

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд
за придобиване на научна степен „доктор на физическите науки“
в професионално направление 4.1 Физически науки (Физика на кондензираната материя),
по процедура за защита във Физически факултет (ФзФ)
на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (СУ)

Рецензията е изготвена от: **проф. дфзн Валентин Николов Попов, пенсионер < 5 г., ФзФ, СУ**
в качеството му на член на научното жури
съгласно Заповед № РД 38-464 / 27.07.2022 г. на Ректора на Софийския университет.

**Тема на дисертационния труд: „Повърхностна фотоволтаична спектроскопия
на полупроводникови оптоелектронни материали и наноструктури“**
Автор на дисертационния труд: доц. д-р Веселин Тодоров Дончев

I. Общо описание на представените материали

1. Данни за представените документи

Представените по защитата документи от кандидата доц. д-р Веселин Тодоров Дончев съответстват на изискванията на ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и ПУРПНСЗАДСУ.

Кандидатът е представил в електронен вид дисертационен труд и автореферат, както и другите документи, изисквани съгласно чл.78(5) на [Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ „Св. Климент Охридски“](#) (ПУРПНСЗАДСУ), с изключение на доклад за сходство, изискван съгласно чл.78(5)9.

Представени са и задължителните таблици за ФзФ от Приложение 1 на гореспоменатия правилник: Таблица за покриване на минималните изисквания на основата на Таблица Д.1 за изисквани точки по групи показатели и Таблица Д.2 за брой точки по показатели. Представена е и Таблица Д.3, съдържаща справка за съответствие на публикациите с допълнителните изисквания на ФзФ, и Таблица Д.4, съдържаща справка за съответствие на цитатите (по Scopus) с допълнителните изисквания на ФзФ.

2. Данни за кандидата

Кандидатът се дипломира като физик със специализация Физика на твърдото тяло във ФзФ през 1985 г. Присъдена му е научната степен „кандидат на физическите науки“ (ОНС „доктор по физика“) след защита на дисертация на тема „Изследване на електрични и оптични свойства на точкови дефекти в галиев арсенид“ през 1991 г.

Кандидатът работи като физик във ФзФ през 1991 – 1992 г., старши асистент през 1993 – 1997 г., главен асистент през 1997 – 2004 г. и доцент от 2004 г. досега в катедра Физика на кондензираната материя и микроелектроника на ФзФ. От 2013 г. досега е ръководител на тази катедра.

Кандидатът е водил занятия със студенти-бакалаври по дисциплината „Обща физика“ („Механика“ и „Молекулна физика“) и студенти-магистри по „Наноструктурни материали и прибори за информационните технологии“ и „Физични основи на оптоелектрониката“. Ръководител е на студентска лаборатория по електричество и магнетизъм, ръководил е 6 и е консултант на 4 дипломанти. Консултант е на 2 докторанти, ръководител е на 1 защитил и 1 текущ докторант.

Кандидатът е осъществил 8 научни визити във Франция, Германия, Великобритания, Швейцария и Бразилия. Кандидатът декларира експертна дейност в областта на физиката и участие в организирането на научни събития.

3. Обща характеристика на научните постижения на кандидата

Научните интереси на кандидата са в областта на изследването на електронни и оптични свойства на полупроводникови материали и структури с използване на фотоелектрични и оптични методи, и извършване на компютърни симулации. По-специално, те обхващат използване на повърхностна фотоволтаична спектроскопия (ПФС) за изследване на материали за фотоволтаични приложения (Ga(In)As(Sb)N, Si, perovskites), както и на полупроводникови материали и наноструктури за оптоелектронни приложения (излъчватели, детектори), и второ, пресмятане на спектри на отражение и пропускане на многослойни структури с отчитане на грападостта на интерфейсите.

Представените материали по конкурса покриват и в някои случаи дори надхвърлят минималните изисквания на ЗРАСБГ, ППЗРАСРБ и ПУРПНСЗАДСУ, както е показано в Таблица 1.

Таблица 1. Покриване на минималните изисквания на ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и ПУРПНСЗАДСУ.

Група от показатели	Показател	Брой точки (мин. т. ЗРАСРБГ/ФзФ)
А	1. Дисертационен труд за присъждане на ОНС „доктор“	50 т. (50 т.)
Б	2. Дисертационен труд за присъждане на научна степен „доктор на науките“	100 т. (100 т.)
В	3. Хабилизационен труд – монография 4. Хабилизационен труд – научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация (Web of Science и Scopus)	0 т. (0 т.) 9 публ. в Q1 x 25 т. 4 публ. в Q2 x 20 т. 2 публ. в Q3 x 15 т. = 335 т. (0 т./100 т.)
Г	7. Научна публикация в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация (Web of Science и Scopus)	8 публ. в Q1 x 25 т. 7 публ. в Q2 x 20 т. 6 публ. в др. x 10 т. = 400 т. (100 т./200 т.)
Д	11. Цитирания в научни издания, монографии, колективни томове и патенти, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация (Web of Science и Scopus)	2 т. x 176 цит. = 352 т. (100 т./200 т.)

Група от показатели	Показател	Брой (мин. брой ФзФ)
Допълнителни изисквания на ФзФ на СУ	24. Брой публикации от група I в групи от показатели В и Г	15 (14)
	27. Брой публикации в групи от показатели В и Г със съществен принос на кандидата	14 (9)
	28. h-фактор	9 (6)

Представените научни трудове не повтарят такива от предишни процедури за придобиване на научно звание и академична длъжност. Моето мнение е, че няма плагиатство в представената дисертация и публикациите, на които тя се основава.

4. Характеристика и оценка на преподавателската дейност на кандидата (ако има изискване в ПУРПНСЗАДСУ за това)

В ПУРПНСЗАДСУ няма изискване за оценка на учебно-педагогическата дейност на кандидата.

5. Съдържателен анализ на научните и научно-приложните постижения на кандидата, съдържащи се в материалите за участие в конкурса

Дисертацията съдържа 6 страници, номерирани с римски цифри, и 166 страници, номерирани с арабски цифри. Тя е написана на английски език и включва текст, 85 фигури, 5 таблици и 300 литературни източници. Приносите са публикувани в 15 публикации в издания с IF, 6 публикации в издания с SJR и 3 публикации в други издания. Текстът е разпределен в Увод, Глава 1, представяща структурите и експерименталните методи, Глава 2 с детайли по използвания експериментален метод, Глави 3 и 4 с резултати, Глава с описание на приносите, Списък на използваните публикации на кандидата и Списък на литературните източници. Като цяло дисертацията показва задълбочено разбиране на физиката в областта, а резултатите са представени с нужната степен на подробност. Авторефератът представя пространно материала на дисертацията на български език (88 стр.) и английски език (82 стр.) със същото разпределение по глави като нея.

Изследванията в дисертацията са позиционирани в областта на новите материали за оптоелектронни компоненти за генериране и детекция на светлината, както и за соларни клетки за улавяне на светлина, намиращи приложение в много области на човешкото общество. Актуалността на такива изследвания е обоснована в достатъчна степен в Увода, като са цитирани подходящи литературни източници. Добре е аргументирана необходимостта от прецизното изучаване на електронните свойства на синтезираните материали. Един от методите за изследването им е ПФС, който се основава на измерването на повърхностното фотонапрежение (ПФН), възникващо при осветяване на материалите. Показано е, че този метод има редица преимущества пред други експериментални методи, рутинно прилагани при изучаване на тези свойства, като в същото време пред него съществуват редица отворени въпроси. В дисертацията успешно се решават някои от тези въпроси, като са представени експериментална установка и процедура за измерване на ПФН, и развитие на нов подход за извличане на информация от него, както и приложение на установката и процедурата при изследването на полупроводникови материали за приложение в оптоелектронни компоненти и соларни клетки.

Наноматериалите попадат във фокуса на изследователите преди повече от половин век в стремежа да се създадат структури като например тънки слоеве върху подложка, свръхрешетки, квантови ями, квантови жици, квантови точки и пр., за приложение в компоненти с под-

ходящи електронни свойства за възникващата електроника. Глава 1 въвежда накратко, но съдържателно, различните наноструктури, които се изследват в дисертацията, както и методите за тяхното синтезиране, с подходящо цитиране на литературни източници в областта. От първостепенна важност при изследванията на наноструктурите е прецизното измерване на такива техни електронни характеристики като ширината на забранената зона и транспортните свойства на носителите на заряд, за което в дисертацията е възприета ПФС. Достатъчно подробно са описани процесите, възникващи при осветяване на наноструктурата и създаването на ПФН, както и на техниките за измерване на ПФН. Критично са обсъдени различните такива техники и са посочени предимствата на възприетата техника за измерване на ПФН с използване на структура метал-изолатор-полупроводник с фиксиран метален електрод, за която е изградена и експериментална установка. Показано е, че освен за определяне на ПФН, ПФС може да се използва и за определяне на дължината на дифузия на неосновните носители по два метода.

Разработената експериментална установка е достатъчно подробно описана в Глава. 2. В дисертацията **за пръв път е дефинирана нулева стойност на ПФН фазата**, която е важна за правилната интерпретация на амплитудните и фазовите ПФН спектри. **Предложени са два оригинални подхода при работа с фазовите спектри** – единият позволява определяне на типа на изследвания полупроводник. При втория подход наблюдаваното намаляване на фазата при увеличаване на скоростта на генерация на свободни носители се обяснява с намаляване на ефективното време на живот на неравновесните носители чрез три различни механизми, водещи до нелинейна рекомбинация. Като **оригинален резултат е предложен векторен модел за улесняване на анализа на големината и фазата на ПФН сигнала**.

Глави 3 и 4 представят **пионерно приложение на амплитудната и фазовата ПФС в комбинация с векторния модел за анализа на електронните характеристики на сложни структури**. Глава 3 съдържа конкретни резултати от приложението на ПФС към изучаването на електронните свойства на конкретни наноструктури. В случая на AlAs/GaAs свръхрешетки с една или две вградени GaAs квантови ями получените енергии на екситонни преходи са в много добро съответствие с фотолуминесцентните данни, като в допълнение фазовите спектри позволяват заключения за огъването на зоните и легирането на структурата, както и доминирането на рекомбинацията на свободни екситони.

Представени са и изследвания чрез ПФС на InAs/InGaAlAs структури с квантови чертички-в-квантови ями с възможно приложение в излъчватели на светлина с дължина на вълната над

1 μm . Анализът на получените амплитудни и фазови спектри позволява определянето на оптичните преходи, легирането на слоевете и посоката на огъването на зоните в зависимост от метода на отлагане на слоевете, степента на отгряването и бомбардирането с азотни йони.

Подобно използване на ПФС и векторния модел в случая на структури InAs квантови точки-в-квантови ями с възможно приложение в компоненти за инфрачервени детектори позволява намирането на електронните преходи за два различни метода на израстването на структурите.

Докладваните в дисертацията ПФС изследвания на многослойни структури с InP/GaAs тип-II квантови точки с възможно приложение за оптични паметни и оптични комуникационни устройства са едни от първите за такива структури. Особено в случая е, че сигнал е бил получен едва при измервания при температурата на течния азот. Определен е произходът на двата пика в ПФС спектъра и механизмите на разделяне на носителите в структурата.

В Глава 4 са представени ПФС изследвания на структури с възможно приложение в соларни клетки. Силициевите наножици са перспективни структури за увеличаването на ефективността на клетките. Резултатите от изследванията с помощта на ПФС на силициеви наножици, приготвени чрез химично ецване показват, че последващата химична обработка спомага за отстраняване на структурни дефекти по повърхността им и до подобряване на качеството им. Алтернативен начин за увеличаване на ефективността на клетките е изграждане на многопреходни клетки с използване на разреждени нитриди III-V-N за постигане на регулируеми ширини на забранените зони. В дисертацията са изследвани чрез ПФС такива структури, израстнати чрез течна епитаксия. В много отношения получените резултати имат пионерен характер.

Научните приноси на дисертацията могат да се резюмират като детайлно изследване чрез ПФС на оптичните и електронните характеристики на наноматериали, перспективни за приложение в нанотехнологиите. Използването на получените амплитудни и фазови спектри в комбинация с предложения векторен модел позволява усъвършенстване на анализа на експерименталните данни и улесняване на характеризирането на наноматериалите.

Дисертацията се основава на 21 публикации в издания с IF/SJR в 12 от които кандидатът е на първо място, а в 9 той е на второ място в списъка на авторите, което **потвърждава водещия му принос в тези публикации**. За публикациите са намерени 176 цитата, а h-факторът е 9, което показва **широкия интерес към работата на кандидата**.

6. Критични бележки и препоръки

Нямам съществени критични бележки.

7. Лични впечатления за кандидата

Имам прекрасни впечатления от съвместната ни работа в структурите на ФзФ.

8. Заключение

След като се запознах с представените дисертационен труд, Автореферат и другите материали, и въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащи се в тях научни и научно-приложни приноси, **потвърждавам**, че научните постижения отговарят на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за приложението му и съответния Правилник на СУ „Св. Климент Охридски“ за **придобиване на научна степен „доктор на физическите науки“**. В частност кандидатът удовлетворява минималните национални изисквания в професионалното направление и не е установено плагиатство в представените по конкурса дисертационен труд, автореферат и научни трудове.

Давам своята **положителна** оценка на дисертационния труд.

II. ОБЩО ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на гореизложеното **препоръчвам** на научното жури да присъди **научната степен „доктор на физическите науки“** в професионално направление 4.1 Физически науки (Физика на кондензираната материя) на доц. д-р Веселин Тодоров Дончев

07/09/2022 г.

София

Изготвил рецензията:

(проф. дфзн Валентин Попов)