

Prototip:

Prototip bežičnog heterogeno integrisanog senzora pomeraja

Rukovodilac projekta: prof. dr Ljiljana Živanov

Odgovorno lice: Milica Kisić

Autori: Milica G. Kisić, Nelu V. Blaž, Ljiljana D. Živanov, Mirjana S. Damjanović
Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

Razvijeno: u okviru projekta tehnološkog razvoja TR-32016

Godina: 2017.

Primena: Decembar 2017. god.

Kratak opis

U ovom tehničkom rešenju predstavljen je novi dizajn heterogeno integrisanog bežičnog senzora za merenje pomeraja. Predloženi dizajn senzora omogućava bežično merenje pomeraja korišćenjem spoljašnjeg induktora kao antene. Pomeraj je bežično meren metodom određivanja minimalne vrednosti faze impedanse i rezonantne frekvencije sistema antena-senzor. Izvršeno je merenje senzora i određena je karakteristika senzora.

Tehničke karakteristike:

Projektovani senzor se sastoji od induktora, kao osnovnog dela, fabrikovanog u tehnologiji štampanih ploča (PCB), odstojnika i elektrode na fleksibilnoj poliiimidnoj foliji koja je korišćena kao membrana. Induktor je kružnog spiralnog oblika spoljašnjeg i unutrašnjeg prečnika 25 mm i 7,8 mm, respektivno, sa 22 zavojka, širine provodnih linija 0,2 mm, rastojanjem između provodnih linija 0,2 mm i debljine provodnih linija 33 μm . Elektroda je štampana na poliiimidnoj foliji korišćenjem nanočestičnog mastila i ink-đžet tehnologije. Projektovani senzor omogućava merenje pomeraja do 500 μm . Merenje je izvršeno u koracima od 50 μm . Predloženi senzor ima dobru linearnost u celom opsegu merenja. Postignuta je osetljivost od 16,2 kHz/ μm , što je znatno veće u odnosu na prethodno realizovane senzore.

Tehničke mogućnosti:

Projektovanim senzorom može se meriti vertikalni pomeraj. Predloženi senzor omogućava jednostavno i bežično merenje pomeraja, bez mehaničkih kontakata ili dugih žica pa se može koristiti u primenama sa dužim radnim vekom i dobrom pouzdanošću. Elektroda na poliiimidnoj membrane može biti realizovana na membrani od drugih materijala kao što su PET, PEN, PDMS, silikonska guma, itd. Dizajn realizovanog senzora dozvoljava korišćenje drugih procesa fabrikacije, kao što je aditivna tehnologija.

Realizatori:

Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

Korisnici:

Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

Institut za multidisciplinarna istraživanja, IMSI, Beograd

IRITEL, Beograd

Podtip rešenja:

M85 – Prototip

UVOD

Senzori pomeraja imaju veliki značaj usled njihove velike primene u industriji, robotici, biomedicinskim sistemima, za merenje rastojanja, itd. Postoje različiti senzori za merenje pomeraja: kapacitivni, induktivni, otpornički, senzori na bazi vrtložnih struja, itd. Senzori za merenje pomeraja sa vrtložnim strujama se sastoje od osetljivog induktora i provodne površine. Ovi senzori zahtevaju kompenzaciju temperature korišćenjem skupih i kompleksnih kola ili specijalno projektovanih mostova. Realizovani su i magnetostriktivni senzor pomeraja sa legurom galfenola (legura $\text{Fe}_{83}\text{Ga}_{17}$) i piezorezistivni senzor za merenje pomeraja fabrikovan je u standardnoj silicijumskoj MEMS tehnologiji. Otpornički potencijometrijski senzori se mogu koristiti za merenje ugaonog ili linearnog pomeraja. Laserski senzori pomeraja se mogu efikasno koristiti za merenje pomeraja u primenama avio industrije. Međutim, kod ovih senzora upadni ugao može doprineti tačnosti i greškama merenja pa zbog toga zahteva dodatna rešenja za kompenzaciju greške merenja. Laserski senzor pomeraja može biti deo sistema za merenje pomeraja i primenjen za praćenje stanja objekata u građevinarstvu.

Senzori zasnovani na induktivnom principu merenja se često koriste za merenje pomeraja. Dvo-dimenziono merenje pomeraja može biti izvršeno korišćenjem dva para induktora oblika meander ili linearnog promenljivog diferencijalnog transformatora. Merenje pomeraja može biti izvršeno i korišćenjem planarnog češljastog kapacitivnog senzora fabrikovanog u tehnologiji niskotemperaturne zajedno-pečene keramike (Low Temperature Co-fired Ceramics – LTCC).

U [1] je predstavljena senzorska mreža koja se sastoji od komunikacionih modula, senzorskih modula, modula za napajanje i procesora kako bi se obezbedila bežična komunikacija. Prenosiva senzorska mreža sa ultrazvučnim senzorom za tro-dimenzionalno praćenje pokreta čoveka tokom kretanja i shodno tome analizu atletskih performansi je predstavljena u [2]. Predloženi sistem koristi ultrazvučni transiver, nekoliko prijemnika i radio-frekventni modul za sinhronizaciju i bežični prenos podataka. U [3] je predloženo rešenje za bežični RFID tag za veći propusni opseg.

-
- [1] H. S. Park, J. M. Kim, S. W. Choi, Y. Kim, "A wireless laser displacement sensor node for structural health monitoring," *Sensors*, vol. 13, pp. 13204-13216, 2013.
 - [2] Y. Qi, C. B. Soh, E. Gunawan, K. S. Low, "Ambulatory measurement of three-dimensional foot displacement during treadmill walking using wearable wireless ultrasonic sensor network," *IEEE J. Biomed. Health Inform.*, vol. 19, no. 2, pp. 446-452, March 2015.
 - [3] S. Gupta, G. J. Li, R. C. Roberts, L. J. Jiang, "Log-periodic dipole array antenna as chipless RFID tag," *Electronics Letters*, vol. 50, no. 5, pp. 339-341, Feb. 27 2014.

Bežični i pasivni uređaj za merenje pomeraja između dva objekta je predstavljen u [4]. Predstavljeni sistem koristi paralelno postavljene senzore koji se sastoje od spoljašnjeg namotaja, magnetske šipke i podešljivog kondenzatora.

Rezonantna induktivno kapacitivna (LC) kola se često koriste u elektronici kao senzori za različita merenja. Ovi bežični senzori se sastoje od induktora i kondenzatora. Realizacija ovih senzora je kompleksna jer zahteva dodatne vije za povezivanje induktora i kondenzatora, potpunu izolaciju između elektroda i realizaciju kontakata. U [5] je opisana realizacija LC rezonantnog kola pomoću jednog induktora pri čemu se koristi njegova sopstvena kapacitivnost umesto paralelnog kondenzatora. Dobra osetljivost predstavljenog senzora je postignuta korišćenjem fleksibilne membrane od silikonske gume.

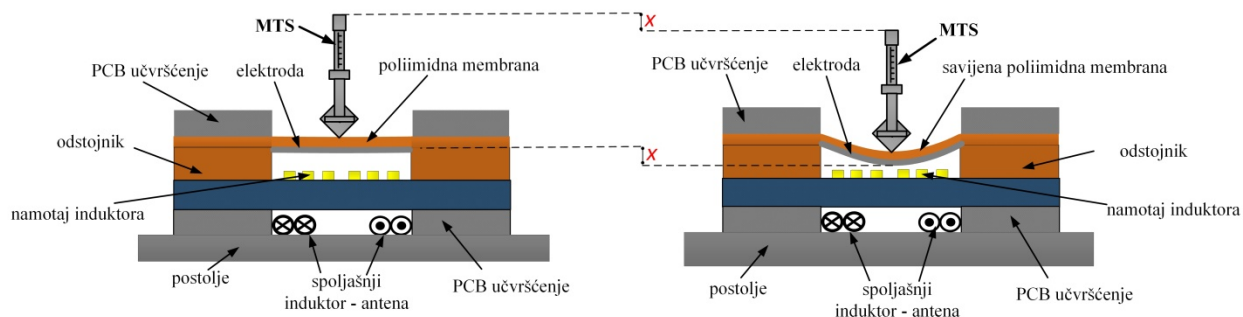
Fleksibilni supstrati imaju sve veću primenu za fabrikaciju različitih vrsta senzora usled niza prednosti koje pružaju. U našim prethodnim radovima predstavljena je deformabilna induktivna struktura ink-džet štampana na fleksibilnoj poliimidnoj foliji za merenje pomeraja [6], kao i heterogeno integrisan bežični induktivni senzor pomeraja sa induktorom, odstojnikom i fleksibilnom poliimidnom folijom sa dodatim feritnim jezgrom [7].

Namere autora ovog tehničkog rešenja su da projektuju novi senzor pomeraja koji će koristiti dobru osetljivost kapacitivnog senzora na poliimidnoj membrani [8] zajedno sa induktivnim elementom, kako bi se postiglo bežično merenje. Predstavljeni senzor je fabrikovan heterogenim procesom fabrikacije kombinujući PCB tehnologiju za fabrikaciju induktora sa elektrodama ink-džet štampanim na fleksibilnom supstratu. U [5, 7] merenje pomeraja je izvršeno promenom induktivnosti senzora, dok se u ovom tehničkom rešenju koristi promena kapacitivnosti senzora. Osetljivost na pomeraj je postignuta korišćenjem poliimidne folije kao membrane. Promene pomeraja su bežično detektovane merenjem rezonantne frekvencije sistema antena-senzor.

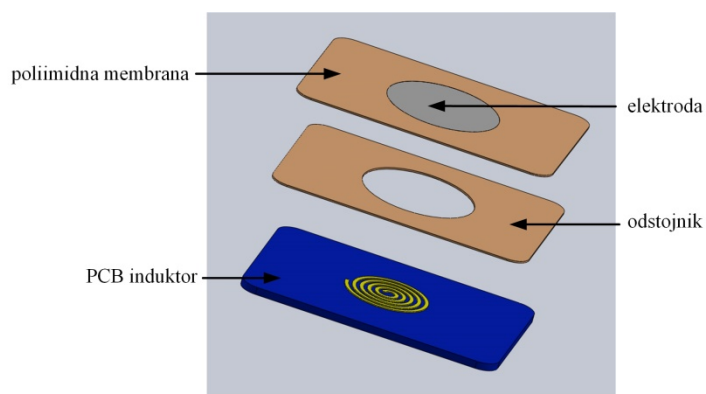
DIZAJN SENZORA

Poprečni presek senzora zajedno sa mernom postavkom za bežično merenje i preciznim pozicionerom (eng. *Manual Translation Stage, MTS*) za savijanje membrane su prikazani na slici 1. Na slici 2 je prikazan razdvojeni 3D prikaz senzora (sa poliimidnom membranom rotiranom za 180 ° kako bi se videla elektroda na membrani).

-
- [4] S. Zogbi, L. Canady, J. A. Helffrich, S. Cerwin, K. Honeyager, A. De Los Santos, C. Catterson, "Passive and wireless displacement measuring device using parallel sensors," Patent Pub. N0.2 US 2004/0068205 A1, Pub. Date: Apr. 8, 2004.
 - [5] A. Baldi, W. Choi, B. Ziaie, "A self-resonant frequency-modulated micromachined passive pressure transensor", *IEEE Sensors J.*, vol. 3, no. 6, Dec. 2003.
 - [6] K. Babkovic, M. Damnjanovic; L. Nagy, M. Kistic, G. Stojanovic, "Inductive displacement sensor of novel design printed on polyimide foil," *IEEE Trans Magn.*, vol. 53, no. 4, pp. 1-5, April 2017.
 - [7] M. Kisić, N. Blaž, K. Babković, A. Marić, G. Radosavljević, Lj. Živanov, M. Damnjanović, "Performance analysis of a flexible polyimide based device for displacement sensing," *Facta universitatis series: Electronics and Energetics*, vol. 28, no 2, pp. 287 – 296, 2015.
 - [8] A. Petropoulos, G. Kaltsas, D. Goustouridis, and E. Gogolides, "A flexible capacitive device for pressure and tactile sensing," *Proc. of the Eurosensors 23th conf., Procedia Chemistry*, vol. 1, pp. 867–870, 2009.



Slika 1. Merna postavka za bežično merenje senzora sa poprečnim presekom senzora i pozicionerom, MTS



Slika 2. Razdvojeni 3D prikaz predloženog senzora (sa poliimidnom membranom rotiranom za 180°).

Induktor je osnovni deo senzora koji se koristi za magnetsku spregu sa antenom i omogućava bežično merenje senzora. Induktor je projektovan u obliku kružne spirale čiji su geometrijski parametri dati u tabeli 1. Za fabrikaciju induktora korišćena je PCB tehnologija sa jednim metalnim slojem.

Tabela 1 Geometrijski parametri induktora

Induktor	
spoljašnji prečnik	25 mm
unutrašnji prečnik	7,8 mm
širina provodne linije	0,2 mm
rastojanje između susednih segmenata	0,2 mm
debljina provodnih linija	33 μ m
broj zavoja	22

Odstojnik se sastoji od tri laminirana sloja poliimidne folije debljine 125 μ m [9]. Kako bi se postiglo povezivanje

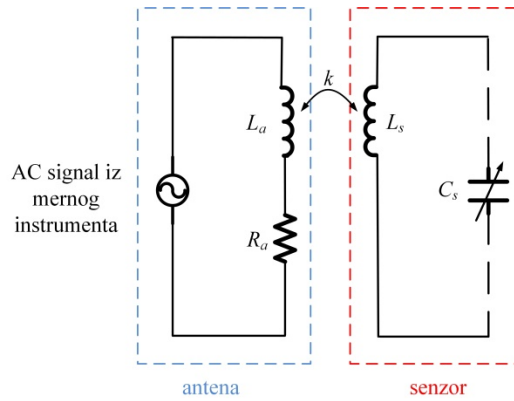
[9] GTS Flexible Materials Ltd, available at: <http://www.gtsflexible.co.uk>.

između dva poliiimidna sloja koriste se dodatni slojevi vezivnog materijala. Ukupna debljina odstoynika nakon procesa laminacije sa vezivnim slojevima iznosi 0,5 mm. U centru odstoynika je formiran otvor poluprečnika 15 mm.

Namotaj PCB induktora (donja elektroda) i elektroda (gornja) na poliiimidnoj foliji formiraju paralelni pločasti kondenzator. Gornja elektroda je kružnog oblika poluprečnika 15 mm i nije fizički povezana sa induktorom. Realizovana je korišćenjem nanočestičnog srebrnog mastila na poliiimidnoj foliji. Senzor koristi magnetsku i električnu spregu između namotaja PCB induktora kao prve elektrode i druge elektrode na poliiimidnoj foliji. Osetljivost senzora na pomeraj je postignuta korišćenjem fleksibilne poliiimidne folije. Predloženi senzor meri rastojanje koje se menja u šupljini unutar senzora i stoga, može da meri pomeranje pokretljivog objekta kojim se deluje na senzor. Pomeraj, x , MTS-a, prikazan na slici 1, kojim se deluje na senzor uzrokuje savijanje membrane za istu vrednost, x , u njenom centru.

MODEL SENZORA

Merenje promene kapacitivnosti senzora je izvršeno bežičnim putem korišćenjem spoljašnjeg namotaja kao antene. Na slici 3 je prikazano ekvivalentno kolo sistema koje se sastoji od antene povezane na merni instrument i senzora sa promenljivim kondenzatorom.



Slika 3. Ekvivalentno kolo sistema senzor-spoljašnji namotaj (antena) povezanog na merni instrument.

Merena impedansa sistema antena-senzor je

$$Z_m(\omega) = R_a + j\omega L_a + \frac{k^2 \omega^2 L_a L_s}{R_s + j(\omega L_s - \frac{1}{\omega C_s})}, \quad (1)$$

gde je R_a otpornost, L_a induktivnost antene, respektivno, R_s otpornost, L_s induktivnost PCB induktora, respektivno, a C_s kapacitivnost između gornje elektrode (na poliiimidu) i donje elektrode (namotaja PCB induktora). Koeficijent k je koeficijent spregu između namotaja antene i induktora.

Rezonantna frekvencija senzora zavisi od njegove induktivnosti i kapacitivnosti i jednaka je

$$\omega_r = 1 / \sqrt{L_s C_s}. \quad (2)$$

Impedansa sistema na rezonantnoj frekvenciji senzora je

$$Z_m(\omega_r) = R_a + j\omega_r L_a + \frac{k^2 L_a}{R_s C_s}. \quad (3)$$

Faza impedanse na rezonantnoj frekvenciji može se apoksimativno izraziti kao

$$\varphi = \arctg \frac{\text{Im}\{Z_m(\omega_r)\}}{\text{Re}\{Z_m(\omega_r)\}} = \arctg \frac{R_s \sqrt{C_s}}{k^2 \sqrt{L_s}}. \quad (4)$$

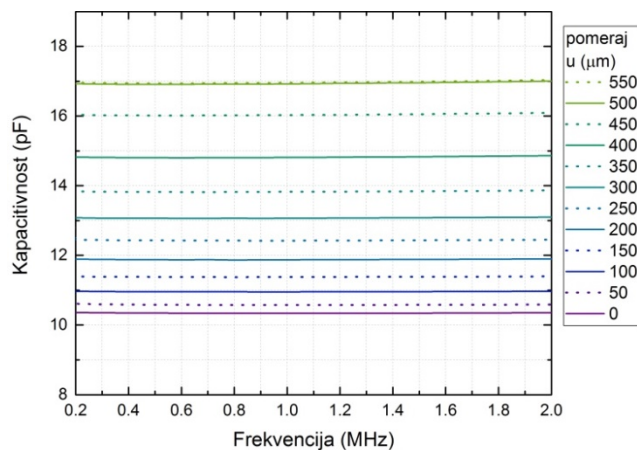
Kao što se može videti iz jednačina, promena kapacitivnosti senzora će uzrokovati promenu impedanse i faze sistema antena-senzor, odnosno njegove rezonantne frekvencije.

KAPACITIVNI METOD MERENJA POMERAJA

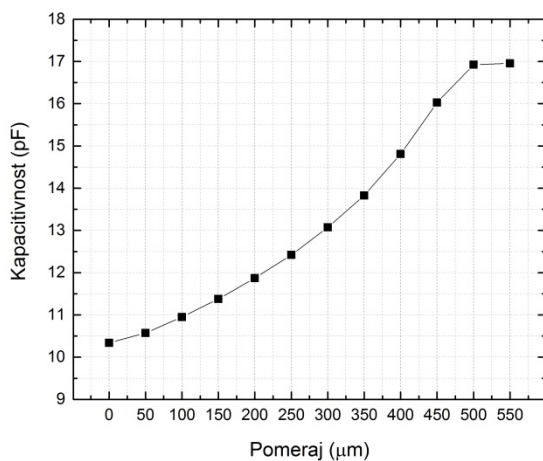
Planarni spiralni induktor je postavljen paralelno sa elektrodom i formira LC kolo. Promena rastojanja između gornje elektrode kondenzatora i namotaja induktora (donje elektrode) uzrokuje promenu kapacitivnosti. Rezonantna frekvencija LC kola zavisi od vrednosti induktivnosti i kapacitivnosti, odnosno promena vrednosti kapacitivnosti će promeniti rezonantnu frekvenciju.

Kako bi se ispitalo kako se kapacitivnost senzora menja sa rastojanjem, duže provodne linije su postavljene na fabrikovani induktor i elektrodu kondenzatora kako bi se izvršilo merenje. Pomeranje poliimidne membrane uzrokuje deformaciju elektrode i njeno pomeranje ka induktoru koji predstavlja drugu elektrodu. Na taj način se rastojanje između elektroda smanjuje, a kapacitivnost senzora se povećava. Fabrikovani senzor je postavljen i fiksiran na čvrsto postolje. MTS pozicioner je korišćen za preciznu kontrolu i podešavanje pomeraja kojim se deluje na senzor. Vrh MTS-a je pozicioniran iznad centra membrane senzora. Merenje kapacitivnosti je izvršeno korišćenjem analizatora impedanse HP4194A. Debljina odstoynika iznosi 0,5 mm, pa pri pomerajima većim od te vrednosti kapacitivnost se ne menja, jer u tom slučaju membrana dira centar induktora. U centru induktora je otvor (šupljina) pa je sprečeno stvaranje kratkih spojeva između elektroda.

Zavisnosti kapacitivnosti od frekvencije i pomeraja su prikazane na slikama 4 i 5, respektivno.



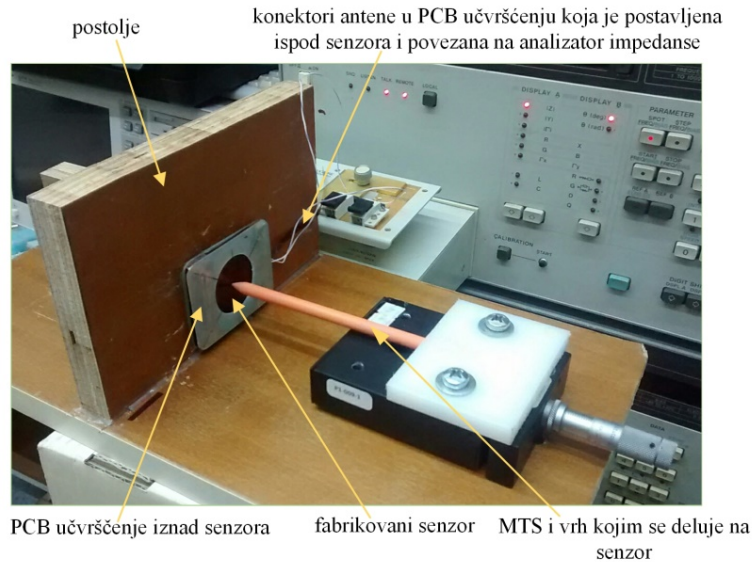
Slika 4. Zavisnost kapacitivnosti od frekvencije za različite vrednosti pomeraja.



Slika 5. Zavisnost kapacitivnosti od pomeraja.

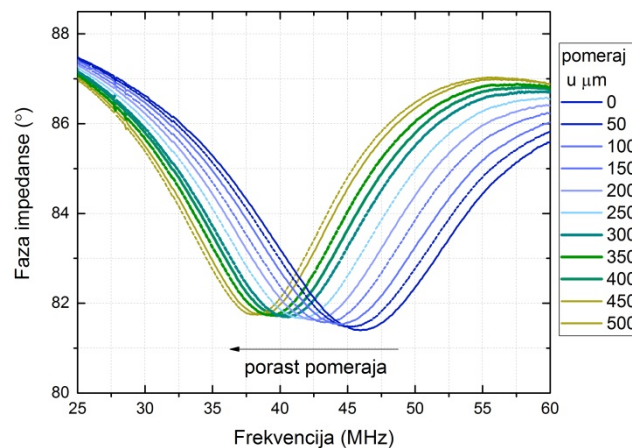
BEŽIČNI METOD MERENJA POMERAJA

Fotografija merne postavke za bežično merenje senzora je prikazana na slici 6. Iznad i ispod površine senzora su postavljene PCB pločice kako bi se fiksirao senzor i sprečilo njegovo pomeranje prilikom merenja. Antena je postavljena ispod senzora. Krajevi namotaja antene su povezani na analizator impedance HP4191A kako bi se izvršilo merenje faze impedanse sistema. Fabrikovani sistem antena-senzor je fiksiran na čvrstom postolju. MTS je korišćen za precizno pomeranje membrane i njegov vrh je pozicioniran iznad membrane senzora.

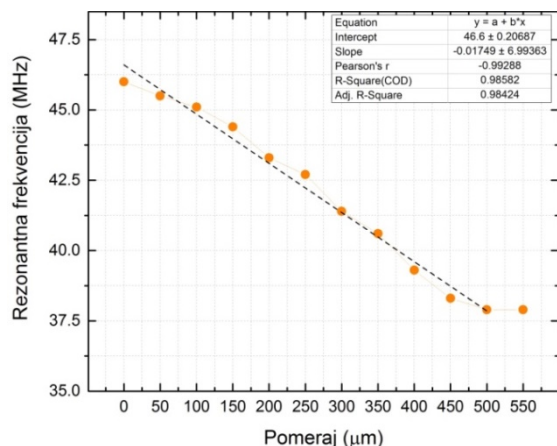


Slika 6. Fotografija merne postavke sa fabrikovanim i montiranim senzorom.

Izmerene faze impedanse sistema antena-senzor za pomeraje do 500 μm u koracima od 50 μm su prikazane na slici 7. Povećanjem pomeraja kojim se deluje na senzor dolazi do većeg savijanja elektrode na membrani, veće kapacitivnosti između induktora i elektrode, a samim tim manje rezonantne frekvencije senzora. Rezonantna frekvencija antene je 100 MHz, dok je rezonantna frekvencija sistema antena-senzor za prvu tačku mernja bez pomeranja membrane 46 MHz. Rezonantna frekvencija sistema je dovoljno manja u odnosu na rezonantnu frekvenciju antene što omogućava primenu metode merenja minimalne faze impedanse. Povećanjem pomeranja membrane senzora, pomera se minimalna vrednost faze ka nižim frekvencijama (slika 7). Karakteristika zavisnosti rezonantne frekvencije u odnosu na pomeraj dobijena eksperimentalnim merenjem i linearnom aproksimacijom je prikazana na slici 8.



Slika 7. Bežično izmerene faza impedanse sistema antena-senzor za različite vrednosti pomeraja.



Slika 8. Izmerena karakteristika rezonantne frekvencije sistema od pomeraja zajedno sa njenom linearnom aproksimacijom.

Kao što se može videti na slici 8, povećanjem pomeraja kojim se deluje na senzor smanjuje se rezonantna frekvencija sistema. Dobijena karakteristika ima dobru linearnost u celom mernom opsegu i postignuta je osetljivost od 16,2 kHz/ μm , što je značajno veće u odnosu na osetljivosti senzora 1,14 kHz/ μm [5], 8,75 kHz/ μm [7], 1,50 kHz/ μm [10], 12,70 kHz/ μm [11] ili 1,09 kHz/ μm [12]. Dodatno, struktura rezonantnog senzora je jednostavnija u odnosu na druga rezonantna kola. Senzor ne zahteva potpunu izolaciju između elektroda, povezivanje komponenti vijama, glatke i precizne kontakte koji mogu da deformišu strukturu i doprinesu stvaranju parazitnih elemenata.

Prototip bežičnog heterogeno integrisanog senzora pomeraja je razvijen na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, u okviru tekućeg projekta br. TR-32016 kod Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Štampano –2017.

-
- [10] N. Krakover, B. R. Ilic, S. Krylov, "Displacement sensing based on resonant frequency monitoring of electrostatically actuated curved micro beams," *J. Micromech. Microeng.*, vol. 26, 115006, pp. 1-11, 2016.
 - [11] B. Ozbey, E. Unal, H. Ertugrul, O. Kurc, C. M. Puttlitz, V. B. Erturk, A. Altintas, H. V. Demir, "Wireless displacement sensing enabled by metamaterial probes for remote structural health monitoring," *Sensors*, vol. 14, pp. 1691-1704, 2014.
 - [12] N. Blaž, G. Mišković, A. Marić, M. Damjanović, G. Radosavljević, Ljiljana Živanov, "Modeling and characterization of LC displacement sensor in PCB technology," *2012 35th Inter. Spring Sem. on Electronics Techn.*, Bad Aussee, 2012, pp. 394-398.



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: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАДЖМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: _____
Ваш број: _____
Датум: 2017-12-14

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 48. редовној седници одржаној дана 13.12.2017. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 20.1.1. Верификација нових техничких решења и именовање рецензента

Тачка 20.1.1.: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

1. Др Данијела Ранђеловић, научни саветник ИХТМ Београд
2. Др Иванка Станимировић, научни сарадник, ИРИТЕЛ Београд

Назив техничког решења:

“ПРОТОТИП БЕЖИЧНОГ ХЕТЕРОГЕНО ИНТЕГРИСАНОГ СЕНЗОРА ПОМЕРАЈА ”

Аутори техничког решења: Милица Кисић, Нелу Блаж, Љиљана Живанов, Мирјана Дамњановић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

Проф. др Раде Дорословачки

Recenzija predloženog tehničkog rešenja

Predmet: Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma za priznanje tehničkog rešenja

Prototip:

Prototip bežičnog heterogeno integrisanog senzora pomeraja

Broj projekta: TR-32016

Rukovodilac projekta: dr Ljiljana Živanov

Odgovorno lice: Milica Kisić

Autori: Milica Kisić, Nelu Blaž, Ljiljana Živanov, Mirjana Damnjanović
Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija

Razvijeno: u okviru projekta tehnološkog razvoja TR-32016

Godina: 2017.

Primena: 2017.

Realizatori: Fakultet tehničkih nauka

Korisnici:

Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

Institut za multidisciplinarna istraživanja, IMSI, Beograd

IRITEL, Beograd

Podtip rešenja: M85 – Prototip

Obrazloženje

Posebna grana senzora su senzori za merenje pomeraja koji imaju široku i značajnu primenu u različitim granama industrije i industrijskim procesima. Osim toga, na osnovu informacije o pomeraju može se odrediti i niz drugih parametara od interesa.

Autori ovog tehničkog rešenja su predložili senzor za merenje pomeraja koji je realizovan heterogenim procesom integracije. U tehničkom rešenju su najpre na jasan način predstavljeni dizajn i princip rada kapacitivnog senzora, dok su potom detaljno objašnjene eksperimentalne metode karakterizacije senzora i prikazani su relevantni rezultati testiranja.

Projektovani senzor se sastoji od induktora realizovanog u tehnologiji štampanih ploča (PCB), odstoynika i elektrode. Za izradu odstoynika korišćen je proces hladne laminacije i poliimidne folije sa vezivnim slojevima. Elektroda je izrađena ink-džet tehnologijom na poliimidnoj foliji koja se koristi kao membrana i omogućava osetljivost senzora na pritisak a samim tim i kapacitivni princip rada senzora.

Namotaj induktora i elektroda na poliimidnoj foliji formiraju kondenzator koji sa induktorom formira rezonantno induktivno kapacitivno, LC, kolo. Pri delovanju pritiska, elektroda na poliimidnoj foliji se savija, približava se namotaju induktora (drugoј elektrodi) čime se kapacitivnost senzora povećava, a samim tim menja se (smanjuje) rezonantna frekvencija senzora. Istovremeno, induktor senzora omogućava bežično merenje pomoću antene koja je realizovana spoljašnjim namotajem. Antena je povezana na analizator impedanse HP4191A pomoću koga je izvršeno merenje.

Eksperimentalni rezultati su pokazali da projektovani senzor omogućava merenje pomeraja do 500 μm . Prikazani su rezultati merenja u koracima od 50 μm . Prikazane su frekvencijske zavisnosti kapacitivnosti senzora, kao i faze impedanse sistema koga čine senzor i antena. Određene su rezonantne frekvencije za različite vrednosti pomeraja kojim se deluje na senzor i utvrđeno je da odgovarajuća karakteristika ima dobru linearnost u posmatranom mernom opsegu. Ostvarena osetljivost senzora od 16,2 kHz/ μm predstavlja značajno poboljšanje performansi u odnosu na rezultate iz literature kao i ranije postignute rezultate istraživačke grupe kojoj pripadaju autori tehničkog rešenja.

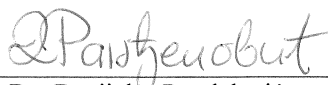
Projektovani senzor ima jednostavnu struktura i za njegovu izradu nisu potrebni kompleksni i skupi procesi izrade, povezivanje komponenti, izrada vija, glatkih i preciznih kontakata. Dodatno, senzor omogućava bežično merenje. Za izradu membrane realizovanog senzora korišćena je poliimidna folija debljine 125 μm . Dizajn senzora je fleksibilan tako da omogućava korišćenje i nekih drugih materijala za formiranje membrane, kao i varijaciju njene debljine i karakteristika čime se može postići veći merni opseg, kao i drugačije performanse.

Na osnovu dostavljenog materijala, a u skladu sa odredbama Pravilnika o postupku, načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača, recenzent ocenjuje da rezultat, odnosno rešenje, pod nazivom „Prototip bežičnog heterogeno integrisanog senzora pomeraja“ ispunjava sve uslove da bude priznat kao tehničko rešenje kategorije M85 – Prototip.

U Beogradu,

20.12.2017.

Recenzent:



Dr Danijela Randelović, naučni savetnik,
IHTM, Univerzitet u Beogradu

Recenzija predloženog tehničkog rešenja

Predmet: Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma za priznanje tehničkog rešenja

Prototip:

Prototip bežičnog heterogeno integrisanog senzora pomeraja

Broj projekta: TR-32016

Rukovodilac projekta: dr Ljiljana Živanov

Odgovorno lice: Milica Kisić

Autori: Milica Kisić, Nelu Blaž, Ljiljana Živanov, Mirjana Damnjanović
Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija

Razvijeno: u okviru projekta tehnološkog razvoja TR-32016

Godina: 2017.

Primena: 2017.

Realizatori: Fakultet tehničkih nauka

Korisnici:

Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

Institut za multidisciplinarna istraživanja, IMSI, Beograd

IRITEL, Beograd

Podtip rešenja: M85 – Prototip

Obrazloženje

Senzori pomeraja mogu biti realizovani korišćenjem različitih tehnologija izrade, različitih radnih principa rada i mehanizama detektovanja. U ovom tehničkom rešenju predložen je senzor realizovan heterogenim procesom integracije za čiju izradu se koristi tehnologija štampanih ploča i ink-džet tehnologija u kombinaciji sa poliimidnim folijama.

Projektovani senzor predstavlja rezonantno LC kolo koje ima promenljivu kapacitivnost, odnosno frekvenciju koja se menja pri delovanju pomeraja na senzor.

Induktor senzora omogućava bežično merenje. Namotaj induktora ujedno predstavlja donju elektrodu promenljivog kondenzatora. Druga elektroda pločastog kondenzatora je realizovana na poliimidnoj foliji. Za fabrikaciju kružne elektrode korišćena je ink-džet tehnologija i nanočestično mastilo.

Dizajn predloženog senzora omogućava beskontaktno bežično merenje. Za bežično merenje senzora korišćen je namotaj antene. Antena i senzor formiraju sistem, a kao izlazna veličina koristi se rezonantna frekvencija sistema. Merenje pomeraja je izvršeno do 500 μm . Za merenje impedanse sistema korišćen je analizator impedanse. Pri pomeranju poliimidne folije sa elektrodom, ona se savija, približava se namotaju induktora čime se kapacitivnost povećava, a rezonantna frekvencija smanjuje. Osetljivost projektovanog sistema iznosi 16,2 kHz/ μm .

U ovom tehničkom rešenju autori su projektovali i fabrikovali senzor, a posle ga i eksperimentalno testirali i odredili karakteristiku. Struktura senzora je jednostavna. Za njegovu fabrikaciju nisu potrebne vije, povezivanje provodnika na različitim slojevima, čime se postiže jeftin proces fabrikacije. Na osnovu analize dokumentacije, detaljnog opisa izade i karakterizacije senzora predlažem da se ovo tehničko rešenje prihvati.

U Beogradu,
22.12.2017.

Recenzent:

Ivanka Stanimirović

Dr Ivanka Stanimirović, naučni saradnik,
Institut za elektroniku i telekomunikacije
IRITEL a.d Beograd



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Досптеја 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: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАДЖМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2018-01-12

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 49. редовној седници одржаној дана 27.12.2017. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 13.1. Верификација нових техничких решења и именовање рецензената

Тачка 13.1.4.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (М85) под називом:

"ПРОТОТИП БЕЖИЧНОГ ХЕТЕРОГЕНО ИНТЕГРИСАНОГ СЕНЗОРА ПОМЕРАЈА"

Аутори техничког решења: Милица Кисић, Нелу Блаж, Љиљана Живанов, Мирјана Дамњановић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверавана
За Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан

Проф. др Раде Дорословачки