



## УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73, 11000 Београд, Србија

Тел. 011/324-8464, Факс: 011/324-8681

### КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 27.02.2018. године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Николе Опачка под насловом „Трансмисија и времена тунеловања при пропагацији електромагнетских таласа кроз средину засновану на квантним каскадним ласерима“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Биографски подаци кандидата

Никола Опачак је рођен 12.08.1994. године у Шапцу. Завршио је основну школу "Јанко Веселиновић" у Шапцу као носилац Вукове дипломе и ђак генерације. Уписао је Шабачку гимназију 2009. године, коју је такође завршио као носилац Вукове дипломе и ђак генерације. Током школовања је освојио више награда на такмичењима из математике и физике на државном нивоу. Електротехнички факултет у Београду, одсек Физичка електроника, уписао је 2013. године, а дипломирао је 2017. године на смеру за Наноелектронику, оптоелектронику и ласерску технику са просечном оценом 9.98. Дипломски рад одбранио је у јулу 2017. године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за Наноелектронику и фотонику уписао је у октобру 2017. године. Положио је све испите са просечном оценом 10.

#### 2. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 95 страна, са укупно 31 сликом и 59 референци. Рад садржи увод, 6 поглавља и закључак (укупно 8 поглавља), захвалницу, списак слика, додатак и списак коришћене литературе.

Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. Дат је кратак преглед основних карактеристика квантно каскадног ласера и мотивација за његово разматрање приликом дизајнирања активне средине. Затим, наведене су и дефиниције времена тунеловања у електромагнетици.

У другом поглављу рада, изложени су основни принципи функционисања квантног каскадног ласера. Набројане су врсте активних области у квантно каскадном ласеру, предности и мане сваке од њих, као и уобичајене примене. У следећем потпоглављу је дат историјски развој квантно каскадног ласера. Даље је објашњен приступ при моделовању електронског транспорта и изложено је аналитичко извођење тензора диелектричне пермитивности за средину засновану на оваквом ласеру.

У трећем поглављу је представљен детаљан поступак извођења Хелмхолцове једначине за разматрану средину.

У четвртом поглављу је уведена структура која се састоји од две полупроводничке плоче и кроз коју се простире електромагнетско зрачење. Изведени

су изрази за трансмисију и рефлексију помоћу метода трансфер матрице.

Пето поглавље се бави временима тунеловања, тј. временом задржавања и групним кашњењем. Дате су дефиниције ових појмова са становишта квантне механике, као првобитне области поменуте тематике, а затим и електромагнетике. Детаљно је изнет поступак извођења израза ових времена за разматрану структуру, где су дисперзија и анизотропија укључене у разматрање.

У оквиру шестог поглавља је аналитички доказано постојање трансмисионих сингуларитета за једноставнију структуру и објашњено је да се на основу аналогije, исти резултати очекују и код структуре из претходних поглавља.

Седмо поглавље даје нумеричке резултате анализе. Најпре је рачуната вредност компоненти тензора диелектричне пермитивности. Затим је кроз 4 примера приказана зависност трансмисионих карактеристика и времена тунеловања од параметара анализираних полупроводничке структуре. Доказано је постојање бесконачне трансмисије и времена тунеловања и указано на могућност постизања овог ефекта за широки опсег учестаности. Закључено је би се разматрана структура могла користити за појачање електромагнетског зрачења.

Осмо поглавље представља закључак у коме су изнети доприноси овог рада.

### 3. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Никола Опачка се бави рачунањем трансмисије, времена задржавања и групног кашњења при простирању електромагнетског зрачења кроз двоструку полупроводничку активну структуру засновану на грађи квантног каскадног ласера. Циљ рада је испитивање могућности остваривања бесконачне трансмисије за учестаности различите од учестаности емитовања ласера. Имплементацијом нумеричких модела у програмском пакету Matlab, утврђено је да се трансмисиони сингуларитети јављају заједно са сингуларитетима времена тунеловања. Основни доприноси рада су:

- извођење израза за компоненте тензора диелектричне пермитивности полупроводничке анизотропне средине;
- потпуно аналитичко извођење израза за време задржавања и групно кашњење за поменуту структуру;
- постизање ефекта бесконачне трансмисије и времена тунеловања за структуру засновану на потпуно реалистичним параметрима.

Кандидат је током досадашњем ангажовања у вези овог мастер рада објавио следеће радове у часописима са импакт фактором (IF):

- N. Opačak, V. Milanović, J. Radovanović, Transmission singularities in resonant electron tunneling through double complex potential barrier, *Phys. Lett. A* 381 (2017) 3542-3547. IF=1.772
- N. Opačak, V. Milanović, J. Radovanović, Infinite dwell time and group delay in resonant electron tunneling through double complex potential barrier, *Superlattices Microstruct.* 112 (2017) 415-421. IF=2.123
- N. Opačak, V. Milanović, J. Radovanović, Transmission and tunneling time characteristics in light propagation through anisotropic double semiconductor layered structure, *J. Opt Quant Electron* (2018) 50: 142. IF=1.055

#### 4. Закључак и предлог

Кандидат Никола Опачак је у свом мастер раду успешно изнео теоријску анализу простирања зрачења кроз структуру базирану на грађи квантно каскадног ласера. Приложени резултати могу дати смернице за експериментална истраживања, у циљу постизања ефекта бесконачне трансмисије.

Кандидат је исказао самосталност и систематичност у своме поступку као и иновативне елементе у решавању проблематике овог рада.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Николе Опачка прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 03. 05. 2018. године

Чланови комисије:

Јелена Радовановић  
др Јелена Радовановић,  
редовни професор

Арсоски Владимир  
др Владимир Арсоски,  
доцент