

**НАУЧНОМ ВЕЋУ
ИНСТИТУТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА
СРПСКЕ АКАДЕМИЈЕ НАУКА И УМЕТНОСТИ**

На седници Научног већа Института техничких наука САНУ одржаној 07.10.2020. године одређени смо у Комисију за стицање звања **научног сарадника** др Адриане Пелеш Тадић, истраживача приправника Института техничких наука САНУ. На основу разматрања приложене документације подносимо Научном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

I Биографски подаци

Др Адриана Пелеш Тадић је рођена 1. августа 1984. године у Београду. Основну и средњу школу завршила је у Београду. Дипломирала је на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер Примењена физика и информатика 2011. године године са просечном оценом 8,20 одбраном дипломског рада под називом "Коришћење дигиталне видео камере у спектроскопији-калибрација и примене". Докторске академске студије уписала је школске 2012/13 године на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер Примењена и компјутерска физика. Докторску дисертацију под називом "Полимерни наноккомпозити на бази PVDF и механички активирани праха ZnO, карактеризација и примена у МЕМС технологијама" Адриана Пелеш Тадић одбранила је 01.10.2020. године на Физичком факултету Универзитета у Београду.

Од јуна 2012. године запослена је као истраживач-приправник у Институту техничких наука САНУ у Београду. У звање истраживач сарадник изабрана је 11.10.2013. године, док је у исто звање реизабрана 06.05.2016. године. На породичном и трудничком одсуству је била у периоду од 2017. до 2018. године, у трајању од 16 месеци и 19 дана. Била је ангажована је на пројектима основних истраживања из области хемије које финансира Министарство за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије.

Др Адриана Пелеш Тадић се бавила технологијом и механичком активацијом прахова, синтезом полимерних композита, испитивањем утицаја параметара процесирања на структуру и својства материјала, математичким моделовањем и МЕМС технологијама. Ангажована је на пројектима основних истраживања из области хемије које финансира Министарство за просвету и науку Републике Србије.

Рецензент је часописа *Ceramics International u Science of Sintering*.

Члан је Српског керамичког друштва.

II Научни рад

Др Адриана Пелеш Тадић је од почетка свог рада у Институту техничких наука САНУ учествовала у реализацији пројеката:

- Пројекат 172057 Усмерена синтеза, структура и својства мултифункционалних материјала, руководилац пројекта проф. др Владимир Павловић, Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Објавила је 6 научних радова у различитим домаћим и страним часописима и то 1 рад у међународном часопису изузетних вредности, 1 рад у врхунском међународном часопису, 4 рада у истакнутом међународном часопису, 1 саопштење са међународног скупа штампано у целини и 15 саопштења са међународног скупа штампано у изводу.

Научна истраживачка активност кандидаткиње др Адриане Пелеш Тадић је базирана на истраживањима из области науке о материјалима и примене истих у МЕМС (микро-електро-механички системи) технологијама. МЕМС сензори и актуатори су минијатурних димензија, високих перформанси, а карактерише их мала потрошња енергије, као и могућност економичне масовне производње. Због тога налазе све већу и разноврснију примену у науци, индустрији и производима широке потрошње. У савременом свету информационих технологија, потреба за новим врстама МЕМС компоненти је све већа и захтева примену функционалних материјала. Пиезоелектрични материјали, поред нове функционалности МЕМС направа, омогућују и њихову додатну минијатуризацију, јер је претварач механичке деформације структуре у електричну величину слој пиезоелектричног материјала који је интегрални део МЕМС структуре. Кандидаткиња је до сада успешно развила и оптимизовала синтезу материјала који би нашао примену у оваквим системима. То су полимерни нанокompозити на бази полимера PVDF-а и механички активирани праха ZnO. PVDF представља полимер са израженим пиезоелектричним карактеристикама и као такав нашао је велику примену у МЕМС системима, јер има низ карактеристика (механичку флексибилност, нетоксичност, биокompatibilност, ниску цену израде, нискотемпературске процесе формирања и обраде танких слојева применом МЕМС поступака) које му отварају пут ка бројним применама у области пиезоелектричних МЕМС компоненти. Пре синтезе полимерних нанокompозита, кандидаткиња је извршила механичку активацију праха ZnO у временима од 5 минута (ZnO-5), 10 минута (ZnO-10) и 30 минута (ZnO-30), у планетарном млину са волфрам-карбидним куглама у односу масе праха према куглама 1:40. Кандидаткиња је детаљно проучила утицај механичке активације на структуру и физичка својства ZnO. Механичка активација је довела до опадања средње величине честица ZnO праха, уз појаву меких агломерата при најдужој активацији, што је утврђено СЕМ анализом. БЕТ методом је утврђено да је дошло до промене специфичне површине праха, као и до промене у специфичној запремини мезо- и микропора, при чему су у праху доминирале мезопоре. Ритвелд метода показала је да је дошло до изразитог смањења величине кристалита као и до повећања микронапрезања, услед стварања дефеката и пораста напрезања унутар хексагоналне структуре праха ZnO. Раманови спектри неактивираних и механички активираних прахова, добијени применом ласерске светлости таласне дужине $\lambda=633$

nm, показали су да интензитет најјаче $E_2(\text{high})$ моде опада са порастом времена активације, што је у складу са смањењем величине честица и кристалита у активаном праху. Пораст интензитета пика који потиче од доприноса поларних LO мода првог реда $A_1(\text{LO})$ и $E_1(\text{LO})$, након примене механичке активације, указује на пораст концентрације сопствених дефекта. Констатовано је да повећање интензитета спектра у непосредној околини $A_1(\text{LO})+E_1(\text{LO})$ пика може потицати и од појачаног присуства површинских оптичких фонона. Посматрајући спектре праха активаног 30 минута, примећене су велике промене у области Рамановог помераја изнад 700 cm^{-1} при чему је изглед овог дела спектра подсећао на изглед спектра у случају постојања резонантног појачања. Могућност појаве резонантног појачања мода другог реда је дискутована на основу литературних података о том ефекту. Снимања су урађена при три различите таласне дужине ласерске побуде и тиме је констатовано да при ласерској екситацији $\lambda=442\text{ nm}$ Раманов спектар свих активираних прахова изгледа као типичан спектар резонантног Рамановог расејања за ZnO, иако је енергија фотона при овој екситацији битно нижа од вредности ширине забрањене зоне (прилог 2. Редни број публикације 1. *Journal of Alloys and Compounds* 648 (2015) 971-979). Кандидаткиња је „solution cast“ методом синтетисала 2% нанокompозите на бази PVDF и механички неактиваног праха цинк-оксида ZnO-0 (5%), као и механички активираних прахова: ZnO-5, ZnO-10 и ZnO-30 (5%). А композити са механички активираним прахом у времену од 10 минута додатно и у садржају од 2.5% и 10%. Након синтезе полимерних нанокompозита на бази PVDFa и праха ZnO, тако добијени узорци подвргнути су детаљним анализама. Скенирајућа електронска микроскопија (SEM) показала је да главну улогу у стварању сферулитне структуре имају управо честице праха ZnO. Механичка активација је обезбедила праху да се боље диспергује, у поређењу са прахом који није механички активан. Она је честице праха учинила ситнијим, а површину активном. Да би се утврдила присутност фаза унутар матрице, примењена је рендгеноструктурна анализа (XRD). Она је показала да су у полазном PVDF-у биле присутне све три фазе (α , β , и γ -као доминантна). Након додавања праха ZnO, пикови на XRD спектру, указали су на пораст удела алфа фазе, док је након додавања механички активаног праха примећен обрнут тренд и пораст удела бета фазе. Са изведеним закључцима на основу добијених резултата XRD анализом, слажу се и резултати добијени Рамановом спектроскопијом као и FTIR анализом. Мерењем диелектричних карактеристика у функцији температуре, примећен је пораст диелектричне пропустљивости код нанокompозита са механички активираним ZnO прахом као пуниоцем, у поређењу са чистим полимером и нанокompозитима са неактивираним прахом. Констатовано је да је оваква карактеристика директна последица различитог процеса кристализације PVDF матрице у присуству механички активаног пуниоца и може се закључити да је пораст диелектричне константе у директној вези са порастом удела бета фазе (Прилог 2. Редни број публикације 3. *Phys. Scr.* 93 (2018) 105801 (11pp)). Наноиндентацијом је утврђено да механичке карактеристике узорака, као што су Јунгов модул еластичности и тврдоћа узорака, у великој мери зависе од удела бета фазе унутар њих. Храпавост узорка је одређена микроскопом атомских сила (AFM) и констатован је битан скок у вредности храпавости након додавања механички активаног праха цинк-оксида. Пиезо одговор

полимерних матрица одређен је применом пиезоелектричног микроскопа, и у складу је са претходним резултатима. Поред горепоменутих истраживања, др Адриана Пелеш Тадић се бави и теоријским истраживањима и развијањем математичких модела помоћу којих су добијени резултати теоријске анализе шума сензора, који потиче од стохастичке природе физичких процеса који су у основи рада адсорпционих сензора. Адсорпционо-десорпциони (АД) процеси представљају једну од основних карактеристика, које се одигравају на површини таквог сензора. Када би се такав сензор нашао у окружењу „таргет“ молекула, ови би бивали адсорбовани, а потом десорбовани са површине. На основу приказане анализе АД шума могуће је добити информације о супстанци која је адсорбована на површини као и о њеној концентрацији (Прилог 2, редни број публикације 4. *Microelectronic Engineering* 124 (2014) 81–85). Развој материјала на бази PVDF и праха ZnO, који поседује својства погодна за примену у биолошким и хемијским сензорима један су од основних задатака у истраживању кандидаткиње. У теоријској анализи која је до сада урађена, разматран је FBAR сензор чији је пиезоелектрични слој направљен од нанокompозита на бази PVDF и праха ZnO који је механички активиран 10 минута. Дебљина таквог сензора износила је $t_p=650$ nm, а осетљива површина: $A=10^{-9}$ m². Поред поменутог математичког модела, кандидаткиња је развио и модел којим је могуће одредити карактеристичне фреквенције спектра експериментално добијеног АД шума, помоћу којих могу да се одреде параметри адсорбоване супстанце као и њена идентификација. Добијени резултати су саставни део докторске дисертације под називом „Полимерни нанокompозити на бази PVDF и механички активираног праха ZnO, карактеризација и примена у MEMC технологијама“ коју је кандидаткиња одбранила 01.10.2020. године на Физичком факултету УБ. Кандидаткиња је у току свог научно-истраживачког рада била саставни део тима који је испитивао различите утицаје на густину и електричне карактеристике кордијеритне керамике. У прилогу 2. у раду под редним бројем 5 (*Science of Sintering*, 45 (2013) 157-164) проучавана је механохемијска синтеза кордијеритне керамике са уделом од 5 % титанијум диоксида. Кордијерит представља смешу три оксида $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ Мешавине ових оксида механички су активирани у високоенергетском планетарном млину у различитим временским интервалима од 10 до 80 минута. У циљу добијања информација о фазном саставу, рендгенском дифракцијом одређена је кристална структура. Пре процеса синтеровања, на температури од 1350 °C у периоду од 2 и 4 сата у атмосфери ваздуха, узорци су испресовани под притиском од $2t/cm^2$ Скенирајућом електронском микроскопијом је анализирана микроструктура синтерованих узорака. Микроскопом атомских сила смо анализирали површину узорака. Овај рад испитује утицај продуженог времена синтеровања на густину синтерованих узорака, као и електрична својства. У раду 6. (*Science of Sintering*, 47 (2015) 15-22) проучаване су промене у густини и електричним својствима кордијеритне керамике са додатком од 5 масених процената TiO₂. Поменути смеша је механички активирана у високоенергетском млину 10 минута. Промене у густини и електричним својствима су посматране под различитим утицајима притиска пресовања ($0.5-6$ t/cm²) узорака пре синтеровања. Поменути испресци су потом синтеровани на температури од 1350 °C, 4 сата у атмосфери ваздуха. Промена у фази активираних и синтерованих узорака је потом посматрана рендгенском дифракцијом.

Скенирајућом електронском микроскопијом је анализирана микроструктура узорака. Неизотермно синтеровање до 1400°C, са константним кораком загревања је посматрано дилатометријом.

Кандидаткиња је поред поменутих истраживања била и део тима који је проучавао утицај механичке активације на електрична својства керамике $Ba_{0.77}Sr_{0.23}TiO_3$. Примећено је да су се прахови који су механички активирани у временском интервалу од 80 минута показали као најоптималнији јер у поређењу са прахом који није механички активан имају 36 % ниже диелектричне губитке мерена на фреквенцији од 1kHz. При фреквенцији од 10 kHz ти губици су за 57 % мањи у односу на механички неактиван прах. Поређени прахови су синтеровани под истим условима и то у временском интервалу од 2 часа на температури од 1400 °C. Повећањем температуре синтеровања, примећено је да на електрична својства доминантно утиче граница зрна (прилог 2, редни бој публикације 2. *Ceramics International*, 40, 8 Part A (2014) 11883-11888).

III Цитираност

Радови Др Адриане Пелеш Тадић цитирани су 37 пута (хетероцитати: 21) (према индексним базама *Web of Science Core Collection* и *Scopus*, на дан 5. 10. 2020). Хиршов индекс (h индекс) кандидаткиње износи 5. Сви цитати су дати у Прилогу 3.

МИШЉЕЊЕ И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

На основу упутства за разврставање и квантификацију индивидуалних научноистраживачких резултата датих у Прилогу 2 правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача ("Службени гласник РС", бр. 24/2016 и 21/2017), резултати кандидаткиње др Адриане Пелеш Тадић су сумирани у табели 1. Минимални услови за стицање звања научни сарадник прописани истим правилником су да је у наведеном периоду кандидаткиња остварио бар 16 бодова, од чега бар 10 морају да потичу од збира вредности индикатора М10, М20, М31, М32, М33, М41 и М42, а бар 6 бодова од збира вредности индикатора М11, М12, М21, М22 и М23. У табели 2 дат је упоредни приказ прописаних услова и остварених резултата кандидаткиње др Адриане Пелеш Тадић, на основу којих се види да је кандидаткиња остварила знатно већи број бодова у обе категорије. Такође, значајна цитираност радова које је кандидаткиња објавила у претходном периоду, потврђује квалитет њеног научноистраживачког рада и указује на актуелност проблематике којом се бави.

Табела 1. Научно-истраживачки резултати др Адриане Пелеш Тадић

Индикатор	Категорија	Вредност индикатора	Број радова	Сума	Нормирано
M21a	Рад у врхунском међународном часопису	10	1	10	5,6
M21	Рад у врхунском међународном часопису	8	1	8	8
M22	Рад у истакнутом међународном часопису	5	4	20	17,8
M33	Саопштење са међународног скупа штампано у целини	1	1	1	1
M34	Саопштење са међународног скупа штампано у изводу	0,5	15	7,5	7,4
M64	Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу	0,2	1	0,2	0,2
M70	Одбрањена докторска дисертација	6	1	6	6
Укупно				52,7	46

Табела 2. Минимални квантитативни захтеви за стицање звања научни сарадник и остварени резултати др Адриане Пелеш Тадић

За звање научни сарадник		Потребан услов \geq	Остварено
Укупно бодова		16	46
Обавезни (1)	M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	31,4
Обавезни (2)	M11+M12+M21+M22+M23	6	31,4

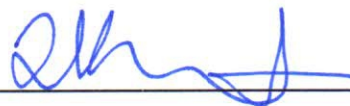
На основу свега изложеног може се извести следећи

ЗАКЉУЧАК

На основу увида у научно-истраживачку активност др **Адриане Пелеш Тадић**, комисија закључује да је кандидаткиња остварила значајне резултате из области науке о материјалима и МЕМС технологијама. У протеклом периоду рада, кандидаткиња је показала систематичност и самосталност у научноистраживачком раду, мултидисциплинарни приступ, способност за тимским радом као и жељу за даљим усавршавањем. Значајан број публикација и учешћа на међународним конференцијама указује на потенцијал кандидаткиње за квалитетан рад у наведеним научним областима.

Имајући у виду да је кандидаткиња испунила све услове прописане Правилником о поступку вредновања и квантификовању научноистраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, комисија предлаже Научном већу Института техничких наука да усвоји овај извештај и да надлежној Комисији Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије предлог да др Адриана Пелеш Тадић буде изабрана у звање **научни сарадник**.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:



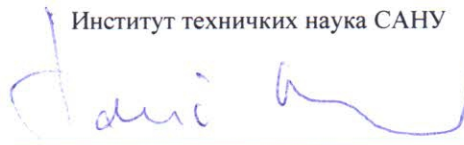
Др Дарко Косановић, виши научни сарадник

Институт техничких наука САНУ



Др Нина Обрадовић, научни саветник

Институт техничких наука САНУ



Др Ненад Тадић, научни сарадник

Универзитет у Београду, Физички факултет