

«6D071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған Икрамова Салтанат Бауыржанқызының «Наноқұрылымды шалаөткізгішті сенсорлардың электрлік және оптикалық қасиеттеріне кеуектіліктің әсері» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына ресми рецензенттің

СЫН-ШКІРІ

р/н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
1.	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы	1.1 Ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі: 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 жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету)	«Жаратылыстану саласындағы ғылыми зерттеулер» ғылымды дамытудың басым бағытына сәйкес келеді. Диссертациялық жұмыс мемлекеттік бюджеттен қаржыландырылатын № 0118PK00200 «Наноқұрылымданған шалаөткізгіштердің бейсызық электрлік, оптикалық және фракталдық-геометриялық сипаттамаларының өзара байланысы» (2018-2020 жж.) және №091019CRP2105 «Бүйрек ауруларының биомаркерлері ретінде несеп протеиндерінің механикохимиялық қасиеттерін инвазивті емес бағалау үшін гибриді Brillouin-Raman спектроскопиясын әзірлеу және валидациялау» (2020-2022 жж.) Назарбаев Университетінің бірлескен зерттеулер бағдарламасы (CRP) бойынша ғылыми зерттеу жүргізу шеңберінде орындалған. Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес.
2.	Ғылымға маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады/қоспайды, ал оның маңыздылығы ашылған/ашылмаған.	С.Б. Икрамованың диссертациялық жұмысының отандық және халықаралық ғылымға қосатын үлесі зор және оның маңыздылығы оптоэлектрондық сенсорлардың кеуектілігі реттелетін сезімтал элементін дайындау туралы түсініктерді кеңейтуге бағытталғандығымен жақсы ашылады. Зерттеу нәтижелері шағын мақсатты молекулаларды анықтау үшін алтын нанобөлшектері бар кремний наножіптерінің тығыз массивтерін шығаратын сенсорлық

			элементтерді алудың технологиялық режимдерін табуға мүмкіндік береді, бұл биомедициналық және экологиялық қолданбалар үшін оптоэлектрондық сенсордың сезімтал элементін дайындауда пайдалы болуы мүмкін.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) жоғары; 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған	Ізденушінің диссертациялық жұмысты өзі жазу деңгейі жоғары, бұл рейтингісі жоғары (Q1, IF=6.628) шетелдік журналда жарыққа шыққан мақалада ізденушінің негізгі бірінші автор ретіндегі жарияланымымен расталады. Жұмыстың негізгі кезеңдері, кремний наножіптері үлгілерін алу және олардың бетіне металл нанобөлшектерін тұндыру, үлгілер бетіне контактілерді орнату, электрлік және оптикалық қасиеттерді зерттеу, кеуектілікті анықтау, вольт-амперлік сипаттамаларды өлшеу, раман спектрофотометрі көмегімен сенсорлық элементтердің беттік күшейтілген комбинациялық шашырау спектрлерін өлшеу және нәтижелерді талдауды автордың жеке өзі орындағаны диссертациялық жұмыста көрсетілген.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: 1) негізделген; 2) жартылай негізделген; 3) негізделмеген.	Диссертациялық жұмыстың зерттеу өзектілігі негізделген. Диссертациялық жұмыс бетіне алтын нанобөлшектері тұндырылған кеуекті кремний наножіптері массивтеріне негізделген сенсорлық элементтердің кеуектілігінің шалаөткізгіштік наноқұрылымдық сенсорлардың электрлік және оптикалық сезімталдықтарына әсерін зерттеуге арналған. Бүгінгі таңда радиоэлектроника мен оптоэлектрониканың өзекті міндеттерінің бірі кеуекті кремний наножіптері құрылымдарында бір мезгілде электрлік және оптикалық жауаптарды қолдануға негізделген тиімді электронды сенсорлық құрылғыларды құру болып табылады. Оптоэлектронды құрылғыларға арналған кремний наножіптерінің негізгі физика-химиялық қасиеттері егжей-тегжейлі зерттелгеніне қарамастан, шалаөткізгіш сезгіш элементтердің кеуектілігінің электрлік және оптикалық сенсорлық сезімталдыққа әсері сияқты сенсорика үшін маңызды бірқатар мәселелер жеткілікті түрде зерттелмеген. Зерттеу тақырыбы бойынша әдебиеттерге шолу ізденушінің осы бағытта зерттеліп жатқан жұмыстарды және диссертация тақырыбы бойынша мәселенің қазіргі жағдайын жақсы білетінін көрсетеді.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация	Диссертациялық жұмыстың мазмұны тақырыбына сай және

		<p>тақырыбын айқындайды</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) айқындайды; 2) жартылай айқындайды; 3) айқындамайды 	<p>толықтай қамтылған. Жұмыстың бірінші бөлімі әдеби шолуға арналған. Екінші бөлімде тәжірибе жүргізу әдістері мен қондырғылары, үшінші бөлімде сенсорлық элементтердің морфологиясы, металл нанобөлшектерінің өлшемдері, нанокұрылымның кеуектілігін анықтау, сезімтал элементтердің меншікті беттік ауданын және элементтік құрамын, толық шағылу спектрлерін өлшеу нәтижелері талданған. Төртінші және бесінші бөлімдерде белсенді сенсорлық элементтердің электрлік және оптикалық сенсорлық сезімталдығы бойынша жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижелері талданған. Жұмыста берілген кестелер мен суреттер мәнерлі және түсінікті. Диссертациялық жұмыста негізінен жоғары рейтингті рецензияланатын халықаралық басылымдардан пайдаланылған дереккөздердің 123 атауы келтірілген.</p>
		<p>4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) сәйкес келеді; 2) жартылай сәйкес келеді; 3) сәйкес келмейді 	<p>Диссертациялық жұмыста автор диссертация тақырыбына толық сәйкес келетін зерттеу мақсаты мен міндеттерін нақты тұжырымдаған.</p>
		<p>4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен құрылысы логикалық байланысқан:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) толық байланысқан; 2) жартылай байланысқан; 3) байланыс жоқ 	<p>Диссертацияның барлық бөлімдері мен қағидаттары толығымен өзара байланысты, логикалық жүйелілік бар. Жұмыс басында алғышарттар беріліп, әрі қарай зерттеу жұмысының негізгі мәселелері (әдеби шолу) келтіріліп, сосын барып сәйкес бөлімдерде қойылған әрбір міндеттер бойынша жұмыс нәтижелері талданған.</p>
		<p>4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) сыни талдау бар; 2) талдау жартылай жүргізілген; 3) талдау өз пікірін емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген 	<p>Зерттеу саласы бойынша ағымдағы жағдайға сыни талдау жасалған. Сенсорлық сезімтал элементі ретінде кеуекті кремний наножіптері массивтерін қолданудың және алтын нанобөлшегінің сенсорлық сезімталдықты арттырудағы рөлі, оларды тұндыру әдісінің артықшылықтары, наоқұрылым кеуектілігінің қоршаған орта молекулаларын адсорбциялаудағы рөлі, оның басқарылуының технологиялық режимдері түсіндірілген. Қолданылған әдебиеттер тізімінде көрсетілген ғылыми жұмыстар мұқият әдебиеттік шолу жасалғандығын растайды.</p>
5.	Ғылыми жаңашылдық	<p>5.1 Ғылыми нәтижелер мен қағидаттар жаңа болып табыла ма?</p>	<p>Бұл жұмыстағы қорғауға ұсынылған зерттеу нәтижелері мен қағидаттары толығымен жаңа, атап айтқанда кеуекті кремний</p>

принципі	<p>1) <u>толығымен жаңа</u>;</p> <p>2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады);</p> <p>3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)</p>	<p>наножіптері массивтері кеуектілігінің сенсорлық сезімталдыққа әсері бірінші болып зерттелген.</p>
	<p>5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа болып табыла ма?</p> <p>1) <u>толығымен жаңа</u>;</p> <p>2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады);</p> <p>3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)</p>	<p>Диссертация қорытындылары толығымен жаңа болып табылады.</p> <p>Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесідей</p> <p>1. Газ тәріздес аммиак буында алтын нанобөлшектері тұндырылған кремний наножіптері негізіндегі шалаөткізгіш сезімтал материалдардың электрлік сенсорлық сезімталдығына кеуектіліктің әсері тәжірибелік түрде зерттелінген және максималды сезімталдыққа қол жеткізу үшін шамамен 70% кеуектіліктің оңтайлы мәні табылған.</p> <p>2. Алтын нанобөлшектері тұндырылған кремний наножіптері негізіндегі нанокұрылымды сенсорлық материалдардағы органикалық бояғыштар молекулаларынан оптикалық сенсорлық сезімталдық зерттелінген және молекулаларды анықтау үшін мұндай құрылымдардың оңтайлы кеуектілігі шамамен 50% болатыны анықталған.</p> <p>3. Алтын нанобөлшектері тұндырылған кремний наножіптері негізіндегі сенсорлық материалдарды шамамен 10^{-15} моль концентрациядағы органикалық бояғыш молекулаларын детектрлеу үшін пайдаланылуы мүмкін екендігі анықталған.</p>
	<p>5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе?</p> <p>1) <u>толығымен жаңа</u>;</p> <p>2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады);</p> <p>3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)</p>	<p>Бұл жұмыстағы техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері толығымен жаңа және негізделген болып табылады. Қойылған міндеттерді орындау үшін металл-ынталандырылған химиялық жеміру, химиялық тұндыру, скандаушы электронды микроскопия, спектрофотометрия, сынаптық порометрия, box-counting компьютерлік өңдеу әдісі, EDX элементтік талдау, беттік күшейтілген рамандық шашырау эффектісі, вольт-амперлік сипаттаманы өлшеуде NI ELVIS II+ цифрлық әмбебап станция зерттеу әдістері мен қондырғылары қолданылған.</p>

6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде <u>негізделген/негізделмеген</u> (qualitative research және өнертану және гуманитарлық бағыттары бойынша)	Диссертация тақырыбы бойынша 11 ғылыми жұмыс жарияланған. Оның ішінде, ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған жарияланымдарда 4, Web of Science және/немесе Scopus индекстейтін халықаралық ғылыми журналдарда 2 (International Journal of Molecular Sciences – Q1, IF 6.628; Applied Sciences – Q2, IF 2.921), ресейлік ғылыми дәйексөздер индексінің дерекқорына енгізілген ғылыми басылымдарында 1, халықаралық конференциялардың тезистер жинақтарында 3 жарияланым, соның ішінде 1 шетелдік (The 6-th International Symposium and Schools for Young Scientists on Physics, Engineering and Technologies for Biomedicine. November 20-24, 2021. Moscow) конференция және 1 авторлық куәлік (№28638, 7.09.2022 ж.) жарияланымдарда диссертацияның негізгі қорытындылары баяндалған.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі қағидаттар	<p>Әр қағидат бойынша келесі сұрақтарға жауап беру қажет:</p> <p>7.1 Қағидат дәлелденді ме?</p> <p>1) <u>дәлелденді</u>;</p> <p>2) шамамен дәлелденді;</p> <p>3) шамамен дәлелденбеді;</p> <p>4) дәлелденбеді</p> <p>7.2 Тривиалды ма?</p> <p>1) <u>ия</u>;</p> <p>2) <u>жоқ</u></p> <p>7.3 Жаңа ма?</p> <p>1) <u>ия</u>;</p> <p>2) <u>жоқ</u></p> <p>7.4 Қолдану деңгейі:</p> <p>1) <u>тар</u>;</p> <p>2) <u>орташа</u>;</p> <p>3) <u>кең</u></p> <p>7.5 Мақалада дәлелденген бе?</p> <p>1) <u>ия</u>;</p> <p>2) <u>жоқ</u></p>	<p>Қағидат 1</p> <p>Кремний наножіптері қабаттарына негізделген, кейін олардың бетіне алтын нанобөлшектері тұндырылған бөлме температурасында электрлік және оптикалық сигналдарды қабылдау арқылы молекулаларды анықтауға арналған оптоэлектронды сенсор келесі параметрлерде ең жоғары тиімділікті көрсетеді: кремний наножіптерінің ұзындығы 5-тен 35 μm дейін, көлденең қимасы шамамен 100 нм, алтын нанобөлшектерінің өлшемі шамамен 10 нм және қабыршақтың кеуектілігі 50-ден 85 % аралығында.</p> <p>7.1 дәлелденді</p> <p>7.2 жоқ</p> <p>7.3 ия</p> <p>7.4 кең</p> <p>7.5 ия</p> <p>Қағидат 2</p> <p>Ұзындығы шамамен 10 μm және кеуектілігі шамамен 70 % кремний наножіптері массивтеріне негізделген сенсорлық құрылымдардағы шамамен 100 ppm концентрациядағы аммиак буына электрлік сенсорлық сезімталдық наножіптердің бетіне алтын</p>

			<p>нанобөлшектерін қосқан жағдайда 5-7 есе артады және құрылымдарға түсірілген 1-10 В кернеу және 1-25 мА ағынды ток кезінде байқалады.</p> <p>7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 ия 7.4 кең 7.5 ия</p> <p>Қағидат 3</p> <p>Алтын нанобөлшектері бар кремний наножіптері құрылымында адсорбцияланған органикалық бояғыштар молекулаларында жарықтың алып комбинациялық шашырау эффектісіне негізделген оптикалық, сенсорлық, сезімталдық, белсенді элементтің кеуектілігі шамамен 50 % болғанда ең үлкен мәндерге жетеді, салыстырмалы интенсивтілік сенсорлық сигналын күшейту коэффициенті шамамен 10^5 құрайды, ал аналит молекулалары 10^{-15} моль анықтау шегімен детектрленеді.</p> <p>7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 ия 7.4 кең 7.5 ия</p>
8.	Дәйектілік принципі Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі	8.1 Әдістеменің таңдауы - негізделген немесе әдіснама нақты жазылған 1) <u>ия</u> ; 2) жоқ	<p>Диссертациядағы әдістемелер егжей-тегжейлі сипатталған. Сенсорлық элементті алу әдісі, олардың морфологиясын зерттеуге қолданылған сканерлеуші электронды микроскоп, элементтік талдау әдісі, сканерлеуші электронды микроскоппен түсірілген сезімтал элементтің кеуектілігін және ұяшықтарды санау әдісі арқылы анықтау, металл нанобөлшектерін нанокұрылым бетіне химиялық тұндыру әдісімен тұндыру, металл контактілерін сезімтал элемент бетіне тұндыру технологиясы секілді әдістер жайлы толықтай сипаттама берілген.</p>

		<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>1) <u>ия</u>;</p> <p>2) жоқ</p>	<p>Ізденуші диссертациялық жұмыстың нәтижелерін ғылыми зерттеудің заманауи және жаңа әдістерін қолдана отырып алған. Олардың қатарына: MatLab программалық ортасында сканерлеуші электронды микроскоп көмегімен түсірілген цифрлық бейнелерді өңдеу, Ntegra Spectra, сенсорлық элементтің оптикалық сенсорлық сезімталдық сигналдарын NT-MDT раман спектрофотометрімен тіркеу, сенсорлық элементтердің электрлік сезімталдығын NI ELVIS II+ цифрлық әмбебап станция көмегімен детектрлеу әдістері жатады.</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>1) <u>ия</u>;</p> <p>2) жоқ</p>	<p>Нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі ең алдымен тәжірибелік зерттеу нәтижесінде алынған деректерге сәйкес келеді. Жұмыс нәтижелерінің сенімділігі құрылымдық, электрлік, оптикалық бірін-бірі толықтырушы кешендерді қолдану арқылы қамтамасыз етіледі.</p>
		<p>8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен <u>расталған</u> / ішінара расталған / расталмаған</p>	<p>Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді рейтингі жоғары ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған. Пайдаланылған әдібиеттер тізімі 123. Оның ішінде ізденуші жариялаған ғылыми жұмыс саны 11. Тікелей сілтемесі көрсетілген барлық жұмыстар жоғары рейтингі бар журналда жарияланған.</p>
		<p>8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға <u>жеткілікті</u>/жеткіліксіз</p>	<p>Диссертациялық жұмыс 123 әдебиеттер тізімін қамтиды. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті.</p>
9	Практикалық құндылық принципі	<p>9.1 Диссертацияның теориялық маңызы бар:</p> <p>1) <u>ия</u>;</p> <p>2) жоқ</p>	<p>Диссертациялық жұмыстың теориялық маңыздылығы жоғары. Зерттеу барысында алынған нәтижелер оптоэлектронды сенсорлардың электрлік және оптикалық сенсорлық сезімталдығына кеуектіліктің, металл нанобөлшектері өлшемі мен түрінің, беттік күшейтілген раман шашырау эффектісі үшін максимум нүктелер санының әсерін жобалауда үлкен үлес қосады.</p>
		<p>9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары:</p>	<p>Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді молекулалық, опто, био, газ сенсорларының жаңа түрлерін өндіруде және олардың жұмысының тиімділігін арттыруда</p>

		1) <u>ия;</u> 2) жоқ	қолдануға болады. Сонымен қоса ЖОО-да «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығын оқытуда қолдануға болады.
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа болып табылады? 1) <u>толығымен жаңа;</u> 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады); 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)	Практикалық ұсыныстар толығымен жаңа. Алынған нәтижелер оптоэлектроника, сенсорлық технология салаларын әрі қарай дамытуға зор үлес қосады.
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы: 1) <u>жоғары;</u> 2) орташа; 3) орташадан төмен; 4) төмен.	С.Б. Икрамованың диссертациялық жұмысы сауатты және ғылыми-техникалық тілде тиянақты жазылған. Тараулардың өзара байланысы бар, реттілігі сақталған және тақырыпты толықтай ашады. Академиялық жазу сапасы жоғары.

Философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін беру мүмкіндігі туралы қорытынды.

Жалпы, Икрамова Салтанат Бауыржанқызының «**Наноқұрылымды шалаөткізгішті сенсорлардың электрлік және оптикалық қасиеттеріне кеуектіліктің әсері**» атты диссертациялық жұмысы жоғары ғылыми деңгейде орындалған. Диссертациялық жұмыстың нәтижелері Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғарғы білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитетінің (ҒЖБМ ҒЖБССҚК) философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылған жұмыстарға қойылатын барлық талаптарын қанағаттандырады деп санаймын, ал оның авторы Икрамова Салтанат Бауыржанқызын «6D071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне лайық деп есептеймін.

Ресми рецензент:

Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, физика және нанотехнология кафедрасының зерттеуші-профессоры, ф.-м.ғ.д., профессор
(жұмыс орны, ғылыми дәрежесі)



(қолы)

Ибраев Н.Х.

