

## 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 именовео комисију <b>28.03.2019. решењем бр. 012-199/50-2017, Наставно-научно веће Факултета техничких наука</b></p> <p>2. Састав комисије са назнаком 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:</p> <p>1. <b>др Мирјана Дамњановић</b>, редовни професор, уно Електроника, изабрана у звање 07.10.2016, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p> <p>2. <b>др Милан Ковачевић</b>, ванредни професор, уно Атомска, молекулска и оптичка физика, изабран у звање 14.11.2018, Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу</p> <p>3. <b>др Жељен Трповски</b>, ванредни професор, уно Телекомуникације и обрада сигнала, изабран у звање 11.06.2014, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p> <p>4. <b>др Далибор Секулић</b>, доцент, уно Електроника, изабран у звање 01.03.2017, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p> <p>5. <b>др Јован Бајић</b>, доцент, уно Електроника, изабран у звање 01.10.2016, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Ана, Винце, Жожа</b></p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: <b>21.10.1984, Вршац, Република Србија</b></p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: <b>Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Енергетика, електроника и телекомуникације, Мастер инжењер електротехнике и рачунарства</b></p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: <b>2010. година, Енергетика, електроника и телекомуникације</b></p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: <b>нема</b></p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: <b>нема</b></p>
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
<b>Метода мерења таласне дужине монохроматске светлости применом спектрално осетљивих оптичких компоненти</b>

#### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација је написана на 123 стране. Садржи 9 поглавља, 5 табела, 78 слика и 168 навода из литературе. Кључна документација је написана на српском и енглеском језику.

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод
2. Потреба за мерењем таласне дужине монохроматске светлости
3. Преглед метода мерења таласне дужине светлости
4. Стање у области истраживања и упоредна анализа
5. Спектрално осетљиве оптичке компоненте
6. Предлог нове методе мерења таласне дужине монохроматске светлости
7. Дискусија
8. Закључак и даљи правци истраживања
9. Литература

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

Научна расправа која је изложена у дисертацији бави се анализом, пројектовањем и тестирањем сензорског система за праћење таласне дужине монохроматске светлости који се заснива на спектрално осетљивим оптичким компонентама.

*Комисија сматра да је наслов дисертације јасно формулисан и да јасно указује на предмет истраживања и садржај рада у оквиру дисертације.*

##### **Прво поглавље**

Ово поглавље представља увод у којем је кандидаткиња указала на значај и потребу мерења таласне дужине монохроматске светлости у различитим областима примене. Дефинисани су предмет и циљ истраживања, са нагласком на очекиване резултате.

*Комисија сматра да су проблем, предмет и циљ истраживања у дисертацији постављени концизно и јасно и да су успешно водили кандидата кроз рад на изабраној теми.*

##### **Друго поглавље**

У другом поглављу дисертације кандидаткиња је дала детаљан преглед области где постоји потреба за праћењем таласне дужине монохроматске светлости. Објашњена је структура система са густим мултиплексирањем по таласним дужинама (DWDM системи), са посебним нагласком на потребу за прецизним праћењем таласне дужине предајника (ласера). Описан је принцип рада сензора на основу оптичког влакна са Браговом решетком (FBG сензора) и укратко су представљене бројне области где се ови сензори користе за мерење различитих физичких величина.

*Комисија сматра да изнети теоријски материјал омогућава да се у потпуности сагледају и разумеју изазови и значај прецизног праћења таласне дужине монохроматске светлости.*

##### **Треће поглавље**

У трећем поглављу кандидаткиња је дала преглед метода мерења таласне дужине светлости. Извршена је општа подела метода мерења таласне дужине светлости на пасивне и активне. У оквиру сваке групе описан је принцип рада најчешће коришћених сензорских система и истакнуте су њихове предности и мане.

*Комисија је мишљења да су методе мерења таласне дужине светлости класификоване на одговарајући начин и да је јасно изложен њихов принцип рада.*

##### **Четврто поглавље**

У четвртном поглављу је описано тренутно стање у области истраживања и извршена је упоредна анализа представљених актуелних метода.

*Комисија сматра да су представљена репрезентативна актуелна решења са наведеним*

*предностима и манана. Наглашена је потреба остваривања компромиса између постизања високе резолуције, велике ширине мерног опсега, ниске цене, једноставне конфигурације и велике брзине одзива. Неколико решења за праћење таласне дужине монохроматске светлости су упоређена на основу ових критеријума.*

#### **Пето поглавље**

У петом поглављу су представљене спектрално осетљиве оптичке компоненте. Описан је принцип рада дирекционе фибер-оптичке рачве, дати су параметри од интереса, и објашњена је зависност односа спрезања од таласне дужине упадне светлости. Представљен је принцип рада фотодиода и дефинисани су параметри квалитета и електричне карактеристике фотодиода, са нагласком на зависност осетљивости фотодиоде од таласне дужине упадне светлости. Анализиран је утицај промене температуре на карактеристике фотодиоде, као и извори шума. Дат је и кратак преглед особина полупроводничких материјала, као материјала од којих су сачињене фотодиоде.

*Комисија сматра да су на одговарајући начин описани принцип рада и параметри од интереса, и објашњена зависност односа спрезања од таласне дужине светлости код фибер-оптичке рачве, и зависност осетљивости фотодиода од таласне дужине упадне светлости.*

#### **Шесто поглавље**

У шестом поглављу је приказана предложена, нова метода мерења таласне дужине монохроматске светлости. Размотрене су особине и одабир спектрално осетљивих компоненти, односно фибер-оптичке рачве и фотодиода. У овом поглављу су такође дати резултати симулације простирања светлости кроз оптичку рачву. Описана је експериментална поставка предложеног сензорског система за мерење таласне дужине монохроматске светлости, која је затим верификована и извршена је карактеризација сензорског система. Испитан је утицај температуре околине на експерименталну поставку, као и утицај шума који потиче од флукуација оптичког извора и самих фотодиода. Такође, предложена је додатна примена развијеног сензорског система за праћење снаге монохроматских оптичких извора и за истовремену карактеризацију фибер-оптичке рачве и фотодетектора.

*Комисија је мишљења да је принцип рада предложене методе мерења таласне дужине монохроматске светлости јасно објашњен. Експериментална поставка развијеног прототипа сензорског система за мерење таласне дужине монохроматске светлости је јасно и концизно описана. Резултати тестирања развијеног прототипа су изложени на прегледан и разумљив начин. Утицај температуре и шума на сензорске карактеристике је детаљно испитан и илустрован. Извршена је и теоријска анализа употребљивости предложене методе за испитивање FBG сензора температуре.*

#### **Седмо поглавље**

У седмом поглављу је дата дискусија добијених резултата мерења и постигнутих карактеристика сензорског система за праћење таласне дужине монохроматске светлости.

*На основу добијених резултата, приказана је дискусија пројектованог сензорског система. Наведене су предности решења у односу на слична из литературе, као и његова ограничења у примени.*

#### **Осмо поглавље**

У осмом поглављу су изнети закључци о оствареним резултатима истраживања и назначени су могући правци даљих истраживања.

*Комисија сматра да су закључци донети на бази изложених резултата и да потврђују значај развијене методе мерења таласне дужине монохроматске светлости. Такође, дате су смернице за даља унапређења и истраживања у области.*

#### **Девето поглавље**

Девето поглавље садржи списак коришћене литературе.

*Комисија сматра да је коришћена литература актуелна и правилно одабрана према теми истраживања.*

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

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

### **Рад у врхунском међународном часопису (M21)**

1. **Ana V. Joža**, Jovan S. Bajić, Lazo M. Manojlović, Vladimir A. Milosavljević, Branislav D. Batinić, Nikola M. Laković, Miloš B. Živanov, "Design Considerations and Performance Analysis of Dual Photodetector System for Reliable Laser Wavelength and Power Monitoring", Sensors and Actuators A: Physical, 2017, Vol. 261, pp. 14-23, ISSN 0924-4247.

### **Рад у међународном часопису (M23)**

1. Jovan S. Bajić, Lazo Manojlović, Branislav Batinić, **Ana Joža**, Nikola Laković, Miloš B. Živanov, "Monitoring of the Laser Wavelength in Modern Fiber-Optic Communication Systems using Dual Photodetectors", Optical and Quantum Electronics, Vol. 48, No. 6, art. 333, ISSN 0306-8919.

### **Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)**

1. **Ana V. Joža**, Jovan S. Bajić, Nikola M. Laković, Branislav B. Batinić, Vladimir A. Milosavljević, Živorad Mihajlović, Vladimir Rajs, "Simultaneous Characterization of Bidirectional Coupler and Semiconductor Photodetectors Spectral Properties", 25th Telecommunications forum TELFOR 2017, Belgrade, November 21-22, 2017, pp. 900-903, ISBN: 978-1-5386-3072-3.

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Мотивација за истраживања на ову тему настала је из потребе за прецизним и поузданим мерењем таласне дужине монохроматске светлости у области оптичких комуникација, као и за читавање промена мерне величине код оптичких сензора, пре свега сензора који се заснивају на оптичком влакну са Браговом решетком (FBG сензори).

У зависности од конкретне примене потребно је остварити компромис између постизања високе мерне резолуције, ширине мерног опсега, велике брзине одзива, једноставности конфигурације, ниске цене, високе поновљивости, имуности на флукуације оптичког извора и ниске осетљивости на утицаје околине. Развој једноставног сензора ниске цене, а са широким мерним опсегом и високом резолуцијом је веома битан у циљу испуњавања потреба тржишта.

У овој дисертацији дат је преглед различитих метода мерења таласне дужине светлости и предложена је нова метода која се заснива на примени спектрално осетљивих оптичких компоненти.

Прегледом доступне литературе може се установити да је само неколико решења за мерење таласне дужине светлости нашло примену и заузело важно место у модерним мерним системима. Постојећа решења која поседују високу резолуцију често имају малу ширину мерног опсега и обрнуто, решења која омогућавају широк мерни опсег често имају ограничену резолуцију. Код сензора који омогућавају и високу резолуцију и широк мерни опсег, брзина одзива је критично ниска. Комплексност и укупна цена мерне поставке такође представљају ограничавајући фактор.

Основни резултат истраживања представљен у овој дисертацији је доказ хипотезе која се темељи на идеји да је могуће реализовати сензор таласне дужине монохроматске светлости који се заснива на спектралним осетљивостима дирекционе оптичке рачве и два различита фотодетектора.

Логична последица доказане хипотезе јесте управо реализација прототипа сензорског система за

мерење таласне дужине монохроматске светлости. Реализовани прототип омогућава мерну резолуцију од 17 nm која је упоредива са решењима представљеним у литератури, 40 nm широк мерни опсег у веома значајном L-опсегу таласних дужина, велику брзину одзива, једноставну конфигурацију експерименталне поставке и ниску цену. Добијена је грешка мерења од  $\pm 0.2$  nm и веома добра поновљивост мерења  $\pm 0.16$  nm.

У дисертацији је предложена нова мерна метода, која уз додатна испитивања може резултовати сензором високих перформанси за мерење таласне дужине монохроматске светлости, широке примене.

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

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

Прегледом докторске дисертације Комисија закључује да је приказ дисертације јасно структуриран, прегледан, систематичан и у складу са темом дисертације. Тумачење резултата је аргументовано, а изведени закључци проистичу из добијених резултата истраживања.

Дисертација је проверена у софтверу за детекцију плагијаризма (*iThenticate*). Извештај о подударности је показао да је индекс сличности 3 %.

У складу са наведеним Комисија ПОЗИТИВНО оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

#### **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

Да. Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Да. Докторска дисертација својим насловом, садржајем, резултатима истраживања и начином тумачења тих резултата садржи све битне елементе који се захтевају у радовима овакве врсте.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Оригинални научни допринос докторске дисертације чини доказ хипотезе на основу теоријског и експерименталног истраживања. Оригинални научни допринос је у дисертацији изложен кроз следеће резултате:

- Предложена је нова метода мерења таласне дужине монохроматске светлости која се заснива на спектралним осетљивостима дирекционе оптичке рачве и два различита фотодетектора. Такође, изложена је имплементација и карактеризација сензорског система на основу фибер-оптичке рачве и германијумске (Ge) и индијум-галијум-арсенид (InGaAs) фотодиода предвиђеног за тестирање предложене мерне методе. Реализовани сензорски систем има следеће карактеристике: резолуција мерења таласне дужине од 17 nm, линеаран одзив сензора у опсегу од 1575 до 1615 nm (L-опсег), грешка мерења од  $\pm 0.2$  nm и поновљивост од  $\pm 0.16$  nm. Испитани су и утицаји температуре, шума, и флукуација снаге оптичког извора на резултате мерења.
- Представљена метода се такође може користити за мерење снаге монохроматског оптичког извора, као и за истовремену карактеризацију дирекционе оптичке рачве и два различита фотодетектора.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Дисертација нема недостатке који би значајније утицали на резултате истраживања.

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- да се докторска дисертација кандидата Ане Јожа под насловом „Метода мерења таласне дужине монохроматске светлости применом спектрално осетљивих оптичких компоненти ” прихвати, а кандидату одобри одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

Др Мирјана Дамњановић, редовни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, председник комисије

---

Др Милан Ковачевић, ванредни професор,  
Природно-математички факултет, Крагујевац, члан

---

Др Жељен Трповски, ванредни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

---

Др Далибор Секулић, доцент,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

---

Др Јован Бајић, доцент,  
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.