

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM TA'LIM VAZIRLIGI
ZAHIRIDDIN MUHAMMAD BOBUR NOMIDAGI
ANDIJON DAVLAT UNIVERSITETI

Fizika kafedirasi

Qo'lyozma huquqida

Shokirov Yashnarbek

Optoelektron asboblari va ularni qo'llanilishi

5140200 – fizika yo'nalishi bo'yicha bakalavr akademik darajasini olish
uchun yozilgan

BITIRUV MALAKAVIY ISH

Ish rahbari : fizika- matematika fanlari nomzodi,
dotsent E.A. Musayev

Andijon - 2017 yil

MUNDARIJA

KIRISH	3
1. YARIMO'TKAZGICHLAR VA YARIMO"TKAZGICHLI ASBOBLAR HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR	
1.1. Yarimo'tkazgichli materiallat va ularni xossalari	4
1.2. Elektron – kovak o'tishlar va ularning VAX si.....	12
1.3. Yarimo'tkazgichli diodlar va tranzistorlar	19
II. YARIMO"TKAZGICHLI OPTOELEKTRON ASBOBLARNING ISHLASH PRINSIPI VA TURLARI	27
2.1. Optoelektronika va uning rivojlanishi.....	27
2.2. Yarimo'tkazgichli yorug'lik manbalari va qabul qilgichlar.....	28
2.2.1.Yarimo'tkazgichlarda yorug'likni yutilishi.	28
2.2.2. Yorug'lik nurlanish manbalari.....	31
2.3. Optoelektron asboblarni sinflarga bo'linishi va qo'llanilishi.....	35
2.4. Optoelektron asboblarda nurlanish turlari	38
2.5. Optoelektron asboblardagi fotoqabul qilgich turlari.	41
2.6. Optoelektron asboblarning konstruksiyalari	48
2.7. Optoelektron asboblarning parametrlari.....	50
2.8 . Optoelektron asboblarni belgilash va tamg'alash.....	50
2.9. Optoelektronlarni yutuqlari va kamchiliklari	52
XULOSA.....	53
FOYDANILGAN ADABIYOTLAR	54

KIRISH

Mavzuning dolzarbligi. Optoelektronika – yorug’lik va elektr usullaridan foydalanib axborotlarni ishlash , saqlash hamda uzatish masalalari bilan shug’ulanadigan elektronika bo’limi. Radioelektronika va hisoblash texnikasining taraqqiyot bosqichi sifatida yuzaga keldi.

Mavzuning o’rganish darajasi. Optoelektronika yarimo’tkazgich va vacuum elektronikadan o’zining zvenosi (fotonlar aloqasi) borligi bilan farq qiladi. Fotonlar elektr jihatdan neytiral b’lganligidan optik aloqa kanalida elektr va magnit maydonlari uyg’otilmaydi. Bu esa axborotlarni buzmasdan tekis uzatish va qabul qilishni ta’minlaydi. Axborotlar yorug’lik nuri yordamida uzatilganda aloqa liniyasida to’planib qolmaydi va sochilmaydi, shuning uchun axborot kechikmay, buzilmay , o’z vaqtida yetkaziladi.

Obekti va predmeti. Optoelektronikaning asosiy elementlari – yorug’lik mabarlari (lazerlar, yorug’lik diodlari), optik muhitlar(aktiv va passiv) hamda fotoqabulqilgichlar. Bu elementlardan turli nisbatda va ayrim – ayrim foydalanish mumkin. Optoelektronikani rivojlantirishning ikki yo’li – optik (kogerent optoelektronika) va elektrooptik (optronika) mavjud. Optronikaning rivojlanishi yorug’lik manbalari va fotoqabulqilgichlardan to’g’ri foydalanishga asoslangan.

Ilmiy va amaliy ahamiyati. Optoelektronikani rivojlanishi optoelektron asboblarni parametrlariga katta talablar qo’ymoqda. Bu esa ularni fan va texnikani turli sohalarida qo’llanilishiga olib keladi.

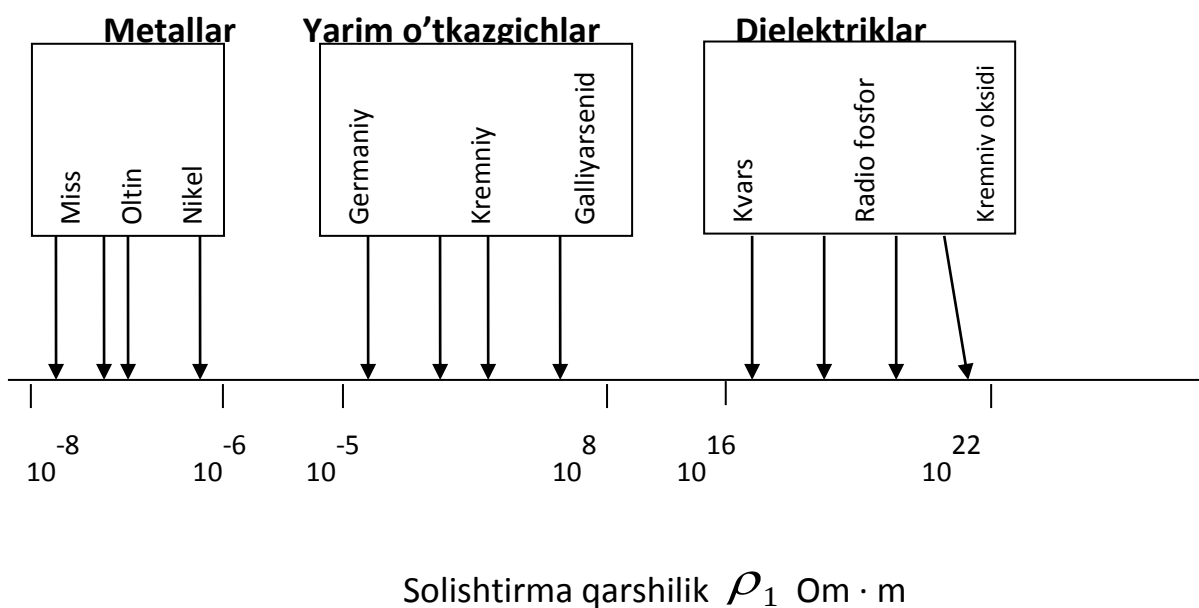
Ishning tuzilishi. Bitiruv malakaviy ish optoelektronika sohasini rivojlanishida katta ahamiyatga ega bo’lgan lazerlar va yorug’lik diodlarini paydo bo’lishi optoelektron asboblarni turli xillarini ishlab chiqarilishiga va qo’llanilishiga olib keldi. Ushbu ish optoelektron asboblarni o’rganishga bag’ishlangan bo’lib, kirish, ikkita bob, xulosa va foydalanilgan adabiyotlardan iborat.

I. YARIMO'TKAZGICHLAR VA YARIMO'TKAZGICHLI ASBOBLAR HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

1.1 Yarimo'tkazgichli materiallarning turlari va xossalari.

Yarimo'tkazgichlar elektronikasining rivojlanishi yarimo'tkazgichli materiallar fizikasi va ximyasining yutuqlari bilan bog'langan.

Yarimo'tkazgichlar solishtirma qarshiligi bo'yicha metallar va dielektriklar orasida turadi yarimo'tkazgichlar uchun solishtirma qarshilik $\rho = 10^{-5} - 10^8 \text{ Om} \cdot \text{m}$ ni, dielektriklar uchun $10^{16} - 10^{22} \text{ Om} \cdot \text{m}$, metallar uchun $10^{-8} - 10^{-5} \text{ Om} \cdot \text{m}$ ni tashkil qiladi



1-rasm. Metallar, yarim o'tkazgichlar, dielektriklarning solishtirma qarshiligi.

Yarimo'tkazgichlarda qarshilikni temperatura koeffisientini manfiy, ya'ni ularni qarshiligini temperatura oshgan sari kamayadi. Yarimo'tkazgichlar metallardan farqli ravishda kirishma konsentratsiyasi ishtirok etishi uni xossasini kuchli o'zgartirib yuboradi. Agar toza germaniyga $10^{-5} \%$ arseniy (As) kiritilsa uning qarshiligi 100 marta kamayadi. Yarimo'tkazgichlarda yorug'lik nuri, ionlovchi

nurlanish va boshqa energetik tasirlar natijasida ρ yetarlicha o'zgarishi kuzatiladi.

Yarimo'tkazgichlar tabiatda ancha keng tarqalgan moddalardir. Ularga quydagi kimyoviy elementlar: bor (B), uglerod (C), kremniy(Si), fosfor(P), oltin-gugurt(S), germaniy(Ge), arseniy(As), selen(Se), qalay(Sn), surma(Sb), tellur(Te), yod(I); kimyoviy birikmalar: $A^I B^{VII}$, $A^{III} B^V$, $A^{IV} B^{IV}$, $A^I B^{VI}$, $A^{IV} B^{VI}$ (Ci As, CiSi, CuO, Pbs va boshqalar), hamda ko'pgina tabiiy kimyoviy birikmali minerallar kirib, ularni soni 2000 dan ortiq va undan tashqari ko'pgina organik moddalar kiradi.

Elektronikada yarimo'tkazgichli moddalarning chegaralangan sonlari qo'llaniladi. Yarimo'tkazgichli asboblarda tayyorlashda na'muna material aniq bir fizik-kimyo va mexenik xossaga ega bo'lishi kerak.

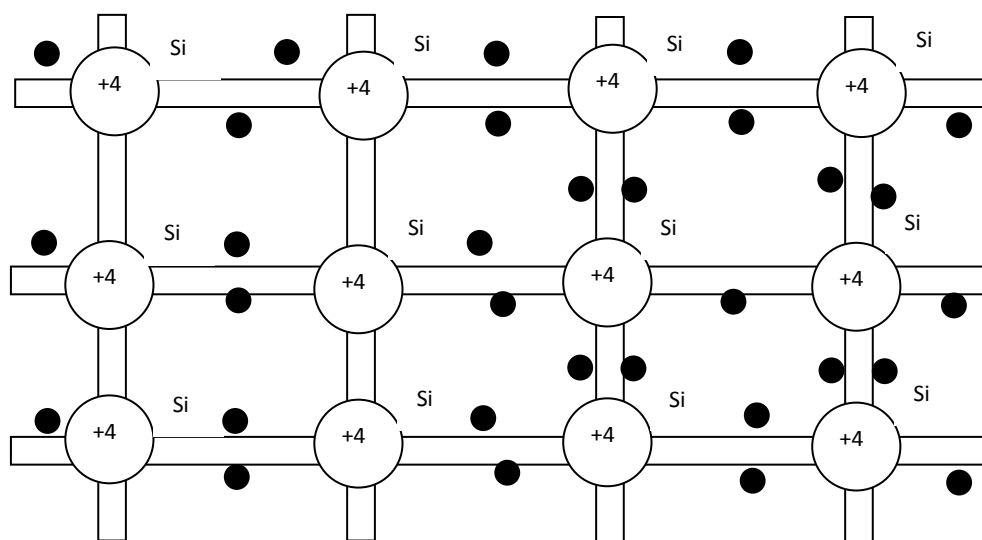
Ular ma'lum temperaturada aniq ρ ga ega bo'lishi kerak. Bunday solishtirma qarshilik yetarli katta erkin zaryad tashuvchilar bo'lishi bilan birga ular yarimo'tkazgich hajmida qarshilliksiz harakat qilishi kerak. Demak, shunday qattiq jism kerakki unda erkin zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi n_1 ularni diffuzion uzunligi L va yashash vaqti τ katta bo'lishi kerak.

Bunday talablarni monokristallar qanoatlantiradi. Biroq barcha monokristallar yarim o'tkazgich xossasiga ega bo'lmaydi. Yarim o'tkazgich kristallar orasida uncha ko'p bo'lmagan yarim o'tkazgichlar o'zining parametri va xossasi bilan yarim o'tkazgichli asboblarda tayyorlash uchun yaraydi. Bularga birinchi o'rinda kremniy va germaniy kirib, ular asosida juda ko'p turdagi yarim o'tkazgichli diskrit asboblarda va integral mikro sxemalar (IMC) tayyorlanadi. Bor, fosfor, arseniy, surma, indiy, galliy, alyuminiy kabilar kirishmalar sifatida foydalaniladi. Keyingi yillarda bazi bir birikmalar masalan galliy arsenid (Ga As) indiy antimonid (In Sb) va boshqalar ham qo'llaniladi. Tayyorlanadigan asboblarda kremniy va germaniyning asosiy parametrlari ρ -solishtirma qarshiligi, E_g man qilingan zona kengligi, n- yoki p- erkin zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi (elektronlar va kovaklar); L -diffuzion

uzunlik, τ – zaryad tashuvchilarning yashash vaqti bilan aniqlanadi. Bu parametrlarni baholash uchun yarim o'tkazgichli material kremniy va germaniyni kristal tuzilishini bilish kerak.

Kremniy va germaniy kristali takroriy strukturaga ega kremniy va germaniy kristali panjarasi tetraedik yoki olmos turdagi panjaradan iborat.

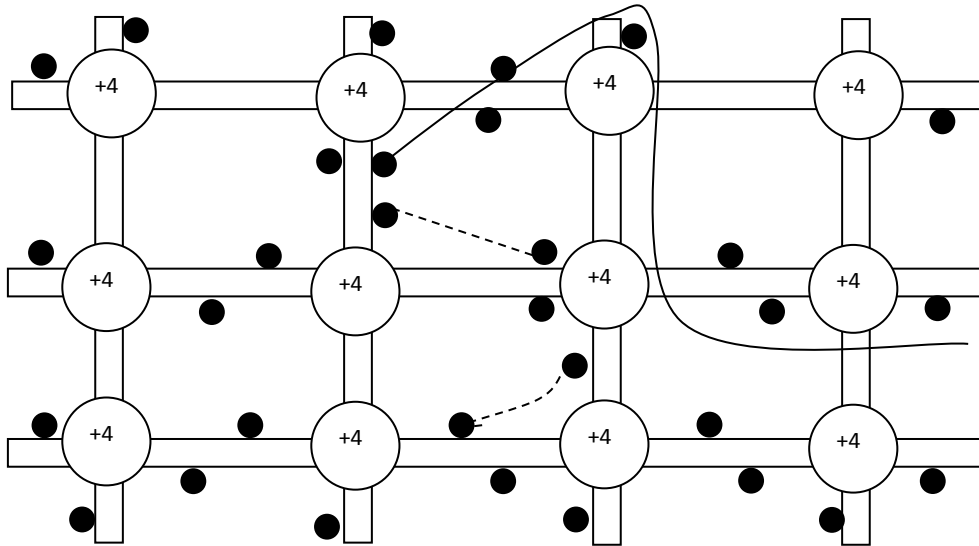
Yarimo'tkazgichli materiallarda fizik jarayonlarni ko'rishda yassi ekvivalent tetraedik panjaralardan foydaalanish qulay (2-rasm). Misol tariqasida kremniy kristal panjarani yassi tasvirini ko'ramiz. Bunda katta aylanalar kremniyni ionlari ko'satilgan atom yadro'si ichki qobiqlardagi elektronlar bilan musbat +4 zaryadi bilan tashqi qoboqdagi 4 ta manfif zaryadli elektronlar bilan tenglashadi, elektronlar esa kichik aylanalar bilan ko'rsatilgan. Shunday qilib, tashqi qobiqda 4 ta o'z elektronlar bo'lib 4 ta tashqi qo'shni atomlarning 4 ta elektronlari bilan kovalent bog'lanadilar.



2-rasm. Yassi tasvirda kremniyning kristal panjarasi

Absolyut no'l temperaturada tashqi qobiq elektronlar kovalent bog'lanishda qatnashadi, bunda kremniy izolyator bo'ladi chunki o'tkazuvchanlikni hosil qiluvchi erkin elektronlar bo'lmaydi absolyut temperaturadan farqli

temperaturalarda panjara atomlari tebranadilar va bazi bir elektron o'z atomidan chiqib ketish energiyasini oladilar bunda kovalent bog'lanish buzilishi natijasida elektron o'tkazuvchanlik kovak hosil qiladi. Shunday qilib, panjarani issiqlik tebranishlari hisobiga elektron kovak juftlik generatsiyalanadi. 3- rasmda erkin elektronni rekombinatsiyagacha bo'lgan holati uchun shartli belgisi ko'rsatilgan.



3-rasm Yarimo'tkazgichda erkin elektron va kovaklarni harakarti (uzluksiz chiziq elektron harakati, uzuk chiziq – kovak harakati).

Rasmdan korinib turibdiki , elektron panjara ichida har qanday holatni egallashi mumkin kristal bo'yicha uzilgan aloqa qozg'algan kovak ma'lum holatni egallamaydi u bir atomdan boshqasiga kovalent bog'lanishini buzilishi hisobiga qo'shni atom elektronini ko'chishi hisobiga paydo bo'lib ko'chadi. Bunda yangi uzilgan bog'lanish hosil bo'ladi va h.k Shunday qilib, erkin elektron va kovak mavjud va bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda harakatlanadi

Tashqi kirishmalari bo'lmagan yarim o'tkazgich xususiy yarimo'tkazgich deyiladi. Xususiy yarimo'tkazgichda elektronlar va kovaklar konsenratsiyasi bir – biriga teng bo'ladi. U xususiy konsentratsiya deyilib n_i bilan belgilanadi

$$n_i \frac{2}{i} = AT^3 \exp(-\Delta E_{go} / kT) \quad (1)$$

bu yerda A proporsionallik koeffissienti, T- absolyut temperatura: ΔE_{go} - O K da man qilingan zo'na kengligi bo'lib elektronni valent zo'nadan o'tkazuvchanlik zo'nasiga berishi kerak bo'lgan energiya, k- Bolsman doimiysi.

Kremniy uchun $E_{go} = 1.21 \text{ eV}$, germaniy uchun 0.78 eV uy temperaturasida xususiy konsentrasiya kremniy uchun $n_i = 10^{10}$, germaniy uchun $n_i \approx 2 \cdot 10^{13} \text{ эл /sm}^3$

Elektr maydon tasirida elektronlar va kovaklarning tezlik qobilyati harakatchanlik deyiladi. Harakatchanlik birlik kuchlanganlik maydonida elektr toki tashuvchilarning tezligi

Yarim o'tkazgichlarning solishtirma o'tkazuvchanligi

$$\sigma = nq\mu_n + pq\mu_p$$

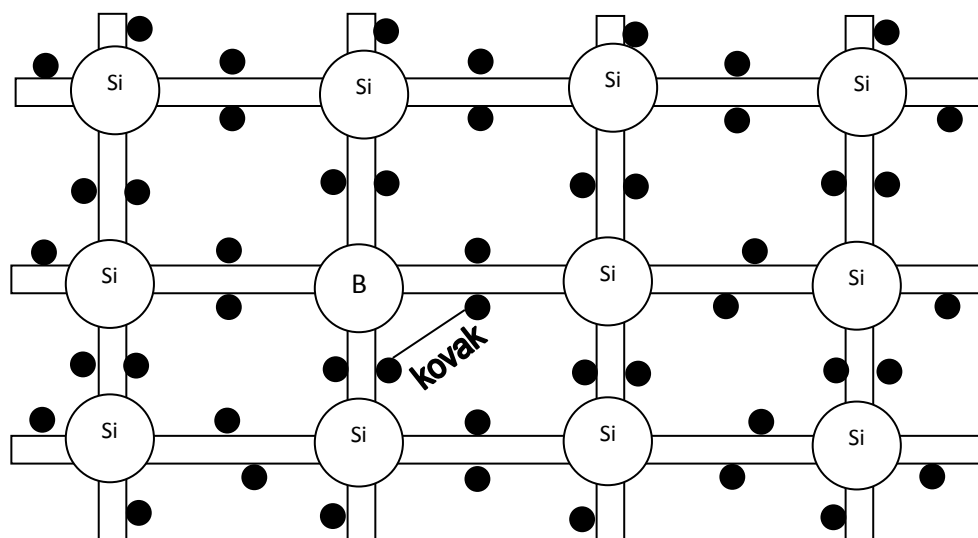
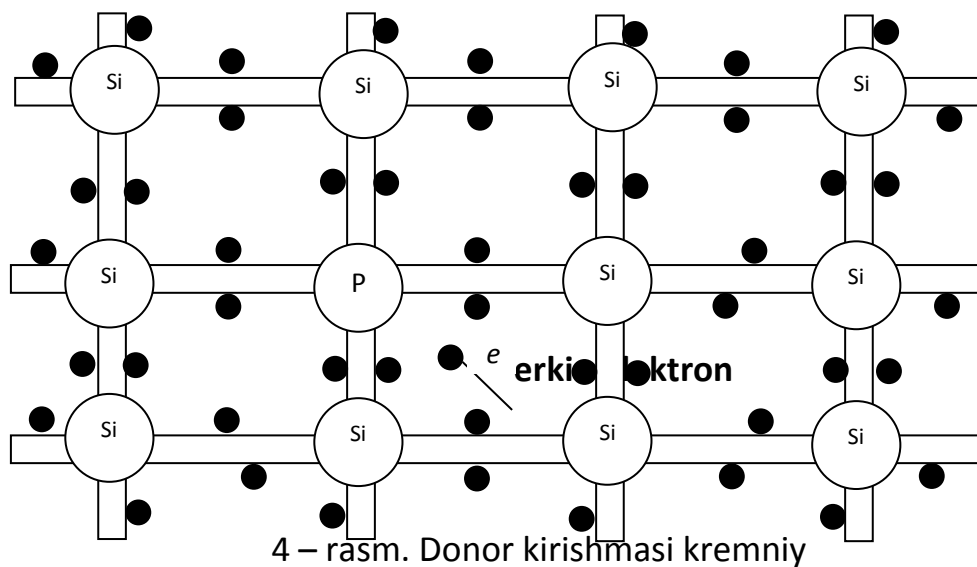
bu yerda μ_n va μ_p elektornlar va kovaklar harakatchanligi; q elektron zaryad.

Kremniy va germaniyda elektronlar harakatchanligi kovaklar harakatchanligidan 2 – 2,5 marta katta, shuning uchun xussiy yarimo'tkazgich o'tkazuvchanligi elektrton xarakterga ega. Xususiy kermnining uy temperaturasidagi solishtirma qarshiligi $2,3 \text{ k} \cdot \text{Om} \cdot \text{m}$, germaniydiki - $0,6 \text{ Om} \cdot \text{m}$.

Xususiy yarimo'tkzgichlarning solishtirma qarshiligi temperaturasi oshishi bilan kamayadi, metllarda esa ortadi.

Yarimo'tkzgichli asboblarni tayyorlashda o'tkazuvchanligi *n*-tur va *p*- turdagi yarimo'tkzgichlardan foydalaniladi. Yarimo'tkzgichlarni *n* turdagilarini hosil qilish uchun donor kirishmalar xususiy yarimo'tkzgichga kiritish bilan hosil qilinadi. Donor kirishmalariga davriy sistemaning V-guruh elementlari yani fosfor, arseniy va surma kiritiladi. Kiritish monokristalni o'stirish yoki diffuziya usullarida amalga

oshiriladi. Yarimo'tkzich p -turi, yani kovak o'tkazuvchanlikdagi yarimo'tkzichni olish uchun akseptor kirishmalar kiritiladi. Akseptor kirishmalar sifatida bor, galley, alyuminiy va indiy Davriy sistemani III guruh elementlaridan foydalaniladi.



Donor va akseptor kirishmalar konsentratsiyasi yarimo'tkzichning birlik xajmiga kiritilgan kirishmalar atomlar soni bilan aniqlanadi

Donor kirishmalar konsentratsiyasi N_{D1} akseptorlar esa N_A biln belgilanadi.

Yarimo'tkzglichga kirishmalar kiritilganda, uning bazi bir atomlari kristall panjara atomlari bilan o'rinn almashadi. 4- rasmda yarimo'tkzglich kristall panjara atomlari donor kirishma atomlari bilan o'rin almashgani ko'rsatilgan. Kristalda kirishma konsentratsiyasi hisobiga elektron o'tkazuvchanlik ortadi, chunki kirishma atominig elektronlaridan biri kristall panjara bilan kuchsiz bog'langan. Bu bog'lanish uy temperaturasida ajralgan bo'ladi. Demak, elektron yarimo'tkzglichda erkin to'k tashuvchi bo'lib qoladi.

5-rasmda akseptor kirishmali yarim o'tkzglichning kristal panjarasi ko'rsatilgan. Yarimo'tkzglichga akseptor kirishma kiritilishi natijasida yarim o'tkzglich kristalida kovaklar konsentratsiyasi oshadi

Kirishma yarimo'tkzglich o'tkazuvchanligiga yetarli tasir qilishi uchun N_D yoki n_i ga nisbatan bir necha tartibda katta bo'lishi kerak.

Bu holda muvozanatdagi elektronlar konsentratsiyasi n_n amalda donor kirishma konsentratsiyasiga teng

$$n_n \approx N_D \quad (2)$$

Muvozanatdagi kovaklar konsentratsiyasi p_n quyidagi tenglamadan topiladi

$$n_n p_n = n_i^2 \quad (3)$$

$$p_n = n_i^2 / n_n = \frac{n_i^2}{N_D} \quad (4)$$

Natijada donor korishmali yarimo'tkzglichda n_n ortishi, kovaklar konsentratsiyasini ancha kamayishiga olib keladi, yani

$$p_n \ll n_n \quad (5)$$

SHunga asosan donor kirishmali yarimo'tkzgich n-turdagi yarimo'tkzgich deyiladi. Donorli yarim o'tkzgichlarni elektronlar asosiy, kovaklar esa asosiy bo'lmagan tashuvchilar deyiladi

(2) formuladan kelib chiqadiki, asosiy to'k tashuvchilar konsentratsiyasi temperaturaga bog'liq emas. (1) va (4) fo'rmulaga asosan asosiy bo'lmagan tashuvchilar konsentratsiyasi temperaturaga kuchli bog'liq.

p-turdagi yarim o'tkzgichda kovaklar konsentratsiyasi

$$p_p \approx N_A \quad (6)$$

Kovaklar va elektronlar ko'paytmasi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi

$$n p_n = n_i^2 \quad (7)$$

Demak, asosiy bolmagan tashuvchilar

$$n_p = n_i^2 / p = n_i^2 / N_A \quad (8)$$

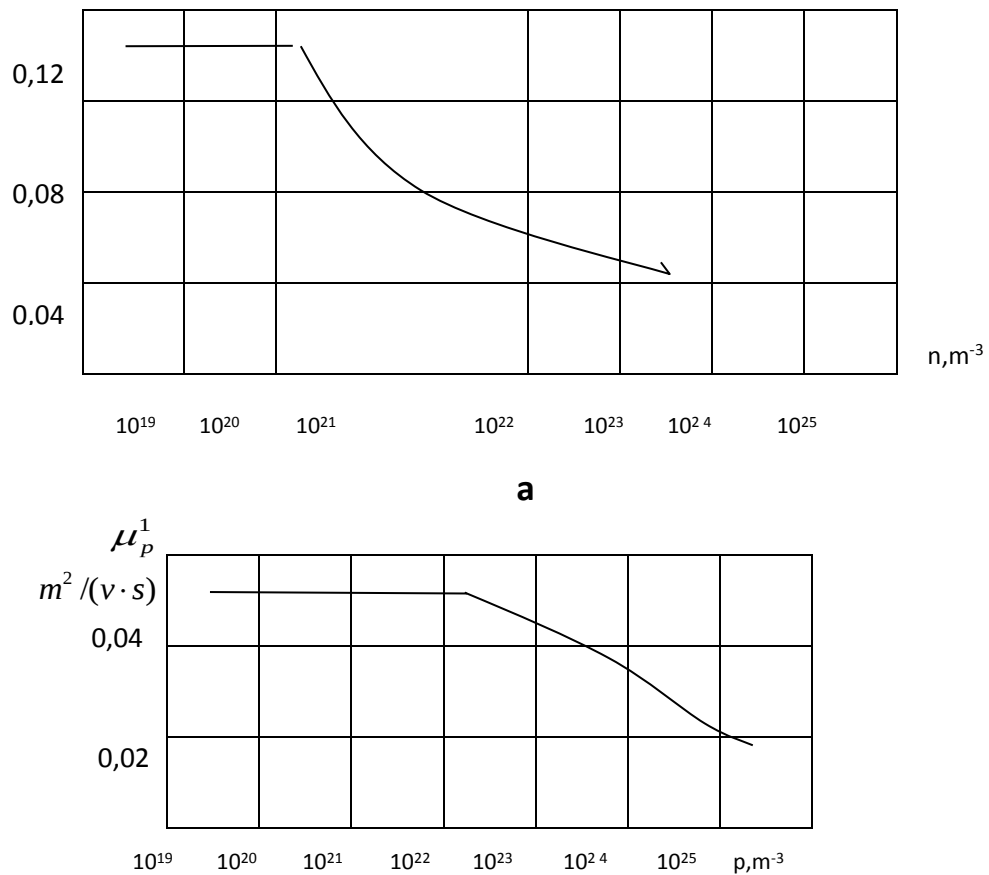
Bu asosiy tok tashuvchilariga nisbatan juda kichik, ya'ni

$$n_p \ll p_p \quad (9)$$

a) sekin diffenziyalanuvchi kirishmalar: b) tez diffenziyalanuvchi kirishmalar

Elektr aktiv kirishmalar konsentratsiyasining kremniy solishtirma qarshiligi va zaryad tashuvchilar harakatchanligiga ta'siri mavjud. Agar legirlangan kirishma konsentratsiyasi 10^{22} m^{-3} dan yuqori bo'lsa, uy temperaturasidan zaryad tashuvchining ionlashgan kirishmalarda sochilishi asosiy rol o'ynaydi. Toza kremniy kristalida elektronlar harakatchanligi kovaklar harakatchanligidan uch marta ortiq. Kristallarda legirlash darajasini ortishi natijasida zaryad tashuvchilar harakatchanligi kamayishi solishtirma o'tkazuvchanlikning legirlovchi kirishma konsentratsiyasiga bog'liqliq noxiziq bo'lishiga olib ketadi (6-rasm). Kremniy kristalida zaryad tashuvchilar harakatchanligi kichikligi va kirishmalar eruvchanligi kichikligi va kirishmalar eruvchanligi chegaralanganligi tufayli solishtirma qarshiligi

10^{-5} Om.m dan kichik kremniy olishni qiyinlashtiradi. Kirishma atomlari soni 10^{22} m^{-3} dan ortiq bo'lganda yarim o'tkazgichda turli birlashmalar va mikroaralashmalarning ikkinchi fazasi hosil bo'ladi. Bu esa kirishmalarning elektr aktivligi o'rganishiga olib keladi. Natijada zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi bilan donor va akseptor konsentratsiyasining o'rtasida nomoslik hosil qiladi.



6-rasm. Kremniyda asosiy zaryad tashuvchilar harakatchanligini elektronlar va kovaklar konsentratsiyasi bog'liqligi.

1.2 . Elektron-kovak o'tishlar va ularning VAXsi

Yarimo'tkazgichli asboblarning ko'pchiligi bir jinsli bo'lgan(tok tashuvchilari har xil) yarim o'tkazgichlardan tayyorlanadi. Xususiyl holatda bir jinsli bo'lgan

yarim o'tkazgich bir sohasi p-turdagi, ikkinchisi esa n-turdagi monokristaldan tashkil topadi.

Bunday bir jinsli bo'lgan yarim o'tkazgichning p va n – sohalarining ajralish chegarasida xajmiy zaryad qatlami hosil bo'ladi, bu sohalar chegarasida ichki elektr maydoni yuzaga keladi va bu qatlam elektron – kovak o'tish yoki p-n o'tish deb ataladi. Ko'p sonli Yarimo'tkazgichli asboblarda va integral mikrosxemalarning ishlash prinsipi p - n o'tish xossalari asoslangan.

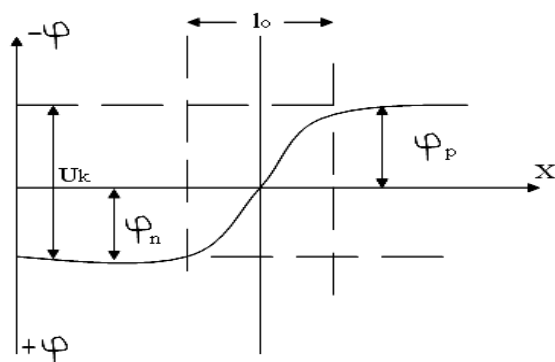
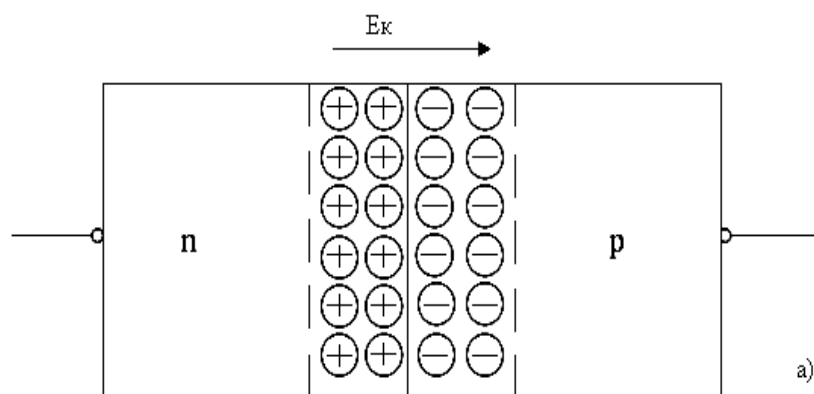
Elektron – kovak o'tish hosil bo'lish mexanizmini ko'rib chiqamiz. Soddalik uchun, n-sohadagi elektronlar va p- sohadagi kovaklar sonini teng olamiz. Bundan tashqari, har bir sohada uncha katta bo'lmagan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar miqdori mavjud. Xona temperaturasida p-turdagi yarim o'tkazgichda akseptor manfiy ionlarining konsentratsiyasi N_a kovaklar konsentratsiyasi n-p ga, n-turdagi yarim o'tkazgichda donor musbat ionlarining konsentratsiyasi N_d elektronlar konsentratsiyasi n ga teng bo'ladi. Demak, p- va n-sohalar o'rtasida elektronlar va kovaklar konsentratsiyasida sezilarli farq mavjudligi tufayli, bu sohalar birlashtirilganda elektronlarning p –sohaga, kovaklarning esa n-sohaga diffuziyasi boshlanadi.

Diffuziya natijasida n – soha chegarasida elektronlar konsentratsiyasi musbat donor ionlari konsentratsiyasidan kam bo'ladi va bu soha musbat zaryadlanish boshlaydi. Bir vaqtning o'zida p-soha chegarasidagi kovaklar konsentratsiyasi kamayib boradi va u akseptor kiritmasi bilan kompensatsiyalangan ion zaryadlari hisobiga manfiy zaryadlanish boshlaydi (1.2.1 – rasm). Musbat va manfiy ishorali aylanalar mos ravishda donor va akseptor ionlarini tasvirlaydi.

Hosil bo'lgan ikki xajmiy zaryad qatlami p-n o'tish deb ataladi. Bu qatlam harakatchan zaryad tashuvchilar bilan kambag'allashtirilgan. SHuning uchun uning solishtirma qarshiligi p-va n-soha qarshiliklariga nisbatan juda katta. Ba'zi adabiyotlarda bu qatlam kambag'allashgan yoki n – soha deb ataladi.

Xajmiy zaryadlar turli ishoralarga ega bo'ladilar va p-n o'tishda kuchlanganligi $\vec{E}$ ga teng bo'lgan elektr maydon hosil qiladilar. Asosiy zaryad tashuvchilar uchun bu maydon tormozlovchi bo'lib ta'sir ko'rsatadi va ularni p-n o'tish bo'ylab erkin harakat qilishlariga qarshilik ko'rsatadi.

1.2.1- b rasmda o'tish yuzasiga perpendikulyar bo'lgan, X o'qi bo'ylab potensial o'zgarishi ko'rsatilgan. Bu vaqtda nol potensial sifatida chegaraviy soha potentsiali qabul qilingan.



b)

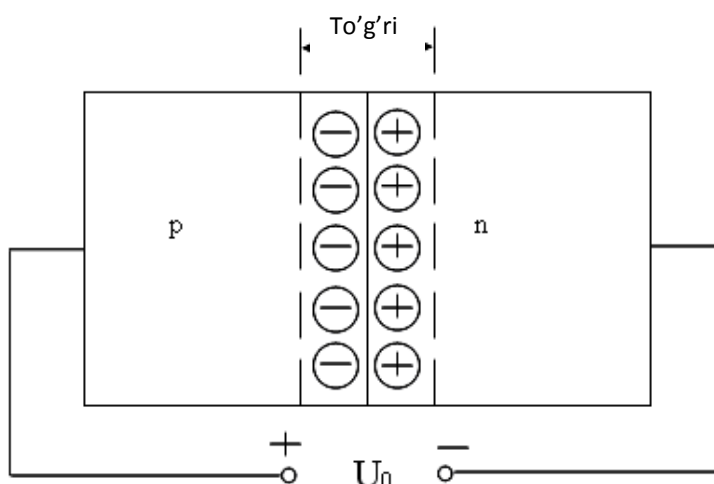
1.2.1– rasm. p-n o'tishda voltlarda ifodalanadigan kontakt potentsiallar farqi

Rasmdan ko'rinib turibdiki, p-n o'tishda voltlarda ifodalanadigan kontakt potentsiallar farqiga $U_K = \varphi_n - \varphi_p$ teng bo'lgan potensial to'siq yuzaga keladi. U_K kattaligi dactlabki Yarimo'tkazgich material taqiqlangan zona kengligi va kiritma konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. R-n o'tish kontakt potentsiallar farqi germaniy uchun $U_K \approx 0,35 \text{ V}$, kremniy uchun esa $U_K = 0,7 \text{ V}$.

p-n o'tish kengligi $l_0 \sqrt{U_K}$ ga proporsional bo'ladi va unlik yoki birlik qismlarini tashkil etadi. Tok p-n o'tish hosil qilish uchun katta kiritma konsentratsiyasi kiritiladi, l_0 ni kattalashtirish uchun esa kichik kiritmalar konsentratsiyasi qo'llaniladi.

Elektron-kovak o'tish toklari. $U_i = \frac{U_R}{q}$ energiyaga ega bo'lgan ko'pgina zaryad tashuvchilar (1.2.1- rasmga qarang) p-n o'tish orqali qo'shni sohalarga diffuziya hisobiga p-n o'tish maydoniga qarama-qarshi ravishda siljiydilar. Ular diffuziya tokini yuzaga keltiradilar. Asosiy zaryad tashuvchilarning p-n o'tish orqali harakati bilan bir vaqtda, p-n o'tish ular uchun tezlatuvchi bo'lib ta'sir ko'rsatayogan maydon ta'sirida asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar ham harakatlanadilar. Asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar oqimi dreyf tokini yuzaga keltiradi. Tashqi maydon ta'sir ettirilmaganda dinamik muvozanat o'rnatiladi, yani diffuziya va dreyf toklarining absolyut qiymatlari teng bo'ladi. Lekin diffuziya va dreyf toklari o'zaro qarama-qarshi yo'nalishda yo'nalganligi uchun, p-n o'tishdagi natijaviy tok nolga teng bo'ladi.

Elektron-kovak o'tishning to'g'ri ulanishi. Agar p-n o'tishga tashqi kuchlanish manbai ulansa, u holda muvozanat sharti buziladi va tok oqib o'ta boshlaydi. Agar kuchlanish manbaining musbat qutbi p-turdagi sohaga manfiy qutbi esa n-turdagi sohaga ulansa, bunday ulanish to'g'ri ulanish deb ataladi (1.2.2 - rasm).



1.2.2 – rasm. Elektron - kovak o'tishga to'g'ri kuchlanishni berilishi.

Kuchlanish manbaining elektrmaydoni kontakt maydon tomonga yo'nalgan bo'ladi, shu sababli p-n o'tishdagi natijaviy maydon kuchlanganligi kamayadi. Maydon kuchlanganligining kamayishi potensial to'siq balandligini kuchlanish manbai qiymatiga kamayishiga olib keladi: $U_K = U_0$. Bu vaqtda p-n o'tish kengligini ham kamayishini ko'rish mushkul emas.

Potensial to'siq balandligining kamayishi shunga olib keladiki, p-n o'tish orqali harakatlanayotgan asosiy zaryad tashuvchilarni soni ham ortadi, yani diffuziya toki ortadi. Har bir sohada ortiqcha asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi yuzaga keladi n-sohada kovaklar, p-sohada elektronlar. Biror yarim o'tkazgich sohasiga asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarni purkab kiritish jarayoni injeksiya deb ataladi.

Kuchlanish o'zgarishi bilan diffuziya tokining o'zgarishi eksponensial qonun asosida ro'y beradi:

$$I_{dif} = I_0 e^{qU_0/kT} \quad (8)$$

bu yerda I_0 – dreyf toki bo'lib, uni p-n o'tishning teskari toki deb ham atashadi.

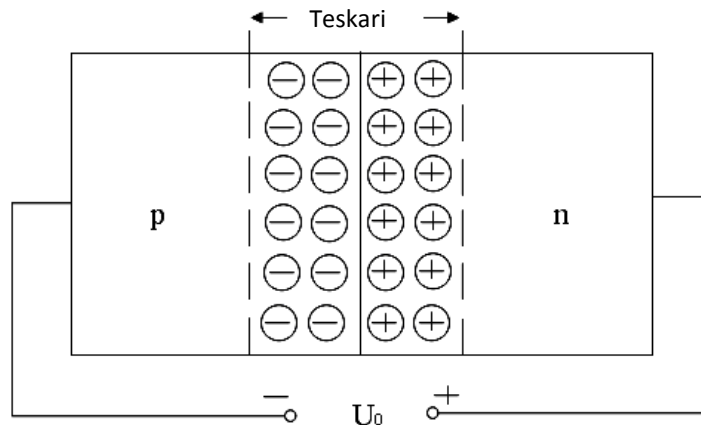
To'g'ri kuchlanish berilganda potensial to'siq balandligiga teskari tok ta'sir ko'rsatmaydi, chunki bu tok faqat p-n o'tish orqali birlik vaqt ichida tartibsiz issiqlik harakati tufayli olib o'tilayotgan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning

soni bilan belgilanadi. Diffuziya va dreyf toklari bir-biriga nisbatan qarama-qarshi yoʻnalgan boʻladi, shu sababli p-n oʻtish orqali oqib oʻtayotgan natijaviy (toʻgʻri) tok (8) dan kelib chiqqan holda

$$I_{\text{to'g'}} = I_{\text{dif}} - I_0 = I_{\text{dif}} = I_0 e^{qU_0/kT}. \quad (9)$$

I_0 toki germaniyli p-n oʻtishlarda oʻnlab mA yoki kremniyli p-n oʻtishlarda nanoamperlarni tashkil etadiva temperatura ortishi bilan kuchli ravishda tok ham ortadi. Lekin I_0 qiymatidagi katta farq taqiqlangan zona kengligi bilan aniqlanadi.

Elektron-kovak oʻtishning teskari ulanishi. Bu holatda tashqi kuchlanish manbaining musbat qutbi n-sohaga ulanadi (1.2.3- rasm).



1.2.3 – rasm. Elektron - kovak oʻtishga teskari kuchlanishni berillishi.

Kuchlanish manbaining elektr maydoni oʻtishning kontakt maydoni yoʻnalgan tomonga yoʻnalgan. SHu sababli potensial toʻsiq balandligi ortadi va $U_K = U_0$ ga teng boʻladi. Teskari kuchlanish qiymatining ortishi p-n oʻtish kengligining kengayishiga olib keladi ($I_{T\check{T}} \prec I_{TECK}$). Amaliy hisoblarda quyidagi ifodadan foydalanish qulay::

$$I = I_0 \sqrt{\frac{U_0}{U_K}}, \quad (10)$$

bu yerda $I_0 = \sqrt{\frac{2\mathcal{E}_0}{q} U_K \left(\frac{1}{Na} + \frac{1}{Nd} \right)}$ - tashqi maydon ta'sir etmagandagi p-n

kengligi, $\mathcal{E}$ - yarimo'tkazgich nisbiy dielektrik doimiysi, $\mathcal{E}_0$ - elektr doimiy.

Potensial to'siqning ortishi diffuziya tokining kamayishiga olib keladi. Diffuziya tokining o'bzgarishi eksponensial qonun asosida ro'y beradi

$$I_{dif} = I_0 e^{-qU_0/kT} \quad (11)$$

Dreyf toki potensial to'siq balandligiga bog'liq emasligi va I_0 ga teng bo'lganligi sababli, p-n o'tishdan o'tayotgan natijaviy tok

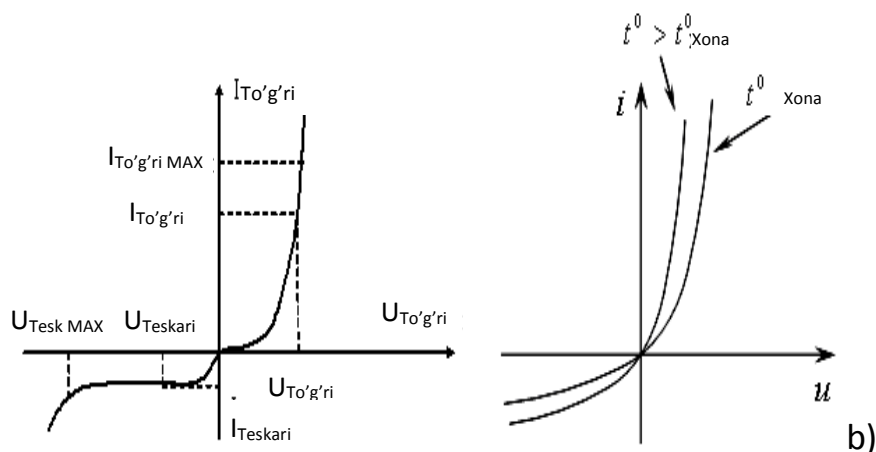
$$I_{tesk} = I_{dif} - I_0 = I_{dif} = I_0 e^{-qU_0/kT}. \quad (12)$$

Teskari ulanishda kontaktlashuvchi yarimo'tkazgichlarda hosil qilingan elektr maydon kuchlanganligi ta'sirida asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarni qo'shni sohaga tortilib o'tishiga ekcraksiya deb ataladi. Bunda p – n soha yaqin joylarda asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi kichik bo'lganligi uchun teskari tok juda kichik bo'ladi.

Elektron - kovak o'tish (p - n o'tish) tokining unga berilayotgan kuchlanishga bog'liqligi volt–amper harakteristika (VAX) deyiladi. (9) va (12) lar asosida umumiy holda eksponensial bog'liqlik yordamida ifodalanadi (1.6.4- a rasm).

$$I = I_0 \left(e^{\pm qU_0/kT} - 1 \right) \quad (13)$$

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. $U_{to'g'} = 0,1$ V bo'lsa eksponensial songa nisbatan birni hisobga olmasa ham bo'ladi va kuchlanish ortishi bilan tok ham eksponensial ortib boradi. Teskari kuchlanish berilganda esa 0,2 V kuchlanish qiymatida tok I_0 qiymatiga etib keladi va keyinchalik kuchlanish qiymati o'zgarmaydi. I_0 kattaligi shu sababli teskari ulangan p-n o'tishning to'yinish toki deb ham ataladi.



a)

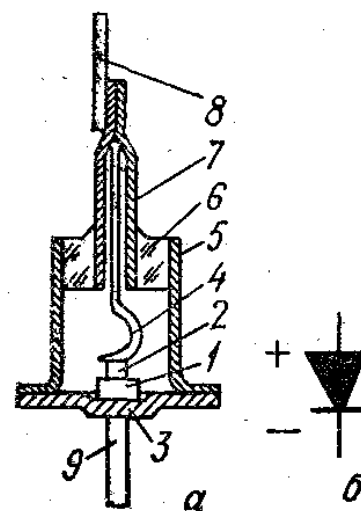
1.2.4- rasm. Elektron – kovak o'tishni VAX si (a) va temperaturani VAXga tasiri(b).

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

1. 3. Yarimo'tkazgichli diodlar va tranzistorlar

Yarimo'tkazgichli asboblari asri yarimo'tkazgichli diodlarni ko'plab ishlatishdan boshlandi, chunki texnika avvalambor p-n-o'tishning xususan bir tomonlama o'tkazuvchanlik xususiyatiga murojaat qildi va bu kristallar tug'rilagich qurilmalarda foydalanila boshladi.

1.3.1 - rasm, a da kichik quvvatli germaniyli **yassi to'g'rilagich diodning** konstruksiyasi sxematik ravishda ko'rsatilgan. Bu yerda, po'lat asos 3 ga germaniyli plastina 1 kavsharlangan bo'lib, unga indiy 2 qotishma o'rnatilib r- p- o'tish olingan. Indiyga ingichka nikel simi 4 kavsharlanadi, u shisha izolyator b ga kavsharlangan trubka 7 orqali o'tadi va tashqi sim 8 bilan ulanadi. Ikkinchi tashqi sim 9 asos 3 ga kavsharlangan. Elektron-kovak o'tishga yorug'lik ta'siri bo'lmasligi uchun shisha izolyator nur



1.3.1. - rasm. Yassi diod:
a-tuzilishi;
b-sxemalarda shartli
belgilanishi.

o'tkazmaydigan lak bilan qoplanadi. Konstruksiyaning hammasi metall korpus 5 ichiga joylangan. O'rta va katta quvvatli diodlarning korpusi issiqlik uzatish sharoitini yaxshilash uchun qovurg'ali qilinadi.

Yarimo'tkazgichli diodning umumiy sxematik shartli tasvirlanishi 1.3.1. - rasm, b da ko'rsatilgan.

To'g'rilagich diodlarning asosiy parametrlariga quyidagilar kiradi: ma'lum to'g'ri tokda kuchlanish tushuvi, ma'lum teskari kuchlanishda teskari tok, teshilish teskari kuchlanishi, ma'lum teskari kuchlanishda sig'im, ruhsat etilgan to'g'ri tok, ish temperaturalari diapazoni, o'zgaruvchan tokning chegaraviy chastotasi (bunda to'g'rilangan tok nominal tokka nisbatan 30% ga kamayadi). Ikkita dioddan qaysi birining nominal tokda kuchlanish tushuvi, teskari tok va sig'imi kam bo'lsa, teshilish kuchlanishi katta, ish temperaturalari diapazoni keng, chastota chegarasi yuqori bo'lsa o'sha diod yaxshi hisoblanadi. Agar aslida kremniyli to'g'rilagich diodlarni germaniyli diodlar bilan eng umumiy ko'rinishda taqqoslansa, kremniyli diodlarda ishchi temperaturalari diapazoni keng, teskari toklar kuchsizrok, teskari kuchlanishlar yuqori; germaniyli diodlarda esa kuchlanishlar to'g'ri tushuvi kam bo'ladi. Yarimo'tkazgichli diod, aslida, p-n-o'tishning aynan o'zginasi, shuning uchun uning volt-amper xarakteristikasi 1.2.4 - rasm, g da ko'rsatilganga o'xshash bo'ladi.

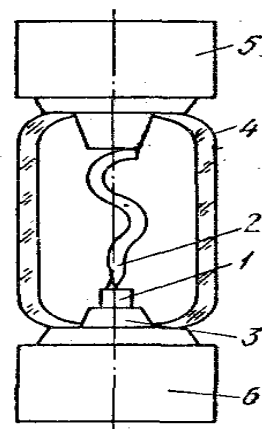
Kichik quvvatli diodlar 0, 25–0, 5 V kuchlanish tushuvida 300 mA gacha bo'lgan to'g'ri tokka mo'ljallanadi. Ularning teskari toki bir necha mikroamper bo'ladi, teshilish kuchlanishi esa 600 V ga yetadi. O'rtacha quvvatli diodlarda to'g'rilangan tokning qiymati 0, 3–10 A atrofida bo'ladi. Katta quvvatli diodlar tegishlicha 50 A va 100 A tok o'tkazishi mumkin, to'g'ri yo'nalishda ularda kuchlanish tushuvi 0, 4–0, 9 V, teshilish kuchlanishi esa 800 V ga yetadi. Bu ventillarning toki katta bo'lganligi uchun havo bilan sovutilishni talab qiladi.

To'g'rilagichli diodlarni belgilash to'rta elementdan tashkil topadi:

- birinchi element (harf yoki raqam) G yoki 1-germaniy, K yoki 2-kremniy diod qaysi materialdan tayyorlanganligini bildiradi.
- ikkinchi element (harf) D asbob turini bildiradi.
- uchinchi element (son) diodni xususiyatini bildiradi.
- to'rtinchi element – harf - diodni ko'rinishlari.

Masalan: KD204B o'rta quvvatli kremniyli diod.

Yuqori chastotali diodlar yuqori chastotali toklarni to'g'rilash uchun (detektorlarda, aralashtirgichlarda shu kabilarda) xizmat qiladi. Bu



1.3.2 - rasm.
Yuqori chastotali diod
tuzilishi

diodlarda o'tish sig'imi keskin kamaytirilgan, chunki agar bu sig'im katta bo'lsa, u holda yuqori chastotalar sohasida (teskari kuchlanishlarda) asbobning o'zgaruvchan tok bo'yicha qarshiligi kamayadi va u bir tomonlama o'tkazish xossasini yo'qotadi.

Yuqori chastotali diodda (1.3. 2 - rasm) kristall 1 (kremniy yoki germaniy) tutqich 3 ga mahkamlangan, tutqichga esa taglik 6 payvandlangan. Kristalga niobiy bilan tantaldan yoki rodiy bilan platinadan yasalgan kontaktli prujina nina 2 tiralib turadi. Kristall bilan nina uchi orasidagi kontakt puxta bo'lishi bilan birga uning yuzasi katta bo'lmasligi uchun diodni yasalganda undan tok impulsi o'tkaziladi va nina uchlari kristalga payvandlanib qoladi. Kontaktli prujinaning boshqa uchi taglik 5 bilan ulangan. Keramik yoki shisha trubka-ballon 4 hamma konstruksiyaga kerakli bikrlilikni beradi. Bu usulda olingan diodlarni nuqtaviy diodlar deb ham ataladi.

Yuqori chastotali diodlarni mikroqotishmali usulda ham olish mumkin.

Nuqtaviy va mikroqotishmali diodlarni elektron o'tkazuvchanlikli germaniy va kremniy asosida tayyorlanadi.

Yuqori chastotali diodlar bir necha o'nlab milliamper to'g'ri tokka va katta bo'lmagan to'g'ri hamda teskari kuchlanishlarga mo'ljallangan. Ular o'tishining sig'imi atigi bir necha pikofarada bo'ladi.

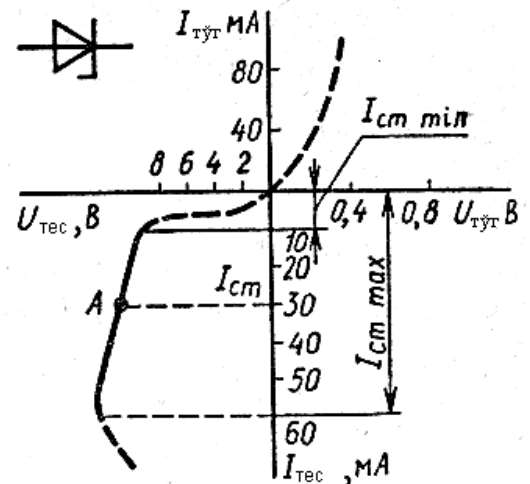
Yuqori chastotali diodlarni belgilash to'g'rilagichli diodlar kabi bo'lib, faqat to'rtinchi elementdagi sonlar 401 dan 499 gacha belgilanadi.

Stabilitronlar past kuchlanishlarni stabillash uchun xizmat qiladi. Stabilitronlar deb, shunday yarimo'tkazgichli diodlarga aytiladiki, uning volt-amper xarakteristikasida toki kuchlanishga kuchsiz bog'lanish qismiga ega (1.3.3 - rasm). Stabilitronning asosiy parametrlariga U_{st} stabil kuchlanishinig boshlang'ich qiymati, stabillash tokning ruhsat etilgan kichik va katta qiymati va ΔU_{st} nominal kuchlanish kattaligini turg'unligi.

Varikaplar—yarimo'tkazgichli diodlar bo'lib, sig'imi teskari kuchlanish ta'siri natijasida katta o'zgaradigan asbobdir.

Varikaplarning asosiy parametrlariga: S_{nom} , S_{max} , S_{min} , hamda nominal aslligini aniqlochi yo'qotish kattaligi kiradi.

Hozirgi paytda ko'plab turli ko'rinishdagi diodlarni sanoat ishlab chiqarmoqda. Ular to'g'risidagi to'liq ma'lumotni lug'atlar orqali yoki maxsus

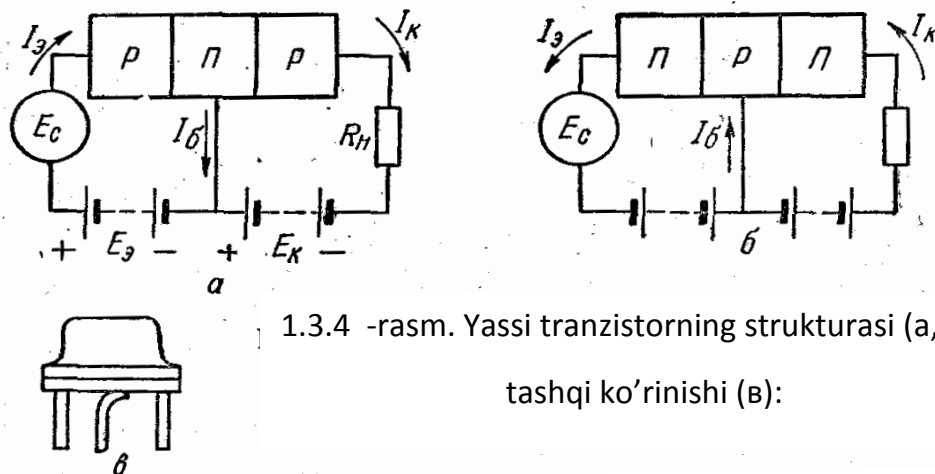


13.3. - rasm. Stabilitron VAXI

adabiyotlardan bilib olishlari mumkin.

Qo'sh qutbli tranzistorlar. Tranzistorlarlar radioelektronikada juda ko'p ishlatiladi. Ular qo'sh qutbli va maydon tranzistorlariga bo'linadi. Qo'sh qutbli tranzistor yoki tranzistor ikkita p-n-o'tishli yarimutkazgichli kristaldan iborat, ya'ni unda turli tip o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan uchta qatlamli sohalar bo'ladi (1.3.4 - rasm, a, b).

Sohalarning joylashish tartibi p-n-p yoki n-p-n prinsip jihatidan asbob



1.3.4 -rasm. Yassi tranzistorning strukturasi (a,b) va

tashqi ko'rinishi (b):

ishiga ta'sir qilmaydi, ammo p-n-p tipdagi tranzistorlarga ulanadigan kuchlanishning qutbiyligi n-p-n tipdagi tranzistorlarga berilayotgan kuchlanishning qutbiga qarama-qarshi bo'ladi.

p-n-p tipdagi tranzistorning tuzilishi va ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz. Chap sohada kirishmaning konsentratsiyasi oshgan va, demak, asosiy tok tashuvchilar (bu sohada kovak) konsentratsiyasi oshgan, bu esa asbob ishida hal qiluvchi rol o'ynaydi. Bu soha emitter deb ataladi. Kirishma va asosiy tok tashuvchilar konsentratsiyasi ancha kam bo'lgan o'ng soha kollektor deb nom olgan. O'rtadagi soha baza deb ataladi. Bu sohada p-n-p tipdagi tranzistor uchun zaryadlarni tashuvchilar bo'lib kovaklar xizmat qiladi, ular emitterdan diffuziyalanadi, chunki unga musbat kuchlanish ulangan bo'ladi.

Kollektor o'tishiga teskari kuchlanish qo'yilsa, u holda kollektor zanjirida (p-n-o'tish, R_n nagruzka, E_k batareya) uncha katta bo'lmagan teskari tok I_k hosil bo'ladi. Agar ayni paytda emitter o'tishiga to'g'ri kuchlanish berilsa, u holda, birinchidan, emitter zanjirida (p-n-o'tish, E_e batareya, E_s signal manbai) tok I_e hosil bo'ladi, bu tok kirish signali kuchlanishining o'zgarishiga mos holda o'zgaradi va ikkinchidan, kollektor o'tishidagi teskari tok sezilarli ko'payadi. Bundan tashqari, bu tok ham kuchlanish E_s ning o'zgarishiga mos holda o'zgaradi.

Emitter tokining kollektor tokiga ta'sir qilishiga sabab shuki, ikkala p-n-

o'tish bir-biriga juda yaqin joylashgan, shuning uchun tok tashuvchilar (p-n-p tranzistor uchun kovaklar) emitter o'tishidan o'tato'rib, kollektor o'tishining ta'siriga tushib qoladi. Bulardan katta qismi bu ta'sirni yengadi, chunki, shu bilan birga kollektorda ushbu turdagi tok tashuvchilarning konsentratsiyasi kam va yana unga quyilgan kuchlanish (teskari qutbliligi) ham tok tashuvchilarning shunday «dreyfiga» (o'tishiga) yordam beradi.

Bayon etilgan hodisa tufayli tranzistor kirish signalini kuchaytirish xossasiga ega bo'ladi. Bunga sabab shuki, kollektor zanjiriga katta nagruzka qarshiligi R_n ulanadi va nisbatan kichik kollektor toki o'tganda ham unda nisbatan katta signal kuchlanishi ajraladi. Tok va kuchlanish qiymatlari shundayki, nagruzkadagi quvvat $R_n = I_n^2 R_n$ (chiqish signalining quvvati) kirish signalining quvvatidan katta bo'ladi.

Tranzistorni tuzilish jihatdan quyidagicha yasash mumkin. Germaniy plastinasi korpus asosiga mahkamlangan tutqichga qotiriladi. Plastinaning ikki tomoniga indiy sharchalari o'rnatilib vakuumda evtektik temperaturadan yuqoriroq temperaturagacha qizdiriladi, so'ng uy temperaturasigacha sovutiladi. Natijada, p-n-o'tishlar hosil bo'ladi. Kollektor va emitterlarning elektrodleri shisha izolyatorlar orqali o'tadi, baza esa korpus asosiga kavsharlanadi. Kichik quvvatli tranzistorning tashqi ko'rinishi 1.3.4 - rasm, v da ko'rsatilgan.

Sanoat har xil quvvatli tranzistorlar ishlab chiqaryapti, ular past (3 MGs gacha), o'rtacha (30 MGs gacha) va yuqori (300 MGs gacha) chastotalar sohasida ishlashga muljallangan.

Misol tariqasida past chastotali tranzistorlardan quyidagilarni aytib o'tish mumkin: germaniyli МП35–МП42, ГТ108А–ГТ108Г, ГТ109А–ГТ109Е va kremniyli КТ111–КТ13 (kichik quvvatli, $R = 0,3 \text{ Vt}$), germaniyli ГТ403А–ГТ403І (o'rtacha quvvatli, $R < 3 \text{ Vt}$), germaniyli П201–П203 (katta quvvatli, $R = 10 \text{ Vt}$) va shunga o'xshash o'rta, yuqori chastotali, hamda o'rta va yuqori quvvatli tranzistorlar mavjud bo'lib, ular haqidagi ma'lumotlarni lug'atlardan olish mumkin.

Tranzistorlarning asosiy parametrlariga kirish va chiqish qarshiliklari, tok va kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsientlari, chegaraviy chastota va ruhsat etilgan sochilish quvvati kiradi. Ularning hammasi, ruhsat etilgan sochilish quvvatidan tashqari, ko'p darajada tranzistorlarning sxemaga ulanish usuliga bog'liqdir.

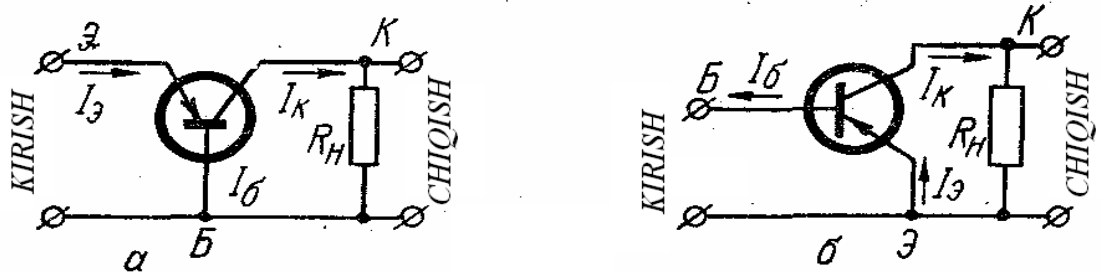
Tranzistorlarning uchta ulanish sxemasi mavjud: umumiy emitterli, umumiy bazali va umumiy kollektorli. Quyida eng ko'p tarqalgan birinchi ikkita sxema (1.3.5 -rasm, a va b) ko'rib chiqamiz. .

Tranzistorning umumiy baza bilan ulanish sxemasi 1.3.5 -rasm, a da

ko'rsatilgan.

Bunda kirish qarshiligi emitter- baza kuchlanishi U_e ning emitter toki I_e ga bo'lgan nisbati bilan aniqlanadi, ya'ni

$R_{kirb} = \frac{U_e}{I_e}$ Tranzistorning turiga qarab kirish qarshiligining qiymati bir necha om dan bir qancha o'nlab Om diapazonida bo'ladi.



1.3.5-rasm. Tranzistorning umumiy baza bilan (a) va umumiy emitter bilan (b) ulanish sxemalari

Chiqish qarshiligi kollektor kuchlanishi U_k ning tok I_k ga bo'lgan nisbatidan iborat:

$$R_{chiq. b} = \frac{U_k}{I_k}$$

va har xil tranzistorlar uchun 0,2 dan 1 MOm gacha bo'ladi.

Tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti chiqish I_k va kirish I_e toklarining nisbati kabi topiladi:

$$\alpha = \frac{I_k}{I_e}$$

Shu narsa xarakterliki, ko'rilayotgan sxemada tok bo'yicha kuchaytirish amalda yo'q ($\alpha \approx 1$), chunki tranzistorlarda umuman olganda, $I_e - I_k = I_b$, bu sxemada esa baza toki haddan tashqari kichik, ya'ni $I_e \approx I_k$.

Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti chiqish kuchlanishi U_n ning kirish kuchlanishi U_{kir} ga bo'lgan nisbatidan iborat:

$$K_U = \frac{U_n}{U_{kup}}$$

Agar $U_n = I_k R_n$, $U_{kir} = I_e R_{kir}$ ekanligini hisobga olinsa, u holda kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsientini quyidagicha ifodalash mumkin:

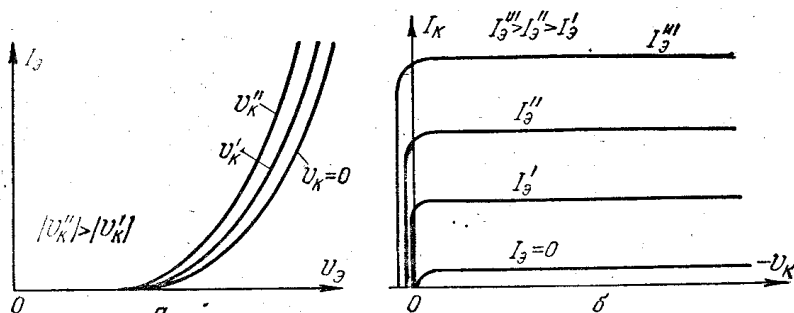
$$K_U = \frac{I_k R_n}{I_e R_{kup}} = \alpha \frac{R_n}{R_{kup}}$$

Bu sxema uchun kuchlanish buyicha kuchaytirish koeffsienti 5000 ga yetishi mumkin.

Ruxsat etilgan sochilish quvvati va chegaraviy chastotasi (tranzistorni

ishlatish maqsadga muvofiq bo'lgan chastotasining chegarasi) kabi parametrlari avvalo tranzistorning turiga bog'liq va ular uning texnikaviy pasportida ko'rsatiladi.

Kirish xarakteristikasi (1.3.6 -rasm, a) kollektordagi kuchlanish o'zgarish bo'lganida emitter toki I_e ning undagi kuchlanish U_e ga bog'liqligini, ya'ni $U_k = \text{sopst da } I_e = f(U_e)$ ni ifodalaydi. Bu xarakteristika qanchalik tik bo'lsa, tranzistorning kirish qarshiligi $R_{\text{kir, b}}$ shuncha kichik bo'ladi. Ba'zan hisoblashlarda $U_k = \text{sopst da } U_e = f(I_e)$ bo'lgan xarakteristikadan foydalaniladi, buni ham kirish xarakteristikasi deb ataladi.



1.3.6 -rasm. Umumiy bazaviy sxemada p-n-p turdagi tranzistorning kirishi (a) va chiqish (b) statik xarakteristikalarining oilasi

Tranzistorning kirish va chiqish xarakteristikalari statik bo'lishini ta'kidlab o'tamiz.

Tranzistorning umumiy emitter bilan ulanish sxemasi 1.3.7 - rasm, b da ko'rsatilgan.

Sxemaning kirish qarshiligi baza bilan emitter orasidagi kuchlanish U_b ning baza toki I_b ga bo'lgan nisbati bilan aniqlanadi:

$$R_{\text{kir, e}} = \frac{U_b}{I_b}$$

$R_{\text{kir, e}}$ qiymatlarining diapazoni odatda 400- 2000 Om ni tashkil qiladi.

Chiqish qarshiligi kollektor kuchlanishi U_k ning uning toki I_k ga bo'lgan nisbati kabi topiladi:

$$R_{\text{chiq, e}} = \frac{U_k}{I_k}$$

va o'rtacha 25–400 kOm ga teng, ya'ni umumiy bazali sxemadagiga nisbatan juda

ham kichik

Tok bo'yicha kuchaytirish ko'effitsienti bu yerda kollektor toki I_k (chiqish toki) ning baza toki I_b (kirish) ga nisbati kabi topiladi:

$$\beta = \frac{I_k}{I_b}$$

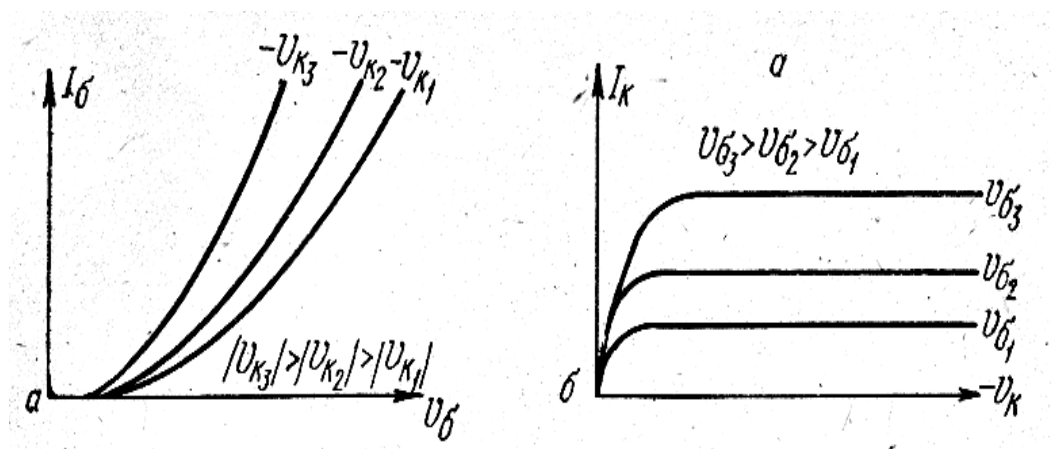
Shunisi xarakterliki, tok bo'yicha kuchaytirish umumiy emitterli sxemada umumiy bazali sxemadagiga qaraganda o'rtacha 10-100 marta ko'p.

Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsienti bu yerda xuddi umumiy bazali sxemadagidek aniqlanadi va taxminan unga teng bo'ladi.

$$K_U = \frac{U_n}{U_{kup}} = \frac{I_k R_n}{I_b R_{kup}} = \beta \frac{R_n}{R_{kup}}$$

Kirish xarakterisikasi (1.3.7 - rasm, a) emitter bilan kollektor orasidagi kuchlanish U_k o'zgarmas bo'lganda baza toki I_b ning emitter bilan baza orasidagi kuchlanish U_b ga bog'liqligini, ya'ni $U_k = \text{const}$ da $I_b = f(U_b)$ ni ko'rsatadi. Bu xarakteristika qancha tikroq bo'lsa, tranzistorning kirish qarshiligi shuncha kichik bo'ladi.

Tranzistorning chiqish xarakteristikasi (1.3.7 - rasm, b) baza toki I_b o'zgarmas bo'lganda kollektor toki I_k ning emitter bilan kollektor orasidagi kuchlanish U_k bog'liqligini, ya'ni $I_b = \text{const}$ da $I_k = f(U_k)$ ni ko'rsatadi. Bu xarakteristikaning qiyalik burchagi qancha kichik bo'lsa, tranzistorning chiqish qarshiligi shuncha katta bo'ladi.



1.3.7- rasm. Qo'sh qutbli tranzistorning umumiy emmitterli sxema bo'yicha kirish (a) va chiqish (b) xarakteristikalar oilasi

II.OPTOELEKTRON YARIMO"TKAZGICHLI ASBOBLARNING ISHLASH PRINSIPI VA TURLARI

2.1. Optoelektronika va uning rivojlanishi.

Optoelektronika – elektronikaning yorug'lik va elektr metodlaridan foydalanilib axboratlarni ishlash, saqlash hamda uzatish masalalari bilan shugyullanadigan bo'limi. Optoelektronika radioelektronika va hisoblash texnikasining taraqqiyot bosqichi sifatida yuzaga keldi.

“Optoelektronika “ tushunchasi 1955 yillarda paydo bolib, birinchi bu so'z bilan optik aloqali elektron sxemalar tushunildi. Keyin 1960 yillarda kogerent nurlanishlarni keng foydalanish imkoniyatini beruvchi lazerni kashf qilinishi optik effektlarni tekshirishni yengillashtirdi va optikani elektronikada foydalanish bo'yicha takliflar soni keskin oshdi. Golografiyani rivojlanishi esa optikani elektronika bilan bog'lanishini kuchaytirib yubordi. Undan tashqari, lazer texnika va yarimo'tkazgichlar texnologiyasini rivojlanishida yangidan – yangi asboblarni yaratilishi va bu yo'nalishlarni sintez qilishga to'g'ri keldi. Keyin informasiyani yuqori darajada to'yinishi hisobiga uni turli ko'rinish va usullarda tez ishliv berish zarurati tug'uli. Bular hammasi optoelektronikani rivojlanishiga stimul bo'ldi.

Optoelektronika yarimo'tkazgich va vakuum elektronikadan o'zining zvenosi (fotonlar aloqasi) borligi bilan farq qiladi. Fotonlar elektr jihatdan neytiral b'lganligidan optik aloqa kanalida elektr va magnit maydonlari tomonidan uyg'otilmaydi. Bu esa axboratlarni buzmasdan tekis uzatish va qabul qilishni ta'minlaydi. Axborotlar yorug'lik nuri yordamida uzatilganda aloqa liniyasida to'planib qolmaydi va sochilmaydi, shuning uchun axborot kechikmay, buzilmay , o'z vaqtida yetkaziladi. Optik tebranishlar chastotasining yuqoriligi (10^{13} - 10^{15} Gs) axborotlarnini ko'p va tez uzatilishini ta'minlaydi.

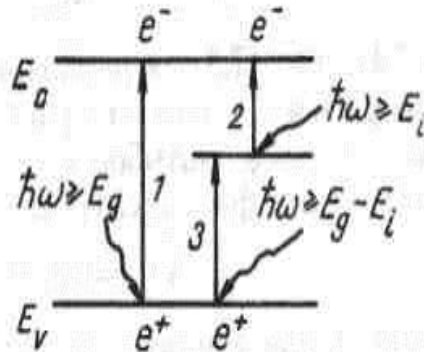
Optoelektronikaning asosiy elementlari – yorug'lik mabalari (lazerlar, yorug'lik diodlari), optik muhitlar(aktiv va passiv) hamda fotoqabulqilgichlar. Bu elementlardan turli nisbatda va ayrim – ayrim foydalanish mumkin. Optoelektronikani rivojlantirishning ikki yo'li – optik (kogerent optoelektronika) va elektrooptik (optronika) mavjud. Hisoblash texnikasi sistemasini tuzishning yangi prinsipi va usullari , optik aloqa, axborotlarni eslab qolish va ishlash kogerent optoelektronika bilan bog'liqdir. Optronikaning rivojlanishi yorug'lik manbalari va fotoqabulqilgichlardan to'g'ri foydalanishga asoslangan. Optron sxemalar tuzilishi jihatidan yarimo'tkazgichlarga nisbatan ixcham va oddiy bo'ladi.

U elektr va optik signallarni kuchaytirish va o'zgartirish, almashlab ulash , modulyasiyalash va boshqalarni bajaradi.

2.2.Yarimo'tkazgichli yorug'lik manbalari va qabul qilgichlari

2.2.1. Yarimo'tkazgichlarda yorug'likni yutilishi

Yarimo'tkazgich elektr qarshiligining elektromagnit nurlar ta'sirida o'zgarishi hodisasi *fotorezistiv effekt* yoki *fotoo'tkazuvchanlik hodisasi* deyiladi. Elektromagnit (umuman ko'zga ko'rinadigan va ko'zga ko'rinmaydigan) nurlar yarimo'tkazgichda yutilib, qo'shimcha (ortiqcha yoki nomuvozanat holatdagi) zaryad tashuvchilapni yuzaga keltipadi. Yorug'likning xususiy yutilishi (bunda yorug'lik kvanti energiyasi ($\hbar\omega > E_g$) va kirishmaviy yutilishi ($\hbar\omega < E_g$) zaryad tashuvchilar juftlarini yoki (ikkinchi holda) bir ishorali zaryad tashuvchilapni yuzaga keltipadi (2.2.1-rasm). Shu tufayli fotoo'tkazuvchanlikning kirishmaviy va xususiy turlari mavjud. Yorug'lik yutilishining erkin zaryad tashuvchilapni yuzaga keltipmaydigan bir necha mexanizmlari ham bor.



2.2.1-rasm. Yorug'likning yarimo'tkazgichda xususiy (1) va kirishmaviy (2,3) yutilishi.

Yorug'lik yutilishi hisobiga paydo bo'lgan ortiqcha Δn elektronlar va Δp kovaklar kristall panjara tebranishlari va nuqsonlari bilan o'zaro ta'sirlashishi oqibatida 10^{-10} — 10^{-12} s vaqt chamasida energiya va kvazi impulsar bo'yicha muvozanat holatdagi zaryad tashuvchilarniki kabi taqsimotga ega bo'lib qoladilar. Shuning uchun ham nomuvozanat holatdagi zaryad tashuvchilar harakatchanligi muvozanat holatdagi zaryad tashuvchilar harakatchanligidan farq qilmaydi va yoritilayotgan yarimo'tkazgich elektr o'tkazuvchanligining o'zgarishiga erkin zaryad tashuvchilar

konsentrasiyaning ortishi sabab bo'ladi. Binobarin, qorong'ilikdagi elektr o'tkazuvchanlik

$$\Delta\sigma = \sigma_{yor} - \sigma_0 = e\mu_n\Delta n + e\mu_p\Delta p \quad (2.2.1)$$

kattalik qadar ortadi. Mana Shu kattalik yorug'lik dagi o'tkazuvchanlik (yoki fotoo'tkazuvchanlik) ni ifodalaydi.

Nomuvozanat holatdagi zaryad tashuvchilarning ortiqcha konsentrsiyalari uzluksizlik tenglamalaridan toriladi:

$$\frac{\partial\Delta n}{\partial t} = g_n - \frac{\Delta n}{\tau_n} + \frac{1}{e} \operatorname{div} \vec{j}_n \quad (2.2.2)$$

$$\frac{\partial\Delta p}{\partial t} = g_p - \frac{\Delta p}{\tau_p} - \frac{1}{e} \operatorname{div} \vec{j}_p \quad (2.2.3)$$

yorug'lik ning xususiy Yutilish i holida elektronlar va kovaklar generatsiyasi tezliklari o'zaro teng, ya'ni $g_r = g_p = g$. Doimiy yoritilganlik sharoitida (stasionar holatda) $\frac{\partial\Delta n}{\partial t} = \frac{\partial\Delta p}{\partial t} = 0$ va $\vec{\xi} = 0$ da tekis generatsiyalash sharoitida $\operatorname{div} \vec{I}_n = \operatorname{div} \vec{I}_p = 0$ bo'lgani sababli

$$\Delta n_{st} = g_n \tau_n \quad (2.2.4)$$

$$\Delta p_{st} = g_p \tau_p \quad (2.2.5)$$

(2.2.4) va (2.2.5) ifodalapni fotorezistiv effekt uchun birinchi xarakteristik munosabatlar deyiladi. Ularni e'tiborga olib, stasionar (vaqtga bog'liq bo'lmagan) fotoo'tkazuvchanlikni

$$\Delta\sigma_{st} = e\mu_p (bg_n\tau_n + g_r\tau_p) \quad (2.2.6)$$

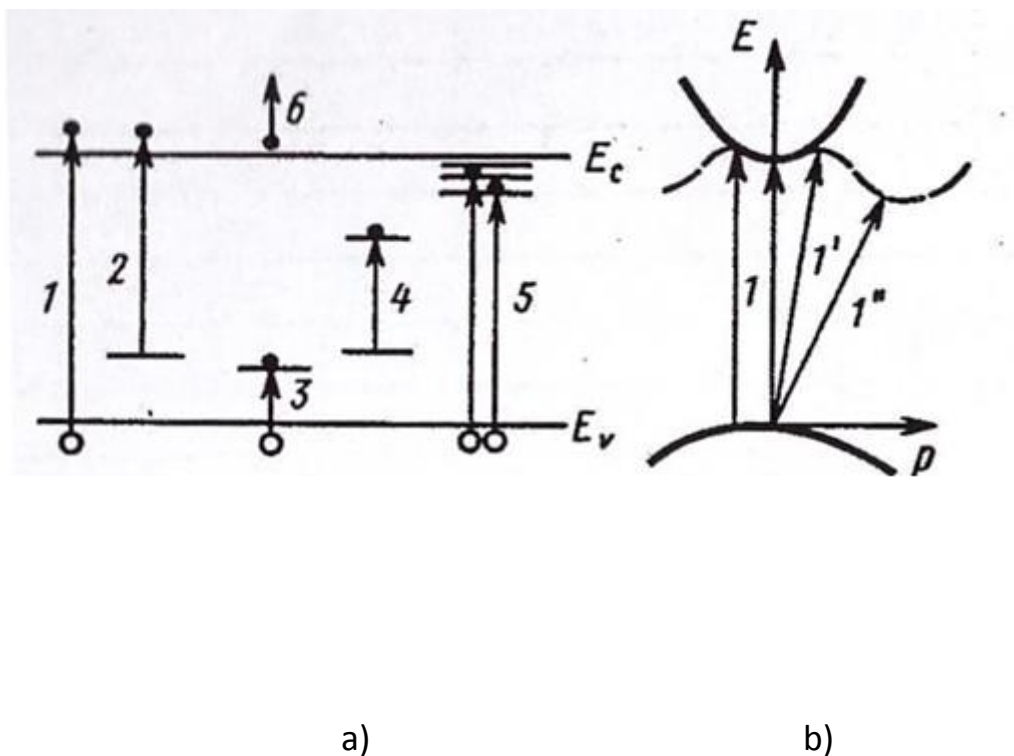
ko'rinishda yoziladi, bunda $b = \mu_n/\mu_p$.

Endi biz qattiq jismlarda ro'y beradigan yorug'likni yutilishlari natijasida yuz beradigan hodisalarni ko'ramiz. Yorug'lik modda orqali o'tishida uning intehsivligi kamayadi. Nurlanishning ma'lum bir qism energiyasi yutiladi va elektronlarni energiyasini oshishiga yoki atomlarni issiqlik harakatiga sarf bo'ladi. 1- rasmda kristallarda yorug'lik ta'sirida elektronlarni mumkin bo'lgan o'tishlari ko'rsatilgan (E_c - o'tkazuvchanlik zonasini pastki chekasiga to'g'ri kelgan energiya, E_v - valent zona yuqori chekasi). O'tish 1 o'tkazuvchanlik zonasida elektronni, valentzonada kovakni paydo bo'lishini ko'rsatadi, u fotonlar energiyasi $h\nu \geq E_c - E_v$ bo'lishi mumkin, ya'ni man qilingan zona kegligi ΔE dan katta. Fotonlarni kichik energiyasida elektronlarni o'tish krishmalarni local sathlaridan yoki kristal

panjaralari nuqsonlaridan o'tkazuvchanlik zonasiga (2 o'tish) yoki valent zonadan bu sathlarga (3 o'tish) o'tadi.

Ruxsat etilgan zonalarda bitta ismli tashuvchilar xisobidan energiya hosil bo'ladi. 1, 2, 3 o'tishlar qattiq jismlarda elektro'tkazuvchanlikni o'zgartiradi, bu hodisani ichki fotoeffekt deyilib, unga asoslangan ko'pchilik asboblarni fotoqabul qilgichlar deyiladi. Ichki markaziy o'tishlarda 4 elektron erkin bo'lmaydi va yorug'likni yutilish jarayoni kristalda elektro'tkazuvchanlikni o'zgartirmaydi. Xuddi shunday eksiton yutilish (5 o'tish) va erkin zaryad tasuvchilar (6 o'tish) ham kiradi.

Elektron tomonidan fotonni yutilishida energiyani va impulsni saqlanish qo nuni bajarilishi kerak, shuning uchun yorug'likni yutilishini to'la jarayoni E energiya va p impuls o'zgarishini hisobga oluvchi diagramma yordamida ifodalanadi. 2.2. 2. –(pasmda) kovak energiyasiga bog'liqligi tasvirlangan.



2.2.2. - rasm. Kristallarda yorug'likni yutilishida asosiy electron o'tishlar(a), to'g'ri va noto'g'ri zonararo o'tishlar (b).

Uzluksiz chiziq yarimo'tkazgichni, qaysiki electron energiyasini minimum va kovak energiyasini maksimumi impuls qiymatiga to'g'ri keladi (to'g'ri zonalar deyiladi). Sodda holda elektronni kinetic energiyasi impuls bilan quyidagi

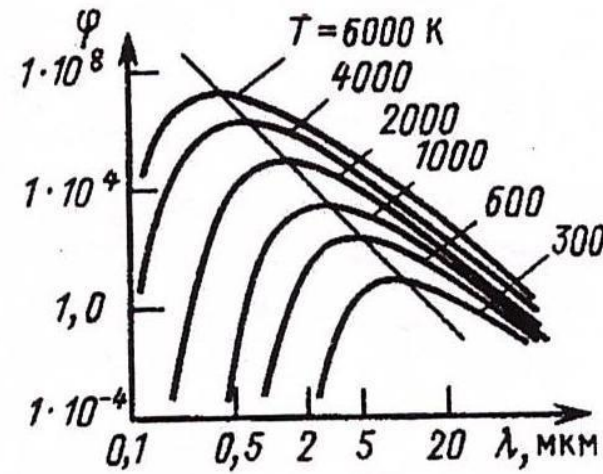
munosabat bilan bog'liq $E = p^2/(2m)$. 1 strelka elektronni "to'g'ri" o'tishlarini impulsni o'zgarishsiz yuz berishini tasvirlaydi. Foton impulsini $h\nu/c$ (ν - chastota, c – yorug'lik tezligi), juda kichik, va foton yutuvchi elektron impulsini o'zgarishini hisobga olmasa ham olasa bo'ladi. 1' o'tish "notog'ri" va elektron impulsini o'zgarishi bilan yuz beradi. Bunda fotonni yutolish jarayonida uchinchi zarracga – fonon (kristallda tebranish energiyasi kvanti).

To'g'ri zonali moddalarga optoelektronikada keng foydalaniladigan materiallar, masalan: GaAs (man qilingan zona kengligi $\Delta E = 1,4$ eV), CdSe (1,8eV), CdS (2,5), ZnS (3,7) va boshqalar.

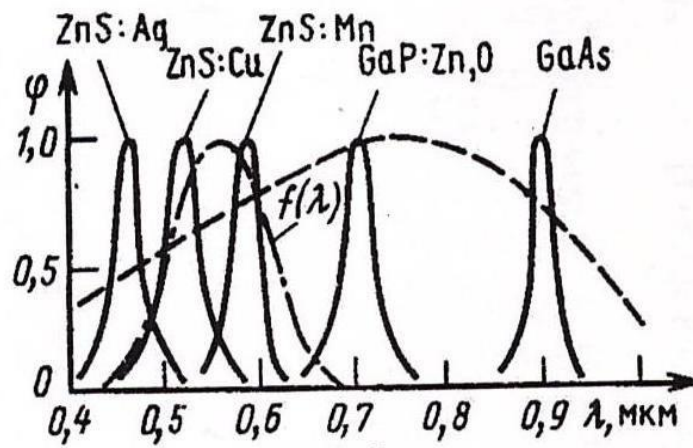
Shunday holler bo'lishi mumkinki, elektronlar va kovaklarni ekstremum energiyalari diagrammada $E(p)$ turli p ga (2.2.2. - rasmda uzulishli chiziqlar) to'g'ri kelishi mumkin. Bunda o'tishlar fotonlarni kichik energiyasida faqat noto'g'ri (1'') bo'lishi mumkin. Fotonlarni ancha yuqori energiyalarida to'g'ri o'tishlar (1) saqlanishi mumkin. Noto'g'ri zonali materiallarga , masalan, Ge (0,7 eV), Si (1,1 eV), AlAs (2,2 eV), GaP(2,3 eV) va SiC nini turli politiplari (2,4 – 3,1 eV) kiradi.

2.2.2. Nurlanish manba turlari.

Nurlanish manbalarining turli xususiyatga ega bo'lgan ikkita asosiy turlari mavjud. Issiqlik nurlanish qizigan jismlardan vujudga keladi va uning intensivligi va energiyasi barcha to'liqin uzunliklar λ T^4 ga (absolyut temperature) proposional o'sadi , T ni oshishi natijasida jismni nurlanish imkoniyati $\varphi(\lambda)$ egriliklarni maksimumlari kichik to'liqin uzunliklar tomon siljiydi (2.2.2.- rasm), bunda bu maksimumga to'g'ri keluvchi to'liqin uzunlik , $\lambda_{\max} = b_2 T^{-1}$, buyerda absolyut qora jism uchun $b_2 = 2898 \text{ mkm.K}$ 0,5 $\lambda_{\max}$ dan 3 $\lambda_{\max}$ gacha oraliqda barcha nurlanishni 90% ga to'g'ri keladi. $\lambda_{\max} = 1 \text{ mkm}$ $T = 2898 \text{ K}$ da nurlanishni asosiy qismi infraqizil sohaga to'g'ri keladi . Berilgan λ ga to'g'ri keluvchi $h\nu = 1,24 / \lambda$ (bu yerda λ mikromertlarda, $h\nu$ - elektron - voltlarda) formuladan kvantlar energiyasini anqlash mumkin. Volfram va boshqa metallar uchun b_2 koeffisient qiymati ($b_2 = 2660 \text{ mkm.K}$) ancha kam. Qizdirgich lampalarni yetarlicha miniayutr qilish mumkin, biroq ularni f.i.k. kichik va inertligi katta, undan tashqari elektrodlarini balon ichiga joylashtirish ham kerak, bu yarimo'tkazgichli sxemalar texnologiyasi uchun to'g'ri kelmaydi. Elektr maydon ta'sirida va boshqalar) .



2.2.3-rasm. Absolyut qorajism issiqlik nurlanish spektri.



2.2.4 – rasm. Birqancha yario'tkazgichlarni lyuminesensiya spektrlari. Uzuq chiziqlar bilan kremniyli fotodiodni sezgirlik sohasi ko'satilgan.

Hozirgi zamon optoelektronikasida asosan qattiq jismlarning lyuminesensiyasidan (sovuq nurlanish) foydalaniladi. Nurlanish uchun zaruriy lyuminesensiya energiya har qanday issiqliksiz (fotonlar yoki elektronlar bilan .nurlatish, elektr maydon ta'sirida va boshqalar) usulda berilishi mumkin. Mos ravishda fotolyuminisensiya , elektrolyuminesensiya va lyuminisensiya boshqa turlari bilan farqlanadi. Odatda , lyuminisensiya uy temperaturasida va undan past temperaturalarda , qaysiki bunda issiq nurlanish juda oz va barcha ko'zga ko'rinadigan nurlanish lyuminesensiyadan iboratdir. Umumiy holda tegishli temperaturadagi nurlanish issiqlik va lyuminesensiyadan iborat, shuning uchun C.I. Vavilovni aniqlashi bo'yicha lyuminesensiya deb, tegishli temperaturada issiqlik nurlanishlardan ortiqchalariga aytiladi va qo'zg'otish to'xtatilgandan so'ng davomiylidi yorug'lik to'lqin davridan ($t_c \approx 10^{-14}$ s) katta. Odatda lyuminesirlovchi

moddalarda (lyuminoforda) bu ushlab turish reaksiyasi qo'zg'lishni o'chishidan t, ancha katta va lyuminaforda energiyani o'zgarish jarayonini berib, lyuminesensiya uchun xarakterli bo'ladi.

2.2.5 – rasmda yarimo'tkazgich tomonidan energiya yutulishlar natijasida ro'y beruvchi elektron o'tishlar sxemasi berilgan. Amalda barcha teskari o'tishlarda elektronlar energiyasi kamayadi, u yoki bu spectral sohasida nurlanish yuz beradi. Turli man qilingan zonali va turli krishmalar kiritilgan yarimo'tkazgichlardan foydalanib, nurlanishni barcha ko'zga ko'rinadigan va infraqizil diapazon yaqinidagi nurlanishlarni olish mumkin (2.2.4 – rasm).

Zonalararo o'tishlar 1 ning to'g'ri zonali materiallarda ehtimolligi ancha yuqori (2.2.5 – rasm). Ko'zga ko'rinadigan nurlanish spektri (0,38 – 0,7) kengligi man qilingan zonalar kengligi 1,6 – 3,0 eV oraligiga mos keladi. Krishmali sathlar qatnashgan (2, 3, 4) nurlanuvchi o'tishlar to'g'ri va noto'g'ri zonali materiallarda bo'lishi mumkin.

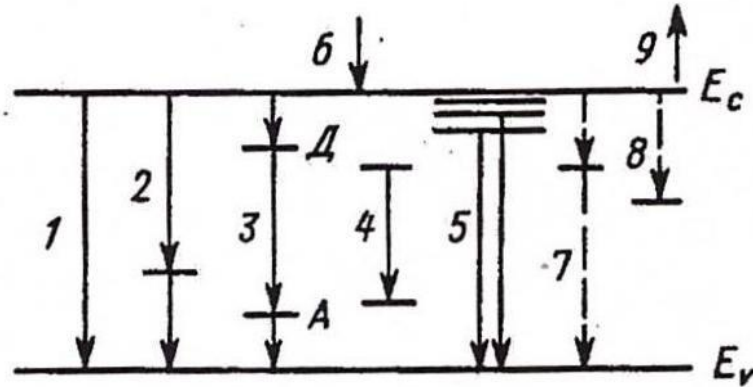
2.2.5 – rasmdagi 2 o'tish oraliq akseptor orqali o'tkazuvchanlik zonasida elektronni va valent zonasida kovakni rekombinasiyasiga to'g'ri keladi, 3 – o'tish shtrix ikki turdagi yaqin joylashib hosil bo'lgan donorli (D) va akseptorli (A) orqali bo'ladi. Bu barcha hollarda energiyani yutilish va nurlanish jarayonida o'tkazuvc hanlik va valent zonalar qatnashadi, bunga mos lyuminesensiyaning rekombinasiyal deb ataladi. Krishma markazi oralig'ida qo'zg'olgan asosiy sathdan elektronni o'tishi 4 yuz beradi, bunga to'g'ri keluvchi lyumiesensiya ichki markaziy deb ataladi. Qattiq jismlardagi bu ikki ko'rin'shdagi lyuminesensiyalar ma'lum darajada harxil xarakteristikalariga ega bo'ladi.

Past temperaturalarda va yuqori qo'zg'otish sathlarida ekiston holat (5 o'tish) orqali rekombinasiya bog'liq lyuminesensiya paydo bo'lishi mumkin. Bunda chiqayotgan fotonlar energiyasi ΔE ga yaqin.

Krishmalardan tashqari, qaysiki lyuminisensiya markazlari (ularni ko'pincha aktivatorlar deb ataladi) hosil qiladi, kirishmalar mavjudki, ular o'chirish markazlari hosil qiladi, ya'ni bu markazlar orqali rekombinasiya nurlanishni hosil qilmaydi. Yarimo'tkazgich ZnS da o'chirgichlar bo'lib, masalan, Fe, Co, Ni bo'lishi mumkin. O'chirish markaz sathlarni nurlanishsiz o'tishlar (7 o'tish) 2.2.5 – rasmda uzuq chiziqlarda ko'rsatilgan.

Nurlanishsiz energiya qo'zg'atish issiqlik energiyasiga aylantirish imkonini boshqa imkoniyati Oje jarayonlar deb ataluvchi, qaysiki energiya electron ancha

past sahga o'tishi (8 o'tish)da ajralgan energiya o'tkazuvchanlik zonasidagi boshqa elektronga beradi, qaysiki buzonda yuqori sathga ko'teriladi (9 o'tish).Keyin bu electron o'tkazuvchanlik zonasi tushib qoladi (6 o'tish). Oje – jarayonlarni extimolligi erkin zaryad tashuvchilarning konsentrasiyasi oshishi bilan o'sadi.



2.2.5 - rasm.Yorug'likni nurlanishi bilan yuz beradigan elektron o'tishlar (1- 5) va yuz bermaydigan (6- 9) elektron o'tishlar.

Iyumesensiyaning ichki kvant chiqish qiymati η_k bilan aniqlanib, u berilgan energiyani qancha qismi nurlanishga aylanganini ko'rsatuvchi ahamiyatli xarakteristikalaridan biridir.Elektrolyumesensiya holat uchun η_k kristal orqali o'tgan har bir elektronga to'g'ri keluchi vujudga keltirilgan fotonlar soniga teng. Ba'zibir elektrolyumesent nurlagichlar uchun kvant ichki chiqish η_k birga yaqinlashishi mumkin, ayniqsa past temperaturalarda.

Agar nurlanish yarimo'tkazgichli fotoqabul qilgichda qabul qilinayotgan bo'lsa, unda uni spectral sezgirligi yorug'lik manba nurlanish spektri bilan mos kelishi kerak.Qulay qabulqilgich kremniyli diod bo'lib, u keng spectral sezgirlikka ega.

Turli markazlarni lyuminsension nurlanishlari o'z-o'zidan va bir – biriga bog'liq bo'lmagan boshqa markazlarda ro'y berishi mumkin. Bu holatda chastota , qutblanish va yorug'likni tarqalish yo'nalishi turli (nikogeret nurlanish) bo'lishi mumkin. Boshqa holatlarda majburiy nurlanish amalga oshirilishi mumkin, bunda bitta markazdan bir xil chastotali va qutiblangan stimullashgan nurlanish (kogerent nurlanish) olinadi. Optoelektronikada nokogerent nurlanish manbalari (yorug'lik dioldri, kukun ko'rinish asosidagi va plyo'nkali lyuminoforlar) foydalaniladi, xuddi shunday kogeret (lazerlar) nurlanishlardan foydalaniladi.

2.3. Optoelektron asboblarni sinflarga bo'linishi va qo'llanilishi

Optron asboblari deb, u yoki boshqa ko'rinishda o'zaro aloqani oshiruvchi nurlanish manbai va qabul qilgichga (yorug'liknurlagich va fotoqabulqilgich) ega bo'lgan yarimo'tkazgichli asbobga aytiladi.

Har qanday optronlarni ishlash prinsipi quidagilarga asoslangan. Nurlagichda elektr signal energiyasi yorug'likka, fotoqabulqilgichda esa, uni teskarisi yorug'lik signali elektr signaliga o'zgaradi. Amalda tarqalgan optronlar bo'lib, qaysiki unda nurlagichdan fotoqabulqilgichga tomon to'g'ri optik aloqaga ega bo'lganlari bo'lib, bunda elementlar orasidagi hamma ko'rinishidagi elektr aloqalar bo'lmaydi. Optik aloqani mavjudligi kirish (nurlagich) va chiqish (fotoqabulqilgich) orasidagi elektr izolyasiyani ta'minlaydi.

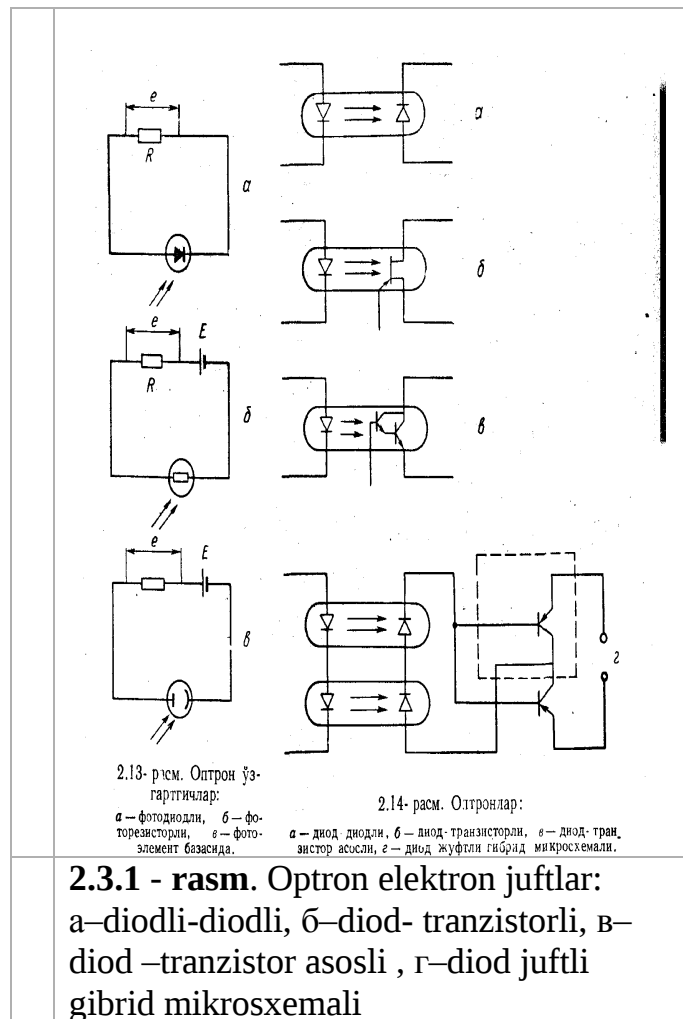
Shunday qilib, bunday asbob elektron zanjirlarda aloqa elementi funksiyasini bajaradi, shu bilan bir vaqtda kirish va chiqish elektr (galvanik) yechimi amalga oshirilgan.

Optoelektron asboblarni qo'llanilishi yetarlicha turli: apparat bloklari aloqasi uchun, qaysiki ular orasida ancha katta potentsiallar farqi bo'ladi; o'lchash qurilmalarini kirish zanjirlarini shundan himoyalash uchun va yuqori kuchlanishli zanjirlarni sozlash, optik, kontaktsiz boshqarish, quvvatli tiristorlar, simistorlarni ishga tushirish, elektromexanik releli qurilmalarni boshqarishlar kiradi.

“Uzun” optronlarni (optik kanal sifatida uzun ingichka optik – tolali asboblari) yaratilishi optron texnika maxsulotlarini qo'llashni mutlaqo yangi yo'nalish – optik tola bo'yicha masofaviy aloqani ochdi.

Optoelektron asboblari so'p radiotexnika sxemalar modulyasiyasi, kuchayishni avtomatik boshqarish va boshqalarda qo'llaniladi. Bu yerda optik kanalga ta'sir natijasida sxemani optimal rejimga o'tkazish uchun, kontaktsiz rejimni sozlash va shunga o'xshashlardan foydalaniladi.

Optronlarni asosiy turlarini shartli – grafik belgilashlar 2.3.1- rasmda berilgan.



2.3.1 - rasm. Optron elektron juftlar: a–diodli-diodli, б–diod- tranzistorli, в– diod –tranzistor asosli , г–diod juftli gibrid mikrosxemali

Optoelektron asboblari quyidagi belgilari bo'yich siniflarga bo'linadi.

Foydalaniladigan nurlagichni turiga qarab optronlar:

Miniatyur qizdirgich lampochkalar asosidagi nurlagichlar. Bunday qizdirgichli optronlar inerson, va hozirgi vaqtda amalda foydalanilmaydi, biroq rezistorli optronlarda qo'llanilmoqda.

Neon nurlagichvli lampochkalarda, qaysiki gaz neon – argon aralashma gazini elektr razryadini nurlanishidan foydalaniladi. Bunday nurlagichlar nurlanishini uncha yuqori emasligi, mexanik ta'sirga chidamsiz, o'lchami katta, integral texnologiyaga mos kelmasligi. Shunga qaramasdan, optronlarni alohida turlari qo'llanilmoqda.

Elektrolyuminesentli nurlagich yacheykalar. Elektrolyuminesentli yacheykalar elektr energiyasini yorug'likka aylantirish faolligi yuqori emasligi, ishlash mudati kichikligi, boshqarishni murakkabligiga ega. Bu nurlagichlarni asosiy afzalligi - fotorezistorlar bilan konstruktiv – texnologik mos kelishi, bunga asosan ko'pfuksiyali va ko'pelementli optron strukturalarni yaratish mumkinligidir. Hozirgi vaqtda qollanilishi chegaralangan holatda turibdi.

Yorug'likdiodli va lazer diodli nurlagichlar. Foydalanilayotgan optronlardan ancha asosiysi unversial nurlagichlardan yorug'likdiod – yarimo'tkazgichli injeksion yorug'liknurllovchi dioddir. Bu uni bir qancha afzalliklari:elektr energiyasini optokka aylantirishda FIK yuqori qiymatliligi;; nurlanish spektri qisqa, turli yorug'likdiodlarini spectral diapazoni kengligini yopilishi; nurlanishni yo'nalishligi; yuqori tezkorlik; ta'minot kuchlanish va toklarni qiymat kichik; tranzistorlar va integral sxemalar bilan bir – biriga mos kelishi; to'g'ri tokni o'zgartirish yo'li bilan nurlanish quvvatini modulyasiyalashni soddaligi; impuls va uzluksiz rejimda ishlash mumkinligi; kirish toklarini keng oralig'ida vat- amper xarakteristikasini chiziqliligi; yuqori mustaxkamliligi va uzoq mudat ishlashi; o'lchami kichikligi; mikroelektron maxsulotlar bilan texnologik mosligi kiradi.

Optronlar foydalaniladigan fotoqabulqilgichni turiga qarab:

Fotorezistorlar asoslangagi optronlar, qaysiki xususiyati yoritish natijasida berilgan murakab qonun bilan o'zgaradi, bu esa matematik modellashtirish va qadama - qadam funksional optoelektronikani yaratish imkonini beradi.Biroq, fotorezistorli optronlar inversion.

Fotodiod asosidagi optronlar;

Fototranzistorlar asosidagi optronlar;

Fototiristorlar asosidagi optronlar.

Oxirgi uchta eng ko'p unversial fotoqabul qilgichlar bo'lib, ochiq p-n- o'tishli ishlovchi .Ko'pgina hollarda ularni kremniy asosida tayorlanadi, va ularni maksimal spectral sezgirlik $\lambda = 0,7 \dots 0,9$ mkm yaqinida bo'ladi.

Optronlar optik kanaldan foydalanish turi bo'yicha bo'linadi:

Ochiq optik kanalli optronlar. Bunday optronlarda nurlagich va fotoqabulqilgich havoli oraliq bilab ajratilgan. Ular aylanuvchi vallarni aylabish sonini, holat datchigi sifatida harakatlanuvchi mexanik sistemani sinxronlash boshqalarda uchun keng qo'llaniladi. Ochiq kanali optronlar o'z navbatida qaytarishda va o'tkazishda ishlovchi optronlarga bo'linadi.

Yopiq optik kanali optronlar. Bunda optik kanal har qanday tashqi tasirlardan himoyalangan. Bunday optronlar elektr zanjirlarini kirish va chiqishlarni galvanik bog'lanish uchun qo'llaniladi. Agarda chiqish zabjirlarida quvvatli kuch asboblari (tiristorlar, simistorlar, MOSFET maydon tranzistorlari) foydalanilsa, bunday optronlar qattiq jismli relelar deyiladi. Hozirgi vaqtda bunday relelar elektromagnit relelarni alternative bo'lib, ularni texnologiyasi uzluksiz takomilashmoqda.

“Uzun” optik kanalli optronlar. Bunday optronlarda nurlagich va fotoqabulqilgich bir biridan ma’lum uzoq masofada joylashtirilishi mumkin. Bunda nurlagich va fotoqabulqilgichni bog’lovchi optik kanal yorug’lik tola hisoblanadi. Bunday optoelektron asboblari EHM ning uyali tarmoqlarida informatsiyani uzatish uchun keng qollanilmoqda.

Optik kanali spektral diapazoni bo’yicha optronlar quyidagilarga bo’linadi:

Optik nurlanishni to’lqin uzunligi 0,4 dan 0,75 mkm li ko’zga ko’rinadigan diapazonli optronlar.

Optik nurlanishni to’lqin uzunligi 0,8 dan 1,2 mkm li IQ – diafazonga yaqin optronlar. Bunday ko’rinishdagi nurlanishlar aniqsa ochiq kanali optoelektron asboblari uchun samarali.

Optronlar konstruktiv – texnologik belgisi bo’yicha quyidagilarga bo’linadi:

Elementar optoparalar, qaysiki bita nurlagich va bitta elementar fotoqabulqilgichdan iborat. Foydaniladigan fotoqabulqilgichni turiga qarab, ular rezistivli, diodli, tiristorli, tranzistorli va boshqalar bo’lishi mumkin.

Optoelektron integral mikrosxemalar, qaysiki unda elementar optronlarda qo’shimcha elektron qurilmalar: kuchaytirgichlar, komparatorlar, matiqiy sxemalar va boshqalar bo’ladi.

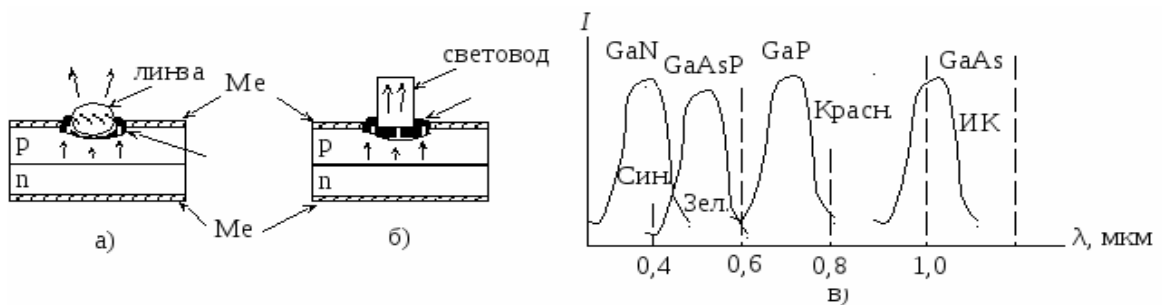
Maxsus ko’rinishdagi optronlar: differensial optronlar, qaysiki birqancha nurlagichlar va fotoqabulqilgichlar bo’ladi; optoelektron datchiklar bo’ladi.

2.4. Optoelektron asboblarda nurlagich turlari

Optronlarda ancha keng universal ko’rinishdagi nurlagichlardan biri yario’tkazgichli ijjeksion yorug’liknurllovchi diod – yorug’diod hisoblanadi. Uni afzalliklari quyidagilarga bog’liq:elektr energiyasini optikka aylantirishda FIK ni yuqoriligi; nurlanish spektrini (kvazimonoxromatikligi) qisqaligi; turli yorug’lik diodlari bilan keng spectral diapazonda yopilishi; nurlanishni yonalishligi;yuqori tezkorligi; ta’minlovchi kuchlanish va toklari qiymatlarini kichikligi; trnzistorlar va integral sxemalar bilan mosligi; to’g’ri tokni o’zgartirish bilan nurlanish quvvatini modullashni soddaligi; impuls va uzluksiz rejimda ishlash mumkinligi; ancha keng kirish toklari diapazonida vat- amper xarakteristikasini chiziqliligi; yuqori mustaxkam va chi damliligi;kichik o’lchamliligi;mikroelektron maxsulotlari bilan texnologik mosligi.

Yorug’lik diodlari elektronlari va kovaklari rekombinasiyasi hisobiga elektr energiyasini yorug’lik energiyasiga aylantiradi. Oddiy diodlarda elektronlari va kovaklari rekombinasiyasi issiqlik ajralishi bilan yuz beradi, yani yorug’lik nurlanishsiz. Bunday rekombinasiya fononli deyiladi. Yorug’lik diodlarda

rekombinasiya yorug'lik nurlanish yuz berib, qaysiki fotonli deyiladi. Odatda bunday nurlanish rezonansli va qisqa polosa chastotada yotadi. Nurlanishni to'liq uzunligini o'zgartirish uchun tayorlangan yorug'likdiodinimaterialini o'zgartirish kerak, yoki ma'lum hollarda (ikkirangli yorug'likdiodlar) yorug'lik diod orqali to'g'ri tok o'zgartiriladi. 2.4.1 – a.b rasmlarda yorug'likdiod qurilmasimi sxematik belgisi, 2.4.1 – v rasmda esa uni nurlanish spectral xarakteristikolari berilgan. Ko'zga ko'rinadigan spektrda nurlaydigan yorug'likdiodlarini tayorlash uchun fosfid galliy yoki qattiq eritma GaAsP dan foydalaniladi. IQ – diapason yaqin uchun diodlar ko'pincha kremniy, arsenid galiy yoki qattiq eritma GaAlAs lardan foydalaniladi.



2.4.1 –rasm. Yorug'lik diod strukturalari (a,b) va spectral xarakteristikalar(v)

Yorug'likdiodda injeksion lyuminsensiya mexanizmi uchta asosiy jarayonlardan iborat: yarimo'tlazgichlarda nurlanish (va nurlanishsiz) rekombinasiyasi , yorug'likdiod bazasiga ortiqcha asosiy bo'lmagan zaryadlarni injeksiyasi va genarasiya sohasida nurlanishni chiqishi.

Yarimo'tkazgichda zaryad tashuvchilar rekombinasiyasi , eng muhimi , uni zona diagrammasi, tabiiy krishmalar va nuqsoamlarni mavjudligi, muvozanat holatdagi buzulishlar darajasi bilan aniqlanadi. Optron nurlagichlarning asosiy materiallariga to'g'ri zonali yarimo'tlazgichlar (GaAs va uning uchlik brikmalari GaAlAs va GaAsP) kiradi, yani bularda ruxsat etilgan zona –zona to'g'ri optic otishlar bo'ladi . Zaryad tashuvchillarning har bir rekombinasiyasida bu sxema bo'yicha kvant nurlanish bilan yuz beradi, to'liq uzunligi qaysiki energiyani saqlanish qonuni bo'yicha quidagi munosabat bilan aniqlanadi.

$$\lambda_{изл} [\mu\text{м}] = \frac{1,23}{\Delta E [\text{эВ}]}, \quad (2.4.1)$$

bu yerda- ΔE - man qilingan zona kengligi yoki sahdan nurlandan energiya.

Biroq, nurlanish rekombinasiyasi bilan kokurensiyada nurlanishsiz reekombinasiya mexanizmlari mavjud bo'lib, natijada ortiqcha energiya nurlanish ko'rinishida emas, issiqlikka aylanadi.

Turli rekombinasiya mexanizmlarini nisbiy roli ichki chiqish nurlanish η_{ich} tushunchasini kiritish bilan ifodalanadi, bu nurlanish rekombinasiya effektivligini to'la (nurlanish va nurlanishsiz) rekombinasiya effektivligiga nisbatibilan (boshqacha aytganda generatsiyalangan kvantlar sonini shu bilan injeksiyalangan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar soniga) aniqlanadi. Bu qiymat foydalaniladigan yorug'likdiod uchun materialni ahamiyatli xarakteristikasi hisoblanadi; aynan, $0 < \eta_{\text{ich}} < 100\%$.

Yorug'lik diodning aktiv kristal sohasida ortiqcha erkin tashuvchilar konsentratsiyasini yaratishda p-n o'tishga to'g'ri siljish kuchlanishda injeksiya yo'li bilan yaratiladi.

Diodni aktiv sohasida nurlanish rekombinasiyasini ushlab turuvchi "foydali" tok komponenti bo'lib p-n o'tishda injeksiyalangan elektronlar toki hisoblanadi. To'g'ri tokni "foydasizlariga" quidagilar tegishli:

1. Kovak tashkil etuvchi I_p , n- sohaga injeksiyalangan kovaklar sababli va biroq p-n- o'tishlarda bir tomonlama injeksiya bo'lmaydi, bu fakt. Bu tok p- sohaga nisbatan n- soha qanchalik yuqori legirlangan bo'lsa shuncha kichik bo'ladi.

P-n- o'tishni hajmiy zaryad sohasida I_{rek} (nurlanishsiz) rekombinasiya toki. Man qilingan zona kengligi katta bo'lgan yarimo'tkazgichlarda kichkina to'g'ri siljish kuchlanishlarda tok sezilarli bo'lishi mumki

Potensial to'siq orqali zaryad tashuvchilarni "to'g'ri sizib" otishiga bog'liq, I_{tun} tunnel toki. Tok asosiy tashuvchilar hisobiga bo'ladi va nurlanish rekombinasiyasiga xechnarsa bermaydi.

Yarimo'tkazgichni hajmiga va nuqsonlar xususiyatlariga bog'liq bo'lmagan, sirt xususiyatiga bog'liq bo'lgan sirqib o'quvchi sirt toki I_{sir} .

Generasiya sohasidan nurlanishni chiqishida quyidagi ko'rinishidagi energiya yo'qotishlar mavjud:

O'z - o'zidan yutilishdagi yo'qotish. Agarda generatsiyalangan kvantlar to'lqin uzunligi (2.4.1) formula aniqligida mos bo'lsa unda, u yutilishning "qizil chegarasiga" mos keladi, va bunday nurlanish yarimo'tkazgich qalinligida tezda yutiladi (o'z - o'zidan yutilish). Haqiqatda, to'g'ri zonali yarimo'tkazgichlarda nurlanish yuqorida keltirilgan ideal sxema bo'yicha bo'lmaydi. Shuning uchun generatsiyalangan kvantlar to'lqin uzunligi (2.4.1) qaraganda ancha katta.

Ichki to'la qaytishdagi yo'qotishlar. Ma'lumki, yorug'lik nurini , optik muxit (yarimo'tkazgich) bilan optik zichligi ancha kichik (havo) chegaraga tushishida bu qismdagi nurlar uchun to'la ichki qaytish sharti bajariladi. Kristal ichidan qaytgan bunday nurlar, nixoyat o'z – o'zidan yutilish hisobiga yo'qoladi.

Teskari va yontomlaridagi yo'qotishlar.

Yorug'likdiodning integral ko'rsatgichli nurlanishi tashqi kvant chiqish kattaligi h_{ext} bilan aniqlanadi. Yuqorida aytilganlardan,

$$h_{ext} = h_{int} \gamma K_{OIT} \quad (2.4.2)$$

bu yerda K_{opt} – optik nurlanishni chiqish koeffisienti;

γ - p- n- o'tish baza sohasiga asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning injeksiya koeffisienti;

Yorug'lik diodning tashqi kvant chiqish ishi kattaligi qiymati hozirgi paytida (1 ...5%) tashkil qiladi.

Bazibir optronlarda nurlagich sifatida lazerli injeksion diodlardan foydalanadi.

Injeksion lazer – bu monoxromatik nurlanishli diod. Kogerent monoxromatik nurlanish stimullashgan foton rekombinasiya taminlaydi, qaysiki aniq bir tokda zaryadlar injeksiyasida hosil bo'ladi. Stimullashgan foton rekombinasiya hosil qiluvchi minimal tok chegaraviy deyiladi. Chegara qiymatidan tokni oshish monoxromatik nurlanishni yomonlashish ro'y beradi.

2.5. Optoelektron asboblardagi fotoqabulqilgich turlari

Optronlarda fotopriyomnik sifatida fotorezistorlar, fotodiodlar, fototranzistorlar, fototiristorlar va boshqalardan foydalaniladi.

Fotorezistorlar asosidagi fotopriyomniklar .

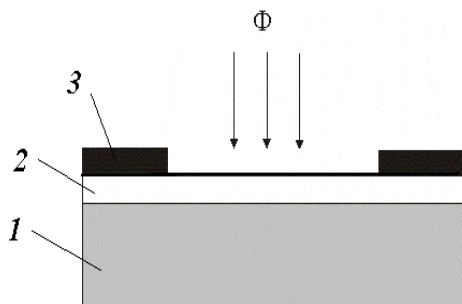
Optronlarda fotorezistorlar sifanida yarimo'tkazgichlarning fotoo'tkazuvchanlik xususiyatidan foydalaniladi, ya'ni tashqi yoritish ta'sirida ularni o'z qarshiligini xususiyati o'zgarishiga asoslangan. Fotorezistorlarni xususiyati va ularni konstruksiyasilari to'la beramiz.

Ko'p hollarda nur energiyasini elektr energiyasiga o'zgartirib beradigan yarimo'tkazgichli asboblarga fotoelektron asboblari deb ham ataladi . Fotoqabul qilgichlarning ishlash prinsipi yarimo'tkazgichli materiallarda yorug'likning yutilishi natijasida yuzaga keladigan fizik hodisalarga asoslanadi.

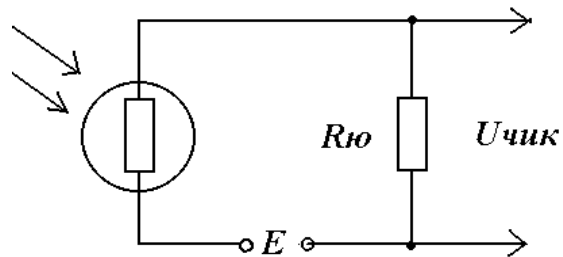
Yarimo'tkazgichli materiallarda yorug'lik , ya'ni foton energiyasini yutilishi natijasida elektron va kovaklar jufti hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan elektron va kovaklar jifti yarimo'tkazgichli materiallarda elektr tokini tashishda ishtrok etadi.

Masalan, ma'lum sharoitlarda yarimo'tkazgichda yorug'likni yutilishi natijasida qo'shimcha zaryad tashuvchilarning hosil bo'lishi kristallning elektr o'tkazuvchanligini o'zgartirishi mumkin(fotorezistiv effekt) yoki elektron o'tishlarga ega bo'lgan turli sohalar orasida elektr yurutuvchi kuch yuzaga kelishi mumkin(fotogalvanik effekt).Endi fotorezistiv effektga asoslangan asbob bilan tanishamiz.

Fotoqarshiliklarning ichki qarshiligi yorug'lik ta'sirida o'zgaradi. Ularni tayorlash texnologiyasi quyidagicha: dielektrik taglikka bug'latish (changlatish) usuli bilan yorug'lik sezgir yarimo'tkazgichli material, masalan, karbid – kremniy, sulfid kremniy, oltingugurtli qo'rg'oshin va boshqalar qatlam – qatlam qilib changlatish usulida sochiladi. Changlatib sochilgan plastinka, ebonit yoki boshqa materiallardan darchali qilib tayorlangan tutgich ichiga joylashtiriladi. Elektrodlar ma'lum usul bilan chiqichlarga ulanadi. 2.5.1 a,b – rasmda fotoqarshilikning tuzilishi va ularning ulanish sxemasi keltirilgan.

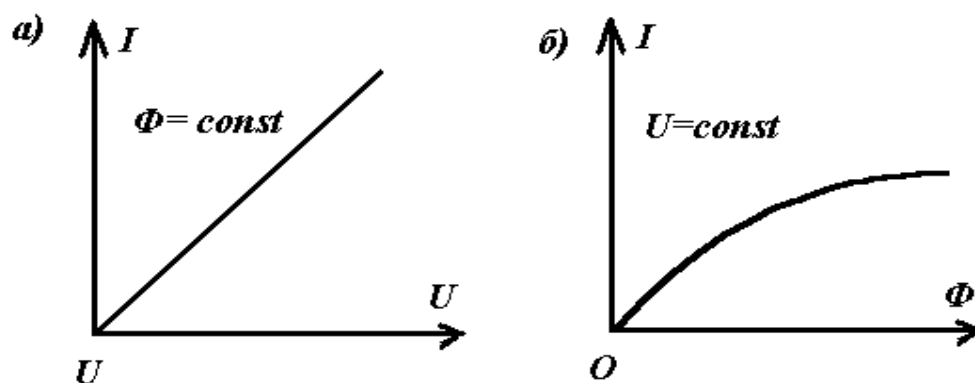


a)



b)

2.5.1 - rasm.Fotoqarshilikning (a) tuzilishi va (b) ulanish sxemasi .



2.5.2 -rasm. Fotoqarshilikning volt – amper va yorug'lik xarakteristikakari.

Fotodiod asosidagi fotoqabul qilgichlar

Fotodiod p-n- o'tishi ochiq dioddan iborat .Ochiq p-n- o'tishga tushuvchi yoryg'lik oqimi sohalarni birida qo'shimcha asosiy bo'lmagan va asosiy zaryad tashuvchilar hosil qiladi va natijada teskari tok oshadi. Umumiy holatda fotodiod toki quyidagi formula bilan aniqlanad

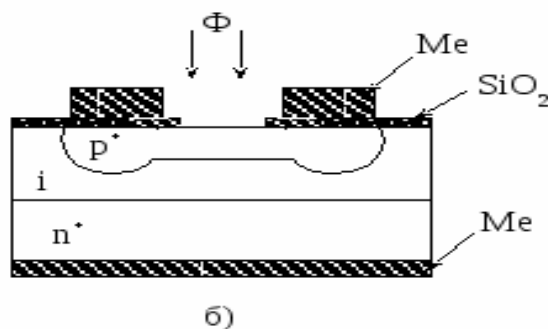
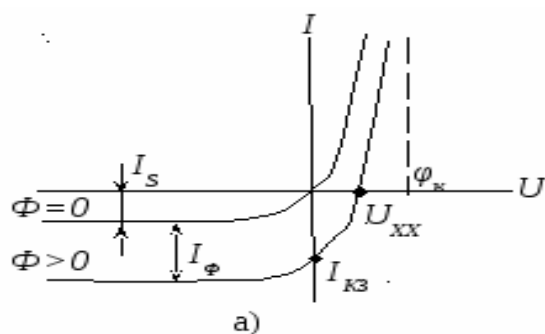
$$I = I_s (e^{\frac{U}{kT}} - 1) - I_\phi = I_{\text{диф}} - (I_s + I_\phi), \quad (2.5.1)$$

bu yerda $I_\phi = S_i \Phi$ — фототок;

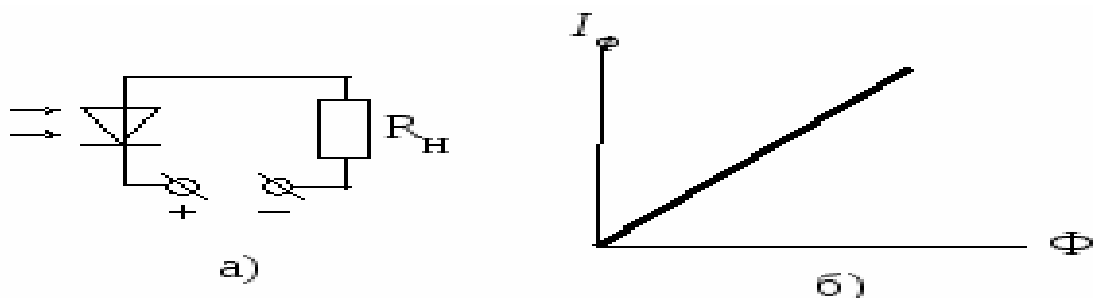
S_i — интеграл сезgirlik.;

Φ — yorug'lik oqimi.

Fotodiodni voltamper xarakteristikasi 2.5.3 a – rasmda va uning sxematik ta'sviri 2.5.3 b – rasmda berilgan.



2.5.3 – rasm. Fotodiodni voltamper xarakteristikasi (a) va uning sxematik ta'sviri (b) .



2.5.4 – rasm. Fotodiodning salt ishlash sxemasi(a) va fototokni oqimga bog'liqligi.

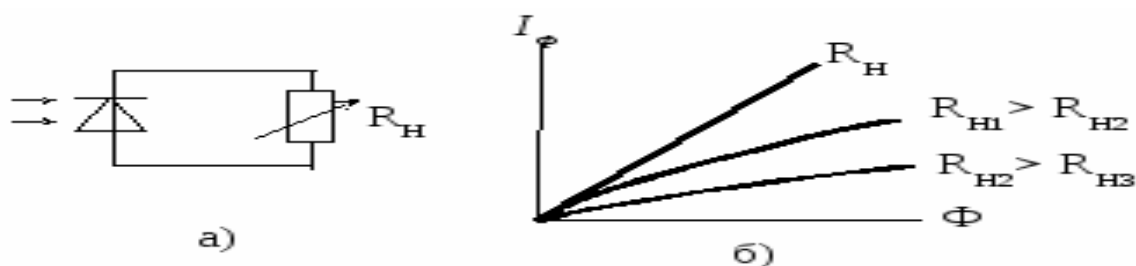
Fotodiod nagruzkasili ikkita rejimda ishlashi mumkin: 1) qisqa tutashuv (fotodiod rejim) va salt ishlash (ventil rejim). Qisqa tutashuv rejimida diodda kuchlanish nolga teng, va diodda tok fototoka teng, ya'ni

$$I = -I_{\phi} = S_i \Phi \quad (2.5.2.)$$

oqimi orasida to'g'ri proporsionalik saqlanadi(2.5.4 - rasm). Bunday proporsionallik 6- 7 tartib oralig'ida yaxshi amal qilinadi.

Salt ishlash rejimida diodda tok yo'q, salt ishlash kuchlanishi U_{xx} esa 25.3 – rasmda ko'rsatilgandek , gorizontal o'qda yotadi. Bu kuchlanishni toppish uchun (2.5.3) ifodani yarimlogariflab, undan topamiz

$$U_{xx} = \varphi_K \ln \left(\frac{I_{\phi}}{I_s} + 1 \right) \quad (2.5.3)$$



2.5.5 – rasm. Fotodiodni nafruzkaga ulanish sxemasi (a) va tokni yorug'lik oqimiga bog'likligi (b).

Shunday qilib, $I = 0$ bo'lganda p- soha musbat zaryadlanadi, n – soha – manfiy va yoritilish natijasida fotodiod elektrodlar orasida potentsiallar farqi paydo

bo'ladi, u foto- eyuk deyiladi. Foto – eyuk U_{xx} kuchlanishga teng va ϕ_k potentsiallar farqidan katta bo'lmayligi kerak. Kremniyli fotodiodlar uchun kuchlanish $U_{xx} < 0,7$.

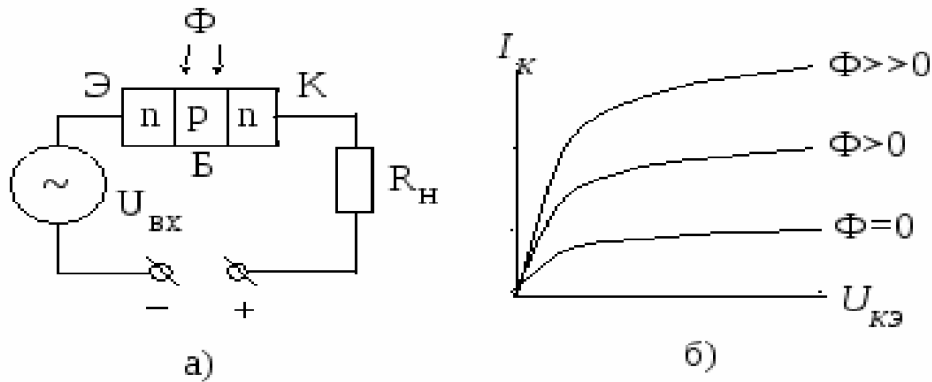
Salt ishlash rejimi uchun chiqish kuchlanishini yoritilganlikka logarifmik bog'liqligi xarakterli bo'lib, bunda xar qanday yoritilganlikda chiqish kuchlanishi ma'lum kattalikdan oshmaydi (2.5.5 – rasm).

Fotodiodni qisqa tutashuv rejimini faqat operasion kuchaytirgich yordamida amalga oshirish mumkin, amalda esa salt ishlash rejimini umuman qiyin. Shu sababli fotodiodni ishini fotodiodli rejimdan foydalaniladi. Fotodiodlar optik nurlanish qabulqilgichlar sifatida qollaniladi. Fotodiodlarni asosiy xarakteristikalar: qabul qilingan to'lqin uzunliklar diapazoni, integral sezgirlik, qorog'i tok va doimiy vaqt kiradi. Ko'pchilik fotodiodlar ko'zga ko'rinadigan va ko'zga ko'rinmas nurlanishlar to'lqin uzunligi keng diapazon 0,4 dan 2 mkm larda ishlaydi. Integral sezgirligi p- n- o'tishni maydoniga bog'liq va 10^{-3} dan 1mkA oralig'ida o'zgarishi mumkin. Qorog'i tok odatda uncha katta emas va qiymati 10^{-2} dan 1 mkA ega

Fotodiodlar juda kichik inersiyaga ega, chunki ularda tok asosiy bo'lmagan tashuvchilar dreyfi hisobiga bo'ladi va o'tish orqali tashuvchilar diffuziyasi bilan bog'liq emas. Fotodiodlar vaqt doimiysi 10^{-3} dan 1 mks oralig'ida bo'ladi.

Fototranzistorlar asosidagi fotopriyomniklar

Fototranzistor – strukturasi bo'yicha tranzistorga o'xshash va signalni ichki kuchayishini taminlovchi fotosezgir yario'tkazgichli nurlagich qabul qilgich. Uni fotodiod va fototranzistordan tashkil topgan deb tassavur qilish mumkin. Fotodiod bo'lib baza – kollektor o'tishni yoritilgan qismi, transistor bo'lib emitter ostiga to'g'ridan to'g'ri joylashgan strukturani bir qismi hisoblanadi. Chunki, fotodiod va tranzistoni kollektor o'tish konstktuv birlashgan, shu sababli fototok kollektor tok bilan jamlashadi. Ta'minot kuchlanishi shunday beriladiki, kollektor o'tish yopiq, emitter o'tish esa ochiq bo'ladi. Baza uzulgan bo'lishi mumkin. Bazani yoritish bilan unda elektron – kovak juftlik hosil bo'ladi. Fotodiodda hosil bo'lgan juftliklar diffuziya natijasida kollektor o'tishga etib o'tish maydonni ajralib, asosiy bo'lmagan tashuvchilar bazadan kollektor tomon harakatlanadi, bunda uni toki oshadi. Asosiy tashuvchilar bazada qoladi, emitterga nisbatan uni potentsiali kamayadi. Bunda emitter o'tishda qo'shimcha to'g'ri kuchlanish faydo bo'ladi, natijada emitterdan bazaga qoshimcha injeksiya keltirib chiqaradi va mos kollektor toki oshadi.



2.5.6 – rasm. Qoshqutbli n- p- n strukturali fototranzistorni ulanish sxemasi (a) va chiqish xarakteristikasi(b).

Masalan , bazasi uzilgan sxemaga umumiy emitterli ulangan fototranzistorni ishlashini ko'ramiz(2.5.6 - rasm). Kollektor o'tish fototoki kollektor teskari tok bilan jamlangan bo'ladi, shuning uchun transistor toki uchun I_{k0} o'rniga $I_{k0}+I_f$ ni qoyish kerak bo'ladi.

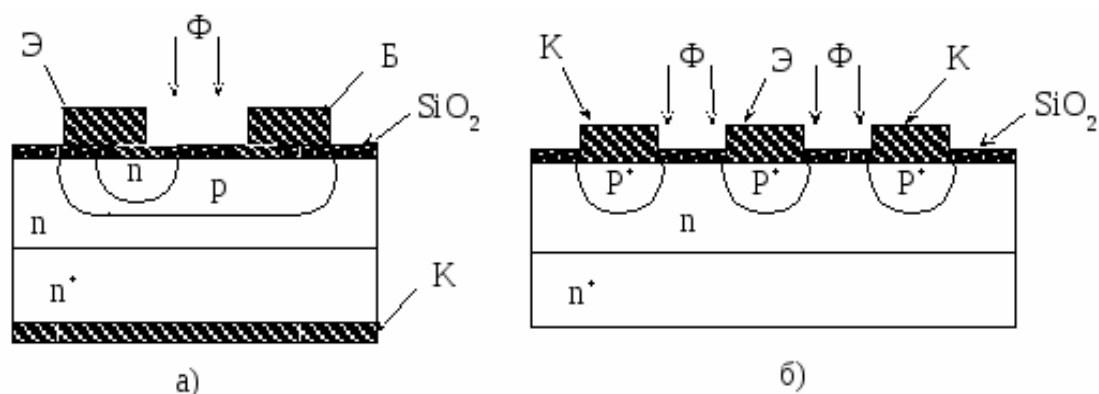
$$I = \frac{I_{k0} + I_{\phi}}{1 + \alpha} \quad (2.5.4)$$

$I_{k0} \gg I_{\phi}$ bo'lsa

$$I = \frac{I_{\phi}}{1 + \alpha} \approx \beta I_{\phi} \quad (2.5.5)$$

Ya'ni fototranzistorni fototoki fotodiod tokiga nisbatan β marta kuchayadi. Mos ravshda sezgirlik ham β marta oshadi. Tok 1000 marta sezgirligidah ko'p marta katta. Biroq kuchayish koeffisientini chastota kengligiga ko'paytmasi o'zgarmas kattalik bo'lib, unda chegara chastota β marta kamayadi . Diffuzjiyani mavjudligi asbob inertligi $T = 10^{-5} \dots 10^{-6}$ s. ancha egaligini bildiradi.

Fototranzistorlarni konstruksiyasi bo'yicha ikki xil: ko'ndalang va bo'ylama ko'rinishlari mavjud (2.5.7 - rasm). Bo'ylama tranzistorlar konstruksiyasi va texnologiyasi ancha soda bo'lib, integral sxemalar uchun qulay, biroq o'zini funksional parametrlari bo'yicha pastroqdir



2.5.7

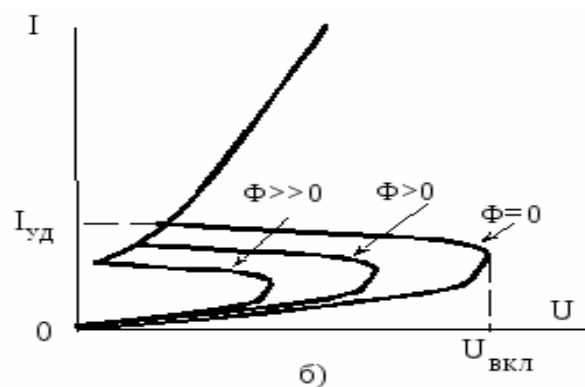
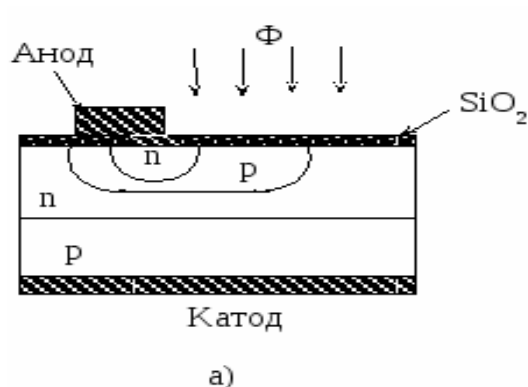
2.5.7 – rasm. Koʻdalang va boʻylama konstruksiyali fototranzistor.

Fototranzistorlarni afzalligi: ichki kuchayish mexanizimini mavjudligi, ya'ni yuqori fotosezgirlik, uchinchi elektrod bogʻliq boʻlgan sxemotexnik egiluvchanlik.

Asosiy kamchiliklari: tezkorligini chegaralanganligi va parametrlarni temperaturaga bogʻliqligi.

Fototiristorlar asosidagi fotopriyomniklar.

Fototiristor – yarimoʻtlazgichli nurlanish qabul qilgich, qaysiki asbob almashtirgich xususiyatini taʼminlaydi. Asbob toʻrtqatlamli p-n-p-n strukturadan iborat boʻlib, mos ravshda – uchta p- n- oʻtishni oʻrta qismi kollektor, ikki chetkisi-emitter deyiladi (2.5.8 – rasm). Tashqi sohalar emitter, ichki sohalar bazalar deyiladi. Tiristor shunday ulanadiki, kolektor oʻtish teskari, ikkiala emitterlar toʻgʻri yoʻnalishda ulanadi.



2.5.8 – rasm. Fototiristorning konstruksion tuzilishi (a) va VAX si (b).

Bir turg'un holatdan boshqasiga o'tish sakrashlar bilan yuz beradi (asbob VAXni manfiy qarshilik qismida turg'un emas) (2.5.8 b rasm) , qachonki

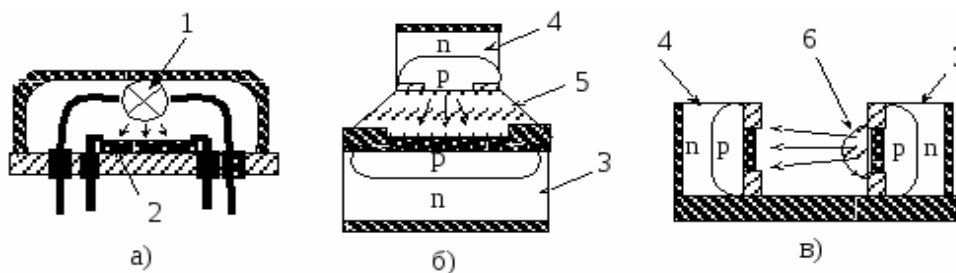
boshqaruvchi elektroddagi yoritilganlik ma'lum chegaraviy qiymatidan oshganda yuz beradi. Bu o'tishda tiristor qarshiligi va undagi tok $10^6 - 10^7$ marta o'zgaradi: yopiq holda taxminan 10^8 Om dan ochiq 10^{-1} Om gacha bo'ladi. Shunday qilib, fototiristor tok va quvvat bo'yicha juda yuqori kuchaytirish koeffisientiga ega.

Fototiristorda nurlanish ikkiala bazalari tomonidan yutiladi: yoritilishni oshishi bilan emitterladda toklar oshadi, natijada ulanish holatiga o'tish uchun zaruriy musbat va manfiy zaryadlarni to'planishi yuz beradi.

Yoritilishni o'sishi bilan almashinish kuchlanishi kamayadi. Shunday qilib, tiristorni uchinchi chiqichiga tushayotgan yorug'lik boshqaruvchi elektr signal vazifasini bajaradi va kontaktsiz usulda tok bilan turli elektr zanjirlarini boshqarish imkonini beradi.

Fototiristorni o'chirish uchun undan chiqish kuchlanishini olish mumkin, buni o'zgaruchan tok zanjiriga almashtirish bilan amalga oshiriladi.

Fototiristorni bosh afzalligi VAX si S – turdagi fotoqabulqilgichlar sifatida ichki fototokni kuchayishi hisoblanib, fotosezgirlikni ancha oshirib yuboradi. Fototiristorlar fototranzistorlarga nisbatan tezkorligi ancha yuqori (10 – 30 mkc). Fototiristorlar “kuchli” optoelektronikada katta toklar bilan boshqarish uchun qo'llaniladi.



2.6.1 – rasm. Optronlarni tipik konstruksiyalari.

2.6. Optoelektron asboblarni konstruksiyalari

Optronlarni konstruktiv – texnologik tayorlash funksional, bahosi va boshqa parametrlarini hisobga olgan holda olib boriladi. Asosiy talab effektiv optik aloqani

va ta'minot ma'nba va qabul qiluvchi orasidagi elektr izolyasiyani ta'minlashdir. Optoparalarni tipik konstruksiyalari 2.6.1 – rasmda ko'rsatilgan. Hozirgi payitda qo'llanilayotgan optoparalar gibrid qurilmalar bo'lib, konstruktiv kamchiliklarga kiradi.

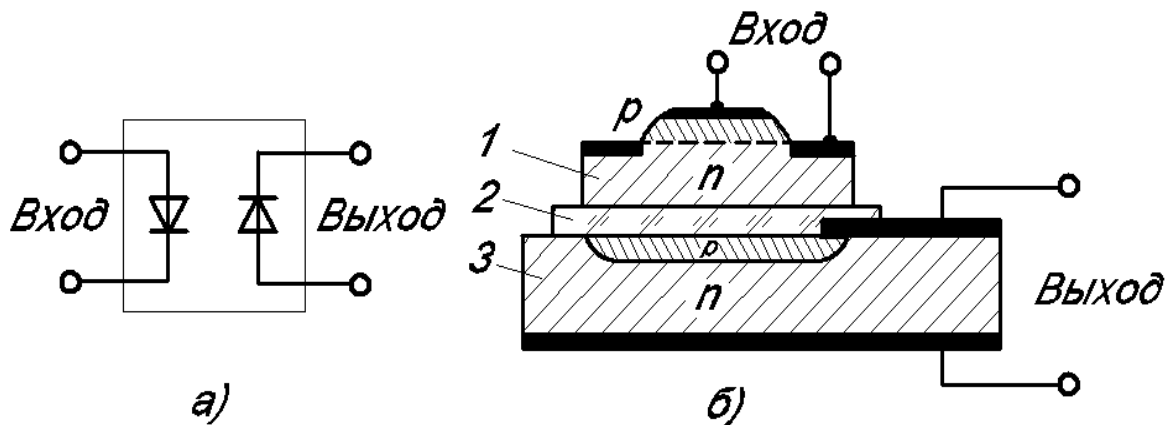
Shu bilan birga monolit optojuftlar ishlab chiqarilmoqdaki, yaxlit texnologik jarayonda integral tayorlanadigan qattiq jisimli nurlovchi va qabul qiluchi strukturalarni bolmoqda.

Biroq hozirgacha monolit optronlarni birortasini varianti barcha zaruriy parametrlari: uzoq mudat ishlashi, mustaxkamligi va tashqi faktorlarga chidamliligi bilan yaqinlashishga erishilgani yoq.

Asosiy yechilmagan masalalardan foydalaniladigan materiallarni bir - biriga mos kelmasligi bo'lib qolmoqda.

Har qanday optoelektron mikrosxemasining asosiy elementi optron juft hisoblanib (2.6.2 - rasm,a, b), yorug'lik nuri 1, boshqariluvchi kirish signali 2, yorug'lik manbai bilan bo'g'langan va fotoqabul qilgich 3 dan iborat. Optron juftlikni parametrlaiga o'zgaras tok bo'yicha qarshilikni yechilishi, tok uzatish koeffisienti (qabulqilich fototokini nurlagich tokiga nisbati), almashtirgich vaqti va o'tish sig'imidab iborat.

Optoelektron juftliklar bazasida turli vazifalarni bajruvchi optoelektron mikrosxemalar yaratilmoqda.



2.6.2 -rasm.Opton juftlikni sxemasi va texnologik tayorlanishi: 1 – yorug'lik manbai; 2 – immersion muxit ; 3 – fotoqabul qilgich.

2.7. Optoelektron asboblarni parametrlari

Sodda optron to'rt qutbli asbobdan iborat bo'lganligi uchun uchta: kirish, uzatish va chiqish xarakteristikalariga ega.

Kirish xarakteristika nurlagichni VAX si ifodalaydi. Chiqish – fotopriyomnikka mos xarakteristika (optron kirishiga berilgan tokda). Uzatish xarakteristika – chiqish toki I_{20T} ni kirish tokiga bog'ligi (ununiy holda nochiziqli).

Tok bo'yicha statik uzatish koeffisienti $K_I = I_2 / I_1$. Ko'pchilik optronlar uchun K_I passport parametri hisoblanadi (diodlilar uchun 0,5 % to tranzistorlilar uchun 100% gacha).

Optronni yig'indi tezkorligi ko'pincha almashinish vaqti $t_{al} = t_1 + t_2$ bilan xarakterlanadi, bunda t_1 va t_2 – vaqtlar optron chiqishida signalni o'sishi va qaytishi. Optronni tezkorligi turli turdagi optronlar uchun birhil bo'lmay, ish rejimiga bog'liq va 10^{-9} dan 10^{-1} gacha bo'ladi. Tezkorlik yana chegara chastota bilan xarakterlanadi, qaysiki f_{cheg} 5kGs dan 10 MGs oralig'ida yotadi.

Izolyasiya parametrlari: kirish va chiqish orasidagi statik maksimal ruxsat etilgan kuchlanish (o'zgaruvchan signal bilan ishlaganda). Izolyasiyani yuqori qarshiligi – $R_{iz} \sim 10^{12}$ Om – tok bo'yicha teskari aloqani yoqatadi. Biroq, o'tish sig'imi $C_{o't}$ ni (optronni kirish va chiqish orasida) mavjudligi o'zgaruvchan tok bo'yicha aloqadadandir, ya'ni Δt vaqt ichida chiqishda ΔV_2 kuchlanishni sakrashi sig'imli tok $I \approx C_{to'g'} \Delta V_2 / \Delta t$ ni hosil bo'lishiga olib keladi. O'tish sig'imini qiymati odatda ~ 1 pF tashkil qilad

2.8. Optoelektron asboblarni belgilash va tamg'alash

Optronlarni belgilash uchta elementdan iborat :

Birinchi element harf yoki raqam, qaysiki nurlagich materilni belgilaydi - (A yoki 3 – GaAs yoki GaAlAs); ikkinchi element harf – O – optronlar; uchinchi element – harf - fotopriyimnik turi: D- fotodiod, T – fototranzistor, Y – fototiristor; to'rtinch element – 2 yoki 3 ta raqamlar – ishlab chiqarish nomeri; ishlab chiqarish nomeridan so'ng optron parametrlarini xususiyatini belgilovchi harf bo'lishi mumkin.

Masalan: AOY – 103A – arsenid galliy asosidagi tiristorli optron, 103 ishlab chiqarish nomeri, A – parametrlar bo'yicha guruxi.

AOT- 101 AC – qattiq eritma galliy – alyuminiy – mishyak asosidagi tranzistorli optron, 101 – ishlab chiqarish nomeri, A – parametrlar bo'yicha guruhi.

Infra qizil nurlar uchun AL109A-1 markali yorug'lik diodi qo'llanilib ular epitaksial usuli bilan arsenid galliy materialidan tayyorlanadi. Diodlar infra qizil nurlarni nurlantiradi. Ular optoelektronikada, gibrit mikrosxemalarda qo'llaniladi.

Ko'z bilan ko'rish diapozoni uchun AL316A markali yorug'lik diodi qo'llaniladi. Bu diod epitaksial yo'l bilan tayyorlanib, qizil nurni nurlantiradi.

Ular informatsiyani ko'z bilan qabul kilish uchun mo'ljallangan. Uning kobig'i plastmassadan tayyorlanib unda qizil chiziq bo'ladi.

AOD 103A markali diodli optojuft.

Nurlantiruvchi diod ular, mishyak galliy, alyuminiy va kremniyli yarim o'tkazgichdan tayyorlanadi. Ular elektr zanjirlarni galvanik bog'lash uchun hizmat qiladi.

2.9. Optoelektronlarning yutuqlari va kamchiliklari

Optoelektronlarning kirish va chiqishlari orasida o'zaro elektr bog'lanishlar hamda yorug'lik va qabul qilgichlar orasida o'zaro teskari bog'lanishini yo'qligi;

- tebranish chastotasining diopazoni keng;
- optik qismga ta'sir etish yo'li bilan chiqish signalini boshqarish imkoniyati borligi;

- optik kanali xalaqitdan yuqori darajada himoyalanganligi;
- boshqa yarimo'tkazgich va mikroelektron qurilmalar bilan REA larni mos kelishlik imkoniyati.

Optoelektronlarning kamchiliklari:

- nisbatan katta quvvat talab etishi;
- radiatsiya va haroratga nisbatan yuqori turg'unlikka ega bo'lmaslik;
- sezilarlari darajada eskirishi;
- yuqori darajada xususiy shovqinga ega bo'lishligi;
- mukammal qulay texnologiyani o'rniga gibrit texnologiyani zarurligi.

YUqoridagi hamma kamchiliklar optron texnikasi rivojlanishi jarayonida yo'qotilib bormoqda.

X U L O S A

Hozirgi kunda optoelektronika funksional elektronika va mikroelektronikani ahamiyatli mustaqil sohasi bo'lib qoldi. Optoelektron asbob – axborotni qayta ishlashda elektr signallarini optikka va teskariga o'zgartiruvchi qurilma.

Optoelektron qurilmalarning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, ulardagi elementlar optik boglangan, elektrik esa bir biridan izolyasiyalangan.

Optoelektron asboblarni o'rganish natijasida quyidagilar xulosa qilindi.

1. Yarimo'tkazgichlarni turlari va elektr xossalari o'rganildi. Bunda ko'pchilik yarimo'tkazgichli diodlar asosan kremniy materialidan, yorug'lik diodlardan esa arsenid galliydan tayorlanishi aniqlandi
2. Elektron - kovak o'tishlarda to'siq qatlamni hosil bo'lishi va volt- amper xarakteristikasi o'rganildi va taxlil qilidi .
3. Elektron - kovak o'tish asosidgi yarimo'tkazgichli asboblarning strukturasi va texnologik tayorlanishiga qarab to'g'rilagichli diodlar, yuqori va o'ta yuqori chastotali diodlar , varikaplar va xatto tranzistorlarga bo'linishi ko'rsatildi .
4. Optoelektronika sohasini vujudga kelish tarixi va rivojlanishi o'rganildi.
5. Optoelektron asboblarni sinflarga bo'linishi bo'yicha , ular yorug'lik nurlovchi va yorug'lik qabul qiluvchi turlariga bo'linishi ko'rsatildi.
6. Ish oxirida yarimo'tkazgichli optronlarni qo'llanilishi, yutuqlari , kamchiliklari va ba'zi bir belgilari to'g'risida ma'lumotlar berildi.

FOYDANALINGAN ADABIYOTLAR

1. Zaynobidinov S., Teshaboev A. Yarimo'tkazgichlar fizikasi. T. "O'qituvchi", 1999.
2. Teshaboev A., Zaynobiddinov S., Ermatov Sh., Qattiq jismlar fizikasi . T. Moliya, 2001.
3. Teshaboev A. Va boshqalar. Yarimo'tkazgichli asboblari . Andijon. Hayot. 2002.
4. Teshaboyev A. Zaynobiddinov S. Musayev E. A. Yarimo'tkazgichlar va yarimo'tkazgichli asboblari texnologiyasi. Toshkent.2006
5. Pasinkov V.V., Chirkin L.K. Poluprovodnikovye pribory.M.,1987
- 6.Jerebsov I.P. Osnovy elektroniki. L., 1985.
7. Turdiev N .Radioelektronika asoslari. T. 1992.
8. Nigmatov H. Radioelektronika asoslari. T.,1994
9. Internet materiallari.