



# УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ • ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73 • 11000 Београд • Република Србија •  
Тел. 011/324-8464 • Факс: 011/324-8681

Универзитет у Београду  
Већу научних области техничких наука

## З А Х Т Е В

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно чл.46 ст.5.тач.4 Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр.131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:  
**„Тунеловање електромагнетских таласа кроз комплексне оптичке средине“** коју је пријавио кандидат мастер инжењер Игор Илић.

Научна област: **електротехника и рачунарство**

### ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата  
**ИГОР (ДРАГАН) ИЛИЋ, мастер инжењер електротехнике и рачунарства**
2. Назив и седиште факултета на коме је кандидат завршио основне академске студије  
**Електротехнички факултет Универзитета у Београду**
3. Година завршетка основних академских студија: **2007.године**
4. Назив и седиште факултета на коме је кандидат завршио дипломске академске студије-мастер:**Електротехнички факултет Универзитета у Београду**
5. Година завршетка дипломских академских студија- мастер: **2008.године**
6. Модул на коме је кандидат завршио мастер студије: **Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника**
7. Назив факултета на коме је кандидат уписа`о докторске студије:  
**Електротехнички факултет Универзитета у Београду**
8. Модул: **Наноелектроника и фотоника**
9. Година уписа докторских студија: **2008/09.година**

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Електротехничког факултета на седници одржаној 24.5.2011.године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

Прилог:

- 1.Предлог теме докторске дисертације са образложењем
- 2.Акт надлежног тела Факултета о подобности теме за израду докторске дисертације

ДЕКАН  
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Миодраг Поповић



На основу чл.128 Закона о високом образовању и чл.66 и чл.68 Статута Електротехничког факултета у Београду, Наставно-научно веће на седници од 24.5.2011.године, донело је

## **О Д Л У К У**

### **О ПРИХВАТАЊУ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Прихвата се тема докторске дисертације под насловом:  
**„Тунеловање електромагнетских таласа кроз комплексне оптичке средине“**  
коју је пријавио мастер инжењер Игор Илић.

За ментора је именована др Јелена Радовановић, ванредни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

**Д Е К А Н**

Електротехничког факултета

Проф.др Миодраг Поповић

Додатак уз образац 1.

### ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Јелена Радовановић

Звање: ванредни професор

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. A. Daničić, J. Radovanović, V. Milanović, D. Indjin, Z. Ikonić, "Optimization and magnetic-field tunability of quantum cascade laser for applications in trace gas detection and monitoring", Journal of Physics D: Applied Physics, Vol. 43, 045101 (1–8), 2010. (IF= 2.083), ISSN: 0022-3727
2. J. Radovanović, V. Milanović, D. Indjin, Z. Ikonić, P. Harrison, "Charge carrier transport in quantum cascade lasers in strong magnetic field", Acta Physica Polonica A, Vol. 119, pp. 99–102, 2011. (IF=0.433) ISSN: 0587-4246
3. B. Novaković, J. Radovanović, A. Mirčetić, V. Milanović, Z. Ikonić, D. Indjin, "Influence of electron-electron scattering on electron relaxation rates in three and four-level quantum cascade lasers in magnetic field", Optics Communications, Vol. 279, pp. 330-335, 2007. (IF=1.314) ISSN: 0030-4018
4. J. Radovanović, A. Mirčetić, V. Milanović, Z. Ikonić, D. Indjin, P. Harrison, R. W. Kelsall, "Influence of the active region design on output characteristics of GaAs/AlGaAs quantum cascade lasers in a strong magnetic field", Semiconductor Science and Technology, Vol. 21, pp. 215-220, 2006. (IF=1.586) ISSN: 0268-1242
5. J. Radovanović, V. Milanović, Z. Ikonić, D. Indjin, P. Harrison, "Electron-phonon relaxation rates and optical gain in a quantum cascade laser in a magnetic field", Journal of Applied Physics, Vol. 97, pp. 103109 (1-5), 2005. (IF= 2.498) ISSN: 0021-8979

*(навести пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује од 01.01.2010. године).*

**ДЕКАН ФАКУЛТЕТА**

---

## Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Na 731. sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu održanoj 19.04.2011. godine određeni smo za članove Komisije za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije Igora Ilića, master inženjera elektrotehnike, pod naslovom "Tunelovanje elektromagnetskih talasa kroz kompleksne optičke sredine". Nakon pregleda dobijenog materijala, Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta podnosimo sledeći

## IZVEŠTAJ

### 1. Podaci o kandidatu

Kandidat Igor Ilić je rođen 11.11.1984. godine u Beogradu. Osnovnu i srednju školu završio je u Beogradu. Nakon završene srednje škole upisao je Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu 2003. godine, gde je diplomirao 2007. godine na Odseku za Fizičku elektroniku sa prosečnom ocenom 9.02 odbranom diplomskog rada sa temom "Karakteristična vremena pri tunelovanju u metamaterijalima". Iste godine upisao je diplomatske akademske (master) studije na Grupi za nanoelektroniku, optoelektroniku i lasersku tehniku, koje je završio 2008. godine sa prosečnom ocenom 10,00 odbranom master rada sa temom "Određivanje vremena tunelovanja u disperzivnim i apsorpcionim fotonskim heterostrukturama". Od 2008. godine zaposlen je kao istraživač pripravnik u Institutu za nuklearne nauke "Vinča", u Laboratoriji za atomsku fiziku, gde je 2009. godine unapređen u zvanje istraživača saradnika.

### Spisak radova objavljenih u međunarodnim časopisima sa impakt faktorom:

1. I. Ilić, P.P. Beličev, V. Milanović, and J. Radovanović, *Analysis of tunneling times in absorptive and dispersive media*, Journal of Optical Society of America B, vol. 25, 1800-1804 (2008), IF: 2,181.
2. P.P. Beličev, I. Ilić, J. Radovanović, V. Milanović, and Lj. Hadžievski, *Time delay in thin dielectric slabs with saturable nonlinearity*, Acta Physica Polonica A, vol. 115, 834-837 (2009), IF: 0,433.
3. I. Ilić, P.P. Beličev, V. Milanović, and J. Radovanović, *Modeling of dwell time and group delay in dispersive and absorptive media*, Physica Scripta, T135, 014040-4 (2009), IF: 1,088.
4. P.P. Beličev, I. Ilić, V. Milanović, J. Radovanović, and Lj. Hadžievski, *Tunneling times in metamaterials with saturable nonlinearity*, Physical Review A, vol. 80, 023821-7 (2009), IF: 2,908.
5. I. Ilić, P.P. Beličev, V. Milanović, J. Radovanović, and Lj. Hadžievski, *Influence of the Goos-Hänchen shift on tunneling times in dispersive nonlinear media*, Acta Physica Polonica A, vol. 116, 638-641 (2009), IF: 0,433.
6. P.P. Beličev, I. Ilić, M. Stepić, A. Maluckov, Y. Tan, and F. Chen, *Observation of linear and nonlinear strongly localized modes at phase-slip defects in one-dimensional photonic lattices*, Optics Letters, vol. 35, 3099-3101 (2010), IF: 3,059.
7. A. Kanshu, C.E. Rüter, D. Kip, P.P. Beličev, I. Ilić, M. Stepić, and V.M. Shandarov, *Linear and nonlinear light propagation at the interface of two homogenous waveguide arrays*, Optics Express, vol. 19, 1158-1167 (2011), IF: 3,278.

8. I. Ilić, P.P. Beliĉev, V. Milanović, J. Radovanović and Lj. Hadžievski, *Goos-Hänchen shift and time delay in dispersive nonlinear media*, Physics Letters A, vol. 375, 1357-1361 (2011), IF: 2,009.
9. Jelena Radovanović, Igor Ilić, Petra P. Beliĉev, Ljupĉo Hadžievski, Vitomir Milanović, *On tunneling times in dispersive and nonlinear metamaterials*, Journal of Nanophotonics, prihvaćen za objavljivanje i izvršena autorska korektura, vol. 5 (2011), IF: 1,256.

#### **Spisak radova objavljenih u zbornicima međunarodnih konferencija:**

1. P. P. Beliĉev, I. Ilić, M. Stepić, Y. Tan, F. Chen, "Linear localized modes at phase-slip defects in one-dimensional waveguide arrays", *Nonlinear Photonics*, NTuC53 (2010), Karlsruhe, Germany.
2. I. Ilić, P. P. Beliĉev, M. Stepić, Lj. Hadžievski, Y. Tan, F. Chen, "Stability analysis of nonlinear localized modes at the phase-slip defect in one-dimensional waveguide array", *Nonlinear Photonics*, NTuC51 (2010), Karlsruhe, Germany.

#### **Radovi objavljeni u formi apstrakata:**

3. Igor Ilić, Nevena Raiĉević, "Light scattering by a finite spherical particle", *Photonica09 – II International School and Conference on Photonics*, Book of Abstracts, pp. 120 (2009), Belgrade, Serbia.
4. Igor Ilić, Petra P. Beliĉev, Andrey Kanshu, Milutin Stepić, Detlef Kip, Christian Rüter, "Analysis of localized modes in nonlinear assymetric waveguide arrays", *66th Scottish Universities Summer School in Physics*, To be published in Proceedings (2011), Edinburgh, Scotland.
5. P. P. Beliĉev, I. Ilić, Lj. Hadžievski, M. Stepić, Y. Tang, F. Chen, "Formation of nonlinear localized modes in periodic waveguide array with defect", *66th Scottish Universities Summer School in Physics*, To be published in Proceedings (2011), Edinburgh, Scotland.

#### **Spisak radova objavljenih u zbornicima domaćih konferencija:**

1. P. Beliĉev, I. Ilić, M. Krstić, "Large signal modulation of semiconductor laser at high bit rates", *51. konferencija ETRAN*, Zbornik radova, STU 1.4- MO-1-4, (2007) Herceg Novi, Crna Gora.
2. Igor Ilić, Petra Beliĉev, Vitomir Milanović, Jelena Radovanović, "Vreme zadržavanja i grupno kašnjenje u metamaterijalima sa negativnim indeksom prelamanja", *52. konferencija ETRAN*, Zbornik radova, MO3. 2-1-4 , (2008), Palić, Srbija.

#### **Radovi objavljeni u formi apstrakata:**

3. Petra P. Beliĉev, Igor Ilić, Vitomir Milanović, Jelena Radovanović, Ljupĉo Hadžievski, "Vremena tunelovanja u metamaterijalima sa zasićujućom nelinearnošću", *Fotonika 2009 - Teorija i eksperiment u Srbiji*, Zbornik apstrakata, str. 12, (2009), Beograd, Srbija.

4. Igor Ilić, Petra P. Beličev, Vitomir Milanović, Jelena Radovanović, Ljupčo Hadžievski, "Vremena tunelovanja u disperzivnim i nelinearnim sredinama", Konferencija: *Fotonika 2010 - Teorija i eksperiment u Srbiji*, Zbornik apstrakata, str. 42, (2010), Beograd, Srbija.
5. Petra P. Beličev, Igor Ilić, Milutin Stepić, A. Kanshu, C.E. Rüter, D. Kip, V.M. Shandarov, "Linearno i nelinearno prostiranje svetlosti na spoju dve različite jednodimenzionalne homogene fotonske rešetke", *Četvrta radionica fotonike*, Zbornik apstrakata, str. 26, (2011), Kopaonik, Srbija.
6. Petra P. Beličev, Igor Ilić, Milutin Stepić, Aleksandra Maluckov, Yang Tan, Feng Chen "Linearni lokalizovani modovi u jednodimenzionalnim fotonskim rešetkama sa defektom", *Fotonika 2010 - Teorija i eksperiment u Srbiji*, Zbornik apstrakata, str. 44, (2010), Beograd, Srbija.

## 2. Predmet i cilj istraživanja

Tunelovanje, ili tunel efekat, je kvantnomehanički fenomen prolaska elektrona kroz potencijalnu barijeru čija je energija viša od energije elektrona. Analogno tome, tunelovanje elektromagnetskih talasa predstavlja fenomen koji se odnosi na prolazak talasa kroz barijeru čiji je indeks prelamanja manji od indeksa prelamanja okolne sredine u kojoj se barijera nalazi. Glavni parametri koji opisuju tunelovanje su transmitivnost, refleksivnost i vreme tunelovanja talasa. Postoji veliki broj definicija vremena tunelovanja, od kojih su dva najčešće korišćena: vreme zadržavanja i grupno kašnjenje. H. G. Vinful je 2003. godine izveo izraz koji povezuje vreme zadržavanja i grupno kašnjenje ravanskih elektromagnetskih talasa u nedisperzivnim linearnim sredinama preko vremena samointerferencije, odnosno vremena koje elektromagnetski talas utroši na interferenciju sa svojim reflektovanim delom ispred barijere.

Predmet ove disertacije je ispitivanje efekata koji karakterišu tunelovanje elektromagnetskih talasa kroz kompleksne optičke sredine: disperzivne i apsorpcione, sa Kerovom i zasićujućom nelinearnošću, nanostrukturne i periodične. Biće izvršena analitička i numerička analiza ovih efekata. Cilj analitičkog dela istraživanja je dobijanje novih opštih izraza za parametre koji opisuju tunelovanje. Naglasak istraživanja biće na ispitivanju uticaja različitih parametara sredine na vremena tunelovanja i vezu između različitih definicija vremena tunelovanja, u cilju proširenja Vinfulovog modela u smislu izračunavanja ovih veličina za apsorptivne, nelinearne, disperzivne i anizotropne materijale. Dobijene jednačine će se numerički rešiti u cilju ispitivanja različitih efekata koji se javljaju pri tunelovanju elektromagnetskih talasa: Hartmanovog efekta (zasićenje apsorpcije i vremena zadržavanja sa povećanjem dužine barijere), nultog ili negativnog grupnog kašnjenja, nultog Gus-Henkenovog pomeraja, i sl. Posebno će biti analizirano tunelovanje elektromagnetskih talasa kroz barijeru od metamaterijala, periodičnih struktura čija je glavna karakteristika negativan indeks prelamanja u određenom opsegu frekvencija. Cilj istraživanja je i razvoj programskog koda za numeričku simulaciju prostiranja elektromagnetskih talasa kroz kompleksne optičke sredine pomoću metode konačnih razlika u vremenskom domenu (FD-TD tehnike), koji bi bio iskorišćen za analizu fenomena tunelovanja i verifikaciju rezultata analitičkog istraživanja.

## Osvrt na relevantne bibliografske izvore

Razvoj i ispitivanje osobina metamaterijala, kao nove i veoma perspektivne vrste materijala, predstavlja jednu od najaktuelnijih oblasti optike u ovom trenutku [1-15]. Tunelovanje

elektromagnetskih talasa kroz optički rede sredine, takode, predstavlja veoma aktuelnu oblast, o čemu govori i njena široka zastupljenost u literaturi [16-29].

- [1] R. A. Shelby, D. R. Smith, and S. Schultz, "Experimental verification of a negative index of refraction," *Science* **292**, 77–79 (2001).
- [2] S. P. Burgos, R. de Waele R, A. Polman, and H. A. Atwater, "A single-layer wide-angle negative-index metamaterial at visible frequencies," *Nature Mater.* **9**, 407-412 (2010).
- [3] S. M. Xiao, V. P. Drachev, A. V. Kildishev, X. J. Ni, U. K. Chettiar, H. K. Yuan, and V. M. Shalaev, "Loss-free and active optical negative-index metamaterials," *Nature* **466**, 735-U6 (2010).
- [4] Anthony J. Hoffman, Aishwarya Sridhar, Phillip X. Braun, Leonid Alekseyev, Scott S. Howard, Kale J. Franz, Liwei Cheng, Fow-Sen Choa, Deborah L. Sivco, Viktor A. Podolskiy, Evgenii E. Narimanov, and Claire Gmachl, "Midinfrared semiconductor optical metamaterials," *J. Appl. Phys.* **105**, 122411 (2009).
- [5] N. Kundtz, and D. R. Smith, "Extreme-angle broadband metamaterial lens," *Nature Mater.* **9**, 129-132 (2010).
- [6] Na Liu, Thomas Weiss, Martin Mesch, Lutz Langguth, Ulrike Eigenthaler, Michael Hirscher, Carsten Sönnichsen, and Harald Giessen, "Planar Metamaterial Analogue of Electromagnetically Induced Transparency for Plasmonic Sensing," *Nano Lett.* **10**, 1103-1107 (2010).
- [7] Muhan Choi, Seung Hoon Lee, Yushin Kim, Seung Beom Kang, Jonghwa Shin, Min Hwan Kwak, Kwang-Young Kang, Yong-Hee Lee, Namkyoo Park and Bumki Min, "A terahertz metamaterial with unnaturally high refractive index," *Nature* **470**, 369–373 (2011).
- [8] Shuang Zhang, Yong-Shik Park, Jensen Li, Xinchao Lu, Weili Zhang, and Xiang Zhang, "Negative Refractive Index in Chiral Metamaterials," *Phys. Rev. Lett.* **102**, 023901 (2009).
- [9] P. Tassin, Lei Zhang, Th. Koschny, E. N. Economou, and C. M. Soukoulis, "Low-Loss Metamaterials Based on Classical Electromagnetically Induced Transparency," *Phys. Rev. Lett.* **102**, 053901 (2009).
- [10] Jack Ng, Huanyang Chen, and C. T. Chan, "Metamaterial frequency-selective superabsorber," *Opt. Lett.* **34**, 644-646 (2009).
- [11] Christoph Menzel, Thomas Paul, Carsten Rockstuhl, Thomas Pertsch, Sergei Tretyakov, and Falk Lederer, "Validity of effective material parameters for optical fishnet metamaterials," *Phys. Rev. B* **81**, 035320 (2010).
- [12] E. Plum, J. Zhou, J. Dong, V. A. Fedotov, T. Koschny, C. M. Soukoulis, and N. I. Zheludev, "Metamaterial with negative index due to chirality," *Phys. Rev. B* **79**, 035407 (2009).
- [13] U. K. Chettiar, A. V. Kildishev, H.-K. Yuan, W. Cai, S. Xiao, V. P. Drachev and V. M. Shalaev, "Dual-band negative index metamaterial: Double negative at 813 nm and singlenegative at 772 nm," *Opt. Lett.* **32**, 1671–1673 (2007).
- [14] J. Woodley and M. Mojahedi, "Negative group velocity and group delay in left-handed media," *Phys. Rev. E* **70**, 046603 (2004).
- [15] A. Zharov, I. V. Shadrivov, and Y. S. Kivshar, "Nonlinear Properties of Left-Handed Metamaterials," *Phys. Rev. Lett.* **91**, 037401 (2003).

- [16] Enders and G. Nimtz, "Evanescent-mode propagation and quantum tunneling," *Phys. Rev. E* **48**, 632–634 (1993).
- [17] Ch. Spielmann, R. Szipöcs, A. Stingl, and F. Krausz, "Tunneling of optical pulses through photonic band gaps," *Phys. Rev. Lett.* **73**, 2308–2311 (1994).
- [18] E. H. Hauge and J. A. Støvneng, "Tunneling times: A critical review," *Rev. Mod. Phys.* **61**, 917–936 (1989).
- [19] H. G. Winful, "Group delay, stored energy and tunneling of evanescent waves," *Phys. Rev. E* **68**, 016615 (2003).
- [20] R. Ruppin, "Electromagnetic energy density in a adispersive and absorptive material," *Phys. Lett.* **299**, 309–312 (2002).
- [21] H. G. Winful, "Delay time and the Hartman effect in quantum tunneling," *Phys. Rev. Lett.* **91**, 260401 (2003).
- [22] G. Isić, V. Milanović, J. Radovanović, Z. Ikonić, D. Indjin, and P. Harrison, "Time delay in thin slabs with self-focusing Kerr-type nonlinearity," *Phys. Rev. A* **77**, 033821 (2008).
- [23] C.-F. Li, "Negative lateral shift of a light beam transmitted through a dielectric slab and interaction of boundary effects," *Phys. Rev. Lett.* **91**, 133903 (2003).
- [24] M. Büttiker, "Larmor precession and the traversal time for tunneling," *Phys. Rev. B* **27**, 6178–6188 (1983).
- [25] J. G. Muga, I. L. Egusquiza, J. A. Damborenea, and F. Delgado, "Bounds and enhancements for negative scattering time delays," *Phys. Rev. A* **66**, 042115 (2002).
- [26] L. G. Wang, J. P. Xu, and S. Y. Zhu, "Negative Hartman effect in one-dimensional photonic crystals with negative refractive materials," *Phys. Rev. E* **70**, 066624 (2004).
- [27] D. Solli, R. Y. Chiao, and J. M. Hickmann, "Superluminal effects and negative group delays in electronics, and their applications," *Phys. Rev. E* **66**, 056601 (2002).
- [28] C.-F. Li and Q. Wang, "Negative phase time for particles passing through a potential well," *Phys. Lett. A* **275**, 287 (2000).
- [29] Herbert G. Winful, "Tunneling time, the Hartman effect, and superluminality: A proposed resolution of an old paradox," *Phys. Rep.* **436**, 1-69 (2006).

### 3. Polazne hipoteze

Polazna hipoteza disertacije je da grupno kašnjenje pri tunelovanju kroz linearne nedisperzivne materijale može biti predstavljeno kao zbir vremena zadržavanja i vremena samointerferencije. Pretpostavka je da apsorpcija, anizotropija, nelinearnost i disperzija mogu znatno uticati na ovu vezu između vremena tunelovanja. Takođe, pretpostavlja se da mogućnost postojanja barijere od materijala sa negativnim indeksom prelamanja može dovesti do različitih efekata, među kojima su negativno grupno kašnjenje i zanemarljivo mali Gus-Henkenov pomeraj.

### 4. Naučne metode istraživanja

Metodologija istraživanja u okviru predložene doktorske disertacije sastojaće se od sledećih koraka:

- Pregled postojećih rezultata u domenu tunelovanja elektromagnetskih talasa i razvoju metamaterijala.

- Analitički pristup koji će se sastojati od izvođenja izraza za vremena tunelovanja i veza između istih u slučaju tunelovanja elektromagnetskih talasa kroz barijeru sastavljenu od apsorptivnih nelinearnih disperzivnih materijala, kao i od apsorptivnih anizotropnih materijala. U okviru ove analize javlja se i problem određivanja gustine energije, koji do sada, u opštem slučaju, nije rešen, a čiji bi uticaj trebalo da dovede do novih članova u izrazima za vremena tunelovanja.
- Poređenje postojećih analitičkih rezultata sa rezultatima dobijenim u prethodnom koraku radi potvrde validnosti izvedenih analitičkih izraza.
- Numeričko istraživanje tokom kojeg će, primenom različitih numeričkih metoda (npr., Runge-Kuta, Brojdenovog i metoda pogađanja (*shooting*)) biti rešavane jednačine dobijene u analitičkom delu istraživanja radi uočavanja mogućnosti dobijanja različitih efekata pri tunelovanju elektromagnetskih talasa (Hartmanovog efekta, nultog ili negativnog grupnog kašnjenja, nultog Gus-Henkenovog pomeraja, i sl.). U ovom delu će biti razvijen i programski kod za numeričku simulaciju prostiranja elektromagnetskih talasa kroz kompleksne optičke sredine primenom metode konačnih razlika u vremenskom domenu (FD-TD tehnike), radi verifikacije prethodno dobijenih rezultata.

## 5. Očekivani naučni doprinos

Osnovni naučni doprinosi koji se očekuju od ove doktorske disertacije su:

- Uopštavanje Vinfulovog modela kroz dobijanje novih analitičkih izraza za vremena tunelovanja elektromagnetskih talasa kroz barijere napravljene od apsorptivnih, nelinearnih, disperzivnih i anizotropnih materijala, koje može karakterisati i negativan indeks prelamanja, što bi se prvi put uradilo na svetskom nivou.
- Analiza različitih efekata koji se mogu dobiti pri tunelovanju elektromagnetskih talasa kroz barijere od pomenutih materijala: Hartmanovog efekta, nultog ili negativnog grupnog kašnjenja, nultog Gus-Henkenovog pomeraja.
- Razvoj softvera za opštu analizu efekata pri tunelovanju elektromagnetskih talasa kroz optički ređe sredine.

## 6. Plan istraživanja i struktura rada

U prvom delu istraživanja biće izvršena analiza modela vremena tunelovanja poznatih u literaturi i njihovih ograničenja u cilju formiranja kompletnijeg modela koji bi omogućio uračunavanje apsorpcije, anizotropije, nelinearnosti i disperzije i Gus-Henkenovog pomeraja pri izračunavanju različitih definicija vremena tunelovanja.

Rezultati dobijeni u prethodnoj analizi biće primenjeni na detaljno ispitivanje fenomena tunelovanja ravanskih elektromagnetskih talasa u disperzivnoj sredini unutar koje se nalazi optički ređa barijera. Razmatrani model će obuhvatati barijeru sastavljenu od apsorptivnog, nelinearnog i disperzivnog ili apsorptivnog, disperzivnog i anizotropnog materijala, za koje će biti izvedene odgovarajuće Helmholtzove jednačine.

Treći deo rada obuhvatiće analitičko i numeričko ispitivanje međusobnih veza između različitih parametara koji karakterišu tunelovanje (vremena zadržavanja, grupnog kašnjenja, gustine elektromagnetske energije, reflektivnosti, transmitivnosti, apsorpcije, promene faze talasa), kao

i identifikovanje i analizu dodatnih članova koji se javljaju kao posledica različitih karakteristika materijala, kao što su apsorpcija, nelinearnost, disperzija i anizotropija, kao i rešavanja problema određivanja gustine energije.

Četvrti deo rada biće posvećen uticaju Gus-Henkenovog pomeraja na vremena tunelovanja. Biće razmatran relativni doprinos ovog efekta na veličine karakteristične za tunelovanje, kao i mogućnosti za njegovo minimiziranje u slučaju tunelovanja kroz nelinearnu disperzivnu sredinu.

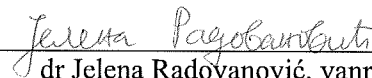
U finalnoj fazi istraživanja biće analizirane mogućnosti za primenu i dalji pravci istraživanja u ovoj oblasti.

## 7. Zaključak i predlog

Na osnovu svega izloženog, Komisija smatra da kandidat Igor Ilić, master inženjer elektrotehnike ispunjava sve formalne i suštinske uslove za pristupanje izradi doktorske disertacije. Rezultati do kojih bi kandidat trebalo da dođe, imali bi značajan doprinos u oblasti optike. Stoga Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da kandidatu Igoru Iliću odobri izradu doktorske disertacije pod naslovom "Tunelovanje elektromagnetskih talasa kroz kompleksne optičke sredine".

U Beogradu, 05.05.2011. god.

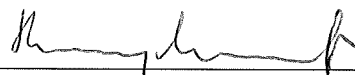
Članovi Komisije:



dr Jelena Radovanović, vanredni profesor



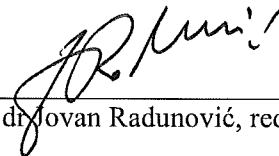
dr Ljupčo Hadžievski, naučni savetnik



dr Vitomir Milanović, redovni profesor



dr Milutin Stepić, viši naučni saradnik



dr Jovan Radunović, redovni profesor