

## **ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Марије Томић, дипл. инж. технологије и мастер машинства, студента докторских студија

Одлуком број 470/7 од 23.6.2016 године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Марије Томић, дипл. инж. технологије и мастер машинства, студента докторских студија Модула за Биомедицинско инжењерство на Машинском факултету Универзитета у Београду под насловом

### **"Опто-магнетне карактеристике полимерних материјала за контактна сочива са различитим концентрацијама наноматеријала"**

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

## **РЕФЕРАТ**

### **1. УВОД**

#### 1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња Марија Томић, дипл. инж. технологије и мастер машинства, уписала је докторске студије у школској години 2011/12., редовно је уписала другу годину (школска година 2012/13.) и трећу годину (школска година 2013/14.). У школској години 2014/15. је први пут обновила трећу годину, а у школској години 2015/16. је други пут обновила трећу годину.

По захтеву кандидата Марије Томић број 470/1 од 01.03.2016. год., предлога проф. др Александре Васић-Миловановић и сагласности Катедре за физику и електротехнику бр. 470/2 од 1.4.2016.год. да јој се одобри пријава теме докторске дисертације и именује Комисија за подношење извештаја о прихватању теме, Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду донело је Одлуку бр. 470/3 од 07.04.2016. којом се прихвата тема докторске дисертације и именује ментор проф. др Александра Васић-Миловановић и Комисија за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације и њене научне заснованости у саставу:

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

На основу извештаја комисије бр. 470/4 од 14.04.2016. и одлуке ННВ под бројем 470/5 од 21.04.2016. поднет је захтев Машинског факултета Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду које је на седници бр. 61206-2213/2-16 одржаној 16.5.2016. донело Одлуку да се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације Марије Томић, дипл. инж. технологије и мастер машинства под називом "Опто-магнетне карактеристике полимерних материјала за контактна сочива са различитим концентрацијама наноматеријала" под менторством проф. др Александре Васић-Миловановић.

На основу обавештења проф. др Александре Васић-Миловановић да је докторант Марија Томић, дипл. инж. технологије и мастер машинства завршила докторску дисертацију под називом "Опто-магнетне карактеристике полимерних материјала за контактна сочива са различитим концентрацијама наноматеријала", предлога Катедре за физику и електротехнику, Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду донело је Одлуку број 470/7 од 23.6.2016.год. о именовану Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- др Александра Васић-Миловановић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, ментор
- др Лидија Матија, ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду
- др Александар Седмак, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду
- др Петар Лукић, редовни професор 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 Александра Васић-Миловановић, редовни професор на Катедри за физику и електротехнику. Као аутор или коаутор проф. др Александра Васић-Миловановић публиковала је 9 радова у часописима са SCI листе (1 у категорији M21, 5 у категорији M22 и 3 у категорији M23). Такође је и аутор поглавља у књизи M12 (категорија M14).

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Марија Томић рођена је 18.12.1983. године у Ћуприји. Завршила је Гимназију општег смера у Ћуприји 2002. године и исте године уписује Технолошко-металуршки факултет у Београду, смер Биотехнологија и биохемијско инжењерство. Дипломира 2009. године код проф. др Гордане Кокеза на дипломском раду "Утицај примене Project management-а на ефикасност економских субјеката", са оценом десет. Током студирања је била члан студентске организације BEST, где је била у извршном одбору и где је организовала бројне догађаје за студенте из целе Европе. Такође је била учесник и коорганизатор догађаја широм Европе.

У октобру 2009. године уписује мастер студије на Машинском факултету, на модулу Биомедицинско инжењерство. У августу 2011. године завршава мастер студије са просечном оценом 9.55 и са мастер радом код професора др. Ђуре Коруге на тему "Истраживање утицаја класичног и фулеренског контактеног сочива на биолошке течности помоћу оптомагнетне спектроскопије".

Од октобра 2011. је студент докторских студија на истом модулу. Кандидаткиња је од уписа на докторске студије у школској години 2011/12., редовно уписала другу годину (школска година 2012/13.) и трећу годину (школска година 2013/14.). У школској години

2014/15. је први пут обновила трећу годину, а у школској години 2015/16. је други пут обновила трећу годину.

Од јануара 2011. запослена је на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја: "Функционализација наноматеријала за добијање нове врсте контактних сочива и рану дијагностику дијабетеса" – ИИИ45009 и „Развој нових метода и техника за рану дијагностику канцера грлића материце, дебелог црева и меланома на бази дигиталне слике и ексцитационо-емисионих спектра у видљивом и инфрацрвеном домену" – ИИИ41006.

Учествовала је на неколико међународних конференција, као и на конференцији Nanosafe у Греноблу, Француска, о безбедности употребе и производње наноматеријала. Аутор је и коаутор 24 рада који су саопштени на научним скуповима или објављени у часописима различитих категорија. Такође је и коаутор неколико поглавља у две монографије националног значаја.

Активно се служи енглеским језиком, а користи се грчким, италијанским и француским језиком.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Марије Томић, дипл. инж. технологије и мастер машинства, под насловом "Опто-магнетне карактеристике полимерних материјала за контактна сочива са различитим концентрацијама наноматеријала" изложена је на 131 страни, са 40 слика, 38 табела, 28 једначина и списак литературе са 122 наслова. Дисертација поред садржаја, скраћеница и номенклатуре, прилога и биографије, садржи следећих шест поглавља:

1. Увод
2. Уочавање проблема и циљеви истраживања
3. Материјал
4. Методе и технике
5. Резултати и дискусија
6. Закључак

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу *Увод* обрађене су теме које обухватају: магнетизам, парамагнетизам и дијамагнетизам, биомагнетизам. Ово поглавље даје увид у карактеристике поларизоване и ултраљубичасте светлости, као и у енергетска стања материје. Такође је дат преглед предмета истраживања и приказана су претходна истраживања на којима се заснивају истраживања представљена у овом раду.

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

У поглављу *Материјал* представљене су следеће теме: основне особине силикон хидрогел материјала, њихове предности и недостаци, особине комерцијалног материјала Дефинитиве74, фулерени и фулероли и њихове физичке и хемијске особине, магнетне особине фулерена и на крају нанофотонични материјали са три концентрације фулерола (0,003%, 0,01% и 0,015%).

У поглављу *Методе и технике* приказане су: методе и инструментација коришћени у овим експериментима, где су описани спољашњи утицаји (биолошки фактор, бела, поларизована и ултраљубичаста светлост). Представљен је уређај за мерење реманентне магнетизације Agico JR-6A и принципи мерења, Опти-магнетна имидинг спектроскопија,

физичке основе методе, спектрална обрада слике, хардверско решење методе. Такође је представљен протокол истраживања.

У поглављу *Резултати и дискусија* презентовани су комплетни резултати лабораторијских мерења и то: резултати мерења реманентне магнетизације нанофотоничних материјала и референтног узорка пре и после спољашњих утицаја, опто-магнетни дијаграми за све материјале пре и после спољашњих утицаја. Такође је дата и дискусија поновљених мерења реманентне магнетизације и опто-магнетне имицинг спектроскопије, у другом и трећем сету мерења.

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

Испитивани материјали престављају иновацију у производњи и карактеризацији материјала за контактна сочива, док се добијени резултати могу и практично применити у сфери развоја нових материјала за контактна сочива. Приступ истраживањима је оригиналан и савремен јер се у тези обрађују нови силикон хидрогел материјали са различитим концентрацијама фулерола и њихово понашање у присуству спољашњег магнетног поља. Иновација се огледа и у томе што су за карактеризацију употребљене и две технике, спинер магнетометар и опто-магнетна имицинг спектроскопија, што је први случај у литератури.

#### 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 у лабораторији НаноЛаб на Машинском факултету у Београду. Приликом испитивања коришћене су две методе. Мерење реманентне магнетизације извршено је на спинер магнетометру JR-6A. Одређивање опто-магнетних особина изведено је уз помоћ Опто-магнетне имицинг спектроскопије (ОМИС). Такође су у истраживању коришћени различити програмски пакети као што су MATLAB и Photoshop за обраду слике и Excel за обраду и класификовање добијених резултата.

#### 3.4. Применљивост остварених резултата

Ова истраживања представљају добру основу за даљи рад, у циљу карактеризације материјала за контактна сочива. Испитивани материјали представљају иновацију у производњи и карактеризацији материјала за контактна сочива, док се добијени резултати могу и практично применити у сфери развоја нових материјала за контактна сочива. Приступ истраживањима је оригиналан јер се у тези обрађују нови силикон хидрогел материјали са различитим концентрацијама фулерола и њихово понашање у присуству спољашњег магнетног поља. Посебно треба истаћи да су по први пут за карактеризацију магнетних

особина материјала употребљене две технике, спинер магнетометар и опто-магнетна имицинг спектроскопија, што отвара нове могућности брзе и поуздане карактеризације различитих типова материјала како шире у техници, тако и у биоинжењерству.

### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

За време израде тезе кандидаткиња је показала способност за самостални 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 истражујући утицај различите концентрације фулерола на особине материјала за контактна сочива и утицај различитих спољашњих магнетних поља, добила следеће резултате:

1. Под различитим спољашњим утицајима материјали са инкорпорираним фулеролом показују и парамагнетна и дијамагнетна својства.
2. Резултати мерења на уређају ЈР-6А показују разлике реманентне магнетизације пре и после различитих спољашњих утицаја. Уочено је да узорци истог материјала имају различите реманентне магнетизације услед нехомогености материјала, што је показала и ОМИС метода.
3. Људски фактор је утицао на повећање броја неспарених електрона, што је довело до појачања парамагнетних својстава, што је био случај и под утицајем беле светлости.
4. Под утицајем поларизоване светлости уочљиво је да је дошло до стабилизације конформационих стања тј. до спаривања неспарених електрона на шта указује смањење вредности реманентне магнетизације у односу на вредности пре утицаја.
5. Ултраљубичаста светлост утицала је на повећање вредности реманентне магнетизације и до појачања парамагнетних својстава.
6. Мерења реманентне магнетизације материјала под утицајем раствора фулерола су показала да он скупља неспарене електроне због чега је вредност реманентне магнетизације смањена тј. преовлађују дијамагнетна својства.
7. На основу ОМИС дијаграма се јасно могу уочити разлике између материјала са различитим концентрацијама фулерола, с обзиром да сваки материјал има карактеристични спектар и одговарајуће пикове.

### 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 силикон хидрогел материјала са три различите концентрације функционализованог деривата фулерена, фулерола. Први пут су упоредно коришћене две методе: спинер магнетометар и опто-магнетна имицинг спектроскопија. Први пут су измерене реманентне магнетизације материјала за контактна сочива који садрже фулерол. Добијени резултати доприносе бољем разумевању утицаја спољашњих магнетних поља, људског тела и различитих врста светлости, на магнетне особине полимерних материјала са фулеролом. Такође добијени резултати показују какав утицај на магнетна својства имају различите концентрације фулерола у полимерном материјалу. Резултати потврђују дијамагнетна својства деривата фулерена и демагнетизујућа својства воденог раствора фулерола. Обе методе коришћене у овим експериментима заједно доприносе бољем разумевању магнетних својстава полимерних материјала са инкорпорираним фулеролом. Мерењем реманентне магнетизације добијају се вредности које

се односе на целокупну запремину узорка, док опто-магнетном имидинг спектроскопијом се добија увид у површинске особине узорка од одређеног материјала. ОМИС методом се показују конформационе промене молекула на површини узорка и то на дубини од неколико нанометара до неколико милиметара у зависности од прозирности узорка. Овом методом су показана дијамагнетна својства површине узорака, односно на основу дијаграма се може рећи које су карактеристике различитих узорака од истог материјала.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

##### **Рад у међународном часопису, М23**

1. Tomić M., Vasić-Milovanović A., Matija L., Koruga Đ.: Remanent magnetization measurements of polymeric materials containing fullerol C<sub>60</sub>(OH)<sub>24</sub> before and after exposure to external magnetic field, - *Fullerenes, Nanotubes and Carbon nanostructures*, vol. , no. , pp. , 2016 (**IF: 0.836**) (ISSN 1536-383X), DOI: 10.1080/1536383X.2016.1172571.
2. Tomić M., Bojović B., Stamenković D., Mileusnić I., Koruga Đ.: Lacunarity properties of nanophotonic materials based on poly(methyl methacrylate) for contact lenses, - *Materiali in Tehnologije/Materials and Technology*, vol. 51, no. 1, 2017 (**IF: 0,548**) (ISSN 1580-2949), rad prihvaćen za objavljivanje.
3. Tomić M., Stamenković D., Jagodić N., Šakota J., Matija L.: Influence of contact lenses material on aqueous solutions, - *Contemporary materials*, III-1, pp. 93-99, 2012 (ISBN 1986-8669/1986-8677).

##### **Рад у часопису међународног значаја, М24**

- Tomić M., Conte M., Munćan J., Stamenković D., Koruga Đ.: Investigation of influence of nanophotonic gas permeable contact lenses on saline by Aquaphotomics and OMI spectroscopy, - *FME Transactions*, Vol. 42, pp. 82-87, 2014 (ISSN 1451-2092).

##### **Саопштење са међународног скупа штампано у целини, М33**

- Stamenković D., Tomić M., Debeljković A., Munćan J., Matija L.: "How incorporated nanomaterials in contact lenses affect their mechanical and optical properties", - *Proceedings of the 29th Danubia-Adria-Symposium 2012*, Beograd, 2012., pp. 158-161, ISSN 978-86-7083-762-1.
- Tomić M., Munćan J., Stamenković D., Jokanović M., Matija L.: "Biocompatibility and cytotoxicity study of nanophotonic rigid gas permeable contact lens material", - *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 429, 2013, 012016, doi:10.1088/1742-6596/429/1/012016.

##### **Саопштења на међународним скуповима штампана у изводу, М34**

- Tomić, M., Stamenković, D., Jagodić, N., Šakota, J., Jeftić, B., Šarac, D., Koruga, Đ., Contact lenses nanomaterial characterization by UV/Vis/IR and opto-magnetic spectroscopy, *IV International Conference Contemporary materials Book of abstracts*, Banja Luka, 2011, str. 69.
- Tomić M., Stamenković D., Jagodić N., Šakota J.: Contact lenses material influence on aqueous solutions, *The Second Scientific International Conference: Water and Nanomedicine, Banja Luka*, 2011, str. 63-64, ISBN 978-999938-21-31-1.
- Tomić M., Bojović B., Stamenković D., Matija L., Koruga Đ.: Characterization of Photonic Nanomaterials for Contact Lenses, Before and After Exposure to External Magnetic Field by Spinner Magnetometer and Optomagnetic Imaging Spectroscopy, *Book of Abstracts, 3rd International Translational Nanomedicine Conference*, Miločer, 2015, str. 23, (usmeno izlaganje).

## 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, утицаја фулерола на магнетне особине материјала за контактна сочива и утицаја различитих спољашњих магнетних поља, па сагласно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом "Опто-магнетне карактеристике полимерних материјала за контактна сочива са различитим концентрацијама наноматеријала" кандидата Марије Томић, дипл. инж. технологије и мастер машинства, прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, када се за то стекну законски услови, пред комисијом у истом саставу.

Београд, 7.7.2016.год.

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

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

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

.....  
Проф. др Петар Лукић, редовни професор,  
Универзитет у Београду, Машински  
факултет

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