

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње мр **Милчета М. Смиљанић**, дипл. инж.

Одлуком бр. 906/3 Наставно-научног већа Електротехничког факултета донетој на седници бр. 764 од 11. 07. 2013 године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње мр **Милчета М. Смиљанић** под насловом

**„Нове примене процеса нагризања силицијума у воденом раствору ТМАХ
у изради МЕМС сензора“**

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња је тему под насловом **„Нове примене процеса нагризања силицијума у воденом раствору ТМАХ у изради МЕМС сензора“** пријавила 31. 10. 2012. Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду је одлуком бр. 906/1 на 755. седници одржаној 06. 11. 2012. године именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације у саставу: др Зоран Јакшић, научни саветник, проф. др Милан Тадић и др Пеђа Михаиловић, доцент. Ментори су др Зоран Јакшић и проф. др Милан Тадић. Извештај Комисије је усвојен на Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду 22. 01. 2013. године. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је дало сагласност одлуком бр. 06-419/35-13 за прихватање теме 04. 02. 2013. године. Кандидаткиња је урађену дисертацију поднела на преглед и оцену 21. 06. 2013. године. Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду је 11. 07. 2013. године одлуком бр. 906/3 именovalo Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: др Зоран Јакшић, научни саветник, др Милан Тадић, редовни професор, др Пеђа Михаиловић, доцент, др Весна Јовић, научни саветник и др Слободан Петричевић, доцент. Милче М. Смиљанић је

одбранила магистарски рад на Електротехничком факултету у Београду 18. 12. 2009. године.

1.2. Научна област дисертације

Дисертација припада научној области Микроелектронске технологије и МЕМС, сензори и актуатори, а у ужем смислу предмет дисертације је микромашинство, односно влажно анизотропно хемијско нагризање силицијума. Ментори дисертације су др Зоран Јакшић, научни саветник и проф. др Милан Тадић, редовни професор. Др Зоран Јакшић се 25 година бави научно-истраживачким и наставним радом из области микроелектронских технологија и МЕМС сензора. Из тематике дисертације објавио је близу 60 чланака у међународним часописима и 5 поглавља у реномираним међународним монографијама, а укупно око 260 научних публикација у монографијама, научним часописима и зборницима међународних и домаћих научних конференција. Цитиран је преко 200 пута у међународним публикацијама не рачунајући аутоцитате. Др Јакшић је научни руководилац Центра за микроелектронске технологије у Београду. Др Милан Тадић се више од 20 година активно бави научно-истраживачким и наставним радом у областима микро и наноелектронике. До сада је објавио 40 радова у међународним часописима са SCI листе и више десетина радова у домаћим часописима, зборницима радова домаћих конференција и зборницима радова међународних конференција.

1.3. Биографски подаци кандидаткиње

Милче М. Смиљанић је рођена 14. 04. 1978. у Београду, где је завршила Основну школу „Бранко Радичевић“ са просечном оценом 5.0 (као ђак генерације) и Математичку гимназију са просечном оценом 5.0. У основној и средњој школи је освојила већи број награда и похвала на такмичењима из математике и физике од општинског до савезног нивоа.

Дипломирала је 2003. на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на одсеку за Физичку електронику, смер Оптиелектроника и ласерска техника, са темом **„Поступци израде силицијумског пиезоотпорног сензора притиска технологијама микромашинства“** и са просечном оценом 9.33. Године 2002. је била на студентској пракси у Image Processing Group на University College of London.

Од 2003. ради у Институту за хемију, технологију и металургију, Центар за микроелектронске технологије (ИХТМ-ЦМТ). Магистарске студије на Електротехничком факултету у Београду је уписала 2003. године и положила је све испите са оценом 10. Магистрирала је 2009. године одбравивши рад **„Пиезоотпорни сензори за високе температуре и ниже притиске“**. У априлу 2009. је завршила курс **„Smart sensors systems“** на Универзитету у Делфту, у Холандији. Од 2010. ради у звању истраживача сарадника и заменица је руководиоца лабораторије за микроелектронске и МЕМС технологије у ИХТМ-

ЦМТ. У ИХТМ-ЦМТ Милче М. Смиљанић је оператор на високотехнолошким уређајима за фотолитографију EVG620 и LW405 и уређају за анодно бондовање AML04. Говори енглески језик, служи се шпанским језиком.

До сада је објавила једно поглавље у монографији међународног значаја, један првопотписани рад у врхунском међународном часопису, један рад у међународном часопису, осам радова презентираних на међународним научним скуповима публикованих у целини, један рад публикован у часопису од националног значаја, десет радова презентираних на националним научним скуповима публикованих у целини, један рад презентира на националном научном скупу публикован у изводу и осамнаест техничких решења. Професионална интересовања су јој микромашинство, технолошки процес влажног хемијског нагризања силицијума, технолошки процес фотолитографије, технолошки процес анодног бондовања, МЕМС сензори, актуатори, пиезоотпорни ефекат, пиезоотпорни сензори притиска и пиезоотпорне микрогредице.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Дисертација је написана на 136 стране куцаног текста и садржи 76 слике и 2 табеле. Дисертација садржи насловну страну на српском и енглеском језику, кратак резиме рада на српском и енглеском језику, изразе захвалности, садржај, 6 глава и списак коришћене литературе, која обухвата 88 библиографских референци. Поглавља су насловљена: 1. Увод, 2. Силицијум, 3. Микромашинство, 4. Нагризање силицијума у воденом раствору ТМАХ, 5. Тродимензионалне силицијумске структуре и МЕМС сензори, 6. Закључак.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У оквиру уводне главе дате су основе МЕМС технологије и дато је објашњење зашто је тема дисертације развој и усавршавање технолошког процеса влажног анизотропног нагризања у воденом раствору тетраметил-амонијум хидроксида (ТМАХ) концентрације 25 тежинских процената на температури од 80⁰С. Такође, дата је структура дисертације.

У другој глави су дате основне кристалографске особине силицијума које су важне за технолошки процес влажног анизотропног хемијског нагризања.

Трећа глава се бави основама микромашинства базираног на влажном анизотропном хемијском нагризању силицијума. У њој су дати познати параметри технолошког процеса влажног нагризања у воденим растворима калијум хидроксида (КОН) и ТМАХ. У овој глави се објашњава и предност нагризања силицијума у воденом раствору ТМАХ у односу на водени раствор КОН.

У четвртој глави је описан развој тзв. *maskless* технике влажног анизотропног хемијског нагризања силицијума у воденом раствору ТМАХ.

Одређене су кристалографске равни које се појављују током ове врсте нагризања. Преостале кристалографске равни су одређене додатним нагризањем силицијумских структура дефинисаних квадратним ликовима страница пројектованих у различитим кристалографским правцима. У овој глави су одређене брзине нагризања уочених кристалографских равни. На основу брзина нагризања и појављивања и нестајања одређених кристалографских равни током нагризања објашњен је механизам нагризања у воденом раствору ТМАХ. У четвртој глави су дефинисана и ограничења испитиваног технолошког процеса која настају као последица самог механизма нагризања. На основу сваког дефинисаног ограничења развијена је одговарајућа техника нагризања којом се превазилази ограничење. Објашњена су ограничења технолошког процеса која настају услед подгризања испод маскирајућег слоја, подгризања конвексних углова и подгризања конкавних углова. Развијене су технике компензације конвексних и конкавних углова и техника *maskless* нагризања.

У петој глави су показане примене освојених техника нагризања у воденом раствору ТМАХ. Применом развијених техника компензације конвексних и конкавних углова и технике *maskless* нагризања израђен је значајан број различитих тродимензионалних силицијумских структура. У петој глави приказано је како је применом *maskless* технике нагризања израђен прототип новог апсолутног високотемпературног сензора за ниже притиске SOI SP-11 који ради на температурама до 300⁰С. Развијена је мерна метода и извршена је карактеризација прототипа сензора SOI SP-11. Такође, применом *maskless* технике нагризања успешно су направљене дијафрагме са ојачањем које представљају побољшање постојеће сензорске структуре. Формирана је мерна метода и извршена је карактеризација побољшања сензорске структуре.

На крају, у шестој глави је дат сумарни преглед резултата и формирани су закључци у вези резултата добијених у дисертацији. Дат је и преглед утрошеног материјала и времена да би се приближно проценила размера експерименталног рада у оквиру израде докторске дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Методе запреминског микромашинства представљају основу МЕМС технологија. Огроман број различитих силицијумских микрокомпонената коришћених у телекомуникацијама, радио техници, оптоелектроници, сензорици, биомедицини итд. рађен је управо овим технологијама. Анизотропно нагризање је најчешћи технолошки процес у запреминском микромашинству, јер омогућава добру контролу димензија нагризане структуре. Влажно хемијско анизотропно нагризање монокристалног силицијума сматра се јефтиним технолошким процесом и може се обрадити већи број силицијумских плочица у серији. Влажно хемијско анизотропно нагризање силицијума у воденом раствору калијум хидроксида (КОН)

је један од најприсутнијих процеса у технологији микромашинства и параметри овог процеса су добро познати. Међутим, нагризањем у воденом раствору КОН долази до уградње непожељних покретних јона у маскирајући слој силицијум диоксида који могу пореметити електричне карактеристике сензора. Приликом нагризања у воденом раствору ТМАХ не долази до појаве покретних јона у маскирајућем слоју силицијум диоксида, што омогућава постпроцесирање силицијумских супстрата. Због тога се данас у МЕМС технологијама све више користи водени раствор ТМАХ. Постпроцесирање даје више слободе у редоследу технолошких процеса израде, а самим тим и у пројектовању силицијумских МЕМС структура. Друга важна предност ТМАХ у односу на КОН је добијање много квалитетнијих силицијумских површина што утиче на квалитет самих МЕМС направа.

За разлику од нагризања у воденом раствору КОН, параметри нагризања у воденом раствору ТМАХ нису довољно испитани и постоји велика потреба за усавршавањем овог типа технолошког процеса нагризања. Ова дисертација представља анализу, развој и усавршавање технолошког процеса влажног анизотропног нагризања силицијума оријентације (100) у воденом раствору ТМАХ концентрације 25 теж. % на температури од 80⁰С. Добијени параметри нагризања силицијума у воденом раствору ТМАХ и освојених техника нагризања и објашњени механизам нагризања су резултати који до сада у литератури нису одређени нити објашњени. Поред тога, параметри оригиналне технике компензације конкавног угла представљају нове резултате на светском нивоу.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације кандидаткиња је детаљно истражила постојећу релевантну литературу и цитирала радове који су у вези са темом докторске дисертације. Укупно је наведено 88 библиографских референци. Међу радовима који су наведени у списку литературе налазе се најновији радови релевантни за истраживање у оквиру ове дисертације, као и радови чији је аутор или коаутор Милче М. Смиљанић.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Израда докторске дисертације је обухватила следеће научне методе истраживања:

- детаљно је проучавана релевантна литература из области дисертације (микромашинство, влажна хемијска нагризања у воденим растворима КОН и ТМАХ, МЕМС технологије, сензори и актуатори);
- извршен је експериментални рад на развоју *maskless* технике влажног анизотропног хемијског нагризања силицијума у воденом раствору ТМАХ;
- извршен је експериментални рад нагризања силицијумских структура дефинисаних квадратним ликовима страница пројектованих у различитим кристалографским правцима;

- извршена је анализа резултата наведених експеримената која је установила све кристалографске равни које се појављују током нагризања, одредила аналитичке формуле за одређивање њихових брзина нагризања и објаснила механизам нагризања у воденом раствору ТМАХ;
- анализом су дефинисана и ограничења испитиваног технолошког процеса настала као последица самог механизма нагризања;
- на основу сваког дефинисаног ограничења извршен је експериментални рад на развоју одговарајућих техника нагризања којом се превазилази ограничење;
- анализом експеримената за развој техника изведене су аналитичке формуле потребне за дефинисање параметара техника нагризања у воденом раствору ТМАХ;
- извршена је примена освојених техника у изради микрочипова МЕМС сензора и тродимензионалних силицијумских структура;
- применом *maskless* технике нагризања израђен је прототип микрочипа новог апсолутног високотемпературног пиезоотпорног сензора за ниже притиске SOI SP-11 који ради на температурама до 300⁰С;
- развијена је мерна метода и извршена је карактеризација прототипа сензора SOI SP-11;
- применом *maskless* технике нагризања успешно су направљене дијафрагме са ојачањем које представљају побољшање постојеће сензорске структуре;
- формирана је мерна метода и извршена је карактеризација побољшања сензорске структуре.

Примењене научне методе истраживања у потпуности одговарају стандардима научно-истраживачког рада. Ове методе су одредиле до сада непознате параметре технолошког процеса нагризања у воденом раствору ТМАХ. Извршен је експериментални рад, анализа резултата и извођење потребних аналитичких формула. Израђени су МЕМС сензор и тродимензионалне силицијумске структуре као верификација израчунатих параметара.

3.4. Применљивост остварених резултата

Добијени параметри нагризања силицијума у воденом раствору ТМАХ и освојених техника нагризања представљају тзв. *know-how* овог технолошког процеса. Освојене технике нагризања у воденом раствору ТМАХ проверене су у изради различитих тродимензионалних силицијумских структура, нових МЕМС сензора и побољшавању постојећих сензорских структура.

Применом развијених техника компензације конвексних и конкавних углова и технике *maskless* нагризања израђен је значајан број различитих тродимензионалних силицијумских структура. Ове тродимензионалне силицијумске структуре и њихове комбинације се могу искористити у изради различитих МЕМС сензора и актуатора у областима микрофлуидике, механичких, термоелектричних, хемијских и биолошких сензора. У оквиру ове дисертације израђен је прототип новог апсолутног високотемпературног сензора за ниже

притиске SOI SP-11 и ојачање дијафрагме које представља побољшање постојеће сензорске структуре.

Објашњени механизам, освојене технике анизотропног нагризања силицијума у воденом раствору TMAX и њихова примена у добијању различитих тродимензионалних силицијумских структура од стратешког су интереса за израду нових генерација квалитетних сензорских чипова у оквиру ИХТМ-ЦМТ и дефинишу детаљну технолошку процедуру за будуће пројектовање и технолошку израду нових MEMS сензора и актуатора, како у ИХТМ-ЦМТ, тако и у свету.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидаткиње за самостални научни рад

Дисертација представља самостални експериментални и теоријски рад кандидаткиње. Током рада на докторској дисертацији укупно време нагризања свих плочица у воденом раствору TMAX концентрације 25 теж. % је било 630 h (у просеку 4 h дневно). Потрошено је 55 силицијумских плочица пречника 3'' (6 двострано полираних и 49 једнострано полираних), 2 SOI плочице пречника 4'' и 11 литара воденог раствора TMAX концентрације 25 теж. %. Кандидаткиња је пројектовала три сета маски за сензор SOI SP-11 чији су ликови цртани ласером директно на супстрат са фоторезистом, 13 маски чији су ликови израђени на емулзионим или хромним фотоплочама и 11 маски чији су ликови цртани ласером директно на супстрат са фоторезистом. У свом експерименталном раду, Милче М. Смиљанић је показала систематичност и неопходну научну упорност. Поред експерименталног рада, Милче М. Смиљанић је самостално извршила свеобухватну анализу резултата експеримента, поставила одговарајуће аналитичке формуле да би израчунала параметре технолошког процеса и објаснила механизам нагризања. Механизам нагризања је искористила да објасни настанак свих тродимензионалних облика у експериментима у оквиру израде ове дисертације, као и појаве и ефекте проучаване у радовима других аутора. Добијени резултати су оригинални и имају велику практичну примену за израду различитих сензора и актуатора, и самим тим потврђују способност кандидата за самостални научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру ове докторске дисертације Милче М. Смиљанић је остварила следеће научне доприносе:

- Објашњен је механизам нагризања у воденом раствору TMAX концентрације 25 теж. % на 80°C, који до сада у литератури није био нити одређен нити објашњен.

- На основу сопствених експерименталних резултата изведени су аналитички изрази и одређене су брзине нагризања кристалографских равни {100}, {311}, {211}, {301}, {331}, {111}, {411} и {511}.
- Одређена су ограничења технолошког процеса нагризања силицијума у воденом раствору ТМАХ концентрације 25 теж. % на 80⁰С – подгризање испод маскирајућег слоја силицијум диоксида, подгризање конвексног угла и подгризање конкавног угла.
- Освојене су технике компензације конвексних, конкавних углова и *maskless* нагризања које су омогућиле реализовање различитих тродимензионалних силицијумских структура. За сваку технику су изведене аналитичке формуле потребне за њену примену у пројектовању и реализацији сензорских и актуаторских структура. На основу аналитичких формула и параметара освојених техника експериментално је израђен низ силицијумских структура које су потврдиле њихово важење.
- Параметри оригиналне технике компензације конкавног угла су нови резултати на светском нивоу.
- Применом *maskless* технике нагризања израђен је прототип новог апсолутног високотемпературног сензора за ниже притиске SOI SP-11 који ради на температурама до 300⁰С. Развијена је мерна метода и извршена је карактеризација прототипа сензора SOI SP-11.
- Применом *maskless* технике нагризања успешно су направљене дијафрагме са ојачањем које представљају побољшање постојеће сензорске структуре. Формирана је мерна метода и извршена је карактеризација побољшања сензорске структуре.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Полазећи од постојећих параметара недовољно развијеног технолошког процеса влажног анизотропног хемијског нагризања у воденом раствору ТМАХ концентрације 25 теж. %, кандидаткиња је поставила експеримент пројектовањем одговарајућих ликова и нагризањем силицијумских структура. Анализа резултата експеримента и доношење одговарајућих закључака су одредили до тада у литератури непознате параметре технолошког процеса. Нови параметри су омогућили развој различитих техника нагризања силицијума и у потпуности освајање технолошког процеса влажног анизотропног хемијског нагризања у воденом раствору ТМАХ концентрације 25 теж. % на температури од 80⁰С. Користећи ове технике, израђено је више различитих тродимензионалних силицијумских структура, нови МЕМС сензор и побољшане су постојеће сензорске структуре.

Систематичном и детаљном обрадом свих појава и ефекта који се појављују током израде ове дисертације, али и оних које су проучаване у радовима других аутора, констатујемо да је кандидаткиња успешно дала одговоре на сва битна питања која произилазе из ове уже научне области, односно самог технолошког процеса који је у оквиру дисертације анализиран, развијан и значајно усавршен.

4.3. Верификација naučnih doprinosa

При изради ове дисертације коришћени су резултати кандидаткиње приказани у радовима категорије M21 (један рад публикован у врхунском међународном часопису), категорије M33 (три саопштења на међународном скупу штампана у целини), категорије M63 (седам саопштења на националном скупу штампана у целини) и категорије M72 (магистарски рад).

Радови:

Категорија M21

1. **M. M. Smiljanić**, V. Jović, Ž. Lazić, “Maskless convex corner compensation technique on a (100) silicon substrate in a 25 wt % TMAH water solution”, *J. Micromech. Microeng.* Vol. 22, No. 11, pp. 115011-115021, 2012. DOI:10.1088/0960-1317/22/11/115011 (IF(2007)=1.930, IF(2008)=2.233, IF(2009)=1.997, IF(2010)= 2.281, IF(2011)= 2.105, IF(2012)=1.790)

Категорија M33

1. V. Jović, J. Lamovec, **M. M. Smiljanić**, M. Popović, “Micromachining by Maskless Wet Anisotropic Chemical Etching {hkl} Structures on {100} Oriented Silicon”, *Proc. 27th Internat. Conf. on Microelectronics MIEL*, Niš, Serbia, 16-19 May 2010.

2. V. Jović, **M. M. Smiljanić**, J. Lamovec, M. Popović, “Microfabrication of Maskless-Mask Wet Anisotropic Etching for Realization of Multilevel Structures in {100} Oriented Si”, *Proc. 28th Internat. Conf. on Microelectronics MIEL*, Niš, Serbia, 13-16 May 2012, pp. 139-142.

3. **M. M. Smiljanić**, K. Radulović, Ž. Lazić, V. Jović, B. Popović, “SOI piezoresistive low pressure sensor for high temperature environments”, *Proc. 5th Internat. Sci. Conf. on Defensive Technologies OTEH 2012*, Belgrade, Serbia. 18-19 September 2012, pp. 422-426.

Категорија M63

1. Ž. Lazić, **M. M. Smiljanić**, M. Popović, “Projektovanje uloška za zaštitu dijafragme senzora pritiska od preopterećenja“, *Zbornik radova 48. Konferencije ETRAN*, Čačak, 6-10. Jun 2004, Vol. 4, str. 168-171.

2. **M. M. Smiljanić**, Z. Đurić, Ž. Lazić, M. Popović, K. Radulović, “Piezootporni senzori pritiska na SOI pločicama namenjeni funkcionisanju na visokim temperaturama“, *Zbornik radova 49. Konferencije ETRAN*, Budva, 5-10. Jun 2005, Vol. 4, str. 185-186.

3. Ž. Lazić, **M. M. Smiljanić**, Z. Đurić, M. Popović, J. Matović, “SOI piezootporna SiO₂ mikrogredica-oslobađanje vlažnim hemijskim nagrizaњem“, *Zbornik radova 51. Konferencije ETRAN*, Herceg Novi - Igalo, 4 – 8. Jun, 2007, MO3.7.

4. **M. M. Smiljanić**, Ž. Lazić, Z. Đurić, K. Radulović, “Dizajn i modelovanje modifikovanog senzora niskih pritisaka IHTM-CMTM SP-6“, *Zbornik radova 51. Konferencije ETRAN*, Herceg Novi - Igalo, 4 – 8. Jun, 2007, MO3.2.

5. **M. M. Smiljanić**, Z. Đurić, Ž. Lazić, B. Popović, “SOI piezootporni senzor pritiska za opseg radnih temperatura od 60⁰C do 300⁰C”, *Zbornik radova 52. Konferencije ETRAN*, Palić, 8-12. Jun, 2008, MO2.6-1-4.
6. **M. M. Smiljanić**, Ž. Lazić, K. Radulović, V. Jović, B. Popović, “Visokotemperaturni piezootporni senzor za niske pritiske SOI SP-11”, *Zbornik radova 55. Konferencije ETRAN*, Banja Vrućica, 6-9. Jun 2011, MO3.3-1-4.
7. **M. M. Smiljanić**, M. Matić, K. Radulović, Ž. Lazić, V. Jović, “Ojačanje dijafragme senzora pritiska nagrivanjem u vodenom rastvoru TMAH koncentracije 25 tež. %”, *Zbornik radova 56. Konferencije ETRAN*, Zlatibor, 11-14. Jun 2012, MO3.1-1-4.

Категорија М72

1. **М. М. Смиљанић**, *Пиезоотпорни сензори за високе температуре и ниже притиске*, Магистарски рад, Електротехнички факултет у Београду, Универзитет у Београду, 2009.

Поред публиковани радова, кандидаткиња је пројектовала и израдила функционални прототип микрочипа новог апсолутног високотемпературног сензора за ниже притиске SOI SP-11 и развила побољшање силицијумске сензорске структуре применљиве код постојећих комерцијалних ИХТМ-ЦМТ сензора притиска SP-9 и SP-12. Кандидаткиња је у потпуности освојила технолошки процес влажног анизотропног хемијског нагризања у воденом раствору ТМАХ концентрације 25 теж. % на температури од 80⁰C (*know-how*) који ће се користити у ИХТМ-ЦМТ.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација мр Милче М. Смиљанић представља значајан научни допринос, а поред тога има и велику практичну применљивост у истраживању и развоју различитих МЕМС сензора и актуатора. Кандидаткиња је током израде дисертације показала изразиту самосталност у раду, од самог експерименталног рада до анализе резултата и извођења закључака. У дисертацији је у потпуности освојила технолошки процес влажног анизотропног хемијског нагризања у воденом раствору ТМАХ концентрације 25 теж. % на температури од 80⁰C. Објашњени механизам нагризања, освојене технике анизотропног нагризања силицијума у воденом раствору ТМАХ и њихова примена у добијању различитих тродимензионалних силицијумских структура могу се искористити за будуће пројектовање и технолошку израду у областима микрофлуидике, механичких, термоелектричних, хемијских и биолошких сензора. Валидност добијених параметара и дефинисаног механизма нагризања је потврђена објављивањем више радова (један са СЦИ листе) и израдом функционалног прототипа апсолутног високотемпературног сензора за ниже притиске SOI SP-11, као и објашњавањем појава и ефеката који су проучавани у радовима других аутора.

На основу претходног, Комисија констатује да је мр Милче М. Смиљанић испунила све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког Факултета Универзитета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета да се дисертација под насловом **„Нове примене процеса нагризања силицијума у воденом раствору ТМАХ у изради МЕМС сензора“** кандидаткиње мр Милчета М. Смиљанић, дипл. инж., прихвати, изложи на увид јавности и упути Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду на коначно усвајање и давање одобрења кандидаткињи да приступи усменој одбрани.

У Београду, 14. 08. 2013. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Зоран Јакшић, научни саветник,
Универзитет у Београду-Институт за хемију,
технологију и металургију

др Милан Тадић, редовни професор,
Универзитет у Београду-Електротехнички факултет

др Пеђа Михаиловић, доцент,
Универзитет у Београду-Електротехнички факултет

др Весна Јовић, научни саветник,
Универзитет у Београду-Институт за хемију,
технологију и металургију

др Слободан Петричевић, доцент,
Универзитет у Београду-Електротехнички факултет