

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата дипл. инж. – мастера **Милке Јаковљевић** за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду бр. 5055/08-1 од 06.11.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње **Милке Јаковљевић** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Проучавање плазмонских наноструктура коришћењем спектроскопске елипсометрије“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Милка М. Јаковљевић (рођена Мирић) рођена је у Ваљеву, 08. маја 1984. године, где је похађала основну и средњу школу. Матурирала је у Ваљевској гимназији, специјализовано математичко одељење. На Електротехничком факултету Универзитета у Београду, смер Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника, дипломирала је јула 2007. године на теми: „Генерација другог хармоника у полупроводничким квантно-каскадним ласерима“. Једногодишње мастер студије похађала је 2007/08. године такође на Електротехничком факултету. Наслов мастер рада био је: „Моделовање елипсометријских спектра наноструктура“. Просек на дипломским студијама био је 9.76, док је просек на мастер студијама био 10. Докторске студије на Електротехничком факултету у Београду, смер Наноелектроника и фотоника, уписала је фебруара 2009. године. Од 01.10.2008. године запослена је у Центру за физику чврстог стања и нове материјале Института за физику у Београду као истраживач-приправник, а 2010. године унапређена у звање истраживач-сарадник. Током докторских студија, била је учесница више међународних конференција из области елипсометрије и плазмоники. Такође, учествовала је у изради европског ФП7 пројекта „Nanocharm“, чији је основни задатак био да се елипсометрија и фотометрија искористе за карактеризацију наноматеријала. У оквиру тог пројекта, организоване су три школе елипсометрије, при чему је друга школа „Nanoelli09“ одржана 31.08.-3.09.2014. год. у Београду, а кандидаткиња је имала значајну улогу у њеној организацији. Поред тог пројекта, кандидаткиња је учествовала у још једном ФП7 пројекту „NIMNIL“, чији је главни задатак био дизајн, фабрикација и карактеризација материјала са негативним индексом преламања.

Оба ова пројекта утицала су на ток израде дисертације, а из сарадње са другим страним учесницима пројекта произашли су значајни резултати.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидаткиња је положила све испите предвиђене планом и програмом докторских студија на Електротехничком факултету у Београду са просечном оценом 10:

1. Нумеричке методе (9 ЕСПБ)
2. Оптичке особине полупроводничких хетероструктура (9 ЕСПБ)
3. Простирање оптичких таласа у комплексним срединама (оцена 9 ЕСПБ)
4. Електричне и оптичке карактеристике материјала у наноелектроници и фотоници (9 ЕСПБ)
5. Спектроскопија чврстих материјала (9 ЕСПБ)
6. Фотонски кристали и оптички метаматеријали (9 ЕСПБ)
7. Енглески језик (6 ЕСПБ)
8. Скенирајућа микроскопија у наноауци и нанотехнологији (9 ЕСПБ)
9. Оптимизација и инжењеринг наноструктурних параметара (9 ЕСПБ)
10. Моделовање наноструктура (9 ЕСПБ)

Кандидаткиња је уписала докторске студије школске 2008/2009.год, а школске 2013/2014.год. имала статус мировања. Поред положених испита, кандидаткиња је испунила обавезе које се односе на студијски истраживачки рад и научно стручни рад (приложене су копије радова објављених у међународним научним часописима). Кандидаткиња је на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације, одржане 28.11.2014. пред комисијом коју чине др Јелена Радовановић, др Горан Исић и др Милка Потребих, добила оцену: **задовољила**.

Научна каријера

Током своје досадашње научне каријере, Милка Јаковљевић (рођена Мирић) је била аутор или коаутор 10 радова у часописима од међународног значаја (са импакт фактором):

Радови у врхунским међународним часописима (M_{21}):

1. Jakovljević M. M., Isić G., Vasić B., Oates T. W. H., Hinrichs K., Bergmair I., Hingerl K., Gajić R.: *Spectroscopic ellipsometry of split ring resonators at infrared frequencies*, Applied Physics Letters, Vol 100, 2012, pp. 161105. (**IF = 3.515**)(ISSN: 0003-6951) doi: 10.1063/1.4703936
2. Jakovljević M. M., Vasić B., Isić G., Gajić R., Oates T. W. H., Hinrichs K., Bergmair I., Hingerl K.: *Oblique incidence reflectometry and spectroscopic ellipsometry of split-ring resonators in infrared*, Journal of Nanophotonics, Vol 5, 2011, pp. 051815. (**IF = 1.448**) (ISSN: 1934-2608) doi: 10.1117/1.3601359
3. Vasic B., Jakovljevic M. M., Isic G., Gajic R. B.: *Tunable metamaterials based on split ring resonators and doped graphene*, Applied Physics Letters, Vol 103, 2013, pp. 011102. (**IF = 3.515**)(ISSN: 0003-6951) doi: 10.1063/1.4812989
4. Matkovic A., Ralevic U., Chhikara M., Jakovljevic M. M., Jovanovic Dj., Bratina G., Gajic R.: *Influence of transfer residue on the optical properties of chemical vapor deposited graphene investigated through spectroscopic ellipsometry*, Journal of Applied Physics, Vol. 114, 2013, pp. 093505. (**IF = 2.185**)(ISSN: 0021-8979) doi: 10.1063/1.4819967

5. Isic G., Jakovljevic M.M., Filipovic M., Jovanovic Dj., Vasic B., Lazovic S., Puac N., Petrovic Z. Lj., Kostic R., Gajic R. B., Humlicek J., Losurdo M., Bruno G., Bergmair I., Hingerl K.: *Spectroscopic ellipsometry of few-layer graphene*, Journal of Nanophotonics, Vol 5, 2011, pp. 051809.(**IF = 1.448**) (ISSN: 1934-2608) doi: 10.1117/1.3598162
6. Humlíček J., Nebojsa A., Munz F., Miric M., Gajic R.: *Infrared ellipsometry of highly oriented pyrolytic graphite*, Thin Solid Films, Vol 519, 2011, pp. 2624.(**IF = 1.867**)(ISSN: 0040-6090) doi: 10.1016/j.tsf.2010.12.091
7. Bergmair I., Hackl W., Losurdo M., Helgert C., Isic G., Rohn M., Jakovljevic M. M., Mueller T., Giangregorio M., Kley E. B., Fromherz T., Gajic R., Pertsch T., Bruno G., Muehlberger M.: *Nano- and microstructuring of graphene using UV-NIL*, Nanotechnology, Vol 23, 2012, pp. 335301.(**IF = 3.672**) (ISSN: 0957-4484) doi: 10.1088/0957-4484/23/33/335301

Рад у међународном часопису (M₂₂):

8. Matkovic A., Ralevic U., Isic G., Jakovljevic M. M., Vasic B., Milosevic I., Markovic D. M., Gajic R. B.: *Spectroscopic ellipsometry and the Fano resonance modeling of graphene optical parameters*, Physica Scripta, Vol T149, 2012, pp. 014069.(**IF = 1.296**)(ISSN: 0031-8949) doi: 10.1088/0031-8949/2012/T149/014069

Рад у међународном часопису (M₂₃):

9. Kostic R. S., Miric M. M., Radic T., Radovic M. B., Gajic R. B., Popovic Z. V.: *Optical Characterization of Graphene and Highly Oriented Pyrolytic Graphite*, Acta Physica Polonica A, Vol 116, 2009, pp. 718.(**IF = 0.604**)(ISSN: 0587-4246)
10. Isic G., Vasic B., Miric M. M., Jokanovic B., Bergmair I., Gajic R. B., Hingerl K.: *Modelling the Variable Angle Reflection and Transmission from Metamaterial Slabs*, Acta Physica Polonica A, Vol 116, 2009, pp. 631.(**IF = 0.604**)(ISSN: 0587-4246)

Поглавље у књизи (M₁₄):

11. Gajić R., Jakovljević M.: *Ellipsometry at nanoscale, Ellipsometry and Correlation Measurement*, Springer Berlin Heidelberg, 2014, pp. 669-703. (ISBN: 978-3-642-33956-1)

Радови саопштени на међународним скуповима штампани у изводу (категорија M34):

12. Miric M., Vasic B., Isic G., Gajic R., Oates T., Hinrichs K., Bergmair I., Hingerl K.: *Analysis of the ellipsometric spectra of split ring resonators*, 3rd Mediterranean Conference on Nanophotonics MediNano-3, Belgrade 2010, Serbia, pp. 67.(ISBN: 978-86-8244-128-1)
13. Jakovljevic M. M., Isic G., Vasic B., Gajic R., Bergmair I., Hingerl K.: *Variable angle ellipsometry and polarized reflectometry of the fishnet metamaterials*, Photonica 2011, Belgrade 2011, Serbia, P.MM., pp. 85.(ISBN: 978-86-7306-110-8)
14. Jakovljevic M, Isic G., Vasic B., Gajic R., Oates T., Hinrichs K., Bergmair I., Hingerl K.: *Characterization of split ring resonators using spectroscopic ellipsometry*, Metamaterials 2011, Barcelona 2011, Spain, pp. 62.(ISBN: 978-952-67611-0-7)

15. Jakovljevic M. M., Isic G., Gajic R.: *Influence of hole size on angular dependence of rectangular fishnet structure's optical response*, Photonica 2013, Belgrade 2013, Serbia, pp. 148.(ISBN: 978-86-82441-36-6)

Доприноси објављени у радовима [1]-[2], [11]-[15] представљају део основних резултата истраживања који ће бити изложени у докторској дисертацији кандидаткиње. Ти доприноси ће бити допуњени резултатима који до сада нису објављени.

Кандидаткиња Милка Јаковљевић је учествовала у реализацији 3 пројекта које је финансирало Министарство просвете, науке и технолошког развоја и 2 међународна ФП7 пројекта које је финансирала Европска комисија:

1. „Физика нискодимензионих и нанометарских структура и материјала“, пројекат Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије, бр. 141047В (2008-2010).
2. „Физика уређених наноструктура и нових материјала у фотоници“, пројекат Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије ON171005 (2010-2015).
3. „Наноструктурни мултифункционални материјали и нанокомпозити“, пројекат Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије III45018 (2010-2015).
4. Међународни ФП7 пројекат „Nanocharm“ финансиран од Европске комисије.
5. Међународни ФП7 пројекат „NIM_NIL“ финансиран од Европске комисије.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада, публикованих научних резултата и успешно завршених обавеза према плану и програму докторских студија, Комисија је дошла до закључка да је кандидаткиња, Милка Јаковљевић, квалификована за израду докторске дисертације на предложеној тему.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања предложене теме ове дисертације су оптичке особине плазмонских наноструктура, при чему се јављају два типа плазмона: површински плазмон поларитони и локализовани површински плазмони. Ове њихове особине ће се изучавати применом спектроскопске елипсометрије на више различитих упадних углова и за различите упадне равни.

Површински плазмон поларитони су таласи који се формирају на раздвојној површи између метала и диелектрика и еванесцентно су конфинирани уз ту површину. Настају услед интеракције електромагнетског зрачења са осцилацијама електрона у металу. Не могу се директно побудити на глаткој раздвојној површи, јер за исте енергије, таласни вектор електромагнетског (ЕМ) зрачења у диелектрику је увек мањи од таласног вектора ових плазмона. Један од начина да се превазиђе поменути проблем је да се оствари спрезање упадног зрачења са површинским плазмон поларитонима помоћу периодичне решетке. У ту сврху, у овом раду биће коришћене тзв. „фишнет“ структуре, које представљају дводимензионално периодични низ рупа избушених у наизменично поређаним слојевима метала и диелектрика. Њихове оптичке особине ће бити проучаване експериментално, методом спектроскопске елипсометрије, а за детаљнију анализу биће коришћене одговарајуће нумеричке симулације. Поред тога, детаљно ће бити описана интеракција између упадног ЕМ зрачења и структуре, као и зависност дисперзионих релација за унутрашње површинске плазмон поларитоне од величине рупа и поларизације упадног зрачења.

Локализовани површински плазмони су непростируће експитације проводних електрона у металним наноструктурама настале при интеракцији са упадним ЕМ пољем. На резонантним учестаностима долази до јаког расејања упадног зрачења, јављају се изражене апсорпционе зоне за површинске плазмоне и долази до јаког појачања локалних ЕМ поља. У оквиру ове дисертације, овај тип плазмона ће бити проучаван кроз елипсометријски одзив дводимензионално периодично постављених тзв. „сплит-ринг“ резонатора (златних прекинутих прстенова) на учестаностима које се налазе у средњем инфрацрвеном делу спектра. Код оваквих структура јављају се вишеструке локализоване резонанце, а стандардне методе за одређивање положаја ових резонанци су анализа спектра рефлексије и трансмисије при нормалној инциденцији. Овде ће бити показано како се њихов положај може одредити и помоћу спектроскопске елипсометрије при косој инциденцији. Елипсометријски одзиви биће анализирани уз помоћ израчунатих комплексних спектра рефлексије за две поларизације, где је електрично поље паралелно са упадном равни и нормално на упадну раван. Биће израчунате расподеле електричног поља и густине струје на резонантним учестаностима и на основу тога биће утврђена природа ових резонанци.

Циљ ове дисертације је да се покаже како се помоћу спектроскопске елипсометрије могу карактерисати површински плазмон поларитони у „фишнет“ структурама, као и локализовани плазмони у „сплит-ринг“ резонаторима. Јединствене особине плазмонских материјала омогућавају велики број практичних примена као што су: вођење и управљање светлошћу на наноскали, биодетекција појединачних молекула, појачана оптичка трансмисија кроз суб-таласне отворе, па чак и добијање оптичке слике за резолуцију која је испод дифракционог ограничења. У овом раду, биће показано како се једноставно и брзо могу добити информација о дисперзији унутрашњих површинских плазмона у „фишнет“ структурама као и одредити резонантне учестаности основног и виших модова „сплит-ринг“ резонатора. Значај овог истраживања лежи у експлоатацији спектроскопске елипсометрије, као неструктивне, неинвазивне, веома прецизне и брзе технике за карактеризацију плазмонских наноструктура. Заједно са усавршавањем процеса производње, нанотехнологија је напредовала захваљујући и усавршавању метрологије на наноскали. Тачна мерења величина наночестица и њихових спектралних резонанци омогућавају корелацију између оптичких и структурних особина плазмонских наноматеријала, а спектроскопска елипсометрија нуди управо то.

Релевантни библиографски извори и остварени резултати на које се надовезују предвиђена истраживања у предложеној дисертацији укључују следеће:

1. Fujiwara H., *Spectroscopic ellipsometry: Principles and Applications*, John Wiley & Sons Ltd, England, 2003.
2. Losurdo M., Hingerl K.: *Ellipsometry at nanoscale*, Springer, New York, 2013.
3. Maier S. A.: *Plasmonics: Fundamentals and Applications*, Springer, New York, 2007.
4. Raether H.: *Surface Plasmons on Smooth and Rough Surfaces*, Springer, New York, 1988.
5. Economou E. N.: *Surface plasmons in thin films*, Physical Review, Vol 182, 1969, pp. 539-554.
6. Isiћ G., Gajiћ R.: *Lifetime and propagation length of light in nanoscopic metallic slots*, Journal of Optical Society of America, Vol 31, 2014, pp. 393-399.
7. Mary A., Rodrigo S. G., Garcia-Vidal F. J., Martin-Moreno L.: *Theory of Negative-Refractive-Index Response Of Double-Fishnet Structure*, Physical Review Letters, Vol 101, 2008, pp. 103902.
8. Cho D. J., Wu W., Wang F., Shen Y. R.: *Probing the plasmonic band structure of an optical metamaterial*, Physical Review B, Vol 89, 2014, 035434.
9. Klein Koerkamp K. J., Enoch S., Segerink F. B., Van Hulst N. F., Kuipers L.: *Strong Influence of Hole Shape on Extraordinary Optical Transmission*, Physical review Letters, Vol 92, 2004, pp 183901.

10. Ortuno R., Garcia-Meca C., Rodriguez-Fortuno F. J., Marti J., Martinez A.: *Role of surface plasmon polaritons on optical transmission through double layer metallic hole arrays*, Physical Review B, Vol 79, 2009, pp. 075425.
11. Yen T. J., Padilla W. J., Fang N., Vier D. C., Smith D. R., Osgood J., Brueck S. R. J.: *Experimental demonstration of near-field negative metamaterials*, Physical Review Letters, Vol 95, 2005, pp. 137404.
12. Rockstuhl C., Lederer F., Etrich C.: *On the reinterpretation of resonances in split-ring-resonators at normal incidence*, Optics Express, Vol 14, 2006, pp. 8827.
13. Schider G., Krenn J. R., Hohenau A., Ditzlbacher H., Leitner A., Aussenegg F. R., Schiach W. L., Puscasu I., Monacelli B., Boreman G.: *Plasmon dispersion relation of Au and Ag nanowires*, Physical Review B, Vol 68, 2003, 155427.
14. Menzel C., Singh R., Rockstuhl C., Zhang W., Lederer F.: *Effective properties of terahertz double split-ring resonators at oblique incidence*, Journal of Optical Society of America B, Vol 26, 2009, B143-B147.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе за проучавање плазмонских наноструктура методом спектроскопске елипсометрије у овом раду могу се поделити у две различите целине:

Елипсометрија „фишнет“ структура:

- претпоставка да се може одредити резонантна учестаност која одговара побуђивању унутрашњег површинског плазмон поларитона из елипсометријских мерења, што би се додатно потврдило из симулација расподеле поља на тим резонанцијама;
- претпоставка да се на тај начин може снимити и део дисперзије унутрашњих плазмон поларитона, а остатак дисперзије добити из симулација;
- претпоставка да промена величине рупе као и поларизација упадног поља утичу на појачање поља на резонантним учестаностима, као и на дисперзију унутрашњих површинских плазмон поларитона.

Елипсометрија „сплит-ринг“ резонатора:

- претпоставка да је елипсометрија погодна техника за одређивање положаја локализованих резонанци при косој инциденцији;
- претпоставка да се променом упадне равни добијају значајно различити елипсометријски спектри помоћу којих се могу идентификовати поред основног и модови вишег реда и то у једној равни парни, а у другој непарни;
- претпоставка да се на основу расподеле поља и струја у „сплит-ринг“ резонаторима, добијена из симулација, може потврдити природа одређеног мода;
- претпоставка да се из података о разлици у фази за две поларизације, добијених у елипсометрији, могу извући додатни подаци о резонанцама и повећати осетљивост на промену индекса преламања.

4. Научне методе истраживања

Методологија истраживања у оквиру предложене дисертације састојаће се из следећих корака:

- мерење елипсометријског одзива „фишнет“ структура у блиском инфрацрвеном и видљивом делу спектра коришћењем SOPRA GES5E IR спектроскопског елипсометра (у конфигурацији са ротирајућим поларизатором);

- симулација елипсометријског одзива „фишнет“ структура у комерцијалном програмском пакету COMSOL Multiphysics, при чему се геометријски параметри оквирно добијају на основу SEM (скенирајуће електронске микроскопије) слика, а упоређивање вишеструких симулација са експериментом омогућује да се пронађу параметри за које се добија најбоље слагање са експериментом;
- симулације (поново у пакету COMSOL Multiphysics) расподела поља за резонантне учестаности у „фишнет“ структурама да би се одредила њихова природа, као и симулације рефлексије и трансмисије за две различите поларизације ради недвосмислене интерпретације елипсометријских спектра;
- вишеструке симулације елипсометријског одзива дводимензионално-периодично распоређених „сплит ринг“ резонатора у комерцијалном програмском пакету RETICOLO-2D, при чему се геометријски параметри поново оквирно одређују на основу SEM слика, а диелектрична функција за злато бира на основу најбољег слагања симулација и експеримента;
- поред елипсометријског одзива „сплит ринг“ резонатора, рачунање расподеле струја и поља на резонантним учестаностима употпуњује интерпретацију елипсометријских спектра.

5. Очекивани научни допринос

Елипсометрија је спектроскопска техника која се традиционално примењује за веома прецизну недеструктивну карактеризацију хомогених танких филмова. Кандидаткиња ће кроз дисертацију дати значајан и целовит методолошки допринос развоју елипсометрије као науке за проучавање сложених оптичких наноструктура. Очекује се да ће резултати коју буду проистекли из ове тезе имати следеће научне доприносе:

- Напредна примена елипсометрије за брзо и једноставно одређивање дисперзије унутрашњих површинских плазмона у „фишнет“ структурама. То је важно јер ове структуре обећавају пуно у области нано-фотоники и интегрисане оптоелектронике.
- Прецизно одређивање динамичких варијабли које карактеришу површинске плазмон поларитоне у „фишнет“ структурама на основу нумеричких симулација.
- Напредна примена елипсометрије за карактеризацију „сплит-ринг“ резонатора, тј. одређивање резонантних учестаности, како за основни локализовани мод тако и за локализоване модове вишег реда. То је важно јер локализовани плазмон-поларитони у „сплит-ринг“ резонаторима представљају микро/наноскопску верзију антенских резонанција коришћених у телекомуникацијама.
- Биће дат одговор на кључна питања, као што су зависност учестаности, дисперзије и локалног појачања поља плазмонских резонанција од геометријских параметара и особина материјала (метал и супстрат) и начин на који се ове карактеристике манифестују у далеком пољу.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања је следећи:

- Проучавање основне литературе и најновијих истраживања из области плазмоники, као и примене спектроскопске елипсометрије за анализу плазмонских наноструктура;
- Мерење елипсометријског одзива „фишнет“ структура у блиском инфрацрвеном и оптичком делу спектра коришћењем SOPRA GES5E IR спектроскопског елипсометра;
- Нумеричке симулације елипсометријског одзива „фишнет“ структура у програмском пакету COMSOL Multiphysics. Почетни геометријски параметри у симулацијама биће приближно одређени на основу SEM слика, а онда ће се мењати све док се не усагласе

експериментални и симулирани спектри. То је неопходно да би се могло сматрати да параметри коришћени у симулацијама одговарају стварној структури, што је даље битно за правилну интерпретацију елипсометријских спектра;

- Иста процедура из претходна два корака ће бити примењена у случају „сплит ринг“ резонатора, при чему ће мерења бити извршена помоћу фотометријског лабораторијског елипсометра који ради у инфрацрвеној области заједно са микрофокусирајућим елипсометром за мапирање који је везан на линију инфрацрвеног зрачења на синхротрону BESSY II, док ће симулације елипсометријског одзива бити рађене у комерцијалном програмском пакету RETICOLO-2D.

Структура предложене тезе пратиће наведени план истраживања. Уводни део рада ће садржати преглед основних појмова из плазмонице као и опис елипсометријског експеримента. Прва половина централног дела рада ће се бавити интерпретацијом елипсометријских спектра „фишнет“ структура, где ће бити речи о томе како се мења дисперзија унутрашњих површинских плазмон поларитона у зависности од геометријских параметара и поларизације упадног зрачења. Друга половина централног дела ће се бавити проучавањем оптичког одзива „сплит ринг“ резонатора у средњем инфрацрвеном делу спектра, где ће се посматрати резонанције локализованих плазмона за две различите равни инциденције, на три различита угла инциденције. На крају, у закључку дисертације, биће дат преглед резултата дисертације са посебним акцентом на предности примене спектроскопске елипсометрије за карактеризацију плазмонских наноструктура.

7. Закључак и предлог

Кандидаткиња Милка Јаковљевић је пријавила докторску дисертацију под насловом **„Проучавање плазмонских наноструктура применом спектроскопске елипсометрије“** у складу са Правилником о докторским студијама на Електротехничком факултету Универзитета у Београду и поднела сва предвиђена документа. Из свега достављеног закључујемо да кандидаткиња дипл. инж. - мастер Милка Јаковљевић испуњава формалне и суштинске услове за приступање изради докторске дисертације. У предлогу теме су јасно и прегледно наведени научни проблеми које ове дисертација треба да разреши, као и њени очекивани научни доприноси. На основу образложења предмета и циља истраживања, објашњења полазних хипотеза и методологије истраживања, као и очекиваних научних доприноса и плана истраживања, закључујемо да је предложена тема научно актуелна у области плазмонице и наноматеријала.

На основу свега наведеног предлажемо Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидаткињи Милки Јаковљевић одобри израду докторске дисертације под насловом **„Проучавање плазмонских наноструктура применом спектроскопске елипсометрије“** и за ментора предлажемо др Радоша Гајића, научног саветника Института за физику у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Радош Гајић, научни саветник
Институт за физику у Београду

др Јелена Радовановић, вандредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Горан Исић, научни сарадник
Институт за физику у Београду

др Милка Потребих, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет