

Қўлёзма ҳуқуқида
УДК 621.315.592

ЭРГАШЕВА МУҚАДДАСХОН АБДУМАЖИТОВНА

**ЯРИМЎТКАЗГИЧ-ДИЭЛЕКТРИК ЧЕГАРА БЎЛИМИ ХОССАЛАРИГА
ҲАР ТОМОНЛАМА СИҚУВ ТАЪСИРИНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ**

01.04.10 – Яримўтказгичлар физикаси

физика-математика фанлари номзоди илмий
даражасини олиш учун тақдим этилган диссертация

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т И

Тошкент-2012

ЯРИМЎТКАЗГИЧ-ДИЭЛЕКТРИК ЧЕГАРА БЎЛИМИ ХОССАЛАРИГА
ҲАР ТОМОНЛАМА СИҚУВ ТАЪСИРИНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ ” МАВЗУСИДАГИ
НОМЗОДЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ ИШИ АСОСАН ҳар томонлама сиқувга учратилган
кремний-кўрғошин-бор-силикатли шишанинг чегара бўлимида кечадиган электрон жараёнларни
аниқлашга асосланган.

Иш Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги
Ўзбекистон Миллий университети ҳамда Наманган давлат
университетида бажарилган

Илмий раҳбар: физика-математика фанлари доктори, проф. **Рахимов
Наимжон**

Расмий оппонентлар: физика-математика фанлари доктори, проф.
Шамирзаев Сезгир Хабибуллаевич

физика-математика фанлари доктори, проф.
Зикриллаев Нурилло Фатхуллаевич

Етакчи ташкилот: Андижон давлат университети

Диссертация ҳимояси «28» март 2012 й. соат 9³⁰ да ЎзР ФА «Физика-Қуёш» ИИЧБ Физика-техника институти қошидаги Д.015.08.01 рақамли Ихтисослашган кенгаш йиғилишида бўлиб ўтади. Ихтисослашган кенгаш манзили: 100084, Тошкент ш., Бодомзор йўли кўч. 26 уй. Тел: (8-10-99871)-23312-71. Факс: (8-10-99871)-233-42-91. E-mail: karimov@uzsci.net

Диссертация билан ЎзР ФА «Физика-Қуёш» ИИЧБ Физика-техника институти кутубхонасида танишиш мумкин.

Автореферат 2012 йил «17» феврал да тарқатилди.

Диссертация авторефератига такризларни икки нусхада, ташкилот муҳри билан тасдиқланган ҳолда: Тошкент ш., Бодомзор йўли кўчаси 2-Б уй манзилидаги Д.015.08.01 рақамли Ихтисослашган кенгаш илмий котибига юборишингизни сўраймиз.

Ихтисослашган кенгаш илмий котиби ф.- м. ф.
д., профессор:

А.В. Каримов

1. ДИССЕРТАЦИЯНИНГ УМУМИЙ ТАВСИФИ

Мавзунинг долзарблиги. Замоनावий микроэлектроника асосини кўп қатламли яримўтказгичли асбоблар ва интеграл микросхемалар ташкил этади. Барча яримўт-казгичли асбобларни таркибий қисми алмашиб келувчи яримўтказгич-диэлектрик қатламларни жойлашишидан иборат. Ҳақиқатан ҳам майдон транзисторлари, сирт барьерли варикоплар ва хотира элементлари каби заряд боғланишга эга асбобларда яримўтказгич-диэлектрик чегара соҳаси асосий ишчи соҳа ҳисобланади. Бошқа кўп ҳолларда яримўтказгичли асбоблардаги яримўтказгич-диэлектрик чегара соҳаси изоляциялаб ажратувчи, сустрлаштирувчи ва яримўтказгич сиртини ташқи таъ-сирлардан ҳимоялаш каби ёрдамчи вазифаларни бажаради. Барча ҳолларда ҳам яримўтказгич-диэлектрик чегара бўлинмаларида рўй берадиган физик жараёнлар яримўтказгичли асбобларнинг ишчи тавсифига кучли таъсир қилади. Яримўтказ-гичли асбобларга қўйиладиган талабларнинг энг асосийси уларнинг ишончли иш-лаши ва турли ташқи таъсирга нисбатан тавсифларининг барқарорлигидир. Илмий адабиётларнинг таҳлилидан маълумки, ташқи таъсирлардан ҳароратли ишлов бе-риш, ёруғлик таъсири ва яримўтказгичнинг туташ соҳасига киришма марказла-рининг киритилиши каби масалалар етарли тарзда атрофлича ўрганилган. Ташқи таъсирнинг яримўтказгич-диэлектрикни ўтиш қатламлари хоссаларига таъсирини ўрганиш бўйича кўплаб илмий тадқиқотлар олиб борилган, лекин бу тадқиқотлар одатда кенг фойдаланиб келинаётган кремний-кремний қўш оксиддан иборат тизимга бағишланган ҳолос. Айтиш керакки, бир қатор ҳолларда кремний-кремний қўш оксидли тизим айрим камчиликларга эга. Булардан бири, SiO_2 қатламининг юқори ($T=900\div1200^{\circ}C$) ҳароратларда шаклланиши бўлиб, бундай шароитда чегара бўлимига яқин соҳалар бўйлаб турли сегрегация коэффицентга эга киришма мар-казлари тартибсиз тақсимланади, ҳароратли нуксонларни ҳосил бўлишига олиб ке-лади.

Микроэлектроникада енгил эрувчи қўрғошин-бор-силикатли шишадан фойда-ланиш, кремний-кремний қўш оксид тизимга ҳос бўлган камчиликларни бартараф этишга имкон яратади. Чунки, яримўтказгич пластинага шиша етарлича паст ҳаро-ратларда қопланади. Паст ҳароратларда шиша қатламини қопланиши содда усулда диэлектрик қопламни олиш ва юқори даражада ҳимоялаш тавсифига эга бўли-нишига имкон яратади. Шу нуқтаи назардан қўрғошин-бор-силикатли шиша асос-даги қопламалардаги ташқи таъсир остида рўй берадиган электрофизик жараён-ларнинг табиатини ўрганиш ҳозирдаги **долзарб** илмий муаммолардан ҳисобланади.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Турли таркибдаги кўп компонен-тали қўрғошин-бор-силикат шишага иссиқлик, ва радиацион ва лазер нурланиш таъсири ҳақидаги маълумотлар адабиётларда етарлича кўп учрайди [1÷7]. Лекин, бугунги кунда ташқи механик таъсир остида қўрғошин-бор-силикатли асосга эга қопламалардаги электрофизик жараёнларнинг табиати етарли даражада ўрганил-маган. Кремний-қўрғошин-бор-силикатли шишанинг чегара олди қатламлари пара-метрларини босим, ҳарорат ва киришма марказларини киритиш каби комплекс таъ-сирлар натижасида ўзгаришининг табиати ҳозирги вақтгача ўрганилмаган. Шу-нингдек, адабиётлар таҳлилидан келиб чиқадики, металл-диэлектрик-яримўтказгич тузилмалар асосида тайёрланаётган асбобларни динамик параметрларига $Si-SiO_2$ чегара бўлими релаксацион тавсифларининг таъсири юқори даражада бўлсада, яримўтказгич қўрғошин-бор-силикатли тузилмалар чегара бўлимининг релаксаци-он тавсифлари ҳақидаги маълумотлар амалда умуман учрамайди.

Диссертация ишининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқ-лиги. Иш Ўзбекистон Миллий университети “Яримўтказгичлар ва диэлектриклар физикаси” кафедраси Ф-2.1.36-“Яримўтказгичлар-диэлектрик чегара фазалари бў-лими ҳосил бўлишини физик асослари ва қонуниятларини ўрганиш” мавзуси бўйи-ча, ҳамда, Наманган давлат университети “Физика” кафедраси илмий тадқиқотлар иш режаси доирасида Давлат гранти ОТ-Ф-2-076 дастури бўйича бажарилган.

Тадқиқот мақсади: ҳар томонлама сиқувга учратилган кремний-қўрғошин-бор-силикатли шишанинг чегара бўлимида кечадиган электрон жараёнларни аниқ-лашдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

- Кремний кристаллининг ҳароратдан чизиқли кенгайиш коэффициенти қийма-тига яқин бўлган ва $Si - SiO_2$ чегара бўлинмаларига нисбатан босимни камроқ сезадиган турдаги шишани танлаш.
- Яримўтказгич-шиша чегара бўлинмаларида локаллашган энг кам сиртий ҳо-лат зичлигига эга бўлган қўрғошин-бор-силикатли шишани массалар бўйича фоиз таркибини аниқлаш.
- Ташкил этувчилари (массалар фоизида) SiO_2 (32÷45%), PbO (30÷50%), B_2O_3 (10÷15%), Al_2O_3 (2%), Ta_2O_5 (1%) оксидлари бўлган кремний қўрғошин-бор-силикатли шишанинг чегара бўлинмаларида локаллашган сиртий ҳолат зич-лигига ҳар томонлама босим таъсирини ўрганиш.
- Ҳар томонлама сиқув остида қўрғошин-бор-силикатли шишани электрофизик (диэлектрик ва зарядланиш тавсифи) параметрларини ўрганиш.
- Кўп таркибли шиша асосида тайёрланган металл-диэлектрик-яримўт-казгич тузилмани ишчи тавсифларини тадқиқ этиш.

Тадқиқот объекти ва предмети. Тадқиқот объекти сифатида ҳар томонлама гидростатик сиқувга учратилган металл (Al)- қўрғошин-бор-силикатли шиша ($PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$ турдаги), Шоттки диодлари, кремний кристалли олинди. Тадқиқот предмети сифатида кремний сиртидаги диэлектрик (қўрғошин-бор-силикат) қопламларда ташқи таъсир остида кечадиган физик жараёнлар тадқиқ этишдан иборат.

Тадқиқот методлари. Тадқиқот учун юқори частотали вольт-фарад тавсиф-лари усули, Шоттки диодлари сиғимини изотермик релаксацияси, чуқур марказ-ларни тўлдириш вақт доимийсини ҳароратга боғланиши бўйича таққослаш, уч қатламли тузилмалар инверс қатламида заряд ҳосил бўлиш жараёнидаги сиғим релаксацияси, диэлектрик исрофни бурчак тангенсини ўлчаш каби усуллардан фой-даланилди.

Тадқиқотнинг илмий фарази: $Si-SiO_2$ чегара бўлимига нисбатан Si -қўрғо-шин-бор-силикатли шиша фазалари бўлими чегарасини ташқи босим таъсирига барқарорлиги юқори деган фаразга таянади.

Ҳимояга олиб чиқилаётган асосий ҳолатлар:

1. Акцептор хусусиятли тузилмавий нуқсон ҳосил бўлиши билан боғлиқ энг кам сирт ҳолат зичлигини таъминловчи ташкил этувчиларининг энг қулай масса фоизлари (49:32:15:3:1) бўлган $PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$ туркумли шиша асосида тайёрланган металл-шиша-яримўтказгич тузилмалар сиғимини нотекис ўзгариш қонунияти.

2. Ҳар томонлама сиқувга учратилган металл-шиша ($PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$) - яримўтказгич тузилмаларни вольт-фарад тавсифларида горизонтал соҳа бўлишига олиб келувчи шиша-яримўтказгич бўлими чегарасида қўшимча зарядларни юзага келтирувчи акцептор марказларини ҳосил бўлиши.

3. Металл (Al)-шиша ($PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$)-яримўтказгич (Si) тузил-малардаги яримўтказгичнинг сирт олди қатламларида Cs киришма атомлари-нинг бўлиши сиртий генерация улушини умумий генерацияга таъсири меҳа-низми.

4. Металл (Al)-шиша ($PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$)-яримўтказгич (Si) да ку-затиладиган электрон жараёнларни тушунтирувчи физик модел.

Ишнинг илмий янгилиги:

1. Босим таъсирига учраган барча яримўтказгичли тагликдаги металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларда $N_f=3 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$ концентрацияли, $E_c=0,4 \pm 0,03 \text{ эВ}$ ионлашиш энергиясига эга марказларни қайта зарядланиши кузатилди ва уларни $E_c-0,4 \text{ эВ}$ энергия қийматига яқин соҳадаги сирт ҳолат дифференциал зичлигига таъсири борлиги ўрнатилди.

2. Металл (Al)- шиша ($PbO, SiO_2, B_2O_3, Al_2O_3, Ta_2O_5$)-яримўтказгич ($n-Si$) тузилмаларни $P=8 \text{ кБар}$ га қадар ҳар томонлама сиқувга учратилганда сиғимни узоқ муддатли релаксацияси донор типдаги марказ юзага келиши туфайли руй бериши аниқланди.

3. Шиша таркибий қисмлари массалар фоизи (49:32:15:3:1) бўлган металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларни камайтирувчи кучланишлардаги сиғим тав-сифида горизонтал соҳани юзага келиш сабаблари яримўтказгич чегараси яқинидаги шишада локаллашган акцептор тавсифдаги тузилмавий нуқсонлар эвазига рўй бериши ўрнатилди.

4. Металл (Al)-шиша ($\text{PbO-SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Ta}_2\text{O}_5$)-яримўтказгич (Si) тузил-маларнинг генерацион-рекомбинацион тавсифларига яримўтказгичдаги цезий (Cs) киришмасининг таъсири тагликни сирт олди соҳасида цезий концентра-циясини ортиши билан сирт ҳолат зичлиги камайиши кузатилди.

5. Металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларни ҳар томонлама сиқувга учра-тилганда кузатиладиган электрон жараёнларни шиша қатламларида яримўт-казгич билан электрон алмаша оладиган мусбат зарядланган марказ ҳосил бўлиши билан тушунтирувчи физик модел таклиф этилди.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти:

- Диссертациядан олинган натижа ва хулосалар ҳар томонлама сиқув таъсирида металл-шиша-яримўтказгичли тузилмаларда рўй берадиган жара-ёнлар ва бунда киришма марказларини ўрни ҳақидаги физик тасаввурларни кенгайтиришга ёрдам беради.
- Ўрнатилган сиғимни кучланишга боғланиш қонуниятлари яхшиланган тензо-метрик хусусиятларга эга яримўтказгичли асбобларни яратишда қизиқиш уй-ғотади.

Натижаларнинг жорий қилиниши. Металл-шиша-яримўтказгич тузилмалар босим билан бошқариладиган хотирали микроэлектроника қурилмаларини яратиш-да фойдаланиш мумкин.

Ишнинг синовдан ўтиши. Диссертация ишининг асосий натижалари Ўзбекистон ФА “Физика-Қуёш” ИИЧБ нинг қўшма семинарларида, шунингдек хал-қаро ва Республика конференцияларида: «Фотоэлектрические явления в полупро-водниках» (Тошкент, 2004); «Ҳозирги замон физикасининг долзарб муаммолари» (Термиз, 2004); «Solid State Physics» (Almaty, 2004); «Фундаментальные и приклад-ные вопросы физики» (Тошкент, 2004); «Яримўтказгичлар физикасининг долзарб муаммолари» (Андижон, 2004); “Физическая электроника (Тошкент, 2005); «Рост, свойства и применение кристаллов» (Нукус, 2005); Халқаро илмий-услубий конфе-ренция материаллари (Андижон, 2005); «Роль женщин-ученых в развитии научно-технического прогрессе» (Тошкент, 2006); «Проблемы альтернативной энергетики и энергосбережения» (Намангон, 2007); «Рост, свойства и применение кристаллов» (Андижон, 2008) илмий конференцияларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтган.

Натижаларнинг эълон қилинганлиги. Ишнинг натижалари бўйича 4 та жур-нал мақолалари ва 12 та конференция маърузалари тезислари чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши 110 саҳифадан, 24 та расм, битта жадвал, кириш, тўртта боб, умумий хулосалар ва иловалар, ҳамда фойда-ланилган 106 та адабиётлар рўйхатидан иборат.

2. ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида муаммонинг ва диссертация ишини долзарблиги асосланган, мақсад ва масалалар шакллантирилган, илмий янгилик ва ишнинг амалий аҳами-яти, ҳимояга олиб чиқиладиган асосий ҳолатлар келтирилган.

Биринчи боб яримўтказгич-диэлектрик ўтиш қатлами ҳоссаларига ташқи таъ-сирни ўрганишга бағишланган илмий адабиётлардаги маълумотларнинг таҳлилига бағишланган. Легирланган кремний қатламларини термик оксидлашда фосфорни $\text{SiO}_2\text{-Si}$ тузилмада диффуз-сегрегацион қайта тақсимланишини таҳлил этишда ки-ришма концентрацияси тақсимотида чўкки ҳосил бўлишини эътиборга оладиган модели таҳлил этилган. Вакуумда пуркаш йўли билан n -тур кремнийли тагликка қопланган WO_3 аморфли диэлектрик қатламларнинг хоссалари кўриб чиқилган. Ноёб ер металлларнинг оксидлари (V_2O_4 , Gd_2O_3 , Lu_2O_3 , Tb_2O_3 , Dy_2O_3) асосида тайёрланган металл-диэлектрик-яримўтказгич тузилмалар ҳақида, ҳамда, улар асосида тайёрланган металл-диэлектрик-яримўтказгич тузилмалар тавсифларига нурланиш таъсири ҳақида маълумотлар келтирилган. Қуйидаги таркибли PbO , SiO_2 , B_2O_3 , Al_2O_3 , Ta_2O_5 кўп

компонентали шишаларнинг хоссаларини ўрганиш бўйича ишларнинг батафсил таҳлили кўриб чиқилган. Яримўтказгичли асбобларда сусайтирувчи ва герметизация қилувчи қопламаларни яратишда енгил эрувчи кўрғошин-бор-силикатли шишалар долзарб материаллар эканлиги кўрсатилган. Яримўтказгичли асбоб ва тузилмаларни барқарор ва ишончли ишлаши учун шишали диэлектрик қатлам асосида олинadиган электрофизик тавсифлар жуда муҳим, айрим ҳолларда эса, белгиловчи таъсир кўрсатиши мумкин. Яримўтказгичли асбоб-лар тавсифларига таъсир этувчи бор-силикат-шиша асосли диэлектрик қопламни асосий параметрлари бу улар ҳажмида фиксирланган (маҳкамланган) ва ҳаракатла-нувчи зарядларни бўлиши, яримўтказгич диэлектрик чегара бўлимида зарядлар бўлиши, шунингдек, яримўтказгич ҳажми билан заряд алмаша оладиган диэлек-трикдаги тутиб қолувчи марказлар концентрацияси мавжудлигидир. Булардан ху-лоса сифатида ташқи механик таъсир остида кўрғошин-бор-силикатли шиша қопламаларда кечадиган электрофизик жараёнлар бугунги кунда етарлича ўрганилма-ганлиги кўрсатиб ўтилди.

Иккинчи бобда қўлланган тадқиқот усуллари танлови асосланган ва тадқиқот намуналари ҳақида маълумотлар келтирилган.

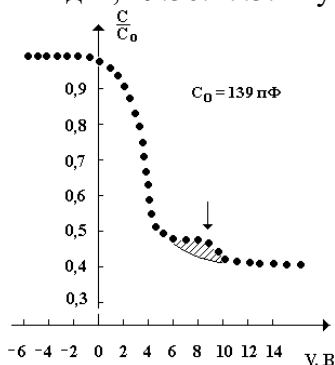
Тадқиқот намуналари металл (Al), шиша, яримўтказгич (Si) дан иборат тузил-ма ҳисобланади. Шиша сифатида кўрғошин-бор-силикатли қуйидаги таркибдаги SiO_2 - PbO - B_2O_3 - Al_2O_3 - Ta_2O_5 аралашма олинди. Шиша таркибини танлашда қуйида-ги мулоҳазадан келиб чиқилди.

Маълумки, PbO ва B_2O_3 оксидларини концентрацияси шиша таркибида оши-рилса, унинг эриш ҳароратини пасайтиради, лекин уларни $50\div 60$ масса фоиздан ор-тириб юборилса, шишани электрофизик хусусиятини ёмон-лаштиради. Шу билан бирга уларни концентрациясини 30 масса фоиздан камайтириб юборилса, шишани эриш ҳарорати ортиб кетади. Шишани иссиқликдан ҳароратли чизиқли кенгайиш коэффициентини кремнийни ҳароратли чизиқли кенгайиши коэффициентига яқин қилиб олиш учун шишани таркибида SiO_2 миқдори 50 масса фоиздан ортиб кетмас-лиги керак. Шиша таркибида кам миқдордаги ($1\div 2$ масса фоиз) Al_2O_3 алюминий оксидини бўлиши шишани кимёвий мустаҳкамлигини оширса, тантал оксидини (Ta_2O_5) ($1\div 2$ масса фоиз) киритилиши кимёвий мустаҳкамликни оширишдан ташқари, диэлектрик киритувчанликни ҳам оширади.

Уларнинг миқдорини $2\div 3$ масса фоизга ортирилиши шишани эриш ҳарора-тини кескин ортишига олиб келади. Кўрсатилган барча натижаларни эътиборга олиб, келгуси тадқиқотларимизда шишани қуйидаги $SiO_2(32\div 45\%)$ $PbO(50\div 40\%)$, $B_2O_3(10\div 15\%)$, $Al_2O_3(2\%)$ $Ta_2O_5(1\%)$ таркибдаги ва барча ишлатилган шишадаги ишқорий металл оксидларини (KO), (NaO) миқдори 0.01% дан кам бўлди. Шишани эритиш $T=1450^0\div 1500^0$ C ҳароратларда амалга оширилди. Барча кўрсатилган тар-кибдаги шишалар қуйидаги тавсифларга эга бўлдилар: Диэлектрик киритувчанлик $\xi=7\div 8$, солиштира қаршилиқ (хона ҳароратида) $\rho=10^{12}\div 10^{13}$ Ом·см. Юмшаш ҳарорати $T_0=680^0$ C, чизиқли кенгайишни ҳароратли коэффиценти $\alpha=5.0\cdot 10^{-6}$ K⁻¹ бўлиб, у Si учун олинган ($\alpha_{Si}=4,6\cdot 10^{-6}$ K⁻¹) га жуда яқин. Эритилгандан сўнг шиша-ни “Пленетар” турдаги тегирмонда майдаланди. Майдаланган шишани зарралари ўлчами 25 мкм дан ошмади. Шиша-яримўтказгичли синов тузилмаларини яратиш учун, шишани изопропил спиртини ($0,1/100$) нисбатдаги суспензияси, электрофорез ёрдамида ($I=10^{-5}$ A) солиштира қаршилиги $\rho=10\div 50$ ом·см, кристаллографик йў-налиши $\langle 111 \rangle$ бўлган ва стандарт кимёвий ишлов усули қўлланган Si кремний пластинасига пуркалди. Шишани эритиш, азот атмосферасида юмшатиш ҳарора-тига яқин ҳароратда бажарилиб, олинган тузилмалар $T=470^0$ C ҳароратда $t=30$ минут давомида ҳароратли тобланди. Si-шиша чегара бўлими электрофизик пара-метрларини аниқлаш учун вольт-фарад тавсифлари усули таҳлил этилди. Паст частотали вольт-фарад тавсифлар усулига нисбатан юқори частотали вольт-фарад тавсифлар усулининг афзаллиги кўрсатиб берилди. Металл-диэлектрик-яримўтказ-гич тузилмаларни юқори частотали вольт-фарад боғланишларини ва релаксацион тавсифларини ўлчаш учун [8] ишдагига ўхшаш такомиллашган қурилмалардан фойдаланилди.

Учинчи боб босимни металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларнинг вольт-фа-рад тавсифига, *Si*-кўрғошин-бор-силикатли шиша чегара бўлими хоссаларига ва кўрсатилган чегара бўлими вақтинчалик нобарқарорлигига таъсирини тадқиқ этишга бағишланган.

Металл-шиша-яримўтказгичли тузилманинг электрофизик тавсифларини ўр-ганишда юқори частотали вольт-фарад тавсифининг инверс кучланишли соҳада ўзгаришини бир текис бўлмаган ўзгаришини кўп муаллифлар кузатишган, яъни идеал тузилманинг сиғимини ўзгариши доирасида ифодалаб бўлмайдиган ўзгариш рўй берган. Бизда ҳам кўрғошин-бор-силикатли шиша билан қопланган кремний кристали асосида тайёрланган металл-шиша-яримўтказгичли тузилманинг вольт-фарад тавсифида бир текис бўлмаган (номонотон) ўзгаришлар кузатилди. Тузил-малар сиғимини бундай ўзгариш табиатини ўрганиш учун кўрғошин-бор-силикатли шишани ва тузилмаларни тайёрлашда қуйидаги кремний пластиналар (КЭФ-2,5, КЭФ-5, КЭФ-10 кристаллографик йўналиши $\langle 111 \rangle$ бўлган) ва кўрғошин-бор-силикатли $PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$ таркибдаги шишанинг компоненталари масса фоизлари 49:32:15:3:1 бўлган биринчи гуруҳ ва шунингдек, 49:30:17:3:1 бўлган иккинчи гуруҳ шишадан фойдаланилди.



1-расм. Биринчи гуруҳ наъмуналар учун сиғимни кучланишга боғланиши

1-расмда (шиша қатлами сиғимига нормаллаш-тириб олинган) ўрганилаётган 1-гуруҳ тузилмала-рини коронғуда олинган вольт-фарад тавсифи келти-рилган. Бу боғланишдан кўринадики, $U=5\div 9$ В кучла-ниш қийматларида ўлчанган тузилма сиғими горизон-тал қисмга ўтади, лекин, кучланишни кейинги ошиб боришидан $U=10\div 14$ В қийматга етгач, ўлчанаётган сиғим яна камайиб кетади. 2-гуруҳ барча тузилма-ларида эса вольт-фарад тавсифининг нотекислиги ку-затилмади.

Яримўтказгичли тагликда локаллашган аралашма марказларини вольт-фарад тавсифига таъсирини аниқлаш учун металл-шиша-яримўтказгич тузилмалардан кимёвий усул билан шиша қатлами олиб ташланди ва вакуумда *Au*-(олтин)ни пуркаш йўли билан Шот-тки баръери ҳосил қилинди. Кейин сиғимнинг изотермик релаксацияси усулида яримўтказгичли тагликдаги мавжуд чуқур марказларнинг энергетик спектри ва концентрацияси аниқланди.

Аниқланган марказнинг ҳосил қилган заряд миқдори (яримўтказгични бутун d қалинлиги бўйлаб ҳажмий заряд тақсимо-ти бир жинсли тақсимланган деб қара-лади) қуйидагича аниқланади:

$$Q = q \cdot N_r \cdot S \cdot d = 3 \cdot 10^{-11} \text{ К} \quad (1)$$

(бу ерда S Шоттки диоди юзаси). Металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларни вольт-фарад тавсифларидаги локал бир жинсизлик юзага келтираётган заряд миқдори (1-расмда келтирилган $C-V$ боғланишдаги штирхланган соҳа бўйича аниқланди) $Q_f=5 \cdot 10^{-8}$ К ни ташкил этди.

Ҳар икки катталикни солиштиришлар шуни кўрсатадики, чуқур марказлар ўшандай концентрация билан вольт-фарад тавсифида кузатилаётган бир жинс-сизликни келтириб чиқармаслиги керак. Бизнингча, инверс кучланишларда метал-шиша-яримўтказгич тузилмаларда сиғим ўзгаришини нотекис бўлиши яримўт-казгич-шиша чегарасида шишадаги тузилмавий нуқсонларни мавжудлигидан содир бўлади. Бундай нуқсонлар акцептор хусусиятига эга марказлар бўлади. Бу марказ етарлича катта инверс кучланишларда инверс қатламда ташкил топган ковакларни ушлаб қолади. Инверс қатламдаги заряд кама-яди ва бу эса, яримўтказгичнинг ҳажмий заряд қатламини кенгайишига олиб келиб, унинг сиғимини камайтиради ва ўз навбатида бутун тузилма сиғими кама-яди. Акцептор марказда ковакларни ушлаб қолиниши унинг заряд ҳолатини ўзгартириб, бойитилган кучланишларда электрон-ларни ушланиб қолинишига олиб келади.

Ҳар хил компонента-ли кўрғошин-бор-силикатли шиша асосидаги тузилмалар тадқиқотидан уларнинг *Si*-шиша чегара бўлимидаги сирт ҳолат зичлигига боғланиши ўрнатилди. Барча тайёрланган тузилмаларда вольт-фарад тавсифи бўйича сирт ҳолат зичлигини $f=150$ кГц

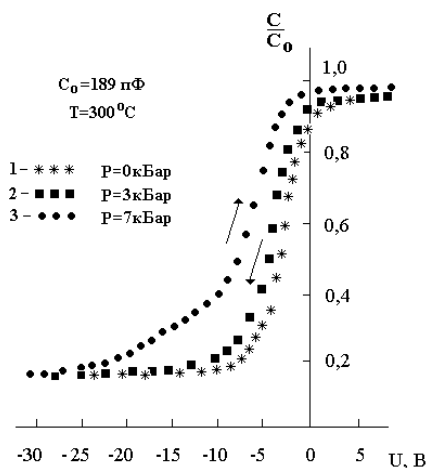
частотали ўзгарувчан сигнал ёрдамида (юқори частотали сиғим тузилмалари қийматига мос келади) $T=+20^{\circ}\text{C}$ да ўлчанди. Характерли нукта сифатида кучланишнинг “ясси зона” қийматига мос қийматидан фойдаланилди. Бунда $C-V$ тавсифини кучланишлар ўқи бўйлаб турли фоиздаги компоненталарга эга шиша тузилмада тартибланиб қоладиган зарядлар таъсири эвазига силжиши эътиборга олинди. Барча ўлчашлар $5\div 6$ намуналар бўйича ўрталаштирилди. Турли фоиз миқдорлардаги ($1\div 9$ ҳолатлар) намуналарни сирт ҳолат зичликлари тадқиқ этилиб, 4-ҳолатга мос келувчи масса фоизли намуналарда жадвалда келтирилганидек сирт ҳолат зичлиги минимум қийматга эгаллиги аниқланди.

1-жадвал

Фоизлар муносабатидаги шиша таркиблари ва уларга мос ҳолат зичликлари

N_{ss} , Шиша таркиби, %	1 $3\div 4\cdot 10^{12}$ см^{-2}	2 $1\div 3\cdot 10^{12}$ см^{-2}	3 $3\div 5\cdot 10^{12}$ см^{-2}	4 $2\div 5\cdot 10^{12}$ см^{-2}	5 $5\div 6\cdot 10^{12}$ см^{-2}	6 $6\div 7\cdot 10^{12}$ см^{-2}	7 $6\div 7\cdot 10^{12}$ см^{-2}	8 $6\div 8\cdot 10^{12}$ см^{-2}	9 $6\div 7\cdot 10^{12}$ см^{-2}
PbO	46	48	49	49	50	51	48	49	48
SiO ₂	35	33	33	32	31	30	33	32	32
B ₂ O ₃	15	15	14	15	15	15	14	14	14
Al ₂ O ₃	3	3	3	3	3	3	4	4	5
Ta ₂ O ₅	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Ундан ташқари, барча $P=4\text{кБар}$ босимдан ортиқ таъсирга учратилган тузил-маларнинг вольт-фарад тавсифларида гистерезис хусусият кузатилади.



1- босим берилгунга қадар; 2- 3 кБар; 3 -7 кБар босимни $t=10$ минут давомидаги таъсирдан сўнг

2-расм. Металл-шиша-яримўт-казгич тузилмалар вольт-фарад тавсифига босим таъсири

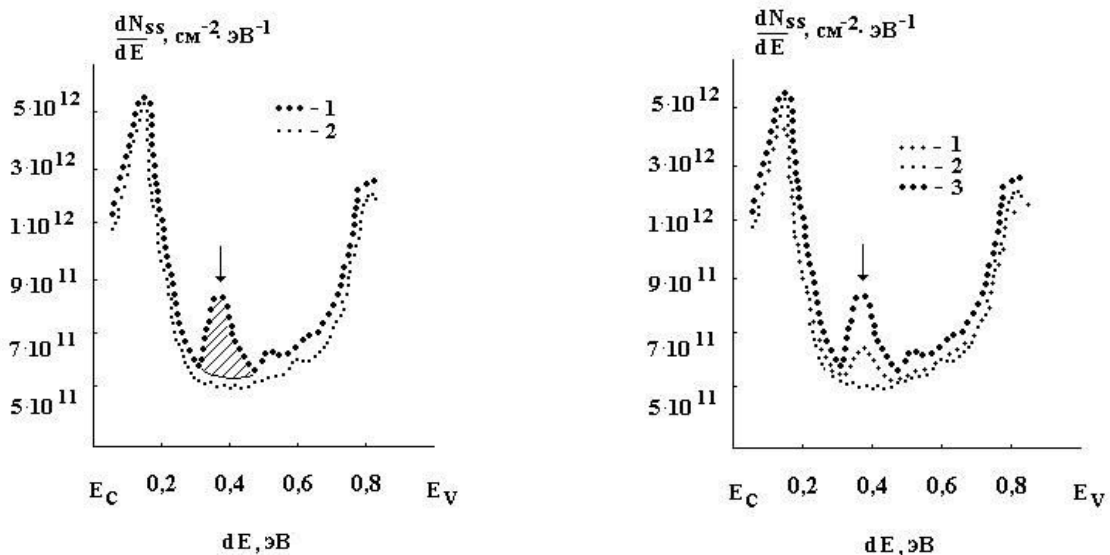
Гистерезис ҳодисаси кузатиладиган юқори частотали вольт-фарад тавсифларни таҳлили асоси-да кўрсатилдики, (2-расм) танланган масса фоиз-лардаги ва таркибдаги шиша асосида тайёрланган тузилмаларга ҳар томонлама сиқувнинг таъсири чегара бўлимида, чегара яқинидаги яримўтказгичда ва шиша қатламларида механик кучланишнинг ор-тишига, шунингдек, шиша тузилмасида деформацияланган ва узилган боғларнинг кўпайишига ва сирт ҳолат зичлигининг ортишига олиб келади.

Юқори частотали вольт-фарад тавсифлар усу-ли ёрдамида маълум ҳисоблаш муносабатлардан фойдаланиб

$$C_s(Y_s) = \frac{qn_0(\exp Y_s - 1)}{\left(\frac{2n_0kT}{\varepsilon\varepsilon_0}\right)^{\frac{1}{2}}(\exp Y_s - Y_s - 1)^{\frac{1}{2}}} \quad (2)$$

$$\Delta U = \left(\frac{2n_0kT}{\varepsilon\varepsilon_0}\right)^{\frac{1}{2}}(\exp Y_s - Y_s - 1)^{\frac{1}{2}}\varepsilon_1\varepsilon_0\frac{S}{C_0} + \frac{kT}{q}Y_s \quad (3)$$

Кўрамизки, 8 кБар (1-боғланиш) босимга учратилган металл-шиша-яримўт-казгич тузилмалардан бири ва синов тузилмалари (2-боғланиш) учун кремний таъқиқ зонаси бўйлаб сирт ҳолат зичлиги тақсимоти аниқланди (3а-расм). $E_c - 0.39\text{эВ}$ энергия атрофида босимга учратилган тузилмаларнинг dN_{ss}/dE спектрида локалл максимум кузатилди.



а) 1- 8 кБар босимга учратилгадигиси;
2-синов тузилмаси

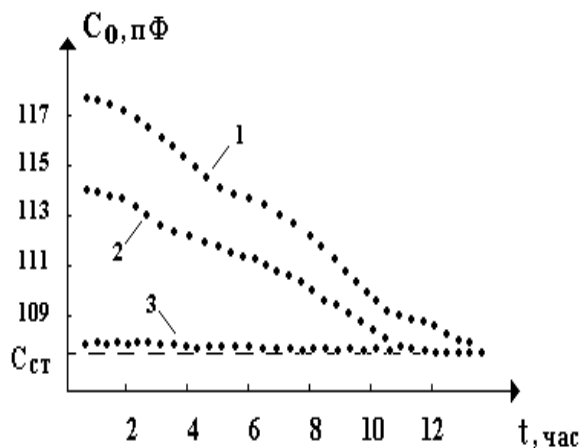
б) 1-2кБар; 2-4кБар;
3-8кБар босимга учратилгани

3-расм. Металл-шиша-яримўтказгич тузилмалардан бири учун сирт ҳолатининг дифференциал зичлигини энергетик тақсимоти

Мавжуд тасаввурларга кўра dN_{ss}/dE спектрда локал максимумларнинг ҳосил бўлиши, яримўтказгичнинг ҳажмий заряд қатламида локаллашган киришма марказ-ларининг таъсири билан боғлиқ бўлиши ёки яримўтказгич шиша чегара бўлимига яқин шиша қатламида локаллашган марказ туфайли бўлиши мумкин. 2, 4, 8 кБар босимга учратилган металл-шиша-яримўтказгич тузилмалар учун кремнийнинг таъқиқ зонаси бўйлаб сирт ҳолат зичлиги тақсимоти 3б-расмда келтирилган. Кўрамизки, босим ортиши билан энергиянинг $E_c - 0.39$ эВ қийматлари атрофида сирт ҳолати дифференциал зичлиги ортади. Кейин сиғимни изотермик релаксация усули ёрдамида чуқур марказлар энергетик спектори ва концентрацияси аниқланди. Шоттки барьерларида қайта зарядланиш кузатилиб, ионлашиш энергияси $E_c - 0.4 \pm 0.03$ эВ ва концентрацияси $N_r = 3 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$ бўлган қайта зарядланиш маркази борлиги аниқланди.

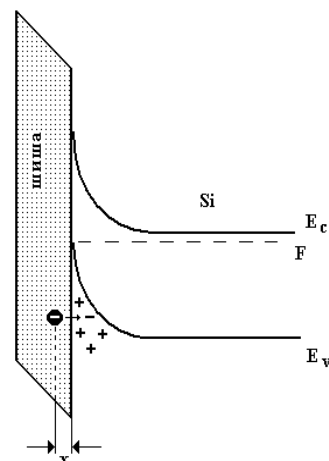
Шиша қатламида локаллашган зарядларнинг сирт ҳолат зичлигига таъсирини баҳолаш мақсадида босимга учратилган тузилмалар ва синов тузилмалари учун диэлектрик исрофнинг бурчак тангенсини ҳароратга боғланишидан фойдаланилди. Бунда ўлчашлар $f=1$ мГц частотада ва бойитувчи $U=4$ В кучланишда $T = -30 \div 20$ °C ҳарорат оралиғида бажарилди. Олинган натижаларни таққослаш шуни кўрсатдики, синов тузилмаларида $T = -20$ °C ҳароратда диэлектрик исрофни бурчак тангенси ях-ши ифодаланган максимумга эга, босимга учратилган тузилмаларда эса диэлектрик исроф ортади, исрофнинг максимуми юқори ҳароратлар томон силжийди ($T = +5 \div +8$ °C). Ҳар томонлама сиқувга учратилган металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларнинг dN_{ss}/dE спектрал тақсимотидаги чигалликлар яримўтказгич шиша чегара бўлими яқинидаги шиша қатламидаги тузилмавий бузилишлар туфайли бўлиб, улар яримўтказгичли тағликдаги электронлар билан алмаша оладиган донор туридаги энергетик марказларни ҳосил қилиши натижасида бўлади.

Металл (Al)-шиша ($PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$)-яримўтказгич ($n-Si$) тузилма-ларда сиғимни узоқ муддатли релаксациясини тушунтирувчи физик модел таклиф этилди (4-расм) ва у қуйидагидан иборат. Ҳар томонлама $4 \div 8$ кБар сиқув остида



1- 8 кБар, 2-5кБар босим остида.
3- синов тузилма учун

4-расм. 3 соат мобайнида ҳар томонлама босим таъсирида сиқувга олинган металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларни сиғим релаксацияси



5-расм. Шиша қатламида генерацион-рекомбинацион марказларни локаллашган соҳаси кўрсатилган ҳолдаги металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларни энергетик диаграммаси

шиша ҳажмида мусбат зарядланган зарядлар тўпланадиган чуқур марказлар ҳосил бўлади (5-расм) ва улар яримўтказгич билан электрон алмашинувига сабаб бўлади.

Бойитувчи кучланиш ортирилганда, бойитилган қатламдан электронлар мусбат зарядланган марказда тутиб қолиниб, мусбат заряд миқдорини камайишига олиб келади. Натижада сиғимни узоқ муддатли релаксацияси кузатилади ва босим ортиши билан релаксация вақти ортади..

Тўртинчи боб шиша-киришмасиз яримўтказгичли тузилмаларнинг кинетик ва релаксацион тузилмаларига, ҳамда кремнийга цезийни легирлаш асосида тайёрланган яримўтказгич-шиша тузилмаларнинг релаксацион тавсифига босим таъсирини тадқиқ этишга бағишланган.

Ушбу бобда шунингдек, цезий киришмасига эга кремний кристалли асосида та-йёрланган металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларни сиғим релаксациясига ҳар томонлама гидростатик сиқув таъсири натижалари келтирилган. Цезий киришма-сини танлашда, уч қатламли тузилмаларда яримўтказгичли тагликка цезий кириш-маси киритилса, сирт ҳолат зичлиги камайиши адабиётларда кўрсатилганлиги эътиборга олинди. Ҳар томонлама гидростатик сиқувни ва сиғим релаксациясини тадқиқ этиш учун намуналар <100> кристаллографик йўналишга эга бўлган, $\rho = 5 \div 10$ Ом·см солиштирма қаршиликка эга n-турдаги ўтказувчанликли, кремний пластинасига ионли имплантация усули билан цезий киритилди. Имплантация ионлар энергияси $E = 20 \div 40$ КэВ ва киритилиш вақти $t = 5 \div 10$ минутда амалга оширилди. Имплантациядан сўнг кремний пластинаси $T = 500^\circ\text{C}$ ҳароратда, $t = 20 \div 40$ минут давомида тобланди. Диэлектрик сифатида $PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$ ($PbO-49\%$, $SiO_2-32\%$, $B_2O_3-15\%$, $Al_2O_3-3\%$, $Ta_2O_5-1\%$) турдаги шишадан фойдаланилди. Шиша майда дисперсли шихтадан кремний пластинаси устига суртилди ва $T = 680^\circ\text{C}$ ҳа-роратда эритилиб, $T = 470^\circ\text{C}$ да тобланди. Металл-шиша-яримўтказгич тузилма-ларни яратиш учун шиша сиртига (бошқарув электроди) ва яримўтказгичли таглик-ка омик контакт олиш учун алюмин пуркалди. Бошқарув электродининг юзаси 0.01 см^2 ни ташкил этди. Тайёрланган металл-шиша-яримўтказгич тузилмалар Гидрос-тат ЛГ-16 қурилма ёрдамида $P = 8$ кБар босимгача ҳар томонлама сиқувга учратилди.

Металл-шиша-яримўтказгич структуралар сиғимини изотермик релаксацияси инверс кучланиш импулси қўйилгандан сўнг инверс қатлам заряди ҳосил бўлиши жараёнини қуйидаги ифода билан ёзиш мумкин [8].

$$\theta = \xi(1 - \omega) + (1 - \alpha\xi) \ln \frac{1 + \alpha}{\omega + \alpha} \quad (4)$$

Лекин, у ифода генерацион марказларни концентрациясини профили бўлмаган-дагина ўринли. Агар генерацион марказлар концентрация профили мавжуд бўлса уларни қуйидаги ифода билан ёзилади [8]

$$N(x) = N_0 \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{L} \right) \right] \quad (5)$$

Бу ерда: (N_0 - яримўтказгич ҳажмидаги генерация марказининг концен-трацияси), L - характеристик узунлик, X - координата ($X=0$ яримўтказгич шиша бўлим чегарасига мос келади). Металл-шиша-яримўтказгич структуралар сиғимини изотермик релаксациясини инверс қатлам заряди ҳосил бўлиб бориш жараёнини қуйидагича ифодалаш мумкин.

$$\theta = \frac{3}{W} \left(\frac{1}{2\omega^2} + \frac{\xi}{\omega} - \xi - \frac{1}{2} \right) \quad (6)$$

Бу ифодада ω - ўлчамсиз сиғим.

$$\omega = \frac{C_n [C_0 - C(t)]}{(C_0 - C_n) C(t)}; \quad \xi = \frac{C_0}{C_n} - 1 \quad (7)$$

$\theta = \frac{t}{\tau_\omega}$ - ўлчамсиз релаксация вақти (t - структура сиғим релаксацияси вақтини оний

қиймати). $\tau_\omega - N_M / N_r \gamma_p P_1$, бу ерда - N_M, N_2 яримўтказгичда саёз ва чуқур киришмаларни мос ҳолда концентрацияси $\gamma_p P_1$ - валент зонадан чуқур энергетик сатҳга иссиқлик таъсирида электронларни ташлаш коэффиценти, W - яримўт-казгични бошланғич ҳажмий заряд қатлами қалинлиги (инверс кучланиш импульси қўйилгандан сўнг биринчи вақт моментидаги), C_n - металл-шиша-яримўтказгич структура сиғимини бошланғич қиймати, C_0 - шиша қатлами сиғими, $C(t)$ - берилган вақтдаги структурани сиғим қиймати. Тажрибада текширилаётган структуралар учун сиғимни релаксацион боғланишини ўлчамсиз координаталарда берилиши 6-расмда келтирилган.

Бу ерда; 1,2,3-боғланишлар $I = \xi \varpi \frac{\varpi + \alpha}{1 + \xi \varpi}$ ифода ёрдамида α нинг [8] ишда келтирилган

мос ҳолдаги $\alpha = \frac{j_s}{j_v} = 0,1:0,2:0,3$ қийматлари учун назарий боғланишлар (j_s - генерацион токни

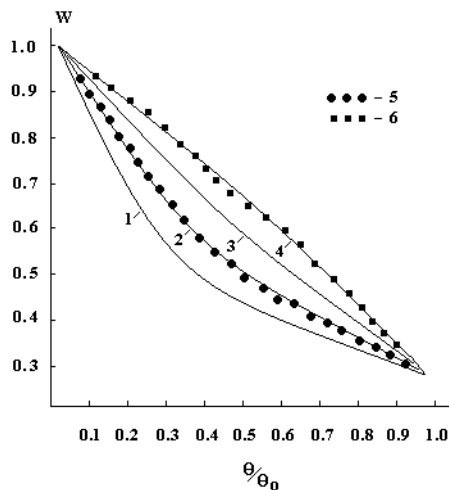
сирт ташкил этувчиси, j_v - генерацион токни ҳажмий қисмини бошланғич қиймати).

4- боғланиш (6) ифодалар ёрдамида ҳисобланган, 5,6-боғланишлар тажрибадан олинган, (C_s - киришмали тузилма учун-5 C_s - киришмали тузилмани $P=8$ кБар босим билан ҳар томонлама сиқувга учратилгани-6). Келтирилган боғланишлардан кўринадики, тажрибадан аниқланган релаксация графикларидан босимга учратил-ган структуралардагиси (6) муносабат ёрдамида назарий ҳисобланган график билан яхши мос келади (тажрибада кучланишни қайта уланишидан сўнг ўлчашлар бажарилган $V_1 \rightarrow V_2$ $V_1 = 8B, V_2 = 15B$, ҳарорат -5°C).

Бу мосликдан қуйидагича хулоса қилиш мумкин, ҳар томонлама гидростатик сиқув, берилган ҳарорат оралиғида инверс қатламда заряд ҳосил бўлиш тезлигини белгиловчи генерацион марказлар концентрацияси профилини қайта тақсимла-нишига олиб келади. Яримўтказгич ҳажмида генерацион марказларнинг концен-трацияси камайиши сирт ҳолат зичлигини ортиши билан биргаликда рўй бериши мумкин. Буни текшириш учун юқорида ёзилган усуллар ёрдамида сирт ҳолат зич-лигининг яримўтказгичнинг таъқиқланган зонаси бўйлаб дифференциал тақсимоти металл-шиша-яримўтказгич структураларда босим таъсир этгунгача ва таъсирдан сўнг ўлчанди.

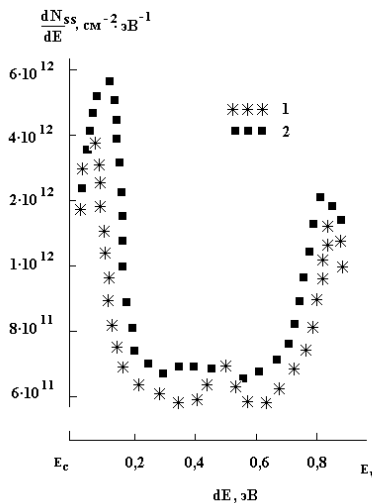
Натижада босим таъсиридан сўнг ($P=6\div 8$ кБар $t=10$ мин) тузилмаларда кремнийнинг таъқиқланган зонаси бўйлаб сирт ҳолат зичлигини спектрал тақ-симотининг ўзгариши ўрнатилди. 7-расмда $P=8$ кБар босимга қадар ҳар томонлама сиқувга учратилган тузилмалардан

бирининг dN_{ss}/dE тақсимои келтирилган (1-боғланиш) ва босим бўлмаганда (2-боғланиш). Кўринадики, сирт ҳолат зичли-гининг дифференциал тақсимоида ҳам, шунингдек, компоненталар масса фоиз-лари 4-ҳолатдан бошқа хилдаги (4-жадвал) шиша асосида тайёрланган тузилма-ларда ҳам энергиянинг E_c -0,53 эВ атрофида локал максимум кузатилади. Лекин, барча цезий киришмаси киритилган тузилмаларда тақиқланган зона энергия орали-ғида сирт ҳолат зичлиги синовдагига, яъни, киришмасиз тузилмаларга нисбатан анча кам.



1,2,3,4-босим таъсирисиз;
5,6-босим остида

6-расм. Металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларига кучланишни $V_1 \rightarrow V_2$ улангандан кейинги сиғим релаксацияси



1-8кБар босим остида, 2- босим бўлмаганда
7-расм. Цезий киришмали металл-шиша-яримўтказгич тузилмалардан бирининг сирт ҳолати дифференциал зичлигининг энергетик тақсимои

Илова қисмида ўлчов қурилмасининг тавсифи, асосий математика ифода-ларнинг чиқарилиши ва олинган натижаларни статистик қайта ишлов мисоллари келтирилган.

3. ХУЛОСАЛАР

1. Таркибий қисмлари 49:32:15:3:1 бўлган $PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$ турдаги шиша асосида тайёрланган металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларга инверс кучланишга мос кучланиш қўйилганда, юқори частотали вольт-фарад тавсифларида нотекистик табиати мавжудлиги ўрнатилди.
2. Барча яримўтказгичли тагликдаги металл-шиша-яримўтказгич тузилма-ларни $P=8$ кБарга қадар ҳар томонлама сиқувга учратилганда, $E_c=0,4$ эВ энергия қиймати атрофида сирт ҳолати дифференциал зичлигига таъсир этувчи ионлашиш энергияси $E_c=0,4 \pm 0,03$ эВ ва концентрацияси $N_f=3 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$ га тенг бўлган марказларни қайта зарядланиши аниқланди.
3. Металл (Al)-шиша ($PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$)-яримўтказгич (n-Si) тузилмаларни $P=8$ кБарга қадар сиқувга учратилганда сиғимни узоқ муддатли релаксациясини яримўтказгичга яқин шиша қатламларида донор типдаги тузилмавий нуқсон ҳосил бўлиши билан тушунтирадиган физик модел таклиф этилди. Бойитувчи кучланиш ортирилганда, электронлар бойитилган қатламдан шишада локаллашган мусбат зарядли марказларда тутиб қолинади ва шишанинг мусбат заряди камаяди.
4. Масса фоизларининг таркиби 49:32:15:3:1 бўлган шишада шиша-яримўтказгич чегара бўлимида сирт ҳолат зичлиги камайишининг энг қулай бўлиши тажрибада аниқланди.
5. Металл (Al)-шиша ($PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$)-яримўтказгич (n-Si) тузилмаларда яримўтказгични сиртий қатламида цезийнинг бўлиши, умумий генерацион токнинг сиртдаги ташкил этувчисини киришмасиз тузилмаларга нисбатан ортишига олиб келади. Яримўтказгичда цезий аралашмаси бор металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларини

$P=8\text{кБар}$ босимга қадар сиқувга учратилганда инверс қатламда заряд ҳосил бўлиш тезлигида цезий киришмаси улуши ва шу билан сирт ҳолати интеграл зичлиги ҳам камаяди.

6. Таркибий қисмларининг масса фоизи турлича бўлган $PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$ турдаги шиша асосида тайёрланган металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларга босим таъсир этганда ($P=6\div 8\text{кБар}$, $t=10\text{минут}$) генерацион марказлар концентрация профилининг қайта тақсимооти қонунияти ҳам турлича бўлиши аниқланди.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. 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.
2. Парчинский П.Б., Власов С.И. Генерация не основных носителей заряда на границе раздела кремний-свинцово-боросиликатное стекло. // Микроэлектро-ника. - Москва, 2001.- Т.30. -№6. - С.466-470.
3. Парчинский П.Б., Влияние γ -облучения на характеристики пассивирующих пок-рытий на основе свинцово-бороиликатных стекол. // Письма в ЖТФ. - Москва, 2002. -Т. 28. - В. 22.- С. 17-22.
4. Репинский С. М. Процессы окисления полупроводников и строение границ раз-дела. // Физика и техника полупроводников.- Санкт-Петербург, 2001. – Т. 35, -Вып. 9. -С. 1050-1062.
5. Парчинский П.Б., Власов С.И., Насиров А.А. Влияние облучения на характе-ристики границы раздела кремний-свинцово-бороиликатное стекло. // Физика и техника полупроводников.- Санкт-Петербург, 2004.- Т.38. -Вып. 11. -С.1345-1348.
6. Насиров А.А., Абдуазимов В.А., Абдужаббаров А. Влияние лазерного облучения на плотность поверхностных состояний границы раздела кремний-стекло. Материалы научной конференции « Яримўтказгичлар физикасининг долзарб муаммолари» Андижон, 2004. -С.42-43.
7. Зайнабидинов С., Абдуазимов В.А., Насиров А.А Влияние лазерного облучения на плотность поверхностных состояний границы раздела кремний-стекло. Материалы научной конференции посвященной « Год физики-2005» Ташкент, 2005. -С.78-79.
8. Абдурахманов К.П., Берман Л.С., Власов С.И., Котов Б.А. Исследование неконтролируемых глубоких центров в структурах металл-диэлектрик-полупроводник емкостным методом. //ФТП. Санкт-Петербург, 1979. –Т.13. -Вып. 7. С. 1447-1450.

4. ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

1. Власов С.И., Адылов Т.П., Эргашева М.А. Влияние давления на свойства грани-цы раздела Si-стекло. // Письма в –ЖТФ. Санкт-Петербург, 2005. –Т.31. -Вып. 10. - С. 83-87.
2. Власов С.И., Эргашева М.А., Насиров А.А., Абдужаббаров А. Долговременная релаксация емкости структур МСП, подвергнутых всестороннему сжатию. //Доклады АН РУз. –Ташкент, 2005. –№ 4 –С.28-31.
3. Власов С.И., Эргашева М.А., Рахимов Н., Маматкаримов О.О. Влияние давления на релаксационные характеристики структур стекло-полупроводник изготовлен-ных на основе кремния легированного цезием. // Вестник НУУз. –Ташкент, 2005. –№ 3. – С.59-61.
4. Власов С.И., Насиров А.А., Маматкаримов О.О., Эргашева М.А. Не монотонные вольт-фарадные характеристики структур металл-стекло полупроводник. // Электронная обработка материалов –Кишинева, 2008. –№3. –С. 99-101.
5. Власов С.И., Эргашева М.А., Абдужаббаров А. Релаксационные характеристики трехслойных структур на основе Si легированного Cs. //Ҳозирги замон физи-касининг долзарб муаммолари. II-республика илмий-назарий конференцияси материаллари. 15-17 апреля 2004. – Термиз, 2004. -С. 61-62.

6. Власов С.И., Эргашева М.А., Адылов Т.П. Влияние давления на электрофизические свойства межфазной границы Si-многокомпонентное стекло. //Материалы конференции «Фотоэлектрические явления в полупроводниках». 20-21 апреля 2004.- Ташкент, 2004.- С. 71-72.
7. Vlasov S.I., Nasirov A.A., Ergasheva M.A. Relaxation parameters of γ - irradiated multilayer structures. // 8-th International Conference Solid State Physics. 23-26 августа 2004.- Almaty, 2004. - P. 280-282.
8. Эргашева М.А., Рахимов Н., Кучкаров Х.О. Влияние давления на диэлектрические свойства многокомпонентных стекол. //Труды республиканской конференции «Яримўтказгичлар физикасининг долзарб муаммоллари». 23-24 ноября 2004. – Андижан, 2004. - С. 99 -101.
9. Власов С.И., Эргашева М.А. Влияние давления на плотность поверхностных состояний границы раздела Si - стекло. //Материалы 4-республиканской конференции «Рост, свойства и применение кристаллов». 27-29 октября 2005. – Нукус, 2005. - С.49-50.
10. Эргашева М.А., Кучкаров Х.О., Кучкаров Б.О., Аманов И. Металл-шиша-ярим-ўтказгич структураларнинг вольт-фарад характеристикаси. // Халқаро илмий-услубий конференция материаллари. 20-21 декабря 2005.-Андижон, 2005.- С. 75-76.
11. Эргашева М.А. Влияние давления на релаксационные характеристики трех-слойных структур. Сборник трудов республиканской научно-практической конференции. //Роль женщин-ученых в развитии научно-технического прогресса. Ташкент. 2006. -С. 306-307.
12. Хамиджанов И.Х., Эргашева М.А., Рахимов Н. Влияние давления на релаксационные характеристики фоточувствительных структур металл-диэлектрик-полупроводник. //Труды материалов Республиканской научно-практической конференции “Проблемы альтернативной энергетики и энергосбережения”. 25-26 сентября 2007.- Наманган, 2007. - С. 165-166
13. Эргашева М.А., Гайбуллаев С., Қўчқоров Б.Х., Дарвишходжаев Х. Яримўтказгич диэлектрик чегарасидаги электродли параметрлари юқори частотали вольт-фарад характеристика усули ёрдамида аниқлаш. //Труды материалов Республиканской научно-практической конференции «Проблемы альтернативной энергетики и энергосбережения». 25-26 сентября 2007.-Наманган, 2007. - С.221-222.
14. Эргашева М.А., Қўчқоров Б.Х., Сойипов Ж.Ж. Металл-диэлектрик-яримўт-казгич структурада сирт ҳолатлар зичлигини ҳисоблаш усули. // Материалы 4-Республиканской научной конференции «Рост, свойства и применение кристаллов».11-12 апреля 2008.- Андижан, 2008.- С. 18.
15. Эргашева М.А., Власов С.И., Рахимов Н. Влияние процентного содержания компонентного состава свинцово-боросиликатного стекла на плотность поверхностных состояний границы раздела Si -стекло. //Материалы Республиканской научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современной физики» 30-31 мая 2008.- Ташкент, 2008 -С.154-157.
16. Эргашева М., Қўчқоров Б., Рахимов Н., Власов С. Шиша-кремний чегара бўлимида вақтли нобарқарорликка босим таъсири. //Материалы Республиканской научно-технической конференции «Фотоэлектрические и тепло-физические основы преобразования солнечной энергии» –Фергана, 2011. -С.21-22.

РЕЗЮМЕ

диссертации Эргашевой Мукаддасхон Абдумажитовна на тему: «Исследование влияния всестороннего сжатия на свойства границы раздела полупроводник- диэлектрик» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10-Физика полупроводников

Ключевые слова: металл-диэлектрик-полупроводник, граница раздела $Si-SiO_2$, граница раздела Si - свинцово-боросиликатное стекло, плотность поверхност-ных состояний, всестороннее сжатие, давление, релаксационные зависимости.

Объекты исследования: структуры металл-свинцово-боросиликатное стекло ($SiO_2-PbO-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$)-кристаллический кремний.

Цель работы: установление электронных процессов протекающих на грани-цах раздела кремний-свинцово-боросиликатное стекло, подвергнутых всесторон-нему сжатию и сравнение их с процессами, происходящими на границах кремний-диоксид кремния.

Методы исследования: вольт-фарадные и релаксационные характеристики, температурная зависимость постоянной времени заполнения, измерение тангенса угла диэлектрических потерь.

Полученные результаты и их новизна: установлено, что в полупроводни-ковой подложке структуры типа металл-стекло-полупроводник, при воздействии давления, наблюдается перезарядка центра с энергией ионизации $E_c - 0,4 \pm 0,03$ эВ с концентрацией $N_r = 3 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$ приводящая к изменению дифференциальной плот-ности поверхностных состояний вблизи значения энергии $E_c - 0,4$ эВ; обнаружена долговременная релаксация емкости структур металл (Al) -стекло ($PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$)-полупроводник ($n-Si$) под воздействием давления $P=8$ кБар, что связано с образованием центров донорного типа; установлена причина немоного изменения емкости, при обедняющих напряжениях, структур металл-стекло-полу-проводник с массопроцентным содержанием компонентов стекла (49:32:15:3:1), с низкими значениями плотности поверхностных состояний при наличии структур-ных дефектов акцепторного характера; установлено, что влияние примеси цезия (Cs) на генерационно-рекомбинационные характеристики структур металл (Al)-стекло ($PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$)-полупроводник (Si) связано с увеличением кон-центрации цезия в приповерхностной области подложки, приводящей к умень-шению плотности поверхностных состояний.

Практическая значимость: полученные результаты способствуют расширению физических представлений о процессах протекающих в структурах металл-стекло-полупроводник при всестороннем сжатии и роли в этих процессах примесных центров.

Степень внедрения и экономическая эффективность: полученные результаты могут быть использованы при разработке и изготовлении полупро-водниковых приборов с улучшенными тензометрическими свойствами.

Область применения: микроэлектроника, полупроводниковое приборо-строение.

Физика-математика фанлари номзоди илмий даражасига талабгор Эргашева Мукаддасхон Абдумажитовнанинг 01.04.10-Яримўтказгичлар физикаси ихтисослиги бўйича “Яримўтказгич-диэлектрик чегара бўлими хоссаларига ҳар томонлама сиқув таъсирини тадқиқ этиш” мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕСИ

Таянч сўзлар: металл-диэлектрик-яримўтказгич, $Si-SiO_2$ чегара фаза, Si -қўр-ғошин-бор-силикат шиша чегара фаза, сирт ҳолат зичлиги, ҳар томонлама сиқув, босим, релаксацион боғланиш.

Тадқиқот объектлари: металл (Al)-қўрғошин-бор-силикатли шиша ($SiO_2-PbO-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$)-структураси, Шоттки диодлари.

Ишнинг мақсади: ҳар томонлама сиқувга учратилган кремний- қўрғошин-бор-силикатли шишанинг чегара бўлимида кечадиган электрон жараёнларни аниқ-лаб, уларни кремний-кремний қўш оксиди чегарасида рўй берадиган жараёнлар би-лан таққослашдан иборат.

Тадқиқот методлари: вольт-фарад тавсифи ва релаксацион характерис-тикалар, чуқур марказларни тўлдириш вақт доимийсини ҳароратга боғланиши бўйича таққослаш, исрофни бурчак тангенсини ўлчаш.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: босим таъсирига учраган ярим-ўтказгичли тагликдаги металл-шиша-яримўтказгич тузилмаларда $N_r=3 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$ концентрацияли, $E_c=0,4 \pm 0,03$ эВ, ионлашиш энергиясига эга марказларни қайта за-рядланиши кузатилди ва уларни E_c -0.4 эВ энергия қийматига яқин соҳадаги сирт ҳолат дифференциал зичлигига таъсири натижасида ўзгариши ўрнатилди; металл (Al)-шиша ($PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$)- яримўтказгич ($n-Si$) тузилмаларни $P=8$ кБар га қадар ҳар томонлама сиқувга учратилганда сиғимни узоқ муддатли релаксацияси донор типдаги марказ юзага келиши туфайли рўй бериши аниқланди; сиғимнинг нотекис ўзгариш сабаблари камаювчи кучланишларда, акцептор типдаги нуқсонларга эга бўлган компоненталари масса фоизи мос равишда 49:32:15:3:1 бўл-ган $PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$ таркибдаги шиша асосида тайёрланган металл-ши-ша-яримўтказгич тузилма билан боғлиқлиги ўрнатилди; металл (Al)-шиша ($PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$) - яримўтказгич (Si) тузилмаларнинг генерацион-рекомбина-цион тавсифларига яримўтказгичдаги Cs киришмасининг таъсири ўрганилди; тагликни сирт соҳасида Cs концентрациясини ортиши билан сирт ҳолат зичлиги камайиши кузатилди.

Амалий аҳамияти: олинган натижалар ҳар томонлама сиқув таъсирида металл-шиша-яримўтказгичли тузилмаларда рўй берадиган жараёнлар ва бунда киришма марказларини ўрни ҳақидаги физик тасаввурларни кенгайтиришга ёрдам беради.

Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: яримўтказгичли асбобларни тензометрик хусусиятларини яхшилаган ҳолда олинган натижалар ва ўрнатилган қонуниятларни яримўтказгичли асбоблар тайёрлашда фойдаланиш мумкин.

Қўлланиш соҳаси: микроэлектроника, яримўтказгичли асбоблар яратилиши.

RESUME

Thesis of M.A. Ergasheva on the scientific degree competition of the doctor of philosophy in physic and mathematics by speciality 01.04.10 – Semiconductor physics,
subject: « Research of influence of uniform compression on properties of interface of the semiconductor-dielectric»

Key words: metal-semiconductor-dielectric, interface of $Si-SiO_2$, interface of Si -lead-borosilicate glass, density of superficial statuses, uniform compression, pressure, relaxed dependences.

Subjects of research: structures metal-lead-borosilicate glass ($SiO_2-PbO-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$) crystal silicon.

Purpose of work: an establishment of electronic processes proceeding on interfaces silicon - lead-borosilicate glass, subjected to uniform compression and their comparison with the processes occurring on interfaces of silicon - silicon dioxide.

Methods of research: capacity-voltage and relaxation characteristics, temperature dependence of a constant of time of filling, measurement of a tangent of a corner of dielectric losses.

The results obtained and their novelty: it is established, that in a semi-conductor substrate of structure of type metal - glass-semiconductor at influence of pressure it is observed recharge the center with energy of ionization $E_c - 0,4 \pm 0,03$ eV with concentration $N_r = 3 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ resulting to change of differential density of superficial statuses near to value of energy $E_c - 0,4$ eV; the long-term relaxation of capacity of structures metal (Al) - glass ($PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$) the semiconductor ($n-Si$) under influence of pressure $P=8$ kilobar is found out; the reason of nonmonotonic change of capacity is established, at impoverishing voltage, structures metal - glass-semiconductor with mass percentage contents of components of a glass (49:32:15:3:1), with low values of density of superficial statuses at presence of structural defects of acceptor character; it is established, that influence of an impurity of caesium (Cs) on generation-recombinations characteristics of structures metal (Al) glass ($PbO-SiO_2-B_2O_3-Al_2O_3-Ta_2O_5$) the semiconductor (Si) is connected to increase in concentration of caesium in at superficial area of the substrate resulting in reduction of density of superficial statuses.

Practical value: the received results promote expansion of physical performances about processes proceeding in structures metal-glass-semiconuductor at uniform compression and a role in these processes the impurity centers.

Degree of embed and economic effectivity: the received results can be used by development and manufacturing of semi-conductor devices with improved tensometric properties.

Field of application: microelectronics, semiconductor instrument making.