

**ОТЗЫВ**  
**ЗАРУБЕЖНОГО НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА**  
**на диссертационную работу Сакеновой Риммы Ерболаткызы**  
**«Кремний иондарымен имплантталган CrN/ZrN/Cr/Zr наноқұрылымды**  
**жабындағы диффузия және микросегрегация процестері»,**  
**представленную на соискание ученой степени доктора философии Ph.D**  
**по специальности**  
**6D072300 - Техническая физика.**

Диссертационная работа Сакеновой Р.Е. является актуальной и посвящена экспериментальным и теоретическим исследованиям. Она посвящена изучению структурно-фазового, элементного состава, радиационно наведенной микросегрегации, диффузии атомов, результаты теоретических расчетов с помощью первопринципных методов молекулярной динамики процессов атомных конфигураций, физико-механических и трибологических свойств сверхтвердых и твердых наноструктурных покрытий систем на основе CrN/ZrN/Cr/Zr, полученных методом вакуумно-дугового осаждения.

В своей работе она исследовала влияние параметров осаждения и процесса ионной имплантации Si на микроструктуру и свойства наноструктурных покрытий CrN/ZrN/Cr/Zr, полученных методом вакуумно-дугового осаждения из испаряемого катода.

Полученные экспериментальные результаты в данной диссертационной работе, а также расчеты проведенные с помощью молекулярной динамики дают более глубокое понимание исследуемой проблемы взаимодействия ионов с многослойной структурой, микросегрегации кремния на границах раздела вблизи слоев нитрида хрома, а также конкуренция этих двух процессов сегрегации и диффузии атомов кремния приводящие к изменению микроструктуры и механических характеристик многослойных наноструктурных покрытий.

Работа имеет строгое внутреннее единство, все главы логически взаимосвязаны между собой. Она является научной, квалификационной, законченной работой и представляет интерес для широкого круга специалистов в области материаловедения и технической физики. Работа выполнена в рамках программы: «Исследования и разработка инновационных технологий получения износостойких материалов для изделий машиностроения», гос.рег. №0118PK00989, финансируемый Комитетом науки МОН РК по договору №197 от 16.03.2018 г. в рамках ПЦФ.

Основные результаты работы Сакенова Р.Е. описала в 14-ти публикациях, в том числе в 7 научных изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, в 6-ти материалах международных конференций, в том числе 1 в материалах индексируемых базой данных SCOPUS и Web of Science», 1 в журнале, индексируемом базой данных SCOPUS, имеющий импакт-фактор – 4,65, процентиль – 90, квартиль - Q1, а также получен патент на изобретение

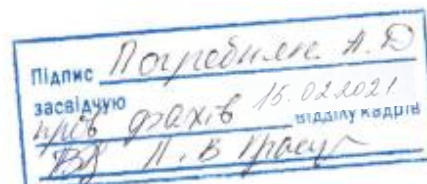
«Способ вакуумно-дугового ионно-плазменного осаждения твердого покрытия».

Докторант Сакенова Р.Е. в мае 2019 года прошла научную стажировку в Сумском государственном университете (г.Сумы, Украина), где она работала в группе исследователей научных лаборатории кафедры «Нанотехнология» и освоила экспериментальные методы исследования. Докторант лично участвовала в постановке задач исследования, непосредственно принимал участие в приготовлении образцов, в проведении рентгеновского микроанализа с дисперсией по энергии, растровых электронно-микроскопических анализов, в интерпретации экспериментальных результатов, в проведении работ по определению микротвердости покрытий.

Считаю, что по объему, уровню исполнения, достоверности и научно-практической значимости полученных результатов, диссертация Сакеновой Р.Е. отвечает всем требованиям, предъявляемым Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК к докторским Ph.D-диссертациям. Докторант вполне достойна присуждения искомой ученой степени доктора философии Ph.D по специальности 6D072300-Техническая физика.

Зарубежный научный консультант  
доктор физико-математических наук, профессор  
заведующий кафедрой наноэлектроники  
и модификации поверхности,  
Сумского государственного университета  
г. Сумы, Украина  
e-mail: alexr@i.ua

<sup>a</sup> А. Погребняк А.Д.



**Сакенова Римма Ерболатқызының**

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

## **ШЕТЕЛДІК ҒЫЛЫМИ КЕҢЕСШІНІҢ ШІКІРІ**

Р.Е.Сакенованың диссертациялық жұмысы өзекті және эксперименттік пен теориялық зерттеулерге арналған. Диссертациялық жұмысы вакуумдық-доғалық тұндыру әдісімен алынған CrN/ZrN/Cr/Zr жүйесіне негізделген аса қатты және қатты нанокұрылымды жабындардың физика-механикалық және трибологиялық қасиеттерін, атомдық конфигурация процестерін молекулалық динамика әдістерінің көмегімен теориялық есептеулер нәтижелерін, құрылымдық-фазалық, элементтік құрамын, радиациялық индукцияланған микросегрегация мен атомдардың диффузиясын зерттеуге арналған.

Ізденуші өз жұмысында буландыру катодынан вакуумды-доғалық тұндыру әдісімен алынған CrN/ZrN/Cr/Zr нанокұрылымды жабындарының микроқұрылымына және қасиеттеріне тұндыру параметрлері мен Si иондық импланттау процесінің әсерін зерттеді.

Бұл диссертациядағы алынған эксперименттік нәтижелердің, сондай-ақ молекулалық динамиканы қолдана отырып жүргізілген есептеулер иондардың көп қабатты құрылыммен өзара әрекеттесуінің, хром нитридін қабаттарына жақын бөлу шекарасындағы кремнийдің микросегрегациясының зерттеліп отырған мәселесін, сондай-ақ көп қабатты нанокұрылымды жабындардың микроқұрылымы мен механикалық сипаттамаларының өзгеруіне әкелетін кремний атомдарының сегрегациясы мен диффузиясының қос процестердің бәсекелестігін тереңірек түсінуге мүмкіндік береді.

Диссертациялық жұмысы ішкі бірегейлігі бар, барлық бөлімдері бір-бірімен логикалық тұрғыдан байланысқан. Бұл ғылыми, білікті, аяқталған жұмыс болып келеді және материалтану мен техникалық физика саласындағы көптеген мамандардың қызығушылығын арттырып, назарын өзіне аудартады. Жұмыстың едәуір бөлігі келесі бағдарлама аясында орындалды: «Машина жасау бұйымдарына арналған тозуға төзімді материалдар алудың инновациялық технологияларын зерттеу және әзірлеу» тақырыбы бойынша, мемлекеттік тіркеу №0118РК00989, №197 16.03.2018 жылдан басталған келісім шартпен, Қазақстан Республикасы, Білім және Ғылым министрлігінің Ғылым комитетінің қаржыландыруымен.

Р.Е.Сакенованың жұмысының негізгі нәтижелері 14 мақалада, соның ішінде 7 мақала ҚР БЖҒМ білім беру және ғылым саласындағы бақылау

Комитеті бекіткен ғылыми басылымдарда, 6 мақала халықаралық конференция материалдарының жинақтарында, соның ішінде 2 мәліметтер SCOPUS базасына енгізілген, 1 мақала Web of Science және Scopus мәліметтер базасына енгізілген, индекстелген журналда, импакт-фактор – 4,65, процентилі – 90, квантиль - Q1, сонымен бірге «Қатты жабындыны вакуумды-доғалық ионды-плазмалық тұндыру тәсілі» атты өнертабысқа патент алынды.

Докторант Р.Е.Сакенова 2019 жылдың мамыр айында Сумы мемлекеттік университетінде (Украина, Сумы қ.) ғылыми тағылымдамадан өтті, онда ол «Нанотехнология» кафедрасының ғылыми зертханасының зерттеушілерімен жұмыс істеді және эксперименттік зерттеу әдістерін үйреніп, меңгерді. Докторант зерттеу міндеттерін қоюға, үлгілерді дайындауға, энергия бойынша дисперсиясы бар рентгендік микроанализ жүргізуге, растрлық электрондық-микроскопиялық талдаулар жүргізуге, эксперименттік нәтижелерді түсіндіруге, жабындардың микроқаттылығын анықтау бойынша жұмыстар жүргізуге тікелей қатысты.

Алынған нәтижелердің көлемі, орындалу деңгейі, дұрыстығы және ғылыми-практикалық маңыздылығы бойынша диссертация ҚР БҒМ 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.

Шетелдік ғылыми кеңесші

Сумы мемлекеттік университетінің

физика-математика ғылымдарының докторы,

наноэлектроника және беттік модификация

кафедрасының меңгерушісі, профессор <sup>а</sup> А. Погребняк А.Д.Погребняк

Сумы қ., Украина

e-mail:alexpr@i.ua

