

Наставно-научном већу

Факултета за Физичку Хемију

Универзитета у Београду

Одлуком Наставно-научног већа од 06.09.2018. именовани смо за чланове Комисије за одбрану теме и припрему извештаја о одобрењу предлога теме докторске дисертације у оквиру предмета Специјални курс кандидата Данила Кисића, мастер физикохемичара, под насловом „Утицај јонске имплантације гвожђа на површинска, електрична и магнетна својства полиетилена велике густине”. Пошто смо прегледали поднети материјал и пошто је студент докторских студија успешно одбранио семинарски рад у коме је детаљно образложена тема докторске дисертације, подносимо Наставно-научном већу следећи

Извештај

А. Биографски подаци кандидата

Данило Кисић, рођен је 22.08.1985. у Врбасу. У Београду је завршио основну и средњу школу, након чега се 2004. уписао на Факултет за физичку хемију, Универзитета у Београду. На Факултету за физичку хемију дипломирао је децембра 2011. на теми „Симултано праћење концентрације јодида и парцијалног притиска кисеоника у Бреј - Либхафски (Bray - Liebhafsky) реакцији“. Мастер студије на Факултету за физичку хемију уписао је 2012. године. У марту, исте године, паралелно са мастер студијама, започиње волонтерски рад у Лабораторији за атомску физику, Института за нуклеарне науке „Винча“. Од јуна 2012, запослен је у истој лабораторији, као истраживач приправник, на пројекту Функционални, функционализовани и усавршени наноматеријали. Мастер рада под називом „Испитивање утицаја имплантације јона злата и третмана озоном на промену површинских карактеристика полиетилена високе густине“ одбранио је у септембру 2012. године. Докторске студије на Факултету за физичку хемију уписао је у октобру 2012. године. У звање истраживача сарадника изабран је у августу 2014. године. На докторским студијама је положио све испите предвиђене планом и програмом докторских студија.

Б. Списак објављених радова

Досадашњи рад мастер физикохемичара Данила Кисића везан је за проучавање метал-полимерних система насталих јонском имплантацијом који се примењују у стоматологији. Кандидат је стекао искуство у раду са различитим уређајима за карактеризацију површина материјала. До сада је публикувао 4 рада у врхунским међународним часописима (M21), 1 рад у часопису националног значаја (M52), и има 3 саопштења на међународним научним скуповима, штампаним у изводу (M34).

Списак радова и саопштења, дат је у прилогу извештаја.

В. Образложење теме

1. Научна област

Испитивање утицаја јонске имплантације гвожђа на површинска, електрична и магнетна својства полиетилена велике густине (HDPE) припада области физичке хемије агрегатних стања за које је матичан Факултет за физичку хемију, Универзитета у Београду.

2. Предмет рада

Предмет рада ове докторске дисертације је испитивање утицаја енергије и дозе имплантационих јона гвожђа ($^{56}\text{Fe}^+$, у наставку Fe) на површинска, електрична и магнетна својства полиетилена велике густине. У оквиру реализације предмета ове дисертације, биће извршена следећа истраживања:

- а) Синтеза узорака HDPE имплантираних јонима Fe у опсегу доза од 5×10^{16} до 5×10^{17} јона/ cm^2 при енергијама јона (95 – 200 keV)
- б) Морфолошка, топографска, фрактална и фазна анализа површине имплантата
- в) Структурна и фазна анализа наночестица гвожђа на површини имплантата
- г) Структурна и фазна анализа слоја HDPE на површини имплантата
- д) Механизми реакција јона гвожђа са HDPE на површини,
- ђ) Утицај енергије и дозе имплантације јона Fe на електрична својства HDPE имплантата
- е) Утицај енергије и дозе имплантације јона Fe на магнетна својства HDPE имплантата
- ж) Оптимизација енергије и дозе имплантације јона Fe у HDPE, у циљу добијања жељених наноструктурних својстава имплантата

3. Научни циљеви истраживања

Основни научни циљеви ове дисертације су:

- а) Утврђивање корелационих и функционалних веза енергије и дозе имплантације јона Fe, са површинским, електричним и магнетним својствима HDPE имплантата.
- б) Разумевање и објашњење механизма интеракције јона гвожђа са површином HDPE.
- в) Утврђивање фазног стања јона Fe имплантираних у HDPE матрицу.
- г) Утврђивање корелационих и функционалних веза између структурних промена на површини имплантата и његове електричне проводљивости.
- д) Разумевање и објашњење механизма електричне проводљивости полимерних имплантата
- ђ) Утврђивање корелационих и функционалних веза између структурних промена на површини имплантата и његових магнетних својстава.
- е) Разумевање и објашњење механизма појаве магнетизма код полимерних имплантата

4. Методе истраживања

Морфолошка, топографска, фрактална и фазна анализа површине имплантата, биће извршена коришћењем метода : сканирајуће електронске микроскопије (SEM), трансмисионе електронске микроскопије (ТЕМ), микроскопије у пољу атомских сила (AFM) са применом тачкастог и фазног начина снимања, спектроскопске елипсометрије, и рендгеноструктурне анализе (XRD). Хемијски састав површине имплантата биће утврђен методама : инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом (FTIR), Рендгенском фотоелектронском спектроскопијом (XPS), Радерфордовом спектроскопијом расејања (RBS). Електрична проводљивост површине имплантата биће мерена методом 4 тачке. Магнетна својства површине имплантата биће одређена применом магнето-оптичког Керовог ефекта (МОКЕ) и магнетометријом суперпроводног квантног интерферирајућег уређаја (SQUID).

5. Актуелност теме

Јонска имплантација је напредна техника за модификацију површина различитих полимерних материјала, која налази бројне примене : производња биокомпатибилних материјала, производња полимерних полупроводника, производња светлосних филтера, таласовода и електро-оптичких модулятора, развој нових биосензора, производња супер парамагнетних и феромагнетних полимера, развој магнетних уређаја за чување података, магнетних сензора и магнетно оптичких уређаја [1,2]. Riffat Sagheer и сарадници [3] су испитивали промене у површинским, хемијским, оптичким и електричним својствима поли-алил-дигликол карбоната (CR-39), настале јонском имплантацијом злата Au^+ , при енергији од 400 keV, и дозама од 5×10^{13} до 5×10^{15} јона/cm². На основу добијених резултата закључено је да са повећањем дозе електрична проводљивост имплантата расте и долази до формирања нових карбонизованих структура у имплантираном слоју ЦР-39 [3]. Промене у површинским, хемијским, оптичким и електричним својствима поли-метил-метакрилата, настале јонском имплантацијом сребра, при енергији од 400 keV, и дозама од 5×10^{13} до 5×10^{15} јона/cm² испитане су у раду Shafaq Arif и сарадника [4]. Аутори су утврдили да повећање дозе доводи до повећања фотоелектричне и електричне проводљивости и промена у вредности индекса преламања имплантата [4]. У раду Francesca Di Benedetto и сарадника [5] испитиван је утицај јонске имплантације хрома и паладијума на различите полимере (поли-метил-метакрилат PMMA, полипропилен PP, поликарбонат PC и полиетилен-терафталат гликол PETG). Аутори су утврдили да се на површини имплантата формирају наноструктурни метални слојеви [5]. Промене у површинским, хемијским, оптичким и електричним својствима поли-метил-метакрилата, настале јонском имплантацијом хрома (Cr^+), при енергији од 400 keV, и дозама од 5×10^{13} до 5×10^{15} јона/cm² дате су у раду Shafaq Arif и сарадника [6]. Аутори су утврдили да имплантација хрома доводи до формирања карбонизованих кластера, повећања електричне проводљивости и смањења храпавости површина [6]. Youin Liu и сарадници [7] испитивали су површинске промене поли-диметил-силоксана (PDMS), настале услед бомбардовања површине фокусираним јонским снопом јона галијума Ga^+ , различитим дозама. Утврђено је да се са повећањем дозе имплантата повећава се Јунгов (Young) модул и електрична проводљивост имплантата [7]. Промене у површинским својствима полиимида, полиетилен терафталата и полиетер-кетона, настале γ зрачењем и јонском имплантацијом Ni^+ , Ag^+ , Au^+ , Fe^+ и B^+ јонима, при енергијама од 30-100 keV, и дозама од 1×10^{15} до 1.5×10^{17} јона/cm² испитиване су у раду А. А. Narchenko и сарадника [8]. На основу добијених резултата аутори су утврдили да на површини имплантата долази до формирања, насумично распоређених, купастих структура метала [8]. Yang Hai и сарадници [9] испитивали су промене у нано/микроструктури полиетилена велике густине, настале јонском имплантацијом гвожђа ($^{56}Fe^+$), при чему је енергија имплантације била 1,157 GeV, а дозе су биле у опсегу 1×10^{11} до 6×10^{12} јона/cm². Показано је да су полимерне структуре полиетилена велике густине оштећене, и да је дошло до формирања на површини имплантата, угљеником обогаћених кластера, и јонских канала [9].

Душан К. Божанић и сарадници [10] испитивали су површинска својства, морфологија и магнетна својства нанокмпозитног система гвожђе/етилен-ко-винил-ацетат, насталог јонском имплантацијом вишеструко наелектрисаних јона гвожђа ($^{56}\text{Fe}^{6+}$), при различитим дозама (5×10^{15} до 1×10^{17} јона/ cm^2) при енергији од 90 keV-а. На основу утврђених резултата ауори су закључили да на површини имплантата долази до формирања сферних суперпарамагнетних наночестица, дијаметра око 1,5 nm, скупљених у слој ширине 80 nm, на око 40 nm испод површине слоја [10].

6. Очекивани резултати

На основу резултата до бијених у овој дисертацији, очекује се да ће бити:

- а) Успостављене корелационе или функционалне везе између енергије и дозе имплантације јона гвожђа у HDPE и површинских, електричних и магнетних својстава имплантата
- б) Утврђени механизми реакција имплантираних јона Fe и површине HDPE
- в) Утврђено фазно стање имплантираних јона
- г) Утврђени оптимални имплантациони параметри, за имплантацију јона Fe у HDPE

7. Најважнији латературни подаци који пофржавају тему

[1] J.M. Charrier, *Polymeric Materials and Processing: Plastics, Elastomers and Composites*, Hanser Publishers, Munich, New York, 1991.

[2] A. Kondyurin, M. Bilek, *Ion beam treatment of polymers*, Elsevier, Oxford, 2015.

[3] Riffat Sagheer, M. Shahid Rafique, Farhat Saleemi, Shafaq Arif, Fabian Naab, Ovidiu Toader, Arshad Mahmood, Rashad Rashid, Irishad Hussain, *Modification in surface properties of poly-allyl-diglycol-carbonate (CR-39) implanted by Au⁺ ions at different fluences*, *Materials Science-Poland*, 34(2), str. 468.-478, 2016.

[4] Shafaq Arif, Farhat Saleemi, M. Shahid Rafique, Fabian Naab, Ovidiu Toader, Arshad Mahmood, Uzma Aziz, *Effect of silver ion-induced disorder on morphological, chemical and optical properties of poly (methyl methacrylate)*, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 387, str. 86.–95, 2016.

- [5] Francesca Di Benedetto, Alessandra D'Amore, Maria Elena Mosca, Marcello Massaro, Gennaro Cassano, Laura Capodiecì, Ciro Esposito, Leander Tapfer, *Ion Implantation in thermoplastic polymers*, 1st Workshop on Nanotechnology in Instrumentation and Measurement (NANOFIM), 2015.
- [6] Shafaq Arif, M. Shahid Rafique, Farhat Saleemi, Fabian Naab, Ovidiu Toader, Arshad Mahmood, Uzma Aziz, *Impact of nucleation of carbonaceous clusters on structural, electrical and optical properties of Cr⁺ implanted PMMA*, Applied Physics A, 122, str. 866.-877, 2016.
- [7] Boyin Liu, Jing Fu, *Modulating surface stiffness of polydimethylsiloxane (PDMS) with kiloelectronvolt ion patterning*, Journal of Micromechanics and Microengineering 25, str. 65006. - 65015, 2015.
- [8] A. A. Harchenko, D. I. Brinkevich, S. D. Brinkevich, M. G. Lukashevich, i V. B. Odzhaev, *Radiation Induced Modification of Polymer Surfaces*, Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 9 (2), str. 371.-376, 2015.
- [9] Yang Hai, Can Huang, Mingwang Ma, Qi Liu, Yuzhu Wang, Yi Liu, Feng Tian, Jun Lin, Zhiyong Zhu, *SAXS investigation of latent track structure in HDPE irradiated with high energy Fe ions*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 356–357, str. 129.–134, 2015.
- [10] Dušan K. Božanić, Ilija Draganić, Nataša Bibić, Adriaan S. Luyt, Zorica Konstantinović, Vladimir Djoković, *Morphology and magnetic properties of the ethylene-co-vinylacetate/iron nanocomposite films prepared by implantation with Fe⁶⁺ ions*, Applied Surface Science 378, str. 362–367, 2016.

Г. Закључак

На основу поднетих материјала и приказаних резултата, Комисија је закључила

а) да је предложена тема научно заснована, актуелна и оригинална; б) да су предмет, научни циљеви и очекивани допринос јасно дефинисани; в) да су методе и уређаји за реализацију истраживања доступни кандидату; г) да је кандидат, Данило Кисић, мастер физикохемичар и студент докторских студија, својим досадашњим радом показао способност за самосталан научно-истраживачки рад у области физичке хемије агрегатних стања.

Имајући у виду све наведено, и опсежност до сада извршених испитивања, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета за физичку хемију, Универзитета у Београду да прихвати тему и наслов дисертације: **„Утицај јонске имплантације гвожђа на површинска, електрична и магнетна својства полиетилена велике густине”**.

Комисија за менторе предлаже:

Проф. др Боривоја Аднађевића, редовног професора Факултета за физичку хемију, Универзитета у Београду, и др Милоша Ненадовића, научног сарадника Института за нуклеарне науке „Винча” при Универзитету у Београду.

Чланови комисије

Проф. др Боривој Аднађевић, редовни професор
Универзитета у Београду - Факултет за Физичку хемију

Др Милош Ненадовић, научни сарадник
Универзитета у Београду - Институт за нуклеарне науке „Винча”

Проф. др Никола Цвјетићанин, редовни професор
Универзитета у Београду - Факултет за Физичку хемију