячкин Л.Е., Маляренко А.М., Машков В.А. Спиновая интерференция дырок в кремниевых наносандвичах // Физика и техника полупроводников, 2012, том 46, вып. 1, Р. 77 – 89.

12. Х.Б.Ашуров, Б.М.Абдурахманов, Ш.К.Кучканов, С.Е.Максимов, С.Ж.Ниматов. //Гелиотехника (Solar Engineering). 2012. №4. С.15-18.

15. Малышева А.И. Технология производства интегральных микросхем. М.: Радио и связь, 2001.

14. Курносов А.И., Юдин В.В. Технология производства интегральных микросхем, приборов и интегральных микросхем. М.: Высшая школа. 1986.

15. Черняев В.Н. Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров. М.: Радио связь, 2007.

16. “Технология СБИС”, в 2-х книгах. Под ред. С. Зи. -М.: Мир, 2006.

17. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники. Учебное пособие. – М.: Университетская книга; Логос; Физматкнига, 2006. – 496 с.

18. Парманкулов И.П., Умирзаков Б.Е. ва бошқалар. Электрон асбоблар ва қурилмалар ишлаб чиқариш технологияси. Ўқув қўлланма. Тошкент, ТДТУ, 2002.

19. Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры. Под. Ред. Л.Ченга. К.Плога. М. 2005 г. 582 с.

20. Умирзаков Б.Е., Ташмухамедова Д.А., Мурадкабилов Д.М., Данаев С.Б. Эмиссионные свойства и глубина зоны выхода истинно-вторичных электронов нанопленок силицидов // ДАН РУз, 2011, № 4, с. 22 – 25.

21. Гусев О.Б., Поддубный А.Н., Прокофьев А.А., Ясиевич И.Н. Излучение кремниевых нанокристаллов. Обзор // Физика и техника полупроводников, 2013, том 47, вып. 2, Р. 147 – 167.

22. Викулин В.И. Физика полупроводниковых приборов. М.: Радио и связь, 2002.
23. Точницкий Э.И. Кристаллизация и термообработка тонких плёнок. Минск. Наука и техника. 2006.
- 24.. <http://www.epos.kiev.ua/pubs/spm.htm>
25. Данильцев В.М., Гусев С.А. и др. "Осаждение плёнок аммония на GaAs в процессе металло-органической газофазной эпитаксии». Поверхность 1996г. №1. с-36-41.
26. Умирзаков Б.Е. и др. «Влияние послеростового прогрева на состав и структуру плёнок Si/CoSi₂» Известия. РАН. Москва. 1998г, №7.
27. Умирзаков Б.Е., Нормурадов М.Т., Ташмухамедова Д.А., Ташатов А.К. Наноматериалы и перспективы их применения. Ташкент: MERIYUS, 2008.
28. <http://www.n-t.ru/nj/nz/1989/0901.htm>
29. www.nanonewsnet.com
30. www.nanobot.ru
31. www.nicrobot.ru
29. Sh.K.Mahmudova, M.S.Iskandarova «Kasbkasalliklari» Toshkent, Abu Ali Ibn Sino nomidagitibbiyotnashriyoti, 1996 y.
30. S.A. Boltaboyev, A.Batashov "HAYOTIY FAOLIYAT XAVFSIZLIGI FAN I DAN Ma'ruzalarto'plami" Namangan - 2007 yil.
31. I.A.Karimov "O'zbekiston XXI asrbo'sag'asida, xavfsizlikkatahdid, barqarorlikshartlarivatareqqiyotkafolatlari». Toshkent 1996 y.
32. www.qdots.com
33. <http://www.phys.rsu.ru/web/mano/nano.html>