

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ – ФАКУЛТЕТ ЗА ФИЗИЧКУ ХЕМИЈУ  
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

На X редовној седници Наставно–научног већа Факултета за физичку хемију Универзитета у Београду, одржаној 15.10.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације мастер физикохемичара Мирјане Медић Илић под насловом: „**Проучавање електронске структуре и састава површина вишекомпонентних полупроводника  $Cd(Zn)_{1-x}Mn(Fe)_xTe_{1-y}(Se,S)_y$** “. Израда докторске дисертације под наведеним насловом одобрена је одлуком Наставно–научног већа са VII редовне седнице од 14.04.2016. године. На основу те одлуке, Веће научних области природних наука Универзитета у Београду је на седници одржаној 28.04.2016. године дало сагласност да се прихвати предложена тема докторске дисертације. На основу прегледа и анализе докторске дисертације, подносимо Наставном–научном већу следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**A. Приказ садржаја дисертације**

Докторска дисертација Мирјане Медић Илић написана је на 104 стране куцаног текста према Упутству за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду и садржи следеће делове: насловне странице на српском и енглеском језику (2 стране), страницу са информацијама о менторима и члановима комисије (1 страна), странице са подацима о докторској дисертацији на српском и енглеском језику (2 стране), садржај (2 стране). Текст рада садржи следеће целине **Увод** (2 стране), **Теоријски део** (31 страна), **Увод и извођење модела за анализу узорака по дубини** (9 страна), **Експериментални рад и резултате** (16 страна), **Дискусију** (20 страна), **Закључке** (2 стране) и **Литературу** (168 навода, 12 страна). Кандидат је уз текст дисертације приложио Биографију и изјаве прописане од стране Универзитета. Дисертација садржи укупно 34 слике и 14 табела, од којих 15 слика и 13 табела приказују резултате истраживања кандидата.

У оквиру ове дисертације испитивани су материјали који припадају класи II–VI полупроводника, допирани прелазним металима (катјонска примеса) и халкогеним елементима (анјонска примеса). Концентрације примесних атома у овим системима су релативно мале, због чега се често зову и “разблажени“ магнетни полупроводници. Међу многобројним применама ових материјала, могу се посебно издвојити оне у области детекције зрачења, соларних ћелија и оптоелектроници. За све ове примене веома је значајно детаљно познавање површинске структуре материјала на коју могу, између осталог, снажно утицати врста и концентрација примеса, дуготрајно излагање ваздуху и амбијенталним условима, оксидација. Бројне студије су посвећене површинама тернарних II–VI полупроводника, док су површинска својства одговарајућих квартернарних система, укључујући ефекте изложености ваздуху, слабо испитана.

Циљ овог рада је детаљно испитивање сложене електронске структуре и састава површина анализираних узорака, ради бољег разумевања њихових површинских својстава и процеса који се одигравају на површини, током дуготрајног излагања ваздуху и

амбијенталним условима. Основна експериментална техника која је коришћена при анализи површина узорака је фотоелектронска спектроскопија рендгенским зрачењем (*X-ray Photoelectron Spectroscopy*, XPS). Сазнања су допуњена анализом Ожеових линија, рендгенском структурном анализом, микроскопијом атомских сила и масеном спектрометријом секундарних јона. Промена површинског састава услед јонског распршивања површина узорака је показала да услов униформности у опсегу информационе дубине технике није задовољен, те је на тај начин оповргнута почетна претпоставка, која је у основи рутинског приступа квантитативној анализи XPS резултата. Ово сазнање је указало на немогућност примене рутинског приступа код узорка испитиваних у овом раду, коришћењем атомских фактора осетљивости. Поступак који се често користи при испитивању узорака по дубини је техника XPS са различитим угловима емисије (*Angle Resolved XPS*, AR-XPS) која омогућава процену састава по дубини и одређивање дебљине слојева, праћењем промене интензитета различитих сигнала са углом емисије фотоелектрона. Узорци треба да буду довољно велики и довољно мале храпавости да би се овај поступак применио, што је представљало ограничење за анализу узорака у овој дисертацији. Даљи ток испитивања специфичне површинске структуре узорака је подразумевао излазак из стандардних оквира, што је било пресудно за развој модела за анализу узорака по дубини, по први пут представљеног у овом раду. Модел полази од „првих принципа“ и на релативно једноставан начин омогућава анализу узорака по дубини, не занемарујући при томе разлике у слабљењу сигнала при проласку кроз различите слојеве, што се у рутинском приступу не разматра. Јединствене могућности технике фотоелектронске спектроскопије уз употребу представљеног модела, омогућавају одређивање тачног састава, односно хемијских фаза присутних у свакој од три различите идентификоване области на површини и процену дебљина површинских слојева узорака. Утицај морфологије површине на измерени XPS сигнал је сагледан кроз зависност информационе дубине од локалних нагиба, те је и овај важан фактор сада могуће узети у обзир при анализи, када се покаже да је тај утицај значајан. Додатно је размотрен утицај неуниформности дебљине слојева на резултате испитивања.

Теза је подељена у неколико целина. У **првој глави** су сагледана основна и површинска својства испитиваних материјала, представљене су најчешће коришћене методе синтезе и дате су актуелне области примене, са освртом на пожељна својства материјала.

Тема **друге главе** је интеракција рендгенског зрачења са материјом и ефекти који се при томе јављају, а који се користе у различитим експерименталним методама. Фотоелектронска спектроскопија рендгенским зрачењем је детаљно представљена у **глави три**. Посебно поглавље у оквиру ове главе је посвећено стандардном приступу квантитативној анализи, постојећим поступцима анализе по дубини, и приступу који је водио развоју модела у овом раду за потребе испитивања специфичне површинске структуре узорака.

У **главама четири и пет** су дате коришћене експерименталне технике и представљени су експериментални резултати.

**Глава шест** је посвећена дискусији и представља централно место у докторској дисертацији, где се након детаљне анализе XPS спектра, описују све установљене специфичности узорака које су успешно узете у обзир кроз развој модела за анализу састава из „првих принципа“. Најважнији допринос модела је могућност одређивања тачног састава узорака по дубини, односно састава сваке од три различите области и дебљине слојева оксида и органских нечистоћа. У **закључку** су сумарно приказани сви добијени резултати.

У **литератури** су наведене цитиране референце по редоследу њиховог појављивања.

## Б. Опис резултата дисертације

У оквиру ове дисертације су проучаване електронска структура и састав површина карактеристичних тернарних и кватернарних полумагнетних полупроводника,  $\text{Cd}_{0.97}\text{Fe}_{0.03}\text{Te}_{1.00}$  (узорак СТ1),  $\text{Cd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}\text{Te}_{0.97}\text{Se}_{0.03}$  (узорак СТ2),  $\text{Cd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}\text{Te}_{0.97}\text{S}_{0.03}$  (узорак СТ3),  $\text{Cd}_{0.95}\text{Mn}_{0.05}\text{Te}_{0.97}\text{Se}_{0.03}$  (узорак СТ4) и  $\text{Zn}_{0.98}\text{Fe}_{0.02}\text{Te}_{0.91}\text{Se}_{0.09}$  (узорак ZT). Добијен је детаљан увид у стабилност површине ових сложених система и њену модификацију у амбијенталним условима, у односу на запремину материјала. Квантитативна анализа XPS резултата је рађена и коришћењем Вагнерових атомских фактора осетљивости, што је рутински приступ, и употребом модела који је полазећи од „првих принципа“ посебно развијен у оквиру рада на овој Тези.

Рутинским приступом је на основу измерених интензитета карактеристичних XPS линија процењен елементални површински састав узорка. Утврђено је одсуство Fe у површинским слојевима свих узорка иако је номинална концентрација гвожђа знатно изнад границе осетљивости коришћене XPS технике. У узорку СТ2 је селен, као анјонска примеса, откривен само у траговима. Површински састав узорка СТ1 и СТ2 је тако практично исти као и састав (110) неполарне површине CdTe. Присуство и катјонске (Mn) и анјонске (Se) примесе уочено је само у испитиваној површинској области узорка СТ4. Ово је уједно и узорак чија површинска структура се знатно разликује у односу на све остале узорке. Анјонске примесе су јасно уочене и у узорцима СТ3 (S) и ZT (Se). Праћење међузависности површинских концентрација различитих елемената указује да је понашање површина испитиваних вишеккомпонентних II–VI полупроводника, у складу са општим законитостима процеса адсорпције. Утврђена је директна зависност између процеса оксидације и адсорпције угљоводоника, два конкурентна процеса који се одвијају на површинама испитиваних узорка приликом излагања ваздуху.

Током експерименталног рада је уочено присуство наелектрисавања површина испитиваних узорка, због чега је при идентификацији хемијских фаза у овој Тези акценат стављен на употребу релативних положаја спектралних линија и модификованог Ожеовог параметра. У циљу идентификације хемијских фаза које граде елементи Cd и Zn, код којих је хемијски померај слабо изражен, по први пут у овом раду је примењен потпуно нови приступ током моделовања Ожеових спектра. Детаљном анализом релативних положаја различитих XPS линија у спектрима је извршена идентификација хемијских фаза. Идентификација и квантификација фаза које у узорцима СТ2 и СТ4 гради Cd је извршена применом новог приступа за моделовање Ожеових спектра, што је податак који не може да се добије на основу положаја XPS линија Cd. У циљу бољег разумевања састава специфичне површинске структуре узорка СТ4, урађено је профилисање његовог састава по дубини применом TOF–SIMS технике, а добијени резултати су у сагласности са онима добијеним на основу XPS и Ожеових спектра. Оксидни слој овог узорка претежно чини  $\text{MnO}$ , док је то  $\text{CdTeO}_3$  у узорцима СТ1–СТ3 или мешавина  $\text{ZnO}$  и  $\text{TeO}_2$  у узорку ZT, што указује да Mn драстично мења услове оксидације на површини узорка СТ4. Вишак катјона (Cd, Zn и Mn) и дефицит Te је присутан код свих узорка, а највеће одступање од номиналног састава постоји на површини узорка СТ4, што је пре свега последица површинске сегрегације Mn. Након добијених резултата и изведених закључака постало је јасно да се на површини свих узорка формира оксидни слој и изнад њега слој органских нечистоћа. Површине испитиваних узорка су неуниформне по дубини и постоје значајне разлике у њиховом саставу и структури након дуготрајног излагања амбијенталним условима. Због овога је било посебно значајно детаљно испитати површинску област и одредити њен састав и структуру.

Неуниформну површинску структуру по дубини имају сви узорци испитивани у овом раду, али што је још важније и велика већина узорка уопште, када рутински приступ у квантитативној анализи постаје практично неприменљив и потребно је применити поступак анализе састава по дубини. Зато је у овој Тези развијен модел који омогућава одређивање

тачног састава различитих области уочених на површини и дебљина површинских слојева узорака. Применом модела су тако одређене дебљина и састав слојева оксида и органских нечистоћа, као и састав запреминске области узорака СТ1–СТ3 и ZT. Потврђено је да оксидни слој узорака СТ1–СТ3 без сумње чини CdTeO<sub>3</sub>, и одређен је тачан састав оксидног слоја у узорку ZT (78.8% ZnO и 21.2% TeO<sub>2</sub>). Утврђено одсуство Fe у површинским слојевима свих узорака је сада квантификовано, процењеном дебљином запреминске области до које са сигурношћу можемо рећи да овај елемент није присутан у узорцима, и креће се у интервалу од 2.1 до 2.8 nm. Састав запреминске области указује на вишак катјона (изузев узорка СТ1) који заједно са одсуством Fe у испитаној области, сведочи о атомској реорганизацији у првих неколико атомских слојева, чак и до слојева који нису под директним утицајем оксидације.

Добијени резултати и установљена конкуренција процеса оксидације и адсорпције код испитиваних узорака, чија је површинска структура очито врло сложена, били су мотивација за сагледавање могућег утицаја неуниформности дебљина слојева на интензитете спектралних XPS линија и добијене вредности дебљина оксидног слоја. На овај начин је показано да се добијена дебљина оксидног слоја може интерпретирати као њена средња вредност, а истовремено је утврђено и да нема значајног утицаја неуниформности дебљина слојева на одређивање састава запреминске области узорака.

## **В. Упоредна анализа резултата дисертације са подацима из литературе**

Хемијска и електронска површинска својства испитиваних материјала су уско повезана са великим бројем примена. На њихову површинску структуру могу снажно утицати врста и концентрација примеса, које у неким случајевима сегрегирају на површини или имају тенденцију миграција ка унутрашњости материјала [1], [2], [3]. Иако су бројне студије посвећене површинама тернарних II–VI полупроводника [4], [5], површинска својства одговарајућих квартернарних система, укључујући ефекте изложености ваздуху, слабо су испитана [1], [6], [7]. Вишекомпонентни II–VI полупроводници имају значајно место у производњи детектора радијације и оптоелектронских уређаја, где је врло битан квалитет самог материјала, али и његова површинска структура [8]. Како би се функционална својства уређаја одржала у што дужем временском периоду потребно је установити оптималну комбинацију корака у циљу пасивизације површине полупроводничког материјала [9], [10], [11]. Тачан поступак који би дао жељене резултате још увек није недвосмислено установљен [12], [13], [14]. Са друге стране, независно од поступка припреме површине, функционалност детектора се може мењати током времена, што је такође био подстицај да се у овом раду испита утицај дуготрајног излагања ваздуху и амбијенталним условима на површине испитиваних узорака. Разумевање процеса формирања оксида, сазнања о њиховој структури и саставу, али и одређивање дебљине слоја оксида, кључно је за дуготрајну функционалну стабилност при раду уређаја. Ово питање је, због опречних резултата [9], [10], [15], [16], [17] и даље недовољно разјашњено, те су додатна сазнања у том смислу врло значајна. У овом раду је велика пажња посвећена управо одређивању састава оксидне фазе на површини узорака, што би могло значајно да допринесе разјашњењу механизма оксидације на површинама ових материјала.

Хемијску карактеризацију на основу апсолутних положаја XPS линија на енергијској оси, када се C–1s линија користи као референтна и у односу на њу врши систематски померај свих осталих XPS линија у спектру испитиваног узорка, је неопходно вршити веома пажљиво. У пракси се, и то доста често, јављају ситуације у којима коришћење ове линије угљеника као референтне није поуздано [18], јер на њен тачан положај могу утицати, ефекат наелектрисавања површине непроводних узорака, хемијски померај условљен саставом органских нечистоћа и радна функција анализираног узорка [19]. Истовремено, хемијска

идентификација органске фазе често није тривијалан поступак, ако се има у виду да њен састав веома зависи од супстрата и услова у којима је узорак чуван [18]. Имајући све ово у виду, за добијање релевантних хемијских информација у овој дисертацији су уместо апсолутних положаја употребљени релативни положаји одговарајућих спектралних линија и модификовани параметри Ожеових линија. Упркос чињеници да су ова сазнања већ извесно време доступна у публикацијама [18], [19], и даље се овој проблематици посвећује недовољно пажње и приступа рутински што може да доведе до непоузданих закључака.

Приступ квантитативној анализи XPS резултата подразумева употребу атомских фактора осетљивости [20] и обично даје доста добре резултате, али је слабо применљив код узорака који су неуниформни, било по дубини, било латерално. Важно је истаћи да је квантификацију XPS резултата помоћу фактора осетљивости исправно вршити само када сви сигнали потичу из исте матрице. Од посебног интереса за овај рад је чест случај узорка неуниформног по дубини. Зато је у овој Тези развијен модел који даје детаљан увид у неуниформност површине и чијом применом је на основу једног мерења, без трајног оштећења површине узорака, могуће добити значајне нове информације и одредити састав и структуру испитиване површинске области по дубини [21]. Утицај морфологије површине на измерени XPS сигнал је сагледан кроз зависност информационе дубине од локалних нагиба. Локални нагиби се могу узети у обзир кроз корекцију ефективних дужина атенуације код узорака који имају израженију морфологију. Утврђено је да су мерења при јединственом углу  $\theta = 0^\circ$ , што је геометрија коришћена у експерименталном раду у овој Тези, посебно погодна у случају храпавих површина. Представљени резултати нуде једну ширу слику при обради и анализи XPS резултата, кроз сагледавање како неуниформности састава тако и утицаја морфологије испитиване површине.

- [1] I. Radisavljević *et al.*, “XAFS and XPS analysis of  $\text{Zn}_{0.98}\text{Fe}_{0.02}\text{Te}_{0.91}\text{Se}_{0.09}$  semiconductor,” *J. Alloys Compd.*, vol. 632, pp. 17–22, 2015.
- [2] N. Bundaleski *et al.*, “Surface composition of  $\text{Cd}_{1-x}\text{Fe}(\text{Mn})_x\text{Te}_{1-y}\text{Se}_y$  systems exposed to air,” *Mater. Chem. Phys.*, vol. 189, pp. 35–43, 2017.
- [3] S. Kuźmiński and K. Pater, “Surface states on the  $\text{Cd}_{1-x}\text{Fe}_x$  Te surfaces,” *Vacuum*, vol. 63, pp. 219–222, 2002.
- [4] M. Singa-ngah, K. Hongsith, S. Choopun, and A. Tubtimtae, “Undoped and Manganese 2+-doped polycrystalline  $\text{Cd}_{1-x}\text{In}_x\text{Te}$  sensitizer for liquid-junction solar cell devices,” *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 451, pp. 189–197, 2015.
- [5] W. Mönch, *Semiconductor Surfaces and Interfaces*, Second ed. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1995.
- [6] R. Triboulet and P. Siffert, *CdTe and Related Compounds; Physics, Defects, Hetero- and Nano-structures, Crystal Growth, Surfaces and Applications: Crystal growth, surfaces and applications*. Elsevier Ltd, 2010.
- [7] A. Shen *et al.*, “MBE growth of  $\text{ZnCdSe} / \text{ZnCdMgSe}$  quantum-well infrared photodetectors,” *J. Vac. Sci. Technol. B*, vol. 31, pp. 03C113-1–3, 2013.
- [8] M. Shen, J. Zhang, L. Wang, J. Min, L. Wang, and X. Liang, “Investigation on the surface treatments of  $\text{CdMnTe}$  single crystals,” *Mater. Sci. Semicond. Process.*, vol. 31, pp. 536–542, 2015.
- [9] J. Zázvorka, J. Franc, L. Beran, P. Moravec, J. Pekárek, and M. Veis, “Dynamics of native oxide growth on  $\text{CdTe}$  and  $\text{CdZnTe}$  X-ray and gamma-ray detectors,” *Sci. Technol. Adv. Mater.*, vol. 17, pp. 792–798, 2016.
- [10] K. H. Kim *et al.*, “Effective surface passivation of  $\text{CdMnTe}$  materials,” *J. Electron. Mater.*, vol. 39, pp. 1015–1018, 2010.
- [11] A. Bosio, G. Rosa, and N. Romeo, “Past, present and future of the thin film  $\text{CdTe}/\text{CdS}$  solar cells,” *Sol. Energy*, vol. 175, pp. 31–43, 2018.
- [12] L. Marchini, A. Zappettini, E. Gombia, R. Mosca, M. Lanata, and M. Pavese, “Study of

- surface treatment effects on the metal-CdZnTe interface,” *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, vol. 56, pp. 1823–1826, 2009.
- [13] H. Yoon *et al.*, “Investigation of the effects of polishing and etching on the quality of  $Cd_{1-x}Zn_xTe$  using spatial mapping techniques,” *J. Electron. Mater.*, vol. 26, pp. 529–533, 1997.
- [14] G. Zha, W. Jie, T. Tan, and P. Li, “The surface leakage currents of CdZnTe wafers,” *Appl. Surf. Sci.*, vol. 253, pp. 3476–3479, 2007.
- [15] F. D. Kiss and a C. Ferraz, “The oxidation mechanism of CdTe (110) surface,” *Brazilian J. Phys.*, vol. 36, no. 2 A, pp. 291–293, 2006.
- [16] S. S. Choi, “Native oxide formation on CdTe,” *J. Vac. Sci. Technol. B Microelectron. Nanom. Struct.*, vol. 6, pp. 1198–1203, 1988.
- [17] J. Fritsche *et al.*, “Surface analysis of CdTe thin film solar cells,” *Thin Solid Films*, vol. 387, no. 1–2, pp. 161–164, 2001.
- [18] G. Greczynski and L. Hultman, “X-ray photoelectron spectroscopy: Towards reliable binding energy referencing,” *Prog. Mater. Sci.*, vol. 107, p. 100591, 2020.
- [19] G. Greczynski and L. Hultman, “C 1s Peak of Adventitious Carbon Aligns to the Vacuum Level: Dire Consequences for Material’s Bonding Assignment by Photoelectron Spectroscopy,” *ChemPhysChem*, vol. 18, pp. 1507–1512, 2017.
- [20] C. D. Wagner, L. E. Davis, M. V Zeller, J. A. Taylor, R. H. Raymond, and L. H. Gale, “Empirical atomic sensitivity factors for quantitative analysis by electron spectroscopy for chemical analysis,” *Surf. Interface Anal.*, vol. 3, pp. 211–225, 1981.
- [21] M. M. Ilić *et al.*, “XPS measurements of air-exposed  $Cd(Zn)_{1-x}Fe_xTe_{1-y}Se_y$  surfaces revisited,” *Vacuum*, vol. 176, p. 109340, 2020.

## Г. Научни радови и саопштења публиковани из резултата дисертације

1. М. Медић Илић, Н. Бундалески, Н. Ивановић, О.М.Н.Д. Теодоро, З. Ракочевић, Д. Минић, Н. Ромчевић, И. Радисављевић, *Surface structure of  $Cd(Zn)_{1-x}Fe_xTe_{1-y}Se_y$  systems revisited*, *Vacuum* 176 (2020) 109340.  
<https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2020.109340>
2. Н. Бундалески, И. Радисављевић, Н. Ивановић, З. Ракочевић, М. Медић Илић, Н. Ромчевић, О.М.Н.Д. Теодоро, *Local, electronic and surface structure of multi-component Fe-doped CdTe(S) systems*, *Surface Science* 681 (2019) 76.  
<https://doi.org/10.1016/j.susc.2018.11.007>
3. Н. Бундалески, И. Радисављевић, J. Trigueiro, A. Tolstogouзов, З. Ракочевић, М. Медић, О.М.Н.Д. Теодоро, Н. Ромчевић, Н. Ивановић, *Surface composition of  $Cd_{1-x}Fe(Mn)_xTe_{1-y}Se_y$  systems exposed to air*, *Materials Chemistry and Physics* 189 (2017) 35.  
<https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2016.12.029>
4. И. Радисављевић, J. Trigueiro, Н. Бундалески, М. Медић, Н. Ромчевић, О.М.Н.Д. Теодоро, М. Митрић, Н. Ивановић, *XAFS and XPS analysis of  $Zn_{0.98}Fe_{0.02}Te_{0.91}Se_{0.09}$  semiconductor*, *Journal of Alloys and Compounds* 632 (2015) 17. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.01.169>

#### **Д. Провера оригиналности докторске дисертације**

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма „iThenticate— којим је дана 11.12.2020. извршена провера оригиналности докторске дисертације констатовано је да подударање текста са другим изворима износи 2%. Овај степен подударности последица је личних имена, назива институција, општих података (ознаке јединица, формуле и скраћенице једињења, називи инструменталних техника и сл.), што је у складу са чланом 9. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду. Комисија сматра да је докторска дисертација Мирјане Медић Илић у потпуности оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања.

#### **Ђ. Закључак комисије**

На основу изложеног се може закључити да резултати кандидата Мирјане Медић Илић представљају оригиналан и значајан научни допринос у области физичке хемије материјала и спектрохемије. Из резултата дисертације кандидата проистекла су четири научна рада, од чега један у врхунском међународном часопису (M21) и три рада у истакнутим међународним часописима (M22). У складу са наведеним, Комисија сматра да кандидат испуњава услове за прихватање завршене докторске дисертације прописане од стране Универзитета у Београду и услове дефинисане Правилником о изради и оцени докторске дисертације на Факултету за физичку хемију Универзитета у Београду. На основу изложеног Комисија предлаже Наставно–научном већу Факултета за физичку хемију Универзитета у Београду да рад Мирјане Медић Илић под насловом „Проучавање електронске структуре и састава површина вишекомпонентних полупроводника  $Cd(Zn)_{1-x}Mn(Fe)_xTe_{1-y}(Se,S)_y$ “ прихвати као дисертацију за стицање научног степена доктора физичкохемијских наука и одобри њену јавну одбрану.

Комисија:

1. **др Никола Цвјетићанин**, редовни професор  
Универзитет у Београду – Факултет за физичку хемију  

---
2. **др Биљана Шљукић Паунковић**, ванредовни професор  
Универзитет у Београду – Факултет за физичку хемију  

---
3. **др Ненад Бундалески**, научни саветник  
Институт за нуклеарне науке Винча – Универзитет у Београду  

---
4. **др Ивана Стојковић Симатовић**, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Факултет за физичку хемију  

---
5. **др Бранко Матовић**, научни саветник  
Институт за нуклеарне науке Винча – Универзитет у Београд  

---

Београд, 11.12.2020.

## Прилог 1. – Комплетна библиографија кандидата

### Радови у врхунским међународним часописима (M21)

1. И. Радисављевић, Н. Новаковић, Н. Е. Mahnke, Н. Ромчевић, **М. Медић**, Б. Паскаш Мамула, Н. Ивановић, *X-ray absorption near edge structure studies of  $Pb_{1-x}Mn_xTe$  (In, Ga) systems*, Int. J. Mat. Res. **104**(3) (2013) 319.
2. Д. Мамула–Тартаља, Љ. Вулићевић, И. Радисављевић, М. Митрић, В. Андрић, Б. Кузмановић, **М. Медић**, Н. Ивановић, *Effects of manufacturing conditions and heating on properties of electrochemically produced magnetite nano-powders*, Ceramics International **40** (2014) 3517.
3. И. Радисављевић, J. Trigueiro, Н. Бундалески, **М. Медић**, Н. Ромчевић, О.М.Н.Д. Teodoro, М. Митрић, Н. Ивановић, *XAFS and XPS analysis of  $Zn_{0.98}Fe_{0.02}Te_{0.91}Se_{0.09}$  semiconductor*, Journal of Alloys and Compounds **632** (2015) 17.
4. И. Радисављевић, Н. Новаковић, Б. Матовић, Н. Пауновић, **М. Медић**, Н. Бундалески, В. Андрић, О.М.Н.Д. Teodoro, *Comprehensive studies of structural, electronic and magnetic properties of  $Zn_{0.95}Co_{0.05}O$  nanopowders*, Mater. Res. Bull. **74** (2016) 78.

### Радови у истакнутим међународним часописима (M22)

1. Н. Бундалески, И. Радисављевић, J. Trigueiro, А. Tolstogousov, З. Ракочевић, **М. Медић**, О.М.Н.Д. Teodoro, Н. Ромчевић, Н. Ивановић, *Surface composition of  $Cd_{1-x}Fe(Mn)_xTe_{1-y}Se_y$  systems exposed to air*, Materials Chemistry and Physics **189** (2017) 35.
2. Н. Бундалески, И. Радисављевић, Н. Ивановић, З. Ракочевић, **М. Медић Илић**, Н. Ромчевић, О.М.Н.Д. Teodoro, *Local, electronic and surface structure of multi-component Fe-doped CdTe(S) systems*, Surface Science **681** (2019) 76.
3. **М. Медић Илић**, Н. Бундалески, Н. Ивановић, О.М.Н.Д. Teodoro, З. Ракочевић, Д. Милић, Н. Ромчевић, И. Радисављевић, *Surface structure of  $Cd(Zn)_{1-x}Fe_xTe_{1-y}Se_y$  systems revisited*, Vacuum **176** (2020) 109340.

### Рад у међународном часопису (M23)

1. Паскаш Мамула, Б., Кузмановић, Б., **Илић, М.М.**, Ивановић, Н., Новаковић, Н., *Bonding mechanism of some simple ionic systems: Bader topological analysis of some alkali halides and hydrides revisited*, Physica B: Condensed Matter **545** (2018) 146.

### Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. Н. Новаковић, И. Радисављевић, Б. Паскаш Мамула, **М. Медић**, Б. Матовић, Н. Пауновић, Н. Ивановић, *Magnetic and Structural Investigation of ZnO:Fe Doped System*, 4<sup>th</sup> International Conference RADIATION INTERACTION WITH MATERIAL AND ITS USE IN TECHNOLOGIES 2012, Kaunas, Lithuania, May 14–17, 2012. Program and Materials, pp. 209–212. ISSN 1822–508X.
2. **М. Медић**, И. Стојковић, М. Вујковић, Н. Цвијетићанин, С. Ментус, *Electrochemical behavior of  $V_2O_5$  xerogel/graphite composite in aqueous solution*, 11<sup>th</sup> International Conference of Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, September 24–28, 2012, Belgrade, Serbia, pp. 330–332, ISBN 978–86–82475–27–9.

### Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. **М. Медић**, И. Радисављевић, Н. Новаковић, Б. Кузмановић, Б. Паскаш Мамула, Н. Ивановић, *LOCAL AND ELECTRONIC STRUCTURE AROUND MANGANESE IN MULTI-COMPONENT SEMICONDUCTORS*, Joint event of 11<sup>th</sup> Young Researchers' Conference: Materials Science and Engineering and the 1<sup>st</sup> European Early Stage Researcher's Conference on Hydrogen Storage, Belgrade, Serbia (December 3–5, 2012). Program and the Book of Abstracts, p. 99.
2. Б. Паскаш Мамула, **М. Медић**, Б. Кузмановић, И. Радисављевић, Н. Ивановић, Н. Новаковић, *ELECTRONIC STRUCTURE AND CHARGE TOPOLOGY STUDY OF ALKALI HYDRIDES*, Joint event of 11<sup>th</sup> Young Researchers' Conference: Materials Science and Engineering and the 1<sup>st</sup> European Early Stage Researcher's Conference on Hydrogen



- Storage, Belgrade, Serbia (December 3–5, 2012). Program and the Book of Abstracts, p. 152.
3. J. Trigueiro, И. Радисављевић, N. Bundaleski, **М. Медић**, Н. Ромчевић, O.M.N.D. Teodoro, Н. Ивановић, XPS ANALYSIS OF QUATERNARY II–VI BASED DILUTED MAGNETIC SEMICONDUCTORS, 13<sup>th</sup> European Vacuum Conference, Aveiro, Portugal (September 8–12, 2014). Book of Abstracts, p. 184.
  4. Б. Кузмановић, С. Остојић, Д. Мамула Тартаља, **М. Медић**, Н. Ивановић, *CALCULATIONS OF CHANGES OF OPTICAL PROPERTIES OF PERNIGRANILINE BASE POLYANILINE UPON EXPOSURE TO OXYGEN AND HUMIDITY*, PHOTONICA 2015 the 5<sup>th</sup> International School and Conference on Photonics, Belgrade, Serbia (August 24–28, 2015). Book of Abstracts, p. 204.
  5. Б. Паскаш Мамула, Б. Кузмановић, **М. Медић Илић**, Н. Ивановић, Н. Новаковић, *Bonding in alkali halides and hydrides: a charge topology study*, Solid–State Science & Research Meeting, Zagreb, Croatia (June 28–30, 2017). Program and the Book of Abstracts p.100.
  6. Ј. Грбовић Новаковић, С. Курко, С. Милошевић Говедаровић, Т. Пантић, Б. Паскаш Мамула, **М. Медић Илић**, Н. Новаковић, *Theoretical and experimental approach to destabilization methods for improvement of hydrogen sorption kinetics in Mg based systems* 22<sup>nd</sup> Conference “New Cryogenic and Isotope Technologies for Energy and Environment”– Băile Govora, Romania (October 24–26, 2018). Program and the Book of Abstracts p. 134.

**Рад у водећем часопису националног значаја (M51)**

1. **М. Медић**, И. Радисављевић, Н. Новаковић, Б. Кузмановић, Б. П. Мамула, Н. Ромчевић, Н. Ивановић, Локална и електронска структура око мангана у вишекомпонентним полупроводницима, ТЕХНИКА – НОВИ МАТЕРИЈАЛИ **22(4)** (2013) 595.
2. **М. М. Медић**, Н. К. Бундалески, Б. М. Паскаш Мамула, Б. Р. Кузмановић, Б. З. Матовић, O.M.N.D. Teodoro, И. М. Радисављевић, XPS анализа нанопраха ZnO допираног гвожђем, ТЕХНИКА – НОВИ МАТЕРИЈАЛИ **24(1)** (2015) 22.