

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAHSUS TA'LIM VAZIRLIGI
NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

O'RINBOYEV DOSTONBEK RUSTAMJON O'G'LI

MAVZU"MDY TUZULMALARDA TOK TASHUVCHILAR
HARAKTIRIATIKALARIGA TASHQI TA'SIRLARNI O'RGANISH"

5A140202-Fizika (yo'nalishlar bo'yicha) magistr darajasini olish
uchun taqdim etgan

DISSERTATSIYASI

ILMIY RAHBAR;f-m.f.n

ERGASHEVA .M

Namangan 2016

MUNDARIJA

KIRISH.....	4
1-BOB YARIMO'TKAZGICHLAR SIRTIDA ELEKTRON HODISALAR NAZARIYASIGA KIRISH.....	17
1.1.Sirtiy holatlar va sirtiy zaryad.....	17
1.1.1.Hajmiy va sirtiy zaryadlar.Fazaviy zaryad sohasi xossalari (sifat jihatdan qaralishi). Sirtning energetik diagrammasi.....	19
1.1.2. Chiqish ishini o'zgarishi, sirt potentsiali.....	22
1.2.Sirtning energetik diagrammasi. Asosiy termin va belgilashlar.....	23
1.2.1. Hajmiy zaryad zichligi.....	27
1.2.2. FZS da elektrostatik potentsial taqsimoti.....	32
1.2.3. Sirtiy va hajmiy zaryadlarning zonalar egilishiga bog'lanishi.....	40
1.2.4. Sirtiy holatlar zaryadi QSS.....	42
1.2.5. Metall-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturaning volt-farada xarakteristikasi nazariyasi.....	45
II – BOBO'LCHASH USULLARI.....	53
2.1 O'lchov qurilmasini tavsifi.....	53
2.2 Tadqiq etilayotgan namunalar.....	55
2.3 Sirt potentsialini o'lchash usullari.....	58
III-BOB MDYA TUZULMALARDACHEGARA BO'LIMI XOSSLARIGA TASHQI TA'SIRLARNI O'RGANISH NATIJALARI.....	63

3.1 Si – shisha fazalararo chegara bo'limi xossalariga proton nurlanishli ishlov ta'siri.....	63
3.2 Metal – shisha – yarimo'tkazgich tuzilmalar xossalariga ultratovushli ishlov ta'siri.....	65
3.3 Qo'rg'oshin – bor – silikatli shisha tuzilmasida turadigan harakatchan zaryad kattaligiga ultratovush ta'siri.....	69
3.4 Fotosezgir metal – dielektrik – yarimo'tkazgich tuzilmalar relaksatsion xarakteristikalariga o'ta yuqori chastotali ishlov ta'siri.....	72
XULOSA.....	75
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....	77

KIRISH

O'tgan 2015 yil bizning bosh maqsadimiz bo'lmish asosiy vazifa – odamlarimizning munosib hayot darajasi va sifatini ta'minlash va rivojlangan demokratik davlatlar qatoridan o'rin egallash bo'yicha avvalo muhim islohotlarni amalga oshirish yo'lida katta qadam bo'ldi, deb aytishga to'liq asoslarimiz bor.

Bu borada gap, avvalo, har tomonlama puxta o'ylangan, uzoqni ko'zlaydigan keng ko'lamli. Dasturni hayotga joriy etish haqida bormoqda. Ushbu dastur mohiyat e'tibori bilan chuqur tarkibiy o'zgarishlarni amalga oshirish, kichik biznes va xususiy tadbirkorlik manfaatlarini ishonchli himoya qilish, eng muhimi, Konstitutsiyamizda ko'zda tutilganidek, xususiy mulkning qonuniy, me'yoriy-huquqiy va amaliy jihatdan ustivor rolini ta'minlash, O'zbekiston iqtisodiyotida davlat ishtirokini bosqichma-bosqich kamaytirishga qaratilgani sizlarga yaxshi ma'lum, albatta.

Ta'kidlashjoizki,
taraqqiyotimizning hozirgi bosqichida faqat uglevodorod homashyosi,
qimmatbaho varangli metallar,
uran homashyosini qazib oladigan va qayta ishlaydigan korxonalarni, shuningdek,
tabiiy monopoliyalarning strategik infratuzilma tarmoqlarini –
temir va avtomobilyo'llari, aviata shuvlar, elektrenergiya ishlab chiqarish,
elektr va kommunal tarmoqlarini to'g'ridan-
to'g'rida davlat boshqaruvida saqlab qolish maqsadga muvofiq, debl topildi.

2015 yilda korporativ boshqaruv tizimidagi prinsip va yondashuvlarni tubdan o'zgartirishimiz uning haqiqiy bozor xususiyatlariga ega bo'lishini ta'minlash va konservativ qarashlardan xalos bo'lishida katta hissa bo'ldi.

Barcha aksiyadorlik jamiyatlarining faoliyati to'liq inventarizatsiyadan o'tkazildi, natijada 462 ta jamiyatni yoki ularning 43 foizini tugatish yoki boshqa tashkiliy-huquqiy shaklga o'zgartirish to'g'risida qarorlar qabul qilindi.

Korxonalarni korporativ boshqarish bo'yicha ilg'or xalqaro tajribani o'rganish asosida aksiyadorlik jamiyatlarining yangi na'munaviy tuzilmasi ishlab

chiqildi va tasdiqlandi. SHu tariqa, zamonaviy korporativ boshqaruv tizimi talablarini inobatga olgan holda, Lavozim va kasblarning yangi klassifikatori ishlab chiqildi va tasdiqlandi, unga bozor iqtisodiyoti talablariga mos keladigan 566 ta yangi toifa kiritildi.

Ana shu klassifikator asosida rahbarlar tarkibi attestatsiyadan o'tkazildi. Rahbar kadrlarning korporativ boshqaruvning zamonaviy usul va printsiplari, menejment va marketing bo'yicha bilimlarini baholash ushbu sinovning asosiy maqsadi qilib qo'yildi. Uning natijalariga ko'ra, attestatsiya qilingan 721 nafar rahbar xodimning yarmi – 49 foizi attestatsiyadan o'tgan bo'lsa, ularning har uchinchisi attestatsiyadan shartli ravishda o'tkazilgan, 20 foizi yoki har beshinchi rahbar esa egallab turgan lavozimiga loyiq emas, deb topilgan.

Mamlakatimiz iqtisodiyotini tarkibiy o'zgartirish, tarmoqlarni modernizatsiya qilish, texnik va texnologik yangilashga doir loyihalarni amalga oshirish uchun investitsiyalarni jalb qilish borasida bajarilayotgan ishlar alohida ehtiborga loyiq.

2015 yilda ana shu maqsadlarga barcha moliyalashtirish manbalari hisobidan 15 milliard 800 million AQSH dollari miqdorida investitsiyalar jalb etildi va o'zlashtirildi. Bu 2014 yilga nisbatan 9,5 foiz ko'p demakdir. Jami investitsiyalarning 3 milliard 300 million dollardan ziyodi yoki 21 foizdan ortig'i xorijiy investitsiyalar bo'lib, shuning 73 foizi to'g'ridan-to'g'ri chet el investitsiyalaridir.

Investitsiyalarning 67,1 foizi yangi ishlab chiqarish quvvatlarini barpo etishga yo'naltirildi. Bu esa 2015 yilda umumiy qiymati 7 milliard 400 million dollar bo'lgan 158 ta yirik ishlab chiqarish ob'ekti qurilishini yakunlash va foydalanishga topshirish imkonini berdi.

Masalan, Toshkent issiqlik elektr stantsiyasida 370 megavatt quvvatga ega bo'lgan bug'-gaz qurilmasi barpo etildi, Chorvoq GESi gidrogeneratorlari modernizatsiya qilindi, Qo'ng'irot soda zavodida kalsiylashtirilgan soda ishlab chiqarish kengaytirildi, «Samarqandkimyo» aksiyadorlik jamiyatida 240 ming tonna quvvatga ega bo'lgan murakkab tarkibli yangi o'g'itlar ishlab chiqarish korxonasi ishga tushirildi. Shuningdek, «Motor zavodi» aksiyadorlik jamiyatining

faoliyat ko'rsatmayotgan ishlab chiqarish maydonlarida traktor tirkamalari, jumladan, katta hajmli tirkamalar, maishiy texnika uchun tarkibiy qismlar va boshqa mahsulotlar ishlab chiqarish tashkil etildi.

Ana shunday muhim ob'ektlar haqida gapirganda, janubiy koreyalik investor va mutaxassislar bilan hamkorlikda Surg'il koni negizida barpo etilgan Ustyurt gaz-kimyo majmuasini alohida ta'kidlamogchiman. Umumiy qiymati 4 milliard dollardan oshadigan ushbu majmua dunyodagi eng zamonaviy, yuqori texnologiyalar asosida ishlaydigan, yirik korxonalardan biri bo'ldi. Majmuaning ishga tushirilishi yiliga 83 ming tonna noyob polipropilen mahsulotini ishlab chiqarish imkonini beradi. Holbuki, bu mahsulot ilgari mamlakatimizga chetdan, katta valyuta hisobiga olib kelinar edi. Ayni vaqtda mazkur korxona polietilen ishlab chiqarish hajmini 3,1 barobar ko'paytirish, mingdan ziyod yuqori malakali mutaxassislarni ish bilan ta'minlash uchun imkoniyat yaratishi bilan ulkan ahamiyatga egadir.

Xorazm viloyatida «Jeneral motors – O'zbekiston» aktsiyadorlik jamiyatida umumiy qiymati qariyb 6 million dollarlik loyiha asosida «Shevrolet Labo» kichik yuk mashinasi ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi. Bu yerda yiliga fermerlarimiz va xususiy tadbirkorlarimiz uchun juda zarur bo'lgan 5 mingta ana shunday mashina ishlab chiqariladi. Shuni ta'kidlash joizki, ushbu model yangi «Xorazm avto» zavodida tayyorlanayotgan «Damas» va «Orlando» avtomobillaridan keyingi uchinchi turdagi avtomobil bo'ldi.

Namangan viloyatining Pop tumanida 130 kilovatt quvvatga ega bo'lgan quyosh fotoelektr stantsiyasi ishga tushirildi. Hozircha bu loyiha sinovdan o'tkazilmoqda. 2020 yilga borib mamlakatimizda har biri 100 megavatt quvvatga ega yana uchta quyosh elektr stantsiyasini foydalanishga topshirish rejalashtirilmoqda.

Samarqand – Qarshi temir yo'l uchastkasida yuqori tezlikda harakatlanadigan «Afrosiyob» elektr poezdi qatnovi yo'lga qo'yildi. Bu Toshkent – Qarshi yo'nalishi bo'yicha yo'lovchi tashish sifati va sur'atini oshirish imkonini

bermoqda. Natijada poytaxtimizdan Qashqadaryo viloyatiga va Qarshidan Toshkentga yo'lovchilar tashish vaqti ikki barobar qisqardi.

Iqtisodiyot va xizmat ko'rsatish sohasining yuqori sur'atlar bilan barqaror o'sishi biz uchun eng muhim ustuvor yo'nalish bo'lgan o'quv yurtlari bitiruvchilarini ishga joylashtirish uchun zarur sharoitlar yaratdi, – aholi bandligini tahminlash, avvalambor, kasb-hunar kollejlari va oliy

2015 yilda mamlakatimizda 980 mingdan ortiq ish o'rni tashkil qilingan bo'lsa, shuning 60 foizdan ziyodi qishloq joylarda yaratildi¹.

Kollejlarning 480 mingdan ortiq bitiruvchisi ish bilan tahminlandi. Tijorat banklari tomonidan ularga o'z biznesini tashkil qilish uchun 280 milliard so'mga yaqin imtiyozli kreditlar ajratildi va bu 2014 yilga nisbatan 1,3 barobar ko'pdir.

2015 yilda iqtisodierishganimizaholi daromadlarini yanada ko'paytirish, odamlarimizning hayot darajasi va sifatini oshirish uchun yotimizni yuqori surhatlar bilan barqaror rivojlantirishga mustahkam asos yaratdi.

O'tganyili ta'lim-

tarbiyasohasini yanadaislohetishvatakomillashtirishmasalasihamdiqqatmarkazimiz dabo'ldi¹.

Mamlakatimizdata'lim-

tarbiyasohasigaharyilisarflanayotganxarajatlaryalpiichkimahsulotganisbatan 10-12 foiznitashkiletmoqda.

Bu YUNESKONing mamlakatni barqaror rivojlantirishni ta'minlash uchun ta'limga yo'naltirilishi zarur bo'lgan investitsiyalar miqdori bo'yicha tegishli tavsiyalaridan, ya'ni 6-7 foizdan qariyb 2 barobar ko'pdir.

2015 yilda bu sohada 384 ta ob'ektning moddiy-texnik bazasini yanada rivojlantirish va mustahkamlash bo'yicha qiymati 423 milliard so'mlik ishlar

¹O'zbekistonRespublikasiPrezidentiIslomKarimovningmamlakatimizni iqtisodiyrivojlantirishyakunlariva yilgamo'ljallanganiqtisodiydasturningengmuhimustuviryoyonalishlarigabag'ishlanganVazirlarMahkamasimajlisidagi ma'ruzasi.

amalga oshirildi, namunaviy loyihalar asosida 29 ta yangi umumta'lim maktabi barpo etildi, 219 ta maktab rekonstruktsiya qilinib, 136 tasi kapital ta'mirlandi².

O'zbekiston davlat jahon tillari universitetida 2 ming 200 talabaga mo'ljallangan yangi zamonaviy o'quv korpusi, sport majmuasi, shuningdek, o'quv jarayoniga jalb etilgan xorijlik mutaxassislar uchun mehmonxona barpo etildi. Navoiy davlat konchilik institutida yangi o'quv binosi qurilishi nihoyasiga yetkazildi.

Hozirgi vaqtda avtomobilsozlik, samalyotsozlik, kon-metallurgiya, elektronika, radiotexnika, elektronika sanoatlari va boshqa sohalar uchun eng kerakli bo'lgan tiristor asboblarni olish texnologiyasini, ishlashini fizik asoslarini va ularni ishlatish sohalarini bilish yosh mutahsislarni tayyorlashda katta ahamiyatga ega.

XX-asrning ikkinchi yarmida ko'plab yangi turdagi yarimo'tkazgich asboblarni ishlab chiqildi. Ko'p komponentali yangi turdagi yarimo'tkazgich materiallardan foydalanib yaratilgan, butunlay yangi funktsional xossalarga ega bo'lgan yarimo'tkazgich asboblarni vakuumli asboblarni to'liq siqib chiqardi. SHunday qilib, butunlay yangi soxa –yarimo'tkazgichli elektronika soxasi vujudga keldi.

Mavzuning asoslanishi va dolzarbligi:Maydon tranzistorlari, sirt baryerli varikaplar, xotira elementlari kabi zaryad bo'g'lanishga ega yarimo'tkazgichli asboblarda yarimo'tkazgich – dielektrik tutashuv sohasi asosiy ishchi soha hisoblanadi. Shuningdek yarimo'tkazgich – dielektrik tutashuv sohasi ko'p hollarda ajratuvchi izolyatsiya, yarimo'tkazgich sirtini tashqi ta'sirlardan himoyalash va sirtini germetiklash vazifalarini ham bajaradi. Hamma holatlarda ham chegera bo'limida ro'y beradigan fizik jarayonlar yarimo'tkazgichli asboblarni ishchi xarakteristikalariga kuchli ta'sir qiladi. Ana shu fizik jarayonlarni qay tarzda kechishi juda ko'p faktorlarga bog'liq. Bunda dielektrik qatlam tarkibi va uning qator texnologik talablarni qanoatlantirishi juda muhim. Odatda dielektrik qatlam sifatida qo'rg'oshin bor silikatli shishadan foydalanish samarali hisoblanadi. Lekin uni yarimo'tkazgich sirtiga surkash rejimi,shisha tarkibini tashkil etuvchilari va konsentratsiyalari miqdori chegera bo'lim fazasi elektrofizik parametrlariga kuchli

ta'sir qiladi. Undan tashqari chegara fazada zaryad tashuvchilar xarakteristikalarini o'zgarishida turli xildagi tashqi ta'sirlar ham o'ta ahamiyatli bo'lishi mumkin. Aytish kerakki, yuqoridagi har ikki holatni ham juda ko'plab avtorlar tomonidan yetarlicha o'rganilgan [1-3]. Masalan, sirtni himoyalovchi dielektrik qo'plamani hosil qilish texnologiyasi bo'yicha qator hollarda sirdagi kremniy qo'sh oksid pardasi termik oksidlash bilan hosil qilinadi va bunday turdagi dielektrik qatlam xossalriga turli tashqi ta'sirlar ham yetarlicha o'rganilgan. Lekin, kremniy qo'sh oksid hosil bo'lish temperaturasi yuqori ($900 - 1200^{\circ}\text{C}$) bo'lgani uchun bunday temperaturada yarimo'tkazgich taglik qalinligi bo'ylab turlicha segregatsiya koeffitsientiga ega kirishma markazlari turlicha taqsimlanadi va ulardan termodifektlar hosil bo'lish ehtimoli ortadi. Bularni e'tiborga olib, keyingi ishlarda past temperaturada yengil eriydigan qo'rg'oshin bor silikatli shishadan sirtni qoplovchi dielektrik sifatida foydalanish taklif etilib, ularni ham chegara fazasi xarakteristikalariga tashqi ta'sirlar ko'plab o'rganildi [4-8]. Gap shundaki, hozirda metal–dielektrik–yarimo'tkazgich (MDYa) tuzilmasiga ega maydon qurilmalari o'zining har tomonlama foydali bo'lgan xususiyatlarini nomoyon etib, ular integral sxemalarda keng qamrovda foydalanilmoqda. Integral sxemalarni tezkorligi va integratsiya darajasini oshirish, ularni ishonchli ishlashi va turli tashqi ta'sirlarga nisbatan xarakteristikalarining barqarorligini ta'minlash mikro elektronikaning asosiy masalalaridan hisoblanadi. Integral sxemalar uchun MDYa tuzilmalar tayyorlash texnologiyasini o'ta ixchamlashuvi yarimo'tkazgich sirtida joylashgan foydali elementlar sonini oshirishni talab etadi. Dielektrik qatlamdagi, ayniqsa, uning yarimo'tkazgich bilan chegara fazasiga yaqin sohalaridagi zaryadlar harakatini, miqdori, ishorasi, eng muhimi, ularni tashqi kuchlanish yordamida boshqarish jarayoni mexanizmlarini aniqlash zaryad bog'lanishli asboblarni samarali ishlashini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega. Bularni barchasi ham ahamiyatli sanalsada, turli xildagi tashqi ta'sirlar ostida chegara fazasidagi zaryad miqdorini shakllanish tezligiga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlash juda muhim, chunki yaratilayotgan asboblarni tezkorligi va ishonchiligi shu dielektrik chegarasidagi zaryad miqdori va uning hosil bo'lish jarayoni bilan bog'liq.

Ayniqsa, asboblarning mikroixchamlashuv jarayoniga nazar salsak, unda signalni zaryad bog'lanish orqali uzatish jarayoni hosil bo'layotgan zaryad miqdorini katta aniqlikda shakllantirishni talab etadi. Hattoki zaryadlar konsentratsiyada oz miqdordagi fluktuatsiyalar ham butun integral tuzilmani yaroqsizligiga olib kelishi mumkin. Albatta bunda texnologik jarayonlarni bajarish aniqligiga kuchli talab qo'yilishi bilan bir qatorda zaryad miqdori o'zgarishini to'g'ri boshqarishga erishish zarur. Shuning uchun ham dielektrik va yarim o'tkazgich chegara fazasidagi sirt holat zichligi taqsimoti va undagi zaryad miqdorini turli ta'sir ostida o'zgarib borishini va bu o'zgarishlarga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlash shu kundagi sirt fizikasini eng dolzarb masalalaridan hisoblanadi.

Ishni o'rganilganlik darajasi: Turli xildagi tashqi ta'sirlarni yarimo'tkazgich-dielektrik o'tish qatlamlari xossalriga ta'sirini o'rganish bo'yicha ko'p ishlar bajarilgan bo'lib, ularning ko'pchiligi [9-13] odatda keng foydalanib kelinayotgan kremniy-kremniy qo'sh oksiddan iborat tuzilmaga bag'ishlangan. Keyingi paytlarda sirtni himoyalash va ajratuvchi izolyatsiya sifatida termodoeffektlar hosil bo'lishiga olib kelmaydigan yengil eruvchi qorg'oshin-bor-silikatli-shishadan foydalanish taklif etilib, bunday dielektrik qoplama bilan yarimo'tkazgich sirti chegara fazasida zaryad hosil bo'lish mexanizimiga ta'sir etuvchi turli xildagi tashqi ta'sirlar ham o'rganilgan. Bunday izlanishlar asosan O'zMU fizika fakulteti yarimo'tkazgichlar fizikasi kafedrası va Fizika-texnika instituti yarimo'tkazgichlar laboratoriyalarida C.I.Vlasov rahbarligi ostida shogirdlari B.Qo'chqarov, M.Ergasheva va boshqalar tomonidan n-turdagi kremniy sirtiga qo'rg'oshin-bor-silikatli shishadan iborat dielektrik qoplamalar yotqizilib, ularning chegara fazasi bo'limida ro'y beradigan fizik jarayonlarga turli xildagi tashqi ta'sirlar natijalari o'rganilgan. Jumladan: n-turdagi kremniy sirtiga-ma'lum massa foizlarda tayyorlangan qo'rg'oshin-bor-silikatli shisha qoplamani yotqizilib, ularni chegara fazasi ishchi xarakteristikalariga tashqi bosim [14-15], temperatura [16-17], elektr maydoni [18-19], ultra tovush [20-22], termotsiklli ishlov [23-24], γ - nurlanish [25-26], protonli nurlanish [27], shisha qoplamani erishi [28], MDYa tuzulmalar relaksatsiya xarakteristikalarini [29], O'ta yuqori chastotali ishlov ta'siri

[30]va boshqalar organilgan.Ularning barchasida ham dielektrik qatlam bilan yarimo'tkazgich sirti chegara fazasidagi sirtiy holat zichligiga ta'sir etuvchi holatlar tatdiq etilgan bo'lib,dielektrikda kirishma markazlarini zaryad shakillanishiga ko'rsatadigan ta'sirlarni ham o'rganilgan.Aytish kerakki,bunday turdagi xilma xil tashqi ta'sirlarni o'rganilishida birinchidan yarim o'tkazgichli asboblarni ishchi xarakteritikalarini shu xildagi tashqi tasirlar ostida ham barqarorligini aniqlashdan iborat bo'lsa,ikkinchidan bunday ta'sirlar ostida ishchi xarakteristikalar o'zgarish yo'nalishini aniqlab ulardan samarali foydalanish yo'llarini topishdan iborat.

Shuning uchun ham barcha ta'sirlar natijalarini umumlashtirib zaryadlar hosil bo'lishi va ularni harakatiga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlash orqali zaryad tashuvchilar dinamikasini o'rganish bilan zaryadlar harakatini maydon orqali boshqarish aniqligini ortirish mumkin bo'ladi .Hozirgi kunda adabiyotlarda metal-yarim o'tkazgich-dielektrik chegara bo'limi fazalarida zaryad tashuvchilar dinamikasiga tashqi ta'sirlar natijalarini umumlashtirib o'rganilgan hollari uchramaydi. Shuning uchun ham biz o'z ishimizda ularni umumiy holda qarab o'tishni lozim topdik

Tadqiqot maqsadi: n-turdagi kremniy sirtiga qo'rgoshin-bor-siilikatli shishani qoplash bilan hosil qilingan MDYa strukturalar chegara bo'limi fazalarida ro'y beradigan fizik jarayonlarga yuqorida ko'rsatilgan barcha turdagi ta'sirlar natijalarini o'rganish orqali to'k tashuvchilar dinamikasida muhim bo'lgan faktorlar qanday o'zgarishini aniqlashni maqsad qilib oldik.

Tadqiqot usuli: barcha ta'sirlar natijalari yarim o'tkazgich-dielektrik chegara bo'limi fazalarida ta'qiq zona bo'ylab sirtiy holat zichligi taqsimotini o'zgarishiga va o'z navbatida zaryad miqdorini turlicha o'zgarishiga olib kelgani uchun barcha ishlarda zaryad miqdori o'zgarishini sirtiy sig'im o'zgarishi orqali aniqlashga imkon beradigan volt-farad usulidan foydalanilgan. Shuningdek,chegara bo'limida invers qatlam zaryadini ortirish jarayonida sig'imini izotermik relaksatsiya usuli va chuqur markazlarini to'ldirish vaqt doimiysini temperaturaga bog'lanishi bo'yicha

identifikatsiyalash, hamda dielektrik isrofni burchak tangensini o'lchash kabi usullardan foydalanildi.

Tadqiqot vazifalari:

1) Tadqiqotda qo'llanilgan ishchi formulalarini barcha turdagi tashqi ta'sirlar ostida MDY tuzilmalar uchun tadbiqini umumiy holdagi ko'rinishiga o'tish.

2) Sig'im o'zgarishi orqali bir xildagi volt-farad usulda aniqlangan holat zishliklari taqsimotini turli xildagi ta'sirlar natijasida qanday o'zgarishga uchraganini taqqoslash orqali aniqlangani har bir tashqi ta'sir ro'lini belgilash.

3) Barcha turdagi ta'sirlar natijalarini umumiy xulosalarga keltirish.

4) MDYa tuzilmalarda metal-Al-yarimo'tkazgich Si-n-tur dielektrik qo'rg'oshin bor silikatli shisha chegara bo'limi fazasida zaryad shakllanish mexanizmlarini turli ta'sir ostida qanday ro'y berishini aniqlash.

5) Chegara bo'limi fazasida zaryadlar miqdori, harakati, shakllanishi, tezligi, va energetik qiymatlarini o'zgarish dinamikasini belgilovchi faktorlarni aniqlash.

Tadqiqot obyekti: metall (Al) – qo'rg'oshin-bor-silikatli shisha ($\text{PbO-SiO}_2\text{-b}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Ta}_2\text{O}_5$ turdagi) va n-turdagi kremniy kristaliga $\langle \text{III} \rangle$ kristallografik yo'nalishdagi) turli xildagi tashqi ta'sirlar natijalari olinib, ularni umumiy kompleks holdagi zaryadlar miqdori va shakllanish tezligi o'zgarishidagi ro'lini belgilash tadqiqot obyekti sifatida qabul qilindi.

Tadqiqot predmeti: Metall- yarimo'tkazgich-dielektrik tuzilamalar chegara sohasida kechadigan fizik jarayonlarni tadqiq etish va tuzilma sirtiy holat zichligini ta'qiq zona bo'ylab taqsimotini volt-farad usuli orqali aniqlash va shu jarayonlarga turli xildagi tashqi ta'sirlar natijalarini umumlashtirib zaryad tashuvchilar dinamikasiga ta'sir etuvchi omillarni o'rganishdan iborat.

Tadqiqotni asosiy masalalari va farazlari: MDYa tuzilmalar chegara bo'limlari fazasida zaryad tashuvchilar konsentratsiyasiga dielektrik qatlamni ta'sirini aniqlash hamda, tuzilmaga tashqi ta'sirlar qo'yilganda chegara fazasida yuzaga keladigan zaryad miqdori o'zgarishini baholash orqali zaryad tashuvchilar konsentratsiyasiga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlash imkoniyatiga ega bo'linadi.

Agar turli xildagi tashqi ta'sirlarni bir xildagi obyektga, bir xildagi muhitda va bir xil usulda o'rganilsa, har bir ta'sirni ro'lini aniq ko'rish imkoniyati yuzaga kelib, zaryad miqdori o'zgarishi dinamikasida muhim bo'lgan mexanizmlarni oydinlashtirish mumkin bo'ladi. Shining uchun MDYa tuzilmalarda kremniy va kremniy-bor-silikatli shisha chegara bo'limida ro'y beradigan fizik jarayonlarga turli xildagi tashqi ta'sirlarni tadqiqot natijalarini umumlashtirib kompleks holda zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi dinamikasini, ya'ni tok tashuvchilar hosil bo'lib borishi, harakat tezligi, miqdori, ishorasi kabi kattaliklarni o'zgarishga olib keluvchi faktorlarni o'rganish mumkin bo'ladi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi:

1) Volt-farad usuli yordamida ta'qiq zona bo'ylab holat zichligi taqsimoti o'rganilganda $E=0.4$ eV energiya qiymatiga teng sohada holat zichligini ortishi kuzatiladi. Buni yuzaga kelishida dielektrikdagi kirishma markazlari ekani aniqlanib, uning kattaligi, turli xildagi tashqi ta'sirlarda turlicha o'zgarishi va taqsimotda yangi cho'qqilar yuzaga kelishi mumkinligi korsatilgan. Shuningdek u cho'qillarni termik va ultra tovushli ta'sirlardan so'ng ancha pasayishi ham aniqlangan. Barcha turdagi tashqi ta'sirlar MDYa tuzilmalar uchun olingan volt-farad xarakteristikani siljishiga, ya'ni chegara bo'limi sohasidagi mahalliy lashagan bog'lar miqdorini o'zgarishiga olib keladi.

2) Mahalliy bog'lar soni o'zgarishi donor yoki akseptor turdagi holatlarni yuzaga kelishiga va o'z navbatida zaryad miqdorlariga va ularni shakllanish tezligiga ta'sir ko'rsatadi.

Himoyaga olib chiqadigan asosiy holatlar:

MDYa tuzilmalar chegara fazasida zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi dinamikasiga turlicha tashqi ta'sirlar natijalaridan quyidagi holatlar o'rnatildi.

1) $Al-SiO_2-n-Si$ tuzilmalar termosikli ishlov ta'sirida ta'qiq zona bo'ylab sirt holat zichligini differensial taqsimoti tekislanib, musbat integral zaryadni kamayishi yuz beradi. Bu holat kremniy va kremniy oksidlarini issiqlikdan kengayish koeffitsientlari farqi evaziga mexanik kuchlanish yuzaga kelib valent bog'lar hosil bo'lishi bilan bog'liq

2) MDYa tuzulmaga ultratovush ishlov ta'siri natijasida ta'qiq zona bo'ylab sirt holat zichliklari taqsimoti deyarli o'zgarmaydi. Lekin sirtiyl generatsiya tezligini vaqtga bog'lanishi ancha tekislashadi. Bu holat tuzulmada ultratovush shisha qatlami strukturasini biroz tekislanishi bilan bog'liqligi o'rnatildi.

3) MDYa tuzulmalarga protonli nurlanish ta'siri yarimo'tkazgich chegara bo'limi yaqinida uzulgan bog'lar sonini ortirishga olib kelib sirt holat zichligini oshiradi. Ta'qiq zona bo'ylab holat zichligini ortishi ro'y beradi va ular termik ishlovdan so'ng yana pasayadi. Nurlanish mavjud mexanik kuchlanish ta'sirida bo'lgan bog'larni uzulishiga yordamlashadi va musbat zaryad ortishiga olib keladi.

4) MDYa tuzulmalar chegara fazalarida holat zichligi butun ta'qiq zona bo'ylab tekis taqsimlanmaydi. Bu holat aynan dielektrik chegara fazasida mahalliyashgan markaz tufayli ro'y beradi.

Tadqiqot natijalarini ilmiy-amaliy ahamiyati:

1) Zaryad bog'lanishli MDYa tuzilmalardan tayyorlanadigan asboblarda ishchi xarakteristikalarini maydon orqali boshqarish asosan yarimo'tkazgich-dielektrik chegara bo'limi sohasida zaryadlar dinamikasi bilan belgilanib, turli xildagi tashqi ta'sirlar ostida ularni o'zgarishini aniqlash bilan zaryadlar shakllanishi, tezligi, miqdori, harakatchanligi haqidagi tasavvurni kengayishiga yordam qiladi.

2) Zaryad bog'lanishli asboblarda zaryad miqdorini o'zgarish mexanizmini o'rganish bu turdagi asboblarni ishonchiligini ta'minlashga xizmat qiladi.

Natijalarni amalga oshirilishi:

MDYa tuzilmalarda dielektrik qoplamaning tenzometrik xususiyatlarini mos holda tayyorlab, chegara bo'lim fazasidagi zaryad tashuvchilar dinamikasidan foydalangan holda asboblarda ishchi xarakteristikalarini kerakli yo'nalishga moslab tayyorlash mumkin bo'ladi.

Ishning sinovdan o'tishi: Dissertatsiya ishining asosiy natijalari fizika kafedrasining professor o'qituvchilari va shu yo'nalish mutaxasislari, hamda viloyatdagi boshqa institutlar fiziklari va magistrarlari ishtirokida 2016 yil 11 Martda bo'lib o'tgan ilmiy seminarida muhokama qilingan va ma'qullangan. Shuningdek

xalqaro va Respublika anjumanlarda (“Qo’rg’oshin-Bor-Silikatli shisha tuzulmasida turadigan harakatchan zaryad kattaligiga ultratovush ta’siri”, “Si-Shisha fazalararo chegara bo’limi xossalariga proton nurlanishli ishlov ta’siri”, “Metall-Shisha-Yarimo’tkazgich tuzulmalar xossalariga ultratovushli ishlov ta’siri”) maruzalari bilan ishtirok etilgan.

Natijalarni e’lon qilinganligi: tadqiqot natijalari bo’yicha 7 ta ilmiy maqolalar va konferensiya tezislari chop etildi.

1) B.X.Qo’chqarov, A.V.Ovsiyannikov, Z.Qozoqova, D.R. O’rinbaev, Qo’rg’oshin-Bor-Silikatli shisha tuzulmasida turadigan harakatchan zaryad kattaligiga ultratovush ta’siri.” Kondensatlangan muhitlar fizikasi va fizika o’qitishning dolzarb muamolari” Respublika ilmiy-amaliy seminari materiallari. Namangan-2015 13-iyun

2) B.X.Qo’chqarov, S.I.Vlasov, M.Ergasheva, D.R.O’rinboev, Si-Shisha fazalararo chegara bo’limi xossalariga proton nurlanishli ishlov ta’siri.” Kondensatlangan muhitlar fizikasi va fizika o’qitishning dolzarb muamolari” Respublika ilmiy-amaliy seminari materiallari. Namangan-2015 13-iyun

3) B.X. Qo’chqarov, S.I. Vlasov, B.R. Nishonov, D. O’rinboev, Metall-Shisha-Yarimo’tkazgich tuzulmalar xossalariga ultratovushli ishlov ta’siri.” Kondensatlangan muhitlar fizikasi va fizika o’qitishning dolzarb muamolari” Respublika ilmiy-amaliy seminari materiallari. Namangan-2015 13-iyun

4) B.X.Qo’chqarov, S.I.Vlasov, Z.Qozoqova, D.O’rinboev, B.SHaxobiddinov Fotosezgir metal-dielektrik-yarimo’tkazgich tuzulmalar relaksatsion xarakteristikalariga o’ta yuqori chastotali ishlov ta’siri. ”Kondensatlangan muhitlar fizikasi va fizika o’qitishning dolzarb muamolari” Respublika ilmiy-amaliy seminari materiallari. Namangan-2015 13-iyun

5) X.O.Qo’chqorov, A.Mamadaliyev, A.Nabiyev, D.O’rinboyev

”Создания наноструктурных элементов помощью сканирующего туннельного микроскопа-СТМ” Fizika fanini rivojida istedadli yoshlarni” ilmiy-amaliy konferensiya Toshkent, 2015 yil, 12-25-Aprel

6) *M.Ergasheva, B.X.Qo'chqorov, D.O'rinboyev*, "Sirt potensialini o'lchash" usullari. Namangan davlat Universiteti Ilmiy Axboroti Namangan-2016.

7) *M.Ergasheva, D.O'rinboyev*, "Akademik litsey va Kasb-Xunar Kollejlarida fizika fanidan umumlashtirish darslarini o'tish uslubi". Namangan davlat Universiteti Ilmiy Axboroti Namangan-2016

Dissertatsiya hajmi va tuzilishi:

Dissertatsiya ishi kirish 3 ta bob, umumiy xulosalar va takliflar, foydalanilagan 40 ta adabiyotlar ro'yzatidan iborat.

Dissertatsiya tarkibining qisqacha tavsifi:

Dissertatsiya ishi kirish, 3 ta bob va boblar bo'yicha xulosalar n ta paragraf, umumiy xulosa, foydalanilgan adabiyotlar, 10 ta darslik va o'quv qo'llanmalar, 41 ta ilmiy jurnaldagi maqolalar va 9 ta internet saytlaridan iborat.

I – BOB.

YARIMO'TKAZGICHLAR SIRTIDA ELEKTRON

HODISALARNAZARIYASIGA KIRISH.

1.1.Sirty holatlar va sirty zaryad.

Yarimo'tkazgichni hajmiy hossalari ko'p jihatdan kiristal hajmida lokallashgan kirishma holatlaridagi elektronlar bilan aniqlangani kabi, sirtning hossalari ham ahamiyatli darajada sirtidagi sirty holatlar bo'lishi bilan aniqlanadi.

Bu holatlar, hajmiy holatlar kabi, parametrlarto'plami: birlik yuzadagi konsentratsiya, ta'qiq zona chekkalariga nisbatan sathlarni energetik joylashuvi, elektron va kovaklarni tutib qolish kesim yuzasi bilan harakterlanadi. Yarimo'tkazgichlar sirti fizikasida nazariya va tajribaning asosiy masalasi, birinchidan, bevosita tajribada aniqlanadigan sirtni fizik xarakteristikalar bilan sirty holatlar parametrlari o'rtasidagi bog'lanishni o'rnatishdan iborat bo'lsa, Ikkinchidan, yarimo'tkazgichni (Si, GaAs va boshqalar) o'ta muhim amaliy qo'llanishi nuqtai nazaridan sirty holatlarni fizik-ximik tabiatini aniq oydinlashtirishdan iboratdir.

Masalaning ikkinchi qismi qator sabablarga ko'ra juda qiyin va o'z yechimini topishdan hali ancha uzoqda. Hozircha aniqlangani, bir necha turdagi sirty holatlar bo'lishi muhimligidir. Bu sirty holatlar bevosita kristalpanjarani sirtida uzilishidan yuzaga keladi.

Buday holatlar bo'lishi mumkinligi 1932-yilda Tamm tomonidan birinchi marta isbotlangani ichun bazan ularni Tamm holatlari deyiladi. Tamm sodda holda odatdagi qattiq jism nazariyasida ko'riladigan bir o'lchamli ikki tomoni cheksiz kristal modelini (Kroning-Penni) o'rniga bir tomonidan uzilgan yarim cheksiz

kristal modelini ko'rib chiqdi. Bunday kristalda Blox to'lqin funksiyasi bilan ifodalanadigan lokallashmagan elektron holatlari bilan bir qatorda lokallashmagan holatlar yuzaga keladi va ularning to'lqin funksiyasi chegaradan har ikki tomon bo'ylab eksponensial kamayib boradi.

Keyinchalik Gudvin, Shokli, Kautskiy va boshqalar tomonidan ancha murakkab modellar ko'rib chiqildi (ikki o'lchamli, uch o'lchamli, kovalent, ion va boshqa kristallar). Bulardan umumiy xulosa shuki, kristalpanjarani ma'lum sharoitlar asosida uzilishi, sirtida lokallashgan sirtiy holatlar hosil bo'lishiga olib keladi. (ular ikki o'ramli zonaga birlashishi mumkin). Bunday turdagi holatlar konsentratsiyasi juda yuqori, sirt atomlari konsentratsiyasi tartibida, ya'ni $\sim 10^{15} \text{ sm}^{-2}$ bo'ladi.

Kovalent kristallar uchun bu turdagi sirtiy holatlarni huddi to'yinmagan (uzulgan) valent bog'lar deb talqin qilish mumkin.

Bu turdagi holatlarni ayrim yarimo'tkazgichni atomar toza sirtlarida kuzatishga erishish mumkin bo'lar lekin, odatdagi, ya'ni real sirtlarda bug' gazlar va oksid pardalarni qo'lanib turgani uchun aytilgan holatlarni yuzaga kelishi o'rnatilmagan.

Yana kirishmalar sirtiy holatlari ham bo'lishi mumkin. Bu turdagi sirtiy sirtiy holatlar o'zining fizik-ximik tabati bo'yicha hajmiy kirishmalar holatlariga o'xshaydi, faqat ulardan farqi shundaki, ular sirtida yoki bo'lim chegarasida joylashgan (masalan, yarimo'tkazgich va oksidlar chegarasida).

Kirishmali SX sifatida yot atomlar kirishmasi, shu qatori hajimda joylashgan kirishma atomlari, adsorbsiyalangan bug' va gaz atom molekulalari sirt defektlaridir. (vakansiya, tugunlar aro atomlar, dislokansiyalar va defektlar komplekslarini chiqish joylari, antisturukturali defektlar). Tabiiyki, bunday turdagi SX konsentratsiyalari ihtiyoriy bo'lishi mumkin lekin, albatta yuqoridan cheklangan $< 10^{15} \text{ sm}^{-2}$ bo'ladi. (Si/SiO₂ chegarasi)

SX turini yana biri kristal panjara tartibini sirtida buzilishidir. panjarani uzilishi yoki geterochegara hosil bo'lishi (yarimo'tkazgich - oksidlar) sirt yaqinidagi panjara tartibini tartibsizlanishiga olib keladi. Ajrata olish qobilyati $\sim 0,1 \text{ nm}$ bo'lgan zamonaviy elektron nurli mikroskop yordamida eng mukammal

ishlov berilgan Si monokristalining sirti o'rganilganda, eng kamida sirdagi o'rta monoqatlamda tugunlararo Si atomlarini bo'lishi va vakansiyalar borligi o'rnatilgan.

Bunday tartibsizlik yuz berishini chegaraviy holi sifatida sirtni amorflashib qolishini tushinish mumkin.

Amorf yarimo'tkazgichlar nazariyasidan ma'lumki, bunday tartibsizlik ruxsat etilgan zonalaridan holatlarni ajrab chiqishi va holat zichliklari quyruqlari deb nom olgan ko'rinishni yuzaga keltirishi mumkin.

Ular o'zini huddi kirishma holatlari kabi energiya bo'yicha kvaziuzluksiz taxsimoti- ega tutadi (sirdan uzoqlashgan sari zichlik eksponensial kamayadi). Bunday holatlar zichligi ta'qiq zona chekkalarida juda yuqori $10^{14} - 10^{15} \text{ sm}^{-2} \text{ ev}^{-1}$ bo'lishi mumkin. Oxirgi turdagi holatlar haqida binar yarimo'tkazgichlar sirtini o'rganila boshlangandan (GaAs) keyin gapirila boshlandi.

Shunday qilib, panjarani uzilishi har xil tabiatga ega SX yuzaga kelishiga olib kelar ekan.

1.1.1. Hajmiy va sirtiy zaryadlar. Fazaviy zaryad sohasi xossalari (sifat jihatdan qaralishi). Sirtning energetik diagrammasi.

Sirtning sirtiy holatlar zichligini $N_{ss} [\text{sm}^{-2}]$, ulardagi zaryadni $Q_{ss} [\text{Klsm}^{-2}]$ deb belgilaylik. Soddalik uchun sirtiy holatlar (SX) monoenergetik bo'sin. Huddi vodorodsimon turdagi hajmiy legirlangan kirishmaga o'xshab sirtiy holatlar donor yoki akseptor turida. Oqibatda, ularda musbat yoki manfiy zaryad mos holda yuzaga kelishi mumkin. Zaryad ishorasi SX turi (donorlar-plus yoki nol, akseptorlar-minus yoki nol) bilan, zaryad miqdori esa, SX sathini sirdagi Fermi sathiga nisbatan joylashuvi va sathlar konsentratsiyasi bilan aniqlanadi. Unda sirtning SX dagi natijaviy zaryadni quydagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$Q_{ss} = Q_{sd}^+ + Q_{sd}^- = qp_{sd} - qn_{sa} \quad (1.1)$$

Bu yerda Q_{sd}^+ – donorli sirtiy holatlar musbat zaryadi, Q_{sd}^- – akseptorli SX manfiy zaryadi, p_{sd} – donorlardagi kovaklar konsentratsiyasi va n_{sa} – akseptorlarda

elektronlar konsentratsiyasi. (1.1) formulani har bir tur uchun bir necha xil sirt satxlari bo'lgan hol uchun ham osongina umumlashtirish mumkin.

Yarimo'tkazgich sirtiga qo'yiladigan tashqi maydon bo'lmaganda yarimo'tkazgich to'la holda elektroneytral bo'lishi kerak. Bundan kelib chiqadiki, CXdagi zaryad qiymat bo'yicha teng, ishora bo'yicha qarama-qarshi bo'lgan yarimo'tkazgich hajmiy zaryadi Q_{sv} bilan kompensatsiyalangan bo'lishi kerak. Elektroneytrallik shartiga ko'ra, hajmiy zaryad bevosita yarimo'tkazgichni sirt oldi sohasiga o'z-o'zidan lokallashgan bo'lishi kerak. Q_{ss} va Q_{sv} zaryadlarni ajragan holda turib qolishi ularning siljishiga qarsxilik ko'rsatuvchi energetik baryer mavjud bo'lishini ta'minlaydi. Shunday qilib, yarimo'tkazgich sirtida odatda dipol qatlami yuzaga keladi va u sirt holatlaridagi Q_{ss} zaryadlardan, hamda uni muvozanatlashtiruvchi fazoviy zaryad sohasi (FZS) ning zaryadi Q_{sv} dan iborat bo'ladi.

Fazoviy zaryad sohasi (FZS) ning kengligi sirt zaryadi maydonini yarimo'tkazgich hajmiga kirib borish chuqurligini belgilaydi, ya'ni, amalda maydonni ekranlashtirish chuqurligini belgilaydi.

Agar FZSda hajmiy zaryad zichligini $\rho(x)$ deb belgilasak, unda FZSning bir birlik sirtga to'g'ri kelgan to'la zaryadi

$$Q_{sv} = \int_0^{\infty} \rho(x) dx = -Q_{ss} \text{ [Kulon sm}^{-2}\text{]}. \quad (1.2)$$

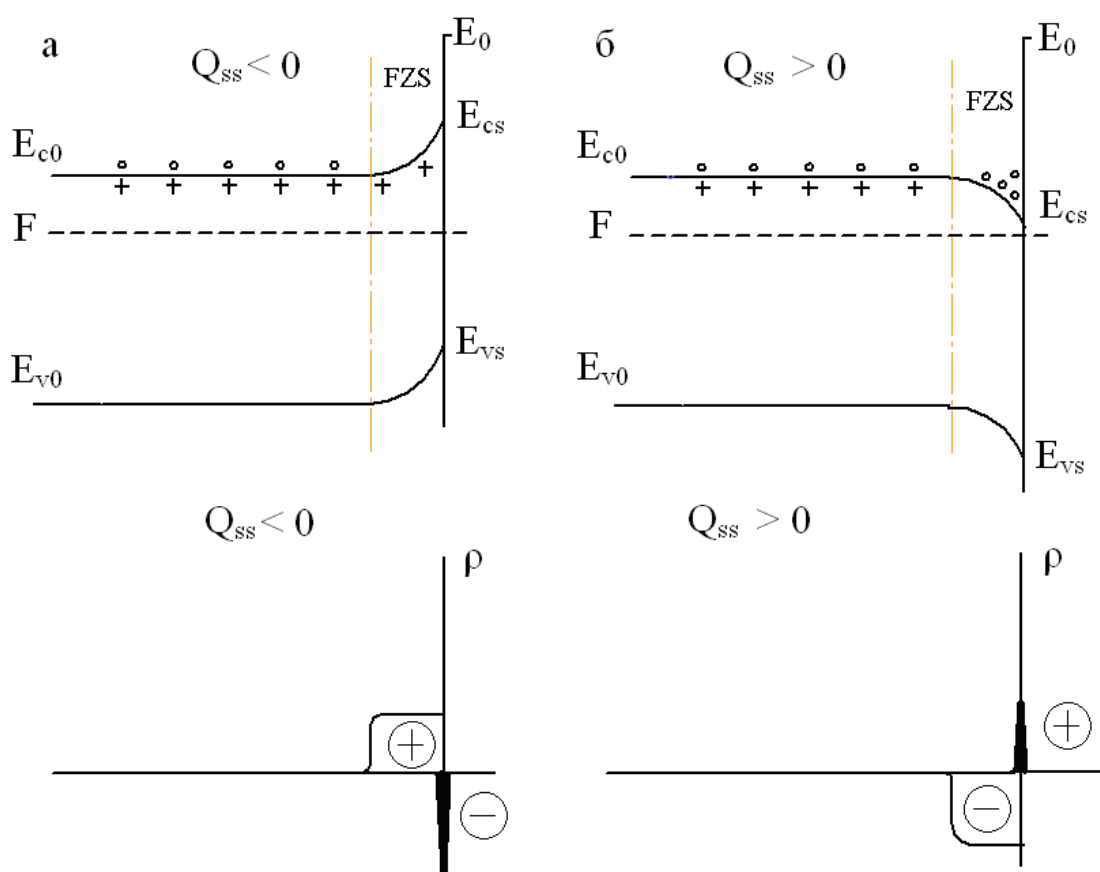
Biz bu yerda fizik sirt deganda shunday geometrik sirtni tushunamizki, bu geometrik sirtga FZS yopishgan bo'ladi va geometrik sirtida kechadigan hodisalarni o'zi bo'lmay, balki butun FZSda bo'ladigan hodisalarni barchasi sirt hodisalariga kiradi. Puasson tenglamasidan ko'rinadiki, FZSni yuzaga kelishi yarimo'tkazgich energetik zonasining sirt yaqinida egrilanishiga olib keladi, ya'ni FZS sohasida.

Bu elektronni zaryadlangan sirtga yaqinlashishida kinetik vapotensial energiya'ni o'zgarishidan kelib chiqadi.

Sirt oldi zona egilishini yo'nalishi yarimo'tkazgich turi n yoki p ekaniga bog'liq bo'lmay, u faqat SX zaryadi ishorasiga bog'liqdir. Agar $Q_{ss} < 0$ bo'lsa, elektronlar sirtidan itariladi. Ularni o'tkazuvchanlik zonasi tubidan hisoblangan kinetik energiyasi sirtga yaqinlashgan sari kamayib boradi va natijada energetik zona yuqoriga qarab egiladi.

Agar $Q_{ss} > 0$ bo'lsa, energetik zona pastga qarab egiladi.

Quyidagi 1 – rasmda n-turdagi yarimo'tkazgich sirtini muvozanatdagi energetik diagrammasi manfiy (a) va musbat (b) zaryadlangan SX va FZSda lokallashgan zaryad zichligi sxemasi, hamda 'anjara uzulishini geometrik tekisligi ko'rsatilgan.



1.1-rasm. Sirtni muvozanatli energetik diagrammasini ko'rinishi (a) – kamayib (kambag'allashib) ketganda, (b) – ortib (boyib) ketgandagi zaryadlar lokallashishi sxemasi. E_{c0} – o'tkazuvchanlik zonasi tubi energiyasi,

E_{vo} –valent zona sipining energiyasi, F –Fermi sathi energiyasi, E_0 –energiyani vakuum sathi.

SX va ular bilan bog'langan FZSni borligi qator mahsus sirtiy elektron hodisalarini yuzaga kelishiga sabab bo'ladiki, ularni yarimo'tkazgichlar fizikasi o'rganadi.

1.1.2. Chiqish ishini o'zgarishi, sirt potentsiali.

Sirt oldi zonalar egilishining borligi sirtning elektrostatik potentsialini hajmga nisbatan o'zgarishiga olib keladi, buning oqibati sifatida yarimo'tkazgichni termodinamik chiqish ishini o'zgarishi yuz beradi. Chunki, $E_0 - F$ zonalar egilishiga bog'liqdir.

Sirtning elektrostatik potentsialini yoki termodinamik chiqish ishini (ular sodda munosabat orqali bog'langan) o'lchash orqali sirt holati haqida qimmatli ma'lumotlar olish mumkin. Sirtni bu xarakteristikalar haqidagi ma'lumotlarni bevosita sirt potentsiali yoki uni o'zgarishini o'lchash, yoki bo'lmasa, emission hodisalar – avtoelektron, termoelektron, fotoelektron emissiyadan chiqish ishini aniqlash orqali olinadi.

FZSda zonalar egilishi tufayli zonalar chekkasidan Fermi sathigacha masofa o'zgaradi va o'z navbatida bu sohada tashuvchilar (kovak va elektron) konsentratsiyasi o'zgaradi. Natijada FZS o'tkazuvchanligi yarimo'tkazgich hajmiy o'zgaruvchanligidan farq qiladi va u zonalar egilishiga bog'liq.

FZS o'tkazuvchanligini sirtiy o'tkazuvchanlik deyiladi va uni tadqiq etish yarimo'tkazgich sirtini asosiy tadqiqot izlanishlaridan hisoblanadi.

Sirt holati haqida o'ta muhim ma'lumotni, yana, sirtiy o'tkazuvchanlikni sirtga normal qo'yilgan tashqi elektr maydonida o'zgarishini tadqiq etish orqali olish mumkin. Bu hodisani maydon samarasi deb yuritiladi va undan sirtni o'rganish usuli sifatida keng foydalaniladi.

Sirt holatlari va FZS bilan sirtiy sig'ım o'zaro bog'liq, chunki elektr maydoni ta'sirida Q_{ss} va Q_{cv} zaryadlar o'zgaradi.

SX ko'p hollarda nomuvozanatli tashuvchilar rekombinatsiyasini samarali markazi sifatida o'zini namoyon etadi.

Bu bilan bog'liq bo'lgan rekombinatsiyani sirtiy rekombinatsiya deyiladi. Bu hodisa ham yarimo'tkazgich sirtini o'rganishda samarali usul sifatida keng qo'llaniladi.

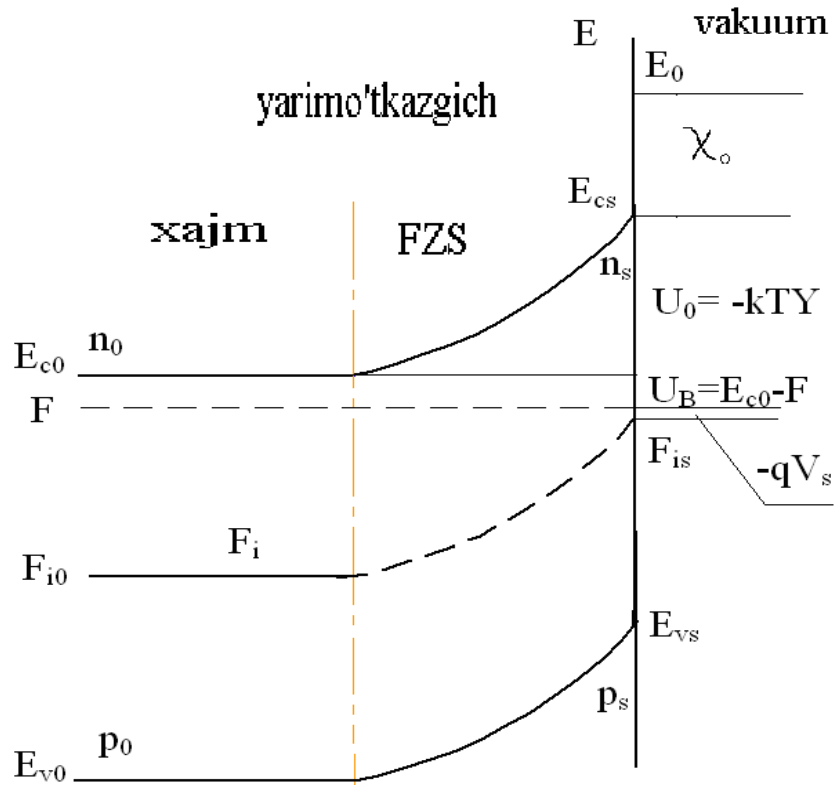
Sirtiy rekombinatsiya juda ko'p yarimo'tkazgichli asboblarning xarakteristikalariga kuchli ta'sir ko'rsatadi.

Yarimo'tkazgich sirtini fizik xarakteristikalar: sirt potentsiali, sirtiy o'tkazuvchanlik, maydon samarasi xarakteristikalar, sirtiy sig'ım, sirtiy rekombinatsiya tezligi va boshqalar bevosita sirtning energetik va elektron strukturasi bilan bog'langan. Shu bog'lanishni o'rnatish yarimo'tkazgich sirti elektron nazariyasini o'rganish redmetidir.

1.1. Sirtning energetik diagrammasi. Asosiy termin va belgilashlar.

Aniqlik uchun n-turdagi yarimo'tkazgichni ideallashtirgan sirtini qarab o'taylik.

Bunda real sirtidagidek oksidli pardalar yo'q bo'lsin. Bunday yarimo'tkazgich sirtini muvozanatli energetik diagrammasi 2.1-rasmda keltirilgan.



2.1-rasm. Oksidli pardasiz yarimo'tkazgich sirtini energetik diagrammasi

Sirt fizikasida hajmga tegishli parametrlarni "O" indeksi bilan belgilash qabul qilingan. Geometrik sirtga tegishlisini "S" bilan. Ko'plab belgilashlar (E_C , E_V , F , n , p) yarimo'tkazgich sirtini fenomenologik nazariyasida tez-tez uchrab turgani uchun ularni izohlashni talab etilmaydi.

E_0 —sirtidan uzoqda vakuumdagi tinch elektron energiyasi. $E_0 - E_{sc} = \chi_0$ yarimo'tkazgichni elektronga moyillik energiyasi

$$F_i = \frac{E_c - E_v}{2} + kT \ln\left(\frac{N_v}{N_c}\right)^{1/2} \quad (2.1)$$

F_i —hususiy yarimo'tkazgichda Fermi sathi. Amalda u E_i ga teng. Qolgan zaruriy belgilanishlarni keyin kiritamiz.

Yarimo'tkazgich sirti madomiki zaryadlangan ekan, unda sirt nazariyasini ifodalashda energetik kattaliklar o'rniga turli potentsiallardan foydalanish ancha qulaylik tug'diradi.

Bundan tashqari, nazariy hisoblashlarda qulaylik uchun o'lchamsiz, kattaliklardan keng foydalaniladi. Natijada yarimo'tkazgichlar fizikasidagi ma'lum formulalar ham odatdagidan boshqacha ko'rinishga o'tadi.

Quyidagi belgilashni kiritamiz:

$$F = -q\varphi_0 \quad (2.2)$$

Bu yerda $\varphi_0 = -\frac{F}{q}$ - elektroximik potentsial deyiladi.

Muvozanat holatida u barcha joyda o'zgarmas.

$$F_i = -q\psi \quad (2.3)$$

Bu yerda $\psi = -\frac{F_i}{q}$ - elektrostatik potentsial deyiladi. ψ dan farqli o'laroq φ_0

sirtidan boshlangan masofaga bog'liq, ya'ni $\psi = \psi(x)$. $\psi(x)$ ni chegaraviy qiymati

$\psi_0 = -\frac{F_{i0}}{q}$ ga teng bo'lib, hajmiy elektrostatik potentsial deyiladi.

$\psi_s = -\frac{F_{is}}{q}$ - sirtni elektrostatik potentsiali deyiladi.

Bundan sirt potentsiali tushunchasidan foydalaniladi, uni sirt elektrostatik potentsiali bilan aralashtirib yubormaslik kerak.

Sirt potentsiali V_s quyidagi munosabat bilan kiritiladi

$$V_s = -\frac{F_{is} - F}{q} = \psi_s - \varphi_0 \quad (2.4)$$

Fermi sathi ta'qiq zonaning yarmidan pastda yotsa, $V_s > 0$ bo'ladi.

Bu tushuncha bir necha formulalarni sodda holda yozish va potentsiallarni hisoblash sanoq boshiga bog'liq bo'lmagani uchun kiritiladi. Ushbu

$$U_0 = F_{is} - F_{i0} = E_{cs} - E_{co} = E_{vs} - E_{vo} = q(\psi_s - \psi_0) \quad (2.5)$$

kattalik sirtoldi zonalari egilishi yoki sirt potentsialbaryer ini balandligi. Sirtidan X masofada potentsialbaryer balandligi $U(x)$ koordinata funksiyasi bo'ladi.

yarimo'tkazgichlar sirti fizikasida sirt baryerining xarakteristikasi sifatida o'lchamsiz kattalik ya'ni kiritish qulaylik tug'diradi va y turlicha ko'rinishda ifodalanishi mumkin.

$$y = -\frac{U(x)}{kT} = \frac{F_{is} - F_{i0}}{kT} = \frac{q}{kT}(\psi - \psi_0) = \beta(\psi - \psi_0) \quad (2.6)$$

Bu yerda $\beta = \frac{q}{kT}$. Sirtida y kattalikni, ya'ni $x=0$ da odatda V yoki V_s deb, ya'ni $y(x=0) = V = \beta(\psi_s - \psi_0)$ kabi belgilanadi.

Kiritilgan belgilashlardan uning munosabati va ishorasi kelib chiqadi. Ya'ni

zona egilishi sohasiga bo'lsa – $U_0 > 0$, $\psi_s < \psi_0$, $V < 0$;

zona egilishi pastga bo'lsa – $U_0 < 0$, $\psi_s > \psi_0$, $V > 0$.

Endi ruxsat etilgan zonalarda va yarimo'tkazgich sirtida tashuvchilar konsentratsiyasini yangi belgilashlar orqali ifoda etamiz.

Kelgusida alohida aytib o'tilmasa, yarimo'tkazgichni hajmda va sirtida aynimagan deb hisoblaymiz. Quyidaki ifodani qaraymiz.

$$\frac{n_i}{n_0} = \frac{p_0}{n_i} = \frac{N_c \exp(\frac{F_{i0} - E_{c0}}{kT})}{N_c \exp(\frac{F - E_{c0}}{kT})} = \exp(\frac{F_{i0} - F}{kT}) = \exp(\frac{-q\psi_0 + q\phi_0}{kT}) = \exp(\beta(\phi_0 - \psi_0)) = \lambda,$$

Bu yerda

$$\beta = \frac{q}{kT}, \quad \psi_0 = -\frac{F_{i0}}{q}, \quad \phi_0 = -\frac{F}{q}. \quad (2.7)$$

O'lchamsiz kattalik λ o'tkazuvchanlik turini va muvozanatli konsentratsiya U_0 va P_0 ni xususiy konsentratsiya U_i dan chetlanishini, ya'ni, legirlash sathini xarakterlaydigan qulay belgilanish hisoblanadi.

Haqiqatan ham y kattalik $\lambda=1$ bo'lganda hususiy yarimo'tkazgichga mos keladi. ($U_0 = P_0 = U_i$), $0 < \lambda < 1$ qiymat esa, n-turdagi yarimo'tkazgichga ($n_0 > n_i$, $P_0 < n_i$) va $\lambda > 1$ holda '-turdagi yarimo'tkazgichga ($P_0 > n_i$, $n_0 < n_i$) mos keladi λ 'arametr yordamida muvozanat holidagi konsentratsiya'ni quyidagicha yozish mumkin

$$n_o = \lambda^{-1} \cdot n_i \quad (2.8)$$

$$P_o = \lambda \cdot n_i \quad (2.9)$$

Bu yerda $n_o p_o = n_i^2$ tengligi ma'lum.

Endi o'zgaruvchi tashuvchilar konsentratsiyasi $n(x)$ ni FZSda o'lchamsiz y ni funfsiyasi sifatida yozamiz:

$$n(y) = n(x) \quad (2.10)$$

Shunga o'xshash ko'rsatish mumkinki

$$p(y) = \lambda n_i e^{-y} \quad (2.11)$$

bo'ladi.

oxirgi ifodani yarimo'tkazgich sirtini fenomenologik nazariyasida keng foydalaniladi.

1.2.1. Hajmiy zaryad zichligi.

Yarimo'tkazgichni standart modeli deganda sirtida va hajmda aynimagan, kirishmalar to'la ionlashgan yarimo'tkazgichni tushunamiz. Uni hajmiy zaryadi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\rho(x) = q[N_D - N_A + p(x) - n(x)]. \quad (2.12)$$

Hajmda neytrallik sharti

$$N_D - N_A + p_0 - n_0 = 0, \quad (2.13)$$

unda

$$\rho(x) = q[(p(x) - p_0) - (n(x) - n_0)]. \quad (2.14)$$

Haqiqatan ham, ionlashgan kirishmalari konsentratsiyasi $p_d(x) = \text{const}$ va $n_0(x) = \text{const}$ bo'lgan bir jinsli yarimo'tkazgichda hajmiy zaryad yuzaga keladi, agar $n(x) = n_0$ va (yoki) $p(x) = p_0$ bo'lsa. Endi (2.14) da konsentratsiya'ni o'lchamsizsonalar egilishi – y – bilan ifodalaymiz. x va y lar o'zaro bir qiymatli bog'lanishga ega bo'lgani uchun (2.10) dan foydalanib quyidagini olamiz.

$$\rho(x) = q n_i [\lambda(e^{-y} - 1) - \lambda^{-1}(e^y - 1)]. \quad (2.15)$$

Endi o'lchamsiz zaryad zichligini kiritamiz.

$$G(y) = \frac{\rho(y)}{q n_i} = \lambda(e^{-y} - 1) - \lambda^{-1}(e^y - 1) \quad (2.16)$$

O'lchamsiz zonalar egilishi energetik diagrammasi va hajmiy zaryad zichligini 2.2-rasmda, elektronlar va kovaklar konsentratsiyasini hajmdagi koordinatga va yarimo'tkazgich sirt orti sohasidagi koordinatasiga n-turdagi yarimo'tkazgichni invers holatdagi bog'lanishi keltirilgan.

$G(y)$ uchun (2.16) ifoda sirtning uchta xos holatida soddalashadi:

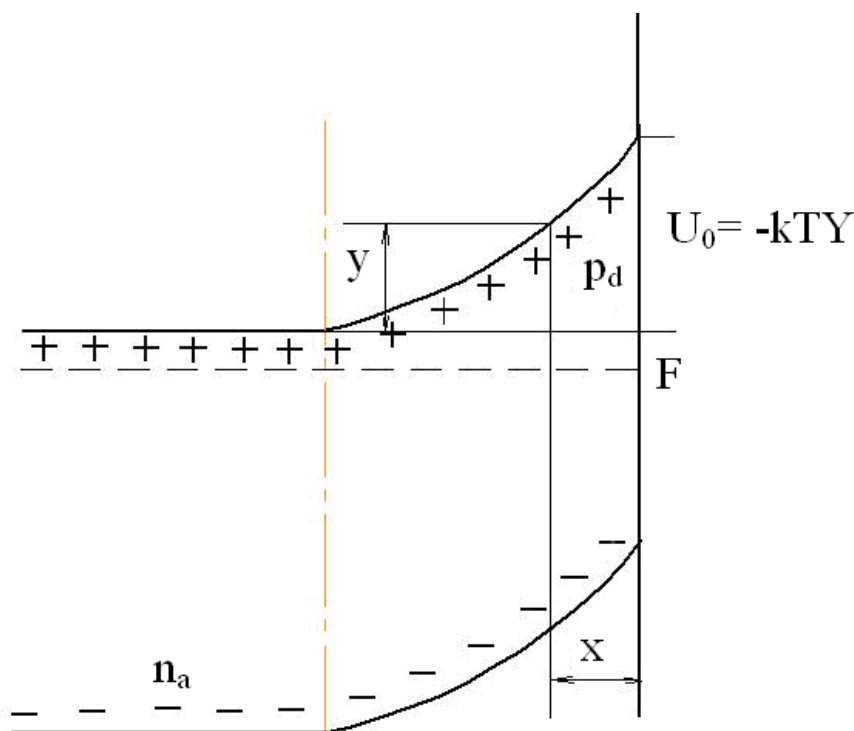
1. $V \gg 1$ va $1 < y < V$ oraliqda asosiy zaryad tashuvchilar bilan sirtni boyitilishi

$$G(y) \approx -\lambda^{-1} e^y \quad (2.17)$$

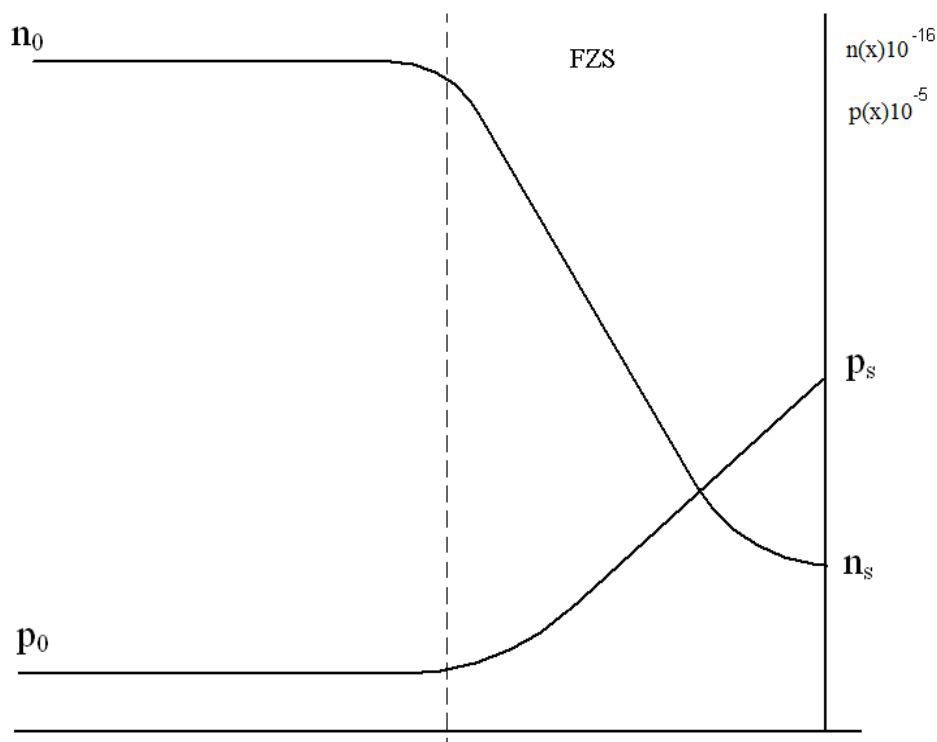
2. Kamayib qolgan ozod zaryad tashuvchilarni sirtida (Shottki qatlami) borligida, $V_i < V < 1$ va $-1 < y < 0$ oraliqda.

$$G(y) \approx \lambda^{-1}. \quad (2.18)$$

Hajmiy zaryad zichligi doimiy bo'lgan hol.



2.2-rasm. O'lchamsiz zonalar egilishi va hajmiy zaryad zichligi.



2.3-rasm. Elektron va kovaklar konsentratsiyasini hajmda yarimo'tkazgichni sirt orti sohasida koordinataga bog'lanishi.

3. Sirtida inversiya ro'y berganda, invers qatlam hosil bo'lish sharti deb zonalar egilishi qiymati V_i ni sirtida $p_s(V_i) = n_s(V_i) = n_i$ ga teng bo'lganida.

$$\lambda e^{-Y_i} = 1, \quad (2.19)$$

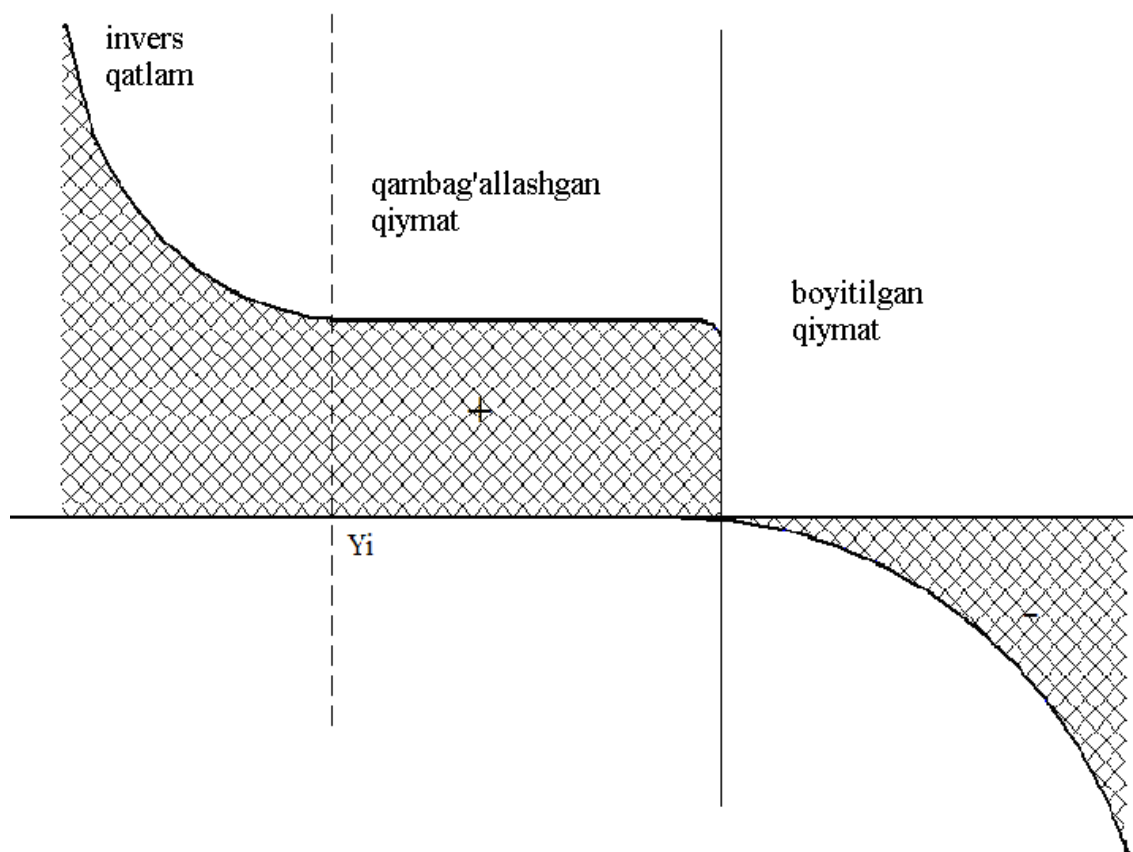
$$Y_i = \ln \lambda. \quad (2.20)$$

Bunda $y < V_i$ bolsa

$$G(y) \approx \lambda e^{-y}, \quad (2.21)$$

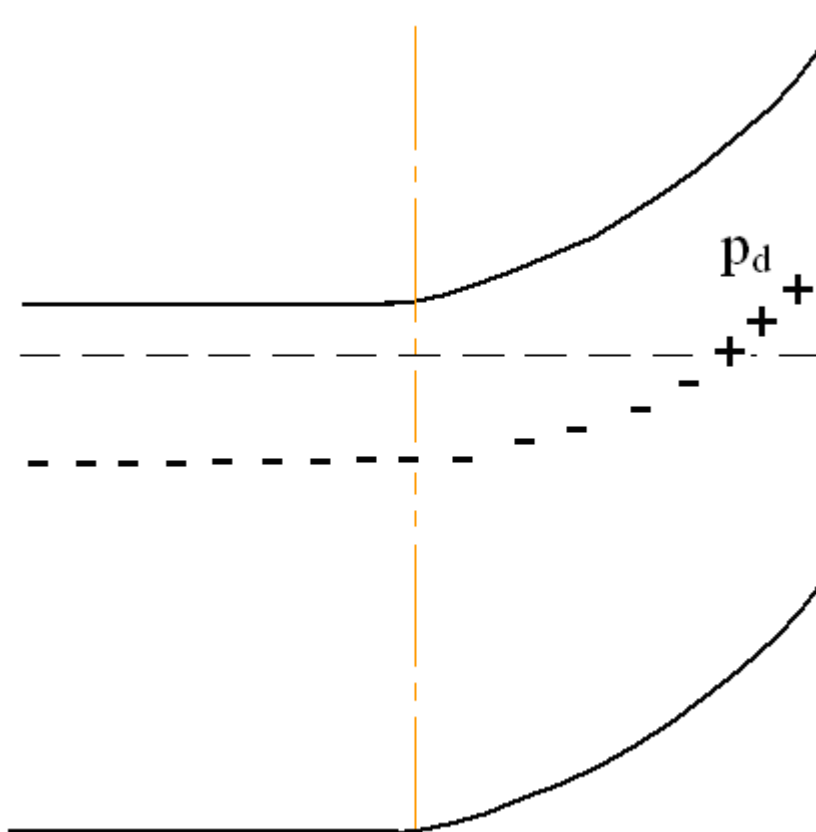
bo'lib, boyitilgan qatlamdagiday bo'ladi.

Hajmiy zaryad zichligini zonalar egilishiga grafik tarzda bog'lanishi n-turdagi yarimo'tkazgich sirtida yuqoridagi uchta xol uchun 2.4-rasmida keltirilgan.



2.4-rasm. n-turdagi yarimo'tkazgich sirtida hajmiy zaryad zichligini zonalar egilishiga bog'lanishi.

Keng zonali yarimo'tkazgichda (GaAs, JnAs, CdS, CdSe va boshqalar) ko'p hollarda chuqur kirishma sathlarni ham hisobga olish zarur bo'ladi. Ularda ionlashish holati hajmda va sirtida 2.5-rasmda gidek o'zgarishi mumkin.



2.5-rasm. Chuqur zonali sathga ega yarimo'tkazgich sirtini zonalar diagrammasi.

Bu xolda $p(x)$ uchun (2, 12) dagi qavs ichidagilardan tashqari $q(p_d(x) - p_d)$

$$q(p_d(x) - p_{d0}). \quad (2.22)$$

xadni qo'shish lozim.

Ko'rinadiki bu chegarani ixtiyoriy sondagi donor yoki akseptorli chuqur satxlar uchun umumlashtirish mumkin. Oxirgi holda yangi xad paydo bo'ladi.

$$-q(n_a(x) - n_{a0}). \quad (2.23)$$

FZS fotonlar bilan qo'zg'atilganda n_0 va p_0 ni $n=n_0+\Delta n$ va $p=p_0+\Delta p$ larga almashtiramiz. Bu yerda Δn va Δp fotoelektron va fotokovaklar konsentratsiyasi. Rekombinatsiya markazi konsentratsiyasi kichik bo'lgan

yarimo'tkazgichlar uchun chuqur satxlardagi tashuvchilar konsentratsiyasi o'zgarishini hisobga olmasa ham bo'ladi. Unda xar bir nuqtada

$$\Delta n = \Delta p = \delta n_i, \quad (2.24)$$

Bu yerda δ - o'lchamsiz fotoqo'zg'alish satxi. Bularni e'tiborga olinsa, FZS da o'lchamsiz zichlikni fotoqozg'alishdagi Y ga bog'lanishini olinadi.

$$G(y) = (\lambda + \delta)(e^{-y} - 1) - (\lambda^{-1} + \delta)(e^y - 1). \quad (2.25)$$

Bu bog'lanish FZS nazariyasida sitr orti soxasidagi turli fotoelektrik hodisalarni ifodalashda keng qo'llaniladi.

1.1.2. FZS da elektrostatik potensial taqsimoti.

Emitrostatik potensialni $\varphi(x)$ koordinata bo'yicha taqsimotni Puasson tenglamasi yechimidan topiladi.

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -\frac{4\pi}{\varepsilon}\rho(x) \quad (2.26)$$

Cheksizlikdagi chegara shartlari

$$x \rightarrow \infty, \psi(\infty) = 0, \left. \frac{d\psi}{dx} \right|_{\infty} = 0 \quad (2.27)$$

va $x=0$ da

$$\psi(0) = \psi_s = \beta^{-1}Y, \beta = \frac{q}{kT}. \quad (2.28)$$

Hususi yarimo'tkazgichda Debay ektanlantirish uzunligi masofasiga ega xarakteristik uzunlik kiritamiz.

$$L_i = \left(\frac{\varepsilon}{2\pi q \beta n_i} \right)^{1/2} = \sqrt{\frac{\varepsilon k T}{2\pi q^2 n_i}}, \quad (2.29)$$

va o'lchamsiz koordinatani ham

$$\xi = \frac{x}{L_i} \quad (2.30)$$

Shuningdek

$\varphi = \beta^{-1} y$ va $\frac{p(x)}{qn} = G(Y)$ ekanini e'tiborga olib (2,26) ni o'lchamsiz kattaliklarda yozamiz.

$$\frac{d^2 y}{d\xi^2} = -2G(y), \quad (2.31)$$

Bu yerda

$$G(y) = \lambda(e^{-y} - 1) + \lambda^{-1}(e^y - 1).$$

Yarim o'kazgich xajmida

$$\xi \rightarrow \infty, Y(\infty) = 0, \frac{dy}{d\xi} \int_{\infty} = 0.$$

Sirtida $y(\xi = 0) = Y$ bo'lib, uni berilgan deb hisoblanadi.

Puasson tenglamasini integrallab

$$\int_0^y \frac{d^2 y}{d\xi^2} dy = -2 \int_0^y G(y) dy. \quad (2.32)$$

olamiz va quyidagidan

$$\int_0^y \frac{d^2 y}{d\xi^2} dy = \int_{\infty}^{\xi} \frac{d^2 y}{d\xi} \left(\frac{dy}{d\xi} \right) d\xi = \frac{1}{2} \int_0^{\left(\frac{dy}{d\xi}\right)^2} d\left(\frac{dy}{d\xi}\right)^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{dy}{d\xi}\right)^2$$

va (2,26) dan foydalanib

$$\frac{dy}{d\xi} = \pm 2 \left[- \int_0^y G(y) dy \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (2.33)$$

Olish mumkin. (2,33) ifodani

$$F(y) = \pm \left[- \int_0^y G(y) dy \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (2.34)$$

deb belgilab, uni o'lchavsiz FZSda elektr maydon kuchlanganlik ma'nosiga egaligini ko'ramiz. Bunda ishorani y ishorasiga qarama-qarshi olinadi. FZS ni standart modeli uchun (2,33) integral osongina olinadi.

$$F(y) = \pm [\lambda(e^{-y} - 1) + \lambda^{-1}(e^y - 1) + (\lambda - \lambda^{-1})y]^{1/2}. \quad (2.35)$$

Bu ifodani qavsdagi birinchi, ikkinchi, uchinchi qo'sxiluvchilar mos ravishda kovakli, elektronli va xarakatsiz ionlar zaryadiga tegishlidir. (2,33) da o'zgaruvchilarni ajratib va $\xi = 0$ dan $\xi = \zeta$ ga qadar ξ bo'yicha integrallab, xamda mos ravishda y bo'yicha $y = Y$ dan $y = y$ gacha integrallab

$$\xi = \int_0^{\xi} d\xi = \frac{1}{2} \int_Y^y \frac{dy}{F(y)} \quad (2.36)$$

Zonalar egilishini masofaga bog'lanishini olamiz.

$F(y)$ qatnashgan o'ng tomondagi integral (2,36) ko'rinishda olinmaydi. Shuning uchun amalda muhim hisoblangan uchta muxim xollar uchun zonalar egilishini algebraik ifoda ko'rinishida o'lchamsiz koordinata $y(\xi)$ ga bog'lanishini olish mumkin. Aniqlik uchun n -turdagi yarim o'kazgich ($\lambda \ll 1$) bo'lsin deb hisoblaymiz.

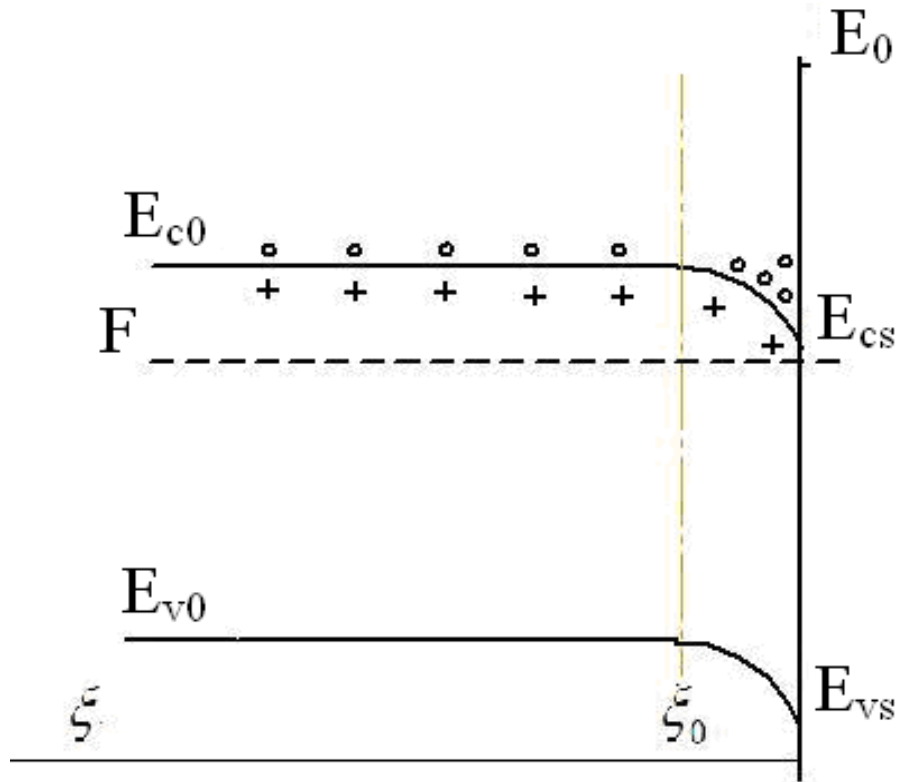
Sirtida boyitilgan qatlam- N -turdagi yarim o'kazgichda elektrtonlar bilan boyitilgan qatlam zonalarini 'astga egilishidan yuzaga keladi. ($y > 0$) 2,6-rasm. Bu xolda FZS ni $y \gg 1$ bo'lgan qismida ko'rish mumkinki

$$G(y) \approx -\lambda^{-1}e^y, \quad (2.37)$$

$$F(y) \approx -[\lambda^{-1}e^y]^{1/2}, \quad (2.38)$$

$$\xi = \frac{1}{2} \int_Y^y \frac{dy}{\left[\lambda^{-1} e^y \right]^{1/2}} = \lambda^{1/2} (e^{-y/2} - e^{-Y/2}), \quad (2.39)$$

$$y = -2 \ln(\lambda^{-1/2} \xi + e^{-Y/2}). \quad (2.40)$$



2,6 – rasm n-turdagi yarimo’tkazgichni boyitilgan xoldagi zonalar diagrammasi.

Bunda y ni masofaga logarifmlik bog’lanishini kuzatiladi. Chunki $y \rightarrow 0$,

$$\lambda^{-1/2} \xi + e^{-Y/2} < 1 \quad (2.41)$$

Va $y \gg 1$ da

$$y = -2 \ln(\lambda^{-1/2} \xi), \quad (2.42)$$

$$\lambda^{-1/2} \xi < 1, \quad (2.43)$$

Ya'ni

$$\xi < \xi_0 = \lambda^{1/2}. \quad (2.44)$$

Agar o'lchamli kattaliklarga o'tilsa, unda FZS chegarasini olish mumkin.

$$\xi_0 = \frac{x_0}{L_i}, \quad x_0 = \lambda^{1/2} L_i, \quad L_i = \sqrt{\frac{\epsilon k T}{2\pi q^2 n_i}}, \quad \lambda = \frac{n_i}{n_0}, \quad (2.45)$$

$$x_0 = \sqrt{\frac{\epsilon k T}{2\pi q^2 n_0}}. \quad (2.46)$$

Oxirgi formulada boyitilgan qatlamni qalinligini baxolash kuchli qiziqish uyg'otadi.

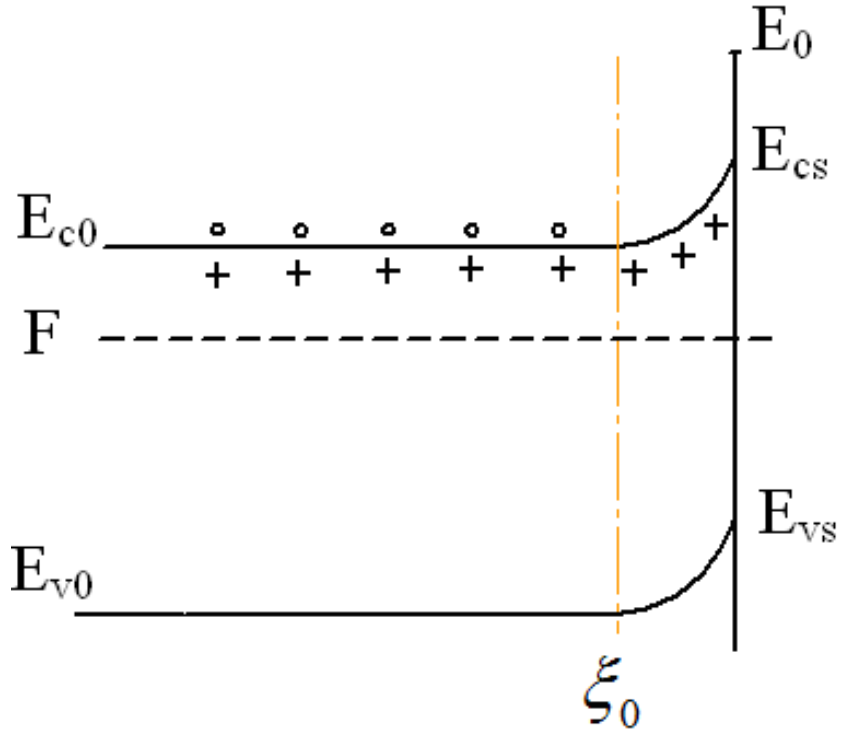
Masalan; n-Si da xona temperaturasida;

$$n_i = 10^{10} \text{ sm}^3, \quad n_i = 10^{16} \text{ sm}^{-3}, \quad \lambda^{\frac{1}{2}} = 10^{-3}, \quad L_i = 10^{-2} \text{ sm}, \quad x_0 \approx 4 \cdot 10^{-6} \text{ sm}.$$

Shunday qilib, kuchli boyitilgan sirtida asosiy zaryad tashuvchilarni lokallashgan sohasi erkin yugurish yo'lidan ham kichik bo'ladi. ($\text{Si} \approx 10^{-5} \text{ sm}$ monokristal kremniyda) Shuning evaziga bunday yupqa qatlamda zaryad tashuvchilar xarakatchanlagi kuchli pasayadi va y yuqori tiklik bilan boshqariladigan maydon tranzistorlarini olishda muammo hisoblanadi.

Yarimo'tkazgich sirtida kambag'allashgan qatlam.

n-turdagi yarim o'tkazgich zonalarini ozgina yuqoriga egilishida $\ln \lambda = Y_i < Y < -1$ shart bajarilganda kambag'allashgan sirt (Shotki qatlami) yuzaga keladigan xolga kambag'allashgan holat deyiladi.



2.7-rasm. kambag'allashgan sirtni zonalar diagrammasi.

$$G(y) \approx +\lambda^{-1}, \quad (2.47)$$

$$F(y) \approx +(-\lambda^{-1}y)^{1/2}, \quad (2.48)$$

$$\xi = \frac{1}{2} \int_Y^y \frac{dy}{(-\lambda^{-1}y)^{1/2}} = \lambda^{1/2} [(-Y)^{1/2} - (-y)^{1/2}] \quad (2.49)$$

Yoki

$$(-y) = [(-Y)^{1/2} - \lambda^{-1/2}\xi]^2. \quad (2.50)$$

$y=0$ deb

$$(-Y)^{1/2} = \lambda^{-1/2}\xi_0, \quad (2.51)$$

olamiz. Bu yerda ξ_0 - ekranlashtirish uzunligi, unda

$$(-y) = \lambda^{-1}[\xi_0 - \xi]^2. \quad (2.52)$$

kambag'allashgan qatlamlar uchun kvadratik bog'lanish o'rinli bo'ladi.

Bu qatlam qalinligi Y ga quyidagi formula bo'yicha bo'langan.

$$\xi_0 = \frac{x_0}{L_i} = \lambda^{1/2} Y^{1/2}, \quad (2.53)$$

$$x_0 = L_0 = \lambda^{1/2} Y^{1/2} L_i. \quad (2.54)$$

va $\sqrt{Y}$ marta kambag'allashgan qatlamdagidan bir xil Y qiymatlarida katta bo'ladi. (boyitilgan holda X_0 qiymat Y ga bog'liq bo'lmaydi) (2.50) ifodani odatiy ko'rinishga keltirish qiyin emas (SI. sistemasida)

$$U(x) = -\frac{qn_0}{2\varepsilon_r\varepsilon_0} (L_0 - x)^2. \quad (2.55)$$

(2.55) formula bo'yicha hisoblangan FZS qalinligi bu holda maksimal bo'ladi.

Masalan, sirt baryeri balandligi $\approx 0,6B$ va $n_0 = 10^{16} \text{ sm}^{-3}$, $x = 0,3 \text{ mkm}$

Yarimo'tkazgich sirtida invers qatlam.

Yetarlicha katta manfiy zonalar egilishida $Y < Y_i = lu\lambda$ asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar FZS qismida bevosita yarimotkazgich sirti tomonga yopishib boradigan sohada dominant bo'lib boradi va FZS da boshqa turdagi o'tkazuvchanlik yuzaga kela boshlaydi.

Invers sohada

$$G(y) \approx \lambda e^{-y}, \quad (2.56)$$

$$F(y) \approx +[\lambda e^{-y}]^{1/2}, \quad (2.57)$$

$$\xi = \frac{1}{2} \int_Y^y \frac{dy}{(\lambda e^{-y})^{1/2}}. \quad (2.58)$$

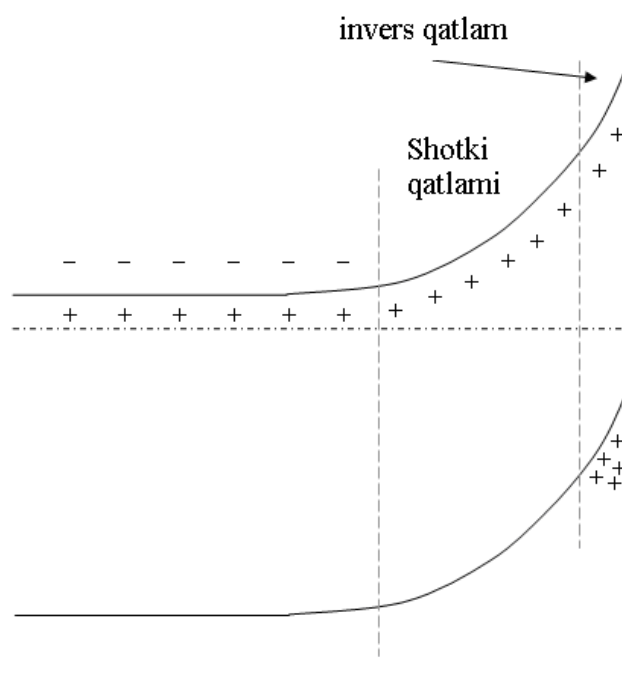
Invers sohada potensial taxsimoti huddi asosiy tashuvchilar bilan boyitilgan sohadagi kabi bo'ladi.

(potentsilni logarifimik tushishi) Bu holda

$$\frac{x}{L_i} = \lambda^{-1} e^{y/2} \quad (2.59)$$

va invers qatlam qalinligi qiymati boyitilgan qatlam singari 10 nm bo'ladi. Lekin FZS sturukturasi bu holda boyitilgan holga nisbatan ancha murakkab.

Yarimo'tkazgichning sirtoldi sohasini muvozanatli energetik diagrammasi invers holida 2.8 – rasmda ko'rsatilgan.



2.8 – rasm. Yarimo'tkazgich sirtoldi sohasining invers holatida muvozanatli zonalar diagramsi ko'rinishi.

Bu holda yarimo'tkazgichni hajmi tomonidan invers qatlam tomonning asosiy tashuvchilari kambag'allashgan sohasi yopishib kela boshlaydi. (Shottki qatlami) ya'ni yupqa invers qatlam ortidan keng kambag'allashgan qatlam kela boshlaydi.

1.1.3. Sirtiyl va hajmiy zaryadlarning zonalar egilishiga bog'lanishi.

Sirtiyl va hajmiy zaryadlar zichligini zonalar egilishiga nazariy bog'lanishlaridan sirtidagi turli elektron hodisalarni hisoblashda keng foydalaniladi. Yarimo'tkazgichni elektronyetrolligi shartidan yozish mumkin.

$$-Q_{ss} = Q_{sv} = \int_0^{\infty} \rho(x) dx. \quad (2.60)$$

FZS standart modeli uchun

$$\rho(x) = q(p(x) - p_0) - q(n(x) - n_0) \quad (2.61)$$

va

$$Q_{sv} = q \int_0^{\infty} (p(x) - p_0) dx - q \int_0^{\infty} (n(x) - n_0) dx = q\Gamma_p - q\Gamma_n, \quad (2.62)$$

Bu yerda quyidagi belgilashlar kiritilgan

$$\Gamma_p = \int_0^{\infty} (p(x) - p_0) dx, \quad \Gamma_n = \int_0^{\infty} (n(x) - n_0) dx. \quad (2.63)$$

Γ_p va Γ_n kattaliklarni mos holda kovak va elektronlarni sirtiyl ortiqchasi deyiladi.

$\Gamma_p(Y)$ va $\Gamma_n|Y|$ larni bog'lanishini topamiz

$$\begin{aligned} \Gamma_p &= \int_0^{\infty} (p(x) - p_0) dx = \int_Y^0 \frac{(p(y) - p_0)}{\left(\frac{dy}{dx}\right) \frac{L_i}{L_i}} dy = \\ &= \lambda n_i L_i \int_Y^0 \frac{(e^{-y} - 1)}{\left(\frac{dy}{d\xi}\right)} dy = \frac{1}{2} \lambda n_i L_i \int_0^Y \frac{(1 - e^{-y})}{F(y)} dy \end{aligned} \quad (2.64)$$

Oxirida quyidagiga ega bo'lamiz

$$\Gamma_p = \frac{1}{2} \lambda n_i L_i \Phi_p(Y, \lambda), \quad (2.65)$$

Bu yerda

$$\Phi_p(Y, \lambda) = \int_0^Y \frac{(1 - e^{-y})}{F(y, \lambda)} dy. \quad (2.66)$$

Shunga o'xshash ko'rsatish mumkinki,

$$\Gamma_n = -\frac{1}{2} \lambda^{-1} n_i L_i \Phi_n(Y, \lambda), \quad (2.67)$$

be yerda

$$\Phi_n(Y, \lambda) = \int_0^Y \frac{(1 - e^y)}{F(y, \lambda)} dy. \quad (2.68)$$

Φ_p va Φ_n kattaliklarni umumiy holda faqat son qiymatli integrallash bilan topish mumkin.

Q_{sv} uchun

$$Q_{sv}(Y) = \frac{1}{2} q n_i L_i [\lambda \Phi_p(Y, \lambda) - \lambda^{-1} \Phi_n(Y, \lambda)]. \quad (2.69)$$

quyidagiga ega bo'lamiz.

Φ_p va Φ_n integrallar alohida olinmasada kvadrat qavsdagi ifoda integrallanadi.

Lekin, buni saddaroq holda Q_{sv} ni boshqacha usulda aniqlash ya'ni Ostrogradskiy Gauss teoremasidan foydalanib topish ancha osonligini ko'rsatish mumkin. Bu teoreмага ko'ra

$$\left(\frac{d\psi}{dx}\right)_{x=0} = -\frac{4\pi}{\varepsilon} Q_{ss}. \quad (2.70)$$

bundan

$$\begin{aligned} -Q_{ss} = Q_{sv} &= \frac{\varepsilon}{4\pi} \left(\frac{d\psi}{dx}\right)_{x=0} \frac{L_i \beta}{L_i \beta} = \frac{\varepsilon}{4\pi \beta L_i} \left(\frac{dy}{d\xi}\right)_{\xi=0} = \\ &= \frac{\varepsilon}{4\pi \beta L_i} (2F(Y, \lambda)) = q n_i L_i F(Y, \lambda) \end{aligned} \quad (2.71)$$

chunki $\frac{\varepsilon}{2\pi q\beta n_i} = L_i^2$ i $\frac{\varepsilon}{2\pi q\beta n_i} = n_i L_i$. Shunday qilib $-Q_{ss} = Q_{sv} = q n_i L_i F(Y, \lambda)$

(2.69) va (2.71) larni taqqoslashdan

$$\frac{1}{2} [\lambda \Phi_p(Y, \lambda) - \lambda^{-1} \Phi_n(Y, \lambda)] = F(Y, \lambda). \quad (2.72)$$

kelib chiqadi. Umuman (2.71) ifoda (2.69) ga nisbatan soddaroq ko'rinsada, ayrim hisoblashlarda (2.69) dan foydalanish qulaylik tug'diradi.

1.1.4. Sirtiy holatlar zaryadi Q_{ss} .

Sirtiy holatlardagi zaryadlar yig'indisi (2.69) va (2.71) formulalar bo'yicha berilgan Y qiymatlari uchun hatto CX strukturasi noma'lum bo'lganda ham hisoblash mumkin. Agar CX energetik strukturasi ma'lum bo'lsa, ya'ni konsentratsiya va sathlarni energetik holatlari ma'lum bo'lsa, unda Q_{ss} berilgan Y uchun boshqacha usullarda ham aniqlanishi mumkin. Aytaylik asosiy holatdagi E_{ds}^i energiya va N_{ds}^i konsentratsiya bilan sirtida donor turidagi CX va akseptor turidagi E_{as}^j va N_{as}^j parametrlarga ega sirtiy holatlari mavjud bo'lsin, unda, xuddi hajmiy markazlar uchun bo'lganidek

$$Q_{ss} = q \sum_i N_{ds}^i f_p(E_{ds}^i) - q \sum_j N_{as}^j f_n(E_{as}^j), \quad (2.73)$$

bu yerda

$$f_p(E_{ds}^i) = \frac{1}{1 + \exp(\frac{F - E_{ds}^i}{kT})}, \quad (2.74)$$

$$f_n(E_{as}^j) = \frac{1}{1 + \exp(\frac{E_{as}^j - F}{kT})} \quad (2.75)$$

Ifodalar sirt holatlari uchun elektronlar va kovaklarni Fermi funksiya taqsimoti. Soddalik uchun spin bo'yicha aynish faktorlarini birga teng deb olamiz (2.73 – 2.75) formulalarni odatda yanada qulayroq ko'rinishda yoziladi. Buning uchun sirtiy holatlar energetik sathlar holatlarini F_{is} sathdan boshlab sanaymiz va belgilash kiritamiz.

$$E_{ds}^i - F_{is} = \varepsilon_{ds}^i, \quad (2.76)$$

$$F_{is} - E_{as}^j = \varepsilon_{as}^j. \quad (2.77)$$

Etibor qilamiz, ilgari sirt potentsiali tushunchasini (2.4) formula bo'yicha kiritilgan edi.

$$qV_s = F - F_{is},$$

bu yerda V_s – zonalar egilishiga bog'liq.

Haqiqatan

ham

$$qV_s = F - F_{is} = F - (F_{i0} + U_0) = (F - F_{i0}) + kTY = -kT \ln \lambda + kTY = kT(Y - \ln \lambda).$$

Bu yerda $U_0 = -kTY$ va $F - F_{i0} = -kT \ln \lambda$ dan foydalanildi. Shunday qilib,

$$qV_s = kT(Y - \ln \lambda). \quad (2.78)$$

Masalan (2.74) dagi farqni qarab chiqamiz.

$$F - E_{ds}^i = -(E_{ds}^i - F) = [(E_{ds}^i - F_{is}) - (F - F_{is})] = -(\varepsilon_{ds}^i - qV_s). \quad (2.79)$$

Shunga o'xshash

$$E_{as}^j - F = \varepsilon_{as}^j - qV_s. \quad (2.80)$$

ko'rsatish mumkin. Yangi belgilanishlarda

$$Q_{ss}(Y) = q \sum_i \frac{N_{ds}^i}{1 + \exp(-\frac{\varepsilon_{ds}^i - qV_s}{kT})} - q \sum_j \frac{N_{as}^j}{1 + \exp(\frac{\varepsilon_{as}^j - qV_s}{kT})}. \quad (2.81)$$

Ko'rsatish mumkinki,

$$G(Y) = (\lambda + \delta)(e^{-Y} - 1) - (\lambda^{-1} + \delta)(e^Y - 1), \quad (2.83)$$

$$F(Y) = \pm \left[(\lambda + \delta)(e^{-Y} - 1) + (\lambda^{-1} + \delta)(e^Y - 1) + (\lambda - \lambda^{-1})Y \right]^{1/2}. \quad (2.84)$$

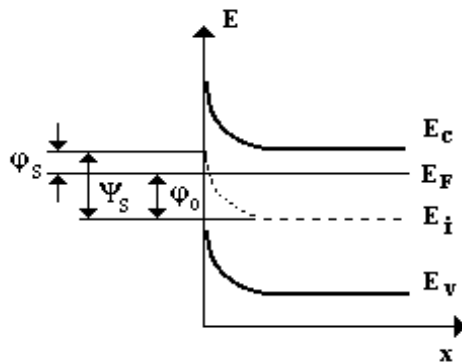
Qaralayotgan nazariyada sirtida boyitilgan yoki invers holatlar borligida sirt potensial chuqurida elektron gazni kvantlanishi mumkinligini hisobga olinmaydi.

Kvant mehanikasidan ma'lumki, potensial chuqur o'lchami elektronlarni Debroyl to'lqini λ_e bilan tenglashib borganda elektronlar energiyasi kvantlanib oladi.

Invers qatlamlarda esa $L \approx \lambda_e$ ga osonginina erishish mumkin. Bir qator ishlarda FSZ nazariyasi rivojlantirilib, sirdagi elektron gazni aynish darajasi, chuqur satxlar bo'lishga, fotoqo'zg'alishlar, o'lchami kvantlanishlar hisobga olingan.

1.1.5. Metall-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturaning volt-farada xarakteristikasi nazariyasi.

Metall–dielektrik-yarimo'tkazgichstrukturaning volt-faradaxarakteristikasini hisoblash uchun metal-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturaning n-tur o'tkazuvchanlikka ega yarimo'tkazgich qatlamiga kambag'allashtiruvchi kuchlanish berilgan hol uchun sohalar diagrammasini ko'rib chiqamiz (2.4-rasm).



2. 4 - rasm. n – turdagi o'tkazuvchanlikka ega yarimo'tkazgichli MDYa strukturalarga kamaytiruvchi kuchlanish berilgandagi zonalar diagrammasi.

Yarimo'tkazgichning dielektrikka tegib turgan sohasidagi hajmiy zaryad zichligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\rho(x) = q[N_d - n(x)] \quad (1)$$

Bu yerda, N_d – ionlashgan donor kirishmalar konsentratsiyasi, $n(x)$ - erkin elektronlar konsentratsiyasi.

Yarimo'tkazgichdagi erkin elektronlar konsentratsiyasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$n(x) = n_0 \exp\left[\frac{q(\varphi(x) - \varphi_0)}{kT}\right] \quad (2)$$

bu yerda, n_0 —yarimo'tkazgich hajmidagi erkin elektronlar konsentratsiyasi, T -temperatura, k —Boltsman doimiysi, φ_0 -elektronlar uchun Fermi sathi bilan yarimo'tkazgich taqiqlangan sohasi orasidagi energetik oraliq (1.4-rasm). φ kattalik yarimo'tkazgich sirtida $\varphi = \varphi_s$ va uning chuqurligida $\varphi = 0$ qiymatga ega bo'ladi.

Puasson tenglamasini

$$\frac{d^2\varphi(x)}{dx^2} = -\frac{\rho(x)}{\epsilon\epsilon_0} \quad (3)$$

ni (1) va (2) dan foydalanib quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{d^2\varphi(x)}{dx^2} = -\frac{q}{\epsilon\epsilon_0} \left[N_d - n_0 \exp\left[\frac{q(\varphi(x) - \varphi_0)}{kT}\right] \right] \quad (4)$$

bu yerda ϵ -dielektrik singdiruvchanligi, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m ga teng bo'lgan elektr doimiysi.

(4) ni x koordinata bo'yicha integrallab quyidagini olamiz:

$$\frac{d\varphi}{dx} = \left[\frac{2n_0 kT}{\epsilon \epsilon_0} \left[\exp \frac{q(\varphi_s - \varphi_0)}{kT} - 1 \right] - \frac{2qN_d}{\epsilon \epsilon_0} (\varphi_s - \varphi_0) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Gauss teoremasi:

$$Q = \epsilon \epsilon_0 \frac{d\varphi}{dx} \quad (6)$$

dan foydalanib, yarimo'tkazgichdagi zaryad o'zgarishini quyidagi ko'rinishda ifodalaymiz:

$$\frac{dQ}{dx} = \epsilon \epsilon_0 \frac{d}{dx} \left(\frac{d\varphi}{dx} \right) = \epsilon \epsilon_0 \frac{d^2 \varphi}{dx^2}$$

$$\text{va } dQ = \epsilon \epsilon_0 \frac{d^2 \varphi}{dx^2} dx \quad (7)$$

yarimo'tkazgichning differentsial sig'imi:

$$C_s = \frac{dQ}{d\varphi_s} \quad (8)$$

(8) ni (7) dan foydalanib:

$$C_s = \epsilon \epsilon_0 \frac{d^2 \varphi}{dx^2} \frac{dx}{d\varphi_s} \quad (9)$$

yoki:

$$C_s = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \frac{d^2 \varphi}{dx^2}}{\frac{d\varphi_s}{dx}} \quad (10)$$

ko'rinishda ifodalaymiz. (4) va (5) ifodalarni (10) ga qo'yib quyidagi ifodani olmiz:

$$C_s(\varphi_s) = \frac{-q \left[N_d - n_0 \exp \frac{q(\varphi_s - \varphi_0)}{kT} \right]}{\left[\frac{2n_0 kT}{\varepsilon \varepsilon_0} \exp \left[\frac{q(\varphi_s - \varphi_0)}{kT} - 1 \right] - \frac{2qN_d}{\varepsilon \varepsilon_0} (\varphi_s - \varphi_0) \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (11)$$

$$\frac{\varphi_s - \varphi_0}{kT} = Y_s$$

debbelgilashkiritib, (10) ni:

$$C_s(Y_s) = \frac{q(N_d - n_0 \exp Y_s)}{\left[\frac{2n_0 kT}{\varepsilon \varepsilon_0} (\exp Y_s - 1) - \frac{2qN_d kT}{\varepsilon \varepsilon_0} Y_s \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (12)$$

yoki qulayroq

$$C_s(Y_s) = \frac{qn_0(\exp Y_s - 1)}{\left(\frac{2n_0 kT}{\epsilon \epsilon_0}\right)^{\frac{1}{2}} (\exp Y_s - Y_s - 1)^{\frac{1}{2}}} \quad (13)$$

ko'rinishdayozamiz.

Ideal metall-dielektrik-

yarimo'tkazgich strukturadasirtiy zaryadlarmavjud bo'lmaydi,

natijadasirtiy holatlarsig'imin olgaten bo'ladi.

Demak MDYa strukturaning soddalashgan ekvivalent sxemasini dielektrik qatlamsig'i

mi (S_0) va yarimo'tkazgich sig'imi (S_s) ning ketma-

ketulanishi sifatida savvur qilish mumkin.

Strukturaning to'lasig'iminiesaquyidagi ifoda yordamida ifodalash mumkin.

$$C = \frac{C_0 C_s}{C_0 + C_s} \quad (14)$$

MDYa strukturadagi doimiy kuchlanish tushuvi (U):

$$U = U_0 + U_s + U_i \quad (15)$$

ko'rinishda, ya'ni dielektrik qatlamdagi kuchlanish tushuvi (U_0), yarimo'tkazgich qatlamdagi kuchlanish tushuvi (U_s) va invers qatlamdagi kuchlanish tushuvi (U_i) larning yig'indisidan iborat. (14) tenglamaning oxirgi hadi faqatgina sohalarning katta inversiyaviy egilishiga ($\varphi_s > 2\varphi_0$) olib keluvchi yuqori inversiyaviy kuchlanishlardagina mavjud bo'ladi. Ideal MDYa strukturaning volt-farada xarakteristikasini hisoblash uchun strukturaga berilgan kuchlanish tushuvini sirtiy potentsial φ_s orqali ifodalash kerak.

Elektr maydon kuchlanganligi tushunchasidan va yassi kondensator sig'imi uchun quyidagi ifoda bizga tanish:

$$E = -\frac{d\varphi}{dx} \quad \text{bo'lsa,} \quad C_0 = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_0 S}{x} \quad (16)$$

(16) dan foydalanib ideal metall-dielektrik-yarim-o'tkazgich strukturada kuchlanish tushuvi uchun ifoda olamiz:

$$\Delta U = \left(\frac{2n_0 kT}{\varepsilon \varepsilon_0} \right)^{\frac{1}{2}} (\exp Y_s - Y_s - 1)^{\frac{1}{2}} \varepsilon_1 \varepsilon_0 \frac{S}{C_0} + \frac{kT}{q} Y_s \quad (17)$$

Bu yerda: ε_1 - dielektrikning dielektrik singdiruvchanligi, S —struktura yuzasi, T —struktura temperaturasi. (12), (13) va (16) ifodalardan foydalanib, dielektrikning (material tabiati va qalinligi) va yarimo'tkazgichning (material tabiati va undagi asosiy zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi) berilgan qiymatlarida ideal metall–dielektrik–yarimo'tkazgichstrukturaning volt-farada xarakteristikasini hisoblash mumkin. Hisoblashlarda o'lchamsiz Y_s kattalik -30 dan $+30$ gacha oraliqda tanlanadi. Yarimo'tkazgich va dielektrikning hisoblashlar uchun zarur parametrlari volt-farada xarakteristikasi bo'yicha eksperimental aniqlanadi. Dielektrik qatlamning qalinligi (15) ifoda yordamida xarakteristikaning yuqori sig'imi (C_0) kattaligi bo'yicha aniqlanadi. Asosiy zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi quyidagi:

$$N = 2,59 \cdot 10^4 \frac{T}{S^2} \frac{1}{C_i^2} \quad (18)$$

ifoda yordamida eksperimental volt-farada xarakteristikaning ham pastki ($C_{\min}$), ham yuqori (C_0) sig'im kattaliklari bo'yicha aniqlanishi mumkin:

$$C_i = \frac{C_0 C_{\min}}{C_0 - C_{\min}} \quad (19)$$

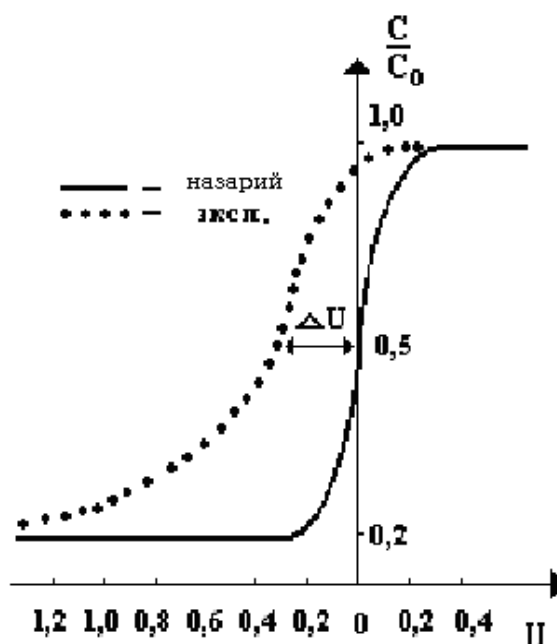
Namuna sifatida 1.5-rasmda ideal metall-dielektrik-yarimo'tkazgich struktura uchun hisoblangan (uzluksiz egri chiziq) volt-farada xarakteristika (dielektrik qatlam sig'imi kattaligiga normallashtirilgan) keltirilgan. Ushbu rasmdan ko'rinib

turibdiki, eksperimental xarakteristika nazariy xarakteristikadan farq qiladi. Bu esa nazariy hisoblashlarda sirtiy holatlar ta'siri hisobga olin-maganligi bilan bog'liq. Yahni, yarimo'tkazgich–dielektrik ajralish chegarasida lokallashgan elektron holatlar va yarimo'tkazgich–dielektrik ajralish chegarasida lokallashgan zaryadlar mavjud bo'lganda ushbu zaryadlarda kuchlanishning tushuvi yuzaga keladi. Aynan mana shu sirtiy zaryadlarda kuchlanishning tushuvi volt-farada xarakteristikani kuchlanishning manfiy qiymati tomonga qarab suradi. Sirtiy zaryadlarda kuchlanishning tushuvi Q_{ss} orqali quyidagi ifoda yordamida yozilishi mumkin:

$$\Delta U = \frac{Q_{ss} S}{C_0} \quad (20)$$

$Q_{ss}/q = N_{ss}$ (N_{ss} - sirtiy holatlar zichligi) ifodadan foydalanib, sirtiy holatlar va kuchlanish tushuvini bog'lovchi munosabatni hosil qilamiz:

$$N_{ss} = \frac{\Delta U}{qS} C_0 \quad (21)$$



1. 5-rasm. Metall-dielektrik-yarimo'tkazgichstrukturaning xonatemperasidagi dielektrik qatlamiga moslangan nazariy va eksperimental volt-farada xarakteristikalar.

Qisqacha xulosalar.

1. Yarimo'tkazgich asboblarning sifati va yaroqliligini oshirishga qo'yiladigan talablar, dioksid kremniyni xajmida va uning kremniy bilan chegarasida bo'ladigan asbobni tayyorlashda va ishlatish jarayonida va har xil tashqi ta'sirlar ostida bo'ladigan fizik jarayonlarni alohida o'rganishni talab qiladi.
2. Yarimo'tkazgich-dielektrik fazalar aro o'tish sohasining generatsion-rekombinatsiya xarakteristikalarini o'rganishda, universal qatlamini zaryadini oshirish jarayonida MDYa strukturalar hajmini izotermik relaksatsiya qilish metodidan ko'p foydalaniladi.
3. Yuqori chastotali volt-farada xarakteristikasi metodining amaliy jihatdan aytib o'tilib, u bir siklning o'zida yarimo'tkazgich materialda elektrik va yarimo'tkazgich-dielektrik chegarasi xarakteristikalar haqida to'la malumot berib, ushbu metod eksperimental qo'yilishini soddaligi va o'rganilayotgan namunani zararlamsligi bilan afzaldir.

II – BOB

O’LCHASH USULLARI

2.1 O’lchov qurilmasini tavsifi.

Metal-dielektrik-yarimo’tkazgich strukturalarni relaksatsion va yuqori chastotali volt-farad xarakteristikalarini o’lchash uchun [50] ishdagi qurilmaga o’lchagan va takomillashtirilgan qurilmadan foydalandik. Bu qurilmani blok sxemasi quyidagi 2.1 - rasmda keltirilgan

Bu yerda G – sinusoidal yuqori chastotali tebranish manbai (TZ-106 turdagi)

M -to’la o’tkazuvchanlik ko’prigi (MPP-300 turidagi), U -ko’prik razbalansi signalini kuchaytirgich detektor bilan birlashtirilgan, IPN o’zgarmas siljish kuchlanish manbai (KBNS turidagi)

O - nol indikatori (ostsillograf S1-78)

S - ikki koordinatali o’ziyozar, Sx -o’lchanayotgan struktura.

To’la o’tkazuvchanlik ko’prigi (2.2-rasmga qarang.) ikkita transformatoridan iborat bo’lib u kuchlanish transformatori (T_1) va tok transformatori (T_2), yana kompleks etalon qarshilik (RC) dan iborat.

Kuchlanish transformatorining ikkilamchi o’rami shunday ulanganki, o’lchanayotgan va etalon qarshiliklar kompleks o’zaro teng bo’lib qolganda, tok transformatorining birlamchi o’ramidan o’tayotgan toklar G generatordan berilgan o’zgaruvchan kuchlanishni o’zaro kompensatsiyalaydi. Kompensatsiyalanish darajasini nol indikator yordamida registratsiya qilinadi. (2.1-rasmga qarang). Etalon qarshilik RC -zanjirdan iborat va gradiurovkalangan (shkalalangan) o’zgaruvchan sig’imli kondensatordan tashkil topgan.

Etalon kondensator sifatida maxsus gradiurovkalangan kondensatorlar bloki va asllikni o'lchovchi priborlardan foydalaniladi E 9-1 va Ye 12-1

Etalon R va sig'im S lar ko'prikni balansga keltirish uchun xizmat qiladi va o'lchanayotgan kattaliklarni sanoq boshini aniqlaydi.

Bu qurilmani ko'prik razbalansiga sezgirliigi, sig'im bo'yicha 0,1 PF tartibida bo'ladi va u MDYa strukturalarni C-V bog'lanishlarini olishga yetarlicha to'la bo'ladi. Relaksatsion xarakteristikalarini olish uchun har ikki kuchlanish manbalari kuchlanishlarini almashtirishdan ($V_1 \rightarrow V_2$) va o'ziyozar S dan foydalaniladi.

Sig'im relaksatsiyasini temperaturaga bog'lanishini o'rganish uchun tadqiq etilayotgan MDYa struktura konstruktsiyasi.

2.3 - rasmda ko'rsatilgan kriostatga joylashtiriladi.

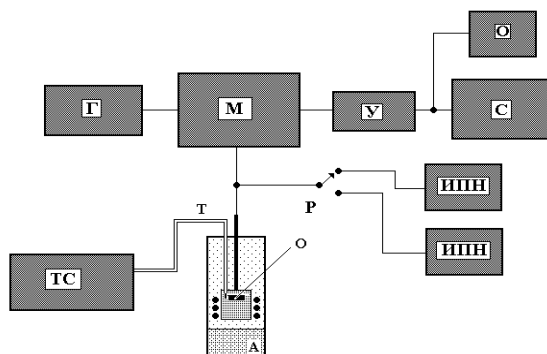
Bu yerda: 1- o'rganilayotgan struktura 2-3-kvartslı stakan, 4-suyuq azot, 5-penoplastli to'n (kojux), 6-isitgich o'rami, 7-fosforli bronzadan qilingan qisqichli kontakt 8-nur o'tkazmaydigan kamera.

O'lchanayotgan namuna temperaturasi xromel-alyumen termopara yordamida nazorat qilinadi. (2.1-rasmda T)

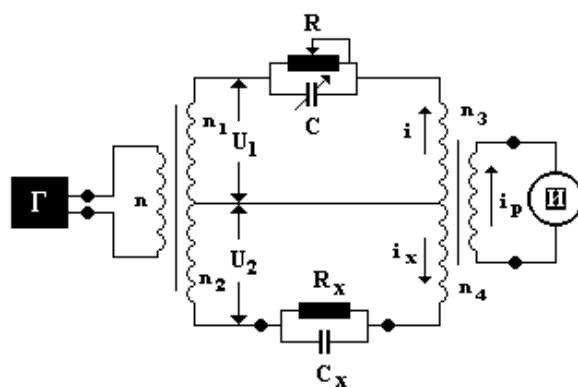
O'lchash aniqligini oshirish uchun termoparani ishchi uchini 0°C temperaturada ushlab turiladi.

Termopara hosil qilgan EDS V7-21 turidagi voltmetrga boradi. Ko'rsatilgan qurilmaga temperaturani stabilizatsiya qiluvchi sxema ham kiritilgan bo'lib, termo EDS ni berilgan qiymatdan chetlanishini fiksirlaydi va isitgich elementi 9 ni manba bilan tahminlashni boshqaradi.

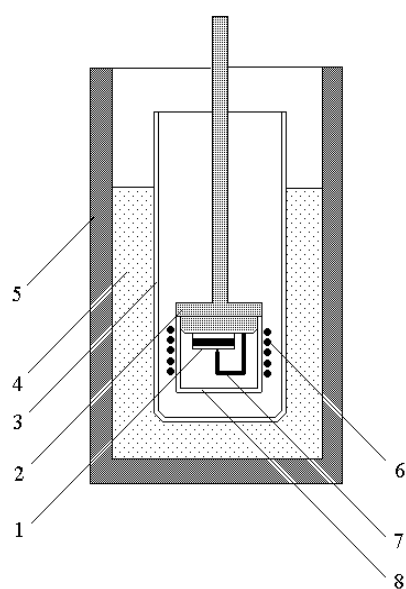
Bu sxemani kiritilishi temperaturani 0,1°C atrofida stabilizatsiya qilishni tahminlaydi.



2. 1 – rasm. O'lchov qurilmasining blok sxemasi.



2. 2 – rasm. O'lchovchi ko'prik sxemasi.

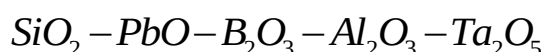


2.3 - rasm. Kriostat konstruktsiyasi.

Bu yerda: 1- o'rganilayotgan struktura 2-3-kvartsli stakan, 4-suyuq azot, 5-penoplastli to'n (kojux), 6-isitgich o'rami, 7-fosforli bronzadan qilingan qisqichli kontakt 8-nur o'tkazmaydigan kamera.

2.2 Tadqiq etilayotgan namunalar.

Tadqiqot namunalari metall (Al) – shisha – yarimo'tkazgich (Si) tuzilmadan iborat. SHisha sifatida quyidagi tarkibli qo'rg'oshin – bor – silikati qotishmasidan foydalaniladi.



SHisha tarkibini tanlashda quyidagilarga asoslanadi: PbO va B_2O_3 oksidlarning yuqori tarkibi shishaning erish temperaturasi pasaytiradi, lekin uning qiymati 50 – 60 % dan ortganida shishaning elektrofizik xususiyatlari yomonlashadi [50]. Ayni paytda bu oksidlarning shishadagi tarkibi 30 % dan kamayishi shisha erish temperaturasi ortishiga olib keladi.

SHishaning chiziqli kengayish temperaturaviy koeffitsienti kristall kremniynikiga yaqin bo'lishi uchun uning tarkibida SiO_2 miqdori 50 % dan oshmasligi kerak.

Tarkibida alyuminiy oksidi (Al_2O_3) ning oz miqdori mavjudligi (1-2 %) shisha kimyoviy turg'unlikni oshirish bilan birgalikda shisha dielektrik singdiruvchanligini oshiradi. [51] Ularning miqdori 2 – 3 % dan ortib ketishi erish temperaturasi sezilarli ortiradi. Keltirilgan ma'lumotlar asosida shisha – tarkibi SiO_2 (32 – 45 %), PbO (30 – 40 %), B_2O_3 (10 – 15 %), Al_2O_3 (2 %), Ta_2O_5 (1 %) qilib olinadi. Barcha shisha namunalarida ishqoriy metall oksidlari (KO va NaO) miqdori 0,01 % dan ortmaydi.

SHishalar 1450°C -1500°C temperaturada qayta ishlab olinadi. Barcha aytilgan tarkibli shisha namunalari quyidagi xarakteristikalarga ega: dielektrik singdiruvchanlik $\varepsilon = 7-8$ solishtirma qarshiligi (xona temperaturasi)

$\rho = 10^{12} - 10^{13} \text{ Om}$. yumshash teperaturasi $T_0 = 680^\circ\text{C}$ chiziqli kengayishi koeffitsienti $\alpha = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ bo'lib, Si ning α qiymatiga yaqin $\alpha_{Si} = 4,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

So'ngra shishalar planetar tipdagi tegirmonda maydalab olinadi. Olingan bo'lakchalar o'lchami 25 mkm dan ortmaydi.

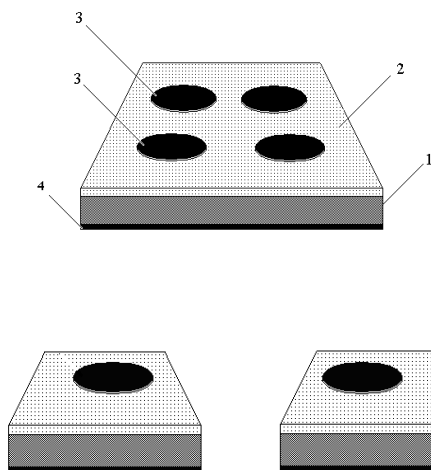
SHisha – yarimo'tkazgich sinov tuzilmalarini olish uchun shisha – izopropil spirt suspenziyasidan foydalanib (0,1/100 nisbatdagi), u elektroforez usulida ($J = 10^{-5} \text{ A}$) Si ning $10 \div 50 \text{ Om}$ qarshilikli, $\langle 111 \rangle$ kristalografik orientatsiyali standart usulda kimyoviy ishlov berilgan plastinalari sirtiga o'tkazildi.

SHisha eritilishi azot atmosferasida shisha yumshash temperaturasiga yaqin temperaturada, olingan namunalar 470° S temperaturada 30 minut kuydirilgandan so'ng bajarildi.

Termik qayta ishlov rejimlarining olingan qoplamlar xarakteristikasiga ta'sirini tekshirish maqsadida ikki gruppaga ajiratildi. Birinchi gruppaga namunalari $680 \pm 5^\circ \text{ N}$ temperaturada, ikkinchisi 700° C da eritilgan gruppaga.

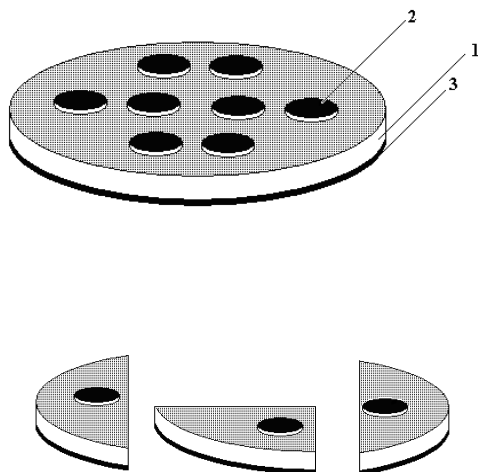
Ikkala gruppani xam qoplashga 9 minutdan vaqt sarflanadi. Sinov metall – shisha – yarimo'tkazgich tuzilmalarini olish uchun shisha sirtiga (boshqaruvchi elektrod) va yarimo'tkazgich plastinasiga (omik kontakt) vakuumli changlatish yo'li bilan alyuminiy qoplandi. Boshqaruv elektrodi yuzasi $0,01 \text{ sm}^2$ ni tashkil etib, olingan shisha qatlamining qalinligi metall – shisha – yarimo'tkazgich tuzilma sig'imini yuqori chastotali (150 kGts) usulda o'lchash orqali aniqlanib, 10 – 15 V kuchlanishlarda $2 \pm 0,2 \cdot 10^{-4} \text{ sm}$ ni tashkil etadi. 2,4 – 2,5 rasmlarda tatqiqot ishida qo'llanilgan metall – shisha – yarimo'tkazgich tuzilmalar (2,4 rasm) va SHottki – diodlari (2,5 rasm) ning tashqi ko'rinishi tasvirlangan.

Dielektrik qatlamli tuzulmalar PO «foton» sanoat texnologiyasi bo'yicha olingan SiO_2 (n-Si- SiO_2 -Al) dan tayyorlandi.



2.4 – rasm. Foydalanilgan tuzilmalardan birining tashqi ko'rinishi.

1 – yarimo'tkazgich taglik ($n - Si$), 2 – shisha qatlami, 3 – alyuminiy boshqaruv elektrodleri, 4 – Omik kontakt (Al)



2.5 – rasm. Foydalanilgan metall – yarimo'tkazgich tuzilmalardan birining tashqi ko'rinishi

1 – yarimo'tkazgich taglik ($n - Si$), 2 – to'g'rilovchi kontakt (Au), 3 – Omik kontakt (Al).

2.3 Sirt potensialini o'lchash usullari.

1. Dinamik kondensator usuli.

Sirtni o'zgarmas potensialini va uning turli ta'sirlar ostida asta – sekin o'zgarishini o'lchashni o'ta qulay usuli, bu dinamik kondensator usulidir. Bu usulni asosiy afzalligi shundaki, u juda yuqori sezgirlikka ega

($10^{-3} - 10^{-4}$ B) va katta temperatura intervalida, hamda ixtiyoriy gaz muxitida amalda o'lchash imkoniyatiga ega. Dastlab bu usul Kelvin tomonidan kontakt potensiallar farqini o'lchash uchun taklif etilgan bo'lsada, hozirgi kunda ham sirt potensialini va uning o'zgarishini o'lchashda keng qo'llaniladi.

Tadqiq etilayotgan yassi namuna atmosferadagi kondensator qoplamasini bir tomoni hisoblanadi. Ikkinchi qoplamasi esa, etalon elektrodan iborat (u kvars yoki shisha asosiga qoplangan yarim shaffof metal qatlami, yoki bo'lmasa agar yoritish talab etilmaydigan bo'lsa, soddagina metal plastinadan bo'lishi ham mumkin.

Etalon elektrodga qo'yiladigan asosiy talab, bu uning chiqish ishini vaqt bo'yicha tadqiq etilyapgan sharoitdagi ta'sirlar ostida o'zgarmay barqaror turishidir. Etalon elektrod tadqiq etilyapgan sirtga iloji boricha yaqinroq joylashtiriladi va elektrodlardan birini, odatda etalon elektrodni turli xildagi mexanik qurilmalar yordamida titratiladi, ya'ni dinamik kondensator hosil qilinadi. Titrash natijasida kondensator qoplamalari orasidagi masofa oddiy garmonik tebranish qonuni bo'yicha o'zgaradi.

$$d = d_0 + a \sin \omega t \quad (1)$$

bu yerda d_0 –qoplamalar orasidagi o'rtacha masofa. a – tebranish amplitudasi. Sezgirlikni oshirish uchun iloji boricha $a \approx d_0$ bo'lishi kerak, lekin qoplamalar bir biriga tegib ketmasligi lozim. Dinamik kondensator sig'imini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin.

$$C = \frac{S}{4\pi(d_0 + a \sin \omega t)} \quad (2)$$

Agar qoplamalar orasida doimiy, yoki sekin asta o'zgaruvchi kontakt potentsiallar farqi, yoki boshqa turdagi V kuchlanish bo'lsa, qoplamalardagi zaryad o'zgaradi va

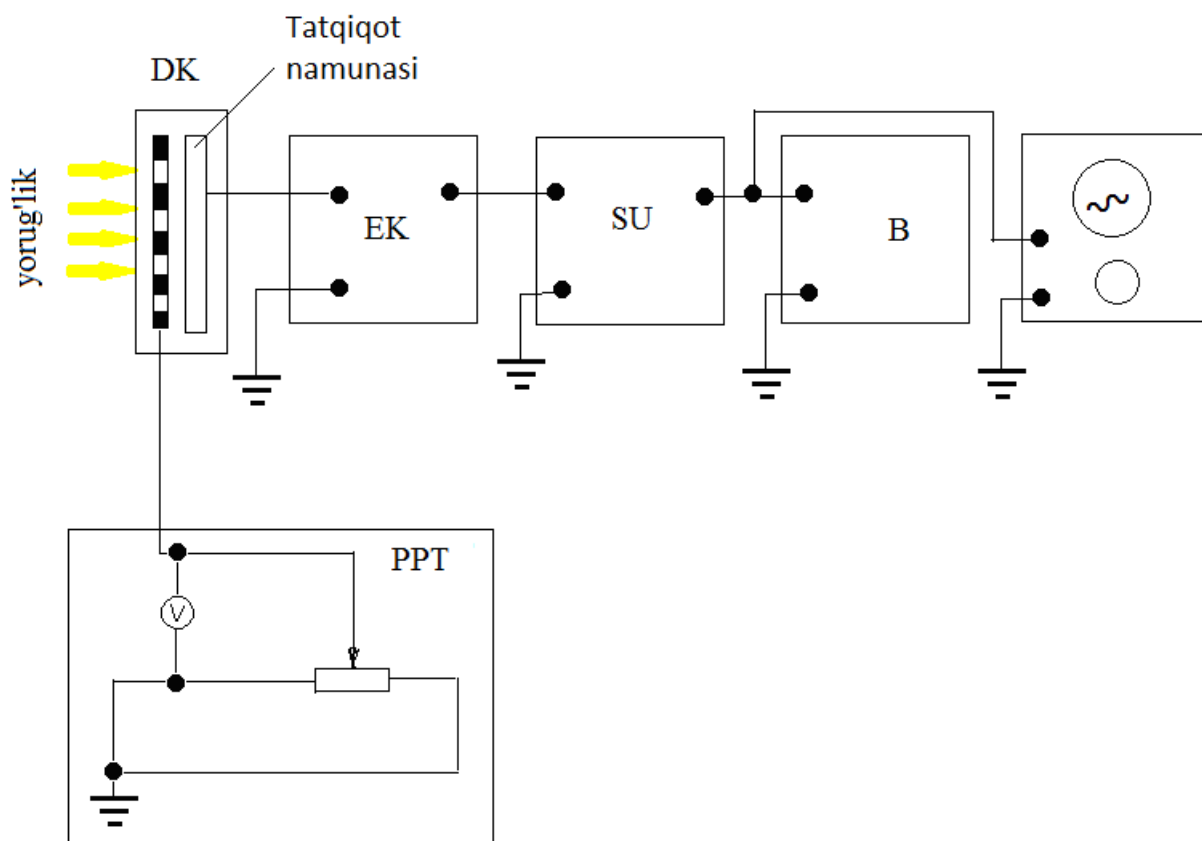
$$dQ = V dC \quad (3)$$

tashqi zanjirda o'zgaruvchan tok yuzaga keladi.

$$I = \frac{dQ}{dt} = V \frac{dC}{dt} \quad (4)$$

Agar $V = 0$ bo'lsa, sig'im o'zgarishiga qaramay $J = 0$ bo'ladi. Doimiy tok potentsiometri yordamida qoplamalarga tashqi V ishorasiga qarama – qarshi potentsiallar farqini berib, biz tadqiq etilayapgan potentsialni kompensasiyalashimiz mumkin va tashqi zanjirilarida o'zgaruvchan signalni yo'qolgan momenti paytida potentsiometr ko'rsatgan kontakt potentsiallar farqini topamiz. Dinamik kondensator usulida o'lchash sxemasi 1 – rasmda keltirilgan. Chiqish ishlarini farqidan yuzaga keladigan signal elektrometik kaskad (EK) orqali o'tib tanlov kuchaytigichda kuchaytiriladi, voltmetrda kuchlanish V o'lchanadi va ostsiollograf kirishiga ulanadi. Potentsiallar yordamida dinamik kondensatorga kontakt potentsiallar farqiga (KPF) teng va qarama – qarshi ishorali o'zgarmas kuchlanish berib, voltmetr va ostsiollografdagi signalni kompensiraymiz. Dinamik kondensatorni titrash chastotasi odatda 20 – 100 Gs atrofida tanlanadi. Kompensatsion usul kontakt potentsiallar farqini juda katta aniqlik bilan o'lchashni ta'minlaydi. Madomiki, bu usulda tadqiq etilayapgan sirt va etalon sirt orasidagi kontakt potentsiallar farqi o'lchanar ekan, unda etalon elektrodning chiqish ishi qiymati stabil saqlanishi muhim hisoblanadi. Ushbu usul bilan yana foto E.Y.K. qiymatini kontakt potentsiallar qiymatlarini qorong'udagi V_0 va yoritilgandagi V_L lar farqi orqali $\Delta V_{ph} = V_L - V_0$ topish mumkin.

Kichik yuzali elektroddan foydalanib va uni namuna sirti yuzasi bo'lylab ko'chirib yurish orqali tadqiq etilayapgan namuna sirtida kontakt potentsiallari farqini fazoviy taxsimotini ham o'rganish mumkin.



1 – rasm. Dinamik kondensator usulida sirt potentsialini o'lchash sxemasi.

DK – dinamik kondensator, PPT – doimiy tok potentsiometri, EK – elektrometrik kaskad,

$R_{gx} > 10^{10} \text{ Om}$, CU – tanlov kuchaytirgichi, B – voltmetr, O – ostsillograf.

2. Statik kondensator usuli. Dinamik kondensator usuli etalon va tekshirilyapgan na'muna sirti orasidagi doimiy potentsiallar farqini va uni juda sekin o'zgargandagi (minut,soat) qiymatini o'lchashga imkon beradi. Lekin, u sirt potentsialini tez o'zgarishini o'rganishga bag'ishlanmagan. Masalan, yoritishni yuqori chastota bilan modulyatsiyalab, ta'sirini o'rganishga yaramaydi. Sirt potentsialini tez o'zgarishini o'rganish uchun (masalan, 10^5 chastotagacha) modulyatsiyalab yoritishga elektrodlar xarakatsiz, odatdagi, kondensator usulidan foydalanish mumkin. Bu holda tekshirilayapgan sirt, etalon sirtidan yupqa

dielektrik qatlam, odatda slyuda bilan, ajratiladi. So'ng yarimo'tkazgich sirtini sinus qonuni bo'yicha o'zgaradigan yoritish tizimi bilan yoritiladi.

$$L = L_0(\sin \omega t + 1) \quad (5)$$

Bu holda foto E.Y.K. tufayli o'zgargan potentsiallar farqi quyidagiga teng.

$$dV_{Ph} = V_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (6)$$

Bu yerda φ - hosil bo'lgan kuchlanish va yorug'lik fazalarini siljishi.

Sig'im o'zgarmay turganda kondensator qoplamalaridagi zaryad quyidagi ifodaga ko'ra ro'y beradi .

$$dQ = CdV_{Ph} \quad (7)$$

Hosil bo'lgan tok esa, bu zaryadni vaqt bo'yicha hosilasi orqali aniqlanadi.

$$I = \frac{dQ}{dt} \propto \cos(\omega t + \varphi) \quad (8)$$

Foto E.Y.K.ni o'lchashda dinamik konsator uchun qo'llangan sxemadan foydalanish mumkin.

Bunda o'lchanayapgan o'zgaruvchan kuchlanish foto E.Y.K. kattaligiga teng bo'lmaydi.

$$V^{\approx} = IR_N \neq dV_{Ph} \quad (9)$$

Foto E.Y.K.ni absolyut qiymatini aniqlash uchun sxemani kolibrovkalash lozim.

Sxemani zaruriy ishlash sharti.

$$\tau = R_N C \gg T = \frac{1}{f} \quad (10)$$

Bu yerda R_N -nagruska qarsxilik, S -o'lchov kondensatori sig'imi, f - yoritishni modulyatsiya chastotasi. Bu shartlar buzilganda signal foto E.Y.K.ga proporsional bo'lmasdan uning hosilasiga proporsional bo'ladi. $\frac{dV_{Ph}}{dt}$

Bu usul yuqori sezgirlikka egaligi bilan farqlanib, $V_{Ph} \sim 0.1$ mkv kuchlanishga qadar o'lchashga imkon beradi.

III-BOB MDYA TUZULMALARDACHEGARA BO'LIMI XOSSLARIGA TASHQI TA'SIRLARNI O'RGANISH NATIJALARI

3.1 Si – shisha fazalararo chegara bo'limi xossalariga proton nurlanishli ishlov ta'siri.

Uch qatlamli tuzilmalar parametrlariga proton nurlanishi ta'sirini o'rganishga yetarlicha ko'p sonli tadqiqotlar bag'ishlangan, lekin ularning barchasida Si – SiO₂ fazalararo chegara bo'limida ro'y beradigan jarayonlar ko'rib o'tiladi xolos. Ushbu ishning maqsadi yarimo'tkazgich – shisha fazalararo chegara bo'limi parametrlariga proton nurlanishi ta'sirini o'rganishdan iborat. Tadqiqot ob'ekti sifatida kremniy sirtiga (<100> kristallografik yo'nalishga ega KEF – 5) dielektrik qoplamani yotqizishda shakllangan fazalararo chegara bo'limidan foydalanildi. Dielektrik qoplama sifatida PbO – SiO₂ – B₂O₃ – Al₂O₃ – Ta₂O₅ (PbO – 47%, SiO₂ – 34%, B₂O₃ – 15%, Al₂O₃ – 3%, Ta₂O₅ – 1%) turdagi qo'rg'oshin – bor – silikatli shishadan foydalanildi. Qoplama shishani mayda dispersli shixtasini Si sirtiga surtab, so'ngra (T = 680⁰S) eritib, undan keyin (T = 470⁰S) toblab hosil qilindi [1]. Shisha qatlami qalinligi 2000 – 2500 angstromni tashkil etdi. Tayyorlangan strukturalar 1,5 MeV (proton/sm²) dozali protonlar nurlanishiga uchratildi. Tadqiq etilayapgan tuzilmalarni nazorat qilinadigan asosiy parametrlari yuqori chastotali (150 kgts) S–V xarakteristikalar va bu xarakteristikalaridan hisoblangan Si tahqiq zonasi bo'ylab sirt xolat zichligini energetik taxsimotidan iborat bo'ladi.

1 – rasmda tadqiq etilayapgan tuzilmalarni shisha qatlami sig'imiga normallashtirib hisoblangan (uzluksiz bog'lanish) va tajribadagi (1–3) C–V xarakteristikalar keltirilgan. Bunda 1 – bog'lanish nazorat tuzilmaga mos keladi, 2 – bog'lanish esa, protonlar bilan nurlatilgan tuzilmalarga mos keladi. C–V bog'lanishda manfiy kuchlanishlar tomon siljishni ro'y berishi chegara

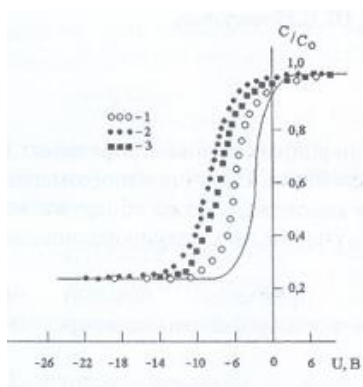
bo'lim fazasida lokallashgan yoki shishani chegara bo'limi yaqinida turib olgan musbat zaryad mavjudligini ko'rsatadi. [2.4]

1 va 2 bog'lanishlardan ko'rinadiki, protonli nurlanishdan keyin ko'rsatilgan zaryad miqdori ko'payadi, bu esa yarimo'tkazgich – shisha chegara bo'limi yaqinida uzilgan bog'lar soni ortishi bilan ro'y beradigan sirt xolat zichligini ortganini ko'rsatadi. Quyidagi 2 – rasm, 1 – rasmdagi bog'lanishlardan foydalanib, [2] ishdagiga mos holda hisoblangan Si tahqiq zonasi bo'ylab sirt holatlari differentsial zichligi taxsimoti keltirilgan. Tajribada aniqlanishicha, tayyorlangan tuzilmalarga 250° S temperaturada 40 minut davomida termik ishlov berilishi musbat zaryadni kamayishiga olib keladi va mos holda (1 va 2 rasmlardagi 3 – bog'lanish) sirt xolat zichligini kamayishiga olib keladi.

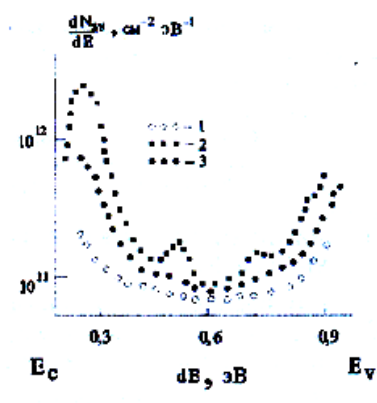
Si – qo'rg'oshin – bor – silikatli shisha fazalararo chegara bo'limida – Si va shishani chiziqli kengayish koeffitsientlari farqlanishi evaziga yetarlicha katta mexanik kuchlanishlar bo'lishi bilan ham xarakterlanadi [5]. (lekin Si – SiO_2 chegarasiga nisbatan kam bo'lsada). Nurlanish ta'sirida mexanik kuchlanish mavjudligi valent bog'larni uzilishiga yordamlashadi va chegara bo'limida lokallashgan musbat zaryadni ortishiga olib keladi.

Nurlatilgan tuzilmalarga kelgusida termik ishlov berilishi uzilgan va o'z navbatida fazalararo chegara bo'limi yaqinida lokallashgan musbat zaryadni kamayishiga olib keladi. Olingan natijalarni [5.6] ishlardagi ma'lumotlar bilan solishtirish quyidagicha xulosa qilishga imkon beradi.

Nurlanish ta'sirida Si – SiO va ko'rsatilgan tarkibdagi Si – qo'rg'oshin – bor – silikatli shishani fazalararo chegara bo'limlarida sirt holat zichligini shakllanish fizik mexanizmi o'xshash tabiatga ega.



1-rasm. Tadqiq etilayapgan tuzilmalar bo'ylab S-V xarakteristikalar.



2-rasm. Si – tahqiq zonasi Sirt xolat zichligini differentsial taqsimoti.

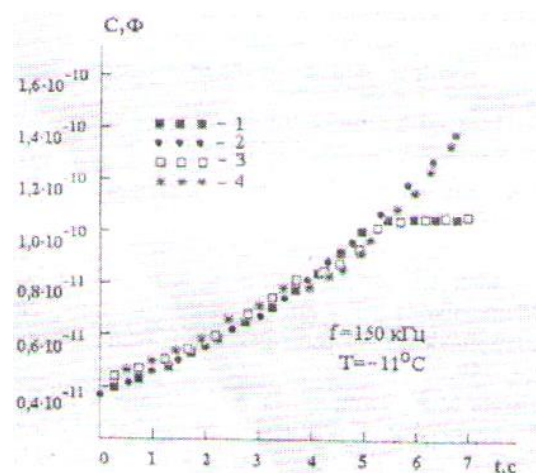
3.2 Metal – shisha – yarimo'tkazgich tuzilmalar xossalariga ultratovushli ishlov ta'siri

Kremniy asosidagi metal – dielektrik – yarimo'tkazgich turidagi tuzilmalar hozirgi kunda keng qo'lamdagi integral sxemalar tuzilish elementlari va yarimo'tkazgichli asboblarning asosini tashkil etadi. SHu bilan birga yarimo'tkazgich – dielektrik chegara bo'limi xarakteristikalarini tashqi ta'sirlarga sezgir bo'lib, tayyorlanayotgan asboblarning va tuzilma elementlari parametrlariga kuchli ta'sir ko'rsatishi mumkin [1.2]. CHegara bo'limi parametrlariga termik ishlov berish, ionlashtiruvchi nurlanish kabi tashqi ta'sirlarni o'rganishga yetarlicha ko'p ishlar bag'ishlangan [3-6]. Ulg'ratovush ta'siri esa kam o'rganilgan bo'lib, natijalar yetarli darajada taxlil etilmagan. Masalan [7] ishda ulg'ratovushni $\text{SiO}_2 - p - \text{Si}$ tuzilmaga ta'siri fazalararo chegara bo'limida lokallashgan zaryadni kamayishiga ham, ortishiga ham olib kelishi mumkinligi ko'rsatilgan. [8] ishda esa, ulg'ratovushli nurlatish ta'siri yarimo'tkazgich – shisha fazalararo chegara bo'limida bir vaqtning o'zida zo'riqqan valent bog'larni qayta joylashuviga va ularda lokallashgan elektronlarni tutib qolish kesimini ortishiga olib kelishi ko'rsatilgan. Ushbu ishning maqsadi Si – shisha fazalararo chegara bo'limida lokallashgan elektron holatlari zichligiga ul'tratovushli ishlov ta'sirini tadqiq etishdan iborat. Nazorat tuzilmalari n – turdagi o'tkazuvchanlikka ega, $\langle 100 \rangle$ kristallografik

yo'nalishdagi Si taglikka shishani surtash yo'li bilan tayyorlandi. SHishani surtash esa, $(\text{SiO}_2\text{--PbO--B}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--Ta}_2\text{O}_5)$ turdagi mayda dispersli shisha shixtasi va izopropilin spirti bo'lgan suspenziyadan elektroforez yordamida yotqizilib, 670 – 680⁰S temperaturada eritib, kislorodsiz muhitda toblash bilan amalga oshirildi. Olingan shisha qatlami qalinligi $d = (2 \pm 0,2)10^{-4}$ sm atrofida bo'ladi. SHisha tarkibiga kirgan oksidlarning massalari miqdori $\text{SiO}_2\text{--}30\%$, $\text{PbO--}50\%$, $\text{B}_2\text{O}_3\text{--}15\%$ tartibda tanlandi. SHuningdek, tadqiq etilayapgan shishada alyuminiy va tantal oksidlari massalarini 5% dan ulishi qo'shildi, ishqoriy metallar oksidlari K_2O va Na_2O massalari ulushi esa 0,01% dan ortib ketmadi. Metal – dielektrik – yarimo'tkazgich (MDYa) tuzilmalar shishani sirtiy qatlamiga (boshqaruv elektrodi) va kremniy kristalining orqa tomoniga (omik tutashuv) alyuminiyni vakuumda purkash orqali tayyorlandi. Boshqaruv elektrodini diametri 3 mm. Tayyorlangan tuzilmalarga chastotasi 2,5 MGts, quvvati 0,5 Vt bo'lgan bo'ylama ulg'ratovush to'lqini bilan 40 minut ishlov berildi, yahni [9] ishdagiga o'xshash ta'sirdan foydalanildi. Tadqiq etilyotgan tuzilma va pg'zoelement (ul'ratovush manbai) orasida tovush o'tkazuvchi muhit suyuqlikni tashkil etdi. Tadqiqotni asosiy usuli sifatida invers qatlam zaryadini ortishi jarayonida metal – dielektrik – yarimo'tkazgich tuzilmalar sig'imini izotermik relaksatsiyasi usulidan foydalanildi [9,10]. MDYa – tuzilmalar uchun umumiy qabul qilingan modeliga mos holda tuzilmaga qo'yilgan kuchlanishni impulsli ortirishdan keyin tuzilma sig'imini vaqtga bog'liq holda o'zgarishi, quyidagi munosabat yordamida ifodalanishi mumkin. (Invers qatlamda zaryad shakllanish tezligiga teskari jarayon, yahni zaryad ushlab olinishni hisobga olmaganda)

$$C(t) = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 K C_D}{K + x(t) C_D} \quad (1)$$

Bu yerda K – boshqaruv elektrodi yuzasi. S_D – dielektrik qatlam sig'imi, ε_0 -yarimo'tkazgich dielektrik kirituvchanligi. ε -elektr doimiysi, $x(t)$ –yarimo'tkazgich fazoviy zaryad sohasi



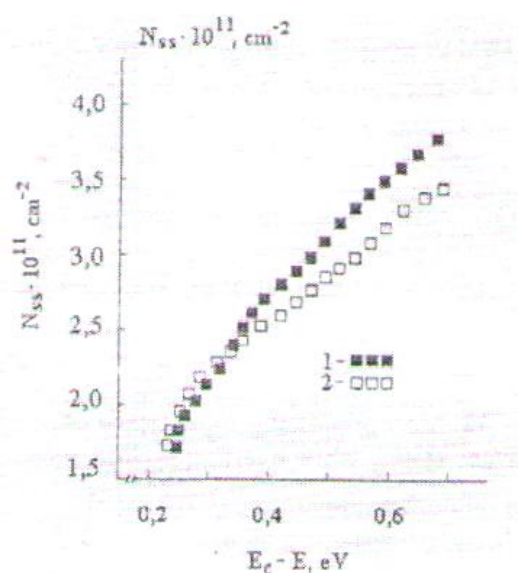
(FZS) kengligini vaqtga bog'lanishi. S_D -kattalik yuqori chastotali volt-farad xarakteristika bo'yicha aniqlanadi, [11] ishdagi usul yordamida vaqtning xar bir momenti t uchun tajribadagi MDYa strukturalar relaksatsion xarakteristikalaridan ko'rsatilgan ishdagi (7) ifodadan foydalanib $S(t)$ qiymati aniqlanadi.

$$X = \left(x_0 + \frac{S}{A} \right) \exp \left(-\frac{A}{N} t \right) - \frac{S}{A} \quad (2)$$

Bu yerda X – MDYa tuzilmada yarimo'tkazgich hajmiy zaryadi qatlami qalinligi, X_0 – shu qatlamni dastlabki qalinligi. A –yarimo'tkazgich hajmida zaryad tashuvchilar generatsiya tezligi, S –zaryad tashuvchilar sirtiy generatsiyasi tezligi, N –legirlovchi kirishmalar kontsentratsiyasi. Hisoblashdan olingan FZS kengligini vaqtga bog'lanishi invers qatlam zaryadi shakllanishi jarayonida o'zgarib borishidan foydalanib, sirtiy va hajmiy generatsiya tezligini tajribadagi bog'lanishiga solishtirib aniqlash mumkin. Kremniyda lokallashgan hajmiy holatlar energetik spektrini o'rganish uchun ximik usulda shisha qatlamini olib tashlab, Au ni vakuumda purkash bilan $Au-n-Si$ turdagi SHottki diodi tayyorlanib, so'ngra [10] ishdagi kabi identifikatsiyalash usulidan foydalanildi. 1-rasmda nazorat namunalaridan birini kuchlanishni $V_1 \rightarrow V_2$ ($V_1 = 8$, $V_2=15$ V) ulangandan keyingi 150 kGts chastotada – 11⁰S temperaturada o'lchangan tajribaviy (1-bog'lanish) va nazariy (2-bog'lanish) $S(t)$ bog'lanishi keltirilgan.

Hajmiy (A) va sirtiy generatsiya tezliklari kattaligi (1) va (2) munosabat yordamida optimal tanlov usuli orqali aniqlandi: $A = 910^{13} c^{-1} cm^{-3}$, $S = 410^9 c^{-1} cm^{-2}$ ko'ramizki, A va S ni ko'rsatilgan qiymatlarida sig'im relaksatsiyasi bog'lanishi hisoblangani bilan tajriba natijalari mosligi kuzatiladi. Hisoblangan bog'lanishni tajribaviydan relaksatsiya jarayoni oxirida chetlanishi, invers zaryad qatlamini ortishi va generatsiyalangan zaryad tashuvchilarni qaytadan ushlab olinishi ehtimolini ortishi bilan bog'liq. SHunga o'xshash sharoitdayu, lekin ulg'ratovushli ishlov tasiriga uchratilgan namunalarda o'lchangan (3-bog'lanishda keltirilgan).

Keltirilgan bog'lanishlardan ko'rinadiki, xisoblangan (2.4) va tajribaviy (1,3) bog'lanishlar $A = (8-9)10^{13} \text{ c}^{-1} \text{ cm}^{-3}$ $S = (1-2)10^9 \text{ c}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ qiymatlarda yaxshi mos keladi. Bizningcha, bu holat ulg'ratovushni ko'rsatilgan qiymatlaridagi ishlov natijasida yarimo'tkazgich hajmidagi kirishma markazlarini energetik taxsimoti deyarli o'zgarmasligini, ko'rsatadi, sirtiy generatsiya tezligini kamayishi esa ($S=4 \cdot 10^9 \text{ c}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ nazorat namunalarida, $S=(1-2)10^9 \text{ c}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ ulg'ratovushli ishlov berilgan namunalarda) sirtiy holat zichligini o'zgarishi bilan bog'liq. Bu farazni tasdiqlash uchun ulg'ratovush ta'siriga uchratilgan tuzilmalardan ximik usul bilan (chumoli kislotasi bug'ida ishlov bilan) shisha qatlami olib tashlandi va sirtga



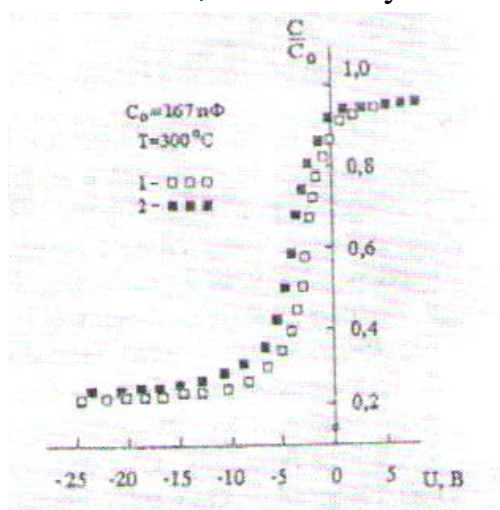
vakuumda purkash yo'li bilan Au yotqizilib (taglikni qizdirmasdan) Au-n-Si turdagi SHotki diodi tayyorlandi. Keyin sig'imni izotermik relaksatsiyasi usuli [10] yordamida energetik taxsimot va diodning baza soxasida lokallashgan kirishma markazlari kontsentratsiyasi aniqlandi. Olingan natijalar tahlili quyidagilarni ko'rsatadi. Barcha SHotki diodlarida, nazoratdagisida ham, ulg'ratovush ta'siriga uchragandan so'ng tayyorlangan plastinalarda ham kirishma markazlari energetik holati ($E_v=0,27\text{eV}$ va $E_c=0,54\text{eV}$, shuningdek ularni kontsentratsiyasi $n=(3-5)10^{12}\text{cm}^{-3}$) amalda bir hil (turli diodlar uchun bu qiymatlarni chetlanishi 5–7% tashkil etadi) va tajriba xatoligi ichida yotadi. Bizningcha bu, shuni isbotlaydiki, ko'rsatilgan tartibdagi ul'trovush hajmiy generatsiya markazlari parametrlariga ta'sir qilmaydi, natijada zaryad tashuvchilar hajmiy generatsiya tezligiga ham ta'siri bo'lmaydi. Yuqori chastotali volt – farad usuli yordamida bevosita sirtiy holat zichligini o'lchashlar [9.10] (150 kGts chastotada, -5°C dan -18°C gacha temperaturada intervalida) ko'rsatdiki, (2-rasm) ul'tratovush ta'siriga uchratilgan tuzilmalarda yarimo'tkazgichni tahqiq zonasi kengligi bo'ylab sirtiy xolatlar integral zichligi taxsimoti nazorat namunalariga

nisbatan kamayadi, ayniqsa bu kamayish, energiya'ni $E = E_C - 0,4\varphi_B$ qiymatidan katta qiymatlarida sezilarli bo'ladi. Tahkidlash lozimki, xuddi shunga o'xshash yarimo'tkazgich – dielektrik chegara fazasi bo'limida lokallashgan zaryad zichligini kamayishi [11] ishda MDYa tuzilmalarni har tomonlama siquvga uchratilganda kuzatilgan bo'lib, unda ham sirtiy generatsiya tezligini kamayishi xam kuzatilgan edi. Keltirilgan natijalar asosida xulosa qilib aytganda Al-n-Si – shisha – Al tuzilmalarga 2,5 MGts chastotali, 0,5 Vt quvvatli ulg'ratovush bilan 40 minut davomida ta'sir etdirilganda yarimo'tkazgich shisha fazalararo chegara bo'limida lokallashgan elektron holatlari integral zichligini kamayishiga olib keladi va yarimo'tkazgichdagi hajmiy elektron xolatlari energetik spektriga ta'sir etmaydi. Ko'rsatilgan tartibdagi ulg'ratovushli ishlovdan MDYa tuzilmali yarimo'tkazgichli asboblarni tayyorlashda ularni tezkorligini oshirishda foydalanish mumkin.

Avtorlar B.M. Zaveryuxenga namunalarga ishlov berishni bajarib bergani uchun minnatdorchiliklarini bildiradilar.

3.3 Qo'rg'oshin – bor – silikatli shisha tuzilmasida turadigan harakatchan zaryad kattaligiga ultratovush ta'siri

Barcha zamonaviy yarimo'tkazgichli asboblarni tarkibiy qismi almashib keluvchi yarimo'tkazgich – dielektrik qatlamlar kombinatsiyasidan iborat. Maydon tranzistorlari, sirt – baryerli varikaplar, xotira elementlari, zaryad bog'lanishli



asboblarda yarimo'tkazgich – dielektrik tutashuvi asosiy ishchi soha sanaladi. Boshqa qo'p yarimo'tkazgichli asboblarda yarimo'tkazgich – dielektrik tutashuvi yordamchi funktsiyalarni bajaradi: ajratuvchi izolyatsiya, passivlashtirish va yarimo'tkazgich sirtini tashqi ta'sirlardan ximoyalash. Barcha

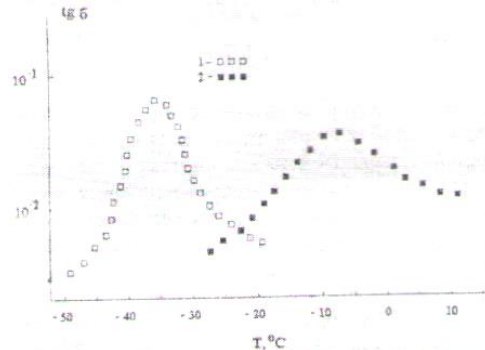
hollarda ham yarimo'tkazgich – dielektrik chegara bo'limida ro'y beradigan fizik jarayonlar yarimo'tkazgichli asboblarni ishchi xarakteristikalariga salmoqli ta'sir ko'rsatadi. Yarimo'tkazgich – dielektrik o'tish qatlami xossalari tashqi ta'sirlarni o'rganishga qo'p sonli ishlar bag'ishlangan. Lekin bu ishlar, odatdagi eng ko'p qo'llanadigan kremniy – kremniy qo'sh oksidli tizim tadqiqotiga bag'ishlangan [1-4]. Aytish kerakki, qator hollarda kremniy – kremniy qo'sh oksidli tuzilma bahzi bir kamchiliklarga ega. Bu kamchiliklar SiO_2 qatlamni yuqori ($900\text{--}1200^\circ\text{C}$) temperaturada shakllanishi bo'lib, yarimo'tkazgichli taglik qalinligi bo'ylab segregatsiya koeffitsientlarini xar xilligi evaziga kirishma markazlarini qayta taxsimlanishiga olib kelishi [5,6] va yarimo'tkazgichda termodifekt markazlarini yuzaga kelishidir.

Qo'rg'oshin – bor – silikatli shishadan foydalanish yuqori izolyatsion xarakteristikalar bilan dielektrik qoplamani oson olishni o'zida mujassamlaydi. SHu nuqtai nazardan qo'rg'oshin – bor – silikatli shisha asosidagi qoplamalardan tashqi ta'sirlar ostida kechadigan elektrofizik jarayonlar tabiatini o'rganish dolzarb hisoblanadi. Ushbu ishda qo'rg'oshin – bor – silikatli shisha tuzilmasida yuzaga keladigan harakatchan zaryad kattaligiga ulg'ratovush ta'sirini tadqiqot natijalari keltirilgan. Tadqiqot uchun $\text{PbO} - \text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Ta}_2\text{O}_5$ turdagi komponentalari massalari – foizi 47 : 40 : 10 : 3 bo'lgan mayda dispersli shisha shixtasini kremniy plastinasi sirtiga (kristallografiya yo'nalishi $\langle 111 \rangle$ bo'lgan KEF-5) surtib, keyin eritib ($T = 680^\circ\text{C}$) va toblab ($T=470^\circ\text{C}$) [7] tuzilma tayyorlandi. Elektrik xarakteristikalarini o'lchash uchun [8] ishdagi usul yordamida tayyorlangan Al – qo'rg'oshin – bor – silikatli shisha – n – Si tuzilmalardan foydalanildi. SHisha qatlami qalinligi 2000–2500 angstromni tashkil etdi. Al vakuumda purkash usuli bilan qoplandi. Boshqaruv elektrod diametri 3 mm. Tadqiqotning asosiy usuli sifatida yuqori chastotali (1MGts) volt – farad (C-V) xarakteristikalar usulidan foydalanildi [9]. 1-rasmda tadqiq etilayapgan namunalardan birining qorong'ulikda, 150 kGts chastotada olingan volt – farad xarakteristikasi (shisha qatlami sig'imiga normallashtirilgan) ulg'ratovush ta'sir

etgunga qadar (1-bog'lanish) va ta'sirdan (2,5 MGts chastotali 0,5 Vt quvvatli 20 minut davomida) keyingi (2-bog'lanish) hollari keotirilgan. Ko'rinadiki, ulg'ratovush ta'siridan so'ng volt–farad xarakteristika manfiy kuchlanishlar tomon siljiydi va biroz o'z shaklini o'zgartiradi. Mavjud nazariyalarga ko'ra, MDYa strukturalar volt–farad xarakteristikalarini manfiy kuchlanish tomon parallel siljishi (n–tur o'tkazuvchanlikka ega yarimo'tkazgichlar asosida tayyorlangan) shisha tuzilmada musbat zaryad (maxkamlangan) yuzaga kelishini ko'rsatadi. Bunday tuzilmalarni volt – farad xarakteristikalari shaklini o'zgarishi, quyilgan kuchlanish kattaligi o'zgarishida qayta zaryadlana oladigan sirt holatlari zaryadimi ortishidan guvohlik beradi. Qo'rg'oshin–bor–silikatli shisha tuzilmasida harakatlanuvchan zaryadlarning bo'lishi yarimo'tkazgichdan injeksiyalangan elektronlarni qo'rg'oshinni yengil qutblanuvchi ionlari yaqinida lokallashishidan va ularni kiritmalar kristal fazasi potentsial to'sig'ida yig'ilishidan yuzaga keladi [3]. Ko'rsatilgan quvvatdagi ulg'ratovush ta'sirida qo'rg'oshin ionlarini qutblanish darajasi o'zgarishini extimoli juda kam bo'lgani uchun, musbat zaryad ortishiga olib keluvchi asosiy sabab kiritmalar kristal fazalari orasidagi potentsial barg'er balandligini o'zgarishi bo'lishi mumkin. Haqiqatan ham potentsial to'siq balandligini kamayishi qo'yilgan boyituvchi kuchlanish tufayli yarimo'tkazgichdan injeksiyalanayapgan elektronlar, potentsial to'siqda katta miqdorda lokallashmay, kuchlanishni qutblari o'zgarganda qaytadan yarimo'tkazgichli taglik xajmiga kiradi. (estragirueteya). Bu farazni tasdiqini aniqlash uchun ulg'ratovush tag'siriga uchratilgan namunalarda dielektrik isrofni burcha tangensi turli temperaturalarda ($-10^0\text{S} - + 50^0\text{S}$) va chastotalarda (100kGts – 1MGts) o'lchandi. Olingan temperaturaviy – chastotali bog'lanishlarni taqqoslash barcha o'lchangan tuzilmalarda dielektrik isrofni burchak tangensi xarakterli maksimumga ega ekanini o'rnatishga imkon beradi. Ulg'ratovush ta'siriga uchratilgan tuzilmalarda dielektrik isrofni relaksatsion maksimumi kamayadi va yorqin ifodalanmay holadi relaksatsion maksimumni bunday o'zgarishi ham shisha tuzilmasida turadigan xarakatchan zaryadlar kattaligi ortganini ko'rsatadi.

O'tkazilgan tadqiqotlar asosida quyidagicha xulosaga kelish mumkin.

Ulg'ratovush bilan (2,5 mGts chastotali, 0,5 Vt quvvatli 20 minut davomida) yarimo'tkazgich (n-Si) – shisha ($\text{SiO}_2 - \text{PbO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Ta}_2\text{O}_5$) tuzilmalarni nurlatilishi shisha tuzilmasida turadigan musbat zaryadni ortishiga olib keladi.

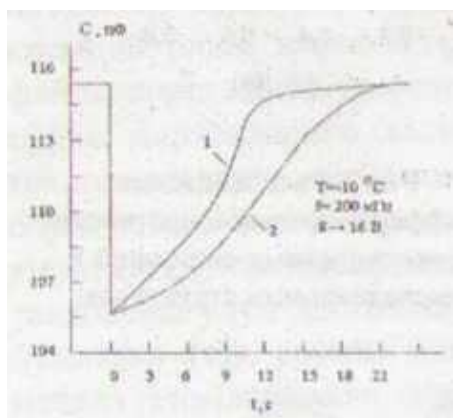


3.4 Fotosezgir metal – dielektrik – yarimo'tkazgich tuzilmalar relaksatsion xarakteristikalariga o'ta yuqori chastotali ishlov ta'siri

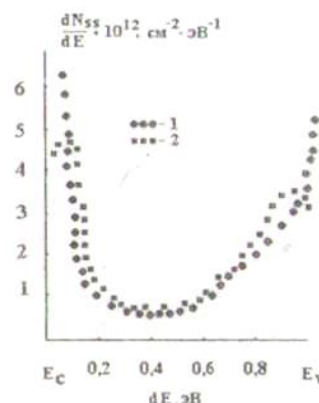
Malumki, ko'rish diapozoni spektrida qorong'ulikdagi generatsion toklar yarimo'tkazgichli tuzilmalar fotosezgirlicligini cheklaydi. Bunda metal – dielektrik – yarimo'tkazgich (MDYa) tuzilmalar uchun asosiy cheklovchi faktor – bu dielektrik – yarimo'tkazgich fazalararo chegara bo'limida lokallashgan holatlar bo'yicha zaryadlar generatsiyasi tezligi hisoblanadi, yahni sirtiy holatlar bo'yicha. Ushbu ishning maqsadi MDYa tuzilmalar relaksatsion xarakteristikalariga O'YuCH ta'sirini tadqiq etishdan iborat. Tuzilmalar kremniy kristali (kristallografik yo'nalishga [100] ega KEF-5) asosida quruq termik oksidlash yordamida ($T = 800^\circ\text{S}$, $t = 30$ minut) tayyorlandi. MDYa tuzilmani shakllantirish uchun SiO_2 sirtiga (boshqaruv elektrodi) va yarimo'tkazgichli taglikka (omik tutashuv) alyuminiy purkaldi. Boshqaruv elektrodi yuzasi $0,1 \text{ sm}^2$ ni tashkil etadi. Tayyorlangan MDYa tuzilmalar O'YuCH ta'sirida (3 Ggts chastotada 4 minut davomida) 500 Vt quvvatga ega manbadan ishlov berildi. Relaksatsion xossalarini tadqiq etish uchun metal – dielektrik – yarimo'tkazgich tuzilmalarida invers qatlam zaryadini shakllanish jarayonida sig'imni izotermik relaksatsiyasidan foydalanildi. [1.2].

Tadqiq etilayotgan tuzilmalardan birining qorong'ulikda, 150 kGts chastotada, -10^0 S temperaturada tuzilmaga qo'yilgan kuchlanishni 8 dan 16

voltga o'tkazilgandan so'ng olingan relaksatsion bog'lanishi 1 – rasmda keltirilgan.



1 – rasm. Tadqiq etilayotgan tuzilmalarni relaksatsion bog'lanishi.



2-rasm. Tadqiq etilayotgan tuzilmalarda sirtiyl holat differensial zichligi taqsimoti.

1 – bog'lanish nazorat tuzilmasiga to'g'ri keladi. 2 – bog'lanish shu tuzilmaga O'YuCH ta'siridan keyingisiga mos keladi. Keltirilgan bog'lanishlardan ko'rinadiki, O'YuCH nurlanish ta'siriga uchratilgan tuzilmalar uchun kuchlanishni impulsg'li ulanishidan so'ng invers qatlam zaryadini shakllanish tezligi, nazorat tuzilmaga nisbatan ancha kam. Xozirgi tasavvurlar doirasida invers qatlam zaryadini shakllanish tezligi hajmiy va sirtiyl generatsion toklar bilan aniqlanadi. [3.4].

[1] ishdagi usul yordamida bajarilgan, yarimo'tkazgichli taglik hajmida lokallashgan chuqur energetik sathlar spektrini tahlili ko'rsatidiki, berilgan tartibdagi O'YuCH ta'siri ostida yarimo'tkazgichli taglik xajmida lokallashgan generatsiya markazlarini energetik spektri kontsentratsiyasi va zaryad tashuvchilarni yashash vaqti kam o'zgaradi. [5] ishdagi usul yordamida bajarilgan, bosim ta'siriga uchragan tuzilmalarda Si taqiq zonasi bo'ylab sirt holatlari zichligi o'zgarishini tahlili ko'rsatadiki, ruxsat etilgan tzonalar chegaralari yaqinida

holatlarni integral zichligi kamayadi va uning differentsial zichligi taxsimoti o'zgaradi.

Kremniy tahqiq zonasi bo'ylab sirt holat zichligini differentsial taxsimoti 2 – rasmda nazorat tuzilmalari uchun (1-bog'lanish) va O'YuCH ishlovga uchratilgan tuzilmalar uchun (2-bog'lanish) keltirilgan. O'tkazilgan tadqiqotlardan xulosa qilish mumkinki, kremniy asosli MDYa strukturalarni har tomonlama ko'rsatilgan tartibda O'YuCH ishlovga uchratish sirt holat zichligini o'zgarishiga va natijada, sirtiy generatsion tokni kamayishiga olib keladi. Sirtiy generatsion tokni kamayishi fotosezgirlikni ortishiga olib keladi.

YUQORIDAGI IZLANISHLAR ASOSIDA QUYIDAGI XULOSALARGA KELISH MUMKIN

1. Sirtiy holatlarning zichligi notekis taqsimlanishga sabab yarimo'tkazgich-dielektrik chegarasida lokallashgan markazdir. Yarimo'tkazgich ta'qiqlangan zonasi bo'ylab yarimo'tkazgich-dielektrik chegarasida lokallashgan sirtiy holatlar zichligini differentsial taqsimotini aniqlash uchun yuqori chastotali volt-farada xarakteristikolari metodidan foydalanish $E_s - 0,2 \text{ eV}$ dan $E_s - 0,7 \text{ eV}$ gacha bo'lgan energiyalar diapazoni bilan chegaralangan.
2. Tuzilmada kuchlanish bo'lmaganida yoki past kuchlanishlarda aytib o'tilgan markaz neytral bo'ladi. Yetarlicha katta bo'lgan inversion kuchlanishlarda markaz ionlashib unda lokallashgan elektronlar ozod bo'ladi va inversion qatlam zaryadi tomonidan tutib olinadi va uning shakllanishiga to'sqinlik qiladi.
3. Markaz to'la shakllanganda inversion qatlam zaryadi asosiy zaryad tashuvchilarning termik generatsiyasi hisobiga ortadi va buning natijasida tuzilmaning o'lchanma sig'imi kamayib boradi.
4. $\text{Al-SiO}_2\text{-n-Si}$ tuzilmalar termosikli ishlov ta'sirida ta'qiq zona bo'ylab sirt holat zichligini differensial taqsimoti tekislanib, musbat integral zaryadni kamayishi yuz beradi. Bu holat kremniy va kremniy oksidlarini issiqlikdan kengayish koeffitsientlari farqi evaziga mehanik kuchlanish yuzaga kelib valent bog'lar hosil bo'lishi bilan bog'liq.
5. MDYa tuzulmaga ultratovush ishlov ta'siri natijasida ta'qiq zona bo'ylab sirt holat zichliklari taqsimoti deyarli o'zgarmaydi. Lekin sirtiy generatsiya tezligi ayni vaqtga bog'lanishi ancha tekislashadi. Bu holat tuzulmada ultratovush shisha qatlami strukturasini biroz tekislanishi bilan bog'liqligi aniqlandi.
6. MDYa tuzulmalarga protonli nurlanish ta'siri yarimo'tkazgich chegara bo'limi yaqinida uzulgan bog'lar sonini ortirishga olib kelib sirt holat

zichligini oshiradi. Ta'qiq zona bo'ylab holat zichligini ortishi ro'y berdi va ular termik ishlovdan so'ng yana pasayadi. Nurlanish mavjud mehanik nurlanish ta'sida bo'lgan bog'larni uzulishiga yordamlashadi va musbat zaryad ortishiga olib keladi.

7. MDYa tuzulmalar chegara fazalarida holat zichligi butun ta'qiq zona bo'ylab tekis taqsimlanmaydi bu holat aynan dielektrik chegara fazasida mahalliyashgan markaz tufayli ro'y beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Л.С. Берман, А.А. Лебедев. Ёмкостная спектроскопия глубоких центров в полупроводниках. Л. (198)) С.176.
2. К.П. Абдурахманов, Л.С.Берман, С.И.о Власов. Б.А Котов. Исследование остаточных глубоких центров в структурах металл - диэлектрик - полупроводник ёмкостным методом. ФТИ. 1979г. т.13 вып.7 стр. 1447-1450.
3. Насиров А.А., Абдуазимов В.А., Абдужабаров А. Влияние лазерного облучения на плотность поверхностных состояний границы раздела кремний-стекло.//Материалы научной конференции «Яримўтказгичлар физикасининг долзарб муаммолари» Андижон, 2004. -С.42-43.
4. Першенков В.С. , Попов В.Д., Шальнов А.В., Поверхностные радиационные эффекты в ИМС. – М, Энерго – атомиздат, 1988-С,187.
5. Чистов Ю.С. Сыновров В.Ф. Физика МДП-структур. Воронеж; ВГУ, 1986. – С.156.
6. Барабан А.П., Булавинов В.В., Конорв П.П. Электроника слоев SiO_2 на кремнии. –Л. ЛГУ, 1988. –С.302.
7. Меньшикова Т.Г.и.др. Влияние ионизирующего излучения на планарно – неоднородные МДП структуры. Электроника и информатика. Материалы международной научно-технической конференции. Москва. 2005. Ч.1,С.139.
8. Власов С.И., Заверюхин Б.Н. Овсянников А.В. Влияние ультразвуковой обработки на генерационные характеристики границы раздела полупроводник – стекло. Письма в ЖТФ. 2009. том 35. вып. 7. С. 41-45.
9. Гурский Л.И., Румак Н.В., Куксо В.В. Зарядовые свойства МОП-структур.- Минск: Наука и техника, 1980. - 200 с.

10. Литовченко В.Г., Горбань А.П. Основы физики микроэлектронных систем металл-диэлектрик-полупроводник. - Киев: Наукова думка, 1978.- 312 с.
11. Барабан А.П., Булавинов В.В., Коноров П.П. Электроника слоев SiO_2 на кремнии. - Ленинград: ЛГУ, 1988. - 302 с.
12. Репинский С.М. Процессы окисления полупроводников и строение границ раздела // Физика и техника полупроводников.- Санкт-Петербург, 2001.- Т.5. -Вып. 9.- С. 1050-1061.
13. Буренков А.Ф., Комаров Ф.Н. Влияние среды отжига на перераспределение бора, имплантированного в кремний // Микроэлектроника.- Москва, 1988. - Т.17.-Вып.3. -С. 256-260.
14. Терман Л. М. An investigation of surface states at silicon - silicon oxide interface employing metal - Oxide - Silicon diodes. // Sol. St. Electron. -London, 1962. -V.5. -№ 2. -Pp.285 - 299.
15. Захаров А.Г., Богданов С.А. Моделирование влияния глубоких энергетических уровней на вольт-фарадные характеристики МДП-структур // Опто-, наноэлектроника, нанотехнологии и микросистемы: Труды ИВ Международной конференции. – Ульяновск, 2006. -С. 118.
16. Шимбо М. , Фурукава К , Назарова К , Фукада К. // Ж.Электрочем. Сос. Солиод Стате Ссиенсе анд Течнологй. – 1987. – В. 134. – П. 156.
17. Власов С.И , Парчиниский П.Б , Насиров А.А , Олматов Б.А., // ЖТФ. 1999 – Т.69 - №8 – С.141 – 142 .
18. Власов С.И., Эргашева М.А., Насиров А.А., Абдужаббаров А. Долговременная релаксация емкости структур МСП, подвергнутых всестороннему сжатию. // Доклады АН РУз. –Ташкент, 2005. -№ 4,- С.28-31.
19. Шпалимова М.Б., Бесчасная Е.Г. Коррекция метода вольт-амперных характеристик для определения плотности поверхностных состояний в системе германий фторид редкоземельного элемента // Физика и техника полупроводников.- Санкт-Петербург, 2007. - Т.41. -Вып.8.- С. 920-923.

20. Парчинский П.Б., Власов С.И., Турғунов У.Т. Свойства пассивирующих покрытий на основе свинцово-боросиликатных стекол. Неорганические материалы. 2002. Т.38. №6 С.750-754.
21. S.I.Vlasov, A.V.Ovsiyannikov, B.N.Zaveryukhin. Effect of Ultrasonic Treatment on the Generation of Characteristics of a Semiconductor-Glass Interface. Technical Physics Letters. 2009. V.35, №4, pp, 312-314
22. S.I.Vlasov, A.V.Ovsiyannikov. The Rate of Surface Generation of Charge Carriers at the Semiconductor-Glass Interface. Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2008, V.44, №1, pp, 91-94
23. Л.С.Берман, А.А.Лебедев. Емкостная спектроскопия глубоких центров в полупроводниках (Ленинград, Наука 1981).
24. С.И.Власов, А.А.Насиров, Х.А.Абдусаматов, В.Абдуазимов, Узбек.физич.журн. № 6, 69 (1994)
25. П.Б. Парчинский, С.И. Власов, А.А. Насиров. Влияние γ - облучения на характеристики границы раздела кремний – свинцово –боросиликатное стекло. ФТП. 2004. Т.38. вып.11. С. 1345.
26. С.И. Власов, А.А. Насиров, С.З. Зайнабидинов, П.Б. Парчинский, В. Абдуазимов. Узбекский физический журнал. 1994. № 2. С.31.
27. Э.А. Боброва, Н.М. Омеляновская. Особенности вольт – фарадных характеристик МОП структур, обусловленные зарядом в окисле. ФТП. 2008, т. 42, вып. 11. С.1380.
28. Тугов Н.М., Глебов Б.А., Чарыгов Н.А. Полупроводниковые приборы. – Москва: Энергоатомиздат, 1990.- 576 с.
29. Власов С.И., Эргашева М.А., Абдужаббаров А. Релаксационные характеристики трехслойных структур на основе Si легированного Si. //Хозирги замон физикасининг долзарб муаммолари. 2-республика илмий-назарий конференцияси материаллари. 15-17 апреля 2004. – Термиз, 2004. - С. 61-62.

30. Берман Л.С., Брискин Б.С., Власов С.И., Роменюк А.Д. Установка для контроля чистоты полупроводниковых материалов емкостным методом. // Заводская лаборатория. Москва, 1980. - Т. 46. № 3. - С. 249-252.
31. Парчинский П.Б., Власов С.И., Насиров А.А., Адилов Т.П. Исследование заряда диэлектрика и границы раздела кремний-свинцово-боросиликатное стекло. // Письма в ЖТФ. - Москва, 1996. - Т. 26. - Вып. 2. - С. 46-49.
32. Парчинский П.Б., Власов С.И. Генерация не основных носителей заряда на границе раздела кремний-свинцово-боросиликатное стекло. // Микроэлектро-ника. - Москва, 2001. - Т. 30. - № 6. - С. 466-470.
33. Парчинский П.Б., Влияние γ -облучения на характеристики пассивирующих покрытий на основе свинцово-боросиликатных стекол. // Письма в ЖТФ. - Москва, 2002. - Т. 28. - Вып. 22. - С. 17-22.
34. Репинский С. М. Процессы окисления полупроводников и строение границ раздела. // Физика и техника полупроводников. - Санкт-Петербург, 2001. - Т. 35. - Вып. 9. - С. 1050-1062.
35. Парчинский П.Б., Власов С.И., Насиров А.А. Влияние облучения на характеристики границы раздела кремний-свинцово-бороиликатное стекло. // Физика и техника полупроводников. - Санкт-Петербург, 2004. - Т. 38. - Вып. 11. - С. 1345-1348.
36. Власов С.И., Эргашева М.А., Рахимов Н., Тургунов Ш.Т. Не монотонные вольт-фарадные характеристики структур металл-стекло полупроводник. Труды международной конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы физики» Ташкент, 2004. - С. 379 -380.
37. Эргашева М.А., Рахимов Н., Кучкаров Х.О. Влияние давления на диэлектрические свойства многокомпонентных стекол. // Труды республиканской конференции «Яримўтказгичлар физикасининг долзарб муаммоллари». 23-24 ноября 2004. – Андижан, 2004. - С. 99 -101.
38. В.А. Гуртов. Твердотельная электроника. ПГУ. 2004. С 312.

- 39.С.И. Власов, А.В. Овсянников. Скорость поверхностной генерации носителей заряда по границе раздела полупроводник – стекло. Электронная обработка материалов. 2008. №1. С. 91.
40. Власов С.И., Зайнабидинов С.З., Насиров А.А., Алимов Т.Ш., Пак Т.Х. Влияние давления на перераспределение глубоких центров в МДП-структурах. //Известия вузов. Физика. -Томск,1991.-№ 1.-С. 121- 122.
- 41.Пушкина О. Свойства многослойных структур подвергнутых внешним воздействиям. //Сборник докладов Республиканской научно-практической конференции. «Роль женщин-ученых в развитии научно-технического прогресса». -Ташкент.2006.-С.293-294.
- 42.Насиров А.А. Свойства МДП - структур, подвергнутых всестороннему гидростатическому сжатию. //Труды международной конференции, посвященной 90-летию академика С.А.Азимова «Фундаментальные и прикладные вопросы физики». -Ташкент. 18-19 ноября, 2004. - С. 321-322.
- 43.Насиров А.А., Пушкина О., Адиллов М. Влияние давления на свойства МСП - структур. //Материалы международной конференции «Неравновесные процессы в полупроводниках и полупроводниковых структурах». –Ташкент, 2007.- С. 177-178.
- 44.Адиллов М., Насиров А.А., Алимов Т.Ш. Влияние всестороннего сжатия на свойства МОП - структур. Труды материалов Республиканской научно - практической конференции «Проблемы альтернативной энергетики и энергосбережения» -Наманган,2007. -С.168-169.
- 45.Флоуерс П.Л. Диелестрис брекдаун анд девисе эвалуатион оф фриттер гласс композицион. //Ж. Электрочем. Сос. –Токио,1981 - В. 128.- № 10, - Пп. 2179–2183.
- 46.Мазурин О.В., Стрельцина М.В., Шайко - Шайковская Г.П. Свойства стекол и стеклообразующих расплавов. -Ленинград: Наука, 1971. -586 с.

47. Власов С.И., Насиров А.А., Маматкаримов О.О., Эргашева М.А. Не монотон-ные вольт-фарадные характеристики структур металл-стекло полупро-водник. //Электронная обработка материалов. –Кишнев, 2008.- №3- С.99-101.
48. Блохин С.А., Смирнов А.Н., Сахаров А.В., Гладышев А.Г., Крыжановская Н.В., Малеев Н.А., Жуков А.Е, Семенова Е.С., Бедарев Д.А., Никитина Е.В., Кулагина М.М., Максимов М.В., Леденцов Н.Н., Устинов В.М. Исследование механических напряжений в селективно-оксидированных структурах GaAs/(AlGa)_xO_y. //Физика и техника полупроводников.- Санкт- Петербург, 2005.-Т. 39.-Вып.7.-С.782- 787.
49. Заводинский В.Г., Гниденко А.А., Мисюк А., Бак-Мисюк Я. Влияние давления и водорода на образование вакансий и дивакансий в кристаллическом кремнии. //Физика и техника полупроводников.- Санкт- Петербург, 2004.-Т.38.-Вып.11. –С. 1281-1284
50. Коньков А.А., Румак Н.Б., Томченко А.А., Хотько В.В. Высокотемпературные исследования фазового состава кристаллизирующихся стекол. //ИИИ Всесоюзная конференция «Физика окисных пленок»: Тез. докл. –Петрозаводск, 1991.-С.14.
51. Т.Г.Меньшикова, А.Е. Бормонтов, В.В. Ганжа. Влияние флуктуаций встроенного заряда на электрофизические характеристики МДП структур. // Вестник ВГУ, Серия: Физика. Математика, Воронеж, 2005. -№ 1.-С 34-48.
52. Парчинский П.Б. Исследование электрофизических свойств границы раздела кремний - пассивирующее покрытие. : Дисс. канд. физ.- мат. наук. Ташкент. ТашГУ, 1996. -121 с.
53. Власов С.И., Парчинский П.Б., Лигай Л.Г. Температурная зависимость скорости генерации носителей заряда в свинцово-боро-силикатных стеклах. //Микроэлектроника.- Москва, 2003. -Т.32.- №2.- С.121-123.