

Техникалық ғылымдар және технологиялар бағытындағы
«6D072300-Техникалық физика» мамандығы бойынша
«философия докторы» (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған
Римма Ерболатқызы Сакенованың
«Кремний иондарымен имплантталған CrN/ZrN/Cr/Zr наноқұрылымды жабындағы
диффузия және микросегрегация процестері» тақырыбындағы
диссертациялық жұмысына ресми рецензенттің
СЫН ПІКІРІ

р/н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
1.	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларга сәйкес болуы	<p>1.1 Ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі:</p> <p>1) Диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірі); 2) Диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауы) 3) Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жаңындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету)</p>	<p>Р.Е. Сакенованың 2017 жылы бекітілген және 2020 жылы түзетулер енгізілген диссертациялық жұмысының тақырыбы «Кремний иондарымен имплантталған CrN/ZrN/Cr/Zr наноқұрылымды жабындағы диффузия және микросегрегация процестері» «Табиғи ресурстарды, оның ішінде су ресурстарын, геологияны, өндөуді, жаңа материалдар мен технологияларды, қауіпсіз өнімдер мен құрылымдарды тиімді пайдалану» және «Энергетика және машина жасау» ғылымның даму бағыттарына және мемлекеттік бағдарламаларына сай келеді.</p> <p>1) Диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын төмендегі жобаның аясында орындалған: 1. Машина жасау бүйімдарына арналған тозуға төзімді материалдар алудың инновациялық технологияларын зерттеу және өзірлеу» тақырыбы бойынша, мемлекеттік тіркеу №0118РК00989, №197 16.03.2018 жылдан басталған келісім шартпен, Қазақстан Республикасы, Білім және Ғылым министрлігінің Ғылым комитетінің қаржыландыруымен; 2. «Үйкеліс пен тозудан қорғауға арналған өзгермелі архитектурасы бар нанометрлі масштабтағы көпкомпонентті және көпэлементті жабындар» тақырыбы бойынша, мемлекеттік тіркеу №АР05130362, №104, 05.04.2018 жылдан басталған келісім шартпен, Қазақстан Республикасы, Білім және Ғылым министрлігінің Ғылым комитетінің қаржыландыруымен.</p>

			<p>2) -</p> <p>3)Диссертациялық жұмыс мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның аясында Қазақстан Республикасының ғылымның даму бағыттарына және мемлекеттік бағдарламаларына сәйкес «Табиғи ресурстарды, оның ішінде су ресурстарын, геологияны, өндөрді, жаңа материалдар мен технологияларды, қауіпсіз өнімдер мен күрьымдарды тиімді пайдалану» және «Энергетика және машина жасау» приоритетінің бағытына сәйкес келеді.</p>
2.	Ғылымға маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады, ал оның маңыздылығы ашылған	<p>Диссертациялық жұмыс нәтижелері техникалық физика мен материалтану саласындағы іргелі мәселелерді дамытуға маңызды үлес қосады. Зерттеу нәтижелерінің ғылымды дамытуға қосатын үлесі диссертациялық жұмыста нақты көрсетілген. Ізденуші CrN/ZrN/Cr/Zr негізіндегі көпқабатты наноөлшемді нитридті жабынды алу әдісі бойынша «Катты жабындыны вакуумды-доғалық ионды-плазмалық тұндыру тәсілі» атты өнертабысқа КР ӘМ «Ұлттық зияткерлік менишік институты» РМК арқылы (№34722, бюллетень 20.11.2020) патент және кремний ионымен имплантаған CrN/ZrN/Cr/Zr негізіндегі жабынды құралдардың корғаныш қабаттарын жақсарту мәссазында «Машзауыт» ЖШС болашақ жобаларында колдану үшін экономикалық қаражатсыз өндіріске енгізу мен оку процесіне енгізу актілері алынған.</p>
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: <u>1) жоғары</u>	<p>Р.Е. Сакенованың диссертациялық жұмысында жүргізген зерттеу нәтижелерінің маңыздылығы мен жаңашылдығы өзіндік жұмыстарды жоғары деңгейде жүргізгенін көрсетеді. Ізденуші зерттеу тақырыбы бойынша әдеби деректерге шолу жасаған, эксперименттік жұмыстарды жүргізу барысында жабынды алу әдісін ұсына отырып өнертабысқа патент алған және көпқабатты жабынды зерттеуде эксперименттік жұмыстардың нәтижесі бойынша мақалалар жариялаган. Ізденуші эксперименттік жұмыстарды теориялық зерттеулермен байланыстыра отырып есептеулер жүргізген.</p>
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: <u>1) негізделген</u>	<p>Диссертациялық жұмыс тақырыбының КР ғылымды дамыту бағытының приоритетімен тығыз байланыстырылығы Р.Е.Сакенованың зерттеу жұмысының өзектілігін дәлелдей алады. Бұғынгі таңда құрал-бұйымдарының тиімділігін арттырудың маңызды бағыттарының бірі ауыспалы және отқа төзімді нитридтердің жабындарын алу болып табылатыны белгілі. Р.Е.Сакенованың жұмысында нитрид қабаттарын әдеттегідей ауыстырып орналастырудан басқа, көпқабатты жабынды</p>

		<p>алу тәсілін Me/MeN архитектурасы арқылы жүзеге асыруға болатындығын ұсынған, мұнда Me және MeN сәйкесінше металл және металл нитридінің қабаттары болып табылады. Қатты нитрид пен жұмсақ металл фазаларының қабаттарын алма-кезек тұндыру және ығысу модульдерінің айтарлықтай айырмашылығы Me/MeN жабындарының функционалдық қасиеттерін жаксартуға мүмкіндік беретіндігі көрсетілген. Сондықтан да қазіргі кезде қолданыстағы құралдардың беткі қабатын жаксартудың жолы жабынды иондау арқылы оның беріктігін арттыруға болатындығында. Сонымен қатар, ионды импланттау бетті түрлендірудің жақсы құралы болып табылатыны белгілі, ол басқа беттік өндірісмен салыстырғанда бірқатар артықшылықтары бар, мысалы, негізгі материалдағы қасиеттердің тұрақтылығы, беттің кедір-бұдырлығының аздығы, жақсы адгезия мен беріктігін арттырумен ерекшеленеді. Сол себепті зерттеу жұмысының тақырыбы өзекті болып табылады және ол көпқабатты CrN/ZrN/Cr/Zr наноөлшемді нитридті жабынды дозасы 1×10^{17} см⁻² кремний ионымен импланттау арқылы жүргізілген эксперименттік және теориялық зерттеулерге негізделген. Диссертация өзектілігі мен жұмыстың ішкі бірегейлігі толығымен негізделген.</p>
	<p>4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындауды <u>1) айқындауды</u></p>	<p>Диссертация мазмұны жұмыс тақырыбы мен қоргауға шығарылатын негізгі қағидаларды толықтай айқындаі алады. Ізденуші диссертациялық жұмыстың бірінші бөлімінде техникалық, ғылыми, патенттік жұмыстарға байланысты 165 әдебиетке кең ауқымды шолу жасаған, екінші бөлімінде қолданылған материалдар мен зерттеу әдістерін, үшінші бөлімде жабынды импланттауға дейінгі алынған нәтижелерді, ал төртінші бөлімде жабынды импланттаудан кейінгі алынған эксперименттік зерттеулер мен есептеулер нәтижесін көрсеткен. Ізденуші жұмыс тақырыбына байланысты алдыға қойған масаты мен міндеттерін жүйелі түрде байланыстыра отырып қарастырған.</p>
	<p>4.3 Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: <u>1) сәйкес келеді</u></p>	<p>Ізденушінің алдыға қойған мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына толығымен сәйкес келеді. Диссертациялық жұмысының мақсаты CrN/ZrN/Cr/Zr көпқабатты нанокомпозитті жабындағы радиациялық-ұдетілген диффузия мен микросегрегация процестерін, жабынның физикалық-механикалық қасиеттерін зерттеу болып келеді. Бұл мақсатқа жету үшін ізденуші алдына негізгі бес міндетті қойған.</p>

		<p>4.4 Диссертацияның барлық бөлімдері мен құрылымы логикалық байланысқан:</p> <p><u>1) толық байланысқан</u></p>	<p>Диссертациялық жұмыстың барлық бөлімдері мен құрылымы логикалық түрғыдан толығымен байланысқан. Ізденушінің зерттеу жұмысының құрылымы 4 бөлімнен, соның ішінде жұмыста қолданылған замануи құрылғылар мен зерттеу әдістері толықтай қамтылған. Жұмыстың әр бөлімінің соңында бөлім бойынша қорытындылар жасалған және негізгі қорытынды мен қосымшалар жиынтығынан күралған. Диссертациялық жұмыс барысында қарастырылған әдеби шолулар жұмыстың негізгі бөлімімен бірынгай байланысқан.</p>
		<p>4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:</p> <p><u>1) сини талдау бар</u></p>	<p>Ізденуші тарапынан «Қатты жабындыны вакуумды-доғалық ионды-плазмалық тұндыру тәсілі» «Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК арқылы макулданған өнертабысқа патенттің (№34722) алынуы зерттеу жұмысының жаңашылдығын көрсетеді. Ізденуші ұсынған бұл жаңа шешімдер, қағидалар мен әдістің дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып, бағаланғанының дәлелі бола алады. Сонымен қатар, диссертациялық жұмыстың нәтижелерін оқу процесіне енгізу актілері және «Машзауыт» ЖШС болашақ жобаларында қолдану үшін экономикалық қаржатасыз өндіріске енгізу актісі алынған.</p>
5.	Фылыми жаңашылдық принципі	<p>5.1 Фылыми нәтижелер мен қағидаттар жаңа болып табыла ма?</p> <p><u>1) толығымен жаңа (90%)</u></p>	<p>Диссертациялық жұмыстың нәтижелері мен қағидаттары толғымен жаңа болып табылады. Себебі, CrN/ZrN/Cr/Zr негізіндегі көпқабатты жабынды алу әдісі ұсынылған. Көпқабатты наноқұрылымды CrN/ZrN/CrN жабындарының алғашқы үш қабатының кремениймен байытылуы, яғни бөліну шекарасына жақын маңда кремнийдің ең жоғары 10 ат.%, ал CrN қабатының орта тұсында 6 ат.% болатын концентрацияның қосдөңес формалы таралуының қалыптасу заңдылықтарының нәтижесінде жабынның бөліну шекараларында біркелкіліктің туындал, жабынның беріктігі мен жарылып кетуін тудырмайтын жағдайлар жасайды. Сонымен бірге, энергиясы 60 кэВ, дозасы $1 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$ Si иондарымен импланттау кезінде CrSi және SiN_x бөлшектерінің түзілу нәтижесінде үйкеліс коэффициенті 0,40-тан 0,18-ге дейін төмендейді де жабынның тозуга төзімділігі мен адгезиясын арттырады. Жұмыста қорғауга шыгарылатын негізгі қағидалар мен жұмыс жаңашылдығын шетелдік Web of Science и Scopus журналдарына шыққан басылымдар дәлелдейді.</p>

		<p>5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа болып табыла ма?</p> <p><u>1) толығымен жаңа (90%)</u></p>	<p>Диссертациялық жұмыста жүргізілген зерттеу нәтижелері мен қорытындылары толығымен жаңа болып табылады. Себебі, алғаш рет вакуумды-доғалы ионды-плазмалық тұндыруға негізделген CrN/ZrN/Cr/Zr көпқабатты нитридті жабындарды алу әдісі жасалды, бұл әдіс бойынша «Қатты жабындыны вакуумды-доғалық ионды-плазмалық тұндыру тәсілі» атты өнертабысқа патент алынды. Алғаш рет көпқабатты наноқұрылымды жабынды иондық импланттау кезінде оның еркін жүру жолының 150 нм-ді құрайтын тереңдігінде ең жоғарғы концентрациясы 10 ат.% және төменгісі 6 ат.% болатын Si иондарының үлестірілу ерекшеліктері анықталды. Алғаш рет көпқабатты жабынды Si иондарымен импланттау кезінде атомдық соқтығысу процестерінің нәтижесінде CrN/ZrN қабатының қалындығы (25÷26) нм-ден 36 нм-ге дейін артады және бәсекелес диффузия мен микросегрегация процестері CrN/ZrN/CrN жабынның алғашқы үш қабатының интерфейс шекарасында кремнийдің қосдөнес пішінді үлестірілуін қалыптастырған. Si иондарымен көпқабатты жабынды импланттағанда алғашқы үш қабатта түзілген шағын өлшемдегі силиконитридтердің түзілу нәтижесінде бөліну шекарасының маңында үйкеліс коэффициенті 0,40-тен 0,18-ге дейін төмендегені анықталған.</p>
		<p>5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?</p> <p><u>1) толығымен жаңа (90%)</u></p>	<p>Ізденуші жұмысында алдыға қойған міндеттерін шешудегі технологиялық шешімдер жаңа болып табылады және де оның дәлелі CrN/ZrN/Cr/Zr негізіндегі көпқабатты наноөлшемді нитридті жабынды кремний ионымен импланттауға дейінгі және дозасы $1 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$, энергиясы 60 кэВ дозалы кремний ионымен импланттағаннан кейінгі эксперименттік және теориялық зерттеулерге бағытталған және «Қатты жабындыны вакуумды-доғалық ионды-плазмалық тұндыру тәсілі» бойынша өнертабысқа патент алынған. Диссертациялық жұмыстың нәтижелерін оку процесіне енгізілген және «Машзауыт» ЖШС болашақ жобаларында колдану үшін өндіріске енгізу актісі алынған.</p>
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық қорытындылар гылыми түрғыдан қараганда ауқымды дәлелдемелерде негізделген	Жұмыс бойынша тұжырымдалған негізгі қорытындылар эксперименттік зерттеу кезінде алынған нәтижелерден туынрайтының және қорытындылар толығымен гылыми түрғыдан қараганда ауқымды дәлелдемелерде негізделген. Диссертациялық жұмыста алынған зерттеу нәтижелері мен қорытындылары бір-бірімен тығыз байланысқан.

7.	Қорғауға шығарылған негізгі қағидаттар	<p>Әр қағидат бойынша келесі сұрақтарға жауап беру қажет:</p> <p>7.1 Қағидат дәлелденді ме?</p> <p><u>1) дәлелденді</u></p> <p>7.2 Тривиалды ма?</p> <p><u>2) жоқ</u></p> <p>7.3 Жаңа ма?</p> <p><u>1) ия</u></p> <p>2) жоқ</p> <p>7.4 Қолдану деңгейі:</p> <p><u>3) кен</u></p> <p>7.5 Мақалада дәлелденген бе?</p> <p><u>1) ия</u></p>	<p>7.1 Ізденуші Р.Е. Сакенова диссертациялық жұмысының тақырыбы бойынша төмендегідей негізгі үш қағидатты қорғауға шығарады:</p> <p>1. Бірінші қағидатта CrN/ZrN/Cr/Zr композицияларына негізделген жабындарды дайындау әдісі бойынша алынған наноөлшемді көпқабатты жабындардың микрокұрылымы мен элементтік құрамын зерттең отырып жабынды алу әдісі дайындалғандығын көрсеткен. Бұл қағидаттың дәлелі көпқабатты жабынды алу әдісі бойынша өнертабысқа патент алынған. Жұмыстың нәтижелерін «Машзауыт» ЖШС жобаларында қолданысқа енгізуге ұсыныс жасалған және ҚР, Білім және Ғылым министрлігінің білім беру және ғылым саласындағы бақылау Комитеті бекіткен ғылыми жарияланымдарда және рейтингі жоғары Web of Science және Scopus халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін «Journal of Alloys and Compounds» шет елдік ғылыми журналдарында жарияланған.</p> <p>2. Көпқабатты нанокұрылымды CrN/ZrN/CrN жабындарының алғашқы 3 қабатының терендігі бойынша кремениймен байытылған, яғни бөліну шекарасына жақын маңда кремнийдің ең жоғары 10 ат.%, ал CrN қабатының орта түсінде 6 ат.% болатын концентрацияның қосдөңес формалы таралуының қалыптасу заңдылықтары туралы екінші қағидаттың жаңашылдығын кремний ионының жабынның бөліну шекараларына жинақтала отырып, оның беріктігін арттыруы арқылы алынға зерттеу нәтижелері дәлелдейді. Ізденуші жұмысының қорғауға шығарылатын негізгі қағидалары мен зерттеу нәтижелері техникалық ғылымдар мен материалтанушылардың арасында қызығушылық тудырады. ҚР, Білім және ғылым министрлігінің білім беру және ғылым саласындағы бақылау Комитеті бекіткен ғылыми жарияланымдарда және квартилі жоғары Web of Science және Scopus халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін «ACS Applied Materials and Interfaces» шет елдік ғылыми журналдары мен халықаралық конференция материалдарының жинақтарында жарияланған. Диссертациялық жұмыстың қорғауға шығарылатын қағидалары жаңа болып табылады, себебі диссертация тақырыбы қазіргі кездегі толық зерттелмеген жұмыстардың шешімін табуга негізделген.</p> <p>3. Ушінші қағидат бойынша энергиясы 60 кэВ, дозасы $1 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$ Si иондарымен импланттау кезінде CrSi және SiN_x бөлшектерінің түзілу нәтижесінде олардың үйкеліс процесінде майлаушы қызметін атқаруы</p>
----	--	--	--

			<p>салдарынан үйкеліс коэффициенті 0,40-тан 0,18-ге дейін төмендеген. Зерттеу нәтижесі КР, Білім және Ғылым министрлігінің білім беру және ғылым саласындағы бакылау Комитеті бекіткен ғылыми жарияланымдарда, сонымен бірге, Web of Science және Scopus халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін «Journal of Alloys and Compounds» және «ACS Applied Materials and Interfaces» шетелдік ғылыми журналдарда және халықаралық конференция материалдарының жинақтарында жарияланған. Диссертациялық жұмыс техникалық физика мен материалтану саласындағы іргелі мәселелерді шешуді қарастырады. Диссертациялық зерттеудің нәтижесі «Техникалық физика» мамандығы бойынша бакалаврлар мен магистранттарды дайындау үшін оқу процесінде осы курсарды оқыту кезінде колданылуы мүмкін: «Материалдардың беттік қабатын беріктендіру», «Ионды-сәулелік технологиялардың қазіргі заманғы мәселелері», «Материалдарды модификациялаудың технологиялық үрдісін жасау мен енгізу» және «Беріктік пен иілгіштік физикасы», сонымен бірге бакалаврлар, мамандар мен магистранттардың курсыңың және дипломдық жұмыстарын жазуда колданылуы мүмкін.</p> <p>Диссертация тақырыбы бойынша барлығы 14 ғылыми мақала басылып жарияланды, оның ішінде 6 мақала Қазақстан Республикасы, Білім және Ғылым министрлігінің білім беру және ғылым саласындағы бакылау Комитеті бекіткен ғылыми жарияланымдарда, сонымен бірге, 2 мақала Web of Science Core Collection және Scopus) Халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін «Journal of Alloys and Compounds» және «ACS Applied Materials and Interfaces» шетелдік ғылыми журналдарда жарияланған, бірінші журналдағы мақала квартиль – Q1, импакт фактор – 4,65, процентиль – 91, екінші журналдағы мақала квартиль – Q1, импакт фактор – 8,758, процентиль – 95, 6 мақала халықаралық конференция материалдарының жинақтарында, оның ішінде 2-і шетелдік халықаралық конференция материалдарының жиынтығында жарық көрді, өнертабысқа 1 патент алынды.</p>
8.	Дәйектілік принципі Дереккөздер мен ұсынылған	8.1 Әдістеменің тандауы - негізделген немесе әдіснама нақты жазылған <u>1) ия</u>	P.E. Сакенова диссертациялық жұмысының максаты мен алдыға қойған міндеттерін жүзеге асыру үшін эксперименттік және теориялық зерттеулер жүргізген. Жұмыста қолданылған зерттеу әдістері мен құралдары диссертацияның екінші бөлімінде нақты ашып жазылған. Диссертациялық жұмыста алынған зерттеу нәтижелері казіргі заманғы

	ақпараттың дәйектілігі	<p>8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған:</p> <p><u>1) ия</u></p>	<p>талдау әдістері бойынша Қазақстан мен Украинаның жетекші ғылыми орталықтарында SEM, HRTEM, STEM, RBS және ионмен сәулелендіру, SIMS, TEM, XRD, EDS және теріс зарядталған иондары бар жоғары дәлдіктері импланттердің бірегей жабдықтарымен зерттеулер жүргізген. Ізденуші зерттеу жұмысында алынған нәтижелерін шетелдік ғылыми журналдарға жариялаган және ғылыми конференцияларда баяндаған.</p> <p>Р.Е.Сакенованың диссертациялық жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған. Жұмыста растрлы электронды микроскопия (SEM); энергия дисперсиясы бар рентгендік микроталдау (EDS); Резерфордтық кері шашырау спектроскопиясы (RBS); рентгендік дифракция (XRD) (рентгендік-құрылымдық талдау); электронды дифракциясы бар жарықтандырығыш электронды микроскопия (TEM); сканерлеуші және жарықтандырығыш электронды микроскопия (STEM); жоғарғы ажыратылымдығы бар жарықтандырығыш электронды микроскопия (HRTEM); екінші реттік иондық масс-спектрометрия (SIMS) сияқты зерттеу әдістерін қолдана отырып жүргізілген, бұл зерттеу нәтижелері молекулалық динамика әдістерімен, көпқабатты жабындарды компьютерлік модельдеуге арналған SRIM-2008 жасақтамалық бағдарламасы мен есептеулер ESPRESSO кванттық кодында енгізілген псевдопотенциал әдісін қолдану арқылы жүргізілген.</p> <p>Жұмыстағы теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған. Жұмыста жабынның микрокұрылымын, құрылымдық-фазалық күйін, элементтік құрамын анықтау, радиацияның әсерінен туындайтын микросегрегация мен атомдардың диффузиясын зерттеу, атомдық конфигурация процестерін зерттеуде молекулалық динамика әдісінің көмегімен теориялық есептеулер жүргізу арқылы алынған нәтижелері көрсетілген. Зерттеу нәтижесінде «Қатты жабындыны вакуумды-доғалық ионды-плазмалық тұндыру тәсілі» атты өнертабысқа патент алынған. Si иондарымен импланттаудың «интерфейстердің иондық араласуына», элементтердің қайта улестірілуіне, профильдерді қалыптастыру процестеріне әсерін</p>
		<p>8.3 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған (педагогикалық ғылымдар бойынша даярлау бағыттары үшін нәтижелер педагогикалық эксперимент негізінде дәлелденеді):</p> <p><u>1) ия</u></p>	

			багалау және ығысқан атомдар мен бос орындардың SRIM есептеулері бойынша алынған нәтижелерімен салыстыру жұмыстарын жүргізген, оның нәтижесі диссертациялық жұмыста нақты көрсетілген.
		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған	Диссертациялық жұмыстағы маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған. Негізгі бөлімдегі зерттеу нәтижелерін жаңа әдебиеттерде алынған зерттеу нәтижелерімен салыстыра отырып қорытындылар жасаған.
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуга жеткілікті	Диссертацияда әдеби шолуга қолданылған әдебиеттер тізімі толығымен жеткілікті және негізгі бөлімдегі зерттеу нәтижелерін осы әдебиеттегі жұмыстармен салыстыра отырып жұмыс жүргізген. Қолданылған әдебиеттер тізімі соңғы 15 жылдағы жаңа окулықтар мен макалаларды толықтай қамтыған.
9	Практикалық құндылық принципі	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы бар: <u>1) ия</u>	P.E.Сакенованаң диссертациялық жұмысының теориялық маңызы зор. Вакуумды-доғалы ионды-плазмалық тұндыруға негізделген CrN/ZrN/Cr/Zr көпқабатты нитридті жабындарды алу әдісі бойынша алғаш рет «Қатты жабындыны вакуумды-доғалық ионды-плазмалық тұндыру тәсілі» атты өнертабысқа патент алынды және көпқабатты жабынды Si иондарымен импланттау кезінде атомдық соктығысу процестерінің нәтижесінде ZrN қабатының қалындығы артады және бәсекелес диффузия мен микросегрегация процестері CrN/ZrN/CrN жабынның алғашқы үш қабатының интерфейс шекарасында кремнийдің қосдөңес пішінді үлестірілуін қалыптастырады. Бұл жұмыстарды техникалық физика мен материалтану саласындағы іргелі мәселелерді шешуге және студенттерге арналған әдістемелік оқу-құрал ретінде басып шыгарып, «Ионды-сәулелік технологиялардың қазіргі заманғы мәселелері» пәні бойынша сабакта қолдануға болады.
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары: <u>1) ия</u>	Диссертациялық жұмыстың практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары. Диссертациялық жұмыстың практикалық құндылығы зор, яғни алынған нәтижелер тиімді физикалық-механикалық сипаттамалары бар нанокомпозиттік жабындарды қалыптастырудың онтайлы технологиялық режимдерін таңдаудың ғылыми негізі болып дәлелденеді. Диссертациялық зерттеудің нәтижесі «Техникалық физика» мамандығы бойынша бакалаврлар мен магистрантарды дайындау үшін оқу процесінде қолданылады.

		<p>9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа болып табылады?</p> <p><u>1) толығымен жаңа (90%)</u></p>	<p>Ізденуші жұмысында алынған ғылыми зерттеу нәтижелері жұмыстың жаңа шылдығы бола алады. Себебі, CrN/ZrN/Cr/Zr көпқабатты жабынды вакуумды ионды-плазмалық әдіспен тұндыру қатысты «Қатты жабындыны вакуумды-догалық ионды-плазмалық тұндыру тәсілі» атты өнертабысқа патент алынған. Диссертациялық жұмыстың нәтижелерін оқу процесіне енгізу актілері және «Машзауыт» ЖШС болашақ жобаларында қолдану үшін өндіріске енгізу актісі алынған, мұның дәлелі жұмыстың қосымшаларында көрсетілген.</p>
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	<p>Академиялық жазу сапасы:</p> <p><u>1) жоғары</u></p>	<p>Диссертациялық жұмыстың академиялық жазылу сапасы жоғары, зерттеу жұмыстарының мақсаты мен міндеттері алынған нәтижелермен нақты дәлелденген. Ізденуші зерттеу жұмыстарын заманауи әдістерді қолдана отырып жүргізген. Жұмыстың мақсаты, міндеттері мен практикалық маңыздылығы және оны ресімдеу (PhD) философия ғылымдарының докторы дәрежесін алуға ұсынылған диссертацияны жазу талаптарына толықтай сай келеді.</p>

Рецензент:

«ҚР Ұлттық ядролық орталығы» РМК

«Атомдық энергия институты» филиалының

Реакторлық отынды сынау зертханасының бастығы, PhD

Мухамедов Н.Е.

« 01 » 06 2021 ж.

*Сорниев Н. Е. Мухамедов дағы жағеред.
Сн. шапектөр*

