

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ

35/285
(Број захтева)
18.10.2019.
(датум)

Образац 2
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ
НАУКА

(назив већа научне области коме се захтев упућује)

Београд, Студентски трг бр. 1

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета у Београду” број 162/11, пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Rouaida Mohamed Abozaid, мастер инжењер

КАНДИДАТ: **Rouaida Mohamed Abozaid** пријавила је докторску дисертацију под називом:

„Физичко механичка својства полимерних композита са наномодификованим монокристалима” (Physic mechanical properties of polymer composites with nanomodified single crystals)“

Из научне области: **ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО**

Универзитет је дана **26.11.2018.** године, својим актом **61206-5207/2-18**, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„Физичко механичка својства полимерних композита са наномодификованим монокристалима” (Physic mechanical properties of polymer composites with nanomodified single crystals)“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Rouaida Mohamed Abozaid** образована је на седници Наставно-научног већа одржаној **04.07.2019.** године Одлуком Факултета под бр. **35/227**, у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1. Др Весна Радојевић	Редовни професор	Инжењерство материјала
2. Др Зорица Лазаревић	Виши научни сарадник	Физика
3. Др Петар Ускоковић	Редовни професор	Инжењерство материјала
4. Др Радмила Јанчић-Хајнеман	Редовни професор	Инжењерство материјала
5. Др Душица Стојановић	Виши научни сарадник	Инжењерство материјала
6. Др Ивана Радовић	Научни сарадник	Инжењерство материјала

Студент је уписан на докторске студије шк. 2014/2015. године.

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **29.08.2019.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 29.08.2019. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Весна Радојевић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Зорица Лазаревић, виши научни сарадник Универзитета у Београду Институт за физику, Београд, др Петар Ускоковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет др Радмила Јанчић-Хајнеман, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Душица Стојановић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Ивана Радовић, научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: **„Физичко механичка својства полимерних композита са наномодификованим монокристалима (Physic mechanical properties of polymer composites with nanomodified single crystals)“** коју је поднела **Rouaida Mohamed Abozaid**, мастер инжењер и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Rouaida Mohamed Abozaid, под називом **„Физичко механичка својства полимерних композита са наномодификованим монокристалима (Physic mechanical properties of polymer composites with nanomodified single crystals)“** Одлуком број: 61206-5207/2-18 од 26.11.2018. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M22:

1. Abozaid R. M., Lazarević Z. Ž., Radojević V., Rabasović M. S., Šević D., Rabasović M. D., Romčević N. Ž., Characterization of neodymium doped calcium tungstate single crystal by Raman, IR and luminescence spectroscopy, *Science of Sintering*, vol. 50, no. 4, pp. 445-455, 2018, (IF 2016 = 0.736) (Materials Science, Ceramics, 15/26) (ISSN 0350-820X (Print); 1820-7413 (Online)).
doi: <https://doi.org/10.2298/SOS1804445A>
2. Abozaid R. M., Lazarević Z. Ž., Radović I., Gilić M., Šević D. ., Rabasović M. S, V. Radojević, Optical properties and fluorescence of quantum dots CdSe/ZnS-PMMA composite films with interface modifications, *Optical Materials*, vol. 92, pp. 405-410, 2019, (IF 2018 = 2.687) (Optics, 34/95; Materials Science, Multidisciplinary, 120/293). (ISSN 0925-3467).
<https://doi.org/10.1016/j.optmat.2019.05.012>

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, ментору, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Rouaide Mohamed Abozaid

Odlukom br. 35/227. od 04. 07. 2019.godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Rouaide Mohamed Abozaid pod naslovom

"Fizičko mehanička svojstva polimernih kompozita sa nanomodifikovanim monokristalima"
"Physic mechanical properties of polymer composites with nanomodified single crystals"

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa Kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

R E F E R A T

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- **Školske 2014/15** godine kandidat Rouaida Mohamed Abozaid je upisala Doktorske studije na Univerzitetu u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, profil Inženjerstvo materijala.
- **10. 05. 2019.** Kandidat Rouaida Mohamed Abozaid je predložila temu doktorske disertacije pod nazivom "Fizičko mehanička svojstva polimernih kompozita sa nanomodifikovanim monokristalima" (Physic mechanical properties of polymer composites with nanomodified single crystals).
- **31. 05. 2018.** na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu doneta je odluka (br. 35/185 od 31. 05. 2018.) o imenovanju članova Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Rouaide Mohamed Abozaid, dipl. inž. pod naslovom "Fizičko mehanička svojstva polimernih kompozita sa nanomodifikovanim monokristalima" (Physic mechanical properties of polymer composites with nanomodified single crystals).
- **01. 11. 2018.** na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu doneta je odluka o prihvatanju teme doktorske disertacije pod "Fizičko mehanička svojstva polimernih kompozita sa nanomodifikovanim monokristalima" (Physic mechanical properties of polymer composites with nanomodified single crystals), a za mentore su imenovane dr Vesna Radojević i dr Zorca Lazarević, Odluka br. 35/392 od 01. 11. 2019.
- **26. 11. 2018.** Veće naučnih oblasti tehničkih nauka donosi odluku po kojoj daje saglasnost na predlog teme "Fizičko mehanička svojstva polimernih kompozita sa nanomodifikovanim monokristalima" (Physic mechanical properties of polymer composites with nanomodified single crystals) kandidata Rouaide Mohamed Abozaid, dipl. inž., Odluka br. 61206-5207/2-18 od 26. 11. 2018.

- **04. 07. 2019.** Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je odluka o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije Rouaide Mohamed Abozaid, dipl. inž. pod naslovom "Fizičko mehanička svojstva polimernih kompozita sa nanomodifikovanim monokristalima" (Physic mechanical properties of polymer composites with nanomodified single crystals). Odluka br. 35/227. od 04. 07. 2019.

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo i užoj naučnoj oblasti Inženjerstvo materijala za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Mentori su dr Vesna Radojević, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, uža nučna oblast Inženjerstvo materijala, i dr Zorica Lazarević, viši naučni saradnik Instituta za fiziku, Univerzitet u Beogradu, u oblasti prirodno-matematičkih nauka - uža nučna oblast Fizika. Na osnovu dosadašnjih objavljenih radova i iskustava kompetentne su da rukovode izradom ove doktorske disertacije.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Rouaida Mohamed Abozaid rođena je 07.01.1976. godine u Tripoliju, Libija. Fakultet je završila je na Tripoli Univerzitetu, Libija, Departman Fizika. Master studije na Szent Istvan University, Madjarska na Departmanu Mašinstvo odbranila je 2006. godine. Radila je na Zawia University, Libija Departman za Kompjuterske nauke od 2007-2009. godine. Doktorske studije upisala je 2014. godine na Univerzitetu u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, profil Inženjerstvo materijala.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata Rouaide Mohamed Abozaid, dipl. inž. pisana je na engleskom jeziku i sadrži 119 strana A4 formata, 60 slika, 4 tabele i 188 literaturnih navoda. Doktorska disertacija se sastoji od sledećih poglavlja: *Apstrakt* (na srpskom i engleskom jeziku), *Uvod*, *Teorijski deo* (Uvod, Kompozitni materijali; Modifikacija međupovršine matrica- aktivni medium; Optički aktivni monokristali, Svojstva i procesiranje kalcijum wolframata dopiran neodijumom ($\text{CaWO}_4:\text{Nd}^{3+}$), Dobijanje monokristala; Nano monokristali i kvantne tačke; Optički aktivni kompozitni materijali s polimernom matricom i uticaj modifikacije međupovršine na svojstva kompozita i metode karakterizacije optički aktivnih kompozita), *Eksperimentalni deo* (Procesiranje monokristala kalcijum wolframata dopiran neodijumom ($\text{CaWO}_4:\text{Nd}^{3+}$), Procesiranje laminatnih kompozita sa matricom od poli(metilmetakrilat)-a na bazi ($\text{CaWO}_4:\text{Nd}^{3+}$) sa i bez nanomodifikacije površine monokristala; Procesiranje kompozitnih filmova i nanovlakana od poli(metilmetakrilat)-a i kvantnih tačaka kadmijum selenid/cink sulfid (CdSe/ZnS) bez i sa nanomodifikacijom površine kvantnih tačaka; Karakterizacija monokristala i kompozita: optička, mehanička i termička svojstva), *Zaključak*, *Literatura*, *Biografija* i *Prilozi*. Prilozi sadrže izjavu o autorstvu, izjavu o istovetnosti štampane i elektronske verzije rada i izjavu o korišćenju.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U okviru ove disertacije prikazana su istraživanja mogućnosti modifikacije površine monokristala tokom sinteze optički aktivnih polimernih kompozita. U uvodnom delu je prikazan predmet, sadržaj i cilj doktorske disertacije. Predmet obuhvata istraživanja u oblasti funkcionalnih optoelektronskih kompozita za primenu u oblasti komunikacijskih i navigacionih tehnika i razvoja

integralne optike i fotonike. Predočen je plan procesiranja laminatnih i nanokompozita na bazi monokristala kao i cilj istraživanja koji predstavlja uspostavljanje korelacije između procesnih parametara- modifikacije međupovršine matrica-aktivni medijum i optičkih svojstava kompozita.

U *Teorijskom delu* je u prvom poglavlju dat prikaz strukture i klasifikacije kompozitnih materijala. Struktura kompozita sastoji se od kontinualne faze- matrice u koju je ugrađena jedna ili više diskontinualnih faza- aktivnih medijuma. Aktivni medijum može imati funkciju poboljšanja mehaničkih svojstava, a može modifikovati i neka druga svojstva kompozita kao na primer, toplotna, akustična, električna, magnetna, optička i druga. U okviru ovog dela dat je pregled kompozitnih materijala prema obliku diskontinualne faze kao i prema vrsti matrice, s naglaskom na polimerne matrice. Posebno je obrađen proces, hemizam i uloga modifikacije međupovršine matrica-aktivni medijum.

U drugom poglavlju dat je pregled dosadašnjih saznanja o strukturi i svojstvima optički aktivnih monokristala, kao i metoda dobijanja. Monokristali predstavljaju integralne savršene kristale čija je kristalna rešetke kontinualna i neprekidna u celom uzorku, bez prisustva granice zrna, t.j. ceo uzorak je jedan kristal, bez promene rasporeda i pakovanja atoma u svim pravcima. Čitav niz optoelektronskih poluprovodničkih monokristala predstavlja materijale za konverziju energije zbog svoje elektronske konfiguracije. Naime energetski procep između valentne i provodne zone omogućava apsorpciju elektromagnetnog zračenja i emitovanja fotona na višem (up conversion) ili nižem energetskom nivou (down conversion). Jedan od materijala koji privlači pažnju je kalcijum wolframat kao nosivi materijal u koji se mogu ugrađivati aktivni joni retkih zemalja. Monokristala kalcijum wolframata dopiran neodijumom ($\text{CaWO}_4:\text{Nd}^{3+}$) je pored laserske primene interesantan i za akustično-optičke filtere, LED diode i senzore. Zbog toga je jako važno optimizovati proces rasta kristala radi dobijanja monokristala visokog kvaliteta. Sa smanjenjem dimenzija materijala do nivoa da se nelektrisanje kreće samo u 2 dimenzije do tzv. 2D kvantnog ograničenja 2D strukture. Sledeći nivo su 1D strukture-kvantne žice. Poslednji nivo su nulte strukture 0D- kvantne tačke (*quantum dots*-QD).

U trećem delu je prikazan pregled istraživanja u oblasti optički aktivnih polimernih kompozita. U okviru transparentne polimerne matrice čestice monokristala treba da održe svoja funkcionalna-optička svojstva. Rezultujuća svojstva kompozitnih materijala zavise od svojstava i sadržaja konstituenata, njihove međusobne interakcije (sinergijski efekat), raspodele konstituenata, geometrije i orijentacije diskontinualne faze. Struktura i svojstva međupovršina između konstituenata u kompozitnom materijalu igraju vrlo bitnu ulogu u određivanju fizičkih i mehaničkih svojstava kompozitnih materijala. Uloga međupovršine je značajna, jer je jako važno očuvanje scintilacionih svojstava monokristala u polimernoj matrici.

Na kraju teorijskog dela dat je pregled metoda karakterizacije i fizičko mehaničkih ispitivanja optički aktivnih polimernih kompozita.

Eksperimentalni deo je organizovan u više poglavlja: Pregled primenjenih materijala; Procesiranje i karakterizacije monokristalnog ($\text{CaWO}_4:\text{Nd}^{3+}$) i kompozita sa poli (metilmetakrilat)-om (PMMA) kao transparentnom polimernom matricom i nanomodifikovanim monokristalima; Rezultati i diskusija. U prva dva poglavlja su navedeni materijali korišćeni za sintezu i procesiranje i prikazane metode karakterizacije dobijenih uzoraka uz detaljan opis eksperimentalnih uslova. U okviru poglavlja *Rezultati i diskusija* je uspostavljena korelacija između procesnih parametara i ostvarenih optičkih i fizičko-mehaničkih svojstava, sa posebnim osvrtom na ulogu modifikatora veze matrica-monokristal.

U prvom delu eksperimentalnog istraživanja je izvedeno dobijanje i karakterizacija visoko kvalitetnog monokristala ($\text{CaWO}_4:\text{Nd}^{3+}$) modifikovanom metodom po Čohralskom. Dobijen je monokristal dobrog kvaliteta što je potvrđeno rendgensko difrakcionom analizom (XRD), infra crvenom (IR) i Ramanovom spektroskopijom i fluoroscentnim merenjima.

U drugom eksperimentalnog rada procesiran je laminatni kompozit sa slojevima ($\text{CaWO}_4:\text{Nd}^{3+}$) i PMMA. Izvedene su serije eksperimenata sa monokristalnim slojevima sa i bez nanomodifikacije silanom. Kao modifikator površine korišćen je 3-merkaptopropil-trimetoksi-silan (MPTMS) zbog obezbeđivanja dobre transparentnosti u kompozitu. U *Rezultima i diskusiji*

pokazano je da se tokom procesiranja kompozita ostvaruje se sekundarna Van der Vals veza između silana i PMMA te stoga modifikacija ne utiče na optička svojstva kompozita što je dokazano infra crvenom (IR) i Raman spektroskopijom i laserski indukovanom fluorescencijom. Ispitivanja tvrdoće metodom mikro Vickers pokazano je da kompozitna tvrdoća polimerne prevlake jača sa modifikacijom površine.

Treći deo eksperimentalnog dela posvećen je procesiranju i karakterizaciji kompozita PMMA- CdSe/ZnS kvantne tačke, takođe sa i bez nanomodifikacije silanom. Kvantne tačke predstavljaju poluprovodne monokristalne nanostrukture, čiji su nosioci naelektrisanja prostorno ograničeni u sve tri dimenzije, a tačne vrednosti energetskog procepa su određene veličinom tačke. Transparentnost i optička aktivnost kompozita postignuta je ugradnjom nanočestica dimenzija manjih od talasne dužine vidljivog spektra. Kada su u pitanju kompozitni filmovi dobijeni materijal je pokazao dobro očuvanu optičku aktivnost i fluorescenciju a poboljšana su termička i mehanička svojstva kompozita u odnosu na čist polimer. Kod viš nanokompozita je nanomodifikacija kvantnih tačaka uticala na bolju disperziju i deaglomerizaciju nano monokristala. Na taj način su postignuta poboljšana optička svojstva u odnosu na nemodifikovane monokristale. Pik fluorescentnog emisionog spektra je vraćen još bliže ka vrednostima za čiste QD. U okviru ovog dela procesirana su i nanokompozitna vlakna PMMA- CdSe/ZnS metodom elektropredenja. Postignuti rezultati pokazuju povećanje redukovano modula elastičnosti i tvrdoće uz očuvanje optičkih svojstava QD.

U *Zaključku* su ukratko sumirani svi dobijeni rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji i iznet je njihov značaj za pravce razvoja i primene optički aktivnih polimernih kompozita sa nanomodifikovanim monokristalima.

Poglavlje *Literatura* obuhvata 188 referenci iz oblasti istraživanja i pokriva sve delove disertacije.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Funkcionalni optički aktivni kompoziti predstavljaju materijale visokih performansi kod kojih se mogu dizajnirati specifična svojstva zavisno od primene i zahteva u eksploataciji. Predmet su velikog interesovanja zbog mogućnosti podešavanja svojstava kontrolisanjem sastava i morfologije različitim procesnim tehnikama ili modifikacijom međupovršine matrica-aktivni medijum. Prednost polimernih kompozita na bazi monokristala je mogućnost kombinacija optičke aktivnosti neorganskih poluprovodničkih monokristala sa fleksibilnošću i pogodnim procesiranjem polimera. Pored toga, postoji i mogućnost simultane kontrole lokacije i sadržaja pojedinačnih medijuma. Pored dimenzije monokristalnog medijuma, takođe i pozicija unutar fotonske strukture, kao i orijentacija emisionog dipola na međufaznoj granici igraju važnu ulogu u kvantnom prinosu kompozitnog materijala. Tako da je takodje važan doprinos u okviru ove disertacije istraživanje uticaja promene međufazne granice na kvalitet odgovora kompozitnog materijala.

Tokom poslednjih godina vlada neprekidno interesovanje za optički aktivne monokristale zbog njihovih sjajnih optičkih svojstava koja su osnova njihove široke primene kao fosfora, laserskih materijala i scintilacionih detektora. Pored toga, postoje i druge aplikacije za ove materijale kao što je u visokoenergetskoj fizici. Istraživanja sa kalcijum wolframatom (CaWO_4) u oblasti ispitivanja crne materije u astrofizici potaknula su dalja istraživanja u dobijanju monokristala što boljeg kvaliteta i optičkih svojstava. Jedan od načina poboljšanja je i dopiranje atomima retkih zemalja. Stoga su istraživanja u okviru ove disertacije gde je dobijen monokristal kalcijum wolframata dopiran neodijumom ($\text{CaWO}_4:\text{Nd}^{3+}$) dobrog kvaliteta izuzetno atraktivna i aktuelna. Dalja ugradnja u polimerne kompozite doprinosi boljem iskorišćenju dobijenih kristala u oblašti prenosa signala.

Ugradnjom optoelektronskih monokristala u polimernu matricu menja se granična površina prelamanja elektromagnetnog zraka, sa monokristal-vazduh, preko monokristal-polimer do monokristal-silan-polimer. Pored toga, optička svojstva procesiranih kompozita zavise od veličine,

oblika, sadržaja i raspodele monokristalnog medijuma tako da takođe treba uspostaviti korelaciju između ovih parametara. Zbog toga je u okviru ove disertacije posebno praćen uticaj modifikacije površine monokristala na optička svojstva kompozita i na makro i na nano nivou, tj. i kod laminatnog kompozita sa ($\text{CaWO}_4\text{:Nd}^{3+}$) i kod nanokompozita s kvantnim tačkama. Prezentirani rezultati istraživanja daju bolji uvid u fenomenologiju i uspostavljene korelacije između hemijske nanomodifikacije optički aktivnih monokristala i njihovog optičkog odziva u kompozitu. Takođe definisani su procesi sinteze kompozitnih materijala sa modifikovanim puniocima i agensima i ustanovljeni procesni parametri za dobijanje ovih kompozita.

Pokazano je da procesni parametri kao i sadržaj oblik pa i nivoi organizovanosti nano do makro struktura monokristala utiču na optička (IR, Raman i emisioni fluorescentni spektar), termička (temperatura transformacije) i mehanička svojstva (modul elastičnosti i tvrdoća) polimernog kompozita.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U doktorskoj disertaciji je citirano 188 literaturnih navoda koja se odnose na istaživanja vezana za problematiku dobijanja optički aktivnih monokristala poluprovodničkih materijala, njihovu karakterizaciju kao i scintilacionih kompozitnih materijala s polimernom matricom. Literaturni pregled je obuhvatio veliki broj publikovanih naučnih radova iz oblasti: luminiscentnih monokristala, optoelektronskih kompozita s polimernom matricom metoda dobijanja nano i mikro modifikovanih polimernih filmova i savremenih metoda za karakterizaciju, termičkih, optičkih i mehaničkih svojstava kompozita. U okviru disertacije dat je potpun kritički literaturni pregled po pojedinim poglavljima i temama relevantnim za istaživanja kao i poređenja dobijenih rezultata sa slično publikovanim rezultatima.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U istaživanjima u okviru ove doktorske disertacije korišćene su savremene metode kako procesiranja, tako i karakterizacije materijala u svim fazama eksperimentalnih istaživanja.

Dobijen je monokristal ($\text{CaWO}_4\text{:Nd}^{3+}$) metodom po Čohralskom. Primenom XRD analize određeno je prisustvo kristalnih faza i orijentacija monokrista ($\text{CaWO}_4\text{:Nd}^{3+}$). Izvedeno je procesiranje slojevitih laminatnih kompozita ($\text{CaWO}_4\text{:Nd}^{3+}$)- PMMA i nano kompozita kvantne tačke CdSe/ZnS- PMMA.

Ispitivanje optičkih svojstava kako polaznih konstituenata tako i kompozita izvedeno je primenom Raman spektroskopije, infra crvenom spektroskopijom, a emisioni spektar metodom vremenski razložene laserski indukovane fluorescencije. Ostvarene veze tokom modifikacije površine monokristala i u kompozitu ispitivane su primenom tehnike infracrvene spektroskopije sa Furijeovom (Fourier) transformacijom - FTIR spektroskopija. Termička svojstva su ispitana primenom diferencijalne skenirajuće kalorimetrije - DSC analiza. Morfologija kao i struktura kompozita ispitana je skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM). Mehanička svojstva su ispitivana metodom nanoindentacije i ispitivanjem mikrotvrdoće po Vickersu. Na ovaj način bilo je moguće ispitati uticaj modifikacije međupovršine polimer-monokristal na optička, termička i mehanička svojstva dobijenih kompozita.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Luminiscentni polimerni kompoziti materijali spektar potencijalne primene zbog njihove niske cene i lakoće procesiranja, kao i efikasnosti, veličine i kompaktnost u odnosu na druge luminiscentne sisteme. Postupci procesiranja kompozita i dobijanje filmova, vlakana ili laminata kao i rezultati ispitivanja dobijenih materijala predstavljaju dobru osnovu za razvoj optički aktivnih kompozitnih materijala za različite primene.

Ovi kompoziti mogu da se koriste za različite aplikacije koje uključuju 3D nano-elektronska kola i optoelektronske sisteme, LED sisteme, detektore X-zraka, solarne ćelije, komunikacione i fotonske sisteme. Takođe se mogu koristiti kao bezbedonosni detektori, skeneri, luminiscentni svetlovodi, laseri i senzori. Pored toga, nanomodifikovani kompozitni materijali mogu naći primenu u biomedicinskim tehnikama, radiologiji, endoskopiji i dozimetriji.

Istraživanja u okviru ove disertacije su upotpunila saznanja o mogućnostima održanja optičke aktivnosti onokristala tokom procesiranja kompozita s polimernom matricom. Naime, za postizanje dobrih fizičko-mehaničkih svojstava polimernih kompozita neophodna je modifikacija i poboljšanje veze matrica-monokristal. Prezentirani rezultati su pokazali da je moguće, pogodnim izborom modifikatora očuvati pa čak i poboljšati optičku aktivnost funkcionalnih medijuma u polimernom kompozitu.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

U toku izrade doktorske disertacije, kandidat disertacije Rouaida Mohamed Abozaid je pokazala sposobnost da samostalno i kritički napravi literaturni pregled, pripremi i realizuje eksperimente, kao i da analizira dobijene rezultate. Tokom izrade doktorske disertacije ovladala je brojnim tehnikama koje se koriste za karakterizaciju optički aktivnih kompozitnih materijala. Kandidat poseduje sve kvalitete neophodne za naučno-istraživački rad i samostalnu prezentaciju dobijenih rezultata.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Rezultati dobijeni u ovoj doktorskoj disertaciji daju značajan doprinos razumevanju uticaja nanomodifikacije površine monokristala i ostvarene veze s polimernom matricom na optička, termička i mehanička svojstva dobijenih kompozitnih materijala sa polimernom matricom.

Naučni doprinos rezultata istraživanja ostvarenih u okviru ove doktorske disertacije je sledeći:

- Definisani su procesni parametri za dobijanje monokristala ($\text{CaWO}_4:\text{Nd}^{3+}$) dobrih optičkih karakteristika;
- Prema literaturnom pregledu, prvi put je razvijena modifikovana metoda dobijanja laminatnog luminiscentnog kompozita ($\text{CaWO}_4:\text{Nd}^{3+}$)- PMMA;
- Definisani su optimalni procesni parametri sinteze kompozitnih filmova i nanovlakana ugradnjom nano luminiscentnih monokristala – kvantnih tačaka CdSe/ZnS;
- Uspostavljena je korelacija između hemizma reakcije modifikacije monokristala i međupovršine polimer-monokristal i postignutih optičkih, termičkih i mehaničkih svojstava dobijenih kompozita.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja u okviru ove disertacije razvijala su se u pravcu ispitivanja uticaja procesiranja na svojstva kompozita sa polimernom matricom sa ugrađenim monokristalima različitih dimenzija i nivoa organizovanosti. Za dobra fizička i mehanička svojstva kompozitnog materijala izuzetno je važno da se ostvari veza između matrice i optički aktivnog medijuma-monokristala. Posebna pažnja je bila posvećena modifikovanju površine monokristala radi bolje kompatibilnosti s matricom. Pored ostalih fizičko-mehaničkih svojstava, posebno su praćena optička svojstva monokristala koja se sada u procesu ugradnje u matricu takođe modifikuju. Granična površina za refrakciju optičkog signala se menja od monokristal- vazduh, preko monokristal- polimer do monokristal-silan-polimer.

Takođe su detaljno istražene mogućnosti poboljšanja optičkih transmisivnih svojstava polimernih laminatnih kompozita, filmova i nanovlakana na bazi monokristala kako bi se proširila mogućnost njihove primene i u oblasti fotonskih sistema. U slučaju laminatnog kompozita ovakav

pristup omogućava maksimalno iskorišćenje monokristalnih slojeva za primenu u laserima i dozerima. Transparentni polimer koji povezuje pločice monokristala obezbeđuje dobra mehanička svojstva dok je optička aktivnost monokristala očuvana. S druge strane, kod nanokompozita, modifikacija površine dodatno disperguje kvantne tačke tako da su poboljšana mehanička svojstva, a emisijski fluorescentni pik se približava osnovnoj vrednosti čistog monokristala. Na ovaj način je moguće dizajnirati optički aktivne kompozitne materijale sa proširenim opsegom primene u zavisnosti od eksploatacionih zahteva i specifičnih funkcionalnih konstituenata - laminatni kompoziti ($\text{CaWO}_4\text{:Nd}^{3+}$)-PMMA, kao i fluorescentne kompozitne filmove dopirane kvantnim tačkama.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Iz disertacije je do sada objavljeno pet radova: dva u istaknutim međunarodnim časopisima kategorije M22, i tri saopštenja kategorije M34. Nakon izvršene provere originalnosti podnete teze, izveštaj ukazuje na originalan doprinos doktorske disertacije.

M22 Istaknuti međunarodni časopis

1. Abozaid R. M., Lazarević Z. Ž., Radojević V., Rabasović M. S., Šević D., Rabasović M. D., Romčević N. Ž., Characterization of neodymium doped calcium tungstate single crystal by Raman, IR and luminescence spectroscopy, *Science of Sintering*, vol. 50, no. 4, pp. 445-455, 2018, (IF 2016 = 0.736) (Materials Science, Ceramics, 15/26) (ISSN 0350-820X (Print); 1820-7413 (Online)).
doi: <https://doi.org/10.2298/SOS1804445A>
2. Abozaid R. M., Lazarević Z. Ž., Radović I., Gilić M., Šević D., Rabasović M. S., V. Radojević, Optical properties and fluorescence of quantum dots CdSe/ZnS-PMMA composite films with interface modifications, *Optical Materials*, vol. 92, pp. 405-410, 2019, (IF 2018 = 2.687) (Optics, 34/95; Materials Science, Multidisciplinary, 120/293). (ISSN 0925-3467).
<https://doi.org/10.1016/j.optmat.2019.05.012>

M34 Saopštenje sa međunarodnog skupa, štampano u izvodu

1. Abozaid R. M., Stojanović D. B., Radisavljević A., Sević D. M., Rabasović M. S., Uskoković P. S., Radojević V. J., "Electrospun PMMA nanofibers doped with CdSe/ZnS core shell quantum dots", *Proceedings of YUCOMAT 2017*, Herceg Novi, Montenegro, September 4-8, 2017, The Book of Abstracts, p. 94.
2. Abozaid R. M., Radović I. M., Lazarević Z., Šević D., Rabasović M. S., Radojević V., "Processing and characterization of polymer nanocomposites with embedded ceramic quantum dots", *Proceedings of Advanced Ceramics and Application VII Conference*, Belgrade, Serbia, 17-19th Sept. 2018, p. 59
3. Abozaid R., Radojević V., Radović I., Lazarević Z., Romčević N., Sević D., Rabasović M., "Influence of QD-PMMA interface modification on optical and mechanical properties of composite films", *TechConnect World Innovation Conference Program*, <https://www.techconnectworld.com/World2019/program.html>, Boston, USA, 2019.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Rezultati istraživanja u okviru doktorske disertacije Rouaide Mohamed Abozaid doprinose povećanju nivoa znanja o fenomenologiji modifikacije granice faza matrica-aktivni medijum i njenom značaju za fizičko-mehanička svojstva optički aktivnih kompozitnih materijala sa polimernom matricom. Time se omogućava dizajniranje i modifikovanje strukture na nano, mikro

i mezo nivou i proširuje oblast primene ovih materijala u elektronskim tehnologijama, komunikacionim i fotonskim sistemima.

Nakon pregleda doktorske disertacije i svega iznetog, Komisija je konstatovala da podneta doktorska disertacija ima sve neophodne sadržaje i da je napisana u skladu sa uobičajenim standardima. Izloženi materijal je sistematizovan i dobro organizovan. Predmet i ciljevi istraživanja su jasno navedeni, ostvareni rezultati i doprinos istraživanja su verifikovani kroz odgovarajući broj naučnih publikacija.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću TMF-a da prihvati ovaj Referat i da se doktorska disertacija Rouaide Mohamed Abozaid, dipl. inž. pod naslovom **"Fizičko mehanička svojstva polimernih kompozita sa nanomodifikovanim monokristalima"** (**Physic mechanical properties of polymer composites with nanomodified single crystals**) prihvati, izloži na uvid javnosti i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, te nakon završetka procedure, pozove kandidata na usmenu odbranu doktorske disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 20.08.2019.

ČLANOVI KOMISIJE

.....
Prof. Dr Vesna Radojević, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
Dr Zorica Lazarević, viši naučni saradnik
Univerziteta u Beogradu, Institut za fiziku

.....
Prof. Dr Petar Uskoković, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
Prof. Dr Radmila Jančić Hajneman, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
Dr Dušica Stojanović, viši naučni saradnik
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
Dr Ivana Radović, naučni saradnik,
Univerziteta u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča