

KOMISIJI ZA STUDIJE II STEPENA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija za studije II stepena, Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 18.11.2013. godine imenovala nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada dipl. inž. **Žarka Zobenice** pod naslovom „**Samosaglasni numerički metod za proračun elektronske strukture periodičnog niza kvantnih crta**“. Nakon pregledanja materijala Komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. Biografski podaci kandidata

Žarko B. Zobenica je rođen 25.10.1989. godine u Sarajevu. Osnovnu školu „Miloš Crnjanski“ i Matematičku gimnaziju završio je u Beogradu kao nosilac Vukovih diploma i učesnik brojnih takmičenja iz matematike i fizike. Elektrotehnički fakultet u Beogradu upisao je 2008. godine, a diplomirao je u oktobru 2012. godine na Odseku za fizičku elektroniku, smer Nanoelektronika, optoelektronika i laserska tehnika sa prosečnom ocenom na ispitima 9.82, i na diplomskom radu 10. Počev od druge godine osnovnih studija aktivno je učestvovao u realizaciji kursa Praktikum iz fizike 2 u ulozi demonstratora. Tokom studija bio je nosilac stipendija grada Beograda (2009. i 2010. god.) i Republičke stipendije za 1000 najboljih studenata završnih godina „Dositeja“ (2011. i 2012. godine). Master studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu je upisao novembra 2012. na odseku za Fizičku elektroniku. Položio je sve ispite sa prosečnom ocenom 9.80.

2. Opis master rada

Master rad sadrži 43 strane teksta, među kojima se nalazi 23 slike, 4 tabele i 13 bibliografskih referenci. Rad se sastoji od uvoda, tri poglavlja i zaključka.

U okviru rada analizirana je samosaglasna mini-zonska struktura provodne zone kvantnih crta sa paraboličnom geometrijom poprečnog preseka u prisustvu vlažećeg sloja. Uticaj kvantno-mehaničke sprege koja se javlja između susednih kvantnih crta u ansamblima sa velikom površinskom gustinom, analiziran je u aproksimaciji koja ansambl kvantnih crta tretira kao periodičan niz identičnih kvantnih crta. Razvijen je efikasan, precizan i jednostavan metod za proračun mini-zonske strukture u prisustvu slobodnog naelektrisanja koje se obezbeđuje kroz modulaciono dopiranje. Metod je baziran na samosaglasnom rešavanju spregnute jednozonske Šredingerove jednačine u aproksimaciji efektivnih masa i nelinearne Poasonove jednačine. Za rešavanje ovakvih dvodimenzionalnih sopstvenih problema primenjena je metoda konačnih elemenata, a numerička implementacija je izvršena primenom programskog paketa Comsol MultiPhysics.

Uvodno razmatranje opisuje predmet i cilj sprovedenog istraživanja, uz kratak osvrt na specifičnosti i značaj kvantnih crta.

U okviru prvog poglavlja predstavljena je kompletna teorijska analiza na bazi koje je formiran model za određivanje elektronske strukture provodne zone periodičnog niza identičnih kvantnih crta. Teorijska analiza zasniva se na samosaglasnom rešavanju spregnute dvodimenzionalne Šredingerove i Poasonove jednačine. Posebno su objašnjeni granični uslovi koje, prilikom razmatranja periodičnog niza kvantnih crta, treba da zadovolji talasna

funkcija na granicama domena, kako bi bilo moguće uzeti u obzir uticaj preklapanja talasnih funkcija između susednih struktura, odnosno uticaj međusobne kvantno-mehaničke sprege.

Detalji numeričke implementacije teorijskog modela primenom programskog paketa Comsol Multiphysics izloženi su u drugom poglavlju. U okviru ovog poglavlja analizirane su osobine koje programski kod koji se nalazi u osnovi razmatranog modela mora da poseduje sa aspekta efikasnog iskorišćenja memorijskog prostora i procesorskog vremena.

U trećem poglavlju su predstavljeni rezultati numeričkih simulacija. Analizirane su strukture različitih geometrijskih i materijalnih parametara iz opsega vrednosti koje su u literaturi prisutne za eksperimentalno realizovane strukture. Akcenat u prikazanim rezultatima je na strukturama za koje je odnos širine elementarne ćelije (periode niza) i širine strukture blizak jedinici, pa je sprezanje između susednih kvantnih crta izraženo. Dobijeni rezultati su upoređeni sa jednostavnijom analizom koja kvantne crte posmatra kao izolovane, odnosno zanemaruje kvantno-mehaničku spregu između susednih crta. Na osnovu poređenja mini-zonske strukture periodičnog niza kvantnih crta i zonske strukture izolovanih kvantnih crta izvedeni su zaključci o opravdanosti zanemarivanja međusobne kvantno-mehaničke sprege prilikom samosaglasnog određivanja zonske strukture.

Poslednje poglavlje daje pregled rada i osnove zaključke na bazi analiziranih rezultata.

3. Analiza rada sa ključnim rezultatima

Master rad kandidata Žarka Zobenice bavi se analizom elektronske mini-zonske strukture periodičnog niza poluprovodničkih kvantnih crta. Rad ima za cilj razvoj efikasnog, preciznog i jednostavnog metoda koji može obezbediti proračun mini-zonske strukture u prisustvu slobodnog naelektrisanja koje se uzima u obzir kroz samosaglasno rešavanje spregnute Šredingerove i nelinearne Posaonove jednačine. Na osnovu rezultata simulacija, kandidat je analizirao u kojoj meri je uračunavanje slobodnog naelektrisanja značajno sa stanovišta određivanja mini-zonske strukture. Na osnovu rezultata dostupnih u literaturi poznato je da kvantno-mehanička sprega između susednih kvantnih crta značajno utiče na zonsku strukturu onda kada je zanemaren uticaj slobodnog naelektrisanja, odnosno kada se zonska struktura određuje u aproksimaciji ravnih zona. Međutim, u okviru ovog master rada, kandidat je pokazao da samosaglasni postupak koji omogućava uračunavanje uticaja slobodnog naelektrisanja, koje je neophodno da bi ovakve strukture mogle da obezbede unutarzonske optičke prelaze, značajno modifikuje mini-zonsku strukturu dobijenu u aproksimaciji ravnih zona i to tako što se broj mini-zona smanjuje, a njihova energija povećava. Kako ovakav realističniji pristup u određivanju zonske strukture, zapravo dovodi do toga da se zonska struktura sastoji od malog broja (dve, ili eventualno tri) mini-zone, koje su veoma male širine ili gotovo diskretne, rezultati su pokazali da se zonska struktura periodičnog niza kvantnih crta ne razlikuje značajno od zonske strukture izolovane kvantne crte u pogledu broja dozvoljenih stanja, maksimalne vrednosti koncentracije elektrona u jamskoj oblasti i minimalne vrednosti dvodimenzionalnog potencijala.

Pored analize uticaja kvantno-mehaničke sprege na samosaglasno određenu zonsku strukturu, jedan od doprinosa ovog rada ogleda se u razvijanju funkcionalnog modela za analizu proizvoljnih periodičnih nanostruktura samosaglasnim metodom. Ovaj model se može pokazati korisnim i kod struktura sa drugačijim materijalnim i geometrijskim parametrima koje mogu u budućnosti obezbediti neki novi tehnološki procesi. Za ovakve strukture, široke minizone potencijalno se mogu održati u opsegu energija koji značajno utiče na konfinirajući potencijal, sve do kraja samosaglasnog postupka, što može značajno uticati na profile koncentracije i potencijala.

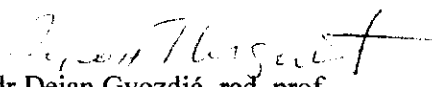
4. Zaključak i predlog

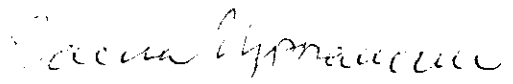
Kandidat Žarko Zobenica je u svom master radu uspešno formirao efikasan, precizan i jednostavan model za proračun mini-zonske strukture provodne zone periodičnog niza identičnih kvantnih crta koji uzima u obzir slobodno naelektrisanje. Kandidat je iskazao samostalnost i sistematičnost u svome postupku, kao i inovativne elemente u rešavanju problematike ovog rada, a sprovedena analiza rezultata predstavlja značajan doprinos u sagledavanju značaja uticaja kvantno-mehaničke sprege na samosaglasnu zonsku strukturu kvantnih crta.

Na osnovu gore navedenog, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da prihvati rad „Samosaglasni numerički metod za proračun elektronske strukture periodičnog niza kvantnih crta“ dipl. inž. Žarka Zobenice kao master rad i odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 02.12.2013.

Članovi komisije


dr Dejan Gvozdić, red. prof.


dr Jasna Crnjanski, doc.