

## НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА САНУ

На седници Научног већа Института техничких наука САНУ, одржаној 26. 05. 2014. год. одређени смо за чланове комисије за реизбор мр Љиљане Веселиновић, дипл. инж. геол. у звање истраживач сарадник. На основу увида у објављене научне радове кандидата, као и на основу стручне биографије и осталог прегледаног материјала, подносимо Научном већу Института техничких наука САНУ следећи

### ИЗВЕШТАЈ

Љиљана Веселиновић је рођена 23. 12. 1975. године у Смедереву, Србија. Основне студије на Рударско-геолошком факултету, смер за минералогiju и кристалографију уписала је школске 1994/95. године. Дипломски рад под називом „Квантитативна рендгенска анализа смеша магнетита, хематита и флуорита Ритвелдовом методом“ одбранила је 2002. године. Магистрирала је на истом факултету 2010. године са темом „Рендгенска анализа наноструктурних прахова калцијум фосфата добијених новим поступцима синтезе“ чиме је стекла звање магистра техничких наука. У Институту техничких наука Српске академије наука и уметности је запослена од маја 2005. године. У звање истраживач сарадник изабрана је 07. 07. 2010. год. Као истраживач сарадник ангажована је на пројекту Министарства за просвету, науку и технолошки развој из области интегралних и интердисциплинарних истраживања ИИИ 45004, под називом „Молекуларно дизајнирање наночестица контролисаних морфолошких и физичкохемијских карактеристика и функционалних материјала на њиховој основи“ под руководством проф. др Драгана Ускоковића. Такође је и учесник билатералног пројекта са Републиком Словенијом под руководством др Смиље Марковић.

#### Преглед научно-истраживачког рада

Научно-истраживачка активност кандидата Љиљане Веселиновић је усмерена ка анализи структуре и структурних промена различитих поликристалних материјала.

У свом досадашњем научно-истраживачком раду Љиљана Веселиновић бавила се детаљном рендгенском структурном анализом монофазних и композитних биоматеријала на бази калцијум фосфата са потенцијалном применом за репарацију коштаних дефеката, као и анализом синтерованих биокерамичких материјала, са потенцијалном применом за репарацију великих коштаних дефеката. Биоккомпозити ове групе представљају синтетички еквивалент природном

коштаном ткиву сисара, због чега имају широку примену у медицини и стоматологији. У раду су применом методе рендгенске дифракције на поликристалним материјалима детаљно изучавана структура и промене микроструктурних параметара стехиометријског хидроксиапатита (ХАп), калцијум дефицитарног хидроксиапатита (КДХАп), карбонатног хидроксиапатита (КХАп), хидроксиапатита у коме је део јона калцијума измењен јонима кобалта (од 5 до 12 ат.%) и хидроксиапатита у коме је део јона калцијума измењен јонима цирконијума (од 5 до 20 ат.%). Испитиван је утицај термичког третмана ових материјала на његове микроструктурне параметре. Такође су проучавани и нанокмпозитни биоматеријали калцијум фосфат/полилактид-ко-гликолид (ПЛГА) са различитим величинама кристалита калцијум фосфата од микрометарских до нанометарских димензија. С обзиром на активности на рендгеноструктурној карактеризацији калцијум фосфатних прахова који имају велику примену у репарацији коштаных дефеката, као и на основу велике употребе ХАп-а у максилофацијалној хирургији и за испуну дефеката у виличној кости насталих услед појаве циста или вађења зуба, један део истраживања Љиљане Веселиновић био је посвећен проучавању фазног састава и кристалне структуре неорганског дела виличне кости. Резултати добијени на основу рендгено структурне анализе искоришћени су при синтези праха који ће по свим карактеристикама одговарати хуманој виличној кости и бити адекватан за њену репарацију. Анализиран је биолошки хидроксиапатит (БХАп) из дела виличне кости 23-огодишњег пацијента, који је уклоњен из медицинских разлога. Пре анализе БХАп-а уклоњен је органски део (колаген) депротеинизацијом у етанолу и водоник пероксиду; након сушења узорак је издробљен и уситњен. Ритвелдовим утачњавањем XRD података одређени су структурни и микроструктурни параметри као и фазни састав; утврђено је да је БХАп чист, монофазни хидроксиапатит, средње величине кристалита од  $10 \pm 1.6$  нм, при чему су кристалити анизотропни тј. издужени у кристалографском правцу  $[0\ 0\ 1]$ , што је потврђено и додатном ТЕМ анализом. Одређен је тип карбонатног апатита и садржај карбонатних јона на положајима А и Б у кристалној структури ХАп-а; утврђено је да БХАп спада у АБ-тип карбонатног апатита са односом А:Б = 2:3. Након детаљне анализе кристалне структуре, фазног састава и типа карбонатног апатита, као и морфологије честица, урађена је синтеза праха КХАп методом хемијске преципитације. Детаљном анализом XRD података утврђено је да је КХАп чист, монофазни хидроксиапатит, средње величине кристалита од  $8 \pm 1.3$  нм, при чему су кристалити такође издужени у кристалографском правцу  $[0\ 0\ 1]$  али у мањем степену него код БХАп-а, што је потврђено и додатном ТЕМ анализом.

Осим тога, кандидат Љиљана Веселиновић, бави се анализом кристалне структуре материјала перовскитног типа. Перовскити  $ABO_3$  типа представљају изузетно значајне материјала узимајући у обзир широк спектар физичких својстава погодних за различите намене у индустрији.

Типичан представник ове групе материјала јесте баријум титанат  $\text{BaTiO}_3$  познат по својим изузетним диелектричним, фероелектричним и пиезоелектричним својствима. Монофазни  $\text{BaTiO}_3$  на собној температури кристалише тетрагонално и поседује изражене фероелектричне карактеристике. Са порастом температуре изнад  $120\text{ }^\circ\text{C}$  прелази у параелектричну кубну фазу. Тетрагонални баријум титанат поседује релативно велику диелектричну константу, са максималном вредности на температури фазног прелаза параелектрик-фероелектрик, познатој као Киријева тачка ( $T_c$ ). Да би ови материјали могли да имају широку примену неопходно је температуру фазног прелаза померити ка собној температури. Истраживања су показала да уграђивање различитих изовалентних катјона у структуру ових материјала, како на положај А тако и на положај В, може имати значајан утицај на повећање диелектричне константе и снижавање температуре фазног прелаза. Структура перовскита је изузетно флексибилна што омогућава широк спектар јонских измене како на А тако и на В положају у структури. Међутим, већина катјона који могу да се сместе у А положај, снижавају температуру фазног прелаза, али са незнатним утицајем на максималне вредности релативне диелектричне пермитивности ( $\epsilon_{r,\text{max}}$ ). Са друге стране, увођењем изовалентних катјона на В положај, постиже се снижавање Киријеве тачке уз истовремено повећање вредности  $\epsilon_{r,\text{max}}$ . Познато је да калај као изовалентни катјон титанијуму, значајно побољшава диелектрична својства и снижава температуру фазног прелаза  $\text{BaTiO}_3$  материјала. Током свог рада кандидат Љиљана Веселиновић, испитивала је утицај повећања садржаја калаја на структуру и структурне промене баријум титаната. Анализиран је баријум титанат станат (БТС)  $\text{BaTi}_{1-x}\text{Sn}_x\text{O}_3$  у чијој структури се повећава садржај калаја од  $x = 0, 0.025, 0.05, 0.07, 0.10, 0.12, 0.15$  до  $0.20$ . Прахови су синтетисани реакцијом у чврстом стању на температури од  $1420\text{ }^\circ\text{C}$ . Детаљна структурна анализа БТС прахова урађена је на основу рендгенске дифракционе анализе (XRD), трансмисионе електронске микроскопије (ТЕМ), високо резолуционе трансмисионе електронске микроскопије (HRTEM), електронске дифракције са одабране површине (SAED) као и Раманске спектроскопије. Резултати структурног утачњавања Ритвелдовом методом показали су да повећање садржаја јона калаја у БТС структури проузрокује фазну трансформацију од тетрагоналне ( $P4mm$ ) за прахове где је  $0 \leq x \leq 0.07$  до кубне ( $Pm\bar{3}m$ ) за прахове где је  $x = 0.12, 0.15$  и  $0.20$ . Прах са номиналним саставом  $\text{BaTi}_{0.9}\text{Sn}_{0.1}\text{O}_3$  представља двофазни систем тетрагоналне (81.48 %) и кубне (18.52 %) фазе. Резултати добијени Ритвелдовом методом потврђени су HRTEM и SAED анализом. Кристална структура БТС прахова на кратком домету анализирана је методом раманске спектроскопије. Добијени резултати показују тетрагоналну структуру ( $P4mm$ ) са малим уделом орторомбичне ( $Pmm2$ ) за све испитиване прахове што указује на ниже локално уређење у поређењу са симетријом на дугом домету коју показује рендгенска дифракциона анализа.

Резултати наведених истраживања објављени су у 7 публикације, при чему су 5 у водећим међународним часописима (M21), један и истакнутом међународном часопису (M22) и један у међународном часопису (M23). Љ. Веселиновић је и коаутор 9 саопштења изложених на међународним конференцијама. Према бази SCOPUS радови Љ. Веселиновић су до 28. 05. 2014. цитирани 65 пута.

Треба истаћи да је, поред научно-истраживачког рада, мр Љиљана Веселиновић ангажована и као одговорно лице за инструмент рендгенски дифрактометар за прах, што подразумева снимање дифрактограма различитих узорака као и њихову анализу за потребе колега из групе а и шире.

### **Мишљење и закључак**

Кандидат Љиљана Веселиновић, у својој досадашњој активности, показала је склоност ка научно-истраживачком раду, као и способност за тимски рад на пројектима. Објављени радови и досадашњи резултати кандидата дају добар основ за даља истраживања у области науке о материјалима.

Имајући у виду научне резултате кандидата, чланови комисије предлажу Научном већу Института техничких наука САНУ да овај извештај прихвати и изврши реизбор кандидата Љиљане Веселиновић у звање *истраживач сарадник*.

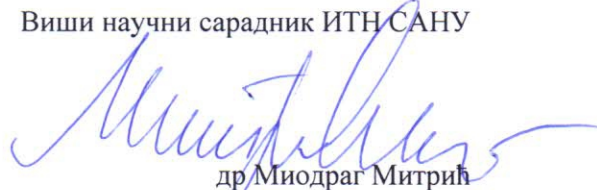
У Београду,  
28. 05. 2014.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Смиља Марковић

Виши научни сарадник ИТН САНУ



др Миодраг Митрић

Научни саветник Институт за нуклеарне науке Винча



др Драгана Југовић

Виши научни сарадник ИТН САНУ