

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Јоване Шакоте Росић, мастера машинства, студента докторских студија

Одлуком 1313/2 бр. од 22.06.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Јоване Шакоте Росић, мастера машинства, студента докторских студија Модула за Биомедицинско инжењерство на Машинском факултету Универзитета у Београду под насловом

"Нанопотонски филтри за потребе биомедицинских уређаја"

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња Јована Шакота Росић, мастер машинства, уписала је докторске студије у школској години 2010/11. По захтеву кандидата Јоване Шакоте Росић број 1210/1 од 10.06.2013. год., предлога проф. др Лидије Матије и сагласности Катедре за Аутоматско управљање бр. 1210/2 од 13.06.2013. год. да јој се одобри пријава теме докторске дисертације и именује Комисија за подношење извештаја о прихватању теме, Научно-наставно веће Машинског факултета Универзитета у Београду донело је Одлуку бр. 1210/3 од 26.06.2013. год. којом се прихвата тема докторске дисертације и именује ментор проф. др Лидија Матија и Комисија за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације и њене научне заснованости у саставу:

- др Лидија Матија, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, ментор,
- др Божица Бојовић, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду
- др Александра Васић-Миловановић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду,
- др Никола Иланковић, редовни професор Медицински факултета Универзитета у Београду
- др Ђуро Коруга, Машинског факултета Универзитета у Београду, професор у пензији

На основу извештаја комисије бр. 1210/4 од 09.07.2013. и одлуке ННВ под бројем 1210/5 од 11.07.2013. године поднет је захтев Машинског факултета Већу научних области

техничких наука Универзитета у Београду које је на седници бр. 61206-3692/2-13 одржаној 16.09.2013. донело Одлуку да се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације Јоване Шакоте Росић, мастера машинства под називом "Нанофотонски филтри за потребе биомедицинских уређаја" под менторством проф. др Лидије Матије.

На основу обавештења проф. др Лидије Матије да је докторант Јована Шакота Росић, мастер машинства завршила докторску дисертацију под називом "Нанофотонски филтри за потребе биомедицинских уређаја", предлога Катедре за аутоматско управљање, Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду донело је Одлуку 1313/2 бр. од 22.06.2017. о именовану Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- др Лидија Матија, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, ментор,
- др Александра Васић-Миловановић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду,
- др Александар Седмак, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду,
- др Јелена Мунђан, доцент Машинског факултета Универзитета у Београду,
- др Драгомир Стаменковић, доцент Факултета за специјалну едукацију и рехабилитацију Универзитета у Београду.

1.2. Научна област дисертације

Научна област докторске дисертације је машинско инжењерство, а ужа научна област је биомедицинско инжењерство, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду. Израдом дисертације руководила је проф. др Лидија Матија, ванредни професор на Катедри за аутоматско управљање.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Јована Шакота Росић је рођена 15.02.1986. године у Београду, где завршава средњу техничку школу "Петар Драпшин", општи смер 2005. године, са одличним успехом.

Школске 2005/2006. године уписује прву годину студија на Машинском факултету Универзитета у Београду. Основне академске студије завршава на модулу за Информационе технологије у машинству. Завршни реферат основних академских студија је урадила 2008. године на тему "Веб презентација Ваздухопловног музеја" и добила оцену 10 (десет).

Исте године уписује мастер студије на модулу Биомедицинско инжењерство, које завршава фебруара 2010. године са просечном оценом 9.45. Дипломски рад "Нове методе и технике мерења нивоа глукозе у крви" је настао као производ сарадње са проф. др Ђуром Коругом. Дипломски (MSc) Рад одбранила је у октобру 2010. године са оценом 10 (десет), и стекла звање Мастер инжењер машинства.

Након дипломирања, школске 2010/2011. године, уписује докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду, на модулу Биомедицинско инжењерство, под руководством потенцијалног ментора др Лидије Матије, ванредног професора. Исте године бива ангажована на пројекту Министарства просвете и науке ИИИ 41006 под називом „Развој нових метода и техника за рану дијагностику канцера грлића материце, дебелог црева, усне дупље и меланома на бази дигиталне слике и ексцитационо емисионих спектра у видљивом и инфрацрвеном домену“ и на пројекту ИИИ 45009 под називом „Функционализација наноматеријала за добијање нове врсте контактних сочива и рану дијагностику дијабетеса“. Тренутно похађа трећу годину докторских студија.

На Машинском факултету је запослена као сарадник на пројекту – истраживач од 01.01.2011.

У јануару 2009. и јануару 2011. године похађала је и успешно положила два курса из дермоскопије: Базични курс из дермоскопије и Напредни курс из дермоскопије, у организацији Удружења за дермоскопију Србије и Одсека за биомедицинско инжењерство. У мају 2011. и мају 2012. године похађала је и успешно положила два курса из офталмологије и хирургије ока, Masterclass у организацији Ласер Фокус Центра за микрохирургију ока.

Као сарадник у настави била је ангажована на следећим предметима на основним академским и мастер студијама на Машинском факултету: Биомеханика локомоторног система (ОАС), Основе оптике оптичких помагала и уређаја (ОАС), Биомедицинска фотоника (МАС), Биомедицинско оптоинжењерство (МАС).

У различитим пољима истраживања, ангажована је на експериментима који се одвијају у НаноЛаб-у, лабораторији за Биомедицинско инжењерство на Машинском факултету.

Учествовала је на неколико међународних конференција. Аутор је и коаутор 30 радова који су саопштени на научним скуповима или објављени у часописима различитих категорија.

Активно се служи енглеским језиком, а користи се француским и шпанским језиком. Одлично влада радом на рачунару и познаје следеће програмске пакете и програмске језике: MS Office (Word, Excel, PowerPoint), MATLAB, Photoshop, Интернет апликације.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Јоване Шакоте Росић, мастера машинства, под насловом "Нанопотонски филтри за потребе биомедицинских уређаја" изложена је на 186 страна, са 88 слика, 13 табела, 13 једначина и списком литературе са 257 наслова. Дисертација поред наведеног садржаја слика и табела, садржаја дисертације, литературе и биографије, садржи следећих шест поглавља:

1. Увод
2. Преглед и анализа предмета истраживања
3. Материјали
4. Методе
5. Анализа и дискусија резултата истраживања
6. Закључак

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу *Увод* обрађене су теме које обухватају: својства и особине фулерена. Ово поглавље даје увид у могуће примене фулерена и њихових деривата, у виду танких филмова код оптичких система, принцип наношења истих на одговарајуће површине од значаја, као и кратко образложење њихових особина које могу бити од значаја.

Такође је дат преглед предмета истраживања и приказане су могуће примене танких филмова фулерена код различитих видова фототерапије на којима се заснивају истраживања представљена у овом раду.

У поглављу *Преглед и анализа предмета истраживања*, а на основу анализе радова и истраживања приказаних у поглављу 1, уочени су главни проблеми и дефинисани циљеви истраживања.

У поглављу *Материјали* представљене су следеће теме: производња танких фулеренских филмова (наношење танког слоја фулерена на одабрани оптички материјал техником напаривања), њихове карактеристике, предности и мане. Дебљине слојева филма су 30nm, 62nm, 100nm и 200nm. Затим, детаљан опис производње нанопотонских сочива, додавањем

фулерена, фулерола и фулерен-метморфен-хидроксилата у базни материјал за мека контактна сочива, и процес обраде "дугмића" у циљу добијања комерцијалних контактних сочива, основне особине нанофотонских сочива и њихове предности и недостаци у односу на основни материјал.

У поглављу *Методe* приказане су: методе и инструментација коришћени у овим експериментима. Представљене су спектроскопске методе коришћене при карактеризацији нанофотонских филтера и новодобијених меких нанофотонских сочива, уређај Ламбда 950 (Перкин Елмер, Италија) и принципи мерења. Поред тога, представљена је и релативно нова научна дисциплина Аквафотомика која дефинише концепт, у коме вода, мулти-елементни систем, може бити дефинисан помоћу њеног мултидимензионог спектра. Аквафотомика се базира на блиској инфрацрвеној спектроскопији (НИРС) и мултиваријационој анализи; Опти-магнетна имидинг спектроскопија, физичке основе методе, спектрална обрада слике, хардверско решење методе. За детаљну анализу фототерапијског учинка новодобијених филтера, коришћена је и детаљно описана метода ЕЕГ, као и анкетно истраживање. Такође је представљен протокол истраживања.

У поглављу *Анализа и дискусија резултата истраживања* презентовани су комплетни резултати лабораторијских мерења и то: трансмисионе карактеристике фулеренских танких филмова (30nm, 62nm, 100nm, 200nm) у УВ-вис-НИР региону 190-3000nm; опти-магнетни дијаграми нанофотонских филтера на бази танких фулеренских филмова; испитивање и карактеризацију хидрираних меких контактних сочива применом аквафотомике; спектроскопска карактеризација стабилности нанофотонских сочива у симулираним условима; испитивање фототерапијског потенцијала нанофотонских филтера анализом секундарних података постојеће ЕЕГ студије. Поред тога, дате су анализа и дискусија добијених резултата.

У поглављу *Закључак* дати су главни резултати истраживања добијени у току рада и донет закључак о нивоу остварених циљева постављених на почетку истраживања као и научном доприносу резултата тих истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Испитивање је обухватило два типа нанофотонских филтера – танке филмове фулерена различитих дебљина, нанесених на супстрат од стакла и мека контактна сочива на бази хидрогелова са инкорпорираним наноматеријалима из фамилије фулерена - фулерен, фулерол и фулерен-метморфен-хидроксилат. Ови материјали престављају иновацију у производњи и карактеризацији филтера на бази фулерена и материјала за контактна сочива, док се добијени резултати могу и практично применити у сфери развоја нових материјала за потребе филтера и контактних сочива. Приступ истраживањима је оригиналан и савремен јер се у тези обрађују нови типови нанофотонских филтера и њихове могуће примене. Иновација се огледа и у томе што је за карактеризацију употребљена и нова техника - Аквафотомика.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Анализом списка литературе која је коришћена током израде докторске дисертације може се закључити да је кандидаткиња имала на располагању веома обимну литературу коју је проучила и на основу које је дефинисала циљеве истраживања саме дисертације. Кандидаткиња је кроз објављивање резултата свог рада у међународним часописима, имала прилике да упозна стручну и научну јавност са резултатима својих истраживања. Од наведених радова који су коришћени као литература већина је из часописа са импакт фактором.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Сви експерименти у оквиру докторске дисертације су изведени на Машинском факултету у Београду у просторијама лабораторије НаноЛаб. Приликом испитивања коришћене су следеће методе и уређаји: уређај Ламбда 950, двозрачни спектрометар, (Перкин Елмер, Италија) коришћен је код УВ/ВИС/НИР карактеризације, док је испитивање опто-магнетних особина изведено уз помоћ Опто-магнетне имиџинг спектроскопије (ОМИС), као и метод Аквафотомике који се своди на анализу стања воде. Такође су у истраживању коришћени различити програмски пакети као што су MATLAB и Photoshop за обраду слике, мултиваријантна аналитичка метода Анализа главних компоненти (ПЦА), за анализу добијених података, и Excel за обраду и класификовање добијених резултата.

3.4. Применљивост остварених резултата

Ова истраживања представљају добру основу за даљи рад, у циљу испитивања и карактеризације материјала за потребе различитих типова филтера, било да су у питању филтри за уређаје, или филтри у виду стакала за наочаре или контактних сочива. Испитивани материјали представљају иновацију у производњи и карактеризацији материјала за потребе поменутих видова филтра, док се добијени резултати могу и практично применити у сфери развоја нових материјала. Приступ истраживањима је оригиналан јер се у тези обрађују нове могуће примене материјала са различитим концентрацијама фулерена и њихова примена у медицинске, заштитне и терапеутске сврхе. Иновација се огледа и у томе што је за карактеризацију употребљена нова метода, Аквафотомика, што је први случај у литератури.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

За време израде тезе кандидаткиња је показала способност за научноистраживачки рад у лабораторији биомедицинског инжењерства (НаноЛаб), Машинског факултета у Београду, у којој су изведени експерименти за докторску дисертацију.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Кандидаткиња је истраживањем два типа нанофотонских филтера – танких филмова фулерена различите дебљине нанесених на супстрат од стакла и меких контактних сочива на бази хидрогелова са инкорпорираним наноматеријалима из фамилије фулерена - фулерен, фулерол и фулерен-метморфен-хидроксилат, остварила следећи научни допринос:

- 1) Утврђено је на основу коришћења секундарних података из постојеће ЕЕГ студије, да примена нанофотонског филтера са дебљином фулеренског филма од 62nm доводи до позитивног утицаја на депресивни афекат, као и стање појачане будности и фокусирану обраду информација.
- 2) Применом Аквафотомике утврђено је да се инкорпорирани фулерен у основни материјал ХЕМА контактних сочива понаша као хидроколоидна честица и повећава садржај везане воде. Фулерол и фулерен-метморфен-хидроксилат повећавају удео фракције слободне и слабо везане воде.
- 3) Утврђено је да су фулерол и фулерен-метморфен-хидроксилат бољи наноматеријали за примену у нанофотонским контактним сочивима, јер повећавају

удео фракције воде која учествује у дифузији кисеоника кроз полимерну мрежу, што значи да омогућују бољу пермеабилност за кисеоник.

- 4) Утврђено је да се филтри са дебљином фулеренског филма 62nm и 100nm могу користити као очна помагала за заштиту од УВ зрачења категорије 2 и 3, европских стандарда за категоризацију очних помагала, респективно. Филтер са дебљином филма 200nm може припадати категорији 4 заштитних очних помагала, али значајно утиче на перцепцију боја и може имати нежељени физиолошки утицај.
- 5) Први пут је урађена карактеризација нанофотонских филтера добијених напаривањем танких филмова фулерена различите дебљине на супстрат од стакла и то техником физичке депозиције из гасне фазе у вакууму и утврђено је да се овом методом напаривања не могу добити филмови уједначене дебљине и решеткасте структуре за дебљине филма веће од 60 nm. Закључује се да се филтер понаша као полупроводничка структура са уређеношћу краћег домета.
- 6) Утврђено је да се филтери са дебљином фулеренског филма 60 nm и 100 nm могу користити као очна помагала за заштиту од УВ зрачења категорије 2 и 3 респективно. Филтер са дебљином филма 200 nm може припадати категорији 4 заштитних очних помагала, али значајно утиче на перцепцију боја и може имати нежељени физиолошки утицај.
- 7) Први пут је предложена и демонстрирана употреба нове методе Аквафотомике за испитивање контактних сочива на бази хидрогелова. Метода је успешно демонстрирана за карактеризацију стања воде на класичним и нанофотонским контактним сочивима, а утврђено је и да се може користити као неинвазивна метода карактеризације хидрираних материјала са аспекта адхезије протеина.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Научни доприноси представљају унапређење научних знања у поређењу са постојећим стањем из разлога што је први пут урађена карактеризација нанофотонских филтера добијених напаривањем танких филмова фулерена различите дебљине на супстрат од стакла и то техником физичке депозиције из гасне фазе у вакууму и утврђено је да се овом методом напаривања не могу добити филмови уједначене дебљине и решеткасте структуре за дебљине филма веће од 60nm. Закључује се да се филтер понаша као полупроводничка структура са уређеношћу краћег домета. Такође, први пут је предложена и демонстрирана употреба нове методе Аквафотомике за испитивање контактних сочива на бази хидрогелова. Метода је успешно демонстрирана за карактеризацију стања воде на класичним и нанофотонским контактним сочивима, а утврђено је и да се може користити као неинвазивна метода карактеризације хидрираних материјала са аспекта адхезије протеина. Добијени резултати доприносе бољем разумевању утицаја филтера на бази наноматеријала из фамилије фулерена - фулерен, фулерол и фулерен-метморфен-хидроксилат на стање свести, депресивни афекат, заштиту очне структуре од УВ зрачења, а у случају контактних сочива и на повећани удео фракције воде што значи да омогућују бољу пермеабилност за кисеоник, односно доприноси биокомпатибилности контактних сочива.

4.3. Верификација научних доприноса

Монографска студија/поглавље у књизи M12 или рад у тематском зборнику међународног значаја, M14

- Koruga, Đ., Stamenković, D., Djuričić, I., Mileusnić, I., **Šakota, J.**, Bojović, B., & Golubović, Z. (2013). Nanophotonic Rigid Contact Lenses: Engineering and Characterization. In Advanced Materials Research (Vol. 633, pp. 239-252). Trans Tech Publications.

Рад у међународном часопису, M23

- Munćan, J., Mileusnić, I., **Šakota Rosić, J.**, Vasić-Milovanović, A., & Matija, L. (2016). Water Properties of Soft Contact Lenses: A Comparative Near-Infrared Study of Two Hydrogel Materials. International Journal of Polymer Science, IF 1.077 (2016).
- **Šakota Rosić, J.**, Munćan, J., Mileusnić, I., Kosić, B., & Matija, L. (2016). Detection of protein deposits using NIR spectroscopy. Soft Materials, 14(4), 264-271, IF 1.101 (2016).

Рад у часопису међународног значаја, M24

- **Šakota-Rosić, J.**, Conte, M., Munćan, J., Matija, L., & Koruga, Đ. (2014). Characterization of fullerenes thin film on glasses by UV/VIS/NIR and opto-magnetic imaging spectroscopy. FME Transactions, 42(2), 172-176.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини, M33

- Tomić, M., Stamenković, D., Jagodić, N., **Šakota, J.**, & Matija, L. (2012). Influence of contact lenses material on aqueous solutions. Contemporary Materials, 1(3), 93-99.
- Munćan, J., Mileusnić, I., Matović, V., **Rosić, J. Š.**, & Matija, L. The Prospects of Aquaphotomics in Biomedical Science and Engineering, Aquaphotomics: Understanding Water in Biology – 2nd International Symposium, Kobe, Japan, 2016.

Саопштења на међународним скуповима штампана у изводу, M34

- **Šakota J.**, Stamenković D., Tomić M., Jagodić N., Munćan J., Jeftić B., Matija L., Koruga Đ., Characterization of fullerenes thin film on glasses and contact lenses by UV/VIS/IR and opto-magnetic spectroscopy, thirteenth annual conference Yucomat 2011, 5-10 September 2011, Herceg Novi, Montenegro, The Book of Abstracts, p. 168.
- **Šakota Rosić, J.**, Munćan, J., Mileusnić, I., Kosić, B., Vasić-Milovanović, A., & Matija, L. Characterization of soft contact lenses using NIR spectroscopy and Aquaphotomics, Aquaphotomics: Understanding Water in Biology – 2nd International Symposium, Kobe, Japan, 2016. (Dobio nagradu za najbolju poster prezentaciju).

➤ 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да теза представља оригинални научни рад са научним доприносом у области машинства-биомедицинског инжењерства, а у ужем смислу третира проблематику примене нанофотонских филтера за потребе заштите ока и очних структура, развој биокомпатибилних материјала за контактна сочива на бази хидрогелова као и развој нових метода карактеризације материјала када су у хидрираном стању, па сагласно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом "Нанофотонски филтри за потребе биомедицинских уређаја" кандидата Јоване Шакоте Росић, мастера машинства, прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, када се за то стекну законски услови, пред комисијом у истом саставу.

Београд, 25.6.2017.год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Лидија Матија, ванредни
професор, Универзитет у Београду,
Машински факултет

.....
Проф. др Александра Васић-Миловановић,
редовни професор, Универзитет у Београду,
Машински факултет

.....
Проф. др Александар Седмак, редовни
професор, Универзитет у Београду,
Машински факултет

.....
Др Јелена Мунђан, доцент, Универзитет у
Београду, Машински факултет

.....
Др Драгомир Стаменковић, доцент,
Универзитет у Београду, Факултет за
специјалну едукацију и рехабилитацију