

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

91/2
(Број захтева)Већу научних области техничких наука(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)05.02.2015.
(Датум)**ЗАХТЕВ**
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

УТИЦАЈ СУКЦЕСИВНОГ ОЗРАЧИВАЊА ФОТОНАПОНСКИХ ДЕТЕКТОРА ГАМА И НЕУТРОНСКИМ ЗРАЧЕЊЕМ НА ЊИХОВЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Техничка физика

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: ДЕЈАН (САВО) НИКОЛИЋ2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Електротехнички факултет Београд3. Година дипломирања: 2001.4. Назив магистарске тезе кандидата: Иререверзибилно понашање пробојног напона изолационих уља5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: Електротехнички факултет Београд6. Година одбране магистарске тезе: 2005.7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: /Одсек, смер или група: /Година уписа докторских студија: /.Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 05.02.2015.
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТАПроф.др Милорад Милованчевић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 91/2
Датум: 05.02.2015. године
Београд, Краљице Марије 16

На захтев мр Дејана Николића, дипл.инж.ел., бр. 3110/1 од 02.12.2014. године, извештаја Комисије у саставу: проф. др Александра Васић-Миловановић, проф.др Добрила Шкатарић, проф.др Петар Лукић, проф.др Предраг Маринковић и доц.др Милош Вујисић, ЕТФ Београд, број 91/1 од 21.01.2015. године, а на основу чл. 128. Закона о високом образовању, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 05.02.2015. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«УТИЦАЈ СУКЦЕСИВНОГ ОЗРАЧИВАЊА ФОТОНАПОНСКИХ ДЕТЕКТОРА ГАМА И НЕУТРОНСКИМ ЗРАЧЕЊЕМ НА ЊИХОВЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ»** докторанта **мр ДЕЈАНА НИКОЛИЋА**, дипл.инж.ел.

За ментора докторанту мр Дејану Николићу, именује се **проф.др Александра Васић-Миловановић**.

Одлуку доставити: Већу Научних области техничких наука Универзитета у Београду на сагласност, ментору и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У
БЕОГРАДУ**

Предмет: Извештај Комисије о прихватању теме докторске дисертације кандидата
мр Дејана Николића, дипл.инж. електротехнике

Одлуком бр. 3262/2 од 25.12.2014.године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата мр Дејана Николића, дипл. инж. ел. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме
„Утицај сукцесивног озрачивања фотонапонских детектора гама и неутронским зрачењем на њихове карактеристике“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Дејан Николић је рођен 06.08.1974. године у Београду. Основну школу је завршио у Брчком 1989. године. Завршио је XI Београдску гимназију 1993. године.

Школске 1994/95. је уписао Електротехнички факултет Универзитета у Београду. На Електротехничком факултету је дипломирао 26.02.2001. године, на одсеку Енергетском, смер за Електроенергетске системе, са дипломским радом на тему “АББ системи за надзор и управљање елементима ЕЕС”. Редовне студије је завршио са средњом оценом 7,74, а на дипломском раду је добио оцену 10.

Школске 2002/2003. године уписао је и похађао постдипломске студије на Електротехничком факултету у Београду - област Мерења у електротехници. Магистрирао је 01.09.2005. године са магистарским радом на тему “Иреверзибилно понашање пробојног напона изолационих уља”. Испите предвиђене Наставним планом и програмом магистарских студија положио је са просечном оценом 9,83.

Од 2001. године је запослен у ЈУ Техничкој школи Брчко као наставник електротехничке групе предмета. У периоду од 2009. до 2013. године у истој школи је био заменик директора.

На Филозофском факултету у Бањој Луци је 2002. положио стручни испит прописан Правилником о полагању стручног испита наставника, стручних сарадника и васпитача. У оквиру стручног испита положио је: практичан рад са методиком струке, усмени испит из Педагогије и Психологије, усмени испит из основа уставног уређења Републике Српске и усмени испит из прописа из области васпитања и образовања.

Пред Комисијом за полагање испита за рад у органима управе Владе Брчко дистрикта БиХ је 21.08.2008. положио испит за рад у органима управе.

На Факултету електротехнике Универзитета у Тузли је 2003. године похађао Обуку кадрова из програмског С језика, у трајању од 42 сата, након чега је приступио испиту којег је са успјехом положио.

На 27. Саветовању ЈУКО ЦИГРЕ на Златибору одржаног од 29.05.2005. до 03.06.2005. је објавио научни рад на тему "Поузданост стандарда IEC 156 (JUS N.A5.014) за одређивање вредности пробојног напона електроизолационог уља" који је оцењен као најзапаженији из домена рада студијског комитета Материјали и савремене технологије.

У организацији Међународног комитета Црвеног крста из Женева, у периоду од 2005. до 2006. године је завршио Едукациони програм из Истраживања хуманитарног права и стекао звање Тренер из области Истраживање хуманитарног права. Од тада је водио већи број едукационих програма, семинара и тренинга из ове области у свим државама бившим републикама СФРЈ.

У периоду од 2010. до 2013. године у организацији Педагошке институције у Одјељењу за образовање Владе Брчко дистрикта БиХ је похађао програм едукације директора и помоћника директора образовних институција Брчко дистрикта БиХ на тему Менаџмент у образовању.

Од 2008. године на научно истраживачком плану његова област интересовања је утицај зрачења на полупроводничке фотонапонске детекторе.

Аутор је и коаутор 3 рада у часописима са SCI листе, 2 рада у домаћим часописима и 2 рада на саветовањима CIGRE.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Након положених испита на постдипломским студијама на Електротехничком факултету Универзитета у Београду Дејан Николић је приступио изради магистарског рада. Тема магистарског рада је била „Иреверзибилно понашање пробојног рада изолационих уља“. Циљ рада је био да се испита степен иреверзибилних промена до којих долази приликом испитивања диелектричне чврстоће изолационих уља минералног порекла стандардним поступком (поступком по ISO стандардима). Такође, циљ магистарског рада је био и да се да критички осврт на стандардни поступак за одређивање диелектричне чврстоће изолационог уља. Дејан Николић је одбранио магистарски рад 01.09.2005. године и стекао научно звање магистар електротехничких наука.

Од 2008. године се бави утицајем зрачења на полупроводничке фотонапонске детекторе. Заједно са истраживачима Лабораторије за заштиту од зрачења и заштиту животне средине Института за нуклеарне науке Винча, учествовао је у проучавању ефеката које гама и неутронско зрачење изазива на соларним ћелијама, фотодиодама и фототранзисторима. У оквиру тог истраживања је сарађивао са мр Милојком Ковачевићем, директором Лабораторије, мр Србољубом Станковићем, истраживачем сарадником и др Александром Васић-Миловановић, редовним професором на Машинском факултету Универзитета у Београду.

У свом досадашњем раду мр Дејан Николић, дипл.инг. електротехнике је објавио следеће радове:

Категорија M21

1. Nikolić D., Stanković K., Timotijević Lj., Rajović Z., Vujisić M.: *Comparative Study of Gamma Radiation Effects on Solar Cells, Photodiodes and Phototransistors*, - International Journal of Photoenergy, Vol 2013, Article ID 843174, 2013, 6 pages. doi:10.1155/2013/171753, <http://www.hindawi.com/journals/ijp/contents> [IF: 2.663]
2. Simić B., Nikolić D., Stanković K., Timotijević Lj., Stanković S.: *Damage Induced by Neutron Radiation on Output Characteristics of Solar Cells, Photodiodes and*

Phototransistors, - International Journal of Photoenergy, Vol 2013, Article ID 582819, 2013, 6 pages, doi:10.1155/2013/171753, <http://www.hindawi.com/journals/ijp/contents> [IF: 2.663]

Категорија M22

3. Nikolić D.S., Vasić A.I., Lazarević Dj.R., Obrenović M.D.: *Improvement Possibilities of the I-V Characteristics of PIN Photodiodes Damaged by Gamma Irradiation*, - Nuclear Technology & Radiation Protection, Vol 28, No 1, 2013, pp. 84-91, ISSN 1451-3994, Nuclear Society of Serbia, <http://ntrp.vin.bg.ac.rs> [IF: 1.159]

Категорија M63

4. Nikolić D., Vasić A., Fetahović I., Stanković K., Osmokrović P.: *Photodiode behavior in radiation environment*, - Scientific Publications of the State University of Novi Pazar Series A, Vol 3, No 1, 2011, pp. 27-34.
5. Nikolić D., Vasić A., Dolićanin E., Stanković K., Osmokrović P.: *Unexpected Irreversible Changes of Photodiode Structure due to Multiple Gamma Irradiation*, - Scientific Publications of the State University of Novi Pazar Series A, Vol 2, No 1, 2010, pp. 45-52.
6. Nikolić D.: *Pouzdanost standarda IEC 156 (JUS N.A5.014) za određivanje vrednosti probojnog napona elektroizolacionog ulja*, - 27. Savetovanje JUKO CIGRE, 2005.
7. Nikolić D.: *Analiza pouzdanosti mjernog postupka za određivanje probojnog napona elektroizolacionih ulja prema standardu JUS N.A5.014*, - 7. Savetovanje BH K CIGRE, 2005.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада и оствареног искуства у области која је релевантна за предложена истраживања, Комисија сматра да је кандидат, мр Дејан Николић показао способност овладавања материјом и техникама које се предлажу у докторској дисертацији. Резултати приказани у водећим међународним часописима у потпуности одговарају областима и методама истраживања које су предвиђене у докторској дисертацији, те Комисија сматра да кандидат мр Дејан Николић може са успехом да обави предложена истраживања.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет докторске дисертације је:

Утврђивање утицаја више узастопних корака озрачивања полупроводничких елемената, у првом реду фотодетектора широке примене, на њихове излазне карактеристике. С обзиром на чињеницу да се фотонапонски детектори користе у врло широком опсегу људских активности (индустрија, наука, свакодневне активности), те могу да се нађу и у отежаним условима рада (радијациона средина), проучавање ефеката које различите врсте зрачења могу да произведу на квалитет рада оваквих уређаја је од интереса у циљу даљег побољшања њихових карактеристика.

Развој електронских кола и електронских компоненти и њихова минијатуризација довела је до пораста њихове осетљивости на ефекте зрачења. Како су електронска кола и компоненте углавном полупроводници тј. у основи свога функционисања имају п-н спој,

утицај зрачења на њега је од фундаменталног значаја за тумачење ефеката зрачења на комплетне склопове.

Област науке и технике која је доживела изузетно брз развој на прелазу из XX у XXI век јесте структура полупроводничких светлосних детектора, њихово понашање у радном окружењу и могућности њихове примене. Ранија истраживања су углавном била усмерена ка теоријском разумевању рада и ка развоју технологије за примену ових компоненти у телекомуникацијама и складиштењу података. У новије време расте примена ових детектора у новим областима као што су осветљење, дисплеји, фибер сензори, оптичка кохерентна термографија итд. те тако расте и интерес за њима. У ту сврху се проводе различита експериментална истраживања. Полупроводнички светлосни детектори имају данас веома бројне области примене, од оптичких комуникационих система преко медицинских уређаја, војних уређаја, аутоматских управљачких система до електронских уређаја за широку употребу. Из тог разлога су ови детектори постали незаменљиви у опреми и системима који чине инфраструктуру нашег друштва.

Како су соларне ћелије и полупроводнички светлосни детектори, у току експлоатације, изложени различитим врстама нуклеарног зрачења предузимана су веома опсежна истраживања с циљем развоја полупроводничких компоненти чији ће рад бити поуздан и у условима повећаног нивоа зрачења. Коришћено нуклеарно гориво емитује истовремено, поред гама зрака такође и неколико неутрона, па полупроводничка компонента, смештена у близини ових горива трпи различите врсте радијационих оштећења и од гама зрака и од неутрона. Из тог разлога је, са технолошке тачке гледишта, веома важно установити промене на излазним карактеристикама компонената које утичу на њихов рад а изазване су радијацијом и могућност деградације електричних перформанси полупроводничких компонената. Један од кључних фактора који ограничава животни век полупроводничких уређаја јесте степен оштећења услед зрачења које уређај прима. Са друге стране, како се полупроводнички светлосни детектори често користе у комплексном радном окружењу где није увек могуће уређај оштећен зрачењем брзо и ефикасно заменити новим, значајно би било развити технику за смањење негативних ефеката који се јављају у полупроводничким детекторима након изложености зрачењу тј. извршити њихову делимичну репарацију.

Предмет предложеног истраживања јесте понашање полупроводничких светлосних детектора, као што су соларне ћелије, ПИН фотодиоде и фототранзистори, у условима појачаног гама и неутронског зрачења. Истраживање ће се занивати на праћењу утицаја гама и неутронског зрачења која се смењују једно после другог, кроз снимање промена на излазним карактеристикама компоненти које утичу на њихов рад а изазване су радијацијом. У досадашњим истраживањима, за описивање утицаја радијације на полупроводничке компоненте коришћени су модели који посматрају деловање једне врсте зрачења, неутронског или гама (иако се те две врсте зрачења никада не могу потпуно одвојити). Како се полупроводничке компоненте често налазе у комплексном окружењу (нпр. космичко окружење) потребно је модел њиховог понашања проширити и случајевима сукцесивног деловања различитих врста зрачења.

Истраживање има три научна циља. Први циљ јесте да се систематски прикажу ефекти које на соларне ћелије, фотодиоде и фототранзисторе имају гама и неутронско зрачење када делују појединачно као и када делују једно након другог у одређеном временском интервалу. Други циљ је разматрање могућности смањења негативних ефеката које зрачење изазива на овим компонентама. Трећи циљ огледа се у систематизацији ефеката које гама и неутронско зрачење изазивају на полупроводничким фотодетекторима и дефинисање модела понашања полупроводничких компоненти у условима сукцесивног деловања различитих врста зрачења (гама и неутронског). Спроведена анализа омогућиће разматрање могућности смањења негативних ефеката које зрачење изазива на овим уређајима.

Резултати предложене докторске дисертације биће, између осталог, наставак већ публикованих резултата:

1. Tobnaghi D.M., Madatov R., Banki T.: *Effect of gamma radiation on the aged monocrystalline silicon solar cells*, - Journal of Applied Science and Agriculture, Vol 9, No 3, 2014, pp. 903-907.
2. Tobnaghi D.M., Rahnamaei A., Vajdi M.: *Experimental study of gamma radiation effects on the electrical characteristics of silicon solar cells*, - International Journal of Electrochemical Science, Vol 9, 2014, pp. 2824-2831.
3. Tobnaghi D.M., Madatov R., Mustafayev Y., Abasov F.: *Influence of gamma radiation on electric properties of silicon solar cells*, - International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology, Vol 21, No 1, 2014, pp 12-16.
4. Vasić-Milovanović A.: *Increased temperature and radiation damage influence on solar cells characteristics*, - FME Transactions, Vol 41, 2013, pp. 77-82.
5. Ali K., Khan S.A., MatJafri M.Z.: *⁶⁰Co γ -irradiation effects on electrical characteristics of monocrystalline silicon solar cell*, - International Journal of Electrochemical Science, Vol 8, 2013, pp. 7831-7841.
6. Vukić V., Osmokrović P.: *Impact of forward emitter current gain and geometry of PNP power transistors on radiation tolerance of voltage regulators*, - Nuclear Technology & Radiation protection, Vol 27, No 2, 2012, pp. 152-164.
7. Radosavljević R.Lj., Vasić A.I.: *Effects of Radiation on Solar Cells as Photovoltaic Generators*, - Nuclear Technology & Radiation Protection, Vol 27, No 1, 2012, pp. 28-32.
8. Boo H., Lee J.H., Kang M.G., Lee K.D., Kim S., Hwang H.C., Hwang W.J., Kang H.O., Park S., Tark S.J., Kim D.: *Effect of High-Temperature Annealing on Ion-Implanted Silicon Solar Cells*, - International Journal of Photoenergy, Vol 2012, Article ID 921908, 2012, 6 pages.
9. Palpacelli S., Mendoza M., Herrmann H.J., Succi S.: *Klein Tunneling in the presence of random impurities*, - International Journal of Modern Physics C, Vol 23, No 12, 2012.
10. Zdravković M.R., Vasić A.I., Radosavljević R.Lj., Vujisić M.Lj., Osmokrović P.V.: *Influence of Radiation on the Properties of Solar Cells*, - Nuclear Technology & Radiation Protection, Vol 26, No 2, 2011, pp. 158-163.
11. Racko J., Mikolášek M., Benko P., Gallo O., Harmatha L., Granzner R., Schwierz F.: *Coupled Defect Level Recombination in the P-N Junction*, - Journal of Electrical Engineering, Vol 62, No 6, 2011, pp. 355-358.
12. Axness C.L., Kerr B., Keiter E.R.: *Analytic 1-D pn junction diode photocurrent solutions following ionizing radiation and including time-dependant changes in the carrier lifetime from a nonconcurrent neutron pulse*, - IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol 57, No 6, 2010, pp. 3314-3321.
13. Vasić A., Vujisić M., Stanković K., Jovanović B.: *Ambiguous Influence of Radiation Effects in Solar Cells*, - Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, 22-26.03.2010, Xi'an, China, pp. 1199-1203.
14. Mikelsen M., Bleka J.H., Christensen J.S., Monakhov E.V., Svensson B.G.: *Annealing of the divacancy-oxygen and vacancy-oxygen complexes in silicon*, - Physica Review B 75, 155202, 2007
15. Gilard O., Quadri G.: *Radiation effects on electronics: displacement damages*, - New Challenges for Radiation Tolerance Assessment, RADECS 2005, 2005, pp. 47-69.
16. Kovalyuk Z.D., Katerynychuk V.N., Politsanska O.A., Sydor O.N., Khomyak V.V.: *Effect of Gamma Radiation on the Properties of InSe Photodiodes*, - Technical Physics Letters, Vol 31, No 5, 2005, pp. 359-360.
17. El Mashade M.B., Ashry M., Eladl M.Sh., Rageh M.S.: *Experimental measurements of some optoelectronic devices before and after gamma irradiation*, - Journal of Microwaves and Optoelectronic, Vol 3, No 4, 2004, pp. 1-12.

18. Vukadinović M., Smole F., Topić M., Schropp R.E.I., Rubinelli F.A.: *Transport in tunneling recombination junctions: A combined computer simulation study*, - Journal of Applied Physics, Vol 96, 2004, pp. 7289-7299.
19. Coutinho J., Jones R., Öberg S., Briddon P.R.: *The formation, dissociation and electrical activity of divacancy oxygen complexes in Si*, - Physica B 340-342: 2003, pp. 523-527.
20. Srour J.R., Marshall C.J., Marshall P.W.: *Review of Displacement Damage Effects in Silicon Devices*, - IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol 50, No 3., 2003, pp.653-670.
21. Alexander D.R.: *Transient Ionizing Radiation Effects in Devices and Circuits*, - IEEE Transection on Nuclear Sciences, Vol 50, No 3, 2003, pp. 565-582.
22. Huhtinen M.: *Simulation of non-ionising energy loss and defect formation in silicon*, Nuclear Instruments & Methods In Physics Research A, Vol 491, 2002, pp. 194-215.
23. Kang T.K., Chen M.J., Liu C.H., Chang Y.J., Fan S.K.: *Numerical confirmation of inelastic trap-assisted tunneling (ITAT) as SILC mechanism*, - IEEE Transactions on Electron Devices, Vol 48, 2001, pp. 2317-2322.
24. Jorio A., Zounoubi A., Elachheb Z., Carlone C., Khann S.M.: *Displacement damages created by γ particles radiation in n type GaAs*, - Moroccan Journal of Condensed Matter, Vol 2, No 1, 1999.
25. Watts S.J., Matheson J., Hopkins-Bond I.H., Holmes-Siedle A., Mohammadzadeh A., Pace R.: *A New Model for Generation-Recombination in Silicon Depletion Regions After Neutron Irradiation*, - IEEE Transaction on Nuclear Science, Vol 43, No 6, 1996, pp. 2587-2594.
26. Frens A.M., Bennebroek M.T., Zakrzewski A., Schmidt J., Chen W.M., Janzén E., Lindström J.L., Monemar B.: *Observation of rapid direct transfer between deep defects in silicon*, - Physical Review Letters, Vol 72, No 18, 1994, pp. 2939-2942.
27. Messenger G.C.: *A summary review of displacement damage from high energy radiation in semiconductors and semiconductor devices*, - First European Conference on Radiation and its Effects on Devices and Systems, RADECS 91. La Grande-Motle, France, September 9-12 1991, 1992, pp. 35-40.
28. Hurkx G.A.M., Klaassen D.B.M., Knuvers M.P.G.: *A new recombination model for device simulation including tunneling*, - IEEE Transactions on Electron Devices, Vol 39, 1992, pp. 331-338.
29. Chen W.M., Monemar B., Janzén E., Lindström J.L.: *Direct observation of intercenter charge transfer in dominant nonradiative recombination channels in silicon*, Physical Review Letters, Vol 67, No 14, 1991, pp. 1914-1917.
30. Shi Y., Shen D.X., Wu F.M., Cheng K.J.: *A numerical study of cluster center formation in neutron-irradiated silicon*, J. Appl. Phys., Vol 67, No 2, 1990, pp. 1116-1118.

3. Полазне хипотезе

Истраживање ће бити спроведено у циљу провере тачности неколико претпоставки.

Прва хипотеза овог истраживања односи се на период опоравка фототранзистора. Резултати који су доступни у релевантним референцама указују на то да су биполарни транзистори због специфичне структуре и струјног појачања осетљивији на нуклеарно зрачење од диода. Будући да струјно појачање мултиплицира негативне ефекте нуклеарног зрачења на биполарни транзистор и јако смањује његову излазну струју очекује се исти утицај и на фототранзистор што даље води знатно неефикаснијем опоравку након озрачивања.

Друга хипотеза ове дисертације односи се на радијациону отпорност соларних панела. С обзиром на специфичност њихове конструкције очекује се да соларни панел има већу радијациону отпорност него појединачна соларна ћелија, фотодиода или фототранзистор.

Трећа хипотеза која ће бити проверена истраживањем односи се на утицај сукцесивног излагања полупроводничких компоненти различитим врстама зрачења. Када се полупроводник изложи зрачењу у њему се јављају процеси који зависе од врсте зрачења, дозе зрачења али и саме структуре тог материјала. Из тог разлога намеће се питање ефеката које ће изазвати зрачење друге врсте примењено након првобитног зрачења када је структура полупроводника већ нарушена. У свету је спроведено неколико истраживања са циљем објашњења повећане генерације носилаца наелектрисања путем замки (рекомбинационих центара). Ова повећана генерација се објашњава директним трансфером (тунеловањем) наелектрисања тзв. међуцентарским трансфером наелектрисања. Повећање броја рекомбинационих центара путем другог зрачења би могло вештачки изазвати међуцентарски трансфер наелектрисања у полупроводнику преходно оштећеном првим зрачењем и тако повећати број носилаца наелектрисања у њему. На тај начин би стекли услови за побољшање електричних карактеристика полупроводничких компонената деградираних зрачењем. Како је услов за међуцентарски трансфер наелектрисања постојање довољног броја замки распоређених физички близу једне другом, претпоставка од које се полази је да би се такав почетни услов могао остварити и са великим бројем диваканација.

4. Научне методе истраживања

У истраживању ће бити коришћене 4 врсте фотодиода, 2 врсте фототранзистора и соларни панел. Користиће се метода праћења утицаја гама и неутронског зрачења на U-I карактеристику полупроводничких светлосних детектора и на њихове основне параметре: за соларни панел редну и паралелну отпорност, ефикасност, напон отвореног кола, струју кратког споја и фактор испуне а за фотодиоде и фототранзисторе осетљивост. Пре и након сваког корака у експерименту биће вршено мерење U-I карактеристике и осталих параметара сваког примерка уређаја. У циљу бољег разумевања стања структуре полупроводника у периоду између два озрачења, биће извршена Monte Carlo симулација проласка гама фотона и неутрона кроз полупроводничке фотодетекторе.

Закључци ће бити извођени методом упоређивања излазних карактеристика и параметара фотодетектора након сваког корака у експерименту као и теоријским образложењем након резултата Monte Carlo симулације. Симулације транспорта зрачења биће искоришћене и за верификацију теоријских модела дејства гама фотона и неутрона на полупроводничке фотодетекторе и њихов п-н спој.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће резултати који буду проистекли из ове тезе имати следеће научне доприносе:

- Дефинисање модела понашања полупроводничких компонената у условима сукцесивног деловања две различите врсте зрачења (гама и неутронског).
- Одређивање степена опоравка полупроводничких светлосних детектора након периода од 30 дана на собној температури.
- Систематски приказ утицаја гама и неутронског зрачења на полупроводничке фотодетекторе и процеса који се након зрачења дешавају у п-н споју.
- Верификација компатибилности теоријских модела дејства гама фотона и неутрона на п-н спојеве са резултатима Monte Carlo симулације проласка ових честица кроз п-н спој.

- Разматрање могућности делимичне репарације полупроводничких фотодетектора оштећених гама и неутронским зрачењем.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање везано за реализацију предложене дисертације ће се одвијати у неколико фаза. У првој фази истраживања биће извршен детаљан преглед литературе која се односи на утицај нуклеарног зрачења на полупроводничке компоненте уопште, на полупроводничке фотодетекторе и на сам п-н спој, затим публикованих теоријских и експерименталних резултата. Друга фаза истраживања представљаће набавку полупроводничких светлосних детектора над којима ће бити спроведено истраживање. Истраживање ће обухватити 4 врсте фотодиода, 2 врсте фототранзистора и соларни панел. У оквиру сваке од ових група полупроводничких компонената биће коришћен јако велики број узорака. У трећој фази рада биће извршено озрачивање ових компонената гама и неутронским зрачењем. Узорци ће бити подељени у 4 групе. 1. група ће бити озрачена само гама зрачењем, 2. група само неутронским зрачењем, 3. група гама зрачењем а након 30 дана и неутронским и 4. група неутронским а након 30 дана и гама зрачењем. Пре и после сваког озрачивања биће извршено мерење електричних параметара полупроводничких узорака. Четврта фаза истраживања ће представљати спровођење Monte Carlo симулације проласка гама фотона и неутрона кроз полупроводничке фотодетекторе. У петој фази биће извршена теоријска анализа резултата мерења и симулација и извођење закључака. Такође, у овој фази биће испитивана и могућност делимичне репарације полупроводничких фотодетектора оштећених гама и неутронским зрачењем.

Дисертација ће имати следећу **структуру**:

- у **уводу** ће бити представљен циљ и значај истраживања,
- у **другом поглављу** биће дата теоријска основа полупроводничких светлосних детектора са посебним освртом на ПИН фотодиоде, фототранзисторе и соларне ћелије које ће се и проучавати у раду,
- у **трећем поглављу** биће представљене важеће теорије утицаја гама и неутронског зрачења на полупроводнике уопште као и утицај на конкретне полупроводничке фотодетекторе тј. ПИН фотодиоде, фототранзисторе и соларне ћелије,
- основни подаци о уређајима који ће се користити у експерименту, о дозама и енергијама примењеног зрачења, о самим изворима зрачења као и сваком појединачном кораку експеримента ће бити приказани у **поглављу број 4**,
- **пето поглавље** ће представљати приказ резултата експеримента и теоријско објашњење свих резултата и појава које су уочене,
- у **закључку дисертације**, биће дат преглед резултата дисертације са посебним акцентом на значај резултата који се односе на детаљну слику интеракције гама и неутронског зрачења на п-н спој и полупроводничке фотодетекторе и утицај сукцесивног озрачивања различитим врстама зрачења на њих,
- на крају ће бити дат приказ коришћене литературе.

7. Закључак и предлог

На основу претходно изнетог материјала, чланови Комисије су закључили да мр Дејан Николић, дипл. инж. ел. испуњава све услове из законских прописа и одговарајућих захтева из општих аката Машинског факултета Универзитета у Београду за израду докторске дисертације, као и да је предложена тема одговарајућа за израду докторске дисертације. Према томе, чланови Комисије предлажу Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату мр Дејану Николићу, дипл. инж. ел. одобри израду докторске дисертације под радним насловом

„Утицај сукцесивног озрачивања фотонапонских детектора гама и неутронским зрачењем на њихове карактеристике“

и да предложи Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да одобри предметну тему за израду докторске дисертације. Ужа научна област теме је **Техничка физика**, а за потенцијалног ментора се предлаже Проф. др Александра Васић-Миловановић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Александра Васић-Миловановић, редовни професор
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....
Проф. др Добрила Шкатарић, редовни професор
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....
Проф. др Петар Лукић, ванредни професор
Универзитета у Београду, Машински факултет

.....
Проф. др Предраг Маринковић, редовни професор
Универзитета у Београду, Електротехнички факултет

.....
Доц. др Милош Вујисић, доцент
Универзитета у Београду, Електротехнички факултет

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Николић Дејана

Име и презиме ментора: Александра Васић-Миловановић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

Категорија M14

1. **A. Vasic**, M. Vujisic, K. Stankovic, and P. Osmokrovic, Characterization of Thin Films for Solar Cells and Photodetectors and Possibilities for Improvement of Solar Cells Characteristics, Solar Cells/Book 3 (2011), IN-TECH open acces publisher, Vienna, pp. 275-298, ISBN 978-953-307-747-5, <http://www.intechweb.org/>.

Категорија M21

2. **Aleksandra Vasic**, Predrag Osmokrovic, Nenad Marjanovic, and Momčilo Pejović, "Radiation Effects in Solar Cells and Optoelectronic Devices," International Journal of Photoenergy, vol. 2013, Article ID 171753, 3 pages, 2013. doi:10.1155/2013/171753, <http://www.hindawi.com/journals/ijp/contents> [IF: 2.663]

Kategorija M22

3. P. Osmokrović, **A. Vasić**, T. Zivić: The influence of the electric field shape on the gas breakdown under low pressure and small inter-electrode gap conditions, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 33, No. 5 (2005), pp. 1677-1681, ISSN 0093-3813, editori: S.J.Gitomer, izdavač: IEEE Nuclear and Plasma Sciences Society, <http://www.ieeetps.org> [IF: 1.143]
4. P. Osmokrović, **A. Vasić**, M. Vujisić: The Influence of the Low-voltage Capacitor Dielectric Materials on the Capacitive Probe Response in Nanosecond Range, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Vol. 8, No. 1 (2006), pp. 319-323, ISSN 1070-9789, izdavač: Holy Grail, <http://inoe.inoe.ro/joam> [IF: 1.106]
5. B.Lončar, P. Osmokrović, **A. Vasić**, S. Stanković: Influence of gamma and X radiation on gas-filled surge arrester characteristics, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 34, No. 4 (2006), pp. 1561- 1565, ISSN 0093-3813, editori: S.J.Gitomer, izdavač: IEEE Nuclear and Plasma Sciences Society, <http://www.ieeetps.org> [IF: 1.144]
6. S. Stanković, R. Ilić, P. Osmokrović, B. Lončar, **A. Vasić**: Computer simulation of gamma irradiation energy deposition in MOSFET dosimeters, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 34, No. 5 (2006), pp. 1715-1718, ISSN 0093-3813, editori: S.J.Gitomer, izdavač: IEEE Nuclear and Plasma Sciences Society, <http://www.ieeetps.org> [IF: 1.144]

7. P. Osmokrović, M. Vujisić, K. Stanković, **A. Vasić**, B. Lončar: Mechanism of electrical breakdown of gases for pressure from 10^{-9} to 1 bar and inter-electrode gaps from 0.1 to 0.5mm, Plasma Sources Science and Technology, Vol. 16, (2007), pp. 643-655, ISSN 0963-0252, izdavač: IOP Publishing, <http://www.iop.org/EJ/journal/PSST> [IF: 2.226]
8. M. Zdravković, **A. Vasić**, R. Radosavljević, M. Vujisić, K. Stanković and P. Osmokrović, Influence of Radiation on the Properties of Solar Cells, Nuclear Technology & Radiation Protection, Vol.26, No.2, (2011), pp.158-163, ISSN 1451-3994, Nuclear Society of Serbia, <http://ntrp.vin.bg.ac.rs>, [IF: 1.159]
9. R. Radosavljević, **A. Vasić**, Effects of radiation on solar cells as photovoltaic generators, Nuclear Technology & Radiation Protection, Vol. XXVII, No.1, (2012), pp.28-32, ISSN 1451-3994, Nuclear Society of Serbia, <http://ntrp.vin.bg.ac.rs>, [IF: 1.159]
10. Dejan Nikolić, Aleksandra Vasić, Đorđe Lazarević, Marija Obrenović, Improvement possibilities of I-V characteristics of PIN Photodiodes Damaged by Gamma Irradiation, Nuclear Technology & Radiation Protection, Vol. XXVII, No.1, (2013), pp.84-91, ISSN 1451-3994, Nuclear Society of Serbia, <http://ntrp.vin.bg.ac.rs> [IF: 1.159]

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

- А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.
- Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)
- В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.
- Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

Датум _____

М.П.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
