

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Александра Атића

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 860/25 од 13.05.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену дисертације кандидата Александра Атића под насловом

Моделовање квантних наноструктура заснованих на оксидним полупроводницима са великим енергетским процепом

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

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Александар Атић, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, уписао је докторске студије на Електротехничком факултету у Београду, на модулу Наноелектроника и фотоника, у школској 2019/2020. години. Положио је све испите предвиђене наставним планом и програмом докторских студија са просечном оценом 10,0 и остварио је 120 ЕСПБ. Такође, испунио је све обавезе везане за студијско истраживачке радове предвиђене планом и програмом.

Катедра за микроелектронику и техничку физику на својој седници одржаној 30.8.2022. године, размотрила је пријаву теме докторске дисертације кандидата Александра Атића под радним насловом „Моделовање квантних наноструктура заснованих на оксидним полупроводницима са великим енергетским процепом“.

Наставно-научно веће на својој 876. седници одржаној дана, 13.09.2022. године донело је одлуку (Одлука број 5021/19-1 од 26.09.2022.) о именовању Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације у следећем саставу:

1. др Витомир Милановић, професор емеритус
2. др Горан Глигорић, научни саветник, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију
3. др Никола Баста, доцент, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет
4. др Никола Вуковић, доцент, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет

Дана 07.10.2022. године одржана је јавна усмена одбрана теме докторске дисертације на Електротехничком факултету у Београду. Оцена Комисије је да је кандидат Александар Атић добио оцену: задовољно. Наставно-научно веће Електротехничког факултета усвојило је Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације (08.11.2022. године). За ментора дисертације, именована је др Јелена Радовановић, редовни професор. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 12.12.2022. године дало је сагласност на предложену тему докторске дисертације и именовање ментора (Решење број 61206-4952/2-22 од 12.12.2022. године).

На основу одлуке Наставно-научног већа Електротехничког факултета број 75/33 од 16.01.2024. године, Веће научних области техничких наука на седници одржаној 19.02.2024. године донело је сагласност на одлуку Наставно-научног већа Електротехничког факултета о одређивању др Николе Вуковића за другог ментора кандидату Александру Атићу (Одлука број 61206-584/2).

Кандидат је 28.04.2025. године предао докторску дисертацију на преглед и оцену. Комисија за студије трећег степена потврдила је на седници одржаној 06.05.2025. испуњеност потребних услова за предају дисертације на преглед и оцену. Наставно-научно веће Електротехничког факултета именovalo је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације под називом „Моделовање квантних наноструктура заснованих на оксидним полупроводницима са великим енергетским процепом“ (Одлука број 860/25 од 13.05.2025. године), у следећем саставу:

1. др Милан Тадић, редовни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет
2. др Владимир Арсоки, ванредни професор, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет
3. др Горан Глигорић, научни саветник, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију

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 менторе докторске дисертације одређени су др Јелена Радовановић, редовни професор Електротехничког факултета у Београду и др Никола Вуковић, доцент Електротехничког факултета у Београду на основу научних и стручних доприноса везаних за ужу научну област дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Александар Атић рођен је у Београду 18.11.1992. године. Основну школу „Бранко Радичевић“ је завршио на Новом Београду као носилац Вукове дипломе. Природно-математички смер у Осмој београдској гимназији у Београду завршио је 2011. године. Исте године уписао се на основне академске студије на Електротехничком факултету у Београду, студијски програм Електротехника и рачунарство. Дипломирао је на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду 2016. године на одсеку за Физичку електронику, модул Оптикелектроника, наноелектроника и ласерска техника, са темом „Модулација индекса преламања у полупроводничкој квантној јами применом суперсиметричне квантно-механичке трансформације“. Мастер студије завршио је такође на Електротехничком факултету у Београду 2019. године, студијски програм Електротехника и рачунарство, модул

Наноелектроника и фотоника, са темом „Моделовање квантног каскадног ласера заснованог на ZnO/ZnMgO“. Докторске студије уписао је 2019. године такође на смеру за Наноелектронику и фотонику.

Радио је као „junior design engineer“ у фирми „Elsys Eastern Europe“ од октобра 2018. до фебруара 2019. Од марта 2019. је волонтирао, а од децембра 2019. је запослен у „Институту за нуклеарне науке Винча“ при лабораторији за атомску физику на теми „Физика комплексних система“ у оквиру програма „Нови материјали и нано науке“. Од 2022. године је на теми „Комплексни системи: теорија и примене“ (0402212) на којој је руководиоца др Александра Малуцков. 30.03.2022. изабран је у звање „истраживач сарадник“.

Учесник је на пројекту из позива PROMIS 2023 Фонда за науку Републике Србије, број 10504, под називом: „Ultra-Short Pulsations from TERAhertz Quantum Cascade Laser Using Passive Mode-LOCKing with Graphene Saturable Absorber“ – TERALOCK чији је руководиоца др Никола Вуковић.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Дисертација је написана на српском језику. Укупан број страна дисертације је 120, од чега нумерација страна почиње од увода, укључује референце и биографију те је број нумерисаних страна 104. Дисертација је организована у девет поглавља са 46 слика, једном табелом и листом од 167 референци.

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод
2. Оксидни полупроводнички материјали са великим енергетским процепом
3. Резонантна тунелска диода
4. Квантни каскадни ласери
5. Прорачун електронске структуре квантног каскадног ласера
6. Моделовање транспорта носилаца
7. Деполаризациони померај
8. Нумерички резултати
9. Закључак

Поред наведеног, дисертација садржи насловну страну на српском и енглеском језику, страницу са подацима о ментору и члановима Комисије и сажетак са кључним речима и подацима о научној области на српском и енглеском језику, као и списак литературе, биографију аутора и обавезне изјаве (Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу).

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводном поглављу приказани су предмет, циљ и значај истраживања, као и основни појмови потребни за разумевање проблематике. Представљена је мотивација за истраживање квантних структура и полупроводничких уређаја заснованих на оксидним полупроводницима са великим енергетским процепом. Наведене су полазне хипотезе и методологија која је примењена у анализи и симулацији електронских и оптичких својстава. Такође, дат је преглед структуре рада и кратак опис садржаја сваког поглавља.

Физичко-хемијске и електронске особине оксидних полупроводника са великим енергетским процепом, ZnO и Ga₂O₃ и области примене су детаљно приказане у другом поглављу.

Треће поглавље посвећено је теорији и примени резонантне тунелске диоде (РТД), као примера квантног уређаја са негативном диференцијалном отпорношћу, која представља градивни елемент, односно корак ка реализацији квантног каскадног ласера где је транспорт одређен резонантним тунеловањем кроз инјекциону баријеру. Изложена је теорија резонантног тунеловања кроз структуру са двоструком баријером и формирање квазидискретних стања у квантној јами. Ово поглавље потребно је за тумачење нумеричких резултата у поглављу посвећеном дискусији излазних података симулације.

Четврто поглавље даје преглед најважнијих достигнућа и тренутног стања у области истраживања квантних каскадних ласера (ККЛ), као и физичких принципа на којима се заснива рад ових направа. Описује се каскадни процес генерисања фотона помоћу унутарзонских прелаза, односно процес који омогућује једном електрону да произведе велики број фотона и тиме повећава ефикасност ласера. Изложени су различити механизми расејања електрона важни за моделовање транспорта, а посебна пажња посвећена је терахерцном ККЛ-у за који је дат преглед различитих дизајна активне области и таласовода.

Тема петог поглавља је Шредингер-Поасонов самосагласни поступак у коме се нумерички прорачунава електронска структура ККЛ-а методом коначних разлика.

Шесто поглавље посвећено је транспорту носилаца наелектрисања у структури квантног каскадног ласера, са посебним освртом на методу матрице густине идеализованог ККЛ-а са бесконачним бројем периода, који се касније користи за нумеричке прорачуне.

Излагање сложеног модела апсорпције за структуре са квантним јамама где се због великог допирања морају узети у обзир колективни ефекти и где као резултат долази до прерасподеле у апсорпционом спектру, односно до деполаризационог помераја, обухваћено је седмим поглављем. Показано је како се конструише Хамилтонијан једног таквог система.

У осмом поглављу приказани су резултати нумеричких симулација. Разматрано је више наноструктура заснованих на ZnO и Ga_2O_3 материјалима. Варирано је допирање и дебљина слојева структуре и израчунати су апсорпциони спектри са и без узимања у обзир колективних ефеката, односно упоређени су резултати једночестичног модела са сложенијим моделом вишеподзонског плазмона. За резонантну тунелску структуру са две баријере од ZnO урађен је прорачун струјно-напонске карактеристике и оптимизација односа вршне и најниже струје (енг. Peak-to-Valley Ratio, PVR параметар) и динамичког опсега густине струје у функцији дебљине инјекционе баријере, допирања инјектора/коллектора, као и молског удела Mg у баријери. Затим је урађен детаљан прорачун електронске структуре и транспорта на примеру два дизајна активне области терахерцног ККЛ-а из литературе и објашњено је који су њихови недостаци услед којих нису произвели жељени ефекат ласерске емисије, чиме је истакнута важност теоријског модела са малом толеранцијом грешке. На крају, анализирани су квантне јаме засноване на $\beta\text{-(Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ и ту је по први пут моделована апсорпција коришћењем сложеног модела са деполаризационим пољем.

Сумирање кључних резултата и извођење најбитнијих закључака истраживања дато је у последњем, деветом поглављу.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Полупроводници са великим енергетским процепом представљају нову област истраживања, где су интензивне истраживачке активности усмерене ка синтези различитих материјала и њихових комбинација, испитивању физичких особина, са циљем да се реализују направе за примене у електроници, оптоелектроници и квантној електроници. У поређењу са силицијумом и III–V једињењима, развој ових материјала и одговарајућих направа је у

повоју. Интересовање за полупроводнике са великим енергетским процепом подстакла су ранија истраживања II-VI материјала и AlGaIn/GaN система. Међутим II-VI једињења се заснивају на комплексним кватернарним легурама, док се код стандардног c-GaN јављају јака унутрашња поларизациона поља што компликује дизајн и синтезу одговарајућих хетероструктура. Код неполарног GaN не постоје унутрашња поља, али је нарастање врло захтевно, а ограничена је и величина вејфера, што је врло непогодно за реализацију направа. Познато је да експерименталним резултатима у области нових материјала уобичајено претходе теоријски прорачуни, чија улога је предвиђање особина тих материјала и њихових хетероструктура, прорачун електронске структуре, утицаја допаната и слично, што говори у прилог савремености теме истраживања.

Предмет истраживања ове дисертације је развијање теоријског и симулационог оквира за проучавање структура на бази квантних јама реализованих уз помоћ оксидних материјала са великим енергетским процепом, конкретније, ZnO и Ga₂O₃ хетероструктура. ZnO/ZnMgO структуре су перспективне за реализацију терахерцних емитера на високим радним температурама захваљујући повољним вредностима параметара, првенствено већој резонантној енергији лонгитудиналних оптичких фонона у односу на GaAs. Осим тога, овај систем материјала чини доступним терахерцне фреквенције које није могуће постићи ККЛ-има реализованим помоћу GaAs. Међутим, примена овог система материјала за конструкцију квантних каскадних ласера још увек је у раној фази истраживања. Стога, развијање детаљног теоријског модела и одређивање параметара структуре који обезбеђују емисију у THz опсегу спектра представљају врло актуелан проблем. Галијум оксид (Ga₂O₃) поседује ултра велики енергетски процеп и као такав представља перспективни материјал за оптоелектронске направе, посебно када су у питању легуре са алуминијумом, попут (Al_xGa_{1-x})₂O₃.

Оригиналност и савременост докторске дисертације огледају се у резултатима нумеричких прорачуна од којих је велики део публикован у два научна рада у часописима категорије M21 и M22 где је Александар Атић први аутор. Ови резултати подразумевају самосагласни прорачун електронске структуре и апсорпције, као и транспортних карактеристика материјала заснованих на оксидним полупроводницима са великим енергетским процепом. Теоријско истраживање приказано у дисертацији доприноси бољем разумевању механизма рада ових направа.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде докторске дисертације, кандидат је детаљно истражио релевантну литературу из научне области којом се бави дисертација. Радови при изради дисертације су објављени у врхунским међународним часописима са импакт фактором што потврђује значај, релевантност и савременост теме. Осим тога, литература обухвата и одговарајуће књиге, докторске дисертације, као и новије радове са међународних конференција. Списак литературе садржи 167 референци наведених по реду цитирања у тексту. Свеобухватност и значај литературе коришћене при изради дисертације упућује на то да је кандидат студиозно и темељно проучавао предметну област.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У току истраживања примењене су следеће научне методе теоријског карактера:

- Проучавање релевантне литературе у вези оксидних материјала са великим енергетским процепом, као и литературе о моделовању квантних каскадних ласера и резонантних тунелских диода;

- Шредингер-Поасонов самосагласни прорачун електронске структуре вишеструких квантних јама на бази ZnMgO/ZnO и поређење добијених резултата са вредностима из литературе; анализа утицаја геометријских параметара (ширине слојева, састава материјала баријере) као и нивоа допирања на енергије унутарзонских прелаза у проводној зони и одговарајуће матричне елементе прелаза;
- Прорачун апсорпције у ZnMgO/ZnO квантним јамама и анализа утицаја деполаризационог помераја на апсорпцију и поређење са једночестичним моделом апсорпције.
- Одређивање струјно-напонске карактеристике, PVR и динамичког опсега густине струје у ZnMgO/ZnO резонантној тунелској структури са двоструком баријером и оптимизација PVR за конкретну структуру;
- Прорачун електронске структуре терахерцних ZnMgO/ZnO ККЛ-а из литературе Шредингер-Поасоновим самосагласним поступком;
- Прорачун транспортних карактеристика (појачање, густина струје, фреквенција) терахерцних ZnMgO/ZnO ККЛ-а из литературе коришћењем метода матрице густине, адекватног метода за прорачун транспорта наелектрисања у терахерцним ККЛ-овима;
- Шредингер-Поасонов самосагласни поступак за прорачун електронске структуре вишеструких квантних јама од $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ материјала;
- Прорачун апсорпције у вишеструким квантним јамама од $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ коришћењем сложеног модела који укључује деполаризационо поље, као и испитивање зависности фракционе апсорпције од геометријских параметара структуре и молског удела алуминијума у структури.

На основу изложеног, Комисија констатује да су примењене научне методе, које су стандардне и адекватне за анализу физичких процеса који се одвијају у структурама реализованим помоћу уобичајених полупроводничких материјала попут GaAs, адекватне и за структуре на бази полупроводника са великим енергетским процепом.

3.4. Применљивост остварених резултата

Применљивост резултата тезе огледа се у бољем разумевању проблема моделовања квантних наноструктура заснованих на оксидним полупроводницима са великим енергетским процепом, перспективних за примене у оптоелектроници. Посебно је интересантна и још увек неостварена идеја о реализацији терахерцног квантног каскадног ласера заснованог на $\text{Zn}_x\text{Mg}_{1-x}\text{O/ZnO}$ који би теоријски могао да ради на собним и вишим температурама, као и на вишим фреквенцијама у односу на тренутно доступне направе, захваљујући двоструко већој енергији лонгитудиналних оптичких фонона у односу на GaAs. Резултати дисертације представљају искорак у расветљавању физичких процеса на којима је базиран рад квантних каскадних ласера реализованих помоћу оксидних материјала са великим енергетским процепом, а самим тим и искорак ка њиховој реализацији и каснијој оптимизацији.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кроз реализацију докторске дисертације кандидат је показао све способности потребне за самосталан научно-истраживачки рад. Тема доктората је атрактивна и њен значај се огледа у реализацији одговарајућих модела који обезбеђују опис електронске структуре и оптичких особина потребних за дизајнирање емитера/детектора заснованих на новим оксидним материјалима. Сprovedено је систематично истраживање уз релевантну научну литературу, циљеви дисертације су јасно изложени, формулисани математичко-физички модели су детаљни и обухватају све битне физичке ефекте, а теоријске и нумеричке методе су адекватне, прецизно дефинисане и детаљно образложене. Кандидат је показао умеће у нумеричкој имплементацији формулисаних модела и знање за примену датих модела кроз програмске кодове.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси које је кандидат Александар Атић остварио у докторској дисертацији су:

- Анализа утицаја геометријских параметара структуре, допирања и спољашњег електричног поља на електронске и оптичке особине вишеструких квантних јама у системима материјала $\text{Zn}_x\text{Mg}_{1-x}\text{O}/\text{ZnO}$ и $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$;
- Примена сложеног квантомеханичког модела апсорпције који укључује деполяризационо поље на структуре са вишеструким квантним јамама које симулирају неке предложене дизајне ККЛ-а из литературе;
- Прорачун струјно-напонске карактеристике резонантне тунелске диоде у $\text{Zn}_x\text{Mg}_{1-x}\text{O}/\text{ZnO}$ систему и оптимизација PVR и динамичког опсега густине струје у функцији дебљине инјекционе баријере, допирања инјектора/колектора, као и молског удела Mg у баријери;
- Спровођење детаљног прорачуна електронске структуре и транспорта на примеру два дизајна активне области THz ККЛ-а из литературе и објашњење њихових недостатака услед којих нису произвели жељени ефекат ласерске емисије, чиме је истакнута важност теоријског модела са малом толеранцијом грешке;
- Анализа квантне јаме од $\beta-(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ и моделовање апсорпције коришћењем сложеног модела са деполяризационим пољем.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Посматрајући полазне хипотезе, циљеве и остварене резултате истраживања може се констатовати да је кандидат одговорио на релевантна питања која суштински произилазе из проблематике којом се докторска дисертација бави.

Остварени резултати доприносе бољем разумевању савремених материјала и њиховој примени у оптоелектроници, као и унапређењу дизајна уређаја за емисију и детекцију инфрацрвеног и терахерцног зрачења. Анализа вишеструких квантних јама заснованих на ZnO и Ga_2O_3 представља значајан корак ка оптималном пројектовању активне области квантног каскадног ласера. Поред тога, у оквиру дисертације систематично је анализирана резонантна тунелска диода са двоструком баријером кроз прорачун струјно-напонске карактеристике, односа вршне и најниже струје и динамичког опсега густине струје, уз спроведену оптимизацију ових параметара на примеру конкретне структуре. Резултати дисертације представљају искорак у расветљавању физичких процеса везаних за функционисање ККЛ-а на бази оксидних материјала са великим енергетским процепом, а самим тим и искорак ка њиховој оптимизацији и реализацији. Резултати су публиковани у два међународна часописа, од којих један категорије M21, а други категорије M22.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Александар Атић је објавио следеће радове, који су у непосредној вези са темом докторске дисертације:

Категорија M21

1. **A. Atić**, X.Wang, N.Vuković, N.Stanojević, A.Demić, D.Indjin, J.Радовановић, „Resonant Tunnelling and Intersubband Optical Properties of ZnO/ZnMgO Semiconductor Heterostructures: Impact of Doping and Layer Structure Variation“, MATERIALS, Vol. 17, No. 4, p. 927, Feb, 2024 (**IF=3.1**) (eISSN: 1996-1944) (DOI: [10.3390/ma17040927](https://doi.org/10.3390/ma17040927))

Категорија M22:

1. **A. Atić**, N.Vuković, J. Radovanović, „Calculation of intersubband absorption in ZnO/ZnMgO asymmetric double quantum wells“, OPTICAL AND QUANTUM ELECTRONICS, Vol. 54, No. 12, p. 810, Sep, 2022 (**IF=3.0**) (ISSN: 1572-817X)(DOI: [10.1007/s11082-022-04170-0](https://doi.org/10.1007/s11082-022-04170-0))

Категорија M34:

1. N. Vuković, M. Ignjatović, N. Stanojević, A. Demić, **A. Atić**, A. Milićević, N. Basta, F. Perišić, M. Stojković, D. Indjin, J. Radovanović, „Modelling of THz quantum cascade laser dynamics“. 18th Photonics Workshop (Conference): book of abstracts; March 16-20, 2025; Kopaonik. 2025, p.53 (ISBN 978-86-82441-71-7)

2. N. Vukovic, N. Stanojević, A. Demić, **A. Atić**, X. Wang, M. Ignjatović, N. Basta, D. Indjin, J. Radovanović, „Optical and transport properties of THz quantum cascade heterostructures“, Book of Abstracts/ 17th Photonics Workshop, (Conference), pp. 14 - 14, Institute of Physics Belgrade, Kopaonik, Mar, 2024 (ISBN 978-86-82441-62-5)

3. **A. Atić**, N. Vuković, J. Radovanović, „Investigation of intersubband transitions in wide bandgap oxide quantum well structures for optoelectronic device applications“, Book of Abstracts p. 100, IX International School and Conference on Photonics – PHOTONICA 2023, Belgrade, August 28-September 01, 2023. (ISBN 978-86-7306-165-8)

4. N.Vuković, **A. Atić**, N. Stanojević, X. Wang, A. Demić, D. Indjin, J. Radovanović, „Modeling of optical properties of novel terahertz photonics quantum well heterostructures“, Book of Abstracts p. 38, 16th Photonics Workshop, Kopaonik, March 12-15, 2023. (ISBN 978-86-82441-59-5)

5. **A. Atić**, J.Radovanović, N.Vuković, „Numerical modeling of new oxide-based heterostructures for use in QCL devices“, Book of Abstracts p. 16/ 15th Photonics Workshop, (Conference), Institute of Physics Belgrade, Kopaonik, Mar, 2022. (ISBN 978-86-82441-55-7)

6. **A. Atić**, J. Radovanović, N. Vuković, „Modeling of intersubband transitions in ZnO/ZnMgO Coupled Quantum Wells“, VIII International School and Conference on Photonics – PHOTONICA2021 Devices and components, August 23-27, 2021, Belgrade, Serbia, Book of Abstracts p.118, 2021 (ISBN 978-86-82441-53-3)

7. **A. Atić**, J. Radovanović, V. Milanović, „Modeling of the optical gain in ZnO-based quantum cascade lasers“, Eighteenth Young Researchers Conference, Materials Science and Engineering December 4-6, 2019, Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, p. 31, 2019. (ISBN 978-86-80321-35-6)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

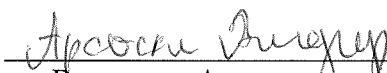
У докторској дисертацији под називом „Моделовање квантних наноструктура заснованих на оксидним полупроводницима са великим енергетским процепом“ кандидат Александар Атић спровео је детаљне нумеричке прорачуне електронске структуре и оптичких особина квантних наноструктура од оксидних полупроводника са великим енергетским процепом $Zn_xMg_{1-x}O/ZnO$ и $(Al_xGa_{1-x})_2O_3/Ga_2O_3$, са циљем њихове примене у дизајнирању квантних каскадних ласера. Комисија констатује да докторска дисертација кандидата Александра Атића испуњава све законске, формалне и суштинске услове и критеријуме који се примењују приликом вредновања докторских дисертација на Електротехничком факултету и Универзитету у Београду. На основу претходно изложеног, Комисија сматра да је кандидат испунио све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Моделовање квантних наноструктура заснованих на оксидним полупроводницима са великим енергетским процепом“ кандидата Александра Атића прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

27.5.2025.

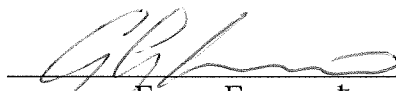
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Милан Тадић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Владимир Арсоки, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Горан Глигорић, научни саветник
Универзитет у Београду – Институт за нуклеарне науке
„Винча“, Институт од националног значаја за Републику
Србију