

Универзитет у Београду
Електротехнички факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **мр Татјане П. Кеча**

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду бр. 899/3 од 29.03.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Татјане Кеча под насловом

„Моделовање и дизајн оптичких резонатора у интегрисаној силицијумској технологији“

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 Татјана Кеча је стекла звање магистра електротехнике у јулу 1996. године на Електротехничком факултету у Београду из уже научне области Оптиелектроника и ласерска техника.

Кандидаткиња је пријавила тему за израду докторске дисертације под насловом „Моделовање и дизајн оптичких резонатора у интегрисаној силицијумској технологији“ на Електротехничком факултету 27.06.2012. године. Наставно-научно веће је на седници одржаној 03.07.2012. године именовало Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу: др Петар Матавуљ (ментор, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Горан Машановић (Lecturer, University of Southampton – Faculty of Physical and Applied Sciences, UK), др Јован Радуновић (редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет), др Дејан Гвоздић (редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет) и др Јован Елазар (ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет). Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације Наставно-научно веће је прихватило на седници одржаној 23.10.2012. године. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације 24.12.2012. године (број одлуке 06-21061/22-12).

Кандидаткиња је предала докторску дисертацију 10.03.2016. године. На седници одржаној 15.03.2016. године Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност услова и поднела предлог Наставно-научном већу Електротехничког факултета за

формирање Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације. На седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду, одржаној 22.03.2016. године именована је комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње мр Татјане Кеча под насловом „Моделовање и дизајн оптичких резонатора у интегрисаној силицијумској технологији“ (одлука бр. 899/3). Чланови комисије су:

- др Петар Матавуљ, редовни професор
(ментор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет),
- др Дејан Гвоздић, редовни професор
(Универзитет у Београду – Електротехнички факултет),
- др Горан Машановић, Reader
(University of Southampton – Faculty of Physical and Applied Sciences),
- др Јован Радуновић, редовни професор у пензији
(Универзитет у Београду – Електротехнички факултет),
- др Јован Цветић, редовни професор
(Универзитет у Београду – Електротехнички факултет).

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација мр Татјане Кеча припада научној области Техничке науке – електротехника, ужа научна област Физичка електроника – силицијумска фотоника, за коју је матичан Електротехнички факултет.

Дисертација је рађена под менторством редовног професора др Петра Матавуља, који испуњава законске услове за ментора. Др Петар Матавуљ се бави научним радом у наведеној ужој научној области физичке електронике из које има објављен већи број радова у истакнутим међународним часописима.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Татјана П. Кеча је рођена у Сарајеву 1967. године. Основну и средњу школу је завршила у Београду. Електротехнички факултет у Београду је уписала 1986. године а дипломирала 1991. године на одсеку Техничка физика и смеру Електротехнички материјали. Дипломски рад је био из области фотоакустике. Постдипломске студије на истом факултету је уписала 1993. године а магистарски рад под називом „Истраживање расејања ласерског зрачења на вишеслојним цилиндрима“ из области ласерске технике под руководством проф. др Јована Елазара, одбранила је 1996. године.

После дипломирања је кратко радила у Институту „Михајло Пупин“ у Београду, а затим хонорарно у Здруженим лабораторијама Центра за мултидисциплинарне студије. Као стручни сарадник на Електротехничком факултету у Београду је радила од 1993. до 1995. године. Након тога запошљава се као наставник у Високој школи струковних студија за информационе и комуникационе технологије (тада Виша ПТТ школа), где и сада ради. У досадашњој каријери је била ангажована у настави на предметима из више електротехничких области која укључују општу електротехнику, мерења у електротехници и рачунарску технику.

Татјана Кеча је аутор или коаутор 11 научних радова, од којих су 2 објављена у међународним часописима са impact фактором (7 научних радова је из области докторске дисертације). Аутор је више уџбеника, приручника и збирки задатака које се користе у настави. Завршила је курсеве „Intermediate approved installer for LANscape solutions - copper“ и „Intermediate approved installer for LANscape solutions - fiber optics“, у компанији Corning Cable Systems, Germany Neustadt у Немачкој.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација мр Татјане Кеча садржи насловну страну и кратак резиме на српском и енглеском језику, страну са информацијама о ментору и члановима комисије за преглед, оцену и одбрану, садржај, листу слика и табела, списак скраћеница и ознака, осам поглавља, списак коришћене литературе, прилоге, биографију, изјаву о ауторству, изјаву о истовестности штампане и електронске верзије дисертације и изјаву о коришћењу.

Наслови поглавља су 1. Увод, 2. Основе простирања светлости у интегрисаном таласоводу, 3. Оптички резонатор, 4. Преглед резултата из литературе, 5. Моделовање оптичког резонатора, 6. Експериментални резултати, 7. Модификација теоријског модела и 8. Закључак. Прилози укључују кодове из програмског пакета коришћеног у симулацијама. Дисертација је написана на 120 страна латиничног текста, садржи 51 илустрацију, једну табелу и 67 библиографских референци.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прво, уводно поглавље описује тренутни положај и тенденције примене интегрисаних оптичких компонената у савременим телекомуникацијама. У широком спектру материјала који се користе у интегрисаним оптичким структурама издваја силицијумске због њихових физичких и технолошких перформанси. Даје кратак опис варијетета компонената које се могу фабриковати у силицијумској технологији и посебно оптичког резонатора који је од интереса у овом раду. Такође укратко упознаје са основним физичким процесима који се догађају приликом простирања светлости у оптичком резонатору, моделима који га описују и циљевима ове дисертације.

Друго поглавље, подељено на три потпоглавља, даје преглед неопходних теоријских основа за разумевање постојећих модела који описују простирање светлости у резонаторима и њихове касније модификације. У првом је дат осврт на таласну једначину и њено решење у физичким условима од интереса за рад резонатора. Друго потпоглавље описује основне оптичке законе који су од интереса приликом простирања светлости кроз таласовод и треће даје неопходне услове за конкретно простирање у оптичком резонатору.

Треће поглавље, подељено на пет потпоглавља, детаљно описује оптички резонатор и један од постојећих модела простирања (*СМТ – Coupled Mode Theory*, теорија спрегнутих модова, прво потпоглавље) на коме се базирају симулациони резултати у овој дисертацији и за који је предложена модификација. Најважнији физички процеси приликом простирања светлости у оптичком резонатору, спрежање у дирекционом спрежнику и промена поларизационог стања су детаљније описани у другом, односно трећем потпоглављу. У њима су изведене и одговарајуће трансфер матрице које описују промену поља на излазу и улазу у одговарајући део резонатора. Те трансфер матрице су искоришћене за извођење преносне функције за цео оптички резонатор у четвртм потпоглављу. Пето потпоглавље даје карактеризацију оптичког резонатора, описом његовог слободног спектралног опсега и Q -фактора, односно најважнијих параметара од којих они зависе.

У четвртм поглављу је дат преглед литературе са досадашњим резултатима меродавним за анализу рада оптичких резонатора, њихово моделовање, могућности примене у уређајима различитих намена и тенденцијама даљег развоја оптичких резонатора у интегрисаним оптичким структурама.

Пето поглавље са своја три потпоглавља, описује све примењене процедуре неопходне за моделовање рада оптичких резонатора. У првом потпоглављу је детаљно описан процес израчунавања расподеле поља по попречном пресеку таласовода што је неопходан улазни параметар сваког модела простирања у резонатору. За израчунавање је коришћен софтвер COMSOL Multiphysics, те је у дисертацији описан целокупан поступак рада и дати су одзиви за неке стандардне геометрије ребрастих таласовода. Израчуната

расподела поља је даље коришћена за моделовање одзива резонатора и за то је коришћен програмски пакет MATLAB. Примењена интеракција између софтвера за рачунање поља и математичког софтверског пакета је описана у другом потпоглављу. Треће потпоглавље детаљно анализира утицај неколико изабраних геометријских параметара на укупан фреквенцијски одзив оптичких резонатора. Разматран је утицај дужине подручја капловања и полупречника закривљеног таласовода (дефинишу облик резонатора) те ширине таласовода, инклинационог угла и дебљине оксидног слоја (параметри попречног пресека) на слободни спектрални опсег, положај резонантних минимума и Q-фактор резонатора. Добијене зависности имају пресудан утицај на даљу могућност моделовања фреквенцијског одзива оптичких резонатора.

У шестом поглављу, у два потпоглавља, су укратко описани технолошки процеси фабриковања коришћених интегрисаних оптичких компоненти и мерења фреквенцијских одзива интегрисаних оптичких резонатора, које је изведено у Advanced Technology Institute, University of Surrey (Велика Британија).

У седмом поглављу је предложена модификација постојећег модела применом принципа вишеструких пролаза. Наиме, поредећи фреквенцијски одзив који се добија применом до сада постојећег модела и добијених експерименталних резултата уочава се приметна разлика у недостатку секундарног резонантног минимума на симулационим резултатима. Предложени нови принцип доследније описује реалне физичке процесе и уочава секундарни резонантни минимум за дате оптичке резонаторе и услове простирања. Урађена је додатна модификација геометријских параметара на основу резултата из петог поглавља чиме је добијено боље поклапање са експерименталним резултатима.

Закључак, у коме су сумирани резултати рада, научни допринос и могућности даљег истраживања, је дат у осмом поглављу.

У прилозима је дато неколико целокупних кодова у програмском пакету MATLAB, којима су извршена нека од специфичних или захтевнијих израчунавања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Оптички системи преноса преузимају примат у савременим телекомуникацијама, захваљујући све већој брзини преноса сигнала, већем пропусном опегу и могућностима које имају технике мултиплексирања. Фотонски уређаји заузимају посебно место међу оптичким компонентама, захваљујући могућностима фабриковања различитих уређаја широких перформанси у интегрисаној технологији. Циљ интегрисања фотонских компоненти је формирати оптичке чипове на којима се могу истовремено направити уређаји за генерацију светлости, фокусирање, раздвајање, спрезање, поларизацију, модулацију, филтрирање, комутацију, детекцију и друге процесе. На простирање светлости кроз густо интегрисане фотонске компоненте кључну улогу имају димензије и облици таласовода, као и избор материјала од којих су направљени. Од специфичности физичких процеса и начина простирања кроз таласоводе ће зависити и функционалност сваке интегрисане компоненте, те је неопходно проучити све аспекте процеса и параметре који на њих утичу.

Интегрисане оптичке компоненте на силицијумској платформи, са подлогом од силицијум-диоксида (SOI, *Silicon-On-Insulator*) се издвајају не толико оптичким особинама, колико ценом, доступношћу и актуелној могућности повезивања са електронским интегрисаним колима. Иако је погодна углавном за израду пасивних компоненти (због изразито индиректног енергетског процеса силицијума), релативно једноставна и развијена технологија израде, као и цена, сврставају је у врло атрактивне платформе. Значајно је и то што је силицијум полупроводник погодан за допирање, транспарентан у оба телекомуникациона прозора ($1.3\mu\text{m}$ и $1.55\mu\text{m}$), са великом вредношћу индекса преламања.

Његов оксид се лако генерише, стабилан је изолатор и показује велику разлику у индексу преламања у односу на силицијум.

Оптички резонатори у интегрисаној оптичкој структури могу обављати вишеструке функције: филтрирање, рутирање, модулисање, мултиплексирање, демултиплексирање и детекцију. Димензионисање при пројектовању резонатора као и прецизност у процесу фабрикације су круцијални проблеми. Два најбитнија физичка процеса која прате простирање у таквој структури су спрезање у дирекционом спрежњаку и делимична промена поларизационог стања у затвореном таласоводу. Њихово даље проучавање и коришћење у фотонским чиповима има перспективну будућност, јер омогућава конструкцију густо интегрисаних и скалабилних компонената у будућим оптичким комуникационим системима и сензорима.

У дисертацији су прорачуни и симулације изведени помоћу COMSOL Multiphysics *mode solver*-а, интегрисаног са MATLAB програмским пакетом, при чему су детаљно описани утицаји већег броја релевантних геометријских параметара на функцију резонатора. Значај овог поступка је што отвара могућности предикције и пројектовања одзива резонатора у реалним условима.

Због одступања која досадашњи СМТ модел показује у односу на експерименталне резултате за исту геометријску структуру резонатора, извршена је модификација модела, тако да се симулира реалније простирање увођењем вишеструких пролаза електромагнетских таласа у резонаторској структури. Такав доследнији опис квалитативно смањује одступања од експерименталних резултата. Иновирани модел је додатно коригован подешавањем геометријских параметара и проверен поређењем са експериментално добијеним фреквенцијским одзивима оптичких резонатора различитих димензија. На овај начин је извршена корекција полазног модела, адекватније симулиран реалан физички процес простирања таласа и извршена провера почетних претпоставки.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације кандидаткиња је истражила релевантну стручну литературу и прецизно навела 67 библиографских референци. Литература је пажљиво одабрана и садржи најважније радове објављене у реномираним међународним часописима који покривају област истраживања. Искази у дисертацији су добро поткрепљени цитатима одговарајућих радова. Литература укључује и публикације на којима је кандидаткиња аутор или коаутор, а које су проистекле из рада на дисертацији.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија примењена приликом израде ове докторске дисертације може се сумирати кроз следећи низ активности:

- Систематско проучавање, сумирање и систематизација објављених радова у светској литератури из области истраживања.
- Комплетна анализа релевантних физичких процеса од којих се састоји простирање електромагнетних таласа у датим оптичким структурама са нагласком на разлике у простирању ортогоналних трансверзалних модова.
- Компаративна анализа постојећих модела којима се описује простирање у оптичким системима.
- Имплементација специфичности оптичких структура у изабрани модел и детаљно извођење преносних функција оптичког резонатора.

- Детаљна анализа карактеристика преносних функција резонатора, слободног спектралног опсега и положаја резонантних минимума у функцији геометријских параметара резонатора, у циљу додатне корекције модела.
- Предлог иновације постојећег модела простирања увођењем принципа вишеструких пролаза кроз резонантну структуру, чиме се последније описују физички процеси простирања кроз резонатор.
- Верификација иновираног модела поређењем са експериментално добијеним фреквенцијским одзивима, анализа одступања, корекција и унапређење модела оптичких резонатора различитих димензија.

На основу изложеног Комисија констатује да су примењене научне методе адекватне за решавање проблематике моделовања оптичких резонатора и воде ка остваривању циљева дефинисаних на почетку израде докторске дисертације. Примењен је основни принцип да нови или модификовани теоријски модели треба да буду експериментално верификовани.

3.4. Применљивост остварених резултата

У широком варијетету оптичких компонената које се могу фабриковати у интегрисаним системима, резонатори, иако релативно једноставни уређаји, заузимају значајно место јер представљају својеврсни градивни елемент. Комбиновањем већег броја резонатора на различите начине добијају се оптички уређаји различитих функционалности. Због тога је изузетно значајно детаљно проучити и што тачније моделовати управо сам резонатор, јер то отвара могућност успешног моделовања и пројектовања многих фотонских уређаја.

Проучени утицај геометријских параметара је неопходан за предикцију функције и пројектовање оптичког резонатора, упркос малим варијацијама које се неизбежно јављају у процесу фабрикации. С обзиром на димензије фотонских структура, самим тим и резонатора, мала одступања од номиналних геометријских вредности могу имати значајан утицај не само на простирање сигнала, већ и на функцију резонатора.

Предложени модел, за разлику од досада коришћених, адекватније симулира реалан физички процес простирања таласа кроз резонатор и на тај начин може превазићи уочене недостатке. Овакав модел отвара могућност проширења примене и на другачије фотонске структуре. Примена модела се не ограничава само на силицијумску платформу која је избор у овој дисертацији, јер даје суштински опис простирања светлости у интегрисаним оптичким структурама, те би уз евентуалне корекције услед специфичности других материјала, могла бити примењена и на другим платформама (базираним на различитим полупроводничким неорганским или органским једињењима или полимерима).

Целокупна анализа рада оптичких резонатора и потенцијалне могућности шире примене модела и на друге уређаје представља први неопходан корак у пројектовању аутоматизованог система који би пратио тоталну преносну карактеристику целокупног интегрисаног оптичког система (чипа).

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу прегледане докторске дисертације Комисија процењује да је кандидаткиња мр Татјана Кеча показала способност за самосталан научни рад. Изучавајући наведену област, кандидаткиња је показала систематичност у приступу, упорност у раду, самосталност у извођењу закључака и инвентивност у идејама за будући рад. Дисертација је написана концизно, са јасно израженом идејом и научним доприносом, што је верификовано обављивањем радова у часописима од међународног значаја.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени научни доприноси докторске дисертације под насловом „Моделовање и дизајн оптичких резонатора у интегрисаној силијумској технологији“ могу се систематизовати на следећи начин:

- Извршена је свеобухватна и шематизована анализа процеса простирања ТЕ и ТМ модова у резонантним оптичким структурама. Изведене су преносне функције са урачунатим специфичностима датих структура.
- Прорачуни су имплементирани у изабране софтверске пакете, COMSOL Multiphysics интегрисан са MATLAB-ом, што отвара могућност да се поставе основе за аутоматску анализу рада изабране оптичке компоненте.
- Извршена је детаљна анализа утицаја геометријских параметара резонатора на његов фреквенцијски одзив и Q-фактор, специфицирањем утицаја на слободни спектрални опсег и положај резонантних минимума.
- Предложена је иновација постојећег теоријског модела која укључује принцип вишеструких пролаза кроз резонаторску оптичку структуру. Тако постављен модел доследније симулира реалан физички процес простирања таласа кроз фотонске уређаје.
- Извршена је додатна корекција геометријских параметара оптичких резонатора, те компарација њихових фреквенцијских одзива добијених на основу иновираног модела са експерименталним резултатима за резонаторе различитих димензија.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Интеграција оптичких компоненти је област која се врло интензивно развија. Фотонски системи, у односу на класичне оптичке, омогућавају стабилност елемената, једноставнију контролу модова, могућност електро-оптичких и акусто-оптичких интеракција, бржи рад, мању цену и минијатуризацију. Технологија обухвата велику разноликост материјала на којима се формирају оптичке компоненте, као и читав низ њихових функционалних варијетета. У целој тој лепези уређаја, оптички резонатори на силицијумској платформи представљају мањи, али не и мало значајан чинилац.

У последње време су уређаји засновани на структури оптичких резонатора добили сложене форме променом облика и положаја, те повећавањем броја затворених таласовода (CROW и SCISSOR структуре, WGM, ...). Усложњавањем се додатно повећава и број могућих функција, међутим моделовање основне структуре није изгубило на значају јер се изложени принципи помоћу којих је моделована основна структура, лако могу применити и на сложене уређаје. Поред тога евидентна је и очекивана тенденција ка минијатуризацији резонатора. У том случају се могу јавити нови, пре свега нелинеарни физички ефекти приликом простирања светлости кроз резонатор. При томе познати аспекти чији ефекти на простирање у случају резонатора већих димензија могу да се занемаре, драстичним смањењем димензија могу да дођу до изражаја. Да ли предложени иновирани модел може на задовољавајући начин да испрати минијатуризацију оптичких резонатора и успешно се носи са неизбежним несавршеностима насталим при процесу производње, остаје да се види.

Сагледавањем постављених хиптеза, циљева истраживања и остварених резултата, констатујемо да је кандидаткиња успешно одговорила на сва релевантна питања у решавању проблема дефинисаног предметом истраживања. Увидом у публиковане радове и резултате

изложене у дисертацији, констатујемо да су у дисертацији приказани нови, савремени и оригинални резултати.

4.3. Верификација научних доприноса

Из области која је предмет рада у докторској дисертацији, кандидаткиња мр Татјана Кеца је аутор/коаутор два рада публикована у часописима од међународног значаја (M23). Учествовала је на четири међународне конференције (M33 и M34), те на једној домаћој (M64). Списак радова је наведен по значају:

Категорија M23:

1. **Кеца, Т.**, Headley, W., Mashanovich, G., Matavulj, P.: Repeated passing principle for propagation in optical resonators, *Opt. Rev.* **23**, 254–259, (2016) (DOI 10.1007/s10043-016-0195-9), (**IF= 0.656**), (ISSN 1340-6000).
2. **Кеца, Т.**, Matavulj, P., Headley W., Mashanovich, G.: Free spectral range adjustment of a silicon rib racetrack resonator, *Physica Scripta*, **T149** (2012) 014031 (4pp), (DOI:10.1088/0031-8949/2012/T149/014031), (**IF=1.032**), (ISSN 0031-8949).

Категорија M33:

1. Matavulj, P., **Кеца, Т.**: Influence of Geometric Parameters on the SOI Racetrack Resonator Properties. *Progress In Electromagnetic Research Symposium Proceedings (PIERS2012)*, pp. 13-17, Moscow, Russia, August 19-23, 2012. (ISBN: 978-1-934142-22-6)

Категорија M34:

1. **Кеца, Т.**, Matavulj, P., Headley, W., Mashanovich, G.: FSR adjustment of silicone rib racetrack resonator. *Photonica11 – International School and Conference on Photonics*, paper P.OE.8, p. 129, Belgrade, Serbia, August 29 – September 02, 2011. (ISBN: 978-86-7306-110-8)
2. **Кеца, Т.**, Matavulj, P., Headley, W., Mashanovich G.: Modelling of Silicon Racetrack Resonator. *MediNANO3 - 3rd Mediterranean Conference on Nanophotonics*, paper B.1, p. 74, October 18-19, Belgrade, Serbia, 2010. (ISBN: 978-86-82441-28-1)
3. Stankovic, S., Timotijevic, B., Yang, P.Y., Crnjanski, J., Milosevic, M., **Кеца, Т.**, Matavulj, P., Mashanovich, G.Z.: Silicon Photonic Waveguides for Near- and Mid-Infrared Regions. *International School and Conference on Optics and Optical Materials (ISCOM2007)*, paper THU_41, p.119, Belgrade, Serbia, September 03-07, 2007. (ISBN: 978-86-82441-20-5)

Категорија M64:

1. **Т. Кеца**, P. Matavulj, G. Mashanovich: Prenosne funkcije za polarizaciono zavisno prostiranje optičkih signala kroz prstenast resonator. *Elektronski zbornik LIII konferencije ETRAN 2009*, rad MO5.3, str.1-4, Vrnjačka Banja, Srbija 15-18. juni 2009. (ISBN: 978-86-80509-64-8)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидаткиње мр Татјане Кеча под насловом „Моделовање и дизајн оптичких резонатора у интегрисаној силицијумској технологији“ представља оригиналан, савремен и значајан научни допринос. Текст дисертације је написан јасно и разумљиво и добро је организован кроз поглавља, одељке и прилоге. Циљеви дисертације јасно су формулисани и мотивисани, а резултати истраживања систематски изложени, тако да се научни доприноси могу недвосмислено утврдити. У спроведеном истраживању предложено је иновирање постојећег теоријског модела којим се описује простирање светлости кроз интегрисану резонантну оптичку структуру. Иновирање постојећег модела дало је боља поклапања са експерименталним резултатима и отворило могућност за тачнију предикцију рада и пројектовање сложенијих структура.

Комисија сматра да докторска дисертација садржи оригиналне научне доприносе, испуњава све законске и суштинске услове, као и све критеријуме који се уобичајено вреднују приликом оцене докторских дисертација на Електротехничком факултету у Београду. Стога Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да се докторска дисертација под називом „Моделовање и дизајн оптичких резонатора у интегрисаној силицијумској технологији“ кандидаткиње мр Татјане Кеча изложи на увид јавности, прихвати и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 05.04.2016. године

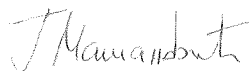
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Петар Матавуљ, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Дејан Гвоздић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Горан Машановић, Reader
University of Southampton – Faculty of Physical and Applied Sciences



др Јован Радуновић, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Јован Цветић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет