

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI
NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

Qo‘l yozma huquqida

UDK 621.315.592

MAMADJONOV DILMUROD NASRITDINOVICH

**Yarimo‘tkazgich-dielektrik tuzilmalar sirti zaryadlarning relaksatsiyasini
o‘rganish**

5A140202-fizika (yo‘nalishlar bo‘yicha)

Magistr
akademik darajasini olish uchun yozilgan
dissertatsiya

Ilmiy rahbar:
f-m.f.n. M.A. Ergasheva

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
I-BOB. METALL – DIELEKTRIK YARIMO’TKAZGICH TUZILMALAR.....	8
1.1. Metall – dielektrik – yarimo’tkazgich tuzilmalarni o’tish sohalari xarakteristikalar.....	8
1.2. Metall - dielektrik-yarimo’tkazgich strukturaning Volt - Farad xarakteristikasi nazariyasi.....	18
1.3. Sirt sig’imi.....	24
II-BOB. SIRT POTENSIALINI VA UNING O’ZGARISHINI TAJRIBADA O’LCHASH USULLARI.....	31
2.1. Kondensator usullaridan foydalanish.....	31
2.2. Volt-Farad xarakteristikasini o’lchashning tajriba usuli.....	35
2.3. Yuqorichastotali C-V xarakteristikasi usuli.....	37
2.4. MDY-tuzilma parametrlarini Volt-Farad C-V xarakteristika taxlili asosida aniqlash.....	39
2.5. Yarimo’tkazgich-dielektrik chegara sohalaridagi sirt holat zichligini aniqlash.....	44
2.6. Metall – dielektrik yarimo’tkazgich (MDYa) strukturalarda gisterezis hodisasi.....	50
III-BOB. O’LCHOV QURILMASINING TAVSIFI VA TAJRIBA NATIJALARI TAHLILI.....	54
3.1. Tadqiq etilayotgan namunalar.....	54
3.2. O’lchov qurilmasining tavsifi.....	57
3.3. MDYA tuzilmalar relaksatsiya xarakteristikalariga ultratovush ta’siri.....	60
3.4. Himoya sirtidagi kirishmalar holatini dielektrik isrof yordamida baholash.....	64
XULOSA.....	69
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....	70

KIRISH.

Mavzuning asoslanishi va uning dolzarbligi: Hozirgi vaqtda keng ko'lamdagi yarim o'tkazgichli asboblarda va integral sxemalar elementlari tuzilishi asosini kremniy asosli metall – dielektrik – yarimo'tkazgich (MDYa) turdagi tuzilmalar tashkil etadi. Shu bilan birga yarimo'tkazgich – dielektrik chegara bo'limi xarakteristikalarini ham tashqi ta'sirga sezgirligi yuqori bo'lishi bilan birga, tayorlanayotgan asboblarda va tuzilma elementlari parametrlariga, salmoqli ta'sir ko'rsatishi mumkin [1.2]. Shuning uchun yarimo'tkazgichli asboblarga qo'yiladigan talablarni eng asosiysi, ularning ishonchli ishlashi va turli hil tashqi ta'sirlarga nisbatan barqarorligidir. Aytish kerakki, tashqi ta'sirning yarimo'tkazgich – dielektrikni o'tish qatlamlari xossalriga ta'sirini o'rganish bo'yicha ko'p ishlar bajarilgan, lekin bu ishlar odatda keng foydalanib kelinayotgan yuqori temperaturada shakillanadigan kremniy qo'sh oksid kremniydan iborat tuzilmaga bag'ishlangan xolos. SiO_2 qatlamni yuqori temperaturalarda shakillanish jarayonida yarimo'tkazgichli taglik qalinligi bo'ylab turlicha koeffitsiyentga ega kurishma markazlari turlicha taxsimlanadi va ularda termodeffekt markazlari hosil bo'lishiga olib keladi. Bu esa zaryad shakillanish tezligiga salbiy ta'sir etishi mumkin. Agarda past temperaturalarda yengil eriydigan qo'rg'oshin – bor – silikatli shishadan foydalanilsa, taglik bo'ylab termodeffekt markazlari kam bo'lgan qoplamani va yuqori izolyatsion xarakteristikani bir vaqtda olishga imkon yaratiladi. Shu nuqtai nazardan bor – silikatli asosdagi qoplamalarda elektrofizik jarayonlar tabiatini tashqi ta'sir ostida o'rganish o'ta dolzarb hisoblanadi.

Ishning o'rganilganlik darajasi. Bugungi kunda tashqi mexanik ta'sir (har tomonlama siquv) ostida qo'rg'oshin bor – silikat asosga ega qoplamalardagi elektrofizik jarayonlar ko'p ishlarda o'rganilgan [3-4-5]. Lekin shunday tuzilmalardagi impulsli invers kuchlanish qo'yilgandan so'ng muvozanat holat tomon relaksasiyalanish jarayoni dinamikasiga ultratovush ta'siri yetarlicha o'rganilmagan. Shuning uchun ishning maqsadi ultratovush ta'siriga uchratilgan

yarimo'tkazgich (kremniy kristali) dielektrik (qo'rg'oshin – bor – silikatli shisha) chegara bo'linmalarida relaksatsiya va zaryadlanish xossalarini tadqiq etishdan iborat.

Tadqiqot ob'yekti. Tadqiqot ob'yekti sifatida sinov namunasi va ultratovush ta'siriga uchratilgan ob'yekt sifatida metall (Al) – qo'rg'oshin – bor – silikatli ($\text{PbO} - \text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{AlO}_3 - \text{TaO}_5$) turdagi shisha va kremniy kristalidan iborat tuzilmalar olinadi.

Tadqiqot predmeti. Turli xildagi o'tkazuvchanlikka ega materiallarni tutashuvga keltirilganda ularni chegara bo'linmalarida holat zichliklarini tashqi ta'sirga bog'liq holda o'zgarishi tufayli chegara bo'linma sohasidagi zaryad miqdorini invers kuchlanish yordamida boshqarish imkoni yuzaga keladi. Shuning uchun tuzilmani volt farad xarakteristikalarini o'lchash usulidan foydalanib, ma'lum chegara yuzasi uchun sig'imni o'lchash orqali zaryad o'zgarishini o'rganiladi.

Tadqiqot maqsadi va vazifalari.

Turli xildagi ultratovush ta'siriga uchratilgan $\text{Al} - \text{SiO}_2 - n - \text{Si}$ tuzilmalar chegara bo'linmalarida relaksatsiy jarayonlarini kuzatish orqali zaryad miqdori o'zgarishi tezliklarini tadqiq etish ushbu ishning maqsadi hisoblanadi. Buning uchun quyidagi qilinishi kerak bo'lgan vazifalar belgilab olinadi.

- Sirt qoplamasi sifatida foydalaniladigan qo'rg'oshin – bor - silikatli $\text{PbO} - \text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Ta}_2\text{O}_5$ dielektrik qatlamni elektrik xarakteristikalariga ultratovushli ishlov ta'sirini o'rganish.
- Metall – shisha – yarimo'tkazgich tuzilmalarda invers qatlam zaryadini shakillanish tezligiga ultratovushli ishlov ta'sirini o'rganish.
- Uch qatlamli tuzilmalarning sig'im relaksatsiyasi xarakteristikalarini o'rganish orqali zaryad tashuvchilar generatsiya tezligini aniqlash.

Tadqiqotning asosiy usuli sifatida metall – dielektrik – yarimo'tkazgich tuzilmalarni invers qatlami zaryadini o'zgarishi jarayonidagi sig'imni izotermik relaksatsiyasi usulidan foydalanildi. Bu usulni mohiyati shundaki, unda tadqiq etilyapgan namuna kondensator qoplamasini bir tomoni bo'lsa, ikkinchi qoplama sifatida etalon elektroddan soddagina metall plastinadan iborat tuzilma olinadi. Tadqiq etilyapgan potentsialni kompensialovchi o'zgaruvchan kuchlanish berib kontak potentsiallar farqi aniqlanadi. O'zgaruvchan kuchlanish chegarasi MGts larda o'lchanadi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, ultratovush bilan MDYa tuzilmalariga ta'sir etkazganda ko'rilayapgan namunalarda chegara qatlam sohasida zaryad shakllanish tezligi ortib, bunday tuzilmalar asosida yaratiladigan asboblarning sezgerligini ortishiga olib kelishi kuzatilar ekan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati: Tadqiqot natijalari va xulosalari MDY-tuzilmalar, bu tuzilmalarning xossalari, sirt holatlari va zichliklari, sirt sohasida yuz beradigan fizik jarayonlar hamda MDY-tuzilma sirt holat zichliklarini volt-farad usuli orqali o'lchash haqidagi tasavvurlarni kengaytirishga yordam beradi.

MDYa tuzilmalarda ultratovush ta'siridan so'ng zaryad shakllanish tezligi ortgani uchun asboblarning tezkorligini ortirishda foydalanish mumkin.

Dissertatsiya ishining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Ushbu tadqiqot ishi O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2012 yil 29 oktabrdagi 418-sonli buyrug'ida ilova qilingan "Magistratura to'g'risidagi Nizom" da belgilangan talablar hamda Namangan davlat universiteti "Fizika" kafedrasida ilmiy tadqiqotlar ish rejasi doirasida hamda NamDU fizika kafedrasida uchun yetakchi hisoblangan O'zMU "Yarimo'tkazgichlar fizikasi" kafedrasida hamkorlikda bajarildi.

Dissertatsiya taqdimoti. Ushbu dissertatsiya ishi 2014 yil 28 aprel kuni bo'lib o'tgan kafedra ilmiy kengashida muxokama qilinib, ayrim tuzatishlardan so'ng qoniqarli deb baxolangan va rasmiy himoyaga tavsiya etilgan.

Ishning sinovdan o'tishi: Dissertatsiya ishining asosiy natijalari Fizika kafedrasi professor-o'qituvchilari, katta ilmiy hodim-izlanuvchisi, tadqiqotchilari, magistrleri hamda yo'nalish talabalari ishtrokida 2013 yil 3 iyun hamda 2014 yil 21 yanvar kuni bo'lib o'tgan ilmiy amaliy anjumanlarida muhokama etilgan va ma'qullangan. Shuningdek, xalqaro va Respublika konferensiyalarida: "Sovremennyy nauchnyy vestnik" (Publishing House "Education and Science" s.r.o, Praha-2013/2014); "Zamonaviy fizikaning dolzarb muammolari" (Respublika ilmiy-amaliy anjuman, Termiz-2013); "Iqtidorli yoshlar ilmiy jurnali" (Namangan viloyati "INTELLEKT" mintaqaviy tadqiqotlar markazi, Namangan-2013, 2-son) ilmiy konferensiyalarida ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi: Dissertatsiya mavzusi bo'yicha magistrning quyidagi maqolalari chop etilgan:

1. Qo'charov B.X., Mamadjonov D.N., Vlasov .S.I. Vliyaniya uliyaniya ul'trazvuka na relaksatsionniy charakteristiki MOP struktur. Materialy ix Miednarodowej Naukowi-Praktycznez Konferensji. Praga "Nauka Istadi",2013
2. B.X. Qo'charov, S.I Vlasov, A.U. Sulaymanov, D.N. Mamadjonov./"Yarimo'tkazgich-dielektrik chegara bo'limini metall-dielertrik yarimo'tkazgich struktura parametrlariga ta'siri,/ "Zamonaviy fizikaning dolzarb muammolari"(Respublika ilmiy-amaliy anjuman,Termiz-2013)
3. B.X. Qo'charov, S.I Vlasov, A.U. Sulaymanov, D.N. Mamadjonov./"Yarimo'tkazgich-dielektrik chegara bo'limini metall-dielertrik yarimo'tkazgich struktura parametrlariga ta'siri,/ "Yarimo'tkazgichlar fizikakasi va qurilmalari hamda ularni o'qitishning muammolari" Hududiy ilmiy anjumani materiallari (Namangan-2013).

4. B.X. Qo`charov, D.N. Mamadjonov, M. Ahmedova/ MDYa tuzilmalar relaksasiya xarakteristikalariga ultratovush ta`siri. / Kondensatlangan muhitlar fizikasi va materialshunoslikning dolzarb masalalari, Respublika ilmiy-texnikaviy anjumani materiallari, 25-27 betlar, Farg'ona – 2014.
5. M, A Ergasheva, D.N. Mamadjonov, B. Shohobiddinov/ Metal-dielektrik yarimo`tkazgich (MDYa) strukturalardagi gisterezis hodisalari. / Tabiiy fanlar va ekologiyaga oid ayrim muammolar, ilmiy maqolalar to'plami, 9 qism, 180-182-betlar, Namangan – 2014 yil
6. M, A Ergasheva, B.X. Qo`charov, A.Mamadaliyev, D.N. Mamadjonov/Sirt potensialini uning o`zgarishini kondensator usulida o`lchash. / Tabiiy fanlar va ekologiyaga oid ayrim muammolar, ilmiy maqolalar to'plami, 9 qism, 182-184-betlar, Namangan – 2014 yil

Dissertatsiya tarkibining qisqacha tavsifi: tadqiqot ishi kirish, uchta bob, xulosa va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan tashkil topgan. Tadqiqot ishi jami 75 sahifada bayon etilib, 27 ta rasmdan bilan ifodalangan. Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati 53 ta ilmiy jurnallardagi maqolalar va 5 ta Internet saytlaridan iborat.

I-BOB. METALL – DIELEKTRIK YARIMO'TKAZGICH TUZILMALAR.

1.1. METALL – DIELEKTRIK – YARIMO'TKAZGICH TUZILMALARNI O'TISH SOHALARI XARAKTERISTIKALARI.

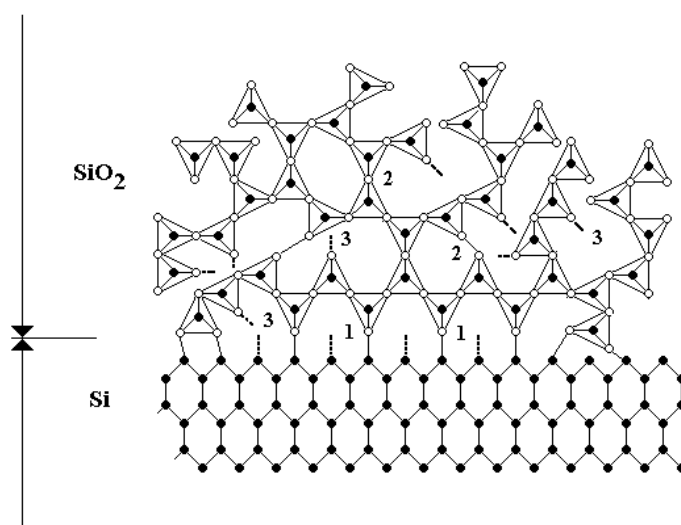
Ko'pchilik zamonaviy yarimo'tkazgichli asboblarni tarkibiy qismi yarimo'tkazgich – dielektrik chegara oralig'i faza bo'limidan iborat. Yarimo'tkazgichli asboblarga qo'yiladigan asosiy talablardan biri turli xildagi tashqi ta'sirlarga chidamligi va xarakteristikalarini barqarorligi hisoblanadi. SHunday ta'sirlardan temperaturaviy ishlov berish, yoritish, bosim va yarimo'tkazgich kontakt chegaralariga turli kirishma markazlarini kiritilishi kabilar yetarlicha keng o'rganilgan. [1-5].

Yarimo'tkazgich-dielektrikni o'tish qatlamlari xossalriga tashqi ta'sirni o'rganish bo'yicha ko'p ishlar bajarilgan, lekin bu ishlar odatda keng foydalanib kelinayotgan kremniy – dioksid kremniydan iborat sistemaga bag'ishlangan xolos [6-9]. Aytish kerakki, bir kator hollarda kremniy-dioksid kremniyli sistema ayrim kamchiliklarga ega. Bunday kamchiliklardan SiO_2 qatlamining yuqori (900^0 - 1200^0 s) temperaturadagi shakllanishi bo'lib, bunday sharoitda yarimo'tkazgichli taglik qalinligi bo'ylab turlicha segregatsiya koeffitsiyentga ega [10] kirishma markazlari turlicha taqsimlanadi va ularda termodeffektlar hosil bo'lishiga olib keladi. [11].

Yarimo'tkazgichli asboblarning xossalari chegara fazalari orasida ro'y beradigan elektron jarayonlar xarakteri bilan aniqlanadi [14]. Bu elektron jarayonlar ishorasi va ularning joylashish taqsimotiga, sirt holatlari zichligi va energetikasi taqsimotiga, teshib o'tish kuchlanishiga, ya'ni strukturani juda muhim xarakteristikalariga ta'sir etadi. Yarimo'tkzagich – dielektrik bo'limi chegara fazalari odatda yarimo'tkazgich sirtini uzoq muddat temperaturaviy ishlov berish jarayonida shakllanadi. Haqiqatdan ham, eng ko'p foydalaniladigan Si-SiO₂

chegara bo'limi fazasini hosil qilishdagi texnologik jarayon kremniy kristalini kislorod oqimida termik oksidlashdan iborat. Bu jarayon temperaturasi odatda 900 – 1200⁰S ni tashkil etadi. Oksidlanish jarayonida kislorod atomlari kremniy tomon diffuziyalanib Si-SiO₂ chegara bo'linma yarimo'tkazgich taglik ichkarisi tomonga siljib boradi, ya'ni SiO₂ qatlam Si kristali ichkarisi tomon ortib boradi. Kislorodni hosil bo'lgan SiO₂ qatlam orqali diffuziyasidan tashqari kremniyni qarama – qarshi tomonga diffuziyasi ham ro'y bergani uchun oksidlanish reaksiyasi egallagan faza sohasi dielektrik qatlamda ham tarqaladi. Diffuziyalanuvchi qarshi oqimni mavjudligi yarimo'tkazgich va dielektrikni orasida aniq chegara bo'lmasligiga va SiO₂-SiO_x-Si o'tish qatlami yuzaga kelishiga olib keladi. Bu yerda x noldan ikkiga qadar o'zgarishga uchrashi mumkin. 1. rasmda shartli ravishda Si kremniy strukturasidan SiO₂ amorf strukturaga ikki o'lcham o'tish sohasini keltirilgan.

Si dagi valent bog'larni buzilishi chegara bo'limida musbat zaryadlarni manbai hisoblanadi, ya'ni donor turdagi elektron holatlardan iborat kremniy sirt oldidagi atomlarini valent elektronlari kuchsiz bog'langanligi uchun atomdan osongina uzilib (yuqori temperaturalarda) chegara bo'limida musbat zaryadlarni oshishiga olib keladi. Qator tajriba natijalari ko'rsatadiki, o'tish soha qatlamida donor turdagi elektron holatlardan tashqari aktseptor turidagi holatlar ham mavjud bo'ladi. [8-9]. Donor va aktseptor turidagi holatlarni mavjudligi kremniydagi to'yinmagan valent bog'larni oksid qatlamda joylashishi metalli kirishmalarni o'zaro ta'siri orqali yuzaga kelishi bilan izoxlanadi.



1.1. rasm. Si-SiO₂ tuzilma o'tish sohasining ikki o'lchamli modeli.

1. Si ning uzilgan valent bog'lari
2. Ko'priksimon bog'lovchi kislorod
3. Ko'priksimon bog'lamaydigan bo'sh kislorod bog'i.

Kremniyni termik oksidlanish jarayonida kremniyda erigan kirishmalarni qayta taqsimlanishi ro'y beradi. Ayrim kirishma atomlari o'sib borayotgan oksid qatlamga kirib borib, uni elektroneytralligini buzsa, boshqalari kremniyda yangi holatlar sari diffuziyalanadi. Kirishma atomlarini qayta taqsimlanish jarayonini boshqaruvchi asosiy parametr bu segregatsiya koeffitsiyenti (η) bo'lib, u Si va SiO₂ larda birinchi diffuziya koeffitsiyentlari nisbatiga tengdir. $\eta < 1$ bo'lganda SiO₂ yaqinidagi Si tomon itaradi va uning kontsentratsiyasi ortadi, $\eta > 1$ bo'lganda Si sirti oldi qatlamlarida lokallashgan kirishmalar SiO₂ qatlamga tortilib kirishma kontsentratsiyasi Si da kamayadi. *B* va *Al* uchun $\eta < 1$, *R*, *Ga*, *As*, *Zn* uchun $\eta > 1$ [15].

SiO₂-Si tizimda diffuz-segregatsion taqsimot modelining kremniyni kuchli legirlangan qatlamini termik oksidlashda fazalararo chegaradagi kirishma

konsentratsiyasini sirt yaqinidagi cho'qqisi hosil bo'lishini e'tiborga olingan holi [13] ishda keltirilgan. Sirt yaqinida konsentratsiyani cho'qqi hosil qilishi kremniy sirti oldidagi kirishma atomlarini ozod energiyasi o'zgarishi bilan bog'lanib u diffuz – segregatsion tenglama yordamida modellashiriladi.

Bir jinsli legirlangan kremniy qatlamlarini oksidlashda fosforni qayta taqsimlanishini yorishda bu model adekvatli ekani (aynan mosligi) ko'rsatilgan. Ko'p hollarda kirishma atomlarini qayta taqsimoti qonuniyatini diffuziyani kation modeli asosida va diffuziya paytida Si - SiO₂ o'tish qatlami uchun potentsial baryer balandligini turli kirishma uchun turlicha bo'lishi bilan tushuntiriladi.

Agar fazalararo bo'lim chegarasi yarimo'tkazgichdan diffuziyalanayotgan kirishma uchun baryer bo'lib xizmat qilsa, unda uning chegaraga yaqin yarimo'tkazgichdagi konsentratsiyasi ortadi. Teskari holatda esa, kirishma dielektrikka yaqin va o'tish sohalarini to'latadi. O'tish sohasida kirishma konsentratsiyasini Si ni hajmdagiga nisbatan ortishi yoki kamayishi MDYa strukturalarni bir qator parametrlarini o'zgarishiga olib keladi. n-Si asosidagi MDYa strukturaning Si-SiO₂ o'tish qatlamida musbat zaryad konsentratsiyasini ortishi hamda donor turidagi sirt holat zichligini ortishi Si ga yaqin sohadagi elektron energiyasini o'zgarishiga olib keladi va zonalar diagrammasida energiya zonasini egriligini yuzaga keltiradi.

Ko'rilayotgan chegara bo'limida harakatlanuvchan zarrachalar uchun potentsial chuqur kattaligini o'zgarishiga olib keluvchi SiO₂ pardalarda harakatdagi zaryadlar dreyfi kinetikasi, ularni Si-SiO₂ chegara bo'limlarida lokallashgan ionli tutqichlarda ushlab qolinishi [16] ishda ko'rib o'tilgan. Ishda yarimo'tkazgich-dielektrik chegarasida elektron xususiyatlari xarakteristikalarini aniqlovchi metodika taklif etilgan.[17] Jumladan: E_g bo'yicha o'rtachalashtirilgan chegaraviy holat zichligi, tirqish kengligi bo'yicha ularni taqsimoti va sifat xarakteristikasi, yassi zonalar kuchlanishi va ularning chegara holatlarda lokallashgan zaryadlari va dielektrik orqasida fiksirlangan zaryadi tufayli yuzaga

kelgan tashkil etuvchilari [18] ishda Si-SiO₂ tizimni chegara qatlamlarida yuqori temperaturali termik oksidlash jarayonida yuzaga keladigan mumkin bo'lgan strukturalar kompleksi qarab o'tilgan chegara qatlami nazariyasi asosida kislorod - kremniy klasterlar polimerlanishi kinetikasini matematik modeli taklif etilgan.

Bunday klasterlar diffuziyasi oqimini SiO₂ hajmida turli uzunlikdagi SiO₄ tetraedrlar zanjirini foizlar miqdoriga ta'siri borligi aniqlangan. Tashqi ta'sir ostida elektrofizik va strukturaviy o'zgarishlar, shakllanish jarayonlari va bu o'zgarishlarni yarimo'tkazgichli asboblari, mikrosxemalar parametrlariga ta'siri kabi ko'rilayotgan masalalar MDYa strukturalarda yarimo'tkazgich va dielektrik orasidagi o'tish qatlamini o'rganish zaruratini tug'diradi. Aytish lozimki, yetarlicha qalinlikdagi dielektrik qatlamli yarimo'tkazgichli asboblari yaratishni past temperaturadagi qatlamini o'stirish tezligini kichikligi qiyinlashtiradi va priborlarni qo'shimcha germetik (muhimlash) texnologiyasi talab etiladi. [14]. Bu esa o'z navbatida ko'p ishlatiladigan kremniy oksidiga alg'ternativ tarzda germetiklovchi va passivlashtiruvchi dielektrik qatlamlarni qidirishga qiziqish uyg'otadi. Masalan [15] da KEF-1 tipidagi yarimo'tkazgichli taglikka SaF₂ asosli parda qoplanib tekshirilgan. Bunda SaF₂ qatlamni hosil qilish temperaturasi 770⁰ C ni tashkil qilib, kremniyli taglikda termodifektlarni hosil bo'lishidan saqlanishga imkon berdi. [16] ishda esa, Lengmyur-Blodjet usuli bo'yicha olingan ftolatsianit kobalt (RsSo) dan iborat dielektrik qatlamli qoplamga ega strukturalar o'rganilgan. Dielektrik qatlamlar olishda Lengmyur-Blodjet usulidan foydalanish xona temperaturasida ham passivlashtiruvchi parda qatlamlarni olishga imkon beradi. Lekin, bu usulni faqat chekli moddalar uchun qo'llash mumkin. [16]

Past temperaturalarda yarimo'tkazgich sirtiga surtalgan yengil eruvchi shisha odatda chegara bo'limida mexanik kuchlanishni va termik difektlarni hosil bo'lishini pasaytiradi. Keltirilgan ishlar tahlilidan ko'rinadiki, yengil eruvchi qo'rg'oshin bor – silikatli shisha – yarimo'tkazgich asboblari sirtini passivlashda va germetik (muhim) lashda ahamiyatli hisoblandi. SHuningdek integral sxemalarida sathlararo izolyatsiyalashda va rel'efni planarlashda keng imkoniyatga ega.

Bunday shisha asosida olingan dielektrik pardalar yarimo'tkazgichli struktura va asboblarning ishini barqarorlash va ishonchliligiga kuchli ta'sir etishi mumkin. Yarimo'tkazgichli asboblarning parametrlariga ta'sir etadigan ularning hajmida harakatli va mahkamlanib qolgan zaryadlarning mavjudligi hamda qo'rg'oshin bor – silikat shisha asosida olingan dielektrik pardalarni asosiy parametrlari metall – dielektrik chegara bo'limida zaryadlarning mavjudligi, undan tashqari yarimo'tkazgich hajmi bilan zaryad tashuvchilarning almasha oladigan dielektrikdagi tutqich markazlar kontsentratsiyasi mavjudligidir. Yarimo'tkazgichli asboblarning va integral sxemalarning xarakteristikalarini yanada yaxshilash, yengil eruvchi shisha asosida berilgan xarakteristikaga ega yupqa dielektrik qatlam yaratishni taqazo etadi. Bunday masalani yechish uchun yengil eriydigan shisha asosida tayyorlangan yupqa dielektrik pardalarda hosil bo'layotgan zaryad markazlarini hosil bo'lish jarayonida, ular tashqi ta'sir ostida bo'lganida va yana ish jarayonida saralashga imkon beradigan fizik model yaratish va rivojlantirish lozim bo'ladi. Lekin, qo'rg'oshin bor – silikat shisha asosidagi pardalarda tashqi ta'sir ostida ro'y beradigan elektrofizik jarayonlar bugungi kunga qadar yetarlicha o'rganilmagan. Qo'rg'oshin bor – silikat shisha bilan passivlashtirilgan asboblarning sifati va ishonchliligini oshirish dielektrik hajmida va uning yarimo'tkazgich bilan chegaralarida tayyorlash vaqtida ham ishchi holatida ro'y beradigan fizik hodisalarni chuqurlashtirib o'rganishni taqazo etadi.

Odatda MDYa tuzilmalar bir tomonga dielektrik o'stirilgan asos taglik deb ataluvchi mono kristal yarimo'tkazgich plastinasidan iborat bo'ladi 1.2 - rasm. Dielektrik zatvor deb ataluvchi metall elektrod o'rnatilib dielektrikning o'zi zatvor osti deb ataladi. Yarimo'tkazgichning ikkinchi tomoniga omik kontakt deb ataluvchi metall elektrod o'rnatiladi. SHunday qilib MDYa tuzilma qoplamalardan biri yarimo'tkazgich bo'lgan kondensatordan iborat ideal MDYa tuzilma uchun qo'yidagilar o'rinli.

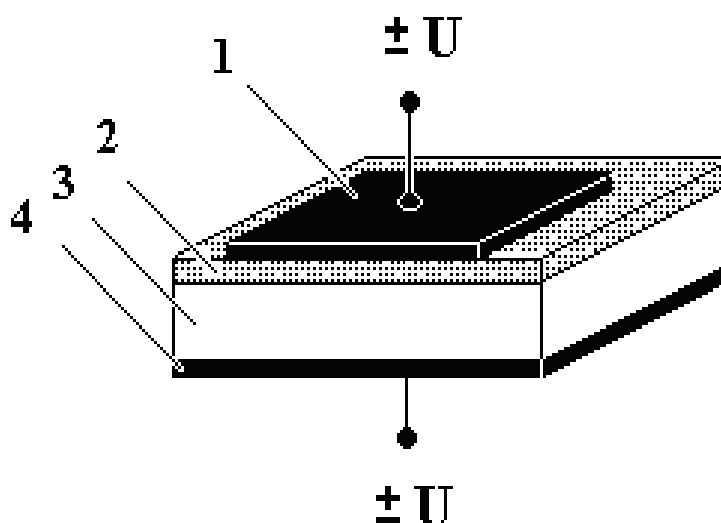
1. Sirtiyl holatlar zaryadi mavjud emas.
2. Dielektrikdagi hajmiyl zaryad nolga teng.

3. Metalll elektrod va yarimo'tkazgich orasida omik kontakt mavjud
4. Yarimo'tkazgich va metallldan chikish ishlari farqi nolga teng.
5. Dielektrikning qarshiligi juda katta va undan o'tuvchi tok zatvorning ixtiyoriy kuchlanishida nolga teng.

Yuqoridagi talablardan birontasi bajarilmagan MDYa tuzilma real MDYa tuzilma deyiladi. Metalll – dielektrik – yarimo'tkazgich strukturalarning yuqori chastotali volt-farad xarakteristikasi yarimo'tkazgich-dielektrik ajralish chegarasi parametrlarini aniqlashda keng qo'llaniladi. Yarimo'tkazgich-dielektrik ajralish chegarasining asosiy xarakterli parametrlaridan biri sirtiy holatlar zichligi hisoblanadi.

Yuqori chastotali S-V xarakteristika bo'yicha metalll-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturaning sirtiy holatlar zichligini aniqlash ikki volt-farad xarakteristikalarini solishtirishga asoslangan. Bu xarakteristikalardan biri sirtiy holatlarga ega bo'lmagan ideal struktura uchun hisoblangan nazariy xarakteristika, ikkinchisi esa sirtiy holatlarga ega real struktura uchun tajriba yo'li bilan olingan tajribaviy xarakteristikadir. Metalll-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturaning yuqori chastotali volt-farad xarakteristikasini hisoblash uchun quyidagi, yarimo'tkazgich-dielektrik ajralish chegarasida bog'langan barcha elektron holatlar yarimo'tkazgichning ruxsat etilgan energiyalar sohasi bilan elektronlarni almashtirishga ulgurmaydi degan farazdan foydalanamiz.

Bu shartni bajarishimizda sirtiy holatlar zaryadi (doimiy siljish kuchlanishida) ajralish chegarasidagi sig'imga va buning natijasida butun metalll-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturasi sig'imiga qo'shimcha ulush qo'shadi.

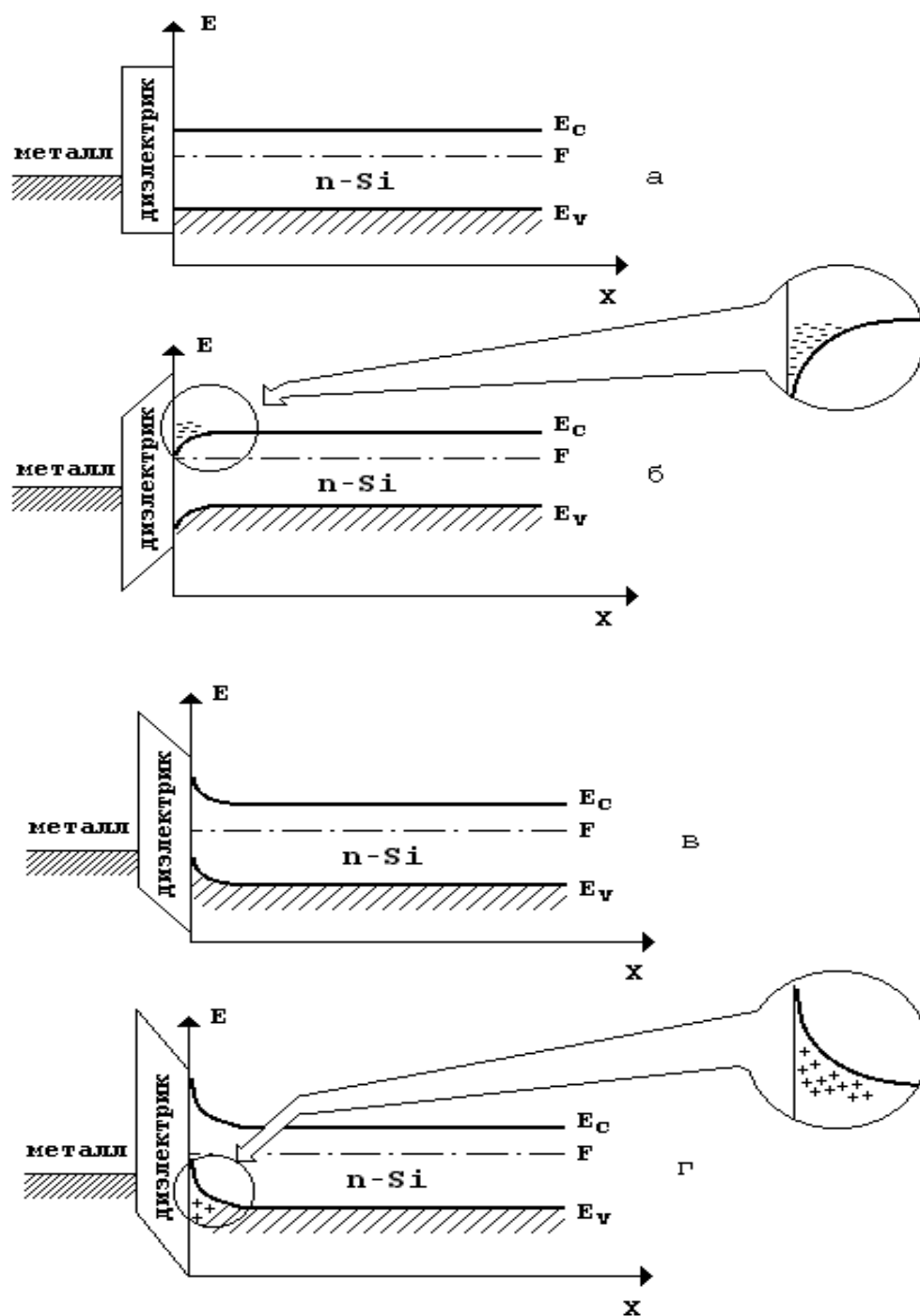


1.2 - rasm. MDYa - tuzilmasi.

1-metall, 2-dielektrik, 3-yarimo'tkazgich, 4-omik kontakt.

Bu o'zgaruvchan signal qutblarining yetarlicha tez o'zgarishida, ya'ni usulning nomlanishiga sabab bo'lgan, yetarlicha yuqori chastotalarda bajariladi. Aniqlik uchun, n-tur yarimo'tkazgich asosida tayyorlangan metall-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturani ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, dielektrikda qandaydir zaryadlar mavjud emas va yarimo'tkazgich dielektrik ajralish chegarasida lokallashgan donor markazlar yarimo'tkazgich qalinligi bo'ylab taqsimlangan, ya'ni $N_d \neq N_d$. Agar dielektrik qatlam yetarlicha yupqa bo'lsa, u holda berilgan siljish kuchlanishi (yoki uning katta qismi) faqatgina yarimo'tkazgichga berilgan bo'lib qoladi. Yarimo'tkazgichga berilgan kuchlanish qutblariga mos ravishda yarimo'tkazgich-dielektrik ajralish chegarasiga tegib turgan yarimo'tkazgich sohasida elektronlar konsentratsiyasining to'yinishi, kambag'allanishi yoki o'tkazuvchanlik turi inversiyasi kuzatiladi. Ushbu holat yarimo'tkazgich chegarasiga yaqin sohadagi elektronlar energetik sohalarining berilgan kuchlanish ta'siridagi egilishi bilan tushuntiriladi (1.3-rasm). Metall-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturaning metall elektrodiga berilgan musbat

kuchlanish ortishi bilan yarimo'tkazgichning erkin elektronlari yarimo'tkazgich-dielektrik chegarasiga tortiladi. Bu esa yarimo'tkazgich sirtiy qatlamining to'yinish rejimiga mos keladi. Energetik diagrammalar egilish natijasida pastga qarab ketadi (1.3.a-rasm). Manfiy kuchlanish ortishi bilan yarimo'tkazgichning erkin elektronlari yarimo'tkazgich hajmidan itarilib yarimo'tkazgich-dielektrik ajralish chegarasiga tortiladi. Bu esa yarimo'tkazgichning sirtiy qatlamining to'yinishi rejimiga mos keladi. Energetik diagrammalar egilish natijasida pastga tushadi (1.3.b-rasm). Manfiy kuchlanish ortganda yarimo'tkazgichning erkin elektronlari yarimo'tkazgich ichkarisiga qarab itariladilar. Bunda, chegara yaqinidagi harakatchan elektronlar kontsentratsiyasi kamayadi. Bu hol kambag'allanish rejimiga mos keladi (1.3.v-rasm). Manfiy kuchlanishning keyingi ortishida yarimo'tkazgichning sirt oldi sohasidagi erkin elektronlar kontsentratsiyasi termik generatsiyalangan, chegaraga tortilayotgan kovaklar kontsentratsiyasidan kam bo'lib qoladi. Bu esa yarimo'tkazgichning sirt oldi sohasidagi o'tkazuvchanlik turining o'zgarishi, ya'ni bu hol sirtiy o'tkazuvchanlik inversiyasi rejimiga mos keladi (1.3.g - rasm).



1.3 - rasm. Metall - dielektrik - yarimo'tkazgich strukturadagi

n-tur yarimo'tkazgichning sirt sohasida energetik sohalarining egilishi:

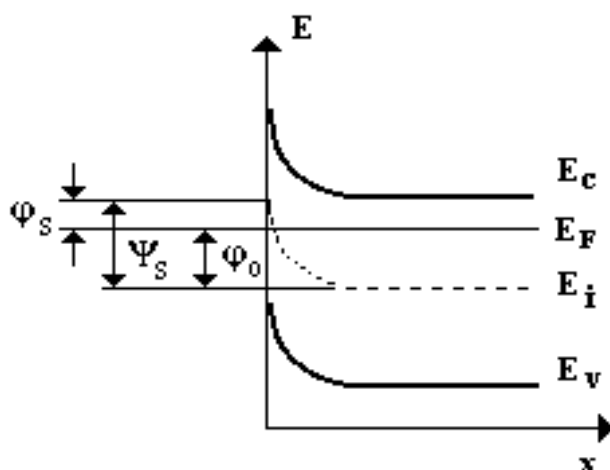
- a) – tashqi kuchlanish yo'qligida, б) – boyituvchi kuchlanish berilganda, в) – kambag'allanish kuchlanishi berilganda, г) – invers kuchlanish berilganda.

Qisqacha xulosa

1. Qo'rg'oshin – bor – silikatli shishaning olinish texnologiyasi va xarakteristikalari taxlil qilinadi. Eng qulayi, past temperaturada eriydigan shisha qatlamini tarkibi tanlandi.
2. Metall - dielektrik – yarimo'tkazgich strukturalar uchun energetik diagrammani kuchlanish ishorasi va qiymatiga qarab o'zgarishi tahlil qilinadi. Ularga ta'sir etishi mumkin bo'lgan faktorlarga e'tibor qaratiladi.

1.2. METALL-DIELEKTRIK-YARIMO'TKAZGICH STRUKTURANING VOLT-FARAD XARAKTERISTIKASI NAZARIYASI.

Metall-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturaning volt-farad xarakteristikasini hisoblash uchun metall-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturaning n-tur o'tkazuvchanlikka ega yarimo'tkazgich qatlamiga kambag'allashtiruvchi kuchlanish berilgan hol uchun sohalar diagrammasini ko'rib chiqamiz (1.4-rasm).



1.4 - rasm. n – turdagi o'rkazuvchanlikka ega yarimo'tkazgichli MDYa strukturalarga kamaytiruvchi kuchlanish berilgandagi zonalar diagrammasi.

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

$$\rho(x) = q[N_d - n(x)] \quad (1.1)$$

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

Yarimo'tkazgichdagi erkin elektronlar konsentratsiyasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$n(x) = n_0 \exp\left[\frac{q(\varphi(x) - \varphi_0)}{kT}\right] \quad (1.2)$$

bu yerda, n_0 –yarimo'tkazgich hajmidagi erkin elektronlar konsentratsiyasi, T -temperatura, k –Bolg'tsman 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

$$\frac{d^2\varphi(x)}{dx^2} = -\frac{\rho(x)}{\varepsilon_0} \quad (1.3)$$

ni (1.1) va (1.2) dan foydalanib quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{d^2\varphi(x)}{dx^2} = -\frac{q}{\varepsilon_0} \left[N_d - n_0 \exp\left[\frac{q(\varphi(x) - \varphi_0)}{kT}\right] \right] \quad (1.4)$$

bu yerda ε -dielektrik singdiruvchanligi, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m ga teng bo'lgan elektr doimiysi.

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

$$\frac{d\varphi}{dx} = \left[\frac{2n_0 kT}{\varepsilon_0} \left[\exp \frac{q(\varphi_s - \varphi_0)}{kT} - 1 \right] - \frac{2qN_d}{\varepsilon_0} (\varphi_s - \varphi_0) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1.5)$$

Gauss teoremasi:

$$Q = \varepsilon_0 \frac{d\varphi}{dx} \quad (1.6)$$

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

$$\frac{dQ}{dx} = \varepsilon_0 \frac{d}{dx} \left(\frac{d\varphi}{dx} \right) = \varepsilon_0 \frac{d^2\varphi}{dx^2}$$

va

$$dQ = \varepsilon_0 \frac{d^2\varphi}{dx^2} dx \quad (1.7)$$

yarimo'tkazgichning differentsial sig'imi:

$$C_s = \frac{dQ}{d\varphi_s} \quad (1.8)$$

(1.8) ni (1.7) dan foydalanib:

$$C_s = \varepsilon_0 \frac{d^2\varphi}{dx^2} \frac{dx}{d\varphi_s} \quad (1.9)$$

yoki:

$$C_s = \frac{\varepsilon_0 \frac{d^2\varphi}{dx^2}}{\frac{d\varphi_s}{dx}} \quad (1.10)$$

ko'rinishda ifodalaymiz. (1.4) va (1.5) ifodalarni (1.10) ga qo'yib quyidagi ifodani olmiz:

$$C_s(\varphi_s) = \frac{-q \left[N_d - n_0 \exp \frac{q(\varphi_s - \varphi_0)}{kT} \right]}{\left[\frac{2n_0 kT}{\epsilon \epsilon_0} \exp \left[\frac{q(\varphi_s - \varphi_0)}{kT} - 1 \right] - \frac{2qN_d}{\epsilon \epsilon_0} (\varphi_s - \varphi_0) \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (1.11)$$

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

deb belgilash kiritib, (1.10) ni:

$$C_s(Y_s) = \frac{q(N_d - n_0 \exp Y_s)}{\left[\frac{2n_0 kT}{\epsilon \epsilon_0} (\exp Y_s - 1) - \frac{2qN_d kT}{\epsilon \epsilon_0} Y_s \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (1.12)$$

yoki qulayroq

$$C_s(Y_s) = \frac{qn_0(\exp Y_s - 1)}{\left(\frac{2n_0 kT}{\epsilon \epsilon_0} \right)^{\frac{1}{2}} (\exp Y_s - Y_s - 1)^{\frac{1}{2}}} \quad (1.13)$$

ko'rinishda yozamiz. Ideal metall-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturada sirtiy zaryadlar mavjud bo'lmaydi, natijada sirtiy holatlar sig'imi nolga teng bo'ladi. Demak MDYa strukturaning soddalashgan ekvivalent sxemasini dielektrik qatlam sig'imi (S_0) va yarimo'tkazgich sig'imi (S_s) ning ketma-ket ulanishi sifatida tasavvur qilish mumkin. Strukturaning to'la sig'imini esa quyidagi ifoda yordamida ifodalash mumkin.

$$C = \frac{C_0 C_s}{C_0 + C_s} \quad (1.14)$$

MDYa strukturadagi doimiy kuchlanish tushuvi (U):

$$U = U_0 + U_s + U_i \quad (1.15)$$

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. (1.14) 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-farad 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:

$$E = -\frac{d\varphi}{dx} \text{ bo'lsa, } C_0 = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_0 S}{x} \quad (1.16)$$

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

$$\Delta U = \left(\frac{2n_0 kT}{\varepsilon \varepsilon_0} \right)^{\frac{1}{2}} (\exp Y_s - Y_s - 1)^{\frac{1}{2}} \varepsilon_1 \varepsilon_0 \frac{S}{C_0} + \frac{kT}{q} Y_s \quad (1.17)$$

Bu yerda: ε_1 - dielektrikning dielektrik singdiruvchanligi, S –struktura yuzasi, T -struktura temperaturasi. (1.12), (1.13) va (1.16) ifodalardan foydalanib, dielektrikning (material tabiati va qalinligi) va yarimo'tkazgichning (material tabiati va undagi asosiy zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi) berilgan qiymatlarida ideal metall – dielektrik – yarimo'tkazgich strukturaning volt-farad

xarakteristikasini hisoblash mumkin. Hisoblashlarda o'lchamsiz Y_s kattalik – 30 dan +30 gacha oraliqda tanlanadi. Yarimo'tkazgich va dielektrikning hisoblashlar uchun zarur parametrlari volt-farad xarakteristikasi bo'yicha eksperimental aniqlanadi. Dielektrik qatlamning qalinligi (1.15) ifoda yordamida xarakteristikaning yuqori sig'imi (C_0) kattaligi bo'yicha aniqlanadi. Asosiy zaryad tashuvchilar kontsentratsiyasi quyidagi:

$$N = 2,59 \cdot 10^4 \frac{T}{S^2} \frac{1}{C_i^2} \quad (1.18)$$

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

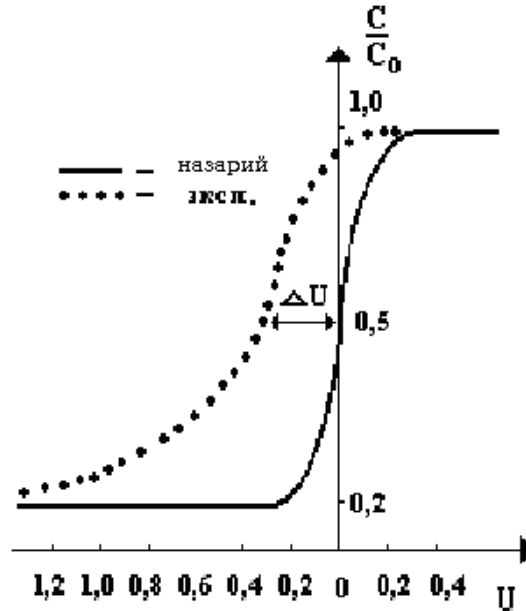
$$C_i = \frac{C_0 C_{\min}}{C_0 - C_{\min}} \quad (1.19)$$

Namuna sifatida 1.5-rasmda ideal metall-dielektrik-yarimo'tkazgich struktura uchun hisoblangan (uzluksiz egri chiziq) volt-farad 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 olinmaganligi bilan bog'liq. Ya'ni, 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-farad xarakteristikani kuchlanishning manfiy qiymati tomonga qarab suradi. Sirtiy zaryadlarda kuchlanishning tushuvi Q_{ss} orqali quyidagi ifoda yordamida yozilishi mumkin:

$$\Delta U = \frac{Q_{ss} S}{C_0} \quad (1.20)$$

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

$$N_{ss} = \frac{\Delta U}{qS} C_0 \quad (1.21)$$



1.5- rasm. Metall-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturaning xona temperaturasiidagi dielektrik qatlamiga moslangan nazariy va eksperimental volt-farad xarakteristikalar.

1.3. SIRT SIG'IMI.

Agar yarimo'tkazgich sirtiga elektr maydon qo'yilsa, unda qanchadir dQ_s zaryad indutsirlaniladi va sirt potentsiali $d\psi_s$ kattalikka o'zgaradi. Potensial o'zgarishiga keltirilgan zaryad o'zgarishi sirtni differensial sig'imi sifatida yuritiladi. Sig'imni aniqlashga ko'ra

$$C_s = \frac{dQ_s}{d\psi_s} = \beta \frac{dQ_s}{dY}. \quad (1.22)$$

dQ_s zaryad FZS va CX orasida taqsimlanadi.

Ya'ni $dQ_s = dQ_{sv} + dQ_{ss}$ bundan yozamizki

$$\frac{dQ_s}{d\psi_s} = \frac{dQ_{sv}}{d\psi_s} + \frac{dQ_{ss}}{d\psi_s}. \quad (1.23)$$

yoki

$$C_s = C_{sv} + C_{ss}, \quad (1.24)$$

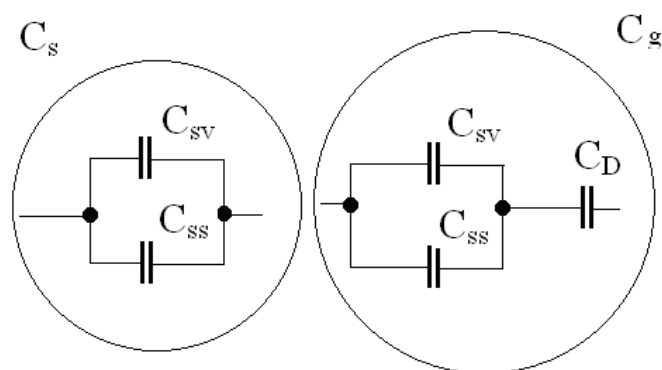
bu yerda

$$C_{sv} = -\frac{dQ_{sv}}{d\psi_s} = -\beta \frac{dQ_{sv}}{dY} \quad (1.25)$$

Sirt bar'yerli sig'im, u o'zining tabiati jihatidan teskari siljish berilgandagi metall – yarimo'tkazgich yoki p – n o'tish kontaktlar sig'imiga o'xshash bo'ladi.

$$C_{ss} = -\frac{dQ_{ss}}{d\psi_s} = -\beta \frac{dQ_{ss}}{dY} \quad (1.26)$$

Buni sirt holatlari sig'imi deyilishi mumkin chunki u sirt potentsiali o'zgarganda sirt holatlarini zaryadlar o'zgarishi bilan bog'liq. Modomiki, har ikki sig'mlar qo'shilar ekan sirtiy sig'imni ekvivalent sxemasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi.



1.6– rasm. Yarimo'tkazgich sirtni sig'imini (chapda) va MDYa struktura sig'imini (o'ngda) ekvivalent sxemasi.

MDYa kondensatorini sig'imi

$$C_g = \frac{C_D C_s}{C_D + C_s} = \frac{C_D (C_{sv} + C_{ss})}{C_D + C_{sv} + C_{ss}}. \quad (1.27)$$

C_s ni tadqiq etilish uchun, ko'ramizki, shunday MDYa struktura parametrini tanlash kerakli unda $C_D \gg C_s$ (yupqa dielektrik) bo'lsin. Unda sig'im

$$C_g \approx C_s = C_{sv} + C_{ss} \quad (1.28)$$

kondensatorga qo'yilgan V_g kuchlanishga bog'liq bo'lib qoladi, ya'ni volt-farad xarakteristikani o'lchash mumkin bo'lib qoladi $C_g(V_g)$. Dielektrik qalinligini tabiiy kamaytirish chegarasi uning etarlicha elektr mustahkamligi va oquvchi tokni kichikligini taminlay olish shartidan kelib chiqadi. Odatda Volt – Farad xarakteristikasini o'lchashga mo'ljallangan MDY strukturada qalinligi $d_D \geq 100$ nm bo'lgan dielektrik pardalaridan foydalaniladi. Bunday pardalarni olish uchun ikki grupp usullardan foydalaniladi.

1. Yarimo'tkazgichni o'zini oksidlash (termik oksidlash, anodli oksidlash va boshqalar.)
2. Yot pardalarni surtash (dielektrikni vakumda purkash, plazmali purkash, gaz fazasidan o'tkazish va boshqa usullar) yarimo'tkazgich FZS sig'imi.

Oldin ko'rsatib o'tilganki, sirtning standart modeli uchun

$$Q_{sv} = q\Gamma_p - q\Gamma_n = \frac{1}{2} qn_i L_i (\lambda \Phi_p(Y, \lambda) - \lambda^{-1} \Phi_n(Y, \lambda))$$

- bu yerda Φ_n va Φ_p ko'rinishidagi $\Phi_p(Y, \lambda) = \int_0^Y \frac{1 - e^{-y}}{F(y, \lambda)} dy$ integrallar

Undan

$$C_{sv} = -\beta \frac{Q_{sv}}{dY} = -\frac{1}{2} q\beta n_i L_i \left(\lambda \frac{1-e^{-Y}}{F(Y, \lambda)} - \lambda^{-1} \frac{1-e^Y}{F(Y, \lambda)} \right) =$$

$$= \frac{1}{2} q\beta n_i L_i \frac{G(Y, \lambda)}{F(Y, \lambda)} = \frac{1}{2} C_i \frac{G(Y, \lambda)}{F(Y, \lambda)} \quad (1.29)$$

Bu yerda

$$C_i = q\beta n_i L_i = \frac{\varepsilon}{4\pi L_i}, \quad L_i = \left(\frac{\varepsilon}{2\pi q\beta n_i} \right)^{1/2}. \quad (1.30)$$

$G(Y, \lambda)$ va $F(Y, \lambda)$ qo'yib

$$C_{sv} = \frac{C_i}{2} \frac{\lambda(e^{-Y} - 1) - \lambda^{-1}(e^Y - 1)}{\left[\lambda(e^{-Y} - 1) + \lambda^{-1}(e^Y - 1) + (\lambda - \lambda^{-1})Y \right]^{1/2}}. \quad (1.31)$$

Olamiz.

Bularni bir necha hususiy hollarini ko'ramiz.

Xususiy yarimo'tkazgich. Xususiy yarimo'tkazgich uchun (1.31) ifoda soddalashadi va

$$(C_{svi} = \frac{C_i}{2} \frac{|e^{-Y} - e^Y|}{(e^{-Y} + e^Y - 2)^{1/2}}). \quad (1.32)$$

ko'rinishga ega bo'ladi. Ko'rsatish mumkinki, $Y \rightarrow 0$, $C_{svi} \rightarrow 0$ bo'lganda, minimumlardan uzoqda eksponenttsial ortib boradi.

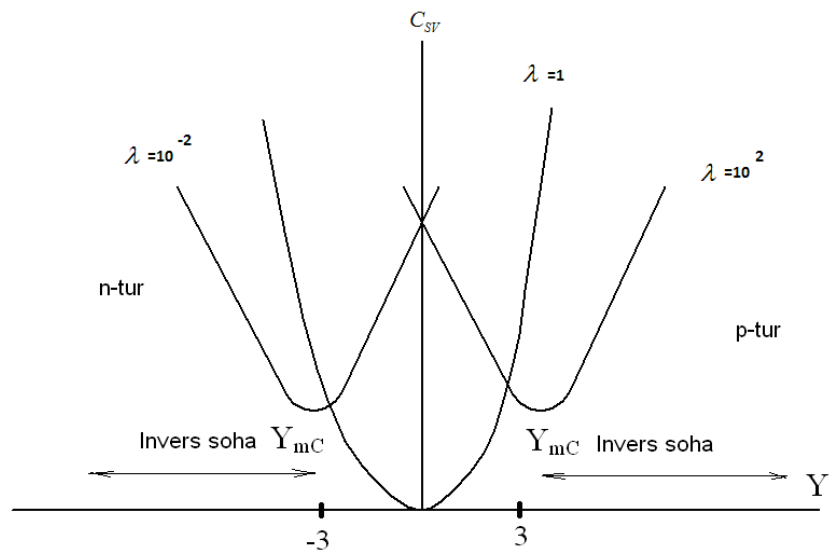
$$C_{svi}(Y) \approx \frac{C_i}{2} e^{\frac{|Y|}{2}}. \quad (1.33)$$

Xususiy bo'lmagan yarimo'tkazgich. ($\lambda \neq 1$) sonni hisoblashlar ko'rsatadiki, $C_{sv}(Y)$ bog'lanish sifat jihatdan xuddi xususiy yarimo'tkazgichdagi kabi minimumli egri chiziqli ko'rinishda bo'ladi. Faqat $C_{\min} > 0$ va Y_{mC} , nuqtalar uchun $C = C_{\min}$, $\lambda < 1$ uchun chapga siljigan (n-tur) va $\lambda < 1$ da o'nga siljigan (p-

tur) . $\frac{dC_{sv}}{dY} = 0$ shartdan $Y_{mC} = \ln \lambda$, ekanini topamiz. Bu σ_s ni minimumlik sharti bilan mos kelmaydi.

$$Y_{m\sigma} = \ln(\lambda^2 / b).$$

Boyitilgan soxada ham invers soxada ham FZS, $|Y - Y_{mC}|$ ortishi bilan eksponental ortadi. Yarimo'tkazgich FZS sig'imi zonalar egilishiga nazariy bog'lanishi xususiy va kirishmali n va p turdagi yarimo'tkazgich uchun 1.7-rasmda keltirilgan.



1.7-rasm. FZS Yarimo'tkazgich FZS sigimini zonalar egilishiga bog'lanishi.

Ta'kidlash lozimki, olingan ifodalar FZS dagi statsionar shartlarga tegishli. Ular yetarlicha past ($\omega \rightarrow 0$) chastotada ham o'rinli bo'ladi, agar asosiy va asosiy bo'lmagan tashuvchilar zaryadining o'zgarishi kichik o'zgaruvchan kuchlanishni ozgarishi orqasidan kuzatishga ulgura olsa. Boyitilgan va kambag'allashgan soxalarda Q_{sv} zaryad o'zgarishi asosan asosiy tashuvchilarni sirtga oqib kelishi yoki sirdan oqib ketishi evaziga ta'minlanadi. Bu xolda statsionarlik sharti

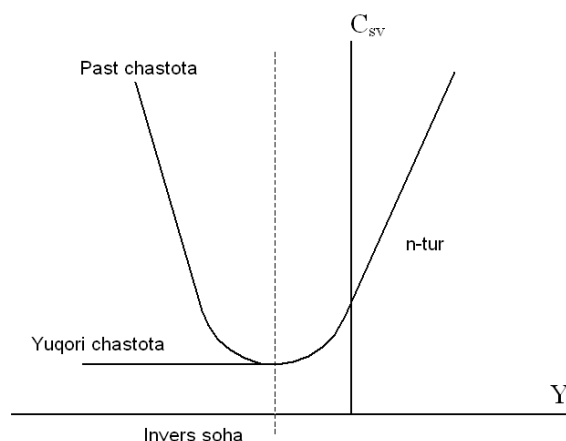
$$\frac{1}{\omega} \gg \tau_M = \frac{\varepsilon}{4\pi\sigma_0} \quad (1.34)$$

Bu yerda τ_M – yarimo'tkazgich xajmi uchun Maksvall relaksatsiya vaqti. Odatda monoqutbli yarimo'tkazgichlarda bu vaqt $\sim 10^{-10}$ s, ya'ni aytish mumkinki, barcha amalda foydalaniladigan chastotalar uchun asosiy tashuvchilar darhol sinov kuchlanishi o'zgarishiga aks sado beradi.

Sirtida inver qatlam bo'lganda ish mutlaqo boshqacha bo'ladi. Invers qatlamni zaryadlash uchun sirtida asosiy bo'lmagan tashuvchilarni paydo bo'lishi bir necha jarayonlar tufayli ro'y berishi mumkin.

1. Asosiy bo'lmagan tashuvchilarni xajmdan sirtga diffuzion ko'chishi tufayli (ular kam bo'lgan joyga) va invers qatlamga yopishgan kambag'llashgan qatlam dreyfi tufayli.
2. FZSda asosiy bo'lmagan tashuvchilarni hajmiy generatsiya mexanizmi tufayli asosan kambag'allashgan soxaga.
3. SX sirtiy generatsiya mexanizimi tufayli.

Barcha bu jarayonlar sekin kechadi. Natijada FZS asosiy bo'lmagan tashuvchilar zaryadini o'rnatish vaqti $10^{-3} - 10^0$ s, ni tashkil etadi. Shuning uchun ~ 100 Gs chastotadagi sinov kuchlanishda ham ozod tashuvchilar zaryadi invers soxada o'zgarishdan to'xtaydi va inversiyaga mos soha yuqori chastotalarda $C_{sv}(Y)$ bog'lanish chizig'ida ko'rinmasligi mumkin. Natijada invers soxada sig'im doimiy va zonalar egilishiga bog'liq bo'lmay qoladi. Invers qatlamda asosiy bo'lmagan tok tashuvchilarni doimiy zaryadi bilan ekranlashtirish natijasida invers qatlamdan keyin keladigan FZS qalinligini turib qolgani (fiksasiyalab) bilan tushuntiriladi. Bu xolat 1.8-rasmda keltirilgan.



1.8-rasm. Sirt bar'yerli sigimni zonalar egilishiga yuqori (YCH) va past (PCH) chastotalarda n - turdagi namuna uchun bog'lanishi.

I-bob bo'yicha qisqacha xulosalar.

1. Yarimo'tkazgich asboblarning sifati va yaroqliligini oshirishga qo'yiladigan talablar, dioksid kremniyni hajmida 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 tsiklning o'zida yarimo'tkazgich materialda elektrik va yarimo'tkazgich-dielektrik chegarasi xarakteristikalari haqida to'la ma'lumot berib, ushbu metod eksperimental qo'yilishini soddaligi va o'rganilayotgan namunani zararlamsligi bilan afzaldir.

II-BOB. SIRT POTENSIALINI VA UNING O'ZGARISHINI TAJRIBADA O'LCHASH USULLARI.

2.1. KONDENSATOR USULLARIDAN FOYDALANISH.

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 ($10^{-3} - 10^{-4}$ V) 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 na'muna atmosferadagi kondensator qoplamasini bir tomoni hisoblanadi. Ikkinchi qoplamasi esa, etalon elektroddan iborat (u kvars yoki shisha asosiga qoplangan yarim shaffof metall qatlami, yoki bo'lmasa agar yoritish talab etilmaydigan bo'lsa, soddagina metall 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.

$$d = d_0 + a \sin \omega t \quad (2.1)$$

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.

$$C = \frac{S}{4\pi(d_0 + a \sin \omega t)} \quad (2.2)$$

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

$$dQ = V dC \quad (2.3)$$

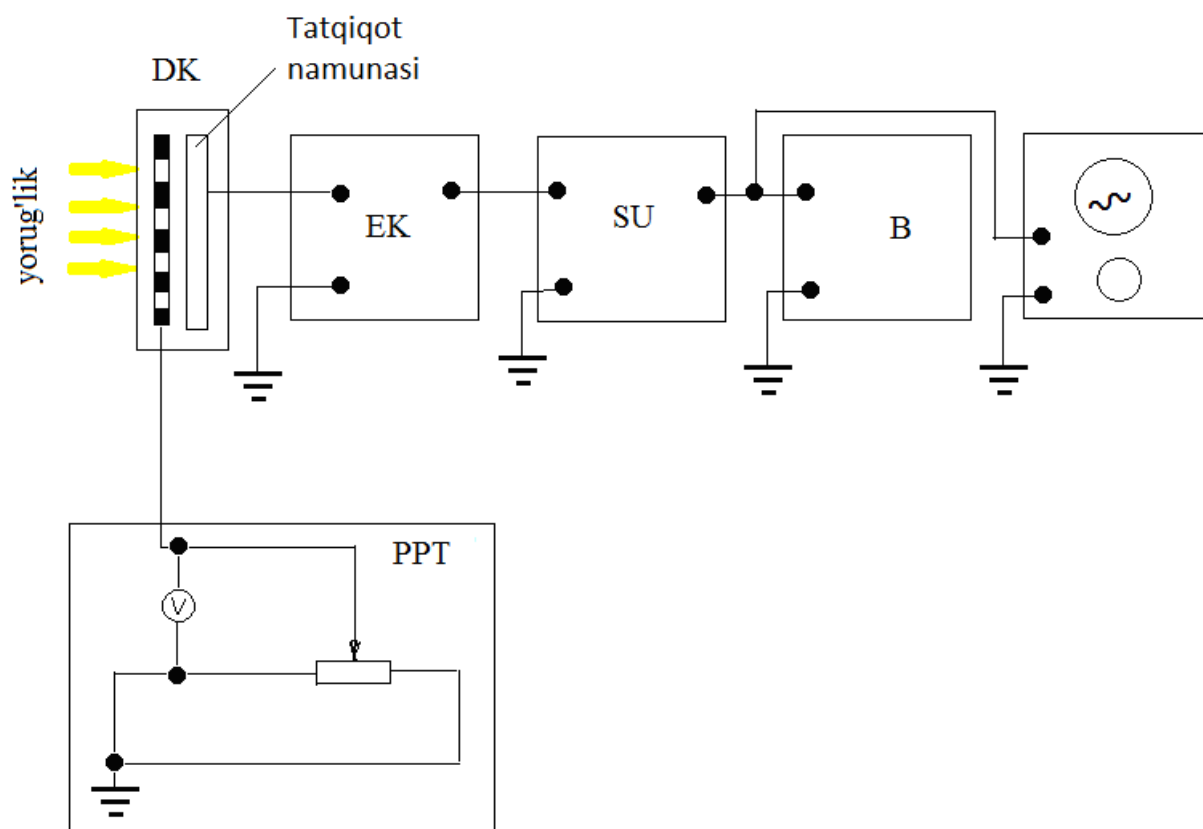
tashqi zanjirda o'zgaruvchan tok yuzaga keladi.

$$I = \frac{dQ}{dt} = V \frac{dC}{dt} \quad (2.4)$$

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 etilyapgan 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 1.1 – rasmda keltirilgan. Chiqish ishlarini farqidan yuzaga keladigan signal elektrometrik kaskad (EK) orqali o'tib tanlov kuchaytigichda kuchaytiriladi, voltmetrda kuchlanish V o'lchanadi va ostsillolograf kirishiga ulanadi. Potentsiallar yordamida dinamik kondensatorga kontakt potentsiallar farqiga (KPF) teng va qarama – qarshi ishorali o'zgarimas kuchlanish berib, voltmetr va ostsillolografdagi 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 etilyapgan 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'ylab ko'chirib yurish orqali tadqiq etilyapgan namuna sirtida kontakt potentsiallari farqini fazoviy taxsimotini ham o'rganish mumkin.



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

DK – dinamik kondensator, ‘‘T – doimiy tok potentsiometri, EK – elektrometrik kaskad,

$R_{vx} > 10^{10}$ Om, CU – tanlov kuchaytirgichi, B – voltmeter, O – ostsillograf.

2. Statik kondensator usuli. Dinamik kondensator usuli etalon va tekshirilyotgan na'muna sirti orasidagi doimiy potentsiallar farqini va uni juda sekin o'zgargandagi (minut, soat) qiymatini o'lchashga imkon beradi. Lekin, u sirt

potensialini tez o'zgarishini o'rganishga bag'ishlanmagan. Masalan, yoritishni yuqori chastota bilan modulyatsiyalab, ta'sirini o'rganishga yaramaydi. Sirt potensialini tez o'zgarishini o'rganish uchun (masalan, 10^5 chastotagacha) modulyatsiyalab yoritishga elektrodlar harakatsiz, odatdagi, kondensator usulidan foydalanish mumkin. Bu holda tekshirilayotgan 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.

$$L = L_0(\sin \omega t + 1) \quad (2.5)$$

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

$$dV_{Ph} = V_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (2.6)$$

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 .

$$dQ = CdV_{Ph} \quad (2.7)$$

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

$$I = \frac{dQ}{dt} \propto \cos(\omega t + \varphi) \quad (2.8)$$

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

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

$$V^{\sim} = IR_N \neq dV_{Ph} \quad (2.9)$$

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

Sxemani zaruriy ishlash sharti.

$$\tau = R_N C \gg T = \frac{1}{f} \quad (2.10)$$

Bu yerda R_N -nagruzka qarshilik, 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.

2.2. VOLT-FARAD XARAKTERISTIKASINI O'LCHASHNING TAJRIBA USULI

MDY-tuzilmasining volt-farad xarakteristikasini tajribada o'lchashda o'lchanayotgan signalning ω chastotasi muhim ahamiyatga ega. Bu esa sirtdagi chiqarish va tutilish jarayoni, shuningdek, C_{ss} va C_{sc} larning sig'imiga mos xolda tavsiflanuvchi inversion qatlamdagi erkin tashuvchilar zaryadining o'zgarishi, tajriba signalida odatda qo'llaniladigan davrga tenglashtirilgan chekli vaqtga τ ega ekanligi bilan bog'liq. Eslatib o'tish joizki, inversion qatlamdagi zaryad Q_n o'zgarishi, FZSda asosiy bo'lmagan tashuvchilarning τ_n yashash vaqti bilan belgilanadi va generatsion-rekombinatsiyalashgan jarayon bilan tavsiflanadi.

Sirtdagi chiqarish va tutilishning xarakterli vaqti shu holatlarning doimiy vaqtiga τ ko'ra aniqlanadi. O'lchanayotgan signalning chastotasiga bog'liq holda ikki usul farqlanadi, bular – yuqori chastotali xarakteristika C - V va kvazistatistik C - V usullar.

FZS da asosiy bo'lmagan tashuvchilarni yashash vaqti τ_n va sirt xolatlari vaqt doimiysi τ ($\omega^{-1} \gg \tau_n, \tau$) lardan o'lchov signalining davri ancha katta sohalarda, ya'ni past chastotalarda MDY-tuzilmasini to'la sig'imi tenglamaga kiruvchi barcha sig'imler yig'indisi bilan aniqlanadi. Mazkur shart bo'yicha o'lchangan volt-farad xarakteristikasi muvozanatli ***pastchastotali C-V bog'lanish*** nomini oldi.

Tajribalarda pastchastotali bog'lanishlar odatda kvazistatistik C-V usul yordamida olinadi. Bu usulning mohiyati shuni anglatadiki, siljish toki, V_G kuchlanishning chiziqli aylanishidagi MDY-tuzilmasi orqali o'lchanadi, va I_{sil} siljish tokining kattaligi MDY-tuzilmaning proporsional sig'imi sifatida namoyon bo'ladi. Haqiqatan ham agar

$$V_G(t) = \alpha \cdot t,$$

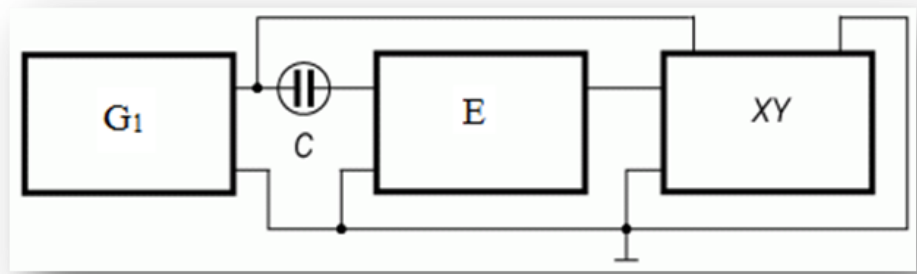
bo'lsa, siljish toki I_{sil} ning kattaligi

$$I_{\tilde{n}} = \frac{dQ_M}{dt} = \frac{dQ_M}{dV_G} \frac{dV_G}{dt} = C \cdot \alpha.$$

ga teng bo'ladi.

Agar MDY-tuzilmasining sig'imi $C = C(V_G)$ kuchlanishiga bog'liq bo'lsa, siljish toki ham $I_{sil} = I_{sil}(V_G)$ kuchlanishiga bog'liq bo'ladi.

Muvozanatli pastchastotali bog'lanishlar uchun past chastotalarning $\omega^{-1} \gg \tau_n$ talab etilishi, (3.7) tenglikdagi $\alpha = \frac{dU}{dt}$ kuchlanishning asta-sekin o'zgarishini yuzaga keltiradi. Odatda α kattaligi $\alpha = 10^{-4} \div 10^{-2}$ V/s ni tashkil etadi. Bu shartlarga ko'ra MDY-tuzilma vositasidagi siljish toki $I_{sil} \leq 10^{-9} \div 10^{-12}$ A dan kam va uning o'lchovi uchun elektrometrik voltmetrdan foydalanish lozim. 10-rasmda kvazistatistik usulni amalga oshirish sxemasi keltirilgan. Sig'imning to'la hisobini olish uchun MDY-tuzilmasi o'rniga ulangan kichik oralab o'tuvchi kalibrli sig'imdan foydalaniladi.



2.2-rasm. MDY-tuzilmasining kvazistatistik volt-farad xarakteristikasining o'lchov sxemasi:
 G_1 – arrasimon kuchlanish generatori, E – elektrometrik kuchaytirgich, XY – juftkoordinatali o'ziyozar asbob, C – MDY-tuzilma

2.3. YUQORI CHASTOTALI C-V XARAKTERISTIKASI USULI

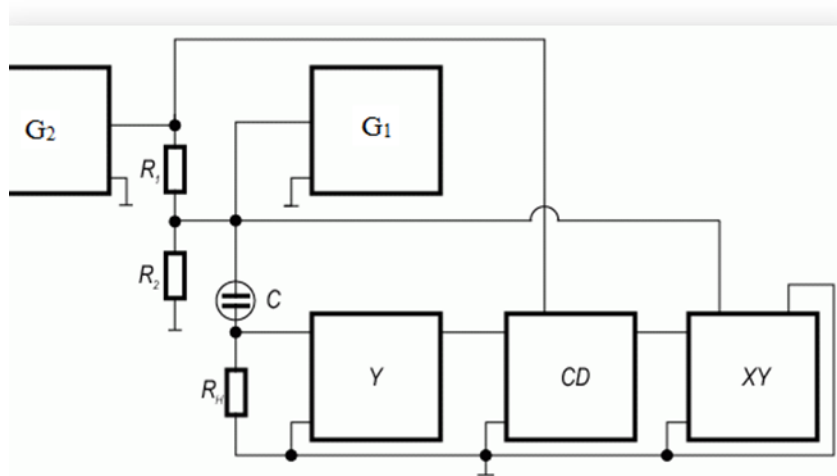
Yuqorichastotali xarakteristika usulining mohiyati MDY-tuzilmasi sig'imini asosiy bo'lmagan tashuvchilarning yashash vaqtidan hamda sirtning qayta zaryadlanish vaqtidan kichik bo'lgan, davriy kichik o'zgaruvchan signalda o'lchashni o'z ichiga oladi.

Bu shartlar asosida inversion kanaldagi zaryad Q_n o'zgaruvchan kuchlanishga yetib olishga ulgurmaydi va asosiy bo'lmagan tashuvchilarning C_n sig'imi nolga teng bo'ladi. Shunday ekan, FZSning sig'imi C_{sc} boyish holatida asosiy tashuvchilar bilan, kamayish holati va inversiyada esa - faqatgina kamayish sohasining qatlamiga bog'liq bo'ladi. Madomiki sirt sohasi o'zgaruvchan sinovchi signalning chastotasi bilan zaryadlanishga ulgura olmasa, bu holda ham ularning sig'imi nolga teng bo'ladi ($C_{ss} = 0$). Bunday usulga ko'ra, MDY-tuzilmaning sig'imi yuqori chastotada faqatgina dielektrik sig'imi bilan C_0 va asosiy bo'lmagan tashuvchilar sig'imi hisobga olinmagan holdagi fazoviy zaryad sohasining sig'imi bilan aniqlanadi. Ushbu usulda amplituda bo'yicha o'lchanuvchi kichik kuchlanishdan tashqari, MDY-tuzilma uchun uning C sig'imini o'zgartiruvchi doimiy kuchlanish V_G ham tadbqiq qilinadi.

Bu V_G kuchlanish odatda chiziqli o'zgaruvchi kuchlanish generatori xisobiga pasayadi. Olingan volt-farad xarakteristikasi juftkoordinatali o'ziyozar asbob yordamida yozib olinadi. 2.3-rasmda ushbu usul sxemasi keltirilgan, bu sxema bazan Goetsberg sxemasi deb ham ataladi. MDY-tuzilmasi sig'imi va yuklama qarshilik uchun shunday munosabatni tanlash kerakki, zero $R_C = \frac{1}{\omega C} \gg R_H$ shart doimiy bajarilsin. Agar $U < \frac{kT}{q}$ ga ko'ra, o'zgaruvchi kuchlanish generatoridan MDY-tuzilmasiga kichik kuchlanish $\tilde{U} = U_0 e^{i\omega t}$ tushadi deb hisoblaydigan bo'lsak, u holda yuklama qarshiligi va MDY sig'imi orqali o'tuvchi tok:

$$\tilde{i} = \frac{\tilde{U}}{z} = \frac{\tilde{U}}{\sqrt{R_H^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}} \approx \omega C (V_G) \tilde{U}.$$

ga teng bo'ladi.



2.3-rasm. MDY-tuzilma volt-farad xarakteristikasining yuqori chastotali o'lchov sxemasi

Yuklamali qarshilikdagi $\tilde{U}_{RH}$ kuchlanishning pasayishi quyidagiga teng:

$$U_{RH} = iR_H = \tilde{U} R_H \omega C (V_G)$$

Bunday usulda, yuklama qarshilikdagi U_{RH} kuchlanishning pasayishi MDY-tuzilmasi sig'imiga proporsional bo'ladi. Bu signal tor polosali kuchaytirgichda kuchaytirilgandan so'ng va signaldagi faqatgina sig'imni tashkil etuvchilarni belgilash uchun sinxrodetektor yordamida detektorlangandan so'ng, biz MDY-

tuzilmasi proporsional sig'imidagi peroni o'ziyozuvchi asbobdagi Y koordinatasi bo'ylab og'ishiga ega bo'lamiz. MDY-tuzilmasi va o'ziyozar asbobning X o'qi uchun bir vaqtning o'zida V_G qiymatini o'zgartirib va V_G ni burash uchun generator signalini uzatish orqali yuqori chastotali volt-farad xarakteristikasi yozib olinadi. Sig'implarni hisoblashda to'la qiymatga ega bo'lish uchun MDY-tuzilmasi o'rniga kalibrli sig'imdan foydalaniladi.

2.4. MDY-TUZILMA PARAMETRLARINI VOLT-FARAD $C-V$ XARAKTERISTIKA TAXLILI ASOSIDA ANIQLASH

Volt-farad xarakteristikasining taxlili MDY-tuzilmasining asosiy parametrlari to'g'risida keng ma'lumot olishga imkon beradi, jumladan: yarimo'tkazgichli tagliklarning o'tish turi (p -tur va n -tur); taglikdagi legirlovchi aralashmaning konsentratsiyasi va uning yarimo'tkazgich sirtidagi taqsimlanishi qonuni; MDY-tuzilmasi dielektrigida o'rnatilgan zaryadning belgisi va qiymati; zatvorosti oksid pardasi qalinligi; yarimo'tkazgich-dielektrik chegara sohasidagi sirt holat zichligi.

Bu savollarni kengroq ko'rib o'tamiz.

1. Yarimo'tkazgichli tagliklarning o'tish turini aniqlash.

Yarimo'tkazgichli taglikning o'tish turini aniqlash uchun yuqorichastotali volt-farad xarakteristikasidan foydalanamiz.

6-rasmda keltirilgan ekvivalentlik sxemasiga va yuqorichastotali $C-V$ bog'lanishga ko'ra, asosiy tashuvchilar bilan boyish holatida MDY-tuzilmasi sig'imi maksimal bo'lib, dielektrik sig'imi bilan aniqlanadi. Inversiyada ham MDY-tuzilmasi sig'imi maksimal bo'ladi. Bundan kelib chiqadiki, agar $C-V$ bog'lanishning maksimum sig'imi deyarli musbat kuchlanishda joylashgan bo'lsa, taglik p -turli yarimo'tkazgichdan tayyorlangan bo'ladi, agarda o'sha maksimum

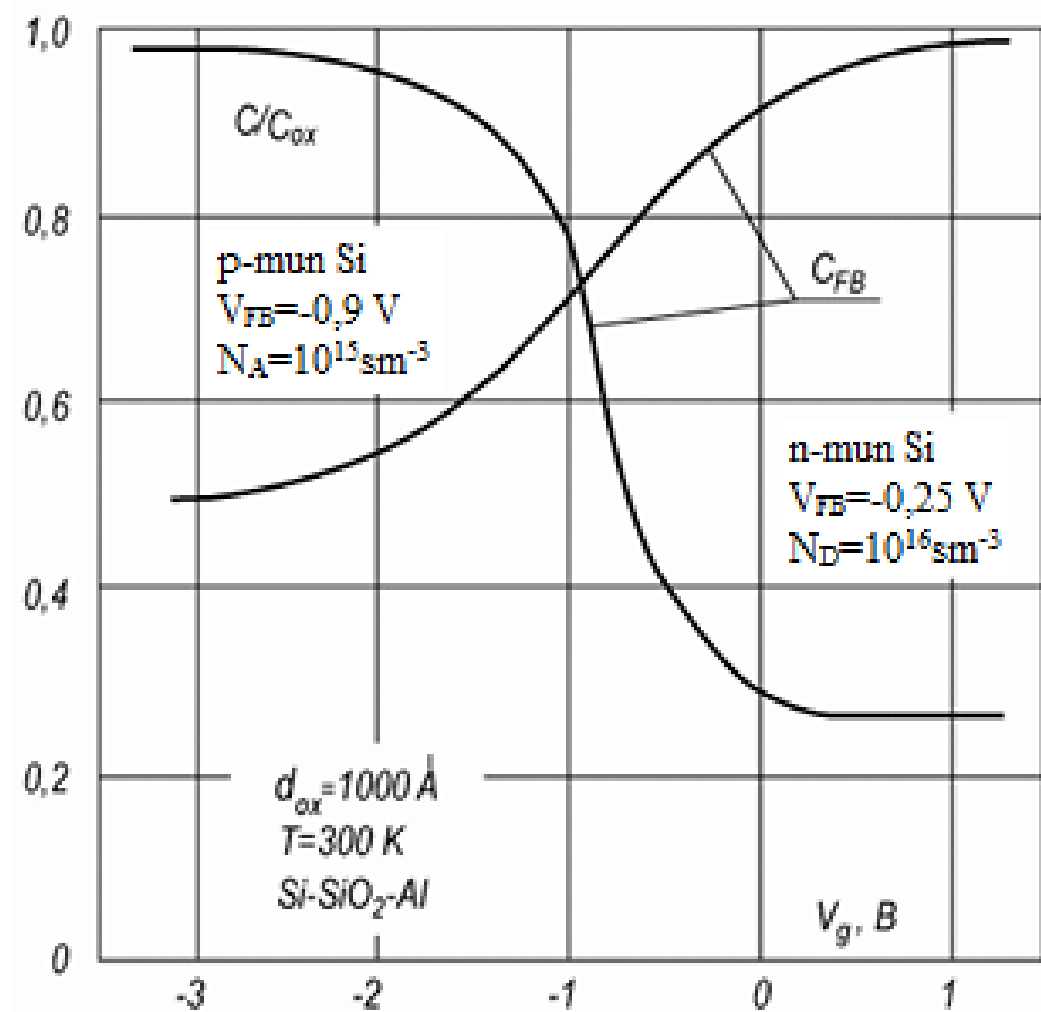
C-V bogʻlanish deyarli manfiy kuchlanishda joylashgan boʻlsa, u holda taglik *n*-tur yarimoʻtkazgichdan tayyorlangan boʻladi. 2.4-rasmda *p*- va *n*-tur taglikdagi yuqorichastotali VFX keltirilgan.

2.Zatvorosti dielektrigi qalinligini aniqlash.

Ilgari ham koʻrsatib oʻtilganidek, boyish holatida MDY-tuzilmasi sigʻimi faqatgina dielektrikning geometrik sigʻimidan aniqlanadi C_{ox} , u holda:

$$C = C_{ox} = \frac{\epsilon_{ox}\epsilon}{d_{ox}}, \quad (2.11)$$

ϵ_{ox} – oksidning nisbiy dielektrik oʻtkazuvchanligi.



2.4-rasm. Yarimoʻtkazgichli *p*- va *n*-tur taglikda tayyorlangan, MDY-tuzilmasining yuqorichastotali volt-farad xarakteristikasi

Bundan kelib chiqadiki:

$$d_{ox} = \frac{\varepsilon_{ox}}{C_{ox}}, \quad (2.12)$$

Eslatib o'tamiz, bu erda C_{ox} – zatvorosti dielektrikning solishtirma sig'imi, ya'ni yuza birligidagi sig'im. (2.11) ga tajribadagi qiymatni qo'yish uchun oldin sig'imni me'yorlashtirish, ya'ni sig'imni tajriba qiymatini MDY-tuzilma yuzi qiymatiga bo'lish kerak. 2.4-rasmdan ko'rish mumkinki, amalda zatvordagi kuchlanish ta'sirida $V_G - V_{FB} \approx (2 \div 3) \text{ \AA}$ hamma MDY-tuzilmalar uchun to'la sig'im C , dielektrikning sig'imidan faqatgina 2-3%ga farq qiladi. Oksidlanish pardasi o'ta yupqa bo'ladigan hollarda $d_{ox} < 100 \text{ \AA}$, ya'ni ularning FZSda kvantlanishi ahamiyatli bo'lib qoladigan tuzilmalar bundan istisno bo'ladi, ularda bu farq 10% gacha etishi mumkin.

3. Legirlovchi aralashma konsentratsiyasining qiymati va profilini aniqlash.

Legirlovchi konsentratsiya qiymatini aniqlash uchun MDY-tuzilmasi yuqori chastotali C - V karakteristikasining quyidagi xususiyatidan foydalanamiz: ularning sig'imi inversiya sohasida minimal C_{min} qiymatga ega bo'ladi va ular faqatgina ionlashgan donorlar C_B sohasi sig'imi hamda dielektrik C_{ox} sig'imidagina aniqlanadi.

Bunga ko'ra

$$\frac{1}{C_{min}} = \frac{1}{C_{ox}} + \frac{1}{C_B} \quad (2.13)$$

ifodani oksid sig'imi C_{ox} va ionlashgan akseptor sohasi sig'imi uchun qo'llab quyidagiga ega bo'lamiz:

$$C_{min} = \frac{\varepsilon_{ox} \varepsilon_0}{d_{ox} + \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{ox}} W} \quad (2.14)$$

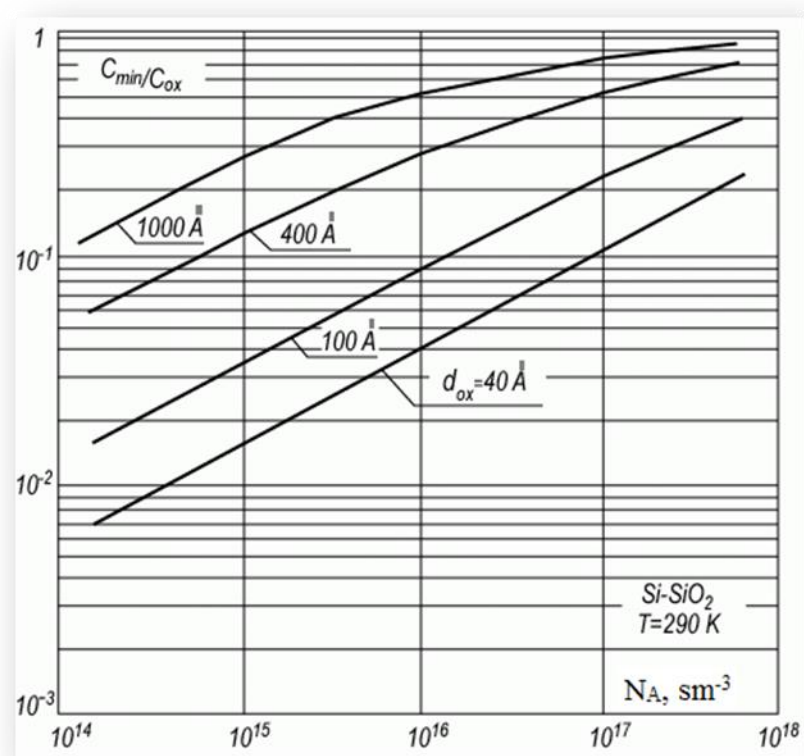
Ionlashgan akseptorlarning FZS sig'imi uchun konsentritsiya ifodasi:

$$N_A = \frac{2 \left(2\phi_0 - \frac{kT}{q} \right)}{\epsilon_s \epsilon_0 q} \cdot \left(\frac{\frac{C_{ox}}{C_{min}} - 1}{C_{ox}} \right)^{-2} \quad (2.15)$$

2.5-rasmda legirlovchi aralashma N_A konsentratsiyasi bilan Si-SiO₂ sistemasi uchun sig'imi meyorlashgan qiymatining C_{min}/C_{ox} zatvorosti dielektrigi d_{ox} qalinligi bilan bog'liqlik nomogrammasi parametr sifatida keltirilgan. 2.5-rasmdan ko'rinib turibdiki, agar dielektrik qanchalik yupqa bo'lsa va legirlovchi aralashma konsentratsiyasi past bo'lsa, VFX da sig'imning minimaldan maksimal qiymatgacha farqlanishi shuncha ko'p kuzatiladi. Yarimo'tkazgich z tubidan ma'lum masofadagi konsentratsiya N_A profilini aniqlash uchun nomuvozanatli kamayish sohasidan olingan, yuqorichastotali C-V bog'lanishdan foydalanamiz. FZSdagi asosiy bo'lmagan tashuvchilarning doimiy τ generatsion vaqtdan aylanuvchi kuchlanish davri oz bo'lgan holatda nomuvozanatli kamayishni aniqlash mumkin. Bu holatda sirt potentsiali yuqori bo'lishi mumkin $\psi_s > 2\phi_0$, FZS esa muvozanat holatidagi FZSning kengligidan mos ravishda katta bo'ladi. Shuningdek, sirt potentsiali qiymati bilan solishtirilganda oksiddagi kuchlanish V_{ox} pasayishini, ya'ni $V_{ox} \ll \psi_s$; $V_G \approx \psi_s$ e'tiborga olmasa ham bo'ladigan yupqa oksidli MDY-tuzilmasini olamiz. Bu holatda (2.14) va (2.15) ga muvofiq holda, qiyalik burchagi tangensi (2.16) ga ko'ra:

$$tg(\gamma) = \frac{d \left(\frac{C_{ox}}{C_{ox}/C_{min} - 1} \right)}{dV_G} = \left[\frac{qN_A \epsilon_s \epsilon_0}{2} \right]^{-1} \quad (2.16)$$

konsentratsiya N_A qiymatini aniqlaydi.



2.5-rasm. Kremniylik MDY-tuzilmasi uchun, har-xil qiymatdagi legirlovchi aralashma konsentratsiyasining zatvorosti dielektrigi kengligidagi yuqori chastotali VAX minimumida sig‘imning meyorlashtirilgan qiymatiga $C_{\min}/C_{ox}$ bog‘liqligi

Konsentratsiya qiymatiga N_A mos keluvchi z koordinata qiymati FZS kengligi ifodasidagi qiymatlarni almashtirish $\psi_s = V_G$ mobaynida aniqlanadi:

$$z = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s \varepsilon_0 V_G}{qN_A}}. \quad (2.17)$$

Chegaraviy hollarda, ya’ni oksid parda qalinligi $d_{ox} \rightarrow 0$ da, bu kattalikni muvozanatsiz sig‘imini o‘lchab, uni huddi teskari siljishdagi Shottki baryerlari sig‘imi sifatida foydalaniladi.

4. Kiritilgan zaryad qiymati va belgisini aniqlash.

MDY-tuzilma dielektrigiga kiritilgan zaryad qiymati va ishorasini aniqlashda, odatda VFXning yuqori chastotali usulidan foydalaniladi. Buning uchun zatvorosti dielektrigining qalinligi d_{ox} , regirlovchi aralashma

konsentratsiyasi N_A va zatvor materialining chiqish ishini bilgan holda, yassi zona kuchlanishi $V_{FB} = \Delta\phi_{ms}$ va MDY-tuzilmasi yassi zonasining sig‘im qiymati C_{FB} nazariyasiga ko‘ra va $C_n = \frac{\epsilon_s \epsilon_0}{\sqrt{2} L_D} e^{\frac{\beta(\psi_s - 2\phi_0)}{2}}$ ga muvofiq holda xisoblanadi.

Modomiki tajribada volt-amper xarakteristikasida C - V bog‘lanish yuqorichastotali ekan, ya’ni $C_{ss} \rightarrow 0$, u holda $C = const = C_{FB}$ (nazariya) kesim o‘tkazsak, ushbu bog‘lanishni tajribaviy VFX kuchlanishi bilan kesishish nuqtasiga ega bo‘lamiz. Bu erda VFX kuchlanishi $\psi_s = 0$ ga mos tushadi, ya’ni yassi zonaning V_{FB} tajribaviy kuchlanishi (tajriba). quyidagicha aniqlanadi.

$$V_{FB \text{ эксп}} - V_{FB \text{ теор}} = -\frac{Q_{ox}}{C_{ox}} + \frac{qN_{ss}}{C_{ox}} \phi_0. \quad (2.18)$$

Agar $Q_{ox}, Q_{ss} > 0$ bo‘lsa, $V_{FB} \text{ (taj.)} > V_{FB} \text{ (naz.)}$ bo‘ladi, aksincha, agar $Q_{ox}, Q_{ss} < 0$ bo‘lsa, $V_{FB} \text{ (taj.)} < V_{FB} \text{ (naz.)}$ bo‘ladi.

Bunday yo‘l bilan umumiy zaryadning qiymati va belgisi yassi zonalarda (2.18) munosabatga ko‘ra bir xil aniqlanadi. Zaryadni sirt sohasida ajratib olish uchun, uning sirt sohasini egallab olgan asosiy tashuvchilar bilan bog‘langanligidan foydalanamiz (p -tur, $Q_{ss}(\psi_s = 0) > 0$ va n -tur, $Q_{ss}(\psi_s = 0) < 0$). N_{ss} qiymatni bilgan holda sirt sohasidagi zaryad Q_{ss} qiymatini xisoblash mumkin. Shu yo‘l bilan dielektrikdagi zaryadning Q_{ox} qiymati va belgisini ham aniqlanadi.

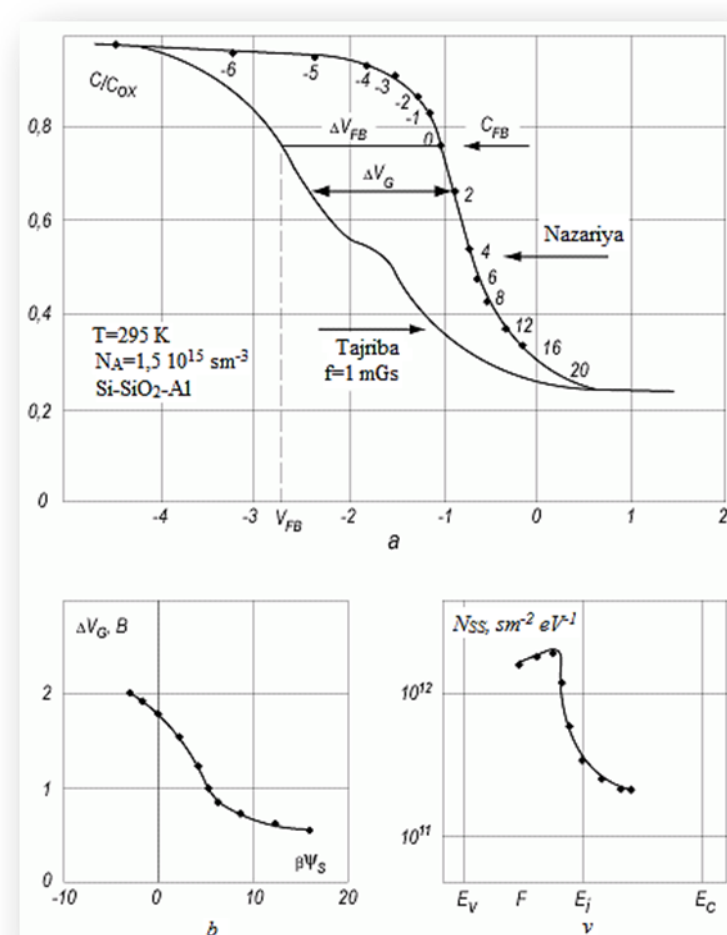
2.5. YARIMO‘TKAZGICH-DIELEKTRIK CHEGARA SOHALARIDAGI SIRT HOLAT ZICHLIGINI ANIQLASH

Yarimo‘tkazgich-dielektrik chegara sohasida, yarimo‘tkazgichning ta’qiqlangan zonasidagi sirt holat zichligining taqsimlanish funksiyasi va qiymatini aniqlashda volt-farad xarakteristikasi usulidan foydalanib bir qancha

imkoniyatlarga ega bo'lish mumkin. Ushbu usullarni yanada batafsilroq ko'rib o'tamiz.

Differensiallash usuli

Differensiallash usuli yoki Terman usuli, ideal MDY-tuzilmasi sig'iminin nazariy o'lchamlarini tajribadagi MDY-tuzilmasining yuqorichastotali sig'imi bilan taqqoslashga asoslangan. Ikkala holatda ham taglikdagi legirlovchi konsentratsiya va oksid kengligining qiymatlari o'zaro mos tushadi. 2.6 a-rasmda yuqoridagi usulni tasvirlash uchun C-V bog'lanishning nazariy va tajribadagi o'lchamlari keltirilgan.



2.6-rasm. Sirt holat zichligining differensial usulda hisoblash:

- Si-SiO₂-Al MDY-tuzilmasi uchun nazariy va tajribadagi VFX;
- MDY-tuzilmasining doimiy sig'imi $C = \text{const}$ kesimida olingan sirtidagi potensialning ψ_s kuchlanish o'zgarishiga ΔV_G bog'liqligi;
- $\Delta V_G(\psi_s)$ bog'lanishni (2) tenglikka ko'ra, grafik differensiallash yo'li bilan olingan yarimo'tkazgich ta'qiqlangan zonasi energiyasining E sirt holat zichligiga bog'liqligi.

Modomiki sig‘im yuqorichastotali ekan, uning qiymati faqatgina sirt potentsiali ψ_s o‘lchamiga ko‘ra aniqlanadi. Gorizontal kesma $C = const$ o‘tkazish yo‘li bilan, tajriba bog‘lanishda sirt potentsialining joylashish tartibini belgilaymiz.

Taglikdagi, bir xil sig‘imni tashkil etuvchi nazariy va tajriba bog‘lanishlarining kuchlanish qiymatlarini solishtirgan holda, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\Delta V_G = V_{G \text{ taj}} - V_{G \text{ naz}} = V_{FB} + \frac{qN_{ss}}{C_{ox}} \psi_s \quad (2.19)$$

Bog‘lanishni grafik differensiallab, (2.19) dan quyidagi ifodani olish mumkin:

$$N_{ss} = \frac{\varepsilon_{ox} \varepsilon_0}{qd_{ox}} \frac{d(V_{G \text{ taj}} - V_{G \text{ naz}})}{d\psi_s} \quad (2.20)$$

(2.19) munosabatdagi taxlilga asoslangan usul etarli darajada keng qo‘llanib kelinmoqda. Bu usul sodda bo‘lib, unda katta hisob-kitoblar talab qilinmaydi. Sirt sohasi zichligining energiyaga bog‘liqligi Fermi sathi yaqinidagi ta‘qiqlangan zonaning bir qismidagina amalga oshadi xolos, ushbu fakt differensial usulning kamchiligi hisoblanadi. 14b-rasmda $\Delta V_G(\psi_s)$ grafigi keltirilgan, 14v-rasmda esa avvalgi grafikni differensiallash yo‘li bilan olingan va yarimo‘tkazgichning ta‘qiqlangan zona energiyasiga bog‘liq bo‘lgan sirt soha zichligi taqsimoti keltirilgan.

Integrallash usuli.

Integrallash usuli yoki Berglunda usuli muvozanatli pastchastotali volt-farad xarakteristikasi taxliliga asoslangan. Muvozanatli pastchastotali $C-V$ bog‘lanish uchun

$$\frac{d\psi_s}{dV_G} = 1 - \frac{C}{C_{ox}} \quad (2.21)$$

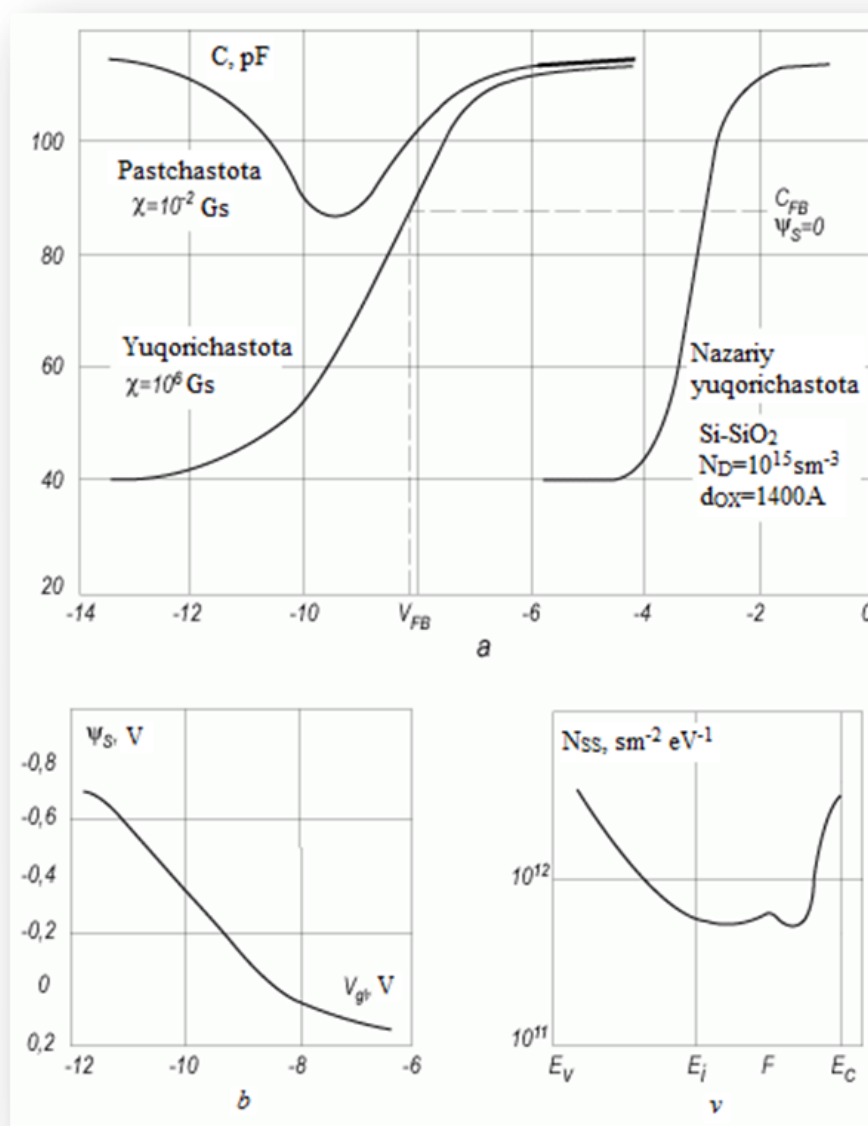
(2.21) munosabatni cheklangan shartlar $\psi_s = \psi_{si}$, $V_G = V_{Gi}$ bilan integrallab, quyidagini hosil qilamiz:

$$\psi_s - \psi_{si} = \int_{V_{Gi}}^{V_G} \left(1 - \frac{C}{C_{ox}} \right) dV_G . \quad (2.22)$$

Agar $C(V_G)$ – tajriba bog‘lanishi bo‘lsa, u holda (2.22) tenglikni integrallash (usul shuning uchun ham integrallash deyilgan) sirt potentsiali va zatvordagi kuchlanish V_G bilan bog‘liqlikni vujudga keltiradi. ψ_{s1} va V_{G1} qiymatlari ixtiyoriy ravishda tanlanadi. Odatda ψ_{s1} ($\psi_{s1} = 0$) va V_{G1} shunga muvofiq V_{FB} – yassi zona kuchlanishi qiymati nolga teng deb qabul qilinadi. Bu qiymatlar yuqorichastotali C - V bog‘lanishdan olinadi. Aloqa $V_G(\psi_s)$ ekanligi ma’lum, demak bir necha o‘zgartirishlardan so‘ng quyidagi kelib chiqadi:

$$N_{ss} = \frac{\epsilon_{ox}\epsilon_0}{qd_{ox}} \left[\frac{C/C_{ox}}{1 - C/C_{ox}} - \frac{C_{sc}}{C_{ox}} \right] \quad (2.23)$$

Integrallash usulining differensiallash usuliga nisbatan afzalligi shundaki, (2.23) munosabat butun ta’qiq zona bo‘ylab sirt holat zichligining qiymatini va o‘zgarish qonunini aniqlashga imkon beradi.



2.7-rasm. Sirt holat zichligini integrallash usulida hisoblash:

a) MDY-tuzilmasining Si-SiO₂-Al tajribaviy muvozanatli VFX; b) (4) tenglikga ko'ra shu bog'lanish bo'yicha hisoblangan V_G kuchlanishning sirt potensialiga ψ_s bog'liqligi; v) ushbu tajribaviy natijalar bo'yicha (4) tenglikga ko'ra hisoblangan, yarimo'tkazgich ta'qiqlangan zonasi energiyasining E sirt holat zichligiga bog'liqligi.

(2.22) munosabatga ko'ra, $(1 - S/S_{ox})$ funksiyaning sonli integrallashuvi muvozanatli $C-V$ bog'lanishda maydon qiymatini berishi lozim. Madomiki sig'im, sirt potensialining taqribiy o'xshash qiymatlarida to'yinar ekan, demak sirt holatining har-xil zichligidagi bog'lanishlarda $C-V$ bog'lanish ostidagi maydon bir xil bo'ladi. 15a, b, v-rasmlarda muvozanatli $C-V$ bog'lanishlarning hisoblanish tartibi va ularga muvofiq keluvchi grafiklar keltirilgan.

Haroratli usul.

Haroratli usul yoki Greya-Braun usuli harorat T o'zgargandagi, MDY-tuzilmasini yassi zona V_{FB} kuchlanishining o'zgarishi taxliliga asoslangan. Yarimo'tkazgichning harorati o'zgarganda Fermi sathining hajmiy holati ham o'zgaradi.

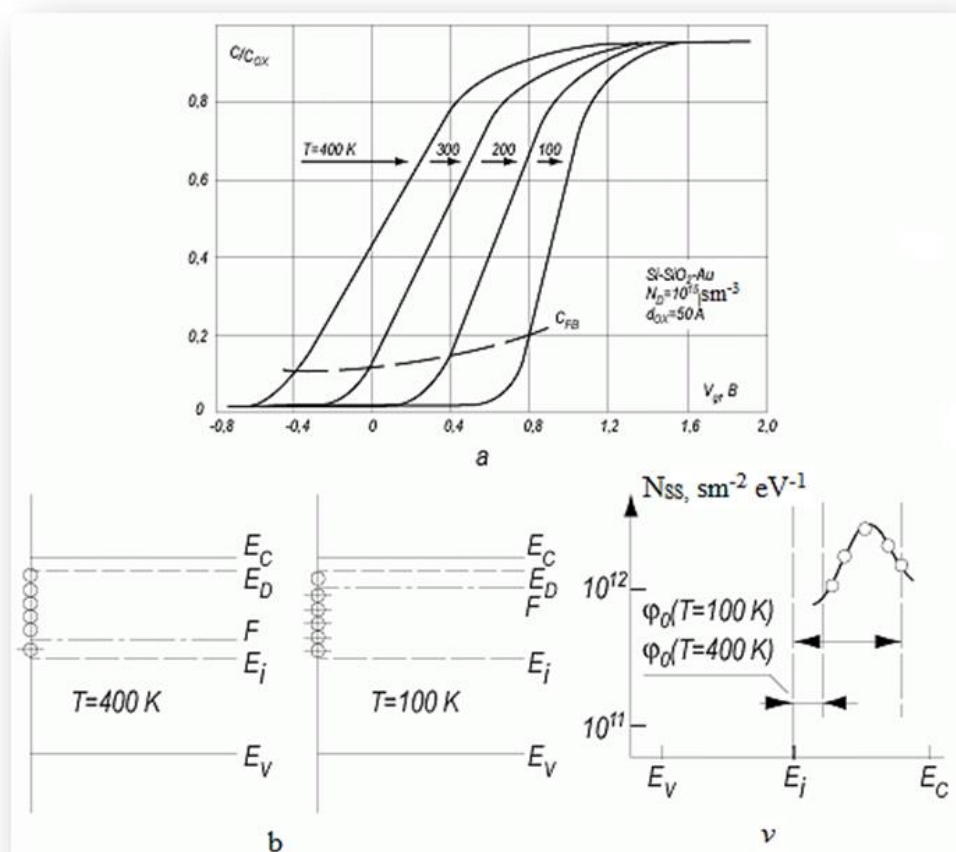
O'zgarish qonuni $\varphi_0(T)$ va shunga ko'ra $\varphi_0(E)$ ham keng qo'llaniladi va aralashmaning to'la ionlashgan sohasida etarlicha soddalikga ega. V_{FB} yassi zona kuchlanishidan kelib chiqadiki, harorat o'zgarganda

$$V_{FB}(T_1) - V_{FB}(T_2) = \frac{qN_{ss}}{C_{ox}} [\varphi_0(T_1) - \varphi_0(T_2)] \quad (2.24)$$

(2.24) munosabatning grafik differensiallanishi N_{ss} uchun quyidagi ifodani keltirib chiqaradi:

$$N_{ss} = \frac{\varepsilon_{ox}\varepsilon_0}{qd_{ox}} \frac{d(\Delta V_{FB})}{d(\Delta\varphi_0)} \quad (2.25)$$

Haroratli usulning eng muhim afzalligi shundagi, ushbu usul orqali ta'qiqlangan zona yaqinidagi sirt holat zichligining qiymatini aniqlash mumkin. Haroratni keng intervalda o'lchashga ehtiyojning yo'qligi va hisoblashning qiyinligi, shuningdek haroratning keng diapazonida yuqorichastotalikni o'lchashga ehtiyojning yo'qligi ushbu usulning kamchiliklari hisoblanadi. 2.8 a, b, v-rasmlarda tajribaviy bog'lanishlar, ularning haroratga bog'liq holda o'zgarishi va hisoblashlar natijalari keltirilgan.



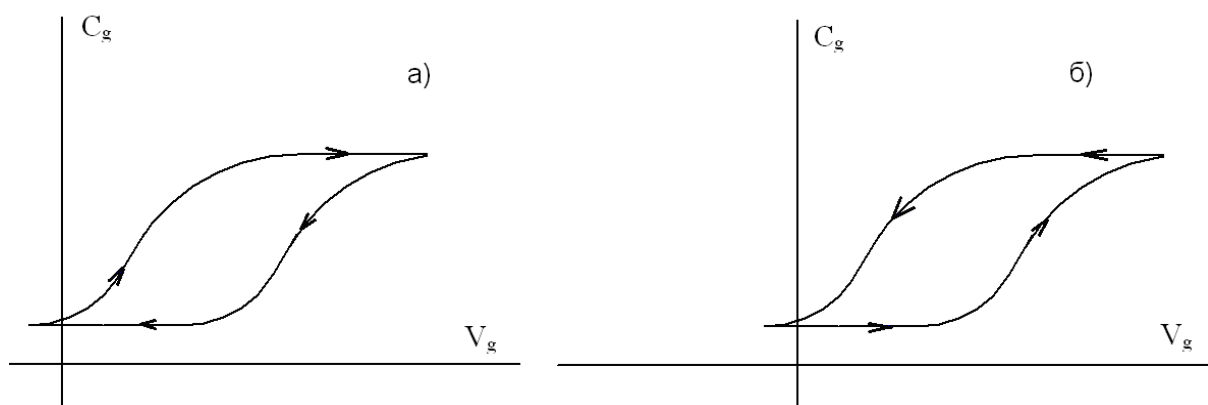
2.8-rasm. Sirt holat zichliklarining haroratli usulda hisoblanishi:

a) har xil haroratdagi MDY-tuzilmasining tajribaviy yuqorichastotali VFX; b) ulchashning yassi zona ΔV_{FB} haroratiga bog'liqligi va harorat o'zgarganda yarimo'tkazgich hajmidagi Fermi sathining φ_0 holati; v) mazkur tajribaviy natijalar bo'yicha (7) tenglikga ko'ra hisoblangan, yarimo'tkazgich ta'qiqlangan zonasi energiyasining sirt holat zichligiga N_{ss} bog'liqligi.

2.6. METALL – DIELEKTRIK YARIMO'TKAZGICH (MDYA) STRUKTURALARDA GISTEREZIS HODISASI.

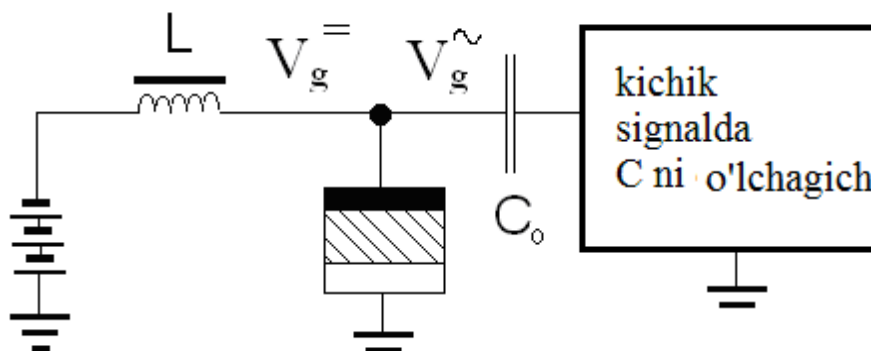
MDYa – strukturalatini volt – farad (CV) –xarakteristikalarini tadqiq etilayotganda ko'pincha xarakteristikani gisterezisi uchraydi, ya'ni kuchlanishni ortishi va kamayishidagi o'zgarishar mos kelmasligi kuzatiladi. CV – xarakteristikani har xil turdagi gisterezis ko'rinishi 17– rasmda ko'rsatilgan. Normal gisterezisli xarakteristika holiga mos keladigani, bu musbat kuchlanish V_g berilganda barcha xarakteristikani musbat kuchlanishlar tomon siljitadiganidir.

Bunday ko'rinishdagi gisterezis yarimo'tkazgich bilan dielektrik chegara bo'limidagi, yoki dielektrikdagi tutib qoluvchi sathlar orasida zaryad almashinuviga mos keladi. (2.9- rasm). Anomal gisterezisli xarakteristikada esa, musbat V_g berilganda barcha xarakteristikani manfiy kuchlanishlar tomon siljitadi. Bu hol dielektrikdagi tutgichlarni metall elektrod bilan tok tashuvchilar almashishida zaryadlanib qolishiga mos keladi, yoki dielektrlardagi ionlarni migrasiyalanib qutiblanishiga mos keladi. (2.9.b-rasm)



2.9 – rasm. MDYa strukturalar CV – xarakteristikalarini gisterezisi a) normal gisterezis b) anomal gisterezis.

Kvazistatsionar CV – xarakteristikalarini olish uchun o'lchov qurilmasini prinsipial sxemasi. 2.10 – rasmda keltirilgan. Doimiy boshqaruv kuchlanishi $V_g^=$ MDYa strukturaga bir vaqtda sig'imni sinovchi o'zgaruvchan signal $V_g^{\sim}$ bilan birga beriladi. O'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlari LC – zanjir bilan ajratiladi.



2.10 – rasm. CV – xarakteristikalarini tadqiqi uchun o'lchov qurilmaisni sxemasi.

Bu sxemani σ_s ni doimiy tokda (Y ni aniqlash uchun) o'lchov sxemasi bilan to'ldirish mumkin. Buni kanalda maydon samarasidagi harakatlanuvchanlikni aniqlash ehtimoli bilan to'ldirish mumkin. Oxirgi 'arametr sifrlri elektronika elementlari sxemalarini – maydon MDYa tranzistorlarini tayyorlashda muhim o'rin tutadi. Ushbu usul bunday tranzistorlarni sifat nazorati jarayonida ideal holatda yassi zonalar kuchlanishi qiymatlari nolga tengligini aniqlash, CV – xarakteristikada gisterezisni to'la yo'qligini, sirt holatlarini amalda yo'qligini va maydon samarasida kanalda harakatchanlikni maksimaligini aniqlashga yordam beradi.

MDY-tuzilmasi sig'imini asosiy bo'lmagan tashuvchilarning yashash vaqtidan va sirtning qayta zaryadlanish vaqtidan kichik bo'lgan, davriy kichik o'zgaruvchan signalda o'lchash MDY-tuzilma parametrlarini aniqlashdagi *yuqorichastotali xarakteristika usulining* asosiy mohiyati hisoblanadi.

$$\text{Past chastotalarda MDY-tuzilmasini to'la sig'imi } \frac{dV_G}{d\psi_s} = 1 + \frac{C_{ss}}{C_{ox}} + \frac{C_{sc}}{C_{ox}}$$

tenglamaga kiruvchi barcha sig'imlar yig'indisi bilan aniqlanadi.

Tajribada pastchastotali bog'lanishlar odatda kvazistatistik C-V usul yordamida olinadi. Bu usulning mohiyati shuni anglatadiki, siljish toki, V_G kuchlanishning chiziqli aylanishidagi MDY-tuzilmasi orqali o'lchanadi, va I_{sil}

siljish tokining kattaligi MDY-tuzilmaning proporsional sig'imi sifatida namoyon bo'ladi. Sig'imning kuchlanishga bog'liqligi aniq ifodalangan minimumli egri ko'rinishda bo'ladi. $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_{ox}} + \frac{1}{C_{sc} + C_{ss}}$ munosabat MDY-tuzilmasini sirtiy holat C_{ss} va FZS C_{sc} sig'imining parallel zanjiri bilan ketma-ket ulangan dielektrik sig'imi C_{ox} sifatida MDY-tuzilmasining ekvivalent sxemasini tuzish imkonini beradi. Inversion qatlamdagi zaryad Q_n o'zgarishi, FZSda asosiy bo'lmagan tashuvchilarning τ_n yashash vaqti bilan belgilanadi va generatsion-rekombinatsiyalashgan jarayon bilan tavsiflanadi. Sirtidagi chiqarish va tutilishning xarakterli vaqti shu holatlarning doimiy vaqtiga τ ko'ra aniqlanadi.

Ideal MDY-tuzilma sig'imi nazariy o'lchamlarini tajribadagi MDY-tuzilmasining yuqorichastotali sig'imi bilan taqqoslash *differensiallash usuli* orqali amalga oshiriladi. Sirt sohasi zichligining energiyaga bog'liqligi Fermi sathi yaqinidagi ta'qiqlangan zonaning bir qismidagina amalga oshishi vfkur usulning kamchiligi hisoblanadi.

$$\text{Integrallash usulida } N_{ss} = \frac{\varepsilon_{ox} \varepsilon_0}{qd_{ox}} \left[\frac{C/C_{ox}}{1 - C/C_{ox}} - \frac{C_{sc}}{C_{ox}} \right] \text{ ifoda orqali butun ta'qiq zona}$$

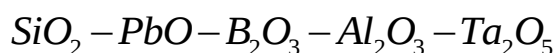
bo'ylab sirt holat zichligining qiymatini va o'zgarish qonunini aniqlash mumkin. Mazkur usul shu jihatdan differensiallash usuliga nisbatan afzal hisoblanadi.

Yarimo'tkazgich ta'qiqlangan zonasi yaqinidagi sirt holat zichligining qiymatini aniqlashda *haroratli usul* juda qulay hisoblanadi. Makur usul ham ayrim kamchiliklarga ega, unda haroratni keng intervalda o'lchashga extiyoj yo'q, hisoblashning qiyinligi, shuningdek haroratning keng diapazonida yuqorichastotalikni o'lchashga ehtiyoj sezilmaydi.

III-BOB. O'LCHOV QURILMASINING TAVSIFI VA TAJRIBA NATIJALARI TAHLILI.

3.1. 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 [17]. 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. [18] 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 $1450^{\circ}S$ - $1500^{\circ}S$ 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 $T_0 = 680^\circ \text{ S}$ chiziqli kengayishi koeffitsienti $\alpha = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ bo'lib, Si ning α qiymatiga yaqin $\alpha_{\text{Si}} = 4,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

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

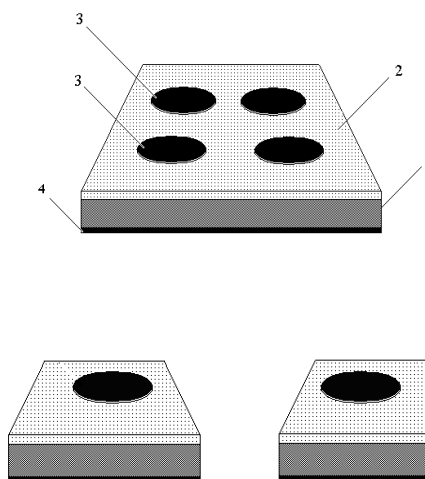
SHisha – yarimo'tkazgich sinov tuzilmalarini olish uchun shisha – izopropil spirt suspenziyasidan foydalanib (0,1/100 nisbatdagi), u elektroforez usulida ($J = 10^{-5} \text{ A}$) Si ning $10 \div 50 \text{ Om}$ qarshilikli, $\langle 111 \rangle$ kristalografik orientatsiyali standart usulda kimyoviy 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 ajratildi. Birinchi gruppaga namunalari $680 \pm 5^\circ \text{ N}$ temperaturada, ikkinchisi 700° S da eritilgan gruppaga.

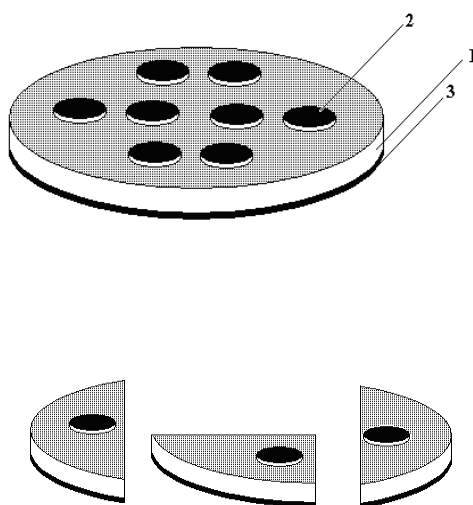
Ikkala gruppani ham qoplashga 9 minutdan vaqt sarflanadi. Sinov metall – shisha – yarimo'tkazgich tuzilmalarini olish uchun shisha sirtiga (boshqaruvchi elektrod) va yarimo'tkazgich plastinasiga (omik kontakt) vakuumli changlatish yo'li bilan alyuminiy qoplandi. Boshqaruv elektrodi yuzasi $0,01 \text{ sm}^2$ 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 $2 \pm 0,2 \cdot 10^{-4} \text{ smni}$ tashkil etadi. 3.1 – 3.2 - rasmlarda tatqiqot ishida qo'llanilgan metall – shisha – yarimo'tkazgich tuzilmalar (3.1-rasm) va SHotki – diodlari (3.2-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.



3.1 – rasm. Foydalanilgan tuzilmalardan birining tashqi qoʻrinishi.

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



3.2 – rasm. Foydalanilgan metall – yarimoʻtkazgich tuzilmalardan birining tashqi koʻrinishi

1 – yarimoʻtkazgich taglik ($n - Si$), 2 – toʻgʻrilovchi kontakt (Au), 3 – Omik kontakt (Al).

3.2. O'LCHOV QURILMASINING TAVSIFI.

Metal-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturalarni relaksatsion va yuqori chastotali volt-farad xarakteristikalarini o'lchash uchun [50] ishdagi qurilmaga o'hshagan va takomillashtirilgan qurilmadan foydalandik. Bu qurilmani blok sxemasi quyidagi 3.3 - 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'zi yozar, Sx-o'lchanayotgan struktura.

To'la o'tkazuvchanlik ko'prigi (3.4-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. (3.3-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 sezgirligi, 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.

3.5 - rasmda ko'rsatilgan kriostatga joylashtiriladi.

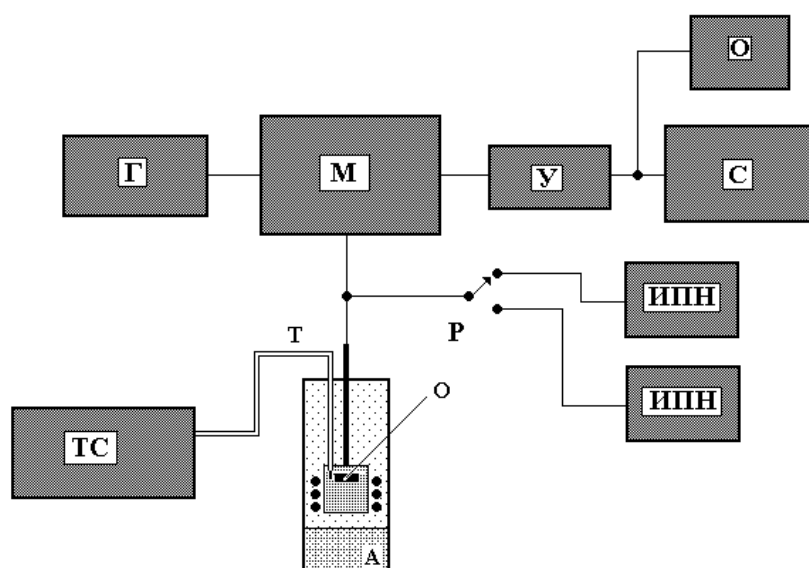
Bu yerda: 1- o'rganilayotgan struktura 2-3-kvartslı stakan, 4-suyuq azot, 5-penoplastli to'n (kojux), 6-isitgich o'rami, 7-fosforli bronzadan qilingan qisqichli kontakt 8-nur o'tkazmaydigan kamera.

O'lchanayotgan namuna temperaturasi xromel'-alyumel' termopara yordamida nazorat qilinadi. (3.3-rasmda T)

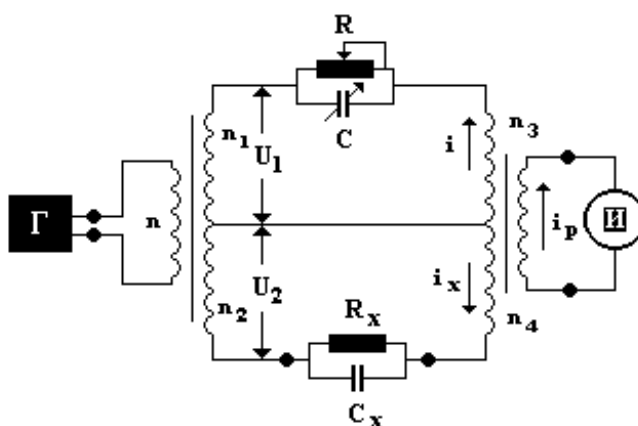
O'lchash aniqligini oshirish uchun termoparani ishchi uchini 0°S temperaturada ushlab turiladi.

Termopara hosil qilgan EDS V7-21 turidagi vol'tmetrga 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 ta'minlashni boshqaradi.

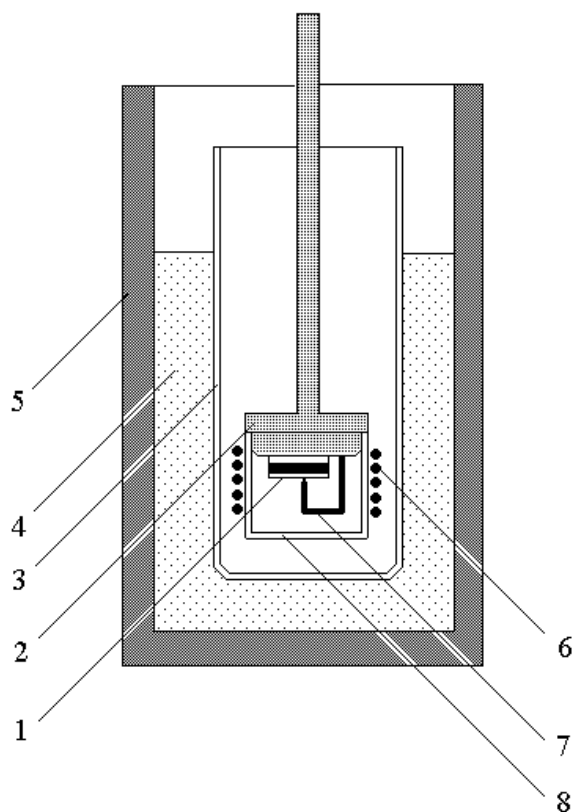
Bu sxemani kiritilishi temperaturani 0,1°S atrofida stabilizatsiya qilishni ta'minlaydi.



3.3 – rasm. O'lchov qurilmasining blok sxemasi.



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



3.5 - rasm. Kriostat konstruksiyasi.

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.

3.3. MDYA TUZILMALAR RELAKSATSIYA XARAKTERISTIKALARIGA ULTRATOVUSH TA'SIRI.

Xozirgi vaqtda keng ko'lamdagi yarimo'tkazgichli asboblari va integral sxemalar elementlari tuzilishi asosini kremniy asosli metall-dielektrik-yarimo'tkazgich (MDYa) turidagi tuzilmalar tashkil etadi. SHu bilan birga, yarimo'tkazgich – dielektrik chegara bo'limi xarakteristikallari ham tashqi ta'sirga sezgirligi yuqori bo'lishi bilan birga tayyorlanayotgan asboblari va tuzilma elementlari parametrlariga salmoqli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Ushbu ishning

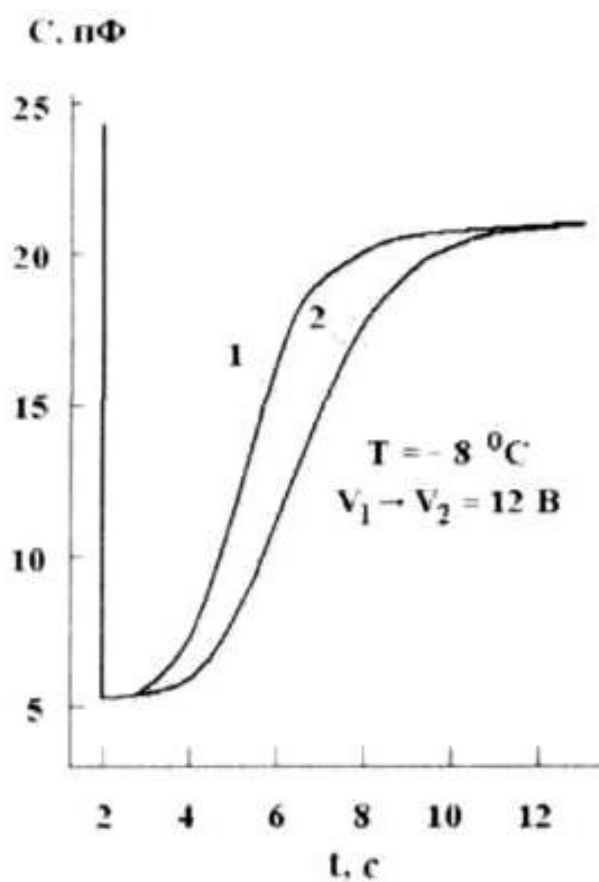
maqsadi uch qatlamli tuzilmalarga impul'sli invers kuchlanish qo'yilgandan so'ng muvozanat holat tomon relaksatsiyalanish jarayoni dinamikasiga ulg'ratovush tag'sirini tadqiq etishdan iborat. Uch qatlamli tuzilma <100> kristallografiya yo'nalishiga ega Si taglikka (n-tur o'tkazuvchan) shishani qoplash yo'li bilan tayyorlandi. SHishani qoplash esa, maydalangan shisha shixtasi (SiO_2 – bO – B_2O_3 – Al_2O_3 – Ta_2O_5) va izotropilinli spirti bo'lgan suspenziyani elektroforez yordamida Si sirtiga o'tkazilgandan keyin uni 670 – 680 gradus temperaturada eritilib, kislorodsiz atmosferada toblandi. Olingan shisha qatlami qalinligi $d=(2+0.2)\cdot 10^{-4}$ sm atrofida bo'ldi. SHisha sirtida boshqaruv elektrodini va kremniy plastinasini orqa tomonidagi omik tutashuvni vakuumda alyuminiyni purkash yordamida hosil qilindi. Boshqaruv elektrodleri diametri – 3mm. Tayyorlangan tuzilmalar 40 minut davomida 0.5 Vt quvvat va 2.5 MGts chastotaga ega bo'ylama ulg'ratovush to'lqini bilan nurlatildi, ya'ni [3] ishdagiga o'xshash ta'sirdan foydalaniladi. Tadqiqotni asosiy usuli sifatida metall-dielektrik-yarimo'tkazgich strukturalarni invers qatlami zaryadini ortishi jarayonida sig'imni izotermik relaksatsiya usulidan foydalaniladi. Bu usulga qo'ra MDYa tuzilma sig'imini izotermik relaksatsiyasi o'lchamsiz koordinatalarda quyida ifoda yordamida ifodalanadi.

$$\theta = \xi(1-\omega) + (1-\xi\alpha) \ln \frac{1+\alpha}{\omega+\alpha} \quad (3.1)$$

Bu yerda : ($\theta = t / \tau_\omega$) o'lchamsiz relaksatsiya vaqti (t - tuzilma sig'imi relaksatsiya vaqtini oniy qiymati) $\tau_\omega = N_M / N_r \gamma_p p_1$; bu yerda N_m , N_r mos xolda yarimo'tkazgichdagi sayoz va chuqur kirishmalar kontsentratsiyasi; $\gamma_p p_1$ valent zonadan elektronni chuqur energetik sathga issiqlik tufayli chiqarish koeffitsienti ω - yarimo'tkazgichni normallashtirilgan W_t/W_H nisbatga teng bo'lgan hajmiy zaryad qatlami qalinligi. W_m yarimo'tkazgichni hajmiy zaryadi qatlamini boshlang'ich (inversion impul's kuchlanish qo'yilgandan so'ng dastlabki vaqt momentidagi) qalinligi. W_t – berilgan vaqt momentidagi hajmiy

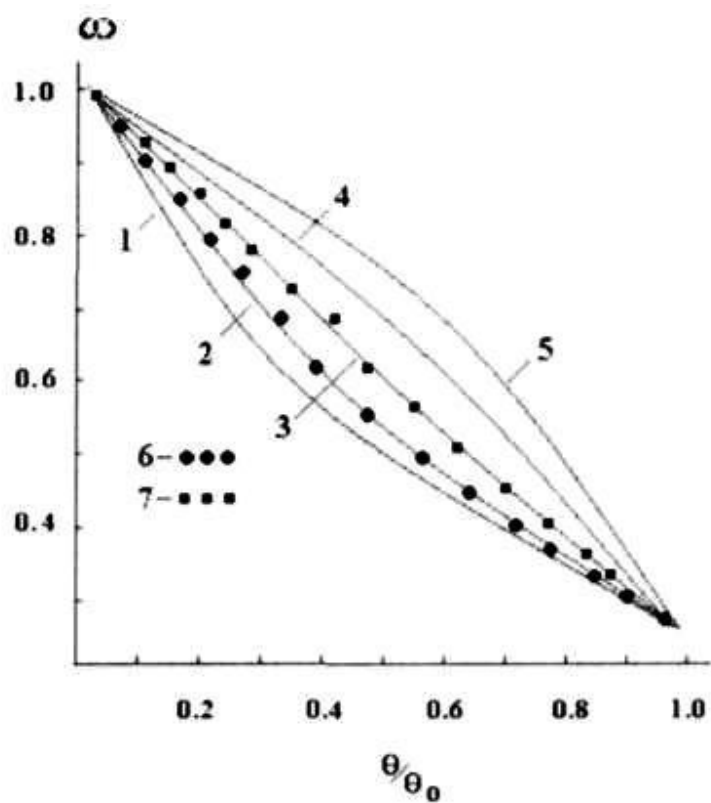
zaryad qalinligi qiymati. S_n – metall – shisha – yarimo'tkazgich tuzilmalar sig'imi. S_o – shisha qatlami sig'imi. C_f –berilgan vaqt momentida tuzilma sig'imi qiymati. $\alpha = j_s / j_v$ (j_s – generatsiya toki sirtiy tashkil etuvchisi, j_v –generatsiya tokini hajmiy tashkil etuvchisini dastlabki (boshlang'ich vaqt momentida) qiymati) (3.1) ifodaga invers qatlam zaryadi shakllanishini hajmiy va sirtiy tezliklari nisbatiga teng bo'lgan nomahlum kattalik kiradi. Bu kattalikni aniqlash uchun hisoblash orqali va tajribada o'lchangan relaksatsion bog'lanishlarni taqqoslash usulidan foydalaniladi. Hisoblashlar va tajribaviy sig'im relaksatsiyalari orasidagi bog'lanish quyidagi munosabat yordamida o'rnatish mumkin.

$$\omega = \frac{C_n [C_0 - C(t)]}{(C_0 - C_n) C(t)}; \quad \xi = \frac{C_0}{C_n} - 1 \quad (3.2)$$



3.6-rasm. Tadqiq etilayotgan tuzilmalarni tajribadagi relaksatsion bog'lanishlar

3.6 – rasmda tadqiq etilayapgan tuzilmalardan birining 8°S temperaturada, qorong'ulikda invers kuchlanishni 8 dan 20 Voltga o'tkazgandan keyin o'lchangan sig'imni relaksatsion bog'lanishi keltirilgan. Bu yerda 1 – bog'lanish nazorat tuzilmasiga mos keladi. 2 – bog'lanish esa, ulg'ratovush ta'siriga uchratilgan tuzilmalar uchun keltirilgan. Bog'lanishlardan ko'rinadiki, nazorat tuzilma sig'imi o'zining muvozanat holatiga tezroq relaksatsiyalanadi. Mavjud nazariyaga ko'ra invers qatlam zaryadini shakllanish tezligi yarimo'tkazgich hajmidagi va yarimo'tkazgich – dielektrik chegara bo'limida maxalliylashgan holat zichligidagi generatsiyalanuvchi markazlarni kontsentratsiyasi bilan aniqlanadi. Hajmiy va sirtiyl markazlarni relaksatsiya jarayonidagi ulushini aniqlash uchun [7] ishdagi usuldan foydalanildi.



3.7-rasm. Tadqiq etilayotgan tuzilmalar sig'im relaksatsiyasini hisoblash va tajribadagi (1-5) bog'lanishlari. (6-nazoratdagi; 7- tuzilmaga ulg'ratovush ta'sir etgani)

3.7-rasmda ω - ni g/g_0 ga [5] ishdagi kabi ($\alpha=0,1-0,5$) qiymatlar uchun 1-rasmda keltirilgan kattalar bo'yicha hisoblangan bog'lanishlari (1-5) keltirilgan. Yani shu rasmda tajribaviy, ulg'ratovush ta'siriga uchratilgan MDYa tuzilmalar uchun (6-7) relaksatsiya bog'lanishlari (o'lchamsiz kattalikda) keltirilgan. Olingan bog'lanishlarni taqqoslashdan qo'rinadiki, ulg'ratovush ta'siriga uchratilgan tuzilmalarda invers qatlamda zaryad xosil bo'lish tezligini sirtiy tashkil etuvchisi, $\alpha=0,3$ nazorat tuzilmaga nisbatan ancha kam, ularda $\alpha=0,3$.

Keltirilgan natijalar asosida kuyidagicha xulosaga kelish mumkin. Al-n-Si shisha – Al tuzilmalarni 2,5 MGts chastotali, 0,5 Vt quvvatga ega ulg'ratovush bilan 40 minut ishlov berganda invers qatlamda zaryad shakllanish tezligini kamayishiga olib keladi. Bu yarimo'tkazgich shisha chegara bo'limi orasida maxalliylashgan elektron holatlari integral zichligini kamayishidan kelib chiqadi.

Ulg'ratovushni ko'rsatilgan tartibdagi ta'siri ta'siridan MDYa tuzilmaga ega yarimo'tkazgich asoboblarni tezkorligini oshirishda foydalanish mumkin.

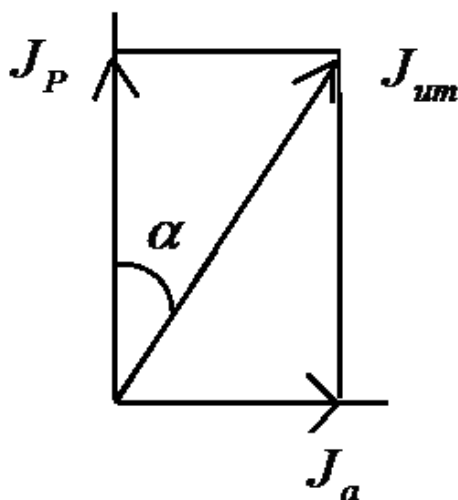
3.4. HIMOYA SIRTIDAGI KIRISHMALAR HOLATINI DIELEKTRIK ISROF YORDAMIDA BAHOLASH.

Yarimo'tkazgich sirt oldi ishchi soxasini himoyalovchi moddani sirtga qoplashdagi texnologik jarayon ham, yoki bo'lmasa, sirt bilan bevosita tutashgani uchun himoya qoplamani o'zi ham sirt oldi sohasi parametrlariga kuchli ta'sir ko'rsatib, ularni o'zgartirib yuborishi mumkin. Shuning uchun ham asbobning ishchi xarakteristikalari saqlanib qolishini ta'minlovchi va ayrim hollarda bu xarakteristikalariga ijobiy ta'sir etadigan himoya qoplamalarini topish va ularni ishchi parametrlarga ta'sirini o'rganish muhim masalalardan hisoblanadi.

Keyingi yillarda himoya qoplamasi sifatida turli tarkibdagi bor-silikatli shisha dielektrikdan foydalanishga katta e'tibor qaratilmoqda [1,2]

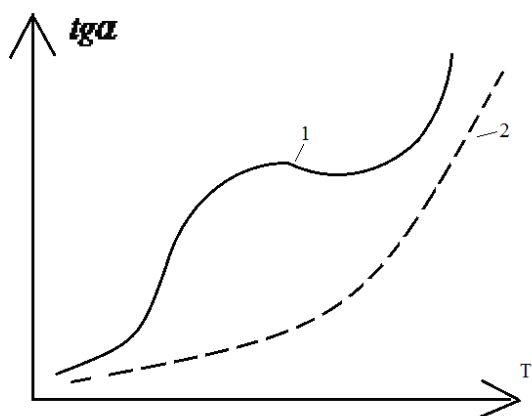
Buning afzalliklari shundaki, birinchidan bunday himoya qoplamasi nisbatan past temperaturalarda tayyorlangani uchun asbobni sirt oldi soxasi ishchi parametrlari deyarli o'zgarmaydi. Ikkinchidan esa, shisha tarkibi va uning komponentalari massalari foizini o'zgartirish orqali dielektrik qoplamani sirt oldi sohasi ishchi parametrlariga ta'sirini o'rganish mumkin bo'ladi. Bu esa, zaryad bog'lanishli asboblarda ish tamoyilida hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lib, zaryad miqdori o'zgarishiga ta'sir etuvchi faktorlarni aniqlashga yordam beradi. Haqiqatan ham bunday asboblarda tok tashuvchilar kontsentratsiyasi, ularning yashash vaqti, elektr maydon ta'sirida o'zgarishi kabi xarakteristikalar sirti chegara fazasida ta'qiq zona bo'ylab holat zichligi taxsimotiga bog'liq bo'ladi. Holat zichligi taxsimoti esa, o'z navbatida turli xildagi kirishma markazlari kontsentratsiyasi, har xil defektlar va turli uzilishlar kabi ko'plab faktorlarga bog'liq bo'ladi. Yarimo'tkazgich sirti bilan shishali dielektrik qoplama orasidagi chegara fazasida yuzaga keladigan holat zichligiga ta'sir etuvchi faktorlar tabiatini aniqlashda dielektrik isrofni o'lchash usulidan foydalanish ancha qulaylik tug'diradi. Dielektrikdan tok o'tganda elektr energiyasi dielektrikni isitish uchun sarf bo'lib yo'qolishiga dielektrik isrof deyiladi. Dielektrikka elektr maydon qo'yilsa undan quyidagi toklar o'tishi mumkin. Dielektrikdagi kirishmalar bilan bog'liq bo'lgan ozod zaryadlangan zarralarni harakati tufayli yuzaga keladigan to'g'ri tok J_T . Dielektrikdagi zaryadlangan zarralarni qutblanishi va muvozanat holatidan siljishi tufayli yuzaga keladigan siljish toki J_C . Qutblanishni relaksatsion ko'rinishi bilan bog'liq dipollar yo'nalishi o'zgarishi bilan yuzaga keladigan relaksatsion tok. J_p . O'zgarish maydonda faqat to'g'ri tok oqadi xolos, o'zgaruvchan maydonda esa, barcha toklar uzluksiz oqadi. Dielektrikni elektr o'tkazuvchanligi birinchi navbatda undagi ifloslanishlar, ya'ni kirishmalar bilan aniqlanadi. Temperatura ortishi bilan dielektrikdagi molekulalar bog'i uzilib ozod tashuvchilar ko'payishi evaziga o'tkazuvchanlik ortadi. Elektr maydon kuchlanganligini qiymati va yo'nalishi o'zgarishi bilan dielektrikdagi qutblanish ham o'z yo'nalishini va qiymatini mos holda o'zgartira boshlaydi. Bitta to'la davr mobaynida qutblanish ikki marta ro'y beradi va ikki marta yo'qoladi. Agar

dielektrik qutblanishi qutbli molekuladan yoki kuchli bog'langan ionlar orqali ro'y bersa, elektr maydonda ularni joyidan siljishiga, yoki yo'nalishini o'zgartirishga ma'lum vaqt talab etiladi (relaksatsiya vaqti). Natijada dielektrik qutblanish maydoni bilan tashqi kuchlanish maydoni orasida faza siljishi yuzaga keladi. Boshqacha aytganda elektr maydon kuchlanganligi vektoridan induksiya elektr maydoni vektori qandaydir α burchakka kech qoladi va u burchakni dielektrik isrof burchagi deyiladi. Dielektrikdan o'tayotgan tog'ri tok Joule issiqligini yuzaga keltirsada u chastotaga bog'liq emas. Tashqi chastotaga bog'liq holda yuzaga keladigan toklar o'zgarishi qutbli molekulalarning yo'nalishini o'zgarishi, kuchsiz bog'langan ionlar, ionli va elektronli qutblanish tufayli ro'y beradi. Aytish kerakki, barcha turdagi qutblanishlar o'z chastotasiga mos chastotadagina maksimumga ega bo'ladi. Umumlashtirib aytganda dielektrikdan o'zgaruvchan tok o'tganda undagi dielektrik isrofini chastotaga va temperaturaga bog'lanishini o'rganish orqali dielektrlardagi aralashmalar haqida fikr yuritish mumkin. Haqiqatan ham dielektrikdan o'tayotgan to'g'ri aktiv J_a tok va qutblanish J_q toklari dielektrik isrofga olib keladi. Dielektrikdan o'tayotgan toklarni vektor diagrammasi tasviri 3.8 – rasmda keltirilgan.

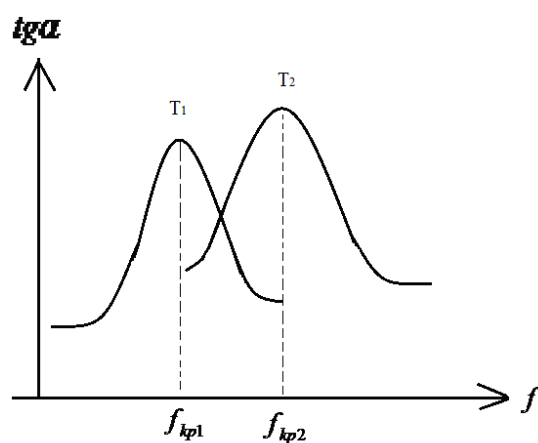


3.8-rasm. Dielektrikka o'zgaruvchan kuchlanish qo'yilgandagi toklarni vector diagrammasi.

Umumiy J_{UM} tok qiymati J_a – aktiv va J_p reaktiv toklar yig'indisidan iborat bo'ladi. Ushbu nisbat $J_a / J_p = tg\alpha$ esa, dielektrik isrofni burchak tangensi deyilib, dielektrik isrofni asosiy xarakteristikasi hisoblanadi. Dielektrik isrof odatda dielektrikka berilayotgan kuchlanish chastotasiga va temperaturaga bog'liq. Bu bog'lanish 3.9 – va 3.10 – rasmlarda keltirilgan.



3.9-rasm. Dielektrik isrofni temperaturaga bog'lanishi. 1-qutbli dielektrik. 2-qutbli dielektriklar.



3.10-rasm. Qutbli dielektrikka qo'yilgan kuchlanish chastotasiga dielektrik isrofni bog'lanishi. $T_2 > T_1$

Dielektrikni temperaturasi ortib borishi bilan undagi zarralar harakatchanligi ortib, ularning qutbanish yo'nalishi o'zgarishidagi ishqalanishidan qizishi kuchayadi va dielektrik isrof ortib boradi. Lekin, temperaturani yanada ortishi xaotik harakatni ko'paytirib qutblanishga qarshilik ko'rsata boshlaydi. Bular qutblanish evaziga ro'y beradigan isrofnı kamaytiradi. Natijada qutbli dielektriklar uchun dielektrik isrof 2 – rasmdagi 1- ko'rinishda o'zgaradi. Dielektrik isrofnı berilgan temperaturada o'zgaruvchan kuchlanish chastotasiga bog'lanishi shunday bo'ladiki, unda to'g'ri tok bo'yicha ro'y beradigan dielektrik isrofga chastotaning ta'siri bo'lmaydi, faqat relaksatsion ko'rinishidagi qutblanishlar chastotaga bog'liq holda dielektrik isrofnı o'zgartirishi mumkin. 3 – rasmda dielektrik isrof burchak tangensini chastotaga bog'lanishi keltirilgan. Chastota ortib borishi bilan tga

qiymati maksimum orqali o'zgara boradi. Har bir material uchun berilgan temperaturada dielektrik isrofni maksimal qiymatini aniqlash mumkin. Aytish kerakki, temperatura ortsa maksimum qiymat ham yuqori chastotalar tomon siljiydi. Berilgan o'zgarmas temperaturada past chastotadagi kuchlanishni ishora qiymatlari o'zgarishi davomida dipollar yo'nalishi o'zgarishga ulgura oladi. Chastota ortgan sari maydon bilan mos holda o'zgara olmay, kech qolib o'zgaradi va kichik amplituda bilan tebrana boshlaydi, natijada dielektrik isrof kamayib ketadi. 3 – rasmda $T_2 > T_1$, $f_{kp2} > f_{kp1}$, hollar uchun shu o'zgarishlar keltirilgan.

Bulardan ko'ramizki, dielektrik isrofni o'rganish yordamida dielektrikdagi zaryadlar manbalarini qutblanishi orqali aralashmalar holati haqida ma'lumot olish mumkin ekan. Huddi shu usuldan foydalanib, metall - shisha - yarimo'tkazgich strukturalar chegara fazasidagi elektrofizik parametrlar o'zgarishiga dielektrik himoya qoplamani ta'sir darajasi aniqlanadi. Undan tashqari himoya qoplamining tashkil etuvchi komponentalari foizining ta'sirini ham shu usul yordamida aniqlash mumkin.

XULOSA.

Hozirgi vaqtda keng ko'lamdagi yarim o'tkazgichli asboblarda va integral sxemalar elementlari tuzilishi asosini kremniy asosli metall – dielektrik – yarimo'tkazgich (MDYa) turdagi tuzilmalar tashkil etadi. Shu bilan birga yarimo'tkazgich – dielektrik chegara bo'limi xarakteristikalarini ham tashqi ta'sirga sezgirligi yuqori bo'lishi bilan birga, tayorlanayotgan asboblarda va tuzilma elementlari parametrlariga, salmoqli ta'sir ko'rsatishi mumkin [1.2]. Shuning uchun yarimo'tkazgichli asboblarga qo'yiladigan talablarni eng asosiysi, ularning ishonchli ishlashi va turli hil tashqi ta'sirlarga nisbatan barqarorligidir. Aytish kerakki, tashqi ta'sirning yarimo'tkazgich – dielektrikni o'tish qatlamlari xossalari ta'sirini o'rganish bo'yicha ko'p ishlar bajarilgan, lekin bu ishlar odatda keng foydalanib kelinayotgan yuqori temperaturada shakillanadigan kremniy qo'sh oksid kremniydan iborat tuzilmaga bag'ishlangan xolos. SiO₂ qatlamni yuqori temperaturalarda shakillanish jarayonida yarimo'tkazgichli taglik qalinligi bo'ylab turlicha koeffitsiyentga ega kurishma markazlari turlicha taxsimlanadi va ularda termodeffekt markazlari hosil bo'lishiga olib keladi. Bu esa zaryad shakillanish tezligiga salbiy ta'sir etishi mumkin. Agarda past temperaturalarda yengil eriydigan qo'rg'oshin – bor – silikatli shishadan foydalanilsa, taglik bo'ylab termodeffekt markazlari kam bo'lgan qoplamani va yuqori izolyatsion xarakteristikani bir vaqtda olishga imkon yaratiladi. Shu nuqtai nazardan bor – silikatli asosdagi qoplamalarda elektrofizik jarayonlar tabiatini tashqi ta'sir ostida o'rganish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI

- I. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti I.A. Karimovning so'zlagan nutqlari.
- II. Asosiy adabiyotlar.
- III. Qo'shimcha adabiyotlar.
- IV. Davriy nashrlar.
- V. Internet saytlari.

Prezidentimiz I.A. Karimovning nutqlari:

- 1. Shvesariyadagi "Forum fond" xalqro iqtisodiy tashkiloti IV sessiyasida 1993 yil 18 iyunda so'zlangan nutq.
- 2. Respublika Fanlar akademiyasi 50 yilligiga bag'ishlangan tantanali yig'ilishda so'zlangan nutq, 1993 yil 4 noyabr.
- 3. O'zbekiston Respublikasi Oliy Kengashi XIV sessiyasida so'zlangan nutq, 1993 yil 28 dekabr.
- 4. O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi umumiy yig'ilishida so'zlangan nutq, 1994 yil 7 iyul.
- 5. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Maxkamasining 1995 yil birinchi yarim yillik yakunlariga bag'ishlangan majlisida so'zlangan nutq, 1995 yil 29 iyul.
- 6. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti xuzuridagi Davlat va jamiyat qurilishi akademiyasining ochilishi marosimida so'zlangan nutq, 1995 yil 3 oktyabr.
- 7. Xalq deputatlari Farg'ona viloyat Kengashining navbatdan tashqari sessiyasida so'zlangan nutq, 1997 yil 14 fevral.

Darslik va o'quv qo'llanmalar:

1. Полякова А.А. Деформация полупроводников и полупроводниковых приборов. - Москва: Энергия, 1979.- 168 с.
2. Физика и материаловедение полупроводников с глубокими уровнями. - Сборник статей. Под. ред. В. И. Фистуля. Москва: Металлургия, 1987. - 232 с.
3. Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. - Москва: Наука, 1990. -688 с.
4. Тугов Н.М., Глебов Б.А., Чарыгов Н.А. Полупроводниковые приборы. – Москва: Энергоатомиздат,1990,- 576 с.
5. Бехштедт Ф., Эндерлайн Р. Поверхности и границы раздела полупроводников: Пер. с англ. Москва: Мир, 1990.- 488 с.
6. Гурский Л.И., Румак Н.В., Куксо В.В. Зарядовые свойства МОП-структур.- Минск: Наука и техника, 1980. - 200 с.
7. Литовченко В.Г., Горбань А.П. Основы физики микроэлектронных систем металл-диэлектрик – полупроводник. - Киев: Наукова думка, 1978.- 312 с.
8. Барабан А.П., Булавинов В.В., Коноров П.П. Электроника слоев SiO₂ на кремнии. Ленинград: ЛГУ. 1988. - 302 с.
9. Репинский С.М. Процессы окисления полупроводников и строение границ раздела // Физика и техника полупроводников.- Санкт-Петербург, 2001.- т.5. вып. 9.- С. 1050-1061.
- 10.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.
- 11.Полякова А.А. Деформация полупроводников и полупроводниковых приборов. - Москва: Энергия, 1979.- 168 с.

12. Физика и материаловедение полупроводников с глубокими уровнями. - Сборник статей. Под. ред. В. И. Фистуля. Москва: Металлургия, 1987. - 232 с.
13. Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. - Москва: Наука, 1990. - 688 с.
14. Тугов Н.М., Глебов Б.А., Чарыгов Н.А. Полупроводниковые приборы. - Москва: Энергоатомиздат, 1990, - 576 с.
15. Бехштедт Ф., Эндерлайн Р. Поверхности и границы раздела полупроводников: Пер. с англ. Москва: Мир, 1990. - 488 с.
16. Гурский Л.И., Румак Н.В., Куксо В.В. Зарядовые свойства МОП-структур. - Минск: Наука и техника, 1980. - 200 с.
17. Литовченко В.Г., Горбань А.П. Основы физики микроэлектронных систем металл-диэлектрик – полупроводник. - Киев: Наукова думка, 1978. - 312 с.
18. Барабан А.П., Булавинов В.В., Коноров П.П. Электроника слоев SiO_2 на кремнии. Ленинград: ЛГУ. 1988. - 302 с.
19. Репинский С.М. Процессы окисления полупроводников и строение границ раздела // Физика и техника полупроводников. - Санкт-Петербург, 2001. - т.5. вып. 9. - С. 1050-1061.
20. 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.
21. Зайнабидинов С.З., Власов С.И., Насиров А.А.. Не равновесные процессы на границе раздела полупроводник-диэлектрик. Ташкент: Университет, 1995. 112 с.
22. Рожков В.А., Трусова А.Ю., Бережной И.Г. Энергетические барьеры и центры захвата в кремниевых МДП - структурах с диэлектриком из оксида самария и иттрия. // Письма в ЖТФ. - Москва, 1998 . т. 24. № 6, С.24 - 29.

23. Федоренко Я.Г., Отавина Л.А., Леденева Е.В., Свердлова А.М. Поверхностные состояния в структурах МДП. // Физика и техника полупроводников.- Санкт- Петербург, 1999. т.31. №7. - С. 885-888.
24. Kern W, Schnabl G.L. Chemically Vapor-deposited Borophosphosilicate Glasses for Silicon device Applications. // RCA Rev.- New York, 1982. v.43. № 3.- P. 423- 457.
25. Vasilev V.Y. Borophosphosilicate Glass Films in Silicon Microelectronics, Part 1: Chemical Vapor Deposition, Componets, and Properties // Microelectronics, - Moskva, 2004. -vol. 33, №5,- P. 271-284.
26. Vasilev V.Y. Borophosphosilicate Glass Films in Silicon Microelectronics, Part 2: Structure and Applications // Microelectronics, - Moskva, 2005, - vol. 34, №2, -P. 67-76.
27. Олматов Б.А. Исследование электрофизических свойств МДП структур с диэлектриком на основе свинцово-боросиликатных стекол. Дисс. канд. физ.-мат. Наук.- Ташкент: АНРУз, 2002 . -128 с.
28. 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.
29. Парчинский П.Б., Власов С.И. Генерация не основных носителей заряда на границе раздела кремний-свинцово-боросиликатное стекло. // Микроэлектроника. - Москва, 2001.- том.30, №6. -С.466-470.
30. Парчинский П.Б., Влияние γ - облучения на характеристики пассивирующих покрытий на основе свинцово-бороиликатных стекол. // Письма в ЖТФ. - Москва, 2002, -том.28, вып. 22,- С. 17-22.
31. Репинский С. М. Процессы окисления полупроводников и строение границ раздела. // Физика и техника полупроводников.- Санкт- Петербург, - 2001, - том 35, вып. 9, -С. 1050-1062.
32. 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.
- 33.Насиров А.А., Абдуазимов В.А., Абдужаббаров А. Влияние лазерного облучения на плотность поверхностных состояний границы раздела кремний- стекло. Материалы научной конференции «Яримутказгичлар физикасининг дозларь муаммолари» Андижон. 2004. с.42-43.
- 34.Зайнабидинов С., Абдуазимов В.А., Насиров А.А Влияние лазерного облучения на плотность поверхностных состояний границы раздела кремний- стекло. Материалы научной конференции посвященной « Году физики-2005» Ташкент. 2005. с.78-79.
- 35.Пушкина О. Свойства многослойных структур подвергнутых внешним воздействиям. // Сборник докладов Республиканской научно-практической конференции. «Роль женҳин-ученых в развитии научно-технического прогресса». -Ташкент.-2006.- С.293-294.
- 36.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.
- 37.Насиров А.А., Пушкина О., Адилов М. Влияние давления на свойства МСП - структур. // Материалы международной конференции «Неравновесные процессы в полупроводниках и полупроводниковых структурах». -Ташкент. 2007.- С. 177-178.
38. Адилов 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.
- 39.С.И. Власов. Электрические методы измерения параметров полупроводниковых структур. Т. : Университет. 2007.
- 40.Л.С. Берман. Емкостные методы исследования параметров полупроводников. Л.: Наука. 1982.

- 41.Чистов Ю.С., Сынов В.Ф. Физика МОП- структур. (Воронеж ВГУ. 1989).
- 42.Репинский С.М. Физика и техника полупроводников. т.35, вып. 9, 1050 (2001).
- 43.Парчинский П.Б. Власов С.И., Насиров А.А. Физика и техника полупроводников. т. 38, вып. 11, 1345 (2004).
- 44.Парчинский П.Б. Микроэлектроника. №6, т.34, 420 (2005)
- 45.Власов С.И., Эргашева М.А., Адылов Т.П. Письма в ЖТФ. т.31, вып. 10, 83 (2005).
- 46.Власов С.И., Насиров А.А., Маматкаримов О.О., Эргашева М.А. Электронная обработка материалов. № 3, 249, 99 (2008).
- 47.Боброва Е.А.,Омельяновская Н.М. Физика и техника полупроводников. т.42, вып. 11, 1380 (2008).

Nashir etilgan adabiyotlar.

- 48.Qo`charov B,X., Mamadjonov D.N., Vlasov .S.I. Vliyaniya uliyaniya ul'trazvuka na relaksacionniy charakteristiki MOP struktur. Materialy ix Miednarodowej Naukowi-Praktycznez Konferensji. Praga "Nauka Istadi",2013
- 49.B.X. Qo`charov, S.I Vlasov, A.U. Sulaymanov, D.N. Mamadjonov./"Yarimo`tkazgich-dielektrik chegara bo`limini metall-dielektrik yarimo`tkazgich struktura parametrlariga ta`siri,/ "Zamonaviy fizikaning dolzarb muammolari"(Respublika ilmiy-amaliy anjuman,Termiz-2013)
- 50.B.X. Qo`charov, S.I Vlasov, A.U. Sulaymanov, D.N. Mamadjonov./ "Yarimo`tkazgich-dielektrik chegara bo`limini metall-dielektrik yarimo`tkazgich struktura parametrlariga ta`siri,/ "Yarimo`tkazgichlar fizikakasi va qurilmalari hamda ularni o`qitishning muammolari" Hududiy ilmiy anjumani materiallari (Namangan-2013).
- 51.B.X. Qo`charov, D.N. Mamadjonov, M. Ahmedova/ MDYa tuzilmalar relaksasiya xarakteristikalariga ulratovush ta`siri. / Kondensatlangan muhitlar fizikasi va materialshunoslikning dolzarb masalalari, Respublika ilmiy-texnikaviy anjumani materiallari, 25-27 betlar, Farg'ona – 2014.

- 52.M, A Ergasheva, D.N. Mamadjonov, B. Shohobiddinov/ Metal-dielektrik yarimo`tkazgich (MDYa) strukturalardagi gisterezis hodisalari. / Tabiiy fanlar va ekologiyaga oid ayrim muammolar, ilmiy maqolalar to'plami, 9 qism, 180-182-betlar, Namangan – 2014 yil
- 53.M, A Ergasheva, B.X. Qo`charov, A.Mamadaliyev, D.N. Mamadjonov/Sirt potensialini uning o`zgarishini kondensator usulida o`lchash. / Tabiiy fanlar va ekologiyaga oid ayrim muammolar, ilmiy maqolalar to'plami, 9 qism, 182-184-betlar, Namangan – 2014 yil

Internet saytlari:

1. <http://www.chipinfo.ru>
2. http://www.solidstate.karelia.ru/~ivash/MOPT_b/
3. <http://www.lb1.textedu.ru/docs/1556/index-29847-39.html>
4. <http://www.ferra.ru>
5. <http://www.3dnews.ru/590566/>