

## KOMISIJI ZA STUDIJE II STEPENA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija za studije II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu na svojoj sednici održanoj 19.05.2015. godine imenovala nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada dipl. inž. Milenka Musića pod naslovom „Fabrikacija i merenje transportnih svojstava grafena“. Nakon pregleda materijala, Komisija podnosi sledeći

### IZVEŠTAJ

#### 1. Biografski podaci kandidata

Milenko Musić je rođen 17.12.1991. godine u Sarajevu. Srednjoškolsko obrazovanje je stekao u IV Beogradskoj Gimnaziji 2010. godine sa odličnim uspehom. Iste godine upisao je Elektrotehnički fakultet u Beogradu gde je diplomirao 2014. godine na smeru Naoelektronika, optoelektronika i laserska tehnika, sa ukupnom prosečnom ocenom 9,11.

Master studije je upisao 2014. godine na Modulu za naoelektroniku i fotoniku. Položio je sve ispite sa prosečnom ocenom 10.

Od 2014. je zaposlen na Institutu za fiziku, gde se bavi eksperimentalnim ispitivanjem transportnih svojstava struktura baziranih na grafenu.

#### 2. Organizacija rada

Master rad kandidata ima 37 numerisanih strana. Pored teksta, rad sadrži 30 slika i jednu tabelu, organizovanih u okviru 6 tematskih poglavlja i jednog dodatnog poglavlja, kao i spisak korišćene literature sa 35 relevantnih referenci.

Prvo poglavlje je uvodno i u njemu je izložena tema rada i istaknut značaj razmatrane problematike sa stanovišta praktičnih primena.

Uvidom u referentnu literaturu, u drugom poglavlju je dat sistematski pregled svojstava grafitnih materijala, sa akcentom na grafen.

Teorijski model elektronske strukture i transporta nosilaca naelektrisanja u grafenu prikazan je u trećem poglavlju. Detaljno je objašnjen najčešće korišćeni model za analizu transportnih svojstava grafena, metod jake veze. U okviru pojednostavljene eksperimentalne postavke razmotren je uticaj električnog polja na položaj Fermijevog nivoa i koncentraciju nosilaca u grafenu, sa izvedenim proračunom merenja pokretljivosti u konkretnoj eksperimentalnoj realizaciji.

Četvrto poglavlje posvećeno je metodama za proizvodnju naprave koja je korišćena za eksperimentalno određivanje otpornosti traka grafena. Detaljno su objašnjeni koraci tehnološkog procesa fabrikacije uz specifikaciju korišćene opreme, metoda, hemijskih jedinjenja i vremena trajanja opisanih postupaka. Priložene su fotografije uzorka nakon

svakog koraka tehnološkog procesa. Ukazano je na potencijalne probleme pri fabricaciji koji mogu uticati na preciznost merenja pokretljivosti u grafenu.

U petom poglavlju su grafički prikazani rezultati merenja sa detaljnim komentarima. Analiziran je uticaj električnog polja i hemijskog dopiranja na transportne karakteristike grafena. Eksperimentalni rezultati su tumačeni u odnosu na teorijska predviđanja.

U šestom poglavlju dat je sumarni pregled rezultata merenja i izneseni su zaključci. Takođe su date smernice za dalji eksperimentalni rad.

U dodatku A. dato je detaljno objašnjenje algoritma programa za kontrolu merenja, koji je realizovan u programskom paketu LabView.

### **3. Analiza rada sa ključnim rezultatima**

U radu je data eksperimentalna postavka za automatizovano merenje provodnosti u grafenu. Fabricovana je struktura sa više kontakata. Izvršeno je poređenje kvaliteta struktura od grafena dobijenog na dva različita načina i njihovo poboljšanje hemijskim tretmanom. Rezultati su korektno prikazani i objašnjeni, i po najboljem znanju članova Komisije predstavljaju originalan rezultat samostalnog rada kandidata. Izvedeni zaključci ukazuju da: (1) se provodnost grafena menja sa promenom električnog polja, sa minimumom u blizini Dirakove tačke, (2) nečistoće prisutne u procesu proizvodnje, kao i željeno dopiranje uzorka u velikoj meri utiče na položaj Fermijevog nivoa, (3) otpornost kontakata značajno utiče na transportne karakteristike proizvedene naprave.

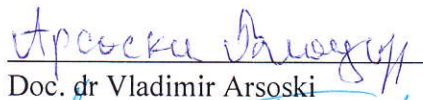
### **4. Zaključak i predlog**


Kandidat Milenko Musić je u svom master radu uspešno fabricovao nanostrukturu sa kanalom od grafena i izvršio merenje transportnih svojstava grafena. Došao je do originalnih rezultata za računanje uticaja električnog polja i hemijskog tretmana na grafen, i proizveo je softver za automatizaciju transportnih merenja. Pritom je iskazao samostalnost i sistematičnost u svom radu, i uveo inovativne elemente u fabricaciji naprave i tumačenju eksperimentalnih rezultata.

Na osnovu izloženog Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću da prihvati master rad pod naslovom „Fabricacija i merenje transportnih svojstava grafena“ i da njegovom autoru, kandidatu Milenku Musiću, dipl. inž., odobri usmenu odbranu.

Beograd, 05.06.2015. godine

Članovi Komisije

  
Doc. dr Vladimir Arsoski

  
Prof. dr Milan Tadić

  
Naučni sar. dr Marko Spasenović