

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај Комисије о урађеној дисертацији кандидаткиње Петре Беличев, магист. инж. електр. и рачунар.

На 744. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду од 06.03.2012. године, одређени смо за чланове Комисије за преглед и оцену дисертације Петре Беличев, магист. инж. електр. и рачунар., под насловом „**Простирање светлости у комплексним фотонским решеткама са засићујућом нелинеарношћу**”. Након прегледа урађене дисертације, Наставно-научном већу Електротехничког факултета подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

Наслов и обим дисертације

Дисертација Петре Беличев, магист. инж. електр. и рачунар., под називом „**Простирање светлости у комплексним фотонским решеткама са засићујућом нелинеарношћу**”, је написана на 102 стране латиничним писмом и састоји се од шест поглавља, 59 слика и 165 библиографских референци.

Хронологија одобравања и израде дисертације

На седници Комисије за трећи степен студија Електротехничког факултета одржаној 12.04.2011. године констатовано је да је Петра Беличев пријавила дисертацију под насловом „**Простирање светлости у комплексним фотонским решеткама са засићујућом нелинеарношћу**”, и у складу с Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета, Наставно-научном већу Електротехничког факултета је предложена Комисија за оцену услова и прихватање теме у саставу: др Витомир Милановић, ред. проф. (Електротехнички факултет у Београду), др Јелена Радовановић, ванр. проф. (Електротехнички факултет у Београду), др Милутин Степић, виши научни сарадник (Институт за нуклеарне науке „Винча“). За ментора дисертације предложен је др Витомир Милановић, ред. проф. На 731. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета, одржаној 19.04.2011. године, прихваћен је предлог Комисије за трећи степен студија, као и предложени ментор, с тим што је предложена Комисија за оцену услова и прихватање теме проширена с три члана и то са др Љупчом Хаџиевским, научни саветник (Институт за нуклеарне науке „Винча“), др Јованом Радуновићем, ред. проф. (Електротехнички факултет у Београду) и др Јованом Елазаром, ванр. проф. (Електротехнички факултет у Београду), а замењен је и редослед чланова, тако да је за другог члана Комисије за оцену услова и прихватање теме изабран др Милутин Степић, виши научни сарадник, а за трећег члана др Јелена Радовановић, ванр. проф. На основу извештаја Комисије за оцену услова и прихватање теме и пратеће документације дисертације „**Простирање светлости у комплексним фотонским решеткама са**

засићујућом нелинеарношћу” предложена тема је усвојена на 732. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета, одржаној 24.05.2011. године, а 6.6.2011. године од стране Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду.

На седници Комисије за трећи степен студија одржаној 01.03.2012. године констатовано је да је кандидаткиња Петра Беличев, маг. инж. електр. и рачунар. предала урађену дисертацију, па је на основу увида у дисертацију и пратећих докумената, а у складу с Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета, Комисија за трећи степен студија потврдила испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену дисертације. Комисија за трећи степен студија је предложила Наставно-научном већу Електротехничког факултета Комисију за преглед и оцену у саставу: др Витомир Милановић, ред. проф. (Електротехнички факултет у Београду), др Милутин Степић, виши научни сарадник (Институт за нуклеарне науке „Винча“), др Јелена Радовановић, ванр. проф. (Електротехнички факултет у Београду). На 744. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета, одржаној 06.03.2012. године, прихваћен је предлог Комисије за трећи степен студија, с тим што је Комисија за преглед и оцену урађене дисертације проширена с три члана, и то са др Љупчом Хациевским, научни саветник (Институт за нуклеарне науке „Винча“), др Јованом Радуновићем, ред. проф. (Електротехнички факултет у Београду) и др Јованом Елазаром, ванр. проф. (Електротехнички факултет у Београду), а замењен је и редослед чланова, тако да је за другог члана Комисије за оцену услова и прихватање теме изабран др Милутин Степић, виши научни сарадник, а за трећег члана др Јелена Радовановић, ванр. проф..

Место дисертације у одговарајућој научној области

Дисертација под насловом **„Простирање светлости у комплексним фотонским решеткама са засићујућом нелинеарношћу”** покрива научну област Наноелектроника и фотоника, а у ужем домену научно је актуелна у области нелинеарне оптике.

Биографски подаци о кандидату

Кандидаткиња Петра Беличев је рођена 05.09.1984. године у Задру, Република Хрватска. Основну и средњу школу завршила је у Београду. Након завршене средње школе уписала је Електротехнички факултет Универзитета у Београду 2003. године, где је дипломирала 2007. године на Одсеку за Физичку електронику са просечном оценом 9.11 одбраном дипломског рада с темом "Анализа коефицијента апсорпције у метаметријалима". Исте године уписала је дипломске академске (мастер) студије на Групи за наноелектронику, оптоелектронику и ласерску технику, које је завршила 2008. године са просечном оценом 10,00 одбраном мастер рада с темом "Анализа и моделовање времена тунеловања у материјалима са сатурационом нелинеарношћу".

Од 2008. године запослена је као истраживач приправник у Институту за нуклеарне науке "Винча", у Лабораторији за атомску физику, где је 2009. године унапређена у звање истраживач сарадник. У својој научној каријери Петра Беличев је до сада објавила седам радова у врхунским међународним научним часописима са SCI листе [M21], један у

водећим међународним часописима [M22], два у међународним часописима [M23] и четири у зборницима апстраката и радова с међународних конференција [M33], док су два рада недавно прихваћена за објављивање у часописима Optics Letters [M21] и Physica Scripta [M22].

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

Структура и садржај дисертације

Дисертација под насловом „Простирање светлости у комплексним фотонским решеткама са засићујућом нелинеарношћу” поред садржаја и литературе има шест поглавља и то: 1. Увод, 2. О фотонским структурама, 3. Нелинеарни ефекти у решеткама таласовода, 4. Простирање светлости у једнодимензионалним решеткама таласовода са дефектом, 5. Оптички солитони у бинарним једнодимензионалним решеткама таласовода и 6. Закључак.

Кратак приказ појединачних поглавља

У уводу дисертације дат је кратак преглед основних појмова везаних за фотонске кристале, с посебним освртом на једнодимензионалне фотонске кристале, тј. решетке таласовода. Укратко је описан принцип вођења светлости унутар оваквих система и дат је кратак опис ефекта дискретне дифракције који доминира у линеарном режиму, као и појаве локализације енергије, тј. формирања солитона - просторно локализованих структура које су карактеристичне за нелинеарне средине. Поред овога изнети су предмет дисертације, циљ истраживања, као и сама структура дисертације.

У другом поглављу дат је детаљан увод у основе фотонских кристала, представљени су примери фотонских кристала које је могуће наћи у природи и изнет је хронолошки преглед досадашњих резултата постигнутих у овој области. Посебан акценат је стављен на опис зонске структуре једнодимензионалних решетки таласовода и њену аналогију са зонским енергијским спектром кристалне решетки. Утицај периодичности решетки таласовода на линеарно простирање светлости анализиран је преко два комплементарна приступа: Теоријом спрегнутих модова (*Coupled mode theory*) и Флоке-Блоховим формализмом (*Floquet-Bloch*), уз одговарајућа математичка извођења.

Треће поглавље дисертације посвећено је уводу у основе нелинеарних решетки таласовода са Керовом и засићујућом нелинеарношћу и опису основних механизма који доводе до нелинеарног одзива у овим срединама. Такође је описан феномен локализације енергије у форми просторно непроменљиве структуре – солитона, која се може јавити у оваквим срединама. Поред хронолошког прегледа везаног за истраживања која се баве облашћу солитона, уведени су одговарајући математички модели (једнодимензионална дискретна нелинеарна Шредингерова једначина са Керовом, односно засићујућом нелинеарношћу) којима су анализирани поменуте решетке таласовода. Изложена је класификација основних врста солитона, наведени су одговарајући услови за њихово постојање у различитим фотонским системима, као и два критеријума према којима се одређује

стабилност солитона. На крају овог поглавља представљени су различити типови интеракција солитона који су карактеристични за нелинеарне решетке таласовода. Четврто поглавље се састоји из два дела. У првом делу је дат математички модел којим се описује динамика оптичког поља у хомогеној нелинеарној једнодимензионалној решетки таласовода која у себи садржи дефекат, при чему је дефекат реализован локалном променом растојања између два таласовода. Аналитички, нумерички и експериментални резултати су показали да у оваквим системима, локална промена растојања између таласовода, а која се манифестује у локалној промени константе спрезања између таласовода, доводи до појаве локализације поља у линеарном режиму (у виду симетричних *unstaggered* и антисиметричних *staggered* модова) све док је вредност константе спрезања на дефекту мања од вредности константе спрезања између таласовода у остатку решетки. За *unstaggered* (UST) модове карактеристично је да је њихова амплитуда од таласовода до таласовода у фази, док у случају *staggered* (ST) модова амплитуда мења знак од таласовода до таласовода. Такође је показано да присуство дефекта у нелинеарном режиму, као и однос константи спрезања на дефекту и у остатку решетки утичу на појаву четири типа солитона: симетричних UST, симетричних ST, асиметричних ST и антисиметричних ST. Теоријска анализа је показала да са повећањем упадне снаге у оваквим системима долази до нарушавања симетрије антисиметричних ST солитона, услед чега ова решења постају нестабилна, а остварују се услови за формирање стабилних асиметричних ST солитона мање снаге, што је у складу са спектралном анализом стабилности. Такође, показано је да за формирање симетричних UST и антисиметричних ST модова не постоји праг снаге. У другом делу поглавља разматрано је простирање светлости кроз асиметричну нелинеарну једнодимензионалну решетку таласовода која у себи садржи дефекат, при чему је ширина дефекта мењана у опсегу од 2 μm до 4.5 μm с кораком од 0.25 μm . Теоријски и експериментални резултати су показали експоненцијалну зависност константе спрезања на дефекту од ширине дефекта, као и појаву линеарно локализованих UST и ST модова на дефекту у случајевима када је ширина дефекта мања од 2.75 μm . У нелинеарном режиму резултати показују једино постојање ST солитона, као и да у случају побуде првог елемента решетки, за мале ширине дефеката, праг снаге за локализацију поља центрираног на том елементу не постоји. Такође, показано је да повећање ширине дефекта утиче на смањење минималне снаге потребне за формирање солитона у сваком од елемената који су у близини дефекта.

Пето поглавље посвећено је проучавању простирања светлости кроз бинарну решетку са zasiћујућом нелинеарношћу код које је наизменично мењано растојање између таласовода, док је ширина таласовода одржавана константном. Поглавље се састоји из три дела. У првом делу дат је математички модел којим је описан посматрани систем и приказана је зонска структура решетки. Теоријски и експериментални резултати су показали присуство новог процепа, тзв. мини процепа који настаје као последица двоструке периодичности система, као и постојање различитих врста солитона у оваквом систему: симетричних (у мини процепу), антисиметричних (у процепу) и "увијених", односно *twisted* (TW) (у процепу). У другом делу поглавља теоријски су испитиване особине површинских солитона формираних у мини процепу (површинских МП солитона), асиметричних и TW солитона. У случају асиметричних солитона долази до појаве два типа решења. За формирање првог типа потребне су ниже снаге поља и максимуми обвојница ових решења су центрирани на другом елементу решетки, док су за

формирање другог типа асиметричних решења потребне веће снаге, при чему су максимуми обвојница центрирани на првом елементу. Анализа зависности минималне снаге потребне за формирање површинског солитона од редног броја ћелије у којој је солитон центриран показује веће прагове снага за решења која су ближе површини, док се највеће вредности прагова снага добијају у случају локализације поља на самој површини решетке. Прагови снага потребни за формирање МП и асиметричних солитона центрираних на другом елементу су приближно исти, док су за формирање асиметричних солитона центрираних на првом елементу потребне значајно веће снаге. У трећем делу петог поглавља приказани су нумерички резултати добијени испитивањем паралелних и интеракција под углом између солитона истог типа (симетрични-симетрични, антисиметрични-антисиметрични и TW - TW). Показано је да на производ интеракције између солитона утичу снага солитона, врста солитона, као и растојање између центара интерагујућих солитона. Уколико су обвојнице интерагујућих солитона у фази у елементима решетки у којима долази до преклапања солитона, доћи ће до привлачења солитона, док ће у случају обвојница које су у контрафази доћи до одбијања солитона. Резултати су показали да у случају паралелних интеракција симетричних солитона који су у фази најчешће долази до формирања бридера, док ће се солитони чије су обвојнице ван фазе међусобно одбијати. Такође је показано да приликом паралелне интеракције антисиметричних солитона високих снага, ови солитони практично не осећају присуство другог солитона. Код паралелних интеракција антисиметричних солитона мањих снага показује се да уколико су солитони у фази долази до фузије солитона у један антисиметричан бридер, док ће у случају интеракције солитона који су у контрафази доћи до њиховог одбијања уз велико расипање енергије, што ће за последицу имати појаву ефекта дискретне дифракције. Код паралелних интеракција TW солитона, симулације су показале да уколико су интерагујући солитони ван фазе долази до распадања структура, док при интеракцијама модова чије су обвојнице у фази солитони скоро да и не осећају међусобно присуство. За крај, показано је да се феномени одбијања и спајања солитона појављују и у случају интеракција под углом.

У Закључку су наведени главни доприноси дисертације и анализиране могућности за њихову практичну примену примену методологије на друге системе који се могу моделовати сличним једначинама.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Савременост, оригиналност и значај

Проблематика дисертације се односи на изузетно актуелну истраживачку област која се бави проучавањем простирања светлости кроз фотонске кристале. Тренутни тренд испитивања бројних ефеката присутних при интеракцији светлости с различитим типовима фотонских кристала који би омогућили развој нових оптичких система којима би било могуће потпуно контролисати кретање светлости, чини дисертацију под насловом „Простирање светлости у комплексним фотонским решеткама са засићујућом нелинеарношћу” изузетно савременом. Значај дисертације се огледа у одређивању потребних услова за постојање различитих типова локализованих структура чији облик и

понашање зависе од врсте решетке кроз коју се простиру, а које се не могу срести у континуалним срединама. Теоријска предвиђања потврђена су и експериментално у једнодимензионалним оптичким решеткама произведеним у кристалу LiNbO_3 . Такође, производња једнодимензионалних оптичких решетки LiNbO_3 може довести до једноставне и релативно јефтине производње оптичких компоненти које би биле саставни део интегрисаних кола. С обзиром на начин и оригиналност при интерпретацији комплексног и актуелног проблема линеарних и нелинеарних ефеката у фотонским решеткама са засићујућом нелинеарношћу, чији значај проистиче из савремености и актуелности третиране проблематике, сматрамо да дисертација кандидаткиње Петре Беличев задовољава све прописане стандарде.

Осврт на референтну и коришћену литературу

Литература коришћена у раду је пажљиво одабрана. Она садржи најновије радове релевантне за проблематику дисертације, али садржи и класичне радове. У наведеним референцама се налазе и научни радови чији је коаутор Петра Беличев.

Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

У дисертацији под насловом „Простирање светлости у комплексним фотонским решеткама са засићујућом нелинеарношћу” развијени су одговарајући математички модели и примењене различите нумеричке методе за добијање потребних резултата, док су неки од резултата потврђени и експериментално у нелинеарним једнодимензионалним фотонским решеткама произведеним у LiNbO_3 . Коришћени математички модели засновани су на системима спрегнутих диференчно-диференцијалних једначина, тачније једнодимензионалним дискретним нелинеарним Шредингеровим једначинама са нелинеарностима Керовог и засићујућег типа, док је стабилност добијених решења испитивана применом метода линеарне анализе стабилности. Теоријски је разматрано линеарно и нелинеарно простирање светлости кроз различите фотонске структуре попут: (1) нелинеарних једнодимензионалних униформних решетки са дефектом, (2) нелинеарних једнодимензионалних асиметричних решетки са дефектом и (3) нелинеарних бинарних једнодимензионалних решетки. За решавање стационарних и динамичких једначина изложених у тези, коришћене су нумеричке методе под називом Гаус-Њутнова метода (*Gauss-Newton*) и Рунге-Кута (*Runge-Kutta*) метода, респективно.

Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Са даљим смањивањем димензија интегрисаних оптичких компоненти резултати приказани у тези, везани за линеарно и нелинеарно простирање светлости кроз различите фотонске структуре, имаће примену у дизајнирању и конструкцији свеоптичких система, пре свега у смислу израде оптичких компоненти попут оптичких скретница (*router*), спрежњака (*coupler*), разделника (*splitter*) и прекидача (*switch*) помоћу којих ће бити

омогућено управљање оптичког сигнала светлошћу. Развој једнодимензионалних фотонских решетки направљених у LiNbO_3 има потенцијалну примену у производњи оптичких компоненти са малим губицима због одличних електро-оптичких, акустичко-оптичких, нелинеарних, хемијских и механичких својстава које поседује овај кристал.

Оцена способности кандидата за самостални научни рад

На основу прегледане дисертације Комисија процењује да је кандидаткиња Петра Беличев, маг. инж. електр. и рачун., у потпуности способна за самостални научни рад, што је доказано и чињеницом да постоји већи број научних радова у којима се појављује као први аутор.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Приказ остварених научних доприноса

У дисертацији Петре Беличев остварени су следећи научни доприноси:

- Испитивани су нови типови нелинеарних једнодимензионалних решетки таласовода и показано је постојање различитих локализованих модова који се не могу наћи у униформним фотонским решеткама и континуалним срединама.
- У случају решетки са дефектом одређени су услови под којима је могућа локализација поља у линеарном режиму.
- У случају хомогених решетки са дефектом одређени су потребни услови при којима долази до нарушења симетрије једног типа решења и његовог преласка у други тип који је стабилнији.
- У случају решетки са дефектом одређени су потребни услови при којима не постоји праг снаге потребан за локализацију поља у решетки.
- Потврђена је појава новог процепа у зонском енергијском спектру бинарних решетки, као и постојање нових типова решења у оваквој решетки.
- Показана је могућност фузије и одбијања солитона унутар бинарне решетке приликом њихове међусобне интеракције.
- Потврђена је сагласност између теоријских предвиђања и експерименталних резултата.

Кратка анализа резултата истраживања

Сагледавањем постављених хипотеза, циљева истраживања и добијених резултата, констатујемо да је кандидаткиња успешно одговорила на сва битна питања и дилеме које суштински произилазе из обрађиване проблематике. Развијени математички и нумерички алгоритми представљају значајан научни и стручни допринос у области Наноелектронике и фотонице.

Очекивана примена резултата у пракси

Добијени резултати ће своју потенцијалну примену наћи у развоју интегрисаних оптичких компоненти и, генерално, оптичких система микро и нано димензија, коришћених у различитим фотонским системима, као и у будућој производњи оптичких рачунара и оптичких телекомуникационих мрежа. Додатно, помоћу фотонских решетки се могу поставити конфигурације које представљају аналогоне неким квантно-механичким системима чиме се омогућава њихово посредно експериментално проучавање.

Верификовани научни доприноси

Кандидаткиња Петра Беличев је до сада објавила седам радова у врхунским међународним научним часописима са SCI листе [M21], један у водећим међународним часописима [M22], два у међународним часописима [M23] и четири у зборницима апстраката и радова са међународних конференција [M33], два рада су недавно прихваћена у часописима Optics Letters [M21] и Physica Scripta [M22], а објавила је и шест радова на домаћим конференцијама.

Ужој области проблематике дисертације припадају следећи радови:

Радови у врхунским међународним часописима (M21):

1. Y. Tan, F. Chen, P. P. Beličev, M. Stepić, A. Maluckov, C. E. Rüter, and D. Kip, *Gap solitons in defocusing lithium niobate binary waveguide arrays fabricated by proton implantation and selective light illumination*, Applied Physics B, vol. 95, 531-535 (2009), IF: 1,992.
2. P. P. Beličev, I. Ilić, M. Stepić, A. Maluckov, Y. Tan, and F. Chen, *Observation of linear and nonlinear strongly localized modes at phase-slip defects in one-dimensional photonic lattices*, Optics Letters, vol. 35, 3099-3101 (2010), IF: 3,059.
3. A. Kanshu, C. E. Rüter, D. Kip, P. P. Beličev, I. Ilić, M. Stepić, and V. M. Shandarov, *Linear and nonlinear light propagation at the interface of two homogenous waveguide arrays*, Optics Express, vol. 19, 1158-1167 (2011), IF: 3,278.
4. A. Kanshu, C. E. Rüter, D. Kip, V. M. Shandarov, P. P. Beličev, I. Ilić, and M. Stepić, *Observation of discrete gap solitons in one-dimensional waveguide arrays with alternating spacings and saturable nonlinearity*, Optics Letters, прихваћен за публикацију (2012), IF: 3,318.

Широј области проблематике дисертације припадају следећи радови:

Радови у врхунским међународним часописима (M21):

1. I. Ilić, P. P. Beličev, V. Milanović, and J. Radovanović, *Analysis of tunneling times in absorptive and dispersive media*, Journal of Optical Society of America B, vol. 25, 1800-1804 (2008), IF: 2,181.

2. P. P. Beličev, I. Ilić, V. Milanović, J. Radovanović, and Lj. Hadžievski, *Tunneling times in metamaterials with saturable nonlinearity*, Physical Review A, vol. 80, 023821-7 (2009), IF: 2,908.
3. I. Ilić, P. P. Beličev, V. Milanović, J. Radovanović and Lj. Hadžievski, *Goos-Hänchen shift and time delay in dispersive nonlinear media*, Physics Letters A, vol. 375, 1357-1361 (2011), IF: 2,009.
4. J. Radovanović, I. Ilić, P. P. Beličev, Lj. Hadžievski and V. Milanović, *On tunneling times in dispersive and nonlinear metamaterials*, Journal of Nanophotonics, vol. 5, 051802(9) (2011), IF: 1,899.

Радови у водећим међународним часописима (M22):

1. I. Ilić, P. P. Beličev, V. Milanović, and J. Radovanović, *Modeling of dwell time and group delay in dispersive and absorptive media*, Physica Scripta, T135, 014040-4 (2009), IF: 1,088.
2. I. Ilić, P. P. Beličev and V. Milanović, *Modelling of tunneling times in anisotropic nonmagnetic metamaterials*, Physica Scripta, прихваћен за публикацију (2012), IF: 0,985.

Радови у међународним часописима (M23):

1. P. P. Beličev, I. Ilić, J. Radovanović, V. Milanović, and Lj. Hadžievski, *Time delay in thin dielectric slabs with saturable nonlinearity*, Acta Physica Polonica A, vol. 115, 834-837 (2009), IF: 0,433.
2. I. Ilić, P. P. Beličev, V. Milanović, J. Radovanović, and Lj. Hadžievski, *Influence of the Goos-Hänchen shift on tunneling times in dispersive nonlinear media*, Acta Physica Polonica A, vol. 116, 638-641 (2009), IF: 0,433.

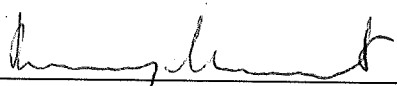
5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Дисертација кандидаткиње Петре Беличев, под насловом „**Простирање светлости у комплексним фотонским решеткама са засићујућом нелинеарношћу**” представља савремен и оригиналан научни допринос кроз свеобухватно сагледавање проблема испитивања линеарних и нелинеарних ефеката који се појављују приликом простирања светлости кроз различите типове једнодимензионалних фотонских решетки са засићујућом нелинеарношћу, као што су униформне решетке које у себи садрже дефект, асиметричне решетке са дефектом и бинарне решетке. Оцењујући докторску дисертацију, као и чињеницу да је анализирана проблематика веома актуелна и савремена с аспекта научног и стручног доприноса, верификована објављивањем у више релевантних часописа са SCI листе, а и податак да су најважнији резултати добијени самосталним радом, Комисија констатује да је кандидаткиња Петра Беличев испунила све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду, те, са задовољством, предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета да овај Извештај прихвати и, у складу са законском процедуром, упути Већу научних области техничких наука

Универзитета у Београду на коначно усвајање и давање одобрења кандидату да приступи усменој одбрани.

У Београду,
12.03.2012. године

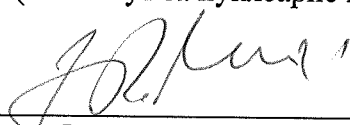
Комисија:

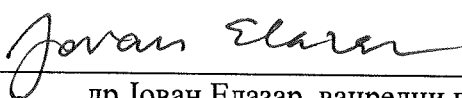

др Витомир Милановић, редовни професор
(Електротехнички факултет Универзитета у Београду)


др Милутин Степић, виши научни сарадник
(Институт за нуклеарне науке "Винча")


др Јелена Радовановић, ванредни професор
(Електротехнички факултет Универзитета у Београду)


др Љупчо Хаџиевски, научни саветник
(Институт за нуклеарне науке "Винча")


др Јован Радуновић, редовни професор
(Електротехнички факултет Универзитета у Београду)


др Јован Елазар, ванредни професор
(Електротехнички факултет Универзитета у Београду)