

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Hane Ibrahim El Swie

Odlukom br. 35/38. od 23. 02. 2017. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Hane Ibrahim El Swie pod naslovom

Sinteza i karakterizacija optički aktivnih kompozita sa polimernom matricom na bazi monokristala

Synthesis and characterization of optical polymer composites based on 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 2012/13** godine kandidat Hana Ibrahim El Swie je upisala Doktorske studije na Univerzitetu u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, profil Inženjerstvo materijala.
- **01. 06. 2016.** Kandidat Hana Ibrahim El Swie je predložila temu doktorske disertacije pod nazivom "Sinteza i karakterizacija optički aktivnih kompozita sa polimernom matricom na bazi monokristala" (Synthesis and characterization of optical polymer composites based on single crystals).
- **23. 06. 2016.** na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu doneta je odluka (35/344 br. od 23. 06. 2016.) o imenovanju članova Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Hane Ibrahim El Swie, dipl. inž. pod naslovom "Sinteza i karakterizacija optički aktivnih kompozita sa polimernom matricom na bazi monokristala" (Synthesis and characterization of optical polymer composites based on single crystals).
- **24. 11. 2016.** na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu doneta je odluka o prihvatanju teme doktorske disertacije pod naslovom "Sinteza i karakterizacija optički aktivnih kompozita sa polimernom matricom na bazi monokristala" (Synthesis and characterization of optical polymer composites based on single crystals), a za mentore su imenovane dr Vesna Radojević i dr Zorca Lazarević, Odluka br. 35/526 od 24. 11. 2016.
- **26. 12. 2016.** Veće naučnih oblasti tehničkih nauka donosi odluku po kojoj daje saglasnost na predlog teme "Sinteza i karakterizacija optički aktivnih kompozita sa polimernom matricom na bazi monokristala" (Synthesis and characterization of optical polymer

composites based on single crystals) kandidata Hane Ibrahim El Swie, dipl. inž., Odluka br. 61206-6524/2-16 od 26. 12. 2016.

- **23. 02. 2017.** Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je odluka o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije Hane Ibrahim El Swie, dipl. inž. pod naslovom "Sinteza i karakterizacija optički aktivnih kompozita sa polimernom matricom na bazi monokristala" (Synthesis and characterization of optical polymer composites based on single crystals), Odluka br. 35/38. od 23. 02. 2017.

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

Hana Ibrahim El Swie rođena je 16. 01. 1985. u Tripoliju, Libija. Srednju školu je završila u školi Shohada Algomoa u Tripoliju 2001. godine. Diplomirala je 2005. na Univerzitetu u Tripoliju, Fakultet prirodnih nauka, Departman za fiziku.

Od 2005. godine zaposlena je kao asistent na Univerzitetu u Tripoliju, Fakultet prirodnih nauka, Departman za fiziku.

Master studije je završila 2011. na Univerzitetu u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, profil Inženjerstvo materijala. Doktorske studije upisala je 2012. godine na Univerzitetu u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, profil Inženjerstvo materijala.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata Hana Ibrahim El Swie , dipl. inž. pisana je na engleskom jeziku i sadrži 124 strane A4 formata, 56 slika, 8 tabela i 200 literaturnih navoda. Doktorska disertacija sadrži sledeća poglavlja: *Apstrakt* (na srpskom i engleskom jeziku), *Uvod*, *Teorijski deo* (Kompozitni materijali i klasifikacija; Optički kompozitni materijali sa polimernom matricom na bazi neorganskih čestica; Rast monokristala iz rastopa; Optički aktivni kompoziti na bazi monokristala nano do mikromodifikovani; Karakterizacija optički aktivnih kompozitnih materijala s polimernom matricom), *Ekperimentalni deo* (Procesiranje monokristala kalcijum fluorida (CaF_2), Procesiranje kompozita sa matricom od poli(metilmetakrilat) na bazi kalcijum fluorida (CaF_2) i kvantnih tačaka kadmijum selenida (CdSe), 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 uvodnom delu je prikazan predmet, sadržaj i cilj doktorske disertacije. Predmet ove doktorske disertacije obuhvata istraživanja u oblasti funkcionalnih optoelektronskih kompozitnih materijala s polimernom matricom za primenu u elektronskim tehnologijama kao i u oblasti komunikacijskih i navigacionih tehnika i mogućnosti razvijanja integralne optike i fotonike.

Kompoziti sa polimernom matricom na bazi monokristala imaju veliki potencijal u oblasti optičkih komunikacionih sistema gde su aktivni mikro do nano kristali dispergovani u optički transparentnu matricu.

U Teorijskom delu je u prvom poglavlju dat pregled dosadašnjih saznanja o strukturi i klasifikaciji kompozitnih materijala. Struktura kompozita sastoji se od kontinualne faze u koju je ugrađena jedna ili više diskontinualnih faza. Kontinualna faza naziva se matrica, a diskontinualna faza ima 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 prikazan je pregled kompozitnih materijala prema vrsti matrice, kao i prema obliku diskontinualne faze. Funkcionalni kompoziti sa polimernom matricom predstavljaju materijale visokih performansi koji pokazuju jedinstvene kombinacije svojstava i mogućnosti dizajniranja.

U drugom poglavlju dat je pregled dosadašnjih saznanja o strukturi i svojstvima optički aktivnih kompozitnih materijala. 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. Drugi, veoma važan aspekt ove disertacije je postavljanje korelacija između procesnih parametara i svojstava dobijenih materijala. Takođe je važno da se postigne i održanje scintilacionih svojstava funkcionalnih nosilaca u polimernoj matrici. U ovom delu dat je pregled dostignuća u ovoj oblasti i opisane su polazne pretpostavke o mogućnosti ugradnje neorganskih i organskih scintilatora u polimere.

U oblasti procesiranja funkcionalnih kompozitnih materijala uloga međupovršine je značajna jer je jako važno očuvanje prvobitnih funkcionalnih svojstava komponenata koje se ugrađuju u kompozit. Neorganski monokristali čine grupu luminiscentnih materijala velike gustine. Zahvaljujući njihovoj velikoj gustini i velikom broju atoma, mogu se koristiti kada je potrebna velika snaga zaustavljanja ili velika efikasnost konverzije elektrona ili fotona. Za intergrisanje nanofotonske sisteme bi naročito bilo korisno kada bi bio dostupan laserski izvor na nano skali, koji karakteriše visoka monohromatičnost i koherencija i koji je neophodan za procesiranje optičkih informacija. Kvantne tačke (*quantum dots*-QD) predstavljaju poluprovodne monokristalne nanostrukture, čiji su nosioci naelektrisanja prostorno ograničeni u sve tri dimenzije. Materijal od koga su tačke izrađene definiše njihove karakteristične energijske vrednosti, međutim tačne vrednosti energijskog procepa su određene veličinom tačke. Posledica ovoga je činjenica da kvantne tačke izrađene od istog materijala, ali različitih veličina emituju zračenje različitih talasnih dužina. Polimeri dopirani sa optoelektronski aktivnim dodacima omogućavaju da se energija nuklearnih zračenja ili UV zraka pretvori u energiju zračenja u vidljivom delu spektra. U poređenju sa kvantnim tačkama (QD) keramički optoelektronski monokristali su bolji kandidati za aktivne optičke kompozite zbog šireg opsega emisijonih zona koje se protežu od ultravioletnog do infracrvenog dela elektromagnetnog spektra. Monokristali predstavljaju kristale čija je kristalna rešetke kontinualna i neprekidna u celom uzorku, bez prisustva granice zrna, t.j. ceo uzorak je jedan kristal.

U trećem poglavlju opisana je fenomenologija procesa kristalizacije iz rastopa i uticaja procesnih parametara na kvalitet monokristala. Kontrolom brzine i pravca odvođenja toplote tokom kristalizacije moguće je uticati na oblik fronta kristalizacije i ugradnju primesa. Na taj način je moguće dobiti monokristal visokog kvaliteta. U ovom poglavlju je takođe dat i pregled metoda rasta kristala iz rastopa.

Eksperimentalni deo je organizovan u više poglavlja: Pregled primenjenih materijala; Metode sinteze i karakterizacije monokristalnog kalcijum fluorida (CaF_2) i procesiranih nano do mikro modifikovanih kompozita; 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. Za polimernu matricu kompozita izabran je komercijalni poli(metilmetakrilat) optičkog kvaliteta. U prvom delu eksperimentalnog istraživanja izvedeno je dobijanje i

karakterizacija visoko kvalitetnog monokristala CaF_2 modifikovanom metodom vertikalni Bridžman u vakuumu. Dobijen je monokristal dobrog kvaliteta što je potvrđeno XRD analizom, infracrvenom i Ramanovom spektroskopijom i fotoluminescentnim merenjima. Takodje su ispitivane električne i dielektrične osobine monokristala CaF_2 na različitim temperaturama. Neorganski monokristali čine grupu luminescentnih materijala velike gustine. Zahvaljujući njihovoj velikoj gustini i velikom broju atoma, mogu se koristiti kada je potrebna velika snaga zaustavljanja ili velika efikasnost konverzije elektrona ili fotona. Kompoziti sa polimernom matricom na bazi monokristala imaju veliki potencijal u oblasti optičkih komunikacionih sistema gde su aktivni mikro do nano kristali dispergovani u optički transparentnu matricu. U slučaju ugradnje čestica monokristalnog kalcijum fluorida CaF_2 u matricu PMMA primenjen je metod uparivanja materijala sa sličnim indeksom refrakcije. U okviru ove disertacije izabrani su poli (metil-metakrilat) sa indeksom refrakcije $n_{600} = 1,49$ i kalcijum-fluorid sa $n_{600} = 1,43$. Ugradnjom scintilacionih čestica u polimernu matricu menja se granična površina prelamanja svetlosti, sa vazduh-kristal na polimer-kristal. Optička svojstva monokristalnog CaF_2 opstaju i u polimernoj sredini, što je pokazano optičkom karakterizacijom kompozita. Termička svojstva kompozita su poboljšana ugradnjom čestica monokristalnog CaF_2 . Drugi deo eksperimentalnog dela posvećen je procesiranju karakterizaciji kompozita PMMA-CdSe kvantne tačke. U ovom slučaju je transparentnost i optička aktivnost kompozita postignuta ugradnjom nanočestica dimenzija manjih od talasne dužine elektromagnetnog zračenja u vidljivoj svetlosti. Kvantne tačke (*quantum dots*-QD) predstavljaju poluprovodne monokristalne nanostrukture, čiji su nosioci naelektrisanja prostorno ograničeni u sve tri dimenzije. Materijal od koga su tačke izrađene definiše njihove karakteristične energijske vrednosti, međutim tačne vrednosti energijskog procepa su određene veličinom tačke. Posledica ovoga je činjenica da kvantne tačke izrađene od istog materijala, ali različitih veličina emituju zračenje različitih talasnih dužina. Polimeri dopirani sa optoelektronski aktivnim dodacima omogućavaju da se energija nuklearnih zračenja ili UV zraka pretvori u energiju zračenja u vidljivom delu spektra. Dobijeni nanomodifikovani kompozitni materijal je pokazao dobro očuvanu optičku aktivnost i fluorescenciju što znači da su optička svojstva i aktivnost kvantnih tačaka očuvani i u polimeru. Takodje, ugradnjom kvantnih tačaka poboljšana su termička i mehanička svojstva kompozita u odnosu na čist polimer.svojstva

U Zaključku su ukratko sumirani svi dobijeni rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji i iznet je njihov značaj za pravce razvoja i primene scintilacionih kompozitnih materijala.

Poglavlje Literatura obuhvata 200 referenci iz oblasti istraživanja i pokriva sve delove disertacije.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Poslednjih godina intenzivno se sprovode istraživanja u oblasti materijala za primenu u komponentama za prenos svetlosnog signala. U toku izrade ove disertacije istražene su mogućnosti procesiranja polimernih luminescentnih kompozitnih materijala kontrolisanih optičkih svojstava na bazi monokristalnih poluprovodničkih materijala. Za dobar optički kvalitet kristala, važna je savršenost kristalne strukture, bez granice zrna koja bi uticala na rasejavanje svetlosti, tako da su monokristali idelni kandidati za ugradnju i polimernu matricu prilikom procesiranja optički aktivnih kompozita. Važan aspekt ove disertacije su utvrdjene korelacije strukturnih, morfoloških i luminescentnih svojstava monokristalnih domena-scintilatora u polimernoj matrici. Jedan od ispitivanih monokristalnih materijala za optičke lasere je kalcijum fluorid kao nosivi materijal u koji se mogu ugrađivati aktivni joni retkih zemalja. Pored laserske primene postoji niz relativno novih i veoma značajnih oblasti primene monokristala kalcijum fluorida pa je stoga razumljiv stalan rast zahteva za njegovim kvalitetom. Potrebe optičke industrije izazvale su mogućnosti upotrebe fluorita, ali širu primenu sprečavalo je vrlo mali broj nalazišta u svetu prirodnih jednorodnih kristala krupnih razmera. Kristali prirodnog optičkog fluorita iz kojih bi mogle biti napravljene pločice ili

sočiva, danas predstavljaju već veliku retkost. U vezi sa tim očigledna je aktuelnost zadatka dobijanja veštačkih kristala optičkog kalcijum fluorida. U okviru ove disertacije je modifikovanom vertikalnom Bridžmanovom metodom rasta kristala iz rastopa, dobijen monokristal dobrog optičkog kvaliteta koji je potom usitnjen i ugrađen u polimernu matricu poli(metil-metakrilat)-a. U okviru ove disertacije, prema literaturnom pregledu, prvi put su ugrađene čestice monokristalnog CaF_2 u polimernu matricu i ispitana optička, termička i mehanička svojstva dobijenog kompozita.

Dobijanje visoko transparentnih kompozita moguće je s jedne strane korišćenjem neorganskih punilaca dimenzija čestica manjih od talasne dužine elektromagnetnog zračenja, da ne bi došlo do rasejavanja. Drugi način je ugradnja materijala sa sličnim vrednostima indeksa refrakcije. Ugradnjom luminiscentnih čestica u polimernu matricu menja se granična površina prelamanja svetlosti, sa vazduh-kristal na polimer-kristal. Prednost kompozita sa polimernom matricom na bazi nano do mikro monokristalnih poluprovodničkog materijala je kombinacija optička aktivnost neorganskih poluprovodničkih monokristala sa fleksibilnošću i pogodnim procesiranjem polimera. Pored toga, postoji i mogućnost simultane kontrole lokacije i sadržaja pojedinačnih emitera. Pored dimenzije monokristalnog emitera, takođe i pozicija unutar fotonske strukture, kao i orijentacija emisionog dipola na međufaznoj granici igraju važnu ulogu u kvantno prinosu luminiscentnog kompozitnog materijala. Tako da je takodje važan doprinos u okviru ove disertacije istraživanja uticaja promene medijuma za prenos signala na kvalitet odgovora kompozitnog materijala.

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

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U doktorskoj disertaciji je citirano 200 literaturnih navoda koja se odnose na istraživanja 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: scintilacionih monokristala, optoelektronskih kompozita s polimernom matricom, nanoindentacije kompozitnih filmova, 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 fenomena koji su istraživani kao i poređenja dobijenih rezultata sa slično publikovanim rezultatima.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U istraživanjima u okviru ove doktorske disertacije korišćene su savremene metode kako procesiranja, tako i karakterizacije materijala u svim fazama eksperimentalnih istraživanja. Razvijena je modifikovana metoda dobijanja monokristalnog CaF_2 iz rastopa. Izvedeno je procesiranje optoelektronskih kompozita inkorporiranjem čestica luminiscentnih monokristala u polimernu matricu i njihovu karakterizaciju kroz ispitivanje fizičko-mehaničkih, a posebno optičkih svojstava.

U početnim istrživanjima u okviru ove disertacije predviđeno je dobijanje i karakterizacija polaznih konstituenata - prevashodno monokristalnog CaF_2 . Primenom XRD analize određeno je prisustvo kristalnih faza i orijentacija monokrista CaF_2 dobijenog modifikovanom vertikalnom Bridžmanovom metodom u vakumu. Metodom fotoluminiscencije je ispitano postojanje defekata zbog prisustva kiseonika. 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

u kompozitu i modifikovanom polimeru ispitivane su primenom FTIR spektroskopije. Termijska svojstva su ispitana primenom DSC analize. Morfologija kao i struktura kompozita i raspodela čestica u kompozitu ispitana je skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM). Mehanička svojstva su ispitivana metodom nanoindentacije i ispitivanjem mikrotvrdoće po Vickersu i ispitivanjem zatezanjem.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Luminiscentni kompozitni materijali sa polimernom matricom imaju širok dijapazon potencijalne primene zbog njihove niske cene i lakoće procesiranja, visoke gustine i efikasnosti, veličine i kompaktnost u odnosu na druge luminiscentne sisteme. Postupci procesiranja kompozita i dobijanje filmova, vlakana ili pločica 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 se mogu koristiti kao bezbedonosni detektori, skeneri, luminiscentnih svetlovoda, lasera i senzora. Pored toga, nanomodifikovani kompozitni materijali mogu naći primenu u biomedicinskim tehnikama, radiologiji, endoskopiji i dozimetriji.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

U toku izrade doktorske disertacije, kandidat Hana Ibrahim El Swie je potpuno osposobljena 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 scintilacionih 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 nano do mikro modifikacije polimera monokristalnim poluprovodničkim materijalima, kao i procesnih parametara na optička, termička i mehanička svojstva dobijenih kompozitnih materijala sa polimernom matricom.

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

- Razvijena je modifikovana metoda sinteze monokristalnog CaF_2 sa specifičnim optičkim i mehaničkim svojstvima
- Definisani su optimalni procesnih parametri sinteze kompozitnih filmova ugradnjom mikro do nano luminiscentnih monokristala
- Uspostavljena je korelacija između procesnih parametara i postignutih optičkih, termičkih i mehaničkih svojstava dobijenih materijala
- Prema literaturnom pregledu prvi put je procesiran optički aktivan kompozitni materijal na bazi monokristalnog kalcijum fluorida sa poboljšanim optičkim i mehaničkim svojstvima u poređenju sa do sada objavljenim rezultatima sa drugim scintilatorima

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Predmet ove doktorske disertacije obuhvata istraživanja u oblasti funkcionalnih optoelektronskih kompozitnih materijala s polimernom matricom za primenu u elektronskim

tehnologijama komunikacionim i fotonskim sistemima. Posebno su intenzivna istraživanja u oblasti optičkih kompozita sa polimernom matricom koji su predmet disertacije gde se tradicionalno slabe strane polimera (niske vrednosti parametara mehaničke čvrstoće i loša termostabilnost) značajno poboljšavaju primenom malog udela scintilatora uz neznatan porast gustine. Takođe su detaljno istražene mogućnosti poboljšanja optičkih transmisionih svojstava polimernih filmova u smislu nano do mikro modifikacije česticama monokristala poluprovodničkih materijala kako bi se dobile mogućnosti njihove primene i u oblasti fotonskih sistema. Ovakav prilaz omogućuje kreiranje i u isto vreme održavanje uređenosti kristala na atomskom nivou kao i uređenost samog kompozitnog materijala. Na ovaj način će biti moguće dizajnirati optički aktivne kompozitne materijale sa proširenim opsegom primene u zavisnosti od specifičnih funkcionalnih konstituenata - kompozitni optički aktivni filmovi na bazi kalcijum flurida (CaF_2) za primenu u laserima kao i fluorescentne kompozitne filmove dopirane kvantnim tačkama za primenu u fotonskim uređajima.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Iz disertacije je do sada objavljeno pet radova: jedan u istaknutom međunarodnom časopisu M22, dva rada u međunarodnim časopisima M23, i dva saopštenja kategorije M34.

- Kategorija M22:

1. **El Swie I. H.**, Lazarević Ž. Z., Radojević V., Gilić M., Rabasović M., Šević D., Romčević Ž. N., The Bridgman Method Growth and Spectroscopic Characterization of Calcium Fluoride Single Crystals, *Science of Sintering*, Vol. 48, pp. 333-341, 2016. (IF 2015= 0.781) (Materials Science, Ceramics, 15/27) (ISSN 0350-820X)

- Kategorija M23:

1. **El Swie I. H.**, Kostić S., Radojević V., Romčević N., Hadžić B., Trajić J., Lazarević Ž. Z., Growth, Characterization and Optical Quality of Calcium Fluoride Single Crystals Grown by the Bridgman Method, *Optoelectronics and Advanced Materials - Rapid Communications*, Vol. 10, No 7-8, pp. 522-525, 2016. (IF 2015= 0.412) (Materials Science, Multidisciplinary, 252/271 or Optics, 83/90) (ISSN 1842-6573)
2. **El Swie H.I.**, Radovic I., Stojanovic D. B., Sevic D.M., Rabasovic M. S., Uskokovic P., Radojevic V., Fluorescence, Thermal and Mechanical Properties of PMMA-CdSe QD Film, *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, vol.19, No. 3 - 4, pp. 228-+233, 2017. (IF 2015= 0.383) (ISSN 1454-4164)

- Kategorija M34:

1. El Swie I. H., Radović I., Stojanović D. B., Uskoković P., Radojević V., Šević D., Aleksić R., Optical and Mechanical Properties of PMMA Film Doped with QD, *Programme and The Book of Abstracts / Seventeenth Annual Conference YUCOMAT 2015, Herceg Novi*, 2015, p.72.
2. Lazarević Ž. Z., El Swie I. H., Radojević V., Kostić S., Rabasović M., Šević D., Romčević Ž. N., The Bridgman Method Growth, Spectroscopic Characterization and Photoluminescence of Calcium Fluoride Single Crystals, - *Program and the Book of Abstracts of the Fifth Serbian Ceramic Society Conference - Advanced Ceramics and Application V, Belgrade*, 2016, pp. 73-74, ISBN 978-86-915627-4-8, <http://www.serbianceramicsociety.rs>.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Rezultati istraživanja u okviru doktorske disertacije Hane Ibrahim El Swie doprinose povećanju nivoa znanja o strukturi i svojstvima optički iaktivnih kompozitnih materijala sa polimernom matricom i mogućnostima primene u u elektronskim tehnologijama, , komunikacionim i fotonskim sistemima dizajniranjem i modifikovanjem strukture na nano i mikro nivou.

Pregledom doktorske disertacije, 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 Hane Ibrahim El Swie, dipl. inž. pod naslovom "**Sinteza i karakterizacija optički aktivnih kompozita sa polimernom matricom na bazi monokristala**" (**Synthesis and characterization of optical polymer composites based on 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, 22.05.2017.

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