

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

**BERDAQ NOMIDAGI
QORAQALPOQ DAVLAT UNIVERSITETI**

Qo'lyozma huquqida

UDK __621.382__

ISMAILOV TIMUR BAXRAMOVICH

**GaAs (arsenid galliy)li asbobli strukturalarga radiatsiya va lazer
ta'sirlaridan keyin volt-amper xarakteristikasini o'zgarishini o'rganish**

5A140204 - «Kondensatsiyalangan muhitlar fizikasi va materialshunoslik»
(yarimo'tkazgichlar fizikasi)

Magistr akademik darajasini olish uchun yozilgan

D I S S E R T A T S I Y A

MAK da himoyalashga ruxsat
Magistratura bo'limi boshlig'i:
_____ dots. A. Gulimov

Kafedra mudiri: f-m.f.d _____

prof. Ismaylov Q.A.

Ilmiy rahbar: f-m.f.d _____

prof. Ismaylov Q.A.

Nukus-2019

MAZMUNI

KIRISH.....	3
I-BOB. ARSENIID GALLIYLI ASBOBLI STRUKTURALAR VA ULARGA RADIATSIYA VA LAZERNING TA’SIRI.	
1.1. Arsenid galliy asosida yasalgan diod va tranzistorlarning turlari	8
1.2. Arsenid galliyli strukturalarning ekektrofizik xususiyatiga radiatsiyaning ta’siri.....	40
II-BOB. METALL-YARIMO’TKAZGICH STRUKTURALARNING XUSUSIYATLARINI O’RGANISH METODIKASI	
2.1. Arsenid galliyli Shottki baryerli diodlarning elektrofizik xarakteristikalarini o’rganish metodlari.....	43
2.2. «MODUL-2» modulyatsion differensiallash metodikasi.....	45
2.3. Texnika xavfsizligini saqlash qoidalari.....	56
III-BOB. EKSPERIMENT NATIJALARI	
3.1. Arsenid galliydan tayyorlangan Shottki baryerli diodli strukturalarning volt-amper xarakteristikasini o’rganish.....	58
3.2. Gamma radiatsiyaning Au-TIB _x -GaAs strukturali diodning elektrofizik xarakteristikasiga ta’siri.....	64
3.3. Lazerli ta’sirdan keyin arsenidgalliydan tayyorlangan diodning parametrlarining o’zgarishi.....	69
XULOSA.....	70
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....	72

KIRISH

Mavzuning asoslanishi va uning dolzarbligi. Hozirda ilmiy va ilmiy–pedagogik kadrlar tayyorlashga katta e'tibor berilmoqda. Yarimo'tkazgichlar jahon fani va texnikasida salmoqli o'rinni egallaydi. Ular asosida ishlab chiqarilayotgan asboblarning turlari tez sur'atda ko'payib, ularning turli sohalarga tatbiqi kengayib bormoqda.

Bugungi kunda fan va texnikaning rivojlangan bir davrida yarimo'tkazgichli materiallardan ishlangan asboblarning tutgan o'rni o'ziga xosdir. Sababi, texnikaning qaysi sohasini olmaylik, deyarli barcha joyda yarimo'tkazgichlar asosida yasalgan asboblarning keng qo'llaniladi. Ayniqsa, arsenid galliydan yasalgan yarimo'tkazgichli asboblarning o'rni beqiyosdir. Bu materialdan yasalgan yarimo'tkazgichli asboblarning yuqori chastotali asbobli strukturalarni yaratishda juda qo'l keladi. Shu sababli ilmiy va amaliy jihatdan arsenid galliy asosida tayyorlangan asboblarni, ayniqsa, shular ichida arsenid galliyli ko'chkili diodlarning elektrofizik xususiyatlarini o'rganish, ularning o'ziga xos tomonlarini aniqlash ulkan dolzarb masalalardan hisoblanadi. Albatta, bu soha bo'yicha ko'pgina tadqiqotlar olib borilgan. Ushbu yo'nalish bo'yicha dunyoning mashxur jurnallarida davriy ravishda ilmiy maqolalar bosmadan chiqmoqda. Ammo bu tadqiqotlarning ko'pchiligi arsenid galliyli materiallar yoki strukturalarni o'rganishga qaratilgan. Tayyor asboblarni buzmadan holda ularning elektrofizik xususiyatlarini tadqiq qilish imkoniyati hamma metodlar bilan ham amalga oshirilavermaydi. Shuning uchun bu magistrlik dissertatsiyada Ukraina Milliy Fanlar Akademiyasiga qarashli yarimo'tkazgichlar fizikasi institutida ishlab chiqilgan hamda bizning universitetimiz tomonidan sotib olingan "MODUL-2" metodikasi yuqorida aytilgan masalalarni yechimini topishda katta imkon berdi. Shu sababdan ushbu magistrlik dissertatsiyaning asosiy obyekti sifatida arsenid galliyli material asosida tayyorlangan diodli strukturalar olindi. Oldimizdagi maqsadga erishish uchun o'rganilayotgan diodlarni buzmadan holda yuqorida aytilgan hamda hozirgi kunda kafedramizda ishlab turgan "MODUL-2" ya'ni modullyatsion

differentiallashtirish metodidan foydalandik. Bu metodning ishlash prinsipi magistrlik dissertatsiyaning ikkinchi bobida qisqacha yoritilgan hamda blok-sxemalari ham keltirib ko'rsatilgan. Magistrlik dissertatsiya mavzusidan ham ko'rinib turibdiki, bu tadqiqot ishi faqatgina ilmiy tarafdin emas, balki amaliy tomondan ham katta ahamiyatga ega. Sababi bugungi kunda sanoatda ishlab chiqarilayotgan yarimo'tkazgichli diodlarning ko'pchiligida ekspluatatsiya vaqtida ishdan chiqish holatlari bo'lishi mumkin. Ushbu ishdan chiqish holatlarini diagnostika qilishda asboblarni buzmagin holda ularning elektrofizik xususiyatlarini o'rganish hamda ishdan chiqish sabablarini aniqlash ham ilmiy, ham amaliy ahamiyatga egadir.

Tadqiqot obyekti. Bu ishda tadqiqot obyekti sifatida Arsenid galliy materialidan tayyorlangan asbobli strukturalar olindi.

Tadqiqot predmeti. Arsenid galliyli asbobli strukturalarning volt-amper va elektrofizik xarakteristikalarini tashqi ta'sirlardan (radiatsiya va lazer) diagnostik metodlar yordamida o'rganish hamda ularning fizik parametrlarining o'zgarishini o'rganishdir.

Masalaning o'rganilganlik darajasi. Hozirgi kunda maxsus adabiyot va ilmiy jurnallar sahifalarida bosmadan chiqayotgan ilmiy maqolalardan ham belgiliki, qattiq jismlar elektronikasi va mikroelektronikasida 90 % yarimo'tkazgichli asboblarni kremniy asosida ishlab chiqarilmoqda, lekin 70 % ilmiy maqolalar $A^{III}B^V$ birikmasiga tegishli yarimo'tkazgichli materiallarga bag'ishlangan. Ko'pchilik tadqiqotlar natijasidan ma'lumki, bu yarimo'tkazgichli asboblarni ekspluatatsiya vaqtida ba'zi bir ekstremal holatlarda o'zlarining texnik xarakteristikalarini yomonlashtiradi. Shuning uchun bunday tayyor asboblarning elektrofizik xarakteristikalarini faqatgina diagnostik metodlar yordamidagina aniqlab, ushbu asbobning ishonchliligini va sifatini (надежности и качество) aytib berishimiz mumkin.

Tadqiqotning maqsad va vazifalari. Ushbu magistrlik dissertatsiya ishi arsenid galliyli Shottki baryerli diodli strukturalarning radiatsiya va lazer

ta'sirlaridan keying volt-amper va elektrofizik xususiyatlarining o'rganishga qaratilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi arsenidgalliyli asbobli strukturalarning volt-amper va elektrofizik parametrlarining har xil tashqi aktiv ta'sirlar natijasida o'zgarishini tadqiq qilish hamda shu izlanish natijalari bo'yicha asoblarning fizik parametrlarini o'zgarishini o'rganishdan iborat.

Yuqoridagi qo'yilgan maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar bajarilishi kerak:

- Ushbu magistrlik dissertatsiya mavzusiga bog'liq ilmiy monografiyalar hamda maxsus fizik jurnallarda joriyalanib turgan ilmiy ishlarni keng turda analiz qilish;

- Eksperimental metodika bilan yaqindan tanishish va shu metodikani boshqarishni o'rganish;

- Arsenid galliyning elektrofizik parametrlari radiatsiya va lazerli ta'sirlaridan keyin bo'lgan baryer balandligini φ_B va sifat koeffitsiyenti n ning tashqi ta'sir natijasida o'zgarishini o'rganish;

- Arsenid galliyning elektrofizik parametrlari bilan ichki mexanik kuchlanish parametrlari orasidagi bog'liqlikni aniqlash.

- Eksperimental usul bilan olingan natijalarni fizik nuqtai nazardan shu vaqtgacha mavjud bo'lgan fizik modellar yordamida interpretatsiya qilish (tushuntirish).

Mavzu bo'yicha qisqacha adabiyotlar tahlili. Bu ishda asosiy adabiyotlar [5-16] dan keng foydalanildi. Bu adabiyotlardagi eksperiment natijalari tahlil qilinib, boshqa avtorlar natijalari bilan solishtirildi. Shuningdek bir qator konferensiya materiallaridan va ishonchli internet saytlaridan foydalanildi.

Tadqiqot metodikasi va usullari. Bu ishda umum ilmiy: induksiya-deduksiy, analiz-sintez, eksperiment va nazariy tahlil metodlari, maxsus ilmiy: volt-amper differensiallash va diagnostika metodlaridan foydalanildi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi.

1. Tashqi ta'sirlar natijasida arsenid galliyli asbobli strukturalarning parametrlarining o'zgarishi.
2. Tashqi radiatsiya va lazerli ta'sir natijasida arsenid galliyli Shottki baryerli diodli strukturalar parametrlarining yaxshilanishi.
3. Arsenid galliyli diodli strukturadagi degradatsion jarayonlarning shu diodli struktura parametrlari orasidagi korrelyatsiyani isbotlash.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati va qo'llanilishi.

Tashqi radiatsiya va lazer ta'sirlaridan keyin olingan eksperimental natijalar asosan yarimo'tkazgichlar elektronikasida tayyor asboblarning volt-amper va elektrofizik xarakteristikalarining yaxshilanishi, sezgirligini va sifatini oshirish uchun texnologik metod sifatida qo'llaniladi.

Dissertatsiya tarkibining qisqacha tavsifi. Dissertatsiya barcha qoidalarga tayangan holda yozilgan. U kirish, asosiy qism, xulosa va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat bo'lib, barcha tahliliy natija va xulosalar ochib berilgan. Jumladan asosiy qismda:

I. Bob. GaAs li asbobli strukturalarga radiatsiya va lazerning ta'siri. Bu bo'lim nazariy tahlilga asoslangan bo'lib, arsenid galliy asosida tayyorlangan diod va tranzistorlarning turlari, ishlash prinsipi va ularning degradatsiya mexanizmlari, metall-yarimo'tkazgich strukturalarda nuqsonlarning tabiati, xossalari formulalar va grafiklar yordamida nazariy tahlil qilingan.

II. Bob. Metall-yarimo'tkazgich strukturalarning xususiyatlarini tadqiq qilish metodikasi. Bu bob metodikaga bag'ishlangan bo'lib, "MODUL-2" modulyatsion differensiallash metodikasi, metall-yarimo'tkazgichli strukturalarning elektrofizik xususiyatlarini o'rganish metodikasi va degradatsiyaga sababchi parametrlarni aniqlash metodlari haqidagi tushunchalar formulalar va grafiklar asosida tushuntirilgan.

III. Bob. Eksperiment natijalari va uning tushuntirilishi. Bu bob natijalarga asoslangan bo'lib, shu vaqtgacha yozgan maqola va tezislarimizga

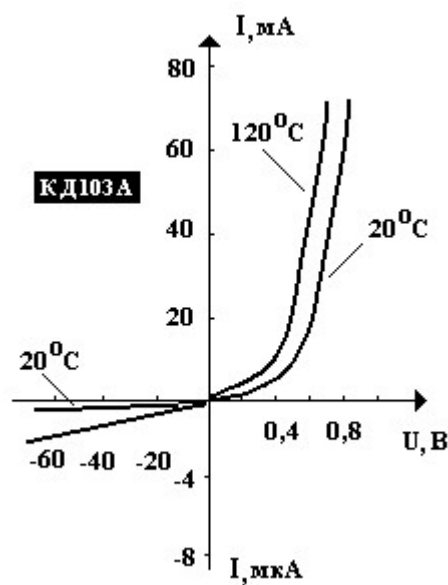
asoslangan. Tashqi radiatsiya va lazer ta'sirlardan keyin arsenid galliyli asboblarning volt-amper va elektrofizik xarakteristikalarini o'zgarishi, arsenid galliyli asbobli strukturalardagi ishlash vaqtida hamda tashqi ta'sirlar natijasida paydo bo'ladigan degradatsion jarayonlarni o'rganish, Shottki baryerining mexanik kuchlanish ta'siri ostidagi degradatsiyasini o'rganish natijalari va ularning interpretatsiyasi (tushuntirilishi) berilgan.

I-BOB. ARSENIID GALLIYLI ASBOBLI STRUKTURALAR VA ULARGA RADIATSIYA VA LAZERNING TA'SIRI.

1.1. Arsenid galliy asosida yasalgan diodlarning turlari.

To'g'rilagich diodlar. To'g'rilagich diodlar o'zgaruvchan tokni doimiy tokga o'zgartirish uchun qo'llaniladi. Hozirgi vaqtda har turli davlatlar sanoatida 1700 A toklarga va 2000 V gacha doimiy kuchlanishga chidaydigan to'g'rilagich diodlar qo'llaniladi.

1-rasmda КД103А tipli to'g'rilagich diodning 20°C va 120°C temperaturalardagi volt-amper xarakteristikalari keltirilgan. Bu xarakteristikalardan ko'rinib turgandek, temperaturaning ortishi bilan diodlardan o'tuvchi toklar ham ortadi. Qisqacha qilib aytganda temperaturaning ta'siri grafikdan



1-rasm. КД103А tipli to'g'rilagich diodning volt-amper xarakteristikasi.

ko'rinib turibdiki uning xarakteristikasini yomon tarafga o'zgartirmaydi.

To'g'rilagich diodlarning differensial parametrlari. To'g'rilagich diodlarning differensial parametrlari deb dioddan o'tuvchi tokning kichik o'zgarishlarini ushbu o'zgarishlarni keltiruvchi sabablar bilan bog'lovchi kattaliklarga aytiladi. Dioddan o'tuvchi tok umumiy holda ikki mustaqil o'zgaruvchilarning funksiyasi bo'ladi - bu tushirilgan kuchlanish U va diodning temperaturasi T . Bu bog'liqlikni $S=f(U,T)$ ko'rinishda ko'rsatish mumkin. Kuchlanish va temperatura bilan shartlangan tokning o'zgarishini quyidagicha yozish mumkin:

$$dI = \frac{\partial I}{\partial U} dU + \frac{\partial I}{\partial T} dT$$

dU va dT larning oldida turgan hususiy hosilalarni S_U va S_T deb belgilab, quyidagini topamiz:

$$S_U = \frac{\Delta I}{\Delta U} \quad S_T = \frac{\Delta I}{\Delta T}$$

Berilgan ishchi nuqta uchun diod xarakteristikasini topamiz:

$$\Delta I = 15 - 1 = 4 \text{ mA} \quad \text{va} \quad \Delta U = 0,7 - 0,54 = 0,16 \text{ V}, \quad S_U = 4/0,16 = 25 \text{ mA/V}$$

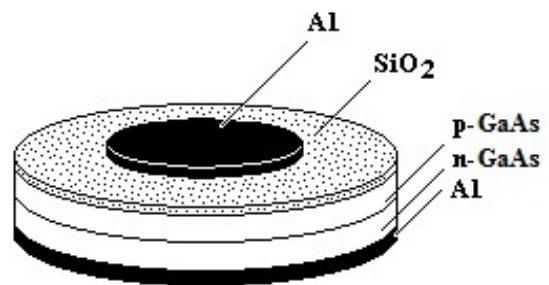
$$\Delta T = 120 - 20 = 100 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad S_T = 4/100 = 0,04 \text{ mA/}^{\circ}\text{C}.$$

1-jadvalda misol sifatida Rossiyada ishlab chiqarilgan bir necha to'g'rilagich diodlarning parametrlari keltirilgan.

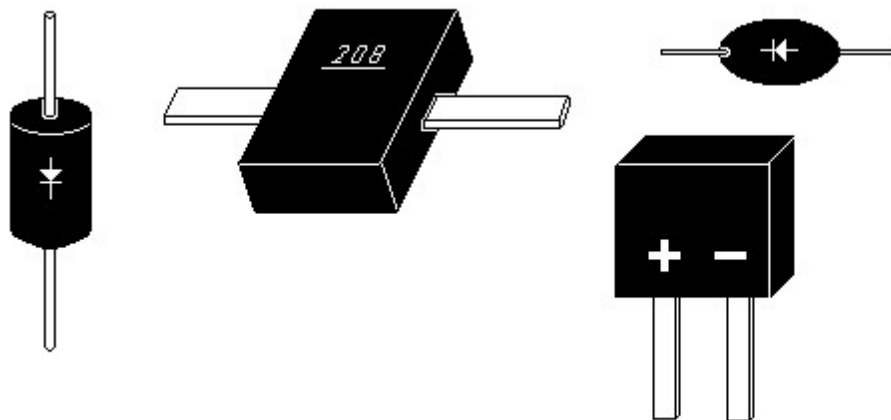
1-jadval

Diod tipi	Ito'g'ri, A	Uto'g'ri, V	I teskari,mA	Uteskari, V	fmax, kHz
КДӨ05Б	0,3	1	0,1	400	0,5
КД209Ж	0,7	1	0,05	100	1
КД229И	0,7	1	0,05	200	1
КД21Ға	1	1	0,05	200	100
КД226Д	1,7	1,4	0,05	800	35
КД202К	5	0,9	0,8	400	5
КД202Р	5	1	1,5	600	5
Д242	10	1,25	3	100	1,1
Д246А	10	1	3	400	1,1
КД2999В	20	1	0,2	100	100
КД2997В	30	1	0,3	100	100

2-rasmda to'g'rilagich diodning eng oddiy strukturasi berilgan. Bu yerda yarim-o'tkizgichli taglik (asos) sifatida n tip o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan GaAs plastinasi qo'llanilgan (n-GaAs). Bu plastinaning to'liq sirtida p tipga ega bo'lgan qatlam o'stirilgan (p-GaAs). Kontaktlar sifatida metall alyuminiy (Al) qo'llanilgan. Tashqi ta'sirlardan himoyalash uchun diodli strukturaning to'liq tashqi sirti dielektrik qatlam bilan bug'lantirilgan (SiO_2). 3-rasmda bir necha kichik quvvatli to'g'rilagich diodlarning tashqi ko'rinishi keltirilgan.[11-12]



2-rasm. To'g'rilagich diodning eng oddiy turi.



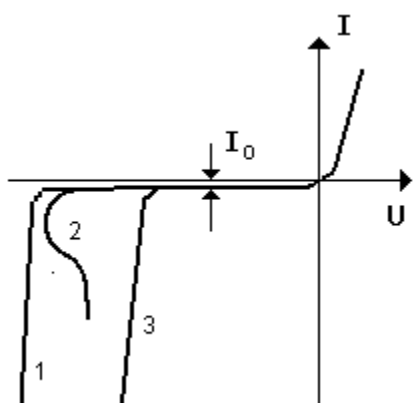
3-rasm. Bir necha kichik quvvatli to'g'rilagich diodlarning tashqi ko'rinishi.

p-n o'tishning teshilishi. Stabiltronlar

Stabiltronlar deb volt-ampere xarakteristikasida o'tish tokining kuchlanishga bog'liq bo'lmagan (yoki kuchsiz bog'langan) sohasi mavjud bo'lgan yarimo'tkazgichli diodlarga aytiladi. (4-rasm). Shunday soha mavjud bo'lsa, diodga tushirilgan kuchlanish doimiy bo'lib qoladi. Odatda, bu qismlar katta teskari kuchlanish sohalarida paydo bo'ladi. Bunday qismlarning paydo

bo'lishi uchun p-n o'tishning "teshilish" hodisasi asosida turgan fizik mexanizmlar yotadi. Elektr teshilishning uch turi mavjud, bular: ko'chkili, issiqlik va tunnelli teshilishlardir. 4-rasmda diodning volt-amper xarakteristikasining teskari sohada teshilish qismlari ko'rsatilgan. Bu yerda 1- ko'chkili, 2- issiqlik, 3- tunnelli teshilishlarga mos keladi. I_0 - kichik teskari kuchlanishlardagi diodning teskari toki. Teshilish mexanizmlarini kengroq ko'rib chiqamiz. [12-15]

Ko'chkili teshilish. Bu holatda dioddagi teskari kuchlanishni ko'targanda p-n o'tish sohadagi elektr maydon kuchlanganligi o'sadi, shuningdek yarimo'tkazgichdagi tok tashuvchilar elektr maydon kuchlar ta'siri ostida qo'shimcha energiyani oladi. Agar p-n o'tishning hajmiy zaryad hududining kengligi d erkin yugurish uzunligi l dan ancha katta bo'lsa, unda tok tashuvchilar ikki ketma-ket ta'sirlashuv orasida erkin yugurish vaqtida kristal panjara atomlarini ionizatsiyalash va valent bog'lanishlarni buzish uchun yetarli bo'lgan kinetik energiyani oladi. Shunday ionizatsiya vaqtida yangidan paydo bo'ladigan tok tashuvchilarning juftligi (elektron va kovak) kuchli elektr maydonda tezlanib, yangi ionizatsiya hodisasiga o'z hissasini qo'shadi.



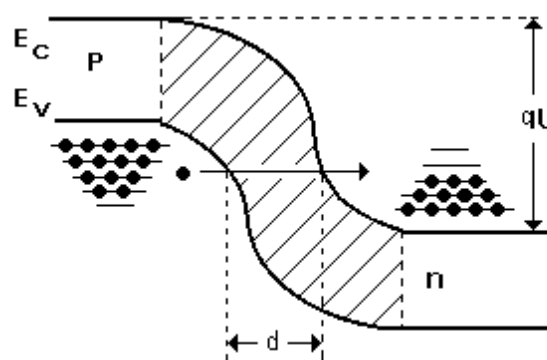
4-rasm. Diodning volt-amper xarakteristikasi.

Bu erkin tok tashuvchilar sonini o'sishiga olib keladi va p-n o'tish orqali o'tadigan tokning o'sishiga olib keladi. Tok tashuvchilarning ko'chkili ko'payishi bilan aniqlanadigan teskari tokning tez o'sishi p-n o'tishning ko'chkili teshilish hodisasi deb ataladi. Ko'chkili teshilish hodisasi stabilitronlar ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi. Bu yarimo'tkazgichli uskunalar (stabilitronlar) kuchlanishni stabilizatsiya qilish uchun foydalaniladi.

Tunnelli teshilish. Agar hajmiy

zaryad hududining kengligi erkin yugurish uzunligidan juda kichik bo'lsa ($d \ll l$), unda tok tashuvchilar erkin yugurish davomida ionizatsiyaga yetarli energiyani olib ulgurmaydi. Bunday o'tishlarda tunnelli teshilish yuz beradi. Bu effektda zarracha potensial baryer balandligidan kichik bo'lgan energiyaga ega bo'lib, ushbu baryerni o'tish imkoniyatiga ega bo'ladi, agarda baryerning ikki tomonida ham ruxsat etilgan energetik sathlari mavjud bo'lsa. Kvant mexanikadan belgili bo'lgandek, zarrachaning tunnelli o'tish ehtimolligi baryer kengligi kamaygan sayin ko'payadi. Demak, tunnelli teshilish tor zonali kuchli legirlangan yarimo'tkazgichlarda kuzatiladi. Teshilishning tunnelli mexanizmda tokning o'tishi 5-rasmda ko'rsatilgan.

Agar teskari kuchlanish n sohaning o'tkazuvchanlik zonasining ostida p sohaning valent zonasining yuqorisiga qaraganda ko'p tushib ketsa (5-rasm), p sohadagi valent elektronlar yarimo'tkazgichning man etilgan zonasidan n sohadagi o'tkazuvchanlik zonasiga tunnel effekti kabi o'tadi. Si va Ge asosida yasalgan diodlarda tunnelli effekt



5 –rasm. Teshilishning tunnelli mexanizmda tokning o'tishi.

$4E_g/q$ dan kichik bo'lgan kuchlanishlarda payda bo'ladi. Agar bunday diodlarda teshilish $6E_g/q$ kuchlanishlarda kuzatilsa, unda teshilish bu holatda asosan tok tashuvchilarning ko'chkili ko'payishi bilan sodir bo'ladi. [11-15]

Issiqlik teshilishi. Bu holatda p - n o'tishda qandaydir miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Natijada p - n o'tishning temperaturasi ko'tariladi. Bu tok tashuvchilarning issiqlik generatsiya tezligini oshiradi va ruxsat etilgan zonalaridagi tok tashuvchilarning konsentratsiyasining ko'payishiga olib keladi. Demak, teskari tok ortadi va bu o'z navbatida ajralib chiqayotgan issiqlik miqdorining va tok tashuvchilarning

konsentratsiyasining oshishiga olib keladi. Bu jarayon issiqlik teshilishini keltirib chiqarishi mumkin. p-n o'tishning temperaturasi va teskari tok qiymati orasida bog'liqlik bo'lganligi uchun issiqlik teshilishi shartida diodning volt-amper xarakteristikasi teskari differensial qarshilik qismiga ega bo'ladi. (2-qism, 4-rasm). Bu uchastkada dioddagi kuchlanish tushishi tok o'sishi bilan kamayadi. Odatda p-n o'tishning teskari toki oz va bu holatda teshilish bo'lmaydi. Issiqlik teshilishlar yarimo'tkazgichning strukturasi butunlay o'zgartiradi va p-n o'tish buzilishi mumkin. Yarimo'tkazgichli materialning parametrlari va teshilish kuchlanishining kattaligi orasidagi analitik bog'liqlikni topaylik. Buning uchun simmetrik emes p-n o'tishning energetik zona diagrammasini ko'rib chiqamiz (6-rasm). Bu o'tishda teshilishga mos bo'lgan teskari kuchlanish berilgan deb hisoblaymiz. Bu yerda p-n sohasi hajmiy zaryad qatlamining chegarasidan hisoblanadi. $p_p \gg n_n$ shart bajarilganda, hajmiy zaryad faqat n sohada bo'ladi va issiqlik generatsiya faqat ushbu sohada bo'ladi, ya'ni bu chegarada kovaklar toki $x=0$ tekislikda $j_p(0) = j_s$, bu yerda j_s – elektr neytral sohadan n sohaga kiruvchi kovaklarning toki. p sohaning chegarasida elektronlar tokini $x=L$ tekislikda j_n nolga teng deb hisoblaymiz. Katta berkituvchi kuchlanishlarda p-n o'tishda juftliklarning generatsiyasi yuz berganda o'tish orqali va elektron hamda kovaklarning toklari o'tadi. Ushbu toklarni topaylik. p-n o'tishning n sohasida dx qalinlikka ega bo'lgan qatlamni bo'lib olaylik. 1 sekundda ushbu qatlamning birlik maydonidan n elektronlar va p kovaklar konsentratsiyasi o'tadi.

$$n = \frac{j_n}{e\mu_n E}; \quad p = \frac{j_p}{e\mu_p E}$$

bu yerda μ_n va μ_p - mos turda elektron va kovaklarning harakatchanligi; E – elektr maydonning kuchlanganligi. Har bir tok tashuvchilar αdx juftliklarni

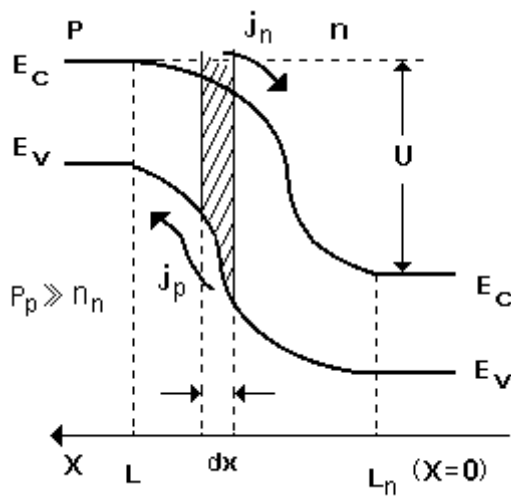
generatsiya qiladi. Bu yerda α - ionizatsiya tezligi, ya'ni birlik uzunlikka mos keladigan elektronlar va kovaklar konsentratsiyasining ko'payishi:

$$\alpha_n = \frac{1}{n} \frac{dn}{dx}$$

$$\alpha_p = \frac{1}{p} \frac{dp}{dx}$$

1 sekundda generatsiyalangan tok tashuvchilarning juftliklari soni quyidagicha yoziladi:

$$gdx = \left(\frac{j_n}{e\mu_n E} + \frac{j_p}{e\mu_p E} \right) \alpha dx = \frac{\alpha j}{e\mu E} dx \quad (1.1)$$



Yuqoridagi ifodani keltirib chiqarganda biz $\mu_n = \mu_p$ va $J = J_n + J_p$ deb hisobladik.

Endi kovaklar uchun uzluksizlik tenglamasidan foydalanamiz, sababi bizda p-n o'tishning p sohasi ko'rilyapti va bu yerda asosiy emas tok tashuvchilar bular kovaklar hisoblanadi:

6-rasm. p-n o'tishning energetik diagrammasi.

$$\frac{dp}{dt} = g + \frac{1}{e} \frac{\partial j_p}{\partial x} - \frac{p - p_o}{\tau_p} \quad (1.2)$$

Bu (1.2) tenglamaga muvofiq, statsionar rejimda $\frac{dp}{dt}=0$, rekombinatsiya bo'lmaganda $\frac{p-p_o}{\tau_p}=0$, va dx uchastkada tokning ortishi bu qatlamda generatsiyalangan juftliklarning soniga teng bo'ladi:

$$\frac{\partial j_n}{dx} = -\frac{\partial j_p}{dx} = -eg \quad (1.3)$$

yoki (11.) ga muvofiq, $g = \frac{\alpha j}{e\mu E}$ bo'lgani uchun, dx uchastkadagi tokning o'zgarishini tavsiflovchi ifodani olamiz: [15-18]

$$\frac{\partial j_p}{dx} = \frac{\alpha j}{e\mu E} \quad (1.4)$$

Bu holatda kovaklarning toki n sohadan uzoqlashgan sayin o'sadi, elektronlarning toki esa unga yaqinlashgan sayin o'sadi. To'liq tok doimiy bo'lib qoladi. (1.4) tenglamani integrallab, n sohaning qalinligi bor bo'lgan hol uchun topamiz:

$$j_p(x) = j_s + \frac{j}{e\mu E} \int_0^x \alpha dx \quad (1.5)$$

bu yerda j_s - integrallash doimiysi. Bu doimiyning fizik ma'nosi - elektroneytral sohadan n sohaga kiruvchi kovaklar tokining boshlang'ich qiymati. $x=L$ tekislikda tokning kovakli tashkil etuvchisi to'liq tokga teng $j_p(L) = j$ bo'lgani uchun (1.5) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$j(1 - \frac{1}{e\mu E} \int_0^L \alpha dx) = j_s \quad (1.6)$$

M - ko'paytirish koeffitsienti tushunchasidan foydalanib va u bir kovak necha juftlikni ko'rsatadigan kattalik :

$$M = \frac{j}{j_s}$$

(1.6) ifodani quyidagicha yozamiz:

$$1 - \frac{1}{M} = \frac{1}{e\mu E} \int_0^L \alpha dx \quad (1.7)$$

kuchli elektr maydonlarda har bir kovak bir juftlikni generatsiya qilganda va bir elektron yana bir juftlikni paydo etganda p-n o'tishdagi tok cheksiz ortib boradi, ya'ni $M \rightarrow \infty$ va teshilish yuz beradi. (1.7) tenglamadan ko'rinib turgandek, $M \rightarrow \infty$ shart bo'ladi:

$$1 = \frac{1}{e\mu E} \int_0^L \alpha dx \quad (1.8)$$

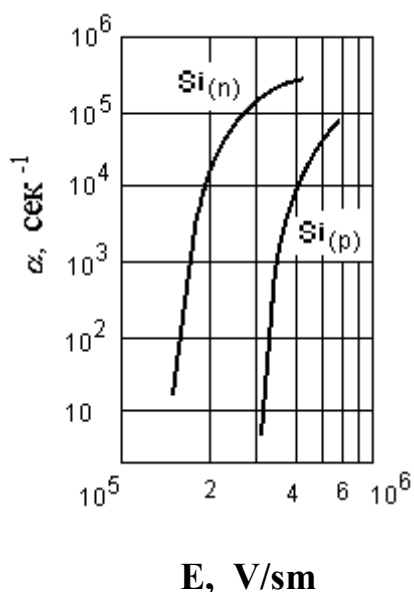
Bu tenglama ko'chkili teshilish tenglamasi deb ataladi. L kattalik p va n sohadagi tok tashuvchilarning konsentratsiyasidan va tushirilgan kuchlanish kattaligiga bog'liq bo'ladi:

$$L = \sqrt{\frac{2\varepsilon\varepsilon_0 U(n+p)}{enp}} \quad (1.9)$$

bu yerde: ε - dielektrik singdiruvchanlik, ε_0 - elektr doimiysi, va u $8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m ga teng, e - elektronning zaryadi, $1,62 \cdot 10^{-19}$ C. Elektr maydon kuchlanganligi qiymatining tushirilgan kuchlanishga bog'liqligidan foydalanib, $E = E(U)$, p va n sohadagi tok tashuvchilarning konsentratsiyasi haqidagi eksperimental berilganlar (1.9) yordamida (1.8) ko'chkili teshilish tenglamasini yechish mumkin va bu bizga tushirilgan kuchlanish va yarimo'tkazgichning parametrlari orasidagi analitik bog'liqlikni topish uchun imkon beradi. $\alpha = \alpha(E)$ ning qiymati elektr maydon kuchlanganligiga bog'liq bo'ladi. Aniqroq aytganda, ionizatsiya tezligi quyidagicha bo'ladi:

$$\alpha = \alpha(E) = \alpha_n(E) + \alpha_p(E)$$

Biroq ko'pchilik hollarda $\alpha_n(E) = \alpha_p(E)$ deb qabul qilinadi. Si dagi



7 -rasm. α parametrining yuzaga bog'liqligi

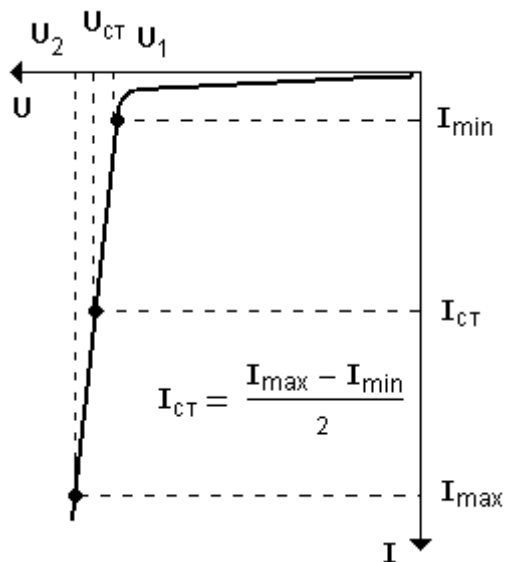
elektron va kovaklar uchun $\alpha(E)$ bog'liqliklar 7-rasmda keltirilgan. Ko'chkili teshilishning boshlang'ich uchastkalarida (4-rasmdagi gorizonttal uchastkadan vertikal uchastkaga o'tish) - barcha tok qisqa vaqtli har xil impulsar bilan olib boriladi. Bu mikroplazmalik o'tishdir. Mikroplazmalik ko'chkili teshilish p-n o'tishda lokalizatsiyalangan dislokatsiya sohalarda paydo bo'ladi. Dislokatsiyalarning

mavjud bo'lishi zaryadlarning to'planishiga olib keladi. Natijada elektr maydon kuchlanganligining lokal ko'payishi yuz beradi va ko'chki p-n o'tishning qolgan bo'lagida ertaroq paydo bo'ladi. Shuni aytish kerakki, agar p-n o'tish soha qandaydir bir dislokatsiyalarga ega bo'lmasa, ko'chkili teshilish o'tish maydonida bir jinsli bo'lmasligi mumkin. Bu yarimo'tkazgichning qalinligi bo'yicha kirishmalar taqsimotining statistik fluktuatsiyalar kabi bo'lishi mumkin.

Stabilitronlarning asosiy parametrlari. Stabilitronlarning asosiy parametrlari sifatida quyidagilarni keltirish mumkin: U_{st} - stabilizatsiya kuchlanishining nominal qiymati; I_{st} - stabilizatsiyaning nominal toki, I_{min} - stabilizatsiyaning minimal toki; I_{max} - stabilizatsiyaning maksimal toki; R_d - differensial qarshilik; TKN - kuchlanishning temperaturaviy koeffitsienti, P_{max} - maksimal quvvat. Stabilizatsiyaning nominal tok kuchi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$I_{st} = \frac{I_{max} - I_{min}}{2}$$

bu yerda $I_{\min}$ - teshilish doimiy bo'lib qoladigan eng kichik tok, $I_{\max}$ - stabilizatsiyaning maksimal toki, bu tokning qiymati sochilish quvvati bilan aniqlanadi. Nominal, maksimal va minimal toklarning hamda stabilizatsiya kuchlanishini aniqlash metodikasi 8 -rasmda ko'rsatilgan.



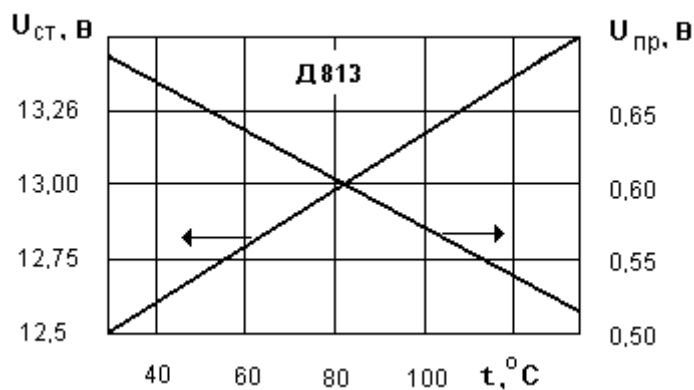
8 -rasm. Stabilizatsiya kuchlanishini aniqlash.

R_d differensial qarshilik bu yerda teshilish sohasidagi stabilitronning volt - amper xarakteristikasining egriligini xarakterlaydi, ya'ni u stabilizatsiya darajasini ko'rsatadi. Ideal holatda $R_d = 0$ va stabilitron orqali o'tuvchi tokning o'zgarishlari kuchlanishning o'zgarishiga olib kelmaydi. Kuchlanishning temperaturaviy koeffitsienti (KTK) temperatura o'zgargandagi stabilizatsiya kuchlanishining o'zgarishini ko'rsatuvchi kattalik. Kuchsiz legirlangan yarimo'tkazgichlarda erkin yugurish uzunligi tok tashuvchilarning kristal panjara bilan to'qnashuvlari bilan aniqlanadi. Temperatura ortgan sari erkin yugurish uzunligi kamaydi. Kichik erkin yugurish uzunliklarida tok tashuvchilar valent bog'lanishlarni ionizatsiya qilish va energiyaga ega bo'lish uchun elektr maydon kuchlanganligi p-n o'tishda kattaroq qiymatga ega bo'lishi kerak. Demak, teshilish kuchlanishining qiymati temperatura bilan o'sadi. Kuchli legirlangan yarimo'tkazgichlarda erkin yugurish uzunligi kirishmalarining ionizatsiyalangan atomlar zaryadida tok tashuvchilarning sochilishi bilan

aniqlanadi. Shuning uchun, bu yerda teshilish kuchlanishining temperaturaviy bog'liqligi birinchi navbatda man etilgan zona kengligining temperaturaviy bog'liqligi bilan aniqlanadi. Man etilgan zonaning kengligi temperatura ortishi bilan kamayadi, tunnellanish ehtimolligi ortadi va teshilish kuchlanishi kamayadi. Teshilish kuchlanishining temperaturaviy bog'liqligi teshilish mexanizmini aniqlash uchun qo'llaniladi. Stabilizatsiya kuchlanishning temperaturaviy koeffitsienti $\%/grad$. larda o'lchanadi va quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

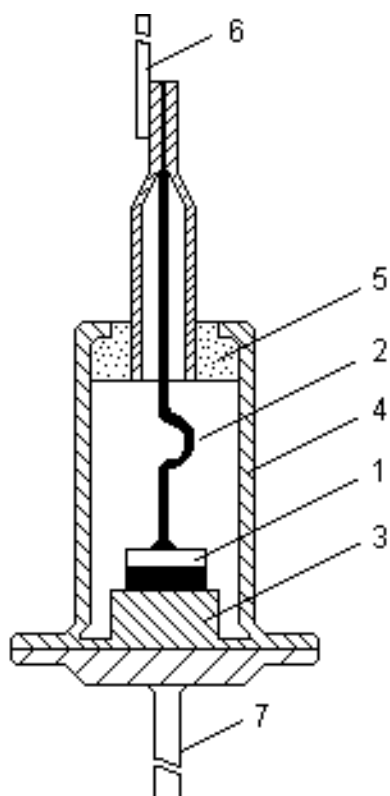
$$KTK = \frac{dU}{dT} \frac{1}{U} 100 \quad \% / grad$$

Bu yerda U - stabilizatsiya kuchlanishi; dU – temperatura o'sishi bilan stabilizatsiya kuchlanishining o'zgarishi; dT - temperaturaning o'sishi. Stabilizatsiya kuchlanishining temperaturaviy o'zgarishlarini quyidagi usullarda kompensatsiyalash mumkin. Birinchi usulda p-n o'tishdagi kuchlanish tushishi temperatura bilan chiziqli kamayadi (9-rasm). Agar musbat kuchlanishning temperaturaliy koeffitsientiga ega bo'lgan stabilitron teskari kuchlanishlarda ishlatilsa va unga ketma-ket to'g'ri ishlovchi diod qo'shilsa, unda temperatura ortishi bilan stabilizatsiya kuchlanishining ortishi to'g'ri kuchlanishlarda ishlovchi dioddagi kuchlanishning tushishi bilan kompensatsiyalanadi. Bunday kompensatsiya usuli Д 813 tipli stabilitronlarda qo'llaniladi. Bu stabilitronlarda teskari kuchlanishlarda ishlaydigan asosiy diod bilan ketma-ket ikki to'g'ri kuchlanishlarda ishlaydigan kompensatsiyalaydigan p-n o'tishlar qo'shilgan. Kuchlanishning temperaturaviy koeffitsienti (KTK) bunday stabilitronlarda 0.001 $\%/grad$ ga teng.

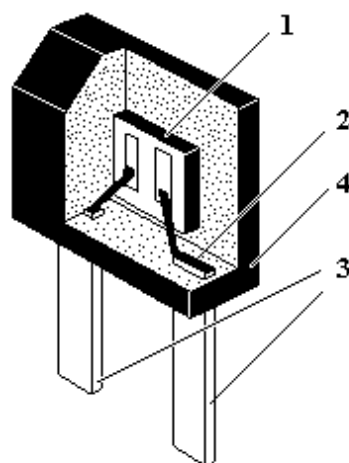


9 -rasm. Д 813 stabilitron uchun stabilizatsiya kuchlanish va to'g'ri kuchlanishlarning temperatura bilan bog'liqligi.

Sochilish quvvatini orttirish va issiqlik rejim ishini yaxshilash uchun p-n tipli yarimo'tkazgichli kristall issiqlikni olib turuvchi, radiator rolini bajaruvchi korpus metall asosida o'rnatiladi (10 -rasm). Bu radiatorlar alyuminiydan yoki misdan ishlanadi. Muhitning ixtiyoriy temperaturasida p-n o'tishning temperaturasi ushbu stabilitron uchun maksimal temperaturadan ko'p bo'lmasligi kerak. 10-rasmda kam quvvatli stabilitron ko'rsatilgan. Bu yerda 1- p-n o'tish kristal, bu n tipli Si kristall $0,025 - 0,12 \text{ om}\cdot\text{sm}$ qarshilikka ega, 2- ichki uchlari, 3- radiator, 4- germetizatsiyalangan korpus, 5- oyna izolyator, 6-7 – tashqi uchlar. Д808, Д813, Д814, Д818 va boshqalar shunday konstruksiyaga ega bo'ladi. Keyingi vaqtlarda stabilitronlar tayyorlashda oksid oyna va plasmassalar germetizatsiya uchun qo'llanilmoqda. [14]



**10 -rasm. Metall germetizatsiyalangan
stabilitron.**



**11 -rasm. Plasmassa
germetizatsiyalangan stabilitron.**

11-rasmda plasmassa korpusli stabilitron ko'rsatilgan. Bu yerda 1- kristal, 2- ichki uchlar, 3- tashqi uchlar, 4- plasmassa korpus. (KC 175 stabilitronlar).

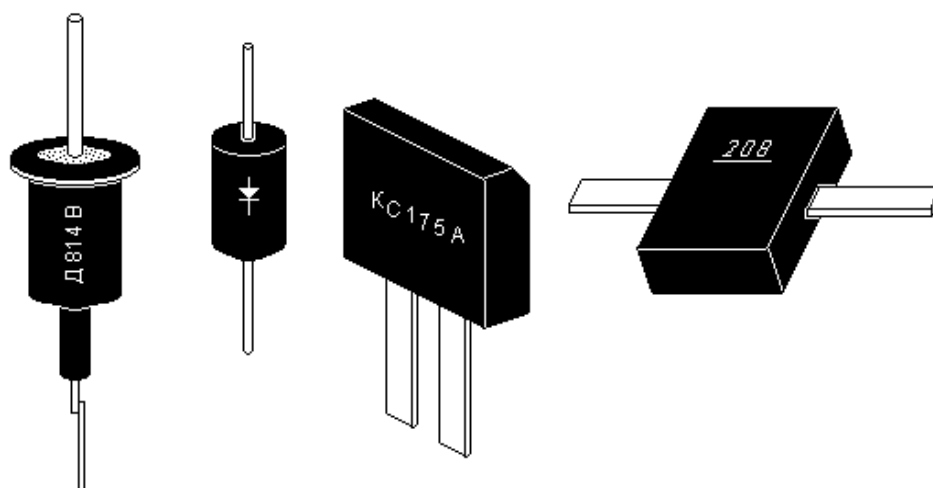
Eng yuqori ish temperaturasi sifatida ko'pchilik kremniyli stabilitronlarda 120°C temperatura bo'ladi. Ishlash temperaturalari diapazoni $-50:100^{\circ}\text{C}$ bo'ladi. Keng zonali yarimo'tkazgichlar asosida (GaP, GaAs) yasalgan stabilitronlar $250:300^{\circ}\text{C}$ temperaturalarda ishlaydi.

3-jadvalda kam quvvatli stabilitronlarning asosiy xarakteristikalarini keltirilgan (Si, Ge):

2-jadval

Stabilitron tipi	U st, V	I max, mA	I min, mA	R _d , Ом	KTK, %/grad	Pmax, mWt
Д808	7-8,5	33	1	6	+ 0,07	280
Д811	10-12	23	2	15	+ 0,06	280
Д813	11,5-14	20	1	18	+ 0,1	280
Д814 А	7-8,5	40	2	6	+0,07	340
Д814 Б	8-9,5	36	1	10	+0.08	340
Д814Д	11,5-14	24	2	18	+0,095	340
КС133А	3,3	хə	3	65	-0,1	300
КС139А	3,9	70	3	60	-0,12	300
КС147А	4,7	58	3	56	-0,08	300
КС156А	5,6	55	3	46	-0,05	300
КС168А	6,8	45	3	28	+0,06	300
КС175А	7,5	18	3	20	+0,06	300
КС175Ж	7,5	17	3	16	+0,04	150
КС182А	8,2	15	4	14	+0,07	125
КС191А	9,1	15	3	18	+0,08	150
КС210Б	10,0	14	3	22	+0,07	150
КС212Ж	10,8	12	0,5	13	+0,09	125

12-rasmda eng ko'p qo'llaniladigan kam quvvatli stabilitronlarning tashqi ko'rinishlari keltirilgan.

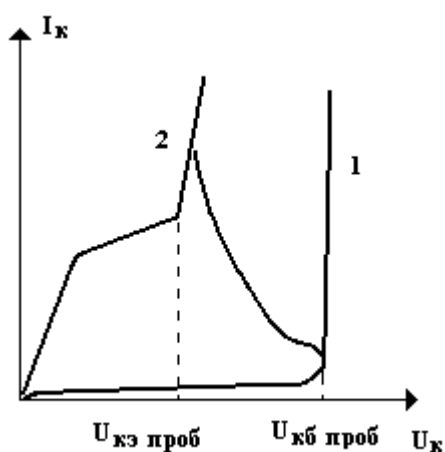


12-rasm. Bir necha stabilitronlarning tashqi ko'rinishi.

1.2. Arsenid galliy asosida yasalgan tranzistorlar.

Ko'chkili tranzistorlar

Ko'chkili tranzistorlar o'zining strukturasi bo'yincha odatdagi bipolyar tranzistorlardan hech farq qilmaydi. Biroq, ko'chkili tranzistorlarning volt-amper xarakteristikasi odatdagi tranzistorlarning volt-amper xarakteristikalaridan farq qiladi, sababi ko'chkili tranzistorning kollektor o'tishi ko'chkili teshilishga mos keluvchi kuchlanishlarda ishlaydi. Yuqorida



13-rasm. Ko'chkili tranzistorning chiqish volt-amper xarakteristikasi.

ko'rsatilganidek p-n o'tishda katta teskari kuchlanishlar bo'lganda tok tashuvchilar kristal panjara atomlarini urib, ionizatsiyaga (ударная ионизация) yetarli energiyaga ega bo'ladi. Shuningdek, generatsiyalangan tok tashuvchilar kollektor tokini orttiradi. Bu tok bazadan kollektorga yo'nalgan kovaklarning toki va kollektordan bazaga o'tuvshi elektronlar oqimidan iborat bo'ladi. Bazadan kovaklarning ketishi va unga elektronlarning kelishi baza

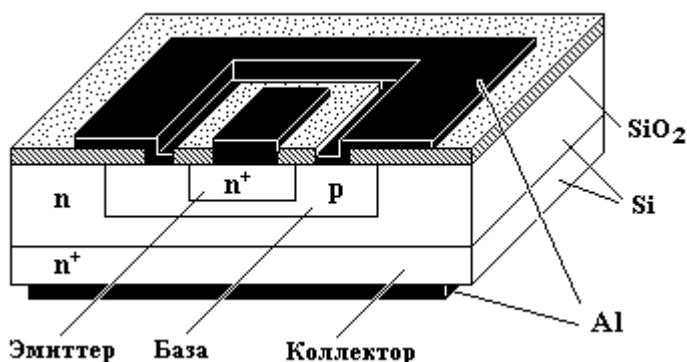
hududida manfiy zaryad hosil bo'lishiga olib keladi. Bu emitter o'tishning

potensial baryerining kamayishiga olib keladi. Shuning bilan birga baza-emitter o'tish tokining o'sishiga va kollektor tokining ortishiga olib keladi. O'chirilgan emitter holatida barcha kollektor toki teskari kuchlanish ta'siri ostida turgan kollektorning p-n o'tishi va baza orqali o'tadi. Teskari kuchlanish ta'siri ostida turgan o'tishning qarshiligi katta bo'ladi, shuning uchun ko'chkili tranzistorning volt-amperli xarakteristikasi teskari kuchlanish ta'sir ostida turgan o'tishning xarakteristikasiga o'xshash bo'ladi (13-rasm 1 bog'liqlilik, boshlang'ich stadiya). Kollektor kuchlanishini $0 < U_k < U_{k_{b, \text{prob}}}$ diapazonda orttirganda, tranzistor orqali o'tuvchi tok salgina ortadi. U_k kollektor kuchlanishini $U_{k_{b, \text{prob}}}$ gacha orttirilganda kollektor o'tishning lavinli teshilish hodisasi va tokning tez sur'at bilan o'sishi boshlanadi (13-rasm, bog'liqlilik 1, vertikal uchastka). Tokning ortishi bilan emitter o'tishning qarshiligi ozayadi va tranzistorning vol - amper xarakteristikasi (bog'liqlilik 2) 13-rasmda keltirilgan egri shaklni oladi. O'chirilgan baza holatda barcha tok emitter o'tish orqali o'tadi. Lavinli teshilish uchastkada kollektor tokning o'sishi (приращение) emitter tokining o'sishidan ko'p bo'ladi. Ya'ni bazadan kollektorga kovaklarning toki va kollektordan bazaga elektronlar toklarining yig'indisi emitterdan bazaga o'tuvchi kovaklarning tokidan ko'p bo'ladi. Shunday toklarning munosabati tranzistorning bazasi manfiy va kollektorning musbat zaryadlanishiga olib keladi. Kollektorning musbat zaryadining ko'payishi kollektor kuchlanishining kamayishiga olib keladi. Kollektor kuchlanishining kamayishi tokning o'sishi bilan tranzistorning volt-amper xarakteristikasida manfiy differensial qarshilik uchastkasiga olib keladi. [20-24]

Quvvatli bipolyar tranzistorlar

Quvvatli tranzistorlar deb sochilishning cheklangan quvvati 1 Wt dan ko'p bo'lgan tranzistorlarga aytamiz. Bu yerda 1 dan 10 Wt gacha tranzistorlar o'rtacha quvvatli tranzistorlar deb ataladi, bundan ham ko'proq qiymatga ega bo'lgan tranzistorlar katta quvvatli tranzistorlar deb ataladi. Quvvatli tranzistorlarda sochuvchi quvvatning o'sishi bilan p-n o'tishlarning

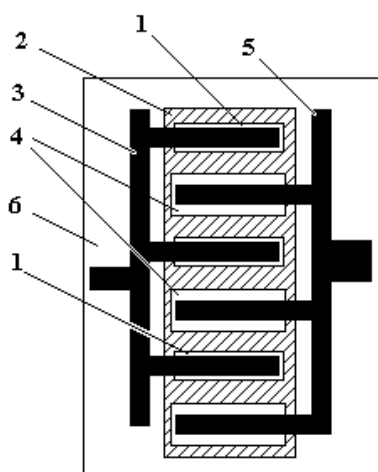
temperaturasi ham o'sadi. Baland temperaturalarda tranzistor buziladi. Shuning uchun quvvatli tranzistorlarni konstruksiyalaganda tranzistorning kristalidan issiqlik yo'qotishni yaxshilashga yo'naltirilgan har turli amallar qo'llaniladi. Zamonaviy quvvatli bipolyar tranzistorlar - bu asosan elektronli tipdagi kremniy asosida yasalgan n-p-n tranzistorlardir. Quvvatli tranzistorlar vertikal tashkillashtirishga (organizatsiyaga) ega bo'ladi, ya'ni emitter va baza uchlari plastinaning yuqori bo'lagida joylashadi, kollektorning uchi esa uning quyi bo'lagida joylashadi. Quvvatli bipolyar tranzistorning tipik strukturasi 14-rasmda ko'rsatilgan.



14-rasm. Quvvatli bipolyar tranzistorning vertikal strukturasi.

Shunday struktura baza sohasi kichik qalinlikda yasalishi mumkin. Bu tranzistorning ishchi xarakteristikalarini bazaning tok o'tkazish koeffitsientining ko'tarilishi kabi bo'ladi. Shuningdek, kollektorning vertikal joylashishi yaxshi issiqlik yo'qotishni ta'minlab beradi va bu issiqlik jarayonini yaxshilaydi. Emitter tokining katta zichliklarida quvvatli tranzistorlarda baza toki ham ortadi. Baza tokining ortishi baza qarshilikdagi kuchlanish tushishining o'sishiga olib keladi. Hosil bo'lgan elektr maydon emitterning markaziy bo'limidan uning periferiyalariga tomon yo'nalgan bo'ladi. Bu maydon kollektorda harakatlanayotgan asosiy emas tok tashuvchilarning oqimini emitterning sirtiga siqib chiqaradi. Katta tok zichliklarida siqib chiqarish effekti kabi, effektiv turda faqat emitterning tashqi qismi ishlaydi. Bu tashqi qismning maydoni emitterning haqiqiy maydonidan ancha kichik bo'ladi. [18-23]

Siqib chiqarish effekti kabi quvvatli tranzistorlarning ishchi xarakteristikalarini yaxshilash uchun berilgan emitter maydon uchun emitterlovchi qismini qanday bo'lsa ham ko'p sirtini olishi zarur. Shuningdek, emitterdan baza elektrodigacha bo'lgan masofani kamaytirish kerak. Bu shartlar tranzistorlarning maxsus konstruksiyalarida bajariladi. Bunga misol sifatida kokilli (grebenchatiy) strukturaga ega bo'lgan tranzistorlarni keltirish mumkin. Bunday tranzistorlarda emitter va baza bir necha uchastkalar turida yasaladi. Bu uchastkalar bir-biridan ba'zi bir masofada joylashadi va umumiy kontakt bilan biriktiriladi. 15-rasmda kokilli strukturaga ega bo'lgan bipolyar tranzistorning konfiguratsiyasi ko'rsatilgan. Bu yerda 1- baza sohalari, 2- kollektorning umumiy qatlami, 3- baza sohaining alyuminiy metallizatsiyasining umumiy shinasi, 4- emitter sohalari, 6- yarimo'tkazgichli taglik.

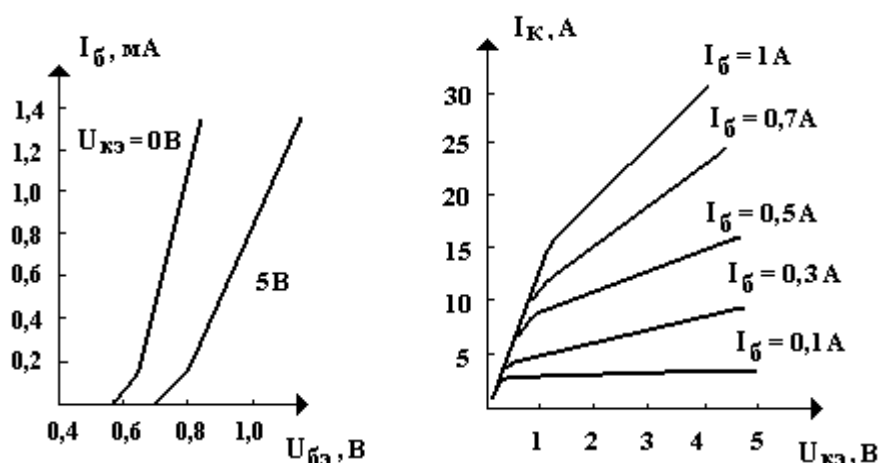


15-rasm. Kokilli strukturaga ega bo'lgan bipolyar tranzistor.

Kokilli strukturaga ega bo'lgan tranzistorlarda emitterning bo'lak sohalari orasidagi tokning taqsimoti bir jinsiz bo'lishi mumkin. Bu quyidagicha tushuntiriladi. Agar emitterlarning biri boshqa emitterlarga nisbatan ko'proq tokni purkasa (injeksiyalasa), unda yarimo'tkazgichli kristall ushbu emitterning yonida kuchliroq qiza boshlaydi. Temperaturaning ortishi tok tashuvchilarning ko'proq injeksiyasiga

olib keladi va bu ushbu emitterli o'tishni volt-amperli xarakteristikasiga ta'sir qiladi. Bundan qutilish uchun tranzistor strukturasi har bir emitter bilan ketma-ket joylashgan stabilizatsiyalovchi rezistorlar kiritiladi. Agar xohlagan emitter orqali tok o'tadigan bo'lsa, unda ushbu emitterga ketma-ket joylashgan rezistorda kuchlanish tushishi ortadi. Sunday ortish emitterli o'tishdagi to'g'ri kuchlanishning kamayishiga va undan o'tuvchi tokning cheklanishiga olib keladi.

16-rasmda metall stabilizatsiya qiluvchi rezistorga ega bo'lgan tranzistor strukturasi elementi ko'rsatilgan. Bu yerda 1- taglik, 2, 4 – emitterning bo'lak sohalari, 3 - baza sohasi, 5- bazaning metall (alyuminiy) uchi, 6- emitterning uchi, 7- dielektrikli himoya to'shagi (eng ko'p qo'llaniladigani SiO_2), 8- stabilizatsiya qiluvchi rezistor, 9 - umumiy emitterlik shina. Quvvatli tranzistorlarning baza va emitterlik qatlamlarining bir-biriga nisbatan o'zaro joylashishining har turli variantlari mavjud. Barcha bunday konstruksiyalarda eng katta sochuvchi quvvatni olish uchun emitter perimetrining uning yuzasiga nisbati va ushbu perimetrning baza yuzasiga nisbati maksimal ko'p bo'lishi kerak. 17-rasmda misol sifatida doiraviy elektrodli quvvatli tranzistorning konstruksiyasi berilgan. Bu yerda 1- emitterning (E), bazaning (B) va kollektorning (K) alyuminiydan yasalgan elektrodlari, 2- himoyalovchi dielektrik to'shak, 3- n^+ - emitterning emitterlik sohasi, 4- bazaviy p soha, 5 - emitterlik n soha, 6 - p tipli taglik. Ba'zi bir hollarda quvvatli tranzistorlarni tayyorlashda p tipli yarim-o'tkazgichli tagliklar ham qo'llaniladi. 18-rasmda KT935A quvvatli bipolyar tranzistorning kirish va chiqish volt - amper xarakteristikalarini va uning asosiy maksimal cheklangan ekspluatatsiya parametrlari ko'rsatilgan.



18-rasm. KT935A tranzistorning kirish va chiqish volt-amper xarakteristikalarini.

KT935A tranzistorning maksimal cheklangan parametrlari

3-jadval

Kollektorning doimiy toki	25 A
Bazaning doimiy toki	10 A
Kollektorning impuls toki	30 A
Bazaning impuls toki	15 A
Emitter-baza doimiy kuchlanishi	5 V
Emitter-baza impuls kuchlanishi	6 V
Kollektor-emitter doimiy kuchlanishi	80 V
Kollektor-emitter impuls kuchlanishi	100 V
Kollektorning doimiy quvvati	60 Wt
O'tishlarning maksimal temperaturasi	150°C

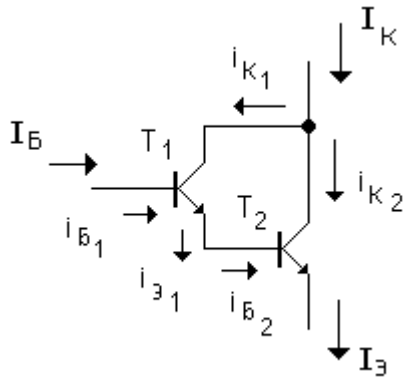
4-jadvalda har turli davlatlarda tayyorlanayotgan quvvatli bipolyar tranzistorlarning nisbiy parametrlari ko'rsatilgan.

4-jadval

Tip	Analog	P _{max} (V _t)	U _{kb} max (V)	I _k max post. (A)	I _k max imp. (A)	h ₂₁ e
KT8259 B	MJE300 8	70	700	8	15	60
KT8260 B	MJE300 9	90	600	12	24	65

Quvvatli, yuqori voltli tranzistorlarning kamchiligi - bu ularning kichik tok o'tkazish koeffitsienti bo'lib hisoblanadi. Bu kamchilikdan qutilish uchun quvvatli, yuqori voltli tranzistorlarni konstruksiyalaganda Darlington sxemada qo'shilgan tranzistorlar qo'llaniladi. Shunday o'zgachalikka ega bo'lgan tranzistorni ko'rib chiqamiz (19-rasm). UE sxemada qo'shilgan tranzistorning tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$B = \frac{I_K}{I_B}$$



19-rasm. Darlington sxemada tranzistorlarning ulanishi. Toklar ko'rsatilgan.

Mos turda Darlington sxemaga kiruvchi har bir tranzistor uchun kollektor toklari bo'ladi:

$$I_{K1} = B_1 I_{B1} \quad I_{K2} = B_2 I_{B2}$$

Barcha sxemaning to'liq kollektor toki har bir tranzistorlarning kollektor toklarining yig'indisiga teng bo'lganligi uchun $I_K = I_{K1} + I_{K2}$ va birinchi tranzistorning emitter tokining qiymati ikkinchi tranzistorning baza tokiga teng

bo'lishini hisobga olib, ya'ni $I_{B2} = I_{E1}$, kollektorning to'liq toki quyidagicha bo'ladi:

$$I_K = B_1 I_B + B_2 (B_1 + 1) I_B$$

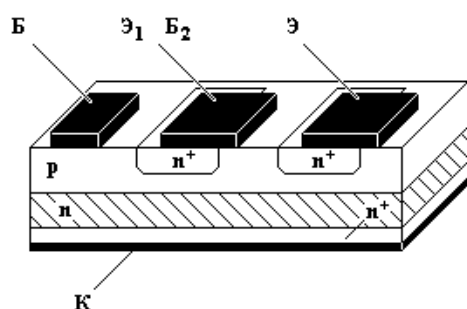
Endi, tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti tushunchasidan foydalanib, topamiz:

$$B = B_1 + B_2 + B_1 B_2$$

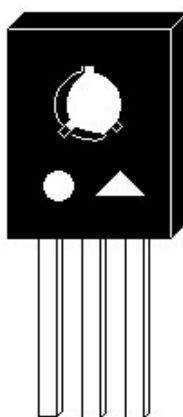
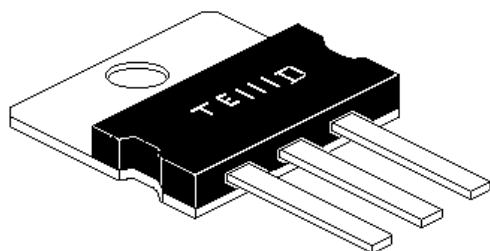
Bu keltirilgan ifodalardan ko'rinib turganidek, Darlington sxemada qo'shilgan tranzistorlarning tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti har bir tranzistorning kuchaytirish koeffitsientidan ko'p bo'ladi. 20-rasmda bir yarimo'tkazgichli taglikda tayyorlangan Darlington sxemada qo'shilgan tranzistorlarning strukturasi berilgan.

Quvvatli bipolyar tranzistorlarning chastotaviy xarakteristikalarini yaxshilash uchun kollektor-baza p-n o'tishning yuzasini kamaytirish kerak, issiqlik rejimini yaxshilash uchun uni esa yuzani orttirish kerak. Ushbu ikki bir-biriga qarama-qarshi masalalarni yechish uchun bir kristalda yasalgan ketma-ket qo'shilgan kichik quvvatli tranzistorlar yig'indisi quvvatli tranzistorlarni beradi.

Misol uchun, bir zamonaviy quvvatli tranzistor uchun yuqoridagi texnologiya bo'yicha foydalanish natijasida 4,5 ga 6,65 mm o'lchamlarga ega bo'lgan kremniy kristallari qo'llanildi. Bu kristalda o'lchamlari 1,25 ga 0,24 mm bo'lgan 24 baza sohalar joylashadi. Har bir shunday sohaga kengligi 12 mkm va uzunligi 220 mkm bo'lgan 40 emitterlar joylashadi. Ikkita qo'shni emitter orasidagi masofa 18 mkm ga teng. Kristalning umumiy yuzasi 30 mm², to'rt marta kollektor o'tishlarning summar yuzasidan ko'p bo'ladi (7,2 mm²), bu kristalning kichik issiqlik qarshiligini va yaxshi issiqlik yo'qotishni ta'minlab beradi. Shunday tranzistorning cheklangan kollektor kuchlanishi 100V ga teng, kollektorning maksimal toki 50 A va maksimal sochuvchi quvvat 200Wt bo'ladi.



**20-rasm. Bir taglikda
Darlington sxemada
tayyorlangan tranzistorlarning
konstruksiyasi.**

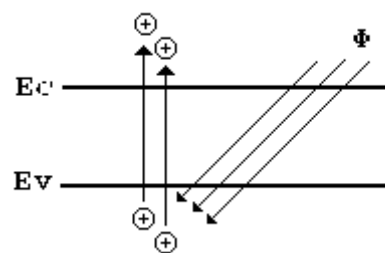


**21-rasm. Ba'zi bir
quvvatli bipolyar
tranzistorlarning
tashqi ko'rinishlari.**

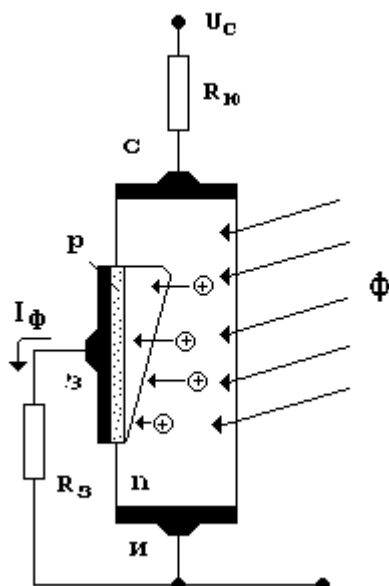
p-n o'tishli maydon fototranzistori

p-n o'tishga ega bo'lgan maydon tranzistor katta sezgirlikke ega bo'lgan yorug'lik qabullagich sifatida qo'llaniladi. Ushbu holni qaraymiz. Yarimo'tkazgichga fotonlar energiyasi man etilgan zona kengligidan ko'p bo'lgan yorug'lik bilan ta'sir etganda, yarimo'tkazgichda elektron-kovak juftlarining generatsiyasi paydo bo'ladi

(22-rasm). Yorug'lik bilan qo'zdirilgan elektronlar valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tkaziladi va bu erkin elektronlar sanini orttiradi $-\Delta n$. Valent zonada erkin kovaklar ortadi $-\Delta p$. Erkin tok tashuvchilar sonining o'zgarishi yarimo'tkazgichning to'liq elektr o'tkazuvchanligini σ orttiradi.



22-rasm. Yarimo'tkazgichdagi tok tashuvchilarning fotogeneratsiyasi.

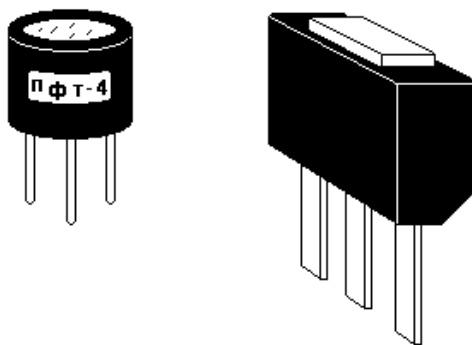


23-rasm. Maydonli fototranzistor.

$$\sigma = q(n + \Delta n)\mu_n + q(p + \Delta p)\mu_p$$

bu yerda n , p - yorug'lik bo'lmagan paytdagi elektron va kovaklarning konsentratsiyalari. Agar yarimo'tkazgichda elektr maydon mavjud bo'lsa, unda fotogeneratsiyalangan tok tashuvchilar ayriladi va ushbu maydonda qarama-qarshi tomonlarga dreyflaydi. Yorug'lik qabullagich sifatida maydon tranzistorning qo'llanilishi 23-rasmda ko'rsatilgan. Tok o'tkazuvchi kanalga yorug'lik bilan ta'sir etganda elektron-kovak juftliklarining generatsiyasi paydo

bo'ladi. Teskari kuchlanish ta'sir ostida turgan zatvor p-n o'tishning elektr maydoni generatsiyalangan tok tashuvchilarni ajratadi. Kovaklar yarimo'tkazgichning p sohaiga o'tadi va zatvor zanjirida dI_f fototokni hosil etadi. Elektronlar tranzistorning stok tomoniga ketadi. Eslatib o'tamiz, tranzistor kanal orqali tok o'tganda, zatvorning p-n o'tishi zatvor va istok orasiga kuchlanish tushirilmaganda va teskari kuchlanish ta'siri ostida bo'ladi. Fototok zatvorning tashqi qarshiligi R_z orqali o'tganda ushbu zatvorda $dU_z = dI_f R_z$ kuchlanish tushishini hosil etadi. Zatvordagi kuchlanish tushishi kanal orqali o'tuvchi tokning o'zgarishiga olib keladi. Demak, tranzistorning stok toki $dI_c = S dI_c R_3$ ga teng bo'lgan kattalikka o'zgaradi. Shuningdek fototok $S R_z$ marta ortadi. Tashqi kuchlanish ko'tarib maydon fototranzistorning sezgirligini orttirish mumkin. Biroq, shu bilan birga zatvorning vaqt doimiysi $\tau = R_z S_{zi}$ ortadi, ya'ni bu tranzistorning tez ishlashi kamayadi. 24-rasmda maydon fototranzistorlarning tashqi ko'rinishi berilgan.



24-rasm. Har xil korpuslarda yasalgan maydon fototranzistorlarning tashqi ko'rinishi.

1.3. Metall-yarimo'tkazgich strukturalardagi nuqsonlar va metall-yarimo'tkazgich strukturasiga radiatsiyaning ta'siri.

Har qanday kristall panjaraning davriyligining buzilishi bu kristallning nuqsonlari bo'lib hisoblanadi. Nuqsonlar asosan nuqtaviy, chiziqli, sirtiylar va

hajmiy nuqsonlar kabi turlarga bo'linadi. Nuqtaviy nuqsonlar panjaraning geometriyasining buzilishiga olib keladi. Oddiy kub panjaraning nuqtaviy nuqsonini ko'rib chiqaylik. Nuqson panjara tuguni orasida r nuqtada joylashsin. Bu nuqson panjarani deformatsiyalaydi va bu deformatsiyada kubik simmetriyaga ega bo'ladi. Ushbu deformatsiya ta'siri natijasida kristall hajmining o'zgarishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta V = \frac{1}{3K} \int r \cdot f dV \quad (1.10)$$

Bu yerda K – har tomonlama siqilish moduli, f – nuqson tomonidan birlik kirishmaga ta'sirining o'rtacha kuchi.

Albatta ΔV ning miqdori va belgisi nuqsonning tabiatiga bog'liq bo'ladi.

Yuqorida aytilganidek, nuqsonlarning paydo bo'lishi elastik kuchlanishni hosil qiladi. Bu kuchlanish konsentratsiyaviy tipga ega bo'lib, u metallning yarimo'tkazgich tomonga diffuziyasi bilan aniqlanadi. Metall atomining yarimo'tkazgich tomonga o'tishi natijasida yarimo'tkazgichning kristall panjarasi buziladi. Bu jarayon quyidagi Vegard qonuniga bo'ysunadi:

$$a = a_0(1 + \beta c) \quad (1.11)$$

Bu yerda, c – metall konsentratsiyasi, a – yarimo'tkazgichning panjara parametri, $\beta = \frac{1}{a} \cdot \frac{da}{dc}$ – yarimo'tkazgichning kirishmaga nisbatan chiziqli cho'zilish koeffitsiyenti.

Yarimo'tkazgichning xususiy deformatsiyasi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\varepsilon^0(x) = \beta c(x) \quad (1.12)$$

x – diffusion taqsimot bo'lib o'tadigan koordinata.

$$\varepsilon(x) = \varepsilon_{zz} = \varepsilon_{yy} = -\varepsilon^0(x) \quad (1.13)$$

$$\sigma = 2G \frac{1+\nu}{1-\nu} \varepsilon \quad (1.14)$$

G – siljish moduli, ν – yarimo'tkazgich uchun Puasson koeffitsiyenti.

Shunday qilib, (1.13) va (1.14) formulalardan ko'rinib turganidek, metallning konsentratsiyaviy kesimi yarimo'tkazgich o'tish qavatida mexanik taqsimot qonuni bilan aniqlanadi.

Yarimo'tkazgichlar kristallarda fizik protsesslarni nuqsonlarga bog'lab o'rganish katta ahamiyatga ega, sababi nuqsonlar yarimo'tkazgich materiallar va asboblarning fizik xususiyatiga o'z ta'sirini ko'rsatadi.

Yarimo'tkazgich materiallarni texnologik o'stirish vaqtida paydo bo'ladigan strukturaviy nuqsonlar asbobning ish rejimida teskari tokning ortishiga olib keladi. Teskari tokning ortishining eng asosiy sabablaridan biri dastlabki dislokatsiyalarning yarimo'tkazgichli asbobni tayyorlash vaqtida paydo bo'lishi va nuqsonlar bilan ta'sirlashishi bo'lib topiladi.

Yana eng asosiy sabablarining biri bu yarimo'tkazgichda termokompressiya vaqtida plastik deformatsiyalangan sohalarning paydo bo'lishi bo'lib topiladi.

Lekin keyingi vaqtlarda yarimo'tkazgichlarni tayyorlash texnologiyasida o'stirish temperaturasi bilan bosimni mos holda ushlab turish natijasida plastik deformatsiyani paydo bo'lmaslik yo'llari ishlab chiqilgan. Shunga qaramasdan, $A^{III}B^{IV}$ tipdagi yarimo'tkazgichlarda texnologik operatsiya vaqtida plastik deformatsiyadan qutulish qiyin, sababi $A^{III}B^{IV}$ tipdagi yarimo'tkazgichlarda kremniy va germaniy yarimo'tkazgichlarga qaraganda Payerls energiyasi oz bo'ladi. Shu sababdan lokal kuchlanishning relaksatsiyasi jarayoni vaqtida paydo bo'lgan dislokatsiya faqatgina asosiy emas tok tashuvchilarning yashash vaqtini va hajmiy zaryad sohaining effektiv kengligini kamaytiradigan rekombinatsiya-generatsiya markazlari bo'lib qolmasdan kuchli elektr maydonini lokalizatsiyalovchi soha bo'lib ham topiladi.

Strukturaviy nuqson natijasida yarimo'tkazgichli asboblarning xarakteristikasining buzilishi ikki turda amalga oshadi.

Birinchisi – bu asbobni tayyorlash vaqtida paydo bo'lgan nuqsonlar natijasida xarakteristikasining o'zgarishi.

Ikkinchisi – bu asbobni saqlashda yoki uning ish faoliyati davomida paydo bo'lgan nuqsonlardir. Bular ham o'z navbatida xarakteristikaning buzilishiga va asbobning degradatsiyasiga olib keladi. Yarimo'tkazgichli asboblarning xarakteristikasining buzilishi va degradatsiyalanishining asosiy sabablaridan biri

bu nuqsonlarning paydo bo'lishi bilan relaksatsiyaga uchraydigan ichki mexanik kuchlanishning paydo bo'lishi bo'lib hisoblanadi. Shuni aytib o'tish joizki, har qanday tashqi ta'sirlar ushbu ichki mexanik kuchlanishning relaksatsiyasini aktivlashtirishi ham mumkin.

Shunday qilib, Shottki diodiga tashqi ta'sir etish bilan atermik (issiqlik emas) qayta ishlash yo'li bilan ya'ni temperaturani orttirmay deyarli xona temperaturasida ultratovush to'lqinlarining effektiv ta'sir etishi natijasida yarim o'tkazgichli asboblarning va asbobli strukturalarning sifatini yaxshilashda keng qo'llash mumkin degan xulosaga keldik. Yuqorida aytilganlarga qo'shimcha shuni aytish kerakki, boshqa tashqi ta'sirlarga (elektrotrenirovka, radiatsiya, lazer va boshqalar) nisbatan ultratovush to'lqinlari bilan ta'sir etish – bu arzon, oddiy, termik emas va oddiy samaradordir. Termik ta'sir etish esa ko'pchilik avtorlarning ko'rsatganidek murakkab hisoblanadi, murakkabligi shundan iboratki, temperatura ortgan sari ko'p qatlamli struktura bilan ishlashish qiyinlashib boradi. Shunday qilib, ultratovush to'lqinlari Shottki diodlarining elektrofizik parametrlarini yaxshilashda termik bo'lmagan effektiv ta'sir etuvchi tashqi ta'sir sifatida yarimo'tkazgichlar elektronikada keng turda qo'llanish imkoniyatlarini ta'kidlab o'tish mumkin.

Diodlarning volt-amperlik xarakteristikasini tadqiq etish orqali ham ko'pgina ma'lumotlarni olish mumkin. Masalan, degradatsiyaning diffuzion mexanizmi o'rnatilgan bo'lsa, unda potensial ishonchli bo'lmagan diodlarni ajratib olish va qayta ishlash mumkin. Bu holatda ajratib olish kriteriyasi bo'lib, belgili vaqt davomida ish rejimidagi generatsion-rekombinatsion tok sathlarining o'zgarishi xizmat etadi, eksperimentning ko'rsatishicha, ish rejimidagi generatsion-rekombinatsion tok sathlarini kuchliroq o'zgartirsak, diod shuncha ishonchsiz bo'ladi. Potensial ishonchli bo'lmagan asboblarni ajratish uchun tunell toklarning nazorat qilinishini qo'llash mumkin. Bu asboblarni uchun biroz umumiylik effekt degradatsion jarayonlarning intensifikatsiyasi bo'lib topiladi. Haqiqatan ham temperatura va uning gradiyenti hosil qilgan mexanik kuchlanish tokning orttirilgan zichlik sohaidagi diod maydoni bo'yicha

o'rtacha qiymatlarini orttiradi. Asbobning ishdan chiqmay faoliyatini bashorat qilish uchun degradatsion jarayonlarni stimullashtiradigan faktorlarni bilish kerak va tokning bir jinsli bo'lmagan taqsimotini aniqlash imkonini beradigan metodlarni hisobga olish juda ahamiyatlidir. Bu metodlar har turli yarimo'tkazgichli diod tiplari uchun umumiy bo'lganligi uchun alohida ahamiyat kasb etadi va degradatsiyani aniqlaydigan mikromexanizmdan mustaqil ravishda ularning faoliyatini bashorat qilish imkoniyatini beradi. Bunday metodlarga: shovqinli mikroplazmaning xarakteristikalarini o'lchash metodi, volt-amper xarakteristikasi hosilasini aniqlash metodi, o'tishning issiqlik xarakteristikalarini aniqlash metodi va boshqalar kiradi. Teshilish uchastkasida ishlovchi diodlarning ishonchliligini mikroplazmalarning xarakteristikalari bo'yicha bashorat qilish yuqori temperaturaga ega tokning yuqori zichlikka ega sohali bo'lishligiga asoslangan. Bunday sohalarda degradatsion jarayonlarning intensiv oqimi bo'lishi ehtimoldir. O'ta qizgan mikroplazmalarda temperatura ko'tarilgan sayin degradatsion jarayonlar tezroq bo'lib o'tadi va asbob ishonchliligi, shuningdek ishlash muddati kamayaveradi.

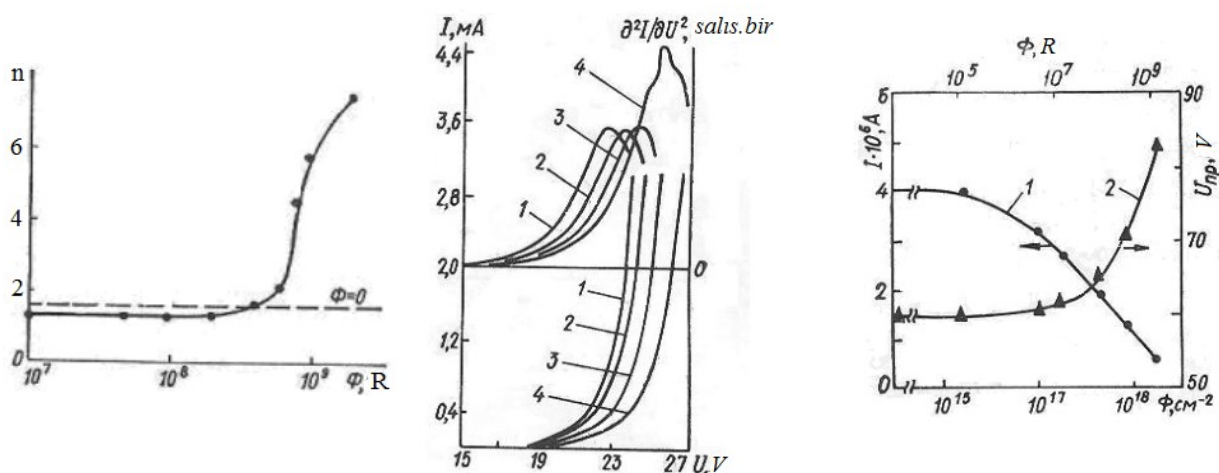
Har qanday yarimo'tkazgichli asbob o'zining eng oxirgi texnologik jarayoniga qadar 100 ga yaqin operatsiyani boshidan o'tkazadi. Shu operatsiyalarni bajarish jarayonida qandaydir bir bosqichda yashirin nuqsonlar paydo bo'lib qolishi mumkin. Biz uni faqat ekspluatatsiya jarayonida sezib bilishimiz mumkin. Yuqorida qayd etilgan mikroplazmalar (erta lavinli teshilishlar) bular nuqsonlar bo'lib hisoblanadi. Biz yarimo'tkazgichli asbobimizdan tok o'tkazganimizda qayerda nuqson bo'lsa, o'sha joyda tok zichligi katta qiymatga ega bo'ladi. Bu o'z navbatida biz o'rganayotgan yarimo'tkazgichli asbobning tezroq ishdan chiqishiga sababchi bo'ladi.

Radiatsiya zonasında ishlovchi, yarimo'tkazgich asboblarning ishdan chiqish sabablarini aniqlashtirish maqsadida yarimo'tkazgich materiallar asboblari xususiyatiga radiatsiya ta'siri oxirgi o'ttiz yilda intensiv tarzda o'rganilyapti. Bunday izlanishlar natijasida yarimo'tkazgich asboblari degradatsiyasining asosiy qonunlari o'rganiladi. Bunday degradatsiyalar

radiatsiya sababli kristall panjaraning buzilishi bilan bog'lanishli bo'lib, ularning to'planishi zaryad tashuvchilarning rekombinatsiyasining va sochilishini kuchayishiga olib keladi. Radiatsiyali defektlarning bor bo'lishi agarda bu defektlarning konsentratsiyasi strukturaning mos parametrlari kattaligini aniqlovchi dastlabki defektlar konsentratsiyasi (otkazuvchanlik holatida kichik donor va akseptor kirishmalar, yashash vaqti hollarida chuqur markazlar) tenglashganda ortgandagina yarimo'tkazgich materialining sezgirligini orttirish mumkin. Keyinchalik material xususiyatlarining radiatsiya ta'sirida o'zgarishi ularning ligerlanish darajasiga va defektlariga bog'liq bo'lib qoladi. Strukturaning dastlabki defektlari nurlanish vaqtida yoki undan keyin radiatsion defektlarni annigilyatsiyalash imkoniyatiga ega. Ayrim holatlarda oddiy radiatsion defektlar (vakansiya va tugunlar orasidagi atomlar) stoki dislokatsiya – ichki mexanik kuchlanishda paydo bo'ladigan, zichligi tomondan materialning bo'linish chegarasida yuqori bo'lgan strukturaning asosiy defektlari bo'lishi mumkin. Shottki barerli va geteroo'tishli asboblarning bo'linish chegarasida defektlarning ortishi, yuqori dozagacha nurlantirilganda bunday asboblarning parametrlar oz miqdorda o'zgaradi deb taxmin qilishimiz mumkin. Bundan boshqa, nurlanishning qandayda bir diapazonda strukturaning dastlabki defektlari bilan radiatsiya defektlarining o'zaro ta'siri (butun hajmda va bo'linish chegarasida) tokning generatsion rekombinatsion tashkil etuvchilarining kamayishining va probay oldi sohalarida xarakteristikalarining yaxshi tomonga o'zgarishin ko'rishimiz mumkin. [28-30]

1.2. Lazerli ta'sirdan keyin arsenidgalliydan tayyorlangan diodning parametrlarining o'zgarishi.

25.1-suratda ^{60}Co γ -gamma kvanti bilan nurlanishning Ge/GaAs geteroo'tishli diodning sifat faktoriga, 25.1.2-suratda VAX teskari tarmog'iga ta'siri ko'rsatilgan. Dozaning ma'lum bir diapazonida nurlantirish natijasida asbobning xarakteristikalarining yaxshilanganligi ko'rinadi. Shunga o'zhash effektlar $\text{Ge}_{1-x}\text{Si}_x/\text{GaAs}$ geteroo'tishli diodlarda va Shottki barerli diodlarda kuzatilgan (1.1.3-súwret)



25.1.1-surat Ge/GaAs 25.1.2-surat. 77 K da 25.1.3-surat Cr/GaAs geteroo'tishli diodning olingan: $p\text{-Ge}/n\text{-GaAs}$ Shottki barerli diod VAX sifat faktorining diod uchun geteroo'tishli proboy oldi sohasidagi nurlanish dozasi VAX (pastki egrilik) va teskari tok (1) va bog'liqligi.

uning ikkinchi tartibli proboy kuchlanishning hosilasi (yuqoridagi (2) γ -nurlanishiga egrilik) $1-\Phi=0$, bog'liqligi.

$2-\Phi=10^7$, $3-\Phi=6 \cdot 10^7$,

$4-\Phi=1,1 \cdot 10^7$

Agar diodning teshilish kuchlanishining nurlanish dozasi bog'liqligiga bog'liqligi Φ ning o'sishi bilan $n\text{-GaAs}$ dagi donor va akseptorlar konsentratsiyasi farqi $N_d - N_a$ kamayishi bilan tushuntirish bo'lsa, unda to'g'ri tokning dozaga bog'liqligi sababin nurlanish bilan

bog'lanishli boshqa effektlardan izlash mumkin. Haqiqatindada material kompensatsiyasi teskari tokning kamayishiga emas, ortishiga olib kelishi kerak. Bundan boshqa radiatsion defektlarni kirishi mikriplazmalarning qizishi extimolligiortishi sababi proboy oldisohalarda teskari tokning ortishiga olib keladi. Ko'rsatilgan effektlar oxirgilarining ro'li

Pt/GaAs Shottki barerli diodlar ham **Ge/GaAs** geteroo'tiwli diodlar yupqa strukturasining VAX ni o'rganish orqali tushuntiriladi. Tadqiqot qilinayotgan diodlarning proboy xarakteristikasi boyicha ikki gruppaga bo'lish mumkin: bir jinsli va birjinsli emes proboy. Birinchi gruppada diodlari uchun xarakterli bolgan VAX ham uning ikkinshi tartibli hosilasi 1.1.2-suratda ko'rsetilgan. Bunday asbablarni γ -nuralnisha teshilish kuchlanishi nurlanish dozasini 0 dan $1,1 \cdot 10^8$ R gacha ortishida o'sadi, al proboy, VAX ikkinchi tartibli hosilasi formasidan birjinsli qolganligi ko'rinadi. [25-30]

I-bob bo'yicha xulosalar

1. GaAs asosida yasalgan yarimo'tkazgichli materiallar va strukturalar o'ta yuqori chastotalarda ishlash imkoniyatiga ega.
2. Volt-amper xarakteristikasi (VAX) ning "ideal" holatdan og'ishi asosan yarimo'tkazgichning yuza qatlamidagi nuqsonlar bilan bog'liqdir. Shuning uchun to'g'ri va teskari toklarning VAX sini analizlash natijasida yarimo'tkazgich yuza qatlamidagi nuqsonlarning tabiatini aniqlash mumkin.
3. GaAs materiallarida har xil ko'rinishdagi dislokatsiyalar uchraydi, ular kristall va epitaksial qatlamni o'stirish vaqtida, shuningdek plastik deformatsiya jarayonida kelib chiqadi. Kristallning yuza qatlamlarida va epitaksial plenkalarda dislokatsiyalar hosil bo'lishining yanada oddiy va aniqroq usuli bu sirtga radiatsiya va lazer bilan ishlov berishdir.

4. Metal-yarmo'tkazgich kontaktiga sirtqi aktiv radiatsiya lazer ta'sirlaridan keyin ko'pchilik adabiyotlarda volt-amperlik xarakteristikasining to'g'ri va teskari sohalarida bir muncha yaxshi tomonga og'ganini ko'rishimizga mumkin.

II-BOB. METALL-YARIMO'TKAZGICH STRUKTURALARNING XUSUSIYATLARINI O'RGANISH METODIKASI

2.1. Arsenid galliyl Shottki baryerli diodlarning elektrofizik xarakteristikalarini o'rganish metodlari

Asboblarning elektrofizik xarakteristikalarini o'rganish orqali bu asbob haqida ko'pgina kerakli ma'lumotlarga ega bo'lish mumkin. Shuningdek, asosan asbobning sifatlilikini va ishonchlilikini baholash mumkin. Hamda asbobning xarakteristikalari orqali bu asboblarni har tomonlama o'rganish, ularning o'ziga xos tomonlarini aniqlash mumkin.

Asbobning aktiv sohaida kirishma va nuqsonlarning bo'lishi qoidaga asosan uning degradatsiyasiga, ya'ni saqlanish jarayonida ishdan chiqishiga olib kelmaydi. Kirishma va nuqsonlarning bo'lishi faqatgina diodning ish jarayonida seziladi.

Bu faoliyat rejimida degradatsion jarayonlarni stimulyatsiyalovchi faktorlar paydo bo'lishini anglatadi. Bu faktorlarga temperatura, mexanik kuchlanish xususiy optik nurlanish, qizgan tashuvchilarning bo'lishi va h.k lar kiradi.

Diodlarning volt-amper xarakteristikasini o'rganish orqali ham ancha ma'lumotlar olish mumkin. Masalan, degradatsiyaning diffuziya mexanizmi o'rnatilgan bo'lsa, unda potensial ishonchli bo'lmagan diodlarni ajratib olish va qayta ishlash mumkin. Bu holatda ajratib olish kriteriyasi bo'lib, belgili vaqt davomida ish rejimidagi generatsion - rekombinatsion tok sathlarining o'zgarishi xizmat etadi. Eksperiment ko'rsatishicha, ish rejimidagi generatsion-rekombinatsion tok sathini kuchliroq o'zgartirsak, diod shunchalik ishonchsiz bo'ladi. Potensial ishonchli bo'lmagan asboblarni ajratish uchun tunell toklarning nazorati qo'llanilishi mumkin.

Bu asboblarda uchun biroz umumiy effekt degradatsion jarayonlarning intensivikasi bo'lib topiladi. Haqiqatan ham, temperatura va uning gradienti hosil qilgan mexanik kuchlanish tokning katta zichlikli sohasidagi diod maydoni bo'yicha o'rtacha qiymatlarini orttiradi. Asbobning ishdan chiqmay, faoliyatini

bashorat qilish uchun degradatsion jarayonlarni stimullashtiradigan faktorlarni bilish kerak va tokning bir jinsli bo'lmagan taqsimotini aniqlashga imkon beruvchi metodlarni hisobga olish juda ahamiyatlidir. Bu metodlar har turli yarimo'tkazgichli diod tiplari uchun umumiy xarakterga egaligi uchun o'zgacha ahamiyatga ega va degradatsiyani aniqlaydigan mikromexanizmdan mustaqil ravishda ularning ishdan chiqmay, faoliyatini bashorat qilishga imkoniyat beradi. Bunday metodlarga: shovqinli mikroplazmaning xarakteristikalarini o'lchash metodi, volt-amper xarakteristikalarini differensiallash metodi, o'tishning issiqlik xarakteristikalarini aniqlash metodi. Teshilish uchastkasida ishlovchi diodlarning ishonchliligini mikroplazmalarning xarakteristikalari bo'yicha prognoz mikroplazmalar biroz yuqori temperaturaga ega tokning katta zichlikli sohasi mavjudligiga asoslangan. Bunday sohalarda degradatsion jarayonlarning intensiv oqimi bo'lishi ehtimol. O'ta qizgan mikropalazmalarda temperatura ortgan sayin degradatsion jarayonlar shuncha tezroq bo'lib o'tadi va asbob ishonchliligi shuningdek, xizmat muddati kamayaveradi. Diodning shovqinli xarakteristikasini aniqlash mikroplazmani e'tiborga olishning oddiy metodi bo'lib hisoblanadi.

Diod tipi va uning ish rejimiga bog'liq degradatsiyaga olib keluvchi bir qancha fizik effektlar bizga ma'lum. Bunday hollarda berilgan materialning kirishmaviy tuzilishini va yarimo'tkazgichli asbobning aktiv sohasini o'rganish juda katta ahamiyat kasb etadi. Bu maqsadda bir qancha metodlar: elektron mikroskopiya, mass-spektroskopiya, oje analiz metodlarini qo'llash mumkin. Ular yordamida yarimo'tkazgichning man etilgan zonasidagi lokal sathlarning energetik spektri va konsentratsiyasini aniqlash mumkin. Temperaturaning keng diapazonidagi asbob volt-amper xarakteristikasini aniqlash metodi orqali degradatsion mexanizmlari haqida muhim ma'lumotlarga ega bo'lish mumkin.

Statik volt-amper xarakteristikani o'rganish yetarli darajada oddiy bajariladi, yengil avtomatlashtirish orqali yarimo'tkazgichli diodning aktiv qavatining xususiyatlari haqida keng ma'lumotlar beradi.

Volt-amper xarakteristikaning to'g'ri yo'nalishdagi shohchasi ketma-ket qarshilik haqida ma'lumot beradi, Shottki diodida esa, unda u metal-yarimo'tkazgich baryerining balandligi va o'tish qavatining xarakteristikallari haqida ham bildiradi. Teshilish kuchlanishining qiymati bo'yicha yarimo'tkazgichli diodning aktiv sohasi bo'ylab elektr maydoni va mayda sathlar taqsimoti haqida aytish mumkin.

Tunnelli teskari tokning mavjudligi Shottki baryerining kontaktli qavatidagi parametrlarni aniqlashga imkon beradi. Statik volt-amper xarakteristikallardan olingan ma'lumotlar va teshilishning aniq konstruksiyasining qiymati va uning ish rejimi potensial ishonchli diodlarni ajratib olish kafolatini ishlab chiqishda keng imkoniyatlar beradi. [30-34]

2.2. «MODUL -2» modulyatsion differensiallash metodikasi

Yarimo'tkazgichning zona strukturasining o'ziga xosligi volt-amper xarakteristikasidagi chiziqli emasliklarni o'rganish yarimo'tkazgichning zona strukturasini va zaryad tashuvchilarning ta'sirida qizish jarayonlari haqida qimmatli ma'lumotlarni olish imkoniyatini beradi. Biroq hatto nisbatan yuqori maydonlarda volt-amper xarakteristikaning ko'rsatilgan chiziqli emasliklari kuchsiz ajraladi. Bundan tashqari, bunday chiziqli emasliklar parametrlarining chastota bilan bog'liqligi katta qiziqish uyg'otadi. Bunday tadqiqot uchun asosan har turli modulyatsion metodlar, masalan ikkinchi, uchunchi garmonik o'lchash, garmonikaning siljishi, sinxronli detektor qo'llaniladi. Bu metodlarning barchasining mazmunida volt-amper xarakteristikani differensiallashga olib keladi [7]. Ko'pchilik hollarda yarimo'tkazgichlarni o'rganishda eksperimental uchastkalar parametrlarini aniqlash zarur. Bu eksponentaning ko'rsatkichiga proporsional bo'lgan xarakteristikallari bo'yicha modulyatsion differensiallash metodi orqali oson amalga oshiriladi.

$(I/I) (U) : (I_{\infty}/I) (U)$ va $I (U)$ xarakteristikallari umumiylik turga ega, uning yarimo'tkazgichlar fizikasida uchraydigan bo'lagi:

$$I=U^n \exp(U'/U_0) \quad (2.1)$$

$$\varphi(U)U(U)d\varphi/dU=(I''/I'-I'/I)_n+I \quad (2.2)$$

funksiyasini o'rganish yordamida analizlanishi mumkin. Bu izlanishlar modulyatsion metodlar yordamida amalga oshiriladi.

Modulyatsion differensiallash metodi man etilgan zonadagi sathlarni, xarakterlik yo'qotishlar va shu bo'yicha sirt qatlamdagi kirishmalar bo'lishini va yarimo'tkazgichning zona strukturasining o'zgachaligini aniqlashga imkoniyat beradi.

Yarimo'tkazgichli diodlarning kichik lokal chiziqli emasliklarini aniqlashning sezgir metodi modulyatsion differensiallashdir. Volt-amper xarakteristikada bunday chiziqli emasliklarning bo'lishi tok o'tish mexanizmlarining almashishi, lokal tok o'tuvchi uchastkalarining qo'shilishi (MP), tok o'tishning bir jinsliligining buzilishini bildirishi mumkin. Shuning uchun volt-amper xarakteristikaning chiziqli emasliklarini inobatga olish degradatsion jarayonlarning imkoniyatlari va tezligi haqida xulosa chiqarishga, ya'ni volt-amper xarakteristikaning teshilish uchastkasida ishlaydigan diodlarning ishonchliligini aniqlashga imkoniyat beradi.

Metod g'oyasi diod orqali o'tuvchi I_{nw} tokning garmonikasini diodga U_0 siljish kuchlanishi bilan birgalikda ketma-ket modulyatsiyalovchi arra tishi singari signal berilganda aniqlashdan iborat. Agar $U_\infty \ll U_0$ bo'lsa, unda $I_0(U_0)$ birinchi garmonika amplitudasii $dI/(du/U_0)$ birinchi hosilaga proporsional, ikkinchi amplitudasi I_{27} volt-amper xarakteristikaning ikkinchi hosilasiga proporsional. Bu hosilalar modulyatsiyasiz o'lchangan to'g'ri volt-amper xarakteristikadan olinishi ham mumkin edi. Biroq lavinli teshilishni o'rganishda bu har bir mikroplazmaning qo'shilishida yuqorilab boradigan shovqinning haddan ortiq yuqori sathda bo'lishi sababli qiyin masaladir va faqat modulyatsion metod bu masalani yechishga imkon beradi.

Mikroplazmalik teshilishni modulyatsion o'rganish uchun qo'llaniladigan elektron sxema 25-rasmda ko'rsatilgan. U ketma-ket tutashtirilgan, barchasi birga signal manbai blogini hosil qiladigan razvertka generatori ($U_0(+)-I$),

doimiy siljish manbai U_{0-2} , ish chastotasi modulyatsiyasining generatori 3 dan iborat. U_0 qiymati U_v teshilish kuchlanishiga yaqin o'rnatilishi mumkin va keyinchalik mikroplazmalarning differensial egriliklarini va volt-amper xarakteristikasini olish uchun U_0 kichik intervalda to'liqlik turda yoyiladi. Bunda ΔU ikki koordinatali «Samopisen»-8 ning x koordinatasini boshqarish uchun qo'llaniladi.

Tok namunasi yer bilan signal manbaining chiqishi orasida o'lchanadigan namunadagi kuchlanishda minimal xatolikka ega bo'ladigan 4-operatsion ko'rsatkich bilan o'lchanadi. Operatsion ko'rsatkichning chiqish signali statik volt-amper xarakteristikani tuzish uchun qo'llash mumkin yoki sinxronli detektor -5 yordamida qayta ishlashdan song differensial bog'liqlikni tuzish uchun qo'llaniladi. Birinchi hosila o'lchanadigan holda siljish kuchlanishi chastotani ko'paytirgichda 6 turlandirilgan ikki karalangan chastotadagi U_2 signal bilan modulyatsiyalanadi. $U_{2\infty}$ ikki holda ham signal sifatida qo'llaniladi.

Razvertka kuchlanishi X samopisen kuchlanishiga boradi. Kuchlanishning kichik modulyatsion qiymati mikroplazmalik shovqinning statistik xususiyatlariga kuchli ta'sir etadi.

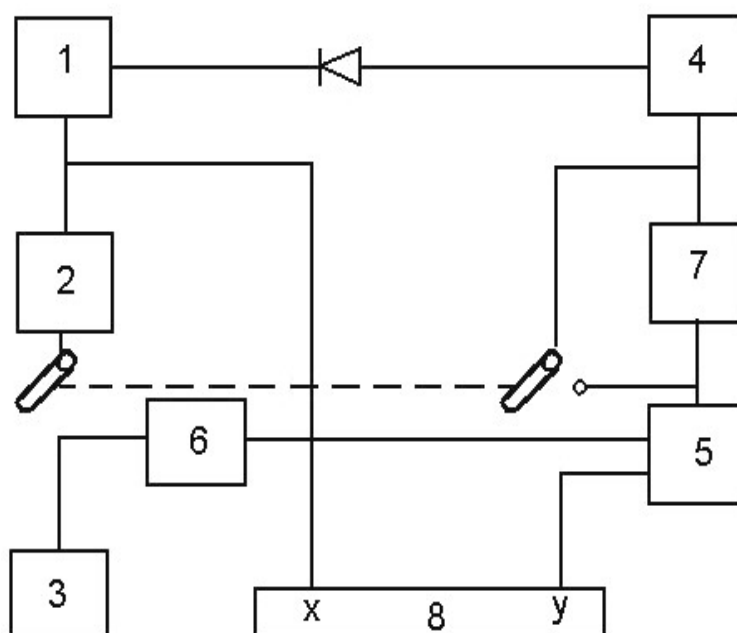
Volt-amper xarakteristikaning ikkinchi hosilasining grafigi har bir yangi mikroplazmaning qo'shilishiga mos keladigan uchli «pik»lardan iborat. Bu «pik»larning sanini namunadagi mikroplazmalarning to'liq yig'indisi aniqlaydi. I_{27} chiqish signali diodning mikroplazma bilan bog'lanmagan differensial qarshiligi bo'lish sababidan qo'shimcha arra tishi singari signaldan iborat. Bu signal 16 funksiyasi bo'lib, u mikroplazmalik «pik»lardan oson ajratilgan bo'lishi mumkin.

Shunday qilib, modulyatsion metod mikroplazmalarning qo'shilishida kuchlanishni va ularning sonini aniqlashga va har bir bo'lak mikroplazmaga mos keladigan tok bosqichlari va o'tkazuvchanligini aniqlashga imkoniyat beradi. Mikroplazmalik teshilish diodning biroz nuqsonli nuqtalarida bo'lishi sababli mikroplazmalar soni va teshilishning differensial egriliklarining umumiy formasi diodning ishchi sohaining nuqsonlilikini xarakterlaydi. Bu asosda biroz

qizgan mikroplazmalarni bo'lib chiqarishga, ularning temperaturasini va degradatsiya intensivligini baholash mumkinligi uchun bu ma'lumotlarni diod ishonchliligini va sifatini bashorat qilish uchun qo'llash mumkin.

Hosila volt-amper xarakteristikalarini aniqlash metodi diodda teshilishning har turli kuchlanishiga ega sohalarini aniqlashga imkoniyat beradi. Har bir bunday sohaga $d^2I/du^2(U_0)$ bog'liqlikdagi maksimumlar va $dI/du(U_0)$ bog'liqlikdagi bosqichlar mos keladi.

Ushbu xarakteristikalar bo'yicha teshilish bir jinsli emasligini ish rejimidagi eng qizgan sohaning temperaturasini baholash mumkin va potensial ishonchli emas diodlarni ajratib olishga imkon beradi.



25-rasm. Mikroplazmalik teshilishni modulyatsion o'rganish uchun qo'llaniladigan sxema.



**26-rasm. Modulyatsion differensiyallash
metodikasining tashqi ko'rinishi
«MODUL – 2»**

Biz bu paragrafda elektrik xarakteristikasini (VAX sini) differensiyallash metodining yangi ilmiy ma'lumot olish imkoniyatini berishi haqida qisqacha to'xtab o'tamiz.

Yarimo'tkazgichli diodlarning xarakteristikalari Om qonunining buzilishiga va volt-amper xarakteristikada chiziqli emasliklarning paydo bo'lishiga olib keladi. Ushbu chiziqli emasliklarni o'rganish yarimo'tkazgichning zona strukturasini va tok tashuvshilarning qizdirish jarayoni haqida qimmatli ma'lumotlar olish imkoniyatini beradi. Biroq nisbatan yuqori maydonlarda volt-amper xarakteristikaning ko'rsatilgan chiziqli emas sohalari kuchsiz ajralib turadi.

Shunga o'xshash tadqiqotlarda asosan har turli modulyatsion metodlar qo'llaniladi (ikkinchi va uchinchi garmonik, garmonik aralashuvi, sinxronli

detektor). Bu metodlarning barchasi volt-amper xarakteristikani differensiallashga olib keladi [7].

Ilmiy tadqiqot yurgizganda o'lchanadigan xarakteristikalar murakkab, chiziqli emas bo'ladi, yana bunda bir vaqtning o'zida bir necha mexanizmlar birgalikda qatnasadi. Shuning uchun natija olishning bir bosqichi - bu nima qilib bo'lsada bir mexanizm ishtiroki bo'lib o'tgan uchastka xarakteristikasini olishdir. Bunday analiz juda ko'p mehnatni talab etadi. Odatda u har turli chiziqli emas masshtablarda grafiklar tuzishga olib keladi (yarim logarifmik, ikkilik logarifmik va boshqalar).

Yarimo'tkazgichlarni o'rganganda uyum-uyum eksponensial uchastkalarining parametrlarini o'lchashga to'g'ri keladi. Buni $(I'/I)(U)$; $(I''/I)(U)$ va $I(U)$ xarakteristikalarini modulyatsion differensiallash metodi yordamida oson amalga oshirish mumkin (Bu xarakteristikalar o'z navbatida eksponenta ko'rsatkichiga proporsional bo'ladi). Bu tadqiqotlar modulyatsion metodlar yordamida amalga oshiriladi. Bular eksperiment natijalarining analizini ancha soddalashtiradi.

Tunelli spektraskopiya va elektron sochilishga o'xshagan yarimo'tkazgich fizikasining har turli eksperimental bo'limlarining bir-biri bilan bog'liqligi shuki, ulardagi o'rganilayotgan xarakteristikalar chiziqli emas, yana umumiy chiziqli emasliklardan tashqari katta emas lokalli egriliklarga va xarakteristikalarida uzilishlarga ega uchastkalarni sezishimiz mumkin.

Bu lokal chiziqli emasliklar uchastkasi fizik tabiatga ega. Tunelli spektroskopiyada ular man qilingan zonada ruxsat etilgan sathlarning mavjudligi bilan va ushbu sathlarning ishtirokida qo'shimcha tok tashuvchi kanallarning paydo bo'lishi bilan bog'liq.

Oje va rentgen spektraskopiya bu chiziqli emasliklar qo'zdiruvchi elektronlarning energiya isrofi bo'lishi bilan bog'liq ham emitterlangan ham qaytgan elektronlarning energetik taqsimoti ko'rinadi.

Barcha ko'rsatilgan holatlarda xarakteristikalarda bir jinsli emasliklarning mavjudligi modulyatsion metodlar yordamida aniqlanadi. Bu o'lchanayotgan xarakteristikalarning yuqori tartibli hosilalarini aniqlashga olib keladi.

Shunday qilib, modulyatsion differensiallash metodlari man qilingan zonadagi sathlarni o'rganishga imkoniyat beradi. Shuningdek, xarakterli isroflarni va ular bo'yicha sirt qatlamdagi kirishmalarning bor ekanligini va yarimo'tkazgichlarning zona strukturalarining o'ziga xosliklarini aniqlash imkoniyatini beradi.

So'ngi yillardagi tadqiqotlarning ko'rsatishicha, katta geometrik o'lchamlardagi Shottki baryerining volt-amper xarakteristikasining teskari shohlari asosan mikroplazmalar deb ataluvchi kichik teshilish sohalari aniqlaydi. Odatda bu erta teshilish (yumshoq teshilish) ko'pchilik olim tadqiqotchilarning fikri bo'yicha kristall panjaradagi nuqsonlar bilan bog'liq bo'ladi [8, 9].

Ko'pchilik tadqiqotlarning natijasida mikroplazmalar Shottki baryeridan katta toklarning o'tib ketishiga sababchi bo'ladi, shuningdek umuman Shottki baryerining teshilish kuchlanishidan ko'p marta kichik kuchlanishlarda ayrim-ayrim mikroplazmalar paydo bo'lishi mumkin [10, 11]. Shottki baryerining teshilish kuchlanishiga yaqinlashgan sayin yuqorida aytib o'tilgan mikroplazmalar orqali belgili bir qiymatdagi tok o'tadi. Bu tok Shottki baryerida kirishmalarning diffuziyasi bo'lib o'tadigan va mos asbobning elektrik xarakteristikalarining o'zgarishiga olib keladigan temperaturagacha hamda lokal qizishini paydo etadi.

Shottki baryerining sifatini xarakterlash uchun birinchi mikroplazmani paydo etuvchi kuchlanish qiymatini, shuningdek mikroplazmaning boshqa parametrlarini ham aniqlashimiz kerak.

So'nggi vaqtlarda mikroplazmalik hodisalarning o'zgacha bir maqsadlarda qo'llanishlar o'rganilmoqda. Bularga bog'liq mikroplazmaning parametrlarini aniqlash o'z oldiga fundamental va amaliy tarafdin olimlarda qiziqish tug'dirmoqda.

Aytib o'tilgan masalalarni bajarish uchun mikroplazmalik xarakterioqraf deb ataluvchi mikroplazmaning fizik xususiyatlarini aniqlaydigan maxsus qurilmaning eksperimental natijalarini analizlashimiz kerak. Bu mikroplazmalik metodning ishlash prinsipi va blok sxemasi oldingi paragrafda qisqacha aytib o'tilgan edi.

Mikroplazmalik xarakterioqraf asosan toklarning pulsatsiyalanishini va sakrashlarini hosil qiladigan mikroplazmaning xususiyatlarini, shuningdek volt-amper xarakteristikaning tikligini o'lchaydi. Volt-amper xarakteristikadagi korpusga o'rnatilgan yarimo'tkazgichlilarda, ya'ni tayyor yari'mo'tkazgichli asboblarda kuzatish mumkin.

Mikroplazma paydo bo'lishi bilan kelib chiqadigan tokning sakrashlari 10-100 mA qiymatlarda bo'ladi, mikroplazma orqali kiritilgan qo'shimcha qarshilikni xarakterlaydigan volt-amper xarakteristikaning o'sishi esa 10 kOm qiymatda bo'ladi.

Qurilmaning oddiyligiga olib keladigan asosiy faktorlar quyidagilardan iborat:

1. Mikroplazmaning volt-amper xarakteristikasi ossilloqraf ekranida gradirovkalanen koordinata o'qlarida chiziladi, bu volt-amper xarakteristikaning berilgan uchastkasining qiymatini baholashga imkon beradi.

2. Boshlang'ich utehka (sirqish) tokining volt-amper xarakteristikaga ta'sir etishini kompensatsiyalash imkonini beradi, shuningdek oldin quyi kuchlanishlarda paydo bo'lgan mikroplazma orqali o'tuvchi tokni kompensatsiyalashga imkoniyat beradi. Bular Shottki baryerining boshqa mikroplazmalarining ta'sirini hisobga olmaganda xohlagan (faqat birinchi emas) mikroplazmaning volt-amper xarakteristikasini ko'rish uchun imkon beradi.

3. Mikroplazmaning volt-amper xarakteristikasining parametrlarini (mikroplazmaning teshilish kuchlanishining qiymatini, mikroplazma tokining sakrash qiymatini, mikroplazma qarshiligini) o'rganishning qulay ilojlari ko'rilgan. Shuningdek, parametrlarni aniqlashning bir qismi doimiy tokda olib boriladi, bu o'lchovlarning aniqligini oshiradi.

Mikroplazmalik xarakterioqraf mikroplazmalarning xususiy xarakteristikalarini (differensial qarshiligi - R_s , xizmat rejimidagi mikroplazma orqali o'tadigan tok - ΔI) aniqlashga imkoniyat beradi. Birinchi mikroplazmaning differensial qarshiligi volt-ampere xarakteristikaning chiziqli uchastkasining egilishi bo'yicha aniqlanadi. Agarda $R_{s1}, R_{s2}, \dots, R_{si}$ volt-ampere xarakteristikaning ketma-ket uchastkalarining qarshiliklari bo'lsa, unda mos mikroplazmalarning qarshiliklari quyidagicha bo'ladi:

$$R_{MI} = R_{si} / (R_{si} - R_{si}) \quad (2.3)$$

Ish rejimida mikroplazma orqali o'tuvchi tokni volt-ampere xarakteristikaning mos uchastkasini ishchi kuchlanishiga (U_j) gacha ekstrapolyatsiyalash yo'li bilan aniqlash mumkin:

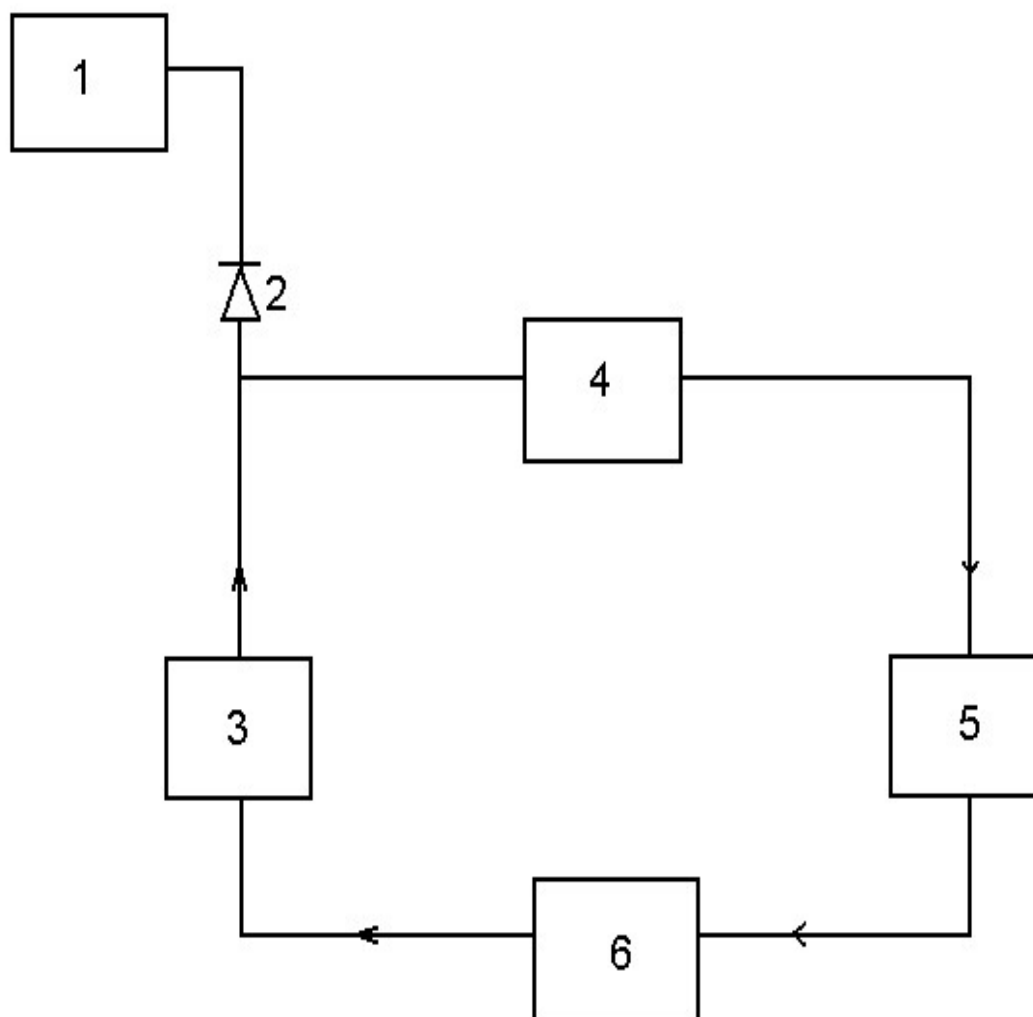
$$I_{MI} = (U_{\mathcal{K}} - U_{MI}) / R_{MI} \quad (2.4)$$

Xarakterioqrafning blok-sxemasi 8-rasmda ko'rsatilgan. U quyidagicha ishlaydi: doimiy kuchlanish manbai 1-dan 2-ga kuchlanish beriladi. Shuningdek, diodga arra tishi singari tok generatori 3-dan chastotasi f_{qayt} bo'lgan arra tishi singari tok impulslari beriladi, u ossilloqrafning chiqish nuqtasi bilan sinxronlangan bo'ladi. Dioddagi kuchlanish chiqich qarshiligi katta bo'lgan va oz sig'imli keng polosali kuchaytirgich 4 yordamida kuchaytiriladi. So'ng ushbu signal $f_{qayt} > 20$ chastotada amplitudali-chastotali xarakteristikasini kuchaytiradigan kuchaytirgich 5-ga boradi. Ushbu vaqtda ossilloqraf 6 ekranda R_{si} volt-ampere xarakteristikaning uchastkalari tasvirlanadi: vaqt o'qi (absissa) namuna 2 orqali o'tadigan tokga mos keladi, koordinata esa namunadagi kuchlanishga mos keladi. Amplitudali chastotali xarakteristikaning $f > 20_{qayt}$ chastotada ko'tarilishi volt-ampere xarakteristikaga ta'sir etmaydi, biroq yuqori chastotali kuchlanish tashkil etuvchilari bor yerlarda, ya'ni mikroplazmalarning qo'shilish joylarida volt-ampere xarakteristikada yoyilishlarning paydo bo'lishiga olib keladi.

Yuqorida aytib o'tilgan xakterioqraf faqat mikroplazma xarakteristikalarini o'lchab qolmasdan mikroplazmalarning mavjudligini va

diodlarning volt-amper xarakteristikasini operativ nazorat qilib boradi, mikroplazmalarning xarakteristikalari orasidagi korrelyatsiyani e'tiborga olib, namunalarning sifati, ishonchliligi hamda teshilish uchastkasida ishlovchi, masalan, lavinli-proletli diodlarning uzoq vaqt xizmat jarayonini bashorat qila oladi.

Shuningdek, bu metodning boshqa metodlardan yana bir ijobiy tomoni, ya'ni agar biz ossilografda ko'rgan mikroplazmalarimiz shu asbobning aktiv sohasidagi nuqsonlar bilan bog'liq deb hisoblasak, unda tashqi ta'sirlarning natijasida aniqrog'i ba'zi bir optimal rejimlarda (radiatsiyaning dozasi, kuchli maydonlarning ushlab turgan vaqti va h.k) mikroplazmalar soni kamayadi. Bu esa o'z navbatida mantiqan analiz yurgizganimizda mikroplazmalar sonining kamayishi shu asbobning aktiv sohasida nuqsonlarning harakatga kelib, shu aktiv sohadan chiqib ketishi degan fikrga olib keladi. Sababi, ko'pchilik olim tadqiqotchilarning (ushbu sohada ko'p mehnatlari singan) fikri bo'yicha agar biz termogeneratsion tokning katta bo'lishini teshilish uchastkasidagi yumshoq teshilishning (mikroplazmaning) paydo bo'lishi bilan bog'lasak, u holda mikroplazmaning sonining kamayishi hamda tokning sezilarli darajada ancha pastga tushishi bir-biriga bevosita bog'liq jarayon. Agarda unday holatda biz har bir mikroplazmaga bir nuqsondan mos keladi deb hisoblasak, unda mikroplazmaning kamayishi bu shu asbobning ishchi sohasidan nuqsonlarning zararsiz sohaga ketishi deb tushunamiz.



27- rasm. Mikroplazmalik xarakterioqrafning blok-sxemasi.

1 – o'zgarmas kuchlanish manbai; 2 - diod; 3 - arra tishi singari tok generatori; 4 - kuchaytirgich; 5 - amplitudali - chastotali xarakteristikani kuchaytirgich; 6 - ossilloqraf.

2.3. TEXNIKA XAVFSIZLIGI VA MEHNATNI MUXOFAZA QILISH

Texnika xavfsizligini saqlash qoidalar

I. Tashqi faktorlarning ta'siridan saqlanish

Radiatsiya, Lazer, СВЧ (сверхчастотный – o'ta yuqori chastotali) nurlarni nurlantiradigan uskunalar bilan ishlashganda quyidagicha xavflar uchrashi mumkin: Elektr va portlash, issiqlik, yong'in xavflari.

Bular ichida elektrga ta'luqli xavfi yuqori kuchlanishlarda oziqlantirish sistemasi, lampa nakalivaniya, oziqlantirish zanjiri va registratsiyalovchi fotoelektron ko'paytirgich, yuqori kuchlanishli elektr zanjirlari misol bo'ladi.

II. Elektr xavfsizligi

- Kuchaytirgich va yoritgichlarining elektr tarmoqlarini qo'yilgan shartlarga muvofiq o'rnatish.

- Elektr tokidan jarohatlanishdan himoyalovchi qurollar bilan ta'minlanish. Himoya qurollarini ko'rsatilgan vaqtlarda sinovdan o'tkazib turish.

- O'ta yuqori chastotali (СВЧ) generatorlari va uskunalarining elektromagnit ajratib chiqarish quvvat oqimining zichligini o'lchash.

- Har bir hodim, mayli u professor o'qituvchi bo'lsin, texnik–laborant yoki magistrant bo'lsin texnika xavfsizligi talablarini bilish bo'yicha yillik attestatsiyadan o'tkazish.

- O'qish o'rinlari va uning bo'limlarida elektr xo'jaligiga mas'ul hodimlarning biriktirilishi haqidagi buyruqlarning bo'lishi.

III. Radiatsiya xavfsizligi

- Ion ajratib chiqarish manbai bilan ishlash vaqtida kerakli bo'lgan hujjatlar tizimi.

- Radiatsiya xavfsizligi xizmatini tuzish haqidagi buyruq.

Tajriba o'tkazishda xavfsizlikni saqlash

Biz tajriba o'tkazgan uskunalarning ko'pchiligi har xil kuchlanishlarda ishlaydigan elektr uskunalaridir. Shuning uchun birinchi navbatda elektr xavfsizligini saqlash bo'yicha talablarga katta e'tibor berildi. Barcha elektr uskunalari maxsus o'tkazgichlar orqali yer bilan tutashtirildi. Tajriba bajariladigan uskunalar yonida polga rezina yoki taxtadan yasalgan to'shama to'shaldi. Tajribalarni bajarishga instruktajdan o'tgan, yuqori kuchlanishlardagi uskunalarda ishlashda esa maxsus malaka oshirish kurslarini o'qib nazoratlardan o'tgan ruxsatnomaga ega mutaxassislar ishtirokida ish olib borildi.

Radiatsiya nuri bilan ishlashganda undan sachrab chiqishi mumkin yoki o'rganilayotgan obyektдан qaytib nur tushishi mumkin bo'lgan yerlar qora materiallar bilan to'sildi.

II-bob bo'yicha xulosalar

1. Yarimo'tkazgichli asboblarning elektrik xususiyatlarini aniqlashning ko'pgina metodlari mavjud: elektron mikroskopiya, mass-spektroskopiya, oje analiz metodlarini qo'llash mumkin.
2. Ko'pchilik hollarda yarimo'tkazgichlarni o'rganishda eksperimental uchastkalar parametrlarini aniqlash zarur. Bu eksponentaning ko'rsatkichiga proporsional bo'lgan xarakteristikalar bo'yicha modulyatsion differensiallash metodi orqali oson amalga oshiriladi.
3. Yarimo'tkazgichli diodlarning kichik lokal chiziqli emasliklarini aniqlashning sezgir metodi - modulyatsion differensiallashdir metodidir.
4. Modulyatsion differensiallash usulining o'ziga xos xususiyati bu asboblarni buzmaganda uning elektrofizik xarakteristikalarini haqida ma'lumotlar olish mumkinligidir.

III-BOB. EKSPERIMENT NATIJALARI VA UNING TUSHUNTIRILISHI

3.1. Arsenid galliydan tayyorlangan Shottki baryerli diodli strukturalarning volt-amper xarakteristikasini o'rganish

Shottki baryerli arsenid galliydan tayyorlangan ko'chkili-uchma diodlarning ishdan chiqish sabablarini o'rganganda interdiffuziya va hajmiy bir jinsli emas hodisalar bilan bir qatorda bo'linish chegarasi nuqsonlarining roli asosiy sabablardan biridir. Fazalar bo'linishi chegaralarining nuqsonligi, asosan sistemada mexanik kuchlanishning mavjudligiga bog'liq bo'ladi, ular belgili bir sharoitlarda dislokatsiya yoki dislokatsiya setkalarining tuzilishi bilan relaksatsiyalanadi, ular baryerga yaqin turgan sohalarda nuqson paydo qiladi. Bu soha baryer fronti bo'yicha bir jinsli emas lokallangan bo'ladi, bu baryer maydon bo'yicha bir jinsli emasliklarning ko'payishiga va tezlashtirilgan diffuziya qo'shmalari bilan sifatlanadigan uchastkalarining paydo bo'lishiga olib keladi. Bu ikki faktorda texnologik sifatsizlikning kelib chiqishiga va diodlarning elektron apparaturada ishlaganda ertaroq ishdan chiqishiga sababchi bo'ladi.

Yarimo'tkazgichli asboblarning sifatlilikini baholashda qo'llaniladigan elektrofizik metodlar ichida eng qulay metodlardan biri bu volt-amper xarakteristikasini o'lchashdir. Bu metod boshqa optik metodlarga nisbatan yarimo'tkazgichlarning parametrlarini o'rganishda o'ziga xos xususiyatlarga ega metoddir. Bu metodda asbob sifatini baholashda volt-amperli xarakteristikaning ideal holatdan og'ishini analizlash boshqa metodlarga nisbatan qulayroq va oddiyroqdir.

Volt-amper xarakteristikaning birinchi va ikkinchi hosilalarini qo'llash orqali yarimo'tkazgichli strukturaning va shu struktura asosida tayyorlangan diodlarning nuqsonlilikini aniqlash mumkin.

Yarimo'tkazgichli strukturaning nuqsonlari bilan bog'liq bo'lgan yarimo'tkazgichli asbobli strukturaning volt-amper xarakteristikasining ideal holatdan og'ishi yarimo'tkazgichli asbobning sifati, ishonchliligi haqida aniq ma'lumotlar olishga imkoniyat beradi.

Bizning dissertatsiya ishimizda eksperiment o'lchashlarimizning asosiy maqsadi quyidagilardan iborat:

1. Yarimo'tkazgichli diod va diodli strukturaning ko'chkili teshilish kuchlanishini mikroplazmalik karakteriograf yordamida o'lchash.
2. Ko'chkili teshilish uchastkasida mikroplazmalarning joylashish tartibini aniqlash.
3. Arsenid galliydan tayyorlangan Shottki diodlarining sifatliiligini baholashning yangi usullarini qo'llashga imkoniyat beradigan to'g'ri va teskari yo'nalishdagi volt-amper xarakteristika parametrlari orasidagi korrelyatsiyani aniqlash.

Eksperiment natijalari 28-rasmda mikroplazmalarga ega arsenid galliyl Shottki diodining volt-amper xarakteristikasi va uning ikkinchi hosilasi ko'rsatilgan.

Bu yerda dislokatsiyalar bilan bevosita bog'liq bo'lgan strukturadagi nuqsonlar mikroplazmalarni paydo etadi.

Bizning holda mikroplazmalik teshilish kuchlanishi umumiy teshilish kuchlanishidan 0,3-1 V gacha farq qiladi. Bu teshilish uchastkasi oldining biroz bir jinsli emasligidan darak beradi ya'ni tok oqimining bir jinsli emasligiga olib keladi. Har turli tashqi ta'sirlar natijasida mikroplazmalarni va tokning teskari yo'nalishdagi qiymati [9] ishda ko'rsatilgandek elektrotrenirovka yordamida kamaytirdik. Aniqrog'i teshilish uchastkasida tokning belgili bir qiymatida $2 \div 100$ minut vaqt davomida katta kuchlanishda ushlab turdik. Natijada elektrotrenirovkadan so'ng 29-rasmda ko'rsatilgandek volt-amper xarakteristikasining teskari shoxi tokning qiymati va mikroplazma sonining kamayishini ko'rdik [9]. Yarimo'tkazgichli asboblarning teshilishgacha sohadagi teskari yo'nalishdagi volt-amper xarakteristikasi 30-rasmda

ko'rsatilgan. Bunda arsenid galliyli Shottki diodining ikki turli tipi uchun teshilish oldi sohasidagi teskari yo'nalishdagi volt-amper xarakteristikasi olingan. Bunda 1-tipdagi diod uchun oddiy volt-amper xarakteristika olingan, 2-tipdagi diod uchun esa kuchlanish 33 V gacha yetganda ya'ni teshilish uchastkasiga yaqinlashganda modulyatsion xakteriografda mikroplazmalarni kuzatish mumkin.

Analizlar natijasi shuni ko'rsatdiki, bu volt-amper xarakteristikada piklarning bo'lishi shu strukturada biroz nuqsonli sohalar mikroplazmalarning bo'lishidan darak beradi.

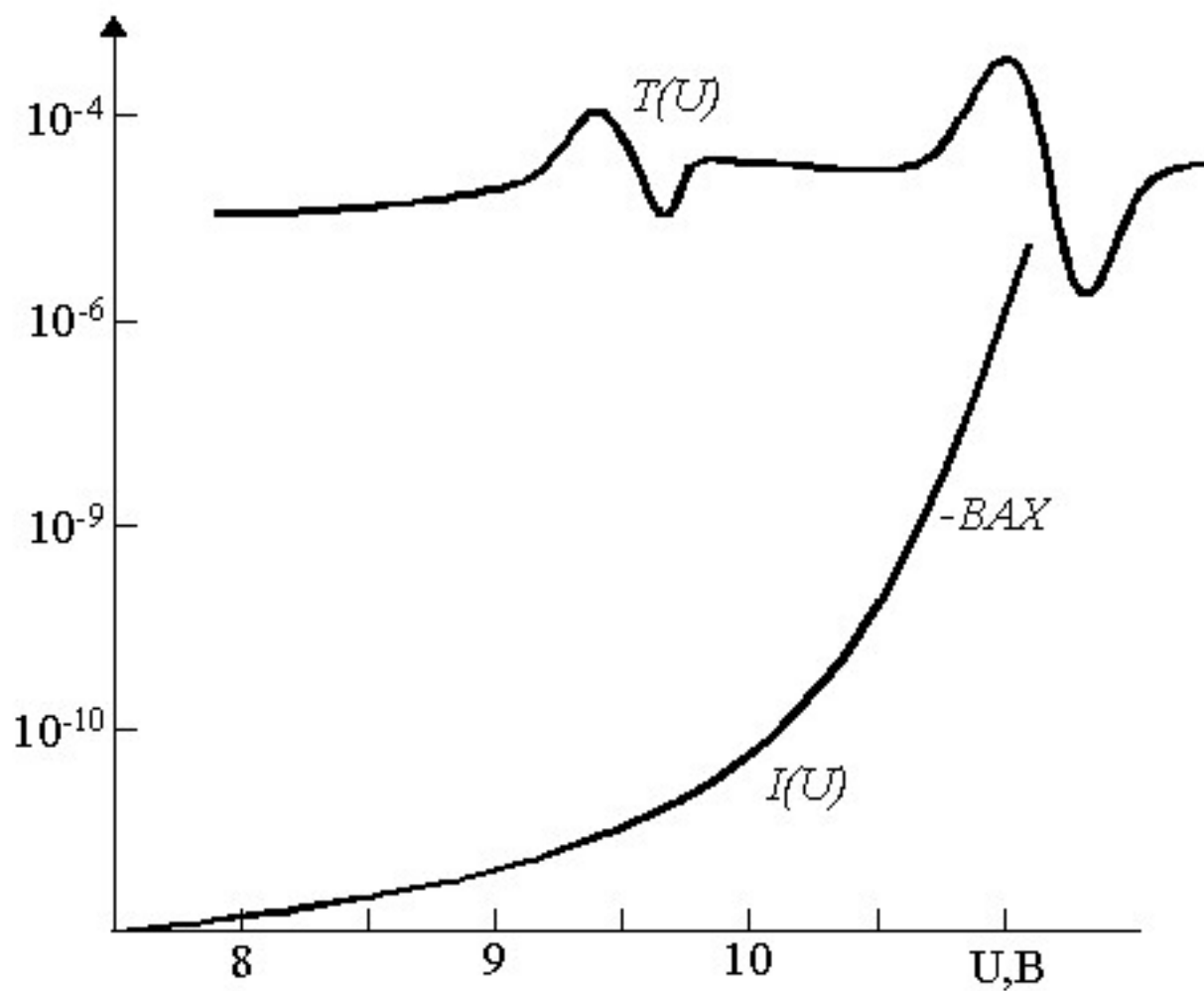
Yuqorida aytib o'tilganidek, mikroplazmalik teshilish strukturaning nuqsonli sohasida yuzaga keladi. Strukturada nuqsonlarning uchrashishi yarimo'tkazgichli asbobning ishchi sohasida temperaturalar ayirmasiga, tok zichligining bir jinsli emasligiga va elektr maydonining bir jinsli emas taqsimotiga olib keladi [12].

Bu jarayonda yarimo'tkazgichli asboblarning sifatining yomonlashishiga asos bo'ladi, sababi shuning asosida biroz qizgan mikroplazmalarni ajratishga, ularning temperaturalarini aniqlashda va ularning degradatsiya intensivligini va diodning ishchi vaqtida baholash mumkin.

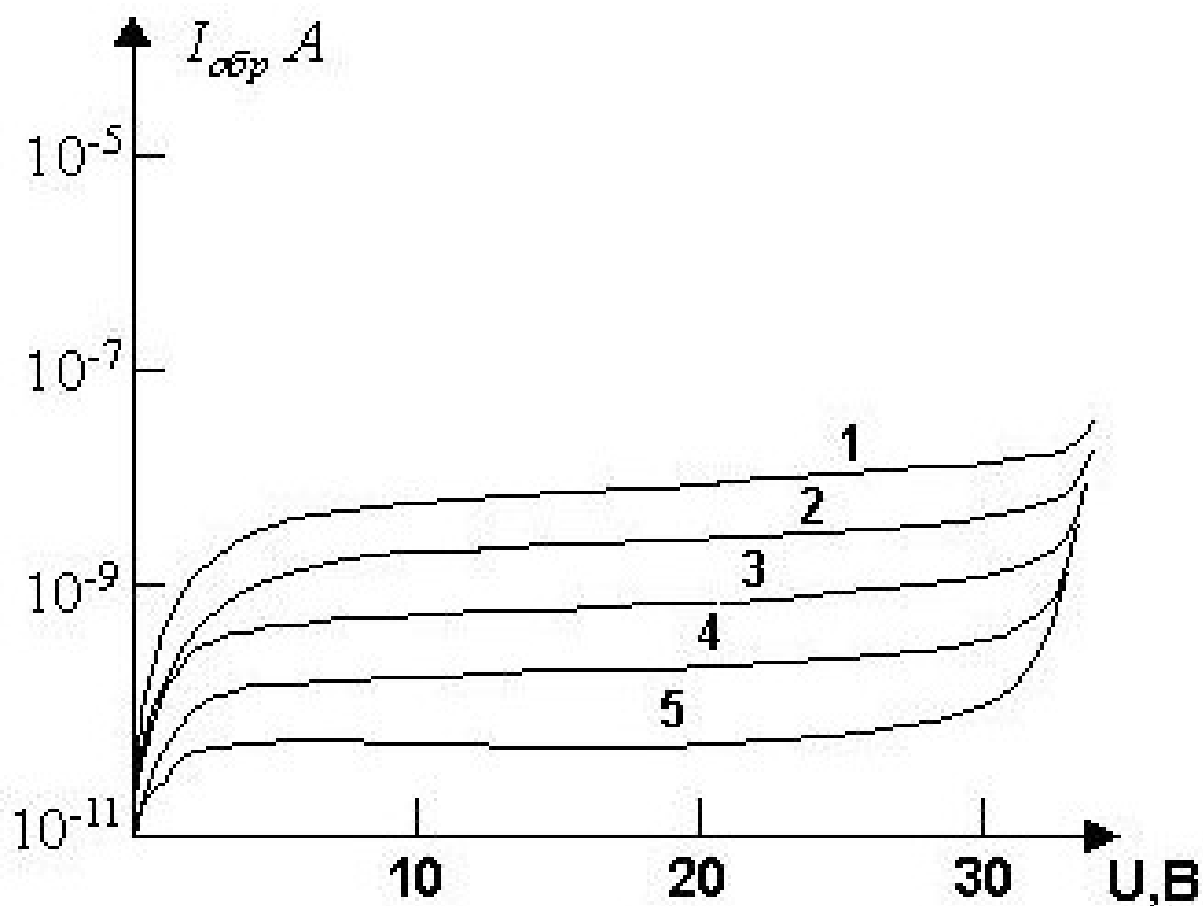
Volt-amper xarakteristikaning ikkinchi hosilasi bo'yicha qizgan «dog'» lar mikroplazmalarning paydo bo'lishini ko'rish va uning temperaturasini, diametrini aniqlash mumkin.

Har bir bunday sohaga $\frac{d^2 I}{dU^2}(U_0)$ bog'lanish maksimumlar mos keladi [9].

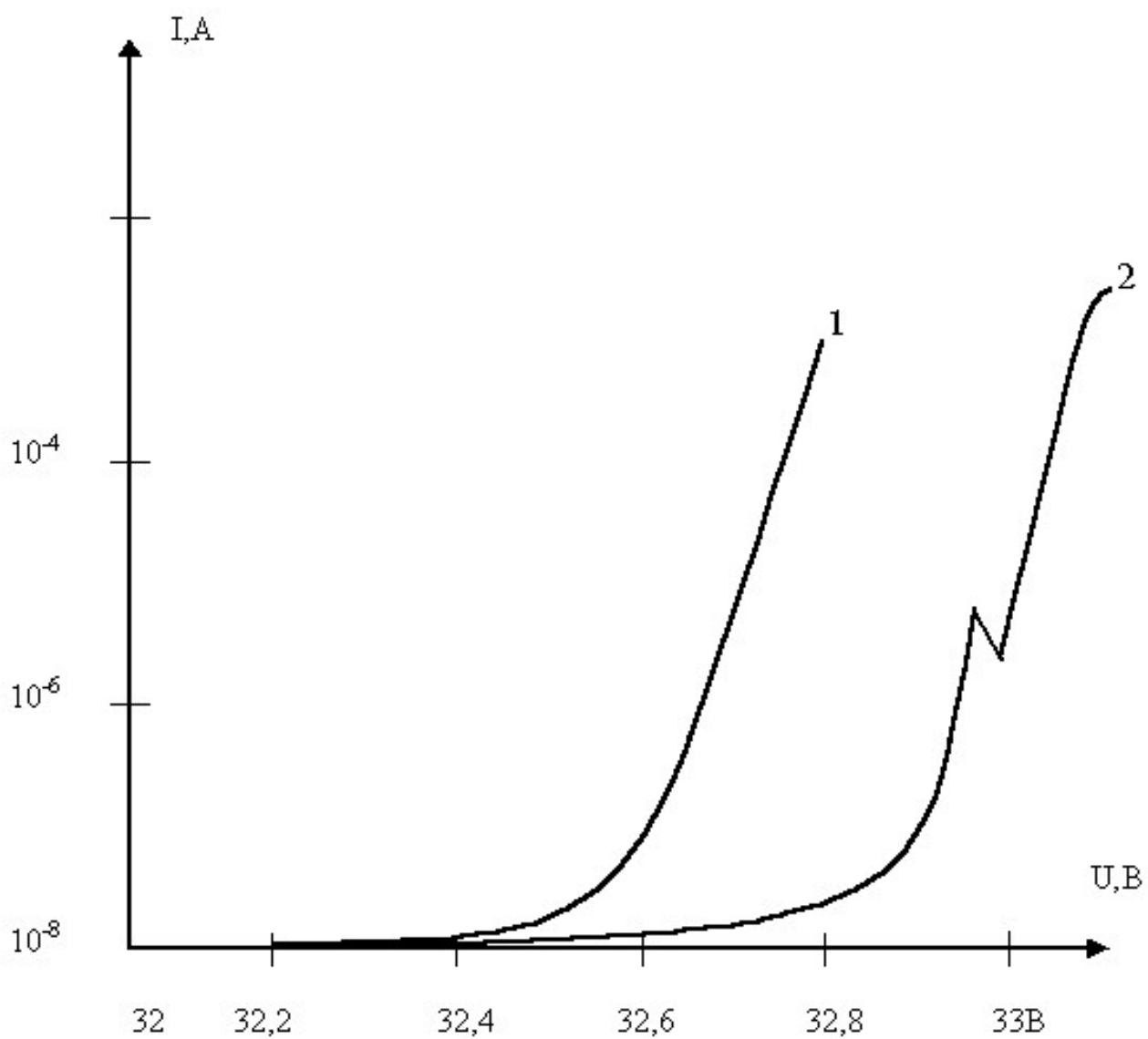
Bu xarakteristikalar bo'yicha teshilish bir jinsliligini, ishchi rejimidagi eng qaynoq soha temperaturasini aniqlash va potensial ishonchli bo'lmagan, sifatsiz diodlarni ajratib olish mumkin. [28-30]



**28-rasm. Mikroplazmalarga ega arsenid galliylı Shottki diodining volt-
amper xarakteristikasi va uning ikkinchi hosilasi**



29-rasm. Shottki diodining volt-amper xarakteristikasining elektrotrenirovkaning ta'sirida o'zgarishi. 1-dastlabki diod, 2-5- elektrotrenirovkadan keyin, 2-10-min; 3-30 min; 4-60 min; 5-110 min.



30 - rasm. Arsenidgalliyli ko'chkili diodlarning teshilish oldi sohasidagi teskari yo'nalishdagi volt-ampere xarakteristikasi.

1. Ideal diod uchun.

2. Real diod uchun.

3.2. Gamma radiatsiyaning Au-TIB_x-GaAs strukturali diodning elektrofizik xarakteristikasiga ta'siri.

Shunday qilib, , GaAs asosida tayyorlangan Shottki barerli diodlarni elektronlar va ^{60}Co γ -kvantlari bilan nurlantirilganda metall-yarimo'tkazgich bo'linish chegarasida ahamiyatli o'zgarishlar paydo bo'ladi. Ko'pchilik hollarda bunday effektlar bo'linish chegarasi ahamiyatli ro'l o'ynaydigan priborlarni (geterodiodlar, Shottki barerli diodlar, $p-n$ o'tishli diodlar) tayyarlashda bo'linish chegarasini maqsadga muvofiq boshqarish ham olardín birneshe fizikalíq xarakteristikalarín yaxshilash imkoniyatini beradi.

Sirtqi ta'sirning yarimo'tkazgich asboblár bilan ta'sir etishi uch mezanizm asosida bo'li o'tadi. Bular, fotoeffekt, kompton effekt va elektron-pozirton juftining paydo bo'lishi bilan tushuntiriladi. Masalan gamma nurlanishi natijasida yarimo'tkizgich ichida baglanishgan atomlarni payda etuvchi elektronlar payda boladí. Natijada nurlanish vaqtida payda bo'lgan elektronlar energiyasining bir bo'lagi atomlarni ionizatsiyalashga, ol qolg'an bo'legi atomlar bilan tasir etish natijasida kristall reshetkada Frenkel defektlarining paydo bo'lishiga sarflanadi.

Yarimo'tkizgichli asboblarni gamma nuri bilan tasir etish ayrim holatlarda yarimo'tkazgich asbabning parametrlarining o'zgarishiga olib keledi.

Bunday jarayon bir jinsli bo'lmagan metall-yarimo'tkazgich strukturalarni asosini fazaning geypasosidan ara bo'limiga intensiv bo'lib o'tib, oz ta'sirini asbobning elektroizik xususiyatiga o'z ta'sirini tekkizmay qolmaydi.

Ma'lum bir optimal dozada bunday jarayon yarimo'tkazgichli asbobning kontakt sohasida strukturaning kiritmalarning tartiplashishiga olib keladi, asbobning bir qancha xarakteristikalarining yaxshilanishiga olib keladi.

80-yillarga kelib yarimo'tkazgichni malum bir kichik dozada nurlantirish bilan yarimo'tkazgichdagi tok tashuvchilarning xarakatchanligini ortirish va chuqur generatsiya0rekombinatsiya markazlari konsentratsiyasining orttirish mumkin ekanligi bizning bu ishimizda ko'rinib turibdi.

Shu vaqtgacha gamma nurlanish bilan faqatgina asbobning xarakteristikasining o'zgarishi ya'niy radiatsion defektlar paydo etish uchun qo'llanilib kelgan edi.

Au – Al – GaAs diodli struktura kimyoviy tazalangan arsenidgaliy n - n^+ -struktura betine vakuumda termik bug'lantirish bilan **Al**, keyin ketma-ketlikda **Au** o'tirgizilgan, diodl strukturalarning ishchi soha diametri **500 mkm**. n – **GaAs** plenkasining legirlovchi kirishma konsentratsiyasi **$4 \cdot 10^{15} \text{ sm}^3$** , taglikda **$10^{18} \text{ sm}^3$** , n va n^+ qavatlar qalinligi mos turda **20** va **300 mkm**. Bu diodli strukturalarga omik kontakt **Au – Ge** asosida tayyorlangan.

Bunday diod struktura **MRX – γ – 25 M** qurilmasida γ -kvantı **^{60}Co** bilan nurlantirilgan, nurlansh intensivligi **100 R/s**.

Au – Al - diod strukturasining gamma nurlanishdan keyingi va nurlanishgacha bo'lgan VAX si o'lchanilgan, to'g'ri yo'nalishdagi volt amperlik xarakteristikadan struktura parametrlari barer biyikligi φ_B hám sifat faktori n aniqlangan.

Avtorlarning fikri bo'yicha nurlanishning dastlabki dozasida diod struktura parametrlarining yaxshilanganligini aniqlashga imkon beradi.

Pastdagi jadvaldan ko'rinadiki **Au – Al – GaAs** diodli strukturaning $10^4 \div 10^7$ R intervalida gamma nuri o'zgarishi bilan ta'sir etish natijasida parametrlarining o'zgarishi ko'rsatilgan. jadvaldan ko'rinip turganday **10^5** dozadan baslap struktura parametrlarini yaxshilanganini ko'rishimizga bo'ladi. Bu strukturaniń **^{60}Co** gamma kvant bilan tásir etkende parametrlarining yaxshilanishi **$10^5 \div 10^6$ R** interval oralig'ida diod

strukturasining elektrofizik xarakteristikalarin yaxshilanganligin ko'rsatadi.

Shunday qilib tadqiqot natijasini quydagicha tushuntirish mumkin, Yani diod strukturaga gamma kvanti bilan ta'sir etganda dozaning ma'lum bir interval oralig'ida tadqiq qilinayotgan diodli strukturaning parametrlarini yaxshilanganligini ko'rishimiz mumkin.

Bu o'z navbatida birinchidan diod strukturasining elektrofizik xususiyatlarini yaxshilanganligini ko'rsatadi, ikkinchi tarafdan bu diodli strukturaning radiatsiyaga chidamliligini anqlab beradi.

Bu o'zgarishlar *GaAs* chegarasida strukturalik kiritmalarning tartiplashganligini natijasi bo'lib topiladi. bunday kam miqdordagi γ -kvanti bilan ta'sir etish natijasida diod strukturaning parametrlari yaxshilanganligi ko'plab ishlarda ko'rilgan. masalan *Cr – GaAs* diod strukturasina γ -kvanti tasiri o'rganilganda, *Cr – GaAs* diod strukturasining xona temperaturasida $10^5 \div 10^6$ R intervalida γ -kvanti bilan tasir etish natijasida diod struktura parametrlarini o'zgerishini aniqlag'an, ya'niy $10^5 \div 10^6$ R intervalda gamma-kvanti bilan *Cr – GaAs* tasir etishda bul strukturaning parametrlarining yaxshilanganligi ko'rilgan, ya'ni barer balandligi daslepki holatidan ortgan, sifat faktori n dastlapkisiga solishtirganda kamaygan va teskari tokning qiymati tasir etkennen keyin kamayganligini ko'rilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki teskari tok qiymatining kamaygani generatsiya-rekombinatsiya markazlarining konsentratsiyasining kamayishi natijasi deb qaraladi.

Ikkinchi tarafdan bu parametrlarning o'zgarishini diffuziya hodisasi bilan ham tushuntirish mumkin

Doza, R	dáslepki	$5 \cdot 10^4$	10^5	10^6	10^7	$5 \cdot 10^7$	10^8
φ_B, V	0.79	0.79	0.81	0.82	0.84	0.82	0.82
n	1.3	1.25	1.18	1.15	1.1	1.16	1.18
I_{keri}, mA	$8 \cdot 10^{-8}$	$6.5 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$9 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-8}$

Bizning yuqorida qaragan holatlarimizda ham parametrlari gamma kvanti bilan nurlantirganimizda natijada yaxshilanishi diffuziya protsessi natijasi deb qarashimizga bo'ladi. Gamma kvant penen tásir etiw hám tásir etkennen keyingi metall hám **GaAs** komponentlarining taqsimlanishi electron Oje spektraskopiya metodi yordamida o'rganilgan. Olingan natijada $10^6 R$ dozada ta'sir etgandan keyin **Al – GaAs** chegarasida metal va **GaAs** komponentlarining dastlabkiga qaraganda o'zgargani ko'rsatilgan bu o'z navbatida diffuziyon jarayonlarni yuzaga keltiradi. Bunday o'zgarishni to'g'ri volt-amperlik xarakteristikasida kuzatishimizga bo'ladi.

Bundan **Au – Al – GaAs** diod strukturasi gamma-kvanti bilan $10^5 \div 10^6 R$ intervalda oralig'ida tásir etish natijasida parametrlarining yaxshilashga bo'ladiganligi kelib chiqadi. [30-34]

***Au – Al – n – n⁺ – GaAs** diod struktura parametrlariga gamma kvanti nurlanishiga bog'liqligi.*

Doza, R	dáslepki	$5 \cdot 10^3$	10^4	10^5	10^6	10^7
φ_B, V	0,87	0,87	0,87	0,89	0,95	0,87
n	1,23	1,23	1,21	1,20	1,19	1,23
I_{keri}, mA	0,9	0,9	0,8	0,3	0,1	0,4
R, m	2		10		20	15

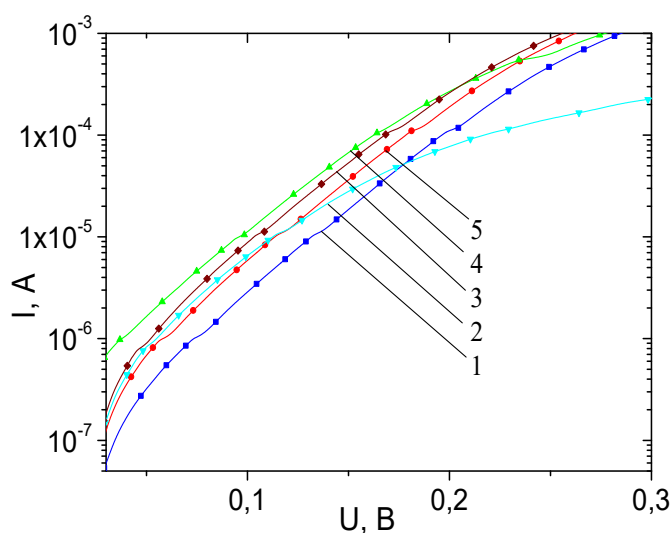
Bu birinchidan **Au – Al – GaAs** diod strukturasi qaysi interval doza oralig'ida parametrlarining yaxshilanishi, ikkinchi tomondan qaysi do'zagacha shu diod strukturaning radiatsiyaga chidamliligini aniqlashga imkoniyat yaratadi. Sababi har turli materiallar bilan kontaktga ega diod strukturaning radiatsiyaga chidamliligin va parametrlarining yaxshilanishini ko'rishimizga bo'ladi endi bu albatta berilgan dozaning miqdoriga bog'liq ravishda bu birinchidan struktura o'tirg'izilgan metal kontakt tabiyatiga bog'lanishli bo'lsa, ikkinchi tomondan tayyorlash

texnologiyasi vaqtida paydo bo'lgan defektlarning holatiga bog'liq holda o'zgaradi.

Au – Al – GaAs diod strukturasiga $10^4 \div 10^6 R$ intervalida gamma kvantı bilan tasir etish natijasida parametrlarining yaxshilanishi bilan birga dozaning $10^6 R$ teng bo'lgan vaqtlarda teskari jarayon bo'lishi ko'rinadi.

Yuqorida aytilganlarni pastdagi grafik orqaki ham ko'rishimiz mumkin.

Au – Al – GaAs diod strukturası VAX sining gamma-kvantı tásir etganden keyingi va tasir etgangacha bo'lgan vaqt oralig'idao'zgarishini ko'rishimizga bo'ladi.



Au-Al-n-n⁺-GaAs diod strukturasiga har turli dozadagi volt-amperlik xarakteristikasining tog'ri shoxi.

3.3. Lazerli ta'sirdan keyin arsenidgalliydan tayyorlangan diodning parametrlarining o'zgarishi.

Shottki barerli Cr-n-n⁺-GaAs strukturasi ga lazer nurining ta'sirida elektrofizik xarakteristikasini o'zgarishi pastdagi jadvalda ko'rsatilgan.

Пара- метры	Интенсивность лазерного излуче				
	Исх.	400	600	800	1
φ_B , В	0.71	0.71	0.71	0.70	0
n	1.13	1.13	1.13	1.15	1

Bundan ko'rinib turibdiki lazer nurining intensivligi 400-1400 vt/sm² oralig'ida barer balandligini 0.04 V ga oshganini ko'rishimiz mumkin. Va lazer nurining intensivligi 800-1400 vt/sm² oralig'ida esa sifat faktorining sezilarli darajada ya'ni 0.07 ga o'zgarganini ko'rishimizga bo'ladi. Va teskari tokning qiymati esa taxminan 10 marta kamayganligini ko'rishimiz mumkin. Shunday qilib olib brogan tadqiqot natijasi davomida har xil strukturadagi Shottki barerli diodlariga sirtqi aktiv radiatsiya va lazer ta'sirlari natijasida diod strukturaning elektrofizik parametrlari yaxshilanganini ko'rishimizga bo'ladi

III-bob bo'yicha xulosalar

1. Arsenidgalliyli LPD ning teshilish oldi oblastidagi teskari yo'nalishdagi VAX sini o'lchash natijasida bir texnologiya asosida yasalgan asboblarning elektrofizik xarakteristikalarining o'zgachaligi o'rganildi. O'rganishlar natijasida va foydalanilgan adabiyotlarning analizi bo'yicha mikroplazmaning paydo bo'lishi yarimo'tkazgichli strukturadagi nuqsonlarga bog'liq tushuntiriladi.
2. Mikroplazmalik teshilish strukturaning nuqsonli sohasida yuzaga keladi. Strukturada nuqsonlarning uchrashishi yarimo'tkazgichli asbobning ishchi sohasida temperaturalar farqiga, tok zichligining bir jinsli emasligiga va elektr maydonining bir jinsli bo'lmagan taqsimotiga olib keladi.

3. Volt-amper xarakteristikaning birinchi va ikkinchi hosilalarini qo'llash orqali yarimo'tkazgichli strukturaning va shu struktura asosida tayyorlangan diodlarning nuqsonliligini aniqlash mumkin.
4. Arsenid galliydan tayyorlangan diodli strukturalarga tashqi radiatsiya ta'siridan keyin diodning elektrofizik parametrlari yaxshilanganligini o'rgandik.
5. Yuqori chastotada ishlovchi arsenidgalliy asosida tayyorlangan diodlarga lazer ta'siridan keyin uning bir qancha parametrlari yaxshilanganligi va bu ishdan chiqqan priborlarni yana ish faoliyatiga qaytarishga yordam beradi va bu metod o'zining amaliy tarafdin ishlash osnligi bilan va arzonligi bilan boshqa metodlardan ajralib turadi.

X U L O S A

Bu magistrlik dissertatsiya ishida biz asosan arsenid galliyli asboblari strukturalarning ish rejimida radiatsiya va lazer ta'sirlar natijasida paydo bo'ladigan turli fizik jarayonlarni analizladik. Shuning uchun bizning bu dissertatsiya ishimiz asosan shu asboblarning elektrofizik xarakteristikalarining yomonlashishiga sababchi bo'ladigan faktorlarni o'rganishdan va bartaraf etishdan iborat edi. Olingan eksperiment natijalariga va adabiyotlar sharhining analizlariga tayanib, quyidagicha xulosaga keldik:

1. Arsenid galliy materialidan ikki usulda: splavnoy texnologiyada tayyorlangan stabilitronlar va diffuzion usulda tayyorlangan p-n o'tishli diodlarning volt-amperlik xarakteristikasini va uning chiziqli emas uchastkalarining birinchi va ikkinchi hosilalarini «modulyatsion differensiallash» metodi yordamida o'lchab, degradatsiyaga olib keluvchi bazi bir fizik jarayonlarni analizladik.

2. Eksperimentda olingan natijalarni analizlash shuni ko'rsatdiki, splavnoy texnologiyada tayyorlanilgan stabilitronlarda, diffuzion usulda tayyorlanilgan p-n o'tishli diodlarga nisbatan yarimo'tkazgichli asboblarning degradatsiyasiga olib kelishiga sababchi bo'lgan mikroplazmalar soni bo'yicha ham ko'p ekanligi, o'lchamlari bo'yicha ham katta ekanligini ko'rdik.

3. Shunday qilib olib borilgan tadqiqot natijalari va adabiyotlar sharxida arsenidgalliydan tayyorlangan strukturalarga tashqi radiatsiya va lazer ta'sirlari natijasida elektrofizik xususiyatlarini parametrlarini yaxshilanganligini tadqiq qildik, bu esa o'z navbatida bunday asboblarning sifatli oshishiga va xarakteristikalarining yaxshilanishiga olib keldi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

I. O'zbekiston Respublikasi qonunlari.

1. Kadrlar tayyorlash Milliy dasturi. Toshkent-1997, 65-b
2. O'zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari to'plami 2007-yil 15-son 150-modda.

II. O'zbekiston Respublikasi Prezident asarlari, farmonlari va qarorlari, Vazirlar Mahkamasining qarorlari.

3. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2015-yil 2-mart № 36 “O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimida magistratura faoliyatini yanada takomillashtirish, uning samaradorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida” gi qarori. Toshkent 2015y.
4. Prezident Shavkat Mirziyoyevning “zamonaviy kadrlar tayyorlashda xalqaro milliy tajriba” haqidagi qonun qabullanishi arafasida so'zlagan nutqi. Toshkent, 2017-yil.
5. O'zbekstan Respublikasi Konstituciyasi. Toshkent, “Mánaviyat” 2018 – yil.
6. Mirziyoev SH.M. Erkin va farovan demokratik O'zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti lavozimiga kirishish tantanali marosimiga bag'ishlangan Oliy Majlis palatalarining qo'shma majilisidagi nutq. Toshkent, 2016 y. 56 – b.
7. Mirziyoev SH.M. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini táminlash – yurt taraqqiyoti va xalq faovonligining garovi. O'zbekstan Respublikasi Konstituciyasi qabul qilinganligining 24 yilligiga bag'ishlangan tantanali marosimidagi máruza. 2016 yil 7- dekabr Toshkent, 2017, 48 – b.
8. Mirziyoev SH.M. Tanqidiy taxlil, qátiy tartib – intizom va shaxsiy javobgarlik – har bir rahbar faoliyatining kundalik qoydasi bo'lishi kerak. Mamlakatimizni 2016 yilda ijtimoiy – iqtisodiy rivojlantirishning asosiy yakunlari va 2017 yilda mo'ljallangan iqtisodiy dasturning eng muxim ustuvor yo'nalishlariga bag'ishlangan Vazirlar Mahkamasining kengaytirilgan majilisidagi máruza 2017 yil 14 – yanvar, Toshkent, O'zbekiston. 2017 y, 104 – b.

9. Mirziyoev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va oliyjanob xalqimiz bilan birga quramiz. Mazkur kitobdan O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoevning 2016 yil 1 noyabrdan 24 noyabrga qadar Qoraqalpog'iston Respublikasi viloyatlar va Toshkent shahri saylovchilari vakillari bilan o'tkazilgan saylovoldi uchrashuvlarida so'zlagan nutqlari o'rin olgan. Toshkent, O'zbekiston, 2017 y., 488-b.
10. Mirziyoev SH.M. O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha "Xarakatlar strategiyasi" to'g'risidagi ПФ – 4947 sonli farmoni. Toshkent, 2017 yil 7 – fevral.

III. Asosiy adabiyotlar

11. Исмайлов К.А Власов С.И."Yarimo'tkazgichli materiallar ham asboblarni parametrlarini aniqlash usullari" Nukus <Bilim> 2013. 180 bet
12. Ismaylov Q.A, A.T.Teshaboev, S.Zaynobiddinov "Nanozarralar fizikasi, kimyosi va texnologiyalari" Toshkent <Kamalak-press> 2014-yil 368 bet
13. © Е.Ф. Венгер, Р.В. Конакова, О.Б. Охрименко, С.Ю. Сапко, Л.В. Шеховцов, В.Н. Иванов. Переходный слой в контактах Шоттки TiB2–GaAs и Au–TiB2–GaAs Физика и техника полупроводников, 2001, том 35, вып. 4
14. Boltovets N.S., Gonsharuk N.M., Krivutsa V.A., Chaika V.E., Konakova R.V., Milenin V.V. , Soloviev E.A., Tagaev M.B., Voitsikhovskiy D.I. Contacts for silicon IMPATT and pick - off diodes - Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics . - 2000. - v. 3. N 3. - p 352-358.
15. М. Шур, «Современные приборы на основе арсенида галлия» - Москва, «Мир», 1991г.- 628с.
16. Стриха В.И. Контактные явления в полупроводниках. – Киев.: «Высшая школа». – 1982. – 224 с.
17. Дубовински М., Ережепов М.Е., Исмайлов К.А. и др. Сильнополевые эффекты в арсенидгаллиевых диодах Шоттки. –Нукус, 1994. – 184 с.
18. Болтовец Н.С., Венгер Е.Ф., Войцеховский Д.И., Конакова Р.В., Ляпин В.Г., Миленин В.В., Попов В.Б., Соловьев Е.А., Тагаев М.Б. Влияние

быстрой термической обработки на электрические характеристики силовых диодов Шоттки. - Физика и химия обработки материалов .- 2000.

19. Венгер Е.Ф., Конакова Р.В., Коротченко Г.С. и др. «Межфазные взаимодействия и механизмы деградации в структурах металл – InP и металл – GaAs. Киев.: 1999. - 227 с.
20. Конакова Р.В., Тхорик Ю.А., Файнберг В.И., Соловьев Е.А., Шкребтий А.И. Физические ограничения предельных режимов токопрохождения в обратносмещенных, обусловленных микроплазмами диодах Шоттки. // Электронная техника. Сер. 8. Управление качеством, стандартизация, метрология, испытания.—1992.Вып. 2(149). с.3–6.

IV. Davriy nashrlar, statistik to'plamlar va hisobotlar

21. Камалов А.Б., Исмаилов К.А., Попов В.Б., Приходенко В.И., Тагаев М.Б. Релаксационные эффекты в тонкопленочных полупроводниковых структурах, стимулированные внешними воздействиями. //Труды 17ой Международной конференции по физике и технологии тонких пленок. Ивано-Франківськ. Украина.- 2001.- с. 58.
22. Исмаилов К.А., Тагаев М.Б., Турамбетова А.К., Статов В.А., Бижанов Е. Неразрушающая диагностика конструктивных дефектов и структурных нарушений в полупроводниковых приборах// XXVI Научно-теоретическая конференция профессорско-преподавательского состава КГУ. Нукус, 2002
23. Исмаилов К.А., Тагаев М.Б., Статов В.А., Бекбергенов С.Е. Взаимосвязь структурно-морфологических особенностей внутренних границ раздела и электрофизических характеристик полупроводниковых приборов// XXVI Научно-теоретическая конференция профессорско-преподавательского состава КГУ. - Нукус, 2002.

24. Илин И.Ю., Конакова Р.В., Соловьев Е.А., Тагаев М.Б., Шкреттий А.И. Влияние микрорельефа поверхности на неоднородной плазменной пробой барьеров Шоттки. //Физика и химия обработка материалов. - 1998.-4-С. 91-93.
25. Аюпов К.С., Бахадирханов М.К., Н.Ф. Зикриллаев, Х.М.Илиев. Физические явления в кремнии в крайне неравновесном состоянии. – Ташкент.: «Фан». – 2008. – 341 с.
26. Исмаилов К.А., Бижанов Е.К. Деградационные явления в арсенидгаллиевых приборных структурах.–Узб.Физ. Журнал. 2008. №6.
27. Исмаилов К.А., Бижанов Е.К. Физические причины деградации арсенидгаллиевых лавинных диодов. – ДАН РУз . 2011. № 5. с. 37 – 38.
28. Векбергенов С.Е. Исмаилов Т.Б Влияние гамма радиации на электрофизические характеристики кремниевых лавинно-пролётных диодов. IV Международной конференции по оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах. Farg'ona-2018. 311-313 с
29. Векбергенов С.Е. Исмаилов Т.Б Изменения параметров арсенидгаллиевых диодов после лазерной обработки. IV Международной конференции по оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах. Farg'ona-2018. 313-315 с
30. Исмаилов К.А. Камалов А.Б. Векбергенов С.Е. Исмаилов Т.Б. Влияние гамма радиации на электрические свойства диодных структур $\text{Au-TiB}_x\text{-GaAs}$. “Yarimo'tkazgichlar fizikasining hozirgi zamon muammolari” 2018-yil. 211-212 с
31. Векбергенов С.Е. Исмаилов Т.Б. Влияние термообработки на параметры структур с барьером шоттки $\text{Cr-n-n}^+\text{-Si}$. <<Актуальные проблемы современных естественных наук>> -2018 76-77 с

32. Asqarov M. Ismailov T. Yarimo'tkazgichli asbobli strukturalarga gamma radiatsiyaning ta'siri. << Yarimo'tkazgichlar fizikasining hozirgi zamon muammolari" 2018-yil. 238-240 c
33. Сапарниязова З.М. Асанов, Д.Ж. Исмаилов, Т.Б. Влияние низкотемпературного отжига на взаимодействия нанокластеров атомов никеля в кремнии. <<Инновационные технологии в науке и образовании-2018. Нукус-2018.84-85 c
34. Asqarov M. Yavidov. B. Ismailov T. Optika darslarini ko'rgazmali tajribalar bilan boyitib o'qitish. <<Инновационные технологии в науке и образовании-2018. Нукус-2018.139-141 c
35. Г.Р. Абдиреймова. Е.Ж. Косбергенов. Т.Б.Исмаилов. Атермические процессы в арсенидгаллиевых диодных структурах. <<Инновационные технологии в науке и образовании-2018. Нукус-2018.84-84 c

V. Internet saytlari

36. www.journals.ioffe.ru
37. www.physics.riew.com
38. www.ujp.org
39. www.orbita.uz
40. www.twipx.com
41. www.alleng.ru