

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Predmet: Podobnost teme i kandidata Danijele Brković za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu br. 35/85 od 04.04.2014. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Danijele Brković za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „Uticaj različitih postupaka modifikacije površine ugljeničnih nanomaterijala na njihova svojstva i mogućnosti primene“.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

I Z V E Š T A J

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Danijela Brković rođena je 31.01.1984. godine u Smederevu. U Drugovcu (kod Smedereva) završila je osnovnu školu, a srednju medicinsku u Beogradu. Osnovne studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu započela je 2003/2004. školske godine, smer Biohemijsko inženjerstvo i biotehnologija i diplomirala 2010. Diplomski rad pod nazivom „Proučavanje 2-piridon/2-hidroksipiridin tautomerije na primeru 3-cijano-4-fenil-6-(2-, 3- i 4-metoksifenil)-2-piridona“ odbranila je sa ocenom 10.

Školske 2010/11. upisala se na doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu, studijski program Inženjerstvo materijala. U okviru doktorskih studija, položila je sve ispite, sa prosečnom ocenom 9,91. Završni ispit pod nazivom „Uticaj funkcionalizacije na električna i morfološka svojstva ugljeničnih nanomaterijala“ odbranila je u septembru 2012. godine sa ocenom 10 pred komisijom u sastavu: dr Aleksandar Marinković, docent, dr Petar Uskoković, red. prof. i dr Radoslav Aleksić, red. prof.

U periodima maj-jun 2012., kao i novembar-decembar 2012. boravila je na Katedri za civilno inženjerstvo i inženjerstvo zaštite životne sredine u Terniju, pri Univerzitetu u Perudi u Italiji (Università di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, INSTM, UdR Perugia, Terni) u cilju izrade eksperimentalnog dela doktorske teze.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

Danijela Brković je u okviru doktorskih studija položila sve ispite (11) predviđene studijskim programom, sa prosečnom ocenom 9,91. Završni ispit (pristupni rad za izradu doktorske disertacije) pod nazivom „Uticaj funkcionalizacije na električna i morfološka svojstva ugljeničnih nanomaterijala“ je odbranila u septembru 2012. godine sa ocenom 10 pred komisijom u sastavu: dr Aleksandar Marinković, docent, dr Petar Uskoković, red. prof. i dr Radoslav Aleksić, red. prof.

Položeni ispiti i ostvareni bodovi u okviru doktorskih studija.

R. br.	Naziv predmeta	Ocena	ESPB
1.	Nauka o materijalima i inženjerstvo materijala	10	6
2.	Termodinamika čvrstog stanja	9	5
3.	Odabrana poglavlja instrumentalne analize	10	7
4.	Odabrana poglavlja matematičke analize	10	5
5.	Hemija metal-organskih jedinjenja	10	4
6.	Strukturna analiza organskih molekula	10	6
7.	Struktura i svojstva kompozitnih materijala	10	5
8.	Hemijska kinetika	10	5
9.	Kataliza u organskoj hemiji	10	5
10.	Heterogena kataliza	10	4
11.	Završni ispit – pristupni rad za izradu doktorske disertacije	10	30
Ukupno			82

Danijela Brković je od 1. februara 2011. zaposlena na Tehnološko-metalurškom fakultetu, u okviru projekta integralnih interdisciplinarnih istraživanja pod nazivom „*Sinteza, razvoj tehnologija dobijanja i primena nanostrukturnih multifunkcionalnih materijala definisanih svojstava.*“ (broj projekta III 45019). Takođe je bila angažovana na projektima „*Razvoj novih tehnologija proizvodnje poliola različitih svojstava iz otpadne polietilentereftalatne ambalaže i alkidnih, poliestarskih i poliuretanskih proizvoda baziranih na tim polioliima*“ – I, II i III faza (2011-2013), koji su realizovali Sekretarijat za zaštitu životne sredine grada Beograda i Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

Oblast naučnoistraživačkog rada Danijele Brković obuhvata različite pristupe funkcionalizaciji ugljeničnih nanomaterijala i primenu takvih materijala u oblastima polimernih nanokompozita i nanoelektronike.

Danijela Brković je koautor 6 radova objavljenih u časopisima međunarodnog značaja (M22 – 2 rada, M23 – 4 rada) i 12 naučnih saopštenja u zbornicima radova sa međunarodnih (10) i nacionalnih skupova (2) kao i dve patentne prijave. Iz oblasti istraživanja kojoj pripada predložena tema doktorske disertacije, kandidat je koautor 1 naučnog rada objavljenog u časopisu međunarodnog značaja (oznaka grupe **M20**: vrsta rezultata **M22** - 1 rad), 1 saopštenja

prikazanog na međunarodnom skupu (oznaka grupe **M30**: vrsta rezultata **M34** - 1 saopštenje) i 1 saopštenja prikazanog na nacionalnom skupu (oznaka grupe **M60**: vrsta rezultata **M64** - 1 saopštenje)

Spisak objavljenih radova i saopštenja

Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja - M20

– Rad u istaknutom međunarodnom časopisu - M22

1. Ajaj I., Mijin D., Maslak V., **Brković, D.**, Milčić M., Todorović N., Marinković A.: *A simple and convenient synthesis of tautomeric (6 or 2)-hydroxy-4-methyl-(2 or 6)-oxo-1-(substituted phenyl)-(1,2 or 1,6)-dihydropyridine-3-carbonitriles*, Monatshefte Fur Chemie Vol. 144 pp. No 5, 2013, 665–675. (ISSN: 0026-9247 (Print) 1434-4475 (Online), IF:1,629)
2. **Brković, D. V.**, Kovačević V. V., Sretenović G. B., Kuraica M. M., Trišović N. P., Valentini L., Marinković A. D., Kenny J. M., Uskoković P. S.: *Effects of dielectric barrier discharge in air on morphological and electrical properties of graphene nanoplatelets and multi-walled carbon nanotubes*, Journal of Physics and Chemistry of Solids, Vol 75, No 7 2014, pp. 858–868. (ISSN: 0022-3697, IF:1,527)

– Rad u međunarodnom časopisu – M23

1. Ilić N. C., Marinković A. D., **Brković, D. V.**, Petrović S. D.: *Synthesis and characterization of phencyclidine and his derivatives*, Hemijska industrija, Vol. 64, No 5, 2010, pp. 389-400. (ISSN:0367-598X, eISSN:2217-7426, IF: 0,137)
2. Sovrlić M. Ž., Milosavljević M. M., Marinković A. D., Đukanović J. S., **Brković, D. V.**, Konstantinović S. S.: *Uparedna analiza oksidativnih postupaka sinteze N-alkil, N,N-dialkil i N-cikloalkil-O-izobutil tionkarbamata*, Hemijska industrija, Vol. 65 No 5, 2011, pp. 541–549. (ISSN: 0367-598X, eISSN: 2217-7426 IF: 0,205)
3. Milosavljević M. M., Marinković A. D., Marković J. M., **Brković D. V.**, Milosavljević M. M.: *Synthesis of tetraalkyl thiuram disulfides using different oxidants in recycling solvent mixture*, Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, Vol. 18, No 1, 2012, pp. 73-81. (ISSN: 1451-9372, eISSN: 2217-7434, IF: 0,533)
4. Mijin D. Ž., Marković J. M., **Brković D. V.**, Marinković A. D.: *Microwave assisted synthesis of 2-pyridone and 2-pyridone based compounds*, Hemijska industrija, 2014 Vol 68, No 1, pp. 1-14. (ISSN: 0367-598X, eISSN: 2217-7426, IF: 0,463)

Zbornici međunarodnih naučnih skupova – M30

– Saopštenje sa međunarodnog naučnog skupa štampano u celini – M33

1. **Brković D. V.**, Milosavljević M. M., Marinković A. D.: *A comparative synthesis of N-(substituted phenyl)-O-isobutyl thiocarbamates*, 10th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry", RaDMI 2010, 16-19 September 2010, Donji Milanovac, Serbia, pp. 1051-1054. CD ROM ISBN 978-6075-016-9
2. Milosavljević S. S., Milosavljević M. M., Marinković A. D., **Brković D. V.**: *Determination of the water quality in accord with regulation of water classification*, 10th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry", RaDMI 2010, 16-19 September 2010, Donji Milanovac, Serbia, pp. 1158-1162. CD ROM ISBN 978-6075-016-9
3. Milosavljević M. M., Marinković A. D., Đukanović J. S., **Brković D. V.**, Kačarević-Cvetković J., Živanović M. Z.: *Synthesis of N-alkyl, NN-dialkyl and N-cycloalkyl-oisobutyl thioncarbamates: a catalytic study*, 11th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry", RaDMI 2011, 15 - 18. September 2011, Sokobanja, Serbia, pp. 1178-1183.
4. Marković J. M., **Brković D. V.**, Đukanović J. S., Kačarević-Cvetković J., Budimirović D. S., Marinković A. D.: *Glycolysis of polyethylene terephthalate waste*, 11th International Conference, Research and Development in Mechanical Industry, RaDMI 2011, 15 - 18. September 2011, Sokobanja, Serbia, Proceedings Vol. 2 pp.1156. ISBN 978-86-6075-028-2
5. **Brković D. V.**, Markovski J. S., Vuković G. D., Trišović N. P., Milosavljević M. M., Marinković A. D., Uskoković P. S.: *Improving dispersion properties of multi-walled carbon nanotubes in PMMA composites through amino-functionalization*, 12th International Conference, Research and Development in Mechanical Industry, RaDMI 2012, 13 - 17. September 2012, Vrnjačka Banja, Serbia, Proceedings Vol. 2 pp. 953. ISBN 978-86-6075-037-4
6. Marković J. M., **Brković D. V.**, Budimirović D. S., Trišović N. P., Džunuzović E. S., Spasojević P. M., Marinković A. D.: *Kinetics of PET waste glycolysis*, 12th International Conference, Research and Development in Mechanical Industry, RaDMI 2012, 13 - 17. September 2012, Vrnjačka Banja, Serbia, Proceedings Vol. 2 pp.1060. ISBN 978-86-6075-037-4
7. Marković J. M., **Brković D. V.**, Markovski J. S., Budimirović D. S., Džunuzović E. S., Spasojević P. M., Marinković A. D.: *Synthesis of alkyd resins from postconsumer polyethylene terephthalate bottles*, 12th International Conference, Research and Development in Mechanical Industry, RaDMI 2012, 13 - 17. September 2012, Vrnjačka Banja, Serbia, Proceedings Vol. 2 pp.1065. ISBN 978-86-6075-037-4
8. Markovski J. S., Marković J. M., **Brković D. V.**, Trišović N. P., Milosavljević M. M., Marinković A. D., Uskoković P. S.: *Iron(III)-oxide/chitosan as an hybride sorbent for arsenic removal*, 12th International Conference, Research and Development in Mechanical Industry, RaDMI 2012, 13 - 17. September 2012, Vrnjačka Banja, Serbia, Proceedings Vol. 2 pp.1071. ISBN 978-86-6075-037-4

– Saopštenje sa međunarodnog naučnog skupa štampano u izvodu – M34

1. **Brković D.**, Pavlović V., Pavlović V., Obradović N., Uskoković P. Marinković A.: *Functionalization of graphene nanoplatelets via Bingel reaction for polymer nanocomposites*, The Serbian Ceramic Society Conference Advanced Ceramics and Application II: New Frontiers in Multifunctional Material Science and Processing, Sep 30-Oct 1, 2013, Serbian Academy of Sciences and Arts, Knez Mihailova 35, Belgrade, Serbia, p. 49, Program and the book of abstracts, ISBN 978-86-915627-1-7
2. Dodevski V., Kaluđerović B., Krstić S., Aleksić R., **Brković D.**: *Surface characterization of active carbon material prepared from tree waste by hydrothermal carbonization process*, Fifteenth annual conference Yucomat 2013 Herceg Novi, Montenegro September 2-6, 2013; Book of abstracts: p. 67. Organised by: Materials Research Society of Serbia under the auspices of The Federation of European Materials Societies

Zbornici skupova nacionalnog značaja – M60

– Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu – M64

1. Đukanović J. S., **Brković D. V.**, Mijin D. Ž., Marinković A. D.: *Proučavanje 2-piridon/2-hidroksipiridin tautomerije na primeru 3-cijano-4-(2-, 3- i 4-metoksifenil)-6-fenil-2(1H)-piridona*, XLIX savetovanje Srpskog hemijskog društva, Kragujevac, 13-14 Maj, 2011 str.133. Zbornik radova ISBN 978-86-7132-046-7
2. **Brković D.**, Trišović N., Bitolo Bon S., Valentini L., Uskoković P., Marinković A.: *Električna i morfološka karakterizacija ugljeničnih višeslojnih nanocevi funkcionalizovanih Bingelovom reakcijom*, Prva konferencija mladih hemičara Srbije, Beograd 19-20 Oktobar 2012, Program i Kratki izvodi radova str. 89, ISBN 978-86-7132-050-4

Patentne prijave

1. **Danijela Brković**, Milutin Milosavljević, Aleksandar D. Marinković, Predrag Dašić, Slobodan D. Petrović, Zlatna Medalja na 31-oj Međunarodnoj izložbi pronalazaka, novih tehnologija i industrijskog dizajna “Pronalazaštvo-Beograd 2011”, Patentna prijava II-2011/0046.
2. Milutin Milosavljević, **Danijela Brković**, Aleksandar D. Marinković, Jasmina Đukanović, Jelena Marković, „*Novi postupak sinteze novih N-alkil, N,N-dialkil i N-cikloalkil-O-izobutilton karbamata*“, Patentna Prijava II-2011/0179 od 29.04.2011 godine

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i ostvarenih rezultata tokom doktorskih studija, Danijela Brković je pokazala izuzetnu sklonost i sposobnost za bavljenje naučnoistraživačkim radom. To se ogleda, kako u samostalnom kreiranju i realizaciji istraživanja vezanih za temu doktorske disertacije, tako i kroz rad na ostalim istraživanjima koja se izvode u okviru projekata na kojima je bila angažovana. Do sada je objavila 6 radova u međunarodnim časopisima, 12 saopštenja na međunarodnim i domaćim skupovima, kao i 2 patentne prijave. Iz oblasti istraživanja kojoj pripada predložena tema doktorske disertacije, kandidat je koautor 1 naučnog rada objavljenog u časopisu međunarodnog značaja i 2 saopštenja od kojih je jedno saopštenje prezentovano na domaćem, a drugo na međunarodnom skupu. Komisija smatra da kandidat ispunjava uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Zahvaljujući svojim jedinstvenim električnim, mehaničkim i optičkim svojstvima, ugljenične nanocevi su privukle značajnu pažnju naučne javnosti u poslednje dve decenije. Međutim, njihova sklonost ka aglomeraciji i stvaranju aglomerata usled delovanja jakih Van der Valsovih sila ograničava mogućnosti primene. Hemijska funkcionalizacija površine, kovalentna ili nekovalentna, predstavlja efikasan način za prevazilaženje ovih ograničenja. Grafeni su takođe ugljenični nanomaterijali čije se ogromne mogućnosti primene tek naslućuju, naročito u oblasti nanoelektronike. Proučavanje uticaja prisustva različitih grupa na fizička, električna i disperzibilna svojstva nanomaterijala kao i različitih postupaka funkcionalizacije, od suštinske je važnosti za dobijanje materijala sa definisanim svojstvima za buduću implementaciju.[1-3]

U odnosu na hemijske metode modifikacije ugljeničnih nanomaterijala, glavne prednosti funkcionalizacije plazma tretmanom predstavljaju odsustvo rastvarača i visok stepen konverzije koji se ostvaruje pri kratkim reakcionim vremenima. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije biće usmerena na funkcionalizaciju ugljeničnih nanomaterijala plazmom dobijenom pomoću dielektričnog barijernog pražnjenja (DBD) na atmosferskom pritisku. DBD plazma tretman podrazumeva izlaganje nanočestica pražnjenju između dve elektrode razdvojene izolacionom električnom barijerom. Štaviše, ovaj postupak omogućava uvođenje različitih funkcionalnih grupa u zavisnosti od parametara plazme, kao što su snaga izvora, upotrebljeni gas, trajanje tretmana i pritisak. Koncentracija vezanih grupa na površini može se kontrolisati promenom ovih parametara što presudno utiče na elektronsku strukturu i električnu provodljivost materijala.[4-11]

Bingelova [2+1] reakcija se od nedavno primenjuje za funkcionalizaciju fulerena, kao i jednoslojnih ugljeničnih nanocevi. U literaturi ne postoje podaci o funkcionalizaciji višeslojnih ugljeničnih nanocevi Bingelovom reakcijom. Ovom reakcijom se na grafensku površinu preko ciklopropanskog prstena uvode 1,3-dikarbonilna jedinjenja. Prisustvo ciklopropanskog prstena (dvovalentna adicija) ne narušava početnu grafensku strukturu materijala čime električna svojstva

i provodnost ostaju nepromenjeni, za razliku od jednovalentnih adicija (uvođenje grupa na površinu preko jedne veze u velikoj meri narušava strukturu i električna svojstva).[12-16]

Primena ugljeničnih nanomaterijala za pripremu tankih provodnih filmova i upotreba u proizvodnji polimernih nanokompozita pruža mogućnosti dizajniranja materijala visokih performansi i jedinstvenih svojstava. [17-21]

Cilj predložene doktorske disertacije predstavlja proučavanje različitih postupaka modifikacije površine ugljeničnih nanomaterijala. Tokom predstojećeg istraživanja biće izvršena modifikacija višeslojnih ugljeničnih nanocevi i grafena primenom DBD plazma tretmana. U okviru ovog istraživanja, izvršiće se i uvođenje 1,3-dikarbonilnih jedinjenja na površine višeslojnih ugljeničnih nanocevi i grafena primenom dve metode modifikacije, koje se zasnivaju na modelu Bingelove reakcije. Proučavaće se uticaj funkcionalnih grupa na strukturalna, disperzibilna i električna svojstva ugljeničnih nanomaterijala. Od funkcionalizovanih nanomaterijala biće formirani tanki provodni filmovi na supstratu koji će zatim biti podvrgnuti hemijskom post-tretmanu sa ciljem postizanja još boljih provodnih karakteristika. Funkcionalizovani nanomaterijali sa najboljim disperzibilnim svojstvima biće dodati kao punioci polimernoj matrici i tako pripremljeni polimerni nanokompoziti biće analiziran različitim tehnikama karakterizacije.

Literatura

- [1] Dresselhaus M. S., Dresselhaus G., Phaeton A.: *Carbon nanotubes: synthesis, structure, properties, and applications*, Berlin, New York : Springer, 2001.
- [2] Kuila T., Bose S., Mishra A. K., Khanra P., Kim N. H., Lee J. H.: *Chemical functionalization of graphene and its applications*, Progr. Mat. Sci. Vol 57, 2012, pp. 1061–1105.
- [3] Shen W., Li Z., Liu Y.: *Surface chemical functional groups modification of porous carbon*, Recent Pat Chem. Eng. Vol 1, 2008, pp. 27-40.
- [4] Naseh M. V., Khodadadi A. A., Mortazavi Y., Pourfayaz F., Alizadeh O., Magherbi M.: *Fast and clean functionalization of carbon nanotubes by dielectric barrier discharge plasma in air compared to acid treatment*, Carbon Vol 48, 2010, pp. 1369–1379.
- [5] Vesali Naseh M., Khodadadi A. A., Mortazavi Y., Alizadeh Sahraei O., Pourfayaz F., Mosadegh Sedghi S.: *Functionalization of carbon nanotubes using nitric acid oxidation and DBD plasma*, Int. J. Chem. Biochem. Eng. Vol 2, 2009, pp. 66-68.
- [6] Wang W. H., Huang B. C., Wang L. S., Ye D. Q.: *Oxidative treatment of multi-wall carbon nanotubes with oxygen dielectric barrier discharge plasma*, Surf. Coat. Tech. Vol 205, 2011, pp. 4896–4901.
- [7] Pourfayaz F., Mortazavi Y., Khodadadi A. A., Jafari S. –H.: *Rapid and enhanced functionalization of MWCNTs in a dielectric barrier discharge plasma in presence of diluted CO₂*, Appl. Phys. A–Mater. Vol 106, 2012, pp. 829–836.

- [8] Pourfayaz F., Khodadadi A. A., Mortazavi Y., Jafari S. -H.: *Plasma functionalization of MWCNTs in He followed by NH₃ treatment and its application in PMMA based nanocomposites*, Plasma Process. Polym. Vol 7, 2010, pp. 1001-1009.
- [9] Baraket M., Walton S. G., Lock E. H., Robinson J. T., Perkins F. K.: *The functionalization of graphene using electron-beam generated plasmas*, Appl. Phys. Lett., Vol 96, 2010, pp. 231501-231503.
- [10] Nourbakhsh A., Cantoro M., Klekachev A. V., Pourtois G., Vosch T., Hofkens J., van der Veen M. H., Heyns M. M., de Gendt S., Sels B. F.: *Single Layer vs Bilayer Graphene: A comparative study of the effects of oxygen plasma treatment on their electronic and optical properties*, J. Phys. Chem. C Vol 115, 2011, pp. 16619–16624.
- [11] Bittolo Bon S., Valentini L., Verdejo R., Garcia Fierro J. L., Peponi L., Lopez- Manchado M. A., Kenny J. M.: *Plasma fluorination of chemically derived graphene sheets and subsequent modification with butylamine*, Chem. Mater. Vol 21, 2009, pp. 3433–3438.
- [12] Bingel C.: *Cyclopropanation of fullerenes*, Chem. Ber. Vol 126, 1993, pp. 1957-1959.
- [13] Kumar I., Rana S., Cho J. W.: *Cycloaddition Reactions: A Controlled Approach for Carbon Nanotube Functionalization*, Chem. Eur. J. Vol 17, 2011, pp. 11092-11101.
- [14] Coleman K. S., Bailey S. R., Fogden S., Green M. L. H.: *Functionalization of Single-Walled Carbon Nanotubes via the Bingel Reaction*, J. Am. Chem. Soc. Vol 125, 2003, pp. 8722-8723.
- [15] Worsley A. K., Moonosawmy K. R., Kruse P.: *Long-range periodicity in carbon nanotube sidewall functionalization*, Nano Lett. Vol 4, 2004, pp. 1541-1546.
- [16] Umeyama T., Tezuka N., Fujita M., Matano Y., Takeda N., Murakoshi K., Yoshida K., Isoda S., Imahori H.: *Retention of Intrinsic Electronic Properties of Soluble Single-Walled Carbon Nanotubes after a Significant Degree of Sidewall Functionalization by the Bingel Reaction*, J. Phys. Chem. C Vol 111, 2007, pp. 9734-9741.
- [17] Abdelhalim A., Abdellah A., Scarpa G., Lugli P.: *Fabrication of carbon nanotube thin films on flexible substrates by spray deposition and transfer printing*, Carbon Vol 61, 2013, pp. 72-79.
- [18] Ko W. -Y., Su J. -W., Guo C. -H., Fu S. -J., Hsu C. -Y., Lin K. -J.: *Highly conductive, transparent flexible films based on open rings of multi-walled carbon nanotubes*. Thin Solid Films Vol 519, 2011, pp. 7717–7722.
- [19] Kim S., Lee Y.-I., Kim D.-H., Lee K.-J., Kim B.-S., Hussain M., Choa Y.-H.: *Estimation of dispersion stability of UV/ozone treated multi-walled carbon nanotubes and their electrical properties*, Carbon Vol 51, 2013, pp. 346–354.
- [20] Zanotto A., Luyt A. S., Spinella A., Caponetti E.: *Improvement of interaction in and properties of PMMA-MWNT nanocomposites through microwave assisted acid treatment of MWNT*, Eur. Polym. J. Vol 49, 2013 pp. 61–69.
- [21] McClory C., McNally T., Baxendale M., Pötschke P., Blau W., Ruether M.: *Electrical and rheological percolation of PMMA/MWCNT nanocomposites as a function of CNT geometry and functionality*, Eur. Polym. J. Vol 46, 2010, pp. 854–868.

3. Polazne hipoteze

Osnovne hipoteze na kojima se bazira izrada predložene disertacije su:

- DBD plazma tretman omogućava uvođenje kiseoničnih funkcionalnih grupa na grafensku površinu nanomaterijala pod relativno blagim uslovima (u poređenju sa konvencionalnim metodama oksidacije u smeši koncentrovanih kiselina)
- kontrolom uslova pražnjenja tokom DBD plazma tretmana, moguće je postići stepen funkcionalizacije pri kome se ostvaruje poboljšana disperzibilnost uz minimalno narušavanje grafenske strukture .
- pregledom aktuelne naučne literature ustanovljeno je da je malo pažnje posvećeno funkcionalizacijama pri kojima se grafenska struktura ne narušava.
- Bingelova reakcija omogućava uvođenje 1,3-dikarbonilnih jedinjenja na grafensku površinu, usled čega se značajno povećava disperzibilnost materijala bez narušavanja električnih karakteristika. U naučnoj literaturi ne postoje podaci da je Bingelova reakcija ikada izvedena na višeslojnim ugljeničnim nanocevima.
- dobijanje polimernih nanokompozita sa ugljeničnim nanomaterijalima kao ravnomerno dispergovanim puniocima predstavlja svojevrstan izazov usled njihove sklonosti ka aglomeraciji. Prevazilaženje tog problema je moguće dobro izabranom metodom funkcionalizacije punioca i tehnikom pripreme nanokompozita.

4. Naučne metode istraživanja

Funkcionalizacije ugljeničnih nanomaterijala biće izvršene prema originalnim ili modifikovanim postupcima iz literature. Funkcionalizovani nanomaterijali biće okarakterisani infracrvenom spektroskopijom sa Furijeovom transformacijom (FTIR) i ultra-ljubičastom i vidljivom (UV-vis) spektroskopijom. Uspešnost izvršenih funkcionalizacija biće proverena primenom elementarne analize i temperaturno programirane desorpcije (TPD) korišćenjem TG-MS tehnike. Morfologija pripremljenih materijala biće ispitana skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM) i transmisijom elektronskom mikroskopijom (TEM). Hidrofobnost/hidrofilnost materijala biće definisana merenjem kontaktnog ugla. Izvršiće se ispitivanje električnih svojstava pomoću sistema za karakterizaciju poluprovodničkih komponenata (Keithley), kao i elektrohemijskih svojstava primenom ciklične voltametrije. Polimerni nanokompoziti biće strukturno okarakterisani FTIR, XRD i Raman spektroskopijom. Termička svojstva polimernih nanokompozita biće ispitana DSC analizom; 3D merenja i merenja hrapavosti površine biće određena mikroskopijom atomskih sila (AFM).

5. Očekivani naučni doprinos

Očekuje se da će rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije:

- dati nove funkcionalizovane ugljenične nanomaterijale sa specifičnim svojstvima,
- doprineti proširenju fundamentalnih znanja iz oblasti funkcionalizacije ugljeničnih nanomaterijala
- doprineti saznanjima o međusobnom uticaju i povezanosti strukture funkcionalnih grupa na površini nanomaterijala, postupka funkcionalizacije i svojstava koje funkcionalizovani nanomaterijali poseduju,
- doprineti saznanjima o primeni funkcionalizovanih ugljeničnih nanomaterijala.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predmet rada ove doktorske disertacije obuhvata ispitivanje različitih postupaka modifikacije površine ugljeničnih nanomaterijala, uticaj modifikacije površine na njihovu strukturu i svojstva, kao i mogućnost primena kao tankih provodnih filmova i filera u polimernim nanokompozitima .

U prvom delu doktorske disertacije ispitiće se proces funkcionalizacije višeslojnih ugljeničnih nanocevi i grafena DBD plazma tretmanom. Kao radni gas biće korišćen vazduh i izvršena optimizacija procesa u zavisnosti od vremena trajanja tretmana. U daljem toku istraživanja izvršiće se funkcionalizacija višeslojnih ugljeničnih nanocevi 1,3-dikarbonilnim jedinjenjima (Bingelova reakcija).

Drugi deo doktorske disertacije obuhvatiće primenu funkcionalizovanih ugljeničnih nanomaterijala kao punioca (filera) u polimernim nanokompozitima. Biće ispitan uticaj dodatka filera na struktura i termička svojstva nanokompozita. Takođe, biće formirani tanki provodni filmovi funkcionalizovanih ugljeničnih nanomaterijala na različitim supstratima i biće ispitana električna svojstva filmova pre i nakon primene hemijskih post-tretmana.

Predviđa se da će u doktorskoj disertaciji biti obrađena sledeća poglavlja: *Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak, Literatura*.

U poglavlju *Uvod* biće reči o različitim metodama koje se koriste za funkcionalizaciju kao i o značaju funkcionalizacije i primene ugljeničnih nanomaterijala.

Teorijski deo doktorske disertacije obuhvatiće pregled, u literaturi prikazanih relevantnih istraživanja, vezanih za:

- opšte osobine, struktura, disperzibilna, morfološka i električna svojstva ugljeničnih nanomaterijala;
- pregled konvencionalnih metoda modifikacije ugljeničnih nanomaterijala;
- površinsku funkcionalizaciju nanomaterijala primenom DBD plazma tretmana i optimizaciju procesa sa promenom parametara;

- uvođenje funkcionalnih grupa na površinu ugljeničnih nanomaterijala primenom Bingelove reakcije;
- optimizacija geometrije funkcionalnih grupa na površini nanomaterijala semi-empirijskom metodom (PM6)
- formiranje tankih provodnih filmova od funkcionalizovanih ugljeničnih nanomaterijala, kao i pripremu polimernih nanokompozita.

Teorijski deo će takođe sadržati i kratak opis metoda karakterizacije ugljeničnih nanomaterijala.

U Eksperimentalnom delu će biti navedeni:

- materijali korišćeni tokom izrade disertacije;
- opis DBD reaktora, parametara i uslova pod kojima su izvedeni eksperimenti, karakterizacija DBD plazme;
- procedura modifikacije ugljeničnih materijala Bingelovom reakcijom kao i procedure sinteza 1,3-dikarbonilnih jedinjenja primenjenih za navedenu modifikaciju;
- procedure pripreme tankih provodnih filmova i polimernih nanokompozita;
- metode i uslovi pod kojima je izvršena karakterizacija.

U poglavlju Rezultati i diskusija biće prikazani i diskutovani eksperimentalni rezultati dobijeni primenom različitih metoda karakterizacije funkcionalizovanih ugljeničnih nanomaterijala:

- strukturne promene na osnovu FTIR spektroskopije ;
- hidrofилnost/hidrofobnost, disperzibilna svojstva;
- stabilnost grupa na površini nanomaterijala temperaturno programiranom desorpcijom (TPD);
- ciklična voltametrijа, za ispitivanje elektrohemijskog dvojnog sloja;
- gravimetrijska metoda određivanja gubitka mase;
- skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM), transmisiona elektronska mikroskopija (TEM) i energetska disperziona spektroskopija (EDS), za ispitivanje morfologije i površine funkcionalizovanih nanomaterijala;
- metoda mikroskopije atomskih silа (AFM), za detaljniju analizu morfologije, 3D merenja i merenja hrapavosti površine filmova;
- električna karakterizacija sistemom za karakterizaciju poluprovodničkih komponenata (Keithley).

U okviru Rezultata i diskusije biće prikazani i diskutovani eksperimentalni rezultati koji će se odnositi na ispitivanje polimernih nanokompozita:

- strukturnih promena na osnovu difrakcije rentgenskih zraka (XRD), FTIR i Raman spektroskopije;
- termičkih svojstva filmova primenom diferencijalne skenirajuće kalorimetrije (DSC);

- mikroskopijom atomskih sila (AFM), za detaljniju analizu morfologije, 3D merenja i merenja hrapavosti površine filmova polimernih nanokompozita.

U *Zaključku* će biti sumirani rezultati dobijeni primenom različitih metoda funkcionalizacije, uz osvrt na njihovu inovativnost, važnost i primenu, kao i predlog plana budućih istraživanja.

Literatura će sadržati navode citirane u disertaciji, kao i radove proistekle istraživanjem u okviru ove doktorske disertacije.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka o dosadašnjem radu i postignutim rezultatima može se zaključiti da kandidat Danijela Brković ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Takođe na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije Danijele Brković pod naslovom „Uticaj različitih postupaka modifikacije površine ugljeničnih nanomaterijala na njihova svojstva i mogućnosti primene“, naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da je prihvati. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Za mentora se predlaže dr Aleksandar Marinković, docent Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Beograd, 16.04.2014. godine

ČLANOVI KOMISIJE:

Dr Aleksandar Marinković, docent
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Petar Uskoković, red. prof.
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Radoslav Aleksić, red. prof.
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Vera Pavlović, docent
Univerziteta u Beogradu, Mašinski fakultet

Dr Nemanja Trišović, naučni saradnik
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet