

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu odražanoj 26.06.2014. imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije mr Imhimmad Alsadik Ali Abooda, dipl. inž., pod naslovom:

“Komponente na bazi silicijum-karbida u elektronskim kolima velike snage”

O predloženoj temi podnosimo sledeći:

IZVEŠTAJ

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Mr Imhimmad Alsadik Ali Abood rođen je 1966. godine u mestu Gahrian u Libiji, gde je završio i osnovne studije elektrotehnike 1989. godine. Master studije iz oblasti Elektrotehnika okončao je odbranom master teze na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Budimpešti. Od septembra 2010. godine nalazi se na izradi doktorske disertacije na Tehnološko-metalurškom fakultetu.

1.2. Objavljeni naučni radovi i saopštenja

1. **Imhimmad Alsadik Ali Abood**, Lukic Petar M., Sasic Rajko M., Alkoash Abed Alkhem, Ostojic Stanko M., “4H-SiC VDMOS - drift-region saturation, channel saturation and their order of appearance”, *Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications*, Vol. 7 Iss. 5-6, (2013), pp. 329-333, ISSN: Print: 1842-6573/ IF 0.453 (2012) M23
2. **Imhimmad Alsadik Ali Abood**, Sasic Rajko M., Ostojic Stanko M., Lukic Petar M., “Analytical Model for drift-region voltage drop in 4H-SiC VDMOSFET-effect of Anisotropy”, *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 52, No. 9, Iss. 1, September (2013), ISSN: 0021-4922/ IF 1,067 (2012) M22

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu biografskih podataka i oblasti iz koje je urađen master rad kandidata, kao i dosad objavljenih naučnih radova, Komisija konstatuje da Mr Imhimmad Alsadik Ali Abood ispunjava sve uslove neophodne za rad na predloženoj temi.

2. Predmet i cilj istraživanja

Mada je elektronska revolucija tokom XX veka uglavnom bazirana na silicijumu kao glavnom materijalu, poslednjih desetak godina, osobine silicijuma ograničavaju dalji razvoj odgovarajućih naprava i njihovu primenu u zahtevnim uslovima. Kao prirodan naslednik javlja se silicijum-karbid, prvenstveno zahvaljujući svojim superiornim osobinama. Naprave na bazi silicijum-karbida su pouzdane do 600°C (silicijumske do 150 °C). Kritično električno polje u silicijum-karbidu je deset puta jače nego u silicijumu, što omogućava sto puta veću dopiranost za isti napon praga. Silicijum-karbid ima i znatno veću termičku provodnost od silicijuma, što dozvoljava disipaciju znatno veće snage i sprečava dodatno zagrevanje. Silicijum-karbidne naprave imaju manje gubitke pri uključivanju i isključivanju, pa su zato pogodne za rad u visokofrekventnim uređajima. Naprave na bazi silicijum-karbida iskazuju takođe visok nivo radijacione otpornosti, tj. eventualna ozračenost ne degradira značajnije njihove performanse. Kad je u pitanju silicijum-karbid, postoji nekoliko politipova formiranja kristalne rešetke, među kojima su najvažniji 4H-SiC i 6H-SiC. Oba ova tipa poseduju značajan nivo anizotropije kad su njihove performanse u pitanju, pogotovo transportne. Te anizotropne osobine imaju veliki uticaj na funkcionisanje odgovarajućih naprava što se mora uzeti u obzir pri njihovom projektovanju i konstruisanju. Cilj istraživanja u okviru ove doktorske disertacije je da se prouči uticaj svih navedenih osobina na njihove električne i termičke performanse te jasno predoče prednosti silicijum-karbida nad silicijumom.

Literatura

- 1) M. Roschke, F. Schwier: " Electron Mobility Models for 4H, 6H, 3C-SiC", IEEE Transactions on Electronic Devices-Letters, vol.48, No.7, pp.1442-1447 (2001)
- 2) A. Elasser, T. P. Chow: "Silicon Carbide Benefits and Advantages for Power Electronics Circuits and Systems", Proc. IEEE, vol. 90, No. 6, pp. 969-986 (2002)
- 3) M. Anderson, P. Kuivalainen: "Physical Modelling of Vertical DMOS Power Transistors for Circuit Simulation" Physica Scripta, vol. T 54, pp. 157-158 (1994)
- 4) M. D. Hasanuzzaman, S. K. Islam, L. M. Tolbert, B. Ozpineci: "Design, Modelling, Testing and Spice Parameter Extraction of DIMOS Transistor in 4H-SiC", Frontiers in Electronics, pp. 733-746 (2005)
- 5) Yogesh Singh Chauhan et al.: "Scalable General High Voltage MOSFET Model including Quasisaturation and Self-Heating Effects", Solid State Electronics, vol. 50, pp. 1801-1813 (2006)
- 6) B.J.Baliga: "Silicon Carbide Power Devices", World Scientific Publishers (2005)

- 7) Cree Research: "Siicon Carbide Product Specification" Version 981218.05
- 8) L.C.Yu: "Simulation, Modeling and Characterization of SiC Devices", The State University of New Jersey, Graduate School-New Brunswick Rutgers, PhD Dissertation (2010)
- 9) M. Hjelm, H-E Nilsson, A.Martinez, K.F.Brennan, E.Belloti: Materials Science Forum 338-342(2000) pp.1335-1338.

3. Polazne hipoteze

Rad na ovoj doktorskoj disertaciji zamišljen je pod pretpostavkom da specifične osobine silicijum-karbida imaju itekako veliki uticaj na električna svojstva odgovarajućih naprava. Vredni su pažnje i neki efekti kojih kod silicijumskih naprava nema, kao što je kvazisaturacija. Takođe se pretpostavlja da s obzirom na znatno veću vrednost probojnog električnog polja, biće dozvoljene daleko veće vrednosti jačine struje i primenjenih napona, što bi trebalo da izazove i veće prisustvo nelinearnosti, kad je u pitanju strujno-naponska karakteristika, posebno onaj njen deo značajan za primenu u kolima gde se očekuje veća disipirana snaga

4. Naučne metode istraživanja

U toku rada na ovoj doktorskoj disertaciji očekuje se da kvantni efekti ne budu igrali značajnu ulogu s obzirom na dimenzije pojedinih delova naprava, pa će se raspodela nosilaca naelektrisanja određivati rešavanjem jednodimenzione ili dvodimenzione Puasonove jednačine. Izazov predstavljaju vrednosti relevantnih parametara za silicijum-karbid koje značajno odstupaju od onih za silicijum, postavljajući tako pred one koji ta rešenja traže sasvim nove zahteve. Prednost će imati analitičko rešavanje gde god je to moguće i ispunjava zahteve koje pred njega postavlja CAD (Computer Aided Design); većina proračuna biće izvršena u MATLAB-u, a rezultati će biti provereni korišćenjem i drugih simulatora (npr. ATLAS). Transport nosilaca opisivaće se korišćenjem „drift-difuzionog” modela, jer je on u potpunosti opravdan za karakteristične dimenzije ispitivanih naprava. Postojeći modeli biće prošireni vodeći računa o povećanim vrednostima odgovarajućih struja i napona, pa samim tim i povećanoj disipaciji.

5. Očekivani naučni doprinos

Očekuje se da će rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije dati sledeći naučni doprinos :

- da se analitički reši Puasonova jednačina u ispitivanoj strukturi i tako odredi raspodela potencijala u njoj,
- da se na osnovu toga odredi približna raspodela nosilaca naelektrisanja u strukturi,
- da se opiše i objasni efekat kvazisaturacije koji je svojstven samo napravama na bazi silicijum-karbida,
- da se izdvoji kao zaseban i opiše način ulaska u zasićenje „ drift" oblasti kod 4H-SiC VDIMOSa,
- da se objasni odnos zasićenja „drift " oblasti , zasićenja kanala i zasićenja kanala ukupnog 4H-SiC VDINOS-a,
- da se proračuna uticaj umerene anizotropnosti koju poseduje 4H-SiC na transportne osobine naprave,
- da se opiše uticaj drastične anizotropnosti koju poseduje 6H-SiC na transportne osobine naprave,
- da se uračuna efekat samozagrevanja naprave i proceni njegov značaj,
- da se na osnovu termičkih osobina silicijum-karbida proceni maksimalna dozvoljena disipacija,
- da se na osnovu tako određene maksimalno dozvoljene disipacije konstruišu krive koje će pokazati u kojim granicama se smeju nalaziti struje „ drejna" i napon „ drejn-sors" ispitivanog 4H-SiC VDIMOSa.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predmet rada ove doktorske disertacije je istraživanje uticaja specifičnih termičkih i transportnih svojstava silicijum-karbida na strujno-naponske karakteristike odgovarajućih naprava, posebno 4H-SiC VDIMOSa.

Predviđa se da će doktorska disertacija obuhvatiti sledeća poglavlja :Uvod, Opšti deo, Proračun, rezultati proračuna i diskusija , Zaključak i Literatura.

U Uvodu je ukratko izneseno šta će biti predmet istraživanja u okviru ove doktorske disertacije. Ukratko je nagovešteno zašto je silicijum-karbid perspektivan materijal za primenu u zahtevnim uslovima.

Opšti deo doktorske disertacije obuhvata:

- kratke istorijske napomene o silicijum-karbidu i njegove najvažnije osobine (kristalna struktura, podvrste, način proizvodnje, defekti u silicijum-karbidu),
- fizičke i električne osobine silicijum-karbida (širina energetskog procepa, veličina probojnog električnog polja, termička provodnost, pokretljivost nosilaca i njeno modelovanje, brzina nosilaca u zasićenju),
- opšti principi funkcionisanja unipolarnih naprava, njihove karakteristike i opis fizičkih pojava relevantnih za njihove električne osobine,
- opis fizičkih pojava specifičnih za unipolarne naprave na bazi silicijum-karbida (kvazi-saturacija, efekti samozagrevanja, udarna jonizacija).

Odeljak Proračun, rezultati proračuna i diskusija odnosi se neposredno na istraživanja izvedena u okviru ove doktorske disertacije i obuhvata :

- primenu svega gore izloženog na analizu 4H-SiC VDMOSa sa posebnim osvrtom na mehanizam ukupnog zasićenja naprave,
- objašnjen je odnos zasićenja „drift” oblasti, zasićenja oblasti kanala i njihov uticaj na ukupno zasićenje naprave,
- iskorišćen je princip minimuma dejstva da se približno odredi profil toka naelektrisanja u vertikalnoj „ drift” oblasti,
- ispitaće se uticaj anizotropije transportne karakteristike 4H-SiC i 6H-SiC na strujno-naponsku karakteristiku odgovarajućih naprava,
- rezultati proračuna biće upoređeni sa rezultatima simulacije i dostupnim eksperimentalnim rezultatima, što će omogućiti ekstrakciju određenih parametara i verifikaciju njihovih vrednosti.

U Zaključku će biti sumirani dobijeni rezultati i istaknuta njihova važnost.

Literatura će obuhvatiti navode citirane u disertaciji, kao i radove kandidata nastale tokom njene izrade .

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije mr Imhimmad Alsadik Ali Abooda „**Komponente na bazi silicijum-karbida u elektronskim kolima velike snage**” naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da je prihvati. Za mentora se predlaže dr Rajko Šašić, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Hemija i hemijska tehnologija, uža naučna oblast Inženjerstvo materijala, za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova.

U Beogradu, 16. juna 2014.

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Rajko Šašić, redovni profesor
TMF-a Univerziteta u Beogradu

Dr Boris Lončar, redovni profesor
TMF-a Univerziteta u Beogradu

Dr Stanko Ostojić, vanredni profesor
TMF-a Univerziteta u Beogradu

Dr Petar Lukić, vanredni profesor
Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Dr Nebojša Romčević, naučni savetnik
Instituta za fiziku Univerziteta u Beogradu