

Универзитет у Београду
Електротехнички факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Душке Клеут за израду докторске дисертације

Одлуком број 5001/07-1 бр. од 14.01.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Душке Клеут за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Раманска спектроскопија високодефектних угљеничних наноматеријала“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Душка Клеут рођена је у Београду 1981. године. Завршила је Прву београдску гиманзију 2000. године и дипломирала је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 2006. године, на Смеру за медицинску и нуклеарну технику, Одсека за физичку електронику, са темом дипломског рада „Генерисање синглетног кисеоника од стране фулерена“, под руководством проф. др Дејана Раковића.

Од 2008. године, докторанткиња Душка Клеут је била стипендиста МПНТР да би од септембра 2009. године била укључена на пројекат који финансира МПНТР. Од 2009. године запослена је у Институту за нуклеарне науке Винча, у Лабораторији за радијациону физику и хемију. Тренутно је ангажована на пројекту „Танки слојеви једнослојних угљеничних нанотуба и графена за примену у електроници“ који је финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја РС. Била је на тромесечном боравку у Институту за биофизику, Универзитета у Линцу, Аустрија током кога је радила на микроскопу атомских сила намењеном снимању биолошких узорака. Докторске студије на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду, уписала је 2008. године на модулу Нуклерна, медицинска и еколошка техника, где је са одличним успехом положила све испите и завршила све обавезе.

У свом досадашњем раду има 15 објављених радова у међународним часописима, од чега 7 радова у часописима категорије M21, 5 радова у категорији M22, 2 рада у категорији M23 и

једно поглавље у књизи у категорији M14. У оквиру теме којом се бави докторска дисертација до сада су урађена три рада која су објављена у међународним часописима. На два рада објављених у оквиру докторске дисертације је први аутор.

Научноистраживачки рад Душке Клеут био је усмерен на испитивање структурних, електричних и оптичких особина угљеничних наночестица (фулерена, нанотуба и графена). У ту сврху посебно су коришћене две технике карактеризације: микроскопија атомских сила и раманска спектроскопија.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

У току студирања на академским докторским студијама на Електротехничком факултету Душка Клеут је успешно положила следеће испите:

1. Биофизичке методе у наномедицини (оцена: 10, ЕСПБ бодова: 9)
2. Обрада слике (оцена: 10, ЕСПБ бодова: 9)
3. Физика, технологија и карактеризација биоматеријала (оцена: 10, ЕСПБ бодова: 9)
4. Оптичко траповање и биомедицинска наноманипулација (оцена: 10, ЕСПБ бодова: 9)
5. Нумеричке методе за анализу нуклеарних реактора (оцена: 10, ЕСПБ бодова: 9)
6. Немачки језик (оцена: 10, ЕСПБ бодова: 9)
7. Одабрана поглавља из нуклеарне физике (оцена: 9, ЕСПБ бодова: 9)
8. Комплексне феномени у физици плазме (оцена: 10, ЕСПБ бодова: 9)
9. Електричне и оптичке карактеристике материјала у наноелектроници и фотоници (оцена: 10, ЕСПБ бодова: 9)
10. Дозиметрија, заштита од зрачења и нукларни отпад (оцена: 8, ЕСПБ бодова: 9)

Такође, испунила је и планом судија предвиђене научно истраживачке обавезе:

1. Научно стручни рад (3 ЕСПБ бода)
2. Студијски истраживачки рад I (15 ЕСПБ бодова)
3. Студијски истраживачки рад II (15 ЕСПБ бодова)

У тренутку уписа на докторске студије Душка Клеут се бавила математичким моделовањем генерисања синглетног кисеоника од стране нанокристала фулерена диспергованих у води. Израда математичког модела је имала посебан значај са становишта предвиђања могућег понашања фулерена и његових деривата при интеракцији са молекуларним кисеоником, а све са циљем конструкције наночестице која ће методом фотодинамичке терапије уништавати канцерске ћелије и која ће након извршеног задатка престати да показује цитотоксично дејство. Резултати математичког моделовања су објављени у оквиру рада у врхунском међународном часопису категорије M21. Такође је посматрано дејство фулеренских колоида на црвена крвна зрнца (еритроците) коришћењем микроскопије атомских сила. Резултати уочених структурних промена еритроцита су објављени у врхунском међународном часопису категорије M21. Ови радови су постигли значајну цитираност.

Други сегмент истраживања (у оквиру пројекта *Електронска и ласерска спектрометрија молекула*, Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије, ев. бр. 141015Б. Руководилац пројекта: проф. др Драгољуб Белић) у периоду 2008-2010. године се односио на испитивање структурних особина колоида на бази фулерена и једнослојних угљеничних нанотуба (ЈСУНТ) коришћењем микроскопије атомских сила и раманске спектроскопије. Посебна пажња је посвећена посматрању промене структуре ЈСУНТ дејством гама зрачења и микроталасног зрачења. Резултати ових истраживања су објављени у 5 међународних часописа категорија М21 и М22.

Трећи сегмент истраживања био је посвећен испитивању графена и изради наноматеријала састављених од наночестица испитаваних у претходним сегментима. Посебна пажња посвећена је прављењу и карактерисању проводних танких филмова састављених од графенских листића. Такође испитиван је утицај гама зрачења на овакве филмове као и могућности да се промене у структури при зрачењу уоче раманском спектроскопијом. Резултати истраживања су објављени у међународном часопису категорије М22.

Четврти сегмент истраживања се односио на синтезу и карактеризацију танких слојева угљеничних криогелова на бази резорцинол формалдехида. Као угљенични материјали су коришћени: једнослојне угљеничне нанотубе, графен и графенске квантне тачке у различитим концентрацијама. Раманска спектроскопија је била основни алат за испитивање структурних промена угљеничних криогел танких слојева. Резултати истраживања су објављени у међународном часопису категорије М22.

Резултати трећег и четвртог сегмента истраживања биће обухваћени овом докторском дисертацијом и укључени су у истраживања у оквиру пројекта *Танки слојеви једнослојних угљеничних нанотуба и графена за примену у електроници* (Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, ев. бр. 172003. Руководилац пројекта: Биљана Тодоровић Марковић (2011-2014)).

Референце:

- часописи категорије М21

1. Markovic, Z., Todorovic-Markovic, B., Kleut, D., Nikolic, N., Vranjes-Djuric, S., Misirkic, M., Vucicevic, L., Janjetovic, K., Isakovic, A., Harhaji, L., Babic-Stojic, B., Dramicanin, M., and Trajkovic, V.: *The mechanism of cell-damaging reactive oxygen generation by colloidal fullerenes*, - Biomaterials, Vol 28, No 36, 2007, pp. 5437-5448.
2. Marković, Z., Jovanović, S., Kleut, D., Romčević, N., Jokanović, V., Trajković, V., and Todorović-Marković, B.: *Comparative study on modification of single wall carbon nanotubes by sodium dodecylbenzene sulfonate and melamine sulfonate superplasticiser*, - Applied Surface Science, Vol 255, No 12, 2009, pp. 6359-6366.
3. Todorović Marković, B., Jokanović, V., Jovanović, S., Kleut, D., Dramićanin, M., and Marković, Z.: *Surface chemical modification of fullerene by mechanochemical treatment*, - Applied Surface Science, Vol 255, No 17, 2009, pp. 7537-7541.
4. Jovanović, S.P., Marković, Z.M., Kleut, D.N., Romević, N.Z., Trajković, V.S., Dramićanin, M.D., and Todorović Marković, B.M.: *A novel method for the functionalization of γ -irradiated single wall carbon nanotubes with DNA*, - Nanotechnology, Vol 20, No 44, 2009, 445602.

5. Trpkovic, A., Todorovic-Markovic, B., Kleut, D., Misirkic, M., Janjetovic, K., Vucicevic, L., Pantovic, A., Jovanovic, S., Dramicanin, M., Markovic, Z., and Trajkovic, V.: *Oxidative stress-mediated hemolytic activity of solvent exchange-prepared fullerene (C60) nanoparticles*, - Nanotechnology, Vol 21, No 37, 2010, 375102.
6. Kleut, D., Jovanović, S., Marković, Z., Kepić, D., Tošić, D., Romčević, N., Marinović-Cincović, M., Dramićanin, M., Holclajtner-Antunović, I., Pavlović, V., Dražić, G., Milosavljević, M., and Todorović Marković, B.: *Comparison of structural properties of pristine and gamma irradiated single-wall carbon nanotubes: Effects of medium and irradiation dose*, - Materials Characterization, Vol 72, No, 2012, pp. 37-45.
7. Jovanović, S.P., Marković, Z.M., Kleut, D.N., Dramićanin, M.D., Holclajtner-Antunović, I.D., Milosavljević, M.S., La Parola, V., Syrgiannis, Z., and Todorović Marković, B.M.: *Structural analysis of single wall carbon nanotubes exposed to oxidation and reduction conditions in the course of gamma irradiation*, - Journal of Physical Chemistry C, Vol 118, No 29, 2014, pp. 16147-16155.

- часописи категорије M22:

1. Jovanović, S., Marković, Z., Kleut, D., Romčević, N., Cincović, M.M., Dramićanin, M., and Marković, B.T.: *Functionalization of single wall carbon nanotubes by hydroxyethyl cellulose*, - Acta Chimica Slovenica, Vol 56, No 4, 2009, pp. 892-899.
2. Kepić, D., Marković, Z., Tošić, D., Antunović, I.H., Adnadjević, B., Prekodravac, J., Kleut, D., Dramićanin, M., and Marković, B.T.: *Surface modification of single-wall carbon nanotube thin films irradiated by microwaves: a Raman spectroscopy study*, - Physica Scripta, Vol 2013, No T157, 2013, pp. 014040.
3. Kleut, D.N., Marković, Z.M., Babić, B.M., Holclajtner Antunović, I.D., Milosavljević, M.S., Dramićanin, M.D., and Todorović Marković, B.M.: *Raman spectroscopy study of carbon-doped resorcinol-formaldehyde thin films*, - Physica Scripta, Vol 2013, No T157, 2013, pp. 014039 (IF 1,296, ISSN: 0031-8949).
4. Kepić, D., Marković, Z., Jovanović, S., Holclajtner Antunović, I., Kleut, D., and Todorović Marković, B.: *Novel method for graphene functionalization*, - Physica Scripta, Vol T162, No, 2014.
5. Kleut, D.N., Marković, Z.M., Antunović, I.D.H., Dramićanin, M.D., Kepić, D.P., and Marković, B.M.T.: *Gamma ray-assisted irradiation of few-layer graphene films: a Raman spectroscopy study*, - Physica Scripta, Vol 2014, No T162, 2014, pp. 014025 (IF 1,296, ISSN: 0031-8949).

- часописи категорија M23

1. Jovanović, S.P., Marković, Z.M., Kleut, D.N., Trajković, V.D., Babić-Stojić, B.S., Dramićanin, M.D., and Marković, B.M.T.: *Singlet oxygen generation by higher fullerene-based colloids*, - Journal of the Serbian Chemical Society, Vol 75, No 7, 2010, pp. 965-973.

2. Jovanović, S.P., Marković, Z.M., Kleut, D.N., Tošić, D.D., Kepić, D.P., Marinović Cincović, M.T., Holclajtner Antunović, I.D., and Todorović Marković, B.M.: *Covalent modification of singlewall carbon nanotubes upon gamma irradiation in aqueous media*, - Hemijska industrija, Vol 65, No 5, 2011, pp. 479-487.

- рад у тематском зборнику међународног значаја M14

1. Marković Z., Kleut D, Babić B., Holclajtner Antunović I., Pavlović V., Todorović-Marković B.: *Carbon-Doped Cryogel Thin Films Derived from Resorcinol Formaldehyde*, - Advanced Carbon Materials and Technology, eds. A. Tiwari, S.K. Shukla, Scrivener Publishing LLC, 2014, pp. 475-486.

- радови у часопису националног значаја M52

1. Kepić D., Jovanović S., Marković Z., Kleut D., Romčević N., Trajković V., Dramićanin M., Todorović Marković B.: *Novi metod funkcionalizacije gama ozračenih jednoslojnih ugljeničnih nanotuba sa DNK*, - Tehnika - Novi Materijali, Vol 18, No 6, 2009, pp. 1-8.
2. Kleut D., Marković Z., Jovanović S., Romčević N., Jokanović V., Trajković V., Todorović Marković B.: *Uporedna analiza vodenih disperzija nanotuba modifikovanih primenom surfaktanata na bazi natrijuma*, - Tehnika – Novi Materijali, Vol 18, No 3, 2009, pp. 5-12.

Дана 15.01.2015. кандидаткиња је успешно одбранила ипит о подобности теме и кандидата на усменој одбрани у присуству Комисије (др Милош Вујисић, др Биљана Тодоровић Марковић, др Дејан Тошић)

На основу одлуке Наставно-научног већа бр. 2944/2 од 11.10.2007. године, Студијски програм је започела у пролећном семестру школске 2007/2008, па се рок за завршетак докторских академских студија рачуна од почетка тог семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета

По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак ових студија за још два семестра, сагласно члану 92. став 4 Статута Универзитета у Београду

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидаткиња је у досадашњем раду показала велико интересовање за област угљеничних наноматеријала. Упознала се са структуром, особинама, синтезом, карактеризацијом и могућом применом различитих врста угљеничних наноматеријала-фулерена, једнослојних угљеничних нанотуба, графена и графенских квантних тачака. У оквиру докторске дисертације радила је на депоновању танких слојева ЈСУНТ и графена методом вакуумске филтације, као и танких слојева угљеничних криогелова на бази резорцинол формалдехида (RF). Обучена је за рад на микроскопу атомских сила (AFM) који обухвата и обуку за припрему узорака који се снимају коришћењем ове микроскопије. Узорци за снимање на

микроскопу атомских сила су припремани накапавањем (dropcasting) и помоћу спин коатера (spincoater) на подлогама од лискуна и силицијума. Била је на тромесечном боравку у Институту за биофизику, Универзитета у Линцу, Аустрија током кога је радила на AFM намењеном снимању биолошких узорака. Радила је на обради и тумачењу раманских спектра различитих врста угљеничних наноматеријала (фулерена, нанотуба, графена и танких слојева угљеничних криогелова). Способна је да самостално решава проблеме које пред њу постављају ментори. Савладала је конципирање и писање научних радова. Показала је креативност у решавању изненадних проблема. На основу свега досад показаног, ментори предвиђају да ће кандидаткиња све предложене задатке извршити у предвиђеном времену.

2. Предмет и циљ истраживања

- Предмет истраживања предложене докторске дисертације је испитивање структурних промена различитих врста угљеничних наноматеријала (графена, угљеничних нанотуба и графенских квантних тачака) у различитим системима коришћењем раманске спектроскопије. Раманска спектроскопија је спектроскопска техника која се користи да би се посматрале вибрациони, ротациони и други нискофреквентни модови у одређеним системима.

Раманска спектроскопија је веома моћан алат за структурну и хемијску анализу угљеничних наноматеријала. Анализом раманских спектра ових наноматеријала могуће је одредити електронска стања, енергију дисперзије фонона, интеркацију електрон-електрон и тип sp везе. На основу помераја трака типичних за одређену врсту угљеничног наноматеријала могуће је одредити да ли је он допиран или не, да ли је функционализован или не, да ли се повећава или смањује број дефеката у структури.

Због својих изузетних структурних, електронских, оптичких, хемијских особина, угљенични наноматеријали су постали предмет истраживања многобројних истраживачких група у свету у последњих неколико деценија. Једнослојне угљеничне нанотубе су цилиндричне наноструктуре изграђене од атома угљеника. Дужине су од 20 nm до 5000 nm, док је просечан пречник између 1 и 2 nm. Збоги изузетно високог односа дужина/пречник (између 10^4 и 10^5), угљеничне нанотубе се сматрају једнодимензионалним структурама. Графен се састоји од једног атомског слоја sp^2 хибридизованих атома угљеника који образују шестоугаоне решетке. Графенске квантне тачке су полупроводничке форме семиметалног графена димензија до 200nm.

Угљенични криогелови су нова врста порозних материјала мале густине који се добијају сол-гел полимеризацијом различитих прекурзора (нпр. резорцинол формалдехида). Одликују се великом специфичном површином и великом електричном проводношћу. Због својих особина могу се користити као адсорбенти, филтери, топлотни изолатори и електроде за суперкондензаторе и пуњиве батерије.

- Циљ истраживања је да се помоћу доступних и детаљно испитаваних наночестица приступи стварању угљеничних наноматеријала у виду такних филмова који могу бити проводни и транспарентни. Овакви филмови ће се поред других техника анализирати раманском спектроскопијом да се утврди њена могућност карактеризације оваквих филмова и промена у њима изазваних ефектима гама зрачења или различитим методама депоновања узорка.

- Osnovna literatura koju kandidat treba da prouci i na koju se naslađaju predviđena istraživanja je predstavljena ispod:

1. Dresselhaus, M.S., Dresselhaus, G., and Eklund, P.C., *Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes*. 1996, San Diego: Academic Press.
2. Saito, R., Dresselhaus, G., and Dresselhaus, M.S., *Physical Properties of Nanotubes*. 1998, London: Imperial College Press.
3. Marković, Z., Jovanović, S., and Marković, B.T., eds. *Carbon Nanotubes: Synthesis and Properties*. Nanotechnology Science and Technology, ed. A.K. Mishra. 2012, Nova Science Publishers, Inc.
4. Novoselov, K.S., Geim, A.K., Morozov, S.V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S.V., Grigorieva, I.V., and Firsov, A.A.: *Electric field effect in atomically thin carbon films*, - Science, Vol 306, No 5696, 2004, pp. 666-669.
5. Zhao, L., He, R., Rim, K.T., Schiros, T., Kim, K.S., Zhou, H., Gutiérrez, C., Chockalingam, S.P., Arguello, C.J., Pálová, L., Nordlund, D., Hybertsen, M.S., Reichman, D.R., Heinz, T.F., Kim, P., Pinczuk, A., Flynn, G.W., and Pasupathy, A.N.: *Visualizing Individual Nitrogen Dopants in Monolayer Graphene*, - Science, Vol 333, No 6045, 2011, pp. 999-1003.
6. Yu, W.J., Liao, L., Chae, S.H., Lee, Y.H., and Duan, X.: *Toward Tunable Band Gap and Tunable Dirac Point in Bilayer Graphene with Molecular Doping*, - Nano Letters, Vol 11, No 11, 2011, pp. 4759-4763.
7. Li, H., He, X., Kang, Z., Huang, H., Liu, Y., Liu, J., Lian, S., Tsang, C.H.A., Yang, X., and Lee, S.-T.: *Water-Soluble Fluorescent Carbon Quantum Dots and Photocatalyst Design*, - Angewandte Chemie International Edition, Vol 49, No 26, 2010, pp. 4430-4434.
8. Reynolds, G.A.M., *Electronic, transport and photoconductive properties of resorcinol-formaldehyde based carbon aerogels* 1996, MIT.
9. Markovic, Z. and Todorovic Markovic, B., *Nanostrukturne solarne celije*. 2013: Akademska misao.
10. Wang, J., Gloor, M., Petricevic, R., Saliger, R., Proebstle, H., and Fricke, J.: *Carbon Cloth Reinforced Carbon Aerogel Films Derived from Resorcinol Formaldehyde*, - Journal of Porous Materials, Vol 8, No 2, 2001, pp. 159 -165.
11. Dresselhaus, M.S., Jorio, A., and Saito, R.: *Characterizing Graphene, Graphite, and Carbon Nanotubes by Raman Spectroscopy*, - Annual Review of Condensed Matter Physics, Vol 1, Vol 1, No, 2010, pp. 89-108.
12. Malard, L.M., Pimenta, M.A., Dresselhaus, G., and Dresselhaus, M.S.: *Raman spectroscopy in graphene*, - Physics Reports-Review Section of Physics Letters, Vol 473, No 5-6, 2009, pp. 51-87.
13. Ferrari, A.C., Meyer, J.C., Scardaci, V., Casiraghi, C., Lazzeri, M., Mauri, F., Piscanec, S., Jiang, D., Novoselov, K.S., Roth, S., and Geim, A.K.: *Raman spectrum of graphene and graphene layers*, - Physical Review Letters, Vol 97, No 18, 2006.
14. Gouadec, G. and Colomban, P.: *Raman Spectroscopy of nanomaterials: How spectra relate to disorder, particle size and mechanical properties*, - Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials, Vol 53, No 1, 2007, pp. 1-56.
15. Pekala, R., W. and Kong, F., M.: *A SYNTHETIC ROUTE TO ORGANIC AEROGELS* -

MECHANISM, STRUCTURE, AND PROPERTIES, - J. Phys. Colloques, Vol 50, No C4, 1989, pp. C4-33-C34-40.

16. Pekala, R.W.: *Organic aerogels from the polycondensation of resorcinol with formaldehyde*, - Journal of Materials Science, Vol 24, No 9, 1989, pp. 3221-3227.
17. Bauld, R., Sharifi, F., and Fanchini, G.: *SOLUTION PROCESSED GRAPHENE THIN FILMS AND THEIR APPLICATIONS IN ORGANIC SOLAR CELLS*, - International Journal of Modern Physics B, Vol 26, No 21, 2012, pp. 1242004.
18. Bukowska, H., Meinerzhagen, F., Akcöltekin, S., Ochedowski, O., Neubert, M., Buck, V., and Schleberger, M.: *Raman spectra of graphene exfoliated on insulating crystalline substrates*, - New Journal of Physics, Vol 13, No 6, 2011, pp. 063018.
19. Grytzeli, J.H., *Atomic Force and Scanning Tunneling Microscopy Studies of Single Walled Carbon Nanotubes*. 2003, Karlstads universitet
20. Упутство за AFM Quesant mikroskop

3. Полазне хипотезе

У раду се полази од хипотезе:

- Променом концентрације угљеничних наноматеријала (ЈСУНТ, графен, графенске квантне тачке) мењаће се структурне особине танких слојева криогелова на бази RF и посматрати могућност анализирања добијених ефеката Раманском спектроскопијом;
- Под дејством гама зрака различитих доза мењаће се структура депонованих графенских танких слојева на стакленим подлогама и разматрати могућност анализирања добијених ефеката раманском спектроскопијом;
- Посматраће се и утицај дубине продирања и снаге раманског ласера на одзив раманског сигнала посматраних система и утврдити да се раманска спектроскопија може користити као алатка за посматрање угљеничних наноматеријала.

4. Научне методе истраживања

Методологија истраживања у оквиру предложене докторске дисертације ће обухватити следеће фазе:

1. Анализу структурних промена танких слојева угљеничних криогелова раманском спектроскопијом и микроскопијом атомских сила насталих променом концентрације угљеничних нанотуба, графена и графенских квантних тачака
2. Анализу структурних промена танких слојева графена под дејством гама зрака различитих доза раманском спектроскопијом и микроскопијом атомских сила.
3. Анализу структурних промена угљеничних криогелова и гама озрачених танких слојева графена у зависности од таласне дужине и снаге ласера који се користи као побуда у раманској спектроскопији.

У истраживању ће бити коришћени следећи методи:

1. Синтеза танких слојева угљеничних криогелова методом Пекале.
2. Синтеза колоида на бази графена и депоновање танких слојева графена методом вакуумске филтрације.
3. Раманска спектроскопија, Фуријеова инфрацрвена спектроскопија, микроскопија атомских сила, скенирајућа електронска микроскопија за карактеризацију угљеничних кригелова и графенских танких филмова.

5. Очекивани научни допринос

Основни допринос који даје ова докторска дисертација је проучавање структурних промена високодефектних угљеничних наноматеријала применом раманске спектроскопије.

У оквиру предложене докторске дисертације очекују се следећи резултати:

- Синтеза танких слојева угљеничних криогелова са различитим концентрацијама ЈСУНТ, графена и графенских квантних тачака.
- Депоновање хомогених и униформних танких слојева графена методом вакуумске филтрације.
- Коришћење раманске спектроскопије за успешно тумачење структурних промена насталих променом концентрације танких слојева криогелова и гама зрачењем танких слојева графена.

У оквиру истраживања обухваћених докторском дисертацијом објављени су следећи научни радови:

- часописи категорије M22:
 1. Kleut, D.N., Markovi, Z.M., Babić, B.M., Holclajtner Antunović, I.D., Milosavljević, M.S., Dramićanin, M.D., and Todorović Marković, B.M. *Raman spectroscopy study of carbon-doped resorcinol-formaldehyde thin films.* , - Physica Scripta, Vol 2013, No T157, 2013, pp. 014039, (IF 1,296, ISSN: 0031-8949).
 2. Kleut, D.N., Marković, Z.M., Antunović, I.D.H., Dramićanin, M.D., Kepić, D.P., and Marković, B.M.T.: *Gamma ray-assisted irradiation of few-layer graphene films: a Raman spectroscopy study*, - Physica Scripta, Vol 2014, No T162, 2014, pp. 014025, (IF 1,296, ISSN: 0031-8949).
- рад у тематском зборнику међународног значаја M14
 1. Marković Z., Kleut D, Babić B., Holclajtner Antunović I., Pavlović V., Todorović-Marković B., *Carbon-Doped Cryogel Thin Films Derived from Resorcinol Formaldehyde*, - Advanced Carbon Materials and Technology, eds. A. Tiwari, S.K. Shukla, Scrivener Publishing LLC, 2014, pp. 475-486, (ISBN: 978-1-118-68623-2).

6. План истраживања и структура рада

Технологија рада на дисертацији обухвата следеће фазе:

1. Договор са кандидатом о проблематици и његова сагласност да прихвата предложеној тему.
2. Преглед литературе о раманској спектроскопији, угљеничним наноматеријалима.
3. Обука кандидата за рад на микроскопским и спектроскопским уређајима.
4. Обука кандидата да напише научни рад.
5. Синтеза танких слојева угљеничних криогелова са различитим концентрацијама ЈСУНТ, графена и графенских квантних тачака.
6. Депоновање хомогених и униформних танких слојева графена методом вакуумске филтрације.
7. Карактеризација направљених система раманском спектроскопијом и микроскопијом атомских сила и скенирајућом електронском микроскопијом.
8. Анализа резултата и оцена могућности коришћења раманске спектроскопије за тумачење структурних промена различитих система угљеничних наноматеријала.
9. Приказ резултата у научним часописима.
10. Приказ резултата у докторској дисертацији.

Структура текста докторске дисертације је следећа:

1. Увод
2. Опште особине угљеничних наноматеријала
3. Раманска спектроскопија
4. Материјали и методе
5. Методе карактеризације
6. Резултати и дискусија
7. Закључак

7. Закључак и предлог

На основу изложеног, Комисија констатује да Душка Клеут, дипл. инж. електротехнике испуњава све потребне услове за израду докторске дисертације под насловом „Раманска спектроскопија високодефектних угљеничних наноматеријала“. Осим испуњавања формалних услова, кандидаткиња је у свом досадашњем раду показала квалитете пресудне за научноистраживачки рад, као што су схватање теоријских концепата, оригиналност, способност да самостално и тимски решава проблеме на теоријском и експерименталном нивоу и да критички анализира добијене резултате.

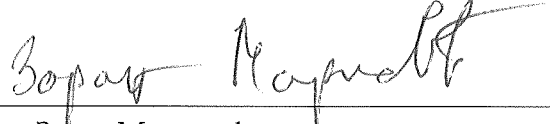
Предложена тема је научно заснована, припада ужој научној области Савремених материјала и технологија, и представља отварање новог правца коришћења раманске спектроскопије у анализи високодефектних угљеничних система. Тема је од огромног практичног значаја, због све веће употребе различитих угљеничних система у електроници.

Зато комисија предлага Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да одобри Душки Клеут израду докторске дисертације под насловом „Раманска спектроскопија високодефектних угљеничних наноматеријала“ подруководством др Дејана Раковића, редовног професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду, и др Зорана Марковића, научног саветника Института за нуклеарне науке „Винча“ Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



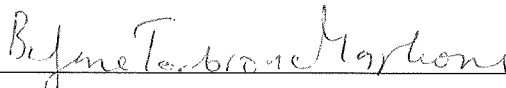
др Дејан Раковић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



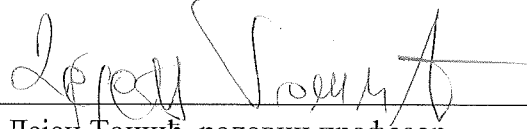
др Зоран Марковић, научни саветник
Универзитет у Београду – Институт за нуклеарне науке
„Винча“



др Милош Вујисић, доцент,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Биљана Тодоровић Марковић, научни саветник
Универзитет у Београду – Институт за нуклеарне науке
„Винча“



др Дејан Тошић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

У Београду, дана 27.01.2015.