

**University of Chemical Technology & Metallurgy****Department of Physics, Thin Films Technology Lab**

1756 Sofia, 8 Kl.Ohridsky blvd., Tel. +359 2 81 63 447, Fax. +359 2 868 54 88

p.petkov@uctm.eduplamen.petkov@abv.bg

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен **“Доктор”** в научно направление 4.1 “Физически науки”, научна специалност – „Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя“.

Научна организация: Институт по Оптични Материали и Технологии „Акад. Йордан Малиновски” - БАН

Автор на дисертационния труд: маг.-физ. Николай Диянов Минев

Тема на дисертационния труд: “Получаване на наноразмерни слоеве от 2D материали за приложения в оптоелектрониката”

Рецензент: Пламен Костадинов ПЕТКОВ, професор, доктор, инж., Физически Департамент – Химикотехнологичен и Металургичен Университет

1. Кратки биографични данни за дисертанта.

Николай Минев е роден в гр. Русе през 1994 г. Средното си образование завършва с отличие в родния си град в Професионална гимназия по химични технологии и биотехнологии „Проф. Д. Баларев“ през 2013 г. и през следващата година записва бакалавърска програма на Софийския Университет – „Квантова и космическа теоретична физика“. След успешното си абсолвиране през 2018 г. продължава във втората степен на обучение в магистърската програма „Медицинска физика“. През 2021 г. защитава блестящо дипломна работа озаглавена “Контролиран синтез на наноразмерни слоеве от PtSe₂ и изследване на техните характеристики за потенциални приложения в оптоелектрониката и биомедицината“. Получената до момента професионална квалификация от Николай Минев напълно отговаря на профила на ИОМТ – БАН, където провежда и експеримента по магистърската си теза. От този момент дисертантът е неразривно свързан с тематиката и научната дейност на направление „Оптична метрология и холография“ на ИОМТ – БАН. Попаднал в тази академична среда маг.-физ. Минев естествено продължава в третата степен на обучение - ОНС „Доктор“ в

Лаборатория “Композитни и наноструктурирани оптични материали“, като естествено продължение на магистърската си теза. Работейки активно в една от най-добрите групи, специализирана в тази научна област, докторантът натрупва достатъчен опит, като за времето на редовната докторантура, паралелно с провеждане на експеримента, участва в пет научни проекта и повече от 48 научни форума. Особено приятно впечатление остави в мен публикационната активност на дисертанта, в последните години подготвя 14 публикации в списания с IF и SJR, една глава от книга и 4 доклада в реферирани сборници от конференции. Самата дисертация е базирана на 4 публикации в списания от висок квартал.

2. Актуалност на проблема и обща характеристика на дисертационния труд.

Актуалността на научната проблематика определено е извън всякакво съмнение. Двумерните неорганични материали, като графен, черен фосфор (BP), хексагонален борен нитрид (h-BN) и дихалкогенидите на преходни метали ((transition metals а X е халкоген (S, Se или Te)), са сред най-обещаващия клас ултратънки слоисти 2D наноматериали, отговарящи на съвременните технологични изисквания:

- контролируеми оптични и електрични свойства;
- оригинални механични свойства;
- възпроизводимост.

В обобщение, разработването на нови и усъвършенстването на съществуващите технологии за получаване на 2D материали е фундаментална стъпка към реализирането на техния огромен потенциал в оптоелектрониката.

Дисертационният труд е написан на 160 страници, съдържа 55 фигури и илюстрации и 7 таблици. Използуваната литература се простира на 271 литературни източника, по-голямата част – публикации от последните 10 години. Дисертацията има класическа структура – увод, литературен обзор, експериментална част, заключение и приноси, организирани в 5 глави, завършващи с обширни коментари.

В Първа глава авторът е направил творчески анализ на литературните данни относно двумерните (2D) материали и различните възможности за приложения в оптиката и оптоелектрониката. Главата съдържа кратко описание на двумерните материали като нов клас наноматериали, техните основни физични и химични свойства като са обсъдени техните предимства и недостатъци. Основно внимание е отделено на дихалкогенидите на преходни благородни метали, обект на настоящето изследване и техните приложения в оптоелектрониката, сензориката и фотониката.

Втора глава е посветена на някои методи за получаване на 2D материалите като обстойно са разгледани ексфолирането от обемен кристал (механична ексфолиация), ексфолирането от течна фаза, послойно атомно отлагане (ALD), термично асистирана конверсия (ТАС), молекулярно лъчева епитаксия, химично отлагане от газова фаза (CVD) и метално-органично химическо отлагане от газова фаза (MOCVD). Направен е критичен анализ на предимствата и недостатъците на методите, като една добра основа за избор на метод за получаване на обектите на изследването.

Логично след получаването на слоевете е нужно и описанието им, затова трета глава е посветена на различните съвременни методи и техники за охарактеризиране на материали. Подробно са разгледани: Оптична микроскопия, Рентгенова фотоелектронна спектроскопия, Раманова спектроскопия, Елипсометрия, Атомно силова микроскопия, Трансмисионна електронна микроскопия, Дифракционен анализ.

Сърцето на дисертацията като фундаментално знание е четвърта глава. В нея дисертантът е описал получаването и охарактеризирането на дихалкогениди на преходни благородни метали: платинови селениди (PtSe_2) и телуриди (PtTe_2) чрез Химично отлагане от газова фаза (CVD), Термично асистирана конверсия (ТАС); синтез с течни прекурсори. Представени са детайли и дискусия по получаване и охарактеризиране на обемни кристали от PdSe_2 .

Пета глава е посветена на приложението на нанослоевете от дихалкогениди на преходни благородни метали като: антибактериални покрития срещу *Escherichia coli*, прозрачни, проводими слоеве в полимерно-диспергирани течни кристални устройства за приложения като светлинни превключватели в близката инфрачервена област от спектъра и како активен елемент в полеви транзистори.

От направеното изложение достатъчно ясно проличава добрата подготовка на автора, която му дава възможност да завърши дисертационния труд с релевантна оценка на научните приноси.

Що се отнася до образователната страна, в мен не остава съмнение, че и тя е постигната – кандидатът е навлязал дълбоко в тематиката, запознат е напълно със съвременното състояние на тази проблематика и самостоятелно може да тълкува научни резултати от областта на физиката на кондензираната материя и в частност синтеза и охарактеризирането на 2D материали за опто- и наноелектрониката. Националните изисквания за придобиване на ОНС „Доктор“ са изпълнени почти два пъти

Авторефератът на дисертационния труд е изготвен съгласно утвърдените стандарти и изисквания на Правилника за придобиване на научни звания и заемане на

академични длъжности на И О М Т – Б А Н и отразява коректно постигнатите резултати и научни приноси, отразени в дисертационния труд.

3. Научни приноси на дисертационния труд.

По мое мнение, основните научни приноси на дисертационния труд корелират с авторските претенции. Постигането на целите на заданието е възможно само при решаването на задачи имащи фундаментален характер, като охарактеризирането на нови материали и задачи свързани с оптимизация на техниките на синтез. Научните приноси на дисертацията могат да се отнесат към чисто научни и към такива с определено приложен характер, обобщени накратко, както следва:

- Изследвано е влиянието на два различни метода на синтез:
 - двустепенен процес на термично активирана конверсия (ТАС) с магнетронно разпръснен метален слой и с течен прекурсор при атмосферно налягане;
 - химично отлагане от газова фаза(CVD) при ниско налягане с използване на твърди прекурсори, върху структурата и свойствата на 2D нанослоеви от халкогениди на благородни преходни метали;
- Разработени са рецепти за контролируем, възпроизводим синтез на PtSe_2 и PtTe_2 върху натриево-калциево стъкло, Si/SiO_2 и кварц чрез селенизация на предварително отложени Pt слоеве при атмосферно налягане и ниски температури;
- Успешно са синтезирани монокристали от PdSe_2 по метода на високотемпературните разтвори (флюсов метод);
- Демонстрирано е приложението на PdSe_2 като активен елемент в полеви транзистор (FET), с изразена фото-чувствителност;
- За първи път е показано приложение на тънък (7nm) PtSe_2 - като прозрачен, проводящ слой в полимерно-диспергирани течнокристални структури, работещи като светлинни-превключватели в близката инфрачервена област;
- За първи път е демонстрирана антибактериална активност на PtSe_2 покрития срещу *Escherichia coli*.

4. Преценка степента на личното участие на докторанта.

Личното участие на докторанта в провеждане и анализиране на експеримента е неоспоримо. Основание за това твърдение ми дава дългогодишните научни контакти с

лаборатория „Композитни и наноструктурирани оптични материали“, както и от публикуваните в научната периодика резултати. В хода на времето бях рецензент на мастерската теза на докторанта, която бе една добра основа за разработка на докторска дисертация от една страна, а от друга ми позволи да се запозная детайлно както с работата, така и с творческите търсения на дисертанта.

От предоставените ми материали и от лични впечатления от работата на колектива, стигам до извода, че представеният дисертационен труд основно е лично дело на дисертанта, като естествено, изследванията са планирани и проведени под вещото ръководство на научния ръководител.

5. Публикации по дисертационния труд.

Основните резултатите от изследванията по дисертацията са обект на четири научни публикации в специализирани списания, разпределени както следва: една статия в *Journal of Crystal Growth*; една статия в *Applied Surface Science*; една статия в *ACS Omega*; една статия в IEEE Xplore (XXXI International Scientific Conference ELECTRONICS). Всичките използвани статии са публикувани в списания с импакт или ранг – очевидно едно много добро постижение за един дисертационен труд.

Части от дисертационния труд са докладвани в повече от 10 национални и международни научни форуми, като дисертантът е участвал и с устни доклади.

Високата публикационна активност на докторанта (основно в последните години от доктуратурата), както и забелязаните вече 11 цитата (само върху статиите от дисертацията), са недвусмислена оценка за актуалността на научния проблем от една страна и на качеството на проведените изследвания, от друга. Независимо от това бих искал да подчертая несъмнения принос на дисертацията в разширяване на фундаменталното познание в областта на специализираното материалознание – разработване на нови 2D среди за опто- и наноелектрониката.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По своя обем и качество дисертационният труд напълно отговаря на препоръчителните изисквания отразени в Правилника за приложение на З Р А С Р Б и на Правилника на И О М Т – Б А Н за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности. На базата на изложеното по-горе, отразявайки неоспоримите научните приноси на дисертационния труд, значението на получените резултати в областта на физиката на кондензираната материя, доброто отражение и приемане на

експерименталните резултати от специалистите в това научно направление, както и добрата подготовка на докторанта в областта на физиката на кондензираната материя, препоръчам с увереност на членовете на Научното жури да гласуват положително за присъждане на образователната и научна степен **“Доктор”** в научно направление **4.1 “Физически науки”** - научна специалност **“Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя”** на **маг.- физ. Николай Диянов Минев.**

Кассел, 27.05.2026 г.

Рецензент:

Записано на основание на Регламент (ЕС) 675 от 2016 г.
--

/проф. д-р инж. Пл.Петков/