

## ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију <b>30. март 2016, Декан Факултета техничких наука Наставно научно веће Факултета техничких наука</b></p> <p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:  <b>др Љиљана Живанов</b>, редовни професор, Електроника, 01.10.2000., Факултет техничких наука, Нови Сад  <b>др Властимир Радоњанин</b>, редовни професор, Грађевински материјали, процена стања и санација конструкција, 28.03.2013., Факултет техничких наука, Нови Сад  <b>др Мирјана Дамњановић</b>, ванредни професор, Електроника, 07.10.2011., Факултет техничких наука, Нови Сад  <b>др Весна Мандић</b>, редовни професор, Производно машинство и индустријски инжењеринг, 25.01.2013., Факултет инжењерских наука, Крагујевац  <b>др Горан Стојановић</b>, редовни професор, Електроника, 21.10.2015., Факултет техничких наука, Нови Сад</p>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Милан, Радован, Радовановић</b></p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: <b>16. март 1981., Пљевља, Република Црна Гора</b></p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Факултет техничких наука, Енергетика, електроника и телекомуникације, Дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства - мастер</b></p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија <b>2006., Енергетика, електроника и телекомуникације</b></p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: --</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: --</p>
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
<b>Пројектовање, оптимизација и карактеризација LC сензора за бежично мерење концентрације влаге у грађевинским материјалима</b>
<b>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.
Докторска дисертација написана је на 102 стране. Садржи 9 поглавља, 77 слика, 10 табела и 78

навода литературе. Кључна документација написана је на српском и енглеском језику.

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод
2. Бежични пасивни LC сензори и њихова примена
3. Методе за мерење влаге у грађевинским материјалима
4. Принцип рада и метода мерења
5. Мерење концентрације влаге у грађевинским материјалима коришћењем бежичних LC сензора израђених на PCB-у
6. Бежични LC сензори израђени у LTCC технологији за мерење концентрације влаге у грађевинским материјалима
7. Преносиви електронски уређај за мерење концентрације влаге
8. Дискусија резултата
9. Закључак

#### **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Дисертација у целини има добро систематизовану структуру и план излагања. Наслов рада јасно је формулисан, разумљив, прецизно описује предмет истраживања и у потпуности указује на садржај дисертације.

У првом поглављу су дата уводна разматрања, описана је тема дисертације и представљена је структура дисертације.

Друго поглавље описује бежичне пасивне LC сензоре и њихову примену. Дат је преглед LC сензора различитог дизајна, као и примене за праћење различитих параметара животне средине, укључујући влажност, температуру, концентрацију гасова, вредност pH, детекцију бактерија, тешких метала, итд. Такође су описане и предности новог дизајна LC сензора и могућности примене.

У трећем поглављу су представљене све методе мерења влаге у грађевинској индустрији, где су описане све предности и мане сваке од метода. Такође су приказани и комерцијални уређаји за мерење влаге који раде на различитим принципима.

Четврто поглавље описује бежичне методе мерења концентрације влаге у грађевинским материјалима која је коришћена у овој дисертацији. У овом делу описан је принцип рада бежичног пасивног LC сензора и антенског намотаја, затим су приказана еквивалентна кола посебно сензора, антене и на крају еквивалентно коло експерименталне поставке која је коришћена приликом свих мерења у овој дисертацији.

У петом поглављу представљени су резултати мерења концентрације влаге у опеци од печене глине и сипорекс (YTONG) блоку помоћу три LC сензора различитог дизајна који су израђени на штампаној плочи (на PCB-у, *Printed Circuit Board*). Поред резултата електричне карактеризације сензора приказани су и резултати структурне анализе, како сензора, тако и грађевинских материјала који су коришћени у експериментима.

У шестом поглављу су описана два LC сензора различитих димензија који су израђени у LTCC (*Low Temperature Co-fired Ceramics*) технологији. Такође су дати и резултати електричне и структурне карактеризације сензора.

У седмом поглављу представљен је преносиви уређај за мерење концентрације влаге који је развијен. Дате су карактеристике и шеме уређаја који је калибрисан за мерење влаге.

У осмом поглављу дата је механичка анализа материјала на којима су израђени сензори, а такође је анализирана осетљивост сваког сензора појединачно у различитим материјалима који су коришћени у експериментима.

У деветом поглављу су приказани закључци везани за истраживање описано у дисертацији. Сагледане су предности и мане новог дизајна бежичних LC сензора. Предложене су могуће примене нових материјала за израду сензора, као и употреба предложеног дизајна у другим областима.

Поглавље "Литература" садржи 72 литературна навода. Коришћена литература је правилно одабрана према захтевима теме која се разматра.

#### **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

## **M21 – Рад у врхунском међународном часопису**

1. **M. Radovanović**, B. Mojić-Lante, K. Cvejin, V.V. Srdić, G. Stojanović, “A Wireless LC Sensor Coated with Ba<sub>0.9</sub>Bi<sub>0.066</sub>TiO<sub>3</sub> for Measuring Temperature”, *Sensors*, (IF: 2.245), vol. 15, 11454-11464, ISSN 1414-8220, 2015, doi:10.3390/s150511454.
2. M. Maksimović, G. Stojanović, **M. Radovanović**, M. Malešev, V. Radonjanin, G. Radosavljević, W. Smetana, “Application of a LTCC sensor for measuring moisture content of building materials”, *Construction and Building Materials* (IF: 1.834), vol. 26, no. 1, pp. 327-333, 2012, ISSN: 0950-0618, doi:10.1016/j.conbuildmat.2011.06.029.
3. G. Stojanović, **M. Radovanović**, M. Malešev, V. Radonjanin, “Monitoring of Water Content in Building Materials Using a Wireless Passive Sensor”, *Sensors* (IF: 1.774), vol. 10, no. 5, pp. 4270-4280, 2010, ISSN 1424-8220, doi:10.3390/s100504270.

## **M33 – Саопштење са међународног скупа штампано у целини**

1. **M. Radovanović**, G. Stojanović, “Performances Comparison of Wireless Passive Sensors for Measuring Moisture in Construction Materials”, 48th International Conference on Microelectronics, Devices and Materials, 19-21 September. 2012, Otočec, Slovenia.
2. **M. Radovanović**, G. Stojanović, N. Blaž, “Computer as a tool for controlling measurement of water content in building materials”, *EUROCON*, Lisbon 2011, no. 314, str. 1-4, ISBN: 978-1-4244-7485-1.

## **M63 – Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини**

1. M. Maksimović, G. Radosavljević, **M. Radovanović**, G. Stojanović, “Primena bežičnog LC senzora za merenje koncentracije vode u građevinskim materijalima”, IX INFOTEH, Jahorina, vol. 9, no. E-V-5, pp. 714-718, 2010.
2. **M. Radovanović**, G. Stojanović, M. Malešev, V. Radonjanin, “Novi dizajn bežičnog LC senzora za praćenje sadržaja vlage u građevinskim materijalima”, 54. ETRAN, Donji Milanovac, 2010.

О зрелости кандидата за успешно бављење научним радом можемо истаћи да су његови публиковани научни радови цитирани 57 пута и да кандидат има h-индекс 5.

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

У овој дисертацији представљено је 5 типова LC сензора иновативног дизајна који су коришћени за мерење влаге у грађевинским материјалима.

Пасивни бежични LC сензори пројектовани су у технологији штампаних кола (PCB) и у технологији ниско температурне печене керамике (LTCC). Представљена су три типа LC сензора израђених на PCB-у у једнослојној и двослојној штампи. Такође су приказана и два типа LC сензора израђених у LTCC технологији. Карактеризација сензора је извршена у лабораторијским условима, а за тестирање коришћени су грађевинска опека и сипорекс блок као једни од најчешће коришћених материјала у грађевинској индустрији.

За карактеризацију сензора, односно мерење електричних карактеристика коришћени су *Impedance Analyzer HP4191A* и *Impedance Analyzer HP4194A*. За одређивање количине воде у опеци и сипорекс блоку коришћена је прецизна електронска вага *LIBELA ELSI BV-P3853*. За проверу резултата мерења коришћен је комерцијални мерач влажности за грађевинске материјале *TESTO 606-2*.

Такође за структурну карактеризацију како самих сензора тако и грађевинских материјала коришћен је скенирајући електронски микроском (*SEM*) и 3D оптички профилометар. Механичка карактеризација сензора урађена је помоћу уређаја *Nanoindenter Agilent G200*.

Оно што чини комплетним ову дисертацију је развијени и преносиви (*handheld*) уређај за мерење концентрације влаге, који на дисплеју приказује проценат релативне влажности. На овај начин је покриван читав спектар: анализа проблема, моделовање и симулација, дизајн и фабрикација нових компоненти (сензора влаге), њихова електрична, механичка и структурна карактеризација и тестирање, и развој електронског система за приказивање мерених података о концентрацији влаге.

Разматрајући целокупну докторску дисертацију, Комисија је закључила да она својим садржајем, постигнутим резултатима и закључцима задовољава критеријуме који се постављају пред докторску дисертацију и стога представља оригинални научни допринос од значаја у области електронике, нових материјала и грађевинске индустрије.

О квалитету ове дисертације сведочи и 3 научна рада која су публикована у врхунским међународним часописима ранга M21, а која су произашла директно из резултата који су остварени током истраживачког рада у оквиру ове докторске дисертације.

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Кандидат Милан Радовановић у целости је обавио истраживања која су била предвиђена планом представљеним у пријави докторске дисертације. Резултати дисертације су настали из обимних и детаљних истраживања из области пасивних бежичних LC сензора и њихове примене за мерење влаге у грађевинским материјалима. Резултати су приказани јасно и прегледно. Анализом добијених резултата изведени су закључци, који описују све предности и мане описаног новог дизајна LC сензора пружајући корисне информације за будућа истраживања и могућност примене сензора у другим областима.

#### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме  
Докторска дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе  
Дисертација садржи оригиналне научне доприносе као и све елементе потребне за разумевање обрађене тематике и добијених резултата. Дат је преглед коришћене литературе, а резултати су приказани и тумачени на одговарајући начин.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци  
У овој докторској дисертацији приказани су резултати истраживања у области пасивних бежичних LC сензора и њихова примена за мерење влаге у грађевинским материјалима. Основни научни допринос докторске дисертације огледа се у развијеном потпуно новом дизајну пасивних бежичних LC сензора и поређењу карактеристика сензора реализованих у две технологије: технологији штампаних плоча и технологији заједно печене ниско-температурне керамике. Доказано је да пројектовани бежични пасивни LC сензори имају дизајн који је веома једноставан за фабрикацију, због специфичног дизајна индуктора. Уједно, због израде у једном металном слоју описани сензори имају много бољи контакт са материјалима на којим се врши мерење а поред тога имају и значајно мању цену израде. Такође, омогућавају реализацију бежичног мерења концентрације влаге.

Оригинални дизајн LC сензора са конфигурацијом намотаја у једном металном нивоу је изазвао изузетну пажњу научне јавности и као илустрацију треба поменути да је цитиран више пута, а овде можемо издвојити да је цитиран у *Nature Communications, Volume 3, 2012, Article number 1767*.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања  
Дисертација нема битне недостатке који утичу на резултате истраживања.

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- да се докторска дисертација кандидата Милана Радовановића под насловом „Пројектовање, оптимизација и карактеризација LC сензора за бежично мерење концентрације влаге у грађевинским материјалима”, урађена под менторством проф. др. Горана Стојановића прихвати, а кандидату одобри одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

\_\_\_\_\_  
Др Љиљана Живанов, редовни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, председник

\_\_\_\_\_  
Др Властимир Радоњанин, редовни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

\_\_\_\_\_  
Др Мирјана Дамњановић, ванредни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

\_\_\_\_\_  
Др Весна Мандић, редовни професор,  
Факултет инжењерских наука, Крагујевац, члан

\_\_\_\_\_  
Др Горан Стојановић, редовни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.