

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Слободана Тодосијевића за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 5063/11-1 од 24.02.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Слободана Тодосијевића, дипломираног инжењера електротехнике, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Развој фотоакустичког мерног система за термичку карактеризацију танких узорака“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Слободан Тодосијевић, дипломирани инжењер електротехнике, рођен је 21.5.1983. године у Новом Пазару. Завршио је Гимназију у Краљеву 2002. године. Дипломирао је 2008. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на смеру Електроника, са просечном оценом 8.31, одбравивши дипломски рад под називом „Реализација УАРТ модула са ФИФО меморијама у VHDL-у за Xilinx Spartan – 3А FPGA чип“.

Током израде дипломског рада је провео три месеца на пракси у Институту „Михајло Пупин“, а након дипломирања је радио 2009-2010. године као пројектант система у предузећу „High Tech Engineering Center“ у Београду, а затим 2010-2011. године као електроенергетски пројектант у предузећу „Grafix“ у Београду, а 2011-2012. године као инжењер сарадник у Заводу за заваривање у Београду.

Докторске студије је уписао на Модулу за наноелектронику и фотонику Електротехничког факултета Универзитета у Београду 2011. године и запослио се 2012. године као истраживач-приправник на Факултету за Машинство и грађевинарство у Краљеву, где је ангажован на пројекту МПНТ Републике Србије „Развој методологија и средстава за заштиту од буке урбаних средина“. У звање истраживач сарадник је изабран 2013. године на Факултету за машинство и грађевинарство, а 2016. године је изабран у звање

асистента на предметима Физика, Техничка физика и Електротехника са електроником, на истом факултету.

Кандидат је похађао курсеве за руковање јонизујућим изворима зрачења и радиоактивним изотопима у Институту „Винча“ и стекао сертификат првог нивоа за испитивање материјала ултразвучним методама од компаније „CertLab“. Поред програма MS Office, програмира у асемблеру и VHDL-у и вишим програмским језицима C и C++ и у програмском алату Visual Studio, а користи програмске пакете AutoCad, Matlab, ISE Xilinx, Magic, Protel 99 (Altium), IAR Embedded Workbench, ModelSim XE III, Active HDL и PSpice. Говори енглески и немачки језик.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат је уписао докторске студије у пролећном семестру 2011/12. године на Модула за наноелектронику и фотонику, Електротехничког факултета Универзитета у Београду, где је и положио све предвиђене испите планом студија са просечном оценом 10.00.

Преглед положених испита

	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1	Немачки језик	10	6
2	Фуријеова оптика	10	9
3	Квантна оптика	10	9
4	Оптичко траповање и биомедицинска наноманипулација	10	9
5	Нелинеарна оптика	10	9
6	Моделовање наноструктура	10	9
7	Оптоелектронске мерне методе	10	9
8	Транспортни процеси у наноелектроници и фотоници	10	9
9	Електричне и оптичке карактеристике материјала у наноелектроници и фотоници	10	9
10	Физика, технологија и карактеризација биоматеријала	10	9

Списак одрађених обавеза

	Назив обавезе	ЕСПБ	Датум
1	Студијски истраживачки рад II	15	26.12.2013.
2	Научно стручни рад	3	26.12.2013.
3	Студијски истраживачки рад I	15	03.12.2012.

Додатна специјализација

Завршена International Summer School “Photothermal and Photoacoustic Instrumental Techniques”, Универзитет Нова Горица, Словенија у сарадњи са “International Society on Photoacoustic and Photothermal Phenomena”, 04.-10. Септембар 2014. (ЕСПБ: 9)

Одбрана приступног рада за израду дисертације

Дана 25.2.2017. године, Слободан Тодосијевић је полагао испит о подобности теме и кандидата (докторски испит) пред комисијом у саставу: ванредни професор Пеђа Михаиловић и редовни професор Зоран Радаковић са Електротехничког факултета Универзитета у Београду и редовни професор Златан Шошкић са Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу. Комисија је једногласно закључила да су кандидат и тема подобни за израду докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

Списак објављених радова

Рада у истакнутом међународном часопису (M22):

[1] **Slobodan Z. Todosijevic**, Zlatan N. Soskic, Slobodanka P. Galovic, *A combination of frequency photoacoustic and photoacoustic spectroscopy techniques for measurement of optical and thermal properties of macromolecular nanostructures*, Optical and Quantum Electronics, **48**, pp. 300, May 2016, DOI: 10.1007/s11082-016-0571-5, ISSN: 0306-8919, IF – 1.290.

Рада у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24):

[1] Šoškić Zlatan, Galović Slobodanka, Bogojević Nebojša, **Todosijević Slobodan**, *Static Component Of Photothermal Response In Non-Transparent Samples*, Facta Universitatis: Series Electronics and Energetics, Vol. 25, No. 3, 213-224, (2012), ISSN: 0353-3670.

Саопштења са међународних научних скупова штампана у целини (M33):

- [1] Branko Radičević, Zoran Petrović, **Slobodan Todosijević**, Zvonko Petrović, *Design of noise protection of industrial plantscase-Study of a plywood factory*, 23rd National and 4th International Conference “Noise and Vibrations”, Niš 17-19.October2012, pp. 71-75, ISBN: 978-86-6093-042-4.
- [2] Bojan Tatić, Nebojša Bogojević, **Slobodan Todosijević**, Zlatan Šoškić, *Analysis of noise level generated by helicopters with various numbers of blades in the main rotor*, 23rd National and 4th International Conference “Noise and Vibrations”, Niš 17-19.October2012, pp. 249-253, ISBN: 978-86-6093-042-4.
- [3] **Slobodan Todosijević**, Slobodanka Galović, Jelena Tomić, Zlatan Šoškić, *Application of Photoacoustic Techniques For Characterization Of Materials*, 35 th International Conference on Production Engineering, Kraljevo-Kopaonik, 25-28 September 2013, pp.153-156, ISBN: 978-86-82631-69-9.
- [4] **Slobodan Todosijević**, Slobodanka Galović, Jelena Tomić, Zlatan Šoškić, *Developing model of a photoacoustic measurement system*, Proceedings of the 8th International Conference Heavy Machinery HM 2014, Zlatibor, 24-26.06.2014, pp. G 45-50, ISBN: 978-86-82631-74-3.
- [5] Jelena Tomić, Zlatan Šoškić, Nebojša Bogojević, **Slobodan Todosijević**, *A simplified method for data processing of signals with heavy data transmission losses*, The Eighth International Triennial Conference Heavy Machinery – HM2014, Zlatibor, June 25 - June 28 2014., pp. 55-59, ISBN: 978-86-82631-74-3.
- [6] Nebojša Bogojević, Jelena Tomić, **Slobodan Todosijević**, *Validation of railway vehicle model based on comparison of cumulative distribution functions*, The Eighth International Triennial Conference Heavy Machinery – HM2014, Zlatibor, June 25 - June 28 2014., pp. 69-76, ISBN: 978-86-82631-74-3.

[7] Jelena Tomić, **Slobodan Todosijević**, Nebojša Bogojević, Zlatan Šoškić, *Methodology for verification of software for noise attenuation calculation according to ISO 9613-2 standard*, 24th International conference Noise and Vibration, Niš, October 29 - 31, 2014., pp. 27-33, ISBN: 978-86-6093-062-2.

[8] **Slobodan Todosijević**, Dejan Ćirić, Branko Radičević, Zlatan Šoškić, *Experimental characterization of a photo-acoustic measurement system*, Proceedings of 25th International Conference „Noise and Vibration“, Tara, 2016, ISBN: 978-86-6093-076-9, pp. 23-26.

Саопштења са међународних научних скупова објављена у изводу (M34):

[1] **Slobodan Todosijević**, Zlatan Šoškić, Nebojša Bogojević, Dalibor Čevizović, Slobodanka Galović, *Optically induced changes of thin film surface temperature*, Book of abstracts, The 3rd ICOM, August 2012, Belgrade, Serbia, p.110, ISBN: 978-86-7306-116-0.

[2] **Slobodan Todosijević**, Zlatan Šoškić, Nebojša Bogojević, Dalibor Čevizović, Slobodanka Galović, *Effects of optical beam multiple reflections to photothermal response- correction factor*, Book of abstracts, The Eleventh Young Researchers' Conference, Belgrade, December 3- 5, 2012, p. 68 ISBN: 978-86-7306-122-1.

Радови објављени у водећем часопису националног значаја (M51):

[1] J. Tomić, **S. Todosijević**, B. Radičević, Z. Šoškić, *Calculation of Noise Field in an Urban Area close to a Traffic Overpass-Case Study*, Applied Mechanics and Materials, Vol. 801, pp. 60-65, Oct. 2015, DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.801.60, ISSN: 1662-7482.

Радови објављени у часопису националног значаја (M52):

[1] Nebojša Bogojević, Jelena Tomić, **Slobodan Todosijević**, *Validacija modela železničkog vozila bazirana na poređenju CDF funkcija signala*, IMK-14 – Istraživanje i razvoj u teškoj mašingradnji 21(2015)2, SR53-60, UDC 621 ISSN: 0354-6829.

Радови у зборницима научних скупова од националног значаја (M63):

[1] М. Нешић, С. Галовић, **С. Тодосијевић**, З. Шошкић, *Стационарни фототермални ефекат: утицај вишеструких рефлексија*, Зборник радова, XII Конгрес физичара Србије, 28. Април – 2. Мај 2013, Врњачка Бања, Србија: 325 – 328, Издавач: COBISS.SR-ID 198025740 2013, ISBN: 978-86-86169-08-2.

Техничка решења (M83):

[1] Zoran Petrović, Miomir Vukićević, Branko Radičević i Mišo Bjelić, Aleksandra Petrović, **Slobodan Todosijević**, "Reverberaciona komora", 2012, Kraljevo, Srbija.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Слободан Тодосијевић поседује одговарајући ниво знања и искуства из области фотоакустике и фототермичке науке, електронике, дигиталне обраде сигнала и аквизиције сигнала потребних за решавање проблема из области предложене теме докторске дисертације. Из области којом се бави докторска дисертација кандидат је до сада публикувао два рада, 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 Универзитета у Београду са највишом оценом. На крају, кандидат је пред Комисијом формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета, на јавној усменој одбрани, успешно положио докторски испит, одржан 25.2.2017. године.

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

2. Предмет и циљ истраживања

Настанак звучног таласа након осветљавања узорка модулисаним светлосним снопом назива се фотоакустички (ФА) ефекат. Теоријска истраживања предвиђају да је уз помоћ мерних техника заснованих на ФА ефекту могуће извршити одређивање карактеристика танких узорака. ФА технике нису инвазивне и због тога изазивају интересовање у разним областима науке, медицине и технике. У зависности од карактеристика које се желе проучавати примењују се различите технике засноване на ФА ефекту. У фокусу предложеног истраживања је примена фреквентне ФА технике за термичку карактеризацију, док ће споредни правац истраживања разматрати могућности повезивања фреквентне ФА технике са ФА спектроскопијом ради симултане оптичке и термичке карактеризације.

Предмет истраживања је развој ФА мерног система за одређивање термичких параметара танких узорака, и то термичке дифузивности, термичке проводљивости и специфичне топлоте. Систем се састоји од побудног дела, ФА ћелије и детекционог дела.

Побудни део система чине извор светлости и модулатор светлосног снопа. Модулисани светлосни снап погађа узорак у коме се апсорбује део светлосне енергије, а услед ФА ефекта настаје акустички сигнал учестаности једнаке учестаности модулације светлосног снопа.

Генерисани акустички сигнал се детектује микрофоном, док се део светлости који се рефлектује од узорка детектује фотодетектором, па детекциони део система чине микрофон са претпојачавачем, фотодетектор, појачавачи детектованих сигнала и систем за аквизицију. У оквиру система за аквизицију се налазе аквизициона картица, lock-in појачавач и рачунар.

ФА ћелијом се назива затворени простор у коме се простире акустички сигнал генерисан ФА ефектом. Мада ФА ћелија може бити изведена као комора у коју се постављају узорак, микрофон и фотодетектор, чешће се узорак причвршћује директно за микрофон, тако да простор између узорка и микрофона представља ФА ћелију.

За примену фреквентне ФА технике се описани мерни систем користи тако што се рачунарском обрадом сигнала које су детектовали микрофон и фотодетектор одређује зависност односа амплитуда и фазне разлике тих сигнала од модулационе учестаности. На основу поређења тих фреквентних зависности са новим теоријским моделима ФА ефекта се могу одредити термичке карактеристике узорка методама линеарног и нелинеарног фитовања, одређивања позиција минимума и максимума, као и анализе резонантних учестаности.

Циљ истраживања је одређивање преносне функције ФА у опсегу три декаде аудио-фреквентног спектра. С обзиром на велику ширину преносног опсега фотодетектора, преносна функција ФА мерног система може да се представи производом преносних функција ФА ћелије, микрофона, појачавача и аквизиционе картице. Према томе, фреквентни опсег фреквентне ФА технике је ограничен фреквентним опсезима побројаних компонената мерног система.

Споредни циљ истраживања представља истраживање могућности детектовања резонанци термичке меморије мерењем ФА ефекта код узорака са ниским степеном структурног уређења (low-order), као што су порозни материјали и биолошка ткива. Генерализовани модел ФА ефекта, који укључује термичку меморију као својство материјала, предвиђа постојање топлотних резонанци као последицу коначне брзине простирања топлоте кроз узорке. Код узорака са ниским степеном структурног уређења теорија предвиђа малу брзину простирања топлоте и резонантне учестаности у аудио-фреквентном опсегу ФА мерног система који се развија у оквиру дисертације.

Значај истраживања се огледа у проширењу фреквентног спектра ФА испитивања, који ће обезбедити могућност тачнијег и прецизнијег одређивања термичких параметара, као и отварању могућности откривања резонанци термичке меморије за материјале ниског степена структурног уређења. Поред тога, модуларни карактер предложеног мерног система отвара могућност његовог повезивања са другим мерним техникама и истовремено одређивање већег броја параметара материјала, не ограничавајући се само на термичке.

- [1] Allan Rosencwaig, and Allen Gersho, "Theory of the photoacoustic effect with solids", Journal of Applied Physics 47, no. 1: 64-69 (1976).
- [2] J. P. M. Valcarcel, J. A. Palacios and J. J. Alvarado-Gil, Determination of the thermophysical properties of polymers (PET) using photoacoustic spectroscopy, J.Mat.Sci. 34, 2113-2119 (1999).
- [3] S. Galović, and D. Kostoski, "Photothermal wave propagation in media with thermal memory", Journal of applied physics 93, no. 5: 3063-3070 (2003).
- [4] Jose Abraham Balderas-Lopez, and A. Mandelis, "Self-normalized photothermal technique for accurate thermal diffusivity measurements in thin metal layers", Review of scientific instruments 74, no. 12: 5219-5225 (2003).
- [5] Mihailo D. Rabasović, Marko G. Nikolić, Miroslav D. Dramićanin, Mladen Franko, and Dragan D. Markushev. "Low-cost, portable photoacoustic setup for solid samples." Measurement Science and Technology 20, no. 9: 095902 (2009).
- [6] T. Kuusela, J. Peura, B. A. Matveev, M. A. Remenny, and N. M. Stus', "Photoacoustic gas detection using a cantilever microphone and III–V mid-IR LEDs", Vib. Spectrosc. 51, 289–293 (2009).
- [7] Tetsuya Baba, Naoyuki Taketoshi, and Takashi Yagi, "Development of ultrafast laser flash methods for measuring thermophysical properties of thin films and boundary thermal resistances", Japanese Journal of Applied Physics 50, no. 11S: 11RA01 (2011).
- [8] M. Nesic, S. Galovic, Z. Soskic, M. Popovic, and D. M. Todorovic "Photothermal Thermoelastic Bending for Media with Thermal Memory", International Journal of Thermophysics 33, no. 10-11: 2203-2209 (2012).
- [9] D. D. Markushev, M. D. Rabasović, M. Nesic, M. Popovic, and S. Galovic, "Influence of Thermal Memory on Thermal Piston Model of Photoacoustic Response", International Journal of Thermophysics 33, no. 10-11: 2210-2216 (2012).
- [10] S. Galović, Z. Šoškić, M. Popović, D. Čevizović, and Z. Stojanović, "Theory of photoacoustic effect in media with thermal memory", Journal of Applied Physics 116, no. 2: 024901 (2014).
- [11] Zlatan Šoškić, Snežana Ćirić-Kostić, and Slobodanka Galović, "An extension to the methodology for characterization of thermal properties of thin solid samples by photoacoustic techniques", International Journal of Thermal Sciences 109: 217-230 (2016).
- [12] M. N. Popovic, M. V. Nesic, S. Ćirić-Kostić, M. Zivanov, D. D. Markushev, M. D. Rabasovic, and S. P. Galovic, "Helmholtz Resonances in Photoacoustic Experiment with Laser-Sintered Polyamide Including Thermal Memory of Samples", International Journal of Thermophysics 37, no. 12: 116 (2016).
- [13] Andrew C. Tam , "Applications of photoacoustic sensing techniques." Reviews of Modern Physics 58, no. 2: 381 (1986).
- [14] Horatio Scott Carslaw and John Conrad Jaeger. "Conduction of heat in solids." Oxford: Clarendon Press, 1959, 2nd ed. (1959).

3. Полазне хипотезе

Истраживања ће се спроводити на основу четири полазне хипотезе:

1. Фреквентни опсег од три декаде је довољан за карактеризацију узорака и одређивање термичких параметара.

Постоје два физичка механизма који доприносе сигналу који се ствара у ФА ћелији, а одговарајуће компоненте ФА сигнала се називају термодифузиона (ТД) и термоеластична (ТЕ) компонента. Однос амплитуда ових компоненти зависи од модулативне учестаности. Аналитички поступци развијени за термичку карактеризацију узорака путем фреквентне ФА

технике се заснивају на нискофреквентним (НФ) и високофреквентним (ВФ) апроксимацијама математичких израза за компоненте ФА сигнала, при чему границу између НФ и ВФ области представља карактеристична учестаност узорка, која зависи од његових димензија и термичких карактеристика. С обзиром да се фреквентна зависност ФА сигнала може приказати преко поменуте три термичке карактеристике узорка, фреквентни опсег мерења који омогућава жељену карактеризацију треба да обезбеди бар три једначине из којих се те термичке карактеристике могу израчунати. Како је, са једне стране, за анализу зависности ФА сигнала од модулационе учестаности потребно јасно разликовати доминантни механизам (ТД или ТЕ) и фреквентни подопсег (ВФ или НФ), и како, са друге стране, аналитички поступци за одређивање параметара захтевају примењивост апроксимације у опсегу од барем једне декаде, термичка карактеризација помоћу мерног система који је предмет овог истраживања захтева мерење ФА сигнала у фреквентном опсегу ширине бар три декаде.

Уколико ова минимална претпоставка није испуњена, фреквентна ФА техника пружа само везе међу поменутим термичким карактеристикама, али не омогућава њихово одређивање. Испуњеност претпоставке, са друге стране, зависи не само од особина мерног система већ и од узорка (због карактеристичне учестаности) па ће развијени мерни систем бити примењив само на оне узорке који испуњавају ову претпоставку.

2. Могуће је развити мерни систем који ће имати могућност мерења у три декаде фреквентног опсега.

Испуњавање ове претпоставке подразумева низ побољшања у односу на досадашње ФА мерне системе. Пре свега, однос сигнал – шум критично утиче на одређивање амплитуде и фазе *lock-in* појачавача. С обзиром да амплитуда ФА сигнала опада са повећањем модулационе учестаности, јасно је да ће се са побољшањем односа сигнал – шум проширити фреквентни опсег испитивања. Поред тога, фреквентне карактеристике микрофона највише ограничавају опсеге досадашњих ФА испитивања, у којима је кориштен „равни“ део фреквентне карактеристике микрофона, односно само опсег у коме је амплитудска карактеристика константна. Одређивањем преносне функције система отвориће се могућност употребе микрофона и на оне делове фреквентног опсега у коме њихове карактеристике нису „равне“.

3. Резонантне и одсецајуће (*cut-off*) учестаности ФА ћелије, микрофона и појачавача су изван аудио-фреквентног опсега.

Резонантна учестаност ФА ћелије зависи од њених димензија и облика, а када се као ФА ћелија користи микрофонска шупљина, онда се јавља и Хелмхолцова резонанца која зависи од односа величине отвора на кућишту микрофона и запремине ФА ћелије.

Микрофон утиче на аудио-фреквентни опсег мерног система на нискофреквентној и високофреквентној страни. Нискофреквентна одсецајућа учестаност одређује почетак фреквентне карактеристике микрофона и приликом развоја мерног система ће се претпоставити да се на тржишту могу пронаћи микрофони којима је учестаност одсецања испод доње границе фреквентног опсега мерног система који се развија. Уклањање утицаја електромеханичких резонанци микрофона које се налазе у средини аудио-фреквентног спектра је један од задатака овог рада и о тим резонанцама неће бити чињене претпоставке.

Појачавач се понаша као нискофреквентни филтар. Његова одсецајућа учестаност зависи од односа пропусног опсега и појачања које користимо и може се претпоставити да се на тржишту могу пронаћи појачавачи чији је пропусни опсег шири од фреквентног опсега мерног система који се развија.

4. Могуће је детектовати резонанце термичке меморије.

Резонанце термичке меморије још нису експериментално детектоване. Према теорији, повећање амплитуда топлотне резонанце праћено је смањењем разлика међу резонантним учестаностима што значи да да би детектовање термичких резонанци захтевало мале кораке повећања модулационих учестаности приликом снимања. С обзиром да су до сада при мерењима фреквентних зависности ФА сигнала готово искључиво кориштени пропорционални (једнак однос суседних учестаности) а не аритметички (једнака разлика суседних учестаности) кораци повећања учестаности, има основа да се претпостави да експерименталне технике нису биле ни погодне за детекцију резонанци термичке меморије. Из тих разлога је и важно да ФА мерна техника која се развија буде модуларног типа и да даје могућност повећања резолуције испитивања *in situ* у делу фреквентног опсега од интереса.

4. Научне методе истраживања

Планирана је примена следећих метода истраживања:

- Експериментално мерење преносне функције ФА мерног система у анехоичној комори.

Како би ФА сигнал који генерише узорак био одређен, неопходно је познавати преносну функцију детекционог дела ФА мерног система. Ради одређивања ове преносне функције, спроводиће се мерења у анехоичној комори, генерисањем улазног сигнала који има константну амплитуду у изабраном фреквентном опсегу. Као побуде ће се користити извор белог шума и *sweep* синусни сигнал, одређених трајања.

Побудни сигнал ће се снимати са два система. Први систем представља детекциони део ФА мерног система, а други је референтни микрофон са пратећим системом аквизиције. Референтни микрофон са пратећим аквизиционим системом има познату фреквентну карактеристику. Поређењем сигнала снимљеног референтним микрофоном и сигнала снимљеног детекционим делом ФА мерног система, добиће се преносна функција ФА мерног система.

- Пројектовање и израда софтвера за управљање мерним системом.

Сврха софтвера за управљање мерним системом је аутоматизација побудног дела и синхронизација рада побудног и детекционог дела ФА мерног система. За то ће се користити аквизициони алат софтверског пакета *Matlab* или ће се такав алат развијати уз помоћ програмског језика C++. Поред тога, софтвер ће обављати и функцију *lock-in* појачавача, па ће излазни резултат софтвера бити табеларни и графички прикази амплитудско-фреквентних и фазно-фреквентних зависности ФА сигнала.

- Експериментална провера рада појединачних делова ФА мерног система.

Провера побудног дела (модулације светлосног извора), биће извршена мерењем амплитуде сигнала фотодетектора у мерном опсегу.

Провера рада развијеног *lock-in* појачавача ће се извршити симулацијом улазног сигнала. Користиће се сигнал познате амплитуде и фазе коме ће бити додат сигнал шума коришћењем генератора случајних бројева. Променом амплитуде шума ће се одредити колико пута она може бити већа од амплитуде сигнала, а да при томе детекција сигнала буде могућа.

Експерименталном провером и симулацијом ће се такође изучавати и оптимална методологија одређивања термичких карактеристика путем фреквентне ФА методе. Наиме, ФА технике су релативно споре, јер се ФА сигнал мери на широком спектру учестаности, а због слабости ФА сигнала се мерења на свакој учестаности понављају са циљем да се смањи утицај шума. Према томе, развој сваког ФА мерног система, па и мерног система који је

предмет овог рада, подразумева и одређивање оптималног броја понављања мерења на одређеној учестаности који доводи до поуздане фреквентне зависности ФА сигнала.

5. Очекивани научни доприноси

Очекивани доприноси ове докторске дисертације су:

- Развој недеструктивне мерне технике за термичку карактеризацију танких материјала. Смањењем димензија узорака се мењају термичке, еластичне, оптичке, електричне и друге особине. С обзиром на тренд минијатуризације, танки узорци и материјали налазе све веће примене, па познавање физичких особина таквих материјала има практичан значај.
- Развој фреквентне ФА технике ће омогућити детекцију термичких резонанци и проверу модела термичке меморије. С обзиром да термичка меморија представља један од генералисаних модела простирања топлоте који описују простирање топлете као таласни, а не дифузиони процес, детекција и проучавање ефекта термичке меморије има фундаментални теоријски значај.
- Развој модуларног мерног система, који има могућност повезивања са инструментацијом за оптичке мерне технике.
- Развој експерименталне мерне методе која има могућност симултаног одређивања термичких и оптичких параметара даће могућност увида у транспортне процесе у макромолекуларним наноструктурама, а самим тим и њихове примене у нанооптици и наноелектроници. На овај начин се очекује да ће бити омогућено да се истовремено прате процеси апсорпције светлости и простирања топлоте која је апсорпцијом створена, што је од значаја за истраживања у области фототермичке карактеризације. Очекује се да развијене мерне технике имају потенцијалне примене у нанооптици и наноелектроници: да, на пример, омогуће разумевање транспортних механизма у макромолекуларним наноструктурама, где недавна теоретска истраживања указују да се топлотни транспортни механизми генерисани апсорпцијом инфрацрвене и видљиве светлости разликују.

6. План истраживања

- Проучавање литературе од значаја, која ће дати потребну теоријску основу, и открити практична искуства појединих истраживачких група.
- Развој појединих делова фреквентног ФА мерног система и њихово тестирање: модулятора, светлосног извора, фотодектора, микрофона, појачавача, *lock-in* појачавача и аквизиционог дела.
- Снимање преносних карактеристика ФА мерног система, за различите комерцијалне микрофоне, у анехоичној комори. Користиће се и различите аквизиционе картице и упоређивати резултати.
- Склапање система и његово пуштање у рад, што подразумева и спроведену аутоматизацију процеса испитивања и синхронизацију побудног и детекционог дела.
- Повезивање развијеног ФА мерног система на ФА спектроскоп и симултано одређивање параметара.
- 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: (1) преглед актуелних истраживања у предметној области, (2) резултати истраживања и научни доприноси и (3) предлози за нове истраживачке правце у будућности.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације, као и непосредног увида у досадашњи научни рад кандидата Слободана Тодосијевића, дипломираног инжењера електротехнике, 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 фотоакустичког мерног система за термичку карактеризацију танких узорака“** је научно заснована, а резултати до којих ће се доћи изработом ове дисертације биће значајан и оригиналан допринос области.

Студент докторских студија спроводи истраживања у вези са предложеном темом на Факултету за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу и на Универзитету у Београду, у Институту за физику, Земун.

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

У Београду, 25.2.2017.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



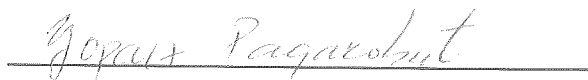
Др Милан Тадић, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



Др Пеђа Михаиловић, ванредни професор
Универзитет у Београду-Електротехнички факултет



Др Златан Шошкић, редовни професор
Универзитет у Крагујевцу-Факултет за машинство и
грађевинарство у Краљеву



Др Зоран Радаковић, редовни професор
Универзитет у Београду-Електротехнички факултет