

## ВЕЋУ ЗА СТУДИЈЕ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТУ У БЕОГРАДУ

На седници Већа за студије при Универзитету у Београду одржаној 31.01.2013. године, изабрани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости предложене теме за израду докторског рада под насловом „Уређај за мерење кардиоваскуларних и респираторних пулсација на бази решетки у оптичким влакнима“, кандидата мр Марије Петровић, мастера инжењера електротехнике и истраживача сарадника Института за нуклеарне науке Винча у Београду.

На основу увида у приложени материјал подносимо Већу следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### Биографски подаци о кандидату

Мр Марија Д. Петровић је рођена 26.01.1985. године у Београду, где је завршила основну и средњу школу. Дипломирала је 2008. године на Одсеку за физичку електронику, смер Биомедицински и еколошки инжењеринг Електротехничког факултета Универзитета у Београду, са просечном оценом 9,64 и оценом 10 на дипломском раду на тему „Симулација радиографског снимања“.

Мастер студије, на смеру Биомедицински и еколошки инжењеринг Електротехничког факултета у Београду, кандидат је завршио 2009. године са просечном оценом 9,83. Наслов теме мастер тезе гласио је „Одређивање атомског састава ткива на основу ЦТ бројева“.

Од 2010. до 2011. године Марија Петровић је радила као истраживач приправник у Институту за нуклеарне науке Винча у Београду. Од децембра 2011. године ради као истраживач сарадник у Институту за нуклеарне науке Винча у Београду.

Кандидаткиња је учествовала на научним пројектима: „141034 – Комплексни феномени у физици плазме, кондензоване материје и нелинеарној оптици“ (2010-2011, Министарство за науку и заштиту животне средине Републике Србије), „45010 – Фотоника микро и нано структурних материјала“ (од 2011, Министарство за образовање, науку и технологију Републике Србије).

#### Подаци о објављеним и прихваћеним радовима Марије Петровић

Радови у часописима међународног значаја (M21=8 и M22=5)

1. M. D. Petrović, G. Gligorić, A. Maluckov, Lj. Hadžievski, B. Malomed, Interface solitons in locally linked two-dimensional lattices, *Physical Review E*, vol. 84, 026602 (2011)
2. M. D. Petrović, A Daničić, V Atanasoski, S Radosavljević, V Prodanović, N Miljković, B Bojanić, J Petrović, D Petrović, Lj Hadžievski, T Allsop, G Lloyd and D J Webb, Fibre-grating sensors for the measurement of physiological pulsations, , to be published in *Physica Scripta* (2013)
3. M. Stojanović, M. D. Petrović, G. Gligorić, A. Maluckov, Lj. Hadžievski, Vortex complexes in 2D one-site coupled lattice systems, to be published in *Physica Scripta* (2013)

Радови саопштени на скуповима међународног значаја штампани у изводу (M34=0.5)

1. M. D. Petrović, G. Gligorić, A. Maluckov, Lj. Hadžievski, B. A. Malomed, Interface soliton complexes in system with one-site linked two-dimensional lattices, III International School and Conference on Photonics, Book of Abstracts, pp.95-96 (August-September 2011.)
2. M. D. Petrović, A. Daničić, T. Allsop, J. Petrović, Long-period gratings in PCF fabricated by Fs laser pulses, III International School and Conference on Photonics, Book of Abstracts, pp.134 (August-September 2011.)

Саопштења са скупова националног значаја штампана у целини (M63=0.5)

1. I. Božić, Đ. Klisić, M. Petrović, M. Gavrilović, Simulacija rentgenskog zračenja dobijenih determinističkim i probabilističkim metodama, 52. konferencija ETRAN, Zbornik radova, ME 1.6, (Jun 2008)
2. Đ. Klisić, I. Božić, M. Petrović, 3D IMPRO DYNAMIC – Program za digitalnu obradu medicinskih slika, 52. konferencija ETRAN, Zbornik radova, EK 3.7 (Jun 2008)

Саопштења са скупова националног значаја штампана у изводу (M64=0.2)

1. M. D. Petrović, D. Petrović, A. Daničić, J. Petrović, Lj. Hadžievski, Uređaj za kalibraciju senzora u zakrivljenim optičkim vlaknima, Konferencija Peta radionica fotonike, Zbornik apstrakata, pp.18 (Mart 2012)
2. M. D. Petrović, A. Daničić, T. Allsop, J. Petrović, Birefringencija u rešetkama sa dugim periodom proizvedenim fs laserskim impulsima u vlaknima sa fotonskim kristalima, Konferencija Peta radionica fotonike, Zbornik apstrakata, pp.23 (Mart 2012)
3. K. Savić, I. Božić, Lj. Tomić, D. Panić, I. Lazić, M. D. Petrović, Termovizijske metode u savremenom medicinskom imidžingu: prednosti i nedostaci, Konferencija Peta radionica fotonike, Zbornik apstrakata, pp.31 (Mart 2012)
4. M. D. Petrović, G. Gligorić, A. Maluckov, Lj. Hadžievski, B. A. Malomed, Solitoni formirani na spoju dve lokalno-spregnute dvodimenzione optičke reštke, Konferencija Četvrta radionica fotonike, Zbornik apstrakata, pp.27 (Mart 2011)

Пријављен патент

Бошко Бојовић, Миодраг Вукчевић, Јована Петровић, Марија Петровић, Игор Илић, Александар Даничић, Thomas Allsop, Љупчо Хаџиевски, *Уређај и поступак за праћење запремине ваздуха у плућима и синхронизацију активације у механичкој вентилацији мерењем локалне закривљености површине торза*, пријава је регистрована у Заводу за интелектуалну својину Републике Србије под бројем Р 2012/0373

**Предмет и садржај дисертације**

Савремене дијагностичке методе у кардиологији и пулмологији указују на широк спектар болести, али висока цена и потреба за високо специјализованим оператерима и неретко инвазивност ограничавају њихову примену. С обзиром на то да су кардиоваскуларне болести водећи узрок смртности у Европи (49% од укупне смртности) као и да су поремећаји и болести дисајних путева све заступљенији код популације (нпр. синдром опструктивне апнее у сну код 17% Европљана) наметнула се потреба за развојем нових неинвазивних метода које су једноставне за примену и имају приступачну цену. Један од

најперспективнијих праваца истраживања је коришћење информација добијених прецизним мерењем физиолошких пулсација на површини тела, а самим тим и развој метода мерења ових пулсација.

Предмет ове дисертације је развој новог уређаја заснованог на решеткама у оптичким влакнима за мерење пулсација које потичу од кардиоваскуларних и респираторних активности. Сензори на бази решетки у оптичким влакнима су прецизни, лаки, једноставни за постављање на тело или уградњу у телу прилагођена еластична одела, релативно ниске цене и робустни, те испуњавају све горе наведене пожељне карактеристике за примену у мерењу пулсација. Дисертација ће бити урађена као део пројекта са Астон Универзитетом из Велике Британије. У оквиру рада биће развијен софтвер за управљање сензорима и аквизицију података и урађене студије употребљивости сензора у мерењу дисајних волумена и мерењу пулсација срца и крвних судова.

### Научни циљ дисертације

Циљ дисертације “Уређај за мерење кардиоваскуларних и респираторних пулсација на бази решетки у оптичким влакнима” је развој новог метода и уређаја за дијагностику функција срца и крвних судова (поликардиографа) и праћење функције плућа при механичкој вентилацији. Дисертација има два циља: развој нових поступака за мерења у медицини и развој новог уређаја заснованог на фибер-оптичким сензорима.

Поликардиограф ће користити сензоре малих помераја крвних судова на бази решетки у оптичким влакнима. Анализа динамичких сигнала са сензора постављених на површини тела изнад већих артерија омогућиће процену ејекционе фракције срца.

Употребљене као мерачи кривине, решетки у оптичким влакнима ће знатно унапредити асистирану вентилацију пацијената. Њихов сигнал се може искористити како за мерење респираторне запремине у реалном времену тако и за активацију вентилатора при механичкој вентилацији и сличним формама асистираног дисања. За разлику од стандардних метода заснованих на мерењу протока ваздуха сигнал са оптичких сензора не зависи од “цурења” ваздуха и неинвазивни је поступак којим се минимизира неусаглашеност између пацијента и вентилатора и чиме се смањује ризик од оштећења дисајних путева и нелагодност при снимању. Минимално кашњење активационог сигнала са сензора у односу на електромиографски сигнал дијафрагмалног мишића и једноставна примена сензора причвршћивањем за торзо пацијента омогућавају ефикасну примену овог метода како у клиничкој тако и у кућној нези.

Научно-технички допринос предложеног истраживања састоји се у првом детаљном испитивању одзива решетки у оптичким влакнима на побуду локализовану на мали број периода решетки. Такође ће бити проучено и примењено подешавање радне тачке сензора (*grating resonance tuning*) помоћу промене кривине решетки.

### Осврт на релевантне библиографске изворе

Пошто је познато да методе за праћење дисајних запремина које се ослањају на коришћење ороназалне маске имају грешку услед цурења ваздуха кроз исту [1], доста напора је уложено у развој алтернативних метода мерења. Већина ових метода заснива се на открићу Коппо-а и Меад-а [2] да се покрети торза и абдомена изазвани дисањем добра мера запремине удахнутог ваздуха, на пример Respiratory Inductance Plethysmography [3], Fibre-optic Respiratory Plethysmography [4], Optoelectronic Plethysmography [5], Respiratory Movement Measuring Instrument [6] и Plethysmography based on LPG sensors [7]. Међутим, сваки од ових метода има озбиљан недостатак који доста ограничава његову примену у клиничкој пракси. Најчешћи недостаци су поремећај (*drift*) базне линије, мала тачност

калибрације и велика меран несигурност [8,9,10,11]. У оквиру ове дисертације биће развијен алтернативни метод који се заснива искључиво на корелацији између кривине торза и запремине удахнутог ваздуха.

Начешће употребљавани клинички стандарди за дијагностику срчаних обољења су електролардиограм (ЕКГ) за дијагностику поремећаја ритма [12] и ехокардиограм за дијагностику поремећаја механичких функција срца [13]. Док је први распрострањен у општој пракси, ехокардиограм је доступан релативно малом броју пацијената, што смањује вероватноћу правовремене дијагнозе. У оквиру тезе биће развијен поликардиограф, уређај који треба да омогући мерење ејакционе фракције срца, показатеља основних механичких функција срца, без коришћења ехокардиограма. Принципи рада фибер-оптичких сензора који ће бити коришћени објашњени су у прегледном раду [14] и књизи [15].

- [1] M. A. Gentile, "Cycling of the Mechanical Ventilator Breath", *Respiratory Care*, vol. 56, pp 52-57, Jan. 2001
- [2] K. Konno and J. Mead, "Measurement of the separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing", *J. Appl. Physiol.*, vol. 22, no.3, pp. 407-422, Mar. 1967
- [3] H. Watson, "The technology of respiratory inductance plethysmography", *ISAM proc. 3<sup>rd</sup> Intl.Symp. Ambulatory Monitoring*, San Diego, 1980, p. 537
- [4] C. Davis, A. Mazzolini and D. Murphy, "A new fibre optic sensor for respiratory monitoring", *Australas Phys Eng Sci Med.*, vol. 20, no. 4, pp. 214-219, Dec 1997
- [5] A. Aliverti *et al.*, "Optoelectronic Plethysmography in Intensive Care Patients", *Am. J. Respir. Crit Care Med.*, vol 161, no. 5. pp 1546-1552, May 2000
- [6] M. Ragnarsdóttir and E. K. Kristinsdóttir, "Breathing Movements and Breathing Patterns among Healthy Men and Women 20-69 Years of Age", *Respiration*, vol. 73, no. 1, pp. 48-54, Aug. 2006
- [7] T. Allsop *et al.*, "Application of long-period-grating sensors to respiratory Plethysmography", *J Biomed Opt.*, vol. 12, no. 6, p. 064003, Nov.-Dec. 2007
- [8] N. O. T. Strömberg, "Error analysis of a natural breathing calibration method for respiratory inductive plethysmography", *Med. Biol. Eng. Comput.*, vol. 39, no. 3, pp. 310-314, May 2001
- [9] K. F. Whyte *et al.*, "Accuracy of respiratory inductive plethysmograph in measuring tidal volume during sleep", *J. Appl. Physiol.*, vol 71. no. 5, pp. 1866-1871, Nov. 1991
- [10] J. L. Werchowski *et al.*, "Inductance plethysmography measurement of CPAP-induced changes in end-expiratory lung volume", *J. Appl. Physiol.*, vol. 68, no. 4, pp. 1732-1738, Apr. 1990
- [11] P. Neumann *et al.*, "Evaluation of Respiratory Inductive Plethysmography in Controlled Ventilation", *Chest*, vol. 113, no. 2, pp. 443-451, Feb. 1998
- [12] C. Ramanathan *et al.*, "Noninvasive electrocardiographic imaging for cardiac electrophysiology and arrhythmia", *Nature Medicine* 10, pp. 422-8, 2004
- [13] P. Lindqvist, A. Calcuttea, M. Henin, "Echocardiography in the assessment of right heart function", *Eur. J. Echocardiogr.* 9, pp. 225-234, 2008
- [14] S. W. James and R. P. Tatam, "Optical fibre long-period grating sensors: characteristics and application", *Meas. Sci. Technol.*, vol. 14, no. 5, pp. R49-R61, Mar. 2003
- [15] A. Othonos and K. Kalli, *Fibre Bragg gratings: fundamentals and applications in telecommunications and sensing*, Artech House, May 1999

#### **Основне хипотезе од којих се полази**

Карактеристике физиолошких пулсација (амплитуда, фреквенција, кашњење) познат

су дијагностички параметар у кардиологији и пулмологији. У овом раду се полази од хипотезе да је запремина ваздуха у плућима сразмерна локалној кривини торза у подручју ребара. Ова претпоставка заснована је на прелиминарним мерењима, а у дисертацији ће бити проверена испитивањима на већем броју здравих особа. Мерења за примене у кардиологији заснована су на хипотези да се сензорима на бази решетке у оптичким влакнима могу детектовати мали помераји на поршини тела изазвани дисањем и пулсацијом крвних судова. Ова претпоставка заснована је на прелиминарним мерењима одзива решетке на мале помераје. У дисертацији ће бити измерен одзив сензора на мале помераје и савијање решетке, што ће затим бити примењено у мерењу кардиоваскуларних и респираторних пулсација здравих људи.

### **Методe које ће се у истраживању применити**

Методологија истраживања у оквиру предложене докторске дисертације састојаће се од следећих корака:

1. Преглед постојећих уређаја за мерење кардиоваскуларних и респираторних пулсација и предности и недостатака њихове практичне примене и дефинисање карактеристика оптималних сензора.
2. Дизајн фибер-оптичких сензора у складу са дефинисаним карактеристикама. Израда математичког модела сензитивности фибер-оптичких сензора истезања и кривине на бази решетке са дугим периодом.
3. Израда и карактеризација горе поменутих сензора кривине и малих помераја
4. Израда хардвера за снимање фонокардиограма и његово повезивање са већ постојећим ЕКГ апаратом
5. Израда софтвера за синхронизацију сигнала фонокардиографа, ЕКГ-а и оптичких сензора
6. Мерења кардиоваскуларних и респираторних пулсација на здравим добровољцима
7. Калибрација сензора и обрада сигнала
8. Анализа предности и недостатака новог уређаја.

### **Образложење мултидисциплинарног карактера дисертације**

Развој фибер-оптичких сензора респираторних и кардиоваскуларних пулсација захтева добро познавање природе пулсација и њихове дијагностичке вредности са једне стране и оптичких сензора и пратећег хардвера са друге стране. Стога је ова дисертација изводљива једино као мултидисциплинарни пројекат који обухвата медицину, фотонику и електронику. Допринос дисертације такође неће бити ограничен на једну од ових области, већ ће бити допринос како развоју нових метода медицинске дијагностике тако и развоју нових мерних техника.

### **Закључак и предлог**

На основу приложене документације, као и непосредног увида у досадашњи рад кандидата, Комисија је закључила да мр Марија Петровић, мастер електротехнике, испуњава услове предвиђене Законом о високом образовању и Статутом Универзитета у Београду за израду докторског рада. Предложена тема докторског рада има неопходне елементе научног

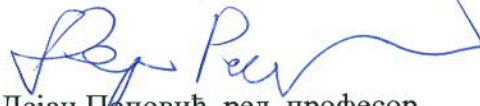
рада и према природи истраживања, које је спој медицине и фотонице, сврстава се у мултидисциплинарсне студије.

На основу тога, Комисија предлаже Већу за студије при Универзитету у Београду да кандидату мр Марији Петровић одобри израду докторске дисертације на тему „**Уређај за мерење кардиоваскуларних и респираторних пулсација на бази решетки у оптичким влакнима**“.

Предлажемо за менторе Проф. Др. Дејана Поповића, као стручњака за електронске уређаје за примене у медицини и Др. Јовану Петровић, научног сарадника, као стручњака за фибер-оптичке сензоре.

У Београду, 27.02. 2013. године

Комисија:



др Дејан Поповић, ред. професор  
ЕТФ-а у Београду



др Јована Петровић, научни сарадник  
ИНН Винча



др Јован Радуновић, ред. професор  
ЕТФ-а у Београду



др Бошко Бојовић, виши научни сарадник  
ИНН Винча



др Владан Вукчевић, доцент  
Медицинског факултета у Београду