

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА САНУ

На седници Научног већа Института техничких наука САНУ одржаној 06.11.2023. године именовани смо за чланове Комисије за утврђивање испуњености услова за избор кандидата др Дарка Косановића, вишег научног сарадника Института техничких наука САНУ, у звање научни саветник. На основу поднете документације: стручне биографије, библиографије, извештаја о цитираности и анализе научних активности др Дарка Косановића подносимо Научном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

I Биографски подаци

Др Дарко Косановић је рођен 10. маја 1982. године у Београду, Србија. Основну школу и гимназију 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”. Уписао је докторске студије на Техничком факултету у Чачку. 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. Докторска дисертација Дарка Косановића под називом “Утицај параметара синтезе и структуре на електрична својства $\text{Ba}_{0.77}\text{Sr}_{0.23}\text{TiO}_3$ керамике” одбрањена је 17.05.2013. године на Факултету техничких наука у Чачку Универзитета у Крагујевцу, под менторством емеритуса Алексе Маричића (Прилог 4).

Од маја 2010. запослен је у Институту техничких наука САНУ као истраживач приправник, од маја 2011. као истраживач сарадник, од фебруара 2014. као научни сарадник, од јуна 2019. као виши научни сарадник, по одлуци Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије (Прилог 5).

Др Дарко Косановић је од почетка свог рада у Институту техничких наука САНУ учествовао на два пројекта које је финансирао Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, и то:

2010. Проучавање међузависности у тријади мултифункционалних материјала „Синтеза-структура-својства”, 142011 Г, под руководством академика Момчила М. Ристића.

2011-2020. Усмерена синтеза, структура и својства мултифункционалних материјала, ОИ 172057, под руководством проф. Др Владимира Б. Павловића. У оквиру овог пројекта, др Дарко Косановић је био **руководилац пројектног задатка**: Проучавање процеса консолидације механички активираних оксидних материјала. (Прилог 6.12.)

Учествовао је и у пројектима финансираних од стране САНУ:

2010-2018. Студија савремене техничке керамике, Ф-198, САНУ, под руководством академика Момчила М. Ристића.

2010-2020. Проучавање процеса консолидације материјала, Ф-7, САНУ, под руководством академика Момчила М. Ристића.

Др Дарко Косановић је **руководио** пројектом сарадње између Српске академије наука и уметности и Словачке академије наука на пројекту финансираном од стране САНУ:

2021-2022. Билатерални пројекат између Републике Србије и Републике Словачке: САНУ-САС-21-01 Припрема БЗТ керамике конвенционалним синтерованем и синтерованем импулсном електричном струјом. **(Прилог 6.2.)**

Био је и учесник француско-српске билатералне сарадње:

2016-2017. Билатерална сарадња са Француском, Интелигентни екоматеријали и наноккомпозити, 4510339/2016/09/03.

Током свог стручног усавршавања као постдокторанд у групи професора *William Fahrenholtz*-а на Универзитету науке и технологије у Мисурију, САД др Дарко Косановић је био учесник (годину дана, онлајн и физички од 9. 11. 2022. до 18. 01. 2023. године) на пројекту финансираном од *U.S. Air Force*:

2022-2023. Пројекат ФА9550-22-1-0064: Програм производње хиперсоничних материјала, Канцеларије за научна истраживања Ваздухопловства САД (менаџер *dr. Scott J. McCormack*, Универзитет Калифорније, Давис, САД «*University of California, Davis, USA*»). **(Прилог 6.3.)**

Кандидат и даље активно учествује у међународној сарадњи са овим универзитетом у области развоја керамике високих перформанси, што потврђују објављени радови из категорије М21а и саопштења на међународним конференцијама. **(Прилог 2, Библиог. 11.2; 11.3; 17.6; 17.7; 17.8; 17.9; 17.10)**

Др Дарко Косановић је аутор истакнуте монографије националног значаја под називом „Диелектрична керамика баријум стронцијум титаната“, која је прихваћена за објављивање као најбоља у својој научној дисциплини на 48. Јавном конкурс у Задужбине Андрејевић, библиотека *Dissertatio*. **(Прилог 6.1)**

<https://dais.sanu.ac.rs/123456789/12573>

Др Дарко Косановић је био члан у више комисија за утврђивање испуњености услова за избор у истраживачка и научна звања Института техничких наука САНУ. **(Прилог 6.4)**

Својим стручним и саветодавним ангажманом др Дарко Косановић је активно учествовао у изради докторске дисертације др Адриане Пелеш Тадић (“Полимерни наноккомпозити на бази ПВДФ и механички активирани праха ZnO, карактеризација и примена у МЕМС технологијама”) која је одбрањена 2020. године на Универзитету у Београду-Физички факултет, као и докторске дисертације др Јелене Живојиновић (“Утицај механичке активације на структуру и својства стронцијум-титанатне керамике”) одбрањене исте године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, где је био и члан комисије за одбрану докторске дисертације. Обе докторске тезе су урађене у оквиру пројектног задатка којим је др Дарко Косановић руководио. О његовом ангажману, осим захвалница у предговорима докторских дисертација, сведоче и заједничке публикације у међународним часописима које др Дарко Косановић има са наведеним докторандима **(Прилог 2, Библиог. 13.1; 13.4; 12.2; 17.1; 17.2; 17.3; 17.4 и 17.5; Прилог 6.5 и Прилог 6.12).**

Др Дарко Косановић је одржао предавање по позиву на интернационалној конференцији: *Advanced Ceramics and Applications IX: New Frontiers in Multifunctional Material Science and Processing (ACA IX, Belgrade, Serbia, 20-22.09.2021)*. **(Прилог 6.6)**

Као члан организационог и научног комитета учествовао је у реализацији више међународних конференција у области нових керамичких материјала и њихових примена, као и међународне конференције у области експерименталних и нумеричких истраживања и нових технологија (*CNN Tech-International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies*) **(Прилози 6.7 и 6.8.2).**

<http://www.serbianceramicsociety.rs/index.php?page=presidency>

http://cnntechno.com/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=58

Председавао је секцијом „Конструкциони, еко-керамика и катализатори“ на петој међународној конференцији Српског керамичког друштва (*The Fifth Serbian Ceramic Society Conference of Advanced Ceramics and Application*), одржаној у Београду, од 21. до 23. септембра 2016. Такође, председавао је секцијама „Керамика и синтеровање“ и „Керамика и синтеровање аморфних материјала и магнетни материјали“ на десетој међународној конференцији Српског керамичког друштва (*The Tenth Serbian Ceramic Society Conference of Advanced Ceramics and Application*), одржаној од 26. до 27. септембра 2022. године у Београду. На једанаестој конференцији Српског керамичког друштва (*The Eleventh Serbian Ceramic Society Conference of Advanced Ceramics and Application*), која је одржана од 18. до 20. септембра 2023. године у Београду, председавао је секцијом „Основна керамика и синтеровање“.

(Прилог 6.9)

<http://www.serbianceramicsociety.rs/index.php?page=previous>

Др Дарко Косановић је секретар Српског керамичког друштва и члан Америчког керамичког друштва. (Прилог 6.8)

Associate Editor међународног часописа *Science of Sintering*. (Прилог 6.10.)

<http://ojs.itn.sanu.ac.rs/index.php/scisint/about/editorialTeam>

Такође је рецензирао већи број радова у међународним часописима са *SCI* листе: *Journal of Raman Spectroscopy*, *Journal of Materials Science*, *Materials Research*, *Ceramics International*, *Materials Chemistry and Physics* и *Current Materials Science*.

(Прилог 6.11.)

Био је ангажован и као рецензент прегледних радова са *Симпозијума ISAE* (*International Symposium on Agricultural Engineering*). (Прилог 6.11.)

Др Дарко Косановић је од почетка своје научне каријере објавио укупно 35 научних радова (Прилог 2). Након избора у звање виши научни сарадник до сада је као аутор или коаутор објавио 14 научних радова из научне области којом се бави, и то 4 рада у међународним часописима изузетне вредности (IF: 3,830; 3,830; 5,7; 3,502), 2 рада у врхунским међународним часописима (IF: 2.731; 4.0), 6 радова у истакнутим међународним часописима (IF: 1,172; 1,412; 1,725; 1,5; 1,5; 1,5), 1 рад у истакнутом међународном часопису (IF: 1,254) и 1 рад у истакнутом часопису националног значаја. Такође је значајан и број саопштења које је остварио на домаћим и међународним скуповима (укупно 11). Његово континуално усавршавање допринело је даљем развоју научних кадрова и успешнијој реализацији научних истраживања како у нашој земљи тако и у иностранству. Укупна М вредност након избора у звање виши научни сарадник износи 106,5, са нормирањем радова 95,59.

Према цитатним базама *Web of Science* и *Scopus* на дан 12.10.2023. године радови др Дарка Косановића цитирани су укупно 254 пута (преко 254 цитата са аутоцитатима, 155 цитата без аутоцитата) док је Хиршов индекс *h*-индекс = 9.

Списак цитираних радова и где су радови цитирани дат је у Прилогу 3.

II Научно истраживачка делатност и анализа радова

Досадашњи рад др Дарка Косановића тиче се области науке о материјалима, пре свега области синтезе и карактеризације оксидних наноматеријала (нанопрахова и консолидованих форми) који имају примену у електроници. Његове истраживачке активности су се конкретно односиле на развој процеса контролисане синтезе електрокерамика (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). Проучавања нових материјала на бази баријум-стронцијум-титаната односно његове синтезе под контролисаним условима механичке активације и синтеровања рађена су у циљу функционалне примене овог материјала у електронској индустрији. Већина објављених радова кандидата др Дарка Косановића **након избора у звање виши научни сарадник** обухвата експериментално-теоријско проучавање кинетике синтеровања и термички индукованих структурних трансформација, анализу еволуције микроструктурних конституената током усмерене синтезе материјала и добијање материјала дефинисане структуре и својстава.

Једна група радова др Дарка Косановића описује истраживања која се односе на процесе механичке активације прахова и њихово синтеровање. Синтеровање је у овим радовима окарактерисано као синтеровање под притиском и на високим температурама као и дилатограмима сниманим на истим температурским програмима што омогућава уочавање промена услед утицаја млевења или промене почетног састава. У случају стронцијум титаната механички је третиран комерцијални стронцијум титанат тако да изостаје синтеза, а како стронцијум титанат показује фазни прелаз, овде је могуће лакше уочити утицај млевења на процес синтеровања. На дилатограмима механички третираних прахова пре синтеровања уочава се утицај анихилације дефеката унесених млевењем али само за одређена времена млевења. При синтези баријум стронцијум титаната механичка активација и механохемијска реакција претходе синтеровању. Промене на дилатограмима јасно показују процесе синтеровања, реакционе синтезе и фазног прелаза млевених прахова полазних оксида одређеног састава. За исти систем, баријум стронцијум титанат, испитан је и утицај промене односа састава баријума и стронцијума код полазних реактаната на реакционо синтеровање и формирање баријум стронцијум титаната. Праћене су промене у вредностима карактеристичних температура почетка синтеровања, синтезе и фазног прелаза у функцији састава. (Прилог 2, Библиог. 11.3; 11.4; 13.1; 13.2; 13.3; 13.4; 13.6; 19.1)

У раду под насловом *Effect of mechanical activation on carbothermal synthesis and densification of ZrC* (Прилог 2, Библиог. 11.3) проучаван је утицај механичке активације на карботермалну синтезу и згушњавање цирконијум карбида. Керамика цирконијум карбида (ZrC) је проучавана кроз последње две деценије због привлачних својстава која укључују изузетно високе тачке топљења ($\sim 3500^{\circ}C$), релативно малу густину ($6,7 \text{ g/cm}^3$), умерену топлотну проводљивост ($20,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ на $25^{\circ}C$), добра механичка својства, као и одличну стабилност при високим температурама. Керамика од цирконијум карбида је припремљена карботермалном редукцијом ZrO_2 и C у високоенергетском млину са куглама. Прахови су млевени у атмосфери ваздуха од 15 до 120 минута. Како се време млевења повећавало, површина прахова се повећала, што указује на значајно смањење величине честица. Млевени прахови су реаговали на $1600^{\circ}C$, а затим су згуснути плазма синтеровањем на $2000^{\circ}C$ у форми цирконијум карбида. Немлевени прахови нису достигли пуну густину, док су млевени прахови достигли пуну густину у процесу синтеровања, али са заосталим примесима ZrO_2 . Корелацијом температура почетног згушњавања и количине примеса у синтерованим узорцима утврђено је оптимално време млевења полазних прахова од 15 минута.

У раду под насловом *Effects of mechanical activation on the formation and sintering kinetics of barium strontium titanate ceramics* (Прилог 2, Библиог. 13.2) проучаван је утицај хемијског састава на микроструктурне особине и кинетику синтеровања $(Ba,Sr)TiO_3$ прахова. Показано је да метода механичке активације обезбеђује добру хомогености прахова, доводи до снижења температуре калцинације и омогућава синтезу BST керамика дефинисаног фазног састава. У оквиру истраживања, за синтезу

прахова $(\text{Ba,Sr})\text{TiO}_3$ система коришћени су прашови BaCO_3 , SrCO_3 и TiO_2 који су механички активирани у три различита односа BaCO_3 и SrCO_3 (80/20, 20/80 и 50/50). Механичка активација је извршена млевењем у високо енергетском планетарном млину *Fritsch Pulverisette* у трајању од 20 до 120 (20, 40, 80 и 120) мин. у атмосфери ваздуха. Смеше полазних прашова, масе 25 g, млене су у ZrO_2 посуди запремине 500 cm^3 . Као радни елементи коришћени су ZrO_2 кугле пречника 10 mm, при чему је однос масе кугли и масе узорка у посудама био 20:1. Испресци су затим жарени (калцинисани) на 800°C три сата, у коморној пећи. За анализу синтетисаних узорака су коришћене следеће методе: рендгеноструктурна анализа, анализа величине честица, термо-гравиметријска анализа, и скенирајућа електронска микроскопија. Узорци су такође третирани неизотермално у дилатометру (*BährGerätebau GmbH Type 802s*) при брзини грејања од 10, 15 и 20 $^\circ\text{C}/\text{мин}$ до 1300°C , и додатним третманом на 1300°C током 30 минута у циљу одређивања кинетике процеса синтеровања.

Истраживања фероелектричног материјала баријум цирконијум титаната (BZT) разматрана су у раду *Electronic Properties of BZT Nano-Ceramic Grades at Low Frequency Region*. (Прилог 2, Библиог. 13.6) Проучавање утацаја механичке активације и температуре синтеровања на електрична својства BZT керамике. У оквиру истраживања, за синтезу праха $\text{Ba}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ система коришћени су прашови BaCO_3 , ZrO_2 и TiO_2 који су механички активирани у односу ZrO_2 и TiO_2 (10/90). У циљу остваривања што равномерније расподеле честица прашова BaCO_3 , ZrO_2 и TiO_2 , као и што већег броја контакта међу њима, извршена је хомогенизација смеше током два сата, у високо-енергетском планетарном млину. Након хомогенизације, смеша је подвргнута механичкој активацији млевењем у високо-енергетском планетарном млину *Fritsch Pulverisette* у трајању од 40 до 120 (40, 80 и 120) мин. у атмосфери ваздуха. Смеше полазних прашова, масе 25 g, млене су у ZrO_2 посуди запремине 500 cm^3 . Као радни елементи коришћени су ZrO_2 кугле пречника 10 mm, при чему је однос масе кугли и масе узорка у посудама био 30:1. Испресци су затим жарени (калцинисани) на 700°C два сата, унутар коморне пећи. Деагломеризација прашова ултразвучном сондом (*Bandelinsonoplus HD 2070*) извршена је у етанолу након чега су осушени прашови поново подвргнути хомогенизацији у ахатном авану. Добијени прашови BZT-а су хладно пресовани на притиску од 589 МПа. Узорци су синтеровани у атмосфери ваздуха у коморној лабораторијској пећи (Електрон) на 1100, 1200 и 1350°C два сата. Кристална структура прашова и синтерованих узорака BZT ($\text{Ba}(\text{Zr}_{0.10}\text{Ti}_{0.90})\text{O}_3$) одређена је помоћу уређаја *Rigaku Ultima IV X-ray diffraction*. На добијеним дифрактограмима је извршено индексирање дифракционих линија, на основу података из JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*) базе. Ритвелдова анализа је извршена коришћењем софтверског пакета *GSAS II*. За даљу анализу BZT узорака на температурама до 1350°C коришћене су термичке методе. Микроструктурна и хемијска карактеризација механички активираних BZT узорака рађена је на електронском скенирајућем микроскопу (*SEM JSM-6390 LV JEOL, 30 kV/EDS Oxford Instruments X-MaxN*). Електрична мерења узорака су рађена на ниским фреквенцијама коришћењем уређаја *HIOKI E.E. CORPORATION Spectrum Analyser IM3590*. Капацитет и отпорност узорака измерени су у ниско фреквентном подручју од 1 Hz до 200 kHz помоћу анализатора импедансе ниске фреквенције. На основу измерених вредности специфичног отпора ρ , диелектричне константе ($\epsilon' + j\epsilon''$) и $\text{tg}\delta$ одређен је ефекат релаксације просторног наелектрисања (интер-грануларног електричног набоја) у односу на температуру синтеровања.

Рад *Analysis of the Initial-Stage Sintering of Mechanically Activated SrTiO₃* (Прилог 2, Библиог. 13.1) разматра почетни стадијум синтеровања механички активираних прашова већ синтетисаног тернарног оксида SrTiO_3 . У овом раду је проучено

неизотермско синтеровање неактивираних и механички активираних SrTiO_3 узорака, у температурском интервалу до 1300°C . Добијене дилатометријске криве указују да механичка активација води ка ранијем почетку процеса синтеровања. Анализа почетног стадијума синтеровања открива да се процес синтеровања код свих разматраних узорака састоји од два или три истовремена процеса који су последица смењивања доминантних механизма транспорта масе. Вредности енергије активације сваког појединачног процеса показују значајно смањење са продужавањем времена механичке активације полазног праха. Релаксација дефеката унетих млевењем уочава се у случају највећих времена млевења на дилатограмима у интервалу од 600 до 1000°C .

Истраживања представљена у раду 19.1 (**Прилог 2**, Библиог. 19.1) прате утицај механичке активације на структуру смеше стронцијум-титаната (SrTiO_3) са додатком 6 тежинских % гвожђе (III) оксида (Fe_2O_3) као адитива. Прахови су механички активирани у високо енергетском планетарном млину са волфрам-карбидним (WC) куглицама у временском интервалу од 0 до 120 минута. Коришћена је метода рендгенске дифракције (XRD) ради идентификације фазног састава меша, а методе скенирајуће електронске микроскопије (СЕМ) и расподеле величине честица коришћене су за праћење промена у морфологији активираних прахова. Промене у кристалној решетки SrTiO_3 су анализирани раманском спектрометријом, а израчуната је и ширина забрањене зоне узорака.

Наслов рада *Point Defects and their Effect on Dielectric Permittivity in Strontium Titanate Ceramics* (**Прилог 2**, Библиог. 13.3) указује на тачкасте дефекте и њихов утицај на диелектричну пермитивност у керамици стронцијум титаната. Порекло диелектричних својстава керамике стронцијум титаната је истражено коришћењем ДФТ прорачуна у периодичном систему. Утврђено је да су главни фактори који доприносе повећању диелектричне пермитивности: тетрагонална дисторзија кубне решетке и неравнотежана електрисања изазвана померањем титанијума из његовог централног положаја. Утврђено је да слободна места за кисеоник стварају знатно веће ефекте од других врста слободних места, попут Ti и SrO. Утврђено је да је степен тетрагоналне дисторзије одређен дистрибуцијом слободних места кисеоника, а не укупном концентрацијом. Релативно симетрична дистрибуција слободних места кисеоника резултирала је мањим дисторзијом решетке и, последично, мањим повећањем диелектричне пермитивности. Неравнотежана електрисања која дестабилизује кубну структуру доводе до помераја титанијума из централног положаја што резултира тетрагоналном решетком са повећаном диелектричном пермитивношћу. Због тога се диелектрична пермитивност стронцијум титаната може повећати факторима које повећавају тетрагоналну дисторзију решетке и/или уносе додатно негативно наелектрисање у структуру овог материјала.

Испитивање диелектричних својстава квантног пара електричног материјала стронцијум титаната је тема рада под насловом *Dielectric Properties of Mechanically Activated Strontium Titanate Ceramics* (**Прилог 2**, Библиог. 13.4). У овом раду испитана је еволуција микроструктуре и диелектрична својства SrTiO_3 керамике, при чему је механичка активација прахова SrTiO_3 коришћена за модификацију функционалних својстава финалне керамике. Микроструктурна СЕМ анализа SrTiO_3 керамике показала је да повећање времена механичке активације доводи до мање порозних узорака. Раманова спектроскопија је указала на промене у проширењу и асиметрију TO_2 мода са променом времена механичке активације. TO_2 режим је показао Фаноасиметрију због његове интеракције са флукуацијама поларизације у поларним микро-регионима, које су последица присуства слободних места кисеоника изазваних активацијом. Максимална вредност диелектричне пермитивности забележена је у узорку

активираним 10 мин. Такође, узорак активиран 10 мин. показује релативно ниске вредности тангента губитка, у поређењу са другим механички активираним узорцима, и има најбоље диелектричне перформансе.

Структура и појачана антимикуробна активност механички активираним нано TiO_2 приказана су раду број 11.4 (**Прилог 2**, Библиог. 11.4). Титанијум диоксид је фотокатализатор, познат не само по својој способности да оксидира органске загађиваче, већ и по својим антимикуробним својствима. У овом раду је показано значајно повећање антимикуробне активности TiO_2 (до 32 пута) након његове активације млевењем. Антимикуробна активност је анализирана за једну гљивичну и 13 бактеријских сојева применом методе микродилуције и бележењем вредности минималне инхибиторне концентрације (МИЦ). У циљу истраживања корелације између механичке активације TiO_2 и његове антимикуробне активности, проучавана је структура, морфологија и фазни састав материјала помоћу електронске микроскопије, дифракције рендгенских зрака и мерења адсорпције-десорпције азота. Снимани су *UV-Vis* спектри дифузне рефлексије и примењена је Кубелка-Мунк функција за одређивање промене енергетског процепа. За анализу утицаја механичке активације на $\text{Ti}2p$ и $\text{O}1s$ спектре коришћена је рендгенска фотоелектронска спектроскопија. Приказани резултати доприносе развоју ефикаснијих полупроводничких материјала са антимикуробним својствима.

Друга група радова се односи на проучавање утицаја механичке активације и одређивање термодинамичких параметара процеса кордијерита MAS ($2\text{MgO}+2\text{Al}_2\text{O}_3+5\text{SiO}_2$) и кордијерита са додатком адитива телур-диоксида (TeO_2), као и механизам уклањања тешких метала из воденог медијума њиховим коришћењем.

Кинетика термички активираних процеса у керамици на бази кордиерита при додавању TeO_2 представљени су у раду број 12.1 (**Прилог 2**, Библиог. 12.1). Користећи комбинацију дилатометрије и диференцијално термијске анализе у опсегу температура од $100-1400^\circ\text{C}$, установљено је да и механичка активација и додавање TeO_2 имају значајан утицај на процесе у керамици на бази кордиерита. Комбинација 5% масеног додатка TeO_2 и механичке активације током 40 минута смањује температуру синтеровања кордиерит керамике на око 1100°C . Поред тога, механичка активација доводи и до интензивирања формирања кордиерита кроз повећање концентрације површинских дефеката и повећање контактне површине зрна у почетном праху. Смањене вредности привидне ефективне активационе енергије уочених ендотермних процеса код механички активираних узорака кордиерита указују да механичка активација доводи до интензивирања ових процеса, иако су ефекти продужене механичке активације различити код процеса синтеровања у односу на процес формирања кордиерита. Ово се може објаснити различитом природом процеса формирања кордиерита хемијском реакцијом, која повећава концентрацију површинских дефеката и површинску енергију ових дефектних места, и интензивирањем процеса синтеровања, услед смањене величине зрна и повећане контактне површине између њих.

Индустријски/технолошки раст је директно повезан са загађењем животне средине, али се његов утицај може минимизирати кроз приступе за смањење загађења као што је третман индустријских отпадних вода. У раду 14.1 (**Прилог 2**, Библиог. 14.1) представљени су порозни полиетиленимински композити на бази кордиерита за уклањање јона никла и кадмијума. Нови порозни силикатни минерали функционализовани амином, посебно кордиерит, примењен је за уклањање токсичних тешких метала из индустријских отпадних вода. Кордиеритни носачи су синтетизовани мешањем прахова MgO , Al_2O_3 и SiO_2 у моларним односима 2:2:5 и механичком активацијом млевењем у етанолу у трајању од 10, 40 или 80 минута. Испресци су

синтеровани загревањем на ваздуху на $20^{\circ}\text{C min}^{-1}$ до 1350°C , током 2 сата. Порозне подлоге су произведене грубим дробљењем синтерованих узорака и мешањем уситњеног и просејаног праха кордиерита са 20 теж.% агенса за формирање пора, наноцелулозе или квасца. Након пресовања, носачи су синтеровани загревањем на 5°C/min до 700°C на ваздуху, а након хлађења модификовани су третманом у полиетиленимину. Активирани носачи су затим тестирани на уклањање Ni^{2+} и Cd^{2+} јона. Фазни састав носача кордиерита је анализиран дифракцијом рендгенских зрака, инфрацрвеном спектроскопијом са Фуријеовом трансформацијом и скенирајућом електронском микроскопом. Анализа изотерми адсорпције, кинетике и термодинамичких параметара процеса показала је да је адсорпција спонтани, ендотермни процес са максималним капацитетом адсорпције Cd^{2+} од 36 mg/g и Ni^{2+} од 43 mg/g .

Испитивање интеракција полимера поливинилиден флуорид (*PVDF*) и смеше прахова представљено је у раду 12.2 (**Прилог 2**, Библиог. 12.2). Поливинилиден флуорид и поливинилиден дифлуорид су високо нереактивни термопластични флуорополимери произведени полимеризацијом винилиден дифлуорида. Термичком и механичком анализом као и микроскопијом атомске силе (АФМ) испитивани су нанокомпозити састава поли (винилиденфлуорид)–нано цинк оксид (*PVDF–ZnO*). Диференцијална скенирајућа калориметрија (ДСЦ) је истраживала утицај наночестица ZnO на кристалност полимера у условима контролисаног загревања и хлађења. Храпавост површине нанокомпозита последица је присуства различитих фаза унутар матрице где груби узорци садрже већи удео β фазе. Показано је да продужење времена механичке активације пунила (ZnO) повећава Јангов модул еластичности композита. Молекуларне симулације у периодичним системима (*PVDF–ZnO* сферни нанокластер и наноцилиндарски композит) коришћене су за дефинисање утицаја величине и облика честица на Јангов модул композита.

Ефекат додавања механички активiranог TiO_2 на својства синтероване стеатитне керамике приказан је у раду 11.1 (**Прилог 2**, Библиог. 11.1). Стеатит, керамика са саставом који претежно подразумева магнезијум силикат, произведен је из економских ресурса-талка, алуминосиликатне глине и BaCO_3 или фелдспата као флукса. Четири мешавине стеатита су механички активирани у планетарном млину у трајању од 30, 45 или 60 мин., пре термичке обраде. Примењено је двостепено синтеровање са почетном фазом постављеном на 1350°C и периодом држања на 1250°C да би се покренула дифузија и спречио раст зрна. Тиме је добијен керамички материјал високе густине са ниско порозном субмикронском структуром. Праћени су ефекти додавања TiO_2 на згушњавање, микроструктуру и диелектричне карактеристике стеатита. Промене у кристаличности и саставу стеатита уочене су техником дифракције рендгенских зрака. Микроструктурна визуализација са просторним распоредом појединачних хемијских елемената на површини синтероване керамике добијена је скенирајућом електронском микроскопијом и енергетски дисперзивном спектроскопијом X-зрака. Да би се испитала могућност употребе добијених стеатита у изолационим материјалима, спроведена су електрична мерења бележењем варијација диелектричне константе и тангента губитака у функцији промена у дизајну мешавине и периода механичке активације.

Спинели се могу користити као диелектрици у микроталасним апликацијама. Магнезијум алуминат, MgAl_2O_4 и други спинели на бази глинице су тема рада под насловом *The Effect of Mechanical Activation on Synthesis and Properties of MgAl_2O_4 Ceramics* (**Прилог 2**, Библиог. 11.2). Циљ овог рада био је испитивање утицаја механичке активације и температуре синтеровања на физичко-хемијске особине спинела. MgAl_2O_4 је произведен реакцијом у чврстом стању између MgO и $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Почетни прашови су помешани у млину са куглицама да би се хомогенизовали без значајног смањења величине честица. Механичка активација мешаних прашова изведена је у високоенергетском планетарном млину на ваздуху у трајању од 1 сата. Прашкови су сабијени на 300 МПа. Топлотни третмани су изведени на ваздуху, на температурама у распону од 1200 до 1600°C са временом задржавања од 2 сата, да би се одредила количина формирања спинела у функцији температуре. Фазни састав и микроструктура почетних прашова и синтерованих узорка одређивани су дифракцијом рендгенских зрака, анализом величине честица и скенирајућом електронском микроскопијом. Електричним мерењима и механичком карактеризацијом проучавани су утицаји параметара глодања и консолидације. Главни закључак овог истраживања био је да је механичка активација у трајању од 60 минута покренула механо-хемијску реакцију, резултирала формирањем спинела на много нижим температурама него у неактивираним прашовима и указала на то да је завршна фаза синтеровања почела на много нижим температурама. Промене параметара микроструктуре, као последица механичког третмана и накнадног загревања испитиваних прашкастих смеша, снажно утичу на електрична и механичка својства финалне керамике.

Израда керамичких монолита из дијатомејске земље као и ефекти температуре калцинације на фазну трансформацију силицијум диоксида била су тема рада 13.5 (Прилог 2, Библиог. 13.5). Сирова дијатомејска земља из околине Битоља (Северна Македонија) показала је ниску насипну густину (0,61–0,69 g/cm³), високу водоапсорпцију (75–81%) и порозност (66–72%). Хемијски састав је одређен помоћу индуктивно спрегнуте масене спектрометрије плазме, и то: SiO₂ (63,69 теж%), Al₂O₃ (11,79 теж%), Fe₂O₃ (5,95 теж%), MnO (0,15 теж%), TiO₂ (0,65 теж. %), CaO (1,51 теж. %), MgO (2,24 теж. %), P₂O₅ (0,13 теж. %), K₂O (1,64 теж. %), Na₂O (0,93 теж. %), LOI (11,21 теж. %). Структурна анализа испитиваног узорка глиненог дијатомита указала је на постојање кристалне структуре у узорцима али и мало присуство аморфне фазе. Кристалне минералне фазе су углавном обухватиле: силицијум диоксид (кварц), фелдспат (плагиоклас), лискун (московит), хлорите и доломит. Резултати микроскопије су показали присуство микро- и нано структура са порам у распону од 250 до 600 nm. Глинени дијатомит је синтерован на три температуре (900, 1000 и 1100°C) у трајању од 1 сата. Код синтерованих узорка на 1100°C је дошло до формирања нових фаза (мулит и тридимит) што чини анализирану дијатомејску земљу погодном за производњу разних врста керамичких, грађевинских и термоизолационих материјала.

Др Дарко Косановић је предложио пет најзначајнијих научних публикација за које сматра да најбоље репрезентују његов свеукупан научно истраживачки рад. Они су одраз самосталности и научне зрелости кандидата. Такође, предложени радови су показатељи остварених сарадњи са колегама из различитих научних институција у земљи и иностранству:

1. (Библиог. 11.2) Nina Obradović, William G Fahrenholtz, Suzana Filipović, **Darko Kosanović**, Aleksandra Dapčević, Antonije Đorđević, Igor Balać, Vladimir B. Pavlović, “The Effect of Mechanical Activation on Synthesis and Properties of MgAl₂O₄ Ceramics”, *Ceramics International*, 45 (9) (2019) 12015–12021. ISSN 0272-8842; IF: 3.830; M21a
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.03.095>
2. (Библиог. 11.3) Nina Obradović, Lun Feng, Suzana Filipović, Miljana Mirkovic, **Darko Kosanović**, Jelena Rogan, William G. Fahrenholtz, “Effect of Mechanical

Activation on Carbothermal Synthesis and Densification of ZrC”, *Journal of the European Ceramic Society*, 43 (16) (2023) 7306-7313; ISSN 0955-2219; IF: 5.7; M21a

<https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2023.08.007>

3. (Библиог. 13.2) **Darko Kosanović**, Nebojša J. Labus, Jelena Živojinović, Adriana Peleš Tadić, Vladimir A. Blagojević, Vladimir B. Pavlović, “Effects of mechanical activation on the formation and sintering kinetics of barium strontium titanate ceramics”, *Science of Sintering*, 52 (4) (2020) 371-385. ISSN 0350-820X; IF: 1.412; M22

<https://doi.org/10.2298/SOS2004371K>

4. (Библиог. 13.6) **Darko Kosanović**, Vladimir A. Blagojević, Stanko O. Aleksić, Jelena Živojinović, Adriana Peleš Tadić, Vladimir B. Pavlović, Nina Obradović, “Electronic Properties of BZT Nano-Ceramic Grades at Low Frequency Region”, *Science of Sintering*, 55 (3) (2023) 413-423. ISSN 0350-820X; IF: 1.5; M22

<https://doi.org/10.2298/SOS230717043K>

5. (Библиог. 12.1) Nina Obradović, Vladimir Blagojević, Nataša Đorđević, Suzana Filipović, **Darko Kosanović**, Smilja Marković, Martin Kachlik, Karel Maca, Vladimir Pavlović, “Kinetics of thermally activated processes in cordierite-based ceramics”, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 138 (2019) 2989-2998. ISSN 1388-6150; IF: 2.731; M21

<https://doi.org/10.1007/s10973-018-7924-1>

Научну компетентност др Дарка Косановића карактеришу следеће вредности квантитативних индикатора:

Врста и квантификација свих научно истраживачких резултата др Дарка Косановића:

Категорија	Број радова	Укупан Број радова	Вредност индикатора	Укупна вредност
M21a	0+4+4	8	10	80
M21	1+2+2	5	8	40
M22	4+6+6	16	5	80
M23	2+0+1	3	3	9
M29a	1	1	1,5	1,5
M31	0+1+0	1	3,5	3,5
M32	0+0+1	1	1,5	1,5
M34	7+14+11	32	0,5	16
M41	0+0+1	1	7	7
M51	1+0+1	2	2	4
M52	0+1+0	1	1,5	1,5
M70	1	1	6	6
Укупно				250

Врста и квантификација научно истраживачких резултата др Дарка Косановића након избора у звање виши научни сарадник:

Категорија	Број радова	Вредност индикатора	Укупна вредност	Укупна вредност са нормирањем
M21a	4	10	40	34,58
M21	2	8	16	12,384
M22	6	5	30	28,13
M23	1	3	3	3
M29a	1	1,5	1,5	1,5
M32	1	1,5	1,5	1,5
M34	11	0,5	5,5	5,5
M41	1	7	7	7
M51	1	2	2	2
Укупно			106,5	95,59

*нормирани радови M21a, M21, M22 и M23 са бројем аутора преко 7
 $K/(1+0,2(n-7))$ K - коефицијент (бр. поена рада)
n – број аутора

КРИТЕРИЈУМИ ЗА ИЗБОР У НАУЧНО ЗВАЊЕ НАУЧНИ САВЕТНИК:

Потребан услов за природно-математичке и медицинске науке	Остварено
Укупно: ≥ 70	Укупно: 106,5/95,59*
$M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90 \geq 50$	99/88,09*
$M11+M12+M21+M22+M23 \geq 35$	89/78.09*

*нормирани радови M21a, M21, M22 и M23 са бројем аутора преко 7

Показатељи успеха у научном раду

Признања за научни рад

Истакнута монографија националног значаја др Дарка Косановића под називом „Диелектрична керамика баријум стронцијум титаната“, која је прихваћена за објављивање као најбоља у својој научној дисциплини на 48. јавном конкурс (победник конкурса), издавачке куће Задужбине Андрејевић, библиотека *Dissertatio* (Прилог 6.1.)

<https://dais.sanu.ac.rs/123456789/12573>

Предавања по позиву

Др Дарко Косановић је одржао предавање по позиву на међународној конференцији о чему сведочи позивно писмо у Прилогу (Прилог 6.6): **Darko Kosanović**, Viktor Pucky, Stanko O. Aleksić, Vladimir B. Pavlović, Vladimir A. Blagojević, “*Electronic Properties of BZT Nano-Ceramic Grades at Low Frequency Region*”, Advanced Ceramics and Application IX - Serbian Ceramic Society, Belgrade, Serbia, September 20-22nd 2021. pp. 34

<https://dais.sanu.ac.rs/123456789/11913>

Рецензија научних радова

Рецензент је бројних научних радова за часописе са ISI листе из области науке о материјалима, што је потврда међународне признатости његовог рада и научне компетенције. Часописи за које рецензира су *Journal of Raman Spectroscopy*, *Journal of Materials Science*, *Materials Research*, *Ceramics International*, *Materials Chemistry and Physics* и *Current Materials Science*. Рецензент је и прегледних радова са Симпозијума *ISAE (International Symposium on Agricultural Engineering)*. (Прилог 6.11)

Међународна сарадња

Др Косановић је 01.01.2021. године успоставио међународну сарадњу са Институтом за материјале Словачке академије наука у Кошицама. Сарадња је у оквиру пројекта међу академске сарадње са насловом „Припрема BZT керамике конвенционалном и импулсном техником синтеровања електричне струје“ трајала до 31.12.2022. године. (Прилог 6.2)

Током 2022-2023 др Косановић је био део пројекта ФА9550-22-1-0064: Програм производње хиперсоничних материјала, Канцеларије за научна истраживања Ваздухопловства САД (менаџер *dr. Scott J. McCormack*, Универзитет Калифорније, Давис, САД «*University of California, Davis, USA*»). Повремено је радио у групи професора *William Fahrenholtz*-а на Универзитету науке и технологије у Мисурију, САД. Кандидат и даље активно учествује у међународној сарадњи са овим Универзитетом у области развоја керамике високих перформанси, што потврђују објављени радови из категорије M21a и саопштења на међународним конференцијама. (Прилог 6.3 Библиог. 11.2; 11.3; 17.6; 17.7; 17.8; 17.9; 17.10)

Руковођење пројектима, потпројектима и задацима

Др Дарко Косановић је био руководиоца двогодишњег пројекта „Припрема BZT керамике конвенционалном и импулсном техником синтеровања електричне струје“ који је остварен између Института техничких наука САНУ и Института за материјале САН, где је руководиоца пројекта са словачке стране др Виктор Пухи (Прилог 6.2). Поред др Дарка Косановића као руководиоца пројекта учешће на овом пројекту су имале и колеге из Института техничких наука: др Јелена Живојиновић, научни сарадник и др Јелена Вујанчевић, научни сарадник. Пројекат је реализован у периоду 2021-2022. године. У периоду трајања пројекта остварена је научна сарадња са колегама из Словачке, размена искустава, и узајамно су коришћене технике карактеризације којима располаже партнерски институт.

Др Дарко Косановић је у периоду од 2016. до 2020. године у оквиру пројекта 172057 ОИ – “Усмерена синтеза, структура и својства мултифункционалних материјала“, финансираног од стране Министарства за просвету, науку и технолошког развоја Републике Србије, био **руководилац пројектног задатка**: “Проучавање процеса консолидације механички активираних оксидних материјала“. (Прилог 6.12)

Активност у научним и научно-стручним друштвима

Др Дарко Косановић је секретар Српског керамичког друштва и члан Америчког керамичког друштва. (Прилог 6.9.а и 6.9.б)

VII Квалитет научних резултата

Из детаљног прегледа рада др Дарка Косановића, јасно се види значајна мултидисциплинарна активност у научно истраживачком раду. То потврђује и 14 научних радова објављени након његовог претходног избора у звање, и то: у међународним часописима изузетне вредности 4 рада (**M21a**), у врхунским међународним часописима 2 рада (**M21**), у истакнутим међународним часописима 6 радова (**M22**), у међународном часопису 1 рад (**M23**) и 1 рад у врхунском часопису националног значаја (**M51**). Такође је значајан и број саопштења на домаћим и међународним скуповима (укупно 11 саопштења). У свим радовима публикованим након избора у претходно звање кандидат је остварио самостални допринос, у 3 рада је први аутор, у 11 радова коаутор. Његово континуално усавршавање допринело је и даљем развоју научних кадрова, као и успешнијој реализацији научних истраживања, како у нашој земљи, тако и у иностранству. Сви до сада објављени радови имају наведен број Пројеката Министарства науке, технолошког развоја и иновација (претходно Министарства просвете, науке и технолошког развоја) у оквиру којих су спроведена истраживања. Према базама података *Web of Science* и *Scopus*, 12.10.2023. године укупна цитираност свих објављених радова у часописима са ISI листе је 254 пута са аутоцитатима, од чега 155 хетероцитата, док је Хиршов индекс 9. Сви цитати су афирмативни. Већина часописа у чијим радовима су цитирани радови кандидата су високо ранжирани часописи.

На основу свега изложеног може се донети следећи:

ЗАКЉУЧАК

Др Дарко Косановић је постигнутим научним резултатима недвосмислено доказао да је афирмисани научни радник чији су резултати истраживања значајни како за развој нових метода синтезе материјала, тако и у фундаменталним истраживањима материјала уопште.

У оквиру свог научно истраживачког рада у области науке о материјалима након предходног избора у звање виши научни сарадник, кандидат др Дарко Косановић је објавио 14 публикација у међународним часописима са укупним импакт фактором **33,656**; просечним бројем аутора по раду **7,35** и просечним импакт фактором **2,59** (4 рада у међународним часописима изузетне вредности, 2 рада у врхунском међународном часопису, 6 радова у истакнутим међународним часописима, 1 рад у међународном часопису и 1 рад у врхунском часопису националног значаја). Поред значајаног броја саопштења на домаћим и међународним скуповима (укупно 11 саопштења након избора у предходно звање), оригиналност његовог научно истраживачког рада огледа се и у руковођењу словачко-српском међуакадемијском сарадњом у периоду од 1.01.2021. до 31.12.2022. Резултати кандидата су афирмативно цитирани 254 пута (155 хетеро цитата). Укључујући и остале категорије публикација које је др Дарко Косановић објавио у временском периоду после избора у предходно звање, његова научна компетентност од **106,5** бодова (**95,59** након нормирања) превазилази квантитативне критеријуме за избор у звање научни саветник задате Правилником о стицању научних звања.

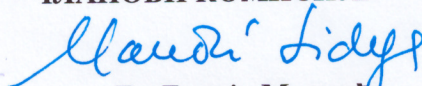
У својој досадашњој каријери др Косановић је показао склоност ка темељном и студиозном научно истраживачком раду, као и способност за заједнички рад на пројектима. Висок степен самосталности у реализацији досадашњих радова показује да Др Дарко Косановић поседује научну зрелост да отвара нове теме истраживања у оквиру области вишестепеног синтеровања оксидне керамике и мултифероичних материјала. Његове активности укључују и обуку млађих сарадника и руковођење истраживањима у области развоја процеса контролисане синтезе електрокерамика (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). Научну компетентност је доказао публиковањем резултата, одржаном позивном предавању, радом са докторандима и рецензентским радом за реномиране научне часописе.

Целовита анализа научног доприноса др Дарка Косановића, вишег научног сарадника ИТН САНУ, по критеријумима који су прописани Законом о научно-истраживачкој делатности и Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно истраживачких резултата истраживача Министарства за науку, технолошки развој и иновације Републике Србије, показује оправданост његовог избора у звање *научни саветник*. Из тих разлога чланови Комисије са задовољством

ПРЕДЛАЖУ

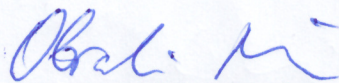
Научном већу Института техничких наука САНУ да овај Извештај усвоји, потврди испуњеност услова и предложи надлежној Комисији Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије, да др Дарко Косановић буде изабран у звање *Научни саветник*.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



Др Лидија Манчић

Научни саветник,
Институт техничких наука САНУ



Др Нина Обрадовић

Научни саветник,
Институт техничких наука САНУ



Проф. др Владимир Павловић,
редовни професор Пољопривредног факултета
Универзитета у Београду