

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
ЯДРО ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ

Кўлёзма ҳукукида
УДК 539.104:535.34:535.37

БОБОЯРОВА ШАРОФАТ ҒАНИЕВНА

КВАРЦ КРИСТАЛЛАРИДА СТРУКТУРАВИЙ ЎЗГАРИШЛАРНИНГ
ТЎҚНАШУВЛИ ВА ТЎҚНАШУВСИЗ ЙЎЛ БИЛАН НУҚСОНЛАР ҲОСИЛ
БЎЛИШ ЖАРАЁНИГА ТАЪСИРИ

01.04.07 –Конденсатланган ҳолат физикаси

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

АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент 2011

Иш Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси
Ядро физикаси Институтда бажарилган

Илмий раҳбар:

физика-математика фанлари доктори,
профессор Ибрагимов Жалил Дусмуратович

Расмий оппонентлар:

физика-математика фанлари доктори,
профессор Гасанов Эльдар Мамедович

физика-математика фанлари доктори,
профессор Власов Сергей Игоревич

Етакчи ташкилот:

ЎзР ФА Физика-техника институти

Ҳимоя ЎзР ФА У.О. Орифов номидаги Электроника институти ва ЎзР ФА Ядро физикаси институти ҳузуридаги Д015.23.01 рақамли Бирлашган ихтисослаштирилган кенгашнинг «_____» _____ 2011 й. соат «_____» да ўтадиган мажлисида бўлади.

Манзил: 100214, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек тумани, Улуғбек шаҳарчаси
Телефон: (998-71) 289-34-64; факс: (998-71) 150-30-80.

Диссертация билан ЎзР ФА Ядро физикаси институти илмий кутубхонасида ва ЎзР ФА Фундаментал кутубхонасида танишиш мумкин.

Автореферат «_____» _____ 2011 й. да тарқатилди.

Бирлашган ихтисослашган кенгаш
илмий котиби, физика-математика
фанлари доктори, профессор

Хидиров И.

ИШНИНГ УМУМИЙ ТАВСИФИ

Ишнинг долзарблиги. Ҳозирги пайтда нурлантирилаётган материалларда тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан кўшимча нуқсонлар ҳосил қилиш механизмларининг олдиндан мавжуд бўлган ва нурлантириш жараёнида пайдо бўладиган нуқтавий нуқсонлар ҳамда бошқа фаза ҳомилалари турининг ўзгаришидан ва концентрациясининг ортишидан боғлиқлигини аниқлаш қаттиқ жисмлар радиацион физикасининг охиригача ечилмаган муаммоларидан бири бўлиб ҳисобланади. Шунинг учун кварц кристалларидаги фаза ўзгаришларининг протонлар (p), дейтонлар (d), альфа (α) – заррачалар флюенси ортиб бориши жараёнида тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан нуқсонлар ҳосил қилиш жараёнларига таъсирини ўрганишга бағишланган мазкур мавзу долзарбдир.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Мазкур тадқиқот бошланганга қадар назарий ва тажрибавий усуллар комплексидан фойдаланиш орқали мукаммал структурали кварц кристалларида ^{60}Co манбасидан чиқадиган γ – квантлар таъсирида хусусий нуқсонлар ҳосил бўлмаслиги кўрсатилан эди. Кристаллар чегара усти энергияларига эга p, d, α – заррачалар билан нурлантирилганда уларнинг ноэластик тўқнашувларга сарф бўлган энергиялари ҳисобига битта электрон тутган кислород вакансияси (E'_1 - марказ) ҳосил бўлади. E'_1 - марказлар кристалларни чегара ости энергияли электронлар билан нурлантирилганда ҳам ҳосил бўлади. Дастадаги оқим зичлиги ҳар хил қийматга эга бўлган p, d, α – заррачаларнинг бир хил катталиқдаги флюенслари таъсир этган кристалларда E'_1 - марказларнинг ҳосил бўлиш самарадорлиги келиб тушувчи заррачалар дастаси оқимининг зичлиги ортиши билан ортади. Заррачалар флюенсининг ортиши нуқтавий нуқсонлар ҳосил бўлиши бошланадиган даста оқими зичлиги қийматининг камайишига олиб келади.

Олдиндан нейтронлар, p, d, α – заррачаларнинг ҳар-хил қийматли флюенслари таъсирига учраган кварц кристалларида γ – квантлар ва чегара ости энергияли электронлар таъсирида кўшимча нуқтавий нуқсонлар пайдо бўлиши кузатилади. Кўшимча нуқсонлар ҳосил бўлиши бошланадиган γ – квантлар дозаси ва электронлар боғлам оқими зичлиги қийматлари олдиндан нурлантириш флюенслари миқдорининг ортиши, яъни олдиндан нурлантириш пайтида ҳосил бўлган барча турдаги нуқсонлар сонининг ортиши билан, камаяди. Олдиндан мавжуд бўлган ва радиация таъсирида пайдо бўлган нуқсонлар концентрациясининг ортиши кўшимча E'_1 - марказларнинг тўқнашувсиз йўл билан ҳосил бўлиш эҳтимолиятини ўсишига олиб келади.

Назарий ва тажрибавий йўллар билан нейтронлар таъсирида SiO_2 да α – фазадан β – фазага ўтиш жараёни β – фаза ҳомиласининг ҳосил бўлиши орқали амалга ошиши кўрсатилган. Кварц кристаллари ҳар-хил қийматли нейтронлар флюенслари таъсирига учратилган затравкаларда ўстирилганда ўсган қатлам β – фаза ҳомиласини ўзига мерос қилиб олади. β – фаза ҳомиласининг турғунлиги унинг атрофида аморф фаза (АФ) ҳосил бўлиши орқали таъминланади деб тахмин қилинади. Ҳомилалар концентрацияси нейтронлар флюенси ортиши билан ортади. Бу эса нуқсонлар тури ва концентрациялари нисбатининг α –, β – ва аморф фазалар эгаллаб турган хажмлар қийматларининг, шунингдек, α – ва β –

ва аморф фазаларни ажратиб турувчи чегаравий қатламларининг структуравий ҳолатларининг ўзгаришига олиб келади. Кристаллнинг ҳар-хил турдаги нуқсонлари мавжуд алоҳида қисмлари орасида кучланганлик пайдо бўлади. Кучланганлик қиймати нуқсонлар турига боғлиқ. Нейтронлар, p , d ва α – заррачалар флюенслари қийматининг ортиши билан SiO_2 структураси аморф ҳолатга ўтади. Кристалл структураси бузилиш даражасининг ортиши структуравий ўзгаришларни енгиллаштиради деган тахмин мавжуд.

Юқорида келтирилган натижалар кварц кристалларида қўшимча нуқсонлар ҳосил қилувчи, структуравий ўзгаришларга олиб келувчи жараёнларнинг табиати олдиндан мавжуд бўлган, ҳамда радиация таъсирида ҳосил бўлган нуқсонлар туридан ва концентрациясидан боғлиқ деган хулосага олиб келади. Мазкур иш бошлангунга қадар бундай тадқиқотлар амалга оширилмаган эди.

Диссертация ишининг илмий-тадқиқот ишлари тематик режалар билан боғлиқлиги. Диссертация иши Ўзбекистон фанлар академияси ядро физикаси институтининг диэлектрик моддаларда радиацион жараёнлар лабораториясида Ўзбекистон фанлар академиясининг фундаментал тадқиқотларни қўллаб қувватлаш фонди томонидан ташкил этилган ва қуйида келтирилган контрактлар асосида бажарилган илмий тадқиқот ишларининг тематик режалари билан боғлиқ: «Электрон ўйғонишлар зичлиги юқори бўлганда оксидли материалларда радиация таъсирида пайдо бўладиган жараёнларнинг ўзига хос хусусиятларини тадқиқ қилиш» (2000-2001 й., №14), «Оксидли ва фторли каттик жисмларда ионлар ва электронлар иштирокида бўладиган жараёнларнинг структурага ва таркибга боғлиқлигини тадқиқ қилиш» (2000-2002 й., қайд қилинган, давлат рақами: 01.2000 09676), «Қўп компонентали оксидли ва халькогенидли люминофорларда радиацион-оптик ва люминесценция – вақт жараёнлари» (2003 – 2007 й., № Ф-2.1.17 лойиха), рақами Ф2-Ф065+Ф071 бўлган «Ўрин алмашиш ва киритиш йўллари билан ҳосил қилинган каттик аралашмаларда иссиқлик ва радиация таъсирида кечадиган ҳодисалар» проектининг биринчи қисми: «Истикболли каттик оксидли материалларда электрон ўйғонишлар, рангланиш ва нурланиш марказлари» (2008-2010 й.)

Тадқиқотларнинг мақсади ва вазифалари. Диссертация ишининг мақсади кварц кристалларида радиация таъсирида ҳосил бўлган структуравий ўзгаришларнинг тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан қўшимча нуқсонлар ҳосил қилиш жараёнларига таъсирини ўрганишдан иборат.

Қўйилган мақсадга эришиш учун қуйидаги масалаларни ечиш зарур:

– номинал тоза ва аралашмали кварц кристалларида p , d ва α – заррачаларининг турли флюенслари таъсирида улар энергияларининг эластик ва ноэластик йўқотилиши ҳисобига ҳосил бўлган бузилган қатламлар қалинлиги бўйича E'_1 - ва E'_2 - симон марказлар концентрацияларининг ўзгаришини тадқиқ қилиш;

– кварц кристаллининг эластик ва ноэластик тўқнашувларга сарф бўлган энергиялар ҳисобига бузилган қисмларида ҳосил бўлган нуқсонлар турини ва уларнинг қўшимча E'_1 - ва E'_2 - симон марказларнинг тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар орқали ҳосил қилиш жараёнларига таъсирини аниқлаш;

– кварц кристалли таркибидаги β – ва аморф фаза ҳомилаларининг концентрацияси ҳар- хил бўлганда γ – квант ва нейтронлар таъсири остида нуқтавий нуксонлар ҳосил бўлиш жараёнларини ўрганиш.

Тадқиқот объекти ва предмети. Ишнинг тадқиқот объекти таркибида ҳар-хил турдаги нуқтавий нуксонлар, аморф фазанинг алоҳида ҳомилалари ва квазиаморф қатлам бўлган кварц кристалларида тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан нуксонлар ҳосил бўлишини ўрганишдир. Тадқиқот предмети кўшимча нуксонларни тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан ҳосил қилиш механизмларининг олдиндан мавжуд бўлган ва нурланиш жараёнида пайдо бўладиган структура нуксонларидан боғлиқлигини аниқлашдан иборат.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқ этилаётган кристалларда ҳосил бўлган нуксонлар турини ва табиатини аниқлаш учун стандарт оптик усуллар: ютилиш спектрини, ёруғлик нури ва гамма нурлари таъсирида пайдо бўлган люминесценция спектрларини ўрганиш усулларида ҳамда электрон парамагнит резонанс спектрини ўрганиш усулидан фойдаланилди.

Келиб тушувчи заррачаларнинг эластик ва ноэластик тўқнашувларга сарф бўлган энергияларининг, бузилган қатламнинг қайд этилган чуқурлигидаги нуксонлар тури ва концентрациясининг p , d и α – заррачалар флюенсининг ошиб бориши билан ўзгаришининг тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан кўшимча нуксонлар ҳосил бўлишига таъсирини ўрганиш учун [1] да ишлаб чиқилган ва p ($E=18$ МэВ), d ($E=16$ МэВ) ва α – заррачаларнинг ($E=18$ МэВ) ҳар-хил флюенслари билан нурлантирилган кристалларда γ – квантлар таъсиригача ва таъсиридан кейин бузилган қатламининг турли чуқурликларида рангланиш марказларининг тақсимланишини ўрганиш имкониятини берувчи услубдан фойдаланилди.

Намуналарнинг 200÷900 нм оралиғидаги ютилиш спектрлари «Карл-Цейс» (Германия) фирмаси томонидан ишлаб чиқарилган «Specord UV-Vis» спектрофотометрида, 200÷1100 нм оралиғида эса «Perkin Elmer» (АҚШ) фирмасида ишлаб чиқарилган LAMBDA-35 спектрофотометрида ўлчанди. Гаммалюминесценция (ГЛ) спектрларини ўлчаш ишлари Ўзбекистон Фанлар Академияси Ядро физикаси институтининг γ – курилмасида бажарилди. γ – квантлар манбаи ^{60}Co изотопидир. 200÷800 нм тўлқин узунлиги оралиғида фотолюминесценция (ФЛ) ва ўйғотиш спектрлари кучли ксенон лампаси, МДР-12 (ЛОМО) ва SPM-2 (CARL ZEISS) монохроматорлари асосида йиғилган курилмада ўлчанди. Электрон парамагнит резонанс (ЭПР) спектрлари РЭ - 1301, РЭ - 1306 ва «Brucker» русумли стандарт радиоспектрометрларда қайд этилди.

Тадқиқотлар гипотезаси. Кварц кристалларида кўшимча нуксонларни тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан ҳосил қилиш механизми олдиндан мавжуд бўлган нуксонлар билан бир қаторда нурланиш жараёнида ҳосил бўладиган структуравий нуксонлар турининг ўзгариши ва концентрациясининг ортишидан боғлиқдир. Бу тадқиқот натижалари қаттиқ жисмлар структурасининг бузилиш назариясини аниқлаштиришда ва SiO_2 нинг ҳар-хил структуравий модификацияларининг радиация таъсирига чидамлилигини, уларнинг параметрларининг ўзгаришларини чегара ости ва чегара усти энергияли нурланишларнинг алоҳида ва биргаликда таъсир этган пайтда олдиндан аниқлаш имконини беради.

Ҳимояга олиб чиқарилаётган асосий ҳолатлар:

1. Таркибида E'_1 - марказ ва боғланмаган кислород атоми бор бўлган аморф фаза ҳомиласи кристаллнинг p , d ва α – заррачаларининг эластик тўқнашувларга сарф бўлган энергиялари ҳисобига бузилган қисмида ҳосил бўлиши ҳақидаги, бузилган қатламнинг қайд этилган чуқурлигида аморф фаза ҳомилалари сонининг ортиши тўқнашув йўли билан қўшимча нуқсонлар ҳосил қилиш эҳтимолиятини ошириши тўғрисидаги ҳулоса.

2. Тажриба йўли билан p , d ва α – заррачалари томонидан ҳосил қилинган нуқтавий нуқсонлар ва алоҳида аморф фаза ҳомилалари бор қатламда тўқнашув йўли билан қўшимча нуқсонлар ҳосил қилиш самарадорлиги яхлит квазиаморф қатламдагига қараганда катта эканлигининг тажрибавий исботи.

3. p , d ва α – заррачалари томонидан бузилган қатламнинг қайд этилган чуқурликларида олдиндан мавжуд бўлган нуқсонлар тури ва концентрациясининг ўзгариши ^{60}Co изотопининг γ – квантлари дозаси ортиб борганда қўшимча E'_1 - ва E'_1 - симон марказларнинг тўқнашувсиз йўл билан ҳосил бўлиш эҳтимолиятини ошириши ҳақидаги ҳулоса.

4. α – , β – ва аморф фазалар аралашмасидан ташкил топган кварц кристаллида β – фаза концентрациясининг ортиши кварцнинг аморф фазасида қўшимча E' - марказлар ҳосил бўлиш самарадорлигини ошириши ҳақидаги ҳулоса.

Ишнинг илмий янгилиги:

1. p , d ва α – заррачалар флюенси $4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$ бўлганда уларнинг эластик тўқнашувларга сарф бўлган энергияси ҳисобига кристалл структураси бузилган қатламининг маълум бир R_m чуқурлигида E'_1 - ва E'_1 - симон марказлар концентрацияси максимал қийматга эга бўлиши аниқланди. Тушувчи заррачаларнинг ундан катта флюенсларида R_m нинг кичик чуқурлик томон секин-аста силжиши кузатилади. Бу тушувчи заррачалар флюенсининг $4 \cdot 10^{14} \div 10^{17} \text{ см}^{-2}$ оралиғида бузилган қатламнинг қайд этилган чуқурликларида нуқсонлар концентрациясининг ортиши ва структура ҳолатининг ўзгариши билан боғлиқ.

2. Протонларнинг $4 \cdot 10^{14} \div 10^{17} \text{ см}^{-2}$ флюенслари таъсир этган кристаллларнинг электрон парамагнит спектрларини, протонларнинг ноэластик ва эластик тўқнашувларга сарф бўлган энергиялари ҳисобига кристалл структурасининг бузилган қисмларининг ютилиш ва нурланиш спектрларини алоҳида ўрганиш натижалари асосида таркибида E'_1 - марказ ва боғланмаган кислород атоми бўлган аморф фаза ҳомиласи кристаллнинг протонларнинг эластик тўқнашувларга сарф бўлган энергияси ҳисобига бузилган қатламида ҳосил бўлиши аниқланди.

3. Кристаллнинг протонлар томонидан бузилган қатламининг 1, 1.1 ва 1.2 мм чуқурликларида қўшимча E'_1 - марказларнинг ҳосил бўлиш эҳтимолияти флюенсининг 10^{16} см^{-2} қийматига қадар ошиб бориши ва флюенс қиймати 10^{17} см^{-2} га тенг ёки катта бўлганда камайиши кўрсатилди. Алоҳида аморф фаза ҳомилалари мавжуд қатламларда эластик тўқнашувларга сарф бўлган энергия зичлиги G_n нинг бир кэВ қийматига тўғри келувчи нуқсонлар сонининг квазиаморф қатламдагига қараганда катталигини ҳисобга олган ҳолда қайд этилган қатламларда алоҳида мавжуд бўлган аморф фаза ҳомилалари концентрациясининг флюенсининг 10^{16} см^{-2} қийматига қадар ортиши ва флюенс қиймати $\Phi \geq 10^{17} \text{ см}^{-2}$ бўлганда бу чуқурликларда квазиаморф қатлам ҳосил

бўлиши аниқланди. Қўшимча E'_1 - марказлар зўриққан $\equiv \text{Si} - \text{O} - \text{Si} \equiv$ боғларнинг узилиши ҳисобига содир бўлади.

4. E'_1 - марказ концентрацияси 1, 1.1 ва 1.2 мм чуқурликларга қараганда камроқ 0.8 ва 0.9 мм чуқурликларда қўшимча E'_1 - марказларнинг ҳосил бўлиш эҳтимолияти флюенсининг 10^{17} см^{-2} қийматига қадар ошиб бориши кўрсатилди. Бу 0.8 ва 0.9 мм чуқурликларда аморф фаза ҳомилаларининг ҳосил бўлиш эҳтимолияти 1, 1.1 ва 1.2 мм чуқурликларга қараганда кичиклиги ва флюенсининг 10^{17} см^{-2} қийматига қадар 0.8 ва 0.9 мм чуқурликларда ҳосил бўлган аморф фаза ҳомилаларининг концентрацияси квазиаморф қатлам ҳосил қилиш учун етарли эмаслиги билан боғлиқ деб тахмин қиламиз.

5. Олдиндан таркибида ҳар-хил миқдордаги кислород вакансиялари ва аморф фаза ҳомилалари бор бўлган номинал тоза ва Fe аралашмаси бор кварц кристалларининг ^{60}Co изотопининг γ – квантлари ва нейтронларнинг таъсиригача ва таъсиридан кейин ютилиш, ФЛ ва ЭПР спектрлари тадқиқ қилинди. Кислород вакансиялари ва аморф фаза ҳомилалари концентрациясининг ортиши γ – квантлар таъсирида аморф фаза ҳомилалари ҳажмида қўшимча кислород вакансиялари ва боғланмаган кислород атомлари ҳосил бўлиши самарадорлигини оширишга олиб келиши кўрсатилди. Олдиндан мавжуд бўлган нуқсонлар сонининг ортиши нейтронлар таъсирида аморф фаза ҳомилаларининг ҳосил бўлиш эҳтимолиятини оширади. Аморф фаза ҳомилаларининг ҳосил бўлиши «иссиқлик чуққи»лари ҳисобига пайдо бўлади деб тахмин қилинади.

6. p, d ва α – заррачалар томонидан кристалл структурасининг бузилган қисмида ^{60}Co изотопининг γ – квантлари таъсири остида қўшимча E'_1 - ва E'_1 - симон марказлар ҳосил бўлиши аниқланди. Бузилган қатламнинг барча чуқурликларида пайдо бўлган E'_1 - ва E'_1 - симон марказлар сонининг ортиши γ – квантлар таъсирида қўшимча нуқсонлар ҳосил бўлиши самарадорлигини оширади. Бу олдиндан мавжуд бўлган нуқсонлар турининг ўзгариши ва концентрациясининг ортиши билан боғлиқ деб ҳисоблаймиз. Турғун E'_1 - марказларнинг пайдо бўлиши таранглашган $\equiv \text{Si}-\text{O}-\text{Si} \equiv$ боғланишларнинг узилиши ҳисобига бўлади.

7. Олдиндан таркибида β – ва аморф фаза ҳомилалари бор бўлган кварц кристалларида γ – квантлар таъсирида кечадиган жараёнлар тадқиқ қилинди. β – ва аморф фазалар концентрациясининг ортиши кварцнинг аморф фазасида қўшимча E'_1 - марказлар ҳосил бўлиш самарадорлигини ошириши кўрсатилди.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Олинган натижалар тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар орқали қўшимча нуқсонлар ҳосил бўлишига олиб келадиган жараёнлар табиатининг кварц кристалларида олдиндан мавжуд бўлган нуқсонлар туридан ва концентрациясидан боғлиқлигини аниқлашда муҳим аҳамиятга эга. Бузилган қатлам бўйича нуқсонларнинг тақсимланишини ўрганишда қўлланилган усул ва олинган натижалар бошқа турдаги қаттиқ жисмларда тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан нуқсонлар ҳосил бўлиш механизмларини ўрганишда қўлланилиши мумкин. Қайд қилинган чуқурликларда қўшимча рангланиш марказлари пайдо бўлиш самарадорлигининг олдиндан мавжуд бўлган структуравий нуқсонлар туридан ва концентрациясидан боғлиқлигини кўрсатувчи натижани бошқа, нуқсонли структурага эга бўлган, оксидли материалларда чегара усти ва чегара ости

энергияли нурлар таъсири остида қўшимча нуқсонлар ва структура ўзгаришларига олиб келадиган жараёнлар табиатини аниқлашда ишлатиш мумкин.

Натижаларнинг қўлланилиши. Олинган натижалар SiO_2 нинг ҳар хил структуравий модификацияларининг радиация таъсирига чидамлилигини ва сезгирлигини ошириш усуллари ишлаб чиқишда, уларнинг параметрларининг чегара усти ва чегара ости энергияли нурларнинг алоҳида ва биргаликда таъсир этиш шароитида ўзгаришларини аниқлашда ишлатилиши мумкин. Натижалар қаттиқ жисмлар структураларининг чегара усти ва чегара ости энергияли нурлар таъсирида бузилиш назариясини аниқлаштиришда ва SiO_2 нинг ҳар-хил структуравий модификацияларида ҳамда бошқа турдаги нуқсонли структурага эга қаттиқ жисмларда олинган натижаларни талқин қилишда қўлланилиши мумкин.

Ишнинг муҳокама қилинганлиги. Иш натижалари куйида келтирилган анжуманларда қилинган маърузалар пайтида муҳокамадан ўтган: «Ярим ўтказгичли қурилмаларнинг актуал муаммолари» га бағишланган Халқаро конференцияда (Тошкент шаҳри, 1997 й.), «Назарий физика ва қаттиқ жисмлар физикаси муаммолари» га бағишланган Халқаро конференцияда (Бухоро шаҳри, 1997 й.), «Ҳозирги замон ядро физикаси муаммолари» га бағишланган II ва III Халқаро конференцияларда (Самарканд шаҳри, 1997 й., Бухоро шаҳри, 1999 й.), «Циклотронга ва унинг қўлланилишига бағишланган учинчи мактаб ва ишчи мажлис» да (Каир, Египет, 1999 й.), «Космик тадқиқотлар, технологиялар ва конверсия - IV» мавзусидаги илмий-амалий конференциясида (Тошкент шаҳри, 1999 й.), «Микроэлектроникада ва қуёш энергетикасида ишлатиладиган мукаммал ва ярим мукаммал структуралар кремний ишлаб чиқариш муаммолари» га бағишланган Халқаро конференцияда (Андижон шаҳри, 2000 й.), «Ядро ва радиацион физика» мавзусидаги III ва VI Халқаро конференцияларда (Олмаота шаҳри, 2001 ва 2007 й.), «Қаттиқ жисмлар радиацион физикаси» мавзусидаги IX Миллатларaro кенгашида (Севастополь шаҳри, 1999 й.), «Қаттиқ жисмлар радиацион физикаси» мавзусидаги XIII ва XIX Халқаро кенгашларда (Севастополь шаҳри, 2003 ва 2009 й.), «Ядро фани ва унинг қўлланилиши» мавзусидаги V Евроосиё конференциясида (Туркия, Анкара, 2008 й.), «Ҳозирги замон физикасининг долзарб муаммолари» мавзусидаги Республика конференцияларида (Термез шаҳри, 2002 й.; Тошкент шаҳри, 2007 й.), «Конденсирланган моддалар физикаси ва физик таълимнинг ҳозирги замон муаммолари» мавзусидаги Республика конференциясида (Самарканд шаҳри, 2009 й.).

Натижаларнинг чоп этилганлиги. Диссертация ишининг материаллари 6 та илмий мақолаларда ва 16 та Халқаро ва Республика конференцияларида қилинган маърузалар тезисларининг матнлари сифатида чоп этилган.

Ишнинг структураси ва ҳажми. Диссертация 103 саҳифали матндан иборат бўлиб, ўз ичига кириш, 4 та боб, хотима ва хулосаларни, 26 та расм ҳамда 107 номдаги адабиётлар рўйхатини олган.

ИШНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация иши мавзусининг долзарблиги ва муҳимлиги асослаб берилган, ишнинг мақсад ва вазифалари, илмий ва амалий аҳамияти шакллантирилган. Ҳимояга олиб чиқиладиган асосий ҳолатлар келтирилган.

Биринчи бобда кварц кристалларининг оптик хусусиятларига структурадаги нуқтавий нуқсонларнинг ва фазавий ўзгаришларнинг таъсири, шунингдек, кварц кристаллари структурасининг бузилганлик даражаси ўзгаришининг тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан қўшимча нуқсонлар ҳосил қилинишинига таъсирини ўрганишга бағишланган илмий адабиётлар таҳлили келтирилган. Адабиётларда мавжуд бўлган илмий натижаларни таҳлил қилиш ва муҳокама қилиш асосида тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан қўшимча нуқтавий нуқсонлар ҳосил бўлиши самарадорлигининг структурада олдиндан мавжуд бўлган ҳамда нурланиш жараёнида ҳосил бўладиган нуқсонлар тури ва концентрациясининг ўзгаришига боғлиқлиги ҳозирча ўрганилмаганлиги кўрсатиб берилган.

Боб охирида ишнинг мақсади аниқ ифодалаб берилган, тадқиқот вазифалари белгиланган.

Иккинчи боб структуравий ўзгаришларнинг тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан қўшимча нуқтавий нуқсонлар ҳосил қилиш жараёнларига таъсирини ўрганишга бағишланган тадқиқот объектларини танлаш учун фойдаланиладиган асосий фикрларни ифодалаш билан бошланади. Бунинг учун [2] да келтирилган кварц кристалларида p , d ва α – заррачаларнинг эластик ва ноэластик тўқнашувларга сарф бўлган энергиялари ҳисобига қалинликлари $L_1 \leq R_0$ ва $R_0 \leq L_2 \leq R$ (R – p , d ва α – заррачаларнинг кириш чуқурлиги) бўлган бузилган қатламлар мавжудлигини кўрсатувчи далиллардан фойдаланилган. Кристаллнинг $L_1 \leq R_0$ қалинликдаги бузилган қатламида фақатгина структуранинг нуқтавий нуқсонлари мавжуд. $R_0 \leq L_2 \leq R$ қалинликдаги бузилган қатламда нуқтавий нуқсонлар билан бир қаторда АФ ҳомилалари ҳам мавжуд деб фараз қилинади.

Бу фаразни текшириш мақсадида биз протонларнинг $4 \cdot 10^{14} \div 10^{17} \text{ см}^{-2}$ флюенси билан нурлантирилган номинал тоза ҳамда Fe аралашмали кварц кристаллари ҳамда протонларнинг 10^{15} см^{-2} флюенси билан нурлантирилган $\text{SiO}_2\text{:Fe}$ кристаллидан ажратиб олинган қалинликлари $L_1 \leq R_0$ (I тур намуна) ва $R_0 \leq L_2 \leq R$ (II тур намуна) бўлган бузилган қатламлардан тадқиқот объекти сифатида фойдаландик. Бу ҳолда биз агар тадқиқот объектларида АФ ҳомилалари мавжуд бўлса, у ҳолда ЭПР спектрида сигнал, ютилиш ва нурланиш спектрларида SiO_2 нинг АФ га тааллуқли полоса пайдо бўлади деган фикрга асосландик. Нурлантираётган заррачалар флюенсиининг ошиши билан АФ билан боғлиқ ЭПР сигналнинг, ютилиш ва нурланиш полосалар интенсивлигининг ошиши АФ концентрациясининг ошишидан далолат беради.

p , d ва α –зарралар флюенси ошиб бориши билан бузилган қатламнинг қайд қилинган чуқурлигидаги нуқсонлар концентрацияси ошиши ва кристаллнинг структуравий ҳолати ўзгаришининг қўшимча нуқсонларнинг тўқнашув йўли билан ҳосил бўлиш жараёнига таъсирини ўрганиш мақсадида p , d ва α –зарраларнинг $4 \cdot 10^{14} \div 10^{17} \text{ см}^{-2}$ флюенси билан нурлантирилган номинал тоза ва Al, Ge, Fe аралашмалари киритилган кварц кристаллари ишлатилди. Бунда куйидаги мулоҳазаларга асосландик: Адабиётларда кварц кристаллари структурасининг аморфлашуви АФ ҳомилалари ҳосил бўлиши орқали амалга ошади деган фикр мавжуд. $R_0 \leq L_2 \leq R$ қалинликдаги бузилган қатламнинг қайд этилган чуқурлигида ҳосил бўладиган нуқсонлар тури ва концентрацияси эластик тўқнашувларга сарф бўлган энергиянинг зичлиги G_n нинг қийматига боғлиқ. Бу эса, АФ нинг

дастлабки ҳомилалари бузилган қатламнинг G_n нинг қиймати максимал бўлган қайд этилган R_m чуқурлигида ҳосил бўлади дейишга асос бўлади.

p , d ва α –зарралар флюенси ошиб бориши билан R_m чуқурликда АФ ҳомилалари концентрацияси ошиб боради ва R_m дан катта ёки кичик чуқурликликларда ҳам АФ ҳомилалари пайдо бўлиши мумкин бўлади. Флюенсининг маълум бир қийматида бузилган қатламнинг бу чуқурликларида АФ ҳомилаларининг ўзаро таъсири натижасида квазиаморф қатлам ҳосил бўлади.

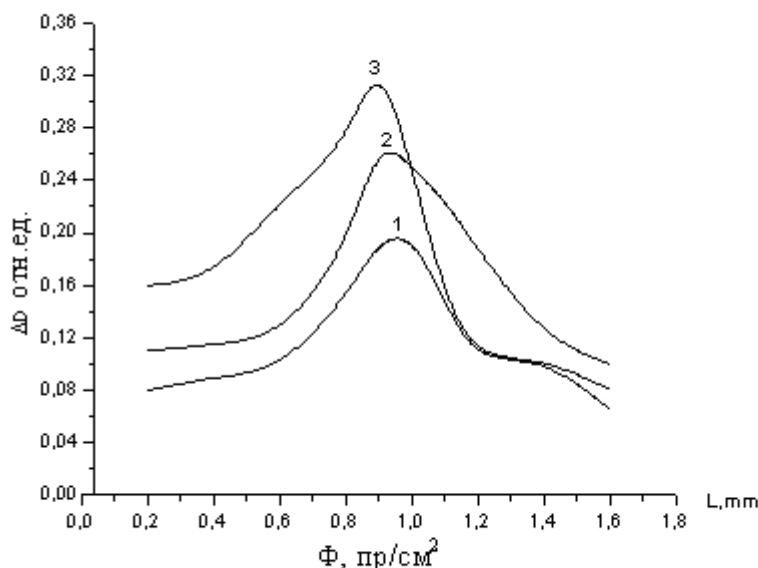
Модомики, флюенс қийматининг ошиб бориши билан ҳар бир янги тушаётган заррача ўзидан олдинги заррача таъсирида ҳосил бўлган кристаллнинг нуқсонли ҳолати билан таъсирлашгани учун нуқтавий нуқсонларнинг кристаллнинг бузилган қатламида қалинлик бўйича тақсимланишини ўрганиш қайд этилган чуқурликларда структура бузилишларининг тури ва концентрацияси ўзгаришининг қўшимча нуқсонлар ҳосил бўлиш жараёналарига таъсирини тадқиқ қилиш имконини беради деб ҳисоблаш мумкин.

Кварцда олдиндан мавжуд бўлган АФ ҳомилаларининг тўқнашувсиз йўл билан қўшимча нуқсонлар ҳосил бўлиш жараёнига таъсирини ўрганиш мақсадида, олдиндан протонларнинг $4 \cdot 10^{14} \div 10^{17} \text{ см}^{-2}$ флюенслари билан нурлантирилган $\text{SiO}_2\text{:Fe}$ кристаллари, I ва II турдаги намуналар, ҳамда нейтронларнинг турли флюенси билан нурлантирилган затравкаларда ўстирилган кристаллар, шунингдек, протонларнинг 10^{16} см^{-2} флюенси билан олдиндан нурлантирилган $\text{SiO}_2\text{:Al}$ кристаллари қўшимча равишда ^{60}Co манбаининг турли дозадаги γ –квантлари билан нурлантирилди. Бунда биз тадқиқ қилинаётган кристаллар ҳажмида ва қайд этилган чуқурликларида АФ ҳомилаларининг ҳар-хил концентрацияси мавжуд, γ –квантлар таъсирида фақатгина тўқнашувсиз йўл билан қўшимча нуқтавий нуқсонлар ҳосил бўлиши кузатилади, деб ҳисобладик.

Учинчи бобда номинал тоза ва Al, Fe аралашмалари киритилган кварц кристаллари p , d ва α – заррачаларнинг $4 \cdot 10^{14} \div 10^{17} \text{ см}^{-2}$ флюенслари билан нурлантирилганда структуравий нуқсонлар тури ва концентрацияси ўзгаришининг тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан нуқсонлар ҳосил бўлиш жараёнига таъсирини ўрганиш мақсадида 215 нм (E'_1 - марказ) , 350 ва 540 нм (E'_1 - симон марказлар) ютилиш полосалари максимумларидаги оптик зичлик қийматининг кристалл қалинлиги бўйича ўзгариши ўрганилди.

Флюенс $\Phi = 4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$ бўлганда кристаллнинг $L_1 \leq R_0$ бузилган қатламида E'_1 - ва E'_1 - симон марказлар сони ўзгармаслиги кўрсатилди. $R_0 \leq L_2 \leq R$ қалинликдаги бузилган қатламда бу марказлар сони ортиб боради ва маълум бир R_m чуқурликда максимумга эришади, ундан сўнг камаяди. Флюенсининг ошиши билан E'_1 - ва E'_1 - симон марказлар сони $L_1 \leq R_0$ қалинликда ҳам, $R_0 \leq L_2 \leq R$ қалинликда ҳам ортади. Таққослашлар қалинлиги $L_1 \leq R_0$ бўлган бузилган қатламда α –заррачалар томонидан ҳосил қилинган нуқсонлар сони протонлар томонидан ҳосил қилинган нуқсонлар сонига қараганда кўплигини кўрсатади. Флюеннинг $\Phi = 10^{15} \text{ см}^{-2}$ қийматидан бошлаб E'_1 - ва E'_1 - симон марказлар сони $L_1 \leq R_0$ қалинликда ҳам, $R_0 \leq L_2 \leq R$ қалинликда ҳам ошиши, ҳамда R_m қийматининг кичик чуқурлик томон силжиши кўрсатилган. Бу 1-расмдан яхши кўринади. Келтирилган ΔD қиймат бутун бузилган қатлам бўйича E' -марказлар концентрациясининг ўсишини кўрсатади. ΔD қийматлари $\Delta D_1 = D_1 - D_0$; $\Delta D_2 = D_2 - D_1$ ва $\Delta D_3 = D_3 - D_2$ сифатида аниқланган. Бу ерда D_0 , D_1 , D_2 , D_3 – лар кристаллар протонларнинг $4 \cdot 10^{14}$, 10^{15} ,

10^{16} ва 10^{17} см^{-2} флюенслари билан нурлантирилганда ҳосил бўлган бузилган қатламнинг қайд этилган чуқурликларидаги оптик зичлик қийматларини билдиради.



1- расм. $\Delta D_1(1)$, $\Delta D_2(2)$ ва $\Delta D_3(3)$ қийматларнинг кристалл қалинлиги бузилган қатлами бўйича ўзгариши

Бу тахминни текшириш учун дастлаб протонларнинг $4 \cdot 10^{14} \div 10^{17} \text{см}^{-2}$ флюенслари билан нурлантирилган номинал тоза ва Fe аралашмаси киритилган кварц кристалларининг нурланиш спектрлари ҳамда I ва II турдаги намуналарнинг ютилиш ва нурланиш спектрлари тадқиқ қилинди. Протонларнинг $4 \cdot 10^{14} \text{см}^{-2}$ флюенси билан нурлантирилган номинал тоза ва Fe аралашмаси киритилган кварц кристаллари нурланиш спектрида максимуми 660 нм бўлган, фақат АФ да турғун ҳолатда мавжуд бўладиган, боғланмаган кислород атомларига тааллуқли полоса мавжудлиги аниқланди. I ва II турдаги намуналарнинг ютилиш спектрларида максимумлари 220 ва 260 нм бўлган полосалар мавжуд. Адабиётларда 220 нм полоса кварц кристалли структурасининг бузилган жойларида мавжуд бўлган кислород вакансияларига тааллуқлилиги, 260 нм полоса эса, фақат АФ да турғун ҳолатда мавжуд бўлган боғланмаган кислородга тегишли эканлиги кўрсатилган.. 260 нм полосанинг интенсивлиги II тур намуналарда юқори. Ҳар иккала тур намуналарнинг нурланиш спектрларида максимуми 470 нм да бўлган полоса кузатилади. Бу полоса электронларнинг АФ ҳажмида мавжуд бўлган E' -марказ билан рекомбинацияси натижасида ҳосил бўлади. Унинг интенсивлиги II тур намуналарда юқори.

Юқорида келтирилган натижалар кристаллнинг $R_0 \leq L_2 \leq R$ қалинликдаги бузилган қатламида p , d ва α -заррачаларнинг $4 \cdot 10^{14} \text{см}^{-2}$ флюенсидан бошлаб структуранинг нуқтавий нуқсонлари билан бир қаторда SiO_2 нинг АФ си ҳам ҳосил бўлади деган тахминимизни тасдиқлайди. [2, 3] натижаларига мувофиқ АФ нинг ҳосил бўлиши АФ ҳомилалари ҳосил бўлиши орқали вужудга келади. Тушаётган

заррачаларнинг $4 \cdot 10^{14} \text{см}^{-2}$ флюенсида биринчи навбатда G_n нинг қиймати бузилган қатламнинг R_m чуқурлигида АФ ҳомилалари ҳосил бўлиши учун етарли бўлган $2 \cdot 10^{20} \text{кЭВ.см}^{-3}$ га етади ва бу чуқурликда АФ ҳомилалари пайдо бўлади. Флюенслар қиймати $\Phi \geq 4 \cdot 10^{14} \text{см}^{-2}$ бўлганда АФ ҳомилалари R_m дан катта ва кичик чуқурликларда ҳам ҳосил бўлиши мумкин. Тушаётган заррачалар флюенси ошиши билан АФ ҳомилалари концентрацияси ошиши кузатилади, ҳамда флюенсининг маълум бир қийматида дастлаб R_m чуқурликда, кейин R_m дан катта ва кичик чуқурликларда АФ ҳомилаларининг ўзаро таъсири ҳисобида квазиаморф қатлам ҳосил бўлади.

Шуни таъкидлаш лозимки, нейтрон, электрон ва ионларнинг ҳар-хил флюенслари билан нурлантирилган кварц кристалларининг люминесценция спектрида кристалл структурасининг тўлиқ аморф ҳолатга ўтишига қадар битта 660 нм люминесценция полосаси кузатилади ва унинг интенсивлиги тушаётган заррачалар флюенси ошиши билан ошаборади. Шунинг учун максимуми 660 нм бўлган нурланиш полосаси интенсивлигининг тушаётган заррачалар флюенсига боғлиқлигини ўрганиш натижалари қайси флюенслардан бошлаб квазиаморф қатлам ҳосил бўлишини аниқлашга имкон бермайди.

Олдин [2] да β – фазанинг ва унинг атрофида ҳосил бўлган АФ ҳомилаларининг турғунлиги улар атрофида кучланиш ҳосил бўлиши билан таъминланади деган тахмин қилинган эди. Ҳомилаларнинг ўлчамлари ҳар-хил бўлиб, кучланишнинг йўқотилиши уларнинг парчаланишига олиб келади. Шунинг учун нейтронларнинг турли флюенслари билан нурлантирилган кристалларда ҳомилалар ўлчамининг ошиши ва уларнинг парчаланиши турли температураларда амалга ошади деб тахмин қилиш мумкин. SiO_2 нинг β –фазасига тааллуқли деб ҳисобланадиган 3640см^{-1} инфрақизил (ИК) ютилиш полосаси интенсивлигининг ўзгаришини, ҳамда максимумлари 550, 660 нм бўлган нурланиш полосаларини интенсивликларининг $200 \div 900^\circ \text{C}$ температура оралиғида қиздиришдан сўнг ўзгаришини текшириш шуни кўрсатдики, температуранинг маълум бир T_0 – T_1 интервалида 3640см^{-1} полоса интенсивлиги ортади, $T \geq T_1$ бўлганда унинг интенсивлиги камайиши кузатилади. T_1 нинг қиймати нейтронлар флюенси ошиши билан ортади. 200 ва 300°C да термик ишлов бериш натижасида 550 ва 660 нм полосаларнинг интенсивлиги ошади, кейин эса камаяди. Бу натижалар β – ва АФ ҳомилаларининг термик турғунлиги уларнинг ўлчамларига боғлиқ деган тахминни тасдиқлайди. Температуранинг маълум бир интервали мавжудки, бу ораликда ҳомилалар ўлчамининг олдин ошиши, кейин эса камайиши кузатилади.

Шунингдек [4] нинг натижалари ҳам кристаллда ионларнинг эластик тўқнашувларга сарф бўлган энергияси ҳисобига ҳосил бўлган бузилган қатламидаги нуқтавий нуқсонлар 770К да тўлиқ, аморф структурали микрообластлар эса, 770К гача турғун ва 800-1270К да йўқолишини кўрсатади.

Юқорида келтирилган натижалар асосида биз боғланмаган кислород атомининг термик турғунлиги алоҳида АФ ҳомилаларининг ҳажмларида ва квазиаморф қатламида турлича деган тахминни илгари сурдик. Бу тахминни текшириш мақсадида биз дастлаб протонларнинг $4 \cdot 10^{14}$, 10^{15}см^{-2} ва γ –квантларнинг 10^{10} Р дозаларининг кетма-кет таъсирига учраган номинал тоза кристалларнинг фотолюминесценциясини (ФЛ) тадқиқ этдик. γ –квант таъсиригача

кристалларда нуқтавий нуқсонлар ва АФ нинг алоҳида ҳомилалари мавжуд эди. Нурлантирилган кристалларга $200 \div 600^\circ\text{C}$ оралиғида термик ишлов берилди.

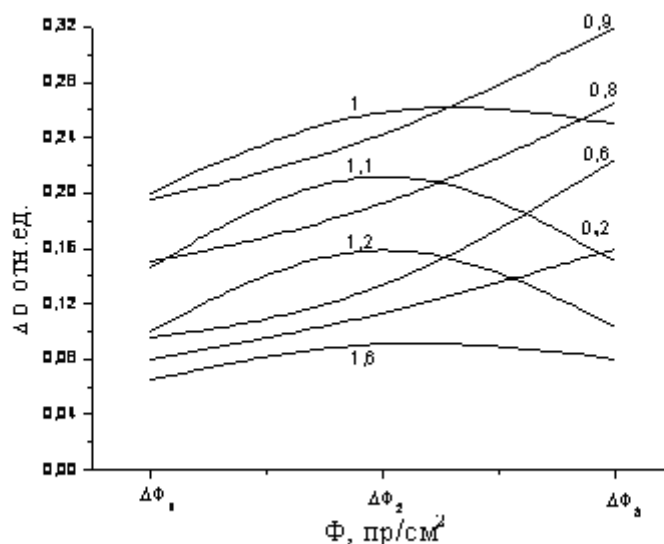
ФЛ ни ($\lambda=337$ нм) тадқиқ этиш γ -квантлар таъсиригача спектрда максимумлари 550 ва 660 нм бўлган полосалар мавжудлигини кўрсатди. γ -квантлар дозасининг ошиши билан уларнинг интенсивлиги ошади. $200 \div 600^\circ\text{C}$ оралиғидаги температура ошиши билан 550 ва 660 нм полосалар интенсивлиги камаяди ва $T=500^\circ\text{C}$ да тўлиқ йўқолади. Сўнгра протонларнинг 10^{15}см^{-2} флюенси ва γ – квантларнинг 10^{10} дозаси билан кетма-кет нурлантирилган кристаллар қўшимча равишда нейтронларнинг 10^{16}см^{-2} флюенси билан нурлантирилди. Бунда нейтронлар таъсирида нуқтавий нуқсонлар билан бир қаторда АФ нинг қўшимча ҳомилалари ҳосил бўлиши ҳисобга олинди. Бу эса аморф структурага эга бўлган микрообластларнинг ўлчамларининг ортишигча олиб келиши керак.

ФЛ ни тадқиқ қилиш бу намуналарда нейтрон билан нурлантирилган намуналардаги каби 200 ва 300°C даги термик ишловдан кейин 550 ва 660 нм полосалар интенсивлигининг ортишини, кейин камайишини ва 500°C да эса, батамом йўқолишини кўрсатди. Олинган натижалар p , d ва α –заррачалар флюенси ошиши билан АФ ҳомилалари концентрацияси ошади ва флюенсининг маълум қийматларида бузилган қатламнинг қайд этилган чуқурлигида АФ ҳомилаларининг ўзаро таъсири натижасида квазиаморф қатлам ҳосил бўлади деган фараз фойдасига гувоҳлик беради.

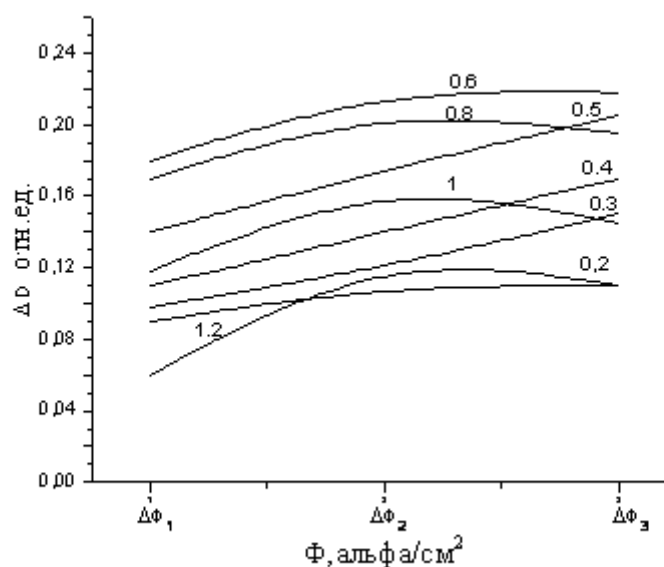
Мавжуд илмий ишларда G_n нинг 1 кэВ қийматига тўғри келадиган нуқсонлар сони АФ нинг алоҳида ҳомилаларидан ташкил топган бузилган қатламда максимал қийматга эгаллиги ҳақидаги маълумотлар мавжуд. Квазиаморф қатламда эса, G_n нинг 1 кэВ қийматига тўғри келадиган нуқсонлар сони алоҳида АФ ҳомилаларидан ташкил топган қатламга нисбатан анча камлиги маълум. Шунинг учун $R_0 \leq L_2 \leq R$ қалинликдаги бузилган қатламнинг қайд этилган чуқурликларида тушаётган заррачалар флюенсининг ошиб бориши билан АФ ҳомилалари концентрациясининг ўзгариши ва квазиаморф қатламнинг ҳосил бўлиши қўшимча E'_1 - ва E'_1 - симон марказлар пайдо бўлиши самарадорлигининг ўзгаришига олиб келади деб фараз қилиш мумкин.

Бу фаразни текшириш мақсадида $\Delta\Phi_1 = (10^{15} - 4 \cdot 10^{14})\text{см}^{-2}$; $\Delta\Phi_2 = (10^{16} - 10^{15})\text{см}^{-2}$; $\Delta\Phi_3 = (10^{17} - 10^{16})\text{см}^{-2}$ флюенслар оралиғида бузилган қатламнинг қайд этилган чуқурликларида E'_1 - ва E'_1 - симон марказлар сонининг кўпайишини аниқловчи ΔD нинг сонли қийматлари топилди. Натижалар 2- ва 3- расмларда келтирилган. Расмлардан кўриниб турибдики, флюенсларнинг барча интервалларида $L_1 \leq R_0$ (0,2; 0,6 мм) қалинликдаги бузилган қатламнинг қайд этилган чуқурликлардаги ΔD нинг қийматлари ошиб боради. 2- расмдан кўринишича, 0,8 ва 0,9 мм чуқурликларда E'_1 - марказнинг концентрацияси флюенсининг 10^{17}см^{-2} қийматигача секин-аста ўсиб боради. Бузилган қатламнинг 1, 1.1 ва 1.2 мм чуқурликларида дастлаб флюенсининг 10^{16}см^{-2} қийматигача E'_1 - марказлар концентрацияси ортади, кейин эса камаяди. Олинган натижалар қуйидагича таҳлил қилинади. [5] да кислород вакансиялари концентрацияси маълум микдорга етганда нурлантириладиган кристалл ҳажмида АФ ҳомилалари ҳосил бўлиши қайд қилинади. Бу ҳам флюенсларнинг $4 \cdot 10^{14} \div 10^{16}\text{см}^{-2}$ оралиғида бузилган қатламнинг 1, 1.1 ва 1.2 мм чуқурликларида биринчи навбатда алоҳида

АФ ҳомилалари ҳосил бўлиши ва уларнинг концентрациясининг ошиши кузатилади деган тахмин фойдасига гувоҳлик беради.



2-расм. Протонлар флюенси фарқи $\Delta\Phi_1 = 10^{15} - 4 \cdot 10^{14}$; $\Delta\Phi_2 = 10^{16} - 10^{15}$ ва $\Delta\Phi_3 = 10^{17} - 10^{16} \text{ см}^{-2}$ оралиқларда ортганда 215 нм ютилиш полосаси максимумига тўғри келувчи ΔD қийматининг бузилган қатламнинг қайд этилган чуқурликлардаги ўзгариши.



3-расм. Альфа заррачалар флюенси фарқи $\Delta\Phi_1 = 10^{15} - 4 \cdot 10^{14}$; $\Delta\Phi_2 = 10^{16} - 10^{15}$ ва $\Delta\Phi_3 = 10^{17} - 10^{16} \text{ см}^{-2}$ оралиқларда ортганда 350 нм ютилиш полосаси максимумига тўғри келувчи ΔD қийматининг бузилган қатламнинг қайд этилган чуқурликлардаги ўзгариши.

Бу чуқурликларда G_n нинг 1 кэВ қийматига тўғри келадиган E' - марказлар сони энг каттадир. Бу эса кузатилган R_m нинг кичик қалинлик томон силжишини ва ΔD микдорининг тушаётган заррачаларнинг 10^{16} см^{-2} флюенсигача ўсишини таъминлашга олиб келади. 10^{17} см^{-2} флюенсда бу чуқурликларда квазиаморф қатлам ҳосил бўлади. Бу эса ΔD қийматнинг камайишига олиб келади.

0.8 ва 0.9 мм чуқурликларда E'_1 - марказлар концентрацияси 1, 1.1 ва 1.2 мм чуқурликлардагига нисбатан сезиларли даражада кам. Шунинг учун 0.8 ва 0.9 мм чуқурликларда АФ ҳомилалари ҳосил бўлиш эҳтимолияти кам ва 10^{17} см^{-2} га қадар АФ ҳомилалари концентрацияси квазиаморф қатлам ҳосил бўлиши учун зарур бўлган критик қийматга эришмайди. Бу эса ΔD қийматининг ушбу чуқурликларда 10^{17} см^{-2} флюенсгача ўсишига сабаб бўлади. Шу каби натижалар α -заррачаларнинг турли флюенслари билан нурлантирилган, темир аралашмаси киритилган кварц кристалларида ҳам олинди (3 расм).

Кристалларнинг бузилган ҳажмида алоҳида қисмларининг панжара параметрларининг бир-бирига тўғри келмаслиги сабабли кучланиш ҳосил бўлади. [6] да келтирилган натижаларга мувофиқ кучланиш қиймати АФ ҳомилалари пайдо бўладиган $G_n=2 \cdot 10^{20} \text{ кэВ} \cdot \text{см}^{-3}$ га қадар ўсади. $G_n=2 \cdot 10^{20} \text{ кэВ} \cdot \text{см}^{-3}$ дан юқори қийматларда, яъни кристаллнинг бузилган ҳажмида квазиаморф қатлам ҳосил бўлганда, кучланиш қиймати камаяди. Таққослашлар алоҳида АФ ҳомилаларидан ва квазиаморф қатламдан ташкил топган бузилган қатламлардаги G_n нинг 1 кэВ қийматига тўғри келадиган нуқсонлар сонининг ўзгариши бу қатламларда ҳосил бўладиган кучланиш катталиги ўзгариши билан мос тушишини кўрсатади. Шу сабабли кўшимча E'_1 -марказларнинг ҳосил бўлиши таранглашган $\equiv \text{Si}-\text{O}-\text{Si} \equiv$ боғланишларнинг узилиши ҳисобига амалга ошади деган фикр устундир. Бундан ташқари АФ ҳомилалари яқинида кўп сонли узилган $\text{Si}-\text{O}$ боғланишларнинг маждудлиги ва локал эркин микроҳажмнинг ҳосил бўлиши ҳам ўз навбатида кўшимча E'_1 - марказлар ҳосил бўлиш эҳтимолиятини оширади.

Тўртинчи боб кварцда АФ ҳомилаларининг γ -кванлар таъсирида тўқнашувсиз йўл билан кўшимча нуқтавий нуқсонлар ҳосил бўлиш жараёнига таъсирини ўрганишга бағишланган. Шу мақсадда протонларнинг $4 \cdot 10^{14} \div 10^{17} \text{ см}^{-2}$ флюенслари билан олдиндан нурлантирилган $\text{SiO}_2\text{:Fe}$ кристалларининг ЭПР спектри, I ва II тур намуналарининг нурланиш спектрлари, шунингдек, протонларнинг 10^{16} см^{-2} флюенси билан нурлантирилган Al аралашмаси киритилган SiO_2 кристаллининг бузилган қисмида 215 нм ли ютилиш полосаси максимумидаги оптик зичлик қийматининг ўзгаришини бузилган қатлам қалинлиги бўйича ўзгаришини γ -кванларнинг турли қийматли дозалари таъсиридан кейин тадқиқ қилинди. $4 \cdot 10^{14}$, 10^{15} см^{-2} флюенслар билан нурлантирилган кристалларнинг ЭПР спектрида g факторининг қиймати 4.3 га тенг бўлган ва адабиётда кремний – кислородли тетраэдрда изоморф ҳолда Si^{4+} ни алмаштирадиган Fe^{3+} га тааллуқли деб қабул қилинган битта сигнал қайд қилинди. Бу сигнал интенсивлиги протонлар флюенсининг ошиши билан камаяди ва $\Phi=10^{17} \text{ см}^{-2}$ да йўқолади. 10^{16} см^{-2} флюенсда ЭПР спектрида g фактори 2.0013 га тенг бўлган сигнал пайдо бўлади. Кварц шишиларида ҳам худди шундай, E' -марказ билан боғлиқ бўлган, ЭПР сигнал кузатилади. Бу сигналнинг интенсивлиги нурланиш флюенсининг ошиши билан ортади. Олдиндан протонларнинг

4.10^{14} см⁻² флюенси билан нурлантирилган кристалларга қўшимча γ -квантлари таъсир этганда ушбу сигнал 10^6 Р дозадан бошлаб пайдо бўлади.

Модомики, бу пайтда АФ ҳомиалари ҳосил бўлмаслиги ҳисобга олинса, у ҳолда 4.10^{14} см⁻² флюенс билан нурлантирилган кристалларда таркибида Е'-марказлар бўлган АФ ҳомиалари мавжуд деб айта олишимиз мумкин. γ -квантлар таъсирида кварцнинг АФ да қўшимча Е'-марказлар ҳосил бўлади. Уларнинг ҳосил бўлиш самарадорлиги олдиндан нурлантириш флюенсининг ошиши, яъни АФ ҳомиалари концентрациясининг ошиши билан ортади. Таққослашлар Е'-марказларнинг тўпланиш кинетикаси ва АФ да жойлашган Е'-марказлар билан ғовакларнинг рекомбинацияси натижасида пайдо бўлган 470 нм нурланиш полосаси интенсивлигининг ўзгариши ўзаро мос келишини кўрсатади. Қўшимча Е'-марказларнинг ҳосил бўлиши АФ ҳомиалари ҳажмида экситонларнинг нурланишсиз парчаланиши ҳисобига тўқнашувсиз йўл билан рўй беради деб ҳисоблаймиз.

I ва II тур намуналарининг нурланиш спектрларида ҳам 470 нм полоса кузатилади. γ -квантлар таъсири остида бу полоса интенсивлигининг ўсиши икки босқичга эга. II тур намуналарида нтенсивлик ўсишининг иккинчи босқичи, яъни қўшимча нурланиш марказлари ҳосил бўлиши γ -квантларнинг кичик дозаларида кузатилади. Бу II тур намуналарида I тур намуналарига нисбатан Е'-марказларни ўз ичига оладиган АФ ҳомиалари миқдори кўплиги билан боғлиқ.

215 нм ютилиш полосаси максимумидаги оптик зичлик қийматининг протонларнинг 10^{16} см⁻² флюенси билан нурлантирилган SiO₂:Al кристалларининг бузилган қатлами қалинлиги бўйича қўшимча γ – квантларнинг турли дозалари таъсиридан кейин ўзгаришни ўрганиш γ – квантлар дозасининг ошиши билан бузилган қатламнинг бутун қалинлиги бўйича қўшимча нуқсонлар ҳосил бўлиш самарадорлигини ортишига олиб келишини кўрсатди. Бузилган қатламнинг қалинлиги $L_1 \leq R_0$ бўлган қисмида, худди p , d ва α – заррачалар флюенси ошишидаги каби, қатлам қалинлиги ошиши билан қўшимча нуқсонлар ҳосил бўлиш самарадорлиги ошиб бориши кузатилди. Бу структурада олдиндан мавжуд бўлган нуқсонлар турининг ўзгариши ва концентрациясининг ўсиши билан боғлиқ.

Олдиндан нурлантирилган кристалларда γ – квантлар таъсирида қўшимча нуқсонлар ҳосил бўлиши бузилган қатламлардан ташқарида ҳам, яъни кристаллнинг протонлар билан бузилган ва бузилмаган қатламлари чегарасида ҳам юз бериши топилган. Кристаллнинг бузилган ва бузилмаган чегара қисмларида панжара параметрлари мос келмаслиги натижасида кучланиш ҳосил бўлади. Бу эса, кристалларда тушаётган заррачаларнинг кириш чуқурлигига нисбатан катта бўлган чуқурликларда ҳам γ – квантлар таъсирида турғун Е'-марказлар ҳосил бўлишини таъминлайди.

Тўртинчи боб температуранинг 77÷300К оралиғида нейтронларнинг турли флюенслари билан нурлантирилган затравкаларда ўстирилган кристалларнинг нурланиш спектрларини ўрганиш билан якунланади. Бу кристалларнинг ГЛ спектрида кўрсатилган температура оралиғида максимумари 490 ва 470 нм да бўлган полосалар кузатилади. γ – квантлар дозасининг ошиши 490 нм полоса интенсивлигининг камайишига, 470 нм полоса интенсивлигининг ортишига олиб келади. [2] натижалари нейтронлар билан нурлантирилган затравкаларда

ўстирилган кристалларда таркибида E' -марказлар бор бўлган АФ мавжудлигини кўрсатади. γ – квантлар таъсирида АФ ҳажмида қўшимча E' -марказлар ҳосил бўлади. Бу 470 нм полоса интенсивлигининг ошишига сабаб бўлади.

ХУЛОСА

1. p , d ва α – заррачаларнинг $4 \cdot 10^{14} \div 10^{17} \text{ см}^{-2}$ флюенслари таъсирида бузилган қатламининг қалинлиги бўйича E'_1 - ва E'_2 - симон марказлар сонининг ўзгариши тадқиқ қилинди. Тушувчи заррачалар флюенсининг ортиши уларнинг эластик тўқнашувларга сарф бўлган энергиялари ҳисобига кристаллнинг тўқнашувли йўл билан нуқсонлар ҳосил бўладиган қисмида E'_1 - ва E'_2 - симон марказларнинг пайдо бўлиш эҳтимолиятининг ортишига олиб келиши кўрсатилди. Бу флюенс қийматининг ортиши билан R_m нинг кичик чуқурлик томон томон силжишида яққол намоён бўлади. Тушувчи заррачалар флюенсининг $4 \cdot 10^{14} \div 10^{17} \text{ см}^{-2}$ оралиғида бузилган қатламнинг R_m чуқурликларида нуқсонлар концентрациясининг ортиши ва структура ҳолатининг ўзгариши R_m нинг кичик чуқурлик томон силжишига олиб келади.

2. Протонларнинг $4 \cdot 10^{14} \div 10^{17} \text{ см}^{-2}$ флюенслари таъсир этган кристалларнинг ЭПР спектрини, протонларнинг ноэластик ва эластик тўқнашувларга сарф бўлган энергиялари ҳисобига кристалл структурасининг бузилган қисмларининг ютилиш ва нурланиш спектрларини алоҳида ўрганиш натижалари асосида таркибида E' -марказ ва боғланмаган кислород атоми бўлган аморф фаза ҳомиласи кристаллнинг протонларнинг эластик тўқнашувларга сарф бўлган энергияси ҳисобига бузилган қатламида ҳосил бўлиши аниқланди.

3. Олдиндан таркибида ҳар хил миқдордаги кислород вакансиялари ва аморф фаза ҳомилалари бор бўлган номинал тоза кварц кристалларнинг ^{60}Co изотопининг γ – квантлари ва нейтронларнинг таъсиригача ва таъсиридан кейин фотолюминесценция спектри тадқиқ қилинди. Кислород вакансиялари ва аморф фаза ҳомилалари концентрациясининг ортиши γ – квантлар таъсирида аморф фаза ҳомилалари ҳажмида қўшимча кислород вакансиялари ва боғланмаган кислород атомлари ҳосил бўлиши самарадорлигини оширишга олиб келиши кўрсатилди. Олдиндан мавжуд нуқсонлар сонининг ортиши нейтронлар таъсирида аморф фаза ҳомилаларининг ҳосил бўлиш эҳтимолиятини оширади. Аморф фаза ҳомилаларининг ҳосил бўлиши «иссиқлик чуққи» лари ҳисобига пайдо бўлади деб тахмин қилинади.

4. Кристаллнинг протонлар билан бузилган қатламининг 1, 1.1 ва 1.2 мм чуқурликларида қўшимча E'_1 - марказларнинг ҳосил бўлиш эҳтимолияти флюенснинг 10^{16} см^{-2} қийматига қадар ошиб бориши ва флюенс қиймати 10^{17} см^{-2} га тенг ёки катта бўлганда камайиши кўрсатилди. Алоҳида аморф фаза ҳомилалари мавжуд қатламларда эластик тўқнашувларга сарф бўлган энергия зичлиги G_n нинг бир кэВ қийматига тўғри келувчи нуқсонлар сони квазиаморф қатламдагига қараганда катталигини ҳисобга олган ҳолда қайд этилган қатламларда алоҳида мавжуд бўлган аморф фаза ҳомилалари концентрацияси флюенснинг 10^{16} см^{-2} қийматига қадар ортади ва флюенс қиймати $\Phi \geq 10^{17} \text{ см}^{-2}$ бўлганда бу чуқурликларда квазиаморф қатлам ҳосил бўлади деб ҳисоблаймиз.

Қўшимча E'_1 - марказларнинг пайдо бўлиши асосан таранглашган $\equiv\text{Si}-\text{O}-\text{Si}\equiv$ боғланишларнинг узилиши ҳисобига бўлади.

5. E'_1 - марказ концентрацияси 1, 1.1 ва 1.2 мм чуқурликларга қараганда кам бўлган 0.8 ва 0.9 мм чуқурликларда қўшимча E'_1 - марказларнинг ҳосил бўлиш эҳтимолияти флюенсининг 10^{17} см^{-2} қийматига қадар ошиб бориши кўрсатилди. Бу 0.8 ва 0.9 мм чуқурликларда аморф фаза ҳомилаларининг ҳосил бўлиш эҳтимолияти 1, 1.1 ва 1.2 мм чуқурликларга қараганда кичиклиги ва флюенсининг 10^{17} см^{-2} қийматига қадар 0.8 ва 0.9 мм чуқурликларда ҳосил бўлган аморф фаза ҳомилаларининг концентрацияси квазиаморф қатлам ҳосил қилиш учун етарли эмаслиги билан боғлиқ деган хулосага олиб келади.

6. Олдиндан протонларнинг $4 \cdot 10^{14} \div 10^{17} \text{ см}^{-2}$ флюенслари билан нурлантирилган таркибида Fe аралашмаси бўлган кварц кристалларининг ЭПР спектрлари ҳар-хил дозадаги γ - квантлар таъсиригача ва таъсиридан кейин ўрганилди. АФ ҳажмидаги E' - марказларга тегишли бўлган ЭПР сигналлари мавжудлиги қайд қилинди. γ - квантлар таъсирида E' - марказлар миқдори ошади. Уларнинг ҳосил бўлиш самарадорлиги олдиндан нурлантираётган зарралар флюенси ошиши билан ортади. Бу АФ ҳомилалари миқдори ортишининг γ - квантлар таъсирида тўқнашувсиз йўл билан қўшимча E' - марказлар ҳосил бўлиш самарадорлигини оширишга олиб келиши билан боғлиқ.

7. Протонларнинг эластик ва ноэластик тўқнашувларга сарф бўлган энергиялари ҳисобига кристалл структурасининг бузилган қисмларидаги нурланиш спектрлари ҳар-хил дозадаги γ – квантларнинг таъсиригача ва таъсиридан кейинги ўрганилди. АФ ҳомилалари концентрациясининг ортиши уларнинг ҳажмида нурланиш спектрида максимуми 470 нм да бўлган полосанинг пайдо бўлишига сабабчи бўладиган қўшимча E' - марказлар ҳосил бўлиш эҳтимолиятининг ошишига олиб келиши аниқланди.

8. Олдиндан нурлантирилган кварц кристалларида ҳосил бўлган E' - марказларнинг қалинлик бўйича тақсимланиши γ – квантлар таъсиридан кейин ўрганилди. Бузилган қатламнинг қайд этилган чуқурлигидаги АФ ҳомилалари ва нуқтавий нуқсонлар концентрациясининг ошиши, γ – квантлар таъсирида тўқнашувсиз йўл билан қўшимча E' - марказлар ҳосил бўлиш эҳтимолиятини ошириши кўрсатилди.

9. p , d ва α –заррачалар таъсирида кристаллнинг бузилган қатлами чегарасидан катта қатламида ҳам γ – нурлар таъсирида турғун E' - марказлар ҳосил бўлиши кузатилди. Бузилган қатламнинг кейинги чегарасида зичлашган нуқсонли қатлам вужудга келади, бу эса γ – нурлар таъсирида қўшимча E' - марказлар ҳосил бўлишига олиб келади, деб ҳисоблаймиз.

10. Олдиндан таркибида ҳар-хил миқдордаги β – ва АФ фаза ҳомилалари бўлган кварц кристалларида γ – квантлар таъсирида кечадиган жараёнлар ўрганилди. β – ва АФ фаза ҳомилалари концентрацияси ошиши АФ да қўшимча E' - марказлар ҳосил бўлиш эҳтимолиятини ошишига олиб келиши кўрсатилди.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Вахидов Ш.А., Ибрагимов Ж.Д., Нуритдинов И., Хатамов К. О радиационном дефектообразовании в кристаллах α - корунда при протонном облучении // ДАН СССР.- Москва, 1986. -Т.288, № 2. -С.348-350.
2. Ибрагимов Ж.Д. Радиационно-стимулированные эффекты в кристаллах кварца и берлинита с различным типом и степенью совершенства структуры.: Автореф. дис.... док. физ - мат.наук. – Ташкент: ИЯФ АН РУз, 2001. -39с.
3. Harbsmeier F., Bolse W. Ion beam induced amorphization in α quartz // J. Appl. Phys. Japan, 1998. -V.83. № 8. -P. 4049-4054.
4. Fischer H., Gots G., Karge H. Radiation damage in ion implanted quartz crystals. II. Annealing Behaviour // Phys. St. Sol. (a).- 1983. -vol. 76.- P. 493 – 498.
5. Douillard L., Duraud J.P. Swift heavy ion amorphization of quartz- comparative study of the particle amorphization mechanism of quartz // Nucl. Instr. and Methods in Phys. Res. - 1996. - V. B107. № 1.- P. 212-217.
6. Arnold G.W. Ion implantation effects in crystalline quartz // Nucl. Instr. and methods in phys. res.- 1992.- B 65.- P.213 – 216.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИЛМИЙ ИШЛАР РЎЙХАТИ

1. Бобоярова Ш.Г., Ибрагимов Ж.Д., Рахимов Э.Т., Турдиев Р.Т., Хушваков О.Б. Процессы ударного и неударного создания дефектов заряженными частицами в кристаллах кварца с различной степенью дефектности структуры // Узбекский физический журнал.- Ташкент, 1998.- № 4.- С. 68-72.
2. Бобоярова Ш.Г., Ибрагимов Ж.Д., Турдиев Р.Т., Хушваков О.Б. О влиянии дефектности структуры кристаллов кварца на процессы ударного и неударного создания дефектов // Радиационная физика твердого тела: Труды IX-го Межнародного совещания. - Севастополь, 1999.- С. 105-113.
3. Бобоярова Ш.Г., Вахидов Ш.А., Ибрагимов Ж.Д., Турдиев Р.Т., Хушваков О.Б. О влиянии дефектности структуры кристаллов кварца на процессы радиационного дефектообразования // Атомная энергия.- Москва, 1999.- т.87, в.2. - С.156-159.
4. Бобоярова Ш.Г., Вахидов Ш.А., Ибрагимов Ж.Д., Турдиев Р.Т., Хушваков О.Б., Юлдашев А.Д. Влияние аморфизации структуры кристаллов кварца на процессы радиационного дефектообразования // ДАН РУз.- Ташкент, 1999.- №11.- С. 21 - 26.
5. Бобоярова Ш.Г., Вахидов Ш.А., Ибрагимов Ж.Д. О влиянии структурных нарушений кристаллов кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках, на процессы создания дефектов под действием γ - лучей // Радиационная физика твердого тела: Труды XIII Международного совещания.- Севастополь, 2003.- С.438-443.
6. Бобоярова Ш.Г., Ибрагимов Ж.Д., Нуритдинов И., Рахимов Э.Т. О влиянии изменения типа и концентрации дефектов структуры кристаллов кварца при облучении протонами с энергией 18 МэВ на процессы ударного и неударного создания дополнительных точечных дефектов // Радиационная физика твердого тела: Сборник научных трудов XIX Международного совещания.- Севастополь, 2009.- С. 523 -529.

7. Ашуров М.Х., Бобоярова Ш.Г., Ибрагимов Ж.Д., Мустафакулов А.А., Турдиев Р.Т., Хушваков О.Б., Юлдашев А.Д. О зависимости процессов дефектообразования в совершенных и дефектных кристаллах кварца, берлинита от вида радиации // Современные проблемы ядерной физики: Тез. докл. Межд. конф. 9-12 сентября 1997, Самарканд.- Ташкент: ИЯФ АН РУз, 1997.- С.172.

8. Бобоярова Ш.Г., Ибрагимов Ж.Д., Мустафакулов А.А., Турдиев Р.Т., Хушваков О.Б. О механизме создания точечных дефектов и аморфизации структуры кристаллов кварца под действием нейтронов и протонов // Проблемы теоретической физики и физики твердого тела: Тез. докл. Межд. конф. - Бухара, 1997.- С.73.

9. Boboyarova Sh.G., Hushvakov O.B., Ibragimov J.D., Turdiev R.T. The influence of point defects and amorphization of quartz crystal structure on processes of impact and subthreshold defect formation // 3rd School and Workshop on Cyclotrons and applications: Book of abstracts.- Cairo, Egypt, 1999.- P.23.

10. Бобоярова Ш.Г., Вахидов Ш.А., Ибрагимов Ж.Д., Турдиев Р.Т., Хушваков О.Б. О возможности использования кварца в качестве дозиметра заряженных частиц // Космические исследования, технологии и конверсия- IV: Тезисы докл. науч. - практ. конф.- Ташкент, 1999.- С.82-83.

11. Boboyarova Sh.G., Ibragimov J.D., Mustafakulov A.A., Turdiev R.T. Influence of radiation induced defects on luminescence of quartz crystals // Modern problems of nuclear physics: Abstracts the third international conference 23-27 August, Bukhara. – Tashkent: Institute of nuclear physics, 1999.- P.312.

12. Бобоярова Ш.Г., Ибрагимов Ж.Д., Турдиев Р.Т., Рахимов Э.Т. О радиационном дефектообразовании в кристаллах кварца с различным типом и степенью беспорядка структуры // Проблемы производства поли- и монокристаллического кремния для микроэлектроники и солнечной энергетики: Тез. докл. Межд. конф. - Андижан, 2000.- С.70.

13. Бобоярова Ш.Г., Ибрагимов Ж.Д., Турдиев Р.Т. Влияние термообработки и протонного облучения на оптические свойства кристаллов кварца с примесью железа // Ядерная и радиационная физика: Тезисы докл. 3^й Межд. конф. –Алматы: ИЯФ НЯЦ РК, 2001.- С. 319.

14. Бобоярова Ш.Г., Вахидов Ш.А., Ибрагимов Ж.Д., Турдиев Р.Т. О радиационном дефектообразовании в кристаллах кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках // Ядерная и Радиационная физика: Тезисы докл. 3^й Межд. конф. –Алматы: ИЯФ НЯЦ РК, 2001.- С. 382 – 383.

15. Boboyarova Sh.G., Vakhidov Sh.A., Ibragimov J.D., Nuritdinov I., Turdiev R.T. Defect formation in synthetic amethyst under action of different radiation // Nuclear Science and its Application: Abstracts of the II Eurasian Conference. – Almaty: INP NNC RK, 2002.- P.202-203.

16. Бобоярова Ш.Г., Ибрагимов Ж.Д., Рахимов Э.Т., Хушваков О.Б. О влиянии степени дефектности структуры на процессы дефектообразования под действием γ - лучей // Ҳозирги замон физикасининг долзарб муаммолари: I Респ. илмий-назарий конф. материаллари.- Термез, 2002.- С.51-52.

17. Boboyarova Sh.G., Ibragimov J.D., Nuritdinov I. On the influence of the thermal processing and additional irradiation on the quartz crystals with a different

structure degree // Solid State Physics: Abst. of the VIII intern. conf. – Almaty: INP NNC RK, 2004. - P. 233-234.

18. Бобоярова Ш.Г., Ибрагимов Ж.Д., Мустафакулов А.А., Нуритдинов И., Турдиев Р.Т. О многотипности центров свечения вблизи 2 эВ в кристаллах кварца // Ядерная и Радиационная физика: Тез. докл. Межд. конф. –Алматы: ИЯФ НЯЦ РК, 2007. - С. 343-344.

19. Бобоярова Ш.Г., Ибрагимов Ж.Д., Турдиев Р.Т., Хушваков О.Б. О влиянии радиационно-наведенных нарушений структуры кварца с примесью Ge на процессы дефектообразования под действием γ – лучей // Замоновий физиканинг фундаментал ва амалий муаммолари: Респ. илмий-амалий конф. материаллари тўплами.- Ташкент: УзМУ, 2007.- С. 94-95.

20. Бобоярова Ш.Г., Ибрагимов Ж.Д., Ибрагимов А., Нуритдинов И., Турдиев Р.Т. Исследование аморфизации структуры кварца с примесью Fe под действием заряженных частиц люминесцентным методом // Замоновий физиканинг фундаментал ва амалий муаммолари: Респ. илмий-амалий конф. материаллари тўплами. - Ташкент: УзМУ, 2007.- С. 95-96.

21. Boboyarova Sh.G., Ibragimov J. D. Nuritdinov I. Influence of the type and concentrations of primary damages of structure of crystals of quartz on additional defect production under of γ – ray and neutrons // Nuclear science and its application: Book of abstracts the fifth Eurasian conference.- Ankara, 2008.- P. 178-179.

22. Бобоярова Ш.Г., Ибрагимов Ж.Д., Мустафакулов А.А., Нуритдинов И. О влиянии изменения типа и концентрации нарушений структуры кристаллов SiO_2 на процессы ударного и неударного создания дополнительных точечных дефектов // Современные проблемк физики и физического образования: Тезисы докл. Респ. конф. 11-12 декабря 2009.– Самарканд: СамДУ, 2009. - С. 112-113.

Физика-математика фанлари номзоди илмий даражасига талабгор **Бобоярова Шарофат Ғаниевна**нинг 01.04.07 - конденсатланган ҳолат физикаси ихтисослиги бўйича «Кварц кристалларида структуравий ўзгаришларнинг тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан нуқсонлар ҳосил бўлиш жараёнларига таъсири» мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕСИ

Таянч сўзлар: Кварц кристалли, фазавий ўзгаришлар, рангланиш ва нурланиш марказлари, γ -квантлари, нейтрон, протон (p), дейтон (d), α – заррача, кислород вакансияси, боғланмаган кислород атоми, аморф фаза, квазиаморф қатлам.

Тадқиқот объектлари: Ҳар-хил турдаги структуравий нуқсонлари бор бўлган кварц кристалларида тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан нуқсонлар ҳосил бўлиши

Ишнинг мақсади: Кварц кристалларида структуравий ўзгаришларнинг тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан қўшимча нуқтавий нуқсонлар ҳосил бўлиш жараёнларига таъсири.

Тадқиқот усуллари: Стандарт оптик усуллар ва кварц кристалларида p, d, α – зарралар таъсирида структураси бузилган қатламда вужудга келган нуқсонларнинг қалинлик бўйича тақсимланишини ўрганиш усули.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: Биринчи марта кристалларнинг бузилган қатламидаги қайд этилган чуқурликларидаги нуқсонлар турининг ўзгариши ва миқдори ортишининг тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан қўшимча нуқсонлар ҳосил бўлиш жараёнига таъсири ўрганилди. p, d, α – зарраларнинг эластик тўқнашувларга сарф бўлган энергияси ҳисобига бузилган қатламда таркибида E_1' - марказлар, боғланишсиз кислород атомлари бўлган аморф фаза (АФ) ҳомиласи ҳосил бўлиши кўрсатилди. АФ ҳомилалари сонининг ортиши тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўллар билан қўшимча нуқсонлар ҳосил бўлиш самарадорлигини оширади. Таркибида нуқтавий нуқсонлар ва алоҳида АФ бўлган бузилган қатламда тўқнашувли йўл билан қўшимча нуқтавий нуқсонлар ҳосил бўлиш самарадорлиги квазиаморф қатламга нисбатан катталиги кўрсатилди.. Таркибида α -, β -, аморф фазалар бор кварц кристалларида β - фаза миқдорининг ортиши, АФ да тўқнашувсиз йўл билан қўшимча E_1' - марказлар ҳосил бўлиш самарадорлигини оширади.

Амалий аҳамияти: Олинган натижалар қаттиқ жисмларда радиацион нуқсонлар ҳосил бўлиш назариясини такомиллаштиришда, кварц кристаллида тўқнашувли ва тўқнашувсиз йўл билан қўшимча нуқтавий нуқсонлар ҳосил бўлишининг олдиндан мавжуд бўлган нуқсонлар тури ва миқдоридан боғлиқлигини ўрганишда муҳим аҳамиятга эга.

Тадбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: Тадқиқот натижалари кварц кристалларини ўстириш усулларини такомиллаштиришда, SiO_2 нинг ҳар хил структуравий кўринишлари асосида янги радиация таъсирига чидамли ва сезгир материаллар яратиш билан боғлиқ муаммоларни ечишда қўлланилиши мумкин.

Қўлланилиш соҳаси: Конденсатланган ҳолат физикаси, кристалл ўстириш, оптик асбобсозлик, нанотехнология.

РЕЗЮМЕ

диссертации **Бобояровой Шарофат Ганиевны** на тему «Влияние структурных превращений на процессы ударного и неударного создания дефектов в кристаллах кварца» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Ключевые слова: Кристаллы кварца, фазовые превращения, центры окраски и свечения, γ - кванты, нейтроны, протоны, дейтоны, α -частицы, вакансии кислорода, немостиновые атомы кислорода, аморфная фаза, квазиаморфный слой

Объекты исследования: Неударное и ударное дефектообразование в кристаллах кварца, содержащих разные типы дефектов структуры

Цель работы: Исследование влияния структурных превращений в кристаллах кварца на процессы создания дополнительных точечных нарушений структуры неударными и ударными путями

Методы исследования: Стандартные оптические методы, метод изучения распределения дефектов структуры по толщине поврежденных p , d и α -частицами слоев кристаллов кварца

Полученные результаты и их новизна: Впервые исследовано влияние изменения типа и увеличения концентрации дефектов на фиксированных глубинах поврежденных слоев кристалла на процессы создания дополнительных дефектов структуры неударным и ударным путями. Показано, что зародыши АФ, содержащие E'_1 - центры и НАК, образуются в слое кристалла, поврежденном за счет упругих потерь энергии p , d и α – частиц. Увеличение концентрации зародышей АФ на фиксированных глубинах поврежденного слоя повышает вероятность создания дополнительных точечных дефектов неударным и ударным путями. Эффективность ударного создания дополнительных точечных дефектов в поврежденных слоях кристаллов кварца, содержащих точечные дефекты и отдельные зародыши АФ, больше, чем в сплошном квазиаморфном слое. Показано, что изменение типа и увеличение концентрации предварительных нарушений структуры повышает вероятность неударного создания дополнительных точечных дефектов. В кристаллах кварца, состоящих из смеси α - , β - и аморфной фаз, с ростом концентрации β – фазы эффективность неударного создания дополнительных E'_1 - центров в аморфной фазе кварца увеличивается.

Практическая значимость: Полученные результаты вносят заметный вклад в теорию радиационных повреждений структуры твердых тел и важны при установлении зависимости неударных и ударных механизмов создания дополнительных точечных дефектов от типа и концентрации предварительных нарушений структуры кристаллов кварца.

Степень внедрения и экономическая эффективность Результаты исследований могут быть использованы при усовершенствовании способов синтеза кристаллов кварца, решении проблем, связанных с изучением и созданием новых радиационно-стойких и чувствительных материалов на основе разных структурных модификаций SiO_2 .

Области применения результатов: Физика конденсированного состояния, выращивание кристаллов, оптическое приборостроение, нанотехнология.

RESUME

Thesis of **Boboyarova Sharofat Ganievna** on the scientific degree competition of the doctor of philosophy in Physics and Mathematics sciences speciality 01.04.07 – Physics of condensed matter subject: “Influence of structure transformations on the processes of impact and non-impact formation of defects in quartz crystals”

Key words: quartz crystals, phase transitions, colour and luminescence centres, γ - quanta, neutrons, protons, deuteron, α -particle, oxygen vacancy, non-bridge oxygen hole centres (NBOHC), amorphous phase, quasi-amorphous layer.

Subjects of research: impact and non-impact formation of defects in quartz crystals containing various types of structure defects.

Purpose of the work: To study the influence of the structure transformations in quartz crystals on the processes of impact and non-impact formation of additional point structure imperfections.

Methods of research: standard optical methods, study of defects depth distribution of the defects caused by p , d and α -particles in layers of quartz crystals.

The results obtained and their novelty: For the first time, the influence of change in type and increase in concentration of defects at particular depth in the damaged layers of the quartz crystal on the processes of impact and non-impact formation of additional structure defects was studied. It was demonstrated that the nucleus of amorphous phase (AP), containing E'_1 -centres and NBOHC, are formed in the layer of crystal damaged by elastic energy losses by p , d and α – particles. Such increase in AP nucleus concentration at particular depth of the damaged layer increases the probability of impact and non-impact formation of additional point defects. The efficiency of impact formation of additional point defects in the layers of the quartz crystals damaged by p , d and α – particles in the layers, containing point defects and some individual AP nuclei, is higher than in the continuous quasi-amorphous layer. It is shown that the probability of non-impact formation of additional point defects increases with change in type and increase of concentration of preliminary structure imperfections. In the quartz crystals, containing the mixture of α -, β - and amorphous phases, the efficiency of non-impact formation of additional E'_1 -centres in amorphous phase of quartz increases with the β – phase concentration.

Practical value: The results of this work make a significant contribution to the theory of radiation-induced structure defects in solids, and are of special importance for determination of the impact and non-impact formation of additional point defects dependence on the type and concentration of preliminary structure imperfections in quartz crystals.

Degree of embed and economic effectivity: The results of research work can be used when modifying the quartz crystals synthesis, and when solving problems, connected with the study and construction of new radiation-stable and sensitive materials on the basis of various structure modifications of SiO_2 .

Field of application: fiber optics, crystal growth, optic instrument industry, solid-state physics.

Талабгор: