

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Оцена научне заснованости теме докторске дисертације под насловом „Микроскопска, спектроскопска и биомедицинска карактеризација хибридних угљеничних наноструктура“ коју је пријавио мр Ненад Станковић

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду бр. 5049/16-1 од 26.04.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације под насловом „Микроскопска, спектроскопска и биомедицинска карактеризација хибридних угљеничних наноструктура“ коју је пријавио мр Ненад Станковић.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Ненад Станковић је рођен 23. децембра 1964. године у Београду, где је са одличним успехом стекао основно образовање, а затим и средње у Математичкој гимназији “Вељко Влаховић”. Након одслуженог војног рока, започео је студије на Електротехничком факултету у Београду и успешно их окончао на одсеку и смеру Електронике. Његов дипломски рад „Побољшани Бернулијев метод за решавање диференцијалних алгебарских једначина” (ментор професор др Добрило Тошић) и допринос примени Бернулијеве методе у анализи алгебарских једначина оцењен је оценом 10. Након редовних студија, уписао је постдипломске студије на Електротехничком факултету у Београду, на смеру “Дигитални пренос информација” и успешно одбранио магистарску тезу под називом „Анализа показатеља квалитета сервиса преноса говора преко Интернета” (ментор професор др Милан Милосављевић).

У протеклих 25 година пословне каријере, Ненад Станковић је радио више различитих послова и имао више прилика да стечено образовање прошири и на друге области и сфере пословања. Свој први пословни ангажман реализовао је као технички консултант у приватној компанији DASTO Betel, да би се затим запослио у компанији Пупин Телеком ДКТС као инжењер функционалног испитивања дигиталних система и сарадник на пројекту увођења контроле квалитета и стандарда ISO 9001. Следећи пословни ангажман реализовао је у тадашњем Савезном министарству телекомуникација као самостални саветник у Одељењу за међународне послове, да би након извесног времена био постављен на место начелника истог Одељења, а затим касније и промовисан/постављен на место помоћника министра надлежног за међународне послове у области телекомуникација и поште.

У више наврата предводио је или био члан државних делегација које су учествовале како на међународним конференцијама, тако и у раду различитих међувладиних комитета и радних група. Током рада у Министарству, предводио је тим који је сачинио више законских аката и прописа у области телекомуникација и поште, а као представник Савезне владе у својству предлагача закона, у више наврата учествовао је у раду Савезне скупштине СРЈ. Након рада у Савезној влади, провео је три године у Међународној унији за телекомуникације (ITU) у Женеви, као директор регионалне канцеларије за развој телекомуникација у Европи и бившим земљама Совјетског Савеза. Током трогодишњег рада у ITU-у имплементирао је више десетина пројеката укључујући и захтеве за помоћ државама у развоју, организовао преко 30 међународних семинара/тренинга, као и активно представљао Унију на различитим конференцијама и саветовањима.

По повратку у Београд запослио се у у представништву IBM-а у Београду, где је био задужен за промоцију Linux-а на територији Србије, Црне Горе и Македоније, укључујући и пружање активне подршке раду IBM Linux центра на Факултету организационих наука (ФОН) у Београду. Поред сарадње са софтверским компанијама, био је задужен и за промоцију IBM Академске иницијативе и сарадњу са универзитетима/факултетима и осталим академским институцијама. Од септембра 2007. до децембра 2010. године, Ненад Станковић је радио у IBM-овој регионалној канцеларији у Бечу као System Technology ISV регионални менаџер. Такође, као члан глобалног IBM универзитетског тима био је задужен за имплементацију IBM универзитетског програма у региону.

Од јануара 2011. године налази се на позицији представника Међународног центра за промоцију предузећа (ICPE) у Бечу. ICPE је међународна међувладина организација са седиштем у Словенији, која се бави креирањем и имплементацијом програма/пројеката у различитим областима, са циљем развијања и унапређења људских ресурса. Као представник у Бечу посебно је задужен за сарадњу са међународним организацијама и финансијским институцијама лоцираним у Бечу и Женеви. У том периоду као међународни експерт за област телекомуникација и IT-а регистрован у бази Међународне уније за телекомуникације (ITU), имплементирао је више пројеката од значаја за земље у развоју.

Поред својих редовних обавеза, почетком 2014. године успоставља нову сарадњу са Електротехничким факултетом у Београду (Катедра за микроелектронику и техничку физику), са Групом за физику и хемију угљеничних наноматеријала Института за нуклеарне науке „Винча“, као и са Електротехничким факултетом у Љубљани (Лабораторија за фотонапонске уређаје и оптоелектронику). Од почетка 2016. године сарадник је Полимерног института и Института за квантну физику Словачке академије наука у Братислави, где активно учествује у испитивањима и карактеризацији различитих хибридних угљеничних наноструктура.

Током своје каријере, Ненад Станковић је написао и објавио више стручних чланака и публикација у домаћим и страним часописима.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Као магистар електротехничких наука Ненад Станковић је уписао докторске студије на Модулу за нуклеарну, еколошку и медицинску технику Електротехничког факултета у Београду октобра 2016. године.

У току студирања на академским докторским студијама успешно је положио следеће испите:

Редни број	Шифра	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1.	13Д061НМАН	Нумеричке методе за анализу нуклеарних реактора	10	9
2.	13Д061РЕКЕ	Радијациона и електромагнетна компатибилност електротехничких компоненти и уређаја	10	9
3.	13Д061БМНМ	Биофизичке методе у наномедицини	10	9
4.	13Д061ЕОКМ	Електричне и оптичке карактеристике материјала у наноелектроници и фотоници	10	9
5.	13Д061ФТКБ	Физика, технологија и карактеризација биоматеријала	10	9

Такође, испунио је и планом студија предвиђене научно истраживачке обавезе:

1. Научно стручни рад (3 ЕСПБ бода)
2. Студијски истраживачки рад I (15 ЕСПБ бодова)
3. Студијски истраживачки рад II (15 ЕСПБ бодова)

Од тренутку уписа на докторске студије Ненад Станковић се бавио испитивањем структуре угљеничних квантних тачака микроскопијом атомских сила. У оквиру тог истраживања одређени су профили површина, као и њихови пречници. Такође је испитиван и утицај припреме узорака и подлоге на коју је одређени узорак депонован. У оквиру обуке за рад на микроскопу атомске силе посматран је утицај околине, као што су термални дрефт и вибрације, и режим рада микроскопа на квалитет снимљених узорака.

Други сегмент истраживања (у оквиру пројекта *Antibacterial graphene/polymer nanocomposites* Marie Curie fellowship, ев. бр. 1237/02/02. руководилац пројекта, др Зоран Марковић, научни саветник ИНН Винча) у периоду 2015-2017. године се односио на синтезу, депоновање филмова и спектроскопску карактеризацију графенских хибрида и хидрофобних угљеничних квантних тачака. Резултати тог истраживања су објављени у два међународна часописа категорије M21. У оквиру овог сегмента истраживања урађена је и антибактеријска анализа и тестови цитотоксичности.

Резултати првог другог сегмента истраживања биће обухваћени овом докторском дисертацијом и укључени су у истраживања у оквиру пројекта *Танки слојеви једнослојних угљеничних нанотуба и графена за примену у електроници* (Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, ев. бр. 172003. Руководилац пројекта: Биљана Тодоровић-Марковић, научни саветник ИНН Винча).

Референце:

Радови објављени у међународним часописима категорије M21

1. N.K.Stanković, M.Bodik, P.Šiffalović, M.Kotlar, M.Mičušik, Z.Špitalsky, M.Danko, D.D.Milivojević, A.Kleinova, P.Kubat, Z.Capakova, P.Humpolicek, M.Lehocky, B.M.Todorović-Marković, Z.M.Marković, *Antibacterial and antibiofouling properties of light triggered fluorescent hydrophobic carbon quantum dots Langmuir-Blodgett thin films*, 2018, ACS Sustainable Chem. Eng., DOI: 10.1021/acssuschemeng.7b04566, IF= 5,9
2. Z.M.Marković, D.P.Kepić, D.M.Matijašević, V.B.Pavlović, S.P.Jovanović, N.K.Stanković, D.D.Milivojević, Z.Spitalsky, I.D.Holclajtner-Antunović, D.V.Bajuk-Bogdanović, M.P.Nikšić, B.M.Todorović-Marković, *Ambient light induced antibacterial action of curcumin/graphene nanomesh hybrids*, 2017, RSCAdvances 57(7), 36081-36092, DOI: 10.1039/C7RA05027E, IF= 3,1

Дана 16.05.2018. године Ненад Станковић је успешно одбранио тему докторске дисертације на усменој одбрани у присуству Комисије: др Дејан Раковић, редовни професор ЕТФ у пензији (председник Комисије), др Биљана Тодоровић-Марковић, научни саветник ИНН

Винча, др Милан Поњавић, ванредни професор ЕТФ и др Милан Тадић, редовни професор ЕТФ.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат је у досадашњем раду показао велико интересовање за област угљеничних наноматеријала. Упознао се са структуром, особинама, синтезом, карактеризацијом и могућом применом различитих врста угљеничних наноматеријала-графена и угљеничних квантних тачака.

У оквиру докторске дисертације, Ненад Станковић је радио на проблему синтезе нове врсте угљеничних наночестица -хидрофобних угљеничних квантних тачака. До сада је успешно синтетисао угљеничне квантне тачке, депоновао филмове и урадио њихову карактеризацију применом различитих техника. Обучен је за рад на микроскопу атомске силе (AFM). Савладао је и поступак припреме узорака за снимање на AFM-у (депоновање слојева спин коатингом на подлоге од силицијума и лискуна). Успешно је савладао обраду снимљених AFM слика (одређивање величине снимљених честица по дужини, ширини и висини). Радио је на обради и тумачењу Раманских спектра графена и графенских хибрида са куркумином. Тренутно ради на проблему синтезе допирања угљеничних квантних тачака новим поступком. Способан је да самостално решава проблеме које пред њега постављају ментори. Савладао је конципирање и писање научних радова. Показао је креативност у решавању изненадних проблема. На основу свега досад показаног, ментори предвиђају да ће кандидат све предложене задатке извршити у предвиђеном времену.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања предложене докторске дисертације је испитивање структурних промена различитих угљеничних хибридних наноструктура (хидрофилни електрохемијски ексфолиран графен/куркумин, хидрофобне угљеничне квантне тачке/силицијум диоксид) микроскопским и спектроскопским техникама. Биомедицинска примена датих наноструктура ће бити посебно испитивана.

Због својих изузетних структурних, електронских, топлотних, оптичких и хемијских особина, угљенични наноматеријали су постали предмет истраживања многобројних истраживачких група у свету у последњих неколико деценија. Посебан акценат је стављен на проучавање антибактеријских потенцијала различитих угљеничних наноматеријала. Због често веома супростављених извештаја о антибактеријском потенцијалу угљеничних наноматеријала свако ново истраживање представља велики изазов за сваког истраживача.

Електрохемијски ексфолиран графен представља један слој графена са великим бројем кисеоничних функционалних група распоређених на површини и ивицама графенског слоја. Графен се састоји од атома угљеника међусобно повезаних sp^2 хибридованим везама и правилно распоређеним у шестоуглове (саћаста структура). Електрохемијски ексфолиран графен се најчешће синтетише електрохемијском ексфолијацијом графитних електрода у присуству електролита на бази сулфатних соли. Једна од најбитних особина овог материјала је да је водорастворан, проводан и јако дефектан услед присуства различитих врста кисеоничних група по његовој површини. Редукција дефеката се може спровести одгревањем у вакууму на температурама око 1000 °C. Приликом електрохемијске ексфолијације је могуће произвести нови тип графенских структура са рупама нанометарских димензија у равни графена под називом наномрежа. Таква структура се може лако функционализовати са хидрофобним молекулима.

Угљеничне квантне тачке су нова врста угљеничних наноматеријала облика диска са латералним димензијама до 10 nm. Могу се добити поступком термалне декомпозиције из лимунске киселине или сечењем графен оксида различитим поступцима. Њихова најважнија особина је растворност у води, јака фотолуминесценца и одличне фотокаталитичке особине, као и ниска цена синтезе. Пошто спадају у групу фотоактивних супстанци могу се користити у фотодинамичкој терапији.

Циљ истраживања ове докторске дисертације је да се помоћу доступних и детаљно испитаних угљеничних наноматеријала (електрохемијски ексфолиран графен и угљеничне квантне тачке) приступи стварању хидрофобних угљеничних наноматеријала у виду нано-композита који се могу депоновати у виду континууалног слоја методом Лангмуир-Блоџет. Такви нанокомпозити могу имати примену у органској електроници или у терапији бактеријских инфекција.

3. Полазне хипотезе

У раду се полази од следећих хипотеза:

- Електрохемијски ексфолиран графен оксид ће бити синтетисан методом електрохемијске ексфолијације високо пиролитички оријентисаног графита у раствору амонијум персулфата. Рупе нанометарских димензија у структури ће се добити подешавањем вредности интензитета струје и моларности електролита. Добијена графенска наномрежа ће бити функционализована хидрофобним молекулом куркумина у алкохолном раствору.
- Хидрофобне угљеничне квантне тачке ће бити синтетисане методом пиролизе и трансфером из воденог раствора у хлороформу. Угљеничне квантне тачке ће бити депоноване методом Лангмир-Блоџет на силицијум диоксидне и стаклене субстрате. Процес формирања слоја ће бити детаљно проучаван микроскопским и спектроскопским методама. Биомедицинске особине слојева ће бити проучене на разним бактеријским сојевима.

4. Научне методе истраживања

Методологија истраживања у оквиру предложене докторске дисертације ће обухватити следеће фазе:

- анализу хибрида електрохемијски ексфолиран графен/куркумин применом микроскопије атомске силе, скенирајуће електронске микроскопије, Х-фотоелектронске спектроскопије, Раманске спектроскопије, Фуријеове инфрацрвене спектроскопије, UV-VIS фотолуминесцентне спектроскопије, електронске парамагнетне спектроскопије, различитих антибактеријских тестова, као и тестова цитотоксичности.
- анализу слојева хидрофобних угљеничних квантних тачака на стаклу и силицијум диоксиду, применом микроскопије атомске силе, скенирајуће трансмисионе електронске микроскопије, Брустерове угаоне микроскопије, Х-фотоелектронске спектроскопије, Раманске спектроскопије, Фуријеове инфрацрвене спектроскопије, UV-VIS фотолуминесцентне спектроскопије, електронске парамагнетне спектроскопије, различитих антибактеријских тестова, као и тестова цитотоксичности.

У истраживању ће бити коришћени следећи методи:

1. Електрохемијска синтеза графенске наномреже;
2. Функционализија графенске наномреже куркумином;
3. Синтеза хидрофобних квантних тачака поступком кондензације из полимера Плуроник 68;
4. Депоновање слојева хидрофобних квантних тачака поступком Лангмир-Блоџет;

5. Раманска спектроскопија, Фуријеова инфрацрвена спектроскопија, UV-VIS фотолуминесцентна спектроскопија, Брустеров угаона микроскопија, електронска парамагнетна спектроскопија, микроскопија атомских сила, скенирајућа електронска микроскопија, трансмисиона електронска микроскопија, антибактеријски тестови и тестови цитотоксичности за карактеризацију угљеничних наноконтрола.

5. Очекивани научни допринос

Основни допринос који даје ова докторска дисертација је синтеза нових угљеничних наноструктура са побољшаним фотофизичким особинама.

У оквиру предложене докторске дисертације очекују се следећи резултати:

- синтеза електрохемијски екслолиране графенске наномреже, функционализација куркумином и микроскопска, спектроскопска и биомедицинска карактеризација;
- синтеза хидрофобних угљеничних квантних тачака, депоновање слојева Лангмир-Блоџет методом и микроскопска, спектроскопска и биомедицинска карактеризација;

Очекује се да у оквиру предложене докторске дисертације буду објављена два рада у истакнутим међународним журналима.

6. План истраживања и структура рада

Технологија рада на дисертацији обухвата следеће фазе:

1. Договор са кандидатом о проблематици и његова сагласност да прихвата предложену тему.
2. Преглед литературе о угљеничним наноматеријалима и њиховим особинама са посебним нагласком на промене фотофизичких особина ових наноматеријала.
3. Обука кандидата за рад на микроскопским и спектроскопским уређајима.
4. Обука кандидата да напише научни рад.
5. Синтеза електрохемијски екслолиране графенске наномреже функционализоване куркумином, и синтеза хидрофобних угљеничних квантних тачака и депоновање методом Лангмир-Блоџет.
6. Карактеризација направљених система микроскопијом атомских сила, скенирајућом електронском микроскопијом и трансмисионом електронском микроскопијом, Раманском спектроскопијом, Фуријеовом инфрацрвеном спектроскопијом, UV-VIS фотолуминесцентном спектроскопијом, Брустеровом угаоном микроскопијом, електронском парамагнетном спектроскопијом, антибактеријским тестовима и тестовима цитотоксичности.
7. Анализа резултата.
8. Приказ резултата у научним часописима.
9. Приказ резултата у докторској дисертацији.

7. Закључак и предлог

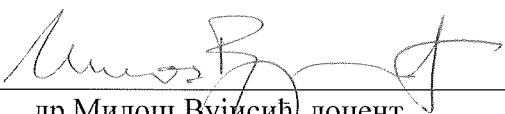
На основу изложеног, Комисија констатује да Ненад Станковић, магистар електротехничких наука, испуњава све потребне услове за израду докторске дисертације под насловом „Микроскопска, спектроскопска и биомедицинска карактеризација хибридних угљеничних наноструктура“. Осим испуњавања формалних услова, кандидат је у свом досадашњем раду показао квалитете пресудне за научно-истраживачки рад, као што су схватање теоријских концепата, оригиналност, способност да самостално и тимски решава проблеме на теоријском и експерименталном нивоу и да критички анализира добијене резултате.

Предложена тема је заснована на актуелним и методолошки коректним научним принципима, припада ужој научној области Савремених материјала и технологија, и представља оригиналан научни допринос области синтезе и карактеризације графенских хибрида и угљеничних квантних тачака. Тема је такође од великог практичног значаја, због све веће употребе различитих угљеничних материјала у биомедицини и индустрији.

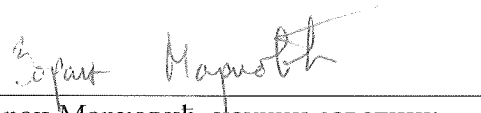
У светлу изложених позитивних оцена научне заснованости пријављене теме, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да одобри мр Ненаду Станковићу израду докторске дисертације под менторством др Милоша Вујисића, доцента Електротехничког факултета Универзитета у Београду и др Зорана Марковића, научног саветника Института за нуклеарне науке „Винча“ Универзитета у Београду.

У Београду, 25.05.2018. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



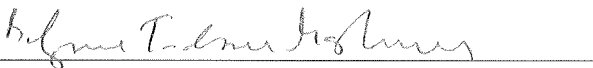
др Милош Вујисић, доцент
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



др Зоран Марковић, научни саветник
Универзитет у Београду - Институт за нуклеарне науке „Винча“



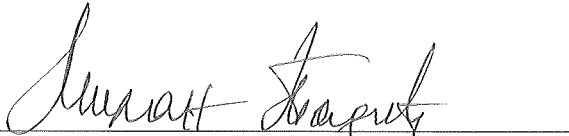
др Дејан Раковић, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



др Биљана Тодоровић-Марковић, научни саветник
Универзитет у Београду - Институт за нуклеарне науке „Винча“



др Милан Поњавић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



др Милан Тадић, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет