

Сакенова Римма Ерболатқызының

**6D072300 – «Техникалық физика» мамандығы бойынша Ph.D
философия докторы ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған
«Кремний иондарымен имплантталған CrN/ZrN/Cr/Zr
наноқұрылымды жабындағы диффузия және микросегрегация
процестері» атты диссертациялық жұмысына**

ОТАНДЫҚ ҒЫЛЫМИ КЕҢЕСШІНІҢ ПІКІРІ

Сакенова Римма Ерболатқызы С.Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік университетінің «физика және информатика» мамандығын аяқтап (2002-2006), 2012-2014 жылдары М011000-Физика мамандығы бойынша педагогика ғылымдарының магистрі атағын алды. 2017 жылы Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университетіне 6D072300-«Техникалық физика» мамандығына докторантураға түсіп, 2020 жылы окууды аяқтады.

Р.Е.Сакенованың диссертациялық жұмысы жабынды кремний ионымен импланттау нәтижесінде туындаған интерфейстегі микросегрегация және диффузия процестерінің қабаттардың микротұзарулығы мен механикалық қасиеттеріне тигізетін әсерін зерттеуге арналған, яғни бұл процесс техникалық физика мен материалтану саласында зерттеліп келе жатқан өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

Әдеби деректерді талдай отырып, кесу құралдарының кейбір түрлерінің беткі қабатының тозуға төзімділігін арттыру мен үйкеліс коэффициентін төмендету үшін хром нитридінен алынған жабындар белсенді қолданылып келетінін дәлелдеп көрсеткен. Сонымен бірге, цирконий нитридінің жабындары жоғары қаттылыққа, ауада 600 °C-қа дейінгі температуралық тұрақтылыққа ие, сондықтан көпқабатты нанокомпозитті жабындағы осы қасиеттердің жиынтығы докторант жұмысында алынған жабындардың қабаттарының дұрыс таңдалғандығын көрсетеді.

Бұл диссертациялық жұмыстың негізгі бағыты кремний ионымен имплантталған көпқабатты жабынның құрылымы мен трибологиялық қасиеттерін зерттеу болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты CrN/ZrN/Cr/Zr көпқабатты нанокомпозитті жабындағы радиациялық-ұдетілген диффузия және микросегрегация процестерін және олардың қабаттардың микротұзарулығын, элементтік құрамымен және физика-механикалық қасиеттерімен байланысын зерттеу болып табылады. Осы мақсатқа жету үшін алдына негізгі міндеттерді төмендегідей қоя білді және оны докторант толығымен орындал шыға алды.

Диссертациялық жұмыста CrN/ZrN/Cr/Zr негізіндегі көпқабатты наноөлшемді нитридті жабынды кремний ионымен импланттауга дейінгі және $1 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$ (60 кэВ) мөлшеріндегі кремний ионымен импланттаудан

Жұмыста кейінгі эксперименттік және теориялық зерттеулер жүргізілген. Жұмыста импланттауга дейінгі және ионмен имплантталған жабынның микроқұрылымын, құрылымдық-фазалық күйін, элементтік құрамын анықтауды, радиациялық әсер ететін микросегрегацияны, атомдар диффузиясын зерттеуді, молекулалық динамиканың әдістерін қолдана отырып алынған теориялық есептеулер нәтижелерін толықтай ашып көрсеткен. Si иондарымен импланттау кезінде сегрегация процесіне металл атомдарының әсері, сонымен бірге, микроқұрылымды қалыптастыру мен атомдарды қайта бөлу процесі, олардың үйкеліс кезіндегі тозуға әсері, үйкеліс коэффициенті және микроқаттылық нәтижелері көрсетілген. Жұмыста келесі заманауи эксперименттік талдау әдістері қолданылды: жоғарғы ажыратылымдығы бар жарықтандырығыш электронды микроскопия (HRTEM), рентгендік фотоэлектрондық спектроскопия (XPS), екінші реттік иондық масс-спектрометрия (SIMS), сканерлеуші және жарықтандырығыш электронды микроскопия (STEM), Резерфордтық кері шашырау спектроскопиясы (RBS), рентгендік дифракция (рентгендік-құрылымдық талдау) (XRD), наноқаттылықты, микроқаттылықты өлшеу, тозуға және үйкеліске арналған сынактар, есептеу жүргізу бағдарламалары мен әдістері.

Докторант зерттеу жұмыстарын жүргізе отырып, келесі нәтижелерге қол жеткізді: көпқабатты наноқұрылымды жабынында тереңдіктегі иондардың жұру жолы 150 нм болған кезде 10 ат.% ең жоғарғы және 6 ат.% ең төменгі концентрациясымен Si иондарының қосарланып қайта таралуының қалыптасуын анықтады. Кремний ионымен имплантталған көпқабатты жабын ішіндегі атомдардың соқтығысу процесінің нәтижесінде ZrN (бұлыңғыр) қабатының қалындығы ($25 \div 26$) нм өлшемнен 36 нм өлшемге дейін және CrN/ZrN/CrN жабынның алғашқы үш қабатының интерфейс шекарасында микросегрегация процесінің ұлғаюы анықтады. Сонымен бірге, көпқабатты жабынның алғашқы үш қабатын Si иондарымен импланттау және оларда силиконитридтерді қалыптастыру нәтижесінде тозудың алғашқы 1000 метрінде бөліну шекарасына жақын маңайында тозу мен үйкеліс коэффициенті 0,4-тен 0,2 (18)-ге дейін төмендегенін және CrN/ZrN/Cr/Zr (001) гетероқұрылымдарын молекулалық динамика әдісі бойынша зерттеулер экспериментік нәтижелерді растады және кремнийдің жоғары мөлшерімен интерфейстерді теңестіруге итермелей отырып, олардың ZrN қарағанда CrN алмастырудың төменгі энергиясына ие болғандықтан Cr қабаттарына жақын қалыптасатынын анықтады. Жалпы айтқанда, зерттеулер кремний ионымен имплантталған жабын трибомеханикалық тұрғыда қолдануда айтарлықтай маңызды екенін көрсетеді.

Докторант зерттеу жұмыстарын жүргізе отырып «Қатты жабындыны вакуумды-доғалық ионды-плазмалық тұндыру тәсілі» атты өнертабысқа патент алды (№34722 өнертабысқа патент 20.11.2020 жыл), мұнда металл нитридтерінен жасалған көпқабатты жабындарды вакуумды-доғалық ионды-плазмалық тұндыру әдісін қарастырған.

Тұндырудың физикалық параметрлеріне байланысты күрылымдық-фазалық күйдің заңдылықтарын, сондай-ақ олардың физикалық-механикалық

қасиеттерімен өзара байланысын зерттеу болашақта вакуумды-доғалық тұндыру нәтижесінде алынған нитридті жабындарды жобалау кезінде онтайлы тұндыру режимдерін тандауға мүмкіндік береді.

Докторант жұмысының ішкі құрылымы және барлық тараулары бір-бірімен нақты байланысқан. Р.Е.Сакенованаң диссертациялық жұмысы ғылыми, білікті, аяқталған жұмыс болып табылады және техникалық физика мен материалтану саласындағы мамандардың қызығушылығын тудырады.

Жұмыстың маңызды бөлігі Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің гранты негізінде жабынды тұндыру әдісіне арналған патентті алу гранттық қаржыландырудың келесі мемлекеттік бюджеттік жобасымен іске асырылды:

«Машина жасау бұйымдарына арналған тозуға төзімді материалдар алуудың инновациялық технологияларын зерттеу және әзірлеу», мемлекеттік тіркеу №0118РК00989, №197 16.03.2018 ж.

Диссертациялық зерттеу жұмыстарының негізгі нәтижелері 6 халықаралық конференцияда баяндалған. Жалпы жарияланған 14 ғылыми мақала, соның ішінде 1 WoS және Scopus ғылыми метрикалық базаларындағы импакт-факторы жоғары журналдарда жарияланған. Зерттеулер нәтижесі бойынша 1 патент, 1 өндіріске және 1 оку процесіне ендіру бойынша акт алынған.

Сакенова Римма Ерболатқызы зерттеу міндеттерін қоюға және үлгілерді дайындауға тікелей өзі қатысты, сонымен бірге жабынды алуша және оның фазалық құрамын, беткі морфологиясына зерттеу жүргізуге, жабын тереңдігі бойынша микроқаттылығы мен наноқаттылығын өлшеу жұмыстарынан алынған нәтижелер бойынша талдау жүргізуге қатысты.

Диссертация КР БФМ білім және ғылым саласындағы бақылау комитетінің Ph.D философия докторының қорытынды жұмысына қойылатын талаптарға сай келеді, ал Р.Е.Сакенова 6D072300 – Техникалық физика мамандығы бойынша Ph.D философия докторы ғылыми атағын беруге лайықты.

Отандық ғылыми кеңесші,
физика-математика ғылымдарының
докторы, Д.Серікбаев атындағы
техникалық университеттің
профессоры



Н.Ердыбаева