

НАУЧНОМ ВЕЋУ
Института техничких наука
Српске академије наука и уметности

На седници Научног већа Института техничких наука САНУ одржаној 27.05.2013. године одређени смо у Комисију за стицање звања **научног сарадника** др Дарка Косановића, истраживача приправника Института техничких наука САНУ. На основу разматрања приложене документације подносимо Научном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

I Биографски подаци

Дарко Косановић, Биографски подаци

Др Дарко Косановић рођен је 10.05.1982. у Београду. Основну и средњу школу завршио је у Београду. Дипломирао је на Факултету за Физичку хемију Универзитета у Београду 2009. године, одбраном дипломског рада под називом "Промена параметара згушњавања и микроструктуре током синтеровања цинк-оксида". Докторске академске студије уписао је школске 2009/10 године на Факултету техничких наука у Чачку Универзитета у Крагујевцу, студијски програм Електротехничко и рачунарско инжењерство, модул Савремени материјали и технологије у електротехници. Докторску дисертацију под називом "Утицај параметара синтезе и структуре на електрична својства $\text{Ba}_{0.77}\text{Sr}_{0.23}\text{TiO}_3$ керамике" Дарко Косановић одбранио је 17. 05. 2013. године на Факултету техничких наука у Чачку Универзитета у Крагујевцу.

Од маја 2010. године запослен је као истраживач-приправник у Институту техничких наука САНУ у Београду. Ангажован је на пројектима основних истраживања из области хемије које финансира Министарство за просвету и науку Републике Србије и налази се у категорији А4 истраживача.

Области истраживања су му синтеровање, кинетика синтеровања, керамика, карактеризација материјала, електрична проводљивост материјала, технологија прахова, BaSrTiO₃ и SrTiO₃.

Члан је Српског керамичког друштва и Друштва физикохемичара Србије.

II Научни рад

Др Дарко Косановић је од почетка свог рада у Институту техничких наука САНУ учествовао у реализацији следећих пројеката:

- Пројекат 142057 **Проучавање међузависност у триједи “синтеза-структура-својства“ мултифункционалних материјала**, руководилац пројекта академик Момчило М. Ристић, Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије
- Пројекат 172057 **Усмерена синтеза, структура и својства мултифункционалних материјала**, руководилац пројекта проф. др Владимир Павловић, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије
- Ф/7 **Проучавање процеса консолидације материјала**, руководилац пројекта академик Момчило М. Ристић, САНУ
- Ф-198 **Проучавање савремене техничке керамике** – руководилац пројекта академик Момчило М. Ристић, САНУ

Објавио је 7 научних радова у различитим домаћим и страним часописима и то 1 рад у врхунском међународном часопису, 1 рад у истакнутом међународном часопису и 4 рада у међународним часописима, 6 саопштења са међународног скупа штампано у изводу, 3 монографије националног значаја и 1 рад у часопису националног значаја. Учешће на међународним конференцијама YUCOMAT 2011, Herceg Novi, september 2011, Book of Abstracts, (p.101 и 134), VII International Conference on Mechanochemistry and Mechanical Alloying, INCOME 2011, Herceg Novi, Montenegro, 31. avgust – 3. september 2011, Tenth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, Belgrade, 21-23 decembra 2011 и Advanced Ceramics and Application I - Serbian Ceramic Society, Belgrade May 10-11, 2012.

Досадашњи рад др Дарка Косановића односи се на области науке о материјалима, пре свега области синтезе и карактеризације оксидних

наноматеријала (нанопрахова и консолидованих форми) који имају примену у електроници. Његове истраживачке активности конкретно су се односиле на развој процеса контролисане синтезе електрокерамике (оксидних система на бази титан-диоксида, реакцијама у чврстој фази, проучавање механохемијских реакција, процеса консолидације, пресовања, проучавање процеса нуклеације и раста кристала током процеса синтеровања, агломерације, као и на структурну и функционалну карактеризацију материјала добијених напред наведеним методама синтезе).

Већина објављених радова кандидата др Дарка Косановића усмерена је на проучавање нових материјала на бази титаната (баријум-стронцијум-титаната, баријум-цинк-титаната). Први радови се односе на синтезу баријум-стронцијум-титаната под контролисаним условима механичке активације и синтеровања ради даље функционалне примене у електронској индустрији. Такође је проучаван и утицај адитива V_2O_5 на синтезу и синтеровање кордијеритне керамике. Корелација између изотермне експанзије и функционалних својства промена аморфне легуре $\text{Fe}_{81}\text{V}_{13}\text{Si}_4\text{C}_2$ такође је била предмет проучавања. Други радови се односе на добијање нових материјала задатих својстава са гледишта зависности фундаметалних и примењених истраживања у науци и еволуцију микроструктуре и кинетику синтеровања ZnO .

Радови "*Mechanical-Chemical Synthesis $\text{Ba}_{0.77}\text{Sr}_{0.23}\text{TiO}_3$* ", Science of Sintering, Vol. 44(1) (2012) 47-55; и "*The Influence of Mechanical Activation on Sintering Process of $\text{BaCO}_3\text{-SrCO}_3\text{-TiO}_2$ System*", Science of Sintering, Vol. 44(3) (2012) 47-55; (5 и 6, Прилог 1) проучавају механо-хемијску синтезу баријум-стронцијум-титаната, $\text{Ba}_{0.77}\text{Sr}_{0.23}\text{TiO}_3$ (BST), методом механичке активације полазних смеша прахова и њен утицај на синтеровање система. Смеша прахова BaCO_3 , SrCO_3 и TiO_2 (у односу 0,77:0,23:1) механички је активирана млевењем у високоенергетском планетарном млину у току 0, 5, 10, 20, 40, 80 и 120 минута. Методама расподеле величине честица (ПСА), скенирајуће електронске микроскопије (СЕМ) и рендгенске дифракције анализирани су структурне промене у материјалу које се дешавају током механичког третмана. Диференцијалном термијском анализом (ДТА) одређене су карактеристичне температуре у интервалу 20-1100 °C.

Такође је детаљно испитан утицај механичке активације на пресовање прахова. Проучавано је синтеровање у изотермским условима на температури од 1400 °C, као и реакционо синтеровање у неизотермским условима у температурном интервалу 20-1300 °C различито активираних смеша помоћу дилатометријске анализе. Рендгено-структурним проучавањем узорака синтерованих изотермски на 1400 °C у току 2 сата, утврђен је фазни састав добијеног материјала, а микроструктурне карактеристике скенирајућом електронском микроскопијом.

Извршено је снимање електричних карактеристика неактивираних и механички активираних BST, синтерованих на 1400 °C. Мерења зависности $\epsilon_r(T)$ обављена су на уређају HIOKI 3532-50 LCR HiTESTER, при радној фреквенцији од 1 kHz. Припрема узорака подразумевала је наношење платинасте пасте са обе стране синтерованог узорка, који су затим 30 минута загревани на 150 °C са циљем сушења пасте и побољшања проводљивости.

У првом раду (рад 5, Прилог 1) испитиван је утицај механичке активације на синтезу баријум-стронцијум-титаната $Ba_{0.77}Sr_{0.23}TiO_3$. Рендгенском дифракционом анализом утврђено је формирање фазе баријум-титаната већ након 40 минута механичке активације. До нове фазе и формирања $Ba_{0.77}Sr_{0.23}TiO_3$ утврђено је да је дошло тек после 80 минута млевења. Собзиром на малу количину интермедијарне фазе $Ba_6Ti_{17}O_{40}$, на рендгенограмима није детектована та фаза. Такође, на основу дифрактограма прахова неактивираних и механички активираних 5, 10 и 20 минута, добијене су вредности за густину дислокација, микронапрезања и просечну димензију кристалита за BaO, SrCO₃ и TiO₂. На основу добијених резултата утврђено је да са повећањем времена механичке активације просечна димензија кристалита опада, док величине микронапрезања и минималне густине дислокација расту. Такође, предложен је и механизам настанка $Ba_{0.77}Sr_{0.23}TiO_3$ преко интермедијарног једињења $Ba_6Ti_{17}O_{40}$.

СЕМ и ПСА потврђују резултате добијене X-гау анализом, указујући на уситњавање честица почетног праха, настајање нове фазе, као и агломерисањем ситнијих честица у крупније и појавом ерозије површине нове фазе. ДТА и ТГ анализом утврђене су карактеристичне температуре за процесе који се одигравају у систему током загревања до 1100 °C.

У другом раду (6, Прилог 1) испитиван је утицај механичке активације на процес синтеровања система $\text{BaCO}_3\text{-SrCO}_3\text{-TiO}_2$. На основу мерења релативних густина синтерованих узорака BST на 1100, 1200, 1300 и 1400 °C утврђено је да се највећа промена густине одиграва до 20 минута механичке активације за прахове синтероване на 1100 и 1200 °C. На основу добијених резултата, такође је утврђено да густине свих BST-S узорака расту са температуром и временом синтеровања и достижу свој максимум од 86,2 % ТГ на температури од 1400 °C. Дифрактограми јасно дефинишу фазни састав синтерованих узорака који се заправо састоји од пет фаза: $\text{Ba}_{0.77}\text{Sr}_{0.23}\text{TiO}_3$, који је детектован у свим синтерованим узорцима, затим витерит (BaCO_3), стронцијум-карбонат (SrCO_3) и анатас (TiO_2). Дифрактограми указују на оштре и интензивне рефлексije баријум-стронцијум-титаната услед рекристализације која се одиграва током синтеровања и наводе на закључак да се ради заправо о реакционом синтеровању. Пикови синтерованих узорака са временом млевења се смањују, што значи да долази до сужавања рефлексija тј. побољшања кристаличности узорака материјала, на основу чега се може закључити да је у овом систему заправо дошло до формирања чврстог раствора, састава ($\text{Ba}_{0.77}\text{Sr}_{0.23}\text{TiO}_3$).

СЕМ анализом утврђено је да са дужином времена активације долази до равномерног згушњавања материјала. Такође, доминантно је присуство затворене порозности код које је констатована појава свероидизације пора и ова појава показује да је овај систем ушао у завршну фазу синтеровања. Генерално се може рећи да је са повећањем времена активације, дошло до промена у величини и облику честица, као и типу порозности, што потврђују резултате добијене X-гау анализом.

Проучавањем електричних својстава синтерованих $\text{Ba}_{0.77}\text{Sr}_{0.23}\text{TiO}_3$ узорака, утврђено је да се као доминантан утицај механичке активације извршене од 5 до 80 минута, може издвојити опадање вредности диелектричне пропустљивости ϵ_r max и тангенса угла губитака $\text{tg}\delta$, пораст ϵ_r у фероелектричној фази за најкраће активираних узорке и опадање вредности ϵ_r и $\text{tg}\delta$. Такође је закључено да активација полазних прахова доводи до опадања Кири-температура (T_C) као и до ширења пика на дијаграму температурне зависности $\epsilon_r = f(t)$, у односу на неактивираних узорке.

Проучавање утицаја механичке активације на синтеровање система $\text{BaCO}_3\text{-ZnO-TiO}_2$ био је предмет рада *"Influence of mechanical activation on*

electrical properties of barium–zinc–titanate ceramics sintered at 1100°C", Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Vol.50 (11-12) (2012) 714–718 (4, Прилог 1), као и утврђивање оптималних параметара активације, пресовања и синтеровања на крајња електрична својства проучаваног система.

После 5 минута активације дошло је до почетка формирања метастабилног једињења $Zn_2Ti_3O_8$. Први трагови $BaTiO_3$ уочљиви су после 10 минута активације у планетарном млину. BZT-20 указује на ширење дифракционих линија и процес аморфизације. Уочљива је и појава $ZnTiO_3$ фазе и нестанак брукита и рутила (модификације титан-диоксида). После 80 минута активације све поменуте фазе су присутне али је доминантна фаза баријум-титаната. Микроструктуре система $BaCO_3-ZnO-TiO_2$ указују да се почетни прах $BaCO_3$ састоји од агломерата неправилног облика величине 1 μm . У поређењу са честицама $BaCO_3$, ZnO и TiO_2 имају сферне честице од око 200 nm. BZT-0 и BZT-5 микрографије доказују да су честице $BaCO_3$ вероватно послужиле као нуклеус око кога су се облагале ситније сферне честице ZnO и TiO_2 . Код BZT-10 смеше примећено је формирање агломерата и нових облика честица. SEM BZT-20 јасно указује на присуство нове фазе игличастог облика. Честице BZT-40 праха су неправилног облика, а микрографије BZT-80 указују на присуство већег броја фаза унутар агломерата, који су покривени честицама почетног праха.

У циљу одређивања карактеристичних температура на којима се одигравају процеси у чврстом стању система $BaCO_3-ZnO-TiO_2$, Дарко Косановић урадио је ДТА неактивираниог праха и праха активираниог 80 минута. Собзиром да су литературни подаци били прилично непотпуни, урађена је рендгенска анализа на температурама 110, 170, 205, 815 и 910 °C. Четири ендотермна и један егзотермни пик детектовани су на ДТА BZT-0. Они на 110 и 170 °C су последица испаравања влаге и нечистоћа које узорак покупи током припреме. Рендгенска анализа на 205 °C указује на смањење концентрације $BaCO_3$. Ендотермни превој у интервалу 400–800 °C, а повезана са јачим ендотермом на 815 °C, праћена губитком масе од 4 %, припада алотропској промени $BaCO_3$ и термалном разлагању карбоната. Даље, рендгенска анализа на 815 °C указује на формирање нових фаза $BaTiO_3$, $ZnTiO_3$ и $Zn_2Ti_3O_8$. Прахови су затим пресовани на 4 t/cm² и синтеровани изотермски на 1100, 1200, 1250 и 1300 °C у току два сата. Узорци синтеровани на 1400 °C у току два сата су се истопили.

Рендгенска дифракција и скенирајућа електронска микроскопија урађене су ради карактеризације синтерованог материјала. Рендгенограми узорак синтерованих на 1100 °С указују на смешу више фаза и то $\text{BaZn}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$, $\text{Ba}_4\text{ZnTi}_{11}\text{O}_{27}$, ZnTiO_3 и BaTiO_3 . Код узорак синтерованих на 1200 °С исти је састав, осим $\text{Ba}_4\text{ZnTi}_{11}\text{O}_{27}$. На 1250 и 1300 °С кандидат је добио чисту баријум-цинк-титанатну фазу ($\text{BaZn}_2\text{Ti}_4\text{O}_{11}$). СЕМ анализа прати згушњавање материјала, затворену порозност и раст зрна. Највећу густину кандидат је постигао са прахом активираним 40 минута и синтерованим на 1250 °С у току два сата (преко 87 % ТГ). Такође, праћен је процес синтеровања и на дилатометру и то за прехове BZT-0, BZT-10 и BZT-40. Уочено је да се са активацијом померају температуре синтеровања ка нижим вредностима. И, по први пут је аутор урадио фото-акустику на овој керамици и добијени су подаци о термалном дифузионом коефицијенту и утврђена је корелација између тих вредности, густине добијене након синтеровања и електричних својстава, диелектричне константе, која за највећу постигнуту густину износи 20,70 и потврђује добијање квалитетне електро-керамике примењиве у широком опсегу микроталаса.

Рад на тему "*Microstructure evolution and sintering kinetics of ZnO*", Applied Engineering Science 9 (2011)2, 317-322 (7, Прилог 1); објашњава проучавање микроструктурне еволуције и анализе кинетике изотермског синтеровања ZnO. Прах ZnO је изотермски синтерован (15, 30, 60, 90 и 120 мин) у температурном интервалу од 800 до 1200 °С. Израчунате су вредности Ленеловог параметра и на основу њих анализирани процеси згушњавања и транспорта масе. Применом скенирајуће електронске микроскопије извршена је анализа еволуције микроструктуре и утврђена зависност средње вредности величине зрна ZnO од температуре и времена. Резултати ових истраживања омогућавају развој нових феноменолошких једначина које се могу применити у анализи кинетике синтеровања материјала на бази ZnO. За експериментална проучавања у оквиру овог рада коришћен је ZnO прах који је таблетиран у двостраном челичном калупу пречника 8 mm. Примењено је двострано пресовање, под притиском од 1 t/cm² (98 МПа). Синтеровање испресака ZnO вршено је у коморној лабораторијској пећи. Испресци су директно убацивани у загрејану пећ, на 800, 900, 1000, 1100 и 1200 °С а потом нагло вађени и хлађени

након 15, 30, 60, 90 и 120 мин. Испитивања микроструктурних својстава ZnO рађена су на скенирајућем електронском микроскопу.

Најважнији закључак који се из ових истраживања може извести је, да су одређене вредности Ленеловог параметра, за које је утврђено да параметар А опада до температуре 1000 °С, после чега расте, док вредност параметра В расте до температуре 1000 °С. Такође је утврђено да је процес транспорта масе током синтеровања ZnO интензивнији у области 800-1000 °С, што свакако има везе са активношћу система услед веће порозности на нижим температурама.

СЕМ анализом утврђено је да са порастом температуре синтеровања долази до равномерног згушњавања материјала, као и сфероидизације пора и њихово смањење. Констатовано је да систем улази у завршну фазу синтеровања на температурама вишим од 1100 °С, при чему се формирају уједначена зрна полигоналног облика. Резултати ових истраживања представљају допринос проучавању кинетике синтеровања материјала на бази ZnO.

У раду *"Interdependence of fundamental and applied research in material science"*, Science of Sintering, Vol. 43(2), (2011) 119-126 (3, Прилог 1), утврђена је међузависност фундаменталних и примењених истраживања.

Добијање материјала задатих својстава суштински је условљено остваривањем међузависности: ПРИРОДНЕ НАУКЕ \Leftrightarrow ТЕХНИЧКЕ НАУКЕ. С обзиром на то када се ради о добијању нових материјала неопходно је утврдити законитости које карактеришу ову међузависност.

Сагласно овоме, у овој публикацији разматрани су принципи фундаменталних истраживања и значај добијених резултата за примену у области техничких реализација.

Теоријска достигнућа фундаменталних истраживања представљају основу експерименталних примењених истраживања. У суштини, примењена истраживања усмерена су на решавање практичних проблема, односно на тражење могућих научно-фундаменталних решења која представљају основу за инжењерска остварења

Оваквим разматрањем однос фундаменталних и примењених природних наука, као и техничких наука очигледно Дарко Косановић доказује да су оне само карике јединственог ланца науке, без којег нема и не може бити развоја, чиме је Дарко Косановић указао на чињеницу да су фундаменталне науке

усмерене на тражење истине, док примењене науке треба да дају одговор на то како реализовати резултате фундаменталних истраживања.

Рад у истом часопису "*Correlation Between Isothermal Expansion and Functional Properties Change of the Fe₈₁B₁₃Si₄C₂ Amorphous Alloy*", Science of Sintering, Vol. 41(3) (2009) 283-291; (2, Прилог 1), Дарко Косановић је са другим ауторима испитивао утицај структурних промена аморфне легуре Fe₈₁B₁₃Si₄C₂ у облику траке у току процеса одгревања на њена функционална својства. Методом DSC у температурном интервалу од собне температуре до 700 °C утврђено је да ова легура кристалише у једном ступњу. Процес структурне релаксације испитиван је осетљивом дилатометријском методом у неизотермским и изотермским условима. Мерењем топлотног ширења на константним температурама $t_1 = 420$ °C, $t_2 = 440$ °C и $t_3 = 460$ °C показано је да се процес структурне релаксације одиграва у два ступња. У првом ступњу егзистира линеарна зависност логаритамске зависности топлотног ширења од времена на константној температури. Други ступањ структурне релаксације карактерише линеарна зависност изотермског топлотног ширења од квадратног корена времена.

III Цитираност:

Радови др Дарка Косановића цитирани су укупно 4 пута (3 хетероцитата и 1 аутоцитата). Према базама података Web of Knowledge и Scopus, 22. мај 2013. године. Сви цитати наведени су у Прилогу 2.

IV Мишљење и предлог комисије

Из детаљно изнетог прегледа рада др Дарка Косановића, јасно се види значајна мултидисциплинарна активност у научно-истраживачком раду. То потврђују и објављени научни радови, прилог 3.

За избор у звање -научни сарадник- правилником за стицање појединачних научних звања одређени су минимални квантитативни захтеви. Услов за први избор у звање научног сарадника изражен је као обавеза да кандидат има укупно најмање 16 поена, који треба да припадају следећим категоријама: првој категорији у збиру наведених фактора M10 + M20 + M31 +

$M32 + M33 + M41 + M42+M51 \geq$ мора да има 9 бодова и више и у другој категорији у збиру наведених фактора $M21 + M22 + M23 + M24 \geq$ мора да испуњава услов од накупљених 4 бодова и више.

Табела објављених радова кандидта др Дарка Косановића приказује ознаке категорије наведене у правилнику и број објављених радова у тој категорији што чини укупан број бодова у тој категорији. Укупан број бодова у свим наведеним категоријама износи 50,5.

Редни број	Ознака групе	Број радова	Вредност индикатора	Број радова X Вредност индикатора	Укупна вредност
1	M21	1	8	8	
2	M22	1	5	5	
3	M23	4	3	12	
4	M34	6	0,5	3	
5	M42	3	5	15	
6	M51	1	1,5	1,5	
7	M71	1	6	6	
					$\Sigma M_x=50,5$

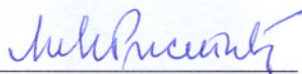
На основу свега изложеног може се донети следећи

ЗАКЉУЧАК

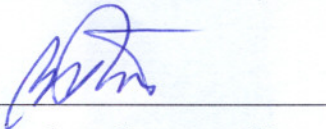
Др Дарко Косановић је постигнутим научним резултатима недвосмислено доказао да је успешан и перспективан научни радник чији су резултати истраживања значајни како за развој нових електронских материјала перовскитне структуре тако и са становишта прогнозе својства мултифункционалних материјала који се користе у електротехници. У оквиру свог научно истраживачког рада, кандидат др Дарко Косановић је објавио 1 рад у врхунском међународном часопису, 1 рад у истакнутом међународном часопису и 4 рада у међународним часописима, 6 саопштења са међународног скупа штампано у изводу, 3 монографије националног значаја и 1 рад у

часопису националног значаја. Целовита анализа научног доприноса др Дарка Косановића, истраживача-приправника ИТН САНУ, по критеријумима који су прописани Законом о научно-истраживачкој делатности и Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства науке и технолошког развоја Републике Србије (Сл. Гласник РС 110/05 и 50/06-исправка), показује оправданост његовог избора у звање научни сарадник. Из тих разлога комисија са задовољством предлаже Научном већу Института техничких наука Српске академије наука и уметности да прихвати овај извештај и изабере *др Дарка Косановића*, истраживача-приправника, у научно звање **НАУЧНОГ САРАДНИКА**.

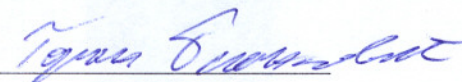
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



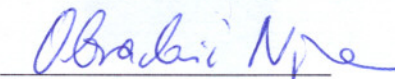
Академик Момчило М. Ристић, САНУ, Београд



Проф. др Владимир Павловић,
научни саветник Института техничких наука САНУ



Др Горан Бранковић,
научни саветник Института за мултидисциплинарна истраживања



Др Нина Обрадовић,
виши научни сарадник Института техничких наука САНУ



Др Лидија Манчић,
виши научни сарадник Института техничких наука САНУ