

# НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Пошто смо на I седници Наставно-научног Већа Физичког факултета Универзитета у Београду, одржаној 26. 10. 2016. године, одређени за чланове Комисије за припрему извештаја о докторском раду “ЛАСЕРСКА МОДИФИКАЦИЈА АЛУМИНИЈУМ-ТИТАНСКИХ И НИКЛ-ТИТАНСКИХ ТАНКИХ СЛОЈЕВА“ из научне области ФИЗИКА и уже научне области ФОТОНИКА И ЛАСЕРИ коју је кандидат БРАНИСЛАВ САЛАТИЋ предао Физичком факултету у Београду дана 20. 10. 2016. године, Наставно-научном Већу подносимо следећи:

## РЕФЕРАТ

### 1 Основни подаци о кандидату

#### 1.1 Биографски подаци

Бранислав Салатић, рођен је у Сарајеву 03.02.1981. године. У Билећи, Република Српска (БиХ), је завршио основну школу и гимназију. 2008. године дипломирао је (основне академске студије) на Физичком факултету, Универзитета у Београду, смер Примењена физика и информатика. Од 2010. године је запослен, као истраживач приправник, у Институту за физику са ангажовањем на научном пројекту ОИ 171017 Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом „Холографске методе генерисања специфичних таласних фронтова за ефикасну контролу квантних кохерентних ефеката у интеракцији атома и ласера. Докторске академске студије на Физичком факултету, Универзитета у Београду, смер Квантна оптика и ласери, уписао је 2011. године. Одлуком Научног већа Института за физику, од 2013. године, стекао је истраживачко звање истраживач-сарадник.

#### 1.2 Научна активност

Досадашња научна активност Бранислава Салатића одвијала се у области фотоники и ласера. Кандидат је био ангажован на проучавању интеракције наносекундног и пикосекундног ласерског зрачења са специфичним материјалима као што су метални

танки слојеви који су депоновани на супстрат силицијума, са посебним освртом на Al/Ti и Ni/Ti слојеве. Кандидат се бавио и ласерски индукованом плазменом спектроскопијом (LIBS), проучавањем ласерски индукованих периодичних структура и могућностима примене у холографији, развојем чврстотелних ласера и њиховом применом у системима за мерење даљине, као и применом методе коначних елемената на прорачун фотонских структура и термалних ефеката које изазива ласерско зрачење. Кандидат је своја истраживања урадио у Центру за фотонику Института за физику у оквиру пројекта „Холографске методе генерисања специфичних таласних фронта за ефикасну контролу квантних кохерентних ефеката у интеракцији атома и ласера“ (ОИ 171017) чији је руководилац др Дејан Пантелић. Кандидат је до сада објавио осам радова у водећим међународним часописима, од тога 1 категорије M21 а, 6 категорије M22 и 1 категорије M23. Наведени радови цитирани су 7 пута. Кандидат има и 1 рад у зборницима међународних конференција (M33) и 4 рада у зборницима домаћих конференција (M63).

## 2 Опис предатог рада

### 2.1 Основни подаци

Дисертација је написана на српском језику, ћирилицом на 132 стране, не рачунајући насловну страну на српском и енглеском језику, страну о ментору и комисији, захвалнице, резиме на српском и енглеском језику и садржај. Теза се састоји од 6 поглавља, литературе (144 референце), 1 прилога и биографије аутора. У тези се налази 46 слика и 9 табела (три у 4. поглављу, две у 5. поглављу и 4 у прилогу).

Руководилац докторске дисертације је др Дејан Пантелић, научни саветник Института за физику, Универзитета у Београду. Др Дејан Пантелић је у досадашњој научној каријери објавио 63 научна рада, углавном из уже научне области Фотоника и ласери. До сада је био ментор на две докторске дисертације, два магистарска рада и већег броја дипломских радова, чиме испуњава све неопходне услове за ментора Његови најзначајнији радови у часописима са SCI листе у протеклих пет година су :

[1] S.M. Petrović, D. Peruško, B. Salatić, I. Bogdanović-Radović, P. Panjan, B. Gaković, D. Pantelić, M. Trtica, B. Jelenković, Laser induced damage/ablation morphology on the 8(Al/Ti)/Si

system in different ambient conditions, *Optics & Laser Technology* 54, (2013), 22–29, ISSN 0030-3992 IF 1.647

[2] Mihailo D. Rabasović, Dejan V. Pantelić, Branislav M. Jelenković, Srećko B. Ćurčić, Maja S. Rabasović, Maja D. Vrbica, Vladimir M. Lazović, Božidar P. M. Ćurčić, Aleksandar J. Krmpot, Nonlinear microscopy of chitin and chitinous structures: a case study of two cave-dwelling insects, *J. Biomed. Opt.* 20, (2015) 016010, ISSN 1083-3668, IF 2.859

[3] B. Salatić, S. Petrović, D. Peruško, M. Ćekada, P. Panjan, D. Pantelić, B. Jelenković, Single- and dual-wavelength laser pulses induced modification in  $10\times(\text{Al}/\text{Ti})/\text{Si}$  multilayer system, *Applied Surface Science* 360 Part B, (2016), 559–565, ISSN 0169-4332, IF 2.711

[4] Aleksandar J Krmpot, George J Tserevelakis, Branka D Murić, George Filippidis and Dejan V Pantelić, 3D imaging and characterization of microlenses and microlens arrays using nonlinear microscopy, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 46, (2013) 195101:1-9, ISSN 0022-3727, IF 2.721

[5] Dejan V. Pantelić, Dušan Ž. Grujić, Darko M. Vasiljević, Single-beam, dual-view digital holographic interferometry for biomechanical strain measurements of biological objects, *J. Biomed. Opt.* 19, (2014) 127005, ISSN 1083-3668, IF 2.859

## 2.2 Предмет и циљ проучавања

Докторска дисертација кандидата припада ужој научној области Фотоника и ласери. Предмет експерименталног и теоријског рада је истраживање процеса који доводе до модификације Al/Ti и Ni/Ti танких слојева наносекундним и пикосекундним ласерским зрачењем у ваздуху, води и етанолу. У овој тези је извршена идентификација доминатних процеса за формирање различитих морфолошких структура, за синтезу одговарајућих интерметалних једињења и оксидних фаза код Al/Ti и Ni/Ti вишеслојних система. Предложен је и нумерички модел са циљем да се детаљно проуче описани ефекти за конкретни случај модификације вишеслојних система наносекундним и пикосекундним ласерским зрачењем.

За депоновање Al/Ti и Ni/Ti танких слојева коришћен је уређај који ради на принципу распршивања атома мете бомбардовањем енергетским честицима и депоновањем распрашеног материјала на одговарајућу подлогу. Озрачивање узорака урађено је ласером

на бази ербијумом допираног стакла (Er:glass) чија је таласна дужина 1540 nm и Nd:YAG ласером (532 nm, 1064 nm и 1064/532 nm). Er:glass ласер је развијен у Институту за физику за потребе експеримента За анализу морфолошких промена на површинама, које су настале услед дејства ласерског зрачења са Al/Ti и Ni/Ti вишеслојним системима, коришћена је оптичка микроскопија и сканирајућа електронска микроскопија. Анализа хемијског састава узорака после озрачивања, урађена је енергијски разлучивом (дисперзивном) спектроскопијом (EDS), спектрометријом Радефорд-овим повратним расејањем (RBS), емисијом рендгенских зрака који су индуковани честицама (PIXE) и дифракцијом x-зрака (XRD). Профилометар је коришћен за одређивање дубине и запремине модификованог подручја на узорку.

Основни циљ истраживања било је одређивање, објашњавање и оптимизација параметара интеракције ласерског зрачења са вишеслојним метама ради добијања специфичних фотонских, хемијских и механичких структура од практичног значаја.

Један од посебних циљева експерименталног рада је добијање специфичних површинских структура као што су: паралелне периодичне, зрнасте, мозаичне и друге структуре. Наноструктуре које настају деловањем ласерског зрачења, могу значајно мењати оптичке карактеристике материјала. Апсорпција може бити повећана у читавом спектру, од ултраљубичастог до инфрацрвеног, или у одређеном делу спектра. Материјали модификовани на овај начин имају потенцијалну примену као фото-детектори. Истовремено, паралелне периодичне површинске структуре понашају се слично дифракционим решеткама, односно имају добру дифракциону ефикасност. Како је могуће ове структуре утискивати у различите чврсте материјале (метале и сл.), то отвара могућност примене ових структура у изради штампаних (embossed) холограма. Истраживања која су спроведена на (Al/Ti)/Si и (Ni/Ti)/Si вишеслојним системима усмерена су на оптимизацију параметара који доводе до формирања површинских структура.

Други важан циљ је одређивање услова при којима долази до формирања интерметалних једињења хемијском реакцијом у чврстом стању, као и проучавање површинске оксидације материјала током које долази до стварања специфичне комбинације оксида. Стварање легура и интерметалних једињења одвија се на високим

температурама. Као извор топлоте коришћено је ласерско зрачење. Предности су у томе да је процес локализован у малој области и да долази до стварања једињења хемијском реакцијом у чврстом стању. Контролисаним локализованим озрачивањем вишеслојних система стимулише се настајање метал-интерметалик периодичних структура, што за последицу има стварање комплексних материјала који поседују локално различите механичке особине. Овакви метал-интерметалик композитни материјали привлаче велику пажњу истраживача због својих унапређених механичких особина као што су отпорност на лом и хабање. Допринос кандидата огледа се у истраживању услова при којима долази до стварања интерметалних једињења, деловањем ласерског зрачења, код алуминијум-титанских и никл-титанских система.

Током експерименталног рада вршено је и испитивање утицаја истовременог деловања две таласне дужине на аблацију и модификацију материјала. Наиме, ефикасност ласерске аблације одређених материјала, пре свега полупроводника као што је силицијум, може се повећати истовременим деловањем зрачења на две таласне дужине (1064/532 nm). Ласерски системи који емитују зрачење на две таласне дужине могу побољшати однос између пречника и дубине кратера. За прецизну обраду материјала пожељно је имати мањи пречник а већу дубину кратера. Истовремено, ивице кратера који настаје на овај начин су веома глатке. Разлог за повећану аблацију лежи у синергијском ефекту два процеса, линеарне екситације на 532 nm и сударне екситације на 1064 nm. Фотони на 532 nm су одговорни за стварање иницијалних слободних електрона у проводној зони силицијума, који су потом убрзани електричним пољем ласера, тако да стварају додатне електроне процесом сударне екситације. Због тога, чак и мали интезитет другог хармоника (5-10%), може вишеструко појачати аблацију. Ови резултати могу бити примењиви у микромашинству (micromachinig).

Део истраживања био је усмерен на развој нумеричког модела који симулира интеракцију наносекундног и пикосекундног ласерског импулса са вишеслојним системима. Истраживање је стимулисано малим бројем објављених радова у вези са нумеричком анализом интеракције ласерског снопа са вишеслојним материјалима. Сви ови модели ограничени су на ниже интезитете ласерског зрачења при којима не долази до аблације материјала. Теоријски модели значајни су са становишта предвиђања основних

физичких процеса који се јављају током интеракције. Они нам омогућавају да предвидимо праг оштећења материјала, дубину топљења материјала, температурске профиле, дубину аблације и сл. У нумеричком прорачуну узимају се у обзир фазни прелази (топљење и испаравање), и врши се истовремено израчунавање температурских профила и дубине аблације.

### 2.3 Публикације

Из садржаја ове дисертације проистекло је шест радова који су претежно урађени од стране кандидата и у сарадњи са колегама из Института за физику и Института за нуклеарне науке „Винча“:

[1] B. Salatić, S. Petrović, D. Peruško, M. Čekada, P. Panjan, D. Pantelić, B. Jelenković “*Single- and dual-wavelength laser pulses induced modification in 10×(Al/Ti)/Si multilayer system*”, Applied Surface Science, 360 (2016) 559–565. ( M21 а, ИФ=3.150, (2015))

[2] S.M. Petrovic, D. Perusko, B. Salatic, I. Bogdanovic-Radovic, P. Panjan, B. Gakovic, D. Pantelic, M. Trtica, B. Jelenkovic, “ *Laser induced damage/ablation morphology on the 8(Al/Ti)/Si system in different ambient conditions*”, Optics & Laser Technology, 54 (2013) 22–29. ( M22, ИФ=1.649, (2013), 3 цитата)

[3] Suzana Petrović ,Branislav Salatić, Davor Peruško, Ivančica Bogdanović-Radović, Miha Čekada, Biljana Gaković, Dejan Pantelić, Milan Trtica and Branislav Jelenković, “*Laser-induced structural and composition modification of multilayered Ni/Ti thin film in air and liquids*”, Laser Physics, 23 (2013) 026004 (10pp). ( M23, ИФ=1.025, (2013))

[4] B. Salatić, S. Petrović, D. Peruško, M. Čekada, B. M. Jelenković, D. V. Pantelić, “*Laser irradiation of 10(Ni/Ti)/Si multilayers at different wavelengths*”, Optical and Quantum Electronics, (2016) 48: 314. ( M22, ИФ=1.290, (2015), 1 цитат)

[5] D. Peruško, J. Kovač, S. Petrović, M. Obradović, M. Mitrić, V. Pavlović, B. Salatić, G. Jakša, M. Milosavljević, “*Selective Al-Ti reactivity in laser-processed Al/Ti multilayers*”, Materials and Manufacturing Processes, (2017), Aceppted, ( M22, ИФ=1.419, (2015))

[6] S. Petrović, B. Salatić, D. Peruško, M. Panjan, M. Čekada, B. Gaković, B. Jelenković and M. Trtica, "Surface modification of Ti-based nanocomposite multilayer structures by using laser beam irradiation", Physica Scripta, T149 (2012). ( M22, ИФ=1.032, (2012))

## 2.4 Преглед научних резултата изложених у тези

У следећим поглављима је описана суштина ових истраживања:

1. Формирање површинских структура на Al/Ti/Si и Ni/Ti/Si вишеслојним системима деловањем ласерског зрачења.
2. Хемијске промене и формирање интерметалних деловањем ласерског зрачења на Al/Ti/Si и Ni/Ti/Si вишеслојне системе.
3. Испитивање утицаја истовременог деловања ласерског зрачења на две таласне дужине (1064/532 nm) истовремено на аблацију вишеслојних система.
4. Нумеричко израчунавање температурских профила и дубине аблације.

### 2.4.1 Формирање површинских структура на Al/Ti/Si и Ni/Ti/Si вишеслојним системима деловањем ласерског зрачења

Током експерименталног рада, који је описан у овој докторској дисертацији, узорак је третиран различитим интезитетима ласерског зрачења, различитим бројем импулса и у три средине (ваздух, вода и етанол). Испитиван је утицај наведених параметара на настајање специфичних морфолошких структура (периодичне површинске структуре, нано- и микроструктуре). Деловањем ласерског зрачења на Al/Ti/Si и Ni/Ti/Si вишеслојне системе долази до формирања периодичних површинских структура. Експерименталном и теоријском анализом утврђено је да периодичне површинске структуре које настају на Al/Ti/Si и Ni/Ti/Si узорцима у све три средине (ваздух, вода и етанол) представљају замрзнуте капиларне таласе. Константа решетке периодичне површинске структуре је зависна од интезитета ласерског зрачења и особина материјала. Интезитет ласерског зрачења утиче на дубину топљења материјала и време трајања капиларног таласа. Време које узорак проводи у течној фази је у великој мери зависно и од температуре топљења материјала. Утицај течности на настајање периодичних површинских структура огледа се у апсорпцији ласерског зрачења у воденој средини, ефикаснијем хлађењу узорка у односу

на ваздух и ширењу паре у воденој средини. Као директна последица ових феномена, периодичне површинске структуре настају на периферији озрачене зоне и имају мању константу решетке у поређењу са ваздухом. Растом интензитета ласерског зрачења или повећавањем броја импулса, када температура на површини узорка пређе тачку кључања, периодичне структуре нестају услед аблације материјала.

Резултати ових истраживања су детаљније описани у публикацијама [A4], [A5] и [A8] које су наведене у поглављу 3.

#### 2.4.2 Хемијске промене и формирање интерметалних деловањем ласерског зрачења на Al/Ti/Si и Ni/Ti/Si вишеслојне системе.

Резултати хемијске анализе показују да деловање ласерског зрачења утиче на просторну расподелу елемената (Al(Ni), Ti и Si) и међусобно мешање слојева. Апсорбована енергија ласерског зрачења покреће топлотну дифузију атома. Просторна расподела Si елемента у потпуности се поклапа са периодичном структуром која настаје на површини узорка. Алуминијум, никл и титан остају хомогено распоређени по површини узорка, што значи да не долази до значајних промена у дебљини танког слоја. Истовремено, деловање ласерског зрачења на Al/Ti/Si и Ni/Ti/Si узорке у ваздуху, води и етанолу, праћено је међусобним мешањем Al(Ni) и Ti слојева, као и њиховим мешањем са Si подлогом што ствара услове за настајање интерметалних једињења. XRD анализа, после деловања већег броја ласерских импулса на Al/Ti/Si узорке у ваздуху, потврдила је да долази до формирања интерметалних једињења (AlTi<sub>3</sub> и/или AlTi) и настајања оксидне фазе (Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Процес настајања интерметалних једињења све више долази до изражаја са повећавањем броја ласерских импулса и повезан је са топљењем и мешањем слојева у дубини материјала.

Хемијске промене и формирање интерметалних деловањем ласерског зрачења на Al/Ti/Si и Ni/Ti/Si вишеслојне системе представљене су у публикацијама [A4], [A5] и [A7] (поглавље 3.)



### 2.4.3 Испитивање утицаја истовременог деловања ласерског зрачења на две таласне дужине (1064/532 nm) на аблацију вишеслојног система

Деловањем ласерског зрачења на две таласне дужине истовремено (1064/532 nm) долази до формирања дубљих и ширих кратера на Al/Ti/Si и Ni/Ti/Si узорцима. Ефикасност ласерске аблације полупроводника као што је силицијум, може се повећати истовременим деловањем зрачења на две таласне дужине. На таласној дужини од 1064 nm, стварање слободних електрона у силицијуму (супстрату) је углавном узроковано са два процеса а то су линеарна екситација и сударна екситација. Енергија фотона на 1064 nm (1.17 eV) је мало изнад енергетског процепа између проводне и валентне зоне силицијума (1.12 eV), што значи да је линеарна екситација слаба због ниске вредности апсорпционог коефицијента  $\alpha$ . Са друге стране, енергија фотона на 532 nm је значајно изнад енергетског процепа силицијума и апсорпциони коефицијент је за два реда величине већи у поређењу са 1064 nm. Када су електрони екситовани у проводну зону силицијума, убрзавају се деловањем ласерског поља и могу да произведу додатне слободне електроне процесом сударне екситације. Интеракција на две таласне дужине истовремено, указује на међусобну повезаност различитих екситационих механизма, где линеарна екситација на 532 nm може започети сударну екситацију обезбеђивањем иницијалних слободних електрона који су неопходни за стварање електронске лавине.

Деловање ласерског зрачења на две таласне дужине истовремено (1064/532 nm) на Al/Ti/Si и Ni/Ti/Si узорке и доминатни процеси који се јављају током интеракције описани су у публикацијама [A1] и [A6] (поглавље 3.)

### 2.4.4 Нумеричко израчунавање температурских профила и дубине аблације

Могуће морфолошке и хемијске промене које су индуковане наносекундним и пикосекундним ласерским зрачењем на вишеслојним системима Al/Ti/Si и Ni/Ti/Si разматране су нумерички. Модел је комплексан и укључује неколико међусобно повезаних процеса као што су: загревање материјала, фазни прелази (топљење и испаравање) и интеракција ласерског зрачења са паром која се формира изнад површине мете. У моделу се узимају у обзир особине материјала које су зависне од температуре,

посебно на температурама блиским  $T_c$ . Главни физички процес којим се описује аблација материјала у моделу је нормално испаравање. Нумерички резултати се добро поклапају са експерименталним у опсегу ласерских интензитета који су коришћени у експерименту.

Нумерички модел за вишеслојне системе и поређење експерименталних и нумеричких резултата је детаљније описано у публикацијама [A1] и [A6] (поглавље 3.)

### 3. Списак публикација кандидата

#### A. Радови у међународним часописима

[A1] B. Salatić, S. Petrović, D. Peruško, M. Čekada, P. Panjan, D. Pantelić, B. Jelenković “*Single- and dual-wavelength laser pulses induced modification in 10×(Al/Ti)/Si multilayer system*”, Applied Surface Science, 360 (2016) 559–565.

[A2] S. Petrović, B. Salatić, D. Milovanović, V. Lazović, Lj. Živković, M. Trtica and B. Jelenković, “*Agglomeration in core-shell structure of CuAg nanoparticles synthesized by the laser ablation of Cu target in aqueous solutions*”, Journal of Optics, 17 (2015) 025402 (6pp).

[A3] Suzana Petrovic, D. Milovanovic, B. Salatic, D. Perusko, J. Kovac, G. Drazic, M. Mitric, M. Trtica, B. Jelenkovic “*Composition and structure of NiAu nanoparticles formed by laser ablation of Ni target in Au colloidal solution*”, Materials Chemistry and Physics, 166 (2015) 223-232.

[A4] S.M. Petrovic, D. Perusko, B. Salatic, I. Bogdanovic-Radovic, P. Panjan, B. Gakovic, D. Pantelic, M. Trtica, B. Jelenkovic, “*Laser induced damage/ablation morphology on the 8(Al/Ti)/Si system in different ambient conditions*”, Optics & Laser Technology, 54 (2013) 22–29.

[A5] Suzana Petrović, Branislav Salatić, Davor Peruško, Ivančica Bogdanović-Radović, Miha Čekada, Biljana Gaković, Dejan Pantelić, Milan Trtica and Branislav Jelenković, “*Laser-induced structural and composition modification of multilayered Ni/Ti thin film in air and liquids*”, Laser Physics, 23 (2013) 026004 (10pp).

[A6] B. Salatić, S. Petrović, D. Peruško, M. Čekada, B. M. Jelenković, D. V. Pantelić, “*Laser irradiation of 10(Ni/Ti)/Si multilayers at different wavelengths*”, *Optical and Quantum Electronics*, (2016) 48: 314.

[A7] D. Peruško, J. Kovač, S. Petrović, M. Obradović, M. Mitrić, V. Pavlović, B. Salatić, G. Jakša, M. Milosavljević, “*Selective Al-Ti reactivity in laser-processed Al/Ti multilayers*”, *Materials and Manufacturing Processes*, (2017), Accepted

[A8] S. Petrović, B. Salatić, D. Peruško, M. Panjan, M. Čekada, B. Gaković, B. Jelenković and M. Trtica, “*Surface modification of Ti-based nanocomposite multilayer structures by using laser beam irradiation*”, *Physica Scripta*, T149 (2012).

Б. Радови у зборницима међународних конференција

[1] B. Salatić, S. Petrović, D. Peruško, M. Čekada, B. M. Jelenković and D. V. Pantelić, “*Laser irradiation of 5(Ni/Ti)/Si multilayers at different wavelengths*”, *Photonica 2015, V International School and Conference on Photonics*, Belgrade, Serbia, (2015), 208-208.

В. Радови у зборницима домаћих конференција

[1] Сузана Петровић, Бранислав Салатић, Дубравка Миловановић, Љиљана Живковић, Владимир Лазовић, Дејан Пантелић, Милан Тртица, Биљана Гаковић, Бранислав Јеленковић, “*Карактеризација оксидних и биметалних наночестица формираних ласерском аблацијом Си у различитим растворима*”, *Зборник апстраката седме радионице фотонице* (2014), стр. 8.

[2] Сузана Петровић, Бранислав Салатић, Биљана Гаковић, Давор Перушко, Дејан Пантелић, Милан Тртица, Бранислав Јеленковић, “*Површинска модификација нанокмпозитних Ni/Ti и Al/Ti танких слојева наносекундним ласерским зрачењем у различитим амбијенталним условима*”, *Зборник апстраката шесте радионице фотонице* (2013), стр. 10.

[3] Б. Салатић, С. Петровић, Д. Пантелић, Б. Јеленковић, Б. Гаковић, М. Тртица, Б. Ћосић “Ласерски индуковане периодичне површинске структуре на вишеслојним системима”, Зборник апстраката пете радионице фотонице (2012), стр. 36.

[4] Александар Крмпот, Драган В. Лукић, Михаило Рабасовић, Бранислав Салатић, “Биофотоника: развој метода и уређаја у Институту за физику”, Зборник апстраката четврте радионице фотонице (2011), стр. 17.

#### 4. Цитати

[1] S. Petrović, B. Salatić, D. Milovanović, V. Lazović, Lj. Živković, M. Trtica and B. Jelenković, “Agglomeration in core-shell structure of CuAg nanoparticles synthesized by the laser ablation of Cu target in aqueous solutions”, *Journal of Optics*, 17 (2015) 025402 (6pp).

- A. Sakthisabarimoorthi, M. Jose, S. A. Martin Britto Dhas, S. Jerome Das, „*Fabrication of Cu@Ag core-shell nanoparticles for nonlinear optical applications*”, *Journal Of Materials Science-Materials In Electronics* Volume: 28 Issue: 6 Pages: 4545-4552 Published: MAR 2017
- Seyyed Ali Davaria, Sheng Hub, Dibyendu Mukherjee, “*Calibration-free quantitative analysis of elemental ratios in intermetallic nanoalloys and nanocomposites using Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)*”, *Talanta*, Volume: 164 Pages: 330–340 Published: MAR 2017

[2] Suzana Petrovic, D. Milovanovic, B. Salatic, D. Perusko, J. Kovac, G. Drazic, M. Mitric, M. Trtica, B. Jelenkovic “*Composition and structure of NiAu nanoparticles formed by laser ablation of Ni target in Au colloidal solution*”, *Materials Chemistry and Physics*, 166 (2015) 223-232.

- Vincenzo Amendola, Stefano Scaramuzza, Francesco Carraro, Elti Cattaruzza, “*Formation of alloy nanoparticles by laser ablation of Au/Fe multilayer films in liquid environment*”, *Journal of Colloid and Interface Science* Volume: 489 Pages: 18–27 Published: MAR 2017

[3] S.M. Petrovic, D. Perusko, B. Salatic, I. Bogdanovic-Radovic, P. Panjan, B. Gakovic, D. Pantelic, M. Trtica, B. Jelenkovic, “ *Laser induced damage/ablation morphology on the 8(Al/Ti)/Si system in different ambient conditions*”, Optics & Laser Technology, 54 (2013) 22–29.

- AN Rong, TIAN Yanhong, KONG Lingchao, WANG Chunqing, CHANG Shuai,” *LASER-IGNITED SELF-PROPAGATING BEHAVIOR OF SELF-SUPPORTING NANO-SCALED Ti/Al MULTILAYER FILMS*”, Acta Metallurgica Sinica Volume: 50 Issue: 8 Pages: 937-943 Published: AUG 11 2014
- Wanqin Zhao, Wenjun Wang , Xuesong Mei, Gedong Jiang, Bin Liu, “*Investigations of morphological features of picosecond dual-wavelength laser ablation of stainless steel*”, Optics and Laser Technology Volume: 58 Pages: 94-99 Published: JUN 2014
- Rong An, Yanhong Tian, Chunqing Wang, “*Effect of modulation structure on the laser-ignited self-propagating behavior of Ti/Al multilayer films*”, 2014 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONIC PACKAGING TECHNOLOGY (ICEPT) Pages: 1530-1533 Published: 2014

[4] B. Salatić, S. Petrović, D. Peruško, M. Čekada, B. M. Jelenković, D. V. Pantelić, “*Laser irradiation of 10(Ni/Ti)/Si multilayers at different wavelengths*”, Optical and Quantum Electronics, (2016) 48: 314.

- B. G. Kelly, A. Loether, K. M. Unruh, and M. F. DeCamp, “*X-ray diffraction study of laser-driven solid-state diffusional mixing and new phase formation in Ni-Pt multilayers*”, Physical Review B Volume: 95 Issue: 6 Article number: 064301 Published: FEB 2017

## ЗАКЉУЧАК

На основу изложеног комисија закључује да је кандидат БРАНИСЛАВ САЛАТИЋ у докторској дисертацији под називом “ЛАСЕРСКА МОДИФИКАЦИЈА АЛУМИНИЈУМ-ТИТАНСКИХ И НИКЛ-ТИТАНСКИХ ТАНКИХ СЛОЈЕВА“ представио оригиналне научне резултате са значајним научним доприносом у ужој научној области ФОТОНИКА И ЛАСЕРИ, и да су задовољени сви прописани услови за одобравање одбране тезе. Делови тезе кандидата су публиковани у шест радова у међународним часописима, и стога, предлажемо Научно- наставном већу Физичког факултета да одобри њену одбрану.

Др Дејан Пантелић  
Научни саветник, Институт за физику, Београд

Др Сузана Петровић  
Научни саветник, Институт за нуклеарне науке „Винча”, Београд

Проф. др Милорад Кураица  
Редовни професор, Физички факултет, Београд

Проф. др Братислав Обрадовић  
Ванредни професор, Физички факултет, Београд