

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Миољуба Нешића за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 5018/10-1 од 29.3.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Миољуба Нешића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Развој техника за решавање инверзног фотоакустичког проблема“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Миољуб Нешић, дипл.инж.-мастер електротехнике и рачунарства, рођен је 03.07.1984. године у Београду. На Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао се у октобру 2003. године, а дипломирао 10.10.2008. године, на Модулу за биомедицински и еколошки инжењеринг Одсека за физичку електронику, са просечном оценом 8.39. Исте године, уписао је мастер студије на истом одсеку и модулу; све предмете положио је просечном оценом 9,67 и 02.07.2010. године одбранио мастер рад под насловом "Снимање, анализа, компјутерска и графичка обрада спектралних карактеристика ласерских снопова и медијума коришћених у терапијама биомодулације".

Миољуб је студент докторских студија на Модулу за наноелектронику и фотонику Електротехничког факултета у Београду од децембра 2010. године. Истовремено је запослен у Институту за нуклеарне науке Винча од јануара 2011. године као истраживач-сарадник на пројекту ИИИ45005 – „Функционални, функционализовани и унапређени наноматеријали“ код Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Ради на развоју теоријског модела фототермалног одзива са применом у карактеризацији материјала (коэффициент апсорпције, коэффициент преламања, топлотна дифузивност и проводност); сарађује на развоју алгоритама фототермалне томографије вишеслојних узорака као и на примени неуронских мрежа у решавању инверзног фотоакустичког проблема; бави се аквизицијом и обрадом фотоакустичких мерења на узорцима ниског степена уређења са циљем повезивања структуре и структурних дефеката са променама у термалним, оптичким, еластичним, електронским и геометријским својствима.

До сада је објавио шест (6) радова у часописима међународног значаја, од којих је на 4 рада првопотписани аутор. При томе, 4 рада кандидата су публикована у часописима категорије M22, а 2 рада у часописима категорије M23. Поред тога, публиковао је четири (4) рада у зборницима са међународних скупова (M34), један (1) рад у часопису националног значаја (M51) и три (3) саопштења са конференција националног значаја (M64). Све публикације, осим рада у часопису националног значаја и једног рада изложеног на конференцији националног значаја везане су за тему докторске дисертације. Поред наведеног, још 2 рада кандидата су прихваћена за публиковање у часопису категорије M22.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Кандидат је до сада положио све предвиђене испите планом студија Модула за наноелектронику и фотонику, Електротехничког факултета.

Преглед положених испита

1. Увод у нелинеарну динамику (оцена: 9, ЕСПБ: 9)
2. Модерне фотонске компоненте и системи (оцена: 10, ЕСПБ: 9)
3. Квантна оптика (оцена: 10, ЕСПБ: 9)
4. Оптичко траповане и биомедицинска наноманипулација (оцена: 9, ЕСПБ: 9)
5. Простирање оптичких таласа у комплексним срединама (оцена: 10, ЕСПБ: 9)
6. Транспортни процеси у наноелектроници и фотоници (оцена: 10, ЕСПБ: 9)
7. Француски језик (оцена: 10, ЕСПБ: 6)
8. Моделовање наноструктура (оцена: 10, ЕСПБ: 9)
9. Оптичелектронске мерне методе (оцена: 10, ЕСПБ: 9)
10. Физика, технологија и карактеризација биоматеријала (оцена 10, ЕСПБ: 9)

Списак одрађених обавеза

1. Студијски истраживачки рад I (датум: 16.01.2013. ЕСПБ: 15)
2. Студијски истраживачки рад II (датум: 13.01.2015. ЕСПБ: 15)
3. Научно стручни рад (датум: 30.10.2015. ЕСПБ: 3)

Додатна специјализација

Завршена International Summer School "Photothermal and Photoacoustic Instrumental Techniques", коју је организовао Универзитет Нова Горица, Словенија у сарадњи са "International Society on Photoacoustic and Photothermal Phenomena", 04.-10. September 2014. (ЕСПБ: 9)

Списак објављених радова

Радови објављени у међународним часописима са СЦИ листе:

M22

1. Миољуб Нешић, Слободанка Галовић, Златан Шошкић, Марица Поповић, Драган М. Тодоровић: *Photothermal Thermoelastic Bending for Media with Thermal Memory*, International Journal of Thermophysics Vol 33 (10-11), 2012, pp.2203-2209 (doi: 10.1007/s10765-012-1237-6).

2. Драган Д. Маркушев, Михајло Д. Рабасовић, Миољуб Нешић, Марица Поповић, Слободанка Галовић: *Influence of Thermal Memory on Thermal Piston Model of Photoacoustic Response*, International Journal of Thermophysics Vol 33 (10-11), 2012, pp.2210-2216 (doi: 10.1007/s10765-012-1229-6).
3. Миољуб Нешић, Предраг Гушавац, Марица Поповић, Златан Шошкић, Слободанка Галовић: *Thermal memory influence on the thermoconducting component of indirect photoacoustic response*, Physica Scripta T149, 014018 (4pp), 2012, (doi:10.1088/0031-8949/2012/T149/014018).
4. M. Nesic, M. Popovic, S. Galovic: *The Influence Of Multiple Optical Reflexions On The Photoacoustic Frequency Response*, Optical Quantum Electronics, Vol 48(5), pp. 1-7, 2016, (doi: 10.1007/s11082-016-0564-4).

M23

1. Миољуб Нешић, Марица Поповић, Слободанка Галовић, *Утицај топлотне меморије на термоеластичну компоненту фотоакустичког одзива*, Хемијска Индустрија Vol 65(3) pp. 219–227, 2011, (doi:10.2298/HEMIND110209021N).
2. Миољуб Нешић, Марица Поповић, Зоран Стојановић, Златан Шошкић, Слободанка Галовић, *Фотоакустички одзив танких филмова – утицај топлотне меморије*, Хемијска Индустрија Vol 67(1) pp. 139-146, 2013, (doi: 10.2298/HEMIND120302052N).

M34

1. А.Поповић, Д.М.Тодоровић, З.Стојановић, З.Шошкић, М.Поповић, М.Нешић, С.Галовић, *The low power light emitting diode photoacoustic*, Зборник апстраката – Yucomat 2010, Херцег Нови, 06-10.09.2010, страна 130.
2. Миољуб В.Нешић, Марица Н.Поповић, Слободанка П.Галовић, *Утицај топлотне меморије на термоеластичну компоненту фотоакустичког одзива*, Зборник апстраката са Девете конференције младих истраживача, Београд, 2010, страна 28, ISBN 978-80321-26-4 (ITNSANU).
3. Миољуб Нешић, Марица Поповић, Зоран Стојановић, Златан Шошкић, Слободанка Галовић, *Фотоакустички одзив танких филмова – утицај топлотне меморије*, Зборник апстраката са Десете конференције младих истраживача, Београд, 2011, страна 33, ISBN 978-86-80321-27-1.
4. Миољуб Нешић, Слободанка Галовић, Далибор Чевизовић, *On the transition from delocalized to localized vibron states in macromolecular chains*, Зборник апстраката са Једанаесте конференције младих истраживача, Београд, 2012, страна 68, ISBN 978-86-7306-122-1.

M51

1. Милеса Срећковић, Станко Остојић, Биљана Ђокић, Вељко Зарубица, Александер Ковачевић, Миољуб Нешић, *Scattering, reflection, transmission in theory and practice; the estimations of nonlinear and ultrafast phenomena*, Atti della fondazione Giorgio Ronchi, ANNO LXV, 2010 – N, (13pp), 2010, ISSN: 0391-2051.

M64

1. Жељка Томић, Милена Давидовић, Ненад Ивановић, Зоран Латиновић, Вељко Зарубица, Милован Јанићијевић, Миољуб Нешић, *Динамичко и статичко расејање кохерентне светлости и оцене константи материјала*, Зборник апстраката са Треће радионице фотонице (2010), Земун, 21-23.04.2010, страна 12.
2. М. Нешић, М. Поповић, С. Галовић, *Генерализовани модел фотоакустичког одзива диелектрика*, Зборник апстраката са Четврте радионице фотонице (2011), Копаоник, 02-06.03.2011., страна 24, ISBN 978-86-8244-129-8.

3. Миољуб Нешић, Слободанка Галовић, Златан Шошкић, Марица Поповић, Драган М. Тодоровић, *Фототермално еластично савијање за узорке са топлотном меморијом*, Зборник апстраката са Пете радионице фотонице (2012), Копаоник, 10-14.03.2012., страна 44, ISBN 978-86-82441-33-5.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Миољуб Нешић поседује одговарајући ниво знања и искуства из области нелинеарне динамике, квантне оптике и транспортних процеса у наноструктурама, пертурбационих и варијационих метода за решавање нелинеарних проблема, фотоакустике и фототермалне науке и нумеричких метода потребних за решавање проблема из области предложене теме докторске дисертације. Из области којом се бави докторска дисертација кандидат је до сада публиковао 6 радова, што указује на способност кандидата да ефикасно решава проблеме из области. Поред тога, кандидат поседује самосталност у истраживању и брзо и ефикасно усваја нова знања. До сада је кандидат положио све испите на докторским студијама Електротехничког факултета. Поред тога, кандидат је пред Комисијом формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета, на јавној усменој одбрани, успешно положио докторски испит, одржан 14.04.2016.

На основу наведених резултата кандидата, наша је процена да је кандидат Миољуб Нешић у стању да успешно реализује и заврши израду докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Фотоакустичке (ФА) мерне методе се интензивно развијају у последње четири деценије и налазе све разноврснију примену у науци, техници, медицини и стоматологији: од истраживања везе између структуре материје и њених термалних, еластичних, оптичких, електричних и других физичких особина, посебно на ниској временској (испод 0,1 милсекунде) и просторној скали (субмикронској), преко карактеризације наноелектронских направа и фотонских кристала, па све до *in vivo* дијагностике у медицини. Поред развоја ласера и ласерских диода који се користе као недеструктивна побуда у фотоакустичким методама, све прецизнијих микрофона и ултразвучних сензора, као и пратеће електронике за побољшање односа сигнал-шум, развоју фотоакустичких метода и ширењу њихове примене значајно доприносе: развој теоријских модела за описивање доминантних процеса при интеракцији електромагнетског зрачења са материјом, развој теорије провођења топлоте и еластичних поремећаја кроз разноврсне супстанце, али и развој методологије за решавање инверзног фототермалног и фотоакустичког проблема: од решавања експоненцијалних проблема математичке физике и неуронских мрежа за карактеризацију узорака до развоја алгоритама за реконструкцију слике, када се фототермалне и фотоакустичке методе примењују у имиџингу површине и исподповршинске структуре различитих узорака и направа. До скоро се сматрало да су сви резонантни ефекти у фотоакустичком одзиву последица утицаја мерног ланца, пре свега електронске резонанце микрофона, ултразвучног сензора, функцијског генератора који управља амплитудском модулацијом ласерске побуде или *lock-in* појачавача и тежило се дефинисању и коришћењу само оног дела фотоакустичког одзива у коме се резонанце не појављују, што је значајно сужавало могућности фотоакустичког метода у одређивању оних динамичких својстава у узорку који долазе до изражаја на високим учестаностима (преко 10 килохерца), односно процеса који се дешавају на краткој временској скали, испод 0.1 милсекунде (веома брзи процеси). Недавни развој генерализованог модела за простирање оптички произведеног термодинамичког поремећаја у узорку ФА одзива узима у обзир коначну брзину простирања топлоте, предвиђајући постојање топлотних и акустичких резонанци у ФА одзиву чији положај и величина зависе од физичких својстава узорка. То значи да је неопходно детаљно истражити резонантне ефекте у фотоакустичком одзиву и развити нове методе за решавање инверзног

фотоакустичког проблема како би се омогућило одређивање брзине простирања топлоте, својства које до сада није мерено ни за једну супстанцијалну средину, повећала тачност процене физичких својстава узорка и фотоакустичке томографије, веома битне за медицинске примене.

Први предмет истраживања у овој докторској дисертацији јесте развој методе за решавање инверзног фотоакустичког проблема који је описан генерализованом теоријом фотоакустичког одзива, односно који предвиђа појаву топлотних резонанци у фотоакустичком одзиву на учестаностима преко 10 килохерца. Ово је лоше постављен проблем математичке физике у чијој основи је хиперболичка диференцијална једначина. У истраживање ће бити укључен развој две методе: математичке самоусаглашене процедуре за решавање експоненцијалних проблема и развој неуронске мреже за решавање инверзног фотоакустичког проблема.

Други предмет истраживања јесте развој томографске процедуре за имицинг површине и исподповршинске структуре разноврсних узорака, засноване на генерализованом моделу фотоакустичког одзива.

Циљ истраживања јесте проширење могућности фотоакустичке карактеризације и фотоакустичке томографије, повећање тачности одређивања динамичких својстава материјала и повећање резолуције фотоакустичке томографије. Ово је веома важно за карактеризацију и имицинг материјала са ниским степеном уређења, и са практичне тачке гледишта (посебно за биомедицинске примене) али и са теоријског становишта због тога што би се прецизнијим одређивањем динамичких параметара а посебно брзине простирања топлоте која до сада није мерена, омогућило боље фундаментално описивање транспортних процеса.

Значај истраживања огледа се у повећању могућности фотоакустичких мерних техника за неструктивну карактеризацију, имицинг и томографију, остваривању веће тачности и веће прецизности при одређивању физичких својстава овим методама и проширењу примене ових метода у медицинској дијагностици и инжењерингу особина електронских направа.

Релевантни библиографски подаци

Кандидат ће у раду на тези користити библиографске изворе који се баве: (1) развојем директних фотоакустичких и фототермалних модела, линеаризацијом и регуларизацијом проблема, (2) решавањем експоненцијалних, лоше постављених проблема математичке физике и применом неуронских мрежа у решавању инверзних проблема и (3) томографијом и алгоритмима за реконструкцију слике. Најважније коришћене референце су:

1. A. Rosencwaig, A. Gersho, *Theory of the photoacoustic effect with solids*, J. Appl. Phys. **47** (1976), pp. 64–69.
2. G. Rousset, F. Lepoutre, L. Bertrand, *Influence of thermoelastic bending on photoacoustic experiments related to measurements of thermal diffusivity of metals*, J. Appl. Phys. **54** (1983), pp. 2383–2391
3. H. Varga, L. C. M. Miranda, *Photoacoustic and related photothermal techniques*, Physics Reports, **161** (1988), pp. 43-101.
4. A. C. Tam, *Applications of photoacoustic sensing techniques*, Rev. Mod. Phys. **58**, 381 (1986)
5. S. E. Bialkowski, *Photothermal Spectroscopy Methods for Chemical Analysis* (John Wiley & Sons, Inc., 1996).
6. Galović, S., Kostoski, D., *Photothermal wave propagation in media with thermal memory*, Journal of Applied Physics **93**, 3063 (2003).
7. S. Galovic, Z. Soskic, M. Popovic, D. Cevizovic and Z. Stojanovic, *Theory of photoacoustic effect in media with thermal memory*, Journal of Applied Physics **116**, 024901 (2014).

8. J.F.Power, *Inverse problem theory in the optical depth profilometry of thin films*, Rev. Sci. Inst. **73** (2002), pp. 4057-4138.
9. C. Brezinski, M. Redivo-Zaglia, G. Rodrigez, and S. Seatzu, *Extrapolation techniques for ill-conditioned linear systems*, Numer. Math. **81** (1998), pp.1-29.
10. C. Brezinski, G. Rodrigez and S. Seatzu, *Error estimates for the regularization of least squares problems*, Numer. Algorithms **51** (2009), pp. 61-76.
11. C.W.Groetsch, *The Theory of Tikhonov Regularization for Fredholm Equations of the First Kind*, Pitman, Boston, 1984.
12. P.C.Hansen, *Rank-Deficient and Discrete Ill-Posed Problems*, SIAM, Philadelphia, 1998.
13. Avinash C. Kak, Malcolm Slaney, *Principles of Computerized Tomographic Imaging*, IEEE Press, 1988.
14. Gabor T. Herman, *Image Reconstruction from Projections: The Fundamentals of Computerized Tomography*, Academic Press, 1980.
15. Rafael C: Gonzales, Richard E. Woods, *Digital Image Processing – Third Edition*, Pearson Prentice Hall, 2008

3. Полазне хипотезе

- Прва хипотеза је да резонантни ефекти примећени у чујном опсегу ФА мерења не могу да се припишу утицају мерног ланца. Наша теоријска истраживања показују да њихова појава може бити последица мале брзине простирања топлоте кроз мерне узорке и/или понашања ФА ћелије мале запремине као Хелмхолцовог резонатора. Због тога ће се у овој дискусији поћи од генерализованог модела ФА одзива.
- Друга хипотеза је да систем спрегнутих хиперболичких парцијалних диференцијалних једначина којима се описује простирање термодинамичког поремећаја произведено деловањем модулисаног електромагнетног зрачења на узорак могу да се распрегну за очекиване литературне вредности специфичне топлотне капацитивности чврстих тела.
- Трећа хипотеза је да полазни, распрегнути систем парцијалних диференцијалних једначина може да се литератизује у одређеном опсегу и да на њега могу да се примене интегралне трансформације: Фуријеова, Лапласова и wavelet трансформација.
- Четврта хипотеза је да ФА експеримент може да се постави тако да се проблем посматра као просторно једнодимензионални. Таква поставка експеримента и добијени резултати мерења развијеним директним моделом требало би да омогуће развој процедура решавања инверзног ФА проблема које би као резултат дале својства материјала: топлотна, еластична, оптичка, електронска и др. са њима повезаних.
- Пета хипотеза јесте да ФА експеримент може да се постави са фокусираном оптичком побудом којом би се скенирала површина узорка. За такве експерименте биће развијене томографске процедуре и алгоритми за реконструкцију слике са циљем осликавања површине и исподповршинске структуре узорка.

4. Научне методе истраживања

У истраживању ће бити примењене и експерименталне и теоријске методе.

Експериментално ће бити мерени фотоакустички одзиви алуминијума, монокристалног силицијума као референтних узорака (материјали високог степена структурног уређења) и неколико типова макромолекуларних материјала различитог степена кристаличности (материјали ниског степена структурног уређења). Мерења ће бити обављена користећи две различите фотоакустичке технике.

Теоријске методе које ће бити коришћене су: методе за решавање експоненцијалних проблема математичке физике, формирање електричне аналогije за фотоакустички одзив и коришћење алата развијених у теорији система аутоматског управљања и теорији филтара за прорачунавање одзива оваквог система, теорија неуронских мрежа и развој тростепене неуронске мреже за решавање инверзног фотоакустичког проблема описаног генерализованим директним моделом. Осим тога, биће коришћене различите нумеричке методе и алгоритми за реконструкцију слике за развој фотоакустичке томографије.

Сви наведени методи биће имплементирани помоћу програма Matlab и Mathematica.

4. Очекивани научни допринос

У оквиру ове дисертације очекују се следећи резултати:

- Одређивање брзине простирања топлоте кроз материјале ниског степена уређења (макромолекуларни системи, биолошка ткива, порозни материјали...). Ово својство материјала није до сада одређено ни за један материјал нити структуру, а његово познавање постаје све значајније како за примене разноврсних материјала тако и за даља фундаментална истраживања преноса енергије кроз системе различитог структурног уређења.
- Проширење примене ФА експерименталних техника за карактеризацију оптичког коефицијента рефлексије, одређивање кристаличности и сазнање о томе шта су носиоци енергије код макромолекуларних система.
- Развој алгоритма за осликавање површине и исподповршинске структуре који би се по својим могућностима уочавања дефеката, примеса и кластера мањих димензија на површини приближио могућностима АФМ-а, а у осликавању исподповршинске несавршености пружио веће могућности.

6. План истраживања и структура рада

- Преглед литературе у којој се налазе фундаментални истраживачки доприноси, и експериментални и теоријски, при проучавању фотоакустичког ефекта и директног и индиректног фотоакустичког одзива
- Реализација експеримената користећи две различите фотоакустичке методе на узорцима са различитим степеном уређења структуре и различитих дебљина. На основу ових експерименталних резултата биће направљен избор узорака који ће бити окарактерисани у фотоакустичком експерименту са ултразвучним сензором
- Развој нумеричких симулација фотоакустичког амплитудског и фазног одзива користећи методу коначних разлика и методу коначних елемената.
- Развој методе за решавање инверзног резонантног фотоакустичког проблема и алгоритама за фотоакустичку томографију и њихова примена на одређивање својстава узорака коришћених у експериментима
- Публиковање научних радова у међународним часописима са СЦИ листе чиме се потврђује остварење научног доприноса и оцењује квалитет остварених истраживачких резултата
- Израда и одбрана докторске дисертације у којој ће бити укључени: преглед актуелних истраживања у предметној области, резултати наших истраживања и научни доприноси, као и предлози за нове истраживачке правце у будућности.

7. Закључак и предлог

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације, као и непосредног увида у досадашњи научни рад кандидата Миољуба Нешића, дипломираног инжењера-мастера електротехнике и рачунарства, Комисија је закључила да:

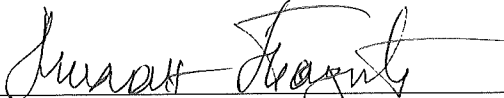
1. кандидат испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за одобрење теме за израду докторске дисертације;
2. предложена тема **„Развој техника за решавање инверзног фотоакустичког проблема“** је научно заснована, а резултати до којих ће се доћи израдом ове дисертације биће значајан и оригиналан допринос области.

Студент докторских студија спроводи истраживања у вези са предложеном темом на Универзитету у Београду, у Институту за нуклеарне науке Винча и у Институту за физику, Земун.

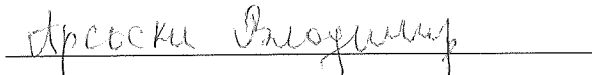
На основу претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату Миољубу Нешићу одобри израду докторске дисертације под наведеним називом, а под менторством др Милана Тадића, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 05.05.2016.

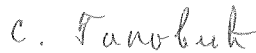
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



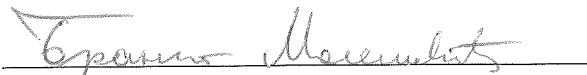
Др Милан Тадић, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



Др Владимир Арсоки, доцент
Универзитет у Београду-Електротехнички факултет



Др Слободанка Галовић, научни саветник
Универзитет у Београду-Институт за нуклеарне науке
Винча



Др Бранко Малешевић, ванредни професор
Универзитет у Београду-Електротехнички факултет