

Научном већу Института за физику Београд

Београд, 22. мај 2020.

Предмет: Молба за покретање поступка за реизбор у звање научни сарадник

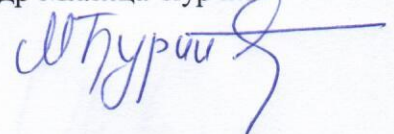
С обзиром да испуњавам критеријуме прописане од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја за реизбор у звање научни сарадник, молим Научно веће Института за физику Београд да покрене поступак за мој реизбор у наведено звање.

У прилогу достављам:

1. Мишљење руководиоца пројекта са предлогом чланова комисије за реизбор у звање
2. Стручну биографију
3. Преглед научне активности
4. Елементе за квалитативну и квантитативну оцену научног доприноса са доказима
5. Списак објављених научних радова и њихове копије
6. Податке о цитираности
7. Уверење о одбрањеној докторској дисертацији

Са поштовањем,

др Милица Ђурчић



Научном већу Института за физику Београд

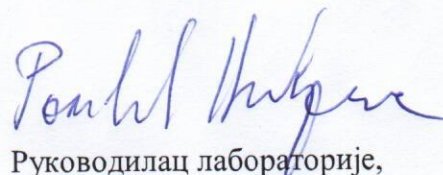
Београд, 22. мај 2020.

Предмет: Мишљење руководиоца лабораторије о reizбору др Милице Ђурчић у звање научни сарадник

Др Милица Ђурчић је запослена у Институту за физику Београд од 01.01.2009 године и ангажована је у Лабораторији за истраживање у области електронских материјала. У Лабораторији ради на темама везаним за проучавању материјала применом Раманове, Инфрацрвене и Фотолуминесцентне спектроскопије. У звање научни сарадник изабрана је 27.11.2013 године. У међувремену је била на два породилска одсуства. Пошто испуњава све предвиђене услове, у складу са Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача МПНТР, сагласан сам са покретањем поступка за reizбор др Милице Ђурчић у звање **научни сарадник**.

Предлог чланова Комисије за писање извештаја:

1. др Небојша Ромчевић, научни саветник Института за физику Београд
2. др Јелена Трајић, виши научни сарадник Института за физику Београд
3. др Душан Поповић, ванредни професор Физучког факултета Универзитета у Београду



Руководилац лабораторије,

др Небојша Ромчевић

научни саветник

1. Биографски подаци

Др Милица Ђурчић рођена је 21.03.1982. у Руми. Дипломирала је на Факултету за физичку хемију Универзитета у Београду 2007. године и стекла звање дипломирани физикохемичар.

Мастер студије из физичке хемије завршила је 2008. године и стекла звање дипломирани физикохемичар – мастер физичке хемије.

18. јануара 2013. године стекла је звање доктора наука – физикохемијских наука, одбраном докторске дисертације под називом *"Испитивање утицаја мангана на оптичке особине ускозонских полупроводника типа $Hg_{1-x}Mn_xTe_{1-y}Se_y$ и $Cd_{1-x}Mn_xS$ "*, под менторством др Небојше Ромчевића, научног саветника Института за физику Београд.

У периоду од 01.01.2009. године запослена је у Институту за физику као истраживач – приправник, а од 28. 11. 2011. године као истраживач – сарадник. 27.11.2013. изабрана је у звање научни сарадник. У међувремену је била на два породилска одсуства. Тренутно је ангажована у Лабораторији за истраживање у области електронских материјала. Основни предмет истраживања јој је оптичка спектроскопија и карактеризација различитих врста наноматеријала.

Др Милица Ђурчић је у свом досадашњем научном раду аутор или коаутор 24 рада објављених у међународним и домаћим часописима и саопштеним на међународним и домаћим конференцијама.

2. Преглед научне активности др Милице Ђурчић

Милица Ђурчић је започела свој научно-истраживачки рад на Институту за физику у Београду у оквиру Центра за чврсто стање и нове материјале 2009. године. Током свог досадашњег рада бавила се проучавањем нанодимензионих полупроводничких система. Конкретније, бавила се Рамановом спектроскопијом, ИЦ спектроскопијом и Фотолуминесценцијом. Њен научни рад базиран је на проучавању оптоелектронских особина полумагнетних полупроводника, који су у данашње време, због могућности промене структуре, зонских и осталих особина, са променом састава веома актуелни и налазе велику примену у спинтроници. Такође, научна активност обухвата самосталан експериментални рад уз обраду добијених резултата и теоријску анализу. Добијени експериментални резултати се анализирају, примењују се постојећи модели или се стварају нови, да би се дошло до јасне интерпретације особина испитиваних полупроводничких материјала. Досадашња научна активност кандидата испољава се у неколико сегмента.

- Површински оптички фонони

Кандидат Милица Ђурчић се најпре бавила проучавањем површински оптичког фонона код наночестица ZnO допирани са CoO а добијени процесом калцинације. Поред уобичајеног померања пикова ка нижим вредностима Рамановог помераја и ширења пикова примећено је и формирање димера кобалта на површини узорка. Коришћене снаге ласера нису изазвале ни резонанцу ни термалну деструкцију узорка.

- Пластично деформисани метали и металне легуре

У досадашњем раду колегиница се бавила и испитивањем оптичких особина материјала подвргнутих екстремној пластичној деформацији методом Раманове спектроскопије. Оптичке особине чистог бакра који је пластично деформисан једнакоканалном угаоном пресом испитиване су коришћењем Раманове спектроскопије којом је откривено постојање нанодимензионих кристалних структура како чистог бакра тако и бакар оксида у формираним аморфним кластерима. Добијени резултати указују да није дошло до потпуне аморфизације целог узорка. Микроструктурне особине легуре Cu – Al (0,4% Al) која је, након унутрашње оксидације, била подвргнута једнакоканалној угаоној преси, испитиване су методама микроскопије атомске силе, дифракције X – зрака и Раманове спектроскопије. Након високотемпературске унутрашње оксидације уочене су честице Al₂O₃ у регији омотача, које су хомогено

распоређене. Резултати микроскопије атомске силе су јасно показали да је зона унутрашње оксидације чвршћа и отпорнија на деформације у односу на језгро узорка. Добијени резултати указују на то да је пластична деформација довела до аморфизације узорка, што се може приписати повећању слободне енергије услед велике густине дислокација. Ако складиштена енергија деформације расте са напрезањем материјала, јасно је да је трансформација у аморфно стање енергијски повољнија. Степен аморфизације је већи у трансферзалној равни у односу на лонгитудиналну.

- Полумагнетни полупроводници

Структурне, електричне и оптичке особине полумагнетног полупроводног кристала $ZnGeAs_2$ како чистог тако и допираног са различитим процентима мангана, а интересантног због могућности примене у спинтроничким уређајима, су испитиване методом Раманове и инфрацрвене спектроскопије. Рамановом спектроскопијом је утврђено постојање арсеникових кластера уз очекиване кластере $MnAs$ и манганових комплекса као и постојање карактеристичних вибрационих фреквенци основног кристала $ZnGeAs_2$. Претпоставили смо да су ови кластери смештени на крајевима (границама) кристалита, као и да су слободни носиоци нехомогено распоређени у узорцима. Инфрацрвеном спектроскопијом је испитиван утицај плазмонског пригушења на интеракцију плазмона са два различита фонона у $Zn_{1-x}Ge_xAs_2$. Одређена је специфична природа понашања фреквенце спарених фонона. За разлику од плазмон фонон интеракције код плазмон дво-фонон интеракције њихове фреквенце нису у области између TO и LO фреквенци при високим вредностима плазмонског пригушења. Потврђено је присуство кластера $MnAs$ а одређена је и веза између концентрације слободних носилаца наелектрисања и оптичких параметара.

- Танки филмови

Оптичке особине танких филмова CdS су испитиване Рамановом спектроскопијом. Танки филмови различите дебљине су добијени методом термалног напаравања и њихов квалитет је контролисан микроскопијом атомских сила. Утврђено је да су релативно глатке и униформне са добро дефинисаним нанодимензионим кластерима и малом храпавошћу. Рамановом спектроскопијом је откривено да поред уобичајених пикова карактеристичних за CdS постоје и пикови површинских оптичких фонона. Диелектрична функција је моделована применом Максвел-Гарнетове формуле за хомогене сферне инклузије (кластера CdS) у ваздуху.

- Слојевити III-V полупроводници допирани јонима прелазних метала

Структурне и оптичке особине монокристала чистог InSe и допираног са Mn, Fe, Co и Ni, добијених Брицмановом методом су испитиване Рентгеноструктурном анализом и Рамановом спектроскопијом утврђено је да су добијени ромбодарски узорци R3m симетрије. Енергетски прелази су испитивани елипсометријом како у забрањеној зони, при енергијама нижим од 1,4 eV, тако и на високим енергетским нивоима од 1,5 до 6,5 eV. Утврђено је да у оба енергетска интервала је већа апсорпција код допираних узорака. Одређене су и енергије директног и индиректног прелаза, одговарајуће енергије слободних екситона као и енергије везе.

- Транспорт јона алкалних метала у DXE гасу

Др Ђурчић се прикључила и колегама из Групе за гасну електронику, који се дуже време баве изучавањем транспорта позитивних јона у гасним пражњењима. Овде су изучаване транспортне особине јона алкалних метала K^+ , Na^+ и Li^+ у DXE (1,2 - диметоксиетан) гасу, који се користи као катализатор у физици чврстог стања и као прекурсор у производњи керамике. Изабране су највероватније реакције јона алкалних метала са молекулом DXE гаса и његовим фрагментима, и израчунате одговарајуће енталпије формирања продуката.

Нерезонантном Рамановом спектроскопијом су испитиване оптичке особине $Cd_{1-x}Mn_xS$. У добијеном Рамановом спектру доминира асиметричан пик на око 300 cm^{-1} . Нелинеарна промена у интензитету овог пика са променом количине Mn^{2+} у једињењу као и различитих енергија екситације је последица нелинеарних промена у забрањеној зони.

Кроз сарадњу са другим групама изучавани су различити материјали где је колегиница др Милица Ђурчић дала допринос како у комплексној карактеризацији испитиваних узорака тако и у свеобухватној анализи утицаја синтезе на изглед Раманових и фотолуминесцентних спектра.

3. Елементи за квалитативну оцену научног доприноса

3.1. Квалитет научних резултата

3.1.1. Научни ниво и значај резултата

Др Милица Ђурчић је у свом досадашњем научном раду аутор или коаутор 23 рада објављених у међународним и домаћим часописима и саопштеним на међународним и домаћим конференцијама. Од тога су 3 рада објављена у међународним часописима изузетних вредности категорије M21A, 3 рада објављена у врхунским међународним часописима M21, 12 у водећим часописима категорије M22, 5 у међународним часописима категорије M23. У категорији зборници са међународних скупова кандидат има 3 рада категорије M33 и 14 радова категорије M34, као и 7 поглавља у монографијама.

Као пет најзначајнијих радова кандидаткиње издвајамо:

1. M. Gilić, **M. Petrović**, R. Kostić, D. Stojanović, T. Barudžija, M. Mitrić, N. Romčević, U. Ralević, J. Trajić, M. Romčević, I. S. Yahia,
Structural and optical properties of CuSe₂ nanocrystals formed in thin solid Cu-Se film,
Infrared Physics & Technology 78 (2016), 276-284.
2. **M. Petrović**, N. Romčević, J. Trajić, W.D. Dobrowolski, M. Romčević, B. Hadžić, M. Gilić, A. Mycielski
Far-infrared spectroscopy of CdT_{1-x}Se_x(In): Phonon properties
Infrared Physics and Technology 67 (2014), 323-326.
3. J. Trajic, M. Romcevic, **M. Petrovic**, M. Gilic, P. Balaz, A. Zorkovska, N. Romcevic
Optical properties of the mechanochemically synthesized Cu₂FeSnS₄(stannite) nanocrystals: Raman study
Optical Materials 75 (2018), 314-318.
4. Aleksandra Milutinović, Zorica Ž. Lazarević, Milka Jakovljević, Branka Hadžić, **Milica Petrović**, Martina Gilić, Witold Daniel Dobrowolski, Nebojša Ž. Romčević,
Optical properties of layered III-VI semiconductor γ -InSe:M (M: Mn, Fe, Co, Ni),
Journal of Physics and Chemistry of Solids, 89 (2016), 120-127.

5. **Milica Curcic**, Branka Hadzic, Martina Gilic, V. Radojevic, Andjelika Bjelajac, Ivana Radovic, Dejan Timotijevic, Maja Romcevic, Jelena Trajic, Nebojsa Romcevic
Surface optical phonon (SOP) mode in ZnS/Poly (methylmethacrylate) nanocomposites
Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 115 (2020) 113708.

У првом раду (Infrared Physics & Technology) кандидаткиња детаљно изучава оптичка и структурна својства двофазних танких филмова. Раманова и инфрацрвена спектроскопија су коришћене за идентификацију и квантификацију две фазе. Помоћу модела за конфајнмент оптичких фонона одређиване су величине честица CuSe_2 фазе, при чему је утврђено да се димензије честица повећавају са повећањем дебљине филма. Иако је овај модел ограничен на наночестице правилног сферног облика, показало се да он даје добре резултате и код реалних нанокристала који су неправилног облика.

У другом раду (Infrared Physics and Technology) су снимани Инфрацрвени спектри $\text{CdT}_{1-x}\text{Se}_x(\text{In})$ на различитим температурама. Анализа снимљених експерименталних спектра је урађена коришћењем диелектричне функције која описује плазмон-фонон интеракцију. Коришћен је Genzels модел за описивање фононских модова.

У трећем раду (Optical Materials) анализирани су вибрационе карактеристике механо хемијски синтетисаног $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ (stannite). XRD и Раманова спектроскопија су методе које се користе за карактеризацију кристалне структуре $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$. Позиција модова на експерименталном спектру одговара тетрагоналној структури овог материјала, као и бинарним фазама FeS и SnS . Интензитет модова бинарних фаза се смањује са временом мљења. Потпуно нестајање две бинарне фазе одговара времену које је дуже од 90 минута мљења.

У четвртном раду (Journal of Physics and Chemistry of Solids) слојевити полупроводници, па међу њима и $\gamma\text{-InSe}$, су од великог значаја како за фундаментална, тако и за примењена истраживања јер имају изузетно анизотропске оптичке и електронске особине. Због ових особина, слојевити полупроводници се често користе као фотохемијске електроде. Индијум селенид, са директним енергетским процепом у блиском инфрацрвеном опсегу енергија је атрактиван материјал у области конверзије соларне енергије. Релативно инертне (001) базалне пљосни са ниском густином површинских стања представљају додатну предност за примену у "heterojunction"

уређајима. Овај рад представља допринос истраживању утицаја примеса на оптичке особине γ -InSe, посебно на оптички процеп и електронске нивое.

У петом раду (Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures) проучавани су полимерни нанокмозити као што је ZnS/Poly (methylnmethacrylate). Као термопластични полимер PMMA има одличне својства. Широко се користи код сочива, светлосних цеви, опреми за купатила, неразградљив је и биокompatибилан. XRD анализа показала је да је нанокристал ZnS кубне структуре. Оптичке карактеристике проучаване су Рамановом спектроскопијом. Анализа захтева коришћене Bruggeman модела ефективног медијума. Резултат овакве примене омогућио је детекцију површински оптичког фонона.

3.1.2. Параметри квалитета часописа

У последњих 5 година (од 2013. до 2020.) у категорији M21a (**међународни часописи изузетних вредности**) кандидат је објавио радове у следећим часописима:

1 рад у Journal of Alloys and Compounds (ИФ=4,175)

У категорији M21 (**врхунски међународни часописи**) кандидат је, у последњих пет година (од 2013. до 2020.), објавио радове:

2 рада у Optical materials (ИФ=2,687)

У категорији M22 (**истакнути међународни часопис**) кандидат је, у последњих пет година (од 2013. до 2020.), објавио радове:

1 рад у Journal of Mining and Metallurgy section B-Metallurgy (ИФ=0,859)

3 рада у Science of Sintering (ИФ=0,941)

1 рад у Journal of Physics and Chemistry of Solids (ИФ=2,752)

2 рада у Infrared Physics and Technology (ИФ=2,313)

1 рад у Processing and Application of Ceramics (ИФ=1,152)

1 рад у Physica Scripta (ИФ=2,151)

1 рад у Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures (ИФ=3,176)

У категорији М23 (**међународни часопис**) кандидат је, у последњих пет година (од 2013. до 2020.), објавио радове:

1 рад у Journal of Optoelectronics and advanced materials (ИФ=0,429)

2 рада у Optoelectronics and advanced materials-Rapid communications (ИФ=0,452)

1 рад у Optical and Quantum Electronics (ИФ=1,547)

Укупан импакт фактор од последњег избора у звање је 32,40.

У категорији М33 **саопштење са међународног скупа штампано у целини**, кандидат има 3 рада. У категорији М34 (**саопштење са међународног скупа штампано у изводу**), у последњих 5 година (од 2013. до 2020.) кандидат је имао 14 излагања на конференцијама међународног значаја, као и 7 поглавља у монографијама М14.

3.1.3. Позитивна цитираност научних радова кандидаткиње

На дан 22. мај 2020. године, према бази података Google Scholar др Турчић има 119 цитата. Према овој бази података, њен h фактор је 6. Од последњег избора у звање импакт фактор износи 32,40.

3.1.4. Конкретни научни добринос кандидата у реализацији резултата

Др Турчић је од почетка своје научне делатности запослена на Институту за физику у Београду, где у оквиру Лабораторије за истраживања у области електронских материјала изводи већину експеримената. Сарађивала је и са теоријском групом др Жељке Никитовић око транспортних особина алкалних метала у гасу, где је њен интердисциплинарни приступ доктора физичкохемијских наука посебно дошао до изражаја.

Кандидат остварује важан допринос у публикацијама, тамо где је први аутор самостално обавља експерименталан рад, обраду и анализу добијених резултата, а као један од коаутора доприноси како експерименталном раду тако и омогућава боље сагледавање, разумевање и интерпретацију добијених резултата. Такође кандидат је

својим радом допринела и покретању нових праваца у оквиру постојећих истраживања као и почетку истраживања у новим областима науке и примене Раманове спектроскопије.

3.2.2. Ангажованост у формирању научних кадрова

3.2.1. Педагошки рад

Др Милица Ђурчић је помогла Мартини Гилић око израде докторске дисертације (Факултет за физичку хемију, Универзитет у Београду 2014. године), а докторанткиња јој се захвалила у тези.

Такође, др Милица Ђурчић је помогла око израде тезе Стевану Димитријевићу (Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду 2015. године).

3.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Свих 18 радова др Милице Ђурчић су експерименталне природе, што често подразумева сарадњу више институција. Имајући то у виду, број коаутора на појединим радовима је већи од 7 и нормирањем бодова тих радова у складу са Правилником Министарства о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата укупан нормирани број М радова износи 101,8 што је и даље знатно више од захтеваног минимума од 16 М бодова за избор у звање научни сарадник.

Др Ђурчић је коаутор једног патентног решења:

П. Коларж, М. Ђурчић, М. Гилић, Б. Хацић, **МОДИФИКОВАНИ НОСАЧ ЗА ВЕРТИКАЛНО ПОЗИЦИОНИРАЊЕ ТАБЛЕТНИХ УЗОРАКА ОД ПРАШКАСТИХ МАТЕРИЈАЛА КОЈИ ЈЕ ДЕО КОМОРЕ ЗА ВАКУУМИРАЊЕ И ХЛАЂЕЊЕ КОЈА СЕ КОРИСТИ У СПЕКТРОСКОПСКИМ МЕРЕЊИМА**, Регистар малих патената Завода за интелектуалну својину МП2018/0028 од 19.06.2018. године.

3.4. Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Др Милица Ђурчић учествује на пројектима Министарства просвете и науке као и на међународним пројектима.

Др Милица Ђурчић учествује на пројектима у оквиру Споразума о научној сарадњи између Пољске академије наука и Српске академије наука и уметности:

- Elementary excitations in semimagnetic nanocrystals and nanostructures, 2008-до данас.

Кандидат је руководио потпројектом **Карактеризација наночестица и наноструктура** на пројекту Оптоелектронски нанодимензиони стистеми - пут ка примени.

3.5. Активност у научним и научно стручним друштвима

Др Ђурчић је чланица Српског керамичког друштва. Члан је Друштва физичара, Друштва за ЕТРАН и Оптичког друштва Србије.

Такође, била је члан организационог одбора конференције *КОНГРЕС МЕТРОЛОГА 2015*, Златибор, 12-15. октобар 2015. године.

Др Ђурчић била је и члан организационог одбора конференције *The Seventh Serbian Ceramic Society Conference - Advanced Ceramics and Application*, September 17-19, 2018, Belgrade, Serbia.

3.6. Утицај научних резултата

Утицај научних резултата кандидата је приказан детаљно у оквиру секције 3.1. овог документа.

3.7. Конкретан допринос кандидата у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

Др Милица Ђурчић је значајно допринела сваком раду на коме је активно учествовала и дала је одлучујући допринос већини радова на којима је потписана. Њен допринос се огледа у самосталном експерименталном раду, обраду добијених резултата као и анализу добијених података. Пошто је реч о експерименталној физици, постављање и извођење експеримента представља значајан део кандидаткињине научне

активности, у шта спада припрема апаратуре и припрема узорака за експеримент, али и обрада резултата мерења уз коришћење одговарајућих теоријских модела.

3.8. Остали показатељи успеха у научном раду

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

Кандидат је рецензент у часописима Science of Sintering, Optoelectronics and Advanced Materials–Rapid Communications, Advances in Mathematical Physics.

4. Елементи за квантитативну оцену научног доприноса кандидата

4.1. Остварени резултати у задњих пет година (2013.-2020.)

Ознака групе	Број радова	Број бодова по раду	Укупан број бодова	Укупан број нормираних бодова
M14	7	3	21	21
M21a	1	10	10	4,62
M21	2	8	16	15,47
M22	11	5	55	41,79
M23	4	3	12	8,76
M33	3	1	3	3
M34	14	0.5	7	6,44
Укупно			124	101,8

4.2. Поређење са минималним квантитативним условима за избор у звање научни сарадник

Минимални број М бодова	Остварено/Нормирано	
Укупно	16	124 / 101,8
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	117 /94,64
M11+M12+M21+M22+M23+M24	5	93 /70,64

**Списак радова и осталих публикација кандидаткиње,
разврстаних по важећим категоријама прописаних
правилником**

*су означени радови који улазе у реизбор

Монографије, монографске студије, тематски зборници, лексикографске и картографске публикације међународног значаја (M10)

M 14 монографска студија/поглавље у књизи M12 или рад у тематском зборнику међународног значаја

- * 1. S. Kostić, Z.Ž. Lazarević, M. Gilić, **M. Petrović**, M. Romčević, N.Ž. Romčević, D.L. Sekulić, Structural and optical studies of oxide single crystals grown by the Czochralski method, W. E. Lee et al. (eds.), Proceedings of the III Advanced Ceramics and Applications Conference, Springer Atlantis Press, pp. 193-203, 2016, doi 10.2991/978-94-6239-157-4_14.
- * 2. M. Gilic, **M. Petrovic**, B. Hadzic, M. Romcevic, J. Trajic, N. Romcevic, Z. Lazarevic, Structural Properties of Cu-Se-CuSe₂ Thin Films, W. E. Lee et al. (eds.), Proceedings of the IV Advanced Ceramics and Applications Conference, Springer Atlantis Press (2017) 235-256.
- * 3. Z. Nikitovic, M. Gilic, **M. Petrovic**, N. Romcevic, Z. raspopovic, V. Stojanovic, The Kinetic Energy Dependence of Association Reactions for Alkali Metal Ions with Dimethoxyethane, W. E. Lee et al. (eds.), Proceedings of the IV Advanced Ceramics and Applications Conference, Springer Atlantis Press (2017) 375-385.
- * 4. Z. Lazarevic, M. Gilic, **M. Petrovic**, N. Romcevic, C. Jovalekic, D. Sekulic, V. Ivanovski, Study of Nanodimensional Spinel Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe₂O₄ Ferrite Prepared by Mechanochemical Synthesis, W. E. Lee et al. (eds.), Proceedings of the IV Advanced Ceramics and Applications Conference, Springer Atlantis Press (2017) 187-202.
- * 5. M. Gilic, **M. Petrovic**, B. Hadzic, Z. Lazarevic, M. Romcevic, J. Trajic, N. Romcevic, Optical Properties of Plastically Deformed Copper: Ellipsometry and Raman Study, W. E. Lee et al. (eds.), Proceedings of the III Advanced Ceramics and Applications Conference, Springer Atlantis Press (2016) 173-182.
- * 7. **M. Petrovic**, J. Trajic, M. Gilic, M. Romcevic, B. Hadzic, Z. Lazarevic, D. Stojanovic, Optical Properties and Electron-Phonon Interactions of CdTe_{1-x}Sex(In) Single Crystal, W.

E. Lee et al. (eds.), Proceedings of the III Advanced Ceramics and Applications Conference, Springer Atlantis Press (2016) 183-191.

РАДОВИ ОБЈАВЉЕНИ У НАУЧНИМ ЧАСОПИСИМА МЕЂУНАРОДНОГ ЗНАЧАЈА M20

Радови у међународном часопису изузетних вредности (M21a):

* 1. N. Romčević, M. Romcevic, W. D. Dobrowolski, L. Kilanski, **M. Petrovic**, J. Trajic, B. Hadzic, Z. Lazarevic, M. Gilic, J. L. Ristic-Djurovic, N. Paunovic, A. Reszka, B.J. Kowalski, I.V. Fedorchenko, S.F. Marenkin

Far-infrared spectroscopy of $Zn_{1-x}Mn_xGeAs_2$ single crystals: plasma damping influence on plasmon - phonon interaction

Journal of Alloys and Compounds 649 (2015) 375-379.

2. R. Kostić, **M. Petrović Damjanović**, N. Romčević, M. Romčević, D. Stojanović, Mirjana Čomor

Far-infrared spectroscopy of $Cd_{1-x}Mn_xS$ quantum dots

Journal of Alloys and Compounds 521 (2012) 134-140.

3. N. Romčević, **M. Petrović-Damjanović**, M. Romčević, M. Gilić, L. Klotowski, W.D. Dobrowolski, J. Kossut, I.A. Janković, M. Čomor

Magnetic field influence on optical properties of $Cd_{1-x}Mn_xS$ ($x=0; 0.3$) quantum dots: photoluminescence study

Journal of Alloys and Compounds 553, 75-78 (2013).

Радови у врхунским међународним часописима (M21):

* 1. M. S. Rabasović, D. Šević, J. Križan, M.D. Rabasović, S. Savić-Šević, M. Mitrić, **M. Petrović**, M. Gilić, N. Romčević

Structural properties and luminescence kinetics of white nanophosphor YAG:Dy

Optical Materials 50 (2015) 250-255.

* 2. J. Trajic, M. Romcevic, **M. Petrovic**, M. Gilic, P. Balaz, A. Zorkovska, N. Romcevic

Optical properties of the mechanochemically synthesized Cu_2FeSnS_4 (stannite) nanocrystals: Raman study

Optical Materials 75 (2018) 314-318.

3. Z. Ž. Lazarević, P. Mihailović, S. Kostić, M.J. Romčević, M. Mitrić, S. Petričević, J. Radunović, **M. Petrović-Damjanović**, M. Gilić, N.Ž. Romčević
Determination of magneto-optical quality and refractive index of bismut germanium oxide single crystals grown by Czochralski technique
Optical Materials 34, 1849-1859 (2012).

Радови у истакнутим међународним часописима (M22):

*1. Z. Lazarević, S. Kostić, V. Radojević, M. Gilić, **M. Petrović Damjanović**, and N. Romčević
Raman spectroscopy of bismuth silicon oxide single crystals grown by the Czochralski technique
Physica Scripta T157 (2013) 014046 (4pp).

*2. **M. Petrović**, N. Romčević, J. Trajić, W.D. Dobrowolski, M. Romčević, B. Hadžić, M. Gilić, A. Mycielski
Far-infrared spectroscopy of CdT_{1-x}Se_x(In): Phonon properties
Infrared Physics and Technology 67,(2014), 323-326.

*3. N. Romčević, M. Gilić, I. Anžel, R. Rudolf, M. Mitrić, M. Romčević, B. Hadžić, D. Joksimović, **M. Petrović Damjanović**, M. Kos
Determination of microstructural changes by severely plastically deformed copper-aluminium alloy: optical study
J. Min. Metall. Sect. B-Metall. 50 (1) B (2014) 61 – 68.

*4. J Trajić, M. Gilić, N. Romčević, M. Romčević, G. Stanišić, B. Hadžić, **M. Petrović**, Y.S. Yahia
Raman Spectroscopy of Optical Properties in CdS Thin Films
Science of Sintering 47 (2015) 145-152.

*5. Milutinovic Aleksandra N, Lazarevic Zorica Z, Jakovljevic Milka M, Hadzic Branka B, **Petrovic M**, Gilic Martina, Dobrowolski Witold Daniel, N. Romčević
Optical properties of layered III-VI semiconductor gamma-InSe:M (M=Mn, Fe, Co, Ni)
Journal of Physics and Chemistry of Solids 89 (2016) 120-127.

*6. M. Gilić, **M. Petrović**, R. Kostić, D. Stojanović, T. Barudžija, M. Mitrić, N. Romčević, U. Ralević, J. Trajić, M. Romčević, I.S. Yahia
Structural and optical properties of CuSe₂ nanocrystals formed in thin solid Cu-Se film
Infrared Physics and Technology 76 (2016) 276-284.

7. Željka D. Nikitović, Martina D. Gilić, **Milica S. Petrović**, Nebojša Z. Romčević, Zoran M. Raspopović, Vladimir D. Stojanović

Cross Sections and Transport Properties for Na⁺ in (DXE) Gas

Science of Sintering, 48 (2016) 379-386.

*8. Martina Gilic, **Milica Petrovic**, Jovana Cirkovic, Novica Paunovic, Svetlana Savic-Sevic, Željka Nikitovic, Maja Romcevic, Ibrahim Yahia, Nebojša Romcevic

Low-temperature photoluminescence of CuSe₂ nano-objects in selenium thin films

Processing and Application of Ceramics 11 [2] (2017) 127–135.

*9. **Milica Petrović**, Martina Gilić, Jovana Ćirković, Maja Romčević, Nebojša Romčević, Jelena Trajić, Ibrahim Yahia

Optical Properties of CuSe Thin Films – Band Gap Determination

Science of Sintering, 49 (2017) 167-174.

*10. J. Trajic, M. Romcevic, N. Paunovic, **M. Curcic**, P. Balaz, N. Romcevic

Far-infrared study of the mechanochemically synthesized Cu₂FeSnS₄(stannite) nanocrystals

Infrared Physics & Technology 90 (2018) 66–69.

*11. **Milica Curcic**, Branka Hadzic, Martina Gilic, V. Radojevic, Andjelika Bjelajac, Ivana Radovic, Dejan Timotijevic, Maja Romcevic, Jelena Trajic, Nebojsa Romcevic

Surface optical phonon (SOP) mode in ZnS/Poly (methylmethacrylate) nanocomposites

Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 115 (2020) 113708.

12. **M. Petrović**, N. Romčević, M. Romčević, G. Stanišić, D. Vasiljević-Radović, J. Trajić, Z. Lazarević, S. Kostić

Spectroscopy characterization of MnSe nanoclusters randomly distributed in HgMnTe single crystal

Journal of Crystal Growth 338, 75-79 (2012).

Радови у међународним часописима (M23):

*1. B. Hadžić, N. Romčević, M. Romčević, I. Kuryliszyn-Kudelska, W. Dobrowolski, M. Gilić, **M. Petrović-Damjanović**, J. Trajić, U. Narkiewicz, D. Sibera

Raman study of surface optical phonons in ZnO(Co) nanoparticles prepared by calcinations method

Journal of optoelectronics and advanced materials 16 (5-6) (2014) 508-512.

*2. S.P. Dimitrijevic, Z. Ž. Lazarevic, *, M. Rajcic-Vujasinovic, S. B. Dimitrijevic, **M. Petrovic**, M. Gilic, B. M. Jokic

Raman spectroscopy study of anodic film on Ag₄₃Cu₃₇Zn₂₀ alloy

Optoelectronics and advanced materials-rapid communications, Vol. 10, No. 9-10, September-October 2016, p. 777 – 780.

*3. **Milica Petrović**, M. Romčević, R. Kostić, N. Romčević, W. D. Dobrowolski, M. Gilić, B. Hadžić, J. Trajić, D. Stojanović, Z. Lazarević

Optical properties of Cd_{1-x}Mn_xS nanoparticles: off-resonance Raman spectroscopy

Optoelectronics and advanced materials-rapid communications, 10 (2016) 177 – 179.

*4. M. Gilic, R. Kostic, D. Stojanovic, M. Romcevic, B. Hadzic, **M. Petrovic**, U. Ralevic, Z. Lazarevic, J. Trajic, J. Ristić-Djurovic, J. Cirkovic, N. Romcevic

Photoluminescence spectroscopy of CdSe nanoparticle embedded in transparent glass

Optical and Quantum Electronics (2018) 50:288.

5. J. Trajić, N. Romčević, M. Gilić, **M. Petrović Damjanović**, M. Romčević, V.N. Nikiforov

Optical properties of PbTe_{0.95}Se_{0.05} single crystal at different temperatures: far-infrared study

Optoelectronics and Advanced Materials - Rapid Communications 6(5-6), 543-546 (2012).

ЗБОРНИЦИ СА МЕЂУНАРОДНИХ НАУЧНИХ СКУПОВА М30

Саопштење са међународног скупа штампано у целини М33:

* 1. Ž. Nikitović, M. Gilić, Z. Raspopović, **M. Ćurčić** and V. Stojanović, Transport Coefficients for Li⁺ in Dimethoxyethane, 29th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, Aug.28-Sep.1, 2018, Belgrade, Serbia, CONTRIBUTED PAPERS AND ABSTRACTS OF INVITED LECTURES, TOPICAL INVITED LECTURES, PROGRESS REPORTS AND WORKSHOP LECTURES 59-62.

* 2. Ž. Nikitović, M. Gilić, Z. Raspopović, **M. Petrović** and V. Stojanović, Cross Section and Transport Parameters For K⁺ in Dimethoxyethane, 28 th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, Aug.29-Sep.2, 2016, Belgrade, Serbia, CONTRIBUTED PAPERS AND ABSTRACTS OF INVITED LECTURES, TOPICAL INVITED LECTURES, PROGRESS REPORTS AND WORKSHOP LECTURES 112-115.

* 3. Zorica Lazarević, Stevan Dimitrijević, Silvana Dimitrijević, **Milica Petrović**, Martina Gilić, Nebojša Romčević, Raman spectroscopy study of Ag₄₃Cu₃₇Zn₂₀ alloy, The 47th International October Conference on Mining and Metallurgy, October 4-6, 2015, Bor Lake, Bor, Serbia, Proceedings 155-158.

Саопштења са међународног скупа штампана у изводу (M34):

- * 1. S. Kostić, Z. Ž. Lazarević, M. Romčević, A. Milutinović, V. Radojević, M. Petrović-Damjanović, N. Ž. Romčević, *Growth, Structural and Optical Studies of Neodymium Doped Yttrium Aluminum Garnet*, Book of Abstracts, The Third Serbian Ceramic Society Conference »Advanced Ceramics and Application« September 29-October 1, 2014.
- * 2. M.S. Petrović, M.J. Romčević, N.Ž. Romčević, W.D. Dobrowolski, M.I. Čomor, *Optical Properties of Cd1-xMnxS Nanoparticles*, 43rd "Jaszowiec" 2014 International School & Conference on the Physics of Semiconductors.
- * 3. Milica Petrović, Martina Gilić, Vladimir Stojanović, Željka Nikitović, Zoran Raspopović, Nebojša Romčević, *The kinetic energy dependence of association reactions for alkali metal ions with dimethoxyethane*, SEVENTEENTH ANNUAL CONFERENCE YUCOMAT 2015 Herceg Novi, August 31-September 4, 2015.
- * 4. M. Gilić, M. Petrović, J. Ćirković, B. Hadzić, M. Romcević, N. Romcević, *Photoluminescence Study of CuSe Thin Films*, PHOTONICA2015 the Fifth international school and conference on photonics 24 August – 28 August 2015 Belgrade, Serbia.
- * 5. M. Petrovic, M. Gilic, B. Hadzic, M. Romcevic, N. Romcevic, J. Trajic, Z. Lazarevic, *Structural and optical properties of chemically deposited copper selenidethin films*, The Fourth Serbian Ceramic Society Conference »Advanced Ceramics and Application IV«September 21-23, 2015.
- * 6. M. S. Rabasovic, D. Sevic, J. Krizan, M. D. Rabasovic, S. Savic-Sevic, M. Mitric, M. Petrovic, M. Gilic, N. Romcevic, *Annealed nanopowders YAG and YAG: Dy prepared by solutioncombustion synthesis*, The Fourth Serbian Ceramic Society Conference »Advanced Ceramics and Application IV«September 21-23, 2015.
- * 7. N. Romčević, M. Petrović, M. Gilić, V. Stojanović, Ž. Nikitović, Z. Raspopović, *Dependence of the kinetic energy of association reactions for alkali metalions with DXE*, The Fourth Serbian Ceramic Society Conference »Advanced Ceramics and Application IV«September 21-23, 2015.
- * 8. Martina Gilić, Milica Ćurčić, Jovana Ćirković, Uroš Ralević, Miodrag Mitrić, Tanja Barudžija, Svetlana Savić-Šević, Nebojša Romčević, Ibrahim Yahia, *OR10 Optical and structural characterization of Se-CuSe2 thin films*, The Fifth Serbian Ceramic Society Conference »Advanced Ceramics and Application V«September 21–23, 2016, Belgrade, Serbia.

- * 9. Branka Hadžić, Nebojsa Romčević, Maja Romčević, Witold Dobrowolski, Martina Gilić, Milica Petrović, Dusanka Stojanović, Željka Nikitović and Zorica Lazarević, *Sample preparation method influence on SOP modes in ZnO(Mn)*, EIGHTEENTH ANNUAL CONFERENCE YUCOMAT 2016 Herceg Novi, September 5-10, 2016.
- * 10. Ž. Nikitović, M. Gilić, Z. Raspopović, M. Petrović and V. Stojanović, *Cross Section and Transport Parameters for K⁺ in Dimethoxy Ethane*, 28th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases S P I G 2016.
- * 11. J. Trajic, M. Romcevic, M. Petrovic, M. Gilic, N. Paunovic, P. Balaz, A. Zorkovska, N. Romcevic, *Optical properties of the mechanochemically synthesized Cu₂FeSnS₄(stannite) nanocrystals*, The Sixth Serbian Ceramic Society Conference »Advanced Ceramics and Application« September 18-20, 2017, Belgrade, Serbia.
- * 12. Martina Gilić and Milica Ćurčić, *Optical and structural properties of nanostructured semiconductors*, The Seventh Serbian Ceramic Society Conference »Advanced Ceramics and Application« September 17-19, 2018, Belgrade, Serbia.
- * 13. M. Ćurčić, M. Gilić, B. Hadžić, J. Trajić, Z. Lazarević, M. Romčević, V. Radojević, A. Bjelajac, I. Radovic, P. Balaž, N. Romčević, *Preparation and optical properties of ZnS/Poly (methylmethacrylate) nanocomposite*, The Seventh Serbian Ceramic Society Conference »Advanced Ceramics and Application« September 17-19, 2018, Belgrade, Serbia.
- * 14. Ž. Nikitović, M. Gilić, Z. Raspopović, M. Ćurčić and V. Stojanović, *Transport Coefficients for Li⁺ in Dimethoxyethane*, 29th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases S P I G 2018.

Анекс IX Уговора о реализацији Пројекта ИИИ 45003 у периоду април - децембар 2018. године

На основу чл. 10, 97. став 1. и 104. Закона о научноистраживачкој делатности („Службени гласник РС”, бр. 110/05, 50/06-исправка, 18/10 и 112/15) - у даљем тексту: Закон), сагласно Акту о избору, вредновању и финансирању Програма ОИ/ТР/ИИИ број 451-01-967/2010-01 од 20. маја 2010. године (у даљем тексту: Акт), у пројектном циклусу истраживања од 2011. године, чије финансирање се наставља до 31. децембра 2018. године, по Решењу Владе 05 број: 021-162/2018 од 11.01.2018. године („Службени гласник РС”, број 3/18), а у вези са тачком 4. Одлуке о распореду средстава за финансирање истраживања по пројектима одобреним у оквиру програма ОИ/ТР/ИИИ у периоду од 1. априла до 31. децембра 2018. године, број: 451-03-1283/2018-14 од 04.04.2018. године, **уговорне стране:**

1) РЕПУБЛИКА СРБИЈА – Министарство просвете, науке и технолошког развоја, Београд, Немањина 22-26, ПИБ 102199748, матични број: 17329235 (у даљем тексту: Министарство), које представља министар просвете, науке и технолошког развоја,

и

2) РЕАЛИЗАТОРИ ИСТРАЖИВАЊА - учесници у реализацији научноистраживачког пројекта:

2. 1) Криминалистичко-полицијска академија у Београду, ПИБ 104629251, матични број:17672355, рачун КЈС број 840-0000001751660-26, кога заступа проф. др Горан Бошковић, в.д. декана
2. 2) Универзитет Џон Незбит, Факултет за пословне студије у Београду, ПИБ 100035467, матични број:17241117, рачун КЈС број 840-0000014505763-46, кога заступа др Татјана Цветковски, декан
2. 3) Универзитет у Београду, Грађевински факултет, ПИБ 100251144, матични број:07006454, рачун КЈС број 840-0000001437660-59, кога заступа др Бранко Божић, декан
2. 4) Универзитет у Београду, Електротехнички факултет, ПИБ 101206130, матични број:07032498, рачун КЈС број 840-0000001438660-66, кога заступа др Мило Томашевић, декан
2. 5) Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке 'Винча', ПИБ 101877940, матични број:7035250, рачун КЈС број 840-0000000011723-73, кога заступа др Милица Марчета Канински, директор
2. 6) Универзитет у Београду, Институт за физику, ПИБ 100105980, матични број:7018029, рачун КЈС број 840-0000000020723-39, кога заступа др Александар Богојевић, директор
2. 7) Универзитет у Београду, Машински факултет, ПИБ 100209517, матични број:07032501, рачун КЈС број 840-0000001876660-28, кога заступа др Радивоје Митровић, декан
2. 8) Универзитет у Београду, Стоматолошки факултет, ПИБ 100125119, матични број:07001991, рачун КЈС број 840-0000001122660-85, кога заступа др Мирослав Вукадиновић, декан
2. 9) Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет, ПИБ 100123813, матични број:07032552, рачун КЈС број 840-0000001441660-87, кога заступа др Ђорђе Јанаћковић, декан
2. 10) Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, ПИБ 100724720, матични број:08067104, рачун КЈС број 840-0000001710660-30, кога заступа др Раде Дорословачки, декан

2. 11) Универзитет Унион у Београду, Факултет за пословно индустријски менаџмент у Младеновцу, ПИБ 102520146, матични број:17434977, рачун КЈС број 840-0000009329763-92, кога заступа ,
2. 12) Универзитет Унион, Рачунарски факултет у Београду, ПИБ 102971356, матични број:17489453, рачун КЈС број 840-0000013144763-25, кога заступа Др Драган Милетић , декан
- закључују

Анекс IX

основног уговора о реализацији Пројекта ИИИ у периоду април - децембар 2018. године у циклусу истраживања од 01.01.2011. до 31.12.2018. године

Члан 1.

Овим анексом се мења и допуњује основни Уговор о реализацији Пројекта ИИИ, тако што се уређују међусобна права и обавезе уговорних страна и Руководиоца Пројекта у реализацији и финансирању научноистраживачког пројекта: "Оптоелектронски нанодимензиони системи - пут ка примени", евиденциони број ИИИ 45003 (у даљем тексту: Пројекат ИИИ) у периоду април - децембар 2018. године у текућем циклусу истраживања од 01.01.2011. до 31.12.2018. године.

Финансирање реализације Пројекта ИИИ у периоду јануар-март 2018.године извршено је у складу са одлуком број: 451-03-496/2018-14 од 29. јануара 2018. године. Реализатори истраживања на Пројекту ИИИ по овом анексу су правна лица из члана 104. став 1. Закона.

Члан 2.

Укупан обим истраживања на Пројекту ИИИ износи 342 истраживачких месеци. Руководилац Пројекта ИИИ је др Небојша Ромчевић, научни саветник запослен у научноистраживачкој организацији: Институт за физику у Београду (у даљем тексту: Руководилац Пројекта).

Одлуку о одређивању другог лица за Руководиоца Пројекта доноси министар, уз прибављено образложено писано мишљење руководиоца свих Реализатора истраживања. Уколико реализатор, на писани захтев, не достави мишљење у року од 8 дана, сматраће се да је мишљење о предлогу за одређивање другог руководиоца позитивно.

Пројекат ИИИ чине следећи потпројекти:

- Потпројекат 1: "Синтеза наноматеријала и структура", чији је руководиоца Марина Гилић, научни сарадник
- Потпројекат 2: "Теорија оптичких особина наноструктура", чији је руководиоца Милан Тадић, редовни професор
- Потпројекат 3: "Електронски принципи формирања и функционисања наноструктура ", чији је руководиоца Ивана Радисављевић, виши научни сарадник
- Потпројекат 4: "Примена рачунара у повезивању теоријских, експерименталних и примењених истраживања", чији је руководиоца Стеван Милинковић, редовни професор
- Потпројекат 5: "Карактеризација наноћестица и наноструктура", чији је руководиоца Милица Ђурчић, научни сарадник
- Потпројекат 6: "Испитивање електричних карактеристика нових материјала и пројектовање сензора са оптичким влакнима", чији је руководиоца Бранка Хаџић, научни сарадник

- Потпројекат 7: "Наноструктурни оптоелектронски сензорски системи", чији је руководилац Пеђа Михаиловић, ванредни професор

Члан 3.

Овим анексом се утврђује следећи износ и структура буџета Пројекта ИИИ до 31. децембра 2018. године и то:

1) Накнаде за рад истраживача, односно сарадника ангажованих на Пројекту ИИИ (у даљем тексту: истраживач) у бруто износу, одређене су множењем одобрених истраживач-месеци за сваког истраживача, са одговарајућом ценом истраживач-месеца која се утврђује посебном одлуком министра (Прилог 2).

У складу са одредбама члана 7.4. Основног Уговора о реализацији Пројекта ИИИ и члана 36. Акта, истраживачима који почев од датума објављивања Јавног позива (23. маја 2010. године), нису наводили пуну афилијацију приликом публиковања радова на начин утврђен Одлуком министра број 451-03-3558/2011-14 од 18.10.2011. године, накнада за научноистраживачки рад ће од априла 2018. године бити умањена, и то: са износом од 5 уместо 8 истраживач месеци за истраживаче запослене на високошколским установама, односно, са износом од 10 уместо 12 истраживач месеци за истраживаче запослене у институтима и у регистрованим иновационим организацијама из члана 104. Закона. Умањен износ, у складу са чланом 3.2. горе наведене Одлуке, истраживачи ће примати све док Министарству не доставе потписану изјаву да ће при будућем објављивању научних радова писати пуну афилијацију из члана 36. Акта;

2) Директни материјални трошкови истраживања (ДМТ) који су у функцији обављања научноистраживачког рада на Пројекту ИИИ у 2018. години а који су по структури:

2) 1. ДМТ I / режија, трошкови рада лица запослених код реализатора истраживања на стручним, административним и техничким пословима, као и трошкови електричне енергије, воде, грејања, комуналних услуга и сличних трошкова реализатора програма пројектног финансирања.

2) 2. ДМТ II - трошкови који су у функцији обављања научноистраживачког рада на Пројекту ИИИ у 2018. години, а односе се на: набавку потрошног материјала, ситне опреме и ситног инвентара, трошкове службених путовања чланова пројектног тима, трошкове дисеминације резултата истраживања, трошкове услуга истраживачима и сличних трошкова реализатора програма пројектног финансирања у функцији обављања пројектних активности.

Члан 4.

Саставни делови овог анекса су следећи прилози:

Прилог 1. Опис, очекивани кључни резултати и значај истраживања Пројекта ИИИ до 31. децембра 2018. године, програм са динамиком и планом рада, планираним резултатима и роковима реализације истраживања;

Прилог 2. Цене истраживач-месеци утврђене за период април-децембар 2018. године у складу са категоријом и истраживачким, научним и сарадничким звањем истраживача из члана 69. Закона, кога су Реализатори истраживања укључили на пројектно финансирање у складу са Законом и чл. 22-24. Акта. Висину утврђене цене истраживач-месеца Министарство може мењати у току реализације Пројекта ИИИ у складу са расположивим буџетским средствима;

Прилог 3. Списак истраживача ангажованих код Реализатора истраживања са ознаком категорије у коју су разврстани сагласно чл. 11-18. Акта, са утврђеном накнадом за научноистраживачки рад у бруто износу, која садржи: нето износ за исплату и износ припадајућег пореза и доприноса. Бруто накнада за научноистраживачки рад истраживача који су запослени

Члан 13.

Овај уговор је сачињен у 16 (шеснаест) истоветних примерака, од којих по један за сваког Реализатора истраживања, један за руководиоца Пројекта, а три за Министарство.

У Београду, дана 19. 04. 2018. године

УГОВОРНЕ СТРАНЕ

1. за Универзитет у Београду, Институт за физику

др Александар Богојевић, директор

Ев. број уговора код учесника
у реализацији Пројекта: ИИИ45003



2. за Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке Винча

проф. др Милица Марчета Канински, декан

Ев. број уговора код учесника
у реализацији Пројекта: ИИИ45003

3. за Универзитет у Београду, Електротехнички факултет

проф. др Мило Томашевић, декан

Ев. број уговора код учесника
у реализацији Пројекта: ИИИ45003



4. за Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

проф. др Раде Дорословачки, декан

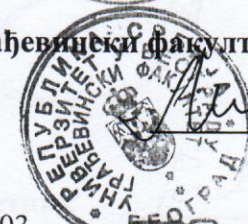
Ев. број уговора код учесника
у реализацији Пројекта: ИИИ45003



5. за Универзитет у Београду, Грађевински факултет

проф. др Бранко Божић, декан

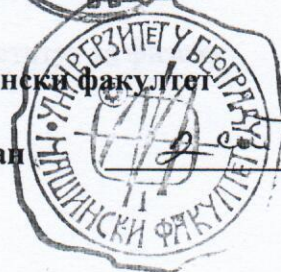
Ев. број уговора код учесника
у реализацији Пројекта: ИИИ45003



6. за Универзитет у Београду, Машински факултет

проф. др Радивоје Митровић, декан

Ев. број уговора код учесника
у реализацији Пројекта: ИИИ45003



7. за Универзитет у Београду, Медицински факултет

проф. др Радивоје Митровић, декан

Ев. број уговора код учесника
у реализацији Пројекта: ИИИ45003

8. за Универзитет у Београду, Стоматолошки факултет

проф. др Мирослав Вукадиновић, декан

Ев. број уговора код учесника
у реализацији Пројекта: ИИИ45003

9. за Универзитет у Београду, Технолошко-Металуршки факултет

проф. др Ђорђе Јанаковић, декан

Ев. број уговора код учесника
у реализацији Пројекта: ИИИ45003

10. за Универзитет Унион, Рачунарски факултет

проф. др Драган Милетић, декан

Ев. број уговора код учесника
у реализацији Пројекта: ИИИ45003

11. Криминалистичко-полицијска академија у Београду

проф. др Горан Бошковић, декан

Ев. број уговора код учесника
у реализацији Пројекта: ИИИ45003

12. за Универзитет Џон Незбит, Факултет за пословне студије у Београду

проф. др Татјана Цветковски, декан

Ев. број уговора код учесника
у реализацији Пројекта: ИИИ45003

13. РУКОВОДИЛАЦ ПРОЈЕКТА

др Небојша Ромчевић, научни саветник

запослен у Универзитет у Београду, Институт за физику



Handwritten signature of Nebojša Romčević.

Република Србија
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ,
НАУКЕ И ТЕХНОЛОШКОГ РАЗВОЈА
Комисија за стицање научних звања

Број:660-01-00222/2013-17
27.11.2013. године
Београд

ИНСТИТУТ ЗА ФИЗИКУ			
ПРИМЉЕНО:			
Рад. јед.	број	Арх. шифра	рилог
офол	20/1		

На основу члана 22. става 2. члана 70. став 5. Закона о научноистраживачкој делатности ("Службени гласник Републике Србије", број 110/05 и 50/06 – исправка и 18/10), члана 2. става 1. и 2. тачке 1 – 4.(прилози) и члана 38. Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача ("Службени гласник Републике Србије", број 38/08) и захтева који је поднео

Инстџитут за физику у Београду

Комисија за стицање научних звања на седници одржаној 27.11.2013. године, донела је

**ОДЛУКУ
О СТИЦАЊУ НАУЧНОГ ЗВАЊА**

Др Милица Пејровић Дамјановић

стиче научно звање
Научни сарадник

у области природно-математичких наука - физика

О Б Р А З Л О Ж Е Њ Е

Инстџитут за физику у Београду

утврдио је предлог број 674/1 од 28.05.2013. године на седници научног већа Института и поднео захтев Комисији за стицање научних звања број 678/1 од 31.05.2013. године за доношење одлуке о испуњености услова за стицање научног звања **Научни сарадник**.

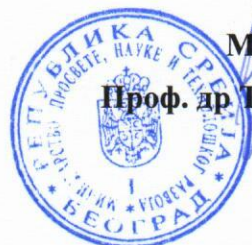
Комисија за стицање научних звања је по предходно прибављеном позитивном мишљењу Матичног научног одбора за физику на седници одржаној 27.11.2013. године разматрала захтев и утврдила да именована испуњава услове из члана 70. став 5. Закона о научноистраживачкој делатности ("Службени гласник Републике Србије", број 110/05 и 50/06 – исправка и 18/10), члана 2. става 1. и 2. тачке 1 – 4.(прилози) и члана 38. Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача ("Службени гласник Републике Србије", број 38/08) за стицање научног звања **Научни сарадник**, па је одлучила као у изреци ове одлуке.

Доношењем ове одлуке именована стиче сва права која јој на основу ње по закону припадају.

Одлуку доставити подносиоцу захтева, именованој и архиви Министарства просвете, науке и технолошког развоја у Београду.

ПРЕДСЕДНИК КОМИСИЈЕ
др Станислава Стошић-Грујичић,
научни саветник

С. Стошић-Грујичић



МИНИСТАР

Проф. др Томислав Јовановић



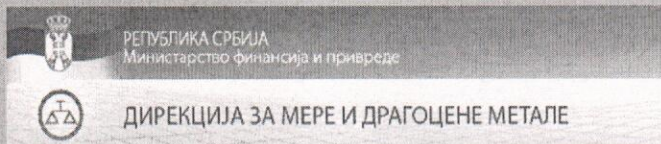
www.grf.bg.ac.rs

ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ



www.drustvometrologa.org

ДРУШТВО МЕТРОЛОГА



РЕПУБЛИКА СРБИЈА
Министарство финансија и привреде

ДИРЕКЦИЈА ЗА МЕРЕ И ДРАГОЦЕНЕ МЕТАЛЕ

www.dmdm.rs

ДИРЕКЦИЈА ЗА МЕРЕ И ДРАГОЦЕНЕ
МЕТАЛЕ



www.ftn.uns.ac.rs

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА НОВИ САД

КОНГРЕС МЕТРОЛОГА 2015

Златибор, 12.-15. октобар 2015. године

ЗБОРНИК РАДОВА

ISBN: 978-86-7518-182-8

IMPRESUM

Izdavač: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd

Urednici:

1. V. prof. Siniša Delčev, Univerzitet u Beogradu, Srbija
2. V. prof. Vukan Ogrizović, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Naučni odbor:

1. V. prof. Siniša Delčev, predsednik, Univerzitet u Beogradu, Srbija
2. Prof. Dušan Prodanović, Univerzitet u Beogradu, Srbija
3. Prof. Mladen Boršić, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska
4. Izr. prof. Andrej Štrukelj, Univerza v Mariboru, Slovenija
5. Assist. prof. Andrea Mariscotti, University of Genova, Italy
6. Walter E. Rumpf, Fachhochschule Frankfurt am Main, Germany
7. V. prof. Srđan Damjanović, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Bosna i Hercegovina
8. Prof. Miloš Nedeljković, Univerzitet u Beogradu, Srbija
9. V. prof. Vukan Ogrizović, Univerzitet u Beogradu, Srbija
10. V. prof. Zoran Mitrović, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija
11. dr Branislav Tanasić, Direkcija za mere i dragocene metale, Beograd, Srbija
12. V. prof. Ljiljana Brajović, Univerzitet u Beogradu, Srbija
13. Prof. Dušan Kogoj, Univerzitet u Ljubljani, Slovenija
14. Prof. Adam Wozniak, Warsaw University of Technology, Poland
15. dr Nebojša Romčević, Institut za fiziku, Srbija

Organizacioni odbor:

1. V. prof. Jelena Gučević, predsednik, Univerzitet u Beogradu, Srbija
2. Tamara Đekić, Direkcija za mere i dragocene metale, Srbija
3. dr Martina Gilić, Institut za fiziku, Srbija
4. dr Milica Petrović, Institut za fiziku, Srbija

Tehnički sekretar Kongresa:

1. Stefan Miljković, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Priprema za štampu:

1. Dragana Milićević Sekulić, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Tiraž: 80 primeraka.

ISBN 978-86-7518-182-8

Beograd, oktobar 2015.



**Serbian Ceramic Society Conference
ADVANCED CERAMICS AND APPLICATION VII
New Frontiers in Multifunctional Material Science and Processing**

**Serbian Ceramic Society
Institute of Technical Sciences of SASA
Institute for Testing of Materials
Institute of Chemistry Technology and Metallurgy
Institute for Technology of Nuclear and Other Raw Mineral Materials**

PROGRAM AND THE BOOK OF ABSTRACTS

**Serbian Academy of Sciences and Arts, Knez Mihailova 35
Serbia, Belgrade, 17-19. September 2018.**

Organizing Committee

Prof. Dr. Vojislav Mitić SRB

Dr. Lidija Mančić SRB

Dr. Nina Obradović SRB

Prof. Dr. Vladimir Pavlović SRB

Dr. Dušan Jovanović SRB

Dr. Vesna Paunović SRB

Dr. Darko Kosanović SRB

Dr. Anja Terzić SRB

Dr. Suzana Filipović SRB

Dr. Vladimir Blagojević SRB

Dr. Marina Vuković SRB

Dr. Milica Ćurčić SRB

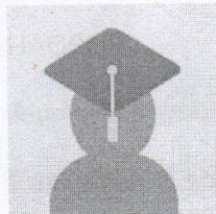
Ivana Dinić SRB

Sponsors & Endorsements:

Analysis - Lab equipment, Belgrade (Serbia), HARDER digital SOVA d.o.o. Niš
Exchange office „Hulk“, LMB Soft, Niš (Serbia), SCAN doo. Preddvor (Slovenia),
Voda Vrnjci (Serbia) and Turistička organizacija Beograd

Acknowledgements:

The Conference Organizers are grateful to the
Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia
for financial support, as well as to the
Serbian Academy of Sciences and Arts,
European Academy of Sciences and Arts,
American Ceramics Society,
Institute of Technical Sciences of SASA,
Archeological Institute of SASA,
Institute of Physics UB,
Vinča Institute of Nuclear Sciences - Laboratory of Physics (010),
Electrical Engineering Institute Nikola Tesla
High School-Academy for Arts and Conservation.



Milica Curcic

naucni saradnik, Institut za fiziku
Beograd
poluprovodnici
Ramanova spektroskopija
IC
Fotoluminiscenija

НАПРАВИ МИ ПРОФИЛ

	Све	Од 2015
Наводи	111	106
h-индекс	6	5
i10-индекс	3	3

НАСЛОВ	НАВЕЛО	ГОДИНА
Structural properties and luminescence kinetics of white nanophosphor YAG: Dy MS Rabasovic, D Sevic, J Krizan, MD Rabasovic, S Savic-Sevic, M Mitric, ... Optical Materials 50, 250-255	24	2015
Raman spectroscopy of optical properties in CdS thin films J Trajić, M Gilić, N Romčević, M Romčević, G Stanišić, B Hadžić, ... Science of Sintering 47 (2), 145-152	18	2015
Determination of magneto-optical quality and refractive index of bismuth germanium oxide single crystals grown by Czochralski technique ZŽ Lazarević, P Mihailović, S Kostić, MJ Romčević, M Mitrić, S Petričević, ... Optical Materials 34 (11), 1849-1859	11	2012
Structural and optical properties of CuSe ₂ nanocrystals formed in thin solid Cu–Se film M Gilić, M Petrović, R Kostić, D Stojanović, T Barudžija, M Mitrić, ... Infrared Physics & Technology 76, 276-284	7	2016
Optical Properties of CuSe Thin Films–Band Gap Determination M Petrović, M Gilić, J Ćirković, M Romčević, N Romčević, J Trajić, I Yahia Science of Sintering 49 (2)	6	2017
Far-infrared spectroscopy of Cd _{1-x} MnxS quantum dots R Kostić, MP Damjanović, N Romčević, M Romčević, D Stojanović, ... Journal of alloys and compounds 521, 134-140	6	2012
Raman spectroscopy study of anodic film on Ag ₄₃ Cu ₃₇ Zn ₂₀ alloy SP Dimitrijević, ZŽ Lazarević, M Rajčić-Vujanović, SB Dimitrijević, ... Optoelectron Adv Mater Rapid Commun 10, 777-780	5	2016
Far-infrared spectroscopy of CdTe _{1-x} Sex (In): Phonon properties M Petrović, N Romčević, J Trajić, WD Dobrowolski, M Romčević, B Hadžić, ... Infrared Physics & Technology 67, 323-326	5	2014
Raman spectroscopy of bismuth silicon oxide single crystals grown by the Czochralski technique Z Lazarević, S Kostić, V Radojević, M Romčević, M Gilić, ... Physica Scripta 2013 (T157), 014046	5	2013
Optical properties of layered III–VI semiconductor γ-InSe: M (M= Mn, Fe, Co, Ni) A Milutinović, ZŽ Lazarević, M Jakovljević, B Hadžić, M Petrović, M Gilić, ...	4	2016

НАСЛОВ	НАВЕЛО	ГОДИНА
Journal of Physics and Chemistry of Solids 89, 120-127		
Far-infrared spectroscopy of Zn _{1-x} MnxGeAs ₂ single crystals: Plasma damping influence on plasmon-Phonon interaction N Romcevic, M Romcevic, WD Dobrowolski, L Kilanski, M Petrovic, ... Journal of Alloys and Compounds 649, 375-379	3	2015
Magnetic field influence on optical properties of Cd _{1-x} MnxS (x= 0; 0.3) quantum dots: Photoluminescence study N Romčević, M Petrović-Damjanović, M Romčević, M Gilić, L Klopotoski, ... Journal of alloys and compounds 553, 75-78	3	2013
Optical properties of the mechanochemically synthesized Cu ₂ FeSnS ₄ (stannite) nanocrystals: Raman study J Trajic, M Romcevic, M Petrovic, M Gilic, P Balaz, A Zorkovska, ... Optical Materials 75, 314-318	2	2018
Structural Properties of Cu-Se-CuSe ₂ Thin Films M Gilić, M Petrović, B Hadžić, M Romčević, J Trajić, N Romčević, ... Proceedings of the IV Advanced Ceramics and Applications Conference, 235-256	2	2017
Determination of microstructural changes by severely plastically deformed copper-aluminum alloy: Optical study N Romčević, M Gilić, I Anžel, R Rudolf, M Mitrić, M Romčević, B Hadžić, ... Journal of Mining and Metallurgy B: Metallurgy 50 (1), 61-68	2	2014
Optical properties of PbTe _{0.95} S _{0.05} single crystal at different temperatures: far-infrared study J Trajic, N Romcevic, M Gilic, MP Damjanovic, M Romcevic, VN Nikiforov J. Optoelectron. Adv. Mat 6, 543-546	2	2012
Spectroscopy characterization of MnSe nanoclusters randomly distributed in HgMnTe single crystal M Petrović, N Romčević, M Romčević, G Stanišić, D Vasiljević-Radović, ... Journal of crystal growth 338 (1), 75-79	2	2012
SEVENTEENTH ANNUAL CONFERENCE YUCOMAT M Petrović, M Gilić, V Stojanović, Ž Nikitović, Z Raspopović, N Romčević Herceg Novi, Montenegro, August	2	
Optical properties of Cd _{1-x} MnxS nanoparticles: off-resonance Raman spectroscopy M PETROVIĆ, M ROMČEVIĆ, R KOSTIĆ, N ROMČEVIĆ, WD Dobrowolski, ... Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications 10 (March-April ...	1	2016
Raman study of surface optical phonons in ZnO (Co) nanoparticles prepared by calcinations method B Hadzic, N Romcevic, M Romcevic, I Kuryliszyn-Kudelska, ... JOURNAL OF OPTOELECTRONICS AND ADVANCED MATERIALS 16 (5-6), 508-512	1	2014

НАСЛОВ	НАВЕЛО	ГОДИНА
Surface optical phonon (SOP) mode in ZnS/Poly (methylmethacrylate) nanocomposites M Curcic, B Hadzic, M Gilic, V Radojevic, A Bjelajac, I Radovic, ... Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures 115, 113708	11	2020
TRANSPORT COEFFICIENTS FOR Li+ IN DIMETHOXYETHANE Ž Nikitović, M Gilić, Z Raspopović, M Ćurčić, V Stojanović 29 Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases ...	8	2018
Photoluminescence spectroscopy of CdSe nanoparticles embedded in transparent glass M Gilic, R Kostic, D Stojanovic, M Romcevic, B Hadzic, M Petrovic, ... Optical and Quantum Electronics 50 (7), 288	24	2018
Far-infrared study of the mechanochemically synthesized Cu ₂ FeSnS ₄ (stannite) nanocrystals J Trajic, M Romcevic, N Paunovic, M Curcic, P Balaz, N Romcevic Infrared Physics & Technology 90, 66-69	11	2018
Low-temperature photoluminescence of CuSe ₂ nano-objects in selenium thin films M Gilić, M Petrović, J Ćirković, N Paunović, S Savić-Sević, Ž Nikitović, ... Processing and Application of Ceramics 11 (2), 127-135	11	2017
Study of Nanodimensional Spinel Ni _{0.5} Zn _{0.5} Fe ₂ O ₄ Ferrite Prepared by Mechanochemical Synthesis ZŽ Lazarević, M Gilić, M Petrović, N Romčević, Č Jovalekić, DL Sekulić, ... Proceedings of the IV Advanced Ceramics and Applications Conference, 187-202	11	2017
The Kinetic Energy Dependence of Association Reactions for Alkali Metal Ions with Dimethoxyethane Ž Nikitović, M Gilić, M Petrović, N Romčević, Z Raspopović, V Stojanović Proceedings of the IV Advanced Ceramics and Applications Conference, 375-385	8	2017
Structural and Optical Studies of Oxide Single Crystals Grown by the Czochralski Method S Kostić, ZŽ Lazarević, M Gilić, M Petrović, M Romčević, NŽ Romčević, ... Proceedings of the III Advanced Ceramics and Applications Conference, 193-203	8	2016
Optical Properties of Plastically Deformed Copper: Ellipsometry and Raman Study M Gilić, M Petrović, B Hadžić, ZŽ Lazarević, M Romčević, J Trajić, ... Proceedings of the III Advanced Ceramics and Applications Conference, 173-182	8	2016
Optical Properties and Electron-Phonon Interactions of CdTe _{1-x} Se _x (In) Single Crystal M Petrović, J Trajić, M Gilić, M Romčević, B Hadžić, Z Lazarević, ... Proceedings of the III Advanced Ceramics and Applications Conference, 183-191	8	2016
Cross Sections and Transport Properties for Na+ in (DXE) Gas ŽD Nikitović, MD Gilić, MS Petrović, NZ Romčević, ZM Raspopović, ... Science of Sintering 48 (3)	8	2016



РЕПУБЛИКА СРБИЈА
Завод за интелектуалну својину
Београд, Кнегиње Љубице 5

ИСПРАВА О МАЛОМ ПАТЕНТУ

Број **1597 U1**

Подносиоцима пријаве за признање малог патента
КОЛАРЖ, Предрагу, др, Светогорска 30, 11000 Београд, RS;
ЂУРЧИЋ, Милице, др, Слободана Перовића 4/1, 11000 Београд, RS;
ГИЛИЋ, Мартини, др, Бањалучка 2, 11000 Београд, RS;
ХАЦИЋ, Брајки, др, Гандијева 35А, 11000 Београд, RS,

признат је мали патент под називом
**МОДИФИКОВАНИ НОСАЧ ЗА ВЕРТИКАЛНО ПОЗИЦИОНИРАЊЕ
ТАБЛЕТНИХ УЗОРАКА ОД ПРАШКАСТИХ МАТЕРИЈАЛА КОЈИ ЈЕ ДЕО
КОМОРЕ ЗА ВАКУУМИРАЊЕ И ХЛАЂЕЊЕ КОЈА СЕ КОРИСТИ У
СПЕКТРОСКОПСКИМ МЕРЕЊИМА**
по пријави МП - 2018/0028, поднетој 19.06.2018. године.

Мали патент је уписан у Регистар малих патената 03.04.2019. године,
и објављен у Гласнику интелектуалне својине број 4/2019 дана 30.04.2019. године.

Мали патент важи до 19.06.2028. године, под условом
да се годишње таксе за његово одржавање редовно плаћају.

Ова исправа издата је на основу члана 110. Закона о патентима,
("Службени гласник РС", бр. 99/11).

Београд, 03.05.2019. године



Директор

Владимир Марић
Владимир Марић



ZAVOD ZA
INTELEKTUALNU SVOJINU
BEOGRAD

(51) Int. Cl.
G12B 9/08 (2006.01)

(21) Broj prijave: MP-2018/0028
(22) Datum podnošenja prijave: 19.06.2018.
(45) Datum objavljivanja malog patenta: 30.04.2019.

(73) Nosioци malog patenta:
KOLARŽ, Predrag, dr
Svetogorska 30, 11000 Beograd, RS;
ČURČIĆ, Milica, dr
Slobodana Perovića 4/1, 11000 Beograd, RS;
GILIĆ, Martina, dr
Banjalučka 2, 11000 Beograd, RS;
HADŽIĆ, Branka, dr
Gandijeva 35A, 11000 Beograd, RS

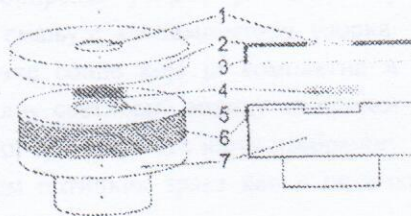
(72) Pronalazači:
KOLARŽ, Predrag, dr;
ČURČIĆ, Milica, dr;
GILIĆ, Martina, dr;
HADŽIĆ, Branka, dr

(74) Zastupnik:

(54) Naziv: MODIFIKOVANI NOSAČ ZA VERTIKALNO POZICIONIRANJE TABLETNIH UZORAKA OD PRAŠKASTIH MATERIJALA KOJI JE DEO KOMORE ZA VAKUMIRANJE I HLAĐENJE KOJA SE KORISTI U SPEKTROSKOPSKIM MERENJIMA

(57) Apstrakt:

Pronalazak pripada oblasti eksperimentalne fizike, a odnosi se na rešavanje problema destrukcije tablete od praškastog materijala usled lepljenja na nosač za vertikalno pozicioniranje uzoraka u komori za vakumiranje i hlađenje pri spektroskopskim merenjima. Rešenje ovog problema je modifikacija nosača uzorka koja je suština ovog malog patenta. Modifikovani bakarni nosač ne razara uzorak i rešava problem homogene raspodele temperature po uzorku. Na bakarni nosač (7) pri vrhu bočne strane narezan je navoj (6) sitnog koraka tako da se bakarni poklopac (2) sa navojem (3) može naviti preko tablete (4) koja se nalazi u odgovarajućem udubljenju (5). Bakarni poklopac (2) je profilisan tako da je otvor (1), za 2 mm manji od prečnika tablete (4), koja je standardne veličine od 10 mm.



RS 1597 U1

UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNIČKI FAKULTET U BORU

Stevan P. Dimitrijević

**ELEKTROHEMIJSKA I POVRŠINSKA
KARAKTERIZACIJA
TROKOMPONENTNIH LEGURA
SISTEMA Ag-Cu-Zn U BLISKO
NEUTRALNIM HLORIDNIM
RASTVORIMA**

doktorska disertacija

TEHNIČKI FAKULTET U BORU

PRIMLJENO: 29.06.2015.			
Org. jed.	Prof.	Ime i Prez.	Vrednost
VI-1/10-93			

BOR, 2015. godine

Zahvalnost

Zahvaljujem se svima koji su mi svojim radom, znanjem, savetima i podrškom pomogli u izradi doktorske disertacije.

Veliku zahvalnost dugujem prof. dr Mirjani Rajčić-Vujasinović, redovnom profesoru Tehničkog fakulteta u Boru, mentoru ove disertacije, na razumevanju, podršci, formiranju konačne verzije teksta, savetima, sugestijama i pomoći pri tumačenju rezultata. Njena stručnost, znanje i podrška su umnogome doprineli kvalitetu ove teze.

Eksperimentalni deo ove disertacije urađen je na tri fakulteta i u tri instituta.

Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu i Inovacionom centru TMF-a u Beogradu, posebno prof. dr Željku Kamberoviću, redovnom profesoru na sveukupnoj podršci prilikom izrade disertacije, savetima i sugestijama pri formiranju konačne verzije disertacije. Veliku zahvalnost dugujem prof. dr Bojanu Jokiću, docentu ovog fakulteta na izradi izuzetnih SEM i FE SEM snimaka, EDS analizi i tumačenju rezultata ovih metoda i korisnim sugestijama na celokupan tekst disertacije. Nikoli Jovanoviću se zahvaljujem na pomoći oko pripreme legura. Dr Mariji Korać, višem naučnom saradniku se zahvaljujem korisnim savetima i sugestijama u toku izrade disetracije. Redovnom profesoru dr Jeleni Bajat zahvaljujem na pomoći u prikupljanju relevantne literature.

Tehničkom fakultetu u Boru na kome su urađena elektrohemijaska ispitivanja, se ovom prilikom zahvaljujem na izvarendnom prijemu i pomoći a posebno prof. dr Zoranu Steviću, redovnom profesoru na dodatnom softverskom modulu na elektrohemijaskom sistemu koji je omogućio dodatne mogućnosti za potenciodinamičke metode kao i korisnim savetima i sugestijama pri formiranju konačne verzije disertacije. Doc. dr Vesni Grekulović, se zahvaljujem na saradnji prilikom snimanja cikličnih voltamograma i korisnim sugestijama u toku izrade disertacije. Veliku zahvalnost prof. Dr Dragani Žiković, redovnom profesoru i prof. Dr Draganu Manasijeviću, vanrednom profesoru za termodinamičke proračune legura sistema Ag-Cu-Zn. Takođe se zahvaljujem prof. dr Svetlani Ivanov, varednom profesoru. Posebnu zahvalnost dugujem laborantu Tijani Jovanović sa katedre za Fizičku hemiju na pomoći pri pripremi rastvora. Zahvaljujem se Urošu Stamenkoviću i Tamari na pomoći pri poliranju uzoraka.

Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor, posebno Radiši Todoroviću, dipl. inž. met. na livenju legura.

Institutu za nuklerane sirovine Vinča, posebno Dr Miodragu Mitriću, višem naučnom saradniku veliku zahvalnost dugujem na XRD analizi. Dr Suzani Veličković, višem naučnom saradniku zahvaljujem na analizama masene spektrometrije na MALDI. Takođe se zahvaljujem i dr Aleksandru Devečerskom.

Dr Zorici Lazarević, višem naučnom sardniku sa Instituta za fiziku Beograd se zahvaljujem na analizi rezultata Ramanove spektroskopije kao i savetima, sugestijama i pomoći pri tumačenju rezultata celokupne disertacije koji su doprineli većem kvalitetu konačnog teksta. Dr Milici Petrović, naučnom sardniku i dr Martini Gilić, naučnom sardniku sa ovog instituta se zahvaljujem na snimanju Raman spektara.



Surface optical phonon (SOP) mode in ZnS/Poly (methylmethacrylate) nanocomposites

Milica Curcic^a, Branka Hadzic^a, Martina Gilic^{a,*}, V. Radojevic^b, Andjelika Bjelajac^c, Ivana Radovic^d, Dejan Timotijevic^a, Maja Romcevic^a, Jelena Trajic^a, Nebojsa Romcevic^a

^a Institute of Physics Belgrade, University of Belgrade, 11080, Belgrade, Serbia

^b Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, 11000, Belgrade, Serbia

^c Innovation Center of Faculty of Technology and Metallurgy, 11000, Belgrade, Serbia

^d Vinča Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade, 11000, Belgrade, Serbia

ARTICLE INFO

Keywords:

Nanostructured materials
Optical properties
Phonons
Light absorption and reflection

ABSTRACT

The polymer nanocomposite ZnS/Poly (methylmethacrylate) was prepared by the solution casting method and its structural and optical properties were investigated using XRD, SEM, TEM, HRTEM, and Raman spectroscopy. The basic material, ZnS, has the cubic structure and its crystallite size was estimated to be 2.3 nm, which implies that a strong confinement regime is in effect. Analysis of Raman spectra was performed using the fitting procedure based on effective medium theory. As a result, the surface optical phonon (SOP) mode was detected. It was found that the shape and position of the SOP mode depend on the type of the composite.

1. Introduction

As a semiconductor, the zinc sulfide (ZnS) has gained considerable attention and is found to be applicable in optoelectronic, electroluminescent, and blue light emitting diode devices [1–8]. ZnS has two available allotropic forms – the wurtzite and zinc blende. The crystallographic form of wurtzite is hexagonal, whereas the zinc blende has the cubic crystallographic structure, is more stable and as such, is more common of the two. The ZnS in the form of the bulk material has a direct band gap positioned primarily in the UV region [9,10]. The wurtzite and the zinc blende forms have the band gaps of 3.77 and 3.72 eV, respectively. The band gap increases with a decrease in size from the bulk to the nanoscale [11,12]. Since ZnS easily absorbs moisture and oxidizes in air [13], it is not very stable as a pure compound in the atmosphere. Therefore, surfactants or capping agents are added to the ZnS nanoparticles to prevent structural transformation and surface reactions.

A nanocomposite consists of two or more different materials in which at least one of the components has a dimension smaller than 100 nm [14]. In polymer nanocomposites, the composing elements are an organic polymermatrix and inorganic components (semiconductors). Nanocomposites can include three dimensional metal matrix composites, lamellar composites, colloids, porous materials, gels, as well as copolymers in which nanosized material is dispersed within the bulk

matrix. The properties of the nanocomposites depend on their components, morphology, and interface characteristic. In order to extend the area of their potential applications, mechanical, thermal, and electronic properties of conventional polymer materials had to be improved [15, 16]. As a thermoplastic polymer, Poly (methylmethacrylate) i.e. PMMA has many excellent properties. Its favorable properties include excellent transparency and ultraviolet resistance, as well as good abrasion resistance, hardness, and stiffness. Consequently, it is widely used in many applications, for example in lenses, light pipes, bathroom fittings, skylights, toys, etc. In addition, PMMA is non-degradable and biocompatible, which qualifies it for use in tissue engineering where typical applications are fracture fixations, intraocular lenses, and dentures [17].

For nanocrystals of relatively small dimensions, surface modes and the effects of dimension are expected to appear, along with the normal modes of an infinite lattice. Namely, in the frequency range between longitudinal optical phonon frequency (ω_{LO}) and transversal optical phonon frequency (ω_{TO}), a new mode known as a surface optical phonon (SOP) mode appears.

In our previous papers [18–22] we worked on investigating surface optical phonons (SOP) in semiconducting nanoparticles or thin films. In all those cases, SOP appeared because the nano-objects of investigated materials were well separated in the air.

In this paper we report the synthesis and structural and optical

* Corresponding author.

E-mail address: martina@ipb.ac.rs (M. Gilic).



Photoluminescence spectroscopy of CdSe nanoparticles embedded in transparent glass

M. Gilic¹ · R. Kostic¹ · D. Stojanovic¹ · M. Romcevic¹ · B. Hadzic¹ · M. Petrovic¹ · U. Ralevic¹ · Z. Lazarevic¹ · J. Trajic¹ · J. Ristic-Djurovic¹ · J. Cirkovic² · N. Romcevic¹

Received: 13 October 2017 / Accepted: 23 June 2018
© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2018

Abstract

In this paper we present photoluminescence measurements of CdSe nanoparticles embedded in transparent glass. Sample is prepared using an original technique, which combines both heat treatment and ultraviolet laser irradiation. Photoluminescence spectra displayed one main emission band at 2.14 eV. We identify this bands energy as basic interband transition in CdSe nanoparticle. We calculated energy of basic ($1s_h-1s_c$) transition in spherical CdSe quantum dot (QD), within infinite potential barrier, in effective-mass approximation. On the basis of this model, average radius of synthesized CdSe QDs is about 3 nm, which is in consistence with AFM measurements and UV-VIS absorption measurements.

Keywords Cadmium selenide · Nanoparticles · Photoluminescence · AFM · Effective mass approximation

1 Introduction

Glasses doped with nanosized inclusions of metals or semiconductors are known since a very long time. The first glasses containing metal nanoparticles were fabricated by Roman glassmakers in the fourth century A.D. Mediaval cathedral windows through several European countries witness the attention drawn by stained glasses containing metal aggregates as artistic work (Poole et al. 2003). They exhibit great varieties of beautiful colors owing to the nanosized metal particles which were embedded in the glass matrix.

Semiconductor-doped glasses were, however, not so widespread used. One very important application of semiconductor-doped glasses are sharp cut-off glass filters. In most cases, Cd

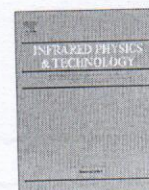
This article is part of the Topical Collection on Focus on Optics and Bio-photonics, Photonica 2017.

Guest Edited by Jelena Radovanovic, Aleksandar Krmpot, Marina Lekic, TrevorBenson, Mauro Pereira, Marian Marciniak.

✉ M. Gilic
martina@ipb.ac.rs

¹ Institute of Physics Belgrade, University of Belgrade, Pregrevica 118, Zemun 11080, Serbia

² Institute for Multidisciplinary Research, University of Belgrade, Kneza Visislava 1, Belgrade 11000, Serbia



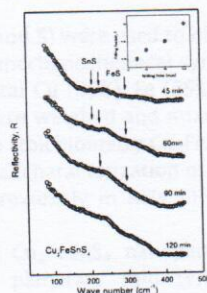
Regular article

Far-infrared study of the mechanochemically synthesized $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ (stannite) nanocrystalsJ. Trajic^{a,*}, M. Romcevic^a, N. Paunovic^a, M. Curcic^a, P. Balaz^b, N. Romcevic^a^a Institute of Physics, University of Belgrade, 11080 Belgrade, Serbia^b Institute of Geotechnics, Slovak Academy of Sciences, 043 53 Kosice, Slovakia

HIGHLIGHTS

- Stannite $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ nanocrystals were synthesized mechanochemically.
- Optical properties and compositional purity of $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ nanocrystals were characterized.
- Optical properties were investigated by Far-infrared spectroscopy.
- The influence of the milling time on synthesis of the stannite $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ was observed.

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 December 2017

Revised 22 February 2018

Accepted 22 February 2018

Available online 23 February 2018

Keywords:

Nanostructures

Optical properties

Far-infrared spectroscopy

ABSTRACT

The analysis of the optical properties of mechanochemically synthesized stannite $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ nanocrystals has been performed using far-infrared spectroscopy. The $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ stannite nanocrystals were synthesized mechanochemically from elemental precursors Cu, Fe, Sn, and S. Milling time was 45, 60, 90 and 120 min. Reflectivity spectra were analyzed using the classical form of the dielectric function, which includes the phonon and the free carrier contribution. The influence of milling time on synthesis of stannite $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ is observed. Among the modes that are characteristic for the stannite $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$, we registered the modes of binary phases of FeS and SnS. The total disappearance of the binary phases of FeS and SnS and forming pure $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ is observed when the milling time is 120 min. Effective permittivity of $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ and binary phases of FeS and SnS were modeled by Maxwell – Garnet approximation.

© 2018 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

Stannite ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$) is one of the best-known sulphide minerals, not only because of its economic importance as a tin ore, but also because of its structural and physical characteristics [1] such as adequate direct band gap (1.0–1.5 eV), low toxicity and a relatively high abundance of the elements in the Earth's crust [2]. Its constituents are abundantly available [3].

To deal with the increasingly severe energy crisis, research on high-efficient and low-cost solar cells is of pressing need and of

great significance. Various types of semiconductors such as CdTe, $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ and TiO_2 , have been extensively studied for thin film solar cells. Nevertheless, due to the toxicity of Cd and the limited availability of In and Ga, naturally abundant and non-toxic photo-voltaic materials are of considerable interest [4]. Quaternary semiconductor $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ is one of promising photovoltaic materials as an alternative absorber layer for the development of low-cost and environment-friendly thin film solar cells due to its analogous crystal structures to $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$, suitable band gap and high absorption coefficient [5].

Several low-cost, highly efficient, environmental friendly and easy-to operate methods have been developed for preparation of $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$, such as pulse laser and electro deposition [6], hot

* Corresponding author.

E-mail address: jelena@ipb.ac.rs (J. Trajic).



Optical properties of the mechanochemically synthesized $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ (stannite) nanocrystals: Raman study



J. Trajic^{a,*}, M. Romcevic^a, M. Petrovic^a, M. Gilic^a, P. Balaz^b, A. Zorkovska^b, N. Romcevic^a

^a Institute of Physics, University of Belgrade, 11080 Belgrade, Serbia

^b Institute of Geotechnics, Slovak Academy of Sciences, 043 53 Kosice, Slovakia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 28 September 2017

Received in revised form

25 October 2017

Accepted 28 October 2017

Keywords:

Nanostructures

Optical properties

X-ray diffraction

Raman spectroscopy

ABSTRACT

The analysis of the vibrational properties of mechanochemically synthesized stannite $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ nanocrystals has been performed. X-ray diffraction (XRD) and Raman spectroscopy are techniques used to characterize the crystal structure and compositional purity of stannite $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ nanoparticles. The detailed analysis of the experimental spectra has allowed us to determine the frequency and symmetry assignment of the main and weaker peaks. The milling time influence on synthesis stannite $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ from elemental precursors Cu, Fe, Sn and S is observed. Among the peaks that are characteristic for the stannite $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$, we registered the modes of binary phases of FeS and SnS. The total disappearance of the binary phases of FeS and SnS is observed when the milling time is longer than 90 min.

© 2017 Published by Elsevier B.V.

1. Introduction

Intensive research has been conducted on the development of earth-abundant solar cells to replace high-efficiency solar cells, which use the rare and expensive elements like In, Ga and Te and toxic elements like Cd and Se. Recently, a new approach has emerged for a large-scale fabrication of solar cells based on the synthesis of nanocrystals that can be either annealed into large-grain thin films for the second generation solar cells, or used it to fabricate into nanocrystal arrays for the third generation solar cells.

The quaternary chalcogenide $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ (CFTS) is important and interesting material because it has many suitable characteristics for photovoltaic and optoelectronic applications, such as adequate direct band gap (1.0–1.5 eV), low toxicity and a relatively high abundance of the elements in the Earth's crust [1], and its constituents are abundantly available [2].

Theoretical calculations have demonstrated that the presence of tetrahedrally coordinated copper atoms is a critical feature for the exhibition of good photovoltaic properties of chalcogenide absorbers [3]. $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ (CFTS) is a tetrahedrally coordinated semiconductor in which each sulphur anion is bonded to four cations and each cation is bonded to four sulphur anions, which enabled

$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ to be another possible earth-abundant alternative material for solar cell applications [4–6]. Compared with inefficient traditional sputtering [7] or evaporation [8] methods of preparing $\text{Cu}_2\text{II–IV–VI}_4$ group semiconductor materials, low-cost, highly efficient, environmental friendly and easy-to operate solution approaches have been studied widely, such as pulse laser and electro deposition [9], hot injection [10], electrospinning [11], dip coating [12], and microwave assisted approach [13–15]. However, these techniques are complex as well as time-consuming, and require high temperature, while in some cases it is necessary to use the toxic organic solvents. Mechanochemical treatment is a powerful technique for synthesis of a wide range of materials where the high energy milling is being applied to induce and speed up chemical reactions [16,17]. This approach is simple, solvent-free, and reproducible, and also the synthesis might be easily scaled up.

X-ray diffraction (XRD) and Raman spectroscopy are the most commonly used techniques to characterize the crystal structure and compositional purity of stannite $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ nanoparticles. In contrast with XRD based techniques, Raman scattering can provide more reliable information about the crystalline structure of the samples and the potential presence of structural and chemical inhomogeneities as secondary phases or polytypes, and also localize them spatially [18]. Various methods, including Raman spectroscopy of quaternary crystals have been the subject of intensive researches over the last few years. For example, Raman spectroscopy was used to analyze polycrystalline thin films of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ [2,19],

* Corresponding author.

E-mail address: jelena@ipb.ac.rs (J. Trajic).

UDK 621.315.59, 535.37

Optical Properties of CuSe Thin Films – Band Gap Determination

Milica Petrović^{1*)}, Martina Gilić¹, Jovana Ćirković², Maja Romčević¹,
Nebojša Romčević¹, Jelena Trajić¹, Ibrahim Yahia³

¹Institute of Physics, University of Belgrade, Pregrevica 118, Belgrade, Serbia

²The Institute for Multidisciplinary Research, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

³Nano-Science and Semiconductors Labs., Physics department, Faculty of Education, Ain Shams University, Roxy, Cairo, Egypt

Abstract:

Copper selenide thin films of three different thicknesses have been prepared by vacuum evaporation method on a glass substrate at room temperature. The optical properties of the films were investigated by UV-VIS-NIR spectroscopy and photoluminescence spectroscopy. Surface morphology was investigated by field-emission scanning electron microscopy. Copper selenide exhibits both direct and indirect transitions. The band gap for direct transition is found to be ~2.7 eV and that for indirect transition it is ~1.70 eV. Photoluminescence spectra of copper selenide thin films have also been analyzed, which show emission peaks at 530, 550, and 760 nm. The latter corresponds to indirect transition in investigated material.

Keywords: Copper selenide; Thin films; Semiconductors; UV-VIS-NIR spectroscopy; Photoluminescence spectroscopy.

1. Introduction

Copper selenides are interesting metal chalcogenide semiconductor materials. They exist in many phases and structural forms: different stoichiometry such as CuSe (klockmannite), Cu₂Se_x, CuSe₂ (marcasite), α -Cu₂Se (bellidoite), Cu₃Se₂ (umagnite), Cu₅Se₄ (athabaskite), Cu₇Se₄ etc., as well with non-stoichiometric form such as Cu_{2-x}Se (berzelianite), and can be constructed into several crystallographic forms (monoclinic, cubic, tetragonal, hexagonal, etc.). Their color ranges from blue black to bluish green depending on the type of stoichiometric composition. Special constitutions of these compositions make copper selenide an ideal candidate for scientific research.

Copper selenide is a semiconductor with p-type conductivity. It has both direct and indirect transitions so the presence of both band gaps, direct and indirect, is observed. The band gap of copper selenide is not well defined. Literature data are quite controversial: direct allowed transitions are reported to have corresponding band gap in the range of 2 to 3 eV, and indirect band gap between 1.1 and 1.5 eV [1-4]. The indirect band gap being near the optimum value for solar cell applications makes this material capable to potentially offer a high efficiency of conversion. However, copper selenide nanoparticles have been reported to

*) Corresponding author: milicap@ipb.ac.rs



Low-temperature photoluminescence of CuSe₂ nano-objects in selenium thin films

Martina Gilić^{1,*}, Milica Petrović¹, Jovana Ćirković², Novica Paunović¹,
Svetlana Savić-Sević¹, Željka Nikitović¹, Maja Romčević¹, Ibrahim Yahia³,
Nebojša Romčević¹

¹Institute of Physics Belgrade, University of Belgrade, Pregrevica 118, Belgrade, Serbia

²The Institute for Multidisciplinary Research, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

³Nano-Science and Semiconductors Labs., Physics Department, Faculty of Education, Ain Shams University, Roxy, Cairo, Egypt

Received 8 December 2016; Received in revised form 28 March 2017; Accepted 17 May 2017

Abstract

Thin films of CuSe₂ nanoparticles embedded in selenium matrix were prepared by vacuum evaporation method on a glass substrate at room temperature. The optical properties of the films were investigated by photoluminescence spectroscopy ($T = 20\text{--}300\text{ K}$) and UV-VIS spectroscopy ($T = 300\text{ K}$). Surface morphology was investigated by scanning electron microscopy. The band gap for direct transition in CuSe₂ was found to be in the range of 2.72–2.75 eV and that for indirect transition is in the range of 1.71–1.75 eV determined by UV-VIS spectroscopy. On the other hand, selenium exhibits direct band gap in the range of 2.33–2.36 eV. All estimated band gaps slightly decrease with the increase of the film thickness. Photoluminescence spectra of the thin films clearly show emission bands at about 1.63 and 2.32 eV at room temperature, with no shift observed with decreasing temperature. A model was proposed for explaining such anomaly.

Keywords: chalcogenides, thin films, optical properties, spectroscopy, SEM

1. Introduction

Selenides of copper (Cu-Se) exist in many phases and structural forms: i) stoichiometric forms, such as CuSe (klockmannite), Cu₂Se_x, CuSe₂ (marcasite), α -Cu₂Se (bellidoite), Cu₃Se₂ (umangite), Cu₅Se₄ (athabaskite), Cu₇Se₄ etc., as well as ii) non-stoichiometric forms, such as Cu_{2-x}Se (berzelianite). All those phases can be classified into several crystallographic forms (monoclinic, cubic, tetragonal, hexagonal, etc.). Copper selenide is a semiconductor with p-type conductivity, and has numerous applications in various devices, such as solar cells [1–3], photo detectors [4], optical filters [5], microwave shielding [6], thermoelectric converters [7], etc. Photovoltaic cells and Schottky diodes are also based on these metal chalcogenide compounds [8,9]. CuSe₂ is a superconductor at low temperatures with a transition temperature $T_C \sim 2.4\text{ K}$ [10], and has a weak ferro-

magnetic response below 31 K [11,12]. CuSe₂ is widely used as a precursor material for CuInSe₂ (CIS) and Cu(In,Ga)Se₂ (CIGS) preparation, suitable for highly efficient photovoltaic elements [13]. Also, CuSe₂ is used as a typical anion conductor and significant Cu-Se alloys targets for the preparation of CIGS/CIS thin film solar cells in RF magnetic sputtering [14].

Possible application of Cu-Se strongly depends on its optical properties. Despite the numerous publications of the optical properties of Cu-Se thin films, the estimated value of band gap of Cu-Se is not well defined. Cu-Se has both direct and indirect transitions, so the presence of both band gaps, direct and indirect, can be observed. Literature data are quite controversial: direct allowed transitions are reported to have corresponding band gap in the range of 2 to 3 eV, and indirect band gap between 1.1 and 1.5 eV [15–18]. The indirect band gap being near the optimum value for solar cell applications makes this material capable of potentially offer a high efficiency of conversion. However, Cu-Se nanoparticles

*Corresponding author: tel: +381 11 3713 036,
fax: +381 11 3713 052, e-mail: martina@ipb.ac.rs

UDK 531.3; 546.33

Cross Sections and Transport Properties for Na⁺ in (DXE) Gas

Željka D. Nikitović^{*)}, Martina D. Gilić, Milica S. Petrović, Nebojša Z. Romčević, Zoran M. Raspopović, Vladimir D. Stojanović

Institute of Physics, University of Belgrade, Pregrevica 118, Belgrade, Serbia

Abstract:

In this work we select most probable reactions of alkali metal ion Na⁺ with dimethoxyethane (DXE) molecule. Appropriate gas phase enthalpies of formation for the products were used to calculate scattering cross section as a function of kinetic energy with Denpoh-Nanbu theory. Calculated cross sections were compared with existing experimental results obtained by guided ion beam tandem mass spectrometry. Three body association reactions of ions with DXE is studied and compared to experimental results. Calculated cross sections were used to obtain transport parameters for alkali metal ion in DXE gas.

Keywords: DXE molecule, Na⁺, Monte Carlo simulation, Denpoh-Nanbu method.

1. Introduction

Field-assisted sintering technique/Spark plasma sintering (FAST/SPS) is a low voltage, direct current (DC) pulsed current activated, pressure-assisted sintering and synthesis technique [1]. It has been widely applied in materials processing in recent years.

Cold plasmas are often used in new technologies where they offer methods for nonintrusive production or modification of specific substances [2]. Main characteristics of these plasmas are their high electron temperature and low gas temperature. Dimethoxy-containing compounds, such as dimethoxyethane (DXE), can be produced from dimethyl ether by using dielectric barrier discharge (DBD) plasmas containing water vapor at atmospheric pressure [3]. As clear and colorless liquid at room temperature and atmospheric pressure, DXE is used as a precursor in production of ceramics [4] or as a sole compound to make other chemicals such as those used in lithium batteries production [5-8], superconductor production [9], nanoparticles synthesis [10-12], in etherification [13] etc.

Very limited information exists about processes taking place in these or similar complex plasmas. Therefore in this study we will analyze transport properties of ions in DXE gas since ions are not only inducing products of reactions but also large number of radicals.

At atmospheric pressure three body reactions of ions are of increasing complexity for modeling reaction kinetics. In many modeling cases information about the three body processes is missing. Denpoh-Nanbu theory (DNT) [14] can be exploited to calculate cross section sets as a function of the kinetic energy for cases where no or limited information is available about scattering data [15]. Nikitović et al. [16] showed how radiative association for three body reactions can be included into cross section set obtained by DNT. Approach presented in [16] is compared with existing experimental data for association cross section as a function of pressure [17] and showed good agreement at energies below few eV. Such information is of great importance in atmospheric pressure plasmas containing complex

^{*)} Corresponding author: zeljka@ipb.ac.rs

Raman spectroscopy study of anodic film on Ag₄₃Cu₃₇Zn₂₀ alloy

S. P. DIMITRIJEVIĆ^a, Z. Ž. LAZAREVIĆ^{b,*}, M. RAJČIĆ-VUJASINOVIĆ^c, S. B. DIMITRIJEVIĆ^d, M. PETROVIĆ^b, M. GILIĆ^b, B. M. JOKIĆ^e

^aInnovation Center Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

^bInstitute of Physics, University of Belgrade, P.O. Box 68, Belgrade, Serbia

^cTechnical Faculty in Bor, University of Belgrade, Bor, Serbia

^dMining and Metallurgy Institute Bor, Bor, Serbia

^eFaculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

The objective of this study was characterization of anodic film obtained when Ag₄₃Cu₃₇Zn₂₀ alloy was treated electrochemically in 3.5% wt. NaCl under potentiostatic conditions. At the potential of +0.25 V a complex multilayer film is formed. XRD shows that it consists of CuCl and zinc hydroxichlorides with a small amount of Cu₂O, probably formed in the film pores. The anodic film is a mixture of Cu₂O, CuCl, Zn₅(OH)₈·H₂O and β-Zn(OH)Cl. Phases of the alloy, Ag and Cu rich, show different anodic behavior. It was assumed that all phonon lines in the obtained Raman spectra were of the Lorentzian type, which is one of the common type of lines for this kind of analysis. Phases of Ag, CuCl, β-Zn(OH)Cl, Cu₂O and Zn₅(OH)₈(Cl)₂·H₂O were all registered by XRD.

(Received July 8, 2015; accepted September 29, 2016)

Keywords: Ag₄₃Cu₃₇Zn₂₀ alloy, Anodic film, Brazing materials, Raman spectroscopy

1. Introduction

Silver based brazing filler alloy are used for joining most ferrous and nonferrous metals, except Al and Mg. This classification includes a range of silver based filler metal compositions which may have various additions such as Cu, Zn, Cd, Sn, Mg, Ni and Li.

Generally speaking, the addition of Zn lowers the melting temperature of the Ag-Cu binary alloys and helps wet Fe, Co and Ni. Cd is also effective in lowering the brazing temperature of these alloys and assists in wetting a variety of base metals. Especially, Cd and Zn are vaporized during brazing.

The joining technique of copper alloy to steel has been widely applied in nuclear, aerospace and industry fields [1-3]. The conventional fusion welding of these materials usually leads to the irregularity interface and welding deficiency between copper alloy and steel [4, 5].

Silver based brazing filler alloys are commercially available as both wrought and cast products, including wire and cable, sheet, strip, plate, rod, bar, tubing, forgings, extrusions, castings and powder metallurgy shapes. Certain mill products, chiefly wire, cable and most tubular products, are used by customers without further metal working. On the other hand, most flat rolled products, rod, bar, mechanical wire, forgings and castings go through multiple metal working, machining, finishing and/or assembly operations before emerging as finished products.

Electrochemical properties in chloride solutions of the alloys that belong to the Ag-Zn-Cu system are investigated

recently [6, 7]. These alloys do not show an anodic passive film region on polarization curves, although they have anodic film on the surface. The aim of the present work was to structural and spectroscopic study of electrochemically treated Ag-Cu-Zn alloy in 3.5% wt. NaCl.

2. Experimental procedures

The silver (99.99%), copper (99.99%) and zinc (99.995%) for electrode preparation were produced by recycling process. More details of the process and analytics can be found elsewhere [8-10]. The alloy for the electrode was prepared by ingot metallurgy method in two phases. The second, repeated, process was required due to high zinc losses for small charges. The obtained ingot was machined into cylinders with 7.14 mm diameter. It was subjected to homogenization annealing at 600 °C ($T=0.92 T_{melt}$) for 24 h in nitrogen atmosphere and slowly cooled for the next 8 h to the room temperature in the same protective atmosphere. Finally, the specimen was mounted in polytetrafluoroethylene mould. Chemical composition (wt.%) of the alloy used in the present study was 43.5% Ag, 37.7% Cu, 18.8% Zn, and trace amounts (in total less than 20 wt. ppm) of Pb, Sn, Ni, Fe and Cd, according chemical analysis performed by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy. This composition fulfills requirements of BS1845:1984 Ag5 standard [11].

All chemicals were of analytical grade produced by Merck (Germany). All solutions were prepared with ultra-

Optical properties of $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ nanoparticles: off-resonance Raman spectroscopy

M. PETROVIĆ, M. ROMČEVIĆ, R. KOSTIĆ, N. ROMČEVIĆ, W. D. DOBROWOLSKI^a, M. GILIĆ, B. HADŽIĆ, J. TRAJIĆ, D. STOJANOVIĆ, Z. LAZAREVIĆ

Institute of Physics, Pregrevica 118, Belgrade, 11080 Serbia

^aInstitute of Physics PAS, Lotnikow 32/46, Warsaw, 02-668 Poland

$\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ nanoparticles ($x=0.05-0.4$) with average particle size of about 2.2nm were synthesized using the colloidal chemistry method and characterized by Raman scattering measurements. The dominant Raman line of $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ nanoparticles was at about 300cm^{-1} showing asymmetric broadening for $\omega < 300\text{cm}^{-1}$. Significant change in the line intensity for different Mn content x and excitation wavelength λ was noticed.

(Received February 4, 2015; accepted April 5, 2016)

Keywords: Nanostructured materials, Semiconductors, Optical properties, Raman spectroscopy

1. Introduction

$\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ nanoparticles (NPs) with size quantum confinement belong to the diluted magnetic semiconductor quantum dot class of materials that has been widely studied in the last few years. The study of diluted magnetic semiconductors, such as $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ quantum dots, is strongly motivated due to the localization of magnetic ions in the same places as the free-like electron and hole carriers occurring in these nanomaterials [1,2]. This interesting phenomenon causes unique properties in diluted magnetic semiconductor dots that can be explored in different technological applications, such as wavelength tunable laser [3], solar cells [4,5], spintronic devices [6], etc. $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ is a typical example of diluted magnetic semiconductor. Mn^{2+} ions can be incorporated in $\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}}$ semiconductor host in large proportions without substantially altering the crystallographic quality of the material. Finally, Mn^{2+} ion is electrically neutral in an $\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}}$ host, thus avoiding the formation of any acceptor or donor impurities in the crystal.

Vibrational spectroscopy (Raman spectroscopy) is a powerful, non-destructive technique sensitive to local environment, ideal for *in site* probing during growth and device fabrication and operation [7]. Similar as for the bulk materials, Raman spectroscopy provides information about optical vibrational modes of semiconductor nanoparticles [8-10].

In this paper, we present a continuation of our effort to understand the properties of powders consisting of nanosized diluted magnetic semiconductors prepared using colloidal chemistry method. The influence of the composition and the excitation wavelength on the Raman active vibrations were studied in detail.

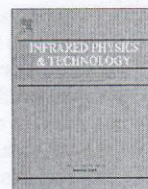
2. Synthesis and characterization

Colloidal dispersions consisting of $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ NPs were prepared by mixing a solution containing $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ and MnSO_4 with a solution containing Na_2S in the presence of surface active agent hexametaphosphate (NaPO_3)₆. The concentration of cations ($[\text{Cd}^{2+}] + [\text{Mn}^{2+}]$) was constant ($2 \times 10^{-3}\text{M}$), while S^{2-} ions were used in excess ($2.4 \times 10^{-3}\text{M}$). The concentration of $(\text{NaPO}_3)_6$ was $2 \times 10^{-2}\text{M}$. Light and air were excluded during the preparation of this colloid. After precipitation of colloidal particles, the solvent was removed by vacuum evaporation at room temperature. The obtained yellow powders could be redissolved in water to give a colloid with the same structured absorption spectrum as the solution before evaporation. The content of Mn^{2+} ions was up to $x=0.3$ and was checked out by X-ray dispersive fluorescence analysis technique. This technique gives results with uncertainty of 10%.

The X-ray diffraction analysis of $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ NPs showed hexagonal wurtzite crystal structure. UV-Vis absorption spectra were recorded on Perkin-Elmer Lambda 5 instrument. A blue shift of the absorption onset of the $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ nanoparticles compared to the bulk $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ was about 0.3eV. The radius of the particles was calculated using an effective mass approximation model [11]. The calculated value for the particle size of $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$ nanoparticles was found to be 2.2nm. The results of experimental and theoretical studies of the Raman active vibrations in nanosized CdS crystals we reported in Ref. [12].

3. Results and discussion

The unpolarized Raman spectra were excited by 488, 496.5, 501.7 and 514.5nm lines of an argon laser in the



Structural and optical properties of CuSe₂ nanocrystals formed in thin solid Cu–Se film



M. Gilić^{a,*}, M. Petrović^a, R. Kostić^a, D. Stojanović^a, T. Barudžija^b, M. Mitrić^b, N. Romčević^a, U. Ralević^a, J. Trajić^a, M. Romčević^a, I.S. Yahia^c

^a Institute of Physics, University of Belgrade, Pregrevica 118, 11080 Belgrade, Serbia

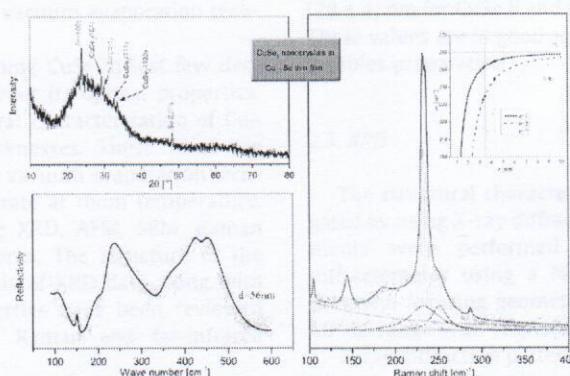
^b Vinca Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

^c Nano-Science & Semiconductor Labs., Physics Department, Faculty of Education, Ain Shams University, Roxy, Cairo, Egypt

HIGHLIGHTS

- Two-phase-system, low-pressure modification of CuSe₂ and solid solution Cu in Se.
- Raman and far-infrared spectra show 10 modes that belong to hexagonal Se and CuSe₂.
- Continuum medium model of optical phonon confinement in CuSe₂ nanocrystal.
- Maxwell-Garnett mixing rule was applied.

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Article history:

Received 28 January 2016

Revised 11 March 2016

Accepted 14 March 2016

Available online 14 March 2016

Keywords:

Thin films

Optical properties

Spectroscopy

Maxwell-Garnett mixing model

ABSTRACT

This paper describes the structural and optical properties of Cu–Se thin films. The surface morphology of thin films was investigated by atomic force microscopy (AFM) and scanning electron microscopy (SEM). Formation of Cu–Se thin films is concluded to proceed unevenly, in the form of islands which later grew into agglomerates. The structural characterization of Cu–Se thin film was investigated using X-ray diffraction pattern (XRD). The presence of two-phase system is observed. One is the solid solution of Cu in Se and the other is low-pressure modification of CuSe₂. The Raman spectroscopy was used to identify and quantify the individual phases present in the Cu–Se films. Red shift and asymmetry of Raman mode characteristic for CuSe₂ enable us to estimate nanocrystal dimension. In the analysis of the far-infrared reflection spectra, numerical model for calculating the reflectivity coefficient of layered system, which includes film with nanocrystalite inclusions (modeled by Maxwell-Garnett approximation) and substrate, has been applied.

© 2016 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

Copper selenide is a metal chalcogenide semiconductor which exists in many phases and crystallographic forms:

different stoichiometric such as CuSe (mineral klockmannite), Cu₂Se, CuSe₂ (mineral marcasite), Cu₃Se₂ (mineral umangite), Cu₅Se₄ (mineral athabaskite), Cu₇Se₄ as well as in non-stoichiometric form as Cu_{2–x}Se (mineral berzelianite) and can be constructed into several crystallographic forms (monoclinic, cubic, tetragonal, orthorhombic, hexagonal, etc.). The phase diagram of copper–selenium system [1] shows us that the

* Corresponding author.

E-mail address: martina@ipb.ac.rs (M. Gilić).



Optical properties of layered III–VI semiconductor γ -InSe:M ($M = \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$)



Aleksandra Milutinović^a, Zorica Ž. Lazarević^{a,*}, Milka Jakovljević^a, Branka Hadžić^a,
Milica Petrović^a, Martina Gilić^a, Witold Daniel Dobrowolski^b, Nebojša Ž. Romčević^a

^a Institute of Physics, University of Belgrade, P.O. Box 68, Pregrevica 118, Zemun, Belgrade, Serbia

^b Institute of Physics, Polish Academy of Science, 02-668 Warsaw, Poland

ARTICLE INFO

Article history:

Received 26 August 2015

Received in revised form

30 October 2015

Accepted 31 October 2015

Available online 5 November 2015

Keywords:

Layered compounds

Crystal growth

X-ray diffraction

Raman spectroscopy

Electronic structure

ABSTRACT

Indium selenide belongs to layered III–VI semiconductors with highly anisotropic optical and electronic properties. Energy gap of 1.32 eV makes this material very attractive for solar energy conversion. We investigated the influence of 1% 3-d transition metals $M = \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$, used as dopants, on energy levels of InSe:M in the range 1.4–6.5 eV and especially in the range of energy gap < 1.4 eV by means of ellipsometric measurements. It was concluded that at ambient temperature foregoing dopants, all divalent, with $4s^2$ valent electrons, in the similar way influenced on blue-shift of energy levels in valent zone, but did not influence on the fundamental energy gap. Photoluminescence measurements confirmed blue-shift of the valent zone energy levels and an existence of deep impurity levels.

© 2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Layered semiconductors are of great interest because they have highly anisotropic optical and electronic properties and relatively inert basal planes. Because of these properties, layered semiconductors are often used as photochemical electrodes. Indium selenide, with its direct energy gap in near infrared energy range [1,2], is an attractive material for solar energy conversion. Absence of dangling bonds on the (0 0 1) plane is an additional advantage for application as heterojunction device with a low density of interface states.

The layers of InSe crystals consist of covalently bonded Se–In–In–Se sheets with three Se atoms coordinated to one In atom. Covalent In–In bonds are oriented perpendicular to the layers. The bonding between the layers is weak, predominantly of Van der Waals type and, as in the other layered III–VI semiconductors, there exist several crystals polytypes.

There are three most common polytypes which differ by the stacking sequences of the layers. They are described as β - (space group $P6_3mmc$), ϵ - ($P-6m2$) and γ -polytypes ($R3m$). The β - and ϵ -polytypes belong to the hexagonal system and each unit cell contains eight atoms extended over two layers. The γ -polytype has rhombohedral symmetry and its unit cell contains four atoms.

When the unit cell is transformed to the hexagonal system for the comparison with other polytypes, the non-primitive unit cell contains twelve atoms extended over three layers. There is also multiplied hexagonal modification δ - ($P6_3mc$), as well as multiplied rhombohedral 9R and 12R modifications [3–5].

The Bridgman-grown InSe crystals are usually of γ -polytype with rhombohedral (trigonal) symmetry. At low temperatures photoluminescence (PL) spectra of pure InSe has two visible bands usually: one, at higher energy, very exaggerate band corresponds to a direct transition and the second, weaker band presents an indirect transition. In some InSe crystals an indirect transition can be dominant [6,7]. The presence of large concentrations of native donors and acceptors, results in the existence of corresponding levels in the InSe energy gap. Complicated structure of PL spectra, especially at temperatures higher of 100 K, is due to the presence of energy levels of various natures in the InSe energy gap. PL spectra of different samples show various PL spectra structure. The quality of the samples affects the structure of PL spectra. In Ref. [8] is investigated the temperature dependence of various PL bands that appear in the range of 100 to 295 K. At $T = 295$ K the direct and indirect energy gaps are $E_g^d = 1.324$ eV and $E_g^i = 1.270$ eV, respectively. The binding energies of the free direct and indirect excitons are $E_X^d = 16.9$ meV and $E_X^i = 13.0$ meV. The energy depths of the donor level below the conduction band bottom and acceptor level above the valence band top are $E_D = 26$ meV and $E_A = 60$ meV, respectively.

Doping impurities in InSe mainly segregate in interlayer

* Corresponding author. fax: +381 11 3160 531.

E-mail address: izorica@yahoo.com (Z.Ž. Lazarević).

UDK 677.017.5; 543.42

Raman Spectroscopy of Optical Properties In Cds Thin Films

J. Trajić^{1*}, M. Gilić¹, N. Romčević¹, M. Romčević¹, G. Stanišić¹,
B. Hadžić¹, M. Petrović¹, Y.S. Yahia²

¹Institute of Physics, P.O. Box 68, University of Belgrade, 11080 Belgrade, Serbia

²Nano-Science& Semiconductor Labs., Department of Physics, Faculty of Education, Ain Shams University, Roxy, Cairo, Egypt

Abstract:

Properties of CdS thin films were investigated applying atomic force microscopy (AFM) and Raman spectroscopy. CdS thin films were prepared by using thermal evaporation technique under base pressure 2×10^{-5} torr. The quality of these films was investigated by AFM spectroscopy. We apply Raman scattering to investigate optical properties of CdS thin films, and reveal existence of surface optical phonon (SOP) mode at 297 cm^{-1} . Effective permittivity of mixture were modeled by Maxwell – Garnet approximation.

Keywords: Thin films, Crystal growth, Phonons, Atomic force microscopy, Raman spectroscopy

1. Introduction

Thin film polycrystalline semiconductors have attracted great interest in an expanding variety of applications in various electronic and optoelectronic devices. Thin films now occupy a prominent place in basic research and solid state technology. The technological interest in polycrystalline based devices is mainly caused by their very low production costs.

Among the II – VI semiconductors, CdS polycrystalline thin film is a representative material. Cadmium sulphide (CdS) is a very useful optoelectronic [1, 2], piezo – electronic [3] and semiconducting material. It has a wide direct band gap (2.42 eV) so has been used as a window material together with several semiconductors such as CdTe, Cu₂S and CuInSe₂ [4].

The deposition of CdS films has been explored by different techniques: sputtering, thermal evaporation, chemical bath deposition, and molecular beam epitaxy [5 – 9] in each of these methods polycrystalline, uniform and hard films are obtained, and their electrical properties are very sensitive to the method of preparation.

In the case of crystal with relatively small dimension, in the frequency range between bulk longitudinal optical phonon frequency (ω_{LO}) and transversal optical phonon frequency (ω_{TO}), a new mode known as a surface phonon mode appears.

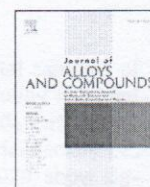
It is well established that for the case of real crystal, when their dimension is relatively small, surface modes and effects of dimension will be also manifested in addition to the normal mode of infinite lattice. When dimension become extremely small, only the surface mode persist [10].

^{*}) Corresponding author: jelena@ipb.ac.rs



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Alloys and Compounds

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/jalcom>

Far-infrared spectroscopy of $Zn_{1-x}Mn_xGeAs_2$ single crystals: Plasma damping influence on plasmon – Phonon interaction



N. Romcevic^{a,*}, M. Romcevic^a, W.D. Dobrowolski^b, L. Kilanski^b, M. Petrovic^a, J. Trajic^a, B. Hadzic^a, Z. Lazarevic^a, M. Gilic^a, J.L. Ristic-Djurovic^a, N. Paunovic^a, A. Reszka^b, B.J. Kowalski^b, I.V. Fedorchenko^{c,d}, S.F. Marenkin^{c,d}

^a Institute of Physics, University of Belgrade, Pregrevica 118, 11080 Belgrade, Serbia

^b Institute of Physics, Polish Academy of Science, 02-668 Warsaw, Poland

^c Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry RAS, 119991 Moscow, Russia

^d National Institute of Science and Technology, MISIS, Moscow, Russia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 June 2015

Received in revised form

8 July 2015

Accepted 10 July 2015

Available online 13 July 2015

Keywords:

Semiconductors

Electron–phonon interactions

Light absorption and reflection

ABSTRACT

The interest in thorough description of $Zn_{1-x}Mn_xGeAs_2$ arises from its suitability for application in the field of non-linear optics. The room temperature far-infrared reflectivity spectra of single crystals $Zn_{1-x}Mn_xGeAs_2$, where $0 \leq x \leq 0.078$, were measured in the spectral range from 80 cm^{-1} to 500 cm^{-1} . The spectra were analyzed by fitting procedure using a dielectric function which includes interaction between a plasmon and two different phonons. The detected phonons are in excellent agreement with the theoretical predictions. The MnAs cluster phonons are detected, as well.

© 2015 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

Ternary semiconductors of the form II-IV-V₂ are crystal-chemicals that are electrical twins of semiconductors of the form III-V. Ordered replacement of the atom III in a semiconductor by the atoms II and IV in a ternary semiconductor causes doubling of the unit cell size in the direction of the *c*-axis and consequent reduction of symmetry from the cubic to the tetragonal. For example, a representative of this group of materials, $ZnGeAs_2$ with the twin semiconductor GaAs, crystallizes in the chalcopyrite structure.

A diluted magnetic semiconductor whose Curie temperature is as high as 300 K can be obtained by doping $ZnGeAs_2$ with Mn [1,2]. The non-linear optical coefficients of the resulting alloy, i.e., of $Zn_{1-x}Mn_xGeAs_2$, are large [3], and its direct energy gap corresponding to $T = 300 \text{ K}$ at the Γ point of the Brillouin zone is $E_g = 1.15 \text{ eV}$ [4]. Due to these characteristics, the described material is suitable for application in the non-linear optics; hence the interest for its other attributes.

The plasmons of free carriers and the longitudinal-optical (LO) phonons interact through their macroscopic electric fields, and the

result is appearance of the coupled LO phonon-plasmon modes (CPPMs). The vast majority of published studies are devoted to the *n*-type semiconductors and the interaction of a single phonon with effective plasmons. The studies involving the influence of the plasmon damping on the CPPM followed somewhat later [5]. For example, for low damping rates in the *n*-type GaAs, the coupled modes can be classified in an upper L_+ branch and a lower L_- branch. With the increase in the carrier density, i.e., plasma frequency, the nature of the upper mode changes in energy from the LO phonon-like to a plasmon-like. The change in the lower frequency mode occurs the other way around, reaching the transverse-optical (TO) phonon energy for large plasmon energy. The distinction between the upper and lower mode becomes meaningless for large plasmon damping. In this case, one mode is more phonon-like with energy ω_{LO} for $\omega_p = 0$ and ω_{TO} for $\omega_p \gg \omega_{LO}$, with nearly pure phonon damping in both cases, whereas the other mode is an overdamped plasmon mode. Further, it is the plasma with high mobilities and low effective masses of the carriers that is often considered, in which case is enabled the detection of low, L_- , and high, L_+ , energy branch of the CPPM [6,7].

Despite the early theoretical prediction of the interaction between two phonons and a plasmon [8], experimental confirmations are rare [9–11]. As for the influence of the plasmon damping on the

* Corresponding author.

E-mail address: romcevi@ipb.ac.rs (N. Romcevic).



Structural properties and luminescence kinetics of white nanophosphor YAG:Dy



M.S. Rabasovic^{a,*}, D. Sevic^a, J. Krizan^b, M.D. Rabasovic^a, S. Savic-Sevic^a, M. Mitric^c, M. Petrovic^a, M. Gilic^a, N. Romcevic^a

^a Institute of Physics, University of Belgrade, P.O. Box 68, Pregrevica 118, 11080 Belgrade, Serbia

^b AMI, d. o. o., Ptuj, Slovenia

^c Vinca Institute of Nuclear Science, University of Belgrade, P.O. Box 522, 11001 Belgrade, Serbia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 23 October 2015

Received in revised form 3 November 2015

Accepted 3 November 2015

Available online 6 November 2015

Keywords:

Y₃Al₅O₁₂

Dy³⁺

Nanopowders

Phosphor

Lifetime

ABSTRACT

Dysprosium (Dy³⁺ ions) doped YAG nanopowders were prepared by the solution combustion synthesis (SCS) method and undoped yttrium aluminum garnet (YAG, Y₃Al₅O₁₂) single crystal was grown by the Czochralski technique. The structure of the prepared materials has been confirmed and characterized using X-ray powder diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM), Raman and photoluminescence (PL) spectroscopy. PL spectra were acquired using Optical Parametric Oscillator (OPO) excitation tuned at 350 nm. Several emission bands in Dy³⁺ emission spectrum were observed in the blue (470–500 nm), yellow (560–600 nm), red (660–685 nm) and infra-red (750–780 nm) regions, corresponding to ⁴F_{9/2}–⁶H_{15/2}, ⁴F_{9/2}–⁶H_{13/2}, ⁴F_{9/2}–⁶H_{11/2}, ⁴F_{9/2}–(⁶H_{9/2} + ⁶H_{11/2}) transitions in the 4f levels of Dy³⁺ ions, respectively. By using the Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) chromaticity diagram of emission spectra it has been shown that this material can be used as a source of a white light. The result of lifetime analysis of the ⁴F_{9/2} level in dysprosium ion has been reported, as well.

© 2015 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

Yttrium Aluminum Garnet (YAG) is a well-known crystalline material with many interesting optical and mechanical properties. It has a cubic garnet crystallographic structure with isotropic thermal expansion and homogeneous optical properties without birefringence effects [1,2]. Due to the structural properties of YAG, it is widely used as a host in solid state lasers, luminescence materials and scintillators [3,4].

Rare earth ions luminescence has been extensively used in applications as the active ions in phosphors for development of flat panel displays, plasma display panels (PDPs), thin film electroluminescent devices (TFEL), white light emitting diode (LED). Trivalent rare-earth ions have a partially filled 4f shell that is well shielded by 5s² and 5p⁶ orbitals. The 4f–4f inner-shell transitions in trivalent rare-earth ions allow the expression of features such as high luminescence yield, narrow emission line, and long decay time constant. Because of this, most rare-earth elements are doped into many light emitting materials and laser materials [5,6].

Due to its high optical transparency (it remains transparent through the whole visible region), YAG is ideal for studying of rare

earth ions in both diluted and concentrated form. As the size of lanthanide ions decreases with the increase of atomic number, $r(La) \gg r(Lu)$, single rare earth garnets exist only for rare-earth ions with at least seven 4f electrons. Others, with less than seven 4f electrons, can replace just a certain percentage of Y³⁺ ions. The electronic structure of dysprosium is 1s²2s²2p⁶3s²3p⁶4s²3d¹⁰4p⁶5s²4d¹⁰5p⁶6s²4f¹⁰ – 10 of 14 possible electrons in the last 4f shell. So, the structure Dy₃Al₂(AlO₄)₃ is indeed possible. If we look at the size of Y³⁺ and Dy³⁺, the difference is only 0.69%, the radius of Dy³⁺ ion is 1.167 Å and radius of Y³⁺ ion (1.159 Å) as is depicted in Fig. 1(a).

Structural and optical properties of YAG and Nd:YAG single crystals have been analyzed previously using XRD, Raman and IR spectroscopy [7]. Nd:YAG single crystal is a well-known lasing material for more than 30 years. Now, we have extended our research to YAG:Dy phosphors. When the Dy³⁺ ions are incorporated in the host crystal field with wide band gap, the visible emission of these ions manifolds mainly in the blue and yellow spectral regions. The energy level scheme of Dy³⁺ ions in YAG phosphor is presented in Fig. 1(b). The investigations regarding the ratio of blue and yellow transition of the Dy³⁺ ions indicate that the lightly doped samples should be considered for the production of the white light emission [8,9].

The aim of this paper is to present the results of experimental investigation of Dy³⁺ doped YAG nanopowders, annealed at

* Corresponding author.

E-mail address: majap@ipb.ac.rs (M.S. Rabasovic).

Raman study of surface optical phonons in ZnO(Co) nanoparticles prepared by calcinations method

B. HADŽIĆ^a, N. ROMČEVIĆ^a, M. ROMČEVIĆ^a, I. KURLISZYN-KUDELSKA^b, W. DOBROWOLSKI^b, M. GILIĆ^a, M. PETROVIĆ DAMJANOVIĆ^a, J. TRAJIĆ^a, U. NARKIEWICZ^c, D. SIBERA^c

^aInstitute of Physics, University of Belgrade, Pregrevica 118, 11 080 Belgrade, Serbia

^bInstitute of Physics, Polish Academy of Science, al. Lotnikow 32/46, 02-668 Warszawa, Poland.

^cSzczecin University of Tehnology, Institute of Chemical and Environment Engineering, Pulaskiego 10, 70-322 Szczecin, Poland

In Raman scattering spectra of nanocrystalline samples ZnO(Co), surface optical phonons (SOP) were observed in the range of 496 – 546 cm^{-1} . With X - ray diffraction measurements were determined the phase composition of the samples (ZnO, Co_3O_4) and the mean crystalline size (14-156 nm) where 53% of samples have mean crystalline size between 14 and 30 nm, 24% between 40 and 60nm, 17% larger than 100 nm and 6% have 80 nm. From this measurement becomes obvious the change of position of SOP modes with crystalline size and change of intensity of SOP modes with change of CoO concentration of doping element.

(Received October 10, 2013; accepted May 15, 2014)

Keywords: Nanostructured materials, Optical properties, Light absorption and reflection

1. Introduction

The synthesis and the properties of nanoscale inorganic materials has been attracted great interest, especially nanostructures made of ZnO and ZnO-related compounds due to their large expected spectra of applications. Some of them are in the quality of transparent conducting electrodes for solar cells and flat panel displays, in spintronic devices, transparent ultraviolet protection films and low-voltage and short-wavelength electro-optical devices [1,2].

It has been observed that ZnO is most promising host semiconductor material for high temperature ferromagnetism, because it exhibits ferromagnetism when it is doped with majority of the transition metals such as Co, Ni, Cr, Fe, V [3].

Raman scattering has been a method of choice for many studies of vibrational properties of ZnO, for bulk materials, thin films and nanostructure samples, both pure and doped due to its characteristics of an ideal sensitive, non-destructive tool. It permits obtaining information about the sample quality, presence of impurities and their position in host lattice as well as information about phonon lifetimes and isotopic effects [4, 5]. In ZnO and ZnO-related compounds with Raman scattering has been studied local atomic arrangement, dopant incorporation, electron-phonon coupling, multi phonon process, influence of annealing process, temperature dependence of Raman modes and others [6-11].

For nanostructures of ZnO the appearance of surface optical phonon (SOP) modes in Raman spectra is expected because of their large surface-to-volume ratio. This is the reason why the state of surface atoms have important role

in determining their properties. Surface modes are only modes that persist when dimensions becomes extremely small. With this we can say that SOP modes are Raman forbidden modes whose presence is related to loss of long-range order and symmetry breakdown in ZnO shell [12,13]. All this can be found in many papers predicted theoretically and/or detected experimentally for ZnO nanostructures [12].

The aim of this work is to study samples characteristics, by applying micro-Raman spectroscopy to study the Co ion position in ZnO lattice, the formation of existing phases, presence of SOP modes and quality of the samples in dependence of CoO concentration.

2. Samples and characterization

The nanocrystalline samples of ZnO doped with CoO were obtained using of the coprecipitation-calcination method. In this method a mixture of cobalt and zinc hydroxides was obtained by addition of an ammonia solution or 2M solution of KOH to the 20% solution of a proper amount of $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ in water. Next, the obtained hydroxides were filtered, dried at 70 °C and calcined at 300 °C during one hour. Nanopowders obtained on this way were pressed into indium panel.

This method allowed obtaining the series of nanosized ZnO samples with nominal concentration of CoO from 5% to 95%. In this paper we present the results of micro-Raman spectroscopy for all obtained samples as well as the changes of intensity of modes with concentration of CoO.

DETERMINATION OF MICROSTRUCTURAL CHANGES BY SEVERELY PLASTICALLY DEFORMED COPPER-ALUMINUM ALLOY: OPTICAL STUDY

N. Romčević^{1*}, M. Gilić¹, I. Anžel², R. Rudolf^{2,3}, M. Mitrić⁴, M. Romčević¹, B. Hadžić¹,
D. Joksimović⁵, M. Petrović Damjanović¹, M. Kos^{2,6}

¹ University of Belgrade, Institute of Physics, Belgrade, Serbia; ² University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Slovenia; ³ Zlatarna Celje d.d., Slovenia; ⁴ Institute Vinca, University of Belgrade, Belgrade, Serbia; ⁵ Megatrend University, Belgrade, Serbia; ⁶ Sykofin d.o.o., Maribor, Slovenia

(Received 21 January 2014; accepted 17 March 2014)

Abstract

Our work deals with the problem of producing a complex metal-ceramic composite using the processes of internal oxidation (IO) and severe plastic deformation. For this purpose, Cu-Al alloy with 0.4wt.% of Al was used. IO of sample serves in the first step of the processing as a means for attaining a fine dispersion of nanosized oxide particles in the metal matrix. Production technology continues with repeated application of severe plastic deformation (SPD) of the resulting metal-matrix composite to produce the bulk nanoscaled structural material. SPD was carried out with equal channel angular pressing (ECAP), which allowed that the material could be subjected to an intense plastic strain through simple shear. Microstructural characteristics of one phase and multiphase material was studied on internally oxidized Cu with 0.4wt.% of Al sample composed of one phase copper-aluminum solid solution in the core and fine dispersed oxide particles in the same matrix in the mantle region. In this manner AFM, X-ray diffraction and Raman spectroscopy were used. Local structures in plastically deformed samples reflect presence of Cu, CuO, Cu₂O, Cu₄O₃ or Al₂O₃ structural characteristics, depending on type of sample.

Key words: metals; oxides; atomic force microscopy; Raman spectroscopy; microstructure.

1. Introduction

An attractive and viable approach for improving the strength of copper is to introduce fine Al₂O₃ particles into the Cu matrix, resulting in an oxide dispersion strengthening of the alloys (ODS alloy). A copper matrix containing fine nano-sized particles is attractive for its excellent combinations of thermal and electrical conductivity and overall microstructural stability. Internal oxidation (IO) can be used in order to achieve the fine Al₂O₃ particles in the Cu matrix.

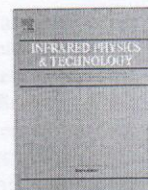
Internal oxidation (IO) is a diffusion-controlled process involving selective reactions of a less noble solute or second phase particles with oxygen (also nitrogen or carbon) diffusing in from the surface. The phenomenon is well understood for single phase solid solutions and can be interpreted according to the known theoretical models. From a technological standpoint the process can be used for oxide dispersion strengthening of alloys (ODS alloy) which retain improved mechanical properties at high temperatures [1]. Tensile strength of ODS alloys can be improved additionally by severe plastic

deformation, which can be achieved with equal channel angular pressing (ECAP), Figure 1 [2]. The ECAP process is a novel technique for producing ultra-fine grain structures on the submicron level by introducing a large amount of shear strain into the materials without changing the billet shape or dimensions [3]. Previous research on grain refinement and microstructural characteristics during the ECAP process are based mainly on one phase materials such as Cu and Al [4-6].

The influence of oxides or precipitates on the microstructural characteristic during the ECAP process has been investigated rarely. In fact the combination of IO and the ECAP process has not yet been studied and no information is available.

This paper describes the influence of the ECAP process on the microstructural characteristic of one phase and multiphase materials. The microstructural features in one phase and multiphase material were studied on partially internally oxidized Cu-0.4wt.%Al sample, composed of one phase copper-aluminum solid solution in the core and fine dispersed oxide particles in the same matrix in the mantle region.

* Corresponding author: romcevi@ipb.ac.rs



Far-infrared spectroscopy of CdTe_{1-x}Se_x(In): Phonon properties



M. Petrović^a, N. Romčević^{a,*}, J. Trajčić^a, W.D. Dobrowolski^b, M. Romčević^a, B. Hadžić^a, M. Gilić^a,
A. Mycielski^b

^a Institute of Physics, University of Belgrade, Pregrevica 118, 11080 Belgrade, Serbia

^b Institute of Physics, Polish Academy of Science, 02-668 Warsaw, Poland

HIGHLIGHTS

- Optical properties were investigated applying far-infrared spectroscopy.
- Dielectric function which includes spatial distribution of free carriers were used.
- The long wavelength optical phonons exhibit a two-mode behavior.
- The local In mode at about 160 cm⁻¹ is observed.
- Surface layers with a low concentration of free carriers are formed.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 10 June 2014

Available online 23 August 2014

Keywords:

Semiconductors

Electron-phonon interactions

Light absorption and reflection

ABSTRACT

The far-infrared reflectivity spectra of CdTe_{0.97}Se_{0.03} and CdTe_{0.97}Se_{0.03}(In) single crystals were measured at different temperatures. The analysis of the far-infrared spectra was carried out by a fitting procedure based on the dielectric function which includes spatial distribution of free carriers as well as their influence on the plasmon-phonon interaction. We found that the long wavelength optical phonon modes of CdTe_{1-x}Se_x mixed crystals exhibit a two-mode behavior. The local In mode at about 160 cm⁻¹ is observed. In both sample, a surface layer with a low concentration of free carriers (depleted region) are formed.

© 2014 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

The II–VI semiconductors have been extensively studied due to their effective use in optoelectronic industry. These compounds are commonly used in many established commercial electronic and optoelectronic devices operating in blue to ultraviolet spectral regions such as visual displays, high-density optical memories, transparent conductors, solid-state laser devices, photo detectors, solar cells, etc. These compounds crystallize in zinc-blende and wurtzite structure. These structures are the combination of the tetrahedral sp³ bonded lattice sites with the outermost cations d-states influencing the bonding. These states lie in or close to the energy range of the usual valence states which affect the band structure and optical properties [1]. Energy gaps for II–VI semiconductors are between 0 and 3.8 eV. Intermediate values of energy gaps, lattice parameters, and other properties can be obtained by forming ternary and quaternary compounds. Ternary compounds have been studied extensively by vibration spectroscopy, with an emphasis on nanometer-size-related effects [2–5]. The knowledge

of the optical properties of these materials is essential for the design and analysis II–VI based optoelectronic devices. For this reason, the optical properties of these compounds have widely been studied experimentally and theoretically, and extensive information on the subject is available in literature.

The subject of this paper is CdTe_{1-x}Se_x mixed crystal doped with In. In this work, we show the reflectivity spectra of the CdTe_{0.97}Se_{0.03} and CdTe_{0.97}Se_{0.03}(In) at different temperatures. These spectra were analyzed using the dielectric function which includes plasmon-phonon interaction [6]. The TO, LO and local mode frequencies were determined using the best fit. The model of phonon mode behavior for these mixed crystals based on Genzel's model [7] was used.

2. Experimental

Single crystals of CdTe_{0.97}Se_{0.03} and CdTe_{0.97}Se_{0.03} + 1.2 at.% of In were grown by the Bridgman method at the Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Warsaw, where high purity elements were used as source materials.

Far-infrared reflection spectra were measured in the temperature range from 80 to 300 K and the spectral range from 80 to 650 cm⁻¹, carried out with a BOMEM DA 8 spectrometer.

* Corresponding author. Tel.: +381 11 3713 026; fax: +381 11 3713 052.

E-mail address: romcevi@ipb.ac.rs (N. Romčević).

Raman spectroscopy of bismuth silicon oxide single crystals grown by the Czochralski technique

Z Lazarević¹, S Kostić¹, V Radojević², M Romčević¹, M Gilić¹,
M Petrović-Damjanović¹ and N Romčević¹

¹ Institute of Physics, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

² Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

E-mail: lzorica@yahoo.com

Received 24 August 2012

Accepted for publication 16 December 2012

Published 15 November 2013

Online at stacks.iop.org/PhysScr/T157/014046

Abstract

In this work, single crystals of bismuth silicon oxide (BSO; $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$) have been grown by the Czochralski method. The growth conditions were studied. The critical diameter and the critical rate of rotation were calculated. Suitable polishing and etching solutions were determined. The structure of the $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ has been investigated by x-ray diffraction (XRD), and Raman and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) spectroscopy. The results obtained are discussed and compared with the published data. The pale yellow $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ single crystals prepared were without cores. Using spectroscopic measurements 19 Raman and 5 IR modes were observed.

PACS numbers: 81.10.-h, 78.30.-j, 61.72.Ff

(Some figures may appear in color only in the online journal)

1. Introduction

Cubic crystals with the sillenite-type structure are described by the general formula $\text{Bi}_{12}\text{M}^{n+}\text{O}_{20\pm\delta}$, where M is an element of groups II–V of the periodic table ($M = \text{Si}, \text{Ge}, \text{Ti}, \text{etc}$). Bismuth silicon oxide (BSO; $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$) belongs to the group of sillenite single crystals (with the space group $I23$) [1]. These exhibit many interesting properties such as photoconductivity, the electro-optic effect, piezoelectricity and photorefractivity [1–3]. Such properties make these materials attractive for technological application in the fields of optical memories, holography and optical phase-conjugating devices [1–5]. Many of the important properties of selenite exploited for different applications are either determined or affected by impurities.

$\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ single crystals were grown by a laser-heated pedestal growth (LHPG) method [6], the hydrothermal growth technique [7] and the sol–gel process [8]. Also, mechanical alloying has been used successfully to produce nanocrystalline powders of BSO [9]. Films of these compounds can be produced by liquid phase epitaxy (LPE), physical sputtering, chemical vapor transport and

solution growth [5]. $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ crystals have been produced mainly by the Bridgman method [10], by the floating-zone technique [11], and recently also by the Czochralski technique [12–16]. A question of major importance in the melt growth of sillenite compounds is the optical homogeneity of single crystals [9]. The two most typical ‘optical’ defects in sillenite-type crystals are second-phase inclusions and regions differing in optical absorption. Increased-absorption regions in bismuth silicate crystals may appear as striations and a so-called central core, which is seen as a dark area in the central part of cross-sections. It is commonly believed [13, 17] that the central core and selective decoration in the shape of a Maltese cross for the $\langle 100 \rangle$ and $\langle 110 \rangle$ growth directions or in the shape of a three-bladed propeller for the $\langle 111 \rangle$ growth direction are associated with growth rate anisotropy and the difference in the distribution coefficient of ‘photochromic’ impurities between the polar and nonpolar facets of the growth interface. If the interface has the form of a flat $\langle 100 \rangle$ facet (usually in faceted growth at fast crystal rotation rates), there is no central core [18, 19]. This is the main reason why it is very much necessary to find optimal conditions for growth, so that this does not happen [5, 20]. Most $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ single