

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Na 739. sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, održanoj 15.11.2011. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije **Đorđa Lazarevića**, dipl. ing., pod naslovom „**Radijaciona otpornost filmova indijum oksida u stanju izolatora sa Kuperovim parovima**“. Nakon uvida u dostavljeni materijal podnosimo Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta sledeći

I Z V E Š T A J

1. Podaci o kandidatu

Đorđe Lazarević rođen je 16.09.1980. godine u Beogradu. Osnovne i diplomatske akademske studije završio je na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu 2006. godine na odseku fizičke elektronike, smeru za medicinsku i nuklearnu tehniku. Školske 2007/2008. godine upisan je na doktorske studije Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu na modulu za nuklearnu, medicinsku i ekološku tehniku i u roku od tri školske godine ispunio je sve obaveze predviđene planom i programom studija.

Od 2007. godine zaposlen je u Institutu za nuklearne nauke „Vinča“ u Laboratoriji za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, gde je izabran u zvanje istraživač - saradnik. Poslovi koje obavlja u Laboratoriji uglavnom se odnose na metrologiju i instrumentaciju u zaštiti od zračenja. Takođe je uključen i u realizaciju aplikacije za formiranje baze podataka o svim izvorima zračenja na teritoriji grada Beograda.

Učestvovao je na projektu osnovnih istraživanja finansiranom od Ministarstva nauke Republike Srbije: 141041 - "Zaštita od zračenja - fundamentalni teorijski i eksperimentalni aspekti", čiji je rukovodilac projekta dr Dragomir Davidović. U projektnom ciklusu 2011-2014 učestvuje sa punim opterećenjem na projektu ON171007 – Fizički funkcionalni efekti interakcije zračenja sa elektrotehničkim i biološkim sistemima, čiji je rukovodilac dr Predrag Osmokrović, redovni profesor.

U svom dosadašnjem naučno-istraživačkom radu objavio je kao autor i koautor 18 naučnih, odnosno stručnih radova. Od toga je 6 radova u časopisima međunarodnog značaja (sa *SCI* liste), 2 rada na međunarodnim konferencijama, 1 rad u časopisima nacionalnog značaja i 9 radova na domaćim konferencijama.

Spisak publikovanih naučnih i stručnih radova Đorđa Lazarevića je sledeći:

- [1] **Đorđe Lazarević**, Miloš Vujisić, Koviljka Stanković, Edin Dolićanin and Predrag Osmokrović, Radiation hardness of indium oxide films in the cooper-pair insulator state, Nuclear Technology and Radiation Protection, Vol. 27, No. 1, pp. 40-43, Mart 2012. [ISSN 1451-3994] [IF: 1.159] M22
- [2] Srboljub Stanković, Mirjana Radenković, **Đorđe Lazarević**, Olivera Ciraj-Bjelac, Koviljka Stanković and Predrag Osmokrović, MSV signal processing system for the neutron-gamma discrimination in mixed field with ionization chamber and semiconductor detectors, Nuclear Technology and Radiation Protection, in print. [ISSN 1451-3994] [IF: 1.159] M22
- [3] **Djordje Lazarević**, Edin Dolićanin, Bratislav Irićanin, Miloš Vujisić, and Koviljka Stankovic, Radiation Effects in Cooper Pair Insulating Thin Films, Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, KL, MALAYSIA, pp. 1165-1168, March 27-30, 2012.
- [4] Momcilo M Pejovic, Svetlana M Pejovic, Edin C Dolicanin, **Djordje R Lazarevic**, Gamma-Ray Irradiation and Post-Irradiation at Room and Elevated Temperature Response of Pmos Dosimeters with Thick Gate Oxides,

Nuclear Technology and Radiation Protection, Vol. 26, No. 3, pp. 261-265, 2011. [ISSN 1451-3994] [IF: 1.159] M22

- [5] Sladjana N. Pantelić, Nadežda V. Borna, Milesa Ž. Srećković, Aleksander G. Kovačević, Aleksandar R. Bugarinović, Miloško S. Kovačević, **Djordje R. Lazarević**, Influence of nuclear radiation and laser beams on optical fibers and components, Nuclear Technology and Radiation Protection, Vol. 26, no. 1, pp. 32-38, April 2011. [ISSN 1451-3994] [IF: 1.159] M22
- [6] Petrovic Nina, Krestic-Vesovic Jelena, Stojanovic Darko, Ciraj-Bjelac Olivera F, **Lazarevic Djordje R**, Kovacevic Miloško S, Contribution of activation products to occupational exposure following treatment using high-energy photons in radiotherapy, Radiation Protection Dosimetry (2011) 143(1): 109-112. [ISSN 0144-8420] [IF: 0.822] M23
- [7] Olivera Ciraj-Bjelac, Miloško Kovačević, Dusko Košutiš, Danijela Arandjić, **Djordje Lazarevic**, A radiological incident with a radioactive lightning rod source found in a vehicle used by film crewmembers: a case study, Radiation Protection Dosimetry (2010), Volume: 141, Issue: 3, Pages: 309-314. [ISSN 0144-8420] [IF: 0.966] M22
- [8] K. Stankovic, D. Arandic, **D. Lazarevic**, P. Osmokrovic, Expanded and combined uncertainty in measurements by GM counters, Nuclear Technology and Radiation Protection, Vol. 22, no. 2, pp. 64-70, December 2007. [ISSN 1451-3994] M52
- [9] Arandjić D, Kosutić D, **Lazarević Dj**, Patient Protection in Dental Radiology: Influence of Exposure Time on Patient Dose, Serbian Journal of Electrical Engineering (2009), 6 (3): 489-494.
- [10] S.J. Stanković, R. Ilić, M. Kovačević, M. Vukčević, D. Davidović, **D. Lazarević**, M. Davidović, Ugaona distribucija spektralne gustine neutrona prilikom interakcije snopa protona energije 50 MeV sa debelom metom od bakra, XXV Simpozijum DZZ SiCG, Zbornik radova, str.151-155, Kopaonik 2009.
- [11] S.J. Stanković, **D. Lazarević**, M. Davidović, A. Vasić-Milovanović, B. Lončar, P. Osmokrović, Campbell's MSV method of measurement in the mixed field of ²⁵²Cf moderated by heavy water, CoNuSS 2008 - 6th International Conference of Nuclear Society of Serbia, September 22 - 25 2008, in Belgrade, Serbia.
- [12] **D. Lazarević**, O. Ciraj-Bjelac, M. Kovačević, M. Vukčević, Kontrola kvaliteta referentnih standarda u MDL, 52. konferencija ETRAN 2008, Palić.
- [13] S. Marković, **D. Lazarević**, Radijacione karakteristike Se-75 u IBR, 21. savetovanje sa međunarodnim učesćem IBR 2008, Subotica.
- [14] D. Arandić, O. Ciraj-Bjelac, D. Košutić, **D. Lazarević**, Merenje rasejanog zračenja na konvencionalnim rendgen-aparatima u Dijagnostičkoj radiologiji, VII Kongres Radiologa Srbije i Crne Gore, 19- 21.6.2008, Vrnjačka Banja.
- [15] **D. Lazarević**, D. Arandić, K. Stanković, S. Stanković, O. Ciraj – Bjelac, Uloga i nadležnost regulatornog tela prema nacrtu novog zakona o zaštiti od jonizujućih zračenja i nuklearnoj sigurnosti, 24. Simpozijum Društva za zaštitu od zračenja SCG, 2007, Zbornik radova, 387-390.
- [16] K. Stanković, D. Arandić, **D. Lazarević**, Proširena merna nesigurnost Geiger–Mueller-ovog brojača, 24. Simpozijum Društva za zaštitu od zračenja SCG, 2007, Zbornik radova, 331-336.
- [17] D. Arandić, O. Ciraj-Bjelac, K. Stanković, **D. Lazarević**, Procena izloženosti pacijenata pri radiografskim procedurama u dijagnostičkoj radiologiji, 24. Simpozijum Društva za zaštitu od zračenja SCG, 2007, Zbornik radova, 165-168.
- [18] S. Stanković, I. Avramović, **D. Lazarević**, B. Lončar i P. Osmokrović, Kempbelov MSV metod merenja u mešovitom polju ²⁵²Cf moderiranog teškom vodom, 24. Simpozijum Društva za zaštitu od zračenja SCG, 2007, Zbornik radova, 227-231.

Za vreme doktorskih studija Đorđe Lazarević je kao demonstrator učestvovao u izvođenju laboratorijskih vežbi studenata četvrte godine osnovnih studija Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu na predmetu Dozimetrija i zaštita od zračenja. U protekle 2 godine, angažovan je kao predavač iz oblasti Fizika jonizujućeg zračenja i interakcija zračenja sa materijom, kao i iz oblasti Zaštita od zračenja u industriji i medicini u Centru za permanentno obrazovanje INN „Vinča“. U saradnji sa Prirodno-matematičkim fakultetom Univerziteta u Kragujevcu radio je na obuci odgovornih lica za zaštitu od zračenja u preduzećima i zdravstvenim ustanovama. Bio je učesnik više međunarodnih i domaćih konferencija i simpozijuma. Kao istraživač-saradnik u Laboratoriji za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine INN „Vinča“, radio je na izradi projekata mera

radijacione sigurnosti i bezbednosti za više značajnih privrednih subjekata poput Termoelektrane „Nikola Tesla“, Aerodroma „Beograd“, Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije, kao i na kontroli kvaliteta aparata sa izvorima zračenja za potrebe tehničko-tehnoloških procesa i medicinske primene. Pored položenih ispita navedenih u Tabeli 1, tokom doktorskih studija radio je na ispitivanjima radijacione otpornosti poluprovodničkih komponenti. Kao tehnički rukovodilac Laboratorije za radijaciona merenja, bio je član grupe koja je Monte Karlo numeričkom simulacijom došla do značajnog rezultata uticaja jonizujućeg zračenja na strujno-naponske karakteristike elektronskih komponenti. U sklopu ovih ispitivanja, došao je do rezultata o mogućim radijacionim efektima na tanke filmove savremenih materijala koji hlađenjem mogu dospeti u superprovodno ili izolatorsko stanje. Kandidat je objavio 5 radova iz uže naučne oblasti za izradu doktorske disertacije u časopisima sa SCI liste, čime je ispunio obaveze predviđene planom i programom studija, prikazane u Tabeli 2.

Tabela 1. Položeni ispiti na doktorskim studijama

R. br.	Naziv	Ocena	ESPB
1.	Kompleksni fenomeni u fizici plazme	10	9
2.	Numerička simulacija radijacionih i nuklearnih reaktora	10	9
3.	Radijaciona i elektromagnetna kompatibilnost elektrotehničkih komponenti i uređaja	10	9
4.	Matematičko modelovanje fizičko-tehničkih procesa	10	9
5.	Odabrana poglavlja iz nuklearne fizike	10	9
6.	Merenje jonizujućeg i nejonizujućeg zračenja	10	9
7.	Prostiranje optičkih talasa u kompleksnim sredinama	10	9
8.	Dozimetrija, zaštita od zračenja i nuklearni otpad	10	9
9.	Merne metode u nuklearnoj, medicinskoj i ekološkoj tehnici	10	9

Tabela 2. Odrađene obaveze na doktorskim studijama

R. br.	Naziv	ESPB
1.	Studijski istraživački rad I	15
2.	Studijski istraživački rad II	15
3.	Naučno stručni rad	3

2. Predmet i cilj istraživanja

Sve veći trend ka minijaturizaciji elektronskih instrumenata, kao i povećan stepen elektromagnetne, odnosno nuklearne kontaminacije, dovodi u pitanje funkcionalnu stabilnost elektronskih sklopova najnovijih generacija. Ovo se posebno odnosi na komponente koje se nalaze u stanju razvoja i od čije primene se mnogo očekuje, pod uslovom njihove stabilnosti u elektromagnetnim/nuklearnim sredinama i/ili sredinama u kojima je uticaj primarnog i sekundarnog kosmičkog zračenja povišen. Tipičan primer su mezoskopski sistemi i materijalne strukture nanometarskih dimenzija, koje predstavljaju poseban izazov sa stanovišta analize radijacionih efekata. Zbog malih dimenzija, ove strukture su otporne na mnoge vrste zračenja i tek detaljnije istraživanje otkriva moguća radijaciona oštećenja. Fizičke i električne osobine tankih filmova savremenih materijala presudno zavise od čitavog niza parametara, od kojih su pojedini osetljivi na izlaganje samo određenim vrstama jonizujućeg zračenja odgovarajuće energije.

Kada se na film indijum oksida primeni spoljašnji napon, pored grupisanosti Kuperovih parova unutar ostrva i lokalne fazne koherencije njihovih talasnih funkcija, dolazi i do sinhronizacije faza talasnih funkcija svih Kuperovih parova u 2D nizu Džozefsonovih spojeva, putem koje se uspostavlja stanje kolektivnog provođenja struje. U ovom stanju opšte fazne sinhronizacije, transport nosilaca naelektrisanja se odvija putem simultane termičke aktivacije Kuperovih parova

duž čitavog niza. Struju čine aktivirani Kuperovi parovi koji tuneluju kroz potencijalne barijere Džozefsonovih spojeva.

Strujno-naponska karakteristika indijum oksida u stanju izolatora sa Kuperovim parovima ima eksponencijalni oblik. Kao parametar u strujno-naponskoj zavisnosti pojavljuje se kolektivna kulonovska barijera niza, koja je određena energijom naelektrisanja spojeva i odnosom dimenzije jednog Džozefsonovog spoja prema veličini čitavog niza.

Numeričke simulacije prolaza zračenja kroz tanke filmove indijum oksida u stanju izolatora sa Kuperovim parovima ukazuju da se za određene energetske opsege, flunse i vrste zračenja u njima odigrava niz procesa sa znatnim uticajem na električne osobine. Joni izmešteni u direktnim interakcijama sa upadnim zračenjem, ili u kaskadama koje ih prate, obrazuju prostorno naelektrisanje unutar materijala. Ovo prostorno naelektrisanje preferencijalno se javlja u oblastima normalnog materijala, između superprovodnih ostrva u granularnoj strukturi. Ono utiče na energiju naelektrisanja Džozefsonovih spojeva, a time i na kolektivnu kulonovsku barijeru niza, što dovodi do upadljivih promena u strujno-naponskoj karakteristici.

Ako u ozračenom materijalu energija naelektrisanja postane manja od energije sprege susednih superprovodnih ostrva, dolazi do narušavanja uslova za opstanak izolatorske faze i film indijum oksida prelazi u obično provodno stanje, bez aktivacionog mehanizma provođenja, što rezultuje promenom oblika strujno-naponske karakteristike.

Prolaskom kroz superizolatorske regije u strukturi indijum oksida, zračenje može da dovede i do značajnog raskidanja Kuperovih parova. Disocijacija većeg broja Kuperovih parova može da razruši faznu koherenciju njihovih talasnih funkcija, koja se uspostavlja u celom uzorku materijala, i tako otkloni osnovni uslov za postojanje ovog stanja. Raskidanje Kuperovih parova predstavlja prolazni radijacioni efekat, jer se očekuje da po prestanku dejstva zračenja izolatorska faza može ponovo spontano da se uspostavi, pod pretpostavkom da ostali uslovi ostaju nepromenjeni.

Cilj rada je da se analizira dejstvo jonizujućeg zračenja na tanke filmove indijum oksida u fazi izolatora sa Kuperovim parovima. Izolatorsko stanje materijala u kom nosioce naelektrisanja čine Kuperovi parovi opisuje se modelom 2D niza Džozefsonovih spojeva. U radu će biti detaljno razmotrene specifičnosti interakcije zračenja sa ovom izolatorskom fazom. Predikcije teorijskog modela biće upoređene sa rezultatima Monte Karlo simulacija prolaska zračenja kroz filmove indijum oksida, za različite debljine filmova i uslove ozračivanja. Energetski opsezi i vrste zračenja u simulacijama biće odabrani tako da odgovaraju poljima zračenja koja se sreću u savremenoj medicinskoj, naučno-istraživačkoj, tehnološkoj i industrijskoj praksi.

3. Polazne hipoteze

Koncepcijom istraživanja u okviru predložene teme polazi se od hipoteze da se mehanizam provođenja superprovodnih materijala zasniva na termičkoj aktivaciji Kuperovih parova. Pored toga, modelovanje superprovodnih materijala će se izvršiti prema hipotezi da se pod određenim uslovima oni ponašaju kao izolatori. Za ovakvo izolatorsko stanje potrebno je da debljina filma, primenjeni napon, jačina magnetnog polja i koncentracija magnetnih nečistoća u materijalu imaju vrednosti unutar precizno definisanih opsega. Jedan od prvih materijala kod kojih je uočeno da se pod određenim uslovima ponašaju kao izolatori sa Kuperovim parovima jeste indijum oksid. Prema teorijskom modelu izolatora sa Kuperovim parovima, granularna struktura se predstavlja kao dvodimenzionalni niz Džozefsonovih spojeva, u kom je svako superprovodno ostrvo Džozefsonovim slabim vezama spregnuto sa susednim ostrvima. Svaku od ovih veza karakterišu energija sprege i energija naelektrisanja (potrebna za prelaz jednog Kuperovog para na susedno superprovodno ostrvo). Hlađenjem ispod temperature od 1 K indijum oksid može da dospe u

superprovodno ili izolatorsko stanje. Izolatorska faza nastaje samo ako je energija naelektrisanja veća od energije sprege, a superizolatorski energetski procep ostrva veći od energije naelektrisanja. Ispunjenost ovog uslova zavisi od stepena neuređenosti u materijalu, koji je određen debljinom filma, temperaturom i jačinom spoljašnjeg magnetnog polja. Numeričkom simulacijom pokazaće se da fazu izolatora sa Kuperovim parovima karakteriše granularna struktura, sačinjena od superprovodnih "ostrva" raspoređenih unutar normalnog materijala bez superprovodnih svojstava. Ova struktura se u materijalu formira spontano, kao posledica povećanja neuređenosti do kog dolazi pri istanjivanju filmova materijala.

Da bi se ispitali efekti zračenja na tanke slojeve indijum oksida potrebno je izvršiti teoretsku analizu strukturnih i električnih osobina ispitivanih filmova, kao što su granularna tekstura, stepen neuređenosti, temperaturna zavisnost otpornosti i strujno-naponska karakteristika. U tom cilju poći će se od pretpostavke da je asimptotsko ponašanje analogno odgovarajućim radijacionim efektima u indijum oksidu sa efektima u drugim izolatorima kod kojih je uočena pojava izolatorske faze sa Kuperovim parovima, kao što su amorfni bizmut, berilijum i titanijum nitrid. Pri čemu će se programskim algoritmima omogućiti stalna korekcija usled razlike u uočenim efektima u indijum oksidu.

Rad će se zasnivati na nevelikom broju objavljenih radova u ovoj relativno mladoj oblasti nauke. Od tih radova najrelevantniji su:

- [1] Fistul, M. V., Vinokur, V. M., Baturina, T. I., Collective Cooper - Pair Transport in the Insulating State of Josephson Junction Arrays, *Phys. Rev. Lett.*, 100 (2008), 8, 086805
- [2] Sambandamurthy, G., et al., Experimental Evidence for a Collective Insulating State in Two-Dimensional Superconductors, *Phys. Rev. Lett.*, 94 (2005), 1, 017003
- [3] Nikolić, P., Tešanović, Z., Cooper Pair Insulators and Theory of Correlated Superconductors, *Phys. Rev. B*, 83 (2011), 6, 064501
- [4] Stewart Jr., M. D., et al., Superconducting Pair Correlations in an Amorphous Insulating Nanohoneycomb Film, *Science*, 318 (2007), 5854, pp. 1273-1275
- [5] Baturina, T. I., et al., Localized Superconductivity in the Quantum-Critical Region of the Disorder-Driven Superconductor-Insulator Transition in TiN Thin Films, *Phys. Rev. Lett.*, 99 (2007), 25, 257003
- [6] Sambandamurthy, G., Engel, L.W., Johansson, A., Shahar, D., Superconductivity-Related Insulating Behavior, *Phys. Rev. Lett.*, 92 (2004), 10, 107005
- [7] Bielejec, E., Ruan, J., Wu, W., Hard Correlation Gap Observed in Quench-Condensed Ultrathin Beryllium, *Phys. Rev. Lett.*, 87 (2001), 4, 036801
- [8] Sacepe, B., et al., Disorder-Induced Inhomogeneities of the Superconducting State Close to the Superconductor-Insulator Transition, *Phys. Rev. Lett.*, 101 (2008), 15, 157006
- [9] Dubi, Y., Meir, Y., Avishai, Y., Theory of the Magnetoresistance of Disordered Superconducting Films, *Phys. Rev. B*, 73 (2006), 5, 054509
- [10] Dubi, Y., Meir, Y., Avishai, Y., Nature of the Superconductor-Insulator Transition in Disordered Superconductors, *Nature*, 449 (2007), 7164, pp. 876-880
- [11] Feigel'man, M.V., et al., Eigenfunction Fractality and Pseudogap State near the Superconductor-Insulator Transition, *Phys. Rev. Lett.*, 98 (2007), 2, 027001
- [12] Galitski, V. M., et al., Vortices and Quasiparticles near the Superconductor-Insulator Transition in Thin Films, *Phys. Rev. Lett.*, 95 (2005), 7, 077002
- [13] Pokrovsky, V. L., Falco, G. M., Nattermann, T., Phase Diagram of Electron Systems near the Superconductor-Insulator Transition, *Phys. Rev. Lett.*, 105 (2010), 26, 267001
- [14] Imry, Y., Strongin, M., Homes, C. C., An Inhomogeneous Josephson Phase in Thin-Film and High-Tc Superconductors, *Physica C*, 468 (2008), 4, pp. 288-293
- [15] Chtchelkatchev, N. M., Vinokur, V. M., Baturina, T. I., Hierarchical Energy Relaxation in Mesoscopic Tunnel Junctions: Effect of a Nonequilibrium Environment on Low-Temperature Transport, *Phys. Rev. Lett.*, 100 (2009), 24, 247003
- [16] Ziegler, J. F., Biersack, J. P., Ziegler, M. D., SRIM (The Stopping and Range of Ions in Matter), Available on line: <http://www.srim.org>

- [17] Barth, J. L., Dyer, C. S., Stassinopoulos, E. G., Space, Atmospheric, and Terrestrial Radiation Environments, IEEE Trans. Nucl. Sci., 50 (2003), 3, pp. 466-482
- [18] Xapsos, M. A., et al., Characterizing Solar Proton Energy Spectra for Radiation Effects Applications, IEEE Trans. Nucl. Sci., 47 (2000), 6, pp. 2218-2223
- [19] Marjanović, N. S., et al., Simulated Exposure of Titanium Dioxide Memristors to Ion Beams, Nucl Technol Radiat, 25 (2010), 2, pp. 120-125
- [20] Stanković, K. Dj., Vujisić, M. Lj., Delić, Lj. D., Influence of Tube Volume on Measurement Uncertainty of GM Counters, Nucl Technol Radiat, 25 (2010), 1, pp. 46-50
- [21] Vujisić, M. Lj., et al., Simulated Radiation Effects in the Superinsulating Phase of Titanium Nitride Films, Nucl Technol Radiat, 26 (2011), 3, pp. 254-260
- [22] Holmes-Siedle, A. G., Adams, L., Handbook of Radiation Effects, 2nd ed., Oxford University Press, USA, 2002.

4. Naučne metode istraživanja

Tokom izrade rada biće korišćene pretežno sve naučne metode istraživanja uobičajene za prirodne nauke, tj. teoretska razmatranja, numerička simulacija i eksperimentalna provera. U okviru teoretskih razmatranja biće opisane osobine elektrotehničkih materijala sa izolatorskim svojstvima, kao i uticaj jonizujućeg zračenja i osobine interakcije zračenja sa materijalom. Biće razvijen teorijski model radijacionih efekata na tankim slojevima indijum oksida i numerička simulacija metodom Monte Karlo. Dobijeni rezultati biće provereni na realnom modelu za sve parametre definisane u radu koji mogu imati uticaj na otpornost filma indijum oksida u stanju izolatora.

U cilju provere rezultata dobijenih teoretskim razmatranjem i numeričkom simulacijom biće izvršeni eksperimenti koji će odgovarati matematičkim modelima na kojima je izvršeno teoretsko razmatranje i numerička simulacija. Za eksperimentalno postizanje navedenih efekata koristiće se kontrolisani laboratorijski uslovi sa više izvora gama (Cs-137, Co-60) i X zračenja, različite energije, intenziteta i ugla upadnog zračenja, dok će se uz pomoć aparata matematičke statistike ispitati uticaj svake od komponenati na radijacionu otpornost indijum oksid filmova.

5. Očekivani naučni doprinos

Na osnovu teorijskih predviđanja i rezultata numeričkih eksperimenata biće određene vrednosti fluensa pojedinih vrsta zračenja, kao i apsorbovane doze u materijalu, pri kojima se očekuje pojava radijacionih efekata sa znatnim uticajem na posmatrane osobine indijum oksida. Komparacija radijacione osetljivosti indijum oksida sa ostalim materijalima u stanju izolatora sa Kuperovim parovima ukazaće na prednosti primene ovog materijala u uslovima izloženosti zračenju. Biće ponuđena i moguća rešenja radijacionog očvršćavanja mikroelektronskih struktura u čijem sastavu se nalaze slojevi indijum oksida.

6. Plan istraživanja i struktura rada

U prvoj fazi rada biće razmatrane opšte koncepcije elektrotehničkih materijala – izolatora i superprovodnih materijala koji se pod određenim uslovima ponašaju kao izolatori. Nakon toga će se ukratko razmatrati efekti interakcije jonizujućeg zračenja sa materijalom, uz poseban osvrt na interakciju jonizujućeg zračenja sa izolatorima, kao i mogućnost njihovog određivanja analitičkom, odnosno Monte Karlo metodom. Potom će teorijski izvedeni rezultati biti upoređeni sa rezultatima dobijenim na osnovu numeričke analize ispitivanja promena u filmovima indijum oksida izazvanih zračenjem na osnovu uticaja na njihove strujno-naponske karakteristike, kao i na osnovu mogućeg prelaza materijala u provodno stanje, usled narušavanja granularne strukture materijala. Pored toga, u radu će biti ispitani uslovi neophodni za opstajanje ovog specifičnog izolatorskog stanja, s obzirom na činjenicu da u interakcijama Kuperovih parova sa upadnim zračenjem i jonima uzmaklim unutar InOx filmova, dolazi do razrušavanja izolacione strukture. Na bazi ovih razmatranja izvešće se procena njihove primenljivosti u uslovima izloženosti zračenju, od čega

zavisi pouzdanost elektronskih komponenti u čiji sastav ulaze, a od kojih se očekuje da u dužem periodu rade u polju zračenja.

7. Zaključak i predlog

Đorđe Lazarević, dipl. ing., prijavio je svoju doktorsku disertaciju pod naslovom „**Radijaciona otpornost filmova indijum oksida u stanju izolatora sa Kuperovim parovima**“ u skladu sa Pravilnikom o doktorskim studijama Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, podnevši na uvid sva, pomenutin pravilnikom, predviđena dokumenta. Na osnovu podnesenih dokumenata je konstatovano da je Đorđe Lazarević diplomirao na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu i da je položio sve predviđene ispite sa prve dve godine studija trećeg stepena (doktorskih studija), te da ne postoje nikakve zakonske smetnje da prijavi doktorsku disertaciju. Iz dostavljene dokumentacije, koja uključuje i bibliografiju do sada objavljenih naučnih i stručnih radova Đorđa Lazarevića, može se zaključiti da se radi o uspešnom mladom naučnom radniku, od koga se očekuje da će ciljeve postavljene u prijavi svoje disertacije uspešno ostvariti u predviđenom zakonskom roku. Na osnovu obrazloženja predmeta i cilja istraživanja, polaznih hipoteza istraživanja, očekivanih naučnih doprinosa i plana istraživanja, možemo zaključiti da tema prijavljene doktorske disertacije pod naslovom „**Radijaciona otpornost filmova indijum oksida u stanju izolatora sa Kuperovim parovima**“ omogućava da se u okviru nje ostvare značajni naučni i stručni doprinosi iz oblasti primene savremenih materijala u elektronskim komponentama u uslovima izloženosti zračenju. Predloženi mentor, prof. dr Predrag Osmokrović, je redovni profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, sa oko sto pedeset objavljenih radova u časopisima sa SCI liste iz naučne oblasti predložene disertacije, a ujedno i rukovodilac fundamentalnih istraživanja Ministarstva nauke, u kategoriji A1 iz naučne oblasti predložene teme doktorskog rada, te u tom smislu smatramo da je kompetentan da obavlja funkciju mentora ove disertacije. Stoga, predlažemo Nastavno-naučnom veću da odobri izradu doktorske disertacije kandidata Đorđa Lazarevića pod naslovom „**Radijaciona otpornost filmova indijum oksida u stanju izolatora sa Kuperovim parovima**“.

U Beogradu,
11. jul 2012.

Komisija

dr Predrag Osmokrović, red. prof.
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu

dr Miloš Vujisić, doc.
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu

dr Aleksandra Vasić-Milovanović, van. prof.
Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu