

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

СЫН-ШІКІРІ

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)	Икрамова С.Б. диссертациялық жұмысы «Техника ғылымдары саласындағы ғылыми зерттеулер мен әзірлемелер» ғылымды дамытудың басым бағыттарына, оның ішінде қатты дене электроникасы бағытына сәйкес келеді. Диссертациялық жұмыс 2018-2020 ж. арналған, грант нөмірі №0118РК00200 ҚР ҒЖБМ ҒК ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру бағдарламасы бойынша «Нанокұрылымданған шалаөткізгіштердің бейсызық электрлік, оптикалық және фракталдық-геометриялық сипаттамаларының өзара байланысы» және 2020-2022 ж. арналған, грант нөмірі №091019CRP2105 «Бүйрек ауруларының биомаркерлері ретінде несеп протеиндерінің механикохимиялық қасиеттерін инвазивті емес бағалау үшін гибриді Brillouin-Raman спектроскопиясын әзірлеу және валидациялау» тақырыбындағы Назарбаев Университетінің бірлескен зерттеулер бағдарламасы (CRP) бойынша ғылыми зерттеу жүргізу шеңберінде орындалды. Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылымды дамытудың басым бағыттарына сәйкес келеді.
2.	Ғылымға маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін қосады/қоспайды, ал оның маңыздылығы ашылған/ашылмаған.	С.Б. Икрамованың диссертациялық жұмысы ғылымға елеулі үлес қосады. Диссертацияда ұсынылған зерттеу нәтижелері сенсорлық элементтерді алудың технологиялық режимдерін табуға мүмкіндік береді, бұл оптоэлектрондық сенсорлардың жаңа түрлерін өндіруде және олардың

			жұмысының тиімділігін арттыруда құнды.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) жоғары; 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған	Ізденушінің диссертациялық жұмысты өзі жазу деңгейі жоғары, себебі бірқатар жұмыстар орындалды: әдебиеттерге шолу жасау, жұмыстың тәжірибелік негізін құрайтын технологиялық режимдерді негіздеу, зерттеуге қолданылған қондырғылар мен әдістерді сипаттау, сенсорлық элементтердің электрлік және оптикалық сезімталдығын өлшеу әдістері барлығы диссертация бөлімдерінде көрсетілген.
4.	Ішкі бірлік принципі	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі: 1) негізделген; 2) жартылай негізделген; 3) негізделмеген.	Наноқұрылымды шалаөткізгішті сенсорлардың электрлік және оптикалық қасиеттеріне кеуектіліктің әсерін зерттеуге арналған диссертациялық жұмыстың өзектілігі толықтай негізделген. Бұл әсіресе, кіріспедегі кеңейтілген сипаттамада, сондай ақ оптоэлектронды сенсорлардың сезімтал элементін зерттеудің қазіргі жағдайына арналған әдебиеттік шолу бөлімінде көрсетілген. Оптоэлектронды сенсорлардың сезімтал элементі ішінен кремний наножібі массивтері бетіне алтын нанобөлшектері тұндырылған сезімтал элементті таңдаудың толық негізделген сипаттамасы берілген. С.Б. Икрамованың диссертациялық жұмысы 5 тараудан, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертациялық жұмыстың барлық тараулары жүйелі түрде байланысқан, қойылған міндеттер орынды және жұмыста қойылған мақсат барлық талаптарға сай.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды 1) айқындайды; 2) жартылай айқындайды; 3) айқындамайды	Диссертацияның мазмұны диссертация тақырыбын толық көрсетеді. Барлық 5 тарау ретімен орналастырылған және қойылған міндеттер мен мақсаттарға жету үшін зерттеу әдістері егжей-тегжейлі сипатталған.
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: 1) сәйкес келеді; 2) жартылай сәйкес келеді; 3) сәйкес келмейді	Бетіне алтын нанобөлшектері отырғызылған кремний наножібі наноқұрылымы қабаттары негізіндегі шалаөткізгіш сенсорлық элементтің электрлік және оптикалық сенсорлық сезімталдығына кеуектіліктің әсерін тәжірибелік түрде зерттеу мақсаты және оптоэлектрондық сенсордың сезімтал элементін дайындаудың технологиялық режимдерін оңтайландыру, сенсорлық элементтің электрлік сезімталдығын аммиак газ буында зерттеу және электрлік сенсорлық сезімталдық үшін ең оңтайлы кеуектілік мәнін анықтау, беттік күшейтілген комбинациялық шашырау эффектісі негізінде органикалық бояғыш молекулаларын анықтауда оптикалық сенсорлық сезімталдық

			үшін тиімді кеуектілік мәнін анықтау және сенсорлық сигналдардың пайда болуының негізгі заңдылықтарын ашу міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді.
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен құрылысы логикалық байланысқан: 1) <u>толық байланысқан</u> ; 2) жартылай байланысқан; 3) байланыс жоқ	Диссертациялық жұмыстың барлық бөлімдері мен негізгі тұжырымдары өзара толықтай байланысқан.
		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған: 1) <u>сыни талдау бар</u> ; 2) талдау жартылай жүргізілген; 3) талдау өз пікірін емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген	Автор ұсынған оптоэлектрондық сенсорлар үшін ең оңтайлы сенсорлық элемент ретіндегі кремний наножібі бетіне алтын нанобөлшектері тұндырылған сезімтал элементінің электрлік және оптикалық сенсорлық жауаптарына нанокұрылымның тиімді кеуектілігін анықтау шешімдері дәлелденген. Сонымен қатар жұмыста осы зерттеу саласындағы ағымдағы жағдайды сыни талдау және диссертация тақырыбы бойынша басқа авторлардың жұмыстарымен салыстыру бар. Сенсорлық элемент жасауда кремний наножіптері массивтерін және бетіне тұндырылатын алтын нанобөлшектерін таңдап алу, беттік күшейтілген рамандық шашырау эффектісі көмегімен оптикалық сенсорлық сезімталдықты тиімді кеуектілік мәнінде арттыру артықшылықтары келтірілген.
5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	5.1 Ғылыми нәтижелер мен қағидаттар жаңа болып табыла ма? 1) <u>толығымен жаңа</u> ; 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады); 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)	Диссертацияда ұсынылған ғылыми зерттеулер мен қағидаттар толығымен жаңа болып табылады. Газ тәріздес аммиак буында алтын нанобөлшектері отырғызылған кремний наножіптері негізіндегі шалаөткізгіш сезімтал материалдардың электрлік сенсорлық жауабына кеуектіліктің әсері тәжірибелік түрде зерттелінді және максималды сезімталдыққа қол жеткізу үшін шамамен 70% кеуектіліктің оңтайлы мәні табылды. Алтын нанобөлшектері отырғызылған кремний наножіптері негізіндегі нанокұрылымды сенсорлық материалдардағы органикалық бояғыштар молекулаларынан оптикалық сенсорлық жауаптар зерттелінді және молекулаларды анықтау үшін мұндай құрылымдардың оңтайлы кеуектілігі шамамен 50% болатыны анықталды.
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа болып табыла ма? 1) <u>толығымен жаңа</u> ; 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып	Диссертацияның қорытындысы толығымен жаңа. Алынған нәтижелер Web of Science (Clarivate Analytics) және Scopus халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін импакт-факторы (6,628; 2,921) жоғары журналдарда жарияланған.

		табылады); 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)	
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе? 1) толығымен жаңа; 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады); 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)	Техникалық, технологиялық және әдістемелік шешімдер толықтай жаңа және негізделген. Бұл сенсорлық элементті жасаудың энергия шығынсыз, көп көлемде өндіруге ыңғайлы, электроника қондырғыларымен интеграциялануға үйлесімді, кеуектілігі мен морфологиясы басқарыла алатын, қоршаған орта молекулаларымен оңай байланысқа түсетін оңтайлы технологиялық режимдеріне негізделген.
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде негізделген/негізделмеген (qualitative research және өнертану және гуманитарлық бағыттары бойынша)	Барлық негізгі тұжырымдар ғылыми тұрғыдан жақсы дәлелденген. Жұмыс дәйекті және түсінікті академиялық тілде жазылған, таңдалған әдістер, алынған нәтижелер негізделген.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі қағидаттар	Әр қағидат бойынша келесі сұрақтарға жауап беру қажет: 7.1 Қағидат дәлелденді ме? 1) дәлелденді; 2) шамамен дәлелденді; 3) шамамен дәлелденбеді; 4) дәлелденбеді 7.2 Тривиалды ма? 1) ия; 2) жоқ 7.3 Жаңа ма? 1) ия; 2) жоқ 7.4 Қолдану деңгейі: 1) тар; 2) орташа; 3) кең 7.5 Мақалада дәлелденген бе?	1. Кремний наножіптері қабаттарына негізделген, кейін олардың бетіне алтын нанобөлшектері отырғызылған 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 қабықшаның кеуектілігі 50-ден 85 % аралығында. 7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 ия 7.4 кең 7.5 ия 2. 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 нанобөлшектерін қосқан жағдайда 5-7 есе артады және құрылымдарға түсірілген 1-10 В кернеу

		<p>1) <u>ия</u>; 2) жоқ</p>	<p>және 1-25 мА ағынды ток кезінде байқалады. 7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 ия 7.4 кең 7.5 ия</p> <p>3. 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. 7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 ия 7.4 кең 7.5 ия</p>
8.	Дәйектілік принципі Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі	<p>8.1 Әдістеменің таңдауы - негізделген немесе әдіснама нақты жазылған 1) <u>ия</u>; 2) жоқ</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: 1) <u>ия</u>; 2) жоқ</p>	<p>Диссертациялық жұмыста келтірілген әдістеменің таңдалуы егжей-тегжейлі негізделген және әдіснамалар толықтай сипатталған. Бұл жұмыста шалаоткізгішті электроникада өте кең қолданылатын кремний наножібі массивтерін түзетін металл-ынталандырылған химиялық жеміру, нанокұрылым бетіне металл нанобөлшектерін отырғызу үшін химиялық тұндыру және нанокұрылымның толық кеуектілігін анықтауда box-counting (ұяшықтарды санау), сезімтал элемент бетінде алтын нанобөлшектерін анықтауда EDX (элементтік талдау) әдістері қолданылған.</p> <p>Диссертациялық жұмыста сенсорлық элементтердің кеуектілігін анықтау нәтижелері ғылыми зерттеудің заманауи әдістері мен өңдеу әдістерін қолдану арқылы MatLab бағдарламасында алынды. Алтын және күміс нанобөлшектерінің өлшемдері, кремний наножіптерінің ұзындығы Image J бағдарламасында анықталған. Диссертация нәтижелері скандаушы және трансмиссиялық электронды микроскопия, рамандық спектроскопия, сынаптық порометрия, NI ELVIS II+ цифрлық амбебап станция көмегімен зерттелінетін үлгілердің вольт-амперлік</p>

			сипаттамаларын өлшеу әдісі, Ntegra Spectra, NT-MDT спектрофотометрін қолданып сенсорлардың оптикалық сипаттамаларын тіркеу секілді компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған.
		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): 1) ия; 2) жоқ	Алынған нәтижелер ең алдымен тәжірибе (өлшеу) нәтижелеріне сәйкес келеді. Жұмыс нәтижелерінің сенімділігі құрылымдық, электрлік, оптикалық бірін-бірі толықтырушы кешендерді қолдану арқылы қамтамасыз етіледі: трансмиссиялық және сканерлеуші электрондық микроскопия, рентгендік энергия-дисперстік спектроскопия, Раман спектроскопиясы, оптикалық шағылу спектроскопиясы, сенсорлардың вольт-амперлік сипаттамаларын өлшеу және нанокұрылымдардың кеуектілігін анықтау.
		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған / ішінара расталған / расталмаған	Жұмыста келтірілген маңызды мәлімдемелер беделді ғылыми журналдарда жарияланған өз жұмыстарына және басқа авторлардың жұмыстарына сілтемелер арқылы расталады.
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға жеткілікті/жеткіліксіз	Диссертациялық жұмыс ғылыми, беделді шетелдік журналдардағы мақалалар, кітаптар мен монографиялардан тұратын 123 әдебиеттер тізімін қамтиды. Атап айтқанда, диссертация тақырыбына қатысты, зерттеу бағытын, оның практикалық маңызы мен жаңалығын көрсететін бірнеше әдебиеттер де қолданылған.
9	Практикалық құндылық принципі	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы бар: 1) ия; 2) жоқ	Жұмыс қатты дене электроникасындағы қолданбалы зерттеуге арналған, алайда оның нәтижелерін теориялық қолдану тұрғысынан бағалау беттік металдық плазмондардың электромагниттік өрістерін теориялық модельдеуде маңызды.
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану мүмкіндігі жоғары: 1) ия; 2) жоқ	Кремний наножіптері кеуектілігінің сенсорлық материалдардың электрлік және оптикалық жауаптарына әсерін зерттеуде алынған нәтижелерді молекулалық сенсорлардың жаңа түрлерін өндіруде және олардың жұмысының тиімділігін арттыруда қолдануға болады.
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа болып	Алынған нәтижелерді тәжірибеде пайдалану бойынша ұсыныстар

		табылады? 1) толығымен жаңа; 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады); 3) жана емес (25% кем жаңа болып табылады)	толығымен жаңа.
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы: 1) жоғары; 2) орташа; 3) орташадан төмен; 4) төмен.	Диссертациялық жұмыс сауатты ғылыми-техникалық тілде, түсінікті стильде жазылған. Негізгі тұжырымдар мен қорытындылар толықтай аяқталған және сенімді. Нәтижелер дәлелденген, сілтемелер дұрыс енгізілген, әдебиет тізімі стандартқа сәйкес жасалған.

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

Жалпы, Икрамова Салтанат Бауыржанқызының «**Нанокұрылымды шалаөткізгішті сенсорлардың электрлік және оптикалық қасиеттеріне кеуектіліктің әсері**» атты диссертациялық жұмысы жоғары ғылыми деңгейде орындалған, толығымен аяқталған және өзіндік ғылыми зерттеу сипатына ие. Жұмыс мазмұны мен рәсімделуі бойынша, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғарғы білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті (ҒЖБМ ҒЖБССҚК) докторлық диссертациясына қойылатын талаптарына толық сәйкес келеді және алынған нәтижелер халықаралық беделді журналдарда жарияланған. Икрамова Салтанат Бауыржанқызын «6D071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне лайық деп есептеймін.

Ресми рецензент:

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар кафедрасы,
PhD, қауымдастырылған профессоры



Жетписбаева А.Т.

