

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ

Предмет: Извештај комисије за избор др Драгане Марић у звање научни саветник

На седници Научног већа Института за физику, одржаној 15.06.2015. године, именовани смо у комисију за избор др Драгане Марић у звање научни саветник.

Прегледом материјала који нам је достављен, као и на основу личног познавања кандидаткиње и увида у њен рад, Научном већу Института за физику подносимо следећи

Извештај

Основни биографски подаци:

Др Драгана Марић је рођена 11. 12. 1973. године у Београду. Физички факултет – смер Примењена физика је завршила на Универзитету у Београду 1999. године. Дипломирала је 11. 11. 1999. Године, на тему „*Електрична проводљивост двојних фосфата бакра и баријума [BaCu₂(PO₄)₂ и BaCuP₂O₇] у области ниских температура*“. Ментор дипломског рада је био др Јаблан Дојчиловић, редовни професор Физичког факултета Универзитета у Београду.

Последипломске студије је уписала 2000. године на Физичком факултету Универзитета у Београду – смер Експериментална физика јонизованих гасова. Кандидат Драгана Марић је комплетирали магистарску тезу под називом „*Скалирање особина абнормалног тињавог пражњења*“ у Лабораторији за гасну електронику Института за физику у Београду, под руководством Проф. др Зорана Љ. Петровића. Магистарска теза је одбрањена на Физичком факултету Универзитета у Београду 27. 12. 2002. године.

Докторску дисертацију под називом „*Просторна структура и основни кинетички процеси у гасним пражњењима на ниском притиску*“ је комплетирали у Институту за физику, у Лабораторији за гасну електронику. Ментор докторске дисертације је био Проф. др Зоран Љ. Петровић, а коментор др Илија Стефановић. Докторска дисертација је одбрањена на Физичком факултету Универзитета у Београду, 24. фебруара 2006. године.

Драгана Марић је у радном односу од 14. јануара 2000. године у Институту за физику у Београду. 2003. године је изабрана у звање истраживач сарадник, 2006. године у звање научни сарадник, а 2011. године је изабрана у звање виши научни сарадник.

Непосредно након докторирања је добила стипендију француске агенције *Egide* за постдокторске студије у *Ecole Polytechnique* у Паризу током 2006. године (март-децембар 2006). Током постдокторских студија се бавила дијагностиком радиофреквентних плазми у флуорокарбонским гасовима, у оквиру пројекта са компанијом Lam Research, која је светски лидер у производњи реактора који се користе за израду интегрисаних кола плазма нагризањем.

Након постдокторских студија је покренула неколико врло успешних нових праваца истраживања. У првом реду су то проучавање електричних пражњења микрометарских димензија на високим притисцима и пражњења у комплексним димензијама. Нешто касније, започела је рад на пражњењима у парама течности, проучавању елементарних процеса у парама, у плазмама у контакту са течностима и у самим течностима. Недавно је започела експериментални рад на пробоју у радиофреквентним пољима. Прикључила се и тиму Центра за неравнотежне процесе који се бави сетовима пресека за сударе електрона, јона и неутрала са различитим молекулима.

Током свог рада, као део међународне сарадње, била је више пута на краћим студијским боравцима, до месец дана, у Лабораторијама у Немачкој, Француској и Северној Ирској.

Тренутно је ангажована као руководица једне од четири секције на COST програму TD1208, који има за циљ повезивање више од 60 лабораторија из света и индустријских партнера, заједничко решавање горућих проблема у разумевању основних механизма пражњења у течностима, прикупљању постојећих података о елементарним процесима и обезбеђивању података који недостају и, коначно, на развоју нових потенцијалних примена.

Преглед научне активности и анализа објављених радова

**** Резултати објављени након избора у претходно звање**

Др Драгана Марић се бави проучавањем основне феноменологије неравнотежних гасних пражњења. Окосницу њеног рада чине експериментална и теоријска истраживања пробоја у гасу и формирања пражњења, која су фундаментална по природи, али увек уско везана за тренутно најактуелније правце светских истраживања могућих примена неравнотежних плазми. Циљ њеног рада је да се прошири знање о кинетици настанка и одржавања различитих режима гасних пражњења применом савремених дијагностичких метода; да се дају физичка тумачења основних процеса, на бази одговарајућих модела; као и да се да се формира обимна база експерименталних података који се могу моделовати. Овакав приступ и методологија истраживања омогућавају да се као крајњи корак резултати директно примене за развој и оптимизацију најразличитијих примена гасних пражњења – од извора светлости, нанотехнологија, гасних диелектрика, гасних детектора честица, реформирања нових еколошки оправданих горива па до биомедицинских примена; али и у разумевању феномена у атмосферама планета и сателита.

Хронолошки гледано, теме којима се др Драгана Марић до сада бавила су следеће:

1. Основна феноменологија неравнотежних пражњења у гасовима:

- a. Закони сличности (скалирања) неравнотежних гасних пражњења на ниским притисцима и улога процеса индукованих тешким честицама
- b. Кључни процеси за одржавање пражњења:
 - i. Јонизација
 - ii. Секундарна емисија електрона
- c. Временски развој пробоја и различитих режима рада пражњења на ниским притисцима

У питању су теме којима се колегиница Марић у највећој мери бавила пре избора у претходно звање, али су остале врло активне и након тога, јер представљају базу на основу које се граде даљи правци њеног истраживања.

Сам почетак рада је везан за ревизију стандардне (Townsend-ове) теорије пробоја и слабострујних пражњења у гасовима и за анализу утицаја различитих процеса и феномена на особине пражњења. Вероватно најзначајније признање овим истраживањима је чињеница да су резултати објављени у књизи која важи за један од основних уџбеника из области физике јонизованих гасова, уз посебну захвалницу у предговору књиге:

M. A. Lieberman, A.J. Lichtenberg, in *Principles of plasma discharges and materials processing*, 2nd edn.(John Waley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, 2005), поглавље 14.

- a. Закони сличности (скалирања) неравнотежних гасних пражњења на ниским притисцима и улога процеса индукованих тешким честицама

Тема која се надовезала на проучавање основне феноменологије пробоја је била анализа стандардних закона скалирања (сличности) у неравнотежним пражњењима на ниским притисцима, а била је примарно мотивисана потребама за развојем и повећањем ефикасности плазма екрана. У оквиру овог истраживања је посебна пажња посвећена улози тешких честица, јона и брзих неутрала. Један од најважнијих радова који се бави наведеном тематиком је:

Measurements and modeling of axial emission profiles in abnormal glow discharges in argon: heavy-particle processes

D. Marić, P. Hartmann, G. Malović, Z. Donko and Z. Lj. Petrović

J. Phys. D: Appl. Phys. 36(21) (2003) 2639-2648

Рад има 40 цитата, а приказује резултате на основу којих су кандидаткињи додељене награде *Student award of excellence* на скупу *Gaseous electronics conference* у Сан Франциску 2003. године и Студентска награда Института за физику.

Центар за неравнотежне процесе је и данас једна од водећих група у свету за проучавање процеса индукованих тешким честицама у пражњењима.

- b. Кључни процеси за одржавање пражњења:
 - i. Јонизација
 - ii. Секундарна емисија електрона

Посебна пажња је фокусирана на основне механизме пробоја и одржавања пражњења – јонизацији и секундарној емисији електрона:

Истраживање јонизације је било мотивисано потребама испитивања гасних детектора и гасних диелектрика; да се установе универзални аналитички изрази за коефицијент јонизације у чистим гасовима и смешама гасова. Наиме, већ више деценија у литератури постоји велика конфузија због увођења најразличитији аналитичких израза за коефицијенте јонизације, који често немају физичко оправдање

и важе у врло ограниченем опсегу услова. Анализирана је и потврђена могућност примене јединственог аналитичког израза, тзв. проширене Townsend-ове формуле за чисте гасове. За смеше гасова је установљен тзв. *Common mean energy* метод заснован на комбинацији података за чисте гасове који одговарају вредностима средње енергије електрона, насупрот уобичајеном Wieland-овом методу (*Common E/N method*), који не може да опише кинетику електрона у смешама гасова за које су карактеристичне драстично различите расподеле енергије електрона. Један од радова у коме су резултати објављени је:

On parametrization and mixture laws for electron ionization coefficients

D. Marić, M. Radmilović-Rađenović and Z. Lj. Petrović

Eur. Phys. J. D 35 (2005) 313–321

(36 цитата)

Стандардни оптички метод одређивања приноса секундарне емисије електрона из аксијалних расподела емисије из пражњења и Paschen-ових кривих (зависност пробојног напона од производа притиска и међуелектродног растојања), примењен је на полимерне материјале – угљоводоничне филмове и честице прашине. Интерес за ово истраживање је проистекао из потребе да се објасни појава аномалног повећања концентрације електрона у *afterglow* фази код пражњавих плазми, које су важне за разумевање нежељених ефеката појаве честица прашине у плазмама за процесирање, али и за проучавање пражњења у планетарним атмосферама и атмосферама сателита где се неизбежно појављује и прашина.

Secondary electron emission of carbonaceous dust particles

I. Stefanović, J. Berndt, D. Marić, V. Šamara, M. Radmilović-Rađenović, Z. Lj. Petrović, E. Kovačević, and J. Winter

Phys. Rev. E 74 (2006) 026406

(19 цитата)

с. Временски развој пробоја и различитих режима рада пражњења на ниским притисцима

Надаље је др Драгана Марић пажњу посветила експерименталном проучавању временски разложеног развоја различитих режима пражњења. Захваљујући примени ICCD технике снимања структуре пражњења, која је омогућила временско разлагање промена до наносекундне скале, по први пут је установљен механизам развоја феномена као што су осцилације и констрикције пражњења. Резултати су били веома запажени, приказани су у оквиру предавања по позиву на најзначајнијим конференцијама у области (ESCAMPIG, GEC, EMS, EPS,...). Један од најважнијих радова је:

Space-time development of low pressure gas breakdown

Dragana G Maric, Gordana Malovic and Zoran Lj Petrovic

Plasma Sources Sci. Technol. 18 (2009) 034009 (8pp)

(16 цитата)

Технике и методе рада које су развијене и коришћене у оквиру наведених истраживања сада представљају стандардни „алат“ за проучавање пробоја и слабострујних пражњења у различитим гасовима, геометријама и димензијама:

****Gas breakdown and secondary electron yield**

Dragana Marić, Marija Savić, Jelena Sivoš, Nikola Škoro, Marija Radmilović-Radjenović, Gordana Malović, Zoran Lj. Petrović

Eur. Phys. J. D **68**(6) (2014) 155 (7pp) **Topical Review**

****Influence of the cathode surface conditions on V–A characteristics in low-pressure nitrogen discharge**

Saša Gocić, Nikola Škoro, Dragana Marić, Zoran Lj. Petrović

Plasma Sources Sci. Technol. 23(3) (2014) 035003 (9pp)

2. Дијагностика радиофреквентних плазми у флуорокарбонским гасовима

У току постдокторских студија, др Драгана Марић се бавила дијагностиком радиофреквентних плазми. Укључила се у индустријски пројекат *Diagnostics of radio-frequency plasmas in fluorocarbon gases* између Laboratoire de Physique et Technologie des Plasmas, Ecole Polytechnique, Palaiseau, France и Lam Research, US, компаније која је један од водећих у свету у области развоја и конструкције плазма реактора за производњу интегрисаних кола. Примарне теме су биле примене модерних дијагностичких метода за:

- мерење концентрације негативних јона флуора (применом *Cavity Ring-Down* спектроскопије)
- мерење концентрације електрона (применом *hairpin* сонде)
- мерење флукса јона (применом *ion flux planar probe*)

Dual-frequency capacitive radiofrequency discharges: effect of low-frequency power on electron density and ion flux

J P Booth, G Curley, D Maric and P Chabert

Plasma Sources Sci. Technol. 19 (2010) 015005 (7pp)

(48 цитата)

Као наставак рада на овој теми, након повратка у Институт за физику, колегиница Марић се бавила проучавањем пробоја и елементарних процеса у флуорокарбонским гасовима, што је било и део докторске дисертације др Николе Шкора, урађене под њеним руководством.

3. Микропражњења

- a. Провера валидности стандардних закона скалирања
- b. Комплексне геометрије
- c. Просторна структура микропражњења
- d. Нестабилности у микропражњењима

Након постдокторских студија, др Драгана Марић је покренула проучавање пражњења у микрометарским димензијама, на притисцима блиским атмосферском и пражњења у комплексним геометријама. Ова истраживања су још увек врло актуелна, зато што су отворила читав низ нових могућности за примене јонизованих гасова и плазме. Наиме, захваљујући стандардним законима сличности, показало се да је могуће на атмосферском притиску остварити неравнотежно пражњење, хладну плазму, где се одговарајућим избором радних параметара могу процесирати различити материјали. Предности оваквих пражњења су с једне стране појефтинијење производње избегавањем скупе вакуумске опреме и, с друге стране, могућност процесирања

материјала који не трпе вакуум и ниске притиске. У овој области је и покренута сарадња са неколико значајних центара у Европи:

- NIBEC, Ulster University, Белфаст, Северна Ирска (Проф. Paul Maguire)
- Ecole Polytechnique, Париз, Француска (Проф. Antoine Rousseau)
- Ruhr University, Бохум, Немачка (Проф. Joerg Winter и др Илија Стефановић)

a. Провера валидности стандардних закона скалирања

Као први корак, тестирани су стандардни закони скалирања у пражњењима у микрометарским димензијама, на високим притисцима и утврђене границе валидности.

Breakdown, scaling and volt–ampere characteristics of low current micro-discharges
Z Lj Petrovic, N Skoro, D Maric, C M O Mahony, P D Maguire, M Radmilovic-Radenovic and G Malovic
J. Phys. D: Appl. Phys. 41 (2008) 194002 (5pp)
(41 цитат)

b. Комплексне геометрије

Проучавање микропражњења је и након претходног избора у звање кандидаткиње врло активна тема. Као посебан проблем наметнула се појава *long path breakdown*-а у левој грани Paschen-ове криве, што је повезано и генерализовано са проучавањем пробоја у комплексним геометријама:

******On the possibility of long path breakdown affecting the Paschen curves for microdischarges
D Maric, N Skoro, P D Maguire, C M O Mahony, G Malovic, Z Lj Petrovic
Plasma Sources Sci. Technol. **21**(3) (2012) 035016 (6pp)

c. Просторна структура микропражњења

Техника снимања стационарних и прелазних режима пражњења ICCD камером, уз одговарајућу оптику је примењена на микропражњења, што је описано у неколико радова, нпр:

******Axial light emission and Ar metastable densities in a parallel plate dc micro discharge in steady state and transient regimes
T Kuschel, B Niermann, I Stefanovic, M Boeke, N Skoro, D Maric, Z Lj Petrovic and J Winter
Plasma Sources Sci. Technol. 20(6) (2011) 065001 (10pp)

d. Нестабилности у микропражњењима

Појаве нестабилности у микропражњењима, од хаотичних до регуларних осцилација, су биле посебно истраживан проблем у многим светским лабораторијама. Од великог интереса за развој примена микропражњења је било да се установе и проуче узроци настанка нестабилности, како би се уклониле или избегле у случајевима где је неопходан стабилан рад. Различити режими осцилација код микропражњења су анализирани на основу претходних искустава и теорија развијених за пражњења стандардних димензија:

******Oscillation modes of direct current microdischarges with parallelplate geometry
I Stefanović, T Kuschel, N Škoro, D Marić, Z Lj Petrović and J Winter
J. Appl. Phys. **110** (2011) 083310 (6pp)

****Spatiotemporal Profile of Emission From Oscillating DC Microdischarges**
T. Kuschel, I. Stefanović, N. Škoro, D. Marić, G. Malović, J. Winter, and Z. Lj. Petrović
IEEE Trans. Plasma Sci. 39(11) (2011) 2692-2693

4. Електрична пражњења у парама течности, у течностима и у контакту са течностима

Следећа област коју је др Марић покренула је проучавање плазми у парама течности, у контакту са течностима и у самим течностима. И у овом случају је мотивација била везана за трендове у развоју примена: испитивање нових извора светлости који не садрже живу, а укључивањем водене паре у гасну смешу показују повећање ефикасности; проучавање елементарних процеса који одређују особине плазми за третирање биолошких материјала; пречишћавање вода применом плазме; реформирање био-разградивих горива; производња нано-честица и нано-зидова на бази угљеника. Базирајући са на претходним искуствима и познавању елементарних процеса и феноменологије пражњења у гасовима, покренут је експеримент који је омогућио проучавање пробоја у парама течности. До сада су анализирани водена пара; и паре метанола и етанола, као најједноставније органске течности.

****Electrical Breakdown in Water Vapor**
N. Škoro, D. Marić, G. Malović, W.G. Graham and Z.Lj. Petrović
Phys. Rev. E **84** (2011) 055401 (4pp)

Највећи део нових резултата је представљен у оквиру предавања по позиву, један рад је прихваћен и најављен за публикавање у септембру ове године.

Експериментални резултати се користе као база за нормирање пресека за сударе електрона, јона и неутрала са молекулима воде. Наиме, како је 2013. Године покренута COST акција TD1208 *Electrical discharges in liquids for future applications*, у међународној заједници, која броји више од 60 лабораторија, дефинисане су најзначајније потребе за елементарним подацима неопходним за даљи развој области. Као руководилац радне групе за елементарне процесе у оквиру ове акције, др Драгана Марић је иницирала прикупљање доступних података, теоријске прорачуне података који недостају у литератури, формирање сетова пресека, проучавање транспорта електрона, јона и кластера у парама течности. За сада је објављен један рад у овом правцу:

****Cross sections and transport of O⁻ in H₂O vapour at low pressures**
Vladimir Stojanović, Zoran Raspopović, Dragana Marić, Zoran Lj. Petrović
Eur. Phys. J. D **69** (2015) 63

Рад је имао веома позитиван одзив и изабран је за *highlight* у часопису *European Physical Journal D*, и објављен на неколико популарно-научних интернет портала.

У оквиру ових активности, др Марић је била члан Надзорног научног комитета скупа организованог у *Lorentz* центру у Холандији, који је окупио највеће светске стручњаке из области физике јонизованих гасова, плазма хемије, механике флуида и физике аеросола, са циљем да се кроз мултидисциплинарни приступ проуче елементарни физички и хемијски процеси иницирани плазмама у контакту са течностима. Резултат овог скупа је *Roadmap* рад који представља преглед досадашњих истраживања, дефинише основне проблеме, препреке, као и неопходне кораке за даљи рад у области (*Roadmap on Plasma-liquid interaction*). Кандидаткиња је ко-едитор

рада и ко-аутор поглавља посвећеног елементарним процесима и базама података. Објављивање рада се очекује до краја 2015 године.

5. Пробој у радиофреквентним пољима

У периоду након избора у претходно звање, укључила се и у истраживања пробоја у радиофреквентним електричним пољима, применом Monte Carlo симулација. Први резултати, који указују на основни механизам појаве тзв. *Double valued* леве гране пробојне криве објављени су у раду:

On Explanation of the Double-Valued Paschen-Like Curve for RF Breakdown in Argon
M. Savić, M. Radmilović-Radjenović, M. Šuvakov, S. Marjanović, D. Marić and Z.Lj. Petrović
IEEE Trans. Plasma Sci. **39**(11) (2011) 2556-2557

У оквиру ове теме, др Марић сада ради на осмишљавању новог експеримента за мерење пробоја у радиофреквентним пољима, у сарадњи са Српском академијом наука и уметности (Пројекат САНУ бр. 133, академик Антоније Ђорђевић). Кључни проблем у мерењима пробојног напона у електричним пољима високе учестаности је појава струје диелектричног помераја која потпуно екранира значајно мању струју пражњења. Конструкција електричног кола које уклања струју помераја ће омогућити прецизна мерења пробоја, а на основу поређења са резултатима симулација, поуздану проверу предвиђених механизма.

6. Експериментална физика ројева наелектрисаних честица – мерење транспортних коефицијената

Др Драгана Марић тренутно води експериментални део Лабораторије за гасну електронику и Центра за неравнотежне процесе на Институту за физику Београд за физику ројева наелектрисаних честица. Најважнији радови у овом домену су:

Measurement and interpretation of swarm parameters and their application in plasma modelling
Z Lj Petrovic, S Dujko, D Maric, G Malovic, Z Nikitovic, O Sasic, J Jovanovic, V Stojanovic and M Radmilovic-Radjenovic
J. Phys. D: Appl. Phys. **42** (2009) 194002 (33pp) Review
(70 цитата)

****** Ionization coefficients for argon in a micro-discharge
T Kuschel, I Stefanovic, G Malovic, D Maric, Z Lj Petrovic
Plasma Sources Sci. Technol. **22**(4) (2013) 045001 (4pp)

Такође, планира се постављање *Pulsed Townsend* и *Time of Flight* експеримената за мерење транспортних коефицијената електрона у различитим гасовима и смешама. Идеја је да се активирају мерења транспортних параметара за које се показало да су кључни за развој модела пражњења у комплексним срединама.

Паралелно са експерименталним радом, кандидаткиња је део тима који се тренутно укључује у једну од највећих база података за сударе и транспорт наелектрисаних честица – *LxCAT database*.

Елементи за квалитативну анализу рада кандидата

**** Након избора у претходно звање**

1. Показатељи успеха у научном раду

1.1 Награде и признања за научни рад

- Студентска награда Института за физику, Београд за најбољи магистарски рад за 2003 годину.

- Student award for excellence (56th GEC, San Francisco 2003)-награда за најбољи рад (и презентација и одбрана и квалитет рада-једногласно додељена награда)

- EGIDE стипендија за постдокторске студије у Ecole Polytechnique, Француска (2006)

- На конференцији ESCAMPIG 2006 рад изабран за усмену презентацију од стране Међународног Научног Комитета као један од најактуелнијих у области физике нискотемпературске плазме "Hot Topic"

Negative fluorine ions in single- and dual-frequency capacitively coupled fluorocarbon plasmas, D. Marić, G. Curley, J.-P. Booth, C. Corr, J. Guillon, 18th ESCAMPIG, July 12-16, 2006, Lecce, Italy (2006) pp.65-66

- На конференцији ESCAMPIG 2010 рад изабран за усмену презентацију од стране Међународног Научног Комитета као један од најактуелнијих у области физике нискотемпературске плазме "Hot Topic"

DC breakdown in water vapour at low pressures, Nikola Škoro, Dragana Marić, Gordana Malović, William G. Graham, Zoran Lj. Petrović, 20th ESCAMPIG, 13-17 July 2010, Novi Sad, Serbia (2010) HT2

- ******Рад објављен у међународном часопису European Physical Journal D изабран за „highlight” (<http://www.epj.org/epjd-news/925-epjd-highlight-the-new-frontier-in-plasma-medicine>) и публиковано је саопштење за штампу везано за тај рад.

Cross sections and transport of O⁻ in H₂O vapour at low pressures, Vladimir Stojanović, Zoran Raspopović, Dragana Marić, Zoran Lj. Petrović, Eur. Phys. J. D 69 (2015) 63

1.2 Уводна предавања на конференцијама и друга предавања по позиву

- **Уводна предавања на конференцијама:**

1. ******Atomic And Molecular Processes of Interest for Modelling of Discharges in Liquids

Dragana Marić, Jelena Sivoš, Nikola Škoro, Vladimir Stojanović, Srđan Marjanović, Ana Banković, Saša Dujko, Gordana Malović, Zoran Lj. Petrović

6th Conference on Elementary Processes in Atomic Systems (CEPAS), 9-12 June 2014, Bratislava, Slovakia (2014) pp. 121-122

2. ******Breakdown and discharge development in various gases and electrode configurations

Dragana Marić, Jelena Sivoš, Nikola Škoro, Gordana Malović, Thomas Kuschel, Ilija Stefanović, Joerg Winter and Zoran Lj. Petrović

19th Symposium on Application of Plasma Processes; Vrátna, Slovakia, 26-31 January, 2013 (Eds. J. Országh, P. Papp, Š. Matejčík, M. Danko) (2013) pp. 33-41

(M31=3)

3. ****Elementary physical and chemical processes initiated in liquid phase by electrical discharges**

Dragana Marić

COST Action TD1208 meeting „Interactions of plasma's reactive species with materials and surfaces“, 29-31 October 2013, Bratislava, Slovakia (2013) WG3

Напомена: Предавање је представљало преглед комплетне области проучавања елементарних физичких и хемијских процеса индукованих плазмом у контакту течностима, најважнијих резултата у свету и најважнијих проблема у даљем развоју. На конференцији није био публикован зборник радова, тако да предавање није укључено у квантитативне одреднице, али је урачунато у квалитативне одреднице.

4. ****Plasma breakdown: Experiments and simulation**

D. Marić, M. Savić, S. Marjanović, N. Škoro, M. Šuvakov, M. Radmilović-Radjenović, G. Malović and Zoran Lj. Petrović

38th EPS Conference on Plasma Physics (27. 06. - 01. 07. 2011. Strasbourg, France) (2011) I4.316

(M32=1.5)

5. Scaling issues in micro-discharges

D. Marić, N. Škoro, G. Malović, P. D. Maguire, C.M.O. Mahony, J. Greenan, Z. Lj. Petrović

International workshop Diagnostics of microplasmas, March 21-23 2010, Bochum, Germany (2010) O3

(M32 = 1.5)

6. Hollow Cathode Discharges: Volt-Ampere Characteristics and Space-Time Resolved Structure of the Discharge

D Marić, N Škoro, G Malović, Z Lj Petrović, V Mihailov and R Djulgerova

2nd International Workshop on Non-equilibrium Processes in Plasmas and Environmental Science (Belgrade and Novi Sad, Serbia, 23-26 August 2008)

Journal of Physics: Conference Series **162** (2009) 012007

(M31 = 3)

7. Space-time resolved kinetics of low-pressure breakdown

D Marić, G Malović, M Radmilović-Rađenović and Z Lj Petrović

XV International Symposium on Electron – Molecule Collisions and Swarms, 1- 4 August 2007, Reading, United Kingdom

Journal of Physics: Conference Series **115** (2008) 012001

(M31 = 3)

8. Space time development of low pressure gas breakdown

D. Marić, G. Malović and Z. Lj. Petrović

19th Europhysics Sectional Conference on the Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG) (Granada, Spain, 15 -19July, 2008) pp.1-4, Topical Invited Lecture

(M32 = 1.5)

9. Spatial Structure and Basic Kinetic Processes in Low Pressure Gas Discharges

D. Marić

23rd SPIG – Invited Lectures, Topical Invited Lectures, and Progress Reports (August 28 – September 1, 2006, Kopaonik, Serbia),

AIP Conference Proceedings **876** (2006) 325-332, Progress Report

ISSN 0094-243X

(M31 = 3)

Драгана Марић је била ко-аутор на још преко 20 предавања по позиву, 9 од претходног избора у звање. Ова предавања су бодована са категоријама М33 и М34.

• **Предавања по позиву на страним универзитетима:**

- 6. март 2006. Ecole Polytechnique, Paris, France, *“Spatial Structure and Basic Kinetic Processes in Low-Pressure Gas Discharges”*
- 13. март 2006. Ecole Polytechnique, Paris, France, *“Gas Breakdown and Townsend's Theory for Low-Current Discharges and High Pressure Micro-Discharges”*
- 1. јун 2006 – Ruhr Univeristy Bochum, Germany, *“Electron Ionization Coefficients in Gas Mixtures”*
- 31. јануар 2008 – Flinders University, Adelaide, Australia, *“Scaling of micro-discharges”*
- 1. јул 2008 - Ruhr Univeristy Bochum, Germany, *“Scaling issues in non-equilibrium standard size and micro discharges”*
- **10. новембар 2011. Ruhr Univeristy Bochum, Germany, *“Gas breakdown: Influence of Feed Gas, Geometry and Dimension”*

1.3 Чланства у одборима међународних научних конференција и одборима научних друштава

- 2008 Секретар Локалног организационог комитета скупа *2nd International Workshop on Nonequilibrium Processes in Plasma Physics and Studies of Environment* (NonEqProc 2008)
- **2008-2014: Члан Међународног научног комитета конференције *Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases* (ESCAMPIG)

- 2010: Секретар Локалног организационог комитета међународне конференције *20th Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG 2010)*
- **2012-2014: Председник одељења за физику плазме и јонизованих гасова у Одсеку за науку и високо образовање Друштва физичара Србије
- **2013- : Члан Међународног научног комитета конференције *Conference on Plasma Physics and Applications (CPPA)*
- **2013- : Члан Међународног научног комитета конференције *Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases (SPIG)*
- **2013: Члан Научног комитета конференције *12. Конгрес физичара Србије*
- **2013-2017: Члан Менаџмент комитета COST Action TD1208 *Electrical Discharges with Liquids for Future Applications*
- **2013-2017: Руководилац Радне групе 3 *Elementary physical and chemical processes initiated by electrical discharges* у оквиру COST Action TD1208 *Electrical Discharges with Liquids for Future Applications*
- **2014: Члан Надзорног научног одбора *Lorentz center workshop: Gas/Plasma-liquid interface: Transport, Chemistry and Fundamental Data*
- **2014: Ко-председник Локалног организационог комитета међународне конференције *27th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases (SPIG 2014)*
- **2014- : Ко-председник Међународног научног комитета конференције *Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases (SPIG)*
- **2015: Члан Међународног научног комитета скупа *The second annual meeting of COST Action TD1208 "Electrical Discharges with liquids for Future Application"*, 23-26 фебруар 2015, Барселона, Шпанија
- **2015: Члан Међународног научног комитета скупа *Bioplasmas and plasmas with Liquids, 13-16 септембар 2015, Бертиноро, Италија*

1.4 Чланства у уређивачким одборима часописа, уређивање монографија, рецензије научних радова и пројеката

- Др Драгана Марић је била један уредника посебних издања међународних часописа:

Journal of Physics: Conference Series 162 (Eds. Zoran Petrović, Dragana Marić and Gordana Malović) (2009) 012007

**Plasma Sources Science and Technology, Volume 20, Issue 2 (Eds. Zoran Petrović, Dragana Marić and Gordana Malović) (2011) 020201

**Journal of Physics: Conference Series 565 (Eds. D Marić, A Milosavljević, Z Mijatović) (2014) 011001

- ******Рецензент пројеката: European Research Council (FP7 "Ideas" Specific Programme) 2012. године
- ******Рецензирала је више од 30 научних радова за часописе:
Journal of Physics D: Applied Physics, у издању Institute of Physics (IoP)
Plasma Sources Science and Technology, у издању Institute of Physics (IoP)
European Physical Journal D (EPJ D), у издању Springer-
Central European Journal of Chemistry, у издању Springer
New Journal of Physics у издању, Institute of Physics (IoP)
Vacuum, у издању Elsevier
Journal of Physics: Conference Series, у издању, Institute of Physics (IoP)
- ******Рецензент научних радова представљених на конференцијама:
Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases ESCAMPIG 2010, 2012, 2014. године
Conference on Plasma Physics and Applications CPPA 2013
Конгрес физичара Србије 2013
Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases SPIG 2014

2. Развој услова за научни рад, образовање и формирање научних кадрова

2.1 Допринос развоју науке у земљи

Др Драгана Марић је својом активном улогом у Лабораторији за гасну електронику допринела међународној препознатљивости и значају рада ове групе у свету. Својим ангажовањем је дала значајан допринос формирању ЕУ центра изврности Centre for Non-equilibrium Processes, који је финансиран од стране Европске комисије у домену Оквирног програма 6 (FP6) у периоду од 2006. до 2009. године.

Такође је дала значајан допринос промоцији групе у Центар врхунских вредности МНТРС вођењем једне од лабораторија центра, Лабораторије за изучавање пробоја у гасовима и микропражњења.

Као члан борда COST акције TD1208, доприноси препознатљивости и признању резултата остварених у научним институцијама у земљи у области истраживања плазми у течностима.

2.2 Менторство при изради магистарских и докторских радова, руковођење специјалистичким радовима

Др Драгана Марић је била ментор при изради

- ******Докторског рада др Николе Шкора под насловом *Пробој и формирање гасних пражњења од стандардних до микроскопских димензија*, који је одбраћен на Физичком факултету, Универзитета у Београду, у марту 2012. године.

- ****** Мастер рада Константина Карајовића под насловом *Електрични пробој у пари етанола*, који је одбрањен на Факултету за физичку хемију, Универзитета у Београду, у октобру 2013. године. (Руководила је израдом мастер рада на Институту за физику Београд, док је ко-ментор на факултету био Проф. Мирослав Кузмановић)
- Дипломског рада Јелене Сивош, под насловом *Пробој и струјно-напонске карактеристике пражњења у воденој пари*, који је одбрањен на Физичком факултету, Универзитета у Београду, у децембру 2010. године (непосредно пре избора у претходно звање, тако да није укључено у резултате за претходни избор).

Тренутно је ментор при изради докторске дисертације Јелене Сивош.

2.3 Педагошки рад

Педагошки рад др Драгане Марић је, тренутно, у највећој мери усмерен на руковођење радом студената докторских студија.

Предложена је за наставника на докторским студијама Физичког факултета, Универзитета у Београду за два предмета на смеру *Физика јонизованог гаса и плазме (Извори јонизованог гаса и Физика електричних гасних пражњења)*, према новом програму.

Од 2007. до 2012. године је учествовала у раду комисије за Републичка такмичења за средње и основне школе, као оцењивач.

2.4 Међународна сарадња

У оквиру билатералних пројеката сарадње остварених преко Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије и Српске академије наука и уметности, али и кроз директну сарадњу, др Драгана Марић сарађује са више Европских група: из Француске, Немачке, Бугарске, Мађарске, Северне Ирске.

- Још од 2001. године активно учествује у сарадњи са Research Institute for Solid State Physics and Optics, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary – Проф. Zoltan Donko, Kinga Kutasi, Peter Hartmann. Од 2010 до 2012. године се сарадња остваривала кроз билатерални пројекат *Hybrid models for gas breakdown and formation of plasmas*, финансиран од стране Српске академије наука и уметности и Hungarian Academy of Sciences.
- Од 2006. године је сарађивала са групом из Laboratoire de Physique et Technologie des Plasmas, Ecole Polytechnique, Palaiseau, и то:
 - Са групом др Jean-Paul Booth-а, при чему се укључила у индустријски пројекат *Diagnostics of radio-frequency plasmas in fluorocarbon gases* Lam Research, USA, компанијом која је један од водећих у свету у области развоја и конструкције плазма реактора за производњу интегрисаних кола.
 - Са групом др Antoine Rousseau-а, у оквиру билатералног пројекта сарадње између МНТРС и CNRS, називом *Stability and temporal*

development of micro discharges, који је трајао од 2009. до 2010. године.

Др Драгана Марић је била руководилац пројекта на српској страни.

- Више пута је боравила на Ruhr University у Немачкој у току 2006, 2009, 2010 и 2011 године, у периодима од две недеље до месец дана. Од 2010 је учествовала и као спољни сарадник на Немачком националном пројекту 1123 „Physics of Microplasmas“. Током 2010 и 2011 је учествовала у билатералном пројекту сарадње између МНТРС и DAAD-а, под називом *Spatial structure of the non-equilibrium micro-discharges*.
- Активно је сарађивала са групом Проф. Paul Maguire-а са NIBEC института (The Nanotechnology and Integrated BioEngineering Centre) Ulster University, Белфаст, Северна Ирска, где је радила на развоју извора микрометарских пражњења, где је и боравила у више наврата у периодима од месец дана.
- Са групом Проф. Рене Ђулгерове из Бугарске академије наука, сарађивала је више година кроз пројекте финансиране од стране Српске академије наука и уметности, на теми пробоја и пражњења у комплексним геометријама.
- У оквиру COST акције TD1208 сарађује са великим бројем лабораторија из целог света, на теми електричних пражњења у течностима.
- Учесник је NATO *Science for peace* пројекта SFP 984555 *Atmospheric pressure plasma jet for neutralisation of CBW (chemical biological weapons) 2014-2017*, који повезује лабораторије из 5 земаља (Словенија, Северна Ирска, Грчка, Црна Гора и Србија).

2.5 Организација научних скупова

1. ******Ко-председник Локалног организационог комитета међународне конференције *27th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases (SPIG 2014)*
2. Секретар скупа *20th European Conference on the Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG 2010)*
3. Секретар скупа *2nd International Workshop on Nonequilibrium Processes in Plasma Physics and Studies of Environment (2008)*
4. Члан Организационог комитета скупа *5th EU-Japan Joint Symposium on Plasma Processing (2007)*

3. Организација научног рада

3.1 Руководјење научним пројектима, потпројектима и задацима

Др Драгана Марић је учествовала/учествује у следећим пројектима Министарства за науку у и технолошки развој:

- ******У периоду од 2011 до 2015 руководи потпројектом „Атмосферска пражњења“ у оквиру пројекта МПНТР ИИИ 41011 „Примене нискотемпературних плазми у биомедицини, заштити човекове околине и нанотехнологијама“.

- ******У периоду од 2011 до 2015 учествује на пројекту МПНТР ОИ 171037 „Фундаментални процеси и примене транспорта честица у неравнотежним плазмама, траповима и наноструктурама“, где руководи следећим пројектним задацима:
 - Физика и статистика пробоја на ниском притиску
 - Микроплазме
- ******Од 2010 до данас, у оквиру Центра изузетних вредности „Центар за неравнотежне процесе“, руководи темама:
 - Физика и статистика пробоја на ниском притиску
 - Микро плазме

Претходно је учествовала у пројектима Министарства науке и технолошког развоја:

- 2001-2004 МНТР: “Физика нискотемпературних неравнотежних плазми”, br. 1478;
- 2005-2010 МНТР: “Физичке основе примене неравнотежних плазми у нанотехнологијама и третману материјала”, br. 141025, где је руководила пројектним задацима
 - Динамика пробоја гасова и ревизија стандардне Таунзендове теорије и феноменологије
 - Кинетика пробоја у микро пражњењима и скалирање особина пражњења од стандардних до микро димензија.

Др Драгана Марић је учествовала/учествује/руководи у следећим међународним пројектима:

- ******Руководилац Радне групе 3 *Elementary physical and chemical processes initiated by electrical discharges* у оквиру пројекта COST TD1208 *Electrical Discharges with Liquids for Future Applications* 2013-2017
- ******Учесник NATO *Science for peace* пројекта SFP 984555 *Atmospheric pressure plasma jet for neutralisation of CBW (chemical biological weapons)* 2014-2017
- ******Учесник билатералног пројекта *Hybrid models for gas breakdown and formation of plasmas*, финансиран од стране Српске академије наука и уметности и Hungarian Academy of Sciences (за пројекат одговорни др Зоран Љ. Петровић и др Кинга Кутаси) 2010-2012
- ******Учесник билатералног пројекта *Spatiotemporal study of low pressure and low temperature hollow cathode discharge* у сарадњи САНУ са Бугарском академијом наука (за пројекат одговорни академик Зоран Петровић и др Валентин Михаилов) 2011-2013
- Учесник билатералног пројекта Просторна структура неравнотежних микро-пражњења са Institute for Experimental Physics II, Ruhr University Bochum,

Немачка (одговорни истраживачи др Зоран Љ. Петровић и др Joerg Winter) између МНТРС и DAAD 2010-2011

- Руководилац билатералног пројекта *Stability and temporal development of micro discharges* са Ecole Polytechnique, CNRS (одговорни истраживачи др Драгана Марић и др Antoine Rousseau) 2009-2010
- Спољњи сарадник пројекта Института за експерименталну физику II, Ruhr University, Bochum, Germany - Breakdown, stability and similarity laws of microplasmas (др З. Љ. Петровић и др Д. Марић).
- Учесник билатералног пројекта *Спектроскопија пражњења у системима са шупљим катодама* у сарадњи САНУ са Бугарском академијом наука (за пројекат одговорни др Зоран Петровић и др Рена Ђулгерова) 2009-2011
- Од 2006. до 2009. године је учествовала у пројекту FP6 IPB-CNP 026328: "Reinforcing Experimental Centre for Non-Equilibrium Studies With Application in Nano-Technologies, Etching of Integrated Circuits and Environmental Research".

3.2 Примењеност у пракси кандидатових технолошких пројеката, патената, иновација и других резултата

3.3 Руковођење научним и стручним друштвима

Од 2012. године др Драгана Марић је руководила Одсеком за физику плазме и јонизованих гасова, у оквиру Одељења за науку и високо образовање Друштва физичара Србије.

3.4 Значајне активности у комисијама и телима Министарства науке и телима других министарстава везаних за научну делатност

Др Драгана Марић је од 2006. године члан Стамбене комисије Фондације за решавање стамбених потреба младих научника и уметника, чији је суоснивач Министарство просвете, науке и технолошког развоја. Рад у овој комисији је захтевао велико одвојено време, труд и посвећеност и допринео је бољем животу великог броја научника везаних за Универзитет у Београду и научне институте.

3.5 Руковођење научним институцијама

4. Квалитет научних резултата

4.1 Утицајност кандидатових научних радова

Др Драгана Марић је до сада објавила 25 радова у међународним часописима са ISI листе, а од тога 10 након претходног избора у звање. Од тога (у заградама је назначен број радова након избора у звање виши научни сарадник):

- 14 (6) радова у врхунским међународним часописима (M21)

- 5 (2) рада у истакнутим међународним часописима (M22)

- 6 (2) радова у међународним часописима (M23)

Поред тога, објавила је 5(1) радова у међународним часописима који се налазе на ISI листи, али немају категоризацију (Journal of Physics: Conference Series и AIP Conference Proceedings) и 4 (2) рада у часопису који није на ISI листи (IEEE Conference Proceedings).

О утицајности њених резултата говоре и уводна предавања која је одржала, број позива да учествује у научним и надзорним комитетима међународних скупова, као и избор за руководиоца радне групе COST акције TD1208 која окупља више од 60 лабораторија из око 40 земаља.

4.2. Позитивна цитираност кандидатских радова

Према подацима сервиса *Web of science*, радови које је др Драгана Марић до сада публиковала су цитирани 447 пута, односно **371** пута без аутоцитата. Њен **h-индекс** је **10**.

4.3 Углед и утицајност публикација у којима су кандидатски радови објављени

Радови су доминантно објављивани у врхунским међународним часописима (Plasma Sources Science and Technology, Journal of Physics D: Applied Physics). У последње две године, др Марић је објављивала радове и у часопису *European Physical Journal D*, који привлачи све већу пажњу колега из области физике јонизованих гасова и физике ројева, тако да се очекује значајан скок импакт фактора у блиској будућности.

Укупни импакт фактор радова кандидаткиње је **48.152**; а од последњег избора у звање – **21,443**.

4.4 Ефективни број радова и број радова нормиран на основу броја коаутора, укупан број кандидатских радова, удео самосталних и коауторских радова у њему, кандидатски допринос у коауторским радовима

Сви радови имају пуну тежину у односу на број аутора. У већини радова има доминантан удео, заједно са студентима чијим радом је руководила, у свим фазама истраживања и припреме радова, укључујући и радове урађене у склопу међународних сарадњи.

4.5 Степен самосталности у научноистраживачком раду и улога у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

О степену самосталности кандидата говори чињеница да је до сада покренула неколико нових тема истраживања у Лабораторији за гасну електронику Института за физику и у Центру за неравнотежне процесе. Посебно треба истаћи истраживање микропражњења и пражњења у парама течности и самим течностима. У овим истраживањима је Центар у самом врху светских истраживања, остварена је врло запажена сарадња са групама у Северној Ирској и Немачкој. При томе је др Марић имала водећу улогу у реализацији рада, како код нас, тако и у иностранству – од

осмишљавања и конструкције експерименталних уређаја, посебно у кориговању техника мерења у групама у иностранству, па до припреме и писања радова. Самостално руководи постојећим експериментима у Центру за неравнотежне процесе из области физике ројева, а тренутно ради и на припреми и дизајну два нова експеримента.

Квантитативни резултати др Драгане Марић, након избора у звање виши научни сарадник

Диференцијални услов- Од првог избора у претходно звање до избора у звање.....	потребно је да кандидат има најмање XX поена, који треба да припадају следећим категоријама:		
		Неопходно XX=	Остварено
Научни саветник	Укупно	65	101,2
	M10+M20+M31+M32+M33 M41+M42+M51 ≥	50	91
	M11+M12+M21+M22 M23+M24+M31+M32≥	35	70

Категорија	М бодова по раду	Укупан број радова	Укупан број М бодова	Број радова од претходног избора	Број М бодова од претходног избора
M13	6	1	6	-	-
M18	2	3	6	2	4
M21	8	14	108*	6	48
M22	5	5	25	2	10
M23	3	6	18	2	6
M31	3	4	12	1	3
M32	1,5	4	6	2	3
M33	1	39	39	17	17
M34	0,5	54	27	18	9
M36	1	1	1	1	1
M42	5	1	5	-	-
M63	0,5	4	2	-	-
M64	0,2	1	0,2	1	0,2
УКУПНО:			255,2		101,2

*Један рад је објављен у посебном издању часописа, на Кобсону је препознат као *Proceedings Paper* па се рачуна са половином поена.

Укупан ИФ – **48.152**; ИФ од последњег избора у звање – **21,443**

Цитираност: **371** цитата, без аутоцитата

h-индекс: **10**

Закључак комисије

Својим радом, посебно ангажманом у експерименталним истраживањима у веома тешким условима, својим организационим способностима, међународном сарадњом и угледом у круговима стручњака из области којом се бави, Драгана Марић је показала да је и после избора у звање виши научни сарадник наставила развој у искусног истраживача и да је поред задовољавања квантитативних, потребних услова, постигла и много више него потребан ниво квалитативних услова, који се пре свега читавају у активном учешћу у међународним научним и надзорним одборима. Она је свакако један од ретких истраживача из наше земље који се сматра једним од лидера у њеној генерацији на светском нивоу и који има висок степен међународног угледа.

У раду је показала потпуну самосталност од конципирања експеримената, вођења мерења и анализе па до финализација радова и осмишљавања феноменологије. Њен рад је признат у свету по остваривању квалитетних, репродуцибилних резултата довољних да се постигну објашњења нових појава и обезбеди база за квантитативни опис ширег круга плазми.

На основу изложеног, Комисија закључује да др Драгана Марић испуњава све услове за стицање научног звања научни саветник наведене у Закону о научноистраживачкој делатности РС. Стога Научном већу Института за физику предлажемо да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Драгане Марић у звање **научни саветник**.

У Београду, 19.06.2015.

Академик Зоран Љ. Петровић, научни саветник Института за физику

Др Гордана Маловић, научни саветник Института за физику

Др Марија Радмиловић-Рађеновић, научни саветник Института за физику

Проф. др Срђан Буквић, редовни професор Физичког факултета
