

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: **доц. д-р Марушка Благовестова Сендова-Василева – Централна лаборатория по слънчева енергия и нови енергийни източници – Българска академия на науките (ЦЛ СЕНЕИ – БАН)**, в качеството ѝ 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

Кандидатът **доц. д-р Веселин Тодоров Дончев** е представил дисертационен труд и автореферат, а така също и задължителните таблици за Физически факултет от [Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ „Св. Климент Охридски“](#).

Представените по защитата документи от кандидата съответстват на изискванията на ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и [Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ „Св. Климент Охридски“](#) (ПУРПНСЗАДСУ).

2. Данни за кандидата

Веселин Дончев е завършил Физически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“ с квалификация физик, специализация физика на твърдото тяло, с отличие през 1985 г.

Защитил е дисертация на тема „Изследване на електрични и оптични свойства на точкови дефекти в галиев арсенид“ за придобиване на докторска степен по физика през април 1991 г. Започва научната и преподавателската си кариера като физик в катедра „Физика на твърдото тяло и микроелектроника“ на Физически факултет, Софийски университет през 1991 г. Премахва през длъжностите старши и главен асистент и от 2004 г. е доцент в катедра „Физика на кондензираната материя и микроелектроника“. Гостувал е многократно за по-къси и по-дълги периоди в редица реномирани чуждестранни университети и изследователски центрове във Франция, Швеция, Швейцария, Бразилия, Германия, Великобритания като там е извършвал конкретни целенасочени научни изследвания, част от които са използвани и в дисертацията му за научната степен „Доктор на науките“. Доц. Веселин Дончев има и богат международен опит в организацията и администрирането на научните изследвания като Администратор на научни проекти по 7 РП на Европейската комисия в областта на наноелектрониката и микросистемите от 2010 до 2013 г. Преподавателската му дейност включва разнообразни общи и специализирани курсове, ръководство на студентска лаборатория, ръководство на успешно защитили дипломанти и един докторант като в момента ръководи още един.

3. Обща характеристика на научните постижения на кандидата

Дисертационният труд на тема „Повърхностна фотоволтаична спектроскопия на полупроводникови оптоелектронни материали и наноструктури“, представен от доц. д-р Веселин Дончев за придобиване на научната степен Доктор на физическите науки, е написан на английски език на 172 страници, състои се от увод, 4 глави, изложение на научните приноси, списък на публикациите, включени в дисертацията, и списък на цитираната литература, включващ 300 заглавия. Всяка глава или раздел от глава завършва с изводи, които обобщават най-важното от изложението и помагат за по-голямата му яснота.

Първата глава е обзорна и дава представа за съвременното състояние на научните изследвания в три основни направления, основополагащи за дисертационния труд, а именно епитаксиалните полупроводникови наноструктури, разредените нитриди на основата на GaAs и техниката и приложенията на повърхностната фотоволтаична спектроскопия. И трите теми са сбито и информативно разгледани, достатъчно за да се ориентира читателят в по-нататъшното изложение като е посочена литература за по-пълно запознаване при необходимост и интерес.

Втората глава е изцяло посветена на повърхностната фотоволтаична спектроскопия. Описана е експерименталната установка, разработена и осъществена с участието на автора,

която е използвана за експериментите предмет на дисертацията, като са подчертани нейните преимущества и особености в сравнение с други подобни апаратури. В отделни раздели са изложени някои оригинални подходи относно фазата на повърхностното фотонапрежение, които имат приносен характер, както и векторният модел за представяне на сигнала на повърхностното фотонапрежение, който улеснява и онагледява анализа на експерименталните резултати.

Третата глава е посветена на оригинални научни резултати от приложението на метода на повърхностната фотоволтаична спектроскопия за изследване на различни конкретни наноструктури, предназначени за определени оптоелектронни приложения. Тя се състои от 4 раздела, във всеки от които е изследван различен тип наноструктури. В първия раздел се представят резултати от повърхностна фотоволтаична спектроскопия на свръхрешетки от AlAs/GaAs с вградени квантови ями от GaAs. Вторият раздел е посветен на интердифузни InAs/InGaAlAs структури с квантови-чертички-в-квантови ями за излъчватели на светлина. В третия раздел се разглеждат структури с InAs квантови точки-в-квантови ями за инфрачервени фотодетектори. В четвъртия раздел са изследвани многослойни структури с InP/GaAs тип II квантови точки.

И в четирите раздела основният метод на изследване е повърхностната фотоволтаична спектроскопия като във всеки един от случаите тя за първи или практически първи път се прилага в такъв обем и задълбоченост към конкретния вид наноструктури. Анализът е много прецизен и детайлен, като винаги в него се използва спектърът на фазата на повърхностния фотоволтаичан сигнал и в повечето случаи се прилага векторният модел, за да се изясни и онагледи конкретната ситуация. За да се допълни и обоснове обяснението на наблюдаваните явления се използват и други експериментални методи като фотолуминесценция, ТЕМ, АФМ, както и моделни пресмятания.

Четвъртата глава е посветена на изследвания с повърхностна фотоволтаична спектроскопия на материали и структури с приложение в слънчеви клетки. Тя се състои от две части. Първата част съдържа такива изследвания на силициеви наножици, получени чрез химическо ецване, подпомогнато от метал. Този материал е перспективен за антирефлексивно покритие на силициеви слънчеви клетки. Направени са изследвания на образци с такива наножици преди и след химична обработка на повърхността за отстраняване на структурни дефекти, появили се в следствие на процеса на ецване. Използавани са два различни по големина фотонни потока и две различни честоти на модулация при измерването на спектрите на повърхностно фотонапрежение. Получените спектри са подробно анализирани. Определена е и дифузионната дължина на неосновните

носители. Установено е, че така получените чрез химично ецване подпомогнато от метал силициеви наножици имат голяма концентрация на положително заредени повърхностни рекомбинационни центрове, които намаляват времето на живот и дифузионната дължина на носителите. Потвърдена е ролята на повърхностната химична обработка за значителното намаляване на повърхностните дефекти и подобряване на приложимостта на материала за целите на фотоволтаиката.

Втората част на четвъртата глава е посветена на разредени нитриди на основата на GaAs. Образците, които са изследвани, са получени по рядко използвания метод на епитаксия от течна фаза. Оказва се, че и методът на спектроскопията на повърхностното фотонапрежение почти не е прилаган до момента за изследване на разредени нитриди. Изследвани са разредени нитриди със състав $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}_{1-x}\text{N}_x$ и $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}_{1-x-z}\text{Sb}_z\text{N}_x$, получени чрез епитаксия от течна фаза, почти решетъчно съгласувани с GaAs. Установено е влиянието на добавката на азот, индий и антимонов върху ширината на забранената зона на получената сплав. За тези изследвания освен спектроскопия на повърхностното фотонапрежение за допълваща информация са използвани методи като фотолуминесценция, EDX, SEM, рентгеноструктурен анализ, Хол измервания, моделни пресмятания. Установена е разлика в стойностите, получени за ширината на забранената зона в изследваните образци, чрез повърхностна фотоволтаична спектроскопия и чрез фотолуминесценция като първите са по-ниски с 35 – 40 meV. Дадено е аргументирано обяснение на този експериментален резултат, свързано с наличието на опашка от дефектни състояния под ръба на проводимата зона.

В края на тази глава са представени структури на слънчеви клетки на основата на GaAsSbN. Структурите са анализирани подробно с измерване на спектри на повърхностно фотонапрежение, температурна зависимост на фотолуминесценция с ниска и висока интензивност на възбуждането, Хол ефект. Изяснен е механизъмът на разделяне на носителите във фотоволтаичната структура. Измерени са волт-амперните характеристики при стандартни условия и спектърът на квантова ефективност на слънчевите клетки. Резултатите са сравними с тези получени при подобни структури, изработани с MOCVD.

Дисертацията завършва с изложение на оригиналните приноси и списък на включените в нея публикации.

- а) Включените в дисертацията публикации покриват и в някои случаи значително надминават минималните национални изисквания и съответно допълнителните изисквания на Физически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“ за придобиване на научната степен „доктор на физическите науки“. По-конкретно при минимално

изисквани 100 т. по показател Г от националните изисквания, кандидатът има 400 т., което е многократно повече. При допълнително изискване за 14 публикации от група I, включени в дисертацията, кандидатът има 15 такива публикации. Освен това се изисква в 9 от тях кандидатът да има съществен принос. В конкретния случай такива са 14 публикации, което е съществено повече. При допълнително изискване от 100 независими цитирания в реферирани издания, представената справка от Scopus показва 382 такива цитирания, а моята последна проверка показва 387. Това е значително надвишаване на минималния критерий и допълнителното изискване на Физически факултет. Допълнителното изискване за h-индекс от поне 6 (без автоцитати) също е надвишено от кандидата, който има h-индекс 9.

- б) включените в дисертационния труд научни публикации не повтарят такива от предишни процедури за придобиване на научно звание и академична длъжност;
- в) не ми е известно да има доказано по законоустановения ред плагиатство в представените дисертационен труд и автореферат.

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

Представените коректно и подробно в края на дисертацията и автореферата приноси са от три основни типа. Създаването на апаратурата за измерване на спектри на повърхностно фотонапрежение има характер на усъвършенстване на съществуващ метод за измерване на физични величини и характеризиране на полупроводникови образци. Дефинирането за първи път на нулевата стойност на фазата на повърхностното фотонапрежение и предложените и приложени нови подходи за извличане на информация от спектъра на тази фаза имат характер на нов метод, допълващ вече съществуващ такъв, за изучаване на полупроводникови образци. Изследванията на полупроводникови свръхрешетки с вградени квантови ями, многослойни структури с квантови точки, на серии от разредени нитриди с различен състав, получени чрез епитаксия от течна фаза, на силициеви квантови жички и на слънчеви клетки на основата на разредени нитриди от една страна демонстрират потенциала на предложените нови и уствършенствани методи и подходи, а от друга страна представляват създаване на нови и допълване на съществуващи знания за съответните полупроводникови материали и структури. Специално изследването на разредени нитриди, получени чрез епитаксия от течна фаза, чрез метода на спектроскопията на повърхностно фотонапрежение има пионерен характер.

Значението за научната общност на предложениия усъвършенстван подход за измерване и анализиране на спектри на амплитудата и фазата на сигнала на повърхностното фотонапрежение се потвърждава от високата цитируемост на статиите, където са изложени тези методи и са дадени примери за тяхното приложение, а именно F2 – 108 пъти, F6 – 33 пъти, F13 – 13 пъти. Във всички тези публикации доц. Веселин Дончев има водеща роля, а последната статия с образователна цел е самостоятелна. В публикациите, представящи резултати, получени с помощта на спектрите на повърхностно фотонапрежение в комбинация с други методи на изследване, подобрите полупроводникови образци и структури са такива, които представляват интерес и са перспективни за съвременни приложения като полупроводникови лазери, инфрачервени фотодетектори, оптични паметни, слънчеви клетки. Това прави получените данни полезни за практиката в оптоелектрониката и за преобразуване на енергия.

5. Критични бележки и препоръки

Нямам критични бележки.

6. Лични впечатления за кандидата

Познавам Веселин Дончев от студентските години. Винаги ми е правил впечатление на сериозен и задълбочен изследовател. Наскоро участвахме заедно в Европейски проект по програмата COST, свързан с фотоволтаиката. Там той беше един от най-активните участници, правеше впечатление със своята компетентност и успяваше да заинтересова много колеги от различни страни и да ги включи в съвместни изследвания. Резултат от това са общи публикации, проекти и продължаващо сътрудничество след края на COST проекта.

7. Заключение

След като се запознах с представените дисертационен труд, автореферат и другите материали, и въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащите 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 научната степен „доктор на физическите науки“**. В частност кандидатът удовлетворява минималните национални изисквания в професионално направление **4.1 Физически науки (Физика на кондензираната материя)** 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.

20.09.2022 г.

Изготвил рецензията:

(доц. д-р Марушка Сендова-Василева)