

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Јована Цигановића, дипломираног инжењера електротехнике, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5013/10-1 од 24.11.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јована Цигановића, дипломираног инжењера електротехнике, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Дејство импулсног ласера на титанијумску мету: површински ефекти“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Јован Цигановић, дипломирани инжењер електротехнике, рођен је 22. октобра 1982. године у Земуну, Србија, где је завршио основну школу и природно-математички смер Земунске гимназије. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је школске 2001/02. године, одсек за физичку електронику, смер за ласерску технику и оптоелектронику. Дипломирао је 2010. године са средњом оценом 8,33 током студија и оценом 10 на дипломском испиту. Тема дипломског рада је била: "Модификација површине титана импулсним ТЕА CO_2 ласерским зрачењем" под менторством редовног професора др Петра Матавуља.

Докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул Наноелектроника и фотоника, уписао је школске 2010/2011. године.

Од 2010. године запослен је у Институту за нуклеарне науке „Винча“, где ради у групи др Милана Тртице, научног саветника Лабораторије за физичку хемију, Института за нуклеарне науке „Винча“, на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја 142065 и 172019. Одлуком Научног већа Института за нуклеарне науке „Винча“, стекао је звање истраживач сарадник 2013. године.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Јован Цигановић је школске 2010/2011. године уписао докторске академске студије на Електротехничком факултету у Београду на модулу Наноелектроника и фотоника. По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак ових студија за још два семестра, сагласно члану 92. став 4 Статута Универзитета у Београду.

Током студија положио је све планом предвиђене испите и испунио све обавезе, и то:

Рд. Бр.	Назив испита	Оцена	ЕСПБ
1	Скенирајућа микроскопија у нанонауци и нанотехнологији	10	9
2	Простирање оптичких таласа у комплексним срединама	10	9
3	Оптоелектронске мерне методе	10	9
4	Модерне фотонске компоненте и системи	10	9
5	Квантна оптика	9	9
6	Електричне и оптичке карактеристике материјала у наноелектроници и фотоници	10	9
7	Комплексни феномени у физици плазме	10	9
8	Енглески језик	9	6
9	Спектроскопија чврстих материјала	9	9
10	Научни рад 3	10	9
	Назив обавезе		
1	Студијски истраживачки рад I		15
2	Студијски истраживачки рад II		15
3	Научно стручни рад		3

Кандидат је објавио већи број научних радова, и они су у складу са важећим нормативима, наведени у следећим групама:

Радови у врхунским међународним часописима (M21):

1. **J. Ciganovic**, J. Stasic, B. Gakovic, M. Momcilovic, D. Milovanovic, M. Bokorov, M. Trtica, "Surface Modification of the Titanium Implant Using TEA CO₂ Laser Pulses in Controllable Gas atmospheres", Applied Surface Science, **258**, (2012) 2741-2748.
(DOI: 10.1016/j.apsusc.2011.10.125; ISSN: 0169-4332; IF за 2012. godinu: 2.112)

2. M. Momcilovic, M. Trtica, **J. Ciganovic**, J. Savovic, J. Stasic, M. Kuzmanovic, "Analysis of Copper Surface Features Obtained Using TEA CO₂ Laser at Reduced Air Pressure", Applied Surface Science, **270**, (2013) 486-494.
(DOI: 10.1016/j.apsusc.2013.01.067; ISSN: 0169-4332; IF за 2013. godinu: 2.538)

3. J. Savovic, M. Stoiljkovic, M. Kuzmanovic, M. Momcilovic, **J. Ciganovic**, D. Rankovic, S. Zivkovic, M. Trtica, "The feasibility of TEA CO₂ laser-induced plasma for spectrochemical analysis of geological samples in simulated Martian conditions", Spectrochimica Acta part B –

Atomic Spectroscopy, vol **118**, (2016) 127-136.
(DOI: 10.1016/j.sab.2016.02.020; ISSN: 0584-8547; IF za 2015. godinu: 3.289)

Радови у истакнутим међународним часописима (M22):

4. M. Trtica, D. Batani, R. Readelli, J. Limpouch, V. Kmetik, **J. Ciganovic**, J. Stasic, B. Gakovic, M. Momcilovic, “*Titanium Surface Modification Using Femtosecond Laser with 10^{13} - 10^{15} W/cm² Intensity in Vacuum*”, Laser and Particle Beams, **31** (2013) 29-36.
(DOI: 10.1017/S0263034612000924; ISSN: 0263-0346; IF za 2013. godinu: 1.701)

5. M. Kuzmanovic, M. Momcilovic, **J. Ciganovic**, D. Rankovic, J. Savovic, D. Milovanovic, M. Stoilkovic, M. Pavlovic, M. Trtica, “*Properties of plasma induced by pulsed CO₂ laser on a copper target under different ambient conditions*”, Physica Scripta, **T162**, (2014) 014011 (4pp).
(DOI: 10.1088/0031-8949/2014/T162/014011; ISSN: 0031-8949; IF za 2014. godinu: 1.126)

6. D. Perusko, J. Kovac, S. Petrovic, G. Drazic, M. Mitric, M. Milosavljevic, **J. Ciganovic**, “*Intermixing and phase transformations in Al/Ti multilayer system induced by picosecond laser beam*”, Thin Solid Films, vol. **591**, (2015) 357-362.
(DOI: 10.1016/j.tsf.2015.03.030; ISSN: 0040-6090; IF za 2015. godinu: 1.761)

7. M. Momcilovic, M. Kuzmanovic, D. Rankovic, **J. Ciganovic**, M. Stoilkovic, J. Savovic, M. Trtica, “*Optical Emission Studies of Copper Plasma Induced Using Infrared Transversely Excited Atmospheric (IR TEA) Carbon Dioxide Laser Pulses*”, Applied Spectroscopy, vol **69**, no. 4, (2015) 419-429.
(DOI: 10.1366/14-07584; ISSN: 0003-7028; IF za 2015. godinu: 1.798)

8. **J. Ciganovic**, S. Zivkovic, M. Momcilovic, J. Savovic, M. Kuzmanovic, M. Stoilkovic, M. Trtica, “*Laser-induced features at titanium implant surface in vacuum ambience*”, Optical and Quantum Electronics, vol **48**, no. 2, (2016) 133 (8pp).
(DOI: 10.1007/s11082-015-0369-x; ISSN: 0303-8919; IF za 2015. godinu: 1.290)

Радови у међународним часописима (M23):

9. M. Momcilovic, **J. Ciganovic**, D. Rankovic, U. Jovanovic, M. Stoilkovic, J. Savovic, M. Trtica, “*Analytical capability of the plasma induced by IR TEA CO₂ laser pulses on copper-based alloys*”, Journal of the Serbian Chemical Society, vol. **80**, no. 12, (2015) 1505-1513.
(DOI: 10.2298/JSC150416061M; ISSN: 0352-5139; IF za 2015. godinu: 0.970)

Саопштења на скупу међународног значаја штампано у целини (M33):

10. M. Trtica, M. Kuzmanovic, M. Momcilovic, **J. Ciganovic**, D. Rankovic, J. Savovic, “*Laser Induced Optical Emission Spectroscopy*”, IX Belarusian-Serbian Symposium, “*Physics and Diagnostics of Laboratory and Astrophysical Plasmas*”, September 16-21, 2012, Minsk, Belarus, Proceedings 03, 21-24.

11. M. Momcilovic, D. Rankovic, M. Kuzmanovic, **J. Ciganovic**, M. Stoilkovic, J. Savovic, M. Trtica, “*Analytical capability of plasma induced by IR TEA CO₂ laser pulses on copper target*”, 12th International Conference of Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, “*Physical Chemistry 2014*”, September 22-26, 2014, Belgrade, Serbia, Proceedings Volume I, 172-175, ISBN 978-86-82475-30-9.

12. M.S. Trtica, J. Savovic, M. Stoiljkovic, M. Kuzmanovic, M. Momcilovic, **J. Ciganovic**, S. Zivkovic, "Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) – New Trends". XII International Conference, Atomic and Molecular Pulsed Lasers (AMPL 2015), September 14-18, 2015, Tomsk, Russia, ISBN 978-5-94458-153-2.

13. M. Matijevic, M. Stoiljkovic, M. Momcilovic, J. Savovic, **J. Ciganovic**, M. Kuzmanovic, "Laser induced breakdown spectroscopy at the solid-aqueous aerosol interface", 28th Summer School and international Symposium on the Physics of Ionized Gases, "SPIG 2016", Aug. 29 - Sep. 2, 2016, Belgrade, Serbia, Contributed Papers, 348-351, ISBN 978-86-84539-14-6.

14. **J. Ciganovic**, P. Matavulj, M. Trtica, J. Stasic, J. Savovic, S. Zivkovic, M. Momcilovic, "Pulsed TEA CO₂ laser irradiation of Titanium – controllable gas ambience", 13th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, "Physical Chemistry 2016", September 26-30, 2016, Belgrade, Serbia, Proceedings Volume II, 561-564, ISBN 978-86-82475-33-0.

Саопштења на скупу међународог значаја штампано у изводу (M34):

15. M.S. Trtica, M. Kuzmanovic, M. Momcilovic, **J. Ciganovic**, D. Rankovic, M. Pavlovic, J. Savovic, M. Stoiljkovic, "Laser Induced Optical Emission Spectroscopy", X International Conference: Atomic and Molecular Pulsed Lasers, September, 12-16, 2011, Tomsk, Russia. Proceedings, p. 135.

16. M. Kuzmanovic, M. Momcilovic, **J. Ciganovic**, D. Rankovic, J. Savovic, D. Milovanovic, M. Trtica, "Properties of plasma induced by IR CO₂ pulsed laser on a copper target under different ambient conditions", IV International School and Conference on Photonics, "Photonica 2013", August 26-30, 2013, Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, p. 74, ISBN 978-86-82441-36-6.

17. **J. Ciganovic**, S. Zivkovic, M. Momcilovic, J. Savovic, M. Kuzmanovic, M. Stoiljkovic, D. Milovanovic, M. Trtica, "Laser-induced features at Titanium implant surface in vacuum ambience", The Fifth International School and Conference on Photonics, "Photonica 2015", August 24-28, 2015, Belgrade, Serbia. Book of Abstracts, 99-100, ISBN 978-86-7306-131-3.

18. D. Perusko, M. Obradović, J. Kovač, S. Petrović, M. Mitrić, M. Čizmović, D. Pjević, **J. Ciganović**, M. Milosavljević, "Laser processing of Al/Ti multilayer system", The Fifth International School and Conference on Photonics, "Photonica 2015", August 24-28, 2015, Belgrade, Serbia. Book of Abstracts, 205, ISBN 978-86-7306-131-3.

19. S. Zivkovic, M. Momcilovic, **J. Ciganovic**, M. Kuzmanovic, M. Stoiljkovic, A. Staicu, M. Trtica, J. Savovic, "Capabilities of TEA CO₂ Laser Based LIBS for Analysis of Geological and Plant Materials", 8th Euro-Mediterranean Symposium on Laser-Induced Breakdown Spectroscopy 2015, September 14-18, Linz, Austria, Book of Abstracts, 151.

20. J. Savovic, M. Stoiljkovic, M. Kuzmanovic, M. Momcilovic, **J. Ciganovic**, D. Rankovic, M. Trtica, "The prospective of pulsed nanosecond TEA CO₂ based LIBS for exploration on Mars", European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, 22-26. February 2015, Munster, Germany.

Кандидат Јован Цигановић је такође био или је ангажован на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја:

1. Пројект ОИ142065: „Спектроскопска и ласерска истраживања површина, плазме и животне средине“. Трајање: 2006-2010.
2. Пројект ОИ172019: „Ефекти дејства ласерског зрачења и плазме на савремене материјале при њиховој синтези, модификацији и анализи“. Трајање: 2010-.

Кандидат је 02.12.2016. године на Електротехничком факултету у Београду јавно усмено бранио предложену тему докторске дисертације пред комисијом у саставу:

1. др Пеђа Михаиловић, ванредни професор, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду
2. др Милан Тртица, научни саветник, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду
3. др Жељко Ђуришић, доцент, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду

где је комисија закључила да је кандидат добио оцену **задовољно** и да испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходно приказаних резултата кандидата, комисија константује да је Јован Цигановић:

- Положио све планом предвиђене испите и испунио све обавезе, чиме је сакупио потребних 120 ЕСПБ бодова,
- Јавно одбранио тему докторске дисертације 02.12.2016. године, пред комисијом формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду,
- Публиковао 20 радова у научним часописима и научним конференцијама, од чега је 5 непосредно везано за истраживања из предложене теме, чиме је приказао квалификације за научни рад и афинитет према теми.

Стога комисија сматра да кандидат Јован Цигановић задовољава све услове за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања које ће се реализовати у току рада на дисертацији односи се на интеракцију ласер-мета (титанијум), односно на експериментално проучавање површинских ефеката примарно у гасном амбијенту. У ширем смислу предмет истраживања обухвата област науке о материјалима и односиће се на површинску модификацију титанијума под дејством ласерског зрачења. Користиће се ласери чији су импулси у кратком (наносекундном) и ултракратком (пико- и фемтосекундном) временском домену. Мета која ће се користити у експериментима је титанијум, који се налази у групи метала релевантних за савремене технологије и који поседује изузетне физичке и хемијске особине. Из ових разлога титанијум се тренутно интензивно користи у индустрији, авио- и свемирском инжењерству, биомедицини (као имплант), итд. Генерално, интеракција ласер-метал је

сложен процес и, поред осталог, укључује апсорпцију ласерског зрачења на површини мете, затим загревање, најчешће топлеење, испаравање, дисоцијацију, јонизацију вапоризованог материјала, генерисање плазме, итд [1-10]. Неки од ових феномена могу индуковати трајне, специфичне промене на површини мете чије је разматрање од интереса за фундаментална и примењена истраживања.

Циљ истраживања обухвата разматрање површинских ефеката на титанијуму у функцији ласерских параметера (трајања импулса, таласне дужине ласера, енергије ласера, броја акумулираних импулса, итд.), стања површине мете (апсорптивност), амбијента у коме се врши озрачивање (ваздух, азот, хелијум, вакуум, итд.) а све у намери добијања специфичних морфолошких и хемијских промена на површини. У овом контексту треба споменути и разматрање креирања плазме испред мете која може дати корисне информације о мети [8-10].

Интеракција ласер-титанијум, посебно коришћење импулса различитог трајања (нано, пико и фемтосекундни домен) као и употребом различитог амбијента (ваздух, хелијум, вакуум, итд.) је недовољно проучавана, па добијање нових података има висок значај како за фундаментална истраживања тако и за потенцијалну примену.

Већ је споменуто да је титанијум метал битан за савремене технологије. Високо-прецизна површинска модификација метала укључујући и титанијум, по правилу захтева, употребу ласера и у овом контексту треба споменути да многи процеси интеракције још нису довољно истражени. Површинска модификација титанијума, поред осталих примена, има значаја за биомедицину, нпр. увећање биокомпатибилности импланта. Познато је да специфичне морфолошке структуре које се добијају деловањем ласера увећавају биокомпатибилност титанијумског импланта. Надаље, ласерско озрачивање титанијума у контролисаним гасним атмосферама резултује у генерисању површинских хемијских промена које су од интереса за примену, нпр. у атмосфери азота односно кисеоника могуће је површински креирати слој титанијум-нитрида (TiN) односно титанијум диоксида (TiO₂), респективно.

- [1] W.J.Witteman, "The CO₂ Laser", Springer-Verlag, Berlin, 1987.
- [2] M.von Allmen, "Laser Beam Interaction with Materials", Springer-Verlag, Berlin, 1987.
- [3] I.Ursu, I.Mihailescu, A.Prokhorov, V.Konov, "Laser Heating of Metals", Ed. Academei R.S. Romania, Bucuresti, 1991.
- [4] D. Bäuerle, "Laser Processing and Chemistry", Springer, Berlin Heidelberg, 2000.
- [5] D. Batani, "Short-pulse laser ablation of materials at high intensities: Influence of plasma effects", Laser Part. Beam **28**, (2010) 235-244.
- [6] E.G. Gamaly, A.V. Rode, B. Luther-Davies, V.T. Tikhonchuk, "Ablation of solids by femtosecond lasers: ablation mechanism and ablation thresholds for metals and dielectrics", Phys. Plasmas **9**, (2002) 949-957.
- [7] A.Y. Vorobyev, C. Guo, "Femtosecond laser structuring of titanium implants", Appl. Surf. Sci. **253**, (2007) 7272-7280.
- [8] J.Hermann, C.Boulmer-Leborgne, I.Mihailescu, B.Dubreuil: "Multistage plasma initiation process by pulsed CO₂ laser irradiation of a Ti sample in an ambient gas (He, Ar, or N₂) ", J. Appl. Phys. **73**, (1993) 1091-1099.
- [9] X.L. Mao, W.T. Chan, M.A. Shannon, R.E. Russo, "Plasma shielding during picosecond laser sampling of solid materials by ablation in He versus Ar atmosphere", J. Appl. Phys. **74**, (1993) 4915-4922.
- [10] D.W. Hahn, N. Omenetto, "Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS), partII: review of instrumental and methodological approaches to material analysis and applications to different fields", Appl. Spectrosc. **66**, (2012) 347-419.

3. Полазне хипотезе

На основу досадашњег научног истраживања усвојене су следеће полазне хипотезе које ће се користити у наставку истраживања:

- Врста и степен површинске модификације метала (у овом случају титанијума) зависи од параметара употребљеног ласера. За дати ласерски систем и мету постоји праг оштећења мете.
- Врста и степен површинске модификације титанијума зависи од трајања ласерског импулса – различити механизми у нано-, пико- и фемтосекундном домену.
- Површинске промене, примарно хемијске, при константним условима озрачивања зависе од употребљеног амбијента/гаса у коме се озрачивање остварује.
- Применом довољних густина снаге ласера могуће је креирати плазму испред мете која утиче на степен њене модификације и такође може дати информације о њеном саставу.

4. Научне методе истраживања

Методе које ће бити коришћене у овом истраживању су експерименталне и оне се могу сумирати у следећем:

(а) Озрачивање мете титанијума, у контролисаним гасним атмосферама (ваздух, азот, хелијум, кисеоник, угљен-диоксид, итд.) као и у вакууму, вршиће се у стакленој комори, која ће бити конструисана и направљена у лабораторији. Комора ће бити облика крста, запремине $\sim 500 \text{ cm}^3$. Имаће три прозора од којих ће један бити замењив (у зависности од типа употребљеног ласера, тј. коришћене таласне дужине). Испред овог прозора биће постављено сочиво за фокусирање зрачења. Сви експерименти ће бити урађени у режиму фокусираног ласерског зрачења. Остала два прозора од CaF_2 су постављена са стране што пружа могућност за анализу емисије из плазме креиране испред титанијумске мете. Надаље, комора ће бити повезана са гасним системом (вакуум пумпа, систем за увођење гаса - гасни цилиндар и игличасти вентил, и манометри за контролу притиска). Оваква конструкција коморе треба да обезбеди рад у вакууму као и у контролисаним гасним атмосферама на притиску од $\sim 0,01$ до 1013 mbar .

(б) За озрачивање титанијумске мете користиће се три типа ласера. Као ласер са кратким импулсом (дужина импулса у наносекундном домену; 100 ps - почетни пик, $2 \text{ }\mu\text{s}$ - „реп“) употребиће се ТЕА (*Transversely Excited Atmospheric*) угљен-диоксидни (CO_2) ласер. Надаље, користиће се ласери са ултракратким импулсом (Nd:YAG пикосекундни ласер (типично 150 ps), и Ti:сафир фемтосекундни ласер (60 fs)).

(в) Ефекти који се генеришу на површини мете титанијума након озрачивања ласером пратиће се различитим аналитичко-дијагностичким методама. Морфолошке промене на површини карактерисаће се оптичком (ОМ), сканирајућом електронском (SEM) и микроскопијом на принципу међуатомских сила (AFM). Дубина и облик оштећења (нпр. кратери у мети) биће праћени оптичком профилометријом и методом фокусираног јонског снопа (FIB). Промене хемијског састава површине титанијума биће одређене енергетским дисперзивним спектрометром (EDX). Коначно, оптичка емисија генерисане плазме испред мете пратиће се одговарајућим спектрометром снабдевеним CCD камером (режим временски-интеграљено просторно резолутивно мерење).

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси ове докторске дисертације су:

- Утврдиће се ласерски параметри (за сваки појединачно употребљени ласерски систем) који доводе до оштећења мете титанијума.
- Дефинисаће се површинске морфолошке карактеристике мете (појава кратера, хидродинамички ефекти, појава периодичних структура, итд.).
- Утврдиће се корелација између употребљеног амбијента/гаса у коме се врши озрачивање и површинских хемијских промена мете титанијума.
- Разматраће се оптичка емисија (спектрални састав) плазме креиране испред мете титанијума.

Ова истраживања немају само фундаменти значај, већ и могуће примене за прецизну обраду материјала, побољшање биокompatбилности и стерилизацију титанских медицинских импланата, грађење титан-оксидних и титан-нитридних слојева у циљу побољшања механичких особина материјала, анализу материјала мете проучавањем ласерски генерисане плазме, итд.

6. План истраживања и структура рада

У првој фази рада на докторској дисертацији кандидат треба да се упозна са најновијом релевантном литературом из области интеракције ласер-мета, која укључује разматрање процеса апсорпције ласерског зрачења, загревања површине мете, испаравања, генерисања плазме, итд. Надаље, кандидат треба да упозна литературу везану за интеракцију у гасној средини укључујући и могуће индуковање физичко-хемијских промена на површини мете. Коначно, да би успешно пратио промене током ласер-мета интеракције потребно је да се кандидат упозна са савременим методама карактеризације површина.

Наредна фаза обухвата дизајнирање и израду коморе за озрачивање титанијума у контролисаним условима амбијента. Ова фаза укључује и дизајнирање гасног система за упуштање датог гаса на дефинисаном притиску, као и дефинисање и постављање оптичког система за вођење и фокусирање ласерског зрака.

Следећа фаза обухвата интеграцију свих подсистема у јединствену лабораторијску апаратуру за озрачивање титанијумског узорка. Биће интегрисан дати импулсни ласер, оптички систем за довођење зрака на мету, комора за озрачивање, гасни систем који треба да омогући рад у контролисаној гасној атмосфери на датом притиску (интервал од 0,01 до 1013 mbar). По потреби биће укључен и систем за оптичку анализу плазме (посматрање спектралног састава), и он садржи оптички систем за довођење зрачења плазме до спектрометра, спектрометар као и CCD камеру. Такође, биће извршен и почетни експеримент тестирања коморе са озрачивањем мете у амбијенту ваздуха при атмосферском притиску.

Последња фаза обухвата озрачивање узорака титанијума у зависности од типа импулног ласера, његових излазних параметара (нпр. енергије, таласне дужине), броја акумулираних импулса, геометрије озрачивања, а све за дати гасни амбијент, нпр. ваздух, азот, кисеоник. Надаље, ова фаза укључује и карактеризацију површина титанијума након озрачивања, што типично подразумева употребу специфичне аналитичко-дијагностичке опреме, нпр. сканирајућа електронска микроскопија (SEM), микроскопија на принципу међуатомских сила (AFM), оптичка интерферометријска профилометрија, енергетска

дисперзивна спектрометрија (EDX). На крају ова фаза подразумева и обраду добијених експерименталних резултата и њихову детаљну анализу.

7. Закључак и предлог

На основу свега претходно наведеног, комисија налази да је кандидат Јован Цигановић, дипломирани инжењер електротехнике, задовољио све услове да спроведе истраживање и реализује предвиђене циљеве на предложеној теми „Дејство импулсног ласера на титанијумску мету: површински ефекти“.

Комисија је такође закључила да је област истраживања предложене теме актуелна, уз очекиван значајан научни допринос. Предложена тема припада ужој научној области физичка електроника - ласерска техника за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан.

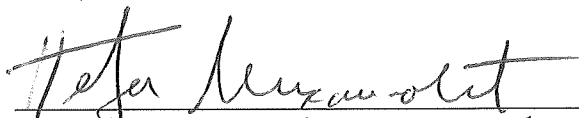
Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Јовану Цигановићу одобри израду докторске дисертације под насловом „Дејство импулсног ласера на титанијумску мету: површински ефекти“. За ментора израде докторске дисертације предлаже се др Петар Матавуљ, редовни професор на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

Београд, 20.12.2016. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Петар Матавуљ, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Пеђа Михаиловић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милан Тртица, научни саветник
Универзитет у Београду – Институт за нуклеарне науке „Винча“



др Жељко Ђуришић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет