

## СТАНОВИЩЕ

върху дисертационен труд за получаване на образователната и научна степен „доктор“ по професионално направление 4.1 „Физически науки“, специалност „Физика на кондензираната материя“, с автор ас. Стефан Димитров Колчев, редовен докторант в Централна лаборатория по приложна физика (ЦЛПФ) – БАН

Тема на дисертационния труд: Разработване и изследване на износоустойчиви нанокompозитни покрития с модулиран състав за многофункционални приложения

Научен ръководител: проф. д-р Лиляна Колаклиева, ЦЛПФ-БАН

Научен консултант: проф. д-р Румен Каканаков, ЦЛПФ-БАН

Изготвил становището: доц. д-р Стефан Вълков, Институт по електроника-БАН, определен за член на Научното жури със заповед на Директора на ЦЛПФ-БАН №22/30.06.2025г.

Авторът на дисертационния труд, ас. Стефан Колчев, е завършил Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“, гр. Пловдив, образователно-квалификационна степен „магистър“ по специалност „Химия и екология“ през 2014 г. От 2020 г. е зачислен в редовна докторантура към ЦЛПФ-БАН, а от 2021 г. е назначен и на длъжност „асистент“ в същото звено.

Представеният дисертационен труд е посветен на разработването на свръх-твърди и износоустойчиви покрития, които да запазват тези си експлоатационни характеристики при високи температури. Изложен е на 127 страници, структуриран е в 3 раздела, съдържа 64 фигури, 16 таблици, цитирани са 250 литературни източника.

В съвременната индустрия все по-голямо значение придобива използването на твърди и износоустойчиви покрития за повишаване на надеждността и дълготрайността на машинни елементи, инструменти и изделия. Повишените изисквания към производителността, точността и устойчивостта на оборудването налагат разработването на ефективни методи за защита на повърхностите от триене и износване. Прилагането на защитни покрития води до значително удължаване на експлоатационния срок на детайлите, намаляване на разходите за поддръжка и ремонт, както и до повишаване на енергийната ефективност на производствените процеси. Това е от особено значение в отрасли като машиностроене, автомобилостроене, авиация и много други, където надеждността и качеството са основни фактори. В този ред на мисли, актуалността на дисертационния труд е безспорна.

В Раздел I на дисертацията е обоснована актуалността на изследването чрез стегнат и задълбочен литературен обзор, анализиращ свойствата на твърди и износоустойчиви покрития от TiN, CrN и сложни структури като TiCrN, както и влиянието на легиращи елементи върху микроструктура и механични свойства. Разгледани са и възможностите за многослойни покрития като алтернатива за постигане на многофункционални повърхности. На тази база са формулирани целите: разработване на свръхтвърди и износоустойчиви покрития, стабилни и при високи температури. Тук е мястото да отбележа, че дисертантът познава много добре световната научна литература. В тази част от дисертацията са цитирани повече от 100 литературни източника, които са анализирани с голямо разбиране и дълбочина. Това е безспорно доказателство за висока степен на информираност и компетентност по темата. В частта „Материали, методи за нанасяне и изследване“ са представени принципите на формиране на микроструктури, механизмите на уякчаване и особеностите на методите на физичното отлагане от газова фаза, които са използвани за получаването на покритията в настоящата дисертация. Изчерпателно са описани използваните техники за характеризиране: Calotest, тестове за адхезия и твърдост, SEM/EDS, XPS, XRD, както и методи за определяне на коефициент на триене и термична стабилност. За изследването са използвани подложки от бързорежна стомана. Избрани са многослойни TiAlSiN/AlSiN покрития с 3 и 30 периода на модулация, прилагани върху преходни слоеве от Ti и TiN. Подробно са представени технологичните условия на нанасяне и получените структури са анализирани с гореспоменатите методи. В раздел III са представени оригиналните резултати, получени в рамките на изследванията.

В резултат от извършената експериментална дейност е разработено е многослойно покритие TiAlSiN/AlSiN, съставено от два подслоя – TiAlSiN и AlSiN. Получената нанокomпозитна структура включва наноърна от твърдите разтвори TiAlSiN и AlSiN, вградени в аморфна Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> матрица. Тази архитектура осигурява съчетание на свръхтвърдост и нисък модул на еластичност, което повишава устойчивостта на покритието и съчетава предимствата на нанокomпозитните и многослойните структури. Еднозначно са дефинирани факторите, влияещи върху високите стойности на измерената твърдост. Аналогично е представена и зависимост между механизма на износване и периода на модулация. Доказано е, че структурата и експлоатационните свойства на изследваните покрития се запазват относително постоянни след термична обработка до 900 °C. Еднозначно е обяснен механизмът, чрез който се преодолява крехкостта на свръхтвърдите покрития и се постига висока еластичност. Този механизъм е базиран на разликата в химичния състав на отделните нанокристалити, характеризиращи се с различни химични връзки между елементите и различна енергия. Тези резултати имат приносен характер, като са оформени в един научен и пет научно-приложни приноса. Напълно приемам приносите така, както са дефинирани от автора на дисертационния труд.

Получените в рамките на дисертационния труд резултати са публикувани в общо две статии в списанието „*Coatings*“, на което е присвоен квартил 2 (Q2) и един полезен модел. Тази публикационна активност напълно покрива, а даже и надвишава, изискванията според Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАС РБ), както и тези на ЦЛПФ-БАН. Фактът, че едната от статиите е цитирана 4 пъти, а другата има един забелязан цитат допълнително подчертават актуалността и значимостта на тематиката на дисертацията.

Имал съм възможността да разговарям с дисертанта по темата на неговата дисертация. Впечатленията, които той е оставял винаги са били на изследовател със задълбочени познания в областта, в която работи. Винаги е говорил с ентузиазъм за това, с което се занимава, което за мен е доказателство, че той не само разбира от своята работа, но и истински и се наслаждава. Тези мой впечатления напълно се затвърдиха след изслушването на предварителната защита, както и след прочитането на дисертацията.

Авторефератът е написан точно и ясно. Отразява коректно основните резултати и приноси, които са получени в дисертационния труд.

Нямам критични бележки по отношение на дисертационния труд. Написан е точен и ясен език. Чете се лесно. Целите и задачите, както и заключенията и приносите са формулирани коректно.

В заключение мога да потвърдя, че дисертационният труд, озаглавен „Разработване и изследване на изнosoустойчиви нанoкомпозитни покрития с модулиран състав за многофункционални приложения“ напълно отговаря на ЗРАС РБ, правилника за неговото прилагане, както и на вътрешните критерии на ЦЛПФ-БАН. Извършена е огромна по обем и стойност научно-изследователска работа, като са получени достатъчно резултати, имащи приносен характер. Поставените в дисертацията цели напълно съответстват на дефинираните приноси. Поради тази причина изразявам своето най-категорично мнение да бъде присъдена образователната и научна степен „доктор“ на Стефан Димитров Колчев по професионално направление 4.1 „Физически науки“, специалност „Физика на кондензираната материя“.

03.09.2025

Изготвил становището.....

/доц. д-р Стефан Вълков/