



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndcan@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2015-01-05

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 33. седници одржаној дана 24.12.2014. године, донело је следећу одлуку:

~~-непотребно изостављено-~~

ТАЧКА 13. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 13.1.6.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење под називом:

ПАСИВНИ СЕНЗОР ПОМЕРАЈА СА ПОЛИИМИДНОМ МЕМБРАНОМ (М85 ПРОТОТИП)

Аутори техничког решења: Милица Г. Кисић, Нелу В. Блаж, Калман Б. Бабковић, Андреа Марић, Љиљана Д. Живанов и Мирјана С. Дамњановић

~~-непотребно изостављено-~~

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Докан

Проф. др Раде Дорословачки



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2014-11-28

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 31. редовној седници одржаној дана 26.11.2014. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 12.1. Верификација нових техничких решења и именовање рецензента

Тачка 12.1.5: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

1. Др Обрад Алексић, научни саветник, ИМСИ, Београд
2. Др Зоран Јакшић, научни саветник, ИХМТ, Београд

Назив техничког решења:

ПАСИВНИ СЕНЗОР ПОМЕРАЈА СА ПОЛИИМИДНОМ МЕМБРАНОМ (М85 ПРОТОТИП)

Аутори техничког решења: Милица Г. Кисић, Нелу В. Блаж, Калман Б. Бабковић,
Андреа Марић, Љиљана Д. Живанов и Мирјана С. Дамњановић

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Проф. др Радџа Дорословачки

Прототип:

Пасивни сензор помераја са полиимидном мембраном

Руководилац пројекта: проф. др Љиљана Живанов

Одговорно лице: Милица Кисић

Аутори: Милица Г. Кисић, Нелу В. Блаж, Калман Б. Бабковић, Андреа Марић, Љиљана Д. Живанов, Мирјана С. Дамњановић

Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад, Србија

Горан Ј. Радосављевић

Институт за сензорске и актуаторске системе, Универзитет у Бечу, Беч, Аустрија

Развијено: у оквиру пројекта технолошког развоја TP-32016

Година: 2014.

Примена: 01.12.2014.

Кратак опис

Померај, као једна од најчешће мерених физичких величина, је од изузетног значаја у техници, индустрији и људској делатности уопште, па се сензорима помераја и њиховим карактеристикама мора посветити нарочита пажња. Најчешће, принцип рада сензора помераја се заснива на еластичној деформацији мембрана, након чега се механички померај мембрана претвара у електрични параметар. У овом техничком решењу је дизајниран, фабрикован и тестиран пасивни сензор помераја базиран на полиимидној фолији као мембрани сензора. Принцип рада представљеног сензора је заснован на померању мембране, приближавање феритног диска индуктору и мерење промене фазе и резонантне фреквенције сензор-антена система. Резултати мерења су добијени коришћењем анализатора импедансе, а принцип рада сензора је теоријски анализиран и испитан коришћењем симулационог алата.

Техничке карактеристике:

Сензор помераја је базиран на хетерогеном интеграционом процесу и комбинује традиционалне фабрикационе технологије штампаних кола (*Printed Circuit Board - PCB*) и *LTCC (Low Temperature Co-fired Technology)* са полиимидном мембраном. Сензор користи индуктор као основни део (спољашњих димензија 19 mm, ширине и размака између проводних линија 150 μm), одстојник (дебљине 2,4 mm) и полиимидну мембрану полупречника 16 mm са феритним диском полупречника 9,5 mm. Дизајниран и фабрикован сензор даје мерени опсег помераја до 1,2 mm, промену резонантне фреквенције система од 10,5 MHz и осетљивост од 8,75 kHz/ μm .

Техничке могућности:

Представљени сензор омогућава лако и прецизно бежично мерење помераја уз економичан, незахтеван процес израде, једноставну интеграцију и могућност директне модификације структуре сензора. Промена мереног опсега помераја се може додатно прилагодити коришћењем различитих дебелина одстојника и димензија сензорских елемената. Поред тога, уз оптимизацију лејаута би се омогућило мерење бочног померања. Сензор се на једноставан начин може прилагодити за мерење других физичких величина, као што су притисак и сила.

Реализатори:

Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад, Србија

Корисници:

Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад, Србија

Институт за сензорске и актуаторске системе, Универзитет у Бечу, Беч, Аустрија

Подтип решења:

M85 – Прототип

Увод

Мерење помераја је од великог значаја у широком опсегу области (индустријски системи, преносиви електронски уређаји, роботика, биомедицински уређаји, интелигентни инструменти, итд). Велика потреба за сензорима помераја је услед њихове разноврсне примене: за мерење позиције или кретање објеката, за неструктурну процену деформације, за поравњање и калибрацију позиције, као и мерење других физичких величина које могу прво да буду претворене у помераје (као што су притисак, сила, убрзање, итд).

Развијене су различите методе и сензори за мерење помераја: сензори на бази вртложних струја, оптички, резистивни, капацитивни, индуктивни, итд. Индуктивни сензори помераја су јако заступљени услед једноставности, издржљивости, поузданости, отпорности на хемикалије, механичке вибрације и влажност. Неки од представљених индуктивних сензора користе промену индуктивности у присуству металних предмета, других индуктора или промену коефицијента спреге услед механичке деформације структуре сензора.

Све је већи интерес за полимерне фолије и њихову примену у области технологије сензора. Различити типови сензора са полимерним фолијама могу да буду реализовани за бројне примене и јединствене могућности. Полимерне фолије пружају мноштво предности у реализацији сензора: јефтине су, танке, лагане, флексибилне, прилагодљиве, транспарентне, растегљиве и производе се у већим размерама. Полимерни супстрати су веома флексибилни и могу се савити у јако мале полупречнике закривљења. Већина претходно развијених механичких сензора су засновани на силицијуму који је крут за флексибилне, савитљиве примене и прилагођавање континуалним, закривљеним (заобљеним) и конформним површинама. У циљу постизања механичких сензора који могу испунити такве захтеве и издржати веће деформације, флексибилни супстрати се могу користити.

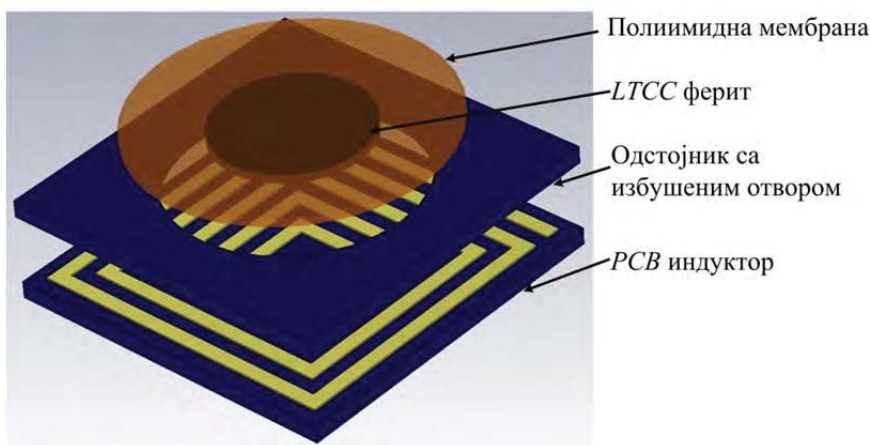
У циљу реализације сензора истезања и сензорских мрежа са добрим перформансама, али са лаганом конструкцијом, добром механичком флексибилношћу и робусношћу, фабриковани су сензори који комбинују силицијумске елементе са танким пластичним супстратима [S.M. Won, H.-S. Kim, N. Lu, D.-G. Kim, C. D. Solar, T. Duenas, A. Ameen and J. A. Rogers, "Piezoresistive Strain Sensors and Multiplexed Arrays Using Assemblies of Single-Crystalline Silicon Nanoribbons on Plastic Substrates", IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 58, no. 11, pp. 4074- 4078, November 2011.]. Различити типови механичких сензора са флексибилним супстратима различитих полимерних материјала, као што су полиестер, парилен, полимид или полиметилсилоксан су представљени [M-Y Cheng, X-H Huang, C-W Ma and Y-J Yang, "A Flexible Capacitive Tactile Sensing Array with Floating Electrodes", Journal of Micromechanics and Microengineering, vol. 19, pp. 1-10, 2009; C-Chu Chiang, C-C K. Lin and M-S Ju, "An Implantable Capacitive Pressure Sensor for Biomedical Applications", Sensors and Actuators A vol. 134, pp. 382-388, 2007; H-J Kwon, J-H Kim and W-C Choi, "Development of a Flexible Three-Axial Tactile Sensor Array for a Robotic Finger", Microsystem Technologies, vol. 17, pp. 1721-1726, 2011; J. Engel, J. Chen and Chang Liu, "Development of polyimide flexible tactile sensor skin", Journal of Micromechanics and Microengineering, vol. 13, pp. 359-366, 2003; Y-J Yang, M-Y Cheng, X-H Huang, "Fabrication Method of a Flexible Capacitive Pressure Sensor", US Patent 8,250,926 B2, August 28, 2012; H-W. Jang, "Flexible Display Device Having Touch and Bending Sensing Function", US Patent 2014/0204285 A1, July 24, 2014; K-h. Shin, C.-y. Moon, Y.-j. Kim, "Flexible Device, Flexible Pressure Sensor", US Patent 8,107,248 B2, January 31, 2012]. Укупна механичка флексибилност, еластичност и биокомпатибилност сензора су добијени интеграцијом полимерних супстрата. Реализовани сензори се користе за детектовање додира, савијања, нормалних и бочних оптерећења, за примену у роботизи, медицини и индустрији.

Развијена је једна од најједноставнијих структура сензора која користи индуктор и ферит у његовој близини за праћење промене притиска, помераја и силе [A. Baldi, W. Choi and B. Ziaie, "A Self-Resonant Frequency-Modulated Micromachined Passive Pressure Transducer", IEEE Sensors Journal, vol. 3, pp. 728- 733, December 2003; N. Misron, L. Q. Ying, R. N. Firdaus, N. Abdullah, N. F. Mailah and Hiroyuki Wakiwaka, "Effect of Inductive Coil Shape on Sensing Performance of Linear Displacement Sensor Using Thin Inductive Coil and Pattern Guide", Sensors, vol. 11, pp. 10522-10533, November 2011; Milica G. Kisic, Nelu V. Blaz, Kalman B. Babkovic, Andrea M. Maric, Goran J. Radosavljevic, Ljiljana D. Zivanov and Mirjana S. Damnjanovic, "Passive Wireless Sensor for Force Measurements", IEEE Transactions on Magnetics, vol. 51, Issue 1, doi 10.1109/TMAG.2014.2359334, in press].

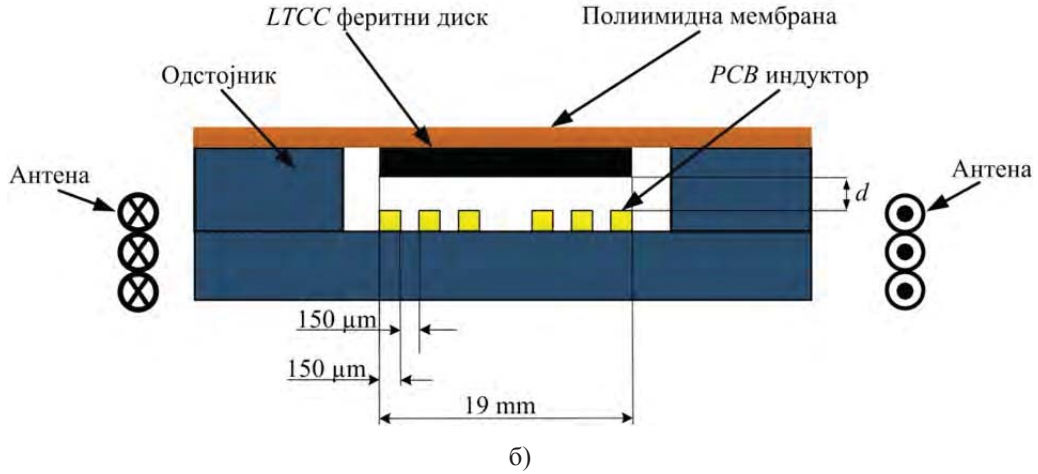
У овом техничком решењу је представљен индуктивни сензор помераја реализован у дискретној технологији. Традиционалне фабрикационе технологије *PCB* и *LTCC* су комбиноване са полиимидном фолијом како би се сензор фабриковао. Сензор користи бесконтактно бежично мерење помераја при чему нису потребни захтевни, прецизни и глатки контакти, вије и металне линије на индуктору које могу да деформишу структуру индуктора и допринесу паразитним елементима који би требали да буду елиминисани. Као мембрана сензора је коришћена комерцијално доступна полиимидна фолија, захваљујући чему је избегнут комплексан процес фабрикации који укључује фотолитографију, печење и ецовање за реализацију мембране. Сензор користи промене индуктивности индуктора и самим тим померање резонантне фреквенције сензор-антена система како би се детектовао жељени параметар – померај.

Дизајн сензора помераја са полиимидном мембраном

Интегрисани сензор помераја се састоји од индуктора, феритног диска, одстојника и полимерног супстрата. На слици 1 су приказани а) раздвојени приказ сензора и б) попречни пресек сензора и антене. Процес израде сензора се састоји од две фазе: фабрикации појединачних сензорских елемената и њиховог склапања у сензор као целину. За фабрикацију индуктора се користи *PCB* технологија јер су кола релизована у овој технологији планарна, једноставна за уградњу, поуздана и јефтина. Индуктор је реализован као квадратни спирални тип са спољашњим димензијама од 19 mm, са 25 намотаја и проводним линијама ширине и размака од 150 μm . Као мембрана се користи полиимидна фолија дебљине 125 μm и Јанговог модула 3 GPa [GTS Flexible Materials Ltd, доступно на: <http://www.gtsflexible.co.uk>]. Полиимидни супстрати показују еластично-пластично понашање, велики замор материјала и хистерезис, али могу издржати велика напрезања пре прелома. Полимерне фолије имају модуо еластичности мањи око 70 пута у поређењу са силицијумским и металним фолијама [N. Lobontiu and E. Garcia, *Mechanics of Microelectromechanical Systems*, Springer Science & Business Media, 2005, Chapter 6, pp. 364.] и металним фолијама [A. K. Kaw, *Mechanics of Composite Materials*, Second Edition, CRC Press, Technology & Engineering, November 2005, Chapter 1, pp. 6.]. За коришћену полимерну фолију, знатно мање оптерећење је потребно за исто померање, у поређењу са другим врстама мембрана. Ферит се састоји од 12 *LTCC* феритних трака (ESL 40012, дебљине око 70 μm у непеченом стању) синтерованих на 1100 °C како би се постигла највећа перемабилност [N. Blaž, A. Marić, I. Atassi, G. Radosavljević, Lj. Živanov, H. Homolka and W. Smetana, "Complex Permeability Changes of Ferritic LTCC Samples with Variation of Sintering Temperatures", *IEEE Transaction on Magnetics*, vol. 48, pp. 1563-1566, 2012.]. Укупна дебљина ферита након печења је 0,66 mm. Као одстојник се користи неколико слојева различитих *PCB FR4* типова (укупне дебљине 2.6 mm и са избушеним отвором полупречника 16 mm у центру), чиме се постиже растојање од 1,2 mm између ферита и индуктора (јер је дебљина мембране, ферита и лепка 1,4 mm).



а)



Слика 1. а) Раздвојени приказ сензора и б) попречни пресек сензора и антене.

Прорачун механизма мерења

Резонантна фреквенција индуктора је дата једначином

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_s}}, \quad (1)$$

где L_s и C_s представљају индуктивност и капацитивност индуктора, респективно. Као што се из једначине може видети, промене индуктивности индуктора утичу на промену резонантне фреквенције.

Померај се може на једноставан и прецизан начин детектовати бежично, без додатних механичких контаката на сензору. Код бежичног мерења се користи антена (спољашњи намотај) и читава се промена резонантне фреквенције сензор-антена система. Еквивалентни модел сензор-антена система је представљен на слици 2. Импеданса сензор-антена система може да буде одређена као [O. Akar, T. Akin and K. Najafi, "A Wireless Batch Sealed Absolute Capacitive Pressure Sensor", Sensors and Actuators A, vol. 95, pp. 29–38, 2001.]

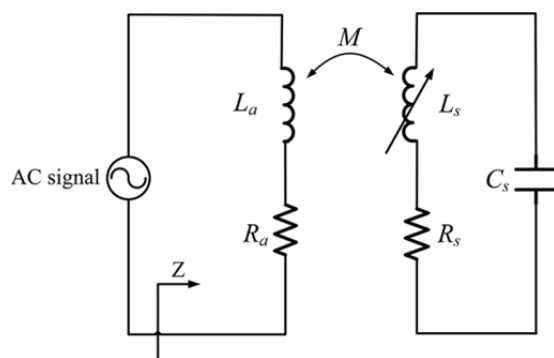
$$Z(\omega) = R_a + j\omega L_a + \frac{(\omega M)^2}{R_s + j\left(\omega L_s - \frac{1}{\omega C_s}\right)}, \quad (2)$$

где L_a и R_a представљају индуктивност и отпорност антене, респективно, R_s је отпорност индуктора, а M је међусобна индуктивност антене и индуктора. Амплитуда фазе импедансе на резонантној учестаности ω_0 је дата изразом

$$\Delta\varphi \cong \tan^{-1}\left(\frac{k^2\omega_0 L_s}{R_s}\right), \quad (3)$$

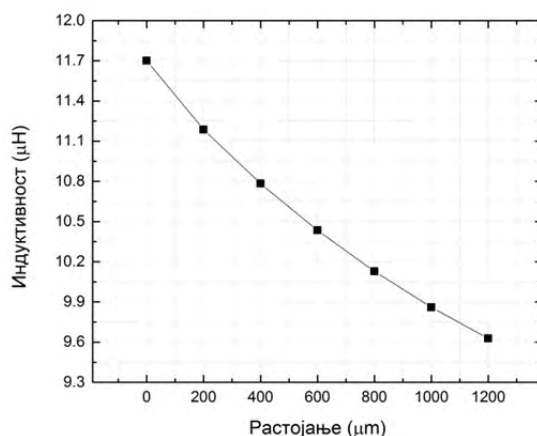
где је k коефицијент спреге између антене и индуктора.

Користећи Вилеров метод [S. S. Mohan, M. M. Hershenson, S. P. Boyd, and T. H. Lee, "Simple Accurate Expressions for Planar Spiral Inductances", IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 34, pp 1419- 1424, 1999.], индуктивност индуктора је $L_s = 7.8 \mu\text{H}$.



Слика 2. Еквивалентно кола сензор-антена система.

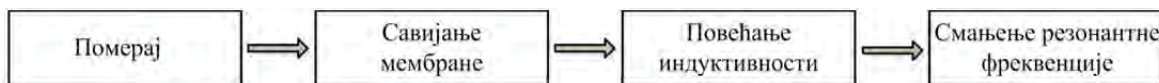
Планарна магнетна структура у непосредној близини индуктора доводи до повећања вредности индуктивности. Како би се испитало на који начин ферит утиче на промену индуктивности, симулација индуктивности за различите удаљености ферита од индуктора је урађена користећи симулациони алат *CST* (Computer Simulation Technology) *Microwave Studio* [CST Microwave Studio Suite, Computer Simulation Technology, www.cst.com]. Симулирана индуктивност индуктора за различита растојања између ферита и индуктора, d , је представљена на слици 3. Као што се може видети, за мања растојања између индуктора и ферита индуктивност је већа, и обротно, са повећањем растојања, индуктивност се смањује.



Слика 3. Симулирана индуктивност за различита растојања између ферита и индуктора.

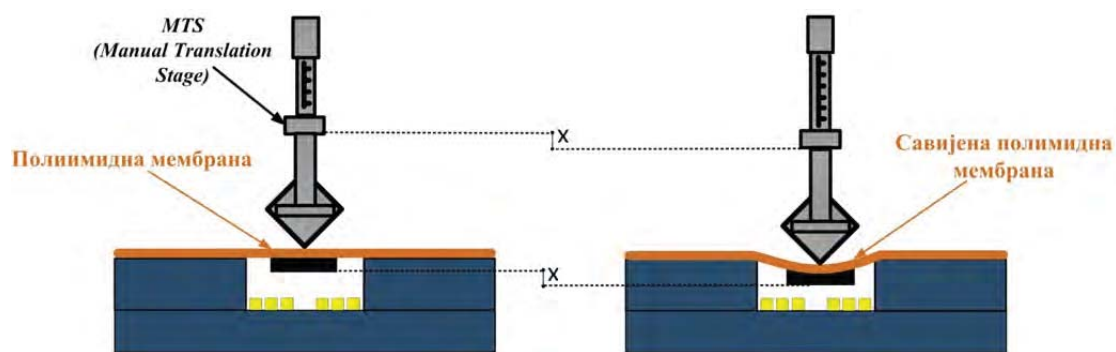
Експериментални резултати и дискусија

Функционални дијаграм принципа рада система је представљен на слици 4. Приликом оптерећења еластичне мембране, долази до деформације - померања мембране. Померај се у наредном степену претвара у електрични сигнал (промену индуктивности), што се помоћу антене детектује променом резонантне фреквенције система (сензор-антена).

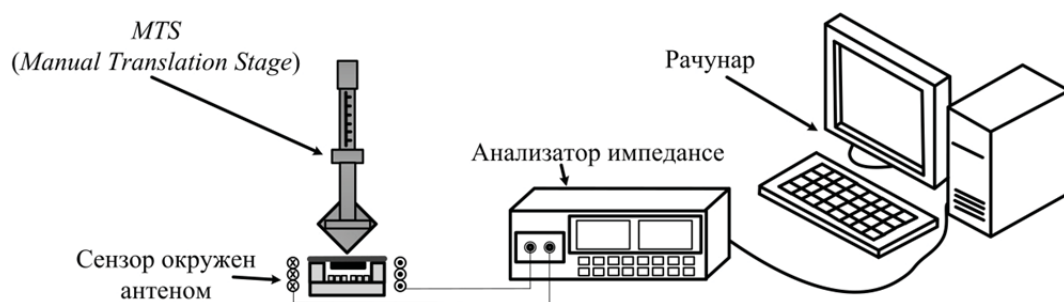


Слика 4. Функционални дијаграм принципа рада система.

На слици 4. су приказани цртеж и слика мерне поставке. Фабрикован сензор је постављен и фиксиран на мерну платформу, а антена је постављена око сензора. *MTS* (Manual Translation Stage) је позициониран тачно изнад мембране сензора како би се прецизно контролисало савијање полиимидне мембране директним контактом са сензором. Антена је повезана на анализатор мреже HP4191A и мерене су амплитуда импедансе и фазе система.



a)



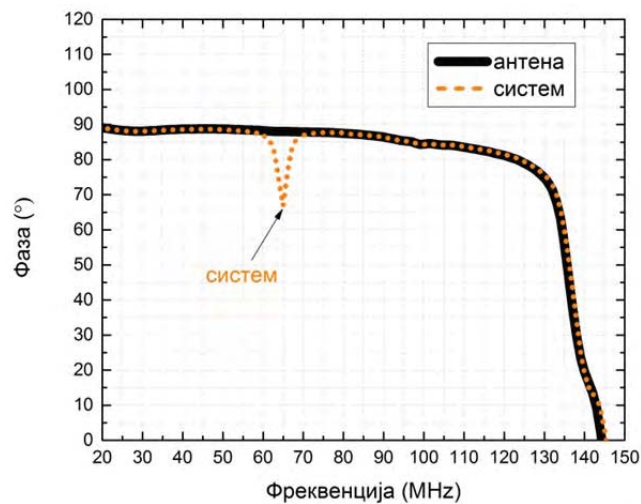
b)



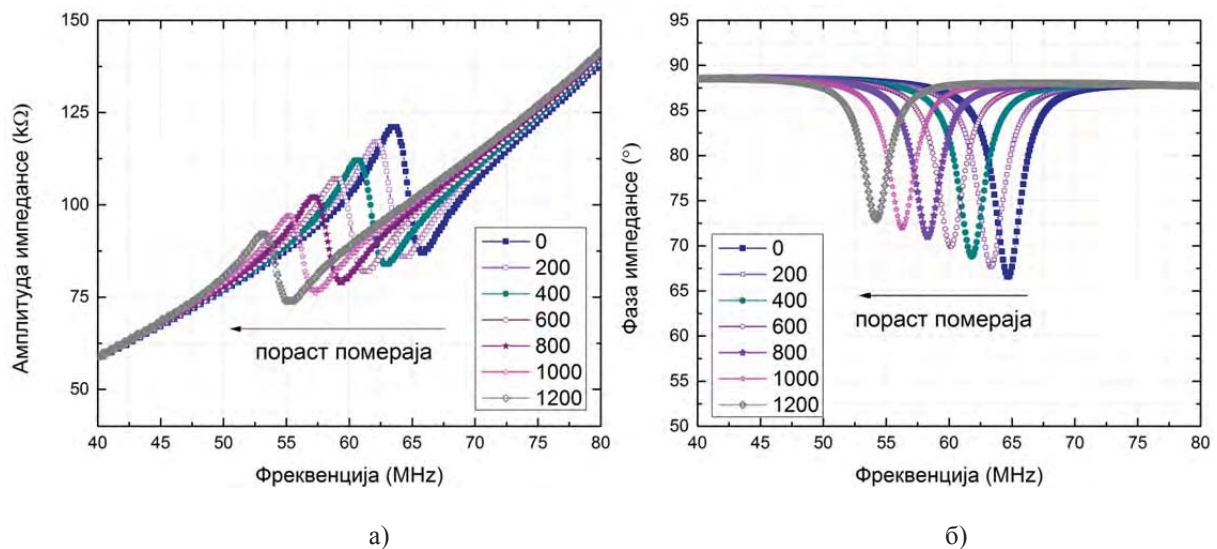
c)

Слика 5. а) Поставка за прецизно контролисање померања мембране, б) цртеж поставке за бежично мерење система повезаног на анализатор импедансе и рачунар и ц) фотографија монтираног и фиксираног система.

Мерена фазе импедансе антене и система без померања мембране је приказана на слици 6. Како би се бежичним путем мерила промена резонантне фреквенције система, резонантна фреквенција антене би требала да буде удаљена од резонантне фреквенције система. Као антена се користи квадратни спирални намотај чија је резонантна фреквенција 145 MHz, што је довољно удаљено од резонантне фреквенције система, 64,7 MHz.

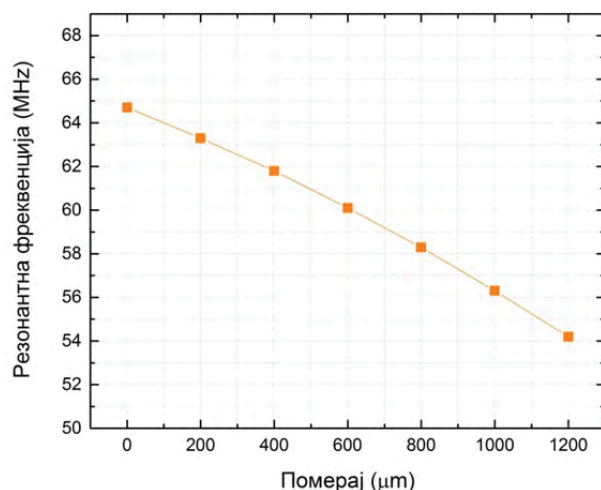


Слика 7. Измерена карактеристика фазе импедансе антене и система без померања мембране.



Слика 8. Бежично измерене промене: а) амплитуде импедансе и б) фазе система за различите помераја мембране (μm).

Резултати мерења амплитуде импедансе и фазе система су приказани на слици 8. Резонантна фреквенција система се одређује преко минималне вредности фазе и промена резонантне фреквенције је детектована за промене помераја до $1,2 \text{ mm}$ са корацима од $200 \mu\text{m}$. Са већим померањем, ферит је ближи индуктору, индуктивност индуктора је већа и сходно томе, резонантна фреквенција система је мања. Карактеристика промене резонантне фреквенције система је приказана на слици 9. У мереном опсегу помераја, укупна промена резонантне фреквенције је $10,5 \text{ MHz}$, чиме је добијена осетљивост од $8,75 \text{ kHz}/\mu\text{m}$.



Слика 9. Карактеристика резонантне фреквенције система за различите помераје мембране.

У овом техничком решењу је приказан пасивни сензор са применом полиимидне фолије као мембране. Сензор је намењен за мерење помераја, али се може лако прилагодити за мерење других величина. Објашњен је поступак пројектовања, фабрикации и приказани су резултати тестирања и карактеристика фабрикованог сензора. Лејаут сензора се може оптимизовати тако да се омогући мерење и бочних помераја. Принцип рада представљеног сензора је базиран на савијању мембране, приближавању ферита индуктору и мерењу промене фазе и резонантне фреквенције сензор-антена система. Користећи полиимидну фолију као мембрану сензора, фабрикован је сензор помераја користећи хетерогени процес интеграције и постигнут је једноставнији процес израде уз смањење трошкова, једноставну интеграцију и директну модификацију структуре. Мерење је урађено бежичним путем користећи спољашњи намотај – антену чиме је омогућено прецизно и једноставно мерење. Применом нових материјала и инкџет технологије, отварају се нове могућности и реализација сензора са другачијим карактеристикама и применама.

Пасивни сензор помераја са полиимидном мембраном развијен је на Факултету техничких наука у Новом Саду, у оквиру текућег пројекта бр. ТР-32016 код Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Штампано –2014.

Рецензија предложеног техничког решења

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признање техничког решења

Прототип:

Пасивни сензор помераја са полиимидном мембраном

Број пројекта: TP-32016

Руководилац пројекта: др Љиљана Живанов

Одговорно лице: Милица Кисић

Аутори: Милица Г. Кисић, Нелу В. Блаж, Калман Б. Баковић, Андреа М. Марић, Љиљана Д. Живанов, Мирјана С. Дамњановић

Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Србија

Горан Радосављевић

Институт за сензорске и актуаторске системе, Универзитет у Бечу, Аустрија

Развијено: у оквиру пројекта технолошког развоја TP-32016

Година: 2014.

Примена: 2014.

Реализатори: Факултет техничких наука

Корисници: Факултет техничких наука

Подтип решења: M85 – Прототип

Образложење

Сензори помераја представљају једну од значајнијих области сензора и имају широк спектар употребе у индустријским, аутомобилским и биомедицинским применама. Развијен је велики број сензора помераја различитих типова, уз примену различитих материјала, технологија израде и процеса фабрикације.

Аутори техничког решења „Пасивни сензор помераја са полиимидном мембраном“ су јасно представили дизајн техничког решења и приказали његову примену уз резултате мерења. Експериментална мерења су урађена како би се сензор тестирао и одредила

његова осетљивост на померај. Модел сензора пружа могућност прилагођења структуре за различите мерне опсеге, различите структуре сензора уз другачије перформансе. Такође, структура сензора је таква да је сензор могуће лако прилагодити за мерење других механичких параметара, као што су притисак или сила.

Полиимидна фолија се последњих година све више користи за реализацију различитих типова сензора услед бројних предности које пружају (танке су, лагане, флексибилне, растегљиве, итд). Реализовани су различити типови сензора јединствених примена захваљујући примени полимерних материјала. Применом полиимидне фолије реализован је сензор који је осетљив на померај при малим оптерећењима, а при томе може да издржи знатно већа напрезања пре прелома у односу на силицијумске и металне мембране.

У техничком решењу је представљена комплетна структура сензора реализованог у хетерогеном процесу интеграције. Сензор се састоји од три дела која се могу лако склопити или расклопити у циљу модификовања структуре. Могуће је извршити и модификације сензора променом дизајна и одстојника како би се омогућило мерење помераја у одговарајућем опсегу и резолуцији мерења. Демонстриран је начин на који се реализовани сензор тестира у циљу одређивања његове карактеристике. Око сензора који се тестира, поставља се спољашњи намотај – антена како би се применило бежично мерење. Овим начином мерења обезбеђује се једноставно, прецизно и поуздано мерење.

Сензор се састоји од полиимидне мембране са феритом, индуктора и одстојника. Ферит је фабрикован у *LTCC (Low Temperature Co-fired Technology)* технологији, а индуктор у *PCB (Printed Circuit Technology)* технологији. Принцип рада сензора се заснива на померању мембране, приближавању ферита индуктору и бежичном мерењу промене фазе и резонантне фреквенције система (антена-сензор). Као мембрана сензора користи се полиимидна фолија. За померање мембране користи се *Manual Translation Stage (MTS)* којим се обезбеђује прецизно померање мембране. Мерења су вршена помоћу анализатора импедансе. Симулације индуктивног сензора су извршене у софтверском пакету *CST (Computer Simulation Technology)* након чега се приступило фабрикацији сензора.

Пасивни резистивни сензори најчешће имају променљиву индуктивност или капацитивност које зависе од мерених параметара, а мерење се врши променом резонантне фреквенције кола. У овом раду је пројектован сензор тако да се вредност индуктивности мења у зависности од удаљености магнетног материјала од индуктора. Циљ рада је дизајн и фабрикација бежичног резонантног сензора помераја чије мерење се врши бежично бесконтактним путем помоћу спрегнутог антенског намотаја. Промена помераја се мери бежично променом резонантне фреквенције сензора. За реализацију сензора нису потребни додатни проводни слојеви и лемљење жица што би отежало фабрикацију сензора, онемогућило би добро налегање и изискивало би елиминисање паразитних ефеката. Представљени сензор је пасивне природе што омогућава дугорочно праћење параметара без ограничења или животног века батерија.

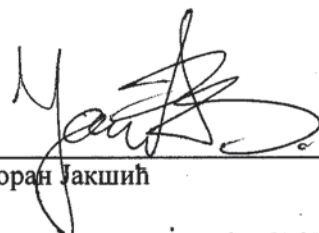
Техничко решење је у потпуности пројектовано, фабриковано и тестирано од стране наведених аутора. У реализацији овог техничког решења коришћени су савремени материјали и решења. На основу експерименталног тестирања и приказаних резултата може се установити исправност рада и применљивост реализованог сензора. Техничко решење омогућава детекцију нормалног помераја до 1,2 mm. На основу приложене

документације и наведених чињеница предлажем да се пријављено техничко решење прихвати као техничко решење-прототип.

У Београду,

22.12.2014.

Рецензент:



Др Зоран Јакшић

Институт за хемију, технологију и
металургију, Београд

Рецензија предложеног техничког решења

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признање техничког решења

Прототип:

Пасивни сензор помераја са полиимидном мембраном

Број пројекта: TP-32016

Руководилац пројекта: др Љиљана Живанов

Одговорно лице: Милица Кисић

Аутори: Милица Г. Кисић, Нелу В. Блаж, Калман Б. Бабковић, Андреа М. Марић,
Љиљана Д. Живанов, Мирјана С. Дамњановић

Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Србија

Горан Радосављевић

Институт за сензорске и актуаторске системе, Универзитет у Бечу, Аустрија

Развијено: у оквиру пројекта технолошког развоја TP-32016

Година: 2014.

Примена: 2014.

Реализатори: Факултет техничких наука

Корисници: Факултет техничких наука

Подтип решења: M85 – Прототип

Образложење

Сензори за мерење физичких величина, као што су померај, сила и притисак добијају на значају с обзиром на све веће захтеве за детектовањем и праћењем промена физичких величина и параметара околине у индустријским процесима, али и у свакодневној делатности и областима широке потрошње. Предложено техничко решење је предвиђено за мерење помераја, али се на једноставан начин може прилагодити за мерење других физичких величина, притиска и силе. У техничком решењу је потпуно представљен дизајн и структура сензора и експерименталиним тестирањем је показана реална могућност примене сензора. Дизајн предложеног сензора пружа широк опсег могућности и може се на једноставан начин модификовати у циљу побољшања перформанси и мереног опсега помераја.

Последњих година се све више ради на развоју сензора различитих дизајна, примена и могућности захваљујући примени полимерних материјала. Реализовани прототип користи

савремене материјале за реализацију- пластичне подлоге. Полиимидна фолија се користи као мембрана сензора уместо стандардних силицијумских или металних фолија.

Помоћу представљеног сензора физичка величина се претвара у електрични сигнал и мери бежично, помоћу спољашњег намотаја-антене. Предложени сензор користи индуктор као основни део, одстојник и полиимидну фолију као флексибилну мембрану са феритом. Сензор помераја је реализовану хетерогеном интеграционом процесу традиционалних фабрикационих технологија: штампаних плоча (*Printed Circuit Technology - PCB*) и *LTCC*(*Low Temperature Co-fired Technology*) са полиимидном фолијом. Принцип рада сензорасе заснива на савијању полимерне мембране и мерењу промене резонантне фреквенције система (антена-сензор). Сензор користи померање ферита залепљеног на мембрани у односу на фиксирани индуктор. Мембрана сензора се под дејством оптерећења помера и приближава ферит индуктору, услед чега долази до повећања индуктивности и смањења резонантне фреквенције система. У датом техничком решењу представљен је сензор помераја са полиимидном мембраном предвиђен за мерења помераја до 1,2 mm.Разматран је утицај електричних параметара сензора на резултате мерења система. Симулационим резултатима је испитан директан одзив сензора на померање мембране, чиме је потврђен принцип рада сензора. Мерење се врши бежично, односно промена резонантне фреквенције се мери на антени повезаној на анализатор импедансе.

Структура сензора је једноставна и омогућује мерење без додатних контакатаили вишеслојних структура. Приложена је детаљна документација, из које се виде сви детаљи, структура сензора, мерна поставка и резултати мерења. Све компоненте сензора и механички делови су оригинално пројектовани и урађени од стране наведених аутора.

Техничко решење је добро организовано. Анализирана је могућност примене полимерне мембране у реализацији сензора. Релације помоћу којих је могуће описати принцип рада сензора су описане. На основу теоријске анализе и симулација сензор је фабрикован, тестиран и карактерисан. У раду су дати детаљи везани за процес фабрикације и функционално тестирање сензора. Приказан је бежични начин мерења помераја. Извршено је мерење импедансе (амплитуде и фазе) у зависности од фреквенције. Експерименталним мерењем је одређена карактеристика промене резонантне фреквенције система односно осетљивост сензора на померај.

У Београду,
22.12.2014.

Рецензент:



Др Обрад Алексић

Институт за мултидисциплинарна
истраживања Универзитета у Београду