

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Александра Медведева 4 · Поштански фах 73
18000 Ниш · Србија

Телефон 018 529 105 · Телефакс 018 588 399

E-mail: efinfo@elfak.ni.ac.rs; <http://www.elfak.ni.ac.rs>

Текући рачун: 840-0000032819845-55; ПИБ: 100232259



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING

Aleksandra Medvedeva 4 · P.O. Box 73
18000 Niš - Serbia

Phone +381 18 529 105 · Fax +381 18 588 399

E-mail: efinfo@elfak.ni.ac.rs

<http://www.elfak.ni.ac.rs>

ДЕКАН

1. 7. 2026. године

О Б А В Е Ш Т Е Њ Е
НАСТАВНИЦИМА И САРАДНИЦИМА ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Докторска дисертација кандидата маг. инж. Сандре Вељковић под насловом „Допринос анализи процеса одговорних за нестабилности MOS транзистора са дебелим оксидом гејта при различитим видовима напрезања“ и Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације доступни су на увид јавности у електронској верзији на званичној интернет страници Факултета и налазе се у штампаном облику у Библиотеци Електронског факултета у Нишу, и могу се погледати до **30. 7. 2026. године**.

Примедбе на наведени извештај достављају се декану Електронског факултета у Нишу у напред наведеном року.

Председник Наставно-научног већа
ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА У НИШУ

Декан

Проф. др Владимир Ђурић



ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног родитеља и име	Вељковић, Зоран, Сандра	ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ
Датум и место рођења	18.07.1995. у Нишу	
Основне студије		Примљено 1.7.2026.
Универзитет	Универзитет у Нишу	Број
Факултет	Електронски факултет у Нишу	07/03-007/26-004
Студијски програм	Електротехника и рачунарство	
Звање	Дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства	
Година уписа	2014.	
Година завршетка	2018.	
Просечна оцена	9.93	

Мастер студије, магистарске студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Електронски факултет у Нишу
Студијски програм	Електроника и микросистеми
Звање	Мастер инжењер електротехнике и рачунарства – електроника и микросистеми
Година уписа	2018.
Година завршетка	2019.
Просечна оцена	10.00
Научна област	Електротехничко и рачунарско инжењерство
Наслов завршног рада	Фрактална анализа параметара површине микроструктуре поликристалних дијаманата

Докторске студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Електронски факултет у Нишу
Студијски програм	Електротехника и рачунарство – Нанотехнологије и микросистеми
Година уписа	2019.
Остварен број ЕСПБ бодова	150
Просечна оцена	10.00

НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске дисертације	Допринос анализи процеса одговорних за нестабилности MOS транзистора са дебелим оксидом гејта при различитим видовима напрезања
Име и презиме ментора, звање	др Данијел Данковић, редовни професор
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације	8/20-01-008/24-023, у Нишу 16.12.2024. године

ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна	4 без нумерације + 20 (XI-XXX) + 231
Број поглавља	5
Број слика (шема, графикона)	179

Број табела 27

Број прилога 0

ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА
који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1.	<p>Miloš Marjanović, Stefan D. Ilić, Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Umutcan Gurer, Ozan Yilmaz, Aysegul Kahraman, Alickber Aktag, Huseyin Karacali, Erhan Budak, Danijel Danković, Goran Ristić and Ercan Yilmaz, "The SPICE Modeling of a Radiation Sensor Based on a MOSFET with a Dielectric HfO₂/SiO₂ Double-Layer", <i>Sensors</i>, vol. 25, no. 2, 2025, p. 546, ISSN 1424-8220. DOI: 10.3390/s25020546 https://doi.org/10.3390/s25020546</p> <p>У овом раду представљена је процедура за издвајање параметара SPICE модела RADFET сензора са двослојним диелектриком HfO₂/SiO₂. RADFET сензори, који се традиционално израђују као PMOS транзистори са SiO₂ диелектриком, унапређени су увођењем материјала, као што је HfO₂, ради смањења дебљине оксидног слоја у савременим сензорима зрачења. Такође су приказане експерименталне поставке за мерење електричних карактеристика и озрачивање, као и метода за одређивање параметара модела у зависности од акумулиране дозе зрачења. Предложен је SPICE модел која обухвата параметре за две дебљине диелектричних слојева: (30/10) nm и (40/5) nm. Осетљивост сензора износи 1,685 mV/Gy, односно 0,78 mV/Gy. Модел је калибрисан за дозе до 20 Gy.</p>	IF-3.7 M21
2.	<p>Goran S. Ristić, Stefan D. Ilić, Sandra Veljković, Aleksandar S. Jevtić, Strahinja Dimitrijević, Alberto J. Palma, Srboљub Stanković, Marko S. Andjelković, "Commercial p-Channel Power VDMOSFET as X-ray Dosimeter", <i>Electronics</i>, vol. 11, no. 6, March 2022, pp. 918-1-12, ISSN: 2079-9292, DOI: 10.3390/electronics11060918, https://doi.org/10.3390/electronics11060918.</p> <p>Овај рад истражује потенцијалну примену комерцијалних р-каналних VDMOS транзистора снаге као сензора за X-зрачење. Анализирана је зависност осетљивости од напона на гејту и средње енергије за три типа X-зрака. Примењено је осам напона на гејту, у опсегу од 0 до 21 V. У погледу енергије X-зрака, осетљивост иницијално расте, а затим опада, као последица понашања масеног коефицијената апсорпције енергије, при чему је највећа за RQR8 сноп. Како масени коефицијенти апсорпције енергије за SiO₂ нису доступни у литератури, коришћени су коефицијенти за силицијум.</p>	IF-2.690 M22
3.	<p>Emilija Živanović, Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Igor Jovanović, Snežana Đorić-Veljković, Albena Paskaleva, Dencho Spassov, Danijel Danković, "A Reliability Investigation of VDMOS Transistors: Performance and Degradation Caused by Bias Temperature Stress", <i>Micromachines</i>, vol. 15, no. 4, April 2024, pp. 503-1-15, ISSN: 2072-666X, DOI: 10.3390/mi15040503, https://doi.org/10.3390/mi15040503.</p> <p>Овај рад има за циљ свеобухватно разумевање перформанси и деградације р- и п-каналних VDMOS транзистора под утицајем NBT напрезања. Резултати су показали значајне промене напона прага код PMOS и NMOS компонената, а процес оджаривања је детаљно анализиран. У раду је такође испитиван утицај претходног напрезања на ефекте самозагревања при реалним условима рада, истичући комплексну корелацију између деградације изазване напрезањем и поузданости рада уређаја. Ови увиди доприносе оптимизацији перформанси и дуготрајности VDMOS транзистора у практичним применама, унапређујући технологију полупроводника и истичући значај разматрања ефеката напрезања на поузданост и перформансе уређаја при дизајнирању и примени VDMOS транзистора.</p>	IF-3.0 M22
4.	<p>Danijel Danković, Emilija Živanović, Nevena Veselinović, Dunja Đorđević, Marija Petrović, Lana Tasić, Miloš Marjanović, Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Vojkan Davidović, Goran Ristić, "Examination of Impact of NBTIs on Commercial Power P-Channel VDMOS Transistors in Practical Applications", <i>Micromachines</i>, vol. 17, no. 1, Dec 2025, pp. 52-1-22. https://doi.org/10.3390/mi17010052</p> <p>У овом раду анализиран је утицај NBT ефекта на комерцијалне р-каналне VDMOS транзисторе са аспекта практичне примене. Спроведена су испитивања која су обухватила: напрезања негативним напонам на повишеној температури, инфрацрвену термографију и карактеризацију кола. Резултати показују да промена напона прага изазвана NBTI ефектом доводи до повећаног самозагревања у колима са већим струјама оптерећења, као и до промена преносних и динамичких карактеристика CMOS инвертора.</p>	IF-3.0 M22
5.	<p>Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Vojkan Davidović, Albena Paskaleva, Dencho Spassov, Miloš Marjanović, Emilija Živanović, Goran Ristić, Danijel Danković, "Influence of Controlling Signal Parameters and Prior Stresses on the Self-Heating of VDMOS Power Transistors", <i>Microelectronics Reliability</i>, vol. 181, June 2026, pp. 116151-1-11. DOI: 10.1016/j.microrel.2026.116151 10.1016/j.microrel.2026.116151</p> <p>У овом раду испитани су ефекти самозагревања р-каналних и п-каналних VDMOS транзистора снаге након излагања NBT напрезању и рада у стандардним условима. Анализирани су утицаји статичког и импулсног напрезања применом инфрацрвене термографије при различитим струјама и временима промене сигнала. Резултати показују да</p>	IF-1.9 M22

	<p>претходни третмани напрезања значајно утичу на термичко понашање компонената, при чему статички напрезани транзистори достижу највише температуре. Такође су уочене разлике између р- и п-каналних транзистора, док примена хладњака значајно смањује максималну температуру и побољшава рад у енергетским применама.</p>	
6.	<p>Danijel Danković, Vojkan Davidović, Snežana Golubović, Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Snežana Djorić-Veljković, "Radiation and annealing related effects in NBT stressed P-channel power VDMOSFETs", <i>Microelectronics Reliability</i>, vol. 126, November 2021, pp. 114273-1-5, ISSN: 0026-2714, DOI: 10.1016/j.microrel.2021.114273, https://doi.org/10.1016/j.microrel.2021.114273.</p> <p>У овом раду су приказани ефекти зрачења и оджаривања на р-каналне VDMOS транзисторе снаге који су претходно подвргнути температурном напрезању са негативном поларизацијом гејта. Циљ истраживања је да испита ефекте озрачивања на компоненте које су претходно биле подвргнуте другим типовима напрезања. Показано је да озрачивање р-каналних VDMOS транзистора снаге који су претходно били подвргнути температурном напрезању са негативном поларизацијом гејта доводи до још израженије промене напона прага при претходном напрезању од једне недеље него напрезању од једног сата. Такође, показано је да термичко оджаривање при одговарајућим условима није довољно да смањи вредност напона прага на вредност пре напрезања, што је битан закључак за поједине примене ових компонената.</p>	IF-1.589 M23
7.	<p>Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Vojkan Davidović, Snežana Golubović, Snežana Djorić-Veljković, Albena Paskaleva, Dencho Spassov, Srboljub Stanković, Marko Andjelković, Zoran Prijjić, Ivica Manić, Aneta Prijjić, Goran Ristić, Danijel Danković, "Response of Commercial p-Channel Power VDMOS Transistors to Irradiation and Bias Temperature Stress", <i>Journal of Circuits, Systems, and Computers</i>, vol. 31, July 2022, pp. 2240003-1-25, ISSN: 0218-1266, DOI: 10.1142/S0218126622400035, https://doi.org/10.1142/S0218126622400035.</p> <p>У овом раду су приказани и анализирани ефекти узастопне примене статичког и импулсног напонско-температурног напрезања са негативном поларизацијом гејта и зрачења на комерцијалне р-каналне VDMOS транзисторе снаге. Показано је да озрачивање без примене напона на гејту има израженији ефекат на одзив на зрачење VDMOS транзистора снаге. С обзиром да је већина примена ових компонената у импулсном режиму, посебно је наглашена анализа резултата добијених током импулсног напрезања које прати озрачивање транзистора. Показано је да транзистори који су претходно озрачени са примењеним напонем на гејту имају промену напона прага која је израженија код статичког него код импулсног напрезања.</p>	IF-1.278 M23
8.	<p>Nikola Mitrović, Sandra Veljković, Vojkan Davidović, Snežana Djorić-Veljković, Snežana Golubović, Emilija Živanović, Zoran Prijjić, Danijel Danković, "Impact of negative bias temperature instability on p-channel power VDMOSFET used in practical applications", <i>Microelectronics Reliability</i>, vol. 138, no. 11, November 2022, pp. 114634-1-5, ISSN: 0026-2714, DOI: 10.1016/j.microrel.2022.114634, https://doi.org/10.1016/j.microrel.2022.114634.</p> <p>У раду су приказани резултати утицаја напонско-температурних напрезања са негативном поларизацијом гејта као и зрачења на р-каналне VDMOS транзисторе снаге при условима појединих практичних примена, са циљем одређивања повољних услова за најдужи период поузданог рада. Мерна поставка и експериментални услови су детаљно објашњени. Анализа промене напона прага транзистора услед рада са импулсним сигнаlima специфичног облика који се у индустријским применама користе за контролу различитих мотора је приказана и дати су предлози критеријума за примену у колима. С обзиром да се р-канални VDMOS транзистори снаге користе и као део резервних и помоћних напајања, где транзистори могу бити озрачени пре активирања, утицај претходног зрачења на рад компоненте је додатно истраживан и објашњен.</p>	IF-1.589 M23
9.	<p>Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Igor Jovanović, Emilija Živanović, Albena Paskaleva, Dencho Spassov, Dragan Mančić, Danijel Danković, "Self-heating of stressed VDMOS devices under specific operating conditions", <i>Microelectronics Reliability</i>, vol. 150, no. 11, November 2023, pp. 115213-1-6, ISSN: 0026-2714, DOI: 10.1016/j.microrel.2023.115213, https://doi.org/10.1016/j.microrel.2023.115213.</p> <p>Овај рад пружа увид у ефекте самозагревања и комбинацију самозагревања и NBTI ефеката у р-каналним VDMOS транзисторима. NBTI ефекти доводе до деградације параметара компонената, при чему је промена напона прага (V_T) најважнија, јер директно утиче на област рада и дуготрајност компонената. Ефекти су анализирани помоћу слика добијених инфрацрвеном термовизијском камером, уз различите примењене константне струје и сигнале различитих таласних облика. Резултати указују на то да је самозагревање раније напрезаних компонената израженије и да постоје додатна ограничења у смислу поузданости компонената.</p>	IF-1.6 M23
10.	<p>Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Vojkan Davidović, Emilija Živanović, Goran Ristić, Danijel Danković, "Successive Irradiation and Bias Temperature Stress Induced Effects on Commercial P-Channel Power VDMOS Transistors", <i>Facta Universitatis - series: Electronics and Energetics</i> – accepted for publication.</p> <p>У овом раду се испитују ефекти NBT напрезања на озрачене комерцијалне р-каналне VDMOS транзисторе, са фокусом на допринос наелектрисања у оксиду и површинских стања промени напона прага. Истраживање се бави критичним питањима поузданости ових транзистора, будући да промене напона прага могу значајно утицати на перформансе компонената, посебно при раду у поштреним условима рада. Овај рад пружа детаљну анализу како</p>	IF-0.6 M23

	<p>статичког, тако и импулсног NBT напрезања. Експеримент обухвата и зрачење и накнадну примену NBT напрезања. Резултати рада разјашњавају улоге наелектрисања у оксиду и површинских стања на промене напона прага, пружајући увиде у поузданост р-каналних VDMOS транзистора у различитим сценаријима. Самозагревање током рада и фазе хлађења свежих и раније зрачених компонената је мерено коришћењем IC камере. Ова открића су од кључне важности за дизајн и рад електронских система који користе ове транзисторе, осигуравајући побољшану поузданост и перформансе.</p>	
11.	<p>Sandra Veljkovic, Nikola Mitrovic, Snezana Djoric-Veljkovic, Vojkan Davidovic, Ivica Manic, Snezana Golubovic, Albena Paskaleva, Dencho Spassov, Zoran Prijic, Aneta Prijic, Srboljub Stankovic, Danijel Danković, “Effects of Bias Temperature Stress and Irradiation in Commercial p-Channel Power VDMOS Transistors”, 32nd IEEE International Conference on Microelectronics (MIEL 2021), Niš, Serbia, 12-14 September 2021, pp. 345-350, ISBN: 978-166544528-3, DOI: 10.1109/MIEL52794.2021.9569154, https://ieeexplore.ieee.org/document/9569154.</p> <p>У овом раду су приказани и анализирани ефекти узастопне примене статичког и импулсног температурног напрезања са негативном поларизацијом гејта и зрачења на комерцијалне р-каналне VDMOS транзисторе снаге. Показано је да трајање NBT напрезања при озрачивању без примене напона на гејту има израженији ефекат на одзив на зрачење VDMOS транзистора снаге. Показано је да транзистори који су претходно озрачени са примењеним напоном на гејту узрокују промену напона прага која је израженија код статичког него код импулсног напрезања.</p>	M33
12.	<p>Goran S. Ristić, Aleksandar S. Jevtić, Stefan D. Ilić, Strahinja Dimitrijević, Sandra Veljković, Alberto J. Palma, Srboljub Stanković, Marko S. Andjelković, “Sensitivity of Unbiased Commercial P-channel Power VDMOSFETs to X-ray Radiation”, 32nd IEEE International Conference on Microelectronics (MIEL 2021), Niš, Serbia, 12-14 September 2021, pp. 341-344, ISBN: 978-166544528-3, DOI: 10.1109/MIEL52794.2021.9569096, https://ieeexplore.ieee.org/document/9569096.</p> <p>У овом раду испитиван је утицај X-зрака на р-каналне VDMOS транзисторе. VDMOS транзистори су били озрачени без поларизације гејта користећи три различита снопа X-зрака. Због природе X-зрака, њихов утицај је значајно сложенији од утицаја гама зрачења на транзисторе. Анализирани су утицаји X-зрака на промене (ΔV_T) и на стварање наелектрисања у оксиду и површинских стања. Утицај наелектрисања у оксиду на ΔV_T је значајнији него у случају γ-зрачења. Добијени резултати показују да осетљивост на зрачење зависи од енергије зрачења и да су у сагласности са теоријским предвиђањима.</p>	M33
13.	<p>Danijel Danković, Nikola Mitrović, Sandra Veljković, Vojkan Davidović, Snezana Djorić-Veljković, Zoran Prijic, Albena Paskaleva, Dencho Spassov, Snezana Golubović, “A Review of the Electric Circuits for NBTI Modeling in p-Channel Power VDMOSFETs”, 32nd IEEE International Conference on Microelectronics (MIEL 2021) - Invited talk, Niš, Serbia, 12-14 September 2021, pp. 55-62, ISBN: 978-166544528-3, DOI: 10.1109/MIEL52794.2021.9569030, https://ieeexplore.ieee.org/document/9569030.</p> <p>У овом раду дат је преглед еквивалентних кола за моделовање статичких и импулсних нестабилности услед температурног напрезања са негативном поларизацијом гејта. С обзиром да статичко напрезање доводи до значајно већих деградација у односу на импулсно, због постајања делимичног опоравка приликом импулсног напрезања, прецизност резултата добијених различитим еквивалентним колима анализирана је и за статичко и за импулсно напрезање. Конкретне вредности елемената у колу су израчунате и математички методи којима су вредности добијене су објашњени.</p>	M31
14.	<p>Danijel Danković, Vojkan Davidović, Snežana Golubović, Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Snežana Djorić-Veljković, “Radiation and Annealing Related Effects in NBT Stressed P-Channel Power VDMOSFETs”, 32nd IEEE European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis (ESREF 2021), Bordeaux, France, 4-7 October 2021 (Also Microelectronics Reliability), vol. 126, 2021, pp. 114273-1-5, ISSN: 0026-2714, DOI: 10.1016/j.microrel.2021.114273, ESREF 2021 : 32th European Symposium Reliability on Electron Devices. Failure Physics and Analysis.</p> <p>У овом раду су приказани ефекти зрачења и оджаривања на р-каналне VDMOS транзисторе снаге који су претходно подвргнути температурном напрезању са негативном поларизацијом гејта. Циљ истраживања је да испита ефекте озрачивања на компоненте које су претходно биле подвргнуте другим типовима напрезања. Показано је да озрачивање р-каналних VDMOS транзистора снаге који су претходно били подвргнути напонско-температурном напрезању са негативном поларизацијом гејта доводи до још израженије промене напона прага при претходном напрезању од 168 сати него при напрезању од 1 сат. Такође, показано је да термичко оджаривање при одговарајућим условима није довољно да смањи вредност напона прага на вредност пре напрезања, што је битан закључак за поједине примене ових компонената.</p>	M33
15.	<p>Nikola Mitrović, Sandra Veljković, Vojkan Davidović, Snežana Djorić-Veljković, Snežana Golubović, Emilija Živanović, Zoran Prijic, Danijel Danković, “Impact of negative bias temperature instability on p-channel power VDMOSFET used in practical applications”, 33rd European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis (ESREF 2022), Berlin,</p>	M33

	<p>Germany, 26-29 September 2022 (Also Microelectronics Reliability), vol. 138, no. 11, 2022, pp. 114634-1-5, https://www.esref2022.org/wp-content/uploads/2022/10/Programm_ESREF22.pdf</p> <p>У раду су приказани резултати утицаја напонско-температурних напрезања са негативном поларизацијом гејта као и зрачења на р-каналне VDMOS транзисторе снаге при условима појединих практичних примена, са циљем одређивања повољних услова за најдужи период поузданог рада. Мерна поставка и експериментални услови су детаљно објашњени. Анализа промене напона прага транзистора услед рада са импулсним сигнаlima специфичног облика који се у индустријским применама користе за контролу различитих мотора је приказана и дати су предлози критеријума за примену у колима. С обзиром да се р-канални VDMOS транзистори снаге користе и као део резервних и помоћних напајања, где транзистори могу бити озрачени пре активирања, утицај претходног зрачења на рад компоненте је додатно истраживан и објашњен.</p>	
16.	<p>Nikola Mitrović, Sandra Veljković, Zoran Prijjić, Danijel Danković, “Lifetime estimation of p-channel power VDMOSFETs applied in automotive applications”, IEEE Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC 2023), Novi Sad, Serbia, 29-31 May 2023, pp. 97-100, ISBN: 979-8-3503-4772-2, DOI: 10.1109/zinc58345.2023.10174162, https://ieeexplore.ieee.org/document/10174162.</p> <p>Овај рад представља истраживање процене периода поузданог рада р-каналних VDMOSFET-а, који су широко доступни у аутомобилској и потрошачкој примени. Период поузданог рада ових компонента утичу на поузданост рада целог система. Рад ових компонента, посебно у тешким условима као што су аутомобилске примене, деградира карактеристике VDMOSFET-а током времена. Деградација параметара доводи до параметарског квара компонента, што представља проблем за потрошача. Параметар VDMOSFET-а који битно утиче на период поузданог рада је напон прага. Период поузданог рада компонента коришћених са различитим типовима контролних сигнала процењен је помоћу одговарајућих алгорита. Поступци експерименталног рада и алгоритми процене детаљно су обрађени у раду.</p>	M33
17.	<p>Sandra Veljković, Goran Ristić, Danijel Danković, Alberto J. Palma, Marko Andjelković, Russell Duane, “Using TCAD Simulations to Verify the McWhorter Method for Assessing Trapped Charge in Dielectric”, 33rd IEEE International Conference on Microelectronics (MIEL 2023), Niš, Serbia, 16-18 October 2023, pp. 211-214, ISBN: 979-8-3503-4776-0, DOI: 10.1109/MIEL58498.2023.10315943, https://ieeexplore.ieee.org/document/10315943.</p> <p>Овај рад је настао ради утврђивања тачности одређивања густина наелектрисања у оксиду гејта и површинских стања када нема могућности добијања свеобухватних информација од произвођача MOSFET-а, што може утицати на прецизност примењених метода за анализу. Да би се то смањило, спроведено је експериментално зрачење ради процене типичних густина наелектрисања у оксиду и површинских стања. Након тога, симулирана је MOSFET структура са дебелим оксидом која одговара компонентама које су коришћене у експерименту. Користила се McWhorter метода, при чему је параметар допирања канала подешен да варира 10 пута у односу на реално постављену у TCAD симулацијама. Истраживање разматра потенцијалне будуће правце, укључујући дефинисање енергетских нивоа за наелектрисања на међуповршини, експерименталне процедуре за компоненте са различитим дебелинама оксида и 3D симулације.</p>	M33
18.	<p>Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Snežana Djorić-Veljković, Vojkan Davidović, Ivica Manić, Emilija Živanović, Srboљub Stanković, Marko Andjelković, Goran Ristić, Albena Paskaleva, Dencho Spassov, Danijel Danković, “Effects in Commercial p-Channel Power VDMOS Transistors Initiated by Negative Bias Temperature Stress and Irradiation”, 33rd IEEE International Conference on Microelectronics (MIEL 2023), Niš, Serbia, 16-18 October 2023, pp. 277-280, ISBN: 979-8-3503-4776-0, DOI: 10.1109/MIEL58498.2023.10315932, https://ieeexplore.ieee.org/document/10315932.</p> <p>Овај рад истражује утицај NBT напрезања на зрачене комерцијалне р-каналне VDMOS транзисторе снаге, фокусирајући се на формирана наелектрисања у оксиду гејта и формирана наелектрисања на међуповршини, као и њихов допринос промени напона прага. Рад наглашава критичну важност поузданости транзистора, јер промене напона прага могу значајно утицати на перформансе у условима повишених температура. Експериментални поступак укључује зрачење и NBT напрезање, а резултати откривају значајне увиде у доприносе наелектрисања у оксиду гејта и наелектрисања на међуповршини у променама напона прага. У раду је дата свеобухватна анализа статичког и импулсног NBT напрезања, са посебним фокусом на оне сигнале напрезања који се срећу у практичним применама. Резултати пружају информације за дизајн и рад р-каналних VDMOS транзистора у различитим условима напрезања.</p>	M33
19.	<p>Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Igor Jovanović, Emilija Živanović, Albena Paskaleva, Dencho Spassov, Dragan Mančić, Danijel Danković, “Self-heating of stressed VDMOS devices under specific operating conditions”, 34th IEEE European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis (ESREF 2023), Toulouse, France, 2-5 October 2023 (Also Microelectronics Reliability), vol. 150, no. 11, November 2023, pp. 115213-1-6, ISSN: 0026-2714, DOI: 10.1016/j.microrel.2023.115213, https://doi.org/10.1016/j.microrel.2023.115213.</p> <p>Овај рад истражује ефекте самозагревања и комбиноване ефекте самозагревања и NBTI у р-каналним VDMOS транзисторима. NBTI ефекти доводе до деградације параметара компонента, при чему је напон прага (V_T) најзначајнији, јер директно утиче на период поузданог рада компонента. Ефекти су анализирани помоћу слика</p>	M33

	<p>добијених инфрацрвеном камером при различитим струјама и различитим облицима сигнала на гејту. Резултати указују на то да је samozagreвање раније напрезаних компонената израженије, што доводи до додатних ограничења у смислу поузданости рада компонената.</p>	
20.	<p>Marko Andjelković, Junchao Chen, Rizwan Tariq Syed, Fabian Vargas, Markus Ulbricht, Miloš Krstić, Stefan Ilić, Miloš Marjanović, Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Danijel Danković, Goran Ristić, Russell Duane, Nikola Vasović, Aleksandar Jakšić, Alberto J. Palma, Antonio M. Lallena, Miguel A. Carvajal, "Towards a Smart Multi-Sensor Ionizing Radiation Monitoring System", 26th Euromicro Conference on Digital System Design (DSD 2023), Golem, Albania, 06-08 September 2023, pp. 286-293, ISBN: 979-8-3503-4419-6, DOI: 10.1109/DSD60849.2023.00048, https://ieeexplore.ieee.org/document/10456775/authors#authors.</p> <p>Детекција и мерење јонизујућег зрачења су неопходни у широком спектру примена на земљи, као и у свемирским мисијама. У ту сврху се користе специјални инструменти састављени од детектора радијације и електронике за анализу параметара. Како јонизујуће зрачење може утицати на рад електронских система, отпорност на зрачење је један од главних дизајнерских захтева за системе за мониторинг радијације. У овом раду је представљен концепт паметног мултисензорског система за мониторинг радијације. Предложени дизајн заснован је на резултатима постигнутим у оквиру EU финансираног ELICSIR пројекта. Решење које је предложено у раду пружа нову перспективу паметног мониторинга радијације комбинујући концепте самосвести, самоприлагодљивости и вештачке интелигенције. Ово решење је погодно за примене где је потребно дугорочно аутономно праћење радијације, као што је мониторинг животне средине на земљи или мониторинг радијације у свемирским мисијама.</p>	M33
21.	<p>Sandra Veljković, "Mogućnosti ispitivanja pouzdanosti elektronskih sistema i komponenti", 13th IEEEESTEC International students projects conference, Niš, Serbia, 26 November 2020, pp. 211-214, http://ieee.elfak.ni.ac.rs/wp-content/uploads/2021/03/2020.pdf.</p> <p>У овом раду разматран је значај испитивања поузданости у дизајну и примени електронске опреме и компонената, са прегледом најчешћих метода и стандарда. Дати су примери тестова поузданости и области њихове примене, уз осврт на испитивање периода поузданог рада VDMOS транзистора снаге. Истакнута је важност провере испуњавања услова за нормално функционисање у задатом временском оквиру приликом уградње у електронска кола.</p>	M63
22.	<p>Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Snežana Đorić-Veljković, Vojkan Davidović, Snežana Golubović, Danijel Danković, "Efekti zračenja i odžarivanja kod naponsko temperaturno napreznih p-kanalnih VDMOS tranzistora snage", 65. konferencija Društva za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku - ETRAN, Etno selo Stanišići, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina, 8-10 September 2021, pp. 321-325, ISBN 978-86-7466-894-8, https://www.etrans.rs/2021/zbornik/Proceedings/Zbornik_Proceedings.pdf.</p> <p>У раду су приказани ефекти зрачења и оджаривања код р-каналних VDMOS транзистора снаге који су претходно били изложени напонско-температурном напрезању током различитих унапред тачно утврђених временских периода. Примећено је да је промена напона прага током озрачивања више изражена код компонената које су биле изложене напонско-температурном напрезању негативном поларизацијом гејта недељу дана, што може бити од значаја у случају када су компоненте апсорбовале високе укупне дозе.</p>	M63
23.	<p>Sandra Veljković, Nikola Mitrović, "Odziv VDMOS tranzistora snage na NBT napreznje, γ-zračenje i odžarivanje", 14th IEEEESTEC International Student Project Conference, Niš, Serbia, 25 November 2021, pp. 229-232, ISBN: 978-86-6125-242, http://ieee.elfak.ni.ac.rs/wp-content/uploads/2021/12/2021.pdf.</p> <p>У оквиру овог рада разматране су промене напона прага до којих долази услед излагања VDMOS транзистора снаге напонско-температурном напрезању, затим јонизујућем зрачењу и на крају, оджаривању. Приказан је цео процес експеримента, коришћена апаратура, као и који су услови примењивани током његовог спровођења. На крају је дата анализа промена до којих долази током фаза експеримента.</p>	M63
24.	<p>Sandra Veljković, Nikola Mitrović, "Elektrohemijski procesi odgovorni za nestabilnosti VDMOS tranzistora snage usled NBT napreznja", 15th IEEEESTEC Student Projects Conference, 24 November 2022, Niš, Serbia, pp. 293-297, http://ieee.elfak.ni.ac.rs/wp-content/uploads/2022/11/2022.pdf.</p> <p>У оквиру овог рада разматрани су механизми формирања захваћеног позитивног наелектрисања у оксиду гејта и површинских стања који доводе до промене напона прага код IRF9520 VDMOS комерцијалних транзистора снаге при напонско-температурном напрезању са негативном поларизацијом гејта. Приказан је процес експеримента и експериментално добијене струјно-напонске карактеристике. На основу ових карактеристика је прорачуната и праћена промена напона прага и дата је њена анализа.</p>	M63
25.	<p>Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Snežana Đorić-Veljković, Vojkan Davidović, Ivica Manić, Snežana Golubović, Danijel Danković, "Gate oxide degradation of electronic components due to irradiation and bias temperature stress", Advanced Ceramics and Applications IX, 20-21 September 2021, Belgrade, Serbia, p. 62, ISBN 978-86-915627-8-6, http://www.serbianceramicsociety.rs/doc/aca01-10/aca9/ACA-IX-2021-Book-of-Abstracts.pdf.</p>	M34

	<p>У овом раду су приказани ефекти деградације оксида MOS компонената услед озрачивања и напонско-температурног напрезања. Ефекти деградације су испитани за различите дозе озрачивања, као и за различита напонско-температурна напрезања. Анализирани ефекти израженији су при јачем интензитету напонско-температурног напрезања: при вишим напонима и температурама. Уочена је мала зависност од поларизације, и ефекти су израженији при вишим дозама озрачивања.</p>	
26.	<p>Nikola Mitrović, Sandra Veljković, Snežana Đorić-Veljković, Vojkan Davidović, Snežana Golubović, Danijel Danković, Zoran Prijjić, “Methods for modeling of NBTS induced threshold voltage shift in p-channel power VDMOSFETs”, Advanced Ceramics and Applications IX, 20-21 September 2021, Belgrade, Serbia, p. 53, ISBN 978-86-915627-8-6, http://www.serbianceramicsociety.rs/doc/aca01-10/aca9/ACA-IX-2021-Book-of-Abstracts.pdf.</p> <p>У овом раду је дат опис основних механизма за моделовање промене параметара р-каналних VDMOS транзистора снаге изложених температурном напрезању са негативном поларизацијом гејта, са нагласком на моделовање промене напона прага одговарајућим математичким методама, као и еквивалентним електричним колима. Поједини приступи су детаљније објашњени и одговарајуће релације између математичких и електричних параметара модела су приказане.</p>	M34
27.	<p>Nikola Mitrović, Sandra Veljković, Vojkan Davidović, Snežana Đorić-Veljković, Snežana Golubović, Emilija Živanović, Zoran Prijjić, Danijel Danković, “Characterization of irradiated and NBT stressed p-channel power VDMOSFETs”, Jubilee 10th International Conference on Radiation in Various Fields of Research (RAD 2022) Spring Edition, 13-17 June 2022, Herceg Novi, Montenegro, p. 124, https://www.rad-conference.org/RAD_2022_Spring_Book_of_Abstracts.pdf.</p> <p>У овом раду су приказане мерне методе за карактеризацију р-каналних VDMOS транзистора снаге који су подвргнути озрачивању и температурном напрезању са негативном поларизацијом гејта. Начин мерења преносних карактеристика, као и процедура добијања напона прага након различитих фаза напрезања су детаљније објашњени. Дати су методи за раздвајање промене напона прага изазваних различитим типовима напрезања.</p>	M34
28.	<p>Sandra Veljković, Stefan D. Ilić, Russell Duane, Marko S. Andjelković, Alberto J. Palma, Goran S. Ristić, “Behaviour of pMOS dosimeters during and after X-rays”, Jubilee 10th International Conference on Radiation in Various Fields of Research (RAD 2022) Spring Edition, 13-17 June 2022, Herceg Novi, Montenegro, p. 114, https://www.rad-conference.org/RAD_2022_Spring_Book_of_Abstracts.pdf.</p> <p>Контрола апсорбоване дозе зрачења је важна, а р-канални MOS транзистори, познати као рMOS дозиметри, могу детектовати јонизујуће зрачење. Овај рад истражује понашање три типа рMOS транзистора (RADFET, MGD, и комерцијални IRF9520) као X-гау дозиметара током и после зрачења X-зрачењем до 160 Gy. Уочен је значајан пораст промене напона прага (ΔV_T) током зрачења, најизразитији је код MGD компонената. Након зрачења, фединг је растао током времена, осим код MGD1A3 и IRF9520. Промене у напонима прага су узроковане наелектрисањима у оксиду и површинским стањима, при чему већи утицај имају наелектрисања у оксиду.</p>	M34
29.	<p>Nikola Mitrović, Sandra Veljković, Snežana Đorić-Veljković, Vojkan Davidović, Snežana Golubović, Danijel Danković, Zoran Prijjić, “Radiation and pulsed NBTS induced threshold voltage shift in p-channel power VDMOSFETs”, Advanced Ceramics and Applications X, 26-27 September 2022, Belgrade, Serbia, p. 81, ISBN 978-86-915627-9-3, http://www.serbianceramicsociety.rs/doc/aca01-10/aca10/ACA-X-Programme-and-Book-of-Abstracts.pdf.</p> <p>У овом раду је приказана промена напона прага р-каналних VDMOS транзистора снаге који су изложени узастопном озрачивању и температурном напрезању са негативном поларизацијом гејта. Промена напона прага, као кључног параметра за рад транзистора је приказана по фазама напрезања, али и као укупна промена вредности напона прага. Излагање већем броју различитих типова напрезања доводи до још израженије промене напона прага.</p>	M34
30.	<p>Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Snežana Đorić-Veljković, Vojkan Davidović, Ivica Manić, Snežana Golubović, Aneta Prijjić, Zoran Prijjić, Goran Ristić, Danijel Danković, “P-channel power VDMOSFETs under the influence of radiation and static/pulsed NBT stress”, Advanced Ceramics and Applications X, 26-27 September 2022, Belgrade, Serbia, p. 64, ISBN 978-86-915627-9-3, http://www.serbianceramicsociety.rs/doc/aca01-10/aca10/ACA-X-Programme-and-Book-of-Abstracts.pdf.</p> <p>У овом раду је приказан процес деградације р-каналних VDMOS транзистора снаге који су изложени узастопном озрачивању и напонско-температурном напрезању са негативном поларизацијом гејта. Различити типови напрезања доводе до промене више параметара, од којих је промена напона прага, као кључног параметра за рад транзистора, детаљније анализирана. Излагање већем броју различитих типова напрезања доводи до израженије деградације параметара компонената које додатно ограничавају период поузданог рада компоненте.</p>	M34
31.	<p>Sandra Veljković, Russell Duane, Goran S. Ristić, “Sensitivity and fading of eight different types of pMOS transistors irradiated to high dose”, Elicsir Project Symposium, 25-27 January 2023, Nis, Serbia, p. 31, http://www.symp.elicisir-project.eu/book_of_abstracts.php.</p> <p>Овај рад испитује осетљивост и фединг код осам типова рMOS транзистора, укључујући RADFET и VDMOSFET транзисторе са различитим дебелинама оксида. Компоненте су у Институту за нуклеарне науке Винча, изложене гама зрачењу до 866 Gy. Уочен је значајан пораст ΔV_T код свих транзистора, при чему је наглашено да су дебелина оксида</p>	M34

	и технологија производње важни за осетљивост. Промене у Not и Nit утичу на ΔV_T и фединг, који практично представља опоравак напона прага.	
32.	<p>Nikola Mitrović, Sandra Veljković, Vojkan Davidović, Snežana Đorić-Veljković, Snežana Golubović, Emilija Živanović, Zoran Prijić, Danijel Danković, “Threshold voltage shift in irradiated and pulsed NBT stressed p-channel VDMOS transistors”, Elcisir Project Symposium, 25-27 January 2023, Nis, Serbia, p. 44, http://www.symp.elcisir-project.eu/book_of_abstracts.php.</p> <p>Овај рад истражује промене напона прага (ΔV_T) у р-каналним VDMOSFET транзисторима под утицајем зрачења и импулсног NBT напрезања. Испитивања су обављена на IRF9520 транзисторима. Експерименти су укључивали две групе узорака: прва група је била подвргнута напрезањима при температури од 175 °C и напону -50 V, док је друга прво била зрачења од 30 Gy, а затим подвргнута истом напрезању. Резултати указују на значајан утицај зрачења на поузданост рада уређаја у зависности од типа импулсног сигнала.</p>	M34
33.	<p>Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Vojkan Davidović, Snežana Đorić-Veljković, Snežana Golubović, Emilija Živanović, Zoran Prijić, Danijel Danković, “Experimental setup and procedure for NBT stress and irradiation of VDMOS transistors”, Elcisir Project Symposium, 25-27 January 2023, Nis, Serbia, p. 50, http://www.symp.elcisir-project.eu/book_of_abstracts.php.</p> <p>Овај рад разматра радне услове и утицаје на р-каналне VDMOS транзисторе, који раде при високим напонима и струјама. Ови транзистори, произведени у полисилицијумској технологији са дебљином гејта од 100 nm, могу да поднесу струју до -6.8 A и имају почетни напон прага $V_{T0} = -3.6$ V. У експерименту су анализирани утицаји зрачења и напонско-температурног напрезања са негативном поларизацијом гејта (NBT напрезање). Транзистори су зрачењу подвргнути у Институту за нуклеарне науке Винча, при брзини дозе од 0,5 Gy(SiO₂)/мин, док је NBT напрезање извршено у Лабораторији за микроелектронику и електронске компоненте Електронског факултета у Нишу. Опрема укључује сигнал генератор, осцилоскоп и DC напајање. Циљ је детаљно представљање уређаја, методе мерења и анализа добијених резултата у контексту утицаја електрохемијских процеса на прободни напон, уз акценат на значај ових проучавања у медицинским и нуклеарним применама.</p>	M34
34.	<p>Sandra Veljković, Goran S. Ristić, Danijel Danković, Russell Duane, “TCAD validation of McWhorter method for extracting trapped charge in dielectrics”, Elcisir Project Symposium, 25-27 January 2023, Nis, Serbia, p. 51, http://www.symp.elcisir-project.eu/book_of_abstracts.php.</p> <p>Метода McWhorter се користи за карактеризацију наелектрисања у оксиду и површинских стања у MOS транзисторима након напонско-температурних напрезања или зрачења. У раду је валидирана ова метода коришћењем TCAD симулација у ситуацијама када профили допаната нису познати. Извршени експеримент укључивао је зрачење RADFET транзистора дебљине оксида од 400 nm дозом до 160 Gy. Утврђене су промене наелектрисања у оксиду од око 1×10^{11} cm⁻² и наелектрисања на међуповршини од око $0,5 \times 10^{11}$ cm⁻², што је послужило као основа за симулације. Креиране су две симулиране MOSFET структуре, једна са дебљином оксида од 400 nm, а друга од 20 nm.</p>	M34
35.	<p>Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Igor Jovanović, Emilija Živanović, Albena Paskaleva, Goran Ristić, Danijel Danković, “Effects of self-heating and NBTI-induced stress on p-channel power VDMOSFETs”, 11th International Conference on Radiation in Various Fields of Research (RAD 2023), 13-17 June 2023, Herceg Novi, Montenegro, p. 191, ISBN:978-86-901150-6-8, https://doi.org/10.21175/rad.abstr.book.2023.33.4</p> <p>Овај рад анализира ефекте самозагревања на ненапрезаним и претходно напрезаним р-каналним VDMOSFET транзисторима IRF9520, када недостаје хладњак. Експеримент је укључио различите контролне сигнале за три вредности струја, мерење температуре помоћу инфрацрвене камере и анализу промене преносних карактеристика. Резултати показују да самозагревање доводи до померања напона прага, при чему претходно стресиране компоненте показују већу склоност ка самозагревању и деградацији, нарочито при највишој струји и најдужим временима пораста и опадања сигнала.</p>	M34
36.	<p>Nikola Mitrović, Sandra Veljković, Danijel Danković, “Impact of low magnetic field on NBT stressed p-channel power VDMOSFETs”, 16th International Conference on Applied Electromagnetics (IEEC 2023), 28-30 August 2023, Nis, Serbia, p. 25.</p> <p>У раду је истражен утицај слабог магнетног поља на деградирани р-каналне VDMOS транзисторе снаге типа IRF9520, који су претходно били изложени негативном напонско-температурном напрезању. Анализа је заснована на праћењу промене напона прага. Након спроведеног NBT напрезања, транзистори су изложени хомогеном магнетном пољу мале јачине, а његов утицај је процењен на основу мерења преносних карактеристика и одређивања промене напона прага. Резултати су показали да присуство магнетног поља доводи до додатне промене напона прага, при чему интензитет овог ефекта зависи од претходног стања компонената. Добијени резултати указују на значај разматрања комбинованог дејства различитих механизма деградације приликом процене поузданости VDMOS транзистора снаге у реалним условима рада.</p>	M34
37.	<p>Miloš Marjanović, Umutcan Güreş, Emre Doganci, Sandra Veljković, Stefan Ilić, Nikola Mitrović, Danijel Danković, Goran Ristić, Ercan Yilmaz, “SPICE modeling and simulation of RADFETs”, 12th International Conference on Radiation in Various Fields of Research (RAD 2024), 17-21 June 2024,</p>	M34

Herceg Novi, Montenegro, p. 188, DOI: 10.21175/rad.abstr.book.2024.35.20, https://www.rad-conference.org/RAD_2024-Book_of_Abstracts.pdf.

RADFET је р-канални MOS транзистор осетљив на радијацију, који се користи као полупроводнички сензор за детекцију и мерење јонизујућег зрачења. У раду је приказана процедура за екстракцију параметара RADFET-а из карактеристика у режиму засићења и из I_D - V_{DS} карактеристика, као и њихова зависност од дозе и имплементација модела у LTSpice-у. Модел је развијен за RADFET са p^+ контактима и SiO_2 као оксидом, дебљине 300 nm, а осетљивост сензора је 9.86 mV/Gy. Параметри модела показују добро поклапање између експерименталних и симулационих вредности.

Sandra Veljković, Nikola Mitrović, Emilija Živanović, Miloš Marjanović, Vojkan Davidović, Goran Ristić, Danijel Danković, "Assessment of NBT Stressing Impact on the Continuous Operation of Power VDMOS Transistor", 12th International Conference on Radiation in Various Fields of Research (RAD 2024), 17-21 June 2024, Herceg Novi, Montenegro, p. 189, DOI: 10.21175/rad.abstr.book.2024.35.21, https://www.rad-conference.org/RAD_2024-Book_of_Abstracts.pdf.

38.

У овом раду анализирано је понашање VDMOS транзистора снаге под утицајем зрачења и NBT напрезања. Транзистори су изложени контролисаним NBT условима како би се симулирали стварни радни услови са повишеним температурама. Уочени термални ефекти праћени су инфрацрвеном камером, омогућавајући прецизно мапирање температуре. Поређењем електричних карактеристика транзистора пре и после напрезања, анализирана је промена напона прага као индикатор деградације. Рад наглашава значај зрачења и NBT напрезања у процени поузданости VDMOS транзистора.

M34

НАПОМЕНА: уколико је кандидат објавио више од 3 рада, додати нове редове у овај део документа

ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат испуњава услове за оцену и одбрану докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању, Статутом Универзитета и Статутом Факултета.

ДА

На основу Извештаја Комисије за оцену испуњености критеријума за покретање поступка за пријаву докторске дисертације, покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације и изборе у звања наставника на Електронском факултету у Нишу, бр. 07/03-007/26-001 од 25.05.2026. године, установљено је да кандидат мастер инжењер Сандра Вељковић **ИСПУЊАВА** све предвиђене критеријуме за покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације. Кандидат мастер инжењер Сандра Вељковић доставила је Електронском факултету у Нишу доказ да је првопотписани аутор рада објављеног у часопису са SCiE листе, као и да је првопотписани аутор рада објављеног у часопису који издаје факултет Универзитета у Нишу.

ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (до 500 речи)

Докторска дисертација је организована у пет поглавља која обухватају теоријске основе, експериментална истраживања и анализу механизма одговорних за нестабилности MOS транзистора са дебелим оксидом гејта.

У првом поглављу дат је увод у област истраживања, са посебним освртом на значај поузданости MOS компонената у савременим електронским системима. Приказан је преглед релевантне литературе, анализирани су најзначајнији механизми деградације и нестабилности карактеристика MOS транзистора, као и различити видови електричних и радијационих напрезања којима су ове компоненте изложене током рада. Такође је образложена научна и практична мотивација истраживања.

Друго поглавље посвећено је анализи нестабилности MOS транзистора са дебелим оксидом гејта изложених NBT напрезању. Најпре су приказани резултати статичког NBT напрезања, а затим и резултати добијени при импулсном NBT напрезању. Испитан је утицај различитих вредности напона на гејту, температуре, фреквенције и фактора испуне импулсног сигнала на промену електричних параметара компонената. Посебна пажња посвећена је анализи механизма одговорних за промену напона прага и деградацију карактеристика транзистора.

У трећем поглављу разматране су нестабилности MOS транзистора са дебелим оксидом гејта изложених комбинованом дејству зрачења и NBT напрезања. Приказане су експерименталне методе и анализирани су процеси који доводе до формирања наелектрисања у оксиду и површинских стања на међуповршини Si/SiO₂. Посебан акценат стављен је на разјашњавање електрохемијских механизма деградације, као и на анализу доминантних електрохемијских реакција које одређују понашање компонената током и након напрезања. Разматрани су и ефекти сукцесивног дејства зрачења и NBT напрезања на поузданост испитиваних компонената.

Четврто поглавље бави се утицајем реалних радних услова на перформансе MOS транзистора снаге са дебелим оксидом гејта. У оквиру овог поглавља анализиран је ефекат самозагревања применом термовизијске камере, као и утицај различитих режима рада на температурни одзив компонената. Поред експерименталних испитивања,

приказано је и моделовање понашања компонената применом модификованог SPICE модела, што је омогућило додатну анализу утицаја температуре и деградационих процеса на електричне карактеристике транзистора.

У петом поглављу сумирани су најзначајнији резултати истраживања, изведени су закључци о механизмима одговорним за деградацију и нестабилност карактеристика испитиваних компонената, а дате су и смернице за будућа истраживања у области поузданости MOS транзистора са дебелим оксидом гејта.

ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације *(до 200 речи)*

Постављени циљеви из пријаве докторске дисертације у потпуности су остварени. Спроведена су обимна експериментална и теоријска истраживања нестабилности MOS транзистора са дебелим оксидом гејта при различитим видовима напрезања, укључујући NBT напрезање, јонизујуће зрачење и самозагревање, као и њихово појединачно и комбиновано дејство. Истраживања су реализована на р-каналним и n-каналним VDMOS транзисторима снаге са дебелим оксидом гејта, као и на RADFET компонентама, које се широко примењују у енергетској електроници и системима који захтевају висок степен поузданости. Извршена је детаљна анализа процеса који се одвијају у оксиду гејта и на међуповршини Si/SiO₂, са посебним освртом на допринос наелектрисања у оксиду и површинских стања променама електричних параметара компонената.

У оквиру дисертације реализовани су експерименти у различитим условима напрезања, спроведена је свеобухватна анализа добијених резултата и разјашњени су доминантни механизми деградације. Посебна пажња посвећена је испитивању утицаја радних услова на поузданост компонената, као и анализи процеса опоравка након напрезања. Поред експерименталних истраживања, примењени су и савремени софтверски алати за моделовање и анализу понашања испитиваних компонената, чиме су потврђени и додатно објашњени експериментални резултати.

Добијени резултати омогућили су боље разумевање механизма одговорних за нестабилности MOS транзистора са дебелим оксидом гејта, као и процену њиховог утицаја на дугорочну поузданост компонената. Истраживања представљају значајан научни допринос области микроелектронике и пружају основу за даље унапређење технологије израде, моделовања и примене MOS компонената у захтевним радним условима.

Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације *(до 200 речи)*

Резултати приказани у докторској дисертацији представљају значајан научни допринос у области поузданости MOS транзистора са дебелим оксидом гејта. Спроведена су свеобухватна експериментална истраживања на р-каналним и n-каналним VDMOS транзисторима снаге, при различитим условима NBT напрезања, јонизујућег зрачења и самозагревања, као и при њиховом комбинованом дејству. Посебан допринос дисертације огледа се у детаљној анализи процеса одговорних за промену напона прага и деградацију електричних карактеристика, уз раздвајање доприноса наелектрисања у оксиду и површинских стања на међуповршини Si/SiO₂.

Добијени резултати омогућили су боље разумевање физичких механизма који одређују понашање компонената у пооптреним радним условима, као и анализу њиховог опоравка након напрезања. Значајан допринос представљају и истраживања ефекта самозагревања, укључујући процену утицаја хладњака на термичке и електричне параметре компонената, као и примена софтверског моделовања за потврду и тумачење експерименталних резултата. Добијени резултати имају научни и практични значај и могу послужити као основа за унапређење технологије израде, моделовања и поузданости MOS компонената намењених раду у екстремним условима експлоатације.

Оцена самосталности научног рада кандидата *(до 100 речи)*

Кандидат мастер инж. Сандра Вељковић током израде докторске дисертације показала је изузетан степен самосталности, научне зрелости и посвећености истраживачком раду. Доказ томе су спроведена истраживања која обухватају све неопходне елементе савременог научног рада, укључујући јасно дефинисане циљеве, адекватну методологију, обимну експерименталну верификацију и критичку анализу добијених резултата.

Оригиналност и научни допринос спроведених истраживања потврђени су кроз велики број радова објављених у релевантним међународним и домаћим научним часописима и зборницима конференција, а њихов значај додатно је приказан и систематизован у оквиру ове докторске дисертације.

Провером докторске дисертације применом званичног система Универзитета у Нишу за детекцију плагијаризма потврђена је њена оригиналност.

ЗАКЉУЧАК (до 100 речи)

На основу извршеног прегледа докторске дисертације кандидата мастер инж. Сандре Вељковић, Комисија је утврдила да дисертација садржи оригиналне научне резултате и значајан научни допринос у области истраживања. Сагледавајући квалитет спроведених истраживања, добијене резултате и њихову научну верификацију, Комисија закључује да су испуњени сви услови за јавну одбрану докторске дисертације под насловом “Допринос анализи процеса одговорних за нестабилности MOS транзистора са дебелим оксидом гејта при различитим видовима напрезања”. Комисија предлаже Наставно-научном већу Електронског факултета, Универзитета у Нишу прихватање и одобравања јавне одбране докторске дисертације.






КОМИСИЈА

Број одлуке НСВ о именовању Комисије

НСВ број 820-01-6/26-15

Датум именовања Комисије

23.06.2026. године

Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис	
1.	др Горан Ристић, редовни професор	председник		
	Примењена физика	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу		
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)		
2.	др Данијел Данковић, редовни професор	ментор, члан		
	Микроелектроника и микросистеми	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу		
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)		
3.	др Војкан Давидовић, доцент	члан		
	Микроелектроника и микросистеми	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу		
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)		
4.	др Емилија Живановић, ванредни професор	члан		
	Примењена физика	Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу		
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)		
5.	др Дана Васиљевић Радовић, научни саветник	члан		
	Микроелектроника и микросистеми	Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Центар за микроелектронске технологије		
	(Ужа научна област)	(Установа у којој је запослен)		

Датум и место:
30.06.2026. у Нишу