

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

На VIII редовној седници Изборног и Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду, одржаној 25. 5. 2022. године, одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације Филипа С. Маринковића под насловом: „Диелектричне и топлотне особине композита на бази полиетилена ниске густине и NaA зеолита“, у саставу:

- 1) Проф. др Андријана Жекић, редовни професор, Физички факултет, Универзитет у Београду;
- 2) Доц. др Славица Малетић, доцент, Физички факултет, Универзитет у Београду;
- 3) Др Бранислав Станковић, научни сарадник, Факултет за физичку хемију, Универзитет у Београду.

Комисија је прегледала урађену докторску дисертацију кандидата и Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

- 1) Основни подаци о кандидату и дисертацији

Филип Маринковић је рођен 9. 9. 1985. године у Београду. Природно-математички смер Прве београдске гимназије завршио је 2004. године, након чега је уписао Физички факултет Универзитета у Београду. Дипломирао је на Физичком факултету Универзитета у Београду 2010. године на смеру Примењена физика и информатика са просечном оценом

7,83 у току студија, одбранивши са оценом 10 дипломски рад под називом: „Гама спектрометријска мерења радиоактивности земљишта на територији града Београда“. Студент је докторских студија на Физичком факултету Универзитета у Београду, на смеру Физика кондензоване материје и статистичка физика, које је уписао школске 2011/2012. године. Запослен је на Физичком факултету Универзитета у Београду у оквиру Лабораторије за физику кондензованог стања и физику материјала од децембра 2011. године на пројекту „Проучавање утицаја третирања на диелектричне, оптичке и магнетне особине површина кристалних и полимерних система“ број ОИ 171029, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Био је ангажован као сарадник у настави у оквиру експерименталних вежби из Физике за студенте Хемијског факултета школске 2012/2013, 2013/2014. и 2014/2015. године. Школске 2019/2020. године био је ангажован за држање наставе Физике у Математичкој гимназији у Београду. Био је члан COST акције CA15107 “Multi-Functional Nano-Carbon Composite Materials Network” (од 2017. до 2020. године). Аутор је 7 радова у међународним часописима.

Докторска дисертација Филипа С. Маринковића урађена је у Лабораторији за физику кондензованог стања и физику материјала на Физичком факултету Универзитета у Београду, под менторством проф. др Душана Поповића, ванредног професора Физичког факултета. Проф. др Душан Поповић у потпуности задовољава услове да руководи овом дисертацијом. Текст дисертације написан је на 99 страна (без насловне стране на српском и на енглеском језику, захвалнице, сажетка на српском и енглеском језику, садржаја, ауторове биографије и изјава). Дисертација је написана је на српском језику и подељена на 11 поглавља (без ауторове биографије). Садржи 52 слика и 12 табела. У библиографији је наведено 92 референце.

2) Предмет и циљ дисертације

Предмет истраживања ове докторске дисертације је анализа диелектричних и топлотних особина композита на бази полиетилена ниске густине и NaA зеолита (LDPE/NaA композит), као и развој метода за одређивање масеног удела зеолита и степена дисперзије зеолита у композиту. Полиетилен ниске густине један је од најзаступљенијих полимера у индустрији. Са друге стране, NaA зеолит има изражена апсорпциона својства. Детаљно

познавање топлотних и диелектричних својстава композитних материјала овог типа од изузетног је значаја за индустрију паковања хране, јер би погодан избор пуниоца и полимерне матрице могао довести до израде амбалаже која би продужила свежину прехранбених производа. Такође, неки од кључних параметара синтезе композита су масени удео и степен дисперзије пуниоца у полимерној матрици, због чега је развој недеструктивних метода за њихово одређивање веома битно.

Циљеви овог истраживања су:

- развој метода за одређивања масеног удела и степена дисперзије NaA зеолита у полимерној матрици помоћу рендгеноструктурне анализе (XRD) и инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом (FTIR);
- анализа утицаја масеног удела зеолита на диелектричне особине LDPE/NaA композита;
- анализа зависности топлотних карактеристика LDPE/NaA композита у функцији масеног удела зеолита.

3) Опис садржаја дисертације

У првом поглављу „Увод“ дат је кратак преглед садржаја докторске дисертације.

У другом и трећем поглављу приказане су опште карактеристике полимера и зеолита. Описане су структура и физичка својства полиетилена, као и сва три нивоа уређења полиетилена (молекуларни, надмолекуларни и супермолекуларни). Такође, описана је и структура NaA зеолита.

Методe за добијање полимерних композита описане су у четвртм поглављу. Описане су основе *in situ* и *ex situ* метода, уз детаљан опис методе синтезе LDPE/NaA композита испитиваног у тези.

У петом поглављу дат је теоријски осврт на диелектричне особине полимера, као и на утицај масеног удела пуниоца у композиту на његову једносмерну проводност.

Теоријске основе топлотне проводности полимера, као и теоријски модели који предвиђају вредности топлотне проводности LDPE/NaA композита дати су у шестом и седмом поглављу. У шестом поглављу анализиран је појам топлотне дифузивности и представљена је ласерско импулсна метода која је коришћена за одређивање топлотне дифузивности LDPE/NaA композита. У седмом поглављу описани су најзаступљенији теоријски модели за топлотну проводност двокомпонентних композита, тј. серијски, паралелни, геометријски, *Maxwell*-ов, *Lewis-Nilsen*-ов, *Russell*-ов, *Maxwell-Garnett*-ов, *Hamilton-Crosser*-ов и *Bruggeman*-ов модел.

Експерименталне технике и методе коришћене у овој дисертацији описане су у осмом поглављу. У истом поглављу наведен је и детаљан опис синтезе LDPE/NaA композита. У синтетисаним узорцима LDPE/NaA композита вредности масеног удела зеолита су у интервалу од 5 % до 30 %. Описане су методе коришћене за анализу композитних узорака (диференцијална скенирајућа калориметрија, скенирајућа електронска микроскопија, рендгеноструктурна анализа, инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом, термогравиметријска анализа, ласерска импулсна метода и диелектрична спектроскопија).

У оквиру деветог поглавља приказани су експериментални резултати добијени у оквиру рада на тези. Такође, описане су методе развијене за одређивање масеног удела и степена дисперзије зеолита у композиту применом XRD и FTIR анализа. Урађена је XRD и FTIR анализа прашкастих калибрационих смеша, као и LDPE/NaA композита, што је омогућило израчунавање површина пикова зеолита код XRD анализе, односно апсорпционих трака у случају FTIR анализе. Детаљно је анализирана добијена зависност површине аналитичког пика зеолита од масеног удела зеолита у калибрационој смеси. Ова зависност је искоришћена за одређивање масеног удела зеолита у LDPE/NaA композиту. За квантитативно одређивање степена дисперзије зеолита у композиту снимљени су XRD и FTIR спектри на пет насумично одабраних места на композитној плочи и израчунати масени удели зеолита у њима, на основу чега је одређен степен дисперзије зеолита у композиту. За квалитативно одређивање дисперзије зеолита у композиту коришћена је SEM анализа. Резултати за вредности масеног удела зеолита у композиту, добијени применом XRD и FTIR анализа, потврђени су термогравиметријском анализом (TGA). Диференцијална скенирајућа калориметрија (DSC) коришћена је за одређивање специфичног топлотног капацитета и температуре топљења композита. Топлотна дифузивност композита одређена

је ласерско импулсном методом, а добијени подаци искоришћени су за израчунавање топлотне проводности. Детаљно је анализирана зависност топлотне проводности од масеног удела зеолита, а добијене вредности упоређене са оним добијеним коришћењем различитих теоријски модела. Извршена је детаљна анализа утицаја масеног удела зеолита на диелектичне параметаре композита. Анализирана су два релаксациона пика, присутна на графику фреквенцијске зависности имагинарног дела диелектричне пропустљивости и одређена су одговарајућа времена релаксације. Анализиран је утицај масеног удела зеолита на електричну проводност композита.

У десетом поглављу наведени су најважнији закључци дисертације.

4) Објављени резултати који су део докторске дисертације

Филип Маринковић је резултате истраживања приказаних у дисертацији публиковао у два рада у водећим међународним часописима:

1. Marinković, F., Popović, D., Jovanović, J., Stanković, B., Jevtić, S. and Adnadjević, B., 2022. Thermal and dielectric properties of low-density polyethylene/NaA zeolite composites. *Polymer International*, 71(1), pp.66-73.

2. Marinkovic, F.S., Popovic, D.M., Jovanovic, J.D., Stankovic, B.S. and Adnadjevic, B.K., 2019. Methods for quantitative determination of filler weight fraction and filler dispersion degree in polymer composites: Example of low-density polyethylene and NaA zeolite composite. *Applied Physics A*, 125(9), pp.1-9.

Закључак

На основу изложеног сматрамо да је дипломирани физичар Филип Маринковић у раду на својој докторској дисертацији под насловом „Диелектричне и топлотне особине композита на бази полиетилена ниске густине и NaA зеолита“ добио и приказао оригиналне резултате који представљају значајан допринос у области физике кондензоване материје. Зато предлажемо Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду да овај Извештај прихвати као позитивну оцену дисертације и да Извештај и текст дисертације послуже као основ за покретање одговарајуће административне процедуре која ће довести до јавне одбране дисертације.

У Београду, 12. 7. 2022.

Чланови комисије

Проф. др Андријана Жекић,
Редовни професор
Универзитет у Београду-Физички факултет

Доц. др Славица Малетић
Доцент
Универзитет у Београду-Физички факултет

др Бранислав Станковић
Научни сарадник
Универзитет у Београду-Факултет за
физичку хемију