

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/144
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

12.04.2019.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената“
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

ЈЕЛЕНА (Драго) ВУЈАНЧЕВИЋ, дипломирани инжењер технологије

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао основно образовање: **Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет.**

3. Година дипломирања: 2011.

4. Назив и седиште факултета на коме је стекао мастер образовање: /

5. Година дипломирања: /

Студент је уписан на докторске академске студије школске **2013/2014.** године.

Обавештавамо Вас да је **Наставно-научно веће**, на седници одржаној **11.04.2019.** **године** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације
3. Подаци о ментору.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: Јелену Вујанчевић
(предложена су два ментора)

Име и презиме ментора 1: Ђорђе Јанаћковић

Звање: редовни професор, Универзитет у Београду – Технолошко-металуршки факултет

Списак најважнијих радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације (наведени радови припадају SCI листи):

1. Vujančević J., Andričević P., Bjelajac A., Đokić V., Popović M., Rakočević Z., Horváth E., Kollár M., Náfrádi B., Schiller A., Domanski K., Forró L., Pavlović V., Janačković Đ.: *Dry-pressed anodized titania nanotube/CH₃NH₃PbI₃ single crystal heterojunctions: the beneficial role of N doping*, Ceramics International, Vol 45, No 8, 2019, pp. 10013-10020. ISSN 0272-8842 (IF=3,057).
2. Bjelajac. A.Z., Petrovic R.D., Djokic V.R., Matolin V., Vondracek M., Dembele K., Moldovan S., Ersen O., Socol G., Mihailescu I.N., Janackovic Dj.: *Enhanced absorption of TiO₂ nanotubes by N-doping and CdS quantum dots sensitization: insight into the structure*, RSC Advance, Vol 8, No 61, 2018, pp. 35073-35082. ISSN: 20406-2069 (IF=2,936)
3. Vujančević J., Bjelajac A., Ćirković J., Pavlović V., Horvath E., Forró L., Vlahović B., Mitrić M., Janačković Đ., Pavlović V.B.: *Structure and photocatalytic properties of sintered TiO₂ nanotube arrays*, Science of Sintering, Vol 50, No 1, 2018, pp.39-50. ISSN 0350-820X (IF=0,736).
4. Bjelajac A.Z., Djokic V.R., Petrovic R.D., Bundaleski N.K., Socol G., Mihailescu I.N., Rakocevic Z.Lj., Janackovic Dj.T.: *Absorption boost of TiO₂ nanotubes by doping with N and sensitization with Cds quantum dots*, Ceramics International, Vol 43, No 17, 2017, pp. 15040-15046. ISSN 0272-8842 (IF=3,057).
5. Albrbar A.J., Djokic V.R., Bjelajac A., Kovac J., Cirkovic J., Mitric M.N., Janackovic Dj., Petrovic R.D.: *Visible-light active mesoporous, nanocrystalline N,S-doped and co-doped titania photocatalysts synthesized by non-hydrolytic sol-gel route*, Ceramics International, Vol 45, No 15, 2016, pp. 16718-16728. ISSN 0272-8842 (IF=2,986)
6. Bjelajac A.Z., Petrovic R.D., Socol G., Mihailescu I.N., Enculescu M., Grurriezescu V., Pavlovic V.B., Janackovic Dj.T., *CdS quantum dots sensitized TiO₂ nanotubes by matrix assisted pulsed laser evaporation method*, Ceramics International, Vol 42, No 7, 2016, pp. 9011-9017. ISSN 0272-8842 (IF=2,986)
7. Albrbar A.J., Bjelajac A.Z., Djokic V.R., Miladinovic J.M., Janackovic Dj.T., Petrovic R.D.: *Photocatalytic efficiency of titania photocatalysts in saline water*, Journal of the Serbian Chemical Society, Vol 79, No 9, 2014, pp. 1127-1140. ISSN 0352-5139, (IF=0,871)

8. Bjelajac A., Djokić V., **Petrović R.**, Socol G., Mihailescu I.N., Florea I., Ersen O., Janacković Dj., *Visible light-harvesting of TiO₂ nanotubes array by pulsed laser deposited CdS*, Applied Surface Science, Vol 309, 2014, pp. 225-230, ISSN 0169-4332, (IF = 2,711).

9. Djokic V.R., Marinkovic A.D., Ersen O., Uskokovic P.S., Petrovic R.D., Radmilovic V.R., Janackovic Dj.T., *The dependence of the photocatalytic activity of TiO₂/Carbon nanotubes nanocomposites on the modification of the carbon nanotubes*, Ceramics International, Vol 40, No 3, 2014, pp. 4009-4018. ISSN 0272-8842 (IF=2,605)

10. Djokić V.R., Marinković A.D., Mitrić M., Uskoković P.S., Petrović R.D., Radmilović V.R., Janacković Dj.T.: *Preparation of TiO₂/carbon nanotubes photocatalysts: the influence of the method of oxidation of the carbon nanotubes on the photocatalytic activity of the nanocomposites*, Ceramics International, Vol 38, No 8, 2012, pp. 6123-6129. ISSN 0272-8842 (IF= 1,789).

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

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 08. 04. 2019.

М.П.

Проф. др Петар Ускоковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: Јелену Вујанчевић
(предложена су два ментора)

Име и презиме ментора 2: Вера П. Павловић

Звање: ванредни професор, Универзитет у Београду - Машински факултет

Списак најважнијих радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације (наведени радови припадају SCI листи и сврставају се у категорије M21a, M21 или M22):

1. Vujančević J., Andričević P., Bjelajac A., Đokić V., Popović M., Rakočević Z., Horváth E., Kollár M., Náfrádi B., Schiller A., Domanski K., Forró L., **Pavlović V.**, Janačković Đ.: Dry-pressed anodized titania nanotube/CH₃NH₃PbI₃ single crystal heterojunctions: the beneficial role of N doping, *Ceramics International*, 2019, In Press, ISSN 0272-8842 (DOI: 10.1016/j.ceramint.2019.02.045) (IF=3.057)
2. Vujančević J., Bjelajac A., Ćirković J., **Pavlović V.**, Horvath E., Forró L., Vlahović B., Mitrić M., Janačković Đ., Pavlović VB: Structure and photocatalytic properties of sintered TiO₂ nanotube arrays, *Science of Sintering* vol.50, no.1, pp.39-50, 2018 (ISSN 0350-820X) (DOI: 10.2298/SOS1801039V)
3. Nikolic MV, Vasiljevic ZZ, Lukovic MD, **Pavlovic VP**, Vujancevic J, Radovanovic M, Krstic JB, Vlahovic B, Pavlovic VB, Humidity sensing properties of nanocrystalline pseudobrookite (Fe₂TiO₅) based thick films, *Sensors & Actuators: B. Chemical* 277 (2018) 654–664, ISSN: 0925-4005 (IF=5.667)
4. Filipović S, **Pavlović VP**, Mitrić M, Lević S, Mitrović N, Maričić A, Vlahović B, Pavlović VB, Synthesis and characterization of BaTiO₃/α-Fe₂O₃ core/shell structure, *Journal of Advanced Ceramics* 2019, 8(1): 133–147, ISSN 2226-4108 (IF: 1.6)
5. Živojinović J., **Pavlović V. P.**, Kosanović D., Marković S., Krstić J., Blagojević V. A., Pavlović V. B.: The Influence of Mechanical Activation on Structural Evolution of Nanocrystalline SrTiO₃ Powders, - *Journal of Alloys and Compounds*, Vol 695, 2017, pp. 863-870, ISSN: 0925-8388 (IF: 3.133)
6. **Pavlovic VP**, Nikolic MV, Pavlovic VB, Blanusa J, Stevanovic S, Mitic VV, Scepanovic M, Vlahovic B: Raman Responses in Mechanically Activated BaTiO₃, - *Journal of the American Ceramic Society*, Vol 97, No 2, 2014, pp. 601-608, ISSN: 0002-7820 (IF=2,610)
7. Mofokeng T. G., Luyt A. S., **Pavlović V. P.**, Pavlović V. B., Dudić D., Vlahović B., Djoković V., "Ferroelectric nanocomposites of polyvinylidene fluoride/polymethyl methacrylate blend

and BaTiO₃ particles: Fabrication of β -crystal polymorph rich matrix through mechanical activation of the filler”, *Journal of Applied Physics* 115 [8] (2014) 084109-1-9, ISSN 0021-8979 (IF=2,210)

8. **Pavlović V. P.**, Krstić J., Šćepanović M. J., Dojčilović J., Minić D. M., Blanuša J., Stevanović S., Mitić V., Pavlović V. B.: *Structural Investigation of Mechanically Activated Nanocrystalline BaTiO₃ Powders*, - Ceramics International, Vol 37, No 7, 2011, pp. 2513-2518, ISSN: 0272-8842 (IF: 1.751)
9. **Pavlović V. P.**, Pavlovic V. B., Vlahovic B., Bozanic D. K., Pajovic J. D., Dojcilovic R., Djokovic V.: *Structural properties of composites of polyvinylidene fluoride and mechanically activated BaTiO₃ particles*, Physica Scripta, Vol T157, 2013, pp. 014006-1-5, ISSN: 0031-8949 (IF=1,296)

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

(А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 08. 04. 2019.

М.П.

Проф. др Петар Ускоковић

ДП

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 31. и 32 Правилника о докторским студијама ТМФ-а, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 11.04.2019. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Јелени Вујанчевић**, дипломираном инжењеру технологије, под називом: **„Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената“**.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За менторе се одређују др Ђорђе Јанаћковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и Вера Паловић, ванредни професор Универзитета у Београду, Машински факултет.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, менторима, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Јелене Вујанчевић, дипл.инж. технологије, за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/86 од 07. 03. 2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јелене Вујанчевић, дипл.инж. технологије, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме

„Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената“

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

Р Е Ф Е Р А Т

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Јелена Вујанчевић рођена је 09.12.1985. године у Петровцу на Млави. Средњу медицинску школу у Земуну завршила је 2004. године, након чега је уписала Технолошко-металуршки факултет. Дипломирала је на Катедри за неорганску хемијску технологију на тему "Адсорпција анјонских боја из водених раствора на функционализованим киселински активираним сепиолитима". Након дипломирања, волонтирала је у Београдском водоводу и у развојној лабораторији Нафтне индустрије Србије. Завршила је обуку и постала лиценцирани саветник за хемикалије. Запошљава се у 2013. године као процесни технолог у фирми за производњу мазира и антифриза. Октобра 2013. године уписује докторске студије на Технолошко-металуршком факултету, одсек Инжењерство материјала, под менторством проф. др Ђорђа Јанаћковића, редовног професора на Катедри за неорганску хемијску технологију.

Од априла 2014. године запослена је у Институту техничких наука Српске академије наука и уметности, као истраживач приправник. Ангажована је на пројекту ОИ172057 "Усмерена синтеза, структура и својства мултифункционалних материјала", чији је руководилац проф. др Владимир Павловић, редовни професор на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, при чему се истраживања на пројекту одвијају под покровитељством Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. У звање истраживача сарадника изабрана је августа 2015. године.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Јелена Вујанчевић је ангажована на пројекту ОИ172057 "Усмерена синтеза, структура и својства мултифункционалних материјала", којим руководи проф. др Владимир Павловић. У оквиру истраживачких активности на пројекту ОИ172057 кандидаткиња се бави испитивањем модификације кристалне структуре и морфологије наноструктурног TiO_2 за примену у фотокатализи и за фотодетекторе. Обучена је за рад на скенирајућем електронском микроскопу (СЕМ). Јелена Вујанчевић је у оквиру докторских студија положила све програмом предвиђене испите, укључујући и завршни испит, са просечном оценом 9,75. Списак положених испита и оцена приказан је у табели:

Предмет		Оцена	ЕСПБ
1	Одабрана поглавља математичке анализе	9	5
2	Наука о материјалима и инжењерство материјала	10	6
3	Термодинамика чврстог стања	10	5
4	Синтеза, својства и примена биокерамичких материјала	10	4
5	Материјали са специфичним електричним, топлотним, магнетним и оптичким својствима	10	4
6	Структура и својства композитних материјала	10	5
7	Хемијска кинетика	8	5
8	Нискотемпературски керамички процеси	10	4
9	Структура и својства полимерних материјала	10	5
10	Деградација и стабилизација полимера	10	5
11	Методe карактеризације керамичких и стаклстих материјала	10	4
12	Завршни испит	10	30
13	Енглески језик	10	
Средња оцена/Укупно бодова		9,75	82

Списак објављених радова који указују на афинитет и подобност кандидата за рад на предложеној теми докторске дисертације

Међународни часопис изузетних вредности - M21a

1. **Vujančević J.**, Andričević P., Bjelajac A., Đokić V., Popović M., Rakočević Z., Horváth E., Kollár M., Náfrádi B., Schiller A., Domanski K., Forró L., Pavlović V., Janačković Đ.: *Dry-pressed anodized titania nanotube/ $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ single crystal heterojunctions: the beneficial role of N doping*, *Ceramics International*, Vol 45, No 8, 2019, pp. 10013-10020. ISSN 0272-8842 (IF=3,057).

2. Nikolic M.V., Vasiljevic Z., Lukovic M.D., Pavlovic V.P., **Vujančević J.**, Radovanovic M., Krstic J.B., Vlahovic B., Pavlovic V.B.: *Humidity sensing properties of nanocrystalline pseudobrookite (Fe_2TiO_5) based thick films*, *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol 277, 2018, pp. 654-664. ISSN 09225-4005 (IF=5,667)

Истакнути међународни часопис - категорија M22

1. Nikolic M.V., Vasiljevic Z.Z., Lukovic M.D., Pavlovic V.P., Krstic J.B., **Vujančević J.**, Tadic N., Vlahovic B.: *Investigation of ZnFe_2O_4 spinel ferrite nanocrystalline screen-printed thick films for application in humidity sensing*, *International Journal of Applied Ceramic Technology*, (in press) 2019, pp. 1-3. ISSN 1744-7402 (IF=1,165).

2. **Vujančević J.**, Bjelajac A., Ćirković J., Pavlović V., Horvath E., Forró L., Vlahović B., Mitrić M., Janačković Đ., Pavlović V.B.: *Structure and photocatalytic properties of sintered TiO₂ nanotube arrays*, Science of Sintering, Vol 50, No 1, 2018, pp.39-50. ISSN 0350-820X (IF=0,736).

3. Labus N., Mentus S., Rakić S., Đurić Z.Z., **Vujančević J.**, Nikolić M.V.: *Reheating of Zinc-titanate Sintered Specimens*, Science of Sintering, Vol 47, No 1, 2015, pp. 71-81. ISSN 0350-820X (IF=0,781)

Предавање по позиву са међународног скупа штампано у изводу - категорија M32

1. **Vujančević J.D.**, Bjelajac A.Z., Pavlović V.P., Vlahović B., Janačković Đ.T., Pavlović V.B.: *Fabrication and applications of multifunctional nanostructured TiO₂*, Proceedings of The Third International Symposium on Agricultural Engineering, Belgrade-Zemun, 2017, pp.VII-9-VII18.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини - категорија M33

1. Nikolic M.V., Lukovic M.D., Vasiljevic Z.Z., **Vujancevic J.**: *Application of nanocrystalline pseudobrookite (Fe₂TiO₅) thick films for humidity sensing*, Proceedings of 41th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE), Zlatibor, 2018, pp. 158.

2. Labus N., **Vujančević J.**, Nikolić M.V.: *Microstructure changes by thermal etching of sintered ZnTiO₃*, Proceedings of 12th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Belgrade, 2014, pp. 659-662.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу - категорија M34

1. **Vujančević J.**, Bjelajac A., Ćirković J., Pavlović V.P., Horváth E., Forró L., Janačković Đ., Pavlović V.B.: *Customizing nanotubular titania for photocatalytic activity*, Book of abstracts of the 17th young researchers conference-materials science and engineering, Belgrade, 2018, pp. 70.

2. Vasiljevic Z.Z., Lukovic M.D., Nikolic M.V., Vujkovic M., **Vujancevic J.**, Pavlovic V.B., Aleksic O.S.: *Photoelectrochemical water splitting behavior of nanostructrued Fe₂TiO₅ thick films prepared by a solid state reaction*, Book of abstracts of the 4th Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials, Belgarde, 2017, pp. 100.

3. **Vujančević J.**, Bjelajac A., Popović M., Đokić V., Ćirković J., Petrović R., Rakočević Z., Janačković Đ., Pavlović V.: *XPS analysis of N-doped TiO₂ nanotube array*, Book of abstracts of the 15th young researchers conference-materials science and engineering, Belgrade, 2016, pp. 44.

4. **Vujančević J.**, Djokić V., Bjelajac A., Ćirković J., Pavlović V.P., Mitrić M., Janačković Dj., Pavlović V.B.: *Tailoring self-ordering TiO₂ nanotube arrayas by oxidative anodization*, Book of abstracts of the 14th Young Researchers Conference-Materials Science and Engineering, Belgrade, 2015, pp.18.

5. **Vujancevic J.**, Bjelajac A., Obradovic N., Pavlovic V.P., Mitric M., Janackovic Dj., Rasic G., Vlahovic B., Pavlovic V.B.: *Influence of Synthesis Parameters on Structure of 1-D TiO₂ nanostructures*, Book of abstracts of the Advanced Ceramics and Application IV: New Frontiers in Multifuncional Material Science and Processing, Belgrade, 2015, pp.81.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Имајући у виду досадашњи рад кандидата и показане резултате током докторских студија и у оквиру научно-истраживачког рада на пројекту, Комисија констатује да је кандидаткиња Јелена Вујанчевић, дипл. инж. технологије, својим резултатима показала висок степен самосталности и способности за научно-истраживачки рад. Положила је све испите на докторским студијама, као и завршни рад везан за тему дисертације. До сада је као први аутор објавила један рад у врхунском часопису међународног значаја (M21a) и један рад у истанкнутом међународном часопису (M22). Има и пет учешћа на међународним конференцијама. Наведени радови и саопштења су из области на коју се односи и тема

дисертације. На основу изложеног, Комисија сматра да је Јелена Вујанчевић квалитетом остварених научних резултата, као и својом компетентношћу и залагањем, испунила све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Једна од негативних последица савременог технолошког напретка је и повећано загађење животне средине, услед чега се континуирано спроводе истраживања у циљу проналазка нових решења за смањење емисије загађујућих материја и за смањење насталих штетних ефеката. У том смислу се ради не само на замени употребе фосилних горива, већ и на развоју еколошки прихватљивих материјала, као и економски исплативих поступака за пречишћавање воде и ваздуха. Имајући у виду наведено, од посебног интереса су тзв. фотоактивни материјали који могу успешно искористити соларну енергију која доспева на Земљу. У ту групу материјала спадају и они који након апсорпције светлости могу испољити фотокаталитичка својства и довести до разградње загађујућих материја, али и они који апсорбовану светлост трансформишу у електричну енергију путем фотоелектричног ефекта.

Фотоактивни материјали су најчешће полупроводници, међу којима се са становишта еколошке примене издваја титан(IV)-оксид (TiO_2), због своје нетоксичности, хемијске и биолошке инертности, као и због отпорности на корозију. Титан-диоксид је полупроводник чија забрањена зона има ширину од $\sim 3\text{--}3,2\text{ eV}$ (зависно од кристалне модификације) и који стога апсорбује светлост таласне дужине мање од $\sim 390\text{--}410\text{ nm}$. Апсорбована светлост побуђује електроне из валентне зоне, који прелазе у проводну зону, остављајући позитивне шупљине у валентној зони. Фотогенерисани електрони и шупљине омогућавају одвијање оксидо-редукционих реакција на површини TiO_2 . Нпр., електрони редукују кисеоник из окружења, док шупљине оксидују молекуле воде из окружења стварајући слободне радикале, који доводе до минерализације органских загађујућих материја, превodeћи их у нетоксична једињења. Захваљујући овом фотокаталитичком ефекту, TiO_2 налази примену у пречишћавању воде и ваздуха. Са друге стране, апсорпциона својства TiO_2 у погледу фотопобуде електрона, омогућавају примену TiO_2 и у оптоелектроници, тачније за фотодетекторе и соларне ћелије. Фотоактивност TiO_2 (фотокаталитичка и фотоелектрична) зависи од количине апсорбоване светлости која се може ефективно искористити за побуду електрона, тј. зависи од ширине забрањене зоне, али такође зависи и од ефикасног раздвајања фотогенерисаних носиоца наелектрисања, односно од смањења непожељне рекомбинације. Према томе, са становишта наведених примена, од интереса су истраживања посвећена побољшању апсорпције светлости а уједно и смањењу рекомбинације, што се може постићи оптимизацијом кристалне структуре и морфологије TiO_2 , као и увођењем допанта у кристалну решетку, или наношењем фотоосетљивих компонената на површину TiO_2 .

Када се говори о оптимизацији кристалне структуре, треба имати у виду литературне податке који указују на различита фотокаталитичка својства различитих кристалних модификација титан(IV)-оксида. Нпр., поређењем фотоактивности номинално чисте фазе анатаса и номинално чисте фазе рутила, поједини аутори истичу да анатас показује боља фотокаталитичка својства него рутил, мада рутил има ужу забрањену зону. При томе се поменути резултати односе на случајеве у којима није остварена битна разлика у другим структурним параметрима, као што је величина честица, кристалографска оријентација на површини материјала, постојање кристалних дефеката који могу утицати на заробљавање

носилаца наелектрисања релевантних за фотокаталитичка својства, итд. Неки литературни подаци указују и на могуће синергетско деловање 2 или 3 кристалне модификације.

Наноструктурирањем титан(IV)-оксида долази до промене разних својстава у односу на својства монокристала и материјала са микронском или већом величином честица, чиме се може додатно побољшати ефикасност материјала у погледу фотоосетљивости. Међу различитим морфологијама наноструктурираног TiO_2 , наночестични TiO_2 је најчешће коришћена форма. Међутим, иако је у наночестичном TiO_2 запреминска рекомбинација фотогенерисаних електрона и шупљина мање изражена него у случају микронских величина честица, површинска рекомбинација на границама зрна је релативно велика. Смањење рекомбинације носиоца наелектрисања може се постићи синтезом наноцеви. Међу различитим методама синтезе TiO_2 наноцеви, анодизација има извесну предност, јер се на плочици титана синтетишу усправно орјентисане наноцеви у односу на супстрат, док се морфолошки параметри наноцеви могу оптимизовати подешавањем процесних параметара анодизације. Пошто се анодизацијом плочице титана добијају аморфне TiO_2 наноцеви које одликује слаба проводљивост, неопходно је жарење да би TiO_2 наноцеви добиле кристалну форму. Жарењем у атмосфери ваздуха се при различитим температурама добијају различити односи анатаса и рутила, који показују и различиту фотоактивност. Стога, процес оптимизације фотоактивности материјала треба да укључи и оптимизацију услова жарења: температуре, времена жарења и атмосфере жарења.

Поред тога што се на фотоактивност може утицати модификацијом кристалне структуре и морфологије, побољшање фотоактивности се може постићи и допирањем, тј. стварањем локалних стања унутар забрањене зоне TiO_2 . Један од начина остваривања тих стања је путем инкорпорирања атома неметала у решетку TiO_2 . Нпр., жарењем аморфних TiO_2 наноцеви у атмосфери амонијака азот се може инкорпорирати у кристалну решетку TiO_2 током процеса кристализације, а количина допанта се може оптимизовати варирањем времена жарења.

За разлику од процеса допирања где се анјон уграђује у кристалну решетку, са становишта повећања фотоактивности TiO_2 је битан и процес сензитивисања површине наноцеви наношењем фотоосетљиве компоненте која апсорбује светлост у ширем опсегу таласних дужина, чиме се боље искоришћава сунчева светлост. Сензитивизација површине наноцеви се може постићи нпр. депоновањем квантних тачака материјала као што су ZnS , CdSe/ZnS , CdS итд., али и наношењем слоја оксида одређених метала, или наношењем органско-неорганског перовскита. Нпр., CdS има ширину забрањене зоне од $\sim 2,25\text{--}2,4$ eV и стога је ексцитациона таласна дужина за испољавање фотоактивних својстава $\leq 520\text{--}550$ nm, што свакако представља предност у погледу искоришћења видљивог дела оптичког спектра. Због специфичног међусобног положаја проводних зона у TiO_2 и CdS (гледано на енергетској скали), услед депоновања CdS квантних тачака на титан(IV)-оксиду долази до транспорта фотогенерисаних електрона из CdS у проводну зону TiO_2 , при чему се смањује рекомбинација са фотогенерисаним шупљинама у самом кадмијум-сулфиду, тј. врши се боље раздвајање носиоца наелектрисања који могу даље учествовати у редокс реакцијама са адсорбатима на површини материјала. Стога се у TiO_2 са депонованим CdS квантним тачкама очекује и већа ефикасност у погледу фотоактивности. На апсорпциона својства TiO_2 може се утицати и депоновањем монослоја ванадијум(V)-оксида, тј. V_2O_5 . Потапањем TiO_2 наноцеви у водени раствор VOSO_4 , на површини наноцеви се формира слој ванадијум(IV)-

оксида који након сушења узорка на 100 °C у атмосфери ваздуха, оксидише у ванадијум(V)-оксид.

У циљу формирања оптоелектричног уређаја, може се остварити и хетероспој између TiO_2 наноцеви и одређеног перовскита, као што је нпр. метил-амонијум-олово-јодид ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$). Ширина забрањене зоне метил-амонијум-олово-јодида, за који се може користити и скраћена ознака MAPbI_3 , износи 1,5-1,6 eV, што значи да ово једињење апсорбује велики део сунчеве светлости.

Имајући у виду наведено, за предмет истраживања у овој докторској дисертацији је изабрано проучавање утицаја допирања и депоновања фотоосетљивих компоненти на структуру, морфологију и фотоактивност TiO_2 наноцеви, при чему истраживања имају за циљ не само проширење фундаменталних сазнања у тој области, већ и сагледавање потенцијалне примене у фотокатализи и у оптоелектроници.

Научни циљеви истраживања у оквиру дисертације су:

- Испитивање утицаја процесних параметара анодизације плочице титана у киселом електролиту на морфологију тако синтетисаних TiO_2 наноцеви.
- Испитивање утицаја температуре жарења, у атмосфери ваздуха, на кристалну структуру, морфологију и фотокаталитичку активност TiO_2 наноцеви.
- Проучавање утицаја времена жарења у атмосфери амонијака на концентрацију азота инкорпорираног у кристалну решетку TiO_2 , као и на тип инкорпорирања (супституцијски и интерстицијски). Утврдиће се и утицај тако оствареног допирања на оптичка својства (дифузионе рефлексione спектре) и на фотокаталитичку активност TiO_2 наноцеви.
- Проучавање ефекта депоновања CdS квантних тачака на дифузионе рефлексione спектре и фотокаталитичку активност недопираних и азотом допираних TiO_2 наноцеви.
- Анализа утицаја допирања азотом TiO_2 наноцеви на фотодиодна својства композитног материјала састављеног од наноцеви и монокристала перовскита $\text{CH}_3\text{NH}_2\text{PbI}_3$.
- Испитивање утицаја депоновања V_2O_5 слоја као сензиватора, на структурне промене у TiO_2 наноцевима и на фотодиодна својства композитног материјала састављеног од монокристала перовскита $\text{CH}_3\text{NH}_2\text{PbI}_3$ и TiO_2 наноцеви са слојем V_2O_5 .
- Анализа опште корелације између синтезе, својстава и примене, у циљу добијања TiO_2 наноцеви које одликује унапређена фотоактивност.

Литература:

1. Macak J.M., Tsuchiya H., Ghicov A., Yasuda K., Hahn R., Bauer S., Schmuki P.: *TiO₂ nanotubes: Self-organized electrochemical formation, properties and applications*, Current Opinion in Solid State and Materials Science, Vol 11, No 1-2, 2007, pp. 3–18.
2. Su Z., Zhou W.: *Formation, morphology control and applications of anodic TiO₂ nanotube arrays*, Journal of Materials Chemistry, Vol 21, No 21, 2011, pp. 8955-8970.
3. Paramasivam I., Jha H., Liu N., Schmuki P.: *A Review of Photocatalysis using Self-organized TiO₂ Nanotubes and Other Ordered Oxide Nanostructures*, Small, Vol 8, No 20, 2012, pp. 3073–3103.

4. Lynch R.P., Ghicov A., Schmuki P.: *A Photo-Electrochemical Investigation of Self-Organized TiO₂ Nanotubes*, Journal of The Electrochemical Society, Vol 157, No 3, 2010, pp.G76–G84.
5. Nah Y.-C., Paramasivam I., Schmuki P.: *Doped TiO₂ and TiO₂ Nanotubes: Synthesis and Applications*, ChemPhysChem, Vol 11, No 13, 2010, pp. 2698–2713.
6. Vitiello R.P., Macak J.M., Ghicov A., Tsuchiya H., Dick L.F.P., Schmuki P.: *N-Doping of anodic TiO₂ nanotubes using heat treatment in ammonia*, Electrochemistry Communications, Vol 8, No 4, 2006, pp. 544–548.
7. Al-Thabaiti S.A., Hahn R., Liu N., Kirchgeorg R., So S., Schmuki P., Basahel S.N., Bawaked S.M.: *NH₃ treatment of TiO₂ nanotubes: From N-doping to semimetallic conductivity*, Chemical Communications, Vol 50, No 59, 2014, pp. 7960–7963.
8. Zazpe R., Sopha H., Prikryl J., Krbal M., Mistrik J., Dvorak F., Hromadko L., Macak J.M.: *A 1D conical nanotubular TiO₂/CdS heterostructure with superior photon-to-electron conversion*, Nanoscale, Vol 10, No 35, 2018, pp. 16601–16612.
9. Sun W.T., Yu Y., Pan H.Y., Gao X.F., Chen Q., Peng L.M.: *CdS Quantum dots sensitized TiO₂ nanotube-array photoelectrodes*, Journal of American Chemical Society, Vol 130, No 4, 2008, pp. 1124–1125.
10. Gao X., Li J., Bake J., Hou Y., Guan D., Chen J., Yuan C.: *Enhanced photovoltaic performance of perovskite CH₃NH₃PbI₃ solar cells with freestanding TiO₂ nanotube array films*, Chemical Communications, Vol 50, 2014, pp. 6368–6371.
11. Salazar R., Altomare M., Lee K., Tripathy J., Kirchgeorg R., Nguyen N.T., Mokhtar M., Alshehri A., Al-Thabaiti S.A., Schmuki P.: *Use of Anodic TiO₂ Nanotube Layers as Mesoporous Scaffolds for Fabricating CH₃NH₃PbI₃ Perovskite-Based Solid-State Solar Cells*, ChemElectroChem, Vol 2, No 6, 2015, pp. 824–828.
12. Lu D., Zhang M., Zhang Z., Li Q., Wang X., Yang J.: *Self-organized vanadium and nitrogen co-doped titania nanotube arrays with enhanced photocatalytic reduction of CO₂ into CH₄*, Nanoscale Research Letters, Vol 9, No 1, 2014, pp. 272.
13. Wang Y., Su Y.R., Qiao L., Liu L.X., Su Q., Zhu C.Q., Liu X.Q.: *Synthesis of one-dimensional TiO₂/V₂O₅ branched heterostructures and their visible light photocatalytic activity towards Rhodamine B*, Nanotechnology, Vol 22, No 22, 2011, pp. 225702.
14. Zhou X., Wu J., Li Q., Qi Y., Ji Z., He P., Qi X., Sheng P., Li Q., Ren J.: *Improved electron-hole separation and migration in V₂O₅/rutile-anatase photocatalyst system with homo-hetero junctions and its enhanced photocatalytic performance*, Chemical Engineering Journal, Vol 330, No 2103, 2017, pp. 294–308.
15. Zhou H., Song Z., Tao P., Lei H., Gui P., Mei J., Wang H., Fang G.: *Self-powered, ultraviolet-visible perovskite photodetector based on TiO₂ nanorods*, RSC Advances, Vol 6, No 8, 2016, pp. 6205–6208.

3. Полазне хипотезе

Полазна хипотеза ове дисертације се базира на литературним подацима који указују на могућност остварења побољшања фотоефикасности TiO₂ методом допирања, или методом наношења фотоосетљивих компоненти (тзв. сензиватора) на његову површину. Са становишта примене је од интереса проучавање и појединачних и комбинованих ефеката ових метода. Поменуто побољшање фотоефикасности је првенствено од интереса за примену у пречишћавању воде, као и за примену у оптоелектронским уређајима.

Испитиван је утицај различитих допанта, метала и неметала, на фотокаталитичка својства TiO_2 , при чему је доста пажње посвећено допирању азотом, односно замени O^{2-} јона N^{3-} јонима. Жарењем аморфног TiO_2 у атмосфери амонијака, азот се може уградити у кристалну решетку током кристализације, утичући на забрањену зону TiO_2 , тако што доводи до стварања локалних стања унутар ње, односно тако што смањује ширину забрањене зоне TiO_2 .

Са становишта разматрања побољшања фотоактивности путем наношења фотоосетљивих компоненти (сензиватора), од значаја би могла бити детаљнија истраживања утицаја сензиватора у виду: а) квантних тачака, б) слоја оксида прелазних метала и в) формирања хетероспоја TiO_2 наноцеви са органо-неорганским перовскитима које одликује мања ширина забрањене зоне. Депоновање квантних тачака CdS омогућава ефикасан транспорт фотогенерисаних електрона из CdS у проводну зону TiO_2 , чиме се остварује и боље раздвајање носиоца наелектрисања, а тиме се побољшавају фотокаталитичка својства. У дисертацији ће се проучавати и утицај сумарног ефекта азота и CdS квантних тачака на фотокаталитички ефекат титан(IV)-оксида.

Такође се полази и од литературних података који указују да се за модификовање фотоактивности TiO_2 наноцеви може користити депоновање монослоја V_2O_5 . Истраживања указују да V_2O_5 , зависно од дебљине зида наноцеви, може да побољшава или погоршава оптичка својства TiO_2 . Из овог разлога испитиваће се утицај дебљине зида наноцеви на фотоактивност TiO_2 са депонованим слојем V_2O_5 .

Очекује се да ће се формирањем композитног материјала у којем је остварен хетероспој између TiO_2 наноцеви и монокристала $\text{CH}_3\text{NH}_2\text{PbI}_3$ добити фотодиода чије ће карактеристике бити модификоване путем допирања TiO_2 наноцеви, као и путем депоновања слоја V_2O_5 на површину наноцеви. Из литературних података је познато да $\text{CH}_3\text{NH}_2\text{PbI}_3$ има забрањену зону ширине 1,5-1,65 eV, што омогућава апсорпцију широког опсега соларне енергије. Имајући то у виду, очекује се да побуђени електрони из $\text{CH}_3\text{NH}_2\text{PbI}_3$ прелазе у TiO_2 , чиме је омогућено боље раздвајање парова електрон-шупљина, а при томе се може претпоставити да ће тај ефекат бити додатно побољшан допирањем TiO_2 наноцеви азотом и депоновањем слоја V_2O_5 .

4. Научне методе истраживања

Током израде ове докторске дисертације биће спроведена мултидисциплинарна истраживања, а у оквиру њих ће се користити следеће научне методе:

- Методом анодизације плочице титана у киселом електролиту и њиховим жарењем у атмосфери ваздуха ће се остварити синтеза недопираних TiO_2 наноцеви. Контролисаним жарењем у атмосфери амонијака ће се остварити допирање азотом. Депоновање CdS квантних тачака на TiO_2 наноцевима ће бити извршено применом поступка *ex-situ*, који се показао погодним због контроле морфологије квантних тачака и због остваривања униформности депоновања. Депоновање слоја V_2O_5 ће бити извршено потапањем узорака у водени раствор VOSO_4 . Формирање хетероспоја између TiO_2 наноцеви и монокристала MAPbI_3 ће бити извршено сувим пресовањем монокристала MAPbI_3 милиметарских димензија на површину допираних и V_2O_5 -сензитивисаних TiO_2 наноцеви.
- Метода скенирајуће електронске микроскопије (SEM) ће бити коришћена за испитивање: морфологије недопираних и азотом допираних TiO_2 наноцеви, морфологије TiO_2 наноцеви након поступка депоновања CdS квантних тачака, као и морфологије TiO_2 наноцеви на које је нанет монослој V_2O_5 .

- Рендгеноструктурна дифракциона анализа (XRD метода) ће бити примењена ради идентификације присутних фаза.
- У циљу даљег сагледавања структурних промена, биће примењена и Раманова спектроскопска анализа, којом ће се пратити утицај различитих параметара синтезе на фононске спектре и динамику кристалне решетке. Уједно ће се анализирати и да ли има извесних одступања у локалној кристалној структури (површинског слоја) у односу на резултате добијене XRD методом.
- Хемијски састав TiO_2 наноцеви са депонованим CdS кватним тачкама ће бити испитан методом енергетско-дисперзивне спектроскопије (EDS) X зрака.
- Оптичка својства недопираних и азотом допираних наноцеви, као и наноцеви са депонованим квантним тачкама и слојем V_2O_5 , биће одређена дифузионом рефлексионом спектроскопијом (DRS).
- Хемијски састав и електронско стање елемената у површинском слоју материјала, код недопираних и азотом допираних TiO_2 наноцеви, као и код наноцеви сензитивисаних депоновањем V_2O_5 , биће додатно испитан и фотоелектронском спектроскопијом X зрацима (XPS методом).
- Испитивање фотокаталитичке активности узорака одредиће се на основу анализе разлагања боје метил-оранж под УВ зрачењем.
- Испитиваће се утицај допирања азотом и утицај депоновања V_2O_5 на фотоелектричне карактеристике композитног материјала састављеног од TiO_2 наноцеви и монокристала MAPbI_3 . Ово ће бити извршено мерењем I-V (струјно-напонске) карактеристике образованог хетероспоја, у мраку и под дејством белог флуоресцентног осветљења, уз додатно одређивање осетљивости диоде тј. коефицијента конверзије (R) као односа струје генерисане на фотодиоди и интензитета упадне светлости. Такође ће се разматрати и време одзива фотодиоде.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће резултати истраживања у оквиру ове докторске дисертације обезбедити:

- Проширење сазнања о утицају процесних параметара анодизације, температуре и дужине жарења у одређеној атмосфери, на структуру, морфологију и фотокаталитичку активност TiO_2 наноцеви.
- Проширење сазнања о појединачном и комбинованом утицају допирања неметалом и депоновања кватних тачака неорганског сензиватора на фотокаталитичку активност TiO_2 наноцеви;
- Утврђивање и поређење појединачних утицаја допирања неметалом и депоновања монослоја металног оксида, на структуру и оптичка својства TiO_2 наноцеви, као и на фотодиодна својства композитног материјала састављеног од TiO_2 наноцеви и органског перовскита;
- успешнију оптимизацију процесних параметара синтезе, у циљу добијања недопираних, допираних и сензитивисаних TiO_2 наноцеви унапређене фотоактивности;
- допринос развоју нових материјала на бази TiO_2 наноцеви, специфичних и побољшаних фотокаталитичких и фотодиодних својстава;

6. План истраживања и структура рада

Да би се спровела планирана истраживања, потребно је у првом делу активности синтетисати и окарактерисати недопиране и допиране TiO_2 наноцеви. Аморфне недопиране наноцеви ће бити синтетисане процесом анодизације, а накнадним жарењем у атмосфери ваздуха/амонијака би се постигла кристална структура без/са инкорпорираним азотом. При томе би се за наведену групу узорака испитивао утицај параметара синтезе (напона анодизације, температуре, атмосфере и дужине жарења) на структуру и морфологију TiO_2 наноцеви, а затим и на фотокаталитичка својства.

У другом делу истраживања би се допиране наноцеви додатно сензитивисале депоновањем CdS квантних тачака и након провере хемијског састава ЕДС методом анализирао би се утицај тог депоновања на фотокаталитичка својства TiO_2 наноцеви.

Трећи део истраживања би се односио на проучавање фотодиодних својстава хетероспоја TiO_2 наноцеви са монокристалом метил-амонијум-олово-јодида (MAPbI_3). При томе би се за добијање композитног материјала $\text{TiO}_2/\text{MAPbI}_3$ користиле: 1) TiO_2 наноцеви допиране азотом и 2) TiO_2 наноцеви са депонованим слојем V_2O_5 . Стога би се, поред анализа наведених у првом пасусу овог поглавља, испитао и утицај напона анодизације на структуру и морфологију TiO_2 наноцеви са депонованим слојем V_2O_5 , а на основу тога би се тумачила детектована фотодиодна својства.

Током приказа појединих целина у истраживањима, разматраће се све сложенији системи и успоставиће се корелација резултата са анализама извршеним у оквиру претходних потпоглавља, као и корелација са резултатима из доступних литературних података.

Структура докторске дисертације ће бити конципирана тако да садржи целине под следећим називима: *Увод*, *Теоријски део*, *Експериментални део*, *Резултати и дискусија*, *Закључак* и *Литература*.

У поглављу под називом *Увод* биће дефинисан предмет и циљ истраживања.

Поглавље *Теоријски део* ће обухватити преглед најважнијих литературних података о: а) кристалној структури, морфологији и примени TiO_2 , б) методама синтезе TiO_2 наноцеви, са посебним акцентом на методи анодизације плочице титана, као и в) методама модификације фотоактивности TiO_2 наноцеви.

Експериментални део ће приказати: полазне материјале, опис методе анодизације, услове жарења, поступак допирања, поступак депоновања фотоосетљивих компоненти, опис метода за карактеризацију структуре и морфологије наноцеви, као и поступке за одређивање фотокаталитичких и фотоелектричних својстава узорака.

Поглавље под називом *Резултати и дискусија* представиће детаљно анализиране резултате експерименталног рада, уз дискутовање утицаја различитих параметара синтезе на структуру и својства добијених TiO_2 наноцеви, како недопираних и допираних, тако и наноцеви са депонованим фотоосетљивим слојем. Приказаће се и међусобна корелација тих резултата, као и поређење са постојећим литературним подацима.

Закључак ће сумирати најважније резултате и анализе ове докторске дисертације, уз осврт на њихов научни допринос, важност и потенцијалну примену.

Део који се односи на *Литературу* приказаће наводе цитиране у дисертацији, као и радове проистекле из истраживања током рада на докторској дисертацији.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података о досадашњем раду и постигнутим резултатима, може се закључити да кандидаткиња Јелена Вујанчевић, дипл. инж. технологије, испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације која припада научној области Технолошко инжењерство, односно ужој научној области Инжењерство материјала за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Комисија такође сматра да је тема „Модификовање структуре и фотоактивности наноцеви титан(IV)-оксида допирањем и применом фотоосетљивих компонената“ научно заснована и предлаже Наставно-научном већу да је прихвати. За менторе предлаже др Ђорђа Јанаћковића, редовног професора Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, и др Веру Павловић, ванредног професора Машинског факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 08. 04. 2019.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Ђорђе Јанаћковић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Вера Павловић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Др Рада Петровић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Анђелика Бјелајац, научни сарадник,
Француски национални центар за научна истраживања
(CNRS-Ecole Polytechnique), Париз, Француска

Др Endre Horváth, научник,
Федерална политехничка школа (EPFL), Лозана, Швајцарска
Инжењер развоја Швајцарског центра за електронику и микротехнологију
(Csem Neuchtel), Нешател, Швајцарска

Др Владимир Павловић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет,
Научни саветник у Институту техничких наука-САНУ