

НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

На 752. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду, одржаној 4. 9. 2012. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације мастер инжењера Сабине Рамовић под насловом „Реализација нових метаматеријала на бази квантних каскадних ласера у врло јаком магнетном пољу". Након прегледа добијеног материјала, Наставно-научном већу Електротехничког факултета подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Општи биографски подаци

Сабина Рамовић је рођена 26.05.1985. године у Београду, где је завршила основну школу и гимназију. Електротехнички факултет у Београду уписала је 2004. године на којем је и дипломирала 2008. године, са просечном оценом 9,20 (оцена дипломског рада 10), на Одсеку за Физичку електронику, смер Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника. Исте године је уписала дипломске академске-мастер студије на Групи за наноелектронику, оптоелектронику и ласерску технику, које је завршила одбраном мастер рада „Дизајн метаматеријала на бази квантно каскадног ласера у врло јаком магнетном пољу" 2010. године са просечном оценом 10. Докторске студије на Електротехничком факултету уписала је 2010. године. Од 01.08.2010. године ангажована је на пројекту Министарства за науку Србије „Наноструктуре и наномпоненте у физичкој електроници" бр.141006 (пројекат припада групи основних истраживања – Физика) и запослена је на Електротехничком факултету у Београду као истраживач-приправник, а од 01. 01. 2011. је ангажована на пројекту Министарства за просвету и науку „Фотоника микро и нано структурних материјала" бр.ИИИ45010 (пројекат припада групи интегралних и интердисциплинарних истраживања). У Институту за нуклеарне науке „Винча" 04. 03. 2011 стиче звање истраживач-сарадник.

1.2. Активности на докторским студијама

У циљу реализације програма усавршавања Сабина Рамовић, мастер инжењер, је положила следеће предмете:

Р. Бр.	Предмет		Оцена	ЕСПБ	Рок	Датум	Потписао
	Акроним	Назив					
1	ДС2ЕЈ	Енглески језик	10	6	2011/2012 септембар	27.08.2012.	Ђурић Милош

2	ДС2ОИН	Оптимизација и инжењеринг наноструктурних параметара	10	9	2011/2012 септембар	29.08.2012	Милановић Витомир
3	ДС2КО	Квантна оптика	10	9	2011/2012 јул	08.07.2012.	Тадић Милан
4	ДС2МПЛ	Моделовање полупроводничких ласера	10	9	2011/2012 јул	29.06.2012.	Гвоздић Дејан
5	ДС2СФ	Специјалне функције	10	9	2011/2012 јул	05.07.2012.	Цакић Ненад
6	ДС1ТПН	Транспортни процеси у наноелектроници и фотоници	10	9	2011/2012 јун	07.06.2012.	Радуновић Јован
7	ДС2МХМ	Моделовање хетероструктурних микроелектронских направа	10	9	2010/2011 октобар	23.09.2011.	Шашић Рајко
8	ДС2УНД	Увод у нелинеарну динамику	10	9	2010/2011 септембар	01.09.2011.	Хаџиевски Љупчо
9	ДС1МН	Моделовање наноструктура	10	9	2010/2011 јун	10.06.2011.	Тадић Милан
10	ДС1ООП	Оптичке особине полупроводничких хетероструктура	10	9	2010/2011 јун	15.06.2011.	Милановић Витомир

У циљу реализације програма усавршавања мастер инжењер Сабина Рамовић је одрадила следеће обавезе:

Р. Бр.	Датум	Тип обавезе	ЕСПБ	Наставник
1	24.08.2012.	научно стручни рад	3	Милановић Витомир
2	24.08.2012.	студијски истраживачки рад II	15	Милановић Витомир
3	18.10.2011.	стидијски истраживачки рад I	15	Милановић Витомир

Током докторских студија мастер инжењер Сабина Рамовић је постигла следећи успех:

Просечна оцена (обавезни и изборни предмети)	10
Укупна просечна оцена (обавезни и изборни предмети, завршни рад)	10
Збир ЕСПБ (обавезни и изборни предмети)	87
Укупан збир ЕСПБ (обавезни и изборни предмети, завршни рад, обавезе)	120

1.3. Учесће на домаћим научно-истраживачким пројектима

- Фотоника микро и нано структурних материјала, Министарства за науку и технолошки развој РС (2011 - 2014.).
- Наноструктуре и накомпоненте у физичкој електроници, Министарство за науке и технологије РС (2006 - 2010.).

1.4. Списак објављених радова и других релевантних резултата и активности

Радови објављени у врхунским међународним часописима (M21)

- **S. Ramović**, J. Radovanović, V. Milanović, „Tunable semiconductor metamaterials based on quantum cascade laser”, *Journal of Applied Physics*, vol. 110, p. 123704(1-5), 2011.
(Impact factor - 2.168)

Радови објављени у истакнутим међународним часописима (M22)

- V. Milanović, J. Radovanović, **S. Ramović**, „Influence of nonparabolicity on boundary conditions in semiconductor quantum wells”, *Physics Letters A*, vol. 373, p. 3071-3074, 2009.
(Impact factor - 2.009)
- **S. Ramović**, J. Radovanović, V. Milanović, „Mid-infrared semiconductor metamaterials utilizing intersubband transitions in quantum cascade laser structure”, *Physica Scripta*, vol. T149, p. 014049-1-014049-3, 2012.
(Impact factor za 2011. godinu - 1.204)
- J. Radovanović, **S. Ramović**, A. Dančić, V. Milanović, „Negative refraction in semiconductor metamaterials based on quantum cascade laser design for the mid-IR and THz spectral range”, *Applied Physics A*, прихваћен за штампу.
(Impact factor za 2011. godinu – 1.630)

Радови са међународних конференција објављени у целини

- J. Radovanović, Dragan Timotijević, **Sabina Ramović**, Vitomir Milanović, „Modeling of optical gain in quantum cascade laser subjected to strong magnetic field“, The Proceedings of 5th European Conference on Circuits and Systems for Communications, ECCSC'10, p.302-305, 2010.

Радови са домаћих конференција објављени у целини

- **S. Ramović**, V. Milanović, J. Radovanović, „Egzaktno određivanje graničnih uslova za talasne funkcije u poluprovodničkim, kvantnim nanostrukturama", 54. Konferencija ETRAN-a, Zbornik радова, рад МО3.2., 2010.

Радови са међународних конференција објављени у форми апстракта

- **S. Ramović**, J. Radovanović, V. Milanović, „Metamaterials based on quantum cascade laser structures in strong magnetic field", Second International Conference on Physics of Optical Materials and Devices, ICOM2009, Book of Abstracts, Herceg Novi, p.57, 2009.
- J. Radovanović, **S. Ramović**, V. Milanović, Z. Ikonić, D. Indjin, „Advanced dispersion engineering for metamaterial applications by using quantum cascade laser in strong magnetic field", International Quantum Cascade Lasers School & Workshop, IQCLSW 2010, Florence, 2010.

Радови са домаћих конференција објављени у форми апстракта

- **S. Ramović**, J. Radovanović, V. Milanović, „Mogućnost podešavanja karakteristika metamaterijala na bazi kvantnih kaskadnih lasera putem jakog magnetnog polja", Konferencija Fotonika 2010 – teorija i eksperiment u Srbiji, Zbornik apstrakata, st. 45, 2010.
- **S. Ramović**, J. Radovanović, A. Dančić, V. Milanović, „Poluprovodnički metamaterijali na bazi kvantnih kaskadnih lasera u jakom magnetnom polju", Peta Radionica Fotonike 2012, Zbornik apstrakata, st.35, 2012.

1.5. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу наведених података о кандидаткињи, списка положених испита на докторским студијама, као и списка објављених научних радова Комисија је закључила да је кандидаткиња Сабина Рамовић подобна за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

2.1. Предмет истраживања

Предмет истраживања је анализа анизотропног, немагнетног (прецизније неметалног) метаматеријала који у одређеним опсезима таласних дужина има позитиван/негативан реални део индекса преламања. Ова анализа се може спровести на теоријском нивоу полазећи од Максвелових

једначина. Анизотропни материјал може се реализовати на више начина, а један је путем активних полупроводничких наноструктура. У овој докторској дисертацији одабран је квантни каскадни ласер као наноструктура која се последњих двадесет година налази на самом фронту, како теоријских, тако и експерименталних истраживања у области наноелектронике. Квантни каскадни ласер биће анализиран у присуству нормалног магнетног поља, чиме спектар електронских конфигурација добија на својој разноврсности. Нумеричка израчунавања на AlGaAs квантном каскадном ласеру треба да покажу да квантни каскадни ласер, са експериментално могућим параметрима, може да се ефикасно користи као метаматеријал са негативним/позитивним реалним делом индекса преламања у одређеним опсезима таласних дужина.

2.2. Циљ истраживања

Циљ истраживања је утврђивање услова при којима анизотропни метаматеријал има позитивни/негативни реални део индекса преламања, као и теоријска и нумеричка анализа могућности AlGaAs квантног каскадног ласера као метаматеријала који има позитивни/негативни реални део индекса преламања у одређеним областима таласних дужина.

2.3. Осврт на релевантне библиографске изворе

Развој и испитивање особина метаматеријала, као нове и веома перспективне врсте материјала, представља једну од најактуелнијих области оптике у овом тренутку [1-18]. У радовима [19- 29] анализирани су фотонске структуре које не садрже металне делове, а поседују спектралне области са негативним индексом преламања.

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. A. J. Hoffman, A. Sridhar, P. X. Braun, L. Alekseyev, S. S. Howard, K. J. Franz, L. Cheng, F.-S. Choa, D. L. Sivco, V. A. Podolskiy, E. E. Narimanov, and C. 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. N. Liu, T. Weiss, M. Mesch, L. Langguth, U. Eigenthaler, M. Hirscher, C. Sönnichsen, X. Giessen, "Planar Metamaterial Analogue of Electromagnetically Induced Transparency for Plasmonic Sensing", *Nano Lett.* 10, 1103-1107 (2010).
7. M. Choi, S. H. Lee, Y. Kim, S. B. Kang, J. Shin, M. H. Kwak, K.-Y. Kang, Y.-H. Lee, N. Park, B. Min, "A terahertz metamaterial with unnaturally high refractive index", *Nature* 470, 369–373 (2011).
8. S. Zhang, Y.-S. Park, J. Li, X. Lu, W. Zhang, X. 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. J. Ng, H. Chen, C. T. Chan, "Metamaterial frequency-selective superabsorber," *Opt. Lett.* 34, 644-646 (2009).
11. C. Menzel, T. Paul, C. Rockstuhl, T. Pertsch, S. Tretyakov, F. 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. A. Zharov, I. V. Shadrivov, and Y. S. Kivshar, "Nonlinear properties of left-Handed metamaterials", *Phys. Rev. Lett.* 91, 037401 (2003).
15. H. G. Winful, "Group delay, stored energy and tunneling of evanescent waves", *Phys. Rev. E* 68, 016615 (2003).
16. 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).
17. 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).
18. I. Ilić, P.P. Beličev, V. Milanović, J. Radovanović and Lj. Hadžievski, "Goos-Hanchen shift and time delay in dispersive nonlinear media", *Physics Letters A*, vol. 375, 1357-1361 (2011).
19. V. A. Podolskiy, E. E. Narimanov, "Strongly anisotropic waveguide as a nonmagnetic lefthanded system", *Phys.Rev.*, vol. 71, 201101 (R) (2005).
20. P. Ginzburg, M. Orenstein, "Metal-free quantum-based metamaterial for surface plasmon polariton guiding with amplification," *J. Appl. Phys.*, vol. 104, p. 063513 (1-5) (2008).
21. P. Ginzburg, M. Orenstein, "Nonmetallic left-handed material based on negative-positive anisotropy in low-dimensional quantum structures," *J. Appl. Phys.*, vol. 103, p. 083105 (1-5) (2008).
22. A. J. Hoffman, L. Alekseyev, S. S. Howard, K. J. Franz, D. Wasserman, V. A. Podolskiy, E. E. Narimanov, D. L. Sivco, C. Gmachl, "Negative refraction in semiconductor metamaterials", *Nature Mater.* 6, 946 (2007).
23. Igor Ilić : "Tunelovanje elektromagnetnih talasa kroz kompleksne optičke sredine", doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Beograd (2012).
24. Petra Beličev: "Prostiranje svetlosti u kompleksnim fotonskim rešetkama sa zasićujućom nelinearnošću", doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Beograd (2012).
25. J. Radovanović, S. Ramović, A. Daničić, V. Milanović, "Negative refraction in semiconductor metamaterials based on quantum cascade laser design for the mid-IR and THz spectral range ", *Prihvaćeno za štampu u časopisu Applied Physics A*.(2012).
26. M. Yu, Y. Wang, W. Zhong, R. Guo, X. Zhou, "Optical properties of strongly anisotropic metamaterials", *Appl.Phys. A*, 108, 65-73 (2012).
27. I. C. Hunter, A. I. Abunjaileh, J. D. Rhodes, R. V. Snyder, M. Meng, "Propagation and negative refraction", *IEEE Microwave Magazine*, 13, 58-65 (2012).
28. H. Yoon, K. Y. M. Yueng, V. Umansky, D. Ham, "A Newtonian approach to extraordinarily strong negative refraction", *Nature*, 487, 65-69 (2012).
29. A. J. Garsia—Collado, G. J. Molina—Cuberos, M. J. Nunez, E. Martin, J. Margineda, "Negative refraction of chiral metamaterial based on four crank resonators", *J. Electromag. Waves Appl.* 26, 986-995 (2012).

Дизајн и оптимизација квантних каскадних ласера, као веома квалитетних извора зрачења у инфрацрвеној области спектра, представља једну од најактуелнијих области у оквиру полупроводничких наноелектронских направа последњих година [1-13]. Посебно је значајно побољшање перформанси

терахерцних квантних каскадних ласера услед недостатка адекватних извора у овом спектралном домену, што је проблем који је широко заступљен у литератури [17-24].

1. J. Faist, F. Capasso, D. L. Sivco, C. Sirtori, A. L. Hutchinson and A. Y. Cho, "Quantum cascade laser", *Science* 264, 553 (1994).
2. F. Rossi, "Theory of Semiconductor Quantum Devices: Microscopic Modeling and Simulation Strategies", Springer (2010).
3. L. Diehl, D. Bour, S. Corzine, J. Zhu, G. Hofler, M. Loncar, M. Troccoli and F. Capasso, "High-power quantum cascade lasers grown by low-pressure metal-organic vapor-phase epitaxy operating in continuous wave above 400K", *Appl. Phys. Lett.* 88, 201115 (2006).
4. J. Radovanović J, V. Milanović, Z. Ikonić and D. Indjin, "Application of the genetic algorithm to the optimized design of semimagnetic semiconductor-based spin-filters", *J. Phys. D: Appl. Phys.* 40,5066 (2007).
5. A. Wade, "Quantum cascade lasers in high magnetic fields", Doctoral Dissertation, Florida State University (2008).
6. A. Hugi, R. Maulini and J. Faist, "External cavity quantum cascade laser", *Semicond. Sci. Technol.* 25, 083001 (2010).
7. M. Razeghi, "Technology of Quantum Devices", Springer (2010).
8. J. R. Freeman, A. Brewer, H.E. Beere, D. A. Ritchie, "Photo-luminescence study of heterogeneous terahertz quantum cascade lasers", *J. Appl. Phys.* 110, 013103 (2011).
9. J. Radovanović, A. Mircetić, V. Milanović, Z. Ikonić, D. Indjin, P. Harrison and R. W. Kelsall, "Influence of the active region design on output characteristics of GaAs/AlGaAs quantum cascade lasers in a strong magnetic field", *Semiconduc. Sci. Technol.* 21, 215 (2006).
10. J. Radovanović, V. Milanović, Z. Ikonić, D. Indjin and P. Harrison, "Electron-phonon relaxation rates and optical gain in a quantum cascade laser in a magnetic field", *J. Appl. Phys.* 97, 103109 (2005).
11. A. Leuliet, A. Vasanelli, A. Wade, G. Fedorov, D. Smirnov, G. Bastard and C. Sirtori, "Electron-scattering spectroscopy by a high magnetic field in quantum cascade lasers", *Phys. Rev. B* 73, 085311 (2006).
12. I. Savić, N. Vukmirović, Z. Ikonic, D. Indjin, R. W. Kelsall, P. Harrison and V. Milanović, "Density matrix theory of transport and gain in quantum cascade lasers in a magnetic field", *Phys. Rev. B* 76, 165310 (2007).
13. D. Burghoff, T. Kao, D. Ban, A. W. M. Lee, Q. Hu, and J. Reno, "A terahertz pulse emitter monolithically integrated with a quantum cascade laser", *Appl. Phys. Letters* 98, 061112 (2011).
14. S. Kumar, "Recent progress in terahertz quantum cascade lasers", *J. Sel. Topics in Quant. Elect.* 17, 38 (2011).
15. G. M. de Naurios, B. Simozrag, G. Maisons, V. Trinite, F. Alexandre, M. Carras, " High thermal performance of mi—stripes quantum cascade lasers ", *Appl. Phys. Lett.*, 101, 041113 (2012).
16. A. Bismuto, R. Terazzi, B. Hinkov, M. Beck, J. Faist, "Fully automatized quantum cascade laser design by genetic optimization", *Appl. Phys. Lett.*, 101, 021103 (2012).
17. T. Liu, K. E. Lee, Q. J. Wang, "Effect of resonant tunneling and dynamics of coherent interaction on intrinsic linewidth of qunatum cascade lasers", *Opt. Lett.*, 20, 17145-17159 (2012).
18. A. Wade, G. Fedorov, D. Smirnov, S. Kumar, B. S. Williams, Q. Hu and J. L. Reno, "Magnetic-field-assisted terahertz quantum cascade laser operating up to 225K", *Nature Photon.* 3, 41 (2009).
19. R.F. Curl, F. Capasso, C. Gmachl, A. A. Kosterev, B. McManus, R. Lewicki, M. Pusharsky, G. Wysocki and F. K. Tittel, "Quantum cascade lasers in chemical physics", *Chem. Phys. Lett.* 487, 1 (2010).

20. L. Schrottke, M. Giebler, M. Wienold, R. Hey and H. T. Grahn, "Compact model for the efficient simulation of the optical gain and transport properties in THz quantum-cascade lasers", *Semicond. Sci. Technol.* 25, 045025 (2010).
21. Y. Petitjean, F. Destic, J.-C. Mollier and C. Sirtori, "Dynamic modeling of terahertz quantum cascade lasers", *J. Sel. Topics in Quant. Elect.* 17, 22 (2011).
22. D. Burghoff, T. Kao, D. Ban, A. W. M. Lee, Q. Hu, and J. Reno, "A terahertz pulse emitter monolithically integrated with a quantum cascade laser", *Appl. Phys. Letters* 98, 061112 (2011).
23. S. Kumar, "Recent progress in terahertz quantum cascade lasers", *J. Sel. Topics in Quant. Elect.* 17, 38 (2011).
24. V. A. Kukushin, "Intersubband Rabi oscillations in asymmetric nanoheterostructures: Implications for a tunable continuous-wave source of a Far-infrared and THz radiation", *J. Nanoscience and Nanotechnology*, 12, 4650-4657 (2012).

3. Полазне хипотезе

Полазна хипотеза дисертације је да код анизотропног диелектрика знак реалне нормалне компоненте диелектричне пермитивности одређује знак реалног дела индекса преламања. Друга хипотеза је да полупроводнички квантни каскадни ласер може да се посматра као анизотропни метаматеријал са паралелном диелектричном пермитивношћу, која је једника средњој диелектричној пермитивности структуре, и нормалном диелектричном пермитивношћу која је изразито зависна од релевантних величина које одређују електронску структуру ласера. Трећа хипотеза је да се променом ових величина може подешавати знак реалног дела индекса преламања као и величина области таласних дужина са одређеним индексом преламања.

4. Научне методе истраживања

На основу расположиве литературе и сопствених истраживања, методологија истраживања у оквиру предложене докторске дисертације састојаће се од следећих корака:

- Преглед постојећих истраживања и резултата у домену теоријске анализе и реализације анизотропних метаматеријала са негативним реалним делом индекса преламања.
- Детаљна анализа услова при којима анизотропни метаматеријал има негативан, односно позитиван реални део индекса преламања.
- Анализа квантног каскадног ласера као активног метаматеријала, као и поступак одређивања положаја и популације Ландауових нивоа.
- Коришћење нумеричких метода за решавање нелинеарног система брзинских једначина, као и Шредингерове једначине за квантни каскадни ласер у магнетном пољу; поред тога коришћење непараболичног модела за дисперзиону зависност материјала који чине квантно каскадни ласер.

5. План истраживања и структура рада

У првом поглављу предложене докторске дисертације биће дат кратак историјски преглед науке о метаматеријалима, затим детаљан приказ одређивања индекса преламања са посебним освртом на одређивање знака реалног дела индекса преламања. Други део овог поглавља биће посвећен анизотропним метаматеријалима, с тим да ће се детаљно размотрити пролаз светлости кроз анизотропну средину. Затим да ће бити изведени услови при којима анизотропни материјал има позитиван/негативан реални део индекса преламања, као и услови „деснорукости/леворукости“.

Друго поглавље биће посвећено одређивању електронске структуре квантног каскадног ласера у јаком магнетном пољу. Детаљно ће бити изведен израз за брзину расејања електрона на лонгитудиналним оптичким фононима, који представљају доминантни механизам расејања у средње инфрацрвеној области. Затим ће бити објашњена структура и начин решавања система брзинских једначина, које у овом случају представљају систем нелинеарних (квадратних) једначина. Одређивање електронске структуре (распад енергетских нивоа и њихова популација) омогућиће израчунавање нормалне компоненте диелектричне пермитивности, кључне величине за одређивање знака реалног дела индекса преламања.

У трећем поглављу биће приказани нумерички резултати уз одговарајућу дискусију. На примеру AlGaAs квантног каскадног ласера биће показано да је могуће дизајнирати метаматеријал на бази немагнетних (тачније неметалних) метаматеријала и да се променама јачине јаког магнетног поља, која делују на метаматеријал, може вршити подешавање знака и интензитета нормалне компоненте диелектричне пермитивности. Поред тога биће анализиран и утицај допираности, температуре и јачине магнетног поља на величину опсега таласних дужина, при којима метаматеријал има негативни реални део индекса преламања. Ова анализа биће спроведена и на терахерцним квантним каскадним ласерима, користећи податке за електронску структуру добијене из радова других аутора.

6. Очекивани научни допринос

Основни научни доприноси који се очекују од ове докторске дисертације су:

- Детаљно и прецизно извођење услова при којима метаматеријал има негативан реални део индекса преламања.
- Анализа квантног каскадног ласера у јаком магнетном пољу као анизотропне структуре, као и испитивање утицаја карактеристика квантног каскадног ласера на нормалну компоненту диелектричне пермитивности.
- На бројним нумеричким примерима биће приказано да се променом јачине магнетног поља, нивоа допираности и температуре, знак и интензитет реалног дела нормалне компоненте диелектричне пермитивности може подешавати у прилично широком опсегу.
- Планирани резултати биће објављени у реномираним међународним часописима и презентовани на међународним и домаћим конференцијама.

7. Закључак и предлог

На основу свега изложеног, Комисија сматра да кандидаткиња Сабина Рамовић, мастер инжењер електротехнике испуњава све формалне и суштинске услове за приступање изради докторске дисертације. Резултати до којих би кандидат требало да дође, имали би значајан допринос у области анизотропних метаматеријала са негативним индексом преламања. Стога Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидаткињи Сабини Рамовић одобри израду докторске дисертације под насловом „Реализација нових метаматеријала на бази квантних каскадних ласера у врло јаком магнетном пољу”.

Београд, 10. 09. 2012.

Чланови Комисије:

др Витомир Милановић, редовни професор, ментор
Електротехнички факултет, Београд

др Јелена Радовановић, ванредни професор
Електротехнички факултет, Београд

др Љупчо Хациевски, научни саветник
Институт за нуклеарне науке Винча, Београд

др Милан Тадић, редовни професор
Електротехнички факултет, Београд

др Јован Радуновић, редовни професор
Електротехнички факултет, Београд