

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Мр Лазара Карбунара** за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 949/1 од 29.04.2015 године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Лазара Карбунара за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **Утицај динамичке поларизације на интеракцију наелектрисаних честица са угљеничним наноцевима у двофлуидном хидродинамичком моделу**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Лазар Карбунар је рођен 24. августа 1979. у Панчеву. Од 1994. живи у Панчеву, где је 1998. завршио Гимназију „Урош Предић”. Електротехнички факултет у Београду је уписао 1998., смер Електроника. Дипломирао је 05. 11. 2003 на теми „Математички модели за опис система у енергетској електроници”, ментор проф. др Предраг Пејовић. На основним студијама је остварио просечну оцену 9,76. Титулу магистра електротехничких наука је стекао 16. 07. 2008. на истом факултету одбранивши магистарски рад под насловом „Активна емулација отпорности у трофазном исправљачу са високим фактором снаге заснованом на убризгавању струје”, ментор проф. др Предраг Пејовић.

Од 2004. је запослен на Електротехничком факултету Универзитета у Београду у звању асистента приправника. У току радног ангажмана учествовао је у спровођењу наставе на Катедри за електронику извођењем рачунских и лабораторијских вежби на великом броју предмета Катедре. Неки од предмета на којима је био ангажован у улози предметног асистента су: Дигитална обрада сигнала, Основи рачунарске електронике, Основи дигиталне електронике, Практикум из виртуелне инструментације итд..

Од 2009. године запослен је у звању асистента на истом факултету, где учествује у извођењу рачунских и лабораторијских вежби.

У току радног ангажовања учествовао је у неколико пројеката везаних за развој и усавршавање индустријских постројења имплементацијом оригиналних софтверских и хардверских решења. Аутор је неколико техничких решења и електронских модула. У периоду 2011-2015. ангажован је на научно – технолошком пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом „Хардверска, софтверска, телекомуникациона и енергетска оптимизација ИПТВ система“.

Коаутор је збирке задатака из Основа дигиталне електронике која се користи као уџбеник за потребе извођења наставе на истоименом предмету Катедре за електронику.

У оквиру научних интересовања бавио се суперпроводним структурама и изучавањем појава у угљеничним наноцевима у оквиру сарадње са Институтом за нуклеарне науке „Винча“, као и развијањем фрејмворка за анализу и валидацију квалитета преноса видео сенквенци преко класичне интернет инфраструктуре. Даље одреднице у стручном усавршавању везане су за изучавање физичких појава у електронским структурама које су још увек у фази истраживања (наноцеви, суперпроводни елементи) и развој софтверских алата за симулацију истих, као и пројектовање електронских и софтверских система за потребе модернизације индустријских процеса.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат је магистрирао 16. 07. 2008. на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, Одсек за електронику, са темом „Активна емуляција отпорности у трофазном исправљачу са високим фактором снаге заснованом на убризгавању струје“, ментор проф. др Предраг Пејовић. Тема магистарског рада се односила на кориговање фактора снаге трофазног исправљача снаге до 2kW активним емулирањем отпорности у склопу за вршење корекције фактора снаге чиме се остварује значајно повећање степена искоришћења трофазног исправљача.

Кандидат је дана 15. маја 2015. полагао докторски испит на Електротехничком факултету у Београду, при чему је комисија у саставу проф. др Јелена Радовановић, Електротехнички факултет (председник), др Душко Борка, виши научни сарадник, Институт за нуклеарне науке Винча и доц. др Милан Поњавић, Електротехнички факултет, једногласно закључила да су кандидат и тема подобни за израду докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

Учешће на пројектима

- Научно – технолошки пројект Министарства за науку и технологију, „Хардверска, софтверска, телекомуникациона и енергетска оптимизација ИПТВ система“, 2011-2014; руководилац пројекта проф. др Милан Прокин, редовни професор, Електротехнички факултет

Списак радова

Радови објављени у међународним часописима са СЦИ листе:

M21

1. **L. Karbunar**, D. Borka, I. Radović, Z. L. Mišković, “*Image potential in the interaction of fast ions with carbon nanotubes: A comparison between the one- and two-fluid hydrodynamic models*“, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B , Vol. 358, pp. 82-87, 2015, doi:10.1016/j.nimb.2015.05.041, ISSN 0168-583X, IF=1.266.
2. **L. Karbunar**, D. Borka, I. Radović, Z. L. Mišković, “*Channeling of fast ions through the bent carbon nanotubes: The extended two-fluid hydrodynamic model*“, poslato u časopis Journal of Physics: Condensed Matter (2015), ISSN 0953-8984, IF=2.355.

1. M. Milic, N. Lazarov, **L. Karbunar**, "Influence of Ortho-II structural phase on the 60 K plateau formation in $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ ", PHYSICA C, Vol. 476, pp. 63-67, Jun, 2012, ISSN 0921-4534, IF=0.718.

Радови саопштени на конференцијама националног значаја штампани у целини – М63

1. **Lazar Karbunar**, Milan Prokin, "Power and Cost Efficient IPTV Systems", Zbornik radova 19. Telekomunikacionog foruma TELFOR 2011, Beograd 22-24 Novembar 2011, ISBN: 978-1-4577-1499-3.
2. **Лазар Карбунар**, „Могућност имплементације NCAP модула паметног сензора на РС рачунару према IEEE 1451.1 стандарду“, Зборник радова 54. конференције за ЕТРАН, Доњи Милановац, 7-10. јуна 2010, ISBN 978-86-80509-65-5.
3. **Лазар Карбунар**, Милан Прокин, „Отпорност H.264 видео секвенце на грешке“, Зборник радова 53. конференције за ЕТРАН, Врњачка Бања, 15-18. јуна 2009, ISBN: 978-86-80509-64-8.
4. **Lazar Karbunar**, Predrag Pejović, "Current Programming in Three-Phase Diode Bridge Rectifiers that Apply Suboptimal Current Injection", 14th International Symposium on Power Electronics, Ee 2007, Novi Sad, November 2007, ISBN: 978-86-7892-065.
5. **Лазар Карбунар**, Предраг Пејовић, „Утицај таласног облика убризгане струје на укупно хармонијско изобличење улазних струја трофазног исправљача“, Конференција за ЕТРАН, Београд, Јун 2006, том I, стр. 11-14, ISBN 86-80509-58-2.

Остале публикације

- М. Поњавић, В. Рајовић, Л. Карбунар, *Збирка задатака из основа дигиталне електронике*, Академска мисао, Београд, 2006, ИСБН 86-7466-258-7.

Техничка решења

1. Tehničko rešenje H.264 video servera u okviru sistema za ispitivanje otpornosti H.264 komprimovanih video sekvenci na greške u internet kanalu za prenos
2. Tehničko rešenje H.264 video klijenta u okviru sistema za ispitivanje otpornosti H.264 komprimovanih video sekvenci na greške u internet kanalu za prenos
3. Softverska aplikacija u okviru sistema za praćenje temperature u komorama za termičku obradu proizvoda u prehrambenoj industriji
4. Softverska aplikacija u okviru sistema za praćenje temperature i pritiska u autoklavima za termičku obradu pašteta u mesnoj idustriji
5. CIFF video server u okviru sistema za ispitivanje otpornosti CIFF komprimovanih video sekvenci na greške u internet kanalu za prenos
6. CIFF video klijent u okviru sistema za ispitivanje otpornosti CIFF komprimovanih video sekvenci na greške u internet kanalu za prenos

7. Testbenč softverski frejmwork za testiranje brzinskih performansi .NET i MONO platformi za CLI aplikacije na Windows i Linux baziranim operativnim sistemima

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу упознавања са досадашњим научноистраживачким радом кандидата Лазара Карбунара као и кроз образлагање теме на презентацији пред трочланом комисијом закључујемо да кандидат поседује одговарајући ниво знања из области наноструктура, наноелектронике, као и области која се бави наноцевима које ће бити предмет изучавања у предложеној докторској дисертацији. Кандидат је добро упознат са досадашњим резултатима оствареним на пољу изучавања наноцеви, као и разним аспектима везаним за електричне особине и каналисање наелектрисаних честица кроз наноцеви. Кандидат одлично барата програмским језицима и софтверским алатима који су неопходни за моделовање физичких процеса који ће се изучавати у оквиру дисертације, што представља један од главних предуслова ефикасног анализирања теоријских претпоставки у развијеним моделима. Кандидат је показао извесну дозу инвентивности дајући корисне сугестије у погледу могућности оптимизације постојећих програмских кодова како би се у разумном времену изанализирао што већи број физичких појава у посматраној проблематици.

На основу наведених запажања, закључујемо да је кандидат Лазар Карбунар у стању да успешно и самостално реализује израду предложене докторске тезе и на тај начин учини одговарајући научни допринос на пољу изучавања наноцеви.

2. Предмет и циљ истраживања

Угљенични наноструктурни материјали су привукли велики интерес истраживача због њихове потенцијалне примене у електроници, енергетици, науци о материјалима, биомедицини и у будућој генерацији електронских уређаја. У овој докторској дисертацији ставићемо акценат на интеракцији наелектрисаних честица са једнослојним угљеничним наноцевима. Због својих изванредних геометријских и физичких особина, једнослојне угљеничне наноцеви (ЈСУН-и) представљају један од основних градивних елемената у новој и брзо развијајућој области молекуларне наноелектронике.

Добро разумевање електронске структуре је веома важан први корак за дизајн наноелектронских уређаја, хемијских/био сензора, електрокаталитичких и наноплазмонских уређаја. Зато је истраживање интеракције честица у смислу испитивања плазмонских ексцитација у једнослојним наноцевима коришћењем спектроскопије енергијских губитака "energy loss spectroscopy (ELS)" од велике важности.

Величине које карактеришу интеракцију наелектрисаних честица са електронима атома наноцеви су зауставна сила и сила лика. Ове силе представљају динамичке поларизационе силе. Зауставна сила је сила која се директно супротставља кретању наелектрисаних честица и има важну улогу при проучавању енергијских губитака. Она представља дисипативни део динамичке поларизационе силе. Сила лика је сила која настоји да "савије" путању наелектрисане честице ка зиду наноцеви. Показано је да има веома важну улогу при проучавању каналисања протона кроз угљеничне наноцеви [1-3] и представља конзервативни део динамичке поларизационе силе.

Први предмет истраживања у предложеној дисертацији обухвата испитивање утицаја различитих дводимензионих (2Д) хидродинамичких модела (једнофлуидни, двофлуидни и двофлуидни проширени) на вредности потенцијала лика и зауставне силе при интеракцији наелектрисаних честица са угљеничним наноцевима. Испитивао би се ефекат зависности динамичке поларизације од брзине наелектрисане честице и од позиције наелектрисане

честице у наноцеви. Такође, испитивао би се и утицај фактора пригушења на вредност потенцијала lika и зауставне силе. У овој дисертацији биће дато детаљно извођење 2Д једнофлуидног и двофлуидног хидродинамичког модела и израчунати тотални потенцијали и просторне и угаоне расподеле за више типова наноцеви.

Други предмет истраживања у предложеној дисертацији обухвата утицај динамичке поларизације на интеракцију наелектрисаних честица (протона) са угљеничним наноцевима у режиму каналисања када одзив система описујемо помоћу 2Д двофлуидног хидродинамичког модела. Раније је показано да су ефекти динамичке поларизације валентних електрона угљеникових атома на угаоне и просторне расподеле протона MeV-ских енергија каналисаних кроз праве угљеничне наноцеви веома значајни [1-3]. Каналисање протона кроз наноцеви је њихово кретање дуж осе наноцеви или под малим углом у односу на осу [4-5]. Угаоне расподеле каналисаних протона дају нам информацију о структури и атомским силама унутар наноцеви [5], док се просторне расподеле каналисаних протона могу искористити за детектовање и лоцирање атома и молекула убачених у наноцеви [4]. Резултати у горе споменутим радовима су добијени коришћењем одзива система у 2Д једнофлуидном хидродинамичком моделу и у случају JSUN-а (11,9). Испитивање просторних и угаоних расподела је веома важно због потенцијалног добијања снопова веома малог попречног пресека. Испитивање каналисања протона кроз закривљене наноцеви је такође веома важно ради што ефикаснијег вођења протонских снопова. У случају MeV-ских енергија снопа протона (за разлику од GeV-ских енергија) претпостављамо да ефекат динамичке поларизације валентних електрона може имати велики утицај на просторне расподеле каналисаних протона у закривљеним наноцевима. Зато је важно да се резултати добију у што тачнијем и прецизнијем моделу. У овој докторској дисертацији би испитивали утицај ефеката динамичке поларизације валентних електрона при каналисању протона MeV-ских енергија кроз закривљене наноцеви, што до сада није урађено у литератури.

Трећи предмет истраживања у предложеној дисертацији је испитивање плазмонских екситација у једнослојним наноцевима коришћењем спектроскопије енергијских губитака јона са наноцевима. Ова испитивања би била значајна за још једну потврду тачности коришћених хидродинамичких модела описа одзива система.

Циљ ове дисертације је да испитамо утицај динамичке поларизације при интеракцији наелектрисаних честица са угљеничним наноцевима. У теоријском моделовању одзива електронског система наноцеви користићемо 2Д хидродинамички модел који се показао веома успешан у случају интеракције наелектрисаних честица са графеном (једнофлуидни [6], двофлуидни [7-8] и двофлуидни проширени [9-10]). Осим тога, сматрамо да ће наш приступ омогућити детаљну анализу и објашњење спектра енергијских губитака наелектрисаних честица при интеракцији са наноцевима, пошто се добро показао у случају енергијских губитака електрона при интеракцији са графеном [9-10]. Испитивање ефеката динамичке поларизације може значајно утицати и на разјашњење и решавање проблема вођења јонских снопова кроз канале правих и закривљених наноцеви.

Значај истраживања се пре свега огледа у одређивању доприноса ефеката динамичке поларизације, тј. потенцијала lika и зауставне силе на интеракцију наелектрисаних честица са наноцевима, одређивања оптималних параметара 2Д двофлуидног хидродинамичког модела, у теоријском одређивању укупног потенцијала у правим и закривљеним наноцевима, као и у одређивању енергијских губитака наелектрисаних честица и њихових спектра. Практични значај истраживања био би испитивање и разјашњење проблема вођења снопова наелектрисаних честица кроз праве и закривљене наноцеви.

3. Полазне хипотезе

Атом угљеника има четири валентна електрона, два s и два p . Очекивало би се да гради две хемијске везе, јер има само два неспарена електрона (s електрони су спарени). Међутим, знамо да је нормална валенца угљеника четири, што значи да има четири неспарена електрона. Наиме, један од s електрона прелази у стање p (са нешто већом енергијом), чиме се добијају четири неспарена електрона.

У угљеничној наноцеви валентни електрони су sp^2 -хибридизовани. Једна s и две p орбитале учествују у хибридизацији. Настају три међусобно еквивалентне σ орбитале, у истој равни, при чему угао између орбитала износи 120° . Четврти електрон даје π орбиталу, усмерену под правим углом у односу на раван σ орбитала.

Да би описали побуђења електронског гаса у угљеничној наноцеви, настала услед интеракције са наелектрисаним честицама, користимо 2Д хидродинамички модел [6]. Прва хипотеза је да наелектрисани флуид садржи сва четири валентна електрона по атому угљеника (једнофлуидни модел). Користимо и сложенији (двофлуидни) модел где се посматрају два одвојена флуида, σ флуид и π флуид, који садрже три, односно један неспарени електрон по атому угљеника.

Друга хипотеза је да се при изабраним брзинама интеракција наелектрисаних честица и атома наноцеви може објаснити коришћењем континуалног потенцијала интеракције. Интеракција протона и атома наноцеви је описана Дојл-Тарнеровим интеракционим потенцијалом [1-5]. Будући да је наноцев кирална, статички део интеракционог потенцијала протона и наноцеви је добијен рачунањем усредњене вредности Дојл-Тарнеровог протон-наноцев континуалног потенцијала интеракције.

4. Научне методе истраживања

За прорачун ће бити коришћена комбинација аналитичких и нумеричких метода. Изрази за динамичку поларизацију биће приказани детаљно и добиће се аналитичком методом, а угаоне и просторне расподеле ће се одредити нумерички извршавањем кодова у програмском језику FORTRAN. Нумеричка израчунавања се једним делом заснивају на примени Монте Карло метода при симулацији процеса каналисања честица кроз наноцеви.

5. Очекивани научни допринос

1. Теоријско израчунавање ефеката динамичке поларизације за различите типове наноцеви.
2. Теоријско одређивање утицаја фактора пригушења на потенцијал лика и зауставну силу за различите типове наноцеви.
3. Теоријско објашњење и израчунавање просторних и угаоних расподела при значајном утицају ефеката динамичке поларизације у случају правих и закривљених наноцеви.
4. Карактеризација закривљених наноцеви на основу угаоних расподела.
5. Одређивање оптималних параметара у 2Д двофлуидном хидродинамичком моделу описа електронског гаса наноцеви.
6. Процена оптималних параметара наноцеви за ефикасно вођење снопова наелектрисаних честица.

6. План истраживања и структура рада

- Преглед литературе у којој се налазе фундаментални истраживачки доприноси при проучавању утицаја ефеката динамичке поларизације наелектрисаних честица са угљеничним наноцевима.
- Поређење нашег теоријског моделовања ефеката динамичке поларизације у 2Д хидродинамичком моделу са експериментима.
- Реализација нумеричких симулација методом Монте Карло у проширеном двофлуидном хидродинамичком моделу, са којима могу да се остваре поуздани резултати прорачуна ефеката динамичке поларизације.
- Публиковање научних радова у међународним часописима са SCI листе чиме се потврђује остварење научног доприноса и оцењује квалитет остварених истраживачких резултата.
- Ангажовање на изради и одбрани докторске дисертације у којој ће бити укључени: преглед актуелних истраживања у предметној области, резултати нашег истраживања и научни доприноси, као и предлози за нове истраживачке правце у будућности.

Релевантни библиографски подаци

Кандидат ће у оквиру израде докторске дисертације користити између осталог и следеће референце:

- [1] D. Borka, S. Petrović, N. Nešković, D. J. Mowbray and Z. L. Mišković, Influence of the dynamical image potential on the rainbows in ion channeling through short carbon nanotubes, Phys. Rev. A 73, 062902 (1-8) (2006).
- [2] D. Borka, D. J. Mowbray, Z. L. Mišković, S. Petrović and N. Nešković, Dynamic polarization effects on the angular distributions of protons channeled through carbon nanotubes in dielectric media, Phys. Rev. A 77, 032903 (1-13) (2008).
- [3] D. Borka, D. J. Mowbray, Z. L. Mišković, S. Petrović and N. Nešković, Donut and dynamic polarization effects in proton channeling through carbon nanotubes, New J. Phys. 12, 043021 (pp1-17) (2010).
- [4] D. Borka, V. Lukić, J. Timko and V. Borka Jovanović, Using proton beams as a diagnostic tool in carbon nanotubes, Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B 279, 169–172 (2012).
- [5] D. Borka, V. Lukić, J. Timko and V. Borka Jovanović, Identification of the types of carbon nanotubes using donut effects, Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B 279, 198–201 (2012).
- [6] I. Radović and D. Borka, Interactions of fast charged particles with supported two-dimensional electron gas: One-fluid model, Phys. Lett. A 374, 1527-1533 (2010).
- [7] I. Radović, Lj. Hadžievski, N. Bibić and Z. L. Mišković, Dynamic-polarization forces on fast ions and molecules moving over supported graphene, Phys. Rev. A 76, 042901 (1-9), (2007).
- [8] I. Radović and D. Borka, Wake effect in interactions of fast ions with supported two-dimensional electron gas, Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B, 268, 2649-2654 (2010).
- [9] V. Borka Jovanović and I. Radović, D. Borka and Z. L. Mišković, High-energy plasmon spectroscopy of freestanding multilayer graphene, Phys. Rev. B 84, 155416-(1-10) (2011).
- [10] I. Radović, D. Borka and Z. L. Mišković, Theoretical modeling of experimental HREEL spectra for supported graphene, Phys. Lett. A 378, 2206–2210 (2014).
- [11] Saito R, Dresselhaus G and Dresselhaus M S 2001 *Physical Properties of Carbon Nanotubes* (Imperial College Press, London)

[12] Zh. Zhu, D. Zhu, R. Lu, Zh. Xu, W. Zhang, and H. Xia, Proceedings of the International Conference on Charged and Neutral Particles Channeling Phenomena (Vol. 5974) (SPIE, Bellingham, Washington, 2005), p. 13-1.

7. Закључак и предлог

На основу увида у научноистраживачки рад као и опширног излагања у оквиру презентације теме докторске дисертације кандидата Лазара Карбунара, магистра електротехничких наука, где су се чланови комисије детаљно упознали са тематиком која се изучава у оквиру докторске дисертације као и усвојеним методама рада, Комисија је закључила да:

1. кандидат испуњава формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за одобрење усвајања теме за израду докторске дисертације;
2. предложена тема **Утицај динамичке поларизације на интеракцију наелектрисаних честица са угљеничним наноцевима у двофлуидном хидродинамичком моделу** је у научном смислу сасвим компетентна обзиром да се бави материјом везаном за изучавање нових проводних и полупроводних структура од којих се очекује велики уплив у реализацији електронских компонената у будућем времену те да ће научни допринос планиран у оквиру ове дисертације значајно утицати на даље разумевање поменутих структура и представљати добру основу за експерименталне анализе које још увек нису у довољној мери спроведене услед техничких ограничења чије се превазилажење очекује у најскорије време.

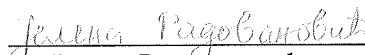
Због тога Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату Лазару Карбунару одобри израду докторске дисертације под наведеним називом, а под менторством др Милана Тадића, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Београд, 25.05.2015.

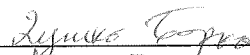
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



др Јелена Радовановић, ванредни професор
Универзитет у Београду-Електротехнички факултет



др Душко Борка, виши научни сарадник
Универзитет у Београду – Институт Винча



др Милан Поњавић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет