

Универзитет у Београду
Електротехнички факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Петра Д. Атанасијевића

Одлуком бр. 490/6 од 12.03.2024. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Петра Д. Атанасијевића под насловом

„Карактеризација одзива крила Морфо лептира као холографски испитиваног сензора слике“

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

Кандидат је уписао докторске студије у октобру 2018. године.

29.12.2022. године кандидат је пријавио тему за израду докторске дисертације.

10.01.2023. године Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије о оцени научне заснованости теме и кандидата упутила Наставно –научном већу на усвајање.

25.01.2023. године Наставно-научно веће именовало је Комисију за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

21.02.2023. године Наставно-научно веће усвојило је Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

13.03.2023. године Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације. Решење број 61206-919/2-23 од 13.03.2023.

27.02.2024. године кандидат је предао докторску дисертацију на оцену.

05.03.2024. године Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за оцену докторске дисертације.

12.03.2024. године Наставно-научно веће Факултета именовало је Комисију за оцену докторске дисертације.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада широј научној области Електротехника и рачунарство и ужој научној области Физичка електроника (Наноелектроника и фотоника) за коју је матичан Електротехнички факултет. За ментора докторске дисертације одређен је др Пеђа

Михаиловић, редовни професор Електротехничког Факултета у Београду, на основу научних и стручних доприноса везаних за ужу научну област дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Петар Атанасијевић је рођен 11.08.1994. године у Београду. Завршио је основну школу „Лаза Костић“ у Београду као вуковац. Природно-математички смер у Трећој београдској гимназији завршио је као вуковац 2013. године. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је исте године. Током студија је под менторством асистента Жељка Јанићијевића радио на дизајну и испитивањима програмабилног импулсног струјног извора за примене у области контролисане трансдермалне доставе лекова. Дипломирао је на смеру Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника, у оквиру одсека за Физичку електронику 2017. године са просечном оценом 9,00. Мастер академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на Модулу за Наноелектронику и фотонику уписао је у октобру 2017. године. Положио је све испите са просечном оценом 10. Завршне радове на основним и мастер студијама радио је под менторством проф. др Пеђе Михаиловића. Теме завршних радова је посветио области термалне анемометрије, примењене у обновљивим изворима енергије.

Од јесени 2018. године је студент докторских студија Електротехничког факултета Универзитета у Београду под руководством проф. др Пеђе Михаиловића. Тренутно је студент треће године. Све испите на докторским студијама положио је са просечном оценом 10. Фокус тренутног истраживања налази у области дигиталне холографије примењене у развоју савремених сензорских система. Посебно интересовање, посветио је развоју сензора зрачења широког спектралног опсега, инспирисаног биолошким структурама лептирових крила.

Петар Атанасијевић је аутор пет радова у часописима од међународног значаја са импакт фактором, као и једанаест радова презентованих на међународним и домаћим конференцијама. Коаутор је два електронска уџбеника који се користе као наставни материјал на Електротехничком факултету у Београду.

Током основних студија је био ангажован као демонстратор на одсеку за Физичку електронику. Од децембра 2017. године је запослен на Електротехничком факултету у звању сарадника у настави, док је у фебруару 2019. унапређен у звање асистента при Катедри за Микроелектронику и техничку физику, где је ангажован на 15 предмета на основним и 4 предмета на мастер академским студијама као и на пројектима:

- 2021-2022. „Увођење наставе физике за студенте електротехнике (ЕТФизика)“, МПНТР Републике Србије, развој високог образовања.
- 2021.- „Архитектура свеоптичког резервоар компјутера базирана на ласерској бистабилности - пројекат ORCA-LAB“, Фонд за науку Републике Србије, ИДЕЈЕ.
- 2020.- „Систем за праћење соларних постројења - СОФИС“, Фонд за иновациону делатност Републике Србије – сарадња науке и привреде.
- 2018-2019. „Иновативни приступи учењу у развоју софтверски пројектоване инструментације и њена примена у системима који раде у реалном времену“, ERAZMUS + K2 пројекат.
- 2020-2021. „Унапређење и дигитализација наставе из Фотонице (eFOTON)“, МПНТР Републике Србије, развој високог образовања.
- 2019-2020. „Производња лабораторијског прототипа тест стола за карактеризацију извора за напјање за појачаваче слике треће генерације“, Фонд за иновациону делатност Републике Србије – иновациони ваучери.
- 2019.- „Оптоелектронски нанодимензиони системи – пут ка примени“, бр.III-45003, МПНТР Републике Србије.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Дисертација је написана на енглеском језику. Укупан број страна дисертације почевши од увода укључујући библиографију, референце, додатке А и Б и биографију је 89. Дисертација је организована у девет поглавља са 52 слике, 3 табеле и листом од 161 референце.

Текст дисертације подељен је на основна поглавља:

1. Увод
2. Холографско формирање слике
3. Припрема материјала и узорака
4. Холографски експерименти, наменски електронски уређаји и софтвер
5. Калибрација и спектрална својства
6. Временски одзив крила
7. Просторни одзив крила и формирање слике
8. Дискусија
9. Закључак и перспектива

Поред основних поглавља дисертација садржи насловну страну на српском и енглеском језику, страницу са подацима о ментору и члановима Комисије, захвалницу и сажетак са кључним речима и подацима о научној области на српском и енглеском језику. Поред наведеног на крају текста се налазе списак литературе, додаци А и Б, биографија аутора и обавезне изјаве (Изјава о ауторству, Изјава о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада, Изјава о коришћењу).

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље дисертације пружа увод у област аквизиције слике, са акцентом на историјат и тренутно стање техника детекције просторне расподеле инфрацрвеног зрачења. Поред уобичајених принципа инфрацрвеног сликања коришћењем матрице микроболометара или хлађених квантних детектора, у оквиру овог поглавља је изложен преглед достигнућа алтернативних, перспективних приступа предложених у литератури попут микроконзолних сензора и биолошких структура. Истакнути су недостаци тренутног стања технике у области приступачне нехлађене широкоспектралне детекције просторне расподеле зрачења, чиме је приказана мотивација иза реализације холографски испитиваног биоинспирираног сензора слике, заснованог на крилу Морфо лептира.

Друго поглавље представља увод у област холографије примењене у мерењима, са акцентом на објашњењу практичних техника и нумеричких алгоритама који се у резултатима дисертације користе при аквизицији и обради холограма узорака крила Морфо лептира. Текст поглавља пружа неопходне информације за интерпретацију резултата дисертације, разумевајући предности и ограничења примењених метода испитивања.

Треће поглавље анализира познате оптичке особине фотонских структура Морфо дидиус лептира, наглашавајући утицај појединих особина на перформансе одзива предложеног сензора. У овом поглављу је обрађена и припрема узорака, коментарисан је избор адхезива између узорка и алуминијумског носача, и приказани су резултати мерења рефлектансе, трансмитансе и апсорптансе крила Морфо дидиус лептира у видљивом и блиском инфрацрвеном делу спектра.

Четврто поглавље се бави коришћеним експерименталним поставкама за снимање холограма и термограма. У поглављу се дискутују и наменски електронски уређаји, развијени за потребе експеримента ове дисертације. Крај поглавља је посвећен објашњењу

реализованих програмских кодова за синхронизацију побудних ласера, холограмске и термограмске аквизиције у експериментима.

Пето поглавље приказује експерименталне резултате мерења микро помераја крила Морфо лептира, изазваних осветљавањем крила побудним ласерима. Особине оптотермомеханичког одзива крила су испитане за крило које је монтирано на алуминијумски носач, и крило које је слободно у ваздуху са обе стране. Коментарисан је компромис између осетљивости предложеног сензора слике и нежељених ефеката попут контра померања неосветљених области крила услед померања крилне мембране. Предложен је алгоритам за анализу холографског одзива крила, који омогућава мерење интензитета светлости на основу калибрације за различите експерименталне услове и различите нумеричке методе реконструкције холограма. Коришћењем предложеног алгоритма је спроведена калибрација оптотермомеханичког одзива крила на више таласних дужина у видљивом и блиском инфрацрвеном делу спектра. На основу калибрације је утврђен тренд спектралног одзива сензора.

Шесто поглавље је посвећено временском одзиву предложеног сензора слике. Форма одзива је објашњена једноставним физичким моделом локалног грејања и хлађења дела крила зрачењем. Временски одзив је испитиван за различите начине монтирања крила, предложене у трећем поглављу. Експериментално је истражен и утицај термоелектричне контроле температуре узорка на временску форму одзива.

Седмо поглавље се бави просторним одзивом крила Морфо лептира као детектора слике. У поглављу су уведена и објашњена ограничења у способности просторног разлагања крила. Како би се квантификовала граница разлагања, на два различита начина је измерена модулациона трансфер функција крила. На крају је демонстрирана аквизиција слике коришћењем крила Морфо лептира. Показало се да је квалитет добијених слика у складу са претходно утврђеним ограничењима.

Осмо поглавље представља дискусију добијених резултата. Поглавље има за циљ да стави у перспективу перформансе решења које се предлаже у дисертацији у односу на перформансе раније предложених решења. Посебно се истиче поређење између предложеног Морфо сензора и других сензора инфрацрвеног зрачења из литературе, базираних на Морфо лептирима, или микроконзолама.

Последње, девето поглавље истиче кључне закључке дисертације, осврћући се на научне доприносе изложеног материјала, и будуће правце истраживања које приказани резултати отварају.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Високе перформансе данашњих сензора слике у видљивом делу спектра су последица напретка технологије у силицијуму, индукованог савременом индустријом електронских чипова. Са друге стране, војне, безбедносне, медицинске и истраживачке примене мотивишу развој сензора слике у другим спектралним опсезима. У поређењу са осталим опсезима изван видљивог, истраживање сензора за аквизицију слике у инфрацрвеном делу спектра је до сада привукло највише пажње. У зависности од дела инфрацрвеног спектра у коме раде, ови сензори налазе своје примене у мерењу расподеле температуре објеката и људи, гледању кроз маглу и дим или осматрању у условима смањене видљивости.

Фундаментална физичка својства силицијума ограничавају његове примене у апсорпцији зрачења таласних дужина већих од 1000 nm. Стога технологије сензора слике изван видљивог дела спектра захтевају употребу и развој нових материјала зарад уобичајене квантне детекције, или промену парадигме детекције коришћењем других физичких ефеката попут зрачењем изазване промене температуре термалних детектора. Материјали који

омогућавају широкоспектралну квантну детекцију упоредо захтевају криогене радне температуре, те их њихова цена и сложеност држе далеко од примене у широкој популацији. Са друге стране термални детектори омогућавају нехлађену детекцију уз нижу цену због чега су данас неупоредиво заступљенији. Ипак, њихове перформансе у погледу нивоа шума, брзине рада и осетљивости су далеко испод жељених, остављајући тржиште прецизног инфрацрвеног сликања без алтернативе хлађеним квантним детекторима.

Инспирација за решење проблема нехлађене инфрацрвене детекције високих перформанси, у последњој деценији се неретко тражи у природи, у еволуцијом оптимизованим структурама инсеката. Међу предложеним решењима, посебно се истичу приступи детекције инфрацрвеног зрачења коришћењем структура на крилима Морфо лептира. У поменутих идејама оптичка својства ових структура у видљивом делу спектра су модулисана контролисаним загревањем инфрацрвеним зрачењем. Међутим, до сада није пријављено решење које је демонстрирало аквизицију слике коришћењем биолошких структура. Такође, није спроведено детаљно истраживање просторног и спектралног одзива биоизведених Морфо сензора.

У овој дисертацији је први пут, кроз низ различитих експеримената, детаљно окарактерисан одзив крила Морфо лептира као сензора слике. Како би се омогућило праћење мапе промена на крилу која је индукована зрачењем, коришћена је дигитална холографија. Холографске поставке и нумеричке методе реконструкције, оптимизоване су зарад испитивања крила. Коментарисани су компромиси између осетљивости и брзине одзива, који су додатно условљени избором методе монтирања узорака на носач. На основу калибрације сензора у видљивом и блиском инфрацрвеном делу спектра је показано да осетљивост сензора прати криву апсорпције крила. На крају, први пут је демонстрирана аквизиција слике крилом Морфо лептира и мерењем су утврђена ограничења његовог просторног разлагања. Изложени резултати отварају пут ка нехлађеној широкоспектралној детекцији расподеле зрачења, чија осетљивост за ред величине превазилази већину функционално сличних, вештачки фабрикованих сензора, попут камера са микроконзолним пикселима. Посебна предност оваквог приступа јесте могућност оптичког ишчитавања, која елиминише потребу за ко-интеграцијом сложених наменских електронских мерних чипова са сензором. За разлику од алтернативних предлога Морфо сензора инфрацрвеног зрачења из области биомиметике који захтевају сложене процесе функционализације у току припреме узорака, крило које је коришћено у овој дисертацији је у потпуности немодификовано, а изузетно осетљиво услед избора методе испитивања.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији је цитирана 161 библиографска референца наведена по редоследу цитирања у тексту дисертације. Цитиране референце већином припадају областима биомиметике, холографије, термографије и сензорике аквизиције слике, пратећи мултидисциплинарну тематику истраживања изложеног у дисертацији. Број референци новијег датума потврђује текућу тежњу научне и стручне јавности ка унапређењу сензора слике изван видљивог дела електромагнетског спектра.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У току истраживања које је резултовало овом дисертацијом, примењене су следеће научне методе:

- Кроз преглед литературе анализирано је тренутно стање технике за детекцију расподеле инфрацрвеног зрачења. Уочени су недостаци термалних и квантних детектора, и анализирана су алтернативна понуђена решења из области биомиметике.

- Реализоване су експерименталне поставке за испитивање утицаја зрачења на термомеханички одзив крила лептира техникама дигиталне холографије.
- Анализирана је просторна расподела зрачењем индуковане промене температуре на узорку коришћењем техника термалног сликања.
- Коришћењем интегрисане сфере, спроведена су мерења спектралне зависности рефлектансе и трансмитансе иридесцентне стране крила Морфо лидиус лептира у случајевима присуства и одсуства љуспица на задњој страни његове крилне мембране.
- Развијен је програмски код за управљање и синхронизацију холографског, термалног и побудног дела експерименталне поставке.
- Развијени су наменски електронски уређаји за контролу температуре носача за крило, као и за контролу струје и температуре коришћених инфрацрвених ласерских диода велике снаге.
- Имплементирани су програмски кодови за нумеричке прорачуне дифракционог интеграла, чијим се решавањем спроводи реконструкција експериментално снимљених холограма крила лептира. Развијан је алгоритам за прорачун оптималне везе између интензитета инцидентног зрачења и холографски детектоване промене фазе, који смањује утицај избора методе реконструкције и експерименталних параметара.
- Истражене су и оптимизоване методе сечења и монтирања узорака на алуминијумски носач коришћењем различитих типова адхезива.
- Карактерисана је временска форма оптотермомеханичког одзива крила у зависности од начина његовог монтирања и температурне контроле. Испитивана је поновљивост временске и просторне форме одзива крила.
- Примењени су прорачуни модулационе трансфер функције коришћењем методе нагнуте ивице (енгл. Slanted edge method) и анализом импулсног одзива крила ради квантитативне процене просторног разлагања предложеног сензора.
- На крило су ласером и системом сочива пројектоване слике различитих облика, чиме је испитана способност крила да верно пренесе информацију о расподели интензитета сниманог објекта.

3.4. Применљивост остварених резултата

Холографски испитивано крило Морфо лептира, које је анализирано у овој дисертацији, испољава јасан потенцијал у детекцији интензитета и просторне расподеле електромагнетског зрачења широког спектралног опсега. Испитивани сензор испољава линеаран одзив, просторну резолуцију лимитирану димензијама љуспица и брзину одзива ограничену њиховом термалном инерцијом. Наредни кораци у распрострањеној примени ове врсте широкоспектралног сензора слике траже унапређење техника фабрикације вештачких материјала са особинама сличним природним Морфо структурама.

Предложени биоизведени детектор слике надмашује перформансе решења базираних на микроконзолним пикселима која су пријавила демонстрацију аквизиције слике, било у погледу осетљивости, брзине одзива или оба параметра. У поређењу са другим биомиметским приступима, предности испитиваног сензора се огледају у линеарности његовог одзива, брзој реакцији и високој осетљивости без потребе за функционализацијом узорка у процесу припреме. Уколико би се ипак узорак функционализовао, то би по потреби повећало његову одзивност и проширило његов спектрални опсег, јер је показно да осетљивост сензора расте линеарно са апсорпцијом узорка.

У оквиру истраживања које је приказано у овој дисертацији се издваја и додатни допринос у виду развијене експерименталне холографске поставке, апаратуре за контролу температуре узорка, наменских електронских уређаја и софтвера. Сваки од ових елемената налази примене у унапређењу различитих лабораторијских решења из области дигиталне холографије и електрооптике.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат, мастер инжењер електротехнике и рачунарства Петар Д. Атанасијевић, приказао је способност да самостално анализира стање технике и научних резултата, осмисли и изведе сложене експерименте који захтевају посебне технике и наменске уређаје, обради и протумачи добијене резултате и сагледа њихов значај. Имајући у виду сложеност проблематике интеракције оптичког зрачења са материјалима и начина квантификације и квалификације те интеракције, кандидат је успео да осмисли експерименталне поставке које омогућавају да се оцени перспектива биолошког материјал као сензора слике у свим битним параметрима.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру докторске дисертације остварени су следећи научни доприноси:

- По први пут је демонстрирана аквизиција просторне расподеле оптичког зрачења крилом Морфо лептира. Способност крила да детектује слику је потврђена кроз низ експеримената са различитим просторним расподелама зрачења. Кроз више различитих приступа је детаљно испитан просторни одзив сензора. Презентоване су границе способности његовог просторног разлагања које одговарају очекиваним вредностима резолуције познајући димензије љуспица на крилу – пиксела предложеног детектора.
- Испитана је осетљивост крила Морфо лептира као детектора слике за таласне дужине светлости у видљивом и блиском инфрацрвеном делу електромагнетског спектра. Показано је да је одзив крила изразито линеаран, као и да у основи зависи од оптички индуковане промене температуре. Утврђена је линеарна зависност између спектралне зависности апсорпције узорка и осетљивости детекције на одговарајућим таласним дужинама побудног зрачења. Такође, закључено је да је крило, иако нефункционализовано, изузетно осетљив детектор, оптотермомеханичког одзива који за ред величине превазилази већину еквивалентних вештачки фабрикованих решења заснованих на микроконзолним пикселима.
- Испитан је временски одзив крила Морфо лептира као детектора слике. Показано је да је брзина одзива предложеног сензора упоредива са брзинама одзива функционално сличних детектора слике који су раније предложени у литератури. Одзив је описан применом апроксимативних физичких модела, пружајући увид у параметре модела који могу омогућити оптимизацију између брзине и осетљивости сензора. Показано је да је временски тренд одзива веома поновљив и у случају различитих снага побуде.
- Анализиран је утицај подлоге на коју се монтира узорак на временски одзив предложеног детектора. Посебно је испитан и утицај температуре подлоге на промену тренда одзива и закључено је да је тренд одзива оптималан у случају када је подлога узорка на температури амбијента.
- Реализовани су наменски електронски уређаји и софтвер, који омогућавају температурску контролу узорка, температурску и струјну контролу ласерских диода велике снаге и синхронизацију холографског и термалног снимања са оптичком побудом контролисаном микроконтролером.
- Установљена је метрика за повезивање холографски детектоване промене фазе на крилу и интензитета инцидентног зрачења, чија је предност умањен утицај фактора скалирања реконструкције холограма и избора методе реконструкције на резултат мерења.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Посматрајући полазне хипотезе, циљеве и остварене резултате истраживања констатује се да су доприноси докторске дисертације у сагласности са очекиваним доприносима при пријави теме дисертације. Наведени резултати дисертације представљају прву детаљну карактеризацију одзива биоизведеног система као детектора расподеле зрачења, од калибрације до демонстрације аквизиције слике.

Потенцијал предложеног детектора се огледа пре свега у израженој осетљивости оптички индукваног термомеханичког одзива, али и у предностима оптичког мерења применом дигиталне холографије у односу на мерење ко-интегрисаном електроником. Додатно, сам механизам детекције дозвољава да се по потреби одзив оптимизује у одређеном спектралном опсегу од интереса. Резултати које је кандидат приказао коришћењем немодификованог биолошког узорка отварају пут ка имплементацији истих физичких принципа у вештачким материјалима ради унапређења перформанси детектора широког спектралног опсега.

4.3. Верификација научних доприноса

У оквиру истраживачког рада у области теме докторске дисертације кандидат Петар Атанасијевић је објавио два рада као аутор или коаутор у часописима са SCI листе и три рада на међународним и домаћим конференцијама.

Категорија M21:

1. P. Atanasijević, D. Grujić, F. Krajinić, P. Mihailović, and D. Pantelić, "Characterization of a bioderived imaging sensor based on a Morpho butterfly's wing," *Optics & Laser Technology*, vol. 159, p. 108919, April 2023, doi: 10.1016/J.OPTLASTEC.2022.108919, (IF: 5.0, ISSN: 0030-3992)

Категорија M23:

2. M. Mičić, P. Atanasijević, and P. Mihailovic, "Laser diode driver on a Programmable System on a Chip," *Review of Scientific Instruments*, vol. 95 (3), p. 033001, March 2024, doi: <https://doi.org/10.1063/5.0184666>, (IF: 1.6, ISSN: 0034-6748)

Категорија M33:

1. M. Zivic, P. Atanasijevic, M. Barjaktarovic, „Development of a digital holographic microscope for observation of Morpho butterfly wing scales“. 29th Telecommunications Forum, TELFOR 2021 – Proceedings, 2021. <https://doi.org/10.1109/TELFOR52709.2021.9653260>

Категорија M64:

2. P. Atanasijevic, P. Mihailovic, D. Grujic, D. Pantelic and H. Skenderovic, „Morpho butterfly wings as imaging sensor“, in 14th Photonics Workshop, p. 29. , Institute of Physics, University of Belgrade, Kopaonik, March 2021, ISBN: 978-86-82441-52-6.
3. P. Atanasijevic, F. Krajinic, P. Mihailovic, and D. Pantelic, "Thermoelectric temperature control of Morpho butterfly wings used for radiation sensing," in 16th Photonics

Workshop, p. 20., Institute of Physics, University of Belgrade, Kopaonik, March 2023, ISBN: 978-86-82441-59-5.

Поред ових радова, у току израде дисертације, кандидат је објавио још осам радова као аутор или коаутор из уже научне области физичке електронике, којој припада област дисертације.

Категорија M21:

1. **P. Atanasijevic** and P. Mihailovic, „Temperature compensation of NTC thermistors based anemometer“, *Sensors Actuators A Phys.*, vol. 285, pp. 210–215, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sna.2018.11.004>, (IF: 2.904, ISSN: 0924-4247)
2. M. Ž. Banović, **P. A. Atanasijević**, M. M. Krstić, P. M. Mihailović, J. V. Crnjanski, S. J. Petričević, D. M. Gvozdić, “Reconfigurable all-optical bistability/tristability in dual injection-locked Fabry–Perot laser diodes,” *Optics Letters*, vol. 48, no. 15, pp. 4165–4168, 2023, doi: 10.1364/OL.496482, (IF: 3.6, ISSN: 0146-9592)

Категорија M22:

3. A. Jerotić, D. Đokić, **P. Atanasijević**, and P. Mihailovic, “Non-bridge NTC thermistor anemometer with programmable sensitivity,” *Flow Measurement and Instrumentation*, vol. 96, p. 102544, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2024.102544>, (IF: 2.2, ISSN: 0955-5986)

Категорија M33:

4. I. Batas-Bjelić, **P. Atanasijević**, P. Dragišić, D. Dragišić, and M. C. Tomić, “One Realization of an Autonomous Measurement System for Verification of the Declared Efficiency and Real-time Monitoring of the Photovoltaic Plant Production based on IOT Platform,” 8th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion - Proceedings. 2022. doi: <https://doi.org/10.4229/WCPEC-82022-5DV.2.15>,

Категорија M34:

5. M. Simovic-Pavlovic, D. Grujic, **P. Atanasijevic**, D. Vasiljevic, B. Kolaric and D. Pantelic, „Measuring temperature changes of butterfly’s wing through deformation: a holographic approach”, in *Photonica2019: 7th International School and conference on Photonics*, p. 127. Institute of Physics Belgrade, Belgrade, August 2019, ISBN: 978-86-7306-153-5
6. P. Mihailović, **P. Atanasijević** and S. Petričević, „Faraday effect magnetometry - Is the holographic examination the ultimate solution?“, Online Summit on Optics and Photonics (COP- 2021) Chapter 2, STEM International Organization, Online Summit, April, 2021, Belgium.
7. **P. Atanasijević** et al., “Reverse sigmoid-like nonlinearity in Fabry-Perot injection-locked lasers,” IX International School and Conference on Photonics PHOTONICA 2023. 2023.
8. D. Pantelic, D. Pavlović, D. Grujic, B. Salatić, **P. Atanasijevic**, and P. Mihailovic, “A compact, holographic imaging sensor for biophotonic structures,” PHOTONICA 2023. 2023.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У докторској дисертацији под називом „Карактеризација одзива крила Морфо лептира као холографски испитиваног сензора слике“ кандидат Петар Д. Атанасијевић осмислио је експериментални систем за карактеризацију биолошког сензора слике на бази крила лептира и показао валидност оваквог концепта добијеним резултатима мерења.

Комисија констатује да докторска дисертација кандидата Петра Д. Атанасијевића испуњава све законске, формалне и суштинске услове и критеријуме који се примењују приликом вредновања докторских дисертација на Електротехничком факултету и Универзитету у Београду. Имајући у виду постигнуте резултате и научне доприносе, Комисије предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да се докторска дисертација под називом „Карактеризација одзива крила Морфо лептира као холографски испитиваног сензора слике“ кандидата Петра Д. Атанасијевића прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду као и да се кандидату одобри јавна усмена одбрана.

У Београду,
22.04.2024.г.

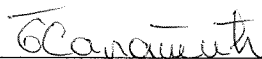
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Слободан Петричевић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Јасна Црњански, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Бранислав Салатић, научни сарадник
Институт за физику Универзитета у Београду



др Марко Крстић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Ана Гавровска, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет